

**Parc Éolien de Roudouallec (56)
dit de « Gouarem Menez »
(Commune de Roudouallec)**

Suivis chiroptérologiques post-implantation
(avril 2018 à novembre 2018)





PRESENTATION DU DOSSIER

Étude réalisée pour

		Éoliennes de Suroit SNC 50 avenue d'Alsace - 68025 COLMAR
--	--	---

Étude réalisée par

	Coordination :	Guillaume MARCHAIS <i>Chargé de projets</i>
	Analyses faunistiques :	Guillaume MARCHAIS <i>Chargé de projets</i>
	SIG et cartographie :	Ulysse BOURGEOIS <i>Cartographe</i>
	Investigations de terrain :	Benjamin GUYONNET et Michaël ROCHE <i>Chargés d'études</i>

Contrôle qualité

Contrôle réalisé par	Guillaume VUITTON (<i>directeur d'agence</i>)
Date du contrôle	25 janvier 2019

Historique des modifications

Version	Date
V1	25 janvier 2019
V2	25 octobre 2019

Photos de couverture : Céline HEITZ

Citation recommandée :

Ecosphère, 2018. – Suivis chiroptérologiques post-implantation du parc éolien de Roudouallec (56)- saison 2018. Étude réalisée pour le compte des Éoliennes de Suroit, 73 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.

Référence étude : Roudouallec

❖ Contexte général et objet de l'étude

Le parc éolien dit de « Gouarem Menez » se situe en Bretagne sur la commune de Roudouallec. Il est constitué de 7 éoliennes implantées en milieu bocager, et a été inauguré en 2008. Afin de se conformer à la réglementation ICPE, la société « Éoliennes de Suroit SNC » a signé un contrat en juillet 2017 pour réaliser les suivis post-implantation selon le protocole national réglementaire qui était en vigueur entre 2015 et 2018.

❖ Mission d'Ecosphère

Dans ce contexte, la mission d'Écosphère consistait à :

- Réaliser des suivis acoustiques en altitude sur 1 éolienne entre avril et novembre 2018 ;
- Effectuer des points d'écoute au sol lors de 6 passages d'avril à septembre 2018 ;
- Évaluer les impacts par collision ou barotraumatisme ;
- Proposer le cas échéant des mesures de réduction proportionnées.

SOMMAIRE

PRESENTATION DU DOSSIER	2
SOMMAIRE	4
1. CADRE TECHNIQUE ET REGLEMENTAIRE D'UN SUIVI POST-IMPLANTATION	6
2. PRESENTATION DU PARC EOLIEN.....	9
2.1. LOCALISATION	9
2.2. SITUATION VIS-A-VIS DU SCHEMA REGIONAL DE COHERENCE ÉCOLOGIQUE.....	11
2.3. CARACTERISTIQUES GENERALES DU PARC EOLIEN.....	16
2.4. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES EOLIENNES EN SERVICE.....	16
3. METHODES DE TRAVAIL.....	17
3.1. POINTS D'ECOUTE ET TRANSECTS AU SOL.....	17
3.2. SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE	20
3.3. METHODE D'ÉVALUATION DES ESPÈCES FREQUENTANT LE PARC	22
3.3.1. Évaluation de l'enjeu de conservation des espèces.....	22
3.3.2. Évaluation de la sensibilité générale des espèces à l'éolien.....	23
3.3.3. Évaluation de la vulnérabilité à l'éolien.....	24
3.3.4. Mortalité causée par l'éolien en Bretagne	25
3.4. METHODE DE DEFINITION DES IMPACTS ET DES MESURES DE REDUCTION ADAPTEES AU PARC.....	25
4. RESULTATS	26
4.1. POINTS D'ECOUTE ET TRANSECTS AU SOL.....	26
4.1.1. Résultats globaux de la fréquentation du parc par les chiroptères.....	26
4.1.2. Analyse par saison.....	28
4.1.3. Comparaison avec l'étude chiroptérologique réalisée par le Groupe Mammalogique Breton (2004) 34	
4.2. SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE	34
4.2.1. Description des activités enregistrées.....	34
4.2.2. Synthèse et évaluation des activités.....	37
5. ENJEUX CHIROPTEROLOGIQUES	45
6. ÉVALUATION DES IMPACTS	49
6.1. VULNERABILITE A L'EOLIEN DES CHAUVES-SOURIS FREQUENTANT LE PARC	49
6.2. ÉVALUATION DES RISQUES DE COLLISION SPECIFIQUE AU PARC	50
6.3. IMPACT INDIRECT SUR LA FREQUENTATION DES HABITATS DU PARC EOLIEN PAR LES CHIROPTERES	52
7. MESURES DE REDUCTION DES RISQUES DE COLLISION	54
7.1. BRIDAGE DES EOLIENNES PROPORTIONNE AUX NIVEAUX DU RISQUE SUR LES CHAUVES-SOURIS	54
7.1.1. Principe général.....	54
7.1.2. Répartition de l'activité selon l'heure de la nuit.....	55
7.1.3. Distribution de l'activité selon les vitesses de vent.....	55
7.1.4. Distribution de l'activité selon la température.....	56
7.1.5. Distribution de l'activité selon la pluviométrie.....	57
7.1.6. Proportion de l'activité protégée par mois selon la vitesse de vent en-dessous de laquelle l'éolienne est bridée	59
7.1.7. Récapitulatif des algorithmes de bridage pour l'éolienne 4.....	60
7.1.8. Bridage des six autres éoliennes.....	61
7.2. CONTROLE DE L'ÉCLAIRAGE NOCTURNE	62
7.3. GESTION DES HABITATS AUTOUR DES EOLIENNES.....	62

8. MESURES DE SUIVI	63
BIBLIOGRAPHIE	64
ANNEXES.....	67

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

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

« 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 ».

Ce suivi doit également être conforme aux dispositions applicables aux ICPE relatives à l'étude d'impact. Ainsi, l'article R122-14 du code de l'environnement prévoit que :

« - La décision d'autorisation, d'approbation ou d'exécution du projet mentionne :

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

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

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

En novembre 2015, l'État a publié un protocole standardisé permettant de réaliser les suivis environnementaux. Il guide également la définition des modalités du suivi des effets du projet sur l'avifaune et les chiroptères prévu par l'article R122-14 du code de l'environnement.

Le parc éolien de Roudouallec fait partie des cas particuliers des parcs autorisés avant l'entrée en vigueur du protocole. Ainsi, le protocole dans son annexe 3 stipule que : *« Dans le cas des parcs éoliens autorisés avant la date de mise en œuvre du présent protocole de suivi environnemental des parcs éoliens, plusieurs cas de figure existent :*

- Le parc éolien a été mis en service depuis plus de 3 ans -> cas 1 (**cas du parc éolien de Roudouallec**)
- Le parc éolien a été mis en service depuis moins de 3 ans -> cas 2 Le parc éolien n'a pas encore été mis en service -> cas 3

La prise en compte d'autres paramètres dans les suivis environnementaux de ces parcs éoliens, entraîne plusieurs situations différentes :

- Un suivi environnemental de l'avifaune et des chiroptères a été prévu par l'exploitant dans l'étude d'impact. Ce suivi peut avoir été repris dans les prescriptions de l'arrêté de permis de construire (et dans celles de l'arrêté d'autorisation d'exploiter, s'il existe) -> cas A
- Un suivi environnemental soit de l'avifaune soit des chiroptères a été prévu par l'exploitant dans l'étude d'impact. Ce suivi peut avoir été repris dans les prescriptions de l'arrêté de permis de construire (et dans celles de l'arrêté d'autorisation d'exploiter s'il existe) -> cas B (**cas du parc éolien de Roudouallec**)
- Aucun suivi environnemental n'est prévu dans l'étude d'impact ou dans l'arrêté de permis de construire (ou dans l'arrêté d'autorisation d'exploiter s'il existe) -> cas C

<div>Mise en service du parc éolien</div> <div>Présence ou non de suivi environnemental</div>	1	2	3
A	Les modalités de suivi prévues initialement et validées par l'administration seront conservées et tiendront lieu de suivi environnemental au sens de l'article 12 de l'arrêté du 26 août 2011.	Les modalités de suivi prévues initialement et validées par l'administration seront conservées et tiendront lieu de suivi environnemental au sens de l'article 12 de l'arrêté du 26 août 2011.	Les modalités de suivi prévues initialement et validées par l'administration seront conservées et tiendront lieu de suivi environnemental au sens de l'article 12 de l'arrêté du 26 août 2011.
B	Les modalités de suivi prévues initialement et validées par l'administration seront conservées et tiendront lieu de suivi environnemental au sens de l'article 12 de l'arrêté du 26 août 2011. Elles seront complétées par un suivi sur le groupe d'espèces non étudié conformément au présent protocole.	Les modalités de suivi prévues initialement et validées par l'administration seront conservées et tiendront lieu de suivi environnemental au sens de l'article 12 de l'arrêté du 26 août 2011. Elles seront complétées par un suivi sur le groupe d'espèces non étudié conformément au présent protocole.	Les modalités de suivi prévues initialement et validées par l'administration seront conservées et tiendront lieu de suivi environnemental au sens de l'article 12 de l'arrêté du 26 août 2011. Elles seront complétées par un suivi sur le groupe d'espèces non étudié conformément au présent protocole.
C	L'exploitant devra mettre en œuvre un suivi conforme au présent protocole selon une périodicité de 10 ans par rapport à la date de mise en service.	L'exploitant devra mettre en œuvre un suivi conforme au présent protocole dans les meilleurs délais, puis tous les 10 ans.	L'exploitant devra mettre en œuvre un suivi conforme au présent protocole dans les trois années suivant la mise en service, puis tous les 10 ans.

Pour ce cas de figure, l'exploitant doit ainsi suivre la prescription suivante : « *les modalités de suivi prévues initialement et validées par l'administration seront conservées et tiendront lieu de suivi environnemental au sens de l'article 12 de l'arrêté du 26 août 2011. Elles seront complétées par un suivi sur le groupe d'espèces non étudié conformément au présent protocole* ».

Compte tenu que les données de l'étude d'impact ne permettent pas de déterminer l'intensité précise du suivi, on a retenu par défaut les hypothèses d'impact résiduel significatif et de niveau de risque 2,5 à 3. De fait, le suivi de fréquentation des chiroptères doit compter 6 passages par réparties sur les saisons printemps, été et automne ; et un suivi indirect de la mortalité d'avril à octobre.

Entre 2016 et 2017, ce protocole national s'est avéré inadapté à l'usage et généralisait des mesures qui n'avaient en fait de sens que pour certains parcs. Des travaux associant les administrations, les professionnels de l'éolien (FEE & SER), les associations de protection de la biodiversité (LPO & SFEPM) et le Muséum National d'Histoire Naturelle ont permis alors d'aboutir à un nouveau consensus. Sur cette base, une décision ministérielle a été publiée le 5 avril 2018¹ avec un nouveau protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres.

Néanmoins, ce suivi ayant été contractualisé en juillet 2017 et débuté en avril 2018, il est considéré comme "en cours de réalisation" au moment de la parution du protocole 2018. Ce sont donc les préconisations du protocole 2015 qui s'y appliquent en accord avec les termes d'entrée en vigueur du protocole 2018.

¹ Décision du 5 avril 2018, NOR : TREP1807992S

2. PRESENTATION DU PARC EOLIEN

2.1. Localisation

Voir les cartes n° 1 à 3

Le parc éolien dit de « Gouarem Menez » se situe en Bretagne sur la commune de Roudouallec à environ une trentaine de kilomètres au nord-est de Quimper, à 6 km au sud du canal de Nantes à Brest et à proximité de l'extrémité ouest de la chaîne des Montagnes Noires. Les 7 éoliennes sont implantées en milieu bocager avec des prairies et des cultures délimitées par des haies arbustives et des bosquets.



Photo 1 – Vue nord-est depuis la nacelle de l'éolienne E4 (C. Heitz, Ecosphère)



Photo 2 - Vue sud depuis la nacelle de l'éolienne E4 (C. Heitz, Ecosphère)

Plusieurs sites désignés pour leur intérêt écologique sont présents dans un rayon de 20 km du parc éolien :

- la **ZNIEFF type 2 (530030034) « Vallées de l'Aven et du Ster Goz »**, située à environ 5 km au sud-ouest du parc. L'Aven est un fleuve côtier (environ 35 km de longueur maximale et 308 km² de bassin versant) qui accueille 3 poissons migrateurs amphihalins d'intérêt patrimonial : le Saumon atlantique, l'Anguille et la Truite de mer. L'Aven accueille aussi la Loutre qui y apparaît désormais sédentaire après une présence jugée irrégulière dans les années 1980. Les boisements de coteaux, plus conséquents sur la partie aval de la vallée de l'Aven et sur le Ster Goz, sont pour plusieurs unités de hêtraies chênaies à houx et if bien caractérisées. Ces bois accueillent l'Escargot de Quimper, espèce protégée car endémique de Bretagne et de Galice. De même, la forêt de Coatloc'h offre un territoire vital pour plusieurs chauves-souris, en particulier l'Oreillard roux, le Murin de Natterer et le Murin de Bechstein, le bocage préservé en contact (secteur granitique de Scaër en contact avec l'Isole) offre un territoire de chasse pour le Grand rhinolophe ;
- la **ZNIEFF type 2 (530030036) « Rivière Isole, Tourbière du bassin amont et vallées boisées »**, située de 0,5 à plusieurs kilomètres. L'Isole est un cours d'eau salmonicole qui conflue avec l'Ellé dans la ville de Quimperlé, pour former la Laïta, partie estuarienne du fleuve côtier formé. Depuis sa source, elle s'écoule sur environ 48 km jusqu'à sa confluence avec l'Ellé. L'Isole héberge la Loutre qui y est sédentaire. Les zones tourbeuses hébergent une flore caractéristique, après une recolonisation récente du bassin versant (après les années 1990). La rivière et ses affluents montrent plusieurs stations de Fluteau nageant, espèce protégée et d'intérêt communautaire. Les berges encombrées d'hélophytes sont favorables au Campagnol amphibie. Les habitats forestiers héberge l'Escargot de Quimper. La vallée de l'Isole accueille aussi plusieurs oiseaux forestiers remarquables dont le Faucon hobereau, la Bondrée apivore, le Pic mar qui sont reproducteurs sur la vallée. L'Alouette lulu est reproductrice sur le site mais occupe plutôt la bordure du plateau (secteur de Pont Croac'h). Elle inclut la **ZNIEFF de type 1 (530015604) « Tourbière de Boudoubanal »** ;
- la **ZNIEFF de type 2 (530015608) « Bassin versant de l'Ellé »**, située à environ 1 km à l'est du parc, est remarquable pour sa flore riche, ses tourbières, et son peuplement piscicole (saumon). La loutre y est également présente ;
- la **ZNIEFF de type 1 (530006296) « Le Moustoir »**, située à environ 4 km au nord du parc. La tourbière du Moustoir est la tourbière des sources de l'Odet. La Fauvette pitchou est nicheuse et bien présente dans ces landes. Il n'y a plus d'habitat susceptible d'accueillir le Courlis cendré nicheur, signalé jusqu'en 1984 ;
- la **ZNIEFF de type 1 (530015670) « Menez an Duc – Castel Ruphel, Le Queidel, et landes de Cat-Quilvern à Lentegant »**, située à environ 4,5 km au nord, porte encore actuellement près de 100 hectares de lande mésophile d'un seul tenant et est encore un espace attractif pour l'accueil de nombreux rapaces estivants, hivernants ou de passage, en particulier le Busard cendré, et d'autres oiseaux d'intérêt communautaire. Certaines de ces populations isolées et inféodées aux landes trouvent jusqu'à présent dans le site les différents biotopes formant leur domaine vital. Le plan d'eau de la carrière désaffectée de Menez an Duc abrite également divers odonates (chassés par les rapaces pendant la période de reproduction) ;
- un **Espace Naturel Sensible de préemption** situé à environ 7 km au nord-est ;

- le site N2000 « Vallée de l'Aulne » (ZSC FR5300041), situé à environ 10-12 km au nord du parc. C'est un ensemble constitué par la rivière Aulne (habitat « rivière à renoncules - Annexe I) cours d'eau encaissé aux rives boisées, notamment par la chênaie-hêtraie atlantique ou occupée par des groupements prairiaux hygrophiles. Site d'intérêt majeur pour la reproduction et l'hivernage du Grand rhinolophe (annexe II) en France, l'espèce occupant des constructions et d'anciennes ardoisières réparties sur le linéaire fluvial ainsi que des constructions. La loutre (annexe II) reconquiert depuis 15 ans le cours principal de l'Aulne, à partir des têtes de bassins versants de ce fleuve. L'Aulne accueille par ailleurs la plus importante population reproductrice de saumon atlantique française (annexe II). L'Aulne, dans sa partie amont, regroupe 76 % des frayères du site ;
- le site N2000 « Complexe de l'Est des Montagnes Noires » (ZSC FR5300003), composé de plusieurs entre 5 et 20 km au nord du parc. C'est un complexe de landes, tourbières, boisements et affleurements rocheux de l'Est des Montagnes Noires, bénéficiant, à l'instar des Monts d'Arrée, d'un climat frais à pluviométrie relativement élevée (1100 mm/an). La Loutre d'Europe occupe ici la zone centrale du noyau principal en Centre-Bretagne ;
- le site N2000 « Rivière Ellé » (ZSC FR53000006), situé à environ 15 km au sud-est. C'est un ensemble fluvial de très grande qualité caractérisé par les groupements à renoncules (annexe I) et accueillant une importante population reproductrice de Saumons atlantiques (annexe II), ainsi qu'une population sédentaire et reproductrice de Loutre d'Europe (annexe II) sur l'ensemble du bassin en amont de Quimperlé. Les bas-marais des têtes de bassin-versant, en particulier les marais de Plouray, sont remarquables par leur étendue, la diversité phytocénotique, et la composition du cortège floristique et faunistique associés: bas-marais, landes mésophiles (annexe I) et landes humides tourbeuses à sphaignes (habitat prioritaire), notamment, avec plusieurs stations de la Sphaigne de la Pylaie, espèce présente uniquement en Bretagne et en Espagne pour l'Europe. L'étang de Priziac, zone humide complexe, accueille en particulier une des rares stations françaises de la Lobélie de Dortmann (protection nationale), espèce inféodée aux étangs oligotrophes à eaux claires (annexe I) à fond sableux, se découvrant à l'étiage, et à ce titre indicatrice de la qualité du milieu.

2.2. Situation vis-à-vis du Schéma Régional de Cohérence Écologique

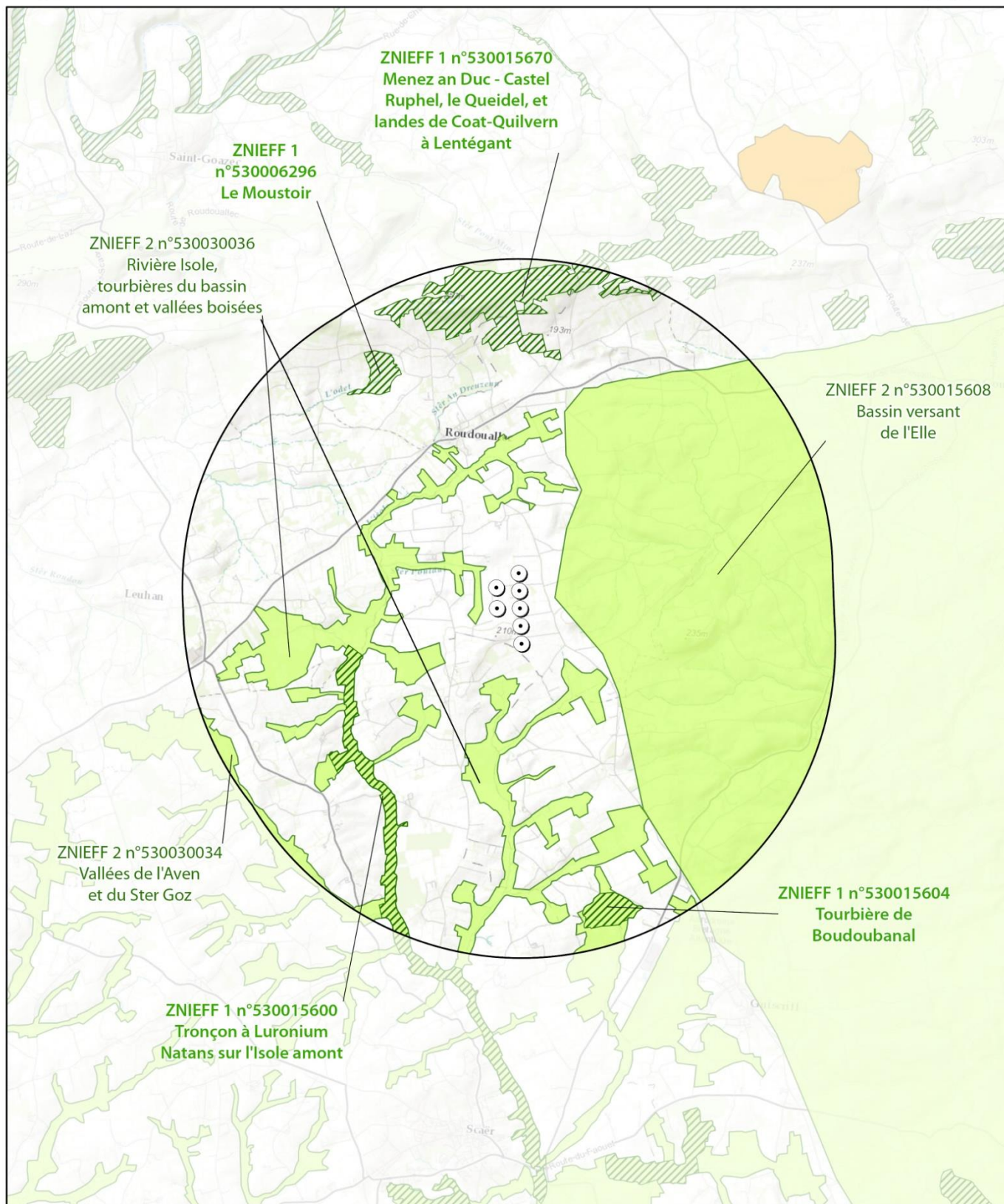
Voir carte n°4

Le parc éolien est situé au sein d'un réservoir de biodiversité largement étendu du SRCE de la Bretagne² (GIP Bretagne Environnement, juillet 2015), et en plein milieu d'un territoire à corridors multidirectionnels.

Un grand corridor linéaire de connexion faible contourne le parc par l'ouest et le nord. Enfin, plusieurs cours d'eau (trame bleue) traversent la zone tampon de 5 km autour du parc.

² Source : <http://www.tvb-bretagne.fr/consultation> (consulté en décembre 2018).





