



# Parc éolien du Mée / Les Blés d'Or (36)

Suivi post-implantation 2020

ÉCOSPHÈRE Agence Centre-Bourgogne  
112 rue du Nécotin, 45000 ORLEANS

06/04/2021

The logo for Écosphère, featuring the word 'écosphère' in a green, lowercase, sans-serif font, with a stylized green and blue wave graphic below it.

écosphère

## INFORMATIONS & CONTACTS ●●●

### Parc éolien du Mée / Les Blés d'Or (36) Suivi post-implantation 2020

Étude réalisée pour : EDPR France

🏠 25 quai Panhard et Levassor  
75013 Paris, France

👤 **Marie PERRAULT**  
Ingénieure environnement

📞 01 44 67 81 49/ 06 44 15 96 53

@ [marie.perrault@edpr.com](mailto:marie.perrault@edpr.com)

Étude réalisée par : ÉCOSPHÈRE Agence Centre-Bourgogne

🏠 112 rue du Nécotin, 45000 ORLEANS

📞 02 38 42 12 90

#### Coordination

Guillaume MARCHAIS  
Chef de projets

#### Suivi de mortalité

Léa BOUTAULT, Hugo AUCLAIR  
Chargées d'études faune  
EchoChiros (sous-traitant)

#### Suivi acoustique en nacelle

Guillaume MARCHAIS  
Chef de projets

#### Analyses faunistiques

Léa BOUTAULT, Guillaume MARCHAIS  
Chargée d'études et Chef de projet faune

#### SIG et cartographie

Ulysse BOURGEOIS  
Géomaticien

#### Contrôle qualité

Guillaume VUITTON  
Directeur de l'agence Centre-Bourgogne

## CONTEXTE ●●●

Le parc éolien du Mée / Les Blés d'Or est constitué de 6 éoliennes de type Alstom ECO 100. Il a été mis en service en 2010. Le parc se situe sur la commune de Vatan dans le département de l'Indre (36), en contexte agricole intensif.

Afin de se conformer à la réglementation ICPE, et à la suite de précédents suivis réalisés par Ecosphère en 2014/2015 et 2019, la société EDPR France souhaite faire réaliser un nouveau suivi post-implantation selon le protocole national réglementaire 2018.

Le suivi réalisé en 2020 vise à vérifier l'efficacité du bridage mis en place selon les préconisations d'Ecosphère d'après le précédent suivi réalisé en 2019.

#### Mission d'Ecosphère :

Dans ce contexte, la mission d'Ecosphère consistait à :

- Réaliser un suivi acoustique en altitude sur une éolienne durant 6 mois ;
- Effectuer des recherches de cadavres ;
- Évaluer les impacts par collision ou barotraumatisme ;
- Proposer le cas échéant des mesures de réduction proportionnées.

# SOMMAIRE

<b>INFORMATIONS &amp; CONTACTS</b> .....	<b>2</b>
<b>CONTEXTE</b> .....	<b>2</b>
<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>3</b>
<b>1. CADRE TECHNIQUE ET RÉGLEMENTAIRE D'UN SUIVI POST-IMPLANTATION</b> .....	<b>4</b>
<b>2. PRÉSENTATION DU PARC ÉOLIEN</b> .....	<b>5</b>
2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE ÉCOLOGIQUE .....	5
2.2 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU PARC ÉOLIEN .....	5
2.3 CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES ÉOLIENNES EN SERVICE .....	5
2.4 SITUATION ÉCOLOGIQUE ANTÉRIEURE AU PARC – RAPPEL DES PRÉCÉDENTS SUIVIS RÉALISÉS (2014-15 ET 2019) .....	7
<b>3. MÉTHODES DE TRAVAIL</b> .....	<b>10</b>
3.1 SUIVI DE MORTALITÉ DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX EN 2020 .....	10
3.2 SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE .....	17
3.3 MÉTHODE D'ÉVALUATION DES ESPÈCES FRÉQUENTANT LE PARC .....	18
3.4 MÉTHODE DE DÉFINITION DES IMPACTS ET DES MESURES DE RÉDUCTION ADAPTÉES AU PARC .....	21
<b>4. RÉSULTATS</b> .....	<b>22</b>
4.1 SUIVI DE MORTALITÉ .....	22
4.2 SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE .....	31
<b>5. EVALUATION DES IMPACTS</b> .....	<b>35</b>
5.1 ÉVALUATION DES RISQUES DE COLLISION SPÉCIFIQUES AU PARC DE DU MÉE / LES BLÉS D'OR EN 2020 .....	35
5.2 COMPARAISON DES MORTALITÉS DE 2014-15 (SANS BRIDAGE) ET 2019 (PREMIER BRIDAGE NOCTURNE) AVEC CELLES DE 2020 (BRIDAGE RENFORCÉ) .....	37
<b>6. MESURES DE RÉDUCTION DES RISQUES DE COLLISION</b> .....	<b>38</b>
6.1 PROTECTION DES CHAUVES-SOURIS FRÉQUENTANT LE PARC PAR UN BRIDAGE NOCTURNE DIFFÉRENCIÉ .....	38
6.2 ÉCLAIRAGE NOCTURNE EN PIED DE MACHINE .....	39
6.3 GESTION DES HABITATS AUTOUR DES ÉOLIENNES .....	39
<b>7. MESURES DE SUIVI</b> .....	<b>40</b>
<b>8. BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>41</b>
<b>ANNEXE 1 : DATES DE PROSPECTION DU SUIVI DE MORTALITÉ</b> .....	<b>43</b>
<b>ANNEXE 2 : OCCUPATION DU SOL ET DÉTAIL DES SURFACES PROSPECTÉES PAR ÉOLIENNE AU</b> <b>45</b>	
<b>ANNEXE 3 : SYNTHÈSE DES CADAVRES DÉCOUVERTS LORS DU SUIVI DE MORTALITÉ</b> .....	<b>49</b>
<b>ANNEXE 4 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITÉ RÉELLE OBTENUES À PARTIR DE L'APPLICATION</b> <b>50</b>	
<b>ANNEXE 5 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITÉ RÉELLE OBTENUES À PARTIR DE L'APPLICATION</b> <b>SO &amp; DALTHORP)</b> .....	<b>52</b>

# 1. CADRE TECHNIQUE ET RÉGLEMENTAIRE D'UN SUIVI POST-IMPLANTATION

L'arrêté du 26 août 2011, dans son article 12, précise pour une installation classée ICPE :

« 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. Lorsqu'un protocole de suivi environnemental est reconnu par le ministre chargé des installations classées, le suivi mis en place par l'exploitant est conforme à ce protocole. Ce suivi est tenu à disposition de l'inspection des installations classées ».

Ce suivi doit également être conforme aux dispositions applicables aux ICPE relatives à 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. »

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 R122-14 du code de l'environnement.

Entre 2016 et 2017, ce protocole national s'est avéré inadapté à l'usage et généralisait des mesures qui n'avaient en fait de sens que pour certains parcs. Des travaux associant les administrations, les professionnels de l'éolien (FEE & SER), les associations de protection de la biodiversité (LPO & SFPEM) et le Muséum National d'Histoire Naturelle ont permis alors d'aboutir à un nouveau consensus. Sur cette base, une décision ministérielle a été publiée le 5 avril 2018<sup>1</sup> avec un nouveau protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres.

Ce protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres révisé en 2018 préconise un suivi de mortalité constitué au minimum de 20 passages (entre les semaines 20 à 43). Le suivi pourra être renforcé sur cette même période (augmentation de la fréquence des passages) ou élargi à d'autres périodes de l'année selon les conclusions de l'étude d'impact, les prescriptions potentielles des arrêtés

préfectoraux ou si les premiers résultats des suivis de mortalité indiquent des niveaux de mortalité significatifs.

Aussi, un suivi d'activité en hauteur des chiroptères sera couplé au suivi de mortalité à minima des semaines 31 à 43, et qui pourra également être élargi en fonction des enjeux et risques d'impact identifiés.

Le tableau suivant synthétise les périodes de suivi préconisées selon les caractéristiques du parc éolien.

Tableau 1 : Période sur laquelle doit être effectué le suivi de mortalité de l'avifaune et le suivi d'activité des chiroptères en hauteur en fonction des enjeux (tiré du Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres. Révision 2018)

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

\* Le suivi de mortalité des oiseaux et des chiroptères est mutualisé. Ainsi, tout suivi de mortalité devra conduire à rechercher à la fois les oiseaux et les chiroptères (y compris par exemple en cas de suivi étendu motivé par des enjeux avifaunistiques).

Dans le cas du parc éolien du Mée / Les Blés d'Or, le suivi ayant été contractualisé en janvier 2020 et débuté en avril 2020, les préconisations du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (avril 2018) s'y appliquent.

L'arrêté du 22/06/2020 modifiant l'arrêté du 26/08/2011 apportent des précisions quant aux exigences sur les délais de rendu des suivis post-implantation et les modalités de téléversement légales des données brutes collectées.

Il stipule également que 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.

<sup>1</sup> Décision du 5 avril 2018, NOR : TREP1807992S

## 2. PRÉSENTATION DU PARC ÉOLIEN

### 2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE ÉCOLOGIQUE

Voir la carte « Localisation du parc éolien ».

Le parc du Mée est situé au nord-est du département de l'Indre (36) en région Centre-Val de Loire, à presque 30 km de Vierzon, au nord, et de Châteauroux, au sud. Il est constitué de 6 éoliennes installées sur la commune de Vatan et à l'est de l'autoroute A20.

Ce parc s'inscrit dans un contexte d'agriculture intensive parsemé de quelques bosquets et légèrement vallonné. L'autoroute A20 se situe à proximité immédiate de l'éolienne 1 du parc. Le parc se trouve sur un plateau agricole, mis en évidence par la départementale 12 au nord et la vallée du ruisseau temporaire du Pozon au sud. Ce dernier traverse le lieu-dit « Le Mez », boisé, et des bosquets à l'est. Une haie arbustive parcourt l'essentiel d'un chemin agricole situé entre le parc et le ruisseau. Plusieurs bosquets sont répartis autour des éoliennes, comme au sud de l'éolienne 1, entre les éoliennes 5 et 6 ou ceux situés autour du lieu-dit de « Boisnault ».



Vue sud du parc éolien du Mée (L. Boutault - Ecosphère)



Contexte écologique agricole au pied des éoliennes en avril 2020 (L. Boutault - Ecosphère)

### 2.2 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU PARC ÉOLIEN

Le parc éolien du Mée est composé de 6 éoliennes regroupées en 2 sous-ensembles (2 sociétés exploitantes) mises en service entre le 9 et le 24 septembre 2010.

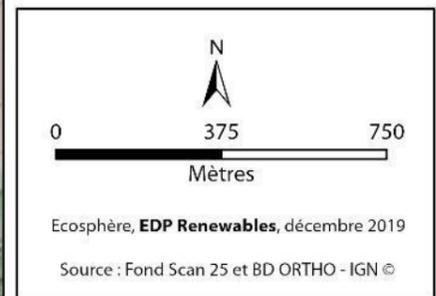
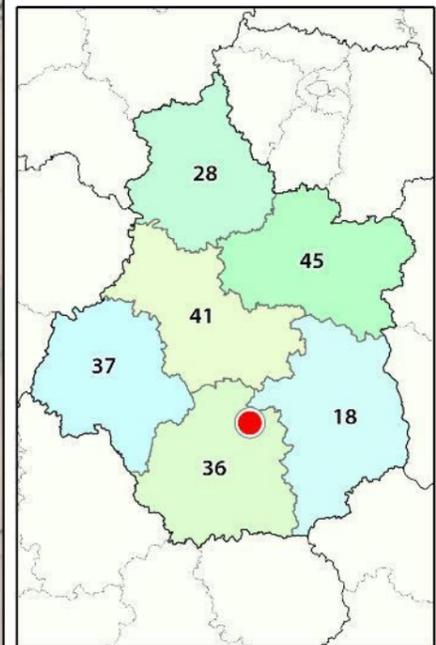
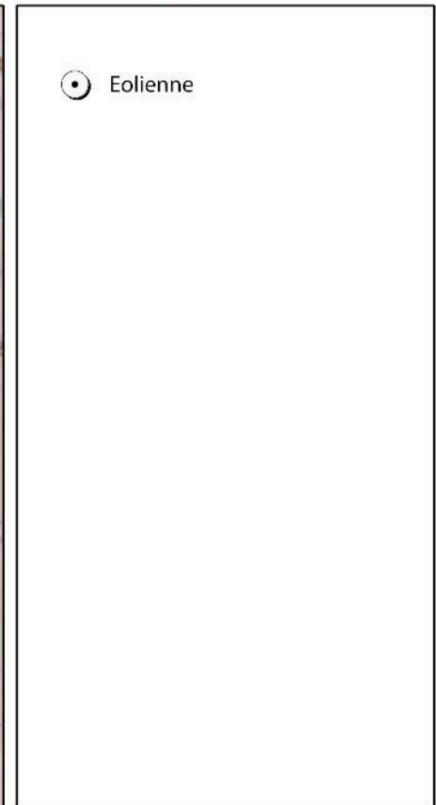
Caractéristiques du parc éolien de Guilleville

	Le Mée	
	Les Blés d'Or	Le Mée
Date de mise en service	24/09/2010	
Modèle	Alstom ECO 100	
Nombre d'éoliennes	3	3
Exploitant	EDP Renewables France SAS	SOCPE LE MEE, SARL
Puissance cumulée	9 MW	9 MW

### 2.3 CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES ÉOLIENNES EN SERVICE

Caractéristiques des éoliennes Alstom ECO 100

Hauteur du moyeu	90 m
Diamètre du rotor	100 m
Garde au sol	40 m
Zone de balayage du rotor	7 854 m <sup>2</sup>
Puissance nominale	3 MW
Vitesse de connexion (cut-in wind speed)	3 m/s
Vitesse max d'arrêt (10 min en moyenne)	25 m/s
Vitesse de rotation maximale	14,25 tours/minute
Vitesse de rotation minimale	7,5 tours/minute



## 2.4 SITUATION ÉCOLOGIQUE ANTÉRIEURE AU PARC – RAPPEL DES PRÉCÉDENTS SUIVIS RÉALISÉS (2014-15 ET 2019)

### 2.4.1 SUIVI DE LA MORTALITÉ

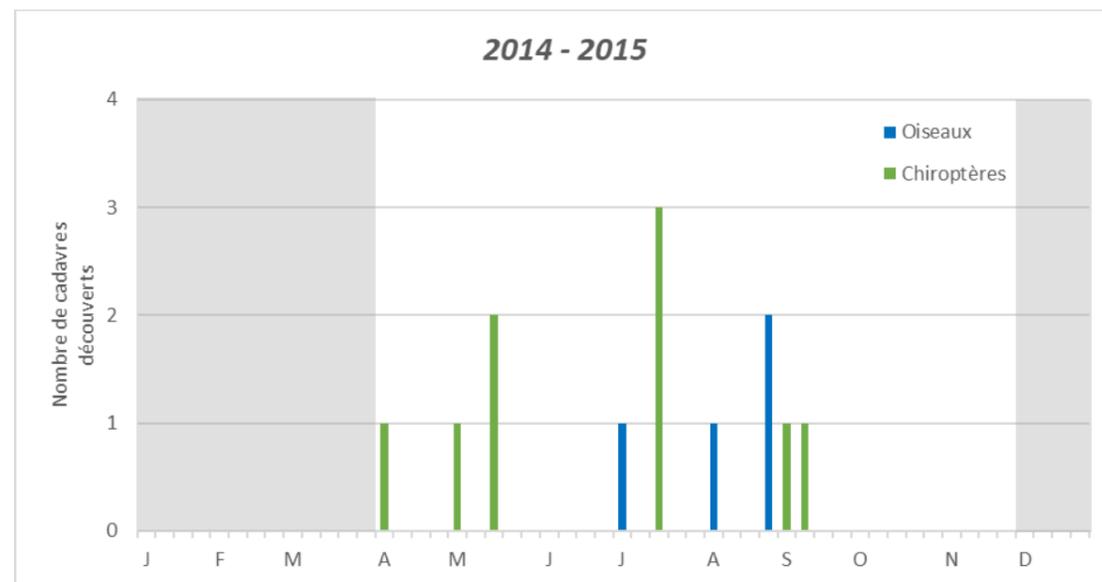
#### 2.4.1.1 Suivi 2014-2015

En 2014-15, un premier suivi post-implantation du parc éolien du Mée / Les Blés d'Or a été réalisé, couvrant les périodes **d'août à novembre 2014 puis d'avril à juillet 2015**, pour un total de 30 passages. 3 éoliennes sur 6 ont été suivies lors de ce suivi, avec une surface moyenne prospectable sur l'ensemble du suivi de 73%. **Il a révélé une mortalité significative pour les chauves-souris. Sur les 3 éoliennes suivies du parc, un total de 13 cadavres a été trouvé dont 4 oiseaux et 9 chauves-souris.**

Les 4 oiseaux touchés par les éoliennes étaient soit des migrateurs (Faucon hobereau, 1 cadavre), soit des espèces probablement reproductrices locales (Buse variable, Merle noir, Pigeon ramier, 3 cadavres). Les rapaces étaient les plus impactés (50 % des cadavres), que ce soient des espèces locales ou migratrices.

**Les 9 chauves-souris touchées par les éoliennes étaient principalement des migrateurs** (Noctules de Leisler et Pipistrelle de Nathusius, 5 cadavres), mais également des espèces probablement locales et reproductrices (Pipistrelles commune ou pygmée, 1 cadavre) ou dont on ne connaît pas le statut (deux Pipistrelles sp. et un chiroptère sp.). Deux groupes de chauves-souris étaient impactés : les pipistrelles et les noctules.

La figure suivante rappelle la répartition temporelle des cas de mortalité découverts sur le parc éolien du Mée / Les Blés d'Or en 2014-2015.



Répartition temporelle des cas de mortalité recensés (n= 13) sur le parc éolien du Mée / Les Blés d'Or en 2014-2015

Une estimation de la mortalité réelle engendrée par le parc en 2014-2015 avait été calculée avec les formules de Huso, Jones et Erickson par le biais de l'application EolApp (Besnard & Bernard). Seule la

moyenne des modèles de Huso et Jones est présentée ici, le modèle d'Erickson étant connu pour sous-estimer la mortalité (voir chapitre méthodologie 3.1.3.2). Le tableau ci-dessous reprend les résultats principaux obtenus pour ce suivi, à savoir les estimations de la mortalité réelle pour la période suivie (avril – novembre), annuelle et par éolienne (considérant 3 éoliennes suivies sur 6).

Résultats des estimations de la mortalité réelle sur le parc éolien du Mée / Les Blés d'Or en 2014-2015, pour la période suivie et par an (pour 3 éoliennes sur 6)

EolApp (test non-paramétrique)	Estimation sur la période suivie Avril - Novembre			Correction annuelle	Estimation annuelle					
	Moyenne Huso / Jones				Moyenne Huso / Jones			Mortalité / éolienne / an		
	Médiane	[IC 10 - 90%]			Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]	
<b>Chiroptères</b>	<b>26,6</b>	12,4	45,6	+ 0%	<b>26,6</b>	12,4	45,6	<b>8,9</b>	4,1	15,2
<b>Oiseaux</b>	<b>11,7</b>	3*	23,2	+ 10 %	<b>12,8</b>	3,3*	25,5	<b>4,3</b>	1,1	8,5
<b>Somme</b>	<b>38,3</b>				<b>39,4</b>			<b>13,1</b>		

\* Il est évident que la mortalité estimée ne peut être moindre que la mortalité brute constatée lors d'un suivi, de fait la borne inférieure de cet intervalle est en réalité de 4 cadavres.

En appliquant une correction liée à la période non suivie (+ 0 % pour les chiroptères, puis +10 % pour les oiseaux, voir chapitre 4.1.2.4 du rapport 2019), **la mortalité atteint 39,4 individus sur 3 éoliennes du parc et par an, dont 26,6 chauves-souris et 12,8 oiseaux.**

**Dans les conditions d'exploitation initiales, chaque éolienne en fonctionnement causerait donc en moyenne la perte de 8,9 chauves-souris (IC 80 % compris entre 4,1 et 15,2) et 4,3 oiseaux (IC 80% compris entre 1,1 et 8,5) par an (13,1 individus au total).**

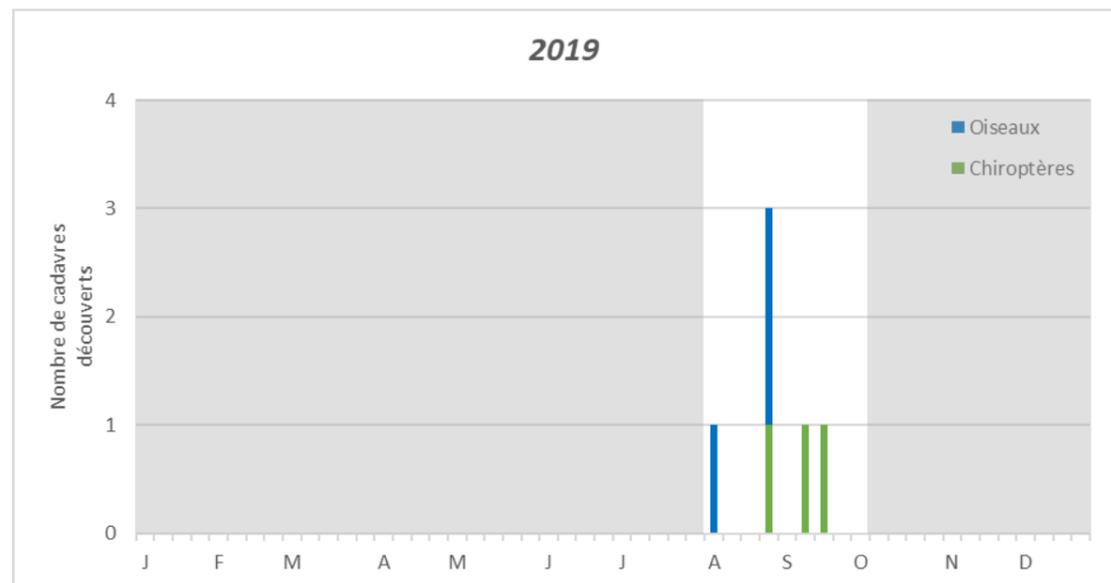
#### 2.4.1.2 Suivi 2019

Un second suivi devait être réalisé en août et septembre 2018 afin d'évaluer l'efficacité de l'algorithme de bridage mis en place. Celui-ci s'est arrêté après le 2<sup>e</sup> passage d'août, 4 cadavres de Noctule commune ayant été découverts au pied de l'éolienne E1 lors du premier passage puis un 5<sup>ème</sup> au 2<sup>e</sup> passage. Ceci a permis de détecter des avaries techniques dans la mise en place du bridage, non fonctionnel, et entraînant un arrêt des éoliennes en 2018. Le choix a été fait de stopper le suivi de mortalité, et de le reporter à 2019.

A partir de mai 2019, les éoliennes ont été remises en service avec une régulation appliquée selon le 1<sup>er</sup> bridage préconisé par Ecosphère. Un second suivi a donc pu être réalisé. Celui-ci a couvert la période **d'août à début octobre 2019**, pour un total de 9 passages. 5 éoliennes sur 6 ont été suivies (l'éolienne E5 ne fonctionnant pas durant la période du suivi), avec une surface moyenne prospectable sur l'ensemble du suivi de 94%.

Lors de ce suivi, **6 cadavres ont été découverts, parmi lesquels 3 chauves-souris** (toutes des Pipistrelles communes, probablement issues des populations locales) **et 3 oiseaux** (1 Pigeon ramier [sédentaire], 1 Rougegorge familier [migrateur] et 1 Gobemouche noir [migrateur]).

La figure suivante rappelle la répartition temporelle des cas de mortalité découverts sur le parc éolien du Mée / Les Blés d'Or en 2019.



Répartition temporelle des cas de mortalité recensés (n=6) sur le parc du Mée / Les Blés d'Or en 2019

Comme précédemment, une estimation de la mortalité réelle engendrée par le parc en 2019 avait été calculée avec les formules de Huso, Jones et Erickson par le biais de l'application EolApp (Besnard & Bernard). Seule la moyenne des modèles de Huso et Jones est présentée ici, le modèle d'Erickson étant connu pour sous-estimer la mortalité (voir chapitre méthodologie 3.1.3.2). Le tableau ci-dessous reprend les résultats principaux obtenus pour ce suivi, à savoir les estimations de la mortalité réelle pour la période suivie (août-octobre), et par éolienne (considérant 5 éoliennes suivies sur 6).

Résultats des estimations de la mortalité réelle sur le parc éolien du Mée / Les Blés d'Or en 2019, pour la période suivie (pour 5 éoliennes sur 6)

EolApp (test non-paramétrique)	Période suivie (Août – début Octobre)					
	Moyenne Huso / Jones			Mortalité / éolienne sur la période suivie		
	Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]	
Chiroptères	6,2	2,1*	10,6	1,2	0,4	2,1
Oiseaux	6,2	2,1*	10,7	1,2	0,4	2,1
<b>Somme</b>	<b>12,4</b>			<b>2,5</b>		

Concernant les résultats du suivi 2019 sur le parc éolien du Mée / Les Blés d'Or, la moyenne des estimations d'Huso et Jones donne une mortalité d'environ **6,2 chiroptères et 6,2 oiseaux impactés pour les 5 éoliennes suivies sur les 6 du parc pour la période août – début octobre**, soit un total de 12,4 individus.

Rapportées à chaque éolienne, ceci implique que **chaque éolienne en fonctionnement causerait donc en moyenne la perte de 1,2 chauves-souris et 1,2 oiseaux, soit 2,5 individus au total, sur la période août – début octobre.**

## 2.4.2 SUIVI DE LA FRÉQUENTATION DU PARC PAR LES CHIROPTÈRES ET LES OISEAUX

### 2.4.2.1 Suivi de fréquentation des chiroptères

Lors du suivi 2014-2015, un premier algorithme de bridage a été préconisé à partir d'une part de résultats de 60 points d'écoute passifs au sol au pied des éoliennes E1 et E4. Classiquement, les 3-4 premières heures après le coucher du soleil correspondaient à la période d'intensité maximale de l'activité des chiroptères. L'activité était très concentrée en début de nuit sauf pendant la première demi-heure. Ainsi, 75,9 % de l'activité est concentrée entre 30 minutes et 3h après le coucher du soleil et 93,3 % de l'activité est concentrée entre 30 minutes et 6h30 après le coucher du soleil

D'autre part, un suivi acoustique des chiroptères en hauteur réalisé du 6 août au 9 novembre 2015 en continu sur l'éolienne 6 du parc du Mée. Les contacts enregistrés étaient quasi équitablement répartis autour de la vitesse moyenne de 5 m/s, avec environ 40 % déjà pour les 5 premières heures de la nuit. Pour 6 m/s, la proportion augmente significativement jusqu'à 85,5 % toute la nuit et 65,8 % pour les 5 premières heures. La différence avec la 4<sup>e</sup> heure est faible (63,2 %).

Par ailleurs, l'impact sur les territoires de chasse était, dans le cas présent, limité étant donné la situation du parc du Mée en plaine agricole intensive avec peu de haies ou boisements à proximité immédiate. Les 60 points d'écoute passifs au pied des éoliennes effectués en 2014-2015, montraient que même certaines espèces discrètes ou rares étaient parfois contactées au pied des éoliennes (oreillard, barbastelle, murins...).

En 2019, le suivi acoustique à hauteur de nacelle n'avait pas été reconduit.

### 2.4.2.2 Suivi de fréquentation de l'avifaune

Lors de l'étude réalisée en 2014 – 2015, un suivi de fréquentation du parc éolien par l'avifaune nicheuse, migratrice ou hivernante a eu lieu en parallèle du suivi de mortalité. Les résultats de ces suivis concluaient sur des impacts directs (collisions) et indirects (effarouchement) faibles à négligeables selon les espèces d'oiseaux. Les observations concernant l'avifaune à proximité du parc éolien du Mée en 2019 (dans le cadre du projet Vatan II situé dans un rayon de 2 km) rejoignaient également ces conclusions.

En effet, plusieurs espèces de rapaces sensibles à la collision fréquentent plus ou moins régulièrement le parc (Faucon crécerelle, Busard des roseaux, Busard cendré, Milan noir, Milan royal), sans qu'aucun cadavre n'ait pour autant été découvert. Deux cadavres de rapaces avaient pu être découverts en 2014-2015 (une Buse variable et un Faucon hobereau). La fréquentation du parc par l'avifaune est régulière en période de nidification pour le Faucon crécerelle, la Buse variable, le Busard Saint-Martin. Les autres espèces sont principalement présentes en périodes de migration, avec des effectifs qui restent faibles et diffus. Aussi, d'après les observations réalisées, il a pu être constaté, que les quelques comportements à risques que présentent les rapaces diurnes ne se soldent que rarement par des collisions.

Par ailleurs, le parc du Mée se situe sur la frange nord du couloir migratoire principal de la Grue cendrée. L'enjeu est donc considéré comme assez fort lors du passage de l'espèce, toutefois, aucun cadavre n'a été observé jusqu'à présent.

