

# Suivi mortalité sur le parc éolien Engie Vouillon (Indre) – Année 1



Rapport 2019



Agnès BOYE

Janvier 2020





# Suivi mortalité sur le parc éolien Engie Vouillon (Indre) – Année 1

<b>Organisme</b>	Indre Nature
<b>Réalisation</b>	Agnès BOYE : coordination et relevés de terrain
<b>Date de publication</b>	Janvier 2020, modifié en avril 2020
<b>Financements</b>	Engie Vouillon
<b>Localisation</b>	Région Centre, Département de l'Indre (36), Commune de Vouillon
<b>Objectifs de l'étude</b>	Quantifier les cas de mortalité avifaunistique et chiroptérologique sur le parc éolien. Améliorer les connaissances sur la thématique de mortalité éolienne. Proposer des mesures d'atténuation des impacts du parc sur les groupes concernés.
<b>Référence bibliographique</b>	<i>BOYE A., 2020, Suivi mortalité sur le parc éolien Engie Vouillon (Indre), Année 1. Indre Nature.</i>
<b>Mots-clefs</b>	Vouillon, Champagne berrichonne, Indre, éolien, chiroptères, oiseaux, mortalité.
<b>Photographies</b>	Agnès BOYE sauf mention contraire
<b>Fonds cartographiques</b>	IGN et orthophotos 2014

## Table des matières

I	Présentation et contexte.....	1
I.1	Description du site éolien.....	1
I.2	Contexte environnemental .....	4
I.2.a	Sites d'Intérêt Communautaire .....	5
I.2.b	Zone de Protection Spéciale.....	6
I.2.c	ZNIEFF de type 1.....	6
I.2.d	ZNIEFF de type 2.....	8
II	Méthodes .....	10
II.1	Protocoles de suivi.....	10
II.1.a	Dates de prospection .....	10
II.1.b	Méthodes et surfaces de recherche.....	10
II.1.c	Relevés des cadavres.....	14
II.2	Test de l'efficacité de l'observateur - taux de détection des cadavres.....	15
II.3	Test de la prédation - persistance des cadavres .....	18
II.4	Estimation de la mortalité.....	19
II.4.a	Winkelmann, 1989 .....	20
II.4.b	Erikson, 2000 .....	20
II.4.c	Jones, 2009.....	20
II.4.d	Huso, 2010.....	21
II.5	Limites .....	21
III	Résultats .....	24
III.1	Espèces et effectifs découverts.....	24
III.2	Taux de détection des cadavres.....	27
III.3	Persistance des cadavres.....	28
III.4	Estimation de la mortalité.....	32
IV	Analyses.....	37
IV.1	Aperçu global.....	37
IV.2	Phénologie de la mortalité .....	38
IV.2.a	Mortalité relevée.....	38
IV.2.b	Mortalité estimée.....	40
IV.3	Espèces impactées.....	42
IV.3.a	Oiseaux .....	42
IV.3.b	Chiroptères.....	43
IV.4	Répartition de la mortalité par éolienne.....	44
IV.4.a	Oiseaux (n = 125).....	44
IV.4.b	Chiroptères (n = 19).....	46

IV.4.c	Mortalité cumulée (n = 144).....	46
IV.5	Dispersion des cadavres .....	49
IV.5.a	Orientation .....	49
IV.5.b	Éloignement.....	51
IV.6	Causes constatées de la mortalité.....	53
V	Interprétations .....	56
V.1	Influence du paysage.....	56
V.1.a	Échelle du parc et effet lisière ? .....	56
V.1.b	Échelle départementale et corridor de déplacement ? .....	57
V.2	Influence de la météorologie .....	61
VI	Conclusion .....	67
VII	Annexes .....	69
VIII	Bibliographie.....	72

# I Présentation et contexte

## I.1 Description du site éolien

Le parc éolien Engie Vouillon est situé dans l'est du département de l'Indre (36), en Champagne berrichonne, au sud de la D925 et du village de Vouillon.

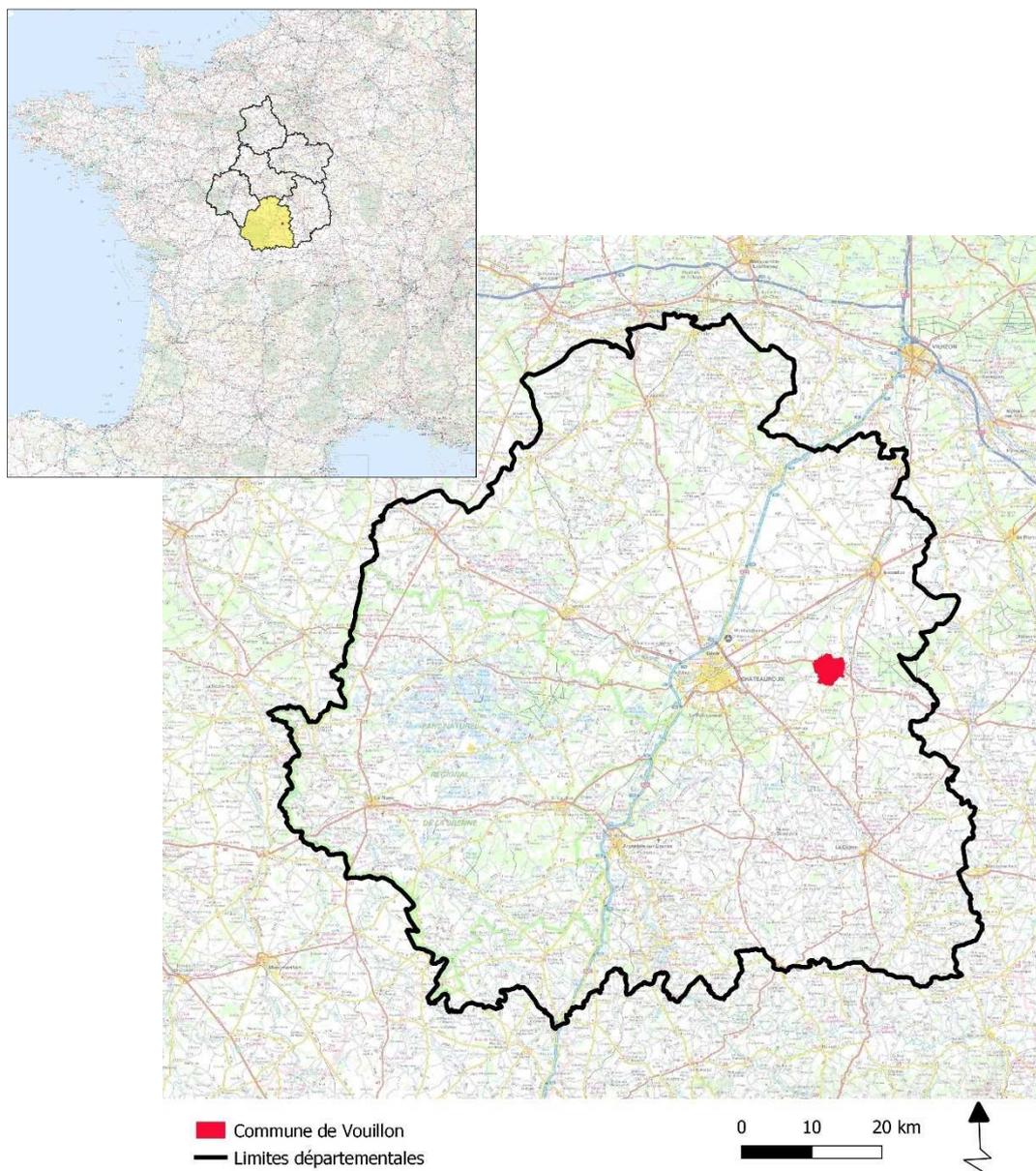


Photo 1 : Situation du parc éolien Engie Vouillon dans le département

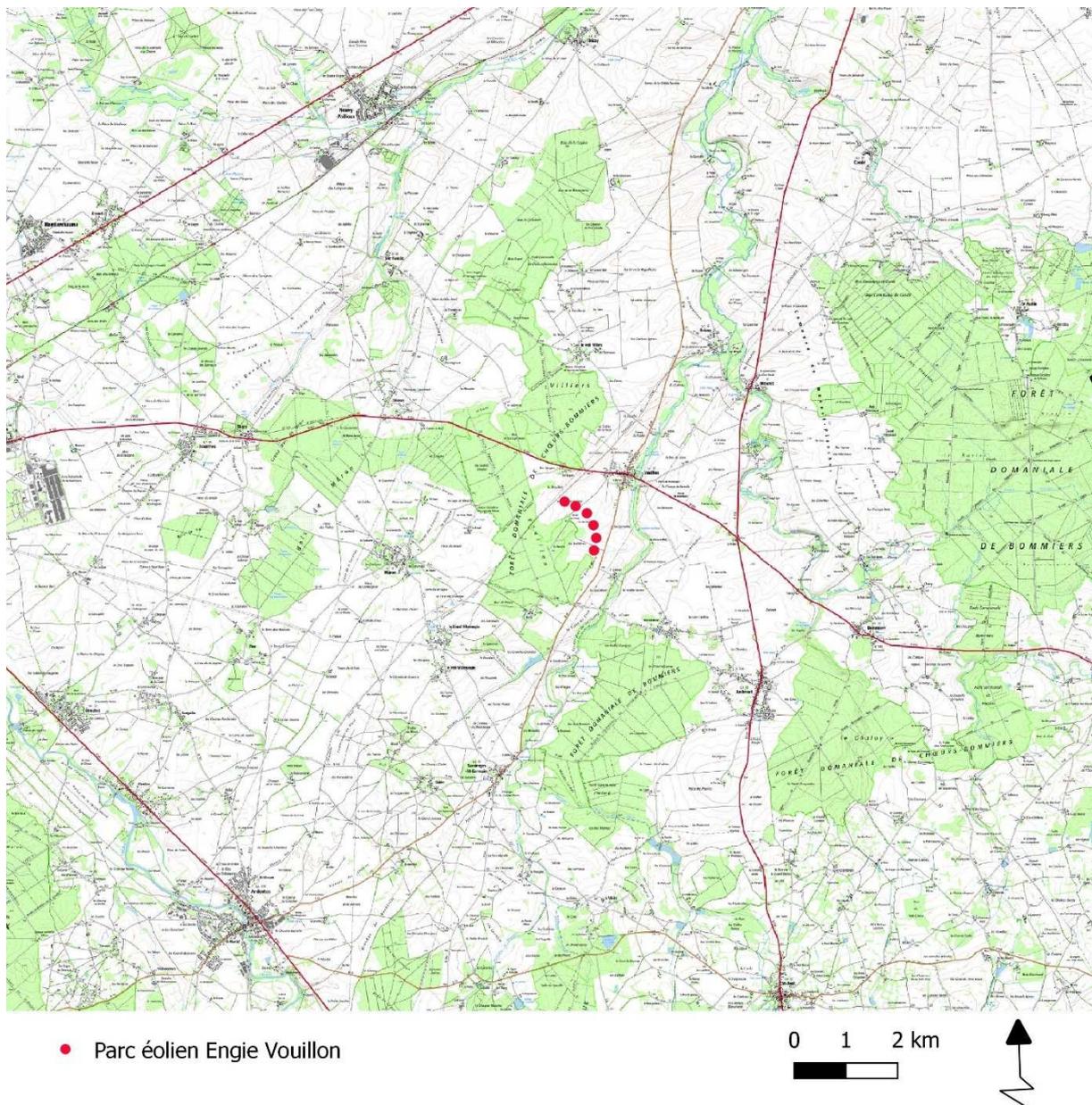
Le parc se compose de 6 éoliennes, disposées tous les 260 m sur une ligne courbe de 1300 m et tournées vers le nord.

Chaque éolienne de type V126 présente une puissance de 3,3 MW (pour une puissance totale du parc de 19,8 MW), un mât de 117 m et des pales de 63 m, soit une hauteur en bout de pale de 180 m.

Le parc est bridé dans les conditions suivantes :

- Vitesse < 6,5 m/s à hauteur de moyeu,
- $T > 10^{\circ}\text{C}$ ,
- 2 premières heures de la nuit du 1er avril au 31 octobre.

Enfin, l'éolienne 4 est équipée de deux enregistreurs à ultrasons, installés l'un au niveau de la nacelle et le second sur la rampe d'accès, à environ 15 m du sol.



**Photo 2 : Localisation du parc éolien Engie Vouillon**

Les paysages environnants sont dominés par les cultures, mais également par les boisements, le parc étant situé en bordure d'une partie de la forêt domaniale de Chœurs-Bommiers. Cette dernière est à 120 m au plus près du parc. On retrouve également à proximité les autres patchs de la forêt de Bommiers ainsi que la ripisylve du Liennet et de la Théols.

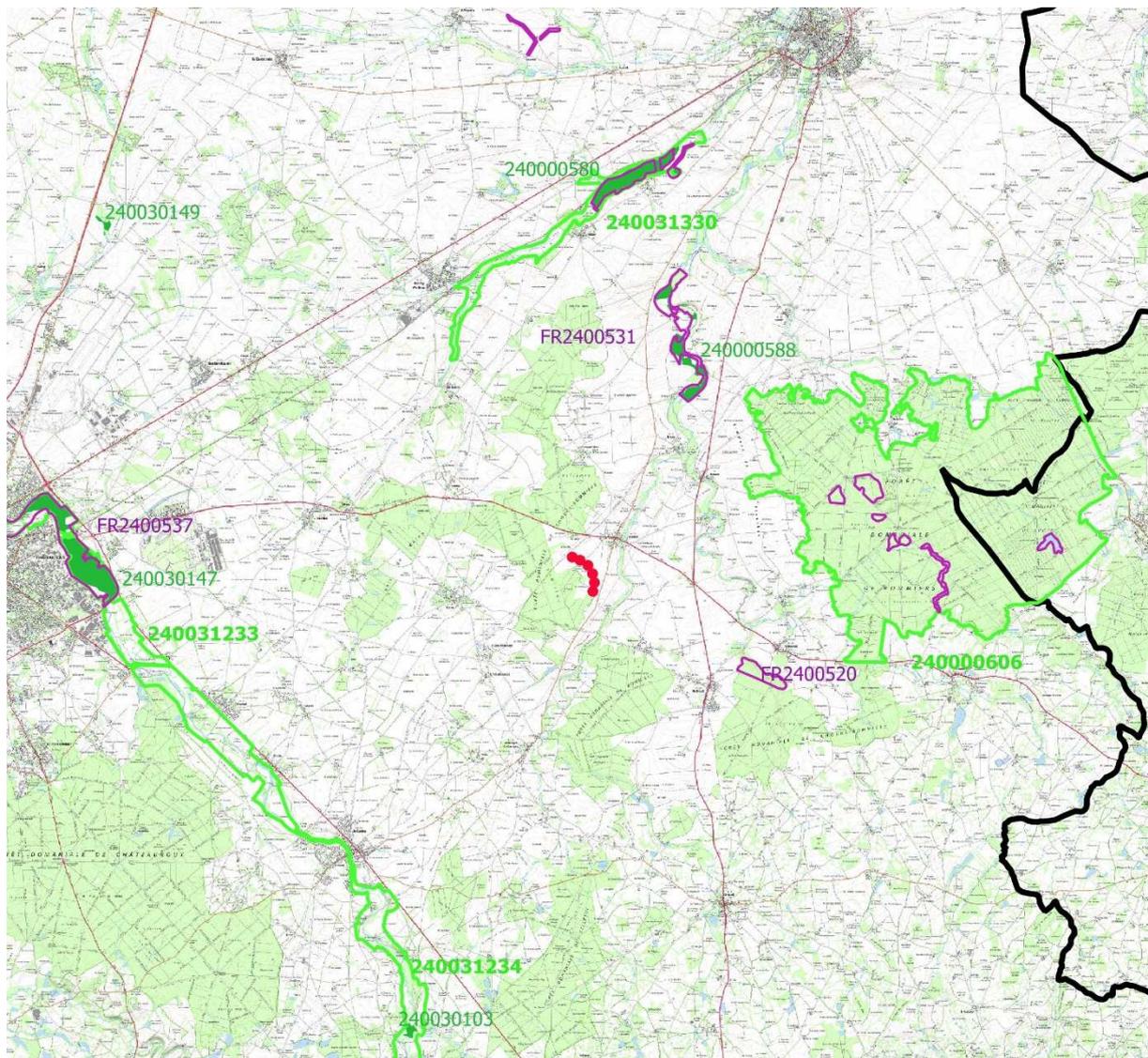


Photo 3 : Aperçu aérien du parc éolien Engie Vouillon

## I.2 Contexte environnemental

On retrouve plusieurs périmètres à statut environnemental dans le secteur de Vouillon.

Les sites sont listés ci-dessous, les présentations étant issues du site de l'Institut National de Protection de la Nature.



-  Sites d'Intérêt Communautaire
-  ZNIEFF de type 2
-  ZNIEFF de type 1
-  Parc éolien Engie Vouillon
-  Limites départementales

0 2.5 5 km



Périmètres à statut environnemental à proximité de la commune de Vouillon

## I.2.a Sites d'Intérêt Communautaire

### *FR2400520 - Coteaux, bois et marais calcaires de la Champagne Berrichonne*

*Ce site couvre deux grandes régions naturelles : la vallée du Cher et la champagne berrichonne. Ces deux paysages renferment divers ensembles de végétations et espèces remarquables pour la région (notamment des pelouses calcicoles et milieux associés et des marais alcalins).*

*Le site présente trois éléments notables : les ensembles de milieux secs des coteaux et plateaux calcaires, les rares zones de marais, mais aussi les végétations liées à la vallée du Cher et des zones alluvionnaires.*

*L'ensemble de milieux situés sur les coteaux et plateaux dominant le Cher et sur des vallons adjacents, présentent un très grand intérêt botanique et paysager dans un contexte de grandes cultures.*

*La particularité biogéographique de ces coteaux calcaires, sans équivalent en région Centre, est de renfermer de très nombreuses orchidées et plusieurs espèces végétales rares en limite d'aire de répartition. Les marais de Contres et de Dun se caractérisent par la présence de végétations humides associées à des modes culturels traditionnels.*

*La vallée du Cher est remarquable par la présence d'un cordon de végétations aquatiques, de ripisylves. Le lit majeur inondable du Cher assure un effet corridor attesté par la présence de 6 espèces de chauves-souris inscrites à l'Annexe II de la directive Habitats. On peut enfin noter les zones bocagères du sud du site, notamment autour de Noirlac, abritant des cortèges très riches de coléoptères saproxyliques, dont deux d'intérêt européen (Grand Capricorne, Lucane cerf-volant).*

*Quelques zones particulières ponctuent ce site. La Forêt Domaniale de Bommiers présente une végétation assez différente avec des formations acides de landes fraîche et sèche, ainsi qu'un gazon hygrophile des rives des étangs peu riches en éléments minéraux.*

Situé à 5 km du parc éolien, ce site Natura 2000 abrite notamment Rhinolophes, Barbastelle d'Europe et Murins inscrits à l'Annexe 2 de la Directive Habitats.

### *FR2400531 - Îlots de marais et coteaux calcaires au Nord-Ouest de la Champagne Berrichonne*

*Site à cheval sur les départements de l'Indre et du Cher, traversés par l'Arnon et la Théols.*

*Ensembles de formations naturelles sur affleurements calcaires et fonds de vallées humides ou marécageux.*

*Présence d'une flore palustre singulière en fond de vallée. Prairies marécageuses abritant un cortège d'orchidées remarquables ainsi que des espèces végétales rares et protégées régionalement.*

*Importants cortèges d'orchidées sur les pelouses très souvent accompagnés d'espèces rares au niveau régional.*

*Vastes étendues des formations à Genévriers.*

Situé également à 5 km environ du parc éolien de Vouillon, ce site Natura 2000 abrite notamment le Grand Rhinolophe et le Grand Murin, inscrits à l'Annexe 2 de la Directive Habitats.

### *iii FR2400537 - Vallée de l'Indre*

*L'ensemble du site s'inscrit dans une vallée essentiellement composée de prairies bocagères inondables parsemées de mares temporaires. En plusieurs endroits, la vallée est surplombée de coteaux où s'ouvrent d'anciennes carrières souterraines occupées par des chauves-souris hibernantes.*

*Les vastes prairies inondables abritent un cortège floristique et ornithologique remarquable.*

*Lieu d'hivernage pour de nombreux canards.*

*Importantes populations de Chauves-souris hibernantes dont plusieurs espèces inscrites à l'Annexe II de la directive Habitats.*

Plus éloigné que les deux autres ZSC, ce site Natura 2000 à environ 13 km du parc abrite Rhinolophes, Barbastelle d'Europe et Murins inscrits à l'Annexe 2 de la Directive Habitats.

### **I.2.b Zone de Protection Spéciale**

La ZPS la plus proche est située à 27 km ; il s'agit de la ZPS FR2410003 – Brenne.

*La Brenne présente une mosaïque de milieux naturels (prairies, étangs, landes, buttes de grès, bois, marais, ...) tout à fait remarquable.*

*Cette diversité de milieux engendre une diversité exceptionnelle en termes d'avifaune, comme l'atteste son inscription sur la liste des sites RAMSAR (zones humides d'importance internationale). La Brenne constitue un site important pour l'avifaune aussi bien en reproduction, en migration qu'en hivernage.*

*Ce sont en effet 20 à 25 espèces inscrites à l'annexe I de la directive 'Oiseaux' qui s'y reproduisent, avec en particulier des espèces inféodées aux milieux humides comme la Guifette moustac (30-40% des effectifs nationaux), le Héron pourpré (10-15%), le Butor étoilé et le Blongios nain (5%), mais également des espèces inféodées aux milieux forestiers, aux milieux semi-ouverts et aux milieux prairiaux. En migration, la zone constitue une halte pour les espèces liées aux milieux aquatiques, parmi lesquelles la Grue cendrée, le Balbuzard pêcheur ainsi que plusieurs limicoles. En hiver, la Brenne accueille plusieurs dizaines de milliers d'oiseaux d'eau : canards, grèbes, foulques, hérons, limicoles, etc. Toutes saisons confondues, la zone est ainsi fréquentée par 40 à 45 espèces inscrites à l'annexe I de la directive 'Oiseaux', soit environ 80% des espèces régulièrement présentes en région Centre.*

Le parc éolien est à bonne distance de cette ZPS, laissant à penser qu'il a peu d'influence sur les populations d'oiseaux ayant permis la désignation du site. Toutefois, la commune de Vouillon est située sur un axe migratoire, et le parc est ainsi survolé par plusieurs espèces qui rejoignent la ZPS à l'automne. Ainsi, ce sont plusieurs milliers de grue cendrées qui ont pu être dénombrées à l'occasion d'un suivi mortalité en novembre 2019.

### **I.2.c ZNIEFF de type 1**

Ces sites, importants pour leur richesse écologique, mais localisés, présentent a priori un lien écologique assez faible avec le parc éolien de Vouillon.

Ils sont néanmoins rapidement présentés ci-après.