Zonages d'inventaire et de protection



Eoliennes



Rayon de 5 km



Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique de type 1 (ZNIEFF 1)



Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique de type 2 (ZNIEFF 2)



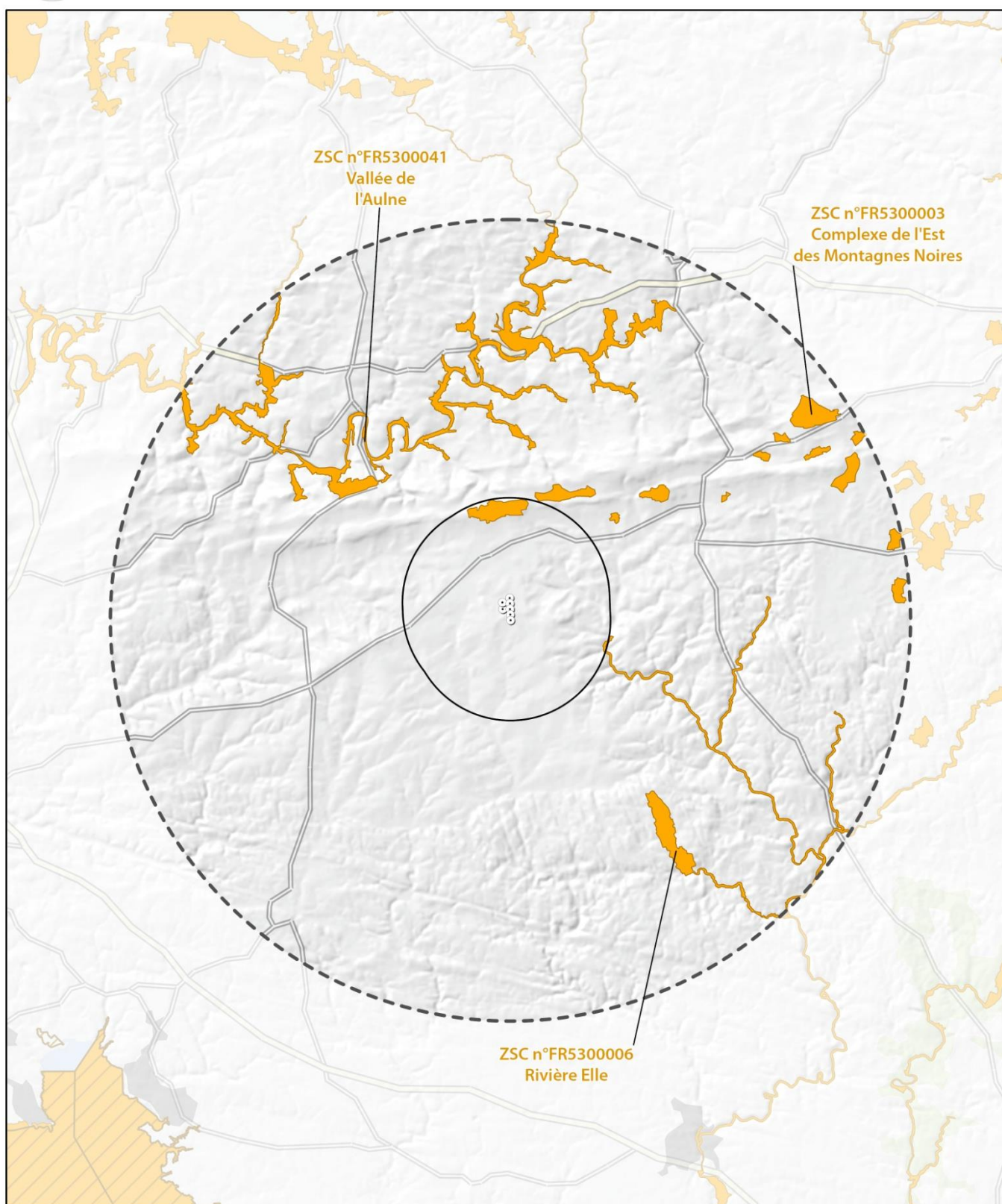
Espaces Naturels Sensibles (Zone de préemption)




N

0 1 2 Km

Écosphère, Eoliennes de Suroit SNC, 2018

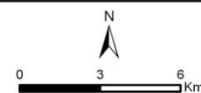
Source : Fond Topographique ESRI®



-  Eoliennes
-  Rayon de 5 km
-  Rayon de 20 km

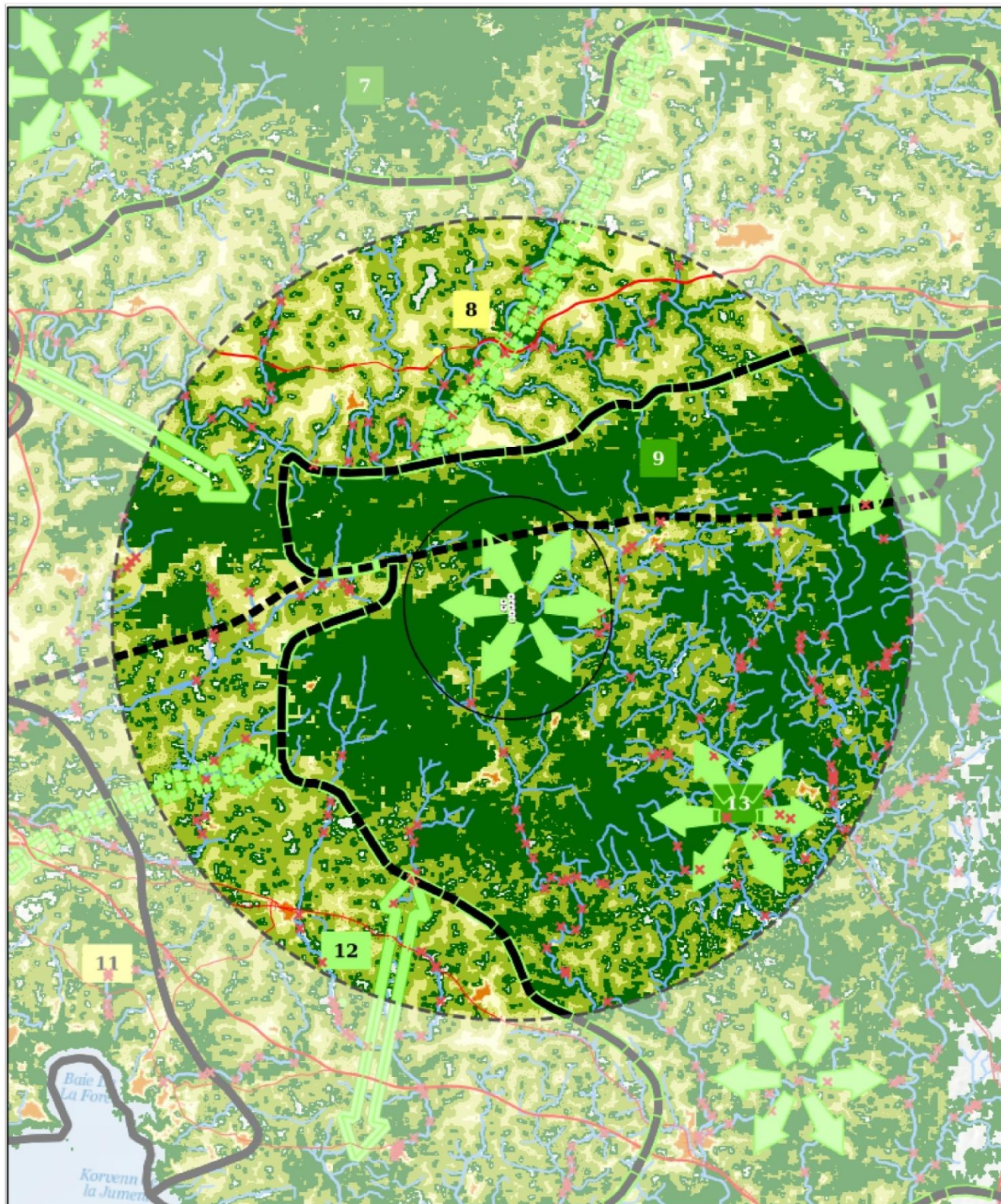
Sites Natura 2000

-  Zone de Protection Spéciale (ZPS - Directive Oiseaux)
-  Zone Spéciale de Conservation (ZSC - Directive Habitats)



Écosphère, Eoliennes de Suroit SNC, 2018

Source : Fond Topographique ESRI ©



2.3. Caractéristiques générales du parc éolien

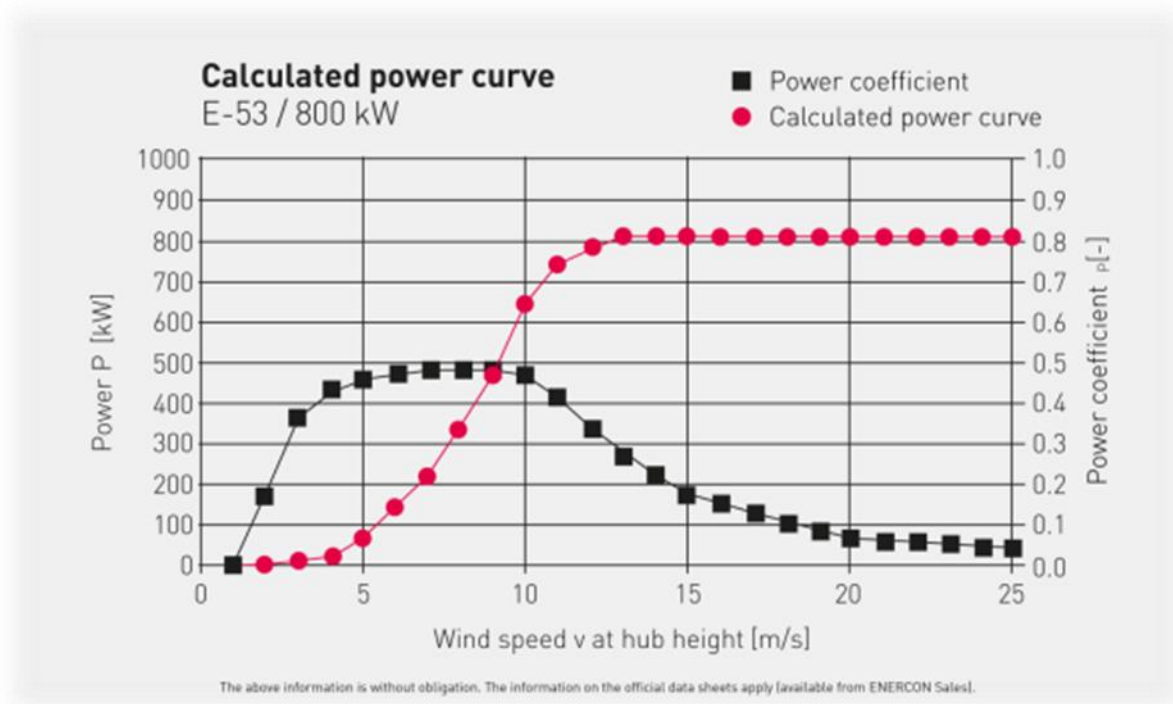
Tableau 1 - Caractéristiques du parc de «Gouarem Menez»

Date de mise en service	2008
Modèle	Enercon E-53/800
Nombre d'éoliennes	7
Exploitant	Éoliennes de Suroit SNC
Puissance cumulée	4,8 MW

2.4. Caractéristiques techniques des éoliennes en service

Tableau 2 - Caractéristiques des éoliennes

Hauteur du moyeu	65 m
Diamètre du rotor	53 m
Garde au sol	38,5 m
Zone de balayage du rotor	2 198 m ²
Puissance nominale	800 kW
Vitesse de connexion (cut-in wind speed)	3 m/s
Vitesse max d'arrêt (10 min en moyenne)	25 m/s
Vitesse de rotation maximale	29,5 tours/minute
Vitesse de rotation minimale	11 tours/minute



3. METHODES DE TRAVAIL

3.1. Points d'écoute et transects au sol

Se référer aux cartes « Points d'écoute des chiroptères » regroupant l'ensemble des résultats.

La technique employée est fondée sur l'enregistrement des ultrasons émis par les chauves-souris en vol. Les enregistrements ont **tous été effectués dans des conditions météorologiques satisfaisantes** et par conséquent favorables à la chasse des chauves-souris (vent faible, absence de précipitations, température > 9 °C la nuit).

Le tableau suivant reprend les conditions météorologiques à chaque date de visite :

Tableau 3 - Conditions météorologiques constatées lors des prospections

Période	Date de passage	Conditions
Transit printanier	19 avril 2018	ciel dégagé ; vent faible ; temp : 19-15°C
	22 mai 2018	ciel dégagé ; vent faible ; temp : 15°C
Estivage	27 juin 2018	ciel dégagé ; vent faible ; temp : 21-19°C
	24 juillet 2018	ciel dégagé ; vent nul ; temp : 20,5-19°C
Transit automnal	28 août 2018	ciel voilé; averses intermittentes ; temp : 19-16°C
	3 octobre 2018	ciel dégagé ; vent faible ; temp : 16-14°C

Afin de pouvoir couvrir l'ensemble des **points d'écoute fixes d'une nuit par passage**, les inventaires ont été menés en utilisant des détecteurs automatiques posés au sol : les SM2 et SM4bat de Wildlife Acoustics™.



SM4BAT de Wildlife Acoustics™



SM2BAT de Wildlife Acoustics™

Le traitement des fichiers sonores a été réalisé sous les logiciels Analook™ et Batsound™ pour l'identification des espèces ou des groupes d'espèces de chauves-souris enregistrées.

Il est important de rappeler que l'utilisation du détecteur d'ultrasons offre des résultats qui sont à relativiser en fonction des distances de détectabilité et des milieux dans lesquels évoluent les différentes espèces concernées. Par exemple, les probabilités de détection d'une Noctule commune, dont les émissions ultrasonores portent à plus de 100 mètres en milieu ouvert, sont bien plus élevées que celles d'un Petit Rhinolophe, dont les émissions ultrasonores sont audibles à 5 mètres maximum. De même, un Murin de Natterer pourra être détecté à environ 20 mètres en milieu ouvert, alors qu'il ne pourra l'être qu'à moins de 5 m en milieu fermé (feuillage). Enfin, il faut savoir que les chiroptères et tout particulièrement les murins font varier la nature et la structure de leurs émissions ultrasonores en fonction de la distance par rapport aux obstacles et que, dans certains cas, ils adoptent des signaux très semblables, rendant impossible toute discrimination spécifique.

Ainsi, des **associations d'espèces** ont pu être constituées lorsque l'analyse des signaux n'a pu déboucher sur une identification spécifique :

- « **Sérotule** » pour la Sérotine commune et les Noctules commune et de Leisler : ces trois espèces émettent des émissions sonores régulièrement similaires entre 20 et 30 kHz et sont, par conséquent, difficiles à discriminer. La Noctule commune a pu être identifiée uniquement lorsque la séquence de signaux enregistrés présentait au moins une émission en « quasi-fréquence constante³ » (QFC) dont la fréquence terminale était inférieure à 20,5 kHz. Les séquences de cris émises entre 22 et 30 kHz et présentant une alternance de cris en QFC avec une fréquence du maximum d'énergie > 21 kHz et en « fréquence modulée aplanie⁴ » (FMA) avec une amorce explosive ont été attribuées à la Noctule de Leisler. Pour certains cas, le terme « **Noctule indéterminée** » a été employé à cause d'un trop grand chevauchement des mesures. Quant à la Sérotine commune, sa présence est envisagée lorsque les séquences présentent les caractéristiques suivantes : émissions entre 22 et 30 kHz, irrégularité temporelle des signaux de type FMA, amorce progressive et absence de QFC. En dehors de ces cas, la « Sérotule » a été annoncée ;
- « **Pipistrelle de Kuhl/Nathusius** » et « **Pipistrelle commune/de Nathusius** », associée aux Pipistrelles commune, de Kuhl et de Nathusius, correspondent aux individus émettant des cris en fréquence modulée compris entre 35 et 44 kHz. Seules les séquences présentant des cris sociaux (servant à discriminer les pipistrelles) et/ou des signaux de type QFC dont la fréquence terminale était comprise entre 38,5 kHz et 41 kHz (cas de la Pipistrelle de Nathusius) ont généralement permis une distinction des trois espèces. Les signaux QFC compris entre 39 et 41 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 était possible avec des signaux appartenant à la Pipistrelle commune. Quelques signaux de ce type ont été identifiés à partir des enregistrements obtenus sur les points d'écoute fixes. La présence de la Pipistrelle de Nathusius a donc pu être confirmée ;
- « **Murin indéterminé** » pour l'ensemble des espèces de murins présentes dans la région : Murins à moustaches, de Brandt, d'Alcathoé, de Daubenton, de Natterer, à oreilles échancrées, de Bechstein, Grand Murin. Selon l'environnement dans lequel elles se trouvent et selon leur comportement, une grande majorité des signaux présentent des types acoustiques relativement similaires. Les signaux sont souvent émis avec des fréquences maximales d'énergie comprises entre 20 et 80 kHz ne permettant pas de les différencier. De plus, les enregistrements obtenus avec les détecteurs Anabat

³ Quasi fréquence constante (QFC) : qualifie un signal de chauve-souris dont la différence entre la fréquence du début et de la fin est inférieure à 5 kHz. Ce type de cri a généralement une durée comprise entre 8 et 25 millisecondes.

⁴ Fréquence modulée aplanie (FMA) : qualifie un signal de chauve-souris dont la différence entre la fréquence du début et de la fin est supérieure à 5 kHz et qui présente un aplanissement en fin de signal (se rapprochant ainsi de la QFC). Ce type de cri a généralement une durée comprise entre 0,1 et 8 millisecondes.

SD1 ne sont pas de suffisamment bonne définition pour effectuer les mesures nécessaires à la discrimination de ces espèces ;

- « **Oreillard indéterminé** » pour la majorité des contacts d'oreillard. En effet, comme pour les murins, les signaux doivent avoir une assez bonne définition afin d'effectuer une mesure fine des sonogrammes (non biaisée par l'éloignement de la chauve-souris, etc...). De plus, de nombreux chevauchements de mesures existent et rendent impossible la détermination à l'espèce.

On ajoutera enfin que **l'identification des chauves-souris par l'acoustique est encore en développement**. Les méthodes de détermination sont récentes et reposent pour certains groupes (les murins en particulier) sur des probabilités. Une des méthodes les plus robustes en Europe a été définie par Michel Barataud et repose partiellement sur des éléments subtils liés à l'écoute. Une typologie des types de signaux acoustiques a été produite mais les limites atteintes par chaque espèce font encore l'objet de découvertes régulières, qui remettent parfois en question la méthodologie d'identification. Les méthodes d'identification automatique en sont quant à elles à leurs balbutiements et leur fiabilité est faible (risques d'erreurs non négligeables). Elles n'ont pas été utilisées dans le cadre de cette étude.

Les incertitudes méthodologiques décrites ci-dessus génèrent la limite suivante : **une petite partie des signaux enregistrés ne permet pas d'aboutir à une identification précise des espèces**. Leurs déterminations proposées doivent pour certaines être considérées comme probables plutôt que certaines et relèvent des connaissances du moment.

Malgré ces limites cette étude permet de bien comprendre les modalités d'utilisation du site par ces espèces, qualifier la diversité du peuplement chiroptérologique.

Les résultats exprimés en nombre de contacts par nuit par espèce sont alors évalués en fonction du **référentiel national d'activité de VIGIE CHIRO 2017** (protocole « point fixe », le protocole « routier » étant différent des transects réalisés dans le cadre de ce suivi)⁵.

- Si vous mesurez une activité supérieure à la valeur **Q98%**, c'est que vous avez obtenu une activité **très forte**, particulièrement notable pour l'espèce
- Si vous mesurez une activité supérieure à la valeur **Q75%**, c'est que vous avez obtenu une activité **forte**, révélant l'intérêt de la zone pour l'espèce
- Si vous mesurez une activité supérieure à la valeur **Q25%**, c'est que vous avez obtenu une activité **modérée**, donc dans la norme nationale
- Si vous mesurez une activité inférieure à la valeur **Q25%**, vous pouvez considérer l'activité comme **faible** pour l'espèce

Espèce	Protocole Routier			Protocole Pédestre			Protocole Point Fixe		
	Q25%	Q75%	Q98%	Q25%	Q75%	Q98%	Q25%	Q75%	Q98%
<i>Barbastella barbastellus</i>	1	2	7	1	7	10	1	15	406
<i>Eptesicus serotinus</i>	1	7	18	1	4	22	2	9	69
<i>Hypsugo savii</i>	3	13	23				3	14	65
<i>Miniopterus schreibersii</i>							2	6	26
<i>Myotis bechsteinii</i>							1	4	9
<i>Myotis daubentonii</i>	1	3	11	2	10	92	1	6	264
<i>Myotis emarginatus</i>							1	3	33
<i>Myotis blythii/myotis</i>							1	2	3
<i>Myotis mystacinus</i>							2	6	100
<i>Myotis cf. nattereri</i>	1	2	4	1	5	8	1	4	77
<i>Nyctalus leisleri</i>	2	7	18	2	7	42	2	14	185
<i>Nyctalus noctula</i>	2	7	18	1	8	25	3	11	174
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	2	9	33	3	20	71	17	191	1182
<i>Pipistrellus nathusii</i>	1	10	36	1	4	44	2	13	45
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	35	95	163	13	59	119	24	236	1400
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	2	30	40	1	4	26	10	153	999
<i>Plecotus sp.</i>	1	2	9	1	5	7	1	8	64
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>							1	3	6
<i>Rhinolophus hipposideros</i>							1	5	57
<i>Tadarida teniotis</i>							3	6	85

⁵ <http://www.vigienature.fr/fr/chauges-souris>

3.2. Suivi acoustique en nacelle

En parallèle du suivi des suivis de fréquentation au sol, un suivi d'activité automatisé en altitude a été mené sur la période d'activité des chauves-souris afin d'identifier les paramètres météorologiques et phénologiques favorables à une plus forte activité chiroptérologique sur le site. Le suivi acoustique continu depuis la nacelle d'une éolienne est la méthode la plus appropriée pour évaluer les risques de mortalité par collision car elle permet d'enregistrer l'activité à hauteur de pales, soit la zone à risque véritable pour les chauves-souris.



Photo 3 – Éolienne E4 qui a été équipée avec un Batmode S+ (C. Heitz, Ecosphère)

Du 18 avril au 30 novembre 2018, l'éolienne E4 a été équipée avec un **Batmode S+ de Bioacoustics technology GmbH™**. Cet appareil a enregistré les ultrasons au format WAV non compressé avec le micro de haute qualité « Ultrasound gate » d'Avisoft Bioacoustics™ et permet la connexion et le contrôle à distance de plusieurs manières (accès via internet, réseau mobile, Wifi). Les données recueillies ont ainsi permis d'apprécier le peuplement chiroptérologique présent sur le site sur plus de 7 mois consécutifs.

Ce détecteur-enregistreur automatique permet de capter dans toute la bande d'émission des chauves-souris. Dès qu'un ultrason est détecté, il est automatiquement enregistré. **Les sonagrammes sont ensuite analysés par des experts à l'aide de logiciels de mesures de paramètres (AnalogW 4 ou Batsound 4), et non avec des systèmes d'identification automatique car ces derniers peuvent facilement induire en erreur malgré des avancées récentes pour certaines espèces⁶.** En effet, ils ont souvent des problèmes de discrimination des signaux de chauves-souris par rapport aux bruits et des banques sons de référence incomplètes, et donc manquent de précision dans la détermination des espèces et avec des risques d'erreurs importants. En outre, AnalogW 4 permet de quantifier l'activité des chauves-souris en un point donné.

⁶ http://www.chiropteres-champagne-ardenne.org/images/documents/article_BF_analyse%20sons.pdf ; www.plume-de-naturalistes.fr/wp-content/uploads/2018/11/08_JAY_10-2018_Identification-chiropteres-SonoChiro_Plume2_99-118.pdf



Partie arrière de la nacelle de l'Enercon™ : BATmode S+ installé dans un caisson avec un onduleur qui assure son alimentation continue.
Le micro est branché sur un support disque orienté vers le sol au niveau de la coque près du moyeu (C. Heitz, Ecosphère).

