


Suivis post-implantation de la mortalité des oiseaux et des chiroptères et de la fréquentation des chiroptères en altitude

Parc éolien de « Chaussée de César Nord » sur la commune de Civray (18)



PRESENTATION DU DOSSIER

Étude réalisée pour :		
Parc éolien de Chaussée de César Nord, 94 rue de la Victoire, 75009 Paris	M. Christophe BRET Terre & Lac c.bret@terreetlac.com +33 9 52 22 29 17	M. Aurelien Cocquelin ENTAP Berkeley Square House Berkeley Square London W1J 6BD aurelien.cocquelin@entap.eu Tel +44 20 3889 7210

Étude réalisée par :		
	Coordination générale :	<i>Guillaume VUITTON</i>
	Coordination technique et scientifique :	<i>Guillaume MARCHAIS</i>
	Suivis de mortalité et de fréquentation :	<i>Elodie BRUNET, Thomas CHERPITEL et Guillaume MARCHAIS</i>
	Rédaction et analyse :	<i>Manon ACQUEBERGE et Thomas CHERPITEL</i>
	SIG et cartographie :	<i>Laure BOURJOT</i>

Photos de couverture de gauche à droite : Éolienne CCN 1 vue de la nacelle de l'éolienne CCN 2, parc de « Chaussée de César Nord » (G. Marchais – Ecosphère), Faucon crécerelle et Pipistrelle commune en vol (L. Spanneut – Ecosphère), parc éolien de « Chaussée de César Nord » (T. Cherpitel – Ecosphère).

Citation recommandée :

Ecosphère, 2016. – Suivi post-implantation de la mortalité des oiseaux et des chiroptères et de la fréquentation des chiroptères en altitude - parc éolien de « Chaussée de César Nord » sur la commune de Civray (18). Étude réalisée pour le compte de parc éolien de « Chaussée de César Nord ». 54 p.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, hors du cadre des besoins de la présente étude, et faite sans le consentement de l'entreprise auteur est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L.122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal

❖ Contexte général et objet de l'étude :

De nombreuses études ont montré l'impact des éoliennes sur les oiseaux et les chauves-souris, notamment en Amérique du nord (KERNS & KERLINGER, 2004 ; ARNETT *et al.*, 2009), en Europe (DÜRR, 2001 ; ALCALDE, 2003) et en France (DULAC, 2008 ; ALBOUY, 2010 ; BEUCHER *et al.*, 2013). De récents travaux européens de compilation des données de mortalité (DÜRR, 2016a ; DÜRR, 2016b) mettent en évidence les espèces les plus sensibles au risque de collisions avec des éoliennes.

Dans ce contexte, la réglementation ICPE impose depuis 2011 un premier suivi dans les trois ans suivant la mise en service d'un parc, puis un suivi tous les dix ans.

Le parc éolien de « Chaussée de César Nord », même s'il se situe au sein d'une plaine agricole, est traversé par des flux diffus d'espèces migratrices. Les espèces nicheuses sont également susceptibles d'être impactées.

La mise en place d'un **suivi direct de la mortalité du parc** permet de quantifier l'impact sur les oiseaux et les chauves-souris.

Le bureau d'études Ecosphère a été missionné pour réaliser ce suivi sur le parc éolien de « Chaussée de César Nord », situé dans le Cher (18).

❖ Mission d'Ecosphère :

Dans ce contexte, la mission d'Ecosphère vise à :

- réaliser le suivi de la mortalité des chauves-souris et des oiseaux trouvés au pied des éoliennes ;
- réaliser un suivi de fréquentation des chauves-souris (nacelle) ;
- analyser la sensibilité de ces groupes à la collision avec les pales ;
- préconiser des mesures visant à réduire les risques de collisions.

Sommaire :

PRESENTATION DU DOSSIER	2
1. CADRE TECHNIQUE ET REGLEMENTAIRE D'UN SUIVI POST-IMPLANTATION	6
2. LOCALISATION DE L'ETUDE ET CONTEXTE ECOLOGIQUE	7
2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE DU PARC DE « CHAUSSEE DE CESAR NORD »	7
2.2. CARACTERISTIQUES LOCALES DES EOLIENNES DU PARC EOLIEN	9
2.3. SITUATION VIS-A-VIS DES ZONAGES OFFICIELS DE BIODIVERSITE	10
2.4. SITUATION VIS-A-VIS DE LA TRAME VERTE ET BLEUE DU SRCE	13
2.5. SYNTHESE DES ETUDES ECOLOGIQUES REALISEES DANS LE CADRE DE L'ETUDE D'IMPACT DE 2006	15
2.5.1. <i>Avifaune</i>	15
2.5.2. <i>Chiroptères</i>	15
2.5.3. <i>Synthèse des enjeux, impacts et mesures</i>	15
3. CARACTERISTIQUES DU PARC ET DES EOLIENNES EN SERVICE	17
3.1. CARACTERISTIQUES GENERALES DU PARC EOLIEN	17
3.2. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES EOLIENNES EN SERVICE	17
4. METHODES DE TRAVAIL	18
4.1. SUIVI DE MORTALITE	18
4.1.1. <i>Protocole de terrain</i>	18
4.1.1.1. Rayon de détection	18
4.1.1.2. Éoliennes suivies	18
4.1.1.1. Méthode de travail	18
4.1.2. <i>Calendrier de suivi</i>	20
4.1.3. <i>Limites liées au suivi de mortalité</i>	21
4.1.3.1. Limites du protocole	21
4.1.3.2. Limites de détection des cadavres	21
4.1.3.3. Biais liés à l'identification des cadavres	22
4.2. METHODE D'EVALUATION DES NIVEAUX D'ENJEU, DE SENSIBILITE ET DE VULNERABILITE DES ESPECES FREQUENTANT LE PARC (IMPACTEES OU NON)	23
4.2.1. <i>Méthode d'évaluation des enjeux écologiques</i>	23
4.2.2. <i>Méthode d'évaluation de la vulnérabilité à l'éolien</i>	24
4.2.2.1. Enjeu de conservation	24
4.2.2.2. Méthode d'évaluation de la sensibilité à l'éolien	25
4.3. SUIVI ACOUSTIQUE DES CHIROPTERES EN ALTITUDE	28
4.3.1. <i>Protocole et matériel</i>	28
4.3.2. <i>Méthodologie d'analyse des enregistrements ultrasonores</i>	30
4.3.3. <i>Limites techniques</i>	32
4.3.3.1. Limites liées au matériel utilisé	32
4.3.3.2. Limites liées à l'identification des espèces	33
5. RESULTATS DU SUIVI DE MORTALITE	34
5.1. NOMBRE DE CADAVRES RECENSES	34
5.2. ANALYSE DES RESULTATS POUR LES OISEAUX	36
5.2.1. <i>Description des oiseaux impactés</i>	36
5.2.2. <i>Analyse comportementale des espèces sensibles et/ou impactées observées</i>	36
5.3. ANALYSE DES RESULTATS POUR LES CHIROPTERES	37
5.3.1. <i>Description des chiroptères impactés</i>	37
5.3.2. <i>Périodes de l'année à risque</i>	37
5.4. CONCLUSION	38
5.5. AUTRE DONNEE NATURALISTE REMARQUABLE	38

6. RESULTATS DU SUIVI ACOUSTIQUE EN ALTITUDE.....	39
6.1. DESCRIPTION DE L'ACTIVITE ENREGISTREE	39
6.1.1. <i>Activité globale enregistrée</i>	39
6.1.2. <i>Analyse de l'activité au cours du temps selon les espèces</i>	41
6.2. CORRELATION DE L'ACTIVITE SELON LE VENT ET L'HEURE DE LA NUIT	43
6.2.1. <i>Influence du vent</i>	44
6.2.2. <i>Influence de la température</i>	46
6.2.3. <i>Influence de la pression</i>	46
6.2.4. <i>Influence la direction du vent</i>	47
6.3. ÉVALUATION DU RISQUE DE COLLISION	48
7. PROPOSITIONS DE MESURES.....	50
BIBLIOGRAPHIE	51

Liste des cartes :

Carte 1 : Localisation du parc éolien de « Chaussée de César Nord »	8
Carte 2 : Zonages d'inventaires (ZNIEFF).....	12
Carte 3 : Schéma Régional de Cohérence Écologique.....	14
Carte 4 : Localisation des cadavres d'oiseaux et de chauves-souris	35

1. CADRE TECHNIQUE ET REGLEMENTAIRE D'UN SUIVI POST-IMPLANTATION

En application de l'article 12 de l'arrêté modifié du 26 août 2011¹, ce suivi fait partie des obligations précisées dans le guide sur l'application de la réglementation relative aux espèces protégées pour les parcs éoliens (mars 2014)². Cet article exige de suivre le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres produit par le Syndicat des Énergies Renouvelables et France Énergie Éolienne, lequel a été reconnu par le Ministère de l'Écologie en novembre 2015³. Ce protocole national est donc pris en compte dans l'analyse des résultats du suivi et dans le protocole de terrain mis en œuvre courant 2016.

Les méthodologies de ce suivi respectent les recommandations du guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éolien (actualisation 2010)⁴ et les lignes directrices EUROBATS⁵ (N°6 - partie 4) : application d'un protocole standardisé, méthode de recherche adaptée, intervalle de temps réduit entre chaque passage (3 jours), surface prospectée suffisante, etc.).

¹ <http://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2011/8/26/DEVP1119348A/jo#JORFARTI000024507392>

² <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Guide-sur-l-application-de-la,38630.html?onglet=sallelecture>

³ http://www.bulletin-officiel.developpement-durable.gouv.fr/fiches/BO201522/met_20150022_0000_0023.pdf

⁴ http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/guide_eolien_15072010_complet.pdf

⁵ http://www.eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/pubseries_no6_english.pdf

2. LOCALISATION DE L'ETUDE ET CONTEXTE ECOLOGIQUE

2.1. Situation géographique du parc de « Chaussée de César Nord »

Voir la carte n°1 « Localisation du parc de "Chaussée de César Nord" ».

Le parc éolien de « Chaussée de César Nord » est situé à l'ouest du département du Cher (18) en région Centre-val de Loire, à environ 15 kilomètres au sud-ouest de Bourges. Il est constitué de 4 éoliennes localisées sur la commune de Civray.

Ce parc s'inscrit dans un contexte agricole de cultures intensives. On retrouve quelques boisements et haies à proximité des éoliennes.



Figure 1 : Vue du parc de « Chaussée de César Nord » depuis le parc de « Chaussée de César Sud » : de gauche à droite, éoliennes CCN1 à CCN4 (T. Cherpitel - Ecosphère)




Suivi de mortalité des chiroptères et des oiseaux sur le parc éolien de « Chaussée de César Nord » - Commune de Civray (18)




2.2. Caractéristiques locales des éoliennes du parc éolien

Chaque éolienne possède des caractéristiques locales propres bien qu'elles se trouvent toutes au sein de cultures.

Tableau 1 : Caractéristiques locales des éoliennes du parc de « Chaussée de César Nord »

<p>Éolienne 1 (CCN1) <u>Contexte local</u> : située à 60 m d'une haie arborée <u>Proportion de la plateforme et du chemin d'accès</u> : 25 % <u>Recouvrement hors plateforme</u> : blé, friche thermophile</p>	
<p>Éolienne 2 (CCN2) <u>Contexte local</u> : située à 260 m d'un boisement rudéral <u>Proportion de la plateforme et du chemin d'accès</u> : 20 % <u>Recouvrement hors plateforme</u> : blé</p>	
<p>Éolienne 3 (CCN3) <u>Contexte local</u> : située à 115 m d'une haie arbustive et 250 m d'un bosquet rudéral <u>Proportion de la plateforme et du chemin d'accès</u> : 20 % <u>Recouvrement hors plateforme</u> : blé</p>	

<p style="text-align: center;">Éolienne 4 (CCN4)</p> <p><u>Contexte local</u> : située à 50 m de haies arbustives</p> <p><u>Proportion de la plateforme et du chemin d'accès</u>: 20 %</p> <p><u>Recouvrement hors plateforme</u> : luzerne, céréale</p>	
---	--

2.3. Situation vis-à-vis des zonages officiels de biodiversité

Voir la carte n°2 « Zonages réglementaires et d'inventaire ».

Le parc éolien n'est situé dans **aucun espace naturel protégé** (Parc Naturel National ou Régional, Réserve Naturelle Nationale ou Régionale), **géré** (par le Conservatoire d'Espaces Naturels, Espaces Naturels Sensibles) ou zonage d'inventaire (ZNIEFF). Seuls quelques sites pourraient être en lien avec le parc éolien, ceux-ci sont listés ci-dessous.

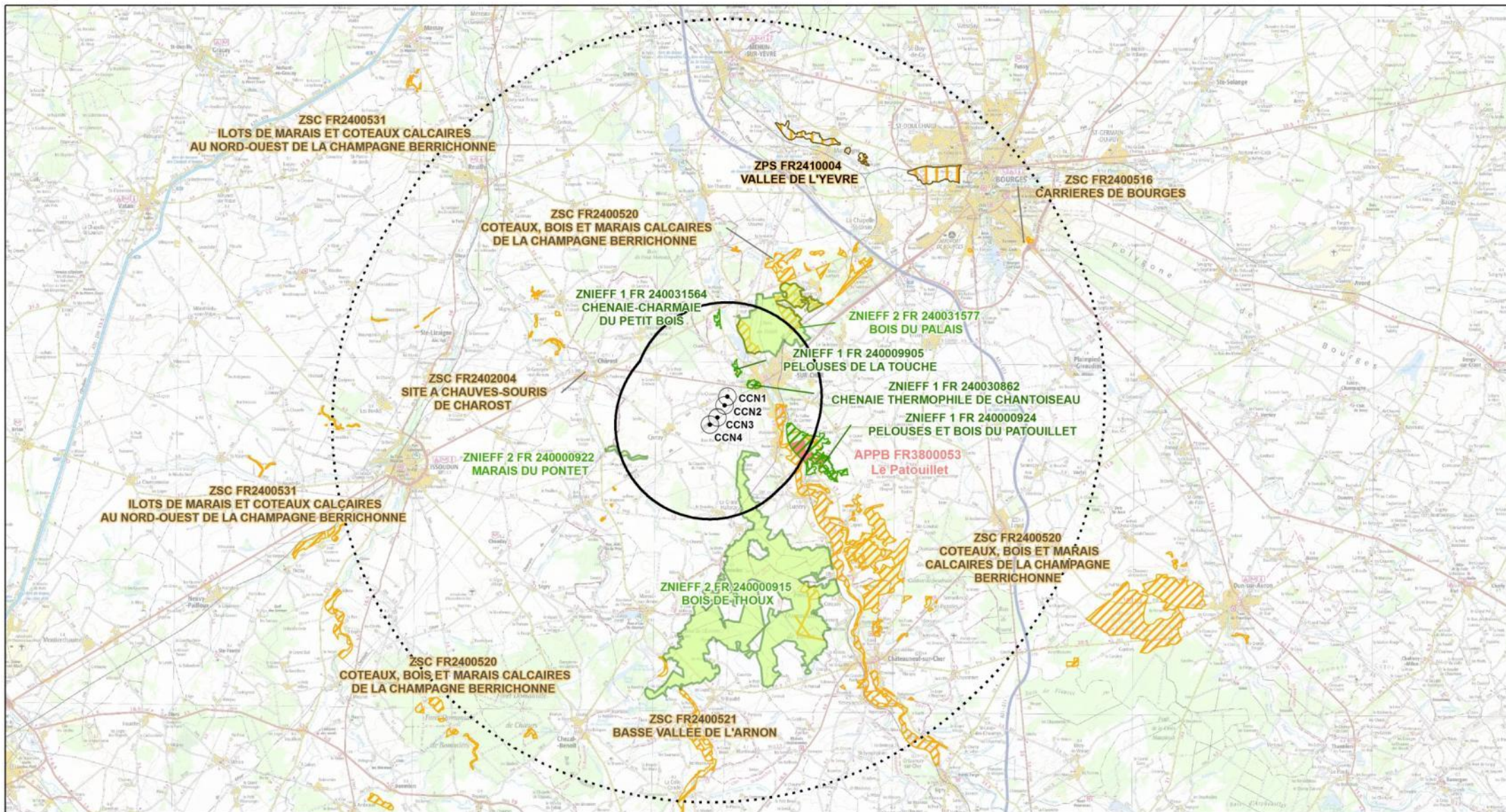
7 ZNIEFF sont situées dans un rayon de 5 km autour du parc éolien, dont **4 ZNIEFF de type 1** et **3 ZNIEFF de type 2** :

- la ZNIEFF de type 2 FR 240000915 « Bois du Thoux » est un boisement de feuillus et de résineux qui présente un intérêt floristique pour ses complexes calcicoles. Quelques espèces d'oiseaux sont recensées telles que le Faucon hobereau ou le Busard Saint-Martin ;
- la ZNIEFF de type 1 FR 240000924 « Pelouses et bois du Patouillet » est un ensemble de formations calcicoles comportant notamment des cavités d'hivernage de Chauves-souris (Grand murin, Murins de Bechstein, à oreilles échancrées, à moustaches, de Daubenton et les Petit et Grand rhinolophes). L'APPB « **Le Patouillet** » (FR 3800053) protège une partie de la ZNIEFF et mentionne la présence supplémentaire du Murin de Natterer ;
- les ZNIEFF de type 2 « Marais du Pontet » (FR 240000922), « Bois du Palais » (FR 240031577) et les ZNIEFF de type 1 « Chênaie-charmaie du petit bois » (FR 240031564), « Pelouses de la Touche » (FR 240009905) et « Chênaie thermophile de Chantoiseau » (FR 240030862) présentent principalement un intérêt floristique et parfois entomologique.