### ***i 240000580 - Marais de Jean-Varenne***

*Ce marais alcalin d'une centaine d'hectares se situe au Nord-Est du bourg de Thizay.*

*Il occupe le fond d'un vallon peu marqué, au substrat calcaro-marneux, traversé par le ruisseau de la Vignole, affluent de la Théols. Des sources artésiennes s'y rencontrent çà et là. Il s'agit de profonds entonnoirs formés dans le calcaire sous-jacent d'où remontent des eaux cristallines thermostatées. Hormis les milieux humides, la zone abrite quelques secteurs de pelouses sur calcaire, riches en espèces déterminantes. Cet ensemble abrite plus de trente espèces végétales déterminantes, dont 17 protégées. Pour la faune, on peut noter notamment la richesse du site pour les papillons (plus d'une dizaine d'espèces déterminantes, dont 4 protégées), les libellules, les oiseaux ou encore les mollusques.*

### ***ii 240030147 - Prairies humides du Montet et de Mousseaux***

*Cette zone de prairies se localise à l'amont immédiat de Châteauroux, en bordure de l'Indre.*

*Elle est occupée par des prairies humides de fauche et/ou de pâture conduites de manière plutôt extensive. On y observe plusieurs dépressions liées à la présence actuelle ou passée de bras d'eau serpentant dans les prairies. Plusieurs de ces bras sont en connexion directe avec l'Indre, d'autres le sont en période de hautes eaux. On rencontre également dans ces prairies des mares pérennes, lesquelles sont noyées lors des crues.*

*Toutes ces zones sont des lieux particulièrement favorables à la reproduction du Brochet. La rivière présente une diversité piscicole très riche (7 espèces déterminantes et 32 espèces recensées au total) avec une forte densité de brochets et cyprinidés. Ce site abrite de nombreuses espèces végétales et animales : 5 espèces de plantes remarquables, un orthoptère remarquable et également 3 oiseaux remarquables, dont le Râle des genêts entendu il y a quelques années.*

*Cette zone s'inscrit dans un ensemble de prairies alluviales qui forment un corridor écologique aux intérêts multiples au sein de l'agglomération castelroussine. Il s'avère très important pour le maintien de la biodiversité de maintenir ces zones humides en prairies fauchées et/ou pâturées.*

### ***iii 240000588 - Marais de Gravelle***

*Cet ensemble se localise dans la vallée de la Théols, au nord de Meunet et entre les lieux-dits le Noyer et la Villette. Il s'agit de très grandes roselières, prairies et boisements humides. Le marais originel a été largement dégradé par la mise en culture, la plantation de peupliers et les pratiques de l'agriculture intensive des environs.*

*Les secteurs de marais qui subsistent abritent néanmoins une dizaine d'espèces végétales déterminantes, dont 6 protégées. Concernant la faune, une dizaine d'espèces d'insectes déterminants ont été relevées (libellules, papillons...).*

### ***iv 240031596 - Bocage de la Font-Roy-Bonnin***

*Cette zone est située dans le Boischaud au sud-est du bourg de Saint-Août de part et d'autre de la route départementale 71. Il s'agit d'une zone de bocage bien conservé, milieu se raréfiant dans ce secteur fortement remanié ces dernières années.*

*La moitié nord est utilisée comme pâturage pour des chevaux et pour la production de foin. La moitié sud, plus extensive encore, est peu exploitée et abrite localement des végétations des prairies humides oligotrophes menacées par la fermeture du milieu.*

*On dénombre une grande quantité d'espèces déterminantes de ZNIEFF (plus de 35 espèces) dans des groupes taxonomiques variés pour la faune (coléoptères, lépidoptères rhopalocères et hétérocères, odonates, orthoptères, amphibiens, ...) et pour la flore. Les cortèges observés sont typiques du bocage en bon état de conservation.*

Cette ZNIEFF abrite notamment le Faucon hobereau.

## **I.2.d ZNIEFF de type 2**

### ***i 240000606 - Forêt de Choeurs-Bommiers - 4,5 km***

*Plusieurs habitats patrimoniaux comme les pelouses calcicoles ou les landes sont présents, mais le plus souvent relictuels au sein des layons forestiers. Les boisements en eux même sont diversifiés, bien que localement dégradés par les plantations de résineux.*

*Le massif forestier possède aussi plusieurs mares et étangs, parfois tourbeux, qui abritent une flore rare et menacée.*

*La forêt de Choeurs-Bommiers est surtout réputée pour sa richesse faunistique avec la présence de la Cigogne noire, considérée comme nicheuse sur le massif ou la présence du Chat sauvage. Concernant les insectes, bien que les inventaires restent incomplets, de nombreuses espèces patrimoniales sont notées. L'herpétofaune comprend un grand nombre d'espèces parmi lesquelles les rares Sonneurs à ventre jaune et Cistude d'Europe.*

Cette ZNIEFF abrite notamment la Noctule de Leisler, Barbastelle d'Europe, Murins et Cigogne noire.

### ***ii 240031330 – Marais de Thizay – 6,5 km***

*Le marais est essentiellement une tourbière alcaline vieille de 10 000 ans développée sur un substrat calcaro- marneux. Des sources artésiennes s'y rencontrent çà et là. Thizay est le seul marais de ce type de Champagne berrichonne. Ce marais au fonctionnement hydraulique particulier a été classé partiellement en Arrêté de Protection du Biotope en 1983 pour sa flore et sa faune remarquables.*

*Concernant la faune, le site présente un intérêt pour les insectes. En effet, une dizaine d'espèces déterminantes de papillons, mais aussi de libellules et d'orthoptères a été recensée. Des espèces patrimoniales de mollusques sont également présentes dans ces marais . À noter également, la présence de la Mulette épaisse (*Unio crassus*), bivalve menacé.*

### ***iii 240031234 – Haut bassin versant de l'Indre – 10 km***

*Cette zone correspond à la tête du bassin de l'Indre et de ses affluents d'amont. Le haut bassin versant correspond à une des parties les plus élevées de la région Centre, avec un réseau complexe de vallons plus ou moins encaissés.*

*L'activité agricole et l'élevage, au sein d'un paysage majoritairement bocager, caractérisent l'occupation du sol qui tend toutefois à évoluer.*

*Les talwegs sont émaillés de multiples sources qui alimentent les petits ruisseaux et contribuent à la présence de nombreuses zones humides, le plus souvent associées à des prairies.*

*La flore d'intérêt patrimonial se caractérise essentiellement par des plantes de prairies humides. C'est au niveau des suintements, parfois tourbeux, que les zones les plus riches sont observées. C'est une zone particulièrement intéressante d'un point de vue salmonicole. Les frayères à truites sont présentes en densité régulière, voire très fréquentes vers les zones de sources.*

*Ce bassin versant abrite la plus belle population de Loutres du département. Le Sonneur à ventre jaune est présent de manière régulière.*

*Les arbres creux du bocage abritent le Pique-prune, coléoptère protégé et d'intérêt européen. Ils servent également de refuge pour plusieurs espèces de chauves-souris. Le Grand capricorne est également présent. Les papillons sont représentés sur le site par une dizaine d'espèces déterminantes. À noter également, trois espèces d'orthoptères considérées comme en danger dans la région. La Cistude d'Europe est aussi présente sur le secteur.*

*Sur les plateaux, les pratiques agricoles ont tendance à s'intensifier. Cette évolution induit une régression de l'étendue et du nombre de milieux humides et de la qualité biologique du bocage. En revanche, la part de l'élevage diminue dans les fonds de vallée avec pour conséquence l'extension de l'enfrichement des prairies humides. Cependant, la qualité actuelle du peuplement piscicole de ces ruisseaux reste bonne et fonctionnelle.*

Cette ZNIEFF abrite notamment Murins, Barbastelle d'Europe, Petit Rhinolophe.

#### ***iv 240031233 - Prairies de la vallée de l'Indre dans l'agglomération Castelroussine – 12 km***

*Dans la traversée de l'agglomération de Châteauroux, les abords de l'Indre ont relativement bien échappé à l'urbanisation et à l'artificialisation. C'est probablement l'inondabilité de la vallée qui lui a permis de conserver un caractère naturel.*

*L'ensemble est essentiellement occupé par des prairies, quelques boisements alluviaux, mais aussi quelques parties plus humides (anciens marais). Ces prairies abritaient notamment jusqu'en 1999 les dernières populations de Râle des genêts du département de l'Indre. On observe également la reproduction du Râle d'eau. L'intérêt pour les amphibiens s'avère élevé avec neuf espèces recensées dont le crapaud Sonneur à ventre jaune et le Triton crêté. La Cistude d'Europe est présente. Les libellules sont également bien représentées sur le site, avec cinq espèces déterminantes, dont deux protégées. Concernant les orthoptères, sept espèces déterminantes sont été observées. À noter également, deux espèces protégées de coléoptères. L'intérêt floristique est loin d'être négligeable. Au total une cinquantaine d'espèces protégées est connue dans cette zone (une centaine si l'on ajoute les oiseaux).*

Cette ZNIEFF a notamment été désignée pour le Faucon hobereau, le Bihoreau gris.

## II Méthodes

### II.1 Protocoles de suivi

#### II.1.a Dates de prospection

Le suivi initialement prévu strictement limité aux recommandations du protocole national (groupe de travail DGPR/DGALN, 2018) a été prolongé de 5 semaines. Il s'est donc déroulé durant 29 semaines entre la semaine 20 et la semaine 48. Par ailleurs la fréquence de passage a été doublée à partir du mois d'août.

Les éoliennes ont ainsi été prospectées à raison :

- D'un passage/semaine entre les semaines 20 et 31 (soit du 13/05 au 30/07) ;
- De deux passages/semaine entre les semaines 32 et 46 (soit du 6/08 au 17/11) ;
- D'un passage/semaine de nouveau les semaines 47 et 48 (soit du 20/11 au 1/12).

Au total, ce sont 45 passages qui ont été effectués sur le parc éolien de Vouillon entre mi-mai et fin novembre 2019.

#### II.1.b Méthodes et surfaces de recherche

L'ensemble du parc, soit les 6 éoliennes, a été suivi lors de chaque passage.

Les parcelles d'implantation des éoliennes étant cultivées (majoritairement en tournesol, mais certaines en blé), elles n'étaient pas accessibles durant une bonne partie du suivi, le passage répété de l'observateur pouvant occasionner des dégâts aux cultures, et l'efficacité de recherche étant réduite au-delà d'une certaine hauteur de végétation.

Ainsi, plusieurs périmètres de recherche ont été utilisés durant ces 29 semaines :

- Semaines 20 à 29 (13/05-21/07) : seules les aires gravillonnées ont pu être prospectées ;
- À partir de la semaine 30, la zone de recherche a été progressivement élargie, au fur et à mesure des récoltes et des déchaumages (exemple de l'éolienne 4, où le blé a été récolté mi-juillet, avant le tournesol ; une zone de recherche 'intermédiaire' a été prospectée, comprenant l'aire gravillonnée et une extension sur la parcelle de blé récoltée) ;
- À partir de la semaine 39 (27/09), toutes les parcelles ont été accessibles.

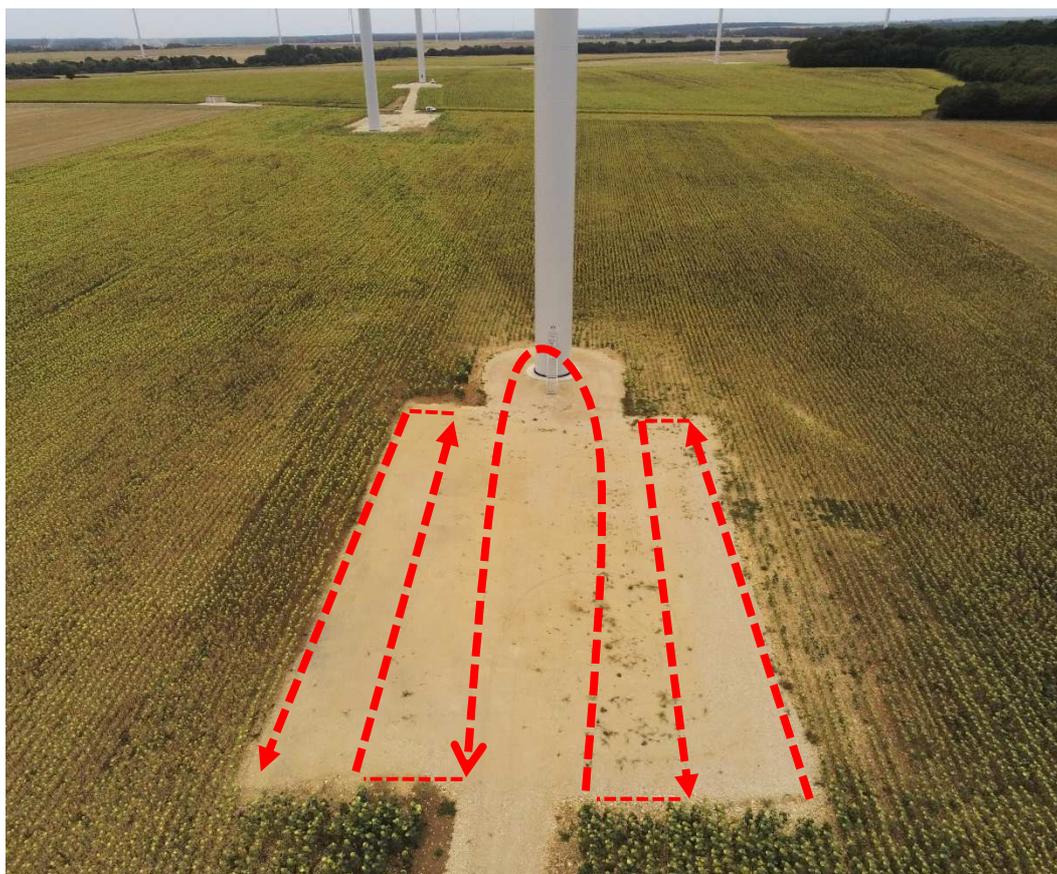
##### *i Prospection des aires gravillonnées*

Lorsque les cultures adjacentes ont limité les recherches, seules les aires gravillonnées ont donc été inspectées, pour un total de 9 308 m<sup>2</sup>.

Elles ont chacune été prospectées au travers de transects parallèles et distants de 5 m.

#### Détails des surfaces des aires gravillonnées

Éolienne	Surface de l'aire gravillonnée	Éolienne	Surface de l'aire gravillonnée
E1	1 406 m <sup>2</sup>	E4	1 420 m <sup>2</sup>
E2	1 678 m <sup>2</sup>	E5	1 420 m <sup>2</sup>
E3	1 386 m <sup>2</sup>	E6	1 998 m <sup>2</sup>
<b>Surface totale aires gravillonnées = 9 308 m<sup>2</sup></b>			



Parcours de prospection schématique - Éolienne 1

#### *ii Protocole complet*

Lorsqu'il a pu être mis en place, un cercle de 65 m de rayon a été prospecté à l'aplomb de chaque éolienne (leurs pales ayant pour rappel une longueur de 63 m). La surface échantillonnée sous chaque éolienne est de 13 273,23 m<sup>2</sup>, soit un total prospecté de 79 639,37 m<sup>2</sup>.

Il a été prospecté par transects parallèles distants de 7,5 m, réalisés à l'aide d'une corde étalonnée attachée autour du mât.

Cette aire de recherche maximale n'a finalement pu être prospectée sur l'ensemble du parc qu'à partir du 27 septembre 2019, correspondant à un tiers des passages.

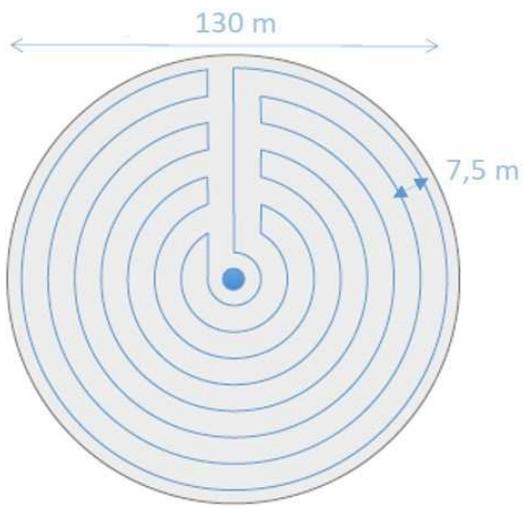


Schéma et aperçu d'une zone prospectée de façon 'complète' - Éolienne 6



Corde étalonnée permettant la régularité des transects - Éolienne 6

### *iii Surfaces échantillonnées*

La surface échantillonnée lors de chaque passage est finalement présentée dans le tableau ci-dessous :

Surface échantillonnée par jour de suivi

Date du suivi	Surface échantillonnée	Date du suivi	Surface échantillonnée
14/05/2019	9 308 m <sup>2</sup>	06/08/2019	37 653,08 m <sup>2</sup>
21/05/2019	9 308 m <sup>2</sup>	08/08/2019	37 653,08 m <sup>2</sup>
28/05/2019	9 308 m <sup>2</sup>	13/08/2019	37 653,08 m <sup>2</sup>
04/06/2019	9 308 m <sup>2</sup>	16/08/2019	37 653,08 m <sup>2</sup>
12/06/2019	9 308 m <sup>2</sup>	20/08/2019	37 653,08 m <sup>2</sup>
19/06/2019	9 308 m <sup>2</sup>	23/08/2019	37 653,08 m <sup>2</sup>
25/06/2019	9 308 m <sup>2</sup>	27/08/2019	31 016,46 m <sup>2</sup>
03/07/2019	9 308 m <sup>2</sup>	30/08/2019	37 653,08 m <sup>2</sup>
09/07/2019	9 308 m <sup>2</sup>	02/09/2019	37 653,08 m <sup>2</sup>
16/07/2019	9 308 m <sup>2</sup>	06/09/2019	37 653,08 m <sup>2</sup>
23/07/2019	32 436,46 m <sup>2</sup>	09/09/2019	37 653,08 m <sup>2</sup>
30/07/2019	37 653,08 m <sup>2</sup>	12/09/2019	37 653,08 m <sup>2</sup>

Date du suivi	Surface échantillonnée
17/09/2019	66 366,15 m <sup>2</sup>
20/09/2019	39 819,69 m <sup>2</sup>
25/09/2019	66 366,15 m <sup>2</sup>
27/09/2019	79 639,38 m <sup>2</sup>
30/09/2019	79 639,38 m <sup>2</sup>
04/10/2019	79 639,38 m <sup>2</sup>
07/10/2019	79 639,38 m <sup>2</sup>
10/10/2019	79 639,38 m <sup>2</sup>
14/10/2019	79 639,38 m <sup>2</sup>
18/10/2019	79 639,38 m <sup>2</sup>
21/10/2019	79 639,38 m <sup>2</sup>

Date du suivi	Surface échantillonnée
25/10/2019	79 639,38 m <sup>2</sup>
29/10/2019	79 639,38 m <sup>2</sup>
30/10/2019	79 639,38 m <sup>2</sup>
31/10/2019	79 639,38 m <sup>2</sup>
04/11/2019	79 639,38 m <sup>2</sup>
08/11/2019	79 639,38 m <sup>2</sup>
12/11/2019	79 639,38 m <sup>2</sup>
14/11/2019	79 639,38 m <sup>2</sup>
20/11/2019	79 639,38 m <sup>2</sup>
29/11/2019	67 772,15 m <sup>2</sup>

#### *iv Coefficient de correction surfacique*

Ce coefficient correcteur surfacique « A » servira dans les calculs de mortalité à corriger le fait que l'ensemble de la zone à prospector théorique ('protocole complet') n'ait été réellement prospecté à chaque passage, du fait des cultures par exemple.

Il est calculé de la façon suivante :

$$\mathbf{A} = 1 + [1 - (\text{surface prospectée} / \text{surface de prospection théorique})]$$

#### **II.1.c Relevés des cadavres**

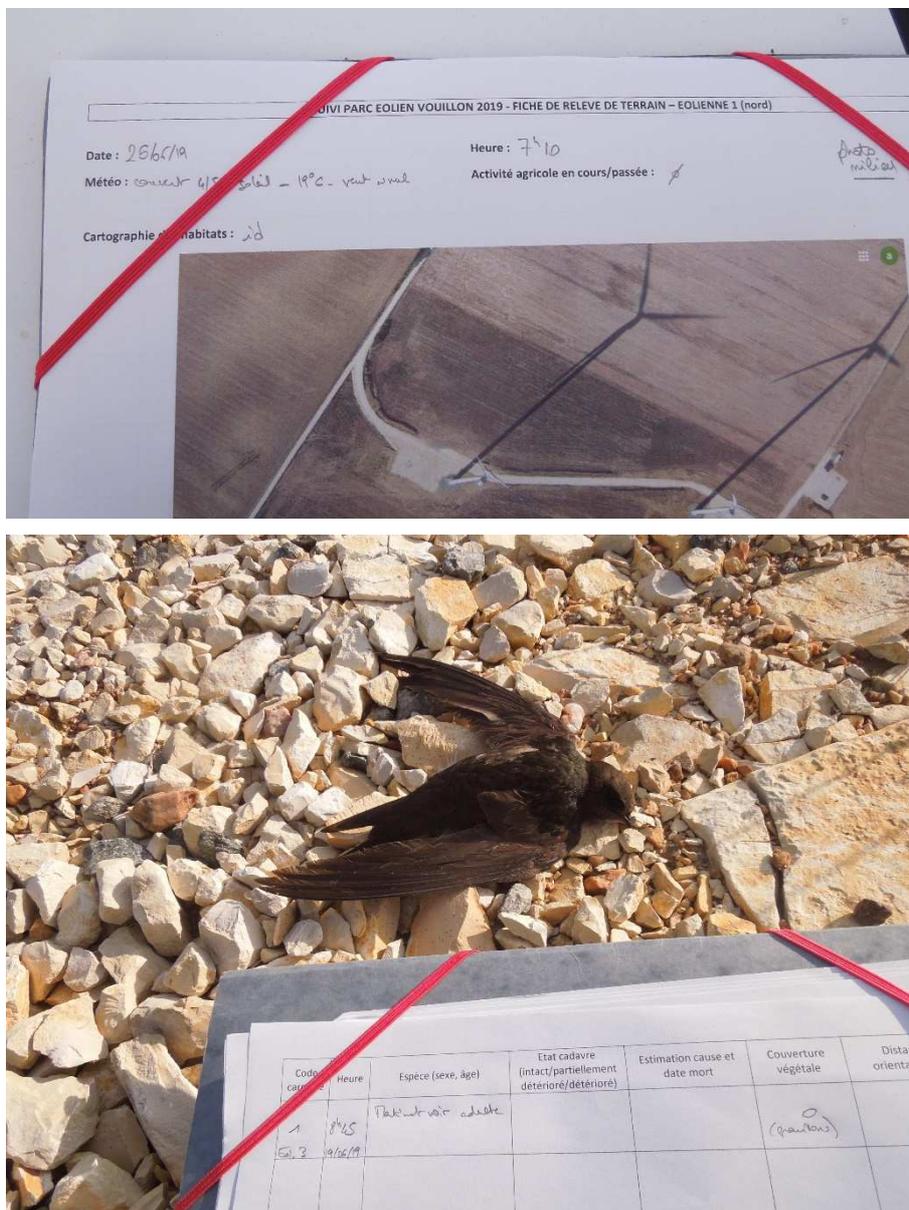
Lors des relevés, plusieurs informations générales ont été notées :

- Date
- Heure
- Météo du jour
- Activité agricole en cours/passée sous chaque éolienne
- Évolution des habitats sous chaque éolienne.

En cas de découverte de cadavres, leur localisation a été reportée sur une photographie aérienne et des photographies ont été prises. Les éléments suivants ont été relevés :

- Numéro de l'éolienne concernée
- Espèce (sexe, âge dans la mesure du possible)
- État du cadavre (intact/partiellement détérioré/détérioré)
- Estimation de la cause et de la date de la mort
- Couverture végétale du lieu de découverte (de 0 à 2)
- Distance et orientation par rapport au mât.

