



DERVENN
CONSEILS & INGÉNIERIE

FP Lux Wind Callac SAS
Val d'Orson - Rue du Pré Long
35770 Vern-sur-Seiche

Parc éolien de Guerharo à Callac (22)

SUIVI ENVIRONNEMENTAL

Suivi des habitats naturels, de la mortalité et de l'activité chiroptérologique en altitude

Réf. Dossier : 1066

Dossier suivi par : Marine RIU

m.riu@dervenn.com

Rédacteur : Marine RIU

Relecteur : Vincent GUILLEMOT

Date : 05/05/2020

Version : 1.5

DERVENN GENIE ÉCOLOGIQUE

 9 rue de la Motte d'Ille, 35830 BETTON

 02 99 55 55 05

 contact@dervenn.com

SOMMAIRE

Liste des Figures	4
Liste des Tableaux	5
1 Cadre général et présentation de la mission	6
1.1 Localisation et présentation du parc éolien.....	6
1.2 Cadre réglementaire.....	7
2 Méthodologie	8
2.1 Suivi de l'évolution des végétations	8
2.2 Suivi de l'activité des chiroptères	8
2.2.1 <i>Méthode et matériel utilisé</i>	8
2.2.2 <i>Biais / Limites de l'étude</i>	9
2.3 Suivi direct de la mortalité.....	11
2.3.1 <i>Généralités</i>	11
2.3.2 <i>Méthode de prospection</i>	11
2.3.3 <i>Fréquence de prospection</i>	13
2.3.4 <i>Facteurs de correction</i>	13
2.3.5 <i>Biais / Limites de l'étude</i>	15
2.4 Dates et natures des prospections de terrain	15
2.5 Équipe projet	16
3 Résultats et analyse des impacts	16
3.1 Données de fonctionnement des éoliennes du parc	16
3.2 Suivi de l'évolution des végétations	17
3.2.1 <i>Analyse des surfaces relevées</i>	17
3.2.2 <i>Evolution des végétations depuis l'état initial de l'étude d'impact (2015)</i> ..	18
3.3 Suivi en altitude de l'activité des chiroptères.....	20
3.3.1 <i>Résultats bruts</i>	20

3.3.2	<i>Influence de la période de l'année</i>	22
3.3.3	<i>Influence des conditions climatiques (vent et température)</i>	24
3.4	Suivi direct de la mortalité	26
3.4.1	<i>Facteurs de correction</i>	26
3.4.2	<i>Résultats bruts</i>	29
3.4.3	<i>Correction et extrapolation des résultats bruts</i>	35
3.5	Impacts potentiels du parc en exploitation	37
Annexe 1. Données de fonctionnement de l'éolienne E3 durant l'enregistrement de l'activité en altitude des chiroptères		38
Annexe 2. Fiche numérique détaillée de suivi		42
Annexe 3. Détails des cas de mortalité constatés		43
Annexe 4. Bibliographie		45
Annexe 5. Protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres – Révision de mars 2018		47

Liste des Figures

Figure 1.	Localisation du parc éolien (6 éoliennes) de Callac (22)	6
Figure 2.	Vue sur l'éolienne E3 (© Dervenn, 2019).....	7
Figure 3.	Position du micro-disque du GSM-Batcorder.....	9
Figure 4.	Dispositif d'enregistrement placé dans un caisson dans l'éolienne E3 : GSM batcorder relié à un micro-disque.....	9
Figure 5.	Zone de prospection pour le suivi mortalité	12
Figure 6.	Cadavres de poussins et souris utilisés pour le calcul du taux de persistance	14
Figure 7.	Leurres utilisés en substitution de matériel vivant pour le test d'efficacité de recherche	14
Figure 8.	Cartographie des végétations 2015 (Source Etude d'impacts).....	18
Figure 9.	Cartographie 2019 des végétations dans un rayon de 300 m autour des éoliennes.....	19
Figure 10.	Répartition des contacts par espèce ou groupe d'espèces (Sérotule = Groupe des Noctules et Sérotines).....	21
Figure 11.	Nombre d'enregistrement attribués à des chiroptères par nuit et identifications des pics d'activité ().....	23
Figure 12.	Nombre total de contacts en fonction de la vitesse de vent.....	24
Figure 13.	Nombre total de contacts en fonction de la température	24
Figure 14.	Nombre total de contacts en fonction de la précipitation (les données de précipitations ont été enregistrées sur l'éolienne E1)	25
Figure 15.	Répartition des cas de mortalité par éolienne.....	30
Figure 16.	Détails de la mortalité par éolienne et par espèces	30
Figure 17.	Répartition des cadavres de chiroptères selon la distance à la haie la plus proche	31
Figure 18.	Chronologie des découvertes de cadavres pour chaque éolienne	31
Figure 19.	Détail des découvertes de cadavres par période de l'année	32
Figure 20.	Cas de mortalité relevés au pied des éoliennes (rayon de 50 m).....	33
Figure 21.	Nombre d'enregistrement attribués à des chiroptères par nuit et identifications des pics d'activité en regard des cas de mortalité de chiroptères (†).....	34

Liste des Tableaux

Tableau 1.	Caractéristiques techniques d'une éolienne	6
Tableau 2.	Plages horaires d'acquisition acoustique	8
Tableau 3.	Liste des espèces de chiroptères par ordre d'émission décroissante, avec distances de détection et coefficient de détectabilité (Barataud, 2015)	10
Tableau 4.	Dates, conditions météorologiques et natures des prospections.....	15
Tableau 5.	Noms et domaines d'intervention des membres de l'équipe projet	16
Tableau 6.	Synthèse des données de fonctionnement des éoliennes durant le suivi mortalité	16
Tableau 7.	Répartition des contacts par espèce ou groupe d'espèces (Sérotule = Groupe des Noctules et Sérotines).....	20
Tableau 8.	Répartition quantitative des contacts par milieux (Source : P&T Etude d'impacts).....	21
Tableau 9.	Synthèse des surfaces prospectées par passage du suivi mortalité	26
Tableau 10.	Durée de disparition des cadavres sous les éoliennes	27
Tableau 11.	Report du coefficient de prédation selon la période suivie	28
Tableau 12.	Efficacité de recherche des opérateurs	28
Tableau 13.	Calcul du coefficient d'efficacité de recherche	29
Tableau 14.	Définitions et formules des paramètres utilisés dans les formules d'estimation de la mortalité	35
Tableau 15.	Valeurs des paramètres utilisés dans les formules d'estimation de la mortalité	36
Tableau 16.	Estimation de la mortalité des chiroptères et des oiseaux	37

1 Cadre général et présentation de la mission

1.1 Localisation et présentation du parc éolien

Localisation	Callac (22160) & La Chapelle-Neuve (22160)
Mise en service	Aout 2018
Caractéristiques	<ul style="list-style-type: none"> ○ 6 éoliennes Enercon E-53 (voir Tableau 1) ○ Puissance totale de 4,8 MW
Contexte	Le parc est implanté dans un parcellaire agricole principalement composé de prairies et de cultures. On note en majorité la présence d'un réseau bocager diffus relativement dégradé par endroit au cœur du parc éolien. Néanmoins le réseau est mieux conservé en périphérie de celui-ci.

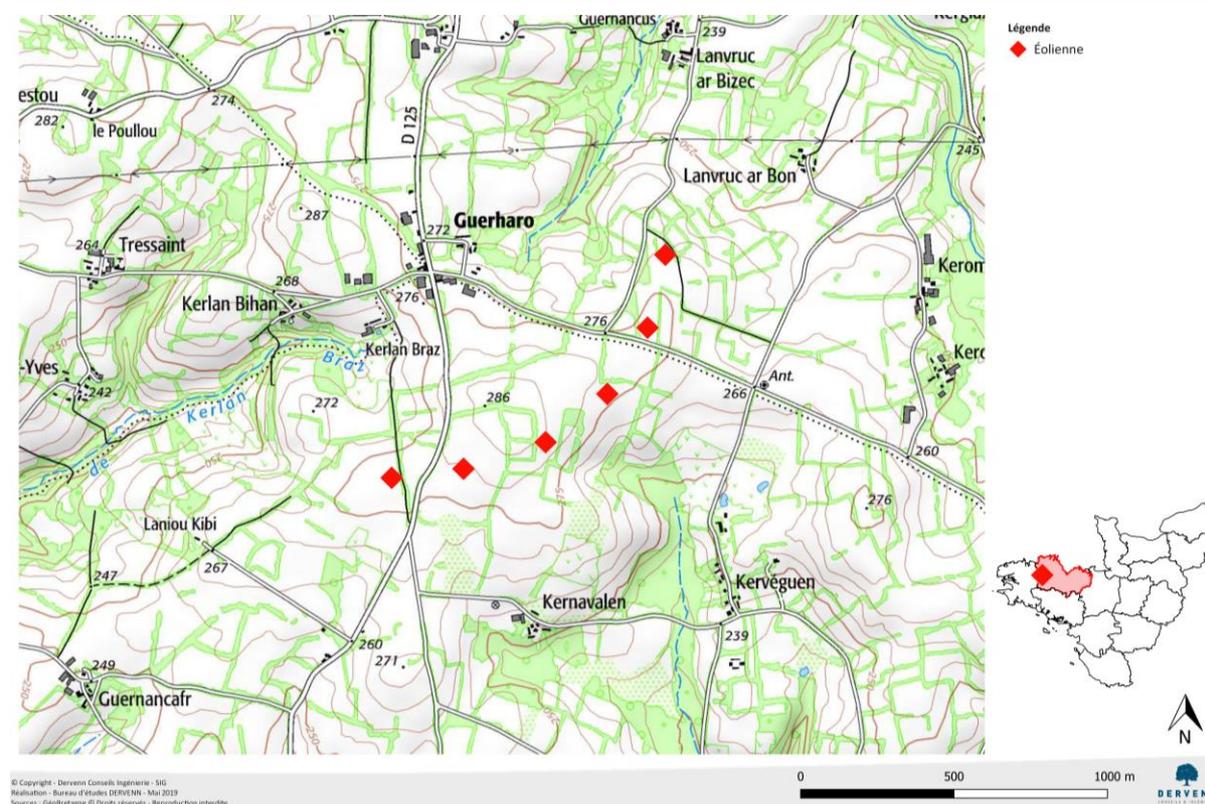


Figure 1. Localisation du parc éolien (6 éoliennes) de Callac (22)

Tableau 1. Caractéristiques techniques d'une éolienne

Enercon E-53	
Puissance (kW)	800
Diamètre (m)	53
Hauteur de nacelle (m)	60
Hauteur en bout de pale (m)	86,5

1.2 Cadre réglementaire

Les suivis proposés interviennent dans le cadre de la mise en œuvre du suivi environnemental prévu par l'article 12 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement :

« 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. »

Le présent rapport détaille les méthodologies mises en œuvre ainsi que les résultats obtenus lors des suivis des végétations, de la mortalité (chiroptères/oiseaux) et du suivi d'activité en altitude (chiroptères).

Le suivi post implantation du parc éolien de Callac a été réalisé en 2019 selon la version révisée 2018 du protocole national (voir Annexe 5), version en vigueur au lancement des premiers suivis.



Figure 2. Vue sur l'éolienne E3 (© Dervenn, 2019)

2 Méthodologie

2.1 Suivi de l'évolution des végétations

L'ensemble de la zone d'étude – rayon de 300 m autour des éoliennes – a été parcouru à pied par le botaniste. Les végétations au travers des groupements floristiques qui les composent ont été relevées selon les nomenclatures CORINE Biotopes, EUNIS et Natura 2000 (le cas échéant). Une attention particulière a été portée aux espèces à statuts (liste rouge départementale et régionale, protections...), qui le cas échéant ont été dénombrées et localisées à l'aide d'un GPS.

La cartographie des végétations et de la flore d'intérêt a été réalisée sur la base des observations de terrain réalisées en période printanière.

L'analyse de l'évolution de la végétation aux abords du parc éolien s'est appuyée sur une comparaison entre les données de l'étude d'impacts, des données de terrain et une photo aérienne récente.

2.2 Suivi de l'activité des chiroptères

2.2.1 Méthode et matériel utilisé

Le suivi en altitude de l'activité des chiroptères s'est appuyé sur la détection et l'analyse des ultrasons émis en chasse ou en déplacement. Un enregistreur automatique a été installé dans la nacelle de l'éolienne E3. Cette éolienne a été choisie pour sa proximité au réseau bocager et aux habitats de chasse favorables aux chiroptères dans sa proximité immédiate. Le matériel d'enregistrement (voir Figure 4) est un GSM batcorder relié à un micro-ultrason, branché sur secteur en journée et fonctionnant sur une batterie au plomb lors des phases d'acquisition acoustique (voir Tableau 2). Les séquences enregistrées ont ensuite été analysées par informatique à l'aide de logiciels spécialisés dans l'analyse acoustique des ultrasons.

Tableau 2. Plages horaires d'acquisition acoustique

Plages d'enregistrement	
Du 15/04/19 au 22/10/19	De 19h30 à 8h30

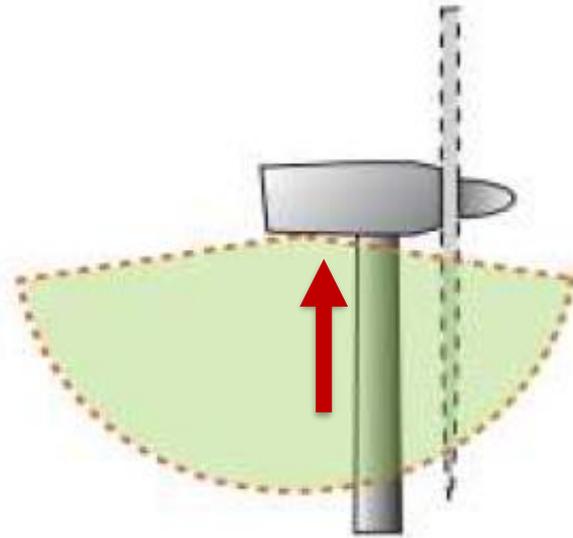


Figure 3. Position du micro-disque du GSM-Batcorder

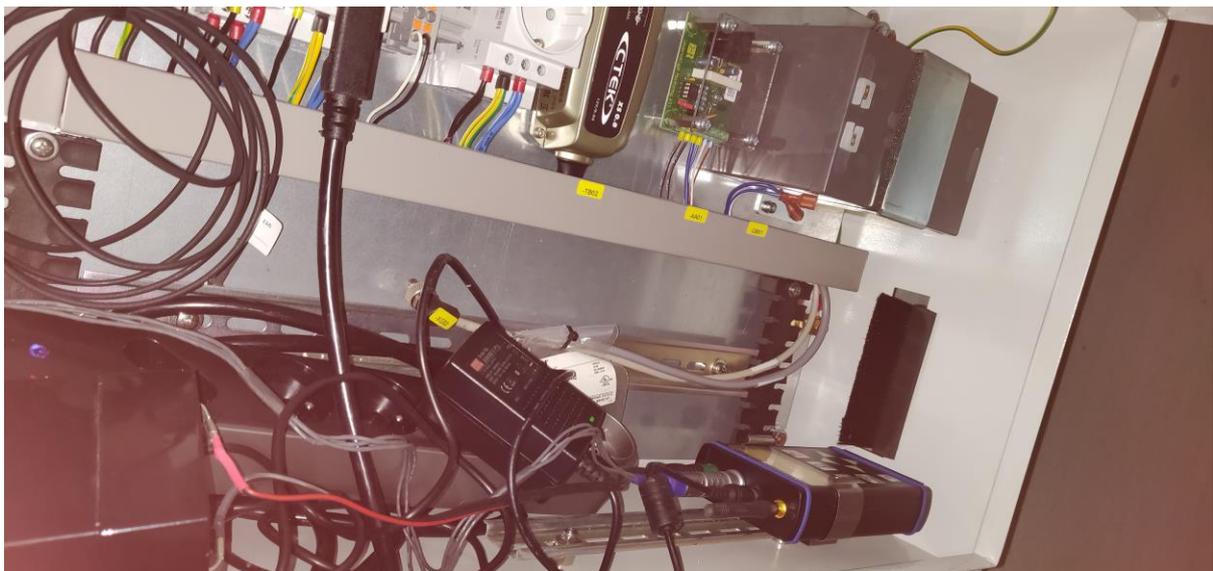


Figure 4. Dispositif d'enregistrement placé dans un caisson dans l'éolienne E3 : GSM batcorder relié à un micro-disque

2.2.2 Biais / Limites de l'étude

Toutes les espèces de chiroptères ne sont pas « détectables » de la même manière en lien direct avec l'intensité d'émission de leur signaux ultrasons.

