

Parc éolien de Coatjégu à Plédéliac (22)

Suivi environnemental - 2020

Réf. Dossier : 2020-000068
Dossier suivi par : Frédéric EBNER
Mail – téléphone : f.ebner@dervenn.com
02 99 55 55 05

Rédacteur : Frédéric EBNER,
Relecteur : Vincent GUILLEMOT
Date : 02/12/2020
Version : 1.4

DERVENN GENIE ÉCOLOGIQUE



9 rue de la Motte d'Ille, 35830 BETTON

02 99 55 55 05

contact@dervenn.com



SOMMAIRE

1	Cadre général et présentation de la mission.....	5
1.1	Localisation et présentation du parc éolien.....	5
1.2	Cadre réglementaire.....	6
2	Méthodologie.....	7
2.1	Occupation du sol.....	7
2.2	Suivi de l'activité des chiroptères.....	7
2.2.1	Méthode et matériel utilisé.....	7
2.2.2	Biais / Limites de l'études.....	10
2.3	Suivi direct de la mortalité.....	12
2.3.1	Généralités.....	12
2.3.2	Méthode de prospection.....	12
2.3.3	Fréquence de prospection.....	15
2.3.4	Facteurs de correction.....	15
2.3.5	Biais / Limite de l'étude.....	18
2.4	Dates et natures des prospections de terrain.....	19
2.5	Équipe du projet.....	20
3	Résultats et analyses des impacts.....	21
3.1	Données de fonctionnement des éoliennes du parc.....	21
3.2	Cartographie de l'occupation du sol.....	21
3.3	Suivi en altitude de l'activité des chiroptères.....	24
3.3.1	Résultats bruts.....	24
3.3.2	Influences des conditions météorologiques.....	26
3.3.3	Influence de l'heure.....	30
3.3.4	Influence de la période de l'année.....	32
3.3.5	Synthèse de l'activité des chiroptères en fonction des seuils de 90 % d'activité.....	33
3.4	Suivi direct de la mortalité.....	34
3.4.1	Facteurs de correction.....	34
3.4.2	Résultats bruts.....	37
3.4.3	Estimation de la mortalité réelle.....	43
3.5	Impacts et propositions de mesures complémentaires de réduction des impacts.....	45

3.5.1	<i>Statuts des espèces contactées et retrouvées mortes au pied des éoliennes.....</i>	45
3.5.2	<i>Rappels des impacts identifiés dans l'étude d'impacts et des mesures en place</i>	46
3.5.3	<i>Bilan des impacts du parc éolien.....</i>	47
3.5.4	<i>Proposition de mesures complémentaires pour limiter les impacts directs sur les chiroptères et l'avifaune</i>	48
Annexe – Heures crépusculaires		50
Bibliographie		52

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques techniques d'une éolienne	6
Tableau 2 : Paramètres audio du SM4	8
Tableau 3 : Horaires d'enregistrements	9
Tableau 4 : Liste des espèces de chiroptères par ordre d'émission décroissante, avec distances de détection et coefficient de détectabilité (Barataud, 2015)	11
Tableau 5 : Définitions des paramètres utilisés dans les formules d'estimation de la mortalité.....	18
Tableau 6 : Dates et natures des prospections	19
Tableau 7 : Noms et domaines d'intervention des membres de l'équipe projet	20
Tableau 8 : Synthèse des données de fonctionnement des éoliennes pendant la période de suivi	21
Tableau 9 : Surface occupées par les différentes typologies d'habitats	21
Tableau 10 : Synthèse des conditions météorologiques mensuelles au cours de la période d'enregistrement	26
Tableau 11 : Provenance des vents (en %)	27
Tableau 12 : Pourcentages cumulés de contacts pondérés par classes de vitesse de vent	28
Tableau 13 : Pourcentages cumulés de contacts par classes de température	30
Tableau 14 : Pourcentages cumulés de contact pondérés par classes horaires	31
Tableau 15 : Pourcentage de contacts par décade au cours de la période de suivi	32
Tableau 16 : Synthèse des conditions météorologique et horaires comprenant 90 % des contacts pondérés	33
Tableau 17 : Synthèse des surfaces prospectées par passage de suivi mortalité	34
Tableau 18 : Durée de disparition des cadavres sous les éoliennes	35
Tableau 19 : Calcul du coefficient de prédation.....	35
Tableau 20 : Efficacité de recherche	36
Tableau 21 : Calcul du coefficient d'efficacité de recherche.....	36
Tableau 22 : Synthèse des cas de mortalités	37
Tableau 23 : Résultats des estimateurs selon les formules d'Erikson, Huso et Jones pour l'ensemble du parc sur 26 semaines pour les chiroptères	43
Tableau 24 : Résultats des estimateurs détaillés pour les chiroptères	44
Tableau 25 : Résultats des estimateurs selon les formules d'Erickson, Huso et Jones pour l'ensemble du parc sur 26 semaines pour les oiseaux	44
Tableau 26 : Résultats des estimateurs détaillés pour les oiseaux	44
Tableau 27 : Statuts des espèces contactées au cours des suivis	45
Tableau 28 : Nature des impacts potentiels identifiés dans l'étude d'impact et groupes d'espèces concernés.....	46
Tableau 29 : Évaluation des impacts potentiels par groupes d'espèces	46

1 Cadre général et présentation de la mission

1.1 Localisation et présentation du parc éolien

Localisation	Plédéliac (22175), Pléstan (22640)
Mise en service	01/04/2020
Caractéristiques	<ul style="list-style-type: none"> 3 éoliennes Nordex N117 Puissance totale du parc de 7,2 MW
Contexte	Les 3 éoliennes sont situées en lisière Sud du bois de Coatjégu. On note, sur ce secteur constitué majoritairement de cultures monospécifiques et de milieux prairiaux, la présence d'un réseau bocager relativement bien conservé par endroit.

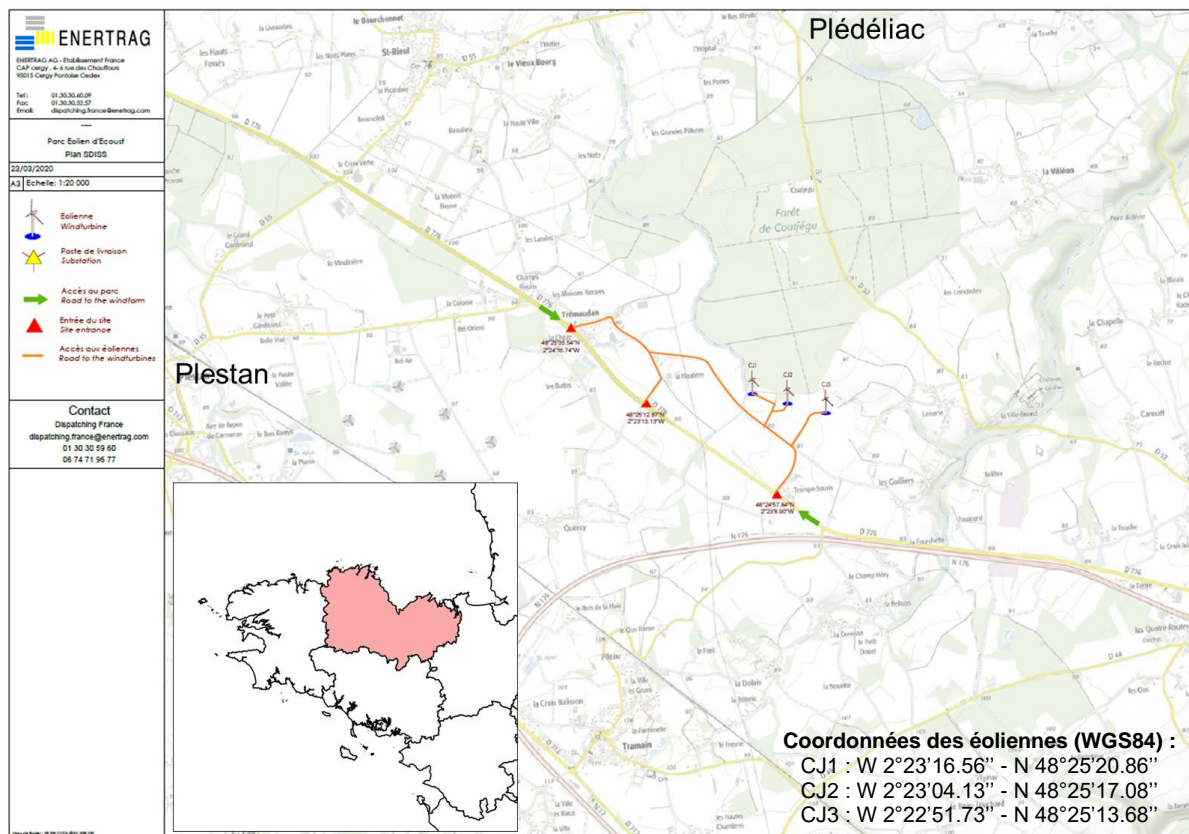


Figure 1 : Localisation du parc éolien de Coatjégu

Tableau 1 : Caractéristiques techniques d'une éolienne

Nordex N117	
Puissance unitaire (MW)	2,4
Diamètre (m)	99,8
Hauteur de moyeu (m)	100
Hauteur en bout de pale (m)	149,9
Garde au sol (m)	50

1.2 Cadre réglementaire

L'Arrêté du 26/08/2011 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, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, prévoit, sauf cas particulier justifié et faisant l'objet d'un accord du Préfet, que le suivi environnemental soit réalisé dans les 12 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation afin d'assurer un suivi sur un cycle biologique complet et continu adapté aux enjeux avifaune et chiroptères susceptibles d'être présents. Ce suivi est renouvelé dans les 12 mois si le précédent suivi a mis en évidence un impact significatif et qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives. A minima, le suivi est renouvelé tous les 10 ans d'exploitation de l'installation.

Le présent rapport détaille les méthodologies mises en œuvre ainsi que les résultats obtenus lors du suivi de la mortalité (chiroptères/oiseaux) et du suivi d'activité en altitude (chiroptères). L'analyse des résultats permet de cibler les mesures de réduction à instaurer pour les prochaines années.

Le suivi post-implantation du parc éolien a été réalisé en 2020 selon la version révisée 2018 du protocole national, version en vigueur au lancement du suivi. Ce protocole est conforme aux recommandations publiées par la SFEPM (2016) et aux recommandations d'EUROBATS (accord européen pour la conservation des chauves-souris), actualisées en 2014.

2 Méthodologie

2.1 Occupation du sol

L'occupation du sol a été relevé exhaustivement lors du premier passage de suivi mortalité, le 14/05/2020. Ensuite, les changements d'occupation ont été relevés à chaque passage sur site au cours de la période de suivi afin d'identifier les éléments pouvant influencer la mise en place des différents protocoles comme la hauteur de la végétation. Pour cela, les grands types d'habitats présents dans une grille de prospection de 100 X 100 m autour des mâts des éoliennes ont été identifiés et délimités, puis reportés sur le logiciel de cartographie Qgis 2.18.

2.2 Suivi de l'activité des chiroptères

2.2.1 Méthode et matériel utilisé

Le suivi en altitude de l'activité des chiroptères s'est appuyé sur la détection et l'analyse des ultrasons émis en chasse ou en déplacement. Un enregistreur automatique a été installé dans la nacelle de l'éolienne 1. Cette éolienne a été choisie en raison de sa proximité avec la forêt de Coatjégu et de la présence d'un réseau bocager favorable aux chiroptères. Le matériel d'enregistrement est un SM4 Bat relié à un micro-ultrason SMM-U1, branché sur secteur. Une batterie au plomb prend le relai lors d'éventuelles coupures électriques. Les paramètres audios de ce matériel sont détaillés dans le Tableau 2. Ce matériel a été mis en place entre le 20/05 et enlevé le 04/11. Les horaires d'activation de l'enregistreur sont indiqués dans le Tableau 3. Les séquences enregistrées ont ensuite été analysées par informatique à l'aide d'un logiciel spécialisé dans l'analyse acoustique des ultrasons : Kaléidoscope pro.

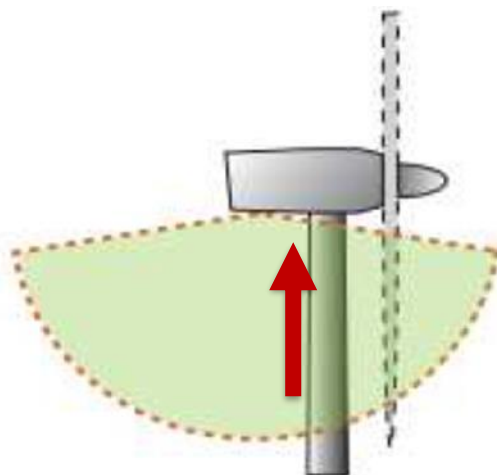


Figure 2 : Position du micro-ultrason

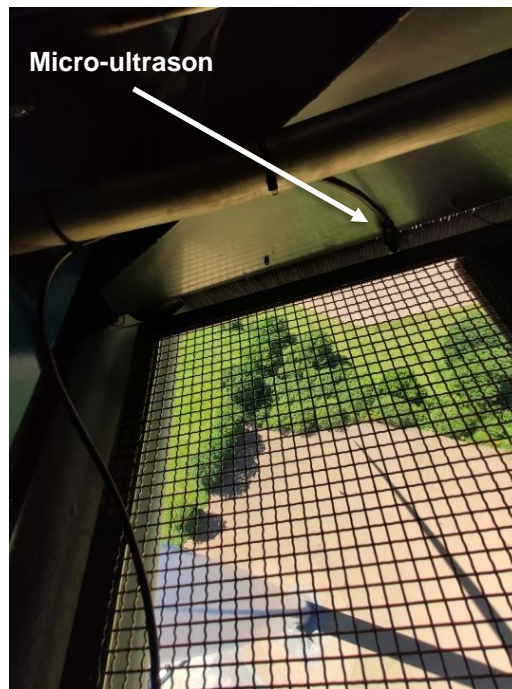


Figure 3 : Emplacement du micro-ultrason au sein de la nacelle

Tableau 2 : Paramètres audio du SM4

Gain	12 Db
Filtre haut 16k	Eteint
Taux d'échantillonnage	384 kHz
Durée minimale du signal	1.5 ms
Durée maximale du signal	Aucune
Fréquence minimale de déclenchement	8 kHz
Niveau de déclenchement	12 Db
Fenêtre de déclenchement	3 s
Longueur maximale des enregistrements	15 s
Compression	Aucune

Tableau 3 : Horaires d'enregistrements

Périodes	Horaires d'enregistrements
Début des enregistrements	
20/05 - 31/07	Crépuscule civil – 2 h à 1h30
01/08 – 15/10	Crépuscule – 1h30 à 1h
16/10 – 04/11	Crépuscule – 1h à 30 min
Fin des enregistrements	
20/05 – 15/08	Aube civile + 1h
16/08 – 15/10	Aube + 30 min à 1h
16/10 – 04/11	Aube + 15 min à 30 min

Par convention, un contact de chauve-souris correspond à une séquence avec des ultrasons de 5 secondes. Une séquence avec des ultrasons de chiroptères d'une durée supérieure à 5 secondes sera donc divisée en plusieurs contacts. A l'inverse, des séquences successives dont le cumul de temps ne dépasse pas 5 secondes seront classées comme 1 seul contact. De plus, une séquence avec plusieurs individus d'une même espèce ou de deux espèces différentes correspondra à plusieurs contacts. Le logiciel Kaléidoscope pro a été utilisé pour identifier les séquences avec des signaux de chiroptères et ceux avec d'autres sons ne pouvant être attribués à des chauves-souris. Cette analyse permet également d'attribuer les ultrasons des séquences à des espèces de chiroptères avec des indices de fiabilités. Une grande partie des enregistrements ont ensuite été validés manuellement et une attention particulière a été portée sur les espèces ou groupes d'espèces avec des signaux proches comme les Sérotules. Les séquences ont ensuite été transformées en contacts.