Les mensurations des chiroptères destinées à la détermination de l'espèce ont été prises de retour au bureau d'Indre Nature à l'aide d'un pied à coulisse.



Remplissage d'une fiche de relevé sur le terrain

## II.2 Test de l'efficacité de l'observateur - taux de détection des cadavres

Deux tests 'observateur' ont été réalisés au cours du suivi, afin d'estimer le taux de détection de la personne chargée du suivi (une seule dans notre cas) et d'en tenir compte lors de l'estimation de la mortalité du parc éolien.

Ils ont été effectués à deux saisons différentes, afin de prendre en compte l'évolution du couvert végétal sous les éoliennes au cours des saisons – et l'évolution du protocole de recherche.

Pour cela, des cadavres à la disposition d'Indre Nature (oiseaux et chiroptères trouvés morts et amenés pour la plupart par des adhérents de l'association, puis congelés) ont été disposés aléatoirement, mais sur les différents couverts végétaux présents. Cette manipulation a été réalisée par une tierce personne.

L'observateur de l'étude a ainsi été testé sur la prospection de trois éoliennes. Le nombre de cadavres placés sous chaque éolienne était inconnu et leur recherche s'est effectuée dans les conditions réelles, c'est-à-dire en appliquant le protocole défini et présenté précédemment.

Le taux de détection D obtenu par ce test correspond à la proportion de cadavres détectés par l'observateur :

**D = nombre de cadavres découverts / nombre de cadavres déposés**

Quelques photos ci-dessous présentent l'évolution des couverts sous les éoliennes tout au long des mois de suivi :



Couverts au 14/05/2019



Couverts au 25/06/2019



Couverts au 30/07/2019



Couverts au 16/08/2019



Couverts au 27/09/2019



Couverts mi-octobre 2019



Couverts au 14/11/2019

### II.3 | Test de la prédation - persistance des cadavres

Deux tests de persistance des cadavres ont également été réalisés à deux périodes différentes au cours du suivi, afin d'évaluer le taux de disparition des cadavres lié à leur prédation par des charognards, et de prendre en compte une éventuelle évolution en fonction de la saison. Ce taux de disparition rentre également en compte dans les calculs de mortalité qui seront réalisés.

Pour cela, des cadavres à la disposition d'Indre Nature (oiseaux et chiroptères trouvés morts et amenés pour la plupart par des adhérents de l'association, les autres résultant du présent suivi mortalité, puis congelés) ont été marqués très discrètement (marqueur sur une patte) puis disposés aléatoirement, mais sur les différents couverts végétaux présents lors des tests. Leur position a été reportée sur un plan afin de les retrouver aisément.

Cinq éoliennes ont ainsi été suivies à chaque fois.

À chaque passage suivant, la position et la présence des cadavres ont été contrôlées. L'état d'avancement de leur décomposition a été noté, ainsi que la date de leur disparition.

Ces données permettent de déterminer le **taux de persistance (P)** à x jours (x étant le nombre de jours séparant deux visites), et la **durée moyenne de persistance (t)** des cadavres.



Pipistrelle-test contrôlée le 04/06/2019



Pipistrelle-test contrôlée le 30/07/2019



Roitelet-test marqué le 25/09/2019

## II.4 Estimation de la mortalité

Il existe différentes méthodes d'estimation de la mortalité avifaunistique et chiroptérologique engendrée par un parc éolien. Dans cette étude, 4 formules ont été appliquées pour comparaison. En effet, les estimations de la mortalité réelle peuvent varier sensiblement en fonction de la formule utilisée (MARX et al, LPO France, 2017). Il est notamment acquis que :

- la formule de Winkelmann (1989) ; jugée parfois un peu simpliste, elle aurait tendance à surestimer la mortalité réelle, surtout lorsque la durée de persistance des cadavres est faible ;
- celle d'Erickson (2000) a tendance à sous-estimer la mortalité réelle, en particulier lorsque la durée de persistance des cadavres est importante ;
- celles de Jones (2009) et Huso (2010), plus récentes, présentent une fiabilité plus importante et proposent des résultats intermédiaires et proches.

Toutes ces formules permettent de calculer le nombre estimé de cadavres, noté N.

#### II.4.a Winkelmann, 1989

La formule de WINKELMANN est une méthode d'estimation simple et la plus couramment utilisée. Toutefois, cette formule n'est pas applicable quand tous les cadavres du test prédation ont disparu au passage suivant, car P équivaut dans ce cas à 0. En outre de sa tendance à surestimer la mortalité réelle, cette formule est considérée comme obsolète par la SEFPM (SFPEM, 2016) et EUROBATS ; elle sera toutefois calculée ici à des fins de comparaison avec des études antérieures.

Le coefficient de correction surfacique A lui a été ajouté afin d'obtenir la formule suivante :

$$N = [C / (P \times D)] \times A$$

Avec :

C : Nombre de cadavres découverts

P : Taux de persistance d'un cadavre

D : Taux de détection

#### II.4.b Erikson, 2000

La formule d'ERICKSON (2000) fonctionne même lorsque P vaut 0. Pour cela, elle intègre la durée de persistance moyenne des cadavres et la fréquence de passage. Cette formule aurait tendance à sous-estimer la mortalité réelle, en particulier lorsque la durée de persistance des cadavres est importante.

Elle est ainsi calculée :

$$N = [(C \times i) / (t \times D)] \times A$$

Avec :

C : Nombre de cadavres découverts

i : Fréquence de passage = nombre de jours entre chaque passage

t : Durée moyenne de persistance des cadavres

D : Taux de détection

A : Coefficient de correction surfacique

#### II.4.c Jones, 2009

La formule proposée par JONES et *al.* (2009) est plus complexe. Elle repose sur le fait que le taux de mortalité est constant sur l'intervalle considéré, et que la persistance des cadavres suit une variable exponentielle négative. De plus, elle part du postulat que la probabilité de disparition moyenne sur l'intervalle correspond à la probabilité de disparition d'un cadavre tombé à la moitié de l'intervalle.

Apparaît également dans cette formule la notion d'*intervalle effectif* noté  $\hat{t}$ , correspondant à la durée au-delà de laquelle le taux de persistance est inférieur à 1% : un cadavre découvert au bout d'un  $\hat{t}$  très long est considéré mort dans cet intervalle effectif.

La formule est la suivante :

$$N = [C / (D \times P \times \hat{t})] \times A$$

Avec :

C : Nombre de cadavres découverts

D : Taux de détection

P : Taux de persistance d'un cadavre = proportion de cadavres restants après x jours. Dans le cadre de cette méthode d'estimation, P est calculé de la façon suivante :  $P = \exp(-0,5 \times \hat{t}/t)$ , avec toujours la

fréquence de passage  $i$  = nombre de jours entre chaque passage et  $t$  la durée moyenne de persistance des cadavres

$\hat{e}$  : Coefficient correcteur de l'intervalle =  $\text{Min}(i : \hat{i}) / i$ , avec  $i$  la fréquence de passage et l'intervalle effectif  $\hat{i} = -\log(0,01) \times t$

$A$  : Coefficient de correction surfacique

À noter : dans l'équation,  $i$  prendra la valeur minimale entre  $i$  et  $\hat{i}$ .

#### II.4.d Huso, 2010

HUSO (2010) considère également que le taux de mortalité est constant sur l'intervalle de temps considéré. Par contre, cette fois, la probabilité de disparition au point moyen de l'intervalle n'est plus égale à la probabilité moyenne de persistance d'un cadavre ( $P$  plus élevé).

Par conséquent, la formule est la même que pour Jones, mais la valeur de  $P$  est différente :

$$N = [C / (D \times P \times \hat{e})] \times A$$

Avec :

$N$  : Nombre estimé de cadavres

$C$  : Nombre de cadavres découverts

$D$  : Taux de détection

$P$  : Taux de persistance d'un cadavre = proportion de cadavres restants après  $x$  jours. Dans le cadre de cette méthode d'estimation,  $P$  est calculé de la façon suivante :  $P = [t \times (1 - \exp(-i/t))] / i$

$\hat{e}$  : Coefficient correcteur de l'intervalle =  $\text{Min}(i : \hat{i}) / i$ , avec  $i$  la fréquence de passage et l'intervalle effectif  $\hat{i} = -\log(0,01) \times t$

$A$  : Coefficient de correction surfacique

À noter : dans cette équation également,  $i$  prendra la valeur minimale entre  $i$  et  $\hat{i}$ .

#### II.5 Limites

Les différents calculs de mortalité intègrent des coefficients correcteurs visant à limiter les biais de la méthode. Il en reste néanmoins, qu'il est possible d'énumérer et d'illustrer ici :

- Passages d'engins agricoles : enfouissement potentiel des cadavres, création d'ornières remplies d'eau...
- Couvert difficilement prospectable (tous les types de recouvrements ne peuvent être testés) : couvert élevé...
- Conditions d'observation difficiles : ensoleillement fort ou au contraire ombre portée...
- Interventions extérieures pouvant limiter la mise en œuvre du protocole.





Les calculs de mortalité, sur ces bases, restent bien des estimations. L'application de formules validées au niveau international permettra néanmoins une comparaison inter-parcs, et le suivi dans le temps des résultats sur le parc de Vouillon rendra compte des évolutions au fil des années.

## III Résultats

### III.1 Espèces et effectifs découverts

Au cours de ce suivi en 45 passages, 7 espèces de chiroptères et 15 espèces d'oiseaux ont été retrouvées sous les éoliennes, pour un total de **144 cadavres**, dénombré à plus de 86% parmi l'avifaune. Le détail est présenté dans le tableau ci-dessous, faisant apparaître les statuts de conservation des espèces, à différentes échelles.

Pour trois individus, il a été impossible de déterminer l'espèce, du fait de blessures importantes et/ou d'une détérioration avancée (conditions météorologiques, prédation partielle...). Ces individus apparaissent en 'sp.' dans le tableau ci-après.



Pipistrelle sp. retrouvée le 03/07/2019



Roitelet sp. retrouvé le 29/10/2019

#### Espèces, effectifs et statuts

	Nombre de cadavres	DH/DO1	LRE	PN	LRR
<b>Chiroptères</b>	<b>19</b>				
Noctule commune	3	x	LC	x	LC
Noctule de Leisler	1	x	LC	x	NT
Pipistrelle commune	8	x	LC	x	LC
Pipistrelle de Kuhl	2	x	LC	x	LC
Pipistrelle de Nathusius	1	x	LC	x	NT
Pipistrelle pygmée	1	x	LC	x	-
Pipistrelle sp.	2	-	-	-	-
Sérotine bicolore	1	x	LC	x	NA
<b>Oiseaux</b>	<b>125</b>				
Alouette des champs	2	-	LC	-	NT
Fauvette à tête noire	3	-	LC	x	LC
Grive litorne	1	-	LC	-	NA
Grive mauvis	4	-	NT	-	-
Grive musicienne	21	-	LC	-	LC

	Nombre de cadavres	DH/DO1	LRE	PN	LRR
<b>Martinet noir</b>	4	-	LC	x	LC
<b>Merle noir</b>	1	-	LC	-	LC
<b>Mésange bleue</b>	1	-	LC	x	LC
<b>Pouillot véloce</b>	1	-	LC	x	LC
<b>Roitelet huppé</b>	2	-	LC	x	LC
<b>Roitelet sp.</b>	1	-	-	-	-
<b>Roitelet triple-bandeau</b>	12	-	LC	x	LC
<b>Rouge-gorge familier</b>	69	-	LC	x	LC
<b>Rouge-queue noir</b>	1	-	LC	x	LC
<b>Troglodyte mignon</b>	1	-	LC	x	LC
<b>Étourneau sansonnet</b>	1	-	LC	-	LC
<b>Total</b>	<b>144</b>				

DH/DO1 : Directive Habitats/Oiseaux ; LRE : Liste rouge européenne ; PN : Protection nationale ; LRR : Liste rouge régionale (DD Données insuffisantes/ LC Préoccupation mineure/ NT Quasi menacé / VU vulnérable/ EN En danger / CR En danger critique / NA Non évalué)

Si les espèces d'oiseaux impactées ne présentent pas de statut de conservation particulièrement défavorable, bien qu'étant en grande partie protégées en France, cela est quelque peu différent concernant les chauves-souris. En effet, deux espèces sont considérées comme quasi-menacées à l'échelle régionale ; par ailleurs, elles sont toutes protégées et concernées par la Directive européenne Habitats.

À partir de ces résultats bruts, on peut en déduire une mortalité de 144/45 soit 3,2 cadavres par visite ; comme les 6 éoliennes étaient contrôlées à chaque fois, on aboutit à une valeur estimative de 0,53 cadavre par éolienne et par jour suivi. Si l'on considère la durée totale du suivi (200 jours), l'on obtient la moyenne de terrain estimée de **0,72 cadavre par jour pour l'ensemble du parc**. Le lot de données analysé par la suite, avec prise en compte des estimateurs, nous amène à des résultats quelque peu différents.

Ci-après quelques aperçus de différents cas découverts :



### III.2 Taux de détection des cadavres

Le test d'efficacité de l'observateur a été réalisé à deux reprises, les 14/05/2019 et 25/09/2019.

Les zones de tests ainsi que la méthode de recherche ont été adaptées à l'évolution de la végétation entre ces deux passages, comme cela a été fait pour la recherche de cadavres (agrandissement de l'aire de recherche et mise en œuvre du protocole 'complet'). Cela permettra d'ajuster au mieux les calculs en fonction des conditions réelles de recherche.

Les données et résultats de ces deux tests sont les suivants :

DONNÉES DES TESTS			
	Date	Éolienne suivie	Tests
<b>TEST 1</b> (aires gravillonnées)	14/05/2019	éolienne 1	34 cadavres tests
		éolienne 5	
		éolienne 6	
<b>TEST 2</b> (surface optimale)	25/09/2019	éolienne 2	30 cadavres tests
		éolienne 3	
		éolienne 5	

RÉSULTATS					
	Éolienne suivie	Tests	Résultats bruts : cadavres trouvés	Taux de détection	Taux de détection moyen D
<b>TEST 1</b> (aires gravillonnées)	E1	9 chiroptères 5 oiseaux	9 chiroptères 5 oiseaux	1	<b>0,87</b>
	E5	5 chiroptères 5 oiseaux	3 chiroptères 4 oiseaux	0,7	
	E6	5 chiroptères 5 oiseaux	5 chiroptères 4 oiseaux	0,9	
<b>TEST 2</b> (surface optimale)	E2	5 chiroptères 5 oiseaux	3 chiroptères 4 oiseaux	0,7	<b>0,67</b>
	E3	5 chiroptères 5 oiseaux	1 chiroptère 5 oiseaux	0,6	
	E5	4 chiroptères 6 oiseaux	2 chiroptères 5 oiseaux	0,7	

Notons que l'efficacité de l'observateur est moindre lors du second test d'efficacité (D = 0,67 pour D = 0,87), réalisé sur une zone de recherche plus étendue et a priori complexifiant la détection (végétation plus ou moins dense, fond plus sombre, terrain plus accidenté, surface de recherche accrue). Cette différence confirme le biais attendu lié à nature de la zone prospectée. Cette valeur a été retenue pour les calculs d'estimation de la mortalité, dès que la zone de recherche a été plus large que la zone gravillonnée.

Les couverts sous les éoliennes étant similaires lors des tests, nous n'avons pas décomposé la valeur du taux de détection par type de couvert (gravillons, culture basse...).

### III.3 Persistance des cadavres

Le test de prédation des cadavres a été mis en place à deux reprises, les 14/05/2019 et 25/09/2019.

Là aussi, les zones de tests ainsi que la méthode de recherche ont été adaptées à l'évolution de la végétation entre ces deux passages. Pour ce test, cela permettra de prendre en compte au mieux les différents paramètres environnementaux dans les calculs de mortalité.

La fréquentation du parc éolien de Vouillon par des prédateurs potentiels divers (renard, sanglier...) a en effet été constatée lors des relevés (fèces, restes de prédation – plumes en l'occurrence, cultures ravagées, individus tests prédatés...) :





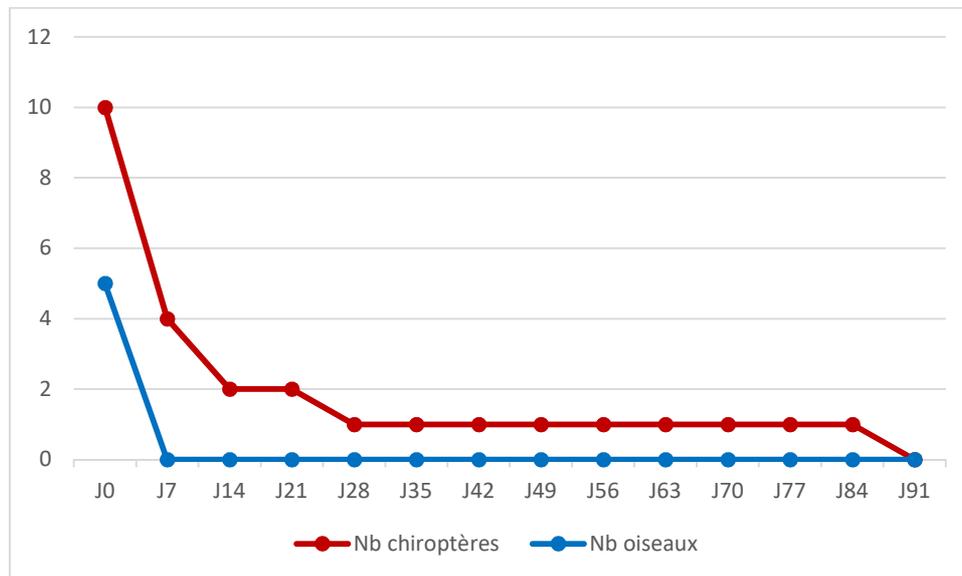
Les données et résultats de ces deux tests sont les suivants :

DONNÉES DES TESTS				
	Date	Éolienne suivie	Tests	Espèces d'oiseaux testées
<b>TEST 1</b> (aires gravillonnées)	14/05/2019	Éolienne 2	2 chiroptères 1 oiseau	Verdier d'Europe
		Éolienne 3	2 chiroptères 1 oiseau	Merle noir
		Éolienne 4	2 chiroptères 1 oiseau	Pie-grièche écorcheur
		Éolienne 5	2 chiroptères 1 oiseau	Étourneau sansonnet
		Éolienne 6	2 chiroptères 1 oiseau	Rossignol philomèle
<b>TEST 2</b> (surface optimale)	25/09/2019	Éolienne 2	3 oiseaux	Martinet noir
		Éolienne 3	1 chiroptère 1 oiseau	Roitelet à triple bandeau
		Éolienne 4	1 chiroptère 1 oiseau	Roitelet à triple bandeau
		Éolienne 5	1 chiroptère 1 oiseau	Roitelet à triple bandeau
		Éolienne 6	1 chiroptère 1 oiseau	Martinet noir

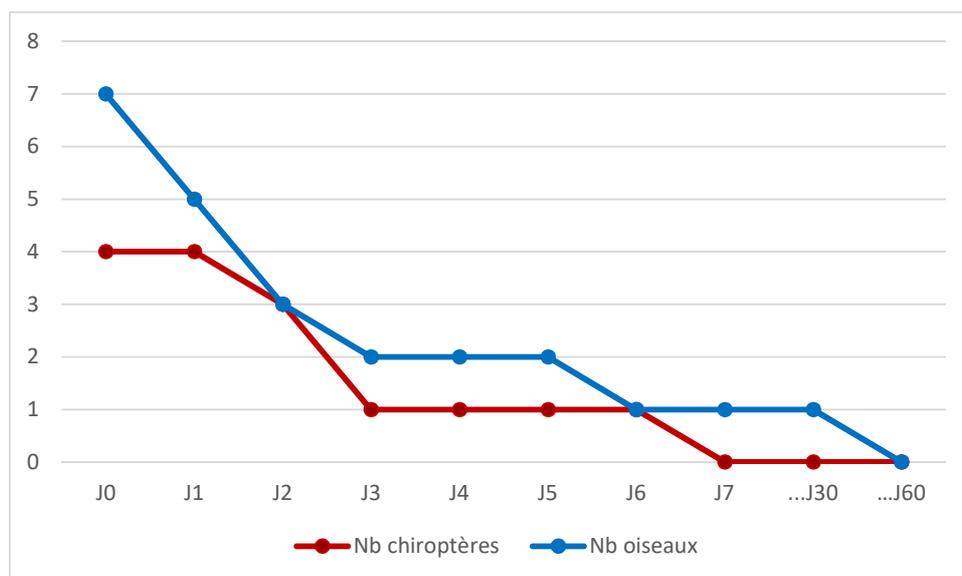
*Les espèces d'oiseaux testées sont précisées par rapport à leur taille. Tous les chiroptères testés étaient des pipistrelles.*

**À noter :** le protocole national (2018) recommande de disposer 3 à 5 cadavres par éolienne testée, sur au moins la moitié du parc. Disposant d'un nombre de cadavres limité, mais souhaitant tester le plus grand nombre d'éoliennes possible afin de prendre en compte les différences d'habitats à proximité de ces dernières, nous avons préféré suivre 5 éoliennes sur 6 et disposer 2 à 3 cadavres par éolienne. Le nombre total de cadavres utilisés pour ce test est toutefois dans l'intervalle recommandé (9 à 15).

La persistance des cadavres testée au travers des deux tests peut être représentée sur les graphiques ci-dessous :



Vitesse de disparition des cadavres – Test prédation 1



Vitesse de disparition des cadavres – Test prédation 2

Pour ce test également, aucune différence de couvert entre éoliennes n'a été considérée.

Lors des deux tests, le cas s'est présenté d'un cadavre resté pendant deux mois (et plus) sans être prédaté. Il s'agissait d'un chiroptère lors du premier test et d'un roitelet lors du second.

➤ La **durée moyenne de persistance (t)** des cadavres a été calculée. Elle correspond au nombre de jours moyen pendant lequel ils restent au pied des éoliennes.

Elle a été calculée pour le second test selon la formule suivante (Beucher et al., 2013) :

$$t = (\text{nb cadavres à } j+1 + (\text{nb cadavres à } j+2 \times 2) + (\text{nb cadavres à } j+4 \times 4)) / \text{nb cadavres à } j0$$

Pour le premier test, n'ayant à disposition qu'un relevé tous les 7 jours, nous avons considéré le nombre de jours nécessaires avant de constater la disparition de chaque cadavre déposé.

La valeur moyenne par groupe est présentée ci-dessous, pour chaque test, ainsi que la moyenne globale calculée.

La pipistrelle restée sur place pendant 86 jours lors du premier test induit une valeur extrême ; au regard du nombre de cadavres testés, il est difficile d'analyser statistiquement et de conclure sur le biais engendré ou non par cette valeur. Nous avons par conséquent calculé une durée de persistance 'corrigée' pour ce test, c'est-à-dire en supprimant cette valeur de 86 jours. Il n'en reste pas moins que la durée de persistance du premier test est très certainement surestimée au regard de la fréquence de contrôle, d'autant plus au regard des résultats du second test.

