LPO VENDEE

Éoliennes du Bois Joli, La Garnache (Vendée)

Bilan du programme de suivi 2018 (mortalité des chauves-souris et des oiseaux, activité des chauves-souris)

Version 2

Mars 2019

Photo © Camille Condette / LPO85

vendee.lpo.fr

BirdLife INTERNATIONAL
LA LPO FRANCE EST LE REPRÉSENTANT OFFICIEL

VEN0319-08

Éoliennes du Bois Joli (La Garnache, Vendée)

Bilan du programme de suivi 2018 (mortalité des chauves-souris et des oiseaux, activité des chauves-souris)

Mars 2019 (version 2)

Rédaction : Perrine Dulac et Sophie Murarasu

Collaboration : Etienne Ouvrard

Version 1 : février 2019, modifiée suite à la démarche de concertation avec Novenergia.

Ligue pour la Protection des Oiseaux
Vendée
Association indépendante

Siège social : La Brétinière – 85 000 LA ROCHE SUR YON
Tél. : 02 51 46 21 91 – courriel : vendee@lpo.fr ; http://vendee.lpo.fr

Sommaire

Index des figures et tableaux 4
Introduction 7
Préambule à la lecture 8
1. Suivi de la mortalité 9
1.1. Méthodologie 9
1.1.1. Recherche sur le terrain 9
1.1.2. Consignation et analyse des données 11
1.1.3. Détermination des facteurs de correction 12
1.1.4. Limites de la méthodes et intervalle de confiance 13
1.2. Résultat des prospections de terrain 2018 13
1.2.1. Les oiseaux 13
1.2.2. Les chauves-souris 13
2. Enregistrements acoustiques 19
2.1. Méthodologie 19
2.1.1. Installation et paramétrage de l'enregistreur 19
2.1.2. Stockage et analyse des fichiers sons 20
2.1.3. Limites de la méthode 21
2.2. Résultats des enregistrements 22
2.2.1. Qualité des enregistrements 22
2.2.2. Espèces identifiées 23
2.2.3. Quelques informations sur les comportements en vol 26
2.2.4. Importance de l'activité acoustique 27
2.2.5. Variations saisonnières 29
2.2.6. Variations nocturnes 32
2.2.7. Activité acoustique et conditions météorologiques 35
3. Résultats de la régulation 39
3.1. Plan de régulation appliqué pendant la période de suivi 39
3.2. Détails sur les évènements de mortalité de 2018 40
3.2.1. Épisode du 25 juillet 40
3.2.2. Épisode du 8 août 41
3.2.3. Épisode du 4 septembre 43
3.2.4. Épisode du 9 octobre 43

4. Conclusions et propositions 44
Bibliographie 46
Annexes 48

INDEX DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1 - Numérotation des éoliennes 8
Figure 2 - Schéma de prospection autour de l'éolienne 9
Figure 3 - le GPS comme échelle de taille… (photo © LPO Vendée) 10
Figure 4 - Mesures biométriques d'une chauve-souris (photo : Diane Anxionnat © LPO Vendée) 11
Figure 5 - Méthodes d'estimation de la mortalité à partir des données brutes. N est la mortalité estimée et C la mortalité brute, p et z les facteurs de correction liés à la disparition des cadavres et à l'efficacité de l'observateur, A le facteur de correction de surface 12
Figure 6 - Cadavre de Noctule commune trouvé le 8 août 2018 sous l'éolienne 2, ne présentant pas de blessure extérieure (photo © Camille Condette / LPO Vendée) 15
Figure 7 - Répartition des cadavres de chauves-souris sous les éoliennes (données brutes) 16
Figure 8 - Localisation des chauves-souris 17
Figure 9 - Distance des cadavres au mât des éoliennes 17
Figure 10 - Installation de l'enregistreur sur l'éolienne n°5. A gauche : le SM3 fixé au-dessus de la porte, le micro étant placé sur l'éclairage externe. A droite : micro du haut fixé sur la nacelle. Photos Julien Sudraud / LPO Vendée et Senvion 20
Figure 11 - Schéma du cône de détection des micros utilisés (source : Wildlife Acoustics) 20
Figure 12 - Richesse spécifique enregistrée sur l'éolienne 5 (2 micros confondus) 24
Figure 13 - Contacts de Sérotines et Noctules sur le micro du bas (à gauche) et sur le micro du haut (à droite) 26
Figure 14 - Contacts de Pipistrelles sur le micro du bas (à gauche) et sur le micro du haut (à droite) 26
Figure 15 - Sonogramme d'une pipistrelle commune passant très près du micro 27
Figure 16 - Nombre moyen de contacts par nuit (2 micros confondus). Les barres noires représentent l'erreur standard 29
Figure 17 - Évolution du nombre de séquences analysées au cours de la saison (par jour), micro du bas (n=11 720). NB : le nombre de chauves-souris mortes (points jaunes) est fourni pour indication 30
Figure 18 - Évolution du nombre de séquences analysées au cours de la saison (par jour), micro du haut (n=816). NB : le nombre de chauves-souris mortes (points jaunes) est fourni pour indication 30
Figure 19 - Évolution du nombre de séquences analysées au cours de la saison 31
Figure 20 - Évolution du nombre de séquences analysées au cours de la saison 32

Figure 21 - Évolution du nombre de séquences analysées au cours de la nuit (cumul toutes espèces, 2 micros et toutes nuits confondus)..... 33

Figure 22 - Évolution du nombre de séquences analysées au cours de la nuit (Pipistrelles, toutes nuits et 2 micros confondus)..... 34

Figure 23 - Évolution du nombre de séquences analysées au cours de la nuit (Sérotine commune, toutes nuits et 2 micros confondus)..... 34

Figure 24 - Évolution du nombre de séquences analysées au cours de la nuit (Noctules et Sérotine/Noctules, toutes nuits et 2 micros confondus)..... 35

Figure 25 - Activité cumulée des chauves-souris en bas (n=11 720) et en haut (n=816) en fonction de la vitesse du vent (mesurée au niveau de la nacelle de l'éolienne 5)..... 36

Figure 26 - Activité cumulée des chauves-souris en fonction de la température (mesurée au niveau de la nacelle de l'éolienne 5)..... 36

Figure 27 - Activité des chauves-souris (toutes espèces confondues) en fonction du vent et de la température (la taille des cercles est proportionnel au nombre de contacts obtenus dans la nuit)..... 37

Figure 28 - Conditions météo entre mai et début novembre 2018 (données de l'éolienne 5 et infoclimat.fr pour les précipitations)..... 39

Figure 29 - Conditions météo et activité des Pipistrelle commune et de Kuhl entre le 21 juillet et le 25 juillet..... 41

Figure 30 - Conditions météo, activité de la Pipistrelle commune et arrêt des éoliennes 1 à 5 dans les nuits du 5 au 7 août..... 42

Figure 31 - Conditions météo et arrêt des éoliennes 1 à 5 dans la nuit 7 au 8 août..... 42

Figure 32 - Conditions météo, activité de la Pipistrelle commune et arrêt de l'éolienne 6 dans la nuit 3 au 4 septembre..... 43

Figure 33 - Conditions météo, activité de la Pipistrelle commune et arrêt des éoliennes 1 à 5 du 5 au 8 octobre..... 44

Tableau 1 - Noms français et noms scientifiques des espèces de chauves-souris citées dans le rapport..... 8

Tableau 2 - Fréquence des prospections sous les éoliennes du Bois Joli, 2018..... 10

Tableau 3 - Chauves-souris trouvées mortes sous les éoliennes en 2018..... 13

Tableau 4 - Statuts de protection et de conservation des espèces de chauve-souris touchées par les éoliennes..... 14

Tableau 5 - État des cadavres et estimation de la date de mortalité..... 15

Tableau 6 - Évolution mensuelle de la mortalité brute des chauves-souris entre mi-mai et fin octobre 2018. Prospection hebdomadaire de mi-mai à mi-août, puis bi-hebdomadaire..... 16

Tableau 7 - Coefficients de correction..... 18

Tableau 8 - Estimation du taux de mortalité pour l'ensemble des éoliennes et pour la période du 14 mai au 30 octobre 2018 (entre crochets les intervalles de confiance)..... 19

Tableau 9 - Richesse spécifique enregistrée sur l'éolienne 5..... 23

Tableau 10 - Richesse spécifique enregistrée sur chacun des micros..... 24

Tableau 11 - Importance de l'activité sur le site (micro du bas) au regard du référentiel français Vigie Chiro 27

Tableau 12 - Importance de l'activité sur le site au regard des références vendéennes.....28

Tableau 13 - Volume d'activité mesuré au niveau de l'éolienne 5, compris dans les plages horaires de bridage 2018 (pour les espèces particulièrement sensibles à l'éolien).....34

Tableau 14 - Volume d'activité (mesuré au niveau de l'éolienne 5) compris dans les plages de température et de vent de bridage 2018, pour les Pipistrelles.....38

Tableau 15 - Plan de bridage prévu pour l'année 2018.....39

Tableau 16 - Plan de bridage proposé pour 2019.....45

INTRODUCTION

Le parc éolien du Bois Joli a été mis en service au cours de l'année 2018. La construction du parc éolien a été autorisée par arrêté préfectoral du 16 avril 2015 (15-DRCTAJ/1-263). L'article 6.4 de l'arrêté concerne les mesures de réduction de la mortalité des chauves-souris : *L'exploitant définit, sous sa responsabilité, un plan d'asservissement adapté du fonctionnement des éoliennes en fonction de l'activité des chiroptères ou des conditions météorologiques. […] A défaut de plan d'asservissement fin défini par l'exploitant, le fonctionnement des éoliennes est interdit, du 1er avril au 31 octobre, quatre heures par jour (deux heures au lever du soleil et deux heures au coucher).*

En 2017, la société des éoliennes du Bois Joli a sollicité la LPO Vendée pour proposer un plan de régulation sur la base de ses connaissances locales. Suite à un travail de concertation, la régulation a été mise en œuvre en avril 2018.

En outre, l'arrêté du 26 août 2011 relatif à l'entrée des éoliennes dans le régime des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement impose à l'exploitant d'effectuer un suivi des éoliennes, notamment pour la mortalité des oiseaux et des chauves-souris.

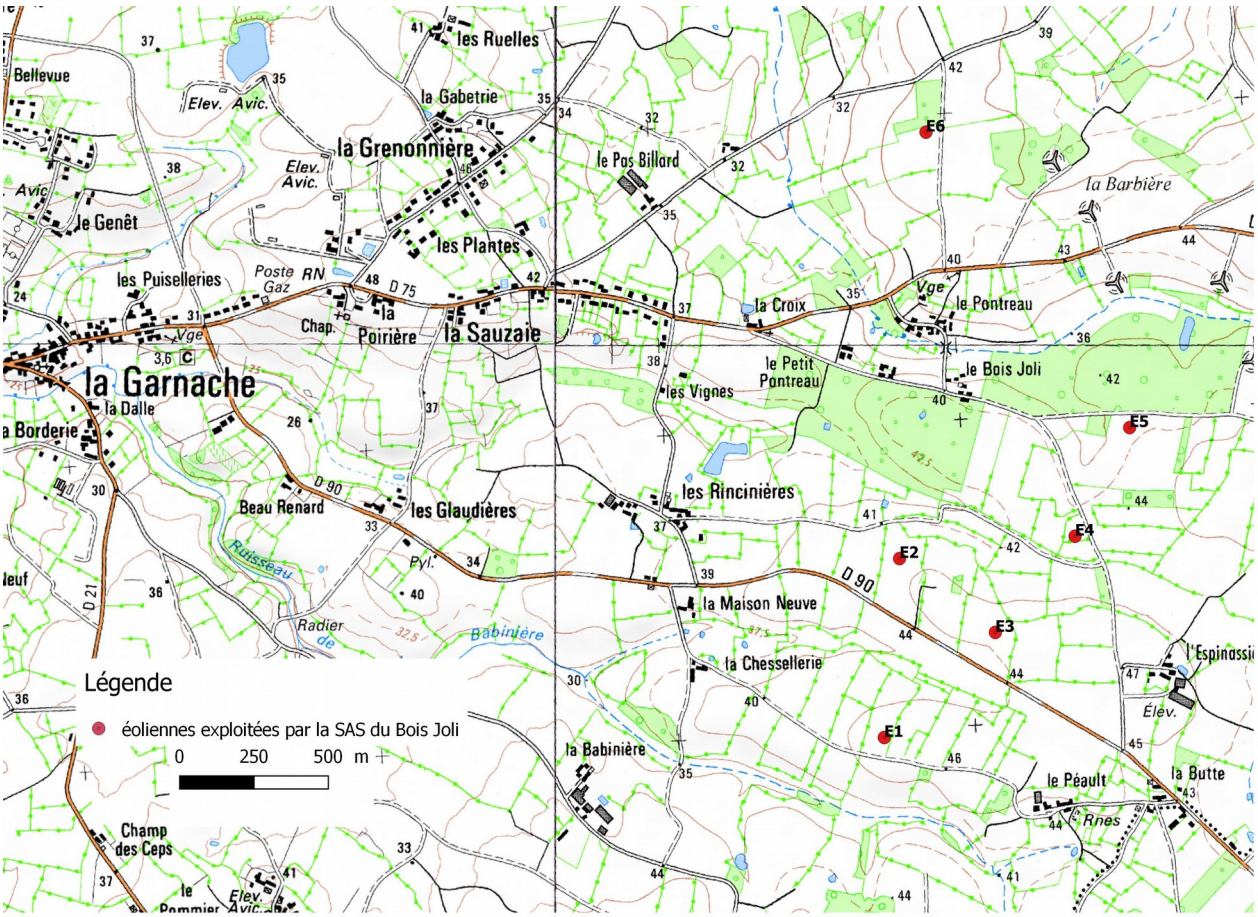
La société des éoliennes du Bois Joli a, dans ce contexte, sollicité la LPO Vendée pour, en 2018 :

- réaliser le suivi de la mortalité des oiseaux et des chauves-souris,
- étudier l'activité des chauves-souris en hauteur et en continu,
- valider ou adapter le plan d'asservissement mis en œuvre en avril 2018,en fonction de l'activité des chauves-souris sur le site, des conditions météorologiques et de la mortalité constatée.

Le présent rapport fait état des résultats sur ces 3 points.

PRÉAMBULE À LA LECTURE

Dans la suite du rapport, les éoliennes sont numérotées de la façon suivante :

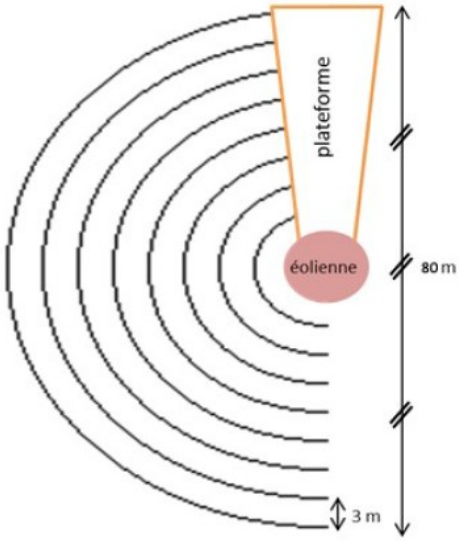


Pipistrelle de Kuhl	*Pipistrellus kuhlii (Kuhl, 1817)*
Oreillard indéterminé	*Plecotus sp.*
Barbastelle d'Europe	*Barbastella barbastellus (Schreber, 1774)*

1. Suivi de la mortalité

1.1. Méthodologie

1.1.1. Recherche sur le terrain



La prospection est réalisée sous les 6 éoliennes, dans un espace correspondant à un disque de 40 m de rayon autour du mât, soit 0,5 hectare par éolienne. La surface totale potentiellement prospectée est donc de 3 ha.

Les prospections s'effectuent à pied et durent environ 1 heure par éolienne si toute la surface est prospectable (*cf.* ci-après). Pour aider l'observateur à se déplacer de façon régulière, une corde de 40 m de long, marquée tous les 3 mètres, est fixée à un côté du mât de l'éolienne. Pour commencer la prospection, l'observateur se place à la première marque (à 3 m du mât) en tenant la corde tendue, et effectue un demi-cercle autour du mât, en recherchant les cadavres sur cette largeur. Une fois la première rotation terminée, l'observateur se place à la deuxième marque (à 6 m du mât) et réalise à nouveau un demi-cercle dans le sens inverse. Cette opération se répète jusqu'à atteindre les 40 m de rayon. L'observateur procède de la même façon pour le deuxième côté de l'éolienne (fig. 2).