Tableau 3. Liste des espèces de chiroptères par ordre d'émission décroissante, avec distances de détection et coefficient de détectabilité (Barataud, 2015)

milieu ouvert			
Intensité d'émission	Espèces	distance détection	coefficient détectabilité
faible	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	5	5,00
	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	10	2,50
	<i>Rhinolophus euryale</i>	10	2,50
	<i>Rhinolophus mehelyi</i>	10	2,50
	<i>Myotis emarginatus</i>	10	2,50
	<i>Myotis alcathoe</i>	10	2,50
	<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,50
	<i>Myotis brandtii</i>	10	2,50
	<i>Myotis daubentonii</i>	15	1,67
	<i>Myotis nattereri</i>	15	1,67
	<i>Myotis bechsteinii</i>	15	1,67
	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,67
	moyenne	<i>Myotis oxygnathus</i>	20
<i>Myotis myotis</i>		20	1,25
<i>Plecotus spp.</i>		20	1,25
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>		25	1,00
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>		25	1,00
<i>Pipistrellus kuhlii</i>		25	1,00
<i>Pipistrellus nathusii</i>		25	1,00
<i>Miniopterus schreibersii</i>		30	0,83
forte	<i>Hypsugo savii</i>	40	0,63
	<i>Eptesicus serotinus</i>	40	0,63
très forte	<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,50
	<i>Eptesicus isabellinus</i>	50	0,50
	<i>Vespertilio murinus</i>	50	0,50
	<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31
	<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25
	<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17
	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17

Les résultats bruts seront donc corrigés en tenant compte de ces coefficients.

De plus certaines espèces relativement proches ont des plages d'émission qui se chevauchent rendant ainsi impossible la détermination jusqu'à l'espèce.

2.3 Suivi direct de la mortalité

2.3.1 Généralités

Le suivi de mortalité permet de vérifier que les populations d'oiseaux et de chauves-souris présentes au niveau du parc éolien ne sont pas affectées de manière significative par le fonctionnement des aérogénérateurs. L'objectif est de s'assurer que l'estimation effectuée dans l'étude d'impact du projet en termes de risques de mortalité n'est pas dépassée dans la réalité.

La découverte d'un cadavre d'oiseau ou de chiroptère doit faire l'objet d'une fiche détaillée permettant la saisie standardisée de l'espèce et des conditions de mortalité constatée, et d'une procédure définie par le Ministère en charge des installations classées pour la protection de l'environnement.

2.3.2 Méthode de prospection

La zone de prospection (rayon de 50 m autour du pied de l'éolienne – voir Figure 5) a été parcourue à pied le long de transects. Chaque transect, espacés d'environ 5 mètres, a permis à l'observateur de rechercher la présence de cadavre sur une largeur de 2,5 mètres de part et d'autre de sa ligne de déplacement.

➔ **La surface théorique de prospection était ainsi de 4,71 hectares.**

Généralement, les oiseaux de grandes tailles sont retrouvés à une plus grande distance que les chiroptères ou petits passereaux, cela est probablement lié au fait que les plus grands individus subissent majoritairement des collisions alors que les plus petits sont principalement victimes du phénomène de barotraumatisme. Une étude s'appuyant sur un modèle balistique montre également que la distance potentielle de projection est corrélée avec le poids des cadavres (Hull & Muir, 2010) ; plus les individus sont grands et lourds plus ils peuvent être projetés loin des éoliennes.

Pour chaque cadavre trouvé, l'espèce, la position GPS, le jour estimé de la mort ainsi que diverses informations relatives à l'état du cadavre (dégradation, fracture, origine supposée de la mort...) ont été relevés. Les conditions météo ont également été notées (voir Annexe 2).

La surface réellement prospectée est complexe à évaluer car elle peut évoluer en fonction de l'évolution du couvert végétal. Lorsque l'ensemble de la surface n'était pas prospectable (buissons denses, cultures, etc.), l'observateur notait la surface prospectée afin d'appliquer ensuite un facteur de correction (voir 2.3.4.1). Les relevés ont été réalisés préférentiellement le matin.

D'après une étude de Marx (2017) basé sur des suivis environnementaux menés sur 91 parcs, la moitié des cadavres d'oiseaux a été retrouvée à une distance comprise entre 15 et 35 mètres du mât de l'éolienne alors que la moitié des cadavres de chiroptères était plutôt retrouvée à une distance comprise entre 6 et 22 mètres du mât.



© Copyright - Dervenn Conseils Ingénierie - SIG
 Réalisation - Bureau d'études DERVENN - Mai 2019
 Sources : GéoBretagne © Droits réservés - Reproduction interdite

Figure 5. Zone de prospection pour le suivi mortalité

2.3.3 Fréquence de prospection

Conformément au nouveau protocole national, 24 passages hebdomadaires ont été réalisés. Les suivis ont eu lieu du 16/05/2019 au 25/10/2019.

2.3.4 Facteurs de correction

2.3.4.1 Coefficient de correction surfacique

Le coefficient de correction surfacique tient compte du fait que la totalité d'un parc ne peut pas forcément être prospectée (accès impossible du fait de la nature ou du développement de la végétation au sol, autorisation refusée par les propriétaires des parcelles, zones de cultures...). Il tient donc compte de la surface réellement prospectée.

N.B. : Dans le cas où la végétation était plus haute que « mi-genou » les zones n'ont pas été prospectées. Le coefficient surfacique tient compte de ce postulat.

2.3.4.2 Test de persistance des cadavres

Afin de mesurer l'impact des animaux nécrophages autour des éoliennes, des cadavres de souris domestiques et de poussins (voir Figure 6) ont été placés aléatoirement dans le but de représenter des cadavres de chiroptères et d'oiseaux ayant été tués par les éoliennes. Chaque cadavre a été localisé afin de vérifier sa durée de persistance. Des visites le lendemain à J+1 puis à J+3, J+5, J+7 et J+14 ont permis d'estimer cette durée de persistance. Les contrôles de prédation à J+7 et J+14 ont été mutualisés avec les suivis de mortalité.

- ➔ Etant donné la période relativement longue du suivi, 2 phases de tests ont été réalisées. Les tests ont été réalisés sous les éoliennes E1, E2 et E5 pour la première phase puis sous E3, E4 et E6 pour la seconde.

Cette variable peut également permettre d'ajuster la fréquence des visites sous les éoliennes. Selon les contextes, les années et les espèces, le taux de prédation peut être très variable. Sur le parc du Rochereau, Williamson (2011) obtient un taux de prédation variant de 0 à 95 % pour une semaine sur 3 années consécutives. Lekuona (2001) rapporte un fort et rapide taux de prédation de 62 % des carcasses en 24 heures et de 75 % en 48 heures durant son étude au sein de 6 parcs en Espagne.

N.B. : Dans la mesure du possible les cadavres de couleur claire étaient frottés dans la terre afin de diminuer leur visibilité et ne pas biaiser les résultats.



Figure 6. Cadavres de poussins et souris utilisés pour le calcul du taux de persistance

2.3.4.3 Test d'efficacité de recherche

Cette étape préliminaire est réalisée à l'aide de substituts. Dans le cadre de ce suivi, 15 fausses souris (voir Figure 7) de couleurs et tailles différentes ont été utilisées comme moyens de substitution à de vrais cadavres (matériel vivant) et ont été placées aléatoirement par un premier opérateur. Un second opérateur (celui testé) effectue par la suite son parcours de recherche le long des transects de la zone d'étude afin de détecter le maximum de substituts possible.

Le nombre de substituts découverts par rapport au nombre de substituts déposés constitue le taux d'efficacité de recherche. Ce coefficient varie en fonction du couvert végétal. Il est donc spécifique à ce dernier et à la période de l'année.

- ➔ 3 opérateurs ont été testés ; Etant donnée la période relativement longue du suivi 2 phases de tests ont été réalisées pour chacun des opérateurs.



Figure 7. Leurres utilisés en substitution de matériel vivant pour le test d'efficacité de recherche

2.3.4.4 Extrapolation des données brutes

Dans le cas des suivis directs de mortalité uniquement, une estimation standardisée de mortalité par an et par éolienne peut être donnée. Il est également très fréquent de voir les données de mortalité rapportées à une puissance totale du parc, avec des taux de mortalité ou taux de collision en nombre d'individus/MW. Les méthodes d'extrapolation de la mortalité des espèces à utiliser sont les suivantes (voir Annexe 5) :

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.*

2.3.5 Biais / Limites de l'étude

Les surfaces prospectées varient selon la densité et la nature du couvert végétal. L'efficacité de recherche varie au cours du temps (amélioration supposée de l'observateur dans le temps) et du couvert végétal ; tout comme le taux de prédation peut varier selon les périodes de l'année. Enfin les relevés ont été réalisés sur 24 semaines (1 passage/semaine) ; 2 passages hebdomadaires auraient permis de diminuer le biais lié à la prédation.

2.4 Dates et natures des prospections de terrain

Tableau 4. Dates, conditions météorologiques et natures des prospections

Date	Météorologie	Nature des prospections
Flore et végétations		
09/05/2019	/	Milieus naturels et flore
Chiroptères		
15/04/2019	/	Installation Batcorder
22/10/2019	/	Désinstallation Batcorder
15/04 au 22/10/2019	Voir Annexe 1	Suivi en altitude
Mortalité		
16/05/2019	/	Réalisation des tests (efficacité de recherche + persistance des cadavres)
09/08/19 & 13/09/2019	/	
16/05 au 25/10/2019 (1 passage hebdomadaire)	Voir Annexe 2	Recherche de cadavres dans un rayon de 50 m autour du mât de l'éolienne

2.5 Équipe projet

Les membres de Dervenn et partenaires ayant pris part à cette étude, ainsi que leurs domaines d'expertise, sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 5. Noms et domaines d'intervention des membres de l'équipe projet

Domaine d'intervention	Nom
Chef de projet	Marine RIU
Expert flore et végétations (dont phytosociologie)	Vincent GUILLEMOT
Suivi d'activité chiroptères	Marine RIU
Suivis mortalité (chiroptères)	Marine RIU, Clémence RICHER, Gregory BRUNEAU
Contrôleur qualité	Vincent GUILLEMOT

3 Résultats et analyse des impacts

3.1 Données de fonctionnement des éoliennes du parc

Durant la période du 15/04/2019 au 22/10/2019, les rotors des 6 éoliennes ont tourné à une vitesse moyenne de 16 tr.min⁻¹ pour une vitesse moyenne de vent de 5,48 m.s⁻¹.

Tableau 6. Synthèse des données de fonctionnement des éoliennes durant le suivi mortalité

	Vitesse moyenne du rotor (tr.min ⁻¹)	Vitesse maximum du rotor (tr.min ⁻¹)	Vitesse moyenne de vent (m.s ⁻¹)	Vitesse absolue en bout de pale (Km/h)
E1	16	28	5,64	159,8
E2	16	28	5,55	159,8
E3	16	28	5,59	159,8
E4	16	28	5,37	159,8
E5	16	28	5,37	159,8
E6	15	28	5,35	149,9

Le GSM-Batcorder (enregistreur automatique) a été placé dans la nacelle de l'éolienne E3. Les détails des données de fonctionnement de cette éolienne lors du suivi d'activité chiroptérologique en altitude sont présentés en Annexe 1.

3.2 Suivi de l'évolution des végétations

3.2.1 Analyse des surfaces relevées

Intitulé d'habitat	Code Corine	Surface totale (ha)	% de la surface totale
Fourrés	31.8	0,73	0,7
Peupleraie	83.321	0,78	0,8
Lande	31.831	0,95	0,1
Bosquet de feuillus	84.3	1,44	1,4
Boisement de feuillus	41.5	2,06	2
Prairie humide	37.2	2,77	2,7
Culture	82.1	38,88	38,4
Prairie temporaire	81.1	53,6	53
TOTAL		101,2	100

Les espaces proches des plateformes sont majoritairement des milieux de prairies temporaires, localement bordés de linéaires bocagers, ainsi que des cultures monospécifiques. Des bosquets de feuillus sont situées aux abords des éoliennes 3,4,5 et 6. Un boisement de feuillus est localisé au sud/est des éoliennes 3 et 4. Un ensemble d'espaces prairiaux se retrouve aussi aux abords des éoliennes 5 et 6. Ces dernières, du fait de la présence d'un ruisseau, présentent des caractéristiques de végétations humides, avec la présence d'espèces types comme le Jonc diffus.

3.2.2 Evolution des végétations depuis l'état initial de l'étude d'impact (2015)

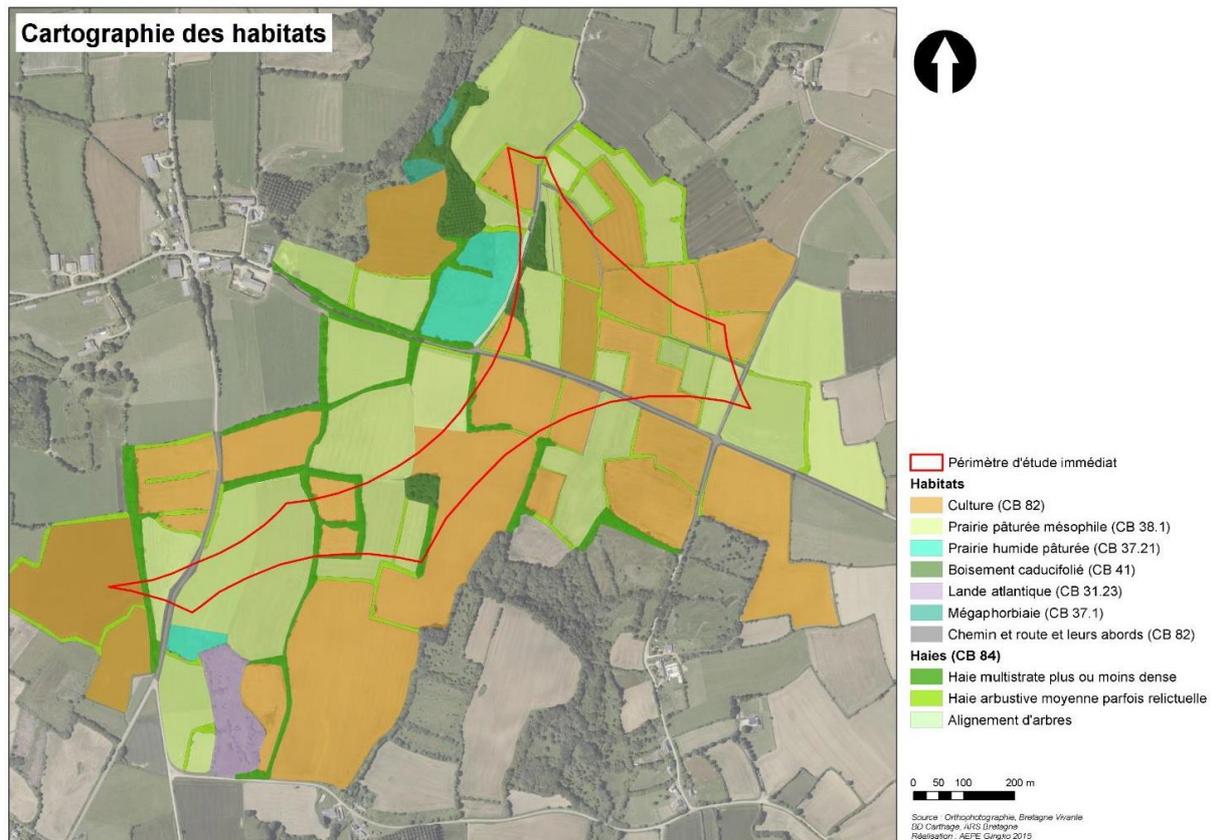


Figure 8. Cartographie des végétations 2015 (Source Etude d'impacts)

L'occupation du sol dans un rayon de 100m autour de chaque éolienne n'a pas significativement évolué depuis l'étude d'impact de 2015, mis à part la création des plateformes. Les parcelles sont toujours occupées en très grande majorité par des cultures monospécifiques ou des espaces de prairies pâturées par endroit.

