



SUIVI DU PARC ÉOLIEN DU CHAMP ÉOLIEN DES ROCHERS (36)

(Région Centre-Val de Loire)

Suivi chiroptérologique à hauteur de nacelle

ANNÉE 2021

Client :

**Exus Management Partners
Nicolas Pouille
np@exuspartners.com
+33642685341**

Étude réalisée par :

**KJM Conseil Environnement
18, rue Quentin
21000 Dijon**

Analyses : Hugo Vanhove

Rédaction : Hugo Vanhove & Julie Vautier

Relecture & approbation : Volker KELM

Sommaire

1	Résumé de l'étude	5
2	Contexte et objectif	8
3	Méthodologie	9
3.1	Zone d'étude.....	9
3.2	Équipement retenu pour l'installation.....	11
3.3	Remarques générales sur le système enregistreur et ses limites.....	13
3.4	Analyse des données	14
3.4.1	Classification des espèces.....	14
3.4.2	Indication de la mesure de l'activité	14
3.4.3	Activité des chauves-souris en fonction des saisons	16
3.4.4	Activité des chauves-souris en fonction de la vitesse du vent	17
3.4.5	Logiciel pour le calcul de vitesses de démarrage (ProBat)	18
3.5	Procédure de vérification	21
4	Résultats du suivi en hauteur	22
4.1	Inventaire des espèces.....	22
4.2	Activité des chauves-souris sur le parc Champ Éolien des Rochers	23
4.2.2	Activité des chauves-souris en fonction du vent	30
4.2.3	Activité des chauves-souris en fonction de la température	31
5	Recommandation pour les mesures d'asservissement	33
5.1	Cadre général	33
5.1.1	Nature des perturbations	33
5.1.2	Mortalité due aux éoliennes.....	33
5.1.3	Évaluation de l'activité des chauves-souris et du risque de collision du parc éolien	35
5.2	Résultats du calcul ProBat.....	36
6	Conclusion	38
7	Bibliographie	40

Table des figures

Figure 1 : Position du microphone; installation de l'enregistreur dans l'éolienne.	12
Figure 2 : Angle et distance de détection d'un microphone dirigé vers le bas.....	13
Figure 3 : Répartition en pourcentage des séquences de chaque espèce ou groupe d'espèces	24
Figure 4 : Nombre de jours d'activité des chauves-souris par mois, à partir de l'éolienne	24
Figure 5 : Activité des chauves-souris par nuit au niveau de l'éolienne	28
Figure 6 : Évolution temporelle de l'activité des chauves-souris mesurée à partir de l'éolienne E01 ...	29
Figure 7 : Nombre de séquences enregistrées en fonction de la vitesse du vent à l'éolienne E01	30
Figure 8 : Activité cumulée des chauves-souris en fonction de la température à l'éolienne.....	31

Table des tableaux

Tableau 1 : Résumé de l'installation de l'enregistreur et paramétrage de l'appareil	11
Tableau 2 : Représentation du niveau d'activité des chiroptères sur la période de suivi (base de données KJM Conseil, 2008-2020).....	16
Tableau 3 : Période sur laquelle doivent être effectués le suivi de mortalité de l'avifaune et le suivi d'activité des chiroptères en hauteur en fonction des enjeux.....	16
Tableau 4 : Temps de fonctionnement du BATmode sur l'éolienne E01	21
Tableau 5 : Sensibilité à l'éolien et statuts listes rouges des espèces recensées sur le parc	22
Tableau 6 : Groupes d'espèces identifiées	23
Tableau 7 : Résultats du suivi de l'activité des chauves-souris sur le parc Champ Éolien des Rochers en fonction de leur cycle de vie.....	26
Tableau 8 : Représentation des températures enregistrées à la nacelle en fonction de l'activité	32
Tableau 9 : Vitesses de démarrage optimisées calculées par ProBat pour le parc.....	37

1 RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE

La société Champ Éolien des Rochers a souhaité mettre en œuvre un suivi en continu de l'activité des chiroptères en hauteur sur le Champ Éolien des Rochers dans le département de l'Indre (36).

Cette étude a été réalisée du 20 mai au 8 décembre 2021 en équipant la nacelle de l'éolienne E01 de type VESTAS V80 (puissance de 2 000 kW, diamètre de rotor 100 m, hauteur de mât 80 m) d'un dispositif de détection et d'enregistrement des sons émis par les chiroptères.

Les objectifs de ce suivi sont de :

- Faire l'inventaire de l'ensemble des espèces de chauves-souris détectées dans l'entourage de la nacelle.
- Déterminer l'activité (fréquence des contacts) et la phénologie (présence saisonnière) des espèces détectées.
- Corréler l'activité des chauves-souris avec la vitesse du vent, la saison, la période de la nuit et la température.
- Analyser et corréler l'activité avec les résultats de la recherche de cadavre et évaluer le risque de collision.
- Proposer des mesures pour éviter un risque accru de collision ou de mortalité.

(1) Espèces identifiées

Ce suivi a été réalisé à l'aide d'un BATmode conçu par la société bat bioacoustictechnology et installé au niveau de la nacelle de l'éolienne E01 afin de mesurer l'activité des chauves-souris. Des ultrasons d'au moins cinq espèces ont été enregistrés :

- **Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*)**
- **Noctule commune (*Nyctalus noctula*)**
- **Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*)**
- **Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*)**
- **Au moins une espèce du groupe d'espèces Pmid**

Les séquences d'ultrasons de groupes d'espèces, dont l'identification n'est pas certaine, ont été recueillies et regroupées dans les groupes **Nycmi (Noctule de Leisler et Sérotine commune)**, **Nyctaloid (Noctule commune, Noctule de Leisler et Sérotine commune)** et **Pmid (Pipistrelle de Nathusius et Pipistrelle de Kuhl)**. Toutes les espèces et tous les groupes d'espèces cités ici sont sensibles au risque de collision avec des éoliennes.

(2) Résultats du contrôle en hauteur

L'analyse des enregistrements du BATmode a rapporté 978 séquences de chiroptères dans l'entourage de l'éolienne E01. L'impact potentiel sur les chiroptères est donc **présent**. Ceci est confirmé par les suivis mortalité réalisés depuis 2010, avec un total de 20 cadavres de chiroptères trouvés sur le site au cours des cinq années de suivi. En 2021, deux Pipistrelles non-identifiables à l'espèce ont été retrouvées au pied des éoliennes E04 et E05 du parc en septembre. De manière à protéger les chauves-souris, des mesures d'asservissement sont recommandées : le logiciel ProBat a été utilisé afin de proposer un bridage adéquat des éoliennes du parc.

(3) Recommandation pour les mesures d'asservissement

Le calcul de ProBat a déterminé que le nombre de victimes **sans mesure d'asservissement** de type bridage serait de **5 chauves-souris par an et par éolienne** (calcul basé sur un nombre de victimes maximal acceptable de moins de 2, BRINKMANN ET AL, 2011).

Le nombre total de séquences enregistrées au niveau de la nacelle de l'éolienne E01 est de 978 (période de référence du 1^{er} mai au 31 octobre). Il a également été constaté que les chiroptères sont actifs à des vitesses de vent élevées (chapitre 4.2.2). En ce qui concerne la température, les résultats montrent que seuls les mois de septembre et octobre enregistrent de l'activité en dessous de 14°C. D'après les résultats de l'activité, l'intervalle crépusculaire doit être pris en compte en septembre et en octobre.

Ces résultats montrent que le risque pour les chiroptères est significatif à partir de juillet jusqu'à la fin du mois de septembre. En effet, l'activité migratoire est importante sur le site. Afin de réduire au maximum le risque de collision pour les chiroptères, l'algorithme ProBat a été utilisé.

Il est alors recommandé de mettre en œuvre les vitesses de démarrage optimisées (**variante I**) entre le 1^{er} juillet et le 30 septembre pour toutes les éoliennes du parc (chapitre 5.2, Tableau 9). En utilisant les vitesses de démarrage optimisées, les pertes d'énergie peuvent être réduites par rapport aux pertes d'énergie de la vitesse de démarrage globale (**variante II**).

Ainsi, afin de réduire le nombre de victimes par collision sur le parc, deux variantes sont proposées :

- I- Les **vitesses de démarrage optimisées** (Tableau 9, Chapitre 5.2) selon le calcul de ProBat, du 1^{er} juillet au 30 septembre, en période nocturne (du coucher au lever du soleil) lorsque la température est supérieure à 12°C, sans précipitation et pour toutes les éoliennes du parc.

- II- La **vitesse de démarrage globale** selon le calcul de ProBat (Chapitre 5.2), du 1^{er} juillet au 30 septembre, en période nocturne (du coucher au lever du soleil), pour une vitesse de vent de 4,6 m/s lorsque la température est supérieure à 12°C, sans précipitation et pour toutes les éoliennes du parc.

2 CONTEXTE ET OBJECTIF

L'arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 précise les dispositions générales relatives aux fermes éoliennes soumises à autorisation et notamment celles relatives à l'exploitation dont le suivi de la faune. L'article 12 précise que : « *L'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs. Sauf cas particulier justifié et faisant l'objet d'un accord du Préfet, ce suivi doit débuter 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. Dans le cas d'une dérogation accordée par le Préfet, le suivi doit débuter au plus tard dans les 24 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation.* »

De plus, la révision 2018 du Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres précise qu'« en cas d'anomalie et nécessité de mettre en place une régulation, une nouvelle campagne de suivis (activité/mortalité) devra être mise en œuvre pour en vérifier son efficacité et/ou l'optimiser ».

La DREAL Centre-Val de Loire recommande lors de la construction d'un parc éolien d'éviter les zones sensibles et les voies de passages migratoires des chiroptères. Une régulation adaptée du fonctionnement des éoliennes et le choix de leur hauteur sont nécessaires afin de diminuer le risque de collision ainsi que « l'effet barrière ».

Le parc étant en service depuis 2010, des suivis de mortalité ont été effectués de 2010 à 2013. Lors de ces quatre premiers suivis, 17 cadavres ont été retrouvés sur le site et un impact des éoliennes sur les chiroptères a été avéré (INDRE NATURE 2013). Un suivi acoustique a été mené par le bureau d'étude Ad'Missions en 2011 et 2012 sur les éoliennes E01 et E06 et une activité qualifiée de faible a été mesurée (AD'MISSIONS 2013).

Un suivi en hauteur n+10 du parc du Champ Éolien des Rochers a été réalisé par NCA Environnement en 2020, couplé à un suivi mortalité. Lors de ce suivi mortalité, un cadavre de noctule commune a été retrouvé et un bridage lié aux nuisances sonores a été imposé sur tout le parc (NCA ENVIRONNEMENT 2020). Un suivi n+11 a été préconisé afin de vérifier l'efficacité du bridage sur la biodiversité.

En 2021, le bureau d'études KJM Conseil a mené du 20 mai au 08 décembre un suivi acoustique des chiroptères sur la nacelle E01 pour mesurer l'activité aux alentours de la nacelle, couplé à un suivi mortalité sur la même période.

Le rapport présente les résultats de la mesure de l'activité chiroptérique effectuée à hauteur de nacelle. Les objectifs de ce suivi sont de :

- Faire l'inventaire de l'ensemble des espèces de chauves-souris détectées dans l'entourage de la nacelle.
- Déterminer l'activité (fréquence des contacts) et la phénologie (présence saisonnière) des espèces détectées.
- Corréler l'activité des chauves-souris avec la vitesse du vent, la saison, la période de la nuit et la température.
- Analyser et corréler l'activité avec les résultats de la recherche de cadavre et évaluer le risque de collision.
- Proposer des mesures pour éviter un risque accru de collision ou de mortalité.

3 METHODOLOGIE

3.1 Zone d'étude

La société Champ Éolien des Rochers exploite le Champ Éolien des Rochers au sud de la commune de Saint-Genou, dans le département de l'Indre (36). Ce parc s'insère dans un contexte de plaine ouverte, au nord du parc naturel régional de la Brenne. Il forme un complexe de 6 éoliennes réparties en deux lignes, composées de 3 éoliennes chacune du nord-ouest au sud-est. La mise en service de ce parc est effective depuis janvier 2010 et totalise 6 éoliennes de type VESTAS V80 (puissance de 2 000 kW, diamètre de rotor 100 m, hauteur de mât 80 m). Le suivi en hauteur a été réalisé sur l'éolienne E01 du 20 mai au 08 décembre 2021.