<b>RÉSULTATS - Durée moyenne de persistance t</b>			
	<b>Test 1</b>	<b>Test 1 corrigé</b>	<b>Test 2</b>
<b>Oiseaux</b>	7 jours	7 jours	2,7 jours
<b>Chiroptères</b>	18,4 jours	10,5 jours	3,5 jours
<b>Global</b>	<b>12,7 jours</b>	<b>8,8 jours</b>	<b>3,1 jours</b>

**En conclusion, au regard de ces résultats, seule la valeur globale du deuxième test (3,1 jours) sera prise en compte pour les calculs de mortalité du chapitre suivant.**

➤ Le **taux de persistance (P)** correspond à la proportion de cadavres restant au pied des éoliennes entre deux relevés de terrain, soit :

- 7 jours en première période,
- 2 ou 4 jours en seconde période.

<b>RÉSULTATS - Taux de persistance P</b>			
	<b>Test 1 (7 jours)</b>	<b>Test 2 - 2 jours</b>	<b>Test 2 - 4 jours</b>
<b>Oiseaux</b>	0	0,43	0,29
<b>Chiroptères</b>	0,4	0,75	0,25
<b>Global</b>	<b>0,2</b>	<b>0,59</b>	<b>0,27</b>

On constate que le taux de persistance global à 7 jours du premier test est similaire à celui à 4 jours du second test (respectivement P = 0,2 et P = 0,27). Cela indiquerait une prédation plus importante en deuxième partie d'année – pouvant correspondre à une période d'élevage des jeunes chez les prédateurs.

### III.4 Estimation de la mortalité

Les passages de terrain ont été regroupés en 6 périodes, afin de prendre en compte l'évolution de chaque composante des calculs (surface échantillonnée lors de chaque visite, fréquence de passage, taux de détection, de prédation).

La mortalité estimée a ainsi pu être calculée au plus juste pour chaque période, et cela avec les 4 formules présentées au chapitre II.4.

Une estimation de la mortalité est enfin proposée sur la durée totale du suivi, à partir :

- du cumul de chaque période ;
- des valeurs moyennées, à des fins de comparaison.

Les paramètres des calculs sont rappelés ci-dessous :

Définition	Symbole
Nombre de cadavres découverts	C
Coefficient de correction surfacique	A
Taux de détection	D
Fréquence de passage = nombre de jours entre chaque passage	i
Taux de persistance d'un cadavre	P
Durée moyenne de persistance des cadavres	t

Date du suivi	Surface échantillonnée	C	A	D	i	i moyen	P	t	Mortalité estimée				
									Winkelmann	Erickon	Jones	Huso	
14/05/2019	9308	0	6	1,88	0,87	7	0,2	3,1	64,94	29,33	39,86	33,92	
21/05/2019	9308	1											7
28/05/2019	9308	0											7
04/06/2019	9308	1											7
12/06/2019	9308	2											8
19/06/2019	9308	1											7
25/06/2019	9308	0											6
03/07/2019	9308	1											8
09/07/2019	9308	0											6
16/07/2019	9308	0											7
23/07/2019	32436,46	1	2	1,55	0,67	7	0,2	3,1	23,12	10,44	14,19	12,08	
30/07/2019	37653,08	0											7
06/08/2019	37653,08	1											7
08/08/2019	37653,08	1	6	1,5	0,67	3,46	0,27	3,1	49,88	15,04	36,61	41,15	
13/08/2019	37653,08	0											2
16/08/2019	37653,08	0											3
20/08/2019	37653,08	1											4
23/08/2019	37653,08	0											3
27/08/2019	31016,46	2											4
30/08/2019	37653,08	0											3
02/09/2019	37653,08	0											3
06/09/2019	37653,08	0											4
09/09/2019	37653,08	0											3
12/09/2019	37653,08	1	3										

Date du suivi	Surface échantillonnée	C	A	D	i	i moyen	P	t	Mortalité estimée				
									Winkelmann	Erickon	Jones	Huso	
17/09/2019	66366,15	1			5								
20/09/2019	39819,69	0			3								
<b>25/09/2019</b>	66366,15	3	3	1,17	0,67	5	5	0,27	3,1	19,35	8,43	14,20	12,08
27/09/2019	79639,38	0	127	1	0,67	2	3,13	0,27	3,1	702,05	191,08	515,26	438,44
30/09/2019	79639,38	0				3							
04/10/2019	79639,38	1				4							
07/10/2019	79639,38	2				3							
10/10/2019	79639,38	1				3							
14/10/2019	79639,38	0				4							
18/10/2019	79639,38	1				4							
21/10/2019	79639,38	0				3							
25/10/2019	79639,38	8				4							
29/10/2019	79639,38	83				4							
30/10/2019	79639,38	23				1							
31/10/2019	79639,38	2				1							
04/11/2019	79639,38	3				4							
08/11/2019	79639,38	2				4							
12/11/2019	79639,38	0				4							
14/11/2019	79639,38	1				2							
20/11/2019	79639,38	0	0	1,07	0,67	6	7,5	0,07	3,1	0	0	0	0
29/11/2019	67772,15	0			9								
Soit sur l'année										<b>859,33</b>	<b>254,31</b>	<b>620,11</b>	<b>527,66</b>

Date du suivi	Surface échantillonnée	C	A	D	i	i moyen	P	t	Mortalité estimée				
									Winkelmann	Erickon	Jones	Huso	
									Mortalité calculée globale				
Surface moyenne échantillonnée	48 945,85	144		1,39	0,7	4,52	5,51	0,21	3,1	1 329,60	504,56	771,03	656,09

Si l'on considère la mortalité calculée sur la période totale du suivi, on constate des différences entre les 4 formules :

- un **facteur de 1,8 à 6 par rapport à ce qui a été observé sur le terrain (entre 254 et 589 cas estimés)**, si l'on considère les variations périodiques des paramètres ; il est à noter toutefois que lors de la dernière période analysée (20 au 29/11/2019), l'absence de mortalité ne permet pas d'obtenir de valeur estimative avec les formules considérées.
- un **facteur de 3,5 à 9,2 par rapport à ce qui a été observé sur le terrain (entre 504 et 1329 cas)** si l'on considère les valeurs moyennes des paramètres.

Sur une année complète, la mortalité estimée est comprise entre **1 043 et 1 487 cas**, soit au minimum **4 fois plus** que notre mortalité constatée ramenée à une année.

	Mortalité constatée		Winkelmann	Erickson	Jones	Huso	Moyenne calculée
Mortalité globale en 6,5 mois	144	Valeurs périodiques	859,33	254,31	620,11	527,66	<b>565,35</b>
		Valeurs moyennes	1329,60	504,56	771,03	656,09	<b>815,32</b>
Mortalité par éolienne en 6,5 mois*	24	Valeurs périodiques	143,22	42,39	103,35	87,94	94,23
		Valeurs moyennes	221,60	84,09	128,50	109,35	135,89
Mortalité par éolienne et par mois*	3,65	Valeurs périodiques	22,03	6,52	15,90	13,53	14,50
		Valeurs moyennes	33,70	12,79	19,54	16,63	20,67
Mortalité par éolienne sur l'année*	43,8	Valeurs périodiques	264,41	78,25	190,80	162,36	173,95
		Valeurs moyennes	404,42	153,47	234,52	199,56	247,99
Mortalité globale sur l'année*	262,8	Valeurs périodiques	1 586,46	469,50	1 144,82	974,14	<b>1 043,73</b>
		Valeurs moyennes	2 426,52	920,82	1407,13	1197,36	<b>1 487,96</b>

\*les résultats ont été calculés pour ces lignes simplement en divisant/multipliant la « mortalité globale en 6,5 mois » par le nombre d'éoliennes/de mois. Ils ne tiennent donc pas compte des variations d'activité, géographiques ou temporelles.

Ces chiffres, ramenés par éolienne à une fourchette de **173 à 247 mortalités par éolienne et par an**, sont **bien plus élevés** que tout ce qui est actuellement porté à notre connaissance (Castelnaud-Pégayrols en Aveyron, Bouin en Vendée, Mas de Leuze dans la plaine de Crau, Le Pouzin et La Répara dans la Drôme...).

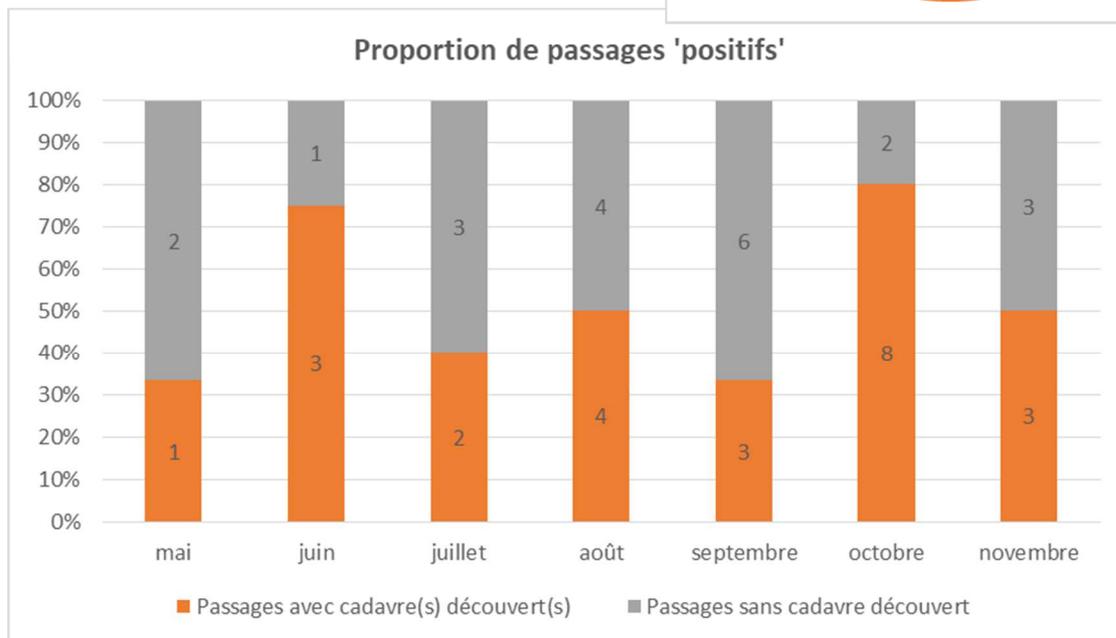
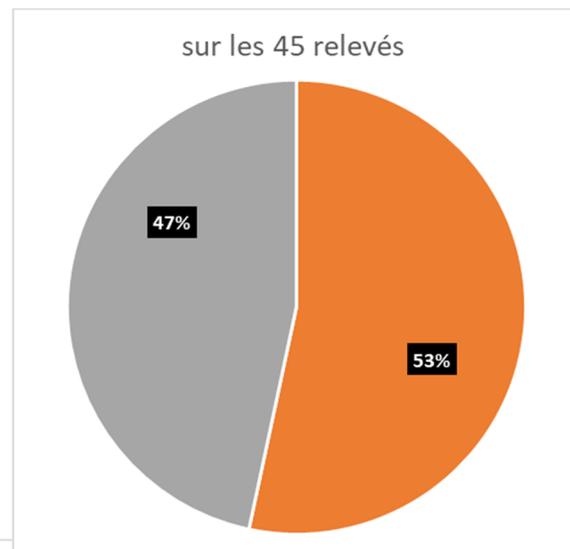
## IV Analyses

### IV.1 Aperçu global

Sur les 45 relevés mis en œuvre entre la mi-mai et fin novembre 2019, 24 (53%) ont permis de relever au moins un cadavre – soit plus de la moitié des relevés.

Le graphique présente ci-dessous la proportion de ces passages 'positifs' durant les mois de mise en œuvre du protocole de recherche.

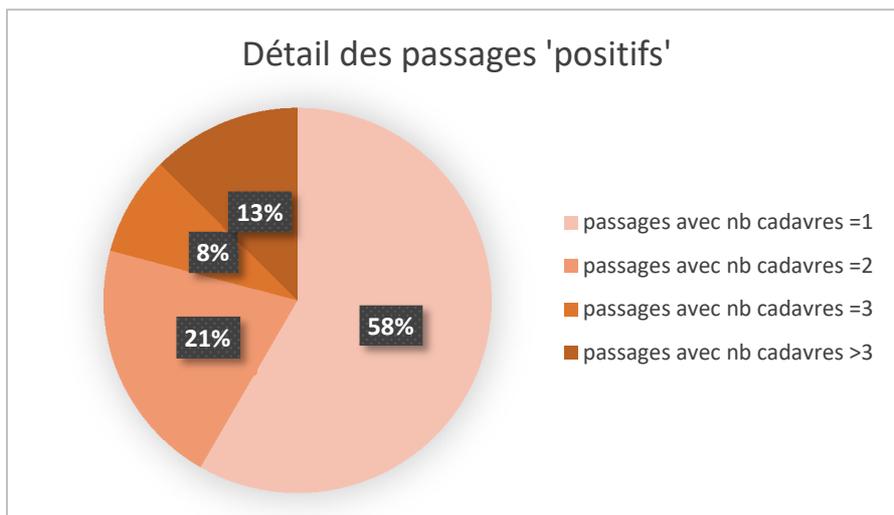
On remarque que les mois les plus concernés par des cas de mortalité sont **juin, août, octobre et novembre**. À noter : le mois de mai n'a pas été couvert entièrement par le protocole (début le 14/05).



On a constaté au cours de ce suivi :

- 17 relevés de 1 cadavre,
- 5 relevés de 2 cadavres,
- 2 relevés de 3 cadavres,
- 3 relevés de plus de 3 cadavres.

Le graphique ci-après décompose les passages 'positifs', en fonction du nombre de cadavres trouvés lors de chacun d'entre eux.



## IV.2 Phénologie de la mortalité

### IV.2.a Mortalité relevée

Le graphe présenté en page suivante fait apparaître les résultats de chaque journée suivie entre le 14/05/2019 et le 29/11/2019. Attention les dates ne sont pas régulièrement espacées (les fréquences de passage évoluant au cours de l'année).

- On constate graphiquement un **'bruit de fond'** continu occasionné par une mortalité faible, mais régulière sur ces 6 mois et demi, relativement équivalente entre oiseaux et chiroptères (peu aisée à évaluer toutefois avec les faibles effectifs en présence), jusqu'au 25/09.
- On note toutefois que la mortalité des **oiseaux** concerne principalement la fin d'été et l'automne, soit globalement la période de **migration post-nuptiale**. La mortalité des **chiroptères** subit certes une augmentation à l'automne, mais au regard des effectifs beaucoup plus faibles que pour l'avifaune, il est plus difficile d'en déduire une tendance. Elle semble plus régulière sur l'année.
- La fréquence de découverte s'accélère alors et rares sont les relevés sans mortalité. **Fin octobre**, la mortalité avifaunistique a connu une **'explosion'** du nombre de cas, passant de 2 pour tout le mois de septembre à 7 pour la seule journée du 25/10, 80 le 29/10 et 22 le 30/10. 6 oiseaux ont été retrouvés morts au cours du mois de novembre.

En cette période de migration automnale, le nombre de cas de mortalité a été également plus important pour les chauves-souris : 9 individus ont été retrouvés au cours du mois d'octobre, avec un maximum de 3 pour la journée 'pic' du 29/10.

Les cas de mortalité diminuent à nouveau après le 08/11.

Ces résultats mensuels sont présentés en page 40.

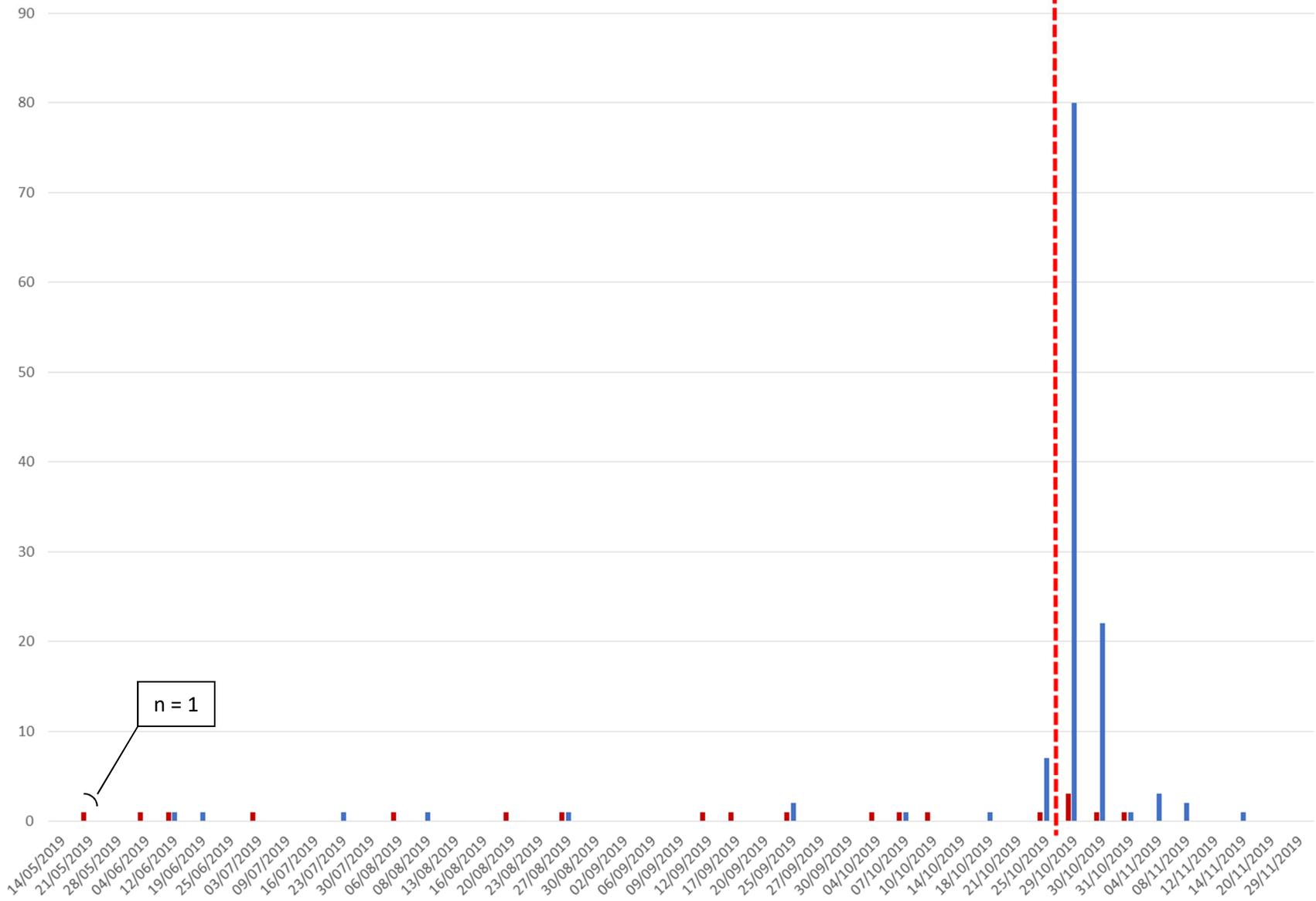
Cette étude de la phénologie de la mortalité permet de se rendre compte de l'importance de la prise en compte de la **migration automnale** dans les suivis mortalité.

En effet, les journées à au moins 3 cadavres concernent exclusivement l'automne, avec 3, 8, 83, 23 et 3 cadavres retrouvés entre le 25/09 et le 04/11. Soit 120 cadavres retrouvés sur 41 jours de suivi, représentant plus de **83% de la mortalité sur 21% du temps suivi**.

Somme de Nombre

### Mortalité relevée entre le 14/05 et le 29/11/2019

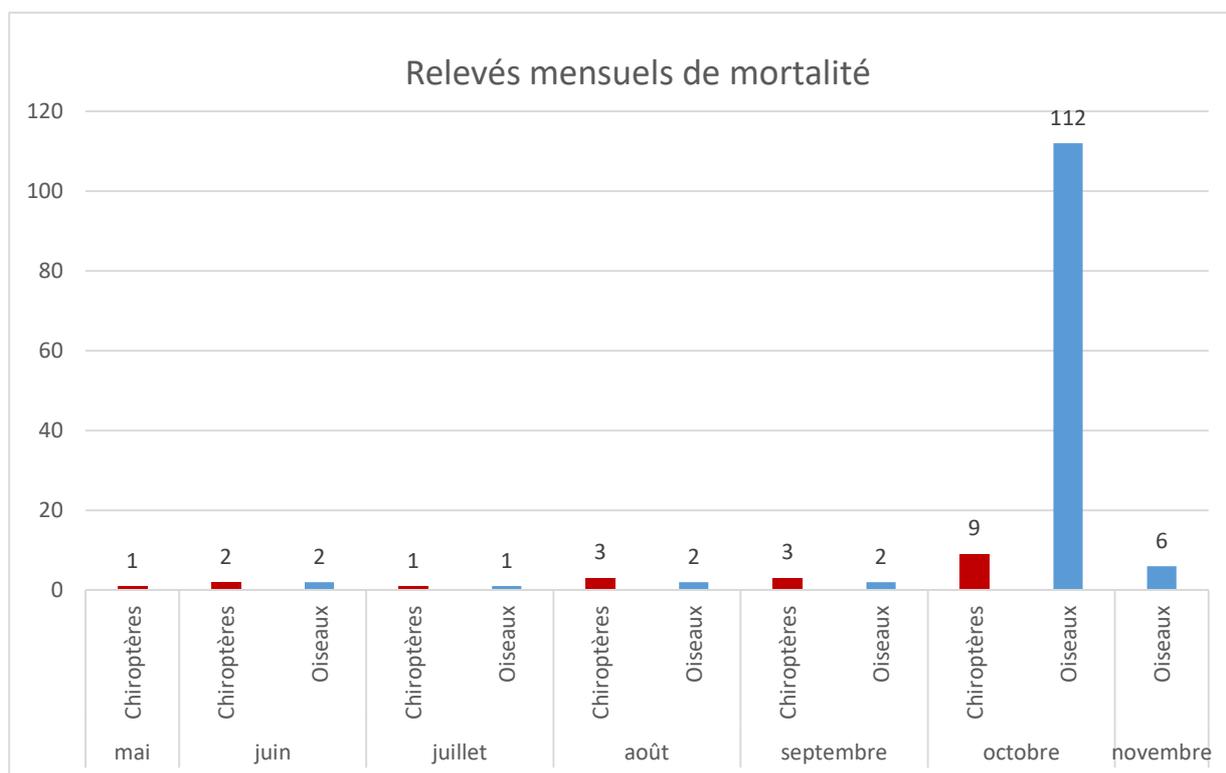
Arrêt théorique du suivi  
(protocole national 2018)



Groupe

- Chiroptères
- Oiseaux
- 

Date du suivi



#### IV.2.b Mortalité estimée

Pour se lancer dans une tentative d'explication de la mortalité observée, il a été nécessaire d'estimer (encore) la date approximative de la mort des individus retrouvés. Pour cela, on peut s'aider de quelques indices visuels :

- L'état du cadavre (raideur cadavérique, état de décomposition, dégradation par des insectes...) – comparaisons possibles avec les cadavres déposés pour les tests ;
- La présence d'insectes nécrophages : si des pupes de diptères sont visibles, la mort est estimée à 8h-20h (soit la nuit précédant la découverte) ; si des asticots sont actifs, la mort est antérieure (2 à 3 nuits avant le jour de la découverte) ; la colonisation par des coléoptères dégradant petit à petit les tissus intervient les jours suivants la mort.

