



**Ferme éolienne de Lichères  
Près Aigremont SAS**

## **Parc éolien de Lichères-près-Aigremont (89)**

### **Suivis environnementaux post-implantation en 2023**

- **Suivi de l'activité des chauves-souris**
- **Suivi de la mortalité des oiseaux et des chauves-souris**



SARL EXEN  
116 route de Séverac, 12310 VIMENET  
Tel : 05 81 63 05 99  
Mail : ybeucher@exen.pro

Avril 2024

## **Parc éolien de Lichères-près-Aigremont (89)**

Suivis environnementaux post-implantation en 2023

### **Suivi de l'activité des chauves-souris**

### **Suivi de la mortalité des oiseaux et des chauves-souris**

- **Recherches de mortalité sur site** : S. Veyrier, A. Langlois, C. Respaud
- **Organisation, méthodes** : A. Langlois, Y. Beucher
- **Analyse des données, interprétations** : M. Catala, A. Langlois
- **Rédaction, relecture** : M. Catala, A. Langlois

Avril 2024

## SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE.....</b>	<b>3</b>	2.3.4	<i>Chronologie de l'activité relevée en nacelle d'éolienne E12.....</i>	23	
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS.....</b>	<b>5</b>	2.3.5	<i>Influence de la vitesse du vent.....</i>	25	
<b>1 PREAMBULE .....</b>	<b>7</b>	2.3.6	<i>Influence de la direction du vent.....</i>	26	
1.1	CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE .....	7	2.3.7	<i>Influence de la température .....</i>	27
1.2	RAPPEL DES RESULTATS DES SUIVIS ANTERIEURS .....	9	2.3.8	<i>Rythme d'activité nocturne .....</i>	28
1.2.1	<i>Étude d'impact (LPO Yonne, 2008) .....</i>	9	<b>3 SUIVI DE LA MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX.....</b>	<b>29</b>	
1.2.2	<i>Suivi de l'avifaune (Bureau d'études Sciences Environnement, 2018-2019).....</i>	9	3.1	OBJECTIFS DU SUIVI DE LA MORTALITE.....	29
1.2.3	<i>Suivi environnemental 2021-2022 (Sens Of Life, 2022).....</i>	9	3.2	METHODOLOGIE .....	29
<b>2 SUIVI DE L'ACTIVITE DES CHAUVES-SOURIS EN HAUTEUR .....</b>	<b>11</b>	3.2.1	<i>Choix d'une méthode standardisée .....</i>	29	
2.1	METHODOLOGIE .....	11	3.2.2	<i>Choix des périodes de suivis et fréquence des visites.....</i>	29
2.1.1	<i>Suivi automatisé en continu (suivi passif) : généralités et organisation .....</i>	11	3.2.3	<i>Choix des éoliennes suivies.....</i>	30
2.1.2	<i>Présentation de l'enregistreur acoustique utilisé.....</i>	11	3.2.4	<i>Organisation des parcours de prospection .....</i>	30
2.1.3	<i>Choix de l'éolienne à équiper .....</i>	12	3.2.5	<i>Recueil des données .....</i>	32
2.1.4	<i>Plage/pression de suivi en hauteur .....</i>	13	3.2.6	<i>Détermination des coefficients correcteurs.....</i>	33
2.1.5	<i>Traitement et analyse des données.....</i>	13	3.2.7	<i>Estimation de la mortalité « réelle » du parc.....</i>	35
2.1.6	<i>Utilisation de l'espace par les chauves-souris et typologie des modes de vol .....</i>	15	3.2.8	<i>Evaluation des impacts du parc éolien de Lichères-près-Aigremont.....</i>	38
2.2	LIMITES DE LA METHODOLOGIE .....	17	3.2.9	<i>Evaluation de l'efficacité ou de l'échec d'une mesure corrective.....</i>	40
2.2.1	<i>Suivi passif (depuis la nacelle d'éolienne).....</i>	17	3.3	LIMITES DE LA METHODOLOGIE .....	41
2.2.2	<i>Difficultés d'identification acoustique de certaines espèces .....</i>	17	3.4	PLANNING DES VISITES, MORTALITES BRUTES RETROUVEES ET SURFACE PROSPECTEE.....	43
2.2.3	<i>Autres limites de détection acoustique .....</i>	18	3.5	BILAN DE LA MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS.....	44
2.3	RESULTATS DU SUIVI EN CONTINU DE L'ACTIVITE DES CHIROPTERES .....	19	3.5.1	<i>Bilan des mortalités brutes.....</i>	44
2.3.1	<i>Cortège d'espèces .....</i>	19	3.5.2	<i>Taux de mortalité des chiroptères.....</i>	46
2.3.2	<i>Proportion d'espèces ou de groupe d'espèces .....</i>	21	3.6	BILAN DE LA MORTALITE DES OISEAUX .....	48
2.3.3	<i>Évolution saisonnière.....</i>	22	3.6.1	<i>Bilan des mortalités brutes.....</i>	48
			3.6.2	<i>Taux de mortalité des oiseaux.....</i>	50

<b>4</b>	<b>EVALUATION DES IMPACTS DU PARC EOLIEN DE LICHÈRES-PRES-AIGREMONT.....</b>	<b>52</b>	6.1	MESURES CONCERNANT LES CHIROPTERES.....	59
4.1	IMPACT SUR LES CHIROPTERES.....	52	6.2	MESURES CONCERNANT LES CHIROPTERES ET LES OISEAUX.....	59
4.1.1	<i>Analyse quantitative et comparaisons avec d'autres parcs éoliens</i> .....	52	6.2.1	<i>Réduire les facteurs d'attractivité de la faune volante aux abords des éoliennes</i> .....	59
4.1.2	<i>Analyse qualitative des impacts sur les chiroptères</i> .....	53	<b>7</b>	<b>CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>60</b>
4.2	IMPACT SUR L'AVIFAUNE.....	54	7.1	SUIVI DE L'ACTIVITE DES CHIROPTERES.....	60
4.2.1	<i>Analyses quantitatives et comparaisons avec d'autres parcs éoliens</i> .....	54	7.2	SUIVI DE LA MORTALITE DES CHIROPTERES ET DES OISEAUX.....	60
4.2.2	<i>Analyse qualitative des impacts sur l'avifaune</i> .....	54	7.2.1	<i>Concernant les chiroptères</i> .....	60
<b>5</b>	<b>BILAN DE L'EFFICACITE DU BRIDAGE NOCTURNE DES EOLIENNES EN 2023 .....</b>	<b>55</b>	7.2.2	<i>Concernant les oiseaux</i> .....	60
5.1	RAPPEL DU PATTERN DE REGULATION INITIAL.....	55	7.3	MESURES CORRECTIVES ET PERSPECTIVES .....	60
5.2	MORTALITES BRUTES, MORTALITES ESTIMEES ET IMPACTS DU PARC SUR LES CHIROPTERES .....	55	<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>61</b>	
5.3	VERIFICATION DU DIMENSIONNEMENT DE LA REGULATION NOCTURNE DES MACHINES.....	55	<b>8</b>	<b>ANNEXES.....</b>	<b>63</b>
5.4	VERIFICATION DE L'OPERATIONNALITE DU BRIDAGE NOCTURNE DES MACHINES .....	57	8.1	ANNEXE 1 : MODALITES DE DETERMINATION.....	63
5.5	CONCLUSION .....	57	8.2	ANNEXE 2 : FICHE DE RELEVÉ DE TERRAIN.....	64
<b>6</b>	<b>MESURES DE REDUCTION DES IMPACTS.....</b>	<b>59</b>	8.3	ANNEXE 3 : DONNEES BRUTES DE MORTALITES DECOUVERTES.....	66

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

<i>Figure 1 : Carte de localisation du parc éolien</i> .....	8	<i>Figure 15 : Décomposition de l'activité chiroptérologique (en secs d'activité cumulée par nuit) des chauves-souris au niveau de la nacelle de l'éolienne E12 en fonction des vitesses de vent et en fonction des mois</i> .....	25
<i>Figure 2 : Zone de couverture acoustique des Batcorders sous les nacelles d'éoliennes (modèle Enercon E72 en haut, modèle Vestas en bas)</i> .....	12	<i>Figure 16 : Graphique présentant l'occurrence de chaque direction du vent (à gauche) et l'activité chiroptérologique (à droite) relevées en nacelle d'éolienne E12</i> .....	26
<i>Figure 3 : Distances de détection (minimum et maximum) pour des signaux de pipistrelles et noctules (20 et 40 kHz de fréquences)</i> .....	12	<i>Figure 17 : Décomposition de l'activité cumulée des chauves-souris en hauteur en fonction de la température relevée en parallèle des enregistrements d'activité en nacelle de l'éolienne E12</i> .....	27
<i>Figure 4 : Synthèse de la plage de fonctionnement en continu du Batcorder et nombre d'enregistrements relevés</i> .....	13	<i>Figure 18 : Rythme d'activité nocturne (en secondes d'activité cumulée) par groupe d'espèces mesuré au niveau de la nacelle de l'éolienne E12</i> .....	28
<i>Figure 5 : Schéma caractérisant le paramètre « Posttrigger » (ici configuré sur 400 ms)</i> .....	13	<i>Figure 19 : Décomposition de l'activité moyenne (en seconde d'activité par nuit) des chauves-souris au niveau de la nacelle de l'éolienne E12 en fonction de l'écart avec le lever ou le coucher du soleil</i> .....	28
<i>Figure 6 : Liste des espèces de chiroptères par ordre d'émission décroissante, avec distances de détection et coefficient de détectabilité selon qu'elles évoluent en milieu ouvert ou en sous-bois (Barataud, 2015)</i> .....	14	<i>Figure 20 : Calendrier et pression de suivi des visites effectuées lors du suivi de 2023 sur le parc de Lichères-près-Aigremont</i> .....	29
<i>Figure 7 : Référentiel EXEN de niveau d'activité pour une nuit mesurée par un Batcorder en éolienne (en secondes d'activité cumulée/nuit)</i> .....	14	<i>Figure 21 : Schéma représentatif du transect de prospection théorique au sein de la surface-échantillon à prospecter</i> .....	30
<i>Figure 8 : Schéma théorique de l'activité des chiroptères selon le type de vol, et problématiques liées aux différents types d'implantation d'éolienne (forêt, lisière ou milieu ouvert)</i> .....	16	<i>Figure 22 : Carte de l'orientation des surfaces de prospection théoriques de 1 ha et des surfaces prospectées lors du suivi de la mortalité sous les éoliennes de Lichères-près-Aigremont en 2023</i> .....	31
<i>Figure 9 : Exemple de recouvrements dans les signaux de plusieurs espèces (En haut : le groupe des Fréquences Modulées Aplanie &gt;30KHz, en bas : le groupe des « Sérotules »)</i> .....	17	<i>Figure 23 : Clichés des principaux critères utilisés pour la détermination des chauves-souris</i> .....	32
<i>Figure 10 : Tableau recensant l'ensemble des espèces contactées au cours du suivi en continu (en blanc sont représentées les espèces dont la détermination reste incertaine, en gris : les espèces identifiées avec certitude)</i> .....	19	<i>Figure 24 : Clichés des peluches utilisées pour la réalisation des tests de détection (sur un autre site) et des difficultés de détection qui peuvent exister selon le substrat (cercles en rouge)</i> .....	33
<i>Figure 11 : Proportion d'activité par groupe d'espèces relevé au niveau du point d'enregistrement en continu sur l'éolienne E12 (en haut détail par espèce ou groupe d'espèces, en bas par groupe de vol)</i>	21	<i>Figure 25 : Grille de calcul pour la définition du risque d'occurrence de la mortalité des chiroptères</i> ...	38
<i>Figure 12 : Tableau de continuité de présence de chaque espèce (ou groupe d'espèces) au cours du suivi en continu en 2023, basée sur les données enregistrées en nacelle de l'éolienne E12 (en seconde d'activité par quinzaine) (Avril-2 : deuxième quinzaine du mois d'avril ; les couleurs sont arbitraires mais les couleurs foncées représentent un niveau d'activité plus important)</i> .....	22	<i>Figure 26 : Grille de calcul pour la définition du niveau d'impact théorique</i> .....	38
<i>Figure 13 : Chronologie de l'activité (en secondes d'activité cumulée par nuit) par espèce et groupe d'espèces (en haut) et par groupe de vol (en bas) relevés en nacelle d'éolienne E12</i> .....	24	<i>Figure 27 : Grille de calcul pour la définition du risque d'occurrence de la mortalité</i> .....	39
<i>Figure 14 : Corrélation inverse entre la vitesse du vent et l'activité cumulée des chauves-souris au niveau de l'éolienne E12 (sur la base des données relevées en 2023 en nacelle d'éolienne E12)</i> .....	25	<i>Figure 28 : Proposition d'aide au mode d'évaluation de l'efficacité ou de l'échec de la mesure pour différentes situations (Beucher et al., 2022)</i> .....	40
		<i>Figure 29 : Tableau récapitulatif des visites et des observations de mortalités brutes sur le parc (dans le cadre du suivi de la mortalité)</i> .....	43
		<i>Figure 30 : Tableau recensant l'ensemble des espèces impactées au cours du suivi de la mortalité au sol en 2023</i> .....	44
		<i>Figure 31 : Photographies du Grand murin retrouvé sous E12 le 18 mai 2023</i> .....	44

Figure 32 : Cartographie du constat de mortalité de chiroptère sur le parc de Lichères-près-Aigremont en 2023..... 45

Figure 33 : Résultats des tests de détection ..... 46

Figure 34 : Résultats des tests de persistance ..... 46

Figure 35 : Paramètres à renseigner dans EolApp ..... 46

Figure 36 : Tableau récapitulatif des résultats de EolApp pour les chauves-souris ..... 47

Figure 37 : Tableau récapitulatif des résultats de GenEst pour les chauves-souris ..... 47

Figure 38 : Tableau récapitulatif des différents statuts de protection, de conservation et la valeur patrimoniale pour l'espèce impactée..... 48

Figure 39 : Photographies du Bruant proyer retrouvé le 25 mai 2023 sous E11..... 48

Figure 40 : Localisation du cas de mortalité d'oiseaux (effectif constaté) en 2023 ..... 49

Figure 41 : Résultats des tests de détection ..... 50

Figure 42 : Résultats des tests de persistance ..... 50

Figure 43 : Paramètres à renseigner dans EolApp ..... 50

..... 50

Figure 44 : Résultats des estimations de la mortalité des oiseaux obtenus avec EolApp ..... 51

Figure 45 : Tableau récapitulatif des résultats de GenEst pour les oiseaux..... 51

Figure 46 : Comparatif des taux de mortalité calculés en 2023 et leurs intervalles de confiance pour l'avifaune..... 51

**Figure 47 : Taux de mortalité de chiroptères calculés pour différents suivis des parcs éoliens référencés en France (mise à jour du tableau de l'ALEPE) ..... 52**

Figure 48 : Définition du niveau d'impact théorique pour les espèces impactées et/ou contactées en nacelle d'éolienne en 2023 (en blanc : les espèces contactées potentiellement en hauteur, en gris : espèce contactée avec certitude en hauteur ou retrouvée au sol) ..... 53

Figure 49 : Tableau des niveaux d'impact théoriques par espèce relevés sur le parc de Lichères-près-Aigremont..... 54

Figure 50 : Simulation de l'activité totale qui devait être à risque en nacelle de l'éolienne E12, compte tenu des paramètres de régulation, en fonction des groupes de vol..... 56

Figure 51 : Chronologie nocturne du fonctionnement de la régulation, sur l'éolienne E12 (extrait du rapport issu de Probat inspector (@ OekoFor GbR ; <https://oekofofor.shinyapps.io/probat-inspector/>) .58

# 1 PREAMBULE

## 1.1 Contexte général de l'étude

Situé sur la commune de Lichères-près-Aigremont, dans le département de l'Yonne (89), le parc de Lichères-près-Aigremont a été mis en service en 2017. Le parc est constitué de 6 éoliennes de types Vestas V110/2000 (puissance de 2 000 kW, diamètre de 110 m). La hauteur de nacelle est de 95 m et la garde au sol est de 40 m.

La figure 1 de la page suivante localise le parc éolien de Lichères-près-Aigremont.

Le parc éolien est situé dans un secteur de plaines agricoles et de bosquets. La culture de céréales et l'élevage sont les activités principales. Il est soumis aux influences climatiques continentales et la topographie du site est plane.

Les éoliennes du parc de Lichères-près-Aigremont ne sont pas implantées proches d'une rupture de pente. Cette précision est importante à apporter car l'expérience montre que le relief peut jouer considérablement sur les risques de mortalité, notamment pour les chauves-souris qui peuvent exploiter certains essaimages ponctuels d'insectes en hauteur, mais aussi sur les oiseaux et notamment les grands voiliers, utilisateurs réguliers de ce type d'ascendances.

Le suivi post-implantation du parc réalisé en 2021-2022 a mis en évidence un impact sur les chiroptères. La société « Ferme éolienne de Lichères Près Aigremont SAS » a donc mandaté le bureau d'étude EXEN, spécialisée dans l'étude de la faune sauvage et de ses rapports avec le développement éolien, pour vérifier l'efficacité de la mesure de régulation, en conformité avec le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (révision 2018). Pour ce faire, le présent document propose un bilan décomposé :

- Des résultats du suivi de l'activité des chiroptères pour la campagne 2023 (entre le 12 avril et le 2 novembre 2023),
- Des résultats du suivi de la mortalité des oiseaux et des chauves-souris sous les éoliennes pour la campagne de 2023 (entre mai et octobre 2023).

La synthèse des résultats de ces différentes missions doit permettre d'aboutir à une évaluation de l'efficacité des mesures mises en place, à une évaluation objective des impacts du parc éolien sur la faune volante et à la recherche de nouvelles mesures correctives, le cas échéant.

De plus, l'analyse du suivi d'activité des chiroptères permettra de préciser les conditions de risques d'impacts (typologie des mortalités, saisonnalités, facteurs météorologiques...), et d'apporter des

éléments supplémentaires pour affiner les mesures de réduction, si besoin, pour faire en sorte que les modalités d'exploitation du parc éolien limitent les risques de façon significative.

Figure 1 : Carte de localisation du parc éolien



## 1.2 Rappel des résultats des suivis antérieurs

### 1.2.1 Étude d'impact (LPO Yonne, 2008)

L'étude d'impact du parc éolien de Lichères-près-Aigremont a montré pour l'avifaune :

- Une migration intense (50 espèces au total) avec des données intéressantes notamment sur les échassiers et les grands rapaces notamment les Grues cendrées et les Milan royaux. Les Bois communaux de Lichères, Nitry et Saint-Cyr sont survolés de manière préférentielle alors que les zones cultivées sont évitées.
- Un peuplement d'oiseaux nicheur relativement bien diversifié, avec 57 espèces recensées dans l'aire d'étude (rayon de 10km).
- Aucune mesure n'a été spécifiquement émise pour l'avifaune hivernante. L'implantation d'une haie de 850 mètres de longueur au nord de la zone d'étude est toutefois favorable à cette population.

Aucune donnée concernant les chiroptères n'est présente dans l'étude d'impact.

### 1.2.2 Suivi de l'avifaune (Bureau d'études Sciences Environnement, 2018-2019)

Des suivis comportementaux de l'avifaune ont été réalisés en 2018-2019 sur le site du parc éolien de Lichères-près-Aigremont.

- **Migration** : 43 espèces observées en 2018 et 45 en 2019 dont 13 espèces sensibles. Il semble toutefois nécessaire de réaliser un suivi de mortalité complet cadrant à minima les périodes de migration du Milan royal : espèce très sensible aux éoliennes et dont plusieurs couloirs de migration passant directement sur le parc ont été identifiés en 2008 puis confirmés lors du suivi de 2018-2019.  
« Les résultats obtenus en période des migrations de printemps et d'automne sur la zone d'étude ne sont sujets à remettre en cause les conclusions de l'étude d'impact. »
- **Passereaux nicheurs** : En 2018, 54 espèces nicheuses ont été observées dont 5 remarquables et 46 espèces en 2019 sont 3 remarquables.  
« Aucun impact significatif du parc éolien de Lichères-près-Aigremont n'aura pu être mis en évidence lors du suivi de l'avifaune nicheuse réalisé en 2018 et 2019. »
- **Passereaux hivernants** : 14 espèces ont été notées en période hivernale au cours des suivis.  
« Les résultats du suivi post-implantation en période hivernale sur la zone d'étude ne sont sujets à remettre en cause les conclusions de l'étude d'impact. »

### 1.2.3 Suivi environnemental 2021-2022 (Sens Of Life, 2022)

Les conclusions de ce suivi environnemental (réalisé de septembre 2021 à septembre 2022) sont les suivantes.

#### ❖ Concernant les oiseaux :

Le suivi comportemental a mis en évidence une diversité spécifique pour l'avifaune : moyenne en période de migration (16 espèces) et élevée en période de nidification (53 espèces). Toutes périodes confondues, 17 de ces espèces présentent un intérêt patrimonial. La migration active en période postnuptiale s'effectue de manière diffuse au sein de l'emprise du projet, avec deux couloirs de migration, l'un passant au niveau de l'éolienne E09 puis entre les éoliennes E04 et E11 et l'autre à l'est de l'éolienne E12.

Au total, 23 cas de mortalité d'avifaune ont été observés lors de ce suivi avec notamment la présence de 12 Alouette des champs, d'une buse variable et d'un faucon crécerelle. Le taux de mortalité pour l'avifaune en 2023 est estimé entre **6,2 et 8,0 mortalités par éolienne et par an**.

Toutefois, aucune mortalité d'espèce cible n'a été constatée sur le parc à la suite de la mise en place du dispositif SafeWind, montrant ainsi son intérêt sur le site.

#### ❖ Concernant les chiroptères :

Entre le 10 février et le 31 octobre 2022, 90% de l'activité acoustique des chiroptères enregistrée en nacelle de l'éolienne E12 du parc de Lichères-Près-Aigremont a été caractérisée par les paramètres suivants :

- Du coucher au lever du soleil (entre 21h00 et 05h30),
- Pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 6,5 m.s-1,
- Pour des températures comprises entre 11°C et 24°C.

En revanche, 26 chiroptères ont été retrouvées lors du suivi de mortalité dont 10 pipistrelles communes et 7 noctules communes. Le taux de mortalité estimé en 2023 est de **13 à 23 chiroptères tués par éolienne par an**, ce qui est élevé pour un parc dans ce contexte-là.

La découverte de ces mortalités a incité le parc à mettre en place un bridage préventif des éoliennes dès le 05/09/2022 jusqu'au 31/10/2022 et qui semble avoir porté ces fruits puisqu'aucune mortalité n'a été découverte après la mise en place du bridage.

Le bridage sur les machines est défini selon les paramètres suivants :

Entre le 1<sup>er</sup> mai et le 31 juillet et entre le 16 septembre et le 31 octobre :

- Du coucher au lever du soleil,
- Pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 5,5 m.s-1,
- Pour des températures supérieures ou égales à 10°C,

Entre le 1<sup>er</sup> août et le 15 septembre :

- Du coucher au lever du soleil,
- Pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 6,5 m.s-1.

## 2 SUIVI DE L'ACTIVITE DES CHAUVES-SOURIS EN HAUTEUR

### 2.1 Méthodologie

#### 2.1.1 Suivi automatisé en continu (suivi passif) : généralités et organisation

Le suivi d'activité chiroptérologique en nacelle d'éolienne fait désormais partie intégrante des suivis environnementaux post-implantation imposés par le protocole de suivi des parcs éoliens terrestres (MTES, 2018).

C'est la seule méthode pertinente à ce jour permettant une analyse croisée des mortalités et de l'activité des chiroptères est celle basée sur un suivi en continu de cette activité bioacoustique sur plusieurs mois, et à hauteur des nacelles. L'activité chiroptérologique est en effet toujours très hétérogène dans le temps (selon les saisons, d'une nuit à l'autre, et au sein d'une même nuit), ce qui implique d'éviter tout échantillonnage de suivi par périodes, par mois ou par nuits. Seul un suivi en continu sur le long terme (au moins sur la même période retenue pour le suivi de la mortalité) peut permettre d'apprécier une évolution fine de cette activité. C'est d'autant plus important que l'expérience montre (BEUCHER & KELM 2012) que certains pics d'activité parfois très importants et très ponctuels correspondent à certains pics de mortalités.

L'activité des chauves-souris est également très différente sur un gradient altitudinal (selon les types d'espèces, leurs comportements de chasse, la structure de végétation, les conditions météo, les effets d'aérodynamisme...). Afin de percevoir un rapport de cause à effet entre activité et mortalité, il s'agira de chercher à suivre l'activité des chauves-souris au plus proche du secteur de risque, c'est-à-dire à hauteur du rotor des éoliennes.

Au-delà de la prise en compte des biais d'échantillonnage temporel ou altitudinal, il reste la question de l'échantillonnage géographique. L'activité des chauves-souris s'organise aussi en fonction de la configuration du site, des types de milieux, des corridors de lisières, du contexte topographique et des phénomènes d'aérodynamisme... et donc plus largement des fonctionnalités des différents secteurs pour les chiroptères.

#### 2.1.2 Présentation de l'enregistreur acoustique utilisé

Pour suivre l'activité des chauves-souris en parallèle de la mortalité, un détecteur/enregistreur d'ultrasons de type Batcorder (1.0) a été utilisé. Au-delà de la qualité du matériel et des enregistrements acoustiques, ce type de matériel présente également différents modules et paramétrages possibles selon la destination du boîtier, et bénéficie dans tous les cas, de capacités d'autonomie pour des suivis en continu et de contrôles à distance.

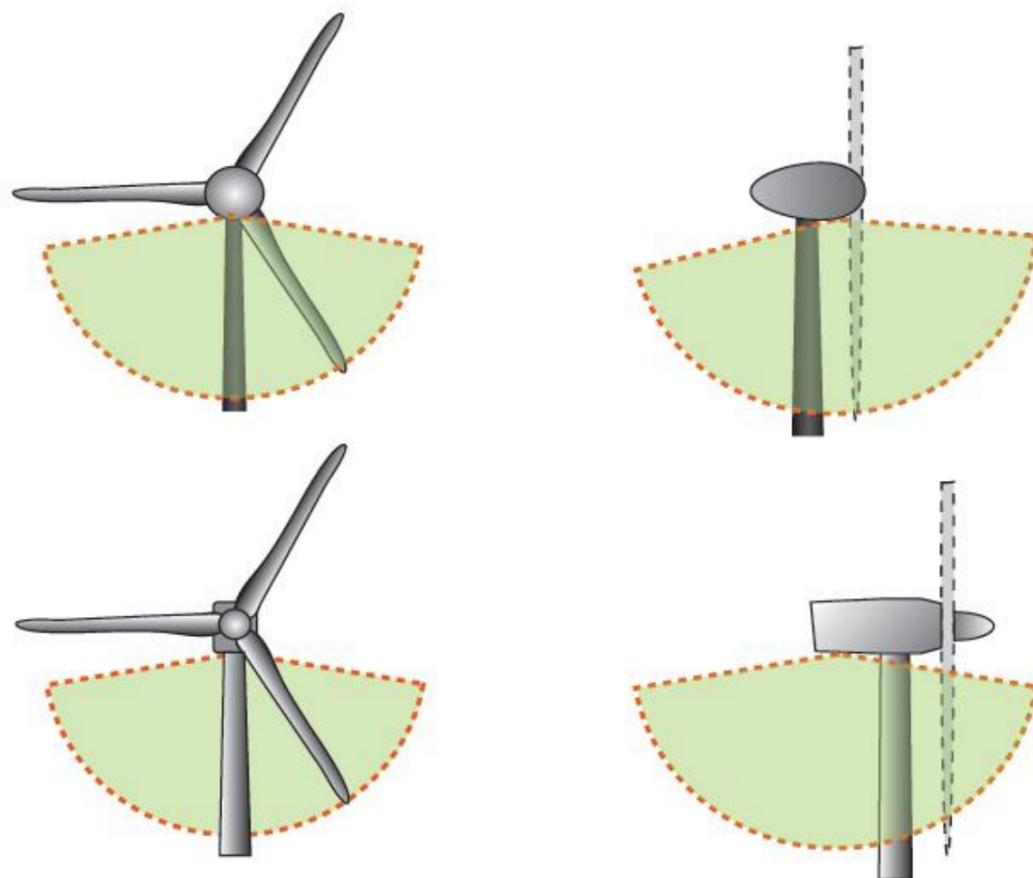
Les paramètres utilisés au niveau des modules Batcorders autonomes sont les suivants :

- Quality : 20
- Threshold : 27 dB
- Posttrigger : 800 ms
- Critical frequency : 14 kHz
- Heure de déclenchement et de veille : 18h-8h (en heure locale)

Au niveau de l'éolienne équipée (E12), il s'agissait de caractériser l'activité des chauves-souris dans ou à proximité de la zone de rotor de l'éolienne (principalement dans un demi-espace inférieur, cf figure suivante). Un module spécial éoliennes (WKA) est proposé par la société eco Obs comprenant :

- une alimentation en 220 V sur éolienne,
- une batterie de secours,
- un boîtier GSM permettant un contrôle à distance quotidiennement (envoi automatisé de SMS),
- un micro multidirectionnel adapté à la structure de nacelles en fibre de verre (micro disk qui traverse la paroi de la nacelle),
- un système d'accroche interne et d'antivibrations,
- un paramétrage particulier limitant la détection de bruits parasites machines de basse fréquence.