Les cas de mortalité de l'avifaune recensés en 2019 portent sur 1 oiseau supposé local et commun (Pigeon ramier), ainsi que sur deux passereaux migrateurs nocturnes (1 Rougegorge familier et 1 Gobemouche noir). Pour ces derniers, l'évaluation des flux et du risque de collision s'avère délicate en raison des difficultés d'observation. Compte tenu des niveaux de populations européennes (millions d'individus) de ces espèces, les impacts estimés ont été considérés comme négligeables et une sensibilité à l'éolien jugée faible.

### 2.4.3 SYNTHÈSE ET RAPPEL DU BRIDAGE MIS EN PLACE

A partir de ces résultats et observations (suivis de fréquentation et suivis de mortalité), un algorithme de bridage avait été proposé en 2014-2015. Celui-ci a été renforcé dans les conclusions du rapport 2019. Le tableau ci-dessous récapitule les conditions et les paramètres de mise en application recommandées par Ecosphère.

Algorithmes de bridage par tranches et mois de l'année préconisés pour le parc du Mée / Les Blés d'Or

	2014-2015	2019
<b>Janvier</b>	Aucun bridage	Aucun bridage
<b>Février</b>	Aucun bridage	Aucun bridage
<b>Mars</b>	Aucun bridage	Aucun bridage
<b>1<sup>er</sup> – 15 Avril</b>	(Mise en drapeau)*	(Mise en drapeau)*
<b>15 – 30 Avril</b>	$\leq 6 \text{ m/s}$ +0h30 à +05h30 >10°C	$\leq 6 \text{ m/s}$ -0h30 à +05h30 >10°C
<b>Mai</b>		
<b>Juin</b>	$\leq 4 \text{ m/s}$ +0h30 à +05h30 >10°C	$\leq 6 \text{ m/s}$ -0h30 à +06h30 >13°C
<b>Juillet</b>		
<b>Août</b>	$\leq 6 \text{ m/s}$ +0h30 à +05h30 >10°C	$\leq 6 \text{ m/s}$ toute la nuit >10°C
<b>Septembre</b>		
<b>1<sup>er</sup> – 15 Octobre</b>		
<b>15 – 31 Octobre</b>	(Mise en drapeau)*	
<b>Novembre</b>	Aucun bridage	Aucun bridage
<b>Décembre</b>	Aucun bridage	Aucun bridage

\* mesure d'accompagnement : la mise en drapeau aux vitesses moyennes inférieures à la cut-in speed permet de réduire encore un peu le risque de collision tout en n'impactant quasiment pas la production.

Afin de vérifier l'efficacité de ce bridage et de son renforcement appliqué à l'ensemble du parc du Mée / Les Blés d'Or, un nouveau suivi post-implantation, comprenant un suivi de mortalité et un suivi acoustique des chiroptères en nacelle, a été réalisé en 2020.



## 3. MÉTHODES DE TRAVAIL

### 3.1 SUIVI DE MORTALITÉ DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX EN 2020

#### 3.1.1 PRESSION D'ÉCHANTILLONNAGE

##### 3.1.1.1 Éoliennes suivies

Les **6 éoliennes du parc**, se trouvant toutes dans un contexte agricole de cultures intensives, ont été inspectées à chaque passage en appliquant la même méthodologie, selon un protocole standardisé conforme au protocole ministériel de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres en vigueur depuis avril 2018.

##### 3.1.1.2 Calendrier du suivi

Les préconisations du Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (avril 2018) recommandent 20 passages au minimum par éolienne par an (cf. partie 1). EDPR France, selon les recommandations d'Ecosphère, a souhaité réaliser plus de passages que le protocole national. Ainsi, **un total de 48 passages a été réalisé pour chaque éolienne. Ces passages étaient répartis de mi-avril à fin octobre 2020 comme suit :**

- une base d'1 passage tous les 7 jours de mi-avril à fin octobre ;
- renforcement d'1 passage supplémentaire par semaine des semaines 18 à 24, lié au faible pourcentage de surface prospectée (20 %) à cause des cultures hautes ;
- renforcement d'1 passage supplémentaire par semaine des semaines 33 à 44, pour tenir compte du faible taux de persistance mesuré en première partie de suivi.

Ainsi, la fréquence des passages a été constante au cours de l'année (intervalle moyen entre chaque passage = 4,5 j en première période ; 4 j en deuxième période ; soit **4,2 j sur la globalité du suivi**).

Le suivi de la mortalité a ainsi été réalisé sur la quasi-totalité de l'année, à l'exception de la période hivernale, et couvrant 3 périodes d'activité faunistique distinctes :

- **entre avril et mi-juin**, période liée aux mouvements prénuptiaux notamment des noctules et de la Pipistrelle de Nathusius, à la migration prénuptiale, à la nidification des oiseaux et au début de la parturition des chauves-souris ;
- **entre mi-juin et juillet**, période liée à la dispersion des juvéniles et aux mouvements postnuptiaux précoces des oiseaux (martinets...). Quelques espèces tardives achèvent leur reproduction en juillet. Courant juillet, les premiers vols des juvéniles d'oiseaux et de chauves-souris constituent une période à risque, ces animaux étant inexpérimentés ;
- **entre août et octobre**, période liée à la migration postnuptiale. En août, on note de forts passages de chauves-souris migratrices (notamment les noctules) et de divers passereaux. C'est souvent à cette période que les cas de mortalité sont les plus nombreux. De nouveaux pics de passage sont enregistrés en septembre, avec les mouvements de Pipistrelle de Nathusius, aussi sensibles au risque de collision. Différentes vagues de migration se poursuivent pour les oiseaux au cours de l'automne, avec des pics de passage d'autres espèces sensibles en octobre (Milan

royal, Alouette des champs...), alors que l'activité des chiroptères diminue fortement avec les premiers coups de froids. **Les suivis ont été intensifiés durant cette période où la sensibilité des espèces est plus forte.**

Le détail des dates de suivi est présenté en annexe 1.

Par ailleurs, deux périodes d'études ont été définies dans le but d'affiner l'analyse et l'interprétation des résultats :

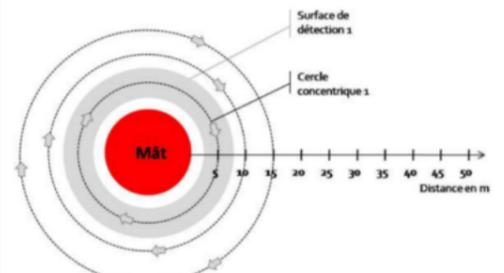
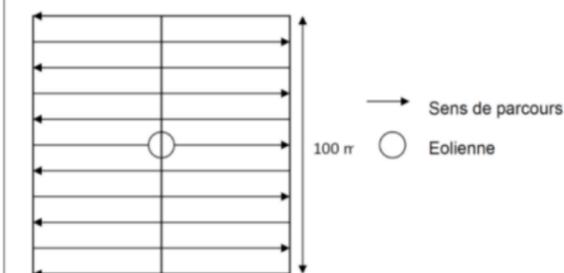
- **la période 1** : ici, de mi-avril à mi-juillet. Elle correspond principalement à la période reproduction des oiseaux et à la parturition des chauves-souris. Durant cette période, la majorité des cultures agricoles présentes sur le site d'étude sont bien développées ou à maturité, rendant les surfaces de recherche difficiles à prospecter. La surface moyenne prospectée sur l'ensemble du parc est donc fortement réduite.
- **la période 2** : ici, de mi-juillet à fin octobre. Elle correspond principalement à la période de migration postnuptiale et aux dispersions des jeunes. Dans le secteur d'étude, les moissons ont eu lieu à la mi-juillet. Ainsi, durant cette période, la quasi-totalité des surfaces sont prospectables. La surface moyenne prospectée sur l'ensemble du parc est donc bien plus élevée.

#### 3.1.2 RECUEIL DES DONNÉES BRUTES DE MORTALITÉ

Le protocole d'étude directe de la mortalité implique la recherche de cadavres d'oiseaux et de chiroptères au sol.

##### 3.1.2.1 Méthode pour la recherche des cadavres et surfaces prospectées

Il existe deux méthodes de travail équivalentes qui dépendent pour partie des caractéristiques du terrain (arbres, haies...) : **les cercles concentriques** ou **les transects**. Les deux méthodes sont équivalentes. La **méthode des cercles concentriques a été appliquée tout au long de la démarche.**

Technique des cercles concentriques	Technique des transects réguliers
<p>L'observateur réalisera des cercles concentriques autour des mâts à raison d'un pas de 5 mètres de rayon chacun. Le long du transect (un des cercles concentriques), cet observateur recherchera la présence de cadavre sur une largeur totale de 5 mètres, soit 2,5 mètres de part et d'autre de sa ligne de déplacement (surface de détection grisée ci-après). De la sorte, il réalisera 10 cercles concentriques pour s'éloigner au maximum de 50 mètres des mâts.</p> 	<p>L'observateur réalisera des transects le long d'un carré de 100 mètres de côté dont le centre est occupé par le mât de l'éolienne. Chaque transect sera espacé de 5 mètres ce qui permet à l'observateur de rechercher la présence de cadavre sur une largeur de 2,5 mètres de part et d'autre de sa ligne de déplacement. De la sorte, il réalisera 11 transects pour s'éloigner au maximum de 50 mètres des mâts.</p> 

Conformément aux recommandations formulées par Eurobats (Rodrigues *et al.*, 2014) et du protocole de suivi environnemental actuellement en vigueur, dans le cas de machines présentant des pales de longueur supérieure à 50m, les prospections se sont faites dans un rayon équivalent à la longueur des pâles autour des mâts des machines. **Pour le parc éolien du Mée / Les Blés d'Or, les prospections se sont donc effectuées dans un rayon de 50 mètres autour des mâts des machines.** D'après la bibliographie, une majorité des cadavres tombe dans un rayon de 50 m autour des mâts (GRÜNKORN *et al.*, 2005 ; BRINKMANN *et al.*, 2011), s'agissant du rayon minimal à suivre.

Cette surface a été prospectée en réalisant des transects autour des mâts des éoliennes suivies. Chaque transect est espacé de 5 mètres ce qui permet à l'observateur de rechercher la présence de cadavre sur une largeur de 2,5 mètres de part et d'autre de sa ligne de déplacement. En effet, Arnett *et al.*, (2005) ont démontré que l'efficacité chute fortement au-delà d'une distance de 3 mètres. De la sorte, l'observateur a réalisé 10 transects pour s'éloigner au maximum de 50 mètres des mâts. Précisons que ces itinéraires ont été réalisés d'un pas lent et régulier pour une détectabilité optimale et au moins une heure après le lever du soleil, pour minimiser l'impact de la prédation diurne, et quand les conditions lumineuses sont suffisantes.

Si le suivi direct de la mortalité se révèle pertinent pour évaluer les effets d'un parc, il peut s'avérer extrêmement difficile voire impossible dans les cas où le couvert végétal est trop dense (Cornut & Vincent, 2010). Durant la période échantillonnée, les surfaces prospectables ont varié selon l'assolement autour des éoliennes (blé, colza, exploitant en activité dans les parcelles, ...). Le tableau suivant décrit les 3 classes de végétation utilisées pour définir les niveaux de visibilité. A chaque passage le niveau de visibilité a été renseigné sur chaque parcelle ou habitat. **Une estimation de la surface prospectée autour des machines a ainsi été calculée pour chaque visite** à partir de la cartographie des habitats sous SIG. Ces données sont ensuite intégrées dans le calcul des taux de détection afin d'interpréter correctement les résultats.

Classes de végétation relevées sur le terrain

Classe de végétation	Type de végétation	Suivi de mortalité
Classe 1	Végétation haute et dense, sans visibilité au sol => cultures	Visibilité nulle ou mauvaise = non prospectée
Classe 2	Végétation recouvrante mais de hauteur faible à moyenne ou végétation peu couvrante mais pouvant être haute => friches, sarrasin	Visibilité moyenne = prospectée
Classe 3	Végétation de faible hauteur, peu couvrante à absence de végétation => plateformes, chemins, labours, céréales moissonnés	Visibilité bonne = prospectée

Le détail des surfaces réellement prospectées au cours du suivi est présenté en annexe 2.



Classe de visibilité 3 (bonne) ; labour fin avec semis (E. Brunet – Ecosphère)



Classe de visibilité 2 (moyenne) ; labour hétérogène d'ancienne culture de maïs (L. Boutault – Ecosphère)



Classe de visibilité 1 (nulle) ; cultures à végétation dense (pois à gauche, maïs à droite) (L. Boutault – Ecosphère)



Après avoir identifié et photographié les cadavres découverts autour des éoliennes suivies, les informations suivantes ont été notées :

- localisation du cadavre par rapport à l'éolienne : relevé GPS afin de définir la localisation précise et d'en déduire la distance au mât ;
- état du cadavre : degré de dégradation, type de blessure apparente, temps estimé de la mort, analyse des causes de mortalité, etc. ;
- selon les besoins, des mesures complémentaires peuvent être relevées : âge, sexe, biométrie (longueur de l'avant-bras, du 3e et/ou du 5e doigt, etc. pour les chiroptères).

### 3.1.2.2 Identification des espèces

L'identification à l'espèce, notamment des chauves-souris, représente une plus-value importante lors de l'analyse des résultats, en permettant de distinguer des espèces ayant des comportements différents (sédentaires ou migratrices) ou encore des statuts de menace et de rareté différents.

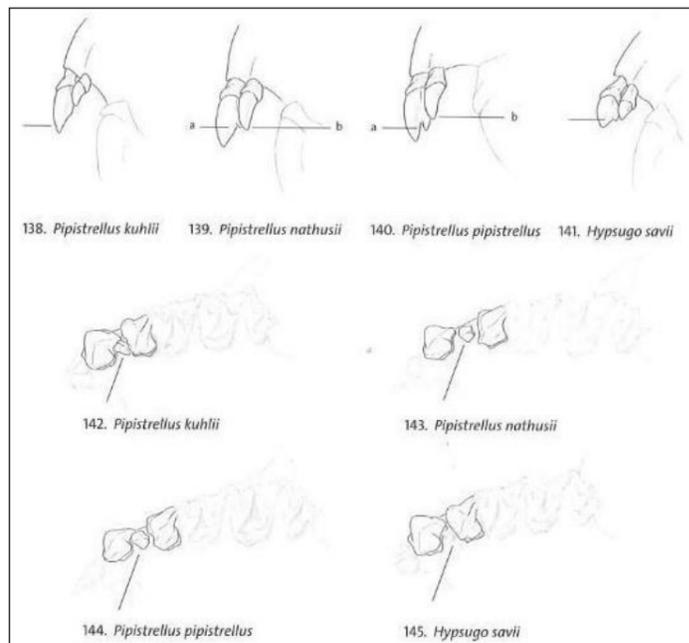
Dans ce cadre, la prise des différentes mesures biométriques nécessaires à l'identification n'est généralement possible qu'avec une manipulation du cadavre de chauve-souris, voire son prélèvement pour l'observation et les mesures de la dentition sous loupe binoculaire. S'agissant d'espèces protégées, **une demande de dérogation pour la capture ou l'enlèvement de cadavres de chiroptères protégés au niveau national a été faite auprès de la Direction Départementale des Territoires d'Indre (Cerfa 13616-01).**

Tous les cadavres ont été, autant que possible, identifiés à l'espèce.

**Pour les chiroptères**, différents ouvrages ont pu être utilisés pour l'identification en fonction de l'état dans lequel est le cadavre au moment de sa découverte :

- La clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe, par Dietz & von Helversen (2004) ;
- La clé morphologique et la clé des crânes présentes dans le guide : Mammifères de Suisse : clés de détermination, détermination par Marchesi *et al.* (2011).

Les deux premières clés sont principalement utilisables pour des individus en bon (voire très bon) état. La troisième clé permet une identification à l'espèce à partir du crâne et tout particulièrement de la dentition.



Différenciation des pipistrelles à partir de quelques critères de dentition  
(Source : Fauna Helvetica, 2011)

En effet, certaines espèces, même en bon état de conservation, sont difficilement identifiables avec certitude sans la dentition, en raison d'un haut degré de variabilité intraspécifique, comme c'est tout particulièrement le cas pour le genre *Pipistrellus*. L'identification de l'espèce s'effectue en mesurant les rangées dentaires (de la canine à la 3<sup>ème</sup> molaire) et la distance entre la 1<sup>ère</sup> et la 3<sup>ème</sup> molaire, puis en vérifiant les autres critères, discriminants (présence/absence de protoconule, de métalophe/paralophe) et distinctifs (matrice présente dans la clé des crânes, Marchesi *et al.* (2011)). **Dans le cas présent, tous les cadavres de chiroptères retrouvés sur le parc du Mée / Les Blés d'Or ont pu être identifiés à l'espèce.**

**Pour les oiseaux**, les ouvrages suivants ont été consultés :

- Svensson I., Grant P., Mullarney K. & Zetterström D. 2010. Le guide ornitho. Delachaux & Niestlé, Paris, 2e édition, 447 p ;
- Demongin L. 2015. Guide d'identification des oiseaux en main. Les 250 espèces les plus baguées en France. Beauregard-Vendon. 310 p.

Dans certains cas, le cadavre a été dévoré et seules les plumes restent. Elles possèdent pour la plupart des caractéristiques particulières permettant de spécifier l'individu. Dans ce cas, le guide suivant peut aider à l'identification :

- Fraigneau C. 2017. Identifier les plumes des oiseaux d'Europe occidentale. Delachaux & Niestlé, Paris. 400 p.

### 3.1.3 ESTIMATION DE LA MORTALITÉ RÉELLE À PARTIR DES DONNÉES BRUTES

Des écarts importants peuvent exister entre la mortalité brute découverte lors du suivi et la mortalité réelle. Aussi, des modèles correctifs sont utilisés pour tenir compte des différents biais.

Le paramètre clé pour estimer la mortalité des chauves-souris et des oiseaux à partir de la recherche de cadavres est **la probabilité de détection (b)**, c'est-à-dire la probabilité qu'un animal tué soit retrouvé, celle-ci étant fonction :

- **de la surface réellement contrôlée (a)**. La surface prospectée ne contient pas, en général, la totalité des cadavres tués par l'éolienne et parfois seule une portion de la surface est accessible (limite de la surface de prospection en culture dense, en zones boisées, etc.) ;
- **du taux de persistance des carcasses (p)**. En effet, la disparition des cadavres est plus ou moins rapide selon l'abondance des charognards, les disparitions pouvant avoir lieu dans la nuit même ou sur un nombre de jours plus ou moins important ;
- **de l'efficacité du chercheur (d, ou Pk dans certaines publications)**. La performance de l'observateur pour la découverte des cadavres peut varier selon les personnes (formation et expérience) mais aussi selon la saison (hauteur de la végétation, présence des feuilles mortes, etc.).

**Les estimations de cette probabilité de détection peuvent se faire selon plusieurs modèles d'extrapolation statistique, chacun ayant des avantages et des inconvénients.**

La manière apparemment la plus simple consiste, pour une aire prospectée totalement, à estimer cette probabilité de détection comme étant le produit de l'efficacité des enquêteurs et de la probabilité de disparition des cadavres ( $b = p \cdot d$ ). C'était l'approche utilisée par la première méthode développée au début des années 90, mais elle ne tenait pas compte de la fréquence des passages (tendance à la surestimation de la mortalité ; Korner-Nievergelt *et al.*, 2011).

Une deuxième méthode, dite d'Erickson, a mieux pris en compte à partir de l'année 2000 la fréquence des passages ainsi que la persistance des cadavres, mais elle sous-estimait légèrement la mortalité (sauf pour des temps de persistance longs ; Korner-Nievergelt *et al.*, 2011) comparativement aux différentes méthodes les plus modernes présentées ci-dessous (Jones, Huso et Korner).

En fait, **l'utilisation d'une relation exponentielle (Jones, Huso) ou d'une relation statistique complexe (Korner) rendent l'analyse plus fine** avec en particulier un poids plus important donné à la probabilité de disparition des cadavres. La formule de Korner-Nievergelt *et al.*, (2011) est en général la méthode la plus fiable lorsque l'efficacité du chercheur et le taux d'enlèvement des cadavres par les prédateurs sont

constants. Lorsque ces paramètres varient, les biais sont proches entre les différentes méthodes. Il n'existe à ce jour pas de modèle universel (Bernardino *et al.*, 2013). En revanche, **quelle que soit la méthode utilisée, les estimations sont mal estimées pour des durées de persistances courtes et des intervalles de recherches supérieurs à 7 jours** (Korner-Nievergelt *et al.*, 2011).

Les paragraphes suivants justifient les modes de calculs et les paramètres utilisés.

### 3.1.3.1 Paramètres et biais pris en compte

#### ❖ Ajustement de la surface réellement contrôlée (a)

L'une des principales difficultés consiste à corriger les données en fonction de la surface réellement prospectée par rapport à la surface théorique du protocole. Ces différences sont liées en général à la topographie et/ou à la densité de la végétation. **Le coefficient de correction surfacique renseigne alors sur le pourcentage de cadavres non relevés par l'observateur.** Deux facteurs rendent difficiles l'appréciation :

- plus la surface réellement prospectée est petite, plus la marge d'erreur est grande ;
- la répartition spatiale des carcasses influe sur les calculs : de manière courante, plus l'on s'éloigne du mât, plus la densité en cadavres diminue (Strickland).

En général, on ajuste les estimations de mortalité totale par une simple relation de proportionnalité entre la surface prospectée sur la surface prospectable en théorie d'un disque d'un rayon de 50 m autour de la base de l'éolienne.

**Cette formule repose sur le fait que la distribution des cadavres est homogène dans l'espace** et ne tient donc pas compte de la distribution réelle des cadavres sur le terrain. Huso *et al.* (2010) ont estimé que cela conduit probablement à une surestimation de la mortalité (Huso *et al.* 2010).

Behr *et al.* (2011) considèrent que si la surface pouvant être prospectée est inférieure à 40 % dans les 50 mètres autour du mât, il n'est pas possible d'obtenir des résultats cohérents. Ils ne sont plus fiables statistiquement. En tout état de cause, lorsque la zone n'a pas pu être entièrement parcourue, la surface contrôlée pour chaque éolienne a été systématiquement estimée.

**Dans le cas de cette étude, les applications « EolApp »<sup>2</sup> et « GenEst<sup>3</sup> » utilisées (détaillées ci-après) se basent sur la moyenne des surfaces prospectées durant une période considérée.**

#### ❖ Taux de persistance journalière des cadavres (p)

Comme vu précédemment, le taux de persistance des cadavres est une donnée fondamentale. La durée de persistance des carcasses en jours dépend à la fois de la pression de prédation locale et de la capacité de dégradation in situ des animaux morts. Une partie des chauves-souris et des oiseaux tués par les éoliennes disparaît avant qu'elle ne puisse être découverte dans le cadre des prospections. En effet, des charognards (mammifères, oiseaux, insectes) peuvent dévorer, enterrer ou déplacer les carcasses.

Il existe **une grande variabilité de persistance des carcasses** dans le temps et dans l'espace. En effet, celui-ci change selon les sites en raison des différences de comportement ou de densité des charognards, de la température et de l'humidité. À titre indicatif, en Allemagne, Niermann *et al.* (2011) ont annoncé que le temps de persistance variait de 1,3 à 24,5 jours pour une valeur moyenne de 4,2 jours. En fonction des périodes, ce taux peut atteindre une valeur nulle ou très petite c'est-à-dire que les cadavres disparaissent très rapidement. Santos *et al.* (2011) démontrent que **les temps de persistance sont très faibles en Europe notamment pour les chiroptères et les petits oiseaux**, avec une probabilité de disparition très élevée dans les 2 premiers jours par rapport à d'autres groupes d'animaux.

Le taux d'enlèvement équivaut à la proportion de dépouilles qui demeurent durant l'intervalle compris entre deux recherches (Cornut et Vincent, 2010). Des tests de disparition de cadavres peuvent ainsi être effectués sur le terrain et d'après les recommandations d'Eurobats (Rodrigues *et al.*, 2014), il faudrait procéder à des tests au moins 4 fois par an pour tenir compte des variations de hauteur de végétation dans la zone contrôlée. Idéalement, chaque test dure 10 jours consécutifs<sup>4</sup>.

En 2011, Niermann *et al.* ont réalisé ces tests avec des souris de laboratoires de couleur foncée qu'ils ont disposées au sol avec des gants pour éliminer toute odeur humaine pouvant s'avérer répulsive pour les renards ou les sangliers. [...] Ils ont ainsi estimé un taux d'enlèvement de 0,79, c'est-à-dire qu'après 24 h, 7,9 cadavres sur 10 ont été retrouvés en moyenne au pied des éoliennes.

**Dans le cadre de cette étude, et en accord avec les recommandations du protocole de suivi environnemental, un test de persistance a été effectué à deux reprises.** Le premier test a eu lieu au printemps (date de dépose des cadavres : 23/04/2020), le second en fin d'été (date de dépose des cadavres : 31/08/2020).

Le test a consisté à déposer **3 cadavres de souris, poussins ou gerbilles** fraîchement décongelés autour des **6 éoliennes** du parc (soit 18 cadavres par session, 36 au total sur l'année). Afin de mimer au mieux les conditions réelles et éviter l'ajout d'un biais supplémentaire, les souris (blanches) ont été enduites de terre pour les rendre sombres et pour qu'elles aient ainsi un aspect proche de celui des cadavres réellement trouvés au pied des éoliennes (petites chauves-souris brunes/noires, passereaux brunâtres, ...). Aussi, **les cadavres « non-naturels » ont été déposés aléatoirement sur l'emprise de la surface théorique à prospecter, et réparties sur l'ensemble des types d'habitats présents.**

Ensuite, la persistance de ces cadavres « non naturels » a été contrôlée à raison **d'un premier passage le lendemain de la dépose (J+1), puis de 2 passages par semaine jusqu'à disparition des cadavres ou après une période de 14 jours**, soit à J+4, J+7, J+11 et J+14. (Voir l'annexe 1 pour le détail des dates de suivi).

<sup>2</sup> <https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>

<sup>3</sup> <https://www.usgs.gov/centers/fresc/science/a-generalized-estimator-estimating-bird-and-bat-mortality-renewable-energy>

<sup>4</sup> Dans l'idéal, des cadavres de chauves-souris ou de petits passereaux préalablement décongelés devraient être utilisés. Pour des raisons juridiques (dérogation, espèces protégées), de commodité et d'approvisionnement, ils sont couramment remplacés par des poussins d'un jour ou des rongeurs de couleur sombre.



Cadavres d'une gerbille noire (gauche) et d'une souris salie (droite) déposés pour le test de prédation (L. Boutault - Ecosphère)



Leurre déposés dans différents habitats pour le test d'efficacité des observateurs (L. Boutault ; M. Acqueberge – Ecosphère)

#### ❖ Efficacité de l'observateur (d, ou Pk)

Toutes les méthodes utilisent le facteur  $d$ , c'est-à-dire le taux de détection (ou d'efficacité) par l'enquêteur. L'efficacité de recherche décrit la proportion de cadavres retrouvés après la prospection. Elle varie en fonction de la personne (Niermann *et al.*, 2011) et surtout du couvert végétal (Rodrigues *et al.*, 2014).

Pour évaluer le taux d'efficacité, il convient habituellement de réaliser des tests de détectabilité. Ils sont effectués en fonction de classes de végétation définies par la combinaison de la hauteur de végétation, de la visibilité du site et de la topographie (Rodrigues *et al.*, 2014). Le principe est de dissimuler des cadavres et de compter le nombre de leurres retrouvés par l'enquêteur testé qui effectue sa prospection comme lors d'une recherche normale.

L'efficacité des observateurs à détecter des cadavres a été testée à deux reprises, les 12/06 et 16/10/2020. Pour ce faire, des leurres en caoutchouc ont été déposés aléatoirement dans le périmètre prospecté en amont des recherches de mortalité, au sein des classes de végétation praticable (visibilité bonne et moyenne). Selon le nombre de leurres artificiels retrouvés par l'observateur, le taux d'efficacité a pu être calculé par le rapport entre le nombre de leurres découverts et le nombre de leurres déposés.

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

Cette efficacité dépend des classes de végétation définies par la combinaison de la hauteur de végétation, de la visibilité du site et de la topographie (Rodrigues *et al.*, 2008). Sur le parc étudié, la proportion de chaque type de culture a été notée lors de chaque passage et associée à un niveau de visibilité : visibilité nulle ou mauvaise, moyenne, bonne.

#### 3.1.3.2 Modèles statistiques

##### ❖ Modèle d'Erickson (2000)

Erickson emploie une formule qui intègre la durée de persistance moyenne des cadavres et la fréquence des passages.

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

Avec :

I : Intervalle moyen entre deux visites (en jours)

$t_m$  : durée moyenne de persistance (en jours)

d : efficacité de l'observateur

C : nombre de cadavres découverts

L'estimateur Erickson *et al.* (2000) est fréquemment utilisé en France. Ce test a plutôt tendance à sous-estimer les données (Korner-Nievergelt *et al.*, 2011) pour les taux de persistance courts mais pas pour les taux de persistance longs. Cette sous-estimation est aussi constatée par Péron (2018) qui suppose que cela peut être lié au postulat d'effort de recherche constant. La formule intègre la fréquence des passages mais n'est pas demandeuse quant à la durée moyenne entre les passages. Elle considère une diminution exponentielle des temps de disparition des cadavres qui peuvent être trouvés lors des passages ultérieurs au premier passage infructueux.

