

Février 2022

Suivi Environnemental ICPE

PARC ÉOLIEN DE COULANGES

COMMUNE DE BRINAY (18)

ANNEE DE SUIVI 2

Dans le cadre de l'article 9 de l'arrêté ICPE du 22 juin 2020 modifiant les prescriptions de l'article 12 de l'arrêté du 26 août 2011, relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent, les exploitants des parcs éoliens doivent tenir à disposition de l'inspection des ICPE un suivi environnemental.

Pour chaque parc éolien, le rapport de suivi environnemental remis à l'inspection des installations classées sera composé de tout ou partie des deux suivis suivants en fonction des spécificités du site :

- Suivi de l'activité des chiroptères
- Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères

Le bureau d'études ENCIS Environnement a été missionné par la société BRINAY ENERGIE pour réaliser ce suivi environnemental ICPE dès 2021.

Après avoir précisé la méthodologie utilisée et ses limites, ce dossier présente les résultats des différents suivis.

SOMMAIRE

1	Cadre général de l'étude	7
1.1	Maître d'ouvrage – exploitant	9
1.2	Auteurs de l'étude	9
1.3	Présentation du parc éolien étudié	10
1.4	Cadre règlementaire de l'étude de suivi environnemental pour les projets éoliens	12
1.5	Les impacts potentiels d'un parc éolien en fonctionnement sur le milieu naturel .	13
1.5.1	Avifaune.....	13
1.5.2	Chiroptères	19
2	Méthodes utilisées	29
2.1	Méthodologie et démarche générale	31
2.2	Suivi d'activité des chiroptères.....	33
2.2.1	Objectif et paramètres à prendre en compte	33
2.2.2	Méthodologie et pression d'inventaire	33
2.3	Limites des méthodes utilisées et difficultés rencontrées.....	39
2.3.1	Limites des méthodes employées	39
2.3.2	Difficultés rencontrées	39
2.4	Suivi de la mortalité sur l'avifaune et les chiroptères.....	40
2.4.1	Principes et objectif	40
2.4.2	Protocole utilisé.....	41
2.4.3	Méthodes d'estimation de la mortalité	43
2.4.4	Limites des méthodes utilisées	49
3	Résultats et analyse du suivi d'activité des chiroptères.....	51
3.1	Bilan des connaissances de l'étude d'impact	53
3.2	Suivi de l'activité des chiroptères en 2021	55
3.2.1	Suivi ultrasonique automatique permanent en nacelle	55
3.2.2	Synthèse des résultats du suivi comportemental des chiroptères en nacelle	66
3.3	Bilan et comparaison avec l'étude d'impact et les suivis 2020 et 2021	67
3.3.1	Diversité spécifique	67
3.3.2	Comparaisons des deux années de suivi ICPE.....	68
3.4	Principaux éléments à retenir des deux années de suivi ICPE	75
4	Résultats du suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères.....	77
4.1	Résultats des tests et paramétrage des méthodes d'estimation.....	79
4.1.1	Durée moyenne de l'intervalle	79
4.1.2	Efficacité du chercheur	79
4.1.3	Persistance des cadavres.....	79
4.1.4	Surfaces prospectées et correction surfacique	80
4.2	Mortalité de l'avifaune.....	82
4.2.1	Bilan des connaissances sur la mortalité de l'avifaune liée à l'éolien	82
4.2.2	Bilan des connaissances de l'étude d'impact	86
4.2.3	Résultats globaux du suivi de l'avifaune en 2021	87
4.2.4	Résultats saisonniers.....	90
4.2.5	Résultats spatialisés par éolienne	93
4.2.6	Identification des causes potentielles de la mortalité engendrée sur le parc éolien	96
4.2.7	Incidences spécifiques du parc éolien sur l'avifaune	97

4.2.8 Comparaisons des données de 2021 avec celles de 2020	100
4.2.9 Synthèse	106
4.3 Mortalité des chiroptères.....	107
4.3.1 Bilan des connaissances sur la mortalité des chiroptères liée à l'éolien.....	107
4.3.2 Bilan des connaissances de l'étude d'impact	113
4.3.3 Résultats globaux du suivi des chiroptères en 2021	114
4.3.4 Résultats saisonniers.....	117
4.3.5 Résultats spatialisés par éolienne	119
4.3.6 Identification des causes potentielles de la mortalité engendrée sur le parc éolien ...	123
4.3.7 Incidences spécifiques du parc éolien sur les chiroptères.....	125
4.3.8 Comparaisons avec des données de 2021 avec celles de 2020	128
4.3.9 Synthèse	135
5 Mesures correctrices.....	137
Table des illustrations	147
Bibliographie	152
Annexes	163



1 Cadre général de l'étude

1.1 Maître d'ouvrage – exploitant

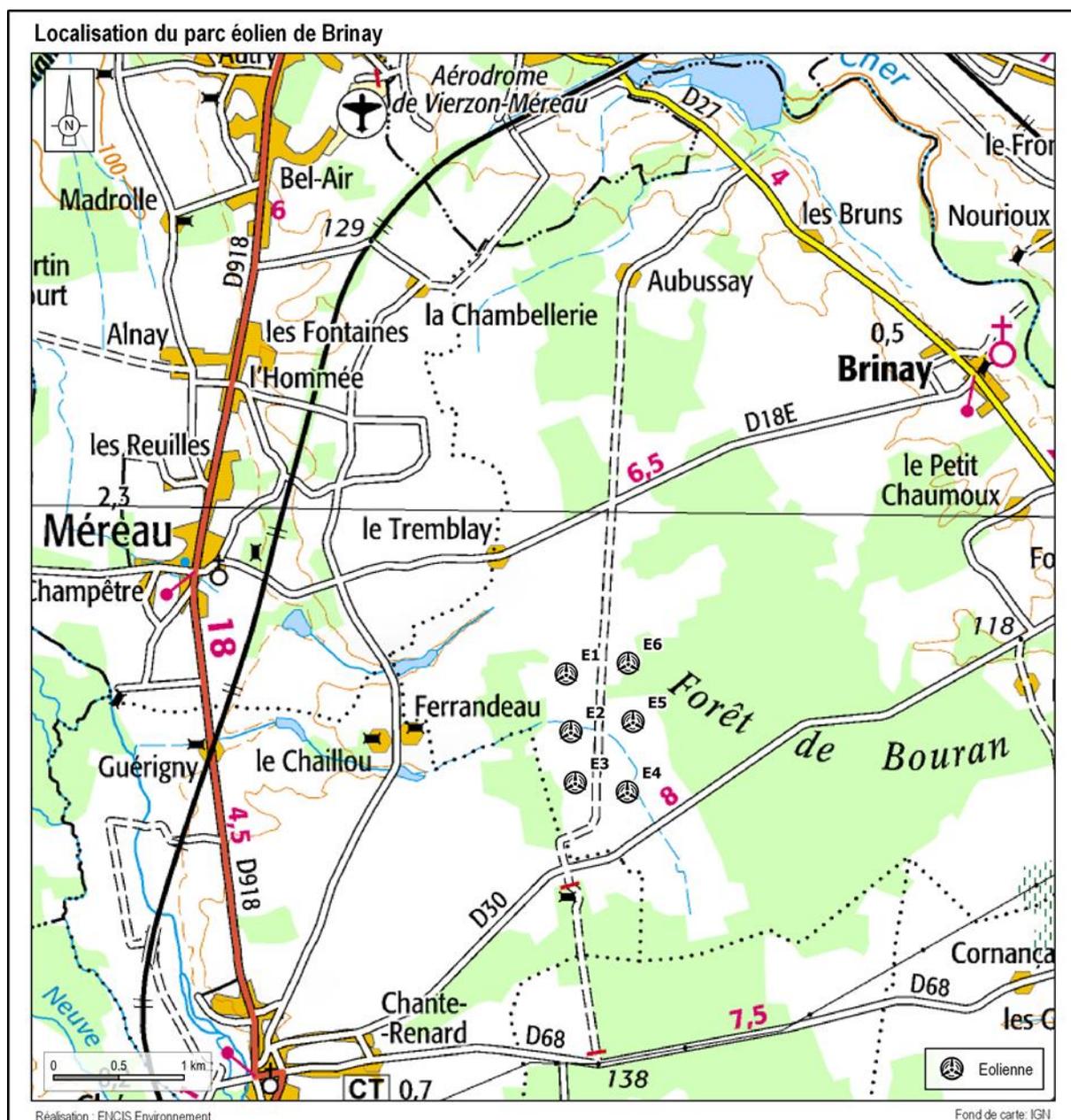
Destinataire	BRINAY ENERGIES
Adresse de l'interlocuteur	JPee 1 rue Célestin Freinet 44 200 NANTES
Interlocuteur	Anaëlle HOUVERT
Téléphone	02 14 99 11 55

1.2 Auteurs de l'étude

Structure	
Adresse	21 Rue de Columbia 87 068 LIMOGES
Téléphone	05 55 36 28 39
Coordination de l'étude	Michaël LEROY, Responsable du Pôle écologie de Limoges - Chiroptérologue
Suivi de l'activité des chiroptères	Benoît LESAGE, Chargé d'études - Chiroptérologue
Suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères	Mallaury JACOMET, Chargée d'études – Écologue Benoît LESAGE, Chargé d'études - Chiroptérologue
Correction	Michaël LEROY, Responsable du Pôle écologie de Limoges - Chiroptérologue
Validation	Michaël LEROY, Responsable du Pôle écologie de Limoges - Chiroptérologue
Version / date	Février 2022

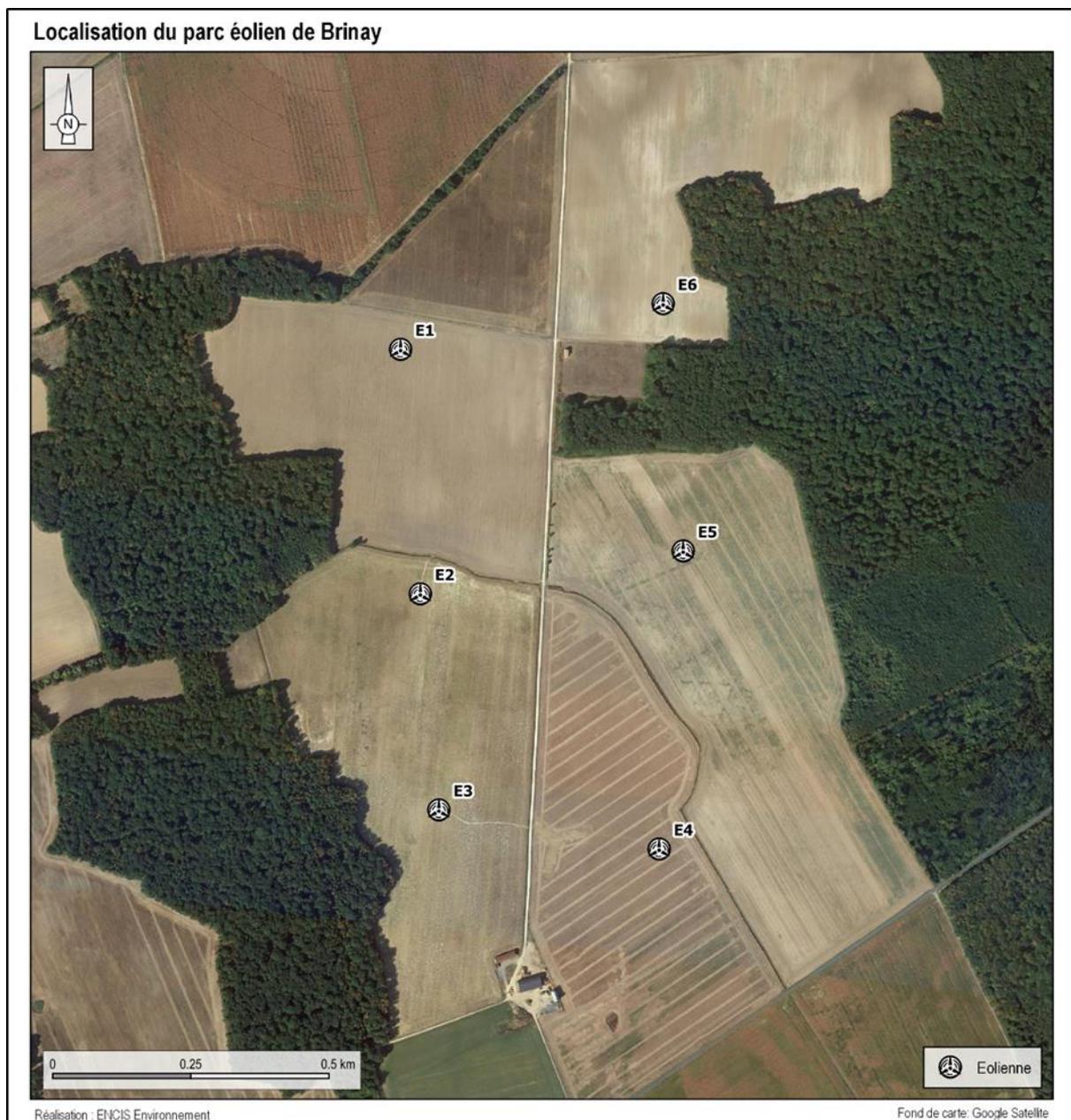
1.3 Présentation du parc éolien étudié

Le parc éolien de Coulanges, autorisé par arrêté préfectoral du 30 mai 2017 et mis en service en avril 2020, est constitué de six éoliennes N-131-3MW d'une hauteur de 180 mètres en bout de pale, d'un hub à 114 m et d'une garde au sol de 49 m. Les éoliennes sont implantées au sud-ouest de la commune de Brinay et au sud-est de Méreau, au lieu-dit Ferrandeu (carte suivante).



Carte 1 : Localisation du parc éolien de Coulanges

Implantées dans un secteur à forte dominante agricole, les six éoliennes se situent dans des parcelles cultivées (carte suivante). Des boisements, majoritairement âgés, ceinturent ces cultures à l'ouest et à l'est.



Carte 2 : Localisation du parc éolien de Coulanges sur photographie aérienne

1.4 Cadre réglementaire de l'étude de suivi environnemental pour les projets éoliens

Création ou extension d'un parc éolien

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

« L'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs. Sauf cas particulier justifié et faisant l'objet d'un accord du préfet, ce suivi doit débuter dans les 12 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation afin d'assurer un suivi sur un cycle biologique complet et continu adapté aux enjeux avifaune et chiroptères susceptibles d'être présents. Dans le cas d'une dérogation accordée par le préfet, le suivi doit débuter au plus tard dans les 24 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation. Ce suivi est renouvelé dans les 12 mois si le précédent suivi a mis en évidence un impact significatif et qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives. A minima, le suivi est renouvelé tous les 10 ans d'exploitation de l'installation. Le suivi mis en place par l'exploitant est conforme au protocole de suivi environnemental reconnu par le ministre chargé des installations classées. Les données brutes collectées dans le cadre du suivi environnemental sont versées, par l'exploitant ou toute personne qu'il aura mandatée à cette fin, dans l'outil de téléservice de " dépôt légal de données de biodiversité " créé en application de l'arrêté du 17 mai 2018. ».

Ce suivi doit également être conforme aux dispositions applicables aux ICPE relatives à l'étude d'impact. Ainsi, l'article R122-14 du code de l'environnement prévoit que : « - La décision d'autorisation, d'approbation ou d'exécution du projet mentionne :

1° Les mesures à la charge du pétitionnaire ou du maître d'ouvrage, destinées à éviter les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine, réduire les effets n'ayant pu être évités et, lorsque cela est possible, compenser les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits ;

2° Les modalités du suivi des effets du projet sur l'environnement ou la santé humaine ;

3° Les modalités du suivi de la réalisation des mesures prévues au 1° ainsi que du suivi de leurs effets sur l'environnement, qui font l'objet d'un ou plusieurs bilans réalisés selon un calendrier que l'autorité compétente pour autoriser ou approuver détermine. Ce ou ces bilans sont transmis pour information par l'autorité compétente pour prendre la décision d'autorisation, d'approbation ou d'exécution à l'autorité administrative de l'État compétente en matière d'environnement. »

En novembre 2015, l'État a publié un protocole standardisé permettant de réaliser les suivis environnementaux. Il guide également la définition des modalités du suivi des effets du projet sur l'avifaune et les chiroptères prévu par l'article R.122-14 du code de l'environnement. Ce protocole a été actualisé en 2018.

1.5 Les impacts potentiels d'un parc éolien en fonctionnement sur le milieu naturel

1.5.1 Avifaune

1.5.1.1 Perte d'habitat liée à l'effarouchement par les éoliennes

La perte d'habitat par effarouchement résulte d'un **comportement d'éloignement des oiseaux autour des éoliennes** en mouvement. Selon les espèces, cet éloignement s'explique par une méfiance instinctive du mouvement des pales et de leur ombre portée. Ce **dérangement répété** peut conduire à une **perte durable d'habitat**. La perturbation peut avoir des conséquences faibles si le milieu concerné est commun et qu'il existe d'autres habitats similaires aux alentours. La perturbation peut cependant être importante, particulièrement lorsque les espèces sont inféodées à un habitat particulier et que cet habitat est rare dans le secteur du site d'implantation. L'habitat affecté peut aussi bien concerner une zone de reproduction qu'une zone d'alimentation, et ce pendant toutes les phases du cycle biologique des oiseaux (reproduction, migration, hivernage).



Certains oiseaux s'adaptent facilement en s'habituant progressivement aux éoliennes dans leur entourage, d'autres sont très farouches. Le degré de sensibilité varie selon les espèces et le stade phénologique concerné.

L'analyse des résultats de 127 études portant sur les impacts des éoliennes sur la biodiversité (Hötker *et al.*, 2006) illustre ces différences interspécifiques, intraspécifiques et phénologiques. L'étude indique notamment que les distances d'évitement sont moins importantes en période de reproduction qu'en dehors de cette dernière. Par exemple, il est mentionné une distance d'évitement de 113 mètres pour le Canard colvert en période de reproduction, contre 200 mètres hors période de reproduction (valeurs médianes). Cette distance d'évitement est de 300 mètres pour la Barge à queue noire en période de reproduction, ainsi que pour le Canard siffleur et la Bécassine des marais hors période de reproduction (valeurs médianes). D'autres espèces apparaissent moins sensibles à l'effarouchement, comme le Pipit farlouse et la Bergeronnette printanière (respectivement 0 et 50 mètres en période de reproduction, valeurs médianes) ou encore le Faucon crécerelle et le Héron cendré (respectivement 0 et 30 mètres hors période de reproduction, valeurs médianes). Le site internet du programme national « éolien-biodiversité » créé à l'initiative de l'ADEME¹, du MEEDDM², du SER-FEE³ et de la LPO⁴, évoque une **distance d'éloignement variant de quelques dizaines de mètres jusqu'à 400-500 mètres du mât de l'éolienne en fonctionnement**. Selon la même source, certains auteurs témoignent de distances maximales avoisinant 800 à 1 000 mètres.

¹ Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

² Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du développement Durable et de la Mer

³ Syndicat des Énergies Renouvelables – France Énergie Éolienne

⁴ Ligue de Protection des Oiseaux

L'accoutumance des oiseaux aux éoliennes est toujours discutée, les données étant parfois contradictoires pour une même espèce.

Hivernants et migrants

Peu de suivis post-implantation se sont penchés sur les réponses comportementales des groupes de passereaux hivernants ou en halte migratoire face à la présence d'éoliennes. La bibliographie est parfois contradictoire. En Vendée, malgré les difficultés à appréhender le rôle des aérogénérateurs, après l'implantation du parc de Bouin (Dulac, 2008), certaines espèces semblent toujours fréquenter le secteur sans évolution significative de la taille des groupes (Étourneau sansonnet, Alouette des champs, Pigeon ramier, etc.) ; alors que pour d'autres espèces, une diminution du nombre d'oiseaux par groupe a été constatée (Hirondelle rustique). De même, à Tarifa, Janss (2000) n'a pas montré de différence de densité des groupes hivernants de Pipit farlouse, de Linotte mélodieuse et de Chardonneret élégant.

Pour les espèces de petite et moyenne tailles, Hötker *et al.*, 2006, semblent confirmer un effet faible lié à la perte d'habitat, et indiquent une distance d'évitement nulle pour l'Alouette des champs, l'Étourneau sansonnet et la Corneille noire et de 100 mètres pour le Pigeon ramier (valeurs médianes, hors période de reproduction).

En revanche, en hiver, pour certaines espèces de moyenne taille, Pratz (2010) indique que les groupes semblent rester à l'écart par rapport aux éoliennes et ne traversent que très rarement les parcs denses ou en éventail (Pigeon ramier, Pluvier doré, Vanneau huppé ; parcs de Beauce).

Nicheurs

La bibliographie s'intéressant à la méfiance des oiseaux vis-à-vis des éoliennes semble montrer que **les nicheurs de petites et moyennes tailles sont moins gênés par la présence des éoliennes que les oiseaux migrants ou hivernants**. Plusieurs auteurs témoignent d'une accoutumance des individus locaux à la présence de ces nouvelles structures (Dulac, 2008 ; Albouy, 2005). Faggio *et al.* (2003) indiquent une indifférence totale vis-à-vis des éoliennes pour les espèces locales ou nicheuses qui restent en permanence près du sol comme la Fauvette sarde et la Perdrix rouge.

La densité des oiseaux peut également être affectée. Les travaux de Pearce-Higgins *et al.*, (2009), concernant neuf parcs éoliens au Royaume-Uni, suggèrent que les densités d'oiseaux nicheurs peuvent être réduites de 15 à 53 % dans un rayon de 500 mètres autour des éoliennes (espèces les plus touchées : Buse variable, Busard Saint-Martin, Pluvier doré, Bécassine des marais, Courlis cendré et Traquet motteux).

Espèces des milieux aquatiques

Les oiseaux d'eau peuvent s'avérer farouches vis-à-vis de la présence des éoliennes. Hors période de reproduction, selon Hötker *et al.*, (2006), les anatidés (canards, oies, cygnes) se maintiennent parfois à distance des mâts. Cet éloignement a été estimé **entre 125 et 300 mètres vis-à-vis du mât (valeurs médianes)**. Il est à noter que l'importance des écarts types révèle la disparité des comportements intraspécifiques. Ces différences peuvent être liées à la configuration

du site (nombre et hauteur des éoliennes, agencement, paysage), et à la capacité d'adaptation des oiseaux à la présence des éoliennes. À titre d'exemple, des études ont mis en évidence des signes d'accoutumance (diminution des distances d'évitement) pour le Canard colvert et la Foulque macroule, des signes de non-accoutumance (augmentation des distances d'évitement) pour le Courlis cendré, voire les deux types de comportement pour le Vanneau huppé (Hötker *et al.*, 2006).

Une capacité d'accoutumance des oiseaux d'eau nicheurs à la présence des éoliennes dans leur environnement a également été documentée (Dulac, 2008), notamment chez le Canard colvert (Roux *et al.*, 2013). Toutefois, les échassiers et les oiseaux aquatiques seraient plus sensibles à ces perturbations indirectes par perte ou modifications d'habitats que d'autres (Gaultier *et al.* 2019). Roux *et al.*, (2013), ont ainsi constaté l'abandon total d'une héronnière située à proximité d'une éolienne et une forte diminution du nombre de couples installés dans une autre située à 250 mètres d'un parc éolien.

Enfin, certaines espèces semblent particulièrement sensibles, comme le Courlis cendré, dont la distance d'évitement en période de reproduction est évaluée à 800 mètres (Pearce-Higgins *et al.*, 2009).

Compte-tenu des résultats décrits précédemment, et notamment des variations intraspécifiques importantes, il est difficile de généraliser le phénomène d'accoutumance. Par ailleurs, il faut souligner que cette habitude se fait au prix d'un risque accru de collision avec les éoliennes (Gaultier *et al.*, 2019).

1.5.1.2 Effet barrière et contournement

L'effet barrière correspond à des **réactions de contournement des éoliennes lors des vols** des oiseaux. Les parcs éoliens peuvent représenter une barrière **aussi bien pour les oiseaux en migration active que pour les oiseaux en transit quotidien** entre les zones de repos et les zones de gagnage. L'effet barrière dépend de la sensibilité des espèces, de la configuration du parc éolien, de celle du site, et des conditions climatiques.

La **réaction d'évitement** a l'avantage de **réduire les risques de collision** pour les espèces sensibles lorsque les conditions de visibilité sont favorables. En revanche, elle pourrait générer une **dépense énergétique supplémentaire notable pour les migrants** lorsque le contournement prend des proportions importantes (effet cumulatif de plusieurs obstacles successifs) ou quand, pour diverses raisons (mauvaises conditions météorologiques, relief, etc.), la réaction est tardive à l'approche des éoliennes (mouvements de panique, demi-tours, éclatement des groupes, etc.).

Pour les oiseaux **nicheurs ou hivernants**, un parc formant une **barrière entre une zone de reproduction/de repos et une zone d'alimentation** peut conduire, selon la sensibilité des espèces, à une **augmentation du risque de collision voire une perte d'habitat** (abandon de la zone de reproduction ou de la zone de gagnage).

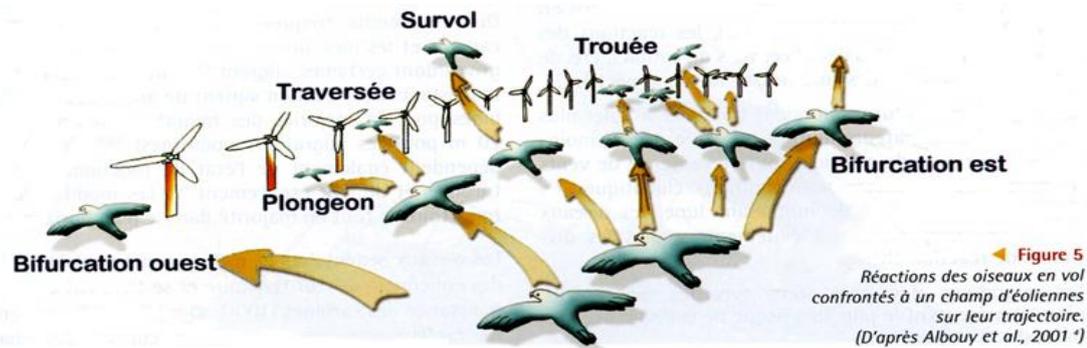


Figure 1 : Réactions des oiseaux en vol confrontés à un champs d'éoliennes sur leur trajectoire (d'après Albouy et al, 2001)

Les espèces qui sont **le plus susceptibles d'être affectées par l'effet barrière** sont les espèces **de grande taille**, qui se déplacent à des altitudes relativement élevées (notamment à hauteur de pales) et dont le rayon d'action est vaste. Les effets semblent être **plus importants pour les rapaces, les échassiers** (Héron cendré), les **canards et les columbidés** (Pigeon ramier). Toutefois, Hötker *et al.*, (2006), indique un effet barrière chez les oies, les rapaces et les passereaux (hors Étourneau sansonnet et Corvidés). Par exemple, un effet barrière a ainsi été noté chez la Grue cendrée (cinq études), le Milan noir (quatre études), le Milan royal (trois études), le Busard des roseaux (quatre études), le Busard Saint- Martin (une étude), l'Oie cendrée (deux études), le Pinson des arbres (trois études) ou encore l'Hirondelle rustique (quatre études).

D'après le programme national « éolien-biodiversité » (LPO-ADEME-MEDDE-SER/FEE), les **anatidés (canards, oies, etc.) et les pigeons semblent assez sensibles à l'effet barrière, alors que les laridés (mouettes, sternes, goélands) et les passereaux le sont beaucoup moins**. Faggio *et al.* (2003) ont ainsi observés que seulement 22,5 % des oiseaux de petite envergure et 16,3 % des oiseaux de moyenne envergure avaient un comportement d'évitement face aux éoliennes (évitement par-dessus, par-dessous, ou sur le côté).

Les réactions des espèces sont difficilement généralisables, car il existe des espèces pour lesquelles certaines études ont montré un effet barrière, tandis que d'autres ont mis en évidence l'absence d'un tel effet (Buse variable, Héron cendré, etc., Hötker *et al.*, 2006).

Les réponses comportementales face à un parc éolien dépendent de l'espèce, des habitats présents au sein et autour du parc et surtout du nombre et de la disposition des éoliennes (espacements entre les éoliennes, hauteur, etc.). À titre d'exemple, sur le site de Bouin (Dulac, 2008), l'éloignement d'un peu plus de 200 mètres entre chaque éolienne, laissant un passage de plus de 100 mètres de libre (abstraction faite des espaces de survol des pales) semble provoquer une diminution du nombre de passages d'oiseaux au niveau des éoliennes. Cependant, cette diminution ne concerne que certaines espèces (Tadorne de Belon, Canard colvert, Bergeronnette grise, Pipit farlouse, Faucon crécerelle) et d'autres ne semblent pas affectées, comme la Mouette rieuse et l'Étourneau sansonnet. Pour autre exemple, la distance d'évitement de la Buse variable est courte : environ 25 mètres hors période de reproduction (valeur médiane, Hötker *et al.*, 2006).

Albouy *et al.*, (2001), ont montré que toutes les espèces, quelle que soit leur taille, peuvent être « dérangées » par la présence des éoliennes (88 % des individus ont réagi en adaptant leur

trajectoire). Également, les auteurs indiquent que **la distance d'anticipation dépend de la taille des migrateurs**. Ainsi, les **passereaux et les rapaces de petite taille réagissent généralement à 100-200 mètres en amont** du parc, tandis que les **grands rapaces et grands échassiers s'adaptent souvent au-delà de 500 mètres**. Marques *et al.*, (2020), ont montré un effet négatif des éoliennes pour les Milans noirs en migration, avec une diminution de la fréquentation des habitats dans un rayon d'environ 674 mètres autour des mâts (ce qui correspond à une surface de 143 hectares par éolienne). Le programme national « éolien-biodiversité » (LPO-ADEME-MEDDE-SER/FEE) signale que les Grues cendrées adoptent un comportement d'évitement du parc entre 300 et 1 000 mètres de distance.

L'orientation des alignements d'éoliennes a une influence sur les comportements des migrateurs qui abordent un parc éolien. Une **ligne d'éoliennes parallèle à l'axe de migration principal provoque moins de modifications** de comportement **qu'une ligne perpendiculaire aux déplacements**. Par exemple, sur le plateau de Garrigue Haute (Albouy *et al.*, 2001), les cinq éoliennes du parc de Port-la-Nouvelle, implantées perpendiculairement à l'axe de migration, provoquent cinq fois plus de réactions de traversée que les dix éoliennes du parc de Sigean, implantées parallèlement à cet axe. En outre, les auteurs ont montré qu'un espace d'environ **200 mètres entre deux éoliennes semble suffisant** au passage des **passereaux et des rapaces de petite et moyenne envergures** (faucons, éperviers, milans, Bondrée apivore) mais **trop faible pour les oiseaux de plus grande envergure comme les cigognes ou le Circaète Jean-le-Blanc** (aucun de ces derniers n'a été observé utilisant cet espace). Également, Roux *et al.*, (2013) ont constaté que des éoliennes implantées parallèlement au couloir de migration ne semblaient pas faire barrière aux mouvements des migrateurs. La littérature recommande de **limiter l'emprise du parc sur l'axe de migration, dans l'idéal à moins de 1 000 mètres** (Soufflot *et al.*, LPO, 2010 ; Marx *et al.*, LPO, 2017). Lorsque cette préconisation ne peut être respectée, il est recommandé d'aménager des **trouées de taille suffisante pour laisser des échappatoires aux migrateurs**. Soufflot *et al.*, (2010) évaluent la **distance minimale d'une trouée à 1 000 mètres** (1 250 mètres dans l'idéal, sans distinction du sens d'implantation des éoliennes). Ces mêmes auteurs recommandent également **d'exclure les croisements de lignes d'éoliennes** (configuration en croix, en « Y » ou en « L »).

Selon Gaultier *et al.*, (2019), l'impact de l'effet barrière sur les oiseaux migrateurs est encore difficile à évaluer et nécessiterait des travaux de recherche spécifiques.

1.5.1.3 Risque de collision

La mortalité des oiseaux peut résulter de collisions avec les pales ou avec la tour de la nacelle. Les petits passereaux pourraient également subir des barotraumatismes et être projetés au sol par les turbulences créées par la rotation des pales (Gaultier *et al.*, 2019). Il faut également noter qu'un faible taux de mortalité peut générer des incidences écologiques notables, pour les espèces menacées et pour les espèces à maturité lente et à faible productivité annuelle (Gaultier *et al.*, 2019).

Les différentes espèces interagissent différemment face à un parc éolien. Les espèces plus sensibles à l'effarouchement (limicoles, anatidés, grues, aigles, etc.), plus méfiantes vis-à-vis des

éoliennes en mouvement, sont par conséquent moins sensibles au risque de collision. Les **espèces moins farouches seront potentiellement plus sensibles à la mortalité par collision** avec les pales (milans, buses, Faucon crécerelle, busards, martinets, hirondelles, etc.).

Les **rapaces, les laridés et les passereaux migrateurs nocturnes sont généralement considérés comme les plus exposés au risque de collision** avec les turbines (Souflot, 2010).

Certaines situations peuvent accroître les risques de collision avec les pales. Les principaux critères sont le **nombre d'éoliennes, leur taille, la configuration du parc** (cf. chapitre précédent sur l'effet barrière et le contournement), le **contexte paysager, les hauteurs et types de vol des espèces, le comportement de chasse pour les rapaces et les phénomènes de regroupement pour les espèces en migration**, principalement pour les migrateurs nocturnes. De même, les **conditions météorologiques défavorables (brouillard, nuages bas, vent fort)**, constituent des situations à risque.

Certains rapaces, en particulier **les espèces à tendance charognarde** tels les milans, la Buse variable ou encore les busards peuvent être **attirés sur les parcelles cultivées lors des travaux agricoles** (notamment la fauche des prairies au printemps et les moissons en été) et par **l'ouverture des milieux** liée au défrichement.

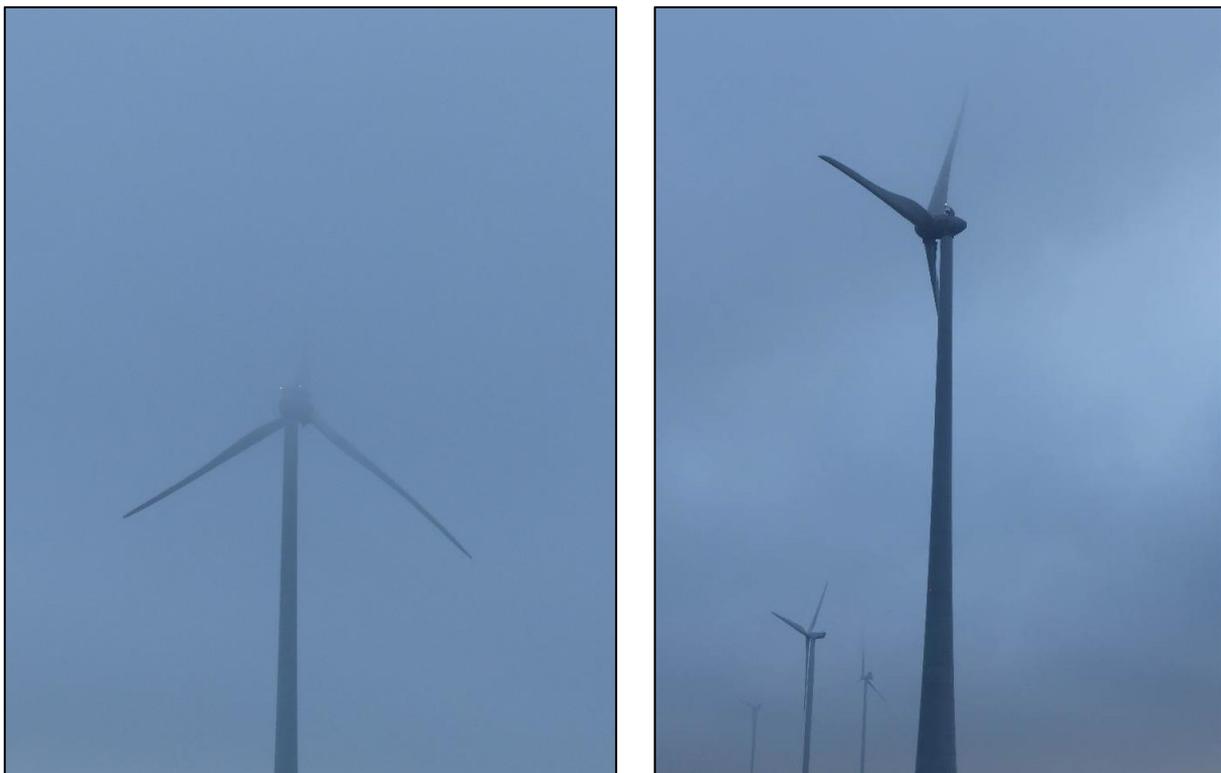


Figure 2 : Exemple de situation à risque : brouillard en hauteur masquant tout ou partie des pales.

©Encis Environnement

Pendant les **migrations**, les collisions semblent survenir **plus particulièrement la nuit**. Les espèces qui ne migrent que de jour (rapaces, cigognes, fringilles, etc.) sont souvent capables d'adapter leurs trajectoires à distance. En effet, Albouy *et al.*, (2001), ont observé que **88 % des**

oiseaux changent leur trajectoire à la vue des éoliennes. Ces comportements d'anticipation participent à la réduction des situations à risque.

1.5.2 Chiroptères

La présence d'éoliennes en fonctionnement peut avoir deux types de conséquence sur les chiroptères :

- **la perte d'habitat** (abandon de certaines zones de chasse, de transit et/ou de gîte),
- **la mortalité** (collision directe, barotraumatisme, écrasement dans les mécanismes de rouage, intoxication suite à l'absorption d'huile de rouage, etc.).

1.5.2.1 Perte et/ou altération d'habitat

Dérangement par altération de la qualité de l'habitat de chasse

Les mouvements de rotation des pales entraînent un mouvement de l'air pouvant balayer les insectes (Corten and Veldkamp 2001). Cela aurait pour conséquence de raréfier les insectes par endroit et donc de diminuer la qualité de ces habitats en tant que territoire de chasse. De façon contradictoire, la génération de chaleur au niveau de la nacelle attirerait les insectes dans ce même endroit, constituant un lieu de chasse attractif pour les chiroptères...

Par extension, un déplacement des routes de vol et un abandon des zones de chasse pourraient conduire à une augmentation des dépenses énergétiques et à une baisse des apports énergétiques. À plus long terme, le déséquilibre de ce rapport coût/bénéfice pourrait causer un abandon des gîtes de reproduction de certaines espèces (Bach 2002, 2003 ; Bach and Rahmel 2004 ; Dubourg-Savage 2005). Une baisse d'activité de la Sérotine commune a ainsi été constatée sur le parc éolien de Midlum, l'effet testé ici était la présence des éoliennes indépendamment du type de milieu.

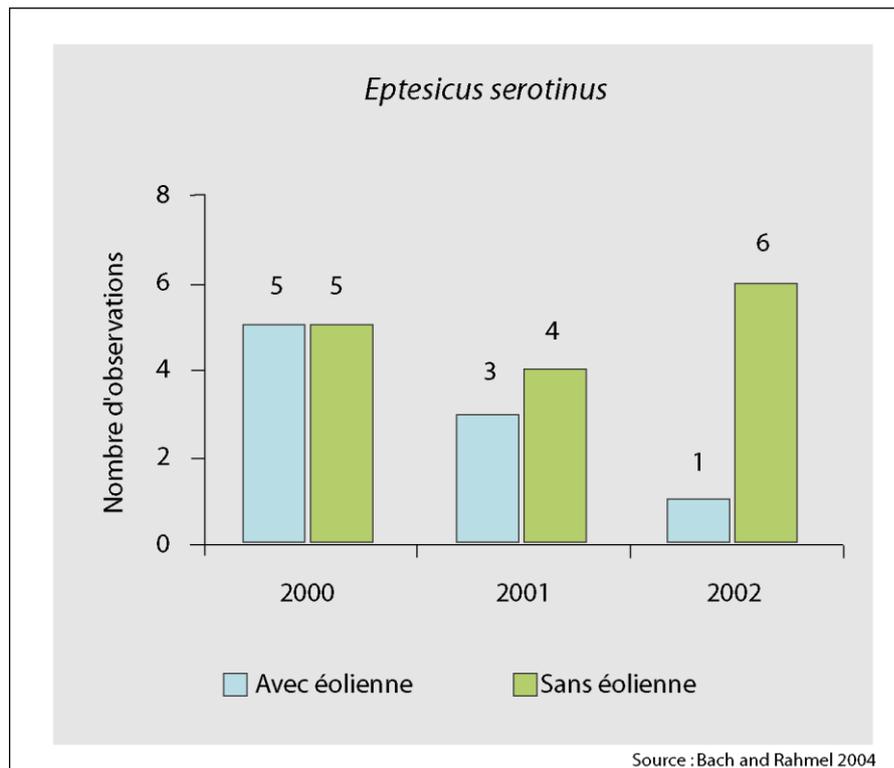


Figure 3 : Diminution de l'activité de la Sérotine commune sur le parc éolien de Midlum

Perte des voies de migration ou des corridors de déplacement

Les parcs éoliens pourraient induire un « effet barrière » selon certains auteurs. Les aérogénérateurs pourraient gêner les déplacements des chiroptères sur leurs terrains de chasse ou leurs corridors de déplacement (Dubourg-Savage, 2005). Comme mentionné précédemment le déplacement des routes de vol pourrait avoir comme conséquence l'abandon sur le long terme des gîtes de reproduction situés à proximité du site éolien, mais cette hypothèse est moins plausible que celle de l'abandon des terrains de chasse au vu de la capacité des chiroptères à voler en milieux encombrés tels que les boisements. Bach remarque d'ailleurs que les corridors de déplacement continuent à être empruntés sur le parc de Midlum (Bach 2002 ; Bach and Rahmel, 2004).

En revanche, cet « effet barrière » pourrait également intervenir sur les voies de migration des espèces migratrices (Dubourg-Savage 2005). Le phénomène migratoire chez les chiroptères et leur comportement face aux éoliennes lors de ces déplacements à grande échelle sont bien moins

connus. Une perte ou un déplacement des voies de migration dans le cas d'un parc éolien situé sur une de ces routes n'est donc pas à exclure.

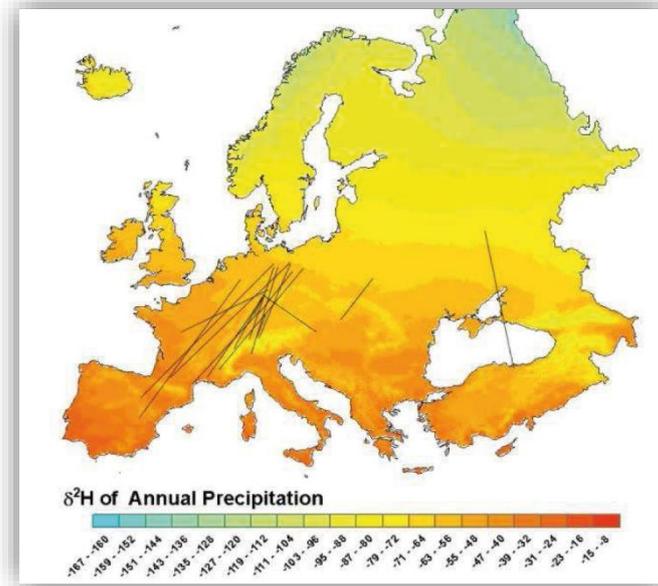


Figure 4 : Voies migratoires de la Noctule de Leisler (Papa-Lisseanu and Voigt from Hutterer et al. 2005.)

Dérangement par émissions d'ultrasons

Un parc éolien en fonctionnement peut être cause d'émissions sonores. Schröder a par exemple montré en 1997 que certains parcs éoliens pouvaient émettre des ultrasons jusqu'à 32 kHz. Les chiroptères sont perturbés par les ultrasons lorsque leur intensité et/ou leur fréquence recoupe celles de leurs propres cris (Neuweiler 1980 ; Schmidt and Joermann 1986 ; Simmons *et al.* 1978). Les effets de certaines émissions sonores sur les chauves-souris sont peu connus. Néanmoins elles pourraient les perturber lors de leur recherche d'insectes si des éoliennes se situent entre leur gîte et leurs territoires de chasse. Ce pourrait être le cas des espèces qui, comme le Grand Murin, repèrent les insectes à leurs bruissements.

À long terme, cela pourrait entraîner un abandon des zones de chasse des espèces les plus sensibles (Bach 2001, 2002 et 2003 ; Bach and Rahmel 2004). Bach a par exemple observé, dans son étude sur les effets du parc éolien Midlum situé à Cuxhaven en Allemagne, que les sérotines communes présentes habituellement sur le site évitaient les zones à plus fortes concentrations en ultrasons ce qui aurait pour conséquence l'abandon partiel du territoire de chasse (à noter que ce phénomène ne touche pas les pipistrelles communes selon ses résultats). L'étude la plus récente sur le sujet (Brinkmann *et al.* 2011) indique qu'une perte d'habitat ou un évitement de la zone concernée pourrait avoir lieu à cause de ces émissions d'ultrasons.

1.5.2.2 Mortalité directe et indirecte

La mortalité des chauves-souris peut être liée à différents facteurs : collision directe, barotraumatisme, écrasement dans les mécanismes de rouage, intoxication suite à l'absorption d'huile de rouage, etc.

La mortalité par contact direct ou indirect avec les aérogénérateurs reste l'impact le plus significatif des parcs éoliens sur les chiroptères (Brinkmann *et al.* 2011). Ces collisions ont pour conséquence des blessures létales ou sublétales (Grotsky *et al.* 2011).

La synthèse bibliographique récente d'Eva Schuster (Schuster *et al.* 2015) s'est appuyée sur plus de 220 publications scientifiques dans le but de dresser un état des lieux des connaissances en la matière et de confronter ces différentes hypothèses. Cette publication sert de base à l'argumentaire suivant.

Mortalité indirecte

Outre la mortalité la plus évidente résultant de la collision directe des chauves-souris avec les pales des éoliennes, d'autres cas de mortalité indirecte sont documentés.

Un **phénomène de pression/décompression** lors du passage des pales devant le mât a lieu lors de la rotation des pales. La chute brutale de la pression de l'air pourrait impliquer de sérieuses lésions internes des individus passant à proximité des pales, nommées barotraumatismes. Dans une étude réalisée au Canada (Baerwald *et al.* 2008), 92 % des cadavres retrouvés sous les éoliennes présentaient, après autopsie, les caractéristiques d'un barotraumatisme (hémorragie interne dans la cage thoracique ou la cavité abdominale). Certains auteurs remettent en question l'existence même de ce phénomène (Houck 2012 ; Rollins *et al.* 2012). Grotsky *et al.* (2011) et Rollins *et al.* (2012) soulignent que certains facteurs environnementaux (temps écoulé après le décès, température, congélation des cadavres pour leur conservation) seraient à même de reproduire les critères diagnostiques d'une hémorragie pulmonaire concluant au barotraumatisme.

Trois autres phénomènes sont à relater bien que moins mentionnés dans la littérature scientifique. La rotation des pales d'éoliennes pourrait provoquer un **vortex** (tourbillon d'air) susceptible de piéger les chauves-souris passant à proximité (Horn *et al.* 2008). De même, les **courants d'air créés par la rotation des pales** seraient susceptibles d'entraîner des torsions du squelette des chiroptères passant à proximité des pales ce qui pourrait aboutir à des luxations ou des fractures des os alaires (Grotsky *et al.* 2011). Enfin, Horn *et al.* (2008) ont observé des cas de **collision sublétale** où des individus percutés par des pales ont continué à voler maladroitement. Ce type de collision aboutissant certainement au décès des individus en question ne serait ainsi pas comptabilisé dans les suivis de mortalité opérés dans un certain rayon autour des éoliennes puisque les cadavres se trouveraient alors à bonne distance du site.

La saisonnalité, les conditions météorologiques ou le type d'habitat, comme facteurs de mortalité par collision fortuite

La majorité des auteurs s'accordent sur le fait que la **saisonnalité** joue un rôle prépondérant sur la mortalité des chiroptères par collision avec des aérogénérateurs : l'activité chiroptérologique et donc la mortalité sont les plus élevées en fin d'été-début d'automne (Arnett *et al.* 2006 ; Dürr 2002 ; Doty and Martin 2012 ; Hull and Cawthen 2013 ; Brinkmann *et al.* 2006, 2011 ; Grodsky *et al.* 2012 ; etc.). Cette observation a ainsi conduit de nombreux auteurs à considérer que la mortalité par collision est intrinsèquement liée au comportement migratoire automnal. Si ce fait est avéré, comme nous le verrons plus loin, ce n'est pas seulement le comportement migratoire des chauves-souris qui induirait cette mortalité importante (collisions lors de vols directs), mais plutôt un comportement saisonnier. Les espèces migratrices ne seraient en fait pas forcément plus touchées que les populations locales (Behr *et al.* 2007 ; Brinkmann *et al.* 2006 ; Rydell *et al.* 2010 ; Voigt *et al.* 2012). En France, une étude récente menée sur le parc éolien de Castelnaud-Pegayrols en Aveyron (Beucher *et al.* 2013) a permis d'attester que les populations locales, gîtant à proximité du parc éolien et utilisant le site comme zone de chasse et de transit, étaient plus sensibles que les migratrices. Selon Cryan et Brown (2007), la période migratoire automnale impliquerait en fait une activité accrue d'individus lors des pauses migratoires destinées à reconstituer les réserves, gîter ou se reproduire, augmentant ainsi le risque de collisions. Le besoin de stocker des réserves énergétiques en vue de l'hibernation serait également la cause d'une activité accrue en automne (Furmankiewicz and Kucharska 2009).

Les **conditions météorologiques** influent directement ou indirectement sur la disponibilité en ressource alimentaire (insectes majoritairement pour les chauves-souris européennes) et sur les conditions de vol des chiroptères, donc sur le taux de mortalité par collision (Baerwald and Barclay 2011).

Le paramètre le plus influent semble être la vitesse de vent. Rydell *et al.* (2010) ont noté des activités maximales pour une vitesse de vent entre 0 et 2 m/s puis, de 2 à 8 m/s, une activité diminuant pour devenir inexistante au-delà de 8 m/s. Behr *et al.* (2007) arrivèrent aux mêmes conclusions pour des vitesses de vent supérieures à 6,5 m/s. Si la plupart des études sur le sujet concordent sur ce phénomène, les valeurs seuils sont variables et dépendantes de la localisation des sites, de la période de l'année, des espèces concernées. Arnett *et al.* (2008) estimèrent pour deux parcs éoliens des Etats-Unis que la mortalité aurait été réduite de 85 % si les aérogénérateurs avaient été arrêtés pour des valeurs de vent inférieures à 6 m/s en fin d'été-début d'automne.

La température semble également jouer un rôle sur l'activité chiroptérologique. Si plusieurs auteurs concluent à une corrélation positive entre augmentation de la température et activité (Redell *et al.* 2006 ; Arnett *et al.* 2006, 2007 ; Baerwald and Barclay 2011...), d'autres ne considèrent pas ce paramètre en tant que facteur influant indépendamment l'activité chiroptérologique (Horn *et al.* 2008 ; Kerns *et al.* 2005). Arnett *et al.* 2006 ont en outre observé qu'au-delà d'une hauteur de 44 m, l'activité n'était en rien affectée par la température. Les opinions sur les autres paramètres météorologiques sont d'autant plus mitigées. La pression atmosphérique (Cryan and Brown 2007 ; Kern *et al.* 2005), le rayonnement lunaire (Baerwald and Barclay 2011 ; Cryan *et al.* 2014) et

l'hygrométrie (Behr *et al.* 2011) pourraient également influencer sur l'activité chiroptérologique. Il semble toutefois plus vraisemblable que ces paramètres influent de manière concomitante sur l'activité des chiroptères (ce qui serait aussi le cas de la température) comme le montrent Behr *et al.* (2011), ou sur l'abondance d'insectes (Corten and Veldkamp 2001).

Le nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes varie également en fonction de **l'environnement immédiat** du parc, de la configuration des aérogénérateurs (distance entre le mât et les structures arborées) et de leurs caractéristiques (hauteur du moyeu et longueur des pales). Selon des études réalisées en Allemagne (Dürr 2003), plus la distance entre le mât de l'éolienne et les structures arborées avoisinantes (haies, lisières forestières) est faible et plus les cas de mortalité sont fréquents. Rydell *et al.* (2010) ont estimé des mortalités de 0-3 individus/turbine/an en openfield, 2-5 individus/turbine/an en milieu semi-ouvert et 5-20 individus/turbine/an en forêt. D'après des études américaines (Kunz *et al.* 2007), les éoliennes situées à proximité de linéaires boisés (lisières forestières) et sur des crêtes sont particulièrement mortifères car les chauves-souris les utilisent comme corridors de déplacement. En France, dans le parc de Castelnau-Pegayrols, Beucher *et al.* (2013) ont noté des mortalités bien plus importantes sous les éoliennes situées à proximité de structures arborées que sur celles situées à plus de 100 m des lisières. La mortalité a de fait été estimée à 348 individus par an pour l'ensemble des éoliennes ; 9 des 13 éoliennes de ce parc sont situées à proximité immédiate des lisières.

EUROBATS, groupe de travail constitué de scientifiques européens chargés de l'étude et de la protection des chiroptères, a effectué plusieurs travaux sur la thématique « éolien et chauves-souris ». En compilant les travaux existants sur le sujet, ce groupe conseille d'implanter des aérogénérateurs à une distance tampon évaluée à 200 m des lisières forestières, haies arborées et arbustives, plans d'eau et tout autre structure paysagère susceptible d'être le siège d'une activité chiroptérologique importante (Rodrigues *et al.*, UNEP-Eurobats, publication 6, 2014).

