

Parc éolien du Moulin de Feugères

# Etude Chiroptères compléments Moulin de Pierre 2019



Juillet 2021



**ZEPHYR**  
*Energies Renouvelables Sarl*

17 allée des Mûriers  
37550 Saint-Avertin



## **Suivis des chiroptères**

**Parc éolien du Moulin de Pierre  
(Le Gault-Saint-Denis, 28)**

**Saison 2019**

8 janvier 2020



***Les Snats***

*Bureau d'études faune flore*

Siège social : 17 rue des Renaudins – 17350 Taillebourg - tél. : 05.46.90.20.13.

E-Mail : [les-snats@wanadoo.fr](mailto:les-snats@wanadoo.fr) - Internet : <http://www.les-snats.com>

# SOMMAIRE

TABLES DES CARTES :	4
TABLES DES FIGURES :	4
TABLE DES TABLEAUX :	5
TABLE DES PHOTOS :	6
INTRODUCTION : RAPPEL DES OBJECTIFS	7
I- SUIVI DE L'ACTIVITÉ DES CHIROPTÈRES	8
<b>A- MÉTHODES</b>	<b>8</b>
1- Dispositif de suivi	8
a- Enregistrement en continu au niveau des éoliennes E5 et E11	8
b- Dispositif de suivi au sol	8
2- Matériel utilisé	12
a- Suivi automatisé des éoliennes E5 et E11	12
b- Matériel utilisé pour le suivi d'activité au sol	13
- Points d'écoute actifs :	13
- Points d'écoute passifs :	13
2- Traitements des données acoustiques	14
3- Limites de la méthode et problèmes rencontrés	14
<b>B- RÉSULTATS</b>	<b>16</b>
1- Analyse de l'activité	16
a- Activité à l'échelle du parc éolien	16
- Bilan global :	16
- Analyse du peuplement :	16
- Répartition spatiale de l'activité :	17
- Analyse de l'activité horaire :	19
- Conclusion sur le suivi au sol :	20
b- Suivi d'activité au niveau des éoliennes E5 et E11	20
- Activité globale :	20
- Analyse du peuplement :	21
- Analyse saisonnière de l'activité :	24
- Analyse journalière de l'activité :	25
- Analyse de l'activité horaire :	26
- Analyse de l'activité en fonction de la température :	27
- Analyse de l'activité en fonction de la vitesse du vent :	28
- Conclusion sur le suivi au niveau des éoliennes E5 et E11 :	29
2- Synthèse par espèce	30
3- Conclusion	45

<b>II- SUIVI DE MORTALITÉ DES CHIROPTÈRES.....</b>	<b>46</b>
<b>A- MÉTHODES .....</b>	<b>46</b>
1- Dispositif de suivi .....	46
2- Réalisation pratique des relevés .....	46
<b>B- RÉSULTATS.....</b>	<b>48</b>
1- Résultats bruts par machine .....	48
2- Identification des espèces .....	49
3- Localisation des cadavres.....	52
4- Estimation de la mortalité.....	53
5- Conclusion .....	57
<b>III- CONCLUSIONS .....</b>	<b>58</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE CITÉE OU CONSULTÉE.....</b>	<b>59</b>
<b>Annexe 1 - Données brutes des suivis chiroptérologiques au sol .....</b>	<b>62</b>
<b>a- Campagne du 20/07/2019 :.....</b>	<b>62</b>
<b>b- Campagne du 12/09/2019 :.....</b>	<b>62</b>
<b>Annexe 2 – coordonnées géographiques des points d’écoutes .....</b>	<b>63</b>

**Photo de couverture : parc éolien du Moulin de Pierre**

Inventaires et rédaction : Marc Carrière

Prospections de terrain pour les suivis de mortalité : Jean-Claude Sallé

## TABLES DES CARTES :

Carte 1 : localisation du parc éolien du Moulin de Pierre et numérotation des éoliennes sur fond IGN 1/25000 et orthophotographie (source des fonds : Géoportail) .....	7
Carte 2 : plan d'échantillonnage pour le suivi au sol des chiroptères (fonds IGN25 + orthophoto) .....	10
Carte 3 : répartition de l'activité des chiroptères (campagne de juillet 2019) .....	17
Carte 4 : répartition de l'activité des chiroptères (campagne de septembre 2019) .....	18
Carte 5 : répartition de l'activité des chiroptères (moyenne été + automne 2019) .....	18
Carte 6 : localisation des contacts de Barbastelle (suivi au sol + batcorders) .....	32
Carte 7 : localisation des contacts de Grand Murin (suivi au sol + batcorders) .....	33
Carte 8 : répartition de la Noctule de Leisler en France (d'après Arthur & Lemaire, 2015) .....	33
Carte 9 : localisation des contacts de Noctule de Leisler (suivi au sol + batcorders) .....	34
Carte 10 : localisation des contacts de Noctule commune (suivi au sol + batcorders) .....	36
Carte 11 : localisation des contacts de Murin de Daubenton (suivi au sol + batcorders) .....	37
Carte 12 : localisation des contacts de Murin de Natterer (suivi au sol + batcorders) .....	38
Carte 13 : localisation des contacts d'Oreillard roux (suivi au sol + batcorders) .....	39
Carte 14 : localisation des contacts de Sérotine commune (suivi au sol + batcorders) .....	40
Carte 15 : localisation des contacts de Pipistrelle commune (suivi au sol + batcorders) .....	41
Carte 16 : localisation des contacts de Pipistrelle du groupe Kuhl/Nathusius (suivi au sol + batcorders) .....	42
Carte 17 : localisation des contacts de Pipistrelle de Kuhl (suivi au sol + batcorders) .....	43
Carte 18 : localisation des contacts d'Oreillard gris (suivi au sol + batcorders) .....	44

## TABLES DES FIGURES :

Figure 1 (à gauche) : principe de l'installation du batcorder dans la nacelle (source : <a href="http://www.wildcare.eu">www.wildcare.eu</a> ) .....	12
Figure 2 : bruit parasite sur le batcorder-bas de l'éolienne E5 dû à un chant d'oiseau .....	14
Figure 3 : exemple de spectrogramme rapporté à une Pipistrelle du groupe kuhl/nathusius (MP11_bottom, enregistrements du 20/04/2019). .....	15
Figure 4 : répartition par espèce des contacts de chauves-souris sur un cycle annuel .....	17
Figure 5 : distribution des contacts par tranche d'1 heure pour la nuit du 20 au 21 juillet 2019 (somme des 2 détecteurs passifs) .....	19
Figure 6 : distribution des contacts par tranche d'1 heure pour la nuit du 12 au 13 septembre 2019 (somme des 2 détecteurs passifs) .....	19
Figure 7 : proportion des contacts enregistrés au sol et en altitude au niveau des éoliennes E5 et E11 .....	20
Figure 8 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 4 batcorders .....	22
Figure 9 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders de E5 .....	22
Figure 10 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders de E11 .....	22
Figure 11 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders « bottom » .....	23
Figure 12 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders « top » .....	23
Figure 13 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-bottom de E5 .....	24
Figure 14 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-top de E5 .....	24
Figure 15 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-bottom de E11 .....	24
Figure 16 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-top de E11 .....	24
Figure 17 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcorders de E5 .....	24
Figure 18 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcorders de E11 .....	24
Figure 19 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcorders « bottom » .....	25
Figure 20 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcorders « top » .....	25

Figure 21 : répartition mensuelle des contacts de chiroptères (total des 4 batcorders) .....	25
Figure 22 : répartition journalière de l'activité des chiroptères au niveau des batcorders « bottom » (exprimée en nombre de contacts par nuit) .....	26
Figure 23 : répartition journalière de l'activité des chiroptères au niveau des batcorders « top » (exprimée en nombre de contacts par nuit) .....	26
Figure 24 : répartition des contacts par tranche d'une heure à partir du coucher du soleil pour les batcorders « bottom » .....	27
Figure 25 : répartition des contacts par tranche d'une heure à partir du coucher du soleil pour les batcorders « top » .....	27
Figure 26 : activité enregistrée au niveau des deux batcorders « bottom » en fonction de la température (en nombre de contacts par tranche de 1°C) .....	28
Figure 27 : activité enregistrée au niveau des deux batcorders « top » en fonction de la température (en nombre de contacts par tranche de 1°C) .....	28
Figure 28 : répartition des contacts (tous batcorder) en fonction de la vitesse du vent .....	29
Figure 29 : nombre de jours de vent pour les intervalles de vitesse de la figure 28 .....	29
Figure 30 : répartition mensuelle des contacts de Noctule de Leisler (MP05+MP11) .....	34
Figure 31 : répartition mensuelle des contacts de Noctule commune (MP05+MP11) .....	35
Figure 32 : répartition journalière des contacts de Sérotine commune (total des 4 batcorders) .....	39
Figure 33 : répartition mensuelle de l'activité de la Pipistrelle commune (tous batcorders) .....	40
Figure 34 : répartition mensuelle des contacts de Pipistrelle du groupe Kuhl/Nathusius .....	42
Figure 35 : répartition mensuelle des contacts de Pipistrelle de Kuhl (tous batcorders) .....	44
Figure 36 : exemple de fiche de terrain pour le suivi de mortalité chiroptères .....	46
Figure 37: exemple d'exploitation des traces GPS enregistrées par le prospecteur (02/05/2019, E6)....	47
Figure 38 : comparaison des surfaces prospectées estimées sur le terrain et calculées à partir des données GPS pour des tampons de 5 et de 10 mètres (absence de données GPS le 05/09/2019) .....	48
Figure 39 : aire de découverte des cadavres en 2019 .....	53
Figure 40 : aire de découverte des cadavres en 2018 .....	53

