

Projet de parc éolien  
Commune de Reuilly (Indre)




Suivi de mortalité

Janvier 2021

# Sommaire

INTRODUCTION .....	3
CONTEXTE .....	4
RAPPEL DES ENJEUX ET DES IMPACTS DE L'ETUDE D'IMPACT .....	5
1. Oiseaux .....	5
2. Chiroptères .....	5
SITE D'ETUDE .....	6
MATERIEL ET METHODES .....	7
1. Protocole détaillé .....	7
1.1. <i>Dates de suivi</i> .....	7
1.2. <i>Recueil de données</i> .....	8
1.3. <i>Test de persistance</i> .....	8
1.4. <i>Taux de détectabilité</i> .....	8
1.5. <i>Taux de mortalité</i> .....	8
ANALYSE DES RESULTATS .....	10
1. Résultats .....	10
1.1. <i>Test de persistance</i> .....	10
1.2. <i>Mortalité brute</i> .....	10
1.3. <i>Estimation de la mortalité</i> .....	12
2. Discussion .....	13
2.1. <i>Sensibilité des espèces contactées</i> .....	13
2.2. <i>Mise en perspective des résultats</i> .....	14
CONCLUSION .....	16
BIBLIOGRAPHIE .....	17
Annexe 1 : Fiche de suivi de mortalité pour l'avifaune(MTES 2015) .....	18
Annexe 2 : Fiche de suivi de mortalité chiroptères (MTES 2015) .....	18
Annexe 3 : Exemple de cadavres découverts lors des prospections .....	19



## INTRODUCTION

Dans le cadre de l'exploitation du parc éolien situé sur les communes de Reuilly et Diou (département de l'Indre, région Centre-Val de Loire), la société VALOREM a confié au cabinet d'études CALIDRIS la réalisation d'un suivi de mortalité sur le site d'implantation.

Le présent document a pour objectif de présenter les résultats du suivi mortalité, réalisé durant les mois de mai à octobre 2020.



## CONTEXTE

Comme prévoit l'arrêté du 26 août 2011 (arrêté relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à déclaration au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement), il convient de mettre en place un suivi de mortalité sur votre parc éolien. Il est dit dans l'article 12, que ce suivi interviendra : « *Au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement de l'installation puis une fois tous les dix ans, 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* ».

Le suivi mis en place est conforme au protocole reconnu par le ministre de la transition écologique et solidaire dans la décision du 8 avril 2018 : *le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens révisé en 2018*. (MTES 2018)

Le présent document fait état des résultats des suivis de mortalité réalisés en 2020.



## RAPPEL DES ENJEUX ET DES IMPACTS DE L'ETUDE D'IMPACT

### 1. Oiseaux

84 espèces ont été contactées lors des prospections réalisées dans le cadre de l'étude d'impact pour la création du parc éolien.

Parmi celles-ci, 12 sont classées dans l'annexe 1 de la directive « Oiseaux » : le Busard cendré, le Busard Saint-Martin, le Faucon émerillon, le Faucon pèlerin, la Grande Aigrette, la Grue cendrée, le Martin pêcheur d'Europe, le Milan noir, le Milan royal, l'Édicnème criard, la Pie-grièche écorcheur et le Pipit rousseline. 2 espèces supplémentaires appartiennent à la liste rouge des espèces nichant en France ou en région Centre : le Bruant des roseaux et la Linotte mélodieuse. Au total, 14 espèces sont donc considérées comme patrimoniales sur le site.

Aucun impact résiduel fort n'a été défini dans l'étude d'impact concernant l'avifaune nicheuse

### 2. Chiroptères

Lors de l'étude d'impact, 12 espèces ont été contactées : la Barbastelle d'Europe, le Grand Murin, la Pipistrelle de Nathusius, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, le Murin de Daubenton, le Murin à moustache, le Murin de Natterer, le groupe des Oreillards, la Sérotine commune, la Noctule commune et la Noctule de Leisler.

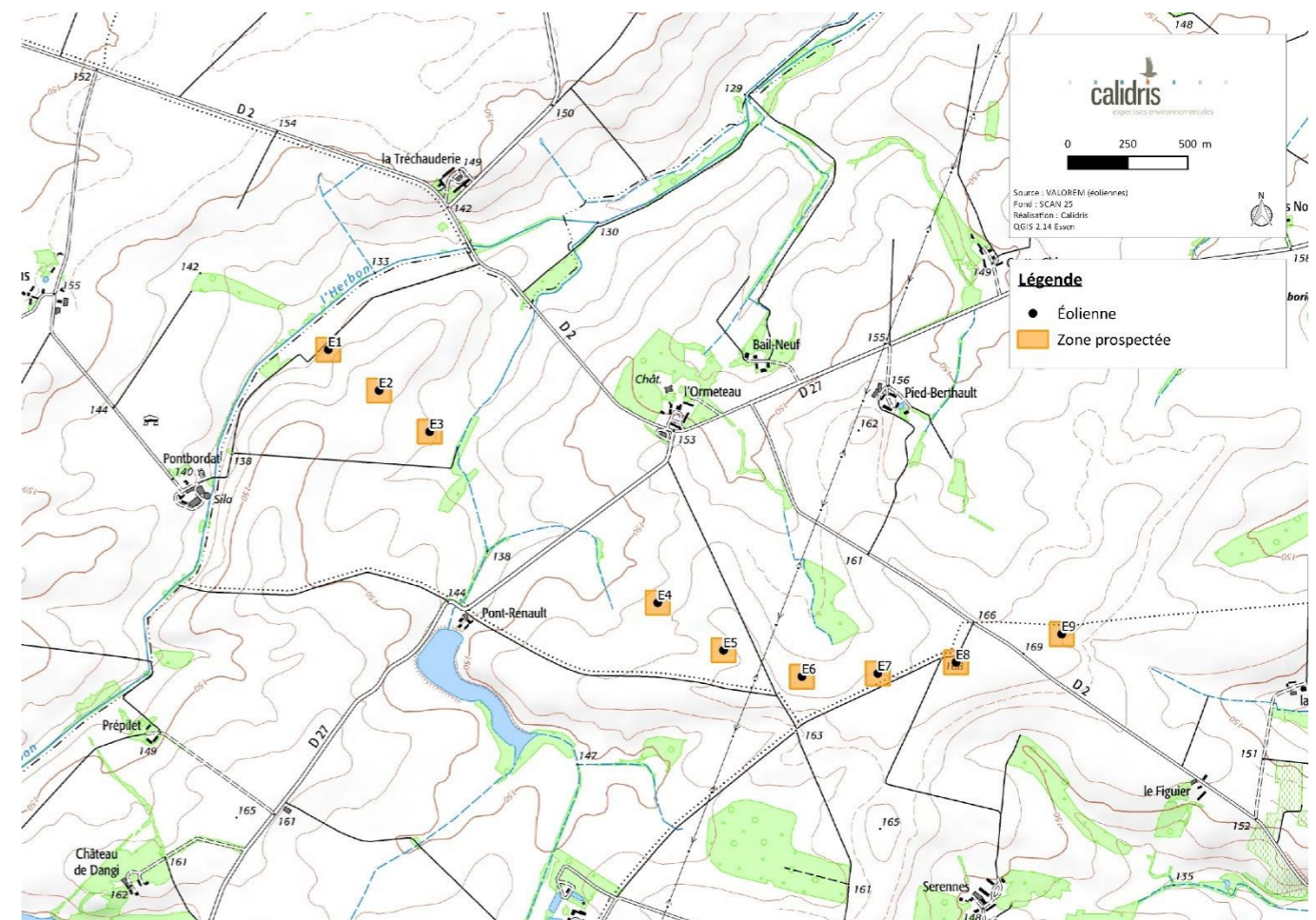
Bien que les cultures soient des zones peu productives et à priori moins attractives pour les chiroptères, elles possèdent malgré tout, à Reuilly, une richesse spécifique relativement élevée, mais avec une activité relativement faible voire anecdotique pour toutes les espèces. Les cultures ne sont donc pas très favorables aux chiroptères.



