

# Suivi mortalité sur le parc éolien Engie Vouillon (Indre) – Année 3



Rapport 2021



Antoine AMAT

Octobre 2021



# Suivi mortalité sur le parc éolien Engie Vouillon (Indre) – Année 3

<b>Organisme</b>	Indre Nature
<b>Réalisation</b>	Agnès BOYE : coordination et relevés de terrain, relecture / Antoine AMAT : relevés de terrain et synthèse
<b>Date de publication</b>	Février 2022
<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. Constater l'efficacité des mesures correctives proposées.
<b>Référence bibliographique</b>	<i>BOYER A, AMAT A., 2021, Suivi mortalité sur le parc éolien Engie Vouillon (Indre), Année 3. Indre Nature.</i>
<b>Mots-clefs</b>	Vouillon, Champagne berrichonne, Indre, éolien, chiroptères, oiseaux, mortalité.
<b>Photographies</b>	Agnès BOYE / Antoine AMAT sauf mention contraire
<b>Fonds cartographiques</b>	IGN et orthophotos 2014

## Table des matières

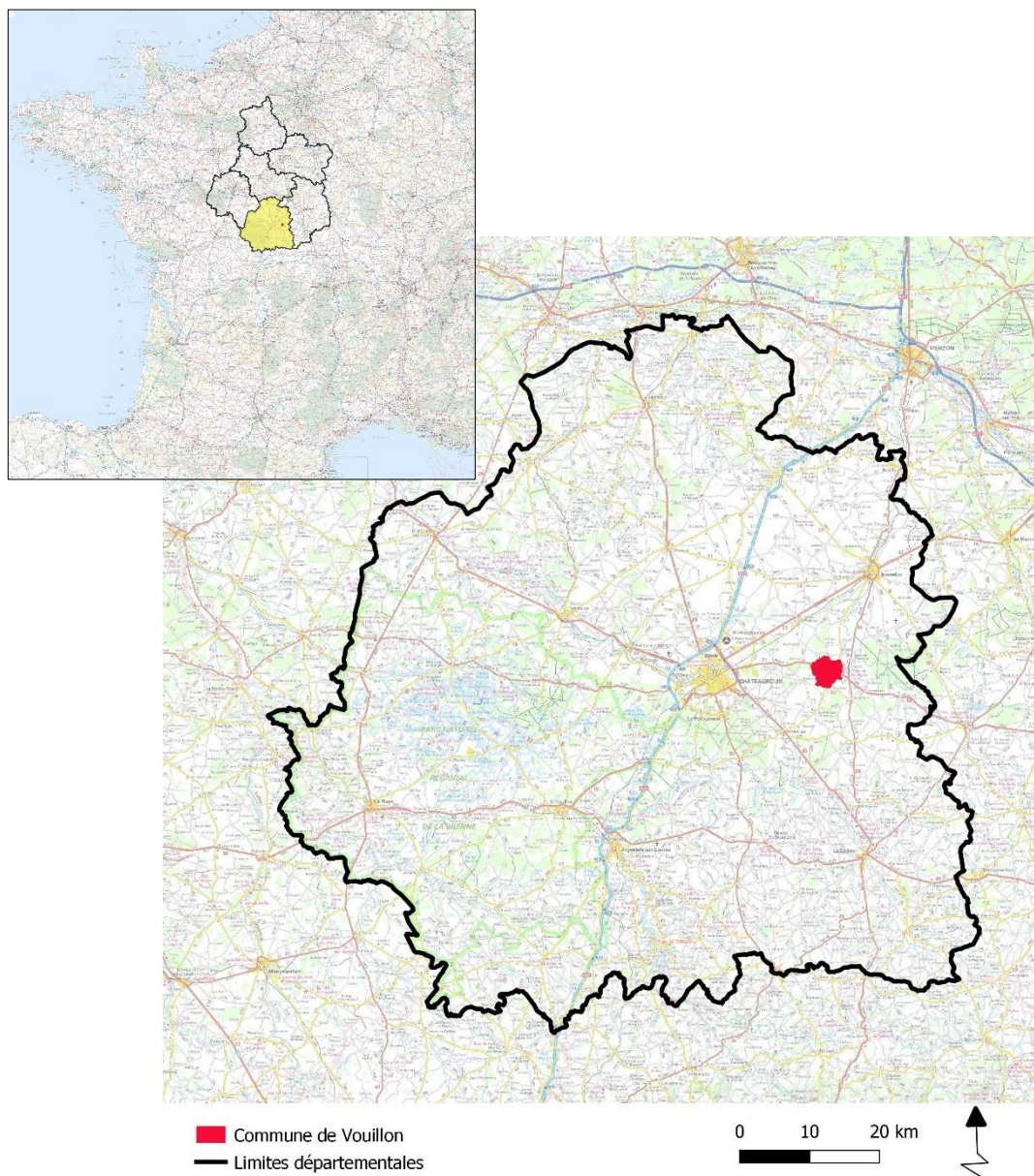
I	Présentation et contexte.....	1
I.1	Description du site éolien.....	1
I.2	Contexte environnemental .....	5
I.2.a	Sites d'Intérêt Communautaire .....	6
I.2.b	Zone de Protection Spéciale.....	7
I.2.c	ZNIEFF de type 1.....	8
I.2.d	ZNIEFF de type 2.....	9
II	Méthodes .....	11
II.1	Protocoles de suivi.....	11
II.1.a	Dates de prospection .....	11
II.1.b	Méthodes et surfaces de recherche.....	11
II.1.c	Relevés des cadavres.....	16
II.2	Test de l'efficacité de l'observateur - taux de détection des cadavres.....	17
II.3	Test de la prédation - persistance des cadavres .....	18
II.4	Estimation de la mortalité .....	19
II.4.a	Winkelmann, 1989 .....	19
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 .....	26
III.3	Persistance des cadavres.....	27
III.4	Estimation de la mortalité.....	30
IV	Analyses.....	36
IV.1	Aperçu global.....	36
IV.2	Phénologie de la mortalité .....	37
IV.2.a	Mortalité relevée.....	37
IV.2.b	Mortalité estimée.....	39
IV.3	Espèces impactées.....	41
IV.3.a	Oiseaux .....	41
IV.3.b	Chiroptères .....	42
IV.4	Répartition de la mortalité par éolienne.....	43
IV.4.a	Oiseaux (n = 12).....	43
IV.4.b	Chiroptères (n = 8).....	43

IV.4.c	Mortalité cumulée (n = 20).....	44
IV.5	Dispersion des cadavres .....	46
IV.5.a	Orientation .....	46
IV.5.b	Éloignement.....	47
IV.6	Causes constatées de la mortalité.....	49
IV.7	Influence de la météorologie .....	50
V	Interprétations et comparaison interannuelle.....	53
VI	Conclusion .....	57
VII	Annexes .....	59
VIII	Bibliographie.....	64

# 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.

En 2019, le parc était bridé dans les conditions suivantes :

- Vitesse < 6,5 m/s à hauteur de moyeu,
- T > 10°C,
- 2 premières heures de la nuit du 1er avril au 31 octobre.

**Depuis le 1<sup>er</sup> avril 2021**, le bridage se met en route lorsque les conditions suivantes sont réunies:

du 1/04 au 31/07	du 1/08 au 31/10	du 19/10 au 08/11
Vitesse de vent : $\leq 7$ m/s	Vitesse de vent : $\leq 7$ m/s	Arrêt complet du parc éolien en présence de brouillard
Température $\geq 12^\circ\text{C}$	Température $\geq 11^\circ\text{C}$	
De -1H avant le coucher du soleil à +3H après le coucher du soleil	Du coucher au lever du soleil	De -1H avant le coucher du soleil à +1H après le lever du soleil

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

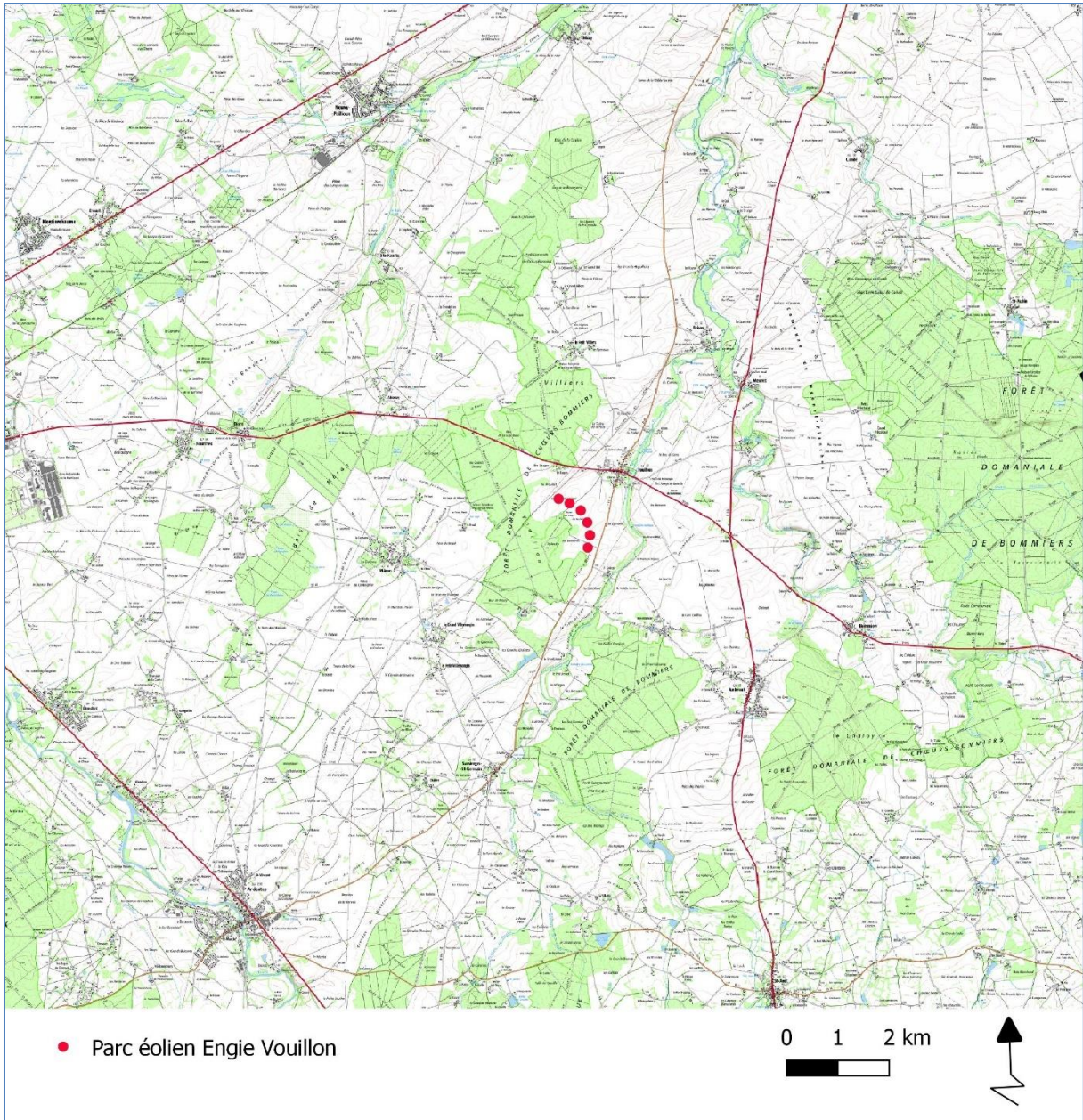


Photo 2 : Localisation du parc éolien Engie Vouillon

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 patches de la forêt de Bommiers ainsi que la ripisylve du Liennet et de la Théols.



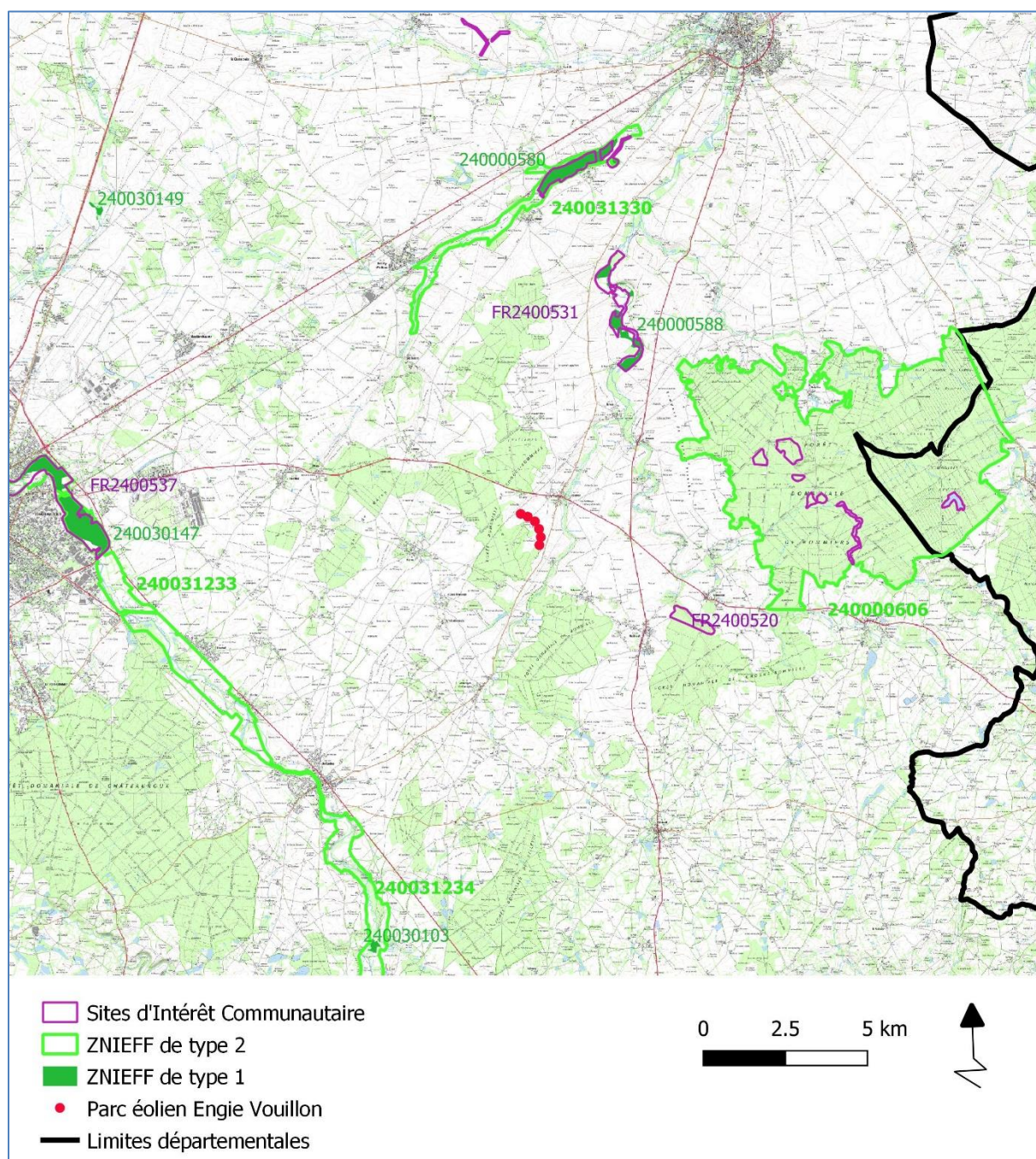
Photo 3 : Aperçu aérien du parc éolien Engie Vouillon



## 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.



Périmètres à statut environnemental à proximité de la commune de Vouillon

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

### *i 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, présente 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 fraîches et sèches, 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.

### *ii 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 Grues 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 Rôle 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 Vilette. 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 Boischaut 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 ont 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

Sur la base des observations réalisées en 2020, le suivi 2021 a débuté dès le début de l'année, permettant un suivi de l'hiver 2020/21 (1 relevé en décembre 2020, 11 entre janvier et avril 2021). Le bilan des mortalités relevées sur cette période est présenté en annexe.

Afin d'avoir des données analysées sur une période biologique comparable à celle suivie en année 1 et 2, ce rapport se focalisera sur les données collectées à partir du printemps 2021, et jusqu'à la fin novembre. Deux passages complémentaires ont été effectués en décembre 2021.

Ainsi, ce suivi 'année 3' s'est déroulé à raison :

- D'un passage/semaine entre les semaines 9 et 17 (soit du 01/03 au 26/04) ;
- De deux passages/semaine entre les semaines 18 et 45 (soit du 26/04 au 12/11) ;
- D'un passage/semaine de nouveau les semaines 46 et 47 (soit du 15/11 au 26/11).
- Deux passages supplémentaires en décembre, en fonction des conditions locales (météo et présence d'oiseaux).