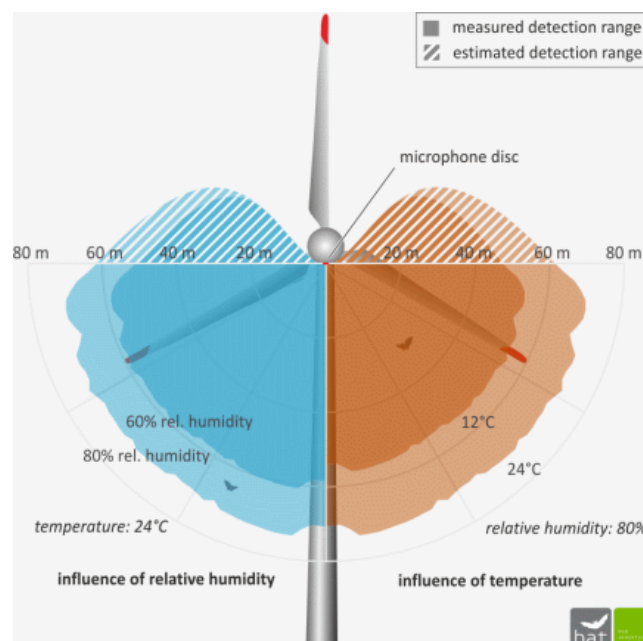


Figure 1 – Schéma présentant les volumes de détection du micro « Ultrasoundgate » d'Avisoft Bioacoustics™ selon les conditions de température et d'humidité. Les couleurs foncées correspondent à la détection d'espèces émettant dans les 40 kHz (pipistrelles), tandis que les couleurs plus claires correspondent à la détection d'espèces émettant dans les 20 kHz (noctules, sérotines).

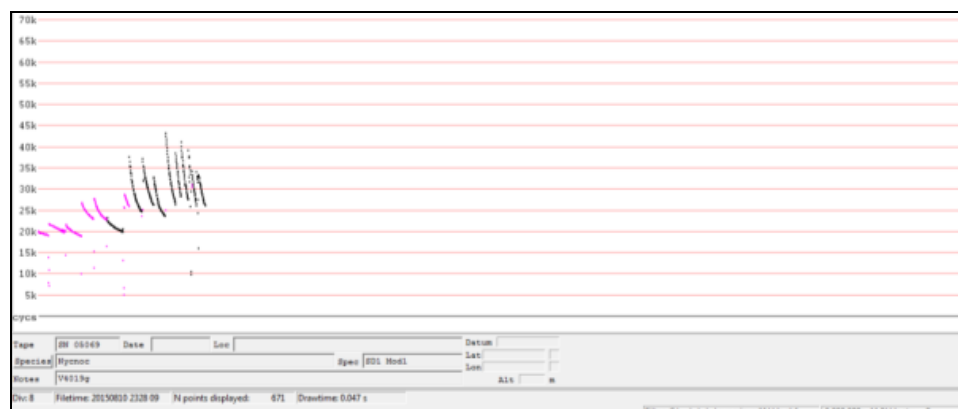


Figure 2 - Séquence caractéristique sans bruits parasites de Noctule commune sous le logiciel Analook 4™

Simultanément aux enregistrements ultrasonores, les équipements intégrés de l'éolienne ont permis d'enregistrer les données météorologiques à hauteur de nacelle, telles que les vitesses de vent et la température. Celles-ci ont été utilisées dans les analyses de corrélation avec les activités afin de déterminer des paramètres de bridage visant à protéger les chauves-souris volant dans la zone de rotation des pales (100 m de diamètre).

Les résultats en nombre de contacts par nuit sont ensuite évalués en fonction du **référentiel des suivis d'activité sur nacelle d'Ecosphère**. Il est constitué d'une compilation de résultats recueillis sur 554 nuits et 14 éoliennes réparties sur 6 parcs différents dans la moitié nord de la France (2014-17).

3.3. Méthode d'évaluation des espèces fréquentant le parc

3.3.1. Évaluation de l'enjeu de conservation des espèces

Un enjeu de conservation est attribué à partir des listes rouges régionales, nationales et européennes⁷ sur la base du tableau suivant.

Liste Rouge IUCN	Niveau d'enjeu de conservation
CR (En danger critique)	Très fort
EN (En danger)	Fort
VU (Vulnérable)	Assez fort
NT (Quasi-menacé)	Moyen
LC (Préoccupation mineure)	Faible
DD (insuffisamment documenté), NE (Non évalué)	« dire d'expert » si possible

Pour les espèces présentes en période de reproduction, la liste rouge utilisée est la liste rouge régionale (des ajustements sont par ailleurs ponctuellement réalisés sur la base du niveau de rareté régional).

Pour les espèces migratrices de chauves-souris, l'enjeu est estimé sur la base de la liste rouge nationale uniquement (2017), la liste rouge européenne étant plus ancienne (2007). Les espèces à enjeu ou sensibles à l'éolien sont considérées comme telles, qu'elles soient protégées ou non (sachant que toutes les espèces de chauves-souris sont protégées au niveau national).

⁷ Protocole national, 2015, p 5 : « Le protocole national en vigueur à ce jour stipule que l'enjeu de conservation s'appuie sur les Listes Rouges préparées sur la base des principes édictés par l'UICN. La liste rouge est utilisée et complétée, au besoin, par une liste rouge régionale, si celle-ci existe. ». Par extrapolation, la Liste Rouge Européenne est également prise en compte pour l'analyse. Le protocole actualisé en 2018 ne revient quant à lui pas sur ces notions.

3.3.2. Évaluation de la sensibilité générale des espèces à l'éolien

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 sources de données sont celles d'Eurobats et celles de l'allemand Tobias Dürr du « Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg » qui compilent et publient régulièrement tous les rapports de mortalité par collision éolienne lui parvenant à l'échelle européenne (total cumulé depuis le début des suivis de mortalité en 2003). **La dernière mise à jour est de juin 2018 pour Eurobats et décembre 2017 pour T. Dürr.** 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 **9 489 cadavres de chiroptères recensés dans toute l'Europe.**

Le principe est le suivant : **plus les cas de mortalité sont nombreux, plus les espèces concernées sont dites sensibles au risque de collision avec les éoliennes.** 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.** Les niveaux obtenus sont présentés dans l'encadré suivant.

Ainsi pour exemple, la Noctule commune en période de migration, qui est considérée comme ayant un enjeu de conservation assez fort car « vulnérable » selon la liste rouge nationale (2017) et avec une sensibilité forte aux collisions, se voit donc attribuée un niveau de vulnérabilité assez fort actuellement.

Définition de la sensibilité générale à l'éolien chez les chiroptères

Les classes de sensibilité sont indiquées dans le *Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens (2015)*. 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 2017 et Eurobats juin 2018).

Tableau 4 - Évaluation de la sensibilité générale des chauves-souris aux risques de collision

Espèce	Données de mortalité constatée (nb cadavres Europe/France – 2018)				Pourcentage (total Europe 9 489 cadavres)	Sensibilité
	0-15	15-200	200-1000	> 1000		
Noctule commune				1 434/82	15,1 %	Forte
Noctule de Leisler			638/92		6,2 %	Assez forte
Sérotine commune		106/26			1,1 %	Moyenne
Grand Murin	7/3				< 0,1 %	Faible à négligeable
Minioptère de Schreibers	9/5				< 0,1 %	
Murin de Daubenton	9/0				< 0,1 %	
Murin de Bechstein	1/1				< 0,1 %	
Murin de Brandt	2/0				< 0,1 %	
Murin à oreilles échancrées	3/2				< 0,1 %	
Murin à moustaches	4/1				< 0,1 %	
Murin de Natterer	1/0				< 0,1 %	
Pipistrelle commune				2 055/734	21,7 %	Forte
Pipistrelle de Nathusius				1 439/198	15,2 %	Forte
Pipistrelle pygmée			348/171		3,7 %	Assez forte
(P. commune / pygmée)			480/36		5,1 %	-
Pipistrelle de Kuhl			406/189		4,3 %	Assez forte
(Pipistrelle sp.)			559/199		5,9 %	-
Barbastelle d'Europe	5/3				< 0,1 %	Faible à négligeable
Oreillard gris	7/0				< 0,1 %	
Oreillard roux	7/0				< 0,1 %	
Grand Rhinolophe	2/0				< 0,1 %	

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

3.3.3. Évaluation de la vulnérabilité à l'éolien

La vulnérabilité correspond à la résultante du croisement entre l'enjeu de conservation et la sensibilité connue grâce aux données de mortalité recensées lors des suivis post-implantation des éoliennes partout en Europe.

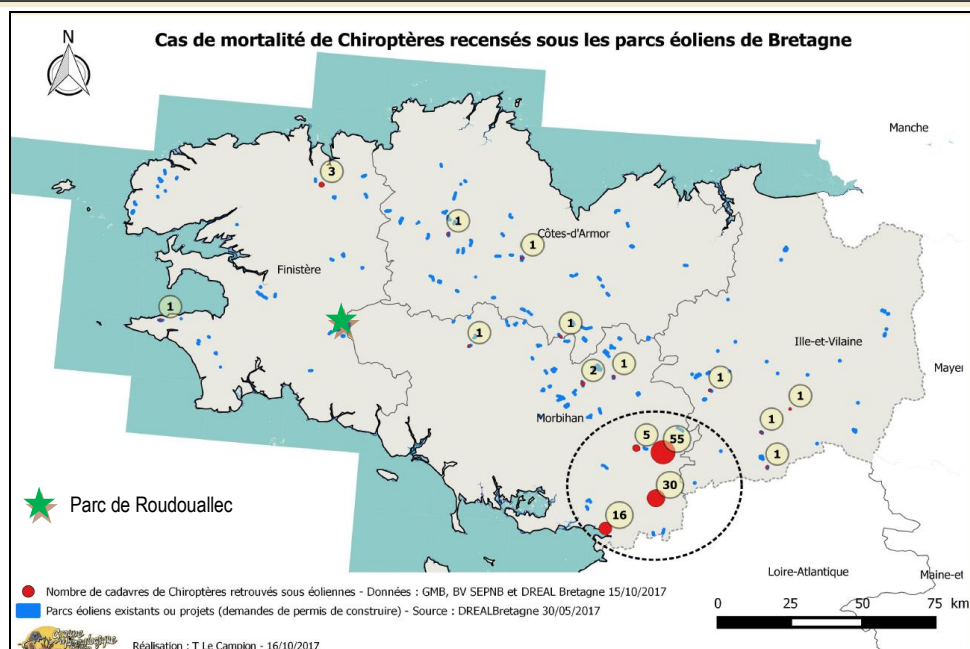
VULNERABILITE Enjeu de conservation d'une espèce	Sensibilité générale d'une espèce à la collision avec les éoliennes			
	Forte	Assez forte	Moyen	Faible
Très fort	Très forte	Forte	Assez forte	Moyenne
Fort	Forte	Assez forte	Moyenne	Faible
Assez fort	Assez forte	Moyenne	Moyenne	Faible
Moyen	Moyenne	Moyenne	Faible	Négligeable
Faible	Faible	Faible	Négligeable	Négligeable

3.3.4. Mortalité causée par l'éolien en Bretagne

Sans être exhaustif, un premier bilan de la mortalité des chiroptères causée par des éoliennes a été réalisé en 2017 par le Groupe Mammalogique Breton détaillé dans le tableau et la carte ci-dessous.

Tableau 5 – Données de mortalité des chiroptères en Bretagne causée par l'éolien
(extrait d'un poster présenté au colloque éolien et biodiversité à Bordeaux en novembre 2017)

Espèces	Nom scientifique	Suivis ICPE	Veille associative	Total cadavres	Parcs concernés
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	31	33	64	14
Pipistrelle non identifiée	<i>Pipistrellus sp</i>	7	14	21	7
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	7	8	15	4
Chiroptère non identifié	<i>Chiroptera sp</i>	3	7	10	4
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	5	2	7	1
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	1	2	3	2
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	0	2	2	1
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	0	1	1	1
Vespertilion bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	0	1	1	1
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	1	0	1	1
Myotis sp	<i>Myotis sp</i>	1	0	1	1
Total	9 espèces	56	70	126	19 parcs



3.4. Méthode de définition des impacts et des mesures de réduction adaptées au parc

La **vulnérabilité des espèces présentes**, les **activités enregistrées à hauteur de nacelle** et le **nombre de cadavres recensés sur le parc** permettent, *in fine*, d'aboutir à une **évaluation contextualisée des risques d'impacts** et la **définition de mesures de réduction** (arrêt programmé des éoliennes en périodes sensibles, modification de l'assolement...). L'arrêt programmé des machines (ou bridage) des éoliennes est la principale mesure de réduction de l'impact de collision des chauves-souris (et indirectement les oiseaux volant/migrant de nuit). **Ce bridage doit être proportionné au niveau d'impact constaté** (nombre de cadavres et vulnérabilité des espèces concernées) **et à la fréquentation du parc** (nombre de contacts enregistrés en altitude et vulnérabilité des espèces contactées). Il est défini principalement en fonction des périodes d'activité des espèces vulnérables (mois de l'année, heures de la nuit, vitesse du vent, température...).

4. RESULTATS

4.1. Points d'écoute et transects au sol

4.1.1. Résultats globaux de la fréquentation du parc par les chiroptères

L'ensemble des contacts enregistrés par tous les points d'écoute nuit entière au printemps, en été et à l'automne sont présentés dans le tableau suivant. Sur les 21 espèces connues présentes en Bretagne⁸, au moins 13 espèces différentes ont été recensées sur le parc.

Tableau 6 – Résultats globaux des points d'écoute par période et par espèce

Période	Printemps	Été	Automne	TOTAL
Dates	19.04.18 et 22.05.18	27.06.18 et 24.07.18	28.08.18 et 03.10.18	
Matériel	8 points nuits entières + 2 transects routiers	8 points nuits entières + 2 transects routiers	8 points nuits entières + 2 transects routiers	
Temps d'écoute total	27 h	21 h	29 h	
Pipistrelle commune	1 933	2 484	1 608	6 025
Pipistrelle de Kuhl	56	265	142	463
Pipistrelles de Kuhl/Nathusius	98	40	18	156
Pipistrelle de Nathusius		21	4	25
Pipistrelle commune/Nathusius	2	41	5	46
Noctule de Leisler	7	17	4	28
Sérotules	7	12	21	40
Sérotine commune	10	46	43	99
Murin de Daubenton	1	1	10	12
Murin à oreilles échancrées	1	1	1	3
Murin à moustaches	3		5	8
Murin de Natterer			1	1
Grand murin			1	1
Murin indéterminé	3	7	23	33
Barbastelle	11		60	71
Oreillard gris	4	2	2	8
Oreillard indéterminé		12	6	18
Grand rhinolophe	1	7	2	10
Nombre minimal d'espèces	10	11	15	
Nombre total de contacts	2 137	2 956	1 956	7 047

⁸ Source : <http://gmb.bzh/carte-des-mammiferes-de-bretagne/#chiropteres> (visité le 15 janvier 2019)

Pour une durée d'échantillonnage voisine (27 h et 29 h respectivement), les deux passages au printemps cumulent une quantité de contacts d'environ d'un peu plus de 2 000 contre un peu moins pour les deux passages à l'automne ; alors que les deux passages d'été atteignent presque les 3 000 contacts (voir graphique ci-dessous pour le détail).

Dans les trois cas, la Pipistrelle commune domine très largement les activités (80 à 90 %), suivie dans une bien moindre mesure par la Pipistrelle de Kuhl et de Nathusius (celle-ci est confirmée en été à l'automne) avec quelques centaines de contacts. Viennent après la Noctule de Leisler et la Sérotine commune avec quelques dizaines de contacts. Comme la Barbastelle, les murins sont surtout contactés à l'automne (par dizaines) alors qu'ils ne le sont qu'à l'unité au printemps et en été. Enfin, les oreillards et le Grand rhinolophe sont globalement très peu détectés car à la fois peu présents et plus discrets (ultrasons détectés à 5-10 m seulement).

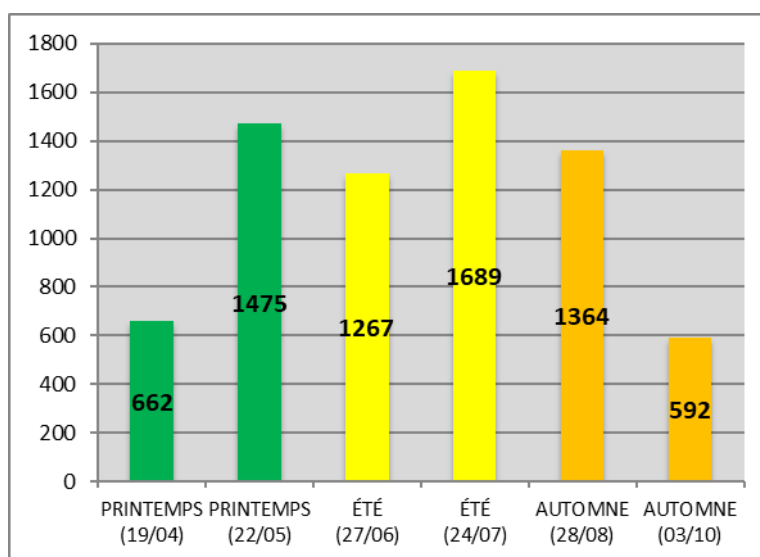


Figure 3 – Nombre de contacts par date de passage

Concernant la diversité spécifique, le nombre minimal d'espèces est proche de 10 au printemps et en été alors qu'il augmente jusqu'à au moins 15 à l'automne (voir graphique ci-dessous pour le détail).

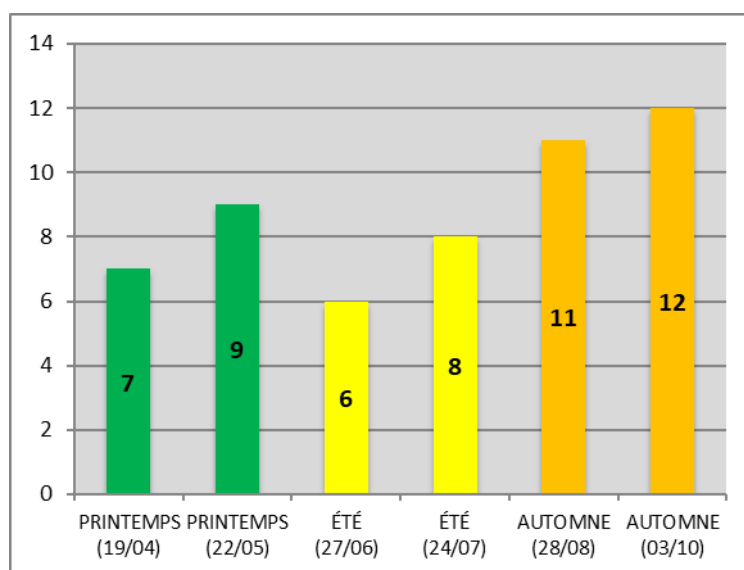


Figure 4 – Nombre minimal d'espèces contactées par date de passage

4.1.2. Analyse par saison

Voir l'annexe pour les informations détaillées de chaque passage et les résultats associés.

Les résultats sont colorés en fonction du référentiel national d'activité 2017 de VIGIE CHIRO pour les points fixes exprimés en contacts par nuit (plus c'est foncé, plus l'activité est importante)⁹.

Au printemps, les activités ont été généralement faibles à moyennes sauf pour la Pipistrelle qui domine avec 90,5 % des contacts, et dans une bien moindre mesure les Pipistrelles de Kuhl/Nathusius (davantage la Kuhl a priori) qui totalisent plus d'une centaine de contacts. Les noctules et sérotines ont surtout été contactées lors des transects aux abords du parc éolien.

Pour un total de 27 heures d'enregistrement, les murins ne cumulent pas plus de 8 contacts ; la Barbastelle en compte que 11, et seulement 4 pour l'oreillard gris, lesquels étaient surtout enregistrés la nuit du 22 mai (P6).

Un seul contact de Grand rhinolophe a été enregistré sur le point P3 (espèce classée « en danger » sur la liste rouge régionale de Bretagne), mais qui n'est pas directement impactée par les éoliennes (vol bas).

Tableau 7 – Résultats des passages du printemps

plus la couleur de la case est foncée, plus l'activité (contacts/nuit) est remarquable selon le référentiel de VIGIE CHIRO 2017

PRINTEMPS		Pipistrelle commune	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelles de Kuhl/Nathusius	Pipistrelle commune/Nathusius	Noctule de Leisler	Sérotules	Sérotine commune	Murin de Daubenton	Murin à oreilles échancrées	Murin à moustaches	Murin indéterminé	Barbastelle	Oreillard gris	Grand rhinolophe	Total général
22/05/18	P1_9113	40	1													41
19/04/18	P2_15258	186	2	3	1						1		3			195
19/04/18	P3_9113	196	7	5	1						1				1	210
19/04/18	P4_9133	12	3													15
22/05/18	P5_9133	484	6	18								1				509
22/05/18	P6_15885	489	10	19					1		1	1	6	3		530
22/05/18	P7_15268	113	5	22		1		2		1		1		1		146
19/04/18	P_T1	196	19	11		6	6	1					1			240
22/05/18	P_T2	217	3	20			1	7					1			249
Total contacts / sp PRINTEMPS		1933	56	98	2	7	7	10	1	1	3	3	11	4	1	2135

⁹ <http://www.vigienature.fr/fr/chauves-souris>

En été, on compte 460 contacts de plus qu'au printemps qui correspondent des pipistrelles Kuhl/Nathusius et des sérotules. Des contacts de Pipistrelle de Nathusius ont été identifiés catégoriquement à l'unité sur presque tous les points sauf E5 et E8 ; E2 étant le point comptabilisant le plus grand nombre de leurs contacts. Ce dernier a enregistré un record de 835 contacts dont 783 de Pipistrelle commune.

Pour un total de 21 heures d'enregistrement, la Sérotine commune, et dans une moindre mesure la Noctule de Leisler, sont davantage contactées sur plusieurs points qu'au printemps. Par contre, les oreillards qui volent bas en général sont très peu contactés sauf sur E6 avec 10 contacts. Enfin, le Grand rhinolophe atteint une activité significative sur E7 avec 4 contacts.