Des comportements à risques de collision, facteurs de mortalité

Comme nous l'avons vu précédemment, la saisonnalité joue un rôle particulier dans le niveau d'activité des populations de chiroptères. Les plus forts taux de mortalité sont ainsi généralement recensés en fin d'été-début d'automne, ce qui sous-entend un lien entre mortalité et migration automnale.

Lors des **migrations**, les chauves-souris traversent des zones moins bien connues que leurs territoires de chasse et/ou n'émettent que peu ou pas d'émissions sonar lors de ces trajets, elles seraient ainsi moins à même de repérer les pales en mouvement (Bach 2001 in Behr *et al.* 2007 ; Johnson *et al.* 2003). Néanmoins, plusieurs auteurs notent des émissions d'ultrasons au cours de la migration (Ahlén *et al.* 2009 ; Furmankiewicz and Kucharska 2009), ce qui contredit cette dernière hypothèse. Selon une étude réalisée en Allemagne (Dürr 2003), sur 82 chauves-souris mortes par collision, seuls 8,5 % des cadavres ont été trouvés lors des migrations de printemps et en période de mise-bas et d'élevage des jeunes. La majorité des cadavres a été découverte lors de la dispersion des colonies de reproduction, de la fréquentation des gîtes de transit et d'accouplement et de la migration automnale. Cela peut s'expliquer par le fait que la migration automnale a généralement lieu sur une période plus étalée que la migration printanière en raison des

nombreuses pauses destinées à se réapprovisionner et à s'accoupler. Furmankiewicz et Kucharska (2009) soulignent d'ailleurs un retour rapide aux gîtes estivaux après la phase d'hibernation. Selon ces auteurs, une autre raison pourrait être que la hauteur de vol des chiroptères en migration serait inférieure en automne par rapport au printemps. Enfin, un fait intéressant à noter est la répartition spatiale des mortalités constatée sur certains parcs éoliens. Baerwald et Barclay (2011) ont ainsi mesuré des taux de mortalité supérieurs au nord des parcs, ce qui suggère que les aérogénérateurs au nord seraient les premiers rencontrés par les espèces migrant en automne selon un axe nord-est/sud-ouest.

Les **comportements de chasse, de reproduction ou de swarming** sont vraisemblablement également des comportements à risque de collision. Horn *et al.* (2008) mettent ainsi en évidence une corrélation positive entre activité d'insectes et de chauves-souris dans les deux premières heures de la nuit. L'analyse des contenus stomacaux a également permis de constater que le décès d'individus entrés en collision avec des pales était intervenu pendant ou après qu'elles se soient alimentées (Rydell *et al.* 2010 ; Grodsky *et al.* 2011).

En période de reproduction ou lors de recherches de gîtes de mise-bas ou de transit, les chiroptères arboricoles recherchent des cavités, des fissures, et des décollements d'écorce où s'installer. La silhouette d'une éolienne pourrait ainsi être confondue avec celle d'un arbre en contexte ouvert (Cryan *et al.* 2014 ; Kunz *et al.* 2007), entraînant une exploration de l'ensemble de la structure par les chauves-souris et augmentant ainsi le risque de collision. Des cas de gîtage dans des interstices de la nacelle ont d'ailleurs été mis en évidence en Suède et en Allemagne (Dürr 2002 *in* Hensen 2003 ; Rodrigues *et al.* UNEP-Eurobats, publication 6, 2014). Cryan *et al.* (2014) suggèrent une approche de ces structures par la vue et l'écholocation, mais également par l'appréciation des courants d'air. Des pales immobiles ou tournant lentement induiraient des courants d'air similaires à ceux induits par des arbres de grande taille, ce qui expliquerait que les chiroptères n'approcheraient ces structures que par vitesses de vent réduites.

Enfin, à proximité des gîtes de mise-bas ou de lieux de swarming, des regroupements importants de chiroptères peuvent avoir lieu, résultant en une augmentation conséquente du nombre d'individus et de l'activité autour du site et en un rassemblement d'individus volant autour des entrées. Cela implique nécessairement un risque accru de mortalité par collision.

La **morphologie** et les **spécificités écologiques** de certaines espèces semblent être un facteur important dans le risque de collision. Cela paraît évident au vu de la fréquence de mortalité de certaines espèces face aux éoliennes. Hull et Cawthen (2013) et Rydell *et al.* (2010) ont ainsi démontré les similarités entre espèces sensibles à l'éolien telles que les noctules, les pipistrelles et les sérotines en Europe. Il s'agit d'espèces glaneuses de plein air aux ailes longues et effilées, adaptées à ce type de vol et utilisant des signaux à faible largeur de bande et à forte intensité. Rydell *et al.* (2010) ont conclu que 98 % des espèces victimes de mortalité par collision sont des espèces présentant ces caractéristiques morphologiques et écologiques. 184 cadavres de chauves-souris ont été récoltés au pied des éoliennes d'un parc éolien dans le Minnesota (Johnson *et al.* 2000) et 80 % de ces chiroptères étaient des espèces de haut vol ou au vol rapide. Les espèces de haut vol, de grande taille (rythme d'émission lent impliquant un défaut d'appréciation de la rotation des pales), les espèces au vol peu manœuvrable, ainsi que les espèces chassant les insectes à proximité des sources lumineuses (balisage nocturne des éoliennes), sont donc les plus sujettes aux collisions.

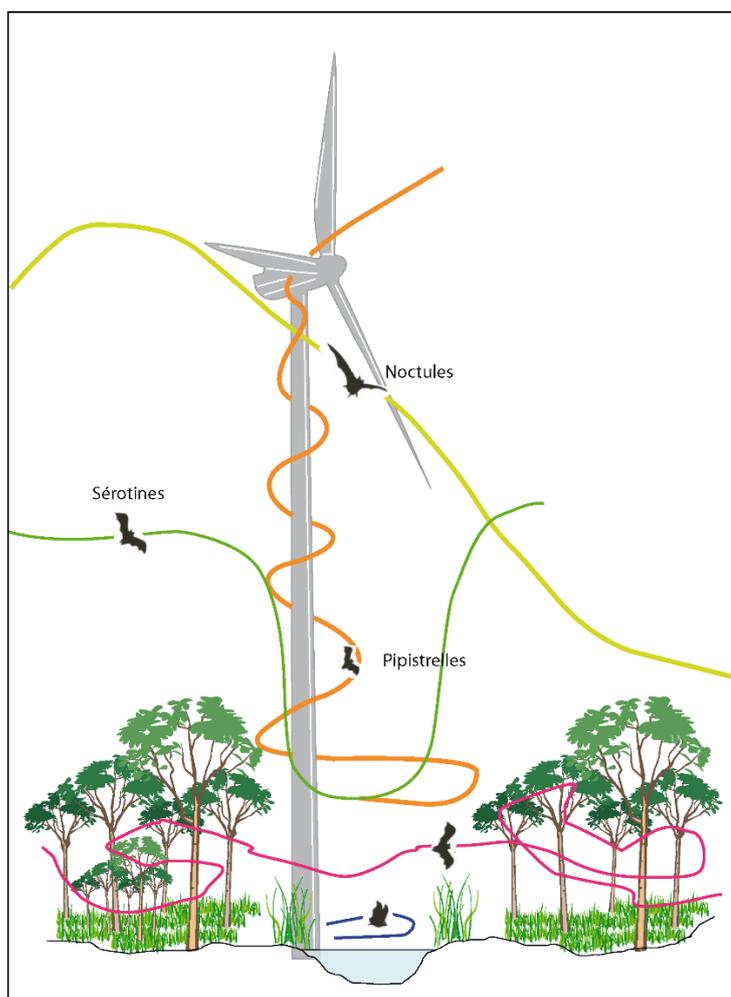


Figure 5 : Représentation schématique des comportements de vols de chauves-souris à proximité d'une éolienne

L'attraction des éoliennes, un facteur de mortalité

Comme nous l'avons abordé précédemment, les éoliennes peuvent elles-mêmes attirer les chiroptères. Les aérogénérateurs peuvent être confondus avec des arbres pouvant potentiellement comporter des gîtes (cf. *Mortalité par collision coïncidente*) ; tous les auteurs s'accordent sur ce sujet (Cryan and Brown 2007 ; Cryan *et al.* 2014 ; Hull and Cawthen 2013 ; Kunz *et al.* 2007). Un autre phénomène est l'attraction des insectes par les éoliennes. La **production de chaleur** pourrait concentrer les insectes et ainsi attirer les chiroptères en chasse et donc augmenter le risque de mortalité par collision (Ahlén 2002).

De même, Horn *et al.* (2008) ont vérifié que les abondances d'insectes sont supérieures à proximité des lumières de la FAA (Federal Aviation Administration), ce qui pourrait également être un facteur d'attraction pour les chiroptères. Dans la même étude, des images thermiques ont pu montrer des individus chassant activement autour de la nacelle et des pales. Johnson *et al.* (2004) trouvent également des activités supérieures à proximité des **sources lumineuses** des éoliennes bien qu'une incidence directe sur la mortalité n'ait pu être mise en évidence. Outre la présence de nourriture, certaines espèces de chauves-souris dites héliophiles (Sérotine commune par exemple) ont assimilé que des nuages d'insectes pouvaient être présents au niveau de sources lumineuses, elles peuvent donc également être attirées par la luminosité, ce y compris en l'absence d'insectes. Beucher *et al.* (2013) ont aussi mis en évidence l'influence du facteur luminosité sur l'attractivité des éoliennes pour les insectes et les chauves-souris.

Il est connu que nombre d'espèces de chauves-souris utilisent les structures paysagères (haies, lisières, ripisylve) pour se déplacer et chasser, non seulement parce qu'elles représentent un repère spatial mais également en raison du **rôle de coupe-vent** de ces éléments paysagers. Des concentrations d'insectes pourraient s'y former pour la même raison et donc encourager la recherche de proies le long de ces structures. Les chiroptères utiliseraient donc les aérogénérateurs de la même façon en volant à l'opposé de la direction du vent pour y rechercher les essaimages d'insectes (Cryan *et al.* 2014). Un autre facteur possible d'attractivité, selon Ahlén *et al.* (2003), serait l'**émission de basses fréquences** par la rotation des pales des éoliennes. Cela dit, comme il a été traité précédemment, beaucoup d'auteurs considèrent plus ces émissions ultrasonores comme une gêne que comme un attrait.

Cet état des connaissances indique tout d'abord un effet avéré potentiellement important de l'exploitation des parcs éoliens sur les populations de chiroptères. Les publications scientifiques mentionnées constituent parmi les seuls retours d'expérience en la matière, nombre de suivis comportementaux et de mortalité n'étant pas accessibles ou disponibles. Les diverses hypothèses avancées et souvent vérifiées ne représentent ainsi pas une seule cause de perturbation ou de mortalité des chiroptères par les éoliennes mais constituent différents facteurs agissant conjointement et dépendant des situations locales.



2 Méthodes utilisées

2.1 Méthodologie et démarche générale

Le suivi environnemental analyse les impacts du projet sur l'avifaune et les chiroptères et, pour les installations soumises à autorisation, sur toute espèce protégée identifiée dont la sensibilité à l'éolien est avérée et présentant un enjeu dans l'évaluation environnementale préalable (dont l'étude d'impact). Puis, les conclusions de cette dernière sont comparées avec les impacts de ce suivi environnemental. En application du principe de proportionnalité, l'intensité du suivi à mettre en œuvre dépendra des espèces présentes et des enjeux identifiés sur le site, ainsi que de l'impact résiduel déterminé par l'évaluation environnementale pour ces espèces. Pour les installations soumises à autorisation, le suivi mené par l'exploitant devra explicitement se référer aux mesures préconisées par l'étude d'impact et rappeler les données ayant permis de qualifier et quantifier les impacts résiduels du parc éolien précisés par cette dernière.

L'intensité du suivi à mettre en œuvre est défini selon plusieurs indices (sensibilité, vulnérabilité, note de risques, etc.), basés sur le croisement de différents paramètres, tels que le statut de conservation UICN, le nombre de cas de mortalité recensés en Europe, la taille et/ou la dynamique de population, la sensibilité au dérangement, etc.

Avifaune

L'indice utilisé est **l'indice de vulnérabilité**. Cet indice de vulnérabilité, compris entre 0,5 et 4,5, est le croisement entre la sensibilité au risque de collision et le statut de conservation UICN national. La sensibilité d'une espèce au risque de collision, comprise entre 0 et 4, correspond au rapport entre la mortalité recensée en Europe (Dürr, mises à jour régulières) et la taille de la population concernée. Les chiffres des populations européennes sont ceux publiés par BirdLife International (BirdLife 2017, European Birds of Conservation Concern – Populations, trends and national responsibilities).

Chiroptères

La sensibilité et la vulnérabilité sont regroupées sous la forme d'un seul coefficient pour les chiroptères. L'indice utilisé est ainsi la **note de risque**. Cette note, comprise entre 1 et 4, correspond au croisement entre le statut de conservation UICN national et le taux de mortalité en Europe. **Cet indice inclus ainsi la sensibilité et définit un risque pour les populations d'espèces**. Concernant les chiroptères, il n'existe effectivement pas d'évaluation des populations européennes ou nationales assez fiables, la vulnérabilité ne peut être définie avec précision d'où l'indice de risque utilisé.

Un premier suivi environnemental a été réalisé en 2020 à la mise en service du parc éolien, conformément à son arrêté préfectoral (mortalité d'avril à octobre et écoutes d'août à novembre). Ce premier suivi ayant mis en évidence une mortalité de chiroptères nécessitant le renforcement du bridage des machines, un deuxième suivi a été préconisé en 2021 (mars à novembre).

Le présent rapport comprend les résultats des suivis réalisés en 2021. Les résultats des suivis réalisés en automne 2020 seront également présentés afin d'être comparés à ceux de l'automne 2021.

2.2 Suivi d'activité des chiroptères

2.2.1 Objectif et paramètres à prendre en compte

Le suivi de l'activité des chauves-souris permet d'évaluer l'état de conservation des populations de chiroptères présentes de manière permanente ou temporaire au niveau de la zone d'implantation du parc éolien. Il a également pour objectif d'estimer l'impact direct ou indirect des éoliennes sur cet état de conservation, en prenant en compte l'ensemble des facteurs influençant la dynamique des populations. Ce suivi porte sur chacune des phases du cycle biologique des chauves-souris (transits printaniers et gestation, mise-bas et élevage des jeunes, transits automnaux et swarming).

Les paramètres faisant l'objet du suivi de l'activité des chiroptères sont déterminés dans l'étude d'impact en fonction des enjeux et des impacts potentiels identifiés sur le parc éolien. Ainsi, ce suivi examine des paramètres tels que l'état des populations sur le site (diversité spécifique, activité d'une espèce donnée, etc.), le comportement des chauves-souris en vol, les périodes et conditions de présence des individus, etc.

2.2.2 Méthodologie et pression d'inventaire

2.2.2.1 Inventaires ultrasoniques automatiques en nacelle

Le protocole d'écoute en nacelle a pour but de réaliser des inventaires sur une longue période et à hauteur de nacelle d'éolienne.

D'après l'étude d'impact de la ferme éolienne de Coulanges, un suivi comportemental des chiroptères est nécessaire suite à la mise en place du parc éolien.

En novembre 2015, l'État a publié un protocole standardisé permettant de réaliser les suivis environnementaux des parcs éoliens terrestres. Ce protocole guidait la définition des modalités du suivi des effets du projet sur l'avifaune et les chiroptères. Suite à la publication d'un nouveau protocole de suivi environnemental en 2018, le document de 2015 est abrogé. La révision de mars 2018 privilégie le suivi de la mortalité (oiseaux et chiroptères) et le suivi du comportement des chiroptères, à hauteur de nacelle. Les suivis environnementaux devront être conformes à la réglementation de l'étude d'impact et au protocole évoqué ci-dessus. Ils seront en conséquence mis en place dès la première année de mise en service du parc. L'éolienne équipée sera l'éolienne E6 conformément aux prescriptions de l'autorisation environnementale.

Ainsi, le parc éolien de Coulanges fait l'objet d'un suivi comportemental des chiroptères à hauteur de nacelle depuis la première année de mise en service du parc (août 2020). Suite au constat d'une mortalité significative constatée, il a été décidé d'appliquer une mesure correctrice en 2021 et de vérifier son efficacité par un nouveau suivi de la mortalité.

2.2.2.1.1 Protocole d'inventaire sur site

Un enregistreur automatique (modèle BATmode S+ de BioAcousticTechnology) est placé à l'intérieur de la nacelle de l'éolienne et le microphone est inséré dans sa paroi (illustration suivante).



Figure 6 : Dispositif installé dans la nacelle d'éolienne (copyright : B.A.T.)

L'enregistreur est équipé d'un micro, placé sous la nacelle de l'éolienne au moyen d'un trou effectué dans la paroi de cette dernière. Ainsi, des relevés de la présence de chiroptères, dans un rayon allant jusqu'à 60 mètres autour du micro (distance variable selon les espèces), pourront être réalisés chaque nuit pendant les périodes d'inventaires. L'ensemble du dispositif est piloté par un ordinateur, placé dans la nacelle, et pilotable à distance.

2.2.2.1.2 Méthode d'analyse des résultats

Les pistes sonores sont analysées par logiciel afin de déterminer les espèces présentes ainsi que leur comportement. Le dispositif étant positionné sur une nacelle d'éolienne, les données sur les conditions extérieures récoltées par cette dernière sont utilisées afin de mener une analyse croisée des paramètres.

Dans le but d'obtenir des données exploitables servant de base à l'interprétation d'un chiroptérologue, trois étapes sont nécessaires :

Analyse automatique des données brutes

À chaque détection de cris, le dispositif BATmode enregistre et une piste sonore est générée au format numérique. Cette dernière est sauvegardée sur un disque dur, permettant par la suite un transfert vers un ordinateur à distance.

Le grand nombre d'heures d'écoute engendre une grande quantité de pistes sonores, difficilement analysables manuellement. C'est pourquoi un logiciel de reconnaissance automatique des signaux ultrasons est utilisé. Le logiciel SonoChiro® traite les enregistrements en deux étapes :

- Le processus de détection consiste à localiser puis caractériser dans les fichiers enregistrés un maximum de signaux potentiellement émis par les chiroptères.

- Le processus de classification s'appuie sur la caractérisation des signaux détectés lors de la phase précédente. Cette classification s'opère sur chaque fichier où le logiciel a détecté des signaux de chiroptères. À l'issue de cette phase de classification, chaque contact bénéficie d'une identification à 4 niveaux : espèce, groupe, indice de présence de buzz (son émis pour la détection d'une proie) et indice de présence de cris sociaux. Chaque niveau bénéficie d'un indice de confiance allant de 0 à 10 de façon à refléter le risque d'erreur d'identification. La présence d'une espèce est jugée fiable lorsque l'indice de confiance est supérieur à 5.

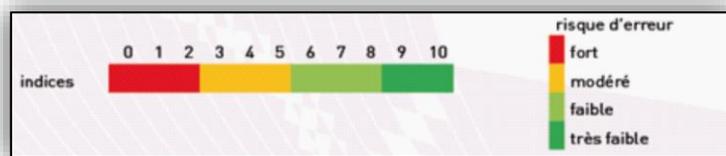


Figure 7 : Indices de confiance établis par Sonochiro® et risques d'erreurs associés

Vérification des résultats par un chiroptérologue

Le logiciel de reconnaissance automatique génère un tableau de résultats. Pour chaque séquence enregistrée, un certain nombre de paramètres est donné (groupe, espèce, indices de confiance, nombre de cris, date de l'enregistrement, etc.). La validité des déterminations issues de la reconnaissance automatique par logiciel est variable selon la qualité des enregistrements, les espèces contactées et le nombre de cris par séquence. Les déterminations au groupe sont généralement fiables tandis que les déterminations fines (à l'espèce) doivent être validées par un chiroptérologue. Dans ce cadre, un chiroptérologue procède à une vérification des espèces sur la base de la bibliographie, de sa connaissance du terrain et des inventaires déjà réalisés. La présence de chaque espèce est vérifiée par un chiroptérologue.

Dans la présente étude, en raison d'une trop forte proportion de parasites dans les enregistrements, l'analyse acoustique a été renforcée pour éliminer l'ensemble de ces derniers.

Les séquences de qualité médiocre (faiblesse des sons, bruits parasites) ou dont les signaux peuvent correspondre à plusieurs espèces sans possibilités de les différencier, sont identifiées au genre afin de limiter les marges d'erreur. À défaut de la connaissance de l'espèce pour certains enregistrements, le nombre de contacts enregistrés constitue une donnée permettant de quantifier l'activité chiroptérologique.

Corrélation des données chiroptérologiques, météorologiques et astronomiques

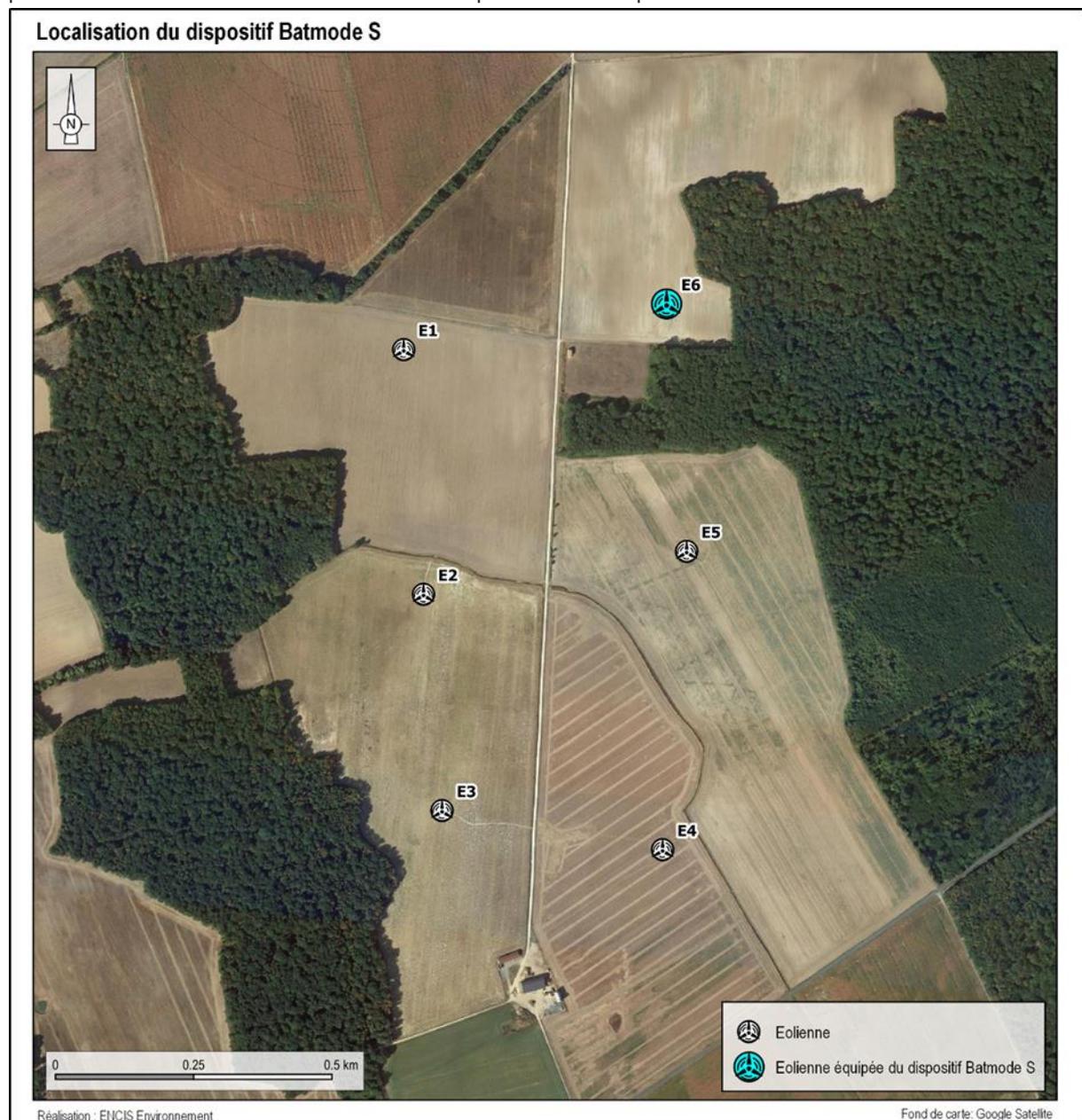
La dernière étape de gestion et traitement des données consiste à mettre en conformité les données issues des enregistrements, les données fournies par l'éolienne et les données

astronomiques de lever et coucher du soleil. À l'issue de cette opération, chaque enregistrement est défini par une série complète de paramètres permettant d'exploiter au mieux les données.

La mise en correspondance des données météorologiques et des enregistrements est réalisée par logiciel (macro Excel). Les enregistrements sont horodatés précisément tandis que les données météorologiques sont moyennées toutes les dix minutes. Concernant les vitesses de vent et la température, l'éolienne possède des instruments de mesure sur la nacelle.

2.2.2.1.3 Localisation du dispositif Batmode S

La cartographie suivante permet de localiser la position du dispositif Batmode S en fonction de l'éolienne associée. L'éolienne E6 a ainsi été équipée conformément aux prescriptions. Le gabarit de cette éolienne est de 49 m en bas de pale avec une nacelle à 114,5 m et un bout de pale à 180 m. La distance entre le bout de pale et la canopée est de 49 m.



Carte 3 : Localisation du dispositif Batmode S



Figure 8 : Disque micro (premier plan), disque antenne et sonde (deuxième plan)



Figure 9 : BATmode et système d'alimentation à l'intérieur de la BATbox

2.2.2.2 Calendrier des passages d'inventaire

2.2.2.2.1 Inventaire en nacelle

Concernant les écoutes sur nacelle d'éolienne, la période de présence du dispositif va du 25 mars 2021 au 10 novembre 2021. Les analyses des écoutes sont menées sur l'ensemble de la période d'activité des chiroptères.

Le volume des données brutes peut parfois être important lorsque l'éolienne génère des sons parasites, ce qui a été le cas ici.

Lors des périodes de maintenance ou du fait de problèmes techniques, il peut arriver que certaines nuits le dispositif ne fonctionne pas. Le monitoring permet d'identifier ces nuits de défaillance.

Pour Coulanges, le dispositif ne présente aucun dysfonctionnement lors des inventaires 2021.

Inventaires et méthodes employées	Nombres de sorties	Dates des campagnes	Horaires des inventaires	Conditions météorologiques d'observation			Personne ayant réalisé les inventaires
				Couverture du ciel	Température	Vent	
Enregistrements automatiques en nacelle (Batmode S)	231 nuits	Du 25 mars au 10 novembre 2021	De 1h avant le coucher à 1h après le lever du soleil	-	-	-	Benoît LESAGE

Tableau 1 : Dates et conditions météorologiques des inventaires des chiroptères en nacelle d'éolienne

2.3 Limites des méthodes utilisées et difficultés rencontrées

2.3.1 Limites des méthodes employées

Pour réaliser le suivi des milieux naturels, des relevés ont été réalisés. Ces nombreux diagnostics ont permis de réaliser un inventaire le plus complet possible. Toutefois, rappelons qu'un inventaire naturaliste ne peut être prétendu totalement exhaustif. Néanmoins, la précision apportée au diagnostic s'adapte au mieux aux exigences d'un suivi environnemental.

2.3.1.1 Limites des méthodes employées pour le suivi des chiroptères

Les inventaires réalisés *in situ* (acoustiques) sont ponctuels dans l'espace et dans le temps. La quantification et la qualification du cortège et de l'activité chiroptérologique de la zone restent suffisantes au regard des enjeux et objectifs rattachés à cette étude.

Le travail de détection comporte une limite importante dans la détermination exacte des signaux enregistrés. En effet, malgré l'utilisation de matériels perfectionnés, le risque d'erreur existe concernant l'identification des espèces des genres *Pipistrellus* et *Myotis*. Dans ce cas, seul le genre est déterminé.

Les Murins émettent des fréquences modulées abruptes de très faible portée, dont l'enregistrement est presque impossible à plus de 4 ou 5 mètres de l'animal. Malgré l'utilisation de matériels perfectionnés, la distance de détection de ces espèces est limitée par la faible portée de leurs signaux.

Les émissions sonores des individus appartenant au genre *Rhinolophus* sont de faible intensité et sont indétectables à plus de 10 m de distance. Dans ce cas, seul le genre est déterminé.

Enfin, l'utilisation d'un matériel électronique induit des risques de problèmes techniques (pannes) temporaires.

2.3.2 Difficultés rencontrées

2.3.2.1 Suivi des chiroptères

Les difficultés qui peuvent être rencontrées pour le suivi des chiroptères sont principalement d'ordre technique.

Concernant le suivi en nacelle via les BATmodes, des problèmes techniques peuvent occasionnellement survenir. Ils peuvent amener une perte d'information par arrêt temporaire des enregistrements de chauves-souris, cela n'a pas été le cas pour cet inventaire.

Un autre problème possible est l'enregistrement par les dispositifs BATmode S de sons qui ne proviennent pas de chiroptères. Ces sons « parasites » peuvent être dû à des bruits de l'environnement nocturnes et notamment des éoliennes. De nombreux sons parasites ont été enregistrés au cours de cet inventaire.

Ces limites protocolaires ne modifient pas les conclusions globales des analyses sur le comportement, la diversité et la quantité des chiroptères présents en vol à hauteur de nacelle sur le site de Coulanges.

2.4 Suivi de la mortalité sur l'avifaune et les chiroptères

2.4.1 Principes et objectif

L'exploitation d'un parc éolien engendre un risque de mortalité pour la faune volante présente de manière ponctuelle ou répétée à proximité des aérogénérateurs, par collision avec les pales en mouvement ou par barotraumatisme. Afin de s'assurer que les populations d'oiseaux et de chiroptères ne soient pas affectées de manière significative par le parc éolien et que l'impact sur ces taxons n'excède pas les prévisions de l'étude d'impact, un suivi de la mortalité est effectué sur site.

Ce suivi repose sur une méthodologie proposée par le « protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres » rédigé en novembre 2015 et révisé 2018, ainsi que sur les « suivis des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de chiroptères », document actualisé en 2016 par la SFPEM.

L'évaluation de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères engendrée par un parc éolien est réalisée par la recherche de cadavres au pied des aérogénérateurs. La technique consiste en une recherche visuelle au sol durant un trajet réalisé à pied, selon un parcours prédéfini et reproduit à plusieurs reprises durant une ou plusieurs périodes phénologiques au cours d'une année.

La mortalité brute observée est ensuite extrapolée, lorsque cela est possible, par l'utilisation de différents estimateurs. Ces estimateurs intègrent plusieurs paramètres correcteurs, tels que la surface prospectée relative, l'intervalle de temps moyen entre deux prospections, l'efficacité du chercheur ou encore la durée de persistance des cadavres sur le site (liée notamment à la prédation par d'éventuels charognards).

Si la mortalité brute observée sur le parc peut permettre la mise en évidence d'un impact d'ordre qualitatif (incidence notable sur un taxon, période à risque ou éolienne particulièrement mortifère), seules les mortalités estimées peuvent être utilisées pour quantifier l'impact de manière globale, et éventuellement, être comparées à d'autres parcs éoliens.

Compte tenu des nombreux facteurs aléatoires régissant les différences entre la mortalité constatée sur site et la réalité, il est par ailleurs nécessaire d'être vigilant aux limites des extrapolations effectuées. Toute conclusion ne devrait ainsi être tirée qu'en prenant en compte la tendance globale apportée par l'ensemble des estimateurs, et non les résultats d'une unique estimation.

Dans le cadre du suivi de la mortalité, la découverte d'un cadavre d'oiseau ou de chauve-souris par l'exploitant ou par l'un de ses sous-contractants fait systématiquement l'objet d'une fiche détaillée. Cela permet ainsi le recensement standardisé des caractéristiques de l'espèce et des conditions de mortalité constatée par une procédure définie par le Ministère en charge des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement. Seuls les acteurs habilités à manipuler des cadavres ou des animaux blessés pourront remplir ces fiches de terrain dans le cadre du suivi de mortalité.

2.4.2 Protocole utilisé

2.4.2.1 Pression d'inventaires

La pression des inventaires et leur organisation au cours de l'année se définissent en fonction de la phénologie des espèces et tiennent compte des résultats de l'étude d'impact et des enjeux identifiés sur le site.

Le protocole national de suivi dans sa version de mars 2018 prévoit les modalités suivantes :

SEMAINE N°	1 A 19	20 A 30	31 A 43	44 A 52
Le suivi de mortalité doit être réalisé :	Si enjeux avifaunistiques ou risque d'impact sur les chiroptères	Dans tous les cas		Si enjeux avifaunistiques ou risque d'impact sur les chiroptères

L'étude d'impact ne soulève pas d'enjeux nécessitant la mise en place d'un renforcement du suivi établi par défaut d'après le protocole national (2018).

Dans le cas du parc de Coulanges, la pression d'inventaire a été définie pour répondre aux modalités prévues initialement et validées dans l'arrêté d'autorisation environnementale (n° 2017-1-0588 du 30 mai 2017 portant sur l'autorisation d'exploitation du parc). La mise en place des inventaires 2020 a finalement montré une mortalité significative et la nécessité d'appliquer des mesures correctrices (programmation préventive des éoliennes).

Ainsi, Brinay Énergies a demandé à ENCIS Environnement de lancer une seconde année de protocoles sur l'année 2021 afin de pouvoir produire un protocole de suivi complet.

Au total sur l'année 2021, 30 prospections ont été réalisées dans le cadre du suivi de la mortalité, à raison d'une prospection par semaine entre les semaines 14 et 43. Le calendrier complet des sorties est présenté en Annexe 3.

2.4.2.2 Nombre d'éoliennes prospectées

Compte tenu d'une potentielle hétérogénéité de la mortalité au sein d'un parc éolien, le protocole national préconise le suivi de :

- toutes les éoliennes pour les parcs de 8 éoliennes et moins ;
- d'au moins $8 + (n - 8)/2$ pour les parcs de plus de 8 éoliennes contenant n éoliennes.

Ainsi, au sein du parc de Coulanges, chacune des six éoliennes a été prospectée lors de ce suivi.

2.4.2.3 Surface et méthode d'échantillonnage

La surface prospectée sous les éoliennes est déterminée par la zone de survol des pâles, et donc, par la longueur de ces dernières. Un quadrat théorique de prospection est fixé, formé par des côtés d'une longueur de 100 mètres au minimum, ou deux fois la longueur des pales pour les éoliennes présentant des pales de longueur supérieure à 50 mètres.

Dans le cadre de ce suivi, pour chaque éolienne suivie, un quadrat de 130 mètres de côté a ainsi été fixé. La surface théorique d'échantillonnage couvre donc une surface de 16 900 m² par éolienne suivie.

Par la suite, le chercheur détermine un parcours à suivre et l'utilise invariablement lors de chaque prospection. L'espacement entre les transects ne doit pas dépasser 10 mètres, correspondant à une distance maximale de perception des cadavres par un observateur.

Le schéma suivant illustre la méthode théorique mise en place dans le cadre d'un suivi de la mortalité au pied d'une éolienne.

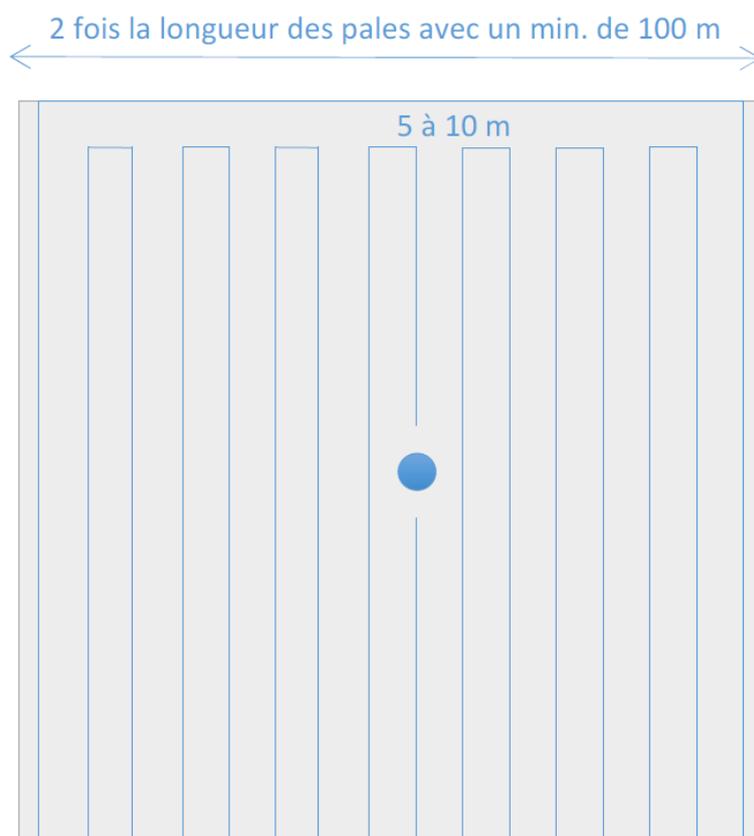


Figure 10 : Schéma du parcours théorique au pied d'une éolienne

Au cours de chaque prospection du suivi mortalité une fiche de données est complétée par le chercheur (Annexe 1). De plus, à chaque découverte de cadavre, celui-ci est localisé par GPS, photographié et déterminé, puis, fait l'objet d'une fiche détaillée définie par le Ministère en charge des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (Annexe 2). Cette fiche permet la saisie standardisée de l'espèce et des conditions de mortalité constatées.

2.4.3 Méthodes d'estimation de la mortalité

L'estimation de la mortalité peut être réalisée par l'intermédiaire de plusieurs formules mathématiques considérées comme valides, issues de différents protocoles (Winkelman, 1989 ; Erikson, 2000 ; Jones, 2009 ; Huso, 2010 ; Korner, 2011 ; Etterson, 2013).

Ces formules prennent en compte un certain nombre de paramètres. Ceux-ci permettent d'intégrer certains biais liés aux divers facteurs aléatoires, induisant les différences entre la mortalité constatée sur site et la réalité.

Ainsi, d'une manière générale, outre le nombre de cadavres trouvés (mortalité brute), plusieurs variables sont à évaluer afin d'être utilisées comme paramètres correcteurs :

- **l'efficacité du chercheur** (efficacité du chercheur à détecter les cadavres au sol),
- **la persistance des cadavres** (durée moyenne de présence ou taux de persistance des cadavres avant prélèvement, notamment par des animaux charognards),
- **l'intervalle des prospections sur site**,
- **les surfaces non-prospectables** (surfaces qui ne peuvent être prospectées en raison des contraintes liées au couvert végétal, au dénivelé, à la maîtrise foncière, etc.).

Deux tests ont été réalisés pour mesurer l'efficacité de l'observateur et pour quantifier la persistance des cadavres sur le site.

2.4.3.1 Durée moyenne de l'intervalle (I)

La durée moyenne de l'intervalle (I) entre deux prospections doit être déterminée afin d'être prise en compte dans les calculs d'estimation de la mortalité. Elle est calculée comme suit :

$$I = \frac{\sum_i^S I_i}{r}$$

- Où :
- I_i : durée de l'intervalle i
 - r : nombre d'intervalles (entre chaque recherche)

2.4.3.2 Test d'efficacité

Ce test a pour but de déterminer l'efficacité du chercheur, à savoir le nombre de cadavres trouvés par rapport à un nombre de cadavres déposés sur la zone de prospection.

Ainsi, une tierce personne (testeur) dépose entre trois et cinq cadavres (au moins) de poussins et/ou de souris de tailles variées de manière aléatoire (et localisé par GPS) sous chacune des éoliennes du parc, afin de simuler des cadavres d'oiseaux et de chiroptères. Les cadavres sont placés de manière à couvrir différents types de végétation présents, hors zones non-prospectées. Le chercheur effectue ensuite son parcours habituel. Le nombre de cadavres retrouvés est alors comptabilisé.

Le facteur de correction lié à l'efficacité des chercheurs (d) correspond à la proportion de cadavres trouvés par rapport au nombre de cadavres déposés, soit :

$$d = \frac{d_t}{d_T}$$

Où :
 - d_t : nombre de cadavres trouvés par le chercheur
 - d_T : nombre de cadavres déposés initialement

Les paramètres des deux tests effectués sur l'année de suivi sont synthétisés dans le tableau suivant.

Test	Date	Nombre cadavres déposés		
		Petit (souris)	Gros (poussins)	Total
Test 1	13 avril 2021	25	8	33
Test 2	14 septembre 2021	17	11	28
Total		42	19	61

Tableau 2 : Paramètres des tests de d'efficacité effectués sur l'année de suivi

2.4.3.3 Test de persistance

Ce test a pour but de prendre en compte le prélèvement des cadavres par les charognards dans l'estimation de la mortalité.

À la suite du test d'efficacité les cadavres leurres sont laissés sur place. Plusieurs prospections ont lieu les jours suivant, à J+1, J+3, J+6, J+9, J+13, et jusqu'à la disparition totale des cadavres. Cela permet de connaître la durée de persistance des cadavres avant leur prélèvement.

Selon la méthode d'estimation, ce prélèvement peut être mesuré de différentes manières :

- **La durée moyenne de persistance des cadavres (t)**, utilisée dans les méthodes d'Erickson, de Jones et d'Huso, qui est calculée comme suit :

$$t = \frac{\sum_{i=1}^{C_T} t_i}{C_T}$$

Où :
 - t_i : durée de persistance du cadavre i
 - C_T : nombre de cadavres utilisés pour le test

- **Les taux de persistance des cadavres (d) de Jones et de Huso**, qui seront détaillés dans la partie traitant des méthodes d'estimation de la mortalité (2.4.3.5 - Protocoles « Jones » et « Huso »).

2.4.3.4 Correction surfacique

Le quadrat théorique de recherche sous l'éolienne n'est pas nécessairement prospectable dans son intégralité. En effet, la végétation présente peut rendre impossible le passage à pied (buissons, etc.) ou limiter la capacité d'observation du chercheur (cultures, prairies hautes, etc.). D'autres facteurs peuvent aussi être à l'origine d'une limitation de la prospection : autorisation d'accès sur les propriétés foncières, éventuels travaux à proximité de l'éolienne, etc.

Afin de pallier ce biais, le chercheur retranscrit ainsi sous SIG les surfaces prospectées lors de chaque visite. Un facteur de correction surfacique peut ensuite être appliqué lors des calculs d'estimation.

Le facteur de correction, calculé pour chaque prospection, est défini comme suit :

$$A = \frac{A_{Th}}{A_p}$$

Où :
 - A_{Th} : surface théorique
 - A_p : surface prospectée

2.4.3.5 Estimation de la mortalité

Une fois la campagne d'inventaires réalisée, les résultats sont analysés par l'intermédiaire des différentes méthodes d'estimation de la mortalité.

Le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (révision 2018) préconise :

- « Utiliser au moins 3 formules de calcul des estimateurs standardisés à l'échelle internationale pour faciliter les comparaisons :
 - la formule de Huso (2010) ;
 - deux formules aux choix parmi : Erickson, 2000 ; Jones, 2009 ; Korner-Nievergelt, 2015 ; Limpens et al, 2013 ; Bastos et al, 2013, Dalthorp et al, 2017, etc.
- Préciser l'incertitude de l'estimation de la mortalité ».

Les mortalités estimées sont calculées via le logiciel EolApp développé par le Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive de Montpellier (UMR 5175, www.cefe.cnrs.fr). Ce logiciel permet de calculer la mortalité estimée selon les formules de Huso, d'Erickson, de Winkelman et de Jones, assorties de leurs intervalles de confiance à 90 % et 95 %. En accord avec les préconisations du protocole 2018, les résultats de la formule d'Huso sont utilisés, ainsi que ceux des formules d'Erickson et de Jones. Les résultats issus de la formule de Winkelman ne sont pas retenus, cette formule étant jugée obsolète, notamment par la SFPEM qui préconise l'utilisation d'au moins trois des estimateurs suivants : Huso, Jones, Erickson, Korner-Nievergelt, Limpens, Bastos.

2.4.3.5.1 Protocole « Erickson »

En 2000, Erikson intègre au calcul deux nouvelles variables : la durée moyenne de persistance des cadavres, ainsi que la durée moyenne de l'intervalle entre les prospections. Par ailleurs, cette formule est utilisable même lorsque le taux de persistance des cadavres est nul. Dans ce cas, les résultats concernant la mortalité seraient, toutefois, sous-estimés.

$$N = \frac{(I * C)}{(t * d)} * A$$

- Où :
- N : mortalité estimée
 - I : durée moyenne (en jours) de l'intervalle entre deux prospections
 - C : nombre de cadavres trouvés durant le suivi
 - t : durée moyenne (en jours) de persistance des cadavres
 - d : efficacité du chercheur
 - A : coefficient de correction surfacique

2.4.3.5.2 Protocoles « Jones » et « Huso »

Ces deux protocoles sont très semblables et intègrent deux nouvelles variables :

- Le taux de persistance selon Jones (dont le calcul diffère d'un protocole à l'autre),
- Le coefficient correcteur de l'intervalle.

$$N = \left(\frac{C}{d * p * \hat{e}} \right) * A$$

- Où :
- N : mortalité estimée
 - C : nombre de cadavres trouvés durant le suivi
 - d : efficacité du chercheur
 - p : taux de persistance (voir calcul ci-dessous « Jones » ou « Huso »)
 - \hat{e} : coefficient correcteur de l'intervalle (voir ci-dessous)
 - A : coefficient de correction surfacique

Le coefficient correcteur de l'intervalle est défini comme suit :

$$\hat{e} = \frac{\text{Min}(I; \hat{I})}{I}$$

- Où :
- I : durée moyenne (en jours) de l'intervalle entre deux prospections
 - \hat{I} : intervalle effectif, soit : $-\log(0,01) * t$
 - t : durée moyenne (en jours) de persistance des cadavres

« Jones »

En 2009, Jones *et al.* proposent une méthode intégrant un taux de persistance et un coefficient correcteur de l'intervalle. Cette méthode repose sur les postulats suivants :

- Le taux de mortalité est constant sur l'intervalle défini,
- La durée de persistance d'un cadavre suit une variable exponentielle négative (impliquant que la probabilité de disparition moyenne sur l'intervalle correspond à la probabilité de disparition d'un cadavre à la moitié de l'intervalle).

Ainsi, Jones définit le taux de persistance comme suit :

$$p = e^{\left(\frac{-0,5 * I}{t}\right)}$$

Où : - I : durée moyenne (en jours) de l'intervalle entre deux prospections
- t : durée moyenne (en jours) de persistance des cadavres

Ainsi :

$$N = \frac{C}{d * e^{\left(\frac{-0,5 * I}{t}\right)} * \hat{e}} * A$$

« Huso »

En 2010, Huso propose une nouvelle évaluation du taux de persistance. En se basant sur la formule de Jones, elle considère que la probabilité de disparition au point moyen de l'intervalle (second postulat de Jones) n'est pas égale à la probabilité moyenne de persistance d'un cadavre.

Ainsi, Huso définit le taux de persistance comme suit :

$$p = \frac{\left(t * \left(1 - e^{\left(\frac{-I}{t}\right)}\right)\right)}{I}$$

Où : - I : durée moyenne (en jours) de l'intervalle entre deux prospections
- t : durée moyenne (en jours) de persistance des cadavres

Ainsi :

$$N = \frac{C}{d * \left(\frac{t * \left(1 - e^{\left(\frac{-I}{t}\right)}\right)}{I}\right) * \hat{e}} * A$$

2.4.3.6 Postulat de chaque méthode d'estimation

Méthodes	Aire d'étude	Intervalle entre deux recherches	Persistence	Efficacité
Erickson (2000)	Pris en compte	Pas d'exigence	Pris en compte (Durée de persistance) Suppose que la prédation suit une loi exponentielle	Pris en compte (Test d'efficacité) Suppose qu'un cadavre non trouvé lors d'une recherche peut l'être aux suivantes
Jones (2009)	Pris en compte	Pas d'exigence	Pris en compte (Durée de persistance) Suppose que la prédation est constante dans l'intervalle entre deux recherches	Pris en compte (Test d'efficacité) Suppose qu'un cadavre non trouvé lors d'une recherche peut l'être aux suivantes
Huso (2010)	Pris en compte	Intervalle basé sur « i » (Le temps au-delà duquel la probabilité de persistance est inférieure à 1%)	Pris en compte (Durée de persistance) Suppose que la prédation suit une loi exponentielle	Pris en compte (Test d'efficacité) Suppose qu'un cadavre non trouvé lors d'une recherche ne peut l'être aux suivantes

Tableau 3 : Postulats de chaque méthode d'estimation

Il est à noter que la formule d'Erickson (2000) tend à sous-estimer la mortalité réelle, notamment lorsque la durée de persistance des cadavres est importante.

2.4.4 Limites des méthodes utilisées

Les relevés effectués lors des prospections permettent d'obtenir des résultats bruts. Plusieurs variables sont ainsi prises en compte lors de l'estimation afin de limiter les biais :

- La capacité de détection est variable en fonction du chercheur. Ce biais est corrigé par l'utilisation d'un ou plusieurs tests d'efficacité et la prise en compte du taux d'efficacité dans les calculs d'estimation. Toutefois, la variabilité de l'efficacité peut être liée à de multiples facteurs (luminosité extérieure, fatigue du chercheur, type de végétation sur la surface prospectée, etc.). Il est donc complexe de corriger ce biais avec précision.
- Le prélèvement des cadavres est pallié par l'utilisation d'un ou plusieurs tests de persistance et la prise en compte du taux de persistance dans les calculs d'estimation. Toutefois, ce prélèvement dépend de nombreux facteurs aléatoires et peut ainsi être variable temporellement et spatialement. De même, il est complexe de corriger ce biais avec précision.
- Les surfaces non-prospectées créent un biais d'échantillonnage qui est corrigé par le coefficient de correction surfacique, pris en compte dans les calculs d'estimation. Toutefois, cette correction repose sur l'hypothèse que les cadavres se répartissent de façon homogène sous l'éolienne, au sein de la surface prospectée.

D'autres facteurs peuvent éventuellement limiter la robustesse des résultats :

- La surface de prospection est un quadrat comprenant la totalité de la zone de survol des pales (coté au moins égal à deux fois la longueur d'une pale). Il est possible que des individus soient éjectés en dehors de cette zone ou soient blessés et meurent à une distance bien plus éloignée. Il s'agit du « crippling loss », un biais peu étudié et non pris en compte dans les différentes méthodes d'estimation.
- L'efficacité du chercheur peut être limitée par les conditions météorologiques. Toutefois, ce biais est réduit car les sorties sont réalisées autant que possible lorsque la météo est favorable.



3 Résultats et analyse du suivi d'activité des chiroptères

3.1 Bilan des connaissances de l'étude d'impact

Lors de l'étude d'impact de la ferme éolienne de Coulanges, réalisée en 2016 par le bureau d'étude Envol Environnement, l'ensemble du cycle annuel des chauves-souris a été étudié.

Les protocoles utilisés ont permis d'établir une liste de 14 espèces, avec des enjeux pour les espèces de lisières ubiquistes, comme la Barbastelle d'Europe, la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl. Des sensibilités fortes sont détectées pour plusieurs espèces comme la Noctule commune ou encore la Pipistrelle de Nathusius. Le suivi comportement de la présente étude cible précisément l'activité des chiroptères au niveau des rotors. Cela devrait permettre d'étoffer les résultats de l'étude d'impact, en particulier sur le groupe des espèces de haut vol, comme les noctules.

Les conclusions de l'étude d'impact sont présentées dans les figures suivantes.

Figure 107 : Tableau de calcul des sensibilités chiroptérologiques vis-à-vis de l'éolien (espèces recensées sur le site)

Espèces	Mortalité connue en Europe	Score relatif à la mortalité	Présence à 50 mètres de hauteur	Enjeux			Sensibilités		
				Milieux ouverts	Milieux semi-ouverts	Milieux fermés	Milieux ouverts	Milieux semi-ouverts	Milieux fermés
Barbastelle d'Europe	0,06%	10	0	13	20	19	23	30	29
Grand Murin	0,07%	10	0	0	7	6		17	16
Murin à moustaches/Brandt	0,06%	10	0	0	0	7			17
Murin de Daubenton	0,13%	10	0	7	13	0	17	23	
Murin de Natterer	0,00%	0	0	0	4	4		4	4
Noctule commune	15,79%	40	0	7	7	0	47	47	
Noctule de Leisler	6,36%	30	0	0	6	0		36	
Oreillard gris	0,10%	10	0	7	0	4	17		14
Oreillard roux	0,10%	10		5	0	0	15		
Pipistrelle commune	20,77%	40	0	14	14	14	54	54	54
Pipistrelle de Kuhl	3,61%	20	0	7	9	10	27	29	30
Pipistrelle de Nathusius	14,37%	40	0	0	14	8		54	48
Pipistrelle pygmée	2,71%	20	0	0	4	4		24	24
Sérotine commune	1,32%	20	0	5	9	7	25	29	27
TOTAL				39	90	71	225	347	263

Légende :

Mortalité	Ecoute en altitude	Sensibilité par espèce	Sensibilité par habitat
0 = Aucune mortalité	0 = Espèce non détectée en hauteur	Très fort 60 ≤ x	Très fort 350 ≤ x
10 = 0% ≤ mortalité connue < 0,5%	40 = Espèce détectée en hauteur	Fort 45 ≤ x < 60	Fort 230 ≤ x < 350
20 = 0,5% ≤ mortalité connue < 3,7%		Modéré 30 ≤ x < 45	Modéré 150 ≤ x < 230
30 = 3,7% ≤ mortalité connue < 9,1%		Faible 15 ≤ x < 30	Faible 70 ≤ x < 150
40 = 9,1% ≤ mortalité connue		Très faible x < 15	Très faible x < 70

Figure 11 : Tableau de synthèse des enjeux et des sensibilités chiroptérologiques (Envol Environnement, 2016)

7.2.2. Analyse des sensibilités chiroptérologiques

Nous déterminons deux types de sensibilité chiroptérologique :

- La sensibilité spécifique par espèce.
- La sensibilité chiroptérologique du site.

