

Rapport spécifique : Mortalité des chiroptères Suivi de mortalité 2020

Parc éolien de Roudouallec (56)



18 février 2021

Rédaction : B. BLANC Validation : R. ARHURO

SOMMAIRE

I.	Introduction.....	4
II.	Contexte	5
II.1	Parc éolien de Roudouallec.....	5
II.2	Contexte général	5
III.	Cadrage des suivis	8
III.1	Suivi initial.....	8
III.2	Suivi complémentaire	8
III.3	Résumé du protocole de terrain proposé et de la méthodologie de calculs de la mortalité ...	8
III.4	Seuil de mortalité non détectable.....	9
III.5	Utilisation des données météorologiques et de fonctionnement	10
IV.	Résultats des suivis	12
IV.1	Résumé des coefficients correcteurs calculés	12
IV.2	Suivi de mortalité 2020.....	14
IV.3	Données disponibles pour l'analyse	18
V.	Analyse	23
V.1	Suivi de la mortalité	23
V.2	Prise en compte du risque de mortalité	28
VI.	Bilan.....	33
VII.	BIBLIOGRAPHIE.....	35

Index des tableaux

Tableau 1 - Caractéristique des éoliennes	5
Tableau 2 – Exemple d'itérations.....	9
Tableau 3 – Conditions de vol des chiroptères en fonction du vent	11
Tableau 4 - Danger en fonction du fonctionnement des éoliennes	11
Tableau 5 – Résultats des tests de détection par intervenant et types de surfaces.....	12
Tableau 6 - Types d'habitats rencontrés et surfaces associées.....	13
Tableau 7 - récapitulatif des cadavres de chiroptères trouvés lors du suivi de mortalité 2020	14
Tableau 8 : Condition de découpage de la période de suivi en trois périodes	15
Tableau 9 - Estimations de la mortalité réelle des chiroptères sur le parc éolien de Roudouallec	15
Tableau 10 – itérations de valeurs de fausse détection pour la période de mai.....	16
Tableau 11 – itérations de valeurs de fausse détection pour la période de juin à août.....	17
Tableau 12 – itérations de valeurs de fausse détection pour la période de septembre-octobre	17
Tableau 13 : Condition de bridage appliqué sur le parc de Roudouallec en 2020	22
Tableau 14 -Bilan des contacts de chiroptères par mois et espèces lors du suivi en nacelle 2018.	26
Tableau 15 : Evaluation des risques d'impact contextualisée par mois sur la base de la vulnérabilité des espèces et les activités enregistrées (Ecosphère, 2019)	28
Tableau 16 - Répartition des séquences plus ou moins à risques sur l'ensemble du parc (nuit entière) ...	28
Tableau 17 - Répartition des séquences entre les semaines 36 à 40 (première partie de nuit)	29
Tableau 18 - Mesures de bridage proposées (en rouge les modifications préconisées)	32

Index des figures

Figure 1- Localisation des zones naturelles autour du parc éolien de Roudouallec	6
Figure 2 - Continuités écologiques autour du parc de Roudouallec.....	7
Figure 3 - Chronologie des observations de mortalité, par espèce et par semaine	14
Figure 4 – Répartition du vent en fonction du moment de la nuit ou en période « journée ».	18
Figure 5 - Vitesse des vents en début de nuit (-0,5h à +4,5h 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.....	19
Figure 6 - 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 27 :]26 ;27 tr/min, classe +27 : >27 tr/min.....	20
Figure 7 -Relation entre la vitesse du vent s(m/s) et la vitesse de rotation du rotor (tr/min) par tranche de 10 minutes avec en bleu application d'un modèle additif généralisé.....	21
Figure 8 - Activité quotidienne des chiroptères lors du suivi en nacelle de 2018.	27

I. Introduction

La société Eoliennes Suroit SNC est propriétaire des 7 aérogénérateurs de la commune de Roudouallec qui ont été mis en services en 2008. En 2017 et 2018, les suivis réglementaires de « suivi de mortalité des chiroptères et de l'avifaune » (Dervenn, 2018) et de « suivi en nacelle de l'activité des chiroptères » (Ecosphère, 2018) ont été réalisés. Les conclusions de ces études ont mis en évidence un risque de collision de la faune volante avec les aérogénérateurs. Des mesures de réductions des risques par la mise en place de bridage ont été formulées et appliquées en 2019.

Eoliennes Suroit SNC a dans ce contexte chargé Synergis Environnement du « **suivi de mortalité des chiroptères et de l'avifaune** » sur le parc de Roudouallec afin de vérifier l'efficacité du bridage. Ce suivi a révélé une mortalité chiroptérologique et aviaire, et a fait l'objet d'un rapport.

Ce rapport complémentaire aura pour but de spécifier l'impact du parc éolien de Roudouallec, développé dans le rapport principal de suivi de mortalité de 2020, sur la communauté de chiroptères et de proposer des mesures de réductions des risques.

II. Contexte

II.1 Parc éolien de Roudouallec

Le parc éolien de Roudouallec, d'une puissance de 5,6 MW, est constitué de 7 aérogénérateurs du modèle ENERCON E53.

Tableau 1 - Caractéristique des éoliennes

Élément de l'éolienne	Caractéristiques maximales du gabarit
Diamètre du rotor	53 m
Hauteur de la tour	60 m
Hauteur en bout de pale	88 m
Garde au sol	32 m

II.2 Contexte général

Roudouallec est une commune du Morbihan frontalière avec le Finistère.

Le parc éolien de Roudouallec se situe à une échelle large dans un paysage préservé et disposant d'une connectivité forte. Les nombreuses zones naturelles (4 ZNIEFF de type I, 3 de type II et 2 sites NATURA 2000 ; Figure 1) et le SRCE de Bretagne en témoignent. Les corridors identifiés à cette échelle sont **très attractifs pour les espèces de chiroptères** aussi bien pour les activités de **chasse que de migration**. Les boisements, les anciennes carrières d'ardoise et les roches schisteuses sont aussi **très favorables à la reproduction et l'hibernation des chauves-souris**.

A une échelle plus fine, aux alentours immédiats des éoliennes, le site de Roudouallec se situe dans un contexte agricole comportant de nombreuses prairies et peu de cultures. Le maillage de haies est assez dense, donnant un aspect bocager au territoire (Figure 2).

Les éoliennes sont principalement entourées de prairies pâturées et/ou fauchées séparées entre elles par des haies souvent bien développées (strates herbacée, arbustive et arborée). De nombreux bosquets parsèment le paysage. La proximité des boisements (Normand & Coislott, Ouest Am., 2020), la grande connectivité des habitats par les haies bocagères (Johnson *et al.*, 2004 et Morris *et al.*, 2010) et leurs interconnexions rend le **site attractif pour les espèces d'oiseaux et de chauves-souris** à une échelle fine (Montgomery *et al.*, 2020).

Les environs éloignés et immédiats du parc éolien de Roudouallec mettent en évidence un **potentiel d'attrait des chiroptères moyen** étant donné la proximité avec de nombreuses zones naturelles et la densité du bocage facilitant les déplacements des espèces.

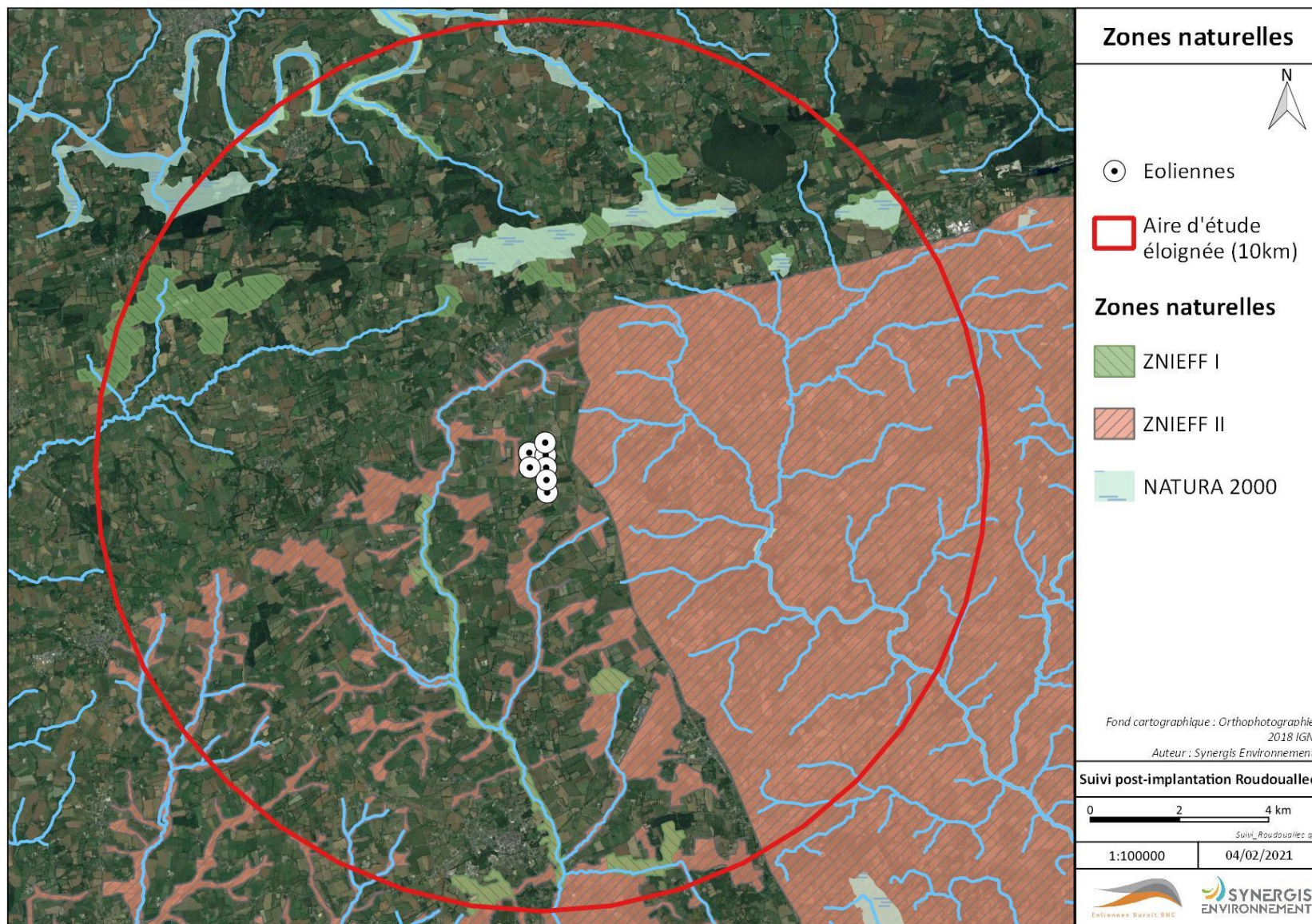


Figure 1- Localisation des zones naturelles autour du parc éolien de Roudouallec



Figure 2 - Continuités écologiques autour du parc de Roudouallec.