Concernant les **sites Natura 2000**, 6 sont présents dans un rayon de 20 km autour du parc (**6 ZSC et 1 ZPS**) :

- la ZSC « Coteaux, bois et marais calcaires de la Champagne Berrichonne » (FR2400520) est un site polynucléaire situé à 1,2 km au nord de l'éolienne CCN 1. Il correspond à un complexe paysager comprenant notamment la forêt domaniale de Thoux, le Cher (rivière), les marais de Dun et de Contres... Le lit majeur inondable du Cher assure un effet corridor attesté par la présence de 6 espèces de chauves-souris inscrites à l'Annexe II de la directive Habitats : les Murins de Bechstein et à oreilles échanquées, le Grand Murin, les Grand et Petit rhinolophes ;
- la ZSC « Ilots de marais et coteaux calcaires au nord-ouest de la Champagne berrichonne » (FR2400531) est un site polynucléaire à cheval sur les départements de l'Indre et du Cher, traversés par l'Arnon et la Théols, situé à l'ouest du parc (6 km pour le noyau le plus proche). Il présente un ensemble de formations naturelles sur affleurements calcaires et fonds de vallées humides ou marécageux et accueille notamment le Grand Murin et le Grand Rhinolophe ;
- la ZSC « Site à chauves-souris de Chârost » (FR2402004) est située à environ 7,1 km de l'éolienne CCN 4. Elle correspond aux combles au-dessus de la nouvelle école communale et est un site de reproduction du Grand Murin. Cette colonie estivale correspond à l'une des plus importantes du département du Cher (de 300 à 400 individus) ;
- la ZSC « Basse-vallée de l'Arnon » (FR2400521), située à environ 12,5 km au sud du parc, est un ensemble de prairies inondables associées à une végétation rivulaire de forêts alluviales à Aulne et de roselières et accueille 5 espèces de chauves-souris d'intérêt communautaire : les Petit et Grand rhinolophes, la Barbastelle d'Europe, le Grand Murin et le Murin à oreilles échanquées ;
- la ZPS « Vallée de l'Yèvre » (FR2410004), située à environ 14 km au nord-est du parc, est une vallée alluviale constituée en partie de prairies de fauches inondables à végétation mésohygrophile qui permettent la présence du Courlis cendré, de l'Œdicnème criard et des busards Saint-Martin, des roseaux et cendré ainsi que d'une petite population de Râle des genêts ;
- la ZSC « Carrières de Bourges » (FR2400516), à environ 15 km au nord-est du parc, est un site d'intérêt majeur pour l'hibernation des chauves-souris et notamment plusieurs d'intérêt communautaires telles que : les Petit et Grand rhinolophes, le Rhinolophe Euryale, la Barbastelle d'Europe, le Grand Murin et les murins à oreilles échanquées et de Bechstein.

Les descriptions des sites sont issues des bordereaux officiels : fiches ZNIEFF, Formulaires Standards des Données Natura 2000, etc. (source : DREAL Centre-Val-de-Loire et INPN) et sont principalement focalisées sur les oiseaux et les chiroptères ici.



<ul style="list-style-type: none"> Eolienne Rayon de 5 km Rayon de 20 km 	<p>Zonages réglementaires et d'inventaire DREAL</p> <ul style="list-style-type: none"> Zone de Protection Spéciale (ZPS - Directive Oiseaux) Zone Spéciale de Conservation (ZSC - Directive Habitats) 	<ul style="list-style-type: none"> Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique de type 2 (ZNIIEFF) Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique de type 1 (ZNIIEFF) Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope (APPB) 	<div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">Ecosphère, ENTAP, 2016</p> <p style="text-align: center;">Source : Fond Scan100 - IGN ©</p>
--	--	---	--

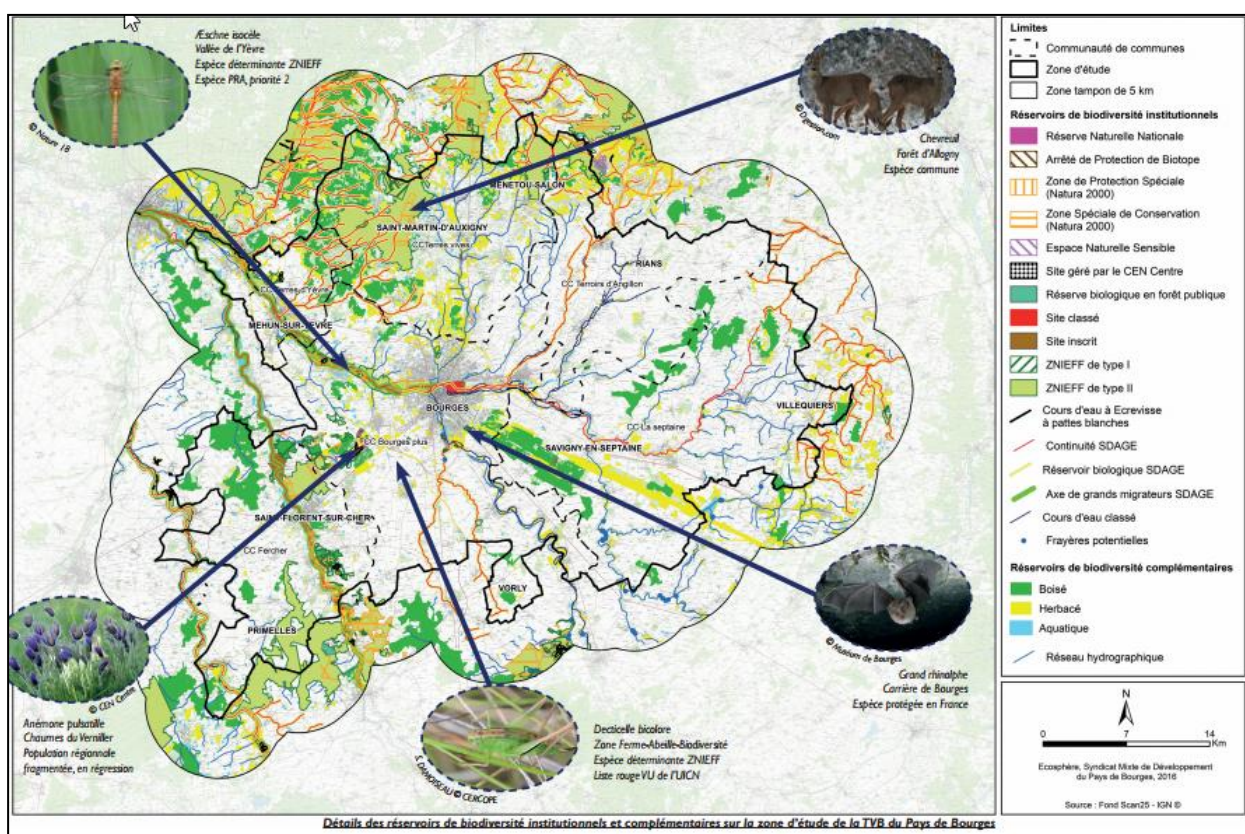
2.4. Situation vis-à-vis de la Trame Verte et Bleue du SRCE

Voir la carte n°3 « Schéma Régional de Cohérence Écologique ».

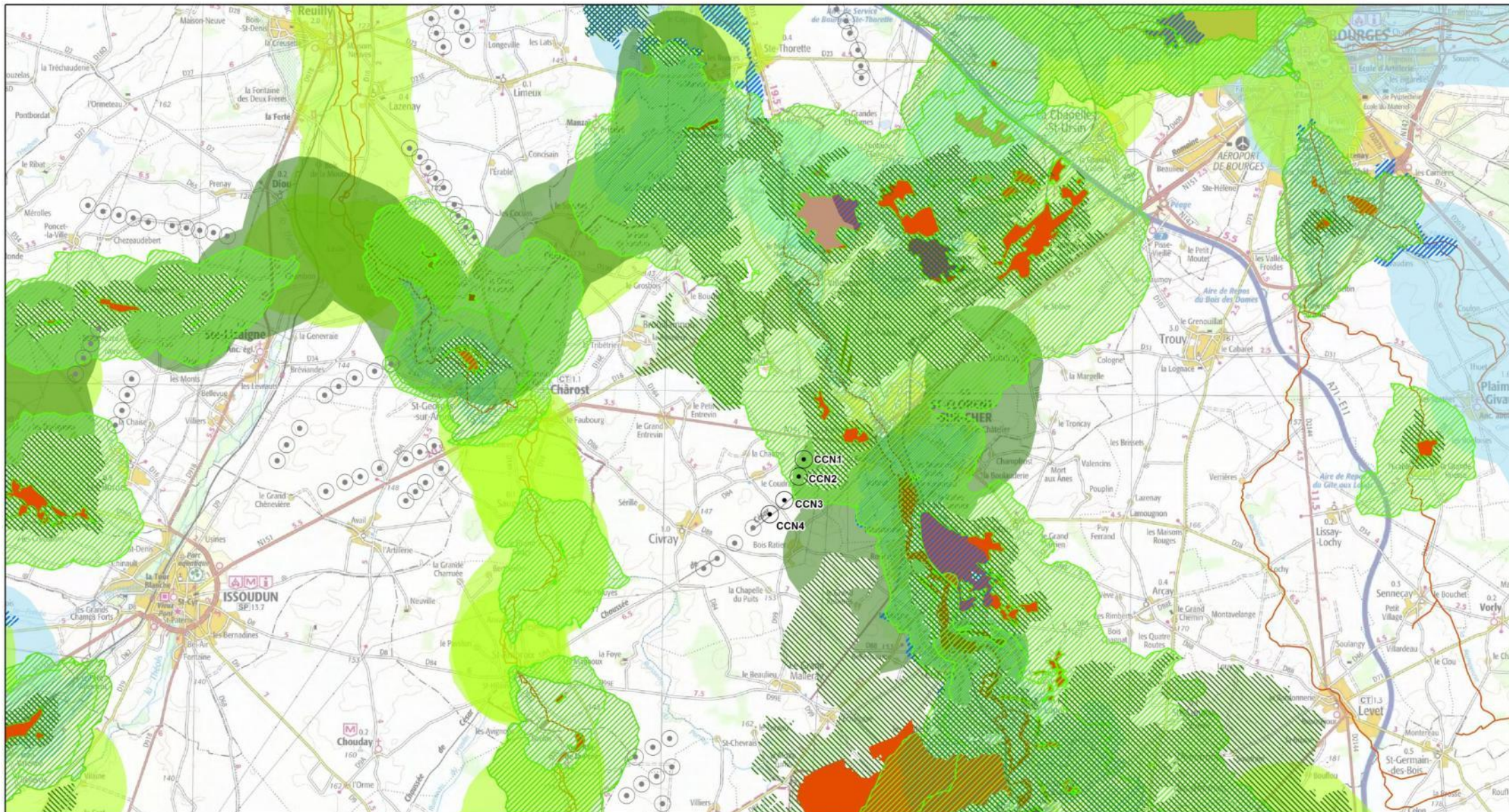
Les éoliennes CCN1 et CCN2 sont situées dans un corridor de la sous-trame boisée et dans un corridor diffus de la sous-trame-herbacée. Un lien fonctionnel n'est donc pas à exclure entre les abords du parc et ces corridors (carte 3). Les éoliennes CCN3 et CCN4 sont en dehors de tout corridor.

Deux réservoirs de biodiversité pour les pelouses calcaires se trouvent à moins de 1 200 m du parc. Cependant, aucun lien écologiquement fonctionnel n'existe entre le parc éolien et ces réservoirs.

La commune de Civray est par ailleurs intégrée à la Trame Verte et Bleue du Pays de Bourges, actuellement en cours de validation et de finalisation. Des actions sont donc susceptibles d'être menées à proximité du parc éolien (Saint-Florent-sur-Cher).



source - <http://www.paysdebourges.fr/decouvrir-et-bouger/nature-et-environnement>



- Eolienne du projet
- Autres éoliennes en fonctionnement ou autorisées

Réservoir de biodiversité

- Réservoir de biodiversité
- Cours d'eau

Corridors diffus

- ▨ Sous-trame boisée
- ▨ Sous-trame herbacée (prairie et pelouse calcaire)
- ▨ Sous-trame bleue (milieux humides)

Corridors écologiques

- Sous-trame boisée
- Sous-trame herbacée (prairie et pelouse calcaire)
- Sous-trame bleue (milieux humides)



2.5. Synthèse des études écologiques réalisées dans le cadre de l'étude d'impact de 2006

Quatre structures ont participé à la réalisation de l'étude d'impact écologique : l'association Nature 18 (avifaune, habitats naturels et flore), Mission Nature (chiroptères au sol), le Muséum de Bourges (chiroptères au sol et en altitude) et la Fédération des chasseurs du Cher (avifaune, grands mammifères).

2.5.1. Avifaune

Nature 18 a principalement étudié l'avifaune nicheuse avec des Indices Ponctuels d'Abondance. Un suivi des Busards cendré et Saint-Martin et un suivi de migration de la Grue cendrée ont également été réalisés. La Fédération de chasseurs du Cher a réalisé des observations à poste fixe et itinérantes et des recherches auditives, avec ou sans repasse. **14 espèces sensibles au dérangement ou à l'éolien ont été recensées à proximité du projet, soit 10 rapaces diurnes** (Autour des palombes, Buse variable, Bondrée apivore, Busards cendré, Saint-Martin et des roseaux, Faucons hobereau et pèlerin et Milans noir et royal), 1 passereau (Pie-grièche écorcheur) et **3 limicoles** (Courlis cendré, CEdicnème criard et Vanneau huppé).

2.5.2. Chiroptères

Les recherches acoustiques au sol ont été mené à l'aide d'un détecteur d'ultrasons et a permis de contacter **5 espèces sur et à proximité du site d'implantation** : Barbastelle d'Europe, Murin (espèce indéterminée), Noctule commune, Pipistrelle commune et Sérotine commune. L'étude acoustique en altitude à l'aide d'un ballon, situé entre 50 et 80 m de hauteur, a seulement permis de contacter deux chiroptères indéterminés. Ces faibles résultats sont probablement dus à la pauvreté du paysage en ce qui concerne les haies, les bosquets et les points d'eau.

2.5.3. Synthèse des enjeux, impacts et mesures

Pour Nature 18, l'implantation d'éoliennes présente en elle-même un risque de dérangement, de perte d'habitat et de mortalité pour l'avifaune (principalement nicheuse). Les oiseaux migrateurs, et notamment la Grue cendrée, devraient jouir d'une relative sécurité durant leur vol grâce à la configuration du parc. En effet, l'association a participé à la sélection des zones d'implantation et à la définition de l'implantation dans le but de réduire sensiblement les risques.