## SITE D'ETUDE

Le parc éolien de Reully est constitué de 9 éoliennes. Il se situe à une vingtaine de kilomètres au sud de Vierzon au nord-est du département de l'Indre (36). Elle est localisée sur les communes de Reully et Diou.

Le parc éolien est occupé par un paysage ouvert de cultures intensives que ponctuent quelques boisements et petits plans d'eau. Un petit cours d'eau traverse le site et l'on retrouve sur sa bordure quelques zones humides. Le secteur présente un relief très peu accentué puisque l'altitude varie seulement entre 133 et 169 mètres.



Carte 1 : Localisation des éoliennes

# MATERIEL ET METHODES

## 1. Protocole détaillé

### 1.1. Dates de suivi

Le suivi a été réalisé durant 23 semaines entre mai et octobre 2020 (semaines 20 à 43), période qui correspond à la fois à la période de nidification des oiseaux au printemps, ainsi qu'au transit automnal des chiroptères. Cette dernière période est également très favorable à la migration postnuptiale d'un important cortège d'oiseaux. Le tableau ci-dessous récapitule l'ensemble des passages effectués par les observateurs sur le parc éolien de Reully.

Tableau 1 : Dates de passage sur le site

N° semaine	Date	N° semaine	Date	N° semaine	Date
20	14/05/2020	31	29/07/2020	41	06/10/2020
21	19/05/2020	32	05/08/2020	42	13/10/2020
22	29/05/2020	33	13/08/2020	43	20/10/2020
23	02/06/2020	34	19/08/2020		
24	10/06/2020	35	26/08/2020		
25	18/06/2020	36	02/09/2020		
27	01/07/2020	37	09/09/2020		
28	08/07/2020	38	16/09/2020		
29	15/07/2020	39	23/09/2020		
30	22/07/2020	40	29/09/2020		

Le suivi de mortalité consiste à prospecter au sol les surfaces situées sous les aérogénérateurs en vue de la découverte et de l'identification d'éventuels cadavres.

**Surface à prospecter :** Les prospections ont été réalisées selon un carré de 100 mètres de côté ayant pour centre l'éolienne considérée. La *surface théoriquement prospectable* mesurait donc 1 hectare pour chaque éolienne, soit 9 ha pour l'ensemble du parc. L'orientation du carré et la direction des transects ont été choisis sur le terrain lors de la première visite, en fonction de la présence d'éléments repères dans le paysage, notamment la bordure des plateformes, les routes et le sens des sillons agricoles.

**Mode de recherche :** Afin de faciliter les prospections, la zone à prospecter et les axes de transects ont été matérialisés au sol par des piquets repères disposés de part et d'autre de chaque transect tous les 5 ou 10 mètres (selon les possibilités) sur une longueur de 100 m. Ce dispositif a ainsi permis à l'observateur de se déplacer de façon régulière sous les éoliennes. La prospection a été réalisée à vitesse constante de part et d'autre des lignes ainsi matérialisées.

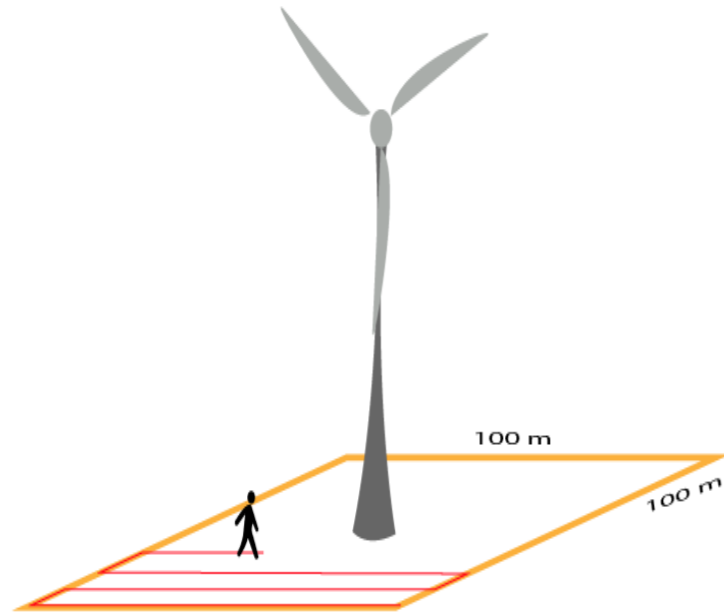


Figure 1 : Visualisation des transects de recherche des cadavres

### 1.3. Test de persistance

Les cadavres sont susceptibles de disparaître plus ou moins rapidement selon le site d'étude. En effet, d'un site à l'autre, les communautés de charognards présents varient, de même que leur abondance, leurs rythmes d'activité ou encore la disponibilité de ressources alimentaires alternatives. Par ailleurs, la détectabilité (cadavre frais ou plus ancien), et l'accessibilité des cadavres peut aussi influencer sur la durée de persistance (Besnard et Bernard, 2017). Afin d'estimer le taux de persistance des cadavres sous les éoliennes, l'observateur a dispersé des cadavres de poussin de poule de couleur jaune sur la surface de prospection. Cette espèce a été privilégiée car les poussins ont une taille qui se rapproche de celle des chauves-souris, et des passereaux adultes. 3 poussins par éolienne ont été dispersés dans des habitats différents (dalle, végétation rase sur la plateforme, cultures). Leur emplacement a été soigneusement relevé pour permettre le contrôle ultérieur. Tous les poussins ont été décongelés la veille de leur placement pour limiter l'avancée de leur décomposition avant le dépôt, et manipulés avec des gants afin de limiter leur imprégnation par l'odeur humaine. L'observateur est ensuite repassé régulièrement au cours de la première semaine pour contrôler la persistance des cadavres, puis les semaines suivantes et jusqu'à la disparition totale des poussins. Au total 27 poussins ont été repartis sous les 9 éoliennes du parc éolien de Reully.

### 1.4. Taux de détectabilité

L'observateur s'est étalonné afin d'établir son taux de détectabilité. Pour cela des leurres (poussins noircis au charbon) ont été dispersés par une personne différente de l'observateur sur une parcelle représentative des habitats du parc éolien. Le nombre de poussins déposés n'était pas connu de l'observateur et il a recherché les poussins selon les mêmes conditions qu'un suivi de mortalité classique. Dans le cas de l'observateur du parc de Reully, le test a été réalisé en 2020 avec un **taux de détectabilité de 70%**.