## TABLE DES TABLEAUX :

Tableau I : conditions météorologiques lors des campagnes de terrain .....	9
Tableau II : coordonnées des points d'écoutes utilisés pour le suivi d'activité au sol (Lambert 93) .....	9
Tableau III : activité au sol pour l'ensemble du parc éolien (T1=campagne du 20/07 ; T2=campagne du 12/09) .....	16
Tableau IV : activité par espèce et par batcorder (nombre de contacts pour l'ensemble du suivi 2019) .....	21
Tableau V : statut des chiroptères identifiés sur le site .....	30
Tableau VI : cadavres d'oiseaux et de chauves-souris trouvés sur le site du Moulin de Pierre .....	48
Tableau VII : répartition spécifique des cadavres récoltés lors du suivi de mortalité .....	52
Tableau VIII : position des cadavres par rapport aux pieds des éoliennes .....	52
Tableau IX : estimation des surfaces prospectables par éolienne et par suivi (en % de la surface de 1,21 ha) .....	54
Tableau X : résultats des tests d'efficacité de recherche effectués en 2018 sur le parc du Moulin de Pierre (d'après Dufrêne, 2018) .....	55
Tableau XI : résultats des tests de prédation (calculé d'après Dufrêne, 2018) .....	55
Tableau XIII : estimation de la mortalité des chiroptères et des oiseaux pour chacune des éoliennes du parc du Moulin de Pierre par la formule de Winkelman .....	56
Tableau XIV : estimation de la mortalité des chiroptères et des oiseaux pour chacune des éoliennes du parc du Moulin de Pierre par la formule de Jones ( $\hat{e}=1$ ; $p=0.3$ ) .....	57
Tableau XV : estimation de la mortalité des chiroptères et des oiseaux pour chacune des éoliennes du parc du Moulin de Pierre par la formule de Huso ( $\hat{e}=1$ ; $p=0.38$ ) .....	57
Tableau XVI : comparaison de la mortalité sur le parc du Moulin de Pierre entre 2018 et 2019 .....	57

## TABLE DES PHOTOS :

Photo 1 : mat au pied de l'éolienne E5 .....	8
Photo 2 : mat au pied de l'éolienne E11 .....	8
Photo 3 : point d'écoute PE01 .....	10
Photo 4 : point d'écoute PE02.....	10
Photo 5 : point d'écoute PE03.....	11
Photo 6 : point d'écoute PE04.....	11
Photo 7 : point d'écoute PE05.....	11
Photo 8 : point d'écoute PE06.....	11
Photo 9 : point d'écoute PE07.....	11
Photo 10 : point d'écoute PE08.....	11
Photo 11 : point d'écoute PE09.....	11
Photo 12 : point d'écoute PE10.....	11
Photo 13 : point d'écoute PE11.....	12
Photo 14 : point d'écoute PE12.....	12
Photo 15 (à droite) : boîtier du batcorder.....	12
Photo 16 : vue panoramique du parc éolien depuis le point d'écoute PE02 (13/09/2019) .....	15
Photo 17 : Barbastelle (photo hors site) .....	31
Photo 18 : Grand Murin en hibernation (photo hors site).....	32
Photo 19 : ossements de Noctule commune découverts au pied d'un gîte arboricole (photo hors site).....	35
Photo 20 : Murin de Daubenton (photo hors site) .....	36
Photo 21 : Murin de Natterer sous un pont (photo hors site).....	37
Photo 22: Oreillard roux (photo hors site) .....	38
Photo 23 Pipistrelle commune (photo hors site).....	41
Photo 24 : Oreillard gris (photo hors site) .....	45
Photo 25 : plateforme, aire de service, chemin d'accès et cultures adjacentes autour de E4.....	47
Photo 26: mesure de l'avant-bras d'un cadavre de Noctule commune .....	49
Photo 27 : cadavre de Pipistrelle de Kuhl (11/07, E4) .....	49
Photo 28 : liseré blanc du plagioplatagium caractéristique de la Pipistrelle de Kull .....	50
Photo 29 : Noctule de Leisler en mauvais état de conservation (E10, 26/09/2019) .....	50
Photo 30 : Busard Saint-Martin trouvé mort en deux morceaux près de E5.....	51
Photo 31 : Roitelet à triple bandeau (E12, 12/09/2019).....	51

## INTRODUCTION : RAPPEL DES OBJECTIFS

L'objectif de cette étude est d'effectuer un suivi des chiroptères sur le parc éolien du Moulin de Pierre, sur la commune du Gault-Saint-Denis en Eure-et-Loir. Ce suivi comprend deux volets distincts :

- Un **suivi d'activité** basé sur deux approches complémentaires :
  - ✓ d'une part sur l'analyse des enregistrements automatiques effectués en continu par l'intermédiaire de 2 couples de batcorders installés respectivement au sol et dans la nacelle des éoliennes N°5 et N°11 ;
  - ✓ d'autre part sur des campagnes saisonnières de suivis au sol, visant à mieux cerner l'activité des chauves-souris à l'échelle du parc éolien et de ses proches abords.
- **Une assistance à l'équipe en charge du suivi de mortalité**, en assurant les déterminations des cadavres recueillis sur le site et en effectuant une synthèse des données à l'issue des campagnes de 2019.

La **carte 1** montre la disposition du parc éolien et la numérotation des éoliennes du parc du Moulin de Pierre.



**Carte 1 : localisation du parc éolien du Moulin de Pierre et numérotation des éoliennes sur fond IGN 1/25000 et orthophotographie (source des fonds : Géoportail)**



## I- SUIVI DE L'ACTIVITÉ DES CHIROPTÈRES

### A- MÉTHODES

#### 1- Dispositif de suivi

Le dispositif de suivi des chiroptères comprend deux parties distinctes :

- ✓ L'enregistrement nocturne en continu de l'activité des chauves-souris au niveau des éoliennes E5 et E11 à l'aide de deux paires d'enregistreurs autonomes (batcorders), localisés respectivement au pied des éoliennes et dans les nacelles.
- ✓ Le suivi de l'activité au sol sur l'ensemble du parc, à partir d'un réseau de points d'écoute disposés autour des 6 éoliennes.

#### a- Enregistrement en continu au niveau des éoliennes E5 et E11

Deux couples de détecteurs autonomes, capables d'enregistrer en continu les signaux de chiroptères (batcorders), ont été placés au niveau des éoliennes E5 et E11 début 2019. Pour chaque éolienne, l'un des détecteurs est placé dans la nacelle, à environ 100 mètres de hauteur (micro haut), l'autre batcorder étant monté sur un mât métallique positionné à quelques mètres du pied de l'éolienne (micro bas). Ce dispositif permet de comparer les activités des chiroptères au niveau du sol et en altitude, et de préciser quels sont les risques pour les espèces de haut vol.



Photo 1 : mât au pied de l'éolienne E5



Photo 2 : mât au pied de l'éolienne E11

#### b- Dispositif de suivi au sol

Le dispositif de suivi au sol s'est appuyé sur deux campagnes de terrain, réparties sur deux des périodes clés de l'activité des chiroptères :

- 1<sup>ère</sup> campagne : 20-21 juillet 2019 (période de reproduction et de mise bas des jeunes).
- 2<sup>ème</sup> campagne : 12-13 septembre 2019 (période de transit automnal).

Les deux campagnes de terrain ont été réalisées en conditions météorologiques favorables, avec un vent faible ou modéré et une température nocturne clémente (**tableau I**).

**Tableau I : conditions météorologiques lors des campagnes de terrain**

Campagne N°	Date	Période	Conditions météorologiques*	Conditions d'observation
1	20/07/2019	journée + soirée	orage dans l'après-midi, beau le soir; nuages 3/8; vent F3-4 faiblissant F2 le soir; 18° à 0h30.	favorable
	21/07/2019	matinée	beau temps; nuages 1/8; vent nul; 23° à 11h.	favorable
2	12/09/2019	journée + soirée	beau temps; nuages 1/8; vent F2 de l'W; 23° à 17h, 18° à 23h30.	favorable
	13/09/2019	matinée	beau temps; nuages 1/8; vent F1 de l'W; 22° à 12h.	favorable



\* : nébulosité = fraction du ciel couvert par les nuages exprimée en octa (ciel divisé en 8) ; vitesse du vent exprimée selon l'échelle de Beaufort (0 à 12).

Le suivi d'activité au sol s'est appuyé sur deux types de points d'écoutes :

- **Les points d'écoutes actifs** : ils sont réalisés à l'aide d'un détecteur manuel (modèle Pettersson D240X) fonctionnant en mode hétérodyne et en expansion de temps, relié à un enregistreur numérique (modèle Edirol R09) pour la sauvegarde des séquences ultrasonores. Ces points d'écoutes sont effectués sur des points fixes à partir de la tombée de la nuit pendant une durée de 10 minutes. Dix points d'écoutes actifs ont été répartis sur le site, en ciblant d'une part la proximité immédiate des éoliennes, et d'autre part les habitats propices à l'activité des chiroptères (haies, lisières forestières, zones urbanisées...).

- **Les points d'écoutes passifs** : ils sont réalisés à l'aide de détecteurs autonomes (SM4bat de Wildlife Acoustics), capables de se déclencher automatiquement au passage des chiroptères, en enregistrant l'intégralité du spectre ultrasonore (type « full spectrum »). Ces détecteurs sont positionnés en fin d'après-midi puis relevés le lendemain matin, afin de couvrir l'ensemble du cycle nocturne. Deux détecteurs autonomes ont été utilisés sur le site à chaque campagne de terrain (juillet et septembre). Ces détecteurs ont été répartis sur le site de façon à privilégier les habitats à forte activité potentielle de chasse pour les chiroptères.

Au total, le dispositif de suivi au sol a donc comporté **12 points d'écoutes**, dont 2 passifs et 10 actifs. Ce dispositif a été reproduit à deux reprises lors des campagnes de juillet et septembre, afin d'analyser les différences de fréquentation du site par les chiroptères au cours de ces deux périodes clés du cycle des chauves-souris : reproduction (juin à mi-août) et transit automnal (mi-août à début novembre). Le **tableau II** donne les coordonnées géographiques des points d'écoutes utilisés pour le suivi d'activité au sol de 2019.

**Tableau II : coordonnées des points d'écoutes utilisés pour le suivi d'activité au sol (Lambert 93)**

N° Waypoint	N° Point d'écoute	X L93	Y L93	Type de point d'écoute	Modèle détecteur
wpt137	PE01	586364.4197	6793565.999	actif	d240x
wpt146	PE02	587151.2561	6793436.401	actif	d240x
wpt147	PE03	587258.2666	6793902.575	actif	d240x
wpt144	PE04	587351.4177	6794386.162	actif	d240x
wpt138	PE05	585960.5138	6793314.113	actif	d240x
wpt139	PE06	586060.3275	6793918.695	actif	d240x
wpt140	PE07	585417.1447	6793945.599	actif	d240x
wpt141	PE08	586395.9518	6794580.032	actif	d240x
wpt142	PE09	586747.1012	6794739.794	actif	d240x
wpt143	PE10	587490.6129	6794806.423	actif	d240x
wpt136	PE11	586673.8132	6793171.329	passif	SM4-1
wpt145	PE12	585026.8428	6794820.9	passif	SM4-2

La **carte 2** donne le détail du plan d'échantillonnage pour la réalisation du suivi au sol de 2019 sur fonds mixte IGN 1/25000 et sur orthophotographie.



