

SUIVIS ENVIRONNEMENTAUX SUR LE PARC EOLIEN DE MINE-KERVIR (SCAER, 29)

RAPPORT D'ÉTUDE

Maître d'ouvrage :

CENTRALE EOLIENNE DE SCAER MINE-KERVIR



Emilien JOMAT
Naturaliste indépendant spécialisé Chiroptères et Entomofaune
1 Botcalper 56310 BUBRY
06 84 29 36 06
emilienjomat@yahoo.fr

Table des matières

1	Cadre général et présentation de la mission	4
1.1	Présentation du parc éolien	4
1.2	Cadre réglementaire	5
2	Matériel et méthode	6
2.1	Suivi de la mortalité	6
2.1.1	Recherche des cadavres	6
2.1.2	Estimation des taux de mortalité	7
2.2	Suivi de l'activité des chiroptères en nacelle	9
2.2.1	Choix du site d'enregistrement et période de suivi	10
2.2.2	Acquisition des données acoustiques	10
2.2.3	Acquisition des données météorologiques	11
3	Résultats et analyses	12
3.1	Suivi de la mortalité	12
3.1.1	Facteurs de correction	12
3.1.2	Résultats bruts	17
3.1.3	Estimation de la mortalité réelle	19
3.2	Suivi de l'activité des chiroptères en nacelle	20
3.2.1	Diversité et cortège spécifique	20
3.2.2	Fiches descriptives des espèces rencontrées	23
3.2.3	Phénologie saisonnière	25
3.2.4	Phénologie horaire	27
3.2.5	Analyse des variables environnementales sur l'activité des chiroptères	28
4	Impacts et propositions de mesures complémentaires	33
4.1	Rappels des impacts identifiés dans l'étude d'impact initiale et du 1 ^{er} suivi post-implantation	33
4.2	Bilan des impacts sur les chiroptères	33
4.3	Bilan des impacts sur l'avifaune	34
4.4	Propositions de mesures de réduction des impacts	35

Table des illustrations

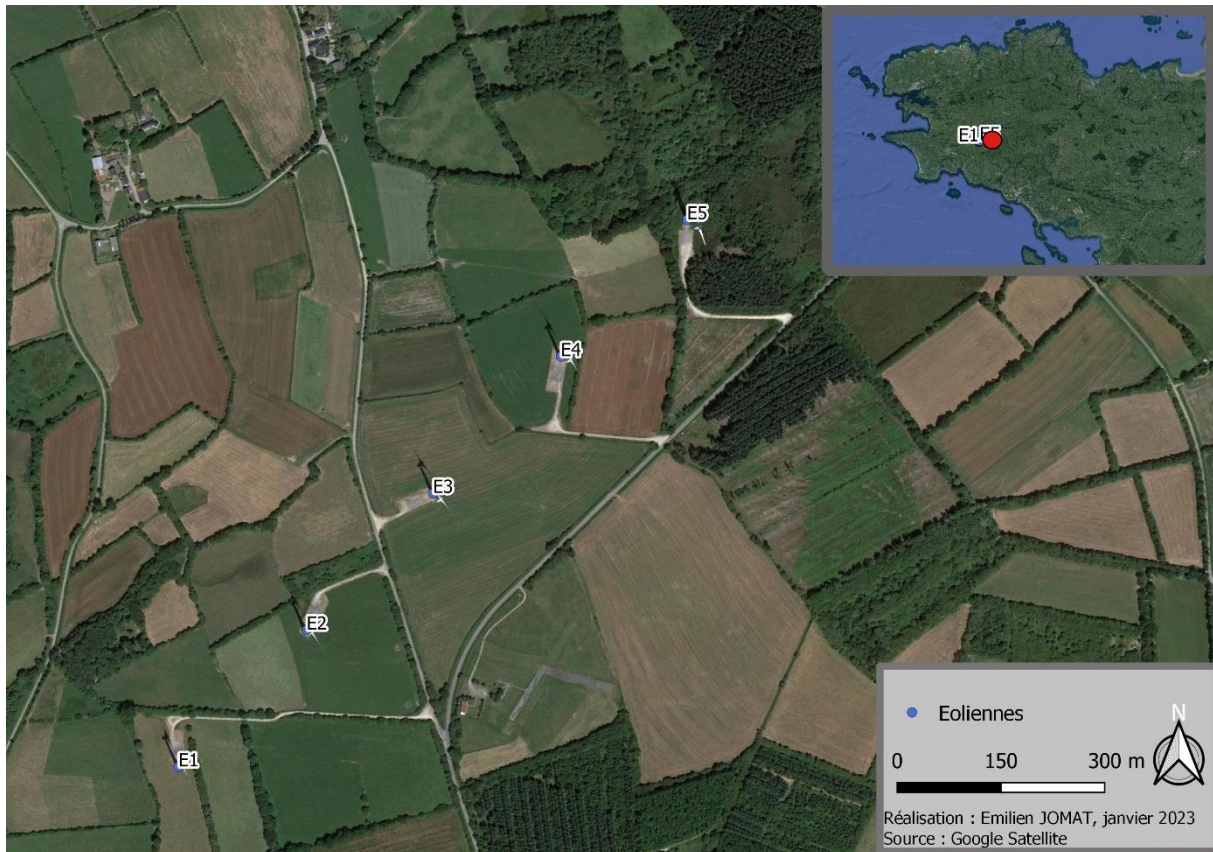
Figure 1 : Schéma de prospection sous les éoliennes	6
Figure 2 : Phénologie saisonnière des chiroptères fréquentant le parc éolien de Scaër.....	26
Figure 3 : Répartition de l'activité nocturne après le coucher du soleil	27
Figure 4 : Activité horaire des chiroptères sur le parc éolien de Saint-Allouestre.....	28
Figure 5 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction de la température extérieure	29
Figure 6 : Répartition par phase biologique de l'activité chiroptérologique en fonction des conditions de températures	29
Figure 7 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction des conditions de vitesse du vent	30
Figure 8 : Répartition par phase biologique de l'activité chiroptérologique en fonction des conditions de vitesse de vent	31
Figure 9 : Répartition par phase biologique de l'activité chiroptérologique en fonction de la direction du vent	32
Figure 10 : Nombre de cadavres de chauves-souris découvert selon l'activité acoustique enregistrée	34
Photo 1 : Exemple de cadavres leurres utilisés - Souris grise.....	9
Photo 2 : Exemple de cadavres leurres utilisés - Poussin.....	9
Photo 3 : Exemple de leurres utilisés pour le test de détection.....	9
Photo 4 : Culture de maïs - Eolienne n° 4	12
Photo 5 : Troupeau de bétail - Eolienne n° 1	12
Photo 6 : Eolienne n° 1 - 24/05/2022.....	15
Photo 7 : Eolienne n° 5 - 24/05/2022.....	15
Photo 8 : Eolienne n° 3 - 24/05/2022.....	15
Photo 9 : Eolienne n° 2 - 01/06/2022.....	15
Photo 10 : Eolienne n° 3 - 15/06/2022	15
Photo 11 : Eolienne n° 2 - 25/06/2022	15
Photo 12 : Eolienne n° 5 - 07/09/2022	15
Photo 13 : Eolienne n° 4 - 14/09/2022	15
Photo 14 : Eolienne n° 2 - 11/10/2022	16
Photo 15 : Eolienne n° 3 - 18/10/2022	16
Photo 16 : Reste de plumes de Pigeon ramier (15/06/2022)	17
Photo 17 : Cadavre de Pipistrelle commune (22/06/2022)	17
Photo 18 : Noctule de Leisler (Nyctalus leisleri) © Rohit Chakravarty (CC-BY-NC)	23
Photo 19 : Sérotine commune (Eptesicus serotinus) © Ludovic Jouve	23
Photo 20 : Pipistrelle de Kuhl (Pipistrellus kuhlii) © Laurent ARTHUR	24
Photo 21 : Pipistrelle de Nathusius (Pipistrellus nathusii) © Ivan Pancic (CC-BY-NC)	24
Photo 22 : Pipistrelle commune (Pipistrellus pipistrellus) © Ludovic Jouve	25
Tableau 1 : Paramètres d'enregistrements pratiqués sur la BATmode 2S.....	10
Tableau 2 : Paramètres des variables explicatives de l'activité chiroptérologique en nacelle	11
Tableau 3 : Synthèse des surfaces prospectées par passage de suivi mortalité	14
Tableau 4 : Résultats des tests de persistance des cadavres	16
Tableau 5 : Résultats des tests d'efficacité de recherche.....	17
Tableau 6 : Synthèse des cas de mortalité relevés au cours des suivis	18
Tableau 7 : Statuts, enjeux et risques éoliens des espèces retrouvées.....	19
Tableau 8 : Résultats des estimateurs de mortalité chauves-souris pour l'ensemble du parc sur chaque période de suivi	19
Tableau 9 : Résultats des estimateurs de mortalité oiseaux pour l'ensemble du parc sur chaque période de suivi	20
Tableau 10 : Abondance relative des espèces contactées sur le parc éolien de Scaër	21
Tableau 11 : Comportement de vol des espèces enregistrées sur le parc de Scaër	22
Tableau 12 : Synthèse des statuts de conservation des espèces de chiroptères présentes sur le parc éolien de Scaër.....	22
Tableau 13 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction des phases du cycle biologique.....	26
Tableau 14 : Conditions météorologique de vol des chiroptères sur le parc de Scaër selon un seuil d'activité de 95%	31

1 Cadre général et présentation de la mission

La **Centrale éolienne de Miné-Kervir** a sollicité, par l'intermédiaire de la société **CGN Europe Energy** en charge de l'exploitation du site, M. Emilien JOMAT - naturaliste indépendant - pour effectuer les suivis environnementaux post-implantation du parc éolien de Scaër.

1.1 Présentation du parc éolien

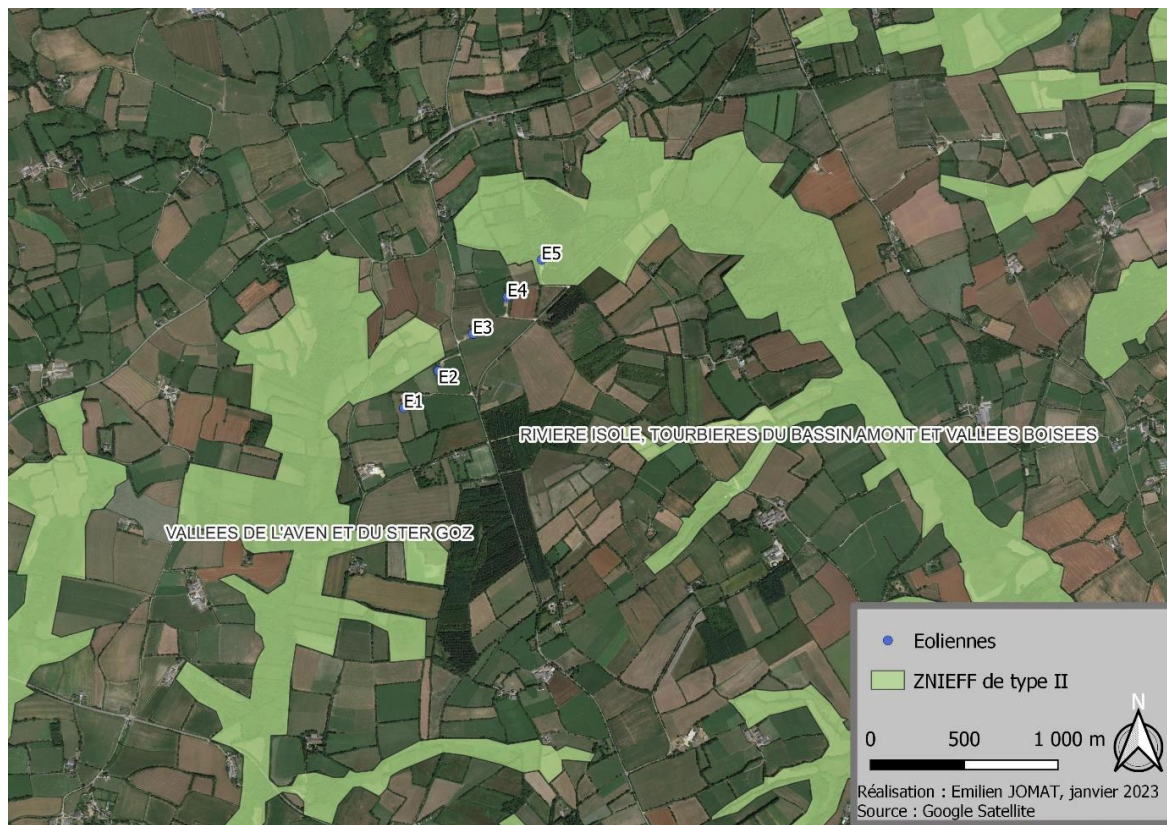
Le parc en question, nommé Miné-Kervir, se situe sur la commune de Scaër dans le département du Finistère (29). Il est implanté dans un contexte paysager diversifié, alternant entre boisements, cultures et prairies avec un réseau bocager localement dense (Carte 1).



Carte 1 : Localisation du parc éolien

La ferme éolienne se situe au sein de la ZNIEFF de type II (530030036) « Rivière Isole, tourbières du bassin amont et vallées boisées » et en limite de la ZNIEFF de type II (530030034) « Vallées de l'Aven et du Ster Goz » (Carte 2). Ces zonages de portée à connaissance des enjeux biologiques sont délimités sur le réseau hydrographique ainsi que les zones humides et boisements attenants. Elles ont été principalement désignées pour leurs enjeux piscicoles. Les boisements ont également été inclus à ces zonages pour la présence de l'Escargot de Quimper ainsi que la présence d'une avifaune forestière déterminante à l'image du Pic noir, du Faucon hobereau ou encore de la Bondrée apivore. La présence du parc éolien n'impacte pas les espèces aquatiques ciblées par ces ZNIEFF. Une attention doit toutefois être portée sur les enjeux concernant l'avifaune forestière identifiée.