Figure 4 : Localisation du détecteur à ultrason

2.2.2 Biais / Limites de l'études

Les différentes espèces de chiroptères n'ont pas la même puissance d'émission. En effet, certaines espèces comme les Noctules peuvent être détectées à plusieurs centaines de mètre. A l'inverse, les Rhinolophe sont détectable à de très faibles distances de l'ordre de quelques mètres. Afin de palier ces différences de probabilités de détection, les coefficients de détectabilité proposés par BARATAUD M. (2015) sont utilisés ici (voir ci-dessous). Les résultats bruts ont donc été corrigés en tenant compte de ces coefficients.

Tableau 4 : Liste des espèces de chiroptères par ordre d'émission décroissante, avec distances de détection et coefficient de détectabilité (Barataud, 2015)

milieu ouvert			
Intensité d'émission	Espèces	distance détection	coefficient détectabilité
faible	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	5	5,00
	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	10	2,50
	<i>Rhinolophus euryale</i>	10	2,50
	<i>Rhinolophus mehelyi</i>	10	2,50
	<i>Myotis emarginatus</i>	10	2,50
	<i>Myotis alcathoe</i>	10	2,50
	<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,50
	<i>Myotis brandtii</i>	10	2,50
	<i>Myotis daubentonii</i>	15	1,67
	<i>Myotis nattereri</i>	15	1,67
	<i>Myotis bechsteinii</i>	15	1,67
	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,67
moyenne	<i>Myotis oxygnathus</i>	20	1,25
	<i>Myotis myotis</i>	20	1,25
	<i>Plecotus spp.</i>	20	1,25
	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	25	1,00
	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	25	1,00
	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	25	1,00
	<i>Pipistrellus nathusii</i>	25	1,00
	<i>Miniopterus schreibersii</i>	30	0,83
forte	<i>Hypsugo savii</i>	40	0,63
	<i>Eptesicus serotinus</i>	40	0,63
très forte	<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,50
	<i>Eptesicus isabellinus</i>	50	0,50
	<i>Vespertilio murinus</i>	50	0,50
	<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31
	<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25
	<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17
	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17

De plus, certaines espèces émettent des signaux très proches et en fonction de la qualité des enregistrements, leur discrimination est parfois impossible. Dans ce cas, ces signaux sont attribués à des groupes d'espèces (ex : groupe Pipistrelle de Kuhl/Nathusius).

Un problème d'alimentation de l'enregistreur au cours de la période de suivi a engendré l'absence d'enregistrements entre le 23/06/2020 et le 22/08/2020. Afin de palier à cela, une analyse statistique a été utilisée pour estimer le nombre de contacts potentiels par décade au cours de cette période. L'influence des différents paramètres potentiels a, dans un premier temps, été mesurée (vitesse du

vent, direction du vent, température, date) à l'aide de modèles linéaires généralisés¹. Après analyse des différents paramètres, seule la vitesse du vent et la température semblent influencer fortement le nombre de contacts. Ces deux paramètres ont donc été retenus pour construire le modèle linéaire généralisé dont voici la formule utilisé dans le logiciel R :

*Estimation = Nombre de contact ~ (Vitesse du vent * température), family = poisson*

Les résultats du modèle permettent d'estimer le nombre de contacts potentiels par plage de 10 minutes en fonction de la température et de la force du vent :

Nombre de contacts estimés pour une période de 10 minutes

$$= -0.690085 + 0.14647 * (\text{température}) \pm 0.195048 * (\text{vitesse vent})$$

$$+ 0.002803 * (\text{température} * \text{vitesse vent})$$

Pour les périodes avec des enregistrements, le modèle retenu prédit un nombre de contacts proche du nombre réel avec respectivement 3291 individus et 3159 individus. Sur la totalité de la période, le modèle estime un nombre total de contacts à 6581 soit 3290 contacts potentiels au cours de la période sans données.

2.3 Suivi direct de la mortalité

2.3.1 Généralités

Le suivi de mortalité permet de vérifier que les populations d'oiseaux et de chauves-souris présentes au niveau du parc éolien ne sont pas affectées de manière significative par le fonctionnement des aérogénérateurs. L'objectif est de s'assurer que l'estimation effectuée dans l'étude d'impact du projet en termes de risques de mortalité n'est pas dépassée dans la réalité. La découverte d'un cadavre d'oiseau ou de chiroptère doit faire l'objet d'une fiche détaillée permettant la saisie standardisée de l'espèce et des conditions de mortalité constatée.

2.3.2 Méthode de prospection

Des carrés de 100 m de côté (1 ha) ont été prospectés au pied des 3 éoliennes en suivant le cheminement des transects de 7 m permettant à l'observateur de rechercher la présence de cadavre sur une largeur de 3,5 m de part et d'autre de sa ligne de déplacement. Ces transects échantillon ont été importés sur l'application Qfield afin d'être visualisables et suivis sur le terrain. A chaque passage, l'ensemble des transects ont été parcourus à pied, et à vitesse lente et constante.

¹ Le modèle linéaire généralisé (GLM) est une généralisation souple de la régression linéaire, ici, il est basé sur un modèle poissonnien. Ce modèle a été retenu comme le plus proche des données existantes (modèle avec les paramètres réellement influents), parmi les modèles testés testant différents paramètres potentiellement influents (vitesse du vent, direction du vent, température, date).

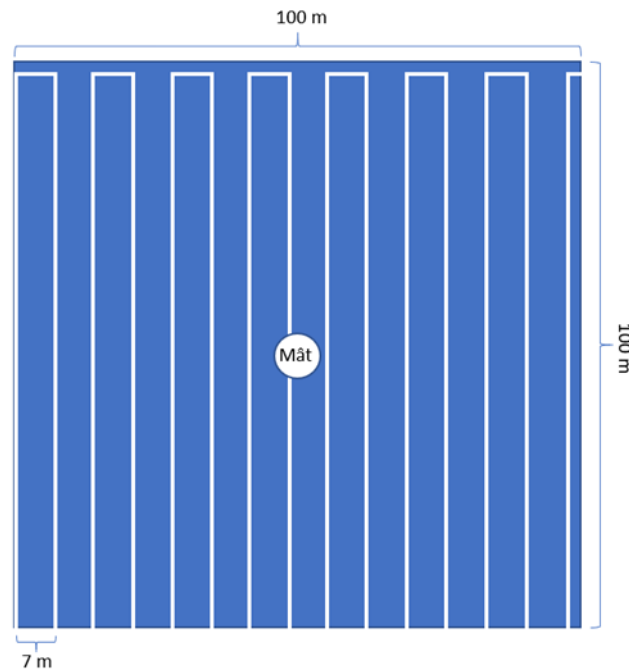


Figure 5 : Schéma de la surface échantillon à prospecter autour d'une éolienne

La surface théorique de prospection était de 3 ha.

Généralement, les oiseaux de grandes tailles sont retrouvés à une plus grande distance que les chiroptères ou petits passereaux, cela est probablement lié au fait que les plus grands individus subissent majoritairement des collisions alors que les plus petits sont principalement victimes du phénomène de barotraumatisme. Une étude s'appuyant sur un modèle balistique montre également que la distance potentielle de projection est corrélée avec le poids des cadavres (HULL & MUIR, 2010) ; plus les individus sont grands et lourds plus ils peuvent être projetés loin des éoliennes. D'après une étude de MARX (2017) basé sur des suivis environnementaux menés sur 91 parcs, la moitié des cadavres d'oiseaux a été retrouvée à une distance comprise entre 15 et 35 m du mât de l'éolienne alors que la moitié des cadavres de chiroptères était plutôt retrouvée à une distance comprise entre 6 et 22 m du mât.

Pour chaque cadavre trouvé, l'espèce, la position GPS, le jour estimé de la mort ainsi que diverses informations relatives à l'état du cadavre (dégradation, fracture, origine supposée de la mort, etc.) ont été relevées. Les conditions météo ont également été notées.

La surface réellement prospectée est complexe à évaluer car elle a évolué en fonction du couvert végétal. Lorsque l'ensemble de la surface n'était pas prospectable (buissons denses, cultures, etc.), l'observateur notait la surface prospectée afin d'appliquer ensuite un facteur de correction. Les relevés ont été réalisés préférentiellement le matin.

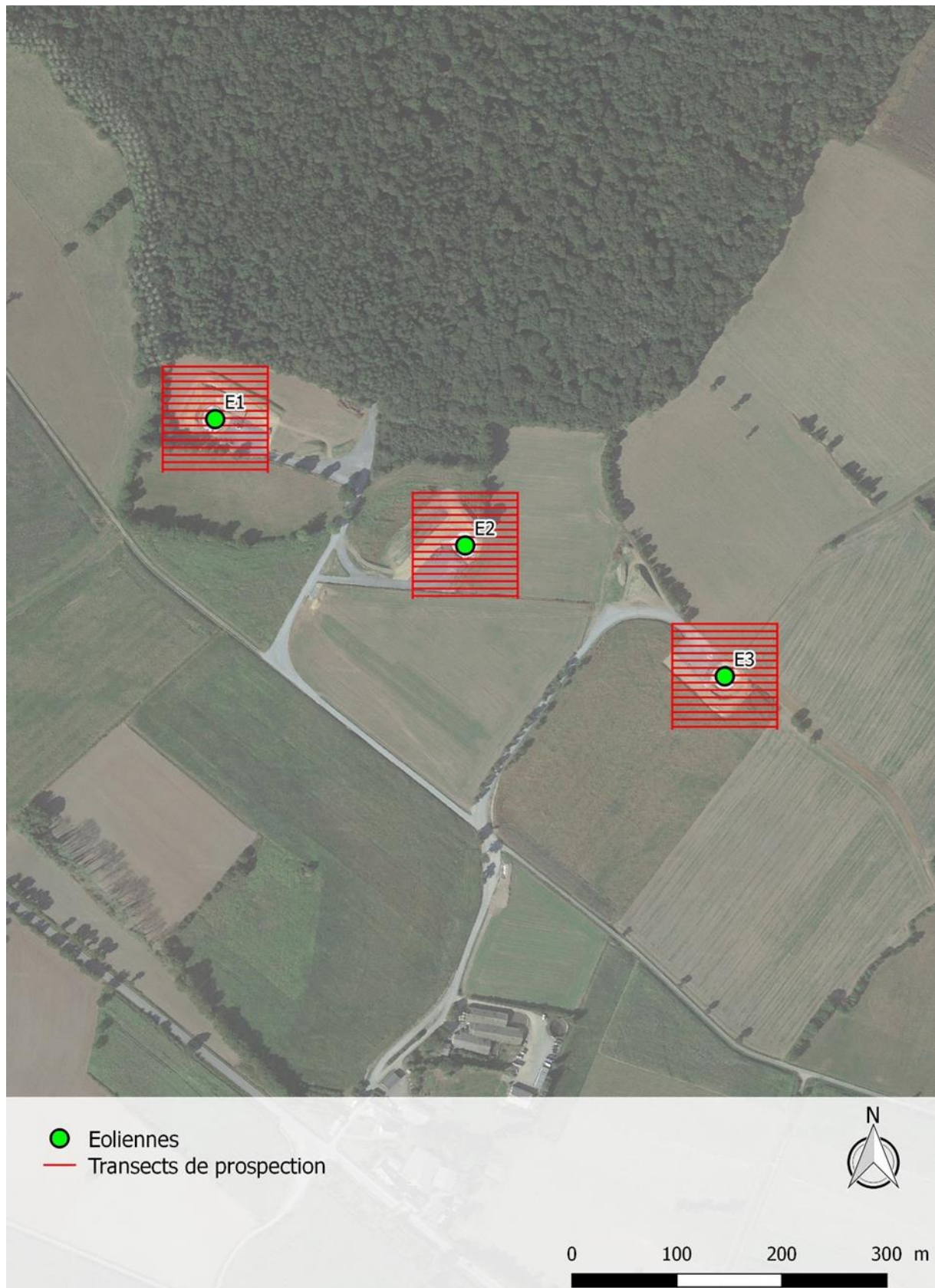


Figure 6 : Zones de transects de prospection pour le suivi de mortalité

2.3.3 Fréquence de prospection

Conformément au nouveau protocole national, 26 passages hebdomadaires ont été réalisés. Les suivis ont eu lieu du 14/05/2019 au 04/11/2020.

2.3.4 Facteurs de correction

Coefficient de correction surfacique

Le coefficient de correction surfacique tient compte du fait que la totalité d'un parc ne peut pas forcément être prospectée (accès impossible du fait de la nature ou du développement de la végétation au sol, zones de cultures, etc.). Il tient donc compte de la surface réellement prospectée.

N.B. : Dans le cas où la hauteur moyenne de végétation était dense et plus haute que 50 cm, les zones n'ont pas été prospectées. Les champs de maïs ont particulièrement été concernés. Le coefficient surfacique tient compte de ce postulat.

Test de persistance des cadavres

Afin de mesurer l'impact des animaux nécrophages autour des éoliennes, des cadavres de poussins et canetons ont été placés aléatoirement dans le but de représenter des cadavres de chiroptères et d'oiseaux ayant été tués par les éoliennes. Chaque cadavre a été localisé afin de vérifier sa durée de persistance. Des visites le lendemain à J+1 puis à J+3, J+5, J+7 et J+14 ont permis d'estimer cette durée de persistance. Les contrôles prédation à J+7 et J+14 ont été mutualisés avec les suivis de mortalité.

Etant donnée la période relativement longue du suivi, 2 phases de tests ont été réalisées, l'une au printemps et l'autre en fin d'été. Cette variable peut également permettre d'ajuster la fréquence des visites sous les éoliennes dans le cas où les cadavres disparaissent rapidement en moins d'une semaine. Selon les contextes, les années et les espèces, le taux de prédation peut être très variable. Sur le parc du Rochereau, WILLIAMSON (2011) obtient un taux de prédation variant de 0 à 95 % pour une semaine et sur 3 années consécutives. LEKUONA (2001) rapporte un fort et rapide taux de prédation de 62 % des carcasses en 24 h et de 75 % en 48 h durant son étude au sein de 6 parcs en Espagne.