**Carte 2 : plan d'échantillonnage pour le suivi au sol des chiroptères (fonds IGN25 + orthophoto)**

Les photos suivantes donnent un aperçu des habitats au droit des différents points d'écoutes du suivi de 2019 :



**Photo 3 : point d'écoute PE01**



**Photo 4 : point d'écoute PE02**



**Photo 5 : point d'écoute PE03**



**Photo 6 : point d'écoute PE04**



**Photo 7 : point d'écoute PE05**



**Photo 8 : point d'écoute PE06**



**Photo 9 : point d'écoute PE07**



**Photo 10 : point d'écoute PE08**



**Photo 11 : point d'écoute PE09**



**Photo 12 : point d'écoute PE10**



Photo 13 : point d'écoute PE11



Photo 14 : point d'écoute PE12

## 2- Matériel utilisé

### a- Suivi automatisé des éoliennes E5 et E11

Au niveau des éoliennes E5 et E11, l'activité des chiroptères a été étudiée en analysant les données des quatre enregistreurs autonomes (batcorders), installés respectivement dans les nacelles des deux éoliennes, et aux pieds des mâts correspondants. Ces batcorders sont des détecteurs d'ultrasons de type « *full spectrum* », capables d'enregistrer des séquences sonores entre 0 à 128 kHz. Un filtre passe-haut bloquant les sons inférieurs à 16 kHz est actionné afin de limiter le remplissage des cartes mémoire par des bruits parasites, les ultrasons des chauves-souris ne descendant pas en dessous de 16 kHz (sauf le Molosse en région méditerranéenne). Les batcorders couvrent ainsi toute la gamme des émissions possibles des chiroptères susceptibles d'être détectés en région Centre. Les boîtiers batcorder sont reliés au réseau Internet de façon à pouvoir sauvegarder les données sur un serveur distant. Le déclenchement des batcorders est programmé à partir de 18h le soir, et jusqu'à 9h le lendemain matin, ce qui permet de couvrir l'ensemble du cycle nocturne, quelle que soit la saison. Ce réglage a cependant l'inconvénient de produire de nombreux enregistrements parasites (notamment les chants et cris crépusculaires et matinaux d'oiseaux, dont les harmoniques peuvent dépasser les 16 kHz, et les stridulations d'orthoptères), sons qu'il faut ensuite trier à l'aide d'un logiciel de traitement acoustique afin de les séparer des signaux de chiroptères.

Figure 1 (à gauche) : principe de l'installation du batcorder dans la nacelle  
(source : [www.wildcare.eu](http://www.wildcare.eu))

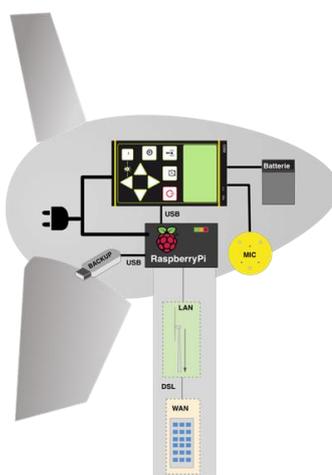


Photo 15 (à droite) : boîtier du batcorder



Les quatre batcorders des éoliennes E5 et E11 ont été installés fin mars 2019, les premiers enregistrements ayant eu lieu le 29/03/2019. Les batcorders ont ensuite fonctionné en continu. Les dernières séquences ultrasonores ont été téléchargées à la mi-novembre, l'activité étant alors devenue négligeable.

Au total, les données récupérées grâce aux 4 batcorders ont permis de couvrir une période continue de 230 nuits entre le 29/03 et le 13/11, soit l'équivalent de 690 nuits d'écoute à l'échelle du parc éolien.

## **b- Matériel utilisé pour le suivi d'activité au sol**

### **- Points d'écoute actifs :**

Ils consistent à recenser les individus en vol à l'aide d'un détecteur d'ultrasons. Le modèle utilisé est un détecteur Petterson D240X (ci-contre), fonctionnant à la fois en mode hétérodyne et expansion de temps, et équipé d'une sortie « *tape* » pour l'enregistrement des séquences ultrasonores. En pratique, les séances de détection sont effectuées à partir de la nuit tombée, pendant une durée de 10 minutes pour chacun des points d'écoutes. Les contacts sont sauvegardés sur un enregistreur numérique (modèle Edirol R09), en format « wav » non compressé (44.1 kHz). Lors des relevés, le nombre de contacts (séquence différenciée d'une durée inférieure à 5 secondes) est comptabilisé, et rapporté à une durée standard d'une heure.



### **- Points d'écoute passifs :**

Ils sont basés sur l'emploi de détecteurs autonomes fonctionnant toute la nuit. Le modèle utilisé sur les deux points d'écoutes passifs est le SM4bat de Wildlife Acoustics, équipé d'un micro ultrasonore SMM-U2. Il s'agit du successeur du SM2bat, plus compact, le micro SMM-U2 étant plus performant et résistant aux intempéries. 2 détecteurs SM4bat ont été utilisés sur le site, à chacune des deux campagnes de terrain. Ils possèdent des programmes internes permettant de régler la mise en service du détecteur en fonction des heures de coucher (environ ½ heure avant) et de lever (environ ½ heure après) du soleil (à partir des coordonnées géographiques du lieu). Comme pour les batcorders, ils couvrent l'ensemble du spectre ultrasonore susceptible d'être utilisé par les chauves-souris (0-256 kHz, avec un filtre passe-haut à 10 kHz). La durée de chaque enregistrement est limitée à 5 secondes, de façon à pouvoir comptabiliser directement le nombre de contacts recueilli, selon le même protocole que pour les points fixes.



**SM4bat avec micro SMM-U2**

## 2- Traitements des données acoustiques

L'analyse des séquences enregistrées est effectuée à l'aide des logiciels « Batsound » et « Adobe audition », qui permettent de visualiser les spectrogrammes et d'analyser les pics d'intensité par fréquence.

L'identification des chiroptères repose sur la méthode mise au point par Michel Barataud (2012), sur la base de l'analyse des signaux en mode hétérodyne et expansion de temps. Plusieurs critères acoustiques sont pris en compte, au sein d'une séquence : le type de signal (fréquence constante, fréquence modulée, fréquence abrupte), la fréquence terminale, la largeur de la bande de fréquence, le rythme, la présence de pic d'énergie, l'évolution de la structure des signaux à l'approche d'obstacle...



Pour les enregistrements automatisés issus des batcorders, les fichiers natifs, produits au format « raw », font tout d'abord l'objet d'un traitement par lot, à l'aide du logiciel Adobe Audition, pour être transformés en format « wav ». Ces séquences sont ensuite analysées à l'aide de plusieurs logiciels de traitement de sons (Sonochiro, Scan'R et Kaléidoscope). Les résultats de ces traitements sont comparés de façon à faire ressortir plus facilement les séquences parasites et obtenir une image statistique des déterminations proposées par les logiciels. Une analyse manuelle des séquences ultrasonores est ensuite effectuée pour toutes les espèces autres que la Pipistrelle commune, qui est généralement dominante dans les lots de données des batcorders. Pour les enregistrements rapportés à cette espèce, un échantillonnage est effectué par classe de fiabilité des données pour vérifier les interprétations fournies par les logiciels d'analyse.

## 3- Limites de la méthode et problèmes rencontrés

Le principal problème rencontré a été de traiter un grand nombre d'enregistrements qui ne correspondaient pas à des signaux de chiroptères. Des bruits parasites ont d'abord été relevés au niveau du batcorder-haut de l'éolienne E5 (MP05\_top), bruits qui ont ensuite cessé après une maintenance de la machine, fin avril 2019. Pour le batcorder du bas de l'éolienne E5 (MP05\_bottom) en revanche, de nombreux signaux parasites ont été captés, dus à des harmoniques de chants d'oiseaux et/ou d'orthoptères du fait d'une plage horaire comprenant de larges périodes diurnes en soirée et en matinée. Pour le batcorder-bas de l'éolienne E5, ces signaux parasites ont représenté plus de la moitié du nombre total d'enregistrements, engendrant ainsi un temps de traitement assez significatif.

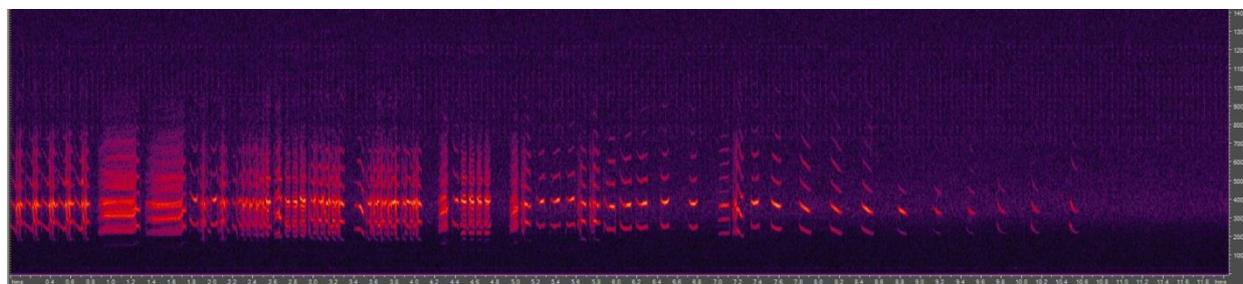
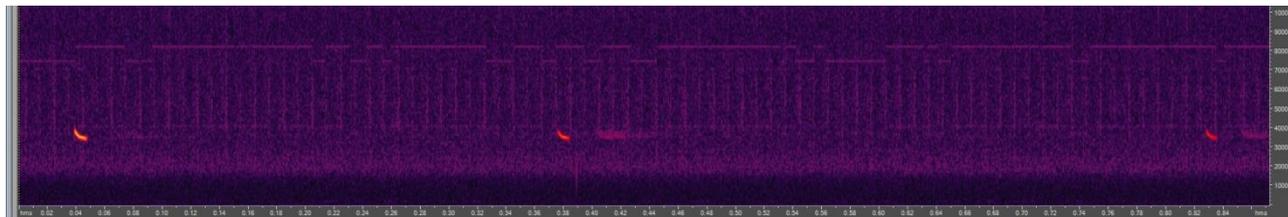


Figure 2 : bruit parasite sur le batcorder-bas de l'éolienne E5 dû à un chant d'oiseau

Pour pallier cet inconvénient, un réglage basé sur les heures de lever et de coucher du soleil pourrait être mis en place à l'avenir, sur le même modèle que pour les détecteurs autonomes SM4bat utilisés pour les points d'écoutes passifs. Une marge d'une demi-heure (voire d'une heure) par rapport aux heures de coucher et de lever du soleil pourrait être programmée en sécurité pour être sûr de ne pas rater de signaux de chiroptères. Un tel réglage permettrait de limiter le travail d'identification des

séquences enregistrées, tout en réduisant les problèmes de bugs de carte mémoire (moins saturées) et les temps de transfert et de téléchargement des signaux.