III. Cadrage des suivis

Les cadres méthodologiques du suivi de la mortalité des chiroptères et de l'avifaune, mis en place par Synergis Environnement, sont présentés et replacés dans le cadre réglementaire s'appuyant sur le document-cadre validé par le ministère de la transition écologique et solidaire (2018) et le cahier des clauses techniques particulières fournit par Eoliennes Suroit SNC.

III.1 Suivi initial

Un suivi hebdomadaire, courant de la semaine de 20 à 43, sous chacune des 7 éoliennes, est opéré, ce qui correspond à 24 interventions.

III.2 Suivi complémentaire

En réponse à la forte disparition des cadavres (2,25 jours de persistance) lors du premier test de disparition des cadavres un suivi complémentaire entre les semaines 29 à 36 est mis en place, avec un passage supplémentaire par semaine. Ce complément, qui ajoute 8 interventions, permet de mieux évaluer les cas de mortalité.

III.3 Résumé du protocole de terrain proposé et de la méthodologie de calculs de la mortalité

Le suivi de mortalité se fait sur un carré de 100 m de côté centré sur chaque éolienne. Les types de surfaces et leurs hauteurs sont recensés à chaque passage. Ces valeurs mises en relation avec les taux de détections de chaque intervenant permettent de pallier au biais de détection et de pondérer la surface réellement prospectée. Le troisième biais pour calculer une estimation de la mortalité éolienne est la persistance des cadavres aux pieds des éoliennes. Pour cela, il est réalisé deux tests de persistance. Une fois ces trois coefficients correcteurs obtenus, il est calculé l'estimation de la mortalité éolienne grâce au site internet du centre d'écologie fonctionnelle et évolutive.

Pour plus de détail sur la méthodologie, se référer au rapport principal du suivi de mortalité de 2020.

III.4 Seuil de mortalité non détectable

Si l'absence de cadavres ne signifie pas l'absence de mortalité, il existe un seuil de mortalité au-delà duquel celle-ci a une forte probabilité d'être détectée.

Pour déterminer ce seuil, il suffit d'inverser l'utilisation des calculs en procédant par itérations. Ainsi, il est possible, en l'absence de mortalité constatée, d'évaluer un maximum théorique de mortalité non détectable, correspondant au seuil avec un intervalle de confiance de 80%.

Tableau 2 – Exemple d'itérations

Mortalité de référence (fausse détection)	Limite basse de l'IC 80% (IC 0,10)	Médiane	Limite haute de l'IC 80% (IC 0,90)
1	0	10	50
2	0,2	18	60
1,5	0	15	54
1,7	0,06	16	56
1,8	0	16	55

Néanmoins, le nombre de combinaison de mortalité et de découverte étant illimité, il a été retenu une situation moyenne : la mortalité de référence en fausse détection est considérée comme étant détectée sur 3 interventions au cours de la période considérée. La mortalité de référence en fausse détection peut être non entière pour permettre une meilleure analyse.

Le premier cas testé est pour une mortalité de référence (fausse détection) égale à 3 (1 + 1 + 1). Si l'IC 0,10 égale 0, la mortalité de référence est doublée dans l'itération suivante ; s'il est supérieur à 0, la mortalité de référence est divisée par deux. Le rapport de 1 pour 2 ou 2 pour 1 peut être adapté pour diminuer les itérations (au moins dans la présentation). Les itérations sont réalisées sur le site du CEFE, dans le module de calcul utilisé pour les estimations de mortalité.

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

Ils sont capables de travailler avec des chiffres décimaux (donc des fractions de cadavre), ce qui permet de tester des cas intermédiaires, instructifs même si non traduisibles concrètement.

Deux cas sont possibles lors des itérations :

- Les itérations permettent d'avoir une valeur médiane arrondie à l'entier, définie par deux cas, l'un pour l'IC 0,10 à 0, et l'autre supérieur à 0. Cette valeur médiane est alors considérée comme le nombre de cas de mortalité effective pouvant intervenir

avant que des cas ne soient très probablement détectés (maximum théorique de mortalité non détectable).

- En cherchant à atteindre un IC 0,10 de 0, la médiane devient inférieure à 1. Il est alors considéré qu'au-dessus d'un cas de mortalité effective, la détection de la mortalité est très probable.

Ces calculs s'appuient sur les chiffres concrets de persistance et de détection pour la période étudiée. Dans le cas où la médiane est très faible, la fiabilité est moindre, mais la probabilité d'un parc très peu mortifère est élevée.

III.5 Utilisation des données météorologiques et de fonctionnement

III.5.1 - Moment de la journée

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

- Le crépuscule (½ heure avant le coucher du soleil)
- Le début de nuit (du coucher jusqu'à 4 h30 après le coucher de soleil)
- Le milieu de nuit (entre le début et la fin)
- La fin de nuit (à partir de 2 h avant le lever du soleil)
- La période « journée » (du lever à 9 h, puis de 19 h au crépuscule)

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

III.5.2 - 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'étude d'Ecosphère (2019) sur le parc de Roudouallec en 2018 met en évidence que 80 % à 100 % des activités des chiroptères (selon les mois) s'opéraient sous la barre des 4,5 m/s de vent. Il sera alors pris cette valeur pour la mesure des séquences de vent favorable au vol des chiroptères.

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

Tableau 3 – Conditions de vol des chiroptères en fonction du vent

Mesures du vent		Conditions de vol	Forme simplifiée
Vent moyen (< 4,5 m/s)	Vent max. (<4,5 m/s)	Très favorable	Favorable
	Vent max. (>4,5 m/s)	Favorable	
Vent moyen (>4,5 m/s)	Vent min. (<4,5 m/s)	Peu favorable	Défavorable
	Vent min. (>4,5 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.

III.5.3 - Température favorable à l'activité des chiroptères

L'étude d'Ecosphère (2019) met en évidence un seuil de 9 °C pour les mois de mai à septembre sous lequel l'activité des chiroptères est très limitée et d'un seuil de 5 °C pour le mois d'octobre, car des pics de migrations de pipistrelles communes peuvent avoir lieu dans ces conditions.

III.5.4 - Danger associé au fonctionnement éolien

Les éoliennes modernes ont une utilisation optimale du vent. Dès que celui-ci est suffisant, elles tournent à un régime assez soutenu (plus de 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 5). Il est cependant possible de graduer le dépassement d'un seuil, selon s'il concerne les activités maximales, moyennes ou minimales.

Un seuil de 8 tours / minute peut être retenu en première instance. La représentation graphique des vitesses de rotation en distribution par classes permet de mettre en évidence la rupture de répartition qui correspond au début de la plage de fonctionnement. Un ajustement du seuil peut être réalisé en conséquence (Tableau 4).

Tableau 4 - Danger en fonction du fonctionnement des éoliennes

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

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

III.5.5 - Vents et activité des éoliennes

Les données fournies par l'exploitant sont utilisées, avec un relevé de vent (vitesses et orientation) et d'activité de l'éolienne toutes les dix minutes.

Étant donné, également, que le vent est un élément important pour l'activité des chauves-souris, dont le maximum d'activité intervient dans la demi-heure précédant et les 4 heures trente suivant le coucher du soleil, l'analyse porte principalement sur le vent durant cette période. Elle s'appuie sur la division de la journée en 5 périodes (III.5.1 -).

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

IV. Résultats des suivis

IV.1 Résumé des coefficients correcteurs calculés

Pour plus de détails sur les résultats des coefficients correcteurs nécessaires à l'estimation de la mortalité se référer à IV.4.1.1 du rapport principal du suivi de mortalité 2020.

Fréquence de suivis

Les interventions ont été réalisées de mi-mai à fin octobre (semaine 20 à 43), de façon hebdomadaire sur les semaines 20 à 28 et 36 à 43, et bihebdomadaires sur les semaines 29 à 35, soit 30 interventions au cours de l'année 2020.

Protocole de terrain

Le protocole de terrain consiste en la prospection à pied des 7 aérogénérateurs. La surface à prospecter correspond à un carré de 100 m*100 m, soit une surface de 1 ha autour de chaque éolienne.

Surfaces prospectées

La surface globale prospectée au cours de la période du suivi de mortalité a fluctué entre 3 et 5 ha

Test de détection

Le test de détection permet d'établir le coefficient de détectabilité (Tableau 5). Celui-ci est personnel, associé à un intervenant et varie aussi selon l'occupation du sol (couvert végétal).

Tableau 5 – Résultats des tests de détection par intervenant et types de surfaces

Intervenants	Surface plane	Surface basse	Surface moyenne
Bastien BLANC	0,9	0,52	0,52
Ronan ARHURO	0,9	0,41	0,40

Guénolé LE PEUTREC	0,9	0,47	0,40
--------------------	-----	------	------

Test de persistance

Les deux tests réalisés montrent une persistance faible et plus particulièrement lors du premier test (juin) où tous les cadavres ont disparu au bout de 4 jours (taux de persistance de 2,25 jours). Lors du second test (septembre), plus de la moitié des cadavres avez disparu au bout de 4 jours et la persistance est devenu nul à 11 jours (taux de persistance de 4,15 jours). Le taux de persistance global est de 3,0 jours sur le parc éolien de Roudouallec.

