

Suivi mortalité sur le parc éolien Engie Vouillon (Indre) – Année 2



Rapport 2020



Agnès BOYE

Mars 2021



Suivi mortalité sur le parc éolien Engie Vouillon (Indre) – Année 2

Organisme	Indre Nature
Réalisation	Agnès BOYE : coordination et relevés de terrain
Date de publication	Mars 2021 – revue en mai 2021
Financements	Engie Vouillon
Localisation	Région Centre, Département de l'Indre (36), Commune de Vouillon
Objectifs de l'étude	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.
Référence bibliographique	<i>BOYE A., 2020, Suivi mortalité sur le parc éolien Engie Vouillon (Indre), Année 2. Indre Nature.</i>
Mots-clefs	Vouillon, Champagne berrichonne, Indre, éolien, chiroptères, oiseaux, mortalité.
Photographies	Agnès BOYE sauf mention contraire
Fonds cartographiques	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.....	7
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.....	18
II.3	Test de la prédation - persistance des cadavres	20
II.4	Estimation de la mortalité.....	20
II.4.a	Winkelmann, 1989	21
II.4.b	Erikson, 2000	21
II.4.c	Jones, 2009.....	21
II.4.d	Huso, 2010.....	22
II.5	Limites	22
III	Résultats	25
III.1	Espèces et effectifs découverts.....	25
III.2	Taux de détection des cadavres.....	27
III.3	Persistance des cadavres.....	28
III.4	Estimation de la mortalité.....	31
IV	Analyses.....	38
IV.1	Aperçu global.....	38
IV.2	Phénologie de la mortalité	39
IV.2.a	Mortalité relevée.....	39
IV.2.b	Mortalité estimée.....	41
IV.3	Espèces impactées.....	43
IV.3.a	Oiseaux	43
IV.3.b	Chiroptères.....	44
IV.4	Répartition de la mortalité par éolienne.....	45
IV.4.a	Oiseaux (n = 12).....	45
IV.4.b	Chiroptères (n = 8).....	45

IV.4.c	Mortalité cumulée (n = 20).....	46
IV.5	Dispersion des cadavres	49
IV.5.a	Orientation	49
IV.5.b	Éloignement.....	50
IV.6	Causes constatées de la mortalité.....	53
IV.7	Influence de la météorologie	54
V	Interprétations et comparaison interannuelle.....	57
VI	Conclusion	61
VII	Annexes	63
VIII	Bibliographie.....	67

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.

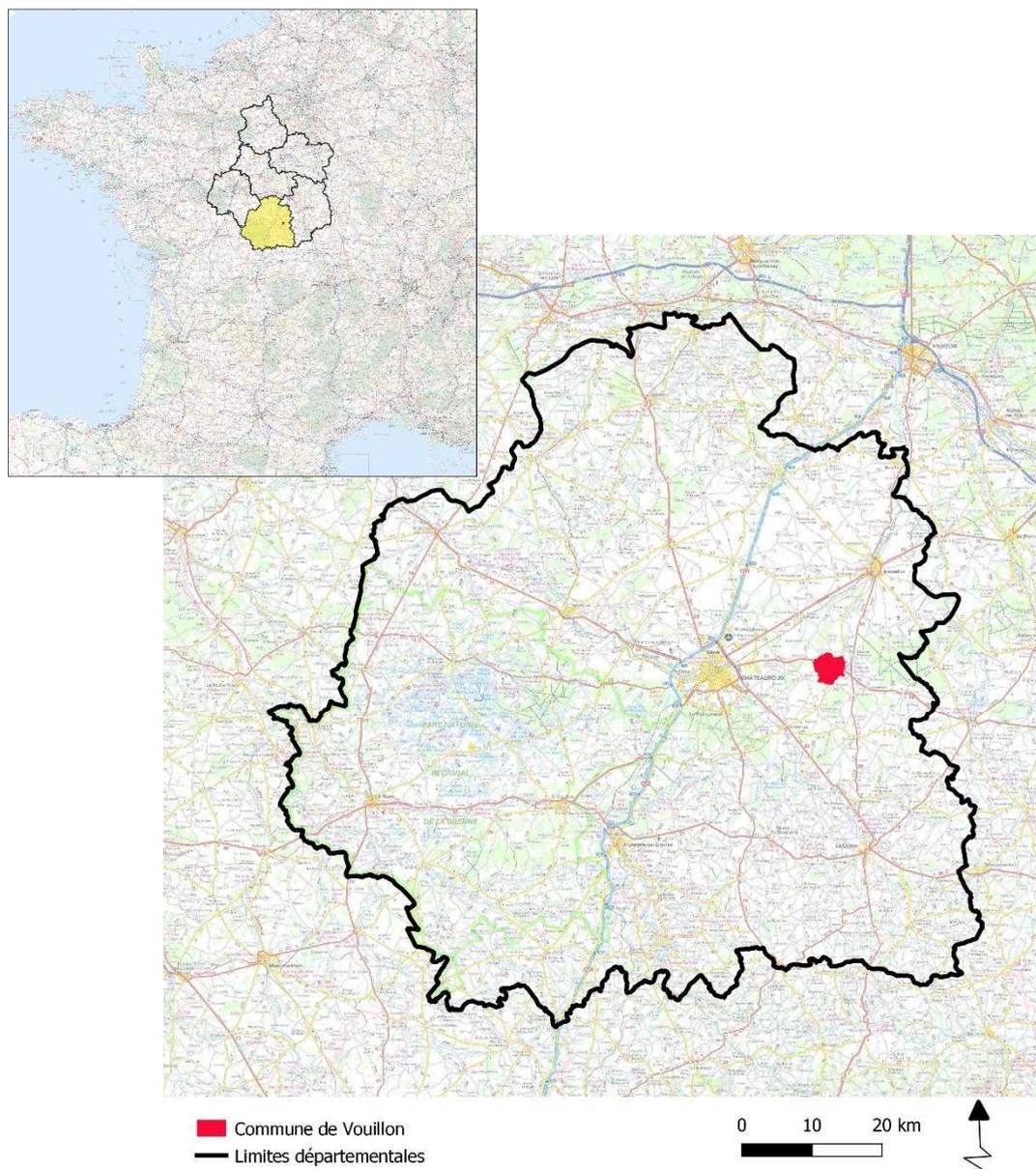


Photo 1 : Situation du parc éolien Engie Vouillon dans le département

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.

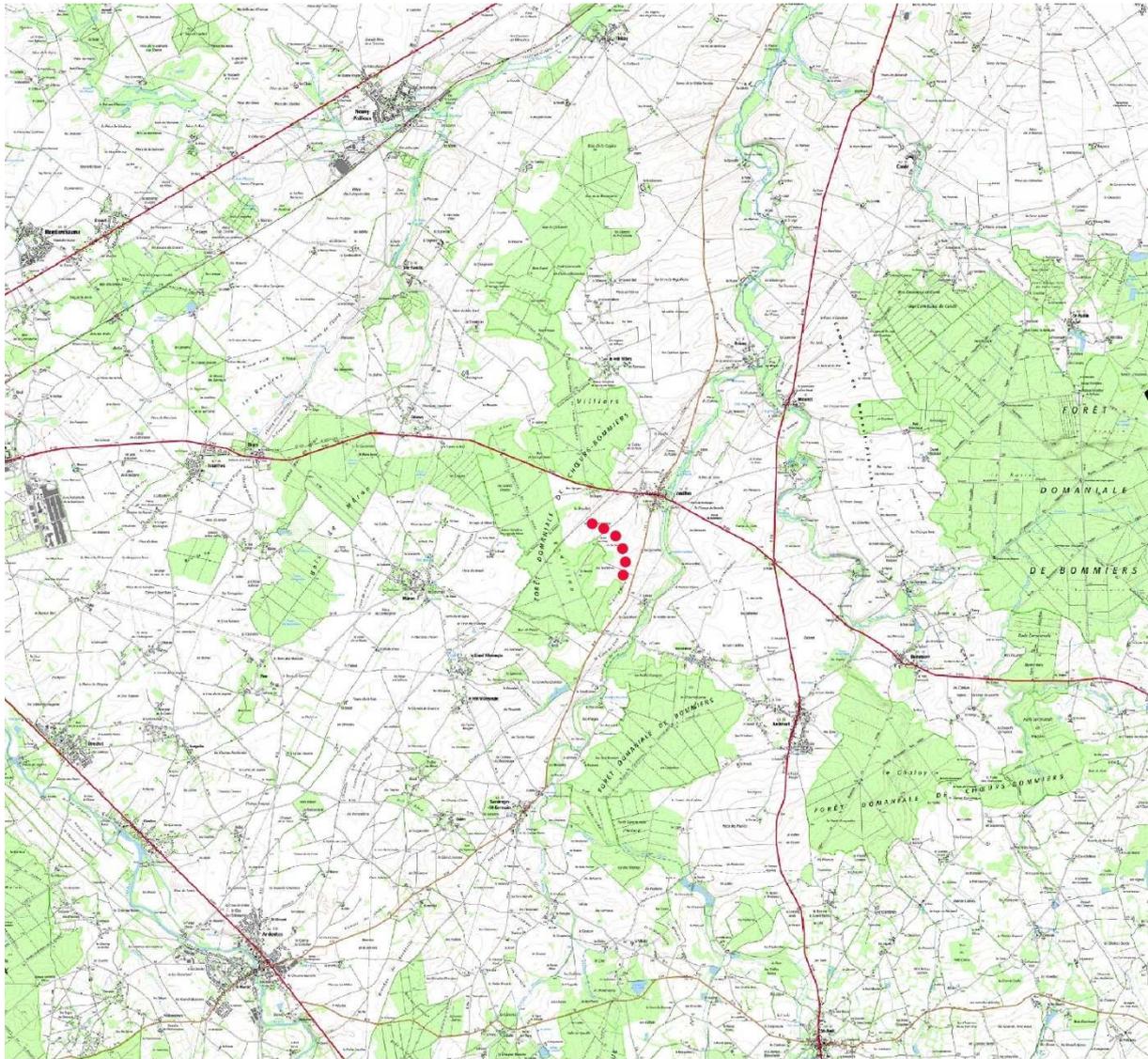
En 2019, le parc était bridé dans les conditions suivantes :

- 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^{er} avril 2020, les conditions suivantes doivent être réunies pour la mise en route du bridage :

du 1/04 au 31/07	du 1/08 au 31/10	du 19/10 au 08/11
Vitesse de vent : ≤ 7 m/s	Vitesse de vent : ≤ 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	De -1H avant le coucher du soleil à +6H après le coucher 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, installés l'un au niveau de la nacelle et le second sur la rampe d'accès, à environ 4 m du sol.



● Parc éolien Engie Vouillon

0 1 2 km



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.



● Code éolienne

0 250 500 m

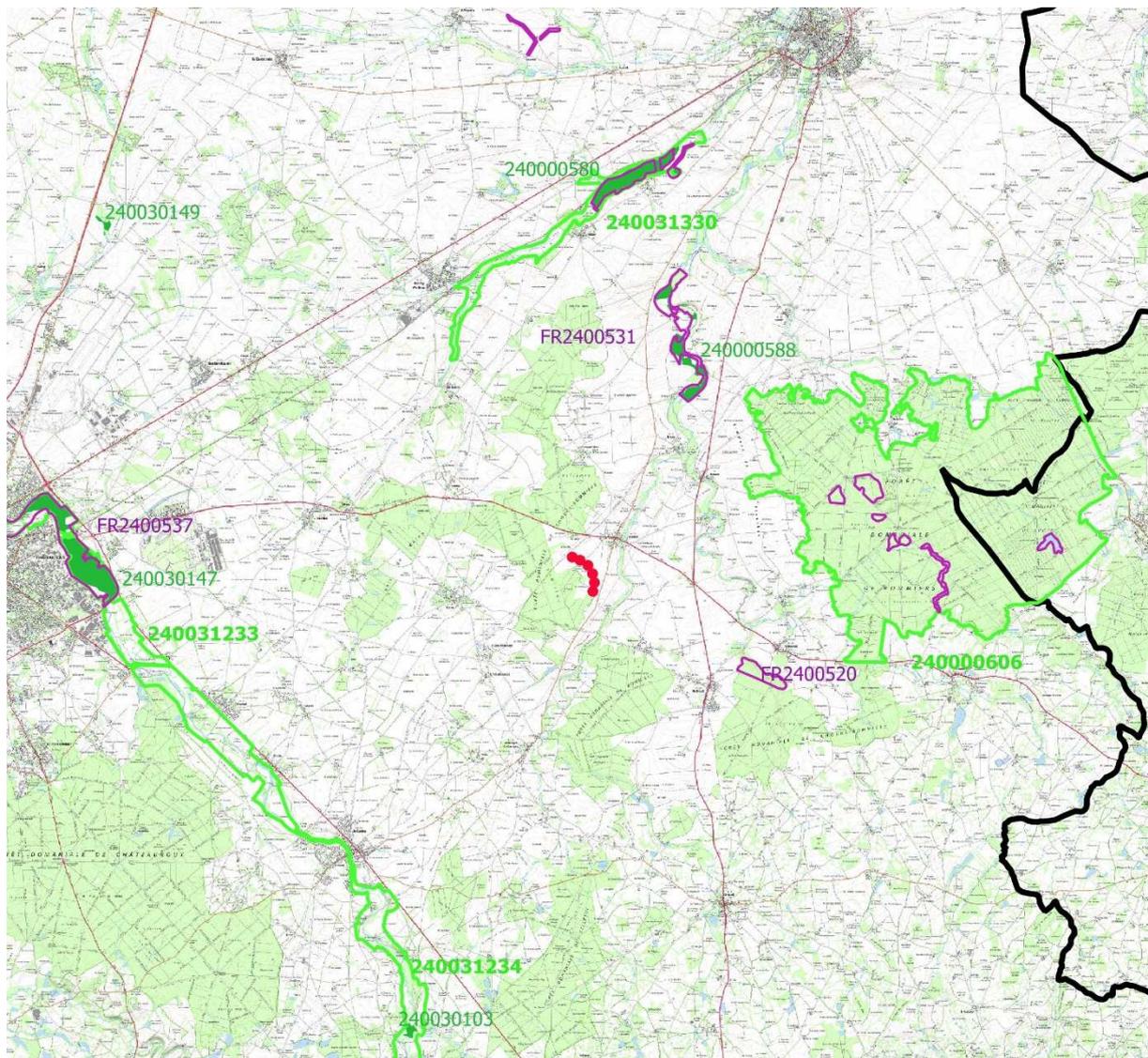


Photo 3 : Aperçu aérien du parc éolien Engie Vouillon

I.2 Contexte environnemental

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

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



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

0 2.5 5 km



Périmètres à statut environnemental à proximité de la commune de Vouillon

I.2.a Sites d'Intérêt Communautaire

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

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

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

L'ensemble de milieux situés sur les coteaux et plateaux dominant le Cher et sur des vallons adjacents, 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 fraîche et sèche, ainsi qu'un gazon hygrophile des rives des étangs peu riches en éléments minéraux.

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

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

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

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

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

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

Vastes étendues des formations à Genévriers.

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

iii FR2400537 - Vallée de l'Indre

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

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

Lieu d'hivernage pour de nombreux canards.

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

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

I.2.b Zone de Protection Spéciale

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

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

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

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

Le parc éolien est à bonne distance de cette ZPS, laissant à penser qu'il a peu d'influence sur les populations d'oiseaux ayant permis la désignation du site. Toutefois, la commune de Vouillon est située sur un axe migratoire, et le parc est ainsi survolé par plusieurs espèces qui rejoignent la ZPS à l'automne. Ainsi, ce sont plusieurs milliers de 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 Râle des genêts entendu il y a quelques années.