Le suivi 2021 a donc démarré en même temps que le suivi 2020.

Au final, ce sont les 63 passages qui ont été effectués sur le parc éolien de Vouillon entre avril et fin novembre 2021 qui nous intéressent dans ce présent rapport.

#### 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 blé et orge cet été, mais avec certains secteurs en tournesol ; présence de cultures d'hiver au niveau de E6), elles n'étaient pas accessibles durant une 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 35 semaines :

- Semaines 14 et 15 (6 et 9/04/2020) : les cultures étaient encore partiellement praticables ;
- Semaines 16 à 28 (16/04-16/07) : seules les aires gravillonnées ont pu être prospectées ;
- À partir de la semaine 29, la zone de recherche a été progressivement élargie, au fur et à mesure des récoltes ;

- À partir de la semaine 34 (27/08), toutes les parcelles ont été accessibles, sauf deux d'entre elles (E3 et E4), toujours occupées par du tournesol. Elles seront accessibles à partir du 08/10, semaine 40.

À noter enfin que régulièrement cette année la présence de véhicules de maintenance a également limité les prospections, comme le conteneur présent sur l'aire gravillonnée de E5 du 30/07 au 09/08, ou encore les véhicules de techniciens stationnés en E6 le 06/09.

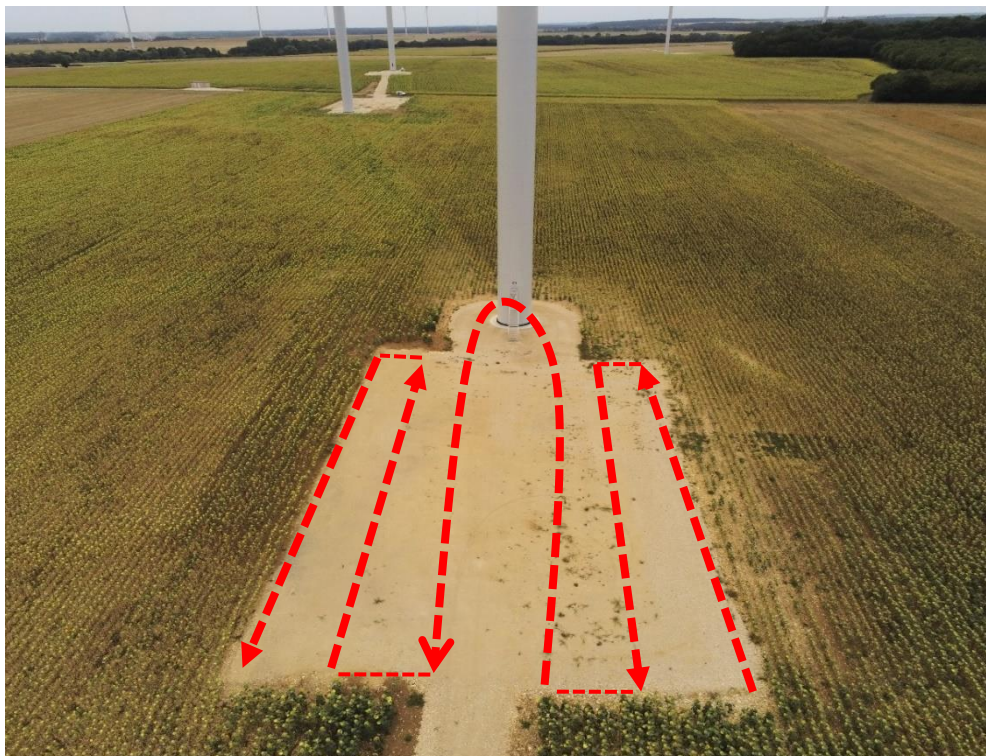
### *i* **Prospection des aires gravillonnées**

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
<b>E1</b>	1 406 m <sup>2</sup>	<b>E4</b>	1 420 m <sup>2</sup>
<b>E2</b>	1 678 m <sup>2</sup>	<b>E5</b>	1 420 m <sup>2</sup>
<b>E3</b>	1 386 m <sup>2</sup>	<b>E6</b>	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 a cette année pu être prospectée sur l'ensemble du parc à partir du 08 octobre 2021, bien plus tard qu'en 2020. En effet avant cette date, les éoliennes 3 et 4 étaient entourées de tournesol.



**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 des 63 passages est finalement présentée dans le tableau ci-dessous :

Date du suivi	Surface échantillonnée	Coeff A	Date du suivi	Surface échantillonnée	Coeff A
06/04/2021	49009,4m <sup>2</sup>	1,38	30/06/2021	9308	1,9
12/04/2021	39810,6m <sup>2</sup>	1,5	02/07/2021	9308	1,9
20/04/2021	9308m <sup>2</sup>	1,9	05/07/2021	9308	1,9
26/04/2021	9308m <sup>2</sup>	1,9	09/07/2021	9308	1,9
03/05/2021	9308m <sup>2</sup>	1,9	12/07/2021	9308	1,9
06/05/2021	9308m <sup>2</sup>	1,9	15/07/2021	9308	1,9
10/05/2021	9308m <sup>2</sup>	1,9	19/07/2021	50589,6	1,36
12/05/2021	9308m <sup>2</sup>	1,9	23/07/2021	50589,6	1,36
17/05/2021	9308m <sup>2</sup>	1,9	26/07/2021	49262,3	1,38
19/05/2021	9308m <sup>2</sup>	1,9	30/07/2021	49262,3	1,38
24/05/2021	9308m <sup>2</sup>	1,9	03/08/2021	49262,3	1,38
27/05/2021	9308m <sup>2</sup>	1,9	06/08/2021	49262,3	1,38
31/05/2021	9308m <sup>2</sup>	1,9	09/08/2021	49262,3	1,38
03/06/2021	9308m <sup>2</sup>	1,9	12/08/2021	49262,3	1,38
07/06/2021	9308m <sup>2</sup>	1,9	16/08/2021	49262,3	1,38
10/06/2021	9308m <sup>2</sup>	1,9	20/08/2021	49262,3	1,38
14/06/2021	9308m <sup>2</sup>	1,9	23/08/2021	49262,3	1,38
17/06/2021	9308m <sup>2</sup>	1,9	27/08/2021	55898,92	1,3
21/06/2021	9308m <sup>2</sup>	1,9	30/08/2021	55898,92	1,3
24/06/2021	9308m <sup>2</sup>	1,9	03/09/2021	55898,92	1,3

Date du suivi	Surface échantillonnée	Coeff A	Date du suivi	Surface échantillonnée	Coeff A
06/09/2021	55898,92m <sup>2</sup>	1,3			
10/09/2021	55898,92m <sup>2</sup>	1,3			
13/09/2021	55898,92m <sup>2</sup>	1,3			
17/09/2021	55898,92m <sup>2</sup>	1,3			
22/09/2021	55898,92m <sup>2</sup>	1,3			
24/09/2021	55898,92m <sup>2</sup>	1,3			
29/09/2021	55898,92m <sup>2</sup>	1,3			
01/10/2021	55898,92m <sup>2</sup>	1,3			
04/10/2021	67752,15m <sup>2</sup>	1,15			
08/10/2021	79639,37m <sup>2</sup>	1			
11/10/2021	79639,37m <sup>2</sup>	1			
15/10/2021	79639,37m <sup>2</sup>	1			
18/10/2021	79639,37m <sup>2</sup>	1			
21/10/2021	79639,37m <sup>2</sup>	1			
25/10/2021	79639,37m <sup>2</sup>	1			
29/10/2021	68364,15m <sup>2</sup>	1,15			
02/11/2021	68364,15m <sup>2</sup>	1,15			
05/11/2021	79639,37m <sup>2</sup>	1			
08/11/2021	79639,37m <sup>2</sup>	1			
10/11/2021	79639,37m <sup>2</sup>	1			
			15/11/2021	79639,37m <sup>2</sup>	1
			22/11/2021	79639,37m <sup>2</sup>	1
			29/11/2021	79639,37m <sup>2</sup>	1
			06/12/2021	79639,37m <sup>2</sup>	1
			13/12/2021	79639,37m <sup>2</sup>	1

#### *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 :

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

#### **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.



Mesure d'un cadavre 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 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 notamment l'évolution du couvert végétal sous les éoliennes au cours des saisons.

Pour cela, des cadavres à la disposition d'Indre Nature (oiseaux et chiroptères trouvés morts lors du suivi précédent, ou amenés 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**

## II.2 | Test de la prédation - persistance des cadavres

Trois tests de persistance des cadavres ont également été réalisés à trois 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 lors du suivi précédent, ou amenés par des adhérents de l'association, 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.

Les six éoliennes ont ainsi pu être suivies.

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.



Mise en place d'un cadavre test

## II.3 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.3.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 (SEFPM, 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.3.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.3.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  $\hat{i}$ , correspondant à la durée au-delà de laquelle le taux de persistance est inférieur à 1% : un cadavre découvert au bout d'un  $i$  très long est considéré mort dans cet intervalle effectif.

La formule est la suivante :

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

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 :  $P = \exp(-0,5 \times i/t)$ , avec toujours la fréquence de passage  $i$  = nombre de jours entre chaque passage et  $t$  la durée moyenne de persistance des cadavres

$\hat{i}$  : 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.3.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.4 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 :

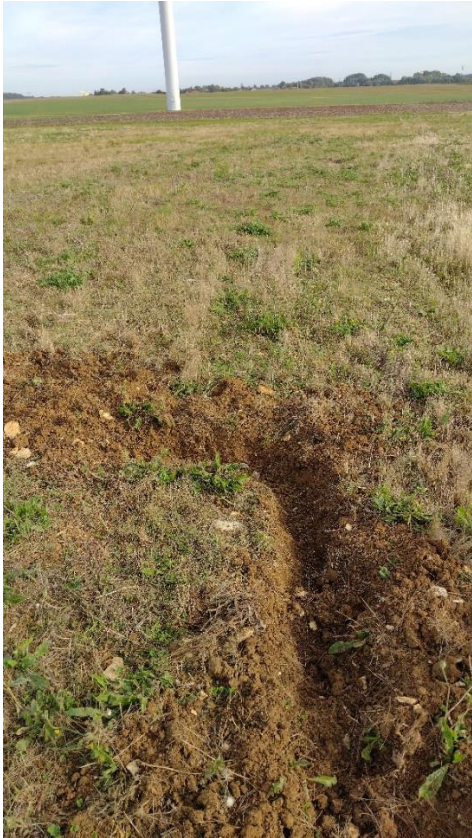
- Passages d'engins agricoles : enfouissement potentiel des cadavres, création d'ornières remplies d'eau...
- Couvert difficilement prospectable (tous les types de recouvrements ne peuvent être testés) : couvert élevé...
- Conditions d'observation difficiles : ensoleillement fort ou au contraire ombre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

Les quelques photos qui suivent illustrent certains biais présents cette année sur le site :





Ornières d'engins agricoles autour de E5



Tranchée présente en E6



Tracteur stationné en E4



Conteneur sur la plateforme de E5

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 63 passages, 3 espèces de chiroptères et 6 espèces d'oiseaux ont été retrouvées sous les éoliennes, pour un total de **9 cadavres**, dénombré à 66% parmi l'avifaune. Le détail est présenté dans le tableau ci-dessous, faisant apparaître les statuts de conservation des espèces, à différentes échelles.

Pour la période officielle du protocole national (soit du 06/04 à la fin novembre), on obtient un résultat de 9 cadavres (3 chauves-souris et 6 oiseaux).

Espèces, effectifs et statuts

Espèces	Nombre de cadavres	DH/DO1	LRE	PN	LRR
<b>Chiroptères</b>	<b>3</b>				
Noctule de Leisler	1	Oui (Annexe IV)	LC	Oui	NT
Pipistrelle de Kühl	1	Oui (Annexe IV)	LC	Oui	LC
Pipistrelle de Nathusius	1	Oui (Annexe IV)	LC	Oui	NT
<b>Oiseaux</b>	<b>6</b>				
Tourterelle des bois	1	Non	VU	Non	LC
Bruant Proyer	1	Non	Non	Oui	NT
Hirondelle de fenêtre	1	Non	LC	Oui	LC
Pinson des arbres	1	Non	LC	Oui	LC
Roitelet Sp.	1	Non	LC	Oui	LC
Faucon crécerelle	1	Non	LC	Oui	LC

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) ; Nap : Non applicable

On peut voir grâce au tableau que la quasi-totalité de ces espèces sont protégées en France, sauf la tourterelle des bois. Cette dernière, en revanche, est classée vulnérable sur la liste rouge européenne, en raison d'une trop grosse pression cynégétique. Le bruant proyer est classé quasi-menacé sur la liste rouge régionale, en partie à cause de l'évolution des pratiques agricoles sur son habitat. Les trois espèces de chauves-souris, elles, sont classées en annexe IV de la directive Habitats-Faune-Flore.

À partir de ces résultats bruts, on peut en déduire une mortalité de 9/63 soit 0,14 cadavres par visite ; comme les 6 éoliennes étaient contrôlées à chaque fois, on aboutit à une valeur estimative de

0,024 cadavre par éolienne et par jour suivi. Si l'on considère la durée totale du suivi (244 jours), l'on obtient la moyenne de terrain estimée de **0,037 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 les 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 19/07/2021 et 30/08/2021.

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. Ainsi pour le premier test, les cadavres ont tous été placés sur les aires gravillonnées puisque les parcelles étaient encore en culture, et pour le second test certains cadavres ont pu être placés dans les parcelles, alors partiellement récoltées. Nous ne disposions pas d'assez de chauves-souris pour procéder aux tests, ainsi les cadavres utilisés furent intégralement des oiseaux.

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

DONNÉES DES TESTS			
	Date	Éolienne suivie	Tests
<b>TEST 1</b> (aires gravillonnées)	19/07/2021	éolienne 1	15 cadavres tests
		éolienne 2	
		éolienne 3	
<b>TEST 2</b> (surface optimale)	30/08/2021	éolienne 1	15 cadavres tests
		éolienne 4	
		éolienne 2	

RÉSULTATS					
	Éolienne suivie	Tests	Résultats bruts : cadavres trouvés	Taux de détection	Taux de détection moyen D
<b>TEST 1</b> (aires gravillonnées)	E1	15 oiseaux	12 oiseaux	80%	<b>77%</b>
	E2	15 oiseaux	11 oiseaux	70%	
	E3	15 oiseaux	12 oiseaux	80%	
<b>TEST 2</b> (surface optimale)	E2	15 oiseaux	6 oiseaux	40%	<b>62,33%</b>
	E4	15 oiseaux	9 oiseaux	60%	
	E1	15 oiseaux	13 oiseaux	87%	

Un taux de détection global peut être calculé : il est de 70% sur les deux tests réalisés.

### III.3 Persistance des cadavres

Le test de prédation des cadavres a été mis en place à trois reprises, en avril, juillet et fin août 2021.

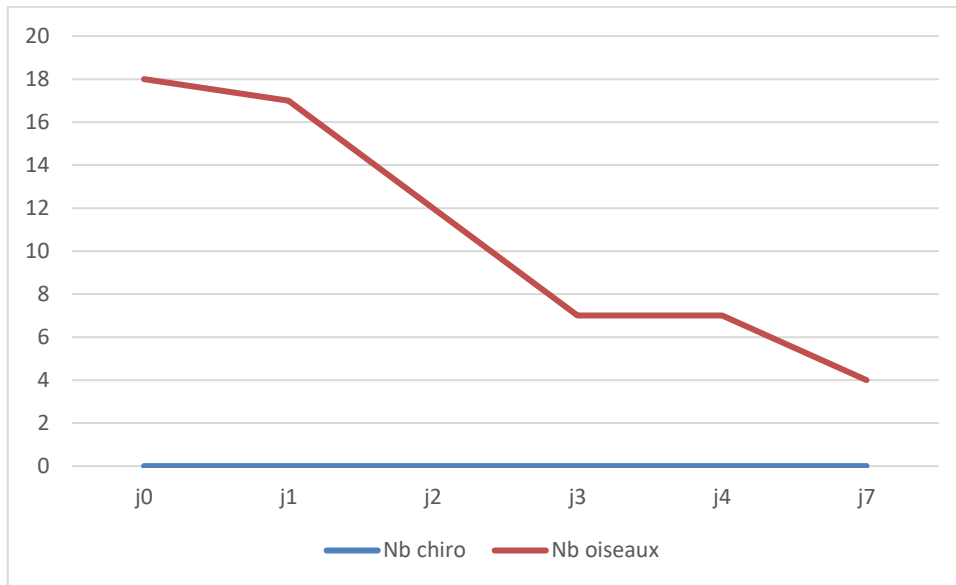
Là aussi, les zones de tests ainsi que la méthode de recherche ont été adaptées à l'évolution de la végétation entre ces deux passages. Pour ce test, cela permettra de prendre en compte au mieux les différents paramètres environnementaux dans les calculs de mortalité.