En dehors des problèmes de signaux parasites, la principale difficulté rencontrée a été d'identifier les cris des Pipistrelles du groupe Kuhl / Nathusius, ces deux espèces ayant des signaux ultrasonores très proches lorsqu'elles évoluent dans des milieux très ouverts. Lorsqu'un vol de transit est pratiqué par la Pipistrelle de Kuhl, ses signaux deviennent en effet difficiles à distinguer de ceux de la Pipistrelle de Nathusius. Dans ce cas, les enregistrements ont été rapportés par défaut au groupe indifférencié « Pipistrelle de Kuhl / Nathusius ».



**Figure 3 : exemple de spectrogramme rapporté à une Pipistrelle du groupe kuhl/nathusius (MP11\_bottom, enregistrements du 20/04/2019).**

Les autres difficultés rencontrées sont liées aux problèmes d'identification des groupes d'espèces proches (genre *Myotis*, genre *Plecotus*, et groupe des Sérotules) lorsque les séquences enregistrées sont très courtes. Les identifications sont en effet plus fiables avec des séquences ultrasonores comportant plusieurs cris successifs, mais peuvent s'avérer difficiles à interpréter lorsque l'enregistrement ne comporte que quelques cris isolés.



**Photo 16 : vue panoramique du parc éolien depuis le point d'écoute PE02 (13/09/2019)**

## B- RÉSULTATS

### 1- Analyse de l'activité

#### a- Activité à l'échelle du parc éolien

##### - Bilan global :

Pour l'ensemble du suivi au sol de 2019, 7 espèces de chiroptères ont été contactées, avec une activité globalement comparable entre les campagnes d'été et d'automne (**tableau III**) :

Tableau III : activité au sol pour l'ensemble du parc éolien (T1=campagne du 20/07 ; T2=campagne du 12/09)

Nom scientifique	Nom français	T1	T2	Total
Pipistrellus pipistrellus	Pipistrelle commune	383	564	947
Pipistrellus kuhlii	Pipistrelle de Kuhl	40	41	81
Myotis daubentonii	Murin de Daubenton	1	2	3
Barbastella barbastellus	Barbastelle d'Europe	4	10	14
Nyctalus noctula	Noctule commune		2	2
Eptesicus serotinus	Sérotine commune		5	5
Plecotus austriacus	Oreillard gris		2	2
	_total espèces	4	7	7
	_total contacts	428	626	1054
	_temps (mn)	1184	972	2156
	activité/h	22	39	29

Nombre de contacts par heure	Caractérisation de l'activité
0-5	Très faible
6-20	Faible
21-60	Moyenne
61-250	Importante
251-500	Elevée et régulière
>500	Forte et permanente

À l'échelle du parc éolien, les niveaux d'activités enregistrés peuvent être qualifiés de « moyens », quelle que soit la période d'inventaire. Malgré le caractère très artificialisé des habitats dominants sur le parc éolien (cultures intensives omniprésentes), les chauves-souris parviennent à s'alimenter de façon régulière, avec une activité légèrement plus forte en automne, alors que l'essentiel des surfaces cultivées est déjà dénudé par les moissons.

##### - Analyse du peuplement :

En termes de richesse spécifique, seulement 4 espèces ont été recensées lors de la campagne estivale, contre 7 espèces lors des prospections automnales. La répartition des contacts par espèce (**figure 4**) montre une très large dominance de la Pipistrelle commune, puisque celle-ci représente près de 90% du nombre total de contacts. La Pipistrelle de Kuhl peut être considérée comme une espèce d'importance secondaire, avec un peu moins de 8% de l'activité globale sur un cycle annuel. Les autres espèces ont une activité beaucoup plus marginale, qui reste plus ou moins significative pour la Barbastelle (1,3% de l'activité), les 4 dernières espèces totalisant chacune moins de 0,5% de l'activité annuelle.

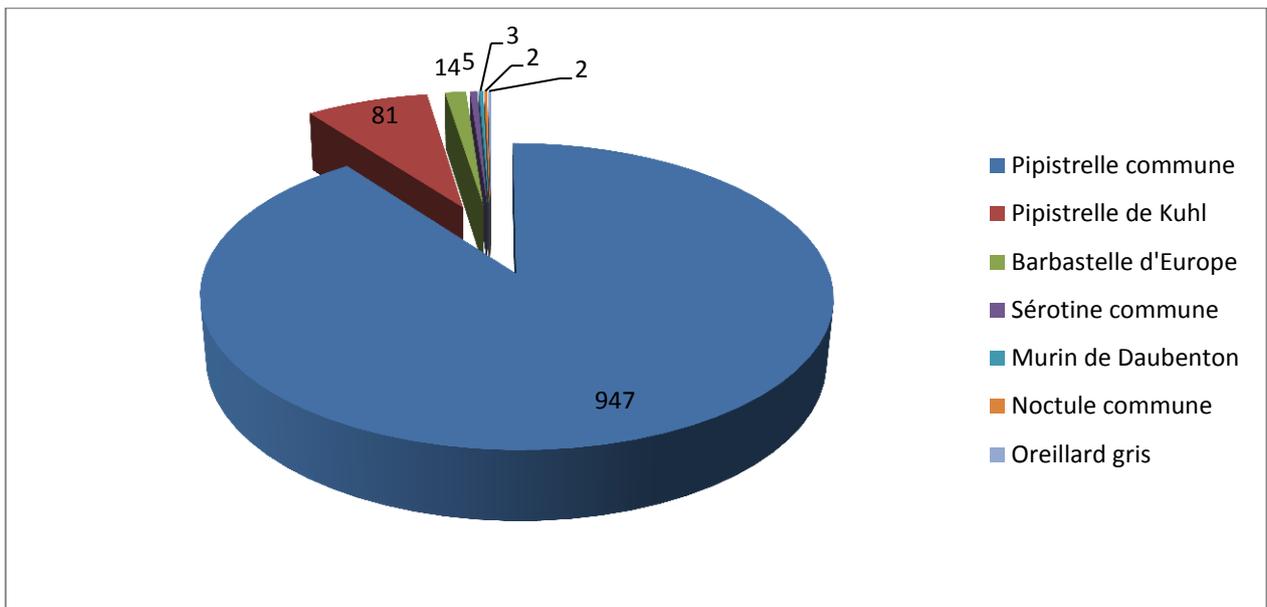
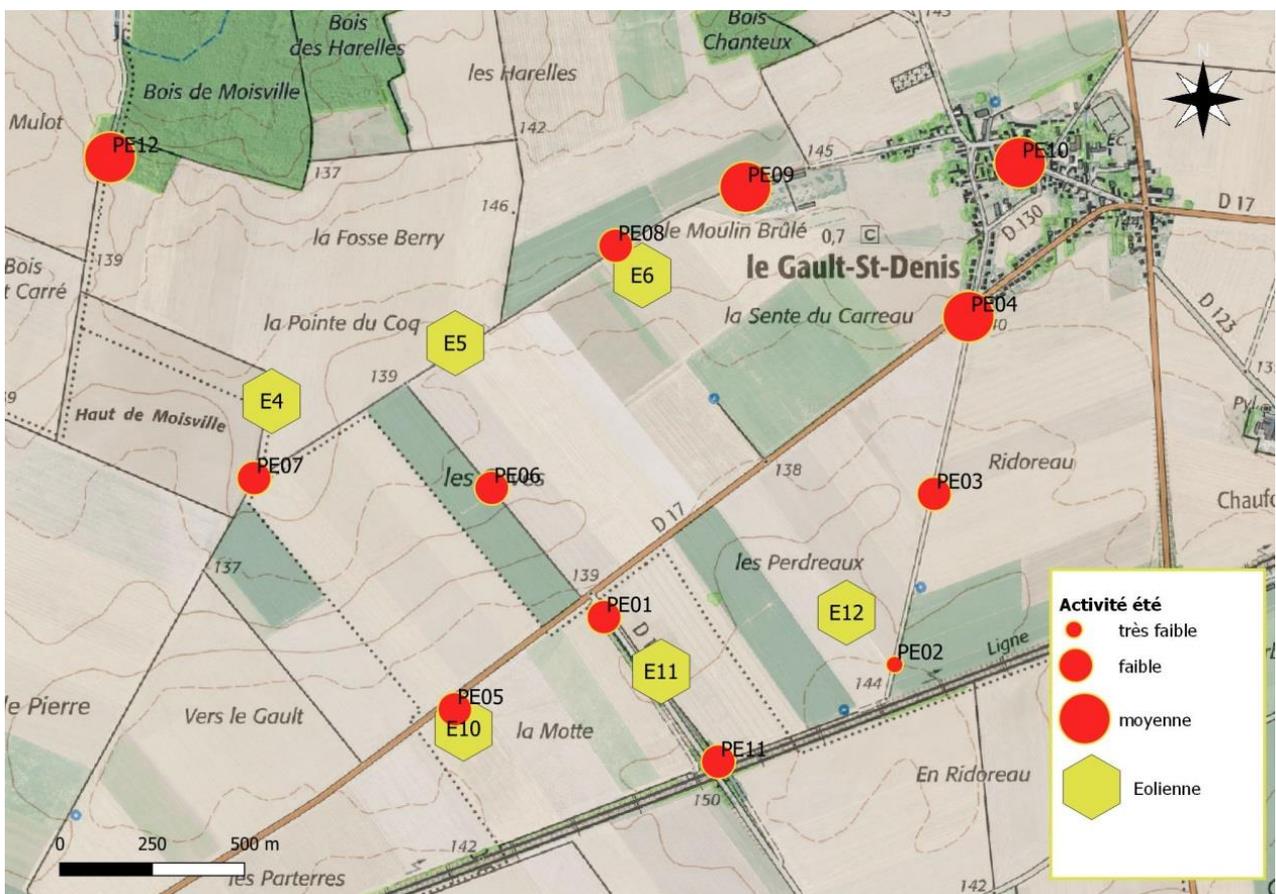