##### ❖ Modèle de Jones (2009)

La méthode proposée par Jones *et al.* (2009), pour estimer la mortalité repose sur plusieurs hypothèses :

- le taux de mortalité est considéré comme globalement constant sur l'intervalle de recherche ;
- la durée de persistance d'un cadavre suit une variable exponentielle négative, le taux de persistance étant calculé ainsi ( $T_m$  = durée moyenne de persistance en jours) :

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

- la probabilité de disparition moyennée sur l'intervalle entier (quand des animaux peuvent aussi bien être impactés et mourir au début ou à la fin de l'intervalle) peut être approximée par la probabilité de disparition à la moitié de l'intervalle.

La formule pour calculer le nombre de cadavres estimé est la suivante :

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

Avec :

C : nombre de cadavres découverts

a : coefficient de correction surfacique (cf. 3.1.3.1)

d : efficacité de l'observateur (cf. 3.1.3.1)

tm = durée moyenne de persistance en jours

I : Intervalle moyen entre deux visites

$\hat{I}$  : Intervalle effectif moyen

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

Jones utilise la notion d' « intervalle effectif » pour calculer le coefficient correcteur  $\hat{e}$  qui correspond au rapport entre la durée avant que 99 % des cadavres soient prédatés/déplacés et la durée de l'intervalle. Il est en effet logique que plus l'intervalle est long, plus le taux de persistance s'approche de 0. L'intervalle effectif correspond ainsi à la durée pour laquelle le taux de persistance est égal à 1 % (100 – 99 %).

L'intervalle effectif moyen,  $\hat{I}$  est donc égal à :  $-\log(0,01) \times tm$ . Dans le calcul, I prend la valeur minimale entre I et  $\hat{I}$ , notée  $\hat{e}$ .

#### ❖ [Modèle de Huso \(2010\)](#)

Huso *et al.*, (2010) considère également une mortalité globalement constante mais, dans son approche, la probabilité de disparition au milieu de l'intervalle de passage n'est pas égale à la probabilité moyenne de persistance d'un cadavre. La formule est donc différente. Néanmoins, les travaux de Huso sont basés sur des données américaines où les taux de persistance moyens seraient plus élevés qu'en Europe (Korner *et al.*, 2011). Les biais sont donc plus importants pour cette approche lorsque les durées de persistance sont courtes (Bernardino *et al.*, 2013).

Le taux de persistance, plus élevé, est donné comme suit :

$$p = \frac{tm \times (1 - e^{-I/tm})}{I}$$

D'où la formule :

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

Avec :

C : nombre de cadavres trouvés

a : coefficient de correction surfacique (cf. 3.1.3.1)

d : efficacité de l'observateur (cf. 3.1.3.1)

tm = durée moyenne de persistance en jours

I : Intervalle moyen entre deux visites

$\hat{I}$  : Intervalle effectif moyen

$\hat{e}$  : Le coefficient correcteur moyen de l'intervalle équivalent à  $\frac{\text{Min}(I;\hat{I})}{I}$

#### 3.1.3.3 EolApp (Besnard & Bernard, 2018)

Les différents modèles de calculs présentés ci-dessus ont été exploités avec une application web Shiny (EolApp) faisant tourner un script R sur le serveur<sup>5</sup>. L'ensemble du code est dans le langage R, très utilisé aujourd'hui du fait de son caractère gratuit. Les applications ont été programmées par Aurélien Besnard et Cyril Bernard, chercheurs du Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (UMR5175 Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive, Montpellier). L'utilisation de cette application permet notamment d'éviter les éventuelles erreurs d'applications des formules.

Comme demandé par le protocole national 2018, **cette application permet d'obtenir une médiane et les intervalles de confiance à 80 % et 95 % des estimations de mortalité obtenues**. En effet, le calcul de la mortalité à l'aide des différentes formules issues de la littérature et proposées par le Ministère, sont de fait des estimations. Ce calcul repose sur des processus d'échantillonnage multiples. Par exemple, la répartition des mortalités dans le temps est en soit un processus aléatoire. Les passages répétés dans le temps sous les éoliennes correspondent à un processus d'échantillonnage. La persistance et la détection des cadavres lors de la mise en place de cadavres reposent aussi sur des processus aléatoires. De fait, une incertitude sur les estimations doit être quantifiée et précisée en même temps que les résultats des calculs.

**Les calculs reposent donc sur les données existantes relevées sur le terrain**. Ils se basent sur un protocole standardisé, à savoir un nombre de visites défini sur une ou plusieurs éoliennes, séparés par des pas de temps identiques, visites pendant lesquelles les cadavres sont recherchés. Elle utilise également les données issues de l'expérimentation utilisée pour estimer la persistance ainsi que la détection des observateurs.

**Ce faisant, plusieurs limites sont à prendre en compte :**

- par défaut, la correction surfacique (les zones prospectées n'étant pas toujours égales à la surface théorique du protocole) se fait sur l'ensemble des éoliennes tout au long du suivi ou une sous-période. Cela a tendance à approximer et/ou lisser la réalité de terrain ;
- aucune distinction est faite sur des groupes des cadavres basés sur leur gabarit/taille (petit VS grand a minima), que cela soit pour les cadavres comme pour les leurres ;
- les résultats du test efficacité des observateurs sont également globalisés ;
- les estimateurs utilisés se basent sur des fonctions simples ou exponentielles de la même manière sur l'ensemble des données, ce qui peut avoir tendance soit à la surestimation (Huso/Jones) soit la sous-estimation (Winkelmann/Erickson).

Le taux de persistance étant relativement court dans le cas présent (Tm = 1,9 jours, cf. partie Résultats 4.1.2.1), l'estimateur développé par Erickson ne sera pas retenu pour les analyses. **L'évaluation des impacts se basera sur les estimations obtenues à partir des modèles de Jones et Huso.**

<sup>5</sup> <https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>

**Estimation des mortalités induites par les éoliennes**

**Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :**  
 Browse... cadavres\_9.csv  
 Upload complete

Nb lignes lues = 27  
**Sélectionner un fichier avec la durée de persistance des cadavres déposés :**  
 Browse... persistence\_Pmoyenne.csv  
 Upload complete

Nombre de lignes lues = 40

**Méthode de calcul des intervalles de confiance**  
 Non-paramétrique  
 Paramétrique

Intervalle de temps entre les passages =  
 4

Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection =  
 20

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =  
 10

Pourcentage de la surface prospectée =  
 0.7

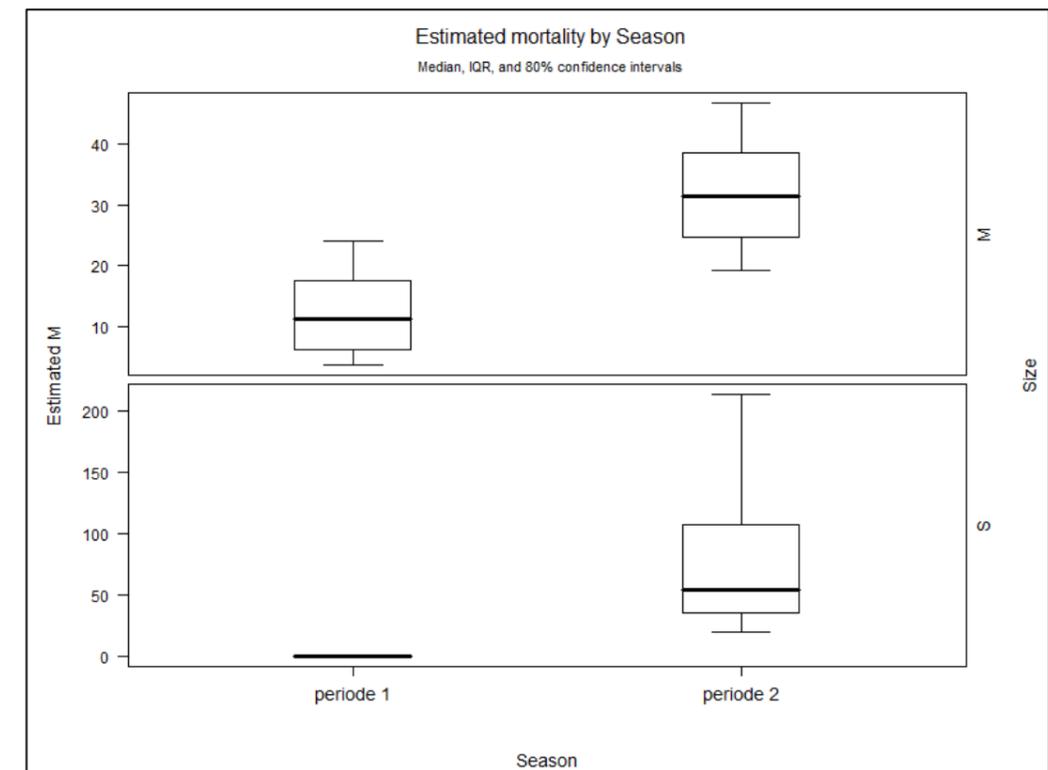
CALCULER

**Données en entrée**  
 Nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes (une valeur par visite de terrain) :  
 1, 0, 1, 0, 0, ..., 0, 0, 0, 0, 1  
 Durée de présence de cadavres déposés par les expérimentateurs (une valeur par cadavre déposé) :  
 7, 4, 8, 5, 9, ..., 5, 8, 6, 7, 9

**Estimations avec leurs intervalles de confiance**

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	10.24	3.76	19.31	5.73	15.79
Huso	21.66	8.06	40.91	12.12	33.37
Winkelmann	16.07	6.02	30.36	8.93	24.76
Jones	22.03	8.19	41.59	12.33	33.93

Impression d'écran de l'interface d'EolApp (<https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>)



Impression d'écran de l'interface de GenEst montrant les résultats déclinés par période et taille des cadavres (<https://www.usgs.gov/centers/fresc/science/a-generalized-estimator-estimating-bird-and-bat-mortality-renewable-energy>)

### 3.1.3.4 GENEST : estimateur international standardisé

Les spécialistes internationaux que sont **Huso & Dalthorp (USGS)** et **Korner-Nievergelt (Oikostat)**, **trois auteurs cités dans le protocole national 2018**, se sont associés avec d'autres pour mettre à disposition gratuitement une solution informatique (« package ») fonctionnant sous le logiciel<sup>6</sup> open source R nommée « **GenEst** »<sup>7</sup>. Celle-ci permet d'imbriquer les différents paramètres pour modéliser finement la mortalité (persistance des cadavres, efficacité de la détection, correction surfacique) et **fournir des estimations ajustées selon les variables prises en compte (taille des cadavres, période de l'année, distinction oiseaux des chauves-souris...)**.

**Comme demandé par le protocole national 2018, cette application permet d'obtenir une médiane et les intervalles de confiance à 80 % ou 95 % des estimations de mortalité obtenues.**

Comme pour EolApp, les calculs reposent donc sur les données existantes relevées sur le terrain. Ils se basent sur un protocole standardisé, à savoir un nombre de visites défini sur une ou plusieurs éoliennes, pendant lesquelles les cadavres sont recherchés. Elle utilise également les données issues de l'expérimentation utilisée pour estimer la persistance ainsi que la détection des observateurs, mais de manière plus fine avec des variations possibles sans que cela soit trop pénalisant sur la justesse des estimations (par période et par taille de cadavres selon les classes visibilité des zones prospectées).

6 <https://www.r-project.org/>

7 <https://www.usgs.gov/centers/fresc/science/a-generalized-estimator-estimating-bird-and-bat-mortality-renewable-energy>

### 3.2 SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE

En parallèle des suivis de mortalité au sol, un suivi d'activité automatisé en altitude a été mené sur la période d'activité des chauves-souris afin d'identifier les paramètres météorologiques et phénologiques favorables à une plus forte activité chiroptérologique sur le site. Le suivi acoustique continu depuis la nacelle d'une éolienne est la méthode la plus appropriée pour évaluer les risques de mortalité par collision car elle permet d'enregistrer l'activité à hauteur de pales, soit la zone à risque véritable pour les chauves-souris.



Éolienne équipée avec un Batmode S+ (G. Marchais – Ecosphère)

L'éolienne E4 a été équipée d'un système de détection/enregistrement des ultrasons du 26 mai au 11 novembre 2020. L'appareil utilisé est un Batmode S+ de Bioacoustics technology GmbH™. Cet appareil a enregistré les ultrasons au format WAV non compressé avec le micro de haute qualité « Ultrasound gate » d'Avisoft Bioacoustics™ et permet la connexion et le contrôle à distance de plusieurs manières (accès via internet, réseau mobile, Wifi). Les données recueillies ont ainsi permis d'apprécier le peuplement chiroptérologique présent sur le site sur plus de 6 mois consécutifs.

Ce détecteur-enregistreur automatique permet de capter dans toute la bande d'émission des chauves-souris. Dès qu'un ultrason est détecté, il est automatiquement enregistré. Les sonagrammes sont ensuite analysés par des experts à l'aide de logiciels de mesures de paramètres (AnalogW 4 ou Batsound 4), et non avec des systèmes d'identification automatique car ces derniers peuvent facilement induire en erreur malgré des avancées récentes pour certaines espèces<sup>8</sup>. En effet, ils ont souvent des problèmes de discrimination des signaux de chauves-souris par rapport aux bruits et des banques sons de référence incomplètes, et donc manquent de précision dans la détermination des espèces et avec des risques d'erreurs importants. En outre, AnalogW 4 permet de quantifier l'activité des chauves-souris en un point donné.

<sup>8</sup> [www.plume-de-naturalistes.fr/wp-content/uploads/2018/11/08\\_JAY\\_10-2018\\_Identification-chiropteres-SonoChiro\\_Plume2\\_99-118.pdf](http://www.plume-de-naturalistes.fr/wp-content/uploads/2018/11/08_JAY_10-2018_Identification-chiropteres-SonoChiro_Plume2_99-118.pdf)

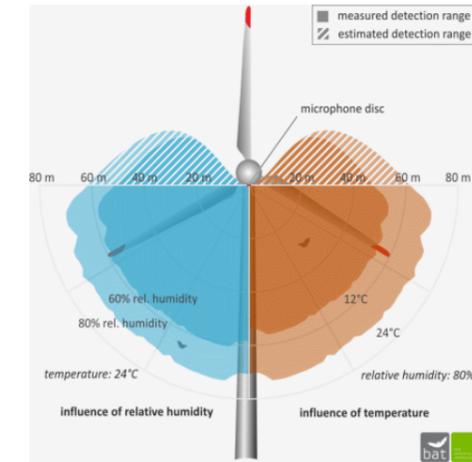
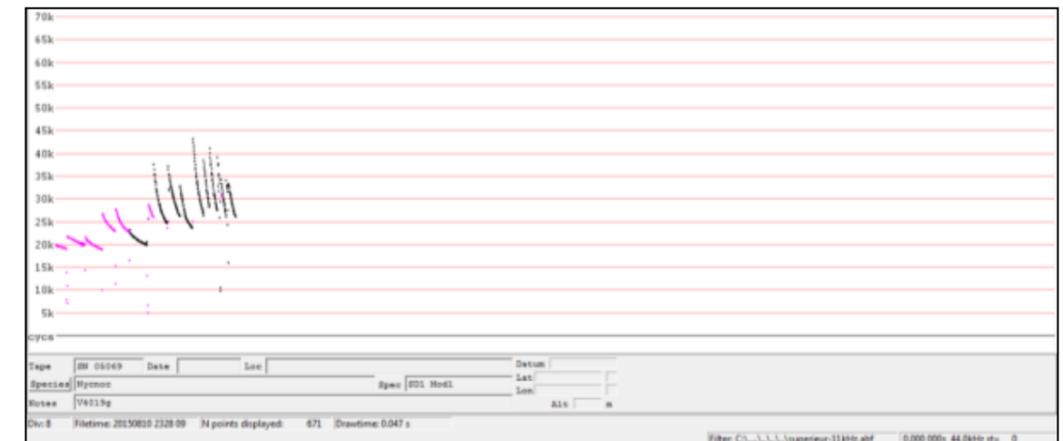


Schéma présentant les volumes de détection du micro « Ultrasoundgate » d'Avisoft Bioacoustics™ selon les conditions de température et d'humidité. Les couleurs foncées correspondent à la détection d'espèces émettant dans les 40 kHz (pipistrelles), tandis que les couleurs plus claires correspondent à la détection d'espèces émettant dans les 20 kHz (noctules, sérotines).



Séquence caractéristique sans bruit parasite de Noctule commune sous le logiciel Analog 4™

Simultanément aux enregistrements ultrasonores, les équipements intégrés de l'éolienne ont permis d'enregistrer les données météorologiques à hauteur de nacelle, telles que les vitesses de vent et la température. Celles-ci ont été utilisées dans les analyses de corrélation avec les activités afin de déterminer des paramètres de bridage visant à protéger les chauves-souris volant dans la zone de rotation des pales (100 m de diamètre).

Les résultats en nombre de contacts par nuit sont ensuite évalués en fonction du référentiel des suivis d'activité sur nacelle d'Ecosphère (ALTISPHERE). Il est constitué d'une compilation de résultats de 601 nuits d'écoute au cours desquelles au moins 1 contact a été enregistré pour 12 éoliennes réparties sur 9 sites différents implantés en milieu ouvert dans le grand quart nord-ouest de la France (2016-19).

Il est important de rappeler que l'utilisation du détecteur d'ultrasons offre des résultats qui sont à relativiser en fonction des distances de détectabilité et des milieux dans lesquels évoluent les différentes espèces concernées. Par exemple, les probabilités de détection d'une Noctule commune, dont les émissions ultrasonores portent à plus de 100 mètres en milieu ouvert, sont bien plus élevées que celles d'un Petit Rhinolophe, dont les émissions ultrasonores sont audibles à 5 mètres maximum. De même, un Murin de Natterer pourra être détecté à environ 20 mètres en milieu ouvert, alors qu'il ne pourra l'être qu'à moins de 5 m en milieu fermé (feuillage). Enfin, il faut savoir que les chiroptères et tout particulièrement les murins font varier la nature et la structure de leurs émissions ultrasonores en fonction de la distance par rapport aux obstacles et que, dans certains cas, ils adoptent des signaux très semblables, rendant impossible toute discrimination spécifique.

Ainsi, des **associations d'espèces** ont pu être constituées lorsque l'analyse des signaux n'a pu déboucher sur une identification spécifique :

- « **Sérotule** » pour la Sérotine commune et les Noctules commune et de Leisler : ces trois espèces émettent des émissions sonores régulièrement similaires entre 20 et 30 kHz et sont, par conséquent, difficiles à discriminer. La Noctule commune a pu être identifiée uniquement lorsque la séquence de signaux enregistrés présentait au moins une émission en « quasi-fréquence constante<sup>9</sup> » (QFC) dont la fréquence terminale était inférieure à 20,5 kHz. Les séquences de cris émises entre 22 et 30 kHz et présentant une alternance de cris en QFC avec une fréquence du maximum d'énergie > 21 kHz et en « fréquence modulée aplanie<sup>10</sup> » (FMA) avec une amorce explosive ont été attribuées à la Noctule de Leisler. Pour certains cas, le terme « **Noctule indéterminée** » a été employé à cause d'un trop grand chevauchement des mesures. Quant à la Sérotine commune, sa présence est envisagée lorsque les séquences présentent les caractéristiques suivantes : émissions entre 22 et 30 kHz, irrégularité temporelle des signaux de type FMA, amorce progressive et absence de QFC. En dehors de ces cas, la « Sérotule » a été annoncée ;

- « **Pipistrelle de Kuhl/Nathusius** » et « **Pipistrelle commune/de Nathusius** », associée aux Pipistrelles commune, de Kuhl et de Nathusius, correspondent aux individus émettant des cris en fréquence modulée compris entre 35 et 44 kHz. Seules les séquences présentant des cris sociaux (servant à discriminer les pipistrelles) et/ou des signaux de type QFC dont la fréquence terminale était comprise entre 38,5 kHz et 41 kHz (cas de la Pipistrelle de Nathusius) ont généralement permis une distinction des trois espèces. Les signaux QFC compris entre 39 et 41 kHz étaient attribués à la Pipistrelle de Nathusius s'ils étaient alternés avec des séquences de signaux en fréquence modulée aplanie qui sont caractéristiques de séquences de chasse. Autrement, une confusion était possible avec des signaux appartenant à la Pipistrelle commune. Quelques signaux de ce type ont été identifiés à partir des enregistrements obtenus sur les points d'écoute fixes. La présence de la Pipistrelle de Nathusius a donc pu être confirmée.

**Les autres espèces de bas vol comme les murins, rhinolophes et oreillards n'ont pas été contactés par ces suivis en altitude.**

<sup>9</sup> Quasi fréquence constante (QFC) : qualifie un signal de chauve-souris dont la différence entre la fréquence du début et de la fin est inférieure à 5 kHz. Ce type de cri a généralement une durée comprise entre 8 et 25 millisecondes.

<sup>10</sup> Fréquence modulée aplanie (FMA) : qualifie un signal de chauve-souris dont la différence entre la fréquence du début et de la fin est supérieure à 5 kHz et qui présente un aplanissement en fin de signal (se rapprochant ainsi de la QFC). Ce type de cri a généralement une durée comprise entre 0,1 et 8 millisecondes.

On ajoutera enfin que **l'identification des chauves-souris par l'acoustique est encore en développement**. Les méthodes de détermination sont récentes et reposent pour certains groupes (les murins en particulier) sur des probabilités. Une des méthodes les plus robustes en Europe a été définie par Michel Barataud et repose partiellement sur des éléments subtils liés à l'écoute. Une typologie des types de signaux acoustiques a été produite mais les limites atteintes par chaque espèce font encore l'objet de découvertes régulières, qui remettent parfois en question la méthodologie d'identification. Les méthodes d'identification automatique en sont quant à elles à leurs balbutiements et leur fiabilité est faible (risques d'erreurs non négligeables). Elles n'ont pas été utilisées dans le cadre de cette étude.

**Malgré ces limites, cette étude permet de bien comprendre les modalités d'utilisation du site par ces espèces, qualifier la diversité du peuplement chiroptérologique.**

### 3.3 MÉTHODE D'ÉVALUATION DES ESPÈCES FRÉQUENTANT LE PARC

#### 3.3.1 ÉVALUATION DE L'ENJEU DE CONSERVATION DES ESPÈCES

Un enjeu de conservation est attribué principalement à partir des listes rouges régionales, nationales et européennes<sup>11</sup> sur la base du tableau suivant.

Statut de menace/rareté		Niveau d'enjeu régional de l'espèce
CR	Espèce animale en danger critique d'extinction au niveau régional	Très fort
EN	Espèce animale en danger d'extinction au niveau régional	Fort
VU <sup>12</sup> NT et au moins R	Espèce animale vulnérable au niveau régional Espèce animale quasi-menacée et au moins rare au niveau régional	Assez fort
NT <sup>13</sup> LC mais au moins AR (voire AC)	Espèce animale quasi-menacée au niveau régional Espèce animale non menacée mais peu commune au niveau régional	Moyen
LC	Espèce animale non menacée, souvent assez commune à très commune, parfois assez rare ou rare	Faible
DD, NE	Données insuffisantes ou espèce non évaluée	« Dire d'expert » si possible

Pour les espèces présentes en période de reproduction, la liste rouge utilisée est la liste rouge régionale (des ajustements sont par ailleurs ponctuellement réalisés sur la base du niveau de rareté régional).

Pour les espèces migratrices et hivernantes, l'enjeu est d'abord évalué sur la base de la liste rouge européenne pour les oiseaux, et de la liste rouge nationale pour les chauves-souris car la liste rouge européenne est plus ancienne.

<sup>11</sup> Protocole national, 2015, p 5 : « Le protocole national en vigueur à ce jour stipule que l'enjeu de conservation s'appuie sur les Listes Rouges préparées sur la base des principes édictés par l'UICN. La liste rouge est utilisée et complétée, au besoin, par une liste rouge régionale, si celle-ci existe. ». Par extrapolation, la Liste Rouge Européenne est également prise en compte pour l'analyse. Le protocole actualisé en 2018 ne revient quant à lui pas sur ces notions.

<sup>12</sup> Certaines espèces vulnérables communes ou très communes peuvent voir leur enjeu abaissé au niveau moyen.

<sup>13</sup> Certaines espèces quasi menacées communes ou très communes peuvent voir leur enjeu abaissé au niveau faible.

Les espèces à enjeu ou sensibles à l'éolien sont considérées comme telles, qu'elles soient protégées ou non (sachant que toutes les espèces de chauves-souris sont protégées au niveau national).

### 3.3.2 ÉVALUATION DE LA SENSIBILITÉ GÉNÉRALE DES ESPÈCES À L'ÉOLIEN

Pour les oiseaux, les populations nicheuses et hivernantes en Europe sont relativement bien connues et les totaux ont été mis à jour par BirdLife International en 2015 ([www.birdlife.org/datazone/species](http://www.birdlife.org/datazone/species)). La sensibilité est donc définie comme le rapport entre le nombre de cas de collision connus et le nombre minimal de couples nicheurs en Europe. On notera que c'est bien l'Europe au sens biogéographique qui est prise en compte dans l'estimation des tailles de populations car une partie des nicheurs de pays comme la Suisse, la Norvège ou la Russie traversent annuellement la France.

Définition de la sensibilité à l'éolien chez les oiseaux

Quatre classes de sensibilité sont définies selon l'importance du nombre de collisions connues au regard des tailles de populations des espèces concernées :

**Hierarchisation des niveaux de sensibilité générale des oiseaux au risque de collision**

Classe	Sensibilité	Proportion des cas de collisions connus au regard des effectifs européens (BirdLife, 2015)	Exemples d'espèces d'oiseaux
4	Forte	Supérieure à 1 : les cas de mortalité représentent une proportion élevée et significative de leur population.	Milan royal, Pygargue à queue blanche, Vautour fauve
3	Assez forte	Comprise entre 0,1 et 1 : les cas de mortalité représentent une proportion significative de leur population, sans qu'elle ne soit très élevée. Ce sont généralement des espèces dont les tailles de populations sont peu importantes.	Milan noir, Faucon pèlerin, Balbuzard pêcheur, Circaète Jean-le-Blanc, Aigle botté, Faucon crécerelle
2	Moyenne	Comprise entre 0,01 et 0,1 : les cas de mortalité représentent une faible proportion de leur population. Ce sont : - soit des espèces communes avec de nombreux cas de collisions, - soit des espèces plus rares ou à répartition restreinte, mais dont les cas de collision restent peu nombreux. Dans ces deux cas, le maintien des populations n'est pas remis en question à l'échelle européenne.	Buse variable, Mouette rieuse, Canard colvert
			Busard des roseaux, Cédicnème criard, Grue cendrée
0 et 1	Faible à négligeable	Inférieure à 0,01 : les cas de mortalité représentent une proportion non significative de leur population. Ce sont : - soit des espèces abondantes dont les cas de collision peuvent être nombreux, mais restant anecdotiques à l'échelle des populations, - soit des espèces peu abondantes pour lesquelles les cas de collision sont occasionnels, - soit des espèces pour lesquelles aucun cas de collision n'est connu.	Martinet noir, Alouette des champs, Grive musicienne, Roitelet triple-bandeau Grand Cormoran, Chouette chevêche, Huppe fasciée, Torcol fourmilier Grande Aigrette, Grimpereau des jardins, Mésange huppée

Pour les chiroptères, les niveaux de population sont méconnus et seule l'abondance relative des espèces peut être localement ou régionalement estimée, sur la base des dénombrements en colonie et hivernage, ainsi que par l'activité acoustique. La sensibilité d'une espèce est donc simplement définie

comme la proportion du nombre de cas de collision connus en Europe rapporté aux collisions de toutes les espèces.

Les sources de données sont celles d'Eurobats et celles de l'allemand Tobias Dürr du « *Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg* » qui compile et publie régulièrement tous les rapports de mortalité par collision éolienne lui parvenant à l'échelle européenne (total cumulé depuis le début des suivis de mortalité en 2003). La dernière mise à jour est de de juin 2018 pour Eurobats et janvier 2020 pour T. Dürr. C'est ainsi la valeur maximale par pays qui est prise en compte (pour éviter les comptes-doubles). On a ainsi un total maximal de 10 619 cadavres de chiroptères recensés dans toute l'Europe. Ceci permet ensuite d'obtenir comme donnée de référence le pourcentage entre « nombre de cadavres pour une espèce donnée » par rapport au « nombre total de cadavres en Europe toutes espèces confondues ». Cette information a été complétée par une analyse bibliographique reposant en particulier sur les avis de la SFPEM (SFPEM, 2016) et d'Eurobats.

Le principe est le suivant : plus la proportion est élevée, plus les espèces concernées sont dites sensibles au risque de collision avec les éoliennes. Néanmoins, ces taux de mortalité ont plus ou moins d'impact sur les espèces si l'on tient compte des niveaux de populations dans chaque pays européen. Les sensibilités de chaque espèce ainsi obtenue sont présentées dans l'encadré suivant.

### Définition de la sensibilité brute au risque de collision à l'éolien chez les chiroptères

Compte tenu du faible nombre d'espèces (par rapport aux oiseaux), on peut présenter les résultats pour les espèces présentes en France, classées par niveau de sensibilité.