Pour le Muséum de Bourges, les risques créés par les éoliennes apparaissaient minimes et acceptables pour les chiroptères. De plus, malgré la colonie de Grand Murin (400 individus) basée à Chârost, aucun individu n'a été contacté sur les écoutes en altitude.

La Fédération des chasseurs du Cher a préconisé que l'implantation des éoliennes et ses travaux connexes (tel que l'enfouissement des réseaux) doivent être réalisés en conservant dans un bon état de

fonctionnement biologique l'ensemble des éléments fixes : haies, bois et bosquets, talus, prairies permanentes et zones humides, mares, chemins ruraux ou d'exploitation et que l'implantation des éoliennes doit se faire en évitant les zones sensibles pour l'avifaune.

Deux suivis post-implantatoires ont été proposés : un suivi de fréquentation avifaunistique (nicheurs et migrants) par Nature 18 et un suivi de mortalité des chiroptères par le Muséum de Bourges et Mission Nature.

3. CARACTERISTIQUES DU PARC ET DES EOLIENNES EN SERVICE

3.1. Caractéristiques générales du parc éolien

Le parc éolien de « Chaussée de César Nord » est composé de 4 éoliennes mises en service en octobre 2011.

Tableau 2 : Caractéristiques du parc de « Chaussée de César Nord »

Parc	Chaussée de César Nord
Date de mise en service	Octobre 2011
Modèle	Nordex N100/2500
Nombre d'éoliennes	4
Développeur	Nordex
Puissance cumulée	10 000 kW
Commune	Civray (18)

3.2. Caractéristiques techniques des éoliennes en service

Le modèle d'éolienne utilisé sur le parc est Nordex N100/2500.

Tableau 3 : Caractéristiques des éoliennes Nordex N100/2500

Modèle	Nordex N100/2500
Hauteur du moyeu	100 m
Diamètre du rotor	99,8 m
Garde au sol	49,9 m
Zone de balayage du rotor	7 823 m ²
Puissance nominale	2,5 MW
Vitesse de connexion (cut-in wind speed)	3 m/s
Vitesse max d'arrêt (10 min en moyenne)	25 m/s

4. METHODES DE TRAVAIL

4.1. Suivi de mortalité

4.1.1. Protocole de terrain

4.1.1.1. [Rayon de détection](#)

La mortalité générée par les éoliennes implique des collisions avec les pales (avec contusion, fractures...) ou, dans le cas des chauves-souris, un possible effet barotraumatique générant des hémorragies internes (BAERWALD *et al.*, 2008). Les victimes sont alors projetées au sol selon des distances d'éloignement aux mâts qui sont variables. Selon certains suivis, des cadavres ont été retrouvés jusqu'à 100 mètres des mâts. Néanmoins, ces distances ne concernent qu'une très faible proportion d'individus.

Conformément aux recommandations formulées par Eurobats (RODRIGUES *et al.*, 2014), la prospection du terrain a été effectuée dans un rayon de 50 mètres autour des mâts des machines. Il s'agit d'une surface utilisée de manière standard dans le cadre des suivis de la mortalité et qui permet par conséquent des comparaisons entre les résultats.

4.1.1.2. [Éoliennes suivies](#)

Les 4 éoliennes formant le parc de « Chaussée de César Nord » ont toutes été suivies. Le parc éolien de « Chaussée de César Sud », dans le prolongement sud n'a pas été suivi.

4.1.1.1. [Méthode de travail](#)

L'observateur a réalisé des cercles concentriques autour des mâts à raison d'un pas de 5 mètres de rayon chacun. Le long du transect (un des cercles concentriques), cet observateur a recherché la présence de cadavres sur une largeur totale de 5 m, soit 2,5 m de part et d'autre de sa ligne de déplacement (surface de détection grisée ci-contre). De la sorte, il a réalisé 10 cercles concentriques pour s'éloigner au maximum de 50 mètres des mâts. Ces itinéraires concentriques sont réalisés d'un pas lent et régulier à l'aide d'un SIG embarqué sur smartphone.

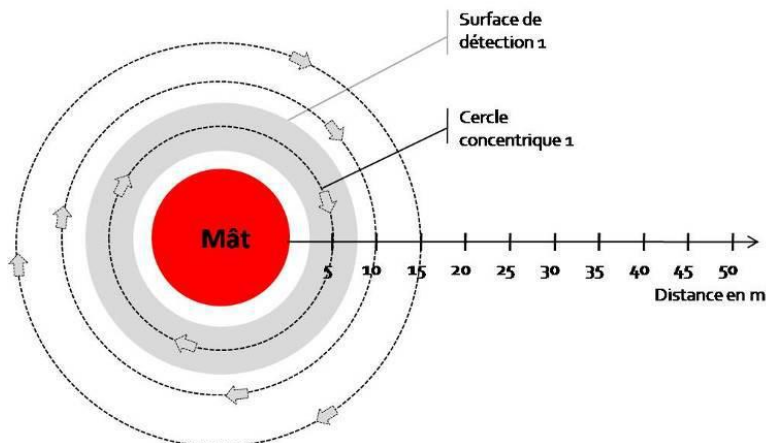


Figure 1 : Schéma des suivis concentriques autour d'un mât (Écosphère)



Photo 2 : Utilisation de SIG embarqué (F. Coulon - Écosphère)

Après avoir identifié (sinon, mesuré et photographié) les éventuels cadavres découverts, l'observateur a veillé à noter leur position (coordonnées GPS, direction et distance par rapport au mât) et leur état (degré de dégradation, type de blessure apparente...). Le degré de dégradation du cadavre permet d'ajuster la date estimée de la collision. Des mesures complémentaires ont été relevées lorsque cela était possible (âge, sexe, état sexuel, temps estimé de la mort...). S'agissant la plupart du temps d'espèces protégées (tous les chiroptères et tous les rapaces, nombreux passereaux), les cadavres ont généralement été laissés en place pour ne pas être en infraction avec la réglementation.



Photo 3 : Piquet permettant le suivi de la persistance des cadavres (M. Acqueberge - Écosphère)

L'observateur a renseigné les conditions météorologiques (vent, nébulosité...) qui ont eu cours à chaque passage.

La végétation évoluant au cours de l'année dans le secteur prospectée, une estimation de la visibilité est effectuée et associée à une estimation de la surface concernée. Généralement, la plateforme correspond à une visibilité très bonne ; un labour fin ou une végétation rase à une visibilité bonne ; un labour grossier ou une végétation assez couvrante à une visibilité moyenne ; une végétation dense avec quelques zones visibles au sol à une visibilité faible ; et enfin celle-ci peut être nulle, lorsque la végétation est trop dense et trop haute pour apercevoir le sol. Compte tenu de la courte période entre le 1^{er} et le dernier passage, les différentes cultures n'ont pas évolué.



Figure 2 : Très bonne visibilité sur le chemin d'accès de l'éolienne CCN3 (T. Cherpitel - Ecosphère)



Figure 3 : Bonne visibilité dans le labour fin et la roche au pied de l'éolienne CCN4 (T. Cherpitel - Ecosphère)



Figure 4 : Visibilité moyenne dans le chaume de blé au pied de l'éolienne CCN2 (T. Cherpitel - Ecosphère)



Figure 5 : Visibilité nulle dans la friche au pied de l'éolienne CCN3 (T. Cherpitel - Écosphère)

4.1.2. Calendrier de suivi

Compte tenu des recommandations, notamment de la DREAL Centre-Val de Loire, en termes de suivi de mortalité (PRATZ, 2012), **le suivi de la mortalité a été réalisé sur l'ensemble du mois d'août 2016**. Cette période permet de couvrir une des périodes principales à risque pour les chiroptères : la migration postnuptiale. En août, on peut noter de forts passages de chauves-souris migratrices (notamment les Noctules) et de divers passereaux. C'est souvent à cette période que les cas de mortalité sont les plus nombreux. De nouveaux pics de passage sont enregistrés en septembre, avec les mouvements de Pipistrelle de Nathusius par exemple, également sensible au risque de collision. Une pression de recherche suffisamment élevée est nécessaire pour estimer au mieux les taux de mortalité. Conformément au protocole national (SYNDICAT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES & FRANCE ÉNERGIE ÉOLIENNE, 2015), 4 passages réglementaires ont été effectués.

Tableau 5 : Date et fréquence des passages

Semaine de l'année	Date du passage	Observateur
31	04/08/2016	Thomas CHERPITEL
32	10/08/2016	Elodie BRUNET
33	17/08/2016	Thomas CHERPITEL
34	23/08/2016	Thomas CHERPITEL

4.1.3. Limites liées au suivi de mortalité

4.1.3.1. Limites du protocole

Le minimum de 4 visites est nécessaire d'un point de vue réglementaire a été respecté, mais il ne permet pas l'utilisation de modèles d'extrapolation statistiques de mortalité (formules de Huso et de Jones par exemple) pour évaluer l'impact du parc sur un cycle biologique complet.

4.1.3.2. Limites de détection des cadavres

Quatre limites de détection des cadavres induisent un biais pour l'évaluation de l'impact réel d'une éolienne :

- **la surface prospectée** ne correspond pas toujours à la surface totale, où les cadavres sont présents. En effet, les cultures denses (colza, maïs) ne permettent pas toujours le cheminement d'un observateur ;
- **l'occupation du sol**. En effet, outre les cultures ne permettant pas l'accès au sol, certaines cachent de manière plus ou moins importante ce dernier. Seuls les plus gros cadavres peuvent être découverts, et cela jusqu'à une certaine limite (céréales, betteraves). Ce paramètre est très fluctuant dans le temps, avec un printemps à visibilité généralement réduite et un automne avec une visibilité plus importante ;
- **la performance de l'observateur** pour la découverte des cadavres peut varier selon les personnes ;
- **la disparition des cadavres** est plus ou moins rapide selon l'abondance des charognards, les habitats proches, le type de cadavres et la date de la mise en service des éoliennes (habitation des charognards). Les disparitions pouvant avoir lieu dans la nuit même ou sur un nombre de jours plus ou moins long (persistance des cadavres). Cette persistance semble également variable selon le type et la taille des cadavres.

Compte tenu de la période des passages (août), **les principales cultures ont été récoltées et le travail du sol a déjà été effectué**. Ainsi, la visibilité était bonne pour une majorité des surfaces et toutes les éoliennes ont quasiment pu être prospectées en totalité, en dehors d'une friche dense à proximité de l'éolienne CCN1 et des petites friches sur les plateformes au pied des éoliennes.

De même, afin d'évaluer la persistance des cadavres, les cadavres de micromammifères ont également été recherchés. Aucun des cadavres de micromammifères trouvés lors d'un passage n'a été retrouvé lors du passage suivant (moins de 6 jours après). Comme en témoigne les nombreuses crottes de renards trouvées sur le site, la persistance des cadavres est probablement faible.

Ces limites sont des paramètres clés pour estimer la mortalité des chauves-souris et des oiseaux, au travers d'analyses statistiques.

4.1.3.3. Biais liés à l'identification des cadavres

Malgré l'état de décomposition ou de fragmentation de certains cadavres, l'ensemble des individus ou plumiers trouvés est autant que possible identifié à l'espèce. Différents ouvrages sont utilisés pour l'identification en fonction de l'état dans lequel est le cadavre au moment de la découverte.

Les ouvrages utilisés pour les oiseaux sont le guide ornitho (SVENSSON *et al.*, 2010), le guide d'identification des oiseaux en main (DEMONGIN, 2015), des guides d'identification des plumes ((BROWN, 1993 ; FRAIGNEAU, 2014 ; Alula s. d.).

Les ouvrages utilisés pour les chiroptères sont des guides d'identification à partir de critères morphologiques, de restes osseux et de dents (MENU & POPELARD, 1987 ; DODELIN, 2002 ; DIETZ & HELVERSEN, 2004 ; MARCHESI *et al.*, 2011 ; ARTHUR & LEMAIRE, 2015).

La clé d'identification de Dietz & von Helversen et la clé morphologique de Marchesi *et al* sont principalement utilisables pour des individus en bon (voire très bon) état. Des mesures biométriques (longueur de l'avant-bras, des 3ème et 5ème doigts ou forme de certaines cellules du patagium de l'aile) permettent généralement d'identifier les Pipistrelles de Nathusius et de Kuhl, et ponctuellement les Pipistrelles pygmée ou commune.

La clé des crânes de Marchesi *et al*, ainsi que les publications de Menu et Popelard ou de Dodelin permettent une identification à l'espèce à partir du crâne et tout particulièrement de la dentition. En effet, certaines espèces, même en bon état de conservation, sont difficilement identifiables avec certitude sans la dentition en raison d'un haut degré de variabilité intraspécifique ; comme c'est tout particulièrement le cas chez les pipistrelles.



Figure 9 : Mesure de l'avant-bras sur une Pipistrelle commune
(M. Acqueberge - Ecosphère)

4.2. Méthode d'évaluation des niveaux d'enjeu, de sensibilité et de vulnérabilité des espèces fréquentant le parc (impactées ou non)

4.2.1. Méthode d'évaluation des enjeux écologiques

L'évaluation des enjeux s'est basée sur les listes rouges de la région Centre-Val-de-Loire (niveau de menace), en opérant si besoin des ajustements en fonction du niveau de rareté des espèces. Cinq niveaux d'enjeu sont définis : très fort, fort, assez fort, moyen, faible, présentés dans le tableau suivant.

Tableau 1 : Définition du niveau d'enjeu spécifique selon la menace régionale (listes rouges)

Menace régionale (faune)	Niveau d'enjeu des espèces
Espèce en danger critique d'extinction au niveau régional	Très fort
Espèce en danger d'extinction au niveau régional	Fort
Espèce vulnérable au niveau régional ou Espèce quasi-menacée et au moins rare au niveau régional	Assez fort
Espèce quasi-menacée au niveau régional ou Espèce non menacée mais au moins assez rare au niveau régional	Moyen
Espèce non menacée, souvent assez commune à très commune	Faible

Afin d'adapter l'évaluation au site d'étude (définition d'un enjeu stationnel), une pondération des niveaux d'enjeu peut être appliquée pour ajuster (de plus ou moins un niveau seulement) l'enjeu d'une espèce selon des critères spécifiques à la station de l'espèce sur le site d'étude.

La pondération spécifique peut être apportée en fonction des critères suivants :

- rareté infrarégionale (fréquence au niveau biogéographique) : plus une espèce est rare, plus l'enjeu est susceptible d'être augmenté ;
- endémisme restreint du fait de la responsabilité particulière d'une région : plus une espèce est endémique et la responsabilité d'une région importante, plus l'enjeu est susceptible d'être augmenté ;
- dynamique de la population dans la zone biogéographique infrarégionale concernée :
 - si l'espèce est connue pour être en régression, possibilité de gain d'un niveau d'enjeu,
 - si l'espèce est en expansion : possibilité de perte d'un niveau d'enjeu ;
- état de conservation sur le site (niveau de population, viabilité, typicité du milieu...) : si une espèce est particulièrement menacée à l'échelle locale, l'enjeu est susceptible d'être augmenté ; a contrario, si une espèce est très présente sur un secteur large, et qu'à l'échelle locale, elle est ponctuellement présente malgré un habitat non typique et non favorable, son enjeu est susceptible d'être abaissé.

4.2.2. Méthode d'évaluation de la vulnérabilité à l'éolien

Selon le protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (2015), la définition des indices de vulnérabilité est le résultat du croisement entre l'enjeu de conservation d'une espèce au niveau régional, national ou européen (détails au chapitre 4.2.2.1) et sa sensibilité connue au risque de collision avec les éoliennes (détails au chapitre 4.2.2.2).

Cette vulnérabilité définit l'intensité du suivi à mettre en œuvre en cas d'impact significatif.

Tableau 5 : Indice de vulnérabilité de l'état de conservation des espèces (Protocole national, 2015)

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

DD : données insuffisantes, NA : non applicable, NE : non évaluée ; LC : préoccupation mineure, NT : quasi menacée, VU : vulnérable, EN : en danger, CR : en danger critique.

Les niveaux de vulnérabilité sont ainsi :

- **de niveau faible**, lorsque l'indice de vulnérabilité est inférieur ou égal à 2 ;
- **de niveau moyen**, lorsque l'indice de vulnérabilité est égal à 2,5 ;
- **de niveau assez fort**, lorsque l'indice de vulnérabilité est égal à 3 ;
- **de niveau fort**, lorsque l'indice de vulnérabilité est égal à 3,5 ;
- **de niveau très fort**, lorsque l'indice de vulnérabilité est supérieur ou égal à 4.