La fréquentation du parc éolien de Vouillon par des prédateurs potentiels divers (renard, sanglier...) a en effet été constatée cette année encore lors des relevés (fèces, restes de prédation – plumes, cultures ravagées, individus tests prédatés...). De plus, le chemin qui longe la lisière de forêt en bordure du parc comprend une bauge régulièrement approvisionnée en pommes et autres fruits. Un blaireau a également été aperçu le 3 septembre 2021. Ce dernier traversait la route à l'Est de E4 pour rejoindre la parcelle d'en face.

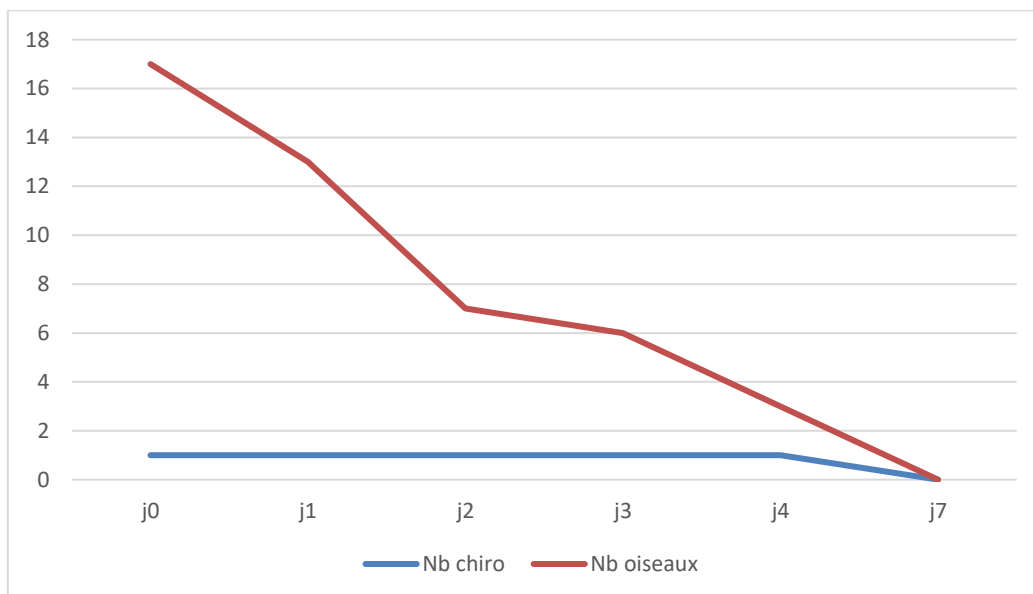
Les données et résultats de ces tests prédation sont les suivants :

DONNÉES DES TESTS			
	Date	Éolienne suivie	Tests
		Eolienne 1	3 oiseaux
<b>TEST 1</b> (aires gravillonnées)	30/03/2020	Éolienne 2	3 oiseaux
		Éolienne 3	3 oiseaux
		Éolienne 4	3 oiseaux
		Éolienne 5	3oiseaux
		Éolienne 6	1 chiroptère 2 oiseaux
<b>TEST 2</b> (surface optimale)	06/07/2020	Éolienne 1	4 oiseaux
		Éolienne 2	3 oiseaux
		Éolienne 3	3 oiseaux
		Éolienne 4	3 oiseaux
		Éolienne 5	3 oiseaux
		Éolienne 6	3 oiseaux
<b>TEST 3</b> (surface optimale)	05/10/2020	Éolienne 1	3 oiseaux
		Éolienne 2	3 oiseaux
		Éolienne 3	3 oiseaux
		Éolienne 4	3 oiseaux
		Éolienne 5	1 chiroptère 2 oiseaux
		Éolienne 6	3 oiseaux

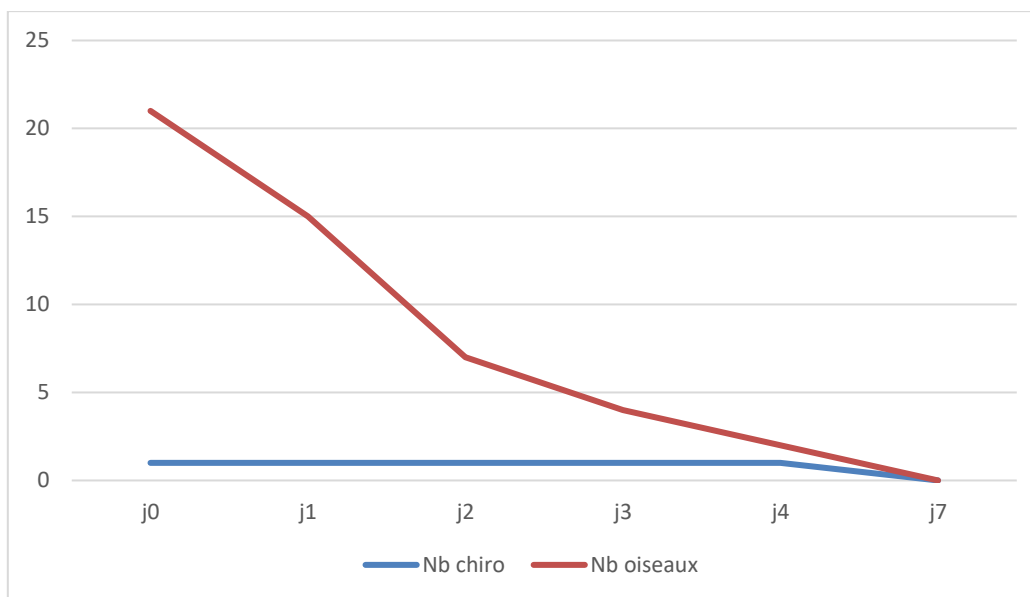
La persistance des cadavres testée au travers des trois tests peut être représentée sur les graphiques ci-dessous :



Vitesse de disparition des cadavres – Test prédation 1 (avril 2021)



### Vitesse de disparition des cadavres – Test prédation 2 (juillet 2021)



### Vitesse de disparition des cadavres – Test prédation 3 (30 août 2021)

➤ 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) :

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

La valeur moyenne est présentée ci-dessous, pour chaque test. Ne disposant pas d'assez de cadavres de chiroptères, les calculs ont été faits en ne prenant en compte que les oiseaux.

RÉSULTATS - Durée moyenne de persistance t			
	Test 1	Test 2	Test 3
Oiseaux	3,83 jours	2,29 jours	1,76 jours

➤ 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 début de suivi,
- 2 ou 4 jours ensuite.

Là encore nous ne prenons en compte que les cadavres d'oiseaux pour effectuer les calculs.



RÉSULTATS - Taux de persistance P					
	Test 1 (7 jours)	Test 2 2 jours	Test 2 4 jours	Test 3 2 jours	Test 3 4 jours
Oiseaux	0,22	0,41	0,18	0,33	0,10

Ces tests montrent cette année une prédation plus importante à la fin de l'été, même si les valeurs calculées sur les différents tests restent proches. On notera cependant que tous les cadavres ont disparu au bout de 7 jours sauf pour le test 1 où 4 cadavres étaient toujours présents.

Par rapport à 2020 :

- la prédation semblait alors plus importante au printemps qu'en été ou à l'automne ;
- la durée moyenne de persistance est nettement inférieure cette année, en particulier pour les deux derniers tests (2,29 et 1,76 jours cette année pour 5,3 et 4,9 en 2020) ;
- les taux de persistance à 7 jours au printemps sont équivalents (0,22/0,23), mais ceux à 2 et 4 jours pour le reste de l'année sont beaucoup moins importants en 2021 (0,84 et 0,68 en 2020).

Ces tests témoignent d'une prédation plus importante cette année sur le parc.

### III.4 Estimation de la mortalité

Les passages de terrain ont été regroupés par période, 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. Aux vues du nombre total d'individus retrouvés cette année (9), nous n'avons pas jugé pertinent de différencier la mortalité calculée pour les oiseaux et la mortalité calculée pour les chiroptères.

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	Erickson	Jones	Huso																																																																																																															
06/04/2021	49009,4		1	1,44	0,7	-	6	0,22	3,8	9,35	3,25	4,53	4,09																																																																																																														
12/04/2021	39810,6	1				6								20/04/2021	9308	1	3	1,9	0,7	8	4,00	0,39	3,8	20,88	8,57	13,78	13,17	26/04/2021	9308		6	03/05/2021	9308		8	06/05/2021	9308		3	10/05/2021	9308		4	12/05/2021	9308		2	17/05/2021	9308		5	19/05/2021	9308		2	24/05/2021	9308		5	27/05/2021	9308		3	31/05/2021	9308		4	03/06/2021	9308		3	07/06/2021	9308		4	10/06/2021	9308	1	3	14/06/2021	9308		4	17/06/2021	9308		3	21/06/2021	9308		4	24/06/2021	9308		3	30/06/2021	9308	1	6	02/07/2021	9308		2	05/07/2021	9308		3	09/07/2021	9308		4	12/07/2021	9308		3	15/07/2021	9308		3	19/07/2021	50589,6	0	0
20/04/2021	9308	1	3	1,9	0,7	8	4,00	0,39	3,8	20,88	8,57	13,78	13,17																																																																																																														
26/04/2021	9308					6																																																																																																																					
03/05/2021	9308					8																																																																																																																					
06/05/2021	9308					3																																																																																																																					
10/05/2021	9308					4																																																																																																																					
12/05/2021	9308					2																																																																																																																					
17/05/2021	9308					5																																																																																																																					
19/05/2021	9308					2																																																																																																																					
24/05/2021	9308					5																																																																																																																					
27/05/2021	9308					3																																																																																																																					
31/05/2021	9308					4																																																																																																																					
03/06/2021	9308					3																																																																																																																					
07/06/2021	9308					4																																																																																																																					
10/06/2021	9308	1				3																																																																																																																					
14/06/2021	9308		4																																																																																																																								
17/06/2021	9308		3																																																																																																																								
21/06/2021	9308		4																																																																																																																								
24/06/2021	9308		3																																																																																																																								
30/06/2021	9308	1	6																																																																																																																								
02/07/2021	9308		2																																																																																																																								
05/07/2021	9308		3																																																																																																																								
09/07/2021	9308		4																																																																																																																								
12/07/2021	9308		3																																																																																																																								
15/07/2021	9308		3																																																																																																																								
19/07/2021	50589,6	0	0	1,38	0,7	4	3,55	0,27	2,29	0	0	0	0																																																																																																														

Date du suivi	Surface échantillonnée	C	A	D	i	i moyen	P	t	Mortalité estimée				
23/07/2021	50589,6				4								
26/07/2021	49262,3				3								
30/07/2021	49262,3				4								
03/08/2021	49262,3				4								
06/08/2021	49262,3				3								
09/08/2021	49262,3				3								
12/08/2021	49262,3				3								
16/08/2021	49262,3				4								
20/08/2021	49262,3				4								
23/08/2021	49262,3				3								
27/08/2021	55898,92				4								
30/08/2021	55898,92	1			3								
03/09/2021	55898,92				4								
06/09/2021	55898,92				3								
10/09/2021	55898,92				4								
13/09/2021	55898,92	1	3	1,3	0,7	3	3,55	0,15	1,76	37,14	11,24	15,3	13,02
17/09/2021	55898,92	1				4							
22/09/2021	55898,92				5								
24/09/2021	55898,92				2								
29/09/2021	55898,92				5								
01/10/2021	55898,92				2								
04/10/2021	67752,15				3								
08/10/2021	79639,37				4								
11/10/2021	79639,37				3								
15/10/2021	79639,37		2	1,03	0,7	4	3,33	0,17	1,76	17,3	5,57	7,58	3,47
18/10/2021	79639,37				3								
21/10/2021	79639,37				3								
25/10/2021	79639,37				4								

Date du suivi	Surface échantillonnée	C	A	D	i	i moyen	P	t	Mortalité estimée				
29/10/2021	68364,15	1			4								
02/11/2021	68364,15				4								
05/11/2021	79639,37	1			3								
08/11/2021	79639,37				3								
10/11/2021	79639,37				2								
15/11/2021	79639,37				5								
22/11/2021	79639,37				7								
29/11/2021	79639,37	0	1	0,7	7	6,50	0,05	1,76	0	0	0	0	
06/12/2021	79639,37				7								
13/12/2021	79639,37				7								
<b>Soit sur l'année</b>									<b>84,67</b>	<b>28,63</b>	<b>41,19</b>	<b>33,75</b>	
<b>Paramètres moyens</b>									<b>Mortalité calculée globale</b>				
	42939,56	9	1,34	0,7	3,9		0,21	2,53	<b>82,04</b>	<b>26,56</b>	<b>37,24</b>	<b>33,79</b>	

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

- un **facteur de 3.2 à 9.4 par rapport à ce qui a été observé sur le terrain (entre 29 et 85 cas estimés)**, si l'on considère les variations périodiques des paramètres ; il est à noter toutefois que l'absence de mortalité sur une période ne permet pas d'obtenir de valeur estimative avec les formules considérées.
- Un **facteur de 2.95 à 9.1 par rapport à ce qui a été observé sur le terrain (entre 26 et 82 cas)** si l'on considère les valeurs moyennes des paramètres.

**Sur une année complète**, la mortalité estimée est comprise **entre 67 et 70 cas**, soit **5 à 5.2 fois plus** que notre mortalité constatée ramenée à une année.

	Mortalité constatée		Winkelmann	Erickson	Jones	Huso	Moyenne calculée
Mortalité globale en 8 mois	9	Valeurs périodiques	84,67	28,63	41,19	33,75	47,06
		Valeurs moyennes	82,04	26,56	37,24	33,79	44,91
Mortalité par éolienne en 8 mois*	1,5	Valeurs périodiques	14,11	4,77	6,87	5,63	7,84
		Valeurs moyennes	13,67	4,43	6,21	5,63	7,48
Mortalité par éolienne et par mois*	0,19	Valeurs périodiques	1,76	0,60	0,86	0,70	0,98
		Valeurs moyennes	1,71	0,55	0,78	0,70	0,94
Mortalité par éolienne sur l'année*	2,25	Valeurs périodiques	21,17	7,16	10,2975	8,44	11,77
		Valeurs moyennes	20,51	6,64	9,31	8,45	11,23
Mortalité globale sur l'année*	13,5	Valeurs périodiques	127,01	42,95	61,785	50,625	70,59
		Valeurs moyennes	123,06	39,84	55,86	50,69	67,36

\*les résultats ont été calculés pour ces lignes simplement en divisant/multipliant la « mortalité globale en 8 mois » par le nombre d'éoliennes/de mois. Ils ne tiennent donc pas compte des variations d'activité, géographiques ou temporelles.

Si l'on prend maintenant en compte les résultats des suivis 'hivernaux' (entre janvier et avril, puis en décembre 2020), on constate que **la mortalité constatée sur l'année complète permet de retrouver des valeurs similaires** à celles calculées ci-dessus (pour rappel, il a été retrouvé 11 oiseaux et 3 chauves-souris).

Les estimations calculées à l'aide des formules seraient donc similaires.