### 1.5. Taux de mortalité

Il existe différentes méthodes d'estimation de la mortalité qui prennent en compte plusieurs paramètres tels que le taux de disparition, le test de détectabilité, etc. Plusieurs méthodes peuvent être appliquées, car chacune d'entre elles présente des avantages et des inconvénients et les résultats diffèrent de l'une à l'autre parfois de façon importante.

Ainsi, l'utilisation de plusieurs méthodologies permet de présenter une fourchette de résultats.

**Zones non prospectées :** Au cours de certaines visites, la surface de prospection a pu être réduite en fonction des contraintes liées au terrain telles que la présence de boisements, de cultures, de travaux agricoles en cours...

**Fréquence et moment de recherche :** Les prospections hebdomadaires ont débuté de préférence le matin, dans l'heure qui suit le lever du soleil.

**Ordre de prospection des éoliennes :** L'observateur s'est attaché à faire varier l'ordre de prospection des éoliennes afin de limiter l'erreur due à une éventuelle disparition des cadavres entre le lever du soleil et le moment de la prospection.

### 1.2. Recueil de données

Chaque journée de prospection, l'observateur a consigné son heure d'arrivée et de départ ainsi que les conditions météorologiques pouvant avoir un impact sur sa visibilité (température, intensité et direction du vent, nébulosité, pluie éventuelle). La surface prospectée par éolienne (% de la surface totale), et une description de l'habitat ont également été relevés.

Chaque cadavre a été photographié, associé à une date et une éolienne, sa localisation a été consignée sur une carte et le point GPS a été relevé. L'espèce, le sexe, l'âge ainsi que diverses informations relatives à l'état du cadavre ont également été identifiées si possible (voir annexe 1 et annexe 2).



### Méthode « Erickson » (2000)

Ce protocole intègre la durée de la persistance moyenne des cadavres. Cette formule présente l'avantage de fonctionner même lorsque le taux de persistance sur la durée de l'intervalle vaut 0.

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

N= nombre de cadavres total

I=durée de l'intervalle, équivalent à la fréquence de passage (en jours)

C= nombre de cadavres comptés

tm= durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jours)

d= taux de détection (test de détectabilité)

### Méthode « Jones » (2009)

La méthode de JONES et al. (2009) considère que le taux de mortalité est constant dans l'intervalle et que la durée de persistance d'un cadavre suit une variable exponentielle négative. Cette méthode suppose également que la probabilité de disparition moyenne sur l'intervalle correspond à la probabilité de disparition d'un cadavre tombé à moitié de l'intervalle. Le taux de persistance  $tm$  est alors remplacé par la formule suivante :  $p = e^{(-0,5 \times I / tm)}$

$$N = \frac{c}{a \times d \times p \times \hat{e}}$$

Ces auteurs intègrent en outre la notion d'intervalle effectif. En effet, plus l'intervalle est long, plus le taux de persistance s'approche de 0. Une carcasse découverte au bout d'un intervalle très long n'est certainement pas morte au début de l'intervalle. Elle est vraisemblablement morte dans un « intervalle effectif » qui correspond à la durée au-delà de laquelle le taux de persistance est inférieur à 1%. L'intervalle effectif,  $\hat{I}$  est donc égal à  $-\log(0,01) \times tm$ . Dans le calcul,  $I$  prend la valeur minimale entre  $I$  et  $\hat{I}$ .

a : coefficient de correction surfacique

$\hat{I}$  : intervalle effectif

$\hat{e}$  : coefficient correcteur de l'intervalle équivalent à  $\frac{M_{in}(I;\hat{I})}{I}$

### Méthode « Huso » (2010)

Le dernier protocole en date, Huso (2010), toujours en considérant la mortalité constante, considère que la probabilité de disparition au point moyen de l'intervalle n'est pas égale à la probabilité moyenne de persistance d'un cadavre. Le coefficient proposé est plus élevé :

$$p = \frac{tm \times \left(1 - e^{-\frac{I}{tm}}\right)}{I} \quad \text{D'où } N = \frac{C}{p \times \hat{e}} \times a$$

Les calculs ont été réalisés en utilisant l'application créé par le CNRS <https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/> (Besnard & Bernard, 2017). La période de prospection a été séparée en deux ensembles :

- S20 à S31 de mi-mai à fin juillet : une période d'« Été » correspondant à la période de nidification des oiseaux.
- S32 à S43, de début-août à mi-octobre : une période d'« Automne » correspondant au transit automnal pour les chiroptères, et au regroupement postnuptial et à la migration pour les oiseaux.



## ANALYSE DES RESULTATS

### 1. Résultats

#### 1.1. Test de persistance

Les cadavres persistent en moyenne 2,18 jours dans le milieu.

Tableau 2 : Résultats du test de persistance

	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9											
Persistance (j)	2	0	1	1	3	2	6	2	4	0	6	2	2	6	1	2	1	2	0	5	2	0	0	3	1	3	0	
Moyenne (j)	2,18																											

#### 1.2. Mortalité brute

##### 1.1.1 Phénologie

Le suivi réalisé entre le 14/05/2020 et le 20/10/2020 a permis la découverte de 9 cadavres d'oiseaux (dont 5 correspondant à des plumes et dont la collision avec les éoliennes ne peut être pas affirmée avec certitude) et 10 de chiroptères.

La majorité des cadavres d'oiseaux ont été retrouvés en mai avec 6 individus retrouvés ce mois-ci puis un en juin, un en juillet et un en août.

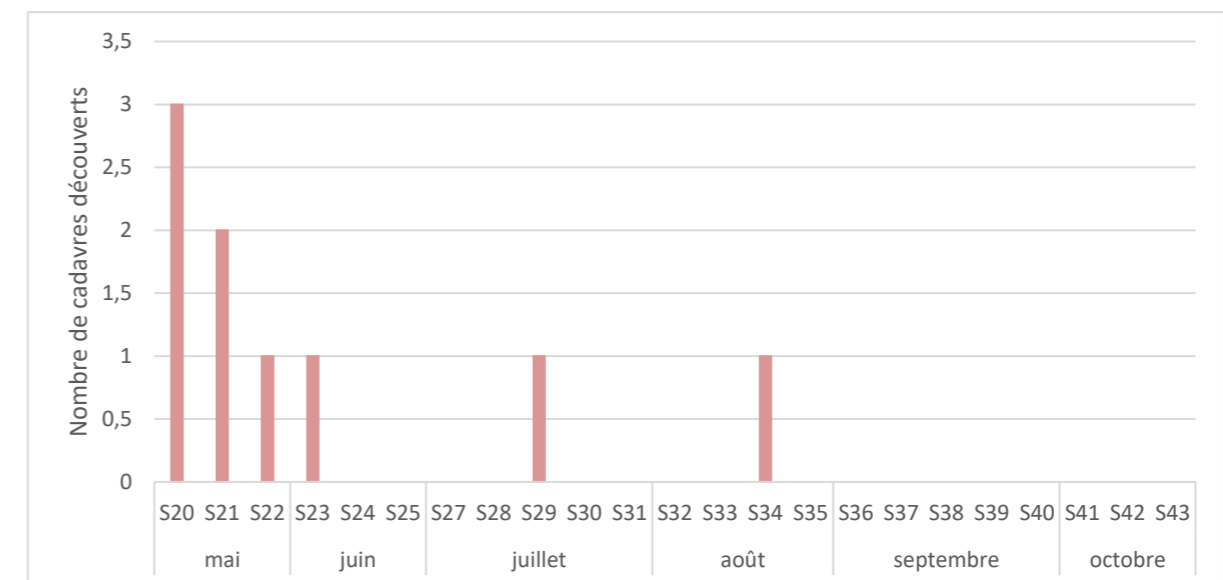


Figure 2 : Histogramme de la chronologie de la mortalité brute des oiseaux

Les chauves-souris ont été découverts uniquement à partir du mois de juillet avec 3 individus vus en juillet, 4 en août et 3 en septembre.