Ce parc éolien, mis en service en avril 2012, est composé de 5 turbines Enercon E70/2300 d'une puissance unitaire de 2300kW pour une puissance totale du parc de 11,5 MW. Les turbines sont caractérisées par un diamètre de 71m pour une hauteur de moyeu de 85m. La garde au sol est donc de 50m.



Carte 2 : Zonages naturels réglementaires et consultatifs autour du parc éolien

1.2 Cadre réglementaire

Les suivis proposés interviennent dans le cadre de la mise en œuvre du suivi environnemental prévu par l'article 12 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par arrêté du 22 juin 2020) 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 :

« L'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères ... 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), ainsi que du suivi de l'activité des chiroptères à hauteur de nacelle. L'analyse des résultats permet d'identifier les enjeux de conservation des taxons présents ainsi que les conditions de leur présence sur le parc. Ce travail a pour but d'actualiser les mesures de réduction des impacts en place pour respecter la réglementation concernant les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

Le suivi post-implantation du parc éolien a été réalisé en 2022 selon la version révisée 2018 du protocole national, version en vigueur au lancement du suivi. Cette révision est le fruit d'un travail partenarial entre les partenaires associatifs de la protection de la nature (LPO et SFEPM), les syndicats de la filière éolienne (SER et FEE), le Museum National d'Histoire Naturelle, l'ADEME et les services de l'actuel MTE (DEB et DGPR).

Ce protocole est également 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 Matériel et méthode

2.1 Suivi de la mortalité

2.1.1 Recherche des cadavres

2.1.1.1 Nombre d'éoliennes suivies et surfaces prospectées

Les 5 éoliennes du parc ont été suivies dans le cadre de cette étude. Des carrés de 100 m de côté (1ha) ont été prospectés à pied sous chaque éolienne en suivant le cheminement indiqué par le schéma ci-dessous. Chaque transect, espacé d'environ 7 m, a permis 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. Les transects ont été importés sur l'application mobile Qfield afin d'être visualisables sur le terrain. À chaque passage, l'ensemble des transects ont été parcourus à pied, et à vitesse lente et constante.

Notons que les surfaces à prospecter théoriques de 1ha ont été réduites ponctuellement ou durablement en fonction des types et hauteurs de végétations présentes (boisements ou végétations avec des hauteurs supérieures à 50 cm - Cf. § 3.1.1.1).

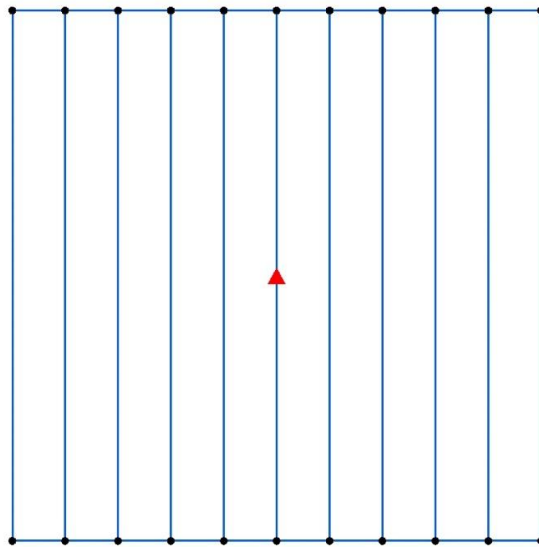


Figure 1 : Schéma de prospection sous les éoliennes

2.1.1.2 Temps de recherche

Le temps de prospection est d'environ 45 minutes par turbine pour l'échantillon de base de 1ha intégralement prospecté. Il a été réduit pour les éoliennes concernées par des végétations temporairement ou durablement exclues du suivi.

2.1.1.3 Période de suivi

Les 20 suivis de la mortalité ont été répartis de la manière suivante, à raison d'une sortie par semaine avec un intervalle de 7 jours entre 2 passages, afin de couvrir les périodes où les enjeux sont les plus élevés :

- Semaines **20 à 27 = 8 sorties** : mi-mai à début juillet, soit la pleine période de nidification des oiseaux et le début de la période de mise bas des chiroptères ;
- Semaines **33 à 44 = 12 sorties** : mi-août à début-novembre, soit la période la plus à risque à la fois pour les chiroptères (vol de jeunes, déplacements post-nuptiaux) et les oiseaux (envol des jeunes, migrations).

2.1.1.4 Paramètres relevés

À chaque sortie, les paramètres suivants ont été relevés :

- Date et heure ;
- Température ;
- Force et direction du vent ;
- Nébulosité ;
- Intempéries.

À chaque découverte de cadavre :

- Espèce ;
- Sexe ;
- Estimation de la date et de l'heure de la mort ainsi que des conditions météorologiques à ce moment-là ;
- Localisation du cadavre par rapport à l'éolienne ;
- Hypothèse de la cause du décès.

Toutes les observations suivantes seront également rapportées :

- Autres cadavres qui pourraient avoir une influence sur le comportement de la faune volante ;
- Cadavres de chauves-souris ou d'oiseaux retrouvés en dehors du périmètre de prospection ;
- Nids d'insectes au pied des éoliennes.

Les découvertes de cadavres ont été transmises à CGN Europe Energy après la prospection de terrain.

2.1.2 Estimation des taux de mortalité

Le principal objectif du suivi de la mortalité est de calculer le taux de mortalité pour permettre des comparaisons objectives et détecter les parcs à impacts significatifs sur la faune volante. Pour cela, il est essentiel 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 reconnus :

- la formule d'Erickson (ERICKSON *et al.*, 2000) ;
- la formule de Jones (JONES *et al.*, 2009) ;
- la formule de Huso (HUSO, 2011).

Pour calculer ces estimateurs, nous avons utilisé l'outil proposé par Aurélien Besnard & Cyril Bernard du CEFCE-CNRS (<https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>).

Afin d'appliquer rigoureusement les estimateurs, il sera nécessaire d'intégrer un coefficient surfacique lorsqu'une surface échantillon n'a pas pu être prospectée. Nous préciserons également les écarts-types obtenus par chaque estimateur.

2.1.2.1 Type d'estimateurs

- l'estimateur d'Erickson (ERICKSON *et al.*, 2000) utilise 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).

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

- l'estimateur de Jones (JONES *et al.*, 2009) 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.

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

- l'estimateur 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 :

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'éoliennes
r		Rayon de recherche (en m)
\hat{e}	$E = \text{Min}(l : \hat{l}) / l$	Coefficient correcteur de l'intervalle
\hat{l}	$l = -\log(0.01) * tm$	Intervalle effectif

2.1.2.2 Test de persistance des cadavres

La mesure du biais lié à la disparition des cadavres a été réalisée par la mise en place d'un test qui suit les recommandations suivantes :

- Le test a été réalisé 2 fois au cours du suivi à des périodes contrastées afin de prendre en compte les changements de comportements des prédateurs au cours des saisons (différences provoquées par la taille de la végétation, variations d'activité des animaux, présence ou non d'insectes nécrophages...);
- Des poussins de un jour et des petits rongeurs ont été préférentiellement utilisés pour les tests (Photo 1 & Photo 2) ;
- Les leurres ont été décongelés avant utilisation ;
- Pour chaque test, 3 cadavres ont été déposés par éolienne. Les tests ont duré jusqu'à 9 jours avec des passages à J1, J3, J5, J7 et J9. Cette méthode a permis de déterminer combien de temps un cadavre reste au sol avant de disparaître.



Photo 1 : Exemple de cadavres leurres utilisés - Souris grise



Photo 2 : Exemple de cadavres leurres utilisés - Poussin

2.1.2.3 Test d'efficacité de recherche

Il est important d'évaluer la détectabilité des chauves-souris et des oiseaux morts selon les différentes caractéristiques physiques de l'habitat (hauteur, recouvrement...). Les tests de détectabilité, ou d'efficacité de recherche, ont été mis en place à 2 reprises par l'observateur au cours de l'année, à des saisons contrastées. L'objectif global est d'évaluer le pourcentage de cadavres retrouvés par le chercheur. Les recommandations suivantes ont été respectées :

- L'efficacité du chercheur a été testée sur l'ensemble des grands types d'habitats de la zone d'étude ;
- Les tests ont été répétés à 2 reprises afin d'évaluer l'efficacité de recherche à différents stades de couverture du sol, mais aussi en fonction de la luminosité et des conditions météo ;
- Les leurres (25 au total et 5 par éolienne) ont été disposés aléatoirement dans la zone d'étude en représentant tous les types de végétation présents ;
- Les coordonnées GPS de chaque leurre ont été notées ;
- Le chercheur a prospecté comme lors d'une recherche normale de cadavres ;
- Le temps de recherche a été équivalent au temps qui est accordé en conditions réelles.



Photo 3 : Exemple de leurres utilisés pour le test de détection

2.2 Suivi de l'activité des chiroptères en nacelle

Le suivi acoustique des chiroptères sur le parc éolien vise à (1) étudier le cortège spécifique ainsi que l'abondance relative de chaque espèce ; (2) définir la phénologie saisonnière des espèces (par l'étude de l'activité globale puis par espèce) ; (3) définir la phénologie horaire au cours des nuits (par l'étude de l'activité globale puis par espèce) et (4) définir l'influence des conditions climatiques sur l'activité des espèces. L'étude de l'activité acoustique pourra ensuite être comparée aux résultats du suivi de mortalité. L'objectif étant ainsi d'évaluer l'impact du parc éolien sur les Chiroptères et définir les

paramètres des mesures de bridage à mettre en place, si nécessaire, afin de limiter l'impact du parc éolien sur ce taxon.

Ce suivi s'inscrit dans le respect de la réglementation qui demande la réalisation d'un suivi acoustique en hauteur et sans échantillonnage sur toute la période d'activité supposée des Chiroptères.

2.2.1 Choix du site d'enregistrement et période de suivi

Le suivi de l'activité chiroptérologique à hauteur de rotor s'est déroulé sur l'éolienne n°5 du parc de Scaër (29). Le choix s'est porté sur cette éolienne car elle est située dans un contexte forestier favorable aux différentes activités de chasse et de transit des chiroptères présents sur la zone. Cet emplacement permet d'avoir une vision optimisée des risques d'impacts potentiels de ce parc afin de prévenir les situations les plus problématiques.

En corrélation avec le suivi de la mortalité, le suivi acoustique s'est effectué du **19 avril 2022** au **03 novembre 2022**. L'enregistreur a fonctionné sans problème majeur sur cette période assurant un suivi en continu sur **199 nuits consécutives** durant une grande partie de la période de vol des chauves-souris. Une défaillance du micro est survenue à partir du 4 novembre 2022 ne rendant plus les enregistrements exploitables.

2.2.2 Acquisition des données acoustiques

L'éolienne suivie a été équipée d'un enregistreur automatique des ultrasons de chauves-souris de type Bat Mode 2S (Bio Acoustics Technology) équipé d'un microphone disque GM90 (®Avisoft).

Les paramètres d'enregistrements ont été adaptés afin de pouvoir enregistrer l'ensemble des espèces potentiellement présentes. Les enregistrements ont commencé 30 minutes avant le coucher du soleil et se sont terminés 30 minutes après le lever du soleil. Le détail des réglages de l'appareil est précisé dans le Tableau 1. Le dispositif est alimenté en continu car raccordé directement au tableau électrique de l'éolienne.

Tableau 1 : Paramètres d'enregistrements pratiqués sur la BATmode 2S

Paramètre	Réglage
Recording period	Sunset -30min / Sunrise +30min
Format	.WAV
Trigger event level	0,327 %
Trigger event range	12 – 120 kHz
Hold time	1,0 s
Syllabe	>0
Sampling rate	30 000 Hz
Format	16 bit

Les opérations de maintenance et le téléchargement des données ont été réalisés à distance en utilisant le réseau 4G. Un téléchargement par mois a permis de sauvegarder les données et de les analyser au fil de l'eau. L'envoi quotidien d'un SMS bilan du statut journalier (calibrage micro, remplissage de la mémoire, nombre de contacts enregistrés sur les dernières 24h, etc.) a permis de réaliser un suivi en continu sans dysfonctionnement laissant la possibilité d'intervenir au plus vite en cas de besoin.

Non exploitables en l'état, les enregistrements obtenus par l'enregistreur ont été décompressés à l'aide du logiciel ®Kaleidoscope afin d'obtenir des séquences de 5 secondes (correspondant à un contact acoustique de chiroptère comme indiqué par les référentiels nationaux) au format « .wav ». Une pré-analyse des séquences ainsi obtenues a été effectuée à l'aide du logiciel ®Tadarida (plateforme Vigie-Chiro du MNHN). Un fichier de sortie proposant notamment une identification spécifique associée à un indice de confiance est proposée. Sur la base de ce fichier, les identifications sont vérifiées manuellement. L'identification à l'espèce n'est pas toujours possible. Dans le cas présent, une identification au complexe spécifique est réalisée.

Afin de pouvoir évaluer l'activité chiroptérologique par nuit d'écoute, une transformation du format date a été effectué pour raisonner en « date nuit ». Celle-ci ne tient ainsi pas compte du changement de jour à minuit.

Les coefficients de détectabilité habituellement utilisés pour caractériser l'activité au sol n'étant pas adaptés aux conditions de vol en altitude, les données seront exprimées en nombre de contacts bruts.