Tableau 8 - Résultats des passages d'été
plus la couleur de la case est foncée, plus l'activité (contacts/nuit) est remarquable selon le référentiel de VIGIE CHIRO 2017

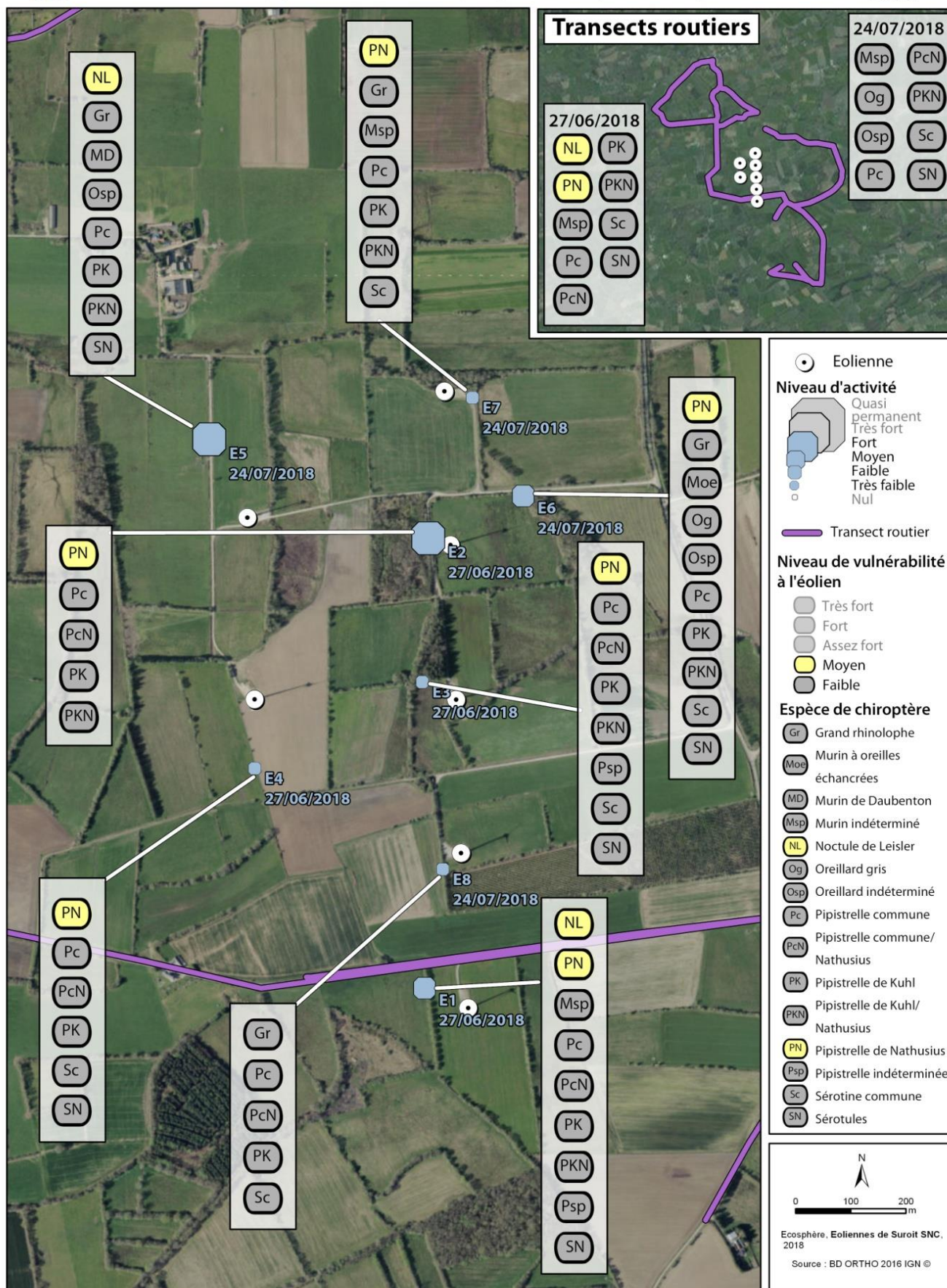
ÉTÉ		Pipistrelle commune	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelles de Kuhl/Nathusius	Pipistrelle de Nathusius	Pipistrelle commune/Nathusius	Noctule de Leisler	Sérotules	Sérotine commune	Murin de Daubenton	Murin à oreilles échancrées	Murin indéterminé	Oreillard gris	Oreillard indéterminé	Grand rhinolophe	Total général
27/06/18	E1_15885	296	1	6	2	21	3		1			1				331
27/06/18	E2_9133	170	152	1	10	3										336
27/06/18	E3_9113	148	17	2	4	6		1	1							179
27/06/18	E4_15268	119	8		1	6		1	4							139
24/07/18	E5_15268	783	35	7			3	4		1				1	1	835
24/07/18	E6_15885	175	10	6	1			1	21		1		1	10	1	227
24/07/18	E7_9133	86	19	2	1				1			2			4	115
24/07/18	E8_9113	139	6			1			4						1	151
27/06/18	E_T3	235	17	5	2	3	11	4	3			2				282
24/07/18	E_T4	333		11		1		1	11			2	1	1		361
Total contacts / sp ÉTÉ		2484	265	40	21	41	17	12	46	1	1	7	2	12	7	2595

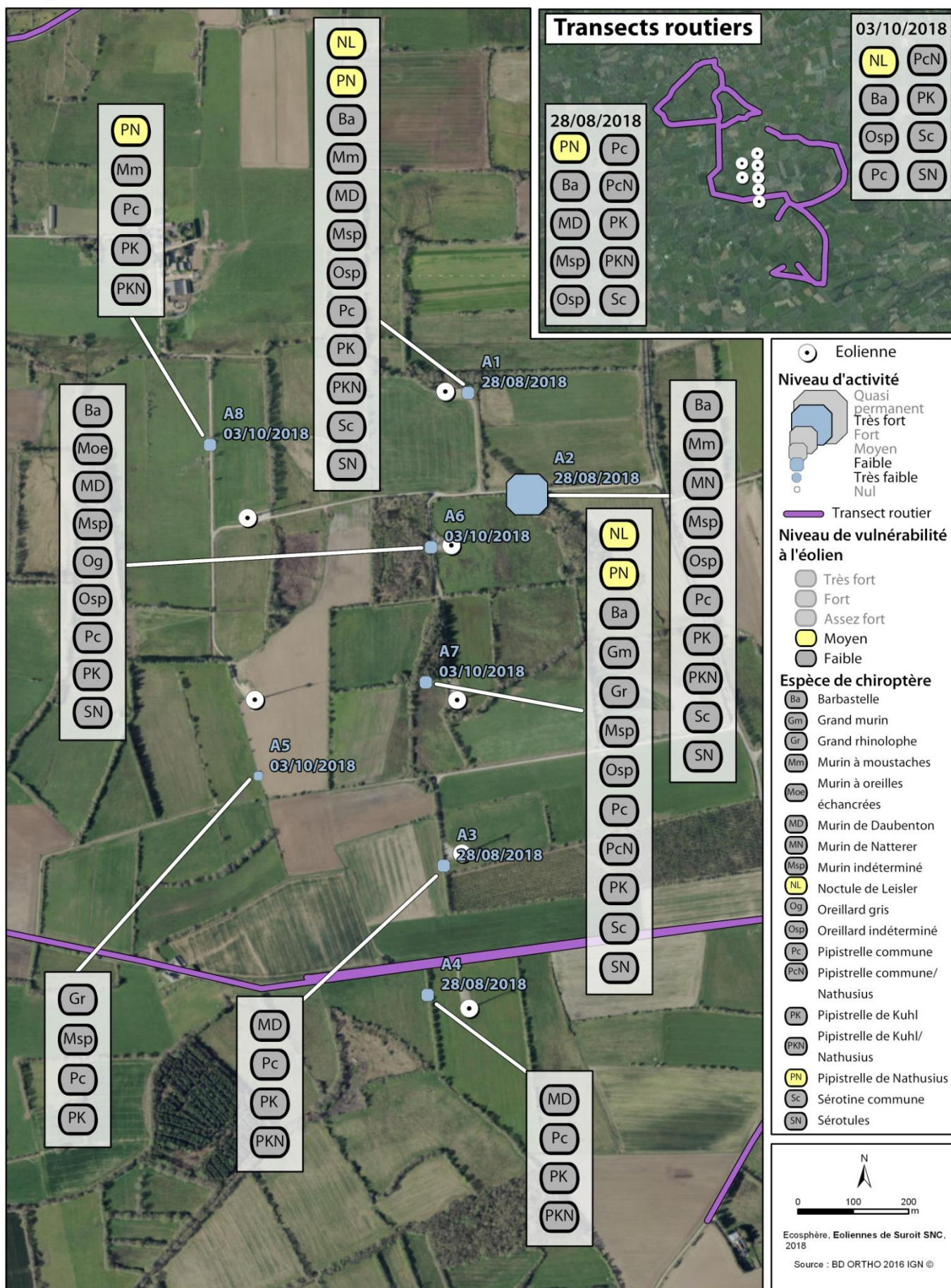
A l'automne, les contacts sont globalement moindres qu'en été et au printemps mis à part pour la Barbastelle (60 au total dont 35 sur A7 et 19 sur A1) et les murins (41 au total). Les activités sont faibles pour tous les points d'écoute, sauf A2 qui enregistre une activité forte avec un total de 675 contacts dont une trentaine de contacts de Sérotine commune. Quelques contacts de Pipistrelle de Nathusius identifiés catégoriquement ont été encore enregistrés sur A1, A7 et A8. Enfin, il y a eu très peu de contacts de Noctule de Leisler, d'oreillards et seulement deux de Grand rhinolophe.

Tableau 9 - Résultats des passages d'automne

plus la couleur de la case est foncée, plus l'activité (contacts/nuits) est remarquable selon le référentiel de VIGIE CHIRO 2017

AUTOMNE		Pipistrelle commune	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelles de Kuhl/Nathusius	Pipistrelle de Nathusius	Pipistrelle commune/Nathusius	Noctule de Leisler	Sérotules	Sérotine commune	Murin de Daubenton	Murin à oreilles échancrées	Murin à moustaches	Murin de Natterer	Grand murin	Murin indéterminé	Barbastelle	Oreillard gris	Oreillard indéterminé	Grand rhinolophe	Total général
28/08	A1_15268	104	23	1	1		1	1	3	2		1			3	19		1		160
28/08	A2_15885	591	21	8				8	32			3	1		9	1		1		675
28/08	A3_9133	54	5	1						2										62
28/08	A4_9113	87	10	2						1										100
03/10	A5_9113	6	10												1				1	18
03/10	A6_15885	67	3					2		4	1				1	1	2	1		82
03/10	A7_15268	81	8		1	2	1	2	4					1	8	35		1	1	145
03/10	A8_9133	13	29	3	1							1								47
28/08	A_T5	342	12	3	1	1			2	1					1	3		1		367
03/10	A_T6	263	21			2	2	8	2							1		1		300
Total contacts / sp AUTOMNE		1608	142	18	4	5	4	21	43	10	1	5	1	1	23	60	2	6	2	1956





4.1.3. Comparaison avec l'étude chiroptérologique réalisée par le Groupe Mammalogique Breton (2004)

Dans le cadre de l'étude d'impact du projet de parc de Roudouallec réalisée en 2004 par le GMB, les données suivantes ont pu être recueillies :

- les colonies de Grands rhinolophes, espèce rare et menacée, de Trévarez et de St Goazec peuvent potentiellement chasser sur le site d'implantation des éoliennes (rayon d'action des animaux maximum de 10 km).
- Durant les 3 soirées d'écoute (2 en juin et 1 en août 2004), 36 contacts ont été enregistrés : 10 d'animaux en transit et 26 d'animaux en chasse. Deux espèces ont été clairement identifiées : la Pipistrelle commune et la Sérotine commune. Des murins fréquentaient aussi le site, mais il n'a pas été possible d'identifier l'espèce avec certitude. Il est probable qu'une quatrième espèce ait été contactée, l'Oreillard. Le Grand rhinolophe n'a pas été observé sur la zone.

Le GMB a conclu qu'au regard des résultats obtenus le site était assez pauvrement peuplé avec seulement trois espèces, dont deux communes. Par contre, en terme quantitatif, **la zone était activement prospectée par les chiroptères** (6 contacts par heure). Les contacts ont eu lieu durant toute la nuit, ce qui confirmait l'intérêt de la zone pour ces chauves-souris. Les chauves-souris sont présentes sur toute la zone d'étude, mais évitent les zones d'agriculture intensive.

A contrario, et grâce à une pression d'inventaire nettement supérieure, **les résultats de ce suivi de fréquentation ont confirmé une activité chiroptérologique assez élevée et diversifiée, notamment en été et à l'automne.** Le Grand rhinolophe a bien fréquenté le site en 2018, même si avec peu de contacts ; ainsi que la Sérotine commune, la Barbastelle, l'Oreillard gris et diverses espèces de murins. Il n'y a donc a priori pas d'effet de répulsion du parc éolien pour ces espèces de bas vol gîtant à cette période dans les bâtiments et les arbres creux des abords.

4.2. Suivi acoustique en nacelle

4.2.1. Description des activités enregistrées

4.2.1.1. Bilan par mois et par espèce

Le tableau suivant compile les totaux de contacts par mois pour chaque espèce ou groupe d'espèces. L'activité globale augmente progressivement mois après mois pour atteindre un premier pic en juillet, puis redescend un peu en août et septembre pour remonter fortement à nouveau en octobre. Novembre et avril sont les mois qui comptent le moins de contacts.

La Pipistrelle commune domine la plupart du temps l'activité avec un total de 867 contacts (64,2 %), excepté en juillet où la Noctule de Leisler arrive en nombre (153 contacts) et en août où elle est toujours présente mais en moindre mesure (58 contacts) ; alors que la Pipistrelle a fortement diminuée (38 contacts). Les contacts du groupe des « Sérotules » peuvent aussi bien appartenir à la Sérotine commune qu'à la Noctule de Leisler, car la première a souvent été contactée au sol en août et septembre.

De la même façon, la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle de Nathusius ne sont pas toujours catégoriquement identifiables du fait de leurs signaux proches en gamme de fréquence. Seule une partie d'entre eux ont permis de confirmer la présence des deux sur plusieurs mois avec une fréquentation de l'ordre de dizaines de contacts par mois, surtout de juillet à octobre.

Enfin, seulement quelques contacts d'Oreillard roux ou gris et à l'unité pour la Barbastelle d'Europe ont été enregistrés en octobre et juillet respectivement. Ces deux espèces sont considérées comme discrètes et très peu souvent détectées par les suivis en nacelle selon notre expérience ; laquelle reste néanmoins limitée pour le bocage breton. Toutefois, les lignes directrices de la SFEPM (2016, d'après EUROBATS 2015) ont bien évalué une sensibilité faible pour les oreillards et moyenne pour la Barbastelle.

Tableau 10 – Bilan mensuel des contacts enregistrés depuis la nacelle

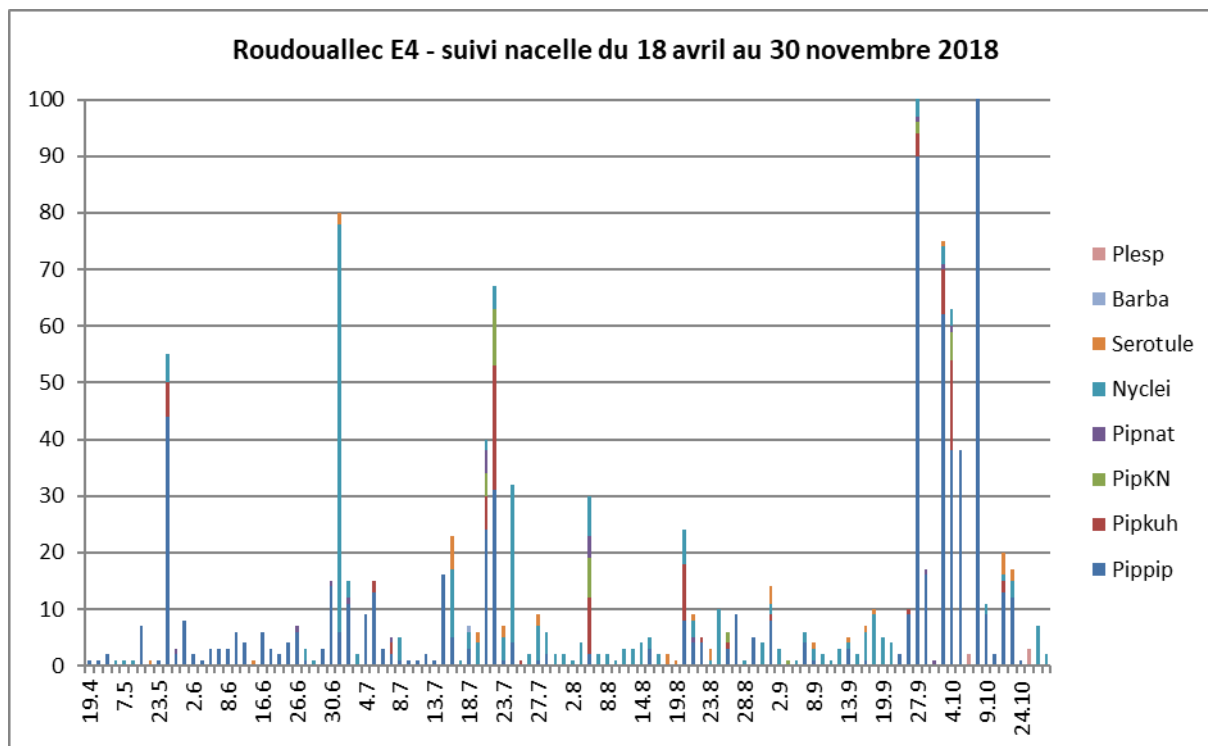
E4	Pipistrelle commune	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelles de Kuhl/Nathusius	Pipistrelle de Nathusius	Noctule de Leisler *	Noctule indéterminée*	Sérotule*	Barbastelle	Oreillards	Total
avril°	4									4
mai	62	6		1	8	1	1			79
juin	61			2	3		1			67
juillet	137	33	14	6	153		14	1		358
août	38	22	9	5	58		6			138
septembre	134	6	3	3	47		12			205
octobre	431	26	5	4	12	1	7		5	491
novembre*					9					9
Total	867	93	31	21	290	2	41	1	5	1351

° suivi opérationnel du 18 au 30 avril ;

* les 7, 8, 9 et 30 novembre, des mauvaises valeurs de calibration du micro (différence > 6 dBFS) ont été relevées

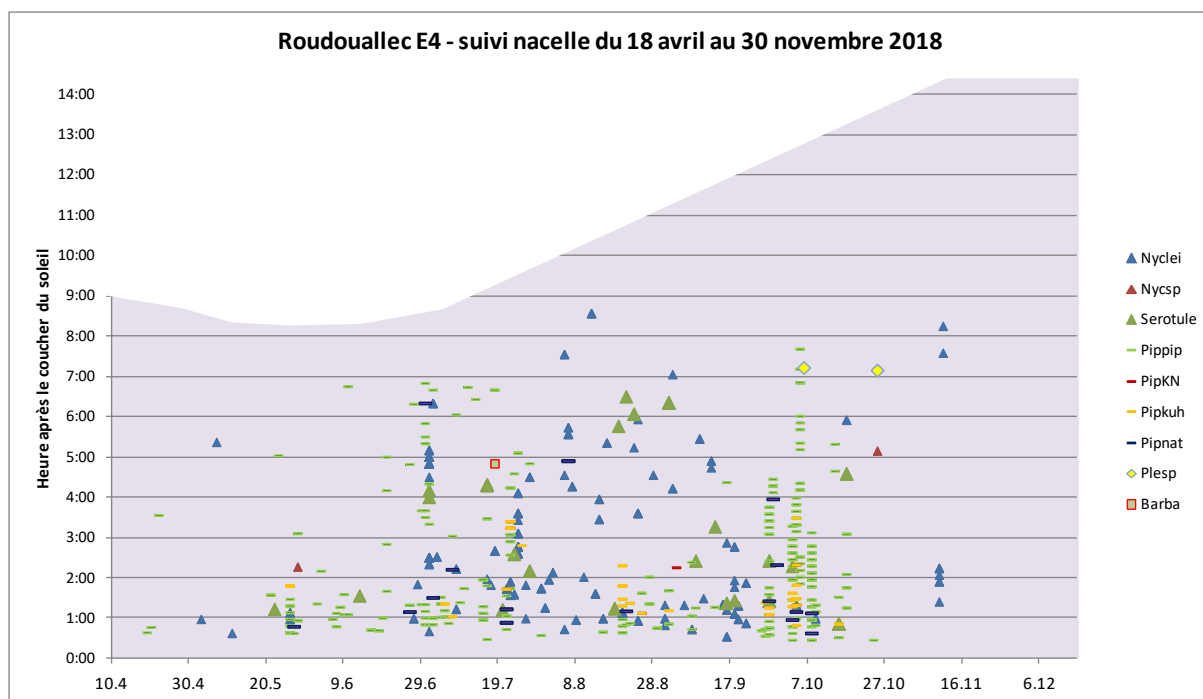
4.2.1.2. Chronologie de l'activité

Le graphique suivant présente la chronologie quotidienne du suivi. La plupart des nuits, moins de 5 à 10 contacts ont été enregistrés. Des pics à plus de 50 contacts ont été observés très ponctuellement fin mai et fin juin. A partir de la mi-juillet, d'autres pics d'au moins 20 contacts deviennent un peu plus réguliers jusqu'en août. Fin septembre et début octobre, des pics bien plus élevés sont enregistrés sur plusieurs nuits consécutives, pour rechuter ensuite jusqu'à la fin du suivi.



4.2.1.3. Distribution des contacts de chaque espèce selon la date et l'heure

Le graphique ci-dessous présente la distribution de tous les contacts en fonction de l'heure après le coucher du soleil. Globalement, peu de contacts ont été enregistrés après la 7ème heure, à l'exception notable de deux contacts d'oreillard en octobre et de quelques contacts de Noctule de Leisler à plusieurs dates. Jusqu'à la mi-juin, les contacts sont souvent enregistrés durant les trois premières heures de la nuit. Ensuite, ils sont beaucoup plus étalés dans la nuit jusqu'à la mi-octobre.



4.2.2. Synthèse et évaluation des activités

4.2.2.1. Indicateurs de la fréquentation

Les tableaux suivants synthétisent l'ensemble de ces résultats à l'aide de plusieurs indicateurs :

- le nombre de nuits où le suivi a été opérationnel ;
- la moyenne par nuit des contacts (toutes espèces confondues) sur toutes les nuits suivies ;
- la moyenne par nuit des contacts des espèces dites migratrices* sur toutes les nuits suivies ;
- le nombre de nuits avec au moins 1 contact enregistré (nuit positive) ;
- le nombre de nuits avec des totaux de contacts supérieurs ou égaux à 20 par nuit (pic) ;
- le nombre maximal de contacts (toutes espèces confondues) par nuit ;
- un estimateur du nombre d'individus calculé à partir du nombre cumulé de contacts consécutifs d'une même espèce ayant un intervalle de plus d' 1 heure entre eux¹⁰.

Pour un nombre de nuits quasi équivalent chaque mois (hormis pour avril), les moyennes « toutes espèces » sont nettement plus élevées en juillet et en octobre que pour les autres mois, alors que les moyennes « espèces migratrices » ne le sont qu'en juillet. En octobre, il y a eu seulement 9 nuits avec des contacts alors que l'on compte 5 pics à plus de 20 contacts comme en juillet et avec un maximum par nuit de 271 ; ceux-ci sont surtout dus à la Pipistrelle commune qui a été très active sur quelques nuits consécutives (cf. graphique précédent).

¹⁰ Il est supposé que plus l'intervalle de temps entre deux contacts consécutifs d'une même espèce est grand (au moins 60 min), plus la probabilité qu'ils appartiennent à deux individus différents de la même espèce est élevée.

Néanmoins, les estimateurs d'individus sont autour de la quinzaine aussi bien en juillet, août et septembre ; soit les trois mois avec les plus grands nombres de nuits avec des contacts (≥ 20 nuits) et les moyennes « espèces migratrices » les plus élevées (2,1 à 5,6 contacts / nuit).

Tableau 11 – Bilan statistique du suivi en nacelle

E4	Nuits	Moyenne par nuit	Moyenne espèces* par nuit	Nuits avec au moins 1 contact	Nuits avec plus de 20 contacts	Nombre max par nuit	Nombre de contacts consécutifs à plus d'1 h d'intervalle
avril	12	0,3	0,0	3	0	2	2
mai	31	2,5	0,4	9	1	55	7
juin	30	2,2	0,2	17	0	15	9
juillet	31	11,5	5,6	25	5	80	19
août	31	4,5	2,2	24	2	30	14
septembre	30	6,8	2,1	20	1	107	13
octobre	31	15,8	0,8	9	5	271	8
novembre	30	0,3	0,3	2	0	7	3

4.2.2.2. Évaluation par comparaison avec des moyennes mensuelles (contacts par nuit) issues d'autres suivis en nacelle

Depuis quelques années, Ecosphère a réalisé plusieurs suivis acoustiques en nacelle similaires à celui-ci (micro orienté vers le bas de la zone de rotation des pales) dans **la moitié nord de la France**. Les résultats se basant simplement sur **la moyenne mensuelle des contacts par nuit de l'activité globale** (toutes espèces) sont synthétisés dans le tableau suivant (le minimum correspond à la plus petite moyenne mensuelle, et le maximum à la plus grande).

Les moyennes mensuelles de ce suivi **inférieures à 2 contacts par nuit**, obtenues pour les mois d'**avril et novembre**, correspondent à des résultats souvent rencontrés en plaine agricole intensive sans et avec boisements à proximité ; c'est donc une **activité de fond** considérée comme relativement commune.

Les moyennes mensuelles de ce suivi comprises **approximativement entre 2 et 5 contacts par nuit**, obtenues pour les mois de mai et juin, sont donc considérées comme des activités significatives (au-dessus de l'activité de fond) mais restant **moyennes**.