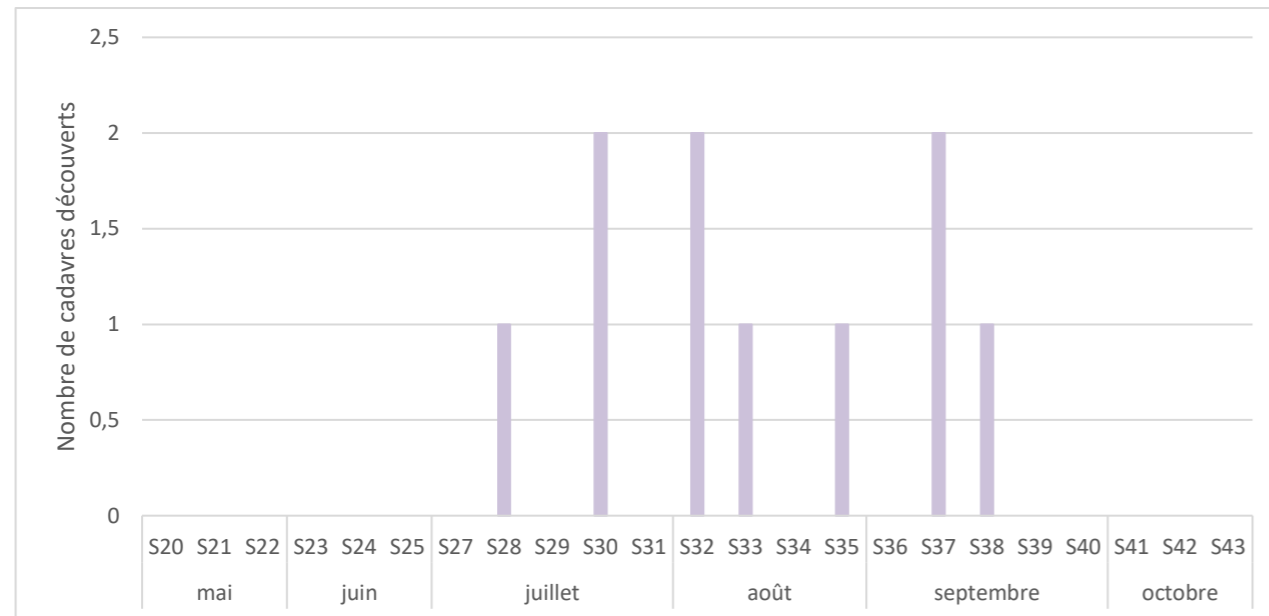


Figure 3 : Histogramme de la chronologie de la mortalité brute des chiroptères

Tableau 3 : Cadavres découverts lors du suivi de mortalité

Date	N°	Taxon	Identification	Distance	Type de végétation	Hauteur (cm)	Etat cadavre	Cause présumée
14/05/2020	E3	Oiseau	Pigeon ramier	10 m	Gravier	0	Plumes	Collision ?
14/05/2020	E3	Oiseau	Passereau sp.	15 m	Gravier	0	Plumes	Collision ?
14/05/2020	E2	Oiseau	Passereau sp.	10 m	Gravier	0	Plumes	Collision ?
19/05/2020	E1	Oiseau	Pigeon ramier	5m	Terre nue	0	Plumes	Collision ?
19/05/2020	E2	Oiseau	Passereau sp.	11 m	Terre nue	0	Plumes	Collision ?
29/05/2020	E1	Oiseau	Faucon crécerelle	27 m	Terre et herbe (2 cm)	2	Sans tête	Collision
02/06/2020	E1	Oiseau	Martinet noir		Terre nue	0	Bon état	Collision
08/07/2020	E7	Chiroptères	Pipistrelle sp.	6 m	Gravier	0	Bon état	Barotraumatisme
15/07/2020	E5	Oiseau	Faucon crécerelle	28 m	Herbe (5cm)	5	Seulement une aile	Collision
22/07/2020	E1	Chiroptères	Chiroptère indéterminé	30 m	Gravier	0	Écrasé par une voiture	Barotraumatisme
22/07/2020	E7	Chiroptères	Chiroptère indéterminé	7 m	Gravier	0	En décomposition	Collision
05/08/2020	E1	Chiroptères	Pipistrelle sp.	5 m	Gravier	0	Bon état	Barotraumatisme
05/08/2020	E7	Chiroptères	Chiroptère indéterminé	16 m	Terre nue	0	Bon état	Barotraumatisme
13/08/2020	E2	Chiroptères	Chiroptère indéterminé	34 m	Terre nue	0	En décomposition	Collision ?
19/08/2020	E6	Oiseau	Linotte mélodieuse	8 m	Gravier	0	En décomposition	Collision
26/08/2020	E6	Chiroptères	Noctule sp.	32 m	Terre nue	0	En décomposition	Barotraumatisme
09/09/2020	E1	Chiroptères	Pipistrelle sp.	16 m	Terre nue	0	Bon état	Barotraumatisme
09/09/2020	E2	Chiroptères	Pipistrelle sp.	16 m	Terre nue	0	En décomposition	Collision ?
16/09/2020	E1	Chiroptères	Pipistrelle sp.	20 m	Gravier	0	En décomposition	Barotraumatisme

A noter que les observations du 14/05 et du 19/05 relatives à des plumes d'oiseaux ne peuvent être attribuées avec certitude à des cas de collisions avec les éoliennes, ce qui potentiellement induit une mortalité inférieure pour les oiseaux sur le parc éolien de Reully.

### 1.1.2 Espèces impactées

Parmi les 10 chauves-souris retrouvées mortes, certaines appartiennent au groupe des Pipistrelles sp : il peut donc s'agir de la Pipistrelle commune, de Kuhl ou de Nathusius. Un autre cadavre appartient au groupe des Noctules sp : il peut donc s'agir de la Noctule de Leisler ou la Noctule commune.