Figure 7 : Cadavres de canetons et poussins utilisés pour les tests de persistance

Test d'efficacité de recherche

Ce test a été réalisé sous les 3 éoliennes du parc à deux repises : au printemps et en automne. Cette étape préliminaire est réalisée à l'aide de substituts (galets numérotés de différentes couleurs, poussins...) disposés aléatoirement au sein des différentes classes de hauteur, de recouvrement de la végétation, et des différentes caractéristiques physiques de l'habitat. Dans ce cadre, 20 leurres furent disposés par une personne différente de l'observateur habituel, en notant les coordonnées GPS. L'observateur en charge du suivi mortalité a ensuite parcouru les transects à la recherche des leurres en veillant à conserver le même effort de prospection que lors des suivis mortalités.

Le nombre de substituts découverts par rapport au nombre de substituts déposés constitue le taux d'efficacité de recherche. Ce coefficient varie en fonction du couvert végétal. Il est donc spécifique à ce dernier et à la période de l'année.



Figure 8 : Exemples de leurres utilisés pour les tests de détection

Estimation du taux de mortalité

Un des objectifs du suivi de la mortalité étant de calculer le taux de mortalité pour permettre des comparaisons objectives et détecter les parcs à impacts significatifs pour la faune volante, il est essentiel pour cela d'utiliser des estimateurs.

Il existe plusieurs estimateurs de mortalité (RODRIGUES et al., 2015). Étant donné la variabilité des estimations fournies par ces méthodes, nous utiliserons dans les analyses trois estimateurs différents et récents :

- la formule d'Erickson (ERICKSON et al., 2000) utilisent une formule qui intègre la durée de persistance moyenne des cadavres. Cette formule présente l'avantage de fonctionner même lorsque le taux de persistance sur la durée de l'intervalle (entre 2 visites) est nul (donc avec un taux de prédation important).

$$N \text{ estimé} = (Na - Nb) * \frac{I}{tm * d}$$

- la formule de Jones (JONES et al., 2009) proposent une nouvelle méthode. Celle-ci repose sur plusieurs postulats. D'abord, le taux de mortalité est constant sur l'intervalle (entre 2 visites), et ensuite, la durée de persistance d'un cadavre suit une variable exponentielle négative. Enfin, elle suppose aussi que la probabilité de disparition moyenne sur l'intervalle correspond à la probabilité de disparition d'un cadavre tombé à la moitié de l'intervalle.

$$N \text{ estimé} = \frac{Na - Nb}{a * d * e^{-P}} \text{ avec } P = e^{-0.5 * \frac{1}{tm}}$$

- la formule de Huso (HUSO, 2011), similaire à la formule de Jones avec une mortalité constante, 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. Le coefficient qu'elle propose est plus élevé :

$$N_{estimé} = \frac{Na - Nb}{a * d * \hat{e} * P} \text{ avec } P = tm * \frac{1 - e^{-\frac{1}{tm}}}{1}$$

Les différents paramètres utilisés dans les formules sont décrits ci-dessous :

Tableau 5 : Définitions des paramètres utilisés dans les formules d'estimation de la mortalité

Paramètre	Formule	Définition
N_a		nombre total d'individus trouvés morts
N_b		nombre d'individus tués par autre chose que les éoliennes
d	$d = d_t / d_p$	taux de découverte, variable en fonction du couvert végétal
d_t		Nombre de leurres trouvés
d_p		Nombre de leurres placés
l		La durée de l'intervalle (entre 2 visites), équivalent à la fréquence de passage (en jours)
tm		Durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jours)
a	$a = a_r / a_t$	coefficient de correction surfacique
a_r		Surface réellement couverte (en m ²)
a_t	$a_t = N_e * \pi r^2$	Surface théorique (en m ²)
N_e		Nombre d'éolienne
r		Rayon de recherche (en m)
\hat{e}	$\hat{e} = \text{Min}(l : \hat{l}) / l$	coefficient correcteur de l'intervalle
\hat{l}	$\hat{l} = -\log(0,01) \times tm$	Intervalle effectif

2.3.5 Biais / Limite de l'étude

Les surfaces prospectées varient selon la densité et la nature du couvert végétal. L'efficacité de recherche varie au cours du temps (amélioration supposée de l'observateur dans le temps) et du couvert végétal ; tout comme le taux de prédation peut varier selon les périodes de l'année. Enfin les relevés ont été réalisés sur 26 semaines (1 passage/semaine) ; 2 passages hebdomadaires pourraient permettre de diminuer le biais lié à la prédation.

2.4 Dates et natures des prospections de terrain

Tableau 6 : Dates et natures des prospections

Date	Nature des prospection
Suivi en hauteur	
20/05/2020	Installation SM4 Bat
23/06/2020 ; 20/08/2020 ; 07/09/2020 ; 04/11/2020	Récupération des données et contrôle du matériel
04/11/2020	Désinstallation du SM4 Bat
Suivi mortalité	
1 ^{er} - 04/06 ; 05/06 ; 07/06 ; 09/06 ; 11/06/2020	Réalisation des tests - Persistance des cadavres
2 nd - 22/09 ; 23/09 ; 25/09 ; 27/09 ; 29/09/2020	
1 ^{er} - 17/06/2020 2 nd - 29/10/2020	Réalisation des tests – Efficacité de recherche
14/05 ; 20/05 ; 27/05 ; 04/06 ; 09/06 ; 17/06 ; 23/06 ; 01/07 ; 09/07 ; 15/07 ; 22/07 ; 30/07 ; 07/08 ; 13/08 ; 20/08 ; 27/08 ; 01/09 ; 07/09 ; 14/09 ; 22/09 ; 29/09 ; 08/10 ; 15/10 ; 21/10 ; 30/10 ; 04/11/2020	Recherche de cadavres dans une grille de 100 m autour des mâts des éoliennes

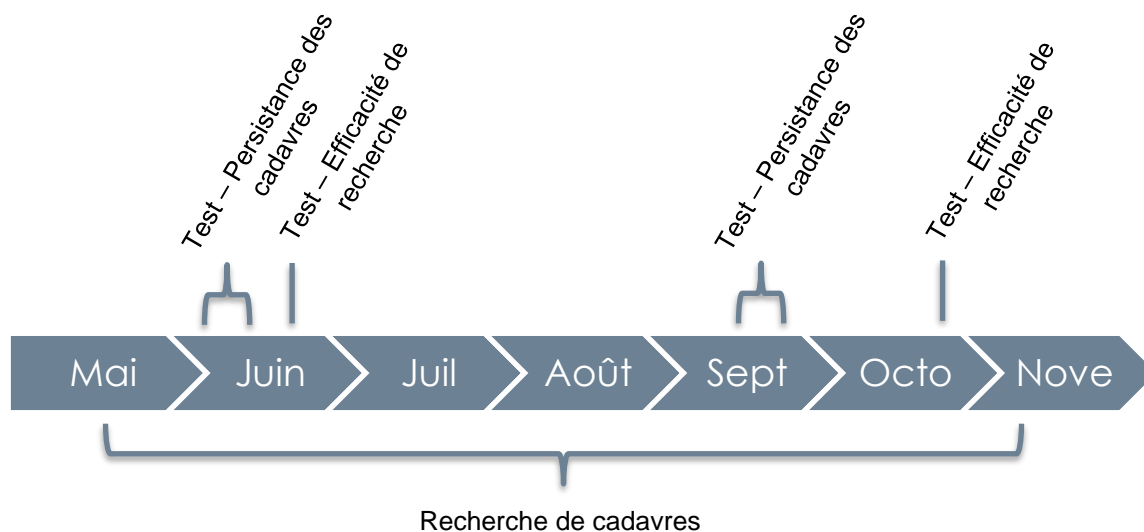


Figure 9 : Calendrier du suivi mortalité

2.5 Équipe du projet

Les membres de Dervenn ayant pris part à cette étude, ainsi que leurs domaines d'expertise, sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 7 : Noms et domaines d'intervention des membres de l'équipe projet

Domaine d'intervention	Nom
Chef de projet	Frédéric EBNER
Expert flore et végétations	Vincent GUILLEMOT
Suivi d'activité chiroptères	Charly ROBINET
Suivis mortalité (chiroptères)	Charly ROBINET
Contrôleur qualité	Vincent GUILLEMOT

3 Résultats et analyses des impacts

3.1 Données de fonctionnement des éoliennes du parc

Durant la période du 20/05/2020 au 04/11/2020, les rotors des 3 éoliennes ont tourné à une vitesse moyenne de 6.46 tours/minute pour une vitesse moyenne de vent de 4.92 mètres/seconde.

Tableau 8 : Synthèse des données de fonctionnement des éoliennes pendant la période de suivi

Eolienne	Vitesse moyenne du rotor (en tr/min) ²	Vitesse maximale du rotor (en tr/min)	Vitesse moyenne du vent (m/s)
1	6.47	11.7	4.85
2	6.27	11.7	4.86
3	6.63	11.7	5.06

3.2 Cartographie de l'occupation du sol

Les cultures et tout particulièrement le maïs, représentent près de 70% des 3 ha prospectés dans le cadre du suivi mortalité. Les zones empierrées comme les plateformes et parkings représentent plus de 18% du total. Les surfaces en prairie ou friche sont quant à elles plus localisées et occupent respectivement 6.9 % et 5.4 % du total.

Les cultures et la prairie n'ont pas été prospectées au cours de toute la période de suivi. En effet, lorsque les végétations étaient denses et avec une hauteur supérieure à 50 cm ces surfaces ont été exclues.

Le réseau de haie est relativement dense dans ce secteur et une haie proche de l'éolienne 2 est directement orientée en direction du mât.

Tableau 9 : Surface occupées par les différentes typologies d'habitats

Type d'habitat	Surface (en % de la surface totale)
Céréale et Colza	6.3 %
Maïs	63 %
Friche	5.4 %
Prairie	6.9 %
Parking – zone empierrée (plateforme)	18.4 %

² Moyenne établie en excluant les périodes où le rotor était à l'arrêt



Prairie fauchée E1 (17/06)



Maïs éparse E1 (23/06)



Culture de maïs E2 (09/07)



Friche E3 (09/07/)



Maïs E1 (09/07)



Plateforme E3 (09/07)



Céréale moissonné E3 (13/08)



Maïs E2 (14/09/2020)

Figure 10 : Photographies de l'occupation du sol autour des éoliennes

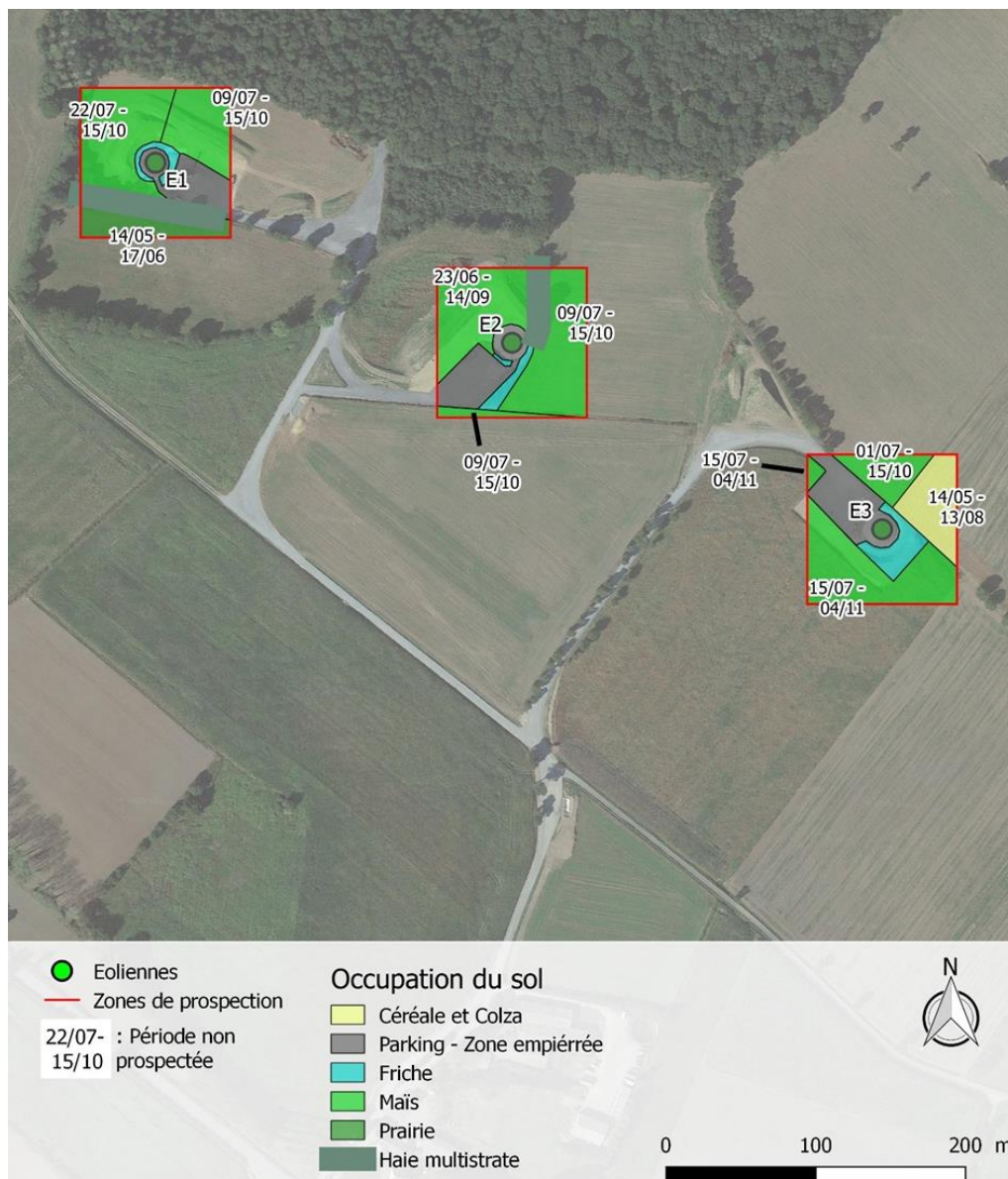


Figure 11 : Cartographie de l'occupation du sol sous les éoliennes

3.3 Suivi en altitude de l'activité des chiroptères

3.3.1 Résultats bruts

Au cours de la période de suivi, 1259 séquences ont été enregistrées par le détecteur à ultrasons. Après analyses, ces séquences ont été divisées en 3159 contacts bruts de chauves-souris. Notons que la grande majorité des séquences ont des longueurs supérieures à 5 secondes et ont donc été séparées en plusieurs contacts. Rappelons ici qu'un contact correspond à une séquence de 5 secondes pour 1 individu. De plus, de nombreuses séquences ont enregistré simultanément plusieurs individus (cas des pipistrelles). L'application des indices de détectabilité (BARATAUD, 2012) réduit le nombre de contacts à 3125,4. Les données brutes montrent un pic d'activité très important entre le 10 et le 20 septembre. En raison d'un dysfonctionnement de l'alimentation du détecteur à ultrasons, aucun enregistrement n'a été effectué entre le 23/06/2020 et le 22/08/2020.

