

Suivi post-implantation du parc éolien des Quatre Chemins (51)

Noria



Suivi de mortalité

Novembre 2020



ZAC des Portes de Bourgogne

Rue Georges Besse

21320 Créancey

09 53 20 01 57

Annouchka.dondi@calidris.fr



INTRODUCTION

L'arrêté du 26 août 2011 (arrêté relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à déclaration au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement) prévoit de mettre en place un suivi environnemental sur un parc éolien après sa construction. Il est dit dans l'article 12 que ce suivi interviendra « au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement de l'installation puis une fois tous les dix ans, l'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs ».

Suite à l'implantation d'un parc éolien sur les communes de Coupéville et Saint-Jean-sur-Moivre, la société Noria a confié à la société Calidris la réalisation du suivi environnemental suivant les modalités du protocole de la direction générale de la prévention des risques (DGPR) de novembre 2015.

Les suivis ont été réalisés au cours d'une année permettant ainsi de mettre en place 40 passages de suivi de mortalité. Cependant 9 passages n'ont pas pu être réalisés du fait du confinement en début d'année 2020.



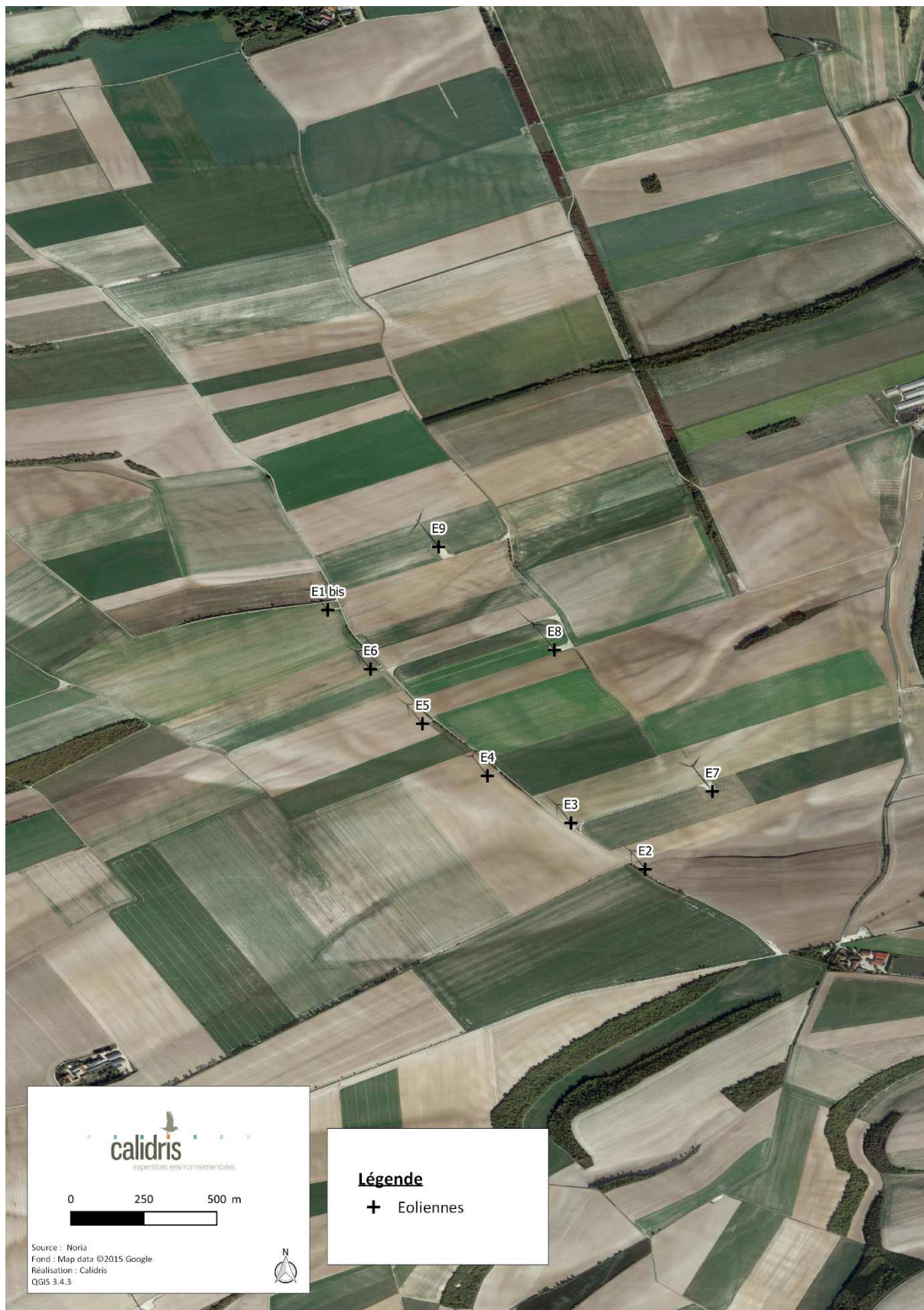
LOCALISATION ET DESCRIPTION DU PARC ÉOLIEN

Le parc éolien des Quatre Chemins se situe sur les communes de Saint Jean-sur-Moivre et Coupéville dans le département de la Marne (région Grand-Est) (carte 1).

Le parc se compose de 6 éoliennes E4C1 et 3 éoliennes E4C2. Le parc E4C1 est installé avec des éoliennes d'une puissance de 1,5 MW. Le rotor a un diamètre de 77 mètres et la nacelle atteint une hauteur de 61.5 mètres et une hauteur en bout de pale de 100 mètres. Pour le parc E4C2, les éoliennes ont une puissance de 3 MW, la nacelle atteint une hauteur de 89 mètres et le rotor a un diamètre de 122 mètres. Les éoliennes sont alignées selon deux axes :

- le parc E4C1 : 1bis, 6, 5, 4, 3, 2 alignées sur un axe nord-ouest/sud-est,
- le parc E4C2 : 9, 8, 7 alignées sur un axe nord-ouest/sud-est.

La carte suivante présente la localisation des éoliennes du parc.



Carte 1 : Localisation du parc éolien des Quatre Chemins



RAPPEL DES ENJEUX ET DES IMPACTS DE L'ÉTUDE D'IMPACT

1. Oiseaux

Une trentaine d'espèces ont été contactées lors des prospections réalisées dans le cadre de l'étude d'impact pour le repowering du parc éolien des Quatre Chemins. Parmi celles-ci 10 sont classées dans l'annexe 1 de la directive « Oiseaux » : Le Balbuzard pêcheur, le Busard cendré, le Busard Saint-Martin, le Busard des roseaux, le Faucon émerillon, le Faucon pèlerin, la Grue cendrée, le Milan royal, l'Œdicnème criard et la Pie-grièche écorcheur. Il y a également la présence de deux espèces classées sur liste rouge national et régional : la Linotte mélodieuse et la Caille des blés.

Des enjeux modérés ont été indiqués au niveau de l'axe des éoliennes de type E4C1 et des enjeux faibles ont été définis entre les deux axes d'alignements des éoliennes. Cependant aucun impact résiduel fort n'a été défini dans l'étude d'impact.

2. Chauves-souris

Lors de l'étude d'impact, 2 espèces ou groupes d'espèces avaient été contactées : la Pipistrelle commune, et le groupe des Murins. Le site était dominé par la présence de pipistrelle commune. L'activité chiroptérologique semblait très faible au sien du secteur d'étude.

Un enjeu faible avait été déterminé sur une partie du secteur d'étude ainsi qu'un faible impact.

1. Suivi de mortalité

2.1. Date de suivi

Le suivi a été réalisé durant 40 semaines entre février et novembre 2020 (semaines 7 à 46), période qui correspond :

- pour les oiseaux à la période de migration prénuptiale, à la nidification et à la migration postnuptiale,
- pour les chiroptères à la période de sortie de l'hibernation, au transit printanier vers les gîtes d'étés, à la mise bas et élevage des jeunes ainsi qu'au transit automnal.

Le tableau ci-dessous récapitule l'ensemble des passages effectués par l'observateur sur le parc éolien des Quatre Chemins. Les 9 passages de mars et d'avril n'ont pas pu être effectués, du fait de la situation sanitaire particulière liée à la pandémie de COVID19.

Tableau 1 : Dates de passages sur le site

N° de semaine	Date	Type de suivi
7	13/02/2020	Suivi mortalité
8	18/02/2020	Suivi mortalité
9	25/02/2020	Suivi mortalité
10	03/03/2020	Suivi mortalité
11	11/03/2020	Suivi mortalité
12	Non Réalisé (COVID19)	
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21	22/05/2020	Suivi de mortalité
22	27/05/2020	Suivi de mortalité
23	06/06/2020	Suivi de mortalité
24	09/06/2020	Suivi de mortalité
25	15/06/2020	Suivi de mortalité et test de persistance et d'observateur
26	24/06/2020	Suivi de mortalité
N° de semaine	Date	Type de suivi
27	02/07/2020	Suivi mortalité
28	10/07/2020	Suivi mortalité
29	13/07/2020	Suivi mortalité
30	23/07/2020	Suivi mortalité
31	31/07/2020	Suivi mortalité
32	05/08/2020	Suivi mortalité et test de persistance
33	12/08/2020	Suivi mortalité
34	17/08/2020	Suivi mortalité
35	25/08/2020	Suivi mortalité
36	01/09/2020	Suivi mortalité
37	10/09/2020	Suivi mortalité
38	15/09/2020	Suivi mortalité
39	24/09/2020	Suivi mortalité
40	29/09/2020	Suivi mortalité et test de persistance et d'observateur
41	06/10/2020	Suivi mortalité
42	13/10/2020	Suivi mortalité
43	20/10/2020	Suivi mortalité
44	29/10/2020	Suivi mortalité
45	04/11/2020	Suivi mortalité
46	12/11/2020	Suivi mortalité

Le suivi de mortalité consiste à prospecter au sol les surfaces situées sous les aérogénérateurs en vue de la découverte et de l'identification d'éventuels cadavres.

Surface à prospecter : Pour les éoliennes dont les pales mesurent moins de 50 mètres, les prospections ont été réalisées selon un carré de 100 mètres de côté ayant pour centre l'éolienne considérée. Il s'agit de la surface minimale recommandée par le guide des Suivis de mortalité 2018. Pour les éoliennes dont les pales mesurent plus de 50 mètres, la surface de prospection a été adaptée afin que la longueur des pâles soit comprise dedans. Ainsi pour le parc E4C2 les prospections ont été réalisées selon un carré de 122 mètres de côté. La *surface théoriquement prospectable* mesurait donc environ 1 hectare pour chaque éolienne, soit environ 9 ha pour l'ensemble du parc. L'orientation du carré et la direction des transects ont été choisis sur le terrain lors de la première visite, en fonction de la présence d'éléments repères dans le paysage, notamment la bordure des plateformes, les routes et le sens des sillons agricoles.

Mode de recherche : Des transect ont été réalisés tous les 10 mètres sur une longueur de 100 m. Ce dispositif a ainsi permis à l'observateur de se déplacer de façon régulière sous les éoliennes. La prospection a été réalisée à vitesse constante de part et d'autre des lignes ainsi matérialisées. L'observateur a ainsi prospecté une zone s'étendant sur 5 m de part et d'autre de son parcours. De plus une observation rapide au-delà du carré de prospection a été réalisée pour vérifier si des cadavres ne sont pas tombés hors de la zone à prospecter notamment lors des transferts d'une éolienne à l'autre.