Tableau 4 : Potentiel statut des espèces de chiroptères retrouvés mortes sous les éoliennes

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Protection nationale	Directive Habitats	Listes rouges	
				France (2017)	Régionale (2013)
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Art. 2	An. IV	NT	NT
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Art. 2	An. IV	VU	NT
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Art. 2	An. IV	LC	LC
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Art. 2	An. IV	NT	NT
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Art. 2	An. IV	NT	LC

#### Légende :

Listes rouges : (UICN France et al. 2016)

Espèces menacées : **CR** : en danger critique, **EN** : en danger et **VU** : vulnérable,

Autres catégories : **NT** : quasi menacée, **LC** : préoccupation mineure, **DD** : données insuffisantes pour évaluer l'espèce, **NA** : non applicable (NAa : introduite après l'année 1500 ; NAb : présente de manière occasionnelle ou marginale et non observée chaque année ; NAc : régulièrement présente en hivernage ou en passage mais ne remplissant pas les critères d'une présence significative ; NAd : 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).

**Protection nationale** : Art.2 : article 2 – protection intégrale des individus et protection des sites de reproduction et des aires de repos

**Directive « Habitats »** : An. II : annexe II – Espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation, An. IV : annexe IV – Espèces animales et végétales d'intérêt communautaire qui nécessitent une protection stricte

**Liste rouge France et Pays de la Loire** : VU : vulnérable / NT : quasi menacé / DD : données insuffisantes / LC : préoccupation mineure.

Pour les oiseaux, les espèces les plus impactées sont représentées par le groupe des Passereaux sp, puis le Pigeon ramier et le Faucon crécerelle. Parmi les espèces impactées aucune n'est considérée comme menacée au niveau national ou régional.

Tableau 5 : Statut des espèces d'oiseaux retrouvés mortes sous les éoliennes

Nom commun	Nom scientifique	Protection nationale	LR France			LR Centre	
			Nicheur	Hivernant	De passage	Nicheur	Hivernant
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	Chassable	LC	LC	NAd	LC	-
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Art.3	NT	NAd	NAd	LC	-
Linotte mélodieuse	<i>Linaria cannabina</i>	Art.3	VU	NAd	NAd	NT	-
Martinet noir	<i>Apus apus</i>	Art.3	NT	-	DD	LC	-

### 1.1.3 Éoliennes les plus à risque

L'éolienne 1 semble présenter un risque de collision plus élevé que les autres (7 cadavres trouvés dont 3 oiseaux et 4 chauves-souris). Plus d'un quart des cadavres ont été retrouvés durant l'ensemble du suivi au niveau de cette éolienne. Elle est suivie par l'éolienne E2, responsable de la collision de 2 chiroptères et de 2 oiseaux. C'est en été que la majorité des cadavres a été découverte. Aucun cadavre n'a été retrouvé près des éoliennes E4, E8 et E9.

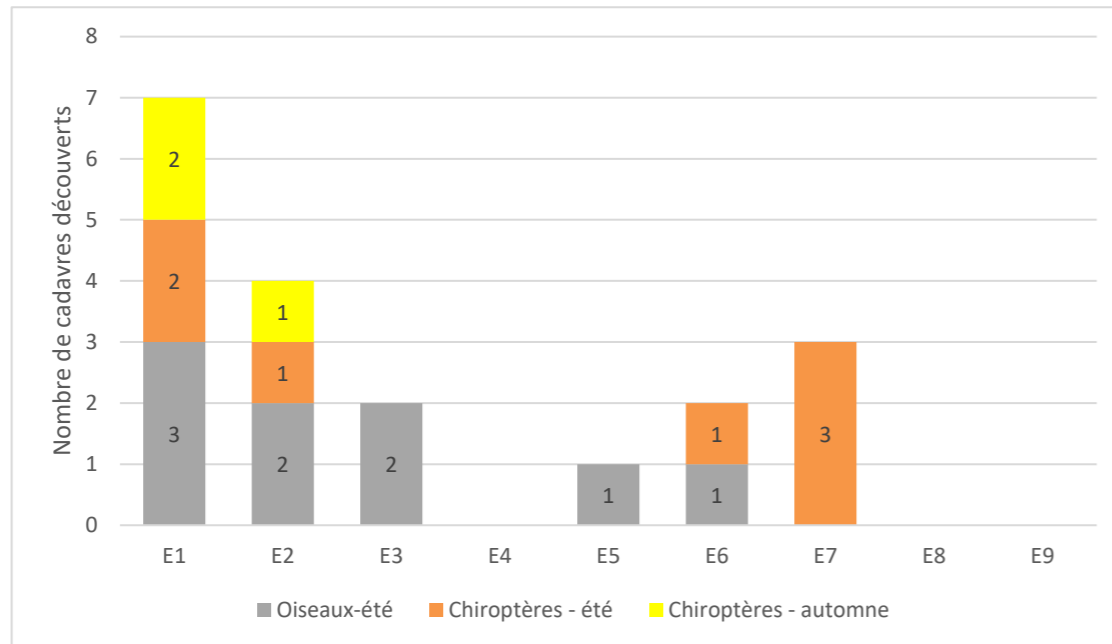


Figure 4 : Nombre de cadavres découverts par éolienne et par saison

### 1.3. Estimation de la mortalité

Les tableaux suivants présentent les résultats du taux de mortalité du parc éolien selon les différentes méthodes utilisées. Les résultats sont exprimés en nombre d'individus tués pour l'ensemble du parc durant les périodes citées. Des tests non-paramétriques ont été appliqués.

#### 1.3.1 Mortalité estimée pour l'avifaune

Tableau 6 : Estimation de la mortalité selon les différentes méthodes utilisées pour les oiseaux

Formule	Été		Automne		Ensemble du suivi	
	Médiane	IC 90%	Médiane	IC 90%	Médiane	IC 90%
Erickson	43,95	[23-73]	-	-	44,51	[22-76]
Huso	46,09	[24-76]	-	-	46,41	[23-79]
Jones	69,44	[35-126]	-	-	69,64	[33-131]

Il n'a pas été possible de calculer d'estimations de la mortalité pour la période d'automne car aucun cadavre d'oiseaux n'a été trouvé à cette période.

La mortalité des oiseaux est estimée **entre 45 et 70 individus** (arrondi au supérieur) pour l'ensemble de la **période de prospection** (mai à octobre), soit **entre 5 et 8 individus par éolienne**.

Les intervalles de confiance permettent de mettre en évidence l'imprécision des estimations. Prenons par exemple l'estimation de la mortalité pour l'ensemble du suivi : alors que les estimations indiquent que la mortalité serait comprise entre 45 et 70 individus, l'intervalle de confiance indique qu'il y a 90 % de chances que le nombre exact soit compris dans l'intervalle de 22 à 131 individus. Cette estimation très large souligne le fait qu'il serait utile d'accroître l'effort d'échantillonnage pour obtenir des données plus précises.

#### 1.3.2 Mortalité estimée pour les chiroptères

Tableau 7 : Estimation de la mortalité selon les différentes méthodes utilisées pour les chiroptères

Formule	Été		Automne		Ensemble du suivi	
	Médiane	IC 90%	Médiane	IC 90%	Médiane	IC 90%
Erickson	34,62	[17 - 59]	14,16	[3 - 30]	49,98	[28 - 81]
Huso	36,29	[18 - 61]	14,83	[4 - 31]	52,45	[29 - 83]
Jones	54,50	[26 - 100]	22,25	[5 - 51]	77,94	[42 - 139]

La mortalité des chiroptères est estimée **entre 50 et 78 cadavres** (arrondi au supérieur) pour l'ensemble du parc, soit **entre 6 et 9 cadavres par éolienne**. Elle est plus élevée en été (entre **35 et 55 individus**) qu'en automne (**15 et 23 individus**).