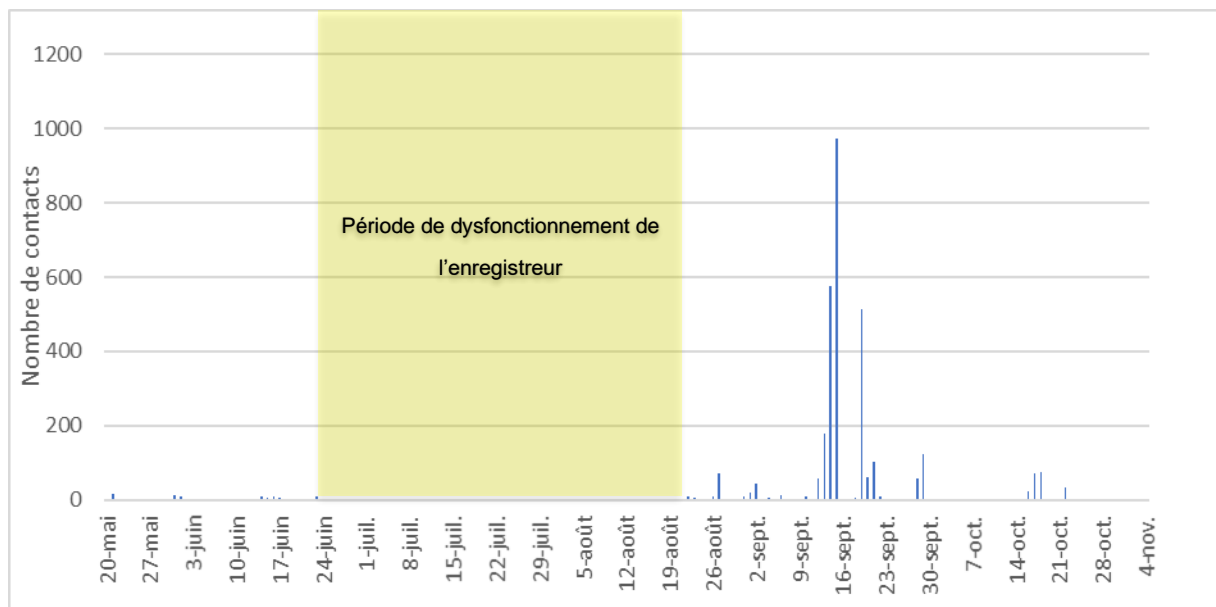


Figure 12 : Nombre de contacts bruts de chauves-souris au cours de la période de suivi

Les espèces ou groupes d'espèces suivants ont été contactés :

- Pipistrelle commune ;
- Pipistrelle de Kuhl ;
- Pipistrelle de Nathusius ;
- Pipistrelle commune ou Nathusius ;
- Pipistrelle de Nathusius ou Kuhl ;
- Pipistrelle sp ;
- Sérotine commune ;
- Noctule de Leisler.

La pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl sont largement dominantes avec respectivement 61.5 % et 31.1 % du total des contacts. De plus, ces deux espèces ont été contactées tout au long de la période de suivi. 2.6 % des contacts sont relatifs à la Pipistrelle de Nathusius, espèce contactée uniquement à partir de fin août en raison de son caractère migrateur en Bretagne. La Sérotine commune et le Noctule de Leisler cumulent quant à elles peu de contacts et ont été essentiellement contactées sur une courte période allant du 18/08 au 16/09.

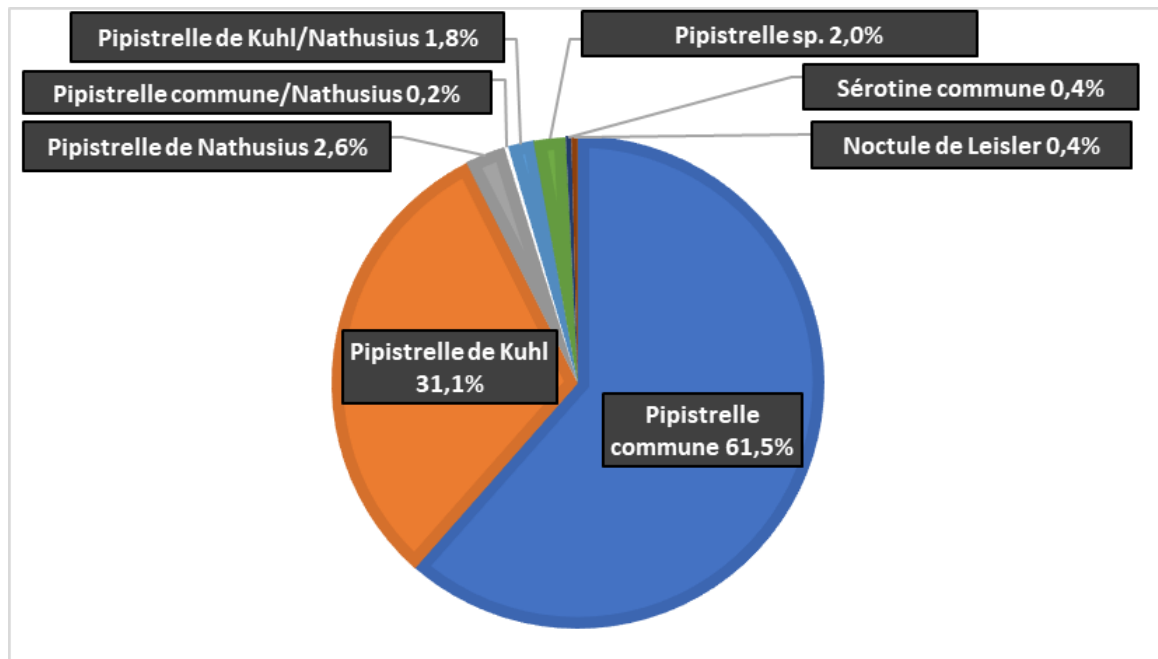


Figure 13 : Proportion de contacts par espèce ou groupe d'espèces (application des indices de détectabilité)

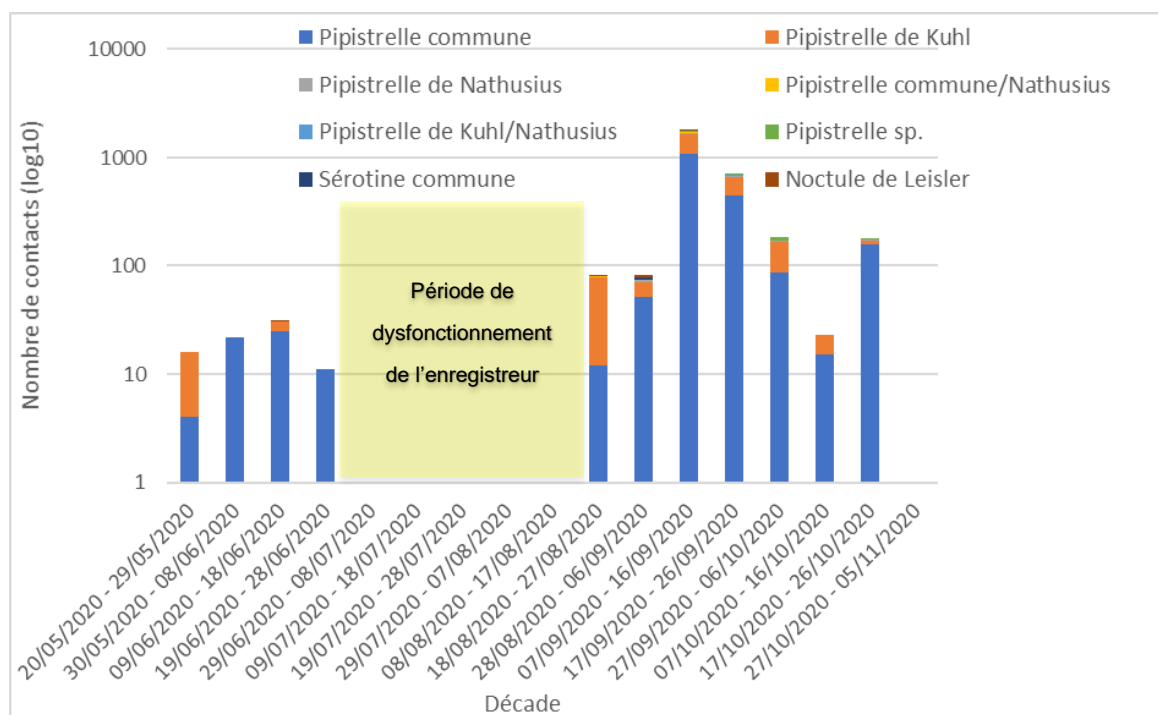


Figure 14 : Répartition par décade des contacts d'espèces ou groupe d'espèces

3.3.2 Influences des conditions météorologiques

Les données météorologiques relatives à la température, vitesse du vent et direction du vent sont issues de la station météo de l'éolienne 1.

Les données relatives à la pluviométrie proviennent d'une station météorologique amateur située à environ 8.5 km au nord du site à proximité la commune de Lamballe (Cf. <http://www.meteo-staaron.online/pages/station/table.php>).

Conditions météorologiques au cours de la période de suivi

Le tableau ci-dessous récapitule mensuellement les conditions météorologiques relevées au cours des heures d'enregistrement du détecteur à ultrasons.

La **vitesse moyenne du vent** est restée relativement stable au cours de la période de suivi avec cependant, on note une augmentation progressive au cours des mois d'octobre et novembre.

Les **vents les plus représentés** ont été enregistrés en provenance du Sud-Ouest, de l'Ouest et du Nord-Ouest.

La **température moyenne** au cours de la période est de 13,6°C avec un pic à 15,1°C en août et une diminution marquée jusqu'à la fin du suivi.

La **pluviométrie** est très hétérogène au cours de la période avec 101,5 mm en octobre contre 4,2 mm en juillet. Le cumul de pluviométrie est de 190,9 mm. Des épisodes pluvieux ont été contactés au cours de 73 nuits pour un total de 32 h. Les épisodes pluvieux étaient majoritairement courts et avec de faibles cumuls de pluie.

Tableau 10 : Synthèse des conditions météorologiques mensuelles au cours de la période d'enregistrement

Date	Vitesse moyenne du vent (m/s)	Température moyenne (°C)	Pluviométrie total (mm)
Mai	4,4	14,4	0,9
Juin	4,1	13,4	33,7
Juillet	4,3	14,4	4,2
Août	4,1	15,1	26,9
Septembre	4,1	14,5	22,4
Octobre	5,9	11,6	101,5
Novembre	7,6	11,1	1,3
Total	4,7	13,6	190,9

Tableau 11 : Provenance des vents (en %)

Provenance du vent	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
% de provenance des vents	14,9	8,1	4,3	5,2	9,28	18	21,7	18,4

Influence de la pluviométrie

Au cours des nuits d'enregistrement, il y a eu environ 32 h de pluie sur le site pour un cumul de 190 mm. **Aucun contact de chauve-souris n'a été enregistré au cours des épisodes pluvieux.**

Influence de la force du vent

L'activité des chiroptères se répartie pour des vitesses de vent comprises en 0 et 8 m/s. Sur la base des contacts bruts et pondérés, **90% de l'activité a été observée lors des épisodes de vents inférieurs ou égaux à 5 m/s.**

La figure ci-dessous, expose le nombre de contacts bruts et le nombre de contacts pondérés pour les différentes classes de vitesse de vent. La formule suivante a été utilisée pour calculer le nombre de contacts pondérés :

Nombre de contacts Pondérés

$$= \frac{\text{Nombre de contacts de chiroptères par classe de vitesse}}{\text{Nombre total de périodes de 10 minutes par classe de vitesse}}$$

L'analyse sur la base des contacts pondérés permet de s'affranchir du nombre d'événements pour les différentes classes de vitesse de vent au cours de la période de suivi et donc d'identifier précisément le taux d'activité en fonction de la force du vent.

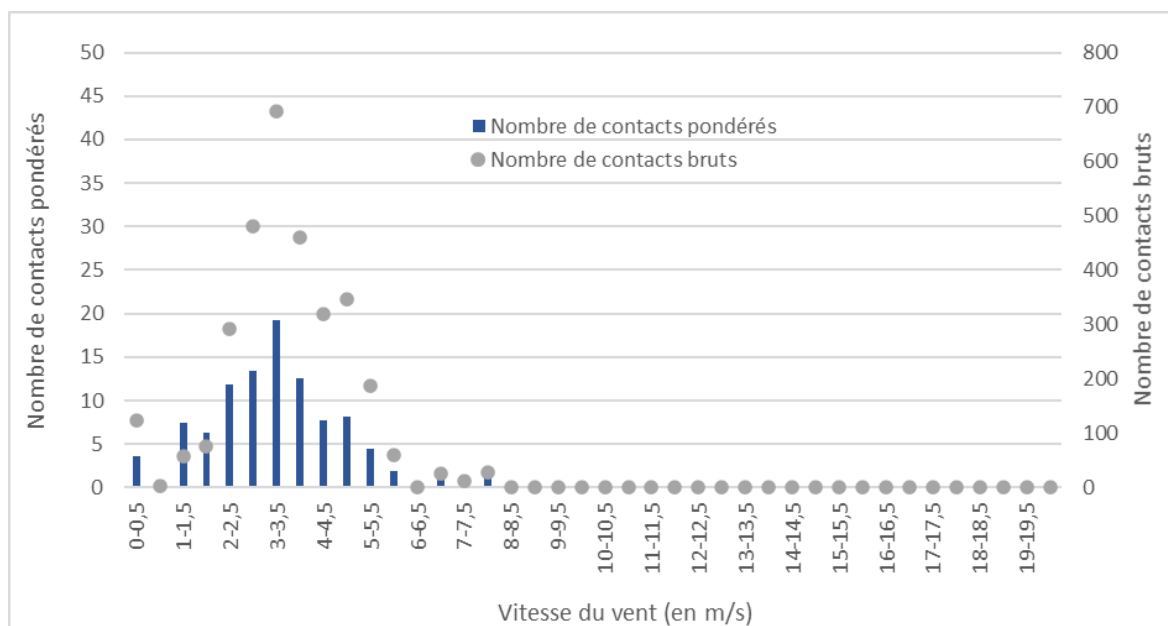


Figure 15 : Nombre de contacts en fonction de la force du vent

Tableau 12 : Pourcentages cumulés de contacts pondérés par classes de vitesse de vent

Vitesse du vent (m/s)	0-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-3	3-3,5	3,5-4
Pourcentage cumulé de contacts bruts	3.9	4.1	5.9	8.2	17.4	32.6	54.5	69.1
Pourcentage cumulé de contacts pondérés	3,5	4,5	11,9	18,2	30,1	43,5	62,7	75,3
Vitesse du vent (m/s)	4-4,5	4,5-5	5-5,5	5,5-6	6-6,5	6,5-7	7-7,5	7,5-8
Pourcentage cumulé de contacts bruts	79.2	90.1	96.1	98.0	98.0	98.8	99.1	100.0
Pourcentage cumulé de contacts pondérés	82,9	91,1	95,6	97,4	97,4	98,3	98,8	100,0

Influence de la direction du vent

Pour rappel, les vents dominants constatés sont en provenance du Nord (14.9 %), du Sud-Ouest (18 %), du Nord-Ouest (18.4 %) et de l'Ouest (21.7 %).