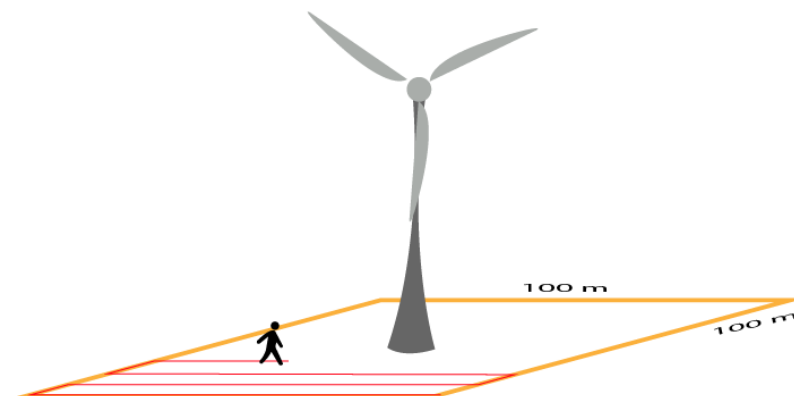


Figure 1 : Visualisation des transects de recherche des cadavres

Zones non prospectées : Au cours de certaines visites, la surface de prospection a pu être réduite en fonction des contraintes liées au terrain telles que la présence de boisements, de cultures, de travaux agricoles en cours...

Fréquence et moment de recherche : Les prospections hebdomadaires ont débuté de préférence le matin, dans l'heure qui suit le lever du soleil.

Ordre de prospection des éoliennes : L'observateur s'est attaché à faire varier l'ordre de prospection des éoliennes afin de limiter l'erreur due à une éventuelle disparition des cadavres entre le lever du soleil et le moment de la prospection.

2.2. Recueil des données

Chaque journée de prospection, l'observateur a consigné son heure d'arrivée et de départ ainsi que les conditions météorologiques pouvant avoir un impact sur sa visibilité (température, intensité et direction du vent, nébulosité, pluie éventuelle). La surface prospectée par éolienne (% de la surface totale), et une description de l'habitat ont également été relevés.

Chaque cadavre a été photographié, associé à une date et une éolienne, sa localisation a été consignée sur une carte et le point GPS a été relevé. L'espèce, le sexe, l'âge ainsi que diverses informations relatives à l'état du cadavre ont également été identifiées si possible.

2.3. Test de persistance

Les cadavres sont susceptibles de disparaître plus ou moins rapidement selon le site d'étude. En effet, d'un site à l'autre, les communautés de charognards présents varient, de même que leur abondance, leurs rythmes d'activité ou encore la disponibilité de ressources alimentaires alternatives. Par ailleurs, la détectabilité (cadavre frais ou plus ancien), et l'accessibilité des cadavres peut aussi influencer sur la durée de persistance (Besnard et Bernard, 2017). Afin d'estimer le taux de persistance des cadavres sous les éoliennes, l'observateur a dispersé des cadavres de souris blanche sur la surface de prospection. Cette espèce a été privilégiée car les souris ont une taille qui se rapproche de celle des chauves-souris, et des passereaux adultes. 3 souris par éolienne ont été dispersés dans des habitats différents (dalle, végétation rase sur la plateforme, cultures). Leur emplacement a été soigneusement relevé pour permettre le contrôle ultérieur. Toutes les souris ont été décongelés la veille de leur placement pour limiter l'avancée de leur décomposition avant le dépôt, et manipulés avec des gants afin de limiter leur imprégnation par l'odeur humaine. L'observateur est ensuite repassé régulièrement au cours de la première semaine pour contrôler la persistance des cadavres, puis les semaines suivantes et jusqu'à la disparition totale des souris. Au total 24 souris ont été répartis sous les 9 éoliennes du parc des Quatre Chemins le 17/06/2020, 25 ont été répartis le 03/08/2020 et 27 ont été placés le 28/09/2020.

2.4. Taux de détectabilité

L'observateur s'est étalonné (période printemps-été et en automne) afin d'établir son taux de détectabilité. Pour cela des leurres (petits boudins de serviettes sombre) ont été dispersés par une personne différente de l'observateur sur une parcelle représentative des habitats du parc éolien. Le nombre de leurres déposés n'était pas connu de l'observateur et il les a recherchés selon les mêmes conditions qu'un suivi de mortalité classique.

2.5. Surface réellement prospectée

La surface théorique prospectable dans les carrés de 100 m de côté autour des éoliennes est de 1 hectare. Cependant, dans le cas où la végétation était trop dense et haute, notamment, les cultures non-moissonnées, il n'a pas toujours possible de prospecter l'intégralité de cette surface. A chaque visite, la surface prospectée a été quantifiée et relevée afin de déduire le taux de prospection pour l'ensemble du parc, à chaque visite.

2.6. Taux de mortalité

Il existe différentes méthodes d'estimation de la mortalité qui prennent en compte plusieurs paramètres tels que le taux de disparition, le test de détectabilité, etc. Plusieurs méthodes peuvent être appliquées, car chacune d'entre elles présente des avantages et des inconvénients et les résultats diffèrent de l'une à l'autre parfois de façon importante. Ainsi, l'utilisation de plusieurs méthodologies permet de présenter une fourchette de résultats. Trois méthodes calculatoires ont été utilisées pour l'estimation de la mortalité : la méthode « Erickson », la méthode « Jones » et la méthode « Huso ».

Les calculs ont été réalisés en utilisant l'application créée par le CNRS [HTTPS://SHINY.CEFE.CNRS.FR/EOLAPP/](https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/) (Besnard & Bernard, 2017). La période de prospection a été séparée en deux ensembles :

- S7 à S31 de mi-février à fin juillet : une période de « printemps - été » correspondant à la période de nidification des oiseaux et au transit printanier et à la mise bas et l'élevage des jeunes pour les chiroptères
- S32 à S46, de début-août à mi-novembre : une période d'« Automne » correspondant au transit automnal pour les chiroptères, et au regroupement postnuptial et à la migration pour les oiseaux.



SUIVI DE PARC

1. Suivi de mortalité

2.7. Résultats

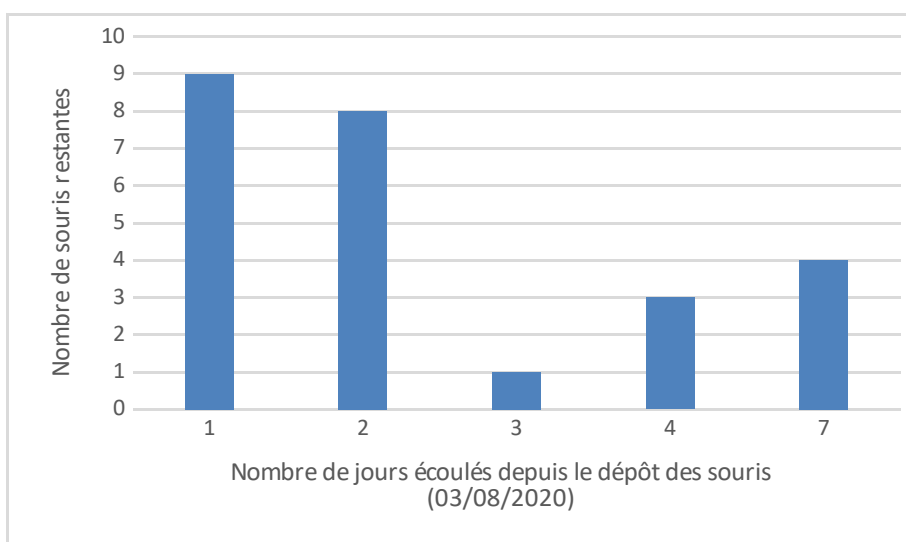
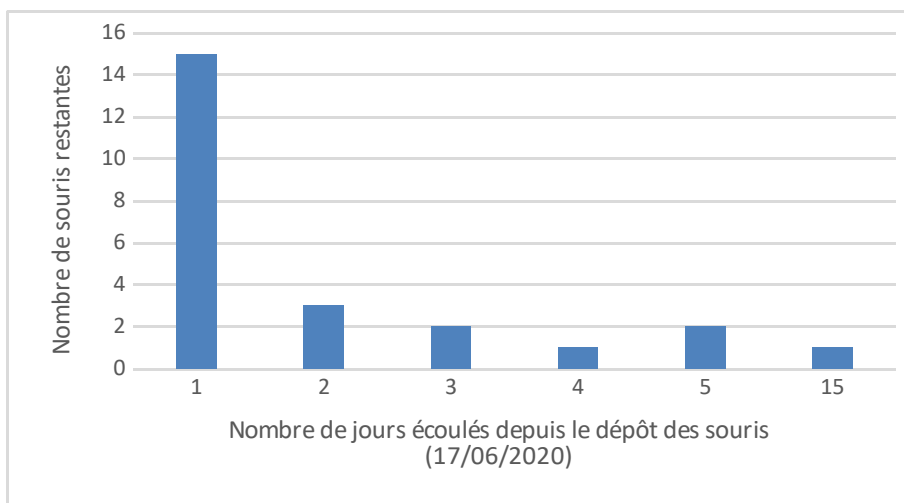
2.7.1. Test de détection

Dans le cas de l'observateur du parc des Quatre Chemins, le test de détection 1 a été réalisée sur un champ de fleurs sur les parties nu, puis le test de détection 2 a été réalisé sur une parcelle de culture à nu dont la taille de la végétation ne dépassait pas les 10 cm.

Pour la première période du suivi (printemps-été 2020), 17 serviettes sur 20 ont été retrouvés. Ce qui correspond à un taux de détection de 85%. Pour la seconde période du suivi (automne 2020), 19 serviettes sur 20 ont été retrouvés, ce qui représente un taux de détection de 95%.

A l'année, la moyenne de ces deux taux de détection pondérées par le nombre de visites au printemps et en été est de 90%.