Les moyennes mensuelles de ce suivi comprises **approximativement entre 5 et 10 contacts par nuit**, obtenues pour les mois d'**août et septembre**, sont donc considérées comme des activités **supérieures à la moyenne, et donc assez importantes**.

Les moyennes mensuelles de ce suivi comprises **supérieures à approximativement 10 contacts par nuit**, obtenues pour les mois de **juillet et octobre**, sont donc considérées comme des activités **importantes**, sans être néanmoins exceptionnelles (supérieures à 15, voire 20 contacts par nuit).

Tableau 12 – Compilation de résultats obtenus pour des suivis chiroptérologiques en nacelle

Lieu	Habitats	Hauteur de nacelle	Matériel	Période	Résultats (moyennes mensuelles de contacts/nuits de toutes espèces)	Auteur
France (28)	Plaine agricole intensive à proximité de boisements	87 m (Enercon E66/2000)	SM4bat	08/08 au 26/09	Min 8,2 à Max 24,8 Moyenne de 17,6	Écosphère, 2017
France (28)	Plaine agricole intensive à proximité de boisements	87 m (Enercon E66/2000)	SM4bat	08/08 au 10/11	Min 1,8 à Max 13,4 Moyenne de 7	Écosphère, 2017
France (18)	Plaine agricole intensive à proximité de boisements	100 m (Nordex 100)	Anabat SD1	15/07 au 15/10	Min 1,5 à Max 3,6 Moyenne de 2,2	Ecosphère, 2016
France (36)	Plaine agricole intensive à proximité de boisements	100 m (Nordex 100)	Anabat SD1	15/07 au 15/10	Min 1,5 à Max 3,4 Moyenne de 2,3	Ecosphère, 2016
France (36)	Plaine agricole intensive	70 m (Gamesa 90)	Anabat SD1	04/07 au 31/10	Min 0,2 à Max 1,3 Moyenne de 0,7	Écosphère, 2017
France (36)	Plaine agricole intensive	70 m (Gamesa 90)	Anabat SD1	04/07 au 31/10	Min 0,1 à Max 3,3 Moyenne de 1,2	Écosphère, 2017
France (36)	Plaine agricole intensive	70 m (Gamesa 90)	Anabat SD1	04/07 au 31/10	Min 0 à Max 2,2 Moyenne de 0,8	Écosphère, 2017
France (36)	Plaine agricole intensive	90 m (Alsthom Eco 100) micro posé sur le toit	Anabat SD1	06/08 au 10/10	Min 0,27 à Max 2,3 Moyenne de 0,87	Écosphère, 2015
France (21)	Forêt de feuillus	80 m (Vestas V100)	Batmode S	17/05 au 30/11	Min 1 à Max 22,3 Moyenne de 7,3	Écosphère, 2017
France (21)	Forêt de feuillus	80 m (Vestas V100)	Batmode S	17/05 au 30/11	Min 1,1 à Max 5,3 Moyenne de 7,3	Écosphère, 2017
France (21)	Forêt de feuillus	80 m (Vestas V100)	SM2bat	12/05 au 30/11	Min 1,9 à Max 4,3 Moyenne de 1,6	Écosphère, 2017
France (21)	Forêt de feuillus	80 m (Vestas V100)	SM2bat	12/05 au 30/11	Min 0,7 à Max 5,2 Moyenne de 2,0	Écosphère, 2017
France (68)	Forêt de pins	90 m (Vestas V90)	Batmode S	27/07 au 28/10	Moyenne de 33,9	Écosphère, 2017
France (68)	Forêt de pins	90 m (Vestas V90)	Batmode S	27/07 au 02/09	Moyenne de 67,1	Écosphère, 2017
France (25)	Forestier	90 m (Vestas 90)	Anabat SD1	07/08 au 04/11	Moyenne de 7 Min 1,36 à Max 11,5	Écosphère, 2014

Plus spécifique à la Bretagne, des suivis tri-annuels de la migration des chiroptères ont été réalisés par le Groupe Mammalogique Breton de 2014 à 2016 sur cinq sites distincts répartis sur la région. Ils ont utilisé différents points surélevés (clocher d'église, tour sur rocher, sémaphore, sommet d'un arbre) pour cibler les vols au-dessus de 30 m environ.

Leurs résultats sont présentés dans le graphique ci-dessous en nombre moyen de « minutes positives » (quel que soit le nombre de contacts sur 60 secondes d'une espèce donnée, 1 seule occurrence est comptabilisée). Sans être directement comparable aux contacts (5 secondes maximum), les résultats sont assez proches pour ce qui concerne les activités de transit où les chauves-souris ne font que survoler la zone détection du micro.

Hormis le cas de la Pipistrelle commune qui est la plus populeuse de toute l'espèce quels que soit les milieux (individus sédentaires probables), les résultats pour la Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Nathusius (grandes migratrices) sont généralement inférieures à 10 min/nuite sauf à Vannes et Cancale, soit en situation littorale, et à Redon aux abords des marais de la Vilaine (zone humide), où ils atteignent environ 20 min/nuite.

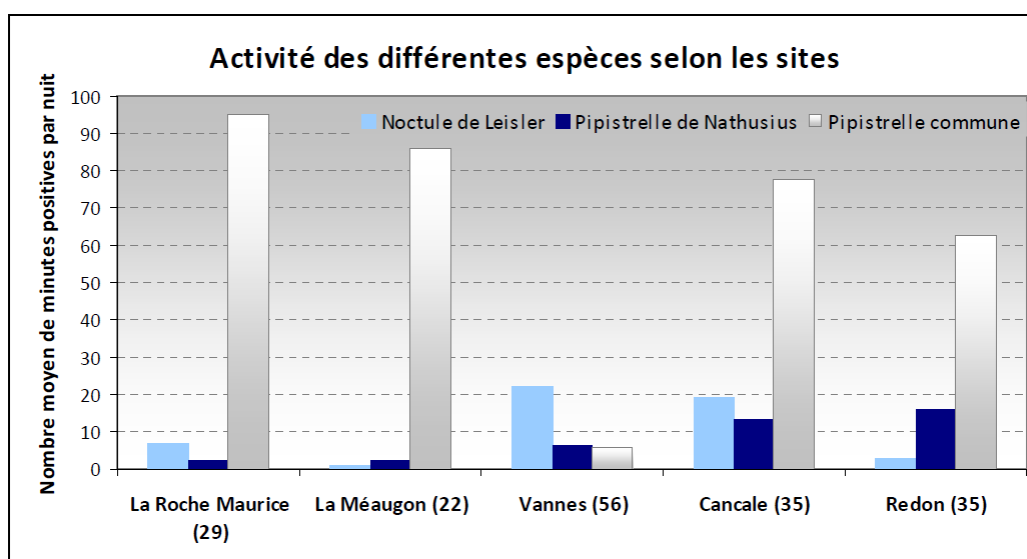


Figure 6 – Résultats de suivis acoustiques tri-annuels réalisés par le Groupe Mammalogique Breton de 2014 à 2016

La moyenne arithmétique est donc un indicateur statistique simple avec une bonne robustesse si l'échantillonnage est conséquent (le cas ici), malgré des différences selon le type d'appareil utilisé (capacité de détection des micros selon leur gain et qualité). Cependant, elle a tendance à lisser grandement les valeurs du fait qu'il y ait souvent une majorité de nuits sans aucun contact enregistré et au contraire quelques-unes avec beaucoup de contacts (grande variance).

4.2.2.3. Évaluation par comparaison avec un référentiel d'activité (compilation des résultats en contacts par nuit) issus d'autres suivis en nacelle

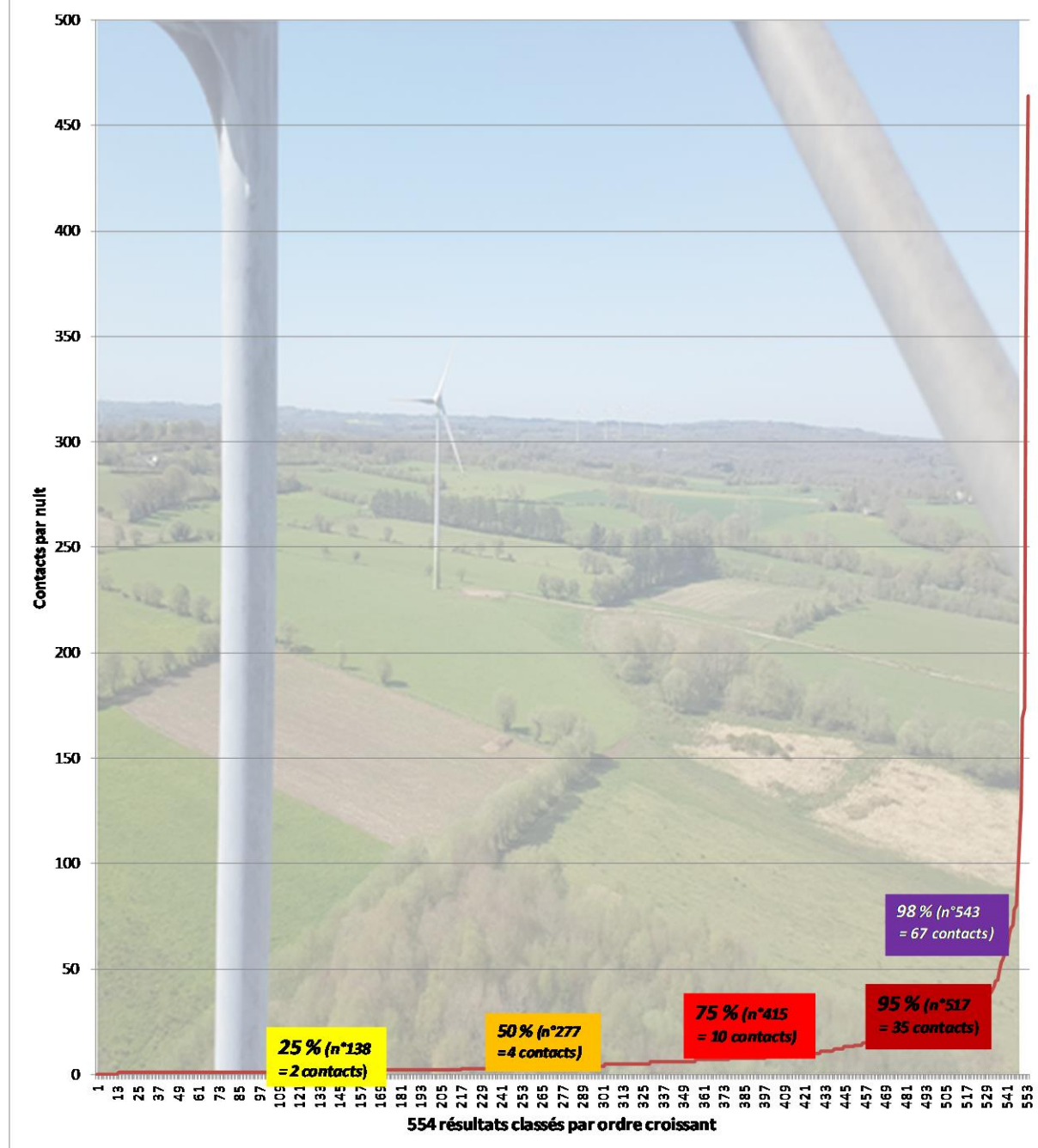
Une approche basée sur l'agrégation de nombreux résultats, issus de nombreux suivis d'une grande région, permet d'établir des classes statistiques délimitées par des seuils que sont les quantiles des données (valeurs qui divisent un jeu de données en intervalles).

Le graphique ci-après présente les données du référentiel d'Ecosphère (554 nombres de contacts par nuit recueillis de 2014 à 2017 sur 14 suivis différents) classés en ordre croissant, et les valeurs correspondant aux quantiles 25 %, 50 % (= médiane), 75 %, 95 % et 98 %. Ils permettent ainsi de décomposer les résultats en 6 classes distinctes : 1 à 25 % ; 25 à 50 % ; 50 à 75 % ; 75 % à 95 % ; 95 à 98 % ; et 98 à 100 %.

La même logique peut alors être appliquée par espèce, ce qui a l'avantage de prendre en compte de manière empirique, a contrario de théorique, les différences de détectabilité et de comportement de vol de chacune.

Référentiel d'activité pour les suivis en nacelle dans la moitié nord de la France 2014-17 (contacts /nuit)					
Espèce	Q25	Q50	Q75	Q95	Q98
TOUTES ESPECES	2	4	10	35	67
Noctule commune	1	2	5	19	32
Pipistrelle de Kuhl	1	2	6	26	36
Pipistrelle de Nathusius	2	3	4	15	33
Pipistrelles de Kuhl/Nathusius	1	2	5	13	43
Pipistrelle commune	1	3	7	43	69
Sérotules	1	3	7	24	36

Référentiel d'activité issu de 14 suivis nacelle réparties sur 6 parcs éoliens dans le nord de la France (Ecosphère, 2014-17)



A partir de ce référentiel, le tableau ci-dessous présente **les résultats par espèce (nombre de contacts par nuit) sur toute la période du suivi**. Les trois espèces qui ont le plus grand nombre de résultats avec des activités assez rare à très rare¹¹ sont d'abord la Pipistrelle commune, vient ensuite la Noctule de Leisler, puis les Pipistrelles de Kuhl et Nathusius.

Tableau 13 - Évaluation des résultats par espèce sur l'ensemble du suivi en fonction du référentiel d'activité des suivis nacelles dans la moitié nord de la France (Ecosphère, 2014-2017)
entre parenthèses est indiquée la classe des quantiles correspondante
valeurs issues d'une compilation de 554 résultats recueillis sur 14 éoliennes réparties sur 6 parcs différents

Espèce	activité très commune (Q1-25)	activité commune (Q25-50)	activité assez commune (Q50-75)	activité assez rare (Q75-95)	activité rare (Q95-98)	activité très rare (Q98-100)
P. commune	14	10	22	19	2	2
P. Kuhl	5		4	7		
P. Kuhl/Nathusius	1		3	3		
P. Nathusius	12			2		
N. Leisler	13		36	11	2	
Sérotule	9	7	4			
TOUTES ESPECES	24	39	24	16	5	4

Les résultats de ce suivi sont ainsi classés mois par mois dans le tableau ci-dessous. Les cas d'activités qualifiés d'assez rare à très rare (au-delà de 75 % des valeurs du référentiel) ont surtout été observés en juillet et en octobre, et dans une moindre mesure en septembre et en août (1 cas d'exception en mai et juin seulement).

Tableau 14 – Évaluation des résultats du suivi (toutes espèces) en fonction du référentiel d'activité des suivis nacelles dans la moitié nord de la France (Ecosphère, 2014-2017)

Mois	activité très commune (Q1-25)	activité commune (Q25-50)	activité assez commune (Q50-75)	activité assez rare (Q75-95)	activité rare (Q95-98)	activité très rare (Q98-100)
Avril	2	1				
Mai	5	1	2		1	
Juin	3	10	3	1		
Juillet	5	5	8	5	2	1
Août	4	11	6	3		
Septembre	4	7	4	4		1
Octobre	1	3		3	2	2
Novembre		1	1			

¹¹ C'est bien la rareté d'occurrence d'un tel résultat qui est analysé ici. Exemple analogue : 25 °C au mois de novembre en Bretagne est un événement rare... si pas très rare !

Les suivis tri-annuels réalisés par le Groupe Mammalogique Breton ont permis aussi de montrer que pour la Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Nathusius, **les activités notamment de transit étaient significativement plus élevées à l'automne** qu'au printemps (avril seulement) et en été (juillet seulement). Par contre, ils mettent aussi en avant que **des différences interannuelles sont significatives** pour ces deux espèces.

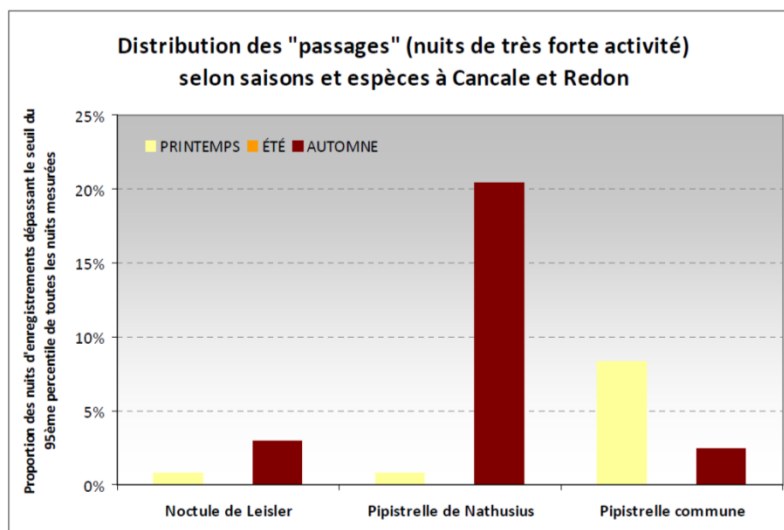


Figure 7 – Distribution par saison des nuits comptant les résultats les plus élevés (Groupe Mammalogique Breton, 2017)

A ces niveaux de fréquentation détaillés, il faut ensuite intégrer les niveaux d'enjeu propres à chaque espèce afin d'en déduire les niveaux de risque de collision.

5. ENJEUX CHIROPTEROLOGIQUES

L'enjeu se base principalement sur le statut de l'espèce dans la liste rouge des chauves-souris de Bretagne.

Toutes les espèces recensées sur les **22 points d'écoute nuit entière** sont inscrites à l'annexe IV de la directive Habitats et sont protégées en France par l'article 2 de l'arrêté du 23 avril 2007 au titre des individus et de leurs habitats. Parmi les 13 espèces au minimum recensées sur l'aire d'étude rapprochée (certains murins restent indéterminés), **au moins 8 présentent un enjeu de conservation au minimum moyen** ; le détail des niveaux d'enjeu est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 15 – Enjeux des espèces contactées au sol et en altitude

PN : protection nationale ; LRN : liste rouge nationale ; LRR : liste rouge de Bretagne

Nom français	Dir.Hab. (Ann. II)	Dir.Hab. (Ann. IV)	PN	LRN	LRR (Juin 2015)	Responsabilité régionale (Juin 2015)	Niveau d'enjeu régional
Barbastelle d'Europe°	x	x	PN	LC	NT	modérée	Moyen
Sérotine commune		x	PN	LC	LC	mineure	Faible
Murin de Daubenton		x	PN	LC	LC	mineure	Faible
Murin à oreilles échanquées	x	x	PN	LC	NT	mineure	Moyen
Grand Murin	x	x	PN	LC	NT	mineure	Moyen
Murin à moustaches		x	PN	LC	LC	mineure	Faible
Murin de Natterer		x	PN	LC	NT	mineure	Moyen
Murin sp	(x)	x	PN				-
Noctule de Leisler°		x	PN	NT	NT	modérée	Moyen
Pipistrelle de Kuhl°		x	PN	LC	LC	mineure	Faible
Pipistrelle de Nathusius°		x	PN	NT	NT	modérée	Moyen
Pipistrelle commune°		x	PN	NT	LC	mineure	Faible
Grand Rhinolophe	x	x	PN	NT	EN	très élevée	Fort
Noctule sp°		x	PN	NT			Moyen
Oreillard roux/gris°		x	PN	LC	LC	mineure	-
Pipistrelle de Kuhl/de Nathusius°		x					-
Sérotules°			PN				Faible

°espèces contactées par le suivi acoustique en nacelle uniquement



Photo 4 : Sérotine commune (M. COLLET)



Photo 5 : Noctule de Leisler en gîte arboricole (Ecosphère)

Ont ainsi été contactées :

- **1 espèce à enjeu FORT :**
 - ✓ **Le Grand rhinolophe** (espèce locale présente aux trois périodes d'inventaire), **classée « en danger » sur la liste rouge régionale** du fait du déclin de ses populations et la forte responsabilité au niveau national, est une espèce qui vol près du sol et des infrastructures paysagères. En hiver, le Grand rhinolophe gîte en milieu souterrain ou en carrières avec une hygrométrie élevée (>95 %) et à l'abri des courants d'air ; tandis qu'en été il privilégie des gîtes dans des bâtiments tels que des églises, des moulins, des granges, des châteaux... Il chasse dans un rayon de quelques kilomètres autour du gîte en évitant généralement les milieux très ouverts. C'est une espèce lucifuge très sensible au dérangement. **Cette espèce présente une sensibilité négligeable à l'éolien** (2 cas de mortalité recensés en Europe en juin 2018) en raison de sa hauteur de vol basse (< 30 m) ;
- **6 espèces à enjeu MOYEN :**
 - ✓ **la Noctule de Leisler** (espèce locale présente aux trois périodes d'inventaire), « **quasi menacée** » en Bretagne, est une espèce qui s'y reproduit et qui est également **migratrice** : les individus du centre et de l'est de l'Europe descendent vers le sud-ouest de la France et l'Espagne. Elle gîte principalement dans les arbres creux **et vole haut, jusqu'à 100 m et plus**. Elle prospecte un vaste territoire, pouvant s'éloigner jusqu'à 30 kilomètres de sa colonie pour chasser. **Cette espèce présente une sensibilité assez forte à l'éolien** (638 cas de mortalité recensés en Europe en juin 2018) en raison de sa hauteur de vol pouvant aller jusqu'à 170 m. **Ses nombreux contacts enregistrés en juillet peuvent laisser supposer des individus en colonie de parturition dans le boisement adjacent à l'éolienne E4 ;**
 - ✓ **la Pipistrelle de Nathusius** (espèce migratrice présente en période de transits printanier et automnal, mais aussi en période de mise bas et d'élevage des jeunes), « **quasi menacée** » en Bretagne, est une **grande migratrice**. Elle se déplace sur de très longues distances entre ses lieux de mise-bas (pays baltes et Allemagne, notamment) et ses gîtes d'hibernation (sud-ouest de l'Europe). Le déplacement printanier est centré sur avril-mai, tandis que le retour se produit à l'automne (septembre). Il s'agit d'une espèce typiquement forestière, fréquentant aussi bien les forêts de feuillus que de résineux. Néanmoins, elle peut aussi parfois occuper des bâtiments. **Cette espèce présente une sensibilité forte à l'éolien** (1 439 cas de mortalité recensés en Europe en juin 2018) ;

- ✓ **la Barbastelle d'Europe** (espèce locale présente en période de transits printanier et automnal), « **quasi menacé** », fréquente les milieux forestiers divers assez ouverts, les bocages et les paysages dégradés dans de rares cas. L'été, elle gîte sous les décollements d'écorce ou dans des bâtiments agricoles anciens (contre du bois, comme entre 2 poutres disjointes). Elle passe généralement l'hiver en cavité hypogée (naturelle et artificielle). **Cette espèce de bas vol est faiblement sensible à la collision** (5 cas de mortalité recensés en Europe en juin 2018). Il est généralement considéré que le risque existe lorsque les éoliennes sont placées en milieu forestier et que la garde au sol est réduite (< 40 m) ;
- ✓ **le Murin de Natterer** (espèce locale présente en période de transit automnal), « **quasi menacé** » en Bretagne, chasse dans les bois, les parcs et au-dessus des zones humides. Les colonies de reproduction gîtent dans les arbres creux, les ponts et les combles. En hiver, on trouve des individus isolés enfouis dans les fissures des galeries, des grottes et des caves. Il est bien réparti en France, moins abondant dans le Midi et assez rare dans quelques départements. La plupart des murins **volent généralement à faible hauteur et sont faiblement sensibles à la collision** (1 seul cas de mortalité recensé pour le Murin de Natterer en Europe en juin 2018). Même risque potentiel que pour la Barbastelle ;
- ✓ **le Murin à oreilles échancrées** (espèce locale présente aux trois périodes d'inventaire), « **quasi menacé** » en Bretagne, recherche les paysages boisés et les vallées alluviales, notamment les secteurs avec une alternance de zones humides et de boisements feuillus. Il fréquente aussi le bocage et les zones périurbaines. Les colonies de reproduction se trouvent généralement dans des bâtiments. Il hiverne en cavités hypogées. Sa répartition montre de fortes disparités mais il est présent partout en France. La plupart des murins **volent généralement à faible hauteur et sont faiblement sensibles à la collision** (3 cas de mortalité recensé pour le Murin à oreilles échancrées en Europe en juin 2018). Même risque potentiel que pour la Barbastelle ;
- ✓ **le Grand Murin** (espèce locale présente en période de transit automnal), « **quasi menacé** », est une espèce essentiellement forestière fréquentant aussi des mosaïques de milieux composés de haies, de prairies et de boisements. L'été, les femelles se regroupent en essaims dans les charpentes chaudes des bâtiments. Les mâles sont plus solitaires et fréquentent des milieux plus variés (charpentes, ponts, cavité d'arbre). Il hiverne généralement en souterrain. Cette chauve-souris est bien répartie sur le territoire national, hormis sur le pourtour méditerranéen et le nord de la France. La plupart des murins **volent généralement à faible hauteur et sont faiblement sensibles à la collision** (7 cas de mortalité recensés pour le Grand Murin en Europe en juin 2018). Même risque potentiel que pour la Barbastelle ;