3.2 Équipement retenu pour l'installation

Dans le cadre de l'étude, un BATmode a été utilisé pour enregistrer et mesurer l'activité des chiroptères au niveau de la nacelle E01. Le système BATmode est utilisé pour l'acquisition calibrée et l'enregistrement continu des ultrasons des chauves-souris lors d'un suivi en nacelle. Le système se compose d'une unité de commande avec PC intégré, d'une mémoire interne importante, d'un module d'enregistrement ultrasonique et d'un ensemble de matériel et de logiciels pour la maintenance et le contrôle à distance du processus d'enregistrement.

Les réglages du système BATmode sont résumés dans le Tableau 1 ; le BATmode est équipé d'un microphone à ultrasons UltraSoundGate 116HnBm développé par la société Avisoft. Ce système d'enregistrement fonctionne avec une résolution de 16 bits et une fréquence d'échantillonnage maximale de 300 kHz et a donc été spécialement développé pour enregistrer les ultrasons des chauves-souris. À partir de la direction principale d'enregistrement, l'angle de détection est d'environ 130°-150° (Figure 2). Le système BATmode fonctionne avec **un seuil de déclenchement de -37 dB et un Holdtime 1,0 seconde**.

Le logiciel (BATscreen) offre de nombreuses possibilités d'analyse des données collectées et des séquences de sons des chauves-souris. Le système BATmode, qui est équipé d'un boîtier blindé contre les champs d'interférences électromagnétiques, est installé sur le plancher de la nacelle pendant toute la période d'enregistrement (Figure 1) et est alimenté par une source de tension alternative conventionnelle de 100-240 V 50/60 Hz. En cas de panne de courant, le système redémarre automatiquement et le suivi peut continuer.

Tableau 1 : Résumé de l'installation de l'enregistreur et paramétrage de l'appareil sur le parc Champ Éolien des Rochers

	E01
Parc éolien	Parc éolien Champ Éolien des Rochers
Coordonnées	46.915868° - 1.351750°
Nom donné par l'exploitant	E01
Type de l'éolienne (constructeur)	Vestas V80
Date de l'installation	20.05.2021
Date de démontage	0812.2021
Spécificités lors de l'installation	-
Système enregistreur	BATmode
Numéro de référence de l'appareil	STG_BM0368

E01	
Paramétrages de l'appareil :	
Réglage du seuil de déclenchement (Threshold)	-37 dB
Posttrigger	1,0 sec
Période d'enregistrement	De 16h00 à 8h00



Figure 1 : À gauche, position du microphone au niveau de l'éolienne ; à droite, installation de l'enregistreur dans l'éolienne sur le parc.

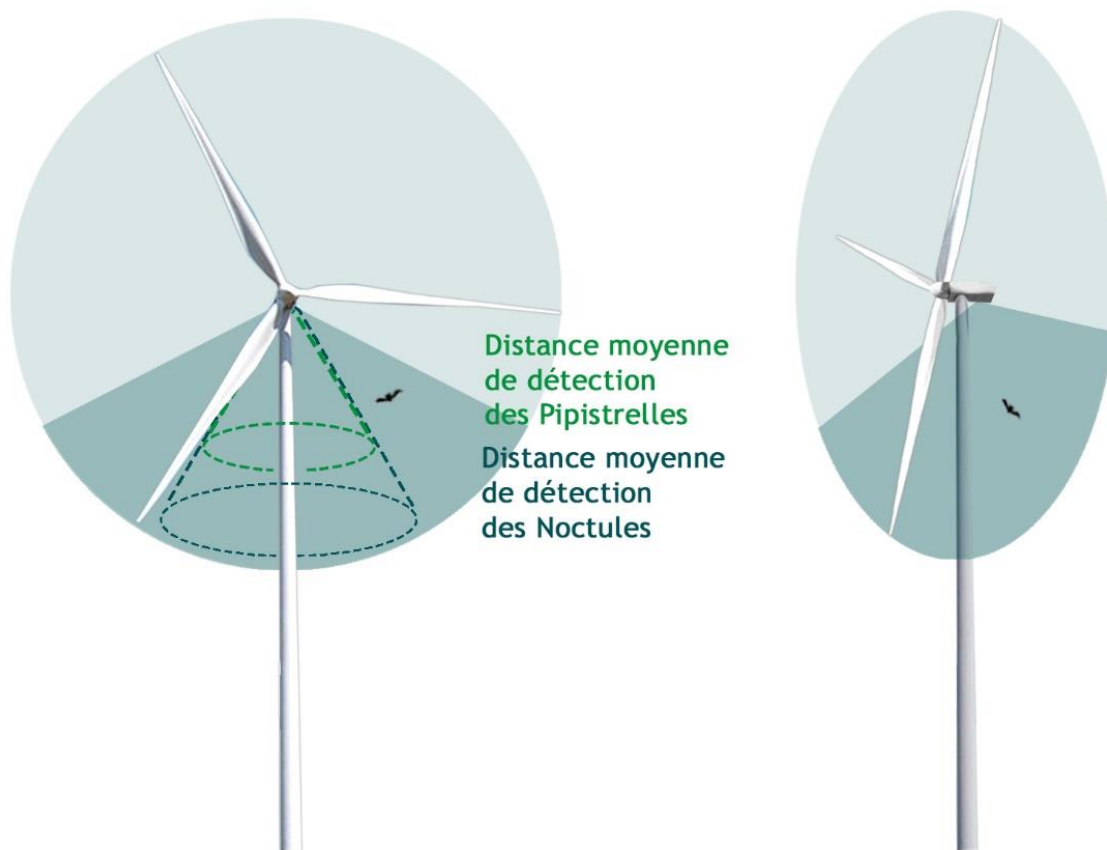


Figure 2 : Angle et distance de détection d'un microphone dirigé vers le bas

3.3 Remarques générales sur le système enregistreur et ses limites

Lors de l'examen des données, il faut tenir compte du fait que l'activité des chauves-souris mesurée à hauteur de nacelle ne correspond pas à l'activité réelle (VOIGT et al. 2021). La portée de détection et le volume spatial surveillé qui en résulte dépendent du volume sonore de l'appel, de la fréquence d'appel de l'espèce de chauve-souris ainsi que du réglage du threshold (valeur seuil) du système d'enregistrement. Avec un seuil de -27 dB, les cris de la Noctule commune peuvent être enregistrés sur une portée d'environ 25-30 m et les cris des pipistrelles sur une portée d'environ 14-18 m. Si l'on réduit le seuil (réglage du seuil) à -37 dB, la portée des appels de la Noctule commune augmente à environ 45 m pour un volume d'appel typique. Plus le seuil est bas, plus le nombre d'appels enregistrés est élevé, mais la qualité des enregistrements se dégrade. Le seuil choisi est donc un compromis entre la qualité et la quantité des appels.

Il n'est pas possible d'indiquer une portée précise des microphones des appareils d'enregistrement, comme cela est souvent demandé. Cela est dû d'une part à la portée différente des cris de localisation

des chauves-souris et d'autre part à l'atténuation atmosphérique des séquences d'appel qui varie en outre en fonction des conditions météorologiques (GOERLITZ 2018)

Le phénomène selon lequel, par exemple, une Noctule commune avec localisation à distance émet des sons d'une intensité d'environ 116 dB dans l'espace aérien libre fait partie de la problématique de base. Les cris d'appel de la Noctule commune enregistrés sur la nacelle sont généralement des « sons de localisation proche » d'environ 100 dB. Les deux types de sons ont une portée différente, qui dépend fortement de l'atténuation atmosphérique.

De plus, seule une partie de l'espace autour du rotor peut être enregistrée (VOIGT et al. 2021). Des études menées par ADOMEIT et al. (2011) montrent que la majorité des cris sont enregistrés par l'appareil d'enregistrement dans un rayon de 20 m seulement autour du rotor. C'est pourquoi le nombre de séquences ultrasonores enregistrées doit être considéré comme une mesure relative de l'activité des chauves-souris.

3.4 Analyse des données

3.4.1 Classification des espèces

Les ultrasons sont analysés et gérés à l'aide d'un logiciel approprié, les données complètes étant analysées à l'aide du logiciel d'évaluation mis à jour (Avisoft Bioacoustics RECORDER version 4.2.30 et BATscreen version 2.0.5). L'affiliation des espèces est déterminée par une analyse statistique et une comparaison avec des sons de référence stockés dans une base de données. Lorsque la différenciation au niveau de l'espèce n'est pas possible, la catégorisation s'effectue en groupes d'espèces. Dans ce cas, il est fait référence aux groupes Pmid, Nyctaloid et Nycmi. Le groupe Pmid regroupe la Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*) et la Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*). Le groupe Nyctaloid comprend les espèces suivantes : la Noctule commune (*Nyctalus noctula*), la Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*) et la Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*). Le groupe Nycmi regroupe la Noctule de Leisler et la Sérotine commune. Toutes les espèces de ces groupes sont sensibles aux risques de collision avec les éoliennes, la distinction entre ces espèces n'est donc pas déterminante pour leur protection en ce qui concerne le risque d'impact.

3.4.2 Indication de la mesure de l'activité

L'activité des chauves-souris est indiquée en séquences d'ultrasons par nuit. Le nombre de séquences d'ultrasons équivaut dans ce cas à un événement de présence d'une chauve-souris. Comme le Holdtime

(durée de temps d'enregistrement du BATmode) a été réglé sur 1,0 s (conformément aux spécifications de ProBat), l'intervalle de temps entre deux appels successifs est de 1,0 seconde maximum. Si un cri ultrasonore a lieu après ce laps de temps, le cri ou la séquence de cris ultrasonores est enregistré(e) dans un nouveau fichier d'enregistrement. Lors de l'utilisation de cette mesure d'activité, il convient de noter qu'il ne s'agit d'une quantification du nombre d'individu. Au contraire, une activité élevée peut être provoquée aussi bien par un seul individu que par un grand nombre de chauves-souris avec de brefs passages à portée du microphone du BATmode.

À ce jour, il n'y a aucun référentiel officiel validé par le MNHN ou la DREAL Centre-Val de Loire pour estimer l'importance de l'activité des chiroptères en hauteur. Ceux créés ont leurs limites et ne sont pas applicables à toutes les études car il existe un nombre varié de détecteurs et tout autant de réglages différents. Ces différences de contextes et de méthodologies peuvent alors mener à une interprétation différente. De plus, il est important d'établir un référentiel pour chaque zone biogéographique, chaque type de milieu, chaque saison, chaque type de détecteur et chaque type d'activité (BARATAUD, 2013). D'après notre expérience de terrain dans toute la France, notamment la mesure de l'activité en hauteur avec divers appareils d'enregistrement au cours des 14 dernières années par KJM Conseil, nous pouvons ici qualifier le niveau d'activité chiroptérologique (voir). Cet ensemble de données acoustiques comprend 43 mâts de mesure, 70 « tree boxes » et 500 enregistrements à hauteur de nacelle. Une étude comparative a permis d'établir 5 classes d'activité allant de très faible à très forte, en fonction du nombre total de séquences enregistrées sur la période d'activité des chauves-souris (du 1^{er} avril au 31 octobre). Ce Tableau 2 basé sur notre expérience est appuyé par l'outil d'analyse ProBat qui reste à ce jour le meilleur outil scientifique pour corrélérer l'activité des chiroptères avec la vitesse du vent et ainsi proposer un bridage adéquat. L'outil ProBat mentionné dans ce rapport (3.4.5) est issu d'un algorithme de calcul basé sur les résultats des études RENEBAT I (BRINKMANN et al, 2011), II (BEHR et al, 2015) & III (BEHR et al 2018).