2.7.2. *Test de persistance*



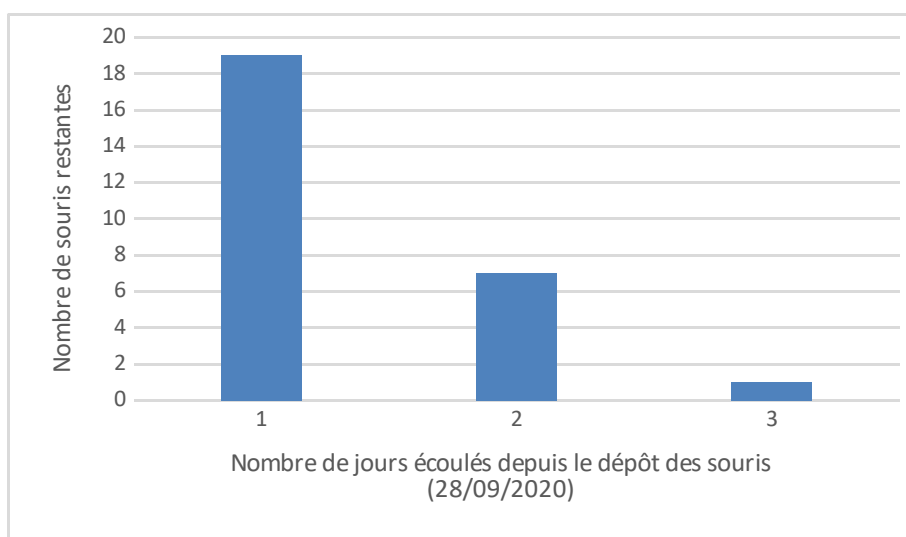
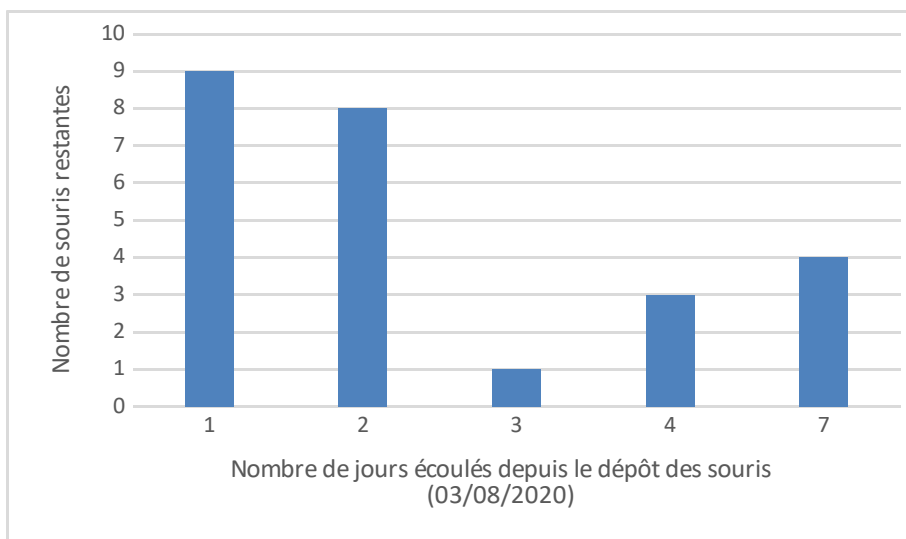


Figure 2 : Evolution du nombre de souris présentes sur le site en fonction du temps.
 (Respectivement : période 1 en haut, période 2 au centre, période 3 en bas)

Tableau 2 : Résultats du test de persistance

Eolienne	Période 1 (février à juin)		Période2(juillet à août)		Période 3 (septembre à novembre)	
	Nombre de souris déposées	Nombre de jours de persistance / cadavre	Nombre de souris déposées	Nombre de jours de persistance / cadavre	Nombre de souris déposées	Nombre de jours de persistance / cadavre
E1 bis	3	1	3	1	3	1
		1		2		1
		1		3		1
E2	3	1	3	1	3	1
		2		2		2
		3		4		3
E3	3	1	3	1	3	1
		4		2		2
		5		2		2
E4	3	1	3	1	3	1
		1		1		1
		2		7		1
E5	2	1	3	2	3	1
		3		7		1
				7		1
E6	3	1	3	2	3	1
		1		2		1
		1		4		2
E7	2	1	3	1	3	1
		1		1		1
				1		2
E8	3	1	2	1	3	1
		2				1
		5		2		1
E9	2	1	2	4	3	1

Eolienne	Période 1 (février à juin)		Période2(juillet à août)		Période 3 (septembre à novembre)	
	Nombre de souris déposées	Nombre de jours de persistance / cadavre	Nombre de souris déposées	Nombre de jours de persistance / cadavre	Nombre de souris déposées	Nombre de jours de persistance / cadavre
		15		7		2
						2
	TOTAL 24	MOYENNE	TOTAL 25	MOYENNE	TOTAL 27	MOYENNE
		2.3 jours		2.7 jours		1.3 jours

2.7.3. Correcteur surfacique

A chaque visite, la surface prospectée a été relevée en pourcentage pour chaque éolienne.

Les 9 ha de surface théorique à prospecter sont principalement constitués de cultures (67.2%), de zones de gravier (26.7%), de chemins (15.8%), et de plateformes (10%).

Au cours de l'ensemble du suivi, la surface prospectée pour l'ensemble du parc a varié entre 2.7 ha et 7.3 ha, en moyenne la prospection du parc éolienne a été de 72%. En été (semaines 7 à 31), la prospection s'est limitée à 61% de la surface totale. La moisson a eu lieu mi-juillet. Ensuite, en automne (semaines 32 à 46), les champs moissonnés (paille, ou terre nue) ont alors pu être prospectés en intégralité.

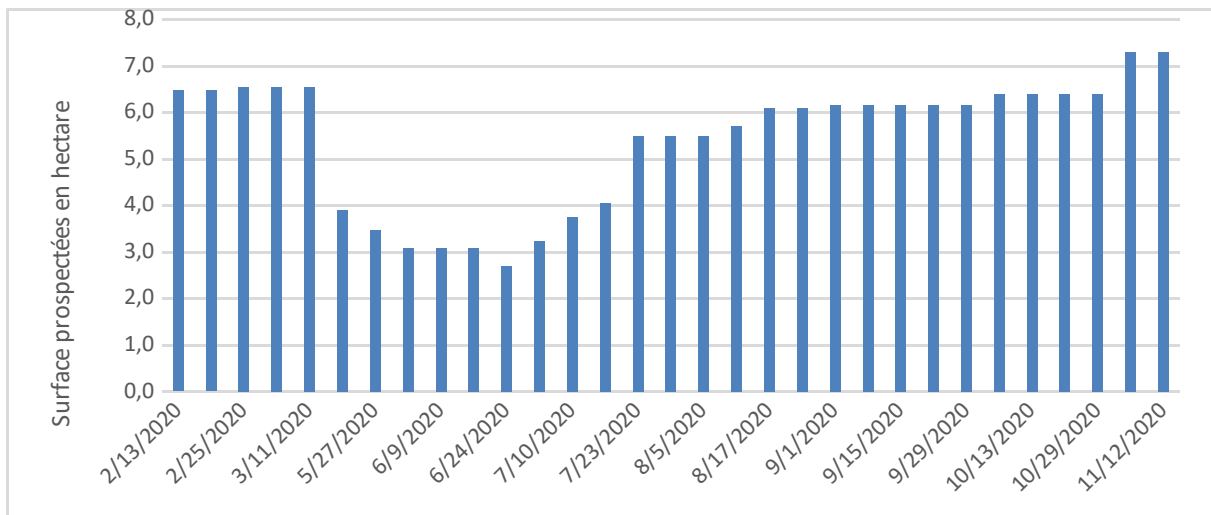
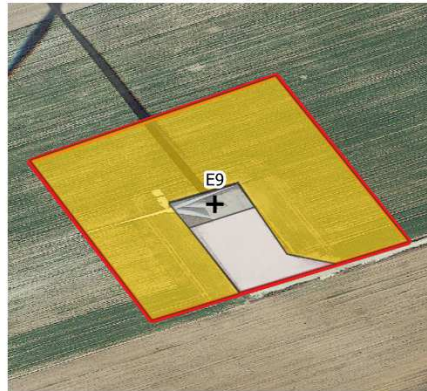
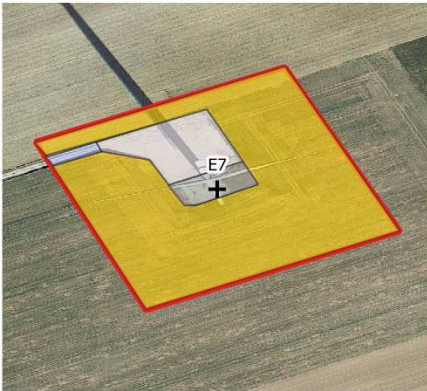





Figure 3 : Surface prospectées à l'échelle du parc




 expertises environnementales

0 50 100 m


Source : Noria
 Fond : Map data ©2015 Google
 Réalisation : Calidris
 QGIS 3.4.3



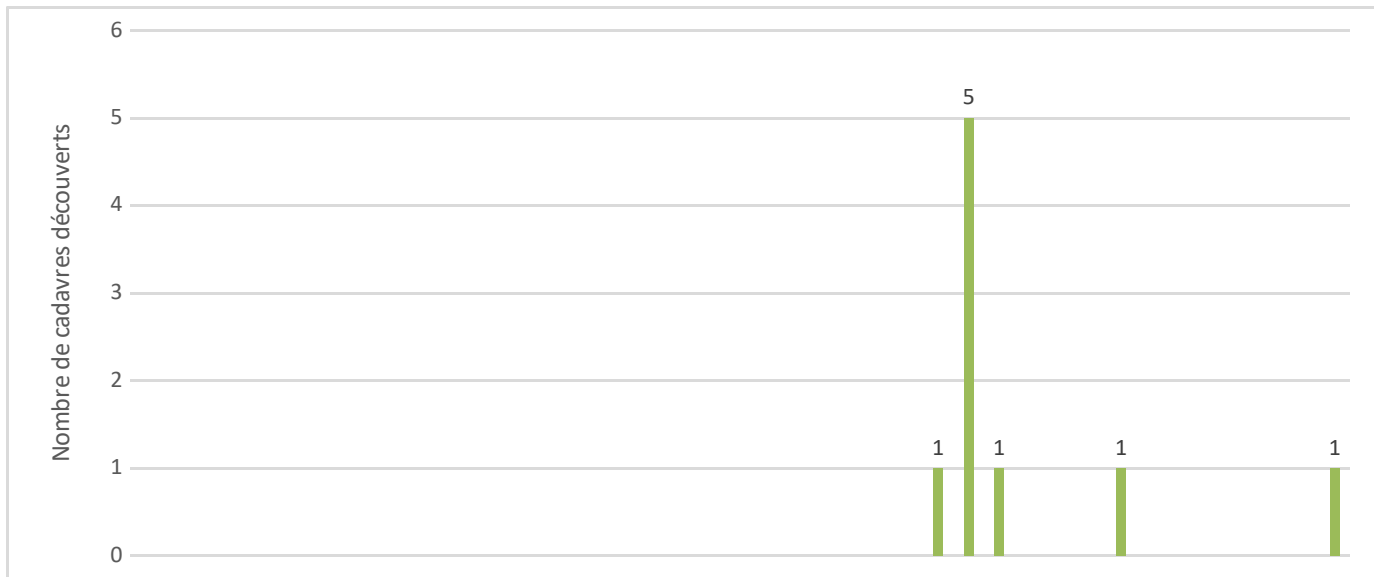
Légende

-  Eoliennes
-  Chemin
-  Culture
-  Haie
-  Zone de stationnement
-  Zone de végétation basse

Carte 2 : Cartographie de l'occupation du sol sur une surface de 1 ha autour de chaque éolienne