2.2.3 Acquisition des données météorologiques

Afin de connaître les variables environnementales qui influencent l'activité des chiroptères à hauteur de nacelle, 7 variables ont été testées (Tableau 2).

Tableau 2 : Paramètres des variables explicatives de l'activité chiroptérologique en nacelle

Paramètre	Format	Précision
Activité	Numérique	0 décimale
Période	Vecteur	
Date	jj/mm/aaaa	
Heure	HH:MM:SS	
Vitesse du vent	m/s	1 décimale
Direction du vent	°	0 décimale
Température	°C	1 décimale

Ces variables sont issues du matériel de relevé installé sur l'éolienne et fournies par l'exploitant du parc comme la vitesse du vent, la direction du vent ou encore la température extérieure. Les valeurs de ces paramètres correspondent aux relevés effectués à hauteur de nacelle.

Ces données sont compilées sous la forme de moyenne de chaque variable sur des plages horaires de 10 minutes. Afin d'être cohérent avec les données d'activité enregistrées, seules les valeurs de 30 minutes avant le coucher à 30 minutes après le lever du soleil ont été conservées.

Dans l'objectif de pouvoir appliquer, si nécessaire, des paramètres météorologiques à des mesures correctives de bridage, seules les valeurs acquises *in situ* par les capteurs des éoliennes ont été analysées. De fait, la pluviométrie, qui influence de façon très importante l'activité des chiroptères, n'a pas été intégrée aux analyses. De plus, le format des données par plage de 10 minutes ne permet pas d'utiliser avec suffisamment de précision les informations d'autres relevés météorologiques proches.

3 Résultats et analyses

3.1 Suivi de la mortalité

3.1.1 Facteurs de correction

3.1.1.1 Coefficient de correction surfacique

Les surfaces boisées ont été exclues de la surface à prospecter durant toute la période de suivi. Les conditions de recherche ne permettent pas d'assurer le suivi de la mortalité sur ces surfaces. Les surfaces retenues comme à prospecter sont de 0,92 ha pour l'éolienne n°1, de 0,95 ha pour l'éolienne n°2, de 1 ha pour l'éolienne n°3, de 0,93 ha pour l'éolienne n°4 et de 0,09 ha pour l'éolienne n°5. La surface à prospecter sur les 5 éoliennes est de 3,90 ha soit 77,94% des 5 ha théoriques. Parmi ces surfaces à prospecter, certaines ont été périodiquement exclues avec l'évolution des types et hauteurs de végétations sous les éoliennes, et tout particulièrement au sein des friches et cultures de maïs (Photo 4). En effet, lorsque les végétations étaient denses et avec une hauteur supérieure à 50 cm, ces surfaces ont été exclues.

Certains secteurs n'ont également pas pu être prospectés ponctuellement par la présence de troupeau des bovins (Photo 5) qui ne permettaient pas la réalisation du suivi dans de bonnes conditions de sécurité.

La répartition des secteurs prospectés est représentée sur la Carte 3.

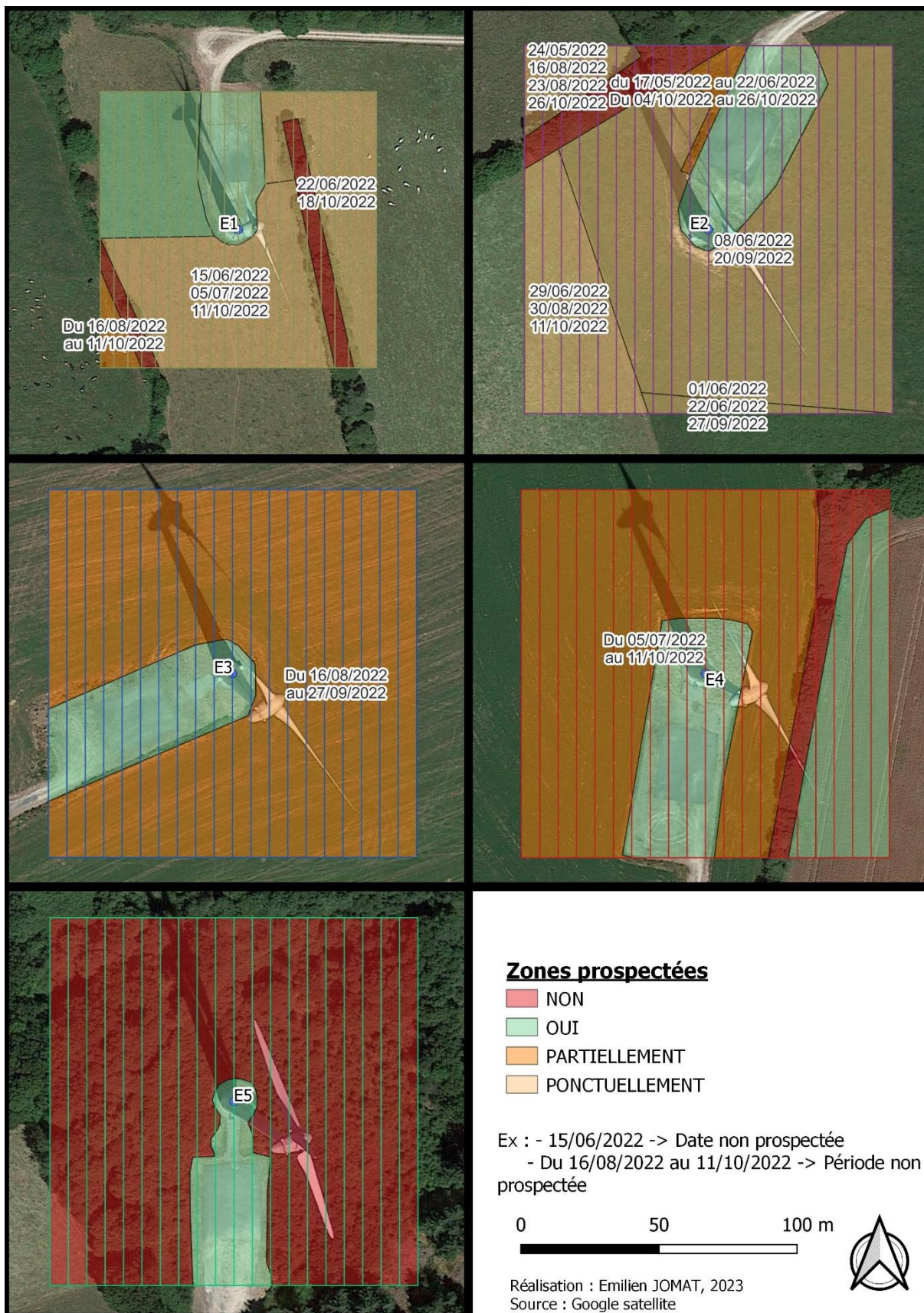


Photo 4 : Culture de maïs - Eolienne n°4



Photo 5 : Troupeau de bétail - Eolienne n°1

En prenant en considération ces différentes zones qui n'ont pas pu être prospectées, le coefficient surfacique sur la première période est de 71,3% et de 55,3% sur la seconde période (Tableau 3).



Carte 3 : Localisation des secteurs de prospection pour le suivi de la mortalité

Tableau 3 : Synthèse des surfaces prospectées par passage de suivi mortalité

Date	Surface prospectée (ha)						% de surface prospectée
	E1	E2	E3	E4	E5	Total	
17/05/2022	0,9201	0,9306	1,0000	0,9316	0,0951	3,8775	77,5%
24/05/2022	0,9201	0,8864	1,0000	0,9316	0,0951	3,8333	76,7%
01/06/2022	0,9201	0,7600	1,0000	0,9316	0,0951	3,7068	74,1%
08/06/2022	0,9201	0,3388	1,0000	0,9316	0,0951	3,2857	65,7%
15/06/2022	0,5632	0,9306	1,0000	0,9316	0,0951	3,5205	70,4%
22/06/2022	0,6935	0,9118	1,0000	0,9316	0,0951	3,6320	72,6%
29/06/2022	0,9201	0,8261	1,0000	0,9316	0,0951	3,7729	75,5%
05/07/2022	0,5632	0,9058	1,0000	0,3330	0,0951	2,8970	57,9%
Moyenne 1ère période	0,8026	0,8113	1,0000	0,8568	0,0951	3,5657	71,3%
16/08/2022	0,8935	0,9058	0,1358	0,3330	0,0951	2,3632	47,3%
23/08/2022	0,8935	0,9058	0,1358	0,3330	0,0951	2,3632	47,3%
30/08/2022	0,8935	0,7819	0,1358	0,3330	0,0951	2,2392	44,8%
07/09/2022	0,8935	0,9500	0,1358	0,3330	0,0951	2,4074	48,1%
14/09/2022	0,8935	0,9500	0,1358	0,3330	0,0951	2,4074	48,1%
20/09/2022	0,8935	0,2064	0,1358	0,3330	0,0951	1,6638	33,3%
27/09/2022	0,8935	0,9312	0,1358	0,3330	0,0951	2,3886	47,8%
04/10/2022	0,8935	0,9306	1,0000	0,3330	0,0951	3,2522	65,0%
11/10/2022	0,5365	0,7788	1,0000	0,3330	0,0951	2,7434	54,9%
18/10/2022	0,6935	0,9306	1,0000	0,9316	0,0951	3,6508	73,0%
26/10/2022	0,9201	0,8864	1,0000	0,9316	0,0951	3,8333	76,7%
01/11/2022	0,9201	0,9306	1,0000	0,9316	0,0951	3,8775	77,5%
Moyenne 2ème période	0,8515	0,8459	0,4959	0,4826	0,0951	2,7658	55,3%



Photo 6 : Eolienne n°1 - 24/05/2022



Photo 7 : Eolienne n°5 - 24/05/2022



Photo 8 : Eolienne n°3 - 24/05/2022



Photo 9 : Eolienne n°2 - 01/06/2022



Photo 10 : Eolienne n°3 - 15/06/2022



Photo 11 : Eolienne n°2 - 25/06/2022



Photo 12 : Eolienne n°5 - 07/09/2022



Photo 13 : Eolienne n°4 - 14/09/2022



Photo 14 : Eolienne n°2 - 11/10/2022



Photo 15 : Eolienne n°3 - 18/10/2022

3.1.1.2 Test de persistance des cadavres

Deux tests de persistance ont été réalisés à des saisons contrastées. La durée de persistance moyenne est de **3,9 jours** lors de la première période et de **4,4 jours** lors de la seconde période de suivi. Les intervalles de recherche, après J+1, étant de deux jours, il a été considéré qu'un leurre ayant disparu entre J+3 et J+5 a persisté 4 jours.

Tableau 4 : Résultats des tests de persistance des cadavres

		Pose	J+1	J+3	J+5	J+7	J+9
Test n°1 24/06/2022	E1	3	3	2	0	0	0
	E2	3	3	1	1	1	0
	E3	3	2	0	0	0	0
	E4	3	3	3	1	0	0
	E5	3	3	3	2	1	0
	Total	15	14	9	5	2	0
	Persistance moyenne en jour					3,9	
Test n°2 07/09/2022	E1	3	3	1	1	1	0
	E2	3	2	2	1	0	0
	E3	2	2	2	1	1	0
	E4	2	2	2	0	0	0
	E5	3	3	2	1	1	0
	Total	13	12	9	4	3	0
	Persistance moyenne en jour					4,4	

La disparition des cadavres est relativement faible à J+1, lors des deux tests seul un cadavre a disparu lors de la première journée. La majorité des cadavres a disparu entre J+3 et J+7 et l'ensemble des cadavres ont été prédatés après 9 jours.

Le coefficient moyen de persistance est de 4,15 jours au cours de l'année 2022. L'intervalle moyen de 7 jours entre deux passages de suivi mortalité reste donc assez bien en adéquation avec la durée de persistance des cadavres.

3.1.1.3 Test d'efficacité de recherche

Un test de détection des cadavres a été effectué pour chacune des 2 périodes de suivi. Les résultats par éolienne montrent une détectabilité variant entre 40 et 100% des leurres retrouvés. **La détection moyenne sur le premier test est de 68% alors que la détection réalisée pour le second test est de 80%** (Tableau 5).

Les plus faibles surfaces de prospection liées aux cultures de maïs non suivi lors de la seconde période peuvent expliquer la plus forte détectabilité relevées sur ce second test de détection.

Tableau 5 : Résultats des tests d'efficacité de recherche

	Test détection n°1 25/06/2022	Test détection n°2 07/09/2022
E1	80%	80%
E2	80%	60%
E3	60%	60%
E4	40%	100%
E5	80%	100%
Taux de détection moyen	68%	80%

3.1.2 Résultats bruts

Au cours des 20 passages de suivi de la mortalité réalisés en 2022 sur le parc éolien de Scaër, 2 cadavres ont été découverts sur les surfaces de prospection. Les deux cadavres ont été retrouvés au cours de la première période correspondant à la période de nidification pour les oiseaux et à la période de mise bas et d'élevage des jeunes pour les chiroptères. Il s'agit :

- d'un cadavre de **Pigeon ramier** (*Columba palumbus*) (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), seule les plumes ont été retrouvées, ce qui indique que la chair et les os ont probablement été emportés par un charognard. La cause de la mort n'a pas pu être déterminée ;

- et d'un cadavre de **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*) (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), l'état de décomposition du cadavre n'a pas permis de déterminer le sexe et l'âge de l'individu ou encore la cause de la mort.