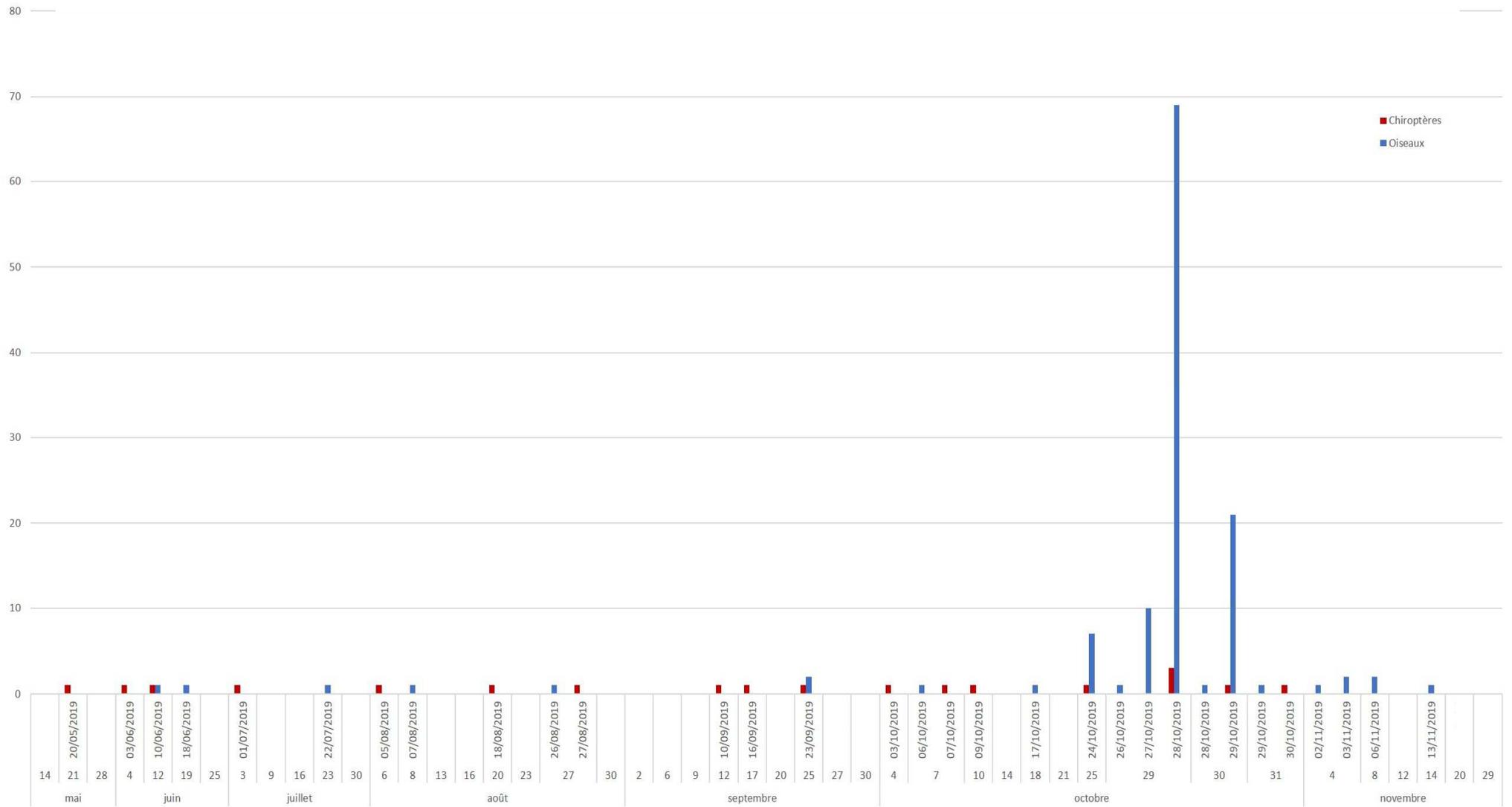
Ces informations visuelles peuvent être contrebalancées par les durées de persistance observées durant la période considérée.

Les mortalités ont pour la plupart été estimées à la nuit précédant le jour du relevé. Les cadavres étaient en effet très 'frais' lors de leur découverte ; cela concorde avec une pression de prédation relativement élevée sur le site. L'estimation de la date de la mort, bien qu'à considérer avec précaution, pour chaque cadavre trouvé sur le terrain, a été reportée sur le graphique ci-après.

Une période ressort sur ce graphique : **la majeure partie des mortalités (92%) a eu lieu entre le 10/09 et le 13/11/2019**. Le reste du temps, les cas de mortalités sont rencontrés un par un, et de façon étalée dans le temps.

**Au sein de cette période, 4 journées de 'pics' sont notées : les 24, 27, 28 et 29/10, au cours desquelles 80% de la mortalité a eu lieu.**

### Mortalité estimée entre le 14/05 et le 29/11/2019



## IV.3 Espèces impactées

### Espèces impactées et dates de mortalité estimées

Chiroptères		Oiseaux			
<b>Noctule commune</b>	<b>3</b>	<b>Alouette des champs</b>	<b>2</b>	24/10/2019	
27/08/2019		28/10/2019		<b>Roitelet huppé</b>	<b>2</b>
09/10/2019		<b>Étourneau sansonnet</b>	<b>1</b>	27/10/2019	
28/10/2019		06/11/2019		29/10/2019	
<b>Noctule de Leisler</b>	<b>1</b>	<b>Fauvette à tête noire</b>	<b>3</b>	<b>Roitelet sp.</b>	<b>1</b>
07/10/2019		24/10/2019	2	27/10/2019	
<b>Pipistrelle commune</b>	<b>8</b>	28/10/2019	1	<b>Roitelet triple-bandeau</b>	<b>12</b>
20/05/2019		<b>Grive litorne</b>	<b>1</b>	26/08/2019	1
03/06/2019		29/10/2019		23/09/2019	2
10/06/2019		<b>Grive mauvis</b>	<b>4</b>	06/10/2019	1
05/08/2019		28/10/2019	2	17/10/2019	1
16/09/2019		29/10/2019	2	26/10/2019	1
23/09/2019		<b>Grive musicienne</b>	<b>21</b>	27/10/2019	3
03/10/2019		24/10/2019	1	28/10/2019	2
28/10/2019		28/10/2019	10	29/10/2019	1
<b>Pipistrelle de Kuhl</b>	<b>2</b>	29/10/2019	9	<b>Rouge-gorge familier</b>	<b>69</b>
24/10/2019		03/11/2019	1	24/10/2019	2
28/10/2019		<b>Martinet noir</b>	<b>4</b>	27/10/2019	5
<b>Pipistrelle de Nathusius</b>	<b>1</b>	10/06/2019		28/10/2019	52
30/10/2019		18/06/2019		29/10/2019	7
<b>Pipistrelle pygmée</b>	<b>1</b>	22/07/2019		02/11/2019	1
01/07/2019		07/08/2019		06/11/2019	1
<b>Pipistrelle sp</b>	<b>2</b>	<b>Merle noir</b>	<b>1</b>	13/11/2019	1
18/08/2019		03/11/2019		<b>Rouge-queue noir</b>	<b>1</b>
10/09/2019		<b>Mésange bleue</b>	<b>1</b>	29/10/2019	
<b>Sérotine bicolore</b>	<b>1</b>	24/10/2019		<b>Troglodyte mignon</b>	<b>1</b>
29/10/2019		<b>Pouillot véloce</b>	<b>1</b>	28/10/2019	

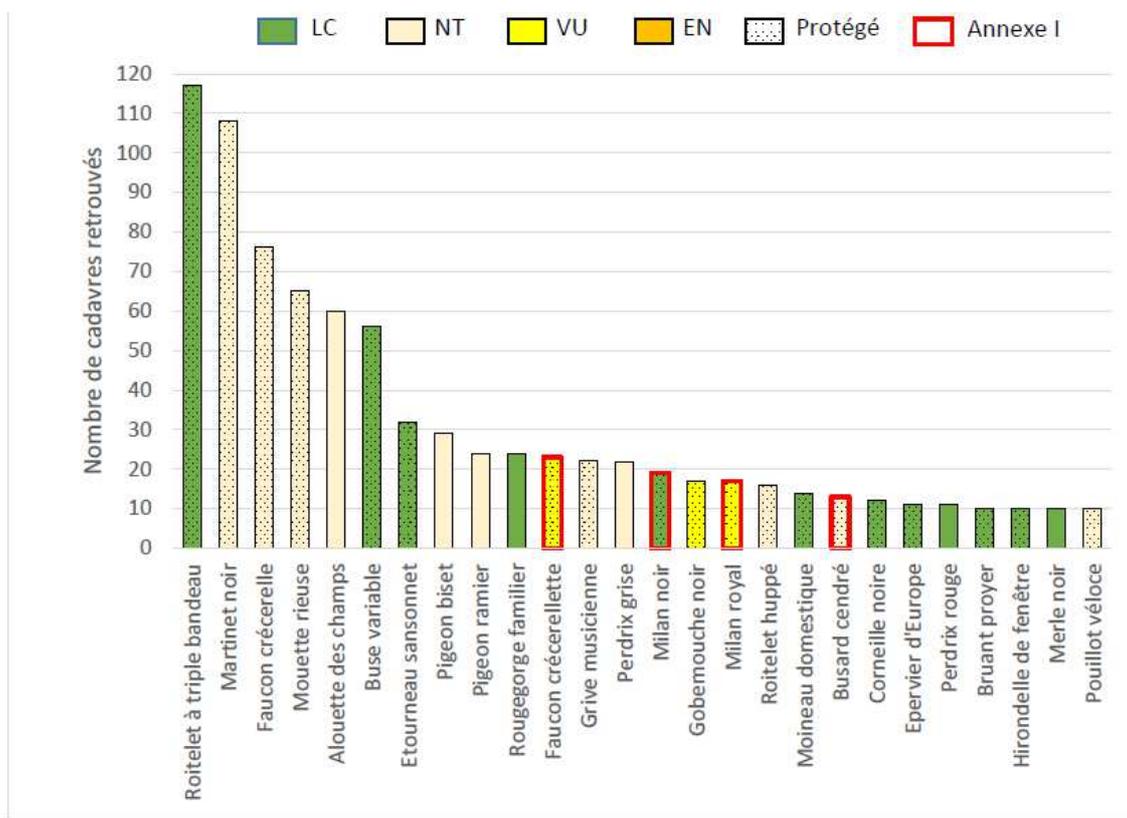
### IV.3.a Oiseaux

Les espèces impactées par le parc éolien de Vouillon 'correspondent' aux données nationales.

En effet, le rapport rédigé par la LPO en 2017 (Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune - Étude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015 – tableau récapitulatif ci-après) fait apparaître le Roitelet à triple bandeau et le Martinet noir comme les deux espèces les plus impactées en France. Le Rouge-gorge familier ne ressort qu'en dixième position, alors qu'elle a été dans notre cas l'espèce la plus affectée.

Parmi les espèces citées par cette bibliographie et impactées sur ce parc, nous retrouvons également l'Alouette des champs, l'Étourneau sansonnet, la Grive musicienne et le Pouillot véloce.

À noter que la Grive mauvis et la Fauvette à tête noire sont deux espèces également impactées ici de façon notable bien que non citées dans le rapport de la LPO.



LC : Préoccupation mineure, NT : Quasi menacée, VU : Vulnérable, EN : En danger

Principales espèces retrouvées sous les éoliennes, statuts de protection et de conservation (LPO, 2017)

D'après la bibliographie, le Roitelet à triple bandeau est connu pour être impacté en période de migration, période à laquelle il fréquente divers habitats, tout comme le Rouge-gorge familier et l'Alouette des champs. Les observations réalisées sur le parc de Vouillon confirment ces éléments, et complète la liste des espèces impactées en période migratoire. La mortalité sans précédent de Rouge-gorge familier nous apporte toutefois des éléments nouveaux sur cette espèce plutôt connue pour sa migration 'rampante'.

En dehors de cette période de migration, le Martinet noir est l'unique espèce d'oiseau impactée sur le parc éolien de Vouillon. Connu pour subir des collisions au moment de l'envol des jeunes et de la migration (mi-juillet-mi-août), l'espèce a ici été retrouvée pour 50% des cas dès la 2<sup>e</sup> décennie de juin.

### IV.3.b Chiroptères

Concernant les chiroptères, les données analysées par la SFPEM entre 2003 et 2018 (SFPEM, mars 2019) montrent les pipistrelles comme les plus impactées par les éoliennes. Au premier rang, la Pipistrelle commune, puis la Pipistrelle de Nathusius, de Kuhl et la Pipistrelle pygmée. Ensuite apparaissent les noctules, tout d'abord de Leisler puis commune.

Les espèces relevées sur le parc de Vouillon suivent ces tendances nationales pour la Pipistrelle commune, mais c'est ensuite la Noctule commune qui se voit être la plus touchée par la mortalité éolienne.

La Pipistrelle commune est relevée de manière régulière tout au long de l'année. Le plus grand nombre d'individus retrouvés peut être relié aux effectifs de l'espèce, la plus commune du département, mais également à la proximité des habitations de Vouillon. Des colonies de pipistrelles (mixtes) sont certainement présentes localement et le parc éolien comprend dans leur zone de chasse.

La Noctule commune n'a été retrouvée qu'en fin d'été et à l'automne, tout comme l'unique individu de Noctule de Leisler. Ces deux espèces sont inféodées aux milieux forestiers, la forêt de Choers-Bommiers à proximité immédiate du parc n'est peut-être pas étrangère à la fréquentation du parc. Par ailleurs, ce sont des espèces migratrices ; les dates de découverte pourraient correspondre, d'autant plus que 2 des 4 découverts étaient des femelles. La Noctule commune vole enfin entre 15 et 40 m, ce qui lui permet en théorie de rester en dessous du bas des pales (54 m) – à moins que l'aspiration lors de la rotation (également responsable du barotraumatisme) soit trop importante ?

La Pipistrelle de Kuhl n'est pas connue pour être migratrice malgré nos découvertes en octobre. Deuxième espèce la plus contactée de l'Indre, elle est toutefois présente dans des milieux très variés.

La donnée de Sérotine bicolore constitue la deuxième donnée du département, la précédente datant de 2012 (source Obs'Indre). Cette espèce est présente en France dans les zones montagneuses du centre et du nord, ces données sont donc accidentelles. Elle est néanmoins connue pour réaliser de grandes migrations et peut ainsi se retrouver en dehors de sa répartition 'classique' à ces dates, comme ici fin octobre à Vouillon. L'observation sur le parc éolien de Vouillon n'en reste pas moins une donnée remarquable.

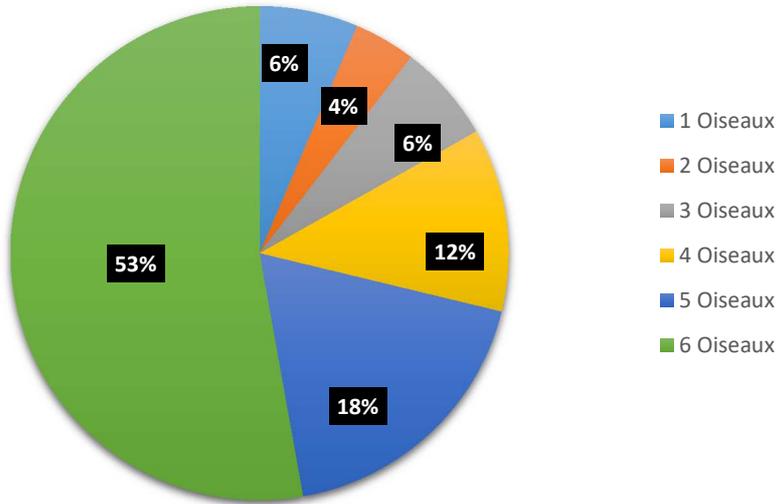
## IV.4 Répartition de la mortalité par éolienne

### IV.4.a Oiseaux (n = 125)

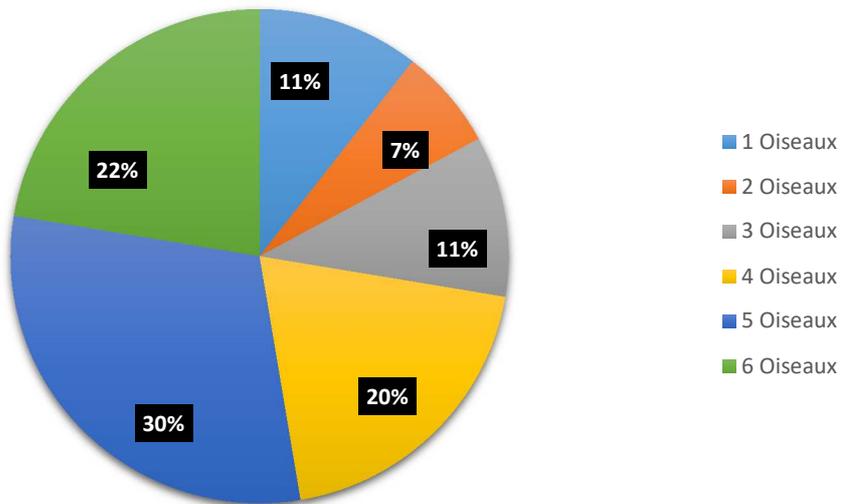
Concernant les oiseaux, les  $\frac{3}{4}$  des cas de mortalité ont été retrouvés sous 3 des 6 éoliennes : **E4, E5 et E6**.

Les pourcentages varient selon que l'on prend en compte ou non dans les calculs le groupe des 49 rouges-gorges familiers retrouvé fin octobre. Si toutes les observations sont considérées, E6 est l'éolienne ayant présenté plus de la moitié des cadavres d'oiseaux. Si les 49 rouges-gorges avaient été écartés, le plus grand nombre d'oiseaux aurait alors été retrouvé sous E5.

Mortalité par éolienne - oiseaux

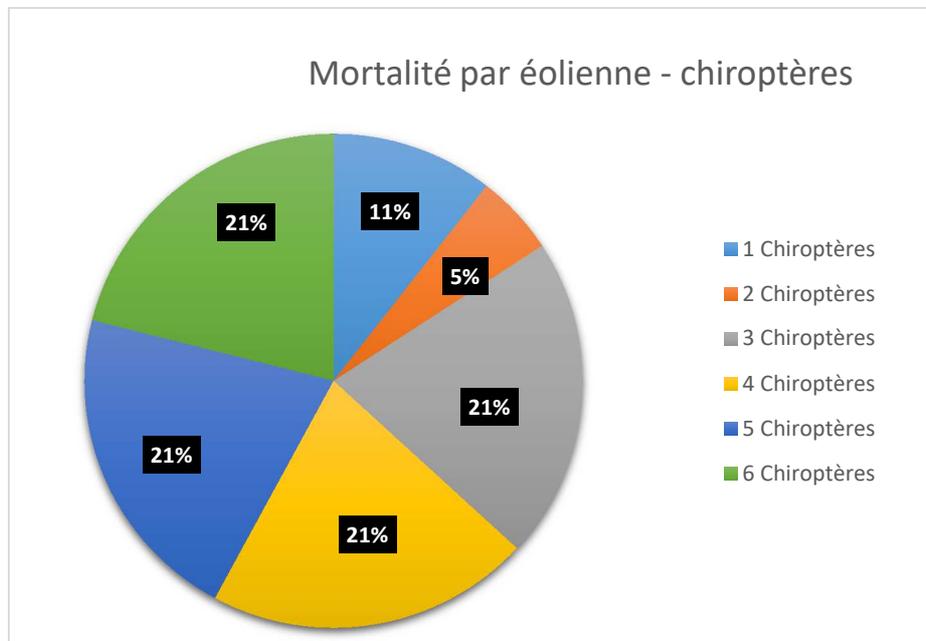


Mortalité par éolienne - oiseaux  
hors 49 rouges-gorges



#### IV.4.b Chiroptères (n = 19)

Concernant les chiroptères, on peut constater que 4 éoliennes regroupent plus d'observations de cadavres que les 2 autres, et cela de façon équivalente : elles concernent chacune 21% de la mortalité globale constatée des chauves-souris. Il s'agit des 4 éoliennes les plus au sud : **E3, E4, E5 et E6**.

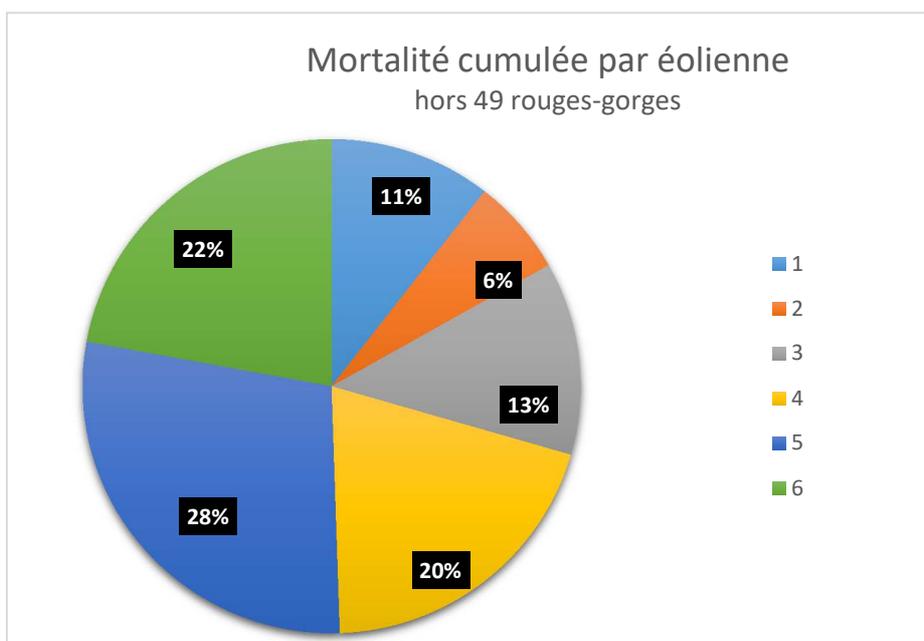
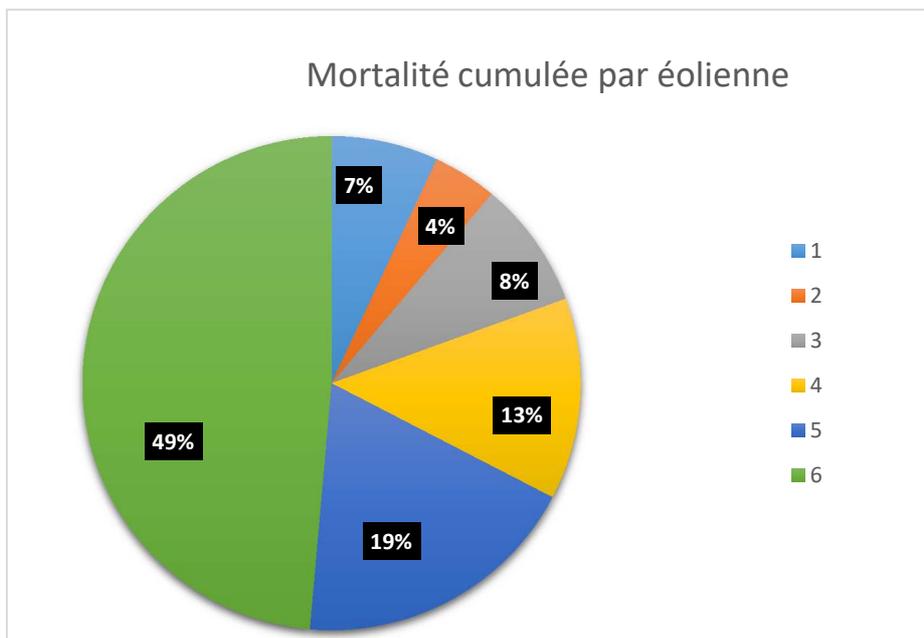


#### IV.4.c Mortalité cumulée (n = 144)

E4, E5 et E6 sont donc les 3 éoliennes concernées par la plus importante mortalité au sein des chiroptères et des oiseaux.