### Évaluation de la sensibilité brute des chauves-souris aux risques de collision (Dürr, 7 janvier 2020 & Eurobats, 3 juin 2018)

Espèce	Données de mortalité constatée (nb cadavres Europe/France 2020)	Pourcentage (total Europe 10 619 cadavres)	Sensibilité
Pipistrelle commune	2 388 / 995	22,5 %	Forte
Pipistrelle de Nathusius	1 594 / 272	15,0 %	Forte
Pipistrelle pygmée	450 / 176	4,2 %	Forte
(P. commune / pygmée)	414 / 40	3,9 %	Forte
Pipistrelle de Kuhl	469 / 219	4,4 %	Forte
(Pipistrelle sp.)	734 / 303	6,9 %	Forte
Vespère de Savi	370 / 57	3,5 %	Forte
Grande noctule	41 / 10	0,4 %	Forte
Noctule commune	1 543 / 104	14,5 %	Forte
Noctule de Leisler	714 / 153	6,7 %	Forte
Sérotine commune	120 / 33	1,1 %	Moyenne
Sérotine bicolore	214 / 11	2 %	Moyenne
Molosse de Cestoni	71 / 2	0,7 %	Moyenne
Minioptère de Schreibers	13 / 7	0,12 %	Moyenne
Grand Murin	7 / 3	< 0,1 %	Faible à négligeable
Murin de Daubenton	10 / 1	< 0,1 %	
Murin de Bechstein	1 / 1	< 0,1 %	
Murin de Brandt	2 / 0	< 0,1 %	
Murin à oreilles échanquées	5 / 3	< 0,1 %	
Murin à moustaches	5 / 1	< 0,1 %	
Murin de Natterer	2 / 0	< 0,1 %	
Barbastelle d'Europe	6 / 4	< 0,1 %	Faible à négligeable
Oreillard gris	9 / 0	< 0,1 %	
Oreillard roux	8 / 0	< 0,1 %	
Grand Rhinolophe	2 / 0	< 0,1 %	

\* Cas particuliers : La Grande noctule, absente d'Allemagne, pourrait être sous-représentée. Le Murin des marais également car c'est une espèce très localisée autour des pays du Bénélux.

### 3.3.3 CAS PARTICULIER DE L'ÉVALUATION DE LA PORTÉE DE L'ACTIVITÉ DU PARC SUR LES CHAUVES-SOURIS

La portée de l'impact correspond à l'ampleur de l'impact sur une composante des populations de chauves-souris locales ou européennes (impact cumulé) dans le temps et dans l'espace. Elle est d'autant plus forte que l'impact du projet s'inscrit dans la durée et concerne une proportion importante de la population locale de l'espèce concernée, ou du flux migratoire en altitude. D'une façon générale, elle dépend notamment de la durée, de la fréquence, de la réversibilité ou de l'irréversibilité de l'impact, de la période de survenue de cet impact, ainsi que du nombre d'individus ou de la surface impactée, en tenant compte des éventuels cumuls d'impacts.

Concernant l'éolien, les effets sont principalement par le choix des emplacements d'implantation par rapports aux habitats favorables (haies, lisières, boisements, milieux aquatiques) et aux axes/routes de vol/migration (perpendiculaire ou parallèle), les caractéristiques du modèle d'éolienne (hauteur de la nacelle, diamètre du rotor...), et les conditions de fonctionnement (période, plage horaire, paramètres météorologiques, bruits).

Trois niveaux de portée sont définis :

- ✓ Fort : lorsque l'activité de l'espèce concernée est au moins forte ou supérieure au quantile 75 % sur le point d'étude, ou lorsque la fonctionnalité écologique des populations locales ou de leurs habitats est impactée de façon importante.
- ✓ Moyen : lorsque l'activité de l'espèce concernée est moyenne ou comprise entre les quantiles 25 et 75 % sur le point d'étude, ou lorsque la fonctionnalité écologique des populations locales ou de leurs habitats est impactée de façon modérée ou plus ou moins limitée.
- ✓ Faible : lorsque le nombre de contacts de l'espèce est faible ou non significatif ou inférieure au quantile 25 %, ou lorsque la fonctionnalité écologique des populations locales ou de leurs habitats est impactée de façon marginale (pas de destruction, perturbation localisée ou temporaire des gîtes et des routes de vol discontinues ou occasionnellement empruntées).

### 3.3.4 ÉVALUATION DES IMPACTS

L'évaluation des impacts s'opère en deux étapes :

- 1) en croisant sensibilité et portée, on obtient d'abord l'intensité ;
- 2) en croisant l'enjeu des espèces avec cette intensité.

#### Définition des niveaux d'intensité de l'effet négatif

Niveau de portée de l'effet	Niveau de sensibilité		
	Fort à Assez forte	Moyen	Faible
Fort	Fort	Assez Fort	Moyen
Moyen	Assez Fort	Moyen	Faible
Faible	Moyen à Faible	Faible	Faible

Finalement, 6 niveaux d'impact ont été définis comme indiqué dans le tableau suivant :

Définition des niveaux d'impacts

Intensité de l'effet	Niveau d'enjeu impacté				
	Très Fort	Fort	Assez Fort	Moyen	Faible
Forte	Très Fort	Fort	Assez Fort	Moyen	Moyen ou Faible
Assez forte	Fort	Assez Fort	Moyen	Moyen ou Faible	Faible
Moyenne	Assez Fort	Moyen	Moyen ou Faible	Faible	Négligeable
Faible	Moyen	Moyen ou Faible	Faible	Négligeable	Négligeable

Ces impacts doivent néanmoins être comparés aux caractéristiques techniques des éoliennes, et en particulier la garde au sol et le volume brassé par les pales. En 2013, Ecosphère a élaboré une base de données sur les modèles existants à l'époque (échantillon de 55 modèles d'éoliennes produites par cinq constructeurs parmi les plus importants en 2013 à savoir : Enercon, Vestas, Repower, Nordex et Gamesa). Le seuil de vitesse de vent pour le démarrage de la production électrique (cut-in-speed) n'a pas été un critère technique retenu pour notre analyse par manque de données. Il s'agit pourtant d'un autre paramètre souvent déterminant.

Ainsi, après avoir affecté un niveau d'impact, celui-ci peut être augmenté d'un cran si la garde au sol est inférieure à 25 m ou si le diamètre du rotor dépasse les 120 m (aire de rotation des pales très grande).

### 3.4 MÉTHODE DE DÉFINITION DES IMPACTS ET DES MESURES DE RÉDUCTION ADAPTÉES AU PARC

La vulnérabilité des espèces présentes, les activités enregistrées à hauteur de nacelle et le nombre de cadavres recensés sur le parc permettent, *in fine*, d'aboutir à une évaluation contextualisée des risques d'impacts et la définition de mesures de réduction (arrêt programmé des éoliennes en périodes sensibles, modification de l'assolement...). L'arrêt programmé des machines (ou bridage) des éoliennes est la principale mesure de réduction de l'impact de collision des chauves-souris et des oiseaux.

Des algorithmes de bridage sont calculés et déterminés en fonction des niveaux d'impact constaté (nombre de cadavres et vulnérabilité des espèces concernées) et à la fréquentation du parc (nombre de contacts enregistrés en altitude et vulnérabilité des espèces contactées). Il est défini principalement en fonction des périodes d'activité des espèces vulnérables (mois de l'année, heures de la nuit, vitesse du vent, température...).



## 4. RÉSULTATS

### 4.1 SUIVI DE MORTALITÉ

#### 4.1.1 RÉSULTATS BRUTS

L'intégralité des données recueillies dans le cadre de ce suivi (espèce, sexe, âge, date de découverte, statut, cause de la mortalité, éolienne, distance au mât, coordonnées, découvreur, identificateur) est détaillée en annexe 3.

Sur les 6 éoliennes du parc du Mée / Les Blés d'Or, un total de **4 cadavres** a été découvert, dont **2 oiseaux** et **2 chiroptères**. Deux cadavres (1 oiseau et 1 chauve-souris) ont été découverts à plus de 50 m de distance du mât, rayon de prospection minimal étant donné la longueur des pales. Ils ont tout de même été conservés dans les analyses car la cause de la mort de ces individus, après inspection, est très certainement une collision avec les pales ou par barotraumatisme.

##### 4.1.1.1 Répartition spatiale

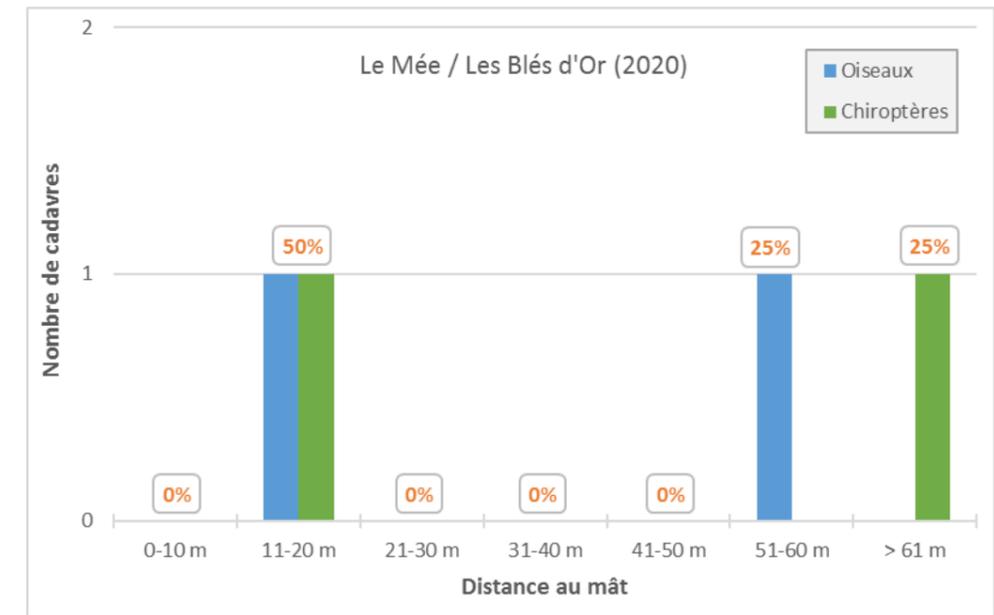
Voir la carte « Localisation des cadavres ».

Les cadavres découverts ne sont pas distribués de manière homogène entre les éoliennes :

Répartition des cadavres découverts en 2020 (n = 4) sur le parc éolien du Mée / Les Blés d'Or

Éolienne n°	Surface prospectée (moyenne sur les 45 passages)	Nombre de cadavres découverts	chiroptères	oiseaux
Les Blés d'Or - 1	64%	2	1	1
Les Blés d'Or - 2	58%	0	0	0
Les Blés d'Or - 3	64%	2	1	1
Le Mée - 4	67%	0	0	0
Le Mée - 5	64%	0	0	0
Le Mée - 6	63%	0	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

Par rapport à la distance au mât, la moitié des cadavres découverts a été retrouvée entre 10 et 20 m de distance du mât. Les autres cas de mortalité, découverts au-delà de 50 m mais dont la cause de la mort ne laisse pas de doute avec une collision avec les pales montre l'étendue de la dispersion des cadavres autour d'une éolienne.



Nombre de cadavres découverts et pourcentage correspondant par rapport à la mortalité totale en fonction de la distance au mât (n total = 4) – Parc du Mée / Les Blés d'Or (2020)

Ces éléments de distribution dans l'espace doivent toutefois être relativisés au vu de la quantité limitée de données de mortalité relevées sur le terrain, limitant la robustesse des résultats.

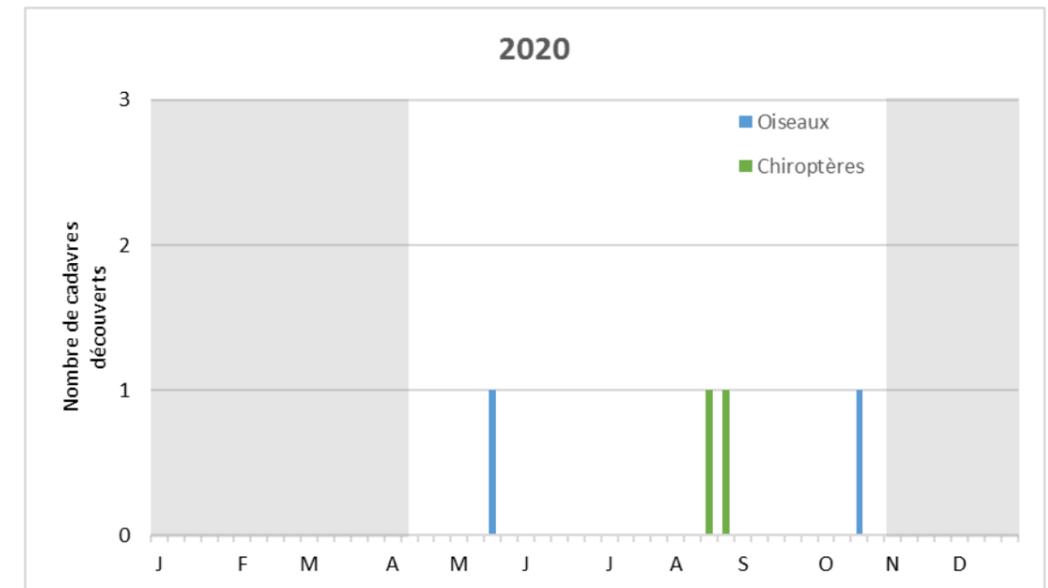
##### 4.1.1.2 Répartition temporelle et espèces concernées

La mortalité n'est pas répartie de manière régulière au cours de la période de suivi comme le montrent le tableau et la figure suivants. Les espèces concernées sont pour moitié des chiroptères, pour moitié des oiseaux.

Répartition temporelle de la mortalité (n = 4) sur le parc du Mée / Les Blés d'Or

Date	Chiroptères	Oiseaux	Total	Surface prospectée (moyenne des 6 éoliennes)
15/04/2020	0	0	0	20%
24/04/2020	0	0	0	
27/04/2020	0	0	0	
30/04/2020	0	0	0	
04/05/2020	0	0	0	
07/05/2020	0	0	0	
11/05/2020	0	0	0	
14/05/2020	0	0	0	
18/05/2019	0	0	0	
22/05/2020	0	1	1	
26/05/2019	0	0	0	
29/05/2020	0	0	0	
02/06/2020	0	0	0	
05/06/2020	0	0	0	
09/06/2020	0	0	0	
12/06/2020	0	0	0	

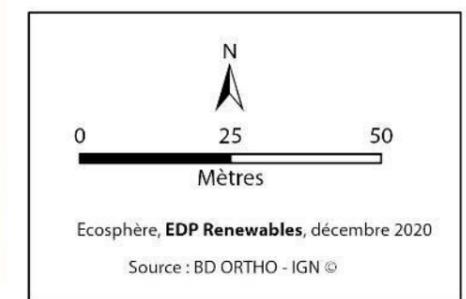
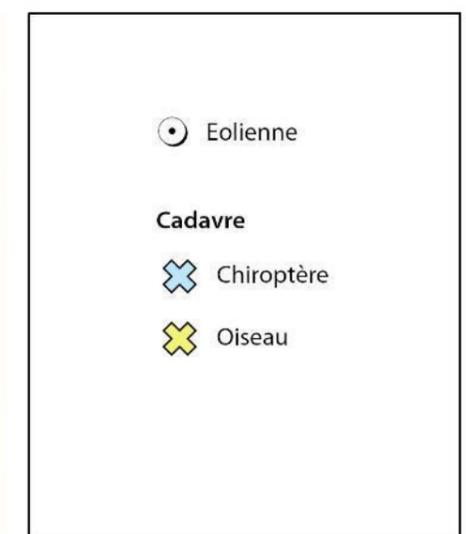
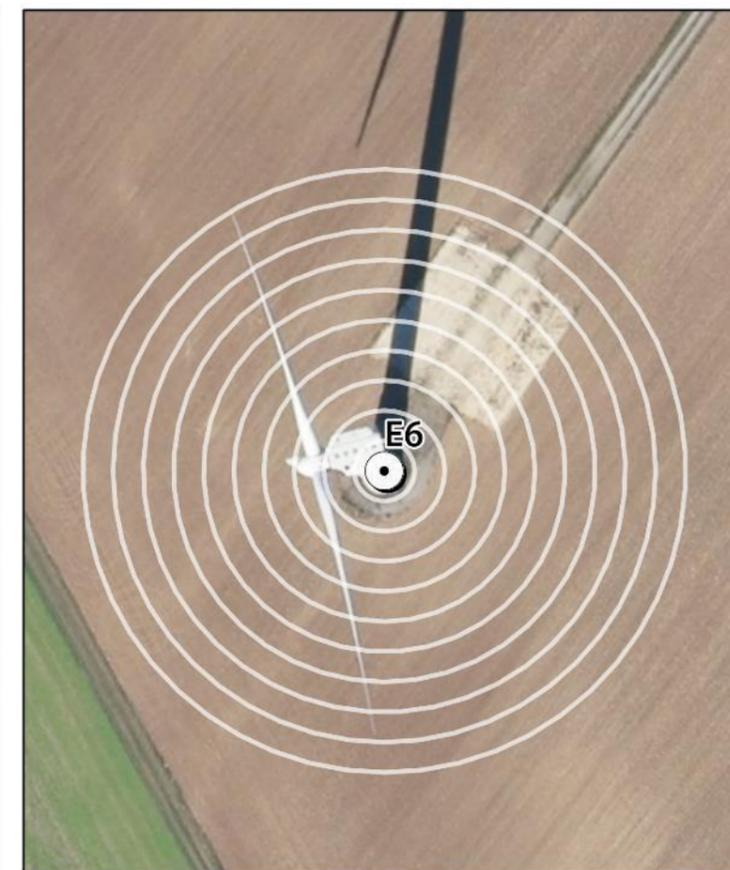
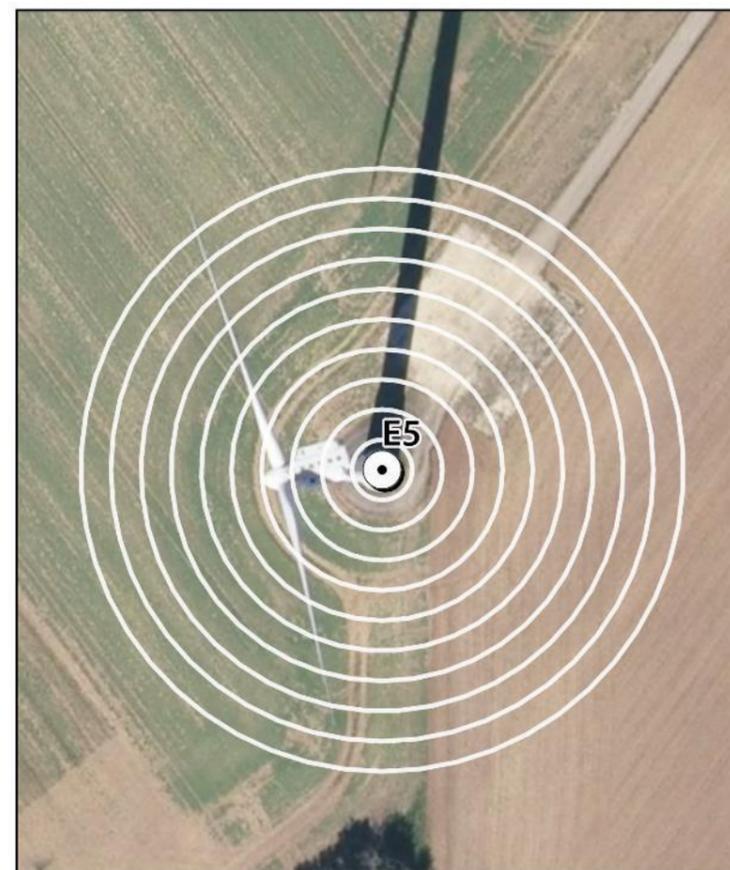
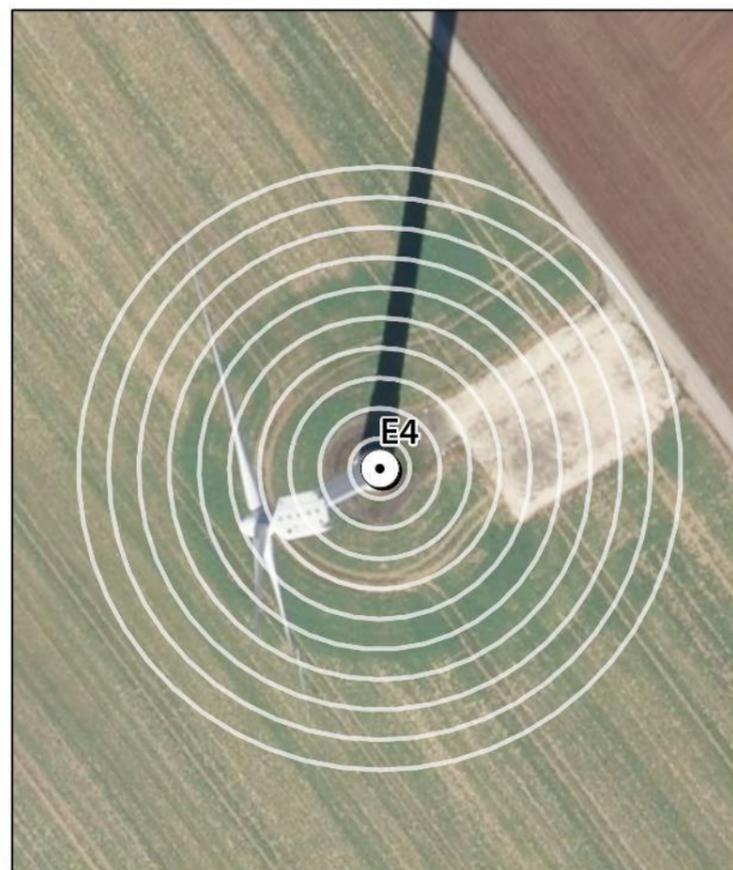
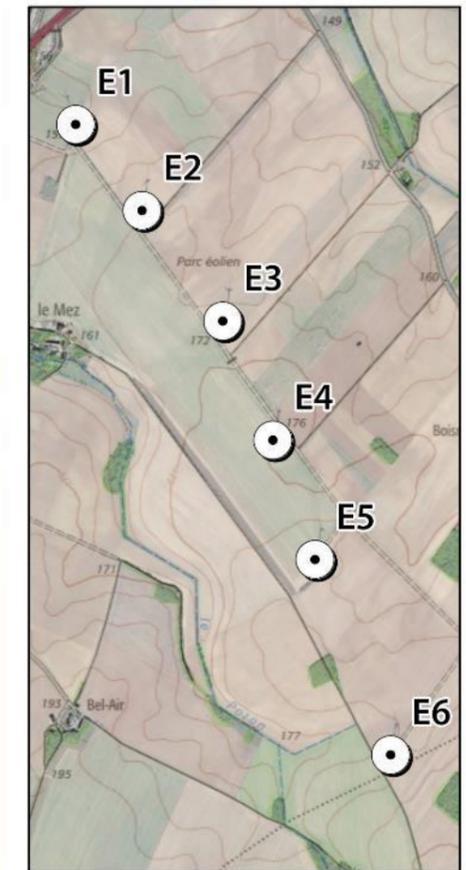
Date	Chiroptères		Oiseaux		Total	Surface prospectée (moyenne des 6 éoliennes)
19/06/2020	0		0		0	
26/06/2020	0		0		0	
03/07/2020	0		0		0	
10/07/2020	0		0		0	
17/07/2020	0		0		0	
24/07/2020	0		0		0	
31/07/2020	0		0		0	
07/08/2020	0		0		0	
10/08/2020	0		0		0	
14/08/2020	0		0		0	
17/08/2020	0		0		0	
20/08/2020	1	Noctule commune (E3)	0		1	
24/08/2020	0		0		0	
28/08/2020	1	Noctule commune (E1)	0		1	
31/08/2020	0		0		0	
04/09/2020	0		0		0	
07/09/2020	0		0		0	
11/09/2020	0		0		0	
14/09/2020	0		0		0	
18/09/2020	0		0		0	
21/09/2020	0		0		0	
25/09/2020	0		0		0	
28/09/2020	0		0		0	
02/10/2020	0		0		0	
05/10/2020	0		0		0	
09/10/2020	0		0		0	
12/10/2020	0		0		0	
16/10/2020	0		0		0	
19/10/2020	0		1	Alouette des champs (E1)	1	
23/10/2020	0		0		0	
26/10/2020	0		0		0	
29/10/2020	0		0		0	



Répartition temporelle annuelle de la mortalité (n = 4) sur le parc du Mée / Les Blés d'Or en 2020 (les zones grisées correspondent aux mois non couverts par le suivi).

**L'ensemble des cadavres a été trouvé entre le 22 mai et le 19 octobre 2020.** Un seul cadavre, une Caille des Blés, a été découvert en première période, le 22 mai 2020, correspondant à un migrateur revenant vers ces lieux de nidification. Ensuite, **la mortalité s'est concentrée sur la période de migration postnuptiale** : deux cas rapprochés ont été découverts deuxième quinzaine d'août, et concernant des chiroptères. Un dernier cas de mortalité aviaire a eu lieu vers la fin du suivi, en octobre 2020.

On notera que la surface réelle prospectée était beaucoup plus faible en début de suivi (en moyenne 20 % sur l'ensemble du parc, contre 96 % à partir de mi-juillet), ce qui limite de facto la découverte de cadavres.



#### 4.1.2 VARIABLES SERVANT À L'ESTIMATION DE LA MORTALITÉ RÉELLE

##### 4.1.2.1 Persistance des cadavres (variable p)

Santos *et al.* (2011) démontrent que les temps de persistance sont très faibles en Europe notamment pour les chiroptères et les petits oiseaux, avec une probabilité de disparition très élevée dans les 2 premiers jours par rapport à d'autres groupes d'animaux. En Allemagne, Niermann *et al.* (2011) ont annoncé que le temps de persistance variait de **1,3 à 24,5 jours pour une valeur moyenne de 4,2 jours**.

Les résultats des deux tests de persistance sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

Taux de persistance des leurres déposés au pied des éoliennes.

23/04/2020	p J+1	Tm j+4	p j+4	Tm j+7	p j+7	Tm j+11	p j+11	Tm j+14	p j+14
E1 (3 leurres)	0,67	0,67	0,00	0,67	0,00	0,67	0,00	0,67	0,00
E2 (3 leurres)	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
E3 (3 leurres)	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
E4 (3 leurres)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E5 (3 leurres)	0,67	3,33	0,67	3,33	0,00	3,33	0,00	3,33	0,00
E6 (3 leurres)	0,67	2,00	0,33	4,33	0,33	8,00	0,33	12,67	0,33
<b>TOTAL (18 leurres)</b>	<b>0,67</b>	<b>1,33</b>	<b>0,17</b>	<b>1,72</b>	<b>0,06</b>	<b>2,33</b>	<b>0,06</b>	<b>3,11</b>	<b>0,06</b>

31/08/2020	p J+1	Tm j+4	p j+4	Tm j+7	p j+7	Tm j+11	p j+11	Tm j+14	p j+14
E1 (3 leurres)	0,33	1,67	0,33	1,67	0,00	1,67	0,00	1,67	0,00
E2 (3 leurres)	1,00	3,67	0,67	3,67	0,00	3,67	0,00	3,67	0,00
E3 (3 leurres)	1,00	3,67	0,67	6,00	0,33	9,67	0,33	14,33	0,33
E4 (3 leurres)	0,67	0,67	0,00	0,67	0,00	0,67	0,00	0,67	0,00
E5 (3 leurres)	1,00	3,67	0,67	8,33	0,67	12,00	0,33	12,00	0,00
E6 (3 leurres)	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
<b>TOTAL (18 leurres)</b>	<b>0,83</b>	<b>2,39</b>	<b>0,39</b>	<b>3,56</b>	<b>0,17</b>	<b>4,78</b>	<b>0,11</b>	<b>5,56</b>	<b>0,06</b>

<b>Moyenne (36 leurres)</b>	<b>1,86</b>	<b>0,28</b>	2,64	0,11
-----------------------------	-------------	-------------	------	------

Tm j+4 = durée moyenne de persistance (en jours) durant un intervalle de 4 jours  
p j+4 = taux de persistance durant l'intervalle (proportion de cadavres présents après 4 jours)

Il a été décidé de considérer des valeurs de Tm et de p communes aux 6 éoliennes et pour l'ensemble de la période de suivi car :

- le contexte environnemental des éoliennes reste homogène et ne présente pas de différence significative (type d'habitat, carnivores présents, etc.) ;
- en Europe, il a été démontré que les taux de persistance sont globalement constants dans les temps (Korner-Nievergelt *et al.* 2011).

<sup>14</sup> <https://doi.org/10.3133/tm7A2>

Dans le cadre de ce suivi, les valeurs moyennes de persistance des cadavres « non naturels » à j+7 sont :

- Temps moyen de persistance (Tm) = 1,9 j
- Taux de persistance (p) = 28 %

Notons que la très faible persistance détectée en période 1 (seulement 17% de cadavres restant au bout de 4 jours) a conduit à préconiser une augmentation du nombre de passage en période 2, afin de limiter le biais lié à la disparition potentielle des individus morts avant passage sur site. Initialement prévu à 1 passage tous les 7 jours d'août à octobre, EDPR France a accepté cette préconisation et a doublé la fréquence de passage. Ainsi, 1 passage tous les 3 ou 4 jours ont été réalisés d'août à fin octobre 2020.