Tableau 2 : Représentation du niveau d'activité des chiroptères sur la période de suivi (base de données KJM Conseil, 2008-2020)

Niveau d'activité	Séquences totales enregistrées
Très faible	< 400
Faible	400 - 800
Modérée	800 - 1200
Forte	1200 - 5000
Très forte	> 5000

3.4.3 Activité des chauves-souris en fonction des saisons

Le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres révisé (MTES 2018) impose un suivi en hauteur des chiroptères entre fin juillet (semaine 31) et fin octobre (semaine 43), la période principale d'activité des chauves-souris en Europe centrale est fixée du 1^{er} juillet au 30 septembre. Le protocole étend le suivi des semaines 20 à 30 si aucun suivi en hauteur n'a été réalisé lors de l'étude d'impact (Tableau 3). Afin d'incorporer un maximum de données, la période d'enregistrement pour l'éolienne E01 est fixée du 1^{er} mai au 31 octobre 2021. Cela permet de prendre en compte les différentes périodes du cycle biologique des chiroptères. Les résultats de l'activité en fonction des saisons seront présentés dans le chapitre 4.2.

Tableau 3 : Période sur laquelle doivent être effectués le suivi de mortalité de l'avifaune et le suivi d'activité des chiroptères en hauteur en fonction des enjeux

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

Le cycle de vie des chauves-souris est composé de quatre phases principales pour chaque saison de l'année : le **transit printanier** marque la sortie d'hibernation des chauves-souris et la période nécessitant un apport en nourriture particulièrement important pour les chauves-souris (LABOURE ET AL, 2018). Cette période correspond aussi aux installations des premières colonies de mise-bas (KAPFER & ARON 2007).

La **période estivale** correspond à l'envol des jeunes de leurs colonies, créant ainsi une augmentation du nombre de chauves-souris fréquentant les sites (WHITAKER 1998). Cette phase est aussi une période d'apprentissage pour les jeunes auprès des adultes, ce qui explique en général une augmentation du nombre de séquences enregistrées.

Enfin, le **transit automnal** est une phase transitoire où les chauves-souris préparent leurs réserves de nourriture et se déplacent entre les gîtes estivaux et hivernaux (HEDENSTRÖM 2009) ou migrent vers le sud-ouest de l'Europe, comme la Pipistrelle de Nathusius (JARZEMBOWSKI, 2003). Cette période de déplacements entre les gîtes estivaux et hivernaux est propice aux rencontres entre mâles et femelles. Certaines espèces vont se regrouper dans des sites dits de swarming, qui correspondent à des grands rassemblements de chauves-souris permettant un brassage génétique important lors des accouplements. Afin d'éviter les naissances pendant la **période d'hibernation**, les femelles ont recours à l'ovulation différée et conservent le sperme dans leur appareil génital pendant tout l'hiver. Ainsi, la fécondation n'aura lieu qu'au printemps (FAIRON ET AL. 2003).

3.4.4 Activité des chauves-souris en fonction de la vitesse du vent

L'étude de BRINKMANN ET AL. (2011) montre que l'activité des chauves-souris dépend de la saison. En plus de conditions météorologiques défavorables (températures inférieures à 10°C, fortes précipitations ou brouillard), l'activité des chauves-souris diminue fortement et de manière exponentielle avec l'augmentation de la vitesse du vent (HORN ET AL., 2008 ; BRINKMANN ET AL., 2011). Plusieurs études montrent que les chauves-souris ont une « préférence » pour les vitesses de vent assez faibles (0 à 3,5 m/s) (BEHR ET AL., 2011 ; AMORIM ET AL., 2012 ; LIMPENS ET AL., 2013). Afin de croiser la mesure d'activité des chauves-souris mesurée par l'enregistreur avec les vitesses de vent mesurées sur l'éolienne, l'activité est cumulée sur des intervalles de dix minutes. Les vitesses de vent mesurées au niveau de l'éolienne à intervalles de dix minutes sont ainsi recoupées avec l'activité détectée à proximité du rotor.

Une corrélation entre ces données et les vitesses de vent permet de prédire à partir de quelle vitesse de vent aucune ou très peu d'activité de chauve-souris sera observée. Cette corrélation permet de donner une première estimation des vitesses de vent à partir desquelles les chauves-souris ne risqueraient généralement plus d'être tuées par l'éolienne. Cette estimation peut être appuyée en illustrant l'activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent à l'aide d'un diagramme à barre (exemple de la Figure 7). Cela permet d'identifier précisément les vitesses de vent auxquelles l'activité des chauves-souris est importante. Cependant, pour affiner davantage la corrélation entre l'activité des chiroptères et la vitesse

de vent et afin de réduire de manière significative l'impact sur les chiroptères tout en assurant la productivité du parc, le logiciel **ProBat** est utilisé.

3.4.5 Logiciel pour le calcul de vitesses de démarrage (ProBat)

Contexte général

Depuis de nombreuses années, la quantité de méthodes pour calculer et mitiger le risque de collision entre les chauves-souris et les éoliennes s'est multipliée. Le principal défaut de ces méthodes est le manque de standardisation et d'égalité de traitement des sites étudiés.

À la suite du projet de recherche intitulé « Développement de méthodes pour étudier et réduire le risque de collision des chiroptères avec les éoliennes terrestres » (BRINKMANN ET AL. 2011) soutenu par le Ministère fédéral de l'Environnement, de la Protection de la Nature et de la Sécurité nucléaire d'Allemagne, le programme ProBat a été développé. Celui-ci vise à prévoir des vitesses de démarrage spécifiques permettant de faire fonctionner l'éolienne tout en réduisant les risques de mortalité pour les chauves-souris, c'est-à-dire en réduisant le nombre de victimes potentielles par collision.

L'algorithme de bridage ProBat est issu des études RENEBAT I, II & III. Il s'agit de trois projets de recherche menés par les universités d'Erlangen et de Hanovre et d'autres institutions partenaires entre 2007 et 2016, qui portaient sur les méthodes d'étude et de réduction du risque de collision des chauves-souris avec les éoliennes terrestres. La force de cette étude réside dans le lien entre la mesure de l'activité en hauteur et la mortalité des chauves-souris survenant au cours du processus. À cette fin, une recherche quotidienne de la mortalité des chauves-souris a été effectuée simultanément sur les sites de référence pendant l'étude, en plus d'une mesure standardisée de l'activité en hauteur. Les résultats de cette étude ont ensuite été intégrés dans la méthodologie de calcul du logiciel ProBat, ce qui signifie que ProBat peut maintenant être utilisé pour calculer un taux de mortalité spécifique au site pour l'éolienne étudiée sans avoir à effectuer une recherche de mortalité des chauves-souris sur le site. L'efficacité de l'algorithme a été testée avec des recherches de cadavres pendant plusieurs saisons. La recherche a été menée sur 35 parcs actifs pour Renebat I. La quantité de données pour l'étude de Renebat III est de 200 « années de mesure » supplémentaire. Les éoliennes équipées lors de l'étude se situent dans tout type de paysage retrouvé en Europe de l'Ouest (champs, forêt, lisières, etc.). Lors de l'étude, des caméras thermiques ont été utilisées pour filmer l'activité des chauves-souris pendant la nuit autour des nacelles. Un suivi mortalité a été réalisé quotidiennement autour des nacelles équipées d'enregistreurs afin de réduire le biais des résultats dus à certains paramètres comme le taux de prédation. Les suivis de mortalité ont ensuite été croisés avec les suivis d'activité effectués depuis les nacelles. L'analyse des données collectées a permis

de développer d'une part une méthode de calcul qui quantifie le risque de collision pour les chauves-souris au niveau des pales sans bridage, et d'autre part **deux types de bridage** (global et optimisé) permettant d'assurer une protection maximale des chauves-souris tout en maintenant la productivité du parc. L'efficacité de l'algorithme a été testée à partir des recherches de cadavres sur plusieurs saisons.

Calcul des algorithmes avec ProBat

L'outil ProBat permet de calculer des vitesses de démarrage spécifiques pour un fonctionnement des éoliennes respectueux des chauves-souris ainsi que de minimiser le nombre de victimes de collision potentielles. Le programme se base sur les données d'activité des chauves-souris issues de l'enregistrement acoustique dans la zone de la nacelle et sur les données de vent des éoliennes correspondantes. L'extrapolation des victimes d'impact s'effectue en fonction de la vitesse de démarrage des éoliennes dans différents scénarios d'exploitation, ce qui permet de calculer le nombre de victimes d'impact sans période d'arrêt spécifique ou avec une exploitation favorable aux chauves-souris. Pour le site en question, un nombre maximal de victimes de collision par éolienne et par année a été choisi avant d'effectuer le calcul des vitesses de démarrage des éoliennes (bridage). Cette mortalité dite acceptée représentera la mortalité nette sur tout le parc pendant une année complète.

Afin de ne pas dépasser ce seuil de mortalité, deux variantes sont proposées par ProBat :

- Une **vitesse de démarrage globale** (Bridage global).
- Des **vitesse de démarrage optimisées** (Bridage optimisé) pour l'exploitation des éoliennes.

Le bridage global calculé par ProBat propose une vitesse de démarrage globale de l'éolienne en considérant les données collectées durant la période de suivi (activité, vitesse de vent, période de la nuit, période de l'année, spécificité de l'éolienne). Cette vitesse de démarrage correspondra spécifiquement à l'activité enregistrée sur le parc éolien en fonction de ces paramètres sur le site.

Le bridage optimisé permet d'obtenir une vitesse de vent où l'éolienne va pouvoir démarrer pour chaque dixième de nuit des différents mois d'exploitation. Un dixième de nuit représente 10 % de la moyenne de la longueur de la nuit du mois concerné. La perte d'énergie due aux temps d'arrêt peut être encore réduite par l'utilisation des vitesses optimisées par rapport à l'utilisation de la vitesse de démarrage globale.

Afin de permettre le calcul des vitesses de démarrage favorables aux chauves-souris avec le logiciel ProBat, les données acoustiques sont traitées au préalable. La version actuelle de ProBat 7.1 tient compte de la valeur du seuil (Threshold : -37dB) et la valeur « Holdtime » (1,0 seconde) de l'enregistreur. Selon le guide des données requises pour ProBat, le calcul de vitesses de démarrage est possible si les

données relatives au vent et à l'activité sont disponibles pour un nombre suffisant de nuits. Pour cette raison, il est nécessaire de disposer d'une période minimale d'enregistrement du 15 juin au 15 octobre. La période principale d'activité des chauves-souris en Europe centrale est fixée du 1er juillet au 30 septembre. Depuis la version ProBat 6.0, les mois de mars, avril, mai et novembre ne doivent plus être exclus en cas de faible activité. La « période d'exploitation favorable aux chauves-souris » recommandée est donc du 1^{er} avril au 31 octobre. Pour les deux périodes (« période principale d'activité des chauves-souris » et « période d'exploitation favorable aux chauves-souris »), il existe un pourcentage minimum de nuits pour lesquelles des données devraient être disponibles (75 %) ou doivent être disponibles (66 %) afin d'effectuer un calcul correct.

La durée de la période nocturne pendant laquelle les chauves-souris peuvent être actives s'étend du coucher au lever de soleil. Dans la mesure où certaines espèces de chauves-souris comme la Noctule commune sont également actives au crépuscule, il pourrait être nécessaire de tenir compte de l'intervalle crépusculaire (15 % de la durée de la nuit avant le coucher du soleil), tant dans le calcul que dans l'algorithme et afin de pouvoir garantir l'objectif d'une mortalité maximale de deux individus par an et par éolienne. Cet intervalle crépusculaire, défini par ProBat, doit être inclus dans le calcul s'il contient plus de 2 % de l'activité totale mesurée.

Il est difficile de mesurer la température et la pluviométrie sans qu'elles soient influencées par la nacelle (par exemple, par sa chaleur résiduelle) et de prendre en compte cette mesure lors de la commande du système. Une corrélation entre la température et l'activité des chauves-souris est réalisée afin de donner une idée de la phénologie des espèces en fonction de la température. Depuis la version 7.1, ProBat calcule des valeurs limites de température pour lesquelles seul un petit nombre de contacts de chauves-souris, limité en valeur absolue et relative, a lieu pendant l'exploitation de l'éolienne. La valeur limite fixée dans ProBat est de 20 enregistrements (avec une sensibilité standard de 37 dBSPL) se produisant au maximum chaque année en dehors des périodes d'arrêt en raison du seuil de température proposé.