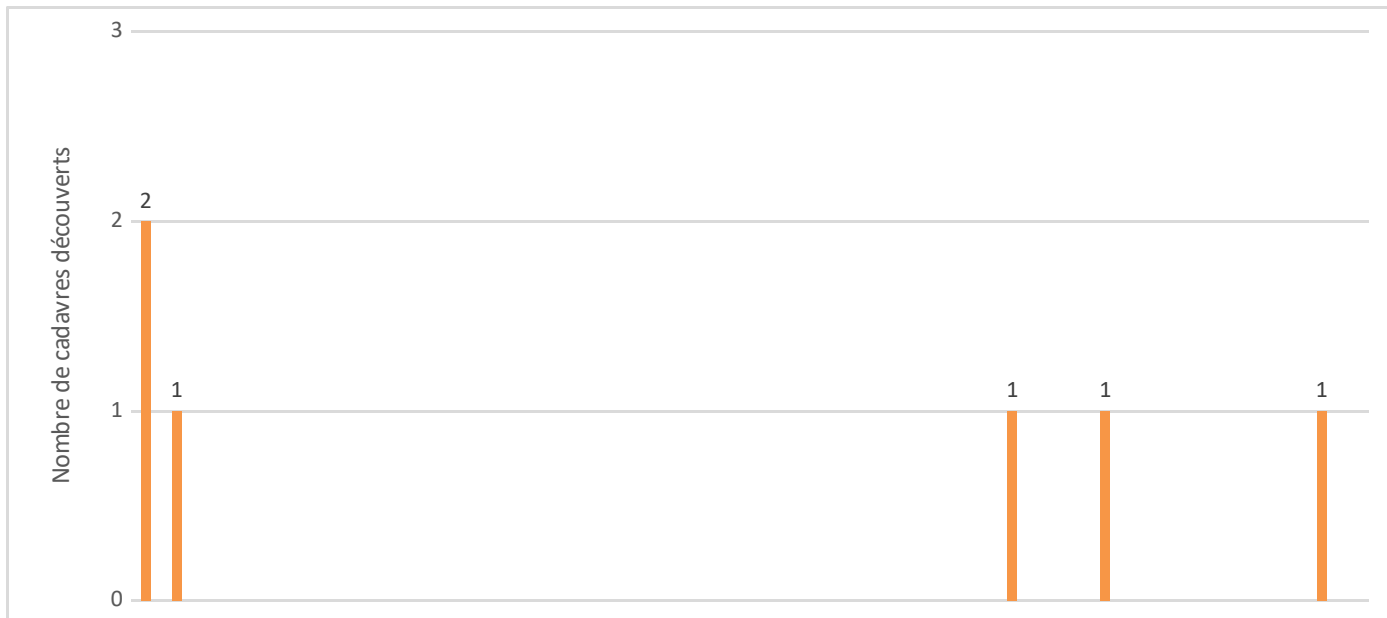
2.7.4. Mortalité brute

Phénologie



Le suivi réalisé entre le 13/02/20 et le 12/11/20 a permis la découverte de 6 cadavres d'oiseaux (et d'un cadavre hors zone de prospection) et de 9 chiroptères.

Figure 4 : Histogramme de la chronologie de la mortalité brute pour les chiroptères



Les chauves-souris ont été découvertes uniquement à partir du mois d'août avec 7 individus vus en août, 1 en septembre et 1 en novembre.

Figure 5 : Histogramme de la chronologie de la mortalité brute pour les oiseaux

Tableau 3 : Cadavres découverts lors du suivi de mortalité

Date	N°	Taxon	Espèce	Distance (m)	Orientation	Végétation	Hauteur (cm)	Etat du cadavre	Cause présumée
13/02/2020	E8	Oiseau	Buse variable	11	S	Terre nue	0	Squelettique	collision ?
13/02/2020	E9	Oiseau	Corbeau freux	30	O	Herbe rase	3	Prédaté et décomposé	collision?
25/02/2020	E9	Oiseau	Epervier d'Europe	5	N	Terre nue	0	Reste seulement les ailes	collision ?
12/08/2020	E9	Chauve-souris	Noctule de Leisler	30	S	Gravier	0	Quelques jours	barotraumatisme
17/08/2020	E7	Chauve-souris	Noctule commune	45	S-O	Terre nue	0	Quelques jours, blessure au flanc	collision
17/08/2020	E8	Chauve-souris	Noctule commune	24	O	Terre nue	0	Quelques jours blessure au flanc	collision
17/08/2020	E9	Chauve-souris	Sérotine Commune	13	S	Gravier	0	Bas du corps prédaté	barotraumatisme
17/08/2020	E9	Chauve-souris	Pipistrelle commune	26	S-E	Terre nue	0	A moitié squelettique avec le crâne fracturé	Collision ?
17/08/2020	E9	Chauve-souris	Pipistrelle commune	22	S-O	Herbe	3	Bas du corps prédaté	barotraumatisme
25/08/2020	E8	Oiseau	Accipitridés	60	O	Terre nue	0	Squelettique	collision ?
25/08/2020	E9	Chauve-souris	Pipistrelle commune	37	S-O	Terre nue	0	Bas du corps squelettique	barotraumatisme
15/09/2020	E9	Oiseau	Buse variable	68	O	Terre nue	0	Décapité	collision
24/09/2020	E8	Chauve-souris	Pipistrelle sp	35	N-O	Terre nue	0	Reste de poils et des ailes	barotraumatisme
04/11/2020	E8	Oiseau	Faucon crécerelle	51	O	Terre nue	0	Quelques jours	collision
12/11/2020	E1 bis	Chauve-souris	Pipistrelle commune	43	O	Champs de blé	5	Quelques jours	barotraumatisme

Espèces impactées

Les cadavres découverts appartiennent à 8 espèces différentes. Parmi les 9 chauve-souris, 4 espèces différentes ont été déterminées : Noctule commune, Noctule de Leisler, Sérotine commune et Pipistrelle commune.

Tableau 4 : Statut des espèces d'oiseaux retrouvés mortes sous les éoliennes

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Protection nationale	LR Mondiale	Liste rouge France	Liste rouge régionale
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Oui	LC	VU	V
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Oui	LC	NT	V
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Oui	LC	NT	AS
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Oui	LC	NT	AS

- Listes rouges : (UICN France et al., 2016)
 - Espèces menacées : **CR** : en danger critique, **EN** : en danger et **VU** : vulnérable,
 - Autres catégories : **NT** : quasi menacée, **LC** : préoccupation mineure, **DD** : données insuffisantes pour évaluer l'espèce, **NA** : non applicable (NAa : introduite après l'année 1500 ; NAb : présente de manière occasionnelle ou marginale et non observée chaque année ; NAc : régulièrement présente en hivernage ou en passage mais ne remplissant pas les critères d'une présence significative ; NAd : 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).

Pour les oiseaux, l'espèce la plus impactée est représentée par la Buse variable (2 cadavres retrouvés). Pour les autres espèces, Corbeau freux, Faucon crécerelle et Epervier d'Europe, un cadavre a été trouvé pour chacune d'elle. Aucune espèce est considérée comme patrimoniale pour la région Grand-Est.

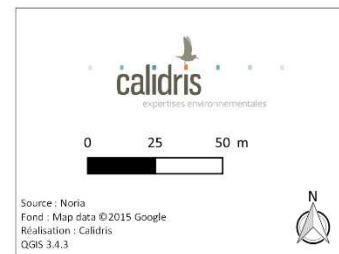
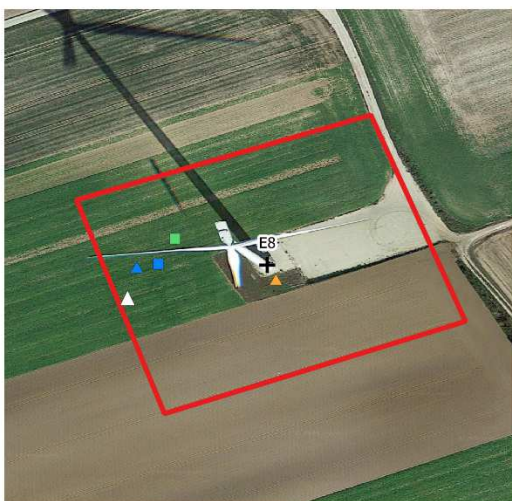
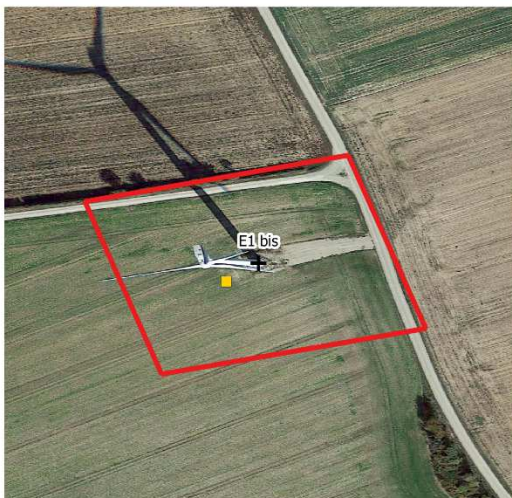
Tableau 5 : Statut des espèces d'oiseaux retrouvés mortes sous les éoliennes

Nom commun	Nom scientifique	Directive "Oiseaux"	LR France			Protection nationale	LR Champagne-Ardenne	
			Nicheur	Hivernant	De passage		Nicheur	Hivernant
			2016				2007	
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>		LC	NAc	NAc	Art. 3		
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>		NT	NAd	NAd	Art. 3	AS	
Épervier d'Europe	<i>Accipiter nisus</i>		LC	NAc	NAd	Art. 3 et 6		
Corbeau freux	<i>Corvus frugilegus</i>		LC	LC				

- Listes rouges : (UICN France et al., 2016)
 - Espèces menacées : **CR** : en danger critique, **EN** : en danger et **VU** : vulnérable,
 - Autres catégories : **NT** : quasi menacée, **LC** : préoccupation mineure, **DD** : données insuffisantes pour évaluer l'espèce, **NA** : non applicable (NAa : introduite après l'année 1500 ; NAb : présente de manière occasionnelle ou marginale et non observée chaque année ; NAc : régulièrement présente en hivernage ou en passage mais ne remplissant pas les critères d'une présence significative ; NAd : 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).

Dispersion des cadavres autour des éoliennes

Les cadavres de chauves-souris ont principalement été découverts dans les champs, seul 1 cadavre a été trouvé sur la plateforme. Il en est de même pour les oiseaux : seuls 2 cadavres ont été découverts sur la plateforme (voir carte suivante).



Légende

+ Eoliennes

localisation cadavres

- ▲ Buse variable
- ▲ Corbeau freux
- ▲ Epervier d'Europe
- ▲ Faucon crécerelle
- △ Oiseau indéterminé
- Noctule commune
- Noctule de Leisler
- Pipistrelle commune
- Pipistrelle sp
- Séroline commune

Carte 3 : Localisation des cadavres découverts

Sur la surface de prospection, la moitié des oiseaux a été découverte à une distance supérieure à 50 mètres à partir de l'éolienne mais à l'intérieur sur carré de prospection (cf illustrations ci-dessus). Pour les autres individus ils ont été découverts à des distances inférieures à 30 mètres. En ce qui concerne les chauves-souris, la distance de projection semble plus faible : seuls deux cadavres ont été découverts à plus de 40m. Cela pourrait s'expliquer par la masse de ces animaux qui est faible.