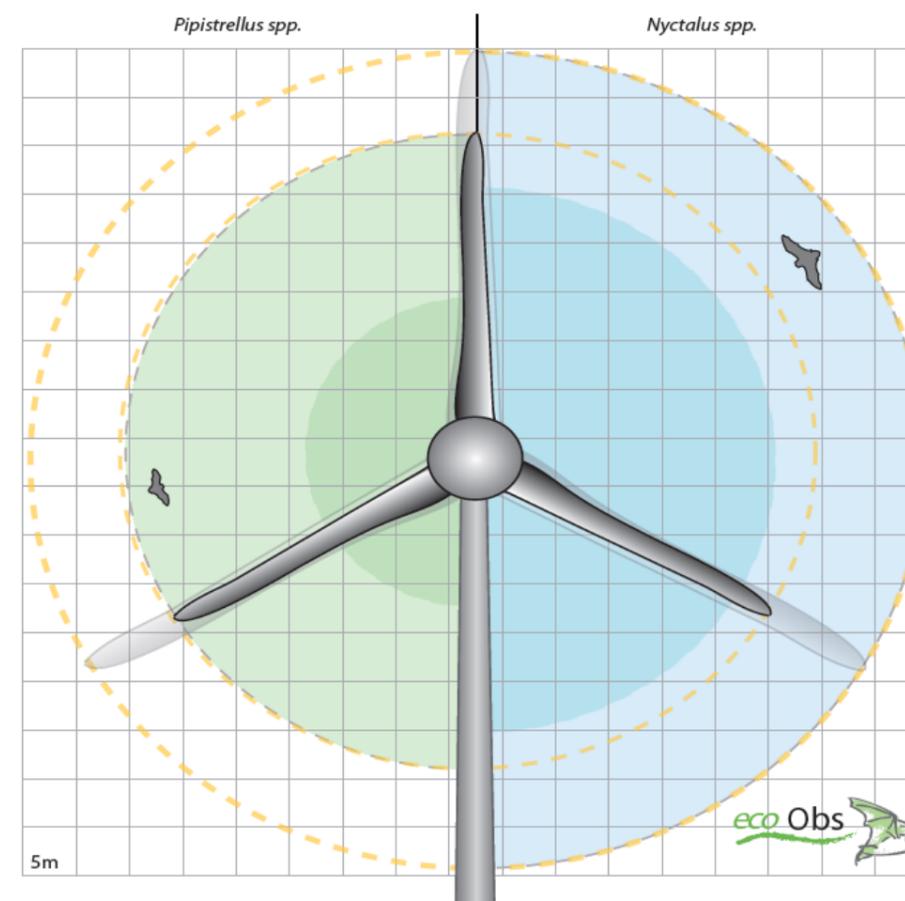
Figure 2 : Zone de couverture acoustique des Batcorders sous les nacelles d'éoliennes (modèle Enercon E72 en haut, modèle Vestas en bas)



L'efficacité des Batcorders placés sur nacelles d'éolienne a pu être testée au cours des plusieurs études pilotes menées en Allemagne (ADOMEIT et al. 2009). Les tests ont été réalisés par comparaison des résultats de suivis optiques (stéréoscope à deux caméras infrarouges) et de suivis acoustiques (Batacorders). L'expérimentation a notamment montré que 83% des chiroptères qui rentrent dans le champ de rotation des éoliennes sont détectés par la méthode acoustique. Ces capteurs paraissent donc particulièrement adaptés à la caractérisation de l'activité des chiroptères autour des éoliennes. Il est évident que ces chiffres ne prennent pas en compte les biais liés à l'orientation du micro et aux obstacles acoustiques par rapport à la structure de la nacelle. Le ciblage du suivi vers la partie basse du rotor s'explique par le fait qu'il s'agit logiquement de la partie la plus meurtrière du rotor (concernant à la fois des espèces de vol haut et des espèces de lisières ou de vol moins haut selon le modèle d'éolienne). Ces chiffres ne distinguent pas non plus les variations de portées de détection selon les espèces (grandes espèces à grande portée d'émission et petites espèces à faible portée d'émission). Mais ils permettent de montrer la pertinence de la méthode. Ils permettent également de considérer que les résultats d'activités enregistrés seront sous-évalués d'environ 17% par rapport à la réalité.

Le schéma suivant propose une représentation des notions de distance de détection des ultrasons par l'enregistreur en nacelle selon les principales familles d'espèces concernées.

Figure 3 : Distances de détection (minimum et maximum) pour des signaux de pipistrelles et noctules (20 et 40 kHz de fréquences)



Un autre intérêt du système Batacorder réside aussi dans la facilité d'analyse des données, ce qui est particulièrement appréciable pour des plages d'enregistrements de plusieurs dizaines de milliers de séquences lorsque c'est le cas. Les séquences sonores des chauves-souris ont été enregistrées et sauvegardées numériquement sur une carte SDHC.

### 2.1.3 Choix de l'éolienne à équiper

Le protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (MTES, 2018) précise qu'au moins un enregistrement de l'activité doit être mis en œuvre pour 8 éoliennes.

Avec le parc de Lichères composé de 6 éoliennes, un seul point de suivi était nécessaire. L'éolienne E12 a été choisie pour le suivi d'activité en continu à hauteur de nacelle. Celle-ci a été sélectionnée au regard du contexte paysager avoisinant (éolienne la plus proche de boisement).

## 2.1.4 Plage/pression de suivi en hauteur

L'enregistreur acoustique fut installé du 12 avril au 2 novembre 2023. Le suivi en continu a donc permis de couvrir une partie de la période printanière, la période estivale ainsi que la période automnale.

La continuité cumulée des enregistrements a été assurée sur environ 6 mois et demi, soit 204 nuits, ce qui représente un cumul de près de 2 856 heures de veille acoustique en hauteur en tout.

Les enregistrements représentent un total **833 données** à analyser dont **827 correspondaient à des contacts de chiroptères** ; les autres enregistrements provenant de parasites acoustiques.

Figure 4 : Synthèse de la plage de fonctionnement en continu du Batcorder et nombre d'enregistrements relevés

Emplacement du module Batcorder autonome	Date d'intervention	Type d'intervention	Nombre total de séquences enregistrées	Nombre de séquences enregistrées correspondant à des chiroptères
Batacorder (1.0) en nacelle d'éolienne E12	12/04/2023	Installation	833	827
	02/11/2023	Désinstallation		

## 2.1.5 Traitement et analyse des données

### ❖ Identification des espèces ou groupes d'espèces contacté(e)s

Ces enregistrements sont gérés et traités par les logiciels bcAdmin et batIdent. Les espèces sont déterminées par comparaison statistique des ultrasons enregistrés avec les références d'une large sonothèque d'espèces du Paléarctique occidental (via le logiciel « R »).

Dans un premier temps, si l'analyse automatique ne permet pas de déterminer l'espèce pour tous les contacts, un classement des enregistrements est proposé par groupes d'espèces en fonction de la typologie des signaux.

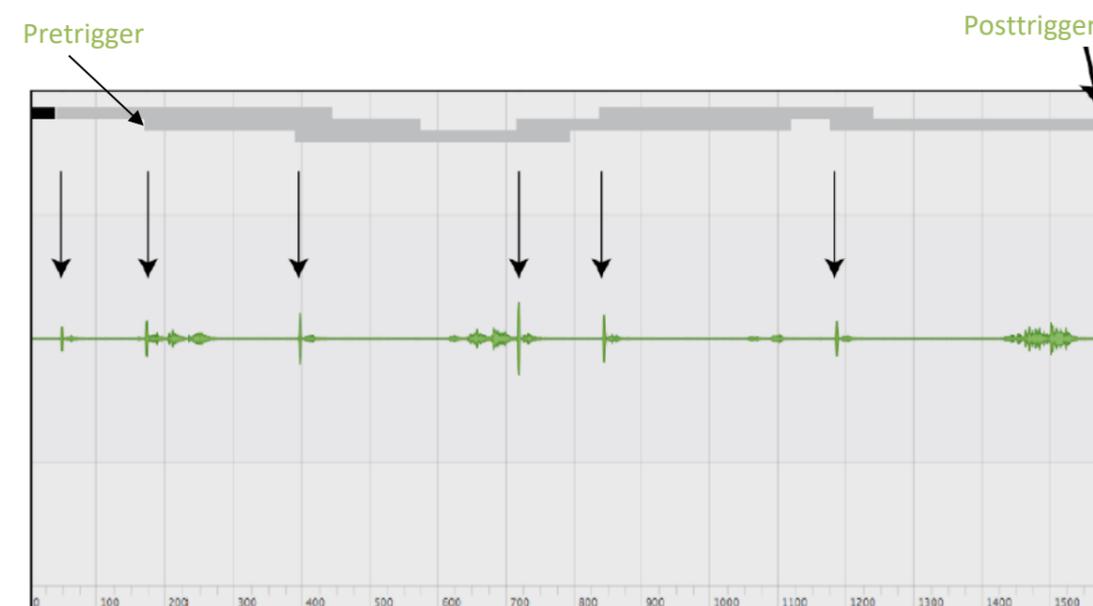
L'analyse manuelle de la totalité des sons est réalisée par la suite, très facilement, grâce aux nombreuses fonctions du logiciel bcAnalyze. L'ensemble des outils proposés par eco Obs prennent régulièrement en compte l'évolution de la connaissance sur l'écologie acoustique des chiroptères en Europe, et notamment en France.

### ❖ Évaluation de l'activité chiroptérologique

L'évaluation de l'activité pour un Batcorder se fait par enregistrement des séquences pour chaque contact de chiroptères. Mais comme tout enregistreur automatique, selon la récurrence des signaux, l'enregistreur peut être amené à décomposer le passage d'un individu sur plusieurs séquences, notamment lorsque la récurrence est faible (l'intervalle de temps entre chaque signal émis est important). Il s'agit alors de veiller à ne pas considérer ces différentes séquences comme plusieurs passages distincts, mais bien comme celui d'un individu émettant des signaux espacés dans le temps. C'est notamment important à prendre en compte pour valoriser des notions de rythme (régularité des intervalles entre signaux successifs) ou d'alternance (alternance de la structure des signaux entre Quasi-Fréquence Constante (QFC) / Fréquence modulée aplanie (Fmap)), notions souvent essentielles pour faciliter la distinction de certaines espèces.

La configuration du matériel peut donc permettre de limiter ce biais. Il s'agit notamment de faire le choix d'une valeur importante du paramètre « posttrigger », qui se définit comme le temps maximal suivant un signal ultrason à partir duquel l'enregistreur stoppe l'enregistrement si aucun autre nouvel ultrason n'est perçu. Le schéma suivant caractérise ce paramètre, configuré ici pour une valeur de 400ms (mais le Batcorder a été paramétré avec un posttrigger de 800 ms sur le parc).

Figure 5 : Schéma caractérisant le paramètre « Posttrigger » (ici configuré sur 400 ms)



L'activité enregistrée est donc définie par la longueur de l'enregistrement (en secs), corrigée par le coefficient de détection de ou des espèces contactées.

La détection des chiroptères n'est pas uniformément efficace pour toutes les espèces. Certaines espèces dont les signaux sont courts et dans les hautes fréquences (les « petits » murins) sont beaucoup moins bien détectées que des espèces dont les signaux sont longs et dans les basses fréquences (les noctules) qui peuvent être détectées à plus de 100m. Pour remédier à ce problème, le coefficient de détectabilité, présenté au niveau de la figure suivante, est appliqué. Mais ce coefficient ne peut s'appliquer que si l'espèce a été contactée au moins une fois. Ce coefficient permet de corriger une partie de ce biais, mais ne l'élimine pas complètement. Par conséquent, les espèces non contactées ne sont pas forcément absentes du site. Il est possible qu'elles n'aient tout simplement pas été détectées. Toutefois, avec le nombre de données issu des enregistrements en continu sur le long terme, si une espèce réellement présente sur le site n'est pas détectée, c'est que son activité n'est pas importante localement.

Figure 6 : Liste des espèces de chiroptères par ordre d'émission décroissante, avec distances de détection et coefficient de détectabilité selon qu'elles évoluent en milieu ouvert ou en sous-bois (Barataud, 2015)

Milieu ouvert ou semi-ouvert				Sous-bois			
Intensité d'émission	Espèces	Distance de détection (m)	Coefficient de détectabilité	Intensité d'émission	Espèces	Distance de détection (m)	Coefficient de détectabilité
Très faible à faible	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	5	5,00	Très faible à faible	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	5	5,00
	<i>Rhinolophus ferr./eur./meh.</i>	10	2,50		<i>Plecotus spp.</i>	5	5,00
	<i>Myotis emarginatus</i>	10	2,50		<i>Myotis emarginatus</i>	8	3,13
	<i>Myotis alcathoe</i>	10	2,50		<i>Myotis nattereri</i>	8	3,13
	<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,50		<i>Rhinolophus ferr./eur./meh.</i>	10	2,50
	<i>Myotis brandtii</i>	10	2,50		<i>Myotis alcathoe</i>	10	2,50
	<i>Myotis daubentonii</i>	15	1,67		<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,50
	<i>Myotis nattereri</i>	15	1,67		<i>Myotis brandtii</i>	10	2,50
	<i>Myotis bechsteinii</i>	15	1,67		<i>Myotis daubentonii</i>	10	2,50
	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,67		<i>Myotis bechsteinii</i>	10	2,50
Moyenne	<i>Myotis blythii</i>	20	1,25	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,67	
	<i>Myotis myotis</i>	20	1,25	<i>Myotis blythii</i>	15	1,67	
	<i>Plecotus spp.</i>	20	1,25	<i>Myotis myotis</i>	15	1,67	
	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	25	1,00	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	20	1,25	
	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	25	1,00	<i>Miniopterus schreibersii</i>	20	1,25	
	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	25	1,00	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	25	1,00	
	<i>Pipistrellus nathusii</i>	25	1,00	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	25	1,00	
Forte	<i>Miniopterus schreibersii</i>	30	0,83	<i>Pipistrellus nathusii</i>	25	1,00	
	<i>Hypsugo savii</i>	40	0,63	<i>Hypsugo savii</i>	30	0,83	
	<i>Eptesicus serotinus</i>	40	0,63	<i>Eptesicus serotinus</i>	30	0,83	
Très forte	<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,50	<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,50	
	<i>Eptesicus isabellinus</i>	50	0,50	<i>Eptesicus isabellinus</i>	50	0,50	
	<i>Vespertilio murinus</i>	50	0,50	<i>Vespertilio murinus</i>	50	0,50	
	<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31	<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31	
	<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25	<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25	
	<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17	<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17	
	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17	

#### ❖ Référentiel d'activité

L'appréciation des niveaux d'activité est basée sur un référentiel issu du retour d'expérience EXEN à partir de nombreux autres sites suivis dans les mêmes conditions depuis 2009 avec le Batcorder et le même protocole d'étude.

Pour ce référentiel, à hauteur de nacelle, le seuil de 50 secondes d'activité cumulée par nuit représente une valeur moyenne.

Figure 7 : Référentiel EXEN de niveau d'activité pour une nuit mesurée par un Batcorder en éolienne (en secondes d'activité cumulée/nuit)

Niveau d'activité	Secondes d'activité par nuit
Très faible	0 - 2,5
Faible	2,5 - 5
Faible à modéré	5 - 10
Modéré	10 - 50
Modéré à fort	50 - 100
Fort	100 - 200
Très fort	>> 200

### 2.1.6 Utilisation de l'espace par les chauves-souris et typologie des modes de vol

Au sein du taxon des chiroptères, les espèces présentent des types de vols variés selon leurs comportements (alimentaire, social, migratoire...), leur statut biologique (migration, parturition...), les opportunités alimentaires, la position des proies, les conditions climatiques (essaimage d'insectes, effets d'aérodynamisme, effet paravent des lisières...).

De façon générale, il est distingué (Figure 8) :

- Une **activité de chauves-souris proche du sol**. Toutes les espèces peuvent voler bas, au moins ponctuellement (en chasse ou pour s'abreuver).
- Et une **activité de chauves-souris en plein ciel**. Seule une partie du cortège d'espèces est amenée à voler haut (et notamment à hauteur de rotor d'éolienne ou au-delà), soit ponctuellement (en phase migratoire, ou selon les conditions et opportunités alimentaires), soit régulièrement (espèces de vol haut).

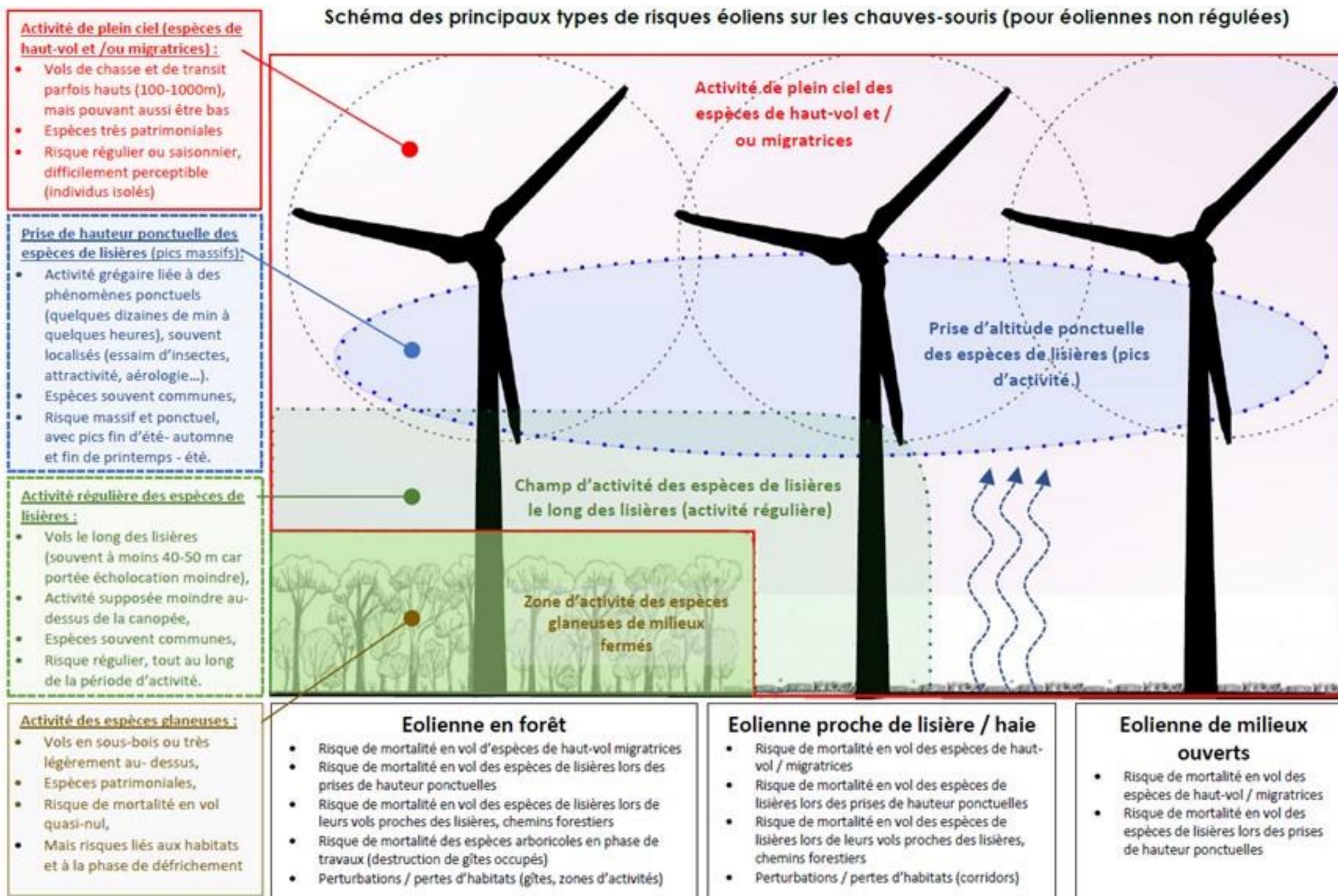
Six groupes d'espèces peuvent être ainsi dissociés selon leurs types de vols. Il s'agit :

- **Du groupe des espèces de lisière** qui comprend l'ensemble des pipistrelles, la Sérotine commune et les Oreillard sp. Ce groupe d'espèces évolue généralement à de faibles hauteurs de vol (moins de 50 m) en suivant les éléments structurants du paysage (lisières de boisement, haies, chemins...), et en s'appuyant sur ces corridors linéaires comme supports d'écholocation. Ce groupe d'espèces est toutefois capable de se « déconnecter » ponctuellement de ces corridors de déplacement et voler ainsi plus en hauteur, voire en plein ciel, notamment pour exploiter des opportunités alimentaires. Ce serait notamment le cas lors de poursuites en altitude d'essaimage d'insectes lors de conditions particulières (phénomènes d'aérodynamisme au moment des phénologies de reproduction des insectes-proies).
- **Du groupe des espèces de vol haut en période de migration/transit**, qui comprend la Pipistrelle de Nathusius et le Minioptère de Schreibers. Ces deux espèces semblent présenter un comportement similaire aux autres pipistrelles lors de leurs vols réguliers de chasse (espèces de lisière). Mais en phase de transits migratoires (printemps et automne), elles peuvent être amenées à prendre de l'altitude pour s'affranchir des contraintes de relief et de végétation.
- **Du groupe des espèces de vol haut**, qui vole donc généralement en plein ciel, et qui comprend l'ensemble des noctules (Noctule de Leisler, Noctule commune et Grande noctule), le Vespère de Savi, le Molosse de Cestoni et la Sérotine bicolore. Ces espèces utilisent des secteurs plus ouverts et évoluent régulièrement en plein ciel tout au long de leur phase d'activité (en chasse, lors de comportements sociaux ou en phase de transits migratoires).
- **Du groupe des espèces de vol bas** qui comprend la Barbastelle d'Europe, les rhinolophidés et le groupe des Murins sp. Il s'agit d'espèces surtout liées aux milieux fermés (forestiers) voire de lisière, mais dont les caractéristiques de vol ne les entraînent que très rarement à des hauteurs importantes.

Les caractéristiques bioacoustiques des chauves-souris est très liée aux comportements de vols et à l'environnement des individus (évolution des types et fréquences des signaux ultrasonores selon les milieux plus ou moins encombrés). Ils sont donc aussi très dépendants des comportements de vols plus ou moins en hauteur. Au regard de ces éléments et compte tenu des possibilités de recouvrements acoustiques limitant la détermination jusqu'à l'espèce, des groupes intermédiaires sont donc distingués des groupes précédents. Il s'agit :

- **Du groupe des espèces de vol haut ou de lisière**, qui comprend le groupe des « Nyctaloid ou des Nycmi (regroupement de la Sérotine commune, Noctule commune et Noctule de Leisler) » qui peuvent correspondre soit à la Sérotine commune (espèce de lisière) soit à des noctules ou à la Sérotine bicolore (espèces de vol haut), et le groupe « Ptief » correspondant soit à la Pipistrelle de Kuhl (espèce de lisière), soit au Vespère de Savi (espèce de vol haut).
- **Du groupe des espèces de vol haut en migration/transit ou de lisière**, qui comprend le groupe des Pmid correspondant soit à la Pipistrelle de Nathusius (espèce de vol haut en migration/transit), soit à la Pipistrelle de Kuhl (espèce de lisière) ou encore le groupe des Poch (Pipistrelle commune, Pipistrelle pygmée ou Minioptère de Schreibers).

Figure 8 : Schéma théorique de l'activité des chiroptères selon le type de vol, et problématiques liées aux différents types d'implantation d'éolienne (forêt, lisière ou milieu ouvert)



## 2.2 Limites de la méthodologie

Les limites évoquées ci-après sont communes à l'ensemble des expertises chiroptérologiques reposant sur des méthodes et outils d'analyse ultrasonore des chiroptères.

### 2.2.1 Suivi passif (depuis la nacelle d'éolienne)

Les limites évoquées ci-après sont communes à l'ensemble des expertises chiroptérologiques reposant sur des méthodes et outils d'analyse ultrasonore des chiroptères.

Théoriquement, il est considéré qu'un enregistreur placé à hauteur de nacelle peut très bien enregistrer des sons d'individus volant à quelques mètres du sol s'il s'agit d'espèces à grande portée d'émission (Noctules notamment, qui peuvent émettre à plus de 100 m). Et inversement, un enregistreur au sol (ou en canopée) peut enregistrer des passages d'individus évoluant à haute altitude.

Avec une position à hauteur de moyen de 95 m, il est possible de se dire que cette hauteur permet globalement de s'affranchir des risques de contacts de pipistrelles évoluant proches du sol ou le long des lisières (portée d'écholocation de l'ordre de 30 à 40 m). Cela permet théoriquement de distinguer une activité de lisières sous les éoliennes d'une activité de plein ciel. Autrement dit, pour les pipistrelles, les contacts enregistrés au niveau de l'enregistreur devraient plutôt témoigner d'une activité de prise d'altitude, comportement révélateur d'une situation particulière (conditions climatiques, phénomène d'aérodynamique, émergence d'insectes...).

### 2.2.2 Difficultés d'identification acoustique de certaines espèces

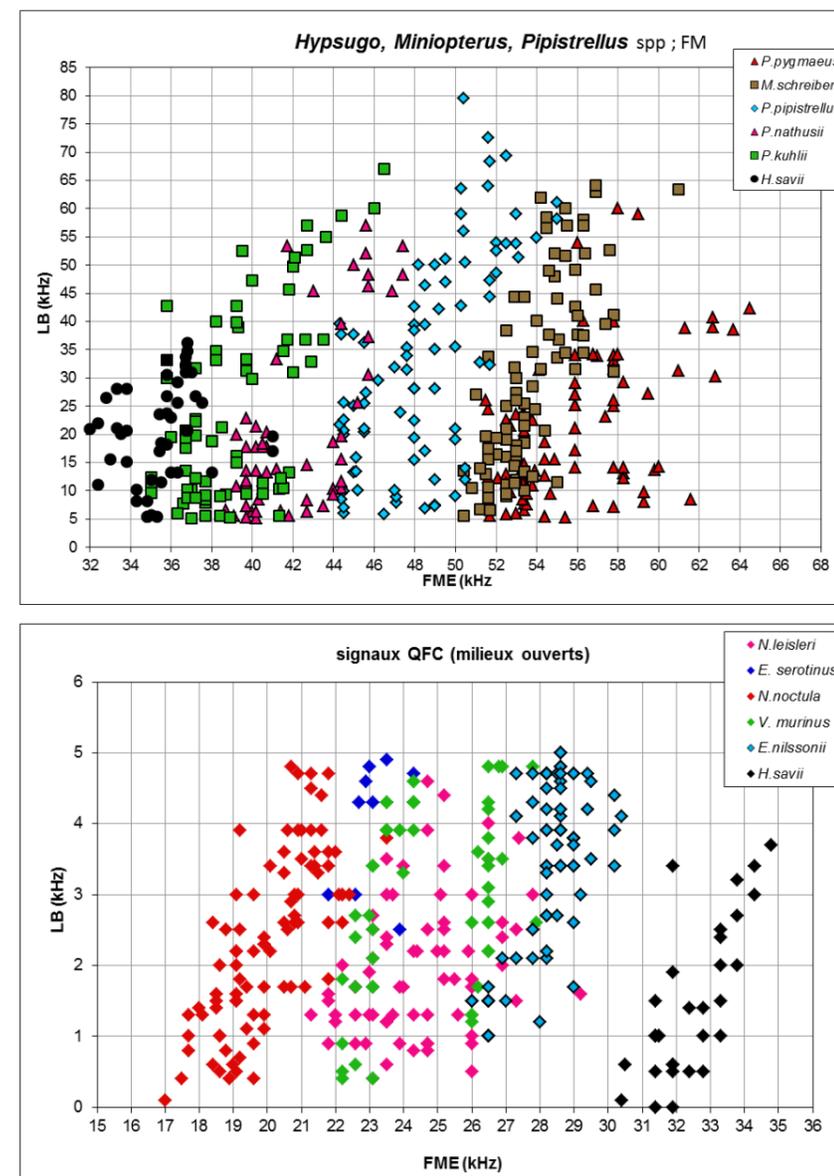
L'identification acoustique des chiroptères est une science encore en évolution et qui bénéficie d'avancées récurrentes ces dernières années. La plupart des espèces peuvent être déterminées précisément.

Toutefois, il faut reconnaître que certaines d'entre elles émettent des ultrasons à des fréquences très proches, et aux caractéristiques acoustiques comparables dans certaines conditions. C'est par exemple le cas des difficultés de différenciation entre *Myotis myotis* et *Myotis blythii* (Barataud, 2015). C'est aussi souvent le cas de certains petits murins, où l'analyse ne peut se faire bien souvent qu'à l'oreille (caractéristiques acoustiques non décelables sur sonogramme), ce qui implique un niveau d'expertise supplémentaire de la part du chiroptérologue.

Dans le cadre d'un parc éolien, ce biais de distinction acoustique de certaines espèces est peu pénalisant, car la plupart des difficultés concernent des petites espèces à faible hauteur de vol et donc assez peu concernées par les risques de mortalité au niveau des rotors. Aussi, lorsque des données de ce type d'espèces apparaissent dans les bases enregistrées sur le long terme, leur relative rareté permet d'y porter une attention particulière. Certaines séquences, notamment les myotis, ne sont pas toujours déterminées jusqu'au niveau de l'espèce.

Ci-dessous sont représentés deux exemples de recouvrements dans les mesures des signaux pour des espèces telles que les « Sérotules » (sérotines et noctules) ou même des espèces plus communes comme les « Pipistrelles ».

Figure 9 : Exemple de recouvrements dans les signaux de plusieurs espèces (En haut : le groupe des Fréquences Modulées Aplanie >30KHz, en bas : le groupe des « Sérotules »)



### 2.2.3 Autres limites de détection acoustique

Les inventaires acoustiques ne prétendent jamais à réaliser une vision exhaustive de l'activité des chiroptères sur un site d'étude. Au-delà des limites de détection acoustiques évoquées précédemment liées à l'émission ultrasonore des espèces elles-mêmes (portée d'émission divergente, direction de la source d'émission...), il faut aussi reconnaître des limites de détection liées à un ensemble d'autres facteurs comme :

- La présence **d'obstacles acoustiques** entre la source ultrasonore et le micro. Pour des enregistreurs placés au sol ou les points de suivi au D240X manuel, ces obstacles peuvent notamment correspondre à la végétation et en particulier aux lisières forestières environnantes. Pour l'enregistreur placé au niveau de l'éolienne, la configuration de la nacelle et la position du micro permettent de percevoir un angle de détection plus ou moins variable.
- La présence possible de **parasites acoustiques** comme ceux liés à l'activité d'orthoptères (criquets, sauterelles) plus ou moins actifs selon les périodes de l'année et les sites et qui peuvent limiter la perception d'éventuels signaux de chiroptères émis aux mêmes bandes de fréquences. Ici, il s'agit surtout de parasites liés aux éoliennes elles-mêmes.
- Les **facteurs climatiques** qui jouent non seulement sur l'activité des chiroptères, mais aussi sur les capacités de détection (parasitages acoustiques par l'ambiance ultrasonore générée par un vent fort ou la présence de pluie...).