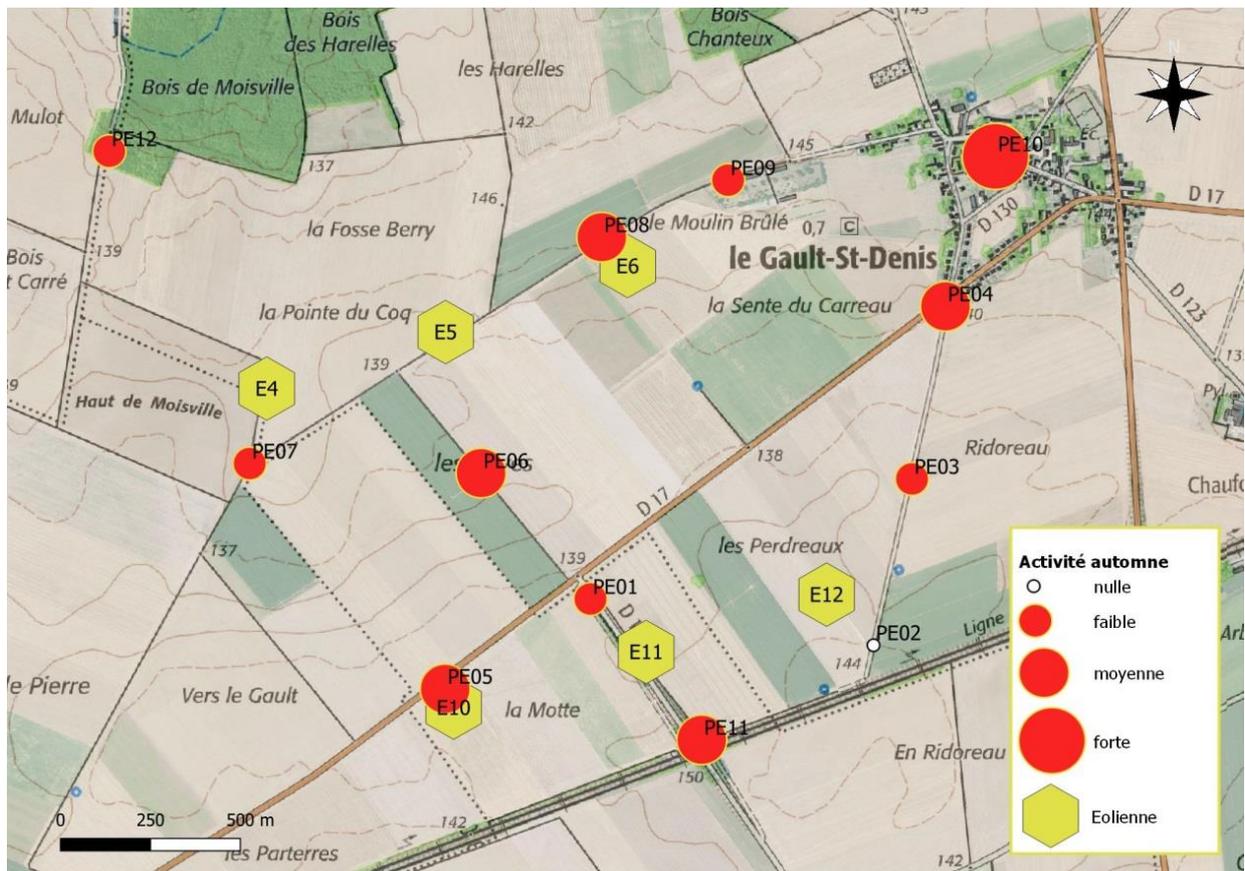
Figure 4 : répartition par espèce des contacts de chauves-souris sur un cycle annuel

**- Répartition spatiale de l'activité :**

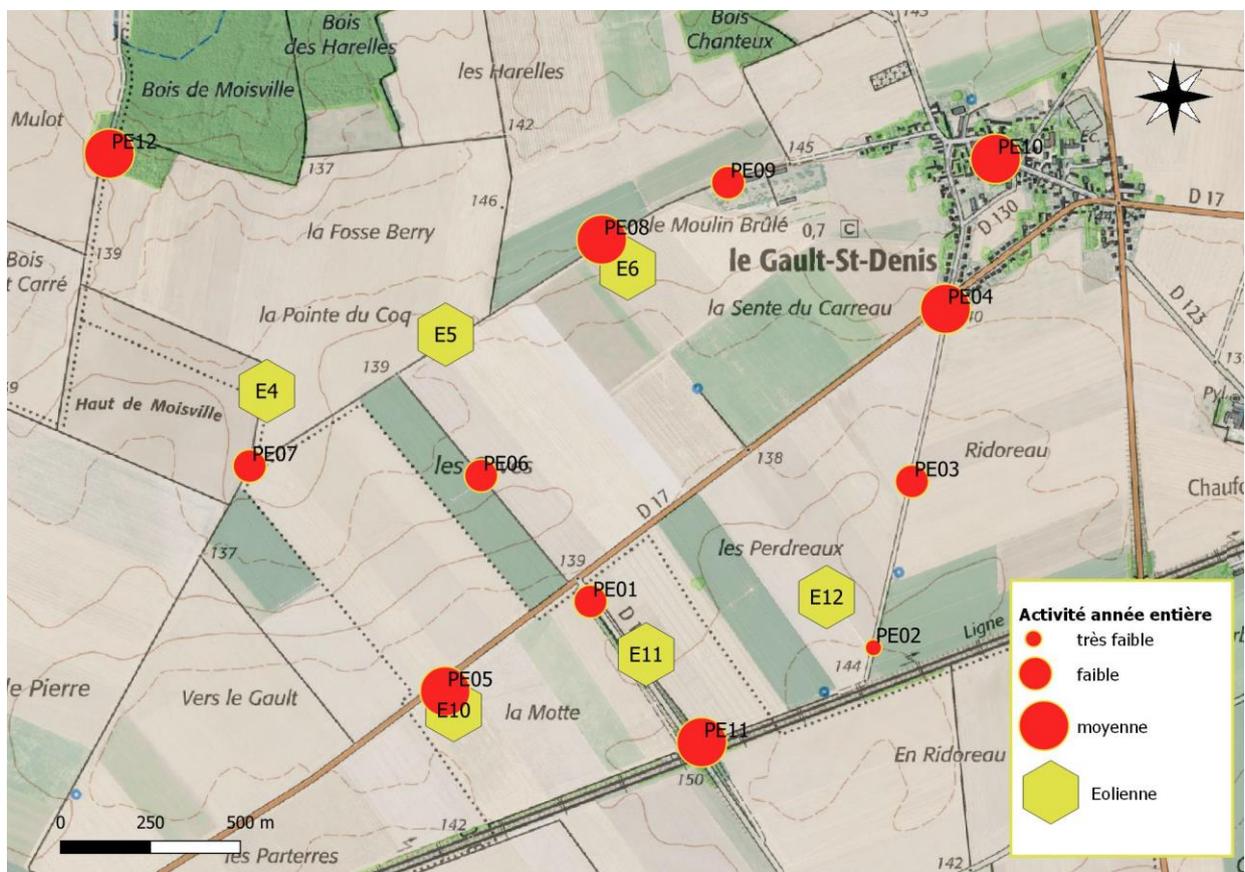
Les cartes suivantes présentent l'activité des chiroptères sur chacun des 12 points d'écoutes, respectivement pour les campagnes d'été et d'automne, puis pour l'ensemble du cycle annuel de 2019 (moyenne des deux campagnes) :



Carte 3 : répartition de l'activité des chiroptères (campagne de juillet 2019)



**Carte 4 : répartition de l'activité des chiroptères (campagne de septembre 2019)**



**Carte 5 : répartition de l'activité des chiroptères (moyenne été + automne 2019)**

Sur le parc éolien du Moulin de Pierre, l'activité des chiroptères apparaît relativement diffuse, des contacts ayant été recueillis sur tous les points d'écoutes à l'exception du point PE02 lors de la campagne de septembre. L'activité est faible à moyenne sur la plupart des points d'écoute, le secteur cumulant le plus de contacts étant l'église de Gault Saint-Denis (point d'écoute PE10) lors des inventaires de septembre (chasse près des lampadaires). La quasi-absence de structure bocagère (haies et lisières), susceptibles de guider les chauves-souris dans leurs déplacements pour la recherche de nourriture, explique vraisemblablement cette répartition très diffuse des contacts de chiroptères.

### - Analyse de l'activité horaire :

Une approche partielle de la répartition de l'activité au cours du cycle nocturne peut être effectuée à partir des données des deux points d'écoutes passifs, les détecteurs ayant à chaque fois fonctionné toute la nuit. Les figures suivantes montrent la distribution par tranche d'une heure des contacts de chiroptères pour les deux campagnes de terrain (été, automne) :

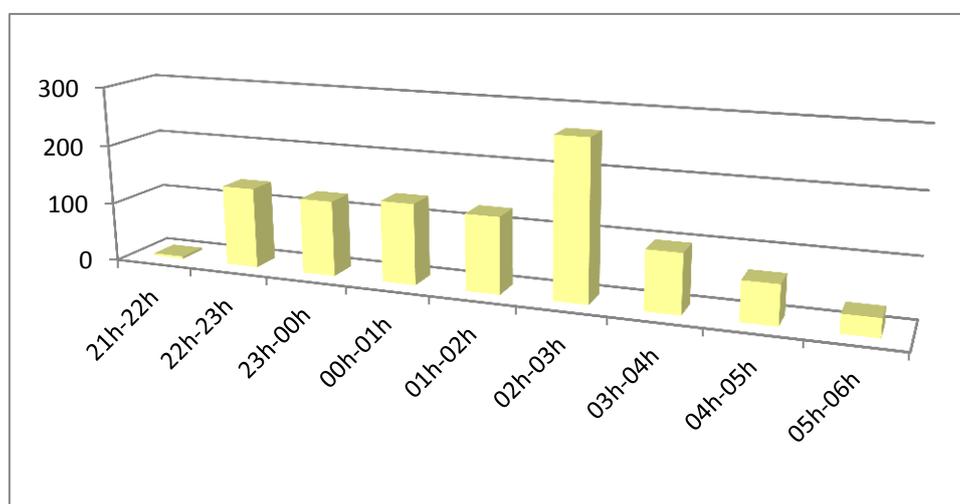


Figure 5 : distribution des contacts par tranche d'1 heure pour la nuit du 20 au 21 juillet 2019 (somme des 2 détecteurs passifs)