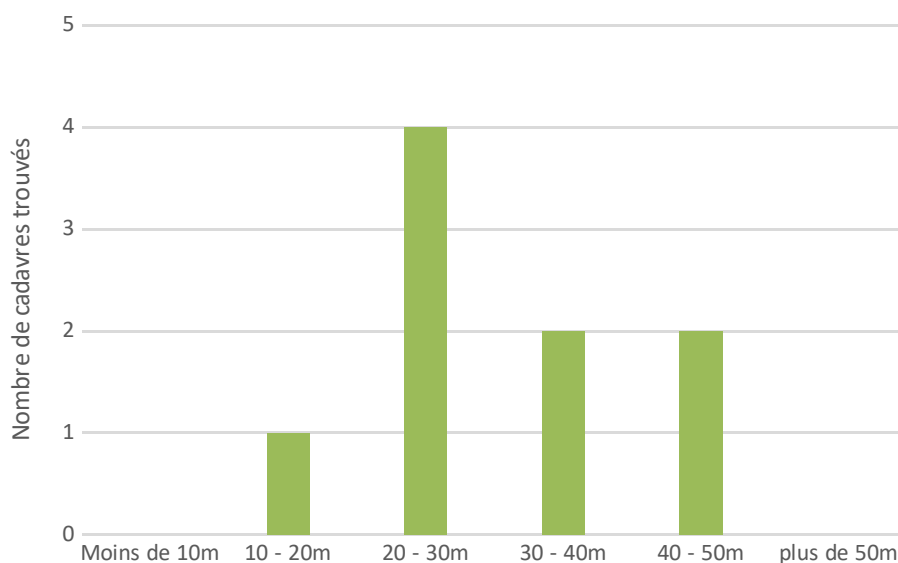
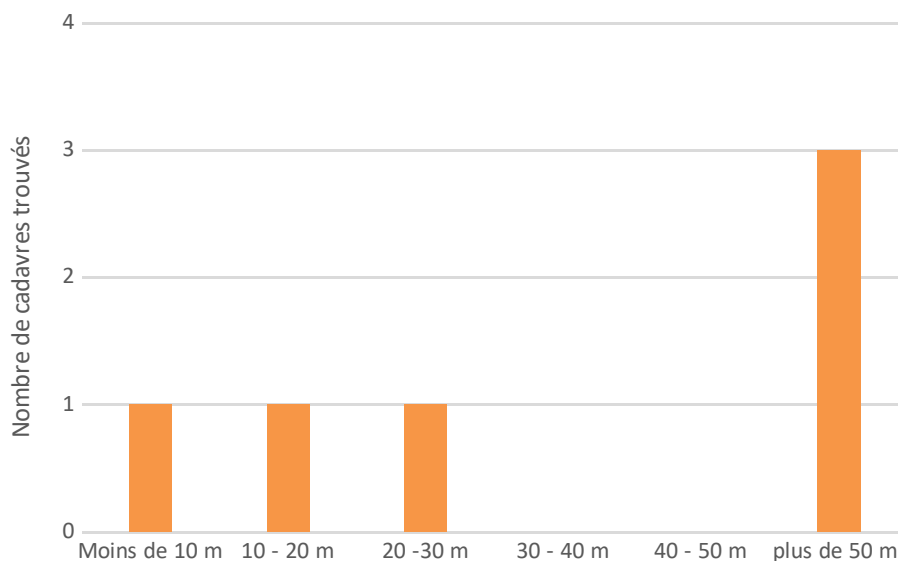


Figure 6 : Projection des cadavres d'oiseaux (*haut*) et de chauves-souris (*bas*) autour des éoliennes

Les cadavres ont été découverts tout autour de l'éolienne. Pour les chiroptères, il semble y en avoir légèrement plus qui ont été trouvés au Sud-Ouest, à l'Ouest et au Sud de l'éolienne. Pour les oiseaux, l'Ouest semble être la direction la plus représentée. Il semble se dégager un axe Est-Ouest de ces données de collisions.

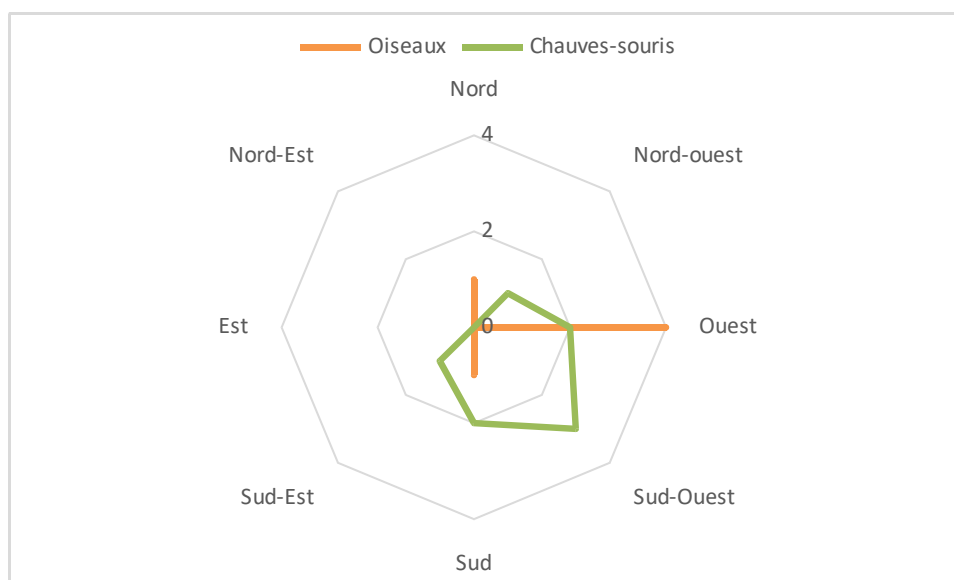


Figure 7 : Nombre de cadavres ayant été trouvés en fonction du point cardinal

Eoliennes les plus à risque

L'éolienne 9 semble présenter un risque de collision plus élevé que les autres (8 cadavres trouvés dont 3 oiseaux et 5 chauves-souris). Plus de la moitié des cadavres ont été retrouvés durant l'ensemble du suivi au niveau de cette éolienne. Elle est suivie par l'éolienne 8, responsable de la collision de 2 chiroptères et de 3 oiseaux. C'est en automne que la majorité des cadavres a été découverte. Pour les éoliennes E2, E3, E4, E5, E6 aucune collision n'a été découverte.

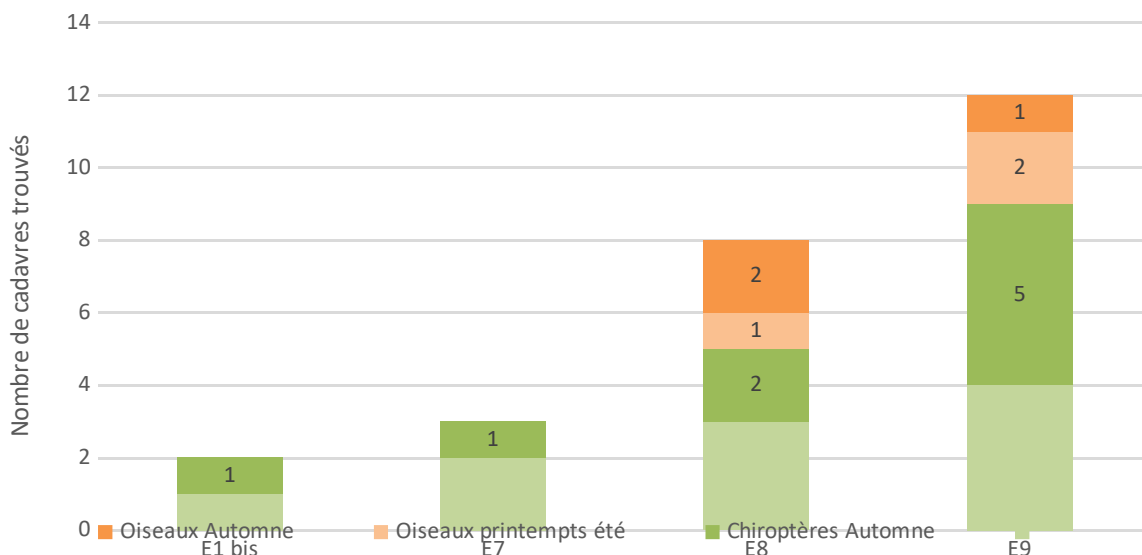


Figure 8 : Nombre de cadavres découverts par éolienne et par saison

2.7.5. Estimation de la mortalité

Les tableaux suivants présentent les résultats du taux de mortalité du parc éolien selon les différentes méthodes utilisées. Les résultats sont exprimés en nombres d'individus tués pour l'ensemble du parc durant les périodes citées. Des tests non-paramétriques ont été appliqués.

Mortalité estimée pour l'avifaune

Tableau 6 : Estimation de la mortalité réelle des oiseaux sur le site et intervalles de confiance à 95%

Formule	Printemps - Eté		Automne		Ensemble du suivi	
	Médiane	IC 95%	Médiane	IC 95%	Médiane	IC 95%
Erickson	16.01	[0-56]	19.52	[0-43]	35.00	[9-79]
Huso	17.07	[0-58]	21.75	[0-52]	36.07	[10-82]
Jones	24.83	[0-108]	57.21	[0-156]	64.14	[15-187]

La mortalité des oiseaux est estimée **entre 35 et 65 individus** (arrondi au supérieur) pour l'ensemble de la **période de prospection** (février à novembre), soit entre **4 et 8 individus par éolienne**. Elle semble légèrement plus élevée en automne (**20 et 58 individus**) qu'en été (**16 et 25 individus**).

Les valeurs calculées à l'aide des méthodes d'Erickson et d'Huso sont du même ordre de grandeur, tandis que celles de Jones donnent systématiquement des valeurs plus élevées. Ces différences sont liées à la méthode de calcul utilisée et probablement à la formule de calcul de « l'intervalle effectif » de persistance.

Les intervalles de confiance permettent de mettre en évidence l'imprécision des estimations. Prenons par exemple l'estimation de la mortalité pour l'ensemble du suivi : alors que les estimations indiquent que la mortalité serait comprise entre 35 et 65 individus, l'intervalle de confiance indique qu'il y a 95 % de chances que le nombre exact soit compris dans l'intervalle de 9 à 79 individus. Cette estimation très large est sûrement liée au faible nombre de cadavres trouvés.

Mortalité estimée pour les chiroptères

Tableau 7 : Calcul de l'estimation de la mortalité des chiroptères sur le parc

Formule	Printemps - Eté		Automne		Ensemble du suivi	
	Médiane	IC 95%	Médiane	IC 95%	Médiane	IC 95%
Erickson	-	-	56.40	[13-137]	50.75	[8-136]
Huso	-	-	64.92	[15-164]	52.29	[8-141]
Jones	-	-	168.46	[35-497]	92.20	[14-308]

Il n'a pas été possible de calculer d'estimations de la mortalité pour la période de printemps-été car aucun cadavre de chiroptères n'a été trouvé à cette période. Ce résultat pourrait indiquer que la mortalité est réellement faible en cette saison. Mais cela pourrait également être lié à une pression de prédation élevée, en effet durant le test de persistance pour la période printemps-été la majorité des souris disparaissaient au bout d'un jours. Ainsi, il n'a pas été possible de détecter d'éventuels cadavres.