La plate-forme est prospectée sans l'aide de la corde.

Figure 2 - Schéma de prospection autour de l'éolienne

Lorsque toute la surface n'est pas accessible (boisement, végétation trop haute, semis récent ne permettant pas de pénétrer dans les parcelles sans risquer de l'endommager…), l'observateur note la surface qu'il a pu prospecter, afin d'appliquer ensuite un facteur de correction.

Les prospections ont débuté à la mi-mai, et 35 prospections ont été réalisées entre le 14 mai et le 31 octobre, à raison d'un ou deux passages par semaine (tab. 2).

Tableau 2 - Fréquence des prospections sous les éoliennes du Bois Joli, 2018

Période	Fréquence	Nb de prospections
Du 14 mai au 17 août 2018	1 prospection par semaine (mercredi)	14
Du 20 août au 31 octobre 2018	2 prospections par semaine (mardi, vendredi)	21
	Nb total de prospections	**35**

Chaque relevé de terrain comprend au moins :

- l'identification de l'espèce (si possible) ;
- l'état apparent du cadavre (description précise) ;
- la localisation précise de la découverte (éolienne concernée, emplacement par rapport à celle-ci, coordonnées GPS) ;
- la cause présumée de la mort (en fonction de l'espèce, de son état apparent et de sa localisation).

Chaque observation s'accompagne de photos, prises préalablement à la manipulation du cadavre (témoignage de l'état "initial"), puis sous différents angles. Les photos peuvent s'accompagner, si besoin, d'une échelle de taille (fig. 3). Cette photo est surtout importante pour les oiseaux, qui ne sont pas rapportés au bureau (contrairement aux chauves-souris[1]).

[1]L'équipe de permanents de la LPO Vendée dispose d'autorisations administratives pour la capture et le transport de chauves-souris vivantes ou mortes

Figure 3 - le GPS comme échelle de taille… (photo © LPO Vendée)

L'identification des espèces se fait :

- de visu sur le terrain, pour les oiseaux peu dégradés et pour les chauves-souris au niveau du genre ;
- à l'examen plus précis des plumages (si nécessaire, pour les oiseaux en état de décomposition avancée) ;
- pour toutes les chauves-souris, après retour au bureau, par biométrie, examen des organes génitaux, de la dentition et de la forme des tragus (fig. 4). Les ouvrages de référence principaux sont la clé d'identification de Dietz & Helversen (2004) et le cahier technique pour l'identification des chiroptères en main (MNHN *et al.*, 2015).

Dans tous les cas, les oiseaux sont laissés en place, et les chauves-souris sont récoltées, pour identification, sexage. Elles sont ensuite congelées pour validation et examen postérieur si nécessaire.

Figure 4 - Mesures biométriques d'une chauve-souris (photo : Diane Anxionnat © LPO Vendée)

1.1.2. Consignation et analyse des données

Les données récoltées sur le terrain sont consignées dans un fichier qui contient, outre les informations sur chaque cas de mortalité (date, espèce, coordonnées GPS, état du cadavre etc), la surface prospectée sous chaque éolienne et toute autre remarque pouvant être utile par la suite.

Trois facteurs principaux mènent à une sous-estimation de la mortalité si l'on se contenait de compter les chauves-souris et oiseaux trouvés morts au pied des éoliennes :

- la disparition des cadavres entre le moment où la chauve-souris tombe et le moment de la recherche sur le terrain (prédation par les charognards, enfouissement et dégradation des cadavres par des insectes nécrophages ou au moment des labours, dégradation rapide par les fortes pluies) ;
- la difficulté à repérer des animaux de couleur sombre (proche de celle de la terre) et de petite taille, ainsi que la difficulté à les repérer lorsque la végétation est dense (ray gras, luzerne...).
- la réduction ponctuelle de la surface de prospection en fonction des conditions locales (*cf. supra*).

Il est même possible que des chauves-souris seulement blessées ne soient pas retrouvées, ayant parcouru des distances trop grandes avant de tomber (Grodsky *et al.* 2011).

C'est pourquoi des coefficients correcteurs sont appliqués aux résultats obtenus sur le terrain, sur les principes décrits par la littérature. Selon les préconisations de la communauté naturaliste et du protocole national de suivi des éoliennes (coll., 2018), les méthodes d'Erickson *et al.* (2000), de Jones (2009) et de Huso (2010) ont été utilisées pour évaluer le taux de mortalité (fig. 5).

ERICKSON (2000)

$$N = (I \times C)/(t \times z) \times A$$

durée de l'intervalle

durée moyenne de persistance d'un cadavre

JONES (2009) et HUSO (2010)

$$N = (C/z \times p \times \hat{e}) \times A$$

taux de persistance

coefficient correcteur de l'intervalle
= Min (I : Î) / I ; avec Î= -log(0,01) x t

Jones: $p = \exp^{(-0,5 \times I/t)}$

Huso: $p = (t \times (1 - \exp^{(-I/t)})) / I$

Figure 5 - Méthodes d'estimation de la mortalité à partir des données brutes. N est la mortalité estimée et C la mortalité brute, p et z les facteurs de correction liés à la disparition des cadavres et à l'efficacité de l'observateur, A le facteur de correction de surface.

1.1.3. Détermination des facteurs de correction

Pour déterminer les coefficients correcteurs p et z (respectivement disparition des cadavres et efficacité de l'observateur), propres au site et à l'observateur, on utilise sur le terrain des cadavres leurres.

Ceux-ci sont déposés sur le terrain, au hasard, par un technicien autre que l'observateur habituel, juste avant que celui-ci ne débute sa prospection. Ceci permet de tester à la fois l'efficacité de l'observateur (le jour même) et la vitesse de disparition (par un passage sur le site lors de toutes les prospections suivantes).

Nous avons utilisé comme leurres des souris, rats et poussins d'élevage. Les souris et rats vendus dans le commerce étant principalement blancs, nous les avons préalablement teints au brou de noix. Ce colorant a l'avantage d'être naturel, mais présente l'inconvénient de disparaître rapidement avec le temps.

Trois tests ont été réalisés au cours de la saison (le 6 juin, 11 juillet et 12 octobre), avec respectivement 40, 31 et 28 cadavres leurres (voir §1.2.2.5).

1.1.4. Limites de la méthodes et intervalle de confiance

Les résultats du suivi de la mortalité sont entachés des biais suivants :

- caractéristiques de la prospection de terrain (pas de passage quotidien, changement d'observateur rendu nécessaire pour des questions de disponibilité des équipes[2]) ;
- étapes de calcul : l'efficacité de l'observateur, la disparition des cadavres et la surface font l'objet de coefficients correcteurs, dont les modes de calcul peuvent être envisagés de différentes manières, et dont les marges d'erreur sont parfois difficiles à calculer. Ceci rend particulièrement difficile la comparaison inter-sites (ce qui n'est pas l'objet de notre étude).

L'équipe du CEFE-CNRS (Montpellier) propose une méthode de calcul des intervalles de confiance qui prend en compte le pas de temps de prospection, la surface prospectée, le nombre de cadavres leurres utilisées[3]. Les résultats de cette étude seront présentés avec ces intervalles de confiance.

1.2. Résultat des prospections de terrain 2018

1.2.1. Les oiseaux

Aucun oiseau n'a été trouvé en 2018 sous les éoliennes du Bois Joli. C'est un résultat étonnant eu égard au paysage environnant (bocage et boisements).

Le taux de mortalité ne peut donc être calculé (l'absence d'oiseaux ne signifie pas qu'il n'y a eu aucune mortalité).

[2] 3 techniciens ont réalisé les prospections

[3] https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/

1.2.2. Les chauves-souris

1.2.2.1. Mortalité brute : espèces de chauves-souris concernées

Entre le 14 mai et le 31 octobre 2018, 8 chauves-souris de 3 espèces différentes (au moins) ont été trouvées sous les éoliennes 1 à 6 (tab. 3). Les données détaillées figurent en annexe 1.

L'une des chauves-souris était vivante, ce qui est assez inhabituel. Après quelques heures elle est repartie. Elle est toutefois comptabilisée dans les "victimes" de l'année 2018.

Tableau 3 - Chauves-souris trouvées mortes sous les éoliennes en 2018

Espèce	Nombre	Remarque
Noctule commune	1	mâle
Pipistrelle commune	5	dont 1 femelle (les autres n'étant pas sexables)
Pipistrelle de Kuhl	1	
Pipistrelle indéterminée (probable commune)	1	Mâle vivant, reparti avant détermination
TOTAL	8	

Les pipistrelles représentent donc 7 cas sur 8 (87,5 %), confirmant une fois de plus leur sensibilité à la collision. En France et en Europe, les pipistrelles (en particulier Nathusius et commune) et les noctules sont les espèces les plus communément retrouvées lors des prospections sous les éoliennes (Brinkman *et al.* 2006 & 2011, Rodrigues 2015).

Parmi les espèces citées ci-dessus, toutes sont protégées au niveau national (arrêté ministériel du 23 avril 2007, modifié par arrêté du 15 septembre 2012). Elles figurent toutes en annexe IV de la Directive Européenne 92/43/CEE dite "Directive Habitats Faune Flore" (tab. 4).

Tableau 4 - Statuts de protection et de conservation des espèces de chauve-souris touchées par les éoliennes

Espèce	Statut juridique		Statut de conservation						
			Pays de la Loire (2009)	France (2017)		Europe (2006)		Monde (2016)	
	Fr	U.E.	LR	LR	Tendance pop.	LR	Tendance pop.	LR	Tendance pop.
Noctule commune	Prot.	An. IV	LC	VU	-	LC	?	LC	?
Pipistrelle commune	Prot.	An. IV	LC	NT	-	LC	?	LC	=
Pipistrelle de Kuhl	Prot.	An. IV	LC	LC	+	LC	+	LC	?

Source : Marchadour, 2009 ; IUCN, 2016 ; Temple & Terry, 2007 ; Tapiero, 2015 ; UICN et al., 2017.

1.2.2.2. État des cadavres

On distingue habituellement deux causes de mortalité des chauves-souris sous les éoliennes (Horn *et al.* 2008, Baerwald *et al.* 2008, Rydell *et al.* 2010, Cryan & Barclay 2009), l'une n'excluant pas l'autre (Grodsky *et al.* 2011) :

- la collision directe avec les pales, avec des cadavres présentant des fractures ou des congestions et hémorragies post-traumatiques, pas toujours visibles,
- le barotraumatisme (les chauves-souris sont tuées par la variation de pression de l'air autour des pales qui endommage les tissus internes, notamment les poumons, et provoque des hémorragies). Un barotraumatisme non létal peut également engendrer une collision (Grodsky *et al.* 2011).

Sans outils d'analyse vétérinaire poussée, il est souvent difficile de connaître la cause exacte de la mortalité. Aucun des 8 trouvés sous les éoliennes ne montrait de fracture.

Figure 6 - Cadavre de Noctule commune trouvé le 8 août 2018 sous l'éolienne 2, ne présentant pas de blessure extérieure (photo © Camille Condette / LPO Vendée)

Par ailleurs, l'état de décomposition des cadavres peut indiquer si la chauves-souris est morte dans la nuit qui précède la recherche ou avant (tab. 5).

Tableau 5 - État des cadavres et estimation de la date de mortalité

Date recherche	Espèce	Etat de décomposition	Nuit présumée de l'accident
25/07/2018	Pipistrelle de Kuhl	En cours de décomposition	22 ou 23/07
25/07/2018	Pipistrelle commune	sec	? difficile à déterminer
25/07/2018	Pipistrelle indéterminée	vivant	24/07
08/08/2018	Pipistrelle commune	Frais avec asticots	05, 06 ou 07/08
08/08/2018	Pipistrelle commune	Restes (squelette et peau)	??? ancien, peut-être raté lors des précédentes prospections
08/08/2018	Noctule commune	Très frais	07/08

04/09/2018	Pipistrelle commune	Très frais	03/09
09/10/2018	Pipistrelle commune	Frais avec asticots	06, 07 ou 08/10

1.2.2.3.Evolution temporelle de la mortalité

75 % des cas de mortalité sont constatés pour 2 jours seulement, le 25 juillet et le 8 août (tab. 6). Au mois de juillet et jusqu'à début août il peut s'agir d'individus provenant de colonies de mise-bas locales (probablement un rayon de moins de 5 km pour les pipistrelles), pour les femelles. En septembre et octobre, il s'agit d'individus en chasse, en transit ou en migration.

Tableau 6 - Évolution mensuelle de la mortalité brute des chauves-souris entre mi-mai et fin octobre 2018. Prospection hebdomadaire de mi-mai à mi-août, puis bi-hebdomadaire.

Fréquence de prospection	Date	N° éolienne	Espèce	Age	Sexe
1 prospection par semaine	25/07/2018	6	Pipistrelle de Kuhl	?	?
	25/07/2018	1	Pipistrelle commune	?	?
	25/07/2018	1	Pipistrelle indéterminée	?	Mâle
	08/08/2018	4	Pipistrelle commune	?	?
	08/08/2018	3	Pipistrelle commune	?	?
	08/08/2018	2	Noctule commune	?	Mâle
2 prospections par semaine	04/09/2018	6	Pipistrelle commune	?	Femelle
	09/10/2018	4	Pipistrelle commune	?	?

1.2.2.4.Répartition géographique de la mortalité

Des chauves-souris ont été trouvées sous 5 des 6 éoliennes suivies (fig. 7 et 8). En outre toutes les chauves-souris ont été trouvées à 25 m ou moins des éoliennes (fig. 9).

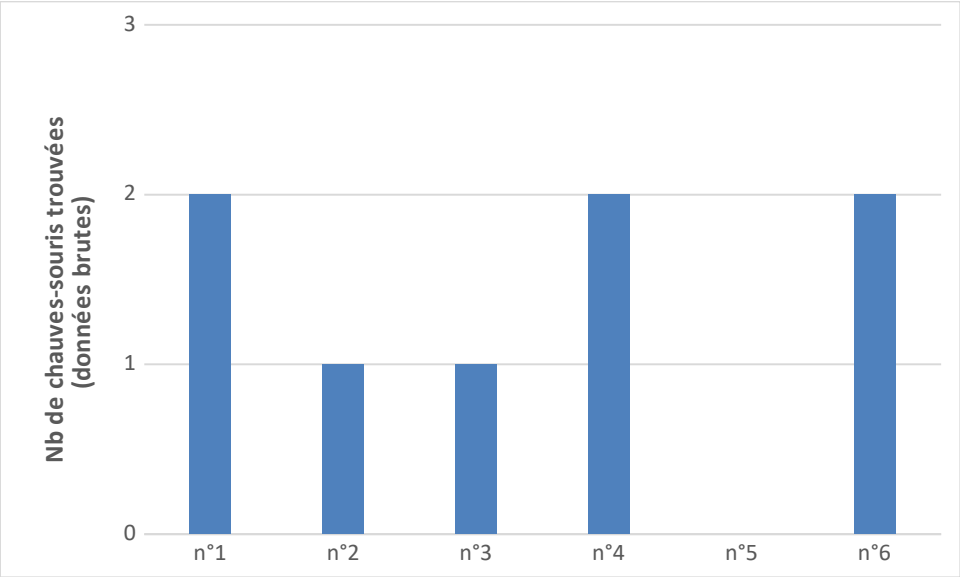


Figure 7 - Répartition des cadavres de chauves-souris sous les éoliennes (données brutes)

Figure 8 - Localisation des chauves-souris

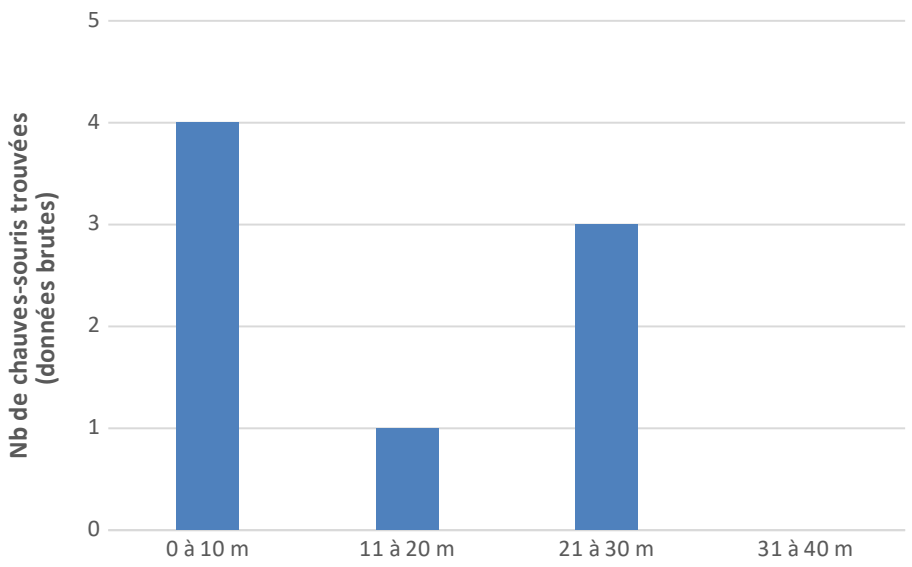


Figure 9 - Distance des cadavres au mât des éoliennes

1.2.2.5. Estimation des taux de mortalité

Détermination des facteurs de correction p et z

Pour établir les coefficients de correction, des cadavres leurres (souris et rats teintés, poussins d'élevage) ont été déposés sous les éoliennes, les 6 juin (n=40), 11 juillet (n=31) et 12 octobre (n=28).