Occupation du sol au pied des éoliennes

Deux types de couverts sont majoritairement présents : prairies de fauches et boisements (Tableau 6).

Tableau 6 - Types d'habitats rencontrés et surfaces associées

Typologie simplifiée des habitats	Surface (en ha)	Pourcentage
Prairie de fauche	5,24	75 %
Boisement	1,26	18 %
Plateforme	0,38	5 %
Voirie	0,11	2 %

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. La moyenne de ces taux sur la durée du suivi sera prise en compte pour l'ensemble du parc (0,316). Avec ces taux de détections composites moyennés, pour les différents observateurs, il est calculé le nombre de détections théorique (28,5 pour l'ensemble du parc sur toute la période de suivi) à fournir sur le site du CEEF. Les taux de détections composites et la détection théorique sont recalculés pour chaque période étudiée.

IV.2 Suivi de mortalité 2020

IV.2.1 - Données de mortalité constatée

Durant le suivi 2020 sur le parc de Roudouallec et de ses 7 éoliennes, **12 cas de mortalité** ont été enregistrés. **Sept portaient sur des cadavres de chiroptères** (2 espèces) **et 5 sur des oiseaux** (4 espèces). Des cadavres ont été retrouvés sous toutes les éoliennes sauf E1. Trois cadavres ont été retrouvés sous les éoliennes E6 et E7, deux sous E2 et E3 et un sous E4 et E5 (Tableau 7).

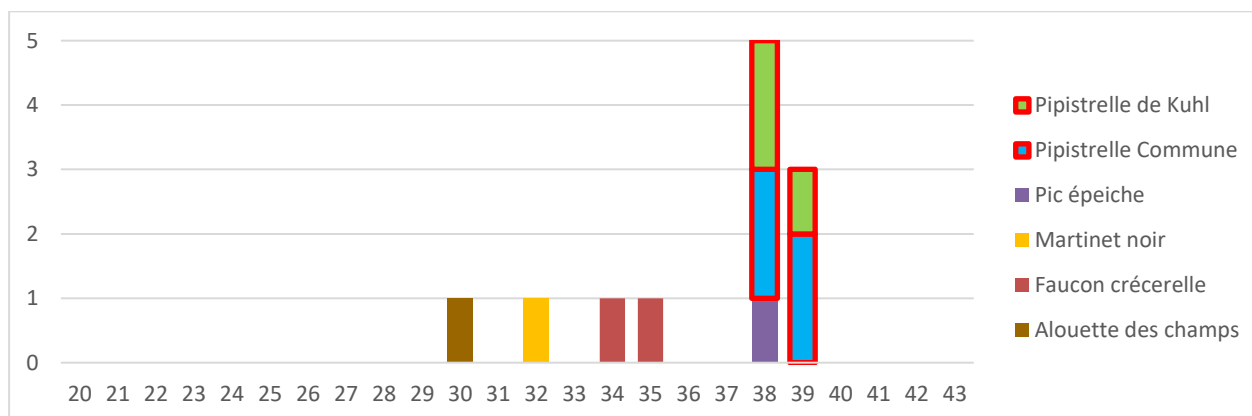


Figure 3 - Chronologie des observations de mortalité, par espèce et par semaine

Un pic de mortalité chez les chiroptères est observable les semaines 38 et 39 ce qui correspond à des périodes de migrations chez ces espèces.

Tableau 7 - récapitulatif des cadavres de chiroptères trouvés lors du suivi de mortalité 2020

Espèces	Date de découverte	Éolienne
Pipistrelle de Kuhl (<i>Pipistrellus kuhlii</i>)	15/09/2020	E2
Pipistrelle de Kuhl (<i>Pipistrellus kuhlii</i>)	15/09/2020	E2
Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)	15/09/2020	E5
Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)	15/09/2020	E7
Pipistrelle de Kuhl (<i>Pipistrellus kuhlii</i>)	22/09/2020	E6
Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)	22/09/2020	E7
Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)	22/09/2020	E3

IV.2.2 - Évaluation de la mortalité réelle

IV.2.2.1 - Évaluation pour le parc entier

L'estimation de la mortalité est calculée via l'application <https://shiny.cefe.cnrs.fr/EolApp/> et a été estimée pour le parc entier sur l'ensemble de la période du suivi par taxon, et sur trois périodes. Pour ce qui est de la période entière, l'intervalle de temps entre deux passages indispensables au calcul de la mortalité a été simplifié à 7 jours entre chaque passage. Ainsi, la période ayant eu une pression d'observation plus forte n'est pas surreprésentée. De plus aucun chiroptère n'a été retrouvé grâce au suivi supplémentaire effectué les vendredis. La

pression de passage est prise en compte lors du découpage du suivi en trois périodes. Le découpage de la période de suivi en trois périodes permet de prendre plus finement certains facteurs de biais statistiques, de persistance des cadavres, et de biologies des espèces (

Tableau 8). Il n'est pas possible d'avoir une estimation pour l'année entière, les périodes non couvertes étant a priori nettement moins accidentogènes.

Tableau 8 : Condition de découpage de la période de suivi en trois périodes

	Période 1	Période 2	Période 3
Date	Semaine 20 à 38	Semaine 29 à 36	Semaine 37 à 43
Fréquence de passage	7 jours	3,5 jours	7 jours
Persistance des cadavres	Test 1 :	Test 1 et 2 :	Test 2 :
Cycle biologique des chiroptères	- Arrivé sur aire de reproduction - Installation des colonies	- Élevage des jeunes - Envol des jeunes - Début de la migration	- Migration post-nuptiale - Recherche de site de swarming

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.

Tableau 9 - Estimations de la mortalité réelle des chiroptères sur le parc éolien de Roudouallec

Parc entier					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	65,66	0	191,20	0	139,73
Huso	78,33	0	226,04	0	165,59
Jones	89,84	0	260,82	0	190,16
Moyenne	78			0	166

Pour le parc entier, la mortalité réelle supposée pour les chiroptères est de l'ordre de 78 chauves-souris sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 7 (nombre de cadavres retrouvés) et 166 individus.

Le découpage en période permet de faire une estimation de mortalité uniquement pour la période 3 (septembre-août). Cette estimation de mortalité réelle est de 71 [25 ; 138] IC80 % individus impactés. La quasi-totalité des mortalités réelles doit s'opérer lors de la saison de migration.

IV.2.2.2 - Maximum théorique de mortalité non détectable par période

Il est étudié ici les 3 périodes correspondant aux trois grandes différentes périodes d'activités des chiroptères sur le site de Roudouallec lors du suivi de mortalité. Ces périodes sont celles utilisées pour la mise en place du bridage et identifiées lors du suivi en nacelle de 2018.

Les trois périodes sont :

- mai : faible activité des chiroptères
- juin à août : forte activité chiroptérologique, induite par la présence de jeunes et les comportements de chasse principalement
- septembre à octobre : forte activité, induite par les recherches de site swarming et la migration des individus

Mai

Les valeurs utilisées pour faire les calculs à parti du site CEFE sont : une fréquence de passage de 7 jours, un taux de détection théorique de 0,32, un taux de surface prospectée de 0,57 et une persistance des cadavres de 2,25 jours.

Tableau 10 – itérations de valeurs de fausse détection pour la période de mai

Mortalité de référence (fausse détection)	IC 0,10	Médiane	IC 0,90
0,1	4,21	6,32	11,03
0,01	0,42	0,63	1,10
0,025	1,06	1,57	2,75
0,0175	0,74	1,11	1,91

Pour la période de mai, le maximum théorique de mortalité non détectable est d'un cadavre. Au vu des données de persistance, de fréquence d'intervention et des capacités de détection des intervenants, une mortalité supérieure à 1 aurait été détectée. Même avec une mortalité marginale, qui porterait la mortalité totale à 1 ou 2 cas, il est donc permis de conclure **que le parc, avec les modalités de bridage mises en place, n'est pas mortifère sur cette période.**

Juin à août

Les valeurs utilisées pour faire les calculs à parti du site CEFE sont : une fréquence de passage de 4,6 jours, un taux de détection théorique de 0,27, un taux de surface prospectée de 0,54 et une persistance des cadavres de 3 jours.

Tableau 11 – itérations de valeurs de fausse détection pour la période de juin à août

Mortalité de référence (fausse détection)	IC 0,10	Médiane	IC 0,90
1	9,05	32,47	70,05
0,5	4,49	16,48	35,76
0,1	0,89	3,26	6,94
0,01	0,09	0,32	0,71
0,001	0,01	0,03	0,07
0,05	0,44	1,62	3,54
0,03	0,28	0,99	2,12

Pour la période juin à août, le maximum théorique de mortalité non détectable est d'un cadavre. Au vu des données de persistance, de fréquence d'intervention et des capacités de détection des intervenants, une mortalité supérieure à 1 aurait été détectée. Même avec une mortalité marginale, qui porterait la mortalité totale à 2 ou 3 cas, il est donc permis de conclure **que le parc, avec les modalités de bridage mises en place, n'est pas mortifère sur cette période.**

Septembre – octobre

Les valeurs utilisées pour faire les calculs à parti du site CEFE sont : une fréquence de passage de 7 jours, un taux de détection théorique de 0,33, un taux de surface prospectée de 0,66 et une persistance des cadavres de 4,15 jours.

Tableau 12 – itérations de valeurs de fausse détection pour la période de septembre-octobre

Mortalité de référence (fausse détection)	IC 0,10	Médiane	IC 0,90
1	10,75	31,81	64,08
0,1	1,08	3,18	6,28
0,01	0,11	0,33	0,64
0,05	0,53	1,61	3,21
0,025	0,25	0,79	1,56

Pour la période de septembre à octobre, le maximum théorique de mortalité non détectable est d'un cadavre. Pour rappel la mortalité constatée permet une estimation de la mortalité réelle avec 71 [25 ; 138] IC80 % chiroptères impactés et cela avec 7 cadavres découverts répartis sur deux interventions.