1- La sensibilité spécifique par espèce :

Une sensibilité forte est définie pour la **Pipistrelle de Nathusius**. Cette sensibilité s'explique surtout par l'exposition élevée de la Pipistrelle de Nathusius aux risques de barotraumatisme et de collisions avec les éoliennes en Europe (958 cas référencés en Europe à fin 2015, soit 14,37% des cas de mortalité connus, selon T. Dürr, 2015). L'espèce est peu présente dans l'aire d'étude rapprochée. Elle n'a été contactée qu'en période de mise-bas et depuis un seul point d'écoute. Il est aussi possible qu'elle ait été contactée en faible nombre en période des transits printaniers (l'identification de l'espèce n'a pu être certaine).

Est aussi définie une sensibilité forte pour la **Pipistrelle commune** dans l'ensemble des milieux échantillonnés dans l'aire d'étude rapprochée. L'espèce est très commune et très répandue en France et en région mais demeure le chiroptère le plus couramment victime de barotraumatisme et de collisions avec les éoliennes en Europe (1 385 cas référencés en Europe à fin 2015, soit 20,77% des cas de mortalité connus, selon T. Dürr, 2015). Elle est très active sur l'ensemble du site, surtout au niveau des lisières de boisements.

La **Noctule commune** présente une forte sensibilité. En termes de collisions, c'est l'espèce la plus touchée en Europe après la Pipistrelle commune alors qu'elle est largement moins répandue. Rappelons que c'est une espèce quasi-menacée en France. Elle n'a été détectée qu'en mise-bas en trois points. Son activité a été plus forte en lisière de boisement.

Un niveau de sensibilité modéré est défini pour la **Noctule de Leisler**. Elle n'a été contactée qu'en mise-bas, depuis un seul point d'écoute: le long d'une lisière. Il s'agit d'une espèce qui présente une exposition relativement élevée aux risques de collisions/barotraumatisme.

Une sensibilité modérée est également définie pour la **Barbastelle d'Europe** en milieu semi-ouvert et pour la **Pipistrelle de Kuhl** au sein des boisements. La Barbastelle est très présente au sein de ces milieux semi-ouverts mais peu exposée aux collisions/barotraumatisme.

Notons qu'aucune espèce n'a été détectée en altitude lors des protocoles altitude.

2- La sensibilité chiroptérologique du site :

La sensibilité chiroptérologique de la zone du projet s'établit à un niveau **fort au niveau des lisières et des boisements**. La sensibilité nettement supérieure des milieux semi-ouverts est fortement influencée par la diversité supérieure des espèces recensées dans ces milieux et la présence des trois chiroptères jugés les plus sensibles à l'éolien dans ces territoires : la **Noctule commune**, la **Pipistrelle commune** et la **Pipistrelle de Nathusius**. Ainsi, nous préconisons de respecter une distance de 100 mètres vis-à-vis des lisières (canopée-bas de pale) et de respecter une distance de 50 mètres vis-à-vis de la haie qui traverse le site du Nord-ouest au Sud-est (canopée-bout de pale). Un niveau de sensibilité chiroptérologique modéré est attribué aux espaces ouverts de l'aire d'étude.

Figure 12 : Espèces sensibles au risque de collision et synthèse des enjeux (Envol Environnement, 2016)

D'après l'étude d'impact de 2016, les sensibilités en phase d'exploitation du parc éolien de Coulanges sur les chiroptères sont considérées comme fortes pour la Pipistrelle commune, modérées pour la Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle de Nathusius et la Noctule commune et faibles pour les autres espèces.

Le présent suivi doit permettre de comparer les résultats de l'étude d'impact avec les impacts réels du parc observés lors des suivis réalisés en 2020 et 2021.

3.2 Suivi de l'activité des chiroptères en 2021

3.2.1 Suivi ultrasonique automatique permanent en nacelle

Les résultats présentés dans cette partie correspondent aux inventaires réalisés à l'aide d'un détecteur automatique d'ultrasons de type Batmode S, installé au niveau des nacelles des éoliennes. Ces inventaires sont réalisés en continu durant les périodes les plus importantes du cycle biologique des chiroptères, du 25 mars 2021 au 10 novembre 2021.

Le dispositif est donc resté installé durant 231 nuits et **l'analyse porte sur l'ensemble de ces nuits**, qui se situent en effet dans le cycle biologique actif des chiroptères (mars à novembre).

3.2.1.1 Diversité et activité spécifique enregistrée

3.2.1.1.1 Résultats obtenus sur l'ensemble du cycle

Le tableau suivant présente les résultats issus des analyses du logiciel Sonochiro®. Ces données ont été vérifiées par un chiroptérologue afin d'obtenir une liste d'espèces dont la présence est certifiée. La plupart des contacts ont été vérifiés en raison d'un grand nombre de séquences comportant des parasites liés à l'éolienne. Par cette méthode, les résultats présentés dans le tableau suivant constituent une base de données jugée fiable.

Genre	Espèces	Total estimé
Eptesicus	Sérotine commune	5
Nyctalus	Noctule commune	2 696
	Noctule de Leisler	2 359
Pipistrellus	Pipistrelle commune	1 843
	Pipistrelle de Kuhl	1 361
	Pipistrelle de Nathusius	54
	Pipistrelle pygmée	16
Recensements n'ayant pas pu être déterminés à l'espèce		
Sérotine / Noctule sp.		325
Total	7 espèces	8 659

Tableau 4 : Répartition du nombre de contacts par espèce

La richesse spécifique inventoriée par le protocole d'écoute permanente sur nacelle d'éolienne est qualifiée de modérée pour un milieu en hauteur, avec la présence de sept espèces identifiées de manière certaine.

En hauteur, on constate une cohérence avec la bibliographie disponible, avec la présence des espèces dites de haut-vol ou généralistes (Noctule de Leisler, Noctule commune, Sérotine commune et pipistrelles) qui totalisent toute l'activité.

Ainsi, la Noctule commune et la Noctule de Leisler regroupent la majorité des contacts avec 31 % et 27 %, ce qui représente 58 % de l'activité totale. Les noctules sont des espèces sensibles à l'éolien et spécialisées dans le vol en hauteur. Elles sont également migratrices.

La Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl suivent avec respectivement 21 % et 16 % de l'activité en hauteur. Les autres espèces sont bien moins représentées.

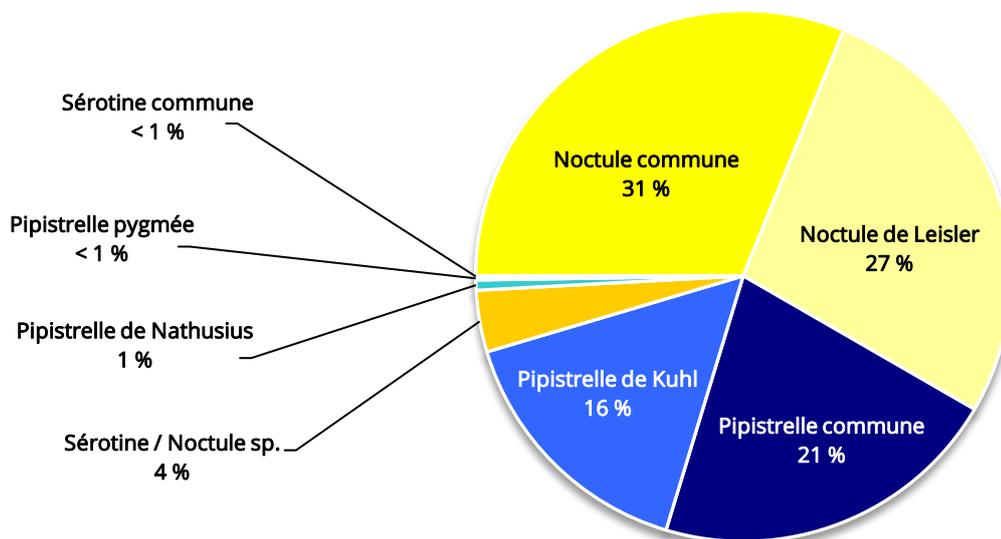


Figure 13 : Répartition des contacts par espèces ou groupes d'espèces sur l'ensemble de la période d'étude

3.2.1.1.2 Répartition du nombre de contacts enregistrés

Le graphique suivant illustre l'activité chiroptérologique par nuit d'inventaire. Ainsi, l'activité inter-journalière des chauves-souris est très irrégulière. Le nombre de contacts enregistrés par nuit varie de 0 à 593 contacts. **Cette variabilité journalière reste particulièrement complexe à anticiper, et dépend de multiples facteurs à l'exemple des conditions météorologiques ou de la présence de ressource alimentaire.** Il est dans l'état des connaissances actuelles très difficile de comprendre ces variations mais une hypothèse de migration peut être formulée sur ce site. En effet, des pics d'activités très forts et concentrés sur certaines nuits peuvent survenir brusquement, comme au mois de septembre, ce qui correspond à la période des transits automnaux et de swarming.

Pour rappel, le dispositif fut opérationnel depuis le 25 mars 2021, et l'arrêt des écoutes dans le cadre des analyses suivantes a été fixé au 10 novembre 2021. Les premiers contacts de chauves-souris ont été recensés le 9 avril 2021.

Plusieurs nuits ont donc enregistré un nombre de contact conséquent. En effet, alors que la plupart des nuits ne dépassent pas les 200 contacts enregistrés, il y a eu 593 contacts le 3 septembre et 392 le 21 août. D'autres nuits de septembre rencontrent un nombre de contacts plus

fort que la moyenne, c'est notamment le cas pour les 4, 15 et 16 septembre avec plus de 300 contacts.

Tous ces contacts concernent surtout la Noctule commune. Une activité migratoire pour cette espèce entre ses sites d'estivages et hivernaux est plausible.

Les pipistrelles sont bien présentes en juin et en septembre. Ici aussi un phénomène migratoire est possible à l'automne, avec des individus de ces espèces pouvant avoir des comportements d'accouplements et des déplacements migratoires locaux.

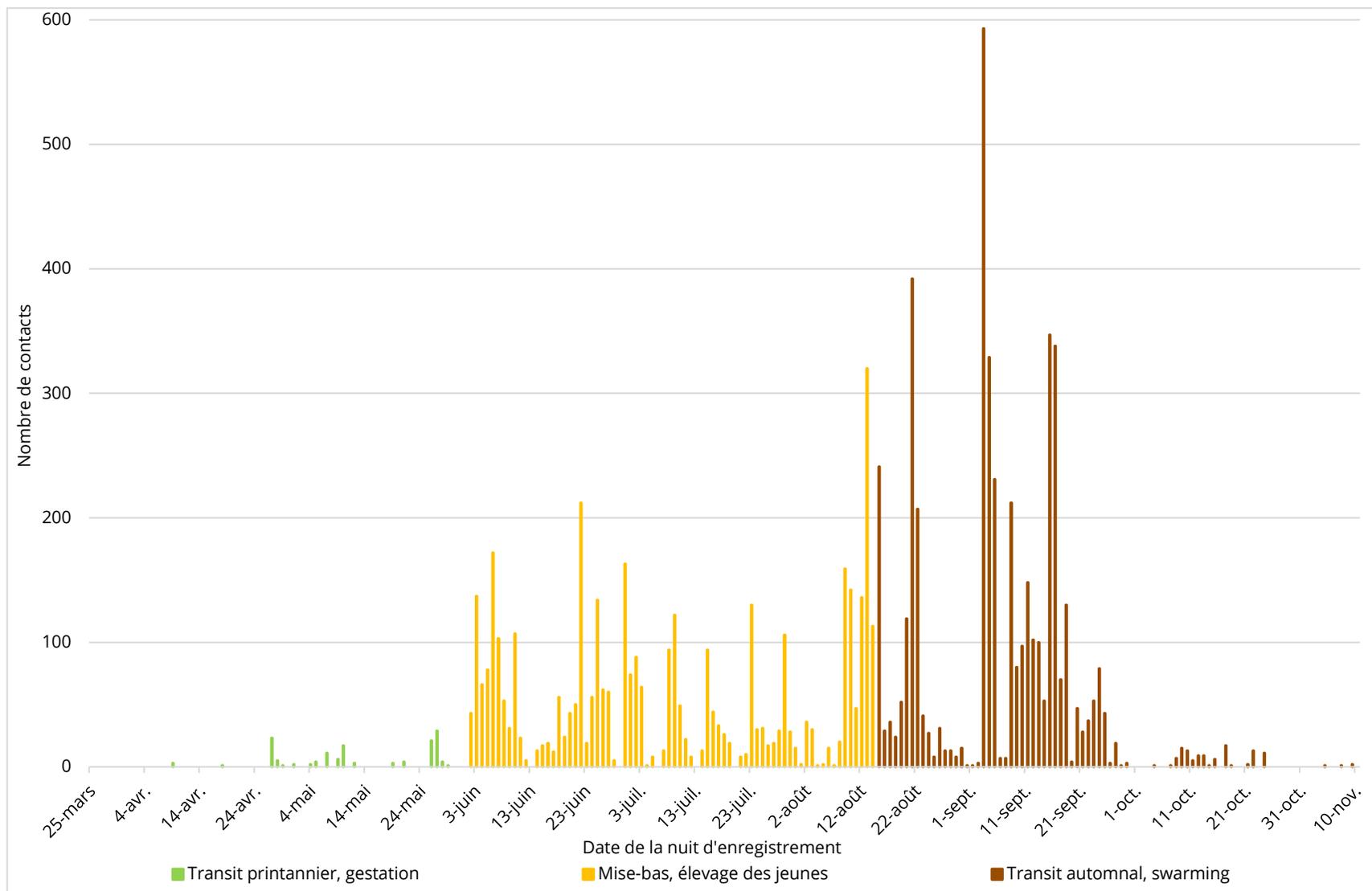


Figure 14 : Répartition du nombre de contacts par jour durant l'ensemble de la période d'inventaire

3.2.1.1.3 Résultats obtenus en fonction du cycle biologique des chiroptères

Le tableau suivant présente le nombre de contacts enregistrés pour chaque phase biologique. Ils ont également été ramenés au nombre de nuits présentant un contact chiroptérologique.

	Printemps	Été	Automne	Cycle complet
Nombre de contacts	140	4 223	4 296	8 659
Pourcentage des enregistrements	2 %	52 %	46 %	100 %
Nombre de nuits d'enregistrements	68	76	87	231
Moyenne du nombre de contacts par nuit	2	56	49	37

Tableau 5 : Répartition du nombre de contacts au sol et en hauteur en fonction des phases biologiques

On constate que les périodes de mise-bas et d'élevage des jeunes et de transits automnaux et swarming sont les phases avec le plus d'activité, très loin devant la période printanière. Elle concentre 52 % et 46 % des contacts totaux. La période printanière ne concentre que seulement 2 % des contacts.

3.2.1.2 Activité chiroptérologique en fonction des facteurs astronomiques et météorologiques

3.2.1.2.1 Activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien

Résultats obtenus sur l'ensemble de la période d'étude

La répartition du nombre de contacts en fonction des heures de la nuit et de la période de l'année est représentée dans le graphique suivant. Ainsi, ce dernier est présenté sous la forme d'une carte de chaleur affichant la densité de contacts chiroptérologiques. Les aplats de couleurs représentent l'intensité de l'activité chiroptérologique, répartie entre les heures de la nuit (heure astronomique et non civile) en ordonnée, et les jours de l'année en abscisse. La couleur blanche correspond à l'absence de contacts.

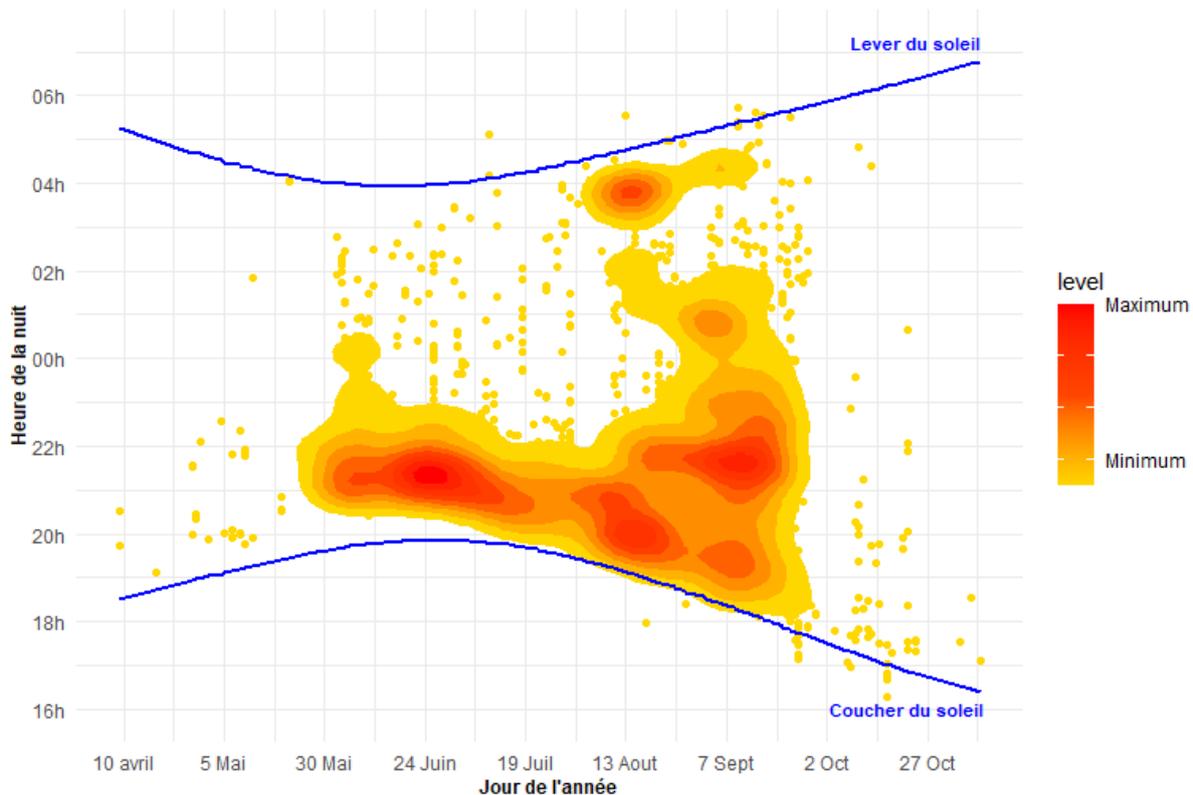


Figure 15 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien

Selon les données bibliographiques, il existe une baisse progressive du niveau d'activité au cours de la nuit. Cette baisse peut être accentuée par des facteurs limitants, comme le début et la fin de la saison, ou encore des températures froides.

Sur la période analysée, cette tendance est observée, hormis de début août à fin septembre où l'activité s'étend sur la grande majorité de la nuit. On constate en effet des niveaux d'activité qui peuvent rester assez réguliers dans la nuit à certaines périodes, voir même réaugmenter peu avant le lever du soleil (août). Cette reprise d'activité est observée relativement fréquemment en présence de noctules, comme c'est le cas sur le site. En octobre, l'activité est très faible et *contrario* concentrée uniquement en début de nuit.

Sur toute la période étudiée, des contacts isolés sont enregistrés aussi bien en début qu'en fin de nuit, cela correspond aux points jaunes épars.

Résultats obtenus par analyse mensuelle

En comparant les mois entre eux, on note une forte prédominance du groupe des noctules, très bien représentées sur le site, à l'exception des mois de juin et septembre, où les pipistrelles sont presque autant présentes.

Le mois de septembre concentre 37 % des contacts, soit près de 3 200 sur ce seul mois. C'est durant cette période que l'activité est la plus intense avec une proportion bien équilibrée entre la Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl, potentiellement en migration. Vient juste ensuite le mois d'août avec 26 % des contacts et près de 2 300 contacts, mais cette fois avec une proportion beaucoup plus importante de Noctule commune. Les mois de juin et juillet comptabilisent aussi une proportion de contacts assez élevée avec respectivement 20 % et 14 %, pour 1 763 et 1 195 contacts recensés. C'est la Noctule de Leisler qui est l'espèce la plus présente en juin, et de nouveau la Noctule commune pendant le mois de juillet. Les mois d'avril, mai, octobre et novembre ont une activité très faible avec seulement 33, 107, 111 et 4 contacts recensés pour ces quatre mois d'inventaire.

Aucun contact n'a été recensé lors des sept jours d'inventaire du mois de mars.

Ainsi, selon cette figure, les mois d'août et septembre comprennent les plus forts enjeux avec près des deux tiers des contacts. Les mois de juin et juillet ont une proportion de contacts qui est toutefois assez élevée, représentant un tiers des contacts lors de ces deux mois.

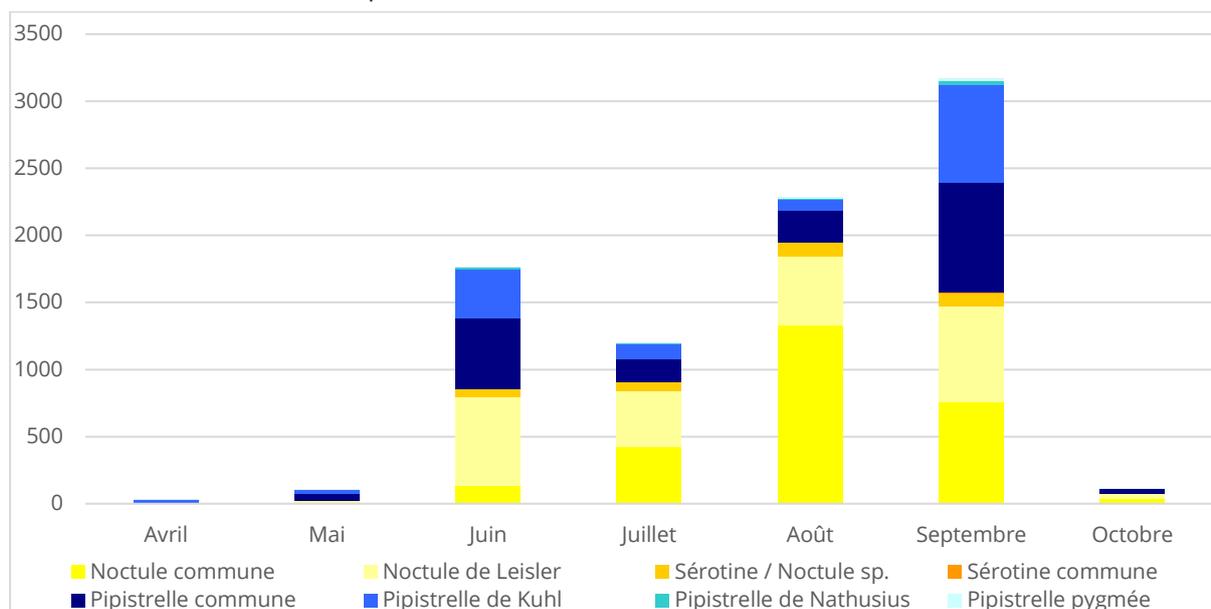


Figure 16 : Répartition du nombre de contacts par mois complet d'enregistrement

3.2.1.2.2 Activité chiroptérologique en fonction de la température

La température semble jouer un rôle sur l'activité chiroptérologique. Si plusieurs auteurs concluent à une corrélation positive entre l'augmentation de la température et l'activité (Redell et al. 2006 ; Arnett et al. 2006, 2007 ; Baerwald and Barclay 2011, etc.), d'autres ne considèrent pas ce paramètre en tant que facteur influant indépendamment sur l'activité chiroptérologique (Horn et al. 2008 ; Kerns et al. 2005). Arnett et al. 2006 ont en outre observé qu'au-dessus de 44 m d'altitude,

l'activité n'était en rien affectée par la température. Les opinions sur les autres paramètres météorologiques, sont d'autant plus mitigées. La pression atmosphérique (Cryan and Brown 2007 ; Cryan et al. 2014) et l'hygrométrie (Behr et al. 2011) pourraient également influencer sur l'activité chiroptérologique. Il semble toutefois vraisemblable que ces paramètres influent de manière concomitante sur l'activité des chiroptères (ce qui serait aussi le cas de la température) comme le montrent Behr et al. (2011), ou sur l'abondance d'insectes (Corten and Veldkamp 2001). Enfin, l'expérience montre qu'en fonction des saisons, l'importance de ce facteur sur l'activité chiroptérologique oscille fortement.

Résultats obtenus sur l'ensemble de la période d'étude

Le graphique suivant présente parallèlement les occurrences de températures nocturnes enregistrées par la nacelle de l'éolienne et le nombre de contacts de chiroptères en fonction de ces températures.

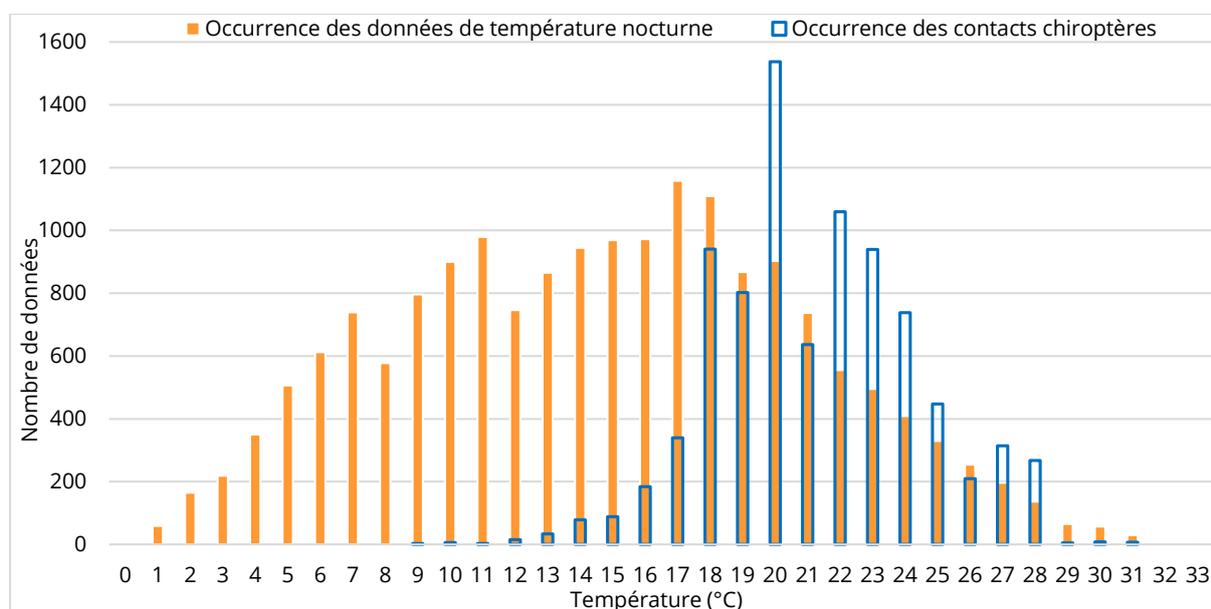


Figure 17 : Activité des chiroptères en fonction de la température

Les inventaires réalisés sur le site montrent ainsi que les chiroptères semblent concentrer leur activité entre 16 et 28 °C, en décalage avec les températures nocturnes « disponibles ». L'activité semble démarrer réellement à partir de 9 °C et connaître son optimum jusqu'à 31 °C.

Résultats obtenus par analyse mensuelle

L'analyse mensuelle de l'activité des chiroptères expose les mêmes tendances que celles observées sur l'ensemble de la période étudiée, à savoir qu'un maximum d'activité est mesuré à partir de 16 °C et jusqu'à plus de 28 °C de température. On voit clairement sur ce graphique la forte activité en juin, août et septembre avec des plages de températures variées utilisées par les

chiroptères. À noter que c'est en octobre que l'on constate une activité enregistrée dès 13 °C, température plus froide pour les chiroptères.

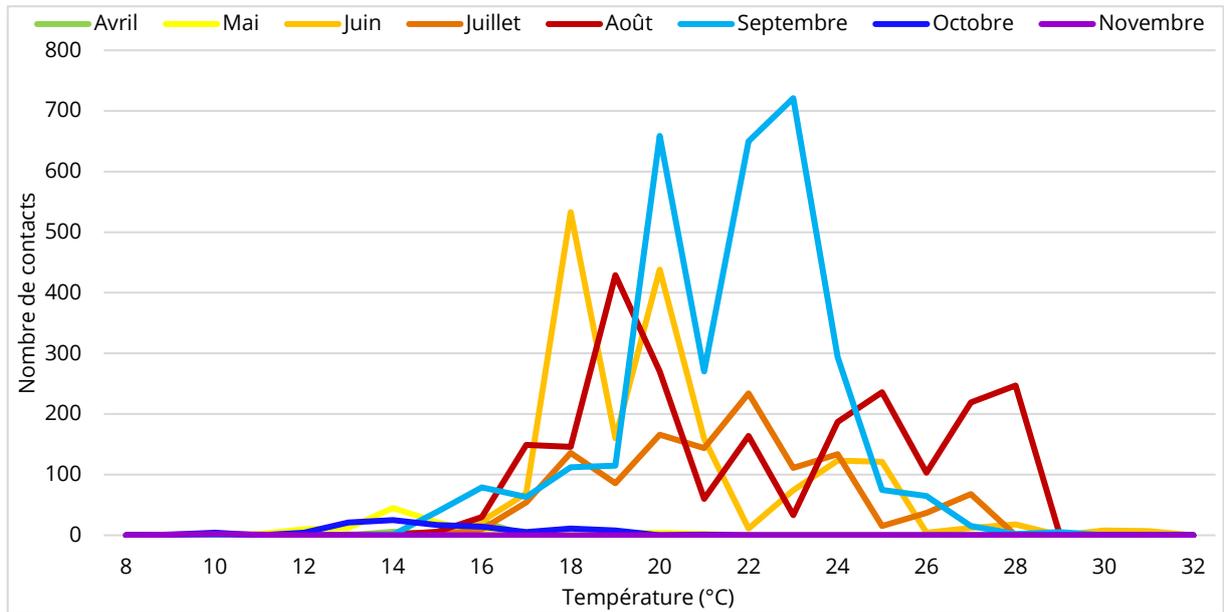


Figure 18 : Activité mensuelle des chiroptères en fonction de la température

3.2.1.2.3 Activité chiroptérologique en fonction de la vitesse du vent

Résultats obtenus sur l'ensemble de la période d'étude

Le graphique suivant présente parallèlement les occurrences de vitesses de vent enregistrées par la nacelle et le nombre de contacts enregistrés sous cette vitesse de vent.

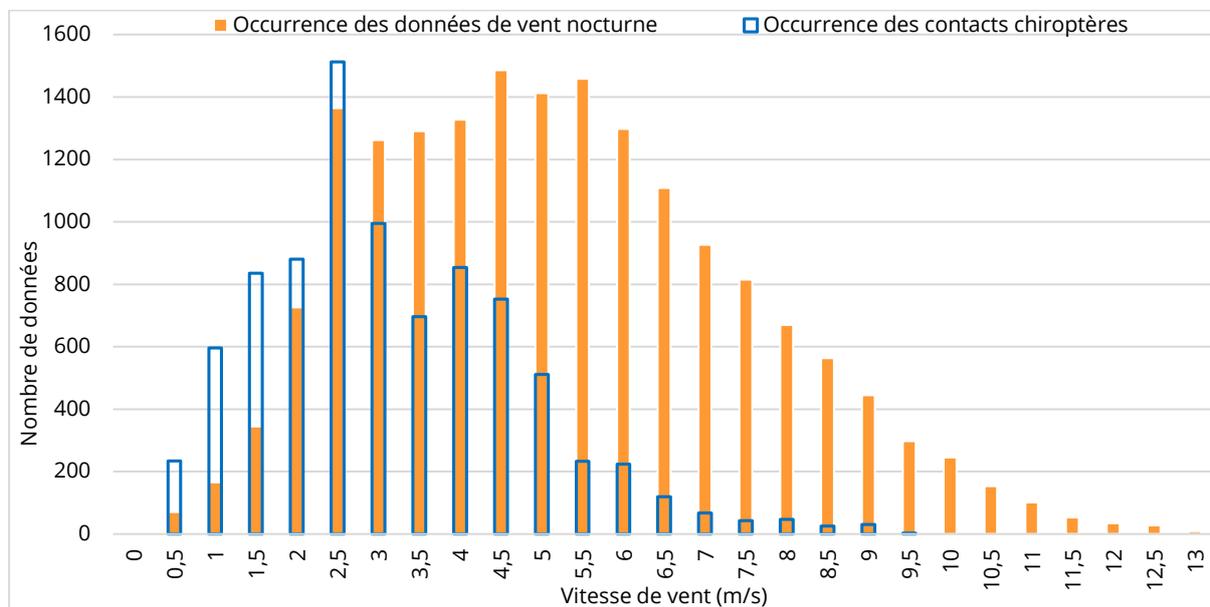


Figure 19 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent

Globalement, ce graphique illustre un décalage de l'activité chiroptérologique, sous des vitesses de vent les plus faibles de la répartition des occurrences de vent nocturnes.

L'activité chiroptérologique semble s'étaler entre des valeurs de vent comprises entre 0,5 et 9,5 m/s à hauteur de nacelle avec une importance accrue entre 0,5 et 6,5 m/s. Au-delà de ce seuil, l'activité chute effectivement et devient plus sporadique.

Résultats obtenus par analyse mensuelle

L'analyse mensuelle de l'activité des chiroptères expose les mêmes tendances que celles observées sur l'ensemble de la période étudiée, à savoir que l'activité semble s'étaler surtout entre des valeurs de vent comprises entre 0,5 et 6,5 m/s à hauteur de nacelle. On observe bien la chute à partir de ce seuil mais l'on note que l'activité ne devient pas pour autant négligeable, notamment à 7,5 m/s et à 9 m/s en août.

Ce dernier mois enregistre les plus fortes valeurs, les espèces de vol recensées pour ces vitesses de vent sont la Noctule commune et la Noctule de Leisler. Ces chiroptères n'hésitent effectivement pas à évoluer sous des vitesses de vents relativement élevées.

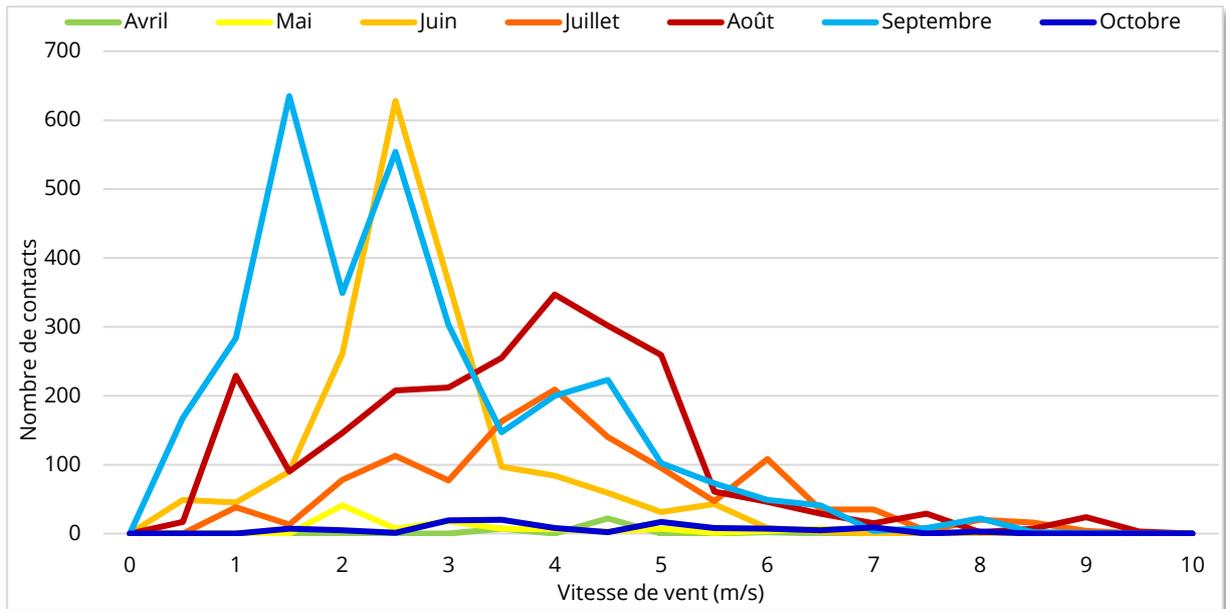


Figure 20 : Activité mensuelle des chiroptères en fonction du vent

3.2.2 Synthèse des résultats du suivi comportemental des chiroptères en nacelle

Au regard des analyses effectuées à partir des enregistrements sur nacelle d'éolienne, les principaux éléments suivants apparaissent :

- la diversité spécifique est de sept espèces confirmées, avec la Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle de Nathusius, la Pipistrelle pygmée et la Sérotine commune ;

- on retrouve au sein des espèces inventoriées, essentiellement des espèces pouvant évoluer en hauteur, en cohérence avec les connaissances bibliographiques. À noter les plus fortes proportions des deux espèces de noctules, comparativement aux autres espèces présentes. La Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl sont toutefois bien présentes sur le site ;

- l'activité chiroptérologique est plus importante en août et en septembre, mais tout de même élevée en juin et juillet. Des phénomènes migratoires sont plausibles, en particulier en septembre avec les noctules. Les autres mois inventoriés présentent une activité très faible ;

- l'activité chiroptérologique en hauteur est concentrée sur l'ensemble de la nuit pour les mois d'août et de septembre. Un regain d'activité est observé une à deux heures avant le lever du soleil au mois d'août, cela est dû aux noctules qui sont coutumières de ce comportement. Ces deux mois représentent des enjeux chiroptérologiques importants pour le site. Pour les mois de juin et juillet, l'activité est globalement concentrée sur les trois premières heures de la nuit, avec tout de même de nombreux contacts épars répartis sur l'ensemble de la nuit. Pour les autres mois à faible activité, les seuls contacts sont très souvent enregistrés dans les premières heures de la nuit ;

- l'activité chiroptérologique en hauteur est présente surtout à partir de 16 °C ;

- l'activité chiroptérologique en hauteur est principalement concentrée entre des vitesses de vent de 0,5 et 6,5 m/s. L'activité présente après ce seuil est plus sporadique, on note cependant des contacts jusqu'à 9,5 m/s ;

- l'enjeu principal sur le site semble concerner les noctules, très présentes sur les mois de juin, juillet, août et septembre. Des phénomènes migratoires en septembre sont probables. Ces espèces sont effectivement capables de migrer et d'évoluer en hauteur sous de plus fortes vitesses de vent.

3.3 Bilan et comparaison avec l'étude d'impact et les suivis 2020 et 2021

3.3.1 Diversité spécifique

14 espèces de chauves-souris ont été recensées de manière certaine au travers des différentes études (tableau suivant) sur le site du parc éolien de Coulanges.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Présence selon les études		
		Étude d'impact de 2016 (Écoutes au sol)	Suivi post-implantation août - novembre 2020 (Écoutes continues en nacelle)	Suivi post-implantation 2021 (Écoutes continues en nacelle)
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastellus barbastellus</i>	X		
Grand Murin	<i>Myotis myotis</i>	X		
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>	X		
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	X		
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	X		
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	X	X	X
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	X	X	X
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>	X		
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>	X		
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	X	X	X
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	X	X	X
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	X	X	X
Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	X		X
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	X	X	X
<i>Recensements n'ayant pas pu être déterminés à l'espèce</i>				
Sérotine/Noctule sp	<i>Eptesicus/Nyctalus sp.</i>		X	X
Pipistrelle sp.	<i>Pipistrellus sp.</i>		X	
Chiroptères sp.	<i>Chiroptera sp.</i>		X	
Total des espèces	14	14	6	7
<i>Espèce présente durant l'étude d'impacts et au moins un suivi post-implantation</i>				

Tableau 6 : Résultats de la diversité spécifique en fonction des études menées sur le site

L'étude d'impact de 2016, incluant les résultats des inventaires chiroptérologiques, a permis de recenser 14 espèces certaines, contre six pour les inventaires de 2020, et sept pour ceux de 2021.

À noter que les protocoles menés entre les différentes études ont été différents :

En 2016 : le cortège chiroptérologique plus large inventorié est lié à un plus grand nombre d'espèces évoluant à proximité du sol qu'à hauteur de nacelle.

En 2020 et 2021 : les inventaires sur nacelle permettent de détecter seulement les espèces de chauves-souris susceptibles d'évoluer en hauteur.

Globalement et malgré les différents protocoles utilisés, ceci témoigne d'une diversité spécifique globale modérée.

Six espèces sont communes aux trois périodes d'inventaires, ce qui atteste de leur occupation régulière du site. Ces espèces sont assez communes en Europe : la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle de Nathusius, la Sérotine commune, la Noctule commune et la Noctule de Leisler. Ce sont toutes des espèces qui sont capables de voler en hauteur.

Parmi les espèces présentes, des cortèges plus forestiers sont présents en 2016 avec les protocoles au sol (Barbastelle d'Europe, Murin de Natterer, Murin de Daubenton, Oreillard roux, etc.), contre davantage d'espèces de haut-vol avec les protocoles d'écoute sur nacelle de 2020 et 2021 (noctules, Sérotine commune et pipistrelles). Ces différences s'expliquent par les protocoles utilisés.

Si l'on compare ce qu'il est possible d'analyser, à savoir des inventaires avec les mêmes protocoles, il y a une forte cohérence des espèces présentes. En effet, les espèces généralistes et/ou de haut-vol (pipistrelles, sérotines et noctules) sont contactées lors des deux années d'inventaire. Seule la Pipistrelle pygmée n'est contactée qu'en 2021. Ceci peut être expliqué par la plus courte période d'inventaire en 2020 (d'août à novembre).

3.3.2 Comparaisons des deux années de suivi ICPE

Les inventaires de l'année 2020 ne regroupent que la période automnale, du 12 août au 25 novembre. Les comparaisons avec l'année 2021 se feront sur la même période, c'est-à-dire avec les données du 12 août au 10 novembre 2021.

3.3.2.1 Répartition des contacts de chiroptères

Répartition de la proportion de contacts par espèce pour l'année 2020 :

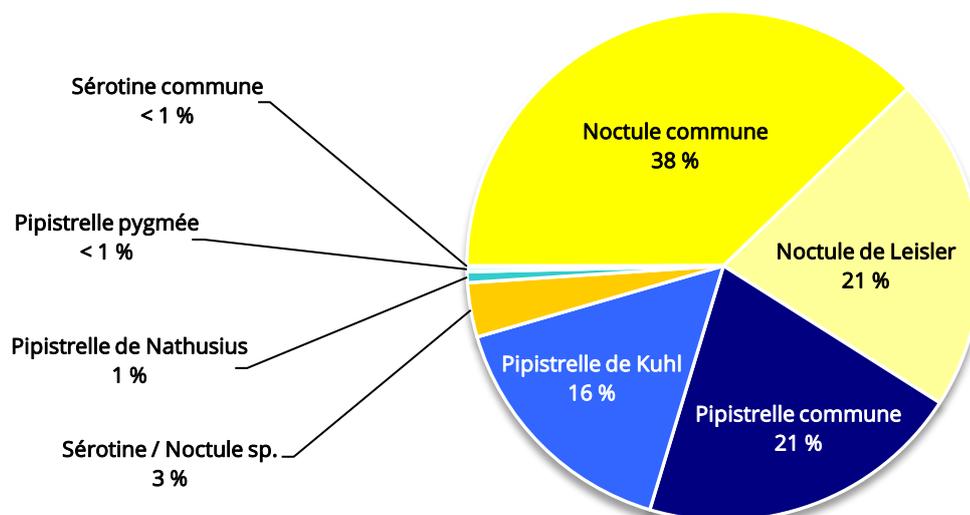


Figure 21 : Répartition des contacts par espèces ou groupes d'espèces d'août à novembre 2020

Répartition de la proportion de contacts par espèce pour l'année 2021 :

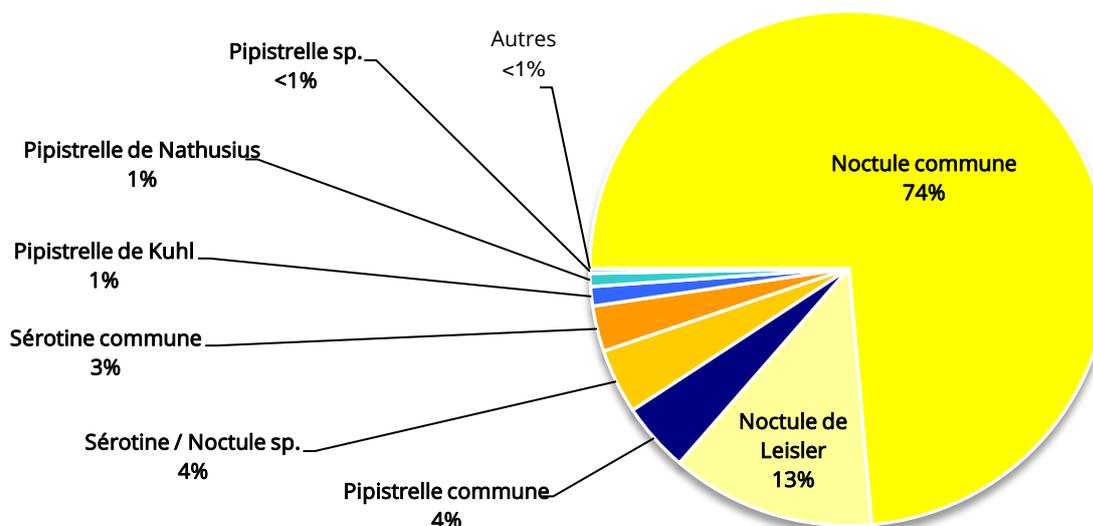


Figure 22 : Répartition des contacts par espèces ou groupes d'espèces d'août à novembre 2021

En comparant les mois d'août à novembre 2020 et 2021, on observe une large proportion de la Noctule commune (74 % des contacts) la première année, et une répartition plus équilibrée la seconde année avec toutefois une majorité de contacts de Noctule commune (38 %). La Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl sont bien plus présentes en 2021 avec plus d'un tiers des contacts.

*Sur les deux années de suivi, le cortège qui domine est le genre *Nyctalus* devant le genre *Pipistrellus*.*

3.3.2.2 Répartition des contacts de chiroptères en fonction de la nuit d'inventaire

Activité par nuit d'août à novembre 2020 :

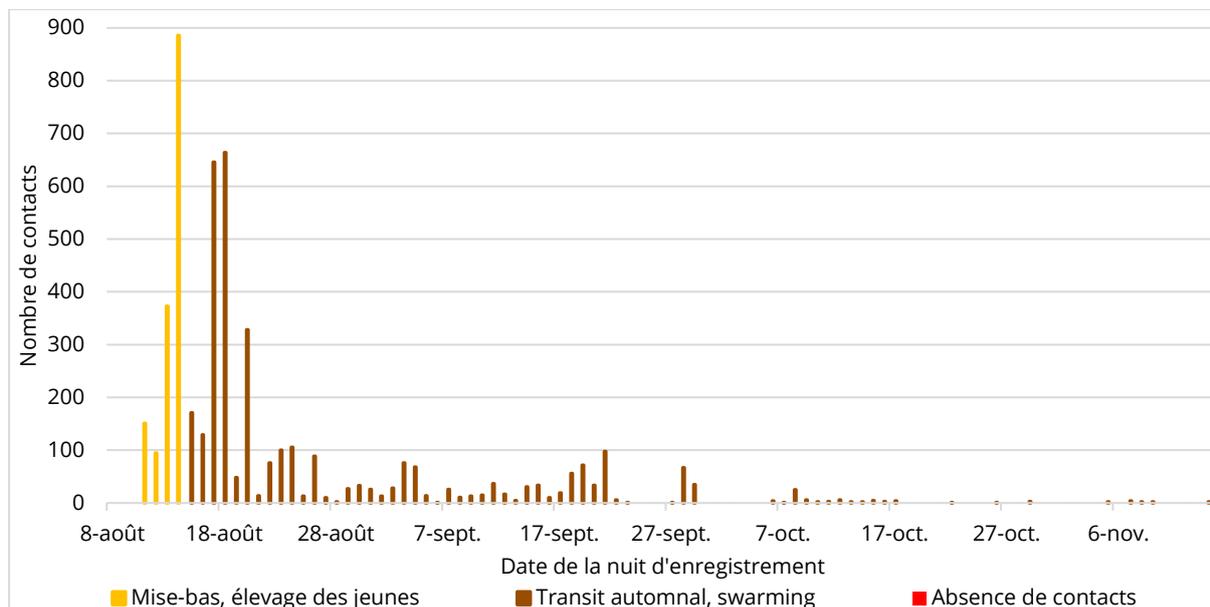


Figure 23 : Répartition du nombre de contacts par jour d'août à novembre 2020

Activité par nuit d'août à novembre 2021 :

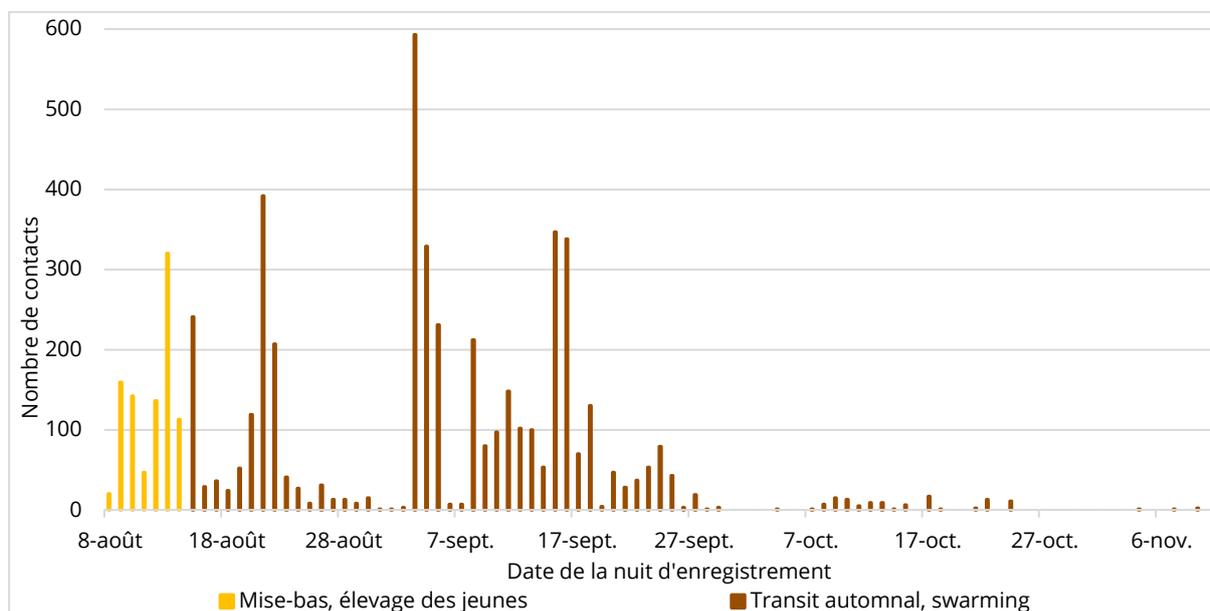


Figure 24 : Répartition du nombre de contacts d'août à novembre 2021

L'activité par nuit reste très irrégulière sur les deux années de suivi. On constate cependant que les « pics » les plus importants se concentrent au mois d'août pour l'année 2020, et qu'ils sont mieux répartis en août et septembre pour l'année 2021. C'est donc sur cette période de deux mois que peut survenir des nuits à très forte activité. Ces graphiques confirment la variabilité d'activité en fonction des nuits d'inventaire d'une année sur l'autre.