Le coefficient qui mesure la disparition des cadavres du fait de la prédation ou de la dégradation par d'autres facteurs (pluie, invertébrés nécrophages, labours...) est établi de la façon suivante :

- dans la formule de Erickson, le coefficient t mesure la durée moyenne de persistance des cadavres, c'est-à-dire le temps (en jours) que mettent les cadavres à disparaître complètement après leur dépôt ;
- dans les formules de Jones et de Huso, le taux de persistance p est calculé à partir de la durée de persistance moyenne des cadavres (t)(*cf.* § 1.1.2.).

C'est le taux de persistance maximal qui est retenu (dans un pas de temps de 4 jours, le cadavre peut disparaître à n=0, soit juste après le passage de l'observateur, à n=1, n=2, n=3).

Z est le coefficient d'efficacité de l'observateur. Il s'agit du nombre de cadavres retrouvés par l'observateur par rapport au nombre de cadavres leurres déposés. Ce coefficient est le même pour les 3 méthodes de calcul.

Les coefficients calculés pour 2018 figurent dans le tableau 7.

Tableau 7 - Coefficients de correction

	Efficacité de recherche (Z)	Durée moyenne de persistance max (en jours)	Taux moyen de persistance p (Huso)	Taux de persistance p (Jones)
Observateur 1	0,857			
Observateur 2	0,897			
Observateur 3	0,714			
		5,95 (± 0,42)	0,667 (± 0,253)	0,656 (± 0,263)

Correction de surface

En raison de l'impossibilité à accéder à la surface entière de prospection, la surface moyenne prospectée, pour l'ensemble de la saison, est de 48 % (± 4,46) de la surface totale.

Estimation de la mortalité

Le nombre de chauves-souris victimes des éoliennes est estimé pour l'ensemble des éoliennes dans la période considérée, avec un intervalle de confiance de 95 % (tab. 8).

En raison de la prospection sur une partie seulement de l'année, les données n'ont pas été extrapolées pour obtenir une valeur "par éolienne et par an". En effet, la mortalité des chauves-souris n'étant pas homogène au cours de l'année, des mesures effectuées dans la période la plus mortifère ne peuvent être utilisées pour fournir une estimation annuelle.

Tableau 8 - Estimation du taux de mortalité pour l'ensemble des éoliennes et pour la période du 14 mai au 30 octobre 2018 (entre crochets les intervalles de confiance)

Méthode de calcul	Estimation du taux de mortalité
Huso	**26,68 [3,44 ; 61,94[**
Erickson	14,96 [1,90 ;35,24[
Jones	27,43 [3,54 ; 63,98[

Le taux de mortalité calculé est relativement élevé, notamment en raison de la prospection réduite à moins de 50 % de la surface en moyenne (ce qui multiplie le résultat par 2).

Les chauves-souris tombant à moins de 25 m du mât, il est probable que ce résultat soit sur-estimé.

2. Enregistrements acoustiques

2.1. Méthodologie

2.1.1. Installation et paramétrage de l'enregistreur

Pour mesurer l'activité des chauves-souris au niveau du parc éolien, un enregistreur automatique d'ultrasons de type Song Meter (SM3, Wildlife Acoustics) a été installé au niveau de l'éolienne 5.

L'appareil d'enregistrement a été placé au-dessus de la porte d'entrée, pour un accès facile à l'appareil en dehors de la présence d'un technicien de maintenance (fig. 10).

Deux micros (SMM-U2, Wildlife Acoustics) ont été placés sur l'éolienne, l'un à une hauteur de 3 m du sol, au niveau de l'éclairage externe de l'éolienne, l'autre sur la nacelle (fig. 10). Ce type de micro est équipé de dispositifs de protection contre les intempéries.

Le cône de détection des micros est schématisé sur la figure 11. Les 2 micros sont tous deux susceptibles d'enregistrer des chauves-souris évoluant dans la zone du rotor.

L'enregistreur était alimenté par l'éolienne, lui permettant une autonomie électrique complète et fiable.

Les enregistrements ont été réalisés avec un échantillonnage à 256 kHz[4], toutes les nuits du 10 juillet au 5 novembre 2018[5], soit 120 nuits, avec un déclenchement 1 heure avant le coucher du soleil et un arrêt 30 minutes après le lever du soleil. Ce paramétrage prenait en compte l'évolution de l'heure du coucher et du lever du soleil au cours de la saison.

[4] Permettant d'enregistrer toutes les espèces potentiellement présentes en Vendée

[5] l'enregistrement était prévu jusqu'au 31 octobre, mais le matériel n'a été démonté que le 6 novembre, l'enregistreur a continué de fonctionner.

Figure 10 - Installation de l'enregistreur sur l'éolienne n°5. A gauche : le SM3 fixé au-dessus de la porte, le micro étant placé sur l'éclairage externe. A droite : micro du haut fixé sur la nacelle. Photos Julien Sudraud / LPO Vendée et Senvion

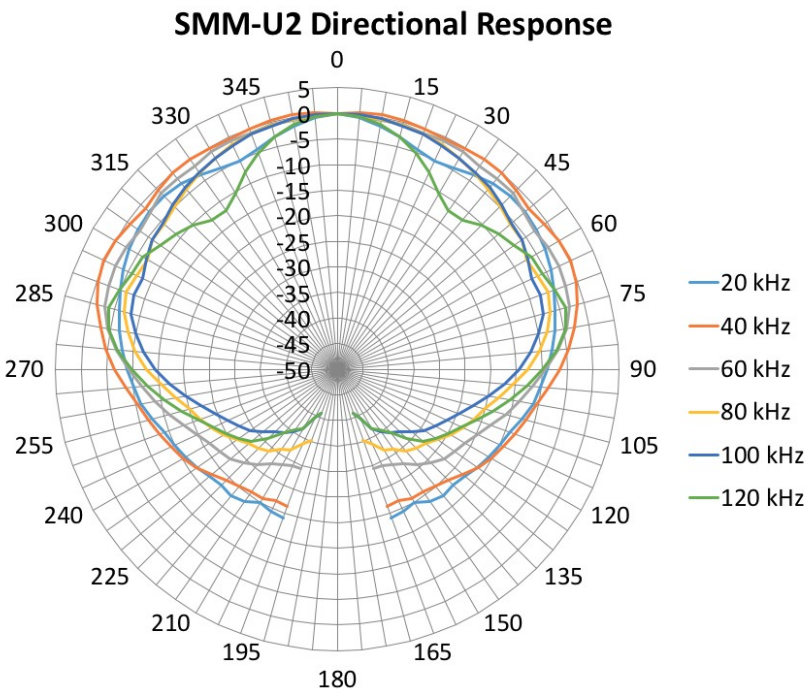


Figure 11 - Schéma du cône de détection des micros utilisés (source : Wildlife Acoustics)

2.1.2. Stockage et analyse des fichiers sons

Les signaux enregistrés sont compressés automatiquement et stockés sur 4 cartes SD de 64 giga-octets. La compression des fichiers permet d'éviter de saturer rapidement les cartes.

Les cartes mémoire ont été relevées une fois par semaine, à l'occasion des investigations menées pour le suivi de la mortalité.

Les fichiers ont été décompressés avec le logiciel *Kaleidoscope*, développé à cet effet, qui permet aussi de faire le tri entre les enregistrements de chauves-souris et les bruits parasites.

Les fichiers comportant des sons de chauves-souris sont découpés en séquences de 5 secondes. Il s'agit de l'unité généralement utilisée en France pour mesurer l'activité des chauves-souris (1 séquence de 5 secondes pour un individu = 1 contact ; Barataud, 2012).

Les fichiers ont été analysés par Etienne Ouvrard, par l'écoute et l'examen des sonogrammes. Cette analyse permet de déterminer les espèces et de trier les sons parasites restants après la décompression (orthoptères par exemple). L'attribution des séquences enregistrées à telle ou telle espèce est fondée sur les connaissances actuelles (Pfalzer, 2002 ; Pfalzer & Kush, 2003 ; Russ, 2010 ; Barataud, 2012).

La date et l'heure d'enregistrement de chaque séquence de 5 secondes sont notées. Pour les analyses de données qui suivent, la date indiquée est celle du début de la nuit (changement de date en milieu de nuit), les données postérieures à minuit ont donc été transformées.

2.1.3. Limites de la méthode

Limites liées au site et au protocole

Un seul enregistreur a été placé dans le parc éolien, sur une nacelle. Ceci implique d'une part que l'activité enregistrée est très localisée au niveau de la nacelle de l'éolienne 5. Nous n'avons donc pas d'informations sur le comportement des chauves-souris ailleurs sur le parc éolien. Or, la mortalité est répartie sous toutes les éoliennes sauf la 5 (*cf. supra*).

D'autre part, le placement de l'enregistreur sur une éolienne engendre de nombreuses perturbations d'ordre acoustique ou électro-magnétique, rendant difficilement détectables les séquences de chiroptères (voir ci-après et § 2.2).

Limites liées au matériel

L'enregistreur était alimenté par l'éolienne, ce qui permet une alimentation continue et fiable, mais une coupure de courant, intervenue entre le 8 octobre au matin et le 11 octobre en fin d'après-midi a engendré un arrêt des enregistrements (3 nuits manquantes).

Le modèle d'enregistreur utilisé ne réalise qu'un échantillonnage des sons émis par les chauves-souris dans le cône de détection des micros, soit environ 50 % par rapport à d'autres appareils (Adam et al. 2012), nettement plus onéreux. Il faut donc considérer les mesures d'activité de façon relative (par rapport à la saison, aux variables environnementales).

En outre l'usure progressive des micros engendre nécessairement des biais, qui augmentent au cours de l'avancée de la saison.

Enfin, les enregistrements du micro placé sur la nacelle présentent de nombreux parasites, qui ont d'une part erroné le tri automatique à la décompression, et qui rendent ardue voire impossible l'analyse des fichiers. Ainsi, 48 % des fichiers sont des bruits parasites (pour lesquels on ne peut savoir s'ils couvrent des enregistrements de chauves-souris).

Il faut donc considérer l'intensité de l'activité analysée comme un strict minimum par rapport à la situation réelle.

Limites inhérentes aux espèces et à la méthode acoustique

Il faut signaler la difficulté de détection acoustique des espèces qui émettent des signaux de faible intensité, de courte durée et/ou dans des fréquences ne portant qu'à une faible distance (cas des Rhinolophes et des petites espèces de Murins par exemple, Barataud, 2012). À l'inverse, certaines espèces émettant des signaux plus longs et dans des fréquences inférieures sont détectées à plusieurs dizaines voire centaines de mètres (exemple des noctules). Les abondances relatives sont donc biaisées par ces différences de détectabilité.

Limites inhérentes à l'analyse des fichiers son

Enfin, l'identification des espèces de chauves-souris par la méthode acoustique reste compliquée : d'une part, le nombre de fichiers (plusieurs milliers) entraîne un temps de travail très conséquent (qui plus est lorsque les parasites sont importants, ce qui est le cas pour nos enregistrements en hauteur). D'autre part, certaines espèces dont les émissions ultrasonores sont proches ne peuvent être distinguées en l'état actuel des connaissances.

C'est le cas de certaines séquences des Pipistrelles de Kuhl et de Nathusius, ou de certaines séquences de Noctules et de Sérotine. Le cas échéant, les espèces sont classées dans des groupes.

Ainsi, nous trouverons dans ce document :

- le groupe Pipistrelle de Kuhl/ Pipistrelle de Nathusius ;
- le groupe Pipistrelle commune / Pipistrelle de Nathusius ;
- le groupe Sérotine / Noctules ;
- le groupe Murin indéterminé ;
- le groupe Murin de Daubenton / Murin à moustaches ;
- le groupe Murin de Daubenton / Murin de Bechstein ;
- le groupe Grand Murin / Murin de Natterer ;
- le groupe Oreillard indéterminé (O. roux et O. gris).

2.2. Résultats des enregistrements

2.2.1. Qualité des enregistrements

L'enregistreur a correctement fonctionné pendant toute la période. Il n'y a cependant pas de données pour les nuits des 8, 9 et 10 octobre (éoliennes arrêtées et déconnectées du réseau pour des raisons de maintenance de celui-ci). Le nombre total de nuits où des enregistrements sont disponibles est de 110.

Le nombre total de séquences sonores enregistrées entre le 10 juillet et le 5 novembre 2018 s'élève à plus de 75 000, parmi lesquelles seules 12 536 séquences ont pu être analysées comme des sons de chauves-souris. Les autres fichiers (environ 35%) sont soit des émissions d'orthoptères (*Ruspolia nitidula, Tettigonia viridissima, Leptophyes punctatissima, Tessellana tessellata*, uniquement sur le microphone du bas), soit des parasites produits par l'éolienne (environ 48%).

83 % des fichiers ne sont donc pas des enregistrements de chauves-souris.

Seules 816 séquences ont pu être analysées pour le micro placé sur la nacelle de l'éolienne et 11 720 séquences pour le micro placé au niveau de la porte. Cette abondance relative très faible des enregistrements du micro du haut est en grande partie liée à la part importante de séquences parasites qui ont probablement masqué des sons de chauves-souris.

2.2.2. Espèces identifiées

2.2.2.1. Pour les 2 micros confondus

14 espèces ont été identifiées avec certitude, auxquelles s'ajoutent 8 "couples acoustiques" (incertitudes entre plusieurs espèces), indiqués en italique dans le tableau 9. Hormis le "couple acoustique" *oreillard indéterminé*, qui correspond soit à l'oreillard gris soit à l'oreillard roux, il ne s'agit probablement pas d'espèces supplémentaires. Au total, les enregistrement mettent en évidence 15 à 16 espèces.

Le peuplement est dominé par des espèces ubiquistes de lisière (Pipistrelles et Sérotine commune) : 92,73 % sont des sons de pipistrelles (et 62,7 % correspondent à la seule Pipistrelle commune), et un peu moins de 3 % sont des sons de Sérotine commune.

Par rapport à d'autres relevés réalisés dans le bocage vendéen, on note une abondance acoustique moins importante sur ce site pour la Barbastelle et les Murins (notamment Murin de Daubenton). En revanche on note une abondance relativement importante du groupe des oreillards (1,14 % des données).

Seule une espèce présente dans le bocage alentours n'a pas été contactée. Il s'agit du Petit Rhinolophe. Le Grand Rhinolophe, assez bien répandu en Vendée, n'a pas été contacté mais il est relativement rare dans ce secteur du département. Toutefois, les Rhinolophes sont des espèces difficiles à capter (émissions faibles, imperceptibles à plus de 5 à 10 m des micros).

Les inventaires réalisés en continu et sur un pas de temps long (cas de la présente étude) permettent en général de contacter des espèces rares. Ce n'est pas le cas ici. Les espèces rares en Vendée (Pipistrelle pygmée, Sérotine bicolore, Minioptère de Schreibers et Rhinolophe euryale) n'ont pas été contactées. Le Murin d'Alcathoe, assez localisé au sud Vendée (dans l'état actuel de nos connaissances) est aussi absent des inventaires.