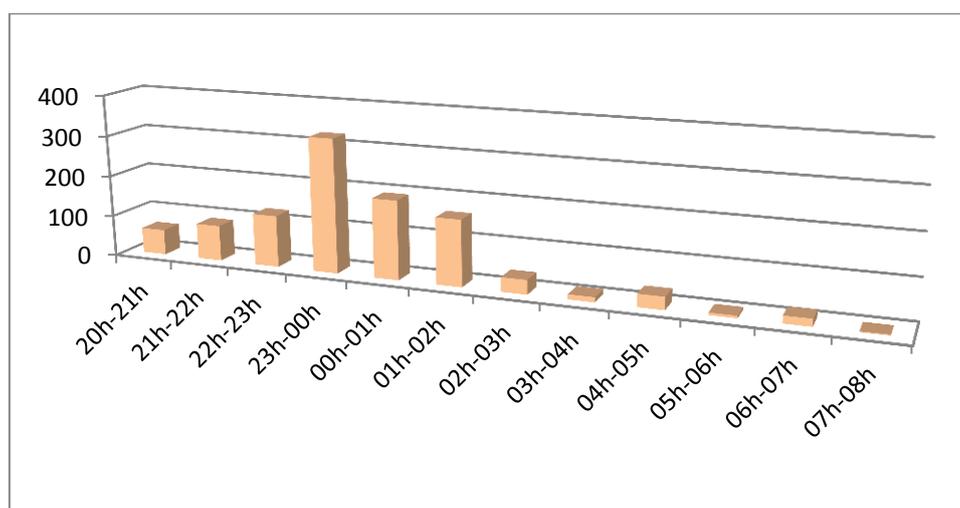


Figure 6 : distribution des contacts par tranche d'1 heure pour la nuit du 12 au 13 septembre 2019 (somme des 2 détecteurs passifs)

Dans les deux cas, la répartition nocturne des contacts fait apparaître un pic d'activité en milieu de nuit, centré sur la tranche horaire 2-3heures du matin en juillet, et sur 23h-minuit en septembre, ce qui correspond dans les deux cas à 3 à 4 heures après le crépuscule. Ce type de distribution suggère une exploitation du site par des groupes d'individus dont les gîtes diurnes sont relativement distants du parc éolien, l'activité relevée sur les points d'écoute fixes ne devenant significative que tard dans la nuit.

#### - Conclusion sur le suivi au sol :

Le suivi au sol effectué en 2019 à partir de deux campagnes de terrain (juillet et septembre) a montré que le niveau d'activité des chiroptères pouvait être globalement qualifié de « moyen », aussi bien en été qu'en automne. La distribution des contacts au sein du parc éolien tend à indiquer une exploitation diffuse du territoire, vraisemblablement en rapport avec le faible niveau trophique des zones de grandes cultures, qui dominent très largement sur le site. La répartition nycthémérale des contacts montre, par ailleurs, une activité plus significative en milieu de nuit, probablement en rapport avec un certain éloignement des zones de gîtes diurnes.

#### b- Suivi d'activité au niveau des éoliennes E5 et E11

Ce suivi est basé sur les enregistrements automatisés recueillis par les deux paires de batcorders installés respectivement au pied (batcorder-bas) et dans la nacelle (batcorder-haut) des éoliennes E5 et E11. Ces enregistrements permettent d'étudier en détail l'activité des chauves-souris sur ces points précis du parc éolien, et de comparer leurs activités au sol et en altitude.

#### - Activité globale :

Au total, **6836 contacts** ont été recueillis par les deux batcorders-bas contre seulement **171 contacts** pour les batcorders-hauts, soit un rapport d'environ 1 pour 40 entre l'activité au sol et celle relevée à hauteur des nacelles, ces distributions étant comparables pour E5 et E11 (fig. 7).

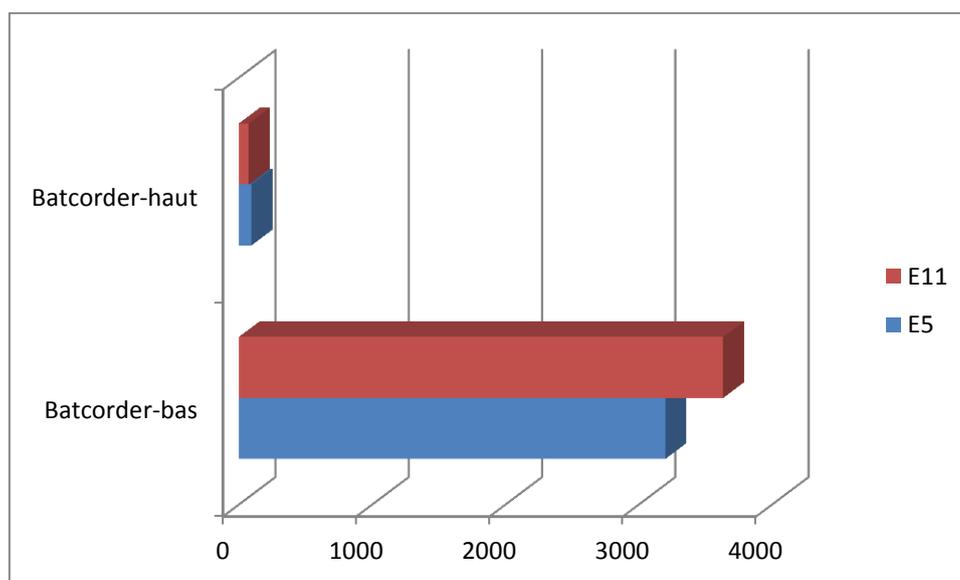


Figure 7 : proportion des contacts enregistrés au sol et en altitude au niveau des éoliennes E5 et E11

La durée moyenne des séquences enregistrées est de 1,8 seconde pour l'ensemble des 4 batcorders, la plupart des enregistrements ne comportant qu'un petit nombre de cris. Ces séquences, même de courtes durées, peuvent être comptabilisées comme des contacts de chiroptères pour comparer l'activité au sol et en altitude. Cette estimation de l'activité est cependant différente de celle utilisée pour les suivis au sol (1 contact = 1 séquence  $\leq$  5 secondes). On assimilera donc, dans la suite du rapport, **1 séquence enregistrée à 1 contact**, en retenant le fait que cette mesure d'activité n'est pas strictement équivalente à celle utilisée dans les suivis au sol.

#### - Analyse du peuplement :

Douze espèces (ou groupes d'espèces) ont été identifiées au total dans les séquences enregistrées par les quatre batcorders. La répartition des contacts par espèce et par batcorder est indiquée **tableau IV**.

**Tableau IV : activité par espèce et par batcorder (nombre de contacts pour l'ensemble du suivi 2019)**

Espèces	MP05 bottom	MP05 top	Total MP05	MP011 bottom	MP011 top	Total MP11	Total bottom	Total top	Total MP05+MP11
Barbastelle d'Europe				2		2	2		2
Sérotine commune	81	21	102	119	5	124	200	26	226
Murin de Daubenton	6		6	8		8	14		14
Grand Murin	2		2	1		1	3		3
Murin de Natterer	1		1				1		1
Noctule de Leisler	20	2	22	20	8	28	40	10	50
Noctule commune	130	63	193	35	13	48	165	76	241
Pipistrelle gr. kuhl/nathusius	6		6	3	3	6	9	3	12
Pipistrelle de Kuhl	659	1	660	805	7	812	1464	8	1472
Pipistrelle commune	2286	8	2294	2633	40	2673	4919	48	4967
Oreillard roux	2		2	1		1	3		3
Oreillard gris	8		8	8		8	16		16
<i>Total espèces :</i>	<i>11</i>	<i>5</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>5</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>7</i>	<i>12</i>
<b>Total contacts :</b>	<b>3201</b>	<b>95</b>	<b>3296</b>	<b>3635</b>	<b>76</b>	<b>3711</b>	<b>6836</b>	<b>171</b>	<b>7007</b>

Globalement, la distribution des contacts par espèces recoupe assez largement celle mise en évidence lors du suivi au sol, avec une espèce largement dominante (la Pipistrelle commune) et une espèce secondaire (la Pipistrelle de Kuhl) totalisant, à elles deux, 92% du nombre total de contacts (**figure 8**).

Les différences de peuplement entre les éoliennes E5 et E11 sont peu marquées, et portent principalement sur les espèces à caractère occasionnel (2 contacts de Barbastelle sur E11, aucun sur E5, 1 contact de Murin de Natterer sur E5, aucun sur E11), avec toutefois une activité plus significative pour la Noctule commune au niveau de E5 (193 contacts au total) par rapport à E11 (seulement 48 contacts pour l'ensemble du suivi).

Les **figures 9 et 10** montrent la distribution par espèce des contacts recueillis respectivement au niveau des éoliennes E5 et E11.