Les résultats des tests de persistance ont également été implémentés dans l'application GenEst, en indiquant pour chaque faux-cadavre utilisé le dernier jour d'observation et le premier jour où il a été noté disparu/prédaté. Le taux de persistance a ensuite été modélisé à partir de modèles statistiques dits d'« analyse de survie » et basés sur la méthode du maximum de vraisemblance<sup>14</sup>. La variable « Période » a été considérée et retenue comme variable influençant le taux de persistance dans le cas du parc du Mée / Les Blés d'Or. Ces estimations sont ensuite utilisées par l'application pour les calculs de la mortalité réelle.

##### 4.1.2.2 Détectabilité (ou efficacité de l'observateur) (variable d)

L'efficacité des observateurs a été testée au sein des parcelles prospectables, à deux reprises. L'efficacité n'a pas été testée au sein des parcelles non échantillonnées appartenant à la classe de visibilité nulle.

**Dans des conditions normales de recherche, 70 leurres ont été retrouvés par les observateurs sur les 89 disposés en deux sessions au sein des différents types de végétation.**

De la même manière que pour le taux de persistance, ces résultats bruts ont été implémentés dans GenEst. L'application permet une estimation de l'efficacité observateur, celle-ci étant fonction de deux paramètres : la probabilité de détection d'un cadavre au premier passage suivant son arrivée, et *k* le facteur décrivant comment cette efficacité change au cours du temps en fonction de l'état d'avancement du cadavre.

Une valeur de *k* = 0 affirme que les carcasses qui sont manquées lors de la première recherche ne peuvent pas être redécouvertes lors d'une recherche ultérieure pour un même test, et *k* = 1 signifie que l'efficacité reste constante quel que soit l'âge de la carcasse et le nombre de fois qu'une carcasse a été manqué dans les recherches précédentes. Dans le cas présent, ***k* est fixé à 0,75**, valeur intermédiaire permettant de prendre en compte une baisse potentielle de la probabilité de détection plus un cadavre est ancien.

L'efficacité de l'observateur a été modélisée pour chaque période et pour les deux niveaux de visibilité prospectés. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après :

#### Résultats des tests de détectabilité par classe de visibilité et par période obtenus par GenEst

Estimation du taux d'efficacité observateur	Niveau de visibilité	Période 1		Période 2	
		Médiane	[IC 10 - 90%]	Médiane	[IC 10 - 90%]
Le Mée / Les Blés d'Or	Bonne	0,84	0,75 - 0,90	0,83	0,75 - 0,90
	Moyenne	Aucune visibilité moyenne en période 1		0,40	0,23 - 0,60

En moyenne, il en ressort un **taux d'efficacité (ou de détection) de 0,84 pour une visibilité dite « bonne », et de 0,40 pour une visibilité dite « moyenne »**. Lorsque la visibilité est nulle (parcelle impraticable par exemple, le taux appliqué est de 0).

**Le taux moyen de détection en associant les deux classes de visibilité prospectée est donc de 73 %.**

#### 4.1.2.3 Ajustement de la surface réellement contrôlée (variable A)

Les surfaces de prospection étant variables selon la période de l'année, les coefficients ont été calculés sur ces différentes périodes (dénommées « temps ») et sont présentés en annexe 2. Le tableau ci-dessous synthétise ces résultats par éolienne pour l'ensemble de la période suivie.

##### Surface moyenne prospectée par éolienne sur l'ensemble du suivi

Éolienne	Surface moyenne prospectée (%)	
	Période 1	Période 2
E1	19 %	98 %
E2	29 %	80 %
E3	17 %	100 %
E4	23 %	100 %
E5	18 %	100 %
E6	16 %	100 %
<b>Moyenne sur l'ensemble du parc :</b>	<b>20 %</b>	<b>96 %</b>

Notons que pour toutes les éoliennes la surface était prospectable à plus de 50 % en moyenne sur l'année (moyenne globale de 63 %), ce qui autorise des estimations statistiques suffisamment robustes (Behr *et al.*, 2011).

Ainsi, **l'ensemble de ces surfaces moyennes prospectées par éolienne a été utilisé** ace prospectée moyenne, telle que demandée par l'application EolApp pour l'utilisation des formules d'Erickson, Huso et Jones, est celle moyennée sur l'ensemble du parc, à savoir 20 % en période 1 et 96 % en période 2.

#### 4.1.2.4 Correctif lié à la période d'étude

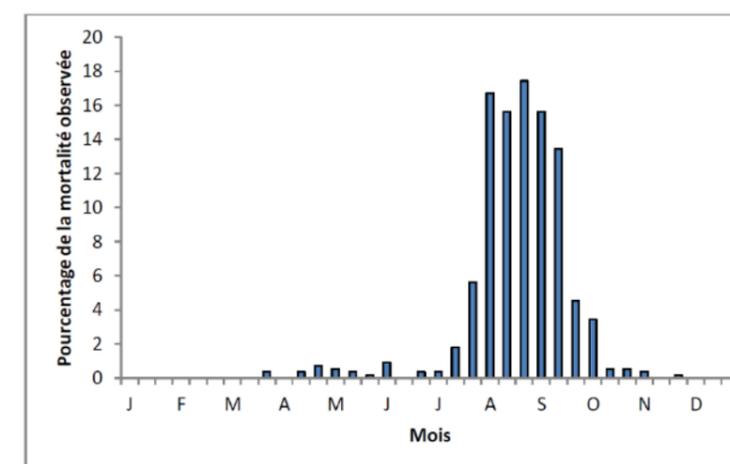
Les estimations de la mortalité ont été réalisées sur la base des **48 passages compris entre le 15 avril et le 29 octobre 2020 pour l'ensemble des éoliennes**. Cette période correspond à la période principale d'activité pour les chauves-souris et, pour les oiseaux, couvre une grande partie des migrations pré et postnuptiale, et toute la période de reproduction. Toutefois, des cas de mortalité se produisent également en dehors de cette période, notamment pour les oiseaux, actifs toute l'année.

L'analyse des différentes sources bibliographiques révèle que le risque moyen de collision n'est pas égal au cours d'une année. Le tableau ci-dessous montrent ainsi l'importance de la période située entre juillet et octobre.

#### Répartition annuelle de la mortalité chiroptérologique selon différentes sources bibliographiques

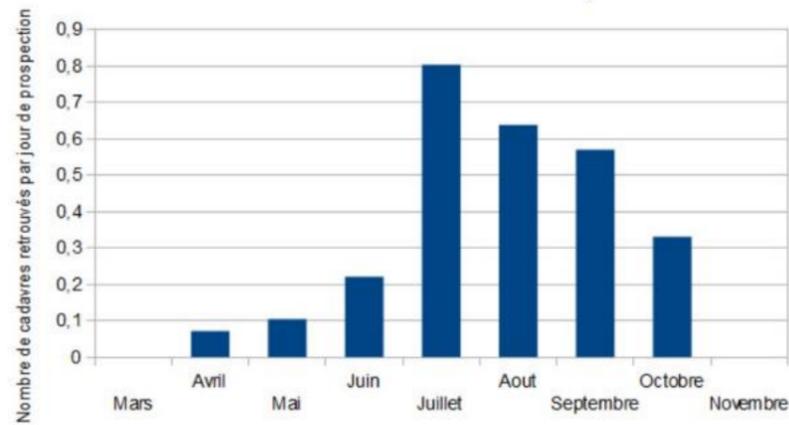
Référence	Proportion de cadavres découverts
Lepercq (2018)	86 % entre fin juillet et début octobre
Beucher & al., 2013	73 % entre le 15 juillet et le 31 octobre
Cornut & Vincent, 2010	80 à 83 % entre le 15 juillet et le 31 octobre
Biotope, 2011	83 % entre le 1er août et le 31 octobre
Dulac, 2008	91 % entre le 1er juillet et le 31 octobre
Rydell & al., 2010	90 % entre fin juillet et début octobre

Le graphique suivant, un peu ancien, présente la répartition temporelle des cadavres récoltés pour 551 chauves-souris en Allemagne (Dürr 2007 cité par Jones & al., 2009). Ces données ont été reprises dans le graphique par Ecosphère (Heitz & Jung, 2017) pour disposer de pourcentages par décades.



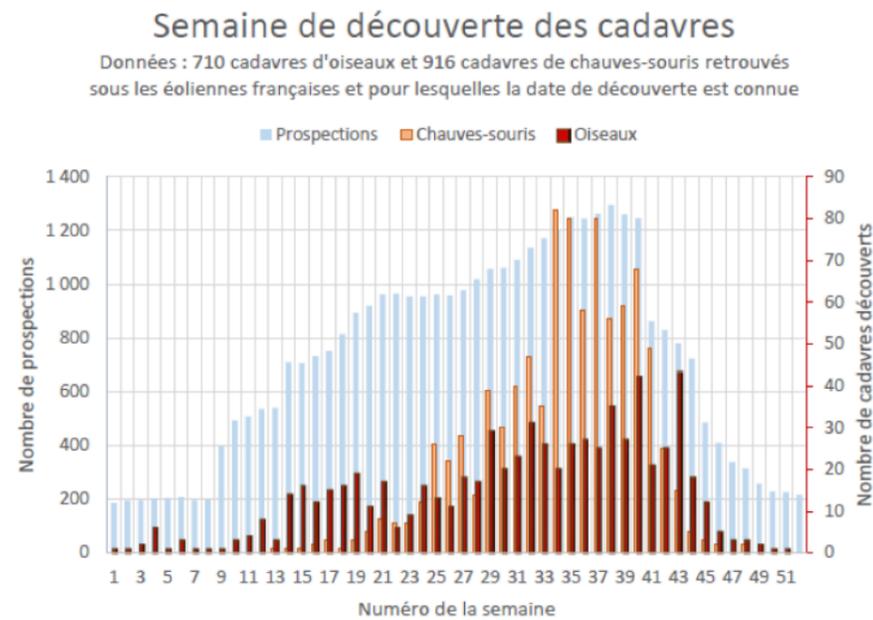
Répartition temporelle des cadavres de chauves-souris récoltés (données Dürr, 2007, in Jones & al., 2009 ; graphique Heitz & Jung, 2017)

Le graphique ci-dessous montre ainsi que les chances de découvrir un cadavre de chiroptère est plus forte durant la phase de gestation et de sortie des jeunes (juillet et août) et non pas seulement en septembre lors des phases de regroupement et de migration.



Répartition du nombre de cadavres de chauves-souris découverts par jours de prospection en Pays de la Loire (Cerema, 2019)

Les travaux de synthèse sur les oiseaux menés en France sous l'égide de la LPO (Marx, 2017) peuvent être convertis en pourcentages approximatifs sur la base du graphique ci-dessous.



Répartition de la mortalité sur 645 éoliennes appartenant à 91 parcs (Marx, 2017)

Ces multiples autres études de compilation permettent d'avoir des données tant sur les oiseaux que sur les chiroptères et nous permettent d'arriver à la synthèse suivante ci-après.

Répartition temporelle de la mortalité selon la bibliographie (1<sup>ère</sup> colonne) et des cadavres découverts sur le parc du Mée / Les Blés d'Or en 2020 (2<sup>nde</sup> colonne)

Pourcentage de mortalité (toutes espèces)	Chiroptères		Oiseaux	
mi-avril à mi-juillet (semaines 16 à 28) => migration pré-nuptiale, période de reproduction	15 %	0 cadavre	25 %	1 cadavre
mi-juillet à fin octobre (semaines 29 à 44) => migration post-nuptiale, mouvements locaux	80 %	2 cadavres	60 %	1 cadavre
Reste de l'année	5 %	NA	15 %	NA

Ainsi, sur la base des données bibliographiques et les résultats recueillis en 2020, les suivis réalisés sur le parc du Mée / Les Blés d'Or couvrent une période correspondant théoriquement à :

- 5 % de la mortalité des chiroptères :  
⇒ **correction de + 5 % lié à la période non suivie ;**
- 85 % de la mortalité des oiseaux :  
⇒ **correction de + 15 % lié à la période non suivie.**

Ces **coefficients correcteurs** ont donc été appliqués afin d'exprimer les estimations par année, correspondant ainsi à un cycle normal de la plupart des espèces susceptibles d'être impactées. **Les résultats obtenus par an ne sont par contre que des estimations grossières basées sur des données nationales qui ne reflètent pas systématiquement la réalité locale ou régionale.**

#### 4.1.3 ESTIMATION DE LA MORTALITÉ RÉELLE

Les estimations de la mortalité du parc ont été calculées avec les formules de **Jones, Huso et Erickson** par le biais de l'application **EolApp (Besnard & Bernard)**. L'utilisation conjointe de ces trois formules permet de comparer les résultats obtenus. En effet, bien que les modèles utilisés soient identiques, quelques différences existent. En situation de persistance courte (moins de 4 jours), le modèle d'Erickson étant connu pour sous-estimer la mortalité par rapport aux modèles plus récents d'Huso et Jones (cf. partie Méthodes de travail 3.1.3.2), ce dernier est seulement présenté à titre informatif.

La mortalité a également été estimée à partir de l'application « GenEst », application plus récemment développée par une équipe internationale (**Huso & Dalthorp (USGS) et Korner-Nievergelt (Ökostat)**). Celle-ci permet d'imbriquer les différents paramètres pour modéliser finement la mortalité (persistance des cadavres, efficacité de la détection, correction surfacique) et **fournir des estimations ajustées selon les variables prises en compte (taille des cadavres, période de l'année, distinction oiseaux / chauves-souris...)**.

En outre, ces deux applications EolApp et GenEst permettent d'obtenir un résultat encadré par un **intervalle de confiance de 80 % (bornes à 10 % et 90 %)**.

Les différents paramètres pris en compte sont présentés dans le tableau ci-dessous.

#### Récapitulatif des différents paramètres généraux pris en compte pour les estimations

Paramètres	Le Mée / Les Blés d'Or
Période du suivi	mi avril - fin octobre 2020
Nbre d'éoliennes suivies	6
C (nombre de cadavres brut découverts sous les éoliennes dans un rayon de 50 m)	4
d (taux de détection moyen)	0,73
p (taux de persistance durant l'intervalle)	0,28
Tm (durée moyenne de persistance durant l'intervalle)	1,9 jours
I (intervalle moyen entre 2 visites)	4,2 jours
n (nombre de passage)	48
Sk (surface prospectée moyenne)	63 %

#### 4.1.3.1 Estimations de la mortalité sur l'ensemble du parc avec EolApp

Le tableau suivant présente les résultats des estimations de la mortalité réelle pour l'ensemble du parc (6 éoliennes) sur la période suivie (15 avril - 29 octobre 2020) avec les estimateurs d'Erickson, Huso et Jones.

Des exemples de captures d'écran de ces résultats sont présentés en annexe 4.

#### Résultats des estimations de la mortalité réelle sur la période du suivi (mi-avril – fin octobre), pour les 3 modèles et obtenues avec l'application EolApp

Le Mée / Les Blés d'Or 2020	EolApp	Erikson			Huso			Jones		
	(test non-paramétrique)	Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]	
Période 1 (mi-avril / mi-juillet)	Chiroptères	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Oiseaux	10,5	0	28,3	13,0	0	33,2	14,6	0	39,3
Période 2 (mi-juillet / fin octobre)	Chiroptères	3,9	0	8,7	5,0	0	10,6	5,5	0	12,2
	Oiseaux	2,0	0	5,2	2,5	0	6,3	2,8	0	7,3

Les estimations d'Huso donnent une valeur médiane de la mortalité d'environ **5 chiroptères et 16 oiseaux impactés sur l'ensemble du parc pour la période de suivi** (mi-avril - octobre, sur 48 passages), soit un total de **21 cadavres**.

#### 4.1.3.2 Estimations de la mortalité sur l'ensemble du parc avec GenEst

Le tableau suivant présente les résultats des estimations de la mortalité réelle pour l'ensemble du parc (6 éoliennes) sur la période suivie (15 avril - 29 octobre 2020) obtenus à partir des modélisations faites avec GenEst (Huso & Dalthorp). En annexe 5, est précisé le détail des choix retenus pour les

modélisations opérées par GenEst afin d'ajuster au mieux les estimations aux jeux de données bruts des deux parcs.

#### Résultats des estimations de la mortalité réelle sur la période du suivi (mi-avril – fin octobre) obtenus avec GenEst

GenEst	Mortalité brute (P1 - P2)	Période 1			Période 2		
		Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]	
Chiroptères	(0-2)	0	0	0	3,2	2,0	5,1
Oiseaux	(1-1)	12,8	1,0	31,3	1,6	1,0	2,9

Les analyses réalisées avec GenEst donnent des résultats plus fins puisque les intervalles de confiance sont plus resserrés pour un même niveau de confiance (80 %) et avec une borne 10 % non nulle.

Pour le suivi réalisé en 2020, les estimations de la mortalité réelle avec GenEst donnent une valeur médiane de la mortalité de **0 chiroptère en première période** (car pas de mortalité brute) et de **3 en deuxième période [IC 80% : 2 – 5,1]**. Pour les oiseaux, elle est d'environ **13 oiseaux en première période [IC 80% : 1 – 31,3]** et de **2 en deuxième période [IC 80% : 1 – 3]**. Ces estimations sont obtenues à partir des 48 passages effectués et pour les 6 éoliennes du parc.

L'estimation de la mortalité réelle apparaît plus forte pour les oiseaux en première période qu'en deuxième période, pour un même nombre de cadavre brut initial. Cette différence est notamment liée au plus faible pourcentage de surface prospectée en période 1 en raison des cultures avec une mauvaise visibilité, entraînant une surestimation de la mortalité pour compenser ce biais. A l'inverse, l'augmentation de la pression de prospection en période 2, couplée à des surfaces prospectables à presque 100 %, aboutissent à des résultats plus fins (IC 80% plus resserrés).

#### 4.1.3.3 Correction annuelle des estimations par rapport à la période suivie

Comme expliqué au paragraphe précédemment, une correction est appliquée afin d'obtenir une estimation de la mortalité réelle engendrée sur la totalité de l'année (+ 5 % pour les chiroptères, + 15 % pour les oiseaux, cf. 4.1.2.4). Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

#### Résultats des estimations de la mortalité réelle avec correction annuelle liée à la période non suivie

	Mortalité estimée sur les deux périodes avec GenEst (médiane)	Couverture temporelle de la mortalité	Correction annuelle	Mortalité corrigée sur l'année (valeur médiane)	Mortalité moyenne par éolienne et par an
Chiroptères	3,2	95 %	+ 5 %	3,4	0,6
Oiseaux	14,4	85 %	+ 15 %	16,5	2,8

Les estimations de la mortalité réelle sont également précisées par éolienne et par an dans le tableau précédent. En effet, dans le cas du parc éolien du Mée / Les Blés d'Or, les différents suivis réalisés n'ont pas tous portés sur les mêmes périodes d'échantillonnage ni sur le même nombre d'éoliennes prospectées. La « standardisation » de la mortalité réelle estimée par éolienne et par an constitue de fait une variable générique comparable entre les suivis.

#### 4.1.3.4 Conclusions sur les estimations de la mortalité réelle

La mortalité moyenne engendrée sur le parc du Mée / Les Blés d'Or est estimée à environ **3,2 chiroptères et 14,4 oiseaux sur l'ensemble du parc pour la période de suivi** (mi-avril - octobre), soit un total de **17,6 cadavres (valeur médiane)**. En appliquant une correction liée à la période non suivie (+ 5 % pour les chiroptères, + 15 % pour les oiseaux), la mortalité atteint des médianes de **3,4 chiroptères et 16,5 oiseaux**. La mortalité moyenne par éolienne est de moins de 1 chiroptère et 3 oiseaux par an.

Les éoliennes ayant eu un impact en 2020 sont uniquement les éoliennes 1 et 3.

#### 4.1.4 ANALYSE DE LA MORTALITÉ ET ÉVALUATION DE L'IMPACT RÉSIDUEL

##### 4.1.4.1 Répartition spatiale

La distribution des cadavres découverts n'est pas homogène entre les éoliennes : en 2020, seules les éoliennes 1 et 3 ont eu un impact sur la faune, avec respectivement 1 chiroptère et 1 oiseau sur chacune d'elle.

Par rapport à la distance au mât, on constate que deux cadavres ont été découverts relativement proches du mât (entre 10 et 20 m de distance), tandis que les deux autres étaient plus éloignés. La faible quantité de données ne permet pas d'en tirer une analyse plus poussée ; toutefois ces résultats montrent la grande variabilité observable quant aux distances de dispersion des cadavres.

##### 4.1.4.2 Analyse de la mortalité constatée sur les oiseaux

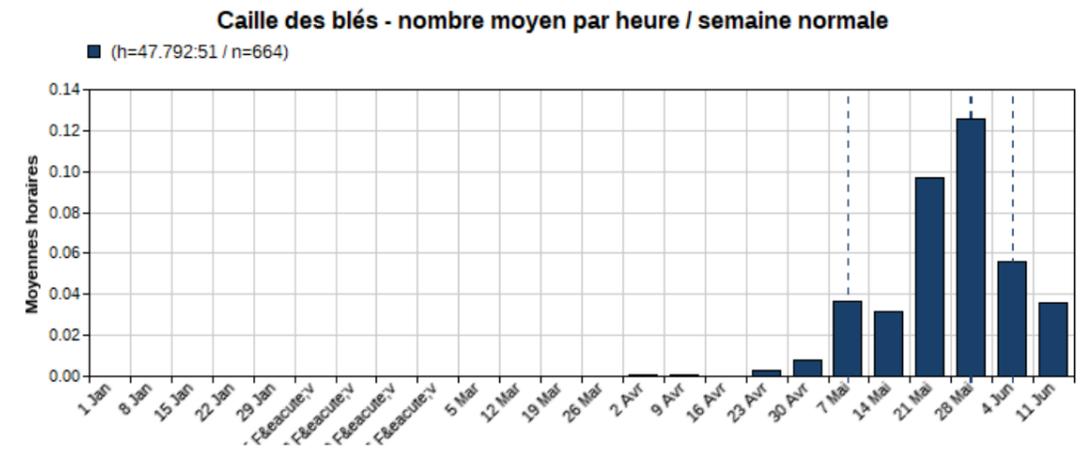
**Les oiseaux représentent la moitié des cas de mortalité constatés sur le parc du Mée / Les Blés d'Or, avec 2 cadavres sur 4.**

Pour ce suivi 2020, la mortalité des oiseaux un **galliforme (Caille des blés)**, ainsi qu'un **passereau (Alouette des champs)**.

La mortalité observée chez les oiseaux concerne les périodes de migration pré et postnuptiale.

La liste des cadavres découverts sur le parc en 2020 (avec le détail des dates de découvertes, les éoliennes concernées, l'état des cadavres, la distance au mât, etc...) est donnée en annexe 3.

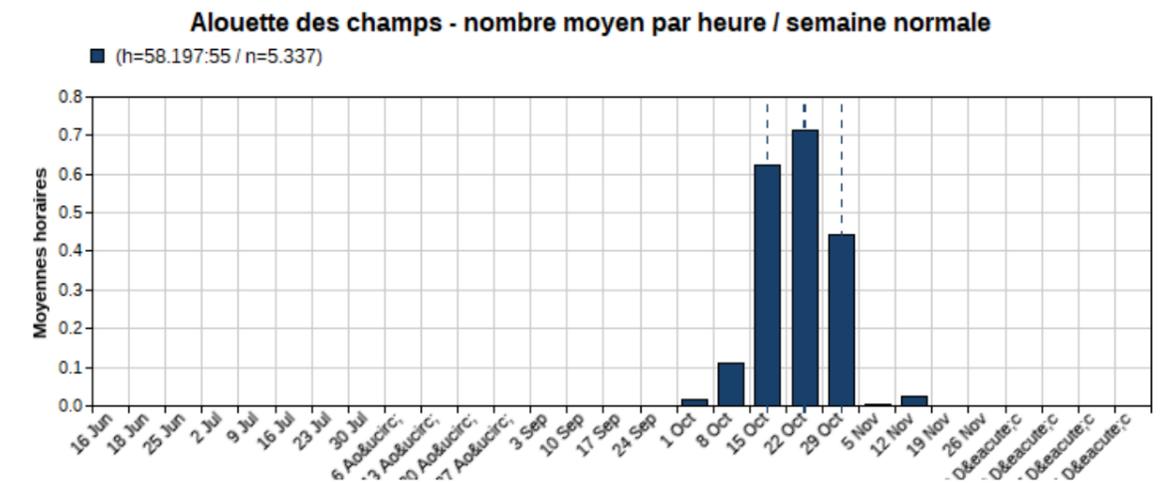
Une **Caille des blés** a été découverte le 22 mai 2020 au pied de l'éolienne 3. Seul un amas de plume a pu être observé. Après analyse, ces restes ne montraient pas de trace de prédation par un charognard et la cause de la mort est donc considérée être liée à l'éolienne. La Caille des blés est une espèce migratrice, nicheuse à travers toute l'Europe et hivernant en Afrique. Elle affectionne les milieux herbacés de type prairie, cultures céréalières ou champs de luzerne. L'individu impacté ici est très probablement un migrateur, touché lors de son vol nocturne. En effet, comme le montre le graphe ci-dessous, la date de collision et de découverte du cadavre correspond au pic de migration de l'espèce, entre la deuxième et troisième décade de mai.



Phénologie de la migration printanière de la Caille des blés en France (source : [www.trektellen.org](http://www.trektellen.org))

Au vu des tailles de populations estimées en Europe (3,3 millions de couples selon BirdLife International, 2015), le nombre de cadavres recensé de 32 individus en Europe dont 1 en France (au 7 janvier 2020 selon T. Dürr) implique **une sensibilité au risque de collision de niveau faible**.

Une **Alouette des champs** a été retrouvée le 19/10/20 au pied de l'éolienne 1, en bord de plateforme. L'espèce, très commune régionalement mais quasi menacée au niveau national, fréquente les milieux herbacés ouverts, notamment les cultures agricoles et céréalières. Migratrice, une partie des populations européennes migrent vers le sud de l'Europe et au Maghreb. L'espèce pratique le vol stationnaire avec prise d'altitude en période de nidification, mais aussi des vols nocturnes à relative haute altitude en période de migration. Ici, il s'agit très probablement d'un individu migrateur, la date de collision ayant eu lieu au moment du pic de migration de l'espèce (cf. figure ci-dessous).



Phénologie de la migration automnale de l'Alouette des champs en France (source : [www.trektellen.org](http://www.trektellen.org))

Au vu des tailles de populations estimées en Europe (44,3 millions de couples selon BirdLife International, 2015), le nombre de cadavres recensés de 384 individus en Europe dont 91 en France (au 7 janvier 2020 selon T. Dürr) implique **une sensibilité au risque de collision de niveau faible**.



Alouette des champs (éolienne 1, le 19/10/2020) (G. Durassier - EchoChiros)

#### 4.1.4.3 Analyse de la mortalité constatée sur les chauves-souris

Deux chiroptères ont été retrouvés au pied des éoliennes 1 et 3 du parc du Mée / Les Blés d'Or lors de du suivi en 2020.

La mortalité constatée chez les chiroptères est comprise entre le 20/08 et le 28/08/2020 et concerne une seule espèce, la Noctule commune. Au vu des dates de collision, les individus impactés sont des migrants en transit par l'aire d'étude. Les déplacements de l'espèce sont communs dans la région.



Noctules communes (E3, 20/08/2020 à gauche ; E1, 28/08/2020 à droite)  
(L. Boutault – Ecosphère)

La Noctule commune découverte le 28/08/2020 sous l'éolienne E1 a été découverte à près de 70 m du mât. Ceci est hors du rayon de prospection minimal de 50 m. Elle a pu être détectée en raison de l'assolement : la parcelle était en labour fin, avec une très bonne visibilité, comme le montre la photo ci-après. La taille moyenne de l'espèce la rend également plus facilement détectable (par rapport aux pipistrelles de petit gabarit par exemple). Du fait de l'enjeu spécifique de cette espèce, de niveau moyen, et sa forte sensibilité au risque de collision, il a été choisi de conserver ce cas de mortalité dans les analyses.



Noctule commune découverte le 28/08/2020 dans un labour sous E1  
(L. Boutault – Ecosphère)

#### 4.1.5 CONCLUSION SUR LE SUIVI DE MORTALITÉ

Le suivi réalisé en 2020 sur le parc du Mée / Les Blés d'Or a fait l'objet de **48 passages répartis entre le 15/04 et le 29/10/2020**, avec une fréquence d'un passage tous les 4 jours en moyenne sur toute la durée du suivi, soit un **intervalle moyen entre les passages de 4,2 jours**. Les 6 éoliennes du parc ont été suivies selon le protocole national (2018) sur l'ensemble de la période. Les recherches ont été réalisées dans un **rayon minimal de 50 m** autour du mât. La **surface moyenne de prospection est de 63 % sur l'intégralité du suivi**, avec un changement au moment des moissons (passage de 20 % à 96 % des surfaces prospectées en moyenne à la mi-juillet). Les tests de détection réalisés pour les deux observateurs montrent une **déteçtabilité moyenne de 73 %**. Les tests de persistance réalisés à partir de 36 leurres montrent une **persistance moyenne de 28 %** durant l'intervalle (4 j).

**4 cadavres ont été découverts**, parmi lesquels :

- **2 chiroptères, appartenant à la même espèce** (Noctule commune [migratrice]) ;
- **2 oiseaux, d'espèces différentes** (1 Caille des blés et 1 Alouette des champs [migratrices]).