3.3.2.3 Répartition des contacts de chiroptères en fonction des mois d'inventaire

Activité par mois en 2020 :

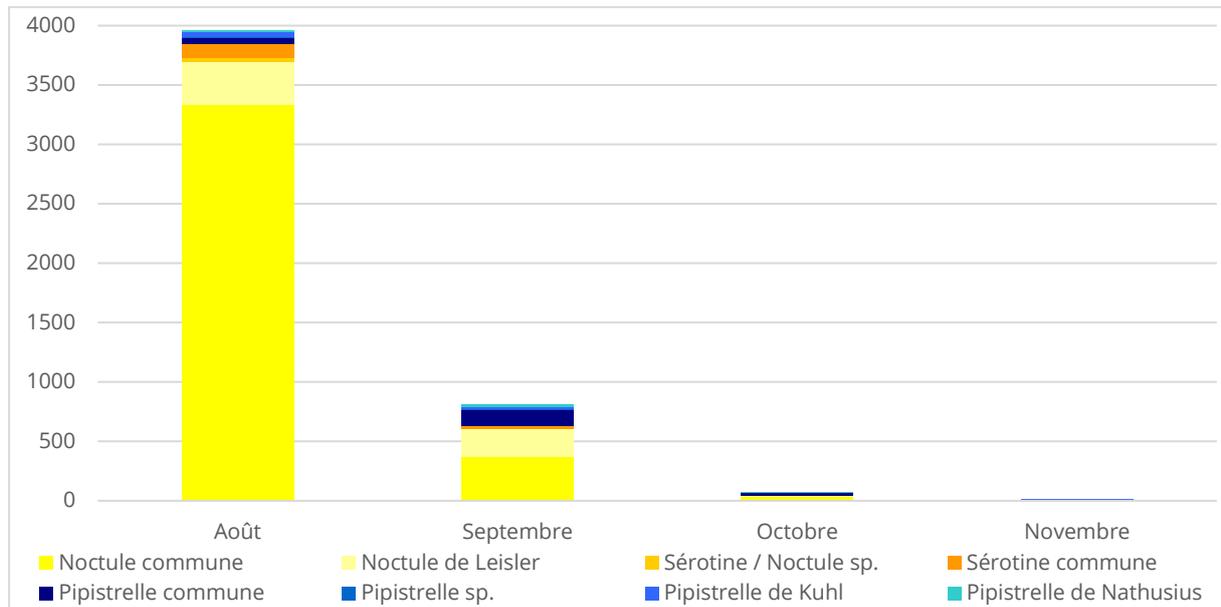


Figure 25 : Répartition du nombre de contacts par mois complet d'enregistrement d'août à novembre 2020

Activité par mois en 2021 :

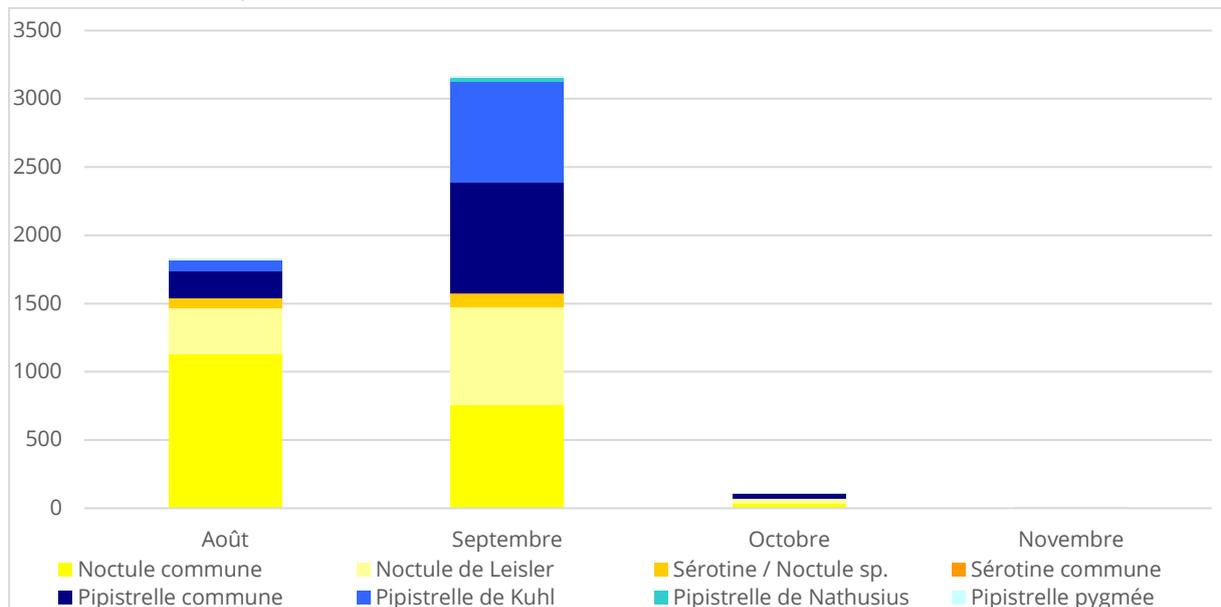


Figure 26 : Répartition du nombre de contacts par mois complet d'enregistrement d'août à novembre 2021

En 2020, le mois d'août concentre nettement l'activité, tandis qu'en 2021, c'est le mois de septembre qui présente l'activité la plus importante. Ces deux mois concentrent la presque totalité de l'activité chiroptérologique pendant cette période de quatre mois.

3.3.2.4 Répartition des contacts de chiroptères en fonction du cycle circadien

Activité circadienne en 2020 :

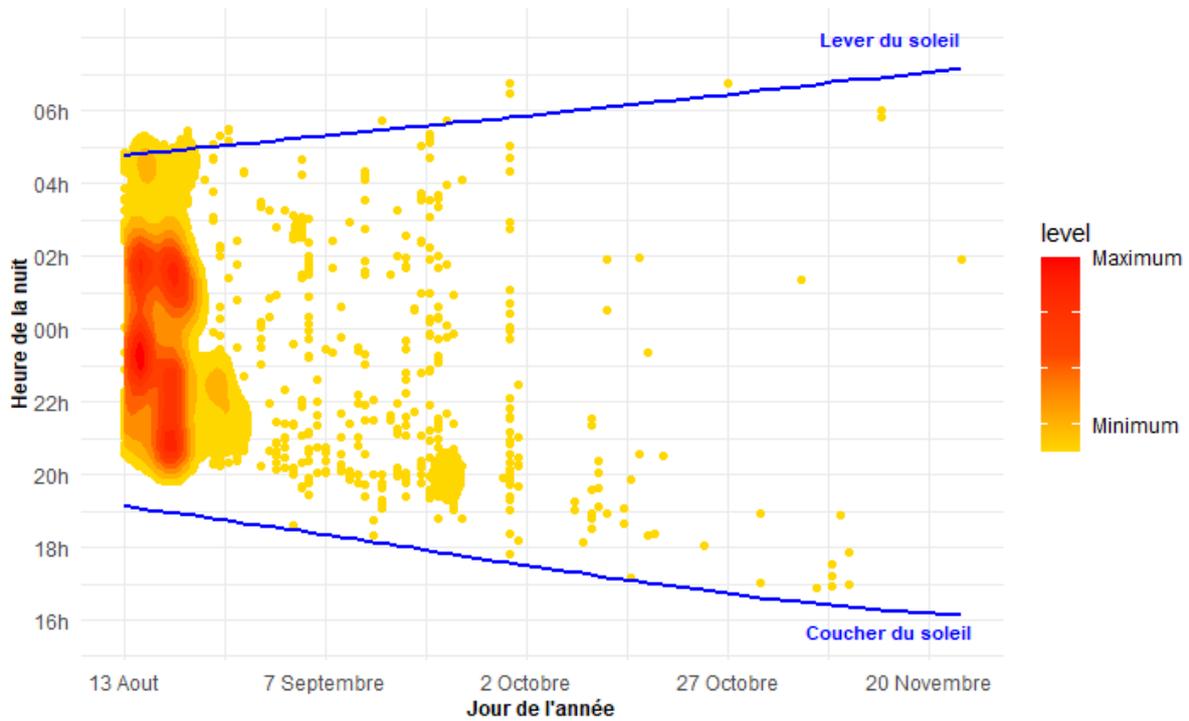


Figure 27 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien d'août à novembre 2020

Activité circadienne en 2021 :

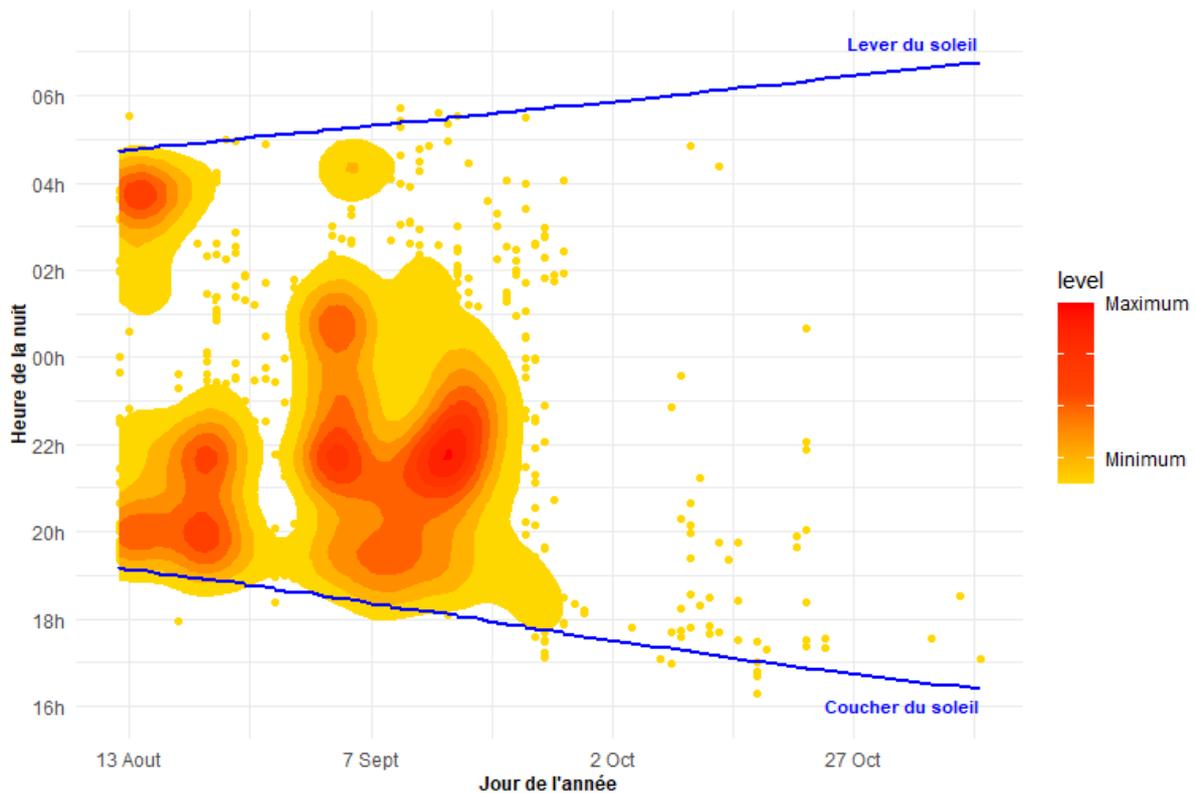


Figure 28 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien d'août à novembre 2021

En 2020, l'activité automnale est concentrée au mois d'août sur la totalité de la nuit, est très éparse en septembre, et presque inexistante en octobre et novembre. En revanche, en 2021, l'activité est intense en août et septembre, surtout pendant les cinq premières heures de la nuit. Une reprise de l'activité est observée deux heures avant le lever du soleil, notamment en août. En octobre et novembre, l'activité est presque inexistante.

5.3.2.5 Répartition des contacts de chiroptères en fonction de la température

Activité en fonction de la température en 2020 :

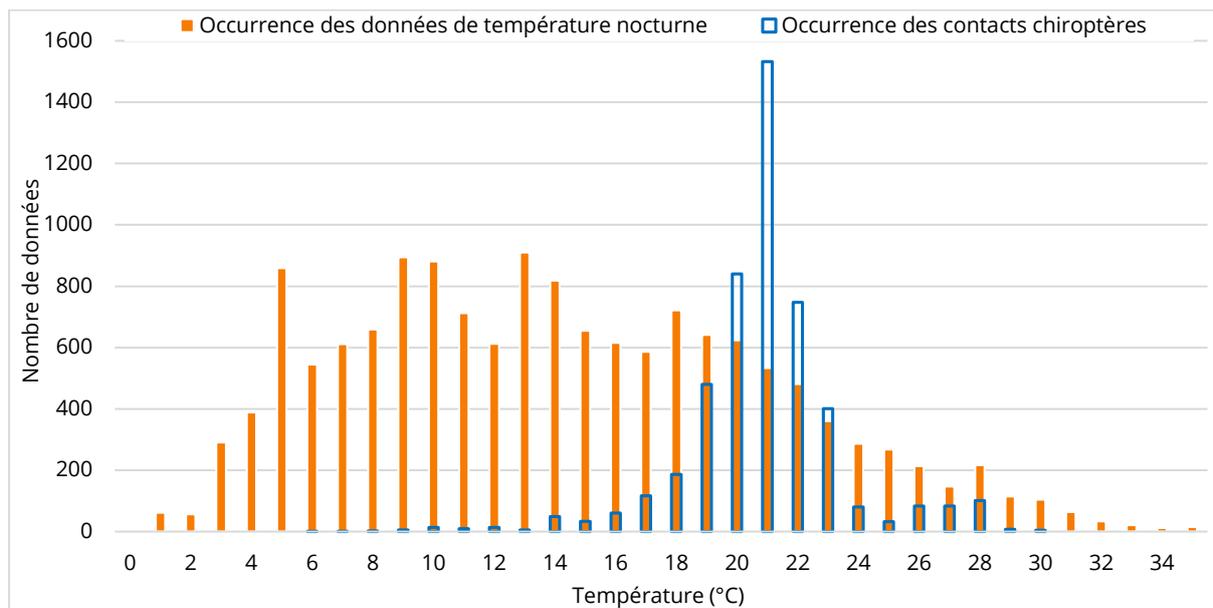


Figure 29 : Activité des chiroptères en fonction de la température d'août à novembre 2020

Activité en fonction de la température en 2021 :

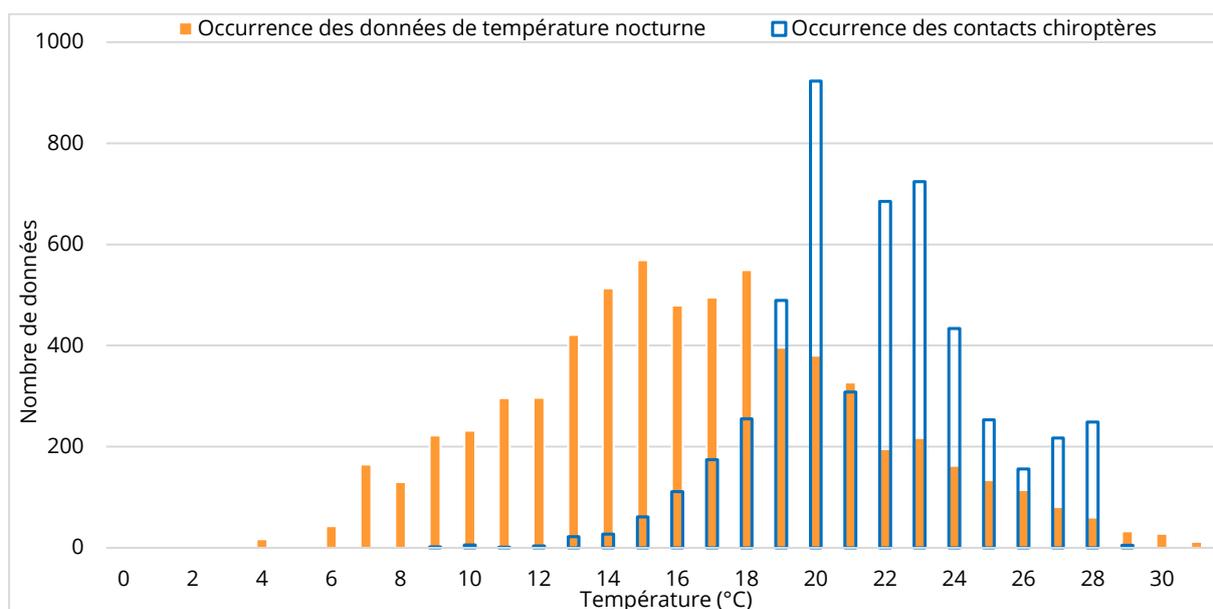


Figure 30 : Activité des chiroptères en fonction de la température d'août à novembre 2021

En 2020, on observe un démarrage de l'activité des chiroptères dès 6 °C, tandis qu'en 2021, dès 9 °C. Sur les deux années de suivi, la majorité de l'activité se situe entre 16 °C et 28 °C.

3.3.2.5 Répartition des contacts de chiroptères en fonction de la vitesse de vent

Activité en fonction du vent en 2020 :

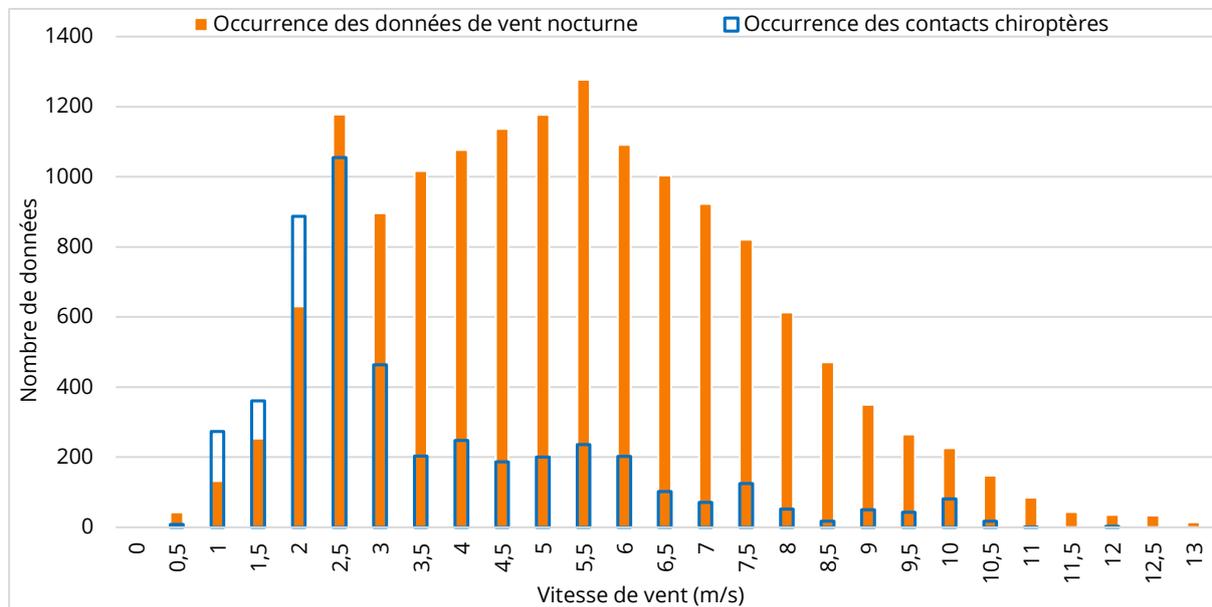


Figure 31 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent d'août à novembre 2020

Activité en fonction du vent en 2021 :

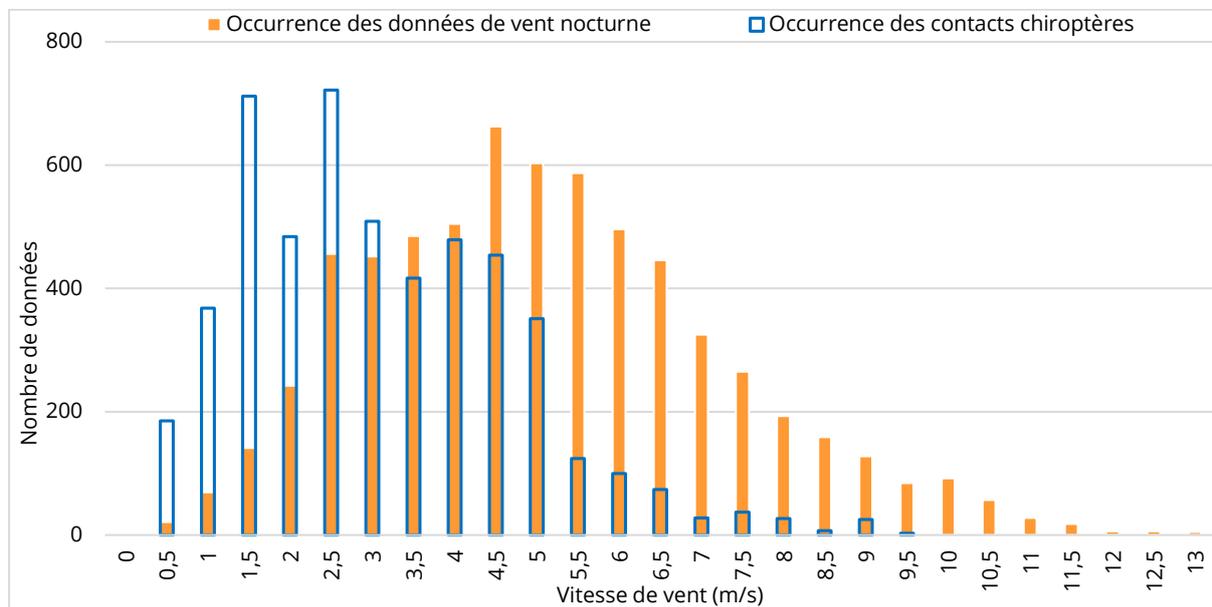


Figure 32 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent d'août à novembre 2021

L'essentiel de l'activité des chiroptères sur les deux années de suivi est concentrée à des valeurs de 0,5 m/s à 6,5 m/s. Toutefois, il ne faut pas négliger les contacts au-delà de ce seuil, notamment jusqu'à 12 m/s en 2020 et jusqu'à 9,5 m/s en 2021.

3.4 Principaux éléments à retenir des deux années de suivi ICPE

Les deux années de suivi en hauteur sur le parc éolien de Coulanges (d'août à novembre 2020 et 2021) permettent de mettre en évidence plusieurs points :

- L'activité est dominée par la Noctule commune,*
- Une forte présence de la Noctule de Leisler,*
- Une forte activité pendant les mois d'août et septembre (notamment en 2021),*
- Une présence plus importante des pipistrelles en septembre (notamment en 2021),*
- Une activité concentrée au mois d'août sur la totalité de la nuit en 2020, et une activité répartie en août et septembre pendant les cinq premières heures de la nuit en 2021, avec un regain avant le lever du soleil,*
- Une activité importante à des températures situées entre 16 et 28 °C et à des vitesses de vent comprises entre 0,5 et 6,5 m/s.*

Au vu des résultats de l'étude d'impact de 2016 et des suivis post-implantation 2020 et 2021, nous pouvons conclure que le site reste très fréquenté par les chiroptères, notamment par les espèces de haut-vol (Noctule commune et Noctule de Leisler notamment). Cette forte activité se situe principalement de juin à septembre avec un pic important en septembre, qui pourrait être expliqué par des comportements migratoires ou de swarming.

L'année 2021 vient confirmer la répartition et la fréquentation du site : forte présence de Noctule commune et de Noctule de Leisler, espèces de haut-vol très sensibles à l'éolien.

En conclusion : le parc éolien de Coulanges présente une activité chiroptérologique très importante, qui est plutôt concentrée de juin à septembre. Le plan de bridage préventif adopté en 2020 en concertation avec l'exploitant reste nécessaire, il sera adapté avec les résultats 2021.

Ce plan de bridage 2020 a permis de réduire la mortalité des chiroptères depuis sa mise en place le 7 septembre 2021.



4 Résultats du suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères

4.1 Résultats des tests et paramétrage des méthodes d'estimation

4.1.1 Durée moyenne de l'intervalle

La durée moyenne de l'intervalle (I) entre deux prospections est déterminée afin d'être prise en compte dans les calculs d'estimation de la mortalité.

La durée moyenne de l'intervalle est : $I = 6,93$ jours

4.1.2 Efficacité du chercheur

Le test d'efficacité a pour but de déterminer l'efficacité du chercheur afin d'inclure ce paramètre dans l'estimation de la mortalité. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Test	Chercheur	Date	Nombre de cadavres déposés	Nombre de cadavres trouvés
T1	Benoît LESAGE	13 avril 2021	33	30
T2	Mallaury JACOMET	14 septembre 2021	28	22
Total			61	52

Tableau 7 : Résultats des tests d'efficacité

Le coefficient d'efficacité du chercheur est : $d = 0,85$

4.1.3 Persistance des cadavres

Le test de persistance a pour but de déterminer différents coefficients liés à la durée de persistance des cadavres. Ces paramètres sont ensuite inclus dans les méthodes d'estimation de la mortalité. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Test	Date	Nombre de cadavres déposés	Nombre de cadavres restant				
			J+1	J+3	J+6	J+9	J+13
T1	13 avril 2021	33	27	12	6	6	2
T2	14 septembre 2021	28	2	0	0	0	0
Total		61	29	12	6	6	2

Tableau 8 : Résultats des tests de persistance

La durée moyenne de persistance des cadavres est : $t = 2,41$

4.1.4 Surfaces prospectées et correction surfacique

La correction surfacique appliquée à l'estimation de la mortalité est calculée d'après les surfaces prospectées sur le terrain (tableau suivant). Celle-ci varie ainsi au cours du suivi, notamment en fonction de l'occupation des sols et de leur gestion. Pour rappel, la surface théorique de prospection est de 16 900 m² par éolienne soit 101 400 m² par prospection pour l'ensemble du parc.

Sortie	Date	Surface prospectée / éolienne (m ²)						Moyenne
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	
1	09/04/2021	16 900	16 900	16 900	16 900	16 900	16 900	16 900
2	13/04/2021	16 900	16 900	16 900	5 000	2 700	11 700	11 683
3	19/04/2021	16 900	16 900	16 900	5 000	2 700	11 700	11 683
4	26/04/2021	16 900	16 900	16 900	2 700	2 700	11 700	11 300
5	03/05/2021	16 900	16 900	16 900	2 700	2 700	11 700	11 300
6	10/05/2021	16 900	7 000	10 000	2 700	2 700	11 700	8 500
7	18/05/2021	16 900	7 000	10 000	2 700	2 700	11 700	8 500
8	25/05/2021	16 900	7 000	10 000	2 700	2 700	11 700	8 500
9	31/05/2021	16 900	7 000	10 000	2 700	2 700	11 700	8 500
10	07/06/2021	16 900	7 000	10 000	2 700	2 700	11 700	8 500
11	14/06/2021	16 900	7 000	10 000	2 700	2 700	2 700	7 000
12	24/06/2021	2 700	2 700	2 700	2 700	2 700	8 000	3 583
13	28/06/2021	2 700	2 700	2 700	2 700	2 700	8 000	3 583
14	05/07/2021	2 700	2 700	2 700	2 700	16 900	2 700	5 066
15	13/07/2021	2 700	2 700	2 700	2 700	16 900	2 700	5 066
16	19/07/2021	2 700	2 700	2 700	2 700	16 900	2 700	5 066
17	26/07/2021	2 700	2 700	2 700	16 900	16 900	2 700	7 433
18	02/08/2021	2 700	11 830	8 450	16 900	16 900	2 700	9 913
19	11/08/2021	2 700	11 830	8 450	16 900	16 900	2 700	9 913
20	18/08/2021	2 700	11 830	8 450	16 900	6 186	2 700	8 127
21	25/08/2021	2 700	11 830	8 450	16 220	3 530	2 700	7 571
22	01/09/2021	2 700	11 830	4 740	16 220	3 530	2 700	6 953
23	08/09/2021	2 700	2 700	2 300	16 220	14 450	8 840	7 868
24	14/09/2021	2 700	11 830	9 238	16 220	14 450	8 840	10 546
25	22/09/2021	2 700	11 830	9 238	16 220	14 450	8 840	10 546
26	29/09/2021	2 700	12 700	4 740	16 220	6 180	10 640	8 863
27	06/10/2021	2 700	12 700	4 740	16 220	6 180	10 640	8 863
28	13/10/2021	2 700	6 530	2 300	10 530	6 180	10 640	6 480
29	20/10/2021	16 900	6 530	2 300	10 530	6 180	10 640	8 846
30	27/10/2021	16 900	6 530	2 300	10 530	6 180	10 640	8 846
Moyenne sur l'ensemble du suivi		8 853	9 106	7 879	9 157	7 939	8 164	8 517
A		1,9	1,86	2,14	1,85	2,13	2,07	1,99

Tableau 9 : Synthèse des surfaces prospectées et des facteurs de correction surfacique associés

La proportion moyenne de surface prospectée sur l'ensemble du suivi est de 0,50 (soit 50 %).

Le coefficient de correction surfacique moyen sur l'ensemble du parc et des prospections est de : $A = 1,99$.

4.2 Mortalité de l'avifaune

4.2.1 Bilan des connaissances sur la mortalité de l'avifaune liée à l'éolien

4.2.1.1 Les principaux facteurs de mortalité de l'avifaune

À l'exception des parcs éoliens denses et situés dans des zones particulièrement riches en oiseaux, la mortalité par collision est généralement faible par rapport aux autres activités humaines (tableau suivant). Le taux de mortalité varie selon les parcs de 0 à 60 oiseaux par éolienne et par an (programme « éolien biodiversité » - parcs européens). Ces chiffres dépendent de la configuration du parc éolien, de la densité et des caractéristiques des oiseaux qui fréquentent le site, du relief, et plus globalement, des caractéristiques topographiques et paysagères (présence de voies de passage, de haies, de zones d'ascendance thermique). À titre de comparaison, le réseau routier serait responsable de la mort de 30 à 100 oiseaux par km/an, le réseau électrique de 40 à 120 oiseaux par km/an.

Cause de mortalité	Commentaires
Ligne électrique haute tension (> 63 kV)	80 à 120 oiseaux/km/an (en zone sensible) ; réseau aérien de 100 000 km
Ligne moyenne tension (20 à 63 kV)	40 à 100 oiseaux/km/an (en zone sensible) ; réseau aérien de 460 000 km
Autoroute, route	Autoroute : 30 à 100 oiseaux/km/an ; réseau terrestre de 10 000 km
Chasse (et braconnage)	Plusieurs millions d'oiseaux chaque année
Agriculture	Evolution des pratiques agricoles, pesticides, drainage des zones humides.
Urbanisation	Collision avec les bâtiments (baies vitrées), les tours et les émetteurs.
Eoliennes	0 à 10 oiseaux / éolienne / an ; 2456 éoliennes en 2008, environ 10000 en 2020

Tableau 10 : Cause de mortalité des oiseaux (Guide de l'étude d'impact des parcs éoliens 2010, d'après les données issues de la LPO, AMBE)

Les différentes espèces interagissent différemment face à un parc éolien :

- les espèces plus sensibles à l'effarouchement (limicoles, anatidés, grues, aigles, etc.), sont plus méfiantes vis-à-vis des éoliennes en mouvement et par conséquent moins sensibles au risque de collision ;
- les espèces moins farouches sont potentiellement plus sensibles à la mortalité par collision avec les pales (milans, buses, Faucon crécerelle, busards, martinets, hirondelles, etc.).

4.2.1.1.1 Situations et facteurs à risques

De manière générale, certaines situations peuvent accroître les risques de collision. Les principaux critères sont :

- les hauteurs et types de vol des espèces,
- le comportement de chasse chez les rapaces,
- les phénomènes de regroupement des espèces en migration, notamment chez les migrateurs nocturnes,
- les conditions de brouillard ou de nuages bas et les vents forts de face.

4.2.1.1.2 Sensibilité et vulnérabilité des espèces

Il est possible de déterminer un **indice de sensibilité** des espèces d'oiseaux vis-à-vis du risque de collision en se basant sur les cas de mortalité recensés en Europe (Dürr, 2021) et sur l'abondance des espèces (BirdLife International, 2017). Un niveau de sensibilité de 0 à 4 a ainsi été attribué à chaque espèce présente en Europe.

Ainsi, trois rapaces sont définis comme les espèces les plus sensibles (niveau 4). Il s'agit du Vautour fauve, du Milan royal et du Pygargue à queue blanche. Treize espèces, dont le Circaète Jean-le-Blanc, le Milan noir, le Grand-duc d'Europe, le Balbuzard pêcheur, le Faucon pèlerin et le Faucon crécerelle atteignent le niveau de sensibilité 3.

Afin de déterminer les enjeux induits par le risque éolien sur la conservation d'une espèce, un **indice de vulnérabilité** peut être calculé. Cet indice couple ainsi la sensibilité au risque de collision et le statut UICN national. Cette méthode est synthétisée dans la figure suivante, issue du « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres » de novembre 2015.

IV. Enjeux de conservation	III. Sensibilité à l'éolien				
	0	1	2	3	4
Espèce non protégée	0,5				
DD, NA, NE = 1	0,5	1	1,5	2	2,5
LC = 2	1	1,5	2	2,5	3
NT = 3	1,5	2	2,5	3	3,5
VU = 4	2	2,5	3	3,5	4
CR-EN = 5	2,5	3	3,5	4	4,5

DD : Données insuffisantes, **NA** : Non applicable, espèce non soumise à l'évaluation car : introduite après l'année 1500 ; présente de manière occasionnelle ou marginale et non observée chaque année en métropole ; régulièrement présente en hivernage ou en passage mais ne remplissant pas les critères d'une présence significative ; ou régulièrement présente en hivernage ou en passage mais pour laquelle le manque de données disponibles ne permet pas de confirmer que les critères d'une présence significative sont remplis, **NE** : Non évaluée : espèce n'ayant pas été confrontée aux critères de l'UICN, **LC** : préoccupation mineure (espèce pour laquelle le risque de disparition de France est faible), **NT** : quasi menacée (espèce proche du seuil des espèces menacées ou qui pourrait être menacée si des mesures de conservation spécifiques n'étaient pas prises), **VU** : vulnérable, **EN** : en danger, **CR** : en danger critique

Figure 33 : Indice de vulnérabilité de l'état de conservation des espèces (Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, 2015)

4.2.1.1.3 Espèces les plus impactées

Les rapaces et migrateurs nocturnes (roitelets, martinets etc.) sont des espèces généralement considérées comme les plus exposées au risque de collision avec les turbines (« Impact des éoliennes sur les oiseaux », ONCFS, 2014).

Certains rapaces, en particulier les espèces à tendance nécrophage tels les milans, la Buse variable ou encore les busards, peuvent être attirés sur les parcelles cultivées lors des travaux agricoles (notamment la fauche des prairies au printemps et les moissons en été) et par l'ouverture des milieux liée au défrichement.

Pendant les migrations, les impacts semblent survenir plus particulièrement la nuit. Les espèces qui ne migrent que de jour (rapaces, cigognes, fringilles, etc.) sont généralement capables d'adapter leurs trajectoires à distance. En effet, comme cela a été démontré dans l'étude d'Abies (2002), 88 % des oiseaux changent leur trajectoire à la vue des éoliennes. Ces comportements d'anticipation participent à la réduction des situations à risques.

4.2.1.2 Bilans national et européen de la mortalité de l'avifaune

Le bilan national suivant s'appuie sur le rapport « le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune, LPO, 2017 ».

En France, 5 156 éoliennes étaient déjà construites et en fonctionnement en avril 2016, et 1 017 autres ont obtenu un permis de construire et d'exploitation. Les parcs en France ont en moyenne 7,7 machines d'une hauteur moyenne de 139 mètres en bout de pale. Sur l'ensemble des éoliennes du parc français, seulement 645 ont fait l'objet d'un suivi de la mortalité, soit 12,5 %.

Parmi les suivis réalisés, seuls 80% ont été effectués sur une surface d'au moins 1 ha. Le nombre de prospections est variable, allant d'un passage à l'année à plusieurs passages par semaine tout au long de l'année. Au total 37 839 prospections ont été réalisées, le plus souvent au printemps, en été et en automne.

Au total, 31 parcs possèdent un suivi acceptable (au moins 26 semaines de suivi avec un passage par semaine). Lors de ces suivis, 485 cadavres ont été notés sur 189 éoliennes soit environ 1,24 oiseau/éolienne/an.

Si l'on se concentre sur les neuf parcs ayant fait l'objet d'un suivi plus robuste (au moins une sortie par semaine pendant 48 semaines lors d'une année sur une surface d'au moins 50 mètres autour de l'éolienne), on dénombre 293 cadavres d'oiseaux pour 49 éoliennes, soit un ratio de 2,15 oiseaux/éolienne/an. Pour remarque : « [...] les neuf parcs évoqués ci-dessus se trouvent soit en ZPS (pour 5 d'entre eux), soit à proximité immédiate (476 m, 574 m, 1 027 m et 1 874 m de la ZPS la plus proche) [...] ». Ainsi en fonction des parcs et des suivis, la mortalité brute varie entre 1,24 à 2,15 oiseaux/éolienne/an.

Pour finir, huit parcs ont fait l'objet d'estimation selon les quatre méthodes préconisées soit 1,38 % des éoliennes françaises. Ces parcs possèdent tous une sensibilité particulière : proximité

d'une ZPS, de forêts de feuillus ou présence d'une mosaïque de milieux. Les estimations sont comprises entre 0,3 et 26,8 oiseaux/éolienne/an. Toutefois, une fois exclu des calculs un parc comprenant une forte mortalité de pigeons (présence d'un silo à grain à proximité), la mortalité estimée est de 0,3 à 7,6 oiseaux/éolienne/an, soit une moyenne de 4,2 et une médiane de 3,6.

D'un point de vue qualitatif (figure suivante et Annexe 5), les groupes d'espèces les plus impactés en Europe sont, par ordre décroissant, les Passeriformes, les Accipitriformes, les Charadriiformes puis les Falconiformes (d'après Dürr, 2021).

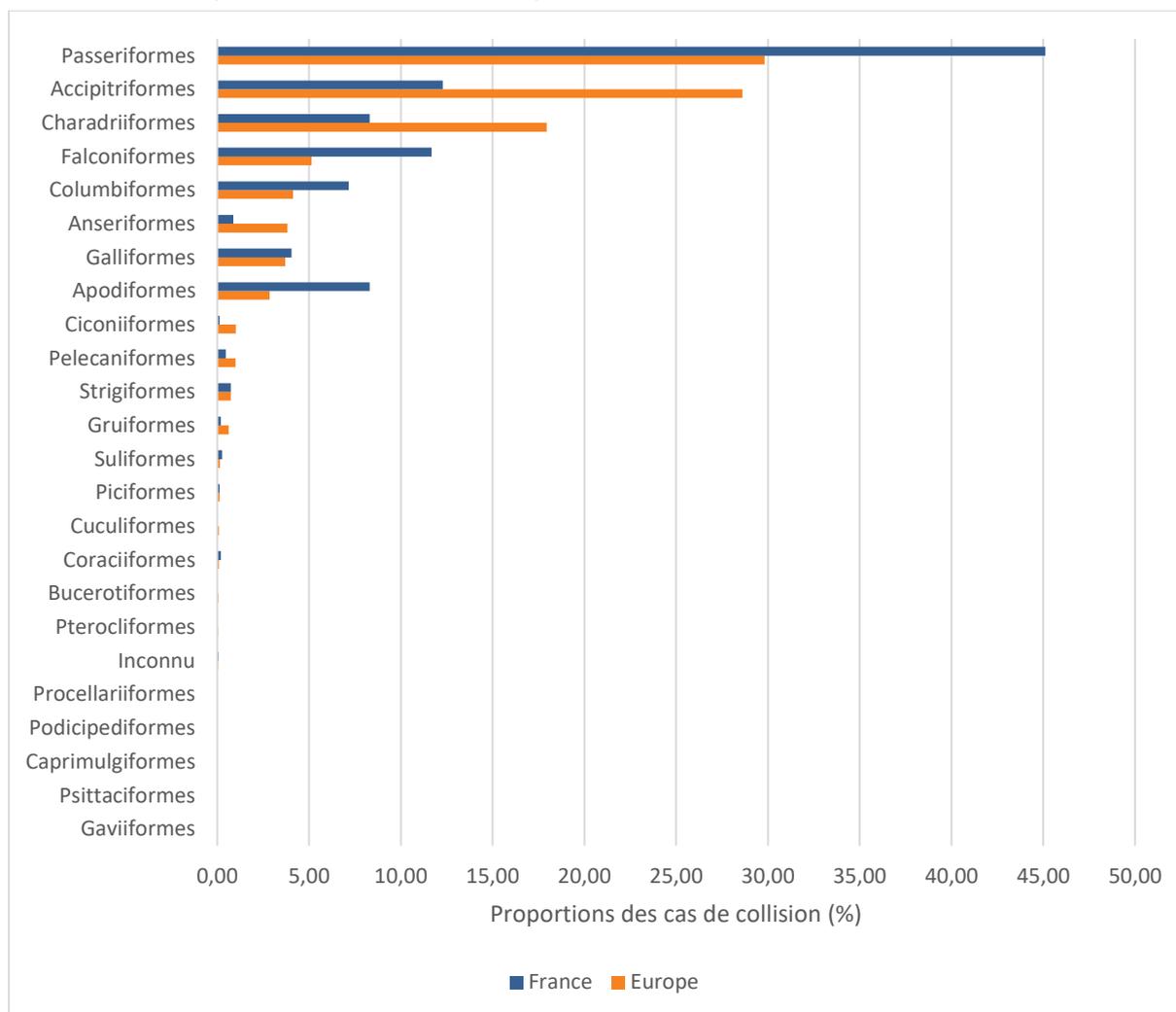


Figure 34 : Proportions (%) des cas de collision avec les éoliennes en fonction des ordres, en France et en Europe (d'après Dürr, 2021)

4.2.2 Bilan des connaissances de l'étude d'impact

L'étude d'impact, réalisée en 2016 par le bureau d'étude Envol Environnement, a mis en évidence la présence de cinq espèces à enjeu et sensibles au risque de collision dont il conviendra de surveiller l'apparition d'éventuels cas de mortalité (figure suivante) :

- le Busard des roseaux,
- le Busard Saint-Martin,
- le Faucon crécerelle
- la Grue cendrée,
- le Milan royal.

Parmi l'ensemble des espèces inventoriées, la sensibilité la plus forte est attribuée au Milan royal. Cette espèce est particulièrement sensible au fonctionnement des éoliennes au niveau européen. Pour autant, un seul individu a été contacté en période hivernale. Bien qu'il s'agisse d'une espèce sensible à l'éolien, le risque de collision est donc réduit en considérant sa très faible fréquentation du site.

La Grue cendrée présente une sensibilité modérée. Elle ne niche pas sur le site. Les contacts de l'espèce se réfèrent à des survols migratoires de l'espèce à très haute altitude (plus de 150 mètres).

Une sensibilité faible est définie pour le Busard Saint Martin, la Buse variable et le Faucon crécerelle. Le Busard des roseaux est marqué par une très faible sensibilité selon le document de référence mais le nombre de cas y est estimé à 0 alors que les données actuelles de 2015 font mentions de 42 cas de mortalité. Sa sensibilité est donc équivalente à celle du Busard Saint-Martin.

Les autres espèces observées sont très faiblement sensibles à l'implantation d'un parc éolien dans l'aire d'étude rapprochée.

Figure 35 : Espèces à enjeu et sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2016 (Envol Environnement)

4.2.3 Résultats globaux du suivi de l'avifaune en 2021

4.2.3.1 Mortalité brute

Sur le parc de Coulanges, huit cadavres d'oiseaux ont été retrouvés (figure suivante). Cela représente une mortalité brute de 1,33 individu / éolienne durant la période de suivi s'étalant de début avril à fin octobre, soit 30 prospections, à raison d'une prospection par semaine. Cette mortalité brute est ainsi équivalente à 0,044 individu / éolienne / sortie.

L'espèce la plus retrouvée est l'Alouette des champs (quatre individus). Par ailleurs, deux autres espèces ont été recensées, à raison de deux individus pour chaque espèce. Les informations détaillées pour chaque cadavre d'oiseaux sont présentées en annexe 6.

Ordre	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Date de découverte	Éolienne	Total
Passériformes	Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	09/04/2021	E4	4
			10/05/2021	E1	
			10/05/2021	E5	
			24/06/2021	E4	
Passériformes	Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	26/04/2021	E6	2
			26/04/2021		
Accipitriformes	Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	02/08/2021	E3	2
			14/09/2021	E6	

Tableau 11 : Mortalité brute recensée pour l'avifaune durant le suivi sur l'ensemble du parc

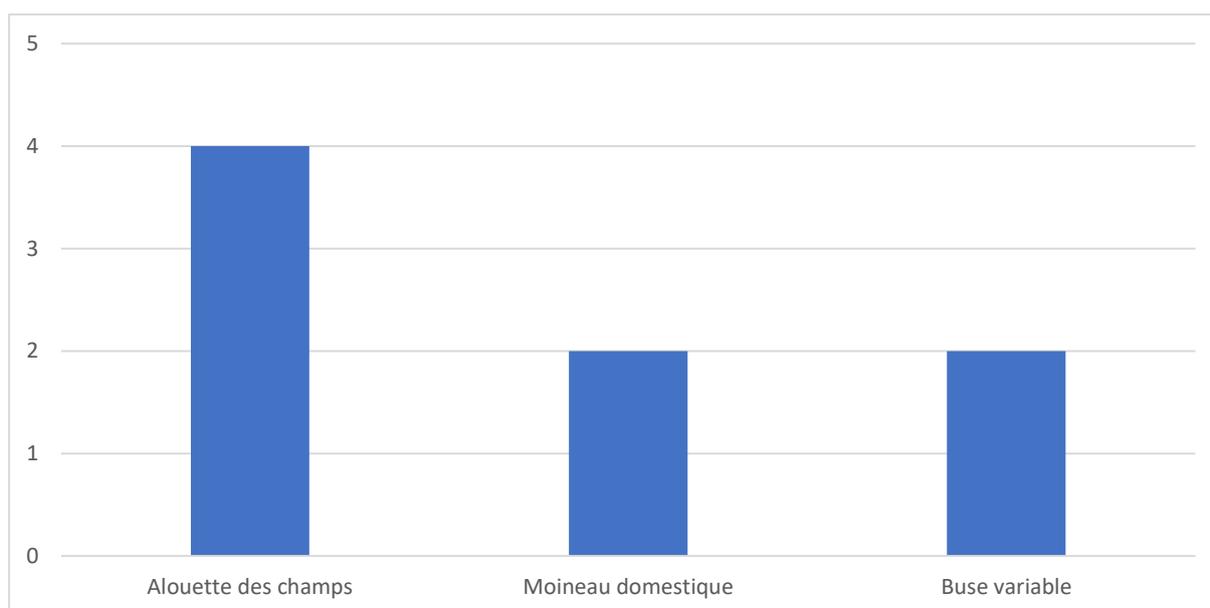


Figure 36 : Mortalité brute recensée durant le suivi sur l'ensemble du parc en fonction des espèces

Avec huit cadavres d'oiseaux recensés, la mortalité brute observée sur le parc de Coulanges est de 1,33 individu / éolienne sur la période de suivi s'étalant de mai à octobre.

4.2.3.2 Mortalité estimée

Le tableau suivant compile les résultats de la mortalité estimée pour l'ensemble du parc éolien sur la période de suivi, selon les différentes méthodes retenues (estimations calculées via le logiciel EolApp du CEFÉ Montpellier, <https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp>). L'intervalle de confiance à 95 % est également mentionné.

Méthodes	Mortalité estimée				Intervalle de confiance à 95 % (mortalité globale)
	Globale	/éolienne	/sortie	/éolienne/sortie	
Erickson	53,59	8,93	1,79	0,30	16,18 - 112,60
Jones	79,79	13,30	2,66	0,44	23,39 - 194,38
Huso	57,09	9,52	1,90	0,32	17,34 - 117,04
Moyenne	63,49	10,58	2,12	0,35	

Tableau 12 : Estimations de la mortalité de l'avifaune pour l'ensemble du parc sur la période de suivi selon les méthodes utilisées

Les estimations varient de 53 à 80 oiseaux tués sur l'ensemble du parc durant la période de suivi.

La moyenne des estimations est de 63,5 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi.

La mortalité estimée moyenne (n = 63,5) est élevée en comparaison de la mortalité brute (n = 8).

La précision des estimations est jugée insuffisante pour pouvoir interpréter les résultats.

Les paramètres correcteurs ont ici un impact fort. C'est notamment le cas pour les valeurs correctives liées à la persistance des cadavres, qui reflète une forte prédation sur le parc de Coulanges. De plus, la correction surfacique est assez élevée étant donné le grand nombre de zones non prospectables autour des éoliennes, dû notamment à la présence des cultures. Le nombre de sorties et l'efficacité du chercheur peuvent aussi avoir un impact sur la précision. Ceci indique probablement pourquoi la précision des estimations est peu élevée.

4.2.3.3 Analyse par groupes taxonomiques

Les huit cadavres d'oiseaux trouvés correspondent à six Passériformes et deux Accipitriformes. Il convient de considérer que cette mortalité observée n'est pas nécessairement représentative de la mortalité réelle par groupe taxonomique.

Les passereaux font effectivement partie des groupes les plus impactés en France et en Europe (cf. 6.2.1.2 : bilan national de la mortalité avifaune), tout comme les Accipitriformes. Une comparaison entre ces résultats doit cependant être étudiée avec prudence étant donné le faible nombre de données issues du parc de Coulanges et donc de la faiblesse statistique qui en découle.

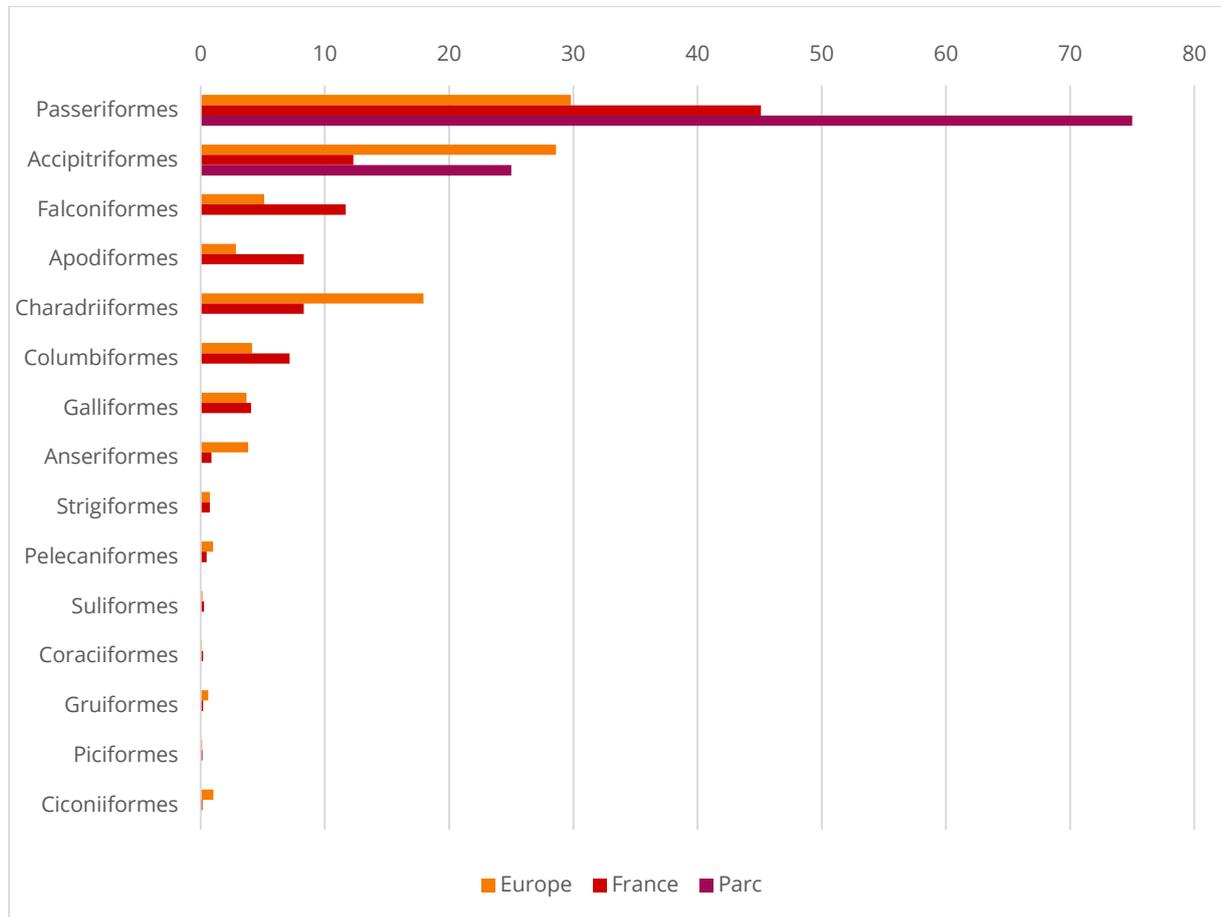


Figure 37 : Proportions (%) des cas de collision avec les éoliennes par ordre taxonomique, en France, en Europe et sur le parc de Coulanges

Sur le parc de Coulanges, les passereaux apparaissent être le groupe le plus impacté, suivi par les Accipitriformes.

4.2.4 Résultats saisonniers

4.2.4.1 Mortalité brute

Au cours de ce suivi, les cadavres d'oiseaux ont été retrouvés durant les mois d'avril, mai, juin, août et septembre (figure suivante).

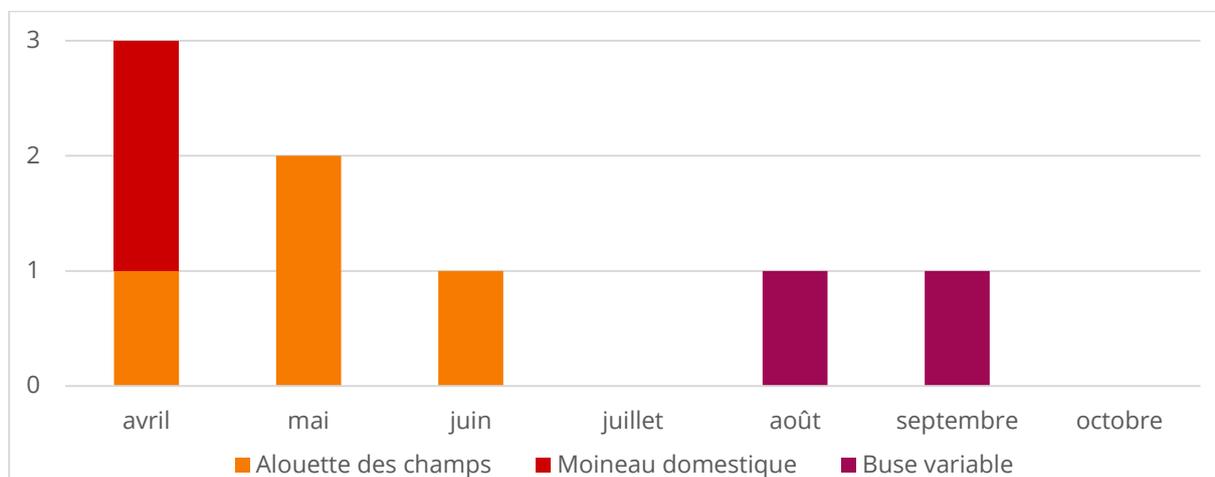


Figure 38 : Mortalité brute observée sur le parc en fonction de chaque mois suivi

La mortalité observée est la plus importante au mois de mai, correspondant à la période de migration pré-nuptiale et au début de la période de reproduction. Dans une moindre mesure, la période de migration post-nuptiale est aussi concernée avec un cas de mortalité constaté lors du mois de septembre. Par ailleurs, une absence de mortalité est constatée pendant les mois de juillet et d'octobre.