Tableau 9 - Richesse spécifique enregistrée sur l'éolienne 5

Espèce	Nombre total de séquences	Pourcentage
Pipistrelle commune	7858	62,68 %
Pipistrelle de Kuhl	2104	16,78 %
Pipistrelle de Nathusius	908	7,24 %
Pipistrelle de Kuhl / de Nathusius	644	5,14 %
Sérotine commune	358	2,86 %
Oreillard indéterminé	143	1,14 %
Sérotine / Noctules	106	0,85 %
Barbastelle d'Europe	87	0,69 %
Murin indéterminé	75	0,60 %
Noctule commune	66	0,53 %
Noctule de Leisler	61	0,49 %
Murin de Daubenton	60	0,48 %
Murin à moustaches	16	0,13 %

Espèce	Nombre total de séquences	Pourcentage
Grand Murin	13	0,10 %
Pipistrelle commune / de Nathusius	12	0,10 %
Murin de Daubenton / à moustaches	9	0,07 %
Murin de Natterer	7	0,06 %
Murin de Daubenton / de Bechstein	4	0,03 %
Murin à oreilles échancrées	2	0,02 %
Grand Murin / Murin de Natterer	2	0,02 %
Murin de Bechstein	1	0,01 %
TOTAL	12 536	

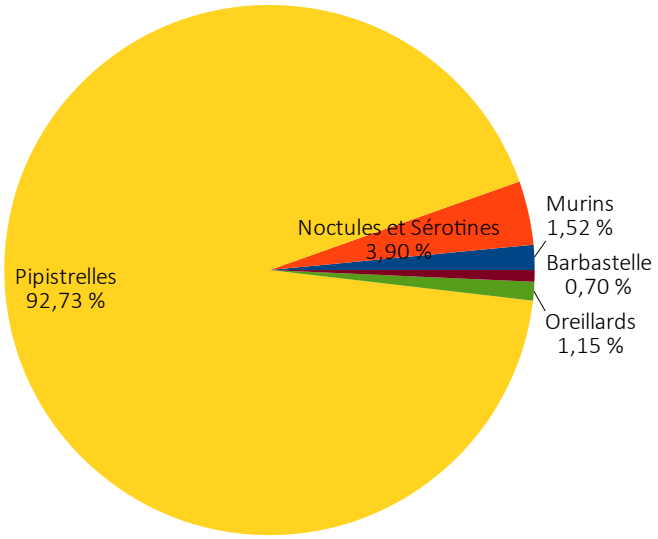


Figure 12 - Richesse spécifique enregistrée sur l'éolienne 5 (2 micros confondus)

2.2.2.2. Pour chacun des micros

Le micro du bas apporte une richesse spécifique plus importante que le micro du haut (tab. 10), sans doute en partie liée aux séquences parasites (mais pas seulement, tout un cortège d'espèces n'évolue pas en hauteur). La diversité spécifique[6] est également différente entre les 2 hauteurs d'enregistrement.

Tableau 10 - Richesse spécifique enregistrée sur chacun des micros

Espèce	Nb de séquences micro du bas	Pourcentage	Nb de séquences micro du haut	Pourcentage
Pipistrelle commune	7379	62,96 %	479	58,70 %

[6] Il s'agit d'une diversité dans les séquences, qui n'est pas forcément une image de la vraie diversité spécifique, l'enregistreur mesure une activité relative.

Espèce	Nb de séquences micro du bas	Pourcentage	Nb de séquences micro du haut	Pourcentage
Pipistrelle de Kuhl	2028	17,30 %	76	9,31 %
Pipistrelle de Nathusius	818	6,98 %	90	11,03 %
Pipistrelle de Kuhl / de Nathusius	578	4,93 %	66	8,09 %
Sérotine commune	355	3,03 %	3	0,37 %
Oreillard indéterminé	142	1,21 %	1	0,12 %
Sérotine / Noctules	86	0,73 %	20	2,45 %
Barbastelle d'Europe	86	0,73 %	1	0,12 %
Murin indéterminé	75	0,64 %		
Murin de Daubenton	60	0,51 %		
Noctule de Leisler	37	0,32 %	24	2,94 %
Murin à moustaches	16	0,14 %		
Grand Murin	13	0,11 %		
Noctule commune	12	0,10 %	54	6,62 %
Pipistrelle commune / de Nathusius	10	0,09 %	2	0,25 %
Murin de Daubenton / à moustaches	9	0,08 %		
Murin de Natterer	7	0,06 %		
Murin de Daubenton / de Bechstein	4	0,03 %		
Murin à oreilles échancrées	2	0,02 %		
Grand Murin / Murin de Natterer	2	0,02 %		
Murin de Bechstein	1	0,01 %		
TOTAL	11 720		816	

Il faut noter que :

- le groupe des Murins est totalement absent des enregistrements en hauteur, mais toutes les autres espèces sont représentées.
- toutes les espèces susceptibles de voler à hauteur du rotor et sensibles à la collision ont été contactées (pipistrelles, sérotine, noctules) à l'exception du Grand Murin. Pour ce dernier, le comportement de vol en hauteur est assez rare ;
- la Noctule commune est la seule espèce pour laquelle l'activité est supérieure au niveau de la nacelle, les séquences sont plus nombreuses que celles de la Sérotine (fig. 13) ;
- les contacts de Noctule de Leisler sont relativement importants en hauteur (1/3 des enregistrements de noctules, fig. 13) ;
- la répartition entre les espèces de pipistrelles est un peu différente entre les 2 hauteurs (fig. 14) : la Pipistrelle de Nathusius semble davantage voler en hauteur que la Pipistrelle de Kuhl ;

- la Sérotine commune a été peu contactée dans les enregistrements en hauteur (3 contacts, fig. 13). Il est cependant possible que de nombreuses séquences appartenant au couple acoustique *Sérotine / Noctules* (20 contacts) lui correspondent ;
- 2 espèces sont rares dans les enregistrements du haut : la Barbastelle et le groupe des oreillards (1 seul contact pour chaque espèce).

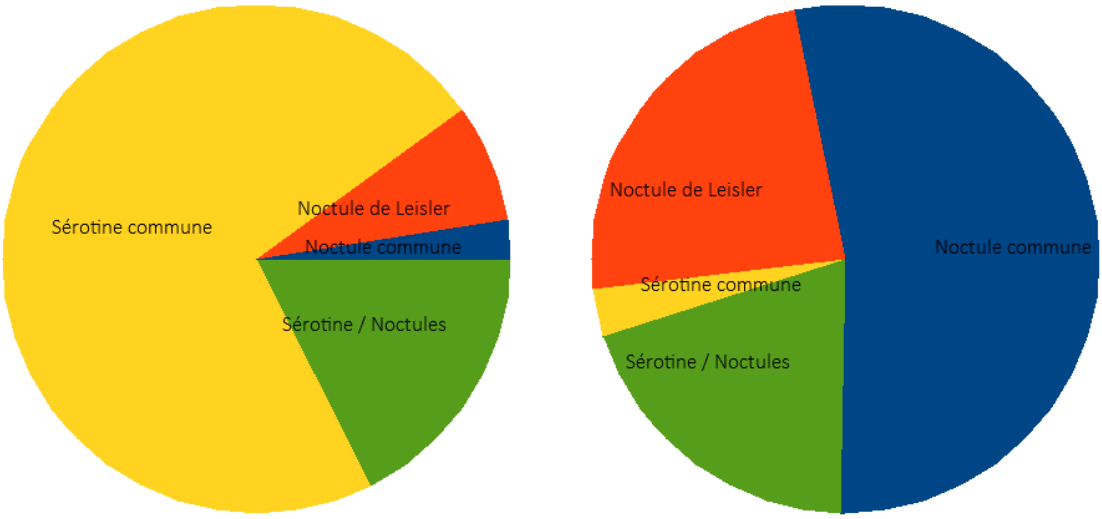


Figure 13 - Contacts de Sérotines et Noctules sur le micro du bas (à gauche) et sur le micro du haut (à droite)

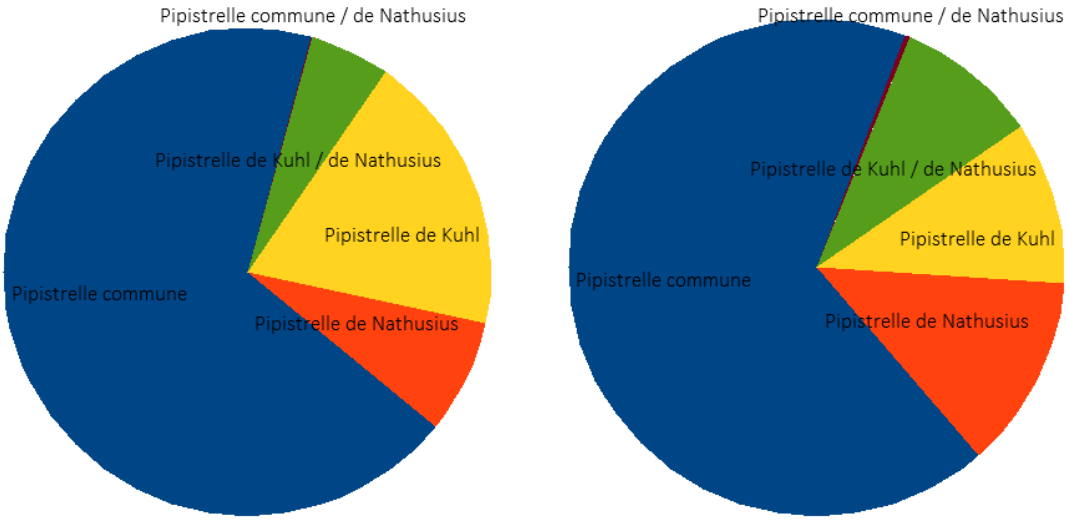


Figure 14 - Contacts de Pipistrelles sur le micro du bas (à gauche) et sur le micro du haut (à droite)

2.2.3. Quelques informations sur les comportements en vol

A partir de l'analyse des signaux acoustiques, il est possible de déterminer, pour la plupart des espèces, si les chauves-souris sont en vol de transit, en approche d'obstacle ou en phase de chasse. Cette analyse est toutefois très longue et fastidieuse, elle n'a pas pu être menée pour tous les enregistrements, en particulier pour les pipistrelles (plus de 9 000 fichiers).

On note cependant :

- des séquences de chasse pour des pipistrelles à hauteur de rotor, bien qu'il semble que la plupart des individus aient été contactés en transit.
- que les Noctules étaient quasiment toutes en recherche de proies ou de localisation d'obstacles (très peu de séquences uniquement en transit).
- que la plupart des murins étaient en transit.

Pour le microphone du bas, certains individus se sont approchés à quelques mètres du microphone (en témoigne la saturation de la séquence acoustique ci-après).

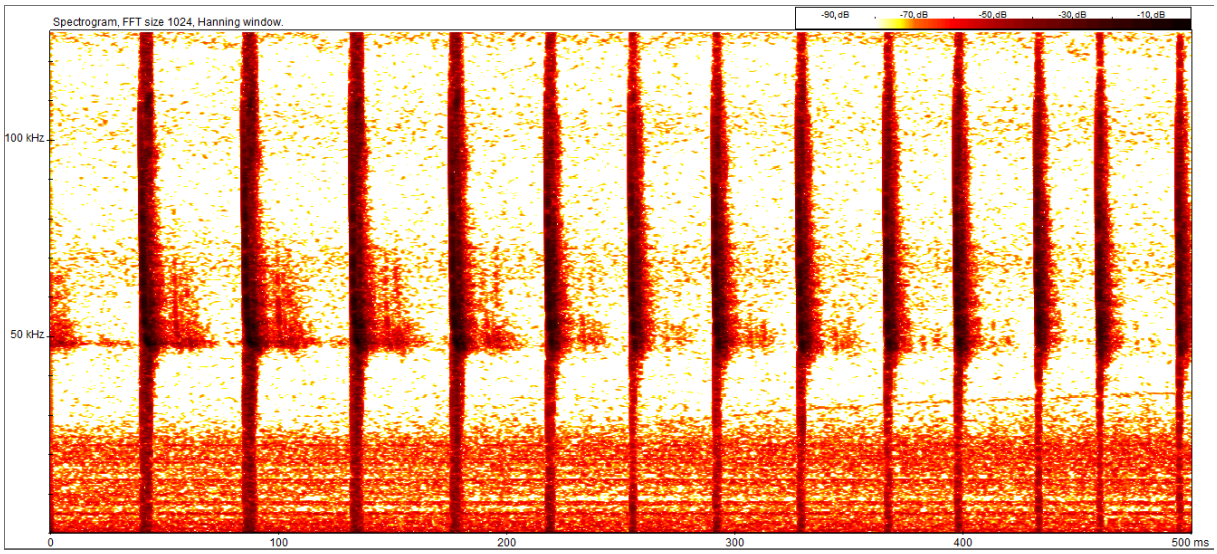


Figure 15 - Sonogramme d'une pipistrelle commune passant très près du micro

2.2.4. Importance de l'activité acoustique

Les résultats du suivi du Bois Joli ont été comparés avec les résultats du suivi "Vigie Chiro point fixe"[7]. Ce programme, mis en œuvre dans de nombreux sites et dans toute la France, permet de suivre l'évolution de l'abondance relative des chauves-souris. Il permet en outre de comparer l'abondance de l'activité entre les différents sites. Ce référentiel a été utilisé pour caractériser l'activité au niveau du micro du bas (tab. 11).

Tableau 11 - Importance de l'activité sur le site (micro du bas) au regard du référentiel français Vigie Chiro

Espèce	Nb de nuits où l'activité est			
	faible	modérée	forte	très forte
Murin de Daubenton	83	25	2	
Murin à moustaches	107	2	1	
Murin à oreilles échancrées	108	2		
Murin de Natterer	104	6		
Murin de Bechstein	109	1		
Grand Murin	102	5	1	2
Noctule commune	106	3	1	

[7]http://vigienature.fr/fr/chauves-souris

Espèce	Nb de nuits où l'activité est			
	faible	modérée	forte	très forte
Noctule de Leisler	99	11		
Sérotine commune	94	12	3	1
Pipistrelle commune	57	45	8	
Pipistrelle de Nathusius	31	62	16	1
Pipistrelle de Kuhl	94	13	3	
Oreillard indéterminé	56	53	1	
Barbastelle d'Europe	78	32		

Hormis pour la Pipistrelle de Nathusius, pour laquelle 15 % des nuits montrent une forte activité, l'activité est généralement faible. On note quelques nuits avec des pics d'activités pour quelques espèces (cf 2.2.4).

Si on compare avec des éléments obtenus en Vendée (données LPO Vendée et les Naturalistes Vendéens), seule la Pipistrelle de Kuhl dépasse la moyenne départementale du nombre moyen de contacts par nuit. Pour 39 nuits, les niveaux d'activité de la Pipistrelle de Nathusius sont supérieurs à la moyenne départementale.

Tableau 12 - Importance de l'activité sur le site au regard des références vendéennes

Espèce	Vendée	Site	Nb nuits pendant lesquelles le nb de contacts est supérieur à la moyenne départementale
	Nombre moyen de contacts par nuit	Nombre moyen de contacts par nuit	
Murin de Daubenton	15,25	0,54	0
Murin à moustaches	0,80	0,15	7
Murin à oreilles échancrées	0,61	0,02	2
Murin de Natterer	0,13	0,06	6
Murin de Bechstein	0,13	0,01	1
Grand Murin	0,30	0,12	8
Noctule commune	0,86	0,11	6
Noctule de Leisler	0,48	0,34	16
Sérotine commune	5,96	3,27	8
Pipistrelle commune	265,79	67,1	7
Pipistrelle de Nathusius	10,30	7,44	39
Pipistrelle de Kuhl	15,02	18,44	20
Oreillard indéterminé	2,07	1,29	34
Barbastelle d'Europe	15,07	0,78	0

Trois hypothèses peuvent expliquer cette activité relativement faible sur le site :

- le nombre de chauves-souris est peu important sur le site (ce qui est difficile à expliquer, car même si le site a souffert de l'intensification agricole dans les 20 dernières années, il reste des éléments structurants favorables aux chauve-souris : ruisseau, prairies humides, haies, boisements) ;
- les éoliennes du Bois Joli et de l'Espinassière perturbent les chauves-souris (impact par dérangement) ;
- les éoliennes ont perturbé l'acquisition des signaux acoustiques (parasites).

La situation est cependant variable au cours de la saison (§ 2.2.5).

2.2.5. Variations saisonnières

51 % des données proviennent du mois de juillet (fig. 16 et 17). Une nuit se démarque particulièrement des autres (16 juillet, fig. 17), avec 1 141 contacts alors que la moyenne sur toute la saison est de 105,3 (± 15,5) contacts par nuit. L'activité reste relativement élevée en juillet, qui est à la fois le mois le plus chaud (en moyenne) et le moins venteux de la saison.

Elle est faible en août et septembre, avec un regain d'activité en octobre, et une 2e nuit importante (13 octobre), avec 840 contacts (fig. 17).