	Mortalité constatée		
	Oiseaux	Chiroptères	Total
<b>Mortalité globale sur l'année</b>	11	3	14
<b>Mortalité par éolienne sur l'année</b>	1,8	0,5	2,3
<b>Mortalité par éolienne et par mois</b>	0,15	0,04	0,19

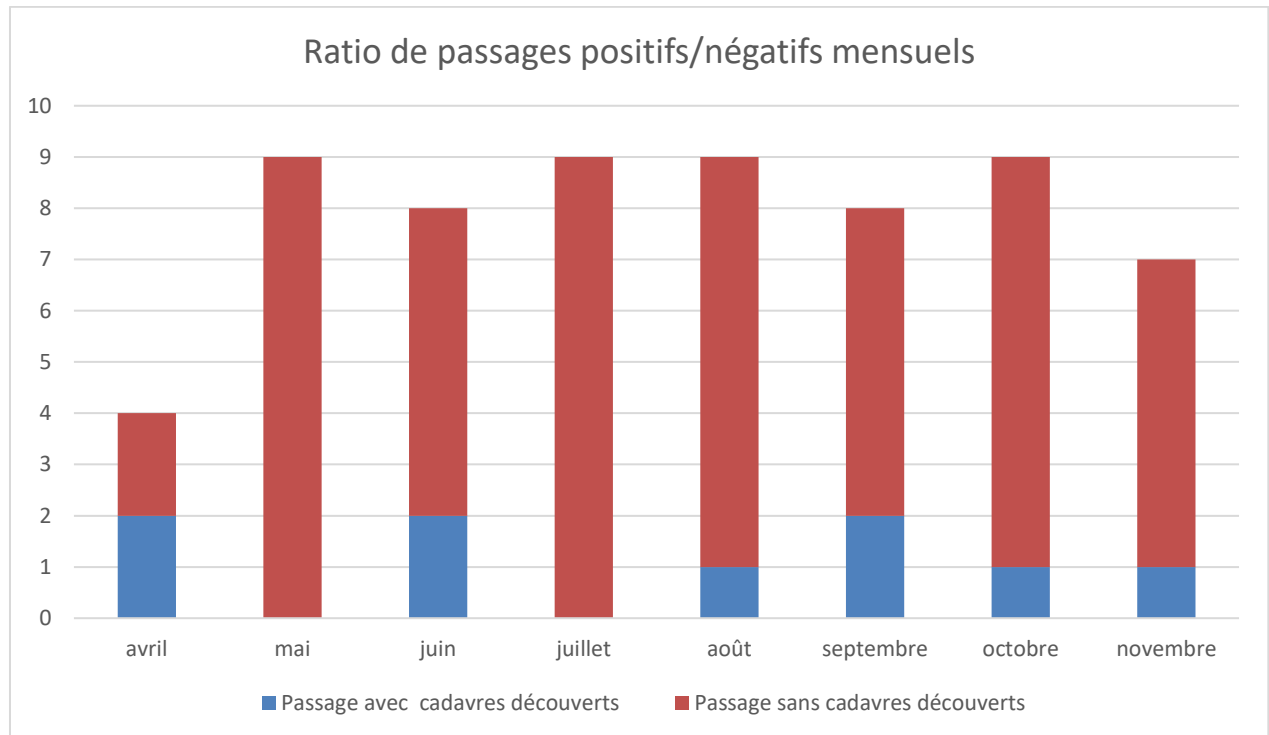
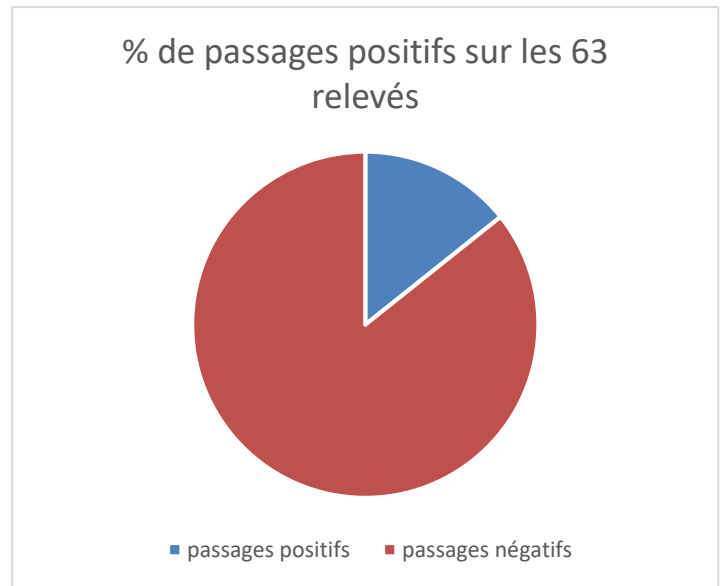
→ Avec la même période qu'en 2020, la mortalité rencontrée sur le parc de Vouillon est encore inférieure cette année (près de 2 fois moins de cadavres retrouvés).

## IV Analyses

### IV.1 Aperçu global

Sur les 63 relevés mis en œuvre entre avril et fin novembre 2021, 9 (14%) ont permis de relever au moins un cadavre.

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



Au cours de ce suivi, nous avons constaté **9 relevés de 1 cadavre**, répartis assez uniformément sur l'année sauf en mai et juillet où aucun cadavre n'a été découvert. Pour rappel, nous ne présentons ici que les relevés de la période « officielle » de suivi, de début avril à fin novembre.

## 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 06/04/2021 et le 29/11/2021.

On peut voir sur ce dernier que les 3 cadavres de chiroptères ont été trouvés pendant la deuxième moitié de suivi. Deux individus ont été trouvés entre le 30/08 et le 17/09, ce qui correspond à la période de reproduction chez les chauves-souris. La pipistrelle de nathusius découverte le 05/11 était probablement en phase de migration automnale vers ses quartiers d'hiver. En effet, chaque année cette espèce quitte le nord de l'Europe pour venir hiberner sous nos latitudes et se reproduire. La forêt de Chœurs-Bommiers à proximité du parc représente ainsi un potentiel site d'hibernation pour cette espèce à la recherche de granges, grottes ou autres cavités dans les arbres. Néanmoins, le peu de données récoltées pour ce groupe (seulement 3 individus de chiroptères retrouvés pendant la période du suivi) ne permet pas d'en tirer une conclusion formelle.

Pour les oiseaux en revanche, c'est le printemps qui a été le plus mortifère avec 4 individus retrouvés entre début avril et fin juin, représentant 66% du total d'oiseaux relevés sur la période.

➤ Les mortalités se concentrent entre **début avril et fin juin pour les oiseaux (4 individus sur 6 retrouvés)**, ainsi qu'entre **fin août et début novembre pour les chauves-souris (3 individus retrouvés)**.

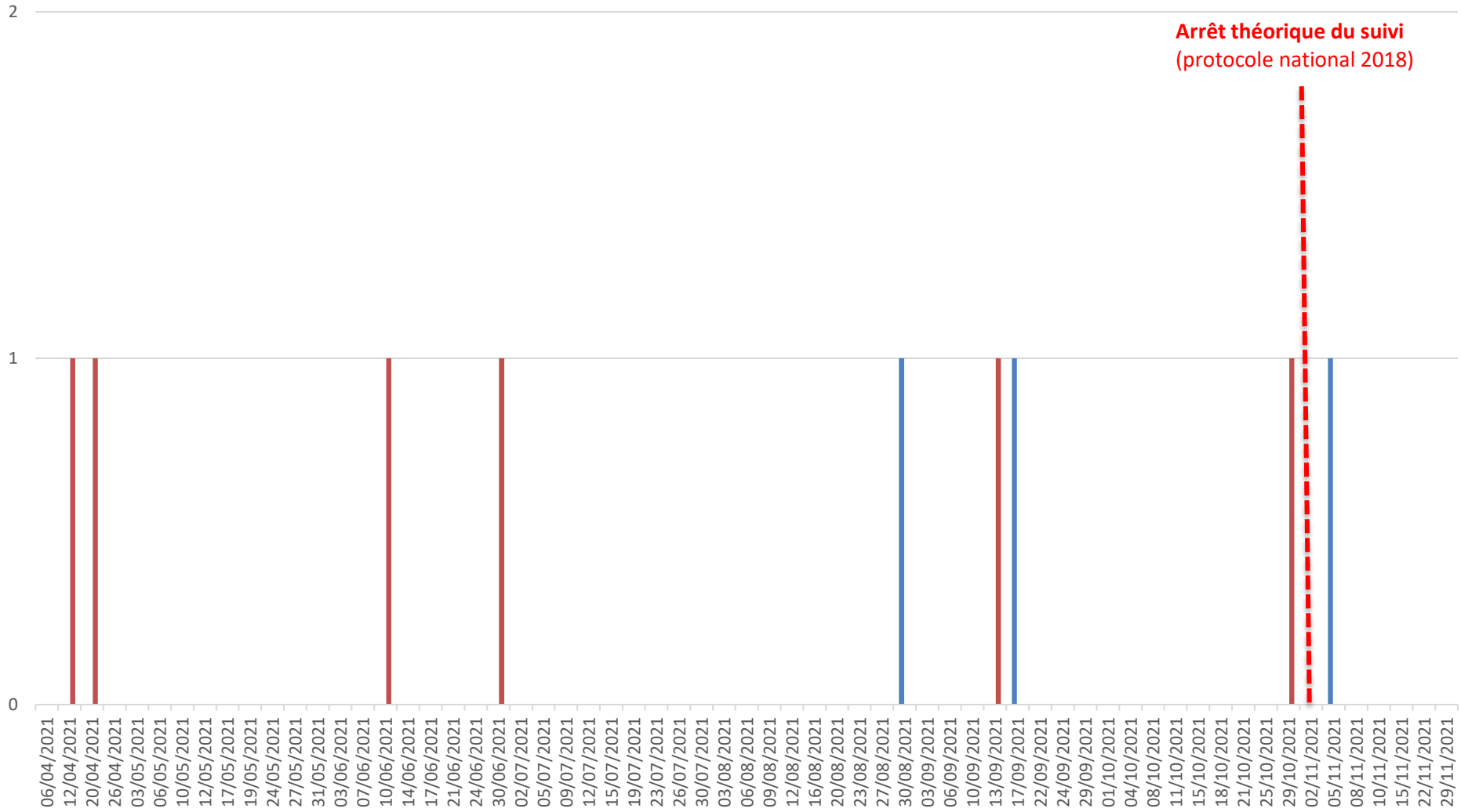
En période estivale, seulement deux cadavres ont été relevés, un oiseau en début d'été, et un chiroptère en fin d'été.

Le nombre de cas est moins important qu'en 2020 en période de migration automnale, et seul un cas de mortalité est à déplorer cette année après la fin du protocole 'officiel'.

Ces résultats mensuels sont présentés en page 39.

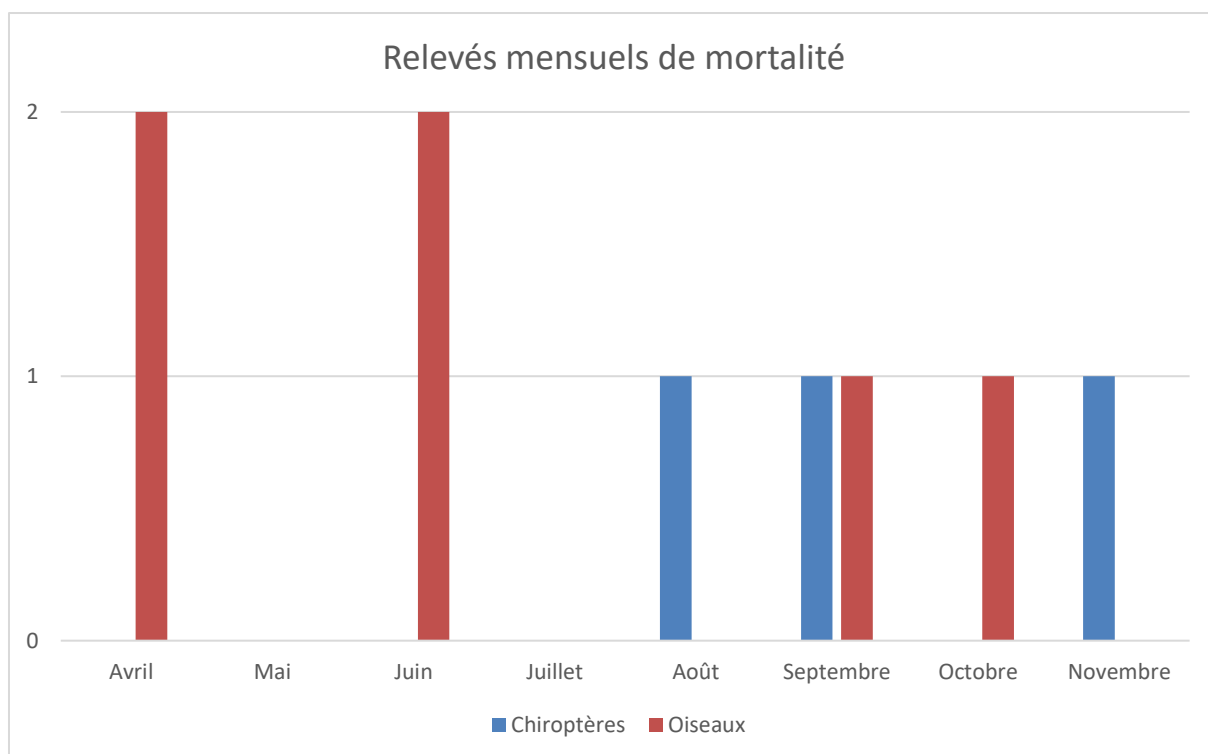


# Mortalité relevée entre le 06/04 et le 29/11 2021



Arrêt théorique du suivi  
(protocole national 2018)

■ Chiroptères ■ Oiseaux



#### IV.2.b Mortalité estimée

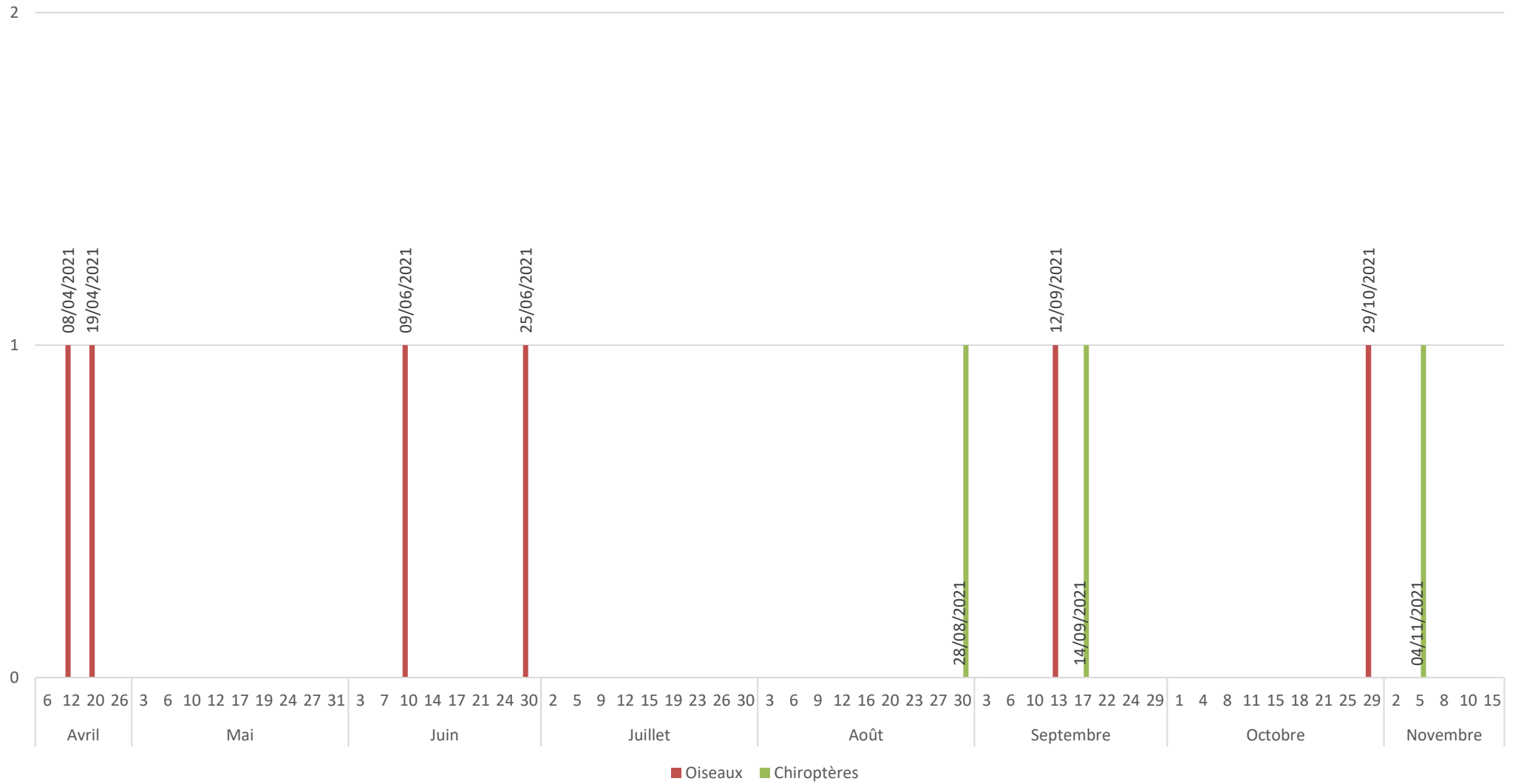
Pour se lancer dans une tentative d'explication de la mortalité observée, il a été nécessaire d'estimer la date approximative de la mort des individus retrouvés. Pour cela, on peut s'aider de quelques indices visuels :

- 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 suivant la mort.