La mortalité fluctue entre 0 et 3 individus sur les mois concernés. Le faible nombre de données ne peut pas permettre de dégager une tendance claire entre ces périodes. De plus, étant donné les potentiels prélèvements de cadavres entre les prospections, il n'est pas impossible que d'autres périodes aient aussi été mortifères lors du suivi.

4.2.4.2 Mortalité estimée

Le tableau suivant présente les mortalités estimées en fonction des différentes périodes du cycle biologique des oiseaux. Ces périodes sont données à titre indicatif mais ne reflète pas nécessairement la phase biologique des individus concernés, étant donnée la variabilité phénologique des différentes espèces et inter-individuelle. La précision des estimations est jugée suffisante (intervalles de confiance) pour pouvoir interpréter les résultats en période de migration pré-nuptiale et de reproduction. En période post-nuptiale, la précision des estimations est plus faible, en raison d'une accumulation de paramètres défavorables pour une interprétation statistique (intervalle élevé entre les sorties (7 jours), surfaces prospectées moyennes liées à la hauteur de végétation (51 %) et un plus faible nombre de sorties pendant cette phase biologique par rapport à la phase de reproduction).

Méthodes	Mortalité estimée (individus / période)		
	Migration prénuptiale (avril, 4 visites)	Reproduction (mai à août, 17 visites)	Migration postnuptiale (septembre à octobre, 9 visites)
Erickson	11,57 (5,90 – 22,50)	31,53 (19,05 – 52,51)	6,86 (0,93 – 45,23)
Huso	12,60 (6,48 – 24,35)	33,28 (20,23 – 55,17)	7,24 (0,99 – 47,73)
Jones	16,19 (8,23 – 31,81)	46,90 (27,64 – 80,15)	10,20 (1,38 – 67,80)
Moyenne	13,45	37,24	8,10

Entre parenthèses : intervalles de confiance à 95 %

Tableau 13 : Mortalité estimée par période sur l'ensemble du parc

Avec une moyenne de 37,2 individus, la mortalité estimée durant la période de reproduction est la plus élevée (figure suivante). La mortalité estimée est la plus faible durant la période de migration postnuptiale avec une moyenne de 8,1 individus. Enfin, la période de migration prénuptiale présente une mortalité estimée moyenne de 13,5 individus.

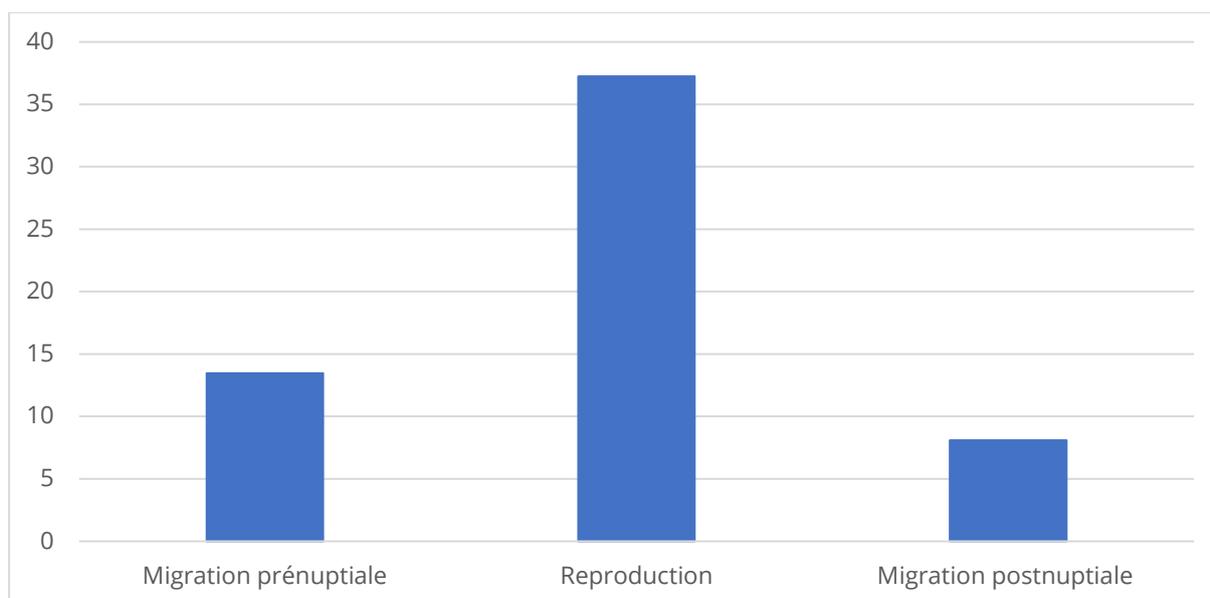


Figure 39 : Moyenne de la mortalité estimée par période sur l'ensemble du parc

La mortalité de l'avifaune sur le parc de Coulanges semble concentrée sur la période de reproduction. Il est possible que les oiseaux reproducteurs soient effectivement les plus impactés. Cependant, la variation de la précision des estimations ne permet pas de conclure sur ce point.

4.2.4.3 Analyse taxonomique

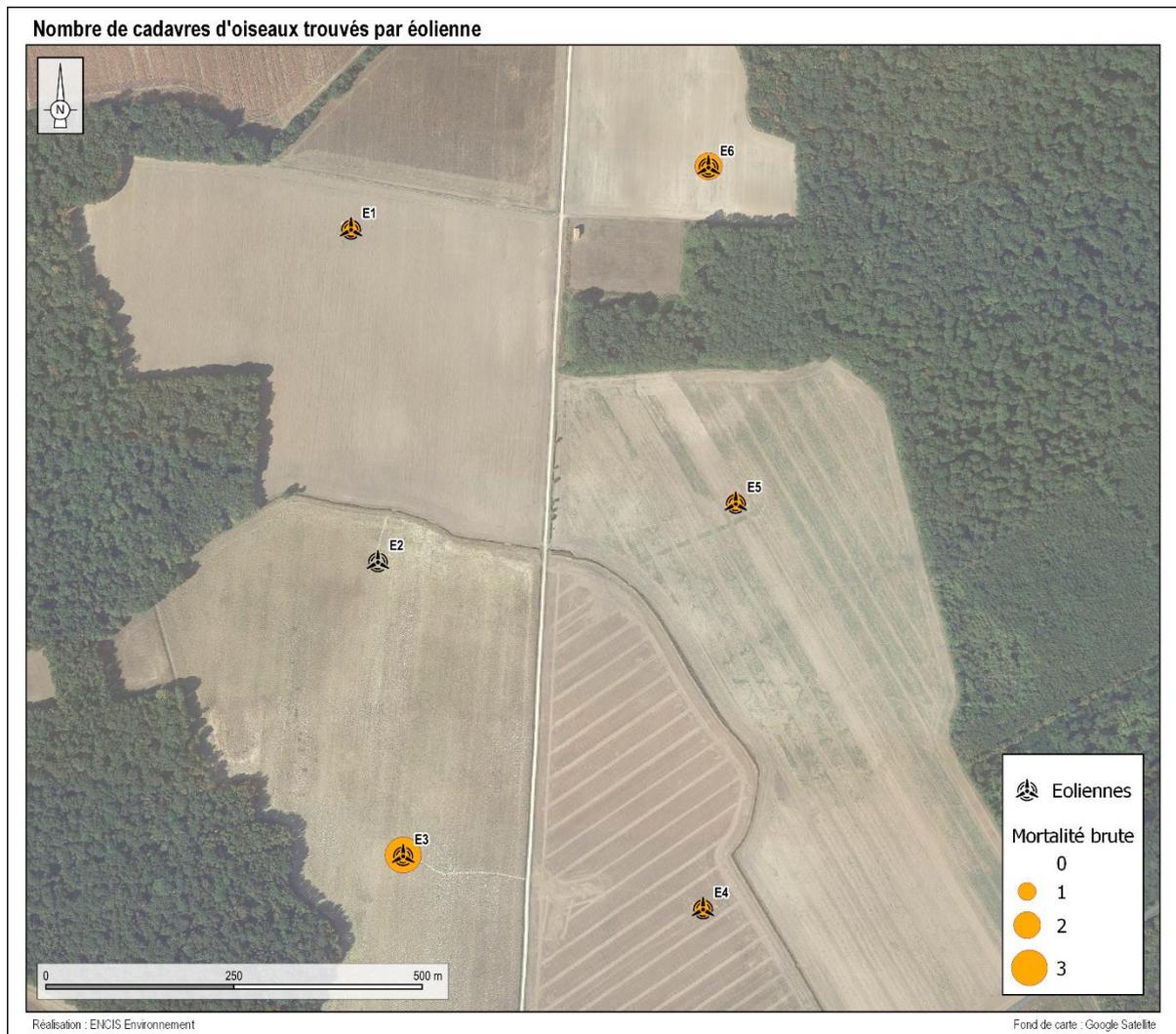
Étant donné les dates de découvertes et compte tenu de la phénologie des espèces :

- les individus d'Alouette des champs et de Moineau domestique, étaient très probablement en phases de migration prénuptiale et de reproduction lors de leur collision,
- les deux individus de Buse variable, étaient très probablement en phases de reproduction et de migration postnuptiale lors de leur collision.

4.2.5 Résultats spatialisés par éolienne

4.2.5.1 Mortalité brute

Durant ce suivi, les huit cadavres d'oiseaux ont été retrouvés sous les éoliennes E1, E3, E4, E5 et E6 (carte suivante). Étant donnés les facteurs tels que, notamment, la prédation, il n'est pas impossible que l'éolienne E2 ait provoqué une mortalité non observée lors du suivi.



Carte 4 : Répartition des cadavres d'oiseaux trouvés par éolienne

4.2.5.2 Mortalité estimée

Le tableau suivant présente les mortalités estimées par éolienne.

Méthodes	Mortalité estimée (individus / éolienne)					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Erickson	6,43 (0,89 – 46,71)	-	21,50 (11,28 – 41,91)	6,32 (0,91 – 46,35)	7,21 (1,01 – 51,74)	14,07 (5,40 – 38,14)
Huso	6,83 (0,94 – 49,58)	-	22,79 (12,01 – 44,27)	6,70 (0,97 – 49,05)	7,65 (1,08 – 54,64)	14,94 (5,76 – 40,21)
Jones	9,46 (1,30 – 69,77)	-	31,71 (16,38 – 62,96)	9,32 (1,33 – 68,83)	10,62 (1,48 – 76,14)	20,64 (7,82 – 57,27)
Moyenne	7,57	-	25,3	7,45	8,49	16,55

Entre parenthèses : intervalles de confiance à 95 %

Tableau 14 : Mortalité estimée par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi

La précision des estimations est jugée assez suffisante (intervalles de confiance) pour pouvoir interpréter les résultats, malgré des intervalles de confiance assez larges pour les éoliennes E1, E4 et E5.

Les éoliennes où la mortalité estimée est la plus élevée sont la E3 avec plus de 25 individus estimés/ éolienne sur la période suivie, ainsi que l'éolienne E6 avec près de 17 individus estimés / éolienne (figure suivante). Les éoliennes E1, E4 et E5 ont toutes une mortalité estimée assez similaire qui varient entre 7 et 9 individus. Enfin, aucun cas de mortalité n'a été constaté sous l'éolienne E2, les estimations les concernant sont donc nulles (cela n'est pas synonyme d'une absence totale de mortalité).

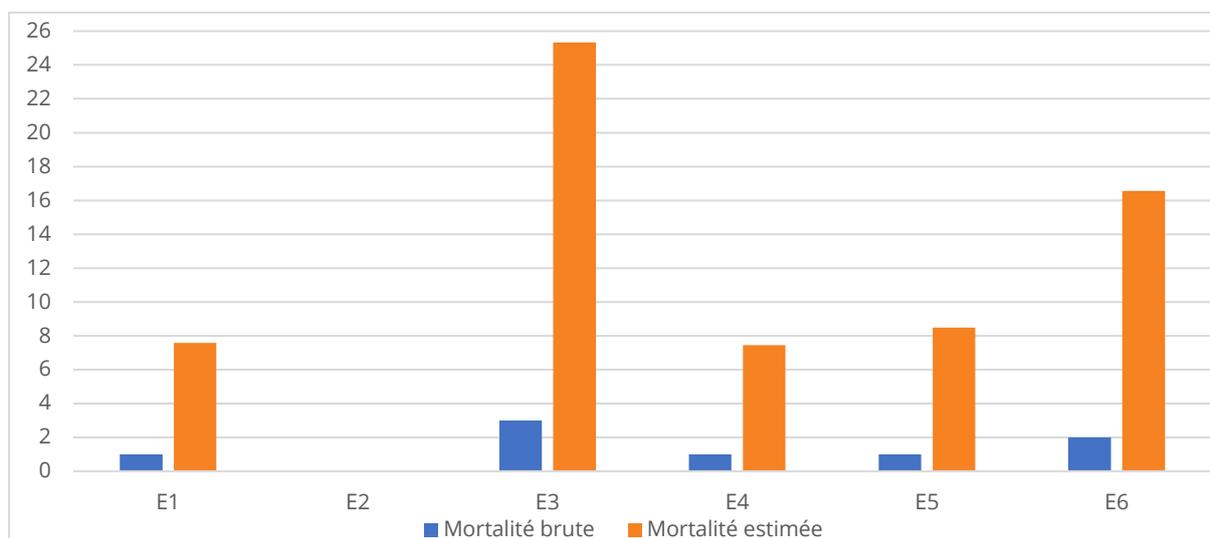


Figure 40 : Mortalités brute et estimée par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi

Selon les résultats, les éoliennes E3 et E6 pourraient être les plus mortifères. Toutefois, ces résultats sont à prendre avec précaution, étant donné la faible précision des estimations.

4.2.5.3 Analyse taxonomique

Durant le suivi, quatre cadavres d'Alouette des champs ont été retrouvés sous les éoliennes E1, E3, E4 et E5 (figure suivante). Deux individus de Buse variable ont été découverts sous l'éolienne E3 et deux cadavres de Moineau domestique sous l'éolienne E6.

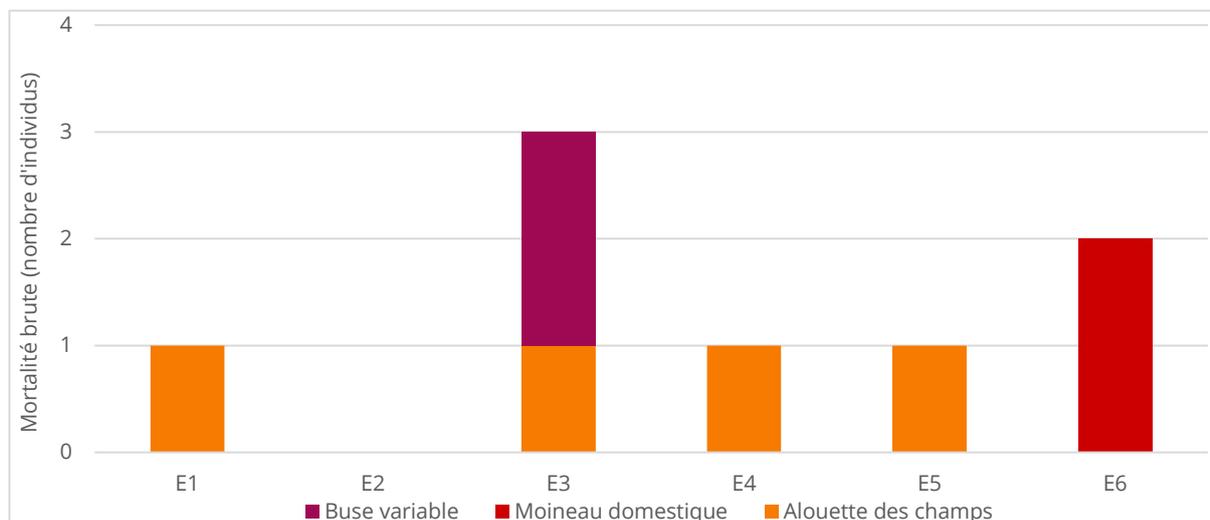


Figure 41 : Mortalité brute en fonction de chaque espèce, recensée par éolienne

D'après ces résultats, il est possible que l'éolienne E3 présente un risque plus accru, notamment sur la Buse variable. Toutefois, d'avantage de données seraient nécessaires pour conclure avec certitude sur ce point.

4.2.5.4 Analyse phénologique

Durant le suivi, quatre cadavres ont été retrouvés pendant la période de reproduction (figure suivante), dont deux sous l'éolienne E3 et un sous chacune des éoliennes E1 et E5. Par ailleurs, trois cadavres ont été découverts durant la période de migration pré-nuptiale, dont deux sous l'éolienne E6 et un sous l'éolienne E4. Enfin, un cadavre a été découvert pendant la période de migration post-nuptiale sous l'éolienne E3.

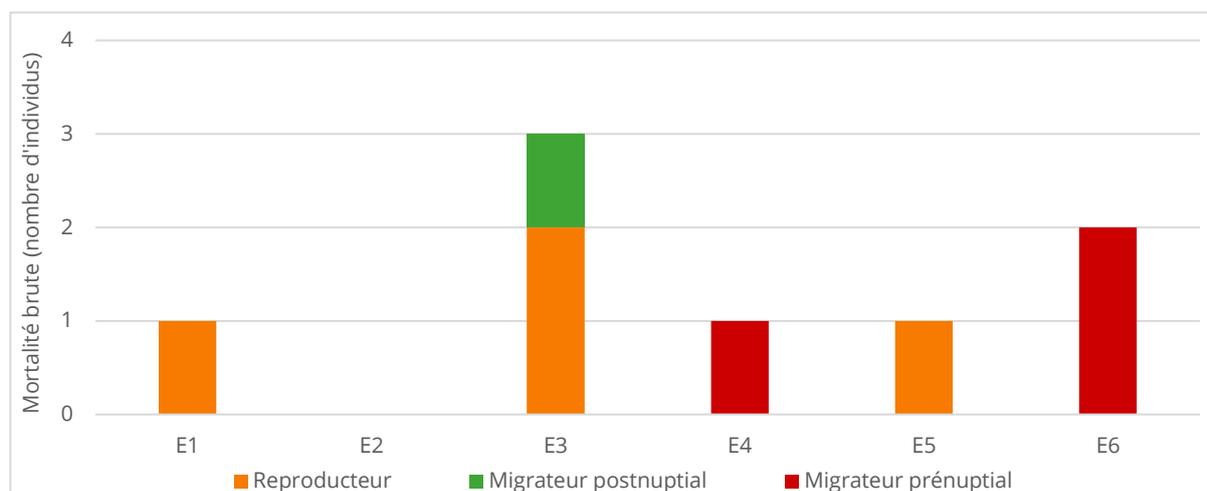


Figure 42 : Périodes biologiques de découverte des individus, par éolienne

D'après ces résultats, il est possible que l'éolienne E3 présente un risque plus accru pour les espèces, notamment durant la période de reproduction. Toutefois, d'avantage de données seraient nécessaires pour conclure avec certitude sur ce point.

4.2.6 Identification des causes potentielles de la mortalité engendrée sur le parc éolien

4.2.6.1.1 Généralités

Il existe de nombreux facteurs pouvant engendrer ou accroître les risques de collision des oiseaux avec les turbines. Ceux-ci peuvent être liés à :

- l'espèce (sensibilité),
- la période (comportements à risque, abondance des individus, etc.),
- la localisation du parc et son agencement (relief, présence d'un couloir de migration, présence de boisements, etc.),
- les conditions météorologiques (brouillard, vent, etc.).

L'origine d'une collision est le plus souvent liée à un recoupement de plusieurs de ces facteurs. Il convient ainsi, lorsque cela est possible, de les identifier afin de déterminer les causes principales de la mortalité sur le parc éolien, et si cela est justifié, d'appliquer d'éventuelles mesures correctrices.

4.2.6.1.2 Identification des causes

Le tableau suivant synthétise les caractéristiques de chaque cadavre recensé durant le suivi.

Date	Espèce	Éolienne	Phase biologique de découverte	Statut biologique estimé	Sexe	Âge	Blessure
09/04/2021	Alouette des champs	E4	Migration pré-nuptiale	Migrateur pré-nuptial	-	Adulte	Ventre
26/04/2021	Moineau domestique	E6	Migration pré-nuptiale	Reproducteur	-	Adulte	Tête
26/04/2021	Moineau domestique	E6	Migration pré-nuptiale	Reproducteur	-	Adulte	Ventre
10/05/2021	Alouette des champs	E1	Reproduction	Reproducteur	-	Adulte	Aile
10/05/2021	Alouette des champs	E5	Reproduction	Reproducteur	-	Adulte	Aile
24/06/2021	Alouette des champs	E4	Reproduction	Reproducteur	-	Adulte	Aile
02/08/2021	Buse variable	E3	Reproduction	Reproducteur	-	Adulte	Aile / Tête
14/09/2021	Buse variable	E6	Migration post-nuptiale	Migrateur post-nuptial	-	Adulte	Patte gauche

Tableau 15 : Précisions sur chaque individu découvert

D'après les caractéristiques des individus retrouvés, ainsi que des analyses spatiales et saisonnières effectuées précédemment dans ce rapport, plusieurs causes récurrentes peuvent être à l'origine de la mortalité sur le parc de Coulanges :

4.2.6.1.3 Causes saisonnières

L'analyse effectuée par période révèle une mortalité plus forte lors de la saison de reproduction. En outre, et étant donnée leur phénologie, les quatre individus retrouvés durant cette période (trois Alouettes des champs et une Buse variable) semblent effectivement avoir été tués lors de leur période de reproduction. Compte tenu de ces éléments, le parc éolien de Coulanges semble impacter particulièrement les oiseaux en reproduction. La mortalité sur cette période reste toutefois modérée.

4.2.6.1.4 Causes spatiales

Deux individus de Buse variable et deux individus de Moineau domestique, espèces pouvant utiliser des milieux boisés, ont été retrouvés sous l'éolienne E3 et E6. Par ailleurs, au sein du parc, ces éoliennes sont présentes à proximité de boisements, ce qui pourrait expliquer cette mortalité. Toutefois, les autres éoliennes sont également présentes à proximité de zones boisées, mais aucun cadavre d'espèce pouvant être forestière n'a été trouvé sous ces éoliennes. L'Alouette des champs, espèce de milieux ouverts (cultures, prairies) a été trouvé à quatre reprises sous quatre éoliennes différentes. L'espèce est très présente sur les parcelles cultivées du site.

Les causes principales de la mortalité sur le parc semblent être liées à :

- la présence de nombreux secteurs boisés à proximité de chacune des éoliennes ;*
- la présence de milieux ouverts de type cultures, favorable à la présence de l'Alouette des champs. Cette dernière est l'espèce la plus touchée sur le parc éolien de Coulanges.*

4.2.7 Incidences spécifiques du parc éolien sur l'avifaune

4.2.7.1 Patrimonialité, sensibilité et vulnérabilité des espèces

Le tableau suivant synthétise les statuts réglementaires et de conservation des espèces ayant été directement impactées par le parc de Coulanges, ainsi que leur sensibilité et leur vulnérabilité face au risque de collision avec les éoliennes.

Ordre	Espèce	Statut de protection		Statut de protection national			Sensibilité à l'éolien	Effectifs
		Directive oiseaux	Oiseaux protégés (France)	Nicheur	Migrateur	Hivernant		
Passériformes	Alouette des champs	Annexe II	-	NT	NA	LC	0	4
	Moineau domestique	-	Article 3	LC	NA	-	0	2
Accipitriformes	Buse variable	-	Article 3	LC	NA	NA	2	2

LC : Préoccupation mineure / NT : Quasi-menacée / VU : Vulnérable / EN : En danger / CR : En danger critique / DD : Données insuffisantes / NA : Non applicable / : éléments de patrimonialité

Tableau 16 : Statuts des différentes espèces impactées et nombre de collision observées

Au regard du statut de conservation national correspondant à la phase de reproduction des individus découverts, une espèce est à considérer avec vigilance sur le parc de Coulanges : l'Alouette des champs.

Les populations européennes d'Alouette des champs accusent un déclin modéré de long terme (-29 % entre 1990 et 2011), et la population nationale est considérée comme « Quasi menacée », notamment en raison d'une baisse des effectifs nicheurs de 30 % entre 1989 et 2013.

Étant donné le statut de conservation peu préoccupant de la Buse variable au niveau national (« Préoccupation mineure ») et la bonne santé de sa population régionale, l'enjeu que celle-ci représente sur le parc éolien de Coulanges est jugé faible. Il en est de même pour le Moineau domestique.

Sans être protégée, une espèce présente un état de conservation défavorable à l'échelle nationale en période de reproduction : l'Alouette des champs (NT), comme lors du suivi 2020.

4.2.7.2 Incidences sur les populations des espèces concernées

Parmi les espèces portant des enjeux et/ou des sensibilités élevés, ciblées lors de l'étude d'impact de 2016 (Busard des roseaux, Busard Saint-Martin, Faucon crécerelle, Grue cendrée, Milan royal), aucun cas de mortalité n'a été avéré.

L'Alouette des champs a fait l'objet de deux cas de mortalité recensés sur le parc de Coulanges en 2020 et quatre cas en 2021. **En tenant compte de ces paramètres et des statuts de conservation de l'espèce, l'impact du parc est qualifié comme faible et non-significatif. Compte tenu de la récurrence de la mortalité observée, il conviendra tout de même de surveiller si d'éventuels nouveaux cas surviennent.**

Parmi les espèces à enjeu, ciblées lors de l'étude d'impact, aucun cas de mortalité n'a été avéré.

Compte tenu de la mortalité observée et des effectifs concernés, le parc de Coulanges ne présente pas, à l'heure actuelle, un impact significatif sur une espèce en particulier. Toutefois, il sera nécessaire de surveiller avec attention l'évolution des cas de mortalité sur l'Alouette des champs durant les prochaines années de suivi.

4.2.8 Comparaisons des données de 2021 avec celles de 2020

4.2.8.1 Comparaison des résultats globaux

4.2.8.1.1 Mortalité brute

La comparaison de la mortalité brute sur le parc de Coulanges est basée sur les sorties effectuées en 2020 et 2021. Sur ce parc, quatre oiseaux ont été retrouvés en 2020 et huit en 2021 soit 12 individus au total (figure suivante). La mortalité brute en 2021 a doublé en comparaison de celle de 2020.

L'espèce la plus impactée sur les deux années de suivi est l'Alouette des champs. Sur les trois espèces retrouvées en 2020, seule l'Alouette des champs l'est aussi en 2021.

Espèce	Année	
	2020	2021
Pouillot fitis	1	0
Roitelet à triple bandeau	1	0
Alouette des champs	2	4
Buse variable	0	2
Moineau domestique	0	2

Tableau 43 : Mortalité brute observée par espèce sur le parc en 2020 et 2021

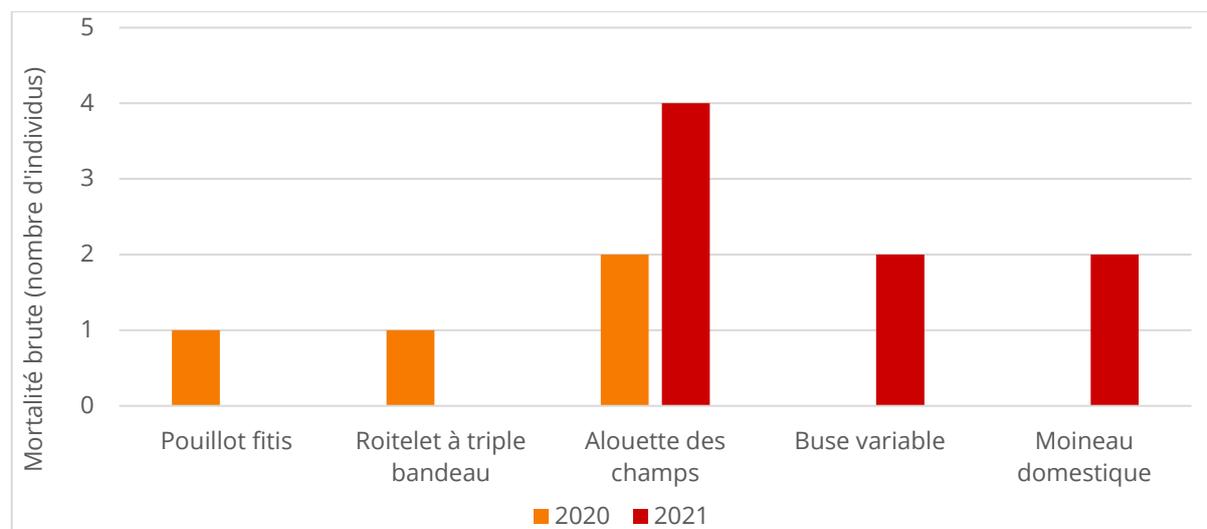


Figure 44 : Mortalité brute observée par espèce sur le parc en 2020 et 2021

Les données récoltées indiquent à nouveau une mortalité d'Alouette des champs, cette espèce représente la moitié des cas de mortalité en 2021. L'espèce apparaît comme étant plus vulnérable au risque éolien sur le parc de Coulanges.

4.2.8.1.2 Mortalité estimée

Le tableau suivant compile les résultats de la mortalité estimée pour l'ensemble du parc éolien sur les périodes de suivi des années 2020 et 2021, selon les différentes méthodes retenues.

Méthodes	Mortalité estimée	
	2020	2021
Erickson	32,91 (20,08 - 54,22)	53,59 (16,18 - 112,6)
Jones	34,08 (20,79 - 56)	79,79 (23,39 - 194,38)
Huso	53,07 (32,24 - 88,06)	57,09 (17,34 - 117,04)
Moyenne	40,02	63,49

Entre parenthèses : intervalles de confiance à 95 %

Tableau 17 : Estimations de la mortalité de l'avifaune pour l'ensemble du parc sur la période de suivi et selon les méthodes utilisées, en 2020 et 2021

Les estimations varient de 33 à 53 individus sur l'ensemble du parc éolien de Coulanges sur la période de suivi de l'année 2020. Sur l'année 2021, les estimations varient de 54 à 80 individus.

La moyenne est de 40 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi de l'année 2020 et 63 individus pour l'année 2021, ce qui représente une mortalité estimée d'environ 6,7 individus par éolienne sur le suivi 2020 et 10,6 individus par éolienne sur le suivi 2021.

A noter que la précision des estimations est beaucoup moins élevée en 2021 (intervalle de confiance).

La mortalité moyenne estimée sur le parc éolien de Coulanges qui était de 40 individus environ en 2020 est passée à environ 63 en 2021. Toutefois, compte-tenu de la différence du nombre de prospections réalisées et de la durée du suivi, ainsi que de la faible précision des estimations en 2021, aucune comparaison fiable ne peut être effectuée.

4.2.8.2 Comparaison des résultats saisonniers

4.2.8.2.1 Mortalité brute

En 2020, des cadavres d'oiseaux ont été retrouvés durant les périodes de migrations pré-nuptiale et post-nuptiale, tandis qu'en 2021, des cadavres d'oiseaux ont été retrouvés lors de toutes les phases. En 2020, les nombres de cas de mortalité sont respectivement inférieurs et nuls pour les phases de migration pré-nuptiale et de reproduction mais sont supérieurs lors de la période de migration post-nuptiale.

A noter qu'en 2020, seulement 24 sorties ont été réalisées contre 30 en 2021.

Année	Migration prénuptiale	Reproduction	Migration postnuptiale
2020	2	0	2
2021	3	4	1

Tableau 18 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2020 et 2021

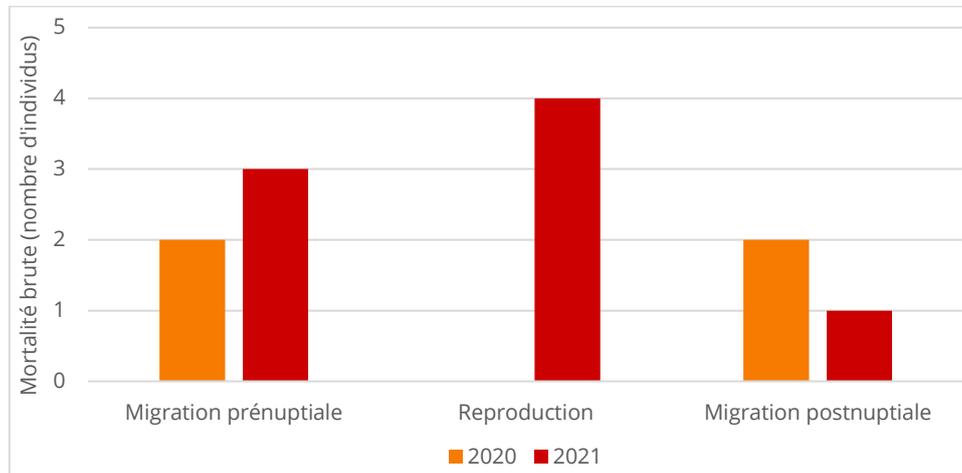


Figure 19 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2020 et 2021

4.2.8.2.2 Mortalité estimée

Le graphique suivant présente les estimations moyennes de la mortalité en fonction des phases biologiques sur les deux années de suivi, selon les estimateurs les plus fiables. En 2021, la mortalité estimée apparaît comme étant plus forte durant la période de reproduction, mais plus faible lors des phases de migrations prénuptiale et postnuptiale. Toutefois, en raison d'intervalles de confiance différents entre les deux années de suivi, aucune comparaison n'est possible. On ne peut parler ici que de tendances.

Année	Migration prénuptiale	Reproduction	Migration postnuptiale
2020	24,56	-	16,16
2021	13,45	37,24	7,24

Tableau 20 : Mortalité moyenne (Huso, Jones et Erickson) estimée sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2020 et 2021

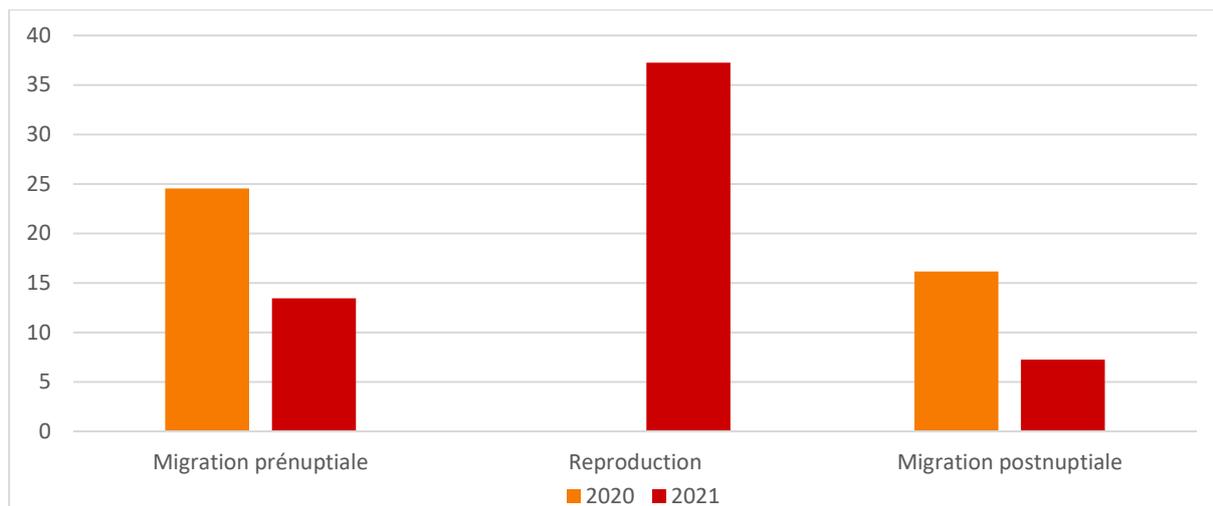


Figure 45 : Mortalité estimée moyenne sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2020 et 2021

Compte tenu des résultats obtenus, il est possible que la période de reproduction soit plus mortifère, devant la période de migration pré-nuptiale, puis la migration post-nuptiale. Ces tendances doivent être étudiées avec prudence étant donné la faible robustesse des estimations.

4.2.8.1 Comparaison des résultats spatialisés

4.2.8.1.1 Mortalité brute

Des cadavres d'oiseaux ont été retrouvés sous deux des six éoliennes en 2020 et cinq des six éoliennes en 2021 (figure suivante). Seule l'éolienne E2 présente une absence de mortalité brute sur les deux années de suivi. En 2020, la mortalité est plutôt ciblée sur les éoliennes E3 et E4 avec respectivement un et trois cadavres retrouvés. En 2021, la mortalité brute a doublé et la répartition des cadavres est devenue homogène sur le parc, avec la présence d'au moins un cadavre sous chaque éolienne hormis pour E2.

Année	E1	E2	E3	E4	E5	E6
2020	0	0	1	3	0	0
2021	1	0	3	1	1	2

Tableau 21 : Mortalité brute par éolienne en 2020 et 2021

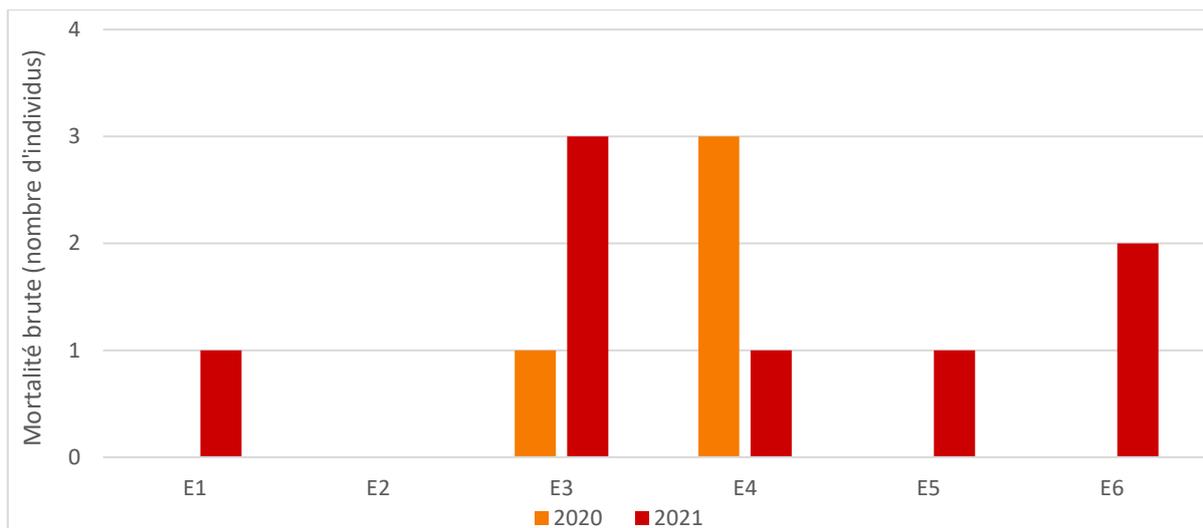


Figure 22 : Mortalité brute par éolienne en 2020 et 2021

4.2.8.1.2 Mortalité estimée

Le graphique suivant présente les estimations moyennes de la mortalité en fonction des éoliennes sur les deux années de suivi. La mortalité estimée apparaît comme étant plus forte sur l'éolienne E4 en 2020, et sur l'éolienne E3 en 2021. De même que pour la mortalité estimée par saison, la fiabilité des estimations diffère entre les deux années de suivi, rendant les comparaisons difficiles. On ne peut parler ici que de tendances.

Année	E1	E2	E3	E4	E5	E6
2020	-	-	10,19	35,65	-	-
2021	7,57	-	25,3	7,45	8,49	16,55

Tableau 23 : Mortalité moyenne estimée par éolienne en 2020 et 2021

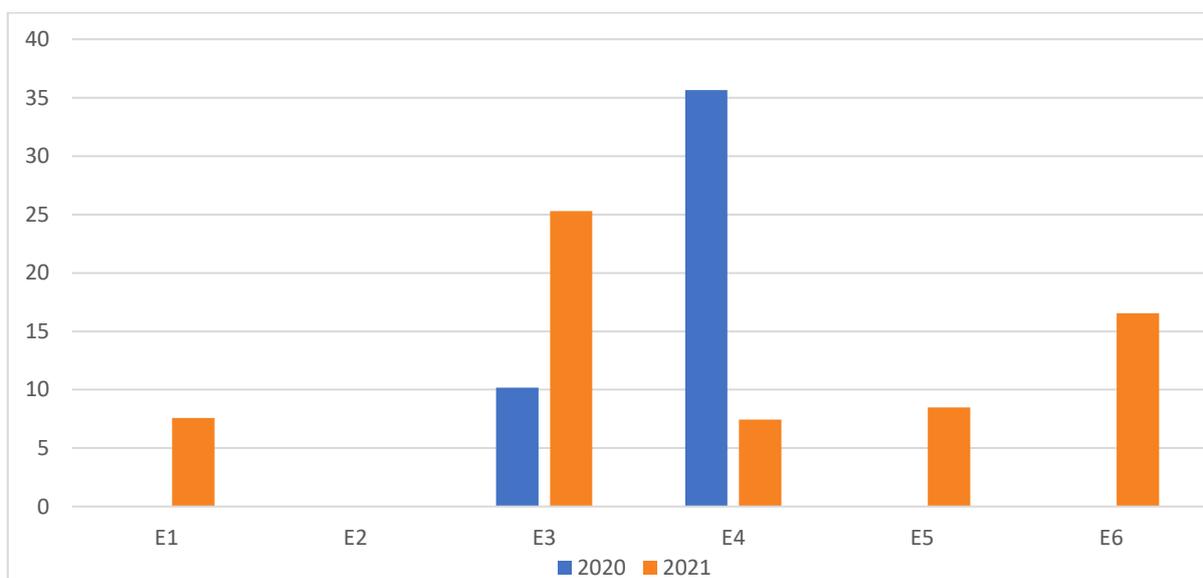


Figure 46 : Mortalité moyenne (Huso, Jones et Erickson) estimée par éolienne en 2020 et 2021

Les résultats obtenus sur les deux années suivies suggèrent une forte hétérogénéité de la mortalité au sein du parc. Les éoliennes E3 et E4 semblent plus mortifères, tandis que l'éolienne E2 ne présente aucune mortalité lors des deux années de suivi (ce qui n'est pas synonyme d'une absence totale de mortalité).

4.2.9 Synthèse

- *Huit cadavres d'oiseaux (quatre Alouettes des champs, deux Moineaux domestiques et deux Buses variables) ont été recensés sur le parc de Coulanges durant le suivi 2021. La mortalité brute est ainsi de 1,33 individu / éolienne sur la période de suivi s'étalant d'avril à octobre.*
- *La mortalité estimée moyenne est de 63,49 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi.*
- *La mortalité estimée sur le parc Coulanges est qualifiée d'élevée. Cependant, la précision des estimations en 2021 est assez faible.*
- *Six individus retrouvés durant le suivi appartiennent respectivement à l'ordre des Passériformes et deux individus à l'ordre des Accipitriformes, soit des groupes régulièrement impactés par des cas de collision.*
- *La mortalité de l'avifaune sur le parc de Coulanges semble plus concentrée sur les périodes de migration pré-nuptiale et de reproduction. Cependant, en raison d'intervalles de confiance trop différents entre les années de suivi, il n'est pas possible de faire de comparaison, et donc de conclure sur ce point avec certitude.*
- *La présence de nombreuses zones boisées autour des éoliennes pourrait expliquer la mortalité de certaines espèces (Moineau domestique et Buse variable), étant donné que ces dernières peuvent utiliser les zones boisées pour la nidification ou encore le nourrissage. Les milieux ouverts (cultures, prairies) sont très favorables à l'Alouette des champs. Sa forte présence sur le site et autour des éoliennes pourrait expliquer les nombreux cas de mortalité de l'espèce sur le parc.*
- *Les causes principales de la mortalité observée sur le parc semblent liées à :*
 - *la forte activité et l'augmentation de prises de risques des oiseaux durant les phases de migration pré-nuptiale et de reproduction,*
 - *la présence de milieux (ouverts et fermés) favorables à la présence de certaines espèces.*
- *Parmi les espèces découverte, l'Alouette des champs présente un état de conservation défavorable à l'échelle nationale (NT), notamment en raison d'une baisse des effectifs nicheurs de 30 % entre 1989 et 2013. Toutefois, celle-ci n'est pas sujette à une sensibilité élevée face au risque de collision.*
- *Parmi les espèces à enjeu et/ou sensibilité élevés, ciblées lors de l'étude d'impact réalisée en 2016 (Busard des roseaux, Busard Saint-Martin, Faucon crécerelle, Milan royal et Grue cendrée), aucun cas de mortalité n'a été avéré.*
- *Compte tenu de la mortalité observée et des effectifs concernés, le parc de Coulanges ne présente pas, à l'heure actuelle, un impact significatif sur une espèce particulière. Toutefois, il sera nécessaire de surveiller avec attention l'évolution des cas de mortalité durant les prochaines années de suivi, notamment sur l'Alouette des champs.*

4.3 Mortalité des chiroptères

4.3.1 Bilan des connaissances sur la mortalité des chiroptères liée à l'éolien

4.3.1.1 Les principaux facteurs de la mortalité des chiroptères

La mortalité des chauves-souris peut être liée à différents facteurs : collision directe, barotraumatisme, écrasement dans les mécanismes de rouage, intoxication suite à l'absorption d'huile de rouage, etc.

La mortalité par contact direct ou indirect avec les aérogénérateurs reste l'impact le plus significatif des parcs éoliens sur les chiroptères (Brinkmann *et al.*, 2011). Ces collisions ont pour conséquences des blessures létales ou sublétales (Grotsky *et al.*, 2011).

La synthèse bibliographique d'Eva Schuster (Schuster *et al.*, 2015) s'est appuyée sur plus de 220 publications scientifiques dans le but de dresser un état des lieux des connaissances en la matière et de confronter ces différentes hypothèses. Cette publication sert de base à la synthèse suivante.

4.3.1.1.1 Mortalité indirecte

Outre la mortalité la plus évidente résultant de la collision directe des chauves-souris avec les pales des éoliennes, d'autres cas de mortalité indirecte sont documentés :

- un **phénomène de pression/décompression** se produit lors de la rotation des pales et de leur passage devant le mat. La chute brutale de la pression de l'air pourrait impliquer de sérieuses lésions internes des individus passant à proximité des pales, nommés barotraumatismes ;
- la rotation des pales d'éoliennes pourrait provoquer **un vortex** (tourbillon d'air) susceptible de piéger les chauves-souris passant à proximité (Horn *et al.*, 2008) ;
- les **courants d'air créés par la rotation des pales** seraient susceptibles d'entraîner des torsions du squelette des chiroptères passant à proximité, ce qui pourrait aboutir à des luxations ou des fractures des os alaires (Grotsky *et al.*, 2011) ;
- les **collisions sublétales** où des individus percutés par des pales pourraient survivre pendant un temps. Ce type de collision aboutit potentiellement au décès des individus mais pourraient ne pas être comptabilisé lors des suivis si ceux-ci ont pu s'éloigner du rayon de recherche entre-temps.

4.3.1.1.2 La saisonnalité, les conditions météorologiques ou le type d'habitat, comme facteurs de mortalité par collision fortuite

La majorité des auteurs s'accordent sur le fait que la **saisonnalité** joue un rôle prépondérant sur la mortalité des chiroptères par collision avec des aérogénérateurs : l'activité chiroptérologique et donc la mortalité sont les plus élevées en fin d'été-début d'automne (Arnett *et al.*, 2006 ; Dürr,

2002 ; Doty & Martin, 2012 ; Hull & Cawthen, 2013 ; Brinkmann *et al.*, 2006, 2011 ; Grodsky *et al.*, 2012 ; etc.).

Les **conditions météorologiques** influent directement ou indirectement sur la disponibilité en ressources alimentaires (notamment les insectes pour les chauves-souris européennes) et sur les conditions de vol des chiroptères, donc sur le taux de mortalité par collision (Baerwald & Barclay, 2011).

Le paramètre le plus influent semble être la vitesse du vent. Rydell *et al.* (2010) ont noté des activités maximales pour une vitesse de vent entre 0 et 2 m/s, puis, de 2 à 8 m/s, une activité diminuant pour devenir inexistante au-delà de 8 m/s. Behr *et al.* (2007) arrivèrent aux mêmes conclusions pour des vitesses de vent supérieures à 6,5 m/s

La température semble également jouer un rôle sur l'activité chiroptérologique. Si plusieurs auteurs concluent à une corrélation positive entre augmentation de la température et activité (Redell *et al.*, 2006 ; Arnett *et al.*, 2006, 2007 ; Baerwald & Barclay, 2011 ; etc.), d'autres ne considèrent pas ce paramètre en tant que facteur influant de manière indépendante sur l'activité chiroptérologique (Horn *et al.*, 2008 ; Kerns *et al.*, 2005). La pression atmosphérique (Cryan & Brown, 2007 ; Kern *et al.*, 2005), le rayonnement lunaire (Baerwald & Barclay, 2011 ; Cryan *et al.*, 2014) et l'hygrométrie (Behr *et al.*, 2011) pourraient également influencer sur l'activité chiroptérologique. Il semble toutefois plus vraisemblable que ces paramètres influent de manière concomitante sur l'activité des chiroptères (ce qui serait aussi le cas de la température) comme le montrent Behr *et al.*, (2011) ou sur l'abondance d'insectes (Corten & Veldkamp, 2001).

Le nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes varie également en fonction de l'**environnement immédiat** du parc, de la configuration des aérogénérateurs (distance entre le mât et les structures arborées) et de leurs caractéristiques (hauteur du moyeu et longueur des pales).

4.3.1.1.3 Des comportements à risques de collision, facteurs de mortalité

Comme détaillé précédemment, la saisonnalité joue un rôle particulier dans le niveau d'activité des populations de chiroptères. Les plus forts taux de mortalité sont ainsi généralement recensés en fin d'été - début d'automne, ce qui sous-entend un lien entre mortalité et migration automnale.

Lors des **migrations**, les chauves-souris traversent des zones moins bien connues que leurs territoires de chasse et/ou n'émettent que peu ou pas d'émissions sonar lors de ces trajets, elles seraient ainsi moins à même de repérer les pales en mouvement (Bach, 2001 in Behr *et al.*, 2007 ; Johnson *et al.*, 2003).

Les **comportements de chasse, de reproduction ou de swarming** sont également des comportements à risque de collision. Horn *et al.* (2008) mettent ainsi en évidence une corrélation positive entre activité d'insectes et de chauves-souris dans les deux premières heures de la nuit.

En période de reproduction ou lors de recherches de gîtes de mise-bas ou de transit, les chiroptères arboricoles recherchent des cavités, des fissures et des décollements d'écorce où s'installer. La silhouette d'une éolienne pourrait ainsi être confondue avec celle d'un arbre en milieu ouvert (Cryan *et al.*, 2014 ; Kunz *et al.*, 2007), entraînant une exploration de l'ensemble de la structure par les chauves-souris et augmentant ainsi le risque de collision.

Enfin, à proximité des gîtes de mise-bas ou de lieux de swarming, des regroupements importants de chiroptères peuvent avoir lieu, résultant en une augmentation conséquente du nombre d'individus et de l'activité autour du site, ainsi qu'en un rassemblement d'individus volant autour des entrées. Cela implique nécessairement un risque accru de mortalité par collision.

La morphologie et les spécificités écologiques de certaines espèces semblent être un facteur important dans le risque de collision. Hull et Cawthen (2013) et Rydell *et al.* (2010) ont ainsi mis en évidence des similarités entre espèces sensibles à l'éolien telles que les noctules, les pipistrelles et les sérotines en Europe. Il s'agit d'espèces glaneuses de plein air aux ailes longues et effilées, adaptées à ce type de vol et utilisant des signaux à faible largeur de bande et à forte intensité. Rydell *et al.* (2010) ont conclu que 98 % des espèces victimes de mortalité par collision sont des espèces présentant ces caractéristiques morphologiques et écologiques.