Photo 6 : Barbastelle (Y. DUBOIS)



Photo 7 : Oreillard indéterminé (C. DEBOUT)

- **6 espèces à enjeu FAIBLE :**

- ✓ **la Pipistrelle de Kuhl** (espèce locale présente aux trois périodes d'inventaire), **non menacée en Bretagne**, est une espèce anthropophile s'éloignant généralement peu des espaces urbains et évitant les milieux fermés. D'origine méridionale, cette chauve-souris s'étend vers le nord de la France. **Cette espèce présente une sensibilité assez forte à l'éolien** (406 cas de mortalité recensés en Europe en juin 2018) ;
- ✓ **la Pipistrelle commune** (espèce locale présente aux trois périodes d'inventaire), **très commune en Bretagne**, est présente sur l'ensemble du pays de manière homogène. Cette espèce gîte principalement en milieu anthropique (églises, maisons, greniers...) et peut parfois coloniser certaines cavités arboricoles. Elle fréquente généralement les mêmes gîtes tout au long de l'année. **Cette espèce présente une sensibilité forte à l'éolien** (2 055 cas de mortalité recensés en Europe en juin 2018).
- ✓ **le Murin à moustaches** (espèce locale présente en période de transits printanier et automnal), **non menacée en Bretagne**, fréquente une multitude de milieux ouverts à semi-ouverts (boisements, pâtures, villages, zones humides). En été et en transit, il gîte dans divers types d'habitats d'origine anthropique (ponts, bâtiments...), rarement en cavités arboricoles, et passe généralement l'hiver généralement dans des cavités hypogées (naturelles et artificielles). La plupart des murins **volent généralement à faible hauteur et sont faiblement sensibles à la collision** (4 cas de mortalité recensés pour le Murin à moustaches en Europe en juin 2018). Même risque potentiel que pour la Barbastelle ;
- ✓ **le Murin de Daubenton** (espèce locale présente aux trois périodes d'inventaire), **non menacé en Bretagne**, il se rencontre sur les étangs, les mares et sur les retenues artificielles. Il fréquente également les zones bocagères et forestières, mais semble éviter les eaux saumâtres. En période de reproduction, les colonies de parturition connues sont situées à proximité du milieu aquatique, sous des ponts ou en cavités arboricoles, et rassemblent au maximum une quarantaine de femelles. En hiver, le Murin de Daubenton se rencontre dans divers types de cavités souterraines. La plupart des murins **volent généralement à faible hauteur et sont faiblement sensibles à la collision** (9 cas de mortalité recensés pour le Murin de Daubenton en Europe en juin 2018). Même risque potentiel que pour la Barbastelle ;
- ✓ **l'Oreillard roux ou l'Oreillard gris** (espèces locales présente aux trois périodes d'inventaire), **non menacés en Bretagne**, sont deux espèces sœurs de taille moyenne, qui préfèrent les forêts claires, parcs, jardins arborés aux zones plus ouvertes. L'Oreillard roux utilise préférentiellement les cavités arboricoles en périodes de reproduction et de transit, parfois des ponts et des greniers ; tandis que l'Oreillard gris privilégie les bâtiments (combles, églises...). L'espèce passe l'hiver en cavités arboricoles ou hypogées (naturelles et artificielles). La difficulté réside dans l'impossibilité de différencier les deux oreillards dans la plupart des cas. **Ils sont faiblement sensibles à la collision du fait de son vol relativement bas** (7 cas de mortalité recensés en Europe en juin 2018). Même risque potentiel que pour la Barbastelle ;
- ✓ **la Sérotine commune** (espèce locale présente aux trois périodes d'inventaire), **non menacée en Bretagne**, est présente sur l'ensemble du pays, avec quelques disparités en Ile-de-France et dans le sud-est. Cette espèce fréquente un grand nombre de milieu, aussi bien en zones urbaines et rurales. En été, elle s'installe presque toujours dans les bâtiments (combles, cloisons...). En hiver, elle est très difficile à découvrir, s'accommodant d'anfractuosités diverses (isolations des toitures, greniers, églises, entrée de grottes...). **Cette espèce présente une sensibilité moyenne à l'éolien** (106 cas de mortalité recensés en Europe en juin 2018).

6. ÉVALUATION DES IMPACTS

6.1. Vulnérabilité à l'éolien des chauves-souris fréquentant le parc

Les nombres de cadavres découverts en Europe (Dürr, 12/2017 et Eurobats, 2018) permettent de définir une sensibilité intrinsèque des chiroptères vis-à-vis des parcs éoliens (voir paragraphe 3.3.2). Les tailles des populations européennes, inconnue à l'heure actuelle, n'ont donc pas été prises en compte. Par contre, il est bien connu que la Pipistrelle commune est l'espèce la plus populeuse quasiment partout sur le territoire national (millions d'individus), notamment dans le nord de la France ; alors que les autres espèces varient probablement entre 100 000 et 1 million d'individus.

Dans le tableau suivant, la vulnérabilité des espèces fréquentant le parc de Gouarem Menez est présentée à partir du croisement entre leur sensibilité et enjeu spécifique respectif. Pour les espèces contactées par le suivi en nacelle, le niveau d'enjeu déterminé à partir de leur statut de la liste rouge nationale (2017) est indiqué entre parenthèses car une partie des contacts peut correspondre à des espèces migratrices venant d'autres régions (Hutterer *et al.*, 2005 ; Lenhert *et al.*, 2014).

Tableau 16 – Évaluation de la vulnérabilité des espèces contactées sur le parc à l'éolien

Nom français	Niveau d'enjeu régional (national)	Sensibilité à l'éolien (données européennes)	Vulnérabilité à l'éolien
Barbastelle d'Europe°	Moyen (Faible)	Faible	Négligeable
Sérotine commune	Faible	Moyenne	Faible
Murin de Daubenton	Faible	Faible	Négligeable
Murin à oreilles échancrées	Moyen	Faible	Négligeable
Grand Murin	Moyen	Faible	Négligeable
Murin à moustaches	Faible	Faible	Négligeable
Murin de Natterer	Moyen	Faible	Négligeable
Murin sp.	-	Faible	Faible
Noctule de Leisler°	Moyen (Moyen)	Assez forte	Moyenne
Pipistrelle de Kuhl°	Faible (Faible)	Assez forte	Faible
Pipistrelle de Nathusius°	Moyen (Moyen)	Forte	Moyenne
Pipistrelle commune°	Faible (Moyen)	Forte	Faible
Grand Rhinolophe	Fort	Faible	Faible
Noctule sp.°	Moyen (Moyen)	Assez forte	Moyenne
Oreillard roux/gris°	Faible (Faible)	Faible	Négligeable
Pipistrelle de Kuhl/de Nathusius°	Faible/Moyen	Assez forte	Faible
Sérotines/noctules°	Faible/Moyen	Assez forte	Faible

°espèces contactées par le suivi acoustique en nacelle uniquement

6.2. Évaluation des risques de collision spécifique au parc

Le tableau ci-dessous détaille les niveaux d'impacts par secteur et pour chaque mois du suivi.

**Tableau 17 – Évaluation des risques d'impact contextualisée par mois
sur la base de la vulnérabilité des espèces et les activités enregistrées**

(Niveau d'impact : blanc : négligeable/faible (= non significatif) ; jaune = moyen ; orange = assez fort ; rouge = fort ; rouge foncé = très fort)

	Critères d'évaluation	Niveau du risque
Avril	Activité très faible (pas de noctules), 3 nuits positives (+) seulement	risque négligeable
Mai	Activité faible avec quelques contacts de noctules et de Pipistrelle de Nathusius (moins d'une dizaine), 1 pic, 9 nuits+	risque faible
Juin	Activité faible avec quelques contacts de noctules et de Pipistrelle de Nathusius (moins d'une dizaine), 0 pic mais 17 nuits+, 9 individus estimés	risque moyen
Juillet	Activité importante dominée par la Noctule de Leisler (juillet : colonie dans le boisement adjacent ?), 5 pics, quelques contacts de P. Nathusius et un contact de Barbastelle, 25 nuits+, 19 individus estimés, 7 résultats > Q75%	risque fort
Août	Activité moyenne dominée par la Noctule de Leisler, 2 pics, quelques contacts de P. Nathusius, 24 nuits+, 14 individus estimés	risque assez fort
Septembre	Activité assez importante dominée par la P. commune (vuln. faible), 1 seul pic, quelques dizaines de contacts de N. Leisler et P. Nathusius, 20 nuits+, 13 individus estimés, 5 résultats > Q75 %	risque assez fort
Octobre	Activité importante dominée par la P. commune, 5 pics, une vingtaine de contacts de N. Leisler et P. Nathusius mais réparties sur 9 nuits+ seulement, 8 individus estimés, 7 résultats > Q75 %	risque assez fort
Novembre	Activité très faible composée de 9 contacts de N. Leisler répartis sur seulement deux nuits	risque faible

Note importante : Toutes ces données recueillies sur une seule année 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.

Par ailleurs, l'étude du Groupe du Groupe Mammalogique (2017) tire les conclusions suivantes :

- la Bretagne est bel et bien située sur un axe de migration de Pipistrelle de Nathusius et probablement de Noctule de Leisler ;
- la migration de ces espèces a principalement lieu en Haute Bretagne. Le flux de migration en Basse Bretagne serait plus atténué et probablement diffus ;
- la migration automnale est plus intense et plus concentrée dans le temps que la migration printanière qui semble plus délicate à mettre en évidence ;
- la migration de la Pipistrelle de Nathusius en Bretagne intervient principalement entre le 20 septembre et le 10 octobre lors de nuits sans pluie et de vents faibles (inférieurs à 5,5 m/s) orientés aux secteurs nord à est.

Ce parc implanté sur la commune de Roudouallec, qui est située plutôt en haute Bretagne sans être véritablement proche du littoral (35-40 km), ne se trouve pas au sein d'un axe principal de migration de la Pipistrelle de Nathusius (secondaire ?). Par contre, la Noctule de Leisler est bien présente dès juillet jusqu'en novembre ; donc il s'agit possiblement de reproducteurs locaux en été et de migrants à l'automne.

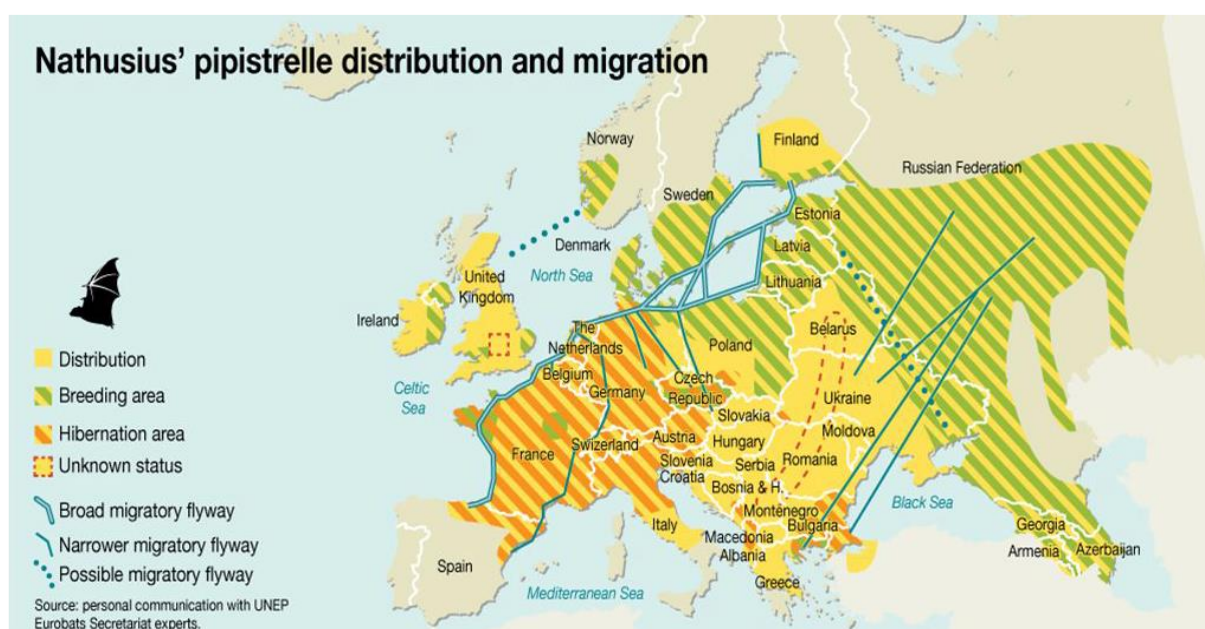


Figure 8 Carte schématique des routes de migration de la Pipistrelle de Nathusius en Europe (Kurvitz et al, 2011)

6.3. Impact indirect sur la fréquentation des habitats du parc éolien par les chiroptères

Jusqu'à récemment, il y avait peu d'informations publiées sur l'impact des parcs éoliens en exploitation sur l'habitat des chauves-souris, si ce n'est à des échelles territoriales assez larges (Roscioni et al., 2014). Toutefois, Bach (2001) avait mis en évidence une diminution du nombre de sérotines communes chassant sur une zone bocagère après la mise en fonctionnement des éoliennes mais aussi une habitude pour les pipistrelles (Bach, 2002 in Million et al., 2015).

Néanmoins, des travaux de recherche récents ont été menés sur ce sujet au niveau d'un parc éolien de 30 éoliennes situé dans la Marne (51) sur la commune de Germinon et sur un site agricole de référence situé à 35 km plus au nord (Millon et al., 2015). Les auteurs ont ainsi montré qu'il y avait significativement moins d'activité des chauves-souris dans les zones de grandes cultures avec des éoliennes. Enfin, la présence ou non de gîtes dans les environs ne pouvait être testée ; ce qui peut éventuellement limiter la portée des résultats. Les auteurs ont aussi émis l'hypothèse que la relative désertion des parcs par certaines espèces n'empêchait pas les phénomènes d'attraction des turbines en elles-mêmes par d'autres. Ils ont par ailleurs montré l'effet positif des haies et des bandes enherbées sur le groupe des pipistrelles et celui des sérotines/noctules, ainsi qu'un effet positif des jachères sur le groupe oreillards/murins. Cependant, ces résultats n'étaient pas valides sur l'ensemble des saisons, voire étaient contradictoires.

Dans une thèse du Museum National d'Histoire Naturelle, Barré (2017) a mis en évidence des changements dans la fréquentation par les chiroptères sur un rayon atteignant un kilomètre autour du parc éolien. Ces changements augmentent au fur et à mesure que l'on s'approche des machines avec un phénomène de désertion avéré mais non expliqué qui concerne la quasi-totalité des espèces de chiroptères. Ces résultats, obtenus en Bretagne, sont néanmoins à prendre en compte en ayant bien en tête les éléments suivants :

- **l'échantillonnage était relativement faible** : 23 nuits d'écoute sur 29 parcs situés en Bretagne entre septembre et octobre 2016 avec la pose d'en moyenne 9 enregistreurs par nuit le long de haies ;
- **le travail n'a porté que sur une seule saison en transit postnuptiale**, pourtant la variabilité saisonnière des données est un phénomène déterminant dans les études acoustiques de chiroptères ;
- **une identification automatique des espèces ou groupes d'espèces a été pratiquée** (logiciel TADARIDA du MNHN), ce qui pose des problèmes de choix méthodologiques par exemple sur le seuil à partir duquel la donnée est jugée fiable et la quantité de données in fine utilisables. La prise en compte des différences de détectabilité (Barataud, 2015) entre les espèces ne semble pas avoir été réalisée ;
- **diverses covariables n'était pas précisées** : les informations sur l'état des haies, les conditions météorologiques, l'éclairage, proximité ou éloignement des gîtes, type de machine et ses caractéristiques (bruit, cut-in-speed, synchrone ou asynchrone, garde au sol...) sont manquantes et n'ont pas fait l'objet de tests spécifiques. Les particularités de l'étude sont donc multiples et une transposition à tout autre cas est très délicate.

Rappelons en particulier que les parcs sont implantés à distance des habitations où se situent de nombreux gîtes pour plusieurs espèces (pipistrelles, oreillards, murins, etc.), et que la prise en compte de ce facteur n'est pas expliquée.

Ainsi, les conclusions sur l'aversion des chiroptères pour les parcs éoliens sont encore difficiles à interpréter même si des aspects comme le bruit pourraient apporter des explications. Par ailleurs, cette aversion pour certaines espèces doit coexister avec les phénomènes d'attraction mieux connus pour les pipistrelles ou les noctules/sérotines qui génèrent les risques de collision. Enfin, l'impact réel de l'aversion est à relativiser en fonction de la quantité de territoires de chasse ou de corridors disponibles dans un rayon de quelques kilomètres autour des gîtes.

Les résultats recueillis par les 22 points d'écoute au sol dans le cadre de ce suivi en 2018 ont au contraire montré qu'un assez grand nombre d'espèces fréquentent les lisières de bosquets et de haies arbustives aux abords de ce parc éolien, notamment en été et à l'automne (cf. cartes). Cela dit, les espèces pas ou très peu contactées en altitude (rhinolophes, murins, oreillards, Sérotine commune, Barbastelle), et qui gîtent en été dans les bâtiments ruraux des villages voisins distants d'au moins 500 m, n'ont généralement pas dépassé les 10 contacts par nuit.

Cet impact sur les territoires de chasse, qui n'est que pour le moment potentiel, est à prendre en compte dans le cadre des mesures pour limiter la perturbation produite notamment par l'éclairage nocturne.

7. MESURES DE REDUCTION DES RISQUES DE COLLISION

Pour rappel, l'article L110-1 (principes généraux du Code de l'Environnement) définit que :

- ✓ Le principe de précaution et ses incertitudes ne doivent pas empêcher la mise en place de mesures proportionnées à un coût économiquement acceptable ;
- ✓ Le principe d'action préventive et de correction à la source des atteintes à l'environnement prévoit l'utilisation des meilleures techniques disponibles à un coût économiquement acceptable et la mise en place de mesures Éviter-Réduire-Compenser (ERC).

7.1. Bridage des éoliennes proportionné aux niveaux du risque sur les chauves-souris

7.1.1. Principe général

Le moyen technique le plus communément utilisé par les exploitants pour brider les éoliennes est la **mise en drapeau des pales (« blade feathering »)** : les pales peuvent pivoter sur leur axe de rotation pour ne plus avoir de prise au vent (90°) et ainsi s'arrêter en moins d'une minute en général. **Le bridage a pour objectif de réduire les risques de collision, tout en maintenant l'éolienne active, en augmentant le seuil de vent (« cut-in speed ») à partir duquel elle commence à produire.** L'unité élémentaire retenue est 0,5 m/s de vitesse moyenne sur 10 min, car cela suffit pour avoir un impact notable sur la production sur une période de plusieurs mois.

Dans le tableau ci-dessous, est indiqué le pourcentage d'activité globale enregistrée lors des suivis acoustiques qui serait à protéger par le bridage selon les niveaux de risque évalués mois par mois.

Tableau 18 – Proportions d'activité globale en fonction du niveau d'impact avéré ou risque d'impact déclinées par mois et éolienne

	Très faible	Faible	Moyen	Assez fort	Fort	Très fort
Proportion de l'activité globale (toutes espèces confondues)	N/A : pas significatif		40-60	60-70	70 - 80	> 80
Mois concerné	avril, mai et novembre		juin	août, septembre et octobre	Juillet	

Pour l'éolienne suivie E4, les pourcentages d'activités ont été calculés en fonction des vitesses moyennes de vent et des plages horaires. Les paramètres retenus devront ainsi être appliqués à toutes les éoliennes de ce parc.

7.1.2. Répartition de l'activité selon l'heure de la nuit

Pour l'éolienne E4, le tableau ci-dessous montre que plus de 90 % de l'activité globale sur l'ensemble du suivi a été enregistrée entre 30 min avant le coucher du soleil jusqu' à 4h30 après, et ce malgré l'allongement de la durée de la nuit en été (juin à septembre).

Tableau 19 : Pourcentages d'activité en fonction de l'heure après le coucher du soleil pour toute la période du suivi

Plage horaire nocturne	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Total	Cumul
-30 min à +30 min	0,14	3,48	1,23	2,17	2,03	4,20	5,65		18,90	18,90
+30 min à +1h30 min		1,67	2,32	7,39	3,33	4,71	12,02	0,22	31,64	50,54
+1h30 min à +2h30 min		0,07	0,14	3,77	0,43	1,01	13,40	0,29	19,12	69,66
+2h30 min à +3h30 min	0,14	0,36	0,22	4,34	0,58	3,11	2,90		11,66	81,32
+3h30 min à +4h30 min			0,14	5,65	1,96	1,23	0,87		9,85	91,17
+4h30 min à +5h30 min		0,14	0,36	1,96	0,87	0,14	0,72		4,20	95,37
+5h30 min à +6h30 min			0,43	0,80	0,43	0,36	0,80		2,82	98,19
+6h30 min à +7h30 min					0,14	0,07	0,87	0,07	1,16	99,35
+7h30 min à +8h30 min					0,22			0,07	0,29	99,64
+9h30 min à +10h30 min						0,14			0,14	99,78
+10h30 min à +11h30 min			0,07						0,07	99,86
+12h30 min à +13h30 min			0,14						0,14	100,00
Total général	0,29	5,72	5,07	26,07	9,99	14,99	37,22	0,65	100,00	

7.1.3. Distribution de l'activité selon les vitesses de vent

Le graphique ci-dessous montre comment les contacts de chauves-souris se distribuent par rapport aux vitesses moyennes de vent enregistrées la nuit sur l'ensemble de la période de suivi. Pour l'éolienne E4, la très grande majorité des contacts ont été enregistrés à des vitesses moyennes inférieures à 3,5 m/s (environ 75 %).