Pour la seule **période de l'automne**, il y aurait entre **57 et 168 cadavres** (arrondi au supérieur) pour l'ensemble du parc, soit **entre 7 et 19 cadavres par éolienne**. Cette période semble donc particulièrement à risque pour les chauves-souris.

Mortalité estimée par éolienne

En réalité, la mortalité n'a pas été équivalente pour les différentes éoliennes. Le calcul de la mortalité estimée par éolienne permet de compléter les résultats précédents. Certaines éoliennes diffèrent par rapport aux autres, et présentent plus de risques pour l'avifaune et les chiroptères.

Avifaune

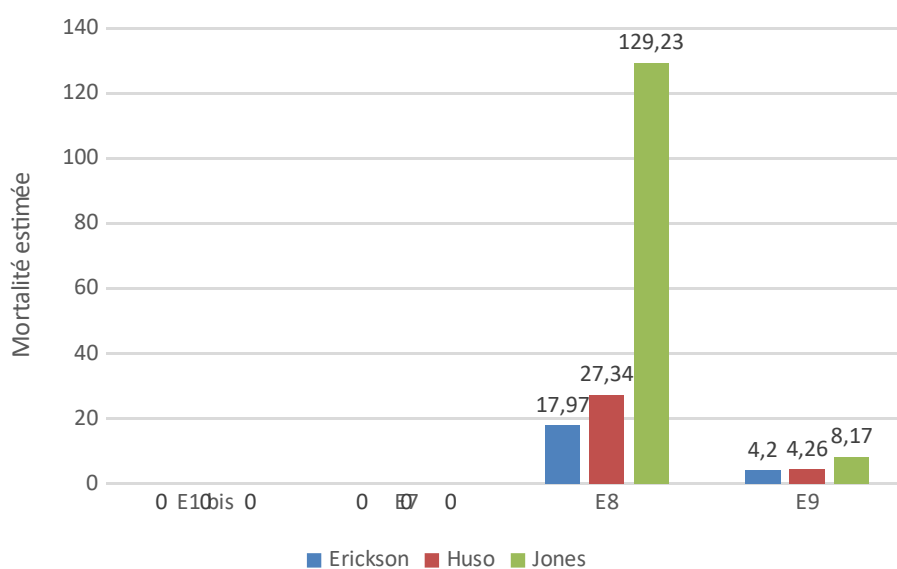
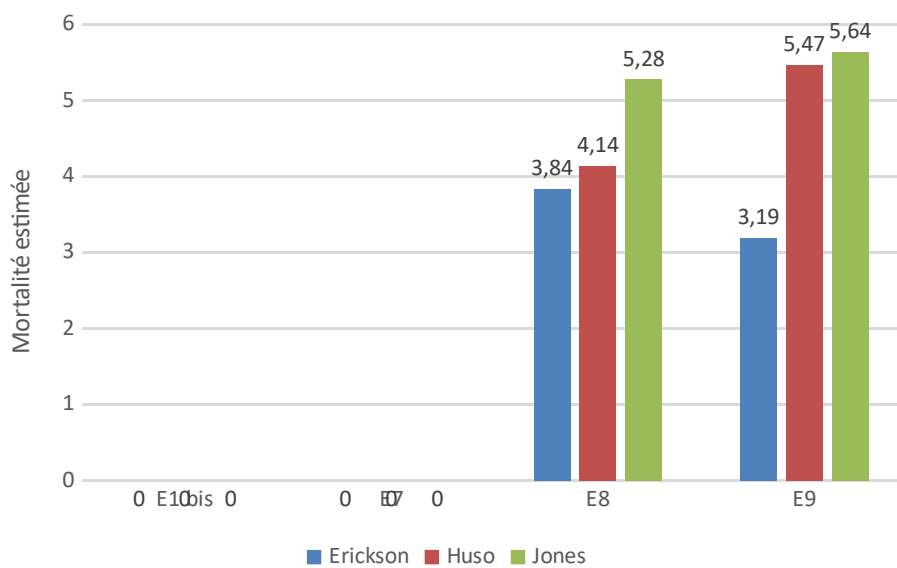


Figure 9 : Estimation de la mortalité des oiseaux au printemps- été (haut) et en automne(bas)

Durant la période printemps-été, des cadavres ont été découverts au pied de seulement deux éoliennes (E8 et E9). 1 cadavre a été découvert au pied de l'éolienne E8 et 2 cadavres ont été

découverts au pied de l'éolienne Eg. Les estimations révèlent une mortalité similaire entre E8 et E9 pour la période printemps-été (**entre 4 et 6 cadavres**).

En automne, la mortalité reste concentrée aux éoliennes E8 et E9. Les estimations révèlent une mortalité très importante pour E8 (**entre 18 et 130 cadavres**) et une mortalité faible pour E9 (**entre 5 et 9 cadavres**).

Chauves-souris

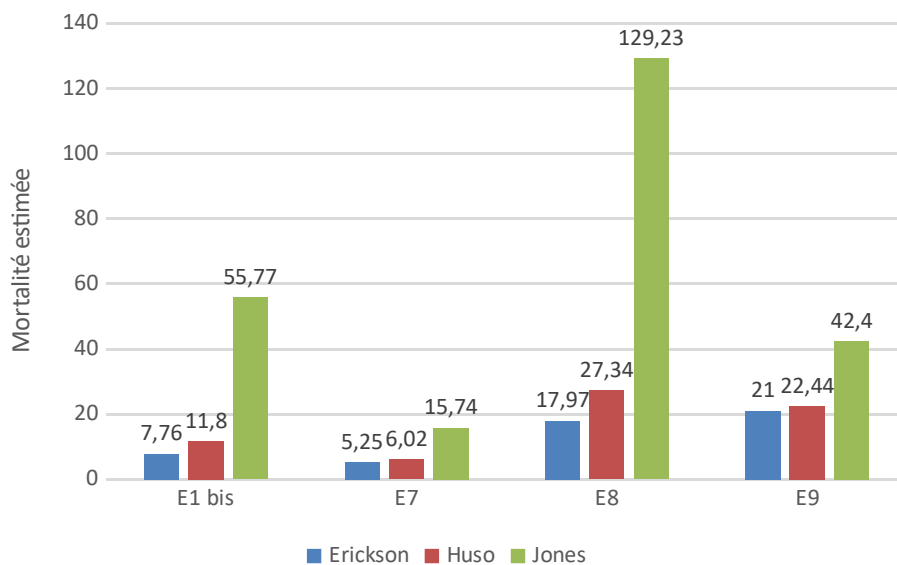


Figure 10 : Estimation de la mortalité des chiroptères par éolienne pour la période automnale

Pour les chiroptères, sur la période de l'automne, la mortalité pour E8 est estimée entre **18 et 130 cadavres**, pour E9 elle est estimée entre **21 et 43 cadavres**, pour E1 bis elle est estimée entre **8 et 56 cadavres** et pour E7 elle est estimée entre **6 et 16 cadavres**. Il semblerait que l'éolienne E8 présente nettement plus de risques de collision que les autres, même si E1 et E9 présentent également des risques importants.

2.8. Discussion

2.8.1. Biais pris en compte dans l'étude

La durée moyenne de persistance des cadavres sur ce site est de 2,1 jours à l'année. Cette durée est particulièrement faible. Aucun renard n'a pu être vu cependant de nombreuses crottes au pied de quelques éoliennes ont été observées. D'autre part, de nombreuses corneilles, corbeaux freux, et buses variables fréquentent le site, ainsi que des faucons crécerelles. C'est probablement en raison de la présence de nombreux animaux qui pourraient de manière opportuniste ramasser les cadavres, que le taux de persistance est si faible sur le site des Quatre Chemins. Ce faible taux de persistance peut donc expliquer qu'une quantité importante de cadavres issus des collisions n'ont pas pu être repérés. Il peut donc y avoir un biais dans la détection des cadavres par l'observateur, cependant ce biais est par la suite corrigé par les formules d'estimation de la mortalité.

La détection de l'observateur qui a été testée sur des champs de terres nues correspond plutôt bien aux longueurs de végétation qui ont été prospectées sur le terrain. Pour la période printemps-été, ce taux de détection était plus faible car dans le champ de test il y avait la présence en partie d'une culture de fleurs. Après la moisson, la terre est restée nue pour plusieurs éoliennes, et couverte de paille pour d'autres. Des graines ont été plantées à proximité de plusieurs éoliennes, et la végétation a ensuite progressivement poussée : le sol étant majoritairement plus visible le taux de détection a alors un peu augmenté.

Le correcteur surfacique a permis de mettre en évidence un biais de détection des cadavres en lien avec la surface prospectée. En effet pour la période printemps-été le taux de prospection est de 61%. Ce pourcentage est lié au fait qu'entre février et mai, la prospection a pu être réalisée en grande partie sur l'ensemble du parc, seuls quelques éoliennes n'étaient pas parcourables du fait des cultures. A partir de mai et jusqu'à la mi-juillet la prospection a été réalisée essentiellement sur les plateformes, les chemins et les zones de parking, les zones de cultures de céréales et de betteraves étant trop dense. Et enfin à partir de mi-juillet, certaines cultures ont été fauchées, ce qui a permis leurs prospections. Le fait que seulement 61% du parc éolienne ait pu être prospecté entraine bien un biais dans la détection des cadavres par l'observateur, cependant là encore ce biais est corrigé dans les formules d'estimation de la mortalité par le correcteur surfacique.

D'autre part, il est important de constater que durant l'ensemble du suivi, les cadavres ont été principalement découverts dans les parties cultivées plutôt que sur la plateforme et les alentours immédiats des éoliennes. Encore une fois, on peut remettre en question les résultats en ce qui concerne les chauves-souris : l'absence de cadavres durant la période printemps-été reflète-t-elle

une absence de mortalité ou une mortalité effectivement plus faible à cette période ? Ne serait-elle que le résultat de l'impossibilité de prospecter les zones de cultures ? Ce facteur est pris en compte dans l'estimation de la mortalité pour les oiseaux durant la période printemps-été, et il en retourne que la mortalité apparaît comme étant moyennement élevé durant cette période, malgré le peu de cadavres découverts. En revanche, pour les chauves-souris, l'absence de découverte d'un seul cadavre durant la période printemps-été n'a pas permis de calculer d'estimation, et donc les biais d'échantillonnage (faible persistance des cadavres, et faible surface prospectée) n'ont pas pu être corrigés pour cette période.

2.8.2. Sensibilité des espèces contactées

Pipistrelles, *Pipistrellus sp.*

La Pipistrelle commune est une espèce sédentaire. Elle fait des déplacements limités (une vingtaine de kilomètres), chassant et se déplaçant le long des éléments arborés. Elle peut néanmoins effectuer des vols en hauteur (au-delà de 20 m). D'après la SFEPM, elle a déjà été observée à hauteur des rotors (Cf. [HTTP://WWW.SFEPM.ORG/EOLIENNESCS.HTM](http://www.sfepm.org/eoliennescs.htm)). La Pipistrelle commune est très impactée par les éoliennes et représente 39 % des cadavres retrouvés en France entre 2003 et 2014 (Rodrigues et al., 2015) et 41 % du total français connu au 25 septembre 2020 (Dürr, 2020), avec 995 individus comptabilisés. La note de risque attribué à l'espèce d'après le nombre de collision recensé en Europe est de 5 (note la plus élevée).