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

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.

### Mortalité estimée entre le 06/04 et le 15/11 2021



## IV.3 Espèces impactées

	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre
<b>Chiroptères</b>								
noctule de leisler					1			
pipistrelle de kuhl						1		
pipistrelle de nathusius								1
<b>Oiseaux</b>								
roitelet sp.	1							
faucon crécerelle	1							
tourterelle des bois			1					
bruant proyer			1					
hirondelle de fenêtre						1		
pinson des arbres							1	

Espèces impactées et mois de mortalité

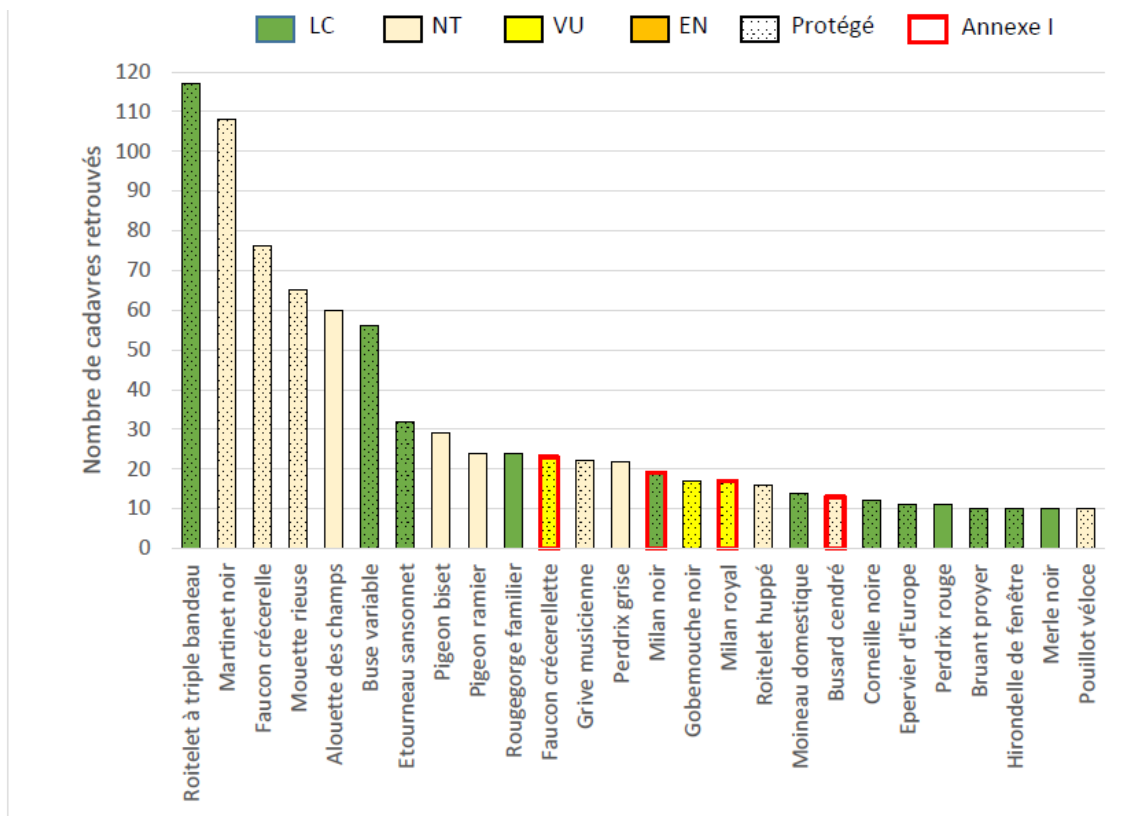
### IV.3.a Oiseaux

On peut voir sur ce tableau que les espèces impactées sont encore une fois différentes par rapport à l'année dernière : 3 espèces de chiroptères contre 5 en 2020, et 6 espèces d'oiseaux contre 10 l'année passée. Au total, ce sont 4 espèces migratrices qui ont été impactées (noctule de leisler, pipistrelle de nathusius, tourterelle des bois et hirondelle de fenêtre), le pinson et le roitelet étant des migrateurs partiels. Les effectifs concernés sont aussi inférieurs à ceux de 2020.

Contrairement aux années précédentes, et aux tendances nationales citées dans le rapport de 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*), un seul cadavre de roitelet a été retrouvé cette année en tout début de suivi. Parmi les autres espèces citées par ce rapport, on retrouve également cette année un cas de faucon crécerelle et un cas d'alouette des champs, tous les deux classés dans les espèces les plus retrouvées sous les aérogénérateurs.

Le bruant proyer a lui aussi été retrouvé cette année, toujours au pied d'un mât, comme souvent pour cette espèce, ainsi qu'une hirondelle de fenêtre en période de migration automnale.

Enfin, à noter deux cas d'espèces non citées dans le rapport de la LPO : le pinson des arbres et la tourterelle des bois. Avec la proximité directe d'un patch de la forêt de Bommiers, on peut supposer que cette dernière, aux mœurs forestières et agricoles, est entrée en collision avec E6 lors du transit entre son site d'alimentation et de repos.



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)

### IV.3.b Chiroptères

Concernant les chiroptères, cette année, seulement 3 individus ont été trouvés contre 8 en 2020 : pipistrelle de kühl, nathusius et noctule de leisler. Ces espèces, qui s'alimentent préférentiellement d'insectes volants en dessous de 20m, sont toutefois susceptibles de pratiquer une « chasse de haut vol », en plein ciel à grande hauteur (L.Arthur, M.Lemaire, « *Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse* ») en fonction des conditions météorologiques locales et du type d'habitat où elles chassent. Evidemment ces facteurs diffèrent d'une espèce à l'autre.

Encore une fois ce sont les pipistrelles qui sont le plus impactées par les éoliennes cette année sur le parc de Vouillon. En revanche ces mortalités concernent cette fois la migration automnale et non printanière comme ce fut le cas l'année dernière.

La noctule de leisler a été retrouvée à 40m de E5, qui figure parmi les 3 éoliennes les plus proches de la forêt. En effet, cette espèce forestière, pour ses gîtes d'été, affectionne les arbres près des lisières, qui leur offrent un environnement plus dégagé (L.Arthur, M.Lemaire). Cette dernière, ainsi que la pipistrelle de nathusius étant migratrices, peuvent être amenées à voler haut sur de longues distances, augmentant ainsi leur risque de collision / barotraumatisme avec les éoliennes.

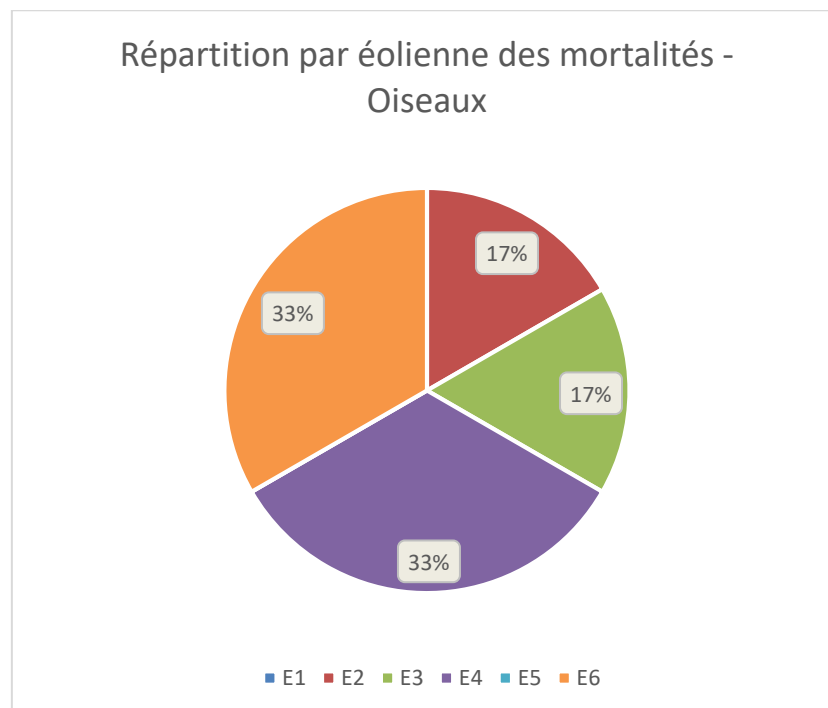
De récentes études émettent l'hypothèse que les éoliennes attirent les chauves-souris à proximité pour leur recherche de nourriture (B.Faircloth & D.Williams « *Increasing evidence that bats actively forage at wind turbines* ») mais elles sont encore trop peu nombreuses et surtout menées aux Etats-Unis. Une chose est sûre, elles attirent les insectes, comme constaté à Vouillon pendant la période du

suivi, où notamment coccinelles et punaises s'agglutinaient à la base des mâts en période d'affluence.

## IV.4 Répartition de la mortalité par éolienne

### IV.4.a Oiseaux (n = 6)

Concernant les oiseaux, cette année encore 2/3 des cas de mortalité (6 cadavres) ont été retrouvés sous 2 des 6 éoliennes, chacune recueillant 33% des cas de mortalité d'oiseaux : **E4 et E6**. Pour rappel, l'année dernière il s'agissait des mêmes chiffres (2/3 des cas) pour les mêmes éoliennes.



### IV.4.b Chiroptères (n = 3)

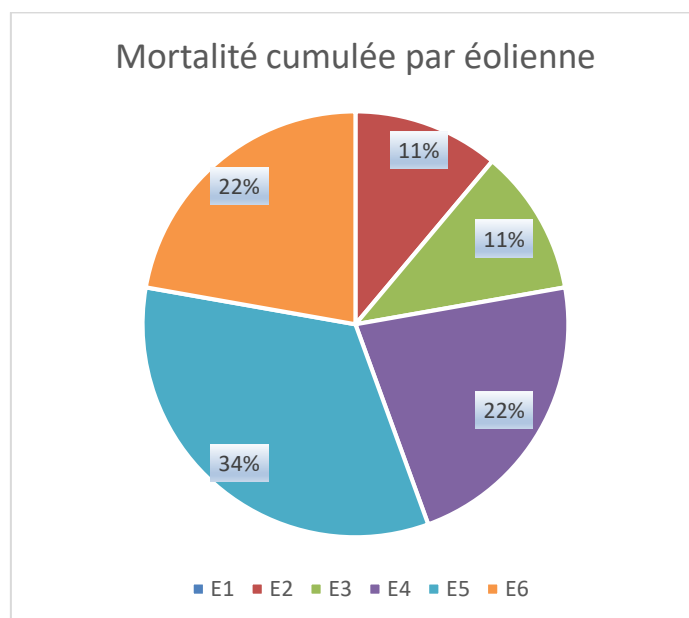
Concernant les chiroptères, **une seule éolienne** regroupe la totalité des cadavres de chauves-souris (3) retrouvés cette année sur le parc de Vouillon, il s'agit de **E5**. Ce n'est guère surprenant, puisqu'en effet cette éolienne est la plus proche de la lisière d'arbres de haut-jet à l'ouest (200m), qui représente un corridor visuel de déplacement pour les chauves-souris, et le bois lui-même leur lieu de gîte.

On pourrait penser qu'E6 serait la plus mortifère pour ce groupe, puisqu'elle se trouve encore plus proche d'une autre lisière (120m au sud). Cependant cette dernière, moins dense, moins haute et qui laisse place à une zone plus ouverte avec moins d'arbres, est nettement moins attractive pour les chiroptères, qui recherchent pour leur gîte de vieux arbres avec des cavités et préfèrent ainsi des portions de forêt plus hautes et plus anciennes.

#### IV.4.c Mortalité cumulée (n = 9)

Cette année encore, **E4, E5 et E6** apparaissent clairement comme les 3 éoliennes concernées par la plus importante mortalité puisqu'elles regroupent à elles seules 78% des individus retrouvés (7 cadavres sur 9).

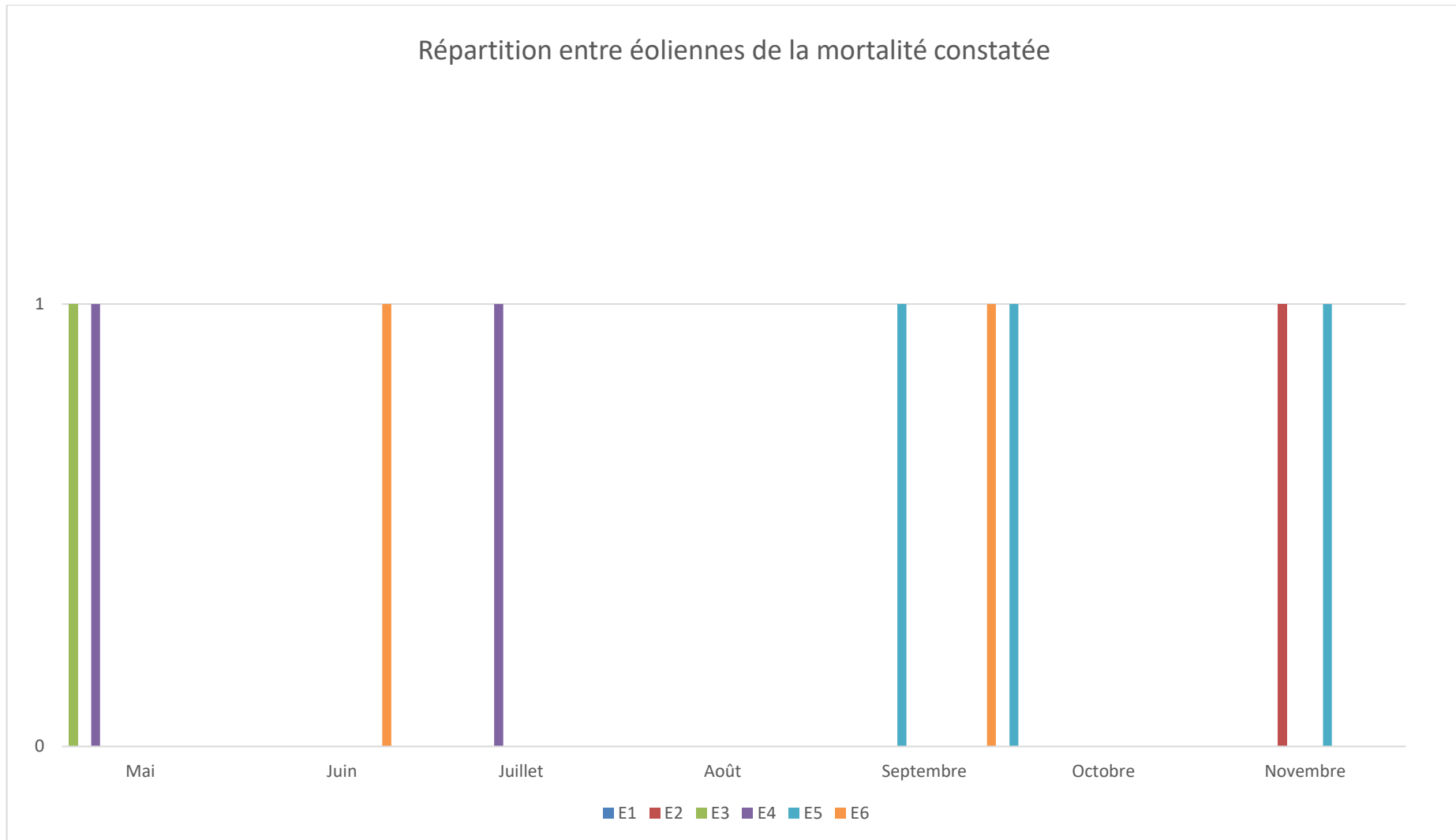
Cependant et contrairement à l'année dernière, c'est **E5** qui est le plus impliquée parmi ces 3 éoliennes avec 34% de la mortalité cumulée (3 cadavres sur 9), donc plus d'un tiers de la mortalité totale constatée.



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.

A noter qu'avec seulement 9 cadavres retrouvés cette année (près de 2 fois moins qu'en 2020), il est encore plus difficile d'en tirer une quelconque conclusion, si ce n'est que E4 semble davantage impacter au printemps et en été, tandis que E5 est plutôt mortifère en automne/hiver. Seule E1 ne présente aucun cas de mortalité constatée cette année sur le parc : c'est probablement parce qu'elle a une durée de fonctionnement bien inférieure à tous les autres aérogénérateurs du site (source : Engie Green).