Cette répartition saisonnière est moins évidente si l'on ne considère que les enregistrements du micro du haut, avec 4 nuits qui se démarquent (25 juillet, 15 août, 16 septembre, 3 octobre, fig. 18).

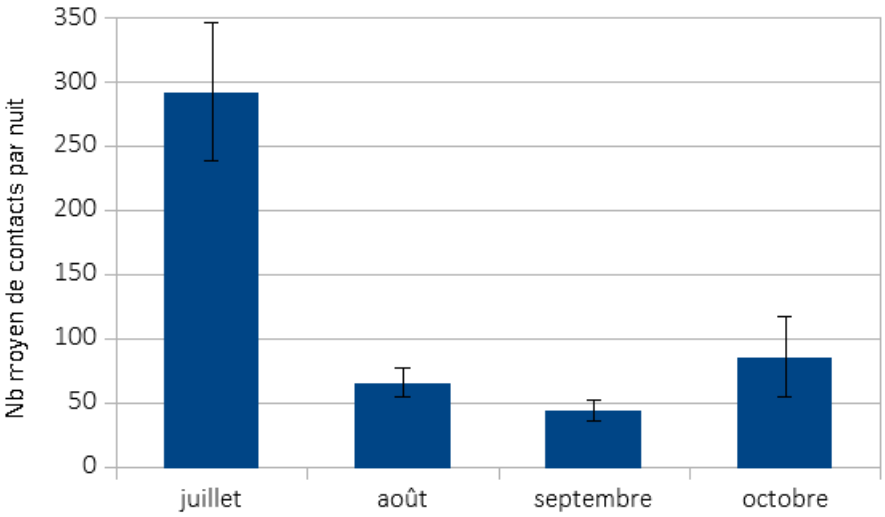


Figure 16 - Nombre moyen de contacts par nuit (2 micros confondus). Les barres noires représentent l'erreur standard.

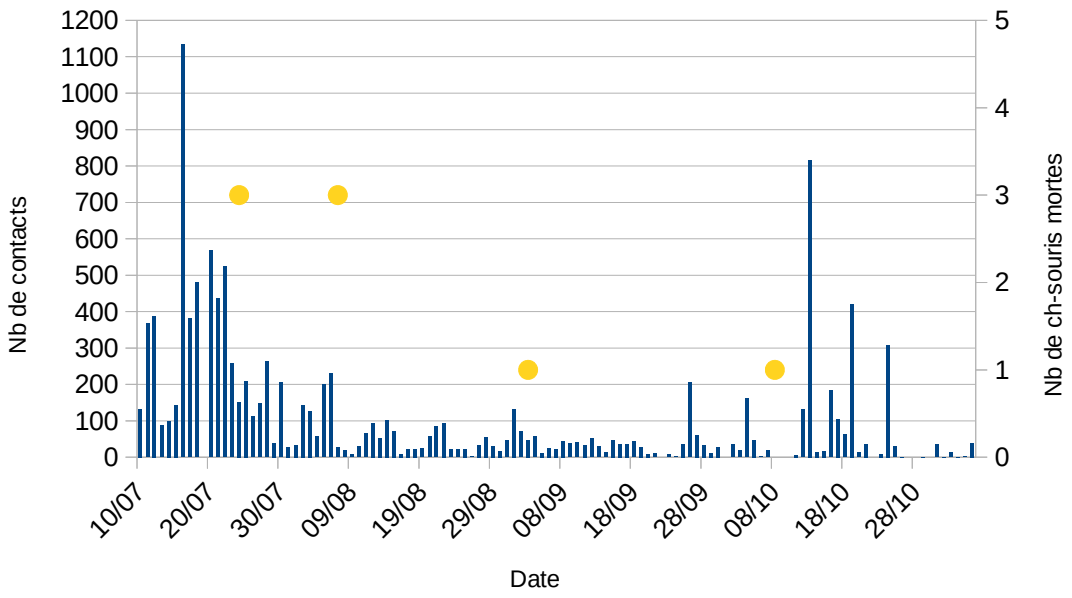


Figure 17 - Évolution du nombre de séquences analysées au cours de la saison (par jour), micro du bas (n=11 720). NB : le nombre de chauves-souris mortes (points jaunes) est fourni pour indication

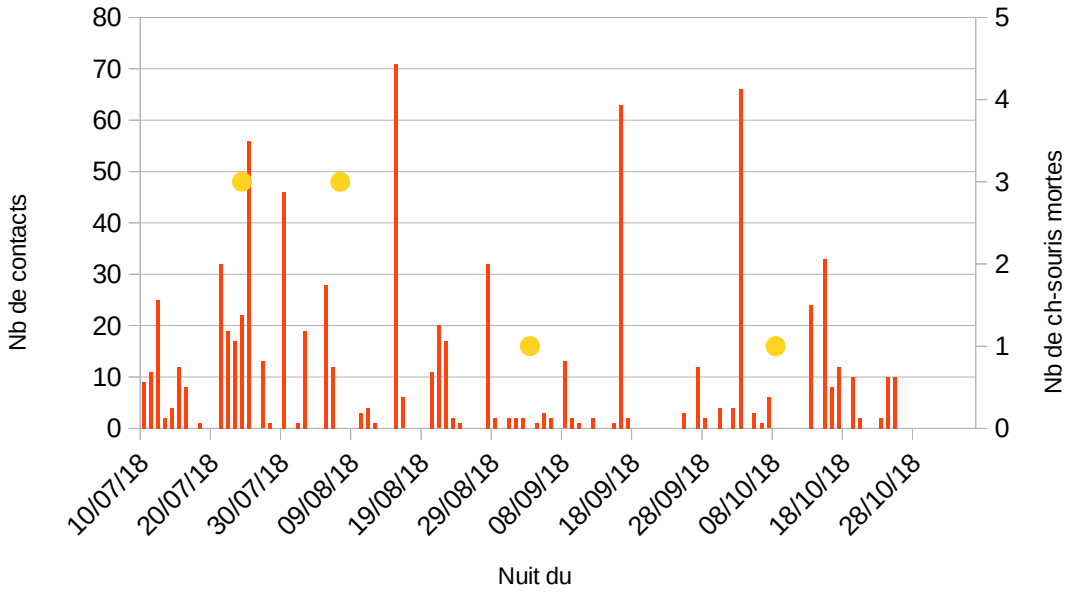


Figure 18 - Évolution du nombre de séquences analysées au cours de la saison (par jour), micro du haut (n=816). NB : le nombre de chauves-souris mortes (points jaunes) est fourni pour indication

Si l'on examine les données par espèce, on voit que (fig. 19 et 20) :

- le pic du mois de juillet est essentiellement lié à la Pipistrelle commune et à la Sérotine commune ;
- le pic du mois d'octobre est essentiellement lié à la Pipistrelle de Kuhl, à la Pipistrelle de Nathusius et au groupe Pipistrelle de Kuhl / Nathusius ;
- le pic du 15 août sur le micro du haut est un pic d'activité de Noctule commune ;

- la Noctule de Leisler, migratrice, n'est notée qu'à partir du début du mois d'août ;
- l'activité est assez bien répartie tout au long de la session pour la Barbastelle et les Oreillards.

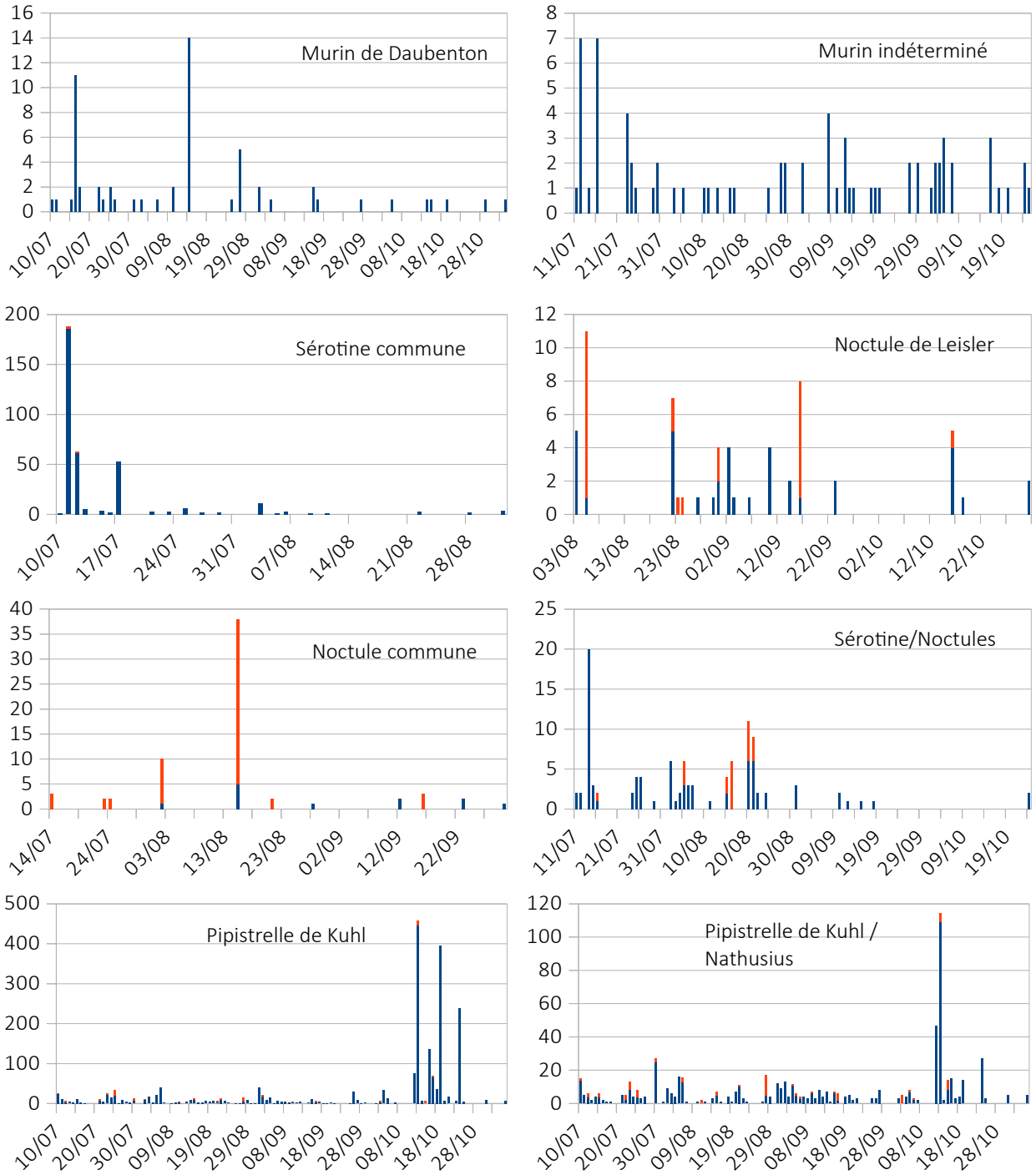


Figure 19 - Évolution du nombre de séquences analysées au cours de la saison

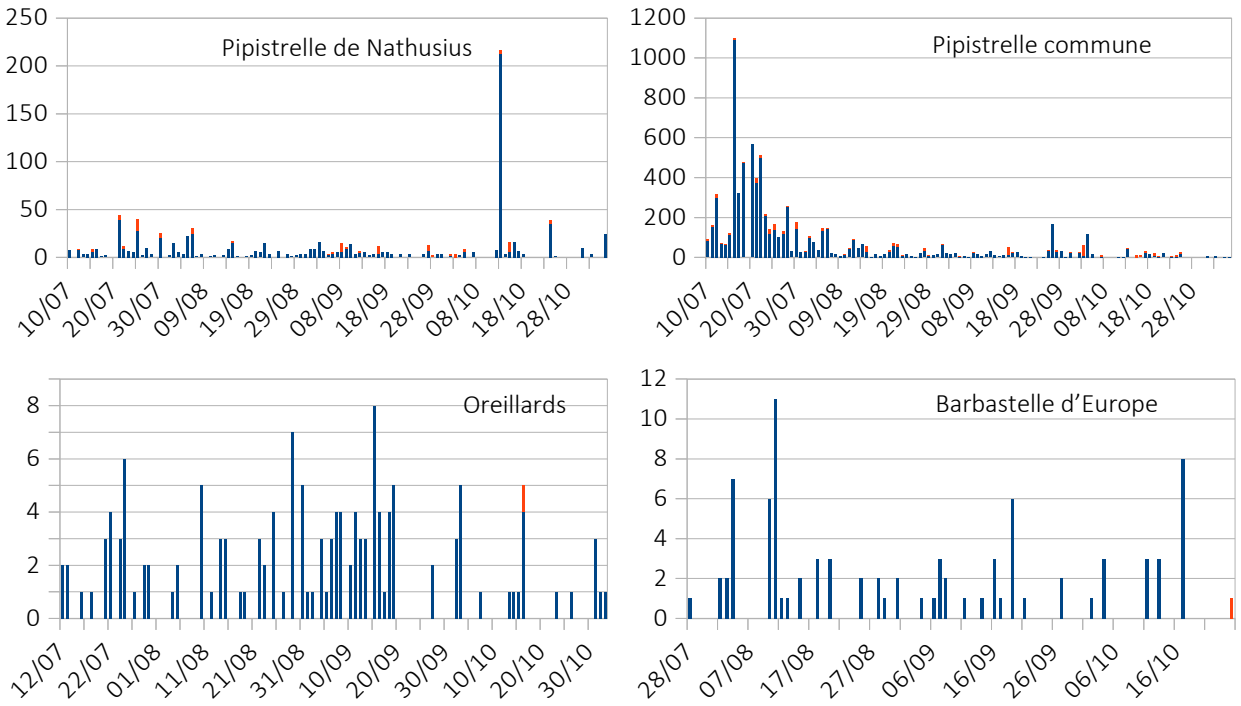


Figure 20 - Évolution du nombre de séquences analysées au cours de la saison

La Pipistrelle de Kuhl est une espèce sédentaire, le pic de la fin de saison pourrait être lié à un rassemblement à proximité d'un site d'hivernage.

La Pipistrelle commune, dont des colonies sont connues dans le nord-ouest Vendée, est considérée comme une migratrice "régionale" (migrations saisonnières et dispersion conséquente sur quelques centaines de kilomètres, Hutterer *et al.* 2005). Les données proviennent surtout de juillet, ce qui plaide plutôt en faveur de la fréquentation du parc par une colonie locale de mise-bas.

La phénologie des données acoustiques de Pipistrelle de Nathusius plaide en faveur d'un passage migratoire au début octobre. Mais il y a un "bruit de fond" pour cette espèce tout au long de la saison, il pourrait donc aussi s'agit d'individus locaux.

Les autres espèces migratrices "longue distance" que sont la Noctule commune et la Noctule de Leisler (Hutterer *et al.* 2005) ne présentent pas une phénologie très marquée.

2.2.6. Variations nocturnes

Toutes espèces confondues et en prenant en compte le total des 2 micros, le maximum d'activité est atteint entre 30 minute et 3 heures 30 après le coucher du soleil (fig. 21). L'activité croit rapidement en début de nuit, atteint un pic autour de 1 heure à 2 heures après le coucher du soleil, puis diminue assez rapidement. Une activité résiduelle perdure jusqu'au matin, de faible intensité à partir de 4 heures après le coucher du soleil.

Contrairement à d'autres sites, il ne semble pas y avoir de regain d'activité en fin de nuit.