Les vitesses de vent calculées à l'aide du logiciel ProBat auxquelles les éoliennes peuvent démarrer ne sont valables que si les consignes de calcul sont respectées ou, en cas de modification de celles-ci, peuvent fortement varier.

3.5 Procédure de vérification

L'enregistrement de l'activité des chauves-souris sur le parc éolien Champ Éolien des Rochers a été fait au niveau de l'éolienne E01. Au cours de l'année d'étude, le système s'est arrêté qu'une seule fois (Tableau 4)

Tableau 4 : Temps de fonctionnement du BATmode sur l'éolienne E01 du parc Champ Éolien des Rochers

Eolienne	Période d'enregistrement	Période d'interruption	Nombre de nuits d'enregistrement (du 1.05 au 31.10)
E01	20.05.-08.12.2021	9.11.2021	164

4 RESULTATS DU SUIVI EN HAUTEUR

4.1 Inventaire des espèces

Au total, au moins cinq des 20 espèces présentes dans le département de l'Indre ont été recensées lors de cette étude. Une vue d'ensemble des espèces détectées, leur sensibilité aux collisions, et leurs statuts de menace sur les Listes Rouges France et régionale sont présentés dans le Tableau 6. Au moins une espèce du groupe Pmid a également été détectée (Pipistrelle de Nathusius et/ou Pipistrelle de Kuhl). La liste rouge régionale est basée sur les données de la DREAL Centre-Val de Loire (2013). De manière générale, certains ultrasons de chauves-souris ne peuvent être distingués acoustiquement que dans certaines conditions. Les ultrasons qui ne peuvent pas être attribués à l'espèce à partir du sonagramme sont affichés par groupes. Le Tableau 5 indique les groupes d'espèces identifiés avec les espèces présentes dans le département de l'Indre, d'après l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN 2013).

Toutes les espèces locales de chauves-souris figurent sur la liste de l'annexe IV de la directive Flore-Faune-Habitat du réseau Natura 2000, sont protégées en France et sont particulièrement sensibles au risque de collision (DÜRR, 2020 ; ROEMER, 2018).

Concernant le groupe Pmid, la distinction sur le plan acoustique entre la Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*) et la Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) est souvent difficile (KALKO 1995, ARTHUR & LEMAIRE 2015, SKIBA 2009). Certains traits distinctifs sont les chants des mâles lors de la parade nuptiale (BARATAUD 2012), mais au cours de l'analyse des données, ceux-ci n'ont pu être identifiés. En effet, les éoliennes étant placées sur un terrain agricole, il n'y a pas de forêts ou de gîtes de reproduction à proximité. Cela explique que les chants sociaux et nuptiaux soient absents de nos enregistrements. L'INPN décrit les deux espèces comme potentiellement présentes dans le département de l'Indre. De plus, ARTHUR & LEMAIRE (2009) précisent que la Pipistrelle de Kuhl est « une espèce assez commune à très commune » dans ce département. En outre, la distinction entre ces deux espèces n'est pas déterminante pour leur protection en ce qui concerne le risque d'impact. Sur cette base, nous avons donc choisi de regrouper ces deux espèces dans le groupe Pmid.

Tableau 5 : Sensibilité à l'éolien et statuts listes rouges des espèces recensées sur le parc

Sensibilité	Espèces	E01	Statut Liste Rouge Nationale	Statut Liste Rouge Régionale
++	Noctule commune (<i>Nyctalus noctula</i>)	x	VU	NT
++	Noctule de Leisler (<i>Nyctalus leisleri</i>)	x	NT	NT

++	Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)	x	NT	LC
+	Sérotine commune (<i>Eptesicus serotinus</i>)	x	NT	LC
++	Groupe Pmid	x	Pnat : NT	Pnat : NT
			Pkul : LC	Pkul : LC

Explication tableau 5 :

Sensibilité à l'éolien

++	Forte sensibilité
+	Sensibilité moyenne
-	Faible sensibilité
()	Peu de connaissances

Statuts Listes rouges :

VU–	Vulnérable
NT	Quasi menacée
LC	Préoccupation mineure

Espèces

Pkul :	Pipistrelle de Kuhl (<i>Pipistrellus kuhlii</i>)
Pnat :	Pipistrelle de Nathusius (<i>Pipistrellus nathusii</i>)

Tableau 6 : Groupes d'espèces identifiées

Groupe d'espèces	Espèces potentiellement présentes dans l'Aube (INPN)
Pmid	Pipistrelle de Nathusius, Pipistrelle de Kuhl
Nyctaloid	Noctule commune, Noctule de Leisler, Sérotine commune
Nycmi	Noctule de Leisler, Sérotine commune

4.2 Activité des chauves-souris sur le parc Champ Éolien des Rochers

Les 978 séquences indiquent une activité modérée dans l'état actuel de nos connaissances (Figure 3) et en comparaison avec les autres études effectuées dans la même région.

La Figure 3 représente la répartition en pourcentage des séquences de chaque espèce ou groupe d'espèces enregistrées par rapport au nombre total de séquences. L'espèce la plus fréquemment signalée ici est la Noctule commune, qui représente 36 % de l'activité totale avec 348 séquences. Cependant, ce pourcentage est probablement sous-estimé car l'espèce est également retrouvée dans le groupe Nyctaloid (32 séquences ; 3 %) lorsque son identification certaine n'est pas possible. La Pipistrelle commune comptabilise 347 séquences, soit 36 % de l'activité totale. La Sérotine commune représente 1 % de l'activité totale avec 10 séquences ultrasonores et la Noctule de Leisler a été enregistrée une seule fois. Mais comme pour la Noctule commune, ces chiffres sont probablement sous-estimés car les espèces font partie des groupes Nycmi (140 séquences ; 14 %) et du groupe Nyctaloid. Enfin, le groupe Pmid représente 10 % de l'activité totale des chiroptères, avec 100 séquences enregistrées.

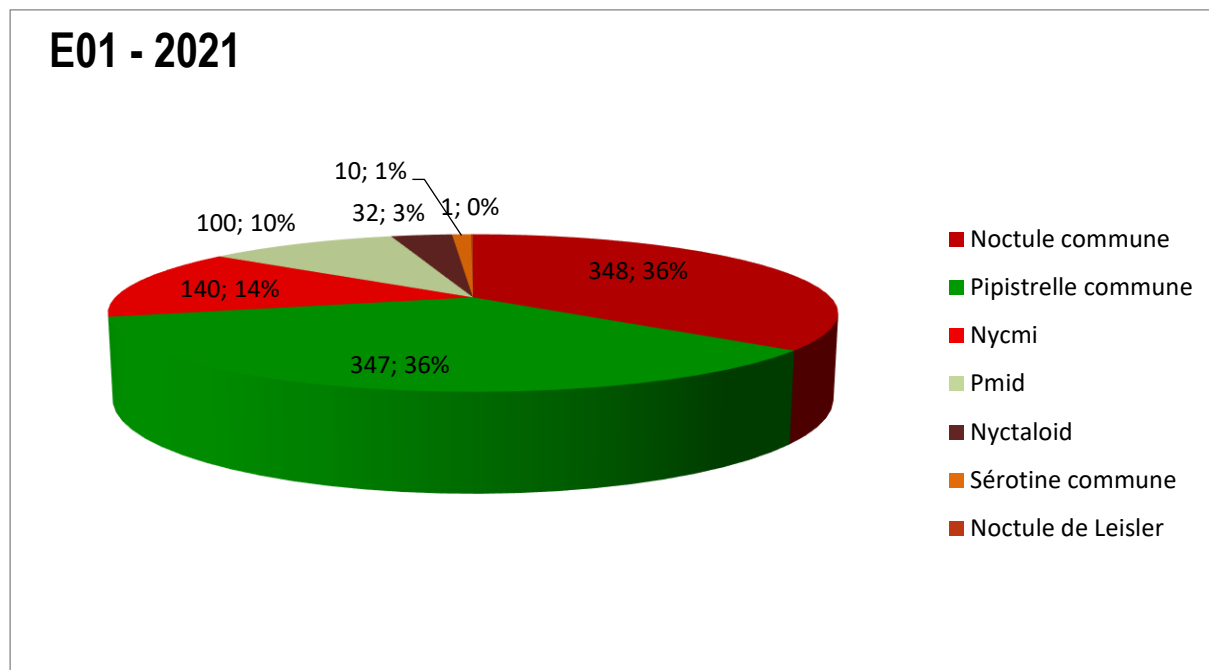


Figure 3 : Répartition en pourcentage des séquences de chaque espèce ou groupe d'espèces par rapport au nombre total de séquences d'ultrasons de chauves-souris (978) au niveau de l'éolienne E01 ; les pourcentages sont ici arrondis.

Nyctaloid = *Nyctalus noctula*, *Nyctalus leisleri*, *Eptesicus serotinus* ; **Nycmi** = *Nyctalus leisleri*, *Eptesicus serotinus* ; **Pmid** = *Pipistrellus nathusii*, *Pipistrellus kuhlii*

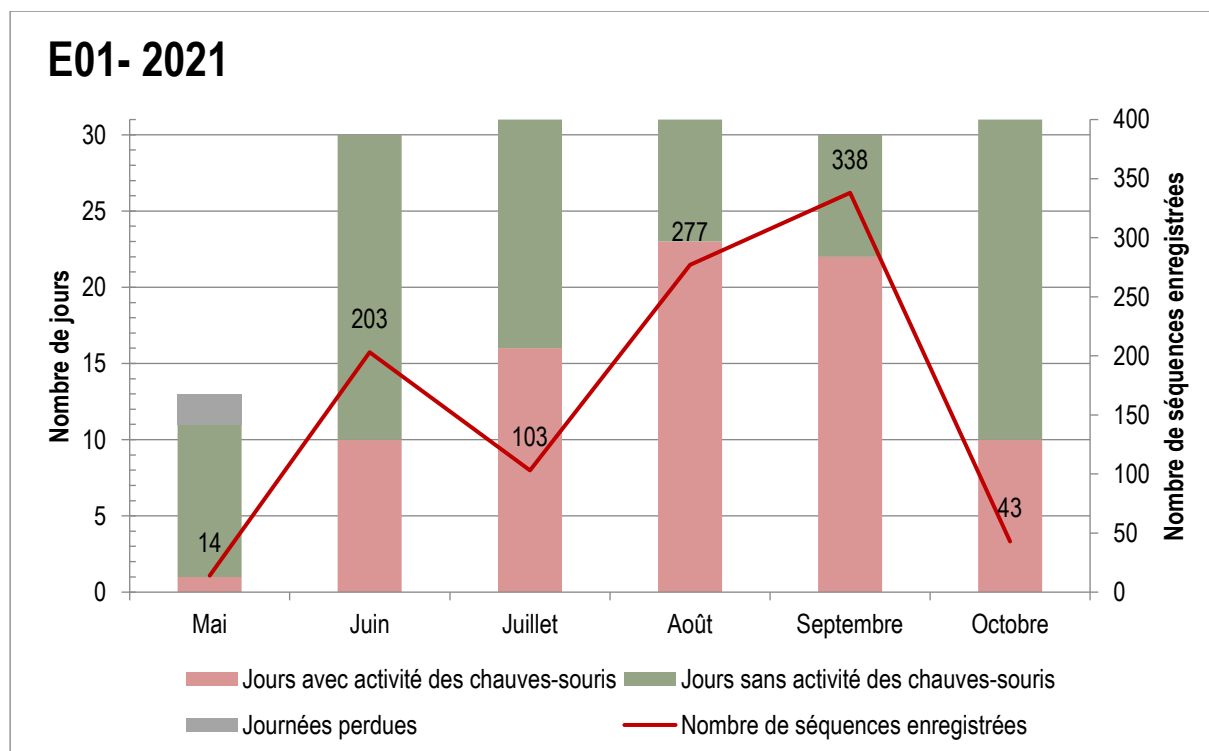


Figure 4 : Nombre de jours d'activité des chauves-souris par mois, mesuré à partir de l'éolienne E01

La Figure 4 représente la répartition saisonnière de l'activité des chauves-souris au cours de l'année 2021 pour l'éolienne E01. La période de référence pour évaluer l'activité des chiroptères étant du 1^{er} mai au 31 octobre, le mois de novembre a été volontairement exclu. La phénologie attendue des espèces présentes sur le site du Champ Éolien des Rochers est une augmentation de l'activité au printemps pour atteindre un pic en été et enfin diminuer en automne.