#### 1.3.3 Mortalité estimée par éolienne

En réalité, la mortalité n'a pas été équivalente pour les différentes éoliennes. Le calcul de la mortalité estimée par éolienne permet de compléter les résultats précédents. Certaines éoliennes diffèrent par rapport aux autres, et présentent plus de risques pour l'avifaune et les chiroptères. Aucun cadavre n'a été découvert autour des éoliennes E4, E8, E9.

Tableau 8 : Estimation de la mortalité selon les différentes méthodes utilisées pour les éoliennes E1, E2, E3, E5, E6 et E7

Formule	E1		E2		E3		E5		E6		E7	
	Médiane	IC 90%	Médiane	IC 90%	Médiane	IC 90%	Médiane	IC 90%	Médiane	IC 90%	Médiane	IC 90%
Erickson	35,02	[20 - 55]	19,35	[9 - 34]	9,37	[0 - 25]	4,77	[0 - 12]	9,44	[0 - 21]	14,66	[5 - 28]
Huso	36,51	[21 - 57]	20,25	[9 - 35]	9,87	[0 - 25]	5,01	[0 - 13]	9,91	[0 - 21]	15,41	[5 - 29]
Jones	54,75	[30 - 95]	30,27	[13 - 58]	14,33	[0 - 41]	7,31	[0 - 21]	14,70	[0 - 35]	22,92	[8 - 47]

Les résultats diffèrent en fonction de l'éolienne considérée, variant entre 36 et 55 cadavres pour l'éolienne 1 ayant le plus fort taux de mortalité, contre 5 à 8 cadavres pour l'éolienne 5, avec le plus faible taux de mortalité. Dans tous les cas, ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus toutes éoliennes confondues.

De manière générale, les méthodes de calcul de Erickson et Huso donnent des estimations relativement proches. Les intervalles de confiances sont très importants, quelle que soit la méthode utilisée, ce qui signifie que l'incertitude des résultats est importante.

Pour diminuer cette incertitude, il serait intéressant d'augmenter la pression d'observation, comme par exemple la fréquence des visites sur le site.

## 2. Discussion

### 2.1. Sensibilité des espèces contactées

#### Pipistrelles, *Pipistrellus sp.*

Les **Pipistrelles communes et de Kuhl** sont parmi les espèces les plus souvent retrouvées aux pieds des éoliennes. Ce fort taux de collision est à relativiser avec la forte fréquence de ces espèces (espèces ubiquistes). C'est principalement lors de leur vol de transit (déplacements entre zone de chasse et gîte ou déplacements saisonniers) que ces espèces sont les plus impactées (vol à haute altitude). Concernant la sensibilité à la destruction de gîte, ces deux espèces peuvent utiliser des gîtes arboricoles. Ainsi, la sensibilité est forte en cas de coupe d'arbre.

La **Pipistrelle de Nathusius** fréquente très ponctuellement les milieux de la zone étudiée. Cette espèce migratrice ne constitue pas d'enjeu de conservation particulier au niveau national ou local. Lors de ses déplacements migratoires, elle est relativement exposée aux risques de collisions étant donné sa hauteur de vol. Cette espèce est très rare en France en période de reproduction (uniquement Champagne-Ardenne et Bretagne). Il n'y a donc aucune sensibilité pour la destruction de gîte sur le site.

#### Noctules, *Nyctalus sp.*

La **Noctule de Leisler** et la **Noctule commune** ont été inventoriées lors de l'étude. Leur présence est globalement faible, mais régulière. Ces espèces ont principalement été notées lors de transit au-dessus de la zone étudiée. Ces chauves-souris sont parmi les espèces les plus soumises aux risques de collisions avec les éoliennes. A ce jour en Europe, 1553 cas ont été enregistrés pour la Noctule commune contre 718 pour la Noctule de Leisler. Ces deux espèces réputées migratrices, évoluent généralement à haute altitude, que ce soit lors des déplacements ou en activité de chasse, ce qui les rend particulièrement vulnérables.

Ces deux espèces sont forestières, elles seront donc sensibles aux risques de destruction de gîtes en cas de coupe d'arbres.

#### Martinet noir, *Apus apus*

Particulièrement agile et rapide en vol, le Martinet noir semble peu sujet aux collisions avec les éoliennes. Pourtant, en Europe, 414 cas de mortalité sont recensés par Dürr (2020). C'est en France que plus d'un quart de ces oiseaux ont été découverts (125). Cette espèce présente une forte sensibilité en période de migration (entre mi-juillet et mi-août). Les martinets auraient tendance à tenter de traverser les parcs éoliens plutôt que de les contourner (LPO 2017).

#### Faucon crécerelle, *Falco tinnunculus*

D'après la synthèse des collisions en France (LPO 2017), il s'agirait de la troisième espèce d'oiseaux impactée au niveau national. Sédentaire, cette espèce peut être victime de collisions tout au long de l'année. Dürr (2020) recense 607 cas en Europe entre 1990 et 2020 dont 105 cas en France. Le vol stationnaire utilisé par le Faucon crécerelle en action de chasse est souvent mis en avant pour expliquer sa sensibilité aux éoliennes (Barrios et Rodríguez 2004).

#### Pigeon ramier, *Columba palumbus*

En Europe, 263 cas de collision sont répertoriés (Dürr 2020) dont 29 en France, soit 1,7% du total français. L'espèce semble peu impactée par les éoliennes, ce qui lui vaut une note de 1 sur 5 en niveau de sensibilité à l'éolien en période de reproduction (MTES 2015). Cette espèce est fréquente dans les paysages cultivés où il se nourrit au sol dans les prairies et les champs. Il niche dans des boisements. Il s'agit d'une espèce chassable en France, dont les prélèvements s'élevaient à environ 4,9 millions d'individus en 2013-2014 (ONCFS, 2018).

#### Passereaux sp

En France, les passereaux, représentent environ 60 % des cadavres retrouvés. Avec 497 individus appartenant à au moins 43 espèces différentes, les passériformes représentent à eux seuls 49,3 % des cadavres d'oiseaux découverts (et identifiés) sous les éoliennes (LPO 2017).

## 2.2. Mise en perspective des résultats

Il est difficile de comparer les résultats avec d'autres études menées à l'échelle de la France ou de la région Centre-Val de Loire. En effet, malgré l'uniformisation progressive des protocoles de suivi, et notamment grâce à la publication du *Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres* (MTES 2018), les synthèses sur la mortalité s'appuient encore sur des études aux protocoles variés, où certains biais (défectibilité, correcteur surfacique, persistance) n'ont pas toujours été pris en compte. De ce fait, les études sont peu comparables les unes par rapport aux autres.