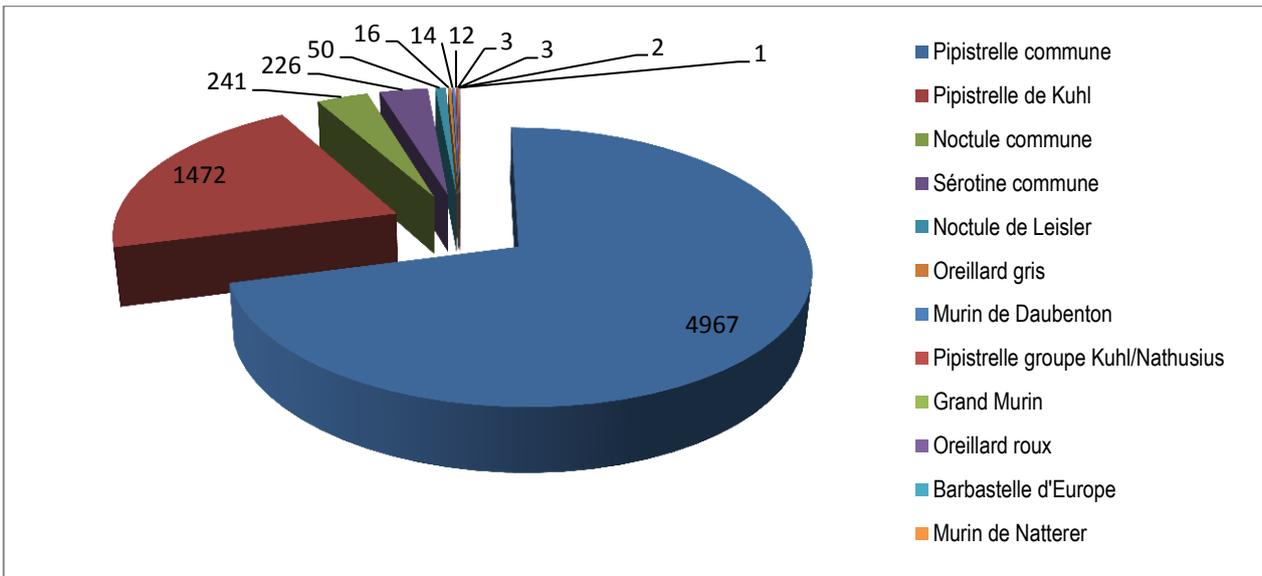


Figure 8 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 4 batcorders

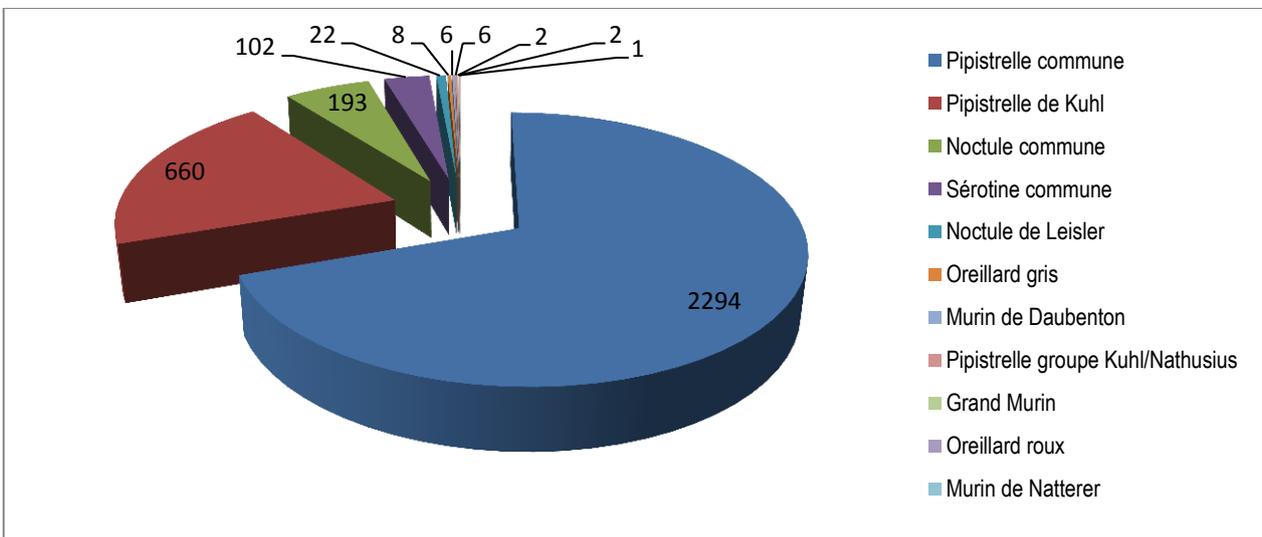


Figure 9 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders de E5

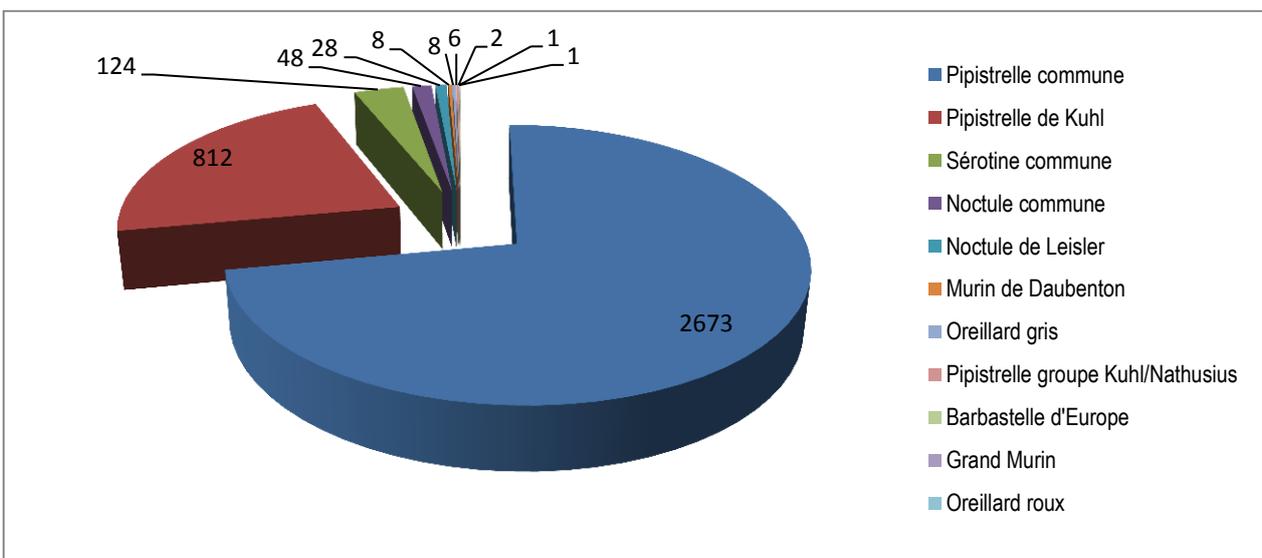


Figure 10 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders de E11

Si les différences entre les éoliennes E5 et E11 restent peu marquées, elles sont en revanche plus significatives entre les batcorders situés dans les nacelles (batcorders-top) et ceux placés au pied des éoliennes (batcorders-bottom). Les premiers ont une diversité spécifique plus faible (7 espèces au total pour les deux batcorders « top » de E5 et E11 contre 12 espèces au niveau des batcorders « bottom »), avec un peuplement dominé par la Noctule commune pour les relevés en altitude (**figures 11-12**). Celle-ci représente en effet 44% des contacts notés au niveau des nacelles, contre seulement 2% des contacts enregistrés au pied des éoliennes.

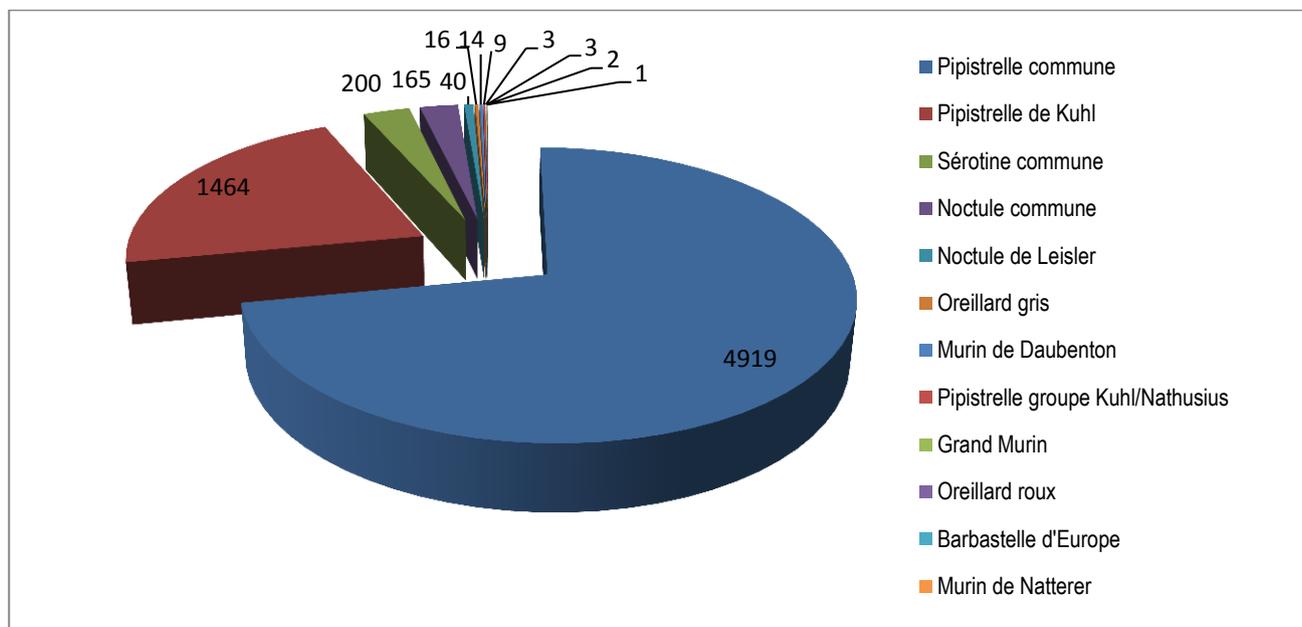


Figure 11 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders « bottom »

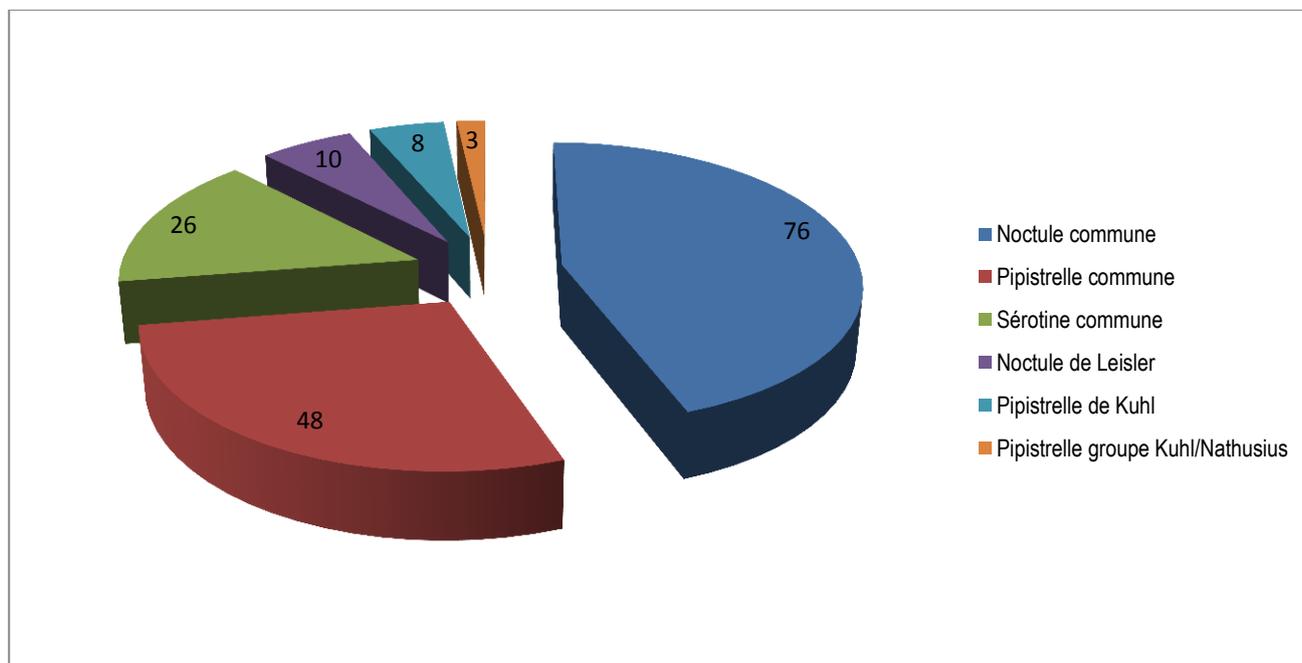
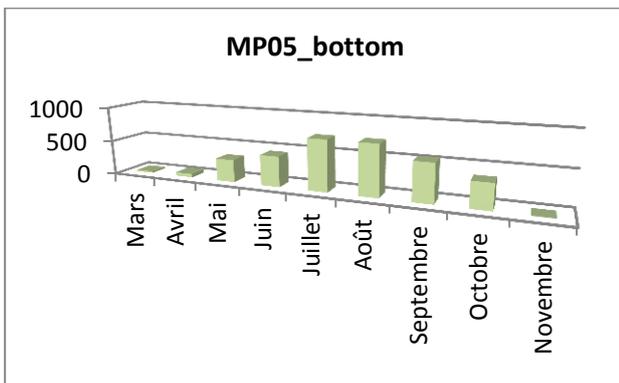


