

# **SUIVI ENVIRONNEMENTAL ICPE**

## **PARC ÉOLIEN DE COULANGES**

Communes de Brinay (18)

**ANNÉE DE SUIVI 1**

**Avril 2021**

### **BRINAY ENERGIE**

12 rue Martin Luther King  
14280 Saint-Contest



Bureau d'études en environnement  
énergies renouvelables et aménagement durable

[www.encis-environnement.fr](http://www.encis-environnement.fr)



## Préambule

Dans le cadre de l'article 12 de l'arrêté ICPE du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent, les exploitants des parcs éoliens doivent tenir à disposition de l'inspection des ICPE un suivi environnemental.

Pour chaque parc éolien, le rapport de suivi environnemental remis à l'inspection des installations classées sera composé de tout ou partie des quatre suivis suivants en fonction des spécificités du parc :

- Suivi des habitats naturels
- Suivi de l'activité de l'avifaune
- Suivi de l'activité des chiroptères
- Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères

Le bureau d'études ENCIS Environnement a été missionné par la société Brinay Energie pour réaliser ce suivi environnemental ICPE.

Après avoir précisé la méthodologie utilisée et ses limites, ce dossier présente les résultats des différents suivis effectués :

- Suivi de l'activité des chiroptères
- Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères

## SOMMAIRE

<b>Partie 1 : Cadre général de l'étude.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Maître d'ouvrage – exploitant.....</b>	<b>9</b>
<b>1.2 Auteurs de l'étude .....</b>	<b>9</b>
<b>1.3 Présentation du parc éolien étudié.....</b>	<b>10</b>
<b>1.4 Cadre réglementaire de l'étude de suivi environnemental pour les projets éoliens.....</b>	<b>12</b>
<b>Partie 2 : Méthodes utilisées .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Méthodologie et démarche générale .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Suivi d'activité des chiroptères .....</b>	<b>17</b>
2.2.1 Objectif et paramètres à prendre en compte.....	17
2.2.2 Méthodologie et pression d'inventaire.....	17
2.2.3 Calendrier des inventaires.....	21
2.2.4 Limites des méthodes utilisées et difficultés rencontrées.....	22
<b>2.3 Suivi de la mortalité sur l'avifaune et les chiroptères .....</b>	<b>23</b>
2.3.1 Principes et objectif.....	23
2.3.2 Protocole utilisé.....	24
2.3.3 Méthodes d'estimation de la mortalité.....	26
2.3.4 Limites des méthodes utilisées.....	33
<b>Partie 3 : Résultats et analyse du suivi d'activité des chiroptères.....</b>	<b>35</b>
<b>3.1 Bilan des connaissances de l'étude d'impact.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2 Suivi de l'activité des chiroptères .....</b>	<b>39</b>
3.2.1 Suivi ultrasonique automatique permanent en nacelle.....	39
3.2.2 Synthèse des résultats du suivi comportemental des chiroptères en nacelle.....	50
3.2.3 Bilan de la première année de suivi et comparaison avec l'étude d'impact..	51
3.2.4 Bilan du suivi comportement.....	53
<b>Partie 4 : Résultats du suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères.....</b>	<b>55</b>
<b>4.1 Résultats des tests et paramétrage des méthodes d'estimation .....</b>	<b>57</b>
4.1.1 Durée moyenne de l'intervalle.....	57
4.1.2 Efficacité du chercheur.....	57
4.1.3 Persistance des cadavres.....	57
4.1.4 Surfaces prospectées et correction surfacique.....	58
<b>4.2 Mortalité de l'avifaune.....</b>	<b>59</b>
4.2.1 Bilan des connaissances sur la mortalité de l'avifaune liée à l'éolien.....	59
4.2.2 Bilan des connaissances de l'étude d'impact.....	63
4.2.3 Résultats globaux du suivi de l'avifaune.....	64
4.2.4 Résultats saisonniers.....	69
4.2.5 Résultats spatialisés par éolienne.....	71
4.2.6 Identification des causes potentielles de la mortalité engendrée sur le parc	

éolien.....	74
4.2.7 Incidences spécifiques du parc éolien sur l'avifaune.....	75
4.2.8 Synthèse.....	76
<b>4.3 Mortalité des chiroptères.....</b>	<b>77</b>
4.3.1 Bilan des connaissances sur la mortalité des chiroptères liée à l'éolien.....	77
4.3.2 Bilan des connaissances de l'étude d'impact.....	81
4.3.3 Résultats globaux du suivi des chiroptères.....	82
4.3.4 Résultats saisonniers.....	89
4.3.5 Résultats spatialisés par éolienne.....	92
4.3.6 Identification des causes potentielles de la mortalité engendrée sur le parc éolien.....	95
4.3.7 Incidences spécifiques du parc éolien sur les chiroptères.....	97
4.3.8 Synthèse.....	99
<b>Partie 5 : Mesures correctrices .....</b>	<b>102</b>
5.1 Mesures correctrices proposées pour réduire l'incidence sur les chiroptères	104
5.2 Mesures correctrices proposées pour réduire l'incidence sur l'avifaune.....	114
<b>Table des illustrations.....</b>	<b>115</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>118</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>124</b>



## **Partie 1 : Cadre général de l'étude**



## 1.1 Maître d'ouvrage – exploitant

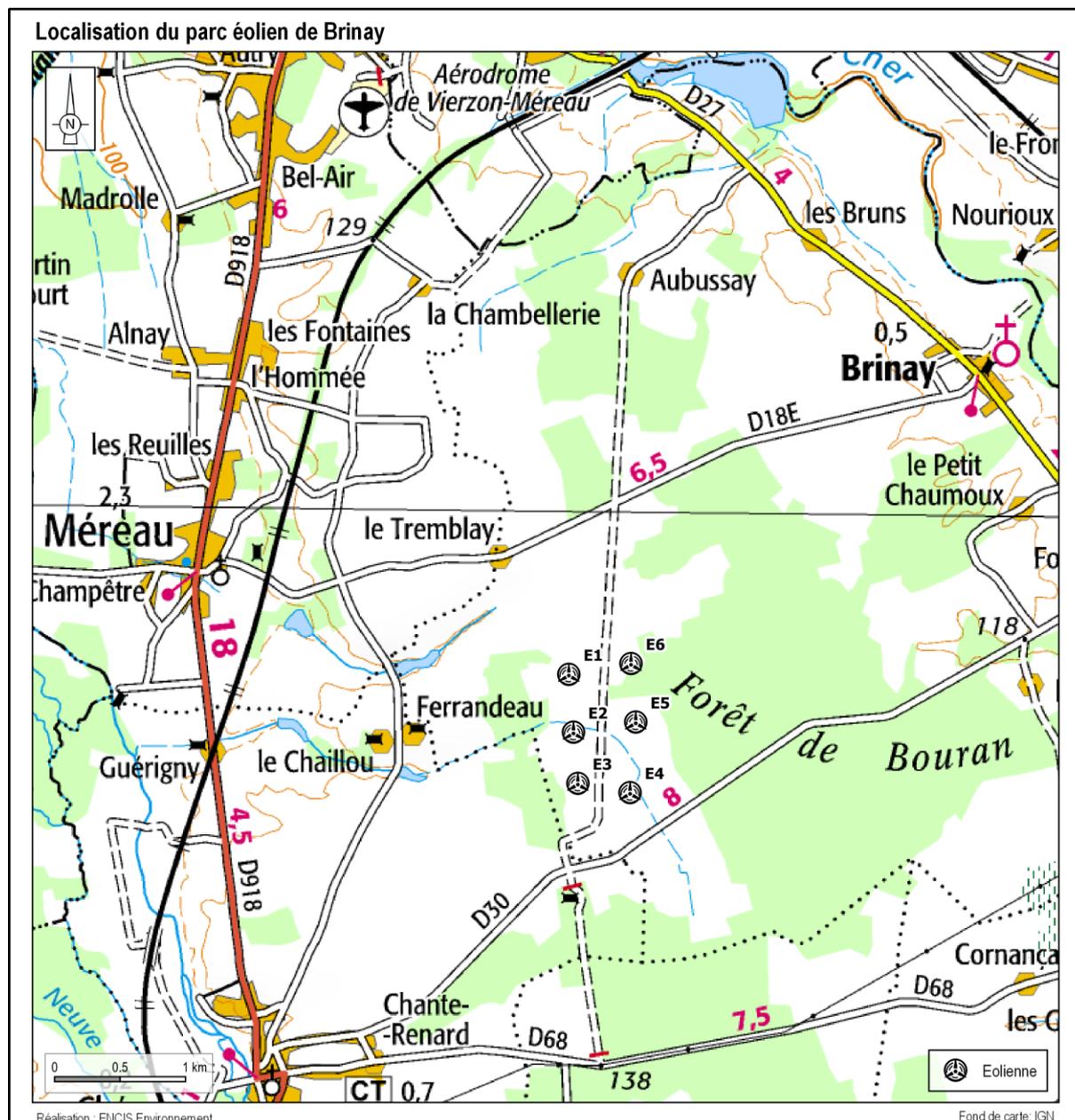
<b>Destinataire</b>	BRINAY ENERGIE
<b>Adresse</b>	12 rue Martin Luther King 14280 Saint-Contest
<b>Interlocuteur</b>	Anaëlle HOUVERT
<b>Téléphone</b>	02 14 99 11 55

## 1.2 Auteurs de l'étude

<b>Structure</b>	
<b>Adresse</b>	21 Rue de Columbia 87 068 LIMOGES
<b>Téléphone</b>	05 55 36 28 39
<b>Coordination de l'étude</b>	Marie LABOURÉ, Responsable d'études - Chiroptérologue
<b>Suivi de l'activité des chiroptères</b>	Marie LABOURÉ, Responsable d'études - Chiroptérologue
<b>Suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères</b>	Armel TREMION, Technicien d'études - Écologue Rémi TURBAN, Chargé d'études - Écologue
<b>Validation</b>	Michaël LEROY, Responsable du pôle Écologie
<b>Version / date</b>	Avril 2021

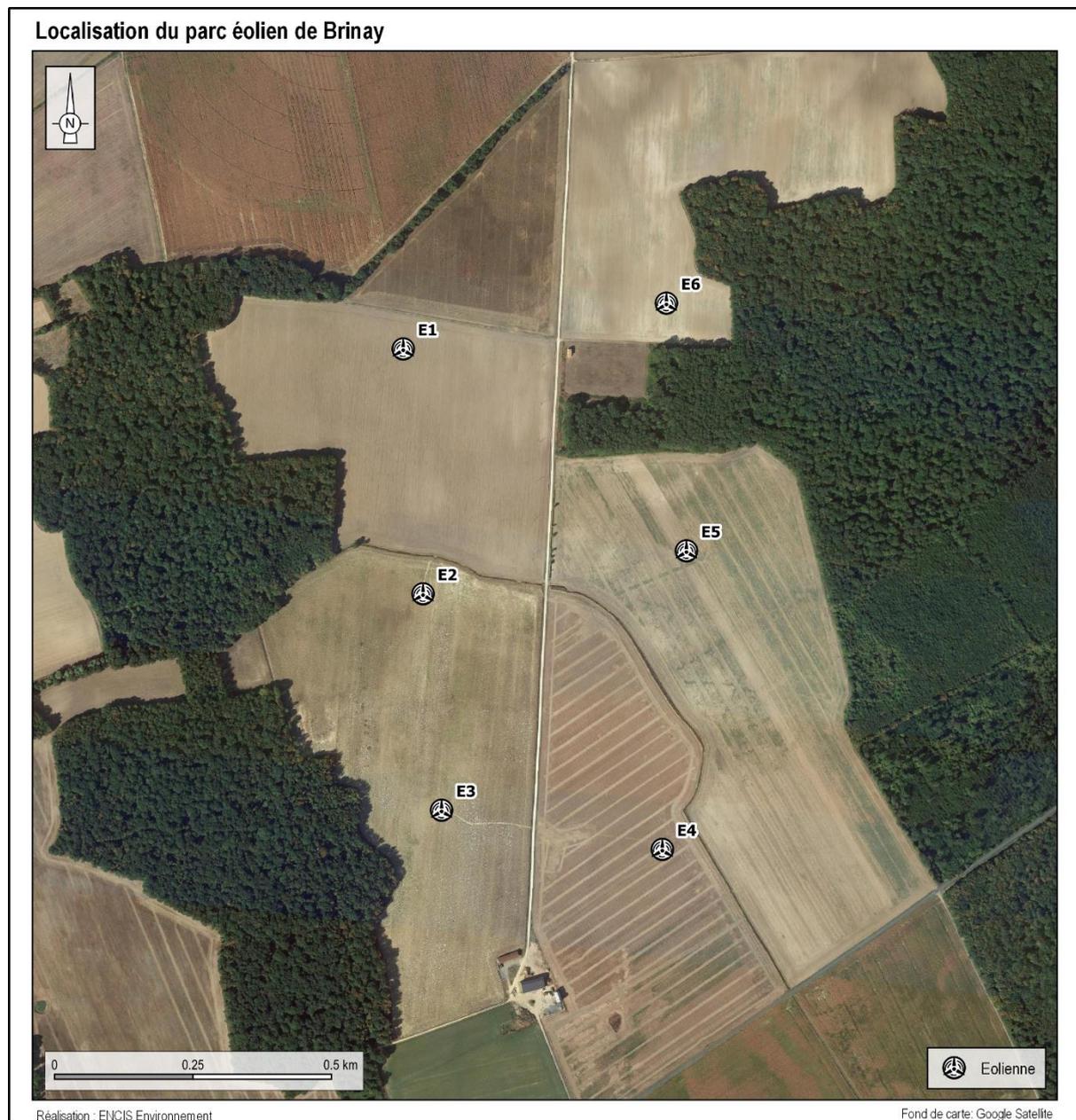
### 1.3 Présentation du parc éolien étudié

Le parc éolien de Coulanges, autorisé par arrêté préfectoral du 30 mai 2017 et mis en service en avril 2020, est constitué de six éoliennes d'une hauteur de 180 mètres en bout de pale. Les éoliennes sont implantées au sud-ouest de la commune de Brinay et au sud-est de Méreau, au lieu-dit Ferrandeu (carte suivante).



Carte 1 : Localisation du parc éolien de Coulanges

Implantées dans un secteur à forte dominante agricole, les six éoliennes se situent dans des parcelles cultivées (carte suivante). Des boisements, majoritairement âgés, ceinturent ces cultures à l'ouest et à l'est.



Carte 2 : Localisation du parc éolien de Coulanges sur photographie aérienne

## 1.4 Cadre réglementaire de l'étude de suivi environnemental pour les projets éoliens

L'arrêté du 26 août 2011, dans son article 12 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, précise pour une installation classée ICPE :

« L'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs. Sauf cas particulier justifié et faisant l'objet d'un accord du Préfet, ce suivi doit débuter dans les 12 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation afin d'assurer un suivi sur un cycle biologique complet et continu adapté aux enjeux avifaune et chiroptères susceptibles d'être présents. Dans le cas d'une dérogation accordée par le Préfet, le suivi doit débuter au plus tard dans les 24 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation. Ce suivi est renouvelé dans les 12 mois si le précédent suivi a mis en évidence un impact significatif et qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives. A minima, le suivi est renouvelé tous les 10 ans d'exploitation de l'installation. Les données brutes collectées dans le cadre du suivi environnemental sont versées, par l'exploitant ou toute personne qu'il aura mandatée à cette fin, dans l'outil de téléservice de " dépôt légal de données de biodiversité " créé en application de l'arrêté du 17 mai 2018. ».

Ce suivi doit également être conforme à la réglementation de l'étude d'impact. Ainsi, l'article R122-14 du code de l'environnement prévoit que : « - *La décision d'autorisation, d'approbation ou d'exécution du projet mentionne :*

*1° Les mesures à la charge du pétitionnaire ou du maître d'ouvrage, destinées à éviter les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine, réduire les effets n'ayant pu être évités et, lorsque cela est possible, compenser les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits ;*

*2° Les modalités du suivi des effets du projet sur l'environnement ou la santé humaine ;*

*3° Les modalités du suivi de la réalisation des mesures prévues au 1° ainsi que du suivi de leurs effets sur l'environnement, qui font l'objet d'un ou plusieurs bilans réalisés selon un calendrier que l'autorité compétente pour autoriser ou approuver détermine. Ce ou ces bilans sont transmis pour information par l'autorité compétente pour prendre la décision d'autorisation, d'approbation ou d'exécution à l'autorité administrative de l'État compétente en matière d'environnement. »*

Pour le parc éolien de Coulanges, le rapport de suivi environnemental remis à l'inspection des installations classées selon les modalités prévues initialement et validées dans l'arrêté d'autorisation unique (N°2017-1-0588 du 30 mai 2017), sera composé :

- d'un suivi de la mortalité des chiroptères et de l'avifaune (sur la base du protocole national 2018)
- d'un suivi à hauteur de nacelle de l'activité chiroptérologique.

**En novembre 2015, l'État a publié un protocole standardisé** permettant de réaliser les suivis environnementaux. Il guide également la définition des modalités du suivi des effets du projet sur l'avifaune et les chiroptères prévu par l'article R.122-14 du code de l'environnement. Ce protocole a été actualisé en 2018.



## **Partie 2 : Méthodes utilisées**



## 2.1 Méthodologie et démarche générale

Le suivi environnemental analyse les impacts du projet sur l'avifaune et les chiroptères et, pour les installations soumises à autorisation, sur toute espèce protégée identifiée dont la sensibilité à l'éolien est avérée et présentant un enjeu dans l'évaluation environnementale préalable (dont étude d'impact). Puis, les conclusions de cette dernière sont comparées avec les impacts de ce suivi environnemental. En application du principe de proportionnalité, l'intensité du suivi à mettre en œuvre dépendra des espèces présentes et des enjeux identifiés sur le site et de l'impact résiduel identifié par l'évaluation environnementale pour ces espèces. Pour les installations soumises à autorisation, le suivi mené par l'exploitant devra explicitement se référer aux mesures préconisées par l'étude d'impact et rappeler les données ayant permis de qualifier et quantifier les impacts résiduels du parc éolien précisés par cette dernière.

Afin de définir l'intensité du suivi à mettre en œuvre, une matrice des indices de vulnérabilité des différentes espèces au développement éolien et du risque est définie. La définition de ces indices est le résultat du croisement entre l'enjeu de conservation d'une espèce au niveau national et sa sensibilité avérée à l'activité des parcs éoliens.

- L'enjeu de conservation s'appuie sur les Listes Rouges préparées sur la base des principes édictés par l'UICN. La liste rouge nationale sera utilisée, complétée au besoin par une liste régionale, si celle-ci existe et si elle respecte les lignes directrices de l'UICN.

- La sensibilité d'une espèce donnée à l'activité éolienne est déterminée en fonction de la mortalité européenne constatée et pondérée par l'abondance relative de l'espèce. Concernant les oiseaux, les chiffres de population européenne sont ceux publiés par BirdLife International (BirdLife 2017, European Birds of Conservation Concern – Populations, trends and national responsibilities). Concernant les chiroptères, il n'existe pas d'évaluation des populations européennes ou nationales. La sensibilité est dès lors définie comme le rapport entre le nombre de cas de mortalité constatée pour l'espèce dans la littérature européenne et le nombre total de cas de mortalité toutes espèces confondues.

Pour le parc éolien de Coulanges, le rapport de suivi environnemental remis à l'inspection des installations classées selon les modalités prévues initialement et validées dans l'arrêté d'autorisation unique (N°2017-1-0588 du 30 mai 2017), sera composé :

- d'un suivi de la mortalité des chiroptères et de l'avifaune (sur la base du protocole national 2018)
- d'un suivi à hauteur de nacelle de l'activité chiroptérologique.

## 2.2 Suivi d'activité des chiroptères

### 2.2.1 Objectif et paramètres à prendre en compte

Le suivi de l'activité des chauves-souris permet d'évaluer l'état de conservation des populations de chiroptères présentes de manière permanente ou temporaire au niveau de la zone d'implantation du parc éolien. Il a également pour objectif d'estimer l'activité des chiroptères localement et l'impact direct ou indirect des éoliennes sur leur état de conservation, en prenant en compte l'ensemble des facteurs influençant la dynamique des populations. Ce suivi porte sur chacune des phases du cycle biologique des chauves-souris (transits printaniers et gestation, mise-bas et élevage des jeunes, transits automnaux et swarming).

Les paramètres faisant l'objet du suivi de l'activité des chiroptères sont déterminés dans l'étude d'impact en fonction des enjeux et des impacts potentiels identifiés sur le parc éolien. Ainsi, ce suivi examine des paramètres tels que l'état des populations sur le site (richesse spécifique, activité d'une espèce donnée, etc.), le comportement des chauves-souris en vol, les périodes et conditions de présence des individus, etc.

### 2.2.2 Méthodologie et pression d'inventaire

#### 2.2.2.1 Inventaires ultrasoniques automatiques en nacelle

Le protocole d'écoute en nacelle a pour but de réaliser des inventaires sur une longue période et à hauteur de nacelle d'éolienne.

D'après l'étude d'impact de la ferme éolienne de Coulanges, un suivi comportemental des chiroptères est nécessaire suite à la mise en place du parc éolien.

En novembre 2015, l'État a publié un protocole standardisé permettant de réaliser les suivis environnementaux des parcs éoliens terrestres. Ce protocole guidait la définition des modalités du suivi des effets du projet sur l'avifaune et les chiroptères. Suite à la publication d'un nouveau protocole de suivi environnemental en 2018, le document de 2015 est abrogé. La révision de mars 2018 privilégie le suivi de la mortalité (oiseaux et chiroptères) et le suivi du comportement des chiroptères, à hauteur de nacelle. Les suivis environnementaux devront être conformes à la réglementation de l'étude d'impact et au protocole évoqué ci-dessus. Ils seront en conséquence mis en place dès la première année de mise en service du parc. L'éolienne équipée sera l'éolienne E6 conformément aux prescriptions de l'autorisation environnementale.

**Ainsi, le parc éolien de Coulanges fait l'objet d'un suivi comportemental des chiroptères à hauteur de nacelle dès la première année de mise en service du parc.**

## Protocole d'inventaire sur site

Un enregistreur automatique (modèle BATmode S+ de BioAcousticTechnology) est placé à l'intérieur de la nacelle de l'éolienne et le microphone est inséré dans sa paroi (illustration suivante).



Figure 1 : Dispositif installé dans la nacelle d'éolienne (copyright : B.A.T.)

L'enregistreur est équipé d'un micro, placé sous la nacelle de l'éolienne au moyen d'un trou effectué dans la paroi de cette dernière. Ainsi, des relevés de la présence de chiroptères, dans un rayon allant jusqu'à 60 mètres autour du micro (distance variable selon les espèces), pourront être réalisés chaque nuit pendant les périodes d'inventaires. L'ensemble du dispositif est piloté par un ordinateur, placé dans la nacelle, et pilotable à distance.

## Méthode d'analyse des résultats

Les pistes sonores sont analysées par logiciel afin de déterminer les espèces présentes ainsi que leur comportement. Le dispositif étant positionné sur une nacelle d'éolienne, les données sur les conditions extérieures récoltées par cette dernière sont utilisées afin de mener une analyse croisée des paramètres.

Dans le but d'obtenir des données exploitables servant de base à l'interprétation d'un chiroptérologue, trois étapes sont nécessaires :

### Analyse automatique des données brutes

À chaque détection de cris, le dispositif BATmode enregistre et une piste sonore est générée au format numérique. Cette dernière est sauvegardée sur un disque dur, permettant par la suite un transfert vers un ordinateur à distance.

Le grand nombre d'heures d'écoute engendre une grande quantité de pistes sonores, difficilement analysables manuellement. C'est pourquoi un logiciel de reconnaissance automatique des signaux ultrasons est utilisé. Le logiciel SonoChiro® traite les enregistrements en deux étapes :

- Le processus de détection consiste à localiser puis caractériser dans les fichiers enregistrés un maximum de signaux potentiellement émis par les chiroptères.

- Le processus de classification s'appuie sur la caractérisation des signaux détectés lors de la phase précédente. Cette classification s'opère sur chaque fichier où le logiciel a détecté des signaux de chiroptères. À l'issue de cette phase de classification, chaque contact bénéficie d'une identification à 4 niveaux : espèce, groupe, indice de présence de buzz (son émis pour la détection d'une proie) et indice

de présence de cris sociaux. Chaque niveau bénéficie d'un indice de confiance allant de 0 à 10 de façon à refléter le risque d'erreur d'identification. La présence d'une espèce est jugée fiable lorsque l'indice de confiance est supérieur à 5.

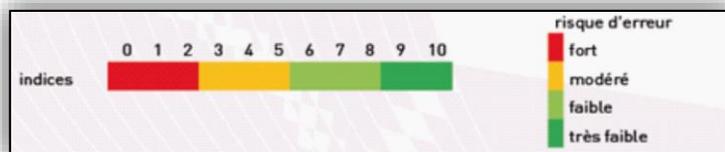


Figure 2 : Indices de confiance établis par Sonochiro® et risques d'erreurs associés

### Vérification des résultats par un chiroptérologue

Le logiciel de reconnaissance automatique génère un tableau de résultats. Pour chaque séquence enregistrée, un certain nombre de paramètres est donné (groupe, espèce, indices de confiance, nombre de cris, date de l'enregistrement, etc.). La validité des déterminations issues de la reconnaissance automatique par logiciel est variable selon la qualité des enregistrements, les espèces contactées et le nombre de cris par séquence. Les déterminations au groupe sont généralement fiables tandis que les déterminations fines (à l'espèce) doivent être validées par un chiroptérologue. Dans ce cadre, un chiroptérologue procède à une vérification des espèces sur la base de la bibliographie, de sa connaissance du terrain et des inventaires déjà réalisés. La présence de chaque espèce est vérifiée par un chiroptérologue.

**Dans la présente étude, à raison d'une trop forte proportion de parasites dans les enregistrements, l'analyse acoustique a été renforcée pour éliminer l'ensemble de ces derniers.**

Les séquences de qualité médiocre (faiblesse des sons, bruits parasites) ou dont les signaux peuvent correspondre à plusieurs espèces sans possibilités de les différencier, sont laissées au genre afin de limiter les marges d'erreur. À défaut de la connaissance de l'espèce pour certains enregistrements, le nombre de contacts enregistrés constitue une donnée permettant de quantifier l'activité chiroptérologique.

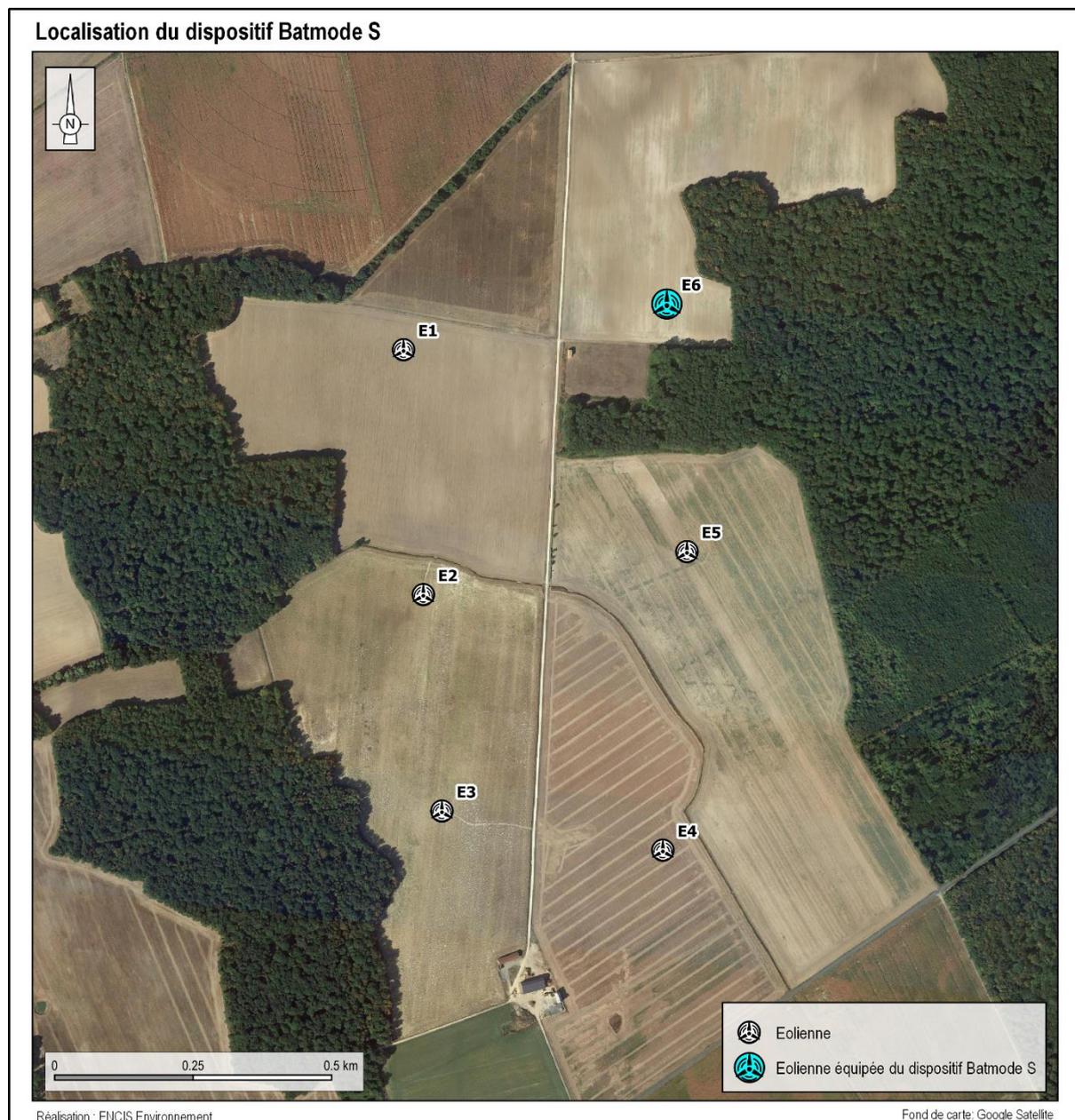
### Corrélation des données chiroptérologiques, météorologiques et astronomiques

La dernière étape de gestion et traitement des données consiste à mettre en conformité les données issues des enregistrements, les données fournies par l'éolienne et les données astronomiques de lever et coucher du soleil. À l'issue de cette opération, chaque enregistrement est défini par une série complète de paramètres permettant d'exploiter au mieux les données.

La mise en correspondance des données météorologiques et des enregistrements est réalisée par logiciel (macro Excel). Les enregistrements sont horodatés précisément tandis que les données météorologiques sont moyennées toutes les dix minutes. Concernant les vitesses de vent et la température, l'éolienne possède des instruments de mesure sur la nacelle.

## Localisation du dispositif Batmode S

La cartographie suivante permet de localiser la position du dispositif Batmode S en fonction de l'éolienne associée. L'éolienne E6 a ainsi été équipée conformément aux prescriptions. Le gabarit de cette éolienne est de 49 m en bas de pale avec une nacelle à 114,5 m et un bout de pale à 180 m. La distance entre le bout de pale et la canopée est de 49 m.



Carte 3 : Localisation du dispositif Batmode S



Figure 3 : Disque micro (premier plan), disque antenne et sonde (deuxième plan)



Figure 4 : BATmode et système d'alimentation à l'intérieur de la BATbox

## 2.2.3 Calendrier des inventaires

Thème	Inventaires et méthodes employées	Nombres de sorties	Dates des campagnes	Horaires des inventaires	Conditions météorologiques d'observation			Personne ayant réalisé les inventaires
					Couverture du ciel	Température	Vent	
Chiroptères	Enregistrements automatiques en nacelle (Batmode S)	106 nuits	Du 12 août au 25 novembre 2020	De 1h avant le coucher à 1h après le lever du soleil	-	-	-	Emmeline FAUCHER Marie LABOURÉ

Tableau 1 : Dates et conditions météorologiques des inventaires du milieu naturel

Notons que le démarrage tardif des inventaires est lié à des problèmes techniques d'intervention en éolienne en lien avec le turbinier, notamment lié au contexte sanitaire en 2020.

## 2.2.4 Limites des méthodes utilisées et difficultés rencontrées

### 2.2.4.1 Limites des méthodes employées

Les inventaires réalisés in situ (acoustiques, prospections des gîtes) sont ponctuels dans l'espace et dans le temps. La quantification et la qualification du cortège et de l'activité chiroptérologique de la zone restent suffisantes au regard des enjeux et objectifs rattachés à cette étude.

Le travail de détection comporte une limite importante dans la détermination exacte des signaux enregistrés. En effet, malgré l'utilisation de matériels perfectionnés, le risque d'erreur existe concernant l'identification des espèces des genres *Pipistrellus* et *Myotis*. Dans ce cas, seul le genre est déterminé.

Les Murins émettent des fréquences modulées abruptes de très faible portée, dont l'enregistrement est presque impossible à plus de 4 ou 5 mètres de l'animal. Malgré l'utilisation de matériels perfectionnés, la distance de détection de ces espèces est limitée par la faible portée de leurs signaux.

Enfin, l'utilisation d'un matériel électronique induit des risques de problèmes techniques (pannes) temporaires.

### 2.2.4.2 Difficultés rencontrées

Les difficultés qui peuvent être rencontrées pour le suivi des chiroptères sont principalement d'ordre technique.

Concernant le suivi en nacelle via la Batmode, des problèmes techniques peuvent occasionnellement survenir. L'enregistrement par les dispositifs Batmode S de sons qui ne proviennent pas de chiroptères est possible. Ces sons « parasites » peuvent être dû à des bruits de l'environnement nocturnes et notamment des éoliennes. Ainsi, le dispositif a enregistré de nombreux sons parasites. Lors de l'analyse, ces sons parasites peuvent générer un surplus de travail. En effet, le chiroptérologue doit les identifier manuellement lorsque le logiciel Sonochiro ne parvient pas à les filtrer préalablement.

Ces limites protocolaires ne modifient pas les conclusions globales des analyses sur le comportement, la diversité et la quantité des chiroptères présents en vol à hauteur de nacelle sur le site de Coulanges.

## 2.3 Suivi de la mortalité sur l'avifaune et les chiroptères

### 2.3.1 Principes et objectif

L'exploitation d'un parc éolien engendre un risque de mortalité pour la faune volante présente de manière ponctuelle ou répétée à proximité des aérogénérateurs, par collision avec les pales en mouvement ou par barotraumatisme. Afin de s'assurer que les populations d'oiseaux et de chiroptères ne soient pas affectées de manière significative par le parc éolien et que l'impact sur ces taxons n'excède pas les prévisions de l'étude d'impact, un suivi de la mortalité est effectué sur site.

Ce suivi repose sur une méthodologie proposée par le « protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres » rédigé en novembre 2015 et révisé 2018, ainsi que sur les « suivis des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de chiroptères », document actualisé en 2016 par la SFPEM.

L'évaluation de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères engendrée par un parc éolien est réalisée par la recherche de cadavres au pied des aérogénérateurs. La technique consiste en une recherche visuelle au sol durant un trajet réalisé à pied, selon un parcours prédéfini et reproduit à plusieurs reprises durant une ou plusieurs périodes phénologiques au cours d'une année.

La mortalité brute observée est ensuite extrapolée, lorsque cela est possible, par l'utilisation de différents estimateurs. Ces estimateurs intègrent plusieurs paramètres correcteurs, tels que la surface prospectée relative, l'intervalle de temps moyen entre deux prospections, l'efficacité du chercheur ou encore la durée de persistance des cadavres sur le site (liée notamment à la prédation par d'éventuels charognards).

Si la mortalité brute observée sur le parc peut permettre la mise en évidence d'un impact d'ordre qualitatif (incidence notable sur un taxon, période à risque ou éolienne particulièrement mortifère), seules les mortalités estimées peuvent être utilisées pour quantifier l'impact de manière globale, et éventuellement, être comparées à d'autres parcs éoliens.

Compte tenu des nombreux facteurs aléatoires régissant les différences entre la mortalité constatée sur site et la réalité, il est par ailleurs nécessaire d'être vigilant quant aux limites des extrapolations effectuées. Toute conclusion ne devrait ainsi être tirée qu'en prenant en compte la tendance globale apportée par l'ensemble des estimateurs, et non les résultats d'une unique estimation.

Dans le cadre du suivi de la mortalité, la découverte d'un cadavre d'oiseau ou de chauve-souris par l'exploitant ou par l'un de ses sous-contractants fait systématiquement l'objet d'une fiche détaillée. Cela permet ainsi le recensement standardisé des caractéristiques de l'espèce et des conditions de mortalité constatée par une procédure définie par le Ministère en charge des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement. Seuls les acteurs habilités à manipuler des cadavres ou des animaux blessés pourront remplir ces fiches de terrain dans le cadre du suivi de mortalité.

## 2.3.2 Protocole utilisé

### 2.3.2.1 Pression d'inventaires

La pression des inventaires et leur organisation au cours de l'année se définissent en fonction de la phénologie des espèces et tiennent compte des résultats de l'étude d'impact et des enjeux identifiés sur le site.

Le protocole national de suivi dans sa version de mars 2018 prévoit les modalités suivantes :

SEMAINE N°	1 A 19	20 A 30	31 A 43	44 A 52
<b>Le suivi de mortalité doit être réalisé :</b>	Si enjeux avifaunistiques ou risque d'impact sur les chiroptères	Dans tous les cas		Si enjeux avifaunistiques ou risque d'impact sur les chiroptères

L'étude d'impact ne soulève pas d'enjeux nécessitant la mise en place d'un renforcement du suivi établi par défaut d'après le protocole national (2018).

Par ailleurs, ce protocole respectera les prescriptions de l'Arrêté n° 2017-1-0588 du 30 mai 2017 portant sur l'autorisation d'exploitation du parc :

*« L'exploitant met en place, à ses frais, pendant la première année de fonctionnement de l'installation, le suivi de la mortalité des chiroptères et de l'avifaune prévu au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement dans le cadre du suivi environnemental prévu dans les dispositions réglementaires de l'article 12 de l'arrêté du 26 août 2011 susvisé. Ce suivi environnemental, qui permet de discriminer la mortalité des chiroptères et de l'avifaune due à la présence des aérogénérateurs, est confié à une personne ou un organisme qualifié.*

*Ce suivi couvre notamment la période de bridage de l'éolienne BR6, soit du 15 avril au 15 octobre, au cours de laquelle est réalisée 23 passages, y compris au cours de la première quinzaine d'août. Ce suivi aura nécessairement lieu la première année d'exploitation, et pourra être prolongé en fonction des résultats observés. Un suivi est également prévu dans les 10 ans. »*

**Au total sur l'année 2020, 24 prospections sont réalisées dans le cadre du suivi de la mortalité, à raison d'environ une sortie par semaine, entre les semaine 17 et 43. Le calendrier complet des sorties et de leurs conditions de réalisation est présenté en Annexe 3.**

### 2.3.2.2 Nombre d'éoliennes prospectées

Compte tenu d'une potentielle hétérogénéité de la mortalité au sein d'un parc éolien, le protocole national préconise le suivi de :

- toutes les éoliennes pour les parcs de 8 éoliennes et moins ;
- d'au moins  $8 + (n - 8)/2$  pour les parcs de plus de 8 éoliennes contenant  $n$  éoliennes.

**Ainsi, au sein du parc de Coulanges, chacune des six éoliennes sera prospectée lors de ce suivi.**

### 2.3.2.3 Surface et méthode d'échantillonnage

La surface prospectée sous les éoliennes est déterminée par la zone de survol des pales, et donc, par la longueur de ces dernières. Un quadrat théorique de prospection est fixé, formé par des côtés d'une longueur de 100 mètres au minimum (ou deux fois la longueur des pales pour les éoliennes présentant des pales de longueur supérieure à 50 mètres).

Dans le cadre de ce suivi, un quadrat de 100 mètres de côté a ainsi été fixé. La surface théorique d'échantillonnage couvre donc une surface de 10 000 m<sup>2</sup>.

Par la suite, le chercheur détermine un parcours à suivre et l'utilise invariablement lors de chaque prospection. L'espacement entre les transects ne doit pas dépasser les 10 mètres, correspondant à une distance maximale de perception des cadavres par un observateur.

Le schéma suivant illustre la méthode théorique mise en place dans le cadre d'un suivi de la mortalité au pied d'une éolienne.

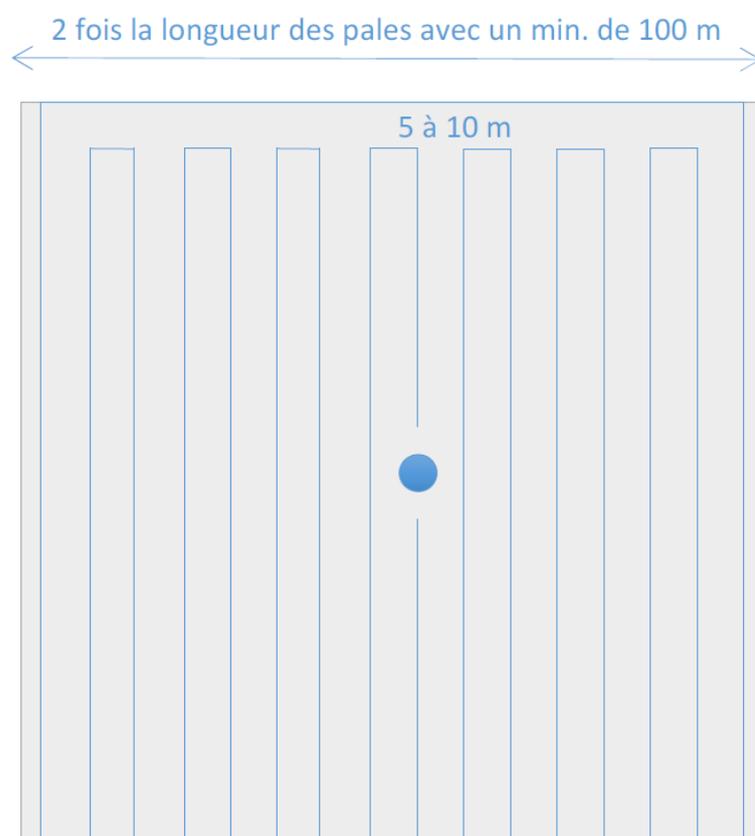


Figure 5 : Schéma de parcours théorique au pied d'une éolienne

Au cours de chaque prospection du suivi mortalité une fiche de données est complétée par le chercheur (Annexe 1). De plus, à chaque découverte de cadavre, celui-ci est localisé par GPS, photographié et déterminé, puis, fait l'objet d'une fiche détaillée définie par le Ministère en charge des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (Annexe 2). Cette fiche permet la saisie standardisée de l'espèce et des conditions de mortalité constatées.