➔ **Aucune évolution majeure de l'occupation du sol, habitat ou espèce végétale patrimoniale n'a été relevé.**

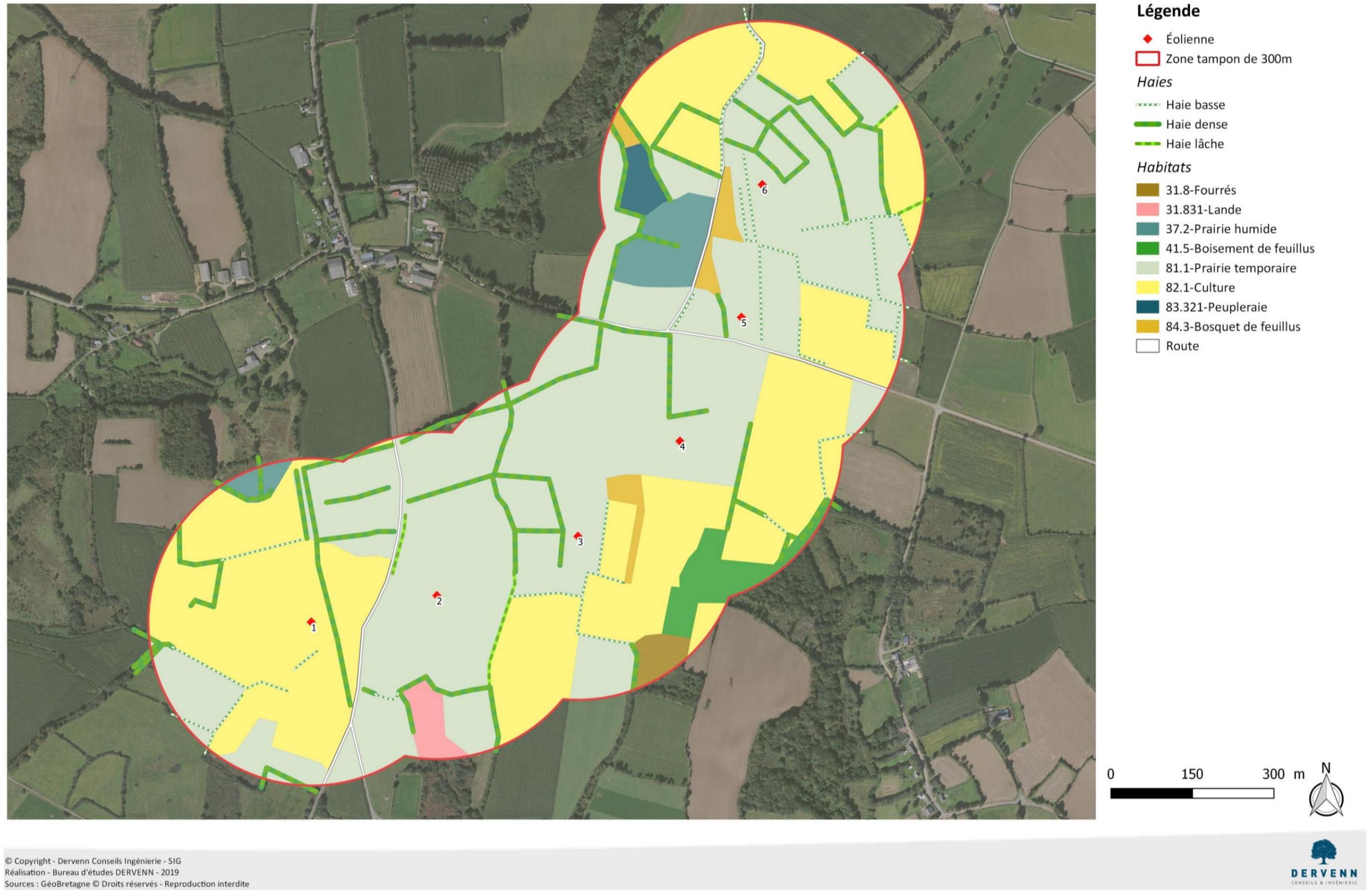


Figure 9. Cartographie 2019 des végétations dans un rayon de 300 m autour des éoliennes

3.3 Suivi en altitude de l'activité des chiroptères

3.3.1 Résultats bruts

Durant la période d'enregistrement du 12/05/2019 au 22/10/2019, soit 161 nuits, nous avons enregistré 646 contacts bruts toutes espèces confondues au niveau de la nacelle de l'éolienne E3.

6 espèces ou groupes d'espèces ont été contactés :

- Pipistrelle commune
- Pipistrelle de Kuhl
- Pipistrelle de Nathusius
- Noctule de Leisler
- Groupe des sérotules
- Oreillard roux

Certaines espèces ont des comportements acoustiques très proches ce qui empêche l'identification jusqu'à l'espèce.

Pour chaque espèce un coefficient de détectabilité a permis de corriger le nombre de contacts bruts enregistrées (voir Figure 10). Une moyenne de ces coefficients a été réalisée pour le groupe des sérotules en considérant les espèces bretonnes.

Aucun dysfonctionnement du matériel n'a été relevé et la carte SD a été changée à 2 reprises.

Tableau 7. Répartition des contacts par espèce ou groupe d'espèces (Sérotule = Groupe des Noctules et Sérotines)

Espèce	Nombre d'enregistrements
Sérotules	56
Noctule de Leisler	1
Pipistrelle de Kuhl	14
Pipistrelle de Nathusius	8
Pipistrelle commune	382
Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	72
Oreillard roux	5
Total	538

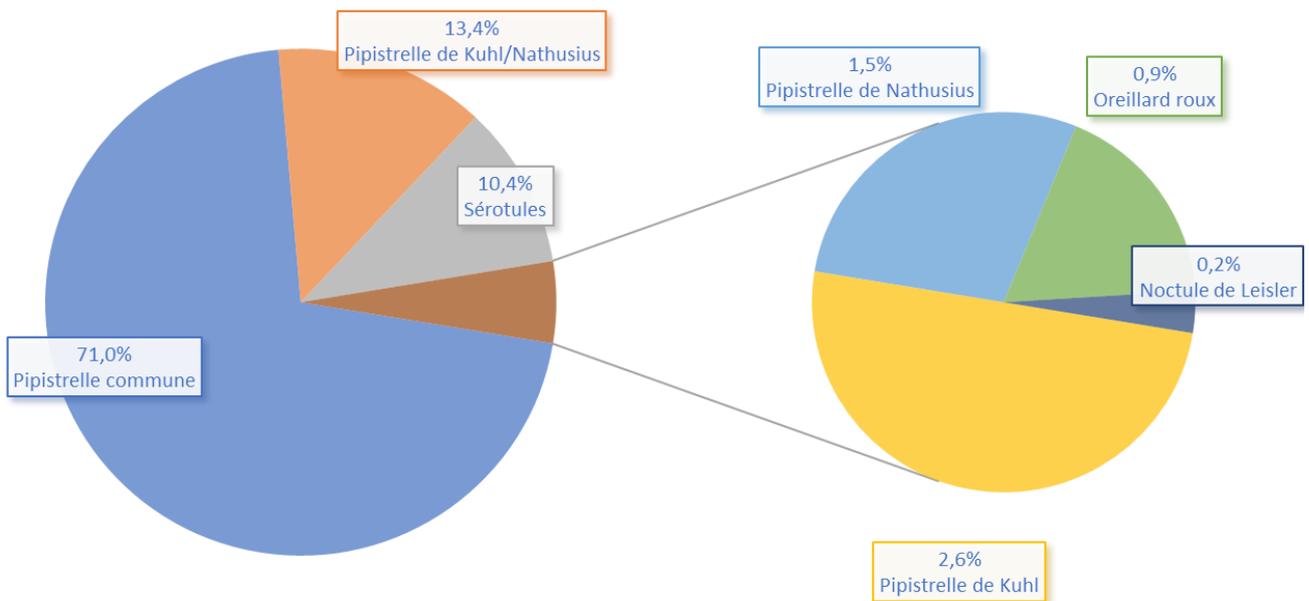


Figure 10. Répartition des contacts par espèce ou groupe d'espèces (Sérotule = Groupe des Noctules et Sérotines)

Tableau 8. Répartition quantitative des contacts par milieu (Source : P&T Etude d'impacts)

Milieu	Nombre de points d'écoute	Durée totale	Nombre de contacts	Nombre de contacts/heure
Bocager ou à proximité d'une haie multistrata (maillage plus serré ou proche, haie multistrata présente...	3	210 min	47	13,5
Milieu agricole très ouvert (champ vaste, parcelle non séparée par des haies...)	3	210 min	12	3,5

Les données ci-dessus ont été obtenues au cours de 7 nuits entre le 10 juillet et le 27 juillet 2013 à raison de 1h d'écoute par nuit. Si l'on compare aux résultats du suivi en altitude sur la même période pour 6 nuits où des contacts de chauves-souris ont été enregistrées et en prenant une durée de nuit de 8 h on obtient une activité chiroptérologique d'environ 1,40 contacts/h (67 contacts au cours de 6 nuits de 8h).

Ce résultat montre que l'activité chiroptérologique au niveau de la nacelle est beaucoup plus faible¹ qu'un niveau de référence enregistré au sol dans le même milieu.

¹ Cette comparaison doit néanmoins être temporisée ; les résultats ayant été obtenus à 6 ans d'intervalle avec des matériels et pressions d'enregistrement différents.

3.3.2 Influence de la période de l'année

A regard de la chronologie des contacts, on identifie 3 principaux pics d'activité :

- En juin
- Pendant la deuxième quinzaine d'août
- En octobre

Mais globalement l'activité chiroptérologique est assez diffuse sur la période d'étude.

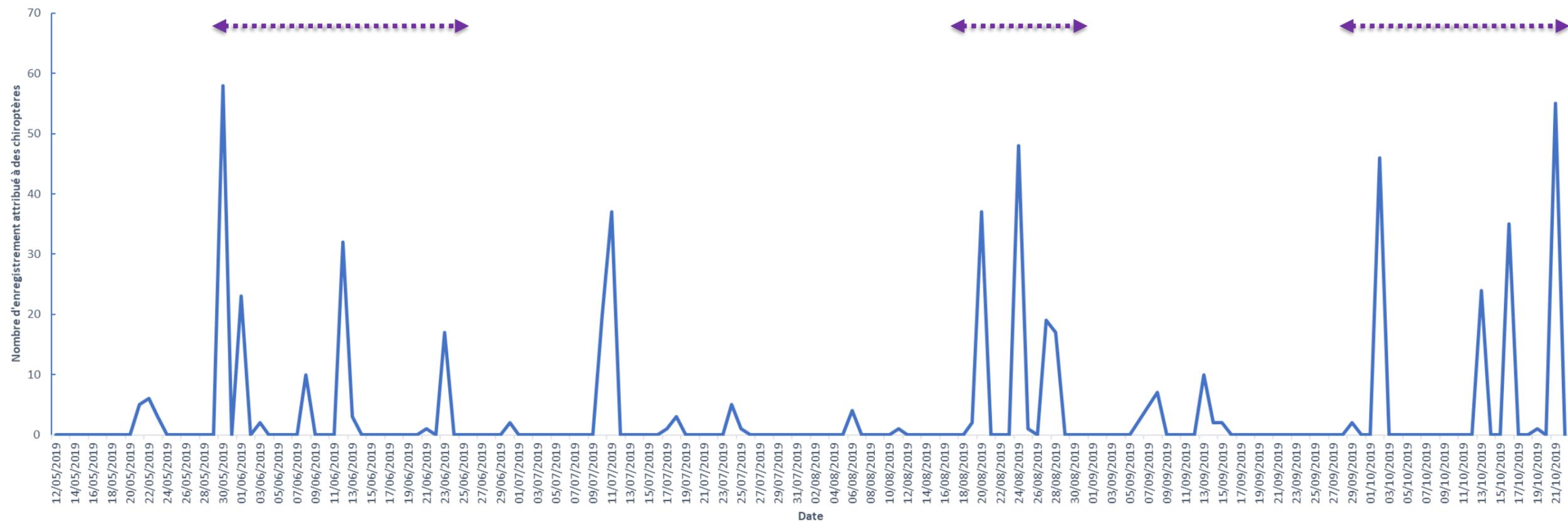


Figure 11. Nombre d'enregistrement attribués à des chiroptères par nuit et identifications des pics d'activité (←-----→)

3.3.3 Influence des conditions climatiques (vent et température)

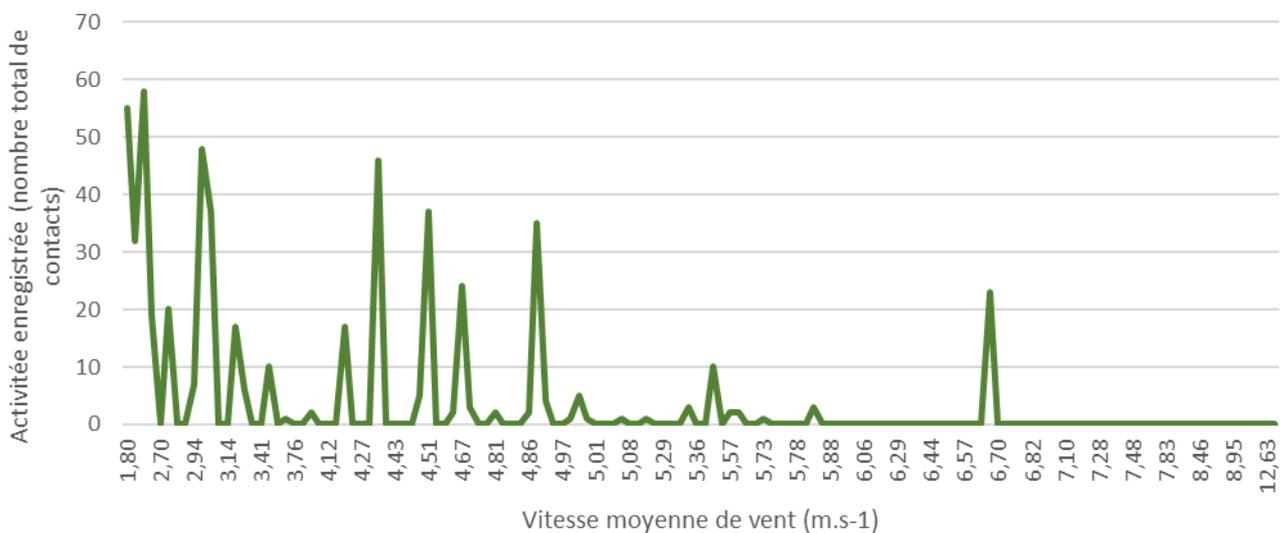


Figure 12. Nombre total de contacts en fonction de la vitesse de vent

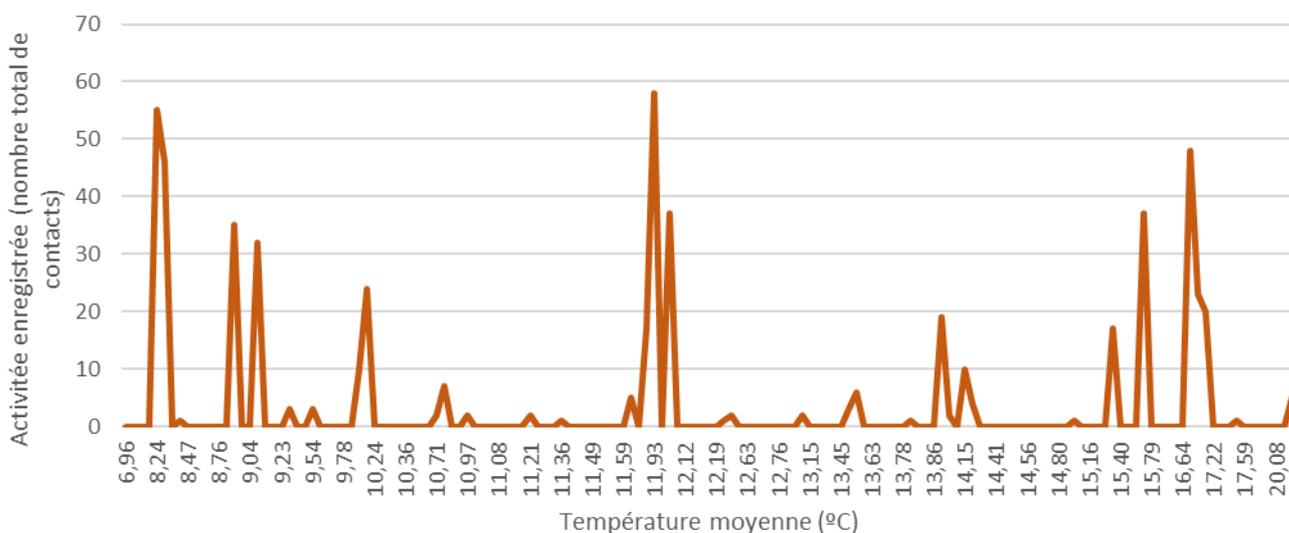


Figure 13. Nombre total de contacts en fonction de la température

La quasi-totalité des contacts (519 soit 95,7%) est enregistrée pour des conditions de vitesse moyenne de vent inférieure ou égale à 6 m.s⁻¹.

- Dont 501 contacts soit 92,4% pour des conditions de vitesse moyenne de vent inférieure ou égale à 5,5 m.s⁻¹.
- Dont 496 contacts soit 91,5% pour des conditions de vitesse moyenne de vent inférieure ou égale à 5 m.s⁻¹.