### Oiseaux

La synthèse sur le « Parc éolien français et son impact sur l'avifaune » (LPO 2017) évoque un nombre allant de 6,6 à 7,2 oiseaux tués par éolienne et par an (calculée sur 8 parcs aux protocoles comparables, et en prenant en compte les oiseaux projetés potentiellement au-delà de 50m). Au Canada, une étude estime que la mortalité imputable aux éoliennes est de l'ordre de 4,71 oiseaux par éolienne (Canada Bird Studies Studies, 2016 in LPO, 2017).

La mortalité réelle estimée pour le parc de Reuilly (entre 45 et 70 cadavres pour l'ensemble du suivi) correspond aux moyennes canadiennes et françaises des documents précédemment cités. Ramenés à une estimation par éolienne, ces valeurs donnent une valeur de 5 et 8 cadavres par éoliennes pour les oiseaux pour la période du suivi.

### Chauves-souris

Dans la synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer, (Gaultier, S.P., Marx, G., & Roux, D., 2019) évoquent l'existence d'un « taux de mortalité accepté » en Allemagne, variable d'un Länder à l'autre, qui serait compris entre 1 et 2 cadavres de chauve-souris par éolienne et par an (Behr et al, 2017 in Gaultier, S.P., Marx, G., & Roux, D., 2019). Bien que cette notion sous-tende qu'il serait acceptable que des chauves-souris protégées puissent être détruites dans l'exploitation éolienne, ce chiffre peut nous servir d'indicateur pour nos comparaisons.

A Reuilly entre 50 et 78 chiroptères seraient impactés pour l'ensemble du parc, soit environ entre 6 et 9 cadavres par éolienne pour l'ensemble du suivi (arrondi à l'entier supérieur). La mortalité des chiroptères semble donc importante pour le site.

Du fait de la mortalité observée au cours du suivi 2020, il semble indispensable de mettre en place un bridage pour le parc de Reuilly afin de limiter les cas de mortalité, notamment chez les chiroptères.

Dans l'attente de résultats du suivi d'activité des chauves-souris en altitude, le bridage sera basé essentiellement sur les résultats du suivi de mortalité effectué en 2020 et sur la bibliographie existante.

### Explications des caractéristiques du bridage

#### Bridage en fonction de la vitesse de vent

Le vent est un facteur limitant l'activité de chasse et de transit des chiroptères. En effet, un vent fort impose aux chauves-souris une dépense d'énergie trop élevée par rapport au gain d'énergie découlant de la capture d'insectes. De plus, l'activité des insectes décroît significativement et conduit les chauves-souris à privilégier des habitats de chasse « abrités » du vent (boisements, haies, ripisylves etc.). Enfin, l'efficacité du système d'écholocation des chiroptères pourrait être affectée en cas de vents forts, conduisant ainsi à une diminution de l'efficacité de la capture de proies. Au-delà d'une vitesse de vent de 5 m/s l'activité des chauves-souris diminue considérablement (Groupe Chiroptères de la SFEPM, 2016). Plusieurs études ont testé la mise en place de différentes conditions de bridage sur le taux de mortalité. ARNETT et son équipe ont montré qu'un bridage à 5 m/s engendre 3 % de perte de production et qu'un bridage à 6,5 m/s engendre 11 % de perte sur une durée de test de 75 jours (Arnett et al., 2011). Ce qui correspondrait environ, sur une année complète, pour un bridage jusqu'à 6,5 m/s, à une perte de seulement 1 % de la production. Aussi, la mise en place de bridage permettrait une réduction moyenne de la mortalité entre 44 et 93 %. Des résultats similaires ont été obtenus par BAERWALD (Baerwald et al., 2008), suite à l'étude de mise en place de méthodes d'atténuation sur un parc éolien en Amérique du Nord. Un bridage des pales, lorsque la vitesse du vent était inférieure à 5,5 m/s, a permis une diminution de 60 % de la mortalité des chauves-souris.

**Les mesures de bridage seront mises en place lorsque la vitesse moyenne du vent, à hauteur de nacelle, sera inférieure à 6 m.s-1.**

#### Bridage en fonction de la température

L'activité des chiroptères est grandement influencée par le niveau des températures. Des températures très froides et très chaudes inhibent l'activité de transit et de chasse des chauves-souris. En effet, les chiroptères sont des animaux homéothermes, c'est-à-dire qu'ils régulent en permanence la température de leurs corps en fonction de la température extérieure. Ainsi, lors de températures faibles, l'énergie thermique dissipée est trop élevée pour que l'animal puisse maintenir sa température corporelle constante (contraste trop important entre la température extérieure et la température corporelle de l'animal). De surcroît, l'activité des insectes chute

avec la baisse de la température, réduisant considérablement les ressources trophiques disponibles pour les chauves-souris. Inversement, en cas de températures trop élevées, les chauves-souris rencontrent de grandes difficultés à évacuer la chaleur produite par l'effort de leur vol. Amorim (AMORIM et al., 2012) a démontré que 94 % de la mortalité induite par les éoliennes à lieu à des températures supérieures à 13°C. De plus, le Groupe Chiroptères de la SFEPM (2016) préconise des sorties d'écoute des chauves-souris lorsque la température est supérieure à 10°C car, en dessous, l'activité décroît fortement.

**Le bridage devra être effectif lorsque les températures, à hauteur de nacelle, seront supérieures à 12°C.**

#### Bridage en fonction de la saison

Les études concernant la mortalité par collision indiquent une forte corrélation avec la période de l'année (Erickson et al., 2001). Cette étude indique qu'aux États-Unis, 90 % de la mortalité est observée entre mi-juillet et mi-septembre dont 50 % en août. (Bach, 2005) indique des rapports similaires en Allemagne où 85 % de la mortalité est observée entre mi-juillet et mi-septembre. Enfin, DULAC montre également que 91 % de la mortalité a été constatée entre juillet et octobre sur le parc de Bouin en Vendée (Dulac, 2008), la majorité des espèces impactées étant des espèces migratrices. Cependant, il ne faut pas exclure la mortalité lors de la migration printanière et sur les espèces sédentaires en été. Lors du suivi de la mortalité de deux parcs éoliens dans le sud de la région Rhône-Alpes, les auteurs ont constaté un pic de mortalité après la mi-août, néanmoins des cadavres étaient trouvés régulièrement à partir de la mi-mai (Cornut and Vincent, 2010).

**Au vu des résultats du suivi de mortalité effectué sur le site, un bridage du 1<sup>er</sup> juillet au 31 octobre est proposé. Ce bridage sera mis en place uniquement en l'absence de précipitation.**

#### Bridage en fonction des données horaires

En moyenne l'activité des chiroptères est plus importante durant le premier quart de la nuit. Après ce pic en début de nuit, l'activité va diminuer de manière plus ou moins constante jusqu'au lever du soleil. Cependant, il a été observé des distributions d'activité avec deux pics ou un pic également important juste à l'aube (Brinkmann et al., 2011). Certaines espèces assez précoces comme la Pipistrelle commune s'envolent un quart d'heure avant le coucher du soleil, tandis que d'autres attendent que l'obscurité soit totale comme la Barbastelle d'Europe (Arthur and Lemaire, 2015).