## Répartition entre éoliennes de la mortalité constatée

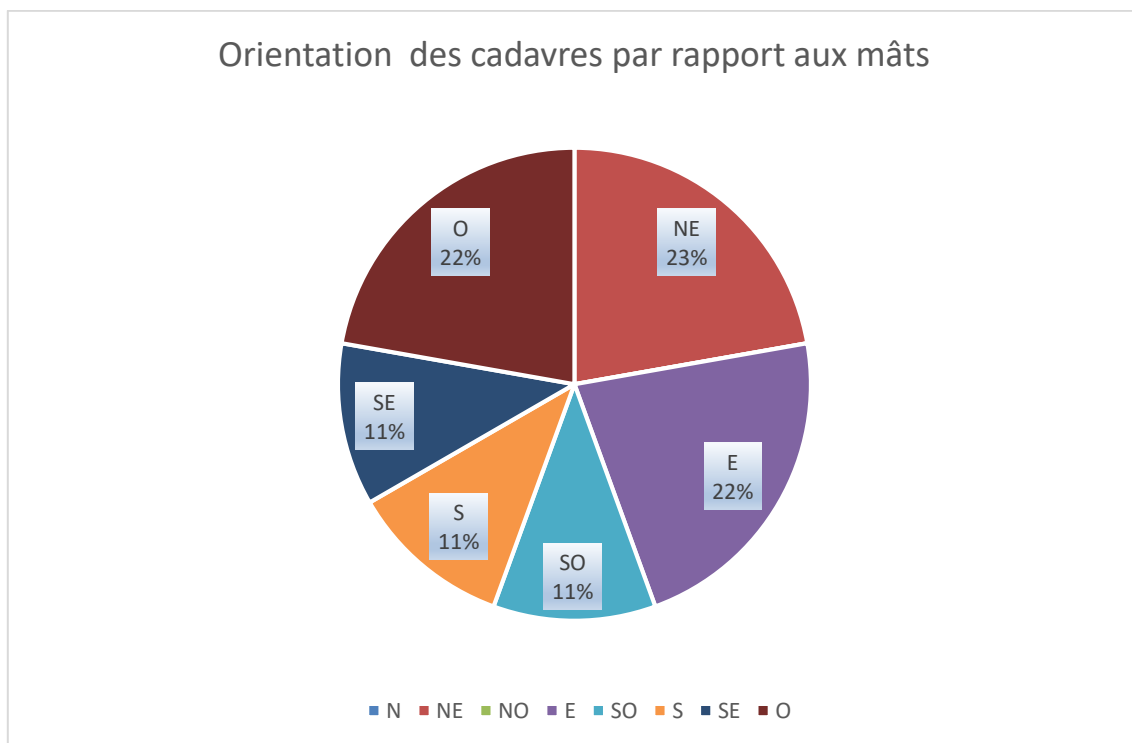




## IV.5 Dispersion des cadavres

### IV.5.a Orientation

On peut voir grâce au diagramme ci-dessous que les directions qui présentent cette année le plus de cadavres sont **l'Ouest et l'Est comme en 2020**, mais aussi le **Nord-Est**.



Compte-tenu du peu de données récoltées cette année, l'analyse de l'orientation des cadavres par éolienne n'est pas pertinente, puisque l'éolienne la plus mortifère (E5) ne regroupe que 3 cadavres. On peut toutefois noter que parmi ces 3 derniers, 2 ont été retrouvés à l'Est du mât. Les 2 cadavres retrouvés autour de l'éolienne 4, quant à eux, se situaient au Nord-Est et à l'Est de cette dernière, ce qui vient appuyer la tendance générale d'orientation des cadavres par rapport aux mâts cette année à Vouillon. Malgré la difficulté de pouvoir exploiter cette analyse, nous l'avons intégrée dans ce présent rapport à des fins de comparaison avec les années antérieures.

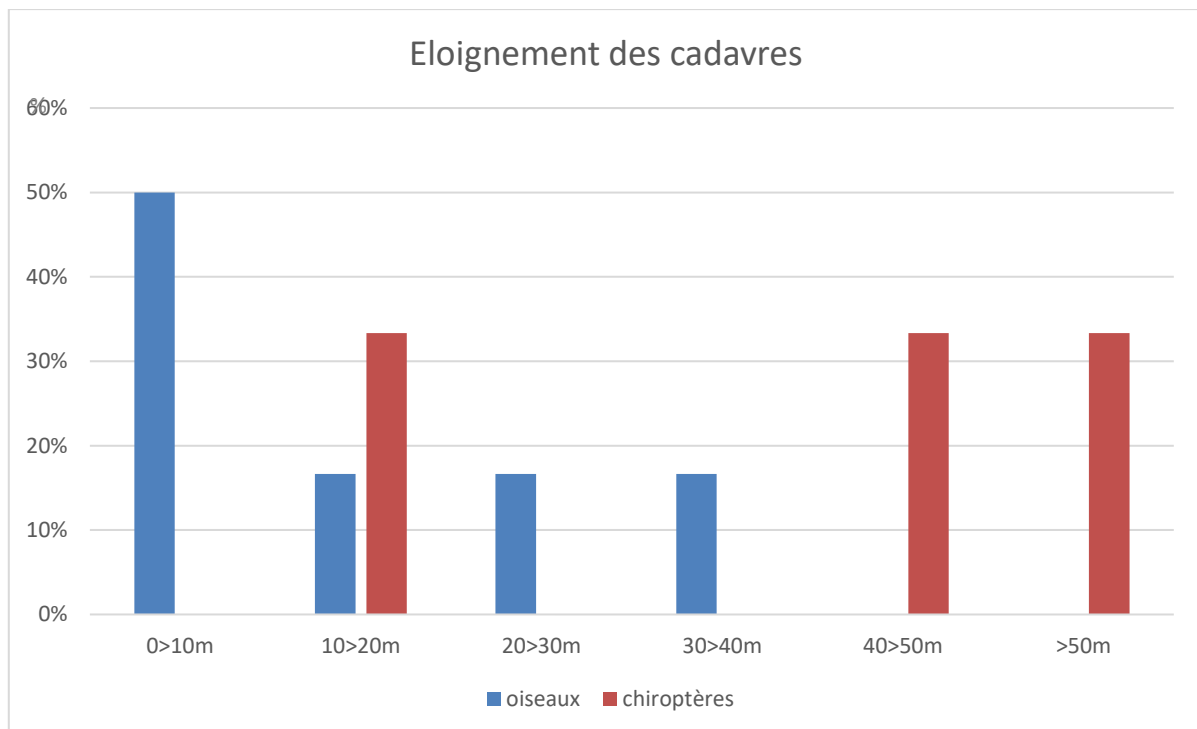
Ouest, Nord-Est et Est rassemblent donc 67% des cadavres, ce qui dans l'ensemble est similaire à l'année dernière, **sauf le Nord-Ouest** qui ne présente aucun cadavre avec cette orientation en 2021, et qui faisait partie des directions prédominantes en **2020**, alors que le **Sud** semblait ressortir en **2019**.

## IV.5.b Éloignement

Là encore, il est difficile d'exploiter l'analyse de l'éloignement des cadavres sur la seule base des 9 cadavres retrouvés cette année à Vouillon. La distance moyenne d'éloignement des cadavres par rapport au mât des éoliennes varie en fonction du groupe concerné. Elle est cette année de 36 m pour les chiroptères, et de 13,7 m pour les oiseaux.

Au global, la distance moyenne d'éloignement constatée est de 25m, un peu plus importante que ce qui avait été calculé l'année dernière (22,4m).

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



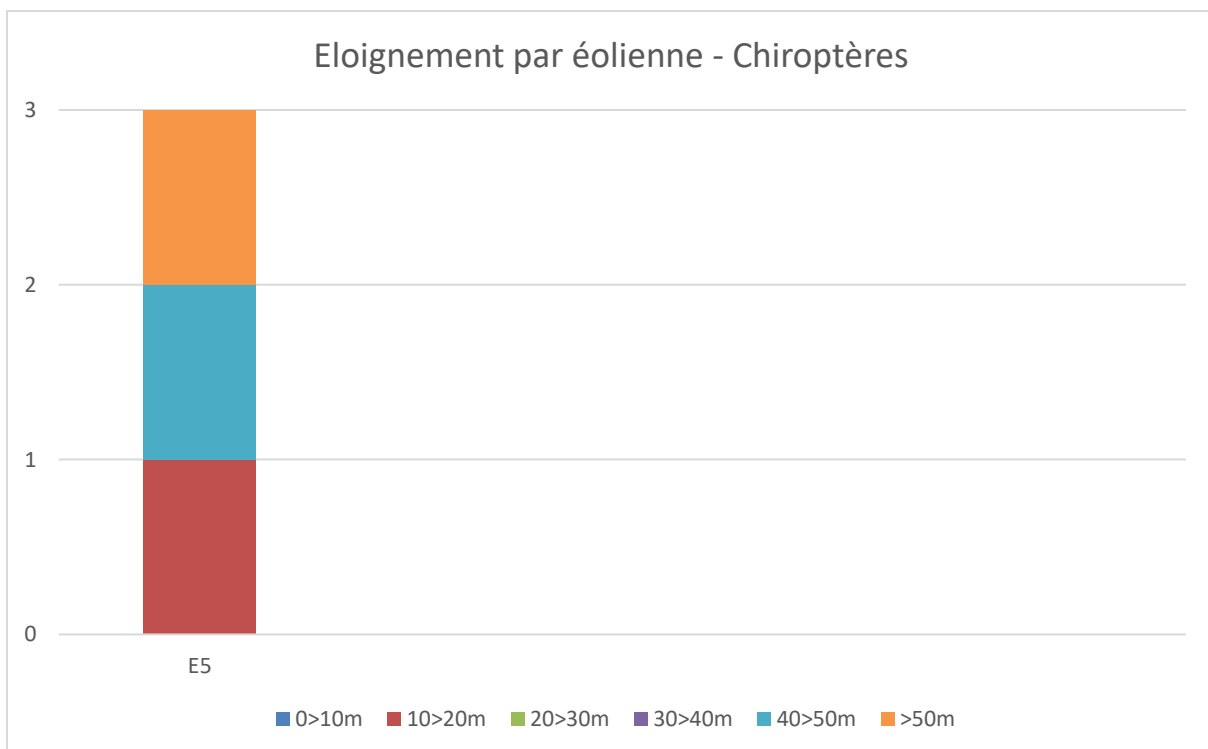
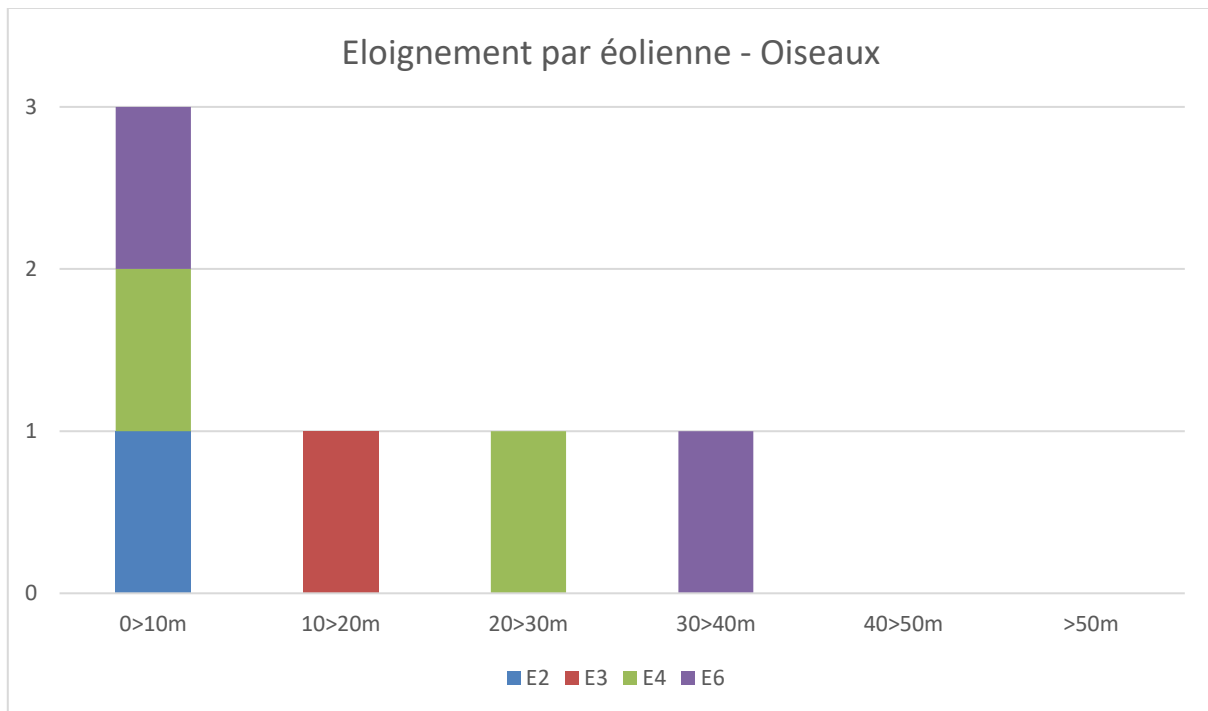
➤ Les **chiroptères** sont retrouvés majoritairement **entre 40 et au-delà de 50m** autour des éoliennes (2 cadavres sur 3) ; l'éloignement maximal constaté pour ce groupe est cette année de 53 m ; on constate une inversion de la tendance par rapport à 2020, où ces derniers furent trouvés à 88% entre 0 et 30m autour des éoliennes, avec un maximum de 30m.

➤ Cette année, les 6 cadavres d'oiseaux ont été retrouvés à **moins de 40m** des mâts, et la **moitié d'entre eux se situaient à moins de 10m**. Par ailleurs, l'éloignement maximal constaté pour ce groupe est de **32m** en 2021, ce qui représente une nette différence par rapport à l'année dernière, où les oiseaux étaient globalement répartis sur toutes les classes de distance, avec un maximum de 70m.

Cependant, il est difficile de se lancer dans une interprétation de cette « inversion » des distances sur la seule base des 9 cadavres retrouvés.

➤ En **cumulé et comme en 2019**, un peu plus de la moitié des individus retrouvés (**5 sur 9**) l'ont été entre **0 et 20 m**.

Si l'on précise en regardant l'éloignement par éolienne (graphes par groupe ci-dessous), on constate que pour **E5** les cadavres ont tendance à se trouver au-delà de 40m. Cependant, seuls des chiroptères ont été retrouvés sous cette éolienne, il est donc difficile de savoir si cet éloignement préférentiel est dû à l'éolienne ou au groupe concerné lui-même. Là encore le faible nombre de cas retrouvés cette année ne permet pas d'avancer des tendances d'interprétation.



## IV.6 Causes constatées de la mortalité

Au cours des 8 mois de ce suivi 2021, 9 cadavres ont été découverts en 63 passages, parmi lesquels 6 oiseaux et 3 chiroptères.

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

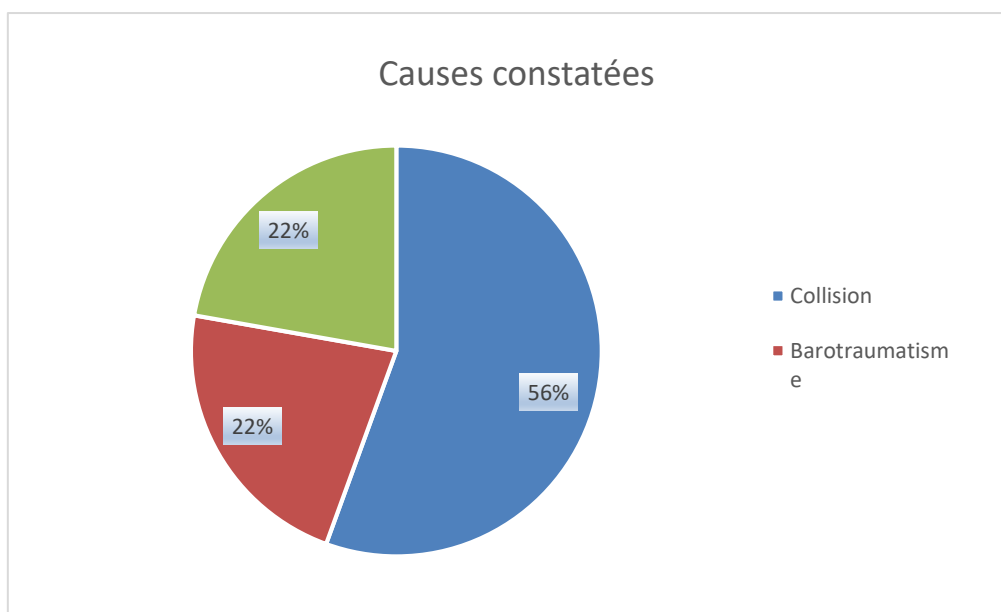
Causes	Barotraumatisme	Collision	Indéterminé	Total
Chiroptères	1	1	1	3
Oiseaux	1	4	1	6
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>9</b>

Pour les oiseaux, la **collision** semble être la cause majeure de mortalité (**4 individus sur 6**). Cela est dans certains cas aisément constatable sur le terrain lorsqu'une blessure ouverte est visible ou qu'une partie du corps est sectionnée. 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.