Photo 16 : Reste de plumes de Pigeon ramier (15/06/2022)



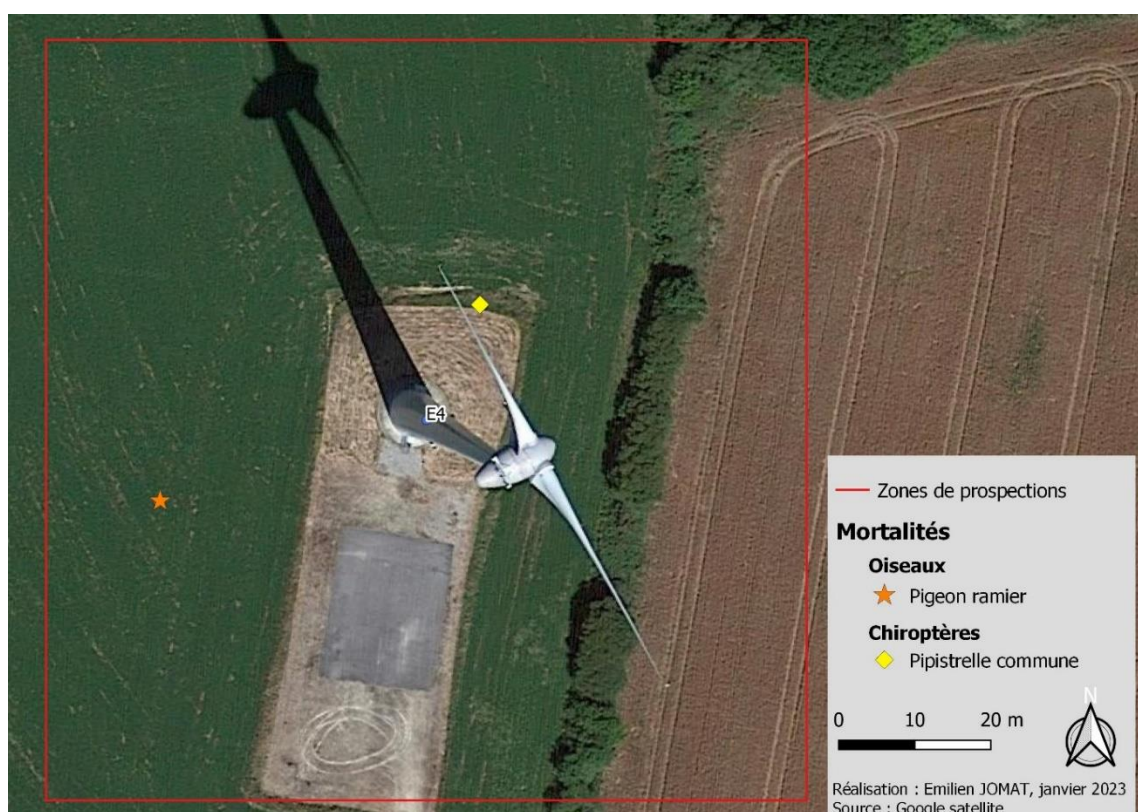
Photo 17 : Cadavre de Pipistrelle commune (22/06/2022)

Il faut toutefois noter que l'absence de cadavres retrouvés au cours de la seconde période de suivi ne signifie pas forcément qu'il n'y a pas eu de cas de mortalités effectifs. Les suivis réalisés sous les éoliennes constituent un échantillonnage et un nombre importants de paramètres peuvent expliquer qu'un cadavre n'est pas retrouvé. Un certain nombre de ces paramètres sont estimés dans les facteurs de corrections pour estimer une mortalité qui se rapproche le plus possible du nombre effectif de cadavres victimes des éoliennes.

Les deux cadavres ont été retrouvés sous l'**éolienne n°4** respectivement à 36 m et 17 m du mât de celle-ci (Tableau 6 & Carte 4). Le nombre réduit de cadavres ne permet pas de dégager de pic de mortalité au cours de la saison.

Tableau 6 : Synthèse des cas de mortalité relevés au cours des suivis

Date	Nom vernaculaire	Nom latin	Éolienne	Distance au mât (en m)	Orientation au mât (en °)	Cause mortalité
15/06/2022	Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	E4	36	253	Inconnue
22/06/2022	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	E4	17	24	Inconnue



Carte 4 : Localisation des cas de mortalité

Parmi les espèces retrouvées, le Pigeon ramier n'est concerné par aucun statut de protection ou de conservation. La dynamique de population pour cette espèce montre une tendance à l'augmentation (MNHN (Coord.), 2014). Le Pigeon ramier est une espèce couramment rencontrée des secteurs de cultures en Bretagne.

La Pipistrelle commune est, quant à elle, **protégée nationalement** et considérée comme ayant une **sensibilité forte** aux risques de collision/barotraumatisme avec les éoliennes. Les enjeux ont cependant été évalués comme faibles au regard du statut de cette espèce sur les différentes listes de connaissance et de protection.

D'après BRINKAMN *et al.* (2006), RODRIGUES (2015) et Dürr (2022), la Pipistrelle commune est l'espèce de chauves-souris la plus couramment découvertes lors des prospections sous les éoliennes en Europe. Quasiment 40% des cadavres retrouvés sur le parc éolien français appartiennent à cette espèce (Dürr, 2022). Les données collectées dans le cadre de ce suivi vont également dans ce sens.

Tableau 7 : Statuts, enjeux et risques éoliens des espèces retrouvées

Nom vernaculaire	Nom latin	Statuts	Enjeu	Sensibilité à l'éolien ¹
Avifaune				
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	/	Nul	Modéré
Chiroptères				
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	PN ; LRF : NT	Faible	Fort

LÉGENDE : PN = Protection nationale ; LRF = Liste Rouge France ; RBR : Responsabilité Biologique Régionale ; NT : Quasi menacée.

3.1.3 Estimation de la mortalité réelle

3.1.3.1 Estimation de la mortalité pour les chiroptères

Comme évoqué dans la méthodologie, les estimations de la mortalité ont été réalisées pour chacune des périodes de suivi pour avoir des fréquences de passages constantes indispensables aux modèles utilisés.

Les résultats de la première période de suivi, correspondant à la mise bas et l'élevage des jeunes, estiment une mortalité de chiroptères comprise entre **3,53** [0 - 12.69]^{95%} et **4,85** [0 – 17.44]^{95%} cadavres en fonction des estimateurs sur l'ensemble du parc lors des 8 premières semaines de suivi.

Aucun cadavre n'a été découvert lors de la seconde période de suivi, or il n'est pas possible de réaliser les calculs avec uniquement des valeurs nulles. Un cadavre a été artificiellement intégré aux résultats de la mortalité pour pouvoir réaliser les estimations. **Le résultat de l'estimation de la mortalité doit donc être interprété comme un intervalle pour une mortalité inférieure à 1 cadavre.** Les résultats de cette estimation de la mortalité pour la seconde partie du suivi, correspondant au transit automnal et à la migration, donne une mortalité de chiroptères comprise entre **0** et **4,84** [0 – 17,42]^{95%} cadavres en fonction des estimateurs choisis sur les 12 semaines de suivi.

La période d'activité des chiroptères est estimée à 35 semaines au cours d'une année. L'estimation de la mortalité des deux périodes de suivi rapportées sur la période d'activité des chiroptères donnent une mortalité estimée comprise entre **6,18** et **16,96** cadavres de chiroptères sur l'ensemble du parc.

Notons que l'intégration des valeurs de mortalités estimées pour un nombre de cadavres inférieur à 1 lors de la deuxième période de suivi entraîne des écarts importants entre les bornes minimales et maximales des estimations de la mortalité.

Cette mortalité représente une moyenne de **1,24** à **3,39** cadavres de chauves-souris par éolienne et par an selon les estimateurs utilisés.

Tableau 8 : Résultats des estimateurs de mortalité chauves-souris pour l'ensemble du parc sur chaque période de suivi

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
1ère période de suivi					
Erickson	3.53	0.00	12.49	0.00	8.66
Huso	4.26	0.00	14.62	0.00	10.23
Jones	4.85	0.00	17.08	0.00	11.84
2ème période de suivi					
Erickson	3.44	0.00	12.64	0.00	8.80
Huso	4.36	0.00	15.41	0.00	10.76
Jones	4.84	0.00	17.42	0.00	12.26

¹ Chiroptère : Risques évalués sur la base de la publication RODRIGUES et al. (2015) ; Avifaune : Risques évalués sur la base des publications de MARX (2017) et de DÜRR (2020).

3.1.3.2 Estimation de la mortalité pour l'avifaune

Les estimations de la mortalité ont également été réalisées pour chacune des périodes de suivi pour avoir des fréquences de passages constantes.

Les résultats de la mortalité de l'avifaune lors de la première période de suivi, correspondant à la nidification, estiment entre **3,53** [0 – 12,69]^{95%} et **4,85** [0 – 17,44]^{95%} oiseaux tués sur l'ensemble du parc, en fonction des estimateurs utilisés, lors des 8 premières semaines de suivi.

Tout comme pour les chiroptères, aucun cadavre n'a été découvert lors de la seconde période de suivi. Pour les calculs, un cadavre a été artificiellement intégré aux résultats de la mortalité pour pouvoir réaliser les estimations. **Le résultat de l'estimation de la mortalité doit donc être interprété comme un intervalle pour une mortalité inférieure à 1 cadavre.** Les résultats de cette estimation de la mortalité pour la seconde partie du suivi, à la migration post-nuptiale, donne une mortalité de l'avifaune comprise entre **0** et **4,84** [0 – 17,42]^{95%} cadavres en fonction des estimateurs choisis sur les 12 semaines de suivi.

L'estimation de la mortalité des deux périodes de suivi rapportées sur une année donnent une mortalité estimée comprise entre **9,18** et **25,19** cadavres d'oiseaux sur l'ensemble du parc par an.

Notons que l'intégration des valeurs de mortalités estimées pour un nombre de cadavres inférieur à 1 lors de la deuxième période de suivi entraîne des écarts importants entre les bornes minimales et maximales des estimations de la mortalité.

Cette mortalité représente une moyenne de **1,84** à **5,04** cadavres d'oiseaux par éolienne et par an selon les estimateurs utilisés.

Tableau 9 : Résultats des estimateurs de mortalité oiseaux pour l'ensemble du parc sur chaque période de suivi

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
1ère période de suivi					
Erickson	3.53	0.00	12.69	0.00	8.91
Huso	4.28	0.00	14.92	0.00	10.50
Jones	4.85	0.00	17.44	0.00	12.26
2ème période de suivi					
Erickson	3.44	0.00	12.64	0.00	8.80
Huso	4.36	0.00	15.41	0.00	10.76
Jones	4.84	0.00	17.42	0.00	12.26

3.2 Suivi de l'activité des chiroptères en nacelle

3.2.1 Diversité et cortège spécifique

Un total de **3441 contacts de chauves-souris** a été enregistré lors de l'inventaire acoustique mené en nacelle sur le site éolien de Scaër (Tableau 10). Parmi eux, **6 espèces de chiroptères** ont été identifiées sur les 22 que compte le territoire breton. Pour un cortège d'espèces, l'identification de certaines séquences acoustiques n'a pas pu aboutir à l'espèce. Il s'agit des Oreillards pour lesquels la distinction entre l'Oreillard roux (*Plecotus auritus*) et l'Oreillard gris (*Plecotus austriacus*) n'a pas été possible pour 11 contacts.

Une activité acoustique de chauves-souris a pu être relevée sur 64 nuits différentes soit plus de un tiers des nuits du suivi (199) indépendamment des paramètres météo.

Le cortège spécifique est largement dominé par la Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) qui, avec 2632 contacts, concentre à elle seule 76,5% de l'activité enregistrée. Cette espèce, à l'activité acoustique la plus abondante, fait également partie des plus régulièrement présentes. En effet, elle a été présente durant 34 nuits différentes. La Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*) est l'espèce qui a été contactée sur le plus grand nombre de nuits (37 nuits). Elle est également la deuxième espèce la

mieux représentée sur ce point d'enregistrement en nacelle avec 578 contacts ce qui représente 16,8% de l'activité acoustique. Ces deux espèces concentrent 93% de l'activité acoustique relevé à hauteur de nacelle sur cette éolienne.

La Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) est l'espèce à l'activité la plus abondante après ce duo avec 112 contacts enregistrés sur 10 nuits différentes.

La Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*) et la Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*) ont toutes deux été contactées lors de 9 nuits différentes pour des activités respectives de 68 (1,98%) et 40 contacts (1,16%).

Le dernier groupe d'espèces contactées est l'Oreillard indéterminé avec 11 séquences enregistrées lors de deux nuits distinctes. La présence de cette espèce, peu fréquente à ces altitudes, est plus surprenante.

Tableau 10 : Abondance relative des espèces contactées sur le parc éolien de Scaër

Nom commun	Nom scientifique	Activité	Nbre de nuits où l'espèce est contactée (N=199)	Occurrence
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	2632	34	76,49%
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	578	37	16,80%
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	112	10	3,25%
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	68	9	1,98%
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	40	9	1,16%
Oreillard indéterminé	<i>Plecotus sp.</i>	11	2	0,32%
Total		3441	64	

L'ensemble des séquences acoustiques ayant été déterminé manuellement, il a été possible de relever le comportement de la chauve-souris détectée en fonction de son écologie acoustique. Les comportements ont été classés selon 4 catégories :

- Transit : l'espèce émet des signaux avec des faibles récurrences et/ou largeurs de bandes. Elle évolue dans un espace dégagé ;

- Phase d'approche : l'espèce émet des signaux avec des récurrences et/ou des largeurs de bandes plus importantes. Elle détecte un obstacle (éolienne) ou une proie dans son environnement.

- Chasse : l'espèce émet des signaux avec des récurrences et/ou des largeurs de bandes importantes. Elle évolue très proche d'un obstacle ou se met à la poursuite d'une proie. Présence de buzz de chasse.