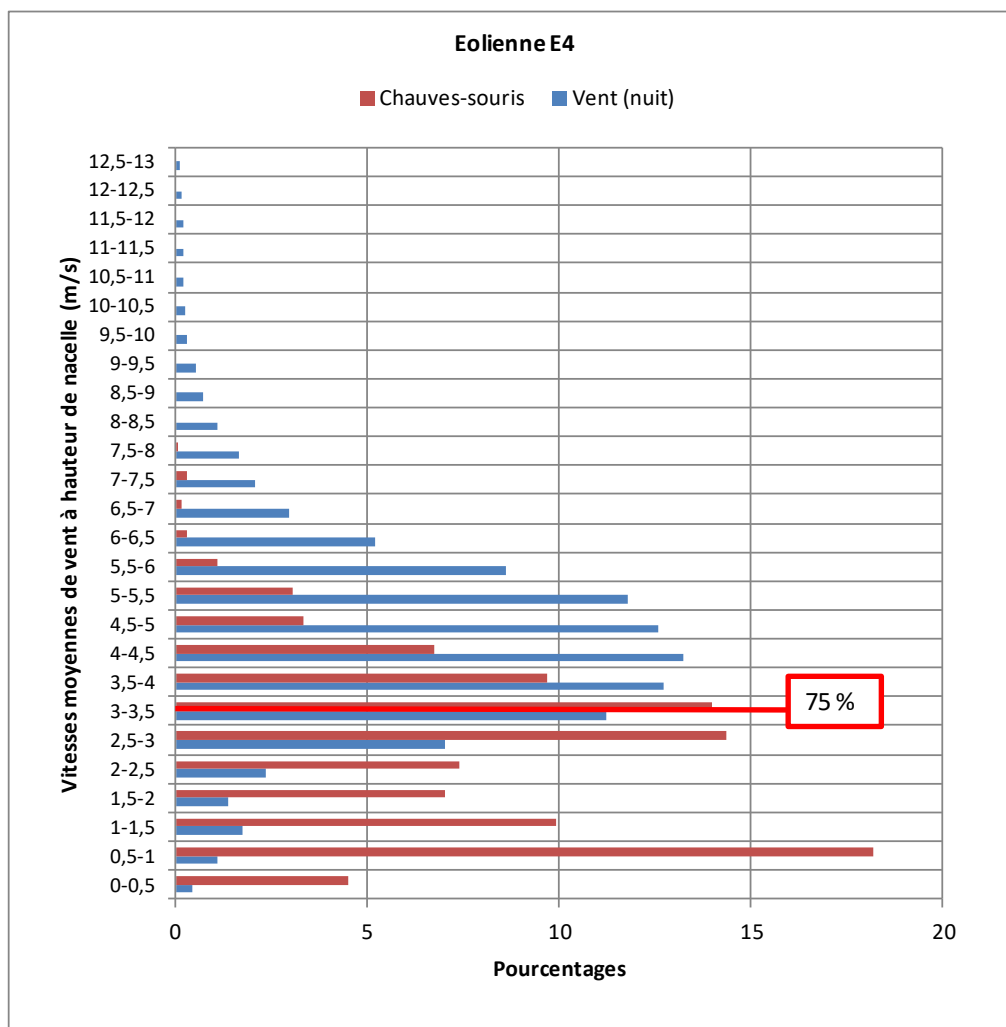


Figure 9 –Distribution de l'activité selon les vitesses de vent (de nuit seulement)

7.1.4. Distribution de l'activité selon la température

Le graphique ci-dessous montre comment les contacts de chauves-souris se distribuent par rapport aux températures moyennes enregistrées la nuit sur l'ensemble de la période de suivi. Pour l'éolienne E4, la majorité des contacts ont été enregistrés à des températures moyennes supérieures à 9°C (environ 73 %). Une part significative entre 6 et 7°C correspond à un pic d'activité de Pipistrelle commune enregistré le 8 octobre en début de soirée.

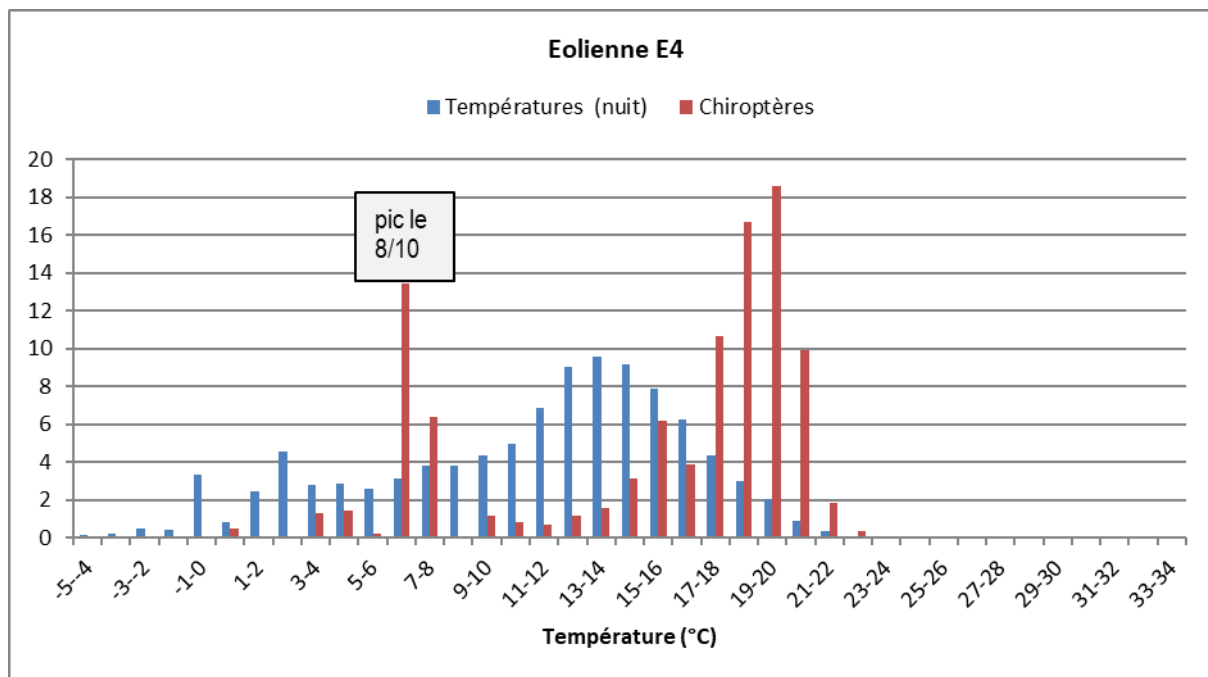


Figure 10 - Distribution de l'activité selon les températures (de nuit seulement)

7.1.5. Distribution de l'activité selon la pluviométrie

Le graphique ci-dessous est l'équivalent pour la précipitation enregistrée sur des pas de temps de 10 min la nuit. L'appareil n'a fonctionné correctement qu'à partir du 14 août 11h30 jusqu'à la fin du suivi. Pour cette période, les chiroptères ont été enregistrés quasi exclusivement pour des très faibles niveaux de précipitations (< 2 mm sur 10 min). Toutefois, étant donné que globalement les données météo ont été la plupart du temps faibles (les précipitations supérieures à 2 mm ne représente que 4,9 % des données), ce résultat ne peut être directement transposé aux autres saisons (printemps, été). Néanmoins, d'autres suivis similaires ont montré que les chiroptères ne sont quasiment pas contactés pour des pluviométries supérieures à 5 millimètres.

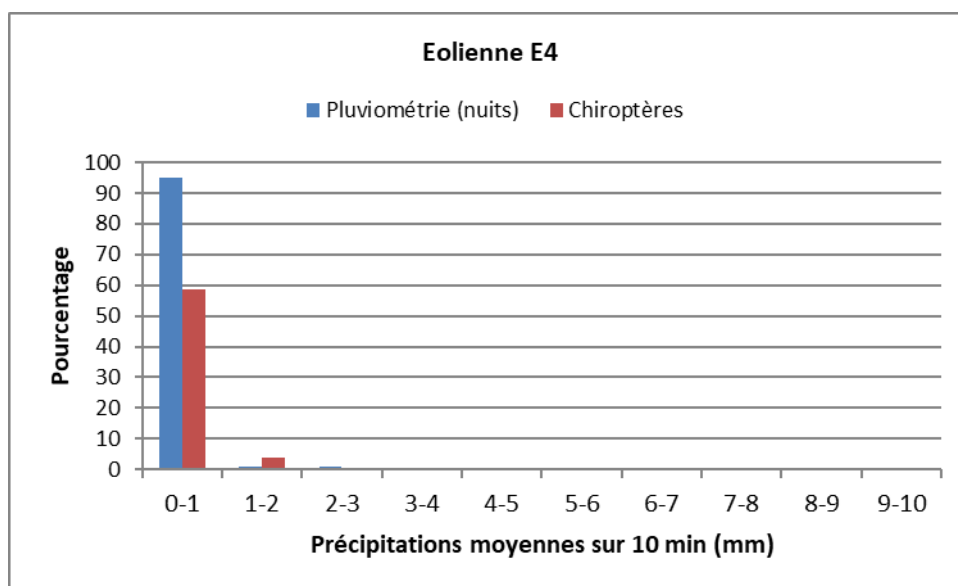


Figure 11 – Distribution de la pluviométrie sur 10 min (de nuit seulement)

Les suivis tri-annuels réalisés par le Groupe Mammalogique Breton de 2014 à 2016 ont également montré que **la pluviométrie avait eu un impact significatif sur l'activité de la Pipistrelle de Nathusius**, car très peu détectée par des pluviométries supérieures à 2 mm/h (30 mm / 12 h de nuit), soit 0,33 mm sur 10 min en moyenne. Ce n'est par contre pas le cas pour la Pipistrelle commune ; et rien n'est indiqué pour la Noctule de Leisler.

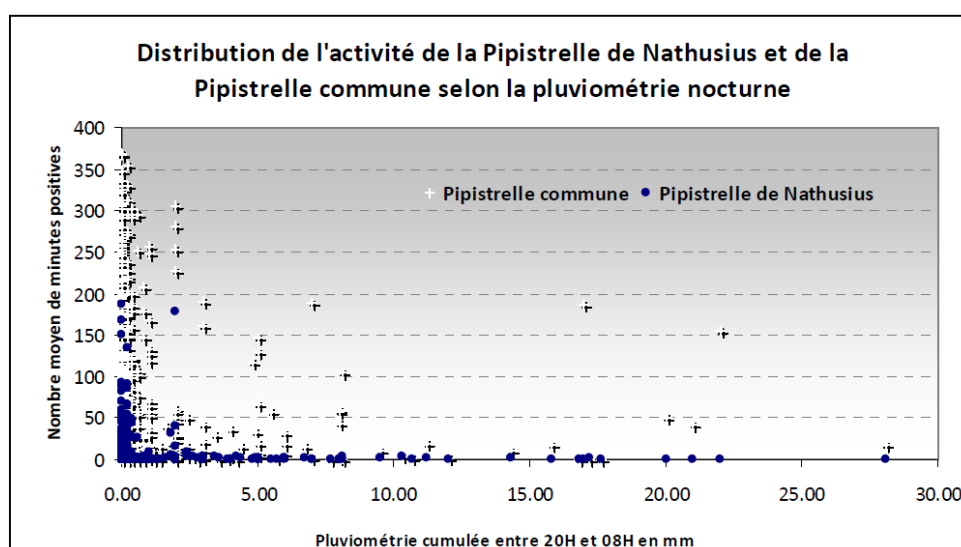


Figure 12 – Distribution des données de pluviométrie pour les deux pipistrelles

7.1.6. Proportion de l'activité protégée par mois selon la vitesse de vent en-dessous de laquelle l'éolienne est bridée

En n'incluant que les contacts enregistrés **entre 30 min avant le coucher du soleil et 4h30 après (et couvrant donc près de 90 % de l'activité globale)**, l'autre tableau ci-dessous présente les pourcentages des activités globales en ordre croissant des vitesses moyennes de vent pour les mois ayant été évalué avec **un risque de collision au moins moyen** (juin, août, septembre et octobre – cf. Tableau 17).

Tableau 20 – Scénarios de bridage

en grisé : vitesse moyenne de vent la plus basse qui permet d'atteindre le bon pourcentage de protection visé selon le niveau de risque d'impact évalué

Mois	Niveau de risque d'impact	Vitesse moyenne	Cumul % contacts
juin	moyen	0,5-1	13,4
		2-2,5	22,4
		2,5-3	29,8
		3-3,5	35,8
		3,5-4	61,2
		4-4,5	71,6
		4,5-5	79,1
		5-5,5	89,5
		5,5-6	91,0
juillet	fort	0-0,5	10,1
		0,5-1	29,3
		1-1,5	32,1
		1,5-2	38,8
		2-2,5	41,9
		2,5-3	45,8
		3-3,5	63,1
		3,5-4	83,2
		4-4,5	90,8
		4,5-5	94,1
		5-5,5	97,5
août	assez fort	1,5-2	1,5
		2-2,5	3,6
		2,5-3	20,3
		3-3,5	48,6
		3,5-4	61,6
		4-4,5	87,7
		4,5-5	89,1
		5-5,5	95,7
		5,5-6	100,0

Mois	Niveau de risque d'impact	Vitesse moyenne	Cumul % contacts
septembre	assez fort	0-0,5	11,2
		0,5-1	41,5
		1-1,5	42,4
		1,5-2	47,3
		2-2,5	59,0
		2,5-3	67,8
		3-3,5	77,1
		3,5-4	79,0
		4-4,5	83,9
		4,5-5	92,7
		5-5,5	96,6
		5,5-6	98,5
		6-6,5	99,5
		6,5-7	100,0
octobre	assez fort	0-0,5	0,6
		0,5-1	16,3
		1-1,5	41,1
		1,5-2	51,9
		2-2,5	62,1
		2,5-3*	88,4
		3-3,5	98,0
		3,5-4	99,0
		4-4,5	99,5
		4,5-5	100,0

*La cut-in speed normale de l'éolienne étant déjà à 3 m/s, le bridage ne peut être pour des vitesses inférieures

7.1.7. Récapitulatif des algorithmes de bridage pour l'éolienne 4

Pour raison d'homogénéité, il est proposé de brider l'ensemble des éoliennes sur la même plage horaire, **soit entre 30 min avant le coucher du soleil et 4h30 après, et pour des températures supérieures à 9°C (5°C en octobre).**

Tableau 21 – Algorithmes de bridage par tranches et mois de l'année

(niveau d'impact : blanc : négligeable/faible (= non significatif) ; jaune = moyen ; orange = assez fort ; rouge = fort ; marron = très fort)

	Bridage minimal
Avril	Aucun bridage
Mai	Aucun bridage
Juin	≤ 4 m/s -0h30 à +4h30
Juillet	≤ 4 m/s -0h30 à +4h30

	Bridage minimal
Août	≤ 4 m/s -0h30 à +4h30
Septembre	≤ 3 m/s -0h30 à +4h30
Octobre	≤ 3 m/s -0h30 à +4h30
Novembre	Aucun bridage

Considérant que les vitesses de vent utilisées ici sont des moyennes assez basses (< 4 m/s), **il est recommandé d'augmenter d'au moins 0,5 m/s chaque seuil** pour minimiser les impacts des rafales (Cryan et al., 2014) et prendre en compte le phénomène d'hystérésis¹² lorsque le vent oscille autour de la vitesse du bridage. Cela est d'autant plus recommandé du fait que la garde au sol des éoliennes ne soit qu'à 38,5 m ; et que quelques contacts de Barbastelle et d'oreillards ont été enregistrés alors que ce ne sont pas particulièrement des espèces de haut vol.

En cas de précipitations continues dans le temps pour une durée supérieure à 15 min et marquées en intensité (>5 mm/h soit 0,83 mm sur 10 min en moyenne), les mesures de bridage pourraient être levées quels que soit les autres paramètres étant donné que les chauves-souris sont généralement très peu actives dans ces conditions.

7.1.8. Bridage des six autres éoliennes

Les autres éoliennes ne sont pas implantées à proximité immédiate d'un boisement, mais sont néanmoins distantes de moins de 60 m des haies et bosquets. Plus précisément, les éoliennes E3 et E5 sont même situées à moins de 20 m de bosquets ; tandis que les éoliennes E1, E2 et E7 sont dans des espaces davantage clairsemés.

Mis en service en 2008, ce parc a été autorisé avec cette implantation car à l'époque la connaissance des impacts sur les chiroptères était lacunaire en France. En effet, aujourd'hui, les lignes directrices nationales et européennes (SFEPM, 2016 ; Rodrigues *et al.*, 2014) préconisent une distance de 200 m par défaut vis-vis des lisières, notamment en présence de noctules (espèces arboricoles qui volent haut).

Par conséquent, sans autre suivi en nacelle et/ou suivi de mortalité, il est recommandé d'appliquer *a minima* les mêmes algorithmes de bridage pour les 6 autres éoliennes que pour l'éolienne E4. C'est d'autant plus valable pour la période de migration entre août et octobre car il s'agit d'individus migrateurs qui sont moins dépendants des continuités écologiques locales pour leur vol de transit.

¹² Par exemple, durant les périodes où la cut-in-speed définie par l'algorithme de bridage est de 4 m/s, le rotor s'arrête lorsque la vitesse de vent est inférieure à 4 m/s mais il recommence seulement à tourner lorsque la vitesse de vent dépasse 4,5 m/s. Ce procédé permet de réduire le nombre de démarrage et ainsi, de limiter l'usure des composants de l'éolienne.



Figure 13 - Vue aérienne du parc (source : www.geoportail.fr, visité le 15 janvier 2019)

7.2. Contrôle de l'éclairage nocturne

Chaque éolienne est équipée d'une lampe halogène blanche au niveau de sa porte d'accès, laquelle se déclenche grâce à un détecteur de mouvement pour permettre la montée des escaliers en sécurité de nuit. **La durée pendant laquelle la lampe reste allumée ne devrait pas dépasser les deux minutes afin de limiter les risques de pollution lumineuse.** En effet, en premier lieu les pipistrelles sont connues pour chasser les insectes volants se réunissant autour des halos lumineux, d'où des risques de collisions et de mortalité augmentés. D'autres espèces au contraire sont davantage lucifuges et évitent les points lumineux (murins, Barbastelle, oreillards...), ce qui crée un dérangement de ces espèces avec un risque de désertion de la zone.

7.3. Gestion des habitats autour des éoliennes

Les friches herbacées aux abords de la plateforme des éoliennes constituent des habitats privilégiés par les chauves-souris pour la chasse en particulier. **Afin de limiter leur attractivité, il est recommandé de les maintenir à ras le plus longtemps possible tout au long de la saison active (mars à octobre en général).** Moins la végétation herbacée se développera, moins les invertébrés (papillons, mouches, araignées...) auront la possibilité de proliférer et donc d'attirer leurs prédateurs que sont les chiroptères.

8. MESURES DE SUIVI

Des données de mortalité causée par l'éolien ont été compilées par le Groupe Mammalogique Breton (GMB) en 2017. Sans volonté d'être représentatives pour toute la Bretagne, elles confirment que quantitativement la mortalité est plus importante durant les mois d'août, septembre et octobre.

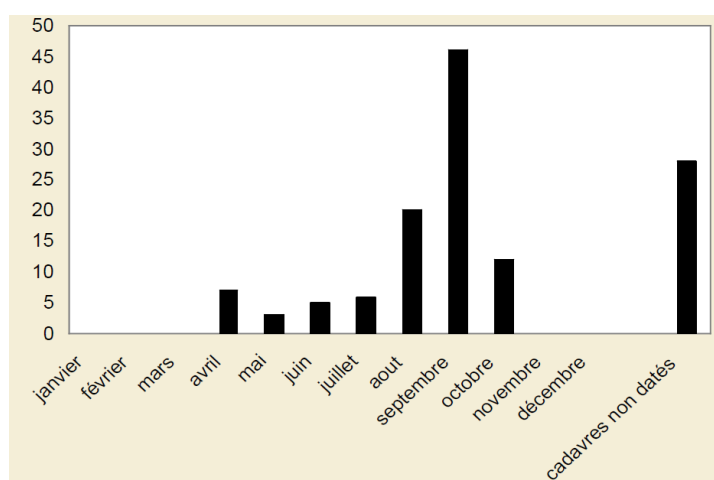


Figure 14 - Tableau 5 – Données de mortalité des chiroptères en Bretagne causée par l'éolien (Extrait d'un poster présenté au colloque éolien et biodiversité à Bordeaux en novembre 2017)

Le GMB indique également à titre d'exemple qu'un parc éolien de 6 éoliennes situé dans le bocage et à proximité d'un boisement de résineux et mis en service depuis 2008, cas assez similaire au parc éolien de Roudouallec, génère une mortalité estimée de 59 cadavres par an (sur la base de 52 passages effectués de mai 2011 à avril 2012 et calculée avec la formule de Winkelmann¹³).

Au vu des risques de collision assez fort d'août à octobre et fort en juillet mis en évidence par ce suivi acoustique, il est recommandé de réaliser un suivi de mortalité suivant les préconisations techniques du protocole national 2018 (*a minima* une vingtaine de passages couvrant ces mois-là). Les algorithmes de bridage devront être alors réévalués à la lumière de l'éventuelle mortalité constatée.

En parallèle, un second suivi acoustique en nacelle permettra de mieux cerner les conditions d'occurrence des collisions (heure, vitesse de vent et de rotation du rotor...). L'utilisation du même protocole que ce premier suivi acoustique permettra une bonne comparaison interannuelle des données collectées. En outre, des techniques de détection vidéo infrarouge ou thermique se développent actuellement afin de mieux comprendre ces phénomènes.

¹³ L'estimateur Winkelmann (1992) a longtemps été utilisé en France, entre autres sous l'égide de la LPO. Les postulats de la formule tiennent au temps 0 avant lequel il n'y aurait aucune collision et à un passage statistique unique où toutes les collisions ont lieu. La formule est réputée pour surestimer sévèrement la mortalité (Péron, 2018). Bien que souvent abandonnée, cette mesure conserve un intérêt à la fois dans le cadre de moyennes de tests (Péron, 2018) et pour son intérêt pédagogique dans le cadre d'une sous-estimation généralisée.

BIBLIOGRAPHIE

- ALBOUY S., 2010.** Suivis de l'impact éolien sur l'avifaune et les chiroptères exemples de parcs éoliens (11). *Présentation lors du colloque éolien à Reims les 15, 16 et 17 septembre 2010. ADEME, MEEDDM, SER/FEE, LPO.* 31 p.
- ARNETT B., SCHIRMACHER M., HUSO M. & HAYES J., 2009.** Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities – Bats and Wind Energy Cooperative, 44 p.
- ARNETT E., JOHNSON G., ERICKSON W. & 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., BAERWALD E. F., MATHEWS F., RODRIGUES L., RODRIGUEZ-DURAN A., RYDELL J., VILLEGAS-PATRACA R. & VOIGT C. C. 2016.** Impacts of wind energy development on bats: a global perspective. In *Bats in the Anthropocene: conservation of bats in a changing world* (C. C. Voigt and T. Kingston, eds.). Springer-Verlag, Berlin.
- ARTHUR L. & LEMAIRE M., 2015.** Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Collection Parthénope, éditions Biotope, Mèze. MNHN, Paris, 2ème éd. 544 p.
- BACH L. 2001.** Fledermäusen und Windenergienutzung, reale Probleme oder Einbildung ? Vogelkdl. Ber. Niedersachs. 33 : 19-124.
- BACH L, BACH P. & NIERMANN I. 2011.** Impact of wind speed on the activity of bats. In: NINA Report 693 Conference on Wind energy and Wildlife impacts, 2-5 May 2011, Trondheim, Norway, 2011. p. 59.
- 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.
- BARRÉ KÉVIN, LE VIOL ISABELLE, BAS YVES, JULLIARD ROMAIN & KERBIRIOU CHRISTIAN, 2018.** Estimating habitat loss due to wind turbine avoidance by bats: Implications for European siting guidance. *Biological Conservation*. Vol. 226, April, dir. Elsevier, p. 205-214.
- BEUCHER Y., KELM V., ALBESPY F., GEYELIN M., NAZON L. & PICK D., 2013.** *Parc éolien de Castelnaud-Pégayrols (12). Suivi pluriannuel des impacts sur les chauves-souris. Bilan des campagnes des 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} années d'exploitation (2009-2011).* EXEN & KJM Conseil Environnement, 111 p.
- BRETAGNE ENVIRONNEMENT et al., 2015.** *Liste rouge régionale et responsabilité régionale pour les mammifères* (validation CSRPN du 11 juin 2015)
- BRINKMANN R. et al., 2011.** *Zusammenfassung der praxisrelevanten Ergebnisse und offene Fragen.* In: *Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisions-risikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen.* Cuvillier Verlag, Göttingen 2011, p. 425-453.
- CAMINA A. 2012.** Bat fatalities at wind farms in northern Spain — lessons to be learned. In: *Acta Chiropterologica*, Volume 14, Number 1, June 2012 , pp. 205-212(8) Museum and Institute of Zoology, Polish Academy of Sciences.
- CONSEIL DES COMMUNAUTES EUROPEENNES - 2014** - Directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992 (consolidée le 13 mai 2013) concernant la conservation des Habitats naturels ainsi que de la Faune et de la Flore sauvages. *Journal Officiel des Communautés européennes* N° L 206/7 du 10 juin 2013.
- CRYAN P. M. et al., 2014.** Behavior of bats at wind turbines. *PNAS Oct. 2014:* 15126-15131.