La courbe du nombre de séquences enregistrées (en rouge) est légèrement différente de la phénologie des espèces attendue. Une augmentation de l'activité est observée au printemps (14 séquences en mai et 203 en juin) mais va diminuer en juillet (103) et augmenter une nouvelle fois pour atteindre un pic en septembre (338).

Tableau 7 : Résultats du suivi de l'activité des chauves-souris sur le parc Champ Éolien des Rochers en fonction de leur cycle de vie (le mois de novembre a été volontairement exclu)

2021	<i>Eptesicus serotinus</i> Sérotine commune	<i>Nyctalus leisleri</i> Noctule de Leisler	<i>Nyctalus noctula</i> Noctule commune	Groupe Nycmi	Groupe Nyctaloid	Groupe Pmid	<i>Pipistrellus pipistrellus</i> Pipistrelle commune	Total
Mai (11 jours)	0	0	5	2	1	1	5	14
Total	0	0	5	2	1	1	5	14
Juin (30 jours)	2	0	52	7	0	5	137	203
Juillet (31 jours)	1	1	52	6	8	14	21	103
Août* (31 jours)	2	0	105	31	9	29	101	277
Total	5	1	209	44	17	48	259	583
Septembre (30 jours)	4	0	122	84	13	50	65	338
Octobre (31 jours)	1	0	12	10	1	1	18	43
Total	5	0	144	94	14	51	83	381

* Le mois d'août est à cheval sur les deux périodes, estivale et migration automnale. La fin du mois marque déjà le début de la migration automnale.

Eser = *Eptesicus serotinus*; **Nlei** = *Nyctalus leisleri*; **Nnoc** = *Nyctalus noctula*; **Nycmi** = *Nyctalus leisleri*, *Eptesicus serotinus*; **Nyctaloid** = *Nyctalus noctula*, *Nyctalus leisleri*, *Eptesicus serotinus* **Pmid** = *Pipistrellus nathusii*, *Pipistrellus kuhlii*; **Ppip** = *Pipistrellus pipistrellus*

	Transit printanier
	Période estivale
	Transit automnal

Le Tableau 7 représente le nombre de séquences enregistrées par espèce en fonction de leur cycle de vie (transit printanier, période estivale, transit automnal). Sur un total de 978 séquences, c'est la Noctule commune qui totalise le plus d'activité. Elle apparaît au printemps (5 séquences) et son activité va augmenter jusqu'en septembre (122 séquences). Cela peut s'expliquer par le comportement migratoire de l'espèce pendant le transit automnal. Le même comportement peut être observé pour le groupe de Nycmi dont l'activité commence à augmenter en août et pour le groupe Pmid, la Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Nathusius étant également des espèces migratrices. La Pipistrelle commune est majoritairement active pendant la période estivale (259 séquences).

La Figure 5 représente l'activité des chauves-souris illustrée en nombre de séquences par espèce (ou groupe d'espèces) et par nuit. La grande majorité des séquences de Pipistrelles communes sont enregistrées pendant trois nuits : 9 juin (84 séquences), 19 août (44), 11 septembre (43). Cette espèce est souvent très active en été et son activité diminue en automne. C'est le cas pour le parc du Champ Éolien des Rochers également.

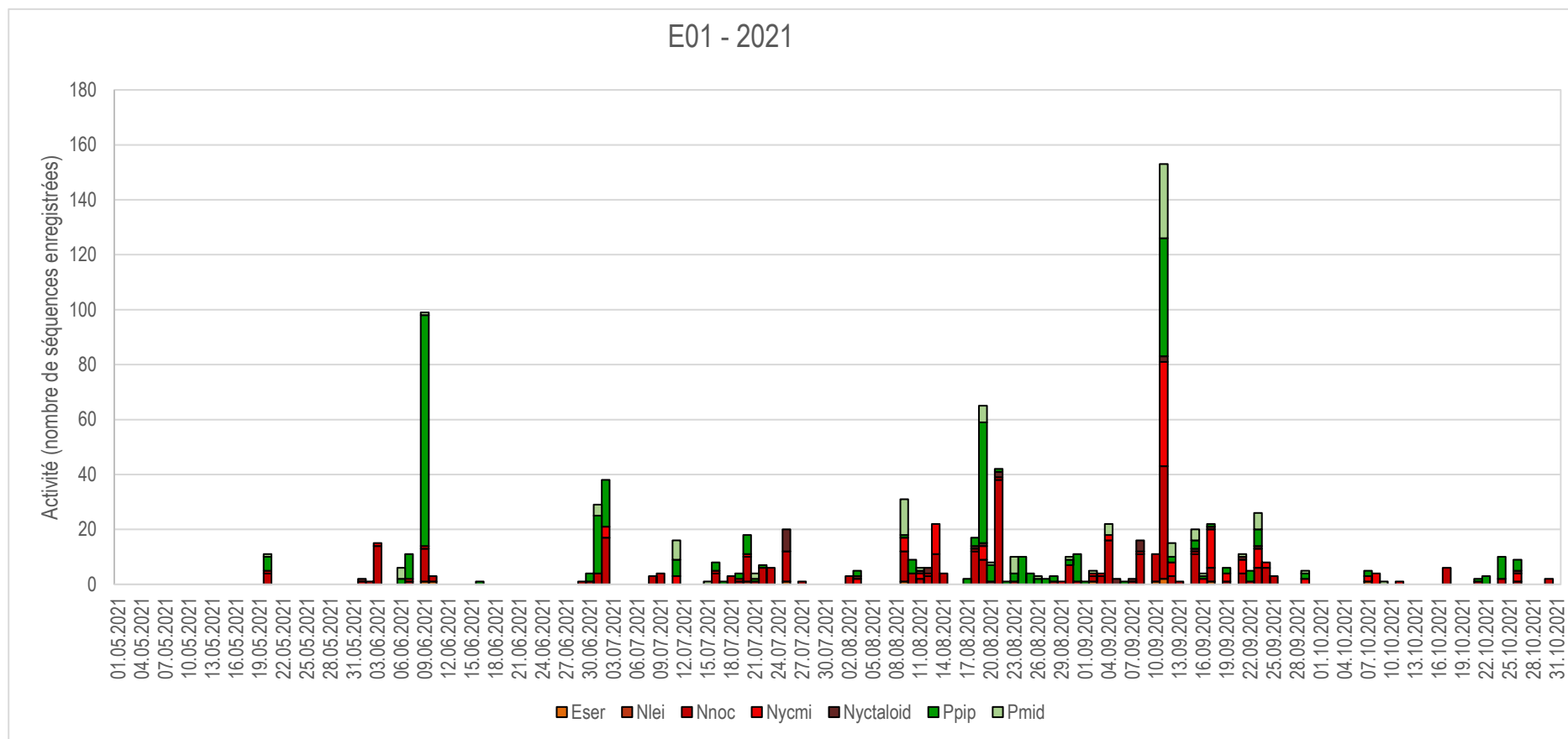
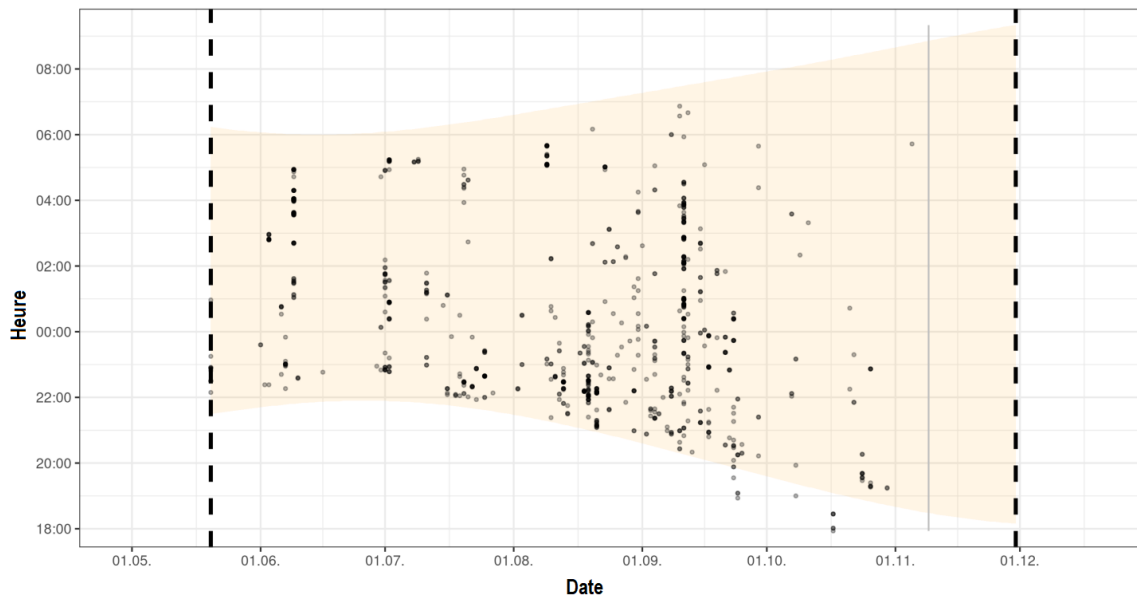


Figure 5 : Activité des chauves-souris au niveau de l'éolienne sur le parc ; l'activité est mesurée en nombre de séquences par espèce / groupe d'espèces et par nuit

Eser = *Eptesicus serotinus* ; **Nlei** = *Nyctalus leisleri* ; **Nnoc** = *Nyctalus noctula* ; **Nycmi** = *Nyctalus leisleri*, *Eptesicus serotinus* ; **Nyctaloid** = *Nyctalus noctula*, *Nyctalus leisleri*, *Eptesicus serotinus* **Pmid** = *Pipistrellus nathusii*, *Pipistrellus kuhlii* ; **Ppip** = *Pipistrellus pipistrellus*

Figure 6 : Évolution temporelle de l'activité des chauves-souris mesurée à partir de l'éolienne E01

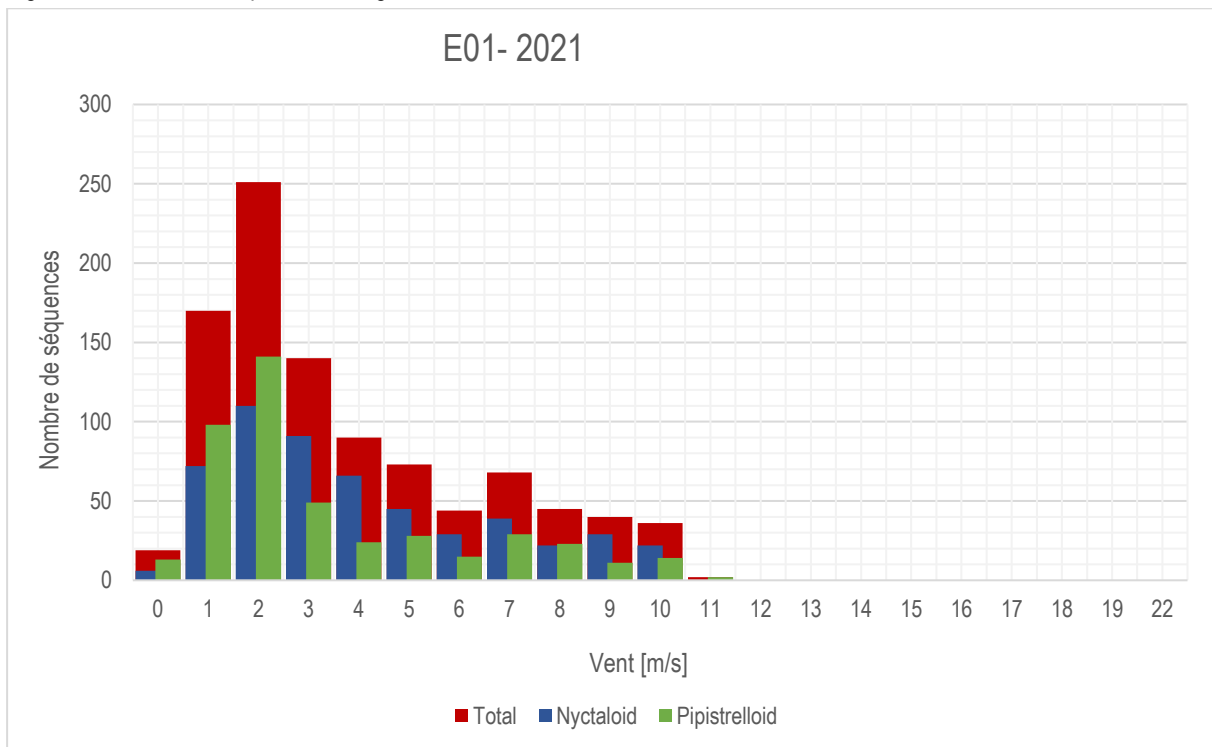


La Figure 6 représente l'activité des chiroptères mesurée en fonction des heures de la nuit, sur la période de mai à novembre. Le coucher et le lever du soleil sont représentés par la zone orangée, les lignes verticales en pointillés correspondent aux dates d'installation et de désinstallation et la zone grisée correspond à la période où le système n'a pas fonctionné.