**Sur le site, un bridage de 1 heure avant le coucher du soleil jusqu'à une heure après son lever est proposé.**

#### **Synthèse des caractéristiques du bridage proposé**

Les caractéristiques proposées dans ce plan de bridage reposent sur les données de mortalité récoltées lors de cette étude et sur la bibliographie existante.

Ainsi, les 9 éoliennes du parc éolien de Reuilly devront être bridées :

- du 1<sup>er</sup> juillet au 31 octobre ;
- en l'absence de pluie ;
- pour une température supérieure à 12°C ;
- de 1 heure avant le coucher du soleil jusqu'à une heure après son lever ;
- pour une vitesse de vent inférieure à 6 m.s<sup>-1</sup>.

Ce bridage pourra être revu en fonction des résultats du suivi d'activité des chiroptères en altitude qui sera réalisé en 2021.



## CONCLUSION

Le suivi mis en place entre mai et octobre 2020 à Reuilly a permis d'évaluer une mortalité comprise entre 50 et 78 chiroptères pour l'ensemble du suivi (soit environ 6 à 9 cadavres par éolienne, arrondi à l'entier supérieur). En ce qui concerne l'avifaune, la mortalité réelle est estimée entre 45 et 70 cadavres pour l'ensemble du suivi (soit entre 5 et 8 cadavres par éolienne).

De ce fait, il apparaît que le taux de mortalité constaté est élevé pour les chiroptères, et correspond à la moyenne pour les oiseaux.

La quasi-totalité du site a été prospectée et la recherche de cadavres a été faite en moyenne sur 91% de la surface théoriquement prospectable. Les résultats calculés apparaissent donc comme fiables.

Les éoliennes E1 et E2 semblent présenter un risque de collision plus élevé, chiroptères et avifaune confondus. L'éolienne E1 est particulièrement concernée par la mortalité des chiroptères, ce qui peut s'expliquer par le fait qu'elle soit non loin (moins de 200 m recommandé par *Eurobats*) d'une haie (haie relictuelle comportant peu d'arbres de haut jet), structure paysagère privilégiée par les chauves-souris pour le transit et la chasse.

Du fait de la mortalité observée au cours du suivi 2020, il est proposé de mettre en place un plan de bridage sur les 9 éoliennes du parc éolien de Reuilly afin de limiter les cas de mortalité, notamment chez les chiroptères.





## BIBLIOGRAPHIE

Besnard, & Bernard. (2017). Deux applications web en libre accès pour calibrer et évaluer la pertinence des suivis de mortalités sous les éoliennes. *Actes du Séminaire Eolien et Biodiversité*, 33-35. [https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/besnard-a\\_seb2017\\_.pdf](https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/besnard-a_seb2017_.pdf)

Dürr, Thobias. 2020. « Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at windturbines in Europe - Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt Brandenburg ». <http://www.lfu.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.312579.de>

Erickson, W., Strickland, D., Johnson, G., & Kern, W. (2000). Examples of statistical methods to assess risk of impacts to birds from wind plants. *National Avian, Wind Power Planning Meeting III, San Diego, California*, 172-182.

Gaultier, S.P., Marx, G., et Roux, D. 2019. « Eoliennes et biodiversité : synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer. » Office national de la chasse et de la faune sauvage / LPO. [https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/lpo\\_oncfs\\_2019.pdf](https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/lpo_oncfs_2019.pdf).

Huso, M. M. P. (2010). An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics*, 19pp.

Jones, G., Cooper-Bohannon, R., Barlow, K., & Parsons, K. (2009a). Determining the potential ecological impact of wind turbines on bat population in Britain. *Scoping and method development report.*, Bat conservation Trust, 150 pp.


LPO. 2017. « Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune - Etude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015 ». [https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/eolien\\_lpo\\_2017.pdf](https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/eolien_lpo_2017.pdf).

MTEs. 2015. « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres ». Ministère de la transition écologique et solidaire. <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-29243-protocole-suivi-environnemental-parcs-eoliens.pdf>.


———. 2018. « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres - Révision 2018 ». Ministère de la transition écologique et solidaire. [https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/protocole\\_de\\_suivi\\_revision\\_2018.pdf](https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/protocole_de_suivi_revision_2018.pdf).

UICN France, MNHN, LPO, SEOF, et ONCFS. 2016. *La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Oiseaux de France métropolitaine*. Paris, France.

### Annexe 1 : Fiche de suivi de mortalité pour l'avifaune (MTES 2015)

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE OISEAUX			
Nom du parc éolien :			
Point n°	Date :	Heure :	Nom du découvreur :
<b>Localisation :</b> Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte Latitude : Longitude : Numéro de l'éolienne la plus proche : Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) :			
			
N° de photos :			
<b>Description et identification :</b> Taille de l'oiseau (ailes déployées) :  Particularités (couleur, forme quelconque) :  Identification (famille, espèce si possible) :			
<b>Etat de l'individu :</b> <input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input type="checkbox"/> Mort <input type="checkbox"/> Fragment			
<b>Etat du cadavre :</b> <input type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, avec tour...) :			
COMMENTAIRES :			

### Annexe 2 : Fiche de suivi de mortalité chiroptères (MTES 2015)

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE CHAUVES-SOURIS			
Nom du parc éolien :			
Point n°	Date :	Heure :	Nom du découvreur :
<b>Localisation :</b> Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte Latitude : Longitude : Numéro de l'éolienne la plus proche : Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) :			
			
N° de photos :			
<b>Description et identification :</b> Taille de la chauve-souris (ailes déployées) :  Particularités (couleur, forme quelconque) :  Identification (famille, espèce si possible) :			
<b>Etat de l'individu :</b> <input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input type="checkbox"/> Mort <input type="checkbox"/> Fragment <input type="checkbox"/> Blessure apparente <input type="checkbox"/> Sans blessure visible			
<b>Etat du cadavre :</b> <input type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...) :			
COMMENTAIRES :			

**Annexe 3 : Exemple de cadavres découverts lors des prospections**



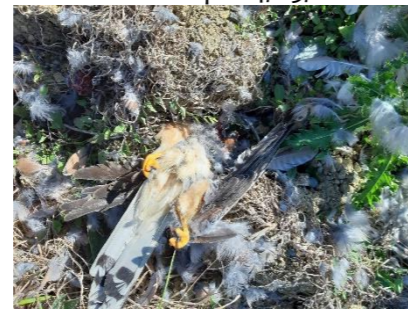
Pigeon ramier - 14/05/2020



Passereau sp - 14/05/2020



Pigeon ramier - 19/05/2020



Faucon crécerelle - 29/05/2020



Martinet noir - 02/06/2020



Pipistrelle sp - 08/07/2020



Faucon crécerelle - 15/07/2020



Chiroptères indéterminé - 22/07/2020



Chiroptère indéterminé - 22/07/2020



Pipistrelle sp - 05/08/2020



Chiroptère indéterminé - 05/08/2020



Chiroptère indéterminé - 13/08/2020



Linotte mélodieuse - 19/08/2020



Noctule sp - 26/08/2020



Pipistrelle sp - 09/09/2020



Pipistrelle sp - 09/09/2020



Pipistrelle sp - 16/09/2020

Photo manquante  
Plume passereau sp - 14/05/2020

Photo manquante  
Plume passereau sp - 19/05/2020