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

iii 240000588 - Marais de Gravelle

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

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

iv 240031596 - Bocage de la Font-Roy-Bonnin

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

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

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

Cette ZNIEFF abrite notamment le Faucon hobereau.

I.2.d ZNIEFF de type 2

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

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

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

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

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

ii 240031330 – Marais de Thizay – 6,5 km

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

II Méthodes

II.1 Protocoles de suivi

II.1.a Dates de prospection

Sur la base des observations réalisées en 2019, le suivi 2020 a débuté dès le début de l'année, permettant un suivi de l'hiver 2019/20 (1 relevé en décembre 2019, 11 entre janvier et avril 2020). Le bilan des mortalités relevées sur cette période est présenté en annexe et un rapport de ce suivi hivernal a été rédigé¹. Nous y renvoyons le lecteur pour les résultats de cette période.

En effet, afin d'avoir des données analysées sur une période biologique comparable à celle suivie en année 1, ce rapport se focalisera sur les données collectées à partir du printemps 2020, et jusqu'à la fin novembre. En effet, deux passages complémentaires ont été effectués en décembre 2020.

Les résultats bruts de l'hiver seront néanmoins pris en compte dans la partie de l'analyse concernée.

Ainsi, ce suivi 'année 2' s'est déroulé à raison :

- D'un passage/semaine entre les semaines 14 et 18 (soit du 01/04 au 01/05) ;
- De deux passages/semaine entre les semaines 19 et 46 (soit du 04/05 au 13/11) ;
- D'un passage/semaine de nouveau les semaines 47 et 48 (soit du 16/11 au 27/11).

Le suivi a donc démarré un mois et demi plus tôt et a bénéficié d'une plus forte fréquence de recherche jusqu'à la fin juillet.

Au total, ce sont 63 passages qui ont été effectués sur le parc éolien de Vouillon entre avril et fin novembre 2020 (et 76 passages sur l'ensemble de l'année 2020).

Les recommandations du protocole national (groupe de travail DGPR/DGALN, 2018) ont donc été largement dépassées, sur la base de relevés assez alarmistes en 2019.

II.1.b Méthodes et surfaces de recherche

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

Les parcelles d'implantation des éoliennes étant cultivées (majoritairement en blé 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 ;

¹ BOYE A., 2020, Suivi mortalité sur le parc éolien Engie Vouillon (Indre), Année 1. Compléments hivernaux : décembre 2019 – avril 2020. Indre Nature.

- Semaines 16 à 27 (16/04-02/07) : seules les aires gravillonnées ont pu être prospectées ;
- À partir de la semaine 28, la zone de recherche a été progressivement élargie, au fur et à mesure des récoltes ;
- À partir de la semaine 30 (23/07), toutes les parcelles ont été accessibles, sauf un secteur sous E6 (culture d'hiver) à partir du 26/10.

À noter enfin que régulièrement cette année la présence de véhicules de maintenance a également limité les prospections.

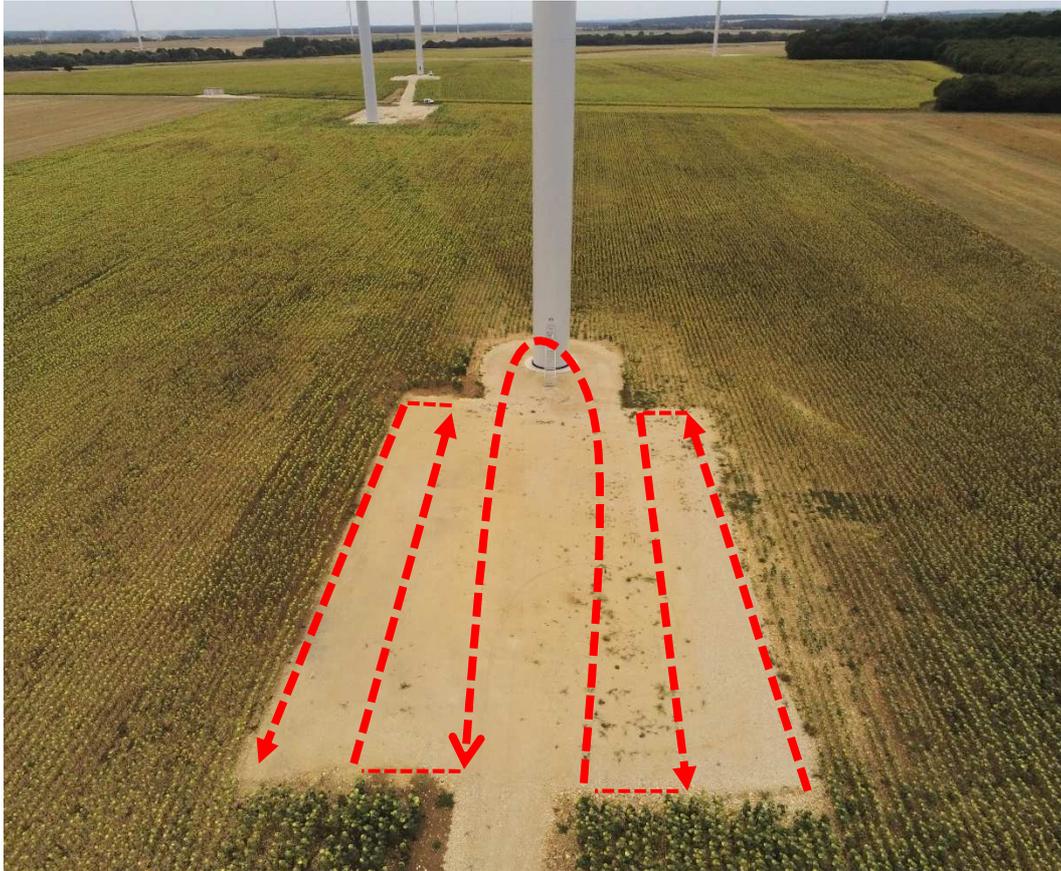
i Prospection des aires gravillonnées

Lorsque les cultures adjacentes ont limité les recherches, seules les aires gravillonnées ont donc été inspectées, pour un total de 9 308 m².

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

Détails des surfaces des aires gravillonnées

Éolienne	Surface de l'aire gravillonnée	Éolienne	Surface de l'aire gravillonnée
E1	1 406 m ²	E4	1 420 m ²
E2	1 678 m ²	E5	1 420 m ²
E3	1 386 m ²	E6	1 998 m ²
Surface totale aires gravillonnées = 9 308 m²			



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 m², soit un total prospecté de 79 639,37 m².

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 23 juillet 2020, bien plus précocement qu'en 2019.

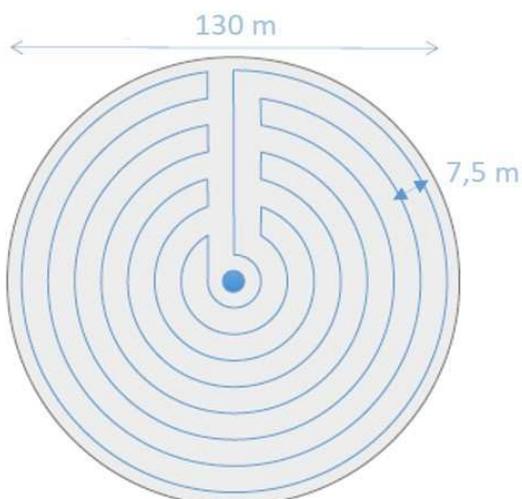




Schéma et aperçu d'une zone prospectée de façon 'complète' - Éolienne 6



Corde étalonnée permettant la régularité des transects - Éolienne 6

iii Surfaces échantillonnées

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

Surface échantillonnée par jour de suivi

Date du suivi	Surface échantillonnée	Date du suivi	Surface échantillonnée
06/04/2020	55 884,92 m ²	29/05/2020	7 964,5 m ²
09/04/2020	79 639,38 m ²	01/06/2020	7 545 m ²
16/04/2020	9 308 m ²	04/06/2020	9 308 m ²
22/04/2020	9 308 m ²	08/06/2020	9 308 m ²
29/04/2020	9 308 m ²	15/06/2020	9 308 m ²
04/05/2020	9 308 m ²	18/06/2020	9 308 m ²
06/05/2020	9 308 m ²	23/06/2020	9 308 m ²
12/05/2020	9 308 m ²	25/06/2020	9 308 m ²
14/05/2020	9 308 m ²	29/06/2020	9 308 m ²
18/05/2020	9 308 m ²	02/07/2020	9 308 m ²
20/05/2020	9 308 m ²	06/07/2020	9 308 m ²
25/05/2020	6 466 m ²	09/07/2020	55 747,56 m ²

Date du suivi	Surface échantillonnée
13/07/2020	76 321,07 m ²
16/07/2020	9 308 m ²
20/07/2020	63 711,50 m ²
23/07/2020	73 007,77 m ²
27/07/2020	73 007,77 m ²
30/07/2020	73 007,77 m ²
03/08/2020	73 007,77 m ²
06/08/2020	73 007,77 m ²
10/08/2020	73 007,77 m ²
13/08/2020	25 713,71 m ²
17/08/2020	59 729,54 m ²
20/08/2020	59 729,54 m ²
24/08/2020	59 729,54 m ²
27/08/2020	66 366,15 m ²
31/08/2020	67 772,15 m ²
03/09/2020	66 366,15 m ²
07/09/2020	66 366,15 m ²
10/09/2020	66 366,15 m ²
14/09/2020	56 176,92 m ²
17/09/2020	67 786,15 m ²

Date du suivi	Surface échantillonnée
22/09/2020	67 752,15 m ²
24/09/2020	68 044,15 m ²
28/09/2020	56 176,92 m ²
01/10/2020	76 321,07 m ²
05/10/2020	67 786,15 m ²
08/10/2020	79 639,38 m ²
12/10/2020	79 639,38 m ²
15/10/2020	79 639,38 m ²
19/10/2020	67 772,15 m ²
22/10/2020	79 639,38 m ²
26/10/2020	75 126,48 m ²
29/10/2020	75 126,48 m ²
02/11/2020	75 126,48 m ²
05/11/2020	75 126,48 m ²
09/11/2020	75 126,48 m ²
12/11/2020	75 126,48 m ²
17/11/2020	75 126,48 m ²
19/11/2020	1 963,50 m ²
26/11/2020	51 386,02 m ²

iv Coefficient de correction surfacique

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

Il est calculé de la façon suivante :

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

II.1.c Relevés des cadavres

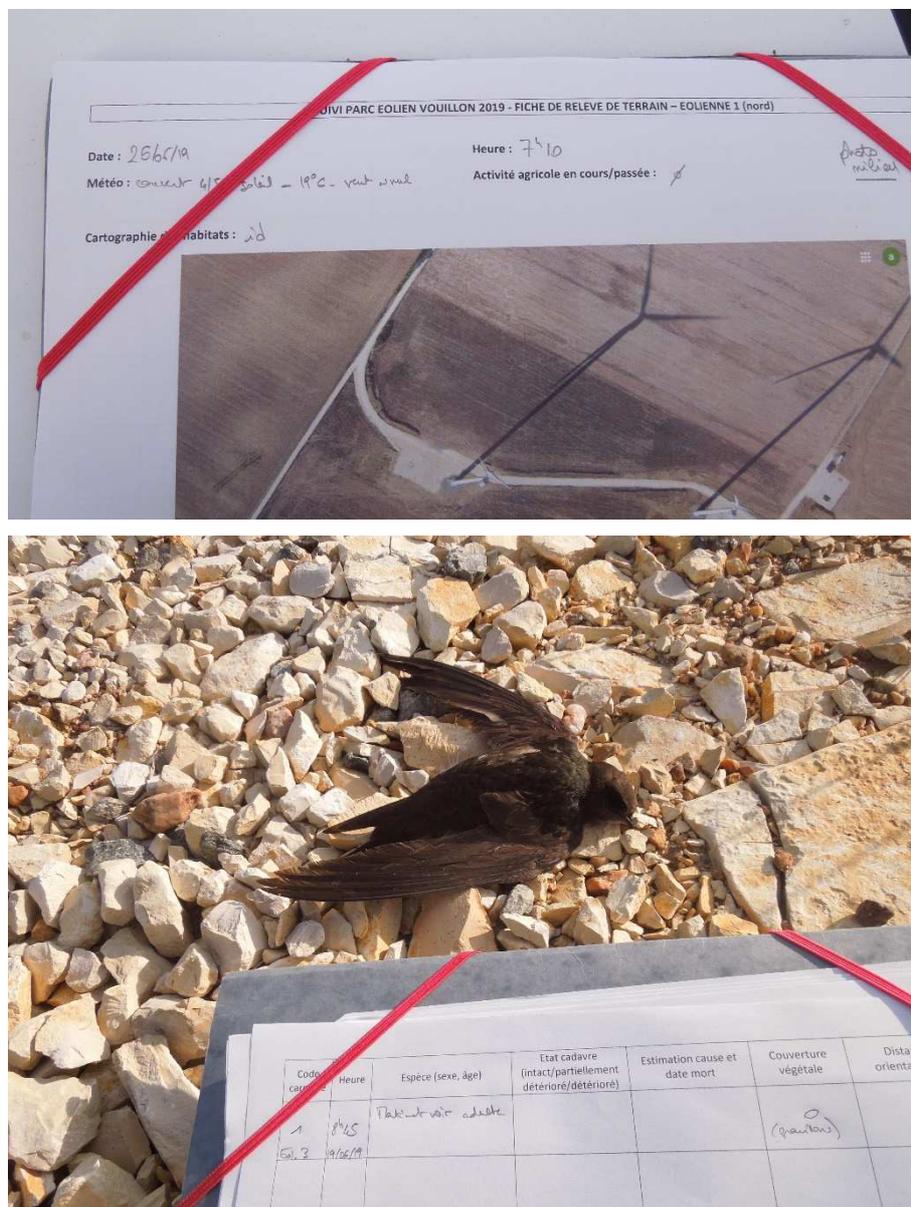
Lors des relevés, plusieurs informations générales ont été notées :

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

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

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

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



Remplissage d'une fiche de relevé sur le terrain

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

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

Ils ont été effectués à deux saisons différentes, afin de prendre en compte 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 :

$D = \text{nombre de cadavres découverts} / \text{nombre de cadavres déposés}$

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



Couverts au 22/04/2020



Couverts au 12/05/2020



Couverts au 29/05/2020



Couverts au 04/06/2020



Couverts au 09/07/2020



Couverts au 10/09/2020



Couverts au 15/10/2020



Couverts au 26/11/2020

II.3 | 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.

Cinq à 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 (09/07/2020)

II.4 Estimation de la mortalité

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

- la formule de Winkelmann (1989) ; jugée parfois un peu simpliste, elle aurait tendance à surestimer la mortalité réelle, surtout lorsque la durée de persistance des cadavres est faible ;
- celle d'Erickson (2000) a tendance à sous-estimer la mortalité réelle, en particulier lorsque la durée de persistance des cadavres est importante ;

- celles de Jones (2009) et Huso (2010), plus récentes, présentent une fiabilité plus importante et proposent des résultats intermédiaires et proches.