Les résultats bruts de mortalité ont été corrigés selon 3 modèles statistiques (Erickson, Huso et Jones) à partir de nos calculs et de l'application « EolApp » développée par Besnard et Bernard (CEFE CNRS).

Ils ont également été analysés à partir de l'application « GenEst », développée par Huso & Dalthorp (USGS). Les résultats obtenus avec cette seconde méthode ont été conservés car elle permet un ajustement plus fin aux conditions réelles de suivi. Ainsi, l'estimation de la mortalité réelle aboutit à une valeur médiane de la mortalité d'environ **18 cadavres, dont 3,2 chiroptères et 14,4 oiseaux sur l'ensemble du parc pour la période de suivi** (mi-avril – fin octobre).

En appliquant une correction liée à la période non suivie (+ 5 % pour les chiroptères, + 15 % pour les oiseaux), **la mortalité médiane atteint 3,4 chiroptères et 16,5 oiseaux sur l'ensemble du parc et par an**. Cela représente **une moyenne de 3,4 cadavres par éolienne et par an**.

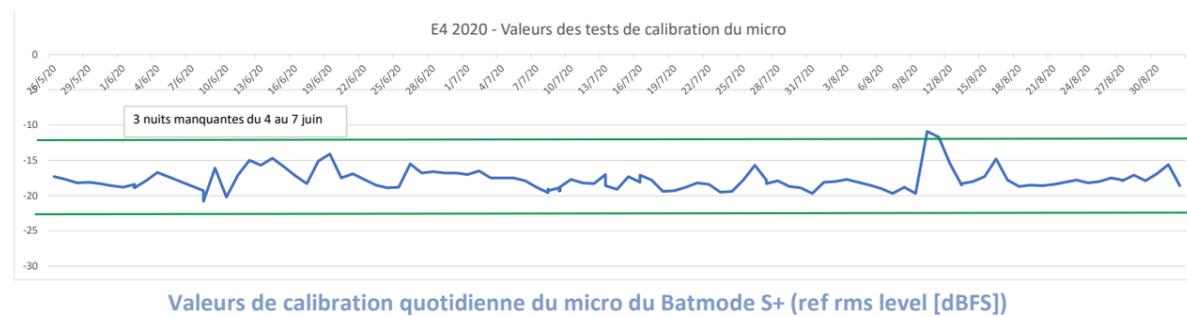
Les éoliennes qui restent les plus impactantes lors de ce suivi 2020 sont les éoliennes 1 et 3, sur lesquelles la totalité des cas de mortalité ont été découverts, avec un oiseau et un chiroptère chacune.

## 4.2 SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE

### 4.2.1 VALIDITÉ DU MATÉRIEL UTILISÉ

Le micro du Batmode S, et notamment sa capsule exposée aux intempéries extérieures, peut montrer des variations de sensibilité et ainsi affecter la bonne détectabilité des ultrasons émis par les chauves-souris. Un test de calibration quotidien à midi a automatiquement été effectué pour vérifier la qualité du micro tout au long du suivi. Les graphiques ci-dessous présentent les variations des résultats de la sensibilité mesurée du micro. Les horizontales rouges représentent les limites supérieures et inférieures de valeurs considérées comme bonnes selon le constructeur ( $\pm 6$  dBFS autour de la valeur initiale de la calibration certifiée). Les baisses de sensibilité peuvent s'expliquer notamment par la présence de poussière ou d'humidité (brouillard, condensation) sur la capsule du micro.

**Pour ce suivi acoustique, le micro a été globalement opérationnel du début à la fin à l'exception de 3 nuits début juin.**



### 4.2.2 DESCRIPTION DES ACTIVITÉS ENREGISTRÉES

#### 4.2.2.1 Bilan par mois et par espèce

Le tableau suivant compile les totaux de contacts par mois pour chaque espèce ou groupe d'espèces.

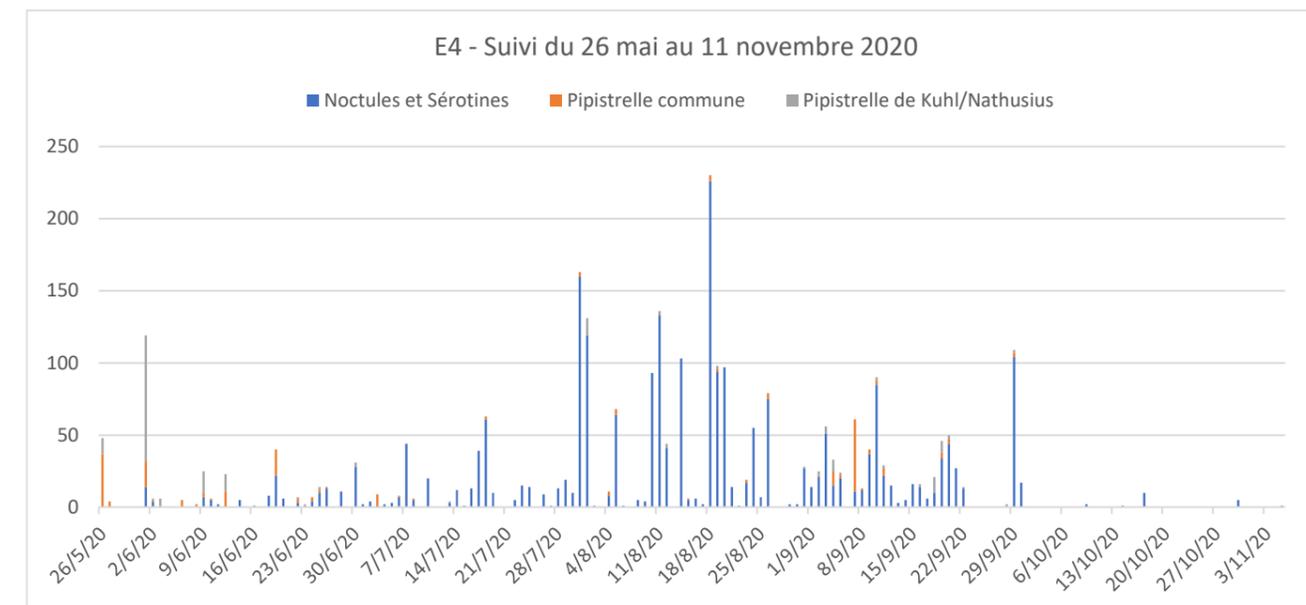
Activités mensuelles enregistrées du 26 mai au 11 novembre 2020 depuis la nacelle de E4

Mois	Noctule de Leisler	Noctule commune	Noctule indéterminée	Sérotule	Pipistrelle commune	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	Pipistrelle de Nathusius	Total /mois
Mai (6 nuits)	0	0	0	0	41	9	2	0	52
Juin (27 nuits)	63	47	13	20	70	114	13	0	340
Juillet (31 nuits)	127	296	21	29	15	1	0	0	489
Août (31 nuits)	342	698	68	94	20	21	0	0	1243
Septembre (30 nuits)	195	303	53	45	85	27	21	3	732
Octobre (31 nuits)	6	3	9	0	0	0	0	0	18
Novembre (11 nuits)	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Total général</b>	<b>734</b>	<b>1347</b>	<b>164</b>	<b>188</b>	<b>231</b>	<b>172</b>	<b>36</b>	<b>3</b>	<b>2875</b>

Les deux espèces de noctules comptent pour 72,3 % de tous les contacts (25,5 % pour la Noctule de Leisler, et 46,8 % pour la Noctule commune), auxquels il faut rajouter les 188 contacts de sérotules probablement ; dont la majeure partie a été enregistrée entre juillet (envol des jeunes et dispersion des colonies de maternité) et septembre (migration). Les Pipistrelles commune et de Kuhl viennent ensuite compléter le cortège avec quelques centaines de contacts enregistrés principalement en juin. La Pipistrelle de Nathusius n'a été que détectée à l'unité en septembre.

#### 4.2.2.2 Chronologie de l'activité

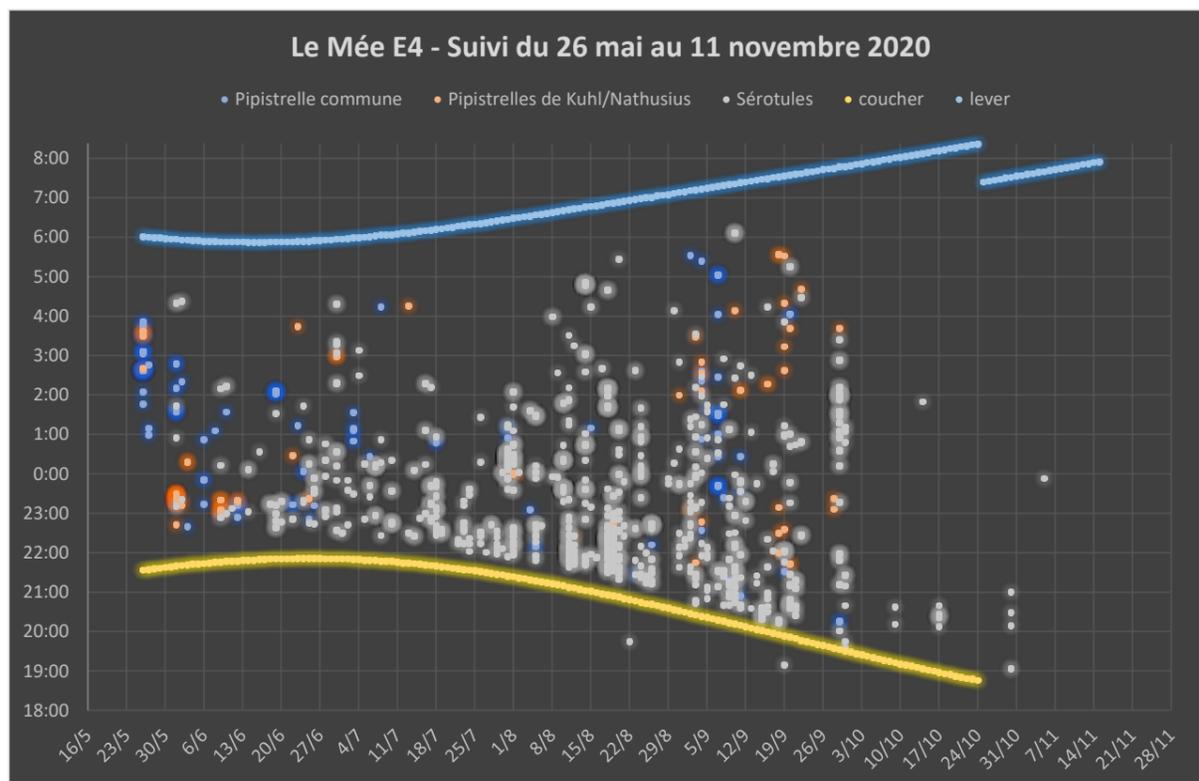
Le graphique suivant présente la chronologie quotidienne du suivi. La plupart des nuits restent sous la barre de quelques dizaines de contacts par nuit de fin à fin juillet, avec quelques exceptions de pics ponctuels. En août, l'activité dominée par les noctules a augmenté fortement avec plusieurs pics à plus de 100 contacts par nuit. Elle se maintient en septembre tout en diminuant graduellement. A partir d'octobre, seuls quelques contacts à l'unité ont été enregistrés.



Chronologie de l'activité quotidienne du suivi acoustique depuis la nacelle de E4

#### 4.2.2.3 Distribution des contacts de chaque espèce selon la date et l'heure

Le graphique ci-dessous présente la distribution de tous les contacts en fonction de l'heure après le coucher du soleil. Les contacts sont globalement enregistrés sur les 5 premières heures de la nuit pour la période fin mai à début août, puis les activités se sont davantage étalées au cours de la nuit ensuite.



Distribution des contacts en fonction de la date et de l'heure après le coucher du soleil

#### 4.2.3 SYNTHÈSE ET ÉVALUATION DES ACTIVITÉS

##### 4.2.3.1 Indicateurs de la fréquentation

Le tableau suivant synthétise l'ensemble de ces résultats à l'aide de plusieurs indicateurs :

- le nombre de nuits où le suivi a été opérationnel ;
- le nombre de nuits avec au moins 1 contact enregistré (nuit positive) ;
- la moyenne par nuit des contacts (toutes espèces confondues) sur toutes les nuits suivies ;
- la moyenne par nuit des contacts des espèces dites migratrices\* (noctules et Pipistrelle de Nathusius) sur toutes les nuits suivies ;
- les nombres de nuit avec plus de 20 ou 100 contacts (pics d'activité)

L'ensemble des indicateurs confirment que la grande masse des contacts a été enregistrés entre juin et septembre, avec des moyennes élevées en août et septembre, ainsi que des nuits avec des pics.

Bilan statistique du suivi depuis la nacelle de l'éolienne 26 mai au 11 novembre 2020

Mois	Nuits suivies	Nuits "positives" avec au moins un contact	Moyenne de contacts par nuit suivie	Moyenne de contacts d'espèces migratrices de haut vol par nuit suivie	Nuits avec plus de 20 contacts	Nuits avec plus de 100 contacts
Mai (6 nuits)	6	2	8,7	0,0	1	0
Juin (27 nuits)	27	21	12,6	5,3	5	1
Juillet (31 nuits)	31	25	15,8	15,3	4	1
Août (31 nuits)	31	26	40,1	38,8	12	4
Septembre (30 nuits)	30	24	24,4	20,0	13	1
Octobre (31 nuits)	31	4	0,6	0,6	0	0
Novembre (11 nuits)	11	1	0,1	0,1	0	0

##### 4.2.3.2 Évaluation par comparaison avec un référentiel d'activité (compilation des résultats en contacts par nuit) issus d'autres suivis en nacelle

Une approche basée sur l'agrégation de nombreux résultats, issus de nombreux suivis d'une grande région, permet d'établir des classes statistiques délimitées par des seuils que sont les quantiles des données (valeurs qui divisent un jeu de données en intervalles).

Écosphère a produit un référentiel d'activité en altitude (« Altisphère ») compilant de nombreux suivis réalisés entre 2011 et 2018. Ce référentiel a été décliné en plusieurs modules selon le type de suivi en altitude (mât, canopée, nacelle) et la hauteur du micro (35-60 m, > 60 m, etc...).

Les données de ces suivis ont été compilées et une méthode habituellement utilisée en statistique a été appliquée : les quantiles. Ce sont les valeurs qui divisent un jeu de données en intervalles contenant le même nombre de données. Il y a donc un quantile de moins que le nombre de classes créées.

Différentes valeurs ont par conséquent été obtenues pour les seuils des quantiles 25 %, 50 %, 75 % et 90 %. Ces 4 seuils permettent ainsi d'établir 5 classes d'activités pour chaque espèce allant de faible (nombre de contacts inférieurs au nombre défini pour le quantile 25 %) à très forte (nombre de contacts supérieurs au quantile 90 %).

Référentiel d'activité « Altisphère » pour les suivis à hauteur de nacelle -  
Valeurs issues d'une compilation de 601 nuits d'écoute au cours desquelles au moins 1 contact a été enregistré. Données pour 12 éoliennes réparties sur 9 sites différents implantés en milieu ouvert (2016-19) dans le grand quart nord-ouest de la France

REFERENTIEL NACELLES		Seuils de nombre de contacts par nuit			
Quart nord-ouest de la France en milieux ouverts					
Espèce	Q25 %	Q50 %	Q75 %	Q90 %	
<b>TOUTES ESPECES</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>28</b>	
Noctule commune	2	4	9	34	
Noctule de Leisler	1	3	5	12	
Sérotine / Noctules	2	3	7	21	
Pipistrelle commune	1	3	7	15	
Pipistrelle de Kuhl	1	1	5	9	
Pipistrelle de Nathusius	1	3	4	4	
Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	1	2	4	8	

Le tableau ci-dessous répartit les résultats du suivi (nombre de nuits « positives » toutes espèces confondues) dans les différentes classes d'activité délimitées par les seuils du référentiel « Altisphère » correspondant. **Le nombre de nuits « positives » supérieures au quantile 75 % est indicateur d'une activité particulièrement forte et remarquable.**

Sur la période du suivi (167 nuits, dont 103 « positives »), plus de la moitié (58 nuits) ont été classées comme ayant une activité chiroptérologique globale sensiblement importante. **Août est le mois qui a le plus grand nombre de résultats extrêmes (12 nuits), suivie par septembre et juillet.**

Distribution des résultats en nombre de nuits par classe d'activités (toutes espèces) pour chaque mois selon le référentiel « Altisphère » (nacelle, milieux ouverts, quart nord-ouest de la France)

	Q1-25	Q25-50	Q50-75	Q75-90	Q90-100
Mai (31 nuits)		1			1
Juin (27 nuits)	4		9	5	3
Juillet (31 nuits)	4	3	5	9	4
Août (31 nuits)	6	1	4	3	12
Septembre (30 nuits)	1	1	2	11	9
Octobre (31 nuits)	2		1	1	
Novembre (11 nuits)	1				

Le tableau suivant résume le nombre de nuits « positives » par classe d'activité et par espèce. **Les cas d'activité forte sont largement dominés par les deux espèces de noctules avec un cumul de 67 nuits supérieures au quantile 75 %.**

Distribution des résultats en nombre de nuits par classe d'activité pour chaque espèce selon le référentiel « Altisphère » (nacelle, milieux ouverts, quart nord-ouest de la France)

	Q1-25	Q25-50	Q50-75	Q75-90	Q90-100
Noctule commune	10	16	12	20	11
Noctule de Leisler	12	17	10	20	16
Sérotine/Noctules	13	25	12	5	
Pipistrelle commune	10	15	7	3	4
Pipistrelle de Kuhl	8	6	2	3	3
Pipistrelle de Nathusius	1	1			
Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	5	6	1	1	1
<b>Toutes espèces confondues</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>21</b>	<b>29</b>	<b>29</b>

Enfin, il est important de rappeler :

- que le raisonnement porte sur des nombres de contacts, et non sur des nombres d'individus. De fait, des contacts enregistrés en début et fin de nuit peuvent potentiellement correspondre aux mêmes individus transitant dans le parc éolien ;
- que des variations interannuelles peuvent survenir (conditions météorologiques, activité des chauves-souris...) et que le principe de précaution est de mise quant aux conclusions de l'étude.

A ces niveaux de fréquentation détaillés, il faut ensuite analyser quelles conditions météorologiques locales ont été favorables à l'activité chiroptérologiques à hauteur de nacelle.

#### 4.2.4 RÉPARTITION DE L'ACTIVITÉ SELON L'HEURE DE LA NUIT

Le tableau ci-dessous montre que plus de 91 % de l'activité globale sur l'ensemble du suivi a été enregistrée entre le coucher du soleil et 7h30 après, et 78 % à 5h30 après. Dans le détail, plus de 90 % sont atteints dès +5h30 de juin à août et octobre ; c'est en septembre qu'il faut aller jusqu'à +7h30.

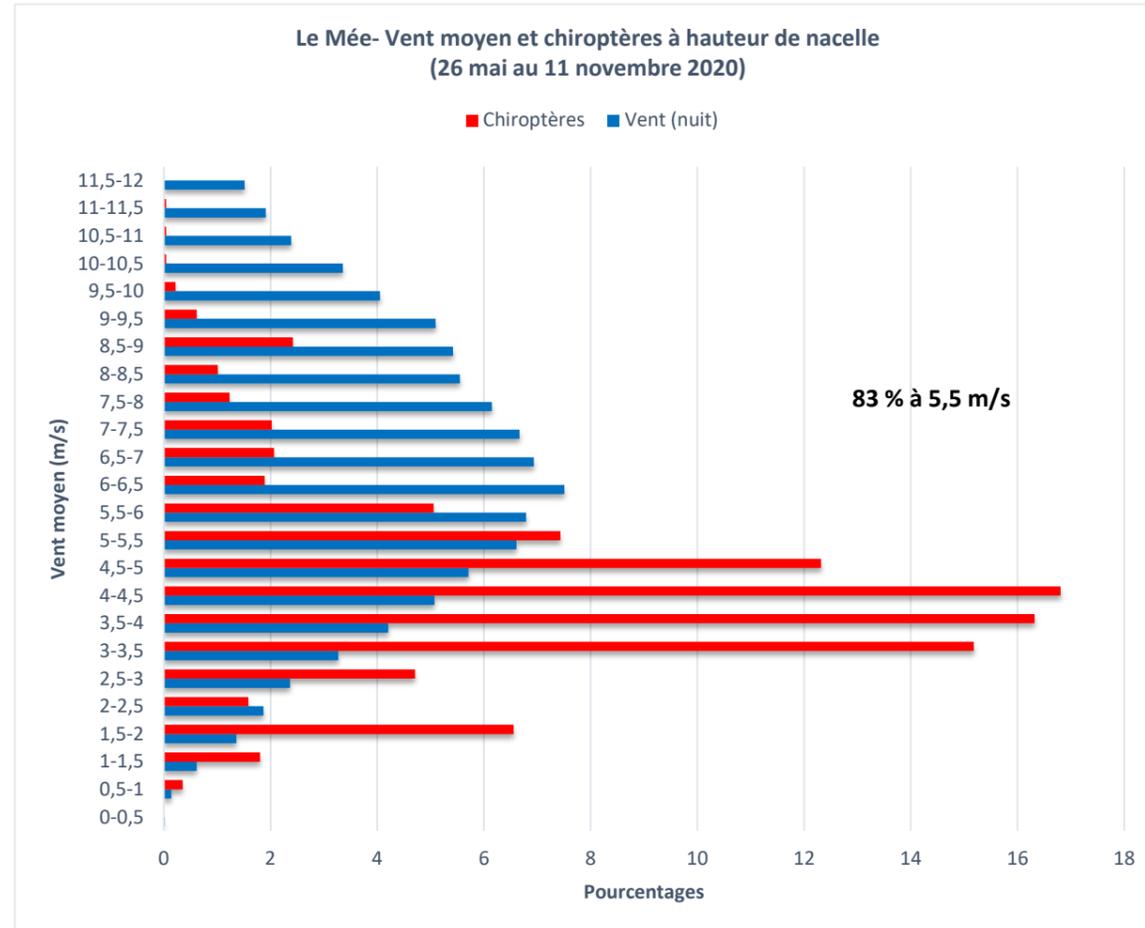
Pourcentages d'activité en fonction de l'heure après le coucher du soleil pour toute la période du suivi

Heure après le coucher du soleil	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Total général
-30 min à +30 min				0,2	0,1			0,1
+30 min à +1h30 min		6,6	18,3	25,7	19,1	5,6		0,1
+1h30 min à +2h30 min		61,4	41,8	53,8	41,4	77,8		20,0
+2h30 min à +3h30 min		75,7	83,9	69,0	53,5	88,9		48,6
+3h30 min à +4h30 min	5,8	82,3	98,0	81,9	61,3	94,4		67,2
+4h30 min à +5h30 min	9,6	91,9	99,4	91,6	67,7			78,1
+5h30 min à +6h30 min	76,9	96,1	99,6	95,3	80,0			85,3
+6h30 min à +7h30 min	100,0	99,7	100,0	97,0	88,5	100,0		91,8
+7h30 min à +8h30 min				99,9	92,8			95,7
+8h30 min à +9h30 min				100,0	95,3			98,1
+9h30 min à +10h30 min					98,4			98,8
+10h30 min à +11h30 min					98,4			99,6
+11h30 min à +12h30 min					100,0			100,0

#### 4.2.5 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITÉ SELON LES VITESSES DE VENT

Le graphique ci-dessous montre comment les contacts de chauves-souris se distribuent par rapport aux vitesses moyennes de vent enregistrées la nuit sur l'ensemble de la période de suivi.

La très grande majorité des contacts (83 %) a été enregistrée à des vitesses moyennes inférieures à 5,5 m/s, dont 68 % entre 3 (cut-in speed par défaut) et 5,5 ms. 90 % ont été atteints à 6,5 m/s.

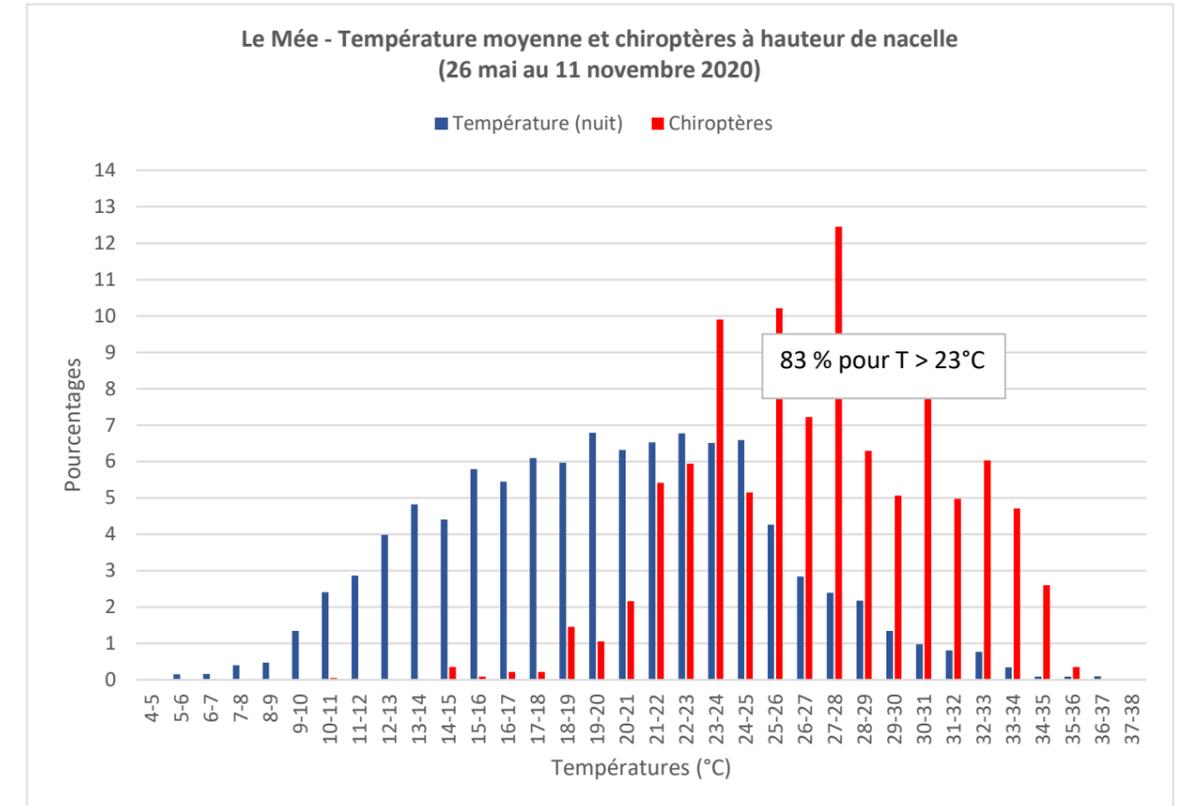


Distribution de l'activité selon les vitesses moyennes de vent (de nuit seulement)

#### 4.2.6 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITÉ SELON LA TEMPÉRATURE

Le graphique ci-dessous montre comment les contacts de chauves-souris se distribuent par rapport aux températures moyennes enregistrées la nuit sur l'ensemble de la période de suivi.

Quasiment tous les contacts ont été enregistrés à des températures nocturnes moyennes comprises entre 20 et 34°C.



Distribution de l'activité selon les températures (de nuit seulement)

## 5. EVALUATION DES IMPACTS

### 5.1 ÉVALUATION DES RISQUES DE COLLISION SPÉCIFIQUES AU PARC DE DU MÉE / LES BLÉS D'OR EN 2020

#### 5.1.1 CHAUVES-SOURIS

2 cadavres de chauves-souris ont été retrouvés au cours des 48 passages réalisés d'avril à octobre 2020. L'évaluation ci-dessous se base sur les résultats du suivi de la mortalité et du suivi acoustique en nacelle. Le tableau ci-dessous présente le niveau de risque de collision pour chaque espèce.

La portée de l'impact présentée dans le tableau de synthèse est ici attribuable à l'impact sur les populations concernées. Pour les chauves-souris, les tailles de populations européennes ne sont pas connues et à l'échelle du parc, l'étude d'impact ne fournit pas ces éléments. Bien que la portée ne soit pas mesurable, elle est estimable dans le cas particulier du parc du Mée / Les Blés d'Or où le nombre de collisions brut et estimé est faible dans l'état actuel dans nos connaissances.