Le nombre maximum de contacts bruts a été observé lors d'épisodes de vent en provenance du Nord-Ouest. Plus de 90% des contacts pondérés ont été relevés pour des vents en provenance du Nord-Est, du Nord, de l'Ouest, du Sud et du Sud-Ouest.

D'après une analyse par modèle linéaire généralisé réalisée à l'aide du logiciel R, la provenance du vent ne semble pas influencer de manière significative le nombre de contacts de chauves-souris. Ce paramètre ne sera donc pas retenu pour l'analyse de l'activité.

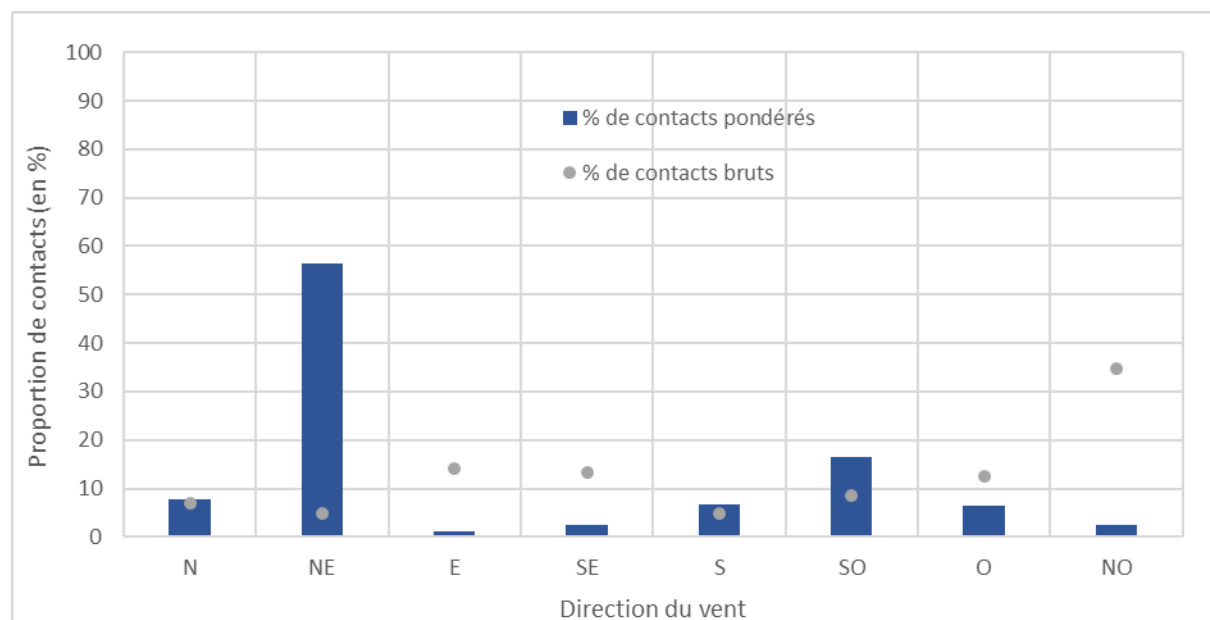


Figure 16 : Proportion de contacts en fonction de la direction du vent

Influence de la température

Au cours de la période de suivi la température moyenne relevé est de 13.6°C

Sur la base des contacts pondérés, 90 % de l'activité a été observée lors de températures supérieures à 17°C. Sur la base des contacts bruts, 90% de l'activité se situe pour des températures supérieures à 15 °C.

Les température supérieurs ou égales à 14°C concentrent près de 95 % des contacts.

La figure ci-dessous expose le nombre de contacts bruts et le nombre de contacts pondérés pour les différentes classes de température. La formule suivante a été utilisée pour calculer le nombre de contacts pondérés :

Nombre de contacts Pondérés

$$= \frac{\text{Nombre de contacts de chiroptères par classe de température}}{\text{Nombre total de périodes de 10 minutes par classe de température}}$$

L'analyse sur la base des contacts pondérés permet de s'affranchir du nombre d'événements pour les différentes classes de température au cours de la période de suivi et donc d'identifier précisément le taux d'activité en fonction de la température.

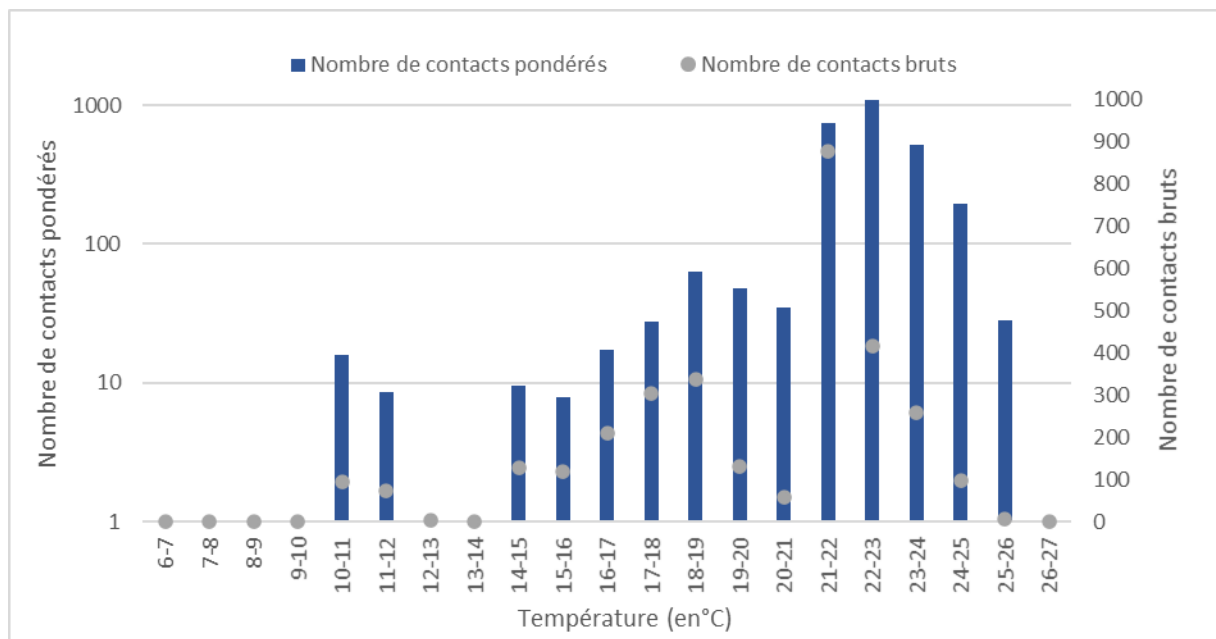


Figure 17 : Nombre de contacts en fonction de la température

Tableau 13 : Pourcentages cumulés de contacts par classes de température

Température (°C)	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17
Pourcentage cumulé de contacts bruts	0,0	0,0	0,0	0,0	3	2.3	0.1	0	4.1	3.9	6.7
Pourcentage cumulé de contacts pondérés	0,0	0,0	0,0	0,0	3	5.4	5.5	5.5	9.6	13.5	20.2
Température (°C)	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	24-25	25-26	26-27	
Pourcentage cumulé de contacts bruts	29.9	40.7	44.9	46.8	75	88.3	96.6	99.8	100	100	
Pourcentage cumulé de contacts pondérés	3,1	5,4	7,1	8,3	34,7	73,6	92,0	99,0	100	100	

3.3.3 Influence de l'heure

La figure ci-dessous expose le nombre de contacts bruts et le nombre de contacts pondérés par tranche horaire. Les tranches horaires ont été définies sur la base de l'heure du crépuscule (Voir Annexe – Heures crépuscules).

2 phases d'activités peuvent être identifiées : la première du crépuscule à 5 heures après le crépuscule et la seconde à l'aube. Ces deux périodes concentrent 88% de l'activité totale.

La formule suivante a été utilisée pour calculer le nombre de contacts pondérés :

$$\text{Nombre de contacts Pondérés} = \frac{\text{Nombre de contacts de chiroptères par tranche horaire}}{\text{Nombre total de périodes de 10 minutes par tranche horaire}}$$

L'analyse sur la base des contacts pondérés permet de s'affranchir du nombre d'événements pour les différentes tranches horaires au cours de la période de suivi et donc d'identifier précisément le taux d'activité en fonction de l'heure.

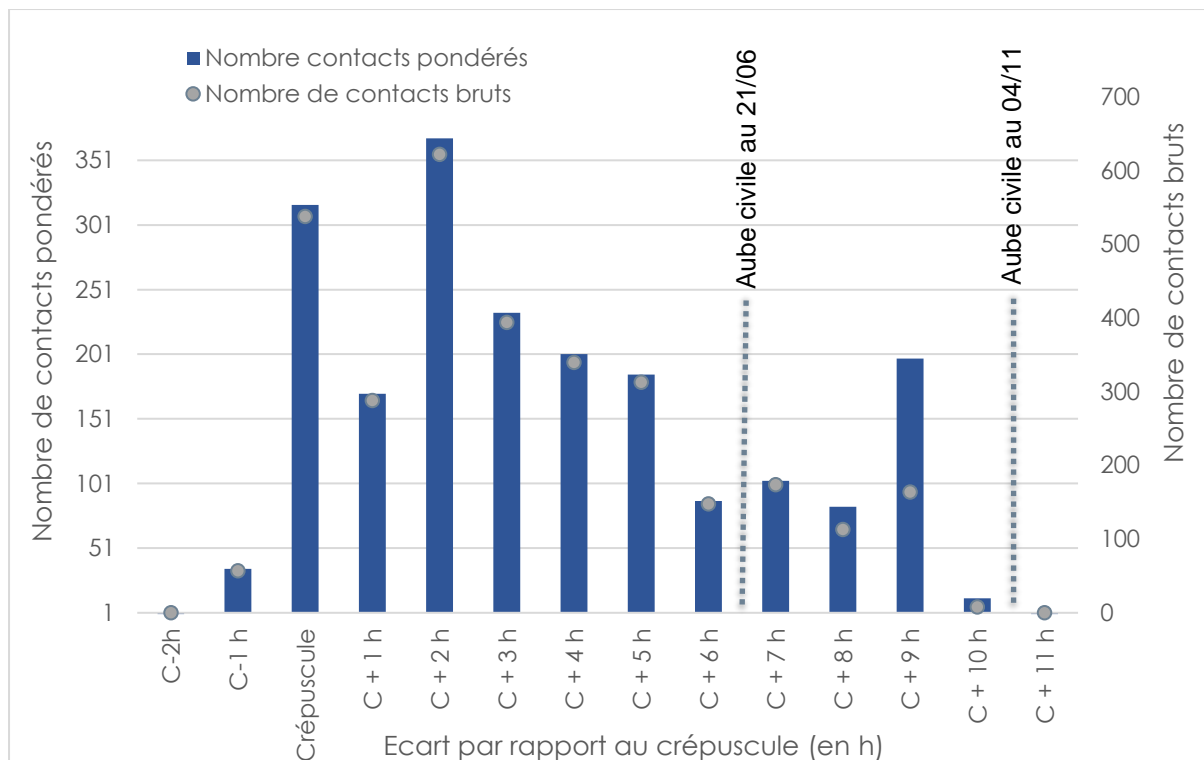


Figure 18 : Nombre de contacts en fonction de l'heure

Tableau 14 : Pourcentages cumulés de contact pondérés par classes horaires

Heure	C-1	C	C+1	C+2	C+3	C+4
Pourcentage de contacts pondérés	1,8	15,9	8,6	18,5	11,7	10,1
Pourcentage cumulé de contacts pondérés	1,8	17,6	26,2	44,7	56,4	66,5
Heure	C+5	C+6	C+7	C+8	C+9	C+10
Pourcentage de contacts pondérés	9,3	4,4	5,2	4,2	9,9	0,6
Pourcentage cumulé de contacts pondérés	75,7	80,1	85,3	89,5	99,4	100,0

3.3.4 Influence de la période de l'année

Afin de palier à l'absence de données entre la 24/06/2020 et le 21/08/2020, une analyse statistique a été utilisée pour estimer le nombre de contacts potentiels par décade au cours de cette période.

Un pic d'activité particulièrement important a été relevé entre le 07/09 et le 16/09. Sur la base des données réelles, **ce pic concentre 80% des contacts enregistrés**. En complétant la série chronologique par les données issues du modèle statistique, deux pics d'activité se dégagent, le premier entre début juillet et le 15 août, puis le second entre le 07/09 et le 06/10 (voir ci-dessus). Ces deux pics cumulent 90 % des contacts.

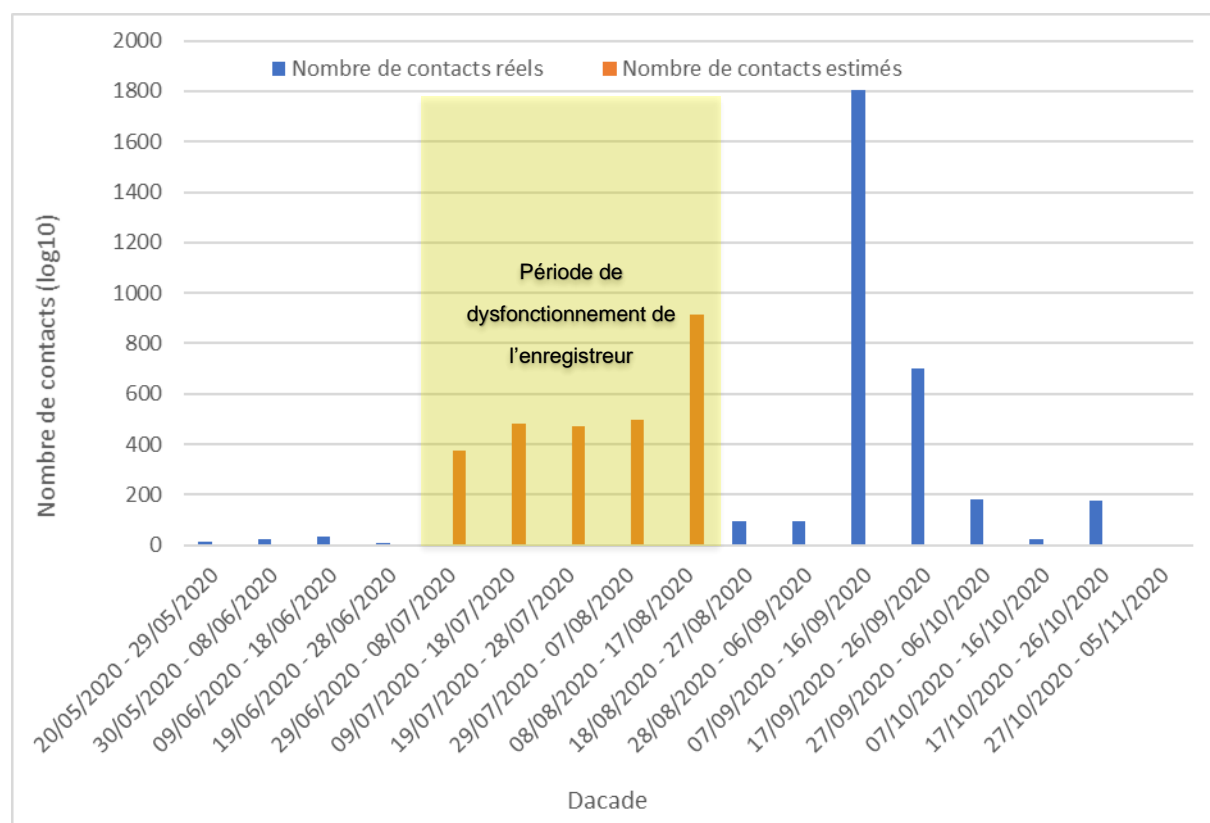


Figure 19 : Nombre de contacts en fonction de la période de l'année

Tableau 15 : Pourcentage de contacts par décade au cours de la période de suivi

Décade	20/05-29/05	30/05-08/06	09/06-18/06	19/06-28/06	29/06-08/07	09/07-18/07	19/07-28/07	29/07-07/08	08/08-17/08
Pourcentage de contacts	0,5	0,7	1,0	0,4	-	-	-	-	-
Pourcentage de contacts amendés	0.3	0.4	0.5	0.2	6.3	8.2	8	8.4	15.5
Décade	18/08-27/08	28/08-06/09	07/09-16/09	17/09-26/09	27/09-06/10	07/10-16/10	17/10-26/10	27/10-05/11	
Pourcentage de contacts	2,8	2,7	57,4	22,3	5,8	0,7	5,7	0,0	
Pourcentage de contacts amendés	1.6	1.6	30.6	11.8	3.1	0.4	3	0.0	

3.3.5 Synthèse de l'activité des chiroptères en fonction des seuils de 90 % d'activité

Le tableau ci-dessous récapitule les conditions météorologiques pour lesquelles 90 % de l'activité des chauves-souris a été identifié. Ces seuils météorologiques seront utilisés pour définir les mesures de réduction. Concernant le cycle circadien, 90 % de l'activité est enregistrée du crépuscule à 9h après le crépuscule. Les durées de nuits étant variables en fonction de la période de l'année, nous pouvons considérer que le maximum d'activité se situe entre le crépuscule et l'aube.