- Cris sociaux : l'espèce émet des cris d'interaction avec d'autres individus. Ces cris ne servent pas à l'écholocation et sont souvent émis au cours d'une séquence classée dans l'une de 3 catégories précédentes.

Cette caractérisation montre que 46,5% des contacts enregistrés proviennent de chauves-souris en vol de transit (Tableau 11). Les individus évoluent à distance des éoliennes ou ne les détectent pas. Les phases d'approches représentent 21,7% des contacts enregistrés et les phases de chasse 25,1%. Ces deux dernières phases traduisent une proximité avec l'éolienne ou des phases de chasses très proche du rotor. À noter également la présence marquée de séquences accompagnées par la présence de cris sociaux pour la Pipistrelle commune. Assez nombreuses, ces séquences indiquent la présence de plusieurs individus proche du rotor et un échange d'informations non interprétables.

La Pipistrelle commune est l'espèce qui a la plus forte proportion de comportement de phases d'approches et de chasses dans les enregistrements analysés avec 57,2% des contacts. Ces situations présentent des risques accrus de collision et/ou barotraumatisme avec les pales des éoliennes sur près de 2 contacts sur 3.

La Noctule de Leisler adopte également des comportements de chasse et de transit pour 37,5% des contacts enregistrés.

Tableau 11 : Comportement de vol des espèces enregistrées sur le parc de Scaër

	Transit		Phase d'approche		Chasse		Cris sociaux		Total
	Nb contacts	%	Nb contacts	%	Nb contacts	%	Nb contacts	%	Nb contacts
Pipistrelle commune	968	34,2%	712	25,1%	909	32,1%	243		2832
Sérotine commune	534	92,4%	44	7,6%					578
Pipistrelle de Kuhl	102	91,1%	10	8,9%					112
Pipistrelle de Nathusius	56	82,4%	12	17,6%					68
Noctule de Leisler	25	62,5%	10	25,0%	5	12,5%			40
Oreillard indéterminé	8	72,7%	3	27,3%					11
TOTAL	1693	46,5%	791	21,7%	914	25,1%	243	6,7%	3641

Parmi les 6 espèces détectées sur le parc éolien de Scaër, 4 présentent une **sensibilité forte** face au risque de collision/barotraumatisme éolien. Celles-ci sont présentées au Tableau 12 faisant état de leurs statuts de conservation à différentes échelles. Rappelons que toutes les espèces de chiroptères sont intégralement protégées en France. Les espèces identifiées à cette altitude ne présentent pas de statuts de conservation défavorables. La Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Nathusius sont les espèces les plus patrimoniales notamment car elles sont classées comme ayant une responsabilité biologique régionale « modérée ».

Tableau 12 : Synthèse des statuts de conservation des espèces de chiroptères présentes sur le parc éolien de Scaër

Nom vernaculaire	Nom latin	PN	DHFF	LRF	LRB	ZNIEFF	RBR	Sensibilité à l'éolien ²
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	x	IV	NT	NT	x	Modérée	Forte
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	x	IV	NT	-	-	Mineure	Forte
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	x	IV	-	-	-	Mineure	Forte
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	x	IV	NT	NT	-	Modérée	Forte
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	x	IV	NT	-	-	Mineure	Moyenne
Oreillard indéterminé	<i>Plecotus sp.</i>	x	IV	-	-	-	-	Faible

² Sensibilité à l'éolien selon EUROBATS et SFPEM

3.2.2 Fiches descriptives des espèces rencontrées



Photo 18 : Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*)
© Rohit Chakravarty (CC-BY-NC)

Noctule de Leisler

Nyctalus leisleri (Kuhl, 1817)

Répartition

Quasi-totalité du territoire national.

Peu fréquente en Bretagne ; répartition selon un gradient est-ouest marqué.

Milieus de chasse fréquentés

Espèce de haut vol.

Gîtes utilisés

Principalement arboricoles.

La **Noctule de Leisler** est une espèce de haut vol, puisqu'elle n'hésite pas à chasser à plusieurs dizaines de mètres d'altitude, souvent entre 50 et 100m. C'est une espèce majoritairement forestière qui installe préférentiellement ses colonies de parturition et d'hibernation dans de vieux arbres creux. Cependant, elle peut également utiliser des gîtes en milieu bâti (combles).

Bien que sa répartition soit encore mal connue en Bretagne, ses colonies de parturitions semblent rares et localisées. Elle est principalement détectée par écoute de son puissant sonar. Grande migratrice, cette espèce se détecte plus régulièrement durant la période automnale.

Chassant haut dans le ciel, la Noctule de Leisler apparaît souvent parmi les plus impactés par les éoliennes lors de la migration automnale, tout comme la Pipistrelle de Nathusius. Cette espèce a une **sensibilité forte** à l'éolien (Groupe Chiroptères de la SFEPM, 2016).

Il s'agit de la quatrième espèce avec le plus de cas de mortalité recensés en Europe et la deuxième espèce en France après la Pipistrelle commune (Dürr, 2022). La tendance de population nationale pour cette espèce est considérée comme stable (déclin de 4% entre 2006 et 2019) (BAS *et al.*, 2020). Cependant, cette tendance ne fait pas la distinction entre les populations locales et les individus migrants se reproduisant au nord-est de l'Europe.



Photo 19 : Séroline commune (*Eptesicus serotinus*)
© Ludovic Jouve

Séroline commune

Eptesicus serotinus (Schreber, 1774)

Répartition

Totalité du territoire national.

Répondue et abondante en Bretagne.

Milieus de chasse fréquentés

Milieus semi-ouverts, espèce de lisière

Gîtes utilisés

Gîtes anthropiques.

La **Séroline commune** fait partie des espèces de grande taille pour l'Europe. Largement répartie sur le territoire national comme en Bretagne, elle est régulièrement contactée à la sortie des villages au crépuscule. En effet, cette espèce gîte presque toujours dans des bâtiments, dans des disjointements, sous les toitures ou derrière des cloisons.

Elle est capable de s'adapter à une grande diversité de territoires de chasses mais affectionne tout particulièrement les milieux semi-ouverts de type bocage. Elle pratique principalement une chasse à hauteur de végétation au-dessus de la canopée, le long de haies ou sur les prairies. La Séroline commune est également intégrée aux espèces dites de « haut-vol ». En effet, elle est capable de poursuivre ses proies en altitude en fonction des émergences d'insectes. C'est une espèce au vol puissant qui est capable de voler au-dessus de milieux complètement ouverts. Elle est considérée

comme **moyennement sensible** à l'éolien. La Sérotine commune fait partie des espèces avec des taux de mortalité éolien important. 120 cas de mortalité ont été recensés en Europe pour les quelques études centralisées (Dürr, 2022). Elle subit cependant un déclin préoccupant de 30% de sa population entre 2006 et 2019 (BAS *et al.*, 2020) lui conférant son statut de « Quasi-menacée » sur la liste rouge nationale.



Photo 20 : Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) © Laurent ARTHUR

Pipistrelle de Kuhl

Pipistrellus kuhlii (Kuhl, 1817)

Répartition

Quasi-totalité du territoire national excepté l'extrême quart nord-est.

Répandue et abondante en Charente-Maritime.

Milieus de chasse fréquentés

Espèce de haut vol et de lisières.

Gîtes utilisés

Principalement anthropophiles

La **Pipistrelle de Kuhl** ne présente pas de statut de conservation particulier au niveau national et régional. Largement répartie sur le territoire national excepté à l'extrême quart nord-est de la France, cette espèce est également bien présente sur le territoire breton. Ses gîtes sont très majoritairement anthropophiles et bien plus rarement forestiers. C'est une espèce ubiquiste qui est capable d'exploiter un grand nombre d'habitats pour la chasse. Elle est aussi bien capable de chasser en sous-bois que dans des espaces ouverts en plein ciel. Ses vols en plein ciel la rendent sensible à l'éolien ce qui a poussé la SFEPM à considérer cette espèce avec une **sensibilité élevée**. Il s'agit de la cinquième espèce avec le plus de cas de mortalité recensé en Europe et la troisième espèce en France (Dürr, 2022).



Photo 21 : Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*) © Ivan Pancic (CC-BY-NC)

Pipistrelle de Nathusius

Pipistrellus nathusii (Keyserling & Blasius, 1839)

Répartition

Quasi-totalité du territoire national.

Répandue et assez abondante en période de migration en Bretagne.

Milieus de chasse fréquentés

Espèce de haut vol et de lisière.

Gîtes utilisés

Principalement arboricoles et anthropiques.

La **Pipistrelle de Nathusius** est une grande migratrice. Certaines femelles viennent d'Europe de l'est pour s'accoupler en France avant de repartir mettre bas au printemps suivant. Cependant, les progrès récents quant à l'identification acoustique de cette espèce, ont largement fait progresser les connaissances à son sujet en France. Des colonies ont récemment été trouvées en Champagne-Ardenne mais aussi en Bretagne en 2011.

En Bretagne, l'espèce semble assez largement répartie et présente toute l'année, bien que l'on manque encore de recul. Elle devient toutefois abondante surtout pendant la période de migration. Les contacts en été étant beaucoup plus rares. Il n'est d'ailleurs pas impossible que l'espèce puisse installer des colonies dans la région aussi bien dans le bâti que dans les arbres.

Contrairement aux deux autres espèces du genre, la Pipistrelle de Nathusius pratique beaucoup plus le vol en altitude notamment lors des vols de migration. Elle a été catégorisée comme **fortement sensible** à l'éolien. C'est d'ailleurs la deuxième espèce la plus fortement impactée par les collisions sur des parcs éoliens en Europe (Dürr, 2022). Les tendances pour cette espèce montrent un déclin préoccupant de 46% des populations entre 2006 et 2019 (BAS *et al.*, 2020).



Photo 22 : Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) © Ludovic Jouve

Pipistrelle commune

Pipistrellus pipistrellus (Schreber, 1774)

Répartition

Totalité du territoire national.

Répandue et abondante en Bretagne.

Milieus de chasse fréquentés

Tous types de milieux

Gîtes utilisés

Gîtes arboricoles et anthropiques.

La **Pipistrelle commune** est largement répartie sur le territoire national et sur le territoire breton. Elle fait partie des espèces françaises les plus communes. Elle utilise majoritairement des gîtes anthropiques mais également volontiers les cavités arboricoles. La Pipistrelle commune est opportuniste, elle est capable de chasser dans tous les habitats où trouver des insectes. Elle est capable de vols de précisions en sous-bois comme de prendre de l'altitude pour chasser des nuages d'insectes ou encore de réaliser des grands déplacements. Cette espèce est considérée comme ayant une **sensibilité forte** à l'éolien. Elle est la plus commune mais également celle qui recense le plus grand nombre de cas de mortalités éolien en France comme en Europe (Dürr, 2022). Elle subit un déclin de sa population nationale de l'ordre de 9% en 15 ans (BAS *et al.*, 2020) lui conférant son statut de « Quasi-menacée » sur la liste rouge nationale.

Le groupe des Oreillards émettent des signaux ultrasonores très précis mais portant à une faible distance, souvent inférieur à 10m. Cette particularité écologique les rends peu commun à une altitude de nacelle d'où une **sensibilité considérée faible** à l'éolien. La multiplication des études à hauteur de nacelle montre toutefois l'apparition de contact de façon assez récurrent, notamment pour l'oreillard gris, ne pouvant plus être décrit comme fortuit. Il est difficile d'expliquer les raisons qui poussent cette espèce à prendre de l'altitude proche des rotors des éoliennes. Ces espèces ayant de faibles émissions ultrasonores, on peut considérer ici qu'elles se trouvaient à moins de 10 mètres du micro et donc dans une zone très exposée au risque de collision.

3.2.3 Phénologie saisonnière

L'étude de la phénologie saisonnière permet de mettre en avant quelles sont les périodes durant lesquelles, l'activité des chiroptères est la plus intense. Une période d'activité importante retranscrit donc une période durant laquelle un nombre plus important d'individus pourrait être exposé aux dangers induits par le parc éolien.

Les premiers contacts de chauves-souris ont été enregistrés le 04 mai 2022. Le dernier contact a lui été enregistré le 3 novembre 2022. Cependant, un problème avec le micro n'a pas permis d'enregistrer après cette date, il est possible qu'il y ait eu de l'activité après le 3 novembre. La saison de suivi a été découpée en deux périodes distinctes en fonction du rythme d'activité des chauves-souris :

- du 19 avril au 14 août, **période de mise bas & d'élevage des jeunes** ;
- du 15 août au 03 novembre, **période de transit automnal & de migration**.

Une variation de l'activité est observée en fonction du cycle biologique des chauves-souris (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Les trois quart de l'activité a été enregistré durant la période de transit automnal & de migration avec une activité moyenne par nuit de 32,85 contacts. Cette tendance

est largement influencée par le cas de la Pipistrelle commune qui est la plus abondante sur le site. En effet, plus de 95% de l'activité de cette espèce a été enregistrée durant cette période contre moins de 5% en période de mise bas & d'élevage des jeunes.

L'activité est également plus marquée durant la période automnale pour la Noctule de Leisler avec 80% des contacts enregistrés durant cette période. Les Oreillards ont quant à eux été contactés uniquement durant cette période.

La Pipistrelle de Nathusius a une activité relativement stable entre les deux saisons ce qui est plutôt surprenant pour une espèce connue pour être une grande migratrice. Pour la Sérotine commune et la Pipistrelle de Kuhl, l'activité est plus marquée en période de mise bas & d'élevage des jeunes.