Enfin, du côté de la réception du signal ultrasonore et de son analyse, le **type de matériel de détection ultrasonore** utilisé présente une diversité d'autres biais méthodologiques dont chaque utilisateur doit avoir conscience pour l'interprétation des résultats, par exemple :

- Les limites liées à la qualité et à la fréquence de recalibrage des micros,
- Leur volume de détection (cône de détection) et à leur caractère directionnel ou multidirectionnel,
- Les paramétrages retenus (filtres des basses ou hautes fréquences, durée d'enregistrement depuis le déclenchement),
- Les limites d'analyse des données automatiques ou manuelles (selon la qualité des enregistrements, la facilité de réaliser des mesures précises, la possibilité de les réécouter ou non en expansion de temps ou en hétérodyne...).

En bref, il s'agit là de tout un éventail de biais qui fait qu'aucun matériel d'enregistrement ultrasonore et aucune approche uniquement acoustique ne peut garantir une appréciation absolue de l'activité chiroptérologique d'un site dans sa globalité. Aussi pour que l'approche scientifique soit rigoureuse, il s'agit d'avoir toujours conscience de ces biais pour fonder sa propre interprétation des résultats.

## 2.3 Résultats du suivi en continu de l'activité des chiroptères

### 2.3.1 Cortège d'espèces

Le tableau suivant synthétise le cortège d'espèces détecté à partir de l'enregistreur acoustique en nacelle d'éolienne E12, pour la période du 12 avril au 2 novembre 2023 (en continu, sur environ 6 mois et demi).

**5 espèces de chauves-souris sont ainsi déterminées avec certitude et 3 autres font l'objet de détermination non discriminante.**

Les espèces de chauves-souris sont toutes protégées. 2 espèces ont une patrimonialité Modérée à forte : la Noctule commune et la Noctule de Leisler. 3 autres ont une patrimonialité Modérée : la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Nathusius et la Sérotine commune (espèce potentielle). 2 espèces

potentielles ont une patrimonialité Faible à modérée : la Sérotine bicolore et la Sérotine de Nilsson. Les autres espèces ont une patrimonialité faible ou très faible.

Figure 10 : Tableau recensant l'ensemble des espèces contactées au cours du suivi en continu (en blanc sont représentées les espèces dont la détermination reste incertaine, en gris : les espèces identifiées avec certitude)

Espèce	Nom scientifique	Abréviation	Protec. Fr.	Protec. U.E.	Conv Berne	Espèce prioritaire du Plan National d'Action chiroptères 2016-2025	Espèce PNA à forte pression liée à l'éolien (PNA 2016-2025)	Tendance évolutive (PNA 2016-2025)	Liste rouge UICN (Mondiale)	Liste rouge UICN (Europe)	Liste rouge nationale (Nov 2017)	Liste rouge Bourgogne (2015)	Franche Comté (2007)	Valeur patrimoniale
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Nnoc	P	H4	2	oui	oui	?	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Vulnérable	Données insuffisante	Preoc. Mineure	Modéré à fort
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Nlei	P	H4	2	oui	oui	-	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Quasi menacé	Preoc. Mineure	Modéré à fort
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Ppip	P	H4	2	oui	oui	-	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Préoc. Mineure	Preoc. Mineure	Modéré
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pkuh	P	H4	2			+	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Preoc. Mineure	Très faible
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Pnat	P	H4	2	oui	oui	?	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Données insuffisante	Quasi menacé	Modéré
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	Vmur	P	H4	2			?	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Données insuffisantes		Preoc. Mineure	Faible à modéré
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Eser	P	H4	2	oui	oui	-	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Préoc. Mineure	Preoc. Mineure	Modéré
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>	Enil	P	H4	2	oui	oui	?	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Données insuffisantes		Preoc. Mineure	Faible à modéré

Pour une meilleure compréhension des problématiques de risques de mortalité sur site, un regroupement des espèces selon leur comportement de vol est réalisé dans la suite du rapport.

Trois principaux groupes peuvent être dissociés, il s'agit :

- **Du groupe des espèces de lisières** qui comprend l'ensemble des pipistrelles (hormis la Pipistrelle de Nathusius). Ce groupe d'espèces correspond aux espèces évoluant à des hauteurs de vols modérées (moins de 50 m) la plupart du temps en suivant les éléments structurants du paysage (lisières de boisement, haies, chemin...). Cependant, il est possible de retrouver ponctuellement ce groupe d'espèces plus en hauteur, notamment lors de poursuite en altitude d'essaimage d'insectes présents en hauteur (ascendance thermique ou dynamique). Il arrive donc que ces espèces se retrouvent à des hauteurs de vol plus importantes.
- **Du groupe des espèces de vol haut**, qui comprend l'ensemble des noctules (Noctule de Leisler, Noctule commune). Ce groupe d'espèces comprend donc des espèces qui utilisent les secteurs plus ouverts et ont en conséquence des hauteurs de vol plus importantes, même lors de vols de chasse.
- **Du groupe des espèces de vol haut en migration/transit**, qui comprend la Pipistrelle de Nathusius. Cette espèce semble avoir un comportement similaire aux autres pipistrelles lors de ses vols réguliers de chasse (espèce de lisière), mais lors de ses transits ou en période migratoire (printemps et automne), elle utilise volontiers le plein ciel.

Certaines identifications d'enregistrement ne pouvant aboutir à une espèce précise, des groupes intermédiaires sont donc créés, il s'agit :

- **Du groupe des espèces de lisière ou de vol haut**, qui comprend le groupe des Nycmi qui peut correspondre soit à la Sérotine commune ou de Nilsson (espèces de lisière) soit à des noctules ou à la Sérotine bicolore (espèces de vol haut).

### 2.3.2 Proportion d'espèces ou de groupe d'espèces

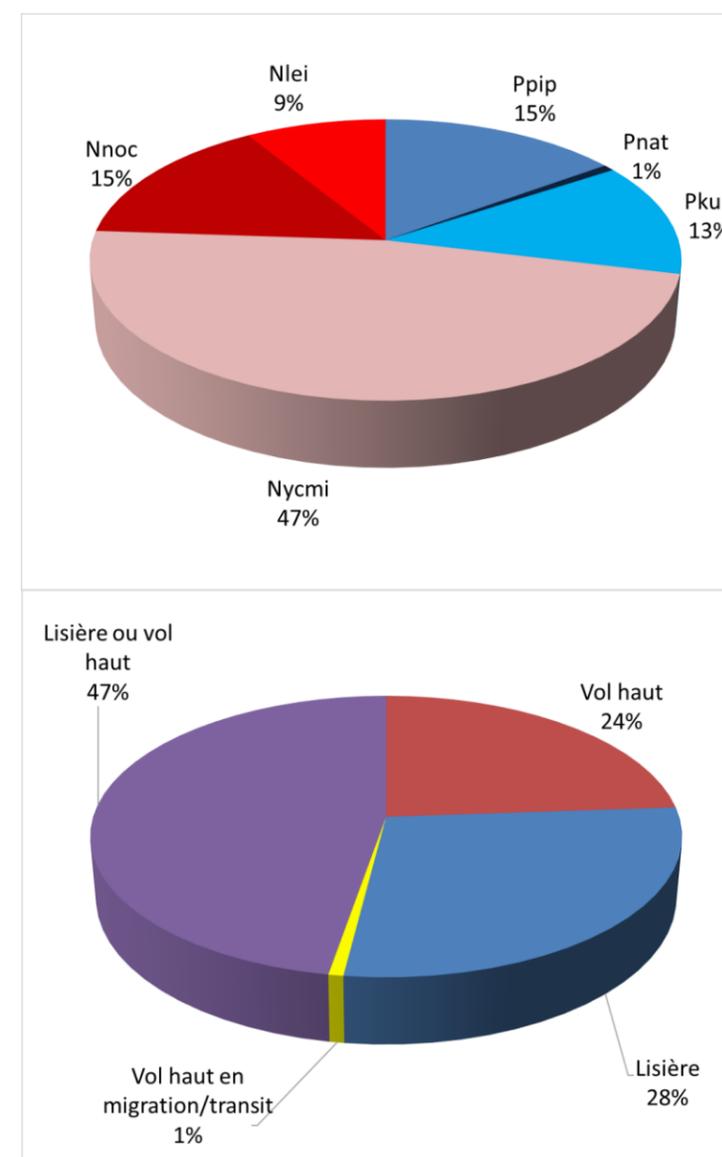
Le graphique du haut de la Figure 11 décompose l'activité chiroptérologique relevée en nacelle d'éolienne E12 en fonction des espèces et groupes d'espèces identifié(s). Rappelons toutefois qu'il s'agit ici d'une approche des proportions d'activité spécifique par rapport à l'activité totale.

Un quart de l'activité relevée correspond à une activité de noctules (15% pour la Noctule commune et 9% pour la Noctule de Leisler). Un autre quart correspond à une activité de pipistrelles, essentiellement de Pipistrelle commune (15%) et de Pipistrelle de Kuhl (13%), et dans une proportion infime, de Pipistrelle de Nathusius (1%). Les 47% restants correspondent à une activité de Nycmi (sérotines) correspondant très probablement à une activité de Noctule de Leisler et de Noctule commune.

Par groupe de vol (graphique du bas), le constat est le même : un quart de l'activité (voire 3 quarts, avec les espèces de lisières ou de vol haut) correspondant à des espèces de vol haut, un quart correspondant à des espèces de lisières et 1% de l'activité correspondant à une espèce de vol haut en migration/transit.

**Finalement, l'activité enregistrée en nacelle d'éolienne E12 est majoritairement représentée par les espèces de vol haut (au moins 24% de l'activité totale pouvant aller jusqu'à 71%).**

Figure 11 : Proportion d'activité par groupe d'espèces relevé au niveau du point d'enregistrement en continu sur l'éolienne E12 (en haut détail par espèce ou groupe d'espèces, en bas par groupe de vol)



Abréviation	Espèce	Nom scientifique	Type_comportement
Nlei	Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Vol haut
Nnoc	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Vol haut
Nycmi	Noctule de Leisler / Sérotine commune / Sérotine bicolor/Noctule commune/Sérotine de Nilson	<i>Vespertilionidae</i>	Lisière ou vol haut
Pkuh	Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Lisière
Pnat	Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Vol haut en migration/transit
Ppip	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Lisière

### 2.3.3 Évolution saisonnière

La continuité représente la régularité de présence de l'espèce (ou du groupe d'espèces) sur le site tout au long de la période de suivi. Cette perception repose sur l'analyse de données recueillies sur l'enregistreur en continu. Le tableau suivant synthétise cette notion sur l'ensemble du suivi en continu en hauteur (en nacelle de l'éolienne E12). Les notions de niveaux d'activité sont aussi représentées au niveau du tableau, mais elles ne sont pas l'objet de ce type d'analyse. Ainsi, une espèce pourra par exemple fréquenter le site d'étude très régulièrement (continuité importante), mais présenter une moyenne d'activité par nuit faible.

Ce tableau montre que les espèces sont contactées régulièrement en hauteur sur la période d'août à octobre, que ce soit les espèces de lisières (Pipistrelle commune et Pipistrelle de Kuhl) ou les espèces de haut vol (noctules). Au printemps et en été, la présence des espèces en hauteur est ponctuelle. Ces résultats dénotent d'une certaine évolution saisonnière des chiroptères en hauteur.

En ce qui concerne les espèces de vol haut en migration/transit, la Pipistrelle de Nathusius a pu être mise en évidence en nacelle d'éolienne E12 en septembre, correspondant à sa période de migration.

Figure 12 : Tableau de continuité de présence de chaque espèce (ou groupe d'espèces) au cours du suivi en continu en 2023, basée sur les données enregistrées en nacelle de l'éolienne E12 (en seconde d'activité par quinzaine) (Avril-2 : deuxième quinzaine du mois d'avril ; les couleurs sont arbitraires mais les couleurs foncées représentent un niveau d'activité plus important)

Espèce ou groupe d'espèce	Période de transit/migration		Période de mise-bas et d'élevage des jeunes						Période de transit/migration et de swarming					
	Avril-2	Mai-1	Mai-2	Juin-1	Juin-2	Juil-1	Juil-2	Aout-1	Aout-2	Sept-1	Sept-2	Oct-1	Oct-2	Nov-1
<b>Lisière</b>		0,1	0,1	4,0		1,8		1,1	0,5	0,5	3,8	1,3		
Ppip		0,1	0,1	0,9		1,8				0,4	2,5	1,3		
Pkuh				3,0				1,1	0,5	0,2	1,3			
<b>Lisière ou vol haut</b>	0,1					0,0	0,1	3,0	14,2	2,0	1,5	0,4	0,0	
Nycmi	0,1					0,0	0,1	3,0	14,2	2,0	1,5	0,4	0,0	
<b>Vol haut</b>	0,0	0,1		0,1	0,0	0,0		3,8	4,3	1,5	0,3	0,9		
Nnoc					0,0			3,0	3,3	0,4	0,0	0,1		
Nlei	0,0	0,1		0,1		0,0		0,8	1,0	1,1	0,3	0,7		
<b>Vol haut en migration/transit</b>										0,1	0,2			
Pnat										0,1	0,2			
<b>Total général</b>	0,2	0,1	0,1	4,1	0,0	1,9	0,1	7,8	19,1	4,2	5,9	2,6	0,0	

Légende (en sec d'activité/nuit sur 15 jours) :					
0 à 2,5	2,5 à 10	10 à 20	20 à 30	30 à 100	> 100

### 2.3.4 Chronologie de l'activité relevée en nacelle d'éolienne E12

Les graphiques de la page suivante synthétisent la chronologie de l'activité relevée par le Batcorder en nacelle d'éolienne E12, au cours de la période de suivi allant du 12 avril au 2 novembre 2023. Les résultats sont décomposés par espèce et groupe d'espèces, puis par groupe de vol.

L'analyse synthétique de ce type d'histogramme est délicate dans la mesure où elle peut se faire selon diverses approches complémentaires :

- Par une approche large des principales périodes d'activités (par semaine ou mois) ou bien au contraire par une approche plus fine des pics ponctuels d'activité (nocturnes ou horaires) ;
- Et par corrélation avec différents paramètres d'influences possibles (conditions météorologiques, ressources alimentaires, cycle biologique des espèces...).

Le profil de ce graphique témoigne bien de la très forte hétérogénéité de l'activité des chauves-souris d'une nuit à l'autre, et donc, de l'importance marquée des conditions météorologiques et de la phénologie des espèces pour faire évoluer cette activité. Cela justifie le suivi en continu de l'activité des chauves-souris sur plusieurs mois vis-à-vis de ce cumul de facteurs d'influence. Il est possible d'observer des périodes où l'activité est très faible et la nuit suivante un gros pic d'activité peut être relevé. Ces pics d'activité sont souvent ponctuels dans le temps (quelques minutes ou quelques heures seulement).

Les niveaux d'activité présentés dans les graphiques suivants se basent sur la grille de hiérarchisation de l'activité chiroptérologique, basée sur l'expérience EXEN (Figure 7, page 14).

L'activité relevée depuis la nacelle d'éolienne E12 est en moyenne **modérée parmi les nuits où une activité est relevée. Avec les nuits où l'activité est nulle, le niveau chiroptérologique moyen est faible sur toute la période de suivi.**

- **Période printanière (début du suivi - mi-avril à mi-mai)**

Pour la période de mi-avril à mi-mai, les chauves-souris ont été actives pendant **seulement 4 nuits sur un mois**. Les premiers contacts sont enregistrés à partir du 26 avril.

Le cortège d'espèces est peu varié avec des contacts de noctules et de sérotules les 3 premières nuits d'activité et de Pipistrelle commune pour la dernière. Cette **très faible activité enregistrée** pourrait s'expliquer par les températures fraîches relevées la nuit (en moyenne 11°C sur la période printanière, mais entre 7 et 10°C en avril).

- **Période estivale (mi-mai à fin juillet)**

De mi-mai à fin juillet, **l'activité est très hétérogène**, avec de nombreuses nuits sans activité, puis brutalement, une activité à hauteur de nacelle, parfois importante, comme c'est le cas la nuit du 11 juin. Les chauves-souris ont été actives **pendant 13 nuits sur 2 mois et demi : 10 nuits de niveau très faible,**

1 nuit de niveau faible à modéré, 1 nuit de niveau modéré et 1 nuit de niveau modéré à fort (le 11 juin). Les autres nuits, l'activité chiroptérologique est nulle.

Le cortège d'espèces contacté reste peu varié. La plupart de l'activité enregistrée correspond à celle de pipistrelles (Pipistrelle commune et Pipistrelle de Kuhl). Une très faible activité de noctules (Noctule de Leisler, Noctule commune) et de sérotules est relevée.

Au cours de cette période, les nuits sont caractérisées par des températures moyennes de 19°C (plutôt favorables à l'activité chiroptérologique) et des vitesses de vent moyennes de 5 m/s.

La nuit du 11 juin, les chauves-souris ont été actives par des vitesses de vent variant entre 0,5 et 2 m/s, par vent de nord-est essentiellement, et par des températures de 18-19°C, soit des conditions météo favorables à l'activité des chauves-souris (ici uniquement de Pipistrelle commune et Pipistrelle de Kuhl). A noter que l'activité s'est concentrée sur une heure essentiellement, entre 2h et 3h du matin. Ces espèces de lisières ont pu augmenter leur hauteur de vol momentanément, lors de comportements de chasse à la poursuite d'insectes volants.

- **Période automnale (début août à la fin du suivi – début novembre)**

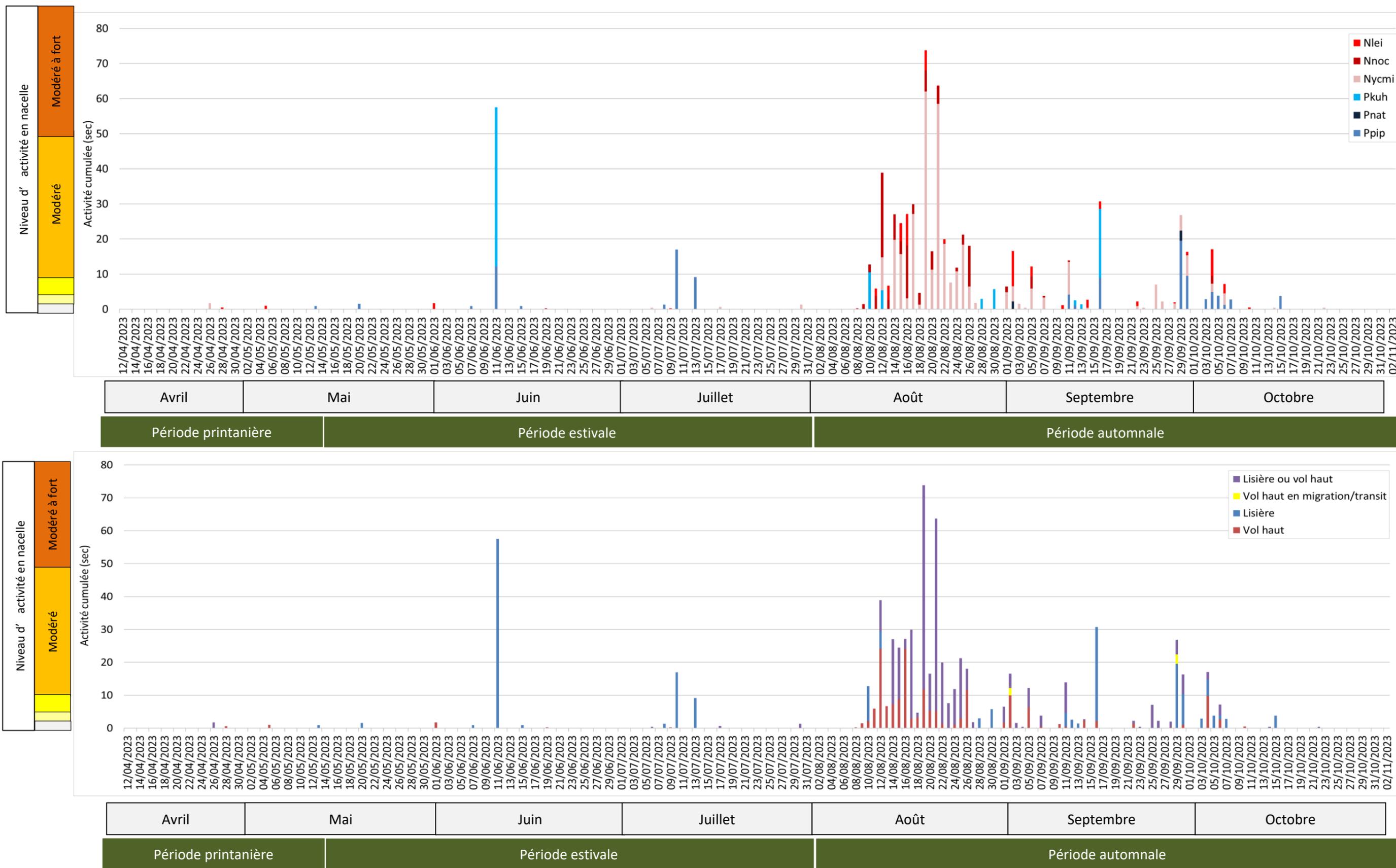
A partir du 8 août, l'activité chiroptérologique devient **très régulière** en hauteur, avec une activité chiroptérologique relevée quasiment chaque nuit jusqu'à mi-octobre. Le dernier contact a été relevé le 22 octobre. **Le niveau d'activité moyen sur cette période est modéré.**

Le cortège d'espèces contacté reste peu varié, avec le groupe des pipistrelles (Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl), le groupe des noctules (Noctule de Leisler, Noctule commune) et les sérotules. Par contre, une espèce supplémentaire est contactée : la Pipistrelle de Nathusius (en septembre, correspondant à sa période de migration). Entre mi-août et mi-septembre, ce sont surtout les noctules et sérotules qui sont contactées, puis ce sont surtout les pipistrelles.

Au cours de cette période, les nuits sont caractérisées par des températures moyennes de 18-19°C (plutôt favorables à l'activité chiroptérologique) et des vitesses de vent moyennes de 5-6 m/s.

La nuit du 19 août est celle dont le niveau d'activité relevé est le plus important de toute la période de suivi, d'un niveau modéré à fort. Cette nuit se caractérise par des chauves-souris actives par des vitesses de vent entre 3 et 5,5 m/s, par vent de nord et de nord-est et par des températures moyennes entre 22 et 25°C. Il s'agit d'une activité de Noctule de Leisler, de Noctule commune et de sérotules, entre 21h30 et 3h30 du matin (plutôt étalé dans la nuit). A cette période de l'année, les noctules (espèces migratrices) se déplacent pour rejoindre leurs gîtes d'hiver. Il est donc possible que cette activité régulière soit liée à une activité de migration, puisqu'elle est surtout régulière en fin d'été / début d'automne. Mais il pourrait aussi s'agir de comportements de chasses/transit puisque ces espèces volent préférentiellement en plein ciel.

Figure 13 : Chronologie de l'activité (en secondes d'activité cumulée par nuit) par espèce et groupe d'espèces (en haut) et par groupe de vol (en bas) relevés en nacelle d'éolienne E12



### 2.3.5 Influence de la vitesse du vent

Le principal paramètre avancé à ce jour comme facteur d'influence de l'activité des chauves-souris est la vitesse du vent. L'expérience montre en effet que l'activité des chauves-souris chute de façon corrélée avec l'augmentation de la vitesse du vent. Cela s'explique surtout par le fait que les vents forts limitent l'activité des insectes/proies et donc l'activité de chasse des chauves-souris. Selon la taille des insectes, ces vitesses de vent jouent différemment. Ce qui explique aussi qu'en fonction de la spécialisation du type de proie, l'activité de chasse des chauves-souris sera aussi influencée de façon variable. Il est régulièrement convenu que les espèces les plus grosses sont capables de voler par les vents les plus forts. En réalité, il faut plutôt considérer que les espèces de chauves-souris les plus grosses chassent aussi des proies de plus grande taille susceptibles de voler dans des conditions de vents plus forts. Cette distinction entre influence des vitesses de vent sur les proies de chauves-souris et influence des vitesses de vent sur les chauves-souris elles-mêmes est importante à garder à l'esprit. En effet, sur la base de nombreux sites étudiés dans les mêmes conditions depuis 2009, il a été régulièrement relevé que des espèces de taille relativement modeste sont parfois détectées en hauteur par des vents forts voire très fort (ex. : pipistrelle commune jusqu'à plus de 12 m/s). Cela peut alors s'expliquer soit par une activité déconnectée de celle des insectes (comportements sociaux, de transit ou de migration), soit par des situations particulières liées à des phénomènes d'aérodynamique favorisés par le vent (ascendances dynamiques), et entraînant des insectes en hauteur et donc les chauves-souris qui les chassent. Autrement dit, si l'activité cumulée des chauves-souris diminue généralement avec la vitesse de vent, ces précisions montrent qu'il faut aussi rester prudent sur des perspectives de phénomènes ponctuels particuliers moins sensibles à ce paramètre.

Le graphique suivant témoigne des corrélations entre l'activité cumulée des chauves-souris en ordonnée (en seconde d'activité cumulée), le pourcentage des occurrences de vent au niveau de la nacelle de l'éolienne E12 sur le second axe des ordonnées (sur la base des vitesses de vent moyennes relevées par période de 10 min, la nuit, en nacelle d'E12) et les notions de vitesse de vent en abscisse (en m/s).

C'est ce type de graphique qui permet généralement d'apprécier le seuil de vent à partir duquel l'activité des différents groupes de chauves-souris diminue de façon significative. Généralement, ce type de graphique montre logiquement que l'activité des espèces de lisières diminue plus vite que celle des espèces de vol haut lorsque la vitesse de vent augmente.

C'est ce qui est observé ici. Le graphique de la Figure 14 témoigne d'un début d'aplanissement de la courbe à partir de vitesses de vent de 4 m/s pour les espèces de lisières et 6 m/s pour les espèces de vol haut. La totalité de l'activité des espèces de lisières (pipistrelles) a été relevée pour des vents inférieurs à 6 m/s, contre 7 m/s pour les espèces de haut vol (noctules).

**Plus de 95% de l'activité totale des espèces de chauves-souris a été enregistré pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 5,5 m/s.** Par groupe de vol, environ 95% de l'activité des espèces de lisières est relevée par des vents inférieurs à 5 m/s, contre 5,5 m/s pour les espèces de haut vol.

La Figure 15 permet de visualiser la répartition de l'activité cumulée en fonction des vitesses de vent relevées en parallèle et en fonction des mois. Le graphique montre que les chauves-souris sont actives principalement par des vents inférieurs à 4 m/s, excepté pour les mois d'août et de septembre où elles volent par des vents plus importants (entre 5 et 6,5 m/s).

Figure 14 : Corrélation inverse entre la vitesse du vent et l'activité cumulée des chauves-souris au niveau de l'éolienne E12 (sur la base des données relevées en 2023 en nacelle d'éolienne E12)

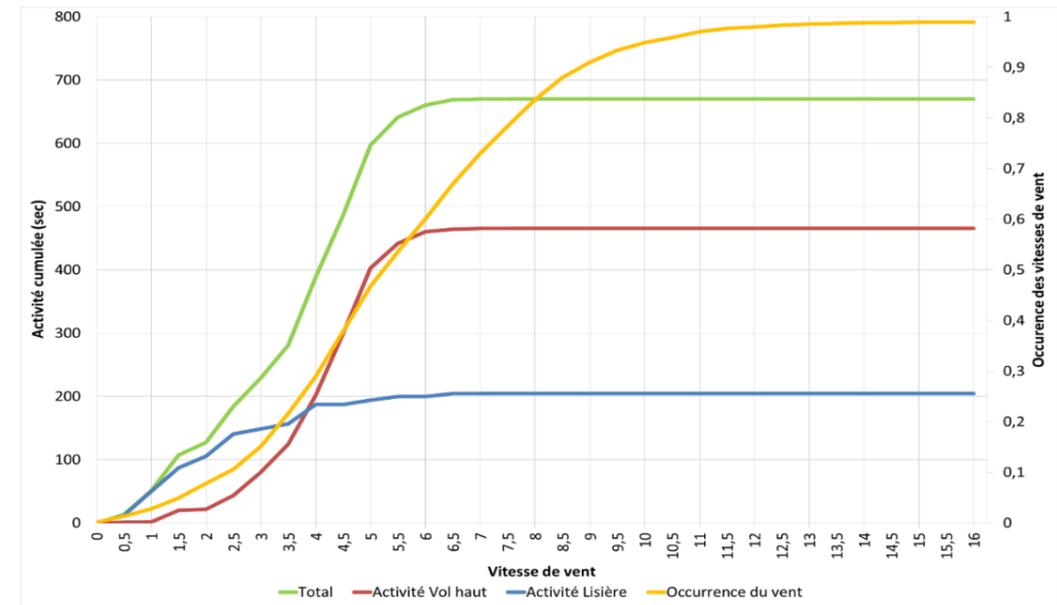
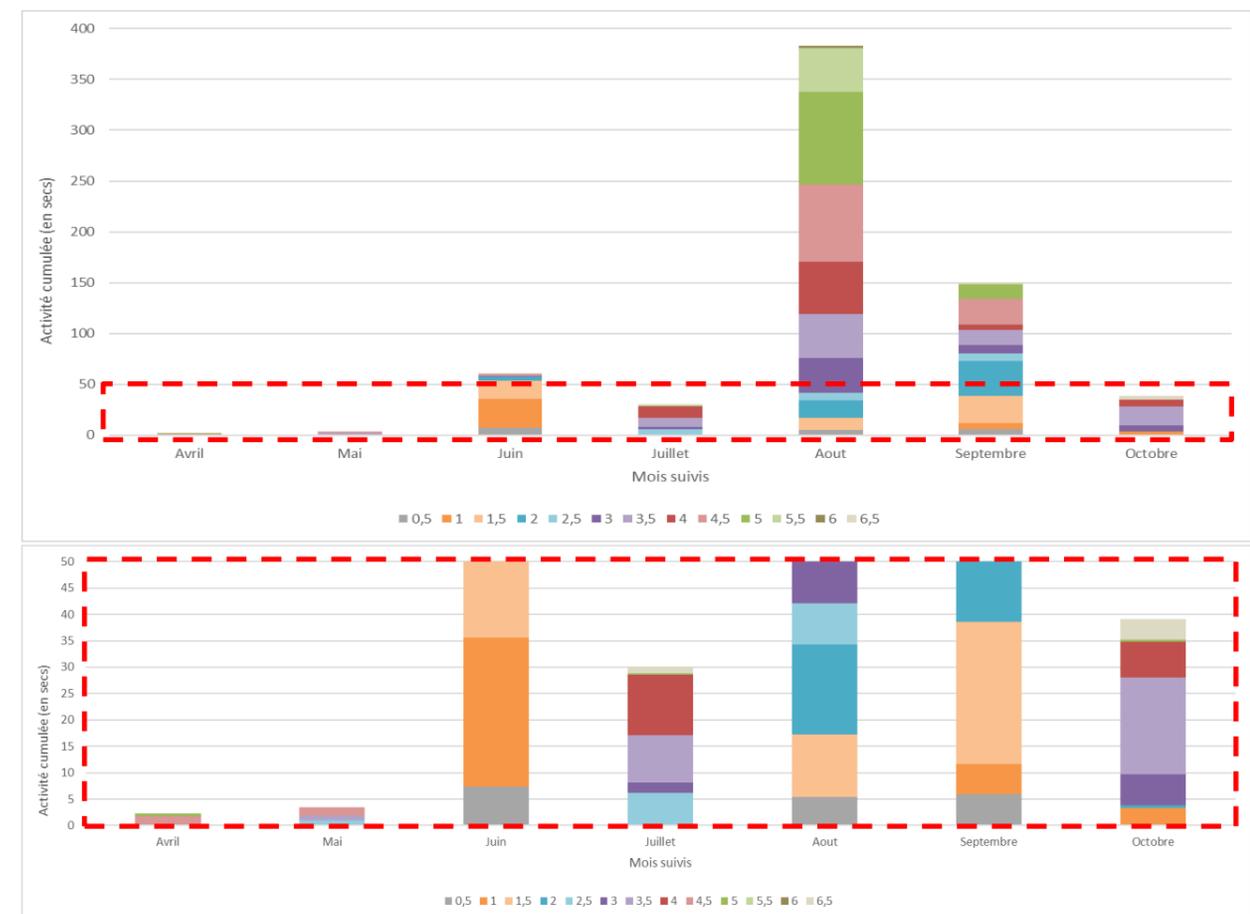


Figure 15 : Décomposition de l'activité chiroptérologique (en secs d'activité cumulée par nuit) des chauves-souris au niveau de la nacelle de l'éolienne E12 en fonction des vitesses de vent et en fonction des mois



### 2.3.6 Influence de la direction du vent

La direction du vent peut aussi être un facteur d'influence de l'utilisation du site par les chauves-souris. Cette influence est recherchée au niveau des graphiques suivants, représentant l'activité totale enregistrée et l'occurrence du vent relevée sur ces éoliennes, selon la direction du vent. Ils permettent une comparaison entre :

- L'orientation générale des vents sur le site au cours de la période suivie (occurrence),
- L'orientation du vent liée à l'activité cumulée des chauves-souris en hauteur.