Statuts et enjeux des espèces de chauves-souris impactées

	LRE	LRN	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
				Portée de l'impact	Sensibilité à l'impact (maximum entre Dür, jan. 20 et Eurobats, juin 18)	Intensité d'impact	Enjeu spécifique	Niveau d'impact mortalité
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	LC	VU	NT	<b>Moyen</b> 2 cadavres bruts, 100 % de la mortalité constatée chez les chiroptères ; Nombreux contacts de juillet à septembre avec un pic de passage en aout (migrateurs)	<b>Forte</b> (1 543 en Europe, dont 104 en France)	Assez fort	Moyen	<b>Moyen</b>
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	LC	NT	NT	<b>Faible</b> Aucun cadavre ; Principaux contacts de juin à septembre, avec un pic en aout (migrateurs)	<b>Forte</b> (714 en Europe, dont 153 en France)	Moyenne	Moyen	<b>Faible (en migration)</b>
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus</i>	LC	NT	LC	<b>Faible</b> Aucun cadavre ; dizaines de contacts surtout en juin et septembre (Individus locaux issus de grandes populations)	<b>Forte</b> (2 388 en Europe, dont 995 en France)	Moyenne	Faible	<b>Négligeable</b>

	LRE	LRN	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
				Portée de l'impact	Sensibilité à l'impact (maximum entre Dür, jan. 20 et Eurobats, juin 18)	Intensité d'impact	Enjeu spécifique	Niveau d'impact mortalité
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	LC	LC	LC	<b>Faible</b> Aucun cadavre ; Quelques contacts en mai, une centaine en juin et quelques dizaines en aout-septembre (individus locaux)	<b>Forte</b> (469 en Europe, dont 219 en France)	Moyenne	Faible	<b>Négligeable</b>
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	LC	NT	NT	<b>Faible</b> Aucun cadavre ; 3 contacts en septembre (migrateurs)	<b>Forte</b> (1594 en Europe, dont 272 en France)	Faible	Moyen	<b>Négligeable</b>

Toutes ces espèces sont par ailleurs protégées à l'échelle nationale en vertu de l'arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection. Cette protection concerne les individus ainsi que les sites de reproduction et de repos des espèces.

L'autre tableau ci-dessous détaille les risques de collision pour chaque mois du suivi.

Évaluation de risque de collision contextualisée par mois sur la base de la sensibilité des espèces et les activités enregistrées

	Critères d'évaluation	Niveau de risque de collision selon l'activité en altitude
<b>Mai</b>	Seulement 6 nuits suivies, dizaines de contacts de pipistrelles (impact négligeable)	<b>Faible (potentiellement)</b>
<b>Juin</b>	Plus de 300 contacts au total, dont une centaine de P. de Kuhl, plusieurs dizaines de noctules et 70 contacts de Pipistrelle commune ; 21 nuits positives dont 5 où l'activité est forte (> Q75 %) ; 3 nuits manquantes ; aucun cadavre	<b>Moyen</b>
<b>Juillet</b>	Plusieurs centaines de contacts de noctules, dont près de 300 de Noctule commune, et quelques contacts de Pipistrelle commune et de P. de Kuhl, répartis sur 25 nuits dont 12 forte (> Q75 %) ; aucun cadavre	<b>Assez fort</b>
<b>Août</b>	Plus d'un millier de contacts de noctules, dont près de 700 de Noctule commune, et quelques contacts de Pipistrelle commune et de P. de Kuhl, répartis sur 26 nuits ; activités moyennes à très fortes ; 15 nuits > Q75 % dont 12 nuits > Q90 % ; 4 nuits à +100 contacts ; 2 cadavres de Noctule commune	<b>Fort</b>
<b>Septembre</b>	Plusieurs centaines de contacts de noctules, dont près de 300 de Noctule commune, et plusieurs dizaines de contacts sérotules, Pipistrelle commune et de P. de Kuhl, 3 contacts de P. de Nathusius, répartis sur 24 nuits ; activités moyenne à forte ; 18 nuits > à Q75 % ; aucun cadavre	<b>Assez fort</b>

	Critères d'évaluation	Niveau de risque de collision selon l'activité en altitude
<b>Octobre</b>	18 contacts de noctules, dont 6 de Noctule de Leisler et 3 de Noctules communes, répartis sur 4 nuits ; activité faible ; aucun cadavre	<b>Faible</b>
<b>Novembre</b>	1 seul contact de Noctules de Leisler ; activité quasi nulle	<b>Négligeable</b>

Toutes ces espèces sont néanmoins protégées à l'échelle nationale en vertu de l'arrêté du 29 octobre 2009 (publié au J.O. du 5 décembre 2009) modifiant celui du 3 mai 2007, lui-même issu de l'arrêté du 17 avril 1981. Cette protection concerne les individus ainsi que les sites de reproduction et de repos des espèces.

**En conclusion, le niveau d'impact constaté par la mortalité en 2020**, issu du croisement entre l'intensité de l'impact et de l'enjeu de conservation des espèces, est de niveau négligeable au vu des très grandes populations européennes pour chacune des espèces impactées. Les mesures de bridage nocturne mises en place en 2020 conduisent, en effet, à une absence d'impact significatif des parcs sur les populations.

**Note importante :** Toutes ces données recueillies sur une seule année ne permettent pas de prévoir les activités futures (variations interannuelles) mais seulement d'évaluer a priori les conditions du risque de collision/barotraumatisme. Par contre, une récente étude britannique (Matthews et al., 2016) a montré que, bien qu'on ne puisse pas traduire directement par corrélation l'activité en nombre de cadavres, la proportion des groupes d'espèces est généralement conservée entre les activités enregistrées à hauteur de nacelle et les nombres de cadavres trouvés au sol.

### 5.1.2 OISEAUX

De nombreuses espèces d'oiseaux sont susceptibles d'entrer en collision avec les pales, notamment les rapaces de jour et les passereaux de nuit. Au cours des précédents suivis réalisés, les impacts directs (collisions) et indirects (effarouchement) étaient jugés faibles à négligeables selon les espèces d'oiseaux. C'est le cas pour les rapaces notamment, pour lesquels plusieurs espèces observées au sein ou aux abords du parc font partie de ces espèces susceptibles d'être impactées. Aucun cadavre n'est pour autant à déplorer lors du suivi réalisé en 2020.

En revanche, les risques de collisions sont plus importants pour les migrateurs nocturnes, comme le montrent les résultats de mortalité. Le tableau ci-dessous présente le niveau d'impact avéré du parc du Mée / Les Blés d'Or sur les oiseaux dont des cas de collision ont été relevés en 2020.

Statuts et enjeux des espèces d'oiseaux impactées

	LRE	LRN nicheurs	LRN migra-teurs	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
					Portée de l'impact	Sensibilité à l'impact (Dürr 2020)	Intensité d'impact	Enjeu spécifique	Niveau d'impact constaté par la mortalité
Alouette des champs <i>Alauda arvensis</i>	LC	NT	NA	NT	<b>Faible</b> 1 cadavre brut (le 19/10/20) Individu migrateur	<b>Faible</b> (384 en Europe, dont 91 en France)	<b>Faible</b>	<b>Moyen</b>	Négligeable
Caille des blés <i>Coturnix</i>	LC	LC	NA	LC	<b>Faible</b> 1 cadavre brut (le 22/05/20) Individu migrateur	<b>Faible</b> (32 en Europe, dont 1 en France)	<b>Faible</b>	<b>Faible</b>	Négligeable

## 5.2 COMPARAISON DES MORTALITÉS DE 2014-15 (SANS BRIDAGE) ET 2019 (PREMIER BRIDAGE NOCTURNE) AVEC CELLES DE 2020 (BRIDAGE RENFORCÉ)

### 5.2.1 COMPARAISON SUR UNE ANNÉE COMPLÈTE

Le parc éolien du Mée / Les Blés d'Or a fait l'objet de différents suivis afin de se conformer à la réglementation en vigueur. Deux suivis ont été réalisés sur une année quasi-complète (hors période hivernale), en 2014-2015 puis en 2020. Une comparaison de ces deux suivis permet ainsi une analyse de l'impact en conditions initiales puis de l'impact résiduel après mise en place du dernier bridage effectif.

Le tableau ci-dessous reprend les paramètres généraux pris en compte dans les formules statistiques utilisées :

#### Récapitulatif des différents paramètres généraux pris en compte pour les estimations de la mortalité réelle

Paramètres	Le Mée / Les Blés d'Or	
	2014-2015 avril – fin novembre	2020 mi-avril – fin octobre
<b>Période du suivi</b>		
<b>Nbre d'éoliennes suivies</b>	<b>3</b>	<b>6</b>
<b>C</b> (nombre de cadavres brut découverts sous les éoliennes dans un rayon de 50 m)	13	4
<b>d</b> (taux de détection moyen)	0,9	0,73
<b>p</b> (taux de persistance durant l'intervalle)	0,4	0,28
<b>Tm</b> (durée moyenne de persistance durant l'intervalle)	5,7 jours	1,9 jours
<b>I</b> (intervalle moyen entre 2 visites)	8,6	4,2 jours
<b>n</b> (nombre de passage)	30	48
<b>Sk</b> (surface prospectée moyenne)	73 %	63 %

Le tableau suivant présente une comparaison des estimations obtenues à partir des données 2014-2015 et 2020 sur la période suivie respective et annuelle.

Année - Nombre d'éoliennes suivies	Estimation sur la période suivie	Correction annuelle	Estimation annuelle	
			Mortalité corrigée sur l'année (valeur médiane)	Mortalité moyenne par éolienne et par an
	Médiane [IC 10 - 90%]		Médiane	Médiane
<b>2014-2015</b> - <b>3</b>	<b>Chiroptères</b>		<b>26,6</b>	<b>8,9</b>
	<b>Oiseaux</b>		<b>11,7</b>	<b>4,3</b>
	<i>Somme</i>		<i>38,3</i>	<i>13,1</i>
<b>2020</b> - <b>6</b>	<b>Chiroptères</b>	P1	<b>0</b>	<b>0,6</b>
		P2	<b>3,2</b>	<b>0,6</b>
	<b>Oiseaux</b>	P1	<b>12,8</b>	<b>2,8</b>
		P2	<b>1,6</b>	<b>2,8</b>
	<i>Somme</i>		<i>17,6</i>	<i>3,4</i>

En 2014-2015, la mortalité estimée représente 8,9 chauves-souris et 4,3 oiseaux impactés par éolienne et par an. En 2020, elle est de 0,6 chauves-souris et 2,8 oiseaux impactés par éolienne et par an.

D'après ces résultats obtenus issus des suivis de mortalité effectués pour le parc éolien du Mée/Les Blés d'Or, la mise en place du bridage nocturne entraîne, entre 2014-2015 et 2020 :

- une réduction de 93 % de la mortalité par éolienne et par an sur les chauves-souris ;
- une réduction de 35 % de la mortalité par éolienne et par an sur les oiseaux.

Notons que la mortalité résiduelle constatée en 2020 est concentrée sur les éoliennes E1 et E3, appartenant à l'entité des Blés d'Or, les plus proches de l'axe formé par l'A20 et de la commune de Vatan.

### 5.2.2 COMPARAISON SUR LA DEUXIÈME PÉRIODE (AOÛT-OCTOBRE), À PLUS FORTE SENSIBILITÉ

La mortalité résiduelle constatée en 2020, notamment des chauves-souris, reste concentrée sur la période en fin d'été.

En 2019, la mortalité estimée sur la période août-septembre représentait 1,2 chauves-souris impactées par éolienne (cf. partie 2.4.1.2). En 2020, sur la période 2 définie de mi-juillet à fin octobre, la mortalité estimée des chiroptères est de 3,2 individus sur l'ensemble du parc, soit environ 0,5 individu par éolienne. Ceci représente une réduction d'environ 58 %, pourcentage de baisse moindre que celui présenté au paragraphe précédent mais néanmoins significative. En effet, 2019 et 2020 ont fait l'objet d'un bridage nocturne ; la baisse constatée est une preuve d'une certaine efficacité du renforcement du bridage. La comparaison des données annualisées tient compte également des périodes hivernale, printanière et estivale, pour lesquelles la différence de mortalité entre les différents suivis est plus marquée.

Néanmoins, compte tenu de l'espèce impactée en août 2020 (la Noctule commune), de son enjeu spécifique, de sa sensibilité forte à l'éolien, et malgré la baisse globale de la mortalité sur l'ensemble du parc, cette mortalité résiduelle peut être encore réduite par un renforcement supplémentaire du bridage nocturne focalisé sur le mois d'août.

## 6. MESURES DE RÉDUCTION DES RISQUES DE COLLISION

Pour rappel, l'article L110-1 (principes généraux du Code de l'Environnement) définit que :

- ✓ Le principe de précaution et ses incertitudes ne doivent pas empêcher la mise en place de mesures proportionnées à un coût économiquement acceptable ;
- ✓ Le principe d'action préventive et de correction à la source des atteintes à l'environnement prévoit l'utilisation des meilleures techniques disponibles à un coût économiquement acceptable et la mise en place de mesures Éviter-Réduire-Compenser (ERC).

### 6.1 PROTECTION DES CHAUVES-SOURIS FRÉQUENTANT LE PARC PAR UN BRIDAGE NOCTURNE DIFFÉRENCIÉ

#### 6.1.1 PRINCIPE GÉNÉRAL

Bien que seulement deux cadavres de chauves-souris aient été trouvés en 2020, les résultats fournis par le suivi acoustique à hauteur de nacelle permettent de voir que **les risques de collisions sont tout de même forts en août, assez forts et significatifs en juin et septembre, faibles en octobre et négligeables le reste de l'année.**

Les éoliennes étant situées au sein d'un secteur de la région Centre Val-de-Loire avec une forte densité de parcs éoliens incite à intégrer la notion d'effets cumulés pour le caractère significatif de l'impact par collision de quelques cas potentiels de mortalité liés à la variation interannuelle (activité chiroptérologique et conditions météo).

De plus, un bridage nocturne sera aussi bénéfique, indirectement, aux oiseaux migrateurs de nuit, principales victimes avérées des collisions en 2019 et 2020.

Le moyen technique le plus communément utilisé par les exploitants pour brider les éoliennes est la **mise en drapeau des pales (« blade feathering »)** : les pales peuvent pivoter sur leur axe de rotation pour ne plus avoir de prise au vent (90°) et ainsi s'arrêter en moins d'une minute en général. **Le bridage a pour objectif de réduire les risques de collision, tout en maintenant l'éolienne active, en augmentant le seuil de vent (« cut-in speed ») à partir duquel elle commence à produire.** L'unité élémentaire retenue est 0,5 m/s de vitesse moyenne sur 10 min, car cela suffit pour avoir un impact notable sur la production sur une période de plusieurs mois.

Dans le tableau ci-dessous, est indiqué le pourcentage d'activité globale enregistrée lors des suivis acoustiques qui serait à protéger par le bridage selon les niveaux de risque évalués mois par mois.

Proportions d'activité globale en fonction du niveau d'impact avéré ou risque d'impact déclinées par mois et éolienne

Niveau d'impact global	Négligeable	Faible	Moyen	Assez fort	Fort	Très fort
Type de mesure	Pas d'obligation de mesure de régulation	Réduction pour protection de la biodiversité ordinaire	Réduction	Réduction	Réduction	Quasi-évitement
% contacts à protéger	N/A	50-70	70-80	80-90	90-95	95-100

#### 6.1.2 RENFORCEMENT DE L'ALGORITHME DE BRIDAGE NOCTURNE PRÉCONISÉ

Le tableau ci-dessous récapitule pour chaque mois les paramètres de bridage (mesurés à hauteur de nacelle) précédemment établis et ceux à mettre en œuvre pour réduire les risques de collision des chauves-souris. La préconisation basée sur le suivi 2020 ne remet pas en question l'absence d'impact significatif ; elle a vocation à viser une mortalité quasi-nulle des chiroptères.

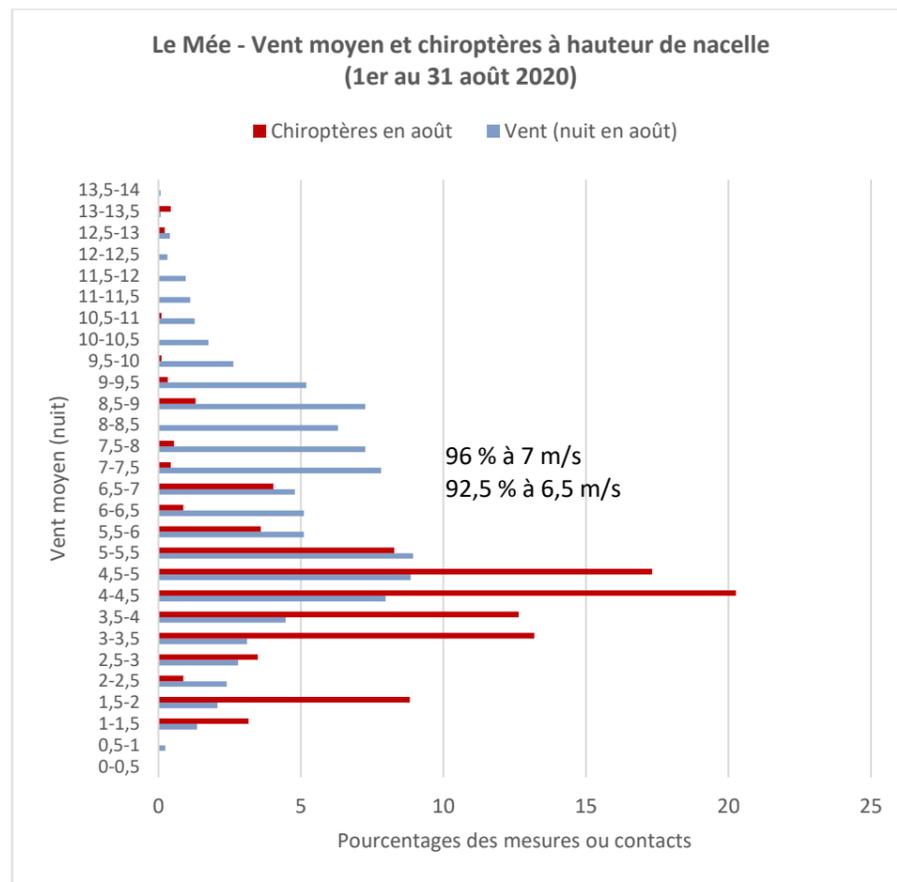
Pour mémoire, le déclenchement du bridage est conditionné à la validité des trois paramètres simultanément. Si un seul des trois n'est pas satisfait (vent supérieur au seuil, ou température inférieure au seuil, ou encore heure en dehors de la plage horaire), alors l'éolienne n'est pas bridée et continue donc de fonctionner normalement.

Algorithmes de bridage par tranches et mois de l'année préconisés pour le parc du Mée / Les Blés d'Or

	Basé sur suivi 2014-2015	Basé sur suivi 2019	Basé sur suivi 2020
Janvier	Aucun bridage	Aucun bridage	Aucun bridage
Février	Aucun bridage	Aucun bridage	Aucun bridage
Mars	Aucun bridage	Aucun bridage	Aucun bridage
1 <sup>er</sup> – 15 Avril	(Mise en drapeau)*	(Mise en drapeau)*	(Mise en drapeau)*
15 – 30 Avril	≤ 6 m/s +0h30 à +05h30 >10°C	≤ 6 m/s -0h30 à +05h30 >10°C	≤ 6 m/s -0h30 à +05h30 >10°C
Mai			
Juin	≤ 4 m/s +0h30 à +05h30 >10°C	≤ 6 m/s -0h30 à +06h30 >13°C	≤ 6 m/s -0h30 à +06h30 >15°C
Juillet			
Août			≤ 7 m/s toute la nuit >15°C
Septembre	≤ 6 m/s +0h30 à +05h30 >10°C	≤ 6 m/s toute la nuit >10°C	≤ 6 m/s toute la nuit >13°C
1 <sup>er</sup> – 15 Octobre			≤ 6 m/s +0h30 à +05h30 >10°C
15 – 31 Octobre	(Mise en drapeau)*		(Mise en drapeau)*
Novembre	Aucun bridage	Aucun bridage	Aucun bridage
Décembre	Aucun bridage	Aucun bridage	Aucun bridage

\* mesure d'accompagnement : la mise en drapeau aux vitesses moyennes inférieures à la cut-in speed par défaut (3 m/s) permet de réduire encore un peu le risque de collision tout en n'impactant quasiment pas la production.

La valeur apparemment élevée de seuil de vent pour la période d'août est liée aux valeurs mesurées à hauteur de nacelle sur cette éolienne en 2020 (voir le graphique suivant présentant la distribution des mesures de vent sur la nuit et des contacts enregistrés en août).



Distribution des mesures de vent de nuit (moyennes sur 10 min) et des contacts pour le mois d'août

## 6.2 ÉCLAIRAGE NOCTURNE EN PIED DE MACHINE

Toutes les éoliennes ne sont plus équipées d'éclairage nocturne à détecteur de mouvement au niveau de la porte d'entrée. Il n'y a donc pas de pollution lumineuse vis-à-vis des chiroptères.

## 6.3 GESTION DES HABITATS AUTOUR DES ÉOLIENNES

Les friches herbacées aux abords de la plateforme des éoliennes constituent des habitats privilégiés par les chauves-souris et le Faucon crécerelle, pour la chasse alimentaire en particulier. **Afin de limiter leur attractivité, il est recommandé de les maintenir à ras le plus longtemps possible tout au long de la saison active (mars à octobre en général).** Moins la végétation herbacée se développera, moins les invertébrés (papillons, mouches, araignées...) auront la possibilité de proliférer et donc d'attirer leurs prédateurs que sont les chiroptères.

**Les plateformes du parc éolien de du Mée / Les Blés d'Or ont tendance à s'enherber rapidement au printemps. Cette mesure doit être maintenue et suivie afin de limiter le risque d'attractivité que cela engendre.**

**En cas de précipitations continues dans le temps pour une durée supérieure à 15 min et marquées en intensité (>5 mm/h soit 0,83 mm sur 10 min en moyenne), les mesures de bridage pourraient être levées quels que soient les autres paramètres étant donné que les chauves-souris sont généralement très peu actives dans ces conditions.**

## 7. MESURES DE SUIVI

Étant donné le faible nombre de cadavres de chauves-souris, l'impact négligeable à faible sur les oiseaux, une nouvelle vérification de l'efficacité du bridage nocturne ne semble pas nécessaire au vu de son niveau renforcé les nuits d'août, mois durant laquelle la mortalité résiduelle de la Noctule commune pouvait être encore davantage réduite.

L'arrêté ministériel du 22 juin 2020 relatif à la notion ICPE-éolien, prévoit dorénavant que le suivi environnemental soit 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. Nous estimons dans le cas présent qu'il n'est pas nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives préconisées car le bridage nocturne préconisé réduira significativement les risques de collision pour les chauves-souris et les oiseaux migrant de nuit. Le coût/bénéfice d'un nouveau suivi en 2021 ne nous paraît donc pas nécessaire dans ce contexte.

## 8. BIBLIOGRAPHIE

<b>ALERSTAM T. 1990.</b> <i>Bird Migration</i> . Cambridge University Press, Cambridge, UK.	<b>DUBOIS Ph.-J., LE MARECHAL P., OLIOSSO G. &amp; YESOU P., 2008.</b> <i>Nouvel inventaire des oiseaux de France</i> . Delachaux et Niestlé, Paris, 558 p.
<b>AHLEN et al., 2007.</b> <i>Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia</i> . Report 5571, July 2007. Swedish Environmental Protection Agency. Bromma, Sweden. 37 p.	<b>DÜRR T., 2001.</b> Flermäuse als Opfer von Windkraftanlagen – Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 10, 182.
<b>ARNETT B., SCHIRMACHER M., HUSO M. &amp; HAYES J., 2009.</b> Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities – Bats and Wind Energy Cooperative, 44p.	<b>DÜRR T., 2002.</b> Eoliennes et Chauves-souris. <i>Nyctalus</i> , n°8 2002, cahier 2, p 115-118.
<b>ARNETT, E., JOHNSON G., ERICKSON W. &amp; HEIN C. – 2013</b> - 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. 38 p.	<b>DÜRR T. 2017.</b> <i>Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at windturbines in Europe</i> . Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. NABU. Situation au 9 février 2017.
<b>ARTHUR L. &amp; LEMAIRE M., 2015.</b> <i>Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse</i> . Collection Parthénope, éditions Biotope, Mèze. MNHN, Paris, 2 <sup>ème</sup> éd. 544 p.	<b>DÜRR T. 2017.</b> <i>Vogelverluste an Windenergieanlagen / bird fatalities at windturbines in Europe</i> . Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. NABU. Situation au 9 février 2017.
<b>AULAGNIER S., HAFFNER P., MITCHELL-JONES A. J., MOUTOU F. &amp; ZIMA J., 2008.</b> <i>Guide des mammifères d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient</i> . Delachaux & Niestlé, Paris, 272 p.	<b>ECOSPHERE, 2012.</b> <i>Projet d'implantation d'un parc éolien à Vatan (36) : Etude d'impact écologique 2012</i> . Ecosphère, Saint-Maur-des-Fossés, France. 172p.
<b>BAERWALD E.-F., D'AMOURS G.-H., KLUG B.-J. &amp; BARCLAY R.M.R. 2008.</b> <i>Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines</i> . <i>Current Biology</i> 18(16) : 695-696.	<b>ECOSPHERE. 2013.</b> <i>Impact de l'activité éolienne sur les populations de chiroptères : enjeux et solutions</i> . Rapport de stage de L. Jung et document interne actualisé.
<b>BARATAUD M. 2015.</b> <i>Écologie acoustique des chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse</i> . Biotope, Mèze; MNHN, Paris, 344 p.	<b>ÉCOSPHÈRE. 2017.</b> Liste des Oiseaux nicheurs de la région Centre-Val de Loire et statut de rareté - <i>Document interne actualisé</i> .
<b>BARRIOS L. &amp; RODRIGUES A. 2004.</b> <i>Behavioral and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines</i> . <i>Journal of Applied Ecology</i> 41, 72-81.	<b>ÉCOSPHÈRE. 2017.</b> Liste des Mammifères de la région Centre-Val de Loire et statut de rareté - <i>Document interne actualisé</i> .
<b>BEHR O., BRINKMANN R. &amp; KORNER-NIEVERGELT F., 2011.</b> – Akustische Erfassung des Fledermausaktivität an Winderngieanlagen. Dans : <i>Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen</i> . Göttingen : Umwelt und Raum Bd, p. 40-115.	<b>ECOSPHERE, 2019.</b> <i>Suivi de mortalité 2019 du parc éolien du Mée / Les Blés d'Or (36). Étude réalisée pour le compte d'EDPR, 78 p.</i>
<b>BERNARDINO J., BISPO R., COSTA H. &amp; MASCARENHAS M. 2013.</b> <i>Estimating bird and bat fatality at wind farms: a practical overview of estimators, their assumptions and limitations</i> . <i>New Zealand Journal of Zoology</i> . Volume 40, Issue 1. pages 63-74.	<b>EDKINS, 2014.</b> Impact of wind energy development on birds and bats : looking into the problem. Prepared for FPL Energy. 45 p. <a href="https://www.researchgate.net/publication/238723871_IMPACTS_OF_WIND_ENERGY_DEVELOPMENTS_ON_BIRDS_AND_BATS_LOOKING_IN_TO_THE_PROBLEM">https://www.researchgate.net/publication/238723871_IMPACTS_OF_WIND_ENERGY_DEVELOPMENTS_ON_BIRDS_AND_BATS_LOOKING_IN_TO_THE_PROBLEM</a>
<b>BEVANGER K. et al. 2010.</b> <i>Pre- and post-construction studies of conflicts between birds and wind turbines in costal Norway (Bird-Wind)</i> . <i>Report on findings 2007-2010</i> . NINA Report 620.	<b>ERICKSON W. P. et al. 2001.</b> <i>Avian collision with wind turbines : a summary of existing studies and comparisons to other sources of avian collision mortality in the United states</i> . National Wind Coordinating Committee.
<b>BEUCHER Y., KELM V., ALBESPY F., GEYELIN M., NAZON L. &amp; PICK D. 2013.</b> <i>Parc éolien de Castelnau-Pégayrols (12). Suivi pluri annuel des impacts sur les chauves-souris</i> . Bilan des campagnes des 2ème, 3ème et 4ème années d'exploitation (2009-2011). 111p.	<b>FAUNA HELVETICA. 2011.</b> Mammifères de Suisse : clés de détermination : clé morphologique et clé des crânes de chiroptères.
<b>BIRDLIFE, 2004.</b> <i>Birds in Europe. Population Estimates, Trends and Conservation Status</i> . BirdLife International, 374 p.	<b>FIERS, V., GAUVRIT, B., GAVAZZI, E., HAFFNER, P. &amp; MAURIN, H. 1997</b> - <i>Statut de la faune de France métropolitaine : statuts de protection, degrés de menace, statuts biologiques</i> . M.N.H.N. / I.E.G.B.- Service du Patrimoine Naturel / R.N.F. / Ministère de l'Environnement. Paris : 225 pp.
<b>BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2015.</b> Detailed regional assessment and species account from the European Red List of Birds. [on line : <a href="http://www.birdlife.org/datazone/species/">http://www.birdlife.org/datazone/species/</a> ]	<b>HAGEMEIJER W. J. &amp; BLAIR M. J. (coord.), 1997.</b> <i>The EBCC Atlas of European Breeding Birds. Their distribution and abundance</i> . Poyser, London, 920 p.
<b>BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2015.</b> <i>European Red List of Birds</i> . Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities.	<b>HAQUART A. et al., 2012.</b> <i>Suivi annuel continu de l'activité des chiroptères sur 10 mats de mesure : évaluation des facteurs de risque lié à l'éolien</i> . Biotope, Bourges. 54p.
<b>BROWN R., FERGUSON J., LAWRENCE M., LEES D. &amp; CUISIN M., 1989.</b> <i>Reconnaitre les plumes, les traces et les indices des oiseaux</i> . Bordas, Paris, 232 p.	<b>HEDENSTRÖM A. &amp; RYDELL J. 2012.</b> <i>Effect of wind turbine mortality on noctula bats in Sweden : predictions from a simple population model</i> . Biology Department Lund University, Sweden. 11p.
<b>CADE T.J. 1994.</b> <i>Industry research : kenetech windpower</i> . In : proceeding of the national avian-wind power planning meeting, Denver, Colorado, July 1994. 179 p.	<b>HÖTKER H., THOMSEN K.-N. &amp; KOSTER H., 2004.</b> <i>Auswirkungen regenerativer Energiegewinnung auf die biologische Vielfalt am Beispiel der Vögel und der Fledermäuse – Fakten, Wissenslücken, Anforderungen an die Forschung, ornithologische Kriterien zum Ausbau von regenerativen Energiegewinnungsformen</i> . NABU, 80 p.
<b>CARL G., THELANDER C.G. &amp; RUGGES D.L. 2001.</b> <i>Examining relationships between bird risk behaviours and fatalities at the altamont wind resource area : a second year's progress report</i> . In : proceeding of the national avian-wind power planning meeting, Carmel, California : 5-14.	<b>HÖTKER H. et al. 2006.</b> <i>Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources : the example of birds and bats – facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation</i> . Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen.
<b>CONSEIL DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES - 1979</b> - Directive 79/409/CEE du 2 avril 1979 concernant la conservation des Oiseaux sauvages (Directive "Oiseaux"). <i>Journal Officiel des Communautés européennes</i> du 25 avril 1979.	<b>JOIRIS E. 2012.</b> <i>High altitude bat monitoring</i> . Preliminary results Hainaut & Ardennes. CSD Ingenieurs. 69p.
<b>CONSEIL DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES - 1992</b> - Directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des Habitats naturels ainsi que de la Faune et de la Flore sauvages. <i>Journal Officiel des Communautés européennes</i> N° L 206/7 du 22 juillet 1992.	<b>KERNS J. &amp; KERLINGER P., 2004.</b> A study of bird and bat collision fatalities at the mountaineer wind energy center, Tucker County, West Virginia : Annual report for 2003 – FPL Energy and Mountaineer Wind Energy Center Technical Review Committee, 39p.
<b>DIETZ &amp; VON HELVERSEN. 2004.</b> Clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe.	<b>LIMPENS H., BOONMAN M., KORNER-NIEVERGELT F., JANSEN E., VAN DER VALK M., LA HAYE M., DIRKSEN S. &amp; VREUGDENHIL S., 2013.</b> – Wind turbines and bats in the Netherlands - Measuring and predicting. Report 2013.12, Zoogdierverseniging & Bureau Waardenburg
<b>DIETZ C., VON HELVERSEN O. &amp; NILL D., 2009.</b> <i>L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord</i> . Delachaux & Niestlé, Paris, 400 p.	<b>MAMMEN U. K. et al. 2009.</b> <i>Interactions of Red Kites and wind farms : results of radio telemetry and field observations. Birds of Prey and Wind Farms : Analysis of problems and possible solutions</i> . Documentation of an international workshop in Berlin 21-22 oct 2008. (H. Hötker, red) s. 14-21. NABU, Berlin.
	<b>MARCHAIS G., 2011.</b> <i>Projet d'implantation d'un parc éolien sur les communes de Saint-Civran, Chazelet et Sacierges-Saint-Martin. Rapport sur le suivi de l'activité chiroptérologique en hauteur (avril – octobre 2011)</i> . Ecosphère, Saint-Maur-des-Fossés, France. 49p.
	<b>MNHN &amp; UICN, 2008.</b> <i>Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine</i> . Paris, 14 p.