Pour le parc entier, cette approche, quoiqu'imparfaite, permet de comparer des périodes en dépit de l'absence de mortalité. Elle permet de dire que sur les 3 périodes, même **une mortalité très faible (de l'ordre d'un chiroptère) peut être détectable**.

L'absence de détection ne vaut pas absence de mortalité, mais cette mortalité en première et seconde période ne peut être aussi importante que celle de la troisième période. **Le bridage peut donc être considéré comme efficace.**

IV.3 Données disponibles pour l'analyse

IV.3.1 - Vents et activité des éoliennes

Les horaires de coucher et de lever de soleil sur le parc de Roudouallec ont été pris en compte chaque jour pour définir les 5 périodes (cf. III.5.1). La durée de période « journée » et de la nuit sont en conséquence variables, selon l'avancement des saisons.

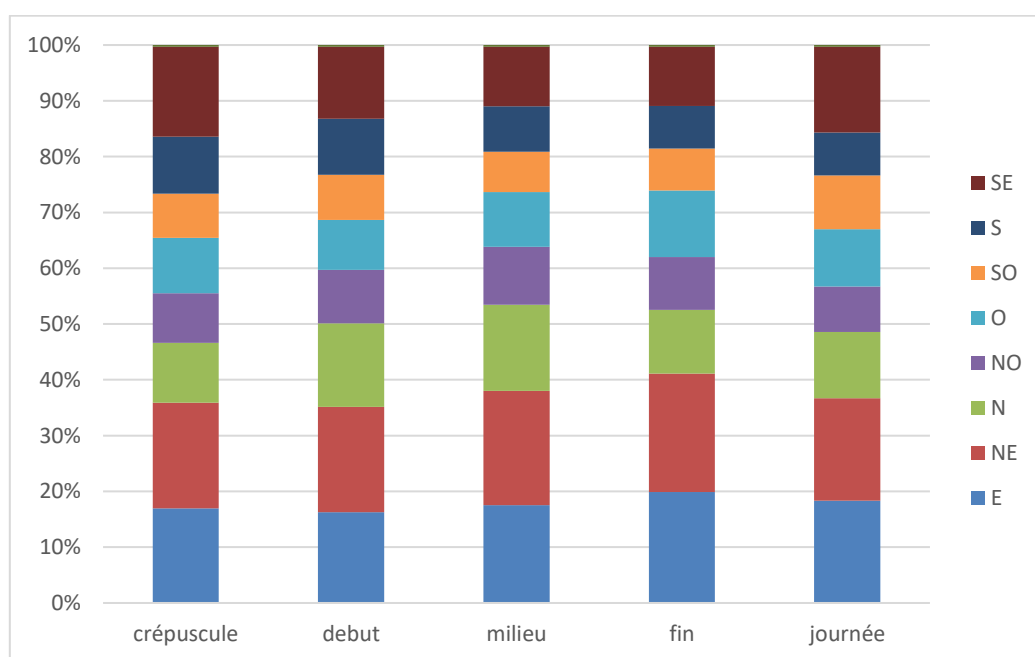


Figure 4 – Répartition du vent en fonction du moment de la nuit ou en période « journée ».

Une dominance des vents de sud-est à nord-est est constatée (Figure 4).

Pour chaque première partie de nuit (crépuscule [0h30 avant coucher du soleil] + début [0h à 4h30 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.

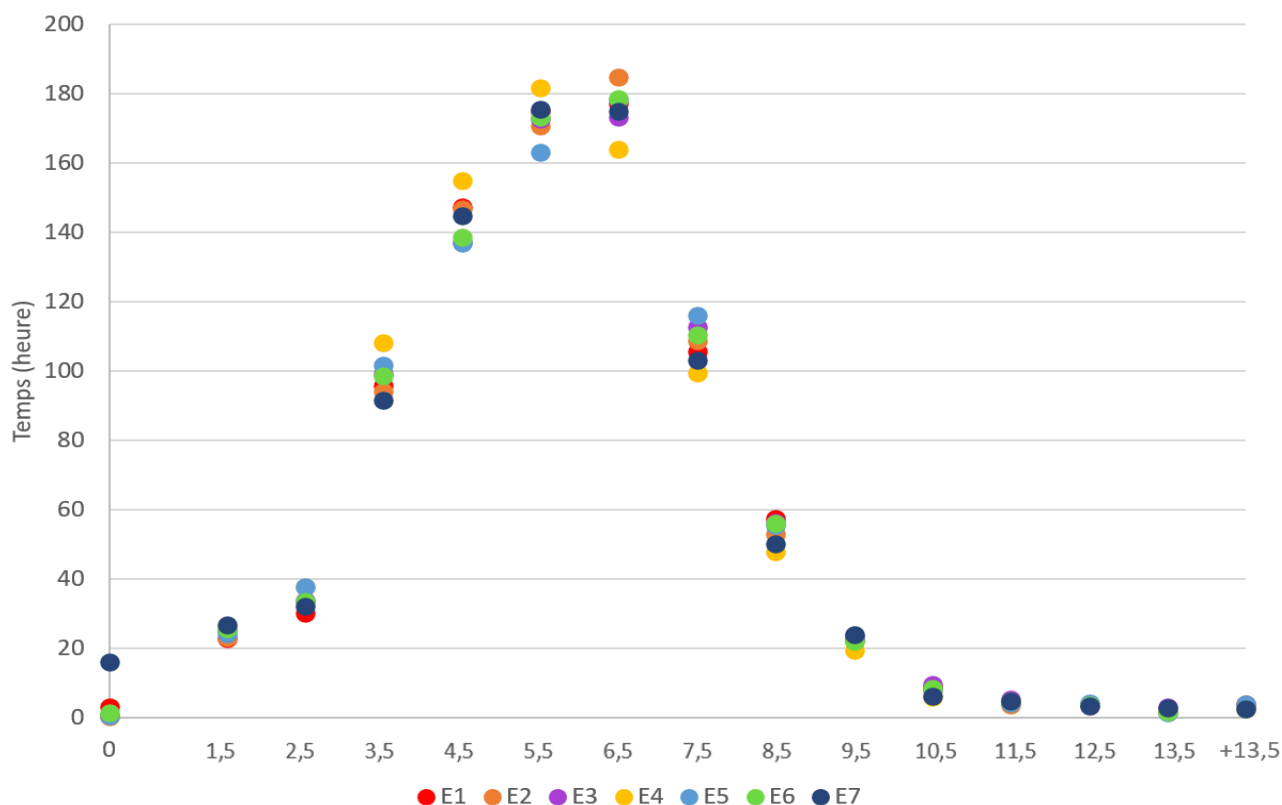


Figure 5 - Vitesse des vents en début de nuit (-0,5h à +4,5h du coucher du soleil) par éolienne en m/s ; utilisation des moyennes par tranche de 10 minutes. Les classes de vitesses de l'abscisse correspond à classe 0 : vent de 0 m/s, classe 1,5 :]0 ;1,5 m/s], classe 2,5 :]1,5 ;2,5 m/s] ... Classe 13,5 :]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 13,5 m/s (Figure 5). La moyenne s'établit à 5,29 m/s.

L'observation des vitesses moyennes de vents par tranches de 10min en première partie de nuit montre qu'un vent inférieur à 3,5 m/s (valeur la plus basse du seuil de bridage) est noté en moyenne par éolienne lors de 19% du temps. Un vent inférieur ou égal à 4,5 m/s est quant à lui nettement plus discriminant il regroupe en moyenne par éolienne 35% de la période étudiée.

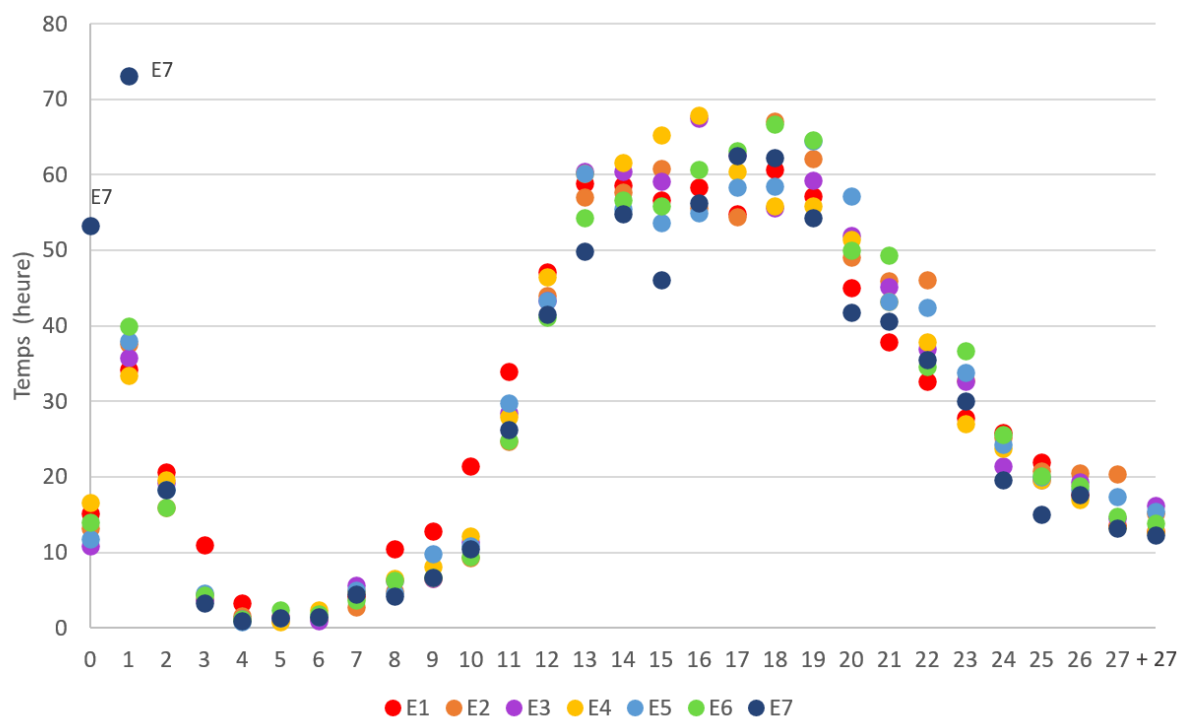


Figure 6 - Niveau d'activité des éoliennes en première partie de nuit (tours/minutes) ; utilisation des moyennes d'activité par tranche de 10min. Les classes de vitesses de rotation de l'abscisse correspond à classe 0 : rotation de 0 tr/min, classe 1 :]0 ;1 tr/min], classe 2 :]1 ;2 tr/min], classe 27 :]26 ;27 tr/min, classe +27 : >27 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 6). Une rotation de 8 tr/min signifie une vitesse en bout de pale d'environ 80 km/h et une activité de 17 tr/min ce qui est la classe la plus fréquente, donne une vitesse en bout de pale de 170 km/h.