L'occurrence du vent correspond au nombre de fois où chaque direction de vent a été relevée, par période de 10 min, la nuit et au niveau de l'éolienne concernée.

De ce fait, il s'agit de comparer le graphique de l'activité totale à celui de l'occurrence du vent :

- Dans le cas d'une activité aucunement liée à la direction du vent, la forme des deux graphiques sera similaire ;
- Dans le cas d'une activité plus importante liée à certaines directions de vent, les deux graphiques auraient alors des différences qu'il conviendra d'essayer d'expliquer.

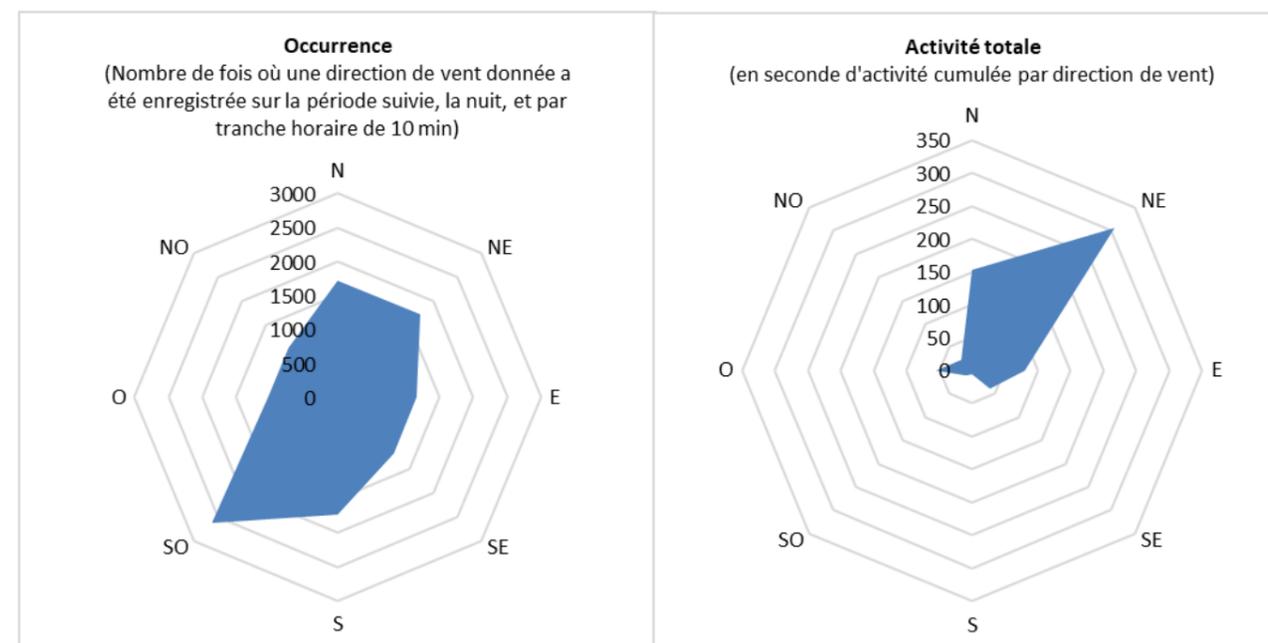
D'après le graphique ci-contre, l'activité chiroptérologique est plus importante par vent de nord-est, tandis que les vents dominants relevés sur le parc proviennent surtout du sud-ouest, du sud, du nord, du nord-est. L'activité chiroptérologique est très faible pour les vents du sud, du sud-ouest, du sud-est. Ce constat peut s'expliquer par des vitesses de vent moyennes supérieures pour ces directions de vent (7 m/s pour le sud, 7,1 m/s pour le sud-ouest, 5,2 m/s pour le sud-est, contre 5 m/s par exemple pour le nord-est et 5,1 m/s pour le nord). Dans ces conditions, il est possible que les directions de sud-ouest et de sud essentiellement, exercent une influence négative sur l'activité des chiroptères.

A contrario, la direction du vent de nord-est entraîne potentiellement une influence positive sur l'activité des chiroptères, puisque l'activité est plus marquée par cette direction de vent (correspondant avec le vent dominant) alors qu'elle ne l'est pas, par vent de nord (avec des vitesses de vent moyennes pourtant comparables, et correspondant aussi à un vent dominant sur site). Il est possible que cette orientation de NE favorisent des phénomènes d'essaimage qui entraînent ces espèces en hauteur.

Pour autant, les reliefs locaux n'indiquent pas de vallées pouvant drainer des insectes-proies du nord-est jusqu'à l'éolienne E12.

**Finalement, au niveau de l'éolienne E12, la direction du vent semble exercer une légère influence positive sur l'activité des chauves-souris, notamment par vent de nord-est et négative par vent de sud-ouest et de sud.**

Figure 16 : Graphique présentant l'occurrence de chaque direction du vent (à gauche) et l'activité chiroptérologique (à droite) relevées en nacelle d'éolienne E12



### 2.3.7 Influence de la température

La **température apparaît également comme un paramètre parfois important** à prendre en compte pour expliquer les modalités de fréquentation des chauves-souris. **Les périodes de chaleur s'accompagnent généralement d'une activité des chauves-souris plus importante que le reste de l'année.** Dans ce contexte, des conditions de température élevée sont cohérentes avec les périodes d'essaimage de beaucoup d'espèces d'insectes (fin de printemps et début d'été principalement). Il est d'ailleurs logique que cette période corresponde aussi assez bien à la phase de mise bas de la plupart des espèces de chauves-souris, phase où il est important que les mères puissent trouver une nourriture abondante aussi bien en phase de gestation que de lactation. S'ajoute à cette notion d'influence de température, le fait que cette période de chaleur peut encore plus favoriser la formation d'ascendances thermiques (après échauffement diurne des milieux ouverts exposés), ainsi ces conditions pourront favoriser plusieurs modalités d'exploitation des essaimage pour différentes espèces entre le sol et les altitudes plus élevées.

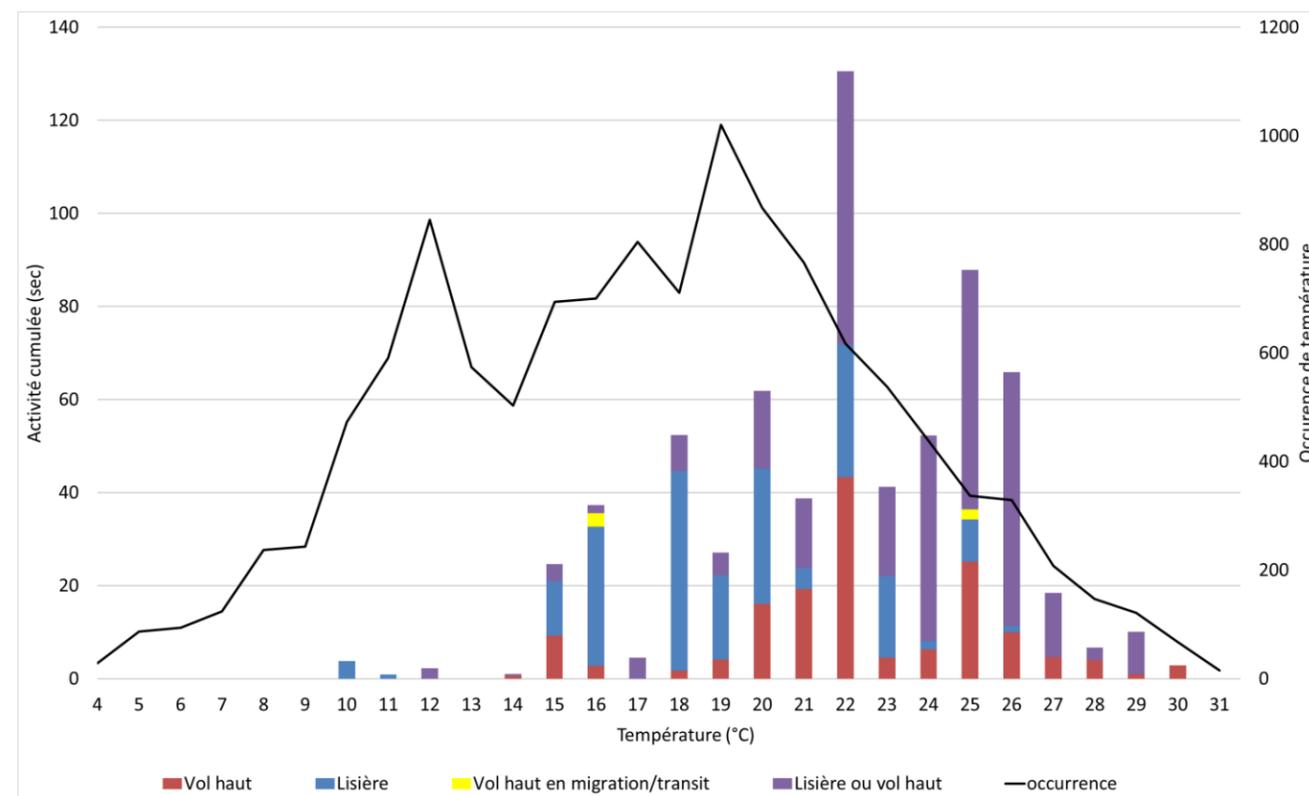
La courbe d'occurrence de la température correspond au nombre de fois où chaque valeur de température a été relevée, par période de 10 min, dans la nuit et au niveau de l'éolienne. De ce fait, il s'agit de comparer la courbe d'occurrence à celle de l'activité réelle :

- Dans le cas d'une activité aucunement liée à la température, la forme des représentations sera similaire,
- Dans le cas d'une activité liée à certaines valeurs de température (les chiroptères sont connus pour avoir une activité plus faible par température basse), les deux représentations auraient alors des différences qu'il conviendra d'essayer d'expliquer.

La Figure 17 montre que l'activité chiroptérologique est relevée entre **10°C et 30°C**. En pourcentage d'activité, **95% de l'activité des chauves-souris en hauteur s'effectuent par des températures supérieures ou égales à 16 °C.**

Malgré une occurrence des températures majoritairement comprise entre 12°C et 20°C sur le parc, l'activité chiroptérologique est décalée vers des températures plus chaudes encore, entre 20 et 26°C. **Ce constat permet donc de montrer que l'activité des chiroptères est plus importante par des températures élevées.**

Figure 17 : Décomposition de l'activité cumulée des chauves-souris en hauteur en fonction de la température relevée en parallèle des enregistrements d'activité en nacelle de l'éolienne E12



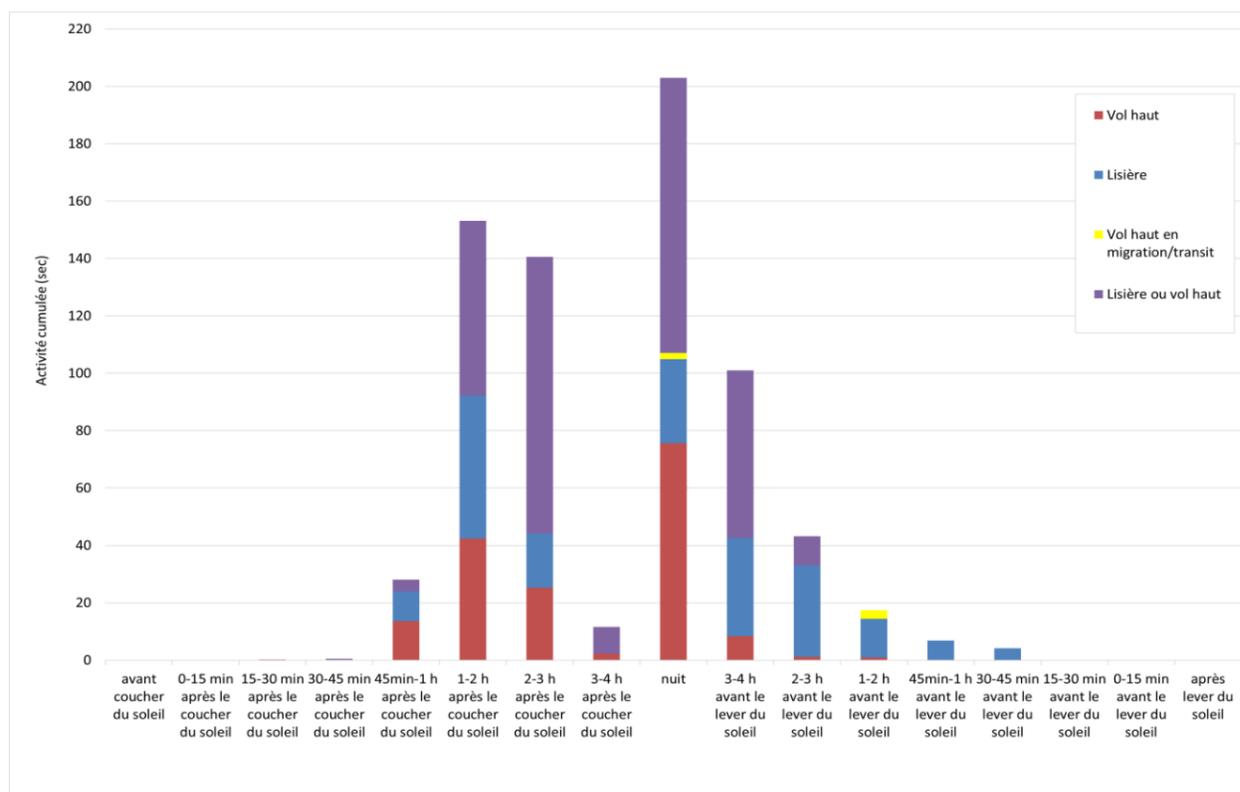
### 2.3.8 Rythme d'activité nocturne

Le rythme d'activité nocturne est une composante importante de l'étude de l'activité des chiroptères. De l'activité relevée en tout début de nuit ou en toute fin de nuit peut indiquer la présence de gîtes à proximité du site d'étude.

D'après le graphique ci-dessous, sur l'ensemble de la période de suivi, les données ultrasonores ont été enregistrées entre 15 min après le coucher du soleil et 30 min avant le lever du soleil. **95% de l'activité est relevée entre 45 minutes après le coucher du soleil et 2 heures avant le lever du soleil.**

L'activité est donc relevée en première partie de nuit, mais trop tardivement pour correspondre à une activité à proximité de gîtes. **Le site est alors probablement utilisé plutôt en sortie de gîtes dans les hameaux aux alentours du parc ou bosquets, lors de comportements de chasse/transit.**

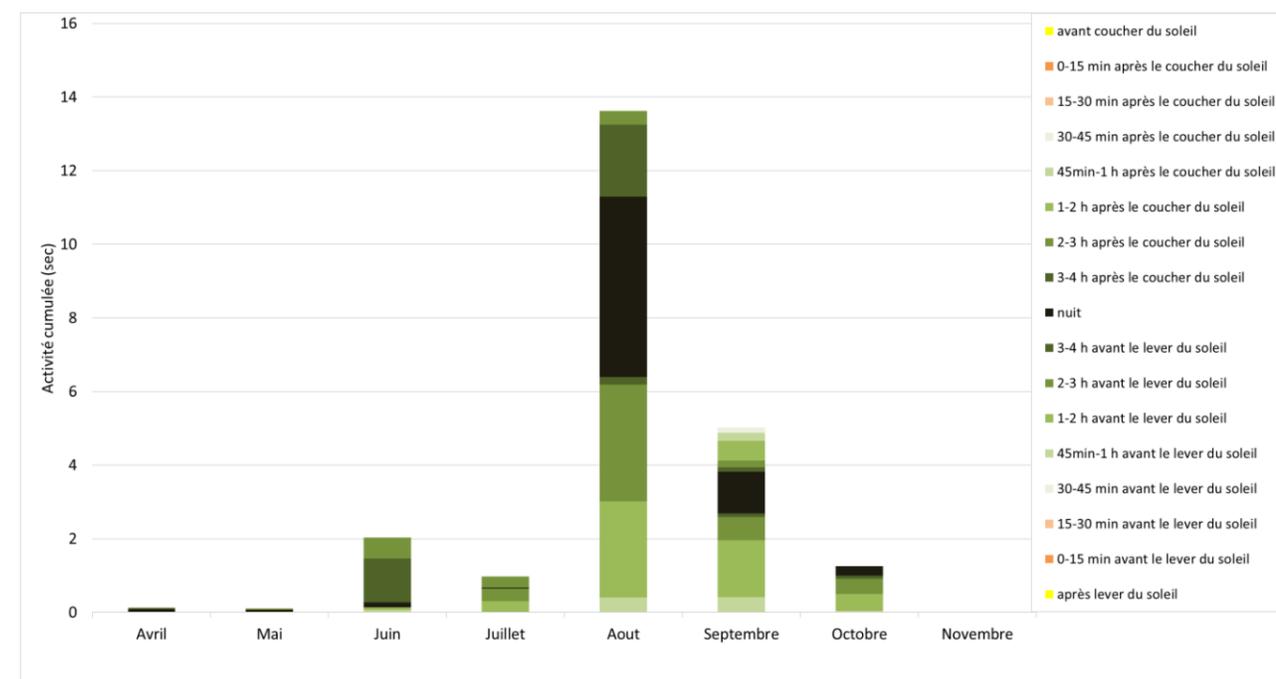
Figure 18 : Rythme d'activité nocturne (en secondes d'activité cumulée) par groupe d'espèces mesuré au niveau de la nacelle de l'éolienne E12



En termes de saisonnalité, entre avril et juin, l'activité est plutôt relevée en seconde partie de la nuit. A l'inverse, l'activité est relevée plutôt en première partie de la nuit entre juillet et octobre. Aucune activité n'est relevée en novembre. Etant donné l'activité quasi résiduelle relevée au printemps et en début d'été, cette analyse se repose sur trop peu de données, pour conclure sur l'utilisation du site par les chiroptères.

En revanche, l'activité est plus régulière en fin d'été et début d'automne. Comme précisé précédemment, l'activité relevée en première partie de nuit sur le parc suppose que les chauves-souris fréquentent le site plutôt en sortie de gîtes (localisés dans les hameaux ou bosquets voisins) pour aller chasser.

Figure 19 : Décomposition de l'activité moyenne (en seconde d'activité par nuit) des chauves-souris au niveau de la nacelle de l'éolienne E12 en fonction de l'écart avec le lever ou le coucher du soleil



# 3 SUIVI DE LA MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX

## 3.1 Objectifs du suivi de la mortalité

Le suivi de la mortalité sous les éoliennes du parc éolien de Lichères-près-Aigremont rentre dans le cadre de la réglementation ICPE (article 12 de l'arrêté du 26 août 2011) et d'un ensemble de suivis thématiques ciblés sur les effets des éoliennes sur l'activité et la mortalité de la faune volante (oiseaux et chiroptères).

Le suivi de la mortalité sous les éoliennes est l'option de suivi la plus consommatrice de temps pour obtenir des résultats pertinents. Elle reste un des thèmes d'étude prépondérants dans les suivis post-implantation, sans quoi l'interprétation des données des autres thèmes reste limitée. Idéalement, les résultats du suivi de la mortalité doivent être analysés en parallèle des résultats d'activité des chauves-souris.

Le suivi de cette mortalité vise donc à apporter des informations précises et ciblées sur :

- Les modalités de **mortalités observées** par une double approche : **dans l'espace** (par éolienne, en fonction de la configuration du parc éolien, des milieux concernés, du type de végétation), et **dans le temps** (en fonction de la phénologie des espèces, des conditions météorologiques ...) ;
- Les **espèces impactées** ;
- Le **taux de mortalité** estimé pour l'ensemble du parc éolien de Lichères-près-Aigremont par unité de temps.

## 3.2 Méthodologie

### 3.2.1 Choix d'une méthode standardisée

La méthodologie employée pour le suivi de la mortalité sous les éoliennes de Lichères-près-Aigremont est conforme au protocole de suivi environnemental des parc éoliens terrestres (MTES, 2018). Suivre cette méthodologie apporte un triple avantage : limiter les biais méthodologiques, comparer les résultats

d'une année sur l'autre pour comprendre leur évolution dans le temps, et comparer les résultats avec ceux d'autres parcs éoliens (regards croisés).

Globalement, la méthode consiste en la recherche d'animaux morts (oiseaux et chauves-souris) autour des éoliennes comme première évaluation du nombre de mortalités entraînées par le fonctionnement des éoliennes. En tenant compte de plusieurs coefficients correcteurs dont principalement **l'efficacité des chercheurs** (« taux de détection »), la **vitesse du retrait des carcasses** par les charognards (« taux de persistance ») et la **surface prospectée par éolienne** (« coefficient surfacique »), ce nombre de mortalité brutes permet d'estimer un **taux de mortalité (ou mortalité estimée)** à l'échelle du parc éolien et pour une année.

### 3.2.2 Choix des périodes de suivis et fréquence des visites

Le choix des périodes de suivi se fait généralement en fonction des thèmes d'étude à cibler prioritairement et en fonction des résultats de l'étude d'impact, des préconisations administratives et globalement des sensibilités des espèces et des comportements, qu'elles soient supposées ou mal maîtrisées initialement.

De façon générale, le suivi doit idéalement être basé sur un nombre représentatif de visites, et sur un intervalle de temps réduit entre chaque visite afin de limiter les biais liés à la disparition progressive des cadavres (notamment dû à la prédation). L'intervalle de temps entre chaque visite doit idéalement être proportionnée à la vitesse de disparition des cadavres du site d'étude (MEEDM, 2010). Autrement dit, plus le délai entre chaque visite est important et moins l'estimation du taux de mortalité est fiable et précise. Le protocole du MTES de 2018 précise que la période de la semaine 20 (mi-mai) à la semaine 43 (fin octobre) doit être suivie dans tous les cas. Le suivi de la mortalité peut être renforcé selon les enjeux identifiés dans l'étude d'impact, selon les prescriptions des arrêtés préfectoraux et selon les premiers résultats du suivi de la mortalité.

Dans ce cas précis, **le suivi de la mortalité a été effectué du 04 mai au 27 octobre novembre 2023, pour un total de 26 visites (1 visite par semaine pendant 26 semaines).**

La pression de suivi est donc légèrement supérieure aux recommandations minimales du protocole national (de 23 visites). La figure ci-dessous permet de visualiser le calendrier des visites et la pression de suivi. Les dates du suivi sont calées sur le plan du bridage à vérifier (mai à octobre).

Figure 20 : Calendrier et pression de suivi des visites effectuées lors du suivi de 2023 sur le parc de Lichères-près-Aigremont

		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Mortalité	Suivi de la mortalité : nombre de visites ciblées sur le suivi de la mortalité oiseaux et chauves souris					1	1	1	1	1	1	1	1
	Réalisation des tests pour calcul des coefficients correcteurs du taux de mortalité (test en binome et retour test à N+1 et à N+3)						3				3		

### 3.2.3 Choix des éoliennes suivies

Conformément au protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres de 2018, toutes les éoliennes doivent être prospectées pour un parc de 8 éoliennes et moins. **Le parc de Lichères-près-Aigremont étant caractérisé par 6 éoliennes, elles ont donc toutes été prospectées.**

Par expérience, la mortalité pouvant être hétérogène d'une éolienne à une autre au sein d'un même parc, il est d'autant plus judicieux de suivre toutes les éoliennes du parc.

### 3.2.4 Organisation des parcours de prospection

Les surfaces de prospection sont définies pour faire en sorte qu'une surface avec un rayon d'au moins 50 m autour des mâts des éoliennes, soit couverte, ce qui correspond à la majorité de la zone de survol des pales. Cette surface d'environ 1 hectare, est conforme avec les prescriptions nationales du protocole de suivi environnemental de 2018.

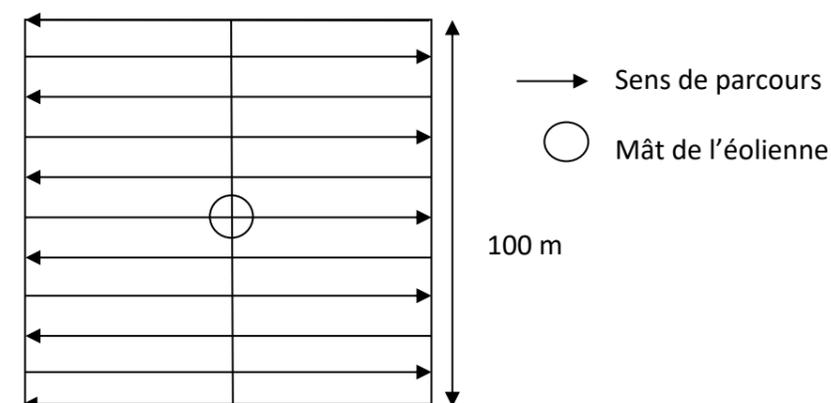
La recherche sous chaque éolienne est réalisée seulement dans les zones prospectables : c'est-à-dire au niveau de la végétation herbacée (moins de 60 cm de hauteur) et les sols nus (graviers, terre battue). Les boisements, les zones arbustives (genêts, jeunes arbres...) ainsi que les secteurs en culture (lorsque les semences sont levées) ne sont pas prospectées.

Les aires de prospection sont découpées en plusieurs polygones selon les éléments visibles sur orthophotographies (chemins d'accès, prairie, boisement, etc.). Tout au long de la période de suivi, pour chacun de ces secteurs, le niveau de prospection est noté afin de prendre en compte la difficulté de prospection sous chaque éolienne suivie. Les surfaces non-prospectées sont notées et quantifiées car elles représentent un biais à prendre en compte au niveau des calculs du taux de mortalité.

La durée de prospection sous une éolienne est de 30 min si 100% de la surface du carré (1 hectare) est prospectable. Pour une zone de prospectable correspondant à 50% du carré, la durée de prospection sera proportionnelle, soit d'environ 15 min. Les prospections se font en journée, lorsque la lumière naturelle est suffisante pour voir les éventuels cadavres et non rasante pour ne pas éblouir le chercheur.