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

II.4.a Winkelmann, 1989

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

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

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

Avec :

C : Nombre de cadavres découverts

P : Taux de persistance d'un cadavre

D : Taux de détection

II.4.b Erikson, 2000

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

Elle est ainsi calculée :

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

Avec :

C : Nombre de cadavres découverts

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

t : Durée moyenne de persistance des cadavres

D : Taux de détection

A : Coefficient de correction surfacique

II.4.c Jones, 2009

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

Apparaît également dans cette formule la notion d'*intervalle effectif* noté \hat{i} , correspondant à la durée au-delà de laquelle le taux de persistance est inférieur à 1% : un cadavre découvert au bout d'un \hat{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{e} : Coefficient correcteur de l'intervalle = $\text{Min}(i : \hat{i}) / i$, avec i la fréquence de passage et l'intervalle effectif $\hat{i} = -\log(0,01) \times t$

A : Coefficient de correction surfacique

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

II.4.d Huso, 2010

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

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

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

Avec :

N : Nombre estimé de cadavres

C : Nombre de cadavres découverts

D : Taux de détection

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

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

A : Coefficient de correction surfacique

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

II.5 Limites

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

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





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, 4 espèces de chiroptères et 8 espèces d'oiseaux ont été retrouvées sous les éoliennes, pour un total de **20 cadavres**, dénombré à 60% 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 même période suivie qu'en année 1 (soit du 13/05 à la fin novembre), on obtient un résultat de 18 cadavres (6 chauves-souris et 12 oiseaux).

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

Espèces, effectifs et statuts

	Nombre de cadavres	DH/DO1	LRE	PN	LRR
Chiroptères	8				
Chiroptère sp.	1	NAp	NAp	x	NAp
Noctule commune	1	x	LC	x	LC
Pipistrelle commune	1	x	LC	x	LC
Pipistrelle de Nathusius	1	x	LC	x	NT
Pipistrelle pygmée	1	x	LC	x	-
Pipistrelle pygmée/commune	3	x	LC	X	-
Oiseaux	12				
Bruant proyer	1	-	LC	x	NT
Gobemouche noir	1	-	LC	x	EN
Grive musicienne	1	-	LC	-	LC
Héron cendré	1	-	LC	x	LC
Linotte mélodieuse	2	-	LC	x	NT
Martinet noir	1	-	LC	x	LC
Oiseau sp.	1	NAp	NAp	NAp	NAp
Roitelet huppé	1	-	LC	x	LC
Roitelet sp.	2	-	-	-	-
Rousserolle effarvatte	1	-	LC	x	LC
Total	20				

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

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

À partir de ces résultats bruts, on peut en déduire une mortalité de 20/63 soit 0,32 cadavres par visite² ; comme les 6 éoliennes étaient contrôlées à chaque fois, on aboutit à une valeur estimative de 0,05 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 **0,08 cadavre par jour pour l'ensemble du parc**. Le lot de données analysé par la suite, avec prise en compte des estimateurs, nous amène à des résultats quelque peu différents.

Ci-après quelques aperçus de différents cas découverts :



² La prise en compte des relevés hivernaux ne nous apparait pas pertinente ici du fait de la fréquence de passage réalisée alors. Par ailleurs ces calculs introductifs basiques pourront faire l'objet de comparaisons inter-parcs, sur la base du protocole national (2019) qui ne s'applique en très grande majorité qu'entre les semaines 20 et 43.



III.2 Taux de détection des cadavres

Le test d'efficacité de l'observateur a été réalisé à deux reprises, les 30/03/2020 et 05/10/2020.

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

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

DONNÉES DES TESTS			
	Date	Éolienne suivie	Tests
TEST 1 (aires gravillonnées)	30/03/2020	éolienne 4	45 cadavres tests
		éolienne 5	
		éolienne 6	
TEST 2 (surface optimale)	05/10/2020	éolienne 1	15 cadavres tests
		éolienne 4	
		éolienne 6	

RÉSULTATS					
	Éolienne suivie	Tests	Résultats bruts : cadavres trouvés	Taux de détection	Taux de détection moyen D
TEST 1 (aires gravillonnées)	E6	4 chiroptères 11 oiseaux	1 chiroptère 3 oiseaux	27%	62,2%
	E4	3 chiroptères 12 oiseaux	2 chiroptères 8 oiseaux	67%	
	E5	3 chiroptères 12 oiseaux	3 chiroptères 11 oiseaux	93%	

TEST 2 (surface optimale)	E6	2 chiroptères 3 oiseaux	2 chiroptères 3 oiseaux	100%	80%
	E4	2 chiroptères 3 oiseaux	2 chiroptères 3 oiseaux	80%	
	E1	1 chiroptère 4 oiseaux	1 chiroptère 4 oiseaux	60%	

Un taux de détection global peut être calculé : il est de 71,1% sur les deux tests réalisés.

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

III.3 Persistance des cadavres

Le test de prédation des cadavres a été mis en place à trois reprises, en mars, juillet et octobre 2020.

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.

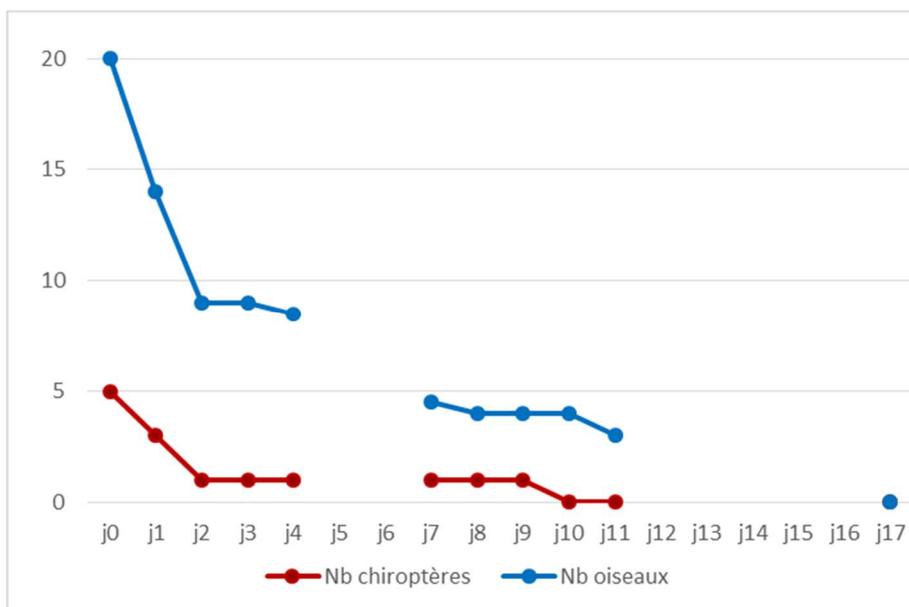
La fréquentation du parc éolien de Vouillon par des prédateurs potentiels divers (renard, sanglier...) a en effet été constatée cette année encore lors des relevés (fèces, restes de prédation – plumes en l'occurrence, cultures ravagées, individus tests prédatés...).

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

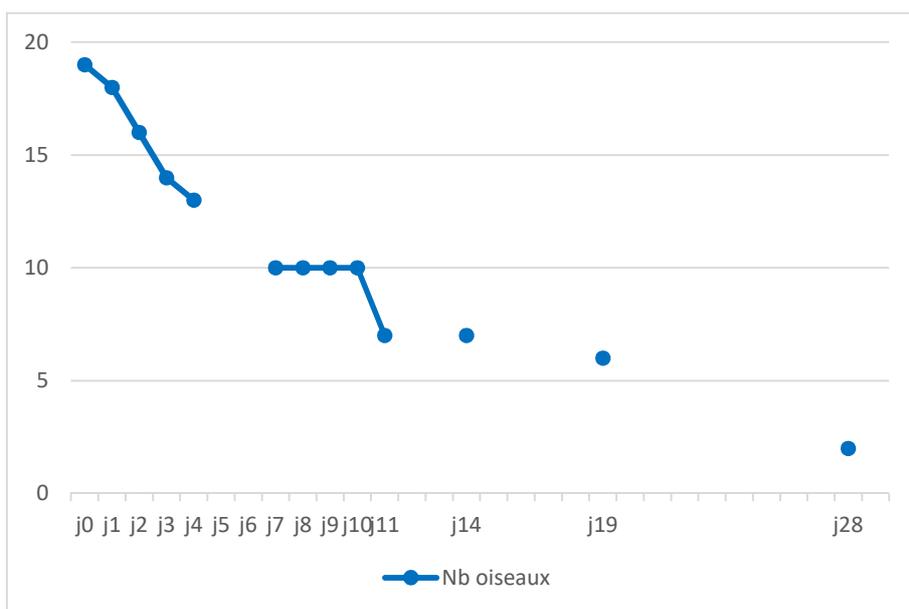
DONNÉES DES TESTS			
	Date	Éolienne suivie	Tests
TEST 1 (aires gravillonnées)	30/03/2020	Éolienne 2	1 chiroptère 4 oiseaux
		Éolienne 3	1 chiroptère 4 oiseaux
		Éolienne 4	1 chiroptère 4 oiseaux
		Éolienne 5	1 chiroptère 4 oiseaux
		Éolienne 6	1 chiroptère 4 oiseaux
TEST 2 (surface optimale)	06/07/2020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

TEST 3 (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

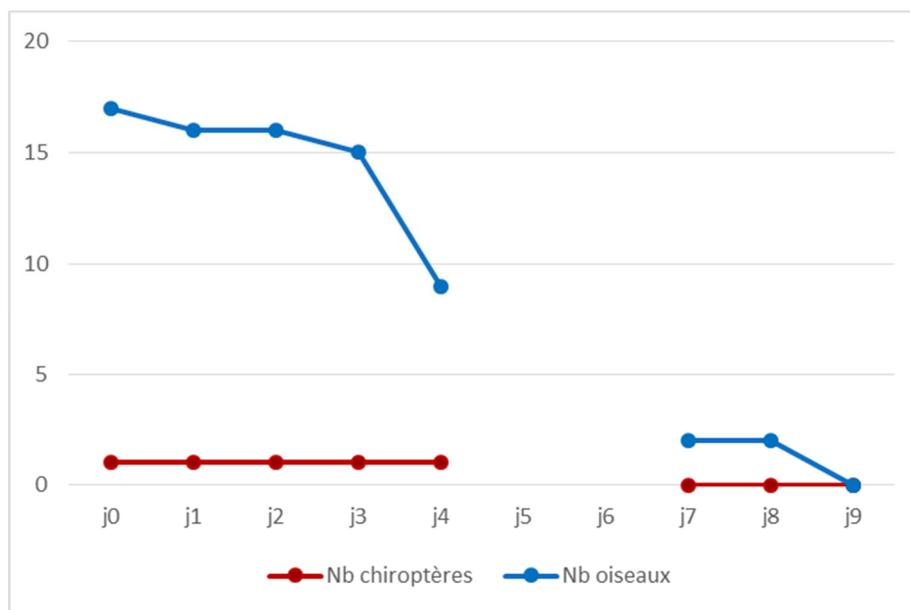
La persistance des cadavres testée au travers des trois tests peut être représentée sur les graphiques ci-dessous :



Vitesse de disparition des cadavres – Test prédation 1 (mars 2020)



Vitesse de disparition des cadavres – Test prédation 2 (juillet 2020)



Vitesse de disparition des cadavres – Test prédation 3 (octobre 2020)

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

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

RÉSULTATS - Durée moyenne de persistance t			
	Test 1	Test 2	Test 3
Oiseaux	3,3 jours	5,3 jours	4,9 jours
Chiroptères	1,8 jour	-	7 jours
Global	2,5 jours	5,3 jours	5,9 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.

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	0,23	0,84	0,68	0,94	0,53
Chiroptères	0,2	-	-	1	1
Global	0,21	0,84	0,68	0,97	0,76

Ces tests montrent cette année une prédation plus importante au printemps qu'en été ou à l'automne, où les valeurs calculées sont proches. On peut ainsi espérer que les mortalités les plus fortes constatées lors de ces deux dernières périodes soient réalistes.

Par rapport à 2019 :

- la prédation semblait alors plus importante à l'automne qu'en mai ;
- la durée moyenne de persistance a pu être affinée cette année ; elle est proche pour les 2 périodes de plus forte prédation ressentie (2,5 jours en mars 2020 pour 3,1 jours en septembre 2019) ;
- les taux de persistance à 7 jours au printemps sont équivalents (0,2), mais ceux à 2 et 4 jours pour le reste de l'année sont plus importants en 2020 (0,6 et 0,3 en 2019).

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.

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
06/04/2020	55884,92	1	2	1,15	0,71	-	3	0,33	2,5	9,96	3,88	5,9	5,56
09/04/2020	79639,38	1				3							
16/04/2020	9308,00	0	0	1,88	0,71	7	6,67	0,21	2,5	0	0	0	0
22/04/2020	9308,00	0				6							
29/04/2020	9308,00	0				7							
04/05/2020	9308,00	0	1	1,89	0,71	5	3,76	0,31	2,5	8,58	4	5,64	5,14
06/05/2020	9308,00	0				2							
12/05/2020	9308,00	0				6							
14/05/2020	9308,00	0				2							
18/05/2020	9308,00	0				4							
20/05/2020	9308,00	0				2							
25/05/2020	6466,00	0				5							
29/05/2020	7964,50	1				4							
01/06/2020	7545,00	0				3							
04/06/2020	9308,00	0				3							
08/06/2020	9308,00	0				4							
15/06/2020	9308,00	0				7							
18/06/2020	9308,00	0				3							
23/06/2020	9308,00	0				5							
25/06/2020	9308,00	0				2							

Date du suivi	Surface échantillonnée	C	A	D	i	i moyen	P	t	Mortalité estimée				
									Winkelmann	Erickson	Jones	Huso	
29/06/2020	9308,00	0			4								
02/07/2020	9308,00	0			3								
06/07/2020	9308,00	0	11	1,24	0,71	4	3,50	0,71	5,3	26,96	12,64	26,63	26,15
09/07/2020	55747,56	0				3							
13/07/2020	76321,07	0				4							
16/07/2020	9308,00	1				3							
20/07/2020	63711,50	0				4							
23/07/2020	73007,77	1				3							
27/07/2020	73007,77	0				4							
30/07/2020	73007,77	0				3							
03/08/2020	73007,77	2				4							
06/08/2020	73007,77	0				3							
10/08/2020	73007,77	0				4							
13/08/2020	25713,71	2				3							
17/08/2020	59729,54	0				4							
20/08/2020	59729,54	1				3							
24/08/2020	59729,54	0				4							
27/08/2020	66366,15	2				3							
31/08/2020	67772,15	1				4							
03/09/2020	66366,15	0	3										

Date du suivi	Surface échantillonnée	C	A	D	i	i moyen	P	t	Mortalité estimée				
									Winkelmann	Erickson	Jones	Huso	
07/09/2020	66366,15	0			4								
10/09/2020	66366,15	0			3								
14/09/2020	56176,92	0			4								
17/09/2020	67786,15	0			3								
22/09/2020	67752,15	1			5								
24/09/2020	68044,15	0			2								
28/09/2020	56176,92	0			4								
01/10/2020	76321,07	0			3								
05/10/2020	67786,15	3			4								
08/10/2020	79639,38	0			3								
12/10/2020	79639,38	0			4								
15/10/2020	79639,38	1			3								
19/10/2020	67772,15	0			4								
22/10/2020	79639,38	0	4	1,05	0,71	3	3,50	0,85	5,9	6,98	3,52	10,74	7,87
26/10/2020	75126,48	0			4								
29/10/2020	75126,48	0			3								
02/11/2020	75126,48	0			4								
05/11/2020	75126,48	0			3								
09/11/2020	75126,48	0			4								
12/11/2020	75126,48	0			3								

Date du suivi	Surface échantillonnée	C		A	D	i	i moyen	P	t	Mortalité estimée			
										Winkelmann	Erickson	Jones	Huso
17/11/2020	75126,48	2	2	1,46	0,71	5	4,67	0,76	5,9	5,42	3,26	9,08	5,96
19/11/2020	1963,50	0				2							
26/11/2020	51386,02	0				7							
Soit sur l'année										57,90	27,31	58	50,68
Paramètres moyens										Mortalité calculée globale			
	46538,50	20		1,42	0,71	3,77		0,53	4,10	75,60	40,68	66,42	63,62

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

- un **facteur de 1.4 à 2.9 par rapport à ce qui a été observé sur le terrain (entre 27 et 57 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 à 3.8 par rapport à ce qui a été observé sur le terrain (entre 40 et 75 cas)** si l'on considère les valeurs moyennes des paramètres.