### 2.3.3 Méthodes d'estimation de la mortalité

L'estimation de la mortalité peut être réalisée par l'intermédiaire de plusieurs formules mathématiques considérées comme valides, issues de différents protocoles (Winkelman, 1989 ; Erikson, 2000 ; Jones, 2009 ; Huso, 2010 ; Korner, 2011 ; Etterson, 2013).

Ces formules prennent en compte un certain nombre de paramètres. Ceux-ci permettent d'intégrer certains biais liés aux divers facteurs aléatoires, induisant les différences entre la mortalité constatée sur site et la réalité.

Ainsi, d'une manière générale, outre le nombre de cadavres trouvés (mortalité brute), plusieurs variables sont à évaluer afin d'être utilisées comme paramètres correcteurs :

- **l'efficacité du chercheur** (efficacité du chercheur à détecter les cadavres au sol),
- **la persistance des cadavres** (durée moyenne de présence ou taux de persistance des cadavres avant prélèvement, notamment par des animaux charognards),
- **l'intervalle des prospections sur site**,
- **les surfaces non-prospectables** (surfaces qui ne peuvent être prospectées en raison des contraintes liées au couvert végétal, au dénivelé, à la maîtrise foncière, etc.).

**Deux tests sont réalisés pour mesurer l'efficacité de l'observateur et pour quantifier la persistance des cadavres sur le site.**

#### 2.3.3.1 Durée moyenne de l'intervalle (I)

La durée moyenne de l'intervalle (I) entre deux prospections doit être déterminée afin d'être prise en compte dans les calculs d'estimation de la mortalité. Elle est calculée comme suit :

$$I = \frac{\sum_i^S I_i}{r}$$

- Où :
- $I_i$  : durée de l'intervalle i
  - $r$  : nombre d'intervalles (entre chaque recherche)

#### 2.3.3.2 Test d'efficacité

Ce test a pour but de déterminer l'efficacité du chercheur, à savoir le nombre de cadavres trouvés par rapport à un nombre de cadavres déposés sur la zone de prospection.

Ainsi, un minimum de 15 cadavres de poussins et/ou de souris de tailles variées est déposé de manière aléatoire (et localisé par GPS) par une tierce personne sous chacune des six éoliennes du parc afin de simuler des cadavres d'oiseaux et de chiroptères. Ces cadavres sont tout de même placés de manière à couvrir différents types de végétation présents, hors zones non-prospectées. Le chercheur effectue ensuite son parcours habituel. Le nombre de cadavres retrouvés est alors comptabilisé.

Deux tests sont réalisés au cours du suivi afin de renforcer la robustesse statistique des résultats.

Le facteur de correction lié à l'efficacité des chercheurs (d) correspond à la proportion de cadavres trouvés par rapport au nombre de cadavres déposés, soit :

$$d = \frac{d_t}{d_T}$$

- Où :
- $d_t$  : nombre de cadavres trouvés par le chercheur
  - $d_T$  : nombre de cadavres déposés initialement

Les paramètres des deux tests effectués sur l'année de suivi sont synthétisés dans le tableau suivant. Au cours de ces deux tests, 5 à 11 cadavres ont été déposés sous chacune des six éoliennes.

Test	Date	Nombre cadavres déposés		
		Petit (souris)	Gros (poussins)	Total
Test 1	9 juin 2020	25	15	40
Test 2	24 septembre 2020	30	20	50

Tableau 2 : Paramètres des tests de d'efficacité effectués sur l'année de suivi

### 2.3.3.3 Test de persistance

Ce test a pour but de prendre en compte le prélèvement des cadavres par les charognards dans l'estimation de la mortalité.

À la suite du test d'efficacité les cadavres leurres sont laissés sur place. Plusieurs prospections ont lieu les jours suivants, à J+1, J+3, J+6, J+9, J+12 et jusqu'à la disparition totale des cadavres. Cela permet de connaître la durée de persistance des cadavres avant leur prélèvement. Le doublage du test permet à la fois de renforcer la robustesse statistique des résultats obtenus, ainsi que de couvrir les différentes saisons biologiques suivies.

Selon la méthode d'estimation, ce prélèvement peut être mesuré de différentes manières :

- **La durée moyenne de persistance des cadavres (t)**, utilisée dans les méthodes d'Erickson, de Jones et d'Huso, qui est calculée comme suit :

$$t = \frac{\sum_{i=1}^{C_T} t_i}{C_T}$$

- Où :
- $t_i$  : durée de persistance du cadavre i
  - $C_T$  : nombre de cadavres utilisés pour le test

- **Le taux de persistance des cadavres (z) de la méthode Winkelman**, soit le nombre de cadavres restant après trois jours, par rapport au nombre de cadavres déposés initialement.

- **Les taux de persistance des cadavres (d) de Jones et de Huso**, qui seront détaillés dans la partie traitant des méthodes d'estimation de la mortalité (2.3.3.5 - Protocoles « Jones » et « Huso »).

### 2.3.3.4 Correction surfacique

Le quadrat théorique de recherche sous l'éolienne n'est pas nécessairement prospectable dans son intégralité. En effet, la végétation présente peut rendre impossible le passage à pied (buissons, etc.) ou limiter la capacité d'observation du chercheur (cultures, prairies hautes, etc.). D'autres facteurs peuvent aussi être à l'origine d'une limitation de la prospection : autorisation d'accès sur les propriétés foncières, éventuels travaux à proximité de l'éolienne, etc.

Afin de pallier ce biais, le chercheur retranscrit ainsi sous SIG les surfaces prospectées lors de chaque visite. Un facteur de correction surfacique peut ensuite être appliqué lors des calculs d'estimation.

Le facteur de correction, calculé pour chaque prospection, est défini comme suit :

$$A = \frac{A_{Th}}{A_p}$$

Où :  
-  $A_{Th}$  : surface théorique  
-  $A_p$  : surface prospectée

### 2.3.3.5 Estimation de la mortalité

Une fois la campagne d'inventaires réalisée, les résultats sont analysés par l'intermédiaire des différentes méthodes d'estimation de la mortalité.

Les robustesses statistiques de ces méthodes sont variables. Le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens, dans sa version 2018, préconise l'utilisation d'au moins trois formules de calcul des estimateurs standardisés à l'échelle internationale pour faciliter les comparaisons :

- la formule de Huso (2010) ;
- deux formules aux choix parmi : Erickson, 2000 ; Jones, 2009 ; Korner-Nievergelt, 2015 ; Limpens et al, 2013 ; Bastos et al, 2013, Dalthorp et Al 2017, etc.

Par ailleurs, la SFEPM juge que l'estimateur de Winkelman est obsolète et qu'au moins trois des estimateurs suivants doivent être utilisés : Huso, Jones, Erickson, Korner-Nievergelt, Limpens, Bastos.

**Au cours de cette étude, les protocoles d'Huso, de Jones, de Korner et d'Etterson seront utilisés.** En effet, ceux-ci sont les plus récents et intègrent, par ailleurs, différentes variables permettant de corriger au mieux les biais induits par les divers facteurs aléatoires entrant en compte (prélèvement des cadavres, notamment).

Les estimateurs de Winkelman et d'Erickson seront ici donnés à titre indicatif, permettant notamment une comparaison de la mortalité avec d'autres parcs éoliens.

### Protocole « Winkelman »

Le protocole « Winkelman » se base sur une formule qui ne tient compte que des taux de persistance et de détection, sans prendre en considération leur variabilité au cours d'un intervalle de temps défini. Cette formule tend à surestimer les résultats en cas de faible persistance des cadavres et/ou d'une faible efficacité du chercheur. Celle-ci est par ailleurs inutilisable lorsque le taux de persistance des cadavres est nul. Ce protocole est considéré comme peu robuste mais permet *a minima* une comparaison de la mortalité estimée entre différents parcs éoliens.

$$N = \frac{C}{z * d} * A$$

- Où :
- $N$  : mortalité estimée
  - $C$  : mortalité brute (nombre de cadavres trouvés durant le suivi)
  - $z$  : taux de persistance, soit le nombre de cadavres restant après trois jours par rapport au nombre de cadavres déposés initialement
  - $d$  : efficacité du chercheur
  - $A$  : coefficient de correction surfacique

### Protocole « Erickson »

En 2000, Erikson intègre au calcul deux nouvelles variables : la durée moyenne de persistance des cadavres, ainsi que la durée moyenne de l'intervalle entre les prospections. Par ailleurs, cette formule est utilisable même lorsque le taux de persistance des cadavres est nul. Dans ce cas, les résultats concernant la mortalité seraient, toutefois, sous-estimés.

$$N = \frac{(I * C)}{(t * d)} * A$$

- Où :
- $N$  : mortalité estimée
  - $I$  : durée moyenne (en jours) de l'intervalle entre deux prospections
  - $C$  : nombre de cadavres trouvés durant le suivi
  - $t$  : durée moyenne (en jours) de persistance des cadavres
  - $d$  : efficacité du chercheur
  - $A$  : coefficient de correction surfacique

## Protocoles « Jones » et « Huso »

Ces deux protocoles sont très semblables et intègrent deux nouvelles variables :

- Le taux de persistance selon Jones (dont le calcul diffère d'un protocole à l'autre),
- Le coefficient correcteur de l'intervalle.

$$N = \left( \frac{C}{d * p * \hat{e}} \right) * A$$

- Où :
- $N$  : mortalité estimée
  - $C$  : nombre de cadavres trouvés durant le suivi
  - $d$  : efficacité du chercheur
  - $p$  : taux de persistance (voir calcul ci-dessous « Jones » ou « Huso »)
  - $\hat{e}$  : coefficient correcteur de l'intervalle (voir ci-dessous)
  - $A$  : coefficient de correction surfacique

Le coefficient correcteur de l'intervalle est défini comme suit :

$$\hat{e} = \frac{\text{Min}(I; \hat{I})}{I}$$

- Où :
- $I$  : durée moyenne (en jours) de l'intervalle entre deux prospections
  - $\hat{I}$  : intervalle effectif, soit :  $-\log(0,01) * t$
  - (-  $t$  : durée moyenne (en jours) de persistance des cadavres)

### « Jones »

En 2009, Jones *et al.* proposent une méthode intégrant un taux de persistance et un coefficient correcteur de l'intervalle. Cette méthode repose sur les postulats suivants :

- Le taux de mortalité est constant sur l'intervalle défini,
- La durée de persistance d'un cadavre suit une variable exponentielle négative (impliquant que la probabilité de disparition moyenne sur l'intervalle correspond à la probabilité de disparition d'un cadavre à la moitié de l'intervalle).

Ainsi, Jones définit le taux de persistance comme suit :

$$p = e^{\left( \frac{-0,5 * I}{t} \right)}$$

- Où :
- $I$  : durée moyenne (en jours) de l'intervalle entre deux prospections
  - $t$  : durée moyenne (en jours) de persistance des cadavres

Ainsi :

$$N = \frac{C}{d * e^{\left( \frac{-0,5 * I}{t} \right)} * \hat{e}} * A$$

### « Huso »

En 2010, Huso propose une nouvelle évaluation du taux de persistance. En se basant sur la formule de Jones, elle considère que la probabilité de disparition au point moyen de l'intervalle (second postulat de Jones) n'est pas égale à la probabilité moyenne de persistance d'un cadavre.

Ainsi, Huso définit le taux de persistance comme suit :

$$p = \frac{\left( t * \left( 1 - e^{\left( -\frac{t}{I} \right)} \right) \right)}{I}$$

Où : -  $I$  : durée moyenne (en jours) de l'intervalle entre deux prospections  
-  $t$  : durée moyenne (en jours) de persistance des cadavres

Ainsi :

$$N = \frac{C}{d * \left( \frac{t * \left( 1 - e^{\left( -\frac{t}{I} \right)} \right)}{I} \right) * \hat{e}} * A$$

### Protocole « Korner »

En 2011, Korner-Nievergelt propose une nouvelle méthode d'estimation de la mortalité qui reste robuste quand l'efficacité du chercheur et la probabilité de persistance sont constantes. En revanche lorsque ces variables diffèrent, cette méthode semble comporter les mêmes biais que celles d'Huso ou d'Erickson.

$$N = md \left( s \frac{1 - s^I}{1 - s} \right) \left( \sum_{i=0}^{n-1} (n - i) ((1 - d)s^I)^i \right)$$

Où : -  $N$  : mortalité estimée  
-  $m$  : nombre de cadavres trouvés par jour  
-  $d$  : efficacité du chercheur  
-  $s$  : probabilité qu'un cadavre ne disparaisse pas en 24 heures, soit :

$$s = 1 - \frac{\text{Nb de cadavres disparu en 24h}}{\text{Nb de cadavres initial}}$$

-  $I$  : durée moyenne (en jours) de l'intervalle entre deux prospections  
-  $n$  : nombre de recherches durant l'étude  
-  $i$  : numéro de la recherche

## Protocole « Etterson »

En 2013, « Etterson » publie une nouvelle formule pour estimer la mortalité. Cette formule tend à être plus adaptée lorsque les recherches sont irrégulières. La formule mathématique n'est pas développée ici. L'estimation est calculée par l'intermédiaire du package « carcass » du logiciel R.

### 2.3.3.6 Postulat de chaque méthode d'estimation

Méthodes	Aire d'étude	Intervalle entre deux recherches	Persistence	Efficacité
Winkelman (1989)	Pris en compte	Pas d'exigence	Pris en compte (Nombre de cadavres disparus dans un intervalle de temps non précisé)	Pris en compte (Test d'efficacité)
Erickson (2000)	Pris en compte	Pas d'exigence	Pris en compte (Durée de persistance) Suppose que la prédation suit une loi exponentielle	Pris en compte ( Test d'efficacité ) Suppose qu'un cadavre non trouvé lors d'une recherche peut l'être aux suivantes
Jones (2009)	Pris en compte	Pas d'exigence	Pris en compte (Durée de persistance) Suppose que la prédation est constante dans l'intervalle entre deux recherches	Pris en compte ( Test d'efficacité ) Suppose qu'un cadavre non trouvé lors d'une recherche peut l'être aux suivantes
Huso (2010)	Pris en compte	Intervalle basé sur « i » (Le temps au-delà duquel la probabilité de persistance est inférieure à 1%)	Pris en compte (Durée de persistance) Suppose que la prédation suit une loi exponentielle	Pris en compte ( Test d'efficacité ) Suppose qu'un cadavre non trouvé lors d'une recherche ne peut l'être aux suivantes
Korner (2011)	Non ajustée (dans la formule de base)	Intervalle régulier	Pris en compte (Probabilité persistance) Suppose que la prédation est constante, au fil du temps	Pris en compte ( Test d'efficacité ) Suppose qu'un cadavre non trouvé lors d'une recherche peut l'être aux suivantes Suppose une détectabilité constante ou décroissante au fil du temps
Etterson (2013)	-	Intervalle régulier et irrégulier	Pris en compte Suppose que la probabilité est constante ou dépend de « l'âge » du cadavre ou dépend d'un calendrier	Pris en compte ( Test d'efficacité ) Suppose qu'un cadavre non trouvé lors d'une recherche peut l'être aux suivantes

Il est à noter que la formule de Winkelman (1989) tend à surestimer la mortalité réelle, notamment lorsque la durée de persistance des cadavres est faible. À l'inverse, la formule d'Erickson (2000) tend à sous-estimer la mortalité réelle, notamment lorsque la durée de persistance des cadavres est importante. Comme mentionné précédemment, ces deux formules seront donc données à titre indicatif, principalement afin de permettre une comparaison avec d'autres parcs éoliens.

### 2.3.4 Limites des méthodes utilisées

Les relevés effectués lors des prospections permettent d'obtenir des résultats bruts. Plusieurs variables sont ainsi prises en compte lors de l'estimation afin de limiter les biais :

- La capacité de détection est variable en fonction du chercheur. Ce biais est corrigé par l'utilisation d'un ou plusieurs tests d'efficacité et la prise en compte du taux d'efficacité dans les calculs d'estimation. Toutefois, la variabilité de l'efficacité peut être liée à de multiples facteurs (luminosité extérieure, fatigue du chercheur, type de végétation sur la surface prospectée, etc.). Il est donc complexe de corriger ce biais avec précision.

- Le prélèvement des cadavres est pallié par l'utilisation d'un ou plusieurs tests de persistance et la prise en compte du taux de persistance dans les calculs d'estimation. Toutefois, ce prélèvement dépend de nombreux facteurs aléatoires et peut ainsi être variable temporellement et spatialement. De même, il est complexe de corriger ce biais avec précision.

- Les surfaces non-prospectées créent un biais d'échantillonnage qui est corrigé par le coefficient de correction surfacique, pris en compte dans les calculs d'estimation. Toutefois, cette correction repose sur l'hypothèse que les cadavres se répartissent de façon homogène sous l'éolienne, au sein de la surface prospectée.

D'autres facteurs peuvent éventuellement limiter la robustesse des résultats :

- La surface de prospection est un quadrat comprenant la totalité de la zone de survol des pales (coté au moins égal à deux fois la longueur d'une pale). Il est possible que des individus soient éjectés en dehors de cette zone ou soient blessés et meurent à une distance bien plus éloignée. Il s'agit du « crippling loss », un biais peu étudié et non pris en compte dans les différentes méthodes d'estimation.

- L'efficacité du chercheur peut être limitée par les conditions météorologiques. Toutefois, ce biais est réduit car les sorties sont réalisées autant que possible lorsque la météo est favorable.



## **Partie 3 : Résultats et analyse du suivi d'activité des chiroptères**



### 3.1 Bilan des connaissances de l'étude d'impact

Lors de l'étude d'impact de la ferme éolienne de Coulanges, réalisée en 2016 par le bureau d'étude Envol Environnement, l'ensemble du cycle annuel des chauves-souris a été étudié.

Les protocoles utilisés ont permis d'établir une liste de **14 espèces**, avec des enjeux pour les espèces de lisières ubiquistes, comme la Barbastelle d'Europe, la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl. Des sensibilités fortes sont détectées pour plusieurs espèces comme la Noctule commune ou encore la Pipistrelle de Nathusius. Le suivi comportement de la présente étude cible précisément l'activité des chiroptères au niveau des rotors. Cela devrait permettre d'étoffer les résultats de l'étude d'impact, en particulier sur le groupe des espèces de haut vol, comme les noctules.

Les conclusions de l'étude d'impact sont présentées dans les figures suivantes.

Figure 107 : Tableau de calcul des sensibilités chiroptérologiques vis-à-vis de l'éolien (espèces recensées sur le site)

Espèces	Mortalité connue en Europe	Score relatif à la mortalité	Présence à 50 mètres de hauteur	Enjeux			Sensibilités		
				Milieux ouverts	Milieux semi-ouverts	Milieux fermés	Milieux ouverts	Milieux semi-ouverts	Milieux fermés
Barbastelle d'Europe	0,06%	10	0	13	20	19	23	30	29
Grand Murin	0,07%	10	0	0	7	6		17	16
Murin à moustaches/Brandt	0,06%	10	0	0	0	7			17
Murin de Daubenton	0,13%	10	0	7	13	0	17	23	
Murin de Natterer	0,00%	0	0	0	4	4		4	4
Noctule commune	15,79%	40	0	7	7	0	47	47	
Noctule de Leisler	6,36%	30	0	0	6	0		36	
Oreillard gris	0,10%	10	0	7	0	4	17		14
Oreillard roux	0,10%	10		5	0	0	15		
Pipistrelle commune	20,77%	40	0	14	14	14	54	54	54
Pipistrelle de Kuhl	3,61%	20	0	7	9	10	27	29	30
Pipistrelle de Nathusius	14,37%	40	0	0	14	8		54	48
Pipistrelle pygmée	2,71%	20	0	0	4	4		24	24
Sérotine commune	1,32%	20	0	5	9	7	25	29	27
<b>TOTAL</b>				<b>39</b>	<b>90</b>	<b>71</b>	<b>225</b>	<b>347</b>	<b>263</b>

#### Légende :

##### Mortalité

0 =	Aucune mortalité
10 =	0% ≤ mortalité connue < 0,5%
20 =	0,5% ≤ mortalité connue < 3,7%
30 =	3,7% ≤ mortalité connue < 9,1%
40 =	9,1% ≤ mortalité connue

7

##### Ecoute en altitude

0 =	Espèce non détectée en hauteur
40 =	Espèce détectée en hauteur

##### Sensibilité par espèce

Très fort	60 ≤ x
Fort	45 ≤ x < 60
Modéré	30 ≤ x < 45
Faible	15 ≤ x < 30
Très faible	x < 15

##### Sensibilité par habitat

Très fort	350 ≤ x
Fort	230 ≤ x < 350
Modéré	150 ≤ x < 230
Faible	70 ≤ x < 150
Très faible	x < 70

Figure 6 : Tableau de synthèse des enjeux et des sensibilités chiroptérologiques (Envol Environnement, 2016)

### 7.2.2. Analyse des sensibilités chiroptérologiques

Nous déterminons deux types de sensibilité chiroptérologique :

- La sensibilité spécifique par espèce.
- La sensibilité chiroptérologique du site.

#### 1- La sensibilité spécifique par espèce :

Une sensibilité forte est définie pour la **Pipistrelle de Nathusius**. Cette sensibilité s'explique surtout par l'exposition élevée de la Pipistrelle de Nathusius aux risques de barotraumatisme et de collisions avec les éoliennes en Europe (958 cas référencés en Europe à fin 2015, soit 14,37% des cas de mortalité connus, selon T. Dürr, 2015). L'espèce est peu présente dans l'aire d'étude rapprochée. Elle n'a été contactée qu'en période de mise-bas et depuis un seul point d'écoute. Il est aussi possible qu'elle ait été contactée en faible nombre en période des transits printaniers (l'identification de l'espèce n'a pu être certaine).

Est aussi définie une sensibilité forte pour la **Pipistrelle commune** dans l'ensemble des milieux échantillonnés dans l'aire d'étude rapprochée. L'espèce est très commune et très répandue en France et en région mais demeure le chiroptère le plus couramment victime de barotraumatisme et de collisions avec les éoliennes en Europe (1 385 cas référencés en Europe à fin 2015, soit 20,77% des cas de mortalité connus, selon T. Dürr, 2015). Elle est très active sur l'ensemble du site, surtout au niveau des lisières de boisements.

La **Noctule commune** présente une forte sensibilité. En termes de collisions, c'est l'espèce la plus touchée en Europe après la Pipistrelle commune alors qu'elle est largement moins répandue. Rappelons que c'est une espèce quasi-menacée en France. Elle n'a été détectée qu'en mise-bas en trois points. Son activité a été plus forte en lisière de boisement.

Un niveau de sensibilité modéré est défini pour la **Noctule de Leisler**. Elle n'a été contactée qu'en mise-bas, depuis un seul point d'écoute: le long d'une lisière. Il s'agit d'une espèce qui présente une exposition relativement élevée aux risques de collisions/barotraumatisme.

Une sensibilité modérée est également définie pour la **Barbastelle d'Europe** en milieu semi-ouvert et pour la **Pipistrelle de Kuhl** au sein des boisements. La Barbastelle est très présente au sein de ces milieux semi-ouverts mais peu exposée aux collisions/barotraumatisme.

Notons qu'aucune espèce n'a été détectée en altitude lors des protocoles altitude.

#### 2- La sensibilité chiroptérologique du site :

La sensibilité chiroptérologique de la zone du projet s'établit à un niveau **fort au niveau des lisières et des boisements**. La sensibilité nettement supérieure des milieux semi-ouverts est fortement influencée par la diversité supérieure des espèces recensées dans ces milieux et la présence des trois chiroptères jugés les plus sensibles à l'éolien dans ces territoires : la **Noctule commune**, la **Pipistrelle commune** et la **Pipistrelle de Nathusius**. Ainsi, nous préconisons de respecter une distance de 100 mètres vis-à-vis des lisières (canopée-bas de pale) et de respecter une distance de 50 mètres vis-à-vis de la haie qui traverse le site du Nord-ouest au Sud-est (canopée-bout de pale). Un niveau de sensibilité chiroptérologique modéré est attribué aux espaces ouverts de l'aire d'étude.

Figure 7 : Espèces sensibles au risque de collision et synthèse des enjeux (Envol Environnement, 2016)

**D'après l'étude d'impact de 2016, les sensibilités en phase d'exploitation du parc éolien de Coulanges sur les chiroptères sont considérées comme forts pour la Pipistrelle commune, modérés pour la Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle de Nathusius et la Noctule commune et faibles pour les autres espèces.**

**Le présent suivi doit permettre de comparer les résultats de l'étude d'impact avec les impacts réels du parc.**

## 3.2 Suivi de l'activité des chiroptères

### 3.2.1 Suivi ultrasonique automatique permanent en nacelle

Les résultats présentés dans cette partie correspondent aux inventaires réalisés à l'aide d'un détecteur automatique d'ultrasons de type **Batmode S**, installé au niveau des nacelles des éoliennes.

Le dispositif a fonctionné durant 106 nuits, du 12 août au 25 novembre 2020. Il a été mis en place sur la nacelle de l'éolienne E6, présentant le plus de risque de collision étant donnée sa proximité aux lisières forestières et étant la seule éolienne faisant l'objet d'un bridage actuellement.

Cette éolienne est bridée selon les conditions suivantes :

- Entre mi-avril et mi-octobre ;
- Pendant les 3 h après le coucher du soleil ;
- Par vents nul ou faible (< 5,5 m/s) ;
- Par température supérieure à 10 °C.

#### 3.2.1.1 Diversité et activité spécifique enregistrée

##### Résultats obtenus sur l'ensemble du cycle

###### Répartition de l'activité par espèce

Le tableau suivant présente les résultats issus des analyses du logiciel Sonochiro®. Ces données ont toutes été vérifiées par un chiroptérologue afin d'obtenir une liste d'espèces dont la présence est certifiée.

Genre	Espèces	Total pour le site
<i>Eptesicus</i>	Sérotine commune	139
<i>Nyctalus</i>	Noctule commune	3 577
	Noctule de Leisler	619
<i>Pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	212
	Pipistrelle de Kuhl	59
	Pipistrelle de Nathusius	40
<i>Individus n'ayant pu être rapportés à l'espèce</i>		
<i>Eptesicus/Nyctalus sp.</i>		198
<i>Pipistrelle sp.</i>		12
<i>Chiroptères sp.</i>		3
<b>Diversité totale / nombre de contacts</b>	<b>6</b>	<b>4 859</b>

Tableau 3 : Répartition du nombre de contacts par espèce et par éolienne

La richesse spécifique inventoriée par le protocole d'écoute permanente en nacelle d'éolienne est conforme à la bibliographie pour ce type de milieu dans le département, avec la présence certaine de six espèces identifiées.

En hauteur, on constate en effet une plus forte proportion des espèces dites de haut-vol (Noctule de Leisler, Noctule commune, Sérotine commune) ou bien généralistes (genre *Pipistrellus*). Ces

espèces concentrent la presque totalité de l'activité enregistrée à hauteur de nacelle. Il n'y a pas d'espèces inféodées aux haies ou aux boisements, à cette hauteur, sur le parc de Coulanges.

La Noctule commune est l'espèce la plus contactée sur le parc avec 74 % des contacts (3 577 contacts) devant la Noctule de Leisler avec 13 % des contacts et la Pipistrelle commune avec 4 % des contacts totaux. Ensuite, la Sérotine commune représente 3 % des contacts enregistrés sur le site. Notons la présence, en assez faible proportion, de la Pipistrelle de Kuhl et de la Pipistrelle de Nathusius. Cette dernière espèce est assez rare en région centre et migratrice à l'échelle de l'Europe.

La répartition de ces contacts par espèce est la suivante :

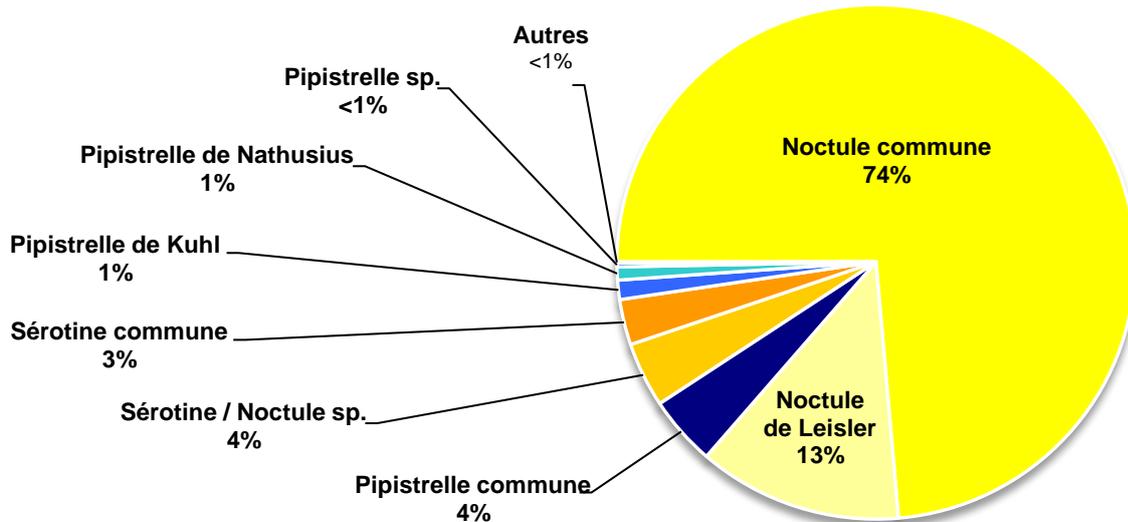


Figure 8 : Répartition des contacts par espèce ou groupe d'espèces sur le parc éolien de Coulanges

**Sur l'ensemble du suivi, la proportion des espèces de haut-vol (Nyctalus/Eptesicus) est largement supérieure aux espèces « lisière-généralistes » (Pipistrellus) avec 94 % des contacts totaux.**

#### Répartition de l'activité par nuit

La répartition du nombre de contacts par nuit pour la période d'enregistrement est présentée sur la figure suivante.

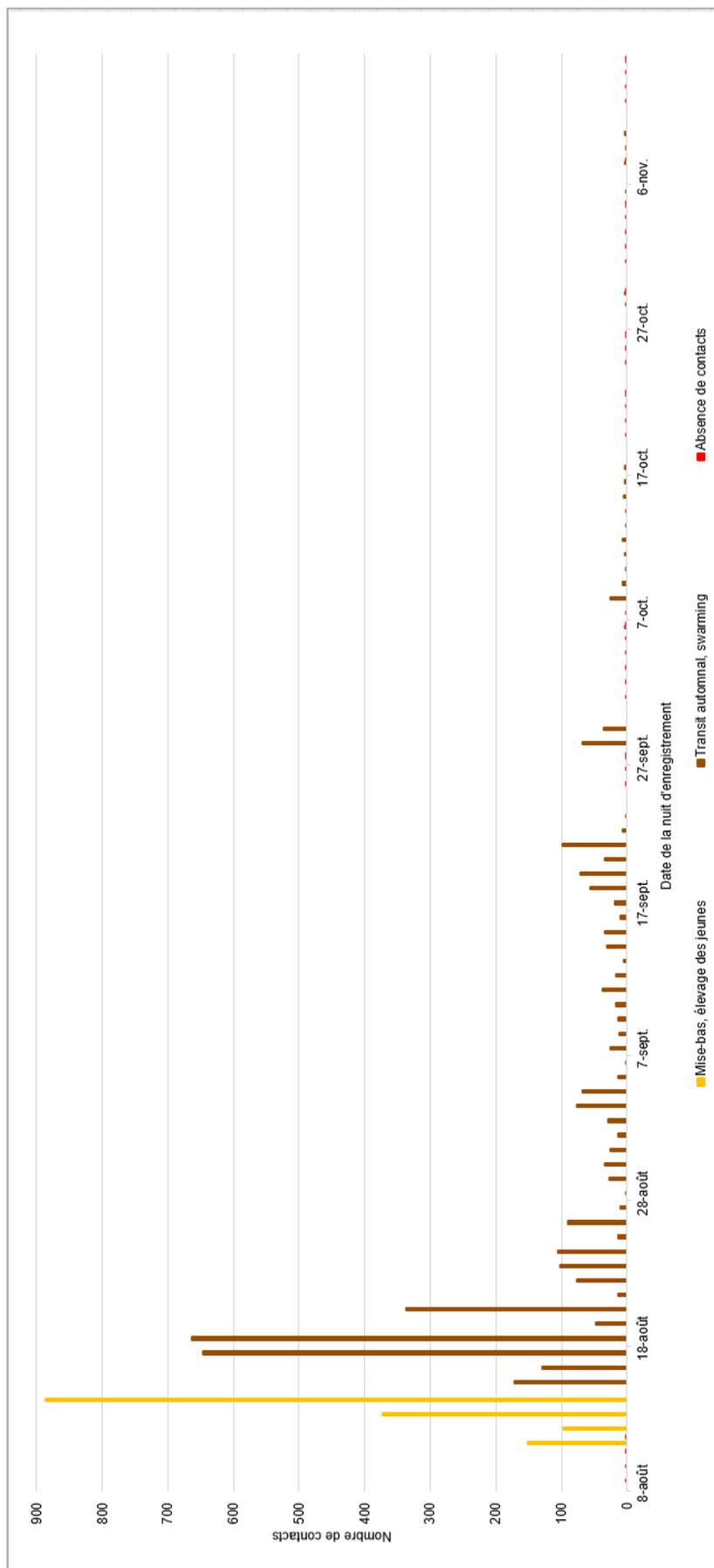


Figure 9 : Répartition du nombre de contacts par nuit

**L'activité nocturne des chiroptères est irrégulière sur la période étudiée.** Lors de certaines nuits, aucun contact n'a été recensé, alors que d'autres nuits ont été très favorables à l'activité chiroptérologique. Cette variabilité est difficile à anticiper et dépend de nombreux facteurs qui ne sont pas toujours mesurables (disponibilité en proies, température, cycle biologique, phénomènes de condensation...). On constate que la nuit du 14 août 2020 a concentré un très grand nombre de contacts (900 contacts). Dans une moindre mesure, plusieurs nuits affichent un nombre de contacts nettement supérieur aux autres nuits :

- Les nuits du 17 et 18 août 2020 affichent respectivement plus de 600 contacts.
- Les nuits du 13 et 20 août 2020 affichent également un nombre de contacts conséquent avec plus de 300 contacts enregistrés.

Les autres nuits affichent entre une cinquantaine et une centaine de contacts jusqu'à mi-septembre, après quoi le nombre de contacts par nuit diminue fortement.

### Résultats obtenus sur les mois d'inventaire

Le graphique suivant illustre le nombre de contacts enregistrés par espèce et par mois.

L'activité chiroptérologique est très marquée au mois d'août où l'on atteint le maximum de 3 960 contacts regroupant ainsi 82 % de l'activité sur la période inventoriée. Les mois suivants affichent une diminution du nombre de contacts. Ainsi, au mois de septembre, plus de 300 contacts sont enregistrés, soit 17 % des contacts totaux sur la période d'étude. Les mois d'octobre et novembre affichent quant à eux très peu d'activité avec respectivement 1 % et moins de 1 % des contacts.

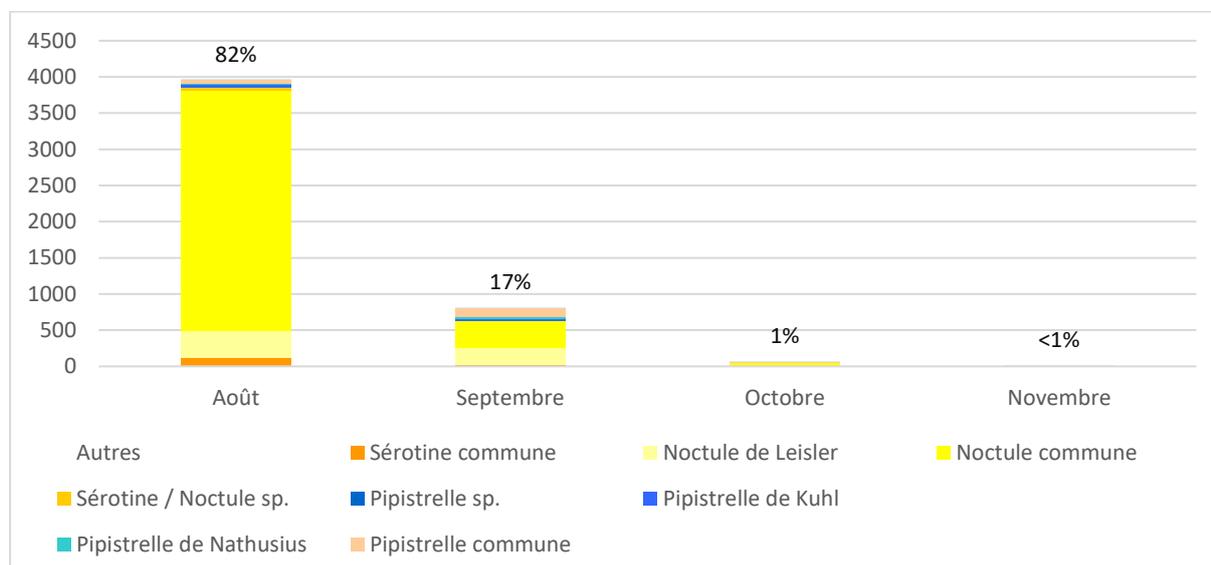


Figure 10 : Répartition des contacts par espèce et par mois sur l'ensemble de la période d'étude

Le tableau suivant présente les résultats du précédent graphique ramenés au nombre de nuits d'écoute, permettant ainsi une comparaison des activités moyennes par nuit.

Les résultats obtenus permettent de valider la forte activité observée au mois d'août. En effet, le nombre de contacts moyen par nuit au mois d'août s'élève à près de 200. Cette activité est remarquable, particulièrement à cette hauteur.

Le mois de septembre affiche ensuite plus de 25 contacts par nuit, ce qui reste une activité assez marquée. Les mois suivants, d'octobre et novembre, reflètent entre un et deux contacts par nuit, ce qui apparaît comme étant une activité très faible.

	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Total de la période
Nombre de contacts	3 976	819	69	22	4 886
Pourcentage des enregistrements	81 %	17 %	1 %	0 %	100 %
Nombre de nuits d'enregistrements	20	30	31	25	106
<b>Moyenne du nombre de contacts par nuit</b>	<b>198,8</b>	<b>27,3</b>	<b>2,2</b>	<b>0,9</b>	<b>46,1</b>

Tableau 4 : Répartition du nombre de contacts par mois

### 3.2.1.2 Activité chiroptérologique en fonction des facteurs astronomiques et météorologiques

#### Activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien

##### Résultats obtenus sur l'ensemble de la période d'étude

La répartition du nombre de contacts en fonction des heures de la nuit et de la période de l'année est présentée dans le graphique suivant sous la forme d'une carte de chaleur reflétant la densité de contacts chiroptérologiques.

Les aplats de couleurs représentent l'intensité de l'activité chiroptérologique, répartie entre les heures de la nuit (heure astronomique et non civile) en ordonnée et les jours de l'année en abscisse. L'absence de couleur correspond à une absence de contacts.

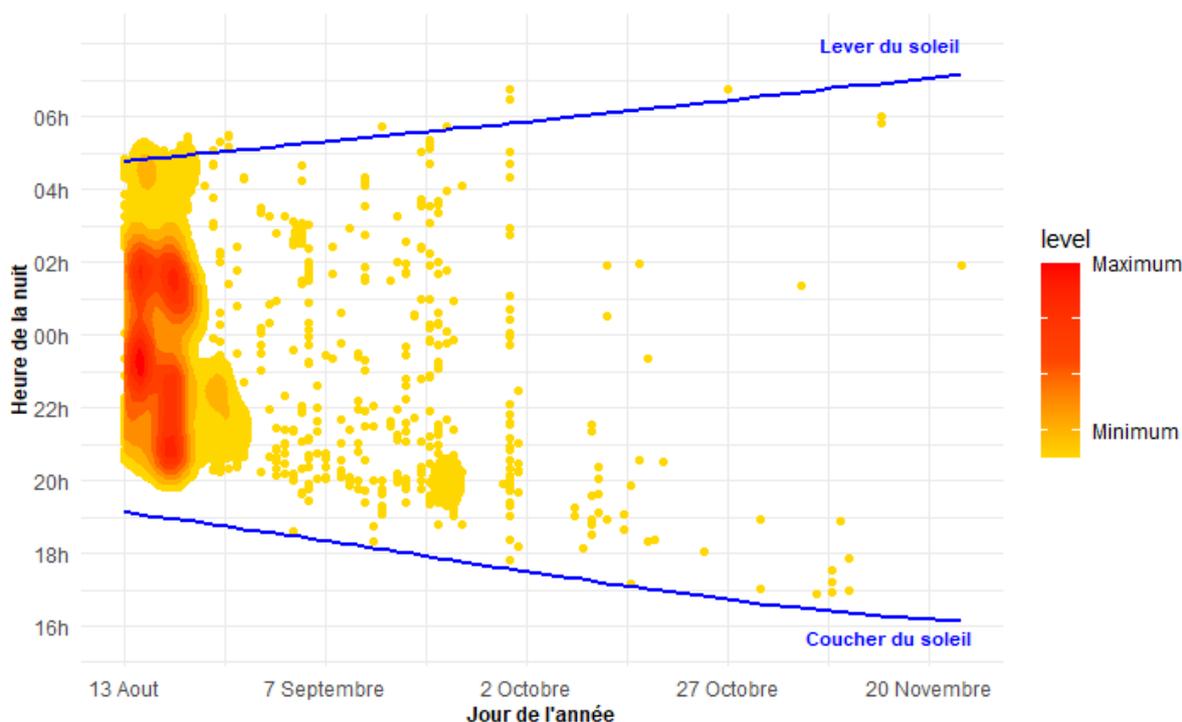


Figure 11 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien

Selon les données bibliographiques, il existe une baisse progressive du niveau d'activité au cours de la nuit. Cette baisse peut être accentuée par des facteurs limitants, comme le début et la fin de la saison, ou encore des températures froides.

Cette tendance semble se confirmer sur le site à partir du mois de septembre. Le mois d'août affiche une très forte concentration de l'activité chiroptérologique sur l'ensemble de la nuit. En effet, les contacts se concentrent d'une demi-heure après le coucher du soleil à une demi-heure après le lever du soleil. Au début du mois de septembre, la majorité de l'activité se concentre dans la première moitié de la nuit. Les données bibliographiques admettent une activité souvent localisée en début de nuit pour les pipistrelles et une activité plus régulièrement répartie sur la nuit pour d'autres espèces, notamment les noctules. **La présence importante des noctules sur le site (dont la proportion est supérieure aux pipistrelles), pourrait donc favoriser une activité chiroptérologique répartie sur toute la nuit lors de certaines périodes, particulièrement en août.**

Les mois suivants affichent une activité bien moindre mais les contacts restent répartis tout au long de la nuit jusqu'au mois d'octobre. À partir de mi-octobre les contacts se font beaucoup plus rares et se concentrent, pour la plupart, en début de nuit.