4.2.2.1. Enjeu de conservation

Pour évaluer l'indice de vulnérabilité, un enjeu de conservation est attribué à partir des listes rouges régionales, nationales et européennes.

Pour les espèces présentes en période de reproduction (oiseaux et chauves-souris), la liste rouge utilisée est la liste rouge régionale.

Dans le cas présent, le parc étudié est à cheval sur deux régions, aussi les deux listes rouges des régions Centre-Val de Loire et Ile-de-France ont été utilisées. Par ailleurs, les oiseaux comme les chauves-souris sont particulièrement mobiles, aussi, par mesure de précaution, l'enjeu de conservation retenu correspond au degré de menace le plus important entre ces deux listes.

Pour les espèces migratrices et hivernantes d'oiseaux, l'enjeu de conservation retenu est le degré de menace maximum entre la liste rouge nationale (M.N.H.N. & U.I.C.N., 2008) et européenne (EUROPEAN COMMISSION *et al.*, 2015). Pour les espèces migratrices de chauves-souris, l'enjeu est estimé sur la base de la liste rouge nationale uniquement (UICN FRANCE *et al.*, 2009), la liste rouge européenne étant relativement ancienne (TEMPLE & TERRY, 2007).

4.2.2.2. Méthode d'évaluation de la sensibilité à l'éolien

Dans le cadre d'un suivi de mortalité, l'évaluation de la sensibilité se base sur le **Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres** (2015).

Toutes les espèces d'oiseaux et de chauves-souris ayant traversé ou étant susceptibles de fréquenter le parc éolien font l'objet d'une **analyse bibliographique concernant l'existence ou non de cas de collisions** avec les éoliennes. La source principale de données est Tobias Dürr, qui compile et publie régulièrement tous les rapports de mortalité par collision éolienne lui parvenant à l'échelle européenne. La dernière mise à jour est de décembre 2016 et fait état de 7 715 cadavres de chiroptères et **12 914 cadavres d'oiseaux** dans toute l'Europe (totaux cumulés depuis le début des suivis de mortalité). Les données d'Eurobats (2016) sont également prises en compte pour les chauves-souris. Pour ce groupe, c'est ainsi la valeur maximale par pays qui est prise en compte (pour éviter les comptes-doubles). On a ainsi un total maximal de **8 533 cadavres de chiroptères**.

Le principe est le suivant : **plus les cas de mortalité sont nombreux, plus les espèces concernées sont dites sensibles au risque de collision éolienne**. Néanmoins, ces taux de mortalité ont plus ou moins d'impact sur les espèces si l'on tient compte des niveaux de populations dans les pays européens.

Pour les oiseaux, les populations nicheuses et hivernantes en Europe sont relativement bien connues et les totaux ont été mis à jour par BirdLife International en 2015 (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2015). **La sensibilité est donc définie comme le rapport entre le nombre de cas de collision connus et le nombre minimal de couples nicheurs en Europe**. On notera que c'est bien l'Europe au sens biogéographique qui est prise en compte dans l'estimation des tailles de populations. Les valeurs référencées dans le protocole national semblent basées sur des estimations anciennes (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004) dans l'Europe des 27, qui exclut des états comme la Suisse, la Norvège ou la Russie (une partie des nicheurs de ces pays traversent annuellement la France).

Définition de la sensibilité à l'éolien chez les oiseaux

Quatre classes de sensibilité sont définies selon l'importance du nombre de collisions connues au regard des tailles de populations des espèces concernées :

Tableau 2 : Hiérarchisation des niveaux de sensibilité des oiseaux au risque de collision

Classe	Sensibilité	Proportion des cas de collisions connus au regard des effectifs européens (BirdLife, 2015)	Exemples d'espèces d'oiseaux
4	Très forte	Supérieure à 1 : les cas de mortalité représentent une proportion élevée et significative de leur population.	Milan royal, Pygargue à queue blanche, Vautour fauve
3	Forte	Comprise entre 0,1 et 1 : les cas de mortalité représentent une proportion significative de leur population, sans qu'elle ne soit très élevée. Ce sont généralement des espèces dont les tailles de populations sont peu importantes.	Milan noir, Faucon pèlerin, Balbuzard pêcheur, Circaète Jean-le-Blanc, Aigle botté, Faucon crécerelle
2	Moyenne	Comprise entre 0,1 et 0,01 : les cas de mortalité représentent une faible proportion de leur population. Ce sont : - soit des espèces communes avec de nombreux cas de collisions, - soit des espèces plus rares ou à répartition restreinte, mais dont les cas de collision restent peu nombreux. Dans ces deux cas, le maintien des populations n'est pas remis en question à l'échelle européenne.	Buse variable, Mouette rieuse, Canard colvert
			Busard des roseaux, Œdicnème criard, Grue cendrée
1	Faible à très faible	Inférieure à 0,01 : les cas de mortalité représentent une proportion non significative de leur population. Ce sont : - soit des espèces abondantes dont les cas de collision peuvent être nombreux, mais restant anecdotiques à l'échelle des populations, - soit des espèces peu abondantes pour lesquelles les cas de collision sont occasionnels, - soit des espèces pour lesquelles aucun cas de collision n'est connu.	Martinet noir, Alouette des champs, Grive musicienne, Roitelet triple-bandeau
			Grand Cormoran, Chouette chevêche, Huppe fasciée, Torcol fourmilier
			Grande Aigrette, Grimpereau des jardins, Mésange huppée

Pour les chiroptères, les niveaux de population sont inconnus et seule l'abondance relative des espèces peut être localement ou régionalement estimée, sur la base des dénombrements en colonie et hivernage, ainsi que par l'activité acoustique. La sensibilité d'une espèce est donc simplement définie comme la proportion du nombre de cas de collision connus en Europe rapporté aux collisions de toutes les espèces. Les niveaux obtenus sont présentés dans l'encadré suivant.

Définition de la sensibilité à l'éolien chez les chiroptères

Les classes de sensibilité sont indiquées dans le *Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens*. Compte tenu du faible nombre d'espèces (par rapport aux oiseaux), on peut présenter les résultats pour les principales espèces de la région, classées selon le nombre de cadavres repérés en Europe (maximum entre Dürre -décembre 2016- et Eurobats -avril 2016-).

Tableau 3 : Évaluation de la sensibilité des chauves-souris aux risques de collision

Espèce	Données de mortalité constatée (nb cadavres Europe/France à fin 2016)				Pourcentage (total Europe 8 533 cadavres)	Sensibilité
	0-10	10-100	100-500	> 500		
Noctule commune				1256 / 82	14,7 %	Très forte
Noctule de Leisler				579 / 79	6,8 %	Très forte
Sérotine commune			102 / 23		1,2 %	Forte
Grand murin	7 / 3				0,1 %	Faible
Murin de Daubenton	9 / 0				0,1 %	Faible
Murin de Bechstein	1 / 1				< 0,05 %	Faible
Murin à oreilles échanquées	3 / 2				< 0,05 %	Faible
Murin à moustaches	4 / 1				< 0,05 %	Faible
Pipistrelle commune				1799 / 622	21,1 %	Très forte
Pipistrelle de Nathusius				1201 / 178	14,1 %	Très forte
Pipistrelle pygmée			285 / 125		3,3 %	Forte
Pipistrelle de Kuhl			316 / 130		3,7 %	Forte
Barbastelle d'Europe	7 / 3				0,1 %	Faible
Oreillard gris	7 / 0				0,1 %	Faible
Oreillard roux	7 / 0				0,1 %	Faible
Grand rhinolophe	1 / 0				< 0,05 %	Faible

Les classes de sensibilité sont fixées d'après les travaux de la SFPEM et ont vocation à évoluer à terme parallèlement aux données de mortalité rassemblées.

4.3. Suivi acoustique des chiroptères en altitude

4.3.1. Protocole et matériel

Le suivi acoustique des chiroptères en hauteur a été réalisé en continu **du 15 juillet au 15 octobre 2016 sur l'éolienne 2 du parc**, actuellement en fonctionnement, à l'aide d'un système d'enregistrement automatique des ultrasons (**Anabat SD1 de Titley Scientific™ avec un micro neuf**) installé sur la nacelle, **à environ 100 m de hauteur**.

Le dispositif a été installé au niveau de la trappe arrière de la nacelle avec le micro pointant vers le sol, comme cela se pratique généralement sur ce type de suivi. Il s'est avéré que l'éolienne a produit de très nombreux bruits parasites sur les enregistrements (plusieurs milliers par nuit pour seulement quelques contacts de chauves-souris enregistrés).

Un remplacement tous les 28 jours environ de la batterie 12 V et de la carte mémoire compact flash 4 Go a permis d'assurer la meilleure continuité possible des enregistrements tout au long du suivi.

Les photos ci-dessous montrent le paysage environnant l'éolienne 2 et les montages du dispositif.



Photo 4 : Vue côté nord depuis la trappe toit de la nacelle (G. Marchais - Ecosphère)



Photo 5 : Vue côté est depuis la trappe toit de la nacelle (G. Marchais - Ecosphère)



Photo 6 : Vue depuis la plateforme d'accès à l'éolienne 2 (G. Marchais - Ecosphère)



Photo 7 : Vue opposée depuis la plateforme d'accès à l'éolienne 2 (G. Marchais - Ecosphère)



Photo 8 : Vue de la partie arrière de la nacelle (sous les ventilateurs) - côté gauche (G. Marchais - Ecosphère)



Photo 9 : Vue du dessus de la trappe arrière (G. Marchais - Ecosphère)



Photo 10 : Vue du dispositif installé côté gauche de la trappe arrière : Anabat SD1 micro à l'envers posé sur une planche de bois et branché sur batterie 12 V (G. Marchais - Ecosphère)



Photo 11 : Vue depuis le sol de la partie arrière de la nacelle avec le dispositif installé (cercle rouge) (G. Marchais - Ecosphère)

4.3.2. Méthodologie d'analyse des enregistrements ultrasonores

Tous les sons enregistrés par les micros de l'Anabat SD1™ ont été sauvegardés (102 000 fichiers de format « Analook⁶ »). La totalité des fichiers ou « contacts » de chauves-souris (séquence de 5 secondes maximum) au sein de tous ces fichiers bruits devait être isolée pour une identification spécifique et une analyse quantitative. Tous les fichiers ont donc été analysés grâce à des filtres anti-bruits qui visent à sélectionner les enregistrements contenant des signaux de chauves-souris tout en éliminant au mieux les bruits.

Les figures suivantes présentent montrent bien que les signaux ultrasoniques (> 15 kHz) ont bien été enregistrés malgré le bruit de fond de basses fréquences produit par les différentes machineries présentes dans la nacelle, et possiblement le vent dans certains cas.

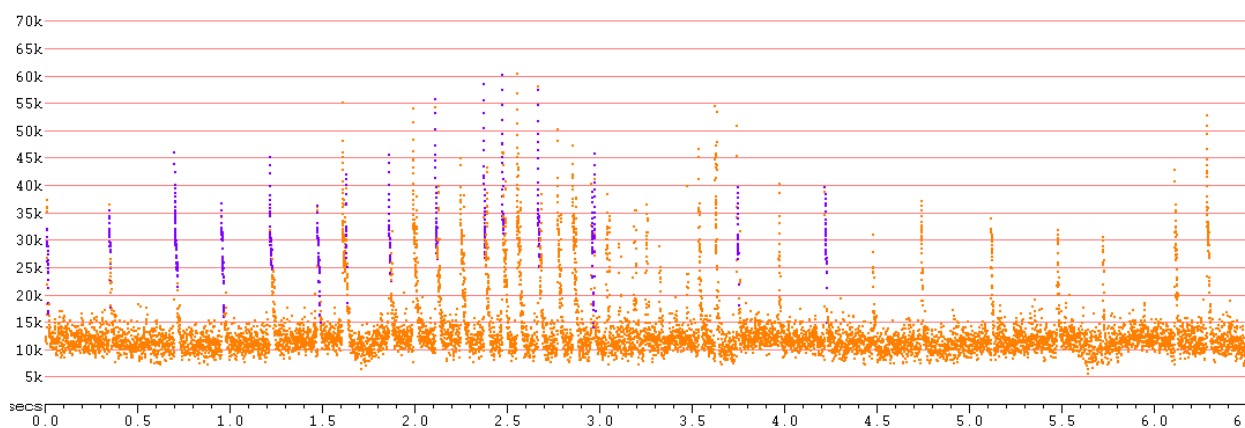


Figure 6 : Séquence de Noctule de Leisler ou de Sérotine commune enregistrée malgré le bruit de fond incessant en orange (vue sous logiciel Analook 4.2). Un filtre anti-bruits a permis de récupérer les signaux de chauves-souris (violet) en éliminant une bonne partie des bruits.

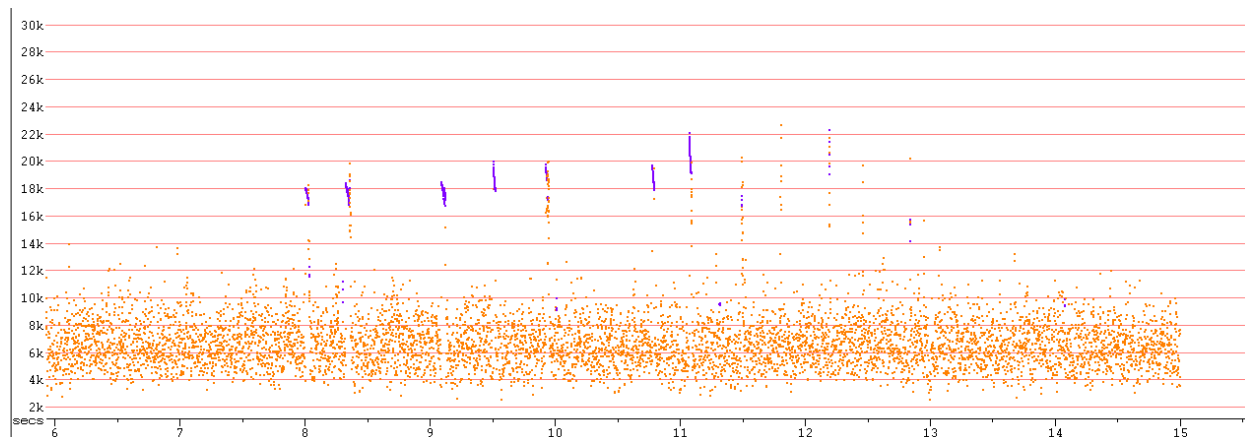


Figure 7 : Séquence de Noctule commune enregistrée malgré le bruit de fond incessant en orange (vue sous logiciel Analook 4.2). Un filtre anti-bruits a permis de récupérer les signaux de chauves-souris (violet) en éliminant une bonne partie des bruits.

⁶ Analook v4.2™ : le logiciel dédié pour l'analyse des enregistrements issus d'Anabat obtenus par la conversion des fichiers DAT de l'appareil avec l'application dédiée CFCread (paramètres : Smooth = 50 ; MaxTBC = 1 car permet d'approcher le plus possible 1 fichier = 1 contact de 5 secondes max ; Mine Line Lengt = 5).

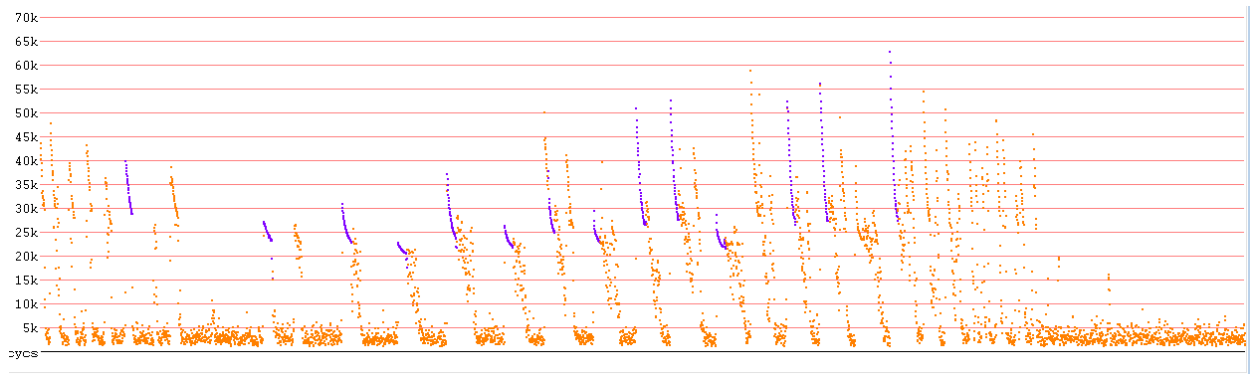


Figure 8 : Séquence de Noctule de Leisler enregistrée malgré le bruit de fond incessant en orange (vue sous logiciel Analook 4.2). Un filtre anti-bruits a permis de récupérer les signaux de chauves-souris (violet) en éliminant une bonne partie des bruits.