Tableau 16 : Synthèse des conditions météorologique et horaires comprenant 90 % des contacts pondérés

Conditions	Seuil	Conditions
Pluviométrie	90%	Hors intempéries
Force du vent	90%	≤ 5 m/s
Température	90%	\geq à 15°C
	95%	\geq à 14°C
Provenance du vent	90%	Nord-Est, Nord, Sud, Sud-Ouest, Ouest
Heure de la nuit	90%	Du crépuscule à l'aube
Date	90 %	Du 01/07 au 15/08 ³ puis du 07/09 au 06/10

Compte tenu du plan de bridage proposé par la DREAL d'une part, et du dysfonctionnement de l'enregistreur et de sa date mise en place effective d'autre part, il conviendrait de reprendre les conditions du plan de bridage préfectoral, soit un arrêt des éoliennes pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 6m m/s, des températures supérieures à 6°C.

³ Pic issu de la modélisation statistique

3.4 Suivi direct de la mortalité

3.4.1 Facteurs de correction

Coefficient de correction surfacique

La zone d'étude pour le suivi mortalité s'étend sur une grille carrée de 100 m X 100 m autour de l'éolienne soit une surface théorique prospectable de 1 ha par éolienne et donc 3 ha pour l'ensemble du parc. L'ensemble de la surface n'a pas pu être prospectée à chaque passage (présence de cultures, etc.). Le coefficient de correction surfacique correspond à la surface moyenne réellement prospectée lors des 26 passages au regard de l'occupation du sol (voir ci-dessous) :

Tableau 17 : Synthèse des surfaces prospectées par passage de suivi mortalité

Passage	Surface réellement prospectée (ha)	% de surface prospectée	Passage	Surface réellement prospectée (ha)	% de surface prospectée
1 – 14/05	2,58	86,11	14 – 13/08	0,73	24,46
2 – 20/05	2,58	86,11	15 – 20/08	0,96	32,00
3 – 27/05	2,58	86,11	16 – 27/08	0,96	32,00
4 – 04/06	2,58	86,11	17 – 01/09	0,96	32,00
5 – 09/06	2,58	86,11	18 – 07/09	0,96	32,00
6 – 17/06	2,58	86,11	19 – 14/09	1,30	43,49
7 – 23/06	2,24	74,62	20 – 22/09	1,30	43,49
8 – 01/07	2,11	70,49	21 – 29/09	1,30	43,49
9 – 09/07	1,48	49,45	22 – 08/10	1,30	43,49
10 – 15/07	1,10	36,50	23 – 15/10	2,61	87,05
11 – 22/07	0,54	18,11	24 – 21/10	2,61	87,05
12 – 30/07	0,54	18,11	25 – 30/10	2,61	87,05
13 – 07/08	0,54	18,11	26 – 04/11	2,61	87,05
% moyen de surface prospectée sur les 26 passages			56,80 %		

Le coefficient moyen de correction surfacique est de 0,568.

Test de persistance des cadavres

Étant donné la longueur du suivi (26 semaines), 2 phases de tests ont été réalisées. Lors de chaque phase, 15 cadavres ont été disposés sous les 3 éoliennes, soit 30 cadavres pour l'ensemble du suivi. Les cadavres (poussins de poules et canetons) ont été disposés les 04/06 pour la première phase et le 22/09 pour la seconde. Le postulat est fait que les cadavres n'ayant pas été retrouvés ont été consommés ou déplacés. Sur les 30 cadavres déposés, 1 seul n'a pas été consommé ou déplacé dans les 7 jours suivant la pose mais à environ 16 jours (Date estimée entre 2 passages sur site).

N.B. : Le calcul du « tm » correspond à la durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jours)

$$tm = \frac{\text{somme des durées de persistance}}{30}$$

Tableau 18 : Durée de disparition des cadavres sous les éoliennes

Eolienne	E1	E2	E3	Durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jour) = tm
Test n°1				
Pose - 04/06/2020	5	5	5	3,67
Contrôle J+1 - 05/06/2020	4 ¹	5	4	
Contrôle J+3 - 07/06/2020	1	3	0	
Contrôle J+5 - 09/06/2020	1	2	0	
Contrôle J+7 - 11/06/2020	0	0	0	
Test n°2				
Pose - 22/09/2020	5	5	5	4,67
Contrôle J+1 - 23/09/2020	5	4	4	
Contrôle J+3 - 25/09/2020	3	1	3	
Contrôle J+5 - 27/09/2020	2	0	1	
Contrôle J+7 - 29/09/2020	1	0	0	
Contrôle J+16 - 08/10/2020	0	0	0	

Tableau 19 : Calcul du coefficient de prédation

Passage	Durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jour = tm)	Passage	Durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jour = tm)
1 – 14/05	3.67	14 – 13/08	4.67
2 – 20/05	3.67	15 – 20/08	4.67
3 – 27/05	3.67	16 – 27/08	4.67
4 – 04/06	3.67	17 – 01/09	4.67
5 – 09/06	3.67	18 – 07/09	4.67
6 – 17/06	3.67	19 – 14/09	4.67
7 – 23/06	3.67	20 – 22/09	4.67
8 – 01/07	3.67	21 – 29/09	4.67
9 – 09/07	3.67	22 – 08/10	4.67
10 – 15/07	3.67	23 – 15/10	4.67
11 – 22/07	3.67	24 – 21/10	4.67
12 – 30/07	3.67	25 – 30/10	4.67
13 – 07/08	3.67	26 – 04/11	4.67
Durée moyenne de persistance d'un cadavre pour les 24 passages (en jours) = tm		4,17 jours	

Le coefficient moyen de persistance est de 4,17 jours.

Test d'efficacité de recherche

Étant donné la longueur du suivi (26 semaines), 2 phases de tests ont été réalisées les 17/06 et 30/10. 22 leurres ont été disposés pour le premier test et 18 pour le second, soit 40 leurres au total. Sur ces 40 leurres, 29 ont été retrouvés.

Tableau 20 : Efficacité de recherche

Date/Phase	Nb de substituts retrouvés	% d'efficacité de recherche	
17/06/2020 -Phase 1	16/22	72,7	72,5
30/10/2020 -Phase 2	13/18	72,2	

Tableau 21 : Calcul du coefficient d'efficacité de recherche

Passage	% d'efficacité de recherche	Passage	% d'efficacité de recherche
1 – 14/05	72.7	14 – 13/08	72.2
2 – 20/05	72.7	15 – 20/08	72.2
3 – 27/05	72.7	16 – 27/08	72.2
4 – 04/06	72.7	17 – 01/09	72.2
5 – 09/06	72.7	18 – 07/09	72.2
6 – 17/06	72.7	19 – 14/09	72.2
7 – 23/06	72.7	20 – 22/09	72.2
8 – 01/07	72.7	21 – 29/09	72.2
9 – 09/07	72.7	22 – 08/10	72.2
10 – 15/07	72.7	23 – 15/10	72.2
11 – 22/07	72.7	24 – 21/10	72.2
12 – 30/07	72.7	25 – 30/10	72.2
13 – 07/08	72.7	26 – 04/11	72.2

L'efficacité de recherche moyenne est de 72,45 %.

Mesures de bridage

Des mesures anticipées de bridage ont été mises en place à partir du 23/06/2020 au cours de nuits complètes en l'absence de pluies significatives, pour des vitesses de vent inférieures à 6m/s et des températures supérieures à 6°C à hauteur du moyeu. Elles ont permis de diminuer les impacts potentiels sur les chiroptères, l'avifaune nocturne et l'avifaune migratrice. Ces mesures ont donc probablement influencé le nombre de cadavres retrouvés sous les éoliennes. Notons que la mise en place des mesures de bridage a été retardée en raison de la période de confinement et des restrictions liées à la crise sanitaire.

3.4.2 Résultats bruts

Lors des 26 passages, 2 cadavres de chiroptères et 3 cadavres d'oiseaux ont été retrouvées sous les éoliennes. 1 cadavre d'oiseau supplémentaire a également été retrouvée en dehors des grilles de suivi. Des cadavres ont été retrouvés sous toutes les éoliennes avec 2 cadavres sous l'éolienne 1, 2 sous l'éolienne 2 et 1 sous l'éolienne 3.

Concernant l'avifaune, les espèces suivantes ont été contactées : Goéland argenté, Hirondelle rustique, Pigeon ramier (hors zone de prospection), Pouillot véloce.

Concernant les chiroptères, seuls des cadavres de Pipistrelle commune ont été retrouvés.

Les cadavres ont été découverts à deux périodes distinctes : les 14/05/2020, 30/05/2020 et 04/06/2020 pour la première période ; les 07/08/2020 et 01/09/2020 pour la seconde.

Pour la Pipistrelle commune, la première période à laquelle les deux cadavres ont été retrouvés correspond à l'arrivée sur les gîtes de mise-bas et aux premières naissances.

Le Goéland argenté a quant à lui été découvert au cours de la période de nidification de l'espèce. L'individu a certainement subi la collision au cours d'un déplacement depuis le site de nidification vers un site de gagnage.

La seconde période de découverte des cadavres correspond à la migration post-nuptiale des oiseaux. L'Hirondelle rustique et le Pouillot véloce étaient donc probablement en cours de déplacement migratoire. Le Pigeon ramier est quant à lui sédentaire à cette période et les causes de mortalité n'ont pas pu être identifiées sur le terrain.

D'après les observations précises des cadavres, seul le Goéland argenté semble être mort de collision. Les autres espèces ont plutôt été sujettes à barotraumatisme.

D'après Brinkamn et *al.* (2006) et Rodrigues (2015), les pipistrelles sont les espèces les plus couramment découvertes lors des prospections sous les éoliennes.

Tableau 22 : Synthèse des cas de mortalités

Date	Espèce	E1	E2	E3	Hors zone de prospection	Causes mortalité
14/05/2020	Pipistrelle commune		1			Barotraumatisme
20/05/2020	Goéland argenté	1				Collision
04/06/2020	Pipistrelle commune		1			Barotraumatisme
07/08/2020	Hirondelle rustique	1				Barotraumatisme
07/08/2020	Pigeon ramier				1	?
01/09/2020	Pouillot véloce			1		Barotraumatisme