**Globalement, sur le parc de Coulanges, les chiroptères sont actifs tout au long de la nuit, du coucher au lever du soleil, et plus particulièrement au mois d'août, qui regroupe une forte densité de contacts enregistrés.**

**L'activité chiroptérologique devient irrégulière au cours de la nuit à partir de mi-octobre, avec une concentration des contacts en début de nuit.**

## Activité chiroptérologique en fonction de la température

La température semble jouer un rôle sur l'activité chiroptérologique. Si plusieurs auteurs concluent à une corrélation positive entre l'augmentation de la température et l'activité (Redell *et al.*, 2006 ; Arnett *et al.*, 2006, 2007 ; Baerwald and Barclay, 2011, etc.), d'autres ne considèrent pas ce paramètre en tant que facteur influant sur l'activité chiroptérologique (Horn *et al.*, 2008 ; Kerns *et al.*, 2005). Arnett *et al.*, 2006 ont en outre observé qu'au-dessus de 44 m d'altitude, l'activité n'était en rien affectée par la température. Les opinions sur les autres paramètres météorologiques, sont d'autant plus mitigées. La pression atmosphérique (Cryan and Brown, 2007 ; Cryan *et al.*, 2014) et l'hygrométrie (Behr *et al.*, 2011) pourraient également influencer sur l'activité chiroptérologique. Il semble toutefois vraisemblable que ces paramètres influent de manière concomitante sur l'activité des chiroptères (ce qui serait aussi le cas de la température) comme le montrent Behr *et al.* (2011) ou sur l'abondance d'insectes (Corten and Veldkamp, 2001). Enfin, l'expérience montre qu'en fonction des saisons, l'importance de ce facteur sur l'activité chiroptérologique oscille fortement.

### Résultats obtenus sur l'ensemble de la période d'étude

Le graphique suivant présente parallèlement les occurrences des températures nocturnes enregistrées par les nacelles des éoliennes et le nombre de contacts de chiroptères en fonction de ces températures.

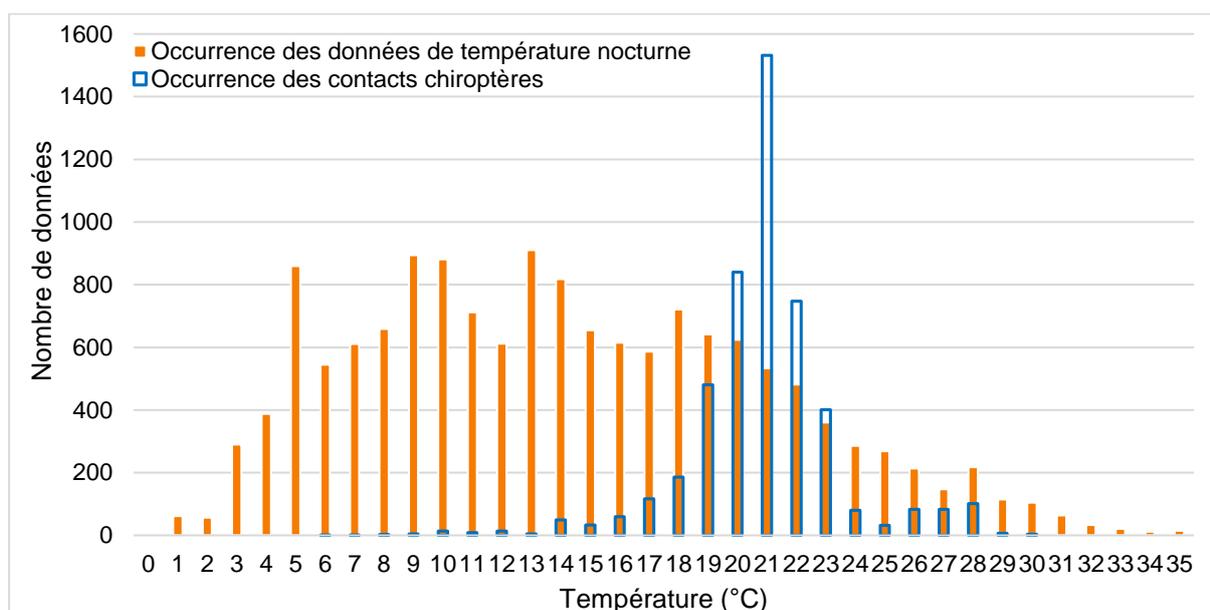


Figure 12 : Activité des chiroptères en fonction de la température

Les inventaires réalisés sur le parc révèlent ainsi un décalage entre l'activité chiroptérologique et les occurrences de températures enregistrées. Ainsi, **les chiroptères semblent concentrer leur activité entre 17 °C et 28 °C**, en ne suivant pas particulièrement la répartition des températures nocturnes affichant un maximum d'occurrences de 3 °C à 24 °C.

Résultats obtenus par analyse mensuelle

L'analyse mensuelle de l'activité des chiroptères expose les mêmes tendances que celles observées sur l'ensemble de la période étudiée, à savoir qu'un maximum d'activité est mesuré entre 17 °C et 28 °C, ce qui est principalement lié à la forte activité des chiroptères au mois d'août.

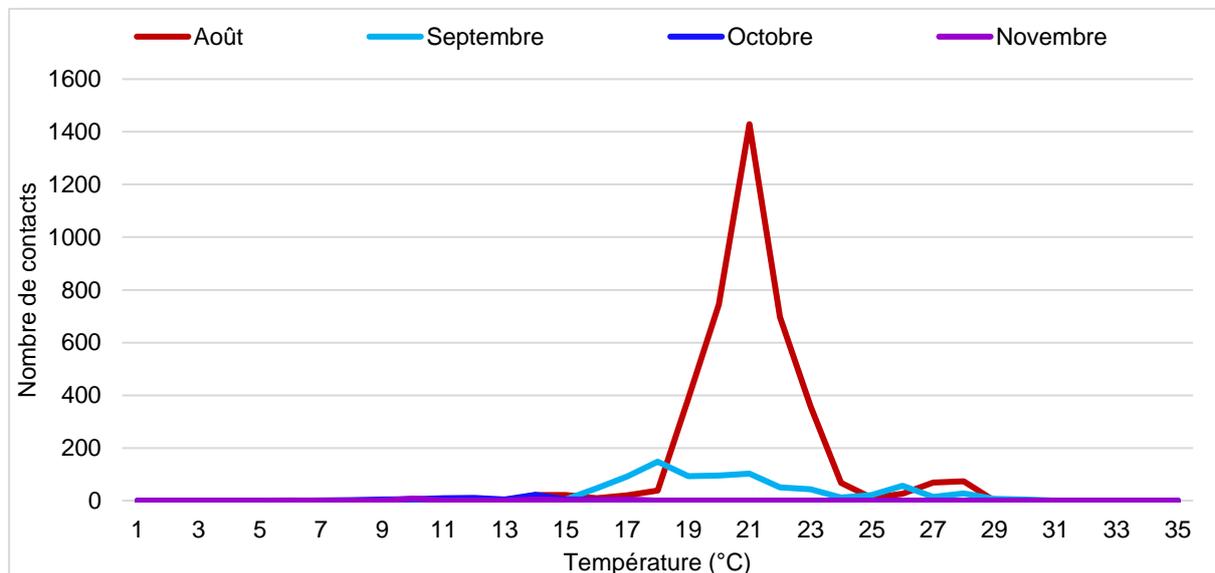


Figure 13 : Activité des chiroptères en fonction de la température par mois

Afin, de pouvoir observer les tendances sur les autres mois d'inventaires, le mois d'août a été retiré du graphique suivant. Ainsi, le mois de septembre concentre également l'activité chiroptérologique sur des valeurs de température similaires (15 °C à 29 °C). Les mois d'octobre et novembre affichent, quant à eux, des contacts regroupés entre 7 °C et 17 °C. Ce résultat est à relier aux températures plus fraîches de ces deux mois.

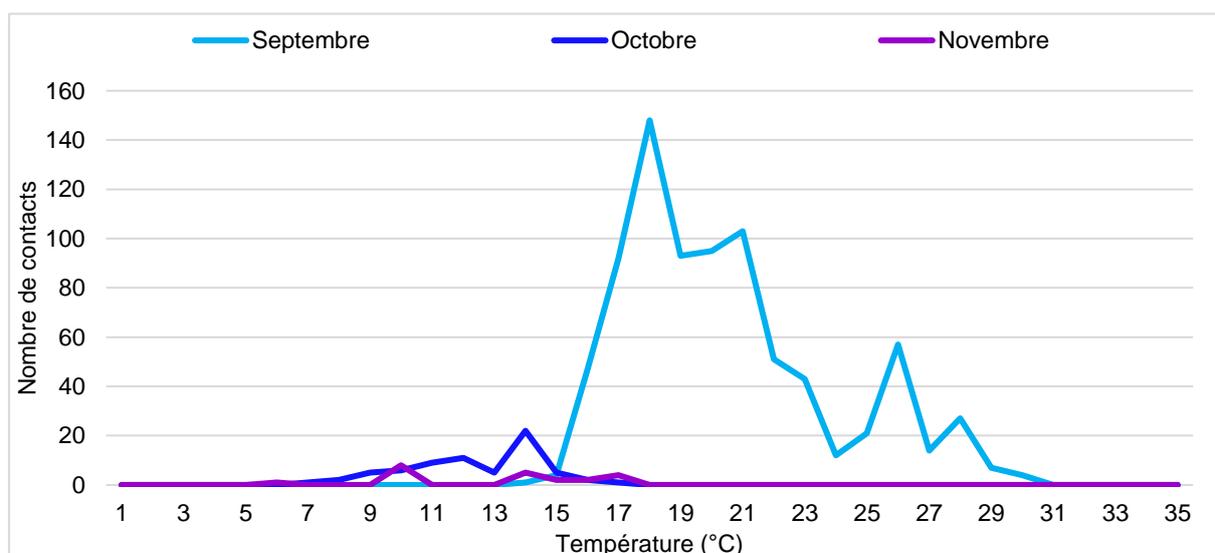


Figure 14 : Activité des chiroptères en fonction de la température par mois (hors mois d'août)

## Activité chiroptérologique en fonction de la vitesse du vent

### Résultats obtenus sur l'ensemble de la période d'étude

Le graphique suivant présente parallèlement les occurrences des vitesses de vent enregistrées par la nacelle et le nombre de contacts selon ces vitesses de vent.

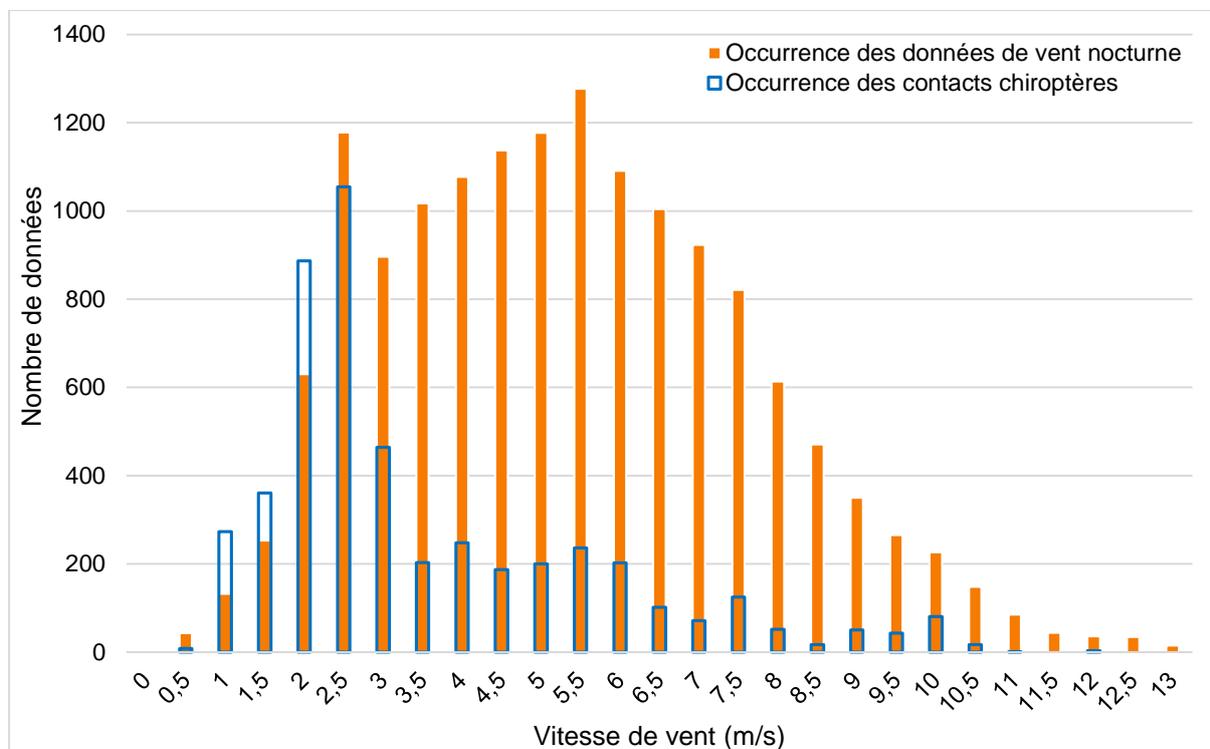


Figure 15 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent

Ce graphique illustre la sélection par les chauves-souris de conditions de vol sous des vitesses de vent plus faibles que la répartition des occurrences de vent nocturnes.

L'activité chiroptérologique s'étale entre des valeurs de vent comprises entre 0,5 et 12 m/s à hauteur de nacelle. **L'activité est maximale jusqu'à 6 m/s, au-delà de ce seuil, le nombre de contacts chute rapidement.**

Le nombre total de contacts enregistrés après le seuil de 6 m/s n'est toutefois pas négligeable, ces contacts appartenant majoritairement au genre *Nyctalus*, bien présent sur le site. Les noctules sont des chauves-souris spécialisées dans le haut-vol, elles sont grandes et robustes et peuvent évoluer à des vitesses de vent supérieures aux pipistrelles, notamment. **Ainsi, 95 % de l'activité enregistrée au-dessus de 6 m/s appartient à ce genre et particulièrement à la Noctule commune avec 88 %.**

**Sur le parc de Coulanges, l'activité chiroptérologique est la plus importante lors de vents allant de 1 à 6 m/s. Par ailleurs, des contacts ont été enregistrés jusqu'à 12 m/s. Le nombre de contact au-delà de 6 m/s représentant 15 % des contacts enregistrés n'est pas négligeable et est majoritairement lié aux noctules, fortement présentes sur le site (Noctule commune).**

Résultats obtenus par analyse mensuelle

L'analyse mensuelle de l'activité des chiroptères présente les mêmes tendances que celles observées sur l'ensemble de la période étudiée, à savoir qu'un **maximum d'activité est mesuré entre 1 et 6 m/s de vitesse de vent** à hauteur de nacelle d'éolienne.

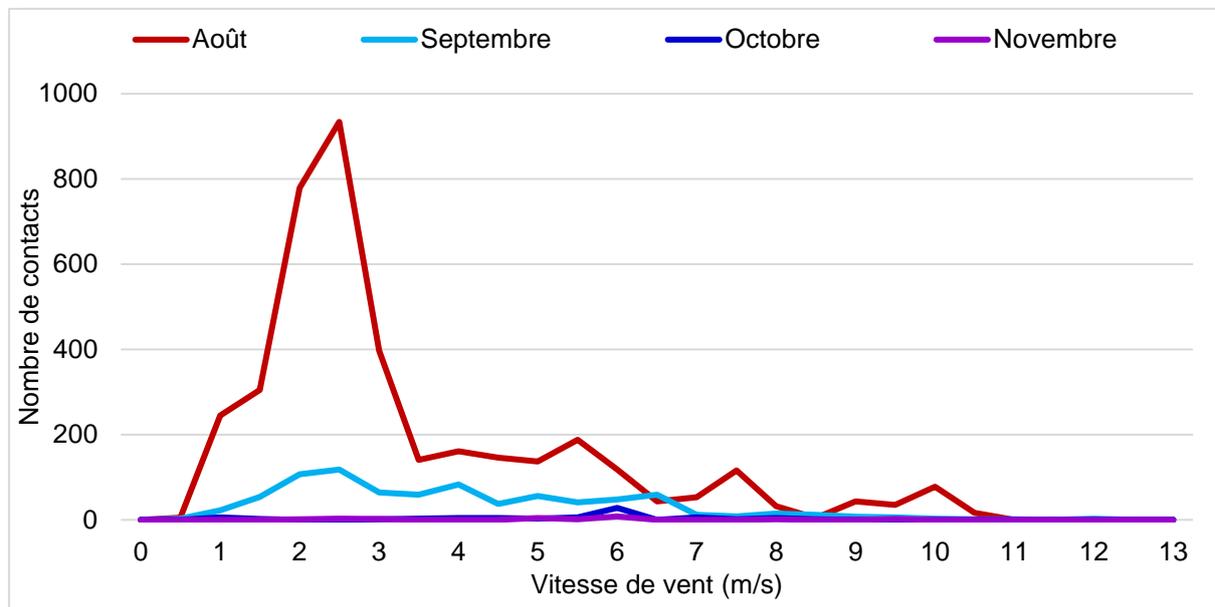


Figure 16 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent par mois

Afin de pouvoir observer les tendances sur les autres mois d'inventaires, le mois d'août a été retiré du graphique suivant. Ainsi, le mois de septembre concentre également l'activité chiroptérologique à des valeurs similaires de vitesse de vent (1 à 7 m/s). Les mois d'octobre et de novembre affichent, quant à eux, des contacts majoritairement regroupés entre 1 et 8 m/s.

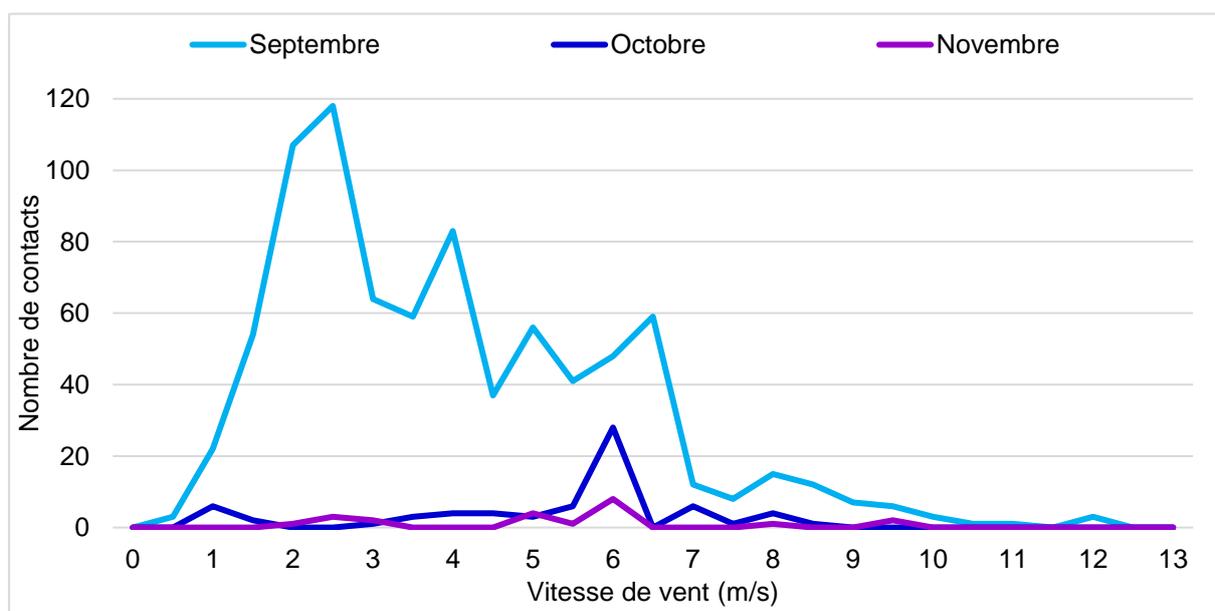


Figure 17 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent par mois (hors mois d'août)

### 3.2.2 Synthèse des résultats du suivi comportemental des chiroptères en nacelle

Au regard des analyses effectuées à partir des enregistrements en nacelle d'éolienne sur la période d'août à novembre 2020, les principaux éléments suivants apparaissent :

- **L'activité chiroptérologique paraît forte** pour les mois d'août et de septembre à hauteur de nacelle d'éolienne.

- La richesse spécifique est de six espèces confirmées en hauteur, avec la Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle de Nathusius et la Sérotine commune.

- **La Pipistrelle de Nathusius, contactée en faible proportion, est une espèce assez rare au niveau local.**

- On retrouve exclusivement, parmi les espèces inventoriées, des espèces pouvant évoluer en altitude (de haut-vol ou généralistes), en cohérence avec les connaissances bibliographiques.

- **La Noctule commune a été l'espèce la plus contactée (74 % des contacts totaux sur la période étudiée)**, suivie par la Noctule de Leisler (13 % des contacts), puis la Pipistrelle commune (4 % des contacts).

- **Le mois d'août regroupe la majorité des contacts (82 %)**, puis le mois de septembre avec 17 % des contacts. Les mois d'octobre et novembre révèlent, quant à eux, une activité très faible.

- **L'activité chiroptérologique a été irrégulière** et certaines nuits avec de nombreux contacts se démarquent, comme le 14 août 2020 qui regroupe plus de 900 contacts, puis les nuit du 13, 17, 18 et 20 août 2020 avec plus de 300 contacts.

- Durant la période analysée, **les chiroptères sont globalement actifs tout au long de la nuit, du coucher au lever du soleil.**

- **L'activité chiroptérologique est concentrée entre 17 °C et 28 °C.**

- **L'activité chiroptérologique est la plus forte lors de vents compris entre 0,5 et 6 m/s.** Ces seuils sont parfois dépassés par les chiroptères évoluant sur le site, notamment en octobre et novembre.

### 3.2.3 Bilan de la première année de suivi et comparaison avec l'étude d'impact

#### Espèces présentes sur le parc

14 espèces de chauves-souris ont été recensées de manière certaine sur le parc au travers des différentes études (tableau suivant).

Ceci témoigne d'une richesse spécifique modérée. On note que six espèces sont présentes durant chacun des protocoles d'inventaire menés sur le parc, ce qui atteste de l'importance du site pour ces dernières. Ces espèces sont, pour la majorité, des espèces assez communes et de haut-vol : la Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle de Nathusius et la Sérotine commune.

Les espèces forestières et de lisières n'ont pas été détectées lors des inventaires de 2020. Ce résultat peut s'expliquer par les différences entre les protocoles d'inventaires menés en 2016 et 2020. En effet, en 2016 les inventaires ont été menés en différents points et majoritairement au sol, alors que ceux de 2020 ont été menés en un point fixe en nacelle d'éolienne, permettant de détecter ainsi les espèces de haut-vol, plus sensibles au risque de collision.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Présence selon les études	
		Étude d'impact 2016	Suivi post-implantation 2020
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	X	
Grand Murin	<i>Myotis myotis</i>	X	
Murin à moustaches / de Brandt	<i>Myotis mystacinus / Brandtii</i>	X	
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	X	
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	X	
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	X	X
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	X	X
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>	X	
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>	X	
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	X	X
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	X	X
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	X	X
Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	X	
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	X	X
<i>Recensements n'ayant pas pu être déterminés à l'espèce</i>			
Sérotine/Noctule sp	<i>Eptesicus/Nyctalus sp.</i>		X
Pipistrelle sp.	<i>Pipistrellus sp.</i>		X
Chiroptères sp.	<i>Chiroptera sp.</i>		X
<b>Total des espèces</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>6</b>
: Espèces recensées sur les deux protocoles d'inventaire			

Tableau 5 : Espèces inventoriées en fonction des études menées sur le site

## Synthèse des enjeux

La synthèse de l'état initial de l'étude d'impact de 2016 révèle qu'une diversité chiroptérologique modérée est observée sur le site. Par ailleurs, les chauves-souris ont une faible utilisation des milieux ouverts (Envol Environnement, 2016).

Les résultats présentés dans ce rapport reflètent une **activité globale forte**. L'éolienne E6 est implantée en milieu ouvert mais à proximité de lisières attractives pour les chiroptères.

**Le cortège des espèces de haut-vol, sensibles au risque de collision face aux éoliennes, est toujours présent et affiche une forte activité à hauteur de nacelle en 2020.**

**Les espèces de lisières, généralistes, pouvant ponctuellement voler à haute altitude, sont moins actives sur le site en 2020.**

### 3.2.4 Bilan du suivi comportement

Une comparaison directe des résultats avec l'étude d'impact de 2016 n'est pas pertinente, les protocoles utilisés étant différents. En effet, lors de l'étude d'impact, une majorité d'inventaire au sol (à l'exception d'écoutes ponctuelle en ballon-sonde à faible hauteur) ont été réalisées. De cela semble découler une plus forte diversité inventoriée (d'avantage de chiroptères chassent au niveau du sol en France) et une sous-estimation des espèces strictement de haut-vol. Ainsi, l'étude d'impact n'a permis de contacter que peu d'espèces du genre *Nyctalus* et a conclu à une faible utilisation du site pour ce genre.

Les résultats du suivi révèlent une activité chiroptérologique en hauteur constituée en majorité par les espèces du genre *Nyctalus*. La Noctule commune, notamment, fréquente très régulièrement le site.

La mesure de l'activité chiroptérologique n'est, de fait, pas non plus comparable avec l'étude d'impact. Le protocole en nacelle comptabilise les contacts par nuit et non par heure et les conditions en hauteur ne sont pas les mêmes. Néanmoins, selon nos données déjà récoltées lors d'écoutes en nacelle, l'activité enregistrée ici est modérée à forte. On retrouve autant d'espèces généralistes que d'espèces de haut-vol, toutes parmi les plus sensibles à l'éolien en Europe.

**Les résultats de ce suivi révèlent une présence assez importante des chiroptères à hauteur de nacelle.**



## **Partie 4 : Résultats du suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères**



## 4.1 Résultats des tests et paramétrage des méthodes d'estimation

### 4.1.1 Durée moyenne de l'intervalle

La durée moyenne de l'intervalle (I) entre deux prospections est déterminée afin d'être pris en compte dans les calculs d'estimation de la mortalité. Pour rappel, le calendrier des sorties effectuées est disponible en Annexe 3.

**La durée moyenne de l'intervalle est : I = 7,91 jours**

### 4.1.2 Efficacité du chercheur

Le test de détection a pour but de déterminer l'efficacité du chercheur afin d'inclure ce paramètre dans l'estimation de la mortalité. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Test	Chercheur	Date	Cadavres déposés	Cadavres trouvés
T1	Armel TREMION	9 juin 2020	40	25
T2	Armel TREMION	24 septembre 2020	50	32
<b>Total</b>			90	57

Tableau 6 : Résultats des tests de détection

**Le coefficient d'efficacité du chercheur est : d = 0,63**

Il est nécessaire de prendre en compte l'influence du terrain prospecté dans l'interprétation de ce résultat. En effet, de vastes surfaces peuvent être prospectables (et donc non incluses dans les corrections surfaciques), toutefois la recherche de cadavres peut y être difficile compte tenu de la végétation (prairies plus ou moins hautes). Ce coefficient permet ainsi de corriger en partie le paramètre de non-exhaustivité de la recherche liée au terrain, outre la capacité de détection du chercheur en tant que telle.

### 4.1.3 Persistance des cadavres

Le test de persistance a pour but de déterminer différents coefficients liés à la durée de persistance des cadavres. Ces paramètres sont ensuite inclus dans les méthodes d'estimation de la mortalité. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Test	Date	Nombre de cadavres déposés	Nombre de cadavres restant					
			J+1	J+3	J+6	J+10	J+13	J+15
T1	Juin 2020	40	27	16	6	3	1	1
T2	Septembre 2020	50	36	5	0	0	0	0
<b>Total</b>	2020	90	63	21	6	3	1	1

Tableau 7 : Résultats des tests de persistance

**Le taux de persistance de la méthode Winkelman est :  $z = 0,23$**

**La durée moyenne de persistance des cadavres est :  $t = 3,48$**

**Le taux de persistance des cadavres de Jones est :  $p_J = 0,32$**

**Le taux de persistance des cadavres de Huso est :  $p_H = 0,39$**

#### 4.1.4 Surfaces prospectées et correction surfacique

La correction surfacique appliquée à l'estimation de la mortalité est calculée d'après les surfaces prospectées sur le terrain (tableau suivant). Celle-ci varie ainsi au cours du suivi, notamment en fonction de l'occupation des sols et de leur gestion. Pour rappel, la surface théorique de prospection est de 10 000 m<sup>2</sup>.

Prospection	Date	Surface prospectée / éolienne (m)						Moyenne sur l'ensemble du parc	
		1	2	3	4	5	6	Surface prospectée (m)	A (Surface théorique / Surface prospectée)
Sortie 1	20/04/2020	10000	2240	2240	10000	2240	5440	5360	1,87
Sortie 2	28/04/2020	10000	2240	2240	10000	2240	5440	5360	1,87
Sortie 3	06/05/2020	10000	2240	2240	10000	2240	5440	5360	1,87
Sortie 4	13/05/2020	10000	2240	2240	10000	2240	5440	5360	1,87
Sortie 5	22/05/2020	10000	2240	2240	10000	2240	5440	5360	1,87
Sortie 6	29/05/2020	10000	2240	2240	10000	2240	5440	5360	1,87
Sortie 7	09/06/2020	10000	2240	2240	2240	2240	5440	4067	2,46
Sortie 8	15/06/2020	10000	2240	2240	2240	2240	5440	4067	2,46
Sortie 9	24/06/2020	10000	2240	2240	2240	2240	5440	4067	2,46
Sortie 10	02/07/2020	10000	2240	2240	2240	2240	10000	4827	2,07
Sortie 11	10/07/2020	2240	2240	2240	2240	10000	10000	4827	2,07
Sortie 12	15/07/2020	2240	10000	10000	2240	10000	10000	7413	1,35
Sortie 13	20/07/2020	2240	10000	10000	2240	10000	10000	7413	1,35
Sortie 14	28/07/2020	2240	10000	10000	2240	10000	10000	7413	1,35
Sortie 15	05/08/2020	2240	10000	10000	2240	10000	10000	7413	1,35
Sortie 16	13/08/2020	2240	10000	10000	2240	10000	10000	7413	1,35
Sortie 17	21/08/2020	2240	10000	10000	2240	10000	10000	7413	1,35
Sortie 18	31/08/2020	2240	10000	10000	2240	0	10000	5747	1,74
Sortie 19	07/09/2020	2240	10000	10000	2240	10000	10000	7413	1,35
Sortie 20	15/09/2020	2240	10000	10000	2240	10000	10000	7413	1,35
Sortie 21	24/09/2020	2240	10000	10000	10000	10000	10000	8707	1,15
Sortie 22	01/10/2020	2240	10000	10000	10000	10000	10000	8707	1,15
Sortie 23	12/10/2020	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	1,00
Sortie 24	19/10/2020	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	1,00
Moyenne sur l'ensemble des prospections	Surface prospectée (m)	6120	6443,33	6443,33	5473,33	6350	8290		
	A (Surface théorique / Surface prospectée)	1,63	1,55	1,55	1,83	1,57	1,21		

Tableau 8 : Synthèse des surfaces prospectées et des facteurs de correction surfacique associés

**Le coefficient de correction surfacique moyen sur l'ensemble du parc et des prospections est de :  $A = 1,56$ .**

## 4.2 Mortalité de l'avifaune

### 4.2.1 Bilan des connaissances sur la mortalité de l'avifaune liée à l'éolien

#### 4.2.1.1 Les principaux facteurs de mortalité de l'avifaune

À l'exception des parcs éoliens denses et situés dans des zones particulièrement riches en oiseaux, la mortalité par collision est généralement faible par rapport aux autres activités humaines (tableau suivant). Le taux de mortalité varie selon les parcs de 0 à 60 oiseaux par éolienne et par an (programme « éolien biodiversité » - parcs européens). Ces chiffres dépendent de la configuration du parc éolien, de la densité et des caractéristiques des oiseaux qui fréquentent le site, du relief, et plus globalement, des caractéristiques topographiques et paysagères (présence de voies de passage, de haies, de zones d'ascendance thermique). À titre de comparaison, le réseau routier serait responsable de la mort de 30 à 100 oiseaux par km/an, le réseau électrique de 40 à 120 oiseaux par km/an.

Cause de mortalité	Commentaires
Ligne électrique haute tension (> 63 kV)	80 à 120 oiseaux/km/an (en zone sensible) ; réseau aérien de 100 000 km
Ligne moyenne tension (20 à 63 kV)	40 à 100 oiseaux/km/an (en zone sensible) ; réseau aérien de 460 000 km
Autoroute, route	Autoroute : 30 à 100 oiseaux/km/an ; réseau terrestre de 10 000 km
Chasse (et braconnage)	Plusieurs millions d'oiseaux chaque année
Agriculture	Evolution des pratiques agricoles, pesticides, drainage des zones humides.
Urbanisation	Collision avec les bâtiments (baies vitrées), les tours et les émetteurs.
Eoliennes	0 à 10 oiseaux / éolienne / an ; 2456 éoliennes en 2008, environ 10000 en 2020

Tableau 9 : Cause de mortalité des oiseaux (Guide de l'étude d'impact des parcs éoliens 2010, d'après les données issues de la LPO, AMBE)

Les différentes espèces interagissent différemment face à un parc éolien :

- les espèces plus sensibles à l'effarouchement (limicoles, anatidés, grues, aigles, etc.), sont plus méfiantes vis-à-vis des éoliennes en mouvement et par conséquent moins sensibles au risque de collision ;
- les espèces moins farouches sont potentiellement plus sensibles à la mortalité par collision avec les pales (milans, buses, Faucon crécerelle, busards, martinets, hirondelles, etc.).

#### Situations et facteurs à risques

De manière générale, certaines situations peuvent accroître les risques de collision. Les principaux critères sont :

- les hauteurs et types de vol des espèces,
- le comportement de chasse chez les rapaces,
- les phénomènes de regroupement des espèces en migration, notamment chez les migrateurs nocturnes,
- les conditions de brouillard ou de nuages bas et les vents forts de face.

## Sensibilité et vulnérabilité des espèces

Il est possible de déterminer un **indice de sensibilité** des espèces d'oiseaux vis-à-vis du risque de collision en se basant sur les cas de mortalité recensés en Europe (Dürr, 2020) et sur l'abondance des espèces (BirdLife International, 2017). Un niveau de sensibilité de 0 à 4 a ainsi été attribué à chaque espèce présente en Europe.

Ainsi, trois rapaces sont définis comme les espèces les plus sensibles (niveau 4). Il s'agit du Vautour fauve, du Milan royal et du Pygargue à queue blanche. Treize espèces, dont le Circaète Jean-le-Blanc, le Milan noir, le Grand-duc d'Europe, le Balbuzard pêcheur, le Faucon pèlerin et le Faucon crécerelle atteignent le niveau de sensibilité 3.

Afin de déterminer les enjeux induits par le risque éolien sur la conservation d'une espèce, un **indice de vulnérabilité** peut être calculé. Cet indice couple ainsi la sensibilité au risque de collision et le statut UICN national. Cette méthode est synthétisée dans la figure suivante, issue du « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres » de novembre 2015.

IV. Enjeux de conservation	III. Sensibilité à l'éolien				
	0	1	2	3	4
Espèce non protégée	0,5				
DD, NA, NE = 1	0,5	1	1,5	2	2,5
LC = 2	1	1,5	2	2,5	3
NT = 3	1,5	2	2,5	3	3,5
VU = 4	2	2,5	3	3,5	4
CR-EN = 5	2,5	3	3,5	4	4,5

**DD** : Données insuffisantes, **NA** : Non applicable, espèce non soumise à l'évaluation car : introduite après l'année 1500 ; présente de manière occasionnelle ou marginale et non observée chaque année en métropole ; régulièrement présente en hivernage ou en passage mais ne remplissant pas les critères d'une présence significative ; ou régulièrement présente en hivernage ou en passage mais pour laquelle le manque de données disponibles ne permet pas de confirmer que les critères d'une présence significative sont remplis, **NE** : Non évaluée : espèce n'ayant pas été confrontée aux critères de l'UICN, **LC** : préoccupation mineure (espèce pour laquelle le risque de disparition de France est faible), **NT** : quasi menacée (espèce proche du seuil des espèces menacées ou qui pourrait être menacée si des mesures de conservation spécifiques n'étaient pas prises), **VU** : vulnérable, **EN** : en danger, **CR** : en danger critique

Figure 18 : Indice de vulnérabilité de l'état de conservation des espèces (Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, 2015)

## Espèces les plus impactées

Les rapaces et migrateurs nocturnes (roitelets, martinets etc.) sont des espèces généralement considérées comme les plus exposées au risque de collision avec les turbines (« Impact des éoliennes sur les oiseaux », ONCFS, 2014).

Certains rapaces, en particulier les espèces à tendance nécrophage tels les milans, la Buse variable ou encore les busards, peuvent être attirés sur les parcelles cultivées lors des travaux agricoles (notamment la fauche des prairies au printemps et les moissons en été) et par l'ouverture des milieux liée au défrichement.

Pendant les migrations, les impacts semblent survenir plus particulièrement la nuit. Les espèces qui ne migrent que de jour (rapaces, cigognes, fringilles, etc.) sont généralement capables d'adapter leurs trajectoires à distance. En effet, comme cela a été démontré dans l'étude d'Abies (2002), 88 % des oiseaux changent leur trajectoire à la vue des éoliennes. Ces comportements d'anticipation participent à la réduction des situations à risques.

### 4.2.1.2 Bilan national de la mortalité de l'avifaune

Le bilan suivant s'appuie sur le rapport « le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune, LPO, 2017 ».

En France, 5 156 éoliennes étaient déjà construites et en fonctionnement en avril 2016, et 1 017 autres ont obtenu un permis de construire et d'exploitation. Les parcs en France ont en moyenne 7,7 machines d'une hauteur moyenne de 139 mètres en bout de pale. Sur l'ensemble des éoliennes du parc français, seulement 645 ont fait l'objet d'un suivi de la mortalité, soit 12,5 %.

Parmi les suivis réalisés, seuls 80 % ont été effectués sur une surface d'au moins 1 ha. Le nombre de prospections est variable, allant d'un passage à l'année à plusieurs passages par semaine tout au long de l'année. Au total 37 839 prospections ont été réalisées, le plus souvent au printemps, en été et en automne.

Au total, 31 parcs possèdent un suivi acceptable (au moins 26 semaines de suivi avec un passage par semaine). Lors de ces suivis, 485 cadavres ont été notés sur 189 éoliennes soit environ 1,24 oiseau/éolienne/an.

Si l'on se concentre sur les neuf parcs ayant fait l'objet d'un suivi plus robuste (au moins une sortie par semaine pendant 48 semaines lors d'une année sur une surface d'au moins 50 mètres autour de l'éolienne), on dénombre 293 cadavres d'oiseaux pour 49 éoliennes, soit un ratio de 2,15 oiseaux/éolienne/an. Pour remarque : « [...] les neuf parcs évoqués ci-dessus se trouvent soit en ZPS (pour 5 d'entre eux), soit à proximité immédiate (476 m, 574 m, 1 027 m et 1 874 m de la ZPS la plus proche) [...] ». Ainsi en fonction des parcs et des suivis, **la mortalité brute varie entre 1,24 à 2,15 oiseaux/éolienne/an.**

Pour finir, huit parcs ont fait l'objet d'estimation selon les quatre méthodes préconisées soit 1,38 % des éoliennes françaises. Ces parcs possèdent tous une sensibilité particulière : proximité d'une ZPS, de forêts de feuillus ou présence d'une mosaïque de milieux. Les estimations sont comprises entre 0,3 et 26,8 oiseaux/éolienne/an. Toutefois, une fois exclu des calculs un parc comprenant une forte mortalité de pigeons (présence d'un silo à grain à proximité), la mortalité estimée est de 0,3 à 7,6 oiseaux/éolienne/an, soit une moyenne de 4,2 et une médiane de 3,6.

D'un point de vue qualitatif (figure suivante et Annexe 6), les groupes d'espèces les plus impactés en Europe sont, par ordre décroissant, les Passeriformes, les Accipitriformes, les Charadriiformes puis les Falconiformes.

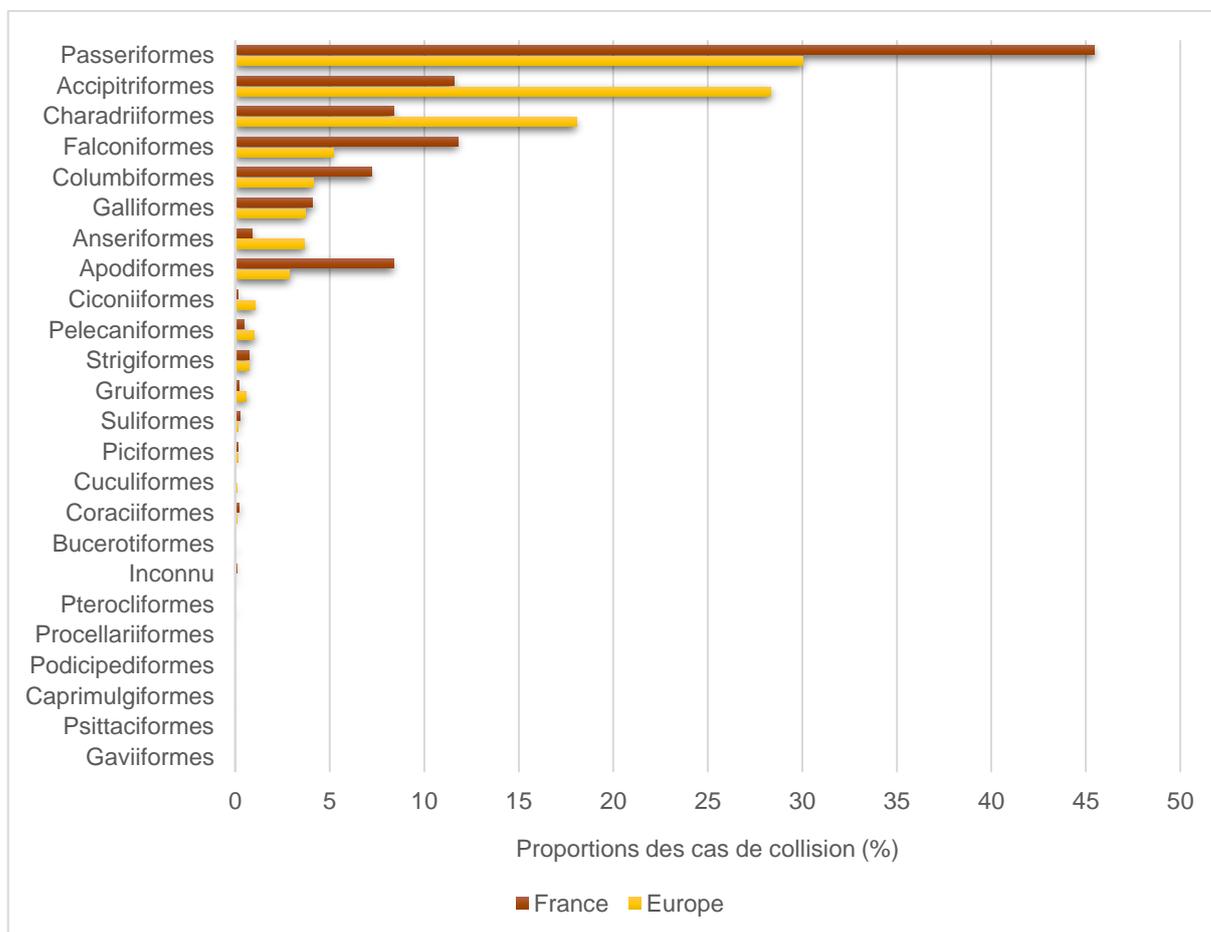


Figure 19 : Proportions des cas de collision avec les éoliennes en fonction des ordres, en France et en Europe (d'après Dürr, 2020)

## 4.2.2 Bilan des connaissances de l'étude d'impact

L'étude d'impact, réalisée en 2016 par le bureau d'étude Envol Environnement, a mis en évidence la présence de cinq espèces à enjeu et sensibles au risque de collision dont il conviendra de surveiller l'apparition d'éventuels cas de mortalité (figure suivante) :

- le Busard des roseaux,
- le Busard Saint-Martin,
- le Faucon crécerelle
- la Grue cendrée,
- le Milan royal.