3.4 Suivi direct de la mortalité

3.4.1 Facteurs de correction

3.4.1.1 Coefficient de correction surfacique

La zone d'étude pour le suivi mortalité s'étend sur un rayon de 50 m autour de l'éolienne soit une surface théorique prospectable de 0,79 ha par éolienne et 4,71 hectares pour l'ensemble du parc de 6 éoliennes. L'ensemble de la surface n'a pas pu être prospecté à chaque passage (présence de cultures, haies, labours récents, bovins...). Le coefficient de correction surfacique correspond à la surface moyenne réellement prospectée lors des 24 passages. Au regard des surfaces prospectées (voir Tableau 9) :

➔ Le coefficient moyen de correction surfacique est de 0,56

Tableau 9. Synthèse des surfaces prospectées par passage du suivi mortalité

Passage	Surface réellement prospectée (ha)	Passage	Surface réellement prospectée (ha)
P1	0,88	P13	0,49
P2	0,76	P14	0,49
P3	0,74	P15	0,51
P4	0,75	P16	0,56
P5	0,61	P17	0,68
P6	0,61	P18	0,68
P7	0,72	P19	0,39
P8	0,73	P20	0,39
P9	0,40	P21	0,57
P10	0,43	P22	0,39
P11	0,43	P23	0,43
P12	0,48	P24	0,43
% moyen de surface prospectée sur les 24 passages		56 %	

3.4.1.2 Test de persistance des cadavres

Étant donné la longueur du suivi (24 semaines) 2 phases de tests ont été réalisées. Lors de chaque phases un total de 15 cadavres a été disposé sous 3 éoliennes soit 30 cadavres pour l'ensemble du suivi. Le postulat est fait que les cadavres n'ayant pas été retrouvés ont été consommés ou déplacés. Sur les 30 cadavres déposés 7 ont été retrouvés dans un important état de décomposition après plus de 2 semaines sous les éoliennes (voir Tableau 10).

Tableau 10. Durée de disparition des cadavres sous les éoliennes

Phase 1	Éolienne	Nb et type de cadavres déposés le 16/05/19	Nb et type de cadavres disparus au 17/05/192 (J+1)	Nb et type de cadavres disparus au 20/05/19 (J+4)	Nb et type de cadavres disparus au 24/05/19 (J+8)	Nb et type de cadavres disparus au 31/05/19 (J+15)	Durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jours) = tm
	E1	3 souris 2 poussins	1 souris 0 poussin	2 souris 0 poussin	2 souris 1 poussin	2 souris 1 poussin	8,6
	E2	2 souris 3 poussins	1 souris 1 poussin	2 souris 1 poussin	2 souris 2 poussins	2 souris 2 poussins	
	E5	2 souris 3 poussins	0 souris 0 poussin	0 souris 1 poussin	1 souris 1 poussin	1 souris 2 poussins	
Phase 2	Éolienne	Nb et type de cadavres déposés le 13/09/19	Nb et type de cadavres disparus au 14/09/19 (J+1)	Nb et type de cadavres disparus au 16/09/19 (J+3)	Nb et type de cadavres disparus au 20/09/19 (J+7)	Nb et type de cadavres disparus au 27/09/19 (J+14)	Durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jours) = tm
	E3	3 souris 2 poussins	1 souris 1 poussin	2 souris 2 poussins	2 souris 2 poussins	3 souris 2 poussins	7,1
	E4	3 souris 2 poussins	0 souris 0 poussin	0 souris 0 poussin	2 souris 1 poussin	2 souris 1 poussin	
	E6	2 souris 3 poussins	0 souris 1 poussin	1 souris 1 poussin	2 souris 2 poussins	2souris 2 poussins	

Tableau 11. Report du coefficient de prédation selon la période suivie

Passage	Durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jours) = tm	Passage	Durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jours) = tm
P1	8,6	P13	8,6
P2	8,6	P14	8,6
P3	8,6	P15	8,6
P4	8,6	P16	8,6
P5	8,6	P17	8,6
P6	8,6	P18	7,1
P7	8,6	P19	7,1
P8	8,6	P20	7,1
P9	8,6	P21	7,1
P10	8,6	P22	7,1
P11	8,6	P23	7,1
P12	8,6	P24	7,1
Durée moyenne de persistance d'un cadavre pour les 24 passages (en jours) = tm		8,2 jours	

⇒ Le coefficient moyen de persistance est de 8,2 jours

3.4.1.3 Test d'efficacité de recherche

Étant donné la longueur du suivi (24 semaines) 2 phases de tests ont été réalisées. Les opérateurs du suivi mortalité ont été testés avant le début des suivis.

Tableau 12. Efficacité de recherche des opérateurs

Opérateur	Phase	Nb de substituts retrouvés	% d'efficacité de recherche	
Marine RIU (MR)	1	13/15	86,7	86,7
	2	13/15	86,7	
Clémence RICHER (CR)	1	12/15	80	80
Grégory BRUNEAU (GB)	2	13/15	86,7	86,7
Hugo TOUZÉ (HT)	2	14/15	93,3	93,3

Tableau 13. Calcul du coefficient d'efficacité de recherche

Passage	Opérateur	% d'efficacité de recherche	Passage	Opérateur	% d'efficacité de recherche
P1	CR	80	P13	GB	86,7
P2	CR	80	P14	GB	86,7
P3	CR	80	P15	GB	86,7
P4	CR	80	P16	GB	86,7
P5	CR	80	P17	GB	86,7
P6	CR	80	P18	MR	86,7
P7	MR	86,7	P19	MR	86,7
P8	CR	80	P20	GB	86,7
P9	CR	80	P21	MR	86,7
P10	CR	80	P22	GB	86,7
P11	MR	86,7	P23	GB	86,7
P12	CR	80	P24	HT	93.3
% d'efficacité de recherche moyen sur les 24 passages			83,8 %		

➔ L'efficacité de recherche moyenne est de 83,8 %.

3.4.2 Résultats bruts

Lors des 24 passages s'étalant du 16/05/2019 au 25/10/2019, **3 cadavres de chiroptères (1 Pipistrelle commune et 2 pipistrelles indéterminées) et 1 cadavre d'oiseau (Hirondelle de fenêtre) ont été retrouvés sous les éoliennes.** Aucun cadavre n'a été retrouvé au pied des éoliennes E2 et E5. Au regard des résultats, la distance à la haie la plus proche ne semble pas être une variable affectant de manière significative la mortalité.

➔ **4 cas de mortalité ont été constatés sous les éoliennes**

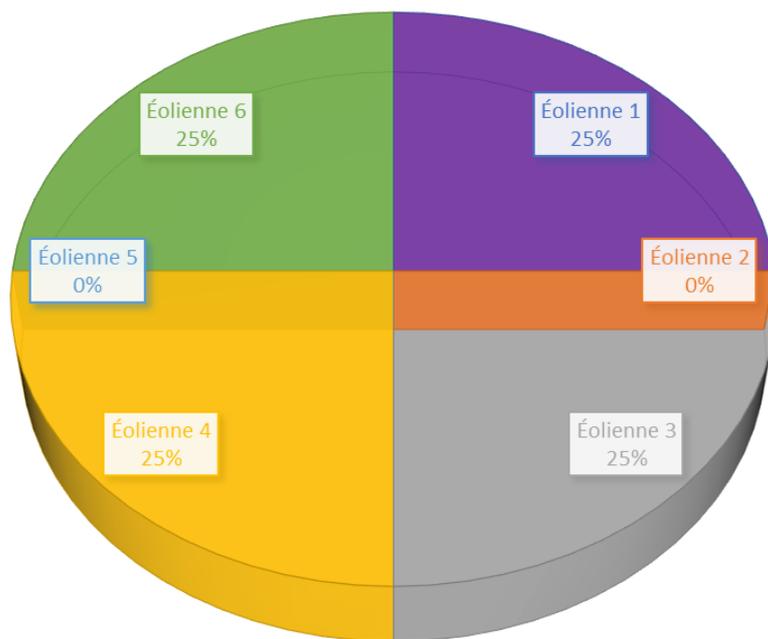


Figure 15. Répartition des cas de mortalité par éolienne

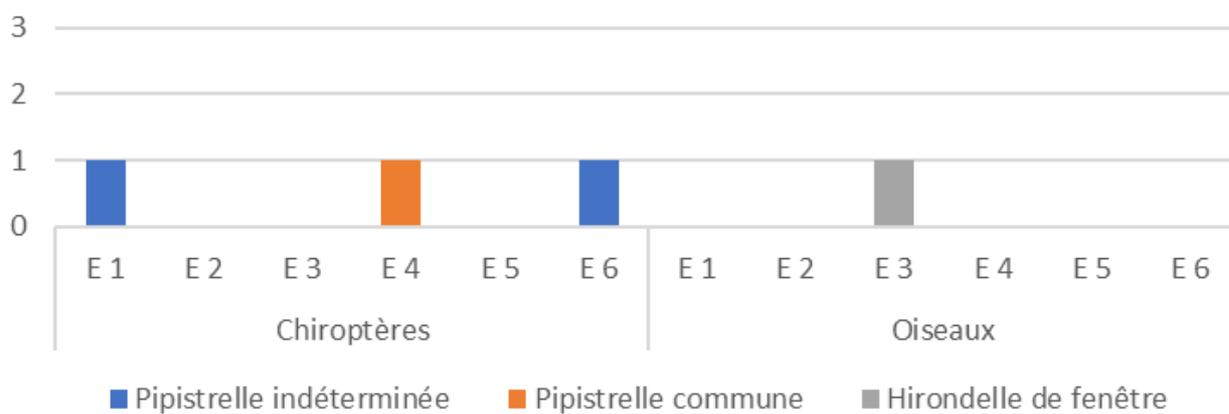


Figure 16. Détails de la mortalité par éolienne et par espèces

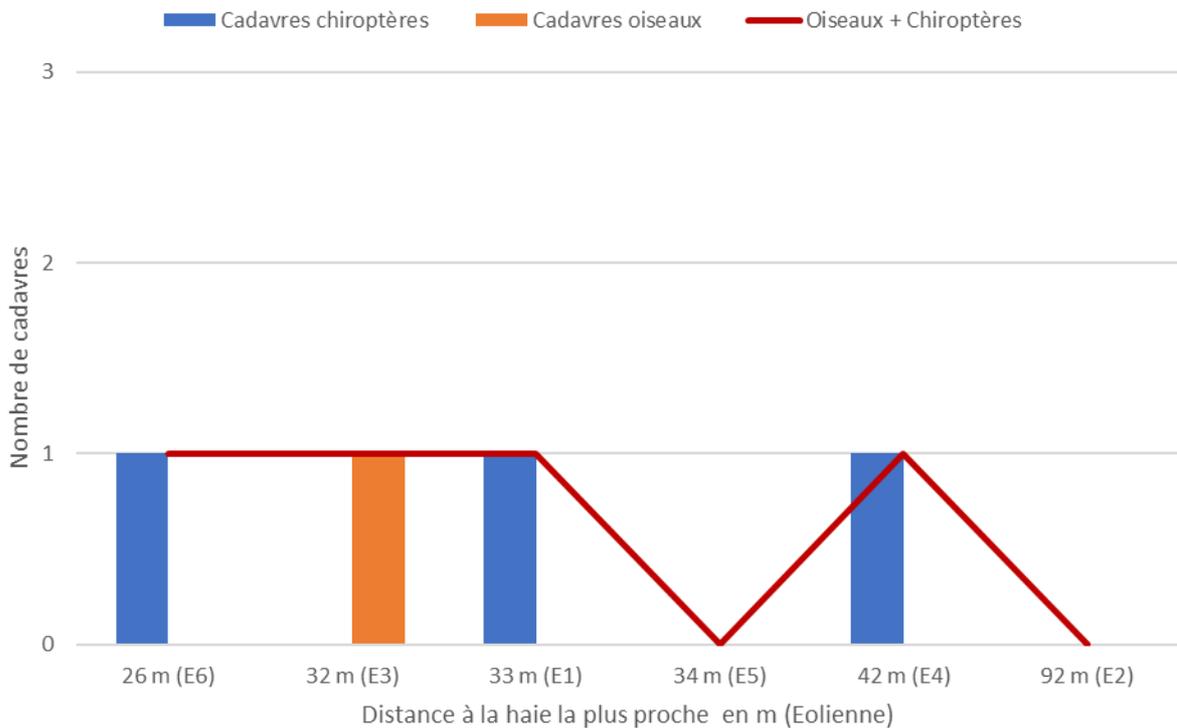


Figure 17. Répartition des cadavres de chiroptères selon la distance à la haie la plus proche

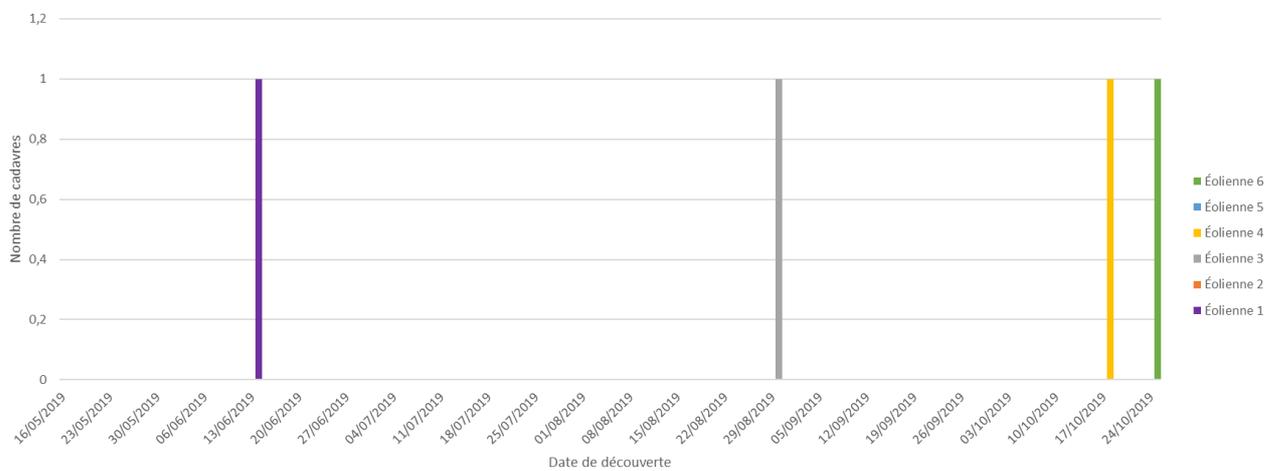


Figure 18. Chronologie des découvertes de cadavres pour chaque éolienne

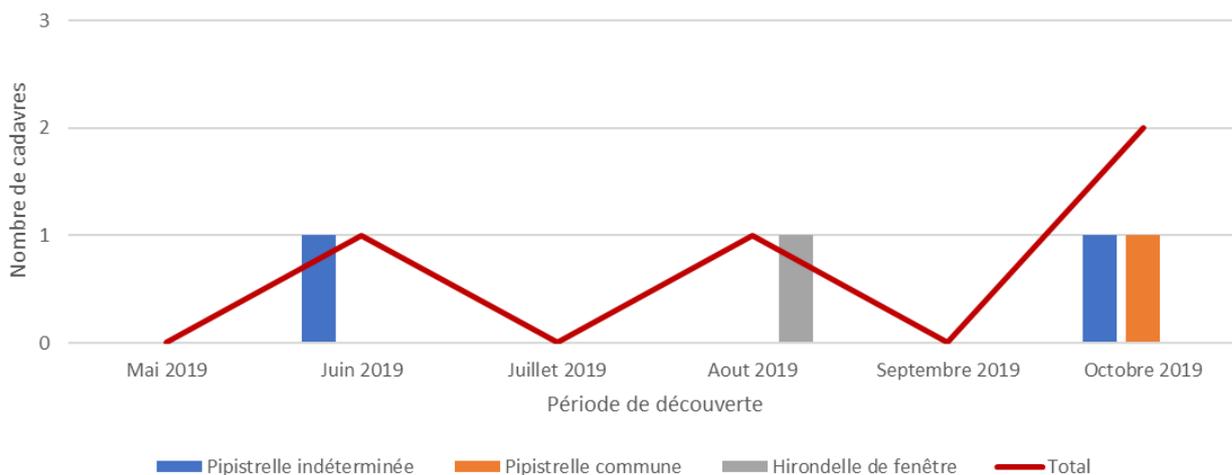


Figure 19. *Détail des découvertes de cadavres par période de l'année*

Pour rappel, au regard de l'activité chiroptérologique 3 principaux pics d'activités ont été identifiés :

- En juin
- Pendant la deuxième quinzaine d'aout
- En octobre

Deux de ces périodes correspondent aux dates où des cas de mortalité de chauves-souris ont été relevés.