Certains cas n'ont pu être expliqués, avec des individus frais et sans aucune blessure ni trace de sang, ou au contraire lorsque les cadavres trouvés sont très détériorés, datant de quelques jours, et donc ayant déjà subi une potentielle transformation post-mortem (liée à la prédation ou au climat par exemple).

Ces mortalités ont été classées comme 'indéterminées' et représentent 2 cadavres sur 9.



## IV.7 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 Green, enregistrées à partir d'un mât de mesures situé à proximité immédiate du parc éolien. Les données, enregistrées à plusieurs altitudes toutes les secondes puis moyennées aux 10 minutes précédant l'occurrence, concernent la vitesse et la direction du vent, la température et la pression atmosphérique ainsi que la visibilité. 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.**

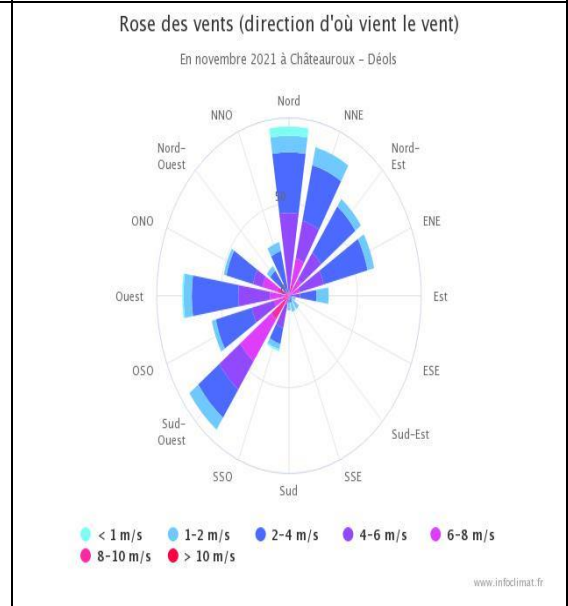
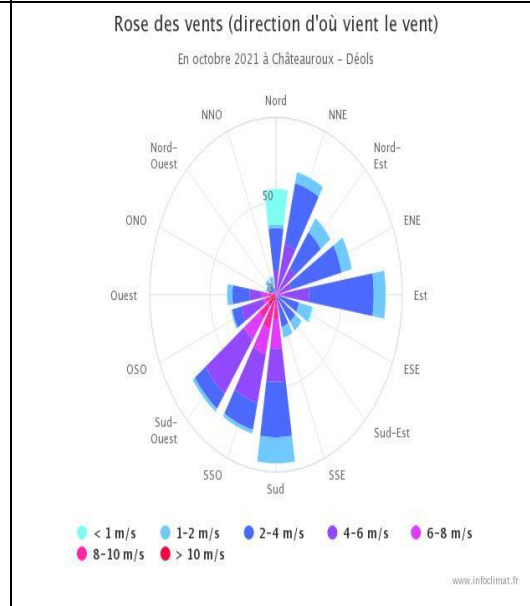
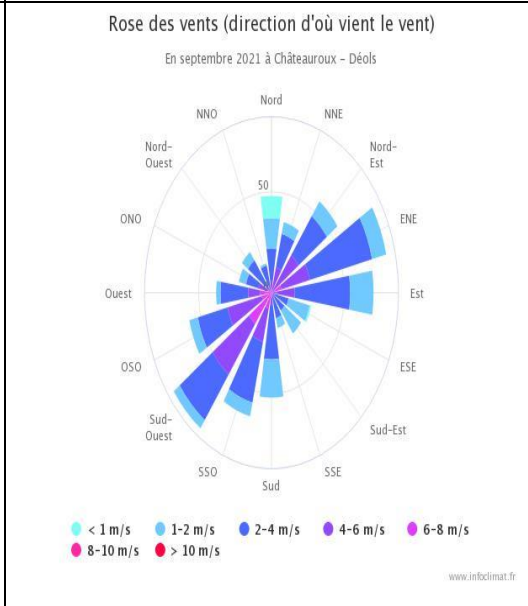
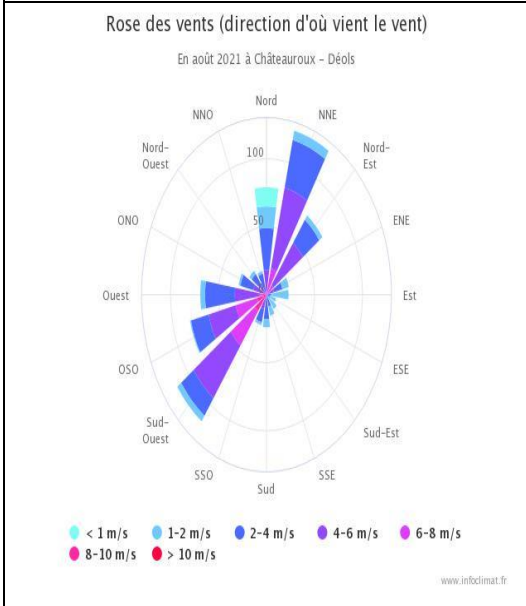
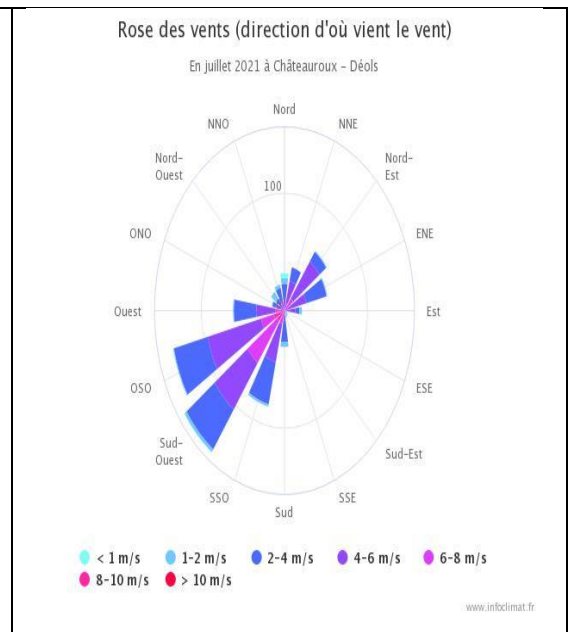
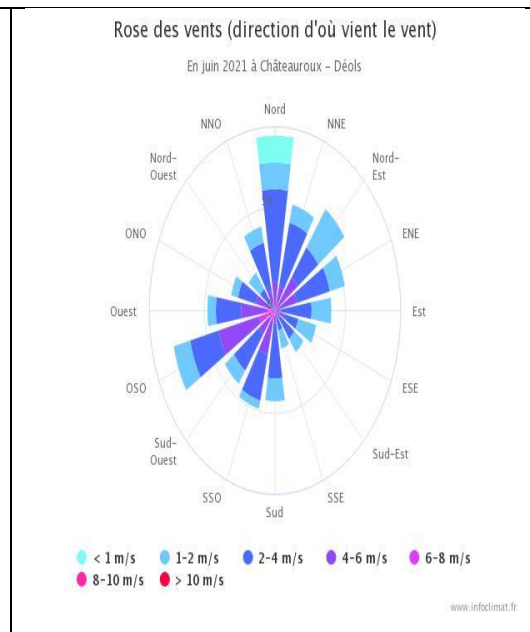
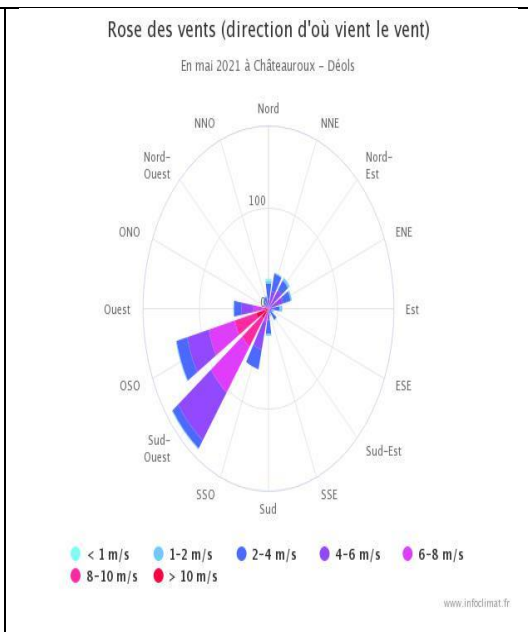
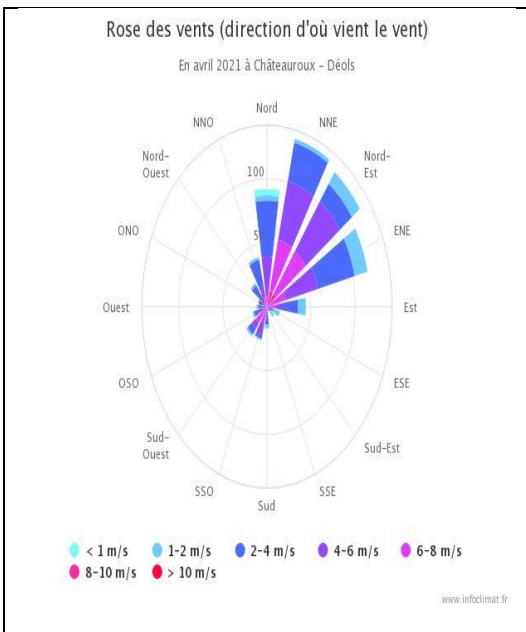
Cette année encore, il est difficile de lier la direction dominante du vent à la zone de dispersion préférentielle des cadavres retrouvés.

Les enregistrements mensuels montrent que les vents dans le secteur proviennent globalement majoritairement du **sud-ouest, donc comme en 2019 et 2020.**

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 en période de migration, et ceci pour la direction et la vitesse du vent, et la température, à 80 m, le tout avec des valeurs moyennes. 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.

Cela a également été calculé pour la période de vol des chiroptères.

Néanmoins, rien ne nous permet de cibler une période de la journée pour les oiseaux entrés en collision en période estivale. Les données météo n'ont donc pas été extrapolées dans ce cas.



Roses des Vents mensuelles d'avril à novembre 2021 à Châteauroux-Déols (source : infoclimat.fr)

Détails des mortalités	Nombre	Orientation par rapport au mât
<b>08/04/2021</b>	1	SE
<b>S-SE 4,9m/s 10,2°C</b>		
E3 <b>Roitelet sp.</b>		
<b>28/08/2021</b>	1	E
<b>N-NE 6m/s 14,7°C</b>		
E4 <b>Noctule de Leisler</b>		
<b>12/09/2021</b>	1	O-SO
<b>E 4,2m/s 17,5°C</b>		
E6 <b>Hirondelle de fenêtre</b>		
<b>14/09/2021</b>	1	O
<b>S 4,76m/s 19,2°C</b>		
E5 <b>Pipistrelle de Kühl</b>		
<b>28/10/2021</b>	1	O
<b>S-SE 6,4m/s 14,8°C</b>		
E2 <b>Pinson des arbres</b>		
<b>04/11/2021</b>	1	E-NE
<b>NO 4,2m/s 6,8°C</b>		
E5 <b>Pipistrelle de Nathusius</b>		

Aux dates de mortalités, on constate :

- Que les vents proviennent majoritairement du sud lors des évènements de mortalité, bien qu'on retrouve également d'autres directions. Ceci coïncide avec l'orientation principale des vents localement.

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

**Un détecteur de brouillard** et son couplage avec l'arrêt des machines par mauvaise visibilité a fonctionné en automatique du 25/10/2021 au 14/11/2021 pour les oiseaux. Les arrêts automatiques pour cause de brouillard n'ont eu lieu que le 4 et le 12 novembre.

## V Interprétations et comparaison interannuelle

Avec 9 cas de mortalité en 2021 contre 20 en 2020 et 144 en 2019 (ou 95 en ne prenant pas en compte le vol de rouges-gorges familiers entré en collision avec E6 à l'automne), la situation s'est encore une fois améliorée au terme de cette 3<sup>ème</sup> année de suivi.

La durée du suivi ainsi que la fréquence des passages ayant évolué entre les années, voici des éléments analysés plus comparables, **sur la base des seuls relevés réalisés 1 fois par semaine entre avril et mai, et 2 fois par semaine de mai à fin novembre**, pour un total de **63 passages** au cours de 35 semaines de suivi régulier:

2020	2021
0,32 cadavres constatés/visite	0,14 cadavres constatés/visite
5 cas de mortalités constatés/éolienne/an	2,25 cas de mortalités constatés/éolienne/an
12-15 cas de mortalité estimés/éolienne/an	11-12 cas de mortalité estimés/éolienne/an

Si l'on prend en compte les effectifs relevés **sur l'année complète** (76 passages sur 50 semaines de suivi, irrégulier en hiver), ce qui a montré des chiffrages 'proportionnels' par rapport au temps suivi, nous aboutissons au détail suivant : 1,5 oiseau/éolienne/an et 0,75 chauves-souris/éolienne/an.

Comparés avec ce qui est connu au niveau national, nous sommes cette année sur des données de mortalité en dessous de la moyenne. En effet, le rapport de la LPO en 2017 (MARX et al., 2017), ainsi que l'actualisation en 2019 par la LPO/l'ONCFS (GAULTIER et al., 2019) ont réalisé les moyennes suivantes, en compilant les résultats de tous les suivis mortalité menés en France et connus à la date de publication :

- la mortalité moyenne constatée est de 2,2 oiseaux/éolienne/an<sup>1</sup> ;
- la mortalité moyenne estimée variant quant à elle entre 0,3 et 18,3 oiseaux/éolienne/an (médiane 4,5, moyenne 7 – chiffres comparables à ce qu'il se passe aux Etats-Unis et Canada).