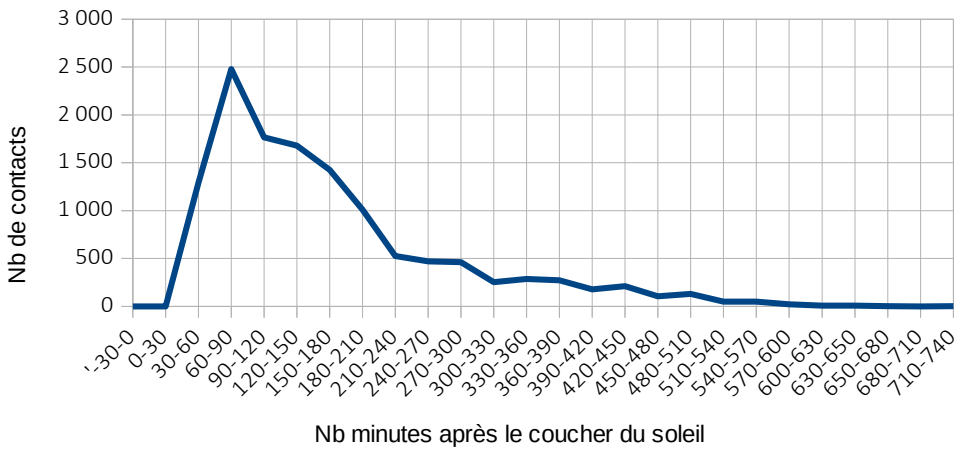


Figure 21 - Évolution du nombre de séquences analysées au cours de la nuit (cumul toutes espèces, 2 micros et toutes nuits confondus)

La situation est cependant différente si l'on distingue les espèces. Si l'on considère les espèces sensibles à la mortalité, on note que (fig. 22 à 24) :

- la Pipistrelle commune est active essentiellement entre 30 minutes et 3,5 heures après le coucher du soleil (c'est elle qui détermine la courbe toutes espèces confondues car elle est la plus abondante). 77 % de l'activité est obtenue dans cette tranche horaire, et 89 % de l'activité intervient entre 30 minutes et 5 heures après le coucher du soleil ;
- la Pipistrelle de Kuhl présente un pic d'activité entre 30 minutes et 2 heures après le coucher du soleil (68 % de l'activité), 92 % de l'activité étant située avant 5 heures après le coucher du soleil ;
- le pic d'activité de la Pipistrelle de Nathusius est un peu décalé par rapport aux autres espèces, avec un pic entre 1,5 heure et 3 heures après le coucher du soleil (67 % des données), et une activité globalement plus étalée dans la nuit (92 % des données obtenues entre 30 minutes et 6,5 heures après le coucher du soleil). Cet "étalement" dans le temps est peut-être lié à une activité migratoire à l'automne (des individus partis de plusieurs kilomètres ou dizaines de kilomètres migrent et mettent du temps à arriver sur le site). C'est aussi ce que nous avons constaté à Bouin ou l'activité migratoire de cette espèce est très forte (Dulac & Anxionnat, 2016) ;
- le pic d'activité de la Sérotine commune est très marqué, avec 93 % des données provenant de la tranche 1,5 heure à 3,5 heures après le coucher du soleil ;
- les données de Noctules sont peu nombreuses, il est donc compliqué de tirer des conclusions, mais on voit que l'activité de ces espèces est sans doute plus étalée dans la nuit.

Le bridage adopté en 2018 était le suivant (voir aussi §3) :

- éoliennes 1 à 5 : arrêt des éoliennes du coucher du soleil jusqu'à 3 heures après puis 1 heure avant le lever du soleil ;
- éolienne 6 : arrêt de l'éolienne de 1/2 heure avant le coucher du soleil jusqu'à 3 après, puis 1 heure avant et 1/2 heure après le lever.

L'activité n'a été mesurée qu'au niveau de l'éolienne 5, cependant le tableau 13 indique le volume relatif d'activité compris dans les plages horaires de régulation de début de nuit (en fin de nuit cette activité est négligeable).

Tableau 13 - Volume d'activité mesuré au niveau de l'éolienne 5, compris dans les plages horaires de bridage 2018 (pour les espèces particulièrement sensibles à l'éolien)

	Coucher du soleil + 3 heures (bridage éoliennes 1 à 5)	De 30 minutes avant à 3 après le coucher du soleil (bridage éolienne 6)
Toutes espèces	68 %	68 %
Pipistrelles	70 %	70 %
Sérotines et noctules	59 %	59 %

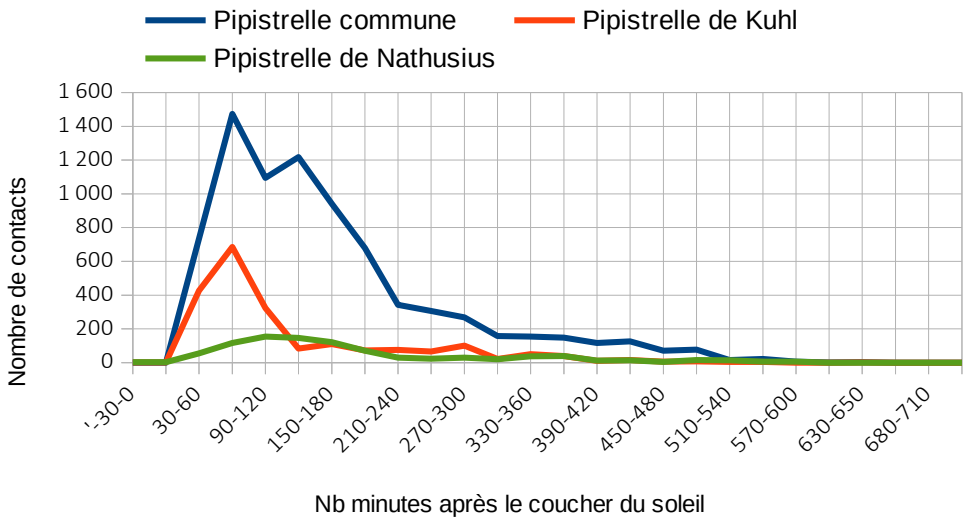


Figure 22 - Évolution du nombre de séquences analysées au cours de la nuit (Pipistrelles, toutes nuits et 2 micros confondus)

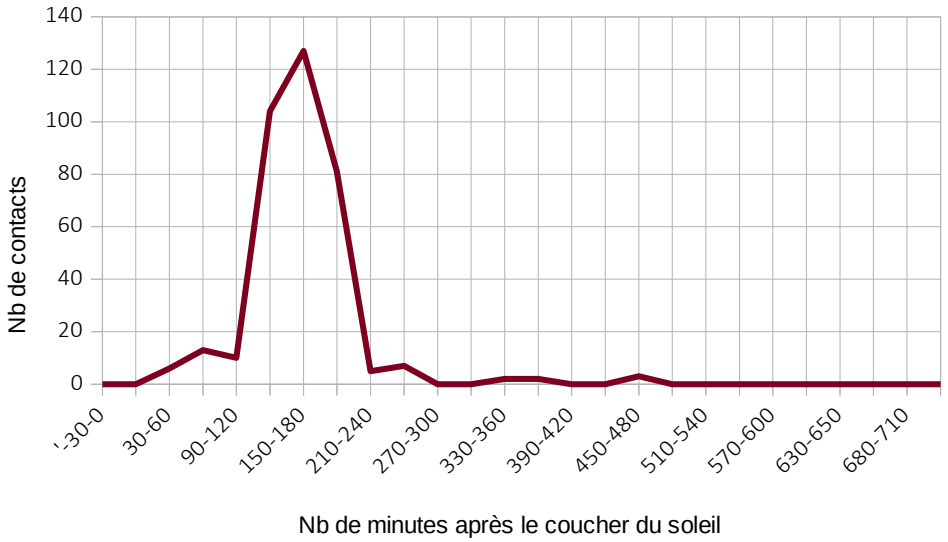


Figure 23 - Évolution du nombre de séquences analysées au cours de la nuit (Sérotine commune, toutes nuits et 2 micros confondus)

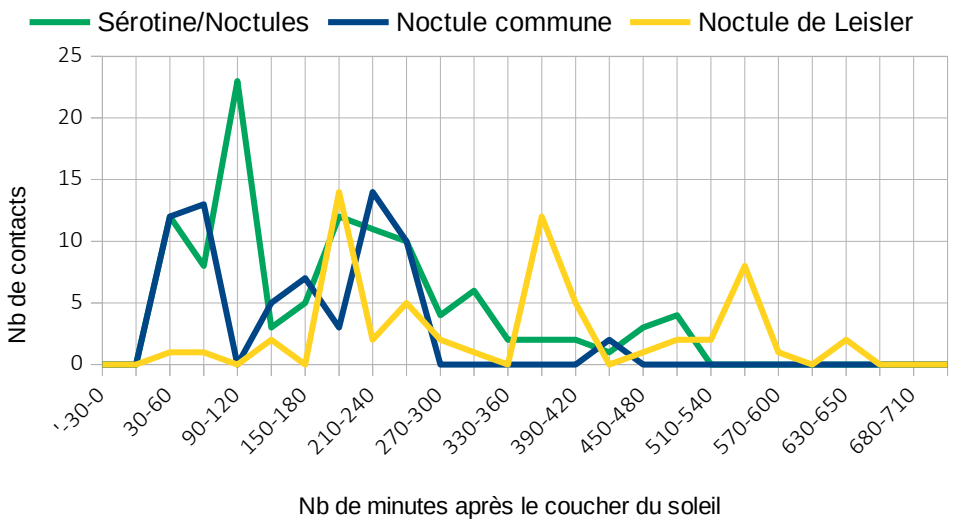


Figure 24 - Évolution du nombre de séquences analysées au cours de la nuit (Noctules et Sérotine/Noctules, toutes nuits et 2 micros confondus)

2.2.7. Activité acoustique et conditions météorologiques

Les données de vent et de température proviennent de la nacelle de l'éolienne 5, où se trouvait l'enregistreur. Ces données comprennent la direction du vent, la vitesse du vent et la température moyennes par tranche de 10 minutes.

Les données ont été prises en compte pour la période de suivi et d'enregistrements disponibles (14 mai – 6 novembre), et pour la plage horaire allant de 1 heure avant le coucher du soleil à 1 heure après le lever du soleil.

Une période ne fournit aucune donnée (parc éolien arrêté et déconnecté du réseau électrique pour des questions de maintenance) : du 8 octobre à 8h du matin au 11 octobre à 17h00 (heure locale). Ceci impacte les nuits du 8, 9 et 10 octobre.

Le calcul de l'activité cumulée des chauves-souris montre (fig. 25 et 26) que :

- en hauteur, 90 % de l'activité est mesurée par vent inférieur à 5,23 m/s et par température supérieure à 15,9°C ;
- en bas, 90 % de l'activité est mesurée par vent inférieur à 6,2 m/s et par température supérieure à 17,6°C

En bas, les chauves-souris continuent de voler par des vents supérieurs à celles qui évoluent à hauteur de nacelle. Ceci est sans doute lié à la différence de vent entre le haut du mât et le sol (ici la mesure est effectuée en hauteur), et au fait qu'à hauteur du sol les animaux bénéficient d'une relative protection des éléments bocagers par rapport au vent.

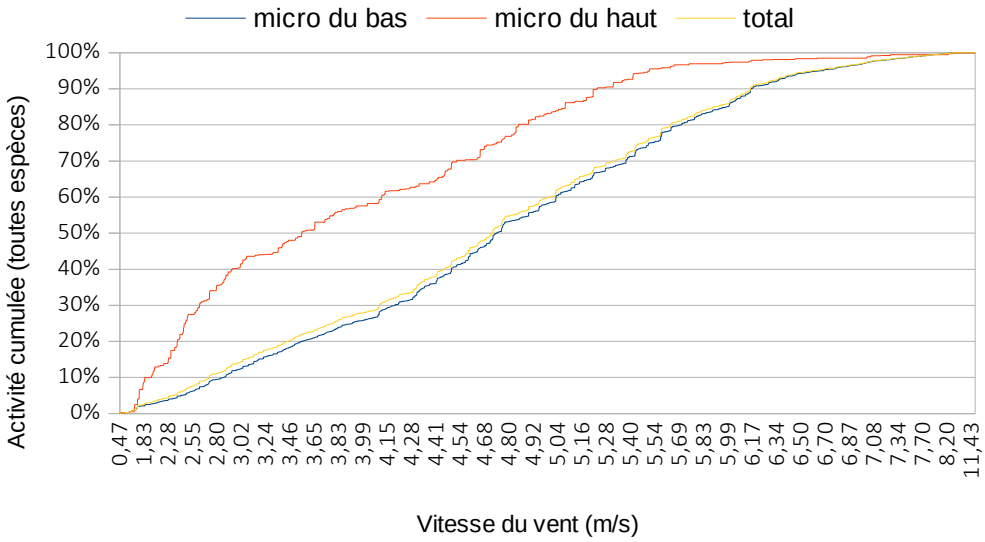


Figure 25 - Activité cumulée des chauves-souris en bas (n=11 720) et en haut (n=816) en fonction de la vitesse du vent (mesurée au niveau de la nacelle de l'éolienne 5).

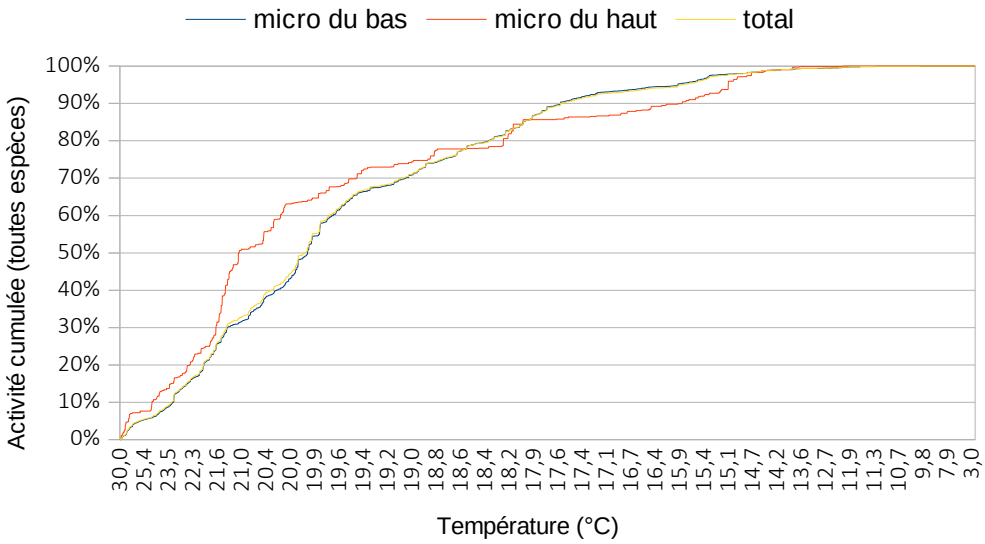


Figure 26 - Activité cumulée des chauves-souris en fonction de la température (mesurée au niveau de la nacelle de l'éolienne 5)

Un modèle linéaire généralisé (loi de Poisson) comprenant les paramètres de vent et de température montre que l'activité est corrélée significativement aux 2 paramètres (61 % de variation expliquée).

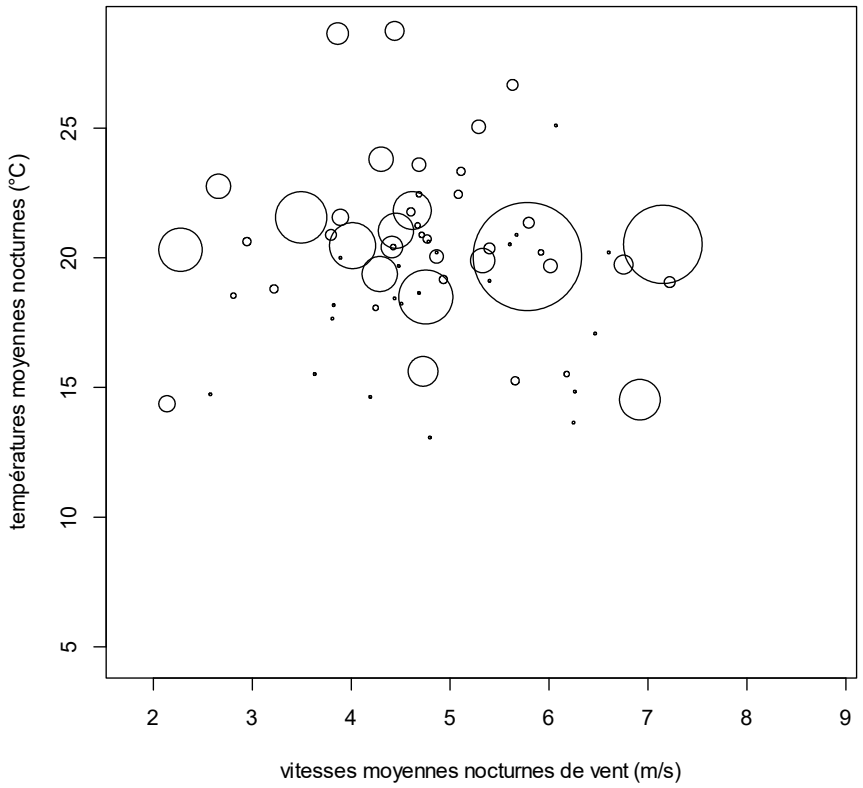


Figure 27 - Activité des chauves-souris (toutes espèces confondues) en fonction du vent et de la température (la taille des cercles est proportionnel au nombre de contacts obtenus dans la nuit)

Le bridage adopté en 2018 était le suivant (voir aussi § 3) :

- pour les éoliennes 1 à 5, arrêt par température comprise entre 10°C et 28°C et par vent inférieur à 5 m/s ;
- pour l'éolienne 6, arrêt par température comprise entre 8°C et 28°C et par vent inférieur à 6 m/s.