4.3.1.1.4 Sensibilité et vulnérabilité des espèces

La sensibilité et la vulnérabilité sont regroupées sous la forme d'un seul coefficient pour les chiroptères. L'indice utilisé est ainsi la **note de risque**. Cette note, comprise entre 1 et 4, correspond au croisement entre le statut de conservation UICN national et le taux de mortalité en Europe. **Cet indice inclut ainsi la sensibilité et définit un risque pour les populations d'espèces**. Concernant les chiroptères, il n'existe effectivement pas d'évaluation des populations européennes ou nationales assez fiables, la vulnérabilité ne peut être définie avec précision d'où l'indice de risque utilisé.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Statuts de protection	Statuts Listes rouges (UICN)			Mortalité de DURR par éoliennes 2021**					Note de risque***	
			Monde	Europe	France	0	1	2	3	4		% de mortalité européenne connue
						0	1-10	11-50	51-499	>500		
Rhinolophe de Mehely**	<i>Rhinolophus mehelyi</i>	Annexe II & IV	VU	VU	CR = 5		X				0,01	3*
Minioptère de Schreibers	<i>Miniopterus schreibersii</i>	Annexe II & IV	NT	NT	VU = 4			X			0,12	3*
Murin de Capaccini	<i>Myotis capaccinii</i>	Annexe II & IV	VU	VU	NT = 3	X					0	1,5
Rhinolophe euryale	<i>Rhinolophus euryale</i>	Annexe II & IV	NT	VU	LC = 2	X					0	1
Grand Rhinolophe	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Annexe II & IV	LC	NT	LC = 2		X				0,01	1,5*
Murin de Bechstein	<i>Myotis bechsteinii</i>	Annexe II & IV	NT	VU	NT = 3		X				0,01	2*
Petit Murin	<i>Myotis blythii</i>	Annexe II & IV	LC	NT	NT = 3		X				0,07	2*
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Annexe IV	LC	LC	NT = 3					X	6,7	3,5
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Annexe IV	LC	LC	VU = 4					X	14,6	4
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Annexe IV	LC	LC	NT = 3					X	15	3,5
Petit Rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Annexe II & IV	LC	NT	LC = 2	X					0	1
Molosse de Cestoni	<i>Tadarida teniotis</i>	Annexe IV	LC	LC	NT = 3				X		0,7	3
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	Annexe II & IV	NT	VU	LC = 2		X				0,06	1,5*
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>	Annexe IV	LC	LC	DD = 1			X			0,4	1,5
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Annexe IV	LC	LC	NT = 3				X		1,1	3
Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2				X		3,2	2,5
Murin d'Alcathoe	<i>Myotis alcathoe</i>	Annexe IV	DD	DD	LC = 2	X					0	1
Murin de Brandt	<i>Myotis brandtii</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2		X				0,02	1,5
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2		X				0,09	1,5
Murin à oreilles échancrées	<i>Myotis emarginatus</i>	Annexe II & IV	LC	LC	LC = 2		X				0,05	1,5*
Grand Murin	<i>Myotis myotis</i>	Annexe II & IV	LC	LC	LC = 2		X				0,07	1,5*
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2		X				0,05	1,5
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2		X				0,02	1,5

Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2				X		4,4	2,5
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Annexe IV	LC	LC	NT = 3					X	22,6	3,5
Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2				X		4,2	2,5
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2		X				0,07	1,5
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2		X				0,08	1,5
Murin d'Escalera	<i>Myotis escaleraei</i>	NE	NE	/	VU = 4	X					0	2*
Grande Noctule	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	Annexe IV	NT	DD	VU = 4			X			0,4	3*
Oreillard montagnard	<i>Plecotus macrobullaris</i>	Annexe IV	LC	NT	VU = 4	X					0	2
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	Annexe IV	LC	LC	DD = 1				X		2	2
Murin des marais**	<i>Myotis dasycneme</i>	Annexe II & IV	NT	NT	EN=5		X				0,02	3*
<p>DD : Données insuffisantes</p> <p>LC : Préoccupation mineure (espèce pour laquelle le risque de disparition de France est faible)</p> <p>NT : Quasi menacée (espèce proche du seuil des espèces menacées ou qui pourrait être menacée si des mesures de conservation spécifiques n'étaient pas prises)</p> <p>VU : Vulnérable</p> <p>EN : En danger</p> <p>CR : En danger critique d'extinction</p> <p>NA : Non applicable (espèce non soumise à évaluation car introduite dans la période récente ou présente en métropole de manière occasionnelle ou marginale)</p> <p>* Arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection</p> <p>** Espèce faisant partie de la liste des vertébrés protégés menacés d'extinction et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département (Arrêté di 9 juillet 1999)</p>												<p>* : surclassement possible localement pour les espèces forestières si implantation en forêt, et les espèces fortement grégaires (proximité d'importantes nurseries ou de sites d'hibernation majeurs)</p> <p>**Mortalité de DURR par éoliennes 2021 (Europe) : informations reçues au 07/05/2021</p> <p>***Note calculée par ENCIS sur la base de la SFPEM 2015 avec la mise à jour de la mortalité de DURR : mise à jour le 02/12/2021</p>

Tableau 24 : Sensibilité et note de risque des chiroptères vis-à-vis des éoliennes

4.3.1.2 Bilan national et européen de la mortalité des chiroptères

2 861 cas de collision avec les éoliennes ont été recensés en France au 7 mai 2021 (Dürr, 2021). L'espèce la plus fortement impactée (environ 35 %) est de loin la Pipistrelle commune (cf. Annexe 4 et figure suivante). La Pipistrelle de Nathusius, la Pipistrelle de Kuhl et les Pipistrelles indéterminées sont retrouvées dans de plus faibles proportions (environ 8 à 11 % pour chaque espèce). Enfin, dans des proportions encore plus faibles, la Pipistrelle pygmée (6 %), la Noctule de Leisler (5 %), la Noctule commune (4 %), le Vespère de Savi (2 %) et la Sérotine commune (1 %) sont identifiées. Il est précisé qu'environ 15 % des chiroptères retrouvés restent indéterminés.

Au niveau européen, la Pipistrelle commune est aussi l'espèce la plus impactée, suivie par la Pipistrelle de Nathusius, la Noctule commune et les Pipistrelles indéterminées.

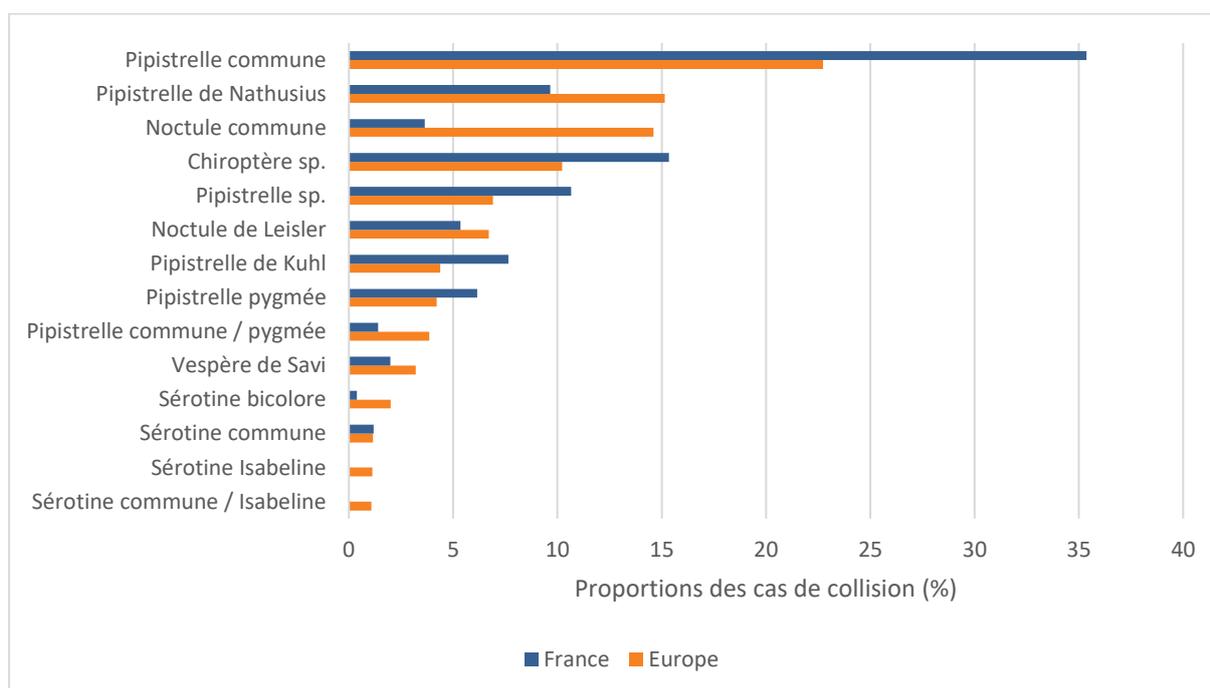


Figure 47 : Proportions des cas de collision avec les éoliennes en fonction des espèces, en France et en Europe (espèces représentant plus de 1% des cas de mortalité en Europe, d'après Dürr, 2021)

4.3.2 Bilan des connaissances de l'étude d'impact

L'étude d'impact, réalisée en 2016 par le bureau d'étude Envol Environnement, a révélé la présence de trois espèces à enjeu et sensibles au risque de collisions dont il conviendra de surveiller l'apparition d'éventuels cas de mortalité (figure suivante) :

- la Noctule commune,
- la Pipistrelle commune,
- la Pipistrelle de Nathusius.

Figure 107 : Tableau de calcul des sensibilités chiroptérologiques vis-à-vis de l'éolien (espèces recensées sur le site)

Espèces	Mortalité connue en Europe	Score relatif à la mortalité	Présence à 50 mètres de hauteur	Enjeux			Sensibilités		
				Milieux ouverts	Milieux semi-ouverts	Milieux fermés	Milieux ouverts	Milieux semi-ouverts	Milieux fermés
Barbastelle d'Europe	0,06%	10	0	13	20	19	23	30	29
Grand Murin	0,07%	10	0	0	7	6		17	16
Murin à moustaches/Brandt	0,06%	10	0	0	0	7			17
Murin de Daubenton	0,13%	10	0	7	13	0	17	23	
Murin de Natterer	0,00%	0	0	0	4	4		4	4
Noctule commune	15,79%	40	0	7	7	0	47	47	
Noctule de Leisler	6,36%	30	0	0	6	0		36	
Oreillard gris	0,10%	10	0	7	0	4	17		14
Oreillard roux	0,10%	10		5	0	0	15		
Pipistrelle commune	20,77%	40	0	14	14	14	54	54	54
Pipistrelle de Kuhl	3,61%	20	0	7	9	10	27	29	30
Pipistrelle de Nathusius	14,37%	40	0	0	14	8		54	48
Pipistrelle pygmée	2,71%	20	0	0	4	4		24	24
Sérotine commune	1,32%	20	0	5	9	7	25	29	27
TOTAL				39	90	71	225	347	263

Légende :

<p>Mortalité</p> <p>0 = Aucune mortalité</p> <p>10 = 0% ≤ mortalité connue < 0,5%</p> <p>20 = 0,5% ≤ mortalité connue < 3,7%</p> <p>30 = 3,7% ≤ mortalité connue < 9,1%</p> <p>40 = 9,1% ≤ mortalité connue</p>	<p>Ecoute en altitude</p> <p>0 = Espèce non détectée en hauteur</p> <p>40 = Espèce détectée en hauteur</p>	<p>Sensibilité par espèce</p> <p>Très fort 60 ≤ x</p> <p>Fort 45 ≤ x < 60</p> <p>Moderé 30 ≤ x < 45</p> <p>Faible 15 ≤ x < 30</p> <p>Très faible x < 15</p>	<p>Sensibilité par habitat</p> <p>Très fort 350 ≤ x</p> <p>Fort 230 ≤ x < 350</p> <p>Moderé 150 ≤ x < 230</p> <p>Faible 70 ≤ x < 150</p> <p>Très faible x < 70</p>
---	---	--	---

Figure 48 : Espèces à enjeu et sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2016 (Envol Environnement)

4.3.3 Résultats globaux du suivi des chiroptères en 2021

4.3.3.1 Mortalité brute

Sur le parc de Coulanges, dix cadavres de chiroptères ont été retrouvés (figure suivante). Cela représente une mortalité brute de 1,67 individu / éolienne durant la période de suivi s'étalant d'avril à octobre, soit 30 prospections, à raison d'une prospection par semaine. Cette mortalité brute est ainsi équivalente à 0,056 individu / éolienne / sortie.

L'espèce la plus retrouvée est la Pipistrelle commune (sept cadavres). Par ailleurs, trois cadavres de Pipistrelle de Kuhl ont été découverts.

Famille	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Date de découverte	Éolienne	Total
Vespertilionidée	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	28/06/2021	E6	7
			05/07/2021	E2	
			19/07/2021	E1	
			02/08/2021	E5	
			11/08/2021	E4	
			25/08/2021	E3	
			08/09/2021	E3	
	Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	07/06/2021	E4	3
			05/07/2021	E4	
			19/07/2021	E6	

Tableau 25: Mortalité brute recensée pour les chiroptères durant le suivi sur l'ensemble du parc

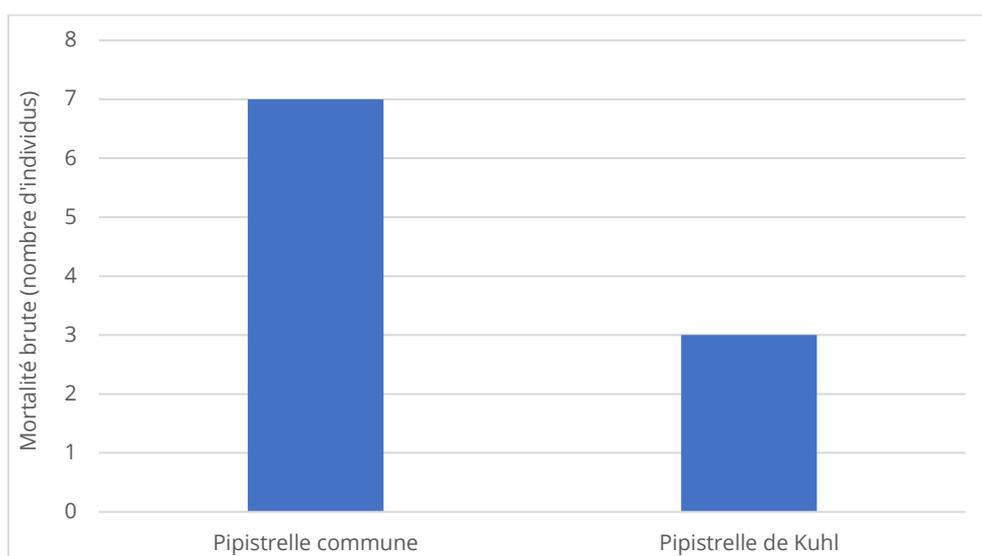


Figure 49 : Mortalité brute recensée durant le suivi sur l'ensemble du parc en fonction des espèces

Avec dix cadavres de chiroptères recensés, la mortalité brute observée sur le parc de Coulanges est de 1,67 individu / éolienne sur la période de suivi s'étalant d'avril à octobre.

4.3.3.2 Mortalité estimée

Le tableau suivant compile les résultats de la mortalité estimée pour l'ensemble du parc éolien sur la période de suivi, selon les différentes méthodes retenues (estimations calculées via le logiciel EolApp du CEFÉ Montpellier, <https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp>). L'intervalle de confiance à 95 % est également mentionné.

Méthodes	Mortalité estimée				Intervalle de confiance à 95 % (mortalité globale)
	Globale	/éolienne	/sortie	/éolienne/sortie	
Erickson	66,12	11,02	2,20	0,37	25,55 - 131,88
Jones	97,78	16,30	3,26	0,54	36,64 - 229,34
Huso	70,53	11,76	2,35	0,39	27,51 - 136,96
Moyenne	78,14	13,03	2,60	0,43	

Tableau 26 : Estimations de la mortalité des chiroptères pour l'ensemble du parc sur la période de suivi selon les méthodes utilisées

Les estimations varient de 66 à 98 chiroptères tués sur l'ensemble du parc durant la période de suivi.

La moyenne des estimations est de 78,14 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi.

La mortalité estimée moyenne (n = 78,14) est élevée en comparaison de la mortalité brute (n = 10).

La précision des estimations est jugée insuffisante pour pouvoir interpréter les résultats.

Les paramètres correcteurs ont ici un impact fort. C'est notamment le cas pour les valeurs correctives liées à la persistance des cadavres, qui reflète une forte prédation sur le parc de Coulanges. De plus, la correction surfacique est assez élevée étant donné le grand nombre de zones non prospectables autour des éoliennes, dû notamment à la présence des cultures. Le nombre de sorties et l'efficacité du chercheur peuvent aussi avoir un impact sur la précision. Ceci indique pourquoi la précision des estimations est peu élevée.

4.3.3.3 Analyse taxonomique

Les dix cadavres de chiroptères trouvés correspondent à sept Pipistrelles communes et trois Pipistrelles de Kuhl.

La Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl font partie des espèces les plus impactées en France et en Europe (figure suivante). Une comparaison entre ces résultats doit cependant être étudiée avec prudence étant donné le faible nombre de données issues du parc de Coulanges et donc de la faiblesse statistique qui en découle.

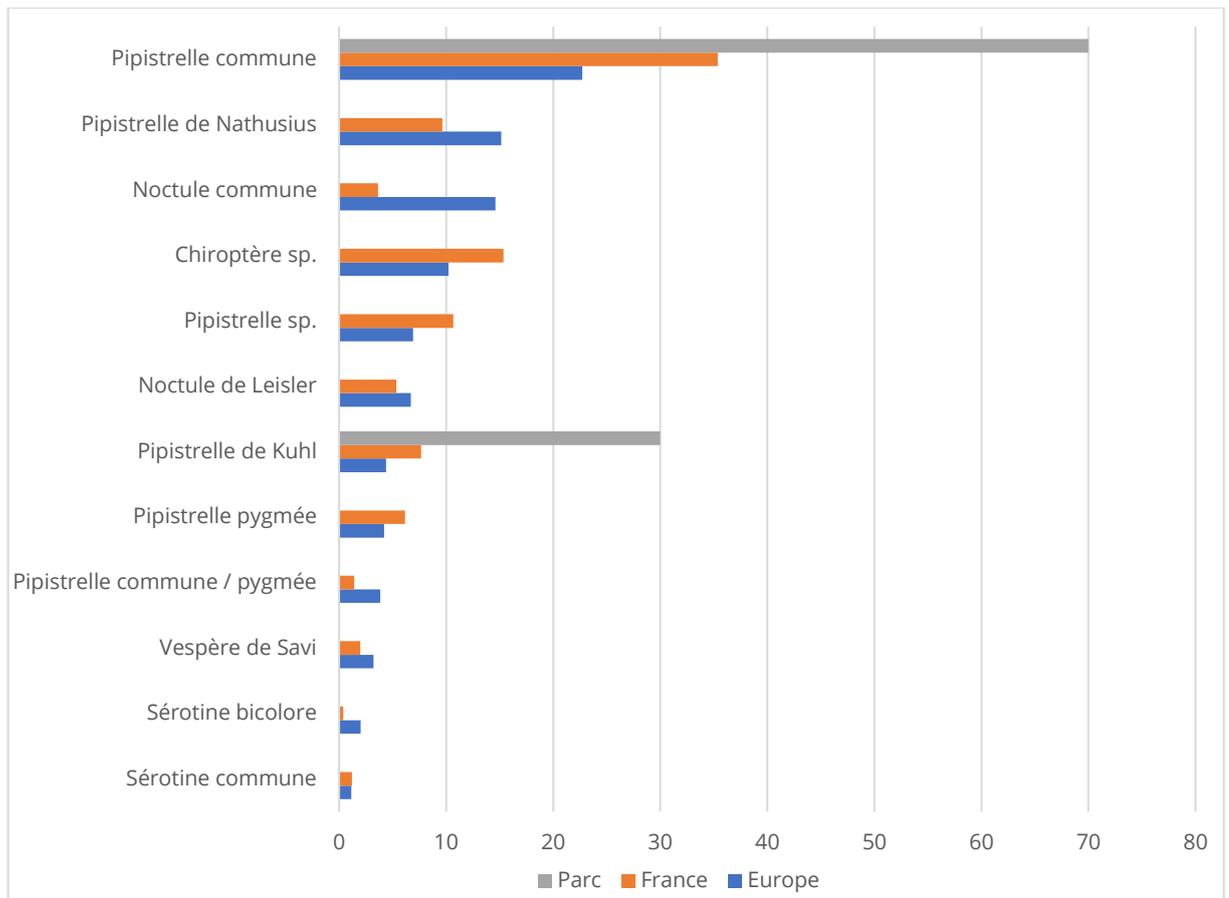


Figure 50 : Proportions (%) des cas de mortalité avec les éoliennes par espèce, en France, en Europe et sur le parc de Coulanges

Les Pipistrelles communes et Pipistrelles de Kuhl découvertes sur le parc de Coulanges sont des espèces fréquemment concernées par des cas de mortalité.

4.3.4 Résultats saisonniers

4.3.4.1 Mortalité brute

Au cours de ce suivi, les cadavres de chiroptères ont été retrouvés durant les mois de juin, juillet, août et septembre (figure suivante).

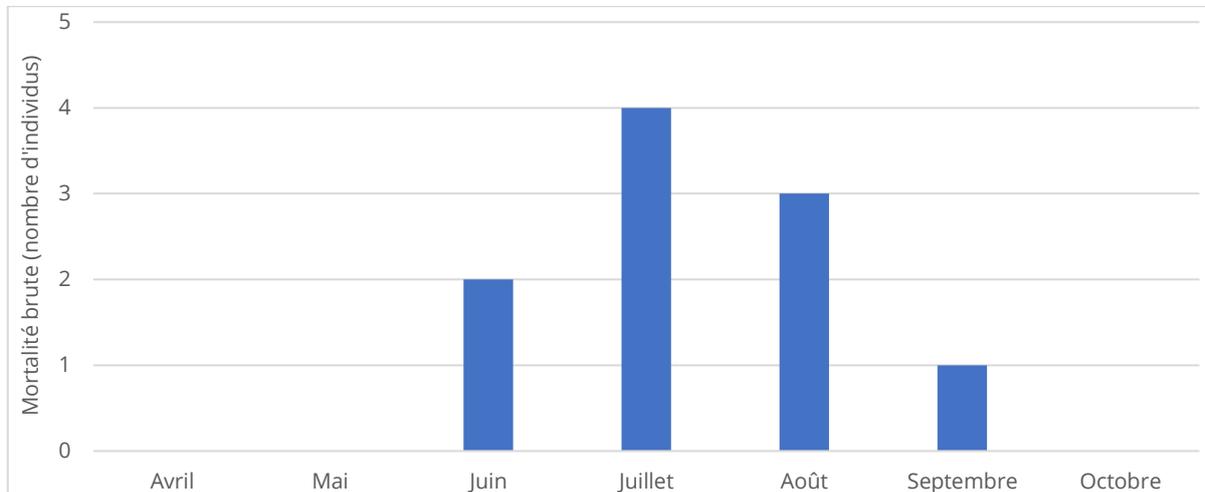


Figure 51 : Mortalité brute observée sur le parc en fonction de chaque mois suivi

La mortalité observée est la plus importante au mois de juillet, correspondant à la période de mise-bas et d'élevage des jeunes. Dans une moindre mesure, la période des transits automnaux et de swarming est aussi concernée. Par ailleurs, une absence de mortalité est constatée durant la période de transit printanier.

La mortalité fluctue entre 0 et 4 individus sur les mois concernés. Le faible nombre de données ne peut pas permettre de dégager une tendance claire entre ces périodes. De plus, étant donné les potentiels prélèvements de cadavres entre les prospections, il n'est pas impossible que d'autres périodes aient aussi été mortifères lors du suivi.

4.3.4.2 Mortalité estimée

Le tableau suivant présente les mortalités estimées en fonction des différentes périodes du cycle biologique des chiroptères. Ces périodes sont données à titre indicatif mais ne reflètent pas nécessairement la phase biologique des individus concernés, étant donnée la variabilité phénologique des différentes espèces et inter-individuelle. La précision des estimations est jugée suffisante pour pouvoir interpréter les résultats en période de transits automnaux. En période de mise-bas, la précision des estimations est bien plus faible. Cependant, les intervalles de confiance pour cette saison nous certifient à 95 % que la mortalité est à minima de 24 cadavres sur la saison, ce qui signifie une mortalité élevée.

Méthodes	Mortalité estimée (individus / période)		
	Transit printanier	Mise-bas	Transit automnal
	16 mars au 14 mai, 6 visites	15 mai au 15 août, 13 visites	16 août au 15 novembre, 11 visites
Erickson	-	66,81 (23,84 – 132,26)	13,71 (5,04 – 37,02)
Huso	-	71,01 (25,41 – 136,73)	14,48 (5,34 – 39,01)
Jones	-	100,07 (34,54 – 243,97)	20,24 (7,31 – 55,81)
Moyenne	-	79,3	16,14

Tableau 27 : Mortalité estimée par période sur l'ensemble du parc

Avec une moyenne de 79 individus, la mortalité estimée durant la période de mise-bas et d'élevage des jeunes est élevée. Cependant, la fiabilité des estimations est relativement faible. La mortalité estimée pour la période des transits automnaux est nettement plus faible avec 16 individus. Ici, les estimations sont un peu plus fiables mais l'écart entre les intervalles de confiance demeure large. *A minima*, plus d'une vingtaine de cadavres sont estimés en période de mise-bas et environ cinq en période de transit automnaux. Cette mortalité peut être considérée comme élevée. Enfin, aucun cas de mortalité n'a été constaté durant la période des transits printaniers, l'estimation sur cette période est donc nulle (cela n'est pas synonyme d'une absence totale de mortalité).

La mortalité estimée des chiroptères sur le parc de Coulanges semble élevée, particulièrement pendant la période de mise bas et d'élevage des jeunes. Toutefois, la précision des estimations est assez faible.

4.3.4.3 Analyse taxonomique

Étant données les dates de découvertes et compte tenu de la biologie des espèces :

- Cinq individus de Pipistrelle commune et les trois individus de Pipistrelle de Kuhl étaient très probablement en phase d'élevage des jeunes lors de leur collision,
- Deux individus de Pipistrelle commune étaient probablement en phase de transits automnaux et de swarming lors de leur collision.

4.3.5 Résultats spatialisés par éolienne

4.3.5.1 Mortalité brute

Durant ce suivi, les dix cadavres de chiroptères ont été retrouvés sous toutes les éoliennes (carte suivante).



Carte 5 : Répartition des cadavres de chiroptères trouvés par éolienne

4.3.5.2 Mortalité estimée

Le tableau suivant présente les mortalités estimées par éolienne.

Méthodes	Mortalité estimée (individus / éolienne)					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Erickson	6,56 (0,93 – 46,86)	6,36 (0,87 – 43,69)	14,46 (5,49 – 39,49)	18,85 (9,80 – 37,01)	7,09 (1,07 – 51,04)	14,06 (5,23 – 37,34)
Huso	6,94 (0,99- 49,72)	6,74 (0,92 – 46,20)	15,32 (5,85 – 41,60)	19,96 (10,42- 38,86)	7,54 (1,14 – 54,32)	14,89 (5,56 – 39,48)
Jones	9,61 (1,37 – 68,37)	9,38 (1,25 – 65,31)	21,32 (7,99 – 58,98)	27,68 (14,23 – 55,31)	10,43 (1,57 – 75,59)	20,80 (7,60 – 55,77)
Moyenne	7,70	7,49	17,03	22,16	8,35	16,58

Entre parenthèses : intervalles de confiance à 95 %

Tableau 28 : Mortalité estimée par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi

La précision des estimations est jugée assez suffisante (intervalles de confiance) pour les éoliennes E3, E4 et E6, pour pouvoir interpréter les résultats. Avec des intervalles de confiance plus larges, la précision des estimations pour les éoliennes E2, E2 et E5 est jugée insuffisante.

Les éoliennes où la mortalité estimée est la plus élevée sont la E4 avec près de 22 individus / éolienne estimés sur la période suivie, ainsi que les éoliennes E3 et E6 avec environ 17 individus / éolienne (figure suivante). Les éoliennes E1, E2 et E5 présentent des estimations inférieures avec 7 et 8 individus estimés /éolienne.

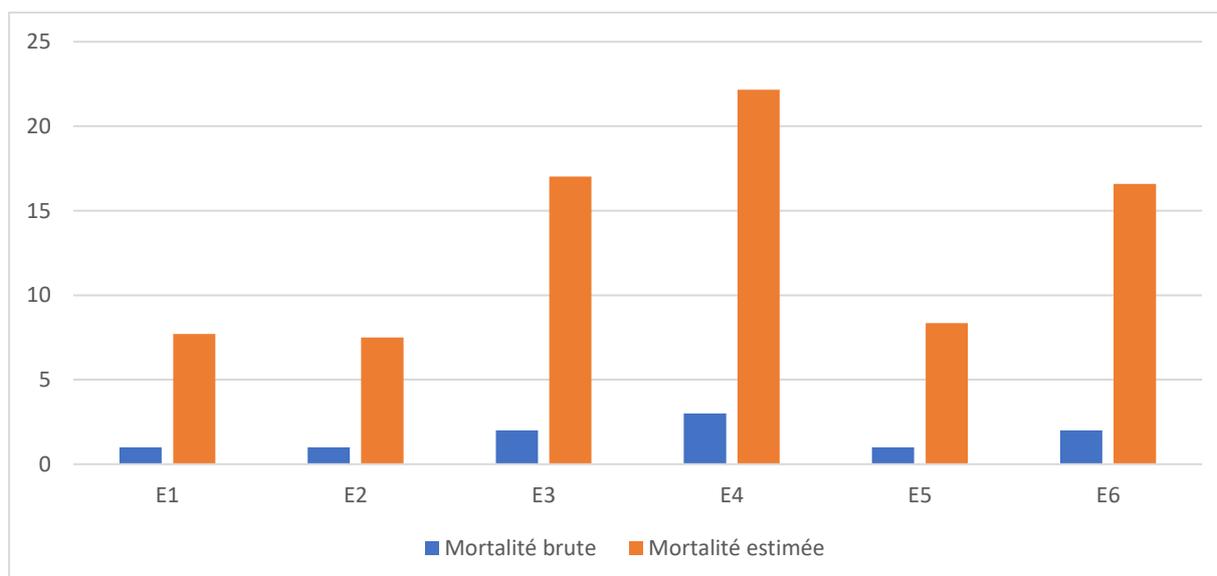


Figure 52 : Mortalité estimée par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi

D'après ces résultats, les éoliennes E3, E4 et E6 pourraient être les plus mortifères. Toutefois, les faibles différences entre ces données et la faible précision des estimations ne permettent pas de conclure sur ce point.

4.3.5.3 Analyse taxonomique

Durant le suivi, deux cadavres de Pipistrelle de Kuhl et un cadavre de Pipistrelle commune ont été retrouvés sous l'éolienne E4 (figure suivante), un cadavre de chaque espèce sous l'éolienne E6, et enfin que des cadavres de Pipistrelle commune sur toutes les autres éoliennes.

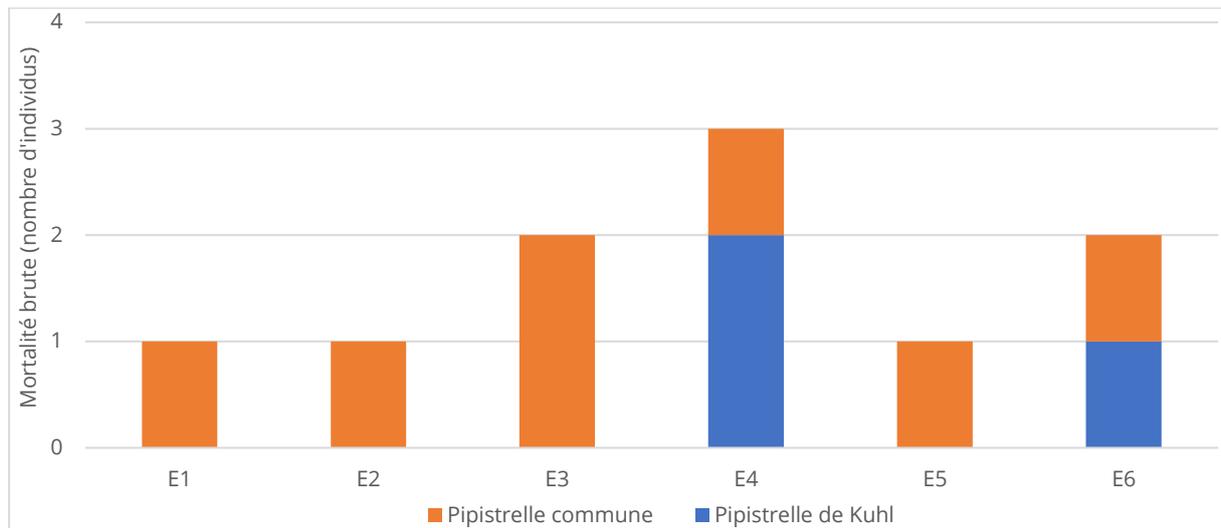


Figure 53 : Mortalité brute en fonction de chaque espèce, recensée par éolienne

D'après ces résultats, il est possible que l'éolienne E4 présente un risque plus accru sur les Pipistrelles. Lors du suivi 2020, c'est l'éolienne E1 qui avait été plus mortifère avec cinq cadavres retrouvés.

Toutefois, d'avantage de données seraient nécessaires pour conclure avec certitude sur ce point.

4.3.5.4 Analyse phénologique

Durant le suivi, huit cadavres ont été retrouvés sous les éoliennes E1, E2, E4, E5 et E6 durant la période de mise-bas et d'élevage des jeunes (figure suivante). Par ailleurs, deux cadavres ont été découverts durant la période de transits automnaux et swarming, sous l'éolienne E3.

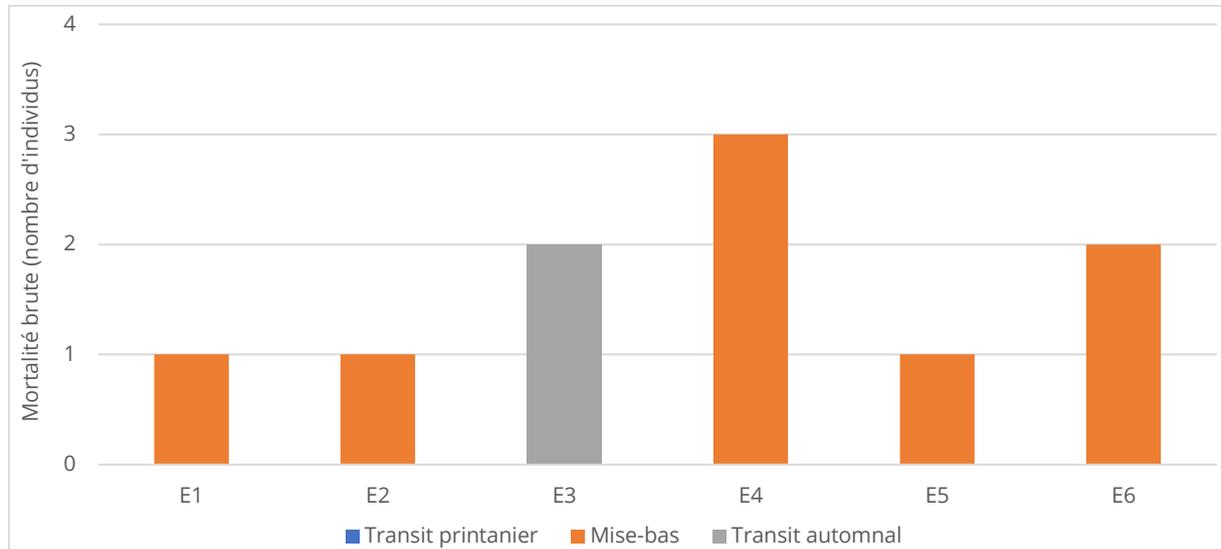


Figure 54 : Périodes biologiques de découverte des individus, par éolienne

D'après ces résultats, toutes les éoliennes sont mortifères. L'éolienne E4 pourrait être la plus mortifère, mais le faible nombre de données et les faibles différences entre les éoliennes ne nous permettent pas de conclure sur ce point.

Lors du suivi 2020, l'éolienne E1 apparaissait la plus mortifère notamment pendant les périodes de mise-bas et de transits automnaux.

4.3.6 Identification des causes potentielles de la mortalité engendrée sur le parc éolien

4.3.6.1.1 Généralités

Il existe de nombreux facteurs pouvant engendrer ou accroître les risques de collision des chiroptères avec les turbines. Ceux-ci peuvent être liés à :

- l'espèce (sensibilité),
- la période (comportements à risque, abondance des individus, etc.),
- la localisation du parc et son agencement (présence de boisements, de haies, etc.),
- la météorologie (température, vent, etc.).

L'origine d'une collision est le plus souvent liée à un recoupement de plusieurs de ces facteurs. Il convient ainsi, lorsque cela est possible, de les identifier afin de déterminer les causes principales de la mortalité sur le parc éolien, et si cela est justifié, d'appliquer d'éventuelles mesures correctrices.

4.3.6.1.2 Identification des causes

Le tableau suivant synthétise les caractéristiques de chaque cadavre recensé durant le suivi.

Date	Espèce	Éolienne	Statut	Sexe	Âge	Blessure
07/06/2021	Pipistrelle de Kuhl	E4	Mise-bas et élevage des jeunes	-	Adulte	Sans blessure visible
28/06/2021	Pipistrelle commune	E6	Mise-bas et élevage des jeunes	-	Adulte	Sans blessure visible
05/07/2021	Pipistrelle commune	E2	Mise-bas et élevage des jeunes	-	Adulte	Sans blessure visible
05/07/2021	Pipistrelle de Kuhl	E4	Mise-bas et élevage des jeunes	-	Adulte	Sans blessure visible
19/07/2021	Pipistrelle commune	E1	Mise-bas et élevage des jeunes	-	Adulte	Aile / Tête
19/07/2021	Pipistrelle de Kuhl	E6	Mise-bas et élevage des jeunes	-	Adulte	Sans blessure visible
02/08/2021	Pipistrelle commune	E5	Mise-bas et élevage des jeunes	-	Adulte	Aile / Tête
11/08/2021	Pipistrelle commune	E4	Mise-bas et élevage des jeunes	-	Adulte	Ventre
25/08/2021	Pipistrelle commune	E3	Transits automnaux et swarming	-	Adulte	Sans blessure visible
08/09/2021	Pipistrelle commune	E3	Transits automnaux et swarming	-	Adulte	Sans blessure visible

Tableau 29 : Précisions sur chaque individu découvert

D'après les caractéristiques des individus retrouvés, ainsi que des analyses spatiales et saisonnières effectuées précédemment dans ce rapport, plusieurs causes récurrentes peuvent être à l'origine de la mortalité sur le parc de Coulanges :

4.3.6.1.3 Causes saisonnières

L'analyse effectuée par période suggère une mortalité plus forte lors de la saison de mise-bas et d'élevage des jeunes. En outre, et étant donnée leur phénologie, les huit individus de pipistrelles retrouvés durant cette période semblent effectivement avoir été tués lors d'un contexte de recherche de nourriture. Compte tenu de ces éléments, le parc éolien de Coulanges pourrait effectivement représenter un risque plus important pour les chiroptères en période estivale.

4.3.6.1.4 Causes spatiales

La totalité des éoliennes sont situées à proximité de zones boisées. Cependant, l'éolienne E4 qui présente le plus de mortalité, est l'éolienne située le plus loin des zones boisées. Lors de ce suivi, la distance des zones boisées aux éoliennes n'apparaît pas comme étant un facteur déterminant à la mortalité des chauves-souris. Par ailleurs, la présence de ces zones boisées autour de chaque éolienne reste une menace constante pour les chauves-souris.

4.3.6.1.5 Causes multifactorielles

La mortalité observée, notamment lors de la période de mise-bas et d'élevage des jeunes, pourrait supposer que les individus utilisent le site comme axes de transit afin de se diriger vers les boisements dans le but de se nourrir.

Les causes principales de la mortalité sur le parc semblent être liées à :

- l'habituelle forte activité des chiroptères durant l'été et le début de l'automne (nourrissage, émancipation des jeunes, rassemblement automnal, accouplements, etc.), recoupant en partie la période de mise-bas et d'élevage des jeunes, ainsi que la période de swarming et de transit automnal ;*
- la présence de zones boisées pouvant engendrer un risque accru sur les chiroptères, les milieux boisés et les alignements arborés et arbustifs étant généralement riches et régulièrement fréquentés par les chauves-souris.*

4.3.7 Incidences spécifiques du parc éolien sur les chiroptères

4.3.7.1 Patrimonialité et risque pour les populations d'espèces

Le tableau suivant synthétise les statuts réglementaires et de conservation des espèces ayant été directement impactées par le parc de Coulanges, ainsi que leur sensibilité et leur vulnérabilité face au risque de collision avec les éoliennes.

Espèce	Statuts réglementaires		Statut de conservation national (UICN)	Statut de conservation régional (UICN)	Note de risque éolien	Effectifs
	Directive Habitat-Faune-Flore	Mammifères protégés France				
Pipistrelle commune	Annexe II	Article 2	NT	LC	3,5	7
Pipistrelle de Kuhl	Annexe II	Article 2	LC	LC	2,5	3

LC : Préoccupation mineure / NT : Quasi menacée / VU : Vulnérable / EN : en danger / DD : Données insuffisantes / NA : Non applicable / NE : Non évalué
 : Éléments de patrimonialité

Tableau 30 : Statuts des différentes espèces impactées et nombre de collision observées

Au regard des statuts de conservation correspondant à la phase du cycle biologique des individus découverts et le risque pour les espèces concernées face aux éoliennes, une espèce est à considérer avec vigilance sur le parc de Coulanges : La Pipistrelle commune.

Biographie de la Pipistrelle commune

La Pipistrelle commune est classée « Quasi menacée » au niveau national. C'est l'espèce la plus rencontrée en France et il est probable que des colonies vivent à proximité du parc. Possédant la faculté de voler en hauteur tout comme en rase-motte, il n'est donc pas étonnant de retrouver des cadavres sous toutes les éoliennes du parc. Elles présentent des caractéristiques de comportement à risque vis-à-vis des éoliennes par sa prépondérance à chasser les insectes là où ils pullulent, notamment près des mâts d'éoliennes qui, en état de marche, peuvent attirer les insectes par la chaleur dégagée. Néanmoins, les suivis Vigie-nature et les comptages des colonies sur le long terme montrent une tendance significative de déclin de l'espèce⁵. Ainsi, un nombre important de cas de collision pourrait représenter un impact non négligeable sur la population locale.

Parmi les deux espèces découvertes, la Pipistrelle commune présente un état de conservation défavorable à l'échelle nationale (NT). De plus, elle est sujette à un risque (3,5) élevé pour les populations face aux impacts de collision.

⁵ Arthur L. & Lemaire M. 2015. Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg & Suisse. Biotope Editions, Mèze, Publications scientifiques du Muséum, Paris

4.3.7.2 Corrélation avec le suivi comportemental

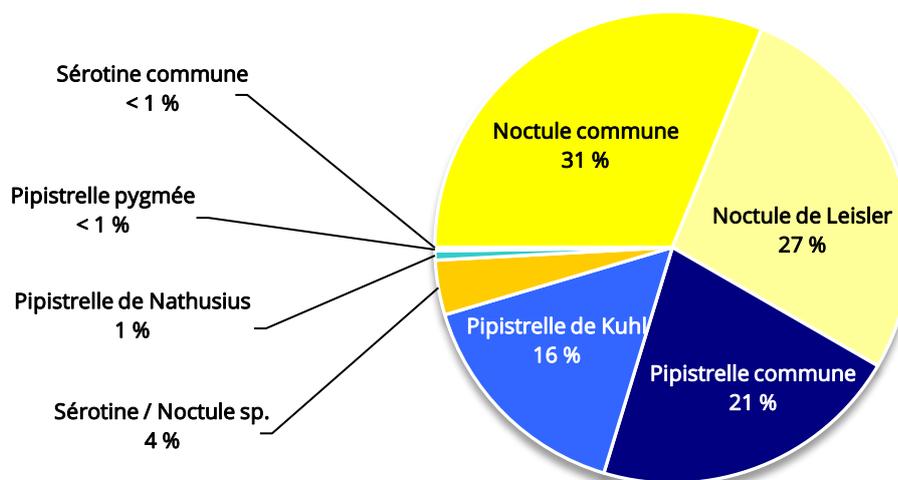


Figure 55 : Répartition des contacts par espèces ou groupes d'espèces sur l'ensemble de la période d'étude

Il est intéressant de noter que l'activité chiroptérologique recensée sur le parc est essentiellement due à celle des noctules (58 % des contacts). Les autres espèces contactées sont principalement la Pipistrelle commune (21 % des contacts) et la Pipistrelle de Kuhl (16 % des contacts). Ces résultats sont cohérents avec les deux espèces retrouvées sous les éoliennes du parc, à savoir la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl. Aucune noctule n'a été trouvée en 2021 contrairement au suivi 2020 où une Noctule commune et une Noctule de Leisler avaient été recensées. Avec un total de 20 cadavres de chauves-souris sur les deux années de suivis, une corrélation entre l'activité relevée par les enregistrements et la mortalité avérée pourrait être supposée. En effet, même si l'activité est dominée par les noctules sur les deux années d'inventaire, les pipistrelles sont toutefois bien présentes (près de 40 % des contacts en 2021). Il n'est donc pas étonnant que 16 cadavres sur les 20 découverts lors des deux années de suivi soient des pipistrelles. En revanche, la faible mortalité des noctules est plutôt surprenante.

Avec la mise en place de la programmation préventive des machines le 7 septembre 2021, seulement un cadavre a été retrouvé à partir de cette date. A noter qu'en 2020, aucun cadavre n'a été retrouvé à partir de fin-août.

On notera que les nuits présentant une forte activité, coïncident avec les périodes durant lesquelles une mortalité est apparue (cf. graphique suivant). Les pipistrelles sont très actives de juin à septembre, période où tous les cadavres ont été retrouvés.

La mortalité chiroptérologique estimée sur le parc de Coulanges est considérée comme élevée. Les conclusions du suivi comportemental à hauteur de nacelle montrent une activité chiroptérologique élevée sur le site.

Sur le site de Coulanges, l'activité chiroptérologique est jugée comme élevée. Elle est corrélée avec une mortalité estimée jugée comme élevée.

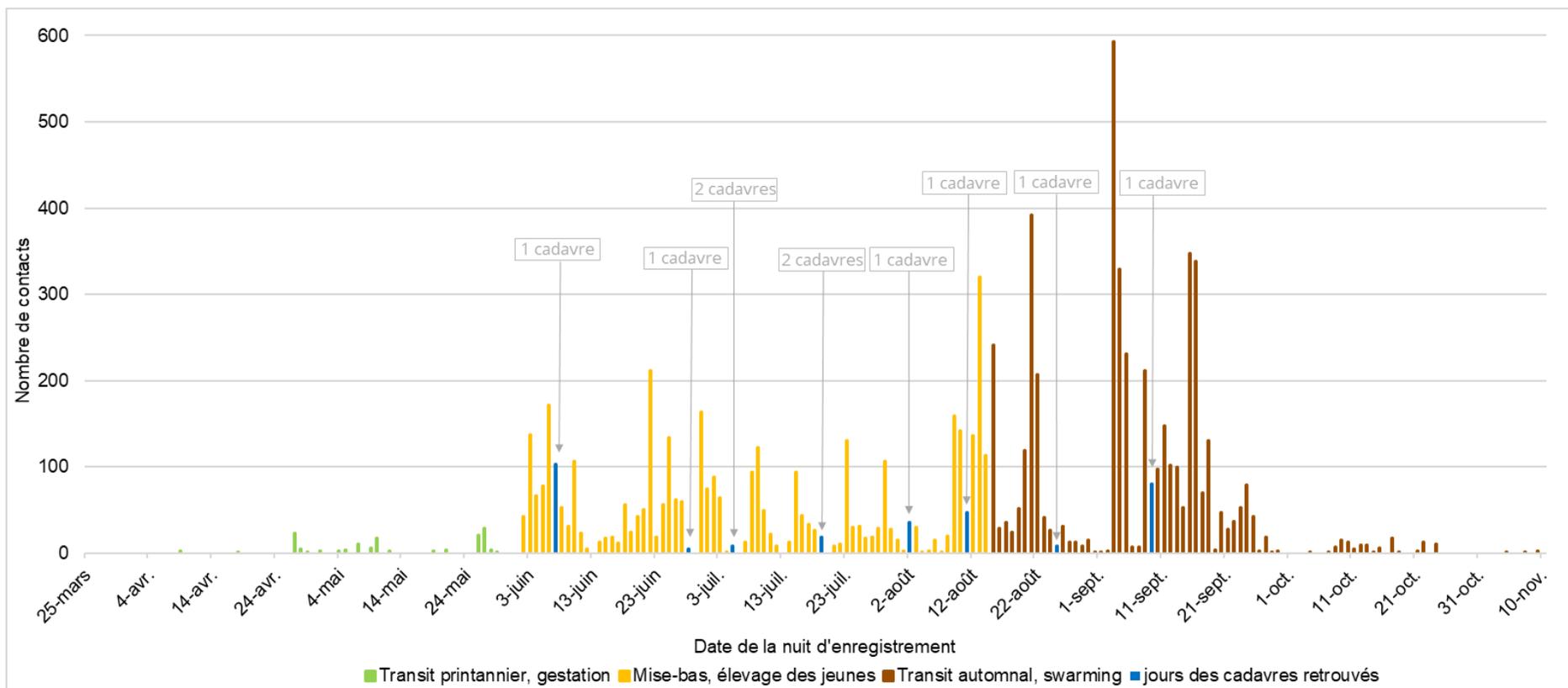


Figure 56 : Cadavres retrouvés en fonction de l'activité journalière

4.3.8 Comparaisons avec des données de 2021 avec celles de 2020

4.3.8.1 Comparaison des résultats globaux

4.3.8.1.1 Mortalité brute

La comparaison de la mortalité sur le parc de Coulanges est basée sur les sorties effectuées en 2020 et 2021. Sur ce parc, dix chiroptères ont été retrouvés en 2020 et dix en 2021 soit 20 individus au total (tableau suivant). La mortalité brute en 2021 est équivalente en comparaison de celle de 2020.

Les espèces les plus impactées sur les deux années de suivi sont la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl (figure suivante). Sur les cinq espèces retrouvées en 2020, seule une l'est aussi en 2021 : la Pipistrelle de Kuhl.

Espèce	Année	
	2020	2021
Pipistrelle commune	0	7
Pipistrelle de Kuhl	5	3
Noctule commune	1	0
Noctule de Leisler	1	0
Sérotine commune	1	0
Pipistrelle sp.	1	0
Chiroptère sp.	1	0

Tableau 31 : Mortalité brute observée par espèce sur le parc en 2020 et 2021

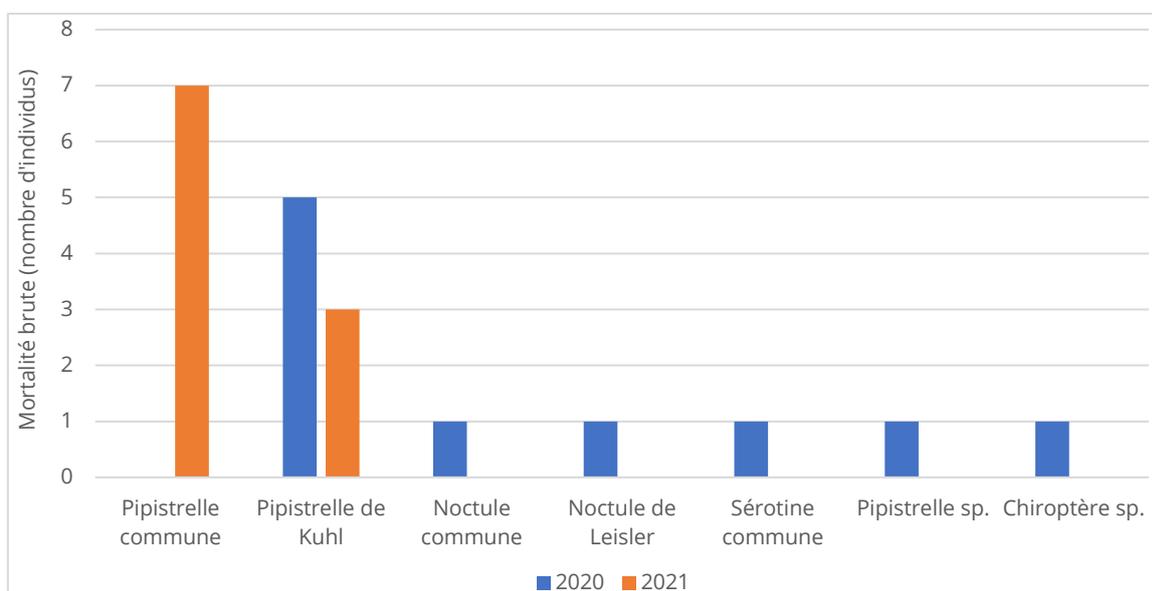


Figure 57 : Mortalité brute observée par espèce sur le parc en 2020 et 2021

Les données récoltées sur les deux années de suivi suggèrent une tendance quant à la vulnérabilité de la Pipistrelle commune et de la Pipistrelle de Kuhl sur le Parc de Coulanges.

4.3.8.1.2 Mortalité estimée

Le tableau suivant compile les résultats de la mortalité estimée pour l'ensemble du parc éolien sur les périodes de suivi des années 2020 et 2021, selon les différentes méthodes retenues.

Méthodes	Mortalité estimée	
	2020	2021
Erickson	79,33 (17,55 – 178,41)	66,12 (25,55 – 131,88)
Jones	128,68 (28,39 – 318,64)	97,78 (36,64 – 229,34)
Huso	82,13 (18,04 – 183,80)	70,53 (27,51 – 136,96)
Moyenne	96,71	78,14

Entre parenthèses : intervalles de confiance à 95 %

Tableau 32 : Estimations de la mortalité des chiroptères pour l'ensemble du parc sur la période de suivi et selon les méthodes utilisées, en 2020 et 2021

Les estimations varient de 79 à 129 individus sur l'ensemble du parc éolien de Coulanges sur la période de suivi de l'année 2020. Sur l'année 2021, les estimations varient de 66 à 98 individus.