Sur une année complète, la mortalité estimée est comprise entre 72 et 92 cas, soit 2.5 à 3 fois plus que notre mortalité constatée ramenée à une année.

	Mortalité constatée		Winkelmann	Erickson	Jones	Huso	Moyenne calculée
Mortalité globale en 8 mois	20	Valeurs périodiques	57,90	27,31	58,00	50,68	48,47
		Valeurs moyennes	75,60	40,68	66,42	63,62	61,58
Mortalité par éolienne en 8 mois*	3,3	Valeurs périodiques	9,65	4,55	9,67	8,45	8,08
		Valeurs moyennes	12,60	6,78	11,07	10,60	10,26
Mortalité par éolienne et par mois*	0,4	Valeurs périodiques	1,21	0,57	1,21	1,06	1,01
		Valeurs moyennes	1,58	0,85	1,38	1,33	1,28
Mortalité par éolienne sur l'année*	5	Valeurs périodiques	14,48	6,83	14,50	12,67	12,12
		Valeurs moyennes	18,90	10,17	16,61	15,91	15,40
Mortalité globale sur l'année*	30	Valeurs périodiques	86,85	40,97	87,00	76,02	72,71
		Valeurs moyennes	113,40	61,02	99,63	95,43	92,37

*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 19 oiseaux et 10 chauves-souris).

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

	Mortalité constatée
Mortalité globale sur l'année	29
Mortalité par éolienne sur l'année	4,8
Mortalité par éolienne et par mois	0,4

→ Bien qu'ayant démarré plus précocement que le suivi 2019 (7 passages supplémentaires sur plus d'un mois), la mortalité rencontrée sur le parc de Vouillon est bien moindre cette année (7 fois moins de cadavres retrouvés).

→ À des fins de comparaisons inter-parcs, la mortalité a été calculée en ne prenant en compte que les données des semaines 20 à 43 (mais attention aux fréquences de passage qui ont été adaptées) :

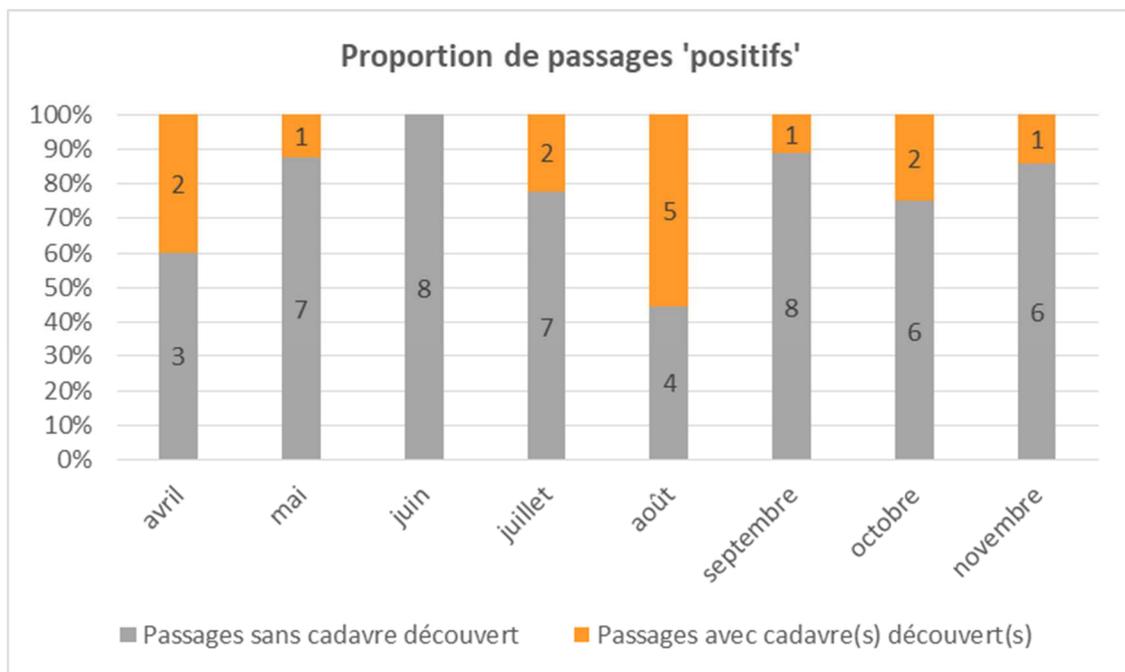
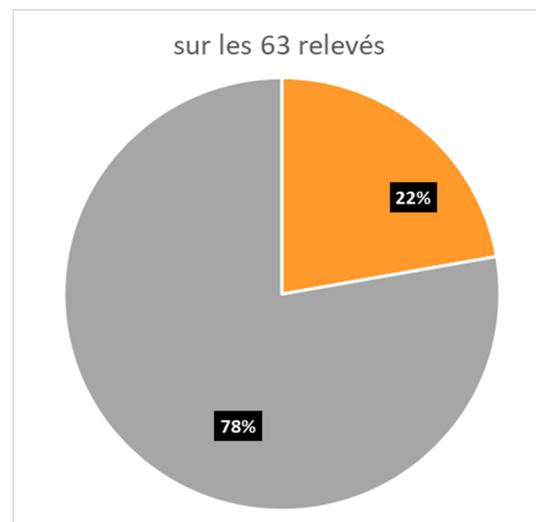
Surface échantillonnée	C	A	D	i	P	t	Mortalité estimée			
							Winkelmann	Erickson	Jones	Huso
Sur l'année							42,50	20,19	43,02	39,17
Paramètres moyens							Mortalité calculée globale			
46183,54	16	1,42	0,71	3,6	0,62	4,57	51,34	25,23	47,46	46,26

IV Analyses

IV.1 Aperçu global

Sur les 63 relevés mis en œuvre entre avril et fin novembre 2020, 14 (22%) ont permis de relever au moins un cadavre.

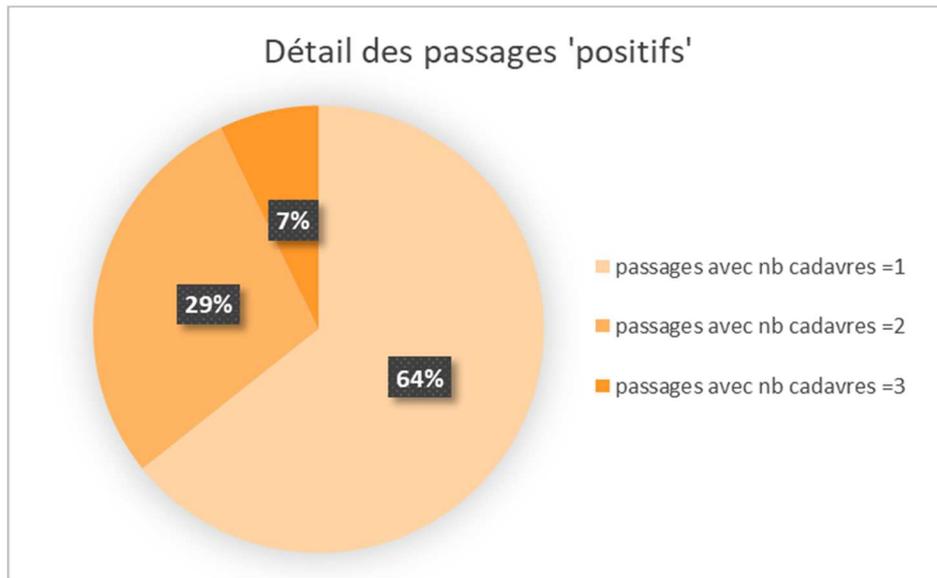
Le graphique présente ci-dessous la proportion de ces passages 'positifs' durant les mois de mise en œuvre du protocole de recherche.



On a constaté au cours de ce suivi :

- 9 relevés de 1 cadavre,
- 4 relevés de 2 cadavres,
- 1 relevé de 3 cadavres.

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



IV.2 Phénologie de la mortalité

IV.2.a Mortalité relevée

Le graphe présenté en page suivante fait apparaître les résultats de chaque journée suivie entre le 06/04/2020 et le 26/11/2020. Attention les dates ne sont pas régulièrement espacées (les fréquences de passage évoluant au cours de l'année).

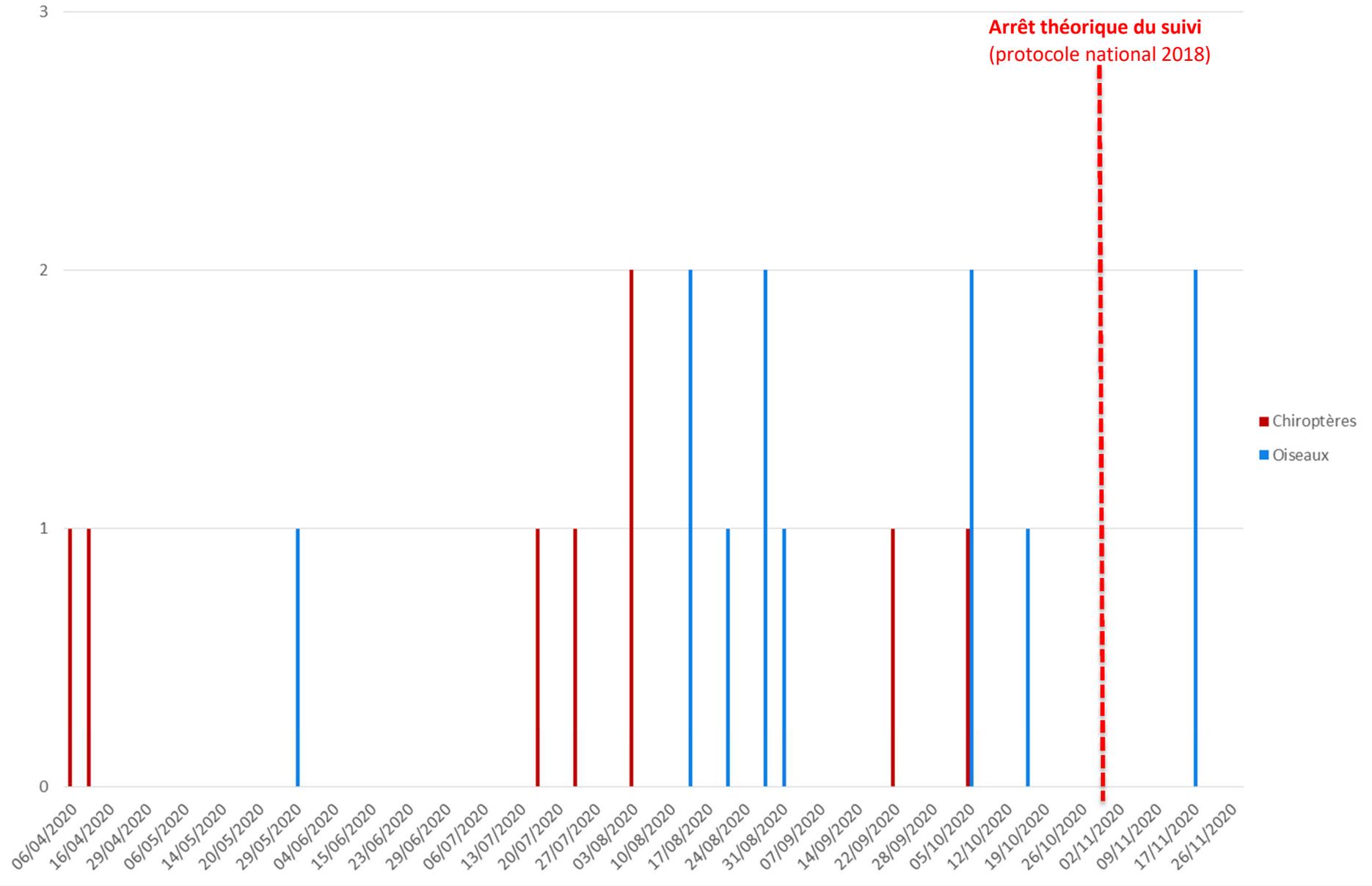
- Si une période plus sensible pour les chiroptères est difficile à faire mettre en évidence à partir des suivis de cette année, en revanche les mois d'août et d'octobre/novembre ressortent nettement pour les oiseaux.
- Des cas de mortalité sont avérés tous les mois, même en faible nombre, hormis celui de juin.
- Les mortalités se concentrent entre **mi-juillet et fin août**, où 50% des cas sont relevés en un mois et demi, ainsi qu'entre **fin septembre et mi-octobre** (1/4 des cas).

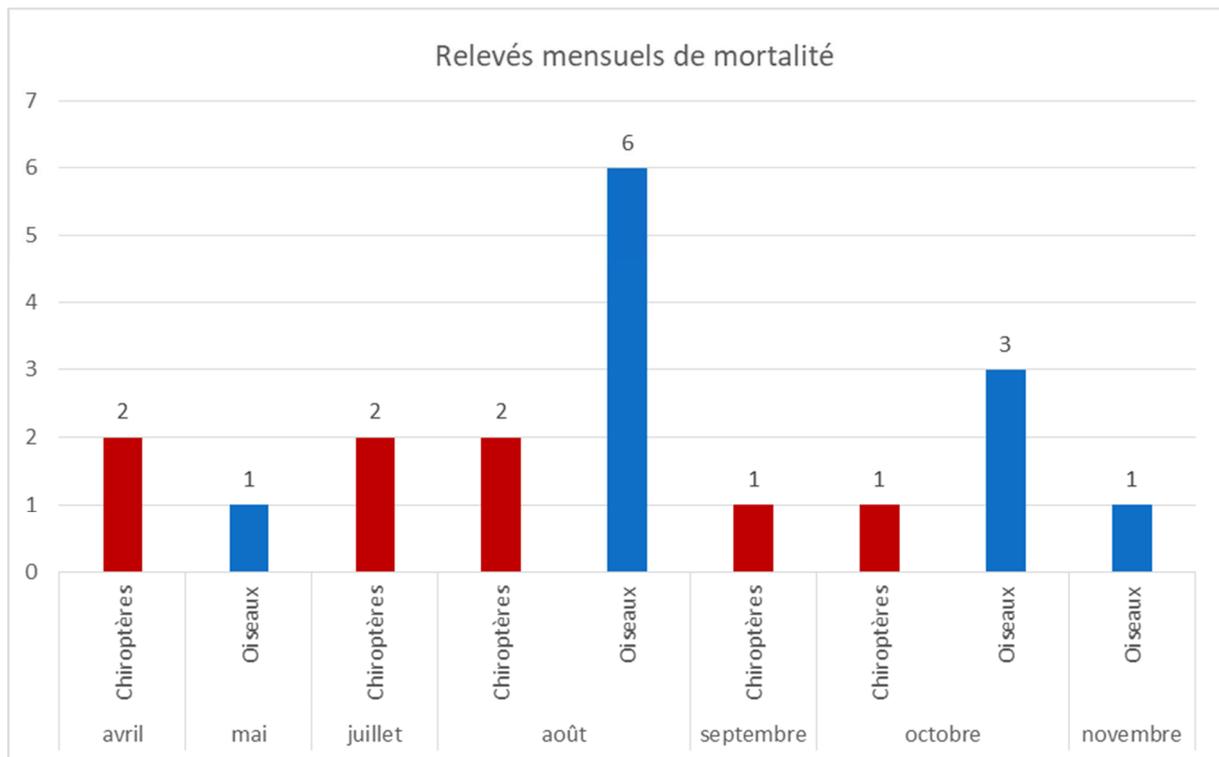
En période estivale, seules des chauves-souris sont concernées par les mortalités du mois de juillet, alors que celles du mois d'août ne concernent que les oiseaux.