- ➔ **Sur les 4 cadavres retrouvés, 3 (75%) sont des chiroptères.**
- ➔ **Les découvertes de cadavres coïncident avec les périodes de forte activité chiroptérologique.**



© Copyright - Dervenn Conseils Ingénierie - SIG
 Réalisation - Bureau d'études DERVENN - Janvier 2019
 Sources : GéoBretagne © Droits réservés - Reproduction interdite



Figure 20. Cas de mortalité relevés au pied des éoliennes (rayon de 50 m)

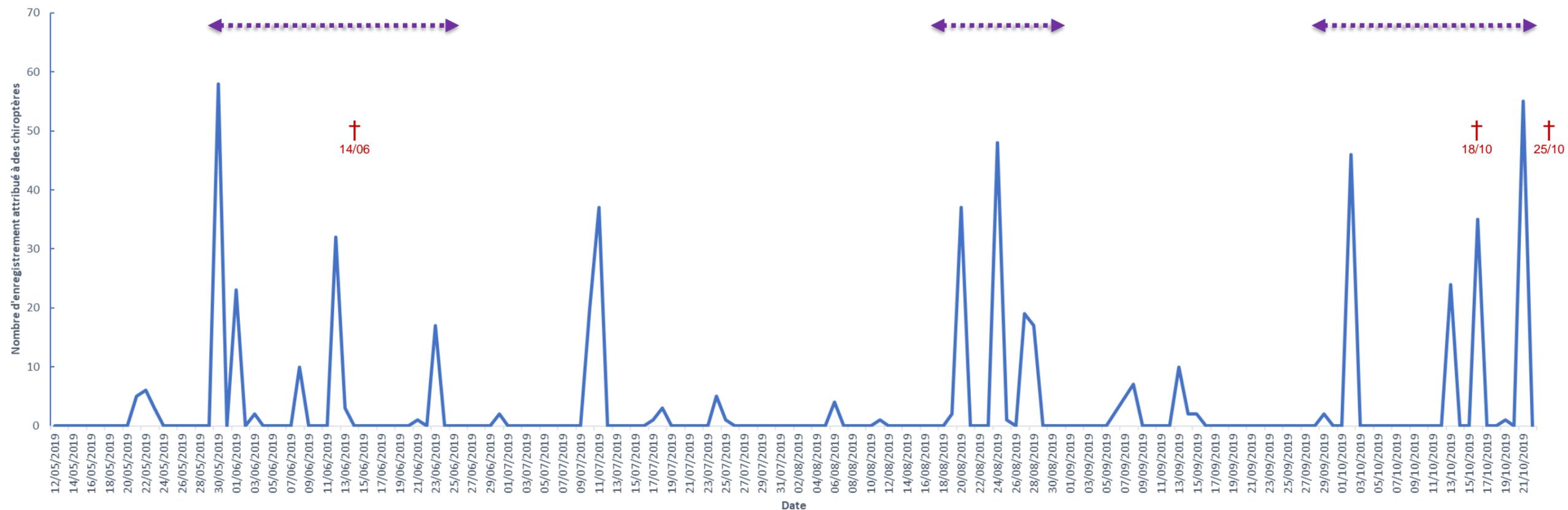


Figure 21. Nombre d'enregistrement attribués à des chiroptères par nuit et identifications des pics d'activité (←-----→) en regard des cas de mortalité de chiroptères (†)

3.4.3 Correction et extrapolation des résultats bruts

3.4.3.1 Formules utilisées

Les 4 cadavres retrouvés nous permettent d'utiliser des formules pour corriger et extrapoler nos résultats. Préalablement à l'utilisation des formules il est nécessaire de définir différents paramètres.

Tableau 14. Définitions et formules des paramètres utilisés dans les formules d'estimation de la mortalité

Paramètre	Formule	Définition
N_a		nombre total d'individus trouvés morts
N_b		nombre d'individus tués par autre chose que les éoliennes
d	$d = d_t / d_p$	taux de découverte, variable en fonction du couvert végétal
d_t		Nombre de leurres trouvés
d_p		Nombre de leurres placés
l		La durée de l'intervalle (entre 2 visites), équivalent à la fréquence de passage (en jours)
tm		Durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jours)
a	$a = a_r / a_t$	coefficient de correction surfacique
a_r		Surface réellement couverte (en m ²)
a_t	$a_t = N_e * \pi r^2$	Surface théorique (en m ²)
N_e		Nombre d'éolienne
r		Rayon de recherche (en m)
\hat{e}	$\hat{e} = \text{Min}(l : \hat{l}) / l$	coefficient correcteur de l'intervalle
\hat{l}	$\hat{l} = -\log(0,01) \times tm$	Intervalle effectif

Nous avons choisi d'utiliser les 2 formules suivantes :

- Erickson (2000)

Cette équation adaptée de la formule de Winkelman permet de faire le calcul même lorsque le taux de prédation est très élevé (donc le taux de persistance nul, c'est-à-dire si tous les cadavres disparaissent entre 2 visites). Pour cela, deux paramètres sont ajoutés, l (fréquence de passage ou durée de l'intervalle entre 2 visites) et tm (durée moyenne de persistance en jours).

$$N \text{ estimé} = (N_a - N_b) * l / (tm \times d)$$

- Jones (2009) & Huso (2010)

Ces 2 méthodes sont très similaires et reposent sur plusieurs hypothèses : le taux de mortalité est constant sur l'intervalle, la durée de persistance suit une variable exponentielle négative et la probabilité de disparition moyenne sur l'intervalle correspond à la probabilité de disparition d'un cadavre tombé à la moitié de l'intervalle. La notion d'« intervalle effectif » est aussi ajoutée.

$$N \text{ estimé} = (N_a - N_b) / (a * d * \hat{e} * P)$$

La principale différence entre ces deux formules provient du calcul de tm (coefficient de persistance des cadavres) :

Pour Jones (2009) : $P = e - 0,5 * \frac{I}{tm}$

Pour Huso (2010) : $p = tm * \frac{1 - e^{-\frac{I}{tm}}}{I}$

3.4.3.2 Estimation de la mortalité pour les chiroptères et les oiseaux

3.4.3.2.1 Rappels des coefficients correcteurs et calculs des paramètres

- Coefficient de correction surfacique : $a = 0,56$
- Durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jours) : $tm = 8,2$
- Taux de découverte (ou efficacité du chercheur) : $d = 0,838$

Tableau 15. Valeurs des paramètres utilisés dans les formules d'estimation de la mortalité

Paramètre	Valeur
d	0,838
I	7
tm	8,2
a	0,56
N_e	6
r	50
ê	1
î	16,400
P(Jones)	0,653
p(Huso)	0,673

3.4.3.2 Estimation de la mortalité pour les chiroptères et les oiseaux

Les différentes formules estiment la mortalité pour l'ensemble des éoliennes suivies sur la période de suivi. Pour établir des synthèses :

- on divise par la puissance totale du parc ► on aura une estimation de la mortalité par MW pour la période suivie.

Tableau 16. Estimation de la mortalité des chiroptères et des oiseaux

Estimation de la mortalité des chiroptères			
	Huso (2010)	Jones (2009)	Erickson (2000)
Mortalité estimée pour l'ensemble du parc (6 éoliennes) sur la période suivie	9,50	9,80	3,06
Mortalité estimée par MW sur la période suivie (24 semaines)	1,98	2,04	0,64

Estimation de la mortalité des oiseaux			
	Huso (2010)	Jones (2009)	Erickson (2000)
Mortalité estimée pour l'ensemble du parc (6 éoliennes) sur la période suivie	3,17	3,27	1,02
Mortalité estimée par MW sur la période suivie (24 semaines)	0,66	0,68	0,21

3.5 Impacts potentiels du parc en exploitation

- L'étude d'impact (2015) identifie plusieurs impacts potentiels sur les chiroptères liés à l'implantation du parc mais conclue au regard des différentes mesures prises (choix des zones d'implantation notamment) que les impacts pour ce groupe seront faibles à nuls.
- L'étude d'impact (2015) indique que le site d'implantation du parc présente une sensibilité ornithologique faible et conclue au regard des différentes mesures prises (choix des zones d'implantation notamment) que les impacts pour ce groupe seront négligeables.

Au regard des résultats des suivis (activités en altitude et mortalité), le parc éolien de Callac et ses 6 aérogénérateurs a un impact non significatif sur les chiroptères et l'avifaune en phase d'exploitation et ne remet pas en cause la conservation des espèces touchées conformément à ce qui avait été prévu dans les documents d'étude d'impacts.

- **Ainsi aucune mesure complémentaire n'est proposée en phase d'exploitation de ce parc.**

Annexe 1. Données de fonctionnement de l'éolienne E3 durant l'enregistrement de l'activité en altitude des chiroptères

Nuit	Date	Température moyenne (°C)	Précipitation moyenne (mm.min-1)	Vitesse moyenne du rotor (tr.min-1)	Vitesse moyenne de vent (m.s-1)	Activité enregistrée
1	12/05/2019	8,54	0,00	24,42	7,76	0
2	13/05/2019	8,77	0,00	26,22	9,81	0
3	14/05/2019	9,63	0,00	24,66	8,24	0
4	15/05/2019	11,05	0,00	22,03	7,05	0
5	16/05/2019	8,47	0,00	10,00	5,76	0
6	17/05/2019	6,96	0,00	7,51	4,40	0
7	18/05/2019	8,63	0,00	7,58	4,32	0
8	19/05/2019	8,76	0,00	9,39	5,78	0
9	20/05/2019	9,23	0,00	7,22	4,02	0
10	21/05/2019	11,64	0,00	7,80	4,50	5
11	22/05/2019	13,52	0,00	5,75	3,26	6
12	23/05/2019	9,38	0,00	9,00	5,35	3
13	24/05/2019	9,88	0,00	9,15	5,33	0
14	25/05/2019	10,87	0,00	7,10	4,02	0
15	26/05/2019	9,76	0,40	9,03	5,02	0
16	27/05/2019	8,69	0,03	11,39	6,81	0
17	28/05/2019	7,87	0,00	8,47	4,82	0
18	29/05/2019	11,17	1,21	8,33	5,02	0
19	30/05/2019	11,93	0,00	2,92	2,14	58
20	31/05/2019	15,80	0,00	10,22	6,08	0
21	01/06/2019	17,00	0,00	11,13	6,68	23
22	02/06/2019	10,29	0,20	8,15	4,59	0
23	03/06/2019	10,71	0,00	7,23	4,08	2
24	04/06/2019	9,41	0,00	14,67	4,49	0
25	05/06/2019	8,24	0,00	12,47	3,76	0
26	06/06/2019	10,33	0,03	15,61	4,89	0
27	07/06/2019	8,76	0,27	22,04	7,48	0
28	08/06/2019	10,04	0,00	12,48	3,53	10
29	09/06/2019	8,77	0,00	10,86	2,89	0
30	10/06/2019	7,89	0,13	17,11	5,55	0
31	11/06/2019	9,22	0,29	19,76	6,42	0
32	12/06/2019	9,10	0,00	5,97	1,88	32
33	13/06/2019	9,54	0,04	18,04	5,82	3
34	14/06/2019	10,27	0,00	19,34	6,29	0

Nuit	Date	Température moyenne (°C)	Précipitation moyenne (mm.min-1)	Vitesse moyenne du rotor (tr.min-1)	Vitesse moyenne de vent (m.s-1)	Activité enregistrée
35	15/06/2019	11,00	0,24	21,97	7,24	0
36	16/06/2019	10,69	0,00	14,72	4,54	0
37	17/06/2019	12,86	0,00	14,10	6,06	0
38	18/06/2019	14,60	0,00	13,41	4,43	0
39	19/06/2019	9,72	0,00	13,71	4,97	0
40	20/06/2019	10,90	0,00	13,77	4,09	0
41	21/06/2019	11,36	0,00	18,18	5,73	1
42	22/06/2019	16,59	0,00	22,22	7,10	0
43	23/06/2019	15,26	0,00	11,65	3,15	17
44	24/06/2019	12,63	0,00	15,59	5,03	0
45	25/06/2019	14,77	0,01	15,48	4,84	0
46	26/06/2019	14,33	0,51	22,92	7,55	0
47	27/06/2019	21,03	0,00	22,65	7,39	0
48	28/06/2019	17,22	0,00	20,77	6,60	0
49	29/06/2019	12,63	0,00	14,54	4,56	0
50	30/06/2019	12,94	0,00	15,46	4,86	2
51	01/07/2019	10,57	0,00	2,81	6,36	0
52	02/07/2019	12,13	0,00	19,96	6,42	0
53	03/07/2019	13,26	0,00	22,62	7,29	0
54	04/07/2019	16,52	0,00	21,59	6,83	0
55	05/07/2019	19,21	0,00	14,54	4,42	0
56	06/07/2019	15,59	0,00	18,10	5,73	0
57	07/07/2019	13,83	0,00	16,04	5,08	0
58	08/07/2019	15,40	0,00	19,20	6,07	0
59	09/07/2019	17,39	0,00	17,23	5,30	0
60	10/07/2019	17,08	0,00	10,84	2,84	20
61	11/07/2019	15,62	0,00	11,44	3,11	37
62	12/07/2019	13,32	0,00	18,39	5,86	0
63	13/07/2019	13,15	0,00	19,25	6,20	0
64	14/07/2019	14,41	0,00	21,97	6,96	0
65	15/07/2019	14,74	0,00	12,80	3,53	0
66	16/07/2019	15,79	0,00	10,58	3,13	0
67	17/07/2019	13,80	0,00	16,13	5,05	1
68	18/07/2019	13,51	0,00	15,57	4,70	3
69	19/07/2019	15,61	0,09	23,10	7,48	0
70	20/07/2019	14,80	0,00	11,91	3,37	0
71	22/07/2019	18,15	0,00	21,27	6,70	0
72	23/07/2019	18,89	0,00	13,44	4,42	0
73	24/07/2019	22,17	0,00	16,16	4,99	5
74	25/07/2019	17,41	0,00	16,01	5,00	1
75	26/07/2019	13,86	0,00	14,13	4,27	0
76	27/07/2019	12,73	0,00	19,63	6,30	0

Nuit	Date	Température moyenne (°C)	Précipitation moyenne (mm.min-1)	Vitesse moyenne du rotor (tr.min-1)	Vitesse moyenne de vent (m.s-1)	Activité enregistrée
77	28/07/2019	13,66	0,00	11,46	3,64	0
78	29/07/2019	14,15	0,37	27,68	12,63	0
79	30/07/2019	11,55	0,00	15,91	5,01	0
80	31/07/2019	13,64	0,00	11,66	3,14	0
81	01/08/2019	14,39	0,00	12,19	3,41	0
82	02/08/2019	16,64	0,00	18,51	5,80	0
83	03/08/2019	15,22	0,00	15,10	4,70	0
84	04/08/2019	14,47	0,00	20,15	6,44	0
85	05/08/2019	13,63	0,00	15,20	4,70	0
86	06/08/2019	14,25	0,00	15,54	4,89	4
87	07/08/2019	15,17	0,01	15,82	4,86	0
88	08/08/2019	17,35	1,17	25,25	8,90	0
89	09/08/2019	14,47	0,14	27,96	13,95	0
90	10/08/2019	12,77	0,00	20,18	6,53	0
91	11/08/2019	12,23	0,00	15,89	4,98	1
92	12/08/2019	11,08	0,00	15,97	5,02	0
93	13/08/2019	12,76	0,00	18,85	5,88	0
94	14/08/2019	13,78	0,00	17,90	5,75	0
95	15/08/2019	12,76	0,00	14,18	4,18	0
96	16/08/2019	14,88	0,21	22,67	7,49	0
97	17/08/2019	12,18	0,08	15,03	4,74	0
98	18/08/2019	11,53	0,00	15,77	4,99	0
99	19/08/2019	12,28	0,00	15,00	4,59	2
100	20/08/2019	12,04	0,00	15,06	4,51	37
101	21/08/2019	15,16	0,00	15,43	4,67	0
102	22/08/2019	15,04	0,00	20,87	6,57	0
103	23/08/2019	20,08	0,00	21,73	6,82	0
104	24/08/2019	16,84	0,00	10,42	3,01	48
105	25/08/2019	14,97	0,00	12,96	3,70	1
106	26/08/2019	14,56	0,30	22,47	7,17	0
107	27/08/2019	13,99	0,00	9,61	2,52	19
108	28/08/2019	11,86	0,01	14,06	4,25	17
109	29/08/2019	12,68	0,00	10,25	2,93	0
111	31/08/2019	11,49	0,00	18,67	5,97	0
112	01/09/2019	11,04	0,00	17,20	5,36	0
113	02/09/2019	12,12	0,00	13,00	3,76	0
114	03/09/2019	11,71	0,00	13,97	4,12	0
115	04/09/2019	11,51	0,00	20,49	6,60	0
116	05/09/2019	10,36	0,00	17,19	5,43	0
119	08/09/2019	10,86	0,00	10,05	2,94	7
120	09/09/2019	10,59	0,00	18,90	6,07	0
121	10/09/2019	10,24	0,00	16,78	5,29	0