D'une manière générale, l'activité des chauves-souris est plutôt équitablement répartie tout au long de la nuit, même si l'activité en début de nuit est souvent plus élevée. À partir de fin septembre, certaines chauves-souris sont détectées avant le coucher du soleil. Il sera donc nécessaire de prendre en compte ce paramètre dans le plan de bridage.

4.2.2 Activité des chauves-souris en fonction du vent

Figure 7 : Nombre de séquences enregistrées en fonction de la vitesse du vent à l'éolienne E01



La Figure 7 représente l'activité des chauves-souris en fonction de la vitesse du vent. Les vitesses du vent mesurées à intervalle de dix minutes sont croisées avec le cumul des séquences de chauves-souris enregistrées sur le même intervalle. Cette mise en corrélation de l'activité des chauves-souris avec la vitesse du vent permet de donner une première vision de l'activité de toutes les espèces de chauves-souris sur le parc en 2021. Le diagramme montre que l'activité commence quand la vitesse du vent est nulle et qu'aucune activité n'est détectée au-dessus de 11 m/s de vent. En général, les chiroptères sont donc actifs à des vitesses de vent élevées, ce qui augmente le risque de collision. En effet, l'activité est encore significative à des vitesses de vent comprises entre 6 et 10 m/s.

Ceci n'est qu'une première estimation de la corrélation entre activité et vitesse du vent. Afin de réduire de manière significative l'impact sur les chiroptères tout en assurant la productivité du parc, le logiciel **ProBat** est utilisé. Les résultats sont présentés dans le **chapitre 5.1.3**.

4.2.3 Activité des chauves-souris en fonction de la température

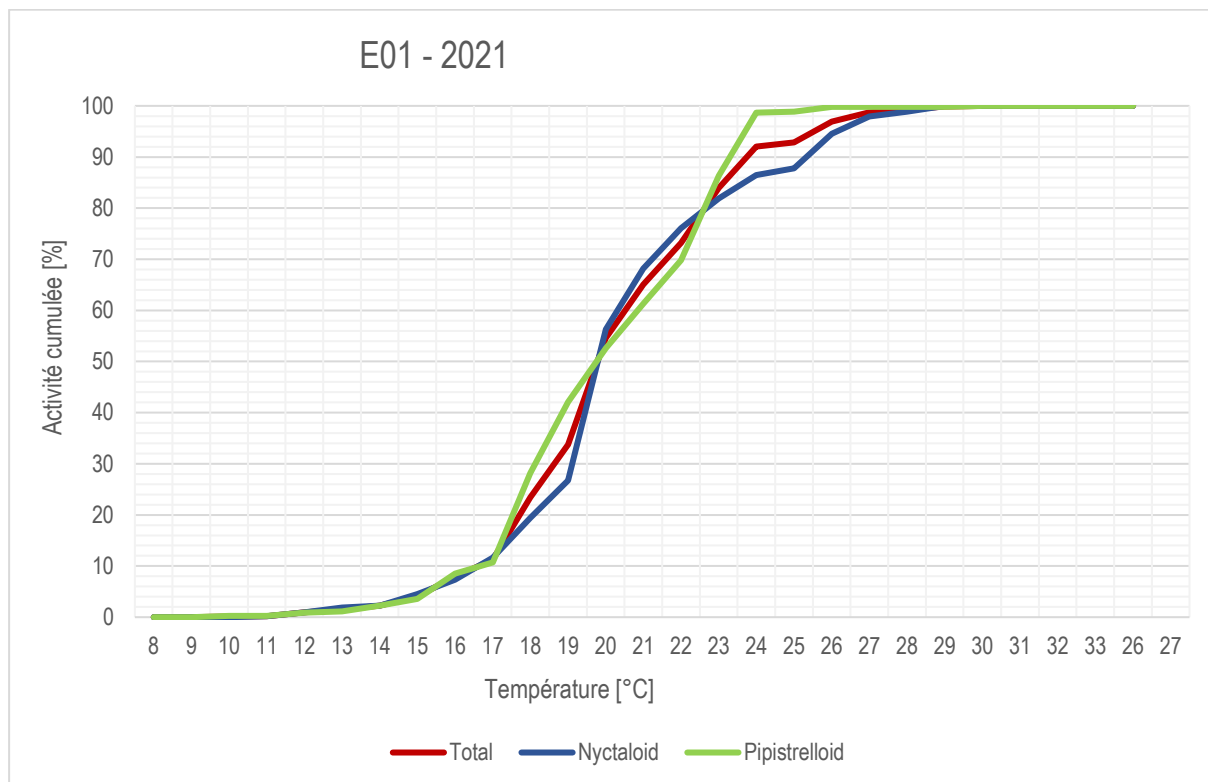


Figure 8 : Activité cumulée des chauves-souris en fonction de la température à l'éolienne

La Figure 8 représente l'activité chiroptérologique en fonction de la température. La courbe en rouge représente l'activité totale, en bleu celle des Nyctaloid et en vert celle des Pipistrelles. De manière générale, l'activité globale est comprise à des températures entre 11 et 30°C pour l'année 2021.

Le Tableau 8 ci-dessous représente les températures enregistrées aux alentours de l'éolienne E01 en fonction de l'activité des chauves-souris (nombre de séquences enregistrées) et pour chaque mois de la période de suivi. En effet, la corrélation entre l'activité et la température peut varier en fonction de la saison. En vert est donc représenté le rang de température pour chaque mois. Il n'y a aucune activité enregistrée en dessous de 11°C tout au long de l'année. Pendant les trois mois de la période estivale, aucune activité n'est enregistrée sous les 15°C.

Tableau 8 : Représentation des températures enregistrées à la nacelle en fonction de l'activité des chiroptères pour chaque mois de l'année de suivi

Température	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Total
33				0			0
32			0	0	0	0	0
31			0	0	0	0	0
30			1	0	0	0	1
29			0	0	4	2	6
28			0	0	5	0	5
27			0	2	14	2	18
26	0	0	0	23	15	2	40
25	0	0	0	0	1	7	8
24	0	54	11	4	10	0	79
23	0	48	34	5	18	0	105
22	0	12	28	6	34	0	80
21	0	3	14	28	57	0	102
20	0	2	29	26	141	6	204
19	0	5	14	42	40	0	101
18	0	1	8	101	8	1	119
17	1	14	0	8	8	2	33
16	8	0	3	2	10	14	37
15	1	0	0	5	10	2	18
14	1	0	0	0	1	5	7
13	0	0		0	0	6	6
12	0				2	5	7
11	0				0	1	1
10	0					1	1
9	0					0	0
8	0					0	0
Total	11	140	166	266	352	43	978

5 RECOMMANDATION POUR LES MESURES D'ASSERVISSEMENT

5.1 *Cadre général*

Du point de vue de la législation européenne et française, en particulier la Directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvage, toutes les chauves-souris sont protégées.

5.1.1 Nature des perturbations

Les effets temporaires des éoliennes :

Durant la construction du parc, les chauves-souris peuvent être temporairement affectées. Cela inclut la perte temporaire de terrains de chasse pendant la phase de construction, par exemple en raison du stockage de matériaux de construction ou du bruit et de l'éclairage pendant la construction de nuit. Cependant, ces effets peuvent être estimés comme étant comparativement faibles, d'autant plus que les mesures de construction sont principalement réalisées pendant la journée.

Les effets permanents des éoliennes :

Les effets possibles sur les chauves-souris peuvent être différenciés :

- Mortalité due à une éolienne (**collision de chauve-souris ou barotraumatisme**).
- Perte **d'axes de vol** et de **terrains de chasse** régulièrement utilisés.
- **Perte de gîte(s)** ou **perte de potentiel d'établissement de nouveaux gîtes**.
- Perturbation directe due à **l'effet barrière**.

En raison de la méthodologie choisie, le présent rapport n'examinera que le risque de collision à proximité immédiate des éoliennes étudiées.

5.1.2 Mortalité due aux éoliennes

Le nombre de chauves-souris tuées par les pales est nettement supérieur au nombre d'oiseaux abattus (DÜRR & BACH 2004). En raison de la difficulté d'étudier le comportement des chauves-souris pendant la chasse ou la migration autour des éoliennes existantes, il existe un manque de connaissances sur la manière dont les chauves-souris sont blessées malgré leur orientation ultrasonique (HORN ET AL. 2008). Les causes possibles de la mortalité pourraient être une **activité de chasse accrue** dans la zone de la nacelle due à une activité accrue des insectes (RYDELL ET AL. 2010) ou au paysage environnant (KELM et al. 2014, ROEMER et al. 2019, MACGREGOR & LEMAITRE 2020, BUCHHOLZ et al. 2021), une mauvaise appréciation de la vitesse du rotor ou la non-reconnaissance d'obstacles pendant la migration (AHLEN 2002, 2003 ; DÜRR & BACH 2004, BACH & RAHMEL 2004). Le fait que les chauves-souris réduisent la

fréquence des ultrasons de localisation lors de vols ciblés dans l'espace aérien libre, pour des raisons d'économie d'énergie, témoigne de l'incapacité à détecter les obstacles à temps (MCCRACKEN 2009). De plus, la pale du rotor est acoustiquement difficile à localiser en tant qu'obstacle tournant (LONG ET AL. 2010).

BAERWALD ET AL. (2008) ont pu prouver que non seulement une collision directe entraîne la mort, mais qu'un grand nombre de chauves-souris sont touchées par une réduction massive de la pression de l'air dans la zone des pales du rotor. Ce « **barotraumatisme** » cause des dommages aux tissus et aux poumons et conduit donc souvent à la mort. Dans un parc éolien avec un taux de mortalité élevée, une chauve-souris sur deux présentait des signes typiques du « barotraumatisme » (BEUCHER & KELM 2010). Le taux de mortalité des chauves-souris varie considérablement selon les études menées sur les différents parcs éoliens (BRINKMANN 2006, ENDL ET AL. 2004, GRÜNKORN 2005, TRAPP ET AL. 2002) et semble dépendre principalement des conditions du site. Selon BRINKMANN ET AL. (2006), il y a moins de victimes de collisions au pied des éoliennes situées en rase campagne. BRINKMANN ET AL. (2011) ont publié dans leur étude une estimation plutôt prudente de 8 à 12 victimes de collision par éolienne et par an. Ce chiffre peut être considéré comme la limite inférieure.