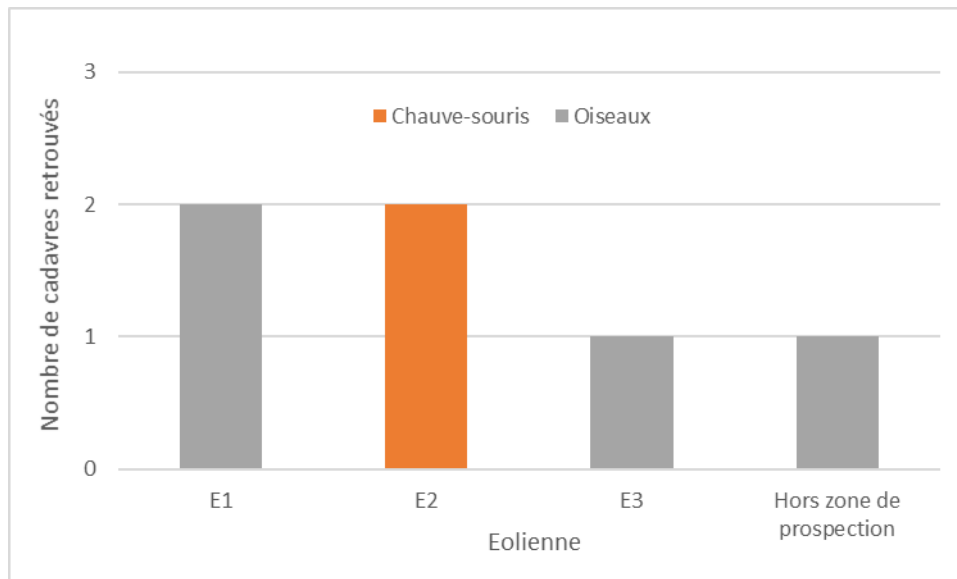


Figure 20 : Nombre de cadavres retrouvés par éolienne au cours des suivis 2020

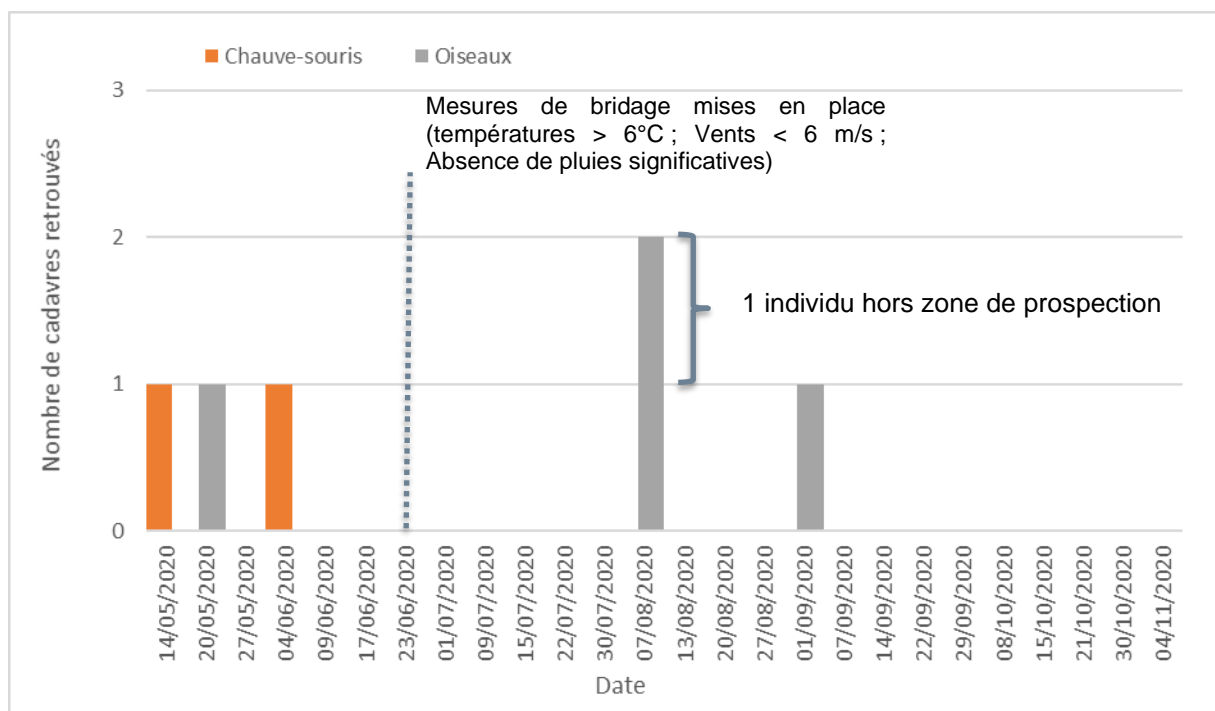


Figure 21 : Chronologie des découvertes de cadavres par groupe d'espèces

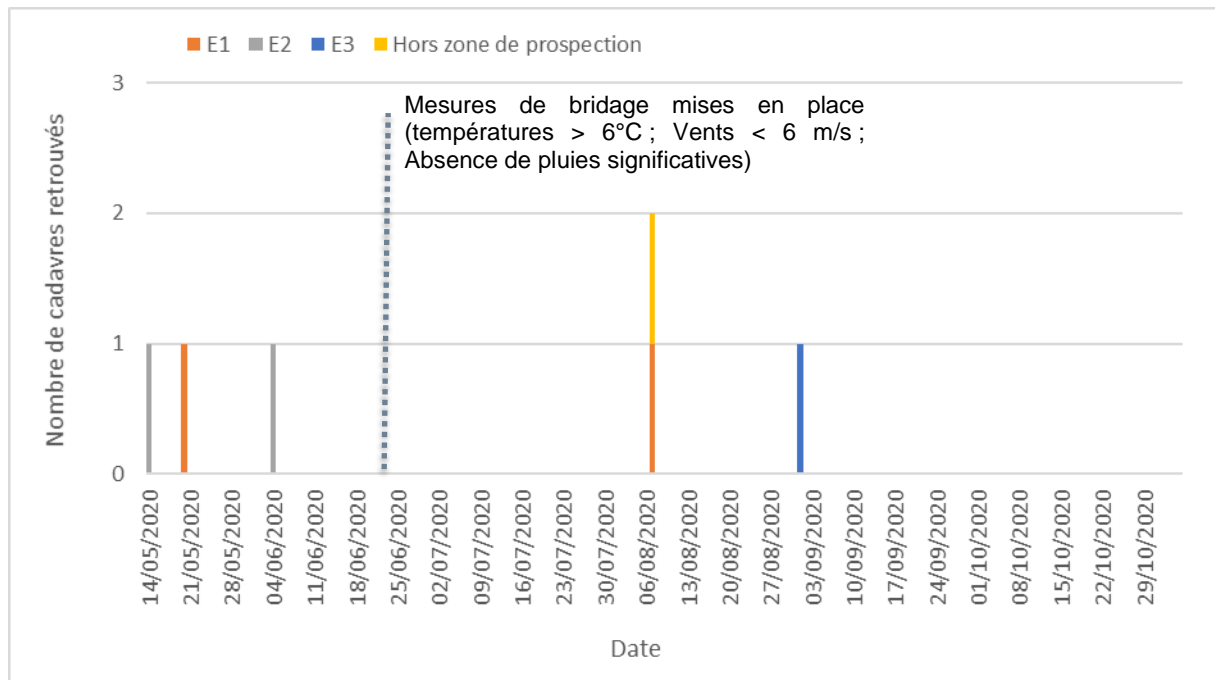


Figure 22 : Chronologie des découvertes de cadavres par éolienne

Sur les 5 cadavres retrouvés sous les éoliennes, 2 sont des Pipistrelles communes et 3 des oiseaux (Goéland argenté, Hirondelle rustique, Pouillot véloce).

Deux périodes de mortalité se dégagent, la période d'installation en gîte de mise-bas pour la Pipistrelle commune et la période de migration postnuptiale pour les oiseaux.



Pipistrelle commune



Pipistrelle commune



Goéland argenté



Pouillot véloce



Hirondelle rustique



Figure 23 : Localisation des cas de mortalité

3.4.3 Estimation de la mortalité réelle

Rappels des coefficients correcteurs et calcul des paramètres

Pour estimer la mortalité réelle, nous avons utilisé l'outil proposé par Aurélien Besnard & Cyril Bernard du CEFCE-CNRS (<https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>). Cet outil permet de calculer les estimateurs d'Erickson (2000), Huso (2010) et Jones (2009). Nous avons pu estimer la mortalité réelle des chauves-souris et oiseaux sur le parc éolien pendant les 26 semaines de suivis.

Les coefficients suivants ont été utilisés :

- Coefficient de correction surfacique : $a = 0.568$
- Durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jours) : $t_m = 4.17$
- Taux de découverte (ou efficacité du chercheur) : $d = 0.725$

Ensuite, les formules suivantes ont été utilisées pour estimer la mortalité à l'échelle du parc et par éolienne :

- *Mortalité par éolienne pour la période suivi (MES)* = $\frac{\text{Résultats des estimateurs}}{3}$
- *Estimation de la mortalité par éolienne et par an (MEA)* = $\frac{MES}{175} * 245$
 - o 175 correspond au nombre de jours de suivi
 - o 245 correspond au nombre de jours moyen d'activité des chiroptères
 - o Pour les oiseaux le nombre de jours correspond à l'année complète soit 365 jours.
- *Estimation de la mortalité pour le parc et par an* = $MEA * 3$

Estimateur de la mortalité pour les chiroptères

Rappelons que des mesures de bridage nocturnes mises en place à partir du 23/06 ont probablement une influence sur les résultats présentés ici.

Les résultats présentés ci-après montrent une mortalité modérée avec en fonction des estimateurs compris entre 11 à 15 individus tués sur l'ensemble du parc par an, soit en moyenne 4 à 5 chauves-souris tués par éolienne sur une année d'activité.

Le calcul des intervalles de confiance indique cependant une forte incertitude liée notamment au pas de temps important entre les passages et à une vitesse importante de disparition des cadavres et donne donc des intervalles de confiance larges selon les estimateurs et les bornes choisies.

Tableau 23 : Résultats des estimateurs selon les formules d'Erikson, Huso et Jones pour l'ensemble du parc sur 26 semaines pour les chiroptères

Formule	Médiane	Intervalle de confiance 95 %		Intervalle de confiance 80 %	
		IC 2.5	IC 97.5	IC 0.1	IC 0.9
Erickson	7.85	0.00	22.09	0.00	16.56
Huso	9.73	0.00	26.81	0.00	20.10
Jones	10.89	0.00	30.34	0.00	22.82

Tableau 24 : Résultats des estimateurs détaillés pour les chiroptères

Estimation de la mortalité des chiroptères			
	Huso (2010)	Jones (2009)	Erickson (2000)
Mortalité estimée pour l'ensemble des éoliennes suivies du parc (3 éoliennes) sur la période suivie	10,02	11,24	4,63
Mortalité estimée pour une éolienne sur la période suivie	3,34	3,75	1,54
Mortalité estimée pour une éolienne sur une année (8 mois)	4,87	5,47	2,25
Mortalité estimée pour l'ensemble du parc (3 éoliennes) sur une année (8 mois)	14,62	16,40	6,75
Mortalité estimée par MW sur une année (8 mois)	2,03	2,28	0,94

Estimateur de la mortalité pour l'avifaune

Les résultats présentés ci-après montrent une mortalité moyenne avec en fonction des estimateurs 24 à 34 oiseaux tués sur l'ensemble du parc par an, soit en moyenne 8 à 11 oiseaux tués par éolienne.

Le calcul des intervalles de confiance indique cependant une forte incertitude liée notamment au pas de temps important entre les passages et à une vitesse importante de disparition des cadavres et donne donc des intervalles de confiance larges selon les estimateurs et les bornes choisies.

Tableau 25 : Résultats des estimateurs selon les formules d'Erickson, Huso et Jones pour l'ensemble du parc sur 26 semaines pour les oiseaux

Formule	Médiane	Intervalle de confiance 95 %		Intervalle de confiance 80 %	
		IC 2.5	IC 97.5	IC 0.1	IC 0.90
Erickson	11.71	0.00	28.58	3.98	21.79
Huso	14.53	0.00	34.23	4.90	26.45
Jones	16.29	0.00	39.14	5.51	29.95

Tableau 26 : Résultats des estimateurs détaillés pour les oiseaux

Estimation de la mortalité de l'avifaune			
	Huso (2010)	Jones (2009)	Erickson (2000)
Mortalité estimée pour l'ensemble des éoliennes suivies du parc (3 éoliennes) sur la période suivie	15,04	16,86	6,95
Mortalité estimée pour une éolienne sur la période suivie	5,01	5,62	2,32
Mortalité estimée pour une éolienne sur une année (12 mois)	10,45	11,72	4,83
Mortalité estimée pour l'ensemble du parc (3 éoliennes) sur une année (12 mois)	31,36	35,17	14,49
Mortalité estimée par MW sur une année (12 mois)	4,36	4,89	2,01

3.5 Impacts et propositions de mesures complémentaires de réduction des impacts

3.5.1 Statuts des espèces contactées et retrouvées mortes au pied des éoliennes

Parmi les cadavres retrouvés au pied des éoliennes, la Pipistrelle commune, le Goéland argenté et l'Hirondelle rustique concentrent les enjeux de conservation les plus importants au regard de leurs différents statuts.

En dehors de la Pipistrelle de Kuhl, toutes les espèces de chiroptères contactées lors du suivi en hauteur sont inscrites avec des statuts défavorables sur les différentes listes en vigueur.

Tableau 27 : Statuts des espèces contactées au cours des suivis

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Protection nationale	Directive Habitats/Directive Oiseaux	Liste rouge nationale (2017)	Liste rouge régionale (2015)
Chiroptères					
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	X	An. 4	NT	LC
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	X	An. 4	LC	LC
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	X	An. 4	NT	NT
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	X	An. 4	NT	LC
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	X	An. 4	NT	NT
Avifaune					
Goéland argenté	<i>Larus argentatus</i>	X	2.2	NT	VU
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	X	-	NT	LC
Puillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	X	-	LC	LC
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>		2.1	LC	LC

CR : Espèce en danger critique d'extinction ; EN : Espèce en danger ; VU : Espèce vulnérable ; NT : Espèce quasi menacée (espèce proche du seuil des espèces menacées ou qui pourrait être menacée si des mesures de conservation spécifiques n'étaient pas prises) ; LC : Préoccupation mineure (espèce pour laquelle le risque de disparition de France métropolitaine est faible) ; DD : Données insuffisantes (espèce pour laquelle l'évaluation n'a pas pu être réalisée faute de données suffisantes) ; NE : Non évalué ; NA* : Non applicable

* : Pour l'avifaune - Liste rouge Oiseaux nicheurs

3.5.2 Rappels des impacts identifiés dans l'étude d'impacts et des mesures en place

Les impacts potentiels retenus dans l'étude d'impacts sont détaillés dans les tableaux ci-dessous. Le type d'impact potentiel le plus important correspond au risque de collision sur les chiroptères et les oiseaux.

Concernant l'avifaune, les espèces observées en transit ou en migration au cours de l'étude d'impacts ont été considérées comme communes et **peu diversifiées**, et les impacts sur ce groupe d'espèces ont donc été identifiés comme **faible**.

Concernant les chiroptères, deux des cinq espèces contactées ont été évaluées comme particulièrement vulnérables à l'échelle régionale (Petit rhinolophe, Murin d'Alcathoe). Les impacts potentiels ont été évalués comme **assez élevés** en raison de la présence d'un boisement mûre d'une surface importante à proximité et au vu des statuts des espèces contactées.

Notons que parmi les 5 espèces contactées au cours de l'étude d'impact, seule la Pipistrelle commune a été enregistrée en 2020. En revanche, **4 nouvelles espèces** ont été contactées cette année : la Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle de Nathusius, la Sérotine commune et la Noctule de Leisler.

Tableau 28 : Nature des impacts potentiels identifiés dans l'étude d'impact et groupes d'espèces concernés

Types	Groupes concernés
Collision	Avifaune nicheuse et migratrice ; Chiroptères
Déviation du vol	Avifaune en transit ou migration
Destruction/dégradation des milieux en phase travaux	Flore ; habitats ; Avifaune nicheuse ; Chiroptères ; Faune terrestre
Dérangement en phase travaux	Faune vertébrée dont avifaune nicheuse
Dérangement en phase opérationnelle	Faune vertébrée dont avifaune nicheuse et hivernante

Tableau 29 : Évaluation des impacts potentiels par groupes d'espèces

Habitats/Groupes d'espèces	Évaluation des impacts potentiels
Habitats naturels	Faibles
Faune terrestre	Faibles
Chiroptères	Assez élevés
Avifaune	Faibles

3.5.3 Bilan des impacts du parc éolien

Le cas des chiroptères

Malgré une activité des chiroptères ponctuellement importante en fonction de l'heure, des conditions climatiques et de la saison autour de l'éolienne 1, aucun cadavre n'a été retrouvé au pied de cette éolienne. Seuls 2 cadavres de chiroptères ont été retrouvés au cours de la période de suivi sous l'éolienne 2. Les estimateurs de mortalité utilisés calculent un nombre de cadavres compris entre 4 et 5 chiroptères par an et par éolienne sur le parc.

Rydell & al. (2010) mentionnent une mortalité moyenne comprise entre 2 et 5 cas par turbine et par an (effectifs rectifiés en fonction des estimateurs) pour des paysages agricoles complexes, à l'image de ceux présents sur notre site d'étude (synthèse de 40 parcs au Nord-ouest de l'Europe).

Le nombre de cadavres potentiels s'inscrit donc dans la moyenne des cas mentionnés dans la littérature. De plus, 4 des 5 espèces contactées présentent des statuts de conservation défavorables.

Le parc éolien de Coatjégu a donc un impact pouvant être qualifié de **moyen** sur les chiroptères. Cet impact semble tout particulièrement important lors des pics d'activités et de la période d'installation en gîtes estivaux.