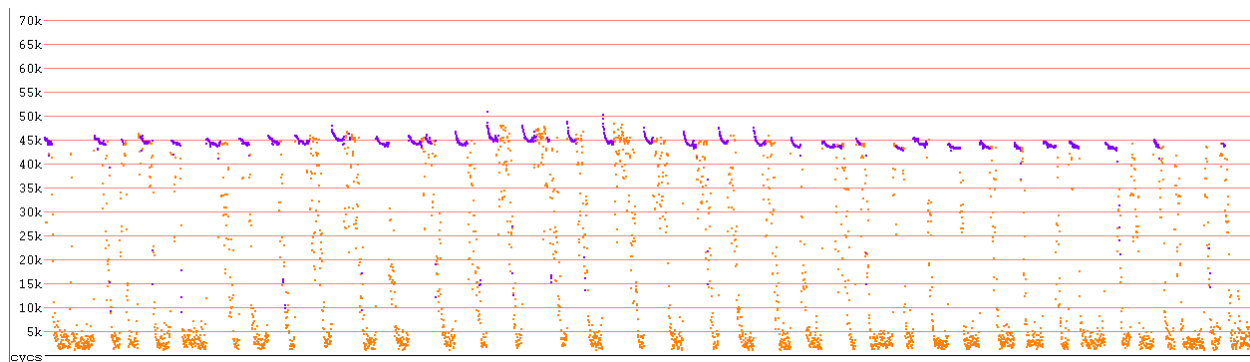


Figure 9 : Séquence de Pipistrelle commune enregistrée malgré le bruit de fond incessant en orange (vue sous logiciel Analook 4.2). Un filtre anti-bruits a permis de récupérer les signaux de chauves-souris (violet) en éliminant une bonne partie des bruits.

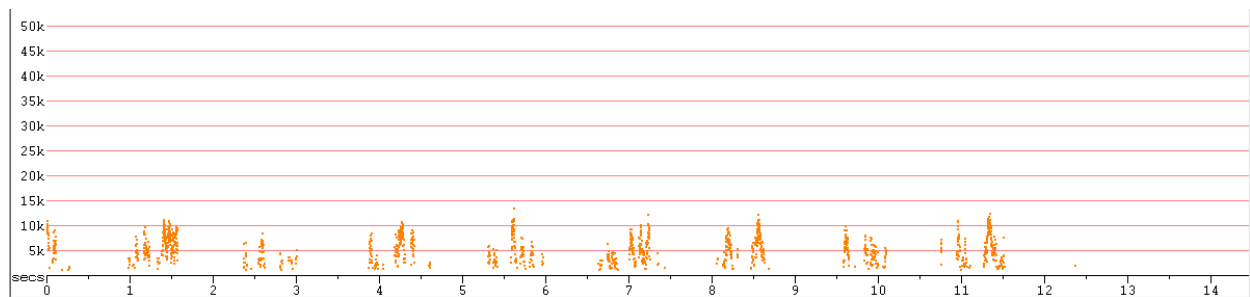


Figure 10 : Enregistrement des bruits des pales de l'éolienne

La méthodologie de traitement des enregistrements a donc été décomposée de la manière suivante :

1. Élimination des bruits :

- a. Conversion des fichiers bruts issus de l'Anabat SD1 avec le logiciel Kaléidoscope 4 de Wildlife Acoustics avec les paramètres suivants : durée de 6 à 50 ms, fréquences de 15 à 120 kHz, découpage par tranche de 5 secondes, 2 cris minimum, amélioration avancée du signal, « ratio division » à 8. Résultats : un premier lot de 116 fichiers avec des signaux de chauves-souris ont été récupérés sur les 102 000 fichiers enregistrés au total.
- b. Sur un jeu de fichiers échantillon comptant au total 44 519 fichiers, des tests successifs sur les fichiers bruits restants ont été effectués avec trois filtres sous Analook 4.2 dont

les paramètres détaillés dans le tableau ci-dessous. Ceux-ci ont été basés sur les mesures prises sur les fichiers chauves-souris obtenus après l'étape 1. Le filtre « AntinoiseGM8 » a ainsi été retenu pour récupérer les fichiers avec chauves-souris dans le lot de fichiers restants car 114 des 116 fichiers issus de l'étape 1 ont bien été retenus par ce 3^{ème} filtre.

Nom du filtre Analook	Paramètres de filtres Analook						Résultats (nombre de fichiers filtrés)
	Duration (ms)	Fréquence characteristic (Fc)	Slope characteristic (Sc)	S1	Sweep	Frequency mean (Fm)	
AntinoiseGM4	1 - 40	9 - 120	N/A	N/A	0 - 120	N/A	41 184 / 44 519 92,5% : peu efficace
AntinoiseGM7	1,5 - 40	15 - 120	10 - 500	1 - 500	0 - 120	N/A	36 744 / 44 519 82,5 % : peu efficace
AntinoiseGM8	5 - 40	15 - 120	N/A	1 - 500	3 - 120	18 - 300	9 651 / 44 519 21,7 % : efficace

- c. Un contrôle a consisté à faire défiler rapidement à l'écran tous les fichiers restants (environ 9 650) pour s'assurer qu'aucun contact de chauves-souris n'a été oublié.

2. **Identification des espèces** : les fichiers avec des signaux de chauves-souris ont ensuite été identifiés par un expert chiroptérologue (et non à l'aveugle par un système de classification automatique) en utilisant notamment les valeurs de référence française de Michel Barataud (BARATAUD, 2015).

4.3.3. Limites techniques

4.3.3.1. Limites liées au matériel utilisé

De manière générale, les résultats obtenus par le suivi d'activité chiroptérologique ne représentent qu'un échantillon pour un volume d'espace aérien donné d'une activité réelle quelle qu'elle soit. Dans le cadre de ce suivi, le micro était placé à 100 m de hauteur et orienté dans une direction pointant vers l'horizon variant avec l'orientation de la nacelle. Cela signifie que les cris venant d'autres directions n'ont pas forcément été enregistrés au même moment. De plus, le constructeur du détecteur (Titley Scientific™) précise que le micro a un volume de détection qui dépend de plusieurs variables, mais dont les plus importantes sont les suivantes :

- la **sensibilité du micro** en général réglée autour de 40 ±5 % (bouton du gain sur 5) afin d'éviter la saturation et les bruits de fond ;
- la **puissance et la fréquence des cris selon les espèces** : les grandes espèces de haut vol (noctules) émettent des ultrasons à basse fréquence (15-25 kHz) qui parcourent d'assez grandes distances en milieu ouvert, tandis que les petites espèces (pipistrelles) émettent des ultrasons de moyenne fréquence (35-55 kHz) qui parcourent de plus courtes distances en milieu ouvert. Les distances maximales de détection des espèces ne sont qu'approximatives car les mesures dépendent de nombreux paramètres environnementaux et ne peuvent être chiffrées avec

précision à la dizaine de mètres près. Nous avons ainsi considéré les fourchettes de valeurs suivantes⁷ pour ces espèces :

- Noctule commune (*Nyctalus noctula*) : 100-150 m ;
- Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*) : 70-100 m ;
- Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*) : 40-50 m ;
- Pipistrelles (*Pipistrellus sp.*) : 20-35 m ;

➤ les **conditions météorologiques** ont également une influence, mais dans une moindre mesure.

Toutefois, ce qui compte dans ce type de suivi, c'est la comparabilité possible des données du fait de l'utilisation d'un même matériel et une installation identique tout au long du suivi. Ainsi, les données récoltées ici ne sont certainement pas directement comparables avec d'autres suivis réalisés avec d'autres appareils mais elles sont bien comparables entre elles-mêmes.

4.3.3.2. Limites liées à l'identification des espèces

Une autre limite concerne les possibilités d'identification catégorique de la Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*) qui est une espèce migratrice, tout comme les Noctules et Sérotines. Les signaux analysables sur le logiciel Analook 4.2™ sont très proches de la Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) pour les cris émis à des fréquences comprises entre 35 et 40 kHz, et de la Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) pour les cris émis à des fréquences comprises entre 41 et 42 kHz. À notre connaissance, on peut seulement affirmer que tout signal de type « quasi fréquence constante⁸ » compris entre 38,5 et 41 kHz est plus probablement émis par une Pipistrelle de Nathusius⁹. C'est ce critère qui a été retenu pour son identification catégorique à partir des enregistrements obtenus sans présence de cris sociaux, qui pour leur part sont bien différents (< 20 kHz). Les signaux QFC compris entre 41 et 42 kHz étaient attribués à la Pipistrelle de Nathusius s'ils étaient alternés avec des séquences de signaux en fréquence modulée aplanie qui sont caractéristiques de séquences de chasse. Autrement, une confusion restait possible avec des signaux appartenant à la Pipistrelle commune.

Par précaution, les signaux qui pouvaient être affectés soit à la Pipistrelle de Kuhl soit à la Pipistrelle de Nathusius ont été globalisés et dénommés « PipKN ».

La Sérotine commune et les Noctules commune et de Leisler produisent également des émissions sonores très similaires entre 20 et 30 kHz et par conséquent difficiles à discriminer systématiquement. Le terme « **Sérotule** », **contraction de Sérotine et Noctule**, est ainsi couramment employé pour désigner des signaux leur correspondant. La Noctule commune a pu être identifiée catégoriquement uniquement quand un signal en quasi fréquence constante (QFC) avec une fréquence maximale d'énergie (ou fréquence caractéristique selon Analook 4™) inférieure à 20,5 kHz a été enregistré, tandis que la Noctule de Leisler pour des cris en QFC entre 21 et 27 kHz. Les cris de QFC entre 20 et 22 ont été identifiés seulement qu'en « Noctules » (Noctule indéterminée).

⁷ Ces valeurs ne concernent pas le cas à part des cris dit « sociaux ».

⁸ Quasi fréquence constante (QFC) : qualifie un cri de chauve-souris dont la différence entre la fréquence du début et de la fin du cri est inférieure à 5 kHz.

⁹ Hormis les individus du nord-est de la France qui peuvent émettre dans la même gamme de fréquence de la Pipistrelle de Kuhl (35-38 kHz) du fait de sa rareté dans ce secteur géographique (Barataud, 2015).

5. RESULTATS DU SUIVI DE MORTALITE

5.1. Nombre de cadavres recensés

Sur les 4 éoliennes suivies du parc, **un total de 2 cadavres de chauves-souris** a été observé et **aucun cadavre d'oiseau** (voir la carte 4).

Les deux chauves-souris touchées par les éoliennes sont probablement locales. On constate qu'un seul groupe de chauves-souris est *a priori* impacté en août : les pipistrelles. Le groupe d'espèce contacté est la Pipistrelle commune / pygmée, espèces difficilement discernables morphologiquement à ce jour. La Pipistrelle pygmée, qui est une espèce méridionale, est cependant beaucoup plus rare que la Pipistrelle commune. De plus, la Pipistrelle pygmée n'a pas été contactée durant le suivi acoustique des chiroptères sur la nacelle de l'éolienne CCN 2. Il est donc fort probable qu'il s'agisse ici de 2 individus de Pipistrelle commune.

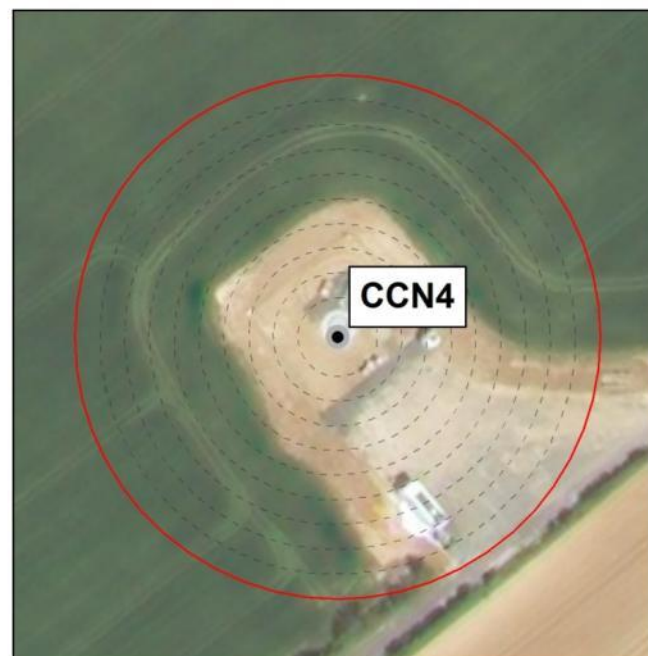
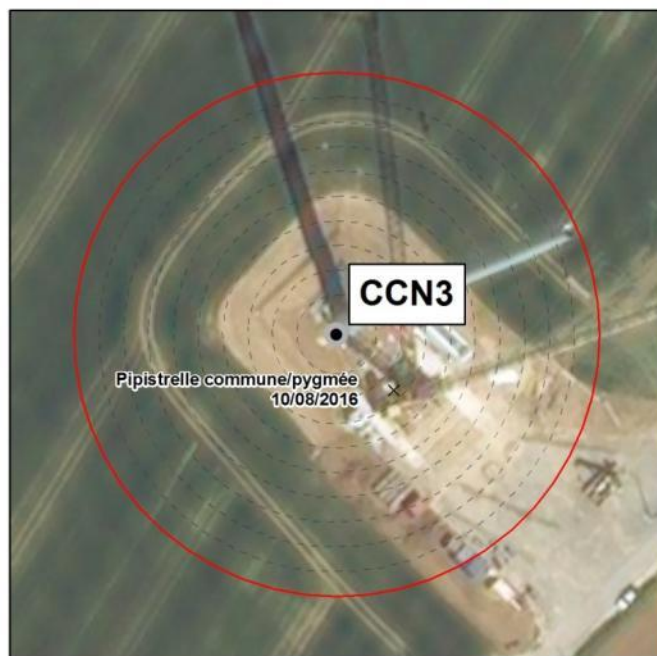
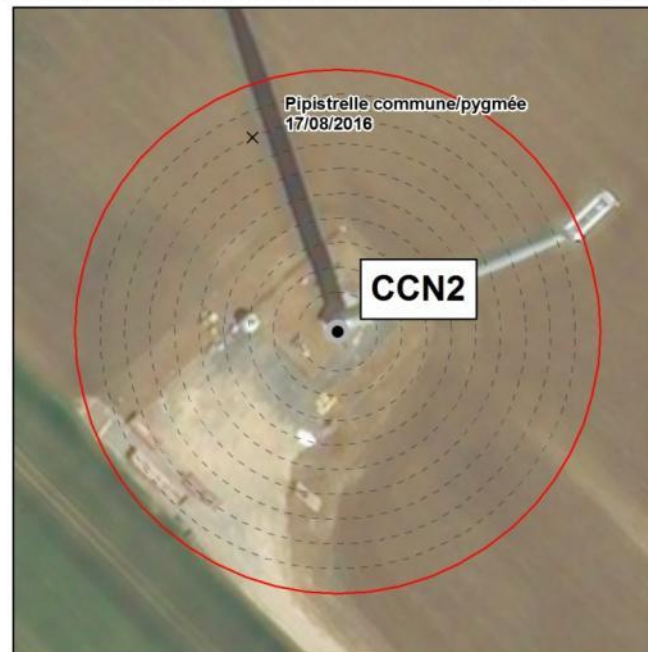
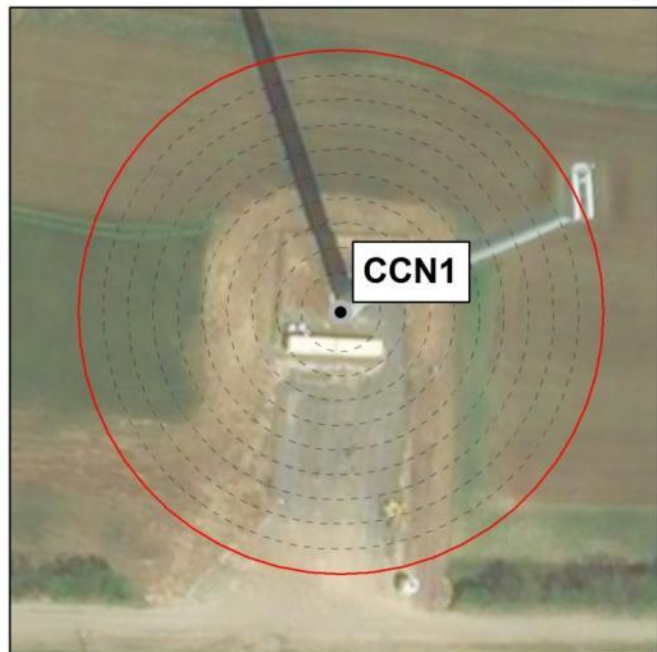
Tableau 6 : Synthèse des cadavres recensés sur le parc de « Chaussée de César Nord »