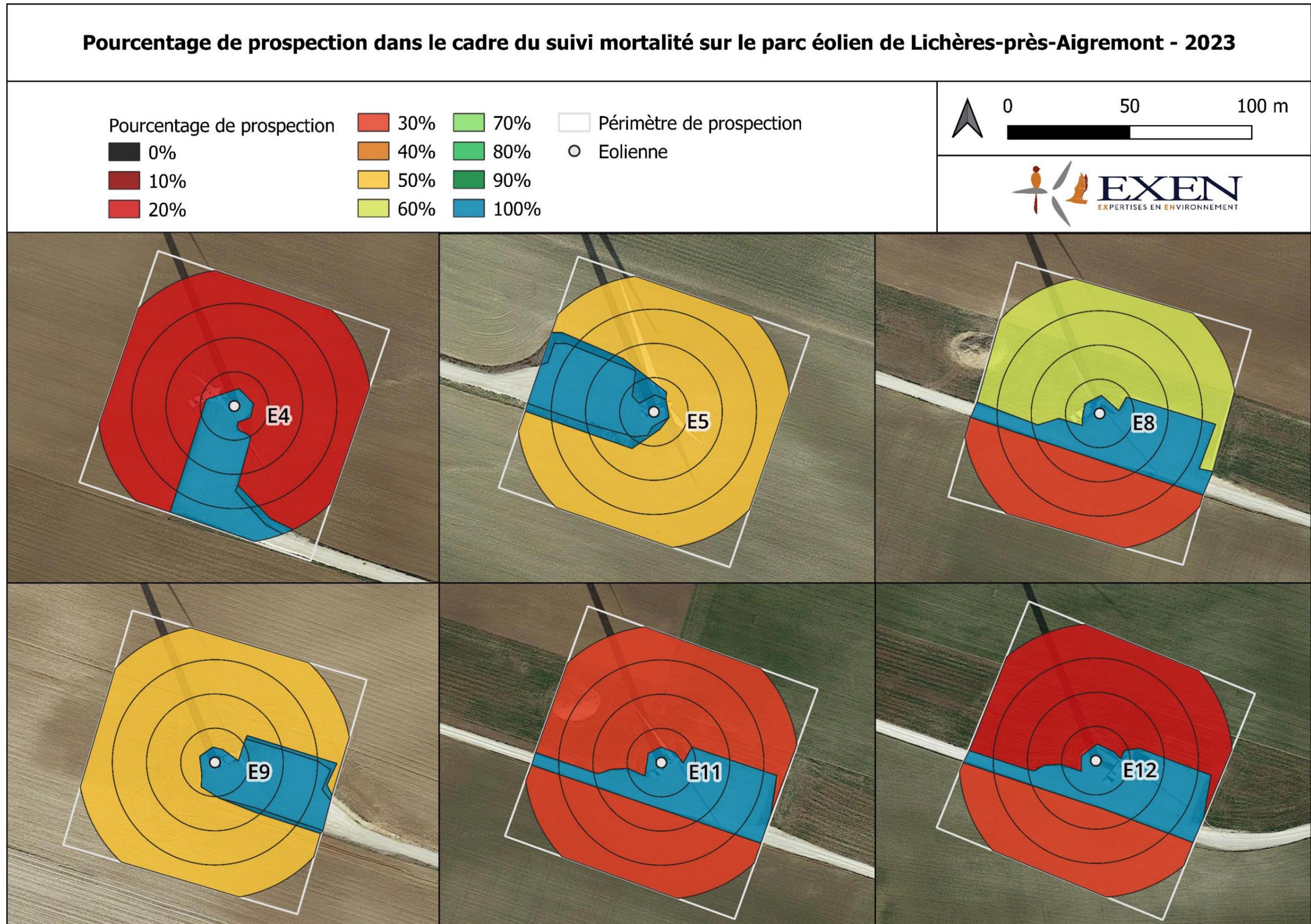
La recherche de cadavres sous les éoliennes se fait donc par transects parallèles plus ou moins espacés (2-3 m dans les zones moyennement ou difficilement prospectables et environ 5 m ou plus dans les zones de gravier ou de végétation rase).

Figure 21 : Schéma représentatif du transect de prospection théorique au sein de la surface-échantillon à prospecter



La figure de la page suivante propose de visualiser les pourcentages de prospections des secteurs définis sous les éoliennes du parc. Ces pourcentages correspondent au nombre de fois où chaque secteur a été prospecté sur la période de suivi (100% = secteur prospecté à toutes les visites, 0% : secteur jamais prospecté). Ils permettent de prendre en compte l'évolution des surfaces de prospection au cours du temps (évolution de la hauteur de végétation, évolution des zones en cultures) mais aussi les zones non prospectables (bosquets, haies denses, éolienne en maintenance ...). Généralement, les accès et les plateformes sont très bien prospectés. Les autres secteurs sont plus ou moins prospectés selon l'assolement du sol au moment des prospections.

Figure 22 : Carte de l'orientation des surfaces de prospection théoriques de 1 ha et des surfaces prospectées lors du suivi de la mortalité sous les éoliennes de Lichères-près-Aigremont en 2023



### 3.2.5 Recueil des données

Pour chaque visite effectuée, plusieurs éléments sont renseignés : la date de la visite, les heures de début et de fin de recherche, le type d'assolement et l'état de la végétation pour chaque éolienne, la présence de facteurs d'attractivité (tas de fumier/de graine, eau stagnante, lumière allumée) ... La fiche type de saisie de données de terrain est présentée dans l'Annexe 2 : Fiche de relevé de terrain. A la fin de campagne de suivi, toutes les fiches de terrain sont saisies sur tableur et rassemblées pour analyse.

Chaque fois qu'une mortalité est découverte, elle est localisée sur la carte de terrain et les coordonnées Lambert 93 sont relevées. Le cadavre est photographié in situ, avant récolte. Pour éviter les risques de confusion, chaque mortalité est répertoriée avec un code d'identification unique et est placée dans un sac de congélation individuel. Le tableau de synthèse des données brutes de mortalité retrouvées lors du suivi 2023 est présenté dans l'Annexe 3 : Données brutes de mortalités découvertes.

Les cas de mortalité retrouvés (cadavres ou plumées) sont identifiés dans la foulée par les chiroptérologues et ornithologues d'EXEN. Cette organisation permet d'ailleurs d'être réactif pour rédiger un rapport d'incident, si nécessaire.

**Concernant les chiroptères**, la phase de détermination se fait par les chiroptérologues d'EXEN formés aux techniques de captures, sur la base de diverses clefs de détermination des chauves-souris (Clef de détermination des chauves-souris de Midi Pyrénées (DEJEAN 2007), Clé de détermination illustrée des chauves-souris d'Europe (DIETZ C. & HELVERSEN O. 2004), Cahier technique d'identification des chiroptères (MARMET J. 2018...)). Bien sûr, l'identification se fait autant que possible par l'utilisation de différents critères morphologiques plus ou moins disponibles selon l'état du cadavre (forme du tragus, taille de l'avant-bras, cellules alaires, pénis...) comme en témoigne la figure ci-contre.

**Pour les oiseaux**, la phase de détermination se fait par les ornithologues d'EXEN, sur la base de diverses clefs de détermination d'oiseaux (Guide ornitho (SVENSSON L., MULLARNEY K., ZETTERSTRÖM D., 2015), Identifier les plumes des oiseaux d'Europe occidentale (FRAIGNEAU C., 2017), Featherbase (<https://www.featherbase.info/fr/home>)).

Figure 23 : Clichés des principaux critères utilisés pour la détermination des chauves-souris



**Le protocole d'étude pour le parc éolien de Lichères-près-Aigremont étant basé en 2023 sur 1 visite par semaine**, le décalage entre la date de la découverte et la date de la mortalité effective pourra varier :

- Entre 0 (cas d'un animal tombé la nuit précédant la visite) et 7 jours (1 visite par semaine),
- Parfois plus pour les cadavres qui n'auraient été trouvés qu'après plusieurs passages des équipes de chercheurs (et donc dépendant de l'efficacité des chercheurs).

Afin d'analyser la chronologie des mortalités, la date « réelle » de la mortalité de chaque cadavre est estimée en fonction de son état de décomposition au moment de la découverte. Plusieurs critères d'appréciation peuvent être utilisés pour estimer cette date de mortalité réelle d'un cadavre : l'aspect général du cadavre (raideur cadavérique, état de décomposition des chairs, des organes, sang frais ou coagulé, état des yeux ...) et la fréquentation d'insectes nécrophages et nécrophiles (colonisation par les diptères, éclosion des pontes, présences de Silphes non fousseurs tels que le Bouclier sinué (*Thanatophilus sinuatus*), ...).

Cette estimation reste approximative pour la présente étude, le niveau de précision nécessaire pour la suite des analyses étant lui aussi assez grossier. Ainsi, **il convient de rester prudent sur toute analyse trop fine issue de la chronologie estimée des mortalités.**

### 3.2.6 Détermination des coefficients correcteurs

#### 3.2.6.1 Organisation générale

Le nombre total de chauves-souris ou d'oiseaux tués par les éoliennes est égal au nombre de chauves-souris et d'oiseaux trouvés morts au cours de la phase de recherche, plus ceux qui ont été tués et qui n'ont pas été retrouvés (cadavres non découverts dans la végétation ou prélevés par la faune nécrophage). Le calcul du taux de mortalité nécessite donc la prise en compte de coefficients d'erreur déterminés au préalable et liés à :

- L'efficacité de la découverte des cadavres d'une part : le **taux de détection** ;
- Le temps mis par la faune nécrophage à faire disparaître un cadavre : le **taux de persistance** ;
- Le fait que certaines zones autour des éoliennes ne soient pas prospectées : le **coefficient de correction surfacique**.

Les suivis de mortalité réalisés montrent que ces coefficients correcteurs varient considérablement en fonction de nombreux paramètres extérieurs (nombre de charognards sur le site, évolution de la couverture végétale, fréquentation sur le site, météo, type et taille des cadavres...).

Deux sessions de détermination des coefficients correcteurs de détection et de persistance ont été réalisées au cours de la campagne de suivi : le 06 juin et le 03 octobre 2023. Ils permettent ainsi d'intégrer le paramètre « saisonnalité » dans ces estimations, la détection et la prédation pouvant être variable au cours du temps. Les résultats de ces différents tests seront développés plus bas.

#### 3.2.6.2 Test de détection

L'objectif de ce test est d'apprécier l'efficacité du chercheur. Le taux de détection correspond à la proportion de cadavre découvert par l'observateur :

$$d = \frac{\text{Nombre de cadavres découverts}}{\text{Nombre de cadavres déposés}}$$

Pour se faire, le test de détection est réalisé grâce à des peluches de taille et de couleur différente afin de mimer des cadavres de chauves-souris et d'oiseaux. Les peluches de petite taille miment les chauves-souris, les peluches de taille moyenne miment les passereaux et les peluches de grande taille miment les rapaces (cf. Figure 24). Autrement dit, deux coefficients correcteurs seront calculés, un pour les oiseaux (à partir des peluches moyennes et grandes) et un pour les chiroptères (à partir des peluches de petite taille).

Au total, 10 peluches seront utilisées par groupe faunistique (10 pour la détection des chiroptères et 10 pour celle de l'avifaune). Les peluches sont dispersées de manière la plus équitable possible dans les différents types de milieux présents sous l'éolienne. Cette répartition dans différents types de végétation

permet ainsi de prendre en compte la difficulté de perception des peluches en fonction de la taille ou de la couleur des peluches mais aussi du substrat du sol. Les zones non prospectables ne font pas l'objet du test. Le choix de l'éolienne sous laquelle se fait le test de détection est réfléchi afin de respecter la représentativité des types de milieux présents sur le parc éolien. Le test est mené par un binôme : avec une personne qui disperse les peluches et une autre qui les recherche par la suite.

Figure 24 : Clichés des peluches utilisées pour la réalisation des tests de détection (sur un autre site) et des difficultés de détection qui peuvent exister selon le substrat (cercles en rouge)



#### 3.2.6.3 Test de de persistance

L'objectif de ce test est d'apprécier la vitesse de disparition des cadavres, soit le nombre de jours au bout duquel les cadavres disparaissent totalement. Il est calculé de la façon suivante :

$$tm = \frac{Nb \text{ cadavres persistant } 1 \text{ jour }_{j+1} + Nb \text{ cadavres persistant } 2 \text{ jours }_{j+2} \times 2 + Nb \text{ cadavres }_{j+4} \times 4 +}{Nb \text{ cadavres présent}_{Départ}}$$

Pour chaque test, environ 15 cadavres de poussins et 5 cailles d'élevages, sont disposés sous les éoliennes. Ces derniers sont issus d'élevages adhérents à la Charte Sanitaire. EXEN dispose aussi d'une autorisation pour déposer ces leurres en milieu naturel.

Il est important d'utiliser un certain nombre de leurres afin d'avoir assez de données pour obtenir une idée précise du taux de prédation sur le site. Les leurres utilisés (poussins et cailles) sont de tailles différentes afin de prendre en compte les différences de tailles dans la durée de persistance.

Ainsi, pour calculer le taux de persistance des chiroptères, seules les données des poussins sont utilisées. Pour les oiseaux, les données des poussins (pour les passereaux) et des cailles (pour les rapaces) sont utilisées.

Afin d'être plus représentatif et afin d'éviter la possibilité qu'un seul prédateur puisse prélever l'ensemble des cadavres déposés sous une seule éolienne, les cadavres sont dispersés sous l'ensemble du parc (entre 3 et 5 leurres par éolienne). Les leurres sont placés sous les éoliennes de la manière la plus équitable possible au niveau de chaque type de revêtement prospectable, comme pour le test de détection.

Pour observer la vitesse de disparition des cadavres, il suffit de revenir sur chaque carré de mortalité après un délai variable, le parcourir de façon méthodique et de s'aider de la carte de terrain pour remarquer la disparition ou le déplacement des cadavres par rapport aux positions initiales. En effectuant ce travail à plusieurs reprises, il est alors possible d'apprécier l'action des nécrophages par unité de temps.

Les visites retour-tests sont réalisées de la façon suivante : une visite le lendemain de la dispersion des cadavres, puis 2 fois par semaine jusqu'à disparition des cadavres ou après une période de 14 jours.

#### **3.2.6.4 Coefficient de correction surfacique**

Le coefficient surfacique sert à corriger le fait que certaines zones autour des éoliennes (notamment les forêts ou les haies denses) ne soient pas prospectées.

Ce coefficient correcteur est donc déterminé *in fine*, après avoir saisi l'ensemble des fiches de terrain. Il se base sur les zones réellement prospectées au cours du suivi (cf. Figure 22 page 31) versus la zone de 1 ha par éolienne théoriquement prospectable.

### 3.2.7 Estimation de la mortalité « réelle » du parc

#### 3.2.7.1 L'application EolApp (Besnard et Bernard, 2018)

Proposé par le CEFÉ-CNRS (A. Besnard & C. Bernard), l'application EolApp permet d'obtenir une médiane des estimations de mortalité calculée selon 4 modèles statistiques : Winkelmann, Erickson, Jones et Huso, encadrée par un intervalle de confiance à 80% et à 95%.

Cette application web est disponible à l'adresse suivante : <https://shiny.cefe.cnrs.fr/EolApp/>.

EolApp utilise les données brutes de terrains pour estimer la mortalité réelle sur le site, tout en prenant en compte différentes variables comme : les résultats des tests de persistance et de détection, l'intervalle de temps entre 2 visites sur le site (en jours) ou encore le pourcentage moyen de surface prospectée sous les éoliennes du parc.

L'application propose deux méthodes de calcul différentes : non-paramétrique ou paramétrique. La première option est la plus lente mais elle est plus fiable quand nous disposons d'un nombre limité de passages ou de cadavres détectés. La deuxième méthode est plus rapide mais pertinente uniquement pour des jeux de données très conséquents. Dans le cadre des suivis mortalité, la méthode non-paramétrique sera retenue.

Les résultats obtenus reposent sur les mortalités brutes observées ou non lors des visites sur site. Il s'agit d'un processus d'échantillonnage. En revanche, la persistance des cadavres, la détection des cadavres ou encore la répartition des mortalités dans le temps sont vues comme des processus aléatoires. De ce fait, les estimations de mortalités présentent des incertitudes qui se doivent d'être quantifiées. Il est donc nécessaire d'interpréter les intervalles de confiance. Un intervalle de confiance trop vaste peut témoigner d'une imprécision de l'estimation statistique et induire une difficulté d'interprétation des résultats de mortalité.

Les intervalles de confiance sont des plages de valeurs encadrées par une borne inférieure et une borne supérieure dans lesquelles, il est probable de retrouver l'estimation recherchée. Par exemple, dans le cadre d'un suivi mortalité, la mortalité réelle a 80% de « chances » d'être incluse entre la borne supérieure et la borne inférieure de l'intervalle de confiance à 80%.

Les résultats sont présentés sous forme d'un tableau, pour chaque formule utilisée (Winkelmann, Erickson, Jones et Huso), avec la médiane, l'intervalle de confiance (IC) à 95% (bornes à 2.5% et 97.5%) et celui à 80% (bornes à 10% et 90%).

#### 3.2.7.2 L'application GenEst (Simonis et al, 2018)

GenEst (Simonis et al, 2018), « package » fonctionnant sur le logiciel statistique R, sera également utilisé pour estimer le taux de mortalité de chaque groupe d'espèces.

Comme EolApp, GenEst utilise les données de mortalités brutes récupérées lors d'un protocole standardisé afin d'estimer la mortalité réelle d'un parc éolien. Pour les estimations de la mortalité, GenEst s'appuie sur les données issues des tests de persistance et de détection, mais il peut également prendre en compte de nombreuses autres variables en compte comme : la saison, le type de végétation, la taille des cadavres... et ce, de manière plus fine (au niveau statistique) que EolApp. Dans le cadre de ce suivi, dans GenEst comme dans EolApp, la seule variable prise en compte sera la distinction oiseaux / chiroptères.

Les résultats obtenus reposent sur des processus d'échantillonnage et des processus aléatoires, il est donc là aussi important d'interpréter les intervalles de confiance afin de quantifier les incertitudes dans l'estimation de la mortalité.

Les résultats sont présentés sous forme d'un tableau avec la médiane, l'intervalle de confiance (IC) à 95% (bornes à 2.5% et 97.5%) et celui à 80% (bornes à 10% et 90%).

#### 3.2.7.3 Comparaison entre les estimations de la mortalité « réelle » du parc

Les résultats de taux de mortalité et leurs intervalles de confiance des deux outils seront ensuite comparés. L'analyse des résultats cherchera à mettre en évidence l'importance de différents facteurs pour expliquer les éventuelles mortalités constatées (facteurs météorologiques, facteurs milieux, facteurs lumières, autres facteurs comportementale particulier, types d'espèces, phénologie des espèces...) et proposer des mesures correctives adaptées.

Par ailleurs, il sera proposé dans la suite du rapport une estimation de la mortalité avifaunistique basée uniquement sur la découverte de cadavres et une autre en intégrant les plumées retrouvées. Même si parfois seuls les cadavres sont reconnus en tant que mortalité brute, la découverte d'une plumée (tas de plumes concentrées, sans chair) résulte de la prédation d'un cadavre d'oiseaux (et ne correspond pas à une mue). Or, il est possible qu'il s'agisse d'un oiseau impacté par une éolienne, puis prédaté. Les 2 estimations permettront d'avoir une idée des impacts du parc sur l'avifaune, avec une fourchette de valeurs.

### 3.2.7.4 Présentation des formules statistiques

La méthode standardisée développée par WINKELMANN (1989) est adaptée au suivi de la mortalité des chauves-souris et oiseaux. Cette méthode a été reprise et adaptée dans le cadre d'autres suivis (ERICKSON et al. 2002, ERICKSON 2003, KERNS et KERLINGER 2004, COSSON et DULAC 2004, ARNETT 2005...).

Ces formules sont proposées par la littérature spécialisée pour permettre d'estimer, au regard des découvertes de cadavres et des résultats de coefficients correcteurs, la mortalité que le parc aura pu générer par éolienne et par an.

Le paramètre clef pour l'expression de ces estimations est la probabilité que l'observateur détecte un cadavre sous l'éolienne. Ce paramètre est fonction de trois facteurs : le taux de persistance d'un cadavre, le taux de détection de l'observateur et le coefficient de correction surfacique.

#### ▪ Winkelmann (LPO 2005)

Cette équation est celle conseillée par le protocole LPO (ANDRE, 2005) :

$$N = \frac{C}{p \times d} \times a$$

Avec :

**N** : Le nombre de cadavres estimés total sur la période et les éoliennes considérées,  
**C** : Le nombre de cadavres comptés,  
**p** : Le taux de persistance durant l'intervalle,  
**d** : L'efficacité de l'observateur ou taux de détection,  
**a** : Coefficient de correction surfacique.

**L'expérience montre que cette formule surestime la mortalité estimée et parfois dans de fortes proportions. Pour ces raisons, la formule de Winkelmann sera écartée de la présentation des résultats.**

#### ▪ Erickson (2000)

Cette équation ressemble à celle de Winkelmann, mais permet de faire le calcul même lorsque le taux de prédation est très élevé (donc le taux de persistance nul). Pour cela, deux paramètres sont ajoutés, I (fréquence de passage) et tm (durée de persistance en jours) :

$$N = \frac{I \times C}{tm \times d} \times a$$

Avec :

**N** : Le nombre de cadavres estimés total sur la période et les éoliennes considérées,  
**I** : La durée de l'intervalle (entre 2 visites), équivalent à la fréquence de passage (en jours),  
**C** : Le nombre de cadavres comptés,  
**tm** : Durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jours),  
**d** : L'efficacité de l'observateur ou taux de détection,  
**a** : Coefficient de correction surfacique.

Une équation adaptée de cette dernière est aussi utilisée (Aves & Groupe chiroptère Provence 2010) :

$$N = \frac{I \times (C - C \times p)}{tm \times d} \times a$$

Avec :

**p** : le taux de persistance

▪ **Jones (2009)**

Cette méthode repose sur plusieurs hypothèses, le taux de mortalité est constant sur l'intervalle. La durée de persistance suit une variable exponentielle négative et la probabilité de disparition moyenne sur l'intervalle correspond à la probabilité de disparition d'un cadavre tombé à la moitié de l'intervalle. Le taux de persistance est alors remplacé par la formule suivante :

$$p = e^{-0.5 \times I/tm}$$

La notion d'intervalle effectif est aussi ajoutée par Jones et al. (2009). Plus l'intervalle I est long et plus le taux de persistance tend vers 0. Un cadavre découvert au bout d'un I très long n'est certainement pas mort au début de cet intervalle. Il est plus vraisemblablement mort dans « l'intervalle effectif » qui correspond à la durée au-delà de laquelle le taux de persistance est inférieur à 1%.

L'intervalle effectif  $\hat{I}$  est donc égal à :  $-\log(0.01) \times tm$ . On notera que dans l'équation, I prendra la valeur minimale entre I et  $\hat{I}$ .

Avec :

$$N = \frac{C}{d \times \hat{e} \times e^{(-0.5 \times I/tm)}} \times a$$

- N** : Le nombre de cadavres estimés total sur la période et les éoliennes considérées,
- C** : Le nombre de cadavres comptés,
- a** : Coefficient de correction surfacique,
- d** : L'efficacité de l'observateur ou taux de détection,
- I** : Intervalle effectif,
- $\hat{e}$**  : Coefficient correcteur de l'intervalle équivalent à :  $\frac{\text{Min}(I;\hat{I})}{I}$
- I** : 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).

▪ **Huso (2010)**

Comme Jones, Huso considère une mortalité constante sur l'intervalle et 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 proposé est plus élevé :  $p = \frac{tm \times (1 - e^{-I/tm})}{I}$

On notera que dans l'équation, I prendra la valeur minimale entre I et  $\hat{I}$ .

Avec :

- N** : Le nombre total de cadavres estimés sur la période et les éoliennes considérées,
- C** : Le nombre de cadavres effectivement découverts,
- a** : Coefficient de correction surfacique,
- d** : L'efficacité de l'observateur ou taux de détection,
- I** : Intervalle effectif,
- $\hat{e}$**  : Coefficient correcteur de l'intervalle équivalent à :  $\frac{\text{Min}(I;\hat{I})}{I}$
- I** : 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).

$$N = \frac{C}{d \times \frac{tm \times (1 - e^{-I/tm})}{I}} \times a$$

### 3.2.8 Evaluation des impacts du parc éolien de Lichères-près-Aigremont

#### 3.2.8.1 Impact quantitatif

L'impact quantitatif du parc éolien sur la faune volante, est défini sur la base du taux de mortalité estimé par éolienne et par an. La valeur obtenue est comparée à celles qui sont observées sur d'autres parcs éoliens pour les chauves-souris et pour les oiseaux.

#### 3.2.8.2 Impact qualitatif

L'impact qualitatif lui, est défini par espèce et est en lien avec les tendances évolutives des populations considérées (et leur dynamique de population).

##### Concernant les chiroptères

Pour se faire, un risque d'occurrence de la mortalité est défini en premier lieu. Pour les chiroptères, ce dernier est basé sur le croisement entre le niveau de fréquentation de l'espèce sur le site (défini via les résultats des suivis d'activité en continu lorsque les pales d'éoliennes tournent) et la sensibilité de l'espèce à l'éolien (basé sur la liste de T. DÜRR 2023 qui recense le nombre de mortalités brutes relevées sous les parcs éoliens européens de chiroptères et d'oiseaux). Les chiroptères bénéficient effectivement de données récoltées en continu et en hauteur, valorisables pour définir cette probabilité de mortalité. Cette méthodologie permet ainsi de prendre en compte les biais liés à la détection de petits cadavres. Pour une espèce très active, et présente régulièrement en hauteur, un niveau d'impact théorique pourra être défini, même si aucun cadavre n'est retrouvé au sol.

Figure 25 : Grille de calcul pour la définition du risque d'occurrence de la mortalité des chiroptères

		Niveau de fréquentation								
		Très faible	Faible	Faible à modéré	Modéré	Modéré à fort	Fort	Très fort		
Sensibilité à l'éolien	Très faible	Très faible	Très faible	Faible	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort
	Faible	Très faible	Faible	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort
	Faible à modéré	Faible	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort
	Modéré	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort
	Modéré à fort	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort	Très fort
	Fort	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort	Très fort	Très fort
	Très fort	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort	Très fort	Très fort	Très fort +

Ce risque d'occurrence de la mortalité est ensuite pondéré par le nombre de mortalités brutes retrouvées par espèce.

En second lieu, le risque d'occurrence de la mortalité est croisé avec la valeur patrimoniale de l'espèce, pour obtenir le niveau d'impact théorique de l'espèce.

A propos de la définition de la patrimonialité des espèces de chauves-souris, celle-ci intègre :

- Les statuts de protection de l'espèce ;
- Les statuts de conservation de l'espèce, au niveau national et régional ;
- Les tendances évolutives des populations de l'espèce ;
- La liste d'espèces PNA à forte pression liée à l'éolien.

Ce croisement se base sur la grille ci-dessous.

Figure 26 : Grille de calcul pour la définition du niveau d'impact théorique (Patrimonialité \* Risque d'occurrence)

		Patrimonialité								
		Très faible	Faible	Faible à modéré	Modéré	Modéré à fort	Fort	Très fort		
Occurrence du risque de mortalité	Très faible	Très faible	Très faible	Faible	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort
	Faible	Très faible	Faible	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort
	Faible à modéré	Faible	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort
	Modéré	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort
	Modéré à fort	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort	Très fort
	Fort	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort	Très fort	Très fort
	Très fort	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort	Très fort	Très fort	Très fort +

##### Concernant les oiseaux

La méthodologie employée diffère légèrement, puisque les oiseaux ne bénéficient pas de suivi d'activité en continu. De plus, leur dynamique des populations diffère sensiblement des chiroptères (taille de population, taux de reproduction annuel, nombre de petits, etc), bien qu'il existe une différence entre les passereaux (plusieurs nichées par an) et les rapaces (espèce longévive à faible reproduction) par exemple.

Ainsi, le risque d'occurrence de la mortalité est défini sur la base du croisement entre la sensibilité de l'espèce à l'éolien (basée sur la liste de T. DÜRR 2023) et le nombre de mortalités retrouvées au cours du suivi (cf. Figure 27).

Figure 27 : Grille de calcul pour la définition du risque d'occurrence de la mortalité  
(Sensibilité\*Nombre de mortalité brutes)

		Sensibilité						
		Très faible	Faible	Faible à modéré	Modéré	Modéré à fort	Fort	Très fort
Nombre de Mortalité	1	Très faible	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré
	2	Faible	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort
	3	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort
	4	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort
	5	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort
	6	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort	Très fort
	7	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort	Très fort	Très fort
	8	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort	Très fort	Très fort	Très fort +
	9	Modéré à fort	Fort	Fort	Très fort	Très fort	Très fort +	Très fort +
	10	Fort	Fort	Très fort	Très fort	Très fort +	Très fort +	Très fort ++
	11	Fort	Très fort	Très fort	Très fort +	Très fort +	Très fort ++	Très fort ++

Puis, la définition du niveau d'impact théorique de l'espèce se base sur le croisement entre son risque d'occurrence de la mortalité et son niveau de patrimonialité (selon la même grille de calcul des chiroptères, Figure 26).

A propos de la définition de la patrimonialité des espèces d'oiseaux, celle-ci intègre :

- Les statuts de protection de l'espèce ;
- Les statuts de conservation de l'espèce, au niveau national et régional ;
- Le statut de l'individu impacté (nicheur, migrateur, hivernant ...) et n'impactant pas les mêmes tailles de populations.

Pour les oiseaux, selon le statut de l'individu impacté (nicheurs, migrants, hivernants ...), la patrimonialité peut varier. En période nuptiale, une mortalité d'individu peut impacter une population locale (de petite taille) et potentiellement une nichée (impact collatéral) ; En période de migrations, l'individu impacté est lié à une plus grande population. Partant de ce principe, le niveau d'impact est plus faible.

Enfin, quand cela est possible, et notamment pour les rapaces impactés, l'outil EolPop est utilisé pour quantifier l'impact démographique des mortalités aviaires causées par les collisions avec les éoliennes. Il s'agit d'un outil d'aide à la décision, à vocation informative, développé dans le cadre du programme de recherche MAPE par T. Chambert. Il vise à fournir une évaluation objective des conséquences de la mortalités aviaire à l'échelle des populations.

### 3.2.9 Evaluation de l'efficacité ou de l'échec d'une mesure corrective

D'après le rapport OPRECH (BEUCHER et al., 2022), « **concernant l'analyse de l'efficacité d'une mesure de régulation**, il est aussi important de proposer des repères pour juger d'un succès ou d'un échec de la mesure et faire le choix d'une reconduite ou d'une évolution de la mesure. Au-delà de la précision du caractère « significatif » ou « non significatif » de l'impact résiduel après mesure qui reste essentiel à préciser, la notion d'efficacité ou d'échec, il est recommandé que la mesure soit appréciée au regard des seuils d'impacts objectifs définis précédemment (quantitatifs et qualitatifs) et de l'évolution des résultats entre avant et après mise en œuvre de la mesure. Là encore, la classification suivante n'est qu'une ébauche de proposition :

- Evolution positive du taux de mortalité (malgré la diminution de la mortalité brute) = **échec** ;
- Diminution du taux de mortalité mais faible augmentation des mortalités brutes = **efficacité partielle** selon la nature des mortalités brutes en question (ex. espèce hautement patrimoniale et sensible ?) et par le taux de mortalité résiduel ;
- Diminution des taux de mortalités et des mortalités brutes pondérées, taux de mortalité résiduel faible à très faible, absence d'espèce phare de haut-vol patrimoniale et sensible = **succès**.