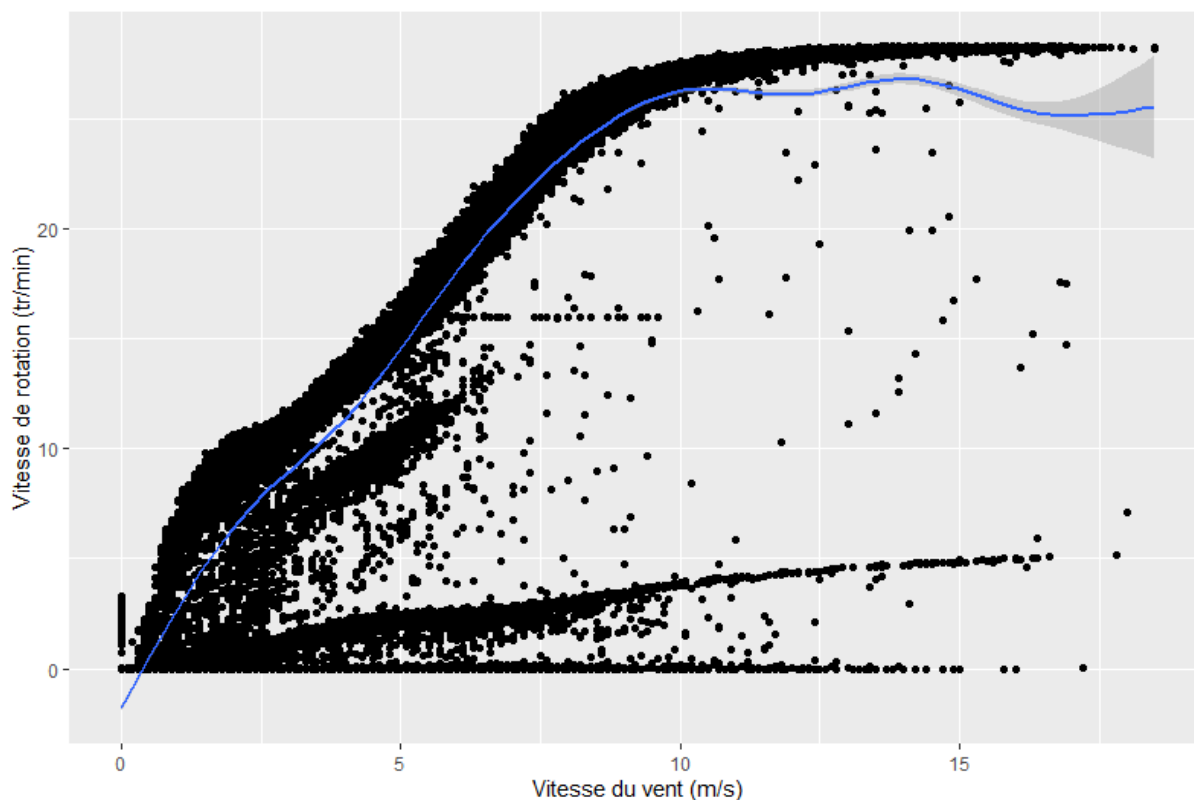


Figure 7 -Relation entre la vitesse du vent $s(m/s)$ et la vitesse de rotation du rotor (tr/min) par tranche de 10 minutes avec en bleu application d'un modèle additif généralisé.

Une inflexion du rapport entre vitesse du vent et vitesse de rotation du rotor est visible aux alentours de 8 à 10 m/s.

Cette inflexion est visible aussi bien en prenant l'activité des éoliennes seule ou la relation avec la vitesse du vent (Figure 7). En dessous d'environ 8 tr/min, l'activité des éoliennes est limitée, et cela pour des vents environ inférieurs à 2,5 m/s. Cette première partie d'« activité » est due à l'effet de « roue-libre » des éoliennes sous une certaine vitesse de vent. Une fois l'éolienne rentrant réellement en production, 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 28 tr/min pour des vents supérieurs à environ 10 m/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.

IV.3.2 - Bridage des éoliennes

Le bridage sur les éoliennes du parc de Roudouallec s'est opéré comme indiqué dans le Tableau 13.

Tableau 13 : Condition de bridage appliqué sur le parc de Roudouallec en 2020

Période	01/06/2020 31/08/2020	01/09/2020 30/09/2020	01/10/2020 31/10/2020
Éolienne	Toutes	Toutes	Toutes
Vent	<4,5 m/s	<3,5 m/s	<3,5 m/s
Pluie	<0,83 mm/10 min	<0,83 mm/10 min	<0,83 mm/10 min
T°	>9 °C	>9 °C	>5 °C
Horaire par rapport au coucher de soleil	-0 h 30 à + 4 h 30	-0 h 30 à + 4 h 30	-0 h 30 à + 4 h 30
Arrêt théorique sur la période	7 %	4,5 %	4 %
Arrêt théorique lors des horaires d'application du bridage	34 %	22 %	19 %

Les conditions de bridage mises en place et l'analyse des données de vents, de température et de précipitation (par pas de temps de 10 min) permettent en moyenne par éolienne sur le début de nuit (-0h30 à +4h30 du coucher du soleil) la mise à l'arrêt, pour la période de juin à août, 34 % du temps, 22 % pour le mois de septembre et 19 % pour le mois d'octobre.

Les pourcentages restent théoriques, car l'étude des données d'activités des éoliennes ne permet pas avec les analyses utilisées de discriminer des périodes d'arrêts dues à un manque de vent, un problème technique ou de maintenance, d'un arrêt induit par le bridage.

IV.3.3 - Précipitation et température

Les données de précipitations transmises par Eoliennes Suroit SNC sont par tranche d'une heure alors que celles employées dans le conditionnement des éoliennes sont par tranche de 10 min. Pour pallier ce biais, il est considéré que le seuil pour le bridage correspond à 4,98 mm/h (0,83 mm/10 min x 6). Ainsi, lors du suivi il est relevé sur la période potentielle de mise en marche du bridage (première partie de nuit) 132 h sur 3653 où le niveau de précipitation était supérieur au seuil de 4,98 mm/h.

Le relevé des températures a commencé le 05/06/2020. Sur la période d'étude, en première partie de nuit seule 104 h sur 2971 ont été inférieures à 9 °C et dont 29 inférieures à 5 °C et cela uniquement lors du mois d'octobre.

IV.3.1 - Comparaison avec le suivi de mortalité de 2017

Le suivi mortalité de l'avifaune et des chiroptères, opéré par le bureau d'étude Dervenn en 2017 se basait conformément aux normes réglementaires en vigueur à l'époque sur quatre passages. La fréquence de prospection était de deux passages hebdomadaires durant deux semaines consécutives au début du mois d'octobre.

Aucun cas de mortalité de chiroptère n'avait été découvert ce qui n'avait pas permis de fournir d'estimation de la mortalité réelle sur le parc.

V. Analyse

V.1 Suivi de la mortalité

V.1.1 - Espèces retrouvées

V.1.1.1 - Portée de l'impact d'un parc sur une population d'espèce

Les espèces retrouvées sous les éoliennes sont toutes des espèces largement réparties au niveau européen sans discontinuité au niveau de la Bretagne. Aucune d'entre elles ne fait partie de populations à aire de répartition restreinte autour de l'aire d'étude.

Il est alors difficile de parler dans cette partie de population locale. Ces espèces de chiroptères ont une grande capacité de dispersion ce qui rend les populations ouvertes et très fortement interconnectées. Certaines espèces, comme la noctule commune ou encore la noctule de Liesler sont capables lors de migration de parcourir plusieurs centaines de kilomètres. D'autres espèces auront tendance quant à elles à rester « proches » de leurs lieux de reproduction lors de la période hivernale en se rassemblant avec d'autres congénères. Cependant les flux entre zones géographiques voisines restent très forts. Il est possible de parler de sous-populations interconnectées pour certaines espèces, avec une portée plus grande que le parc éolien de Roudouallec et s'inscrivant donc dans une population bien plus large.

La théorie des mécanismes sources-puits peut expliquer les différentes dynamiques observées au sein d'une population. Lorsque le taux de renouvellement de la population est supérieur à 1, la zone sera considérée comme source, elle alimentera alors les zones puits (dont le taux de renouvellement est inférieur à 1)

Ainsi le nombre d'individus dans la zone puit peut être constant même si la mortalité y est élevée. La zone puit peut être un piège écologique, où même si les conditions favorables à une espèce ne sont pas réunies, des individus sont indubitablement attirés dans cette zone.

Le cas des parcs éoliens peut rentrer dans cette catégorie. Les habitats globalement favorables sont attractifs, mais la mortalité peut faire de ces sites des puits. La mort d'individus locaux attire de nouveaux individus, maintenant un niveau de population constant en dépit des pertes. L'effet n'est alors pas visible localement, car répercuté sur une population plus vaste.

V.1.1.2 - Espèces de chiroptères impactées

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

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

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

Selon la compilation de Dürr (2020), 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.