Le nombre de cas est moins important qu'en 2019 en période de migration automnale, et seuls deux cas sont à déplorer cette année après la fin du protocole 'officiel'.

Ces résultats mensuels sont présentés en page 27.

Mortalité relevée entre le 06/04 et le 26/11/2020





IV.2.b Mortalité estimée

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

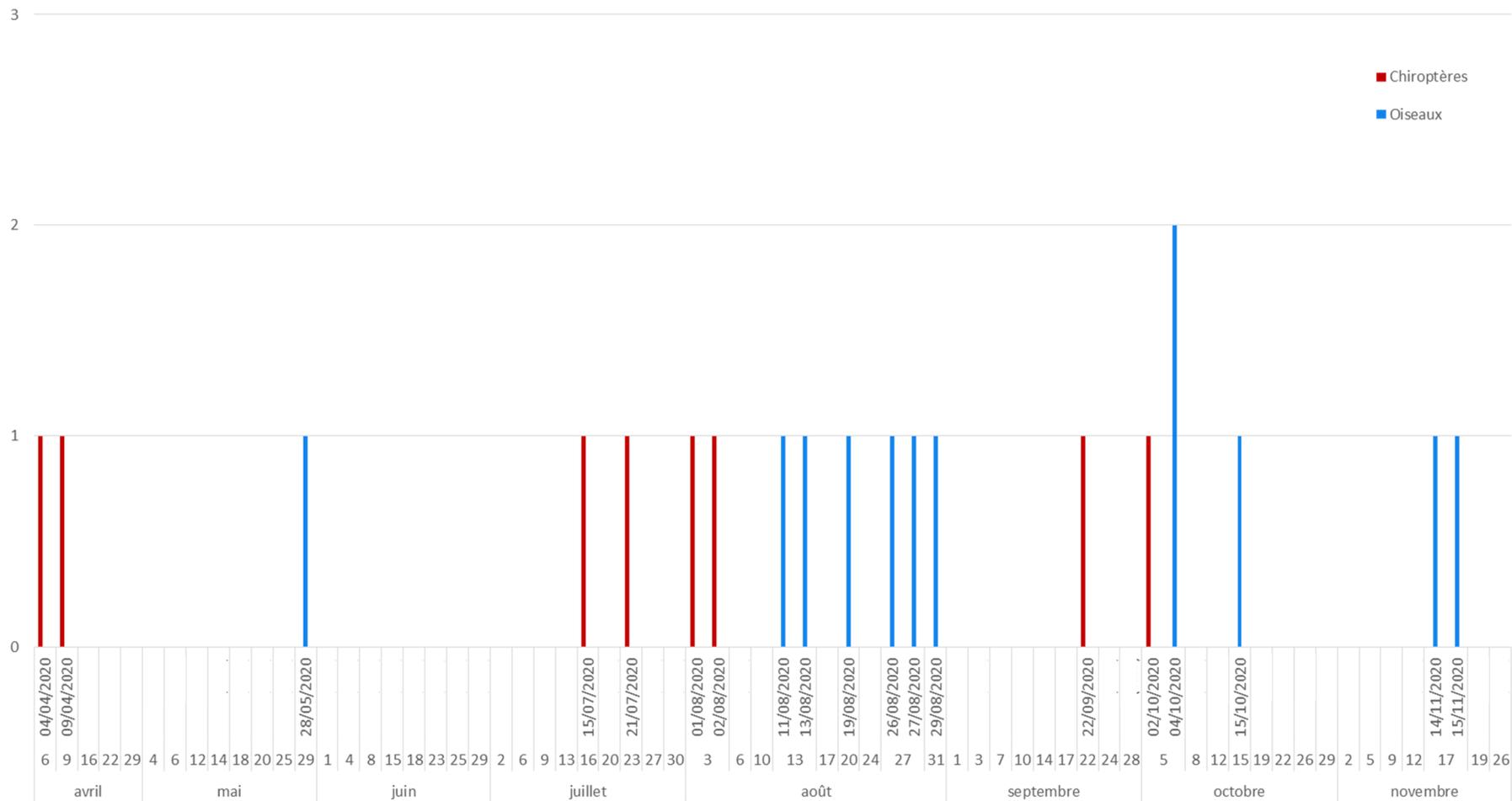
- L'état du cadavre (raideur cadavérique, état de décomposition, dégradation par des insectes...) – comparaisons possibles avec les cadavres déposés pour les tests ;
- La présence d'insectes nécrophages : si des pupes de diptères sont visibles, la mort est estimée à 8h-20h (soit la nuit précédant la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

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

Une plus grande proportion de cadavres 'datés' ont été relevés cette année.

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 04/04 et le 26/11/2020



IV.3 Espèces impactées

Espèces impactées et mois de mortalité

	avril	mai	juillet	août	septembre	octobre	novembre	Total
Chiroptères								
Chiroptère sp.						1		1
Noctule commune				1				1
Pipistrelle commune					1			1
Pipistrelle de Nathusius	1							1
Pipistrelle pygmée	1							1
Pipistrelle pygmée/commune			2	1				3
Oiseaux								
Bruant proyer		1						1
Gobemouche noir				1				1
Grive musicienne						1		1
Héron cendré						1		1
Linotte mélodieuse				2				2
Martinet noir				1				1
Oiseau sp.				1				1
Roitelet huppé							1	1
Roitelet sp.						1	1	2
Rousserole effarvatte				1				1

IV.3.a Oiseaux

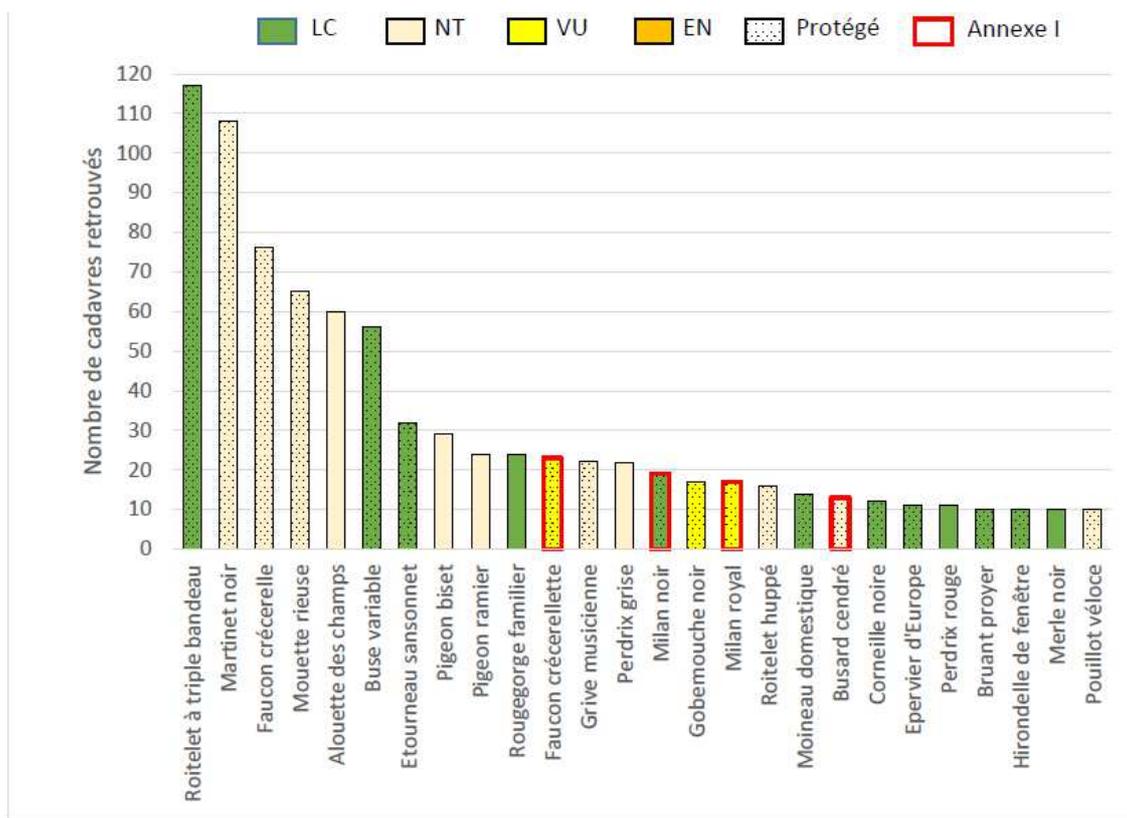
Observons tout d'abord que les espèces impactées diffèrent globalement de la première année de suivi : le cortège des migrateurs impactés est en effet beaucoup moins varié qu'en 2019.

Les roitelets sont cette année encore très concernés par la mortalité sur le parc de Vouillon en période de migration, comme cela a été constaté au niveau national. Outre les 3 mentionnés ici, 4 individus avaient été retrouvés lors du suivi printanier (mars 2020, voir annexe 2).

On retrouve également dans les espèces impactées cette année le Martinet noir (un seul individu contre 4 en 2019), la Grive musicienne et le Gobemouche noir, également cités dans le rapport rédigé par la LPO en 2017 (Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune - Étude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015 – tableau récapitulatif ci-après).

Apparaissent en proportion non négligeable cette année la Linotte mélodieuse (1/6 des oiseaux retrouvés) et le Bruant proyer (dont un cadavre avait déjà été retrouvé lors du suivi printanier). Ce dernier est affecté en période de migration de printemps, alors que la mortalité de Linotte mélodieuse pourrait être affectée à la dispersion de jeunes durant l'été. À noter que les bruants ont été systématiquement retrouvés au pied des mâts, et avec peu de blessures apparentes, contrairement à celles qui peuvent être occasionnées par les pales. On soupçonne cette espèce d'entrer en collision avec les mâts, des découvertes similaires ayant été faites dans d'autres régions (M. LEUCHTMANN, comm. pers.).

Enfin, à noter deux cas d'espèces non citées dans le rapport de la LPO : le Héron cendré et la Rousserolle effarvatte, retrouvés morts alors que leur présence sur le site doit être rare.



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

Les pipistrelles sont les chauves-souris les plus affectées par des mortalités cette année. Les mortalités concernent le transit printanier, mais surtout la période estivale d'élevage des jeunes.

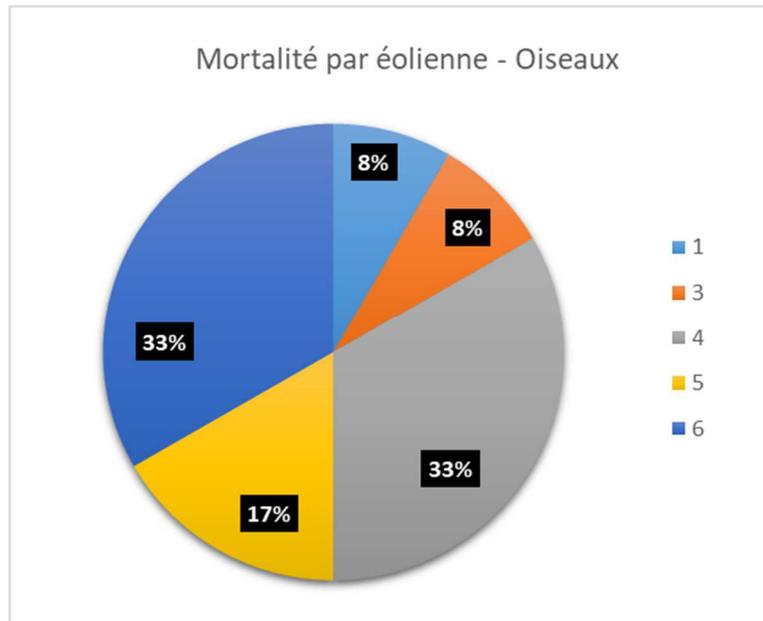
Le plus grand nombre d'individus retrouvés peut être relié aux effectifs de l'espèce, la plus commune du département, mais également à la proximité des habitations de Vouillon. Des colonies de pipistrelles (mixtes) sont certainement présentes localement et le parc éolien compris dans leur zone de chasse.

Un seul individu de Noctule commune a été retrouvé cette année, en milieu d'été. Liée au milieu forestier, il peut s'agir d'un individu en transit vers/ depuis la forêt de Choeurs-Bommiers à proximité immédiate du parc. Notons néanmoins que la Noctule commune volant entre 15 et 40 m n'est généralement que peu affectée par la mortalité éolienne : cela lui permet en effet en théorie de rester en dessous du bas des pales (54 m).

IV.4 Répartition de la mortalité par éolienne

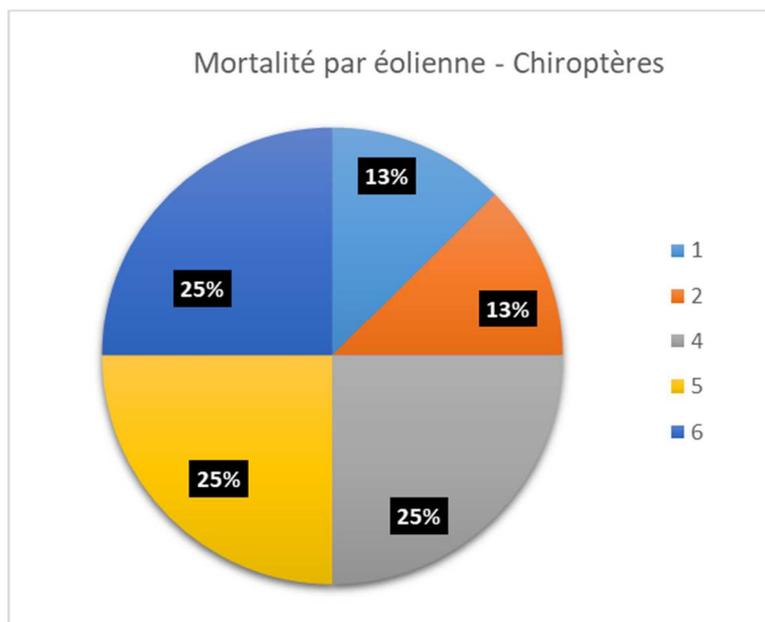
IV.4.a Oiseaux (n = 12)

Concernant les oiseaux, les 2/3 des cas de mortalité ont été retrouvés sous 2 des 6 éoliennes, chacune recueillant 33% des cas de mortalité d'oiseaux : **E4 et E6**.



IV.4.b Chiroptères (n = 8)

Concernant les chiroptères, 3 éoliennes regroupent les 3/4 des observations, et cela de façon équivalente : elles concernent chacune 25% de la mortalité globale constatée des chauves-souris. Il s'agit des 3 éoliennes les plus au sud : **E4, E5 et E6**.