La figure suivante propose une base de réflexion pour l'interprétation des résultats pour plusieurs types de situations.

Figure 28 : Proposition d'aide au mode d'évaluation de l'efficacité ou de l'échec de la mesure pour différentes situations (Beucher et al., 2022)

Critères quantitatifs			Critère qualitatif	Interprétations
Evolution du taux de mortalité	Taux de mortalité	Evolution des mortalités brutes	Mortalités d'espèces patrimoniales	
	-	-	-	Echec -> mesure à revoir globalement
	Modéré à Fort		Notable	Echec partiel -> mesure à revoir globalement
	Modéré à Fort		Non notable	Echec partiel -> mesure à revoir globalement
	Faible		Notable	Succès partiel -> mesure à revoir en ciblant les espèces patrimoniales
	Faible		Non notable	Succès -> mesure à reconduire en l'état
	Très faible		Non notable	Succès -> mesure à reconduire en l'état

En plus des éléments précédents, **l'analyse comparative avec l'analyse de l'activité** des chauves-souris est particulièrement importante à prendre en compte.

Concrètement, dans l'hypothèse d'une diminution constatée de la mortalité entre avant et après la mesure, il est recommandé de **vérifier si cette évolution n'est pas aussi liée à une forte diminution de l'activité** entre les deux situations. Le cas échéant, il s'agirait de pondérer les résultats et de ne pas juger trop hâtivement d'un franc succès si l'activité a fortement diminué.

Il s'agit aussi de **vérifier si les périodes de mortalités et de suivis de la mortalité sont cohérentes avec les périodes d'activité** et en tenir compte pour faire le choix ou valider les plages d'activation pertinentes de la mesure. L'attention porte tout particulièrement sur les phases début et de fin de campagne d'activité qui sont soumises aux plus fortes variabilités annuelles. »

« L'analyse de l'efficacité d'une mesure de régulation ne doit pas se faire non plus sans rechercher et tenir compte d'éventuels problèmes de mise en œuvre effective de la mesure au préalable. [...]

Ces problèmes de mise en œuvre effective de la mesure de régulation sont importants, largement sous-évalués dans les études et donc probablement aussi par les exploitants et l'administration. Ils peuvent surtout induire une surexposition des chauves-souris aux conditions de risques, et donc un risque de non-conformité d'exploitation pour l'exploitant. Mais il se peut aussi de cette mauvaise mise en œuvre soit plus conservatrice que prévue, et dans ce cas-là, elle peut aussi éventuellement générer plus de perte de production d'énergie que ce qu'elle aurait dû.

Enfin, ils induisent aussi des erreurs évidentes de perception de l'efficacité quantitative ou qualitative de la mesure de régulation. Et à ce titre, ils limitent toute possibilité d'optimisation de la mesure, que ce soit à l'échelle du parc (mesure corrective) ou de façon plus générale vers une maîtrise des pratiques de la régulation.

Concrètement, il s'agit de récupérer les données historiques de fonctionnement des éoliennes auprès de l'exploitant et de vérifier que le pattern de régulation censé avoir été implémenté l'a bien été et que les éoliennes ont donc bien été mises en drapeaux pour les conditions à risques définies par ce pattern. Ce type d'analyse peut se faire par tableurs (notamment via tableaux croisés dynamiques), mais aussi via l'utilisation d'applications développées à cet effet (ex. Probat Inspector). »

### 3.3 Limites de la méthodologie

Le suivi de la mortalité de la faune volante au sol est soumis à de nombreux biais tout au long du processus, dont il est important d'en avoir conscience pour juger de l'impact du parc éolien sur la faune volante, dans un processus rigoureux et scientifique. Ci-dessous sont listés plusieurs exemples de biais.

#### ❖ Biais liés à l'absence de mortalité brute retrouvée

La découverte de mortalité brute est à la base du calcul du taux de mortalité, utilisé pour juger de l'impact du parc sur la faune volante. Mais cette mortalité brute est soumise elle-même à des biais liés à la détection des cadavres (liés à la détection des chercheurs et à la surface prospectée) mais aussi à la persistance des cadavres sur site. Ainsi, en l'absence de mortalité brute retrouvée, il est donc important de considérer que l'impact du parc a pu être nul, mais il a aussi pu impacter des individus sans qu'ils ne soient retrouvés au sol.

#### ❖ Biais liés à la période et la pression de suivi

La période suivie et la pression de suivi sont des facteurs qui influencent sur la robustesse d'un suivi mais aussi sur l'estimation du taux de mortalité, notamment via la différence de nombre de jours qu'il peut y avoir entre la vitesse de disparition des cadavres sur site et l'intervalle moyen entre 2 visites. Si la vitesse de disparition ( $T_m$ ) est inférieure à l'intervalle moyen entre 2 visites ( $I$ ), l'estimation du taux de mortalité sera corrigée à la hausse. A l'inverse, l'estimation pourra être revue à la baisse si  $I < T_m$ . De même, ces facteurs sont aussi susceptibles de jouer sur la détection de cadavres, dans le cas où le  $T_m$  serait inférieur à  $I$ . Ce biais fait d'ailleurs l'objet du développement d'une application proposée par Thierry Chambert (CEFE-CNRS Montpellier) et Aurélien Besnard (EPHE, CEFE-CNRS Montpellier) visant à évaluer un suivi existant et planifier un nouveau suivi : l'application EolPower (<https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolpower/>).

#### ❖ Biais liés aux éoliennes suivies

La mortalité est susceptible d'être hétérogène dans le temps et dans l'espace. Ainsi, lorsque le suivi de la mortalité échantillonne le nombre d'éoliennes suivies par rapport à la totalité du parc, la récolte des données brutes peut en être influencée que ce soit au niveau qualitatif et/ou quantitatif. L'échantillonnage permet donc d'avoir une vision partielle des mortalités du site.

#### ❖ Biais liés aux surfaces de prospection

La surface de prospection est actuellement d'un hectare, permettant de prendre en compte une bonne partie de la zone de survol des pales. Mais selon le contexte paysager et l'assolement au sol, la détection des cadavres peut être réduite. Par exemple, les zones boisées ne sont pas prospectées puisque les cadavres peuvent tomber dans le houpier des arbres, rendant leur détection difficile.

Le phénomène de « Crippling loss » n'est pas pris en compte dans l'estimation du taux de mortalité. Il s'agit de tous les individus qui meurent en dehors de la zone prospectée :

- soit à proximité
- soit dans les heures ou jours qui suivent, donc à de grandes distances.

Ce phénomène a pu être observé par EXEN notamment pour les rapaces, qui planent avant d'atterrir en dehors de la zone de prospection. En conséquence, le nombre de cadavres trouvés est une sous-estimation du nombre réel.

#### ❖ Biais liés à la détection et à la persistance

Les biais associés à la détection et à la persistance des cadavres sont largement documentés dans la littérature scientifique (Erickson et al. 2004, Huso 2010, Bernardino et al. 2013). Un cadavre n'est pas toujours détecté le lendemain de la mortalité et sa persistance sur site est généralement très faible (prédation).

#### ❖ Biais liés aux formules utilisées (mis en évidence par Korner-Nievergelt et al. (2011))

Dans le modèle de Winkelmann, la probabilité que l'observateur détecte un cadavre est égale au produit du taux de persistance du cadavre et de l'efficacité de l'observateur. Cependant, ce modèle ne tient pas compte du fait qu'un cadavre qui n'aurait pas été trouvé lors d'une prospection peut être découvert lors d'une prospection ultérieure. Cela implique une surestimation lorsque l'efficacité de détection est faible et que le taux de persistance est élevé.

Le modèle d'Erickson sous-estime le nombre de cadavres potentiels lorsque la durée de persistance est faible.

Le modèle d'Huso est assez robuste pour des cas où la durée de persistance des cadavres est élevée (tel qu'en Amérique du Nord, en moyenne 32 jours (Arnett et al., 2009)) et la fréquence de prospection supérieure à 14 jours. En revanche, pour des cas où la persistance est plus faible (tel qu'en Europe centrale, en moyenne 4,2 jours (Niermann et al., 2011)) et la fréquence de prospection allant de 1 à 7 jours, le modèle d'Huso tend à surestimer le nombre de cadavres. En outre, la formule d'Huso est particulièrement robuste lorsque l'efficacité de détection est hétérogène dans le temps, c'est-à-dire qu'elle diminue au fur et à mesure des recherches (Huso, 2010). Or, dans la présente étude, l'efficacité de détection est considérée constante et indépendante du nombre de prospections, ce qui a pour effet de produire une surestimation.

De manière plus générale, les formules utilisées pour calculer les taux de mortalité se basent sur des hypothèses statistiques plus ou moins poussées et documentées qu'il est important de prendre en compte dans le calcul de ces mortalités estimées et dans l'interprétation et l'analyse des résultats obtenus.

#### ❖ Biais liés aux recueils de données

Au-delà de l'aspect quantitatif des données, l'identification des cadavres par des personnes expérimentées et compétentes est à la base de l'analyse qualitative des espèces impactées. Il est donc important d'être le plus précis possible dans la détermination de l'espèce et avec justesse, pour pouvoir qualifier l'impact du parc éolien sur telle ou telle espèce.

#### ❖ Biais lié à la définition d'impact qualitatif du parc et des niveaux d'impacts théoriques sur les espèces

La définition de niveau d'impact qualitatif sur les espèces est un exercice difficile qui se base sur la dynamique des populations des espèces considérées. Elle se fait en fonction des connaissances actuelles des espèces, de la taille de leurs populations, de leur succès reproducteur, de leur patrimonialité etc. Mais les données disponibles peuvent être partielles ou lacunaires, d'autant plus en travaillant sur des données environnementales, amenées à évoluer au cours du temps.

Aucun seuil écologique n'est défini, que ce soit pour les chiroptères ou pour les oiseaux permettant de considérer à partir de quand un certain nombre de mortalités brutes/estimées relevé est significatif ou non pour l'espèce donnée. La méthodologie présentée précédemment pour définir les impacts qualitatifs du parc est donc proposée à titre indicatif, pour permettre une comparaison entre les parcs éoliens.

**En bref, il s'agit là de tout un éventail de biais lié au suivi de la mortalité au sol, qui ne peut garantir une appréciation absolue de la mortalité de la faune volante sur un site et dans sa globalité. Aussi pour que l'approche scientifique soit rigoureuse, il s'agit d'avoir toujours conscience de ces biais pour fonder sa propre interprétation des résultats.**

### 3.4 Planning des visites, mortalités brutes retrouvées et surface prospectée

La campagne de suivi mortalité réalisée en 2023 sur les 6 éoliennes du parc de Lichères-près-Aigremont a eu lieu du 04 mai au 27 octobre 2023. La pression du suivi a été variable, (cf. chapitre Choix des périodes de suivis et fréquence des visites page 29) mais **l'intervalle moyen entre 2 visites sur toute la période de suivi est de 1 = 7,04 jours.**

Au cours de ces 6 mois de suivi, et pour un total de 26 visites, **2 mortalités brutes ont été recensées : 1 chiroptère et 1 oiseau**, soit environ 0,17 mortalité de chiroptères et 0,17 mortalité d'oiseaux retrouvées par mois.

Compte-tenu du contexte agricole du parc de Lichères-près-Aigremont, les surfaces prospectables ont évolué dans le temps (en fonction de l'état d'avancement des cultures). La Figure 22 page 31 permet de visualiser le pourcentage de prospection des éléments structurants la surface de prospection sous les éoliennes (plateformes, accès, zones en culture ...). Logiquement, les plateformes et les accès ont été prospectés tout au long du suivi. En moyenne, **le ratio « surface prospectée / surface théorique à prospecter » sous l'ensemble du parc de Lichères-près-Aigremont en 2023 est de 0,49.**

Autrement dit, **environ 50% du parc de Lichères-près-Aigremont a été prospecté en 2023.**

Figure 29 : Tableau récapitulatif des visites et des observations de mortalités brutes sur le parc (dans le cadre du suivi de la mortalité)

Dates des visites	Pourcentage de prospection par visite	Mortalité(s) brute(s) observée(s)			
		Cadavres de chiroptères	Cadavres d'oiseaux	Plumées d'oiseaux	Mortalité totale d'oiseaux
4-mai	0,36				
11-mai	0,17				
18-mai	0,17	1			
25-mai	0,17		1		1
1-juin	0,17				
8-juin	0,17				
15-juin	0,17				
23-juin	0,17				
29-juin	0,17				
6-juil.	0,17				
13-juil.	0,25				
20-juil.	0,39				
27-juil.	0,59				
3-août	0,40				
10-août	0,53				
17-août	0,53				
24-août	0,64				
31-août	0,64				
7-sept.	0,64				
14-sept.	0,86				
21-sept.	0,86				
29-sept.	0,86				
7-oct.	0,81				
17-oct.	1,00				
21-oct.	1,00				
27-oct.	0,72				
<b>Total :</b>		<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

## 3.5 Bilan de la mortalité des chauves-souris

### 3.5.1 Bilan des mortalités brutes

Pour rappel, aucun cadavre n'a été découvert en 2018-2019 en 8 visites ; en 2021-2022 et avant la mise en place du bridage préventif, 26 cadavres de chiroptères ont été retrouvés sur le parc en 103 visites dont 7 noctules communes et 2 sérotines communes.

Un seul cas de mortalité de chiroptère a été observé sur le parc au cours de la campagne de 2023.

Il s'agit d'un cadavre de Grand murin (*Myotis myotis*) retrouvé sous l'éolienne E12, le 18 mai 2023. La date de mortalité est estimée entre 0 et 1 jour avant la découverte.

Le Grand murin est une espèce assez rarement retrouvée lors des suivis mortalité. Il fait partie des chiroptères faiblement à modérément sensible au risque de mortalité par l'éolien. Il est classé 17<sup>ème</sup> espèce de chiroptères la plus impactée d'Europe avec seulement 9 mortalités (T. DÜRR, 2023).

Le Grand murin est une espèce essentiellement cavernicole (parfois anthropophile) qui chasse principalement dans des milieux fermés comme des sous-bois dégagés, à une hauteur de 2 à 5 mètres. Il est donc souvent en dessous de la hauteur de pales. Toutefois, il lui arrive également de chasser dans des bocages ou dans des milieux ouverts s'ils sont à proximité de son gîte, et dans certaines conditions aérologiques et météorologiques, il peut augmenter sa hauteur de vol (correspondant à la hauteur en bout de pales), notamment lors de comportements de chasse, à la poursuite d'essaimage d'insectes.

Le Grand murin n'est pas une espèce migratrice, mais un espèce semi-sédentaire, quelques dizaines de kilomètre séparent leurs gîtes d'hiver de leurs gîtes d'été. Généralement, il est actif de fin mars jusqu'à début novembre. Ici, la mortalité est survenue mi-mai, ce qui correspond à la fin de la période des transits printaniers et au début de la période de mise bas. Aucun contact de murin n'a été relevé au cours du suivi d'activité en nacelle. Il n'est pas possible d'aller plus loin dans la compréhension de cette mortalité.

Il est protégé au niveau national et classé comme « préoccupation mineure » sur les listes rouges nationale et européenne. En revanche, il est classé « quasi-menacé » sur la liste rouge de Bourgogne. La tendance évolutive des populations de Grand murin est positive depuis la mise en place du Plan National d'Action (2016-2025). Sa patrimonialité est considérée comme « Faible ».

Le tableau suivant résume ses statuts de protection et de conservation et la figure de la page suivante indique l'emplacement où a été retrouvé le cadavre sur le parc. Il a été retrouvé sous l'éolienne la plus proche d'un boisement (environ 200 m). Aucun autre élément ne semble expliquer pourquoi une espèce dite de vol bas a été retrouvée sous l'éolienne E12.

Figure 30 : Tableau recensant l'ensemble des espèces impactées au cours du suivi de la mortalité au sol en 2023

Espèce	Nom scientifique	Protec. Fr.	Protec. U.E.	Conv. Berne	Espèce prioritaire du Plan National d'Action chiroptères 2016-2025	Espèce PNA à forte pression liée à l'éolien (PNA 2016-2025)	Tendance évolutive (PNA 2016-2025)	Liste rouge UICN (Mondiale)	Liste rouge UICN (Europe)	Liste rouge nationale (Nov 2017)	Liste rouge Bourgogne (2015)	Valeur patrimoniale
Grand murin	<i>Myotis myotis</i>	p	H2 et H4	2			+	Préc. Mineure	Préc. Mineure	Préc. Mineure	Quasi menacé	Faible

Figure 31 : Photographies du Grand murin retrouvé sous E12 le 18 mai 2023



Figure 32 : Cartographie du constat de mortalité de chiroptère sur le parc de Lichères-près-Aigremont en 2023



### 3.5.2 Taux de mortalité des chiroptères

#### 3.5.2.1 Résultats des tests de détection et de prédation réalisés sur le site d'étude

##### ❖ Tests de détection

Figure 33 : Résultats des tests de détection

	Eolienne testée	Date du test	Nombre de peluches déposées	Nombre de peluches détectées	Taux de détection (d)
<b>Total</b>	-	-	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>0,80</b>
Test n°1	E9	06/06/2023	10	9	
Test n°2	E12	03/10/2023	10	7	

**80% des peluches ont été détectées** au cours des 2 tests de détection, ce qui est un résultat nettement supérieur au taux de détection observés sur d'autres parcs éoliens. La mortalité estimée ne sera que très peu corrigée via ce coefficient de détection.

##### ❖ Taux de persistance

Figure 34 : Résultats des tests de persistance

	Eolienne testées	Date du test	Nombre de cadavres déposés	Nombres de cadavre(s) restant(s) après X jours					Tm	p
				J+1	J+2	J+3	J+9	J+10		
Total des tests	-	-	30	25	19	11	0	0	1,83	0,12
Test n°1	Toutes	06/06/2023	15	15	13	10	0	0		
Test n°2	Toutes	03/10/2023	15	10	6	1	0	0		

**La vitesse de disparition des cadavres est estimée à environ 2 jours** (Tm = 1,83), supposant une prédation importante sur le parc éolien. Avec un intervalle moyen de 7 jours entre 2 visites de suivi de la mortalité, le coefficient de persistance corrigera la mortalité brute retrouvée à la hausse.

#### 3.5.2.2 Estimation de la mortalité avec l'application EolApp

Le tableau ci-dessous détaille l'ensemble des paramètres renseignés dans EolApp, en complément des deux fichiers importés dans l'application.

Figure 35 : Paramètres à renseigner dans EolApp

Paramètres de calculs	Valeurs
Nombres de cadavre(s) de chiroptères retrouvé(s) sous les éoliennes suivies	1
Intervalle moyen entre les passages (en jours)	7,04
Nombre de peluches déposées pour l'étude de détection	20
Nombre de peluche(s) découverte(s) pour l'étude de détection	16
Pourcentage de la surface totale prospectée	0,49

Les estimations de la mortalité calculées par EolApp sont données pour la totalité des éoliennes suivies sur la période de suivi. Pour permettre une comparaison des taux de mortalités entre parcs éoliens, les résultats sont corrigés pour aboutir à des **estimations par éolienne et par an**. Dans le cas présent, l'ensemble des éoliennes du parc a été suivi, les résultats ont donc été divisés par 6 (le nombre d'éoliennes sur le parc), puis un nouvelle fois divisé par 6 (6 mois de suivi) pour avoir une estimation de la mortalité **par éolienne et par mois**, puis ils ont été multipliés par 7 (7 mois d'activité par an pour les chiroptères sur le site (5 mois d'hibernation)) pour aboutir à une **estimation de la mortalité par éolienne et par an**.

En résumé, en utilisant EolApp, la probabilité que la **mortalité réelle par éolienne et par an** soit entre 0 et 9,93 est de 95%, et la probabilité que la mortalité soit comprise entre 0 et 6,68 est de 80%. **La valeur médiane est 2,61 mortalités de chauves-souris par éolienne par an**, soit 15,66 cas pour le parc entier et par an.

Figure 36 : Tableau récapitulatif des résultats de EolApp pour les chauves-souris

	Formules	Valeur médiane	IC à 95%	IC à 80%
			[Borne inf. - Borne sup.]	[Borne inf. - Borne sup.]
Résultats EolApp	Erickson	9,39	[0 - 33,61]	[0 - 23,24]
	Huso	9,58	[0 - 34,35]	[0 - 23,78]
	Jones	16,30	[0 - 66,04]	[0 - 43,22]
	Mortalité moyenne pour le parc éolien et pour la période de suivi	<b>11,76</b>	<b>[0 - 44,67]</b>	<b>[0 - 30,08]</b>
<b>Mortalité moyenne par éolienne et par an</b>		<b>2,61</b>	<b>[0 - 9,93]</b>	<b>[0 - 6,68]</b>

### 3.5.2.3 Estimation de la mortalité avec l'application GenEst

Le tableau suivant présente les résultats du taux de mortalité des chiroptères à partir des estimations réalisées avec Genest.

Ainsi pour la mortalité des chiroptères, la probabilité que la **mortalité réelle par éolienne et par an** soit entre 0,22 et 6,3 est de 95%, et la probabilité que la mortalité soit comprise entre 0,22 et 4,2 est de 80%. **La valeur médiane est 1,68 mortalités de chauves-souris par éolienne par an.**

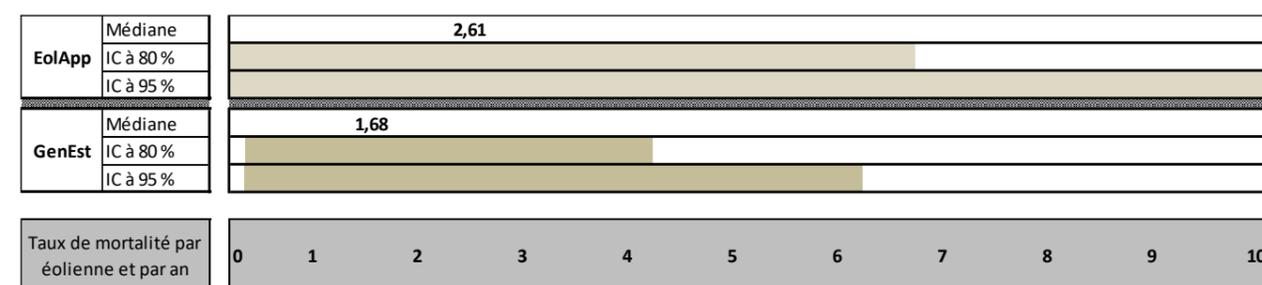
Figure 37 : Tableau récapitulatif des résultats de GenEst pour les chauves-souris

	Valeur médiane	IC à 95%	IC à 80%
		[Borne inf. - Borne sup.]	[Borne inf. - Borne sup.]
Mortalité pour le parc et pour la période de suivi	7,58	[1 - 28,37]	[1 - 18,91]
<b>Mortalité par éolienne et par an</b>	<b>1,68</b>	<b>[0,22 - 6,3]</b>	<b>[0,22 - 4,2]</b>

### 3.5.2.4 Comparaison entre les différents calculs du taux de mortalité des chauves-souris en 2023

Les résultats obtenus par les 2 méthodes de calculs sont relativement similaires et cohérents. Les estimations de EolApp donnent un taux de mortalité d'environ 2,6 chiroptères par éolienne et par an, GenEst estime le taux de mortalité à environ 1,7 mortalités par éolienne et par an.

Figure 40 : Comparatif des taux de mortalité calculés en 2023 et leurs intervalles de confiance



## 3.6 Bilan de la mortalité des oiseaux

### 3.6.1 Bilan des mortalités brutes

Pour rappel, un cadavre de Milan royal a été découvert en 2018-2019 en 8 visites ; en 2021-2022, 23 cadavres d'oiseaux ont été retrouvés sur le parc en 103 visites dont notamment 1 buse variable, 1 faucon crécerelle et 12 alouettes des champs.

**Un seul cadavre d'avifaune a été retrouvé au cours de la campagne 2023** sur le parc de Lichères-près-Aigremont.

Il s'agit d'un cadavre de Bruant proyer (*Emberiza calandra*) retrouvé sous l'éolienne E11, le 25 mai 2023. La date de mortalité est estimée entre 1 ou 2 jours avant la découverte.

Le Bruant proyer est une espèce assez commune en France. Inféodés aux grands espaces ouverts et herbacés comme des prairies ou des cultures, il est souvent impacté par les éoliennes. Le Bruant proyer fait partie des espèces faiblement à modérément sensible au risque de mortalité par les éoliennes. Il est classé 11<sup>ème</sup> espèce d'oiseaux la plus impactée d'Europe avec 331 mortalités (T. DÜRR, 2023). Cette espèce avait déjà été impactée sur le parc avec 1 mortalité retrouvée lors du suivi 2021-2022.

Le Bruant proyer n'est pas un migrateur strict, seules les populations du nord de l'Europe migrent vers le sud durant l'hiver et se rapprochent du bassin méditerranéen. La mortalité est survenue mi-mai, ce qui ne laisse pas de doute sur le statut de l'individu, il était très certainement nicheur.

Il est protégé au niveau national et classé comme « préoccupation mineure » sur les listes rouges européenne, nationale et régionale. Sa patrimonialité est considérée comme « faible ».

Le tableau ci-dessous résume ses statuts de protection et de conservation et la figure de la page suivante indique l'emplacement où a été retrouvé le cadavre sur le parc.

Figure 38 : Tableau récapitulatif des différents statuts de protection, de conservation et la valeur patrimoniale pour l'espèce impactée

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Type	Statut de protection			Statut de conservation					Statut des individus impactés (nicheur, hivernant, migrateur)	Valeur patrimoniale	
			Protec. Fr.	Protec. UE	Conv. Berne	Liste rouge Mondiale	Liste rouge Européenne	Listes rouges nationales					Liste rouge régionale Bourgogne (oiseaux nicheurs 2015)
								Oiseaux nicheurs, 2016	Oiseaux hivernants, 2011	Oiseaux de passage, 2011			
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	Passereau	P	-	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure	Préoc. mineure	-	-	Préoc. mineure	Nicheur	Faible

Figure 39 : Photographies du Bruant proyer retrouvé le 25 mai 2023 sous E11

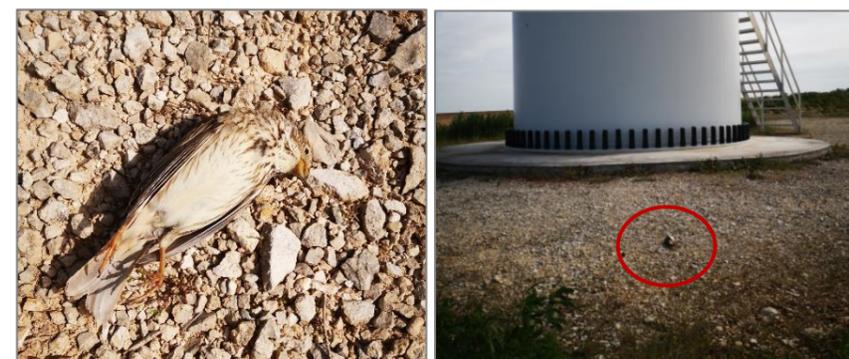


Figure 40 : Localisation du cas de mortalité d'oiseaux (effectif constaté) en 2023



### 3.6.2 Taux de mortalité des oiseaux

#### 3.6.2.1 Résultats des tests de détection et de prédation réalisés sur le site d'étude

##### ❖ Tests de détection

Figure 41 : Résultats des tests de détection

	Eolienne testée	Date du test	Nombre de peluches déposées	Nombre de peluches détectées	Taux de détection (d)
<b>Total</b>	-	-	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>0,90</b>
Test n°1	E9	06/06/2023	10	10	
Test n°2	E12	03/10/2023	10	8	

Pour l'avifaune, **90 % des peluches ont été détectées** au cours des 2 tests de détections, correspondant à une très bonne détection des oiseaux. Le taux de détection ne corrigera que très peu la mortalité brute retrouvée.

##### ❖ Taux de persistance

Figure 42 : Résultats des tests de persistance

	Eolienne testées	Date du test	Nombre de cadavres déposés	Nombres de cadavre(s) restant(s) après X jours					Tm	p
				J+1	J+2	J+3	J+9	J+10		
Total des tests	-	-	37	28	21	13	0	0	1,68	0,11
Test n°1	Toutes	06/06/2023	17	16	14	11	0	0		
Test n°2	Toutes	03/10/2023	20	12	7	2	0	0		

La vitesse de disparition des cadavres est d'environ **2 jours** (Tm = 1,68). Avec un intervalle moyen de 7 jours entre 2 visites de suivi de la mortalité, le coefficient de persistance corrigera à la hausse la mortalité brute retrouvée.

#### 3.6.2.2 Estimation de la mortalité avec l'application EolApp

Comme pour les chauves-souris, le tableau suivant détaille l'ensemble des paramètres renseignés dans l'application.

Figure 43 : Paramètres à renseigner dans EolApp

Paramètres de calculs	Valeurs
Nombres de cadavre(s) d'avifaune retrouvé(s) sous les éoliennes suivies	1
Intervalle de temps entre les passages	7,04
Nombre de peluches déposées pour l'étude de détection	20
Nombre de peluche(s) découverte(s) pour l'étude de détection	18
Pourcentage de la surface totale prospectée	0,49

Les estimations de la mortalité calculées par EolApp sont données **pour la totalité des éoliennes suivies sur la période de suivi**. Comme pour les chiroptères, ces estimations sont corrigées par éolienne et par an.

Pour se faire, les résultats ont été divisés par 6 (le nombre d'éoliennes sur le parc), puis par 6 (6 mois de suivi) pour avoir une estimation de la mortalité **par éolienne et par mois**, puis ils ont été multipliés par 12 (12 mois d'activité des oiseaux sur le site) pour aboutir à une **estimation de la mortalité par éolienne et par an**.

Ainsi, en utilisant les résultats fournis par EolApp, la probabilité que la mortalité réelle par éolienne et par an soit comprise entre 0 et 15,74 est de 95%, et la probabilité que la mortalité soit comprise entre 0 et 10,41 est de 80%. **La valeur médiane est 3,97 mortalités d'oiseaux par éolienne par an**, soit 23,82 cas pour le parc entier et par an.