Nuit	Date	Température moyenne (°C)	Précipitation moyenne (mm.min-1)	Vitesse moyenne du rotor (tr.min-1)	Vitesse moyenne de vent (m.s-1)	Activité enregistrée
122	11/09/2019	14,13	0,00	14,18	4,27	0
123	12/09/2019	13,75	0,00	10,73	2,70	0
124	13/09/2019	14,15	0,00	17,53	5,53	10
125	14/09/2019	14,09	0,00	17,52	5,57	2
126	15/09/2019	11,21	0,00	17,75	5,60	2
127	16/09/2019	12,56	0,00	16,73	5,26	0
128	17/09/2019	11,34	0,00	20,72	6,59	0
129	18/09/2019	11,24	0,00	19,16	6,16	0
130	19/09/2019	11,41	0,00	22,37	7,26	0
131	20/09/2019	17,59	0,00	25,01	8,46	0
132	21/09/2019	14,46	0,02	20,85	6,77	0
133	22/09/2019	11,47	0,00	17,78	5,74	0
134	23/09/2019	14,43	0,38	25,53	8,61	0
135	24/09/2019	11,86	0,02	22,34	7,28	0
136	25/09/2019	13,84	0,03	22,30	7,35	0
137	26/09/2019	11,86	0,00	20,65	6,75	0
138	27/09/2019	11,12	0,00	18,24	5,92	0
139	28/09/2019	13,45	0,67	27,92	12,62	0
140	29/09/2019	10,97	0,00	15,34	4,81	2
141	30/09/2019	14,47	0,41	26,37	9,17	0
142	01/10/2019	11,18	0,01	19,75	6,39	0
143	02/10/2019	8,28	0,00	14,67	4,40	46
144	03/10/2019	11,30	0,01	19,86	6,45	0
145	04/10/2019	11,96	0,01	20,25	6,52	0
146	06/10/2019	9,39	0,05	14,58	4,47	0
147	07/10/2019	12,19	0,01	16,63	5,14	0
148	08/10/2019	8,90	0,09	18,22	5,90	0
149	09/10/2019	9,78	0,02	17,87	5,65	0
150	10/10/2019	12,15	0,07	25,10	8,27	0
151	11/10/2019	12,56	0,00	24,86	8,17	0
152	12/10/2019	13,30	0,00	25,54	8,95	0
153	13/10/2019	10,16	0,01	15,19	4,67	24
154	14/10/2019	9,04	0,01	18,95	6,06	0
155	15/10/2019	12,09	0,99	24,38	8,55	0
156	16/10/2019	8,80	0,00	15,75	4,87	35
157	17/10/2019	8,39	0,18	23,72	7,83	0
158	18/10/2019	8,76	0,00	17,57	5,61	0
159	19/10/2019	8,43	0,00	16,71	5,19	1
160	20/10/2019	7,25	0,00	15,34	4,71	0
161	21/10/2019	8,24	0,00	6,82	1,80	55
162	22/10/2019	9,11	0,00	15,74	4,86	0

Annexe 2. Fiche numérique détaillée de suivi

Session	Date	Opérateur	Éolienne	Groupe	Espèce	Sexe	Âge	État	Date de la mort	Cause de la mort	GPS	Photos	Récolte	Code Récolte
1	16/05/2019	CR												
2	24/05/2019	CR												
3	31/05/2019	CR												
4	07/06/2019	CR												
5	14/06/2019	CR	E1	Chiroptère	Pipistrelle sp			Assez bon état		Eolienne	48,442066,-3,4309254	X	X	9707
6	18/06/2019	CR												
7	01/07/2019	MR												
8	05/07/2019	CR												
9	15/07/2019	CR												
10	19/07/2019	CR												
11	26/07/2019	MR												
12	02/08/2019	CR												
13	09/08/2019	GB												
14	16/08/2019	GB												
15	23/08/2019	GB												
16	30/08/2019	GB	E3	Oiseau	Hirondelle de fenêtre		Juvenile	frais	30/08/2019	barotraumatisme/collision ?	Lat 48,4436 Long -3,4237	X	X	Delurb-E3-300819-callac
17	06/09/2019	GB												
18	13/09/2019	MR												
19	20/09/2019	MR												
20	27/09/2019	GB												
21	04/10/2019	MR												
22	11/10/2019	GB												
23	18/10/2019	GB	E4	Chiroptère	Pipistrelle commune	mâle		frais	17/10/2019	barautromatisme	Lat 48,4452 Long -3,4214	X	X	
24	25/10/2019	HT	E6	Chiroptère	Pip sp			Assez bon état	21/10/2019	barautromatisme	Lat 48.449402, Long -3.419303	X	X	

Annexe 3. Détails des cas de mortalité constatés

Date	Opérateur	Éolienne	Groupe	Espèce	Sexe	Âge	État	Date estimée de la mort	Cause de la mort
14/06/2019	CR	E1	Chiroptère	Pipistrelle indéterminée (<i>Pipistrellus sp.</i>)		Adulte	Assez bon état		barautromatisme
30/08/2019	GB	E3	Oiseau	Hirondelle de fenêtre (<i>Delichon urbicum</i>)		Juvenile	frais	30/08/2019	traumatisme/collisi
18/10/2019	GB	E4	Chiroptère	Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)	mâle		frais	17/10/2019	barautromatisme
25/10/2019	HT	E6	Chiroptère	Pipistrelle indéterminée (<i>Pipistrellus sp.</i>)			Assez bon état	21/10/2019	barautromatisme





Annexe 4. Bibliographie

- Barataud M.** 2015. Écologie acoustique des chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportement de chasse. Biotope, Mèze ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (collection Inventaires et Biodiversité), 344 p.
- Blondel J., Ferry C., Frochot B.** 1970. Méthode des Indices Ponctuels d'Abondance (IPA) ou des relevés d'avifaune par stations d'écoute. *Alda*, **38**, 55-70.
- Drewitt, A.L. & Langston, R.H.** 2006. Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis*, **148**(s1), 29-42.
- Dürr, T.** 2017. Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at windturbines in Europe. Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt Brandenburg. Stand: 05. Dezember 2017.
- Erickson, W.P., Johnson, G D. & Young Jr, D.P.** 2005. A summary and comparison of bird mortality from anthropogenic causes with an emphasis on collisions. *USDA Forest Service General Technical Report PSW-GTR-191*, 1029-1042.
- Ferry, C.** 1976. Un test facile pour savoir si la richesse mesurée d'un peuplement se rapproche de sa richesse réelle. *Le Jean-le-Blanc*, **15**, 21-28.
- Hötter, H., Thomsen, K.M. & Jeromin, H.** 2006. Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources: the example of birds and bats – facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen, Allemagne. 65 p.
- Hull, C.L. & Muir, S.** 2010. Search areas for monitoring bird and bat carcasses at wind farms using a Monte-Carlo model. *Australasian Journal of Environmental Management*, **17**:2, 77-87.
- Lekuona, J.M.** 2001. Uso del espacio por la avifauna y control de la mortalidad de aves en los parques eólicos de Navarra. Gobierno de Navarra, Pamplona. 155 p.
- Marx, G.** 2017. Le Parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune – Étude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015. Ligue pour la Protection des Oiseaux, 92 p.
- Rydell, J., Engström, H., Hedenström, A., Larsen, J.K., Pettersson, J. & Green, M.** 2012. The effect of wind power on birds and bats – A synthesis. VINDVAL, *Report 6511*. 152 p.
- Thelander, C.G., Smallwood, K.S. & Ruge, L.** 2003. Bird Risk Behaviors and Fatalities at the Altamont Pass Wind Resource Area, Period of Performance: March 1998–December 2000. National Renewable Energy Laboratory. 91 p.
- Williamson, T.** 2011. Évaluation de l'impact du parc éolien du Rochereau (Vienne) sur l'avifaune de plaine - Comparaison entre l'état initial et les trois premières années de fonctionnement des éoliennes, Rapport final 2007-2010. LPO Vienne, SERGIES. 136 p.

Winkelman, J.E. 1992. [The impact of the Sep wind park near Oosterbierum (Fr.), the Netherlands, on birds, 1: collision victims]. RIN-rapport 92/2. DLO-Instituut voor Bos-en Natuuronderzoek, Arnhem, The Netherlands *in* **Langston, R.H. & Pullan, J.D.** 2003. Windfarms and Birds : An analysis of the effects of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. Convention on the conservation of european wildlife and natural habitats. Report written by BirdLife International on behalf of the Bern Convention. RSPB / BirdLife in the UK. T-PVS/Inf (2003) 12. 58 p.

Annexe 5. Protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres – Révision de mars 2018

A white wind turbine stands in a field of yellow rapeseed flowers under a clear blue sky. The turbine is the central focus, with its three blades extending upwards. The field of flowers is in the foreground, and the sky is a uniform blue. The text is overlaid on the image.

**Protocole de suivi
environnemental des parcs
éoliens terrestres**

Révision 2018

Préambule

Le protocole environnemental a été préparé sous la responsabilité de la Direction générale de prévention des risques (DGPR) et de la Direction générale de l'Aménagement, du logement et de la nature (DGALN) du Ministère de la transition écologique et solidaire (MTES) dans le cadre d'un groupe de travail associant des experts issus :

- de l'administration (DGPR, DGALN, le Muséum National d'Histoire Naturelle) ;
- des associations de protection de la nature (la Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO) et la Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères (SFEPM)) ;
- de la profession de l'éolien (le Syndicat des Energies Renouvelables (SER) et France Energie Eolienne (FEE)).

Ce protocole tient compte de l'évolution de l'état des connaissances et du retour d'expérience tiré de la mise en application du précédent protocole, reconnu par décision du 23 novembre 2015. Il constitue une importante avancée pour identifier et réduire les impacts des parcs éoliens sur leur environnement.

Le MTES remercie vivement les membres de groupe de travail pour leur participation, leurs contributions, la relecture des documents, leurs commentaires et suggestions.



Message de la SFEPM

En s'impliquant dans le travail de révision du protocole de suivi environnemental, la SFEPM a cherché à :

- Alerter de sa préoccupation sur les effets du développement de l'énergie éolienne sur les chiroptères, pour permettre une meilleure prise en compte des risques associés lors du développement et de l'exploitation des parcs ;
- Inviter les aménageurs à s'engager pleinement dans une démarche vertueuse pour prendre en compte les chauves-souris de façon responsable et cohérente entre études d'impacts et suivis d'impacts ;
- Orienter les suivis vers un processus global de maîtrise des risques de mortalités, en facilitant la caractérisation des risques d'impacts et donc le dimensionnement de mesures correctives par la suite.

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
1	Novembre 2015	Version initiale
2	Mars 2018	Intégration de l'évolution des connaissances et du retour d'expérience de la mise en application du protocole de 2015

Photo de couverture : Parc éolien de sud Vienne

© Arnaud Bouissou - Terra

1 Table des matières

2	Contexte.....	4
3	Objectifs du suivi et champ d'application du protocole.....	4
1	Objectifs du suivi.....	4
2	Entrée en vigueur et champ d'application	5
4	Principes généraux.....	6
5	Cadrage préalable.....	7
5.1	Les chiroptères	7
5.2	Les oiseaux.....	8
5.3	Détermination des périodes de suivis et nombre de prospections.....	9
6	Méthodologie pour la réalisation du suivi	10
6.1	Nombre d'éoliennes à suivre.....	10
6.2	Surface et méthodologie de prospection	11
6.3	Enregistrement de l'activité des chiroptères	12
7	Les tests permettant de valider et analyser les résultats.....	12
7.1	Test d'efficacité de recherche (du chercheur)	12
7.2	Test de persistance des cadavres.....	13
8	Analyse des résultats	13
8.1	Les données brutes	13
8.2	Analyse des résultats, de l'impact du parc et de l'efficacité des mesures	14
8.3	La caractérisation de la mortalité	14
8.4	Les facteurs d'impact	15
8.5	Les mesures correctives	16
8.6	L'estimation de la mortalité.....	16
9	Bibliographie	17

2 Contexte

La construction et l'exploitation des parcs éoliens peuvent avoir une incidence sur les oiseaux et les chiroptères, et sur leurs habitats. Les principaux impacts potentiels identifiés pour ces espèces sont l'altération des habitats, le dérangement et la mortalité par collision avec les pales en mouvement ou par barotraumatisme.

Conformément à la réglementation, l'exploitant d'un parc doit s'assurer que la construction et l'exploitation de son parc ne dégradent pas l'état de conservation des populations de ces espèces, à toutes les étapes de la vie du projet :

- avant l'autorisation, en réalisant une étude d'impact qui permette d'évaluer les impacts du projet et de définir des mesures adaptées ;
- pendant la construction ;
- pendant l'exploitation de l'installation, en réalisant des suivis environnementaux réguliers, conformément au présent protocole et aux dispositions prévues par arrêté préfectoral le cas échéant;
- pendant la déconstruction et la remise en état.

En effet, l'article 12 de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des ICPE et le point 3.7 de l'annexe I de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations soumises à déclaration disposent que : « *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. Lorsqu'un protocole de suivi environnemental est reconnu par le ministre chargé des installations classées, le suivi mis en place par l'exploitant est conforme à ce protocole. Ce suivi est tenu à disposition de l'inspection des installations classées* ».

3 Objectifs du suivi et champ d'application du protocole

1 Objectifs du suivi

Les trois principaux objectifs du suivi environnemental sont hiérarchisés par ordre de priorité décroissant et conditionnent donc le dimensionnement du protocole :

1. Juger du niveau d'impact généré par le parc éolien suivi sur la faune volante en prenant en compte les éventuelles mesures prescrites, pour être en mesure, le cas échéant, d'apporter une réponse corrective proportionnée et efficace pour annuler ou réduire l'impact. Cet objectif prioritaire implique de détecter précisément et identifier les éventuels cadavres d'oiseaux et de chauves-souris tués par les éoliennes, caractériser la typologie de la mortalité (périodes, espèces, éoliennes concernées...), comprendre l'influence des facteurs environnementaux (climatiques, biogéographiques...). Il s'agit de

l'approche qualitative de la mortalité nécessaire pour juger de l'efficacité des mesures en place et de la nécessité de les adapter ou de les compléter.

2. Calculer les mortalités estimées générées par chaque parc éolien pour permettre des comparaisons objectives d'une année à l'autre ou entre parcs. Seule une estimation standardisée de la mortalité, via l'utilisation de formules de calcul internationales, permet d'estimer un taux de mortalité comparable entre parcs éoliens. Il s'agit d'une approche quantitative de la mortalité qui permet de replacer le niveau d'impact sur un référentiel large.
3. Construire et alimenter en temps réel une base de données nationale pour une vision globale et continue de l'impact du parc éolien français sur la biodiversité. Elle représentera le fondement indispensable à l'analyse et à la valorisation des résultats de suivis menés dans le cadre d'une étude nationale organisée par le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN). Il sera en effet nécessaire d'agréger les données au niveau le plus large possible pour obtenir la puissance statistique nécessaire à la réalisation des objectifs mentionnés aux deux paragraphes précédents.

2 Entrée en vigueur et champ d'application

Ce protocole est applicable aux éoliennes terrestres soumises à autorisation et soumises à déclaration au titre de la législation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement.

Il est applicable dès sa publication. Toutefois, si un suivi est en cours de réalisation¹ au moment de la publication du présent protocole, celui-ci pourra être poursuivi selon le protocole en vigueur à la date de début du suivi.

Sauf cas particulier justifié et faisant l'objet d'un accord du Préfet, le suivi doit débuter dans les 12 mois qui suivent la mise en service du parc éolien. Il doit dans tous les cas intervenir au plus tard dans les 24 mois qui suivent la mise en service du parc éolien.

A l'issue de ce premier suivi :

- Si le suivi mis en œuvre conclut à l'absence d'impact significatif sur les chiroptères et sur les oiseaux alors le prochain suivi sera effectué dans les 10 ans, conformément à l'article 12 de l'arrêté ICPE du 26 août 2011.
- Si le suivi met en évidence un impact significatif sur les chiroptères ou sur les oiseaux alors des mesures correctives de réduction doivent être mises en place et un nouveau suivi doit être réalisé l'année suivante² pour s'assurer de leur efficacité.

Nota : Dans le cadre d'un dépôt de demande de renouvellement d'un parc éolien ("repowering"), la réalisation d'un suivi dans les 3 années précédant la demande sera nécessaire³.