D'après DÜRR 2020, l'espèce la plus retrouvée en France est la Pipistrelle commune, suivie par la Pipistrelle de Nathusius, la Pipistrelle de Kuhl et la Noctule de Leisler.

Cependant, lors de la recherche de cadavres, il convient de noter que dans la plupart des cas, des problèmes méthodologiques viennent à se poser (NIERMANN ET AL. 2007). De plus, il est intéressant de prendre en compte la densité des espèces pour déterminer la sensibilité au risque de collision de chaque espèce retrouvée. Ainsi, ROEMER ET AL. (2017) ont calculé des index de sensibilité à partir des données de mortalité d'EUROBATS et ce sont *V.murinus*, les Noctules et *P.nathusii* qui sont apparues comme les plus sensibles. À partir d'enregistrements d'activité sur des mâts en France et en Belgique, cette sensibilité a été corrélée avec leur activité en hauteur.

DULAC (2008) décrit sur un parc de Vendée, suivi pendant 5 ans, que 91 % des individus morts avaient été trouvés entre juillet et octobre (pendant la phase d'accouplement et de migration) et 6 % au mois de mai. Par conséquent, les espèces migratrices semblent être particulièrement affectées par l'effet de collision lors de leurs vols de transfert du gîte d'été au gîte d'accouplement ou d'hiver (VOIGT ET AL. 2012). ROEMER ET AL. (2019) ont observé dans une étude réalisée sur des mâts en France et en Belgique que les vols hauts étaient plus importants en été et automne, ce qui semble expliquer les pics de mortalité à cette période. ROEMER ET AL. (2019) retiennent deux hypothèses expliquant cette activité en hauteur à

cette période : l'utilisation de vents de haute altitude pendant la migration (HEDENSTRÖM 2009) et la présence accrue d'insectes en hauteur du fait de conditions de vent favorables à leur migration (REYNOLDS ET AL. 2017). Toutefois, il y a un déficit de connaissances important dans le domaine de la migration des chauves-souris (RODRIGUES ET AL. 2008). De plus, certaines espèces non migratrices sont également touchées par ces collisions, notamment lors du transit vers les gîtes d'hiver et des périodes de swarming (BRINKMANN ET AL. 2006).

Les espèces « glaneuses » sont très peu représentées dans les statistiques de décès en raison de leurs terrains de chasse limités dans l'espace. Celles-ci favorisent les techniques de chasse proches du sol et ne sont pas touchées par les collisions (KULZER 2003). Les Murins (*Myotis*), par exemple, ne représentent que 0,06 % de toutes les découvertes de cadavres en Europe (DÜRR 2020).

Diverses études ont montré que les collisions de chauves-souris sont en corrélation avec de faibles vitesses de vent (par exemple ARNETT ET AL. 2008 ; BRINKMANN ET AL. 2011). Il a été prouvé à plusieurs reprises que le risque de collision est le plus élevé lorsque la vitesse du vent est inférieure à 6 m/s. VOIGT ET AL. (2015) soulignent également que les espèces migratrices, telles que la Noctule commune et la Pipistrelle de Nathusius, chassent même lorsque la vitesse du vent dépasse 7 m/s. BACH & BACH (2009) ont également constaté que ces espèces sont plus tolérantes au vent grâce à des études menées à hauteur des nacelles. En outre, il y a des indications que de faibles précipitations et des températures plus élevées (d'environ 13 °C à 25 °C) peuvent favoriser la fréquence des collisions (SEICHE ET AL. 2008, YOUNG ET AL. 2011).

5.1.3 Évaluation de l'activité des chauves-souris et du risque de collision du parc éolien

Pour ce rapport, l'évaluation des données disponibles est basée sur les recommandations du bureau d'études KJM Conseil, de la DREAL Centre-Val de Loire et du Protocole National.

Lors de l'enregistrement sur la nacelle E01, plusieurs espèces considérées comme étant à risque de collision ont été détectées : la **Noctule commune**, la **Sérotine commune**, la **Noctule de Leisler**, la **Pipistrelle commune** ainsi que la **Pipistrelle de Nathusius** et/ou la **Pipistrelle de Kuhl**.

Le nombre total de séquences enregistrées au niveau de la nacelle de l'éolienne E01 est de 978 (période de référence du 1^{er} mai au 31 octobre). Après le croisement des données d'activité avec les vitesses de vent mesurées à l'éolienne (Figure 7), il a été constaté que les chiroptères sont actifs à des vitesses de vent élevées, ce qui augmente le risque de collision, même avec ce type d'activité. En raison de la corrélation avérée entre des valeurs d'activité élevées, des vitesses de vent élevées et des taux de

collision élevés (BRINKMANN ET AL. 2011), le risque de collision mortel pour les chauves-souris est donc présent pour ce site. De plus, lors du suivi mortalité réalisé en 2021, deux Pipistrelles non-identifiables à l'espèce ont été retrouvées au pied des éoliennes E04 et E05 du parc en septembre.

En ce qui concerne le risque par rapport au cycle de vie des chiroptères et des saisons, l'activité est très faible jusque début juillet. En effet, seule une forte activité de Pipistrelle commune a été observée pendant une nuit en juin (Figure 5). Le site n'est donc pas concerné par la migration printanière et le risque de collision va augmenter à partir du mois de juillet car les chiroptères commencent à être actifs pendant la période de reproduction. L'activité étant également très faible en octobre, le risque de collision est négligeable.

Une augmentation significative du risque de collision peut être évitée pour toutes les espèces concernées en bridant les éoliennes du parc aux moments appropriés.

5.2 Résultats du calcul ProBat

En utilisant le logiciel ProBat (version 7.0), le nombre de chauves-souris victimes de collision sur la base de l'activité mesurée et les données de vent à hauteur de la nacelle ont permis de calculer un **bridage global** ainsi qu'un **bridage optimisé**. Ceux-ci sont calculés avec une tolérance de moins de deux victimes de collision par éolienne et par an.

D'après les résultats de l'activité (chapitre 4.2), seule la période de juillet à septembre présente un enjeu significatif pour les chiroptères. En revanche, la période minimum pour calculer une vitesse à l'aide de l'outil ProBat est du 15 juin au 15 octobre. Cette période sera donc utilisée pour le calcul.

Grâce à l'optimisation, le bridage optimisé est calculé pour chaque dixième de nuit pour les différents mois (Tableau 9). Un dixième de nuit représente 10 % de la moyenne de la durée de la nuit du mois concerné. Le calcul a été effectué en tenant compte de l'intervalle crépusculaire (15 % de la durée moyenne de la nuit du coucher du soleil au lever du soleil), car celui-ci contenait plus de 2 % de l'activité totale mesurée au cours de l'année de suivi. La perte d'énergie causée par les temps d'arrêt peut être réduite grâce à l'optimisation des vitesses de démarrage.

ProBat calcule que le nombre de victimes **sans bridage serait de 5,0 chauves-souris par an et par éolienne**. En conséquence, les vitesses de démarrage calculées sur la base du suivi mené en 2021 pour l'éolienne E01 sont les suivantes :

Vitesse de démarrage globale [m/s] (intervalle crépusculaire pris en compte dans le calcul)

- Nombre de victimes par collision par an sans bridage favorable aux chauves-souris : **5,0**
- Nombre de victimes par collision maximales acceptables par an avec bridage : **< 2,00 ***
- Vitesse de démarrage globale [m/s] : **4,6**

* d'après BRINKMANN ET AL. (2011)

Vitesses de démarrage optimisées [m/s] (intervalle crépusculaire non pris en compte dans le calcul)

- Les vitesses de démarrage optimisées pour les mois de mai à octobre (période de référence du 1^{er} mai au 31 octobre) sont présentées dans le tableau ci-dessous

Tableau 9 : Vitesses de démarrage optimisées calculées par ProBat pour le parc

Période de la nuit	Mois					
	5	6	7	8	9	10
-0.15-0					2.9	1.4
0-0.1	4.2	4.8	4.7	4.8	4.3	3.8
0.1-0.2	4.7	5.3	5.2	5.4	4.9	4.2
0.2-0.3	4.4	4.9	4.8	5.0	4.6	3.9
0.3-0.4	4.4	4.9	4.7	4.9	4.6	3.8
0.4-0.5	4.4	4.8	4.6	4.7	4.5	3.7
0.5-0.6	4.1	4.4	4.3	4.3	4.2	3.2
0.6-0.7	4.2	4.5	4.4	4.3	4.2	3.3
0.7-0.8	3.8	4.1	4.1	4.0	3.8	2.7
0.8-0.9	3.6	4.0	4.1	3.9	3.8	2.7
0.9-1	1.4	1.7	2.0	1.7	1.6	1.1

6 CONCLUSION

La société Champ Éolien des Rochers a souhaité mettre en œuvre un suivi en continu de l'activité des chiroptères en hauteur sur le parc Champ Éolien des Rochers dans le département de l'Indre (36). Cette étude a été réalisée du 20 mai au 8 décembre 2021 en équipant la nacelle de l'éolienne E01 de type VESTAS V80 (puissance de 2 000 kW, diamètre de rotor 100 m, hauteur de mât 80 m) d'un dispositif de détection et d'enregistrement des sons émis par les chiroptères.

Lors de l'enregistrement sur la nacelle E01, plusieurs espèces considérées comme étant à risque de collision ont été détectées : la **Noctule commune**, la **Sérotine commune**, la **Noctule de Leisler**, la **Pipistrelle commune** ainsi que la **Pipistrelle de Nathusius** et/ou la **Pipistrelle de Kuhl**.

Le nombre total de séquences enregistrées au niveau de la nacelle de l'éolienne E01 est de 978 (période de référence du 1^{er} mai au 31 octobre). Il a également été constaté que les chiroptères sont actifs à des vitesses de vent élevées (chapitre 4.2.2). En ce qui concerne la température, les résultats montrent que seuls les mois de septembre et octobre enregistrent de l'activité en dessous de 14°C. D'après les résultats de l'activité, l'intervalle crépusculaire doit être pris en compte en septembre et en octobre.

Ces résultats montrent que le risque pour les chiroptères est significatif à partir de juillet jusqu'à la fin du mois de septembre. En effet, l'activité migratoire est importante sur le site. Afin de réduire au maximum le risque de collision pour les chiroptères, l'algorithme ProBat a été utilisé.

Il est alors recommandé de mettre en œuvre les vitesses de démarrage optimisées (**variante I**) entre le 1^{er} juillet et le 30 septembre pour toutes les éoliennes du parc (chapitre 5.2, Tableau 9). En utilisant les vitesses de démarrage optimisées, les pertes d'énergie peuvent être réduites par rapport aux pertes d'énergie de la vitesse de démarrage globale (**variante II**).

Ainsi, afin de réduire le nombre de victimes par collision sur le parc, deux variantes sont proposées :

- I- Les **vitesses de démarrage optimisées** (Tableau 9, Chapitre 5.2) selon le calcul de ProBat, du 1^{er} juillet au 30 septembre, en période nocturne (du coucher au lever du soleil) lorsque la température est supérieure à 12°C, sans précipitation et pour toutes les éoliennes du parc.
- II- La **vitesse de démarrage globale** selon le calcul de ProBat (Chapitre 5.2), du 1^{er} juillet au 30 septembre, en période nocturne (du coucher au lever du soleil), pour une vitesse de vent de 4,6 m/s lorsque la température est supérieure à 12°C, sans précipitation et pour toutes les éoliennes du parc.

Etant donné qu'un bridage sera mis en place sur le parc et que de nombreux suivis mortalité ont déjà été réalisés sur le parc Champ Éolien des Rochers, il n'est pas recommandé de reconduire un suivi mortalité sur le parc en 2022.

7 BIBLIOGRAPHIE

ADOMEIT, U., I. NIERMANN, O. BEHR, U. R. BRINKMAN (2011) : Caractérisation de l'activité des Chiroptères à proximité des éoliennes à l'aide d'enregistrements stéréoscopiques à infrarouge. Dans : BRINKMAN, R., BEHR, O., NIERMANN, I. UND REICH, M. (HRSG.): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. – Umwelt und Raum Bd. 4, 425 – 457, Cuvillier Verlag, Göttingen.