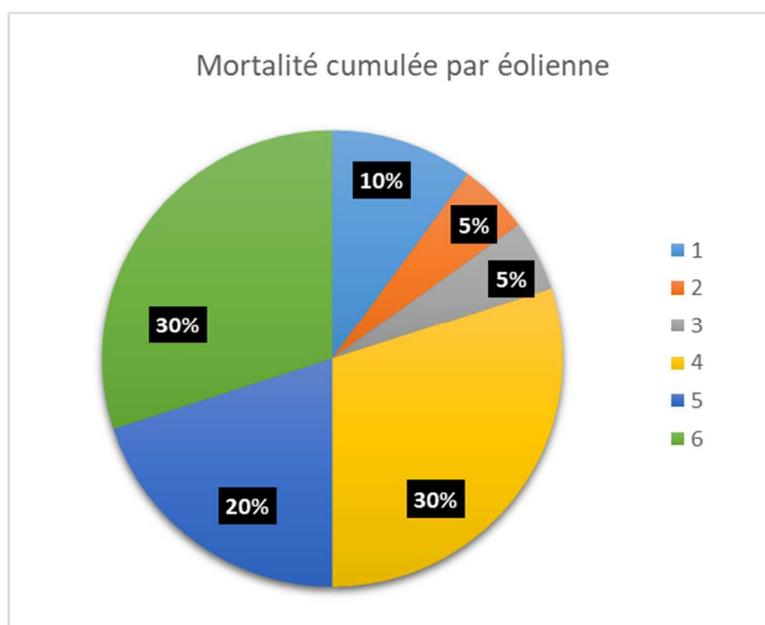


IV.4.c Mortalité cumulée (n = 20)

E4, E5 et E6 apparaissent clairement comme les 3 éoliennes concernées par la plus importante mortalité : elles recueillent 80% des individus retrouvés.

Notons l'implication un peu moins marquée de l'éolienne E5.

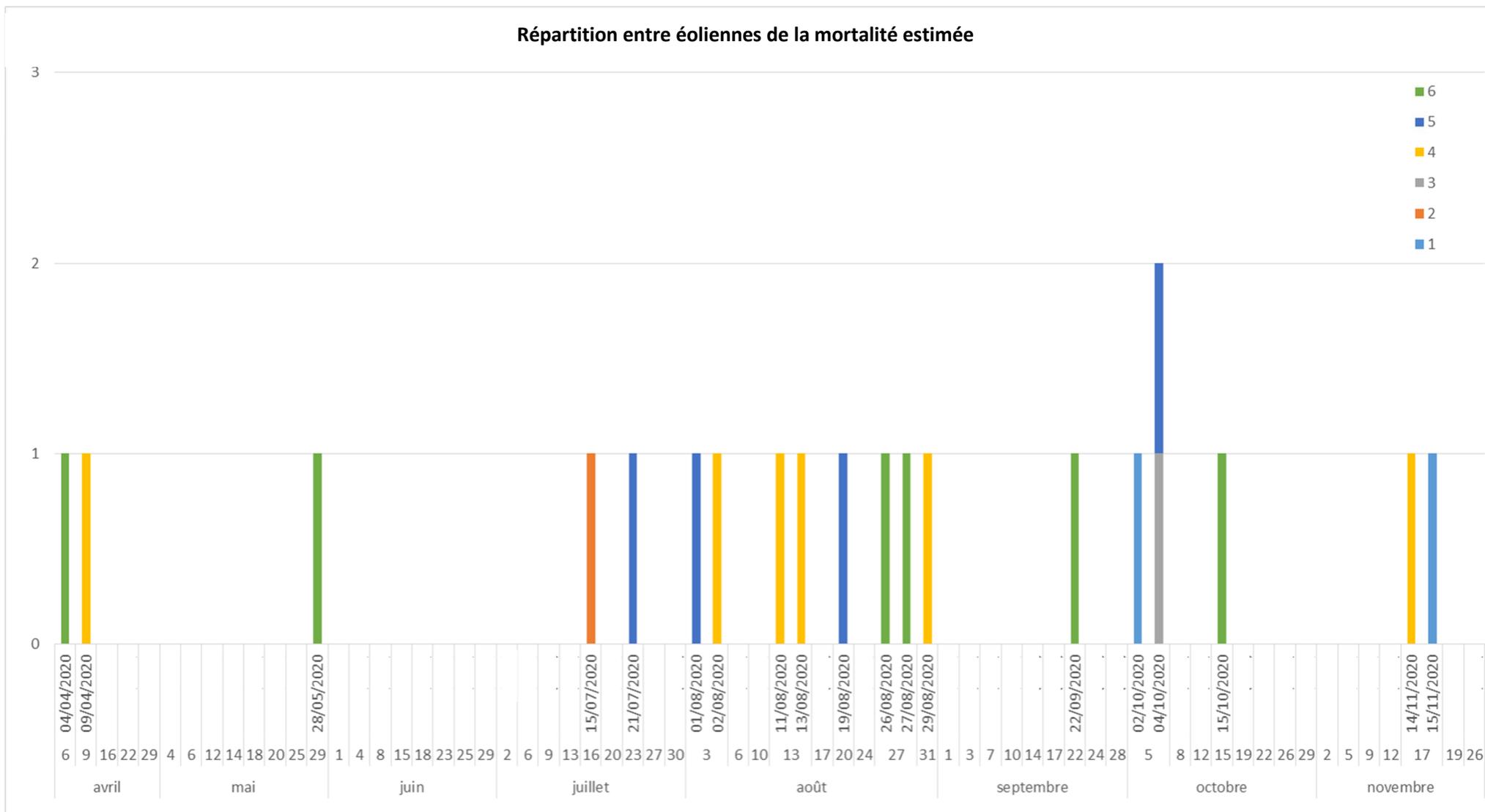
Ces résultats sont identiques à ceux de la précédente année de suivi.



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.

Il est difficile d'extraire une quelconque tendance sur la base des 20 cadavres relevés. Les mortalités se répartissent assez régulièrement entre éoliennes tout au long de la période suivie. Notamment celles retrouvées au pied de E4 et E6, qui impactent toute l'année. Éventuellement, l'on pourrait relever que E5 impacte majoritairement en période estivale.

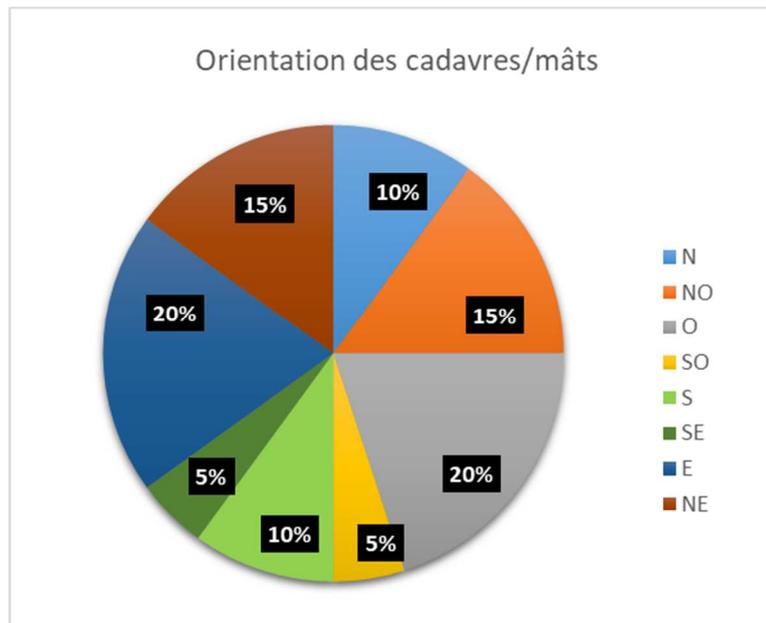
Répartition entre éoliennes de la mortalité estimée



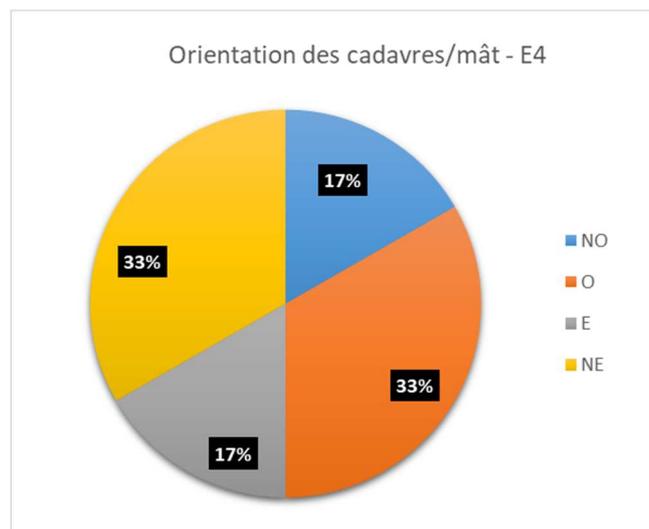
IV.5 Dispersion des cadavres

IV.5.a Orientation

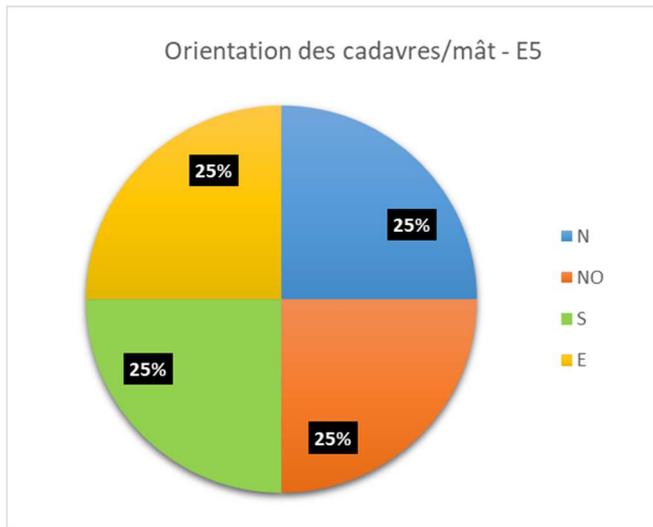
Il est difficile cette année de voir ressortir des tendances du graphique ci-dessous. On peut éventuellement noter deux directions autour des éoliennes présentant le plus grand nombre de cadavres : **l'ouest et l'est**.



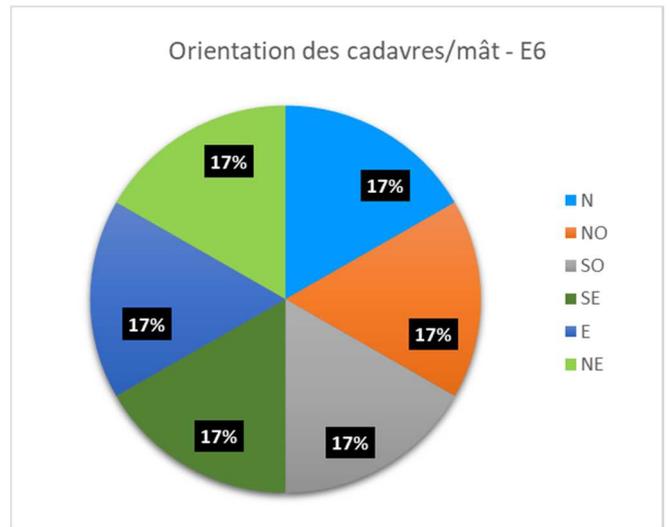
L'analyse est ensuite réalisée par éolienne ci-dessous, pour les trois qui ont été à l'origine d'un nombre plus important de cas de mortalité.



E4 - Directions préférentielles : ouest et nord-est (n = 6)



E5 – Pas de direction préférentielle (n = 4)



E6 – Pas de direction préférentielle (n = 6)

Aucune tendance nette ne ressort ici.

Les effectifs relativement faibles de cette année rendent cette partie de l'analyse moins pertinente.

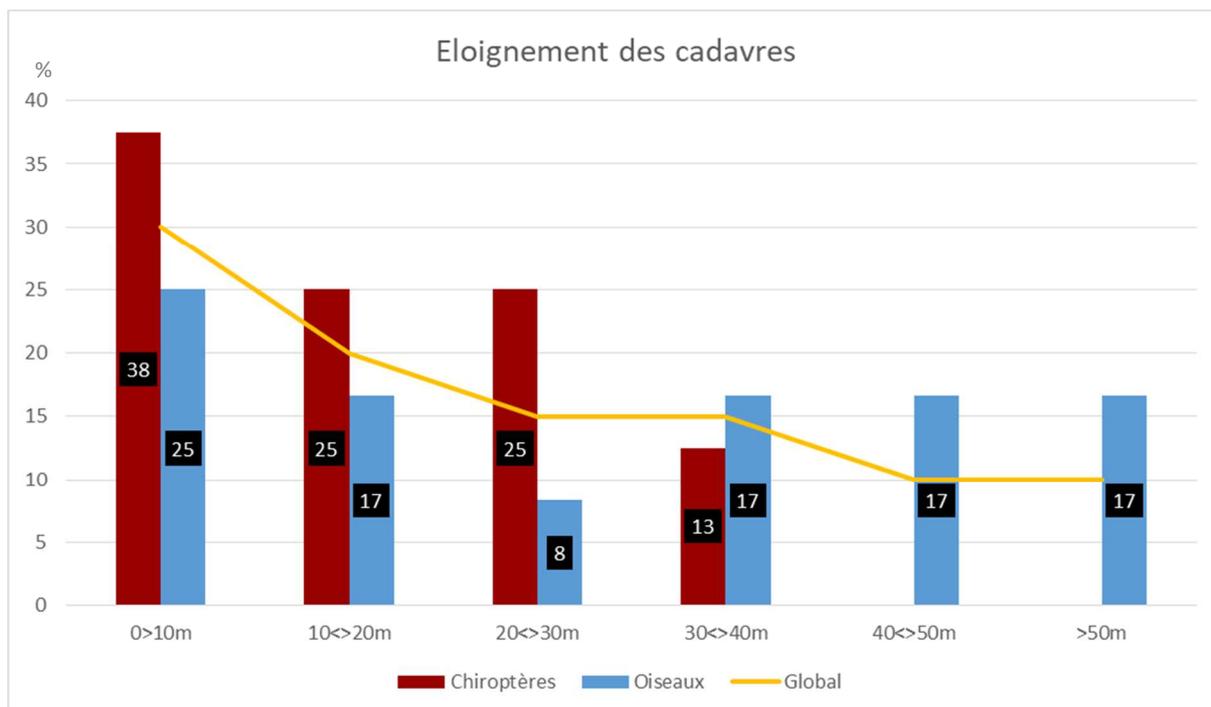
Ouest/nord-ouest et est/nord-est rassemblent 70% des cadavres, ce qui semble inversé par rapport à 2019 où les relevés étaient majoritaires dans un secteur sud.

IV.5.b Éloignement

La distance moyenne d'éloignement des cadavres par rapport au mât des éoliennes varie en fonction du groupe concerné. Elle est cette année de 16,6 m pour les chiroptères, et de 28,2 m pour les oiseaux.

Au global, la distance moyenne d'éloignement constatée est de 22,4 m, plus faible que ce qui avait été calculé lors de la première année de suivi (33,8m).