Le tableau 14 indique les volumes d'activité mesurés selon ces seuils, pour l'ensemble des données et pour les espèces de pipistrelles et la Sérotine (groupe sensible aux éoliennes et pour lequel le nombre de données est suffisant pour une analyse pertinente).

Tableau 14 - Volume d'activité (mesuré au niveau de l'éolienne 5) compris dans les plages de température et de vent de bridage 2018, pour les Pipistrelles

Espèce	90 % de l'activité mesurée		Cumul d'activité pour des vents < 5 m/s		Cumul d'activité pour des vents < 6 m/s		Cumul d'activité pour les bornes de températures 10-28°C[8]	
	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut
P. commune (n=7 858)	<6,17 m/s >18,2°C	5,38 m/s >15,8°C	54 %	79 %	84%	97,5 %	97 %	95,6 %
P. de Kuhl (n=2 104)	<6,01 m/s > 16,0°C	5,19 m/s 15,9°C	66 %	88 %	89,9 %	100 %	98,9 %	98,7 %
P. de Nathusius (n=908)	<6,16 m/s >15,6°C	<5,34 m/s >15,1°C	66,8 %	86,7 %	88,2 %	93,3 %	95,3 %	94,4 %
Sérotine (n=358)	<5,71 m/s >18,6°C	Données insuff.	71,8 %	Données insuff.	97,8 %	Données insuff.	99,4 %	Données insuff.
Toutes espèces (n=12 536)	<6,2 m/s >17,6°C	<5,23 m/s >15,9°C	58,3 %	83,2 %	86,2 %	97,4 %	97 ,3 %	94,4 %

[8]Les résultats sont les mêmes pour les bornes 8°-28°C

3.Résultats de la régulation

3.1. Plan de régulation appliqué pendant la période de suivi

Un premier travail (Anxionnat & Dulac, 2017), réalisé à partir de nos connaissances sur les peuplements de chiroptères et les conditions locales, a permis de déterminer, après concertation avec Senvion et Novenergia, un plan de régulation (tab. 15).

Dans les faits, ce plan de bridage a été mis en œuvre à partir du 1er avril, puis a été arrêté du 27 juin au 31 juillet pour des questions de régulation liées au nuisances sonores. Il s'est poursuivi jusqu'au 31 octobre pour les éoliennes 1 à 5, et jusqu'au 15 novembre pour l'éolienne 6.

Tableau 15 - Plan de bridage prévu pour l'année 2018

Éoliennes	Date	Conditions d'arrêt des éoliennes			
		Températures	Vitesse de vent	Plages horaires	
E1 à E5	du 1er avril au 31 octobre	≥ 10°C et < 28°C	< 5 m/s	3 heures à partir du coucher du soleil	1 heure avant le lever du soleil
E6	du 1er mars au 15 novembre	≥ 8°C et < 28°C	< 6 m/s	1/2 heure avant et 3 heures après le coucher du soleil	1 heure avant et 1/2 heure après le lever du soleil

Le graphique ci-après présente les conditions générales météorologiques pendant la saison. Les données de mortalité sont indiquées pour information.

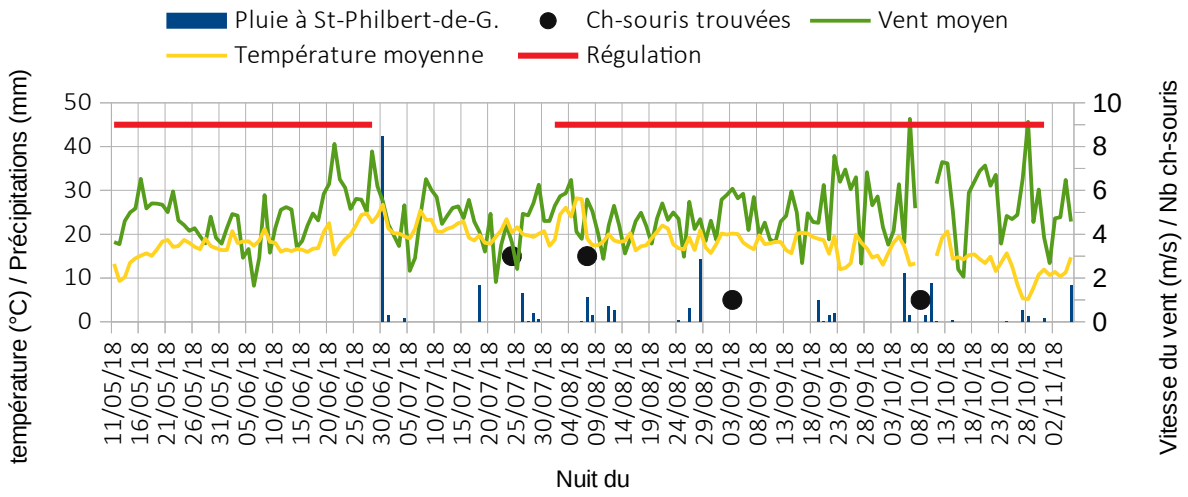


Figure 28 - Conditions météo entre mai et début novembre 2018 (données de l'éolienne 5 et infoclimat.fr pour les précipitations[9]).

[9]Les précipitations ne sont pas fournies par les instruments de mesure de l'éolienne 5. Nous avons collecté les données d'une station météo proche, située à 10 km au nord-est (Saint-Philbert-de-Grandlieu, Loire-Atlantique), dont les données sont disponibles sur infoclimat.fr.

3.2. Détails sur les évènements de mortalité de 2018

Pour chacun des 4 épisodes de mortalité, nous avons détaillé les conditions des nuits précédant la découverte de cadavres. Seules les 6 chauves-souris en bon état de conservation ont été prises en compte (les 2 cadavres secs ne sont pas pris en compte, la date de leur mort ne pouvant être estimée).

L'analyse porte, pour chaque évènement et pour les nuits précédents la découverte :

- sur les conditions météorologiques ;
- sur l'activité des espèces concernées (importance relative, phénologie nocturne) ;
- sur les plages de régulation des éoliennes.

3.2.1. Épisode du 25 juillet

Le 25 juillet, 3 chauves-souris sont trouvées, dont 1 totalement sèche. L'une d'elles est vivante (Pipistrelle commune) et l'autre est en cours de décomposition (Pipistrelle de Kuhl). La date de sa mort est estimée entre 1 et 3 jours (températures diurnes autour de 29°C au maximum, et températures nocturnes autour de 20°C, favorisant la décomposition rapide).

On note que :

- c'est une période de forte activité pour la Pipistrelle commune, mais la nuit du 24 au 25 n'est pas celle qui présente la plus forte activité dans la série ;
- c'est une période d'activité faible pour la Pipistrelle de Kuhl au regard de la saison entière, avec cependant un pic d'activité les nuits du 23/07 et du 24/07 (au regard de l'activité mesurée au mois de juillet) ;
- c'est l'une des périodes les moins ventées de la saison (voir fig. 28), avec des vents nocturnes compris entre 2 et 6 m/s ;
- c'est aussi une période de températures relativement élevées (débuts de nuits à plus de 20°C, avec 23°C en moyenne pour la nuit du 23 au 24 juillet).

A cette période le plan de régulation "chauves-souris" avait été stoppé, pour permettre des essais de régulation pour la réduction des nuisances sonores. Les éoliennes ont été arrêtées par intermittence (fig. 29). Les arrêts et démarrages d'éoliennes peuvent être des moments critiques pour les chauves-souris. En outre, des éoliennes arrêtées et qui tournent au ralenti peuvent aussi être problématiques.

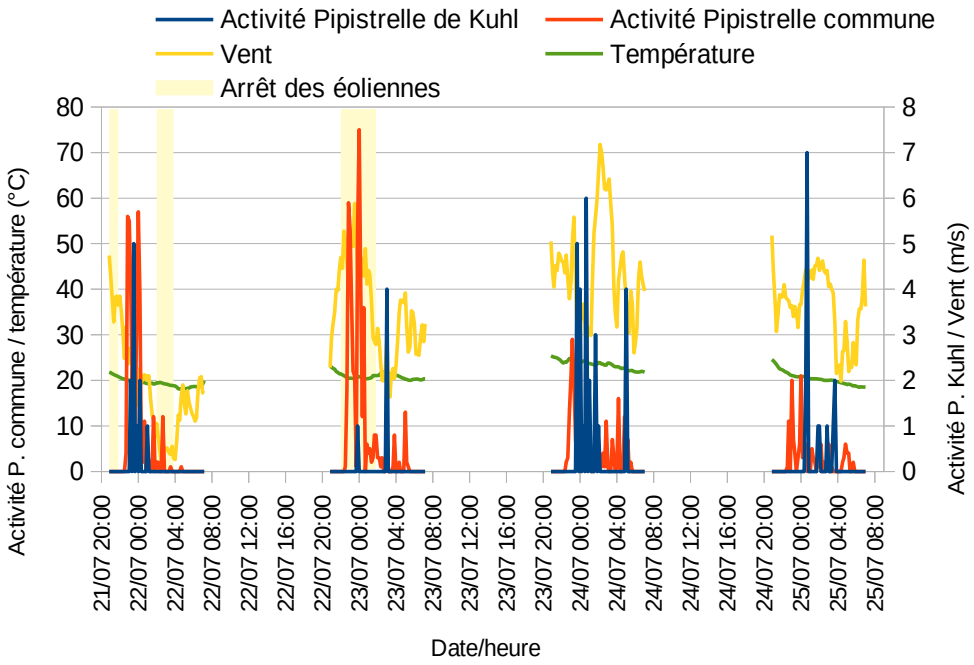


Figure 29 - Conditions météo et activité des Pipistrelle commune et de Kuhl entre le 21 juillet et le 25 juillet

3.2.2. Épisode du 8 août

Le 8 août, 3 chauves-souris sont trouvées, dont 1 à l'état de squelette (probablement non trouvée lors d'un précédent passage).

L'une d'elles est une noctule commune très fraîche, dont la mort est très probablement survenue dans la nuit du 7 au 8. L'autre est une pipistrelle commune en cours de décomposition, la date de sa mort est estimée entre 1 et 3 jours (températures diurnes atteignant 35°C, et températures nocturnes supérieures à 25°C pour les nuits du 5 au 6 et du 6 au 7, favorisant la décomposition rapide).

Pour ce qui est des conditions météo et de l'activité ultrasonore, on note que :

- c'est une période avec une faible activité de Pipistrelle commune par rapport au mois de juillet ;
- il n'y a aucune donnée de Noctule dans les 3 nuits qui précèdent le 8 août, et il n'y a que 12 contacts pour le groupe Sérotine / Noctules, dont seulement 3 dans la nuit du 7 au 8 ;
- les températures nocturnes sont très élevées (plus de 25°C toute la nuit à hauteur de nacelle, avec plus de 28°C en début de nuit), il s'agit d'un des épisodes les plus chauds de toute la saison. Le vent est faible (moins de 5 m/s) dans les nuits du 5 au 6 août et du 6 au 7 août.

A cette période les éoliennes concernées (2 et 4) par la mortalité étaient régulées du coucher du soleil jusqu'à 3 heures après (soit de 21h30 à 00h30), pour des vents inférieurs à 5 m/s et des températures comprises entre 10 et 28°.

Pour les nuits du 5 au 7 août, les éoliennes n'ont pas été arrêtées (ou très peu, fig. 30) car la température est restée supérieure à 28°C jusqu'à minuit et demi et le vent est ensuite passé au-dessus du seuil de 5 m/s. Les pics d'activité constatés pour la Pipistrelle interviennent à un moment où les éoliennes ne sont pas régulées. Le seuil de 28° n'est donc peut-être pas judicieux (voir § 4).

Pour la nuit du 7 au 8, les conditions sont réunies pour arrêter les éoliennes, mais par intermittence, le vent passant régulièrement en dessous et au-dessus du seuil de 5 m/s (fig. 31). Par ailleurs la phénologie horaire des noctules s'étend au-delà des 3 heures après le coucher du soleil. Il est possible que la Noctule

ait été tuée en début de nuit (vent supérieur à 5 m/s) ou dans les périodes d'arrêt et de redémarrage ou après l'heure d'arrêt de la régulation.

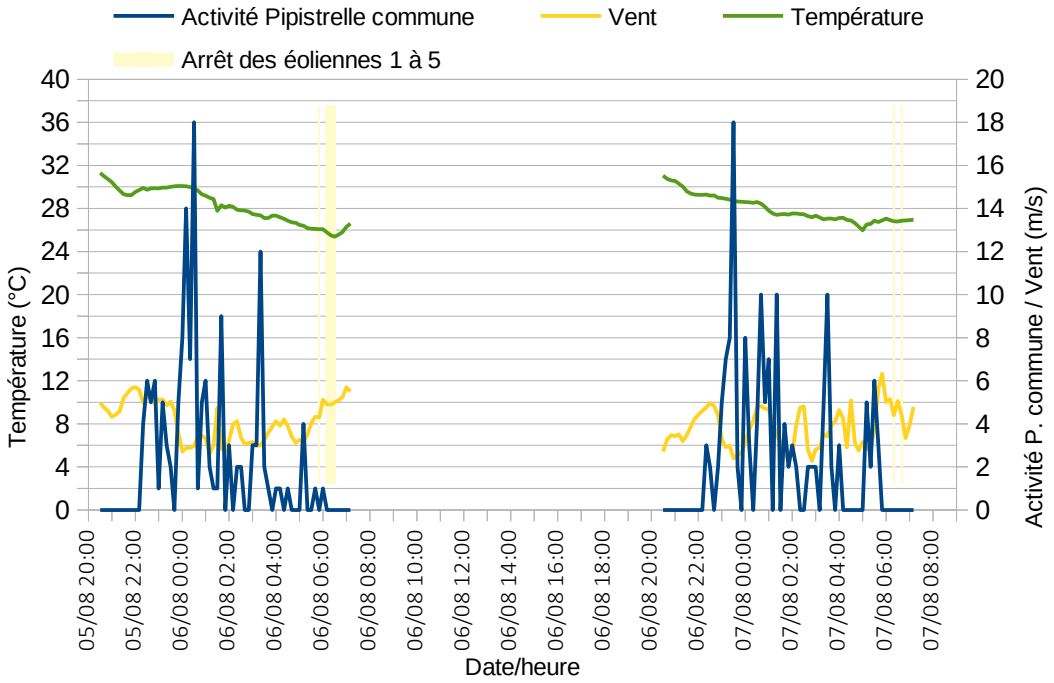


Figure 30 - Conditions météo, activité de la Pipistrelle commune et arrêt des éoliennes 1 à 5 dans les nuits du 5 au 7 août

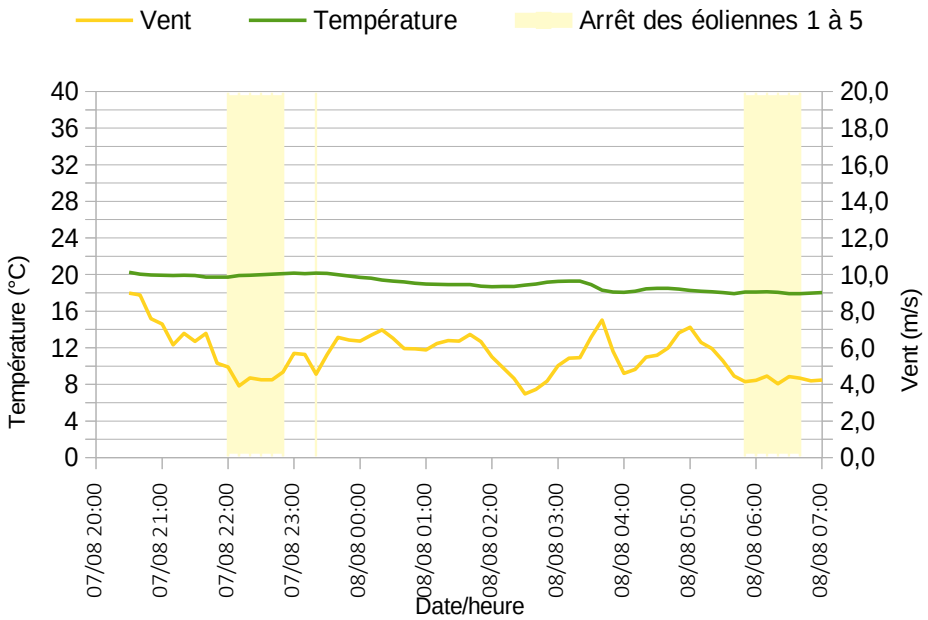


Figure 31 - Conditions météo et arrêt des éoliennes 1 à 5 dans la nuit 7 au 8 août

3.2.3. Épisode du 4 septembre

Le 4 septembre, une pipistrelle commune très fraîche est trouvée sous l'éolienne 6, elle est probablement morte dans la nuit qui précède.