### 3.6.2.4 Comparaison entre les différents calculs du taux de mortalité des oiseaux en 2023

Figure 44 : Résultats des estimations de la mortalité des oiseaux obtenus avec EolApp

	Formules	Valeur médiane	IC à 95%	IC à 80%
			[Borne inf. - Borne sup.]	[Borne inf. - Borne sup.]
Résultats EolApp	Erickson	9,17	[0 - 32,82]	[0 - 22,34]
	Huso	9,28	[0 - 34,17]	[0 - 23,57]
	Jones	17,26	[0 - 74,69]	[0 - 47,8]
	Mortalité moyenne par éolienne et pour la période de suivi	<b>11,90</b>	<b>[0 - 47,23]</b>	<b>[0 - 31,24]</b>
<b>Mortalité moyenne par éolienne et par an</b>		<b>3,97</b>	<b>[0 - 15,74]</b>	<b>[0 - 10,41]</b>

### 3.6.2.3 Estimation de la mortalité avec l'application GenEst

Le tableau suivant présente les résultats du taux de mortalité de l'avifaune à partir des estimations réalisées avec GenEst.

En utilisant les résultats fournis par GenEst, la valeur médiane est **2,38 mortalités d'oiseaux par éolienne par an**, avec des intervalles de confiance à **95% compris entre [0,33 - 8,28]** et à **80% compris entre [0,33 - 5,84]**.

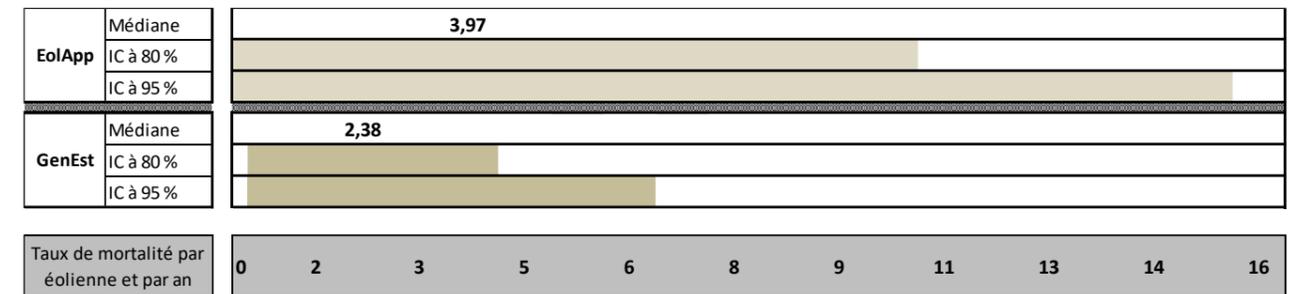
Figure 45 : Tableau récapitulatif des résultats de GenEst pour les oiseaux

	Valeur médiane	IC à 95%	IC à 80%
		[Borne inf. - Borne sup.]	[Borne inf. - Borne sup.]
Mortalité pour le parc et pour la période de suivi	7,14	[1 - 24,83]	[1 - 17,53]
<b>Mortalité par éolienne et par an</b>	<b>2,38</b>	<b>[0,33 - 8,28]</b>	<b>[0,33 - 5,84]</b>

Comme pour les chiroptères, les résultats obtenus par les 2 méthodes de calculs sont relativement similaires. Les estimations de EolApp donnent un taux de mortalité d'environ 4 mortalité par éolienne et par an, et les estimations de GenEst sont d'environ 2,4 mortalités par éolienne et par an.

La mortalité estimée pour l'avifaune est entre **2,4 et 4 mortalités par éolienne par an**, soit environ 15 à 24 cas de mortalités par an pour le parc éolien de Lichères-près-Aigremont.

Figure 46 : Comparatif des taux de mortalité calculés en 2023 et leurs intervalles de confiance pour l'avifaune



# 4 EVALUATION DES IMPACTS DU PARC EOLIEN DE LICHERES-PRES-AIGREMONT

## 4.1 Impact sur les chiroptères

### 4.1.1 Analyse quantitative et comparaisons avec d'autres parcs éoliens

Lors de la campagne de suivi mortalité du 04 mai au 27 octobre 2023, **un seul cadavre de chauve-souris** a été retrouvé sous les éoliennes du parc de Lichères-près-Aigremont. **La mortalité estimée est entre 1,7 et 2,6 cas par éolienne et par an**, soit environ 10 à 15 mortalités pour le parc entier et par an.

D'après les données disponibles actuellement en France (voir tableau suivant), cette estimation de la mortalité témoignerait **d'une valeur de mortalité par éolienne et par an faible vis-à-vis des chauves-souris**. Cette analyse comparative reste délicate et soumise à de nombreux facteurs locaux (contraintes techniques de recherche, pression de suivi...), l'estimation de la mortalité semble révéler **l'absence d'un niveau de mortalité hors norme comparativement à d'autres parcs**, dont le niveau de mortalité est exceptionnellement haut. Ces parcs sont situés dans des contextes biogéographiques particuliers (Bouin en littoral atlantique (Dulac, 2006), Castelnau Pégayrols en contexte forestier et ligne de crête Beucher & Kelm, 2009-2010), Leuze en plaine camarguaise de La Crau (GCP, 2010), parcs Drômois en forêt ou bordure de canal (Cornu et Vincent, 2010)). À titre de comparaison, sous ces parcs éoliens qui font aujourd'hui référence parmi les plus meurtriers, les taux de mortalité peuvent dépasser les 20 chauves-souris/éolienne/an, correspondant à plusieurs centaines de cadavres sur chaque parc selon leur taille.

**L'impact quantitatif du parc éolien de Lichères-près-Aigremont peut être qualifié de Faible en 2023 par rapport à d'autres parcs suivis en France.**

Figure 47 : Taux de mortalité de chiroptères calculés pour différents suivis des parcs éoliens référencés en France (mise à jour du tableau de l'ALEPE)

Site	Département	Contexte de milieux	Année de suivi	Mortalité de chiroptère / éolienne / an	Référence
Lou Paou	48	Forêt de résineux + lisières + qq larges clairières	2010	0	ALEPE (2010)
Rézentières	15	Prairies naturelles de moyenne montagne	2013	0-3	Beucher, Albespy, Mougnot (2014)
Castelnau Pégayrols	12	Forêt de résineux + lisières + qq milieux ouverts	2011	0,95 - 0,99	Beucher, Kelm (EXEN, KJM) (2011)
Canet de Salars	12	Prairies bocagères	2011	1,29-1,41	Albespy, Beucher (2015)
Arfons	81	Ancienne forêt de résineux de moyenne montagne + qq lisières et îlots de boisements mixtes	2016	1,4-1,5	EXEN (2017)
Castelnau Pégayrols	12	Forêt de résineux + lisières + qq milieux ouverts	2010	1,3 - 2	Beucher, Kelm (EXEN, KJM) (2010)
Haut Cabardès	11	Forêt de résineux + lisières	2012	1,6 - 1,9	Beucher, Kelm (EXEN, KJM) (2012)
Arfons	81	Ancienne forêt de résineux de moyenne montagne + qq lisières et îlots de boisements mixtes	2010	2,2 - 2,8	EXEN, EKO-LOGIK, LPO 81, ECOTONE (2013)
Lou Paou	48	Forêt de résineux + lisières + qq larges clairières	2008	3,12	ALEPE (2009)
Sauveterre	81	Forêt de résineux + lisières + qq larges clairières	2013	3,64	EXEN (2014)
Arfons	81	Ancienne forêt de résineux de moyenne montagne + qq lisières et îlots de boisements mixtes	2011	3,7 - 3,8	EXEN, EKO-LOGIK, LPO 81, ECOTONE (2014)
Canet de Salars	12	Prairies bocagères	2010	4,2-4,9	Albespy, Beucher (2015)
Arfons	81	Ancienne forêt de résineux de moyenne montagne + qq lisières et îlots de boisements mixtes	2012	4,4 - 5,5	EXEN, EKO-LOGIK, LPO 81, ECOTONE (2015)
Cuq Servies	81	Forêt de résineux + lisières + qq milieux ouverts	2013	5,5 - 6,9	EXEN, EKO-LOGIK, LPO 81, ECOTONE (2014)
Canet de Salars	12	Prairies bocagères	2012	6,1-6,6	Albespy, Beucher (2015)
Lou Paou	48	Forêt de résineux + lisières + qq larges clairières	2014	7,5-7,9	Beucher, Albespy (2015)
Talizat	15	Prairies naturelles de moyenne montagne	2010	7,4-8,7	Beucher, Albespy (2011)
Bouin	85	Littoral atlantique cultivé	2006	6,0 - 9,3	Dulac (2008)
Cuxac Grand-bois, Lacombe	11	Forêt de résineux + lisières + qq larges clairières	2015	8,4-10,7	Exen (2016)
Canet de Salars	12	Prairies bocagères	2008	9,78	Albespy, Beucher (2015)
Lou Paou	48	Forêt de résineux + lisières + qq larges clairières	2009	10	ALEPE (2009)
Canet de Salars	12	Prairies bocagères	2009	13,5	Albespy, Beucher (2015)
Cuxac Grand-bois, Lacombe	11	Forêt de résineux + lisières + qq larges clairières	2016	13-17	Exen (2017)
Sambres	11	Forêt de résineux + lisières + qq milieux ouverts	2016	15-14	Exen (2017)
Bouin	85	Littoral atlantique cultivé	2007	20,3 - 21,6	Dulac (2008)
Bouin	85	Littoral atlantique cultivé	2005	21,5 - 26,7	Dulac (2008)
Castelnau Pégayrols	12	Forêt de résineux + lisières + qq milieux ouverts	2009	26,8 - 31,1	Beucher, Kelm (EXEN, KJM) (2011)
Le Pouzin	7	Bordure de canal	05/05 - 20/10/2010	44 - 76	Cornut & Vincent (2010)
Mas de Leuze	13	Plaine camarguaise	17/3 - 27/11/2009	79,3	Aves et GCP (2010)
La Répara-Auriples	26	Forêt de résineux et lisières	05/05 - 20/10/2010	79 - 87	Cornut & Vincent (2010)

Niveau d'impact quantitatif évalué					
Faible	Faible à modéré	Modéré	Modéré à fort	Fort	Très fort

#### 4.1.2 Analyse qualitative des impacts sur les chiroptères

Tel que proposé au chapitre 3.2.8 Evaluation des impacts du parc éolien de Lichères-près-Aigremont page 38, le tableau suivant propose de définir un niveau d'impact théorique sur la base du cortège d'espèces inventorié en nacelle et celui impacté en 2023.

Sont pris en compte :

- les niveaux d'activité moyens relevés en nacelle d'éolienne sur toute la période de suivi ;
- les niveaux d'activité relevée lorsque les pales tournent (activité à risque) ;
- leur sensibilité à l'éolien (définie d'après la liste de T. Dürr, 2023) ;
- la mortalité brute retrouvée sous les éoliennes en 2023.

Ces éléments permettent de définir un risque d'occurrence de mortalité spécifique. Ce dernier est ensuite croisé à la patrimonialité de l'espèce pour aboutir à un niveau d'impact théorique spécifique.

*Figure 48 : Définition du niveau d'impact théorique pour les espèces impactées et/ou contactées en nacelle d'éolienne en 2023 (en blanc : les espèces contactées potentiellement en hauteur, en gris : espèce contactée avec certitude en hauteur ou retrouvée au sol)*

Espèce	Nom scientifique	Niveau d'activité moyen relevé en 2023	Niveau d'activité moyen relevé à risque en 2023 (RPM > 0)	Sensibilité à l'éolien	Mortalité relevée en 2023	Risque d'occurrence (activité*sensibilité *nb de mortalités)	Patrimonialité	Niveau d'impact théorique (risque d'occurrence*patrimonialité)
Grand murin	<i>Myotis myotis</i>	Nul	Nul	Faible à modérée	1	Faible	Faible	Faible
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Faible (à Faible à modéré avec les contacts en Nycmi)	Très faible	Forte		Modéré	Modérée à forte	Modéré
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Faible (à Faible à modéré avec les contacts en Nycmi)	Très faible	Forte		Modéré	Modérée à forte	Modéré
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Faible à modéré	Très faible	Forte		Modéré	Modérée	Modéré
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Modéré	Nul	Modérée à forte		Faible	Très faible	Très faible
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Très faible	Nul	Forte		Faible à modéré	Modérée	Faible à modéré
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	Négligeable	Négligeable	Modérée à forte		Très faible	Faible à modérée	Faible
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Négligeable	Négligeable	Modérée		Très faible	Modérée	Faible
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>	Négligeable	Négligeable	Modérée		Très faible	Faible à modérée	Faible

**L'impact qualitatif du parc pour la seule espèce impactée (Grand murin) est jugé Faible, de par sa faible patrimonialité et sa faible probabilité de mortalité sur le parc (espèce peu sensible à l'éolien). Pour les autres espèces, les niveaux d'impact théoriques varient de Très faible à Modéré, mais aucun cas de mortalité n'a été retrouvé au sol donc il se peut qu'ils soient nuls. Il s'agira d'intégrer l'analyse de l'efficacité du bridage nocturne pour juger de l'impact du parc sur les chiroptères.**

## 4.2 Impact sur l'avifaune

### 4.2.1 Analyses quantitatives et comparaisons avec d'autres parcs éoliens

Lors de la campagne de suivi mortalité du 04 mai au 27 octobre 2023, 1 cas (cadavre) de mortalité d'avifaune a été retrouvé sous les éoliennes du parc de Lichères-près-Aigremont.

En prenant en compte les cadavres découverts, le taux de mortalité en 2023 est estimé entre **2,38 et 3,97 mortalités par éolienne et par an**, soit environ 14 à 24 mortalités pour le parc entier par an.

**Ces taux sont jugés « très faible » par rapport à ce qui a été observé sur d'autres parcs français et européens** suivis dans les mêmes conditions à des valeurs plus importantes. Si les résultats restent encore peu nombreux à l'échelle régionale, les évaluations à l'échelle nationale ou européenne montrent généralement un taux de mortalité variant de 0 à 10 oiseaux/éolienne/an. Dans son rapport de juin 2017 "Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune", la LPO estime un taux de mortalité moyen de 7 cas par WT/an. Toujours d'après ce même rapport, *"les suivis les plus robustes (au moins 48 semaines de prospections dans l'année à raison d'au moins 1 prospection par semaine sur un rayon théorique d'au moins 50 m sous chaque éolienne du parc) réalisés sur des parcs présentant des enjeux environnementaux a priori forts puisque situés à proximité de ZPS, ont permis de découvrir en moyenne 2,2 oiseaux par éolienne et par année de suivi ; La mortalité réelle estimée varie de 0,3 à 18,3 oiseaux tués par éolienne et par an, la médiane s'établissant à 4,5 et la moyenne à 7,0"*.

Les niveaux de mortalité varient considérablement selon les situations locales et notamment selon les milieux. Des taux de mortalité sont en effet bien plus élevés pour des parcs installés sur des sites fréquentés par des espèces sensibles et en forte densité (vautours espagnols, rapaces californiens, laridés de Vendée (parc de Bouin, DULAC 2008...). À titre de comparaison, sous ces parcs éoliens qui font aujourd'hui référence parmi les plus meurtriers, les taux de mortalité peuvent dépasser les 30 oiseaux/éolienne/an, correspondant à plusieurs centaines de cadavres sur chaque parc selon leur taille.

**Finalement, du point de vue quantitatif, l'impact du parc éolien de Lichères-près-Aigremont peut être qualifié de très faible par rapport à d'autres parcs suivis en France.**

### 4.2.2 Analyse qualitative des impacts sur l'avifaune

Si l'impact qualitatif est défini via le taux de mortalité estimé pour l'ensemble du parc éolien, l'impact qualitatif lui, est défini par espèce. Le Bruant proyer est la seule espèce retrouvée lors de ce suivi mortalité.

Le niveau d'impact théorique est le résultat du croisement entre le risque d'occurrence de la mortalité et le niveau de patrimonialité de l'espèce considérée (cf. 3.2.8 Evaluation des impacts du parc éolien de Lichères-près-Aigremont page 38). La patrimonialité a été calculé en fonction des différents statuts de protection et de conservation pour chaque espèce d'oiseaux (cf. Figure 38).

Le tableau suivant synthétise ces éléments.

*Figure 49 : Tableau des niveaux d'impact théoriques par espèce relevés sur le parc de Lichères-près-Aigremont*

Espèce	Sensibilité	Nombre de mortalités	Risque d'occurrence (sensibilité * nb de mortalités)	Statut des individus impactés (nicheur, hivernant)	Patrimonialité	Niveau d'impact théorique (risque d'occurrence * patrimonialité)
Bruant proyer	Faible à modéré	1	Faible	Nicheur	Faible	Faible

## 5 BILAN DE L'EFFICACITE DU BRIDAGE NOCTURNE DES EOLIENNES EN 2023

### 5.1 Rappel du pattern de régulation initial

Pour le parc de Lichères-près-Aigremont, le pattern appliqué en 2023 devait être le suivant :

- **Période du 1<sup>er</sup> mai au 31 juillet :**
  - Vitesses de vents inférieures ou égales à 5,5 m/s,
  - Températures supérieures ou égales à 10°C,
  - Du coucher du soleil au lever du soleil,
  - Pour toutes les éoliennes,
- **Période du 1<sup>er</sup> août au 15 septembre :**
  - Vitesses de vents inférieures ou égales à 6,5 m/s,
  - Températures supérieures ou égales à 10°C,
  - Du coucher du soleil au lever du soleil,
  - Pour toutes les éoliennes,
- **Période du 16 septembre au 31 octobre :**
  - Vitesses de vents inférieures ou égales à 5,5 m/s,
  - Températures supérieures ou égales à 10°C,
  - Du coucher du soleil au lever du soleil,
  - Pour toutes les éoliennes.

### 5.2 Mortalités brutes, mortalités estimées et impacts du parc sur les chiroptères

Lors de la campagne 2023 de suivi de la mortalité, **1 cadavre de chauve-souris a été retrouvé sous l'éolienne E12, le 18 mai 2023 durant la période de régulation (entre mai et octobre)**. Entre septembre 2021 et septembre 2022, 26 cadavres avaient été retrouvés sous les machines. La mortalité brute retrouvée a donc drastiquement diminué.

**La mortalité réelle est estimée entre 2 et 3 cas par éolienne et par an en 2023**, soit environ 12 à 18 mortalités pour le parc entier et par an.

**L'impact quantitatif** du parc éolien de Lichères-près-Aigremont est jugé **Faible en 2023** par rapport à d'autres parcs suivis en France. **L'impact qualitatif** du parc pour la seule espèce impactée est estimé à **Faible**. Il varie de très faible à modéré pour les autres espèces non retrouvées au sol.

Selon ces premières informations, **l'efficacité du bridage nocturne des machines de Lichères-près-Aigremont est jugée efficace** pour réduire les impacts sur les chiroptères.

### 5.3 Vérification du dimensionnement de la régulation nocturne des machines

A hauteur de nacelle d'éolienne E12, le cortège d'espèces contacté est très peu diversifié, avec des espèces de lisières (Pipistrelle de Kuhl, Pipistrelle commune), une espèce de vol haut en migration/transit (Pipistrelle de Nathusius) et des espèces de vol haut (Noctule de Leisler et Noctule commune). Le parc est donc concerné par la problématique des espèces de vol haut, de la prise d'ascendance des espèces de lisières et par celle des espèces de vol haut en migration/transit. Aucune de ces espèces n'a été retrouvée sous les machines.

Aucune espèce de vol bas (comme les murins) n'a été contactée en hauteur, pourtant un cadavre de Grand murin a été retrouvé au sol.

Il s'agit ici d'apprécier dans quelle mesure, le choix des paramètres des bridages (évoluant au cours du suivi de 2023) est jugé **pertinent** (bien dimensionné), **à revoir** (sous-dimensionné) ou **à optimiser** (surdimensionné). Cette analyse se base uniquement sur les résultats du suivi d'activité en nacelle d'E12.

#### ❖ Concernant les dates de bridage

Le suivi d'activité en nacelle a permis de mettre en évidence une activité très faible et ponctuelle en hauteur au printemps et en été. Une nuit de pic de pipistrelles a été relevée à la mi-juin. L'activité est beaucoup plus régulière entre mi-août et mi-octobre et correspond à une activité de noctules. L'unique mortalité découverte au sol a été trouvée à la mi-mai.

**La période de fonctionnement de la régulation est jugée pertinente au regard des données d'activité et de mortalité relevées en 2023.**

#### ❖ Concernant les seuils de vitesse du vent

Plus de 95% de l'activité totale des espèces de chauves-souris a été enregistré pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 5,5 m/s. Par groupe de vol, environ 95% de l'activité des espèces de lisières est relevée par des vents inférieurs à 5 m/s, contre 5,5 m/s pour les espèces de vol haut. Les chauves-souris ont été actives par des vents plus importants (entre 5 et 6,5 m/s) entre août et septembre.

**Le choix des seuils de vent retenus est jugé pertinent. Il prend en compte la saisonnalité des conditions de vol des chauves-souris.**

### ❖ Concernant le seuil de température

L'activité chiroptérologique est relevée entre 10°C et 30°C. En pourcentage d'activité, 95% de l'activité des chauves-souris en hauteur s'effectuent par des températures supérieures ou égales à 16 °C.

**Le seuil de température apparaît comme conservateur.** Il permet de protéger la totalité de l'activité relevée en nacelle en 2023.

### ❖ Concernant les horaires de fonctionnement au cours de la nuit

Les données ultrasonores ont été enregistrées entre 15 min après le coucher du soleil et 30 min avant le lever du soleil. 95% de l'activité est relevée entre 45 minutes après le coucher du soleil et 2 heures avant le lever du soleil. **Etant donné le caractère variable du rythme d'activité des chauves-souris au cours de l'année, les horaires de bridage sont jugés pertinents.**

### ❖ Concernant les éoliennes à réguler

Le parc de Lichères est implanté dans un contexte paysager ouvert, similaire entre les éoliennes. En 2020-2021, 5 des 6 éoliennes du parc avaient été accidentogènes : E4, E5, E8, E9 et E11. En 2023, l'éolienne E12 a été accidentogène.

**En ce sens, il est pertinent que l'ensemble des éoliennes du parc soit régulé.**

### ❖ Analyse de l'activité théoriquement à risque

Sur la base des données d'activité des chauves-souris et des données météorologiques relevées en nacelle d'éolienne E12 en 2023, il est possible d'analyser l'activité qui a été relevée en conditions de régulation (protégée) et celle relevée en dehors des conditions de bridage (non protégée). Si un pourcentage important d'activité non protégée est relevé, cela suppose que le bridage est mal dimensionné aux conditions de vol des chauves-souris. A l'inverse, s'il est faible, cela suppose que le bridage a été correctement dimensionné.

En prenant en considération l'activité relevée en nacelle de l'éolienne E12, 47,61 secondes d'activité cumulée devaient être théoriquement à risque (non protégée) sur les 709,27 secondes d'activité totale. Autrement dit, 6,71% de l'activité chiroptérologique a été relevée en hauteur lorsque les conditions n'entraînaient pas de régulation des machines (vents importants). 93% de l'activité enregistrée en nacelle en 2023 devait être théoriquement protégée.

**Finalement, l'analyse des paramètres de régulation pris un à un et la simulation de l'activité non protégée par le pattern, lorsque les conditions n'entraînaient pas de régulation des machines, et celle protégée par le bridage, démontrent que le dimensionnement de la régulation apparaît comme adapté aux conditions de risque de mortalité mises en évidence au cours de l'année 2023 sur le parc de Lichères-près-Aigremont.**

Figure 50 : Simulation de l'activité totale qui devait être à risque en nacelle de l'éolienne E12, compte tenu des paramètres de régulation, en fonction des groupes de vol

Activité	Groupe de vol				Total général
	Vol haut	Lisière	Vol haut en migration/transit	Lisière ou vol haut	
Activité cumulée enregistrée hors conditions de régulation	15,06	4,69	0,00	27,86	47,61
Activité cumulée protégée	154,52	194,60	5,07	307,47	661,66
Total	169,58	199,28	5,07	335,33	709,27
Pourcentage d'activité protégée	91,12	97,65	100,00	91,69	93,29

## 5.4 Vérification de l'opérationnalité du bridage nocturne des machines

Il existe une application web capable de vérifier la bonne implantation d'une régulation sur une éolienne sur la base des données météorologiques (température, vitesse de vent et horaire de fonctionnement) et de fonctionnement de la machine (tour rotor/min).

Cette application se nomme Probat Inspector (© OekoFor GbR ; <https://oekofor.shinyapps.io/probat-inspector/>). Le résultat obtenu, disponible à la Figure 51, indique que dans **92,8 % du temps le bridage demandé a fonctionné correctement** ; que dans 1,2 % des cas l'éolienne était en fonctionnement alors que les conditions de bridages étaient réunies ; et que dans 3,9 % des cas les conditions étaient réunies pour le lancement du bridage (ce type de cas est représenté par des carrés orange et doit être suivi de carrés verts logiquement qui démontre la bonne mise en place de la régulation). Enfin, les données manquantes, ne permettant pas la vérification de la bonne régulation, représentent 2,1 %.

**Le bridage des machines a donc été opérationnel en 2023.**

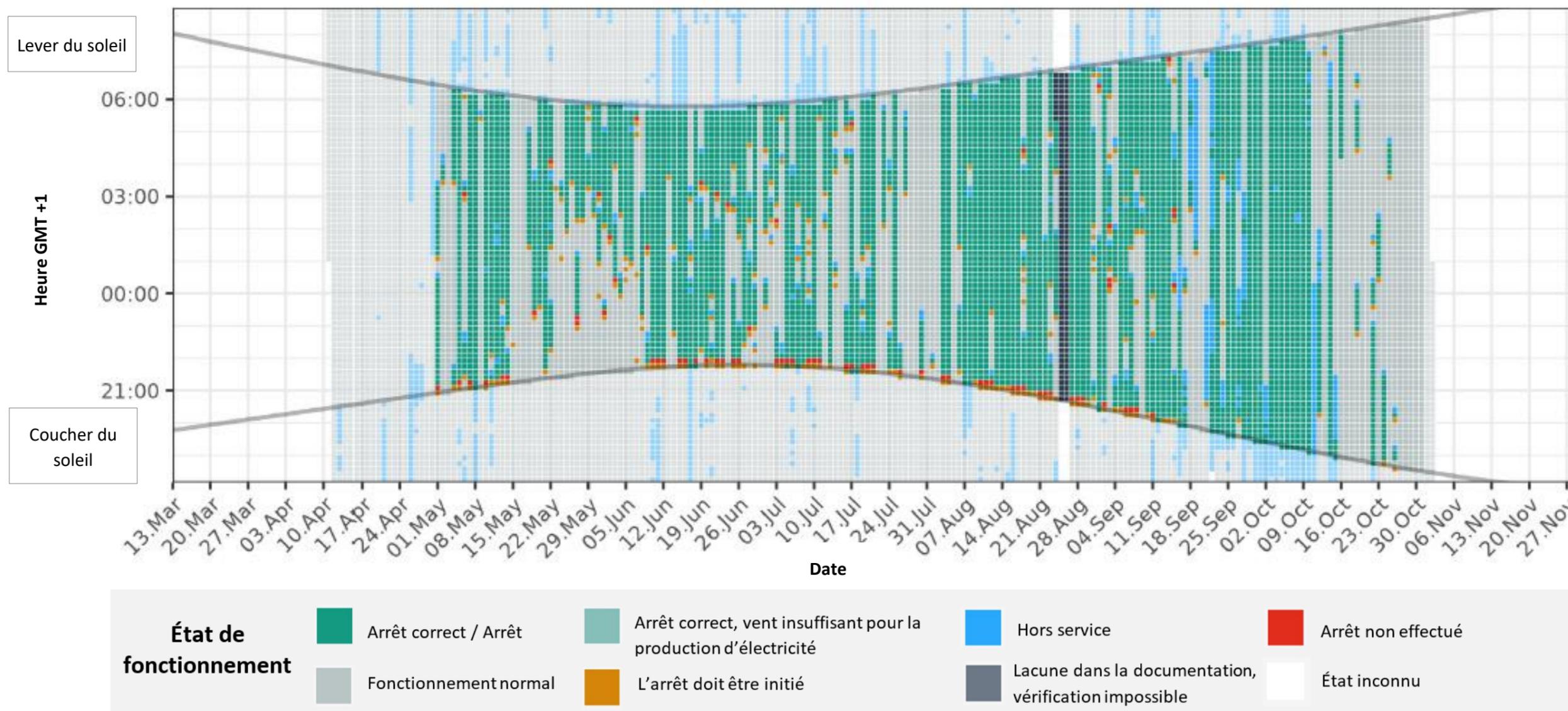
On notera toutefois que, pour la période de début mai à mi-septembre, l'éolienne était en fonctionnement en début de nuit alors que les conditions de bridage devaient en entraîner l'arrêt.

**Rappelons que la bonne mise en place du bridage, durant toute la période préconisée, est indispensable à la bonne efficacité de ce dernier.**

## 5.5 Conclusion

**Le bridage nocturne des machines est bien dimensionné à l'activité chiroptérologique relevée en hauteur sur le site et il a été correctement mis en place en machine durant toute la période de régulation. La mesure de réduction est jugée efficace.**

Figure 51 : Chronologie nocturne du fonctionnement de la régulation, sur l'éolienne E12 (extrait du rapport issu de Probat inspector (© OekoFor GbR ; <https://oekofofor.shinyapps.io/probat-inspector/>))



Graphique de vérification de l'arrêt de l'éolienne E12, en 2023.

Sur les 10 988 intervalles de 10 minutes au cours desquels l'éolienne a dû être éteinte, elle a été **correctement éteinte ou s'est arrêtée dans 92,8 % des cas.**

Dans **1,2 %** des cas, **l'arrêt n'a pas été exécuté.**

Dans **2,1 %** des intervalles de 10 minutes pendant la période d'arrêt, il n'a pas été possible de vérifier s'il y avait un arrêt obligatoire ou si le système fonctionnait en raison d'un **manque de documentation.**

## 6 MESURES DE REDUCTION DES IMPACTS

### 6.1 Mesures concernant les chiroptères

Le suivi de la mortalité au sol a permis de découvrir un seul cadavre de chiroptère. Il s'agit d'un cadavre de Grand murin (espèce jugée comme étant de vol bas). Cette mortalité brute est considérée comme « accidentelle ». L'impact quantitatif et qualitatif du parc est jugé faible pour les chiroptères. Le bridage des machines est jugé bien dimensionné, il est opérationnel et efficace pour maîtriser les risques d'impacts sur les chiroptères.