**PERTHUIS A., 2002.** *L'avifaune de la région Centre-Val de Loire : synopsis des connaissances.* Recherches Naturalistes en Région Centre-Val de Loire, 11 : 17-30.

**PRATZ, 2012.** *Note relative à la réalisation et au financement des suivis réglementaires de mortalité des parcs éoliens de la région Centre-Val de Loire.*

**QUAINTENNE G., BROSSAULT P., 2013.** *Les oiseaux nicheurs rares et menacés en France en 2012.* Ornithos 20-6. LPO.

**RAMEAU, J.C., MANSION, D. & DUME, G., 1989.** *Flore Forestière Française ; guide écologique illustré ; vol.1 : plaines et collines.* IDF, DERF et ENGREF - Dijon, 1785 pp.

**RASRAM L, et al. 2009.** *Effect of wind farms on population trend and breeding success of Red Kites and other birds of prey. Birds of prey and Wind farms : Analysis of problems and possible solutions.* Documentation of an international workshop in Berlin 21-22 oct 2008. (H. Hötter, red) s. 22-25. NABU, Berlin.

**ROCAMORA, G. & YEATMAN-BERTHELOT, D. – 1999 –** *Oiseaux menacés et à surveiller en France. Listes rouges et recherche de priorités. Populations. Tendances. Menaces. Conservation.* Société d'Etudes Ornithologiques de France / Ligue pour la Protection des Oiseaux. Paris : 560 p.

**RODRIGUES L., BACH L., DUBOURG-SAVAGE M.-J., GOODWIN J. & HARBUSCH 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, 55 pp.

**RODRIGUES L. et al. 2015.** *Guidelines for consideration of bats in wind farm projects.* EUROBATS Publication series n°6. Revision 2014. PNUE/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany, 133 pp.

**SOCIÉTÉ FRANÇAISE POUR L'ETUDE ET LA PROTECTION DES MAMMIFÈRES (S.F.E.P.M.) - 1984 -** *Atlas des Mammifères sauvages de France -* Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères, 229 pp.

**THELANDER C.G. & RUGGES D.L. 2001.** *Examining Relationships between Bird Risk Behaviours and Fatalities at the Altamont Wind Resource Area : a Second Year's Progress. Report.* In : PNAWPPM IV, Proceeding of the National Avian-Wind Power Planning Meeting IV, Carmel, California, May 2001 : 5-14.

**THIOLLAY J.-M. & BRETAGNOLLE V., 2004.** *Rapaces nicheurs de France, Distribution, effectifs et conservation,* Delachaux et Niestlé, Paris. 176p.

**YEATMAN-BERTHELOT, D. & JARRY, G., 1994.** *Nouvel Atlas des Oiseaux nicheurs de France, 1985-1989.* Société Ornithologique de France, Paris 776 p.

**WINKELMAN, J.E. 1985.** *Impact of medium-sized wind turbines on birds : a survey on flight behaviour, victims and disturbance.* Netherlands Journal of Agricultural Science 33 : 75-78.

**ZUCCA M. 2015.** *La migration des oiseaux : comprendre les voyageurs du ciel.* Guide Nature. Editions Sud-Ouest. Mai 2015. 352p.



## ANNEXE 1 : DATES DE PROSPECTION DU SUIVI DE MORTALITÉ

Semaine	Date	Tache	Intervenant
16	15/04/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT
17	23/04/2020	Test de persistance (dépôt)	Léa BOUTAULT
	24/04/2020	Suivi mortalité Test de persistance (J+1)	Léa BOUTAULT
18	27/04/2020	Passage éclair Test de persistance (J+4)	Léa BOUTAULT
	30/04/2020	Suivi mortalité Test de persistance (J+7)	Léa BOUTAULT
19	04/05/2020	Passage éclair Test de persistance (J+11)	Léa BOUTAULT
	07/05/2020	Suivi mortalité Test de persistance (J+14)	Léa BOUTAULT
20	11/05/2020	Passage éclair	Léa BOUTAULT
	14/05/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT
21	18/05/2019	Passage éclair	Léa BOUTAULT
	22/05/2020	Suivi mortalité	Laurie BURETTE - EchoChiros
22	26/05/2019	Passage éclair	Laurie BURETTE - EchoChiros
	29/05/2020	Suivi mortalité	Laurie BURETTE - EchoChiros
23	02/06/2020	Passage éclair	Laurie BURETTE - EchoChiros
	05/06/2020	Suivi mortalité	Ghislain DURASSIER - EchoChiros
24	09/06/2020	Passage éclair	Ghislain DURASSIER - EchoChiros
	12/06/2020	Suivi mortalité Test observateur	Ghislain DURASSIER - EchoChiros + Léa BOUTAULT
25	19/06/2020	Suivi mortalité	Ghislain DURASSIER - EchoChiros
26	26/06/2020	Suivi mortalité	Ghislain DURASSIER - EchoChiros
27	03/07/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT
28	10/07/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT
29	17/07/2020	Suivi mortalité	Ghislain DURASSIER - EchoChiros
30	24/07/2020	Suivi mortalité	Ghislain DURASSIER - EchoChiros
31	31/07/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT
	07/08/2020	Suivi mortalité	Laurie BURETTE - EchoChiros

Semaine	Date	Tache	Intervenant
33	10/08/2020	Suivi mortalité (complément)	Hugo AUCLAIR
	14/08/2020	Suivi mortalité	Laurie BURETTE - EchoChiros
34	17/08/2020	Suivi mortalité (complément)	Hugo AUCLAIR
	20/08/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT
35	24/08/2020	Suivi mortalité (complément)	Guillaume MARCHAIS
	28/08/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT
36	31/08/2020	Suivi mortalité (complément) Persistance (dépôt)	Laurie BURETTE - EchoChiros
	01/09/2020	Test de persistance (J+1)	Laurie BURETTE - EchoChiros
37	04/09/2020	Suivi mortalité Test de persistance (J+4)	Laurie BURETTE - EchoChiros
	07/09/2020	Suivi mortalité (complément) Test de persistance (J+7)	Ghislain DURASSIER - EchoChiros
38	11/09/2020	Suivi mortalité Test de persistance (J+11)	Laurie BURETTE - EchoChiros
	14/09/2020	Suivi mortalité (complément) Test de persistance (J+14)	Ghislain DURASSIER - EchoChiros
39	18/09/2020	Suivi mortalité	Laurie BURETTE - EchoChiros
	21/09/2020	Suivi mortalité (complément)	Laurie BURETTE - EchoChiros
40	25/09/2020	Suivi mortalité	Ghislain DURASSIER - EchoChiros
	28/09/2020	Suivi mortalité (complément)	Laurie BURETTE - EchoChiros
41	02/10/2020	Suivi mortalité	Laurie BURETTE - EchoChiros
	05/10/2020	Suivi mortalité (complément)	Ghislain DURASSIER - EchoChiros
42	09/10/2020	Suivi mortalité	Ghislain DURASSIER - EchoChiros
	12/10/2020	Suivi mortalité (complément)	Laurie BURETTE - EchoChiros
43	16/10/2020	Suivi mortalité Test observateur	Ghislain DURASSIER - EchoChiros + Léa BOUTAULT
	19/10/2020	Suivi mortalité (complément)	Ghislain DURASSIER - EchoChiros
44	23/10/2020	Suivi mortalité	Laurie BURETTE - EchoChiros
	26/10/2020	Suivi mortalité (complément)	Laurie BURETTE - EchoChiros
	29/10/2020	Suivi mortalité	Laurie BURETTE - EchoChiros



## ANNEXE 2 : OCCUPATION DU SOL ET DÉTAIL DES SURFACES PROSPECTÉES PAR ÉOLIENNE AU COURS DU SUIVI

Pour chaque éolienne, les surfaces prospectées ont été différenciées par classes de visibilité : **Bon** = Bonne ; **Moy** = Moyenne ; **Nulle**.

Les « **temps** » ont été définis à partir des modifications de ces classes de visibilité tout le long du suivi. Un changement de visibilité pour un type d'habitat sur au moins une éolienne est considéré comme un changement d'intervalle. Cette dénomination est seulement faite pour faciliter les calculs a posteriori de la surface moyenne prospectée sur l'ensemble du parc, elle n'a pas de lien avec la chronologie de la mortalité constatée.

### ➤ Données brutes

Période	Temps	Date	Observateur	E1_Bon+Moy	E1_Nulle	E2_Bon+Moy	E2_Nulle	E3_Bon+Moy	E3_Nulle	E4_Bon+Moy	E4_Nulle	E5_Bon+Moy	E5_Nulle	E6_Bon+Moy	E6_Nulle
1 <sup>ère</sup> période	1	15/04/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour friche	pois céréales	plateforme labour	pois	plateforme	céréales	plateforme labour calcaire	céréales	plateforme	céréales	plateforme	céréales
		24/04/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour friche	pois céréales	plateforme labour	pois	plateforme	céréales	plateforme labour calcaire	céréales	plateforme	céréales	plateforme	céréales
	2	27/04/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour friche	pois céréales	plateforme	pois labour	plateforme	céréales	plateforme	céréales labour calcaire	plateforme	céréales	plateforme	céréales
	1	30/04/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour friche	pois céréales	plateforme labour	pois	plateforme	céréales	plateforme labour calcaire	céréales	plateforme	céréales	plateforme	céréales
	2	04/05/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour friche	pois céréales	plateforme	pois labour	plateforme	céréales	plateforme	céréales labour calcaire	plateforme	céréales	plateforme	céréales
	1	07/05/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour friche	pois céréales	plateforme labour	pois	plateforme	céréales	plateforme + plateforme enherbée labour calcaire	céréales	plateforme enherbée	céréales	plateforme enherbée	céréales
	2	11/05/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour friche	pois céréales	plateforme	pois labour	plateforme	céréales	plateforme + plateforme enherbée	céréales labour calcaire	plateforme enherbée	céréales	plateforme enherbée	céréales
	1	14/05/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour friche	pois céréales	plateforme labour	pois	plateforme	céréales	plateforme + plateforme enherbée labour calcaire	céréales	plateforme enherbée	céréales	plateforme enherbée	céréales
	2	18/05/2019	Léa BOUTAULT	plateforme labour friche	pois céréales	plateforme	pois labour	plateforme	céréales	plateforme + plateforme enherbée	céréales labour calcaire	plateforme enherbée	céréales	plateforme enherbée	céréales
	1	22/05/2020	Laurie BURETTE - EchoChiros	plateforme labour friche	pois céréales	plateforme labour	pois	plateforme	céréales	plateforme + plateforme enherbée labour calcaire	céréales	plateforme enherbée	céréales	plateforme enherbée	céréales
	2	26/05/2019	Laurie BURETTE - EchoChiros	plateforme labour friche	pois céréales	plateforme	pois labour	plateforme	céréales	plateforme + plateforme enherbée	céréales labour calcaire	plateforme enherbée	céréales	plateforme enherbée	céréales
	1	29/05/2020	Laurie BURETTE - EchoChiros	plateforme labour friche	pois céréales	plateforme labour	pois	plateforme	céréales	plateforme + plateforme enherbée labour calcaire	céréales	plateforme enherbée	céréales	plateforme enherbée	céréales
	2	02/06/2020	Laurie BURETTE - EchoChiros	plateforme labour friche	pois céréales	plateforme	pois labour	plateforme	céréales	plateforme + plateforme enherbée	céréales labour calcaire	plateforme enherbée	céréales	plateforme enherbée	céréales
	1	05/06/2020	Ghislain DURASSIER - EchoChiros	plateforme labour friche	pois céréales	plateforme labour	pois	plateforme	céréales	plateforme + plateforme enherbée labour calcaire	céréales	plateforme enherbée	céréales	plateforme enherbée	céréales
	2	09/06/2020	Ghislain DURASSIER - EchoChiros	plateforme labour friche	pois céréales	plateforme	pois labour	plateforme	céréales	plateforme + plateforme enherbée	céréales labour calcaire	plateforme enherbée	céréales	plateforme enherbée	céréales

Période	Temps	Date	Observateur	E1_Bon+Moy	E1_Nulle	E2_Bon+Moy	E2_Nulle	E3_Bon+Moy	E3_Nulle	E4_Bon+Moy	E4_Nulle	E5_Bon+Moy	E5_Nulle	E6_Bon+Moy	E6_Nulle
	3	12/06/2020	Ghislain DURASSIER - EchoChiros	plateforme labour friche	pois céréales	plateforme labour	pois	plateforme	céréales	plateforme	céréales labour calcaire	plateforme	céréales	plateforme	céréales
		19/06/2020	Ghislain DURASSIER - EchoChiros	plateforme labour friche	pois céréales	plateforme labour	pois	plateforme	céréales	plateforme	céréales labour calcaire	plateforme	céréales	plateforme	céréales
	4	26/06/2020	Ghislain DURASSIER - EchoChiros	plateforme labour friche	pois céréales	plateforme labour	pois	plateforme	céréales	plateforme	céréales labour calcaire	plateforme céréales fauchées	céréales	plateforme	céréales
	5	03/07/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour friche	pois céréales	plateforme labour	pois		MAINTENANCE	plateforme chaume	labour calcaire	plateforme céréales fauchées	céréales	plateforme	céréales
	6	10/07/2020	Léa BOUTAULT	50%		50%		50%		50%		50%		50%	
	2 <sup>ème</sup> période	7	17/07/2020	Ghislain DURASSIER - EchoChiros	plateforme sorgho friche cultures fauchées		plateforme chaume sorgho		plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume
8		24/07/2020	Ghislain DURASSIER - EchoChiros	plateforme chaumes friche	sorgho	plateforme chaume	sorgho	plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume	
6		31/07/2020	Léa BOUTAULT	50%		50%		50%		50%		50%		50%	
9		07/08/2020	Laurie BURETTE - EchoChiros	plateforme chaumes friche	sorgho	plateforme chaume	sorgho	plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume	
		10/08/2020	Hugo AUCLAIR	plateforme chaumes friche	sorgho	plateforme chaume	sorgho	plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume	
		14/08/2020	Laurie BURETTE - EchoChiros	plateforme chaumes friche	sorgho	plateforme chaume	sorgho	plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume	
		17/08/2020	Hugo AUCLAIR	plateforme chaumes friche	sorgho	plateforme chaume	sorgho	plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume	
		20/08/2020	Léa BOUTAULT	plateforme chaumes friche	sorgho	plateforme chaume	sorgho	plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume	
		24/08/2020	Guillaume MARCHAIS	plateforme chaumes friche	sorgho	plateforme chaume	sorgho	plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume	
		28/08/2020	Léa BOUTAULT	plateforme chaumes friche	sorgho	plateforme chaume	sorgho	plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume	
		31/08/2020	Laurie BURETTE - EchoChiros	plateforme chaumes friche	sorgho	plateforme chaume	sorgho	plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume	
		04/09/2020	Laurie BURETTE - EchoChiros	plateforme chaumes friche	sorgho	plateforme chaume	sorgho	plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume	
07/09/2020		Ghislain DURASSIER - EchoChiros	plateforme labour friche	sorgho	plateforme labour	sorgho	plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume		

Période	Temps	Date	Observateur	E1_Bon+Moy	E1_Nulle	E2_Bon+Moy	E2_Nulle	E3_Bon+Moy	E3_Nulle	E4_Bon+Moy	E4_Nulle	E5_Bon+Moy	E5_Nulle	E6_Bon+Moy	E6_Nulle
		11/09/2020	Laurie BURETTE - EchoChiros	plateforme chaumes friche	sorgho	plateforme chaume	sorgho	plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume		plateforme chaume	
		14/09/2020	Ghislain DURASSIER - EchoChiros	plateforme labour friche	sorgho	plateforme labour	sorgho	plateforme labour		plateforme labour		plateforme chaume		plateforme labour	
		18/09/2020	Laurie BURETTE - EchoChiros	plateforme labour friche	sorgho	plateforme labour	sorgho	plateforme labour		plateforme labour		plateforme chaume		plateforme labour	
		21/09/2020	Laurie BURETTE - EchoChiros	plateforme labour friche	sorgho	plateforme labour	sorgho	plateforme labour		plateforme labour		plateforme chaume		plateforme labour	
		25/09/2020	Ghislain DURASSIER - EchoChiros	plateforme labour friche	sorgho	plateforme labour	sorgho	plateforme labour		plateforme labour		plateforme chaume		plateforme labour	
		28/09/2020	Laurie BURETTE - EchoChiros	plateforme labour friche	sorgho	plateforme labour	sorgho	plateforme labour		plateforme labour		plateforme chaume		plateforme labour	
		02/10/2020	Laurie BURETTE - EchoChiros	plateforme labour friche	sorgho	plateforme labour	sorgho	plateforme labour		plateforme labour		plateforme chaume		plateforme labour	
		05/10/2020	Ghislain DURASSIER - EchoChiros	plateforme labour friche	sorgho	plateforme labour	sorgho	plateforme labour		plateforme labour		plateforme chaume		plateforme labour	
		09/10/2020	Ghislain DURASSIER - EchoChiros	plateforme labour friche	sorgho	plateforme labour	sorgho	plateforme labour		plateforme labour		plateforme chaume		plateforme labour	
		12/10/2020	Laurie BURETTE - EchoChiros	plateforme labour friche	sorgho	plateforme labour	sorgho	plateforme labour		plateforme labour		plateforme chaume		plateforme labour	
		16/10/2020	Ghislain DURASSIER - EchoChiros	plateforme labour friche	sorgho	plateforme labour	sorgho	plateforme labour		plateforme labour		plateforme chaume		plateforme labour	
		19/10/2020	Ghislain DURASSIER - EchoChiros	plateforme labour friche	sorgho	plateforme labour	sorgho	plateforme labour		plateforme labour		plateforme chaume		plateforme labour	
		23/10/2020	Laurie BURETTE - EchoChiros	plateforme labour friche	sorgho	plateforme labour	sorgho	plateforme labour		plateforme labour		plateforme chaume		plateforme labour	
		26/10/2020	Laurie BURETTE - EchoChiros	plateforme labour friche	sorgho	plateforme labour	sorgho	plateforme labour		plateforme labour		plateforme chaume		plateforme labour	
		29/10/2020	Laurie BURETTE - EchoChiros	plateforme labour friche	sorgho	plateforme labour	sorgho	plateforme labour		plateforme labour		plateforme chaume		plateforme labour	

➤ Tableau simplifié des surfaces (m²) correspondantes aux habitats prospectés

Période	Temps	Nbr de passages	E1			E2			E3			E4			E5			E6			% moyen de surface prospectée sur l'ensemble du parc :	
			Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté		
1	1	8	1254	6579	16%	2702	5131	34%	1081	6752	14%	1497	6336	19%	903	6930	12%	1005	6828	13%	18%	
	2	7	1254	6579	16%	1061	6772	14%	1081	6752	14%	1136	6697	15%	903	6930	12%	1005	6828	13%	14%	
	3	2	1254	6579	16%	2702	5131	34%	1081	6752	14%	1136	6697	15%	903	6930	12%	1005	6828	13%	17%	
	4	1	1254	6579	16%	2702	5131	34%	1081	6752	14%	1136	6697	15%	3041	4792	39%	1005	6828	13%	22%	
	5	1	1254	6579	16%	2702	5131	34%	0	7833	0%	7472	361	95%	3041	4792	39%	1005	6828	13%	33%	
	6	2	3917	3916	50%	3917	3916	50%	3917	3916	50%	3917	3916	50%	3917	3916	50%	3917	3916	50%	3917	3916
2	7	1	7833	0	100%	7833	0	100%	7833	0	100%	7833	0	100%	7833	0	100%	7833	0	100%	100%	
	8	1	7704	129	98%	6192	1641	79%	7833	0	100%	7833	0	100%	7833	0	100%	7833	0	100%	96%	
	9	25	7704	129	98%	6192	1641	79%	7833	0	100%	7833	0	100%	7833	0	100%	7833	0	100%	96%	
<b>Moyenne :</b>					<b>64%</b>			<b>58%</b>			<b>64%</b>			<b>67%</b>			<b>64%</b>			<b>63%</b>	<b>63%</b>	

## ANNEXE 3 : SYNTHÈSE DES CADAVRES DÉCOUVERTS LORS DU SUIVI DE MORTALITÉ

Ordre	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Age	Sexe	Date de découverte	Numéro éolienne	Distance au mât	Coordonnées X_L93	Coordonnées Y_L93	Statut	Etat	Visibilité	Cause de la mortalité	Découvreur	Identificateur	Contexte
OISEAU	Caille des blés	<i>Coturnix</i>	Ad	Ind	22/05/2020	E3	59	609583,442	6660564,05	Migrateur	Frais	Bonne	Collision	Laurie Burette	Léa Boutault	SUIVI ICPE
CHIROPTERE	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	VOL	Ind	20/08/2020	E3	14	609549,683	6660507,48	Migrateur	Sec	Bonne	Collision	Léa Boutault	Léa Boutault, Guillaume Marchais	SUIVI ICPE
CHIROPTERE	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	VOL	Ind	28/08/2020	E1	69	608953,795	6661290,39	Migrateur	Frais	Bonne	Collision	Léa Boutault	Léa Boutault, Guillaume Marchais	SUIVI ICPE
OISEAU	Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Ad	Ind	19/10/2020	E1	12	608998,333	6661253,12	Migrateur	Frais	Bonne	Collision	Ghislain Durassier	Ghislain Durassier	SUIVI ICPE

\*Age : Ad = Adulte ; 1A = 1<sup>ère</sup> année ; VOL = volant, âge non identifiable

## ANNEXE 4 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITÉ RÉELLE OBTENUES À PARTIR DE L'APPLICATION « EOLAPP »

L'application est présentée sur <https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>

Présentation de quelques captures d'écran.

- Résultats obtenus pour la période 2 (mi-juillet – octobre) et pour les chiroptères (n cadavres = 2). Résultats présentés dans le tableau en partie 4.1.3.1.



### Estimation des mortalités induites par les éoliennes

**Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :**

Browse... cadavres\_LeMee 20\_P2\_chiros.csv  
Upload complete

Nb lignes lues = 28

**Sélectionner un fichier avec la durée de persistance des cadavres déposés :**

Browse... persistence\_last detection\_LeMee 20\_all.csv  
Upload complete

Nombre de lignes lues = 36

**Méthode de calcul des intervalles de confiance**

Non-paramétrique  
 Paramétrique

**Intervalle de temps entre les passages =**

4

**Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection =**

89

**Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =**

70

**Pourcentage de la surface prospectée =**

0.96

CALCULER

#### Données en entrée

Nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes (une valeur par visite de terrain) :

0, 0, 0, 0, 0, ..., 0, 0, 0, 0, 0

Durée de présence de cadavres déposés par les expérimentateurs (une valeur par cadavre déposé)

0.5, 1, 1, 1, 1, ..., 7, 11, 1, 1, 1

#### Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	3.89	0.00	12.30	0.00	8.70
Huso	5.04	0.00	14.51	0.00	10.60
Winkelmann	8.90	0.00	30.48	0.00	20.43
Jones	5.54	0.00	17.18	0.00	12.18

➤ Résultats obtenus pour la période 1 (avril – mi-juillet) et pour les oiseaux (n cadavres = 1). Résultats présentés dans le tableau en partie 4.1.3.1 Erreur ! Source du renvoi introuvable..



## Estimation des mortalités induites par les éoliennes

**Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :**

Browse... cadavres\_LeMee 20\_P1\_all.csv  
Upload complete

Nb lignes lues = 20

**Sélectionner un fichier avec la durée de persistance des cadavres déposés :**

Browse... persistence\_last detection\_LeMee 20\_all.csv  
Upload complete

Nombre de lignes lues = 36

**Méthode de calcul des intervalles de confiance**

Non-paramétrique  
 Paramétrique

**Intervalle de temps entre les passages =**

4.5

**Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection =**

89

**Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =**

70

**Pourcentage de la surface prospectée =**

0.20

CALCULER

### Données en entrée

**Nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes (une valeur par visite de terrain) :**

0, 0, 0, 0, 0, ..., 0, 0, 0, 0, 0

**Durée de présence de cadavres déposés par les expérimentateurs (une valeur par cadavre déposé)**

0.5, 1, 1, 1, 1, ..., 7, 11, 1, 1, 1

### Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	10.51	0.00	41.74	0.00	28.26
Huso	13.01	0.00	47.54	0.00	33.20
Winkelmann	48.84	0.00	338.45	0.00	179.33
Jones	14.56	0.00	58.88	0.00	39.32

## ANNEXE 5 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITÉ RÉELLE OBTENUES À PARTIR DE L'APPLICATION « GENEST » (HUSO & DALTHORP)

L'application est présentée sur <https://www.usgs.gov/centers/fresc/science/a-generalized-estimator-estimating-bird-and-bat-mortality-renewable-energy>

➤ Paramètres et modèles utilisés

		Le Mée / Les Blés d'Or 2020	
		<i>DWP_PERIODE</i>	
GENERAL INPUTS	<i>Model inputs</i>		
	Number of iteration	1000	
	Confidence level	0,8	
	Carcass Class Column	<b>SEASON</b>	
SEARCHER EFFICIENCY	<i>Model inputs</i>	<b>P1</b>	<b>P2</b>
	Observations	Efficacite1	Efficacite1
	Predictor variables	Visibility Size	Visibility Size
	Fixed k	0.75	0.75
	<i>Selection</i>		
	p model /p ~	constant	Visibility
	k model	fixed at 0.75	fixed at 0.75
CARCASS PERSISTENCE	<i>Model inputs</i>		
	Last time present	LastPresent	LastPresent
	First time absent	FirstAbsent	FirstAbsent
	Predictor variables	/	/
	Distributions	all	all
	<i>Selection</i>		
	Distribution	lognormal	lognormal
	Location ~	constant	constant
Scale ~	constant	constant	
MORTALITY ESTIMATION	<i>Model inputs</i>		
	Carcass ID	carclD	carclD
	Fraction of Facility Surveyed	1	1
	DWP	/	/
	Date found	DateFound	DateFound
	<i>Split mortality</i>		
	Search Schedule (SS) Variable	Season	Season
	Carcass Observation (CO) Variable	Group	Group