Il s'agit pourtant d'une des périodes pour lesquelles l'activité de la Pipistrelle commune est la plus faible de toute la saison.

Dans la nuit du 3 au 4 septembre, les températures sont encore relativement élevées (plus de 18°C, et plus de 25°C en tout début de nuit), et le vent est inférieur à 6 m/s jusque vers 22h00. Les conditions sont réunies en début de nuit pour que l'éolienne 6 soit arrêtée. Mais c'est globalement après cet arrêt qu'une activité des pipistrelles est mesurée (fig. 32).

Il est donc probable que la mortalité soit intervenue dans la période de redémarrage de l'éolienne, ou plus tard dans la nuit (vents compris entre 6 et 7 m/s).

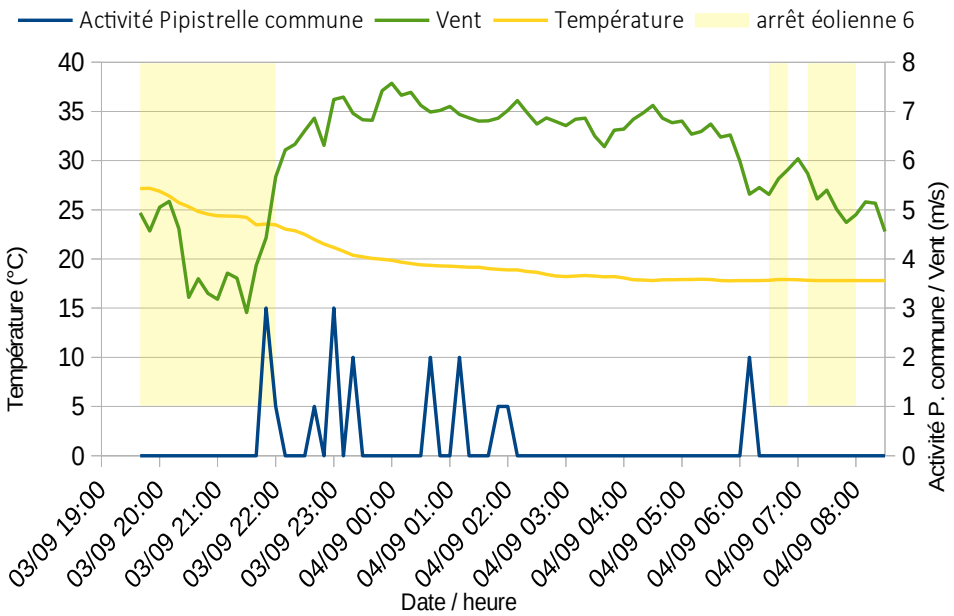


Figure 32 - Conditions météo, activité de la Pipistrelle commune et arrêt de l'éolienne 6 dans la nuit 3 au 4 septembre

3.2.4. Épisode du 9 octobre

Le 9 octobre, une pipistrelle commune en cours de décomposition est trouvée sous l'éolienne 4, la date de mort est estimée à quelques jours.

Il s'agit, comme en septembre, d'une des périodes pour lesquelles l'activité de la Pipistrelle commune est la plus faible de toute la saison.

Notons que la coupure de courant qui est intervenue à partir du 8 octobre au matin ne nous permet de connaître ni l'activité des chauves-souris ni les conditions météo dans la nuit du 8 au 9 octobre (mais il est vraisemblable que la mortalité soit antérieure, et les éoliennes ont été arrêtées entre le 8 et le 11).

Dans les 3 nuits qui précèdent, l'activité mesurée des chauves-souris est très réduite (et il y peu de parasites dans les enregistrements). Les températures sont modérées à fraîches, et la nuit du 6 au 7 se démarque par un vent assez fort (l'un des plus forts de la saison) et une température de 12°C.

Les éoliennes n'ont été arrêtées que dans la nuit du 7 au 8 octobre, par intermittence (il est à nouveau possible que la mortalité soit due à plusieurs démarrages en début de nuit et en période d'activité des chauves-souris.

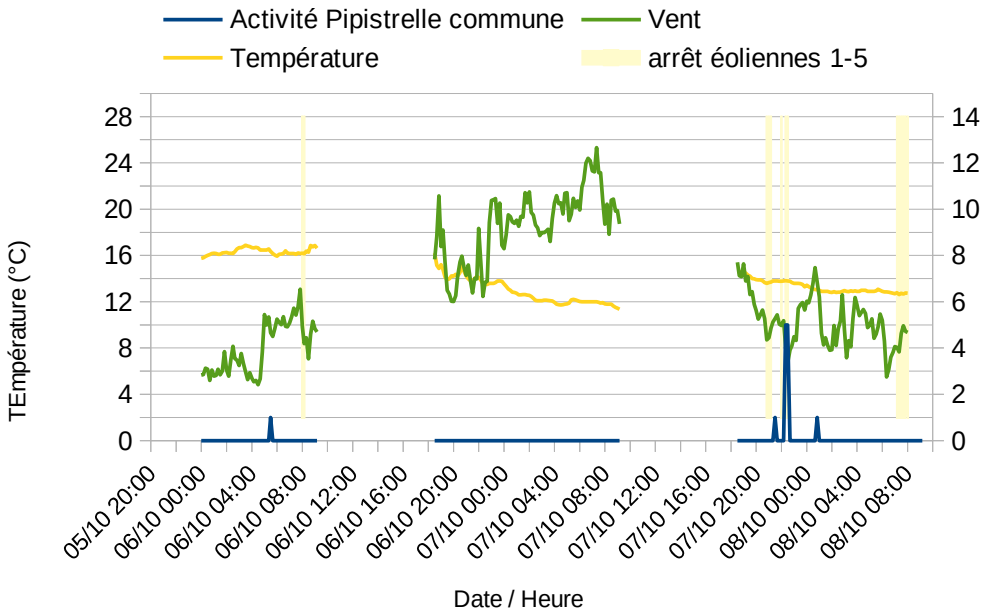


Figure 33 - Conditions météo, activité de la Pipistrelle commune et arrêt des éoliennes 1 à 5 du 5 au 8 octobre

4.Conclusions et propositions

L'étude des données de mortalité, acoustiques et météorologiques permet de dresser la synthèse suivante :

- aucun oiseau n'a été trouvé sous les éoliennes, le taux de mortalité ne peut donc être estimé ;
- 8 chauves-souris de 3 espèces (1 noctule commune, 1 pipistrelle de Kuhl, 5 pipistrelles communes et 1 pipistrelle non déterminée) ont été trouvées sous 5 éoliennes. Compte tenu des facteurs de correction (efficacité des observateurs, disparition des cadavres et surface prospectée, le taux de mortalité est estimé, pour l'ensemble des éoliennes et pour la période du 14 mai au 30 octobre 2018, à 26,68 (IC 95 % : [3,44 ; 61,94[ ) ;
- le micro placé sur la nacelle est parasité par des bruits d'origine mécanique et électrique, ne permettant pas de décrire aussi bien qu'en bas la richesse et la diversité du peuplement de chiroptères ;
- l'activité des chauves-souris est relativement faible sur le site au regard de nos connaissances vendéennes et des référence nationales ;
- en revanche la richesse spécifique est importante, avec au moins 15 espèces (sur les 22 connues en Vendée) ;
- l'activité est dominée par le groupe des Pipistrelles et par la Sérotine commune, et toutes les espèces migratrices ont été contactées ;

- l'activité la plus forte est mesurée en juillet (probable(s) colonie(s) de mise-bas de pipistrelles commune et de sérotines communes à proximité), puis en fin de période, avec un passage de chauves-souris en transit, en regroupement automnal ou en migration ;
- il n'y a pas d'activité mesurée avant le coucher du soleil, et 70 % de l'activité est concentrée dans les 3 premières heures après le coucher du soleil. Aucun regain d'activité n'est constaté en fin de nuit ;
- 90 % de l'activité est mesurée par des températures supérieures à 15°C, ce qui se rapproche des caractéristiques du parc éolien de Bouin (Dulac & Anxionnat, 2016). Nous n'avons toutefois pas mesuré l'activité au printemps, ni au-delà du 5 novembre. S'il est probable que l'activité résiduelle soit faible en novembre, en revanche nous n'avons pas d'éléments sur l'activité printanière et la sortie d'hivernage.
- 90 % de l'activité en hauteur est mesurée par des vents inférieurs à 5,23 m/s. Ce seuil varie selon les espèces (5,19 à 5,38 m/s pour les 3 espèces de pipistrelles, les seules pour lesquelles les données sont suffisantes). Les données indiquent aussi que 90 % de l'activité est mesurée au niveau du micro du bas par des vents inférieurs à 6,2 m/s. Cette différence entre les 2 micros peut être liée à la différence de vent entre le haut et le bas de l'éolienne (le vent n'est mesuré qu'à hauteur de nacelle) mais aussi à un comportement différent (les chauves-souris étant plus à l'abri en bas quand la vitesse du vent augmente). Notons aussi que le bout des pales se trouve plus près du cortège de chauves-souris enregistré en bas que de celui enregistré en haut.
- On constate de la mortalité de chauves-souris même lorsque l'activité ultrasonore est réduite voire absente (la Noctule est trouvée alors qu'il n'y a aucun contact de noctule la nuit précédente) ;
- l'éolienne 6 ne semble pas plus mortifère que les autres, cependant seul un suivi à long terme permettra de le mesurer.

Compte tenu de ces éléments et du statut de menace qui pèse sur 2 des 3 espèces touchées (la Pipistrelle commune est "quasi-menacée", la Noctule est "vulnérable" en France), nous proposons d'adapter le plan de régulation de la façon suivante (tab. 16) :

- modification des bornes de température (seuil minimal augmenté, pas de seuil maximal) ;
- modification des plages horaires (pas d'arrêt en fin de nuit, allongement de la période de régulation d'une heure en début de nuit et homogénéisation de toutes les éoliennes) ;
- homogénéisation du seuil de vent pour toutes les éoliennes à 5 m/s. Un seuil de 6 m/s aurait été souhaitable mais le modèle économique de ce parc éolien ne le permet pas ;
- modification des dates de l'éolienne 6.

Tableau 16 - Plan de bridage proposé pour 2019

Éoliennes	Date	Conditions d'arrêt des éoliennes		
		Températures	Vitesse de vent	Plages horaires
E1à E5	du 1er avril au 31 octobre	> 13°C	≤ 5 m/s	4 heures après le coucher du soleil
E6	du 1er avril au 31 octobre	> 13°C	≤ 5 m/s	4 heures après le coucher du soleil

BIBLIOGRAPHIE

Anxionnat D. & Dulac P., 2017. *Projet de parc éolien du Bois Joli, La Garnache (Vendée). Proposition de plan d'asservissement des éoliennes*. LPO Vendée, pour Novenergia, 17 pages.

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, vol. 18, n°16: 695-696.

Barataud M., 2012. *Écologie acoustique des chiroptères d'Europe.* Biotope, Mèze, 344 pages et CD.

Brinkmann R., Schauer-Weisshahn H. & Bontadina F., 2006. *Études sur les impacts potentiels liés au fonctionnement des éoliennes sur les chauves-souris du district de Fribourg. Traduction du Bureau de coordination énergie éolienne/ Koordinierungsstelle Windenergie e.V..* Regierungspräsidium Freiburg - Referat 56, Naturschutz und Landschaftspflege gefördert durch Stiftung Naturschutzfonds Baden-Württemberg, 66 pages.

Collectif, 2018. *Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres. Révision 2018.* Ministère de la transition écologique et solidaire, 20 pages.

Cryan P.M. & Barclay R.M.R., 2009. Causes of bat fatalities at wind turbines: hypotheses and predictions. *Journal of Mammalogy*, 90(6): 1330-1340.

Dietz C. & Herlversen (von) O., 2004. *Clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe*. Publication électronique, Tübingen & Erlangen (Allemagne), 56 pages.

Dulac P. & Anxionnat D., 2016. *Eoliennes de Bouin (Vendée). Bilan du suivi 2015 de la mortalité des chauves-souris.* LPO Vendée, pour EDF Energies Nouvelles, La Roche-sur-Yon, 46 pages.

Erickson W., Strickland D., Johnson G. & Kern W., 2000. Examples of statistical methods to assess risk of impacts to birds from wind plants. National Avian Wind Power Planning Meeting III San Diego: 172-182.

Grodsky S.M., Behr M.J., Gendler A., Drake D., Dieterle B.D., Rudd R.J. & Walrath N.L., 2011. Investigation the causes of death for wind turbine-associated bat fatalities. *Journal of Mammalogy*, 92(5):917-925.

Horn J.W., Arnett E.B., Kunz T.H., 2008. Behavioral Responses of Bats to Operating Wind Turbines. The Journal of Wildlife Management 72(1): 123-132.

Huso M. M. P., 2011. An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. Environmetrics, 22: 318–329.

IUCN 2016. *IUCN Red List of Threatened Species 2016* : e.T17316A22132621. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T17316A22132621.en.

Jones G., Cooper-Bohannon R., Barlow K. & Parsons K., 2009. Determining the potential ecological impact of wind turbines on bat population in Britain. Scoping and method development report. Bat conservation Trust, 150 pages.

Muséum national d'Histoire naturelle, SFEPM, Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels, Office National des Forêts, 2015. *Cahier technique pour l'identification des chiroptères en main et le relevé de données*. MNHN, 126 pages.

Pfalzer G., 2002. *Inter - und intraspezifische Variabilität der Soziallaute heimischer Fledermausarten (*Chiroptera: Vespertilionidae*)*. Thèse de doctorat de biologie. Kaiserslautern, 275 pages.

Pfalzer G. et Kusch J., 2003. Structure and variability of bat social calls: implications for specificity and individual recognition. *J. Zool. Lond.* 261 : 21-33.

Rodrigues L., Bach L., Dubourg-Savage M.-J., Karapandža B., Kovač D., Kervyn T., Dekker J., Kepel A., Bach P., Collins J., Harbusch C., Park K., Micevski B., Minderman J., 2015. *Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. Actualiasation 2014.* Eurobats Publication Series n°6 (version française). UNEP/Eurobats Secretariat, Bonn (Allemagne), 139 pages.

Russ J., 2010. *British Bat Calls: A Guide to Species Identification*. Pelagis publishing. 192 pages.

Rydell J., Bach L., Dubourg-Savage M.-J., Green M., Rodrigues L. & Hedenström A., 2010. Bat mortality at wind turbines in northwestern Europe. *Acta Chiropterologica*, 12(2) : 261-274.

Tapiero, 2015. *Diagnostic 34 espèces chiroptères. Bilan technique final 2009/2013. PNA Chiroptères*. DREAL Franche Comté et FCEN. 95 pages.

Temple H.J. & Terry, A. (Compilers), 2007. *The Status and Distribution of European Mammals*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. viii + 48pp, 210 x 297 mm.

UICN France, MNHN, SFEPM & ONCFS, 2017. *La Liste rouge des espèces menacées en France – Mammifères de France métropolitaine*. Paris, 16 pages.

ANNEXES

Données détaillées de mortalité de chauves-souris

Date	Eolienne	Espèce	Age	Sexe	Longitude (WGS84)	Latitude (WGS84)	distance à l'éolienne (m)	état du cadavre
25/07/2018	6	Pipistrelle de Kuhl	?	?	46,896305	-1,787229	2	en cours de décomposition
25/07/2018	1	Pipistrelle commune	?	?	46,878204	-1,789304	2	sec
25/07/2018	1	Pipistrelle indéterminée	?	mâle	46,878204	-1,789304	15	vivant et repartie
08/08/2018	4	Pipistrelle commune	?	?	46,88434	-1,78095	3,5	frais avec asticot
08/08/2018	3	Pipistrelle commune	?	?	46,88158	-1,78423	0	restes (lambeaux de peau sur os)
08/08/2018	2	Noctule commune	?	mâle	46,88352	-1,78884	21	très frais
04/09/2018	6	Pipistrelle commune	?	femelle	46,89615	-1,7869	24	très frais
09/10/2018	4	Pipistrelle commune	?	?	46,884614	-1,780726	25	frais avec asticot