La moyenne est de 97 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi de l'année 2020 et 78 individus pour l'année 2021, ce qui représente une mortalité estimée d'environ 16,12 individus par éolienne sur le suivi 2020 et 13,02 individus par éolienne sur le suivi 2021.

A noter que la précision des estimations est faible lors des deux années (intervalle de confiance larges).

La mortalité moyenne estimée sur le parc éolien de Coulanges qui était de 97 individus environ en 2020 est passée à environ 78 en 2021, représentant une baisse de près de 20 %. Cette faible différence pourrait refléter une certaine homogénéité de la mortalité entre ces deux années. La faible précision des estimations de la mortalité (intervalles de confiance larges) ne peut pas certifier cette baisse de mortalité entre les deux années de suivi. Par ailleurs, des mesures préventives sur les éoliennes ont été mises en place à partir du 7 septembre 2021, et seulement un cadavre a été découvert depuis cette date (8 septembre 2021).

4.3.8.2 Comparaison des résultats saisonniers

4.3.8.2.1 Mortalité brute

Des cadavres de chiroptères ont été retrouvés durant toutes les phases du cycle biologique en 2020, alors qu'aucun cas de mortalité n'est recensé lors de la phase de transit printanier en 2021 (figure suivante). Par ailleurs, le nombre de cas de mortalité est inférieur en 2020 pour la phase de mise-bas et d'élevage des jeunes, mais supérieur lors de la période de transits automnaux et swarming.

A noter qu'en 2020, seulement 24 sorties ont été réalisées contre 30 en 2021. De plus, un bridage des éoliennes a été mis en place le 7 septembre 2021.

Année	Transit printanier	Mise-bas	Transit automnal
2020	1	5	4
2021	0	8	2

Tableau 33 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2020 et 2021

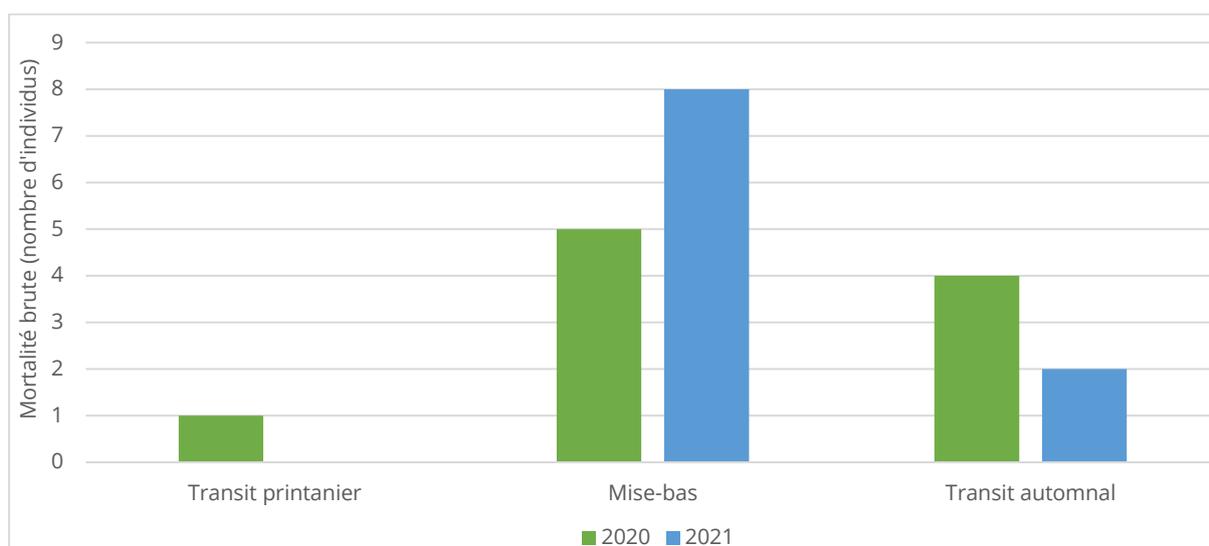


Figure 58 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2020 et 2021

4.3.8.2.2 Mortalité estimée

Le graphique suivant présente les estimations moyennes de la mortalité en fonction des phases biologiques sur les deux années de suivi, selon les estimateurs les plus fiables. En 2020, la mortalité estimée apparaît être plus forte durant la période de transit printanier, étant donné qu'il n'y ait pas eu de cadavre retrouvé en 2021, et pendant la période de transits automnaux. En 2021, celle-ci apparaît être plus importante durant la période de mise-bas et d'élevage des jeunes. Toutefois, en raison d'intervalles de confiance différents entre les deux années de suivi, aucune comparaison n'est possible. On ne peut parler ici que de tendances.

Année	Transit printanier	Mise-bas	Transit automnal
2020	12,31	53,31	32,70
2021	-	79,3	16,14

Tableau 34 : Mortalité moyenne (Huso, Jones et Erickson) estimée sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2020 et 2021

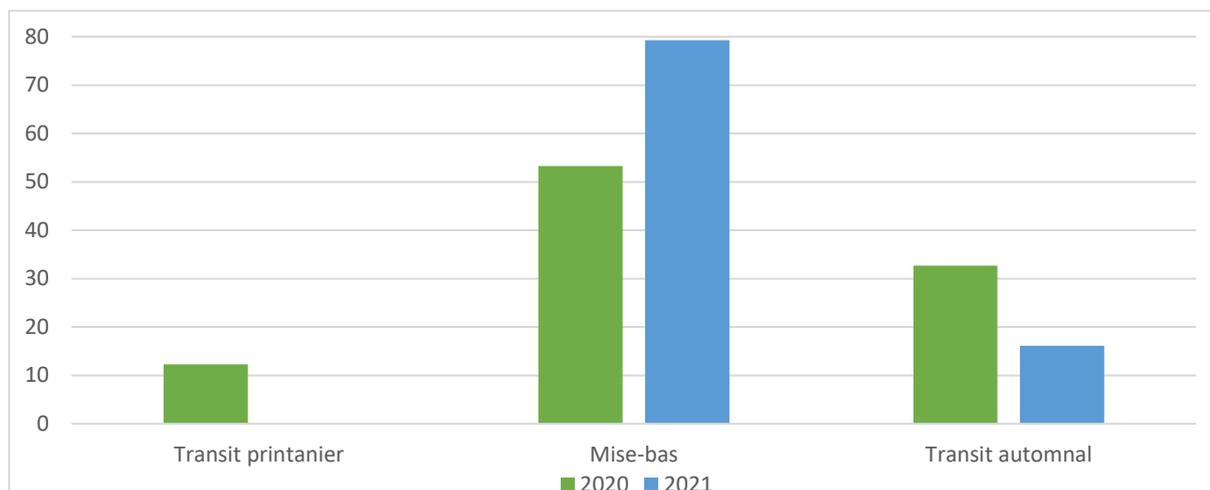


Figure 59 : Mortalité estimée moyenne par sortie sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2020 et 2021

Compte tenu des résultats obtenus sur les deux années consécutives, il est possible que la période de mise-bas et d'élevage des jeunes soit bien plus mortifères, ce qui coïncide avec les résultats du suivi de l'activité en hauteur. La période de transits printanier semble être la moins mortifère, mais seulement quatre sorties ont été réalisées pendant cette phase. Ces interprétations doivent être étudiées avec prudence étant donné la faible robustesse des estimations.

4.3.8.3 Comparaison des résultats spatialisés

4.3.8.3.1 Mortalité brute

Des cadavres de chiroptères ont été retrouvés sous quatre des six éoliennes en 2020 et sous les six éoliennes en 2021 (figure suivante). Au moins un cadavre a donc été retrouvé par éolienne sur l'ensemble des deux années de suivi. En 2020, la mortalité est plutôt concentrée sur l'éolienne E1 avec la moitié des cadavres comptabilisés. En 2021, la répartition est bien plus homogène avec trois cadavres pour E4, deux cadavres pour E3 et E6, et enfin, un cadavre pour les autres éoliennes.

Année	E1	E2	E3	E4	E5	E6
2020	5	2	1	2	0	0
2021	1	1	2	3	1	2

Tableau 35 : Mortalité brute par éolienne en 2020 et 2021

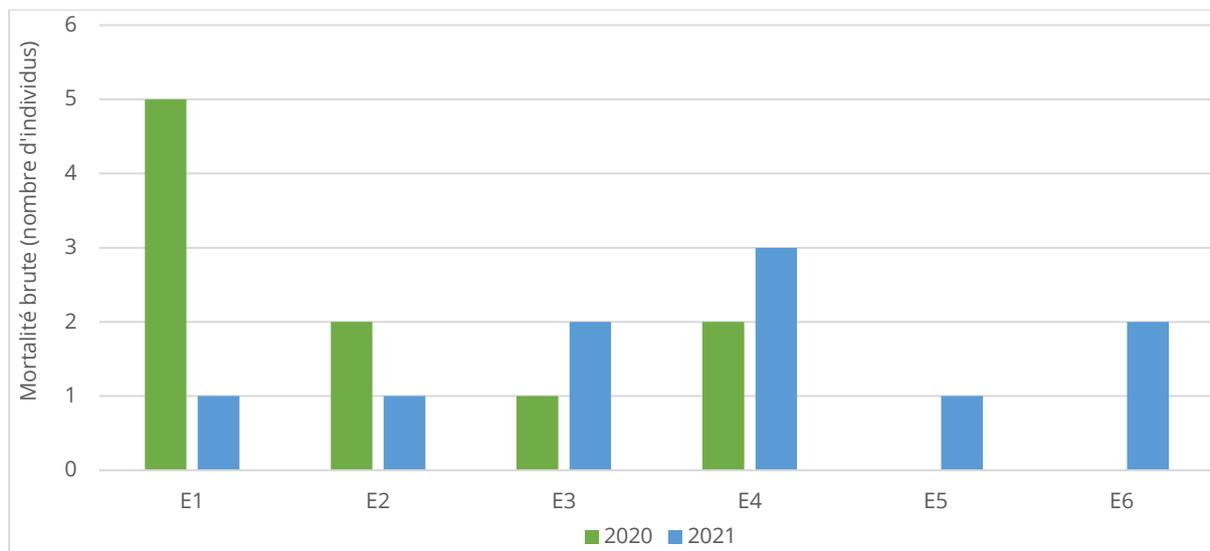


Figure 60 : Mortalité brute par éolienne en 2020 et 2021

4.3.8.3.2 Mortalité estimée

Le graphique suivant présente les estimations moyennes de la mortalité en fonction des éoliennes sur les deux années de suivi. Cette comparaison révèle une certaine homogénéité quant à la répartition de la mortalité estimée sur les éoliennes E3 et E4. Par ailleurs, la mortalité estimée est nettement plus élevée en 2020 sur les éoliennes E1 et E2. Par ailleurs, elle est plus élevée en 2021 pour les éoliennes E5 et E6.

De même que pour la mortalité estimée par saison, les intervalles de confiance sont différents entre les deux années de suivi, donc aucune comparaison n'est possible. On ne peut parler ici que de tendances.

Année	E1	E2	E3	E4	E5	E6
2020	53,5	20,27	10,34	23,58	-	-
2021	7,70	7,49	17,03	22,16	8,35	16,58

Tableau 36: Mortalité estimée par éolienne en 2020 et 2021

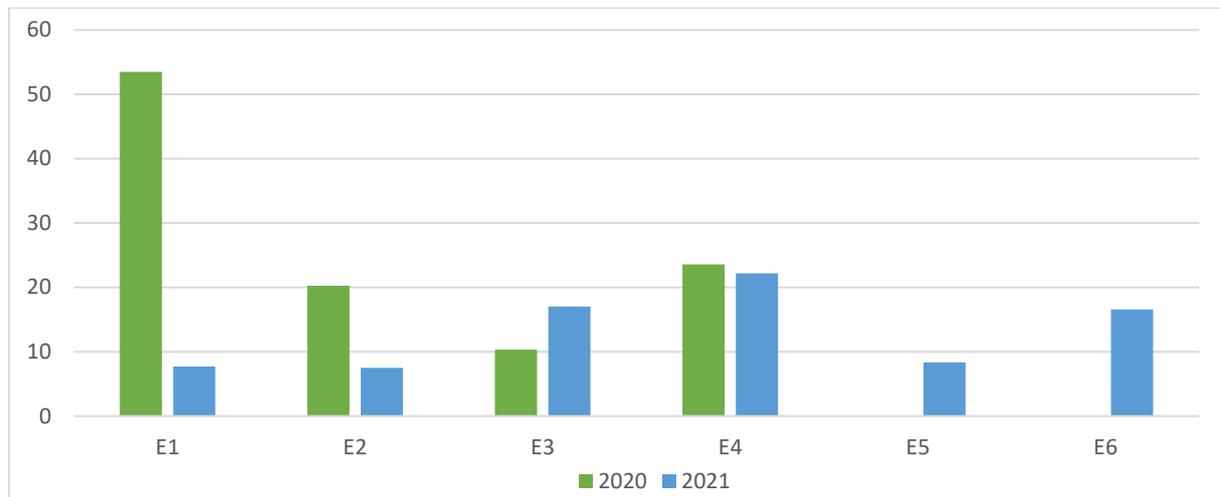


Figure 61 : Mortalité moyenne (Huso, Jones et Erickson) estimée par éolienne en 2020 et 2021

Les résultats obtenus sur les deux années suivies suggèrent une certaine homogénéité spatiale de la mortalité sur les éoliennes E3 et E4, mais des résultats assez différents pour les autres éoliennes. En effet, les éoliennes E1 et E2 semblent plus mortifères en 2020, tandis que les éoliennes E5 et E6 semblent plus mortifères en 2021. Ces résultats sont également à prendre avec précaution étant donné la présence de larges intervalles de confiance.

4.3.8.4 Incidences sur les populations des espèces concernées

Lors du suivi 2020, trois espèces (Noctule commune, Noctule de Leisler et Sérotine commune) avec des statuts de conservation défavorables à l'échelle nationale et/ou régionale, et présentant une forte sensibilité face aux risques de collision, ont été retrouvées. L'impact du parc a été qualifié de faible étant donné la présence d'un cas de mortalité pour chacune de ces espèces. En 2021, aucun individu de ces trois espèces n'a été découvert.

En ce qui concerne la pipistrelle de Kuhl, cinq individus ont été découverts en 2020 et trois en 2021. Ainsi, avec un total de huit cadavres sur deux années de suivi, l'impact du parc éolien sur l'espèce peut être considéré comme modéré.

Enfin, avec un total de sept cadavres retrouvés en 2021, contre aucun en 2020, la Pipistrelle commune est l'espèce la plus touchée lors de cette année d'inventaire. Son statut de conservation étant défavorable à l'échelle nationale (Quasi menacée) et sa sensibilité face aux risques de collision étant élevée, l'impact du parc sur l'espèce est qualifié d'élevé.

Les futures années de suivi seront déterminantes quant à l'identification d'une potentielle récurrence de mortalité chez ces espèces. Ainsi, des impacts significatifs chez une ou plusieurs espèces pourraient survenir. Il sera donc nécessaire de surveiller si d'éventuels nouveaux cas apparaissent, afin de pouvoir éventuellement en limiter les causes, notamment avec la mise en place de nouvelles mesures préventives des machines. En effet, un bridage des machines était prévu pour l'année 2021 mais a connu des dysfonctionnements, ce qui a empêché sa mise en place dès le 1^{er} juillet. Un nouveau bridage sera programmé sur les machines dès le mois de mai 2022.

Compte tenu de la mortalité observée et des effectifs concernés, le parc de Coulanges présente à l'heure actuelle, un impact significatif sur une espèce particulière : la Pipistrelle commune. En effet, l'espèce a été retrouvée à sept reprises sur le parc éolien de Coulanges en 2021, présente un statut de conservation défavorable à l'échelle nationale (NT), et est une espèce sensible au risque de collision.

Ainsi, il sera nécessaire de surveiller avec attention l'évolution des cas de mortalité durant les prochaines années de suivi. De plus, la mise en place de nouvelles mesures préventives sur les machines, corrélées aux données de suivi comportemental en hauteur de 2021 est jugée essentielle dans le but de protéger les effectifs chiroptérologiques face aux risques éoliens.

4.3.9 Synthèse

- *Dix cadavres de chiroptères : sept Pipistrelles communes et trois Pipistrelles de Kuhl ont été recensés sur le parc de Coulanges durant ce suivi 2021. La mortalité brute est ainsi de 1,67 individu / éolienne sur la période de suivi s'étalant d'avril à octobre.*
- *La moyenne des estimations est de 79,3 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi.*
- *La mortalité estimée sur le parc de Coulanges est qualifiée d'élevée.*
- *Les cas de mortalité recensés par espèce sur le parc de Coulanges sont assez représentatifs en comparaison de ce qui est observé en France et en Europe. La Pipistrelle commune, et la Pipistrelle de Kuhl sont, en effet, des espèces fréquemment concernées par des cas de mortalité.*
- *La mortalité des chiroptères semble concentrée de juin à septembre, soit notamment durant les phases de mise-bas et d'élevage des jeunes et le début des transits automnaux et de swarming, périodes de forte activité des chiroptères. Depuis la mise en place du bridage le 7 septembre 2021, seulement un cadavre a été retrouvé.*
- *Il est possible que le parc de Coulanges présente un risque accru sur la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl, espèces étant assez fortement présentes sur le site pendant les périodes de mise-bas et de transits automnaux.*
- *L'éolienne E4, et en moindre mesure, les éoliennes E3 et E6, pourraient être les plus mortifères. Toutefois, il convient de rester prudent sur cette interprétation, compte tenu du faible nombre de données exploitées et de la faible précision des estimations.*
- *Aucune interprétation ne peut être tirée quant à l'impact d'une ou plusieurs éoliennes sur une espèce ou une phase biologique particulière.*
- *Les causes principales de la mortalité sur le parc de Coulanges semblent liées à :*
 - *l'habituelle forte activité des chiroptères durant l'été et l'automne (nourrissage, émancipation des jeunes, rassemblement automnal, accouplements, etc.),*
 - *la localisation du parc au sein d'un secteur boisé, milieu généralement riche et densément fréquenté par les chiroptères.*
- *Parmi les deux espèces recensées, la Pipistrelle commune présente une note de risque élevée face à l'éolien (3,5). De plus, celle-ci porte un statut de conservation défavorable à l'échelle nationale (NT).*
- *Parmi les espèces à enjeu et/ou à sensibilité élevée, et ciblées lors de l'étude d'impact, seule la Pipistrelle commune a été recensée durant de ce suivi 2021.*
- *Compte tenu de la mortalité observée et des effectifs concernés durant les deux années de suivi, le parc de Coulanges présente, à l'heure actuelle, un impact significatif sur une espèce : la Pipistrelle commune.*
- *Ainsi, il sera nécessaire de surveiller avec attention l'évolution des cas de mortalité durant la prochaine année de suivi prévue en 2022, notamment de Pipistrelle commune et de Pipistrelle de Kuhl.*

- *Une nouvelle programmation préventive des éoliennes est effectuée ci-après afin de limiter les impacts du parc sur les chiroptères, et notamment sur la Pipistrelle commune.*



5 Mesures correctrices

5.1.1.1.1 Mesures correctrices proposées pour réduire l'incidence sur les chiroptères

Le bilan des mesures mises en place et de leur efficacité sur les deux années de suivi est réalisé à la suite du suivi 2021. Les résultats du suivi d'année 1 (août à novembre 2020) avaient mis en avant des impacts significatifs sur les populations aviaires ou chiroptérologiques. Des mesures correctrices avaient donc été mises en place.

Les résultats du suivi d'année 2 montrent une mortalité chiroptérologique élevée comme lors du suivi d'année 1, notamment avec la mise en place tardive du bridage des éoliennes le 7 septembre 2021 (problèmes de communication avec le turbinier). L'activité en hauteur de 2021 montre une activité élevée de fin mai à début octobre. Certains mois (mai et juin) ne sont pas pris en compte dans le bridage initial, et de la mortalité est survenue en 2021 au mois de juin. Ces éléments induisent la mise en place d'une nouvelle mesure de réduction pour 2022.

Mesure prise suite au suivi d'année 1 (2020) pour la deuxième année (2021)

Programmation préventive des éoliennes en fonction de l'activité chiroptérologique

Cette mesure est détaillée ci-après :

Type de mesure : Mesure de réduction.

Impact brut : Risque de collision par les chiroptères.

Objectif : Diminuer la mortalité directe sur les chiroptères.

Description de la mesure : Un protocole d'arrêt de toutes les éoliennes du parc sous certaines conditions (humidité, température, vitesse du vent, et saison), sera mis en place du 1^{er} juillet au 15 octobre lors de la deuxième année d'exploitation (2021). Cet arrêt des pales, lorsque les conditions sont les plus favorables à l'activité des chiroptères, peut permettre de diminuer très fortement la probabilité de collision avec un impact minimal sur le rendement (Arnett et al. 2009).

Lors de la deuxième année de fonctionnement (2021), sur la période allant du 1^{er} juillet au 15 octobre 2021, les éoliennes auraient dû être arrêtées selon les conditions cumulatives suivantes. Cependant, la mesure de réduction n'a été effective qu'à partir du 7 septembre 2021.

Période	Dates	Modalité d'arrêt		
		Période d'arrêt	Vitesses inférieures de vent en m/s à hauteur de moyeu	Températures supérieures en °C à hauteur de moyeu
Cycle actif des chauves-souris	Juillet	D'une heure avant le coucher du soleil à une heure après le lever du soleil	6 m/s	15 °C
	Août		7 m/s	17 °C
	Septembre		6 m/s	15 °C
	Mi-October	Les quatre premières heures après le coucher du soleil	6 m/s	10 °C
Du 16 octobre au 30 juin		Pas d'arrêt préventif		

Tableau 37 : Modalités d'arrêt des éoliennes suite au suivi 2020

Les paramètres cumulés sur la période de programmation étaient prévus pour couvrir 88,2 % de l'activité chiroptérologique enregistrée du 1^{er} août au 15 octobre 2020. Les résultats 2021 montrent qu'un tel bridage aurait couvert 71,8 % de l'activité annuelle 2021. Mise en place à partir du 7 septembre 2021, la mesure de réduction a permis de couvrir l'activité chiroptérologique durant un peu plus d'un mois. **C'est d'ailleurs à partir de cette date qu'un seul cadavre de Chiroptères a été retrouvé sur le parc éolien de Coulanges.**

Le suivi 2020 ayant débuté le 12 août, n'a pas permis d'étudier l'activité chiroptérologique lors des périodes printanière et estivale. C'est pourquoi aucune mesure de réduction n'a pu être proposée et mise en place avant le mois de juillet.

Ainsi, les seuils de déclenchement et d'arrêt des éoliennes prévus en 2021 ne permettent pas de couvrir la majorité de l'activité. Il est proposé d'ajuster cette programmation préventive grâce aux résultats du suivi 2021, afin de couvrir un maximum d'activité chiroptérologique.

Afin de diminuer les impacts actuels du parc éolien sur les chiroptères, une nouvelle programmation préventive du fonctionnement des éoliennes sur la période d'activité des chauves-souris est préconisée.

Programmation préventive du fonctionnement de toutes les éoliennes du 1^{er} mai au 15 octobre.

Paramètres utilisés pour l'ajustement de la mesure correctrice

Période de l'année

Le premier critère d'arrêt est lié au cycle biologique des chiroptères. Ces derniers étant en phase d'hibernation entre la fin-novembre et la mi-mars (en fonction des conditions climatiques), un arrêt des éoliennes n'est pas jugé nécessaire durant cette période. Sur Coulanges, les inventaires 2021 montrent une activité plus importante en juin, juillet, août et septembre.

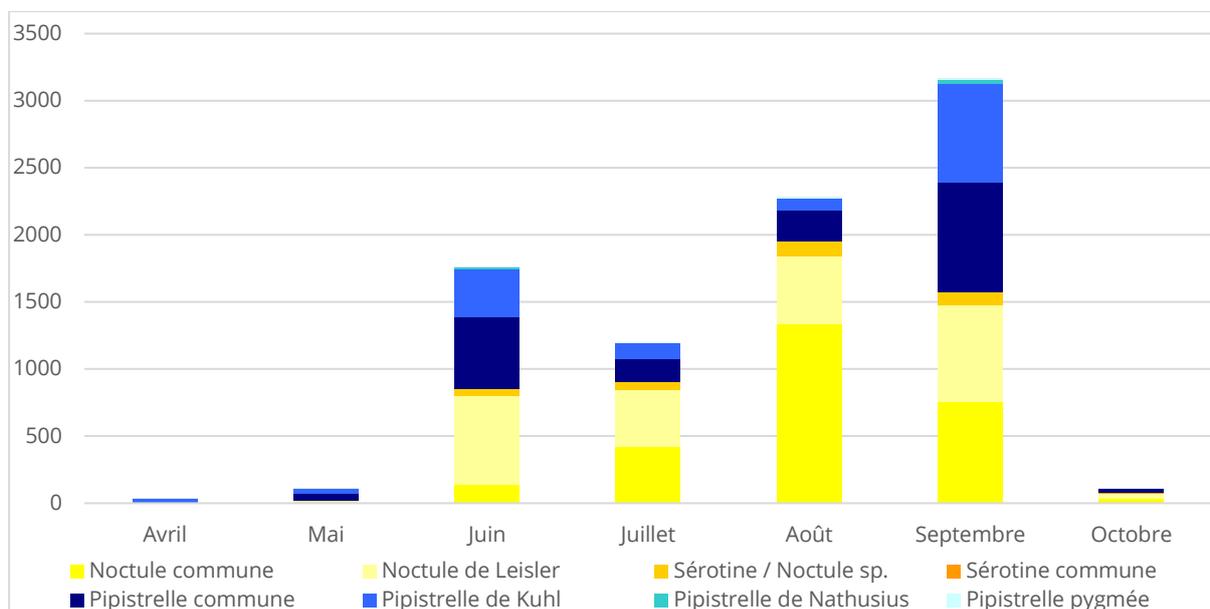


Figure 62: Répartition du nombre de contacts par mois complet d'enregistrement en 2021

Ainsi les seuils de déclenchement seront choisis en corrélation avec l'activité et la mortalité constatée et seront plus forts sur les mois où se concentre la majorité de l'activité.

Horaires

Pour la phase d'activité, le premier critère utilisé correspond à la tranche horaire journalière. L'activité des chiroptères étant nocturne, les arrêts se feront seulement à l'intérieur de la phase comprise entre le coucher et le lever du soleil. À l'intérieur de cette phase, les études et connaissances bibliographiques montrent que l'activité se concentre durant les premières heures de la nuit, mais peut persister également durant la nuit à certaines périodes. Sur le site, une large partie des contacts de chiroptères ont été enregistrés sur les cinq premières heures de la nuit (de fin mai à fin septembre), hormis d'août à fin septembre où les contacts sont répartis sur l'ensemble de la nuit. De plus, l'activité reprend avant le lever du soleil. Les autres périodes sont plus

conformes aux données bibliographiques, avec une activité plus faible (avril, mai, octobre, novembre).

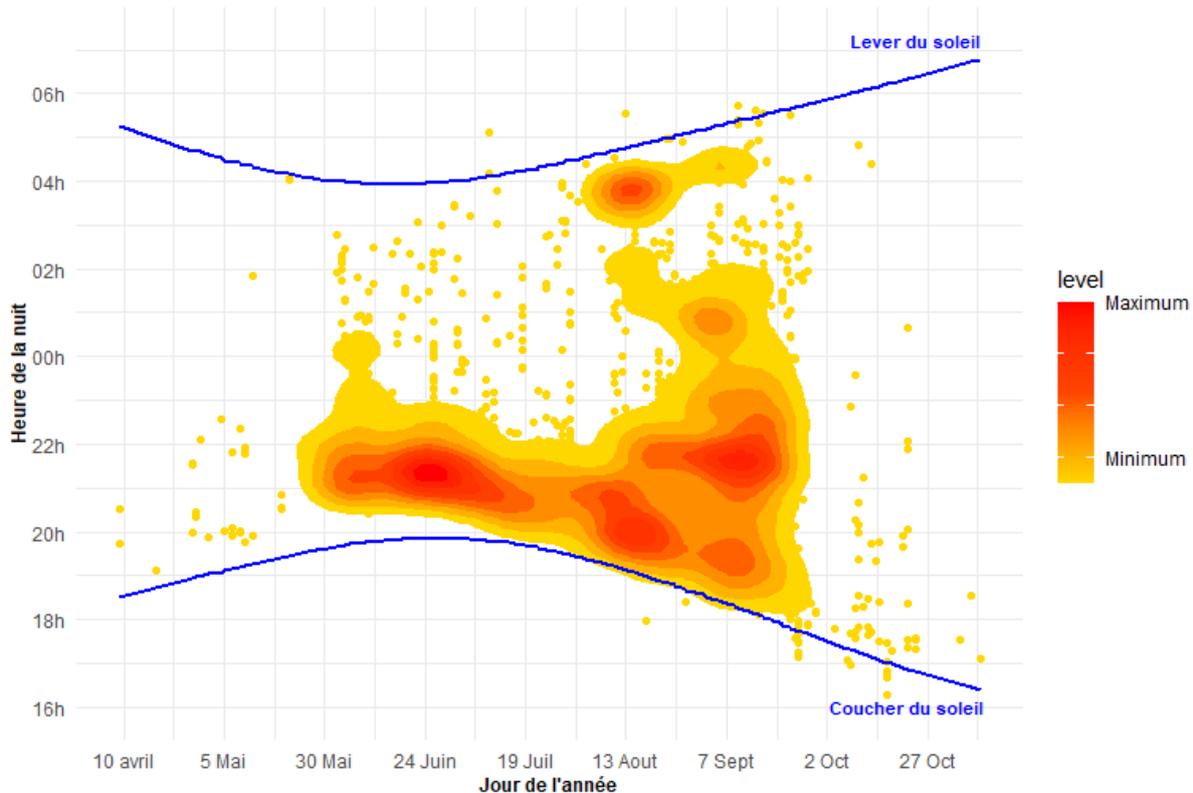


Figure 63 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien sur le site en 2021

Les périodes les plus sensibles sont situées durant les périodes estivale et automnale. Lors de ces périodes, les comportements de chasse active et de transit (vol d'altitude sur de longues distances) rendent les chauves-souris particulièrement vulnérables aux collisions.

Ainsi, les seuils de déclenchements seront choisis en fonction de l'activité par nuit mesurée sur le site. Les périodes qui comprennent le plus de contacts et une activité chiroptérologique répartie sur l'ensemble de la nuit seront privilégiées pour la mesure d'arrêt machine la plus longue, à savoir juin, juillet, août et septembre.

Vitesses de vent

Les connaissances bibliographiques et les retours d'études montrent une corrélation entre l'activité chiroptérologique et la vitesse du vent. Plus le vent est fort, plus l'activité chiroptérologique est faible.

Les inventaires sur site ont montré que les chiroptères ont volé majoritairement sous les 6,5 m/s avec plus de 97,5 % de l'activité sous cette valeur. Ce seuil est cependant considéré comme haut, les noctules qui supportent bien les fortes vitesses de vent et qui sont bien présentes sur le site en sont à l'origine. Un certain nombre de contacts est par ailleurs enregistré jusqu'à 9,5 m/s en 2021. La plupart des périodes sont concernées par ces fortes valeurs de vents.

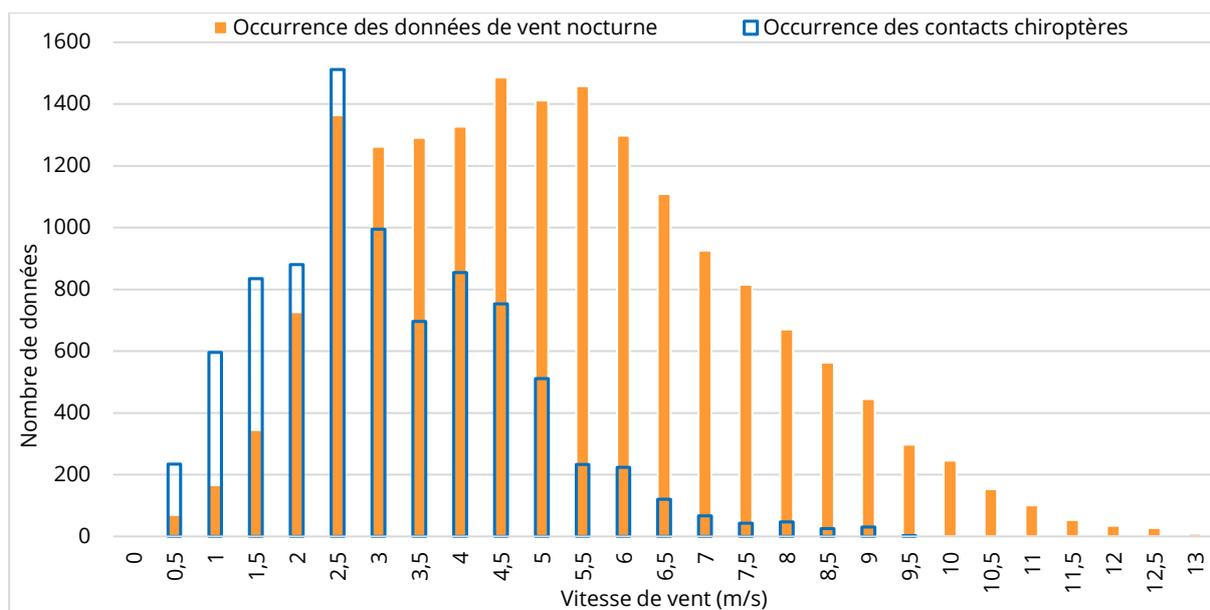


Figure 64 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent lors du suivi 2021

Les seuils de déclenchements tiendront comptes des capacités de vol des chiroptères. Les vitesses de vent qui comprennent le plus de contacts seront les valeurs sélectionnées pour appliquer la mesure de régulation des éoliennes. A titre indicatif, sur l'ensemble de l'année, 93,5 % de l'activité des chiroptères sont présents sous des vitesses de vent inférieures ou égales à 5,5 m/s

Température

En ce qui concerne la température, son effet sur l'activité chiroptérologique est moins évident. Nos retours d'expériences montrent en effet que la corrélation entre activité chiroptérologique et température peut varier grandement en fonction des conditions locales et des années, les animaux pouvant être actifs par temps frais si la nourriture vient à manquer par exemple.

Le paramètre température est important pour l'activité des chiroptères selon MARTIN & al. (2017). Les seuils définis dans le plan de programmation sont relativement conservateurs. MARTIN & al. (2017) préconisent notamment un seuil de 9,5 °C pour les saisons fraîches (début du printemps et automne).

Sur le site, une majorité du nombre total de cris est obtenu pour des températures supérieures à 13 °C. Cette tendance peut s'expliquer par la rareté des proies lorsque les températures sont trop basses. On observe que l'activité peut débuter dès 9 °C, ce qui corrobore le seuil de 9,5 °C proposé par la bibliographie.

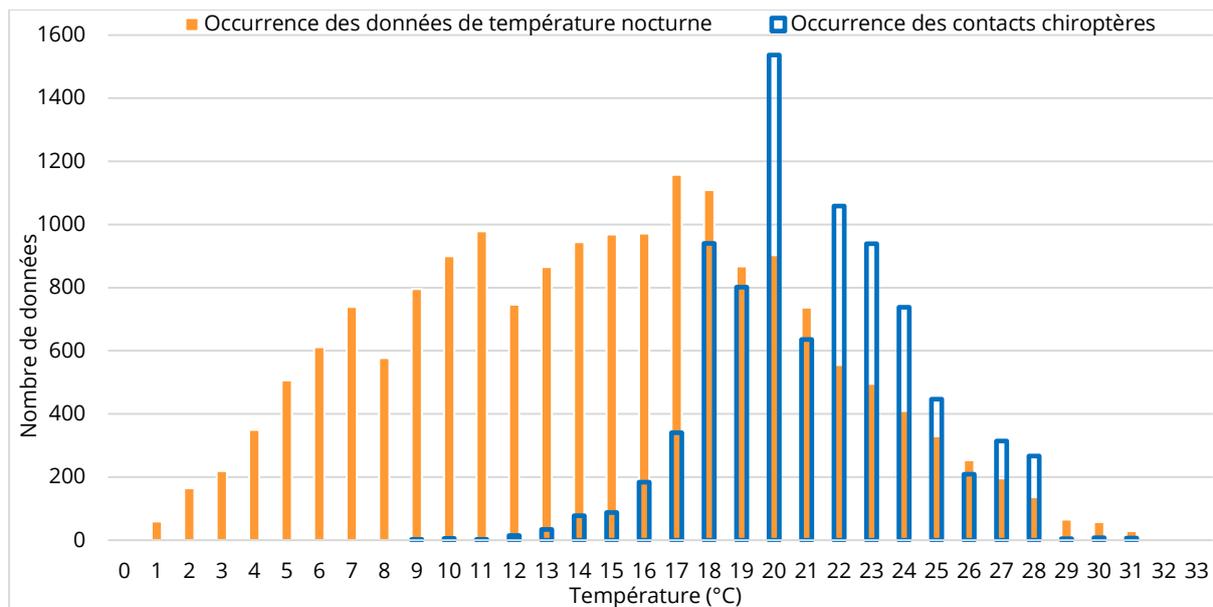


Figure 65 : Activité des chiroptères en fonction de la température lors du suivi 2021

Un seuil minimal de 10 °C est retenu pour les mois les plus froids et un seuil de 15 °C est proposé pour le reste de la période d'activité des chiroptères, conformément à la bibliographie et aux résultats sur site.

Présentation de l'ajustement de la mesure pour toutes les éoliennes :

La définition de ces critères est fondée sur les inventaires réalisés en nacelle, qui viennent corroborer pour la plupart l'analyse bibliographique. On notera que les périodes les plus restrictives pour la rotation des pales correspondent à la mise-bas et l'élévage des jeunes et aux transits automnaux et de swarming. Les inventaires ont effectivement montré une présence plus marquée des chiroptères lors de ces phases biologiques.

Cet ajustement prend en compte les périodes du cycle biologique où les chauves-souris sont actives.

Les critères retenus sont présentés dans le tableau suivant. Notons que dans le tableau est affiché le pourcentage de l'activité chiroptérologique couvert par la mesure pour chaque mois d'inventaire et finalement pour l'ensemble de la période étudiée (25 mars au 10 novembre).

Rappelons que l'arrêt est effectif lorsque les paramètres ci-après sont concomitants. La mesure est valable du 1^{er} mai au 15 octobre inclus d'une année calendaire.

Périodes		Mois	Contacts par mois	Pourcentage d'activité des chiroptères couvert par les critères suivants	Modalités d'arrêt		
					Heures après le coucher du soleil	Vitesse du vent à hauteur de moyeu	Température à hauteur de moyeu
Cycle actif des chiroptères	Phase printanière	Mars	0	0 %			
		Avril	33	0 %			
		Mai	107	77 %	Les 3 h après le coucher du soleil	Vitesse de vent inférieure à 5 m/s	Température de l'air supérieure à 12 °C
		Juin	1 763	97 %	Du coucher du soleil au lever du soleil		Vitesse de vent inférieure à 5,5 m/s
		Juillet	1 195	81 %			
		Aout	2 281	93 %	Une heure avant le coucher du soleil à une heure après le lever du soleil		
		Septembre	3 165	95 %	Les 4 h après le coucher du soleil	Température de l'air supérieure à 10 °C	
		Jusqu'au 15 octobre	67	32 %			
		Du 16 octobre à novembre	48	0 %			
	Total sur la période inventoriée (25 mars au 10 novembre)			8 659			

Tableau 38 : Programmation préventive des éoliennes suite aux inventaires 2021

Modalités de suivi de la mesure : Suivi de mortalité et de comportement acoustique en nacelle.

Responsable : Maître d'ouvrage / Écologie.

5.1.1.1.2 Mesures correctrices proposées pour réduire l'incidence avifaune

Le parc n'ayant pas d'incidence significative aux vu des résultats 2021, aucune mesure spécifique n'est proposée.

Table des illustrations

Figures

Figure 1 : Réactions des oiseaux en vol confrontés à un champs d'éoliennes sur leur trajectoire (d'après Albouy et al, 2001)	16
Figure 2 : Exemple de situation à risque : brouillard en hauteur masquant tout ou partie des pales.	18
Figure 3 : Diminution de l'activité de la Sérotine commune sur le parc éolien de Midlum	20
Figure 4 : Voies migratoires de la Noctule de Leisler (Popa-Lisseanu and Voigt from Hutterer et al. 2005.).....	21
Figure 5 : Représentation schématique des comportements de vols de chauves-souris à proximité d'une éolienne.....	26
Figure 6 : Dispositif installé dans la nacelle d'éolienne (copyright : B.A.T.).....	34
Figure 7 : Indices de confiance établis par Sonochiro® et risques d'erreurs associés	35
Figure 8 : Disque micro (premier plan), disque antenne et sonde (deuxième plan)	37
Figure 9 : BATmode et système d'alimentation à l'intérieur de la BATbox	37
Figure 10 : Schéma du parcours théorique au pied d'une éolienne	42
Figure 11 : Tableau de synthèse des enjeux et des sensibilités chiroptérologiques (Envol Environnement, 2016).....	53
Figure 12 : Espèces sensibles au risque de collision et synthèse des enjeux (Envol Environnement, 2016).....	54
Figure 13 : Répartition des contacts par espèces ou groupes d'espèces sur l'ensemble de la période d'étude	56
Figure 14 : Répartition du nombre de contacts par jour durant l'ensemble de la période d'inventaire	58
Figure 15 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien	60
Figure 16 : Répartition du nombre de contacts par mois complet d'enregistrement.....	61
Figure 17 : Activité des chiroptères en fonction de la température	62
Figure 18 : Activité mensuelle des chiroptères en fonction de la température	63
Figure 19 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent	64
Figure 20 : Activité mensuelle des chiroptères en fonction du vent.....	65
Figure 21 : Répartition des contacts par espèces ou groupes d'espèces d'août à novembre 2020	69
Figure 22 : Répartition des contacts par espèces ou groupes d'espèces d'août à novembre 2021	69
Figure 23 : Répartition du nombre de contacts par jour d'août à novembre 2020.....	70
Figure 24 : Répartition du nombre de contacts d'août à novembre 2021	70
Figure 25 : Répartition du nombre de contacts par mois complet d'enregistrement d'août à novembre 2020.....	71

Figure 26 : Répartition du nombre de contacts par mois complet d'enregistrement d'août à novembre 2021	71
Figure 27 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien d'août à novembre 2020	72
Figure 28 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien d'août à novembre 2021	72
Figure 29 : Activité des chiroptères en fonction de la température d'août à novembre 2020	73
Figure 30 : Activité des chiroptères en fonction de la température d'août à novembre 2021	73
Figure 31 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent d'août à novembre 2020	74
Figure 32 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent d'août à novembre 2021	74
Figure 33 : Indice de vulnérabilité de l'état de conservation des espèces (Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, 2015)	83
Figure 34 : Proportions (%) des cas de collision avec les éoliennes en fonction des ordres, en France et en Europe (d'après Dürr, 2021)	85
Figure 35 : Espèces à enjeu et sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2016 (Envol Environnement)	86
Figure 36 : Mortalité brute recensée durant le suivi sur l'ensemble du parc en fonction des espèces	87
Figure 37 : Proportions (%) des cas de collision avec les éoliennes par ordre taxonomique, en France, en Europe et sur le parc de Coulanges	89
Figure 38 : Mortalité brute observée sur le parc en fonction de chaque mois suivi	90
Figure 39 : Moyenne de la mortalité estimée par période sur l'ensemble du parc	91
Figure 40 : Mortalités brute et estimée par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi	94
Figure 41 : Mortalité brute en fonction de chaque espèce, recensée par éolienne	95
Figure 42 : Périodes biologiques de découverte des individus, par éolienne	95
Tableau 43 : Mortalité brute observée par espèce sur le parc en 2020 et 2021	100
Figure 44 : Mortalité brute observée par espèce sur le parc en 2020 et 2021	100
Figure 45 : Mortalité estimée moyenne sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2020 et 2021	103
Figure 46 : Mortalité moyenne (Huso, Jones et Erickson) estimée par éolienne en 2020 et 2021	104
Figure 47 : Proportions des cas de collision avec les éoliennes en fonction des espèces, en France et en Europe (espèces représentant plus de 1% des cas de mortalité en Europe, d'après Dürr, 2021)	112
Figure 48 : Espèces à enjeu et sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2016 (Envol Environnement)	113
Figure 49 : Mortalité brute recensée durant le suivi sur l'ensemble du parc en fonction des espèces	114
Figure 50 : Proportions (%) des cas de mortalité avec les éoliennes par espèce, en France, en Europe et sur le parc de Coulanges	116
Figure 51 : Mortalité brute observée sur le parc en fonction de chaque mois suivi	117
Figure 52 : Mortalité estimée par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi	120

Figure 53 : Mortalité brute en fonction de chaque espèce, recensée par éolienne	121
Figure 54 : Périodes biologiques de découverte des individus, par éolienne	122
Figure 55 : Répartition des contacts par espèces ou groupes d'espèces sur l'ensemble de la période d'étude	126
Figure 56 : Cadavres retrouvés en fonction de l'activité journalière	127
Figure 57 : Mortalité brute observée par espèce sur le parc en 2020 et 2021	128
Figure 58 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2020 et 2021	130
Figure 59 : Mortalité estimée moyenne par sortie sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2020 et 2021	131
Figure 60 : Mortalité brute par éolienne en 2020 et 2021	132
Figure 61 : Mortalité moyenne (Huso, Jones et Erickson) estimée par éolienne en 2020 et 2021	133
Figure 62: Répartition du nombre de contacts par mois complet d'enregistrement en 2021	141
Figure 63 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien sur le site en 2021	142
Figure 64 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent lors du suivi 2021	143
Figure 65 : Activité des chiroptères en fonction de la température lors du suivi 2021	144

Tableaux

Tableau 1 : Dates et conditions météorologiques des inventaires des chiroptères en nacelle d'éolienne	38
Tableau 2 : Paramètres des tests de d'efficacité effectués sur l'année de suivi	44
Tableau 3 : Postulats de chaque méthode d'estimation	48
Tableau 4 : Répartition du nombre de contacts par espèce.....	55
Tableau 5 : Répartition du nombre de contacts au sol et en hauteur en fonction des phases biologiques	59
Tableau 6 : Résultats de la diversité spécifique en fonction des études menées sur le site.....	67
Tableau 7 : Résultats des tests d'efficacité	79
Tableau 8 : Résultats des tests de persistance	79
Tableau 9 : Synthèse des surfaces prospectées et des facteurs de correction surfacique associés	80
Tableau 10 : Cause de mortalité des oiseaux (Guide de l'étude d'impact des parcs éoliens 2010, d'après les données issues de la LPO, AMBE).....	82
Tableau 11 : Mortalité brute recensée pour l'avifaune durant le suivi sur l'ensemble du parc.....	87
Tableau 12 : Estimations de la mortalité de l'avifaune pour l'ensemble du parc sur la période de suivi selon les méthodes utilisées	88
Tableau 13 : Mortalité estimée par période sur l'ensemble du parc.....	91
Tableau 14 : Mortalité estimée par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi	94
Tableau 15 : Précisions sur chaque individu découvert.....	96

Tableau 16 : Statuts des différentes espèces impactées et nombre de collision observées	98
Tableau 17 : Estimations de la mortalité de l'avifaune pour l'ensemble du parc sur la période de suivi et selon les méthodes utilisées, en 2020 et 2021	101
Tableau 18 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2020 et 2021	102
Figure 19 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2020 et 2021	102
Tableau 20 : Mortalité moyenne (Huso, Jones et Erickson) estimée sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2020 et 2021	102
Tableau 21 : Mortalité brute par éolienne en 2020 et 2021	103
Figure 22 : Mortalité brute par éolienne en 2020 et 2021	104
Tableau 23 : Mortalité moyenne estimée par éolienne en 2020 et 2021	104
Tableau 24 : Sensibilité et note de risque des chiroptères vis-à-vis des éoliennes	111
Tableau 25: Mortalité brute recensée pour les chiroptères durant le suivi sur l'ensemble du parc	114
Tableau 26 : Estimations de la mortalité des chiroptères pour l'ensemble du parc sur la période de suivi selon les méthodes utilisées	115
Tableau 27 : Mortalité estimée par période sur l'ensemble du parc	118
Tableau 28 : Mortalité estimée par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi	120
Tableau 29 : Précisions sur chaque individu découvert	123
Tableau 30 : Statuts des différentes espèces impactées et nombre de collision observées	125
Tableau 31 : Mortalité brute observée par espèce sur le parc en 2020 et 2021	128
Tableau 32 : Estimations de la mortalité des chiroptères pour l'ensemble du parc sur la période de suivi et selon les méthodes utilisées, en 2020 et 2021	129
Tableau 33 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2020 et 2021	130
Tableau 34 : Mortalité moyenne (Huso, Jones et Erickson) estimée sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2020 et 2021	131
Tableau 35 : Mortalité brute par éolienne en 2020 et 2021	131
Tableau 36: Mortalité estimée par éolienne en 2020 et 2021	132
Tableau 37 : Modalités d'arrêt des éoliennes suite au suivi 2020	139
Tableau 38 : Programmation préventive des éoliennes suite aux inventaires 2021	145

Cartes

Carte 1 : Localisation du parc éolien de Coulanges	10
Carte 2 : Localisation du parc éolien de Coulanges sur photographie aérienne	11
Carte 3 : Localisation du dispositif Batmode S	36
Carte 4 : Répartition des cadavres d'oiseaux trouvés par éolienne	93
Carte 5 : Répartition des cadavres de chiroptères trouvés par éolienne	119

Bibliographie

- Actes du séminaire citoyen Lucéole (2012). Coexistence Milan royal et parc éolien – pour une compréhension ouverte d'un problème complexe.
- Albouy, S., Dubois, Y. & Picq, H. 2001. Suivi ornithologique des parcs éoliens du plateau de Garrigue-Haute (Aude). Rapport final, octobre 2001. ABIES/LPO Aude/ADEME, Gardouch – Gruissan. 56 p + annexes.
- Alcalde, J.T. (2003): Impacto de los parques eólicos sobre las poblaciones de murciélagos. *Barbastella* 2: 3-6.
- Ahlén, I. (1997): Migratory behaviour of bats at south Swedish coasts. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 62: 375-380.
- Ahlén, I. (2002): Fladdermöss och fåglar dödade av vindkraftverk. *Fauna och Flora* 97 (3): 14-22.
- Alhen I Bach L. Baagoe H.J. & Pettersson J. 2007. Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia. The Swedish Environmental Protection Agency, Report 5571.
- Amorim F. Rebelo H. Rodrigues L. 2012. Factors influencing bat activity and mortality at a wind farm in the Mediterranean region. *Acta Chiropterologica* 14(2): 439-457.
- André, Y. (2005): Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. LPO, Rochefort, 21 pages.
- Arnett, E.B., technical editor (2005): Relationships between Bats and Wind Turbines in Pennsylvania and West Virginia: an Assessment of Fatality Search Protocols, Pattern of Fatality, and Behavioral Interactions with Wind Turbines. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA. 187 pp.
- Arnett E.B. Barclay R.M.R & Hein C.D. 2013a. Thresholds for bats killed by wind turbines. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11: 171–171. doi:10.1890/15409295-11.4.171 & 2013a.
- Arnett E.B. Huso M.M.P. Reynolds D.S. & Schirmacher M. 2007. Patterns of preconstruction bat activity at a proposed wind facility in northwest Massachusetts. An annual report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA. 35 p.
- Arnett, E.B., M.M.P. Huso, J.P. Hayes & M. Schirmacher (2010): Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International, Austin, Texas, USA.
- Arnett E.B. Huso M.M.P. Schirmacher M. & Hayes J.P. 2011. Altering turbine speed reduces bat mortality at wind-energy facilities. *Front Ecol. Environ.* 2011, 9(4): 209– 214.
- Arnett, E.B., G.D. Johnson, W.P. Erickson & C.D. Hein (2013c): A synthesis of operational mitigation studies to reduce bat fatalities at wind energy facilities in North America. A report submitted to the National Renewable Energy Laboratory. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA.