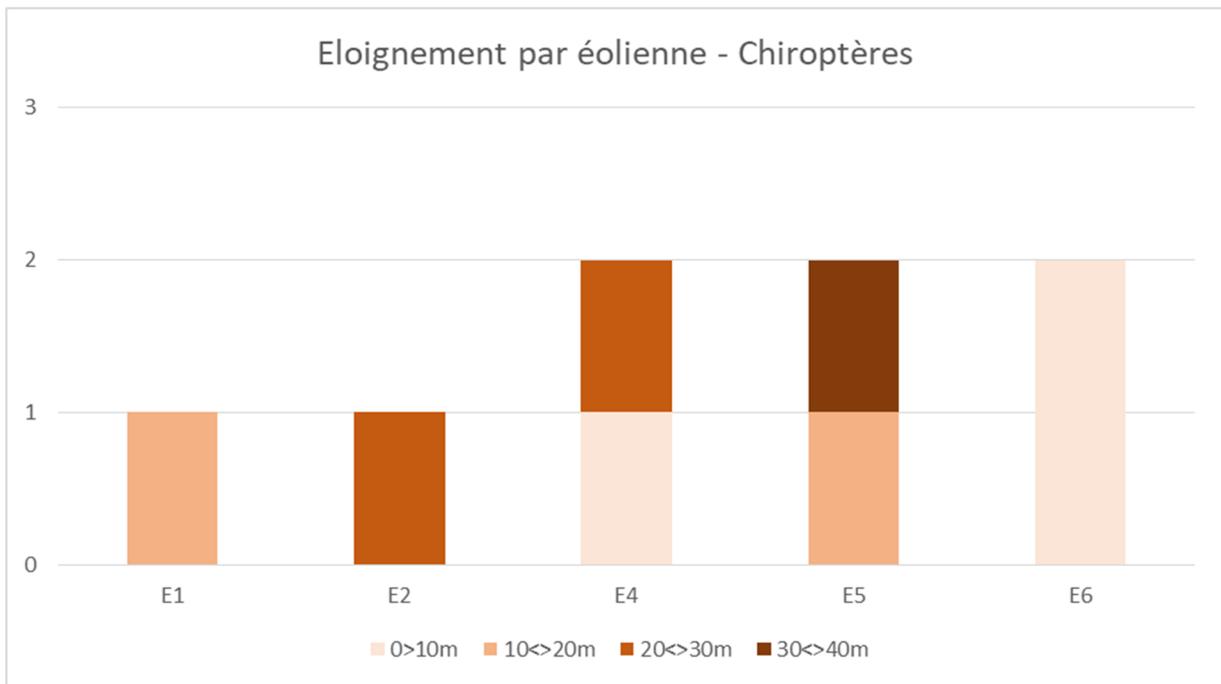
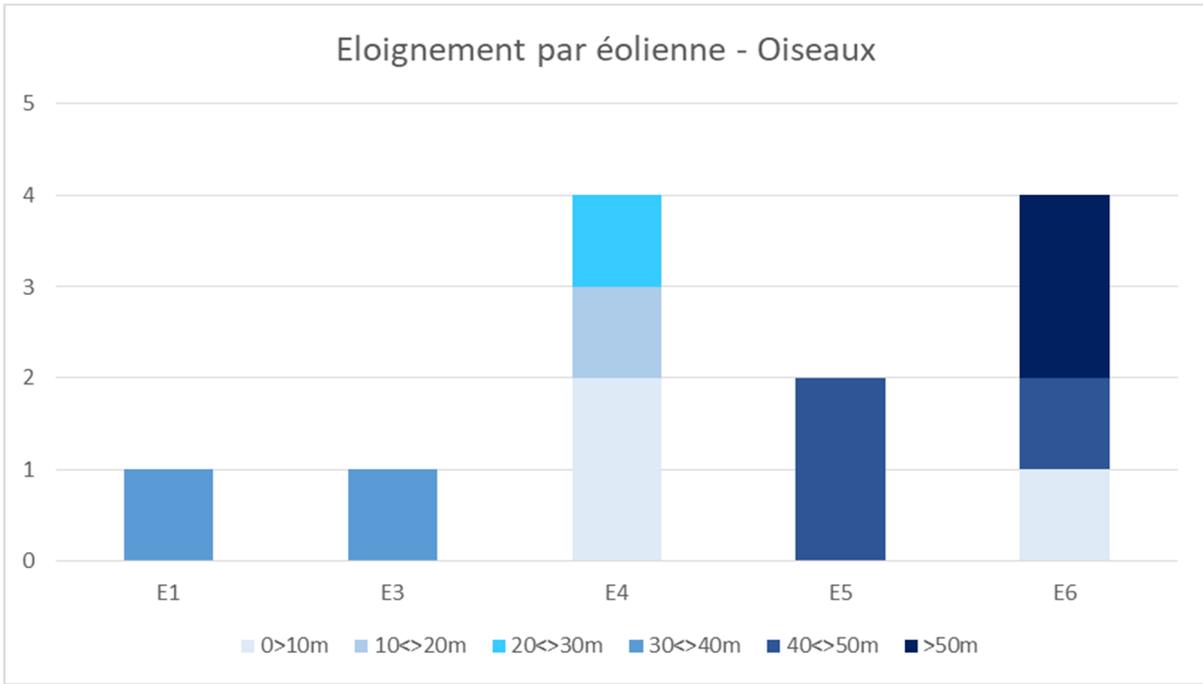
La répartition pour chaque groupe et selon des classes de 10 mètres nous donne la représentation plus précise suivante :



- Les **chiroptères** sont retrouvés majoritairement **entre 0 et 30 m** autour des éoliennes (88%) ; l'éloignement maximal constaté pour ce groupe est cette année de 30 m ;
- Les **oiseaux** quant à eux sont **plus régulièrement répartis**, même au-delà de 40 m ; l'éloignement maximal constaté pour ce groupe est cette année de 70 m ;
- En **cumulé**, la moitié des individus retrouvés l'ont été entre **0 et 20 m**.

Les résultats sont ici aussi sensiblement différents de ceux de l'année dernière, où les classes médianes et hautes rassemblaient le plus de cadavres.

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



IV.6 Causes constatées de la mortalité

Au cours des 8 mois de ce suivi 2020, 20 cadavres ont été découverts en 63 passages.

Il s'agissait pour rappel de 8 chiroptères et 12 oiseaux.

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

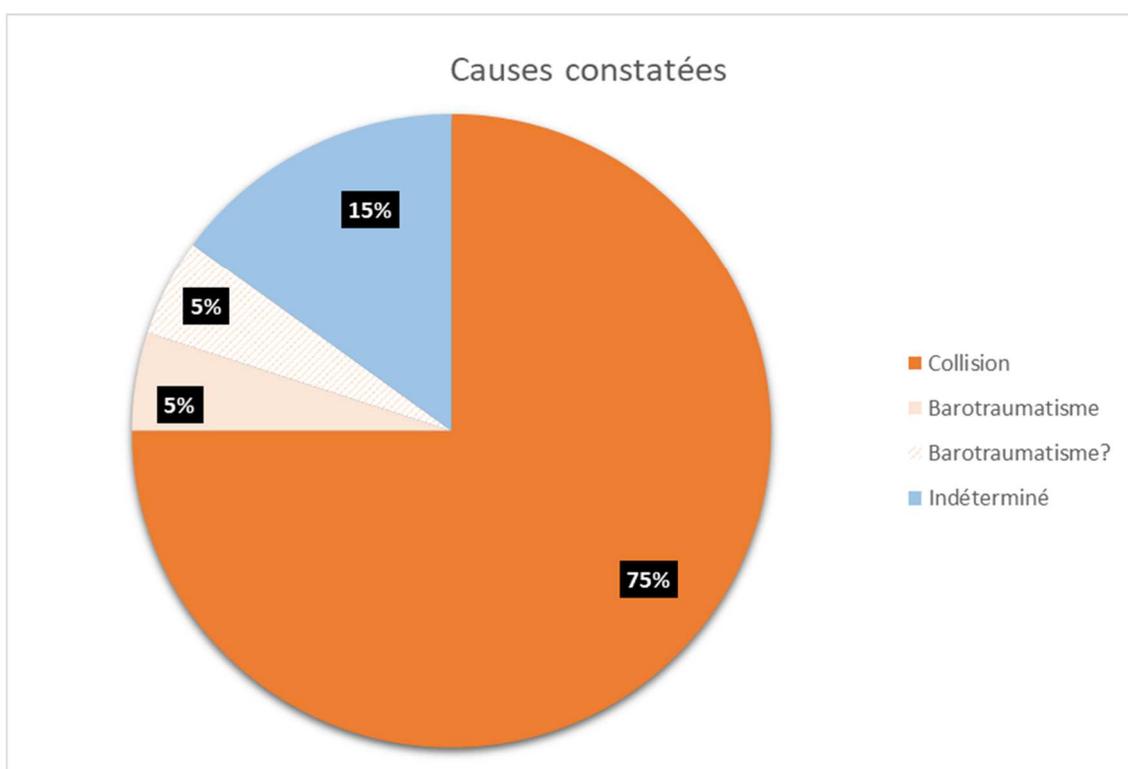
Causes	Barotraumatisme	Collision	Indéterminé	Total
Chiroptères	1	5	2	8
Oiseaux	1 ?	10	1	12
Total	2	15	3	20

Pour les oiseaux comme pour les chiroptères, la **collision** semble être la cause majeure de mortalité (**75%**). Cela est dans certains cas aisément constatable sur le terrain (fracture ouverte, corps sectionné...). Lorsque cela n'était pas visible, des palpations ont été réalisées afin de détecter une éventuelle fracture.

Néanmoins, certains cas n'ont pas pu être élucidés malgré un examen externe minutieux ; les cas de barotraumatisme étant décrits comme sans blessure apparente, avec éventuellement des traces de sang au niveau du museau et/ou des oreilles. Cette mortalité par barotraumatisme n'est pas renseignée chez les oiseaux dans la littérature actuelle. Toutefois le cas du Gobemouche noir y a été rattaché, un oiseau de faible corpulence ne présentant a priori aucune blessure par contact.

Certains cas n'ont pu être expliqués, avec des individus frais et sans aucune blessure ni trace de sang.

Ces mortalités ont été classées comme 'indéterminées' et représentent 15% des cadavres.



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

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

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

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**.



Roses des vents mensuelles pour les mois d'avril à novembre 2020 (infoclimat.fr)

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. 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.

Détails des mortalités	Nombre
04/04/2020	1
SE 4,6m/s 12,7°C	
E6	
Pipistrelle de Nathusius	
09/04/2020	1
E 4,7m/s 18,5°C	
E4	
Pipistrelle pygmée	
15/07/2020	1
SO 4,3m/s 16,8°C	
E2	
Pipistrelle pygmée/commune	
21/07/2020	1
N 6,1m/s 20,7°C	
E5	
Pipistrelle pygmée/commune	
01/08/2020	1
O 4,9m/s 21°C	
E5	
Noctule commune	
02/08/2020	1
NO 4,4m/s 18,2°C	
E4	
Pipistrelle pygmée/commune	
19/08/2020	1
S 5,6m/s 25,5°C	
E5	
Rousserole effarvate	
27/08/2020	1
SO 7,6m/s 19°C	
E6	

Gobemouche noir	
29/08/2020	1
NO 4,8m/s 13°C	
E4	
Oiseau sp.	
22/09/2020	1
SO 5,6m/s 16,5°C	
E6	
Pipistrelle commune	
02/10/2020	1
SE 5,6m/s 9,8°C	
E1	
Chiroptère sp.	
04/10/2020	2
SO 10,1m/s 11,1°C	
E3	
Roitelet sp.	
E5	
Héron cendré	
15/10/2020	1
NO 4m/s 8,4°C	
E6	
Grive musicienne	
14/11/2020	1
NO 6,8m/s 15,2°C	
E4	
Roitelet sp.	
15/11/2020	1
SO 9,3m/s 10,9°C	
E1	
Roitelet huppé	

Aux dates de mortalités, on constate :

- Que les vents proviennent majoritairement de l'ouest, ne montrant pas de différence avec l'orientation majoritaire des vents localement, y compris lors des périodes de plus fortes mortalités ;

- Que des chiroptères peuvent voler à une température inférieure à **11°C**.

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 été installé et fonctionne en automatique depuis le 23/10/2020. Les arrêts automatiques pour cause de brouillard n'ont eu lieu qu'entre le 9 et le 21 novembre, à des dates qui ne correspondent pas aux mortalités constatées. Le brouillard ne semble donc pas être le facteur explicatif de la mortalité de cet automne.

Néanmoins, Engie Green assure que suite à l'alerte donnée par Indre Nature, une surveillance et des arrêts ont eu lieu à partir du 12/10/2020 (la surveillance se faisant à l'aide de la caméra présente sur le parc : un opérateur se connectait chaque nuit, toutes les 3h, et réalisait les arrêts en cas de présence de brouillard). Les dates de ces arrêts n'ont toutefois malheureusement pas été notées du côté d'Engie Green, ce qui complique l'analyse. Un seul cadavre a cependant été retrouvé entre le 12/10 et le fonctionnement en automatique du détecteur.

V Interprétations et comparaison interannuelle

Avec 20 cas de mortalité en 2020 contre 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), il est clair que la situation connaît une nette amélioration en cette deuxième année de fonctionnement du parc.

La durée du suivi ainsi que la fréquence des passages ayant évolué entre ces deux années, voici des éléments analysés plus comparables, **sur la base des seuls relevés réalisés entre avril et fin novembre** :

2019	2020
3,2 cadavres constatés/visite	0,32 cadavres constatés/visite
43,8 cas de mortalités constatés/éolienne/an	5 cas de mortalités constatés/éolienne/an
173-248 cas de mortalité estimés/éolienne/an	12-15 cas de mortalité estimés/éolienne/an

Si l'on prend en compte les effectifs relevés **sur l'année complète**, ce qui a montré des chiffres 'proportionnels' par rapport au temps suivi, nous aboutissons au détail suivant : 3,2 oiseau/éolienne/an et 1,7 chauves-souris/éolienne/an.

Comparés avec ce qui est connu au niveau national, nous sommes toujours sur des données de mortalité élevées. 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 ;
- 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 encore cette année élevée par rapport à ce que l'on connaît des suivis des parcs français.