¹ Un suivi pourra être considéré "en cours de réalisation" lorsque le suivi de mortalité sur site a commencé ou que le suivi a été contractualisé et est prévu pour débuter, au plus tard, dans les six mois suivant la parution du présent protocole.

² Ou à une date définie en concertation avec les services instructeurs dans les cas où la nature de la mesure de réduction mise en œuvre le nécessite.

Le protocole pourra faire l'objet d'une révision en cas de modification de la réglementation ou de l'évolution des connaissances scientifiques et des technologies. Toute révision devra faire l'objet d'une validation du ministère en charge des installations classées pour la protection de l'environnement.

4 Principes généraux

Afin de répondre aux exigences réglementaires de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 et aux trois objectifs prioritaires cités au paragraphe 3 du présent protocole, les suivis environnementaux doivent permettre de constater et d'analyser les impacts du projet sur l'avifaune et les chiroptères des parcs en exploitation. Ils devront au minimum correspondre à des suivis de la mortalité réalisés aux pieds des éoliennes, couplés, sur les périodes précisées au tableau 1, à un suivi d'activité en hauteur des chiroptères et si l'étude d'impact ou l'arrêté préfectoral le prévoit, à des suivis comportementaux ou d'activités sur les périodes précisées au tableau 1.

Ainsi, le suivi de la mortalité pourra être croisé avec les résultats des suivis de l'activité des espèces tels que définis dans les arrêtés d'autorisation ou par des mesures complémentaires de suivis définies dans l'étude d'impact. Cela permettra d'intégrer la réalisation des suivis environnementaux en phase exploitation dans un processus plus global de compréhension et de maîtrise des risques afin d'envisager, si besoin, des réponses correctives efficaces et adaptées.

Concernant le cas particulier de l'activité des chiroptères, il apparaît qu'un suivi de l'activité en continu en hauteur et sans échantillonnage de durée peut permettre d'appréhender finement les conditions de fréquentation du site par les espèces et de mettre en évidence les conditions de risques de référence localement. Ainsi un suivi croisé de l'activité mesurée à hauteur de nacelles et de la mortalité au sol (recherche de cadavres), sur les périodes précisées au tableau 1, apparaît être le meilleur outil de compréhension et de maîtrise des risques pouvant permettre de valider l'efficacité des mesures de régulation, ou de les optimiser si besoin.

Nota :

Certains porteurs de projet et/ou bureaux d'étude proposent des méthodes nouvelles pour analyser en temps réel l'activité et la mortalité des chauves-souris et des oiseaux (par exemple suivi d'activité par caméra, ou par micro en canopée).

Ces méthodes étant nouvelles, on dispose actuellement de peu de retour d'expérience sur leur efficacité. Lors de la première année de suivi post-implantation grâce à ces systèmes, il est recommandé de réaliser un suivi selon le présent protocole, ce qui permettra de comparer les résultats obtenus par chaque procédure. En fonction des résultats ou de l'état de connaissance de l'efficacité de ces systèmes, l'exploitant pourra proposer au Préfet une adaptation du présent protocole spécifique à son installation compte tenu des dispositifs existants.

³ Disposition applicable 24 mois après la publication du présent protocole.

Ces résultats pourront également conduire à une révision du présent protocole pour prendre en compte les dispositifs qui auront fait l'objet d'un retour d'expérience.

5 Cadrage préalable

5.1 Les chiroptères

La mortalité des chauves-souris est particulièrement difficile à anticiper par un échantillon de relevés de terrain en phase d'étude d'impact. Elle est aussi difficile à constater en phase de suivi d'impact post-implantation car elle dépend d'une activité souvent très hétérogène (dans l'espace et dans le temps) que le suivi échantillonné ne peut caractériser parfaitement.

Ce caractère hétérogène du risque de mortalité s'explique par un cumul de facteurs d'influence (climatiques notamment), avec en particulier des pics ponctuels d'activité à proximité des rotors d'éoliennes lorsque les vitesses de vent sont faibles et les températures hautes. Ces conditions évoluent entre chaque site en fonction des espèces en présence, mais aussi de facteurs annexes (topographie, végétation, insectes-proies, attractivité des éoliennes, saisonnalité, migrations...).

Dans ces conditions, seul un suivi de l'activité en altitude, en continu et sans aucun échantillonnage de durée sur l'ensemble de la période d'activité des chauves-souris peut permettre d'appréhender finement les modalités de fréquentation du site par les espèces et de mettre en évidence les conditions de risques de référence localement ;

- En phase d'étude d'impact pré-implantation, ce suivi peut être réalisé par un suivi automatisé de l'activité ultrasonore en continu à hauteur de nacelle (sur mât de mesure de vent ou sur une éolienne dans le cadre d'un projet d'extension de parc ou de repowering) ;
- En phase de suivi d'impact post-implantation, ce suivi peut être réalisé par un suivi automatisé de l'activité ultrasonore en continu à hauteur de nacelle.

Lorsque les conditions de risques sont bien évaluées, l'expérience montre que **les mesures relativement simples de régulation du fonctionnement des éoliennes peuvent être efficaces** pour maîtriser les risques (Beucher, Kelm et al. 2013). Il s'agit alors d'organiser le processus d'étude d'impact / suivi d'impact pour permettre de retenir au plus tôt un plan de régulation proportionné.

Dans ces conditions, en phase post-implantation, le **suivi croisé de l'activité à hauteur de nacelle et la mortalité au sol apparaît comme l'outil de compréhension et de maîtrise des risques** (analyse *in situ* de la situation de risques, constat des impacts par types de problématiques et choix concerté de mesures réductrices correctives proportionnées).

Ces suivis seront à réaliser sur des périodes qui dépendent des moyens mis en oeuvre en phase d'étude d'impact pour caractériser finement (sans échantillonnage) le risque de mortalité (cf. paragraphe 5.3) :

- **Etude d'impact avec suivi d'activité des chiroptères en hauteur** : l'étude d'impact a fait l'objet d'un suivi d'activité des chiroptères en hauteur en continu sans échantillonnage qui permet de connaître la fréquentation du site en altitude par les chiroptères et de mettre en place, si nécessaire, une mesure de régulation proportionnée dès la première

année. Dans ce cas, **le suivi post-implantation (suivi croisé de l'activité en nacelle et de la mortalité) peut être objectivement ciblé vers les périodes identifiées comme les plus à risque.** Cela permettra le cas échéant de vérifier l'efficacité de la régulation et d'en optimiser les paramètres pour la suite de l'exploitation.

- **Situation alternative** : l'étude d'impact n'a pas fait l'objet d'un suivi d'activité en hauteur en continu sans échantillonnage. Dans ce cas, **le suivi post-implantation de l'activité en nacelle sera réalisé sur l'ensemble de la période d'activité des chauves-souris.** Le suivi de mortalité pourra n'être effectué que sur la période précisée au tableau 1. Toutefois, dans le cas où le suivi d'activité montrerait une activité à risque sur d'autres périodes également, la réalisation d'un nouveau suivi de mortalité sur l'ensemble des périodes concernées pourrait être prescrite. Par ailleurs, en cas d'anomalie et nécessité de mettre en place une régulation, une nouvelle campagne de suivis (activité/mortalité) devra être mise en oeuvre pour en vérifier son efficacité et/ou l'optimiser. En réalisant, le suivi uniquement sur la période identifiée comme la plus à risque, l'exploitant s'expose donc à devoir réaliser un nouveau suivi l'année suivante en cas d'activité importante mise en évidence sur les autres périodes.

5.2 Les oiseaux

L'analyse des suivis de mortalités réalisés en France de 1997 à 2015 (G. Marx, 2017) montre que la répartition des cas de mortalité d'oiseaux par collision avec les éoliennes est plus homogène sur l'année que celle des chiroptères, même si on retrouve également un pic à l'automne dû à la migration postnuptiale.

Si les passereaux migrateurs constituent le premier cortège d'oiseaux impacté par les éoliennes en valeur absolue, certaines espèces d'oiseaux nichant en France – et en particulier les rapaces diurnes – sont, sans aucun doute, les plus impactés relativement à leurs effectifs de population.

En ce qui concerne les oiseaux, il convient donc que le suivi de mortalité se concentre, dans tous les cas, sur ces 2 périodes à risque que sont la période nuptiale et la période des migrations automnales.

Pour les parcs concernés par des sensibilités sur l'avifaune hivernante et sur les migrateurs de printemps ce suivi devra être étendu aux périodes respectives.

Les périodes ciblées par un suivi de la mortalité renforcé s'appuieront donc sur le constat, en phase d'étude d'impact, d'enjeux avifaunistiques avérés sur le site, aux différentes phases du cycle biologique des oiseaux. L'étude d'impact doit donc être pertinente et conclusive sur ces notions d'enjeux, pour que cette phase de ciblage du suivi environnemental y soit adaptée. Il est possible pour cela de s'appuyer sur plusieurs moyens comme une recherche bibliographique, la consultation d'associations naturalistes, etc.

Certains parcs peuvent également être concernés par des programmes de gestion ou de réintroduction d'espèces hautement patrimoniales (Life, PNA, etc.) qui n'existaient pas lors de leur conception. La consultation des services ou des organismes en charge de ces programmes pourrait compléter utilement les inventaires réalisés lors de l'étude d'impact.

5.3 Détermination des périodes de suivis et nombre de prospections

Le suivi de mortalité des oiseaux et chiroptères sera constitué au minimum de 20 prospections, réparties entre les semaines 20 et 43 (mi mai à octobre), en fonction des risques identifiés dans l'étude d'impact, de la bibliographie et de la connaissance du site. A ce titre, il est rappelé que la période de mi août à fin octobre qui correspond à la période de migration postnuptiale pour l'avifaune et de transits automnaux des chiroptères est considérée comme à cibler en priorité. La période de mai à mi-juillet présente également un intérêt particulier pour les espèces d'oiseaux nicheurs sur le secteur considéré, ainsi que pour les chauves-souris en période de mise-bas.

Des suivis renforcés sur la période comprise entre les semaines 20 et 43 ou à d'autres périodes (= période pouvant être étendue et/ou fréquence augmentée) devront être réalisés dans les cas où :

- l'étude d'impact le préconise : enjeux liés à la présence de certaines espèces d'oiseaux patrimoniales⁴ ou de chauves-souris à d'autres périodes ;
- les prescriptions des arrêtés préfectoraux relatifs au parc concerné le précisent ;
- les premiers résultats des suivis de mortalité indiquent des niveaux de mortalité significatifs nécessitant la réalisation d'investigations complémentaires.

Le suivi de mortalité sera couplé à un suivi d'activité en hauteur des chiroptères sur une période minimale qui pourra être élargie si :

1. le parc n'a pas fait l'objet d'un suivi d'activité des chauves-souris en hauteur et en continu (sans échantillonnage de durée) lors de sa phase de développement.
2. l'étude d'impact a identifié des risques d'impact sur certaines espèces de chauves-souris à des périodes spécifiques.

En cas de reconduction du suivi, la ou les période(s), le nombre de prospections et la fréquence des prospections de l'année n+1 pourront être modifiées, en accord avec le Préfet (par exemple afin de cibler le suivi sur une espèce spécifique).

⁴ Dans le présent protocole, "espèce patrimoniale" désigne une espèce inscrite en liste rouge ou à l'Annexe I de la Directive Oiseaux.

Tableau 1: Période sur laquelle doit être effectué le suivi de mortalité de l'avifaune et le suivi d'activité des chiroptères en hauteur en fonction des enjeux

semaine n°	1 à 19	20 à 30	31 à 43	44 à 52
Le suivi de mortalité doit être réalisé ...	Si enjeux avifaunistiques ou risque d'impact sur les chiroptères spécifiques*	Dans tous les cas*		Si enjeux avifaunistiques ou risque d'impact sur les chiroptères*
Suivi d'activité en hauteur des chiroptères	Si enjeux sur les chiroptères	Si pas de suivi en hauteur dans l'étude d'impact	Dans tous les cas	Si enjeux sur les chiroptères

* Le suivi de mortalité des oiseaux et des chiroptères est mutualisé. Ainsi, tout suivi de mortalité devra conduire à rechercher à la fois les oiseaux et les chiroptères (y compris par exemple en cas de suivi étendu motivé par des enjeux avifaunistiques).

6 Méthodologie pour la réalisation du suivi

6.1 Nombre d'éoliennes à suivre

La mortalité peut être hétérogène au sein d'un parc. Aussi, au minimum, il convient de contrôler :

- toutes les éoliennes pour les parcs de 8 éoliennes et moins ;
- pour les parcs de plus de 8 éoliennes contenant n éoliennes : au minimum $8 + (n - 8)/2$. Les éoliennes sont alors choisies de la façon suivante :
 - en priorité les éoliennes équipées d'un enregistreur automatique à ultrasons pour les chauves-souris
 - puis 50 % des éoliennes sont choisies parmi les éoliennes jugées les plus à risques lors de l'étude d'impact (ou les éoliennes ayant montré une mortalité plus importante lors des suivis antérieurs) ;
 - les éoliennes restantes sont choisies de façon aléatoire afin de disposer d'éoliennes représentatives en termes d'environnement, végétation, etc.

En forêt, lorsque le terrain oblige à prospecter sur des surfaces réduites, le nombre d'éoliennes contrôlées pourra être augmenté proportionnellement.

6.2 Surface et méthodologie de prospection

- **Surface-échantillon à prospecter** : un carré de 100 m de côté (ou deux fois la longueur des pales pour les éoliennes présentant des pales de longueur supérieure à 50 m) ou un cercle de rayon égal à la longueur des pales avec un minimum de 50 m.
- **Mode de recherche** : transects à pied espacés d'une distance dépendante du couvert végétal (de 5 à 10 m en fonction du terrain et de la végétation). Cette distance devra être mesurée et tracée. Les surfaces prospectées feront l'objet d'une typologie préalable des secteurs homogènes de végétation et d'une cartographie des habitats selon la typologie Corine Land Cover ou Eunis. L'évolution de la taille de végétation sera alors prise en compte tout au long du suivi et intégrée aux calculs de mortalité (distinction de l'efficacité de recherche et de la persistance des cadavres en fonction des différents types de végétation).
- **En forêt ou zone à végétation dense** : ne prospecter que les zones à ciel ouvert et praticables. Le reste de la surface échantillon devra faire l'objet d'une correction proportionnelle par coefficient surfacique.
- **Temps de recherche** : entre 30 et 45 minutes par turbine (durée indicative qui pourra être réduite pour les éoliennes concernées par des zones non prospectables (boisements, cultures...), ou augmentée pour les éoliennes équipées de pales de longueur supérieure à 50 m)..
- Recherche à débiter dès le lever du jour.

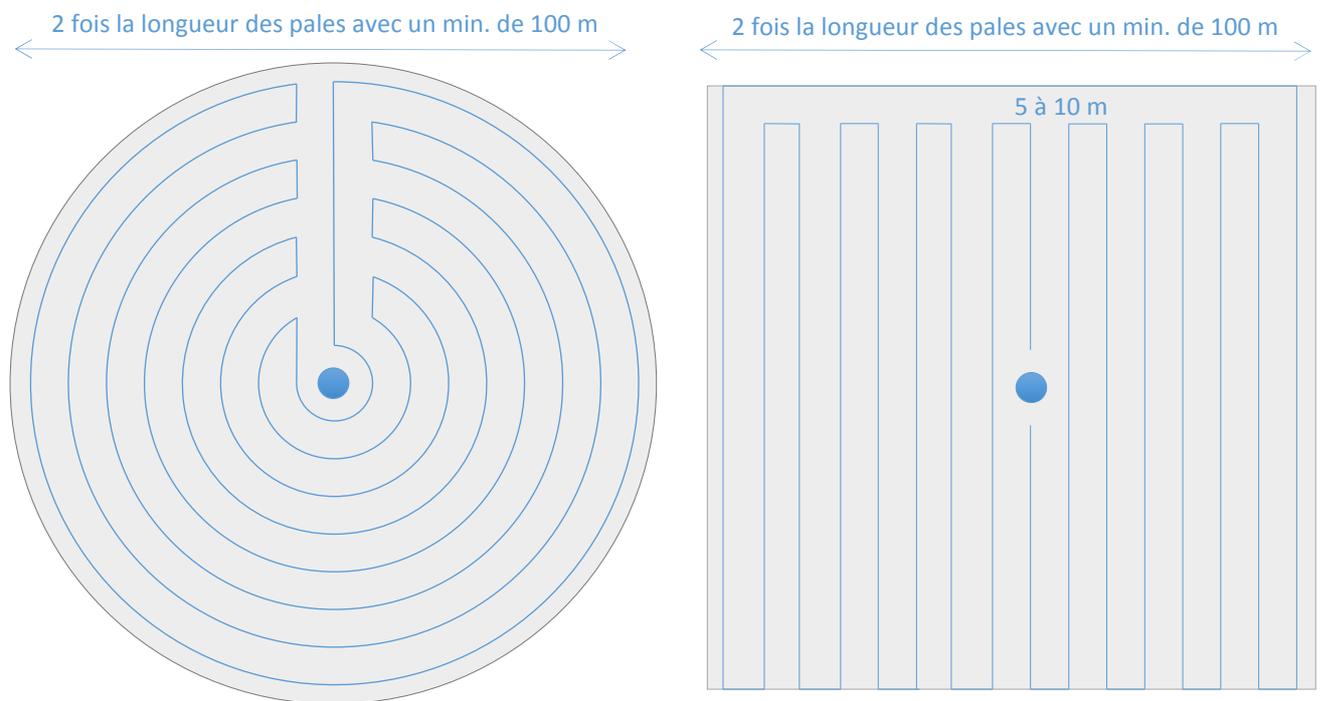


Figure 1 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m)

Nota :

Les contraintes de détection de cadavres de petits passereaux et de chiroptères sont assez comparables. Les espèces d'oiseaux de plus grande taille sont plus facilement détectables. On peut donc raisonnablement penser que le protocole de suivi de base mis en œuvre pour le suivi des chiroptères permet de prendre en compte le cas des oiseaux.