- Arnett, E.B., C.D. Hein, M.R. Schirmacher, M.M.P. Huso & J.M. Szewczak (2013b): Evaluating the Effectiveness of an Ultrasonic Acoustic Deterrent for Reducing Bat Fatalities at Wind Turbines. PLoS ONE 8(6): e65794.
- Arnett E.B. Brown W.K. Erickson W.P. Fiedler J. Hamilton B.L. Henry T.H. Jain A. Johnson G.D. Kerns J. Koford R.R. Nicholson C.P. O'Connell T. Piorkowski M. & Takersley R. 2008. Patterns of fatality of bats at wind energy facilities in North America. Journal of Wildlife Management 72: in press.
- Arnett, E.B., Baerwald, E.F., Mathews, F., Rodrigues, L., Rodriguez-Durán, A., Rydell, J., Villegas-Patracá, R. & Voigt, C. (2016) Impacts of wind energy development on bats: a global perspective. Bats in the Anthropocene: conservation of bats in a changing world (C. Voigt and T. Kingston, eds.) pp. 295–323. Springer International Publishing AG, Cham, Switzerland.
- Arthur L. & Lemaire M. 2015. Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Deuxième édition. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris ; Biotope, Mèze, 544 p. (Hors collection ; 38).
- Aulagnier S. 2005. France. in : R. Hutterer, T. Ivanova, C. Meyer-Cords & L. Rodrigues : Bat migrations in Europe. A review of banding data and literature. Natursch. Biol. Vielf., 28 : 41-43.
- AVES environnement & GCP. 2010. Etude de la mortalité des Chiroptères. Parc éolien du Mas de Leuze, commune de Saint-Martin-de-Crau (13), 17/03-27/11 2009. 38 p.
- Bach, L. (2002): Auswirkungen von Windenergieanlagen auf das Verhalten und die Raumnutzungen von Fledermäusen am Beispiel des Windparks „Hohe Geest“, Midlum - Endbericht. – unpubl. report for Instituts für angewandte Biologie, Freiburg/Niederelbe: 46 pp.
- Bach L. & Niermann I. 2011 & 2013. Monitoring der Fledermausaktivität im Windpark Langwedel – Bericht 2012 – Überprüfung des Abschalt algorithmus. Unpubl.report to PNE Wind AG, 28 pages.
- Bach, P., L. Bach, K. Eckschmitt, K. Frey & U. Gerhardt (2013b): Bat fatalities at different wind facilities in northwest Germany. Poster at CWE2013, Stockholm, 5-7 February 2013 (Naturvardsverket rapport 6546:117) and 3rd International Bat Meeting, Berlin, 1-3 March 2013.
- Baerwald E.F. Barclay R.M.R. 2011. Patterns of activity and fatality of migratory bats at a wind energy facility in Alberta, Canada. The Journal of Wildlife Management 75: 1103-1114.
- Baerwald, E.F., G.H. D'Amours, B.J. Klug & R.M.R. Barclay (2008): Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. Current Biology 18 (16): pR 695696.
- Barataud M. & Giosa S. 2012. Biodiversité des chiroptères et gestions forestières en Limousin : rapport. Groupe Mamm. Herpéto. Limousin, Limoges, 32 p.
- Barclay R.M.R. 1991. Population Structure of Temperate Zone Insectivorous Bats in Relation to Foraging Behaviour and Energy Demand. Journal of Animal Ecology 60 (1): 165-178.
- Barclay RMR, Baerwald EF, Gruver JC (2007). Variation in bat and bird fatalities at wind energy facilities : assessing the effects of rotor size and tower height.

- Barre, K., L., Le Viol, I., Bas, Y., Julliard, R. & Kerbiriou, C. (2018) Estimating habitat loss due to wind turbine avoidance by bats: implications for European siting guidance. *Biological Conservation*, 226, 205–214.
- Barrios L *et al.* (2004). Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines.
- Bas, Y., A. Haquart, J. Tranchard & H. Lagrange (2014): Suivi annuel continu de l'activité des chiroptères sur 10 mâts de mesure: évaluation des facteurs de risque lié à l'éolien. *Symbioses, Actes des 14èmes Rencontres Nationales Chauves-souris de la SFPEM*, Bourges mars 2012, 32: 83-87.
- Bastos, R., M. Santos & J.A. Cabral (2013): A new stochastic dynamic tool to improve the accuracy of mortality estimates for bats killed at wind farms. *Ecological Indicators*, 34: 428–440.
- Bauer K. 1960. Die Säugetiere des Neusiedlersee-Gebietes (Österreich), Bonn. Zool. Beitr. 11(2-4): 141-344.
- Behr, O. & O. von Helversen (2005): Gutachten zur Beeinträchtigung im freien Luftraum jagender und ziehender Fledermäuse durch bestehende Windkraftanlagen. Wirkungskontrolle zum Windpark "Roßkopf" (Freiburg i. Br.). - Unpubl. report: 37 pp + maps.
- Behr, O. & O. von Helversen (2006): Gutachten zur Beeinträchtigung im freien Luftraum jagender und ziehender Fledermäuse durch bestehende Windkraftanlagen – Wirkungskontrolle zum Windpark „Roßkopf“ (Freiburg i. Br.) im Jahre 2005. Unpubl. report for 2005 on behalf of Regiowind GmbH & Co. KG Freiburg, 32 pages + maps.
- Behr O. Brinkmann R. Niermann I. & Korner-Nievergelt F. 2011. Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen. In: Brinkmann, R., Behr, O., Niermann, I. & M. Reich, (Hrsg.): Entwicklung
- Bernardino J., R. Bispo, H. Costa & M. Mascarenhas (2013): Estimating bird and bat fatalities at wind farms: a practical overview of estimators, their assumptions and limitations. *New Zealand Journal of Zoology* 40 (1): 63-74.
- Bernardino, J., R. Bispo, R. Rebelo, M. Mascarenhas & H. Costa (2011): Enhancing carcass removal trials at three wind energy facilities in Portugal. *Wildl. Biol. Pract.* 7(2): 1-14.
- Beucher, Y., V. Kelm, F. Albespy, M. Geyelin, L. Nazon & D. Pick (2013): Parc éolien de Castelnaud-Pegayrols (12): Suivi pluriannuel des impacts sur les chauves-souris. Bilan des campagnes des 2ème, 3ème et 4ème années d'exploitation (2009-2001), 111 pages
- Bispo, R., G. Palminha, J. Bernardino, T. Marques, & D. Pestana (2010): A new statistical method and a web-based application for the evaluation of the scavenging removal correction factor. *Proceedings of the VIII Wind Wildlife Research Meeting, Denver, USA.*
- Brinkmann, R., H. Schauer-Weisshahn & F. Bontadina (2006): Survey of possible operational impacts on bats by wind facilities in Southern Germany. Final report submitted by the Administrative District of Freiburg, Department of Conservation and Landscape management and supported by the foundation Naturschutzfonds
- Brinkmann, R., O. Behr, I. Niermann & M. Reich (ed.) (2011): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. *Umwelt und Raum* 4, 457 pages

- Camina, A. (2012): Bat fatalities at wind farms in northern Spain – lessons to be learned. *Acta Chiropterologica* 14(1): 205-212
- Collins J. & Jones G. 2009. Differences in bat activity in relation to bat detector height: implications for bat surveys at proposed windfarm sites. *Acta Chiropterol.*, 11(2): 343-350.
- Cornelis N, Strehler-Perrin C, Balsiger L et al. (2016). Evaluation des impacts résiduels cumulés des éoliennes du Jura vaudois et des régions limitrophes sur la faune ailée.
- Cornut, J. & S. Vincent (2010a): Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes. GCRA & LPO Drôme, 42 pages
- Cornut, J. & S. Vincent (2010b): Suivi de la mortalité de chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes. *Le Bièvre* 24: 51-57. Disponible sur : <http://coraregion.free.fr/images/bievre/bievre24.pdf>
- Cryan P.M. Gorrens P.M. Hein C.D. Schirmacher M.R. Diehl R.H. Huso M.M. Hayman D.T.S. Fricker P.D. Bonaccorso F.J. Johnson D.H. Hesit. H. & Dalton D.C. 2014. Behavior of bats at wind turbines. *PNAS*. doi: 10.1073/pnas.1406672111
- De Lucas M *et al.*, (2008). Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance.
- Dechmann, D.K.N., Wikelski, M., Ellis-Soto, D., Safi, K. & O'Mara, M.T. (2017) Determinants of spring migration departure decision in a bat. *Biology letters*, 13, 20170395.
- DGPR, DGALN, MTES, MNHN, LPO, SFEPM, SER, FEE. Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, révision 2018.
- Dietz C. Von Helversen O. & Nill D. 2009. L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord : Biologie, caractéristiques, protection. Delachaux et Niestlé, Paris, France. 400 p.
- Drewitt AL et al. (2006). Assessing the impacts of wind farms on birds. (p14).
- Dubourg-Savage M.-J., Bach L. & Rodrigues L., 2009, Bat mortality in wind farms in Europe. 1st International Symposium on Bat Migration, Berlin, pp.16-18
- Dubourg-Savage, M.J., L. Rodrigues, H. Santos, P. Georgiakakis, E. Papadatou, L. Bach & J. Rydell (2011): Pattern of bat fatalities at wind turbines in Europe: comparing north and south. Conference on Wind energy and Wildlife impacts, 2-5 May 2011, Trondheim, Norway, NINA Report 693. Proceedings, poster abstract: 124
- Dulac, P. (2008): Evaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan de 5 années de suivi. Ligue pour la Protection des Oiseaux délégation Vendée/ADEME Pays de la Loire/Conseil Régional des Pays de la Loire, La Roche-sur-Yon, Nantes, 106 pages
- Dürr, T. (2001): Fledermäuse als Opfer von Windkraftanlagen. – Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 10: 182.
- Dürr, T. 2007. Möglichkeiten zur Reduzierung von Fledermausverlusten an Windenergieanlagen in Brandenburg. *Nyctalus (N.F.)* 12 (2-3): 238-252
- Dürr, T. & L. Bach (2004): Fledermäuse als Schlagopfer von Windenergieanlagen - Stand der Erfahrungen mit Einblick in die bundesweite Fundkartei. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz Band 7*: 253-264

- Ecosphère, (2016). Impact de l'activité éolienne sur les populations de chiroptères : enjeux et solutions » (Écosphère, 2016, complété en 2017).
- Ecosphere, Roue S, Thauront M, Jung, 2013. Suivis de mortalité : Protocoles, abaques, optimisation des fréquences de passage et collecte nationale de données.
- Endl, P., U. Engelhart, K. Seiche, S. Teufert & H. Trapp (2005): Untersuchungen zum Verhalten von Fledermäusen und Vögeln an ausgewählten Windkraftanlagen im Landkreis Bautzen, Kamenz, Löbau-Zittau, Niederschlesischer Oberlausitzkreis, Stadt Görlitz Freistaat Sachsen. Unpubl. report for Staatliches Umweltfachamt Bautzen: 135 pp.
- Erickson, W. P. et al. 2004. Stateline wind project wildlife monitoring final report, July 2001 — December 2003. — Tech. Rep. peer-reviewed by and submitted to FPL Energy, the Oregon Energy Facility Siting Council, and the Stateline Technical Advisory Committee.
- Erickson et al. 2011. Avian and bat mortality associated with the Vansycle Wind Project, Umatilla County, Oregon: 1999 study year. WEST, Inc. for Umatilla County Department of Resource Services and Development, Pendleton, Oregon. 21 p.
- Erickson WP, Johnson GD, Strickland DM, Young DP Jr., Sernka KJ, Good RE (2001). Avian Collisions with Wind Turbines: A Summary of Existing Studies and Comparisons to Other Sources of Avian Collision Mortality in the United States.
- Erickson WP, Johnson GD, Young DP Jr. (2005). A Summary and Comparison of Bird Mortality from Anthropogenic Causes with an Emphasis on Collisions.
- Erkert H.G. 1982. Ecological aspects of bat activity rhythms, p. 201-242. In: T.H. Kunz (Ed.). Ecology of bats. New York, Plenum Press, XVIII+425p.
- Fielding AH et al. (2006). Spatial association as an indicator of the potential for future interactions between wind energy developments and golden eagles *Aquila chrysaetos* in Scotland.
- Frick, W.F., Baerwald, E.F., Pollock, J.F., Barclay, R.M.R., Szymanski, J.A., Weller, T.J., Russell, A.L., Loeb, S.C., Medellin, R.A. & McGuire, L.P. (2017) Fatalities at wind turbines may threaten population viability of a migratory bat. *Biological Conservation*, 209, 172–177.
- Fure, A. (2006): Bats and lighting. *The London Naturalist* 85: 1-20.
- Garcia DA, Canavero G, Ardenghi F, Zambon M (2015). Analysis of wind farm effects on the surrounding environment : Assessing population trends of breeding passerines.
- Gelman, A. and Pardoe, I. 2006. Bayesian measures of explained variance and pooling in multilevel (hierarchical) models. — *Technometrics* 48: 241–251.
- Georgiakakis, P. Kret E. Cárcamo B. Doutau B. Kafkaletou-Diez A. Vasilakis D. & Papadatou E. 2012. Bat fatalities at wind farms in north-eastern Greece. *Acta Chiropterologica* 14 (2): 459-468.
- Gerell-Lundberg K. & Gerell R. 1994. The mating behaviour of the pipistrelle and the *Nathusius'* pipistrelle (Chiroptera) - A comparison. *Folia Zoologica* 43 (4): 315-324.
- Grindal, S.D. & R.M. Brigham (1998): Short-term effects of small-scale habitat disturbance on activity by insectivorous bats. *J. Wildl. Manage* 62 (3): 996–1003.
- Grodsky, S.M., M.J. Behr, A. Gendler, D. Drake, B.D. Dieterle, R.J. Rudd & N.L. Walrath (2011): Investigating the causes of death for wind turbine-associated bat fatalities. *Journal of Mammalogy* 92(5): 917–925.

- Groupe Chiroptères de la SFPEM, 2016. – Suivi des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de Chiroptères, Version 2 (février 2016). Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, Paris, 17 pages.
- Grünkorn, T., A. Diederichs, B. Stahl, D. Dörte & G. Nehls (2005): Entwicklung einer Methode zur Abschätzung des Kollisionsrisikos von Vögeln an Windenergie-anlagen. Unpubl. report for Landesamtes für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein: 92 pp.
- Grünkorn T, von Rönn J, Blew J, Nehls G, Weitekamp S, Timmermann H, Reichenbach M, Coppack T (2016). Détermination des taux de collision des oiseaux (y compris rapaces) et principes fondamentaux pour prévoir et évaluer le risque de collision dans la conception des projets éoliens (projet de recherche PROGRESS). (p27).
- Hayes, M.A. (2013): Bats Killed in Large Numbers at United States Wind Energy Facilities. *BioScience* 63(12): 975-979.
- Hayes, M. A., L. A. Hooton, K. L. Gilland, C. Grandgent, R. L. Smith, S. R. Lindsay, J. D. Collins, S. M. Schumacher, P. A. Rabie, J. C. Gruver, and J. Goodrich-Mahoney. (2019) A smart curtailment approach for reducing bat fatalities and curtailment time at wind energy facilities. *Ecological Applications* 00(00):e01881.
- Hedenström A. 2009. Optimal migration strategies in bats. *Journal of Mammalogy*, 90(6):1298–1309, 2009
- Heim, O., Schröder, A., Eccard, J., Jung, K. & Voigt, C.C. (2016) Seasonal activity patterns of European bats above intensively used farmland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 233, 130–139.
- Hensen, von F. (2004): Gedanken und Arbeitshypothesen zur Fledermausverträglichkeit von Windenergieanlagen. *Nyctalus (N.F.)* 9 (5): 427-435.
- Hodos W (2003). Minimization of Motion Smear: Reducing Avian Collisions with Wind Turbines. (p43).
- Horn J.W. Arnett E.B. & Kunz T.H. 2008. Behavioral responses of bats to operating wind turbines. *The Journal of Wildlife Management* 72(1): 123-132
- Holzhaider J. & Zahn A. 2001. Bats in the Bavarian Alps : species composition and utilization of higher altitudes in summer. *Z. Säugetierk.*, 66(2) : 144-154.
- Hötter H, Thomsen KM, Jeromin H (2006). Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources: the example of birds and bats. (p65).
- Hull C.L. & Cawthen L. 2013. Bat fatalities at two wind farms in Tasmania, Australia: Bat characteristics, and spatial and temporal patterns. *New Zealand Journal of Zoology* 40(1): 5–15.
- Huso, M.M.P. (2010): An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics*: doi: 10.1002/env.
- Huso, M. *et al.* 2012. Fatality estimator users guide. — US Geological Survey Data Series 729.
- Hutterer R. Ivanova T. Meyer-Cords C. & Rodrigues L. 2005. Bat migrations in Europe. A review of banding data and literature. *Natursch. Biol. Vielf.*, 28 : 3-162 + app.

- Jain, A. et al. 2007. Annual report for the Maple Ridge wind power project: post-construction bird and bat fatality study 2006. Final report. — L. Curry & Kerlinger. Syracuse, NY, Curry & Kerlinger, LLC: 53.
- Johnson G.D. Erickson W.P. Strickland M.D. Shepherd M.F. & Shepherd D.A. 2003. Mortality of bats at a Large-scale wind power development at Buffalo Ridge, Minnesota. – Am. Midl. Nat.150: 332-342.
- Jones *et al.* (2009). Altamont Pass Wind Resource Area 48-Hour Search Interval Bird Fatality Study. (p22).
- Kaňuch P. and Krištín A. 2007. Factors influencing bat assemblages in forest parks. *Ekológia (Bratislava)*24:45–56.
- Kapfer G. & Aron S. 2007. Temporal variation in flight activity, foraging activity and social interactions by bats around a suburban pond. *Lutra*, 50(1) : 9-18.
- Kerns J. Erickson W.P. & Arnett E.B. 2005. Bat and bird fatality at wind energy facilities in Pennsylvania and West Virginia in Relationships between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia: an assessment of fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines, Pour Bat and Wind Energy Cooperative. E.B Arnett, ed. pp. 24-95.
- Körner-Nievergelt, F., Brinkmann R., I. Niermann & O. Behr (2013): Estimating Bat and Bird Mortality Occurring at Wind Energy Turbines from Covariates and Carcass Searches Using Mixture Models. *PLoS ONE* 8 (7): e67997. doi: 10.1371/journal.pone.0067997
- Korner-Nievergelt, F., P. Korner-Nievergelt, O. Behr, I. Niermann, R. Brinkmann & B. Hellriegel (2011): A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildl. Biology* 17 (4): 350-363
- Kronwitter F. 1988. Population structure, habitat use and activity patterns of the Noctule bat, *Nyctalus noctula* Schreb., 1774 (Chiroptera: Vespertilionidae) revealed by radio-tracking. *Myotis*, 26: 23 -85.
- Krijgsveld KL et al. (2009). Collision risk of birds with modern large wind turbines. (p10).
- Krüger T, Garthe S (2001). Flight altitudes of coastal birds in relation to wind direction and speed. (p14).
- Kunz, T.H., Arnett E.B., Erickson W.P., Hoar A.R., Johnson G.D., Larkin R.P., Strickland M.D., R.W. Thresher & M.D. Tuttle (2007). Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs and hypotheses. *Frontiers in Ecology* 5: 315–324.
- Lagrange, H., E. Roussel, A.-L. Ughetto, F. Melki, G. Steinmetz & C. Kerbirou (2011): Chirotech, A Multi-Factorial Mitigation process to reduce Bat fatalities at wind energy facilities. In: Hutson A.M., P.H.C. Lina (eds.): XII European Bat Research Symposium - Programme, abstract, list of participants: 33.
- Lagrange, H., P. Rico, Y. Bas, A-L. Ughetto, F. Melki & C. Kerbirou (2013): Mitigating bat fatalities from wind-power plants through targeted curtailment: results from 4 years of testing of CHIROTECH®. Presentation at the CWE in Stockholm 5-7 February 2013 and at the 16th International Bat Research Conference, Costa Rica.

- Le Campion T. & Dubos T. 2017. Etude la migration des chauves-souris en Bretagne 2013-2016 : rapport final mai 2017. G.M.B., 52 p.
- Lebreton, J.-D. et al. 1992. Modelling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. — *Ecol. Monogr.* 62: 67–118.
- Lehnert, L.S., Kramer-Schadt, S., Schönborn, S., Lindecke, O., Niermann, I. & Voigt, C.C. (2014) Wind farm facilities in Germany kill noctule bats from near and far. *PLoS ONE*, 9, e103106.
- Limpens H.J.G.A. Boonman, M. Korner-Nievergelt F. Jansen E.A. Van der Valk M. La Haye M.J.J. Dirksen S. & Vreugdenhil S.J. 2013. Wind turbines and bats in the Netherlands - Measuring and predicting. Report 2013. 12, Zoogdiervereniging & Bureau Waardenburg.
- Long, C. V., J.A. Flint & P.A. Lepper (2011): Insect attraction to wind turbines: does colour play a role? *European Journal of Wildlife Research* 57 (2), 323-331.
- Loss SR, Will T, Marra PP (2013). Estimates of bird collision mortality at wind facilities in the contiguous United States. (p9).
- Madders M, Whitfield DP (2006). Upland raptors and the assessment of wind farm impacts. (p14).
- Martin, C.M., Arnett, E.B., Stevens, R.D. & Wallace, M.C. (2017) Reducing bat fatalities at wind facilities while improving the economic efficiency of operational mitigation. *Journal of Mammalogy*, 98, 378–385.
- Marx G., (2017). Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune. Etude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015. Juin 2017, actualisé en septembre 2017, 92 p.
- McAney C.M. & Fairley J.S. 1990. Observations at summer roosts of the lesser horseshoe bat in Clare. *Ir. Nat. J.* 23(1).
- MRNF. 2008. Protocole de suivi des mortalités d'oiseaux de proie et de chiroptères dans le cadre de projets d'implantation d'éoliennes au Québec – 8 janvier 2008. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Secteur Faune Québec. 18 pages.
- Natural England (2007): Disturbance and protected species: understanding and applying the law in England and Wales. Natural England, 24/8/07, 30 pages. Available: http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140605090108/http://www.naturalengland.org.uk/Images/esisgd_tcm6-3774.pdf
- Niermann, I., O. Behr & R. Brinkmann (2007): Methodische Hinweise und Empfehlungen zur Bestimmung von Fledermaus-Schlagopferzahlen an Windenergiestandorten. *Nyctalus (N.F.)* 12 (2-3): 152-162.
- Niermann I. Brinkmann R. Korner-Nievergelt F. Behr O. 2011. Systematische Schlagopfersuche - Methodische Rahmenbedingungen, statistische Analyseverfahren und Ergebnisse. In: Brinkmann, R., Behr, O., Niermann, I. & Reich, M. (ed.): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. *Umwelt und Raum* 4: 40-115
- Norberg U.M. Rayner J.M.V. 1987. Ecological morphology and flight in bats (Mammalia; Chiroptera): wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 316: 335-427.
- Parsons S. & Jones G. 2000. Acoustic identification of twelve species of echolocating bat by discriminant function analysis and artificial neural networks. *J. exp. Biol.* 203: 2641±2656.

- Parsons, K.N., G. Jones, I. Davidson-Watts & F. Greenaway (2003): Swarming of bats at underground sites in Britain - implications for conservation. *Biol. Conservation* 111 (1): 63-70.
- Péron, G., J.E. Hines, J.D. Nichols, W.L. Kendall, K.A. Peters & D.S. Mizrahi (2013) Estimation of bird and bat mortality at wind-power farms with superpopulation models. *Journal of Applied Ecology* 50(4): 902-911.
- Pollock, R. 2007. Recommended formulas for adjusting fatality rates. California guidelines for reducing impacts to birds and bats from wind energy development. Final commission report. C. E. C. a. C. D. o. F. a. Game. — California Energy Commission, Renewables Committee, and Energy Facilities Siting Divisions, and California Dept of Fish and Game, Resources Management and Policy Division, pp. 117–118.
- Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, 2015.
- Rachwald A. 1992. Habitat preference and activity of the noctule bat *Nyctalus noctula* in the Bialowieza Primeval Forest. *Acta Theriol.* 37, 413-422.
- Redell D. Arnett E.B. Hayes J.P. & Huso M. 2006. Patterns of pre-construction bat activity at a proposed wind facility in south-central Wisconsin. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA. 52 p.
- Rico, P. & H. Lagrange (2011): Chirotech, Bilan des tests d'asservissement sur le parc du Ma de Leuze (commune de Saint-Martin-de-Crau, 13) 2011. Rapport Biotope, contrat n°8 pour l'ADEME, 51 pages.
- Rodrigues L. Bach L. Dubourg-Savage M.-J. Goodwin J. & Harbush C. 2008. Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. EUROBATS Publication Series No. 3 (version française). PNUE/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany
- Rodrigues, 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 Serie N° 6 (Version française). UNEP/EUROBATS Secrétariat, Bonn, Allemagne, 133p.
- Rollins, K.E., D. K. Meyerholz, G.D. Johnson, A.P. Capparella & S.S. Loew (2012): A Forensic Investigation Into the Etiology of Bat Mortality at a Wind Farm: Barotrauma or Traumatic Injury? *Veterinary Pathology* 49 (2): 362-371
- Russ J.M. 1999a. The bats of Britain and Ireland. Echolocation calls, sound analysis and species identification. Newtown: Alana Books. 102
- Russ J.M. 1999b. The Microchiroptera of Northern Ireland: community composition, habitat associations and ultrasound. Unpubl. PhD thesis, The Queen's University of Belfast
- Rydell J. Bach L. Dubourg-Savage M.-J. Green M. Rodrigues L. & Hedenström A. 2010a. Bat mortality at wind turbines in northwestern Europe. *Acta Chiropterologica* 12(2): 261-274
- Rydell J. Bach L. Dubourg-Savage M.-J. Green M. Rodrigues L. & Hedenström A. 2010b. Mortality of bats at wind turbines links to nocturnal insect migration? *Eur. J. Wildl. Res.*, 56(6) : 823-827.
- Sané, F. (2012): Contrôle de l'impact post-implantation du parc éolien de Lou Paou sur les habitats, l'avifaune et les chiroptères : Bilan de 3 années de suivi (2008-2009-2010). ALEPE, unpublished report for EDF EN, 111 pages.

- Sattler T. & Bontadina F. 2005. Bases pour l'évaluation écologique de deux secteurs d'installations éoliennes en France sur la base de la diversité et l'activité des chauves-souris. – Compte-rendu succinct, SWILD, Zürich par ordre de Megawatt Eole, Stuttgart, 23p.
- Schaub, A., J. Ostwald & B.M. Siemers (2008): Foraging bats avoid noise. *The Journal of Experimental Biology* 211 : 3174-3180.
- Seiche K. Endl P. & Lein M. 2007. Fledermäuse und Windenergieanlagen in Sachsen – Ergebnisse einer landesweiten Studie. *Nyctalus (N.F.)* 12 (2-3): 170-181.
- Silva R. 2009. Effet des conditions météorologiques sur l'activité de chasse des Chiroptères. M.N.H.N., C.R.B.P.O., 36p.
- Smallwood, K. 2007. Estimating wind turbine – Caused bird mortality. — *Journal of wildlife management* 71(8) : 2781-2791.
- Stone, E.L., G. Jones & S. Harris (2009): Street Lighting Disturbs Commuting Bats. *Current Biology* 19(13): 1123-1127. Doi:10.1016/j.cub.2009.05.058.
- Swift S.M. 1980. Activity patterns of pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus*) in north-east Scotland. *Journal of Zoology, London*, 190, 285-295.
- Therkildsen OR, Elmeros M (2015). First year post-construction monitoring of bats and birds at wind turbine test Centre Østerild. (p128).
- Thonnerieux Y - *Natur'ailes* (2005). Eoliennes et Oiseaux : quelles conséquences?. (p6).
- Voigt, Ch.C., A.G. Popa-Lisseanu, I. Niermann & S. Kramer-Schadt (2012): The catchment area of wind farms for European bats: A plea for international regulations. *Biological Conservation* 153: 80-86
- Warren-Hicks, W., J. Newman, R. Wolpert, B. Karas & L. Tran (2013): Improving methods for estimating fatality of birds and bats at wind energy facilities. Public Interest Energy Research (PIER) Program. Final Project Report. California Energy Commission. February 2013.
- Whitaker J.O.Jr. 1998. Life history and roost switching in six summer colonies of eastern pipistrelles in buildings. *Journal of Mammalogy* 79 (2): 651-659.
- Young Jr DP, Erickson WP, Strickland MD, Good RE, Sernka KJ (2003). Comparison of avian responses to UV-Light-Reflective Paint on Wind Turbines. (p67).

Annexes

Annexe 1 : Fiche de données remplie à chaque sortie mortalité

Date	Observateur	Parc éolien	Heure début	Heure fin	Température	Temps	Vent	Eol. en marche (O/N)	Orientation éolienne	Autres remarques :		
Notes météo jours précédents :												
Type (O/C)	N°	Espèce	Sexe	Age	Point GPS X Y		Etat sex	Mesure AB	Etat cadavre	Blessure	Codes photos	Végétation
Remarque :												
Remarque :												
Remarque :												
Remarque :												

Age : Adulte (Ad) ; immature (Im) ; juvénile (juv)
Etat sex : Post-lactante (PL= rétines visibles) ; Epididymes et/ou gonades gonflées (EG/GG) ; Non reproductrice (NR) ; Epididymes/gonadess non gonflées (ENG/GNG)
Etat cadavre : Frais (F) ; Avancé (AV) ; Décomposé (Déd) ; Sec (S)

Annexe 3 : Sorties mortalité réalisées en 2021

Chercheurs	Période cycle biologique avifaune	Période cycle biologique chiroptère	Date	Heure début	Heure fin	Température	Temps	Vent	Eol. En marche (O/N)	Orientation éolienne	
Benoît LESAGE	Migrations prénuptiales (1er mars - 1er mai)	Transits printaniers (15 mars - 15 mai)	09/04/2021	10:10	13:42	9°C	Ensoleillé	4 km/h	O	O	
			13/04/2021	12:45	16:45	10°C	Ensoleillé	8 km/h	O	E	
			19/04/2021	10:07	13:05	14°C	Ensoleillé	0 km/h	N	O	
			26/04/2021	11:02	13:32	15°C	Ensoleillé	8 km/h	O	E	
			03/05/2021	12:01	14:39	20°C	Ensoleillé	4 km/h	O	O	
		Nidification (1er mai - 1er septembre)	Mise-bas / Eleveage des jeunes (15 mai - 15 août)	10/05/2021	10:23	12:23	16°C	Nuageux	15 km/h	O	O
				18/05/2021	11:55	14:02	14°C	Nuageux	3 km/h	O	O
				25/05/2021	11:07	13:06	15°C	Ensoleillé	10 km/h	O	N
				31/05/2021	11:41	13:40	21°C	Ensoleillé	2 km/h	O	E
				07/06/2021	11:07	13:42	21°C	Ensoleillé	5 km/h	O	E
				14/06/2021	10:06	12:11	24°C	Ensoleillé	0 km/h	N	N
				24/06/2021	11:51	12:45	15°C	Nuageux	5 km/h	O	N
				28/06/2021	12:30	13:38	18°C	Ensoleillé	2 km/h	N	N
				05/07/2021	11:07	12:50	17°C	Nuageux	25 km/h	O	NO
Mallaury JACOMET	Migrations postnuptiales (1er septembre - 1er décembre)	Transits automnaux / Swarming (15 août - 15 novembre)	13/07/2021	09:10	10:28	14°C	Pluvieux	10 km/h	O	O	
			26/07/2021	11:54	13:54	17°C	Nuageux	20 km/h	O	NO	
			02/08/2021	12:08	15:07	17°C	Nuageux	15 km/h	O	N	
			11/08/2021	08:37	11:48	25°C	Ensoleillé	10 km/h	O	NO	
			18/08/2021	06:58	09:36	15°C	Ensoleillé	0 km/h	N	E	
			25/08/2021	09:05	12:00	20°C	Nuageux	10 km/h	O	O	
			01/09/2021	08:27	11:01	18°C	Ensoleillé	5 km/h	O	NE	
08/09/2021	09:00	11:41	25°C	Ensoleillé	10 km/h	O	N				
14/09/2021	08:00	11:31	23°C	Ensoleillé	5 km/h	O	E				
22/09/2021	08:32	11:04	15°C	Nuageux	0 km/h	O	SE				
29/09/2021	08:40	11:21	16°C	Ensoleillé	0 km/h	O	E				
06/10/2021	08:24	11:37	11°C	Nuageux	3 km/h	O	S				
13/10/2021	08:55	10:40	10°C	Nuageux	15 km/h	O	NE				
20/10/2021	08:54	11:38	13°C	nuageux	17 km/h	O	NE				
27/10/2021	08:49	12:05	5°C	Nuageux	4 km/h	O	O				
							Nuageux	16 km/h	O	NE	

Annexe 4 : Cas de collision avec des chiroptères recensés en Europe et en France au 7 mai 2021 (d'après Dürr, 2021)

Espèces	Europe	France
Pipistrelle commune	2 435	1 012
Chiroptère sp.	1 096	439
Pipistrelle sp.	740	305
Pipistrelle de Nathusius	1623	276
Pipistrelle de Kuhl	469	219
Pipistrelle pygmée	451	176
Noctule de Leisler	719	153
Noctule commune	1565	104
Vespère de Savi	344	57
Pipistrelle commune / pygmée	412	40
Sérotine commune	123	34
Sérotine bicolore	215	11
Grande Noctule	41	10
Minioptère de Schreibers	13	7
Barbastelle commune	6	4
Grand Murin	7	3
Murin à oreilles échancrées	5	3
Molosse de Cestoni	84	2
Noctule sp.	22	1
Murin de Daubenton	11	1
Murin sp.	10	1
Petit Murin	7	1
Murin à mustaches	5	1
Murin de Bechstein	1	1
Sérotine Isabeline	120	0
Sérotine commune / Isabeline	115	0
Sérotine de Nilsson	45	0
Oreillard gris	9	0
Oreillard roux	8	0
Murin des marais	3	0
Murin de Natterer	3	0
Murin de Brandt	2	0
Grand Rhinolophe	1	0
Rhinolophe de Mehely	1	0
Rhinolophe sp.	1	0

Annexe 5 : Cas de collision avec l'avifaune recensés en France et en Europe au 7 mai 2021 (d'après Dürr, 2021)

Ordre	France	Europe
Passériformes	668	4 742
Accipitriformes	182	4 550
Falconiformes	173	816
Apodiformes	123	453
Charadriiformes	123	2 853
Columbiformes	106	658
Galliformes	60	588
Ansériformes	13	607
Strigiformes	11	117
Pélécaniformes	7	159
Suliformes	4	22
Coraciiformes	3	14
Gruiformes	3	98
Piciformes	2	19
Ciconiiformes	2	162
Inconnu	1	6
Gaviiformes	0	1
Psittaciformes	0	1
Caprimulgiformes	0	3
Podicipédiformes	0	3
Procellariiformes	0	3
Ptérocliformes	0	6
Bucérotiformes	0	9
Cuculiformes	0	16

Annexe 6 : Fiches des cadavres d'oiseaux retrouvés

N° 1

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE OISEAUX			
Nom du parc éolien :			
Point n° E4	Date : 09/04/21	Heure : 12h47	Nom du découvreur : Benoit Lesage
Localisation :			
Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte			
Latitude :			
Longitude :			
Numéro de l'éolienne la plus proche : E4			
Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : ≈ 50 m			
Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : Ouest			
Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : blé hauteur 20cm environ			
N° de photos : sur téléphone Benoit			
Description et identification :			
Taille de l'oiseau (ailes déployées) : 30 cm			
Particularités (couleur, forme quelconque) : Photos			
Identification (famille, espèce si possible) : Alouette des champs			
Etat de l'individu :			
<input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input checked="" type="checkbox"/> Mort <input type="checkbox"/> Fragment			
Etat du cadavre :			
<input type="checkbox"/> Frais <input checked="" type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, avec tour...) :			
Collision			
COMMENTAIRES :			

N° 2

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE OISEAUX			
Nom du parc éolien : BRINAY			
Point n° E6	Date : 26/04	Heure : 12h00	Nom du découvreur : BL
Localisation :			
Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte : Plateforme à côté de l'éol box			
Latitude :			
Longitude :			
Numéro de l'éolienne la plus proche : E6			
Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 50 m ≈			
Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : Sud			
Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : nu (plateforme)			
N° de photos :			
Description et identification :			
Taille de l'oiseau (ailes déployées) : Passereaux ≈ 15 cm ailes déployées			
Particularités (couleur, forme quelconque) : Brun, brun clair			
Identification (famille, espèce si possible) : Moineau domestique.			
Etat de l'individu :			
<input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input checked="" type="checkbox"/> Mort			
Etat du cadavre :			
<input type="checkbox"/> Frais <input checked="" type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, avec tour...) : collision (décapité)			
COMMENTAIRES :			



N° 3

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE - MORTALITE OISEAUX			
Nom du parc éolien : BRINAY			
Point n° E6	Date : 26/04/21	Heure : 13h11	Nom du découvreur : BL
Localisation : Plateforme E6 à côté de Esplanade			
Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte			
Latitude :			
Longitude :			
Numéro de l'éolienne la plus proche : E6			
Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 55 m ≈			
Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : Sud			
Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : Sol nu			
N° de photos :			
Description et identification : Passer			
Taille de l'oiseau (ailes déployées) : 10-15 cm.			
Particularités (couleur, forme quelconque) : brun / brun clair			
Identification (famille, espèce si possible) : Moineau domestique			
Etat de l'individu :			
<input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input checked="" type="checkbox"/> Mort			
Etat du cadavre :			
<input type="checkbox"/> Frais <input checked="" type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, avec tour...) :			
Collision.			
COMMENTAIRES :			
			

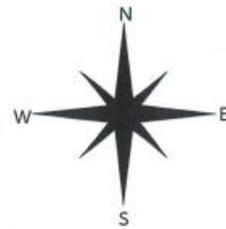
N°4

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE OISEAUX			
Nom du parc éolien : BRINAY			
Point n° E1	Date : 10/05/21	Heure : 10h42	Nom du découvreur : BL
Localisation : Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte Latitude : Longitude : Numéro de l'éolienne la plus proche : E1 Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 5 m Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : Sud Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : Platane / herbe ≈ 15cm hauteur			
N° de photos :			
Description et identification :			
Taille de l'oiseau (ailes déployées) :			
Particularités (couleur, forme quelconque) :			
Identification (famille, espèce si possible) : Alouette des champs			
Etat de l'individu : <input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input checked="" type="checkbox"/> Mort			
Etat du cadavre : <input checked="" type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, avec tour...) : Collision			
COMMENTAIRES :			



N° 5

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE OISEAUX			
Nom du parc éolien : BRINAY			
Point n° ES	Date : 10/05/21	Heure : 11h53	Nom du découvreur : BL
Localisation :			
Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte			
Latitude :			
Longitude :			
Numéro de l'éolienne la plus proche : ES			
Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : ≈ 30m			
Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : Nord			
Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : Plateforme / Sol nu			
N° de photos :			
Description et identification :			
Taille de l'oiseau (ailes déployées) :			
Particularités (couleur, forme quelconque) :			
Identification (famille, espèce si possible) : Alouette des champs			
Etat de l'individu :			
<input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input checked="" type="checkbox"/> Mort <input type="checkbox"/> Fragment			
Etat du cadavre :			
<input checked="" type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, avec tour) : Collision			
COMMENTAIRES :			
			



N°6

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE OISEAUX			
Nom du parc éolien : BRINAY			
Point n° E3	Date : 24/06/21	Heure : 12h10	Nom du découvreur : JL
Localisation :			
Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte			
Latitude :			
Longitude :			
Numéro de l'éolienne la plus proche : E3			
Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : ≈ 55 m			
Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : SE			
Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : Plateforme (chemin)			
N° de photos :			
Description et identification :			
Taille de l'oiseau (ailes déployées) :			
Particularités (couleur, forme quelconque) :			
Identification (famille, espèce si possible) : Murette des champs			
Etat de l'individu :			
<input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input checked="" type="checkbox"/> Mort			
Etat du cadavre :			
<input checked="" type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, avec tour...) :			
Collision (Aile cassée)			
COMMENTAIRES :			

FICHE TERRAIN STANDARDISÉE – MORTALITÉ OISEAUX			
Nom du parc éolien : BRINAY			
Point n° 13	Date 02/08/2021	Heure 13:30	Nom du découvreur Mallaury JACOMET
Localisation			
Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte			
Latitude : 47,1470966			
Longitude : 2,0900382			
Numéro de l'éolienne la plus proche : E3			
Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 15			
Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : N			
Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : plateforme			
N° de photos : O13_02.08.2021(1) et (2)			
Description et identification			
Taille de l'oiseau (aile déployées) : taille en cm			
Particularités (couleur, forme quelconque) : particularités de l'oiseau			
Identification (famille, espèce si possible) : Buse variable			
État de l'individu			
Vivant (blessé) <input type="checkbox"/> Mort <input checked="" type="checkbox"/> Fragment <input type="checkbox"/>			
État du cadavre			
<input checked="" type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, avec tour...) : Collision (aile cassée)			
COMMENTAIRES : Commentaires			



FICHE TERRAIN STANDARDISÉE – MORTALITÉ OISEAUX			
Nom du parc éolien : BRINAY			
Point n° 18	Date 14/09/2021	Heure 09:20	Nom du découvreur Mallaury JACOMET
Localisation			
Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte Latitude : 47,1478925 Longitude : 2,0876347 Numéro de l'éolienne la plus proche : E3 Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 60 Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : 0 Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : Champs labouré			
N° de photos : O20_0510 ; O20_0511 ; O20_0513 ; O20_0514 ; O20_0515 ; O20_0516			
Description et identification			
Taille de l'oiseau (aile déployées) : taille en cm			
Particularités (couleur, forme quelconque) : particularités de l'oiseau			
Identification (famille, espèce si possible) : Buse variable			
État de l'individu			
Vivant (blessé) <input type="checkbox"/>		Mort <input checked="" type="checkbox"/>	Fragment <input type="checkbox"/>
État du cadavre			
<input type="checkbox"/> Frais	<input checked="" type="checkbox"/> Avancé	<input type="checkbox"/> Décomposé	<input type="checkbox"/> Sec
Cause présumée de la mort (collision avec pale, avec tour...) : Collision avec pale			
COMMENTAIRES : Patte gauche fracturée			

Annexe 7 : Fiches des cadavres de chiroptères retrouvés

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE CHAUVES-SOURIS			
Nom du parc éolien :			
Point n° <i>E4</i>	Date : <i>07/06/21</i>	Heure : <i>12h26</i>	Nom du découvreur : <i>Benoit LESAGE</i>
Localisation :			
Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte			
Latitude :			
Longitude :			
Numéro de l'éolienne la plus proche : <i>E4</i>			
Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : <i>10 m</i>			
Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : <i>Nord</i>			
Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : <i>Herbe fanchée (≈ 5 cm) La Plateforme</i>			
N° de photos :			
Description et identification :			
Taille de la chauve-souris (ailes déployées) : <i>≈ 20 cm / AB = 3,73 cm / 5^e doigt = 50 mm</i>			
Particularités (couleur, forme quelconque) : <i>borderes blanchâtres sur le poléyion</i>			
Identification (famille, espèce si possible) : <i>Pipistrelle de Kuhl</i>			
Etat de l'individu :			
<input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input checked="" type="checkbox"/> Mort <input type="checkbox"/> Fragment			
<input type="checkbox"/> Blessure apparente <input type="checkbox"/> Sans blessure visible			
Etat du cadavre :			
<input checked="" type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotrauma) : <i>Barotraumatisme</i>			
COMMENTAIRES :			
			

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE CHAUVES-SOURIS			
Nom du parc éolien : <i>BRINAY</i>			
Point n° <i>E6</i>	Date : <i>28/06</i>	Heure : <i>13h20</i>	Nom du découvreur : <i>BL</i>
Localisation :			
Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte			
Latitude :			
Longitude :			
Numéro de l'éolienne la plus proche : <i>E6</i>			
Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : <i>15m ≈</i>			
Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : <i>Sud</i>			
Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : <i>Platifforme</i>			
N° de photos :			
Description et identification :			
Taille de la chauve-souris (ailes déployées) : <i>Pipistrelle commune</i>			
Particularités (couleur, forme quelconque) :			
Identification (famille, espèce si possible) :			
Etat de l'individu :			
<input type="checkbox"/> Vivant (blessé)		<input checked="" type="checkbox"/> Mort	<input type="checkbox"/> Fragment
<input type="checkbox"/> Blessure apparente		<input checked="" type="checkbox"/> Sans blessure visible	
Etat du cadavre :			
<input type="checkbox"/> Frais		<input checked="" type="checkbox"/> Avancé	<input type="checkbox"/> Décomposé
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotrauma) : <i>Barotraumatisme</i>			
COMMENTAIRES :			
			

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE CHAUVES-SOURIS			
Nom du parc éolien : Brinay			
Point n°	Date : 05/02	Heure : 12h30	Nom du découvreur : Benoit Gougeon
Localisation :			
Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte			
Latitude :			
Longitude :			
Numéro de l'éolienne la plus proche : E4			
Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 10 m ≈			
Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : Sud			
Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : Plateforme.			
N° de photos :			
Description et identification :			
Taille de la chauve-souris (ailes déployées) : 3 ^e doigt = 53 mm			
Particularités (couleur, forme quelconque) : Avant-bras = 36 mm			
Identification (famille, espèce si possible) : 5 ^e doigt = 44 mm			
Bordure blanchâtre plagioparagyn			
pelage brun clair			
Pipistrelle de Kuhl			
Etat de l'individu :			
<input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input checked="" type="checkbox"/> Mort			
<input type="checkbox"/> Blessure apparente <input checked="" type="checkbox"/> Sans blessure visible			
Etat du cadavre :			
<input type="checkbox"/> Frais <input checked="" type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/>			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...) :			
Bordure blanche			
COMMENTAIRES :			
			

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE CHAUVES-SOURIS			
Nom du parc éolien : <i>Brinay</i>			
Point n°	Date : <i>05/07</i>	Heure : <i>12h05</i>	Nom du découvreur : <i>Benoit Lesage</i>
Localisation :			
Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte			
Latitude :			
Longitude :			
Numéro de l'éolienne la plus proche : <i>E2</i>			
Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : <i>≈ 80m</i>			
Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : <i>NO</i>			
Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : <i>Platane</i>			
N° de photos :			
Description et identification :			
Taille de la chauve-souris (ailes déployées) : <i>Superiorité comme</i>			
Particularités (couleur, forme quelconque) :			
Identification (famille, espèce si possible) :			
Etat de l'individu :			
<input type="checkbox"/> Vivant (blessé)		<input checked="" type="checkbox"/> Mort	
<input type="checkbox"/> Blessure apparente		<input checked="" type="checkbox"/> Sans blessure visible	
Etat du cadavre :			
<input type="checkbox"/> Frais		<input checked="" type="checkbox"/> Avancé	
		<input type="checkbox"/> Décomposé	
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...) : <i>Barotraumatisme</i>			
COMMENTAIRES :			



FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE CHAUVES-SOURIS			
Nom du parc éolien : <i>Brinay</i>			
Point n° <i>E1</i>	Date : <i>19/07</i>	Heure : <i>12h49</i>	Nom du découvreur : <i>Benoit Gagny</i>
Localisation :			
Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte			
Latitude :			
Longitude :			
Numéro de l'éolienne la plus proche : <i>E1</i>			
Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : <i>≈ 25 m</i>			
Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : <i>Nord - Ouest</i>			
Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : <i>Platane</i>			
N° de photos :			
Description et identification :			
Taille de la chauve-souris (ailes déployées) :			
Particularités (couleur, forme quelconque) :			
Identification (famille, espèce si possible) :			
Etat de l'individu :			
<input type="checkbox"/> Vivant (blessé)	<input checked="" type="checkbox"/> Mort		
<input type="checkbox"/> Blessure apparente	<input type="checkbox"/> Sans blessure visible		
Etat du cadavre :			
<input type="checkbox"/> Frais	<input checked="" type="checkbox"/> Avancé	<input type="checkbox"/> Décomposé	<input type="checkbox"/> Sec
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...) :			
<i>Collision (vitra cassé, ailes cassées)</i>			
COMMENTAIRES :			

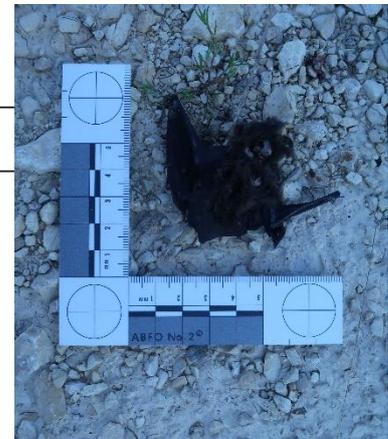


FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE CHAUVES-SOURIS			
Nom du parc éolien : <i>Brinay</i>			
Point n° <i>86</i>	Date : <i>19/07</i>	Heure : <i>14h15</i>	Nom du découvreur : <i>Benoît Lamy</i>
Localisation :			
Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte			
Latitude :			
Longitude :			
Numéro de l'éolienne la plus proche : <i>E6</i>			
Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : <i>≈ 35 m</i>			
Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : <i>Sud</i>			
Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : <i>Platane</i>			
N° de photos :			
Description et identification :			
Taille de la chauve-souris (ailes déployées) :		<i>Pipistrelle de Kuhl</i>	
Particularités (couleur, forme quelconque) :		<i>A-B : 34,1 mm</i>	
Identification (famille, espèce si possible) :		<i>S° d'ail = 41 mm</i>	
Etat de l'individu :			
<input type="checkbox"/> Vivant (blessé)		<input checked="" type="checkbox"/> Mort	
<input type="checkbox"/> Blessure apparente		<input type="checkbox"/> Sans blessure visible	
Etat du cadavre :			
<input checked="" type="checkbox"/> Frais		<input type="checkbox"/> Avancé	
		<input type="checkbox"/> Décomposé	
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...)			
<i>Barotraumatisme</i>			
COMMENTAIRES :			
			

FICHE TERRAIN STANDARDISÉE – MORTALITÉ CHAUVES-SOURIS			
Nom du parc éolien : BRINAY			
Point n° 14	Date 02/08/2021	Heure 14:54	Nom du découvreur Mallaury JACOMET
Localisation			
Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte			
Latitude : 47,1521194			
Longitude : 2,0944751			
Numéro de l'éolienne la plus proche : E4			
Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 10			
Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : E			
Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : plateforme			
N° de photos : C14_02.08.2021(1), (2) et (3)			
Description et identification			
Taille de la chauve souris (aile déployées) : taille en cm			
Particularités (couleur, forme quelconque) : particularités de la chauve souris			
Identification (famille, espèce si possible) : Pipistrelle commune			
État de l'individu			
Vivant (blessé) <input type="checkbox"/>		Mort <input checked="" type="checkbox"/>	
Blessure apparente <input type="checkbox"/>		Sans blessure visible <input checked="" type="checkbox"/>	
État du cadavre			
<input type="checkbox"/> Frais		<input type="checkbox"/> Avancé	
		<input type="checkbox"/> Décomposé	
<input checked="" type="checkbox"/> Sec			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...) :			
Barotraumatisme			
COMMENTAIRES :			
Commentaires			

FICHE TERRAIN STANDARDISÉE – MORTALITÉ CHAUVES-SOURIS			
Nom du parc éolien : BRINAY			
Point n° 15	Date 11/08/2021	Heure 9:52	Nom du découvreur Mallauray JACOMET
Localisation			
Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte			
Latitude : 47,1471376			
Longitude : 2,0943490			
Numéro de l'éolienne la plus proche : E4			
Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 5			
Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : E			
Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : Plateforme			
N° de photos : C15_11.08.2021(1), (2) et (3)			
Description et identification			
Taille de la chauve souris (aile déployées) : taille en cm			
Particularités (couleur, forme quelconque) : 1ère incisive bifide			
Identification (famille, espèce si possible) : Pipistrelle commune			
État de l'individu			
Vivant (blessé) <input type="checkbox"/>		Mort <input checked="" type="checkbox"/>	
Blessure apparente <input checked="" type="checkbox"/>		Sans blessure visible <input type="checkbox"/>	
État du cadavre			
<input checked="" type="checkbox"/> Frais		<input type="checkbox"/> Avancé	
<input type="checkbox"/> Décomposé		<input type="checkbox"/> Sec	
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...) :			
Collision			
COMMENTAIRES :			
Blessure à l'abdomen			

FICHE TERRAIN STANDARDISÉE – MORTALITÉ CHAUVES-SOURIS			
Nom du parc éolien : BRINAY			
Point n° 16	Date 25/08/2021	Heure 10:37	Nom du découvreur Mallaury JACOMET
Localisation			
Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte			
Latitude : 47,1478032			
Longitude : 2,0885244			
Numéro de l'éolienne la plus proche : E3			
Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 2			
Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : SE			
Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : plateforme			
N° de photos : IMG_2030 ; IMG_2031			
Description et identification			
Taille de la chauve souris (aile déployées) : taille en cm			
Particularités (couleur, forme quelconque) : particularités de la chauve souris			
Identification (famille, espèce si possible) : Pipistrelle commune			
État de l'individu			
Vivant (blessé) <input type="checkbox"/>		Mort <input checked="" type="checkbox"/>	
Blessure apparente <input type="checkbox"/>		Sans blessure visible <input checked="" type="checkbox"/>	
État du cadavre			
<input type="checkbox"/> Frais		<input type="checkbox"/> Avancé	
<input checked="" type="checkbox"/> Décomposé		<input checked="" type="checkbox"/> Sec	
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...) :			
Barotraumatisme			
COMMENTAIRES :			
Commentaires			



FICHE TERRAIN STANDARDISÉE – MORTALITÉ CHAUVES-SOURIS				
Nom du parc éolien : BRINAY				
Point n° 17	Date 08/09/2021	Heure 10:40	Nom du découvreur Mallaury JACOMET	
Localisation				
Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte Latitude : 47,1474758 Longitude : 2,0884495 Numéro de l'éolienne la plus proche : E3 Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 2 Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : SE Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : plateforme				
N° de photos : IMG_2030 ; IMG_2031				
Description et identification				
Taille de la chauve souris (aile déployées) : taille en cm Particularités (couleur, forme quelconque) : particularités de la chauve souris Identification (famille, espèce si possible) : Pipistrelle commune				
État de l'individu				
Vivant (blessé) <input type="checkbox"/>		Mort <input checked="" type="checkbox"/>		
Blessure apparente <input type="checkbox"/>		Sans blessure visible <input checked="" type="checkbox"/>		
État du cadavre				
<input type="checkbox"/> Frais		<input type="checkbox"/> Avancé		
		<input checked="" type="checkbox"/> Décomposé		
		<input checked="" type="checkbox"/> Sec		
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...) : Collision avec pale				
COMMENTAIRES : Crâne et mâchoires fracturées				