N° de l'éolienne	Date de découverte du cadavre	Espèce	Distance au mat (m)	Statut	Enjeu régional (Liste Rouge régionale)	Sensibilité	Indice de vulnérabilité
CCN 2	17/08/2016	Pipistrelle commune	40	Locale probable	Faible (LC)	Très forte	3 (niveau assez fort)
CCN 3	10/08/2016	Pipistrelle commune	14				

Les deux cadavres ont été trouvés alors que la visibilité était de très bonne à moyenne. **Sans corrections statistiques, on obtient une moyenne de 0,5 cadavre de chiroptère par éolienne en août à partir de 4 passages.**

Les cadavres ont été retrouvés sous deux éoliennes sur les 4 suivies : les deux machines centrales. Statistiquement, **on ne peut toutefois pas dire que ces éoliennes sont plus impactantes** (4 passages et 2 cadavres seulement). On ne constate **aucun lien entre le nombre de cadavres et l'isolement des machines** : ces deux éoliennes se trouvent au sein de l'alignement et non aux extrémités et toutes sont situées à des distances globalement similaires par rapport aux structures arborées.

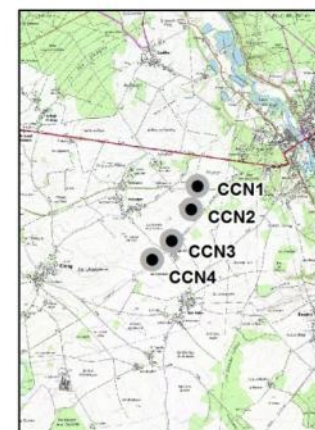
Habituellement, 70 à 80 % des cadavres sont retrouvés dans les 20 premiers mètres par rapport au mât des éoliennes (Beucher *et al*, 2013, Cornut & Vincent, 2011, Écothème, 2012, & Lagrange, 2011, etc.). Sur le parc suivi, le faible nombre de cadavres découverts restreint l'analyse. Un des cadavres a été trouvé à moins de 20 m, mais le second à 40 m.



Chaussée César Nord

- Eolienne
- × Cadavre
- Zone de prospection (rayon de 50 m)
- Cercles concentriques espacés de 5 m

Suivi de 4 passages du 4 au 23 août 2016



N

0 20 40 m

Ecosphère, ENTAP, 2016
Source : Fond Orthophoto - BING ©

5.2. Analyse des résultats pour les oiseaux

5.2.1. Description des oiseaux impactés

Aucun cadavre d'oiseau n'a été observé durant le suivi de mortalité.

5.2.2. Analyse comportementale des espèces sensibles et/ou impactées observées

Selon Rydell *et al.* (2010), les oiseaux sont généralement plus impactés lors des vols migratoires et lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises. Toutefois, ce phénomène n'est pas systématiquement observé et varie fortement en fonction des localités. **Il n'y a pas d'évidence claire sur un risque éolien variable en fonction des saisons si l'on réfléchit dans la globalité des oiseaux, au contraire des chauves-souris. L'altitude de vol est variable selon les espèces mais également selon les périodes de l'année, et influence ainsi l'intensité du risque pris par les individus.** L'altitude est souvent inférieure en automne (1 000 m rarement dépassés), à celle du printemps où les passereaux volent entre 1 000 et 2 000 m et régulièrement jusqu'à 3 000m (Zucca, 2015).

Compte tenu de la période de suivi de la mortalité qui s'est déroulée sur 4 semaines, **aucune conclusion ne peut être tirée sur la période de l'année qui est la plus à risque.**

Par ailleurs, plusieurs espèces d'oiseaux ont été observées en parallèle du suivi de mortalité. Citons notamment la Buse variable, nichant plutôt en boisement, ou encore le Faucon crécerelle, plus lié aux formations arbustives ou aux lisières forestières. Ces deux espèces communes sont sensibles au risque de collision (respectivement de niveau moyen et fort), toutefois **seul le Faucon crécerelle est vulnérable selon le protocole national de 2015** (indice de 2,5, soit un niveau moyen). **Aucun comportement à risque n'a été observé durant les quatre sessions de terrain pour ces deux rapaces.** Le Busard Saint-Martin, nichant dans les milieux ouverts et cultivés, est également bien présent sur la zone d'étude. Cette espèce est également vulnérable selon le protocole déjà cité (indice de 2,5). On notera **un individu mâle ayant eu un comportement à risque le 23 août 2016 en volant autour de l'éolienne CCN 2 et à hauteur de pale.**



Photo 12 : Busard Saint-Martin (L. Spanneut - Ecosphère)

5.3. Analyse des résultats pour les chiroptères

5.3.1. Description des chiroptères impactés

Comme dit précédemment, les individus de Pipistrelle commune impactés sont certainement **des individus locaux**. Cette espèce se reproduit dans le bâti et se déplace et chasse fréquemment le long des haies et lisières. Les individus de cette espèce sont toutefois capables de traverser de grandes étendues ouvertes, telles que les cultures.

Les deux Pipistrelles communes ont été découvertes au pied de deux éoliennes situées en milieu ouvert. Toutefois, des structures arborées sont situées à moyenne distance des machines. Le boisement le plus proche se situe à environ 250 m tandis qu'**une haie arbustive se trouve à 115 m de l'éolienne CCN 3. Le bosquet le plus proche se trouve à environ 260 m de l'éolienne CCN 2**. Les habitations les plus proches sont situées à environ 850 m des éoliennes. Des bâtiments agricoles sont présents à 150 m au sud de l'éolienne CCN 3.

La Pipistrelle commune est fortement sensible à l'éolien (niveau 4) (1799 cadavres en Europe selon Dürr et Eurobats, 2016) avec des vols à hauteur de pale très réguliers durant toute sa période d'activité. Il est toutefois important d'intégrer le fait que les tailles de populations de cette espèce sont très importantes dans ce nombre considérable de cadavres. **Son niveau de vulnérabilité établi selon le protocole national (2015) est de 3, ce qui correspond à un niveau assez fort.**



Photo 13 : Cadavre de Pipistrelle commune découvert sur le parc " Chaussée de César Nord " en août 2016 (T. Cherpitel - Ecosphère)

5.3.2. Périodes de l'année à risque

Les études réalisées en Amérique du Nord ont montré des pics de mortalité en plein été et jusqu'en automne (Edkins, 2008). Les experts européens font le même constat dénombrant des chauves-souris tuées majoritairement en août et en septembre (Rydell *et al*, 2012), avec un pic maximal constaté en fin d'été (de la deuxième moitié de juillet à la première moitié de septembre) (Rodrigues *et al*, 2008) et une baisse de mai à juin (Rydell *et al*, 2012). Une étude réalisée par la LPO sur 3,5 années de prospection confirme ces tendances : 91 % des individus ont été trouvés entre juillet et octobre et 6 % au mois de mai (LPO, 2006).

Compte tenu de la période de suivi de la mortalité qui s'est déroulée sur 4 semaines en août, **aucune conclusion ne peut être tirée sur la période de l'année qui est la plus à risque.**

5.4. Conclusion

A raison de 4 passages effectués dans des conditions permettant la détection des cadavres au sol sur la majeure partie des abords immédiats des éoliennes, **deux cadavres ont été trouvés au pied des 4 machines suivies durant le mois d'août 2016, soit une moyenne 0,5 cadavres par machine.** Les individus impactés ont été découverts sous les éoliennes CCN 2 et CCN 3.

Aucun oiseau n'a été trouvé durant ce suivi de mortalité.

Concernant les chiroptères, **seule une espèce très commune a été impactée** : la Pipistrelle commune (deux individus). Cette espèce non menacée au niveau régional est protégée au niveau national et connue pour sa sensibilité très forte au risque de collision.

5.5. Autre donnée naturaliste remarquable

Lors des passages sur le parc, un insecte rare a été observé par Elodie Brunet au sein d'une jachère en friche. Il a été identifié par Thomas Cherpitel comme une punaise au nom scientifique de ***Psacasta exanthematica exanthematica***. Elle était posée sur une plante hôte, le Grémil officinal (*Lithospermum officinale*), non connu pour l'espèce. **C'est une nouvelle donnée départementale et une seconde ou troisième occurrence régionale.**



Photo 14 - Punaise rare, *Psacasta exanthematica exanthematica*, observée sur le site (E. Brunet)

6. RESULTATS DU SUIVI ACOUSTIQUE EN ALTITUDE

6.1. Description de l'activité enregistrée

6.1.1. *Activité globale enregistrée*

Le tableau ci-dessous présente les résultats globaux en termes de fichiers enregistrés par mois. La question des bruits parasites apparaît clairement. **Ainsi, sur 102 643 fichiers recueillis, seulement 163 correspondent à des contacts de chauves-souris.** La raison de tels nombres est moins évidente (trappe arrière ouverte totalement aux courants d'air, réglage micro et sensibilité à 6 plutôt qu'à 5, protection mousse autour du micro pas assez épaisse...).

Tableau 4 : Résultats bruts et moyennes par nuit

	juillet	août	septembre	octobre	TOTAL
Nbr. de nuits d'enregistrement sur le mois	17	19	21	15	72
Nbr. de nuits avec une activité chiroptérologique enregistrée sur le mois	5	5	10	2	22
Nbr. de fichiers recueillis sur le mois	26 230	6 567	47 584	21 992	102 643
Nbr. de fichiers avec chiroptères sur le mois	25	22	65	51	163
Nbr. moyen de contacts par nuit	1,5	1,2	3,1	3,4	2,3

En altitude au niveau de l'éolienne 2, l'activité est globale moyenne : le nombre de contact total de 163, et les nombres moyens de contacts par nuit croissent de juillet-août à octobre allant de 1,5-1,2 à 3,4, pour une moyenne globale de **2,3 contacts par nuit.**

Comparativement, d'autres suivis du même type ont montré les résultats compilés dans le tableau suivant.

Tableau 5 : Résultats issus d'autres et suivis similaires en Europe de l'Ouest

Pays	Habitats	Hauteur de nacelle	Résultats (en contacts / nuit)	Auteurs
France (36)	Plaine agricole intensive	100 m (Nordex 100)	Min 1,0 à Max 1,7 Moyenne de 1,4	Écosphère 2016
France (36)	Plaine agricole intensive	90 m (Alsthom Eco 100) micro posé sur le toit	Min 0,27 à Max 2,32 Moyenne de 0,87	Écosphère 2015
France (25)	Forestier	90 m (Vestas 90)	Min 1,36 à Max 11,5 Moyenne de 7	Écosphère 2014
Pays-Bas	Variés (cultures et boisements sur le littoral et dans les terres)	65 à 80 m (25 éoliennes sur 5 sites différents)	Min 0,7 à Max 37,5 Moyenne de 8,4 (nuit = 10 h)	(LIMPENS <i>et al.</i> , 2013)
Allemagne	Variés (cultures et boisements dans les terres)	65 à 90 m (différentes éoliennes)	Moyenne de 3,8 en 2007 à 2,61 en 2008	(BEHR <i>et al.</i> , 2011)



Photo 15 : Position du micro de l'Anabat SD1 dans l'étude néerlandaise (LIMPENS *et al.*, 2013)

On constate que les résultats obtenus sur le parc « Chaussée César Nord » sont légèrement supérieurs à ceux obtenus dans une plaine agricole intensive dans l'Indre en 2015 et 2016, et inférieurs à ceux issus d'autres suivis réalisés en Europe du nord, notamment en contexte forestier ou varié.

6.1.2. Analyse de l'activité au cours du temps selon les espèces

L'ensemble des contacts de chauves-souris enregistrés sur ce suivi sont présentés ci-dessous de façon globale dans le graphique et de façon détaillée dans le tableau ci-dessous. Des pannes techniques liées à l'enregistrement d'un très grand nombre de bruits ont malheureusement eu lieu du 14 au 25 août et du 19 au 27 septembre.



Figure 11 : Nombre de contacts de chiroptères par nuit d'enregistrement (n = 72 sur 90 jours)

L'activité est la plus importante entre début septembre et début octobre avec quelques pics observés fin juillet.

Tableau 6 : Détail des contacts par espèces et par nuit (22 nuits)

	Noctule de Leisler*	Noctule commune*	« Sérotule »	Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelle commune	Pipistrelle de Nathusius*	TOTAL
16.07.2016						2		2
22.07.2016	1		1					2
24.07.2016		3	5			2		10
25.07.2016						9		9
31.07.2016					2			2
01.08.2016						10		10
12.08.2016		2						2
13.08.2016				1				1
<i>Panne de l'appareil du 14 au 25 août (12 nuits)</i>								
26.08.2016	4			3				7
27.08.2016			2					2
09.09.2016	4	2	4	1				11
10.09.2016	1		1					2
11.09.2016	1	6	1					8
14.09.2016	1	1				1		3
15.09.2016	2	2		1		1		6
16.09.2016	3	17		2				22
17.09.2016		3						3

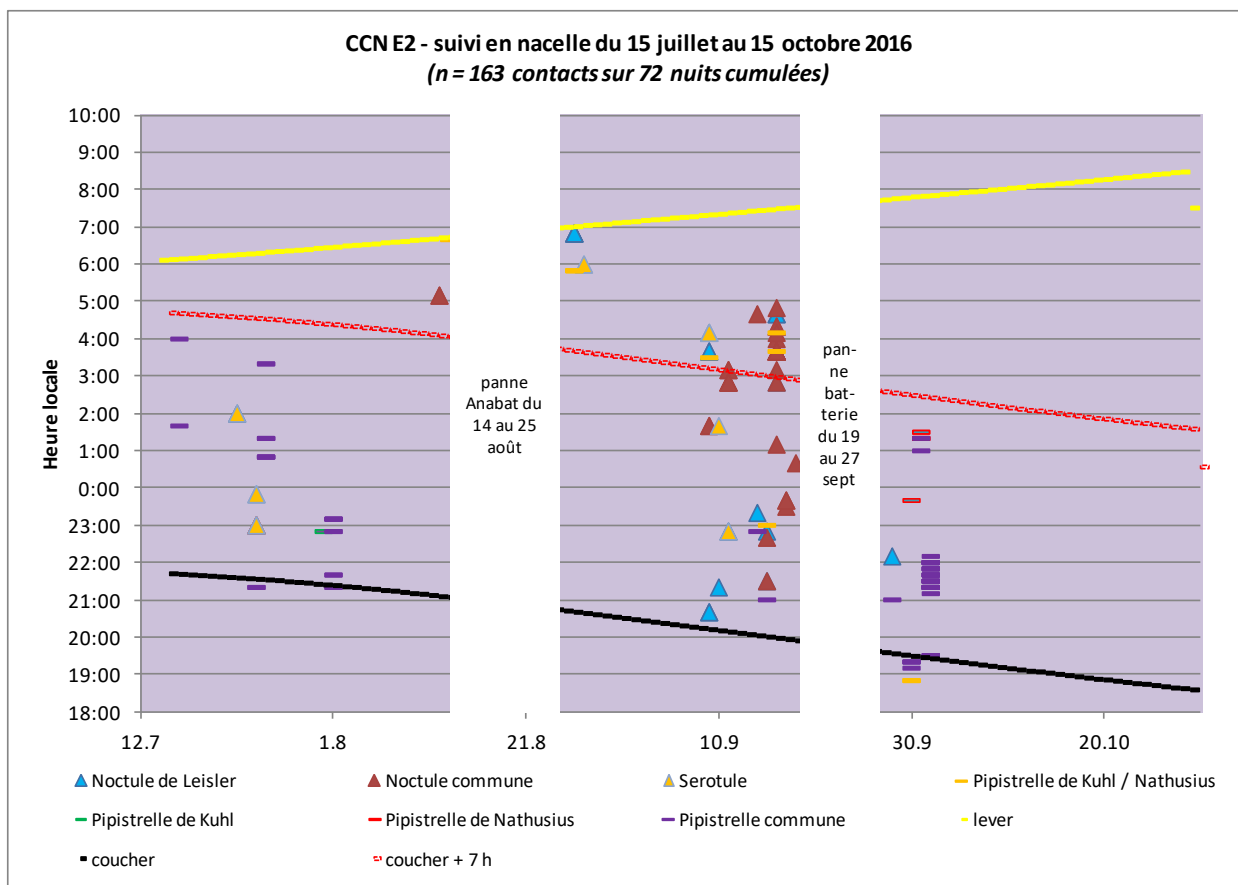
	Noctule de Leisler*	Noctule commune*	« Sérotule »	Pipistrelle de Kuhl/ Nathusius	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelle commune	Pipistrelle de Nathusius*	TOTAL
18.09.2016		1						1
<i>Panne de batterie du 19 au 27 septembre (9 nuits)</i>								
28.09.2016	1					1		2
30.09.2016				2		4	1	7
01.10.2016						2	5	7
02.10.2016						44		44
TOTAL par espèce	18	37	14	10	2	76	6	163