La **pipistrelle de Kuhl**, *Pipistrellus kuhlii*, quant à elle, est moins impactée, avec néanmoins plus de 200 cadavres comptabilisés en France. C'est une espèce particulièrement anthropophile qui est davantage menacée par les collisions routières et par ses prédateurs (rapaces nocturnes, chats...).

Activité sur site en 2018 :

Pipistrellus pipistrellus : présente en très grand nombre du mois de mai à octobre sur le site.

Pipistrellus kuhlii : présente à partir du mois de mai et de façon plus nombreuse de la fin juin à octobre.

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 et son niveau de sensibilité. Ainsi, le niveau de vulnérabilité est déterminé comme suit pour les deux espèces de pipistrelles :

- ***Pipistrellus pipistrellus* : vulnérabilité assez forte**
- ***Pipistrellus kuhlii* : vulnérabilité assez forte**

La pipistrelle commune est une espèce très commune en Bretagne, ainsi qu'au niveau national. Elle est sédentaire dans la zone d'étude. Il est possible de parler de sous-population, toute proportion gardée, car la période de découverte des cadavres correspond aux mouvements des individus vers des gîtes hivernaux. Il est possible que les individus retrouvés sous les éoliennes proviennent de sous-populations connectées à celle présente autour du parc éolien. La sous-population locale n'est pas remise en cause par l'influence du parc de Roudouallec, mais peut, au vu de l'estimation de mortalité, être un piège écologique pour l'espèce, si aucune mesure de bridage plus adaptée n'est prise.

Pour ce qui est de la pipistrelle de Kuhl, son expansion en cours vers l'ouest de la région Bretonne ne permet pas de parler de sous-population. Cependant l'influence de la mortalité éolienne pourrait être un facteur d'évolution défavorable de la dynamique populationnelle. Le bridage reste actuellement la meilleure solution pour conserver un objectif de perte nulle de biodiversité.

V.1.2 - Analyse de cas de mortalité

Sept cas de mortalité constatée de chiroptères font état de cadavres frais. La date de mort peut ainsi être définie approximativement (maximum 2 jours).

Il sera ici considéré comme moment à risque lors que les vents seront favorables ou très favorables (vent inférieur à 4,5m/s) et le danger lié à l'activité des éoliennes élevé à très élevé (supérieur à 8tr/min).

- Pour les quatre cas de Mortalité du 15 septembre :
 - Éolienne E2 : Le 14/09 **55 %** des séquences enregistrées était à risque et **19 %** le 13/09
 - Éolienne E5 : Le 14/09 **50 %** des séquences enregistrées était à risque et **12 %** le 13/09
 - Éolienne E7 : Le 14/09 **46 %** des séquences enregistrées était à risque et **23 %** le 13/09

La nuit précédant la découverte des cadavres, entre 46 et 55 % de la nuit selon l'éolienne peuvent être considérés comme à risque pour les chiroptères. Ces pourcentages sont plus réduits pour la nuit précédente entre 12 et 29 % de la nuit qui sont à risque.

- Pour les trois cas de mortalité du 22 septembre :
 - Éolienne E3 : Le 21/09 **80 %** des séquences enregistrées était à risque et **39 %** le 20/09
 - Éolienne E6 : Le 21/09 **83 %** des séquences enregistrées était à risque et **44 %** le 20/09
 - Éolienne E7 : Le 21/09 **83 %** des séquences enregistrées était à risque et **58 %** le 20/09

Principalement le jour précédent la découverte des cadavres au moins 80 % de la nuit présentait un risque pour les chiroptères. Deux jours avant la mort, ce sont entre 40 et 60 % de la nuit qui étaient à risque pour les chiroptères selon les éoliennes.

Sur l'ensemble du suivi, cet indicateur de risque met en évidence que 29 % des nuits présentaient un risque pour les chiroptères (plus de 50% des séquences à risque). Cet indicateur de risque semble donc pertinent pour mettre en évidence les risques de collisions des chiroptères avec les éoliennes.

V.1.3 - Suivi en nacelle de 2018 (BE Ecosphère)

V.1.3.1 - Bilan par mois et par espèces

Le bureau d'étude Ecosphère, lors du suivi d'activité des chiroptères a mis en évidence qu'en 2018 l'activité globale au niveau de la nacelle E4 augmente progressivement mois après mois pour atteindre un premier pic en juillet, puis redescend un peu en août et septembre pour remonter fortement à nouveau en octobre. Novembre et avril sont les mois qui comptent le moins de contacts. (Tableau 14).

Tableau 14 -Bilan des contacts de chiroptères par mois et espèces lors du suivi en nacelle 2018.

E4	Pipistrelle commune	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelle de Kuhl/Nath usius	Pipistrelles de Nathusius	Noctule de Leisler	Noctule sp.	Sérotule	Barbastrelle	Oreillard	Total
Avril	4									4
Mai	62	6		1	8	1	1			79
Juin	61			2	3		1			67
Juillet	137	33	14	6	153		14	1		358
Août	38	22	9	5	58		6			138
Septembre	134	6	3	3	47		12			205
Octobre	431	26	5	4	12	1	7		5	491
Novembre					9					9
Total	867	93	31	21	290	2	41	1	5	1351

La pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) domine la plupart du temps l'activité avec un total de 867 contacts (64,2 %), excepté en juillet où la Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*) arrive en nombre (153 contacts) et en août où elle est toujours présente, mais en moindre mesure (58 contacts) ; alors que la pipistrelle commune a fortement diminué (38 contacts). Les contacts

du groupe des « sérotules » peuvent aussi bien appartenir à la sérotine commune (*Iptesicus serotinus*) qu'à la noctule de Leisler, car la première a souvent été contactée au sol en août et septembre.

De la même façon, la pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) et la Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*) ne sont pas toujours catégoriquement identifiables du fait de leurs signaux proches en gamme de fréquences. Seule une partie d'entre eux ont permis de confirmer la présence des deux sur plusieurs mois avec une fréquentation de l'ordre de dizaines de contacts par mois, surtout de juillet à octobre.

V.1.3.2 - Chronologie de l'activité

Le graphique suivant présente la chronologie quotidienne du suivi en nacelle de 2018 (Figure 8). La plupart des nuits, moins de 5 à 10 contacts ont été enregistrés. Des pics à plus de 50 contacts ont été observés très ponctuellement fin mai et fin juin. À partir de la mi-juillet, d'autres pics d'au moins 20 contacts deviennent un peu plus réguliers jusqu'en août. Fin septembre et début octobre, des pics bien plus élevés sont enregistrés sur plusieurs nuits consécutives, pour rechuter ensuite jusqu'à la fin du suivi.

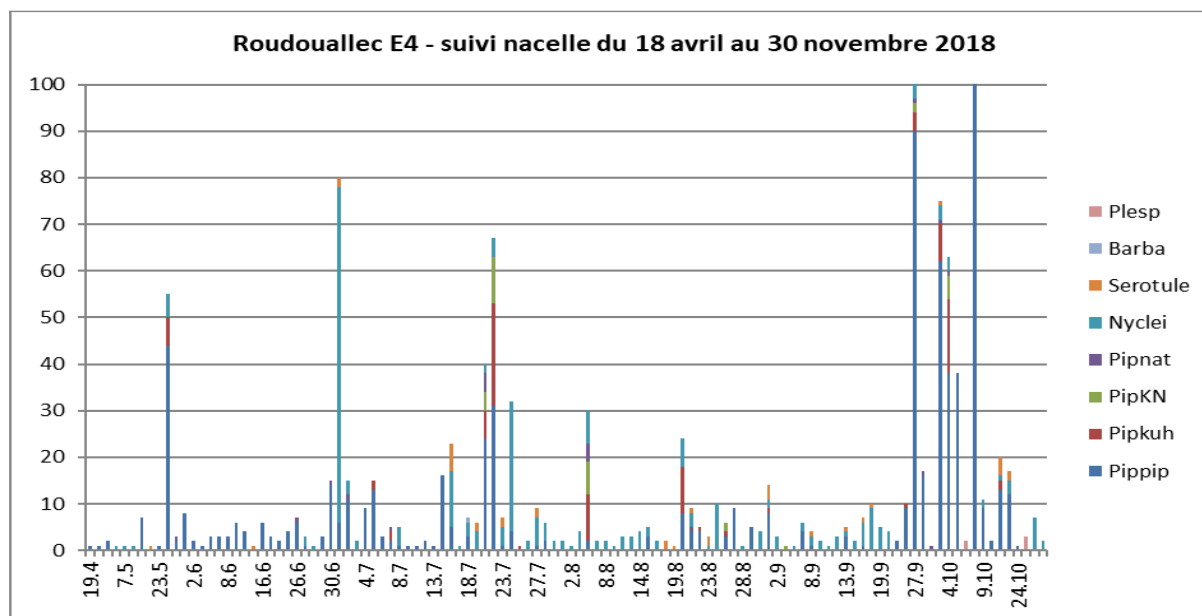


Figure 8 - Activité quotidienne des chiroptères lors du suivi en nacelle de 2018.

V.1.3.3 - Évaluation des risques de collisions spécifique au parc

Ce Tableau 15 est à la base des propositions des conditions de bridages mise en place suite au suivi en nacelle de 2018.