D'après les analyses du chapitre précédent, le bridage des machines sera reconduit selon les conditions suivantes :

- **Période du 1<sup>er</sup> mai au 31 juillet :**
  - Vitesses de vents inférieures ou égales à 5,5 m/s,
  - Températures supérieures ou égales à 10°C,
  - Du coucher du soleil au lever du soleil,
  - Pour toutes les éoliennes,
- **Période du 1<sup>er</sup> août au 15 septembre :**
  - Vitesses de vents inférieures ou égales à 6,5 m/s,
  - Températures supérieures ou égales à 10°C,
  - Du coucher du soleil au lever du soleil,
  - Pour toutes les éoliennes,
- **Période du 16 septembre au 31 octobre :**
  - Vitesses de vents inférieures ou égales à 5,5 m/s,
  - Températures supérieures ou égales à 10°C,
  - Du coucher du soleil au lever du soleil,
  - Pour toutes les éoliennes.

**Il s'agira de continuer à veiller à la bonne mise en œuvre technique du pattern tout au long de la période (opérationnalité). Elle est indispensable à l'efficacité de cette mesure corrective.**

### 6.2 Mesures concernant les chiroptères et les oiseaux

La reconduite du bridage des machines devrait permettre de réduire les impacts sur les chiroptères, mais d'autres mesures de réduction peuvent être préconisées pour réduire les impacts sur la faune volante (oiseaux et chauves-souris).

#### 6.2.1 Réduire les facteurs d'attractivité de la faune volante aux abords des éoliennes

Il s'agira de réduire, dans la mesure du possible, l'attractivité des insectes dans l'entourage immédiat des éoliennes, afin d'éviter la création de zones de chasse et donc de niches écologiques pour les chauves-souris et les oiseaux insectivores.

Il s'agit donc de limiter la régénération de toute pelouse ou friche herbacée au droit des plateformes empierrées, avec la mise en œuvre d'une gestion régulière (au moins 2 fois par an) de ces emprises en excluant l'utilisation de pesticides.

Il s'agira également de ne pas entreposer de tas de fumier à proximité ou sous la zone de rotor des éoliennes. Les tas de fumier sont des facteurs d'attractivités des insectes et donc de leurs prédateurs (chauves-souris et oiseaux insectivores entre autres).

Il s'agira également de continuer à veiller à l'absence d'éclairage du parc (en dehors des balisages obligatoires) pour éviter d'attirer des insectes et donc la faune volante. Ce point de vigilance est d'autant plus important la nuit, où les insectes sont sensibles à toute source de lumière (attraction).

Il s'agira également à favoriser l'écoulement de l'eau aux abords des éoliennes, pour qu'elle ne stagne pas, et ne favorise pas le développement d'insectes (facteurs aggravants pour la faune volante).

Enfin, il s'agira de veiller à ce que des tas de grains ne soient pas entreposés aux abords des éoliennes, notamment vis-à-vis des oiseaux granivores.

## 7 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Un suivi environnemental (activité et mortalité) a été réalisé en 2023 sur le parc éolien de Lichères-près-Aigremont par le bureau d'étude EXEN missionné par la société « Ferme éolienne de Lichères Près Aigremont SAS ». Le suivi de mortalité s'est déroulé de mi-mai à fin octobre. Concernant le suivi de l'activité des chiroptères en altitude, 1 nacelle (E12) a été suivie. Ce suivi s'est effectué en continu sur une période allant de mi-avril à début novembre 2023.

### 7.1 Suivi de l'activité des chiroptères

En ce qui concerne l'activité des chiroptères, elle a été mesurée du 12 avril au 2 novembre 2023 sur l'éolienne E12. Lors de ce suivi, il a été mis en valeur les points suivants :

- Un cortège d'espèces peu diversifié et largement dominé par les noctules et sérotules,
- Une activité chiroptérologique très ponctuelle au printemps et en été, et plus régulière entre août et septembre,
- Une activité plus marquée pour des vitesses de vent inférieures à 5,5 m/s et par des températures supérieures à 16°C.

### 7.2 Suivi de la mortalité des chiroptères et des oiseaux

#### 7.2.1 Concernant les chiroptères

A propos de la mortalité des chiroptères, les principaux résultats de ce suivi sont les points suivants :

- **1 cas de mortalité découverts** en 2023 : un **Grand murin** (espèce de vol bas),
- Un taux de mortalité estimé entre 1,7 et 2,6 chiroptères par éolienne et par an.
- Un impact quantitatif jugé faible,
- Un impact qualitatif jugé faible pour le Grand murin.

#### 7.2.2 Concernant les oiseaux

En ce qui concerne le suivi de mortalité des oiseaux en 2023, nous pouvons retenir les points suivants :

- **1 cas de mortalité d'oiseaux découvert** en 2023 : un **Bruant proyer**,
- Un taux de mortalité estimé entre **2 et 4 mortalités par éolienne et par an**,
- Un **impact quantitatif faible**,
- Un **impact qualitatif faible** pour le Bruant proyer.

Aucune mortalité de rapace n'a été constatée en 2023. La mise en place du système de réduction d'impact SafeWind semble donc efficace. A noter également qu'aucun cas de mortalité d'Alouette des champs n'a été retrouvé en 2023 sous les machines. L'impact du parc sur cette espèce semble variable au cours des campagnes de suivi. Avec 12 cas en 2020-2021 et aucun cas en 2023, l'impact sur cette espèce est donc abaissé à un niveau non-significatif sur le long terme.

### 7.3 Mesures correctives et perspectives

Concernant les mesures correctives, il a été retenu de :

- Reconduire le pattern de régulation des machines ciblé sur les chiroptères,
- Veiller à la bonne opérationnalité du bridage tout au long de la vie du parc,
- Veiller à ne pas encourager l'installation des chiroptères au niveau des aménagements,
- Veiller à l'absence d'éclairage du parc,
- Limiter la fréquentation de la faune volante autour des éoliennes.

## BIBLIOGRAPHIE

- **ADOMEIT U., WILLUTZKI F., BRINKMANN R., NIERMANN I., BEHR O.** (2009) : Caractérisation de l'activité des Chiroptères à proximité des éoliennes à l'aide d'enregistrements stéréoscopiques à infrarouge. Extrait d'une traduction des Synthèses des conférences tenues à Hanovre, le 09 juin 2009.
- **ARNETT E.B., SCHIRMACHER M.R., HUSO M.M.P. & HAYES J.P.**, 2009. Patterns of bat fatality at the Casselman Wind Project in south-central Pennsylvania. An annual report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative and the Pennsylvania Game Commission. Bat Conservation International, Austin, Texas, USA, 60 p.
- **ADAMS A M., JANTZEN M K., HAMILTON RM., BROCKETT FENTON M.** (2012) – Do you hear what I hear ? Implications of detector selection for acoustic monitoring of bats. *Methods in Ecology and Evolution* 2012, 3, 992-998.
- **ALBOUY S., DUBOIS Y. & PICQ H.** (1997-2001) Suivi ornithologique des parcs éoliens du plateau de Garrigue Haute (Aude). ABIES, LPO Aude, ADEME, 59 p. + annexes.
- **ANDRE Y.** (2005) – Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. (avril 2005 en cours de validation MEDD) – LPO, 21 p.
- **ARTHUR L., LEMAIRE M.** (2009) – Les chauves-souris de France, Luxembourg et Suisse. Biotope, Mèze (Collection Parthénope) ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 544 p.
- **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
- **BARCLAY, R.M.R., BAERWALD, E.F., AND GRUVER, J.C.** (2007). Variation in bat and bird fatalities at wind energy facilities: assessing the effects of rotor size and tower height. *Can. J. Zool.* 85, 381–387.
- **BEHR, O., NIERMANN, I., MAGES, J., BRINKMANN, R.** (2009): Fachtagung Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen: Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen: 06.09.2009; Hannover
- **BERGEN F.** (2001), Untersuchungen zum Einfluss der Errichtung und des Betriebs von Windenergieanlagen auf Vogel im Binnenland. 283 p.
- **BEUCHER Y. KELM V., GEYELIN M. PICK D.** (2010) - Parc éolien de Castelnaud-Pégayrols (12) ; suivi évaluation post-implantation de l'impact sur les chauves-souris. Bilan de campagne de la première et de la deuxième année d'exploitation (2009 2010).
- **BEUCHER Y., ALBESPY F., MOUGNOT J.** (2012) - Projet éolien de Gelles et Heume l'Eglise (63) Focus sur la Grande Noctule *Nyctalus lasiopterus* (Schreber, 1780). Prospections complémentaires visant la localisation de gîtes et la précision des enjeux. 62 p.
- **BOUZIN M., WALEAU A.** (2017) Parcs éoliens de Murat, de la Salesse et du Haut Languedoc – Bilan du suivi de la mortalité – Années 2015 & 2016. 80 p.
- **BOUZIN M.** (2015) Parc éolien de Fraïsse-sur-Agout (34) – SAS Parc éolien de Fontfroide et SAS Parc éolien de Roc de l'Ayre. Bilan du suivi de la mortalité. Année 2015. 40 p.
- **BUREAU DE COORDINATION ENERGIE EOLIENNE** (2009) – Méthodes pour l'analyse et la réduction du risque de collision de chiroptères avec des installations éoliennes terrestres. Synthèse de congrès chauves-souris. Hanovre, 9 juin 2009. 5 p.
- **CORNUT J. VINCENT S.** (2010) – Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du Sud de la région Rhône-Alpes. LPO Drôme. 39 p.
- **COSSON, M., DULAC, P.** (2004) : Suivi Évaluation de l'impact du parc Éolien de Bouin, 2003 : Comparaison État initial et fonctionnement des Éoliennes. A.D.E.M.E. Pays de la Loire, Région Pays de la Loire, L.P.O., Rochefort, 91 p.
- **Dachverband der deutschen Natur- und Umweltschutzverbände (DNR)** (2005). Pour une exploitation de l'énergie éolienne respectueuse de la nature et de l'environnement en Allemagne (onshore). Traduction du Bureau de coordination énergie éolienne/ Koordinierungsstelle Windenergie e.V. 166 p.
- **De LUCAS M., JANSS G.F.E., FERRER M.**(2007) – Birds and wind farms, Risk assessment and mitigation. Quercus publishing compagny. 275p.
- **DEJEAN S.** (2007) – Clé de détermination des chauves-souris de Midi-Pyrénées – En main-Cren/Gcmp DS. 16 p.
- **DIETZ C., Von HELVERSEN O.** (2004) – Clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe. Version 1. Tuebingen & Erlangen (Allemagne). Traduction JC Louis. 56 p.
- **DUBOURG-SAVAGE M-J.,** (2005) : Impact des éoliennes sur les Chiroptères, de l'hypothèse à la réalité, Arvicola XVI n°2, SFPEM.
- **DUBOURG-SAVAGE M-J, BACH ET AL.** (2005): Report of the Intersessional Working Group on Wind Turbines and Bat Populations. Eurobats10th Meeting of the Advisory Committee Bratislava, Slovak Republic, 25 – 27 April 2005
- **DULAC, P.** (2008) : Évaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris Bilan des 5 années de suivi. Ligue pour la Protection des Oiseaux délégation Vendée / ADEME Pays de la Loire / Conseil Régional des Pays de la Loire, La Roche-sur-Yon - Nantes, 106 pages.
- **DURR Tobias** (2022) Synthèse de bilan de suivi de la mortalité sous les éoliennes d'Allemagne et d'Europe, bilan de décembre 2016.
- **EXO, K.-M., O. HÜPPOP et S. GARTHE.** 2003. « Birds and offshore wind farms: a hot topic in marine ecology », *Wader Study Group Bull.* 100:50-53
- **ECOSPHERE.** (2022) Rapport du suivi post-implantation du parc éolien de Ids-Saint-Roch et Touchay (18) de 2021
- **GEROUDET P. & CUISIN M.** (2000)- Les rapaces d'Europe diurnes et nocturnes. Editions Delachaux et Niestlé. 446p.
- **GENSBOL B.** (2004) – Guide des rapaces diurnes, Europe, Afrique du Nord et Moyen Orient – Coll° Les guides du naturaliste – Ed° Delachaux et Niestlé. Paris. 403 p.
- **GISCLAR D., WALEAU A.** (2018) Evaluation de l'impact du parc éolien de Bois de Merdelou sur l'Avifaune et les Chiroptères. 2018 – Année 1 39 p.
- **Groupe Chiroptères de la SFPEM,** 2016. – Suivi des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de Chiroptères, Version 2.1 (février 2016). Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, Paris, 17 pages
- **HORN, J., ARNETT, E., KUNZ, T.:** (2008) : Behavioral Responses of Bats to Operating Wind Turbines. *Journal of Wildlife Management* 72(1):123-132. 2008
- **HÖTKER H.** (2006). NABU. The impact of repowering of wind farms on birds and bats. 38p.
- **HÖTKER H., THOMSEN K-M, JEROMIN H.** (2006). Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources : the example of birds and bats. NABU Michael-Otto-Institut. 65 p.

- **HUSO M.**, 2010. An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics*. 19 p.
- **KINGSLEY et WHITTAM** (2007) – Les éoliennes et les oiseaux : Revue de la documentation pour les évaluations environnementales. 93p.
- **KORN M., STÜBING S.** (2003) - Regionalplan Oberpfalz-Nord – Ausschlusskriterien für Windenergieanlagen im Vorkommensgebiet gefährdeter Großvogelarten. Stellungnahme des Büros für faunistische Fachfragen. 56p.
- **KORNER-NIEVERGELT F., KORNER-NIEVERGELT P., BEHR O., NIERMANN I., ROBERT BRINKMANN R. & HELLRIEGEL B.**, 2011. A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildlife Biology*. 17 : 350-363.
- **KINGSLEY A., WHITTAM B.** (2007), - Les éoliennes et les oiseaux, revue de la littérature pour les évaluations environnementales. Version provisoire du 2 avril 2007. Etudes d'Oiseaux Canada pour Environnement Canada/ Service Canadien de la Faune. 93 p.
- **Kunz, T., Arnett, E.B, Wallace P, Erickson, W.P., Hoar, A.R., Johnson G.D., Larkin, R.P., Strickland, Thresher, R.W., Tuttle, M.D.** (2007): Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. *Front Ecol Environ* 2007; 5(6): 315–324.
- **LEKUONA, J.** (2001) : Uso del espacio por la avifauna y control de la mortalidad de aves y murciélagos en los parques eólicos de Navarra durante un ciclo anual. Informe Técnico. Dirección General de Medio Ambiente. Departamento de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda. Gobierno de Navarra.
- **LETSCHER R.** (2014) : Mesures d'accompagnement « Chiroptères ». Suivi de l'activité des Chiroptères sur le site du parc éolien de Lichères-près-Aigremont (département de l'Ardèche), année 2013. ENEL GREEN POWER, 24 p. + annexes.
- **MADDERS M. & WHITFIELD D.P** (2006) – Upland raptors and the assessment of wind farm impacts. Art. 148 43-56 of *Ibis*, British Ornithologists' Union. 14 p.
- **MARMET J.** (2014) Cahier technique d'identification des chiroptères (2014)...
- **MAUREL C., TALHOET S.** (2018) Parc éolien de Bois de Merdelou. Suivi des mouvements de vautours et de l'Aigle royal. Avril-décembre 2017. 30 p.
- **MEEDDAT** (2010) - Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens. Actualisation 2010. 188p + annexes techniques.
- **MTES** (2018) - Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres. 20p
- **MULLARNEY K., SVENSSON L., ZETTERSTRÖM D., GRANT P. J** (2004) - Le guide ornitho — Delachaux et Niestlé – Paris - 398 p.
- **NEOMYS, CPEPESC-Lorraine et COL** (2012) – Définition et cartographie des enjeux avifaunistiques et chiroptérologiques vis-à-vis des éoliennes en Lorraine. 70p.
- **Niermann, I., Brinkmann, R., Korner-Nievergelt, F. & Behr, O.** 2011. Systematische Schlagopfersuche – Methodische Rahmenbedingungen, statistische Analyseverfahren und Ergebnisse. - In: Brinkmann, R., Behr, O., Niermann, I. & Reich, M. (Eds.); Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Cuvillier Verlag, Göttingen, Germany, Umwelt und Raum. 4 : 40-115.
- **NIERMANN I., BRINKMANN R., BEHR O., KORNER-NIEVERGELT F., MAGES J.** (2009) : Recherche systématique de cadavres –conditions méthodologiques, methodes d'analyses statistique et résultats. Extrait d'une traduction des Synthèses des conférences tenues à Hanovre, le 09 juin 2009.
- **ROCAMORA G., YEATMAN-BERTHELOT D.** (1999) - Oiseaux menacés et à surveiller en France. Liste rouge et priorités. Société d'Etudes ornithologiques de France / Ligue pour la protection des oiseaux. Paris. 560p.
- **SANE F. CHRISTOPHE F., MERLY S. (ALEPE)** (2012) - Contrôle de l'impact post-implantation du parc éolien de Lou Paou sur les habitats, l'avifaune et les chiroptères : bilan des 3 années de suivi (2008-2009-2010). 110 p.
- **THIOLLAY JM., BRETAGNOLLE V.** (2004) – Rapaces nicheurs de France ; distribution, effectifs, conservation. - Coll° Les guides du naturaliste - Ed° Delachaux et Niestlé. Paris. 175 p.
- **ULDRY V. (2013)** – Comparaison entre deux détecteurs d'ultrasons automatiques (Batcorder et Batlogger) dans le domaine de l'éolien. 36 p.
- **WALEAU A.** (2018) Evaluation de l'impact du parc éolien de Puech del Vert sur l'Avifaune et les chiroptères. 2018-année 1. 40 p.
- **WHITFIELD D.P. & MADDERS M.** (2006) – A review of the impacts of wind farms on hen harriers *Circus cyaneus* and an estimation of collision avoidance rates. Natural research information note 1 (revised). Aberdeen. 32 p.
- **WHITFIELD D.P. & MADDERS M.** (2005) – Flight height in the hen harrier *Circus cyaneus* and its incorporation in wind turbine collision risk modelling. Natural research information note 2. Aberdeen. 13 p.

## 8 ANNEXES

### 8.1 Annexe 1 : Modalités de détermination

Pour préciser les modalités de détermination des espèces, et les suppositions qui ont été faites pour les espèces non discriminantes, nous distinguons :

- **Le groupe des "Pipistrelles"**, qui comprend 4 espèces appartenant à ce genre (Pipistrelle de Kuhl, Pipistrelle de Nathusius, Pipistrelle commune et Pipistrelle pygmée) mais aussi à deux autres espèces (Minoptère de Schreibers et Vespère de Savi) qui peuvent s'apparenter à ces 4 espèces du point de vue acoustique. L'analyse des séquences ne permet pas toujours d'aller jusqu'au niveau de l'espèce. De ce fait, plusieurs sous-groupes peuvent être créés par l'analyse semi-automatique des logiciels du Batcorder :
  - Le groupe des « **Ptief** », qui représente des signaux en Fréquence Modulée Aplanie ou en Quasi-Fréquence Constante dont la fréquence de maximum d'énergie pourrait correspondre à la Pipistrelle de Kuhl ou au Vespère de Savi.
  - Le groupe des « **Pmid** », qui représente des signaux en Fréquence Modulée Aplanie ou en Quasi-Fréquence Constante dont la fréquence de maximum d'énergie pourrait correspondre à la Pipistrelle de Kuhl ou à la Pipistrelle de Nathusius.
  - Le groupe des « **Pnat/Ppip** » correspond à des signaux en recouvrement entre la Pipistrelle de Nathusius et la Pipistrelle commune.
  - Le groupe des « **Phoch** », qui représente des données présentant un recouvrement des signaux de Pipistrelle commune, de Minoptère de Schreibers et de Pipistrelle pygmée.
- **Le groupe des Sérotules** (espèces de grande taille, familles des sérotines, molosses et des noctules). Il s'agit ici d'un groupe d'espèces dont les signaux sont également souvent en recouvrement. Plusieurs groupes peuvent apparaître :
  - Le groupe des « **Nyctaloid** » comprend le plus grand nombre d'espèces, et pour lequel l'analyse ne permet pas de distinguer les noctules des sérotines. Il s'agit de séquences en Fréquence Modulée Aplanie dont le recouvrement est important avec un nombre d'espèces important (Sérotine commune, Noctule de Leisler, Noctule commune, Sérotine bicolore...)
  - Le groupe des « **Nycmi** » qui représente des signaux en Fréquence Modulée Aplanie ou en Quasi-Fréquence Constante dont la fréquence de maximum

d'énergie pourrait correspondre à la Sérotine commune, la Sérotine bicolore, la Noctule commune ou la Noctule de Leisler.

- Le groupe des « **Vmur/NLei** » correspond à des signaux en Quasi-Fréquence Constante dont on ne peut déceler d'alternance de fréquence ou de structure et qui sont donc en recouvrement entre la Noctule de Leisler et la Sérotine bicolore.
  - Le groupe des « **NLei/Nnoc** » représente un recouvrement entre la Noctule de Leisler et la Noctule commune, notamment avec des signaux en Quasi-Fréquence Constante.
  - Le groupe des « **Nyctief** » correspond à des signaux basse fréquence dont la détermination entre le Molosse de Cestoni et la Grande noctule n'est pas possible.
- **Les Murins**, il s'agit ici de séquences en fréquence modulée abrupte qui caractérisent ce groupe d'espèces. La détermination de ces espèces s'avère très difficile. Leur comportement de vol bas (espèces souvent forestières « glaneuses ») ne justifie pas, vis à vis d'un projet éolien, de toujours tenter de les identifier jusqu'au niveau de l'espèce (au moins pour les signaux pouvant poser problème).
  - **Les Oreillards**, tout comme les murins, émettent des séquences en fréquence modulée abrupte, ce qui rend la détermination difficile. Seules trois espèces d'oreillards sont présentes en France et seuls l'Oreillard roux et l'Oreillard gris sont potentiellement présents au niveau du site et partiellement distinguables entre eux acoustiquement (selon les conditions).
  - **La Barbastelle d'Europe**, qui possède une signature acoustique assez différente des autres espèces est plus facilement identifiable.
  - **Les Rhinolophes**, avec 3 espèces potentiellement présente sont plus ou moins facilement déterminables (Grand rhinolophe, Petit rhinolophe et Rhinolophe euryale). Ce groupe d'espèce possède aussi une signature propre avec des signaux en fréquence constante.
    - Le Grand rhinolophe est facilement déterminable avec des fréquences sans recouvrement avec d'autres espèces.
    - Le groupe des « **Rhoch** » regroupe des signaux dont la fréquence ne peut permettre de déterminer précisément l'espèce entre le Rhinolophe euryale et le Petit rhinolophe.

## 8.2 Annexe 2 : Fiche de relevé de terrain

### FICHE DE TERRAIN MORTALITE Suivi mortalité du parc éolien de Lichères (2023)

Chercheur :	Heure d'embauche :	Heure début suivi :	Temps de pause :	
Date :	Heure de débauche :	Heure fin suivi :	Orages ?	

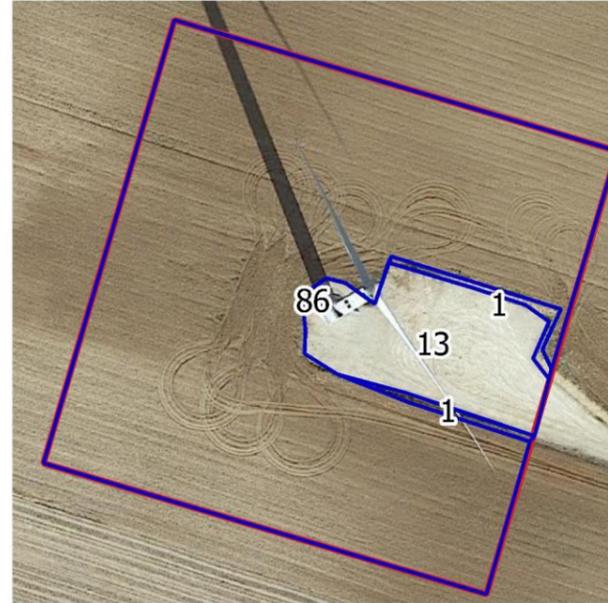
	Durée de prospection	Surface prospectée (%) (T1 + T2 + T3)	Type 1 - T1 (%) Très facile	Type 2 - T2 (%) Facile	Type 3 - T3 (%) Moyen	Type 4 (%) Non prospectable	Assolement : culture, prairie, lande ... / présence d'animaux	Vérification caisson ventil. (si présence)	Remarques					
									Maintenance (Oui/Non)	Lumière allumée (Oui/Non)	Tas de fumier - carcasses grains (Oui/Non)	Eau stagnante (Oui/Non)	Travaux agricoles en cours (Oui/Non)	
CONTEXTE	E5													
	E9													
	E4													
	E8													
	E11													
	E12													

DECOUVERTES IN PROTOCOLE	Oiseau (OIS) ou Chiro (CS)																
		Cadavre / Plumée															
	Eolienne concernée																
	Distance au mât																
	Direction au mât																
	Coordonnées L93	X															
		Y															
	Type dans lequel le cadavre a été trouvé (type 1, type 2, type 3)																
	Etat (vivant, frais, avancé, sec)																
	Blessure (non/oui et quoi)																
	OIS : Rapace/passereau																
	CS : Taille avant-bras (mm)																
	Espèce (ou genre...)																
	Age (ad, jeune)																
	Sexe (male, fem)																

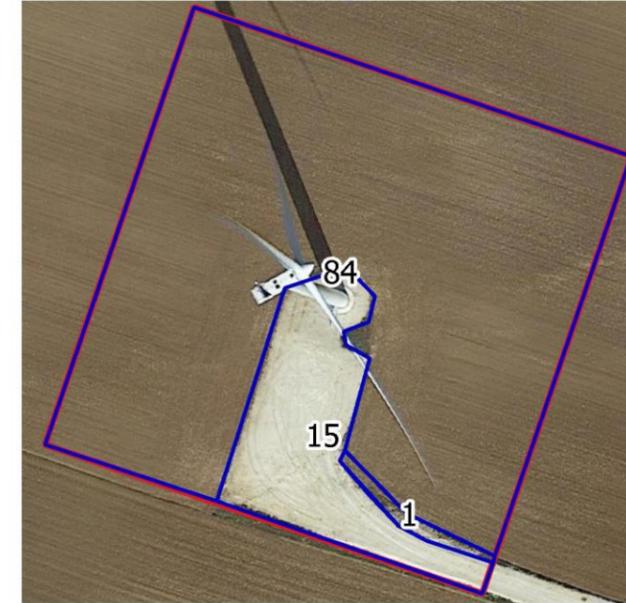
E5



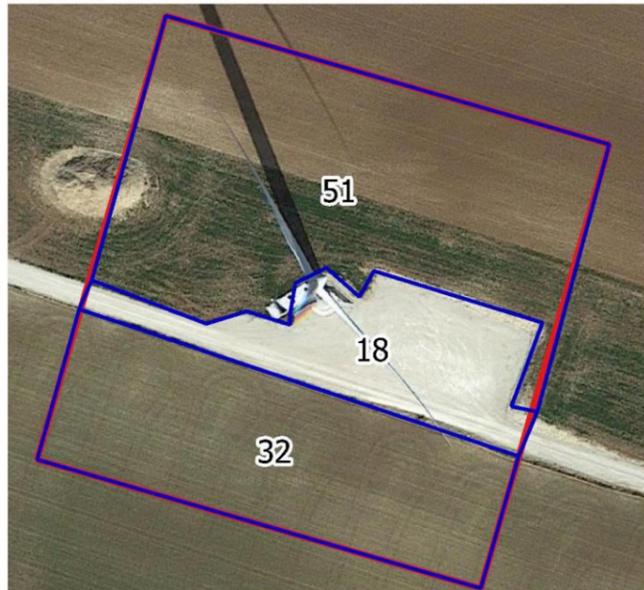
E9



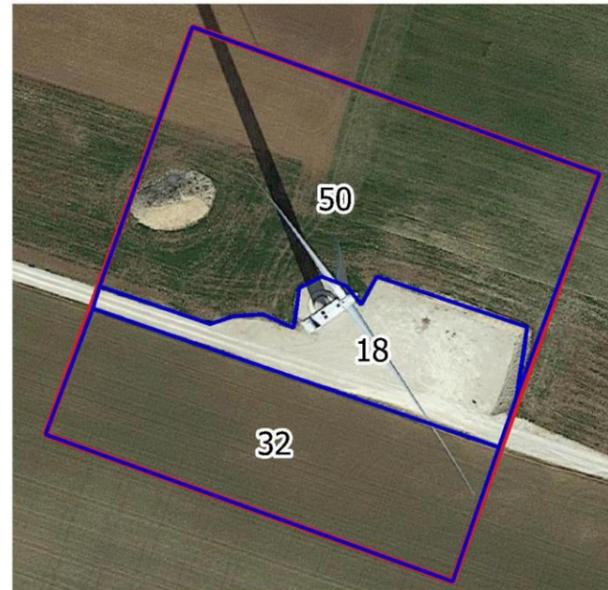
E4



E8



E11



E12



### 8.3 Annexe 3 : Données brutes de mortalités découvertes

Date	Découvreur	Mortalité (Oui ou non)	Oiseau (OIS) ou Chauve-souris (CS)	Plumée ou cadavre	Eolienne	Distance au mat (m)	Direction par rapport au mat	X	Y	Date de mortalité estimée	Barotrauma / blessure	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Type de vol	Sexe	Age	Mesure de l'avant-bras (mm)
18/05/2023	SV	Oui	CS	cadavre	E12	12M	NE	763931	6734329	17/05/2023	blessure dos	Grand Murin	<i>Myotis myotis</i>	Sous-bois	Indéterminé	Indéterminé	65mm
25/05/2023	SV	Oui	OIS	cadavre	E11	4m	N	763619	6734408	24/05/2023		Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	Passereau	Indéterminé	Indéterminé	-