Parmi l'ensemble des espèces inventoriées, la sensibilité la plus forte est attribuée au Milan royal. Cette espèce est particulièrement sensible au fonctionnement des éoliennes au niveau européen. Pour autant, un seul individu a été contacté en période hivernale. Bien qu'il s'agisse d'une espèce sensible à l'éolien, le risque de collision est donc réduit en considérant sa très faible fréquentation du site.

La Grue cendrée présente une sensibilité modérée. Elle ne niche pas sur le site. Les contacts de l'espèce se réfèrent à des survols migratoires de l'espèce à très haute altitude (plus de 150 mètres).

Une sensibilité faible est définie pour le Busard Saint Martin, la Buse variable et le Faucon crécerelle. Le Busard des roseaux est marqué par une très faible sensibilité selon le document de référence mais le nombre de cas y est estimé à 0 alors que les données actuelles de 2015 font mention de 42 cas de mortalité. Sa sensibilité est donc équivalente à celle du Busard Saint-Martin.

Les autres espèces observées sont très faiblement sensibles à l'implantation d'un parc éolien dans l'aire d'étude rapprochée.

*Figure 20 : Espèces à enjeu et sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2016 (Envol Environnement)*

## 4.2.3 Résultats globaux du suivi de l'avifaune

### 4.2.3.1 Mortalité brute

#### Résultats sur le parc de Coulanges

Sur le parc de Coulanges, **quatre cadavres d'oiseaux** ont été retrouvés (figure suivante), ce qui représente une mortalité brute de **0,67 individu / éolienne durant la période de suivi**. L'espèce la plus observée est l'Alouette des champs (deux cadavres). Deux autres espèces ont été identifiées, le Pouillot fitis et le Roitelet à triple bandeau avec un cadavre retrouvé pour chaque espèce.

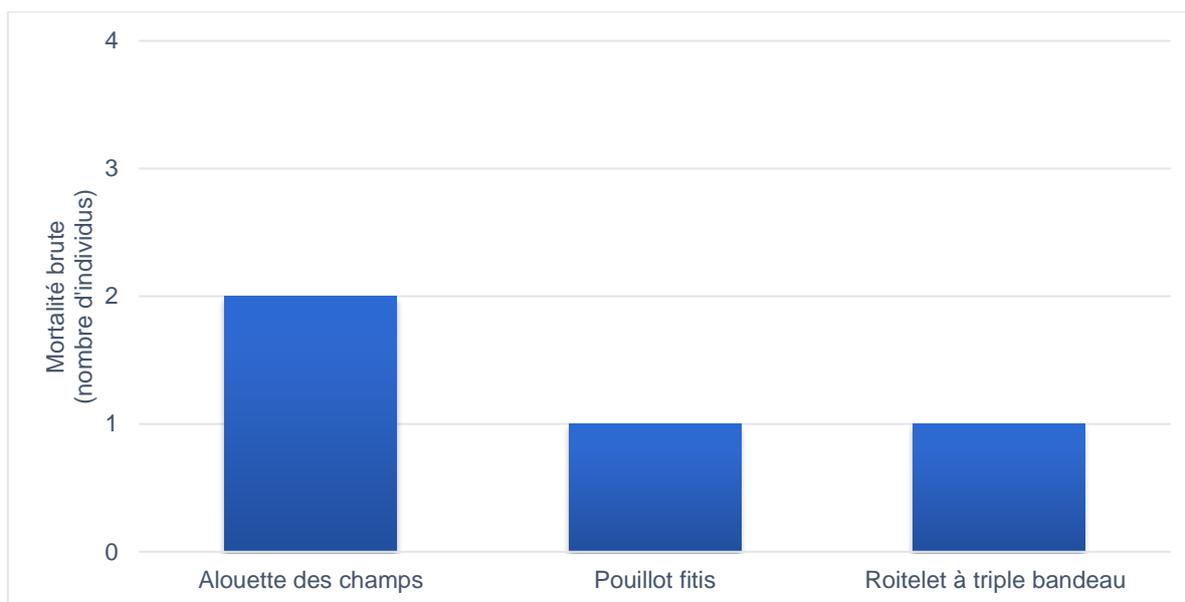


Figure 21 : Mortalité brute observée durant le suivi sur l'ensemble du parc en fonction de chaque espèce

**Avec quatre cadavres d'oiseaux recensés, la mortalité brute sur le parc de Coulanges est de 0,67 individu / éolienne sur la période de suivi s'étalant d'avril à octobre. Cette mortalité brute est équivalente à 0,028 individu / éolienne / sortie.**

## Comparaison de la mortalité brute avec celles d'autres parcs éoliens

Le tableau suivant synthétise les caractéristiques et les résultats bruts de plusieurs parcs français repris par la LPO (Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune, 2017) et les compare avec ceux du parc de Coulanges.

Parc éolien	Nombre d'éoliennes	Nombre de mois de suivi	Nombre de prospections par semaine	Surface théorique prospectée (ha)	Mortalité brute observée	Mortalité brute (individus / éolienne / sortie)
Bouin 2004 (85)	8	12	1	1	22	<b>0,053</b>
Bouin 2005 (85)		12	1	1	15	<b>0,036</b>
Bouin 2006 (85)		12	1	1	23	<b>0,055</b>
Benet 2008 (85)	5	12	1	1	14	<b>0,054</b>
Benet 2009 (85)		12	1	1	3	<b>0,012</b>
Le Bernard 2008 (85)	5	12	1	1	9	<b>0,035</b>
Le Bernard 2009 (85)		12	1	1	6	<b>0,023</b>
Le Bernard 2010 (85)		12	1	1	9	<b>0,035</b>
Le Bernard 2011 (85)		12	1	1	8	<b>0,031</b>
Mas de Leuze 2009 (13)	9	8,5	1,65	1	15	<b>0,03</b>
Mas de Leuze 2011 (13)**	8	3	2,4	0,5	13	<b>0,052</b>
Mas de Leuze 2012 (13)**	8	3	2,4	0,5	11	<b>0,044</b>
<b>Coulanges 2020 (18)</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>0,028</b>

Tableau 10 : Comparaison de la mortalité brute entre le parc de Coulanges et d'autres parcs en France (sources des données des parcs comparés : LPO, 2017)

La mortalité brute observée par éolienne et par sortie sur le parc de Coulanges est, globalement, légèrement inférieure aux autres suivis menés sur les parcs retenus pour la comparaison (figure suivante).

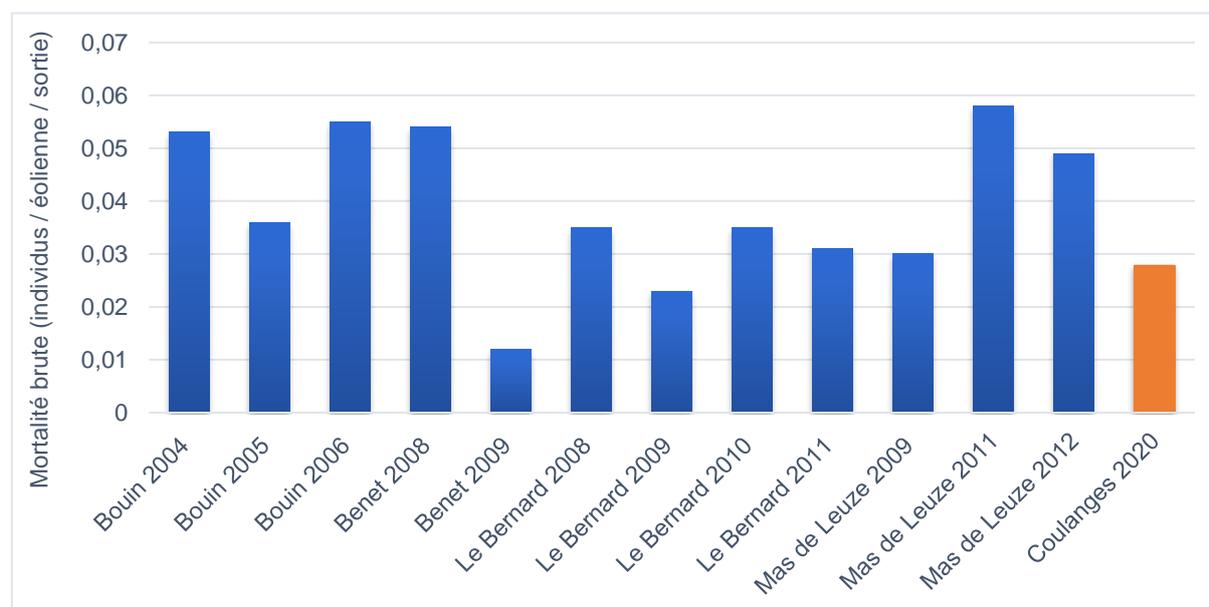


Figure 22 : Mortalité brute par éolienne par sortie en fonction des parcs retenus pour comparaison (LPO, 2017)

**En comparaison avec les données du rapport de la LPO de juin 2017, la mortalité brute constatée sur Coulanges se trouve dans la moyenne avec 0,028 individu / éolienne / sortie.**

### 4.2.3.2 Mortalité estimée

#### Résultats sur le parc de Coulanges

Le tableau suivant compile les résultats de la mortalité estimée pour l'ensemble du parc éolien sur la période de suivi, selon les différentes méthodes retenues. Un indicateur de fiabilité est attribué à chacun de ces résultats, en fonction de la robustesse statistique de la méthode utilisée.

Méthodes	Parc	Fiabilité
Winkelman	41,51	Faible
Erickson	22,04	Moyenne
Jones	30,22	Élevée
Huso	24,36	
Korner	27,14	
Etterson	27,34	

Tableau 11 : Estimation de la mortalité avifaune du parc éolien sur la période suivie selon différentes méthodes

Selon les quatre méthodes les plus fiables (Jones, Huso, Korner et Etterson), les estimations varient de **24 à 30 oiseaux tués sur l'ensemble du parc durant la période de suivi**. Les estimations de Winkelman et d'Erickson, soit les moins fiables, sont respectivement de 41 et 22 individus.

**La moyenne des quatre estimations les plus fiables est de 27,26 individus, soit 4,54 individus par éolienne pour l'ensemble du parc sur la période suivie.**

La mortalité estimée moyenne ( $n = 27,26$ ) est relativement élevée en comparaison de la mortalité brute ( $n = 4$ ). En effet, **les paramètres correcteurs ont ici un impact fort**. C'est notamment le cas pour les valeurs correctives liées à la persistance des cadavres, qui reflètent une **forte prédation** sur le parc de Coulanges, notamment lors du deuxième test. En outre, la correction surfacique est assez élevée et la détectabilité assez faible, étant donnée les **zones non ou difficilement prospectables** autour des éoliennes (cultures principalement). Il est important de considérer le fait que ces deux éléments **réduisent la précision de l'estimation**.

Le tableau suivant présente les résultats équivalents par éolienne et extrapolés sur l'année. Étant données les différences d'activité de l'avifaune en hiver, dont notamment l'absence des principaux passages migratoires, **il est évident qu'une extrapolation sur l'année ne puisse pas apporter de résultats précis**. En effet, ceux-ci sont potentiellement surestimés. **Ces résultats sont présentés ici dans un objectif de comparaison** avec les mortalités estimées sur d'autres parcs mais **doivent être interprétés avec précaution**.

	Sur la période suivie (26 semaines)	Extrapolation sur l'année (52 semaines)
Pour l'ensemble du parc	27,26	54,53
Par éolienne	4,54	9,09

Tableau 12 : Estimation de la mortalité et extrapolation sur l'année sur le parc de Coulanges

## Comparaison de la mortalité estimée avec celles d'autres parcs éoliens

Afin de mieux rendre compte des résultats estimés sur le parc de Coulanges, une comparaison est effectuée avec trois autres parcs au cours de plusieurs années (tableau suivant).

Parc éolien	Nombre d'éoliennes	Surface théorique prospection (ha)	Mortalité brute	Estimation (individus / éolienne / an)				
				Huso	Jones	Erickson	Winkelman	Moyenne
Bouin 2004 (85)	8	1	22	8	7,9	3,8	11,8	<b>8,0</b>
Bouin 2005 (85)		1	15	6	6,2	3,7	7	<b>5,7</b>
Bouin 2006 (85)		1	23	8,2	9,7	6,4	6	<b>7,6</b>
Benet 2008 (85)	5	1	14	5	5,3	3,6	5,2	<b>4,8</b>
Benet 2009 (85)		1	3	1	1,1	0,8	0,9	<b>1,0</b>
Le Bernard 2008 (85)	5	1	9	4	4,6	3	5,6	<b>4,3</b>
Le Bernard 2009 (85)		1	6	3,5	3,6	2,3	3,3	<b>3,2</b>
Le Bernard 2010 (85)		1	9	4	4,1	2,8	3	<b>3,5</b>
Le Bernard 2011 (85)		1	8	3,7	3,9	2,8	4	<b>3,6</b>
<b>Coulanges 2020 (18)</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>8,12</b>	<b>10,07</b>	<b>7,35</b>	<b>13,84</b>	<b>9,84</b>

Tableau 13 : Comparaison des mortalités estimées entre le parc de Coulanges et d'autres parcs en France (sources des données des parcs comparés : LPO, 2017)

Les mortalités estimées et extrapolées sur l'année pour le parc de Coulanges sont globalement supérieures aux autres parcs utilisés pour comparaison (figure suivante).

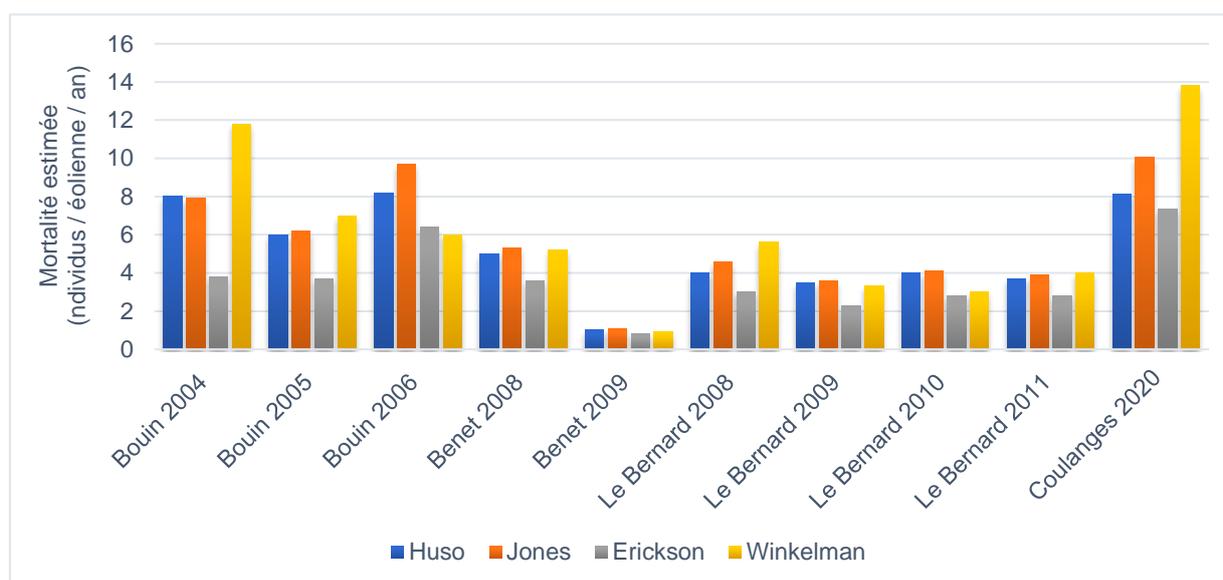


Figure 23 : Mortalité estimée par éolienne par an en fonction des parcs retenus pour comparaison (sources des données des parcs comparés : LPO, 2017)

Le rapport de la LPO de juin 2017 mentionne, en se basant sur les résultats de huit parcs, une mortalité estimée entre 0,3 à 7,6 individus / éolienne / an, soit une moyenne de 4,2 individus / éolienne / an (moyenne des estimations de Huso, Jones, Erickson et Winkelman). Si cette moyenne est issue d'un échantillon relativement restreint par rapport à l'ensemble des parcs éoliens français, elle permet tout de même d'apporter une base de comparaison. Ainsi, cette valeur est inférieure (d'environ un facteur 2) à l'estimation moyenne obtenue sur le parc de Coulanges.

Cette comparaison est à interpréter avec précaution étant donné le faible nombre de données issues du rapport de la LPO et la potentielle surestimation liée à l'extrapolation sur le parc de Coulanges.

**En tenant compte d'une potentielle surestimation liée à l'extrapolation à l'année, le parc de Coulanges semble provoquer une mortalité sur l'avifaune globalement légèrement supérieure aux parcs comparés, l'estimation moyenne étant, par ailleurs, plus élevée que la valeur moyenne issue de la LPO. Il est toutefois à prendre en considération les limites des méthodes utilisées et notamment de l'extrapolation à l'année. Ces comparaisons sont donc à interpréter avec précaution.**

**Ainsi, la mortalité estimée sur le parc de Coulanges peut être qualifiée de modérée.**

#### 4.2.3.3 Analyse par groupes taxonomiques

Les trois cadavres d'oiseaux trouvés sur le Parc de Coulanges sont des passereaux. Il est nécessaire de considérer que cette mortalité observée n'est pas nécessairement représentative de la mortalité réelle par groupe taxonomique.

Les passereaux font effectivement partie des groupes les plus impactés en France et en Europe (figure suivante). Une comparaison entre ces résultats doit cependant être étudiée avec prudence étant donné le faible nombre de données issues du parc de Coulanges et donc de la faiblesse statistique qui en découle.

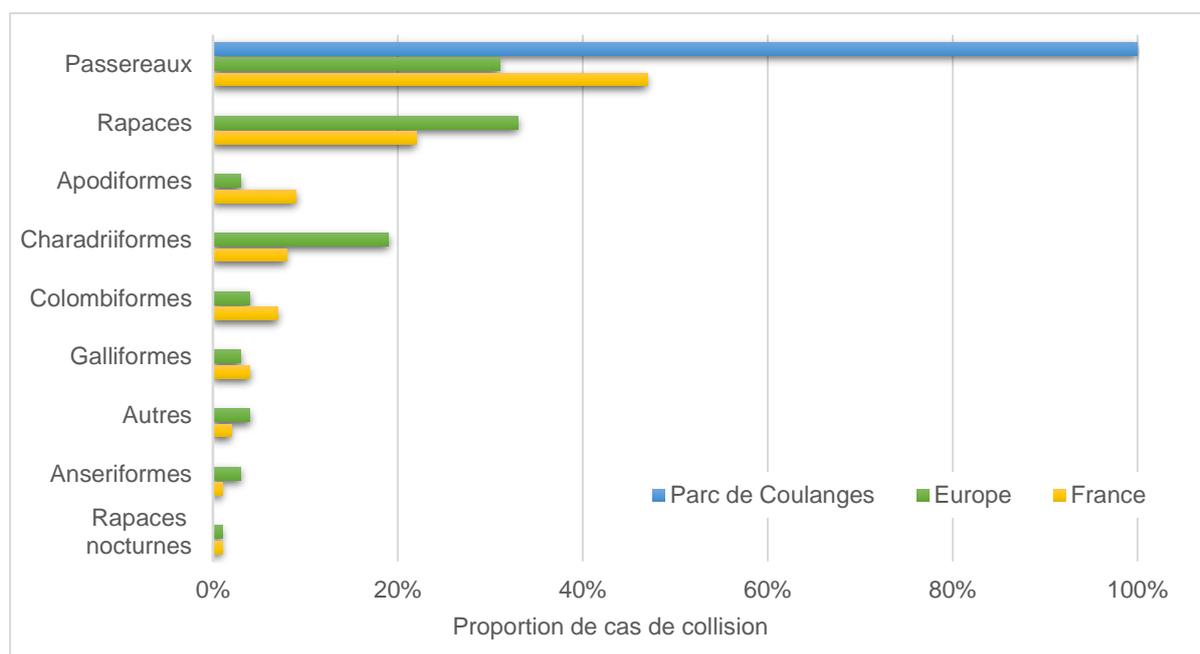


Figure 24 : Proportions des cas de collision avec les éoliennes en fonction du groupe taxonomique sur le parc de Coulanges en 2020, ainsi qu'en France et en Europe (Dürr, 20 20)

**Sur le parc de Coulanges, les passereaux apparaissent être le groupe le plus impacté. Toutefois, compte tenu du faible nombre de cadavres retrouvés, ce résultat n'est pas nécessairement représentatif de la réalité.**

## 4.2.4 Résultats saisonniers

### 4.2.4.1 Mortalité brute

Au cours de ce suivi, les cadavres d'oiseaux ont été retrouvés durant les mois d'avril, septembre et octobre (figure suivante).



Figure 25 : Mortalité brute observée sur le parc en fonction de chaque mois suivi

La mortalité observée est la plus importante au mois d'avril, correspondant à la période de migration prénuptiale (période de reproduction pour certaines espèces précoces). La période de migration postnuptiale est aussi concernée avec un cadavre trouvé sur chacun des mois de septembre et d'octobre. Par ailleurs, une absence de mortalité est constatée durant la période de reproduction.

Le faible nombre de données ne peut pas permettre de dégager une tendance claire entre ces périodes. De plus, étant donné les potentiels prélèvements de cadavres entre les prospections, il n'est pas impossible que d'autres périodes aient aussi été mortifères lors du suivi.

### 4.2.4.2 Mortalité estimée

Le tableau suivant présente les mortalités estimées en fonction des différentes périodes du cycle biologique des oiseaux. Ces périodes sont données à titre indicatif mais ne reflètent pas nécessairement la phase biologique des individus concernés, étant donnée la variabilité phénologique des différentes espèces et inter-individuelle. Compte tenu des éventuelles différences du nombre de prospections par période, les résultats présentés sont proportionnés à la sortie.

Méthodes	Mortalité estimée (individus / sortie)		
	Migration prénuptiale (mars à avril, 2 visites)	Reproduction (mai à mi-juillet, 16 visites)	Migration postnuptiale (mi-juillet à novembre, 6 visites)
Huso	7,47	0,00	1,59
Jones	10,63	0,00	2,30
Korner	8,48	0,00	1,79
Etterson	8,48	0,00	1,80
<b>Moyenne</b>	<b>8,77</b>	<b>0,00</b>	<b>1,87</b>

Tableau 14 : Mortalité estimée par sortie sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique

Avec une moyenne de 8,77 individus / sortie, la mortalité estimée durant la période de migration pré-nuptiale est la plus élevée (figure suivante). Aucun cas de mortalité n'a été constaté durant la période de reproduction, les estimations sur cette période sont donc nulles (cela n'est pas synonyme d'une absence totale de mortalité réelle).

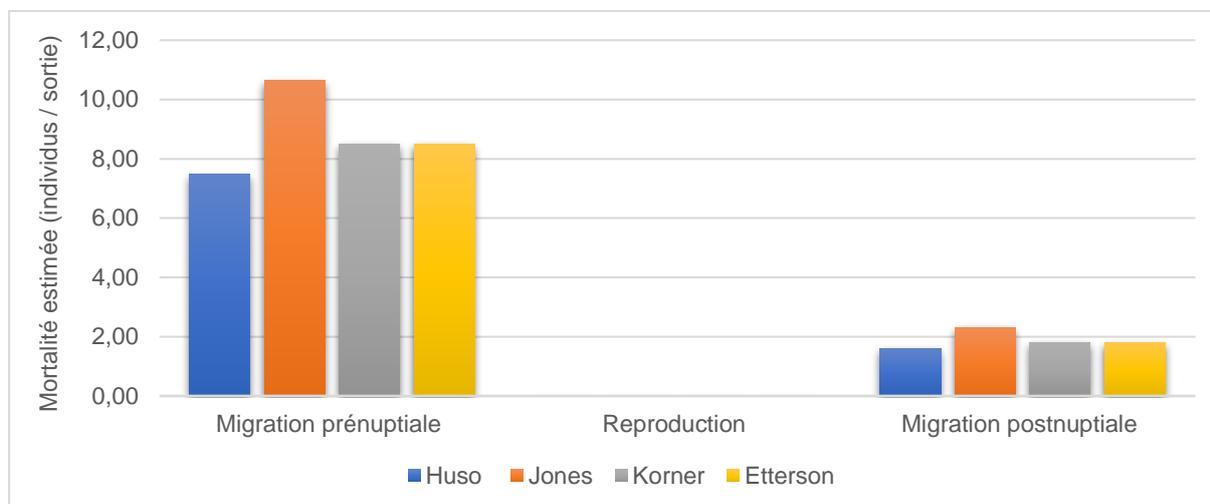


Figure 26 : Mortalité estimée par sortie sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique

**La mortalité de l'avifaune sur le parc de Coulanges semble concentrée sur la période de migration pré-nuptiale. Toutefois, étant donnée le faible nombre de données exploitées et compte tenu du fait que seulement deux prospections ont été effectuées durant cette phase, les résultats ne permettent pas de conclure sur ce point.**

**Par ailleurs, ces périodes sont données à titre indicatif mais ne reflètent pas nécessairement la phase biologique des individus concernés.**

#### 4.2.4.3 Analyse taxonomique

Étant données les dates de découvertes et compte tenu de la phénologie des espèces :

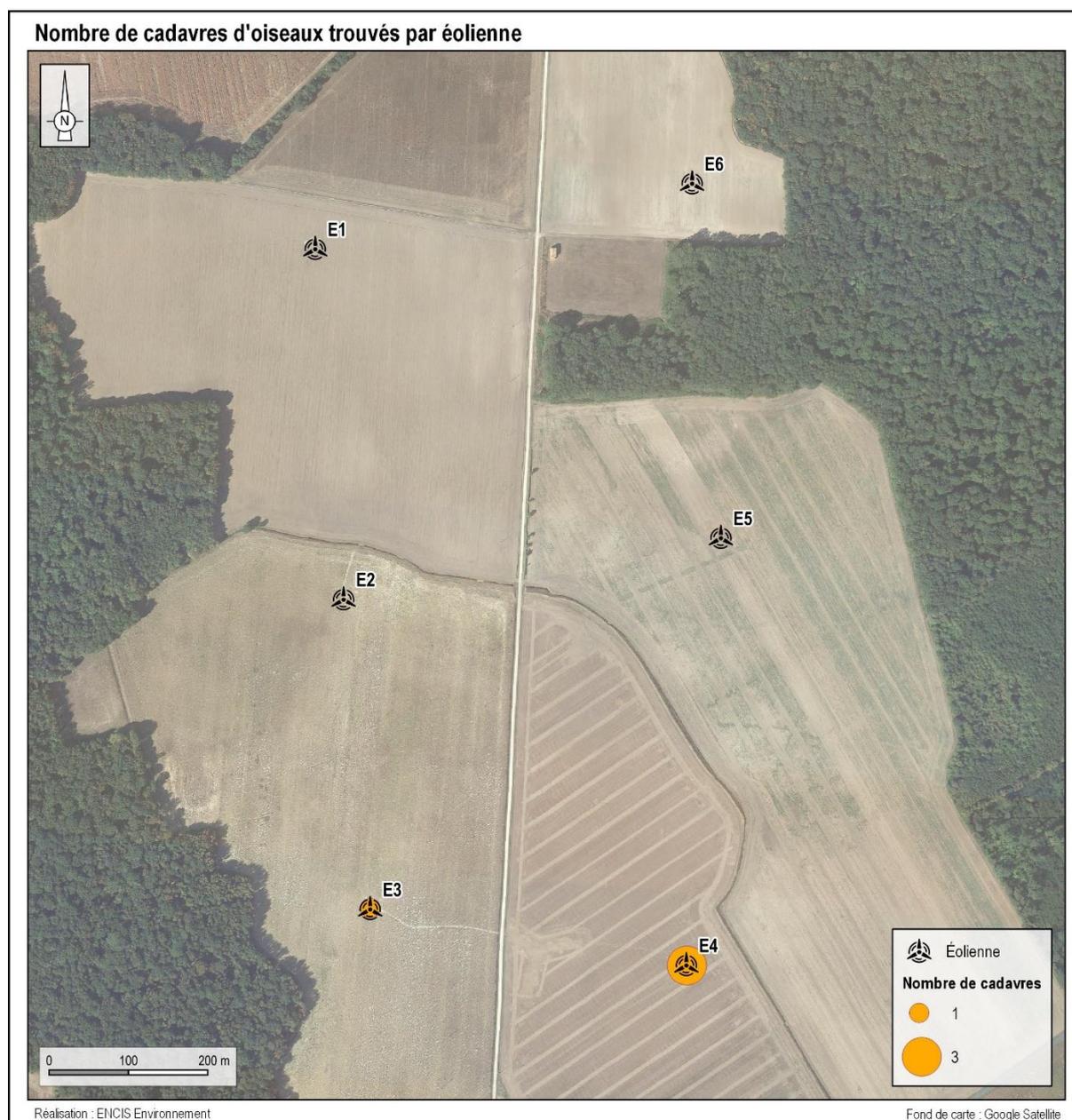
- les deux Alouettes des champs découvertes en avril étaient probablement en phase de reproduction sur le site,
- le Pouillot fitis découvert en septembre était très certainement en phase de migration post-nuptiale,
- le Roitelet à triple bandeau découvert en octobre était très certainement en migration post-nuptiale.

## 4.2.5 Résultats spatialisés par éolienne

### 4.2.5.1 Mortalité brute

Les informations relatives aux cadavres découverts (localisation vis-à-vis de l'éolienne la plus proche, végétation présente, etc.) sont disponibles en Annexe 4.

Les cadavres ont été retrouvés sous deux éoliennes du parc de Coulanges, un sous la E3 et trois sous la E4. Étant donnés les facteurs tels que, notamment, la prédation, il n'est pas impossible que d'autres éoliennes aient provoqué une mortalité non observée lors du suivi.



Carte 4 : Nombre de cadavres d'oiseaux trouvés par éolienne

### 4.2.5.2 Mortalité estimée

Le tableau suivant présente la mortalité estimée par éolienne en fonction des estimations les plus fiables.

Méthodes	Mortalité estimée					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Huso	0,0	0,0	6,2	21,8	0,0	0,0
Jones	0,0	0,0	7,6	27,0	0,0	0,0
Korner	0,0	0,0	6,9	24,2	0,0	0,0
Etterson	0,0	0,0	6,9	24,4	0,0	0,0
<b>Moyenne</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>6,9</b>	<b>24,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>

Tableau 15 : Estimation de la mortalité par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi

L'éolienne où la mortalité estimée est la plus élevée est la E4 avec en moyenne 24 individus estimés sur la période suivie (figure suivante). Aucun cas de mortalité n'a été constaté sous les éoliennes E1, E2, E5 et E6, les estimations les concernant sont donc nulles (cela n'est pas synonyme d'une absence totale de mortalité réelle).

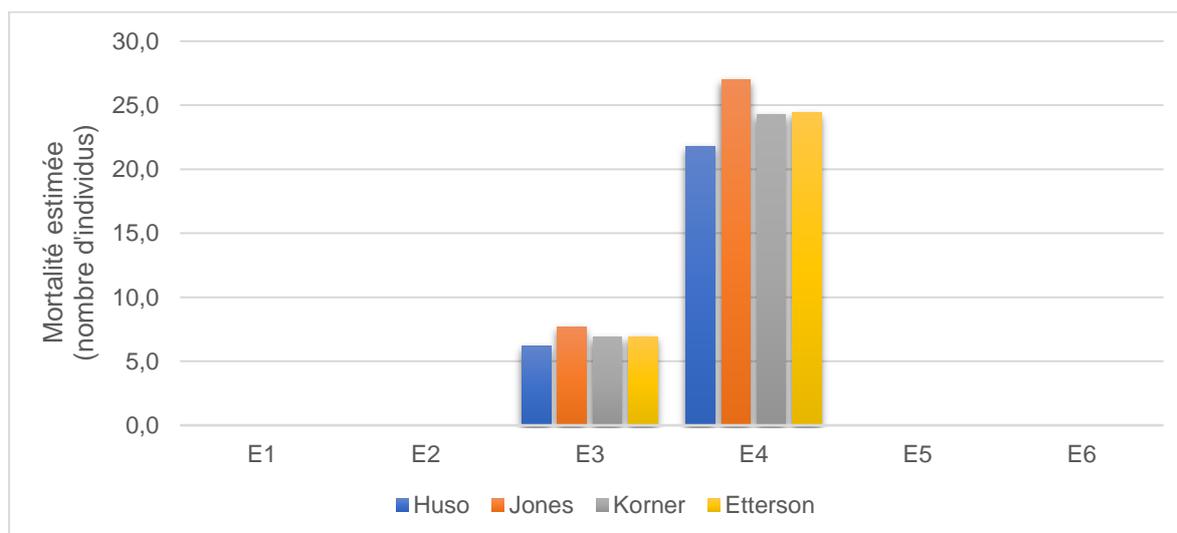


Figure 27 : Mortalité estimée par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi

**Selon les résultats, l'éolienne E4 pourrait être la plus mortifère. Toutefois, le faible nombre de données brutes ne permet pas de conclure sur ce point avec certitude.**

### 4.2.5.3 Analyse taxonomique

Durant le suivi, deux cadavres d'Alouette des champs et un de Pouillot fitis ont été retrouvés sous l'éolienne E4 (figure suivante). Un Roitelet à triple bandeau a été découvert sous l'éolienne E3.

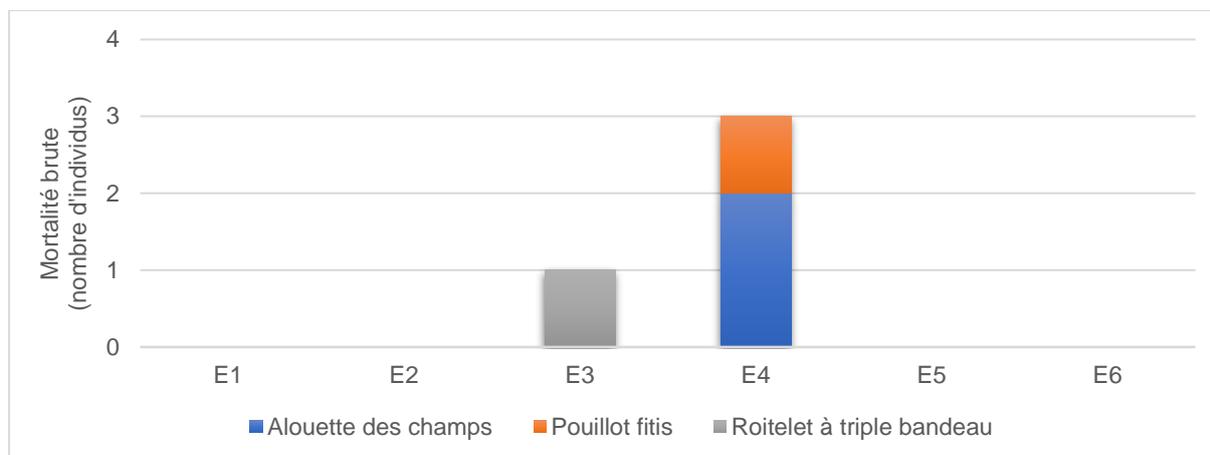


Figure 28 : Mortalité brute en fonction de chaque espèce, recensée par éolienne

**Étant donnés ces résultats, il est possible que l'éolienne E4 présente un risque plus accru sur l'Alouette des champs (densité importante de l'espèce à proximité de l'éolienne). Toutefois, d'avantage de données seraient nécessaires pour conclure avec certitude sur ce point.**

### 4.2.5.4 Analyse phénologique

Durant le suivi, deux individus ont été retrouvés sous l'éolienne E4 durant leur phase de reproduction et un en phase de migration postnuptiale (figure suivante). Par ailleurs, un individu a été découvert durant sa phase de migration postnuptiale, sous l'éolienne E3.

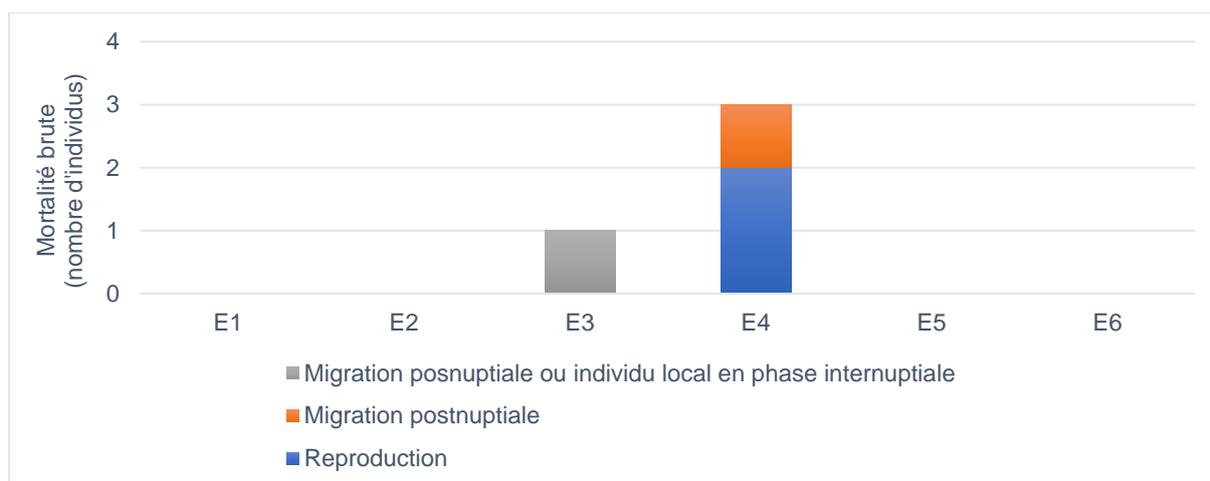


Figure 29 : Périodes biologiques de découverte des individus, par éolienne

**Étant donnés ces résultats, aucune interprétation ne peut être tirée quant à l'impact d'une ou plusieurs éoliennes sur une phase biologique particulière.**

## 4.2.6 Identification des causes potentielles de la mortalité engendrée sur le parc éolien

### Généralités

Il existe de nombreux facteurs pouvant engendrer ou accroître les risques de collision des oiseaux avec les turbines. Ceux-ci peuvent être liés à :

- l'espèce (sensibilité),
- la période (comportements à risque, abondance des individus, etc.),
- la localisation du parc et son agencement (relief, présence de boisements, etc.),
- les conditions météorologiques (brouillard, vent, etc.).

L'origine d'une collision est le plus souvent liée à un recoupement de plusieurs de ces facteurs. Il convient ainsi, lorsque cela est possible, de les identifier afin de déterminer les causes principales de la mortalité sur le parc éolien, et si cela est justifié, d'appliquer d'éventuelles mesures correctrices.

### Identification des causes

Le tableau suivant synthétise les caractéristiques de chaque cadavre recensé durant le suivi.

Espèce	Éolienne	Date	Sexe	Âge	Blessure	Statut
Alouette des champs	E4	28/04/2020	-	Ad	Aile et épaule blessées	Reproducteur
Alouette des champs	E4	28/04/2020	-	Ad	Corps disloqué	Reproducteur
Pouillot fitis	E4	15/09/2020	-	1A	Épaule brisée	Migrateur postnuptial
Roitelet à triple bandeau	E3	19/10/2020	-	Ad	Corps disloqué	Local ou migrateur postnuptial

*Ad : adulte / 1A : première année*

Tableau 16 : Précisions sur chaque individu découvert

D'après les caractéristiques des individus retrouvés, ainsi que des analyses spatiales et saisonnières effectuées précédemment dans ce rapport, plusieurs causes récurrentes peuvent être à l'origine de la mortalité sur le parc de Coulanges :

### Causes saisonnières

L'analyse saisonnière révèle la présence de deux cas de collision avec des individus en migration postnuptiale (Pouillot fitis et Roitelet à triple bandeau). Cette phase est connue comme présentant une plus forte mortalité sur l'avifaune compte tenu de la migration à hauteur de pales de nombreux oiseaux, tels que des passereaux, et notamment de jeunes individus de l'année, moins à l'aise dans leur déplacement en vol. Il est donc peu surprenant de constater une plus forte mortalité en cette saison.

### Causes spatiales

Compte tenu des résultats, il est possible que l'éolienne E4 présente un risque accru pour l'Alouette des champs, lié très certainement à la forte densité de l'espèce sur le secteur. Cependant, une conclusion sur ce point mériterait de recueillir d'avantage de données à analyser.

**Aucune cause récurrente engendrant une importante mortalité sur le parc de Coulanges n'est constatée. Toutefois, l'origine de chaque cas peut être au moins partiellement expliquée, ceux-ci étant notamment liés à la forte densité d'Alouette des champs sur le site, ainsi qu'à la phase de migration postnuptiale, généralement plus mortifère que les autres périodes.**

## 4.2.7 Incidences spécifiques du parc éolien sur l'avifaune

### 4.2.7.1 Patrimonialité, sensibilité et vulnérabilité des espèces

Le tableau suivant synthétise les statuts réglementaires et de conservation des espèces ayant été directement impactées par le parc de Coulanges, ainsi que leur sensibilité et leur vulnérabilité face au risque de collision avec les éoliennes.