Les graphiques ci-dessous, réalisés en prenant en compte les deux groupes de façon cumulée, nous le présentent également :

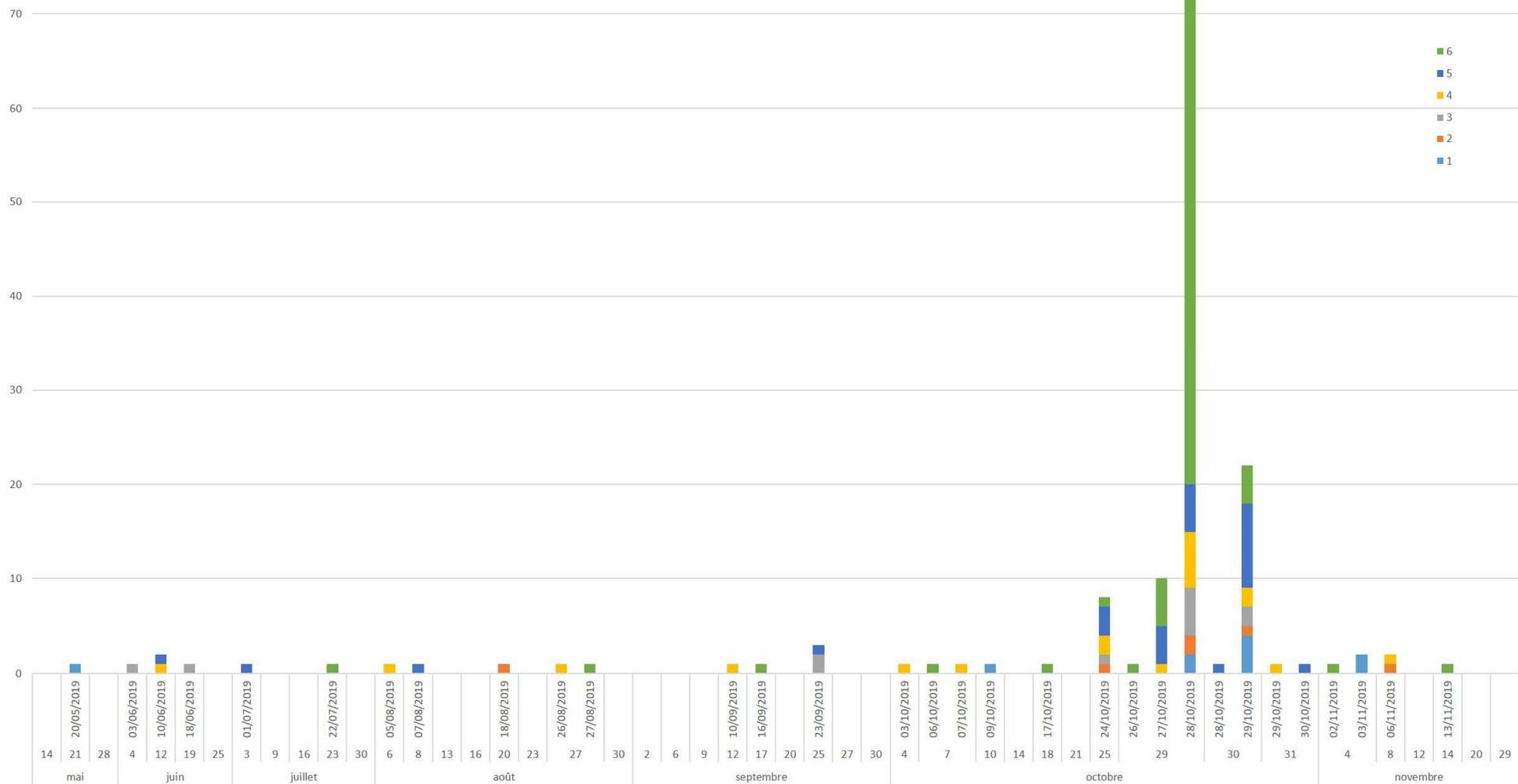
- **E6** ressort avec presque **la moitié** des occurrences de l'ensemble des cadavres ;
- **E5** ressort majoritairement lorsque les 49 rouges-gorges sont **écartés**. Dans ce deuxième cas, les éoliennes E4, E5 et E6 présentent des résultats assez proches, accueillant entre 20% et 28% de la mortalité globale.



Si l'on regarde maintenant la phénologie des cas de mortalité (oiseaux et chauves-souris cumulés) en prenant en compte leur **répartition par éolienne**, l'on obtient le graphique ci-après. Il peut permettre de détecter une éventuelle concentration de mortalités sous certaines éoliennes à certaines périodes.

**Le seul élément notable est entre le 27 et le 29/10 avec un très grand nombre de cadavres retrouvés sous E6, et un nombre également important sous E5 et E4.** Hormis sur ces jours précis, on ne note aucune concentration particulière ; les mortalités se répartissent assez régulièrement entre éoliennes tout au long de la période suivie.

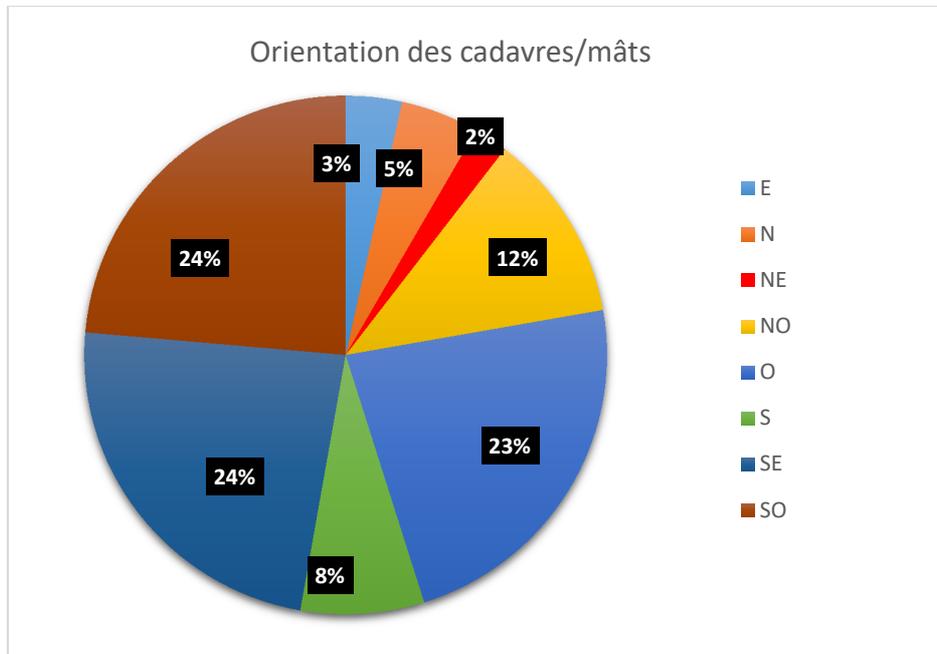
### Répartition entre éoliennes de la mortalité estimée



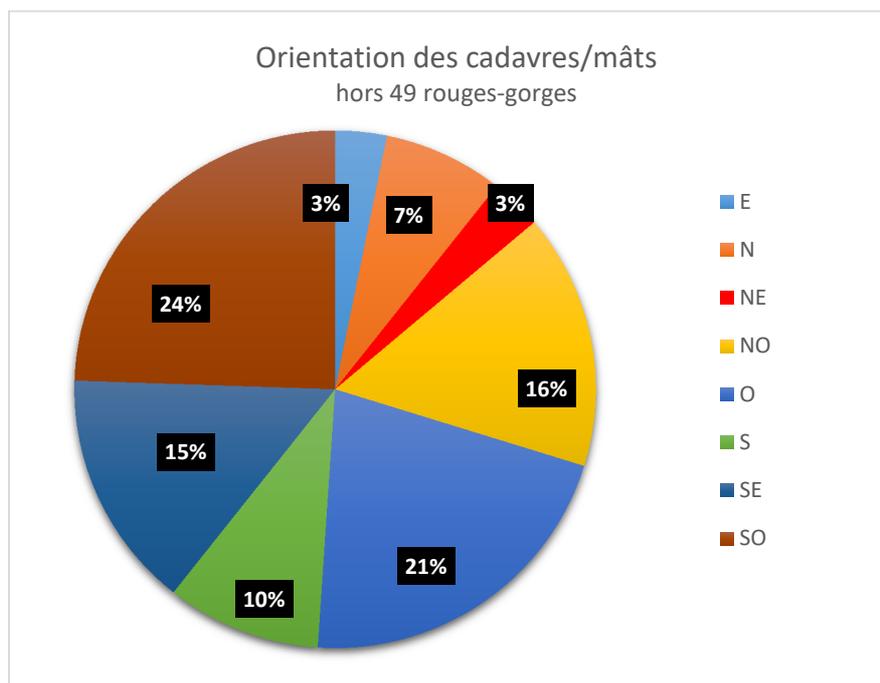
## IV.5 Dispersion des cadavres

### IV.5.a Orientation

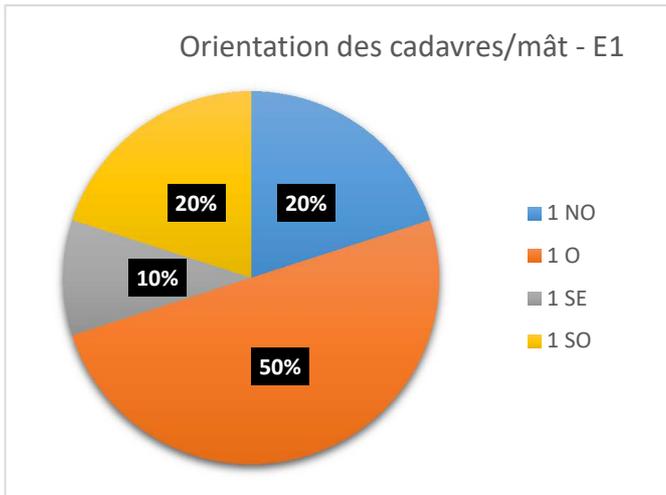
Le premier graphique ci-dessous nous montre que les cadavres ont été rencontrés dans trois directions préférentielles autour des éoliennes : **le sud-est, le sud-ouest et l'ouest.**



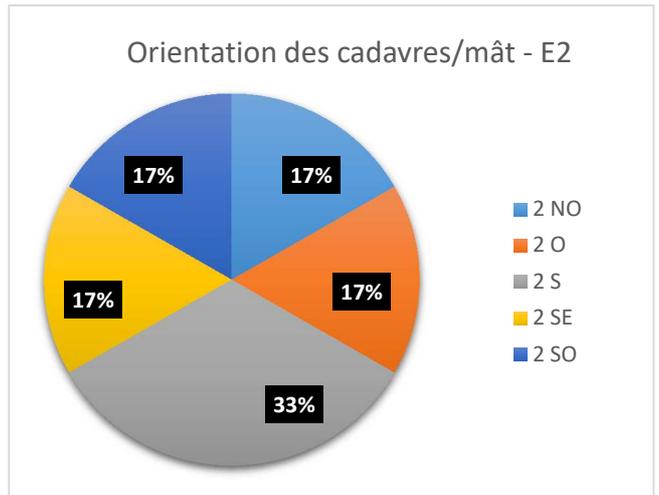
Si l'on sort de l'analyse le groupe de rouges-gorges du 29/10, les résultats sont relativement similaires : la direction préférentielle est le sud-ouest. C'est ensuite l'ouest.



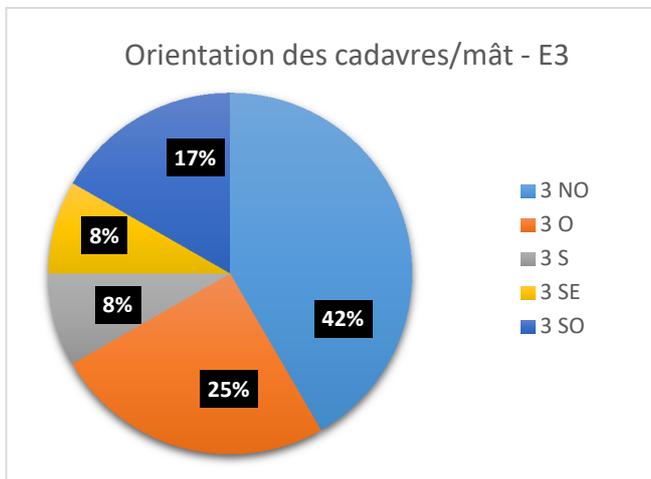
L'analyse est ensuite réalisée par éolienne ci-dessous.



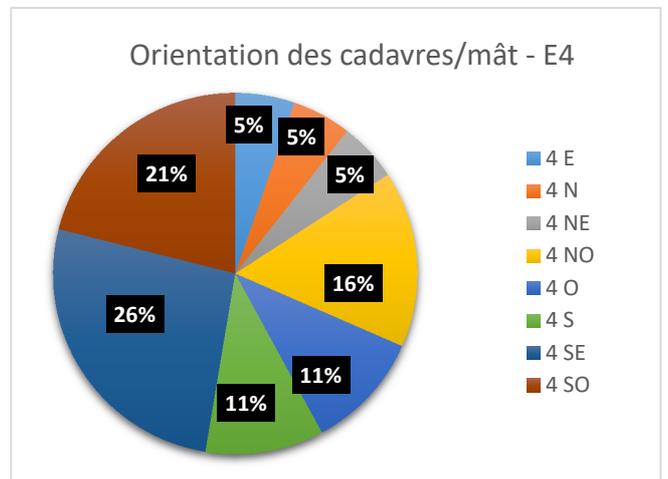
E1 - Direction préférentielle : ouest (n = 10)



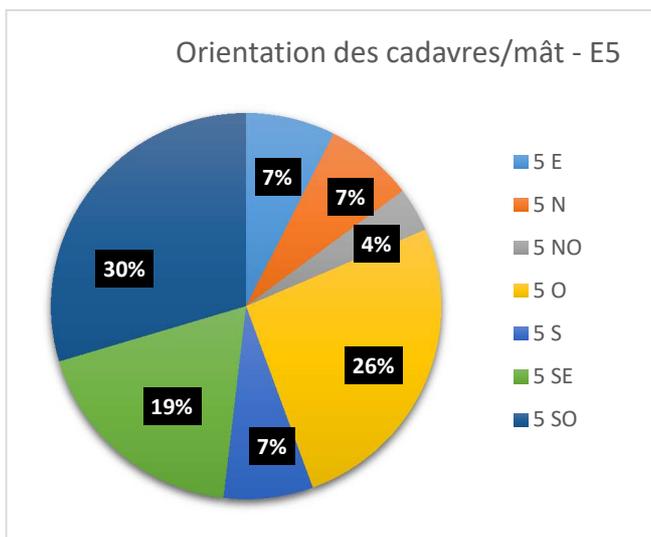
E2 - Direction préférentielle : sud (n = 6)



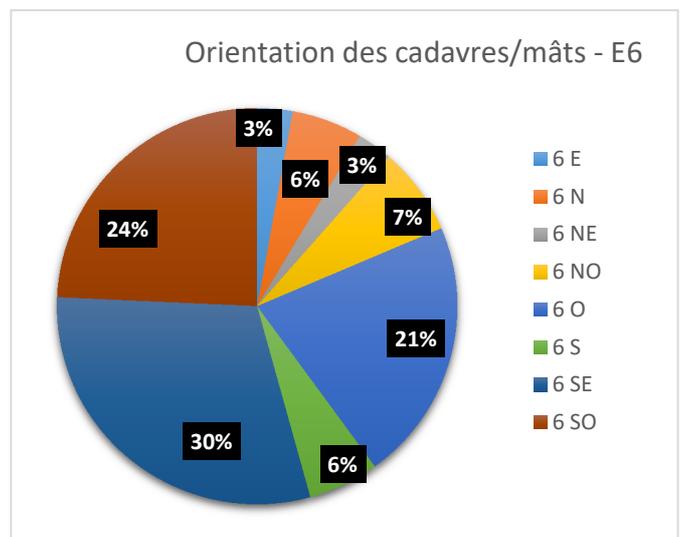
E3 - Direction préférentielle : nord-ouest (n = 12)



E4 - Directions préférentielles : sud-est, sud-ouest (n = 19)



E5 - Directions préférentielles : sud-ouest, ouest (n = 27)



E6 - Directions préférentielles : sud-est, sud-ouest (n = 70)

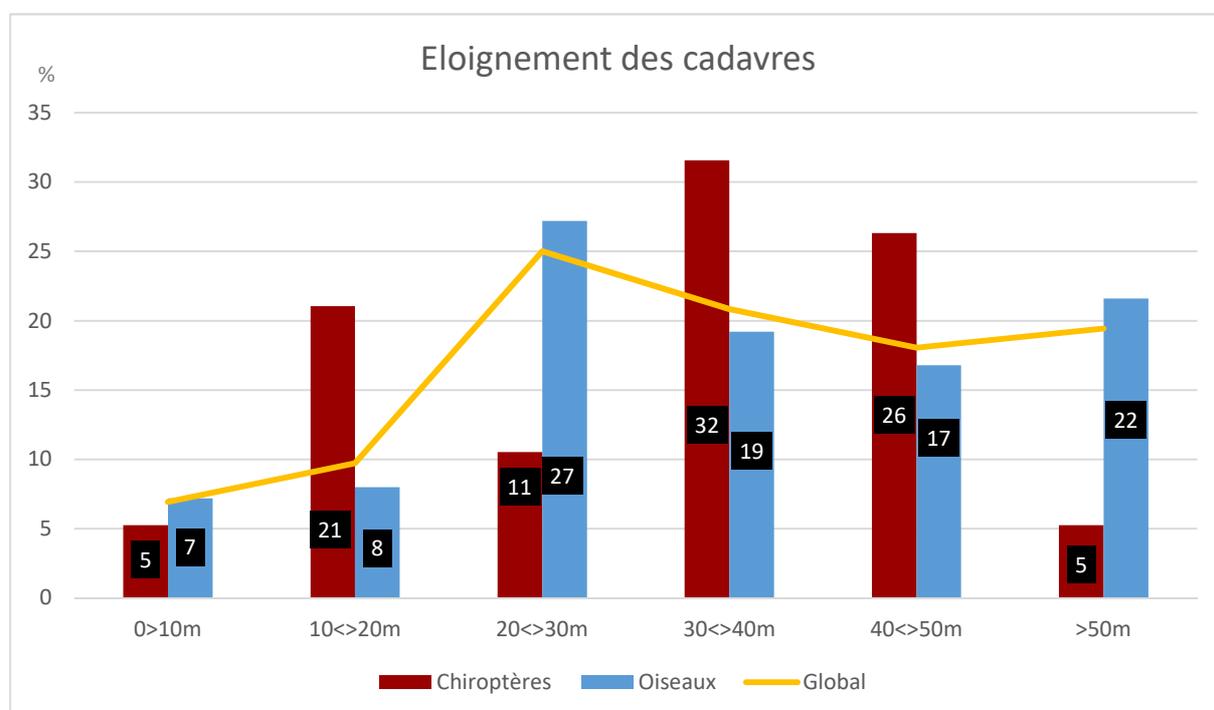
Hormis au niveau de l'éolienne 3 qui fait figure d'exception (direction préférentielle : nord-ouest), les chauves-souris et oiseaux ont été retrouvés **au sud des éoliennes, au sens large** (allant du sud-ouest au sud-est). À noter tout de même les plus faibles effectifs concernés pour les trois premières éoliennes, qui rendent cette analyse peut-être moins représentative (n compris entre 6 et 12).

## IV.5.b Éloignement

La distance moyenne d'éloignement des cadavres par rapport au mât des éoliennes varie en fonction du groupe concerné. Elle est de 29,9 m pour les chiroptères, et de 34,4 m pour les oiseaux.

Au global, la distance moyenne d'éloignement constatée est de 33,8 m.

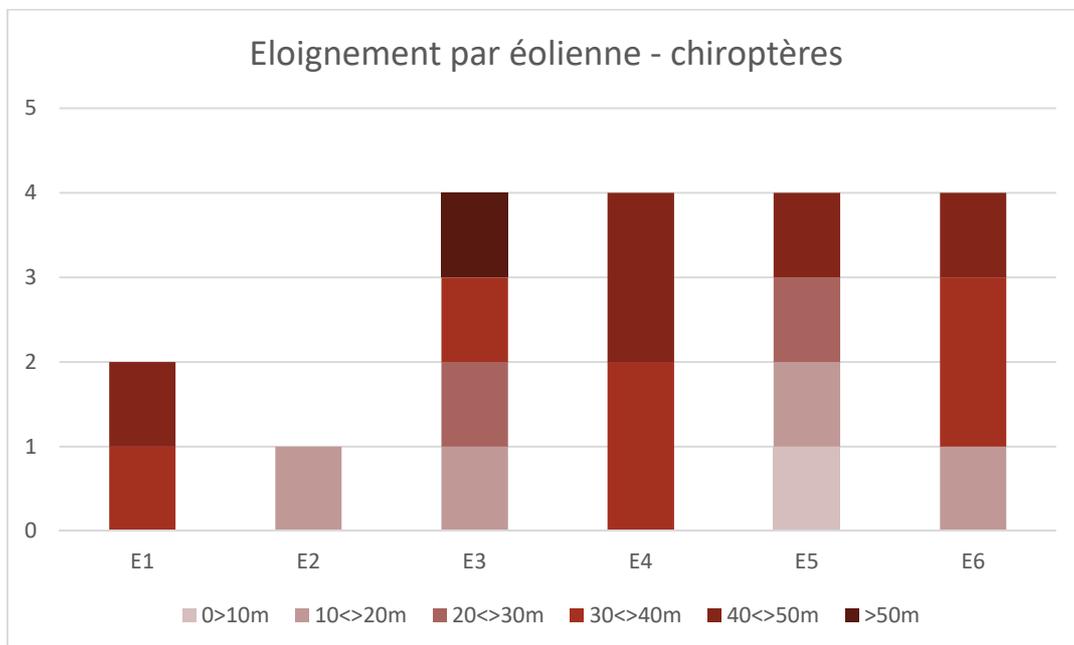
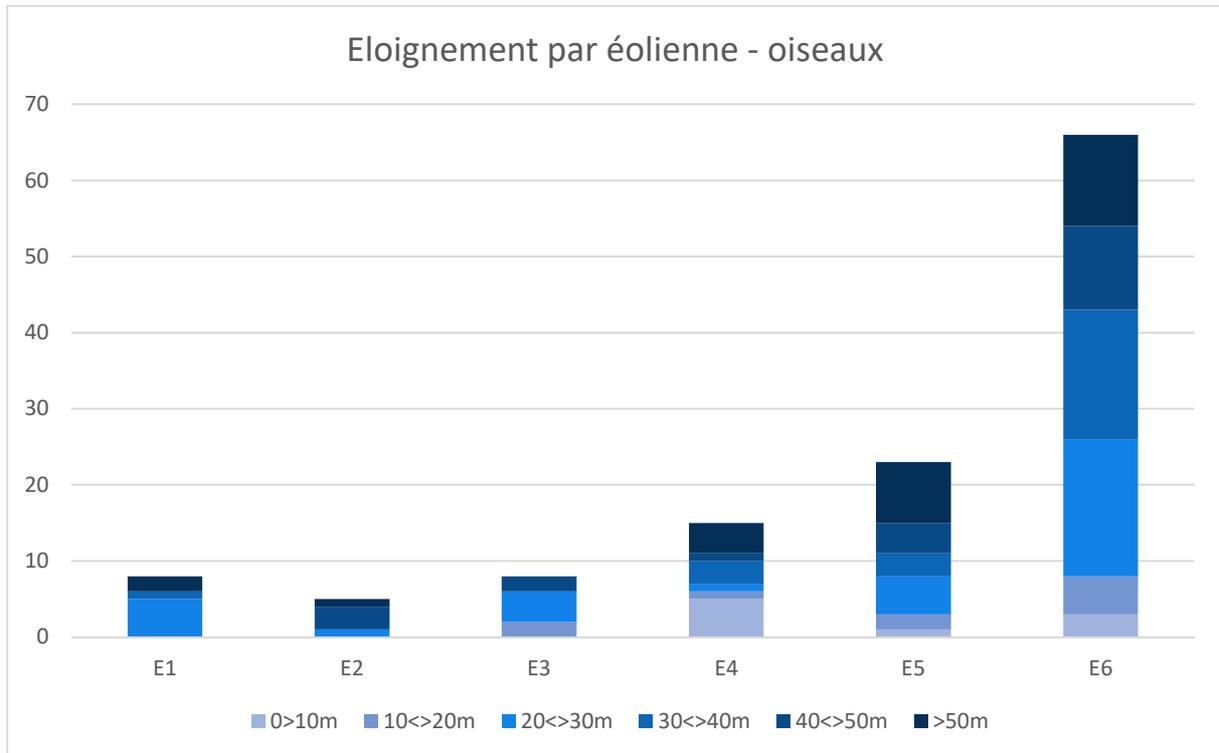
La répartition pour chaque groupe et selon des classes de 10 mètres nous donne la représentation plus précise suivante :



- Les **chiroptères** sont retrouvés majoritairement **entre 30 et 50 m** autour des éoliennes (58%) ; l'éloignement maximal constaté pour ce groupe est de 50 m ;
- Les **oiseaux** quant à eux sont proportionnellement **peu retrouvés en-dessous de 20 m** (85% au-delà) ; l'éloignement maximal constaté pour ce groupe est de 70 m ;
- En **cumulé**, on constate peu de différence entre les classes allant de **20 à plus de 50 m**, au sein desquelles on retrouve **83%** des individus.