Le groupe des Pipistrelles est le plus impacté avec 76 % des cadavres retrouvés en France entre 2003 et 2014 (Rodrigues et al., 2015) et 71 % du total français connu au 25 septembre 2020 (Dürr, 2020), avec 2005 individus comptabilisés.

Sérotine commune, *Eptesicus serotinus*

Pour cette espèce, 121 cas de collisions avec les éoliennes sont connus en Europe dont 33 en France (DÜRR, 2020). La note de risque attribuée à l'espèce d'après le nombre de collision recensé en Europe est de 3. La sensibilité de cette espèce au risque de collision est donc modérée en général. En revanche, cette espèce pouvant s'installer dans les arbres, sa sensibilité au risque de destruction de gîte est forte. Sur le site, la présence d'arbres est très limitée et la présence de l'espèce est très faible, sa sensibilité au risque de destruction de gîte est donc faible.

Noctule de Leisler, *Nyctalus leisleri*

Pour cette espèce, 718 cas de collisions sont documentés en Europe dont 153 en France (DÜRR, 2020). Cette espèce vole souvent à haute altitude. La note de risque attribué à l'espèce d'après le nombre de collision recensé en Europe est de 4 (note la plus élevée).

Noctule commune, *Nyctalus noctula*

Pour cette espèce, 1 553 cas de collisions sont documentés en Europe dont 104 en France (DÜRR, 2020). Cette espèce vole souvent à haute altitude. La note de risque attribué à l'espèce d'après le nombre de collision recensé en Europe est de 4 (note la plus élevée).

Buse variable, *Buteo buteo*

D'après la synthèse des collisions en France (LPO, 2017), il s'agirait de la cinquième espèce d'oiseaux impactée au niveau national. Cette espèce semble subir une pression plus importante lors de sa migration vers le sud. Dürr (2020) recense 837 cas en Europe dont 78 cas en France en 2020. Les techniques de vols en chasse utilisées par la Buse variable sont mises en avant pour expliquer sa sensibilité aux éoliennes (LPO, 2017). Sur le site, des Buses variables ont été observées en action de chasse autour des éoliennes.

Corbeau freux, *Corvus frugilegus*

Pour cette espèce, 16 cas de collisions sont documentés en Europe (DÜRR, 2020).

Epervier d'Europe, *Accipiter nisus*

D'après la synthèse des collisions en France (LPO, 2017), il s'agirait de la vingt-et-unième espèce d'oiseaux impactée au niveau national. Pour cette espèce 68 cas de collisions sont connus en Europe dont 13 en France (DÜRR, 2020). L'Epervier d'Europe présente des sensibilités en période de reproduction et en période de migration. Comme pour les autres rapaces, les techniques de vols en chasse sont mises en avant pour expliquer la sensibilité de cette espèce aux éoliennes. Sur le site aucun Epervier d'Europe n'a pu être observé.

Faucon crécerelle, *Falco tinnunculus*

D'après la synthèse des collisions en France (LPO, 2017), il s'agirait de la troisième espèce d'oiseaux impactée au niveau national. Sédentaire, cette espèce peut être victime de collisions tout au long de l'année. Dürr (2020) recense 607 cas en Europe dont 105 cas en France. Le vol stationnaire utilisé par le Faucon crécerelle en action de chasse est souvent mis en avant pour expliquer sa sensibilité aux éoliennes (Barrios & Rodríguez, 2004). Sur le site, des faucons

crécerelles ont bien été vus en vol stationnaire à proximité des éoliennes avant la découverte du cadavre.

2.8.3. Mise en perspective des résultats

Il est difficile de comparer les résultats avec d'autres études menées à l'échelle de la France ou de la région Grand-Est

En effet, malgré l'uniformisation progressive des protocoles de suivi, et notamment grâce à la publication du *Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres* (MTES, 2018), les synthèses sur la mortalité s'appuient encore sur des études aux protocoles variés, où certains biais (défectibilité, correcteur surfacique, persistance) n'ont pas toujours été pris en compte. De ce fait, les études sont peu comparables les unes par rapport aux autres.

Oiseaux

La synthèse sur le « Parc éolien français et son impact sur l'avifaune » (LPO, 2017) évoque un nombre allant de 6,6 à 7,2 oiseaux tués par éolienne et par an (calculée sur 8 parcs aux protocoles comparables, et en prenant en compte les oiseaux projetés potentiellement au-delà de 50m). Au Canada, une étude estime que la mortalité imputable aux éoliennes est de l'ordre de 4,71 oiseaux par éolienne (Canada Bird Studies Studies, 2016 in LPO, 2017).

La mortalité réelle estimée pour le parc des Quatre Chemins (entre 35 et 65 cadavres pour l'ensemble du suivi) est proche des moyennes canadiennes et françaises des documents précédemment cités. Ramenés à une estimation par éolienne, ces valeurs donnent une valeur de 4 à 8 cadavres par éoliennes pour les oiseaux pour la période du suivi, ces valeurs sont très similaires à celles de l'étude indiqué ci-dessus.

Les éoliennes E8 et E9 seraient celles qui seraient les plus à risque pour les oiseaux (4 à 130 cadavres pour l'ensemble du suivi).

Chauves-souris

Dans la synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer, Gaultier *et al.* évoquent l'existence d'un « taux de mortalité accepté » en Allemagne, variable d'un Länder à l'autre, qui serait compris entre 1 et 2 cadavres de chauve-souris par éolienne et par an (Behr *et al.*, 2017 in Gaultier, S.P., Marx, G., & Roux, D., 2019). Bien que cette notion sous-tende qu'il serait acceptable que des chauves-souris protégées puissent être détruites dans l'exploitation éolienne, ce chiffre peut nous servir d'indicateur pour nos comparaisons.

Sur le parc éolien des Quatre Chemins, à l'automne, entre 57 et 169 chiroptères seraient impactées pour l'ensemble du parc, soit environ 7 et 19 cadavres par éolienne pour l'ensemble du suivi. La mortalité des chiroptères semble donc particulièrement élevée pour le site.

Les calculs de l'estimation de la mortalité par éolienne révèlent que la mortalité est extrêmement élevée pour les éoliennes E8 et E9 en période automnale (risque fort pour les oiseaux comme les chauves-souris : 18-129 cadavres), pour les éoliennes E1 bis et E7 l'estimation est plus faible (6 à 56 cadavres). Cela peut s'expliquer par le fait que E8 et E9 se situent à environ 200 mètres de haies, E1 également mais à une distance d'environ 100 mètres. Les haies peuvent servir de terrain de chasse et de couloir de déplacement pour les chauves-souris.



CONCLUSIONS

1. Suivi de mortalité

Le suivi mis en place entre février et novembre 2020 sur le parc éolien des Quatre Chemins a permis de trouver 6 cadavres d'oiseaux et 9 de chiroptères. L'estimation de la mortalité induite par le parc éolien indique des médianes allant de 51 et 93 pour les chiroptères et de 35 à 65 pour les oiseaux, en fonction des formules, pour l'ensemble du suivi. Au vu des études précédemment réalisées par la société Calidris, mais aussi par d'autres organismes en France, en Allemagne et au Canada, ces chiffres sont très élevés pour les chiroptères. La mortalité de manière générale semble plus élevée en automne que pour la période printemps-été.

Malgré un biais dans la détection des cadavres du fait de la pression de prédation et des surfaces prospectées, il a été corrigé dans les formules d'estimation de mortalité permettant ainsi de déterminer l'impact des éoliennes du parc. L'impact lié aux éoliennes E8 et E9 est significatif, pour les chiroptères comme pour les oiseaux en période automnale. Les éoliennes E1 et E7 semblent également provoquer un nombre élevé de collisions avec les chiroptères.

Du fait de la mortalité observée au cours du suivi 2020, **des mesures de bridage à chiroptère seront proposées pour réduire l'impact du parc éolien des Quatre Chemins sur les chiroptères (cf. « Mesures correctives de réduction d'impact »).** Des mesures d'activité en altitude seront effectuées en 2021.



MESURES CORRECTIVES DE RÉDUCTION D'IMPACT

Mesures de réduction d'impact

MR : Bridage des éoliennes

Corresponds aux mesures **E4.2b** et **R3.2b - Adaptation des horaires d'exploitation / d'activité / d'entretien (fonctionnement diurne, nocturne, tenant compte des horaires de marées)** du *Guide d'aide à la définition des mesures ERC* (Commissariat général au développement durable, 2018).

Aucune mesure de bridage a été préconisée suite à l'étude d'impact qui concluait sur des impacts globalement faibles sur la faune. Cependant, suite au suivi de mortalité effectué en 2020, il a été mis en évidence une mortalité non négligeable sur le parc.

Les cadavres de chiroptères retrouvés faisaient partie des genres des Pipistrelles, des Noctules et des Sérotines, or les Pipistrelles sont les espèces les plus impactées, cependant la présence de Noctules (espèces très sensibles à l'éolien) montre que ce parc a un réel impact sur les chiroptères.

Si aucune mesure corrective n'est mise en place sur le parc éolien des Quatre Chemins, celui-ci est susceptible d'induire des impacts non-négligeables en termes de potentialités de collisions directes ou par barotraumatisme, et donc de mortalité pour les espèces de chauves-souris locales.

Il est donc nécessaire de mettre au point un plan de bridage afin de limiter les collisions et, ainsi, ne pas remettre en cause le bon état écologique des espèces locales et migratrices. Les éoliennes 1 bis, 7, 8 et 9 sont concernées par le bridage.

Les connaissances actuelles sur ce type de mesure font état de quatre facteurs influençant particulièrement l'activité des chiroptères : la période de l'année, la période jour/nuit, la température et la vitesse du vent.

Le plan de bridage peut être mis en place à partir du 1^{er} août jusqu'au 30 septembre avec des réglages dit classique :

- Pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 6 m/s
- Pour des températures supérieures ou égales à 10°C
- Durant toute la nuit

Suivi de la mesure : Vérification du système de bridage et des paramétrages du bridage.

Vérification de l'efficacité du bridage grâce au suivi réglementaire d'activité et de mortalité ICPE. Le bridage pourra ainsi être revu en fonction des résultats de ce suivi.

Coût de la mesure : Perte de production variable, mais généralement estimé entre 1 et 5 %.

Poursuite de l'étude en 2021 :

Pour l'année 2021, des enregistrements en hauteur vont être mis en place afin de pouvoir vérifier les conditions de bridage à mettre en place sur le parc éolienne des Quatre Chemins. Ces écoutes en hauteurs seront effectuées par des Batmods installés au niveau des nacelles des éoliennes à surveiller.

BIBLIOGRAPHIE

ANDRÉ Y., 2004. Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. LPO doc.int. 20p.

ANONYME, 2013. *Interpretation manual of European Union habitats, EUR 28*. European Commission – DG Environment, 144 p.

ARNAUDUC J.", ANSTETT L. & BOOS M., 2011. Les prélèvements des colombidés par la chasse en France. Faune Sauvage, cahier technique, 293 : 45-49.

ARTHUR L. & LEMAIRE M., 2015. Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Biotope, Mèze (Collection Parthénope), Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 2e éd., 544 p.