Groupe	Espèce	Statuts réglementaires		Statut de conservation UICN*		Sensibilité à l'éolien	Vulnérabilité à l'éolien	Effectifs
		Directive oiseaux	Protection nationale	France	Région			
Passereaux	Alouette des champs	Annexe II/2	-	NT	NT	0	1,5	2
	Pouillot fitis	-	Article 3	DD	-	0	0,5	1
	Roitelet à triple bandeau	-	Articles 3	NA	-	1	1	1

\* : statut national correspondant à la phase du cycle biologique de découverte du cadavre  
  : Éléments de patrimonialité  
 DD : Données insuffisantes / NA : Non applicable / LC : Préoccupation mineure / NT : Quasi menacée

Tableau 17 : Statuts des différentes espèces impactées et nombre de collision observées

Au regard des statuts de conservation correspondant à la phase du cycle biologique des individus découverts et à la sensibilité et la vulnérabilité des espèces concernées face au risque de collision, une espèce est à considérer avec vigilance sur le parc de Coulanges : l'Alouette des champs.

Les effectifs de l'Alouette des champs déclinent en Europe, mais également au niveau national (- 20 % entre 2001 et 2016). L'espèce est considérée comme « Quasi menacée » en France.

**Une espèce sur les trois découvertes présente un état de conservation défavorable à l'échelle nationale en période de reproduction : l'Alouette des champs (NT). Toutefois, celle-ci n'est que peu sensible ou vulnérable face au risque de collision.**

### 4.2.7.2 Incidences sur les populations des espèces concernées

Parmi les espèces portant des enjeux et/ou des sensibilités élevés, ciblées lors de l'étude d'impact de 2016 (Busard des roseaux, Busard Saint-Martin, Faucon crécerelle, Grue cendrée, Milan royal), aucun cas de mortalité n'a été avéré.

L'Alouette des champs, classée « Quasi menacée » en période de reproduction à l'échelle nationale, et présentant des indices de sensibilité et de vulnérabilité faibles face au risque de collision, a fait l'objet de deux cas de mortalité recensés sur le parc de Coulanges en 2020. En tenant compte de ces paramètres, l'impact du parc peut être qualifié comme faible et non-significatif. Compte tenu de la récurrence de la mortalité observée, il conviendra tout de même de surveiller si d'éventuels nouveaux cas surviennent en quantité inquiétante.

**Parmi les espèces à enjeu et/ou sensibilité élevés, ciblées lors de l'étude d'impact, aucun cas de mortalité n'a été avéré.**

**Compte tenu de la mortalité observée et des effectifs concernés, le parc de Coulanges ne présente pas, à l'heure actuelle, d'impact significatif sur une espèce particulière.**

## 4.2.8 Synthèse

- Sur le parc de Coulanges, quatre cadavres d'oiseaux ont été retrouvés durant le suivi en 2020, soit une mortalité brute de 0,67 individu / éolienne sur la période de suivi s'étalant d'avril à octobre, ou 0,028 individu / éolienne / sortie.

- La moyenne des quatre estimations les plus fiables est de 27,26 individus pour l'ensemble du parc sur la période suivie.

En tenant compte d'une potentielle surestimation liée à l'extrapolation à l'année, le parc de Coulanges semble provoquer une mortalité sur l'avifaune légèrement supérieure aux parcs comparés. Il est toutefois à prendre en considération les limites des méthodes utilisées et notamment de l'extrapolation à l'année. Ces comparaisons sont donc à interpréter avec précaution. Ainsi, la mortalité estimée de l'avifaune sur le parc de Coulanges peut être qualifiée de modérée.

- Les cas de mortalité concernent deux Alouettes des champs, un Pouillot fitis et un Roitelet à triple bandeau.

Les passereaux apparaissent ainsi être le groupe le plus impacté. Toutefois, compte tenu du faible nombre de cadavres retrouvés, ce résultat n'est pas nécessairement représentatif de la réalité.

- La mortalité de l'avifaune semble concentrée sur la période de migration pré-nuptiale. Toutefois, étant donnée le faible nombre de données exploitées et compte tenu du fait que seulement deux prospections ont été effectuées durant cette phase, les résultats ne permettent pas de conclure sur ce point. Par ailleurs, ces périodes sont données à titre indicatif mais ne reflètent pas nécessairement la phase biologique des individus concernés.

- L'éolienne E4 pourrait être la plus mortifère. Toutefois, le faible nombre de données brutes ne permet pas de conclure sur ce point avec certitude.

- Il est possible que l'éolienne E4 présente un risque plus accru sur l'Alouette des champs (densité importante de l'espèce à proximité de l'éolienne). Toutefois, d'avantage de données seraient nécessaires pour conclure avec certitude sur ce point.

- Aucune interprétation ne peut être tirée quant à l'impact d'une ou plusieurs éoliennes sur une phase biologique particulière.

- Aucune cause récurrente engendrant une importante mortalité sur le parc de Coulanges n'est constatée. Toutefois, l'origine de chaque cas peut être au moins partiellement expliquée, ceux-ci étant notamment liés à la forte densité d'Alouette des champs sur le site, ainsi qu'à la phase de migration post-nuptiale, généralement plus mortifère que les autres périodes.

- Parmi les espèces à enjeu et/ou sensibilité élevés, ciblées lors de l'étude d'impact, aucun cas de mortalité n'a été avéré.

- Une espèce sur les trois découvertes présente un état de conservation défavorable à l'échelle nationale en période de reproduction : l'Alouette des champs (NT). Toutefois, celle-ci n'est que peu sensible ou vulnérable face au risque de collision.

- Compte tenu de la mortalité observée et des effectifs concernés, le parc de Coulanges ne présente pas, à l'heure actuelle, d'impact significatif sur une espèce particulière.

## 4.3 Mortalité des chiroptères

### 4.3.1 Bilan des connaissances sur la mortalité des chiroptères liée à l'éolien

#### 4.3.1.1 Les principaux facteurs de la mortalité des chiroptères

La mortalité des chauves-souris peut être liée à différents facteurs : collision directe, barotraumatisme, écrasement dans les mécanismes de rouage, intoxication suite à l'absorption d'huile de rouage, etc.

La mortalité par contact direct ou indirect avec les aérogénérateurs reste l'impact le plus significatif des parcs éoliens sur les chiroptères (Brinkmann *et al.*, 2011). Ces collisions ont pour conséquences des blessures létales ou sublétales (Grotsky *et al.*, 2011).

La synthèse bibliographique d'Eva Schuster (Schuster *et al.*, 2015) s'est appuyée sur plus de 220 publications scientifiques dans le but de dresser un état des lieux des connaissances en la matière et de confronter ces différentes hypothèses. Cette publication sert de base à la synthèse suivante.

#### Mortalité indirecte

Outre la mortalité la plus évidente résultant de la collision directe des chauves-souris avec les pales des éoliennes, d'autres cas de mortalité indirecte sont documentés :

- un **phénomène de pression/décompression** se produit lors de la rotation des pales et de leur passage devant le mat. La chute brutale de la pression de l'air pourrait impliquer de sérieuses lésions internes des individus passant à proximité des pales, nommés barotraumatismes ;
- la rotation des pales d'éoliennes pourrait provoquer **un vortex** (tourbillon d'air) susceptible de piéger les chauves-souris passant à proximité (Horn *et al.*, 2008) ;
- les **courants d'air créés par la rotation des pales** seraient susceptibles d'entraîner des torsions du squelette des chiroptères passant à proximité, ce qui pourrait aboutir à des luxations ou des fractures des os alaires (Grotsky *et al.*, 2011) ;
- les **collisions sublétales** où des individus percutés par des pales pourraient survivre pendant un temps. Ce type de collision aboutit potentiellement au décès des individus mais pourraient ne pas être comptabilisé lors des suivis si ceux-ci ont pu s'éloigner du rayon de recherche entre-temps.

#### La saisonnalité, les conditions météorologiques ou le type d'habitat, comme facteurs de mortalité par collision fortuite

La majorité des auteurs s'accordent sur le fait que la **saisonnalité** joue un rôle prépondérant sur la mortalité des chiroptères par collision avec des aérogénérateurs : l'activité chiroptérologique et donc la mortalité sont les plus élevées en fin d'été-début d'automne (Arnett *et al.*, 2006 ; Dürr, 2002 ; Doty & Martin, 2012 ; Hull & Cawthen, 2013 ; Brinkmann *et al.*, 2006, 2011 ; Grotsky *et al.*, 2012 ; etc.).

Les **conditions météorologiques** influent directement ou indirectement sur la disponibilité en ressources alimentaires (notamment les insectes pour les chauves-souris européennes) et sur les conditions de vol des chiroptères, donc sur le taux de mortalité par collision (Baerwald & Barclay, 2011).

Le paramètre le plus influent semble être la vitesse du vent. Rydell *et al.* (2010) ont noté des activités maximales pour une vitesse de vent entre 0 et 2 m/s, puis, de 2 à 8 m/s, une activité diminuant pour devenir inexistante au-delà de 8 m/s. Behr *et al.* (2007) arrivèrent aux mêmes conclusions pour des vitesses de vent supérieures à 6,5 m/s

La température semble également jouer un rôle sur l'activité chiroptérologique. Si plusieurs auteurs concluent à une corrélation positive entre augmentation de la température et activité (Redell *et al.*, 2006 ; Arnett *et al.*, 2006, 2007 ; Baerwald & Barclay, 2011 ; etc.), d'autres ne considèrent pas ce paramètre en tant que facteur influant de manière indépendante sur l'activité chiroptérologique (Horn *et al.*, 2008 ; Kerns *et al.*, 2005). La pression atmosphérique (Cryan & Brown, 2007 ; Kern *et al.*, 2005), le rayonnement lunaire (Baerwald & Barclay, 2011 ; Cryan *et al.*, 2014) et l'hygrométrie (Behr *et al.*, 2011) pourraient également influencer sur l'activité chiroptérologique. Il semble toutefois plus vraisemblable que ces paramètres influent de manière concomitante sur l'activité des chiroptères (ce qui serait aussi le cas de la température) comme le montrent Behr *et al.*, (2011) ou sur l'abondance d'insectes (Corten & Veldkamp, 2001).

Le nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes varie également en fonction de l'**environnement immédiat** du parc, de la configuration des aérogénérateurs (distance entre le mât et les structures arborées) et de leurs caractéristiques (hauteur du moyeu et longueur des pales).

### Des comportements à risques de collision, facteurs de mortalité

Comme détaillé précédemment, la saisonnalité joue un rôle particulier dans le niveau d'activité des populations de chiroptères. Les plus forts taux de mortalité sont ainsi généralement recensés en fin d'été - début d'automne, ce qui sous-entend un lien entre mortalité et migration automnale.

Lors des **migrations**, les chauves-souris traversent des zones moins bien connues que leurs territoires de chasse et/ou n'émettent que peu ou pas d'émissions sonar lors de ces trajets, elles seraient ainsi moins à même de repérer les pales en mouvement (Bach, 2001 in Behr *et al.*, 2007 ; Johnson *et al.*, 2003).

**Les comportements de chasse, de reproduction ou de swarming** sont également des comportements à risque de collision. Horn *et al.* (2008) mettent ainsi en évidence une corrélation positive entre activité d'insectes et de chauves-souris dans les deux premières heures de la nuit.

En période de reproduction ou lors de recherches de gîtes de mise-bas ou de transit, les chiroptères arboricoles recherchent des cavités, des fissures et des décollements d'écorce où s'installer. La silhouette d'une éolienne pourrait ainsi être confondue avec celle d'un arbre en milieu ouvert (Cryan *et al.*, 2014 ; Kunz *et al.*, 2007), entraînant une exploration de l'ensemble de la structure par les chauves-souris et augmentant ainsi le risque de collision.

Enfin, à proximité des gîtes de mise-bas ou de lieux de swarming, des regroupements importants de chiroptères peuvent avoir lieu, résultant en une augmentation conséquente du nombre d'individus et de l'activité autour du site, ainsi qu'en un rassemblement d'individus volant autour des entrées. Cela implique nécessairement un risque accru de mortalité par collision.

**La morphologie et les spécificités écologiques** de certaines espèces semblent être un facteur important dans le risque de collision. Hull et Cawthen (2013) et Rydell *et al.* (2010) ont ainsi mis en évidence des similarités entre espèces sensibles à l'éolien telles que les noctules, les pipistrelles et les

sérotines en Europe. Il s'agit d'espèces glaneuses de plein air aux ailes longues et effilées, adaptées à ce type de vol et utilisant des signaux à faible largeur de bande et à forte intensité. Rydell *et al.* (2010) ont conclu que 98 % des espèces victimes de mortalité par collision sont des espèces présentant ces caractéristiques morphologiques et écologiques.

### Sensibilité et vulnérabilité des espèces

Il est possible de calculer un **indice de sensibilité** (SFEPM, 2012) des espèces de chiroptères par rapport au nombre de cas de mortalité connus pour une espèce en Europe (Dürr, 2020). Un niveau de sensibilité de 0 à 4 a ainsi été attribué à chaque espèce européenne. À la suite de cette analyse, quatre espèces ont été définies comme les plus sensibles (niveau 4). Il s'agit de la Noctule commune, de la Noctule de Leisler, de la Pipistrelle de Nathusius et de la Pipistrelle commune. Cinq autres espèces, telles que la Pipistrelle de Kuhl ou la Sérotine commune atteignent le niveau de sensibilité 3.

Un **indice de vulnérabilité** peut être calculé en fonction de la sensibilité au risque de collision et du statut UICN national. Ceci est détaillé dans la figure suivante, issue du « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres » de novembre 2015.

Indice de vulnérabilité de l'état de conservation des espèces

IV. Enjeux de conservation	III. Sensibilité à l'éolien				
	0	1	2	3	4
Espèce non protégée	0,5				
DD, NA, NE = 1	0,5	1	1,5	2	2,5
LC = 2	1	1,5	2	2,5	3
NT = 3	1,5	2	2,5	3	3,5
VU = 4	2	2,5	3	3,5	4
CR-EN = 5	2,5	3	3,5	4	4,5

**DD** : Données insuffisantes, **NA** : Non applicable, espèce non soumise à l'évaluation car : introduite après l'année 1500 ; présente de manière occasionnelle ou marginale et non observée chaque année en métropole ; régulièrement présente en hivernage ou en passage mais ne remplissant pas les critères d'une présence significative ; ou régulièrement présente en hivernage ou en passage mais pour laquelle le manque de données disponibles ne permet pas de confirmer que les critères d'une présence significative sont remplis, **NE** : Non évaluée : espèce n'ayant pas été confrontée aux critères de l'UICN, **LC** : préoccupation mineure (espèce pour laquelle le risque de disparition de France est faible), **NT** : quasi menacée (espèce proche du seuil des espèces menacées ou qui pourrait être menacée si des mesures de conservation spécifiques n'étaient pas prises), **VU** : vulnérable, **EN** : en danger, **CR** : en danger critique

Figure 30 : « Indice de vulnérabilité de l'état de conservation des espèces » (Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, novembre 2015)

#### 4.3.1.2 Bilan chiffré de la mortalité des chiroptères en 2020

2 826 cas de collision avec les éoliennes ont été recensés en France au 23 novembre 2020 (Dürr, 2020). L'espèce la plus fortement impactée (environ 35%) est de loin la Pipistrelle commune (cf. Annexe 5 et figure suivante). La Pipistrelle de Nathusius, la Pipistrelle de Kuhl et les Pipistrelles indéterminées sont retrouvées dans de plus faibles proportions (environ 8 à 11% pour chaque espèce). Enfin, dans des proportions encore plus faibles, la Pipistrelle pygmée (6%), la Noctule de Leisler (5%), la Noctule commune (4%), le Vespère de Savi (2%) et la Sérotine commune (1%) sont identifiées. Il est précisé que 15% des chiroptères retrouvés restent indéterminés.

Au niveau européen, la Pipistrelle commune est aussi l'espèce la plus impactée, suivie par la Pipistrelle de Nathusius, la Noctule commune et les Pipistrelles indéterminées.

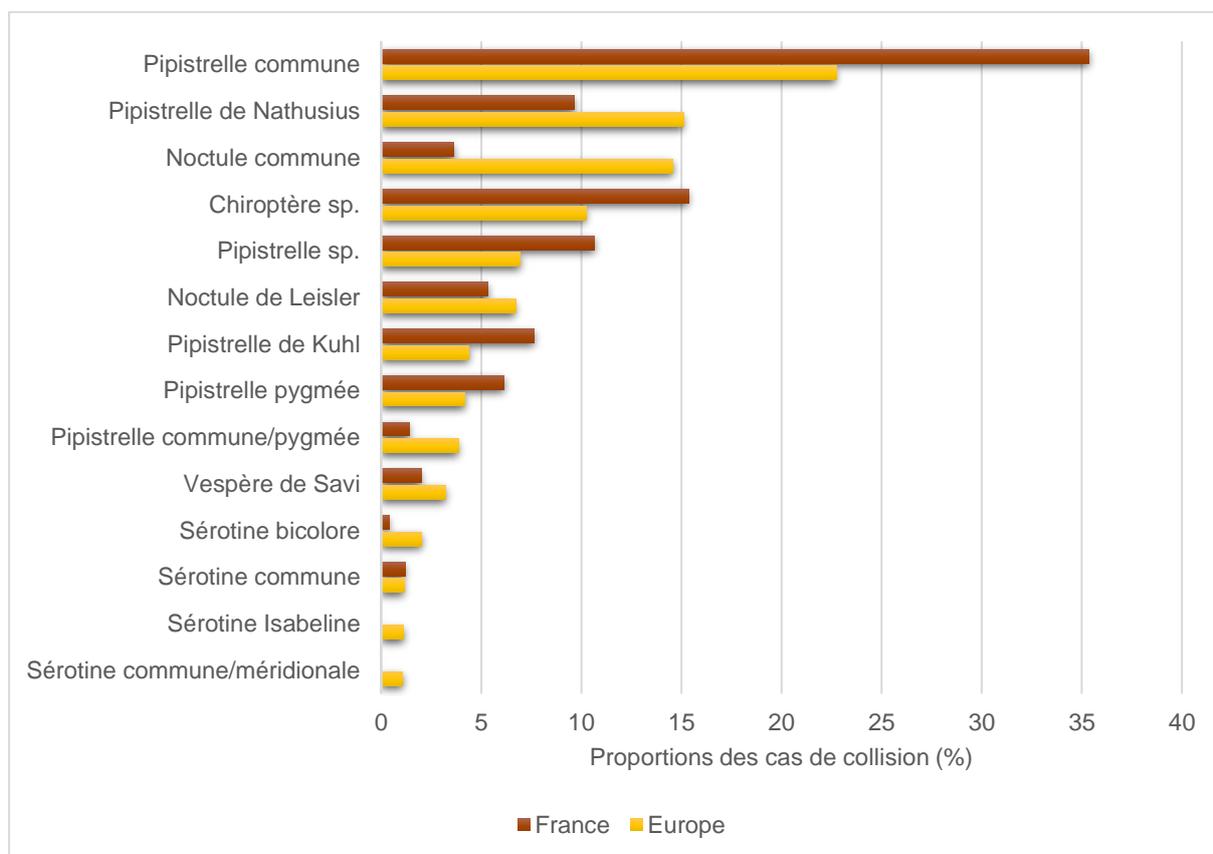


Figure 31 : Proportions des cas de collision avec les éoliennes en fonction des espèces, en France et en Europe (espèces représentant plus de 1% des cas de mortalité en Europe, d'après Dürr, 2020)

### 4.3.2 Bilan des connaissances de l'étude d'impact

L'étude d'impact, réalisée en 2016 par le bureau d'étude Envol Environnement, a révélé la présence de trois espèces à enjeu et sensibles au risque de collisions dont il conviendra de surveiller l'apparition d'éventuels cas de mortalité (figure suivante) :

- la Noctule commune,
- la Pipistrelle commune,
- la Pipistrelle de Nathusius.

Figure 107 : Tableau de calcul des sensibilités chiroptérologiques vis-à-vis de l'éolien (espèces recensées sur le site)

Espèces	Mortalité connue en Europe	Score relatif à la mortalité	Présence à 50 mètres de hauteur	Enjeux			Sensibilités		
				Milieux ouverts	Milieux semi-ouverts	Milieux fermés	Milieux ouverts	Milieux semi-ouverts	Milieux fermés
Barbastelle d'Europe	0,06%	10	0	13	20	19	23	30	29
Grand Murin	0,07%	10	0	0	7	6		17	16
Murin à moustaches/Brandt	0,06%	10	0	0	0	7			17
Murin de Daubenton	0,13%	10	0	7	13	0	17	23	
Murin de Natterer	0,00%	0	0	0	4	4		4	4
Noctule commune	15,79%	40	0	7	7	0	47	47	
Noctule de Leisler	6,36%	30	0	0	6	0		36	
Oreillard gris	0,10%	10	0	7	0	4	17		14
Oreillard roux	0,10%	10		5	0	0	15		
Pipistrelle commune	20,77%	40	0	14	14	14	54	54	54
Pipistrelle de Kuhl	3,61%	20	0	7	9	10	27	29	30
Pipistrelle de Nathusius	14,37%	40	0	0	14	8		54	48
Pipistrelle pygmée	2,71%	20	0	0	4	4		24	24
Sérotine commune	1,32%	20	0	5	9	7	25	29	27
<b>TOTAL</b>				<b>39</b>	<b>90</b>	<b>71</b>	<b>225</b>	<b>347</b>	<b>263</b>

**Légende :**

<b>Mortalité</b> 0 = Aucune mortalité 10 = 0% ≤ mortalité connue < 0,5% 20 = 0,5% ≤ mortalité connue < 3,7% 30 = 3,7% ≤ mortalité connue < 9,1% 40 = 9,1% ≤ mortalité connue 7	<b>Ecoute en altitude</b> 0 = Espèce non détectée en hauteur 40 = Espèce détectée en hauteur	<b>Sensibilité par espèce</b> Très fort 60 ≤ x Fort 45 ≤ x < 60 Modéré 30 ≤ x < 45 Faible 15 ≤ x < 30 Très faible x < 15	<b>Sensibilité par habitat</b> Très fort 350 ≤ x Fort 230 ≤ x < 350 Modéré 150 ≤ x < 230 Faible 70 ≤ x < 150 Très faible x < 70
--	--	---	--

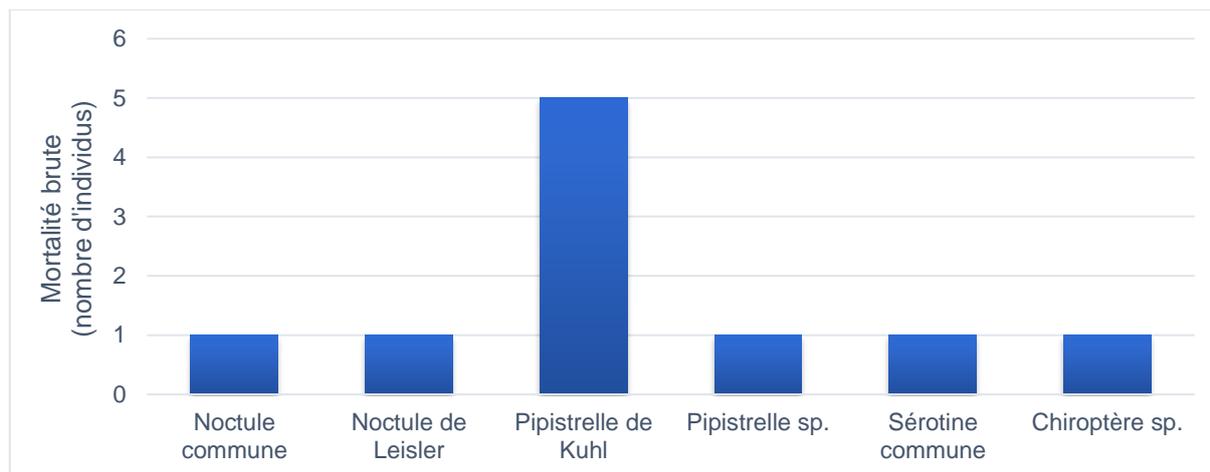
Figure 32 : Espèces à enjeu et sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2016 (Envol Environnement)

### 4.3.3 Résultats globaux du suivi des chiroptères

#### 4.3.3.1 Mortalité brute

##### Résultats sur le parc de Coulanges

Sur le parc de Coulanges, 10 cadavres de chauves-souris ont été retrouvés (figure suivante), ce qui représente une mortalité brute de 1,7 individu / éolienne. Le suivi fait état de cinq Pipistrelles de Kuhl, une Noctule commune, une Noctule de Leisler, une Sérotine commune ainsi qu'une Pipistrelle sp. et un chiroptère non déterminé, (identification à l'espèce impossible pour ces deux individus, compte tenu de l'état de leur cadavre).



**Avec dix cadavres de chiroptères recensés la mortalité brute sur le parc de Coulanges est de 1,7 individu / éolienne sur la période de suivi s'étalant d'avril à octobre. Cette mortalité brute est équivalente à 0,069 individu / éolienne / sortie.**

## Comparaison de la mortalité brute avec celles d'autres parcs éoliens

Le tableau suivant synthétise les caractéristiques et les résultats bruts de plusieurs parcs français repris dans le rapport « Impact de l'activité éolienne sur les populations de chiroptères : enjeux et solutions » (Écosphère, 2016, complété en 2017) et les compare avec ceux du parc de Coulanges.

Parc éolien	Nombre d'éoliennes	Nombre de mois de suivi	Nombre de prospections par semaine	Surface théorique prospectée (ha)	Mortalité brute observée	Mortalité brute (individus / éolienne / sortie)
Bouin 2004 (85)	8	12	1	1	25	<b>0,065</b>
Bouin 2005 (85)		12	1	1	21	<b>0,055</b>
Bouin 2006 (85)		12	1	1	16	<b>0,042</b>
Bouin 2009 (85)		12	1	1	22	<b>0,057</b>
Benet 2008 (85)	5	12	1	1	1	<b>0,004</b>
Benet 2009 (85)		12	1	1	3	<b>0,013</b>
Le Bernard 2008 (85)	5	12	1	1	0	<b>0,000</b>
Le Bernard 2009 (85)		12	1	1	4	<b>0,017</b>
Le Bernard 2010 (85)		12	1	1	3	<b>0,013</b>
Le Bernard 2011 (85)		12	1	1	6	<b>0,025</b>
Mas de Leuze 2009 (13)	9	8,5	1,65	1	103	<b>0,204</b>
Mas de Leuze 2011 (13)	8	3	2,4	0,5	54	<b>0,234</b>
Mas de Leuze 2012 (13)		3	2,4	0,5	51	<b>0,221</b>
Castelnau-Peygarols 2009 (12)	13	5	2	1	98	<b>0,188</b>
Le Pouzin 2010 (07)	2	5,5	2,2	1	6	<b>0,062</b>
La Répara 2010 (26)	2	5,5	3,23	1	42	<b>0,296</b>
Bollène 2009 à 2012 (13)	3	40	3,8	2,25	4	<b>0,002</b>
<b>Coulanges 2020 (18)</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>0,069</b>

Tableau 18 : Comparaison de la mortalité brute entre le parc de Coulanges et d'autres parcs en France  
(sources des données des parcs comparés : Écosphère, 2016, complété en 2017)

Avec 0,069 individu / éolienne / sortie sur la période suivie, la mortalité brute observée sur le parc de Coulanges se situe dans la moyenne basse par rapport aux parcs retenus pour comparaison (figure suivante).

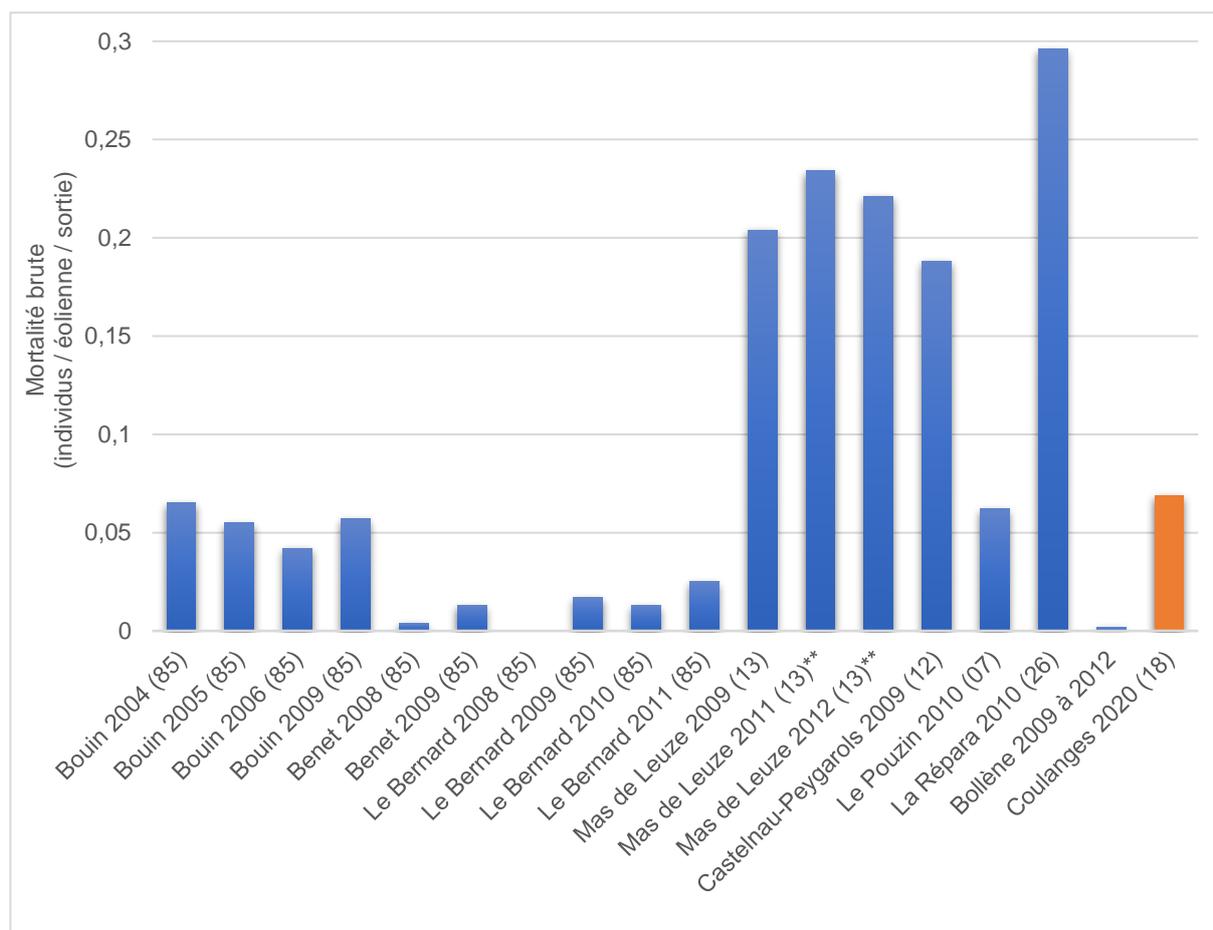


Figure 33 : Mortalité brute par éolienne et par sortie en fonction des parcs retenus pour comparaison  
(sources des données des parcs comparés : Écosphère, 2016, complété en 2017)

**Avec 0,069 individu / éolienne / sortie, la mortalité brute des chiroptères sur le parc de Coulanges est dans la moyenne basse parmi les parcs éoliens français utilisés pour comparaison.**

### 4.3.3.2 Mortalité estimée

#### Résultats sur le parc de Coulanges

Le tableau suivant compile les résultats de la mortalité estimée pour l'ensemble du parc éolien sur la période de suivi, selon les différentes méthodes retenues. Un indicateur de fiabilité est attribué à chacun de ces résultats, en fonction de la robustesse statistique de la méthode utilisée.

Méthodes	Parc	Fiabilité
Winkelman	103,79	Faible
Erickson	55,10	Moyenne
Jones	75,54	Élevée
Huso	60,90	
Korner	67,84	
Etterson	68,34	

Tableau 19 : Estimation de la mortalité des chiroptères du parc éolien sur la période suivie selon différentes méthodes

Selon les quatre méthodes les plus fiables (Jones, Huso, Korner et Etterson), les estimations varient de **61 à 76 chiroptères tués sur l'ensemble du parc durant la période de suivi**. Les estimations de Winkelman et d'Erickson sont respectivement de 104 et 55 individus.

**La moyenne des quatre estimations les plus fiables est de 68,16 individus pour l'ensemble du parc, soit 11,36 individus par éolienne sur la période de suivi.**

La mortalité estimée moyenne ( $n = 68,16$ ) est élevée en comparaison de la mortalité brute ( $n = 10$ ). En effet, **les paramètres correcteurs ont ici un impact fort**. C'est notamment le cas pour les valeurs correctives liées à la persistance des cadavres, qui reflètent une **forte prédation** sur le parc de Coulanges, notamment lors du deuxième test. En outre, la correction surfacique est assez élevée et la détectabilité assez faible, étant donnée les **zones non ou difficilement prospectables** autour des éoliennes (cultures principalement). Il est important de considérer le fait que ces deux éléments **réduisent la précision de l'estimation**.

Le tableau suivant présente les résultats proportionnés par éolienne et extrapolés sur l'année. Étant données les différences d'activité des chiroptères selon les périodes et notamment leur hibernation, une extrapolation sur l'année ne peut être réalisée qu'en prenant en compte cette variation d'activité. Ainsi, le temps d'inactivité des chiroptères est déduit de l'extrapolation. Cependant, cela ne permet pas de réduire totalement les biais liés à cette prédiction. Ces résultats sont présentés ici dans un objectif de comparaison éventuelle avec les mortalités estimées d'autres parcs et doivent être interprétés avec précaution.

	Sur la période suivie (26 semaines)	Extrapolation sur l'année (35 semaines)
Pour l'ensemble du parc	68,16	91,74
Par éolienne	11,36	15,29

Tableau 20 : Équivalence de l'estimation de la mortalité par éolienne et extrapolation sur l'année sur le parc de Coulanges

## Comparaison de la mortalité estimée avec celles d'autres parcs éoliens

Afin de mieux rendre compte des résultats estimés sur le parc de Coulanges, une comparaison est effectuée avec huit autres parcs au cours de plusieurs années (tableau suivant).

Parc éolien	Nombre d'éoliennes	Surface théorique prospection	Mortalité brute	Estimation (individus / éolienne / an)				
				Huso	Jones	Erickson	Winkelman	Moyenne
Bouin 2004 (85)	8	1	22	8	7,9	3,8	11,8	<b>8</b>
Bouin 2005 (85)		1	15	6	6,2	3,7	7	<b>5,7</b>
Bouin 2006 (85)		1	23	8,2	9,7	6,4	6	<b>7,6</b>
Bouin 2009 (85)		1	22	13	13,5	8	-	<b>11,5</b>
Benet 2008 (85)	5	1	14	5	5,3	3,6	5,2	<b>4,8</b>
Benet 2009 (85)		1	3	1	1,1	0,8	0,9	<b>1</b>
Le Bernard 2008 (85)	5	1	9	4	4,6	3	5,6	<b>4,3</b>
Le Bernard 2009 (85)		1	6	3,5	3,6	2,3	3,3	<b>3,2</b>
Le Bernard 2010 (85)		1	9	4	4,1	2,8	3	<b>3,5</b>
Le Bernard 2011 (85)		1	8	3,7	3,9	2,8	4	<b>3,6</b>
Mas de Leuze 2009 (13)	9	1	103	-	-	79,3	-	<b>79,3</b>
Mas de Leuze 2011 (13)*	8	0,5	54	-	-	10,45	-	<b>10,5</b>
Mas de Leuze 2012 (13)**		0,5	51	-	-	9,88	-	<b>9,9</b>
Castelnau-Peygarols 2009 (12)	13	1	98	25,17	26,64	21,64	34,70	<b>27</b>
Castelnau-Peygarols 2010 (12)**		1	?	1,2	1,31	1,16	1,52	<b>1,3</b>
Le Pouzin 2010 (07)	2	1	6	44,17	75,99	54,93	6,79	<b>45,5</b>
La Répara 2010 (26)	2	1	42	79,17	86,94	59,68	130,49	<b>89,1</b>
Bollène 2009 à 2012 (13)	3	2,25	4	6,79	5,65	3,43	17,14	<b>8,3</b>
<b>Coulanges 2020 (18)</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>13,66</b>	<b>16,95</b>	<b>12,36</b>	<b>23,29</b>	<b>16,56</b>

Tableau 21 : Comparaison des mortalités estimées entre le parc de Coulanges et d'autres parcs en France (sources des données des parcs comparés : Écosphère, 2016, complété en 2017)

La mortalité estimée sur le parc de Coulanges est supérieure aux mortalités estimées sur 14 des 18 suivis comparés. Certains suivis issus de la bibliographie présentent toutefois des mortalités estimées bien plus élevées (figure suivante).

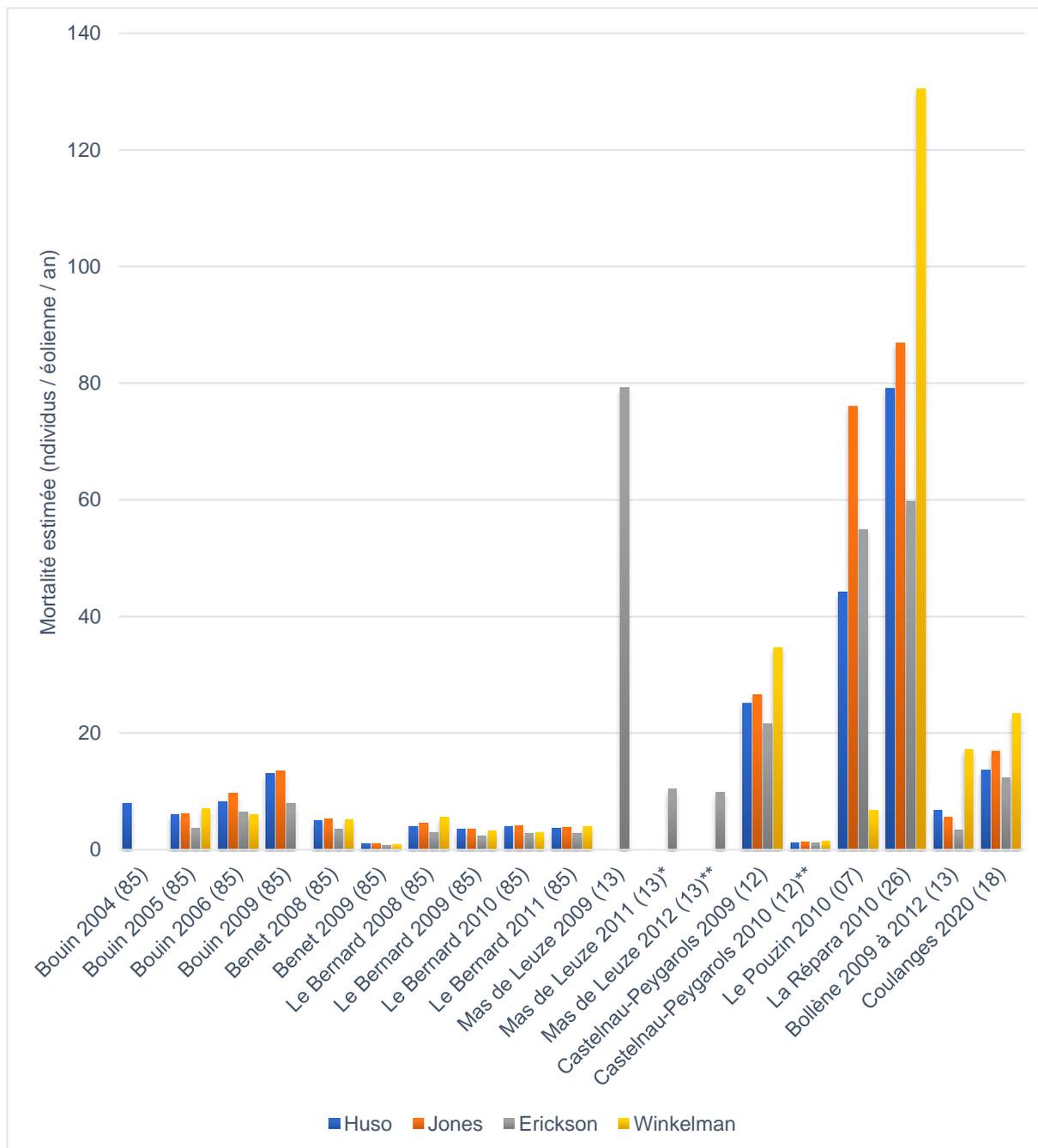


Figure 34 : Mortalité estimée par éolienne par an en fonction des parcs retenus pour comparaison  
(sources des données des parcs comparés : Écosphère, 2016, complété en 2017)

**Le parc de Coulanges semble provoquer une mortalité sur les chiroptères élevée en comparaison de nombreux autres suivis, sans toutefois être concerné par des valeurs extrêmes. Il est cependant à prendre en considération les limites des méthodes utilisées, ainsi que l'approximation liée à l'extrapolation sur l'année. Ces comparaisons sont donc à interpréter avec précaution.**

**Ainsi, la mortalité estimée sur le parc de Coulanges peut être qualifiée de modérée à forte.**

### 4.3.3.3 Analyse taxonomique

Les dix cadavres de chiroptères trouvés correspondent à cinq Pipistrelles de Kuhl, une Pipistrelle sp., une Sérotine commune, une Noctule commune, une Noctule de Leisler et une chauve-souris indéterminée. Il est nécessaire de considérer que cette mortalité observée n'est pas nécessairement représentative de la mortalité réelle par espèce.

La Pipistrelle de Kuhl, la Noctule de Leisler et la Noctule commune font partie des espèces les plus impactées en France et en Europe, sans être aussi fréquemment constatées que la Pipistrelle commune (figure suivante). La Sérotine commune est, quant à elle, plus rarement découverte. Une comparaison entre ces résultats doit cependant être étudiée avec prudence étant donné le faible nombre de données issues du parc de Coulanges et donc de la faiblesse statistique qui en découle.