Contrairement à ce qui peut être rencontré sur d'autres sites, il y a donc ici un réel intérêt à appliquer le protocole de recherche 'complet' (par opposition à la recherche limitée aux aires gravillonnées, cf. protocole p. 11). **Cela sous-entend qu'une part de la mortalité peut passer inaperçue lorsque le protocole est simplifié à cause des cultures en place sous les éoliennes.**

Si l'on précise en regardant l'éloignement par éolienne (graphes par groupe ci-dessous), on ne constate **pas réellement d'éloignement préférentiel en fonction de l'éolienne concernée.**



## IV.6 Causes constatées de la mortalité

Au cours des 6 mois et demi du suivi 2019, 144 cadavres ont été découverts en 45 passages.

Il s'agissait pour rappel de 19 chiroptères et 125 oiseaux.

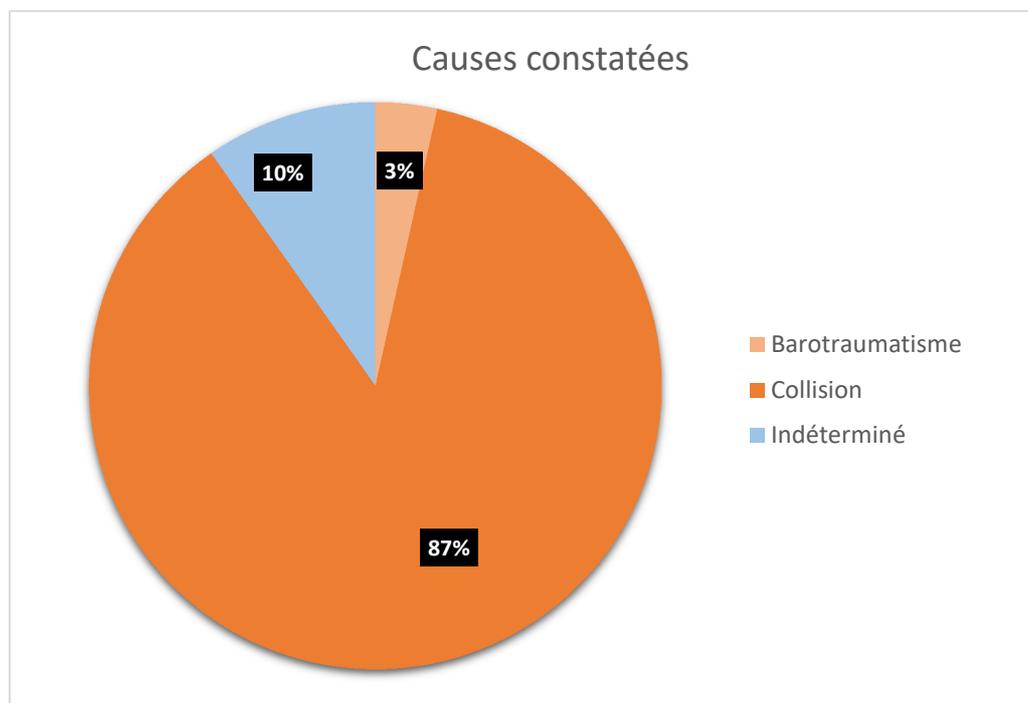
Les causes de mortalité observées lors des relevés sont les suivantes :

Causes	Barotraumatisme	Collision	Indéterminé	Total
Chiroptères	5	12	2	19
Oiseaux	?	113	12	125
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>125</b>	<b>14</b>	<b>144</b>

Pour les oiseaux comme pour les chiroptères, la **collision** semble être la cause majeure de mortalité (**87%**). Cela est dans certains cas aisément constatable sur le terrain (fracture ouverte, corps sectionné...). Lorsque cela n'était pas visible, des palpations ont été réalisées afin de détecter une éventuelle fracture.

Néanmoins, certains cas n'ont pas pu être élucidés malgré un examen externe minutieux ; les cas de barotraumatisme étant décrits comme sans blessure apparente, avec éventuellement des traces de sang au niveau du museau et/ou des oreilles. Cette mortalité par barotraumatisme n'est pas renseignée chez les oiseaux dans la littérature actuelle. Toutefois, c'est principalement chez ce groupe que des cas n'ont pu être expliqués, avec des individus frais et sans aucune blessure ni trace de sang.

Ces mortalités ont été classées comme 'indéterminées' et représentent presque 10% des cadavres.



Un cas inédit pour Indre Nature d'un individu seulement blessé s'est présenté le 07/10/2019. Une Noctule de Leisler avec une aile visiblement cassée a été retrouvée sous l'éolienne 4. Malheureusement, l'individu n'est pas arrivé en vie au local d'Indre Nature pour sa prise en charge.

Ci-après quelques photos illustrant différentes blessures résultant de collision lors de ce suivi :



Aile fracturée (20/08/2019)



Rouge-gorge présentant une collision à l'abdomen (25/10/2019)



Chiroptère coupé en deux (10/10/2019)



Fauvette à tête noire avec des traces de chocs (29/10/2019)



Grive mauvis sectionnée (29/10/2019)



Chiroptère présentant un choc à la tête et une aile vrillée (04/10/2019)



Grive coupée en deux (29/10/2019)

## V Interprétations

### V.1 Influence du paysage

#### V.1.a Échelle du parc et effet lisière ?

Les habitats présents en-dessous des éoliennes sont équivalents à l'échelle du parc : il s'agit de milieux agricoles, avec des parcelles cultivées en blé et d'autres en tournesol. Nous n'avons donc pas réalisé de comparaison des mortalités en fonction des habitats sous les éoliennes, qui pourraient être dans d'autres situations plus ou moins attractifs.

L'orientation des pales est également la même d'une éolienne à l'autre.

Par contre, le parc est situé à proximité d'un boisement (voir photographie aérienne ci-après) ; la distance moyenne entre les éoliennes et la lisière est faible : 216 m ; cependant certaines sont tout juste à **150 m** des premiers arbres, et il se trouve que ce sont celles au pied desquelles le plus nombre de cadavres a été découvert : **E4, E5 et E6**.

Éolienne	Milieu 1	Milieu 2	Distance à la 1 <sup>ère</sup> lisière
<b>E1</b>	Tournesol	-	300m
<b>E2</b>	Tournesol	-	200m
<b>E3</b>	Tournesol	-	300m
<b>E4</b>	Tournesol 60%	Blé 40%	<b>150m</b>
<b>E5</b>	Blé	-	<b>200m</b>
<b>E6</b>	Blé 50%	Jachère 50%	<b>150m</b>



Aperçu aérien du parc éolien (source Google Maps)

Les lisières jouent un rôle important dans le déplacement des chiroptères : elles servent de corridors de déplacement, mais aussi de zones de chasse.

Les zones de lisières sont donc des zones sensibles pour ce groupe ; l'implantation d'éoliennes peut y induire un risque de mortalité plus élevé que dans des zones moins fréquentées.

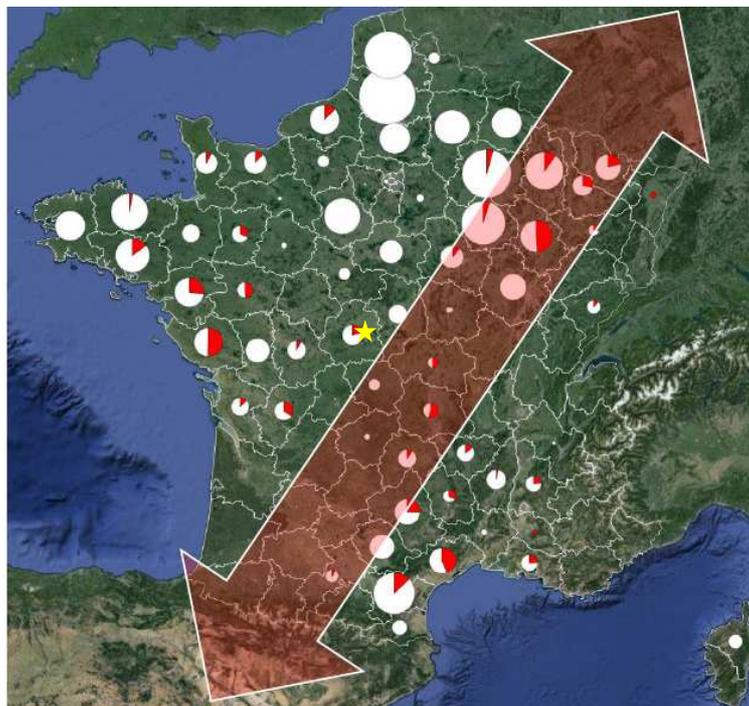
### V.1.b Échelle départementale et corridor de déplacement ?

En outre, comme on peut le constater sur l'assemblage de photographies aériennes ci-après, le parc éolien de Vouillon (schématisé en rouge) s'imbrique entre deux éléments paysagers pouvant canaliser le **flux de déplacement** de la faune dans le sens **nord-sud** : la forêt de Choëurs-Bommiers et la vallée du Liennet (schématisées par des flèches jaunes), qui rejoignent en entonnoir d'autres boisements poursuivant ce corridor jusqu'à la vallée de l'Indre.

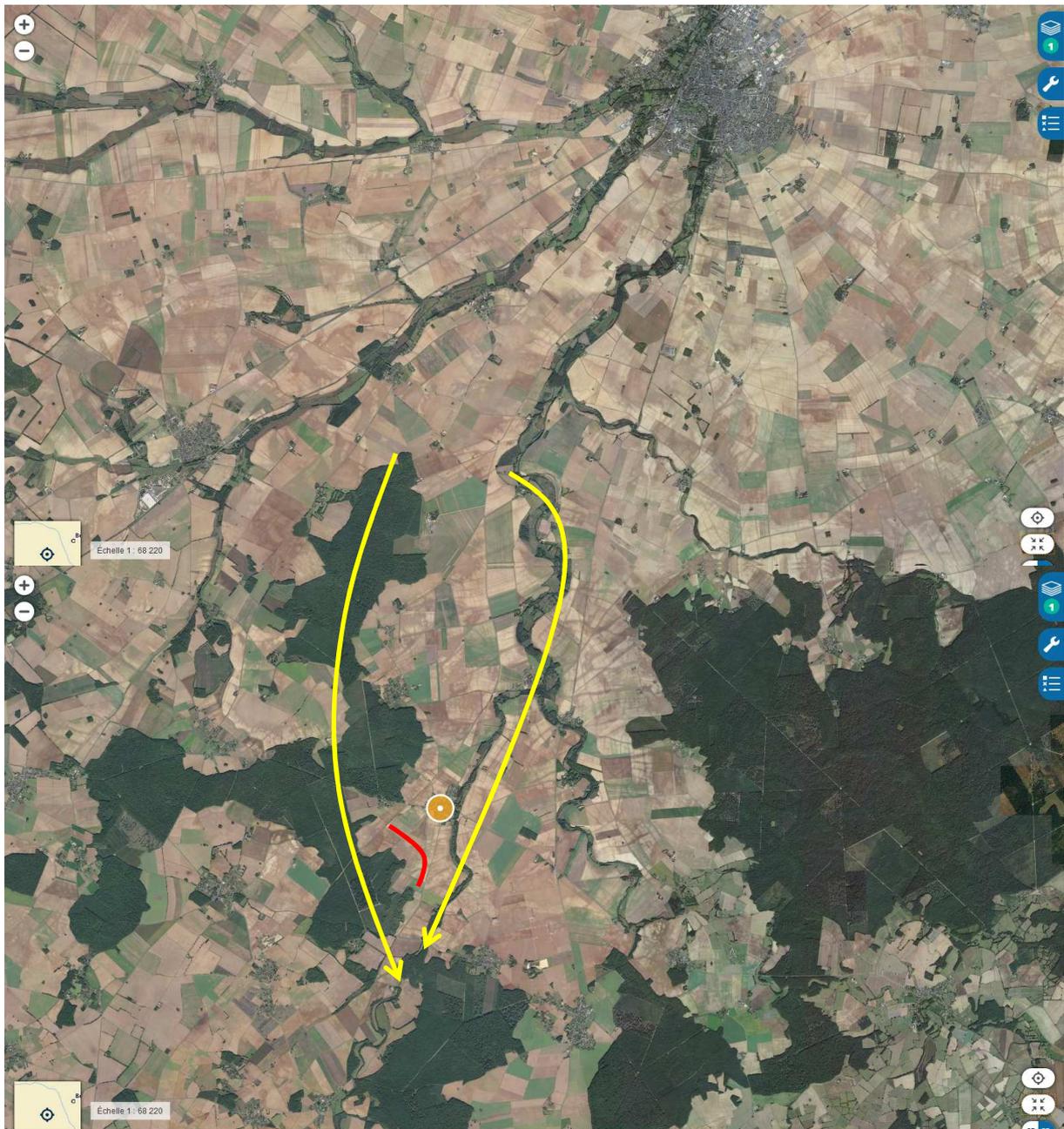
Cette configuration paysagère pourrait jouer un rôle prépondérant dans l'explication des flux migratoires : les animaux suivant les éléments paysagers pour se déplacer.

Cela a pu être constaté sur le terrain, lors des visites réalisées début novembre : un nombre très important de **grues cendrées** ont survolé le parc en direction du sud-ouest le 8/11 (photos ci-après), ainsi que d'importants groupes de **passereaux** (alouettes, pinsons, linottes, grives...). Si les grues n'ont été observées qu'en survol (à basse altitude ceci étant), les passereaux pour la plupart ont été notés traversant le parc, à des altitudes variées, mais la plupart du temps à une hauteur inférieure ou égale à celle des éoliennes. Des passereaux en halte migratoire ont également été observés au pied des éoliennes lors des relevés automnaux (bergeronnettes, rouges-queues noirs...).

Les pales des éoliennes étant orientées **perpendiculairement** au flux canalisé (du fait des vents de sud-ouest dominants), le tout situé dans l'est du département de l'Indre connu pour être sur un **axe de migration automnale**, tout cela constitue peut-être une base d'explication quant à la mortalité constatée sur ce site à cette période.



Principale voie de migration des grues cendrées (LPO, 2017)



Localisation du parc éolien et éléments de paysage (source Géoportail)





Suivi mortalité sur le parc éolien Engie Vouillon (Indre) – Année 1  
Indre Nature Janvier 2020

## V.2 Influence de la météorologie

Une tentative d'explication de la mortalité peut être apportée en analysant les conditions météorologiques locales, et notamment les données de vents et de températures.

Des données météo nous ont ici été fournies par Engie, enregistrées à partir d'un mât de mesures situé à proximité immédiate du parc éolien. Les données, enregistrées à plusieurs altitudes toutes les 10 minutes (voire toutes les minutes pour le mois d'octobre), concernent la vitesse et la direction du vent, la température et la pression atmosphérique. Nous avons ici utilisé les données enregistrées à 80 m.

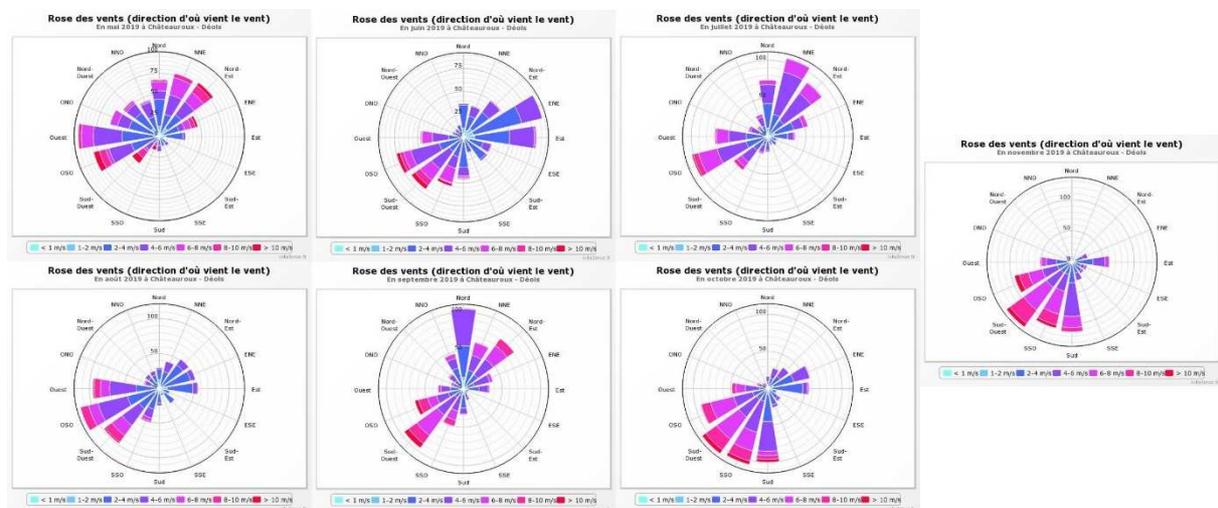
Ces données ont été complétées par des historiques disponibles en ligne (infoclimat.fr), proposant des moyennes par localité.

Rappelons ici que la date des mortalités étant estimée, il pourra parfois être difficile de tenter des déductions à partir des conditions météorologiques précises.

Les enregistrements mensuels montrent que les vents dans le secteur proviennent globalement d'un grand quart **sud-ouest**.

En première analyse rapide, on peut imaginer que ces vents peuvent engendrer un décalage vers le nord-est des chauves-souris volant en lisère, les poussant en direction des éoliennes.

Toutefois, cela ne correspond pas avec une répartition des cadavres entre le sud et l'ouest, comme constaté en grande majorité. L'hypothèse pourrait également être que l'impulsion donnée par une pale d'éolienne lors d'un impact l'emporte sur la force du vent ; l'individu serait donc projeté dans la direction donnée par la pale en rotation plutôt que par le sens du vent.



Roses des vents mensuelles pour les mois de mai à novembre 2019 (infoclimat.fr)



Aperçu aérien du parc éolien (source Google Maps)

À partir des données enregistrées au niveau du mât de mesures, nous avons calculé les données moyennes entre 1h avant le coucher et 1h après le lever du soleil, pour chaque date de mortalité estimée, et ceci pour la direction et la vitesse du vent, et la température, à 80 m. La base de cette analyse étant dans le cas de ce parc que chiroptères et passereaux sont impactés de nuit : les premiers n'étant pas actifs de jour, et les seconds migrant de nuit – la période de migration ayant été identifiée comme concentrant les mortalités.