AD'MISSIONS (2013): Suivi chiroptérologique du parc éolien de Saint-Genou

AHLÉN, I. (2002): Fladdermöss och fåglar dödade av vindkraftverk (bats and birds killed by wind turbines). - Fauna och Flora 97:3:14-22.

AHLÉN, I. (2003): Wind turbines and bats – a pilot study. - Final report 11 December 2003.

AMORIM F. REBELO H. RODRIGUES L. (2012) : Factors influencing bat activity and mortality at a wind farm in the Mediterranean region. Acta Chiropterologica 14(2) : 439-457

ARNETT, E. B.; BROWN K.; ERICKSON W. P.; FIEDLER, J.; HENRY, T. H.; JOHNSON, G. D.; KERNS, J.; KOLFORD, R. R.; NICHOLSON, C. P.; O'CONNELL, T.; PIORKOWSKI, M. & R. TANKERSLEY (2008): Patterns of fatality of bats at wind energy facilities in North America. Journal Wildlife Manage 72: 61 - 78

ARTHUR, L.& LEMAIRE, M. (2015) : Les chauves-souris maîtresses de la nuit. Delachaux et Niestlé, 268 pages.

ARTHUR, L.& LEMAIRE, M. (2009) : Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Deuxième édition. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris ; Biotope, Mèze, 544p (Hors collection ; 38).

BAERWALD, E.F., D'AMOURS, G.H., KLUG, B.J., BARCLAY, R. (2008) : Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. University of Calgary, Calgary.

BACH, L. & P. BACH (2009): Einfluss von Windgeschwindigkeiten auf die Aktivität von Fledermäusen. – Nyctalus, Berlin 14 (1-2): 3 - 13

BACH, L. & U. RAHMEL (2004): Überblick zu Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse – Eine Konfliktabschätzung - Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz 7: 245-252.

BARATAUD, M. (2012) : Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse. Biotope, Mèze ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (collection Inventaires et biodiversité), 344 pages.

BARATAUD, M. (2013) : Un référentiel standard pour juger de l'abondance d'activité des chasses des chiroptères : possibilités et limites.

BAS, Y., A. HAQUART, J. TRANCHARD & H. LAGRANGE (2014) : Suivis annuel continu de l'activité des Chiroptères sur 10 mâts de mesure : évaluation des facteurs de risque liés à l'éolien. Rencontres nationales « chauves-souris de la SFEPM », 3 et 4 mars 2012, Bourges. Symbioses N.S. 32 : 83-87.

BEHR O. BRINKMANN R. NIERMANN I. & KORNER-NIEVERGELT F. (2011) : Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen. In: BRINKMANN, R., BEHR, O., NIERMANN, I. UND REICH, M. (HRSG.): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. – Umwelt und Raum Bd. 4, 425 – 457, Cuvillier Verlag, Göttingen.

BEUCHER Y, KELM V. (2010) : Parc éolien de Castelnau-Pégayrols (12). Suivi de l'évaluation post-implantation de l'impact sur les chauves-souris. Bilan de campagne de la deuxième année d'exploitation (2009). Note synthétique extraite du rapport de Mars 2010 - EXEN et KJM Conseil.

BRINKMANN, R., BEHR, O., NIERMANN, I. und REICH, M. (Hrsg.) (2011): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Umwelt und Raum Bd. 4, 177-286, Cuvillier Verlag, Göttingen

BRINKMANN, R., SCHAUER-WEISSHAHN, H. & F. BONTADINA (2006): Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse im Regierungsbezirk Freiburg. – Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Regierungspräsidiums Freiburg, gefördert durch die Stiftung Naturschutzfonds Baden-Württemberg, 66 S.

BUCHHOLZ, S., KELM, V. & GHANEM, S.J. (2021) : Mono-specific forest plantations are valuable bat habitats: implications for wind energy development. *Eur J Wildl Res* 67, 1.

DÜRR, T. & L. BACH (2004): Fledermäuse als Schlagopfer von Windenergieanlagen – Stand der Erfahrungen mit Einblick in die bundesweite Fundkartei – Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz 7: 253-264.

DÜRR, T. (2020): Fledermausverluste an Windenergieanlagen – Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesumweltamt Brandenburg. Stand 07.01.2020

ECOBS: WKA Erweiterung 1.0 für den Batcorder 2.0, Bedienungsanleitung, Stand/Version 1.1 Juni 2010

ENDL, P., ENGELHART, U., SEICHE, K., TEUFERT, S., TRAPP, H., WERNER, M. & DREßLER, I. (2004): Untersuchung zum Verhalten von Fledermäusen und Vögeln an ausgewählten Windkraftanlagen. – Gutachten im Auftrag der Staatlichen Umweltfachämter Bautzen und Radebeul, Freistaat Sachsen.

GROUPE CHIROPTERES DE LA SFPEM, (2016) : Diagnostic chiroptérologique des projets éoliens terrestres. Actualisation 2016 des recommandations SFPEM, version 2.1 (fev 2016). Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères. Paris. 33 p. + annexes

GRÜNKORN, T. (2005): Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse. In: Report of the Intersessional Working Group on Wind Turbines and Bat Populations. Eurobats 10th Meeting of the Advisory Committee Bratislava, Slovak Republic, 25 – 27 April 2005.

HEDENSTRÖM A. (2009) : Optimal migration strategies in bats. *Journal of Mammalogy*, 90(6):1298–1309

HORN, J., ARNETT, E., and KUNZ, T., (2008) : Behavioral Responses of Bats to Operating Wind turbines,” *The Journal of Wildlife Management*, vol. 72, pp. 123–132

INDRE NATURE (2013) : Suivi mortalité avifaunistique et chiroptérologique du parc éolien de Saint-Genou

JARZEMBOWSKI, T., (2003) : Migration of the Nathusius' pipistrelle *Pipistrellus nathusii* (Vespertilionidae) along the Vistula Split, *Acta Theriol*, vol. 48, no. 3, pp. 301–308

JOURNAL OFFICIEL DES COMMUNAUTES EUROPEENNES, (1992) : Directive 92/43/CEE du conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages. 44 pages.

KALKO, E.K.V. (1995) : Echolocation signal design, foraging habitats and guild structure in six neotropical Sheath-tailed bats (Emballonuridae). *Symposium of the Zoological Society of London* 62 : 259-27

KAPFER G. & ARON S. (2007) : Temporal variation in flight activity, foraging activity and social interactions by bats around a suburban pond. *Lutra*, 50(1) : 9-18.

KULZER, E. (2003): Die Große Hufeisennase. In: Braun, M., Dieterlen, F. (2003): Die Säugetiere Baden Württembergs. - Band 1, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. S. 340 - 347

LABOURE, PAPON, GIRARD, LEROY, et MARTINEZ (2018) : Analyse de l'activité des chiroptères en fonctions des conditions météorologiques et de sa répartition au cours de la nuit, p. 8.

LIMPENS H.J.G.A. BOONMAN, M. KORNER-NIEVERGELT F. JANSEN E.A. VAN DER VALK M. LA HAYE M.J.J. DIRKSEN S. & VREUGDENHIL S.J. (2013) : Wind turbines and bats in the Netherlands - Measuring and predicting. Report 2013. 12, Zoogdiervereniging & Bureau Waardenburg

MACGREGOR, K. A. & J. LEMAÎTRE (2020): The management utility of large-scale environmental drivers of bat mortality at wind energy facilities: The effect of facility size, elevation and geographic location. *Global Ecology and Conservation* 21: e00871

MCCRACKEN, G. F. (2009): Mündl. Mittlg. vom 18. Januar 2009 (1st International Symposium on Bat Migration, Berlin).

MINISTERE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE (actualisation 2018) : Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens, 65 pages

MTES (2018) : Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, révision 2018

NCA ENVIRONNEMENT (2021) : Suivi de l'avifaune, écoute en hauteur et suivi de mortalité avifaune / chiroptères. Ferme éolienne des Rochers – commune de Saint-Genou (36)

NIERMANN, I.; BEHR, O. & BRINKMANN, R. (2007): Methodische Hinweise und Empfehlungen zur Bestimmung von Fledermaus-Schlagopferzahlen an Windenergieanlagen. – *Nyctalus (N.F.)*, Vol. 12, No. 2-3, S. 152-162.

RODRIGUES, L.; BACH, L.; DUBOURG-SAVAGE, M.-J.; GOODWIN, J. & C. HARBUSCH (2008): Guidelines for consideration of bats in wind farm projects. Eurobats Publication Series No. 3. UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany. 51 S.

ROEMER, C., DISCA, T., COULON A. & BAS, Y. (2017): Bat flight height monitored from wind masts predicts mortality risk at wind farms. *Biological Conservation* 215 (2017) 116–122.

ROEMER (2018) : Bat movement ecology at the local scale and anthropogenic collision risks. Muséum national d'Histoire naturelle.

ROEMER, C.; BAS, Y.; DISCA, T. & A. COULON (2020): Influence of landscape and time of year on bat-wind turbines collision risks. *Landscape Ecology* 34: 2869-2881.

RYDELL, J., BACH, L., M.-J. DUBOURG-SAVAGE, M. GREEN, L. RODRIGUES, and A. HEDENSTRÖM, (2010) : Bat Mortality at Wind Turbines in Northwestern Europe, *Acta Chiropterologica*, vol. 12, no. 2, pp. 261–274

SEICHE, K.; ENDL, P. & M. LEIN (2008): Fledermäuse und Windenergieanlagen in Sachsen 2006. *Naturschutz und Landschaftspflege*. 62 S. Trapp, H.; Fabian, D.; Förster, F. & O. Zinke (2002): Fledermausverluste in einem Windpark in der Oberlausitz. – *Naturschutzarbeit in Sachsen*, 44: 53 - 56.

SOCIETE FRANCAISE POUR L'ETUDE ET LA PROTECTION DES MAMMIFERES, CD Rom Version II (mars 2005) : Bibliographie sur la problématique éolienne versus chiroptères. Bourges.

SOCIETE FRANCAISE POUR L'ETUDE ET LA PROTECTION DES MAMMIFERES, 2019 : Cas de mortalité connus de chauves-souris par éolienne de 2003 à 2018. <<https://www.sfepm.org/le-groupe-chiropteres-national.html>>

SKIBA, R. (2009) : Europäische Fledermäuse. *Die Neue Brehm-Bücherei* 648. –Hohenwarsleben (Westarp Wissenschaften): 220 S

TERNOIS, V. (2019) : Impact of wind energy development on chiropters and birds - Temporary situation of known mortality in Champagne-Ardenne (update 2018) (INIS-FR--20-1152). France

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

VOIGT, C.; POPA-LISSEANU, A. G.; NIERMANN, I. & S. KRAMER-SCHADT (2012) : The Catchment Area of Wind Farms for European Bats: A Plea for International Regulations. *Biological Conservation* 153: 80 – 86.

VOIGT, C.; LEHNERT, L. S.; PETERSON, G.; ADORF, F. & L. BACH (2015) : WILDLIFE AND RENEWABLE ENERGY: GERMAN POLITICS CROSS MIGRATORY BATS. *EUROPEAN JOURNAL OF WILDLIFE RESEARCH* (2015) 61: 213 – 219.

WHITAKER, J.O.Jr. (1998) : Life history and roost switching in six summer colonies of eastern pipistrelles in buildings. *Journal of Mammalogy* 79 (2): 651-65

YOUNG, D. P. JR.; NOMANI, S.; TIDHAR, W. L & K. BAY (2011): NedPower Mount Storm Wind Energy Facility Post-Construction Avian and bat Monitoring. Report prepared for NedPower Mount Storm, LLC, Houston, Texas, USA. Western Ecosystems Technology, Inc., Cheyenne, Wyoming, USA. 52 S.

ZAHN, A.; LUSTIG, A. & M. HAMMER (2014): „Potentielle Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Fledermauspopulationen“. Anliegen Natur 36 (1). S. 21 – 35.