Tableau 13 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction des phases du cycle biologique

Espèce	Mise bas & Elevage des jeunes	Migration & Transit automnal	Total
Sérotine commune	507	71	578
Noctule de Leisler	8	32	40
Pipistrelle de Kuhl	87	25	112
Pipistrelle de Nathusius	35	33	68
Pipistrelle commune	143	2489	2632
Oreillard indéterminé		11	11
Activité totale	780	2661	3441
<i>Activité moyenne par nuit</i>	<i>6,61</i>	<i>32,85</i>	<i>17,29</i>

La Figure 2 montre un pic d'activité très net au début du mois d'octobre. Le maximum d'activité est enregistré le 03 octobre avec 1498 contacts durant la nuit. Ce principal pic de l'activité est principalement causé par une activité très importante de Pipistrelle commune avec des séquences de chasse, des poursuites entre individus et des cris sociaux très marqués. Des fluctuations plus modestes sont également à signaler entre le 15 mai et le 20 juin dont l'activité se répartie entre la Sérotine commune, la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle commune.

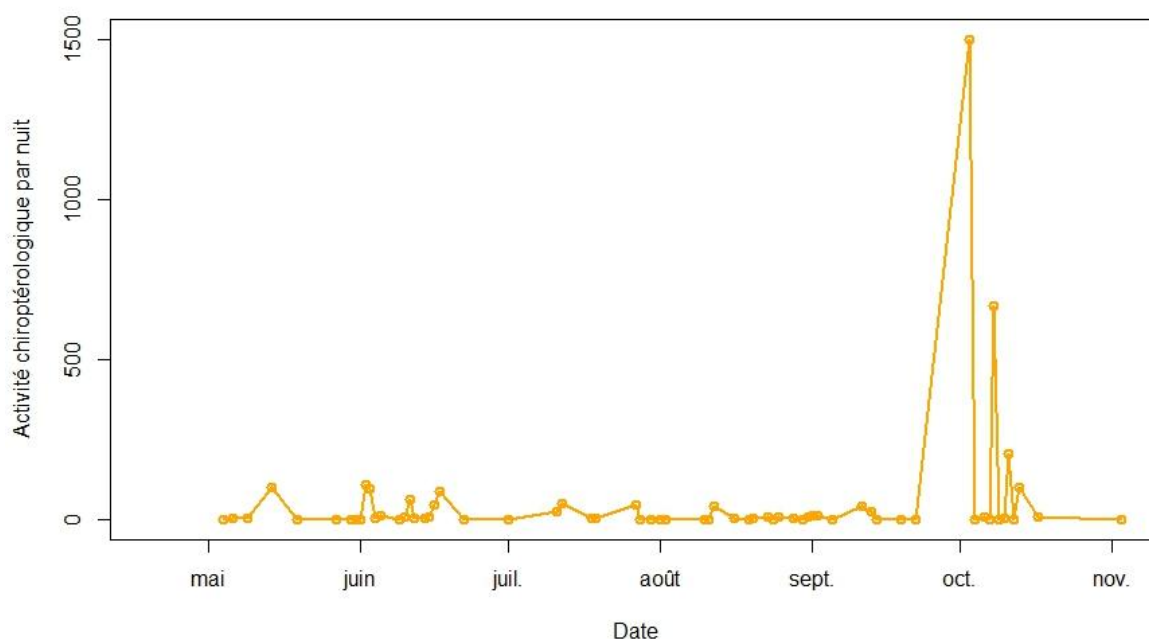


Figure 2 : Phénologie saisonnière des chiroptères fréquentant le parc éolien de Scaër

L'activité relevée début octobre tranche nettement avec le niveau moyen du reste de la saison. Il est fréquent que l'activité en altitude s'accroisse sur la période automnale (entre le 15 août et la fin octobre). Les mauvaises conditions météorologiques de la fin août et du mois de septembre ont pu provoquer la répartition de l'activité comme nous pouvons l'observer. L'activité s'est probablement concentrée sur des créneaux météo plus restreints avec une intensité plus forte.

3.2.4 Phénologie horaire

Afin d'affiner les connaissances relatives à l'activité chiroptérologique sur le site, l'étude de l'activité horaire nocturne a été étudiée. Celle-ci permet également de considérer les périodes durant lesquelles les espèces sont plus exposées au risque éolien durant la nuit du fait de leur activité sur le site.

La répartition de l'activité après l'heure de coucher du soleil montre une utilisation tout au long de la nuit de l'espace autour des éoliennes avec un pic d'activité bien marqué sur les 4 premières heures après le coucher du soleil (Figure 3).

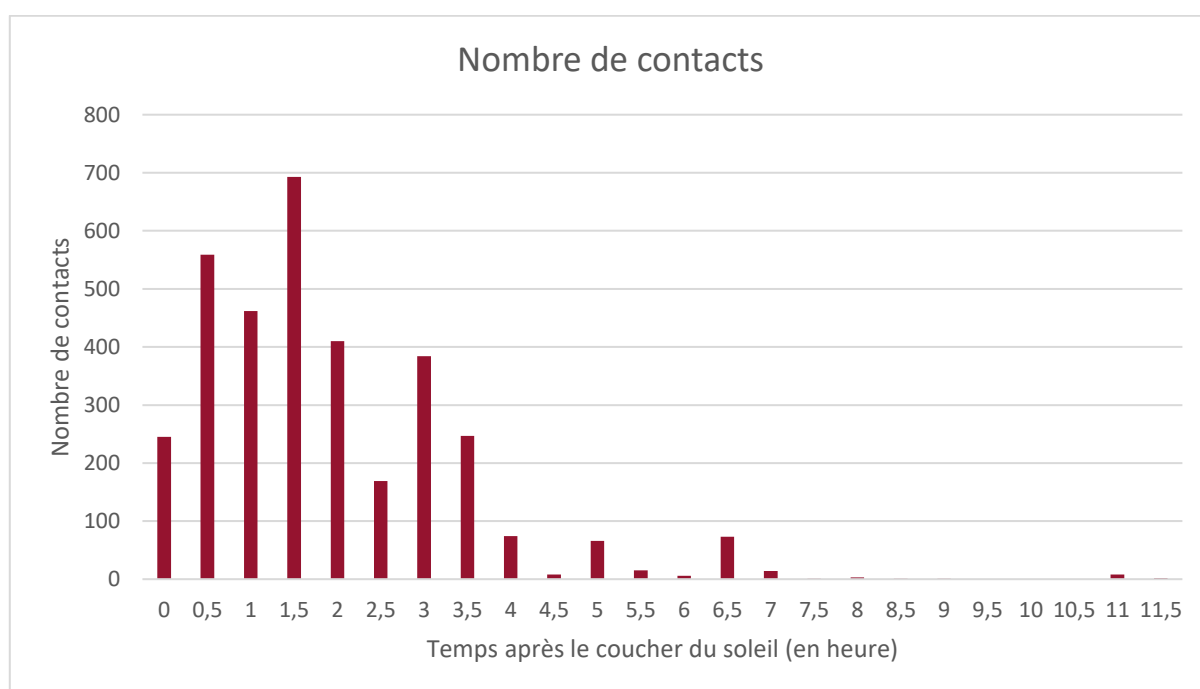


Figure 3 : Répartition de l'activité nocturne après le coucher du soleil

On note des contacts enregistrés beaucoup plus proche de l'heure du coucher du soleil durant la fin de la saison de vol. La Figure 4 montre une répartition de l'activité sur les premières heures de la nuit principalement lors des pics d'activités des mois de juin et juillet et d'octobre. Sur la période de mise bas et d'élevage des jeunes, les contacts semblent plus se répartir durant la nuit.

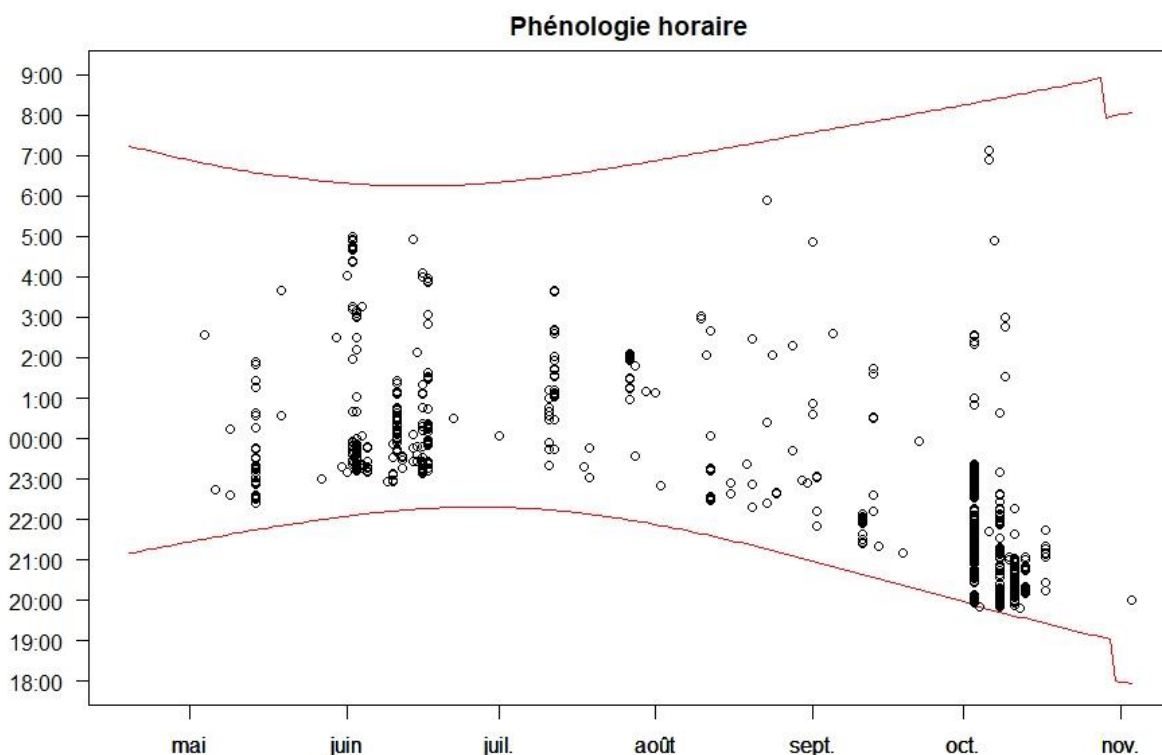


Figure 4 : Activité horaire des chiroptères sur le parc éolien de Saint-Allouestre

3.2.5 Analyse des variables environnementales sur l'activité des chiroptères

Après avoir identifié les périodes (saisonnières et nocturnes) durant lesquelles l'activité des chiroptères est la plus importante, il semble important d'étudier comment celles-ci sont influencées par les conditions climatiques locales.

Les données d'activité ont été transformées afin d'obtenir la somme des contacts sur les plages horaires météorologiques de 10 minutes correspondantes.

Les différentes variables ont été représentées graphiquement afin d'étudier leur influence sur l'activité des chauves-souris.

La Figure 5 présente l'évolution de l'activité chiroptérologique en fonction de la température relevée à hauteur de nacelle. Aucun contact n'a été enregistré en dessous de 6°C sur l'ensemble de la période échantillonnée. Afin d'avoir une représentation plus fidèle des préférences de température par les chauves-souris pour les vols en altitude, l'activité mesurée a été pondérée par le nombre d'occurrence de cette température. Ainsi, il est possible d'observer que le maximum d'activité a été relevé lorsque la température se situe autour de 15 °C. L'analyse de la température pondérée atténue très nettement ce pic montrant une préférence pour voler, lorsque les températures sont supérieures à 20°C. Une température supérieure à 13°C permet de comptabiliser 95% des données de chiroptères en altitude sur le parc éolien de Scaër en 2022.

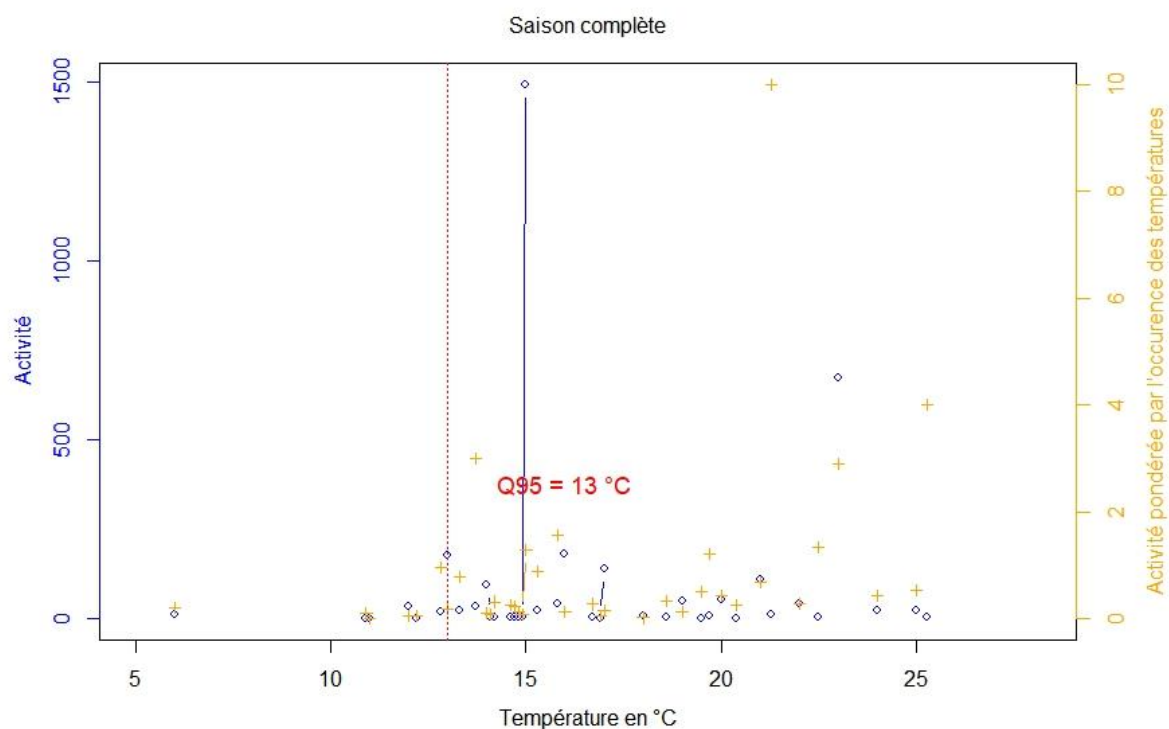


Figure 5 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction de la température extérieure

Les conditions de température favorables au vol des chiroptères à hauteur de nacelle est variable en fonction des phases du cycle biologique et de la période (Figure 6). Dans notre cas, 95% de l'activité des chiroptères a été réalisé lors de températures supérieures à 13°C aussi bien lors de la période de mise bas et d'élevage des jeunes que lors de la période de migration et de transit automnal. Il faut toutefois noter des vols en altitude atypiques en début et fin de saison lors de conditions de températures particulièrement froides. C'est le cas pour une Pipistrelle commune enregistrée le 31 mai 2022 par des températures de 6°C. C'est également le cas pour 10 contacts d'Oreillard indéterminé enregistrés le 07 octobre 2022.