DIETZ C., VON HELVERSEN O. & NILL D., 2009. *L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord*. Delachaux & Niestlé, Paris, 400 p.

DUBOURG SAVAGE M.-J., 2004. Impacts des éoliennes sur les Chiroptères, de l'hypothèse à la réalité. *Arvicola*, 16 (2) : 44-48.

DULAC P., 2008. Évaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan de 5 années de suivi. *Ligue pour la Protection des Oiseaux délégation Vendée / ADEME Pays de la Loire / Conseil Régional des Pays de la Loire, La Roche-sur-Yon – Nantes*. 106 p.

DÜRR T. 2017. *Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at wind turbines in Europe*. Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. NABU. Situation en janvier 2018.

ECOSPHERE. 2013. *Impact de l'activité éolienne sur les populations de chiroptères : enjeux et solutions*. Rapport de stage de L. Jung et document interne actualisé.

LE CAMPION T & DUBOS T - Groupe Mammalogique Breton. Etude de la migration des chauves-souris en Bretagne (2013-2016). Rapport final Mai 2017. 52 p.

HEDENSTRÖM A. & RYDELL J. 2012. *Effect of wind turbine mortality on noctula bats in Sweden : predictions from a simple population model*. Biology Department Lund University, Sweden. 11p.

HEIN C. et al., 2015. *Monitoring Bat Activity & Behavior at Wind Turbines Using Thermal Imagery & Ultrasonic Acoustic Detectors*. Bat Conservation International, Engineering Conference on Wind energy and Wildlife Impacts. 10–12 March 2015. Poster.

HORN J. W., ARNETT E. B. & KUNZ T. H., 2008. Behavioral Responses of Bats to Operating Wind Turbines. *Journ Wildlife Manag.* 72 : 123-132.

HUTTERER R., IVANOVA T., MEYER-CORDS C. & RODRIGUES L, 2005. *Bat Migrations in Europe. A review of banding data and literature*. Naturschutz und Biologische Vielfalt 28, 162 p. + annexes.

KERBIRIOU Ch., JULIEN J.-F., ARTHUR L., DEPRAETERE M., LEMAIRE M., LE VIOL I., LORILLIERE R., MARATRAT J., MARMET J., PELLISSIER V. & RENEVILLE C., 2015. Suivi national des chauves-souris communes et retombées locales. *Symbioses* 32 : 57-62.

KELM D. H., LENSKI J., KELM V., TOELCH U. & DZIOCK F., 2014. Seasonal bat activity in relation to distance to hedgerows in an agricultural landscape in central Europe and implications for wind energy development. *Acta Chiropterologica* 16: 65-73.

KURVITS, T., NELLEMAN, C., ALFTHAN, B., KÜHL, A., PROKOSCH, P., VIRTUE, M., SKAALVIK, J. F. (EDS), 2011. Living Planet: Connected Planet – Preventing the End of the World's Wildlife Migrations through Ecological Networks. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme, GRIDArendal

LEHNERT L. S., KRAMER-SCHADT S., SCHONBORN S., LINDECKE O., NIERMANN I. et al., 2014. Wind Farm Facilities in Germany Kill Noctule Bats from Near and Far. *PLoS ONE* 9 (8) : e103106. doi:10.1371/journal.pone.0103106

LENSKI, J., 2010. *Fledermausaktivitäten an linearen Gehölzstrukturen*. Présentation PowerPoint lors du séminaire national l'énergie éolienne et la protection de la biodiversité – Reims, 15 au 17/09/2010, LPO/ADEME/MEEDDM/SER/FEE

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

MATHEWS F. 2011. National Bats and Wind Turbines Project. University of Exeter. 25p.

MAURIN, H. & KEITH, P. (dir.) - 1994 - *Inventaire de la Faune menacée en France, Le Livre Rouge*. Nathan, MNHN, WWF France, Paris : 176 pp.

MILLION, L., JULIEN, J.-F., JULLIARD, R., & KERBIRIOU, C. 2015. Bat activity in intensively farmed landscapes with wind turbines and offset measures. *Ecological Engineering*, 75, pp. 250-257.

PÉRON G., 2018. Process-based vs. ad-hoc methods to estimate mortality using carcass surveys data: A review and a note about evidence complacency. *Ecological Modelling* 384 (2018) 111-118.

RODRIGUES L., L. BACH, M-J DUBOURG-SAVAGE, B. KARAPANDZA, D. KOVAC, T. KERVYN, J. DEKKER, A. KEPEL, P. BACH, J. COLLINS, C. HARBUSCH, K. PARK, B. MISCEVSKI, J. MINDERMAN. 2014. *Guidelines for consideration of bats in wind farm projects* - Revision 2014. [ed.] UNEP/EUROBATS Secretariat. Eurobats Publication series No. 6 (English version). 2014. 133 pp.

ROELEKE M., BLOHM T., KRAMER-SCHADT S., YOVEL Y. & VOIGT Ch. C., 2016. Habitat use of bats in relation to wind turbines revealed by GPS tracking. *Scientific reports* 6, 28961 ; doi 10.1038/srep28961.

ROSCIONI F., REBELO H., RUSSO D., CARRANZA M.L., DI FEBBRARO M. AND LOY A. 2014. A modelling approach to infer the effects of wind farms on landscape connectivity for bats. *Landscape Ecol* (2014) 29:891–903

RYDELL J. et al., 2012. *The effect of wind power on birds and bats*. Report 6511. Swedish Environmental Protection Agency, 152 p.

SCHOBER W. & GRIMMBERGER E., 1991. *Guide des Chauves-souris d'Europe*. Delachaux & Niestlé, Neuchâtel-Paris, 223 p.

STRICKLAND MD, ARNETT EB, ERICKSON WP, JOHNSON DH, JOHNSON GD, ET AL. 2011. Comprehensive Guide To Studying Wind Energy/Wildlife Interactions. National Wind Coordinating Collaborative Website. available: http://www.nationalwind.org/assets/publications/comprehensive_guide_to_studying_wind_energy_wildlife_interactions_2011_updated.pdf

THAURONT M., D'AGOSTINO R. & MARCHAIS G. 2015. Expertise chiroptères et suivi de mortalité - Parcs éoliens Lomont – Pays de Montbéliard. Ecosphère. 63 pages.

UICN FRANCE, MNHN, SFPEM & ONCFS (2017) - La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine. Paris, France.

VERBOOM B. & HUITEMA H., 1997. The importance of linear landscape elements for the pipistrelle *Pipistrellus pipistrellus* and the serotine bat *Eptesicus serotinus*. *Landscape Ecology* 12 : 117-125.

ANNEXES

1. Points d'écoute au sol

n°	Date	Appareil	Référence	Type habitat	Nombre max de contacts /heure	Total contacts	Nombre moyen de contacts /heure	Calcul de la durée nocturne				Durée	Conditions météo
								début enregistrement	fin enregistrement	Lever soleil	Coucher soleil		
POINTS d'ECOUTE NUIT ENTIERE													
P1	22-mai-18	SM2	P1_9113	Haie arborée prairie/culture	17	41	4,3	21:30	07:00	6:29	22:00	9:30	
P2	19-avr.-18	SM2	P2_15258	lisière boisement	63	195	17,7	20:45	07:45	7:20	21:14	11:00	ciel dégagé ; vent faible ; temp : 19-15°C
P3	19-avr.-18	SM2	P3_9113	prairie / cultures	80	210	19,1	20:45	07:45	7:20	21:14	11:00	ciel dégagé ; vent faible ; temp : 19-15°C
P4	19-avr.-18	SM2	P4_9133	prairie / cultures	5	15	1,4	20:45	07:45	7:20	21:14	11:00	ciel dégagé ; vent faible ; temp : 19-15°C
P5	22-mai-18	SM2	P5_9133	lisière boisement	100	509	53,6	21:30	07:00	6:29	22:00	9:30	ciel dégagé ; vent faible ; temp : 15°C
P6	22-mai-18	SM2	P6_15885	lisière boisement / prairie humide	114	530	55,8	21:30	07:00	6:29	22:00	9:30	ciel dégagé ; vent faible ; temp : 15°C
P7	22-mai-18	SM2	P7_15268	Haie arborée prairie/culture	43	146	15,4	21:30	07:00	6:29	22:00	9:30	ciel dégagé ; vent faible ; temp : 15°C
E1	27-juin-18	SM2	E1_15885	Haie arborée prairie/culture	76	331	41,4	22:00	07:30	6:20	22:20	8:00	ciel dégagé ; vent faible ; temp : 21-19°C
E2	27-juin-18	SM2	E2_9133	lisière boisement	126	336	42,0	22:00	07:30	6:20	22:20	8:00	ciel dégagé ; vent faible ; temp : 21-19°C

n°	Date	Appareil	Référence	Type habitat	Nombre max de contacts /heure	Total contacts	Nombre moyen de contacts /heure	Calcul de la durée nocturne				Durée	Conditions météo
								début enregistrement	fin enregistrement	Lever soleil	Coucher soleil		
E3	27-juin-18	SM2	E3_9113	lisière boisement / prairie fauchée	55	179	22,4	22:00	07:30	6:20	22:20	8:00	ciel dégagé ; vent faible ; temp : 21-19°C
E4	27-juin-18	SM2	E4_15268	Haie discontinue / prairie	24	139	17,4	22:00	07:30	6:20	22:20	8:00	ciel dégagé ; vent faible ; temp : 21-19°C
E5	24-juil.-18	SM2	E5_15268	prairie / cultures	213	835	97,3	21:30	07:30	6:40	22:05	8:35	ciel dégagé ; vent nul ; temp : 20,5-19°C
E6	24-juil.-18	SM2	E6_15885	lisière boisement / prairie humide	76	227	26,4	21:30	07:30	6:40	22:05	8:35	ciel dégagé ; vent nul ; temp : 20,5-19°C
E7	24-juil.-18	SM2	E7_9133	Haie arborée prairie/culture	38	115	13,4	21:30	07:30	6:40	22:05	8:35	ciel dégagé ; vent nul ; temp : 20,5-19°C
E8	24-juil.-18	SM2	E8_9113	Haie arborée prairie/culture/pinède	43	151	17,6	21:30	07:30	6:40	22:05	8:35	ciel dégagé ; vent nul ; temp : 20,5-19°C
A1	28-août-18	SM2	A1_15268	Haie arborée prairie/culture	44	160	15,4	20:45	08:00	7:30	21:05	10:25	ciel voilé; averses intermittentes ; temp : 19-16°C
A2	28-août-18	SM2	A2_15885	lisière boisement / prairie humide	256	675	64,8	20:45	08:00	7:30	21:05	10:25	ciel voilé; averses intermittentes ; temp : 19-16°C
A3	28-août-18	SM2	A3_9133	Haie arborée prairie/culture/pinède	22	62	6,0	20:45	08:00	7:30	21:05	10:25	ciel voilé; averses intermittentes ; temp : 19-16°C
A4	28-août-18	SM2	A4_9113	Haie arborée prairie/culture	41	100	9,6	20:45	08:00	7:30	21:05	10:25	ciel voilé; averses intermittentes ; temp : 19-16°C

n°	Date	Appareil	Référence	Type habitat	Nombre max de contacts /heure	Total contacts	Nombre moyen de contacts /heure	Calcul de la durée nocturne				Durée	Conditions météo
								début enregistrement	fin enregistrement	Lever soleil	Coucher soleil		
A5	3-oct.-08	SM2	A5_9113	Haie discontinue / prairie	9	18	1,5	19:20	08:30	8:20	20:00	12:20	ciel dégagé ; vent faible ; temp : 16-14°C
A6	3-oct.-08	SM2	A6_15885	lisière boisement	27	82	6,6	19:20	08:30	8:20	20:00	12:20	ciel dégagé ; vent faible ; temp : 16-14°C
A7	3-oct.-08	SM2	A7_15268	lisière boisement / prairie fauchée	46	145	11,8	19:20	08:30	8:20	20:00	12:20	ciel dégagé ; vent faible ; temp : 16-14°C
A8	3-oct.-08	SM2	A8_9133	prairie / cultures	30	47	3,8	19:20	08:30	8:20	20:00	12:20	ciel dégagé ; vent faible ; temp : 16-14°C
TRANSECTS													
PT1	19-avr.-18	SM4	P_T1_ROUD_20180419		141	240	137,1	21:40	23:25	7:20	21:14	1:45	ciel dégagé ; vent faible ; temp : 19-15°C
PT2	22-mai-18	SM4	P_T2_ROUD_20180522		179	249	142,3	22:35	00:20	6:29	22:00	1:45	ciel dégagé ; vent faible ; temp : 15°C
ET3	27-juin-18	SM4	E_T3_20180627		187	282	161,1	22:35	00:20	6:20	22:20	1:45	ciel dégagé ; vent faible ; temp : 21-19°C
ET4	24-juil.-18	SM4	E_T4_20180724		241	361	216,6	22:50	00:30	6:40	22:05	1:40	ciel dégagé ; vent nul ; temp : 20,5-19°C
AT5	28-août-18	SM4	A_T5_20180828		154	367	169,4	21:40	23:55	07:30	21:05	2:10	ciel voilé ; averses intermittentes ; temp : 19-16°C
AT6	3-oct.-08	SM4	A_T6_20181003		145	300	150,0	20:20	22:20	8:20	20:00	2:00	ciel dégagé ; vent faible ; temp : 16-14°C

2. Suivi acoustique en nacelle : valeurs de calibration du micro au cours du suivi

Les valeurs de calibration non valables (supérieures + ou – 6 dBFS par rapport à la valeur constructeur de -16,1 dBFS sont **en rouge**.

time stamp	ref rms level [dBFS]		time stamp	ref rms level [dBFS]		time stamp	ref rms level [dBFS]
19.04.2018 11:13	-16.1		11.05.2018 12:01	-15.9		31.05.2018 01:19	-15.9
20.04.2018 12:01	-16.5		12.05.2018 12:01	-16.8		31.05.2018 12:01	-16.6
21.04.2018 12:01	-16.1		13.05.2018 12:01	-17.4		01.06.2018 12:01	?
22.04.2018 12:01	-15.9		14.05.2018 11:05	-16.5		02.06.2018 01:18	-15.8
23.04.2018 12:01	-16.0		14.05.2018 12:01	-16.5		02.06.2018 12:01	-17.1
24.04.2018 12:01	-16.0		15.05.2018 12:01	-16.5		03.06.2018 12:01	-17.1
25.04.2018 12:01	-15.8		16.05.2018 12:01	-16.7		04.06.2018 10:50	-17.5
25.04.2018 18:05	-15.5		17.05.2018 12:01	-16.4		04.06.2018 11:00	-17.4
26.04.2018 12:01	-15.8		18.05.2018 12:01	-16.8		04.06.2018 12:01	-16.7
27.04.2018 12:01	-16.8		19.05.2018 12:01	-16.6		05.06.2018 11:48	-17.4
28.04.2018 12:01	-16.1		20.05.2018 12:01	-17.4		05.06.2018 12:01	-16.9
29.04.2018 12:01	-16.8		21.05.2018 12:01	-17.0		05.06.2018 15:06	-16.9
30.04.2018 12:01	-16.8		22.05.2018 12:01	-16.7		06.06.2018 09:22	-15.8
01.05.2018 12:01	-16.5		23.05.2018 12:01	-16.7		06.06.2018 12:01	-16.7
02.05.2018 12:01	-16.5		24.05.2018 12:01	-16.8		07.06.2018 12:01	-16.1
03.05.2018 12:01	-16.4		25.05.2018 12:01	-16.7		08.06.2018 12:01	-17.4
04.05.2018 12:01	-16.6		26.05.2018 12:01	-16.5		09.06.2018 12:01	-18.8
05.05.2018 12:01	-16.5		27.05.2018 12:01	-16.9		10.06.2018 12:01	-17.3
06.05.2018 12:01	-16.8		28.05.2018 12:01	-17.0		11.06.2018 12:01	-17.0
07.05.2018 12:01	-17.3		29.05.2018 12:01	-16.0		11.06.2018 14:45	-16.8
08.05.2018 12:01	-16.0		29.05.2018 12:47	-15.9		12.06.2018 12:01	-17.5
09.05.2018 12:01	-16.4		30.05.2018 01:19	-15.7		13.06.2018 12:01	-17.7
10.05.2018 12:01	-16.7		30.05.2018 12:01	-17.0		14.06.2018 12:01	-14.8
						15.06.2018 12:01	-16.8

time stamp	ref rms level [dBFS]		time stamp	ref rms level [dBFS]		time stamp	ref rms level [dBFS]
16.06.2018 12:01	-17.1		12.07.2018 12:01	-17.8		07.08.2018 12:01	-17.7
17.06.2018 12:01	-16.2		13.07.2018 12:01	-18.2		08.08.2018 12:01	-17.9
18.06.2018 12:01	-16.7		14.07.2018 12:01	-18.2		09.08.2018 12:01	-17.4
19.06.2018 12:01	-17.4		15.07.2018 12:01	-18.8		10.08.2018 12:01	-17.5
20.06.2018 12:01	-17.7		16.07.2018 12:01	-18.1		11.08.2018 12:01	-17.2
21.06.2018 12:01	-17.0		17.07.2018 12:01	-17.5		12.08.2018 12:01	-16.9
22.06.2018 12:01	-17.6		18.07.2018 12:01	-18.0		13.08.2018 12:01	-17.9
23.06.2018 12:01	-17.8		19.07.2018 12:01	-17.7		14.08.2018 12:01	-18.1
24.06.2018 12:01	-17.7		20.07.2018 12:01	-17.1		15.08.2018 12:01	-17.7
25.06.2018 12:01	-17.7		21.07.2018 12:01	-17.7		16.08.2018 12:01	-17.5
26.06.2018 12:01	-17.4		22.07.2018 12:01	-18.6		17.08.2018 12:01	-17.9
27.06.2018 12:01	-18.1		23.07.2018 12:01	-18.4		18.08.2018 12:01	-17.7
28.06.2018 12:01	-17.7		24.07.2018 12:01	-18.1		19.08.2018 12:01	-17.8
29.06.2018 12:01	-17.9		25.07.2018 12:01	-17.9		20.08.2018 12:01	-17.9
30.06.2018 12:01	-17.8		26.07.2018 12:01	-18.6		21.08.2018 12:01	-17.9
01.07.2018 12:01	-18.0		27.07.2018 12:01	-17.5		22.08.2018 12:01	-18.0
02.07.2018 12:01	-18.3		28.07.2018 12:01	-16.7		23.08.2018 12:01	-17.5
03.07.2018 12:01	-19.3		29.07.2018 14:49	-20.0		24.08.2018 12:01	-17.9
04.07.2018 12:01	-17.6		30.07.2018 12:01	-17.0		25.08.2018 12:01	-17.9
05.07.2018 12:01	-17.8		31.07.2018 14:10	-17.3		26.08.2018 12:01	-17.7
06.07.2018 12:01	-17.5		01.08.2018 12:01	-18.4		27.08.2018 12:01	-17.5
07.07.2018 12:01	-18.3		02.08.2018 12:01	-17.9		28.08.2018 12:01	-18.1
08.07.2018 12:01	-18.0		03.08.2018 12:01	-18.0		29.08.2018 12:01	-17.7
09.07.2018 12:01	-18.6		04.08.2018 12:01	-17.6		30.08.2018 12:01	-17.9
10.07.2018 12:01	-19.3		05.08.2018 12:01	-17.7		31.08.2018 12:01	-18.2
11.07.2018 12:01	-17.8		06.08.2018 12:01	-18.2		01.09.2018 12:01	-18.1

time stamp	ref rms level [dBFS]		time stamp	ref rms level [dBFS]		time stamp	ref rms level [dBFS]
02.09.2018 12:01	-18.1		27.09.2018 12:01	-17.9		23.10.2018 12:01	-18.1
03.09.2018 12:01	-17.8		28.09.2018 12:01	-17.8		24.10.2018 12:01	-18.2
04.09.2018 12:01	-17.9		29.09.2018 12:01	-17.8		25.10.2018 12:01	-18.3
05.09.2018 12:01	-17.5		30.09.2018 12:01	-18.1		26.10.2018 12:01	-17.9
06.09.2018 12:01	-17.4		01.10.2018 12:01	-17.9		27.10.2018 12:01	-22.4
07.09.2018 12:01	-17.7		02.10.2018 12:01	-17.1		28.10.2018 12:01	-13.6
08.09.2018 12:01	-17.8		03.10.2018 12:01	-18.1		29.10.2018 12:01	-17.9
09.09.2018 12:01	-18.3		04.10.2018 12:01	-19.9		30.10.2018 12:01	-18.6
10.09.2018 12:01	-17.6		05.10.2018 12:01	-18.9		31.10.2018 12:01	-16.1
11.09.2018 12:01	-17.7		06.10.2018 12:01	-20.8		01.11.2018 12:01	-18.1
12.09.2018 12:01	-17.8		07.10.2018 12:01	-19.8		02.11.2018 12:01	-18.4
13.09.2018 12:01	-17.9		08.10.2018 12:01	-18.6		03.11.2018 12:01	-17.7
14.09.2018 12:01	-18.2		09.10.2018 12:01	-19.3		04.11.2018 12:01	-17.6
15.09.2018 12:01	-18.1		10.10.2018 12:01	-22.3		05.11.2018 12:01	-19.3
16.09.2018 12:01	-18.1		11.10.2018 12:01	-19.8		06.11.2018 12:01	-16.7
17.09.2018 12:01	-17.7		12.10.2018 12:01	-19.2		07.11.2018 12:01	-54.9
18.09.2018 12:01	-17.5		13.10.2018 12:01	-17.6		07.11.2018 23:13	-
19.09.2018 07:12	-17.1		14.10.2018 12:01	-23.4		08.11.2018 12:01	-54.0
19.09.2018 12:01	-17.5		15.10.2018 12:01	-19.9		09.11.2018 12:01	-53.2
20.09.2018 12:01	-17.1		16.10.2018 12:01	-18.0		10.11.2018 12:01	-18.6
21.09.2018 12:01	-18.1		17.10.2018 12:01	-18.3		11.11.2018 12:01	-21.3
22.09.2018 12:01	-17.7		18.10.2018 12:01	-20.1		12.11.2018 12:01	-17.5
23.09.2018 12:01	-17.5		19.10.2018 12:01	-18.9		13.11.2018 12:01	-18.0
24.09.2018 12:01	-18.0		20.10.2018 12:01	-17.8		14.11.2018 12:01	-17.6
25.09.2018 12:01	-18.3		21.10.2018 12:01	-18.2		15.11.2018 12:01	-20.1
26.09.2018 12:01	-18.1		22.10.2018 12:01	-17.1		16.11.2018 12:01	-16.8

time stamp	ref rms level [dBFS]		time stamp	ref rms level [dBFS]		time stamp	ref rms level [dBFS]
17.11.2018 12:01	-17.7						
18.11.2018 12:01	-17.4						
19.11.2018 12:01	-17.5						
20.11.2018 12:01	-18.2						
21.11.2018 12:01	-16.8						
22.11.2018 12:01	-17.7						
23.11.2018 12:01	-21.3						
24.11.2018 12:01	-20.7						
25.11.2018 12:01	-18.6						
26.11.2018 12:01	-19.0						
30.11.2018 13:59	-50.5						