Tableau 15 : Évaluation des risques d'impact contextualisée par mois sur la base de la vulnérabilité des espèces et les activités enregistrées (Ecosphère, 2019)

	Critères d'évaluation	Niveau de risque
Avril	Activité très faible (pas de noctules), 3 nuits positives (+) seulement	risque négligeable
Mai	Activité faible avec quelques contacts de noctules et de Pipistrelle de Nathusius (moins d'une dizaine), 1 pic, 9 nuits+	risque faible
Juin	Activité faible avec quelques contacts de noctules et de Pipistrelle de Nathusius (moins d'une dizaine), 0 pic, mais 17 nuits+, 9 individus estimés	risque moyen
Juillet	Activité importante dominée par la Noctule de Leisler (juillet : colonie dans le boisement adjacent ?), 5 pics, quelques contacts de P. Nathusius et un contact de Barbastelle, 25 nuits+, 19 individus estimés, 7 résultats > Q75%	risque fort
Août	Activité moyenne dominée par la Noctule de Leisler, 2 pics, quelques contacts de P. Nathusius, 24 nuits+, 14 individus estimés	risque assez fort
Septembre	Activité assez importante dominée par la P. commune (vuln. faible), 1 seul pic, quelques dizaines de contacts de N. Leisler et P. Nathusius, 20 nuits+, 13 individus estimés, 5 résultats > Q75 %	risque assez fort
Octobre	Activité importante dominée par la P. commune, 5 pics, une vingtaine de contacts de N. Leisler et P. Nathusius, mais répartis sur 9 nuits+ seulement, 8 individus estimés, 7 résultats > Q75 %	risque assez fort
Novembre	Activité très faible composée de 9 contacts de N. Leisler répartis sur seulement deux nuits	risque faible

V.2 Prise en compte du risque de mortalité

V.2.1 - Analyse du risque

L'analyse de cas (V.1.2 -) 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 (cf. méthodologie III.5.2 - et III.5.4 -).

Tableau 16 - Répartition des séquences plus ou moins à risque sur l'ensemble du parc (nuit entière)

		Conditions de vent (- de 3,5 m/s) et Rotation du rotor (- de 8 tr/min)					Conditions de vent (- de 4,5 m/s) et Rotation du rotor (- de 8 tr/min)					
		Condition de vent pour l'activité des chiroptères					Condition de vent pour l'activité des chiroptères					
		Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total	
Danger lié à la rotation des pales	Très élevé	53 %	18 %	8 %	4 %	83 %	Très élevé	23 %	31 %	14 %	13 %	81 %
	Élevé	1 %	1 %	0 %	1 %	3 %	Élevé	0 %	1 %	1 %	1 %	3 %
	Faible	0 %	1 %	0 %	1 %	2 %	Faible	0 %	0 %	1 %	1 %	2 %
	Très faible	1 %	5 %	3 %	4 %	13 %	Très faible	0 %	2 %	4 %	7 %	13 %
	Total	55 %	25 %	11 %	10 %	100 %	Total	23 %	34 %	20 %	22 %	100 %

Résumé pour le parc entier

Risque	Faible	Modéré	Fort	Très fort
	69 %	19 %	9 %	4 %

Résumé pour le parc entier

Risque	Faible	Modéré	Fort	Très fort
	38 %	33 %	15 %	13 %

Il y a donc eu au cours de la période de suivi, 13 % des séquences pouvant être considérées comme à risque fort ou très fort sur l'ensemble du parc en prenant comme limite de vent

3,5 m/s, 28 % avec une limite à 4,5 m/s. Ces séquences sont potentiellement mortifères pour les chiroptères. Les différences entre éoliennes sont assez réduites de 11 % pour E1 à 15 % E4.

Il est intéressant de remarquer que l'utilisation d'une limite de vent à 4,5 m/s au lieu du 3,5 m/s qui représente une part plus représentative des conditions de vents au cours de la saison (IV.3.1 -) et qui reste dans les conditions de vol des chiroptères (Ecosphère, 2019), permet de mieux prendre en compte les séquences à risque (passage de 13 à 28 %).

V.2.2 - Réduction du risque

Pour réduire le risque, la solution la plus efficace est de supprimer le danger dans les conditions globalement favorables. C'est-à-dire de brider les éoliennes lorsque les conditions de vent sont favorables (catégories favorable ou très favorable) au vol des chiroptères. Les mesures de bridages mis en place sur le parc de Roudouallec peuvent encore être améliorées pour réduire le risque. L'absence de mortalité pour les chiroptères en dehors du mois de septembre met en évidence l'efficacité des mesures prises sur cet intervalle de temps.

Pour ce qui est du mois de septembre (semaine 36 à 40), une réévaluation des mesures de bridage est à envisager.

Tableau 17 - Répartition des séquences entre les semaines 36 à 40 (première partie de nuit)

		Condition de vent (- de 3,5 m/s) et Rotation du rotor (- de 8 tr/min)						Condition de vent (-4,5 m/s) et Rotation du rotor (- de 8 tr/min)					
		Condition de vent pour l'activité des chiroptères					E1	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 des pales	Très élevé	41 %	22 %	6 %	2 %	71 %		17 %	32 %	13 %	9 %	71 %	
	Élevé	1 %	1 %	1 %	2 %	5 %		0 %	1 %	1 %	2 %	4 %	
	Faible	0 %	1 %	1 %	1 %	3 %		0 %	0 %	1 %	2 %	3 %	
	Très faible	0 %	12 %	3 %	6 %	21 %		0 %	4 %	11 %	7 %	22 %	
	Total	42 %	36 %	11 %	11 %	100 %		17 %	37 %	26 %	20 %	100 %	
		Condition de vent pour l'activité des chiroptères					E2	Condition de vent pour l'activité des chiroptères					E2
		Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total		Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total	
Danger lié à la rotation des pales	Très élevé	40 %	23 %	7 %	2 %	72 %		18 %	32 %	12 %	9 %	71 %	
	Élevé	1 %	1 %	0 %	1 %	3 %		0 %	0 %	1 %	2 %	3 %	
	Faible	0 %	1 %	1 %	1 %	3 %		0 %	0 %	1 %	2 %	3 %	
	Très faible	1 %	12 %	5 %	4 %	22 %		0 %	4 %	12 %	7 %	23 %	
	Total	42 %	37 %	13 %	8 %	100 %		18 %	36 %	26 %	20 %	100 %	

		Condition de vent pour l'activité des chiroptères				
Danger lié à la rotation des pales	E3	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total
	Très élevé	41 %	21 %	7 %	2 %	71 %
	Élevé	0 %	1 %	1 %	2 %	4 %
	Faible	0 %	1 %	1 %	1 %	3 %
	Très faible	0 %	11 %	6 %	5 %	22 %
	Total	41 %	34 %	15 %	10 %	100 %

		Condition de vent pour l'activité des chiroptères				
Danger lié à la rotation des pales	E3	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total
	Très élevé	19 %	32 %	12 %	9 %	72 %
	Élevé	0 %	0 %	1 %	2 %	3 %
	Faible	0 %	0 %	1 %	2 %	3 %
	Très faible	0 %	3 %	13 %	7 %	23 %
	Total	19 %	35 %	27 %	20 %	101 %

		Condition de vent pour l'activité des chiroptères				
Danger lié à la rotation des pales	E4	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total
	Très élevé	37 %	24 %	7 %	2 %	70 %
	Élevé	1 %	1 %	1 %	2 %	5 %
	Faible	0 %	1 %	1 %	2 %	4 %
	Très faible	0 %	10 %	6 %	6 %	22 %
	Total	38 %	36 %	15 %	12 %	101 %

		Condition de vent pour l'activité des chiroptères				
Danger lié à la rotation des pales	E4	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total
	Très élevé	15 %	31 %	15 %	8 %	69 %
	Élevé	0 %	0 %	1 %	2 %	3 %
	Faible	0 %	0 %	1 %	2 %	3 %
	Très faible	0 %	3 %	13 %	7 %	23 %
	Total	15 %	34 %	30 %	19 %	98 %

		Condition de vent pour l'activité des chiroptères				
Danger lié à la rotation des pales	E5	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total
	Très élevé	42 %	20 %	6 %	2 %	70 %
	Élevé	1 %	1 %	1 %	2 %	5 %
	Faible	0 %	1 %	1 %	1 %	3 %
	Très faible	0 %	11 %	6 %	6 %	23 %
	Total	43 %	33 %	14 %	11 %	101 %

		Condition de vent pour l'activité des chiroptères				
Danger lié à la rotation des pales	E5	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total
	Très élevé	19 %	30 %	12 %	9 %	70 %
	Élevé	0 %	1 %	1 %	3 %	5 %
	Faible	0 %	0 %	1 %	2 %	3 %
	Très faible	0 %	2 %	13 %	7 %	22 %
	Total	19 %	33 %	27 %	21 %	100 %

		Condition de vent pour l'activité des chiroptères				
Danger lié à la rotation des pales	E6	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total
	Très élevé	43 %	21 %	6 %	3 %	73 %
	Élevé	0 %	1 %	1 %	1 %	3 %
	Faible	0 %	1 %	1 %	1 %	3 %
	Très faible	0 %	11 %	5 %	6 %	22 %
	Total	43 %	34 %	13 %	11 %	101 %

		Condition de vent pour l'activité des chiroptères				
Danger lié à la rotation des pales	E6	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total
	Très élevé	20 %	32 %	11 %	10 %	73 %
	Élevé	0 %	0 %	1 %	1 %	2 %
	Faible	0 %	0 %	1 %	1 %	2 %
	Très faible	0 %	3 %	12 %	7 %	22 %
	Total	20 %	35 %	25 %	19 %	99 %

		Condition de vent pour l'activité des chiroptères				
Danger lié à la rotation des pales	E7	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total
	Très élevé	42 %	21 %	7 %	2 %	72 %
	Élevé	0 %	1 %	1 %	1 %	3 %
	Faible	0 %	1 %	1 %	1 %	3 %
	Très faible	0 %	11 %	6 %	6 %	23 %
	Total	42 %	34 %	15 %	10 %	101 %

		Condition de vent pour l'activité des chiroptères				
Danger lié à la rotation des pales	E7	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total
	Très élevé	19 %	31 %	12 %	9 %	71 %
	Élevé	0 %	0 %	1 %	1 %	2 %
	Faible	0 %	0 %	1 %	2 %	3 %
	Très faible	0 %	3 %	12 %	7 %	22 %
	Total	19 %	34 %	26 %	19 %	98 %

		Condition de vent pour l'activité des chiroptères				
Danger lié à la rotation des pales	Parc entier	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total
	Très élevé	41 %	22 %	7 %	2 %	72 %
	Élevé	0 %	1 %	1 %	2 %	4 %
	Faible	0 %	1 %	1 %	1 %	3 %
	Très faible	0 %	11 %	5 %	5 %	21 %
	Total	41 %	35 %	14 %	10 %	100 %

		Condition de vent pour l'activité des chiroptères				
Parc entier	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total	
Très élevé	18 %	31 %	12 %	9 %	70 %	
Élevé	0 %	0 %	1 %	2 %	3 %	
Faible	0 %	0 %	1 %	2 %	3 %	
Très faible	0 %	3 %	12 %	7 %	22 %	
Total	18 %	34 %	26 %	20 %	101 %	

Risque	Faible	Modéré	Fort	Très fort
	65 %	24 %	9 %	2 %

Risque	Faible	Modéré	Fort	Très fort
	41 %	34 %	14 %	9 %

Le passage des limites de bridage au cours des semaines 36 à 40 de 3,5 m/s à 4,5 ms permettra de diminuer les périodes à fort potentiel de risque (Tableau 17) en première partie de nuit. Ce rehaussement du seuil aboutira, selon les données de vent et d'activité des éoliennes de 2020, de brider les éoliennes 23 % du temps dans la première partie de la nuit au lieu des 11 % actuellement.