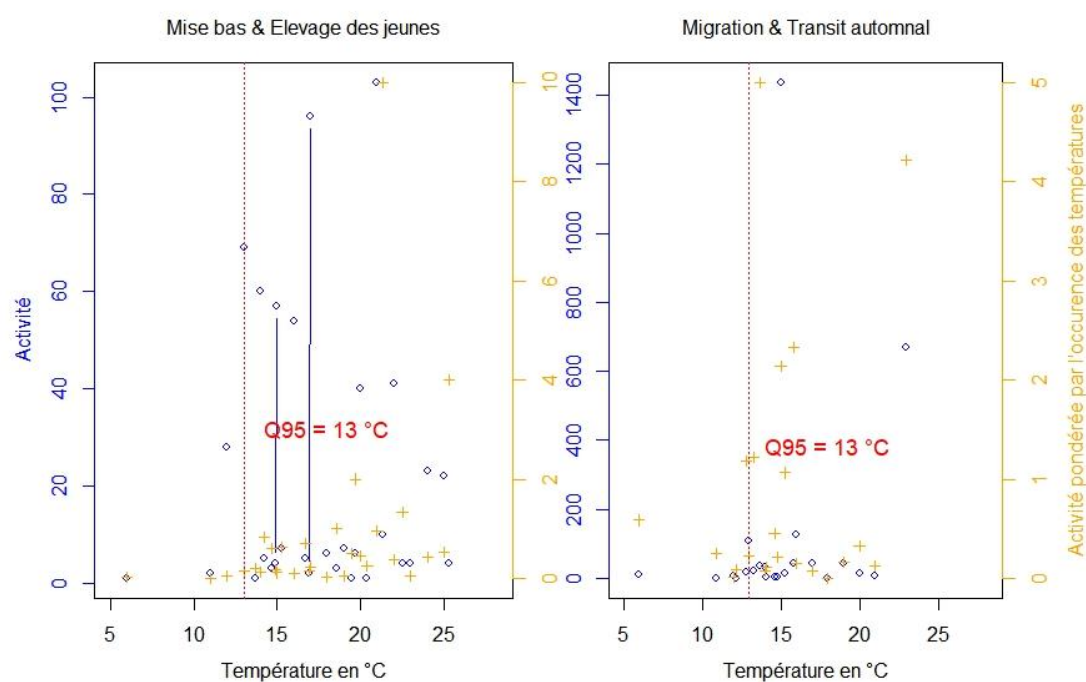


Figure 6 : Répartition par phase biologique de l'activité chiroptérologique en fonction des conditions de températures

La Figure 7 représente la répartition de l'activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent (en m/s). L'activité des chiroptères s'échelonne entre des vitesses de vent de 0 et 10.1 m/s. L'activité est maximale pour des vitesses de vents relevés entre 2 et 3 m/s. De la même façon que pour la température, l'activité a été pondérée par l'occurrence de chaque vitesse de vent. Ainsi, l'activité pondérée maximale qui représente l'optimal pour les chiroptères se situe entre 0 et 3 m/s. Notons que 95% des contacts ont été enregistrés sous des valeurs de vent inférieures à 6,0 m/s.

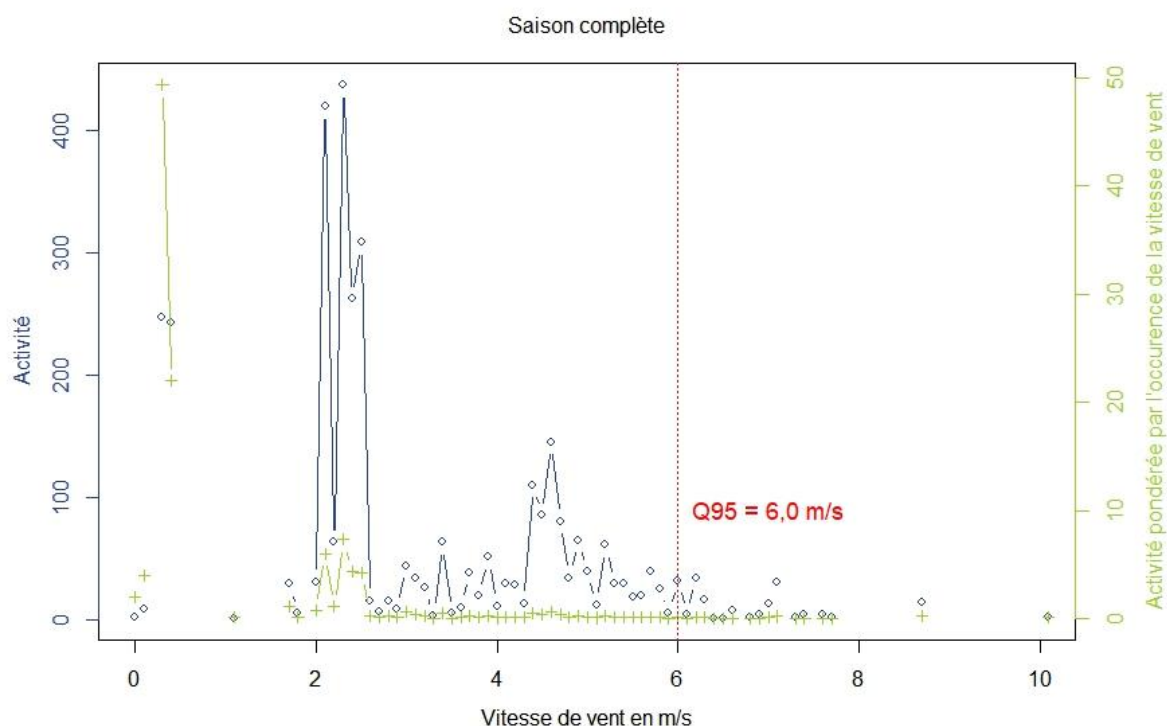


Figure 7 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction des conditions de vitesse du vent

L'influence de la vitesse du vent au cours de la phase du cycle biologique des chauves-souris varie légèrement en fonction de la période contrairement à la température. Durant la période de mise bas et d'élevage des jeunes, l'activité est concentrée entre 2 et 7m/s avec une préférence de vol entre 2 et 4 m/s. En période de migration et de transit automnal l'activité s'est déroulée pour des conditions de vents plus variés allant de 0 à 10,3m/s. La préférence de vol durant cette période est cependant pour des vents inférieurs à 3m/s (Figure 8). La valeur seuil de 95% de l'activité chiroptérologique est de 5,6 m/s durant la phase de mise bas & d'élevage des jeunes et de 6,2 m/s pendant la période de transit automnal & de migration.

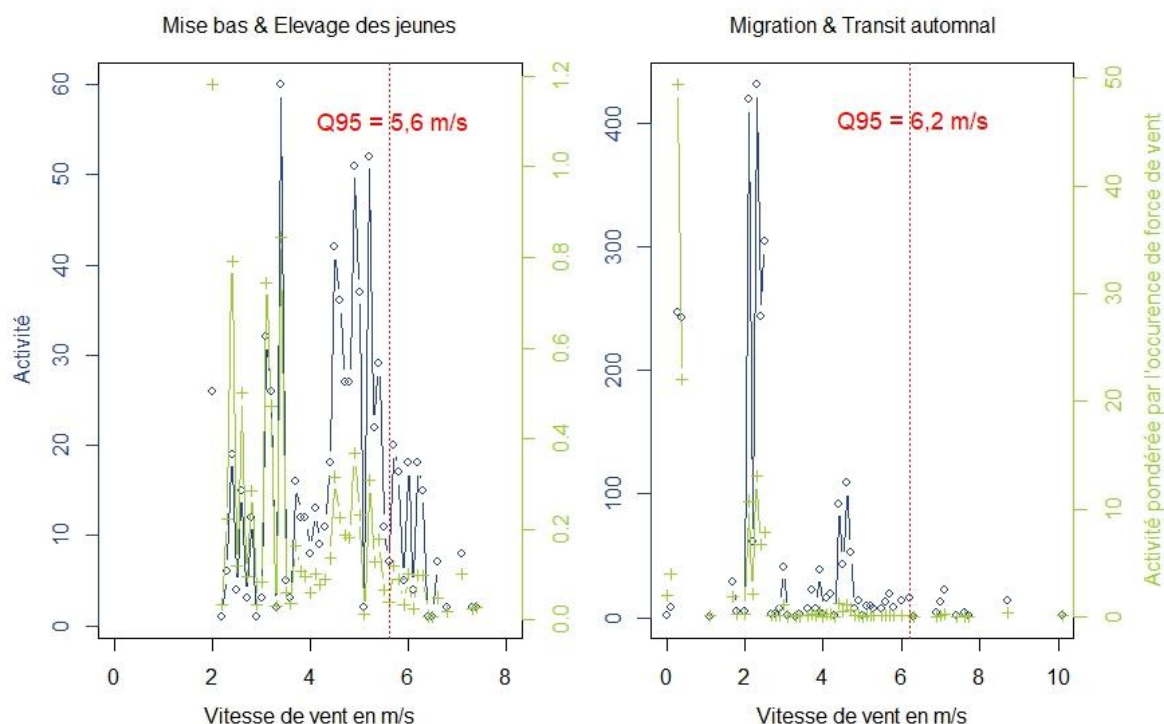


Figure 8 : Répartition par phase biologique de l'activité chiroptérologique en fonction des conditions de vitesse de vent

Ces valeurs ont ensuite été détaillées pour chacune des espèces identifiées sur les enregistrements en nacelle (Tableau 14). La valeur seuil de 95% de l'activité a été choisie pour caractériser les valeurs météorologiques propres à chaque espèce.

Tableau 14 : Conditions météorologique de vol des chiroptères sur la parc de Scaër selon un seuil d'activité de 95%

	Saison complète		Mise bas & Élevage des jeunes		Migration & Transit automnal	
	Température > ou =	Vent < ou =	Température > ou =	Vent < ou =	Température > ou =	Vent < ou =
Sérotine commune	13°C	6,2 m/s	13°C	6,3 m/s	15°C	5,8 m/s
Noctule de Leisler	12°C	5,5 m/s	11°C	3,8 m/s	12°C	7,7 m/s
Pipistrelle de Kuhl	14°C	6,0 m/s	14°C	5,5 m/s	15°C	6,0 m/s
Pipistrelle de Nathusius	13°C	5,6 m/s	14°C	6,6 m/s	12,8°C	5,6 m/s
Pipistrelle commune	13°C	5,3 m/s	12°C	6,3 m/s	13,3°C	4,9 m/s
Oreillard indéterminé	6°C	1,1 m/s			6°C	1,1 m/s
Total	13°C	6,0 m/s	13°C	5,6 m/s	13°C	6,2 m/s

La Figure 9 représente l'activité des chiroptères par saison en fonction de la direction du vent. L'activité durant la phase de mise bas et d'élevage des jeunes est très nettement concentrée sur des vents de secteur Nord à Sud-Est. Les vents de secteur Est apportent majoritairement pour la Bretagne des épisodes anticycloniques de beau temps. Cette caractéristique correspond à l'hypothèse la plus probable pour expliquer cette répartition très tranchée d'activité des chiroptères. Aucune tendance de direction de vent ne semble expliquer l'activité des chiroptères durant la période de migration et de transit automnal.