L'espèce dominante est la Pipistrelle commune (47 % des contacts, dont un peu plus de la moitié sur une seule nuit début octobre), **sans qu'elle ne soit omniprésente**. En effet, sur la totalité des nuits d'enregistrement, elle n'a été contactée que dans 14 % des cas. Deux espèces migratrices, à enjeu moyen mais à sensibilité très forte, les **Noctules commune et de Leisler** sont bien représentées (respectivement 23 % et 11 % des contacts) avec **une activité concentrée sur la période de fin août à mi-septembre, correspondant la période de migration pour ces deux espèces**. La difficulté d'identifier systématiquement à l'espèce tous les contacts de « Sérotules » empêche de déterminer laquelle des deux est majoritaire.

Il faut également noter la présence remarquable d'**une troisième espèce migratrice à enjeu moyen et à sensibilité très forte, la Pipistrelle de Nathusius**, présente fin septembre - début octobre. Une dernière espèce à enjeu faible est également contactée ponctuellement fin juillet. Il s'agit de la **Pipistrelle de Kuhl**. Au total, le groupe des Pipistrelles représente 58 % des contacts alors que les Sérotules représentent 42 %

Les Noctules commune et de Leisler, ainsi que la Pipistrelle de Nathusius ont un indice de vulnérabilité de 3,5 (niveau fort), tandis que la **Pipistrelle commune** a un indice de vulnérabilité de 3 (niveau assez fort) et la **Pipistrelle de Kuhl** un indice de vulnérabilité de 2,5 (niveau moyen).

Le graphique suivant représente l'ensemble des contacts selon leur chronologie et l'heure de leur enregistrement.



Les points suivants peuvent être soulignés :

- sans le pic final de Pipistrelle commune à 44 contacts la nuit du 2 octobre, la moyenne de l'activité est seulement de 1,6 contacts /nuit ;
- l'activité globale est la plus importante entre début septembre et début octobre (116 contacts), mais l'activité des Noctules est concentrée entre fin août et mi-septembre (70 contacts, potentiellement davantage sans les pannes techniques) ;
- l'activité entre fin août et fin septembre a lieu jusqu'à assez tard dans la nuit (7-8 h après le coucher du soleil).

6.2. Corrélation de l'activité selon le vent et l'heure de la nuit

Les paramètres analysés sont la vitesse de vent, l'heure de la nuit, la période et la température. Parfois, d'autres données sont analysées comme la pression atmosphérique, voire la pluie ou les phases lunaires. Dans le cas présent, la saison et la température ne seront pas analysées. En effet, l'étude ayant porté de début août à début novembre, les échelles de températures sont réduites et la période est quasiment homogène sur le plan chiroptérologique (à part pour octobre et novembre, mais très peu de contacts ont été enregistrés).

Il est important de noter que, même si a priori peu de contacts au final ont été enregistrés (n = 163), le suivi a échantillonné trois mois entiers (92 nuits, soit plus de 1 000 heures cumulées). Il est donc bien statistiquement représentatif, sans permettre toutefois de préjuger des activités futures.

6.2.1. Influence du vent

La période de référence de l'étude comprend l'intervalle entre la nuit du 1-2 juillet et celle du 30-31 octobre 2016. Les données diurnes ont par contre été exclues, c'est-à-dire les tranches de 10 min comprises entre le lever et le coucher du soleil¹⁰.

Les chauves-souris ont été enregistrées pour des vitesses de vent¹¹ allant jusqu'à 6,84 m/s en moyenne (pour une Pipistrelle de Kuhl/Nathusius le 26 août en fin de nuit). Néanmoins, comme le montre la Figure 13, ci-dessous :

- 63,8 % des contacts ont eu lieu par des vents moyens inférieurs à 3 m/s ;
- 74,2 % par des vents moyens inférieurs à 4 m/s ;
- 91,4 % des contacts par des vents moyens inférieurs à 6 m/s.

¹⁰ Sur la base des données recueillies à Issoudun : <http://www.leshorairesdusoleil.com/ical.aspx>.

¹¹ Moyennes sur 10 min.

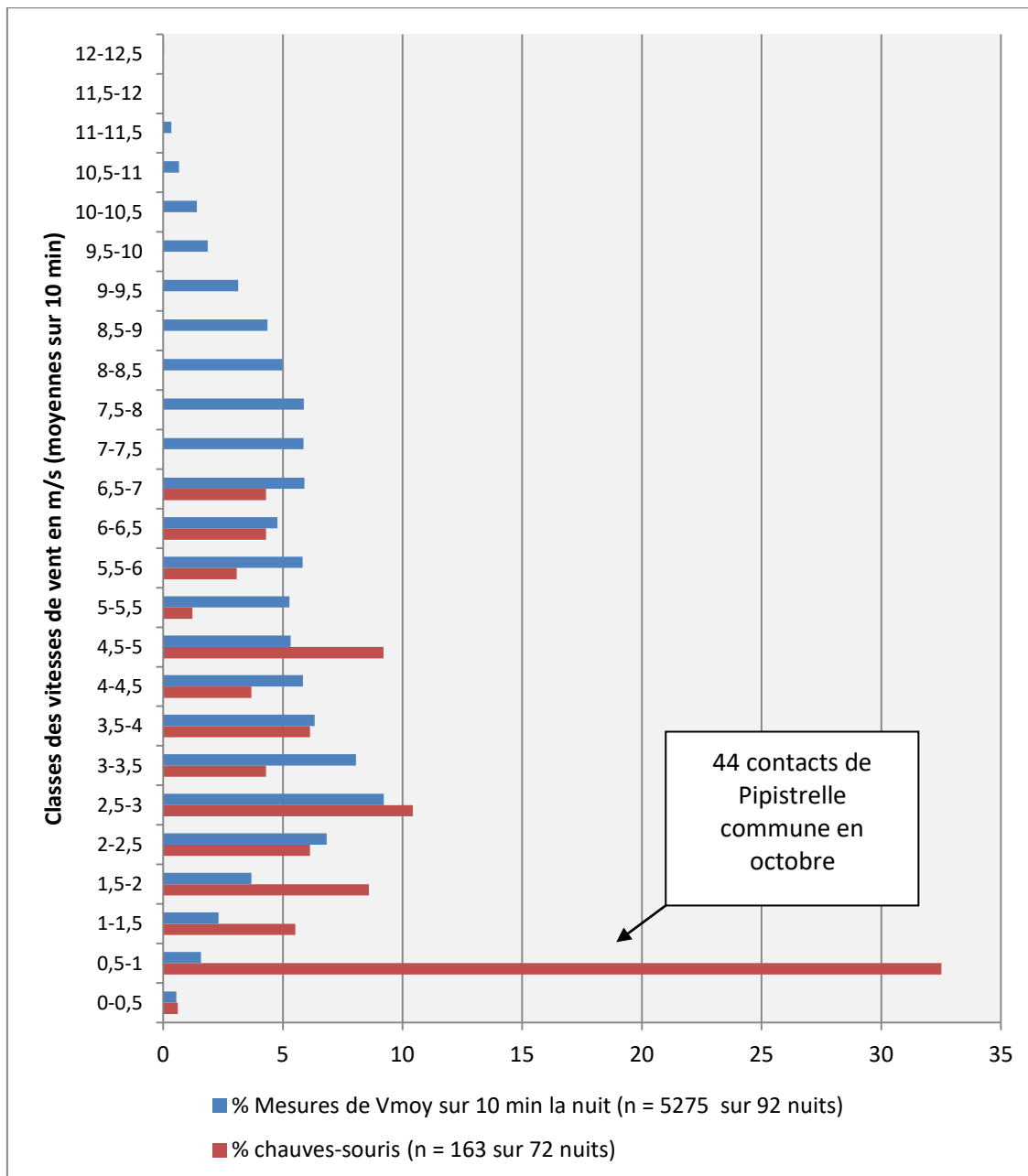


Figure 13 – Chauves-souris et vent (données des nuits seulement) du 15 juillet au 15 octobre 2016
 ROUGE : Pourcentage de contacts de chauves-souris en fonction vent (moyenne sur 10 min en m/s) mesurée à 100 m ; BLEU : occurrence des vitesses de vent mesurées à 100 m (en pourcentage)

Pour l'interprétation, il faut néanmoins tenir compte de la variation des vitesses de vent au sein des tranches de 10 min sur lesquelles les résultats sont calculés ($V_{max} - V_{min}$). Il apparaît ainsi que l'amplitude¹² des vents augmente avec la vitesse moyenne des vents. Ce facteur est d'autant plus important que, selon certains auteurs (CRYAN *et al.*, 2014), les « rafales » lors des périodes de vent favorables à la présence de chiroptères seraient un facteur de risque important. Ce point est d'autant plus critique que, si l'on connaît bien la relation entre la présence des chiroptères et la vitesse moyenne

¹² Amplitude : différence entre le maximum et le minimum mesurés sur une période de 10 min.

de vent, on ne connaît par contre pas la vitesse de vent précise au moment des événements fatals. Or, cette notion de « rafales » existe visiblement aussi par vent moyen faible (entre 1 et 4 m/s). C'est probablement la raison pour laquelle la mise en drapeau des pales aux vitesses inférieures au « cut-in-speed » standard (3 m/s) peut déjà avoir des résultats significatifs en matière de réduction des risques.

6.2.2. Influence de la température

Le graphique ci-dessous montre la même chose pour les **températures de l'air enregistrées à hauteur de nacelle les nuits seulement**. Bien qu'elles soient centrées sur 17-18°C avec un minimum de 5°C et un maximum de 31°C, les données de chauves-souris sont nettement situées dans la gamme haute de cette fourchette, **principalement de 13 à 26°C avec un pic centré autour de 19-20°C**.

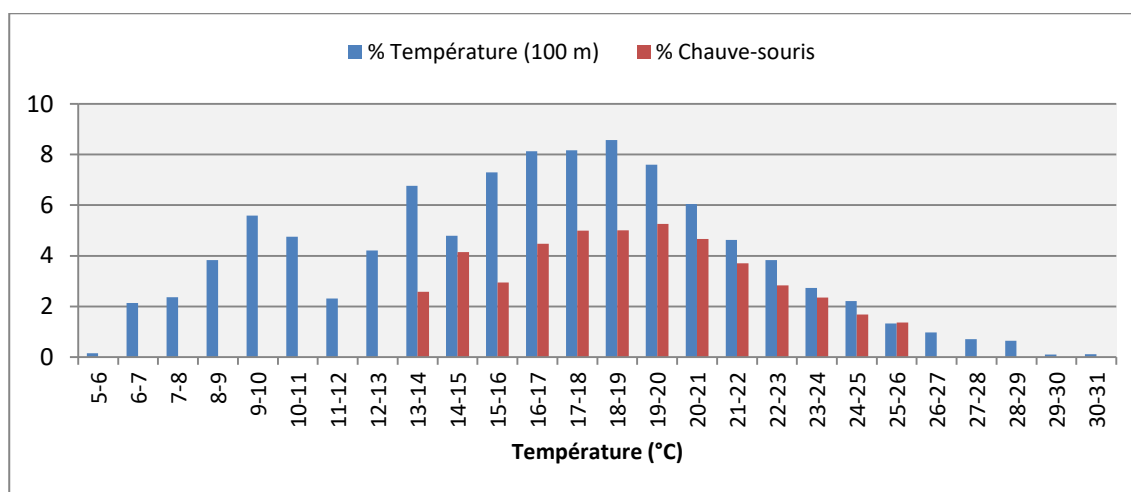


Figure 14 - Comparaison des températures à 100 m (moyennes sur 10 min la nuit seulement) et des contacts de chauves-souris (exprimés en pourcentage) enregistrées du 15 juillet au 15 octobre 2016

6.2.3. Influence de la pression

Le graphique ci-dessous présente la même chose pour les données de **pression atmosphérique mesurée à hauteur de nacelle les nuits seulement**. Cette fois-ci, les données de chauves-souris sont distribuées quasiment sur l'ensemble de la fourchette de valeurs mesurées au cours de ce suivi (hors valeurs extrêmes < 981 hPa et > 998 hPa), et avec **une majorité comprise entre 984 et 993 hPa**. Un pic à 992-993 hPa lié à la Pipistrelle commune début octobre compte pour environ 24 %.

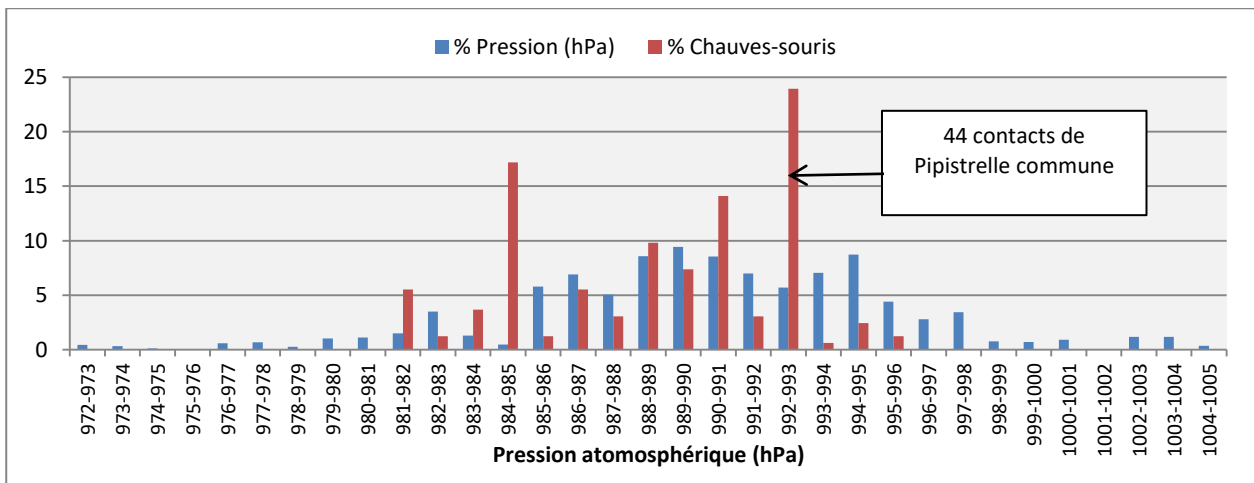


Figure 15 - Comparaison des pressions à 100 m (moyennes sur 10 min la nuit seulement) et des contacts de chauves-souris (exprimés en pourcentage) enregistrées du 15 juillet au 15 octobre 2016

6.2.4. Influence la direction du vent

Le graphique ci-dessous présente la même chose pour les données de **direction du vent mesurée à hauteur de nacelle les nuits seulement**. Les données de chauves-souris sont distribuées quasiment sur l'ensemble de la fourchette de valeurs mesurées au cours de ce suivi (0 à 360°). Un pic d'activité de chauves-souris se dégage toutefois pour les directions 30 à 60 ° (nord-est).