**La mortalité du parc de Vouillon est donc pour la première fois cette année inférieure à ce que l'on connaît des suivis des parcs français.**

Et cela, rappelons-le, **avec un bridage mis en place depuis le mois d'avril 2020** :

du 1/04 au 31/07/2021	du 1/08 au 31/10/2021	du 25/10 au 14/11
Vitesse de vent : ≤ 7 m/s	Vitesse de vent : ≤ 7 m/s	Arrêt complet du parc éolien en présence de brouillard
Température ≥ 12°C	Température ≥ 11°C	
De -1H avant le coucher du soleil à +3H après le coucher du soleil	Du coucher au lever du soleil	De -1H avant le coucher du soleil à +1H après le lever du soleil

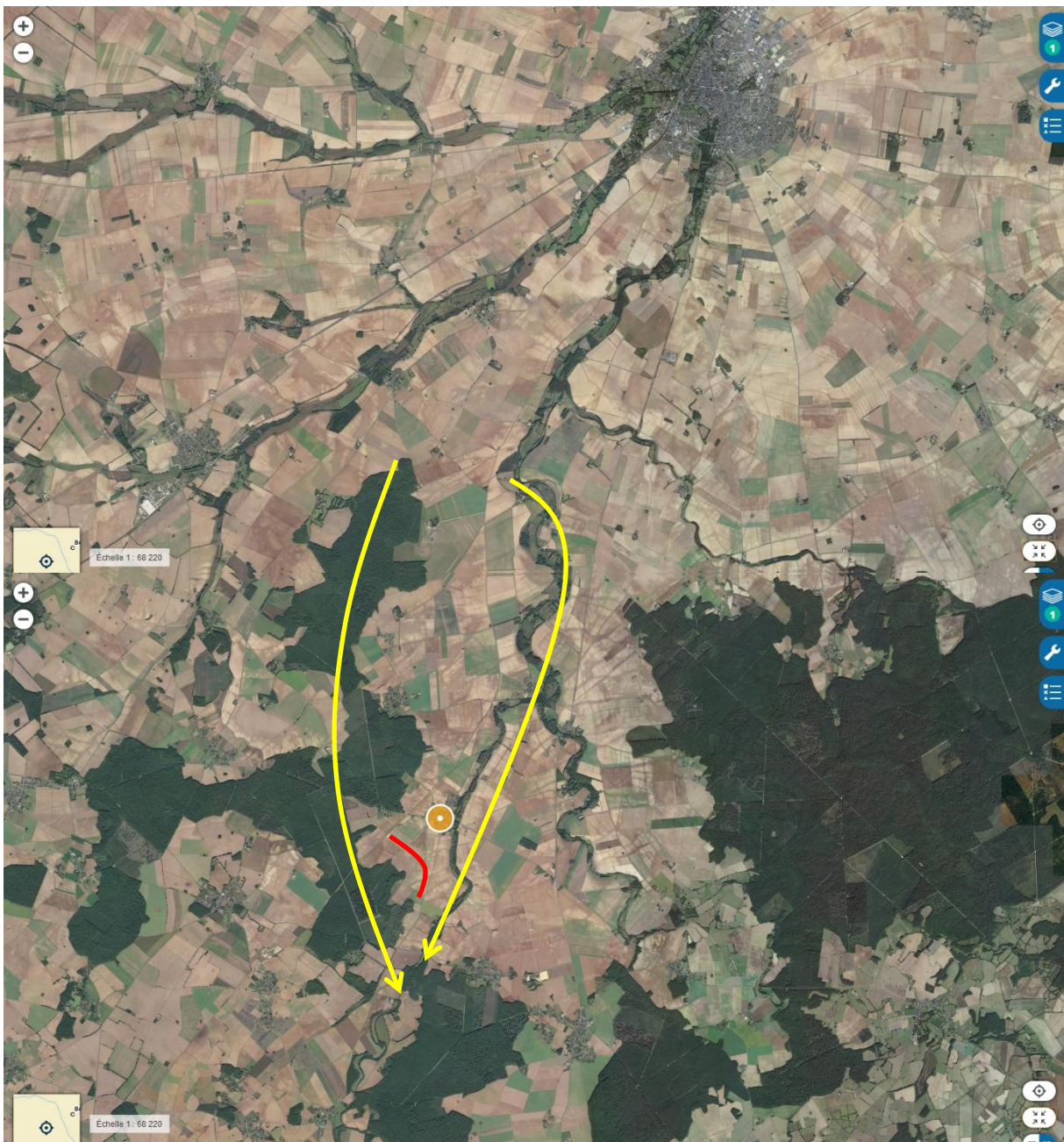
Cette année, 4 cadavres **ont été retrouvés en période de migration automnale : 2 oiseaux et 2 chauves-souris.**

<sup>1</sup> Résultat obtenu pour au moins 48 semaines de prospections dans l'année à raison d'au moins une prospection/semaine sur un rayon théorique d'au moins 50 m sous chaque éolienne du parc.



L'implantation du parc, sur un **axe de migration reconnu** dans l'est du département de l'Indre, mais également **entre deux éléments paysagers servant probablement de guides pour les flux migratoires**, nous paraît raisonnablement expliquer les collisions avérées à cette période. Néanmoins, les conditions météorologiques de l'automne 2021 ont été très mauvaises, avec **beaucoup de brouillard observé sur le terrain** lors de la 2<sup>e</sup> quinzaine d'octobre (7 jours au total dont 5 consécutifs) et sur la totalité du mois de novembre (17 jours de brouillard dont 6 consécutifs). Ces conditions de mauvaise visibilité ont donc potentiellement participé à la mortalité rencontrée en automne à Vouillon.

Pour mémoire 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 Choers-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 :



En liaison avec la configuration paysagère dans laquelle s'inscrit le parc éolien, les éoliennes les plus mortifères ont cette année encore été les **E4, E5 et E6**, soit celles **les plus proches de la lisière forestière** au sud du village de Vouillon. Pour mémoire :

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



Aperçu aérien du parc éolien (source Google Maps)

Cette année, la mortalité concerne tous les mois de l'année sauf mai et juillet, avec des effectifs faibles mais continus, comme en 2020 (2 cadavres en avril, 2 en juin, 1 en août, 2 en septembre, 1 en octobre et 1 en novembre).

On relève cependant, ce qui n'était pas ressorti l'année dernière :

- **Une mortalité des chiroptères** qui intervient surtout en période de **migration automnale**, tandis qu'en **2020, avril, juillet et août** ressortaient davantage pour ce groupe;
- **Une mortalité des oiseaux** répartie de manière assez uniforme sur toute l'année sauf en période estivale (aucune mortalité constatée entre le 30/06 et le 13/09), à l'inverse de 2020 où le mois d'août regroupait le plus de cas constatés pour ce groupe.

Concernant les autres paramètres étudiés, l'analyse n'est pas aisée en raison du nombre de cadavres retrouvés encore moins important que l'année passée. On peut malgré tout noter que :

- **l'orientation** des cadavres est cette année également Ouest/Est mais aussi Nord-Est
- **l'éloignement** des cadavres est très différent par rapport à 2020, les chiroptères étant retrouvés loin des mâts, et les oiseaux très près des mâts, davantage que l'an dernier (pour rappel 50% des oiseaux (3 individus) retrouvés à moins de 10m des mâts cette année).

Après trois ans de ces analyses, ces deux paramètres ne nous semblent pas liés aux conditions météo du jour de la collision, mais plutôt aux caractéristiques morphologiques des bêtes retrouvées et de leur positionnement par rapport à la pale lors de l'impact. Le rôle joué par le vent, avec les valeurs moyennes de vitesse qu'on lui connaît sur le site, ne semble pas avoir d'influence majeure dans la dispersion des individus impactés.

Les paramètres concernant la **persistance des cadavres** ont évolué en 2021. Ces derniers disparaissent plus rapidement en été qu'au printemps, et la prédation est globalement bien plus importante sur le site cette année.

## VI Conclusion

La mortalité sur le parc éolien de Vouillon en 2021 est **deux fois moins importante qu'en 2020**.

L'habitué de la faune à ces installations et les mesures de bridage mises en place et adaptées au fil des années de suivi peuvent être à l'origine de cette nette amélioration. L'arrêt du parc en présence de brouillard à l'automne, grâce au visibilimètre, a certainement joué en faveur de la baisse de mortalité massive en période de migration. Il se peut également que le secteur ait connu un transit migratoire moins important en 2021.

Cette année et pour la première fois sur le site, les effectifs relevés et estimations qui en découlent **sont très faibles, inférieures** à ce qui est connu en France.

Le suivi mortalité 2021 du parc éolien de Vouillon a permis de confirmer certaines périodes de sensibilité :

- Pour les chiroptères : la période de migration automnale ;
- Pour les oiseaux : toute l'année avec une implication moins marquée de la période estivale.

Malgré un mois de novembre très brumeux, un seul cas de mortalité a eu lieu ce mois-ci, après la fin de la période de suivi théorique recommandée par le protocole national.

Cette 3<sup>e</sup> année de suivi appuie encore une fois l'**impact prépondérant des trois éoliennes les plus au sud du parc**. Pour rappel, ce 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.

Cette année encore, l'**accès aux zones de recherche optimale** n'était pas toujours possible en raison des différentes cultures, de leur stade d'évolution et des obstacles parfois présents autour des éoliennes. Ce problème, ainsi que l'efficacité de l'observateur et le fait que les espèces impactées ne tombent pas nécessairement dans la zone définie par le protocole national (qui pour rappel est de 60m autour des mâts) sont autant de biais apportés à l'étude. A noter également que les individus touchés par un barotraumatisme ne meurent pas systématiquement dans l'immédiat mais parfois quelques minutes/heures voire quelques jours plus tard (*Impact activité éolienne - chiroptères – Ecosphère août 2016 complété mai 2017*), ce qui représente un autre biais pour cette étude.

Le **bridage** en cours, encore modifié et adapté cette année, a eu un effet bénéfique en limitant la mortalité.

**Afin de limiter les risques au maximum**, nous proposons de **poursuivre cette étude, avec une attention particulière portée sur les 3 éoliennes les plus impactantes pour l'avifaune sur le site, à savoir les éoliennes n°4, 5 et 6.**

Pour conclure, la succession des années de suivis mis en œuvre depuis 2019 à la demande de ENGIE Green ont permis de mieux connaître et appréhender les risques de mortalité liés aux éoliennes mais aussi à d'autres paramètres locaux : météo, comportement des espèces, migration. Il en résulte une **diminution drastique de la mortalité sur l'ensemble du parc éolien**, avec **une baisse de la mortalité constatée de 94% en 2021 par rapport à 2019 (144 cadavres retrouvés en 2019 pour 9 en 2021)**. Il convient cependant de rester **prudents** avec de tels chiffres qui, rappelons-le, ne sont **pas exhaustifs** et dépendent de **l'efficacité de l'observateur** ainsi que d'autres facteurs comme la **chance qu'un individu touché tombe dans la zone d'étude**, et la **surface totale de l'aire prospectée**, qui cette année n'a pu être investie à 100% que dans **19% des cas** (12 passages sur 63). Le caractère aléatoire des vols d'oiseaux, dépendants de plusieurs facteurs comme la météo, ne permet pas d'exclure une mortalité de nouveau en hausse, d'autant plus au regard de l'implantation géographique du parc éolien de Vouillon.

## VII Annexes

Annexe 1 : Bilan des relevés mortalités (janvier-mars 2021)

N°passage	Observateur	Date	N°Eolienne	Espèce	Nombre
123	Agnès BOYE	11/01/2021	1 à 6	0	0
124	Agnès BOYE	25/01/2021	1 à 6	0	0
125	Agnès BOYE	08/02/2021	1 à 6	0	0
126	Agnès BOYE	18/02/2021	1 à 6	0	0
127	Agnès BOYE	25/02/2021	3	grive musicienne	1
128	Agnès BOYE	01/03/2021	6	alouette des champs	1
129	Manon LANIECE	08/03/2021	6	oiseau	1
		08/03/2021	5	roitelet triple- bandeau	1
130	Agnès BOYE	15/03/2021	1 à 6	0	0
131	Agnès BOYE	23/03/2021	5	rougegorge familier	1
132	Manon LANIECE	29/03/2021	1 à 6	0	0

Annexe 2 : Bilan des relevés mortalités (01/04/2021 – 30/11/2021)

N°passage	Observateur	Date	N°Eolienne	Espèce	Nombre	Date potentielle
133	Agnès BOYE	06/04/2021	1 à 6	0	0	
134	Agnès BOYE	12/04/2021	3	roitelet sp.	1	08/04/2021
135	Agnès BOYE	20/04/2021	4	faucon crécerelle	1	19/04/2021
136	Agnès BOYE	26/04/2021	1 à 6	0	0	
137	Agnès BOYE	03/05/2021	1 à 6	0	0	
138	Manon LANIECE	06/05/2021	1 à 6	0	0	
139	Agnès BOYE	10/05/2021	1 à 6	0	0	
140	Manon LANIECE	12/05/2021	1 à 6	0	0	
141	Agnès BOYE	17/05/2021	1 à 6	0	0	
142	Antoine AMAT	19/05/2021	1 à 6	0		
143	Antoine AMAT	24/05/2021	1 à 6	0	0	
144	Antoine AMAT	27/05/2021	1 à 6	0	0	
145	Antoine AMAT	31/05/2021	1 à 6	0	0	
146	Antoine AMAT	03/06/2021	1 à 6	0	0	
147	Antoine AMAT	07/06/2021	1 à 6	0	0	
148	Antoine AMAT	10/06/2021	6	tourterelle des bois	1	09/06/2021
149	Antoine AMAT	14/06/2021	1 à 6	0	0	
150	Antoine AMAT	17/06/2021	1 à 6	0	0	
151	Antoine AMAT	21/06/2021	1 à 6	0	0	
152	Antoine AMAT	24/06/2021	1 à 6	0	0	
153	Antoine AMAT	30/06/2021	4	bruant proyer	1	26/06/2021
154	Antoine AMAT	02/07/2021	1 à 6	0	0	

155	Antoine AMAT	05/07/2021	1 à 6	0	0	
156	Antoine AMAT	09/07/2021	1 à 6	0	0	
157	Antoine AMAT	12/07/2021	1 à 6	0	0	
158	Antoine AMAT	15/07/2021	1 à 6	0	0	
159	Antoine AMAT	19/07/2021	1 à 6	0	0	
160	Antoine AMAT	23/07/2021	1 à 6	0	0	
161	Antoine AMAT	26/07/2021	1 à 6	0	0	
162	Antoine AMAT	30/07/2021	1 à 6	0	0	
163	Antoine AMAT	03/08/2021	1 à 6	0	0	
164	Antoine AMAT	06/08/2021	1 à 6	0	0	
165	Romain LEDET	09/08/2021	1 à 6	0	0	
166	Romain LEDET	12/08/2021	1 à 6	0	0	
167	Antoine AMAT	16/08/2021	1 à 6	0	0	
168	Antoine AMAT	20/08/2021	1 à 6	0	0	
169	Antoine AMAT	23/08/2021	1 à 6	0	0	
170	Antoine AMAT	27/08/2021	1 à 6	0	0	
171	Antoine AMAT	30/08/2021	5	noctule de leisler	1	28/08/2021
172	Antoine AMAT	03/09/2021	1 à 6	0	0	
173	Antoine AMAT	06/09/2021	1 à 6	0	0	
174	Antoine AMAT	10/09/2021	1 à 6	0	0	
175	Antoine AMAT	13/09/2021	6	hirondelle de fenêtre	1	12/09/2021
176	Antoine AMAT	17/09/2021	5	pipistrelle de kuhl	1	14/09/2021



177	Antoine AMAT	22/09/2021	1 à 6	0	0	
178	Antoine AMAT	24/09/2021	1 à 6	0	0	
179	Antoine AMAT	29/09/2021	1 à 6	0	0	
180	Antoine AMAT	01/10/2021	1 à 6	0	0	
181	Antoine AMAT	04/10/2021	1 à 6	0	0	
182	Antoine AMAT	08/10/2021	1 à 6	0	0	
183	Antoine AMAT	11/10/2021	1 à 6	0	0	
184	Antoine AMAT	15/10/2021	1 à 6	0	0	
185	Antoine AMAT	18/10/2021	1 à 6	0	0	
186	Antoine AMAT	21/10/2021	1 à 6	0	0	
187	Antoine AMAT	25/10/2021	1 à 6	0	0	
188	Antoine AMAT	29/10/2021	2	pinson des arbres	1	28/10/2021
189	Antoine AMAT	02/11/2021	1 à 6	0	0	
190	Antoine AMAT	05/11/2021	5	pipistrelle de nathusius	1	04/11/2021
191	Antoine AMAT	08/11/2021	1 à 6	0	0	
192	Antoine AMAT	10/11/2021	1 à 6	0	0	
193	Antoine AMAT	15/11/2021	1 à 6	0	0	
194	Antoine AMAT	22/11/2021	1 à 6	0	0	
195	Antoine AMAT	29/11/2021	1 à 6	0	0	

Annexe 3 : Bilan des relevés mortalités (décembre 2021)

N°passage	Observateur	Date	N°Eolienne	Espèce	Nombre
196	Antoine AMAT	06/12/2021	1 à 6	0	0
197	Antoine AMAT	13/12/2021	1 à 6	0	0

## 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 campagnes des 2ème, 3ème et 4ème années d'exploitation (2009-2011).

CHANTEREAU M., PELS 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.

GAULTIER S.P., MARX G. & ROUX D., 2019 - Éoliennes et biodiversité : synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer. Office national de la chasse et de la faune sauvage/LPO. 120 p. [https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/lpo\\_oncfs\\_2019.pdf](https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/lpo_oncfs_2019.pdf)

FRÄNZI KORNER-NIEVERGELT, PIUS KORNER-NIEVERGELT, OLIVER BEHR, IVONIERMANN, ROBERT BRINKMANN, AND BARBARA HELLRIEGEL - *A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches*

CECILY F. FOO, VICTORIA J. BENNETT, AMANDA M. HALE, JENNIFER M. KORSTIAN, ALISON J. SCHILDT AND DEAN A. WILLIAMS, 2017 – *Increasing evidence that bats actively forage at wind turbines*

<https://mape.cnrs.fr/>

[https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/rapport\\_heitz-jung\\_vfin.pdf](https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/rapport_heitz-jung_vfin.pdf)

CELINE HEITZ & LISE JUNG, 2017 - *Impact de l'activité éolienne sur les populations de chiroptères : enjeux et solutions*

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.

May R, Nygård T, Falkdalen U, Åström J, Hamre Ø, Stokke BG. Paint it black: Efficacy of increased wind-turbine rotor blade visibility to reduce avian fatalities. *Ecol Evol.* 2020 ; 10:8927–8935. <https://doi.org/10.1002/ece3.6592>

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>