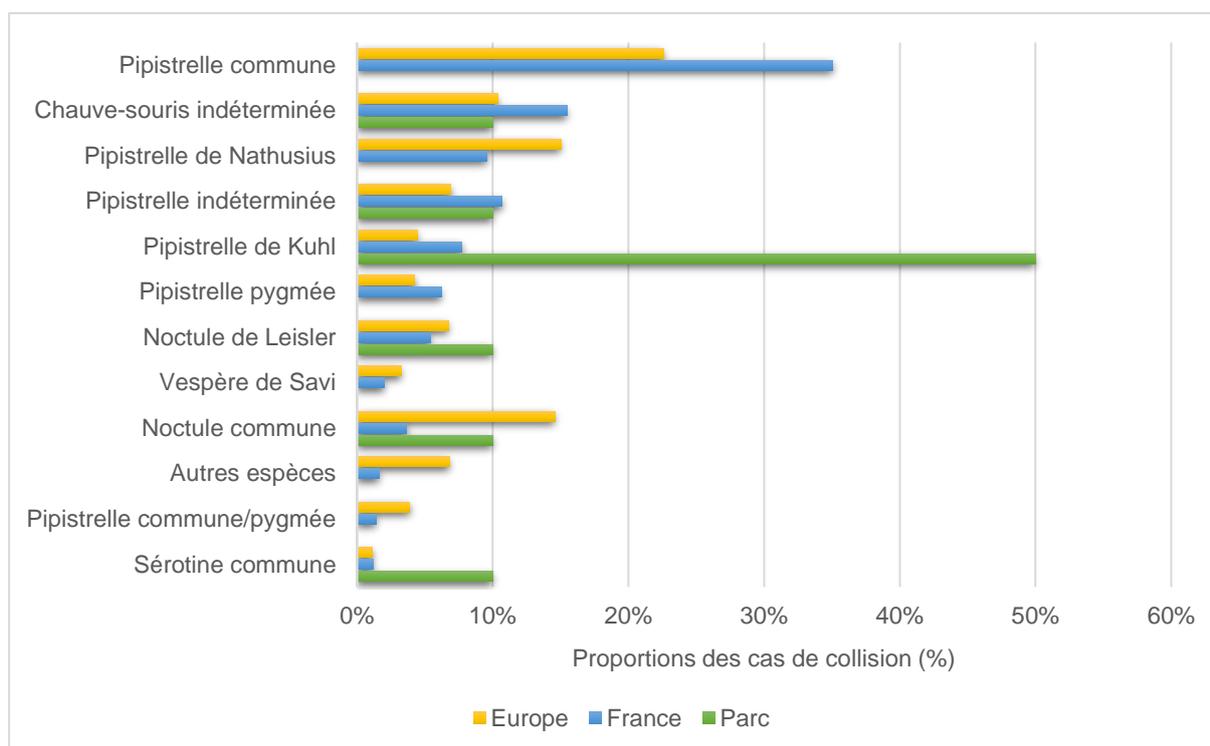


Figure 35 : Proportions des cas de collision avec les éoliennes en fonction de l'espèce de chauve-souris en France, en Europe et sur le parc (Dürr, 2020)

**La Pipistrelle de Kuhl, la Noctule de Leisler et la Noctule commune, découvertes sur le parc de Coulanges sont des espèces fréquemment concernées par des cas de mortalité. La Sérotine commune, quant à elle, représente un cas plus inhabituel, sans être rare.**

## 4.3.4 Résultats saisonniers

### 4.3.4.1 Mortalité brute

Au cours de ce suivi, des cadavres de chiroptères ont été retrouvés durant les mois d'avril, mai, juillet et août (figures suivantes).

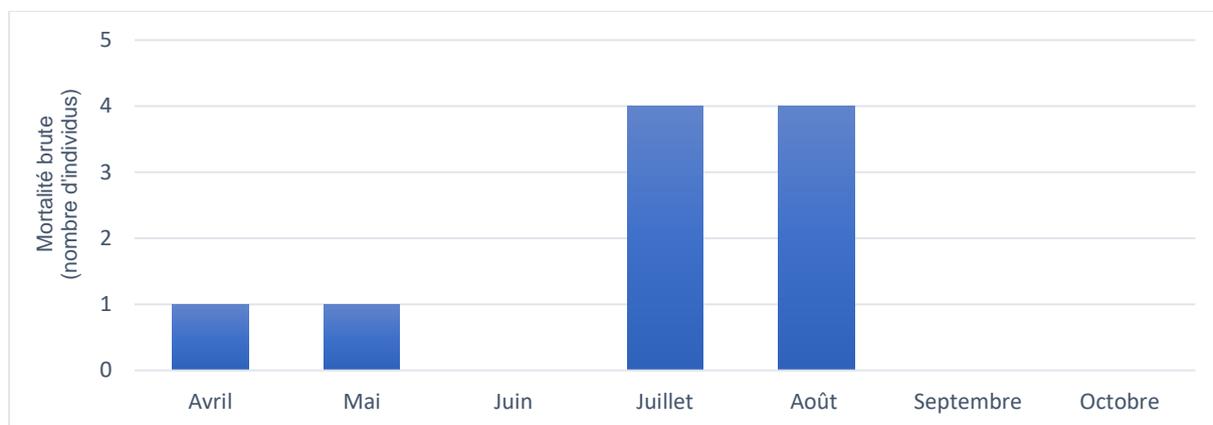


Figure 36 : Mortalité brute observée sur le parc en fonction de chaque mois

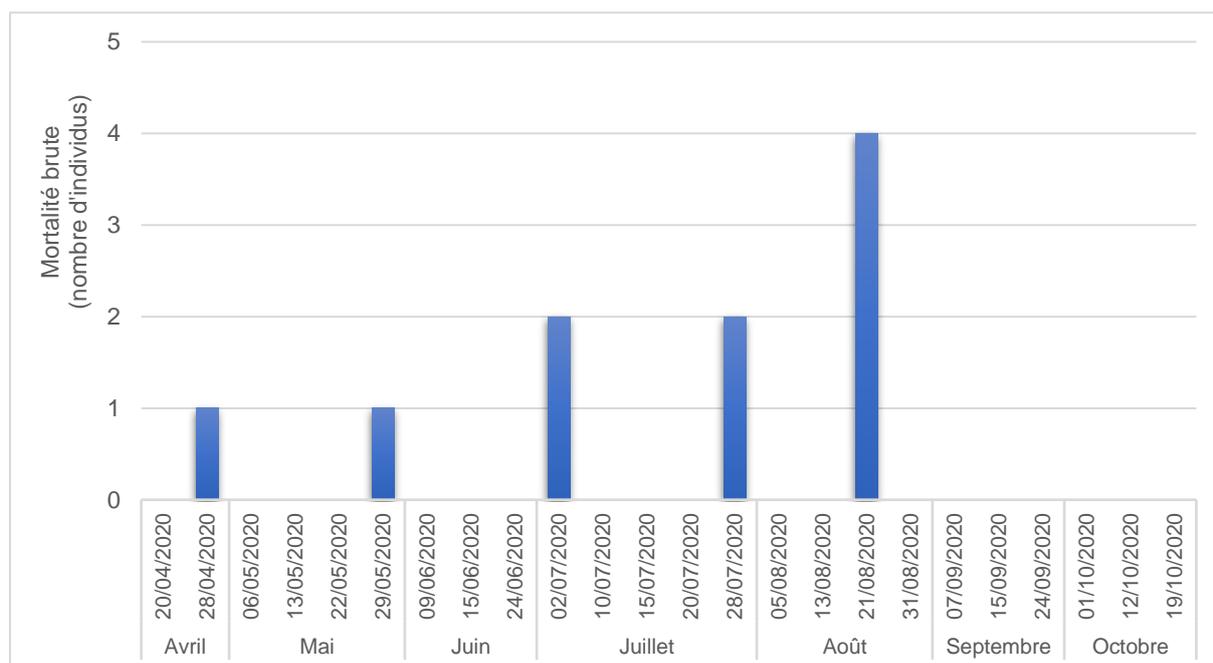


Figure 37 : Mortalité brute observée sur le parc en fonction de chaque mois

La mortalité brute observée est la plus importante sur les mois de juillet et d'août avec 8 des 10 cadavres retrouvés sur l'ensemble du suivi, correspondant à la fin de période de mise bas et d'élevage des jeunes et au début de la période de transit automnal et de swarming.

Étant donné les potentiels prélèvements de cadavres entre les prospections, il n'est pas impossible que d'autres périodes aient aussi été mortifères lors du suivi.

#### 4.3.4.2 Mortalité estimée

Le tableau suivant présente les mortalités estimées en fonction des différentes périodes du cycle biologique des chiroptères. Ces périodes sont données à titre indicatif mais ne reflètent pas nécessairement la phase biologique des individus concernés, étant donnée la variabilité phénologique des différentes espèces et inter-individuelle. Compte tenu des éventuelles différences du nombre de prospections par période, les résultats présentés sont proportionnés à la sortie.

Méthodes	Mortalité estimée (individus / sortie)		
	Transit printanier (15 mars au 15 mai, 4 visites)	Mise-bas et élevage des jeunes (15 mai au 15 août, 12 visites)	Transit automnal et swarming (15 août au 15 novembre, 8 visites)
Huso	1,87	2,76	2,55
Jones	2,33	3,37	3,24
Korner	2,10	3,07	2,86
Etterson	2,10	3,10	2,87
<b>Moyenne</b>	<b>2,10</b>	<b>3,08</b>	<b>2,88</b>

Tableau 22 : Mortalité estimée par sortie sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique

Avec une moyenne de 3,08 individus / sortie, la mortalité estimée durant la période de mise-bas et d'élevage des jeunes est la plus élevée (figure suivante), suivie par la période de swarming et de transit automnal. Toutefois, les différences entre les périodes biologiques étudiées sont relativement faibles et ne permettent pas d'interpréter une variation concrète de la mortalité réelle en fonction de celles-ci.

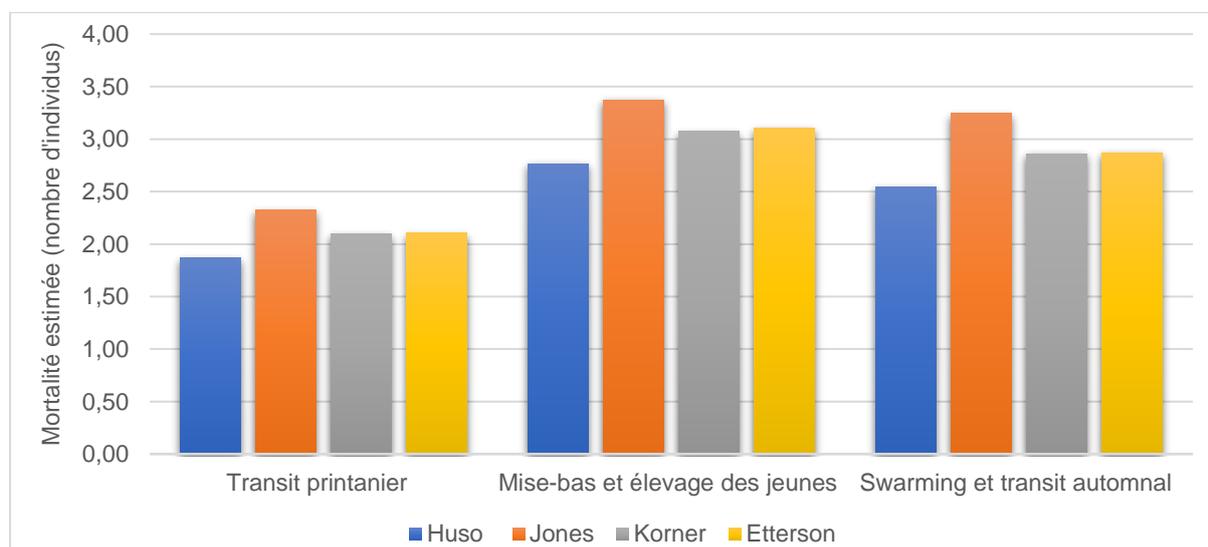


Figure 38 : Mortalité estimée par sortie sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique

**Les faibles différences entre les résultats estimés ne permettent pas d'interpréter une variation de la mortalité réelle en fonction des périodes biologiques. Toutefois, il est nécessaire de prendre en compte la forte mortalité brute observée sur les mois de juillet et d'août (8 des 10 cadavres retrouvés), saison recoupant la mise-bas et l'élevage des jeunes, ainsi que le swarming et le transit automnal, soit une période de forte activité des chiroptères.**

### 4.3.4.3 Analyse taxonomique

D'après les observations effectuées sur l'ensemble du suivi sur le parc de Coulanges, une concentration assez forte de la mortalité concerne la Pipistrelle de Kuhl en période de mise-bas et d'élevage des jeunes (figure suivante).

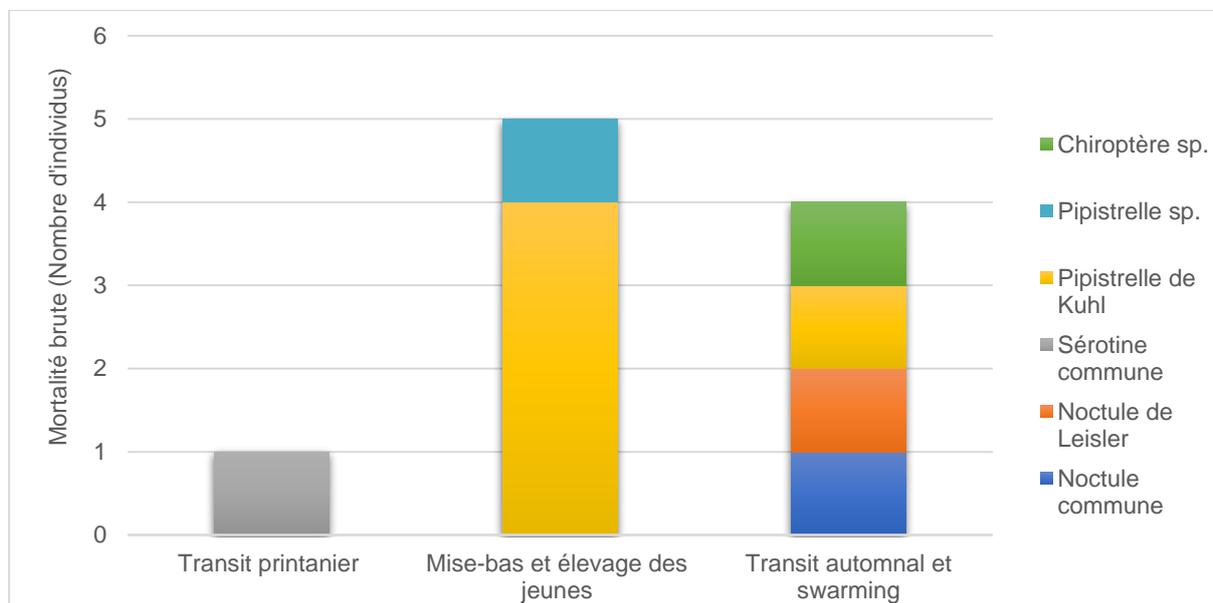


Figure 39 : Mortalité brute en fonction des espèces et des périodes biologiques concernées

**Compte tenu des résultats, il est tout à fait possible que le parc de Coulanges concentre d'importantes quantités d'individus reproducteurs de Pipistrelle de Kuhl dans ses alentours, bien que cela ne soit pas mis en évidence au travers du suivi d'activité.**

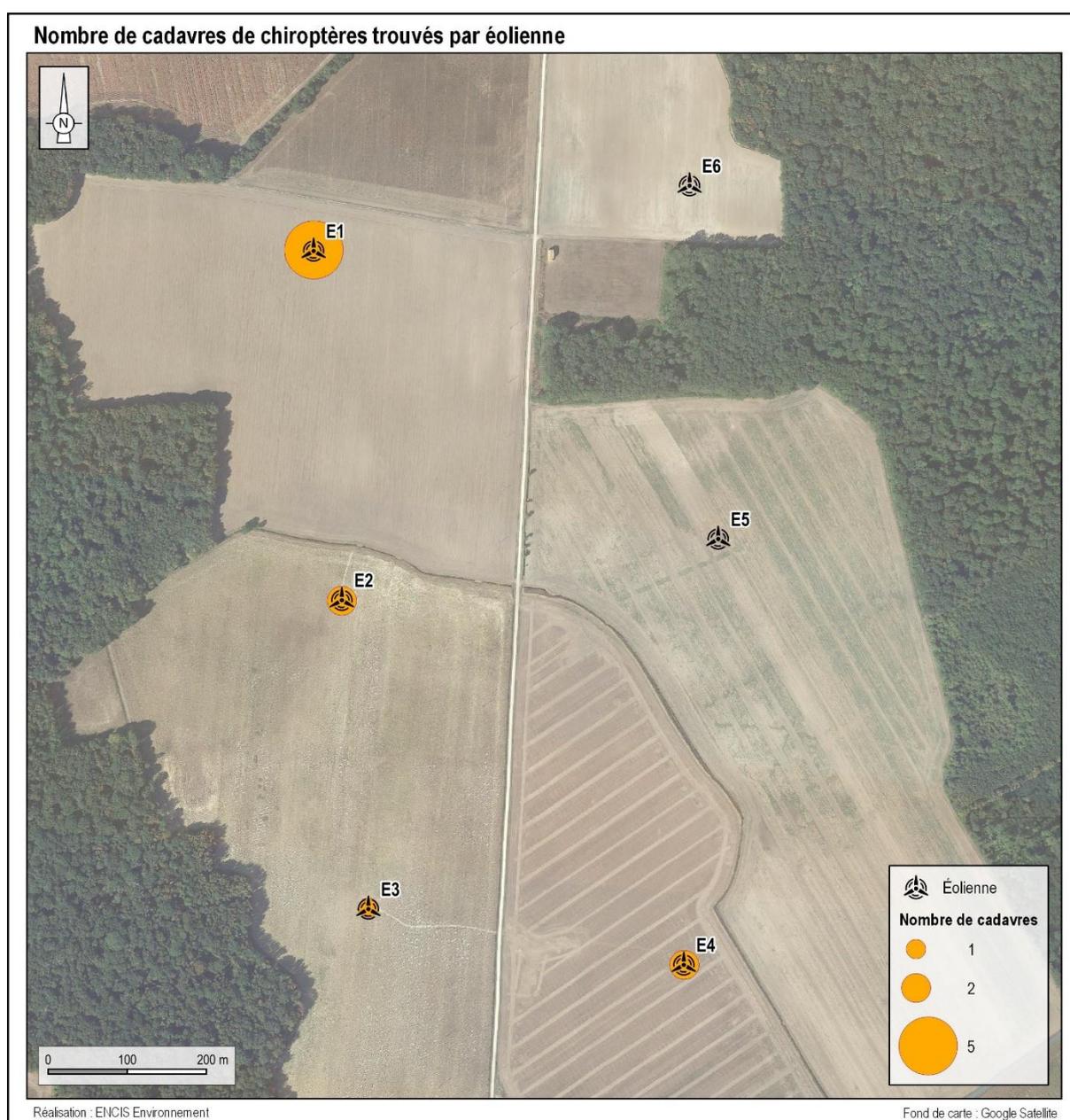
## 4.3.5 Résultats spatialisés par éolienne

### 4.3.5.1 Mortalité brute

Les informations relatives aux cadavres découverts (localisation vis-à-vis de l'éolienne la plus proche, végétation présente, etc.) sont disponibles en Annexe 4.

Durant ce suivi, des cadavres de chiroptères ont été retrouvés sous les éoliennes E1, E2, E3 et E4 (figure suivante). L'éolienne E1 comptabilise notamment 5 des 10 cadavres recensés.

Étant donnés les facteurs tels que, notamment, la prédation, il n'est pas impossible que d'autres éoliennes aient provoqué une mortalité non observée lors du suivi.



Carte 5 : Nombre de cadavres de chiroptères trouvés par éolienne

### 4.3.5.2 Mortalité estimée

Le tableau suivant présente la mortalité estimée par éolienne en fonction de différents estimateurs.

Méthodes	Mortalité estimée					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Huso	32,44	12,33	6,16	14,51	0	0
Jones	40,24	15,29	7,64	18,00	0	0
Korner	36,14	13,73	6,86	16,16	0	0
Etterson	36,40	13,83	6,92	16,28	0	0
<b>Moyenne</b>	<b>36,31</b>	<b>13,79</b>	<b>6,90</b>	<b>16,24</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Tableau 23 : Mortalité estimée par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi

L'éolienne pour laquelle la mortalité estimée est la plus élevée est la E1 avec en moyenne 36 individus estimés sur la période suivie (figure suivante). Aucun cas de mortalité n'a été constaté sous les éoliennes E5 et E6, les estimations les concernant sont donc nulles (cela n'est pas synonyme d'une absence totale de mortalité réelle).

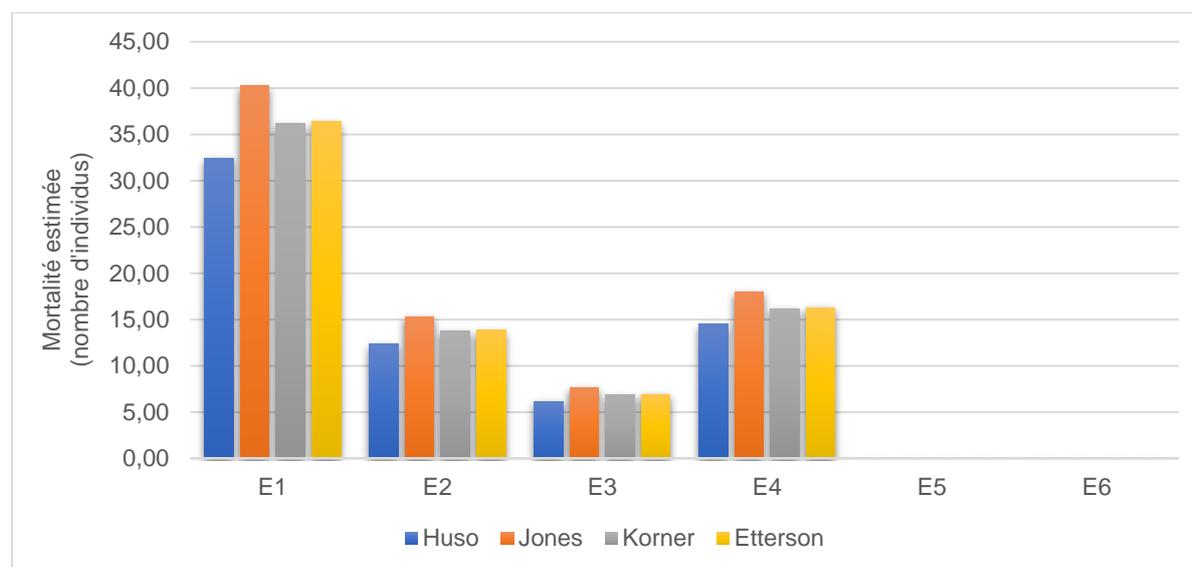


Figure 40 : Mortalité estimée par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi

**D'après ces résultats, l'éolienne E1 pourrait être la plus mortifère. Toutefois, les faibles différences entre ces données ne permettent pas de conclure sur ce point avec certitude.**

### 4.3.5.3 Analyse taxonomique

Durant le suivi, trois cadavres de Pipistrelle de Kuhl ont, notamment, été retrouvés sous l'éolienne E1 (figure suivante). Les autres espèces sont réparties de manière éparse entre les éoliennes E1, E2, E3 et E4.

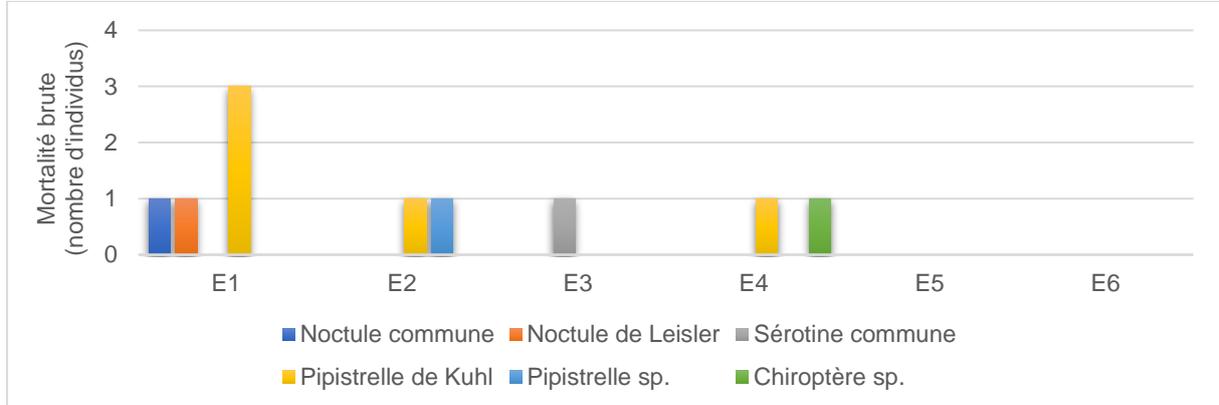


Figure 41 : Mortalité brute en fonction de chaque espèce, recensée par éolienne

**Étant donné ces résultats, il est possible que l'éolienne E1 présente un risque plus accru pour la Pipistrelle de Kuhl. Toutefois, d'avantage de données seraient nécessaires pour conclure avec certitude sur ce point.**

### 4.3.5.4 Analyse phénologique

Les périodes biologiques des individus recensés sont réparties de manière relativement homogène par rapport aux quatre éoliennes concernées. La période de transit automnal et de swarming est légèrement plus représentée au niveau de l'éolienne E1, toutefois, les différences sont peu marquées.

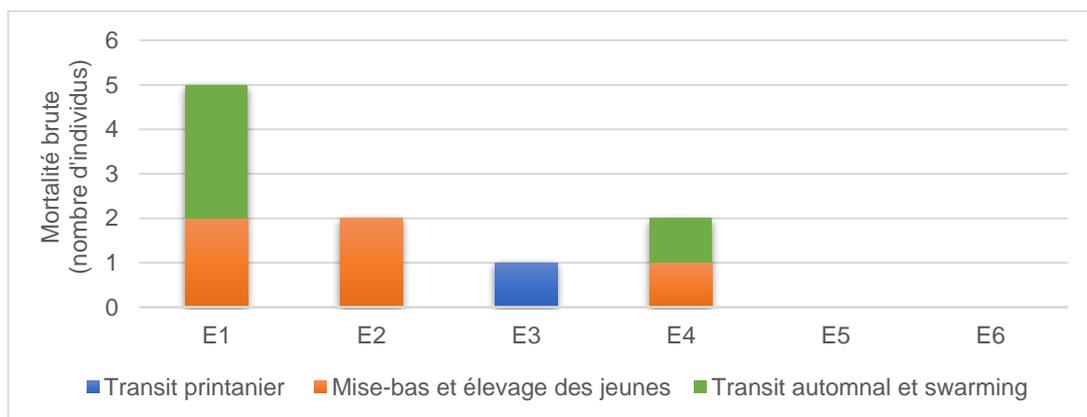


Figure 42 : Mortalité brute en fonction de chaque période biologique, recensée par éolienne

**Étant donné la faible différence entre les résultats observés et le peu de données à interpréter, aucune corrélation ne peut être établie entre la phénologie des espèces et la mortalité par éolienne.**

## 4.3.6 Identification des causes potentielles de la mortalité engendrée sur le parc éolien

### Généralités

Il existe de nombreux facteurs pouvant engendrer ou accroître les risques de collision des chiroptères avec les turbines. Ceux-ci peuvent être liés à :

- l'espèce (sensibilité),
- la période (comportements à risque, abondance des individus, etc.),
- la localisation du parc et son agencement (présence de boisements, de haies, etc.),
- la météorologie (température, vent, etc.).

L'origine d'une collision est le plus souvent liée à un recoupement de plusieurs de ces facteurs. Il convient ainsi, lorsque cela est possible, de les identifier afin de déterminer les causes principales de la mortalité sur le parc éolien, et si cela est justifié, d'appliquer d'éventuelles mesures correctrices.

### Identification des causes

Le tableau suivant synthétise les caractéristiques de chaque cadavre recensé durant le suivi.

Éolienne	Date	Espèce	Sexe	Âge	Blessure	Statut
E3	28/04/2020	Sérotine commune	-	-	-	Transits printaniers
E4	29/05/2020	Pipistrelle de Kuhl	-	-	-	Mise-bas / Élevage des jeunes
E1	02/07/2020	Pipistrelle de Kuhl	-	-	Blessure au corps	Mise-bas / Élevage des jeunes
E2	02/07/2020	Pipistrelle de Kuhl	-	-	Blessure au corps	Mise-bas / Élevage des jeunes
E1	28/07/2020	Pipistrelle de Kuhl	-	-	Aile déchirée	Mise-bas / Élevage des jeunes
E2	28/07/2020	Pipistrelle sp.	-	-	-	Mise-bas / Élevage des jeunes
E1	21/08/2020	Pipistrelle de Kuhl	-	-	Blessure au corps	Transits automnaux / Swarming
E1	21/08/2020	Noctule de Leisler	-	-	-	Transits automnaux / Swarming
E1	21/08/2020	Noctule commune	-	-	-	Transits automnaux / Swarming
E4	21/08/2020	Chiroptère sp.	-	-	Corps disloqué	Transits automnaux / Swarming

Tableau 24 : Précisions sur chaque individu découvert

D'après les caractéristiques des individus retrouvés, ainsi que des analyses spatiales et saisonnières effectuées précédemment dans ce rapport, plusieurs causes récurrentes peuvent être à l'origine de la mortalité sur le parc de Coulanges :

### Causes saisonnières

L'analyse effectuée par période révèle une mortalité plus forte en fin de phase de mise-bas et d'élevage des jeunes, ainsi qu'en phase de swarming et de transit automnal. Cette période (fin d'été) est connue comme présentant une plus forte activité de la part des chiroptères (émancipation des jeunes, rassemblement automnal, accouplements, etc.). Il est donc peu surprenant de constater une plus forte mortalité en cette saison.

### Causes spatiales

Compte tenu des résultats, il est possible que l'éolienne E1 soit la plus mortifère sur le parc, cependant, une conclusion sur ce point mériterait de recueillir d'avantage de données à analyser. Si cette interprétation est valide, l'origine de la plus forte mortalité sous cette éolienne pourrait tout à fait être liée à la présence de plusieurs entités arborées à proximité de celle-ci (haie et boisement).

Les distances (bout de pale à la canopée) entre les éoliennes et les lisières arborées les plus proches sont de 140 m pour la E1, 170 m pour la E2, 130 m pour la E3, 390 m pour la E4, 180 m pour la E5 et 80 m pour la E6.

En l'occurrence, aucun cadavre n'a été trouvé sous l'éolienne E6, soit celle la plus proche des lisières mais disposant d'un programme d'arrêt préventif, ce qui tend à suggérer une certaine efficacité de ce bridage localement.

**Les causes principales potentielles de la mortalité sur le parc semblent être liées à :**

- l'habituelle forte activité des chiroptères durant la fin d'été (émancipation des jeunes, rassemblement automnal, accouplements, etc.), recoupant en partie la période de mise-bas et d'élevage des jeunes, ainsi que la période de swarming et de transit automnal ;
- l'emplacement de l'éolienne E1, en bordure de boisement et d'une haie arborée, pouvant engendrer un risque accru sur les chiroptères, les milieux boisés et les alignements arborés et arbustifs étant généralement riches et densément fréquentés par les chauves-souris ;

## 4.3.7 Incidences spécifiques du parc éolien sur les chiroptères

### 4.3.7.1 Patrimonialité, sensibilité et vulnérabilité des espèces

Le tableau suivant synthétise les statuts réglementaires et de conservation des espèces ayant été directement impactées par le parc de Coulanges, ainsi que leur sensibilité et leur vulnérabilité face au risque de collision avec les éoliennes.

Espèce	Directive Habitats - Faune - Flore	Statut de conservation UICN		Sensibilité à l'éolien	Vulnérabilité à l'éolien	Effectifs
		France	Région			
Noctule commune	Annexe IV	VU	NT	4	4	1
Noctule de Leisler	Annexe IV	NT	NT	4	3,5	1
Pipistrelle de Kuhl	Annexe IV	LC	LC	3	2,5	5
Sérotine commune	Annexe IV	NT	LC	3	3	1

■ : Éléments de patrimonialité  
DD : Données insuffisantes / NA : Non applicable / LC : Préoccupation mineure / NT : Quasi menacée

Tableau 25 : Statuts des différentes espèces impactées et nombre de collision observées

Au regard des statuts de conservation ainsi que de la sensibilité et la vulnérabilité des espèces concernées face au risque de collision, les quatre espèces recensées sont à considérer avec vigilance sur le parc de Coulanges.

En effet, ces espèces, dites de « haut vol » sont très sensibles au risque de collision face aux éoliennes, compte tenu de leur comportement lié à leur déplacement. Ainsi, elles présentent des indices de sensibilité fort (3 pour la Pipistrelle de Kuhl et la Sérotine commune) à très fort (4 pour la Noctule commune et la Noctule de Leisler).

Par ailleurs, certaines de ces espèces présentent des statuts de conservation défavorables à l'échelle nationale et/ou régionale, telles que notamment, la Noctule commune, classée « Vulnérable » en France.

Ainsi, sur le parc de Coulanges, les espèces recensées les plus vulnérables face à la problématique éolienne sont, dans l'ordre, la Noctule commune (4), la Noctule de Leisler (3,5), la Sérotine commune (3) et la Pipistrelle de Kuhl (2,5).

**Parmi les quatre espèces recensées, toutes présentent une sensibilité élevée face au risque de collision (3 à 4). Par ailleurs, trois d'entre elles (hormis la Pipistrelle de Kuhl) portent des statuts de conservation défavorables à l'échelle nationale et/ou régionale, telle que notamment la Noctule commune (VU en France).**

#### 4.3.7.2 Incidences sur les populations des espèces concernées

La Noctule commune notamment, et en moindre mesure, la Noctule de Leisler et la Sérotine commune, portent des statuts de conservation défavorables à l'échelle nationale et/ou régionale et présentent, par ailleurs, une forte sensibilité face au risque de collision. Toutefois, un seul cadavre de chacune de ses espèces a été recensé. Ainsi, l'impact du parc sur ces espèces peut, pour le moment, être qualifié comme faible. Cependant, compte tenu de leur forte vulnérabilité face à la problématique éolienne, il conviendra tout de même de surveiller si d'éventuels nouveaux cas surviennent en quantité inquiétante.

Si la Pipistrelle de Kuhl ne porte pas de statut de conservation défavorable, elle présente toutefois une sensibilité et une vulnérabilité relativement élevée face au risque de collision. Par ailleurs, les cas de collision avec cette espèce ont été recensés à cinq reprises durant le suivi, ce qui est assez élevé. Ainsi, l'impact sur la Pipistrelle de Kuhl peut être considéré comme modéré au sein du parc de Coulanges. De même, il conviendra de surveiller si d'éventuels nouveaux cas surviennent en quantité inquiétante.

**Compte tenu de la mortalité observée et des effectifs concernés, le parc de Coulanges ne présente pas, à l'heure actuelle, d'impact significatif sur la Noctule commune, la Noctule de Leisler et la Sérotine commune. Toutefois, étant donnés leurs statuts de conservation défavorables et leur forte vulnérabilité face au risque de collision, il sera nécessaire de surveiller avec attention l'évolution des cas de mortalité sur ces espèces.**

**La mortalité observée de la Pipistrelle de Kuhl sur le parc est élevée et, bien que cette espèce ne porte pas de statut de conservation défavorable, celle-ci est tout de même relativement sensible et vulnérable face au risque de collision.**

### 4.3.8 Synthèse

- Sur le parc de Coulanges, dix cadavres de chiroptères ont été retrouvés durant le suivi en 2020, soit une mortalité brute de 1,67 individu / éolienne sur la période de suivi s'étalant d'avril à octobre ou 0,069 individu / éolienne / sortie.

- La moyenne des quatre estimations les plus fiables est de 68,16 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi.

Le parc de Coulanges semble provoquer une mortalité sur les chiroptères élevée en comparaison de nombreux autres suivis. Il est toutefois à prendre en considération les limites des méthodes utilisées, ainsi que l'approximation liée à l'extrapolation sur l'année. Ces comparaisons sont donc à interpréter avec précaution.

Ainsi la mortalité estimée des chiroptères sur le parc de Coulanges peut être qualifiée de modérée à forte.

- Les cinq Pipistrelles de Kuhl, la Noctule de Leisler et la Noctule commune, découvertes sur le parc, sont des espèces fréquemment concernées par des cas de mortalité. La Sérotine commune, quant à elle, représente un cas plus inhabituel, sans être rare.

- Les faibles différences entre les résultats estimés ne permettent pas d'interpréter une variation de la mortalité réelle en fonction des périodes biologiques. Toutefois, il est nécessaire de prendre en compte la forte mortalité brute observée sur les mois de juillet et d'août (8 des 10 cadavres retrouvés), saison recoupant la mise-bas et l'élevage des jeunes, ainsi que le début du swarming et du transit automnal, soit une période de forte activité des chiroptères.

- Il est tout à fait possible que le parc de Coulanges concentre d'importantes quantités d'individus reproducteurs de Pipistrelle de Kuhl dans ses alentours, voire des rassemblements automnaux (swarming).

- L'éolienne E1 pourrait être la plus mortifère et potentiellement présenter un risque plus accru pour la Pipistrelle de Kuhl. Toutefois, le faible nombre de données ne permet pas de conclure sur ce point avec certitude.

- Étant donné la faible différence entre les résultats observés et le peu de données à interpréter, aucune corrélation ne peut être établie entre la phénologie des espèces et la mortalité par éolienne.

- Les causes principales potentielles de la mortalité sur le parc semblent être liées à :

- l'habituelle forte activité des chiroptères durant la fin d'été (émancipation des jeunes, rassemblement automnal, accouplements, etc.), recoupant en partie la période de mise-bas et d'élevage des jeunes, ainsi que la période de swarming et de transit automnal ;

- l'emplacement de l'éolienne E1, en bordure de boisement et d'une haie arborée, pouvant engendrer un risque accru sur les chiroptères, les milieux boisés et les alignements arborés et arbustifs étant généralement riches et densément fréquentés par les chauves-souris ;

- la potentielle présence d'une forte population de Pipistrelle de Kuhl aux abords du parc.

- Parmi les quatre espèces recensées, toutes présentent une sensibilité élevée face au risque de collision (3 à 4). Par ailleurs, trois d'entre elles (hormis la Pipistrelle de Kuhl) portent des statuts de conservation défavorables à l'échelle nationale et/ou régionale, telle que notamment la Noctule commune (VU en France).

• **Compte tenu de la mortalité observée et des effectifs concernés, le parc de Coulanges ne présente pas, à l'heure actuelle, d'impact significatif sur la Noctule commune, la Noctule de Leisler et la Sérotine commune. Toutefois, étant donnés leurs statuts de conservation défavorables et leur forte vulnérabilité face au risque de collision, il sera nécessaire de surveiller avec attention l'évolution des cas de mortalité sur ces espèces.**

**La mortalité observée de la Pipistrelle de Kuhl sur le parc est élevée et, bien que cette espèce ne porte pas de statut de conservation défavorable, celle-ci est tout de même relativement sensible et vulnérable face au risque de collision. Ainsi l'impact du parc éolien sur la Pipistrelle de Kuhl peut être considéré comme modéré.**



## **Partie 5 : Mesures correctrices**



## 5.1 Mesures correctrices proposées pour réduire l'incidence sur les chiroptères

Pour le parc éolien de Coulanges, le rapport de suivi environnemental remis à l'inspection des installations classées selon les modalités prévues initialement et validées dans l'arrêté d'autorisation unique (N°2017-1-0588 du 30 mai 2017), sera composé :

- d'un suivi de la mortalité des chiroptères et de l'avifaune (sur la base du protocole national 2018)
- d'un suivi à hauteur de nacelle de l'activité chiroptérologique.

La mesure de programmation des éoliennes suite à la première année de suivi est présentée ci-après. Notons qu'au vu des résultats de cette année de suivis, l'arrêt programmé sera adapté et une nouvelle année de suivi pourrait être réalisée pour vérifier l'efficacité de cette mesure et éventuellement l'adapter.

Cette mesure est détaillée ci-après :

### Programmation préventive du fonctionnement de toutes les éoliennes

**Type de mesure :** Mesure de réduction

**Impact brut :** Risque de collision par les chiroptères

**Objectif :** Diminuer la mortalité directe sur les chiroptères

**Description de la mesure :** Un protocole d'arrêt des éoliennes, sous certaines conditions (vitesse du vent, température et saison), sera mis en place. Cet arrêt de la turbine, lorsque les conditions sont les plus favorables à l'activité des chiroptères, peut permettre de réduire très fortement la probabilité de collision avec un impact minimal sur le rendement (Arnett *et al.* 2009).

Les modalités de la programmation des aérogénérateurs prévues sont établies sur la base des résultats du suivi réalisé en 2020 et d'après la bibliographie et les retours d'expériences sur plusieurs parcs éoliens. L'objectif est de couvrir les périodes les plus sensibles (activité chiroptérologique élevée et mortalité recensée) et de réduire la mortalité des chauves-souris fréquentant la zone du parc éolien de façon optimale.

#### Période de l'année

Le premier critère d'arrêt est lié au cycle biologique des chiroptères. Ces derniers étant en phase d'hibernation entre la fin-octobre et la mi-mars (en fonction des conditions climatiques), un arrêt des éoliennes n'est pas jugé nécessaire durant cette période.

Les graphiques ci-dessous, tirés de Dulac (2008)<sup>1</sup> en Vendée et Dubourg-Savage *et al.* (2009)<sup>2</sup> en Allemagne, montrent bien la corrélation forte entre la période d'activité des chiroptères et les cas de mortalité observés.

<sup>1</sup> Dulac P., 2008. Évaluation de l'impact du parc éolien de Bouin sur l'avifaune et les chauves-souris, bilan de 5 années de suivi. ADEME/Région Pays de Loire, La Roche sur Yon. 106p.

<sup>2</sup> Dubourg-Savage M.J., Bach L. & Rodrigues L. 2009. Bat mortality at wind farms in Europe. Presentation at 1st International Symposium on Bat Migration, Berlin, January 2009.