Ces résultats sont tout de même à relativiser car des mesures de bridage nocturnes ont été mises en place à partir du 23/06 pour des températures supérieures à 6°C, des vitesses de vent inférieures à 6 m/s et en l'absence de pluies significatives. En l'absence de mesures de bridage, la mortalité aurait probablement été supérieure.

Bilan des impacts sur l'avifaune

MARX (2017) mentionne une moyenne de 1.24 oiseaux par éolienne et par année de suivi sur 31 parcs éoliens (résultats bruts sur 26 semaines). Tandis que Rydell & al. (2012), indiquent une valeur médiane de mortalité de 6.5 oiseaux mort par éolienne et par an en Europe (résultats rectifiés en fonction des estimateurs sur 31 parcs). Dans notre cas, les résultats bruts montrent 1 oiseau par éolienne et par an, et les résultats rectifiés, 8 à 11 oiseaux par éolienne et par an. **Les résultats du suivi mené en 2020 montrent donc des valeurs proches des moyennes mentionnées dans la littérature.**

Parmi les espèces impactées en 2020, le Goéland argenté présente des statuts particulièrement défavorables dans les listes en vigueur.

Au vu de ces éléments, nous pouvons considérer l'impact sur l'avifaune comme **modéré**.

3.5.4 Proposition de mesures complémentaires pour limiter les impacts directs sur les chiroptères et l'avifaune

Limiter la fréquentation des éoliennes par les chiroptères et l'avifaune

Il s'agira d'éviter autant que possible de recréer des conditions favorables au développement de végétaux spontanés et d'insectes dans l'entourage des éoliennes. En effet, ces surfaces enherbées représentent des zones potentielles d'alimentation pour les oiseaux et de chasse pour les chauves-souris. Il s'agit donc de limiter la création de ces zones à proximité des éoliennes (dans un rayon de 50 m autour du mât de l'éolienne) et au niveau des chemins et plateformes. A l'inverse, il s'agit de favoriser des aménagements plus artificialisés sous les éoliennes, avec des revêtements inertes (gravillons) éventuellement sur géotextile limitant la repousse d'un couvert végétal, comme c'est le cas au niveau des plateformes. Si toutefois des **zones végétalisées dont des friches sont maintenues**, elles devront être **entretenu mécaniquement** (sans pesticide) le plus régulièrement possible et a **minima 2 fois par an** (un passage mi-mai et un autre fin juin-mi-juillet).

De plus, le réseau de haies et les lisières de boisements semblent particulièrement attractifs comme territoire de chasse pour les chiroptères et zones de gagnage/déplacement pour l'avifaune. Une haie très proche de **l'éolienne 2** est notamment orientée depuis le boisement vers son mât. L'utilisation de ce corridor par la faune représente probablement un risque de mortalité comme en atteste la découverte des deux cadavres de pipistrelles au pied de cette éolienne. Afin d'évaluer l'importance de l'effet lisière de cette haie, de l'activité des chiroptères et de définir le type d'utilisation, **des nuits d'écoute avec un enregistreur à ultrasons pourront être effectuées en 2021**. Dans le cas où les résultats de suivis attesteraient d'un risque de mortalité lié à cette haie, **une destruction** pourra être envisagée. Cette destruction pourra être **compensée par une création dans un secteur approprié**.

Bridage des éoliennes

Les résultats insuffisants concernant l'activité des chauves-souris, dus au dysfonctionnement de l'enregistreur automatique, ne permettent pas de statuer sur de nouvelles mesures de bridage. Les mesures de bridage actuellement en place seront conservées conformément aux recommandations de l'arrêté préfectoral dans l'attente des résultats de la deuxième année de suivi.

L'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les enregistrements justifiant de l'arrêt de l'activité des éoliennes et les relevés des mesures de température et de vitesse de vent correspondants.

Afin d'évaluer les mesures de bridages en place et confirmer les données récoltées en 2020, il semble nécessaire de poursuivre en parallèle le suivi de mortalité et le suivi acoustique en altitude de l'activité des chiroptères. En complément, une étude de l'activité des chiroptères autour de la haie proche de l'éolienne 2 pourra être envisagée.

Des cadavres de chauves-souris ayant été découverts au pied de l'éolienne 2, le détecteur pourra être placé dans la nacelle de cette éolienne en 2021 afin de connaître l'activité de ces espèces. Les protocoles utilisés en 2020 pourront être réutilisés afin d'obtenir des données comparables. Le coût prévisionnel du suivi est estimé à 18 640 € HT par an (entre 17000 et 22000 €) selon les prestataires.

Annexe – Heures crépusculaires

Date	Heure crépuscule civile	Date	Heure crépuscule civile	Date	Heure crépuscule civile	Date	Heure crépuscule civile
20/05/2020	22:30	04/07/2020	22:56	18/08/2020	21:54	02/10/2020	20:18
21/05/2020	22:31	05/07/2020	22:56	19/08/2020	21:52	03/10/2020	20:16
22/05/2020	22:33	06/07/2020	22:55	20/08/2020	21:50	04/10/2020	20:14
23/05/2020	22:34	07/07/2020	22:55	21/08/2020	21:48	05/10/2020	20:12
24/05/2020	22:35	08/07/2020	22:54	22/08/2020	21:46	06/10/2020	20:10
25/05/2020	22:37	09/07/2020	22:53	23/08/2020	21:43	07/10/2020	20:08
26/05/2020	22:38	10/07/2020	22:52	24/08/2020	21:41	08/10/2020	20:06
27/05/2020	22:39	11/07/2020	22:51	25/08/2020	21:39	09/10/2020	20:04
28/05/2020	22:40	12/07/2020	22:51	26/08/2020	21:37	10/10/2020	20:02
29/05/2020	22:42	13/07/2020	22:50	27/08/2020	21:35	11/10/2020	20:00
30/05/2020	22:43	14/07/2020	22:49	28/08/2020	21:33	12/10/2020	19:58
31/05/2020	22:44	15/07/2020	22:48	29/08/2020	21:31	13/10/2020	19:57
01/06/2020	22:45	16/07/2020	22:47	30/08/2020	21:29	14/10/2020	19:55
02/06/2020	22:46	17/07/2020	22:46	31/08/2020	21:27	15/10/2020	19:53
03/06/2020	22:47	18/07/2020	22:44	01/09/2020	21:25	16/10/2020	19:51
04/06/2020	22:48	19/07/2020	22:43	02/09/2020	21:23	17/10/2020	19:49
05/06/2020	22:49	20/07/2020	22:42	03/09/2020	21:20	18/10/2020	19:47
06/06/2020	22:50	21/07/2020	22:41	04/09/2020	21:18	19/10/2020	19:45
07/06/2020	22:51	22/07/2020	22:40	05/09/2020	21:16	20/10/2020	19:44
08/06/2020	22:52	23/07/2020	22:38	06/09/2020	21:14	21/10/2020	19:42
09/06/2020	22:52	24/07/2020	22:37	07/09/2020	21:12	22/10/2020	19:40
10/06/2020	22:53	25/07/2020	22:35	08/09/2020	21:10	23/10/2020	19:38
11/06/2020	22:54	26/07/2020	22:34	09/09/2020	21:07	24/10/2020	19:37
12/06/2020	22:55	27/07/2020	22:33	10/09/2020	21:05	25/10/2020	18:35
13/06/2020	22:55	28/07/2020	22:31	11/09/2020	21:03	26/10/2020	18:33
14/06/2020	22:56	29/07/2020	22:29	12/09/2020	21:01	27/10/2020	18:31
15/06/2020	22:56	30/07/2020	22:28	13/09/2020	20:59	28/10/2020	18:30
16/06/2020	22:57	31/07/2020	22:26	14/09/2020	20:57	29/10/2020	18:28
17/06/2020	22:57	01/08/2020	22:25	15/09/2020	20:55	30/10/2020	18:27
18/06/2020	22:58	02/08/2020	22:23	16/09/2020	20:52	31/10/2020	18:25
19/06/2020	22:58	03/08/2020	22:21	17/09/2020	20:50	01/11/2020	18:24
20/06/2020	22:58	04/08/2020	22:20	18/09/2020	20:48	02/11/2020	18:22
21/06/2020	22:58	05/08/2020	22:18	19/09/2020	20:46	03/11/2020	18:21
22/06/2020	22:59	06/08/2020	22:16	20/09/2020	20:44	04/11/2020	18:19
23/06/2020	22:59	07/08/2020	22:14	21/09/2020	20:42		



24/06/2020	22:59	08/08/2020	22:13	22/09/2020	20:40
25/06/2020	22:59	09/08/2020	22:11	23/09/2020	20:37
26/06/2020	22:59	10/08/2020	22:09	24/09/2020	20:35
27/06/2020	22:59	11/08/2020	22:07	25/09/2020	20:33
28/06/2020	22:58	12/08/2020	22:05	26/09/2020	20:31
29/06/2020	22:58	13/08/2020	22:03	27/09/2020	20:29
30/06/2020	22:58	14/08/2020	22:01	28/09/2020	20:27
01/07/2020	22:58	15/08/2020	21:59	29/09/2020	20:25
02/07/2020	22:57	16/08/2020	21:58	30/09/2020	20:23
03/07/2020	22:57	17/08/2020	21:56	01/10/2020	20:21

Bibliographie

ALBESPY, F & BEUCHER, Y. (2017) : Parc éolien d'Arfons (81). Suivi environnemental post-implantation 2016 ciblé sur les chauves-souris. Suivi de la mortalité des chauves-souris (et des oiseaux). Suivi de l'activité des chauves-souris. VALOREM, EXEN.

ARNETT, E.B., W.K. BROWN, W.P. ERICKSON, J.K. FIEDLER, B.L. HAMILTON, T.H. HENRY, A. JAIN, G.D. JOHNSON, J. KERNS, R.R. KOFORD, C.P. NICHOLSON, T.J. O'CONNEL, M.D. PIORKOWSKI & R.D. TANKERSLEY (2008) : Patterns of bat fatalities at wind energy facilities in North America. *J. Wildl. Manag.* 72(1) : 61-78.

ARNETT, E.B., E.F. BAERWALD, F. MATHEWS, L. RODRIGUES, A. RODRIGUEZ-DURAN, J. RYDELL, R. VILLEGAS-PATRACA, C.C. VOIGT (2016). Impacts of wind energy development on bats: a global perspective. *Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World*: 295–323 http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-25220-9_11.

ARTHUR, L. & LEMAIRE, M. (2009): Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Biotope, Mèze (Collection Parthénopée); MNHN, Paris, 544p.

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

*BARATAUD M. (2012) : Écologie acoustique des chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportement de chasse. Biotope, Mèze ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (collection Inventaires et Biodiversité), 344 p

BARRE, K. (2017) : Mesurer et compenser l'impact de l'éolien sur la biodiversité en milieu agricole. Thèse – Museum National d'Histoire Naturelle – CESCO. 363 p.

BAS, Y., A. HAQUART, J. TRANCHARD & H. LAGRANGE (2014) : Suivi annuel continu de l'activité des chiroptères sur 10 mâts de mesure : évaluation des facteurs de risque lié à l'éolien. *Symbioses, Actes des 14èmes Rencontres Nationales Chauves-souris de la SFEPM*, Bourges mars 2012, 32: 8387.

*BRINKMANN, R., SCHAUER-WEISSHAHN, H. & BONTADINA, F. (2006) : Études sur les impacts potentiels liés au fonctionnement des éoliennes sur les chauves-souris du district de Fribourg. Traduction du Bureau de coordination énergie éolienne/ Koordinierungsstelle Windenergie e.V.. Regierungspräsidium Freiburg -Referat 56, Naturschutz und Landschaftspflege gefördert durch Stiftung Naturschutzfonds Baden-Württemberg, 66 pages.

DULAC, P. & OUVARD E. (2018) : Eoliennes de Bouin (Vendée) Bilan du programme 2017 du suivi de la mortalité des chauves-souris. EDF, LPO Vendée.

DREWITT, A.L. & Langston, R.H. (2006) : Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis*, 148(s1), 29-42.

DÜRR, T. (2017) : Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at windturbines in Europe. Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt Brandenburg. Stand: 05. Dezember 2017.

ERICKSON, W.P., JOHNSON, G D. & YOUNG JR, D.P. (2005) : A summary and comparison of bird mortality from anthropogenic causes with an emphasis on collisions. *USDA Forest Service General Technical Report PSW-GTR-191*, 1029-1042.

*ERICKSON, W., STRICKLAND, D., JOHNSON, G. & KERN W. (2000) : Examples of statistical methods to assess risk of impacts to birds from windplants. *National Avian Wind Power Planning Meeting III San Diego*: 172-182.

*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.

HÖTKER, H., THOMSEN, K.M. & JEROMIN, H. (2006) : Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources: the example of birds and bats –facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen, Allemagne. 65 p

*HUSO, M.,M.,P.,(2011): An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics*, 22: 318–329.

HUTTERER, R., IVANOVA, T., MEYER-CORDS, C. & RODRIGUES L. (2005) : Bat Migrations in Europe. A review of banding data and literature. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, 28 : 1-176.

IUCN (2018): The IUCN Red List of Threatened Species, <http://www.iucnredlist.org/>

*JONES, G., COOPER-BOHANNON, R., BARLOW, K. & PARSONS, K. (2009) : Determining the potential ecological impact of wind turbines on bat population in Britain. Scoping and method development report. Bat conservation Trust, 150 pages.

*LEKUONA, J.M. (2001) : Uso del espacio por la avifauna y control de la mortalidad de aves en los parques eólicos de Navarra. Gobierno de Navarra, Pamplona. 155 p.

*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.

*RODRIGUES, L., BACH, L., DUBOURG-SAVAGE, M.-J., KARAPANDZA, B., KOVAC, D., KERVYN, T., DEKKER, J., KEPEL, A., BACH, P., COLLINS, J., HARBUSCH, C., PARK, K., MICEVSKI, B., MINDERMAN, J., (2015): Guidelines for consideration of bats in wind farm projects –Revision 2014. EUROBATS Publication Series N° 6 (English version). UNEP/EUROBATS Secrétariat, Bonn, Germany, 133 p.

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

*RYDELL, J., ENGSTRÖM, H., HEDENSTRÖM, A., LARSEN, J.K., PETTERSSON, J. & GREEN, M. (2012) : The effect of wind power on birds and bats –A synthesis. VINDVAL, Report 6511. 152 p.

SANTOS, H., L. RODRIGUES, G. JONES & H. REBELO (2013) : Using species distribution modelling to predict bat fatalities at wind farms. *Biol. Conserv.* 157 : 178-186. doi:10.1016/j.biocon.2012.06.017.

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

VOIGT, C.C., A.G. POPA-LISSEANU, I. NIERMANN, S. KRAMER-SCHADT (2012). The catchment area of wind farms for European bats: a plea for international regulations. *Biol. Conserv.* 153:80–86. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2012.04.027>.

WILLIAMSON, T. (2011) : Évaluation de l’impact du parc éolien du Rochereau (Vienne) sur l’avifaune de plaine –Comparaison entre l’état initial et les trois premières années de fonctionnement des éoliennes, Rapport final 2007-2010. LPO Vienne, SERGIES. 136 p