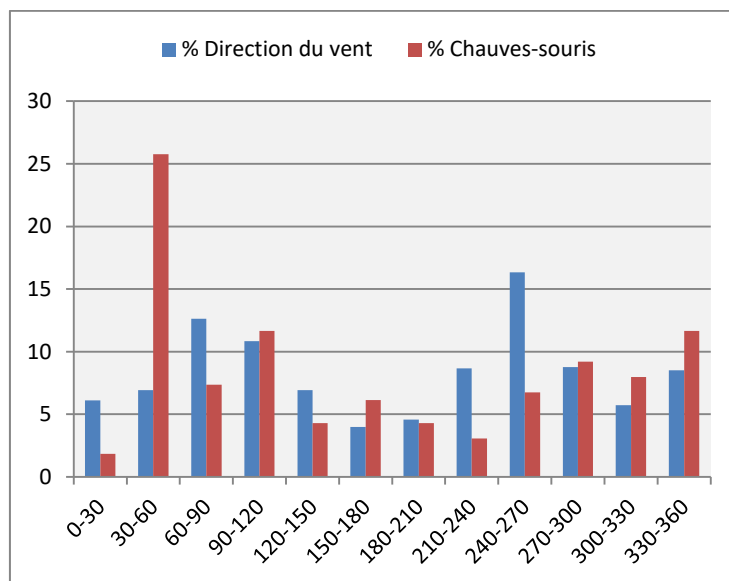


Figure 16 - Comparaison de la direction du vent à 100 m (moyennes sur 10 min la nuit seulement) et des contacts de chauves-souris (exprimés en pourcentage) enregistrées du 15 juillet au 15 octobre 2016

6.3. Évaluation du risque de collision

Une évaluation du risque en fonction de la vitesse de vent moyenne et la plage horaire est présentée dans la Figure 17 ci-dessous. La température n'a pas été intégrée car durant cette période de fin d'été elle est la plupart du temps supérieure à 13°C, ce qui correspond au *preferendum* des chauves-souris.

Les chiffres présentés répondent aux choix suivants :

- tous les chiffres sont analysés sur des tranches de 10 mn avec des moyennes pour la vitesse du vent ;
- dans les faits, même si l'éolienne est censée ne tourner qu'à partir de 3 m/s, dès la vitesse moyenne de vent 2 m/s il existe régulièrement une rotation des pales en lien avec les effets rafales au sein des 10 mn sur lesquelles sont réalisées les moyennes. La vitesse moyenne de 2 m/s (ligne grise) a donc été prise comme seuil bas de l'analyse de risque ;
- un 2^e seuil a été pris à 6 m/s (violet), cette « cut-in-speed » étant classiquement avancée dans les divers protocoles de bridage (ARNETT *et al.*, 2013) ;
- un 3^e seuil à 4 m/s (jaune) car le différentiel d'activité avec 6 m/s est significatif, contrairement à 5 m/s (vert).
- des seuils sur la plage horaire, 4^{ème} (bleue), 6^{ème} (rouge) et 9^{ème} (mauve) heures après le coucher du soleil, ont également été pris en compte.

(n = 163 avec parfois plusieurs contacts sont sur un même point)

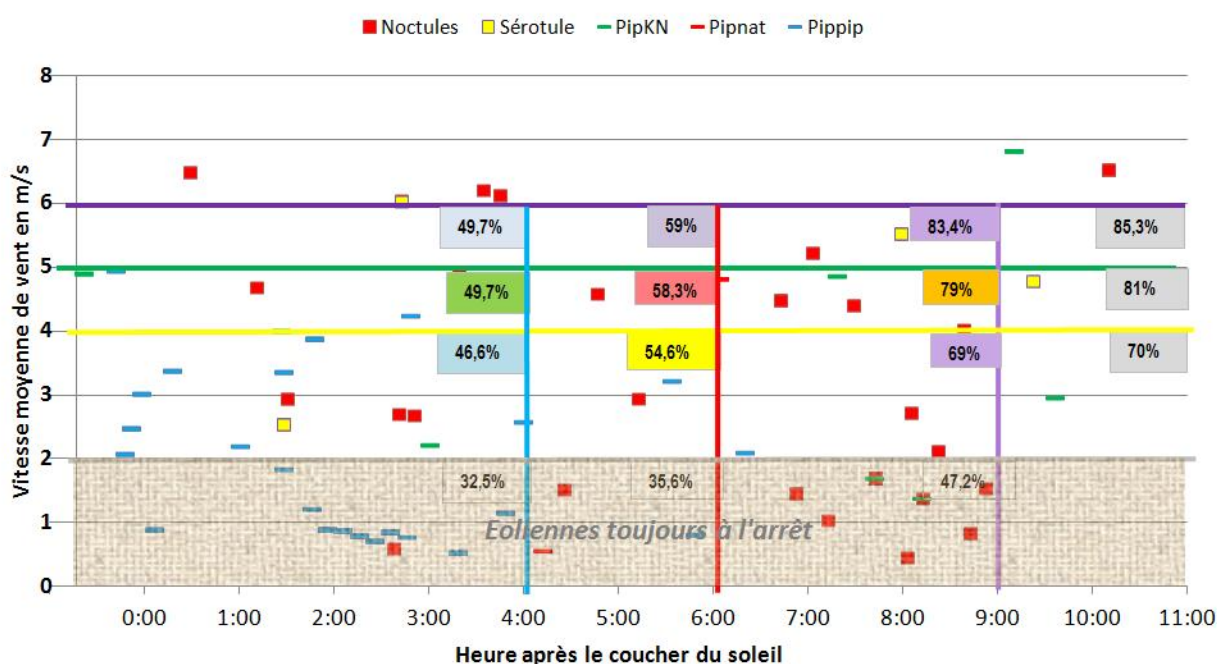


Figure 17 - Distribution des contacts enregistrés sur la nacelle 2 en fonction de la vitesse de vent (moyenne sur 10 min) et de l'heure après le coucher du soleil du 15 juillet au 15 octobre 2016

Les contacts sont quasi équitablement répartis autour de la vitesse moyenne de 4 m/s, avec 46,6 % déjà pour les 4 premières heures de la nuit et jusqu'à 69 % pour les 9 premières heures. Pour 6 m/s, la proportion augmente significativement jusqu'à 83,4 % toute la nuit mais reste à 59 % pour les 6 premières heures.

Du fait de la présence avérée à hauteur de la zone de rotation des pales (zone à risque) de trois espèces d'indice de vulnérabilité 3,5 (Noctules de Leisler et commune, et Pipistrelle de Nathusius) et d'une quatrième espèce d'indice 3 (Pipistrelle commune), d'une mortalité confirmée sur la base des 4 visites réalisées, mais d'un niveau de fréquentation globalement faible, le risque d'impact de collision est considéré comme assez fort. **Par conséquent, la proportion de l'activité globale à protéger à hauteur de pale, toutes espèces confondues, peut être estimée à environ 60 %.**

Note importante : *Toutes ces données recueillies en 2016¹³ ne permettent pas de prévoir les activités futures (variations interannuelles) mais seulement d'évaluer a priori les conditions du risque de collision/barotraumatisme. Par contre, une récente étude britannique (Matthews et al., 2016) a montré que, bien qu'on ne puisse pas traduire directement par corrélation l'activité en nombre de cadavres, la proportion des groupes d'espèces est généralement conservée entre les activités enregistrées à hauteur de nacelle et les nombres de cadavres trouvés au sol. Ainsi, seuls un suivi de mortalité au sol et un suivi acoustique depuis la nacelle réalisés sur plusieurs mois permettent d'évaluer en conditions réelles le niveau d'impact avéré d'une éolienne donnée.*

¹³ Les événements météorologiques observés en 2016 dans ce secteur géographique ont particulièrement été « anormaux » et ne sont donc pas vraiment représentatifs des moyennes saisonnières.

7. PROPOSITIONS DE MESURES

Sur la base des données recueillies en 2016 dans le cadre de ce suivi acoustique à hauteur de nacelle complétées par des données de suivi de mortalité, les mesures de réduction du risque de collision suivantes sont recommandées :

- Lors des périodes de sensibilité maximales mises en avant par cette étude, le seuil de vitesse de vent sera relevé :
 - **à 4 m/s : entre début le 1^{er} août et le 30 septembre**, lorsque les températures enregistrées sont supérieures à 13 °C et entre 0h30 et 8h00 après le coucher du soleil. En dehors de ces conditions, le « free-wheeling » sera évité comme décrit précédemment ;
 - **une fonction d'hystérèse¹⁴ définie à 0,5 m/s** sera utilisée afin de réduire le nombre de mise en marche et d'arrêt de la machine ;
- Afin d'éviter l'impact du « free-wheeling » (pâles tournant en roue libre) et en fonction des caractéristiques techniques des machines, il est suggéré d'arrêter les éoliennes par la mise en drapeau des pales lorsque le vent est inférieur à leur vitesse de déclenchement (autour de 3 m/s) lors des périodes d'activité des chiroptères, soit **toute la nuit entre fin mars et fin octobre**. De nombreuses expériences ont démontré l'efficacité de la mise en drapeau en permettant de réduire la vitesse de rotation à moins d'un tour par minute (ARNETT *et al.*, 2013) ;
- Lors de la dixième année d'exploitation, le prochain suivi acoustique devra être accompagné d'un suivi mortalité au sol simultanément afin de rendre compte des conditions météorologiques qui ont engendré des cas de collisions létales.

¹⁴ Les vitesses de démarrage utilisées sont définies par une hystérèse à 0,5 m/s : pour une « cut-in speed » de 4 m/s, l'éolienne est arrêtée si la vitesse moyenne du vent passe en-dessous de 4 m/s ; mais pour la remettre en marche, la vitesse moyenne de vent doit être supérieure ou égale à 4 + 0,5 m/s, soit 4,5 m/s.

BIBLIOGRAPHIE

- ALBOUY S., 2010. – *Suivis de l'impact éolien sur l'avifaune et les chiroptères exemples de parcs autois (11)*. Reims : ADEME, MEEDDM, SER/FEE, LPO, p. 31.
- ALCALDE J. T., 2003. – *Impacto de los parques eolicos sobre las poblaciones de murcielagos.*, 3–6 p.
- ARNETT E. B., JOHNSON G. D., ERICKSON W. P. & HEIN C., 2013. – *A synthesis of operational mitigation studies to reduce bat fatalities at wind energy facilities in North America. A report submitted to the National Renewable Energy Laboratory. Bat Conservation International*. Austin, Texas : USA, 38 p.
- ARNETT E. B., SCHIRMACHER B., HUSO M. M. & HAYES J. P., 2009. – *Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities – Bats and Wind Energy Cooperative*, 44p.
- ARTHUR L. & LEMAIRE M., 2015. – *Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Collection Parthénope, éditions Biotope*. Mèze. MNHN, Paris, 544 p.
- BAERWALD E. F., D'AMOURS G. H., KLUG B. J. & BARCLAY R. M. R., 2008. – Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Current Biology*, **18** (16) : 695–696.
- BARATAUD M., 2015. – *Écologie acoustique des chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse*. Biotope, Mèze; MNHN, Paris, 344 p.
- BEHR O., BRINKMANN R. & KORNER-NIEVERGELT F., 2011. – *Akustische Erfassung des Fledermausaktivität an Windernigeanlagen*. Dans : *Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen*. Göttingen : Umwelt und Raum Bd, p. 40-115.
- BEUCHER Y., KELM V., ALBESPY F., GEYELIN M., NAZON L. & PICK D., 2013. – *Parc éolien de Castelnau-Pégayrols (12). Suivi pluri annuel des impacts sur les chauves-souris. Bilan des campagnes des 2ème, 3ème et 4ème années d'exploitation.*, 111 p.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL., 2004. – BirdLife International. .
- ., 2015. – BirdLife International. .
- BROWN R., 1993. – *Reconnaître les plumes, les traces et les indices des oiseaux*. Paris : Bordas Editions.
- CRYAN P. M., GORRESEN P. M., HEIN C. D., SCHIRMACHER M. R., DIEHL R. H., HUSO M. M., HAYMAN D. T. S., FRICKER P. D., BONACCORSO F. J., JOHNSON D. H., HEIST K. & DALTON D. C., 2014. – Behavior of bats at wind turbines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **111** (42) : 15126-15131 doi : 10.1073/pnas.1406672111.
- DEMONGIN L., 2015. – *Guide d'identification des oiseaux en main. Les 250 espèces les plus baguées en France*. Beauregard-Vendon.
- DIETZ & HELVERSEN VON., 2004. – *Clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe*.
- DODELIN B., 2002. – *Identification des Chiroptères de France à partir de restes osseux*. Fédération Française De Spéléologie.
- DULAC P., 2008. – *Evaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan de 5 années de suivi*. La Roche-sur-Yon – Nantes : Ligue pour la Protection des Oiseaux délégation Vendée / ADEME Pays de la Loire / Conseil Régional des Pays de la Loire, 106 p.
- DÜRR T., 2001. – *Flermäuse als Opfer von Windkraftanlagen – Naturschutz und Landschaftspflege.*, 182 p.

—., 2016a. – Vogelverluste an Windenergieanlagen / bird fatalities at windturbines in Europe. Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. NABU. .

—., 2016b. – Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at windturbines in Europe. Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg.

EUROPEAN COMMISSION, DIRECTORATE-GENERAL FOR THE ENVIRONMENT & BIRDLIFE INTERNATIONAL., 2015. – *European red list of birds*. Brussels : European Commission.

FRAIGNEAU C., 2014. – *Reconnaître facilement les plumes*. Delachaux & Niestlé.

KERNS J. & KERLINGER P., 2004. – *A study of bird and bat collision fatalities at the mountaineer wind energy center, Tucker County, West Virginia : Annual report for 2003 – FPL Energy and Mountaineer Wind*. Energy Center Technical Review Committee, 39 p.

LIMPENS H., BOONMAN M., KORNER-NIEVERGELT F., JANSEN E., VAN DER VALK M., LA HAYE M., DIRKSEN S. & VREUGDENHIL S., 2013. – Wind turbines and bats in the Netherlands. .

MARCHESI., BLANT. & CAPT., 2011. – *Clé morphologique et clé des crânes présentes dans le guide : Mammifères de Suisse : clés de détermination*. Fauna Helvetica.

MENU H. & POPELARD J.-B., 1987. – *Utilisation des caractères dentaires pour la détermination des Vespertilionines de l'ouest européen*.

M.N.H.N. & U.I.C.N., 2008. – Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine. Paris, **14** .

PRATZ J., 2012. – *Note relative à la réalisation et au financement des suivis réglementaires de mortalité des parcs éoliens de la région Centre-Val-de-Loire*.

RODRIGUES L., BACH, L, DUBOURG-SAVAGE M. J., KARAPANDZA B., KOVAC D., KERVYN T., DEKKER J., KEPPEL A., BACH P., COLLINS J., PARK K., MICEVSKI B. & MINDERMAN J., 2014. – *Guidelines for consideration of bats in wind farm projects*. Bonn : UNEP/EUROBATS, 133 p.

SVENSSON L., GRANT P., MULLARNEY K. & ZETTERSTRÖM D., 2010. – *Le guide ornitho*. Delachaux & Niestlé, Paris, 2e édition.,.

SYNDICAT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES. & FRANCE ÉNERGIE ÉOLIENNE., 2015. – Protocole de suivi environnemental des éoliennes terrestres. .

TEMPLE H. J. & TERRY A. (COMPILERS)., 2007. – *The Status and Distribution of European Mammals*.

UICN FRANCE, MNHS, SFPEM & ONCFS., 2009. – *La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Mammifères de France métropolitaine*. Paris : UICN.

Alula. www.alulawebsite.com.