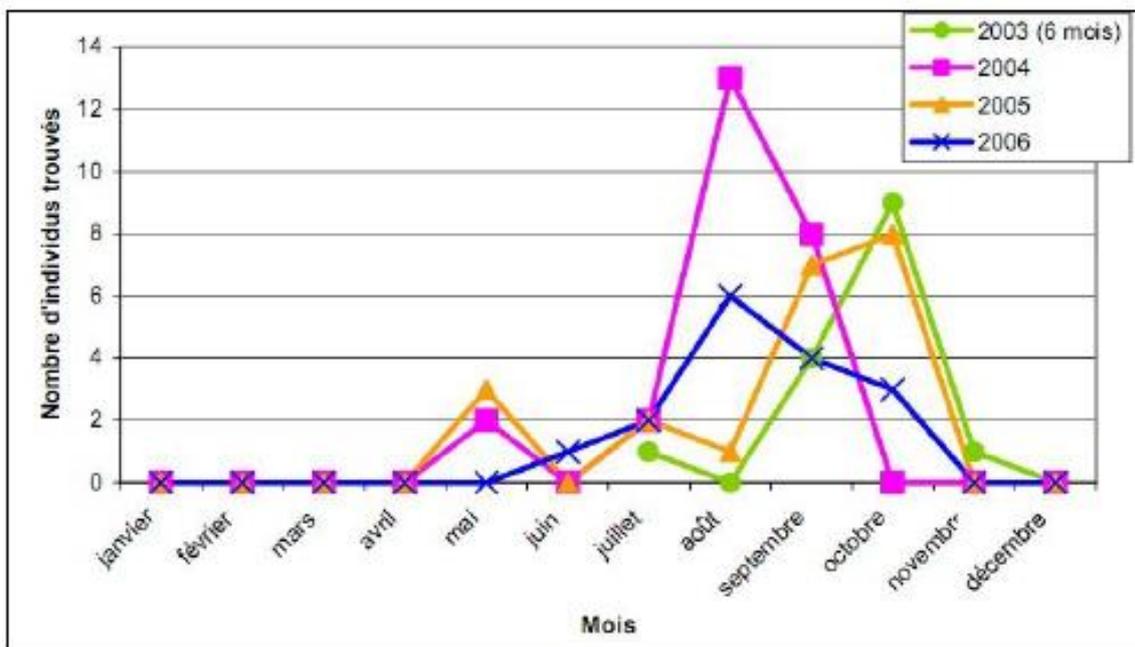


Figure 43 : Évolution mensuelle de la mortalité de chauves-souris sur le site de Bouin (Dulac, 2008)

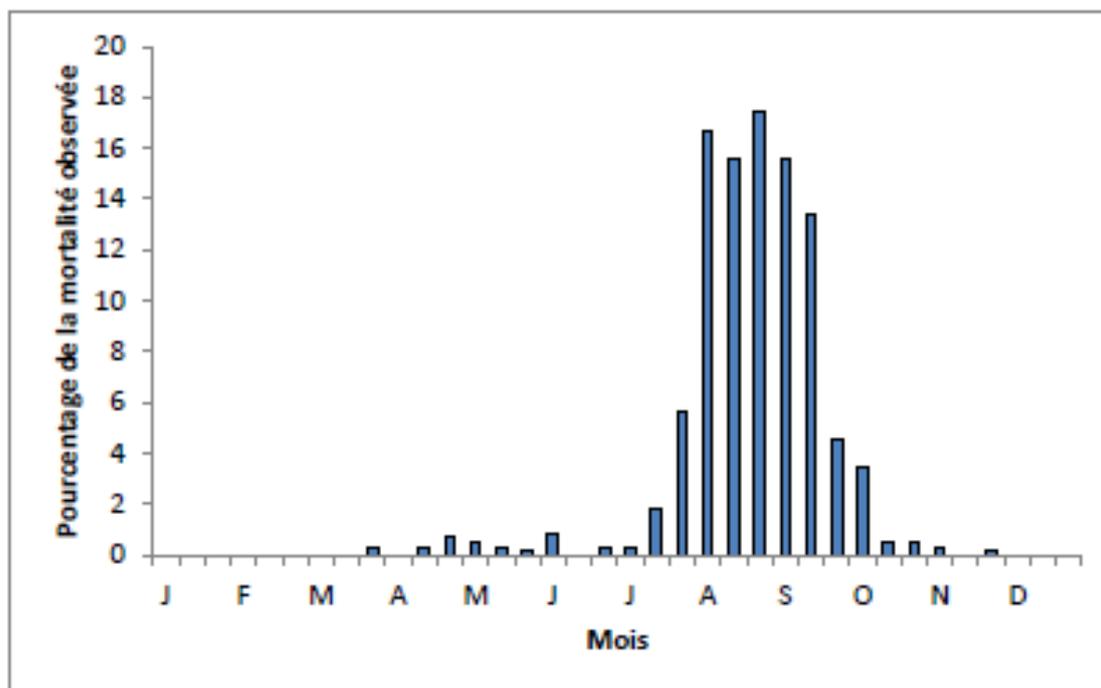


Figure 44 : Mortalité des chiroptères en fonction du mois en Allemagne (Dubourg-Savage et al., 2009)

Sur le parc éolien de Brinay, plusieurs mois font l'objet de mortalité de chiroptères à savoir que quatre cadavres ont été détectés en juillet et août et un cadavre lors des mois d'avril et mai.

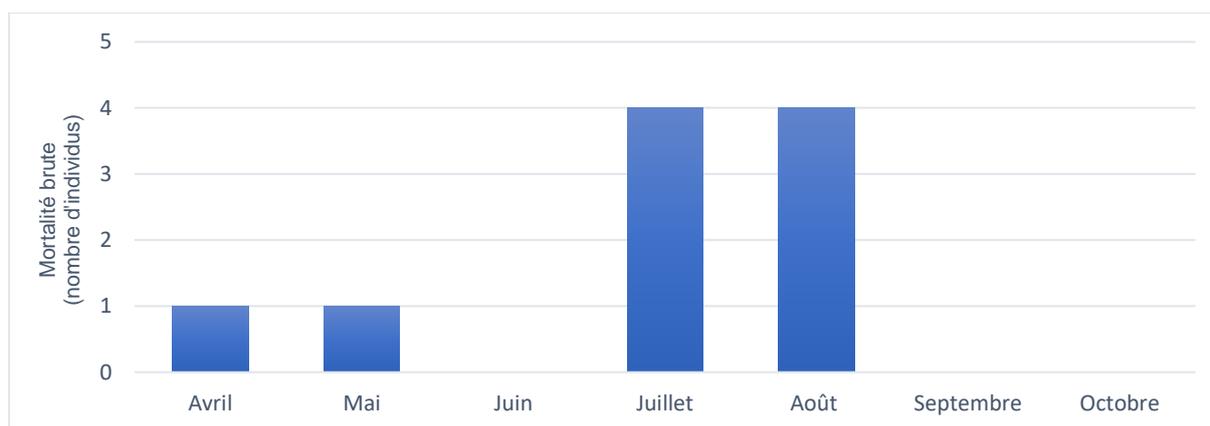


Figure 45 : Mortalité brute observée sur le parc de Brinay en fonction de chaque mois

Afin de mettre en perspective les données bibliographiques et les résultats des inventaires sur site, le graphique suivant représente la répartition de l'activité chiroptérologique lors des enregistrements en hauteur.

Ainsi, des contacts de chiroptères sont recensés d'août à novembre. À noter que les autres mois n'ayant pas été inventoriés, ils ne font pas pour le moment l'objet d'une programmation, à l'exception du mois de juillet. Ce dernier a présenté une mortalité remarquable et est donc concerné par la mesure.

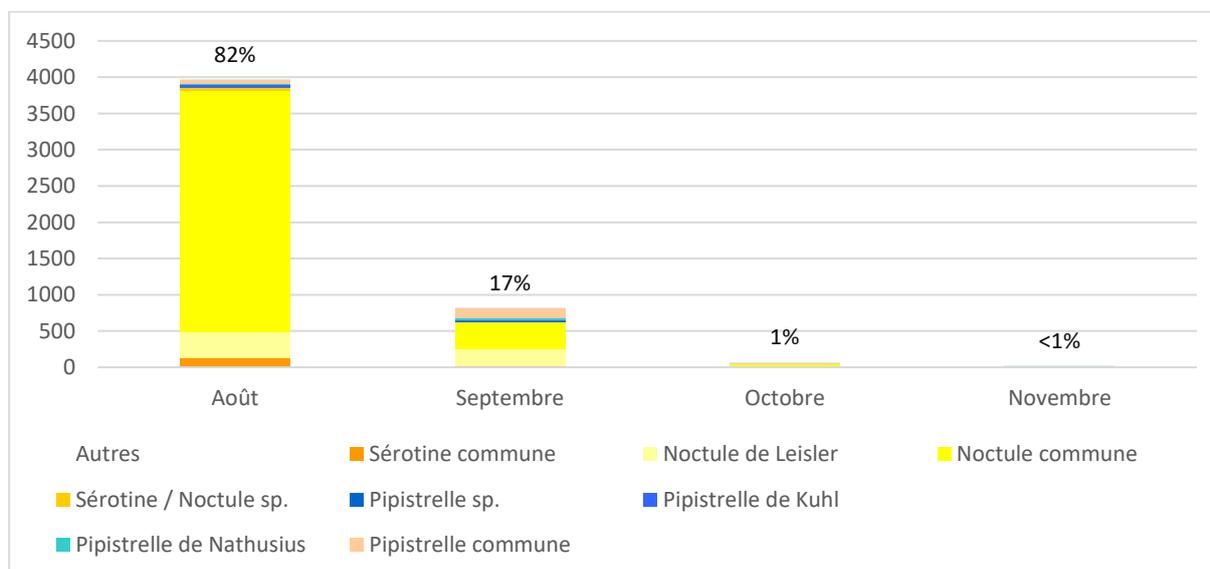


Figure 46 : Nombre de contacts par espèce et par mois

**Ainsi les seuils de déclenchement seront choisis en corrélation avec l'activité et seront renforcés sur les mois où se concentre la majorité de l'activité.**

### Horaires

Pour la phase d'activité, le premier critère utilisé correspond à la tranche horaire journalière. L'activité des chiroptères étant nocturne, les arrêts se feront seulement à l'intérieur de la phase comprise entre le coucher et le lever du soleil. À l'intérieur de cette phase, les études et

connaissances bibliographiques révèlent que l'activité se concentre durant les premières heures de la nuit, mais peut persister également durant la nuit à certaines périodes. Les périodes les plus sensibles sont situées durant l'été et l'automne. En effet, en été, l'activité de chasse est généralement importante en juin et juillet après la mise-bas. En automne, les comportements lors des transits (vol d'altitude sur de longues distances) rendent les chauves-souris particulièrement vulnérables aux collisions.

Sachant que l'implantation de l'éolienne 6 est située à 49 m en bout de pale des premières structures arborées, une programmation plus drastique en été et en automne est proposée afin de couvrir les retours aux gîtes des chauves-souris arboricoles.

Nous pouvons notamment citer l'étude récente de Wellig *et al.* (2018)<sup>3</sup> qui démontre clairement un pic d'activité des chiroptères en début de nuit :

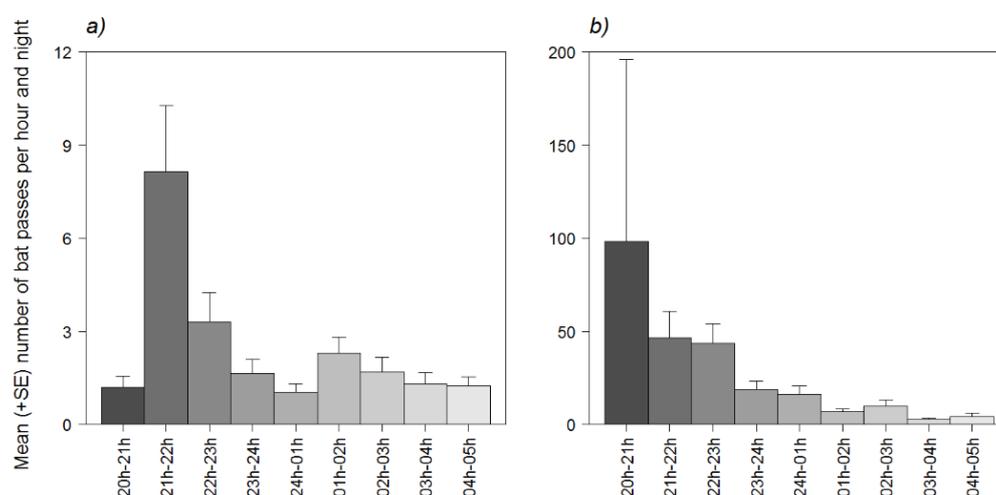


Figure 3 : Activité des chiroptères en fonction de l'heure (à gauche : activité à hauteur de nacelle, à droite : activité au sol) (Wellig *et al.*, 2018)

De même, le rapport de Heitz & Jung (2016)<sup>4</sup> qui compile un grand nombre de suivis d'activité des chiroptères révèle qu'une majorité des espèces présente une phénologie marquée avec un net pic d'activité dans les premières heures de la nuit (2 à 4 premières heures de la nuit selon les études).

Les enregistrements viennent confirmer les tendances énoncées au travers de la bibliographie mais avec certaines différences. Les inventaires sur site révèlent une concentration de l'activité marquée dans les premières heures de la nuit notamment à partir du mois d'octobre. À l'inverse, la période août-septembre affiche une activité plus étendue au cours de la nuit, notamment le mois d'août.

<sup>3</sup> Sascha D. Wellig, Sébastien Nusslé, Daniela Miltner, Oliver Kohle, Olivier Glaizot, Veronika Braunisch, Martin K. Obrist, Raphaël Arlettaz, 2018. Mitigating the negative impacts of tall wind turbines on bats: Vertical activity profiles and relationships to wind speed. PLoS ONE 13(3) : e0192493. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192493>

<sup>4</sup> Céline Heitz & Lise Jung, 2016. Impact de l'activité éolienne sur les populations de chiroptères : enjeux et solutions (étude bibliographique). Écosphère. Complété 2017.

Le graphique suivant illustre la densité d'activité des chiroptères au cours de la nuit.

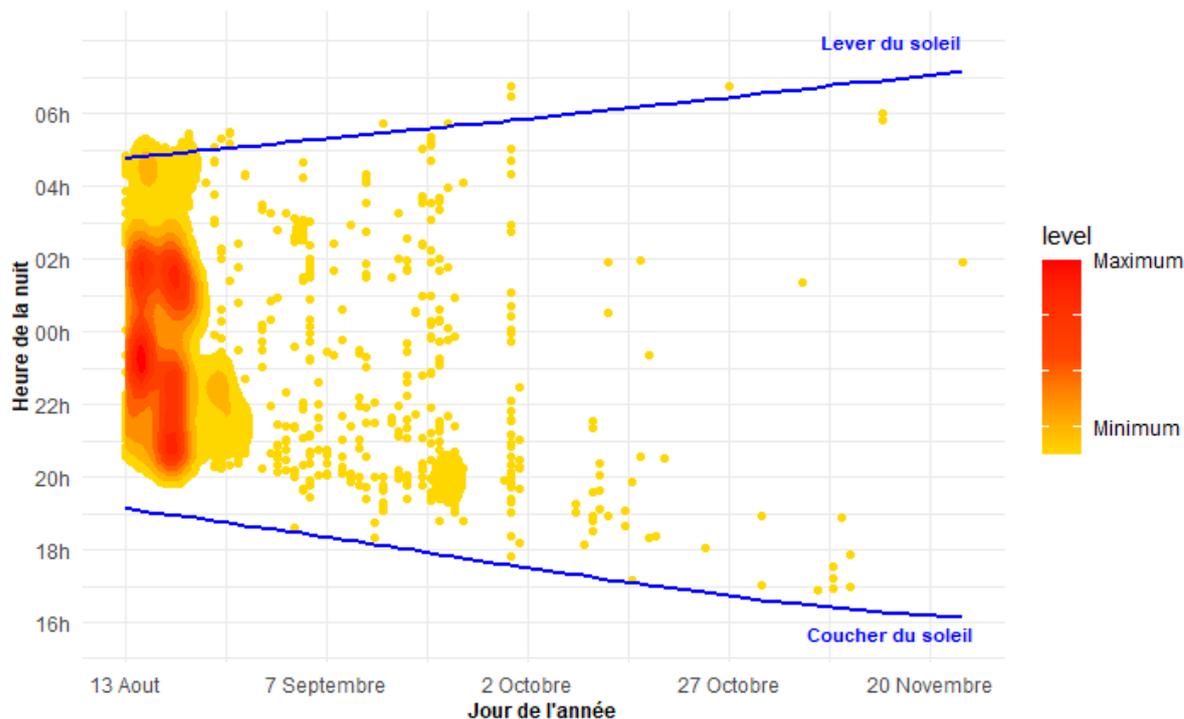


Figure 47 : Activité des chiroptères en fonction de l'heure de coucher du soleil et de la saison

Afin de lisser les variations mensuelles et interannuelles dues à des conditions climatiques différentes, la définition des seuils de programmation est établie sur des moyennes entre les mois.

Ainsi, au vu de la différence d'activité enregistrée selon les mois, les valeurs seuils suivantes seront appliquées :

#### **Programmation après le coucher du soleil :**

Pour le mois de juillet n'ayant pas fait l'objet d'inventaire chiroptérologique en nacelle mais présentant une mortalité notable, l'arrêt programmé des éoliennes s'étendra du coucher du soleil à une heure après le lever du soleil ;

Pour les mois d'août et septembre, au vu des résultats obtenus sur le site, l'arrêt programmé des éoliennes s'étendra du coucher du soleil à une heure après le lever du soleil ;

Pour le mois d'octobre, l'arrêt programmé des éoliennes s'étendra du coucher du soleil à quatre heures après le coucher du soleil.

#### **Vitesses de vent**

Les connaissances bibliographiques et les retours d'études démontrent une corrélation entre l'activité chiroptérologique et la vitesse du vent. Plus le vent est fort, plus l'activité chiroptérologique est faible.

Les graphiques suivants, tirés de diverses publications, illustrent la décroissance forte de l'activité des chauves-souris entre 2 et 5 m/s.

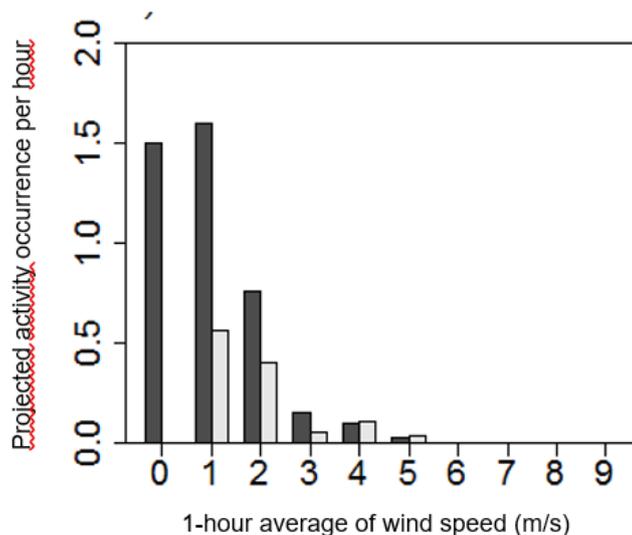


Figure 4 : Activité de l'ensemble des chiroptères en relation avec la vitesse de vent (barres noires : toutes hauteurs confondues, barres blanches : seulement les hauteurs > 50 m) (Wellig et al., 2018)

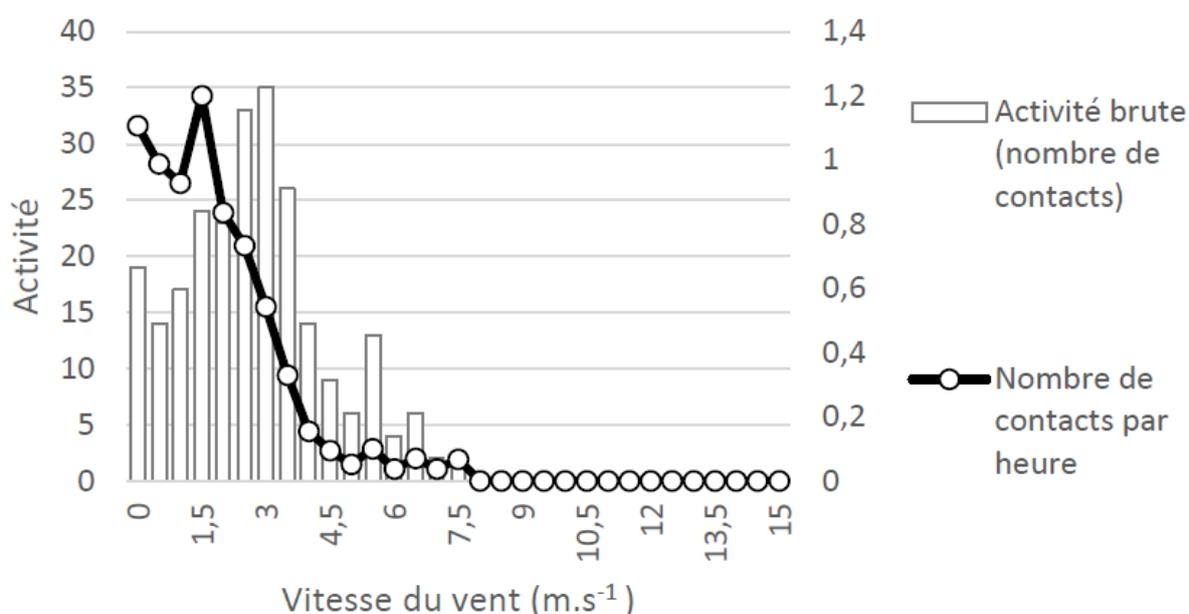


Figure 48 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent mesurée sur un parc éolien en Belgique (Sens of Life, 2016)<sup>5</sup>

Lorsque l'on corrèle le nombre de contacts enregistrés en hauteur avec la vitesse de vent mesurée, l'activité chiroptérologique s'étend sur des valeurs de vitesse de vent comprises entre 0,5 et 12 m/s. **Globalement, au-delà d'une vitesse de 6 m/s, le nombre de contacts chute progressivement (15 % des contacts au-dessus de 6 m/s).**

<sup>5</sup> SENS OF LIFE, 2016. Étude de l'impact des parcs éoliens sur l'activité et la mortalité des chiroptères par trajectographie acoustique, imagerie thermique et recherche de cadavres au sol – Contributions aux évaluations des incidences sur l'environnement. Service Public de Wallonie, DGO3.

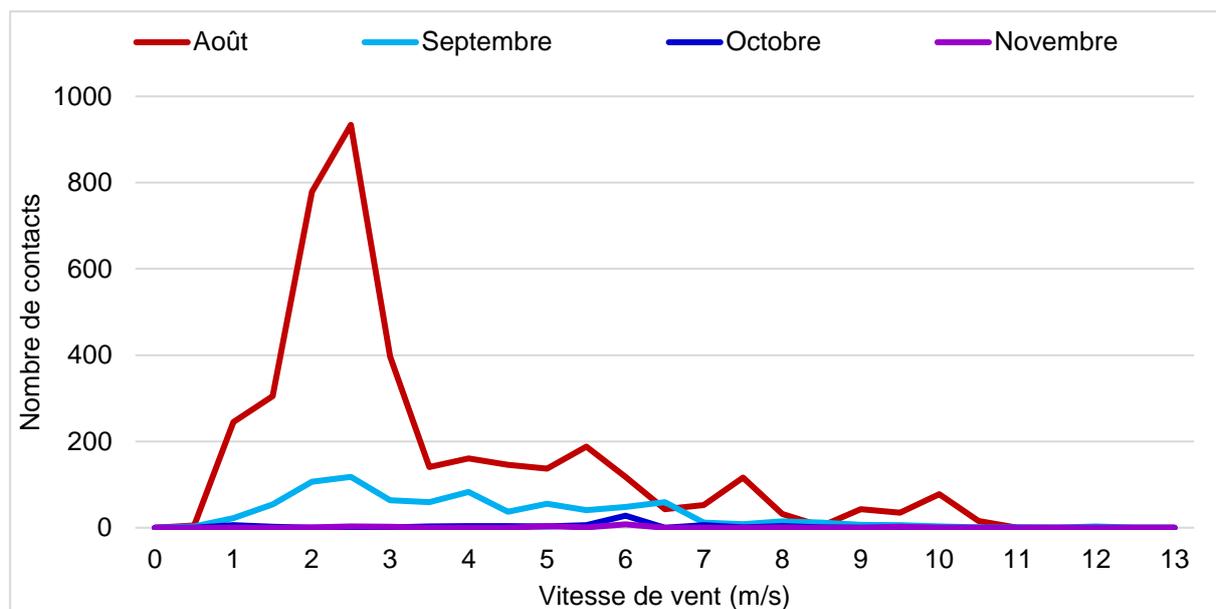


Figure 49 : Activité des chiroptères sur le parc de Coulanges en fonction de la vitesse de vent et des mois

#### **Programmation sur les vitesses de vent :**

Pour le mois de juillet, l'arrêt programmé des éoliennes couvrira les vitesses de vent inférieures à 6 m/s ;

Pour le mois d'août, l'arrêt programmé des éoliennes couvrira les vitesses de vent inférieures à 7 m/s ;

Pour le mois de septembre, l'arrêt programmé des éoliennes couvrira les vitesses de vent inférieures à 6 m/s ;

Enfin, pour le mois d'octobre, l'arrêt programmé des éoliennes couvrira les vitesses de vent inférieures à 6 m/s.

#### **Température**

En ce qui concerne la température, son effet sur l'activité chiroptérologique est moins évident. Nos retours d'expériences révèlent ainsi que la corrélation entre activité chiroptérologique et température peut varier grandement en fonction des conditions locales et des années, les animaux pouvant être actifs par temps frais si la nourriture vient à manquer, par exemple.

Le paramètre température est également important pour l'activité des chiroptères selon Martin *et al.* (2017)<sup>6</sup>. Les seuils définis dans le plan de programmation sont relativement conservateurs. Martin *et al.* (2017) préconisent notamment un seuil de 9,5 °C pour les saisons fraîches (début du printemps et automne).

Par ailleurs, nombre d'autres publications démontrent la cohérence des seuils de température proposés ici, en voici deux exemples graphiques :

<sup>6</sup> Martin C. M., Arnett E. B., Stevens R. D. & Wallace M. C., 2017. Reducing bat fatalities at wind facilities while improving the economic efficiency of operational mitigation. *Journal of Mammalogy*, 98(2):378–385, 2017

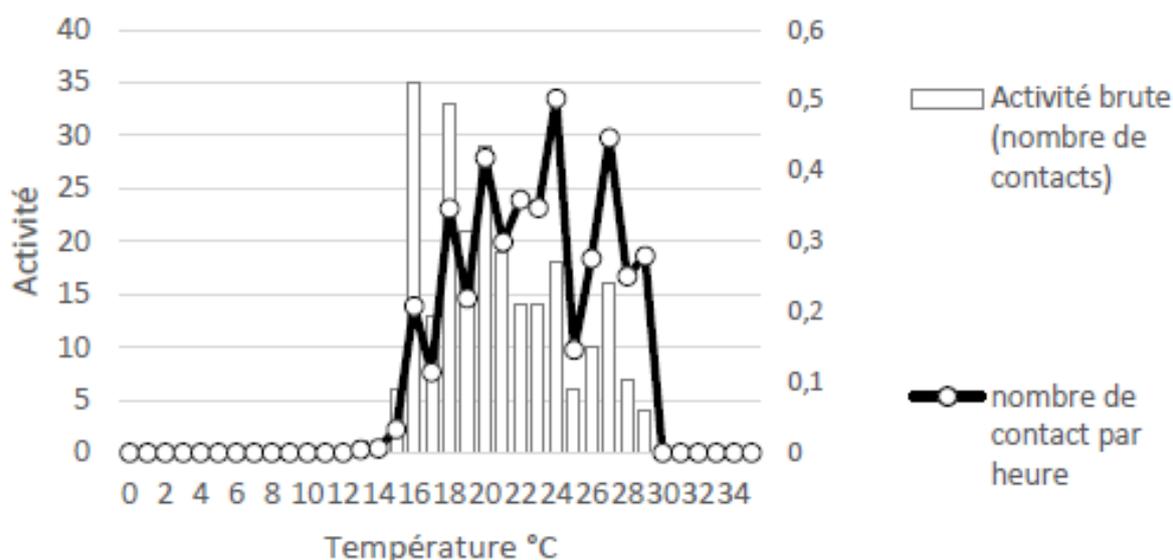


Figure 50 : Activité des chauves-souris en fonction de la température mesurée sur un parc en Belgique (Sens of Life, 2016)

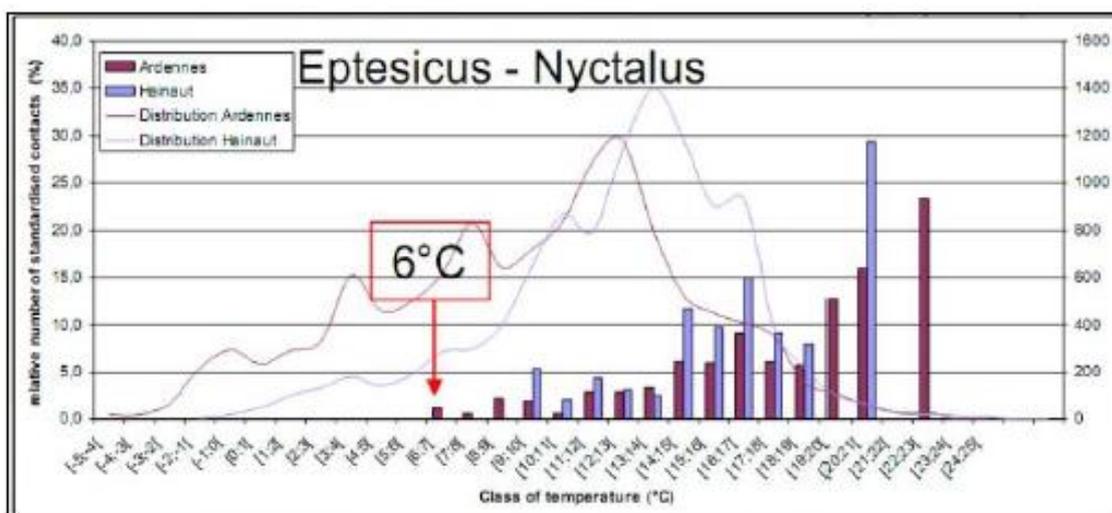


Figure 51 : Activité des chiroptères en fonction de la température (Joiris, 2012<sup>7</sup>, issu de Heitz & Jung, 2016)

Ce dernier graphique révèle notamment la très forte proportion de sérotines et de noctules volant à des températures supérieures à 12 °C (environ 93 % de l'activité).

Sur la période étudiée, une majorité du nombre total de contacts est obtenu par des températures supérieures à 17 °C. Cette tendance peut s'expliquer par la rareté des proies lorsque les températures sont trop basses. Afin, **de préserver au mieux les chiroptères, le seuil de redémarrage est programmé pour les températures inférieures à 15 °C pour le mois de juillet, 17 °C pour le mois de août et 15 °C pour le mois de septembre et inférieures à 10 °C du 1<sup>er</sup> au 15 octobre.**

<sup>7</sup> Joiris E., 2012. High altitude bat monitoring. Preliminary results Hainaut & Ardennes. CSD Ingénieurs, 69p.

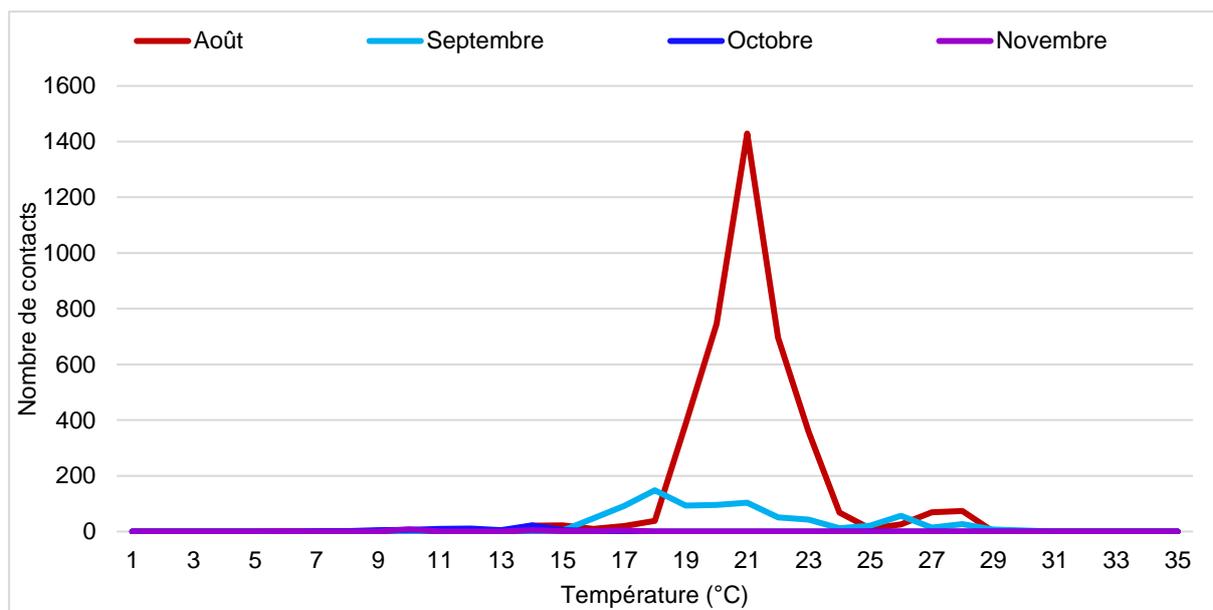


Figure 52 : Activité des chiroptères sur le parc de Coulanges en fonction de la température et de la saison

Si l'arrêt des aérogénérateurs est, par défaut, restrictif, leur redémarrage pourra être effectué sous l'une ou l'autre des conditions climatiques défavorables à l'activité chiroptérologique. La définition de ces critères est fondée sur l'analyse bibliographique et les résultats de suivi sur site. On notera que les périodes les plus restrictives pour la rotation des pales, correspondent aux phases d'été et de transit automnal. Ce choix est notamment soutenu par la bibliographie et le contexte plutôt bocager du site. En effet, selon une étude réalisée en Allemagne (Dürr, 2003), une majorité de cadavres a été découverte lors de la dispersion des colonies de reproduction, de la fréquentation des gîtes de transit et d'accouplement, ainsi que lors de la migration automnale. Cela peut s'expliquer par le fait que la migration automnale a généralement lieu sur une période plus étalée que la migration printanière, en raison des nombreuses pauses destinées à se réapprovisionner et à s'accoupler. Furmankiewicz et Kucharska (2009) soulignent d'ailleurs un retour rapide aux gîtes estivaux après la phase d'hibernation. Selon ces auteurs, une autre raison pourrait être que la hauteur de vol des chiroptères en migration serait inférieure en automne par rapport au printemps.

#### Modalités de programmation

**Rappelons que l'arrêt est effectif lorsque les paramètres ci-dessous sont concomitants.**

Ainsi, par exemple, durant le mois d'août, les éoliennes seront arrêtées durant toute la nuit (du coucher du soleil à une heure après le lever du soleil) pour une température supérieure à 17 °C et un vent inférieur à 7 m/s mais pourront être redémarrées si la vitesse de vent est supérieure à 7 m/s à hauteur de moyeu.

Le tableau suivant présente la programmation adaptée aux mesures réalisées en hauteur sur la nacelle d'éolienne et des données bibliographiques du 1<sup>er</sup> juillet au 15 octobre.

Période	Dates	Modalité d'arrêt		Modalités de redémarrage
Cycle actif des chauves-souris	Juillet	Du coucher du soleil à une heure après le lever du soleil	Vitesse de vent (à hauteur de moyeu) inférieure à <b>6 m/s</b>	Température de l'air inférieure à 15 °C
	Août		Vitesse de vent (à hauteur de moyeu) inférieure à <b>7 m/s</b>	Température de l'air inférieure à 17 °C
	Septembre		Vitesse de vent (à hauteur de moyeu) inférieure à <b>6 m/s</b>	Température de l'air inférieure à 15 °C
	Octobre	Les 4 premières heures après le coucher du soleil	Vitesse de vent (à hauteur de moyeu) inférieure à <b>6 m/s</b>	Température de l'air inférieure à 10 °C
Du 16 octobre au 30 juin		Pas d'arrêt préventif		

Tableau 26 : Modalités de la programmation préventive du fonctionnement des six éoliennes en fonction de l'activité chiroptérologique

#### Proportion d'activité chiroptérologique couverte par la mesure

Le graphique suivant illustre les pourcentages d'activité chiroptérologique cumulée mensuelle couverts par la programmation préventive mise en place sur ce projet.

**Sur la période étudiée (d'août à novembre), cette programmation couvre 88,2 % de l'activité des chauves-souris enregistrée sur le site.**

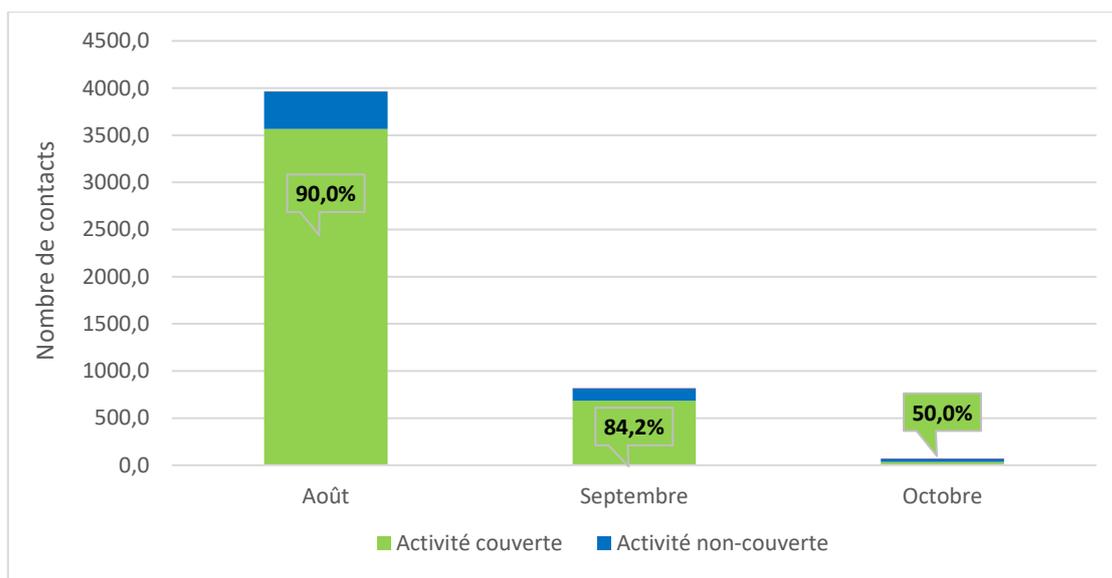


Figure 53 : Proportion d'activité chiroptérologique couverte par la programmation

**Modalités de suivi de la mesure :** Suivi de mortalité et de comportement acoustique en nacelle

**Responsable :** Maître d'ouvrage / Écologue

## 5.2 Mesures correctrices proposées pour réduire l'incidence sur l'avifaune

**Aucune incidence significative sur l'avifaune n'ayant été constatée durant la première année de suivi, aucune mesure spécifique n'est préconisée.**

# Table des illustrations

## Figures

Figure 1 : Dispositif installé dans la nacelle d'éolienne (copyright : B.A.T.).....	18
Figure 2 : Indices de confiance établis par Sonochiro® et risques d'erreurs associés .....	19
Figure 3 : Disque micro (premier plan), disque antenne et sonde (deuxième plan).....	21
Figure 4 : BATmode et système d'alimentation à l'intérieur de la BATbox .....	21
Figure 5 : Schéma de parcours théorique au pied d'une éolienne.....	25
Figure 6 : Tableau de synthèse des enjeux et des sensibilités chiroptérologiques (Envol Environnement, 2016) .....	37
Figure 7 : Espèces sensibles au risque de collision et synthèse des enjeux (Envol Environnement, 2016).....	38
Figure 8 : Répartition des contacts par espèce ou groupe d'espèces sur le parc éolien de Coulanges .....	40
Figure 9 : Répartition du nombre de contacts par nuit.....	41
Figure 10 : Répartition des contacts par espèce et par mois sur l'ensemble de la période d'étude .....	42
Figure 11 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien .....	44
Figure 12 : Activité des chiroptères en fonction de la température .....	46
Figure 13 : Activité des chiroptères en fonction de la température par mois .....	47
Figure 14 : Activité des chiroptères en fonction de la température par mois (hors mois d'août).....	47
Figure 15 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent .....	48
Figure 16 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent par mois.....	49
Figure 17 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent par mois (hors mois d'août) .....	49
Figure 18 : Indice de vulnérabilité de l'état de conservation des espèces (Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, 2015) .....	60
Figure 19 : Proportions des cas de collision avec les éoliennes en fonction des ordres, en France et en Europe (d'après Dürr, 2020) .....	62
Figure 20 : Espèces à enjeu et sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2016 (Envol Environnement) .....	63
Figure 21 : Mortalité brute observée durant le suivi sur l'ensemble du parc en fonction de chaque espèce .....	64
Figure 22 : Mortalité brute par éolienne par sortie en fonction des parcs retenus pour comparaison (LPO, 2017) .....	65
Figure 23 : Mortalité estimée par éolienne par an en fonction des parcs retenus pour comparaison (sources des données des parcs comparés : LPO, 2017) .....	67
Figure 24 : Proportions des cas de collision avec les éoliennes en fonction du groupe taxonomique sur le parc de Coulanges en 2020, ainsi qu'en France et en Europe (Dürr, 2020).....	68
Figure 25 : Mortalité brute observée sur le parc en fonction de chaque mois suivi .....	69
Figure 26 : Mortalité estimée par sortie sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique .....	70
Figure 27 : Mortalité estimée par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi.....	72
Figure 28 : Mortalité brute en fonction de chaque espèce, recensée par éolienne .....	73
Figure 29 : Périodes biologiques de découverte des individus, par éolienne .....	73
Figure 30 : « Indice de vulnérabilité de l'état de conservation des espèces » (Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, novembre 2015).....	79
Figure 31 : Proportions des cas de collision avec les éoliennes en fonction des espèces, en France et en Europe (espèces représentant plus de 1% des cas de mortalité en Europe, d'après Dürr, 2020) .....	80
Figure 32 : Espèces à enjeu et sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2016 (Envol Environnement) .....	81
Figure 33 : Mortalité brute par éolienne et par sortie en fonction des parcs retenus pour comparaison (sources des données des parcs comparés : Écosphère, 2016, complété en 2017) .....	84
Figure 34 : Mortalité estimée par éolienne par an en fonction des parcs retenus pour comparaison (sources des données des parcs comparés : Écosphère, 2016, complété en 2017) .....	87
Figure 35 : Proportions des cas de collision avec les éoliennes en fonction de l'espèce de chauve-souris en France, en Europe et sur le parc (Dürr, 2020) .....	88
Figure 36 : Mortalité brute observée sur le parc en fonction de chaque mois .....	89
Figure 37 : Mortalité brute observée sur le parc en fonction de chaque mois .....	89
Figure 38 : Mortalité estimée par sortie sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique .....	90

Figure 39 : Mortalité brute en fonction des espèces et des périodes biologiques concernées .....	91
Figure 40 : Mortalité estimée par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi.....	93
Figure 41 : Mortalité brute en fonction de chaque espèce, recensée par éolienne .....	94
Figure 42 : Mortalité brute en fonction de chaque période biologique, recensée par éolienne .....	94
Figure 43 : Évolution mensuelle de la mortalité de chauves-souris sur le site de Bouin (Dulac, 2008) .....	105
Figure 44 : Mortalité des chiroptères en fonction du mois en Allemagne (Dubourg-Savage et al., 2009) .....	105
Figure 45 : Mortalité brute observée sur le parc de Brinay en fonction de chaque mois .....	106
Figure 46 : Nombre de contacts par espèce et par mois .....	106
Figure 47 : Activité des chiroptères en fonction de l'heure de coucher du soleil et de la saison .....	108
Figure 48 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent mesurée sur un parc éolien en Belgique (Sens of Life, 2016) .....	109
Figure 49 : Activité des chiroptères sur le parc de Coulanges en fonction de la vitesse de vent et des mois .....	110
Figure 50 : Activité des chauves-souris en fonction de la température mesurée sur un parc en Belgique (Sens of Life, 2016).....	111
Figure 51 : Activité des chiroptères en fonction de la température (Joiris, 2012, issu de Heitz & Jung, 2016)....	111
Figure 52 : Activité des chiroptères sur le parc de Coulanges en fonction de la température et de la saison .....	112
Figure 53 : Proportion d'activité chiroptérologique couverte par la programmation .....	113