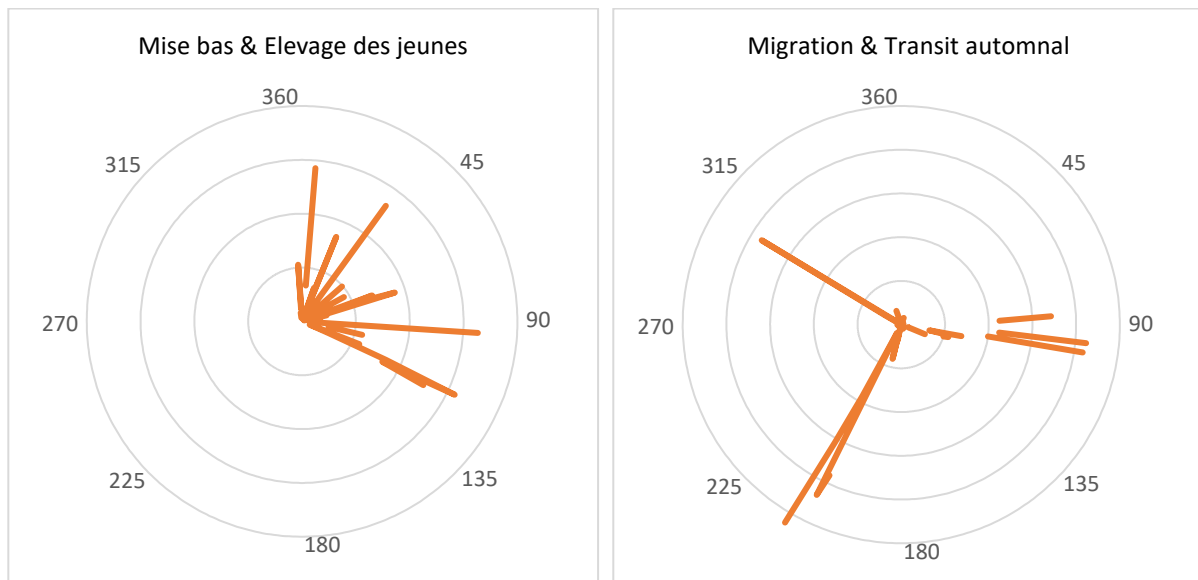


Figure 9 : Répartition par phase biologique de l'activité chiroptérologique en fonction de la direction du vent

4 Impacts et propositions de mesures complémentaires

4.1 Rappels des impacts identifiés dans l'étude d'impact initiale et du 1^{er} suivi post-implantation

Le rapport d'étude d'impact environnementale initiale réalisée en 2003 par Bretagne Vivante fait état d'un **impact faible des éoliennes sur l'avifaune nicheuse, hivernante et migratrice** (mortalité en phase d'exploitation). La perte d'habitat pour ce taxon a également été considérée comme faible. De la même façon, **l'impact des éoliennes sur les chiroptères a été considéré limité** au vu du nombre réduit d'espèces fréquentant le site (au sol).

Les mesures de réduction et de compensation proposés concernent les impacts liés à la perte d'habitat en phase chantier. Un suivi post-implantation, 5 ans après la mise en service a été préconisé afin d'évaluer l'impact réel du parc sur l'avifaune. **Aucune mesure de réduction des impacts liée à la mortalité de la faune volante en phase d'exploitation n'a été préconisée.**

Conformément à la réglementation en vigueur, une étude environnementale post-implantation a été réalisée en 2015 par la société BIOTOPE. Réalisée avant la mise en place du protocole de suivi national, cette étude a été basée sur des protocoles de suivis orientés par l'étude d'impacts sur l'avifaune qui ne sont pas comparables avec le travail réalisé en 2022. Cette étude s'était focalisée sur l'avifaune nicheuse ainsi que sur la mortalité de la faune volante (dont chiroptères) mais sur une période réduite (08/10/2015 au 02/11/2015) pour 4 passages.

Les lacunes méthodologiques de l'étude d'impact initiale de 2003 n'ont pas permis d'évaluer l'impact de l'installation des turbines sur l'avifaune nicheuse.

Le suivi de la mortalité a permis d'identifier un cadavre de Rougegorge familier sous l'éolienne n°4 potentiellement en lien avec l'activité du parc éolien. Aucun cadavre de chiroptères n'a été identifié au cours de cette étude. **Le niveau de mortalité, suite à l'étude de Biotopie en 2015, a été qualifié de faible pour l'avifaune et les chiroptères** sur ce parc éolien de Scaër.

4.2 Bilan des impacts sur les chiroptères

Les suivis de mortalités menés sur toute la saison ont permis de détecter un cadavre de Pipistrelle commune sur l'éolienne n°4. Les estimateurs de mortalité utilisés calculent un nombre de cadavres compris entre **1,24 et 3,39** chiroptères par an et par éolienne. Rydell *et al.* (2010) mentionnent une mortalité moyenne comprise en 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). La mortalité estimée en 2022 sur le parc éolien de Scaër semble donc **faible à modérée**.

Le suivi de la mortalité réalisé couvre une grande partie de l'activité des chiroptères mesurée lors de cette saison 2022. Le cadavre de Pipistrelle commune découvert fait suite au dernier pic d'activité printanier (Figure 10). Les principaux pics d'activités de la fin de la période ont été correctement suivis en mortalité sans que de nouveaux cadavres n'aient été découverts. Notons cependant que durant les pics d'activité du mois d'octobre les cultures de maïs n'étaient toujours pas récoltées sous l'éolienne E4. Les surfaces de prospection sous les deux éoliennes les plus proches de l'enregistreur n'avaient que de petites surfaces accessibles. La recherche des cadavres dans ces conditions n'est pas optimale et ne permet pas de garantir l'absence de cadavre.

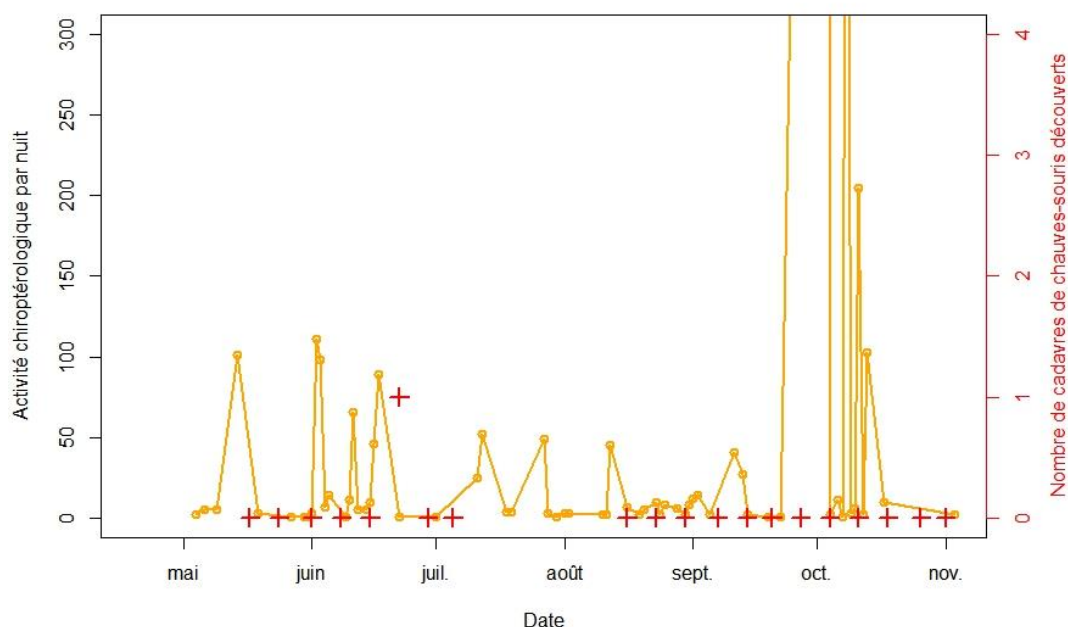


Figure 10 : Nombre de cadavres de chauves-souris découvert selon l'activité acoustique enregistrée

L'activité mesurée en altitude définit des pics de présence qui constituent des risques de collisions et/ou barotraumatismes pour 6 espèces de chiroptères. Parmi ces espèces, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle de Nathusius sont considérées comme ayant une **sensibilité forte** aux risques de collisions avec les éoliennes. La Sérotine commune est quant à elle considérée comme ayant un risque moyen de collision avec les éoliennes et l'Oreillard indéterminé une sensibilité faible aux risques de collisions.

Le cortège d'espèce est largement dominé par la Pipistrelle commune, seule espèce retrouvée morte, dont l'activité s'est principalement exprimée durant le mois d'octobre en fin de période d'activité.

Le croisement des variables environnementales collectées par les capteurs sur l'éolienne et l'activité chiroptérologique en altitude sur le parc de Scaër a permis de définir des conditions favorables au vol de chaque espèce présente selon un seuil de 95% de leur activité respective. Ces valeurs sont établies à :

- < ou = à 5,6 m/s et > ou = à 13°C avec un vent de secteur Nord à Sud-Est sur la période mise bas & d'élevage des jeunes (18 mai – 15 août) ;

- < ou = à 6,2 m/s et > ou = à 13°C sur la période de migration & transit automnal (16 août – 8 novembre).

L'impact du parc éolien de Scaër sur les populations de chauves-souris peut donc être qualifié de **modéré** par la mortalité de la Pipistrelle commune, espèce protégée, ainsi que par l'enjeu de conservation du cortège d'espèces qui fréquente la zone à risque de collisions/barotraumatisme du parc.

4.3 Bilan des impacts sur l'avifaune

Marx (2017) mentionne une mortalité moyenne de 2,15 oiseaux par éolienne et par année de suivi sur 31 parcs éoliens (résultats bruts sur 48 semaines). Tandis que Rydell *et al.* (2012), indiquent une valeur médiane de mortalité de 6,5 oiseaux morts par éolienne et par an en Europe (résultats rectifiés en fonction des estimateurs sur 31 parcs). Dans notre cas, les résultats bruts montrent 0,52 oiseau par éolienne et par an, et les résultats rectifiés, **entre 1,84 à 5,04 oiseaux** par éolienne et par an. Les résultats du suivi mené en 2022 montrent donc des valeurs inférieures aux moyennes mentionnées dans la littérature.

Le Pigeon ramier, seule espèce impactée détectée lors du suivi de 2022, ne présente pas de statuts de protection ni d'enjeux de conservation.

En l'absence de suivi spécifique pour déterminer les risques de collisions pour l'avifaune sur ce parc, seuls les résultats du suivi de la mortalité ont été pris en compte pour évaluer l'impact du parc sur ce taxon.

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

4.4 Propositions de mesures de réduction des impacts

Au regard de la mortalité non significative relevée sur ce parc, et des enjeux faibles à modérés identifiés pour les taxons en présence, les résultats semblent cohérent avec les enjeux identifiés lors de l'étude d'impact initiale ainsi que du premier suivi post-implantation. **Dans ces conditions, il n'est pas proposé de mettre en place des mesures correctives complémentaires sur ce parc éolien.**

Références bibliographiques

**Publication citées dans le texte*

ADEME, E-CUBE Strategy Consultants, I Care & Consult, et In Numeri. (2017) : Etude sur la filière éolienne française : bilan, prospective et stratégie. 325 pages.

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. (2015) : Écologie acoustique des chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportement de chasse. Troisième édition. 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.

BARRE, K., LE VIOL, I., BAS, Y., JULLIARD, R., KERBIRIOU, C. (2018) : Estimating habitat loss due to wind turbine avoidance by bats: Implications for European siting guidance. Biological Conservation, 226: 205-214.

*BAS, Y., KERBIRIOU, C., ROEMER, C. & JULIEN, JF. (2020, June) Bat population trends. Muséum national d'Histoire naturelle. Retrieved from <https://croemer3.wixsite.com/teamchiro/population-trends>

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.

BUDENZ, T., et al. 2017. Up and down : B.barbastellus explore lattice towers. Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy. Volume 28 (2): 272-276.

BRINKMNA, 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.

CRYAN, P. M., GORRESEN, P. M., HEIN, C.D., SCHIRMACHER, M.R., DIEHL, R.H., HUSO, M.M., HAYMAN, D.T.S., FRICKER, P.D., BONARCORSO, F.J., JOHNSON, D.H., HEIST, K. & DALTON, D.C. – 2014 – Behavior of bats at wind turbines – PNAS, 111, 42 6 p. + supporting information 10.1073/pnas.1406672111

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. (2019) : Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at wind turbines in Europe. Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt Brandenburg. Stand: 05. Dezember 2019.
- 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.
- HOCHRADEL, K., UWE, A., HEINZE, N., NAGY, M., STILLER, F. & BEHR, O. 2015. Wärmeoptische 3D-Erfassung von Fledermäusen im Rotorbereich von Windenergieanlagen. In : Behr O., Brinkmann R., Korner-Nievergelt F., Nagy M., Niermann I., Reich M. & Simon R. (Hrsg.) : Reduktion des Kollisionrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen (RENEBAT II). – Umwelt und Raum BD. 7, 81 - 100, Institut für Umweltplanung, Hannover.
- 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.
- KERBIRIOU, C., KAUFFMANN, C. (2022) : L'évolution de l'état de conservation de la Noctule commune (*Nyctalus noctula*). Symbioses - 18èmes Rencontres Nationales Chauves-souris (2021). Actes des XVIIIèmes Rencontres Nationales Chauves-souris de la SFEPM, 175 p.
- 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.
- *MNHN (coord.), 2014 - Résultats synthétiques de l'évaluation des statuts et tendances des espèces d'oiseaux sauvages en France, période 2008-2012. Rapportage article 12 envoyé à la Commission européenne, mars 2014, <http://inpn.mnhn.fr/docs/N2000_EC/ResultatsSynthetiquesRapportage2014DO.xlsx>
- 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.
- RODRIGUES, L., BACH, L., DUBOURG-SAVAGE, M.-J., KARAPANDZA, B., KOVAC, D., KERVYN, T., DEKKER, J., KEPEL, A., BACH, P., COLLINS, J., HARBUSCH, C.,
- ROELEKE, M., BLOHM, T., KRAMER-SCHADT, S., YOVEL, Y. & VOIGT, C.-C. 2016. Habitat use of bats in relation to wind turbines revealed by GPS tracking. *Sci. rep.* 6, 28961; doi:10.1038/srep28961.
- ROEMER, C., BAS, Y., DISCA, T., & COULON, A. 2019. Influence of landscape and time of year on bat-wind turbines collision risks. *Landscape Ecology*, 34(12), 2869-2881.
- 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>.