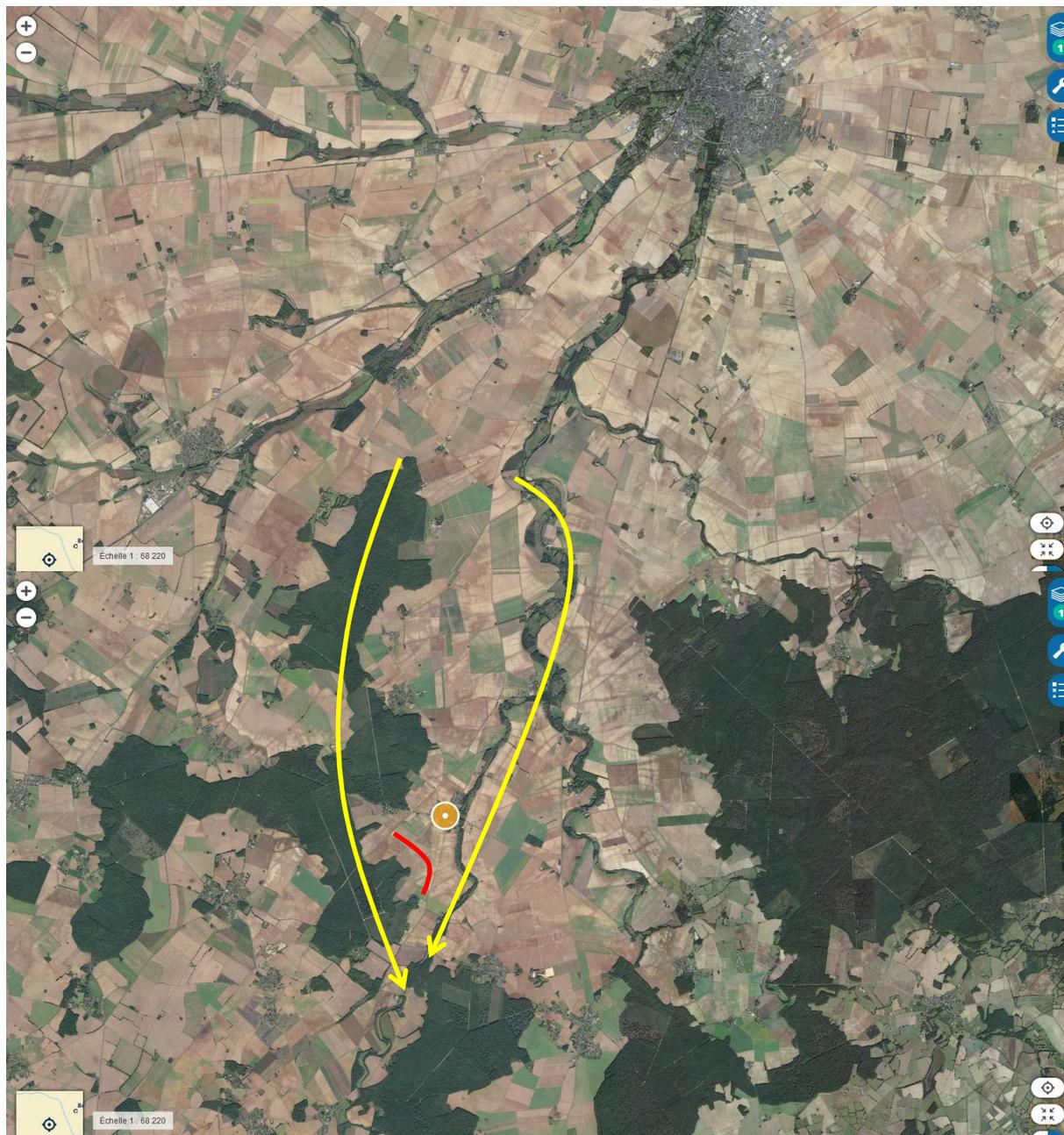
Et cela, rappelons-le, **malgré un bridage mis en place depuis le mois d'avril 2020** :

du 1/04 au 31/07	du 1/08 au 31/10	du 19/10 au 08/11
Vitesse de vent : ≤ 7 m/s	Vitesse de vent : ≤ 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	De -1H avant le coucher du soleil à +6H après le coucher du soleil	De -1H avant le coucher du soleil à +1H après le lever du soleil

Cette année 2020, la période de migration automnale n'a pas connu d'épisode de mortalité massive contrairement à 2019. **Un quart des cadavres ont toutefois été retrouvés à cette saison.**

L'implantation du parc, sur un **axe de migration automnale 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 2020 ont été plus clémentes, notamment lors de la période sensible de la 2^e quinzaine d'octobre (4 jours de brouillard seulement à cette période, et non consécutifs). De la brume a été présente plutôt à partir du 10 novembre, assez tardivement par rapport aux mouvements d'oiseaux.

Pour mémoire ci-après, le parc éolien de Vouillon (schématisé en rouge) s'imbriquant entre deux éléments paysagers pouvant canaliser le flux de déplacement de la faune dans le sens nord-sud : la forêt de Choeurs-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.



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

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 ^{ère} lisière
----------	----------	----------	--

E1	Tournesol	-	300m
E2	Tournesol	-	200m
E3	Tournesol	-	300m
E4	Tournesol 60%	Blé 40%	150m
E5	Blé	-	200m
E6	Blé 50%	Jachère 50%	150m



Aperçu aérien du parc éolien (source Google Maps)

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

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

Tout comme en 2019, la mortalité concerne tous les mois de l'année (hormis juin) avec des effectifs faibles, mais continus.

On relève cependant, ce qui n'était pas ressorti en 2019 :

- **Une mortalité des chiroptères** qui intervient en **avril**, période de migration de printemps, puis en **juillet/août** période estivale d'élevage des jeunes, et enfin en **septembre/octobre** période de migration automnale ;
- **Une mortalité des oiseaux** principalement en **août**, période de dispersion des jeunes et début de migration, puis en **octobre/novembre**, période de migration.

Concernant les autres paramètres étudiés, l'analyse n'est pas aisée en raison du nombre moins important de cadavres retrouvés en 2020. Toutefois, si l'on s'y risque :

- **l'orientation** des cadavres a quelque peu évolué, en passant d'ouest/sud-ouest à ouest/est ;

- **l'éloignement** des cadavres est également quelque peu différent par rapport à 2019, les chiroptères comme les oiseaux étant retrouvés **plus près des mâts** que l'an dernier.

Après deux 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, semble passer inaperçu dans la dispersion des individus impactés.

Ainsi, le Bruant proyer par exemple semble spécifiquement entrer en collision avec les mâts ; les espèces de petites tailles (roitelets et chiroptères) semblent être projetées moins loin que des plus lourdes comme les grives.

Si le **taux de détection** calculé est le même sur les deux années de suivi (l'observateur est resté le même), les paramètres concernant la **persistance des cadavres** a quelque peu évolué. Ces derniers disparaissent plus rapidement en fin d'hiver 2020 qu'au printemps 2019, mais restent plus longtemps en été et en automne 2020.

VI Conclusion

La mortalité sur le parc éolien de Vouillon en 2020 est **sans commune mesure** avec ce qui a été observé et calculé en 2019.

L'habituation de la faune à ces installations, les mesures de bridage mises en place, mais également une météo plus favorable en période critique de flux migratoire peuvent être à l'origine de cette nette amélioration. Le facteur chance (comprendre : l'absence d'un vol de passereaux clairement dirigé sur une éolienne) doit également être pris en compte.

Toutefois, les effectifs relevés et estimations qui en découlent **restent élevés** par rapport à ce qui est connu en France.

Le suivi mortalité 2020 du parc éolien de Vouillon a permis de révéler certaines périodes de sensibilité :

- Pour les chiroptères : le transit de début de printemps, l'été et le transit d'automne ;
- Pour les oiseaux : la fin d'été et la migration d'automne.

Peut-être évitées grâce à une météorologie plus clémente en 2020, seuls deux cas de mortalité ont eu lieu après la fin de la période de suivi théorique recommandée par le protocole national. Notons tout de même que les collisions se poursuivent durant le mois de novembre.

Cette 2^e année de suivi aura permis de confirmer 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.

Elle aura également prouvé une seconde fois qu'une part de la mortalité peut passer inaperçue lorsque le **périmètre de recherche** sous les éoliennes est limité. Les éoliennes devraient être implantées de façon à ce que l'accès à l'aire de recherche maximale soit permis toute l'année.

Le **bridage** en cours, amélioré depuis le printemps 2020, a sans doute eu un effet bénéfique en limitant la mortalité. Au regard des cas restants, voici **quelques propositions ciblées** en fonction des observations réalisées, à ajouter sur la base du bridage en cours - à maintenir bien sûr :

- concernant les **chiroptères**, il est proposé d'augmenter la température de déclenchement du bridage d'1°C, pour les 2 premières périodes du bridage en cours (soit du 01/04 au 31/10, en passant à 11°C puis 10°C) ;

- concernant les **oiseaux**, trouver une solution concernant la mortalité estivale est peu aisé. Toutefois, mettre en évidence les mâts pourrait s'avérer bénéfique au Bruant proyer. Cette espèce, qui subit par ailleurs les pressions des changements de pratiques agricoles depuis les années 1970, voit déjà ses effectifs diminuer sans avoir besoin d'autres menaces. Peindre une bande de couleur sur les mâts pourrait suffire à ne plus impacter cette espèce.

La même technique pourrait être appliquée à une pale des trois éoliennes les plus impactantes (E4, E5 et E6). Cette technique est déjà utilisée en Europe du Nord, où une étude a démontré une baisse de 70% des collisions (MAY R. et al., 2020) ; innovante pour la France, l'y tester permettrait sans doute de confirmer ces résultats encourageants.



Éolienne du parc de Smøla (Norvège) avec pale peinte (MAY R. et al, 2020)

À noter que le projet MAPE lancé en 2020 permettra peut-être de découvrir de nouvelles techniques visant à limiter les impacts des parcs éoliens sur l'avifaune d'ici l'horizon 2023 (mape.cnrs.fr).

Malgré tout, ces suivis continuent de compléter les **connaissances** des espèces, même si cela intervient dans des conditions peu agréables. Cette 2^e année de suivi aura permis de révéler la présence sur la commune de Vouillon :

- de la Rousserolle effarvate, espèce absente localement (hormis une donnée datant d'une dizaine d'années sur la commune de Mâron) ;
- du Gobemouche noir, espèce seulement connue localement de la commune d'Ambrault (une donnée en 2020 également).

Par ailleurs, la mortalité soutenue sur ces deux années de roitelets vient confirmer les données nationales et le fort impact que pourrait avoir le développement croissant de ces installations au niveau européen sur la conservation de ces espèces au niveau international.

VII Annexes

Annexe 1 : Bilan des relevés mortalités (janvier-mars 2020)

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

Un rapport concernant le suivi hivernal de la mortalité sur le parc éolien de Vouillon (intégrant ces données) a été rédigé : BOYE A., 2020, *Suivi mortalité sur le parc éolien Engie Vouillon (Indre), Année 1. Compléments hivernaux : décembre 2019 – avril 2020.* Indre Nature.

Annexe 2 : Bilan des relevés mortalités (01/04/2020 – 30/11/2020)

N° passage	Observateur	Date du suivi	N° éolienne	Espèce	Nombre	Date de mort potentielle
58	Agnès BOYE	06/04/2020	6	Pipistrelle de Nathusius	1	04/04/2020
59	Manon LANIECE	09/04/2020	4	Pipistrelle pygmée	1	09/04/2020
60	Agnès BOYE	16/04/2020	1 à 6	0	0	
61	Agnès BOYE	22/04/2020	1 à 6	0	0	
62	Agnès BOYE	29/04/2020	1 à 6	0	0	
63	Agnès BOYE	04/05/2020	1 à 6	0	0	
64	Agnès BOYE	06/05/2020	1 à 6	0	0	
65	Agnès BOYE	12/05/2020	1 à 6	0	0	
66	Agnès BOYE	14/05/2020	1 à 6	0	0	
67	Agnès BOYE	18/05/2020	1 à 6	0	0	
68	Agnès BOYE	20/05/2020	1 à 6	0	0	
69	Agnès BOYE	25/05/2020	1 à 6	0	0	
70	Agnès BOYE	29/05/2020	6	Bruant proyer	1	28/05/2020
71	Agnès BOYE	01/06/2020	1 à 6	0	0	
72	Agnès BOYE	04/06/2020	1 à 6	0	0	
73	Agnès BOYE	08/06/2020	1 à 6	0	0	
74	Manon LANIECE	15/06/2020	1 à 6	0	0	
75	Manon LANIECE	18/06/2020	1 à 6	0	0	
76	Manon LANIECE	23/06/2020	1 à 6	0	0	
77	Manon LANIECE	25/06/2020	1 à 6	0	0	
78	Agnès BOYE	29/06/2020	1 à 6	0	0	
79	Agnès BOYE	02/07/2020	1 à 6	0	0	
80	Agnès BOYE	06/07/2020	1 à 6	0	0	
81	Agnès BOYE	09/07/2020	1 à 6	0	0	
82	Agnès BOYE	13/07/2020	1 à 6	0	0	
83	Agnès BOYE	16/07/2020	2	Pipistrelle pygmée/commune	1	15/07/2020
84	Agnès BOYE	20/07/2020	1 à 6	0	0	
85	Agnès BOYE	23/07/2020	5	Pipistrelle pygmée/commune	1	21/07/2020
86	Agnès BOYE	27/07/2020	1 à 6	0	0	
87	Agnès BOYE	30/07/2020	1 à 6	0	0	
88	Agnès BOYE	03/08/2020	5	Noctule commune	1	01/08/2020
		03/08/2020	4	Pipistrelle pygmée/commune	1	02/08/2020
89	Agnès BOYE	06/08/2020	1 à 6	0	0	
90	Agnès BOYE	10/08/2020	1 à 6	0	0	
91	Agnès BOYE	13/08/2020	4	Linotte mélodieuse	1	13/08/2020
	Agnès BOYE	13/08/2020	4	Linotte mélodieuse	1	11/08/2020
92	Agnès BOYE	17/08/2020	1 à 6	0	0	
93	Agnès BOYE	20/08/2020	5	Rousserole effarvate	1	19/08/2020
94	Manon LANIECE	24/08/2020	1 à 6	0	0	
95	Manon LANIECE	27/08/2020	6	Gobemouche noir	1	27/08/2020

		27/08/2020	6	Martinet noir	1	26/08/2020
96	Agnès BOYE	31/08/2020	4	Oiseau sp.	1	29/08/2020
97	Agnès BOYE	03/09/2020	1 à 6	0	0	
98	Agnès BOYE	07/09/2020	1 à 6	0	0	
99	Agnès BOYE	10/09/2020	1 à 6	0	0	
100	Agnès BOYE	14/09/2020	1 à 6	0	0	
101	Agnès BOYE	17/09/2020	1 à 6	0	0	
102	Agnès BOYE	22/09/2020	6	Pipistrelle commune	1	22/09/2020
103	Agnès BOYE	24/09/2020	1 à 6	0	0	
104	Agnès BOYE	28/09/2020	1 à 6	0	0	
105	Agnès BOYE	01/10/2020	1 à 6	0	0	
106	Agnès BOYE	05/10/2020	5	Héron cendré	1	04/10/2020
		05/10/2020	1	Chiroptère sp.	1	02/10/2020
		05/10/2020	3	Roitelet sp.	1	04/10/2020
107	Manon LANIECE	08/10/2020	1 à 6	0	0	
108	Agnès BOYE	12/10/2020	1 à 6	0	0	
109	Agnès BOYE	15/10/2020	6	Grive musicienne	1	15/10/2020
110	Agnès BOYE	19/10/2020	1 à 6	0	0	
111	Agnès BOYE	22/10/2020	1 à 6	0	0	
112	Agnès BOYE	26/10/2020	1 à 6	0	0	
113	Agnès BOYE	29/10/2020	1 à 6	0	0	
114	Agnès BOYE	02/11/2020	1 à 6	0	0	
115	Agnès BOYE	05/11/2020	1 à 6	0	0	
116	Agnès BOYE	09/11/2020	1 à 6	0	0	
117	Agnès BOYE	12/11/2020	1 à 6	0	0	
118	Agnès BOYE	17/11/2020	4	Roitelet sp.	1	14/11/2020
		17/11/2020	1	Roitelet huppé	1	15/11/2020
119	Agnès BOYE	19/11/2020	1 à 6	0	0	
120	Agnès BOYE	26/11/2020	1 à 6	0	0	

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

Annexe 3 : Bilan des relevés mortalités (décembre 2020)

N° passage	Observateur	Date	N° éolienne	Espèce	Nombre
121	Agnès BOYE	07/12/2020	5	Pipistrelle sp.	1
122	Agnès BOYE	14/12/2020	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

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>