## Tableaux

Tableau 1 : Dates et conditions météorologiques des inventaires du milieu naturel.....	22
Tableau 2 : Paramètres des tests de d'efficacité effectués sur l'année de suivi .....	27
Tableau 3 : Répartition du nombre de contacts par espèce et par éolienne.....	39
Tableau 4 : Répartition du nombre de contacts par mois .....	43
Tableau 5 : Espèces inventoriées en fonction des études menées sur le site.....	51
Tableau 6 : Résultats des tests de détection.....	57
Tableau 7 : Résultats des tests de persistance .....	57
Tableau 8 : Synthèse des surfaces prospectées et des facteurs de correction surfacique associés .....	58
Tableau 9 : Cause de mortalité des oiseaux (Guide de l'étude d'impact des parcs éoliens 2010, d'après les données issues de la LPO, AMBE) .....	59
Tableau 10 : Comparaison de la mortalité brute entre le parc de Coulanges et d'autres parcs en France (sources des données des parcs comparés : LPO, 2017).....	65
Tableau 11 : Estimation de la mortalité avifaune du parc éolien sur la période suivie selon différentes méthodes.....	66
Tableau 12 : Estimation de la mortalité et extrapolation sur l'année sur le parc de Coulanges .....	66
Tableau 13 : Comparaison des mortalités estimées entre le parc de Coulanges et d'autres parcs en France (sources des données des parcs comparés : LPO, 2017).....	67
Tableau 14 : Mortalité estimée par sortie sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique .....	69
Tableau 15 : Estimation de la mortalité par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi .....	72
Tableau 16 : Précisions sur chaque individu découvert.....	74
Tableau 17 : Statuts des différentes espèces impactées et nombre de collision observées .....	75
Tableau 18 : Comparaison de la mortalité brute entre le parc de Coulanges et d'autres parcs en France (sources des données des parcs comparés : Écosphère, 2016, complété en 2017) .....	83
Tableau 19 : Estimation de la mortalité des chiroptères du parc éolien sur la période suivie selon différentes méthodes.....	85
Tableau 20 : Équivalence de l'estimation de la mortalité par éolienne et extrapolation sur l'année sur le parc de Coulanges .....	85
Tableau 21 : Comparaison des mortalités estimées entre le parc de Coulanges et d'autres parcs en France (sources des données des parcs comparés : Écosphère, 2016, complété en 2017).....	86
Tableau 22 : Mortalité estimée par sortie sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique .....	90
Tableau 23 : Mortalité estimée par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi .....	93
Tableau 24 : Précisions sur chaque individu découvert.....	95
Tableau 25 : Statuts des différentes espèces impactées et nombre de collision observées .....	97
Tableau 26 : Modalités de la programmation préventive du fonctionnement des six éoliennes en fonction de l'activité chiroptérologique .....	113

## Cartes

Carte 1 : Localisation du parc éolien de Coulanges .....	10
Carte 2 : Localisation du parc éolien de Coulanges sur photographie aérienne .....	11
Carte 3 : Localisation du dispositif Batmode S .....	20
Carte 4 : Nombre de cadavres d'oiseaux trouvés par éolienne .....	71
Carte 5 : Nombre de cadavres de chiroptères trouvés par éolienne.....	92

# Annexes

## Annexe 1 : Fiche de données remplie à chaque sortie mortalité

Date	Observateur	Parc éolien	Heure début	Heure fin	Température	Temps	Vent	Eol. en marche (O/N)	Orientation éolienne	Autres remarques :		
Notes météo jours précédents :												
Type (O/C)	N°	Espèce	Sexe	Age	Point GPS		Etat sex	Mesure AB	Etat cadavre	Blessure	Codes photos	Végétation
					X	Y						
Remarque :												
Remarque :												
Remarque :												
Remarque :												
Remarque :												

Age : Adulte (Ad) ; immature (Im) ; juvénile (Juv)  
 Etat sex : Post-lactante (PL= tétines visibles); Epididymes et/ou gonades gonflées (EG/GG); Non reproductrice (NR); Epididymes/gonadess non gonflées (ENG/GNG)  
 Etat cadavre : Frais (F); Avancé (AV); Décomposé (D&C); Sec (S)



**Annexe 3 : Sorties mortalité réalisées en 2020**

Chercheurs	Période biologique avifaune	Période biologique chiroptère	Date	Heure début	Heure fin	Température	Météo	Vent		
Armel TREMION	Migrations prénuptiales (1er mars - 1er mai)	Transits printaniers (15 mars - 15 mai)	20/04/2020	10:30	14:30	17°C	Ciel voilé	0 km/h		
Armel TREMION			28/04/2020	10:30	14:30	15°C	Nuageux	50 km/h		
Armel TREMION	06/05/2020		14:00	17:30	23°C	Nuageux	0 km/h			
Armel TREMION	13/05/2020		12:00	16:00	15°C	Dégagé	30 km/h			
Armel TREMION	Nidification (1er mai - 1er septembre)	Mise-bas / Élevage des jeunes (15 mai - 15 août)	22/05/2020	14:00	18:00	27°C	Ciel voilé	30 km/h		
Armel TREMION			29/05/2020	17:00	20:00	28°C	Dégagé	40 km/h		
Armel TREMION			09/06/2020	11:30	14:00	16°C	Nuageux	20 km/h		
Armel TREMION			15/06/2020	13:00	16:00	19°C	Nuageux	20 km/h		
Armel TREMION			24/06/2020	15:00	17:30	24°C	Dégagé	20 km/h		
Armel TREMION			02/07/2020	12:00	15:00	20°C	Nuageux	20 km/h		
Armel TREMION			10/07/2020	10:00	12:30	19°C	Nuageux	25 km/h		
Armel TREMION			15/07/2020	17:15	18:30	22°C	Nuageux	0 km/h		
Armel TREMION			20/07/2020	12:30	14:30	29°C	Dégagé	40 km/h		
Armel TREMION			28/07/2020	09:45	12:15	19°C	Nuageux	20 km/h		
Armel TREMION			05/08/2020	11:30	13:45	25°C	Dégagé	20 km/h		
Armel TREMION			13/08/2020	09:30	11:30	19°C	Pluie	20 km/h		
Armel TREMION			Migrations postnuptiales (1er septembre - 1er décembre)	Transits automnaux / Swarming (15 août - 15 novembre)	21/08/2020	12:30	14:30	20°C	Nuageux	10 km/h
Armel TREMION					31/08/2020	12:30	14:40	18°C	Nuageux	20 km/h
Armel TREMION					07/09/2020	16:00	18:30	24°C	Dégagé	30 km/h
Armel TREMION					15/09/2020	10:45	13:15	27°C	Dégagé	10 km/h
Armel TREMION	24/09/2020	10:00			14:00	13°C	Nuageux	20 km/h		
Armel TREMION	01/10/2020	12:00			15:00	14°C	Nuageux	30 km/h		
Benoît LESAGE	12/10/2020	13:40			16:15	12°C	Nuageux	5 km/h		
Benoît LESAGE	19/10/2020	13:20	16:10	16°C	Dégagé	10 km/h				

**Annexe 4 : Cadavres d'oiseaux et de chiroptères recensés**

N° cadavre	Date	Espèce	Éolienne	Orientation par rapport à l'éolienne	Distance à l'éolienne (m)	Statut	État du cadavre	Âge	Blessure
1	28/04/2020	Sérotine commune	E3	S	5	Transits printaniers	Frais	-	-
2	28/04/2020	Alouette des champs	E4	NE	30	Migrations prénuptiales	Frais	Adulte	Aile et épaule blessées
3	28/04/2020	Alouette des champs	E4	N	35	Migrations prénuptiales	-	-	Corps disloqué
4	29/05/2020	Pipistrelle de Kuhl	E4	SO	25	Mise-bas / Élevage des jeunes	Frais	-	-
5	02/07/2020	Pipistrelle de Kuhl	E1	N	1	Mise-bas / Élevage des jeunes	Frais	-	Blessure au corps
6	02/07/2020	Pipistrelle de Kuhl	E2	N	45	Mise-bas / Élevage des jeunes	Frais	-	Blessure au corps
7	28/07/2020	Pipistrelle de Kuhl	E1	N	15	Mise-bas / Élevage des jeunes	Frais	-	Aile déchirée
8	28/07/2020	Pipistrelle sp.	E2	N	35	Mise-bas / Élevage des jeunes	Décomposé	-	-
9	21/08/2020	Pipistrelle de Kuhl	E1	N	5	Transits automnaux / Swarming	Frais	-	Blessure au corps
10	21/08/2020	Noctule de Leisler	E1	N	15	Transits automnaux / Swarming	Frais	-	-
11	21/08/2020	Noctule commune	E1	N	20	Transits automnaux / Swarming	Frais	-	-
12	21/08/2020	Chiroptère sp.	E4	NE	10	Transits automnaux / Swarming	Frais	-	Corps disloqué
13	15/09/2020	Pouillot fitis	E4	E	10	Migrations postnuptiales	Frais	1 <sup>è</sup> année	Épaule brisée
14	19/10/2020	Roitelet à triple bandeau	E3	S	4	Migrations postnuptiales	Décomposé	Adulte	Corps disloqué

**Annexe 5 : Cas de collision avec des chiroptères recensés en France et en Europe au 23 novembre 2020 (d'après Dürr, 2020)**

Espèces	France	Europe
Chiroptère sp.	439	1 096
Pipistrelle sp.	305	741
Pipistrelle de Nathusius	276	1 617
Pipistrelle de Kuhl	219	469
Pipistrelle pygmée	176	449
Noctule de Leisler	153	719
Noctule commune	104	1 558
Vespère de Savi	57	344
Pipistrelle commune/pygmée	40	412
Sérotine commune	34	123
Pipistrelle commune	1 012	2 431
Sérotine bicolore	11	215
Grande Noctule	10	41
Minioptère de Schreiber	7	13
Barbastelle d'Europe	4	6
Grand Murin	3	7
Murin à oreilles échancrées	3	5
Molosse de Cestoni	2	84
Noctule sp.	1	22
Petit Murin	1	7
Murin de Daubenton	1	11
Murin de Bechstein	1	1
Murin à moustaches	1	5
Murin sp.	1	10
Sérotine Isabelle	0	120
Sérotine commune/méridionale	0	115
Sérotine de Nilsson	0	45
Murin des marais	0	3
Murin de Natterer	0	3
Murin de Brandt	0	2
Oreillard gris	0	9
Oreillard roux	0	8
Grand Rhinolophe	0	1
Rhinolophe de Mehely	0	1
Rhinolophe sp.	0	1

**Annexe 6 : Cas de collision avec l'avifaune recensés en France et en Europe au 23 novembre 2020 (d'après Dürr, 2020)**

Ordre	France	Europe
Passeriformes	668	4 722
Falconiformes	173	813
Accipitriformes	170	4 455
Apodiformes	123	452
Charadriiformes	123	2835
Columbiformes	106	648
Galliformes	60	586
Anseriformes	13	575
Strigiformes	11	114
Pelecaniformes	7	158
Suliformes	4	21
Coraciiformes	3	14
Gruiformes	3	93
Piciformes	2	19
Ciconiiformes	2	161
Inconnu	1	7
Gaviiformes	0	1
Psittaciformes	0	1
Caprimulgiformes	0	2
Podicipediformes	0	3
Procellariiformes	0	3
Pterocliiformes	0	6
Bucerotiformes	0	9
Cuculiformes	0	16

## Bibliographie

- Actes du séminaire citoyen Lucéole (2012). Coexistence Milan royal et parc éolien – pour une compréhension ouverte d'un problème complexe.
- Albouy, S., Dubois, Y. & Picq, H. 2001. Suivi ornithologique des parcs éoliens du plateau de Garrigue-Haute (Aude). Rapport final, octobre 2001. ABIES/LPO Aude/ADEME, Gardouch – Gruissan. 56 p + annexes.
- Alcalde, J.T. (2003): Impacto de los parques eólicos sobre las poblaciones de murciélagos. *Barbastella* 2: 3-6.
- Ahlén, I. (1997): Migratory behaviour of bats at south Swedish coasts. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 62: 375-380.
- Ahlén, I. (2002): Fladdermöss och fåglar dödade av vindkraftverk. *Fauna och Flora* 97 (3): 14-22.
- Alhen I Bach L. Baagoe H.J. & Pettersson J. 2007. Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia. The Swedish Environmental Protection Agency, Report 5571.
- Amorim F. Rebelo H. Rodrigues L. 2012. Factors influencing bat activity and mortality at a wind farm in the Mediterranean region. *Acta Chiropterologica* 14(2): 439-457.
- André, Y. (2005): Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. LPO, Rochefort, 21 pages.
- Arnett, E.B., technical editor (2005): Relationships between Bats and Wind Turbines in Pennsylvania and West Virginia: an Assessment of Fatality Search Protocols, Pattern of Fatality, and Behavioral Interactions with Wind Turbines. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA. 187 pp.
- Arnett E.B. Barclay R.M.R & Hein C.D. 2013a. Thresholds for bats killed by wind turbines. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11: 171–171. doi:10.1890/15409295-11.4.171 & 2013a.
- Arnett E.B. Huso M.M.P. Reynolds D.S. & Schirmacher M. 2007. Patterns of preconstruction bat activity at a proposed wind facility in northwest Massachusetts. An annual report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA. 35 p.
- Arnett, E.B., M.M.P. Huso, J.P. Hayes & M. Schirmacher (2010): Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International, Austin, Texas, USA.
- Arnett E.B. Huso M.M.P. Schirmacher M. & Hayes J.P. 2011. Altering turbine speed reduces bat mortality at wind-energy facilities. *Front Ecol. Environ.* 2011, 9(4): 209– 214.
- Arnett, E.B., G.D. Johnson, W.P. Erickson & C.D. Hein (2013c): A synthesis of operational mitigation studies to reduce bat fatalities at wind energy facilities in North America. A report submitted to the National Renewable Energy Laboratory. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA.
- Arnett, E.B., C.D. Hein, M.R. Schirmacher, M.M.P. Huso & J.M. Szewczak (2013b): Evaluating the Effectiveness of an Ultrasonic Acoustic Deterrent for Reducing Bat Fatalities at Wind Turbines. *PLoS ONE* 8(6): e65794.
- Arnett E.B. Brown W.K. Erickson W.P. Fiedler J. Hamilton B.L. Henry T.H. Jain A. Johnson G.D. Kerns J. Koford R.R. Nicholson C.P. O'Connell T. Piorkowski M. & Ta,kersley R. 2008. Patterns of fatality of bats at wind energy facilities in North America. *Journal of Wildlife Management* 72: in press.
- Arnett, E.B., Baerwald, E.F., Mathews, F., Rodrigues, L., Rodriguez-Durán, A., Rydell, J., Villegas-

- Patraca, R. & Voigt, C. (2016) Impacts of wind energy development on bats: a global perspective. *Bats in the Anthropocene: conservation of bats in a changing world* (C. Voigt and T. Kingston, eds.) pp. 295–323. Springer International Publishing AG, Cham, Switzerland.
- Arthur L. & Lemaire M. 2015. *Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse*. Deuxième édition. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris ; Biotope, Mèze, 544 p. (Hors collection ; 38).
- Aulagnier S. 2005. France. in : R. Hutterer, T. Ivanova, C. Meyer-Cords & L. Rodrigues : *Bat migrations in Europe. A review of banding data and literature*. *Natursch. Biol. Vielf.*, 28 : 41-43.
- AVES environnement & GCP. 2010. Étude de la mortalité des Chiroptères. Parc éolien du Mas de Leuze, commune de Saint-Martin-de-Crau (13), 17/03-27/11 2009. 38 p.
- Bach, L. (2002): Auswirkungen von Windenergieanlagen auf das Verhalten und die Raumnutzungen von Fledermäusen am Beispiel des Windparks „Hohe Geest“, Midlum - Endbericht. – unpubl. report for Instituts für angewandte Biologie, Freiburg/Niederelbe: 46 pp.
- Bach L. & Niermann I. 2011 & 2013. Monitoring der Fledermausaktivität im Windpark Langwedel – Bericht 2012 – Überprüfung des Abschalt algorithmus. Unpubl.report to PNE Wind AG, 28 pages.
- Bach, P., L. Bach, K. Eckschmitt, K. Frey & U. Gerhardt (2013b): Bat fatalities at different wind facilities in northwest Germany. Poster at CWE2013, Stockholm, 5-7 February 2013 (Naturvardsverket rapport 6546:117) and 3rd International Bat Meeting, Berlin, 1-3 March 2013.
- Baerwald E.F. Barclay R.M.R. 2011. Patterns of activity and fatality of migratory bats at a wind energy facility in Alberta, Canada. *The Journal of Wildlife Management* 75: 1103-1114.
- Baerwald, E.F., G.H. D'Amours, B.J. Klug & R.M.R. Barclay (2008): Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Current Biology* 18 (16): pR 695696.
- Barataud M. & Giosa S. 2012. Biodiversité des chiroptères et gestions forestières en Limousin : rapport. Groupe Mamm. Herpéto. Limousin, Limoges, 32 p.
- Barclay R.M.R. 1991. Population Structure of Temperate Zone Insectivorous Bats in Relation to Foraging Behaviour and Energy Demand. *Journal of Animal Ecology* 60 (1): 165-178.
- Barclay RMR, Baerwald EF, Gruver JC (2007). Variation in bat and bird fatalities at wind energy facilities : assessing the effects of rotor size and tower height.
- Barre, K., L., Le Viol, I., Bas, Y., Julliard, R. & Kerbiriou, C. (2018) Estimating habitat loss due to wind turbine avoidance by bats: implications for European siting guidance. *Biological Conservation*, 226, 205–214.
- Barrios L *et al.* (2004). Behavioral and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines.
- Bas, Y., A. Haquart, J. Tranchard & H. Lagrange (2014): Suivi annuel continu de l'activité des chiroptères sur 10 mâts de mesure: évaluation des facteurs de risque lié à l'éolien. *Symbioses, Actes des 14èmes Rencontres Nationales Chauves-souris de la SFEPM*, Bourges mars 2012, 32: 83-87.
- Bastos, R., M. Santos & J.A. Cabral (2013): A new stochastic dynamic tool to improve the accuracy of mortality estimates for bats killed at wind farms. *Ecological Indicators*, 34: 428–440.
- Bauer K. 1960. Die Säugetiere des Neusiedlersee-Gebietes (Österreich), Bonn. *Zool. Beitr.* 11(2-4): 141-344.
- Behr, O. & O. von Helversen (2005): Gutachten zur Beeinträchtigung im freien Luftraum jagender und ziehender Fledermäuse durch bestehende Windkraftanlagen. *Wirkungskontrolle zum Windpark*

- "Roßkopf" (Freiburg i. Br.). - Unpubl. report: 37 pp + maps.
- Behr, O. & O. von Helversen (2006): Gutachten zur Beeinträchtigung im freien Luftraum jagender und ziehender Fledermäuse durch bestehende Windkraftanlagen – Wirkungskontrolle zum Windpark „Roßkopf“ (Freiburg i. Br.) im Jahre 2005. Unpubl. report for 2005 on behalf of Regiowind GmbH & Co. KG Freiburg, 32 pages + maps.
- Behr O., Brinkmann R., Niermann I. & Korner-Nievergelt F. 2011. Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen. In: Brinkmann, R., Behr, O., Niermann, I. & M. Reich, (Hrsg.): Entwicklung
- Bernardino J., R. Bispo, H. Costa & M. Mascarenhas (2013): Estimating bird and bat fatalities at wind farms: a practical overview of estimators, their assumptions and limitations. *New Zealand Journal of Zoology* 40 (1): 63-74.
- Bernardino, J., R. Bispo, R. Rebelo, M. Mascarenhas & H. Costa (2011): Enhancing carcass removal trials at three wind energy facilities in Portugal. *Wildl. Biol. Pract.* 7(2): 1-14.
- Beucher, Y., V. Kelm, F. Albespy, M. Geyelin, L. Nazon & D. Pick (2013): Parc éolien de Castelnaud-Pegayrols (12): Suivi pluriannuel des impacts sur les chauves-souris. Bilan des campagnes des 2ème, 3ème et 4ème années d'exploitation (2009-2001), 111 pages
- Bispo, R., G. Palminha, J. Bernardino, T. Marques, & D. Pestana (2010): A new statistical method and a web-based application for the evaluation of the scavenging removal correction factor. *Proceedings of the VIII Wind Wildlife Research Meeting, Denver, USA.*
- Brinkmann, R., H. Schauer-Weisshahn & F. Bontadina (2006): Survey of possible operational impacts on bats by wind facilities in Southern Germany. Final report submitted by the Administrative District of Freiburg, Department of Conservation and Landscape management and supported by the foundation Naturschutzfonds
- Brinkmann, R., O. Behr, I. Niermann & M. Reich (ed.) (2011): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. *Umwelt und Raum* 4, 457 pages
- Camina, A. (2012): Bat fatalities at wind farms in northern Spain – lessons to be learned. *Acta Chiropterologica* 14(1): 205-212
- Collins J. & Jones G. 2009. Differences in bat activity in relation to bat detector height: implications for bat surveys at proposed windfarm sites. *Acta Chiropterol.*, 11(2): 343-350.
- Cornelis N, Strehler-Perrin C, Balsiger L et al. (2016). Évaluation des impacts résiduels cumulés des éoliennes du Jura vaudois et des régions limitrophes sur la faune ailée.
- Cornut, J. & S. Vincent (2010a): Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes. GCRA & LPO Drôme, 42 pages
- Cornut, J. & S. Vincent (2010b): Suivi de la mortalité de chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes. *Le Bièvre* 24: 51-57. Disponible sur : <http://coraregion.free.fr/images/bievre/bievre24.pdf>
- Cryan P.M. Gorrens P.M. Hein C.D. Schirmacher M.R. Diehl R.H. Huso M.M. Hayman D.T.S. Fricker P.D. Bonaccorso F.J. Johnson D.H. Hesit. H. & Dalton D.C. 2014. Behavior of bats at wind turbines. *PNAS*. doi: 10.1073/pnas.1406672111
- De Lucas M *et al.*, (2008). Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance.
- Dechmann, D.K.N., Wikelski, M., Ellis-Soto, D., Safi, K. & O'Mara, M.T. (2017) Determinants of spring

- migration departure decision in a bat. *Biology letters*, 13, 20170395.
- Dietz C. Von Helversen O. & Nill D. 2009. L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord : Biologie, caractéristiques, protection. Delachaux et Niestlé, Paris, France. 400 p.
- Drewitt AL et al. (2006). Assessing the impacts of wind farms on birds. (p14).
- Dubourg-Savage M.-J., Bach L. & Rodrigues L., 2009, Bat mortality in wind farms in Europe. 1st International Symposium on Bat Migration, Berlin, pp.16-18
- Dubourg-Savage, M.J., L. Rodrigues, H. Santos, P. Georgiakakis, E. Papadatou, L. Bach & J. Rydell (2011): Pattern of bat fatalities at wind turbines in Europe: comparing north and south. Conference on Wind energy and Wildlife impacts, 2-5 May 2011, Trondheim, Norway, NINA Report 693. Proceedings, poster abstract: 124
- Dulac, P. (2008): Évaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan de 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
- Dürr, T. (2001): Fledermäuse als Opfer von Windkraftanlagen. – Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 10: 182.
- Dürr, T. 2007. Möglichkeiten zur Reduzierung von Fledermausverlusten an Windenergieanlagen in Brandenburg. *Nyctalus (N.F.)* 12 (2-3): 238-252
- Dürr, T. & L. Bach (2004): Fledermäuse als Schlagopfer von Windenergieanlagen - Stand der Erfahrungen mit Einblick in die bundesweite Fundkartei. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz Band 7*: 253-264
- Écosphère, (2016). Impact de l'activité éolienne sur les populations de chiroptères : enjeux et solutions » (Écosphère, 2016, complété en 2017).
- Ecosphere, Roue S, Thauront M, Jung, 2013. Suivis de mortalité : Protocoles, abaques, optimisation des fréquences de passage et collecte nationale de données.
- Endl, P., U. Engelhart, K. Seiche, S. Teufert & H. Trapp (2005): Untersuchungen zum Verhalten von Fledermäusen und Vögeln an ausgewählten Windkraftanlagen im Landkreis Bautzen, Kamenz, Löbau-Zittau, Niederschlesischer Oberlausitzkreis, Stadt Görlitz Freistaat Sachsen. Unpubl. report for Staatliches Umweltfachamt Bautzen: 135 pp.
- Erickson, W. P. et al. 2004. Stateline wind project wildlife monitoring final report, July 2001 — December 2003. — Tech. Rep. peer-reviewed by and submitted to FPL Energy, the Oregon Energy Facility Siting Council, and the Stateline Technical Advisory Committee.
- Erickson et al. 2011. Avian and bat mortality associated with the Vansycle Wind Project, Umatilla County, Oregon: 1999 study year. WEST, Inc. for Umatilla County Department of Resource Services and Development, Pendleton, Oregon. 21 p.
- Erickson WP, Johnson GD, Strickland DM, Young DP Jr., Sernka KJ, Good RE (2001). Avian Collisions with Wind Turbines: A Summary of Existing Studies and Comparisons to Other Sources of Avian Collision Mortality in the United States.
- Erickson WP, Johnson GD, Young DP Jr. (2005). A Summary and Comparison of Bird Mortality from Anthropogenic Causes with an Emphasis on Collisions.
- Erkert H.G. 1982. Ecological aspects of bat activity rhythms, p. 201-242. In: T.H. Kunz (Ed.). *Ecology of bats*. New York, Plenum Press, XVIII+425p.
- Fielding AH et al. (2006). Spatial association as an indicator of the potential for future interactions

- between wind energy developments and golden eagles *Aquila chrysaetos* in Scotland.
- Frick, W.F., Baerwald, E.F., Pollock, J.F., Barclay, R.M.R., Szymanski, J.A., Weller, T.J., Russell, A.L., Loeb, S.C., Medellín, R.A. & McGuire, L.P. (2017) Fatalities at wind turbines may threaten population viability of a migratory bat. *Biological Conservation*, 209, 172–177.
- Fure, A. (2006): Bats and lighting. *The London Naturalist* 85: 1-20.
- Garcia DA, Canavero G, Ardenghi F, Zambon M (2015). Analysis of wind farm effects on the surrounding environment : Assessing population trends of breeding passerines.
- Gelman, A. and Pardoe, I. 2006. Bayesian measures of explained variance and pooling in multilevel (hierarchical) models. — *Technometrics* 48: 241–251.
- Georgiakakis, P. Kret E. Cárcamo B. Doutau B. Kafkaletou-Diez A. Vasilakis D. & Papadatou E. 2012. Bat fatalities at wind farms in north-eastern Greece. *Acta Chiropterologica* 14 (2): 459-468.
- Gerell-Lundberg K. & Gerell R. 1994. The mating behaviour of the pipistrelle and the *Nathusius'* pipistrelle (Chiroptera) - A comparison. *Folia Zoologica* 43 (4): 315-324.
- Grindal, S.D. & R.M. Brigham (1998): Short-term effects of small-scale habitat disturbance on activity by insectivorous bats. *J. Wildl. Manage* 62 (3): 996–1003.
- Grodsky, S.M., M.J. Behr, A. Gendler, D. Drake, B.D. Dieterle, R.J. Rudd & N.L. Walrath (2011): Investigating the causes of death for wind turbine-associated bat fatalities. *Journal of Mammalogy* 92(5): 917–925.
- Groupe Chiroptères de la SFPEM, 2016. – Suivi des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de Chiroptères, Version 2 (février 2016). Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, Paris, 17 pages.
- Grünkorn, T., A. Diederichs, B. Stahl, D. Dörte & G. Nehls (2005): Entwicklung einer Methode zur Abschätzung des Kollisionsrisikos von Vögeln an Windenergie-anlagen. Unpubl. report for Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein: 92 pp.
- Grünkorn T, von Rönn J, Blew J, Nehls G, Weitekamp S, Timmermann H, Reichenbach M, Coppack T (2016). Détermination des taux de collision des oiseaux (y compris rapaces) et principes fondamentaux pour prévoir et évaluer le risque de collision dans la conception des projets éoliens (projet de recherche PROGRESS). (p27).
- Hayes, M.A. (2013): Bats Killed in Large Numbers at United States Wind Energy Facilities. *BioScience* 63(12): 975-979.
- Hayes, M. A., L. A. Hooton, K. L. Gilland, C. Grandgent, R. L. Smith, S. R. Lindsay, J. D. Collins, S. M. Schumacher, P. A. Rabie, J. C. Gruver, and J. Goodrich-Mahoney. (2019) A smart curtailment approach for reducing bat fatalities and curtailment time at wind energy facilities. *Ecological Applications* 00(00):e01881.
- Hedenström A. 2009. Optimal migration strategies in bats. *Journal of Mammalogy*, 90(6):1298–1309, 2009
- Heim, O., Schröder, A., Eccard, J., Jung, K. & Voigt, C.C. (2016) Seasonal activity patterns of European bats above intensively used farmland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 233, 130–139.
- Hensen, von F. (2004): Gedanken und Arbeitshypothesen zur Fledermausverträglichkeit von Windenergieanlagen. *Nyctalus (N.F.)* 9 (5): 427-435.
- Hodos W (2003). Minimization of Motion Smear: Reducing Avian Collisions with Wind Turbines. (p43).
- Horn J.W. Arnett E.B. & Kunz T.H. 2008. Behavioral responses of bats to operating wind turbines. *The*

- Journal of Wildlife Management 72(1): 123-132
- Holzhaider J. & Zahn A. 2001. Bats in the Bavarian Alps : species composition and utilization of higher altitudes in summer. *Z. Säugetierk.*, 66(2) : 144-154.
- Hötker H, Thomsen KM, Jeromin H (2006). Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources: the example of birds and bats. (p65).
- Hull C.L. & Cawthen L. 2013. Bat fatalities at two wind farms in Tasmania, Australia: Bat characteristics, and spatial and temporal patterns. *New Zealand Journal of Zoology* 40(1): 5–15.
- Huso, M.M.P. (2010): An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics*: doi: 10.1002/env.
- Huso, M. *et al.* 2012. Fatality estimator users guide. — US Geological Survey Data Series 729.
- Hutterer R. Ivanova T. Meyer-Cords C. & Rodrigues L. 2005. Bat migrations in Europe. A review of banding data and literature. *Natursch. Biol. Vielf.*, 28 : 3-162 + app.
- Jain, A. *et al.* 2007. Annual report for the Maple Ridge wind power project: post-construction bird and bat fatality study 2006. Final report. — L. Curry & Kerlinger. Syracuse, NY, Curry & Kerlinger, LLC: 53.
- Johnson G.D. Erickson W.P. Strickland M.D. Shepherd M.F. & Shepherd D.A. 2003. Mortality of bats at a Large-scale wind power development at Buffalo Ridge, Minnesota. — *Am. Midl. Nat.* 150: 332-342.
- Jones *et al.* (2009). Altamont Pass Wind Resource Area 48-Hour Search Interval Bird Fatality Study. (p22).
- Kaňuch P. and Krištín A. 2007. Factors influencing bat assemblages in forest parks. *Ekológia (Bratislava)* 24:45–56.
- Kapfer G. & Aron S. 2007. Temporal variation in flight activity, foraging activity and social interactions by bats around a suburban pond. *Lutra*, 50(1) : 9-18.
- Kerns J. Erickson W.P. & Arnett E.B. 2005. Bat and bird fatality at wind energy facilities in Pennsylvania and West Virginia in Relationships between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia: an assessment of fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines, Pour Bat and Wind Energy Cooperative. E.B Arnett, ed. pp. 24-95.
- Körner-Nievergelt, F., Brinkmann R., I. Niermann & O. Behr (2013): Estimating Bat and Bird Mortality Occurring at Wind Energy Turbines from Covariates and Carcass Searches Using Mixture Models. *PLoS ONE* 8 (7): e67997. doi: 10.1371/journal.pone.0067997
- Korner-Nievergelt, F., P. Korner-Nievergelt, O. Behr, I. Niermann, R. Brinkmann & B. Hellriegel (2011): A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildl. Biology* 17 (4): 350-363
- Kronwittter F. 1988. Population structure, habitat use and activity patterns of the Noctule bat, *Nyctalus noctula* Schreb., 1774 (Chiroptera: Vespertilionidae) revealed by radio-tracking. *Myotis*, 26: 23 - 85.
- Krijgsveld KL *et al.* (2009). Collision risk of birds with modern large wind turbines. (p10).
- Krüger T, Garthe S (2001). Flight altitudes of coastal birds in relation to wind direction and speed. (p14).
- Kunz, T.H., Arnett E.B., Erickson W.P., Hoar A.R., Johnson G.D., Larkin R.P., Strickland M.D., R.W. Thresher & M.D. Tuttle (2007). Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs and hypotheses. *Frontiers in Ecology* 5: 315–324.

- Lagrange, H., E. Roussel, A.-L. Ughetto, F. Melki, G. Steinmetz & C. Kerbirou (2011): Chirotech, A Multi-Factorial Mitigation process to reduce Bat fatalities at wind energy facilities. In: Hutson A.M., P.H.C. Lina (eds.): XII European Bat Research Symposium - Programme, abstract, list of participants: 33.
- Lagrange, H., P. Rico, Y. Bas, A.-L. Ughetto, F. Melki & C. Kerbirou (2013): Mitigating bat fatalities from wind-power plants through targeted curtailment: results from 4 years of testing of CHIROTECH®. Presentation at the CWE in Stockholm 5-7 February 2013 and at the 16th International Bat Research Conference, Costa Rica.
- Le Campion T. & Dubos T. 2017. Étude la migration des chauves-souris en Bretagne 2013-2016 : rapport final mai 2017. G.M.B., 52 p.
- Lebreton, J.-D. et al. 1992. Modelling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. — *Ecol. Monogr.* 62: 67–118.
- Lehnert, L.S., Kramer-Schadt, S., Schönborn, S., Lindecke, O., Niermann, I. & Voigt, C.C. (2014) Wind farm facilities in Germany kill noctule bats from near and far. *PLoS ONE*, 9, e103106.
- Limpens H.J.G.A. Boonman, M. Korner-Nievergelt F. Jansen E.A. Van der Valk M. La Haye M.J.J. Dirksen S. & Vreugdenhil S.J. 2013. Wind turbines and bats in the Netherlands - Measuring and predicting. Report 2013. 12, Zoogdierverseniging & Bureau Waardenburg.
- Long, C. V., J.A. Flint & P.A. Lepper (2011): Insect attraction to wind turbines: does colour play a role? *European Journal of Wildlife Research* 57 (2), 323-331.
- Loss SR, Will T, Marra PP (2013). Estimates of bird collision mortality at wind facilities in the contiguous United States. (p9).
- Madders M, Whitfield DP (2006). Upland raptors and the assessment of wind farm impacts. (p14).
- Martin, C.M., Arnett, E.B., Stevens, R.D. & Wallace, M.C. (2017) Reducing bat fatalities at wind facilities while improving the economic efficiency of operational mitigation. *Journal of Mammalogy*, 98, 378–385.
- Marx G., (2017). Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune. Étude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015. Juin 2017, actualisé en septembre 2017, 92 p.
- McAney C.M. & Fairley J.S. 1990. Observations at summer roosts of the lesser horseshoe bat in co clare. *Ir. Nat. J.* 23(1).
- MRNF. 2008. Protocole de suivi des mortalités d'oiseaux de proie et de chiroptères dans le cadre de projets d'implantation d'éoliennes au Québec – 8 janvier 2008. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Secteur Faune Québec. 18 pages.
- Natural England (2007): Disturbance and protected species: understanding and applying the law in England and Wales. Natural England, 24/8/07, 30 pages. Available: [http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140605090108/http://www.naturalengland.org.uk/Images/esisgd\\_tcm6-3774.pdf](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140605090108/http://www.naturalengland.org.uk/Images/esisgd_tcm6-3774.pdf)
- Niermann, I., O. Behr & R. Brinkmann (2007): Methodische Hinweise und Empfehlungen zur Bestimmung von Fledermaus-Schlagopferzahlen an Windenergiestandorten. *Nyctalus (N.F.)* 12 (2-3): 152-162.
- 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. (ed.): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-

- Windenergieanlagen. Umwelt und Raum 4: 40-115
- Norberg U.M. Rayner J.M.V. 1987. Ecological morphology and flight in bats (Mammalia; Chiroptera): wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 316: 335-427.
- Parsons S. & Jones G. 2000. Acoustic identification of twelve species of echolocating bat by discriminant function analysis and artificial neural networks. *J. exp. Biol.* 203: 2641±2656.
- Parsons, K.N., G. Jones, I. Davidson-Watts & F. Greenaway (2003): Swarming of bats at underground sites in Britain - implications for conservation. *Biol. Conservation* 111 (1): 63-70.
- Péron, G., J.E. Hines, J.D. Nichols, W.L. Kendall, K.A. Peters & D.S. Mizrahi (2013) Estimation of bird and bat mortality at wind-power farms with superpopulation models. *Journal of Applied Ecology* 50(4): 902-911.
- Pollock, R. 2007. Recommended formulas for adjusting fatality rates. California guidelines for reducing impacts to birds and bats from wind energy development. Final commission report. C. E. C. a. C. D. o. F. a. Game. — California Energy Commission, Renewables Committee, and Energy Facilities Siting Divisions, and California Dept of Fish and Game, Resources Management and Policy Division, pp. 117–118.
- Rachwald A. 1992. Habitat preference and activity of the noctule bat *Nyctalus noctula* in the Bialowieza Primeval Forest. *Acta Theriol.* 37, 413-422.
- Redell D. Arnett E.B. Hayes J.P. & Huso M. 2006. Patterns of pre-construction bat activity at a proposed wind facility in south-central Wisconsin. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA. 52 p.
- Rico, P. & H. Lagrange (2011): Chirotech, Bilan des tests d'asservissement sur le parc du Ma de Leuze (commune de Saint-Martin-de-Crau, 13) 2011. Rapport Biotope, contrat n°8 pour l'ADEME, 51 pages.
- Rodrigues L. Bach L. Dubourg-Savage M.-J. Goodwin J. & Harbush C. 2008. Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. EUROBATS Publication Series No. 3 (version française). PNUE/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany
- Rodrigues, L. Bach, M.-J. Dubourg-Savage, B.Karapandza, D.Kovac, T.Kervyn, J.Dekker, A.Kepel, P.Bach, J.Collins, C.Harbusch,K.Park, B.Micevski, J.Minderman (2015) Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens – Actualisation 2015. EUROBATS Publication Serie N° 6 (Version française). UNEP/EUROBATS Secrétariat, Bonn, Allemagne, 133p.
- Rollins, K.E., D. K. Meyerholz, G.D. Johnson, A.P. Capparella & S.S. Loew (2012): A Forensic Investigation Into the Etiology of Bat Mortality at a Wind Farm: Barotrauma or Traumatic Injury? *Veterinary Pathology* 49 (2): 362-371
- Russ J.M. 1999a. The bats of Britain and Ireland. Echolocation calls, sound analysis and species identification. Newtown: Alana Books. 102
- Russ J.M. 1999b. The Microchiroptera of Northern Ireland: community composition, habitat associations and ultrasound. Unpubl. PhD thesis, The Queen's University of Belfast
- Rydell J. Bach L. Dubourg-Savage M.-J. Green M. Rodrigues L. & Hedenström A. 2010a. Bat mortality at wind turbines in northwestern Europe. *Acta Chiropterologica* 12(2): 261-274
- Rydell J. Bach L. Dubourg-Savage M.-J. Green M. Rodrigues L. & Hedenström A. 2010b. Mortality of bats at wind turbines links to nocturnal insect migration? *Eur. J. Wildl. Res.*, 56(6) : 823-827.

- Sané, F. (2012): Contrôle de l'impact post-implantation du parc éolien de Lou Paou sur les habitats, l'avifaune et les chiroptères : Bilan de 3 années de suivi (2008-2009-2010). ALEPE, unpublished report for EDF EN, 111 pages.
- Sattler T. & Bontadina F. 2005. Bases pour l'évaluation écologique de deux secteurs d'installations éoliennes en France sur la base de la diversité et l'activité des chauves-souris. – Compte-rendu succinct, SWILD, Zürich par ordre de Megawatt Eole, Stuttgart, 23p.
- Schaub, A., J. Ostwald & B.M. Siemers (2008): Foraging bats avoid noise. *The Journal of Experimental Biology* 211 : 3174-3180.
- Seiche K. Endl P. & Lein M. 2007. Fledermäuse und Windenergieanlagen in Sachsen – Ergebnisse einer landesweiten Studie. *Nyctalus (N.F.)* 12 (2-3): 170-181.
- Silva R. 2009. Effet des conditions météorologiques sur l'activité de chasse des Chiroptères. M.N.H.N., C.R.B.P.O., 36p.
- Smallwood, K. 2007. Estimating wind turbine – Caused bird mortality. — *Journal of wildlife management* 71(8) : 2781-2791.
- Stone, E.L., G. Jones & S. Harris (2009): Street Lighting Disturbs Commuting Bats. *Current Biology* 19(13): 1123-1127. Doi:10.1016/j.cub.2009.05.058.
- Swift S.M. 1980. Activity patterns of pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus*) in north-east Scotland. *Journal of Zoology, London*, 190, 285-295.
- Therkildsen OR, Elmeros M (2015). First year post-construction monitoring of bats and birds at wind turbine test Centre Østerild. (p128).
- Thonnerieux Y - Natur'ailles (2005). Eoliennes et Oiseaux : quelles consequences ? (p6).
- Voigt, Ch.C., A.G. Popa-Lisseanu, I. Niermann & S. Kramer-Schadt (2012): The catchment area of wind farms for European bats: A plea for international regulations. *Biological Conservation* 153: 80-86
- Warren-Hicks, W., J. Newman, R. Wolpert, B. Karas & L. Tran (2013): Improving methods for estimating fatality of birds and bats at wind energy facilities. Public Interest Energy Research (PIER) Program. Final Project Report. California Energy Commission. February 2013.
- Whitaker J.O.Jr. 1998. Life history and roost switching in six summer colonies of eastern pipistrelles in buildings. *Journal of Mammalogy* 79 (2): 651-659.
- Young Jr DP, Erickson WP, Strickland MD, Good RE, Sernka KJ (2003). Comparison of avian responses to UV-Light-Reflective Paint on Wind Turbines. (p67).