Les similitudes des contextes paysagers immédiats aux différentes éoliennes et les estimations de mortalités permettent de distinguer qu'une seule éolienne (E1) des autres. Cette éolienne est plus éloignée des reliefs paysagers favorables (1^{re} haie à 65 m) au déplacement des chiroptères et des oiseaux.

Ainsi, les mesures supplémentaires de bridages proposées ne s'appliquent pas à l'éolienne E1.

Il est préférable d'étendre ce rehaussement de bridage à la première semaine d'octobre, car d'une part, le suivi en nacelle de 2018 a mis en évidence un pic d'activité des chiroptères à la fin du mois de septembre et au cours du mois d'octobre. D'une autre part, que le pic de mortalité observée cette année 2020 lors du mois de septembre peut être décalé de quelques jours avant ou après selon les variabilités interannuelles d'activités des chiroptères et/ou des conditions météorologiques.

Les caractéristiques de bridage à retenir sont alors :

Tableau 18 - Mesures de bridage proposées (en rouge les modifications préconisées)

Période	Juin à août	Septembre +7 ^e jours d'octobre		Du 8 ^e jour d'octobre à fin octobre
Éolienne	Toutes	E1	E2, E3, E4, E5, E6, E7	Toutes
Vent	<4,5 m/s	<3,5 m/s	<4,5 m/s	<3,5 m/s
Pluie	<0,83 mm/10 min	<0,83 mm/10 min	<0,83 mm/10 min	<0,83 mm/10 min
T°	>9 °C	>9 °C	>9 °C	>5 °C
Horaire par rapport au coucher de soleil	-0 h 30 à + 4 h 30	-0 h 30 à + 4 h 30	-0 h 30 à + 4 h 30	-0 h 30 à + 4 h 30

VI. Bilan

Le parc éolien de Roudouallec exploité par Eoliennes Suroit SNC se situe dans un contexte bocager dense proche de la frontière entre le Morbihan, le Finistère et les Côtes-d'Armor. Le paysage alentour de la zone est marqué par de nombreuses zones classées (ZNIEFF, Natura 2000) et présente une connectivité entre milieux semi-naturels forte grâce aux réseaux de haies préservés dans ce secteur de la Bretagne.

Le suivi de mortalité des oiseaux et des chiroptères a été mené de la semaine 20 à 43 en 2020. **12 cas de mortalité** ont été enregistrés. **Sept portaient sur des cadavres de chiroptères** (2 espèces). **La mortalité réelle estimée est de 78 chiroptères** [7 ; 166] IC80 % **sur l'ensemble du parc.**

La mortalité des chiroptères est considérée comme **assez forte, et est juste au-dessus de la moyenne** des parcs éoliens de Bretagne et Pays de Loire, dont la mortalité moyenne constatée est de 10 cadavres par an (Normand & Coislot Ouest Am', 2019). Il s'agit de mortalité constatée et non estimée, car les études prises en compte lors de l'analyse ne présentaient pas suffisamment de protocoles standardisés comparables. L'absence de mortalité en début du suivi 2020 peut être associée à une mortalité faible à nulle, au vu des indications qu'apportent les calculs de détectabilité théorique.

En ce qui concerne les deux espèces de chiroptères retrouvées mortes sous les éoliennes, c'est principalement l'impact sur la pipistrelle commune qui est le plus notable dans le contexte régional, avec un groupe sédentaire impacté. La pipistrelle de Kuhl est quant à elle en expansion sur cette zone de la région et bénéficie donc d'une dynamique plus favorable. Dans les deux cas, si aucune mesure plus adaptée de bridage n'est mise en place, le fonctionnement du parc en piège écologique aboutira à une perte nette de biodiversité.

Ce suivi de mortalité est le second sur le parc de Roudouallec, le précédent ayant été fait en 2018. Cependant, il se basait sur le protocole de 2015 avec seulement 4 sorties dédiées à la mortalité (trop peu pour déterminer un taux de mortalité fiable). Toujours en 2018 un suivi des activités de chiroptères en nacelles et au sol a été réalisé et avait mis en évidence une activité des chiroptères suffisante pour justifier du besoin de mise en place d'un bridage sur le site.

Les résultats du suivi de mortalité mettent en évidence que les mesures de bridage à destination principale des chiroptères semblent suffisantes pour les mois de juin à août et octobre, mais insuffisantes pour le mois de septembre. Une adaptation du bridage est nécessaire pour septembre. Cependant, il serait préférable d'étendre l'adaptation du bridage du mois de septembre à la première semaine d'octobre, car la variabilité interannuelle d'activité des chiroptères ou des conditions météorologiques peuvent induire un déplacement du pic de mortalité, observé cette année, de quelques jours avant ou après.

Afin de réduire sérieusement toute mortalité future du parc et en se basant sur les résultats obtenus dans ce rapport, Synergis Environnement préconise les mesures suivantes :

- **Maintien du bridage actuel pour les mois de juin à août et d'octobre à partir du 8^e jour.**
- **Augmentation du bridage pour le mois de septembre et les 7 premiers jours d'octobre avec un seuil relevé à 4,5 m/s pour l'ensemble du parc sauf E1 (qui peut rester à 3,5 m/s), de 0 h 30 avant le coucher du soleil jusqu'à 4 h 30 après son lever.**

Période	Juin à août	Septembre +7 premiers jours d'octobre		Du 8 ^e jour d'octobre à fin octobre
Éolienne	Toutes	E1	E2, E3, E4, E5, E6, E7	Toutes
Vent	<4,5 m/s	<3,5 m/s	<4,5 m/s	<3,5 m/s
Pluie	<0,83 mm/10 min	<0,83 mm/10 min	<0,83 mm/10 min	<0,83 mm/10 min
T°	>9 °C	>9 °C	>9 °C	>5 °C
Horaire par rapport au coucher de soleil	-0 h 30 à + 4 h 30	-0 h 30 à + 4 h 30	-0 h 30 à + 4 h 30	-0 h 30 à + 4 h 30

Ces mesures sont présentées uniquement sur les résultats de suivi et leur interprétation, sans prendre en compte la perte de productible et l'incidence sur la viabilité économique du parc éolien de Roudouallec.

Un suivi d'efficacité des mesures lors de l'année 2021 est nécessaire pour valider ou non l'efficacité des mesures préconisées dans ce rapport. Le suivi couvrira la période modifiée et un temps avant et après afin de contextualiser les résultats (mi-août à mi-octobre paraît adapté).




La mise en place d'un batcorder sur au moins une éolienne mortifère est conseillée, de préférence sur l'éolienne E7 (éolienne dont la mortalité constatée est la plus forte avec E2) qui est au cœur du parc et présente un environnement immédiat semblable aux éoliennes E3 à E6 toutes mortifères. Cela permettra de mieux comprendre l'activité, l'utilisation de l'espace et la phénologie des chiroptères, avec une comparaison avec les données de 2018. Ainsi les mesures de bridage et l'évaluation de son efficacité seront plus adaptées au parc éolien de Roudouallec.




VII. BIBLIOGRAPHIE


- BARRIOS, L. & RODRIGUEZ, A., 2004. Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines. *Journal of Applied Ecology*, Vol 41, 72-81.
- 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.
- Dervenn, 2018. Parc éolien du ROUDOUALLEC (56) - SUIVI ENVIRONNEMENTAL - Suivis des végétations, de l'avifaune et de la mortalité. 42 p.
- DÜRR T., 2020. Fledermausverluste an Windenergieanlagen. Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. Septembre 2020.
- Ecosphère, 2019. – Suivis chiroptérologiques post-implantation du parc éolien de Roudouallec (56) - saison 2018. Étude réalisée pour le compte des Éoliennes de Suroit, 73 p.
- ERICKSON W., STRICKLAND D., JOHNSON G. & KERN W., 2000. Examples of statistical methods to assess risk of impacts to birds from wind plants – National Avian, Wind Power Planning Meeting III – San Diego, California, p 172 -182.
- 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.
- HULL, C. L. & MUIR, S., 2010. Search areas for monitoring bird and bat carcasses at wind farms using a Monte-Carlo model. *Australasian Journal of Environmental Management*, 17(2), 77-87.
- 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.
- 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.
- MTEs, 2018. – Protocole de suivi environnemental des parcs éolien terrestres. – 19p.
- Normand & Coislot, 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.
- UICN 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 de chiroptères découverts lors de la campagne de suivi 2020

Date	15/09/2020	15/09/2020	15/09/2020
Photo			
Espèce	Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>
Éolienne	E2	E2	E5
Classe d'âge	Indéterminé	Indéterminé	Indéterminé

Date	15/09/2020	22/09/2020	22/09/2020
Photo			
Espèce	Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>
Éolienne	E7	E3	E7
Classe d'âge	Indéterminé	Indéterminé	Indéterminé

Date	22/09/2020
Photo	
Espèce	Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>
Éolienne	E6
Classe d'âge	Indéterminé