AVES ENVIRONNEMENT & GCP., 2010. Étude 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.

BARRIOS L. & RODRIGUEZ A., 2004. Behavioural and environmental correlates of soaring-bird's mortality at on-shore wind turbines. *Journal of applied ecology*. 41 : 72 – 81

BERTHOLD P., 1996. Control of bird migration. Springer Science & Business Media.

BESNARD, & BERNARD. ,2017. Deux applications web en libre accès pour calibrer et évaluer la pertinence des suivis de mortalités sous les éoliennes. *Actes du Séminaire Eolien et Biodiversité*, 33-35. https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/besnard-a_seb2017_.pdf

BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004. Birds in Europe : population estimates, trends and conservation status. BirdLife international, Conservation Series N°12, Cambridge, UK, 374 pages.

CAHIERS D'HABITATS NATURA, 2000, 2012. Les Oiseaux, volume 2. La documentation Française, Tome 8.

CRAMP, S.L., SIMMONS, K.E.L., SNOW, D.W. & PERRINS, C.M., 1998. The Complete Birds of the Western Palearctic on CD-ROM. Version 1.0 for PC. Oxford University Press. London, UK.

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA PRÉVENTION DES RISQUES, 2015. Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres. Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie. 40p.

DULAC P., 2008. Évaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan de 5 années de suivi – LPO Vendée / ADEME Pays de la Loire / Conseil Régional de la Loire, 106p.

DÜRR T. & BACH L., 2004. Fledermäuse als Schlagopfer von Windenergieanlagen - Stand der Erfahrungen mit Einblick in die bundesweite Fundkartei. Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz 7: 253-263.

DÜRR T., 2002. Fledermäuse als Opfer von Windkraftanlagen in Deutschland. Nyctalus 8(2): 115-118.

DÜRR T., 2019. Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at windturbines in Europe—Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt Brandenburg. [HTTP://WWW.LFU.BRANDENBURG.DE/CMS/DETAIL.PHP/BB1.C.312579.DE](http://www.lfu.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.312579.de)

DÜRR T., 2019. Informationen über Einflüsse der Windenergienutzung auf Vögel. http://web.archive.org/web/20200106081622/https://lfu.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/vsw_dokwind_voegel.pdf

ERICKSON W.P et KERNS J., 2004. Bat mortality at wind energy facilities during fall migration: a proposal for intensive mortality search. Bats and Wind Energy Cooperative, 16p.

ERICKSON W.P., JOHNSON G.D., STRICKLAND M.D., YOUNG D.P., SERNKA K.J. & GOOD R.E., 2001. Avian collisions with wind turbines: a summary of existing studies and comparaisons to other sources of avian collision mortality in the US. National Wind Coordinating Committee Publication.

ERICKSON W. STRICKLAND D. JOHNSON G. ET KERN W., 2000 - Examples of statistical methods to assess risk of impacts to birds from wind plants. - National Avian, Wind Power Planning Meeting III - San Diego, California : 172- 182

EYBERT, M. C., CONSTANT, P., & LEFEUVRE, J. C., 1995. Effects of changes in agricultural landscape on a breeding population of linnets *Acanthis cannabina* L. living in adjacent heathland. Biological Conservation, 74(3), 195-202.

GAULTIER, S.P., MARX, G., & ROUX, D., 2019. *Eoliennes et biodiversité : Synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer.* (p. 120). Office national de la chasse et de la faune sauvage / LPO. https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/lpo_oncfs_2019.pdf

GENDEAU A. & GENDEAU S., 2010. Forty Years of Crane Migration in Limousin/France. Report and paper as to the the VIIth European Crane Conference, Oct. 14- 17, Stralsund. p.15.

GENSOL, B., 2009. GUIDE DES RAPACES DIURNES EUROPE, AFRIQUE DU NORD ET MOYEN-ORIENT. DELACHAUX ET NIESTLÉ, PARIS. ISSA N. & MULLER Y. (2015) - ATLAS DES OISEAUX DE FRANCE MÉTROPOLITAINE, DELACHAUX ET NIESTLÉ, VOL 1, P424-427.

HÖTKER, H., 2006. The impact of repowering of wind farms on birds and bats. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen

HUSO M., 2008. A comparison of estimators of bat and bird fatality at wind power generation facilities – Présentation PowerPoint, Rencontres Scientifiques des collaborateurs de NationalWind, Milwaukee.

HUSO M., 2010. An estimator of wildlife fatality from observed carcasses – *Environmetrics*, 19p.

ISSA N. & MULLER Y., 2015. ATLAS DES OISEAUX DE FRANCE MÉTROPOLITAINE, DELACHAUX ET NIESTLÉ, VOL 1, P424-427.

JONES G., COOPER-BOHANNON R., BARLOW K. ET PARSONS K., 2009. Determining the potential ecological impact of wind turbines on bat population in Britain – Scoping and method development report – Bat conservation Trust, 150p.

KORNER-NIEVERGELT, F., KORNER-NIEVERGELT, P., BEHR, O., NIERMANN, I., BRINKMANN, R., & HELLRIEGEL, B., 2011. A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildlife Biology*, vol. 17, no 4, p. 350-363.

KUNZ T., ARNETT E., COOPER B., ERICKSON W., LLARKIN R., MABEE T., MORRISSON M., STRICKLAND D. ET SZEWCZAK J., 2007. Assessing impacts of wind energy development on nocturnally active birds and bats: a guidance document – *Journal of Wildlife Management*, p. 2449-2486.

LE REST K., 2014. Méthodes statistiques pour la modélisation des facteurs influençant la distribution et l'abondance de populations. Application aux rapaces diurnes nichant en France. Thèse. Université de Poitiers. 150 pages.

LOUVEL J., GAUDILLAT V. & Poncet L., 2013. EUNIS, European Nature Information System. Système d'information européen sur la nature. Classification des habitats. Traduction française. Habitats terrestres et d'eau douce. MNHN-DIREV-SPN, MEDDE, Paris, 289 p.

LPO., 2017. Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune—Étude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015. https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/eolien_lpo_2017.pdf

MTES.,2015. *Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres* (p. 47). Ministère de la transition écologique et solidaire. <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-29243-protocole-suivi-environnemental-parcs-eoliens.pdf>

MTES.,2018. *Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres—Révision 2018* (p. 20). Ministère de la transition écologique et solidaire. https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/protocole_de_suivi_revision_2018.pdf

NEWTON I., 2008. *THE MIGRATION ECOLOGY OF BIRDS*. ACADEMIC PRESS. 976 PP.

NEWTON, I., 2010. BIRD MIGRATION. *BRITISH BIRDS*, 103, 413-416.

OSBORN R.G., HIGGINS K.F., USGAARD R.E., DIETER C.D & NEIGER R.G., 2000. Bird mortality associated with wind turbines at the Buffalo Ridge Wind Ressource Area, Minnesota. *Am. Midl. Nat.* 143 : 41-52.

RODRIGUES, L., et al, 2015. *Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. Actualisation 2015* (6 (version française); p. 133). UNEP/EUROBATS.

ROUX D., ERAUD C., LORMEE H., BOUTIN JM., TISON L., LANDRY P., & DEJ F. (2014). Suivis des populations nicheuses (1996-2014) et hivernantes (2000-2014). Réseau national d'observation « Oiseaux de passage » ONCFS-FNC-FDC.

UICN FRANCE, MNHN, LPO, SEOF & ONCFS, 2016. *La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Oiseaux de France métropolitaine*. Paris, France.

VALLANCE M., ARNAUDUC J.P., MIGOT P., et al., 2008. *Tout le gibier de France*. Hachette Pratique, 505 pp


WHITE, C. M. N., 1939. A CONTRIBUTION TO THE ORNITHOLOGY OF CRETE. *IBIS*, 81(1), 106-136.

WHITFIELD, D. P., & MADDERS, M. ,2006. Deriving collision avoidance rates for Red kites *Milvus milvus*. *Natural Research Ltd*, 14.


WINKELMANN J.E., 1989. Birds and the wind park near Urk: collision victims and disturbance of ducks, geese and swans – RIN Report 89/15, Arnhem, Netherlands: Rijksinstituut voor Natuurbeheer.

ANNEXES

Annexe 1 : Fiche de suivi de mortalité pour l'avifaune (MTES, 2015)

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE OISEAUX			
Nom du parc éolien :			
Point n°	Date :	Heure :	Nom du découvreur :
Localisation : Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte Latitude : Longitude : Numéro de l'éolienne la plus proche : Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) :			
			
N° de photos :			
Description et identification : Taille de l'oiseau (ailes déployées) : Particularités (couleur, forme quelconque) : Identification (famille, espèce si possible) :			
Etat de l'individu : <input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input type="checkbox"/> Mort <input type="checkbox"/> Fragment			
Etat du cadavre : <input 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...) :			
COMMENTAIRES :			

Annexe 2 : Fiche de suivi de mortalité chiroptères (MTES, 2015)

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE CHAUVES-SOURIS			
Nom du parc éolien :			
Point n°	Date :	Heure :	Nom du découvreur :
Localisation : Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte Latitude : Longitude : Numéro de l'éolienne la plus proche : Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) :			
			
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 type="checkbox"/> Mort <input type="checkbox"/> Fragment <input type="checkbox"/> Blessure apparente <input type="checkbox"/> Sans blessure visible			
Etat du cadavre : <input type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...) :			
COMMENTAIRES :			

Annexe 8 : Exemple de cadavres découverts lors des prospections



Buse variable



Faucon crécerelle



Noctule de Leisler



Noctule commune



Sérotine commune



Pipistrelle commune

Annexe 9 : Résultats des calculs d'estimation de la mortalité par éolienne

Résultats des calculs d'estimations de la mortalité par éolienne pour les chauves-souris en automne

Eoliennes	Erickson	IC95%	Huso	IC95%	Jones	IC95%
E1 bis	7,76	[0-25]	11,8	[0-38]	55,7	[0-177]
E7	5,2	[0-21]	6,02	[0-27]	15,7	[0-119]
E8	17,9	[0-45]	27,3	[0-69]	129,2	[0-323]
E9	21	[0-59]	22,4	[0-70]	42,4	[0-224]

Résultats des calculs d'estimations de la mortalité par éolienne pour les oiseaux pour la période printemps-été

Eoliennes	Erickson	IC95%	Huso	IC95%	Jones	IC95%
E8	3,8	[0-21]	4,1	[0-23]	5,2	[0-73]
E9	3,1	[0-62]	5,4	[0-94]	5,6	[0-440]

Résultats des calculs d'estimations de la mortalité par éolienne pour les oiseaux en automne

Eoliennes	Erickson	IC95%	Huso	IC95%	Jones	IC95%
E8	17,9	[0-45]	27,3	[0-69]	129,2	[0-323]
E9	4,2	[0-16]	4,2	[0-18]	8,1	[0-51]

Résultats des calculs d'estimations de la mortalité par éolienne pour les oiseaux pour l'ensemble du suivi

Eoliennes	Erickson	IC95%	Huso	IC95%	Jones	IC95%
E8	15,8	[0-40]	16,4	[0-42]	29,03	[0-89]
E9	14,6	[0-47]	15,2	[0-49]	27,1	[0-105]