On obtient les résultats suivants, avec le détail des mortalités par éolienne chaque nuit :

Détails des mortalités	Nombre
<b>20/05/2019</b>	<b>1</b>
ONO 3,3 m/s 12,8°C	
E1	
Pipistrelle commune	1
<b>03/06/2019</b>	<b>1</b>
E 3,6 m/s 17,5°C	
E3	
Pipistrelle commune	1
<b>10/06/2019</b>	<b>2</b>
SO 3,9 m/s 10°C	
E4	
Martinet noir	1
E5	
Pipistrelle commune	1
<b>18/06/2019</b>	<b>1</b>
SO 6,8 m/s 22°C	

E3	
Martinet noir	1
<b>01/07/2019</b>	<b>1</b>
N 5,6 m/s 17°C	
E5	
Pipistrelle pygmée	1
<b>22/07/2019</b>	<b>1</b>
OSO 4,4 m/s 19°C	
E6	
Martinet noir	1
<b>05/08/2019</b>	<b>1</b>
OSO 4,9 m/s 21°C	
E4	
Pipistrelle commune	1
<b>07/08/2019</b>	<b>1</b>
SSE 3,9 m/s 20,5°C	
E5	

Martinet noir	1
<b>18/08/2019</b>	<b>1</b>
<b>OSO 5,6 m/s 14°C</b>	
E2	
Pipistrelle sp	1
<b>26/08/2019</b>	<b>1</b>
<b>S 4,7 m/s 26°C</b>	
E4	
Roitelet triple-bandeau	1
<b>27/08/2019</b>	<b>1</b>
<b>SO 3,9 m/s 21°C</b>	
E6	
Noctule commune	1
<b>10/09/2019</b>	<b>1</b>
<b>N 3,3 m/s 14,5°C</b>	
E4	
Pipistrelle sp	1
<b>16/09/2019</b>	<b>1</b>
<b>NNE 5,8 m/s 18°C</b>	
E6	
Pipistrelle commune	1
<b>23/09/2019</b>	<b>3</b>
<b>SSE 5,3 m/s 15°C</b>	
E3	
Pipistrelle commune	1
Roitelet triple-bandeau	1
E5	
Roitelet triple-bandeau	1
<b>03/10/2019</b>	<b>1</b>
<b>SO 7,8 m/s 13°C</b>	
E4	
Pipistrelle commune	1
<b>06/10/2019</b>	<b>1</b>
<b>O 5,7 m/s 10°C</b>	<b>1</b>
E6	1
Roitelet triple-bandeau	1
<b>07/10/2019</b>	<b>1</b>
<b>SSO 6,5 m/s 14°C</b>	
E4	
Noctule de Leisler	1
<b>09/10/2019</b>	<b>1</b>
<b>SO 6,4 m/s 12°C</b>	
E1	
Noctule commune	1
<b>17/10/2019</b>	<b>1</b>

<b>SSO 7,5 m/s 14°C</b>	
E6	
Roitelet triple-bandeau	1
<b>24/10/2019</b>	<b>8</b>
<b>SO 4,7 m/s 12°C</b>	
E3	
Pipistrelle de Kuhl	1
E4	
Mésange bleue	1
Rouge-gorge familier	1
E5	
Grive musicienne	1
Pouillot véloce	1
Rouge-gorge familier	1
E6	
Fauvette à tête noire	1
E2	
Fauvette à tête noire	1
<b>26/10/2019</b>	<b>1</b>
<b>SSO 4,4 m/s 16°C</b>	
E6	
Roitelet triple-bandeau	1
<b>27/10/2019</b>	<b>10</b>
<b>NE 4,2 m/s 10°C</b>	
E4	
Roitelet triple-bandeau	1
E5	
Roitelet huppé	1
Roitelet sp.	1
Roitelet triple-bandeau	2
E6	
Rouge-gorge familier	5
<b>28/10/2019</b>	<b>73</b>
<b>NE 3,8 m/s 10°C</b>	
E1	
Grive mauvis	1
Rouge-gorge familier	1
E3	
Grive musicienne	4
Rouge-gorge familier	1
E4	
Grive mauvis	1
Grive musicienne	1
Roitelet triple-bandeau	1
Rouge-gorge familier	3



%	N	NNE	NE	ENE	Est	ESE	SE	SSE	Sud	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO	
< 1m/s	0.4																
1-2m/s	0.4	0.4	0.1	1.1	0.8	0.8	0.4	0.7	1.1	0.3	0.7	0.3	0.1		0.3	0.4	8%
2-4m/s	0.4	1.5	2.7	3.8	5.5	0.8	1.9	2.4	5	2.2	1.7	2.6	1.3	0.9	0.4	0.1	33%
4-6m/s	0.9	1.9	1.9	3	0.8	0.1	0.5	0.5	5.4	5.8	4	3.5	2.6	0.8	0.1	0.3	32%
6-8m/s	0.1	0.1		0.1	0.3		0.1		0.8	3.5	5	4.3	1.7	0.3	0.1		17%
8-10m/s					0.1				0.7	1.9	2.4	1.7	0.7	0.1			8%
> 10m/s									0.5	0.7	0.8	0.1					2%
	2%	4%	5%	8%	8%	2%	3%	4%	13%	14%	15%	13%	6%	2%	1%	1%	

Conditions de vent pour le mois d'octobre 2019 (infoclimat.fr)

La consultation de la météo précise du jour ne nous apporte pas d'autre élément potentiellement explicatif par rapport à la mortalité constatée hors période automnale.

Cependant, concernant la fin du mois d'octobre, les données en ligne mentionnent de la **brume nocturne et matinale** présente dans le secteur, en quasi-permanence entre le 21 et le 30/10. Cela a pu être vérifié lors de certains relevés sur le terrain, et notamment lors des trois dernières visites du mois d'octobre (29, 30 et 31/10). Les 29 et 30, seul le bas des mâts était visible, comme montré sur les photos ci-après (prises à 9h).

Il est fort probable que la convergence de tous ces paramètres météorologiques, en période de migration post-nuptiale et donc en présence d'un nombre important d'oiseaux de passage, aient joués un rôle dans l'épisode de mortalité sans précédent qu'a connu le parc éolien de Vouillon.

Notons ici que suite à ces jours de mortalité relevée sans précédent, et avec conditions météorologiques identiques, Engie a accepté la demande d'Indre Nature d'arrêter le parc du 30/10 18h au 31/10 8h. Un seul cas de mortalité a été daté de cette nuit-là : une Pipistrelle de Nathusius (au regard de l'état du cadavre, le risque d'erreur sur cette datation est jugé faible).



## VI Conclusion

Le suivi mortalité 2019 du parc éolien de Vouillon a permis de constater :

- Une mortalité de chiroptères (19) relativement régulière tout au long de l'année, avec tout de même des individus présumés migrants au regard des dates de collisions estimées ; l'influence de 'mauvaises' conditions météorologiques n'apparaît pas flagrante sur ce groupe.
- Une mortalité de passereaux (144) très majoritairement en période de migration post-nuptiale, avec des mortalités concentrées sur quelques jours. Pour ce cortège toutefois, une mortalité notable de martinets noirs difficilement explicable, mais retrouvée dans la bibliographie ;
- Une **mortalité** engendrée par le parc éolien **sans précédent** à notre connaissance, portée à 43 cas par éolienne et par an sur la base de nos observations, mais **estimée à un minimum de 78 cas par éolienne et par an**, principalement causée par des **collisions** ;
- **Trois** des six éoliennes sont à l'origine de **81%** de la mortalité, même en période de pic : E4, E5 et E6. Il faut relever que ces éoliennes sont non seulement les plus proches d'une **lisière**, mais également les plus au fond de l'entonnoir formé par les éléments paysagers dans lequel le parc éolien se positionne.

Il est à noter que le protocole national sur lequel s'appuient les études éoliennes actuellement n'impose de suivi mortalité que jusqu'à la semaine 43, soit une fin au 25/10. Il s'avère que cette année 2019 et sur ce parc de Vouillon, cette date de fin théorique correspond au début du pic de mortalité observé. Il semblerait que des adaptations du protocole-cadre soient nécessaires afin de prendre en compte la **période de migration automnale** dans les suivis, même si aucun enjeu n'a été identifié dans la cadre des études préalables. Il peut en effet être risqué de s'en tenir uniquement à la bonne volonté des exploitants pour prolonger ces suivis, ce qui malgré tout n'a pas été avéré dans la présente étude, Engie ayant fait confiance à Indre Nature pour la poursuite des relevés en dehors de la période imposée.

Par ailleurs, ce suivi a permis de mettre en évidence qu'une part de la mortalité peut passer inaperçue lorsque le **périmètre de recherche** sous les éoliennes est limité. Les éoliennes devraient être implantées de façon à ce que l'accès à l'aire de recherche maximale soit permis toute l'année.

**Pour les chiroptères**, le parc éolien de Vouillon est **bridé** du 1<sup>er</sup> avril au 31 octobre : les deux premières heures de la nuit, pour une température supérieure à 10°C et un vent inférieur à 6,5 m/s. Nos observations durant ce suivi et celles des conditions météorologiques lors des mortalités, bien qu'elles doivent être prises avec précaution au regard des estimations réalisées, peuvent nous permettre de nous positionner par rapport à ces paramètres. Ainsi, voici quelques propositions visant à réduire la mortalité constatée des chiroptères :

- **Période de bridage** : le suivi hivernal (2019-2020) ayant permis de découvrir une pipistrelle morte sous une éolienne le 19/03/2020, nous préconisons de programmer un bridage **à partir du 15/03**. Etant donné qu'il est fonction de la température, son déclenchement annuel à cette date ne sera pas systématique.

Nous n'avons pas relevé de chauve-souris après le 30/10 lors de cette première année de suivi. Une fin de bridage au 31/10 nous semble donc adaptée.

- Concernant la température : les chauves-souris retrouvées mortes l'ont toutes été lors de nuits présentant une moyenne supérieure à 10°C. Nous conseillons de **rester sur un déclenchement à 10°C** : d'après les données météo enregistrées à 80m sur le mât de mesures et fournies par Engie, la température reste juste au-dessus de cette valeur lors des 4 premières heures des nuits où une mortalité a eu lieu (bien inférieure à 11°C).
- Vitesse du vent : une Pipistrelle commune est entrée en collision avec l'éolienne 4 la nuit du 3 au 4/10/2019 ; le vent moyen (à 80 m) au cours de la nuit était de 7,8 m/s. Par ailleurs, grâce à l'enregistreur d'ultrasons positionné sur cette même éolienne, nous avons constaté qu'une Pipistrelle de Nathusius volait alors que le vent maximal noté à ce moment-là était de 7,66m/s (le 08/10/2019 – étude réalisée par P. Lustrat). Bien que ces cas ne soient pas majoritaires, au vu du nombre de chiroptères retrouvés morts en 2019, nous conseillons d'**augmenter la vitesse de déclenchement** du bridage, par exemple à 7 m/s.
- Durée du bridage : au regard de la mortalité chiroptérologique persistante en 2019 (malgré le bridage en cours), nous recommandons de prolonger le bridage de deux heures, afin qu'il soit effectif sur les **quatre premières heures de la nuit**.

Enfin, notons que lors de l'**arrêt complet** des machines dans la nuit du 30 au 31/10/2019, une Pipistrelle de Nathusius est tout de même entrée en collision avec une éolienne.

**Concernant l'avifaune** ; les **conditions météorologiques** ont sans aucun doute un impact sur le déplacement de la faune volante, mais nous n'avons pas réussi à trouver dans ces paramètres des explications de la mortalité observée. Ce qui semble sûr cependant, c'est que les conditions de vent entre le 27/10 et le 01/11 étaient favorables à la migration des oiseaux vers le sud, et que le parc est situé sur un **axe de migration post-nuptiale** préférentiel pour l'avifaune.

Aussi, pour viser la sécurité durant cette période sensible pour les oiseaux (qui ne bénéficient pas d'un bridage spécifique pour l'heure), et au regard des espèces entrées en collision en 2019 (roitelets, Rouge-gorge familier, grives), il est recommandé d'**arrêter les éoliennes de la tombée de la nuit au lever du jour a minima de la semaine 43 à la semaine 45 comprise** (pouvant être élargi en fonction de la mortalité constatée sur le terrain).

Par ailleurs, le pic de mortalité de fin octobre a eu lieu alors qu'une brume épaisse dissimulait les éoliennes, ce qui est courant localement à cette période. Le parc étant signalé par des éclairages de nuit comme de jour, la brume devait être trop épaisse pour que les oiseaux les distinguent. Cela nous pousse à solliciter un arrêt des éoliennes en conditions de visibilité limitée. Un **capteur de brouillard** pourrait être installé et **les éoliennes être mises à l'arrêt en conditions de faible visibilité**, toujours sur cette période sensible des semaines 43 à 45 comprise. Ce phénomène est rare localement en dehors de l'automne. Ce capteur pourrait être testé en conditions réelles à l'automne 2020.

Malgré tout, ces suivis viennent également compléter les **connaissances** des espèces, même si cela intervient dans des conditions peu agréables. Il en va ainsi de l'observation de la Sérotine bicolore, et des cas de mortalité de Martinet noir, que l'on pensait plutôt très habile en vol. Des cas de vol nocturne pourraient être à l'origine de collision, mais précisons que les éoliennes sont balisées de nuit. La mortalité massive des rouges-gorges familiers nous montre enfin que même les espèces connues pour se déplacer à **basse altitude** peuvent être impactées par des structures en hauteur. Tout cela est à garder en tête pour mieux réfléchir les impacts lors des études préalables.

## VII Annexes

### Bilan des relevés mortalités (14/05/2019 – 29/11/2019)

N° passage	Observateur	Date	N° éolienne	Espèce	Nombre	Date de mort potentielle
1	Agnès BOYE Thomas CHATTON	14/05/2019	1 à 6	0	0	
2	Agnès BOYE	21/05/2019	1	Pipistrelle commune	1	20/05/2019
3	Agnès BOYE	28/05/2019	1 à 6	0	0	
4	Agnès BOYE	04/06/2019	3	Pipistrelle commune	1	03/06/2019
5	Agnès BOYE	12/06/2019	4	Martinet noir	1	10/06/2019
			5	Pipistrelle commune	1	10/06/2019
6	Agnès BOYE	19/06/2019	3	Martinet noir	1	18/06/2019
7	Agnès BOYE	25/06/2019	1 à 6	0	0	
8	Agnès BOYE	03/07/2019	5	Pipistrelle pygmée	1	01/07/2019
9	Agnès BOYE	09/07/2019	1 à 6	0	0	
10	Agnès BOYE	16/07/2019	1 à 6	0	0	
11	Agnès BOYE	23/07/2019	6	Martinet noir	1	22/07/2019
12	Agnès BOYE	30/07/2019	1 à 6	0	0	
13	Agnès BOYE	06/08/2019	4	Pipistrelle commune	1	05/08/2019
14	Agnès BOYE	08/08/2019	5	Martinet noir	1	07/08/2019
15	Agnès BOYE	13/08/2019	1 à 6	0	0	
16	Agnès BOYE	16/08/2019	1 à 6	0	0	
17	Agnès BOYE	20/08/2019	2	Pipistrelle sp	1	18/08/2019
18	Agnès BOYE	23/08/2019	1 à 6	0	0	
19	Agnès BOYE	27/08/2019	6	Noctule commune	1	27/08/2019
			4	Roitelet à triple-bandeau	1	26/08/2019
20	Agnès BOYE	30/08/2019	1 à 6	0	0	
21	Agnès BOYE	02/09/2019	1 à 6	0	0	
22	Agnès BOYE	06/09/2019	1 à 6	0	0	
23	Agnès BOYE	09/09/2019	1 à 6	0	0	
24	Agnès BOYE	12/09/2019	4	Pipistrelle sp	1	10/09/2019
25	Thomas CHATTON	17/09/2019	6	Pipistrelle commune	1	16/09/2019
26	Thomas CHATTON	20/09/2019	1 à 6	0	0	
27	Agnès BOYE	25/09/2019	3	Pipistrelle commune	1	23/09/2019
			3	Roitelet à triple-bandeau	1	23/09/2019
			5	Roitelet à triple-bandeau	1	23/09/2019
28	Agnès BOYE	27/09/2019	1 à 6	0	0	
29	Agnès BOYE	30/09/2019	1 à 6	0	0	
30	Agnès BOYE	04/10/2019	4	Pipistrelle commune	1	03/10/2019
31	Agnès BOYE	07/10/2019	4	Noctule de leisler	1	07/10/2019
			6	Roitelet à triple-bandeau	1	06/10/2019
32	Agnès BOYE	10/10/2019	1	Noctule commune	1	09/10/2019
33	Agnès BOYE	14/10/2019	1 à 6	0	0	
34	Agnès BOYE	18/10/2019	6	Roitelet à triple-bandeau	1	17/10/2019
35	Agnès BOYE	21/10/2019	1 à 6	0	0	
36	Agnès BOYE	25/10/2019	2	Fauvette à tête noire	1	24/10/2019
			3	Pipistrelle de Kuhl	1	24/10/2019
			4	Rouge-gorge	1	24/10/2019
			4	Mésange bleue	1	24/10/2019
			5	Pouillot véloce	1	24/10/2019
			5	Rouge-gorge	1	24/10/2019
			5	Grive musicienne	1	24/10/2019
6	Fauvette à tête noire	1	24/10/2019			
37	Agnès BOYE	29/10/2019	4	Grive musicienne	1	28/10/2019
			4	Rouge-gorge familier	1	28/10/2019
			4	Rouge-gorge familier	1	28/10/2019
			4	Roitelet à triple-bandeau	1	28/10/2019
			4	Roitelet à triple-bandeau	1	27/10/2019
			4	Rouge-gorge familier	1	28/10/2019
			4	Grive musicienne	1	28/10/2019
			5	Noctule commune	1	28/10/2019
5	Grive musicienne	1	28/10/2019			

			5	Rouge-gorge familier	1	28/10/2019
			5	Rouge-gorge familier	1	28/10/2019
			5	Roitelet à triple-bandeau	1	27/10/2019
			5	Troglodyte mignon	1	28/10/2019
			5	Roitelet à triple-bandeau	1	27/10/2019
			5	Roitelet sp.	1	27/10/2019
			5	Roitelet huppé	1	27/10/2019
			6	Rouge-gorge familier	49	28/10/2019
			6	Fauvette à tête noire	1	28/10/2019
			6	Grive musicienne	1	28/10/2019
			6	Alouette des champs	1	28/10/2019
			6	Grive musicienne	1	28/10/2019
			6	Roitelet à triple-bandeau	1	26/10/2019
			6	Pipistrelle de Kuhl	1	28/10/2019
			6	Pipistrelle commune	1	28/10/2019
			6	Grive musicienne	1	28/10/2019
			6	Alouette des champs	1	28/10/2019
			2	Grive musicienne	1	28/10/2019
			2	Rouge-gorge familier	1	28/10/2019
			3	Grive musicienne	1	28/10/2019
			3	Grive musicienne	1	28/10/2019
			3	Rouge-gorge familier	1	28/10/2019
			3	Grive musicienne	1	28/10/2019
			3	Grive musicienne	1	28/10/2019
			1	Grive mauvis	1	28/10/2019
			1	Rouge-gorge familier	1	28/10/2019
38	Agnès BOYE, Thomas CHATTON, Romuald DOHOGNE, M. Hélène FROGER	30/10/2019	5	Roitelet huppé	1	29/10/2019
			5	Grive musicienne	6	29/10/2019
			5	Grive mauvis	1	29/10/2019
			5	Roitelet à triple-bandeau	1	28/10/2019
			5	Rouge-gorge familier	1	29/10/2019
			4	Rouge-gorge familier	1	29/10/2019
			4	Rouge-queue noir	1	29/10/2019
			6	Rouge-gorge familier	4	29/10/2019
			3	Sérotine bicolore	1	29/10/2019
			3	Roitelet à triple-bandeau	1	29/10/2019
			2	Grive mauvis	1	29/10/2019
			1	Grive musicienne	3	29/10/2019
			1	Grive litorne	1	29/10/2019
39	Agnès BOYE, Thomas CHATTON	31/10/2019	4	Rouge-gorge familier	1	29/10/2019
			5	Pipistrelle de Nathusius	1	30/10/2019
40	Agnès BOYE	04/11/2019	6	Rouge-gorge familier	1	02/11/2019
			1	Grive musicienne	1	03/11/2019
			1	Merle noir	1	03/11/2019
41	Agnès BOYE	08/11/2019	4	Rouge-gorge familier	1	06/11/2019
			2	Etourneau sansonnet	1	06/11/2019
42	Agnès BOYE, Thomas CHATTON	12/11/2019	1 à 6	0	0	
43	Agnès BOYE	14/11/2019	6	Rouge-gorge familier	1	13/11/2019
44	Agnès BOYE	20/11/2019	1 à 6	0	0	
45	Agnès BOYE	29/11/2019	1 à 6	0	0	

La période en couleur de ce tableau est celle recommandé par le protocole national (2018).

**Bilan des relevés mortalités (19/12/2019 – 06/04/2020)**

N° passage	Observateur	Date	N° éolienne	Espèce	Nombre
46	Agnès BOYE	19/12/2019	1 à 6	0	0
47	Agnès BOYE	23/01/2020	1 à 6	0	0
48	Agnès BOYE	29/01/2020	1 à 6	0	0
49	Agnès BOYE	05/02/2020	1 à 6	0	0
50	Agnès BOYE	11/02/2020	1 à 6	0	0
51	Agnès BOYE	27/02/2020	1 à 6	0	0
52	Agnès BOYE	04/03/2020	5	Bruant proyer	1
53	Agnès BOYE	11/03/2020	1 à 6	0	0
54	Agnès BOYE	19/03/2020	6	Roitelet à triple-bandeau	1
			4	Pipistrelle de Kuhl	1
			2	Roitelet à triple-bandeau	1
55	Agnès BOYE	23/03/2020	6	Moineau domestique	1
56	Agnès BOYE	26/03/2020	6	Roitelet à triple-bandeau	1
57	Agnès BOYE	30/03/2020	6	Roitelet à triple-bandeau	1
			6	Rouge-gorge familier	1
58	Agnès BOYE	06/04/2020	6	Pipistrelle de Nathusius	1
59	Agnès BOYE	09/04/2020	4	Pipistrelle sp.	1

Une note concernant le suivi hivernal de la mortalité sur le parc éolien de Vouillon est en cours de rédaction.

## VIII Bibliographie

ARTHUR L., LEMAIRE M., 2009 – Les Chauves-Souris de France, Luxembourg et Suisse. Biotope, Mèze (COLLECTION PARTHENOPE) ; muséum National d'histoire Naturelle, Paris, 544 P.

ANDRÉ Y., 2004 - Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. Document LPO. 21 p.

AVES ENVIRONNEMENT / GCP, 2010 – Parc éolien du mas de Leuze, saint martin de Crau (13). Eude de la mortalité des chiroptères (17 mars-27 novembre 2009). 36p.

BEUCHER Y., KELM V., ALBESPY F., GEYELIN M., NAZON L., PICK D., 2013 – Parc éolien de Castelnaud-Pégayrols (12). Suivi pluriannuel des impacts sur les chauves-souris. Bilan des campAgnès des 2ème, 3ème et 4ème années d'exploitation (2009-2011).

CHANTEREAU M., PELSY F. (coord.), 2013 - Liste rouge des Oiseaux nicheurs de la région Centre : 397 - 427, in Nature Centre, Conservatoire botanique nationale du Bassin parisien, 2014 - Livre rouge des habitats naturels et des espèces menacées de la région Centre éd, Orléans, 504 p.

COSSON, M., DULAC, P., 2004 - Évaluation de l'impact du parc éolien de Bouin, 2003 : comparaison état initial et fonctionnement des éoliennes. ADEME Pays de la Loire, région Pays de la Loire, LPO, Rochefort, 91 p.

CORNUT J., VINCENT S., 2010 - Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes.

DIETZ C., HELVERSEN O., DIETMAR N., 2007 – L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord. Biologie, Caractéristiques, Protection. Les encyclopédies du naturaliste. Delachaux et Niestlé. 400 p.

Groupe Chiroptères de la SFPEM, 2016 – Suivi des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de Chiroptères, Version 2.1 (février 2016). Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, Paris.

MARX et al., LPO France, 2017 - Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune, Étude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015.

RODRIGUES L., L. BACH, M.-J. DUBOURG-SAVAGE, B. KARAPANDZA, D. KOVAC, T. KERVYN, J. DEKKER, A. KEPEL, P. BACH, J. COLLINS, C. HARBUSCH, K. PARK, B. MICEVSKI, J. MINDERMAN, 2015 - Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. Actualisation 2015. EUROBATS Publication Series N° 6 (version française). UNEP/EUROBATS Secrétariat, Bonn, Allemagne, 133 p.

European Red List of Birds - 2015 BirdLife International, 2015 -European Red List of Birds. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection - Arrêté interministériel du 29 octobre 2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection (JORF 5 décembre 2009, p. 21056)

Directive 79/409/CEE (Directive européenne dite Directive Oiseaux) - Directive 79/409/CEE du Conseil du 2 avril 1979 concernant la conservation des oiseaux sauvages.

Directive 92/43/CEE (Directive européenne dite Directive Habitats-Faune-Flore) - 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 (modifiée par la Directive 97/62/CEE du Conseil du 27 octobre 1997, le Règlement

(CE) n° 1882/2003 du Parlement et du Conseil du 29 septembre 2003 et la Directive 2006/105/CE du 20 novembre 2006).

Liste des milieux et espèces déterminants pour l'actualisation des ZNIEFF en région Centre-Val de Loire  
<http://www.centre-val-de-loire.developpement-durable.gouv.fr/habitats-et-especes-determinantes-r828.html>