Toutefois, une étude s'appuyant sur un modèle balistique a montré que la distance potentielle de projection est corrélée avec le poids des cadavres (Hull & Muir, 2010) ; plus les individus sont grands et lourds plus ils peuvent être projetés loin des éoliennes. Il est donc probable que les oiseaux, en particulier les plus gros, soient potentiellement projetés plus loin des éoliennes que les chauves-souris.

Il est également probable que la taille des pales influence la dispersion des cadavres d'oiseaux. Une étude publiée par la LPO montre ainsi que la dispersion des cadavres est plus importante lorsque les pales sont plus grandes (Marx, 2017). D'où la nécessité d'adapter le rayon de prospection à la longueur des pales.

6.3 Enregistrement de l'activité des chiroptères

Un enregistrement de l'activité des chiroptères à hauteur de nacelle en continu (sans échantillonnage) doit être mis en œuvre conformément aux périodes précisées dans le tableau 1 (au minimum un point d'écoute pour 8 éoliennes), en fonction de l'homogénéité du parc éolien (relief, végétation, exposition aux effets d'aérologie, habitats potentiels...).

Un exemple de mise en œuvre du suivi d'activité des chiroptères en continu et en hauteur (matériel à utiliser, paramétrage, choix des unités de mesures) est donné en annexe.

7 Les tests permettant de valider et analyser les résultats

Plusieurs tests doivent être réalisés pour :

- Déterminer la fréquence de prospection fixée au paragraphe 5.3.
- Permettre de valider et analyser les résultats du suivi.

7.1 Test d'efficacité de recherche (du chercheur)

Il est recommandé de réaliser 2 tests d'efficacité de recherche par campagne de suivi annuel, à des périodes distinctes, selon le protocole suivant :

- Choisir une ou plusieurs éoliennes où les différents types de végétation du parc éolien sont représentés et reporter ces derniers sur une carte.
- Un 1^{er} opérateur disperse un total de 15 à 20 leurres de tailles différentes sur les différents types de végétation, à l'abri du regard de l'opérateur dont l'efficacité doit être testée. Il note la position des leurres dispersés pour faciliter leur récupération par la suite.

- Le chercheur prospecte alors le carré échantillon en respectant le protocole (transects)

7.2 Test de persistance des cadavres

Il est recommandé de réaliser 2 tests de persistance des cadavres par suivi, à des périodes distinctes, selon le protocole suivant :

- Disperser de nouveau les cadavres (entre 3 et 5 par éolienne) sous les différentes éoliennes du parc⁵.
- Suivre la persistance des cadavres par des passages répétés.
- Au minimum, un retour le lendemain du jour de dispersion, puis 2 par semaines jusqu'à disparition des cadavres ou après une période de 14 jours.

Qu'il s'agisse du test d'efficacité ou du test de persistance des cadavres, il s'agira de s'assurer que les résultats permettent bien une utilisation statistique robuste dans l'estimation de la mortalité.

8 Analyse des résultats

8.1 Les données brutes

Un tableau des données brutes doit être fourni pour permettre une compilation quantitative et informative à l'échelle nationale

- Respect du format de présentation des données brutes exploité au niveau national lorsque celui-ci aura été élaboré par le MNHN et sera validé.

Le tableau comprendra notamment :

- **Des données de caractérisation du parc éolien** (nom du parc, nombre et position des éoliennes, gabarit et modèle des machines, type de milieux, distances aux haies et lisières, commune, département,...) ;
- **Des données de précision du protocole** mis en œuvre (organisme en charge du suivi, période de suivi, dates de passages, largeur des transects, surface théorique de prospection par éolienne et surface réellement prospectée, résultats des tests,...) ;
- **Des données de caractérisation des mortalités** (pour chaque cadavre, date de découverte, nom du découvreur, numéro de l'éolienne, distance et orientation du cadavre par rapport au mât, espèce supposée, statut biologique, sexe, âge, blessure / barotraumatisme, état du cadavre et estimation de la date de la mort, type de végétation à l'endroit de la découverte...).

⁵ Test à réaliser en fonction des caractéristiques du parc (espèces présentes, habitat, etc.) en veillant à couvrir au moins la moitié des éoliennes suivies.

Ces données seront transmises par l'exploitant au MNHN, selon des modalités définies ultérieurement. La boîte de courrier électronique biodiv.eolien@mnhn.fr constitue dès à présent un canal d'échange entre exploitants et récipiendaire des données.

8.2 Analyse des résultats, de l'impact du parc et de l'efficacité des mesures

Le suivi doit présenter le nombre et le type de cadavres recensés et évaluer l'impact du parc en le comparant :

- avec l'évaluation réalisée dans l'étude d'impact initiale ;
- avec les résultats d'éventuels suivis antérieurs.

Il doit proposer une analyse quant à l'impact du parc et l'efficacité des éventuelles mesures en place.

Des mesures correctives visant à réduire la mortalité doivent systématiquement être proposées dès qu'un impact significatif est mesuré. Pour cela, une analyse comparée de la mortalité avec les autres facteurs mesurés (suivi en activité des chiroptères, conditions météorologiques, milieux environnants, emplacements des machines...) pourra aider l'identification de mesures adaptées (cf. paragraphe suivant).

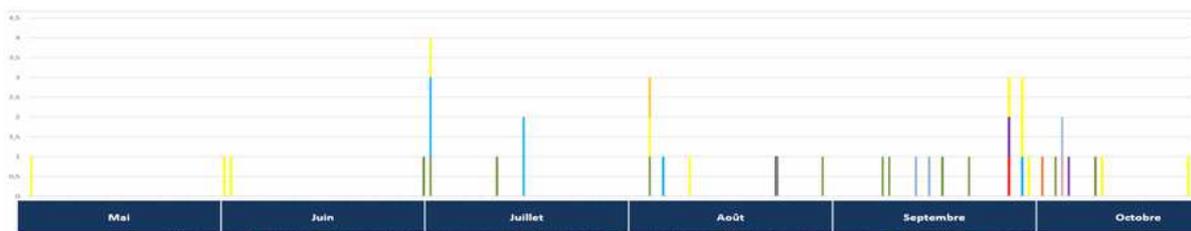
8.3 La caractérisation de la mortalité

→ Une analyse fine et qualitative des résultats doit être menée pour caractériser la mortalité

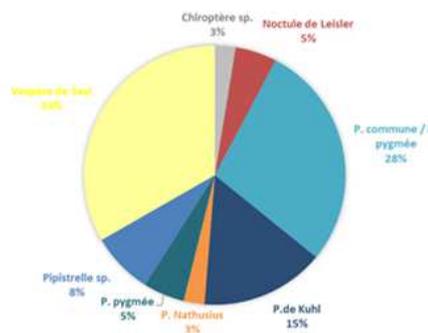
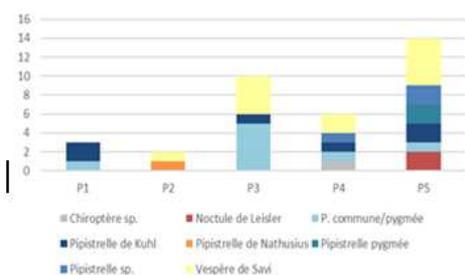
- Analyse de répartition des cadavres par éolienne ;
- Analyse des espèces retrouvées ;
- Analyse de la répartition des cadavres par type de milieu ;
- Analyse de la dispersion / orientation vis-à-vis des mâts d'éoliennes ;
- Analyse du cortège d'espèces impactées en fonction de leur comportement de vol, leur statut biologique supposé (reproduction, migration, hivernage...) ;
- Analyses de la chronologie de la mortalité (chronologie des dates de découvertes des cadavres, chronologie des dates de mortalités estimées, chronologie par espèces ou groupes d'espèces, chronologie en fonction des phénologies...).

Figure 2 : Quelques exemples de modèles de graphiques types à présenter

Exemple d'histogramme de chronologie de la mortalité (brute ou corrigée)



Exemple de diagramme du cortège d'espèces impactées



Exemple d'histogramme de la répartition des mortalités par éoliennes

8.4 Les facteurs d'impact

➔ Croiser les résultats avec d'autres données ou avec les résultats d'autres types de suivi pour une interprétation des types de risques, des facteurs d'influence et orienter l'analyse vers l'efficacité des mesures

- Analyse croisée avec les données et résultats de l'état initial (étude d'impact) ;
- Analyse croisée avec les données et résultats de l'éventuel suivi des comportements d'oiseaux si des enjeux particuliers conduisent à retenir un suivi spécifique dans l'étude d'impact ou dans l'arrêté préfectoral (corrélations avec les modalités de fréquentation du site par les oiseaux...) ;
- Analyse croisée avec les données et résultats de suivis d'activité en continu des chauves-souris (corrélations entre pics d'activité et mortalités, entre l'évolution du cortège d'espèces inventorié par suivi en continu en nacelle et la chronologie de la mortalité par espèce...) ;
- Analyse de l'influence des milieux environnants (type de milieux, distances aux lisières...) ;
- Analyse de l'influence des conditions climatiques ;

- Rappeler les mesures de réduction et compensation prévues par l'étude d'impact et/ou les arrêtés d'autorisation. Décrire leur application (ex : plan de bridage appliqué, biais de mise en œuvre...). Analyse de l'efficacité des mesures de réduction (régulation notamment) et causes d'inefficacité le cas échéant.

8.5 Les mesures correctives

→ Justifier et dimensionner les mesures correctives à mettre en place de façon proportionnée

En fonction du croisement entre les résultats de mortalité / activité / facteurs d'influence :

- Vérifier la validité des conclusions de l'étude d'impact ;
- Estimer quantitativement et qualitativement l'efficacité ou les failles des mesures (notamment de régulation) mises en place, comprendre et en expliquer les causes ;
- Proposer au besoin une révision adaptée (à la hausse ou à la baisse) des mesures en place (ex: évolution du choix du plan de régulation, des paramètres ou des seuils retenus) ;
- Retenir au besoin d'autres mesures correctives en fonction des résultats, et prévoir au besoin un nouveau suivi pour en vérifier l'efficacité.

8.6 L'estimation de la mortalité

→ Estimer la mortalité pour permettre des comparaisons objectives et détecter les parcs à impacts significatifs pour la faune volante

- Intégrer un coefficient surfacique lorsque l'intégralité de la zone de prospection définie n'a pas pu être prospectée,
- 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
- Comparer lorsque c'est possible avec des notions de populations (effets cumulés) et dynamiques de populations en fonction des connaissances disponibles.

9 Bibliographie

- Albespy F., Beucher Y., Lecoq V. (2013) – Parc éolien d'Arfons (81). Suivi évaluation des impacts sur les oiseaux et les chauves-souris. Bilan des campagnes des 1^{ère}, 2^{ème}, et 4^{ème} années d'exploitation (2010, 2011, 2012).
- Beucher Y., Kelm V., Albespy F., Geylin M., Nazon L., Pick D. (2013) - Parc éolien de Castelnau-Pégayrols (12). Suivi pluriannuel des impacts sur les chauves-souris. Bilan des campagnes des 2^{ème}, 3^{ème}, et 4^{ème} années d'exploitation (2009-2011)
- Groupe chiroptères de la SFPEM, 2016 – Diagnostic chiroptérologique des projets éoliens terrestres. Actualisation 2016 des recommandations SFPEM, version 2.1 (fév 2016). Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères. Paris. 33 p. + annexes
- 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.
- Bispo R., Bernadino J., Marques T. & Pestana D., 2013. Modeling carcass removal time for avian mortality assessment in wind farms using survival analysis. *Environmental and Ecological Statistics* 20 : 147-165.
- Grünkorn T., Blew J., Coppack T., Krüger O., Nehls G., Potiek A., Reichenbach M., von Rönn J., Timmermann H., Weitekamp S., 2016. Prognosis and assessment of bird collision risks at wind turbines in northern Germany (PROGRESS). Final report commissioned by the Federal Ministry for Economic affairs and Energy in the framework of the 6. Energy research programme of the federal government. Reference number FKZ 0325300A-D
- Grünkorn T., Blew J., Coppack T., Krüger O., Nehls G., Potiek A., Reichenbach M., von Rönn J., Timmermann H., Weitekamp S., 2016. Ermittlung der Kollisionsraten von (Greif)Vögeln und Schaffung planungsbezogener Grundlagen für die Prognose und Bewertung des Kollisionsrisikos durch Windenergieanlagen (PROGRESS) Huso M., 2010. An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics* 22 318–329
- Huso M., Som N. & Ladd L., 2012. Fatality estimator user's guide (ver. 1.1, December 2015): U.S. Geological Survey Data Series 729, 22 p., <http://dx.doi.org/10.3133/ds729>.
- Huso M., Dalthorp D., Dail D. & Madsen L., 2015. Estimating wind-turbine caused bird and bat fatality when zero carcasses are observed. *Ecological Applications*, 25(5), 1213-1225. doi:10.1890/14-0764.1
- Jones G., Cooper-Bohannon R., Barlow K. & Parsons K., 2009. Scoping and method development report: determining the potential ecological impact of wind turbines on bat populations in Britain. University of Bristol and Bat Conservation Trust, London, 150 pp
- Korner-Nievergelt F., Behr O., Niermann I. & Brinkmann R., 2011a. Schätzung der Zahl verunglückter Fledermäuse an Windenergieanlagen mittels akustischer Aktivitätsmessungen und modifizierter N-mixture Modelle. – In: Brinkmann R., Behr O., Niermann I. & Reich M. (Eds.), 2011. Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. - Umwelt und Raum Bd. 4, 323-353, Cuvillier Verlag, Göttingen.

- Korner-Nievergelt F., Brinkmann R., Niermann I. & Behr O., 2013. Estimating bat and bird mortality occurring at wind energy turbines from covariates and carcass searches using mixture models. *PlosOne* 8:e67997.
- Korner-Nievergelt F., Behr O., Brinkmann R., Etterson M. A., Huso M., Dalthorp D. H., Korner-Nievergelt P., Roth T., and Niermann I., 2015. Mortality estimation from carcass searches using the R-package carcass – a tutorial. *Wildlife Biology* 21:30-43.
- Peron G., Hines J.E., Nichols J.D., Kendall W.L., Peters K.A., and Mizrahi D.S., 2013. Estimation of bird and bat mortality at wind-power farms with superpopulation models. *Journal of Applied Ecology* doi: 10.1111/1365-2664.12100

ANNEXE1 : Prescriptions techniques pour la bonne mise en œuvre des suivis d'activité ultrasonore en nacelle des chiroptères

Les dispositifs de suivi d'activité automatisé en nacelle de chiroptères doivent pouvoir représenter l'activité des chauves-souris dans les conditions suivantes ;

- sans échantillonnage temporel (chaque nuit, depuis environ 1 heure avant le coucher de soleil jusqu'à 1 h après le lever de soleil),
- sur l'ensemble de la période d'activité du cortège d'espèces considérée (cf. tableau 1),
- avec des systèmes qui couvrent la diversité des caractéristiques acoustiques des espèces,
- avec des micros omnidirectionnels orientés vers la base du rotor, supposée la plus à risque,
- avec des micros recalibrés chaque année,
- et une bonne qualité d'enregistrement (en maîtrisant notamment au préalable les limites de la mise en œuvre de chaque système et leurs paramétrages pour éviter les parasites acoustiques).

L'analyse doit être menée également pour faire en sorte de valoriser finement l'ensemble des données brutes et informations qui y sont associées (cris sociaux, buzz de chasse, groupe d'individus...), et sans échantillonnage ou organisation du jeu de données qui peut tendre à lisser l'information.