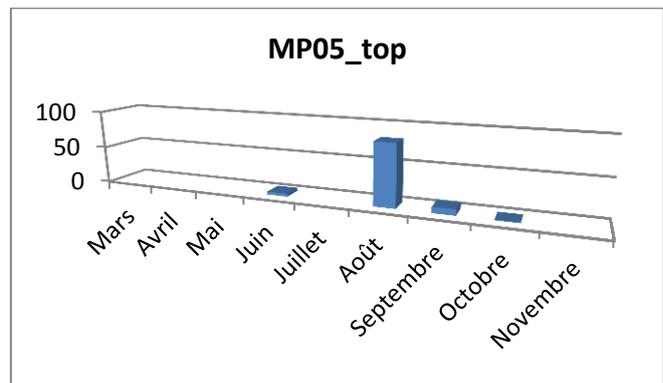
Figure 12 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders « top »

**- Analyse saisonnière de l'activité :**

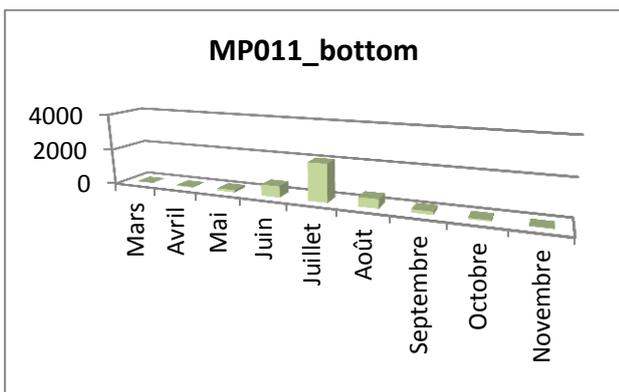
Les **figures suivantes** montrent l'évolution de l'activité des chiroptères au cours de l'année pour les quatre batcorders. Comme précédemment, les différences sont peu marquées entre les éoliennes E5 et E11. En revanche, les distributions des contacts entre les batcorders « top » et « bottom » font apparaître des pics saisonniers décalés entre le niveau du sol et la nacelle, le maximum d'activité étant enregistré en juillet au pied des éoliennes, et en août en altitude. Ces résultats tendent à indiquer la présence d'une fraction migratrice au sein du peuplement de chiroptères, avec un surcroît d'activité en altitude au moment de la période de transit automnal.



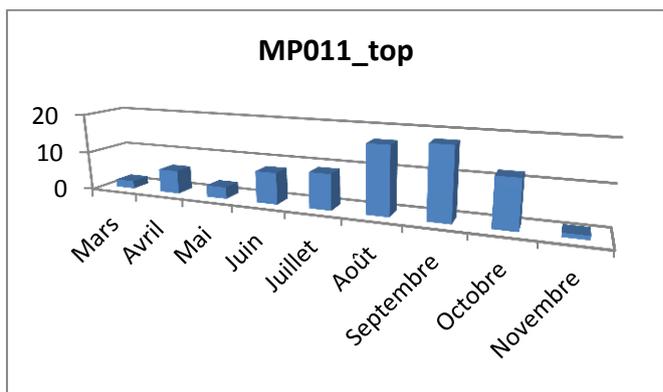
**Figure 13 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-bottom de E5**



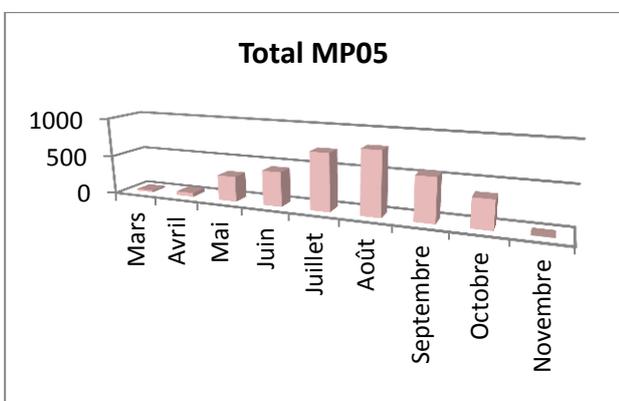
**Figure 14 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-top de E5**



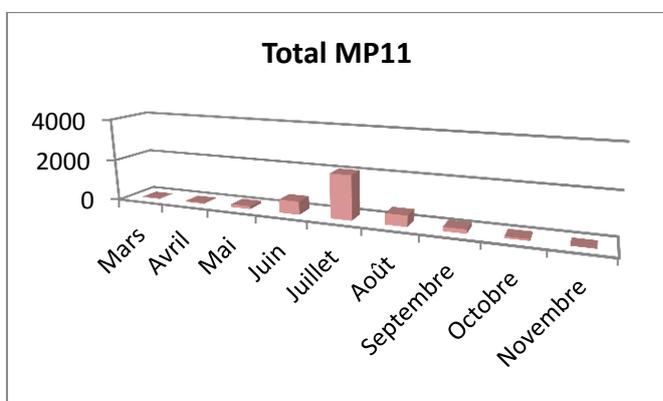
**Figure 15 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-bottom de E11**



**Figure 16 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-top de E11**



**Figure 17 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcorders de E5**



**Figure 18 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcorders de E11**

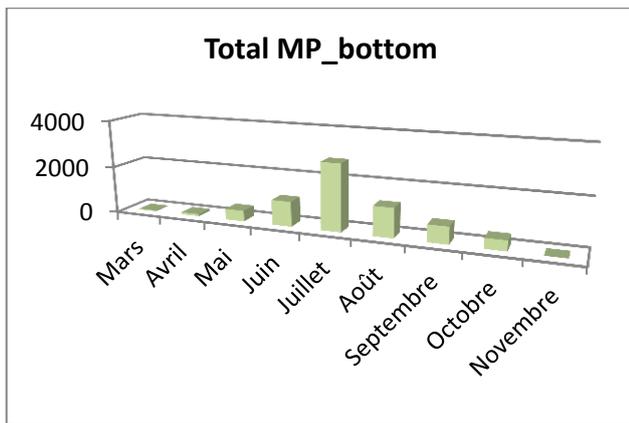


Figure 19 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcorders « bottom »

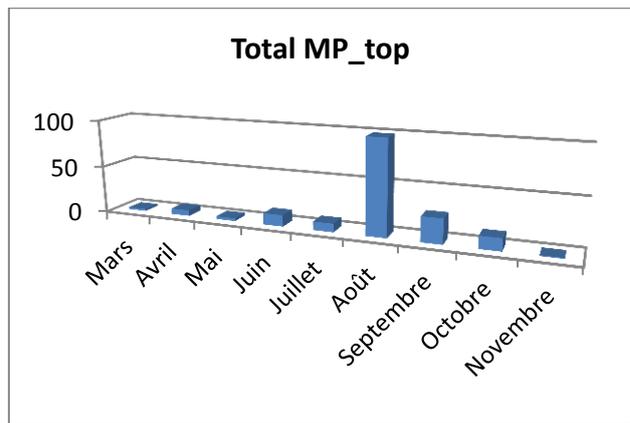


Figure 20 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcorders « top »

En cumulant les contacts des 4 batcorders (fig. 22), il apparaît que 40% des contacts sont obtenus au cours du mois de juillet. Cette proportion atteint 59% en cumulant les mois de juillet et d’août, et 74% pour les trois mois à plus forte activité (juin, juillet, août).

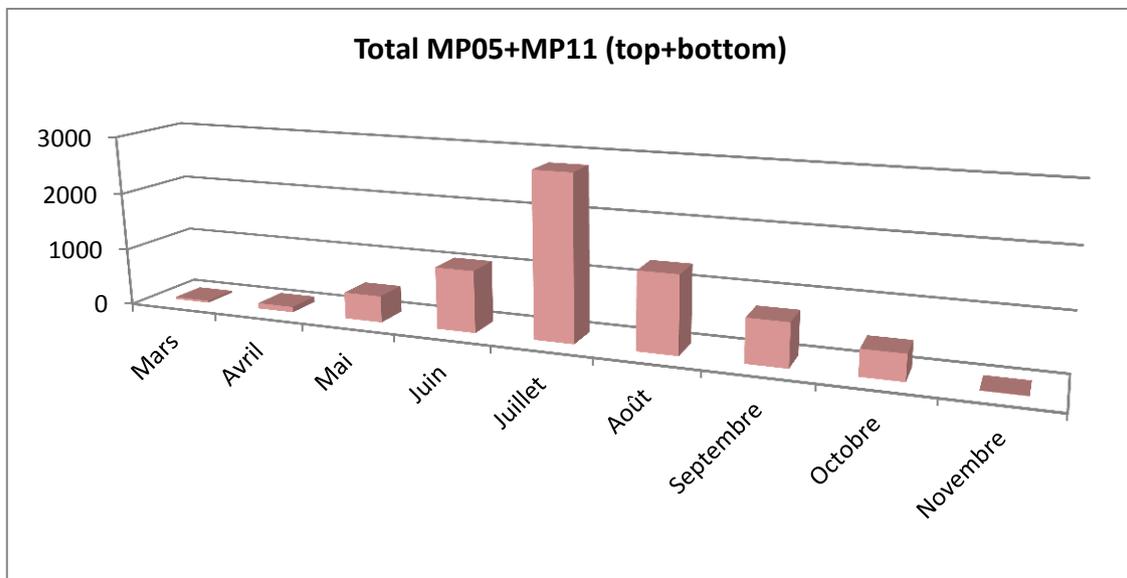
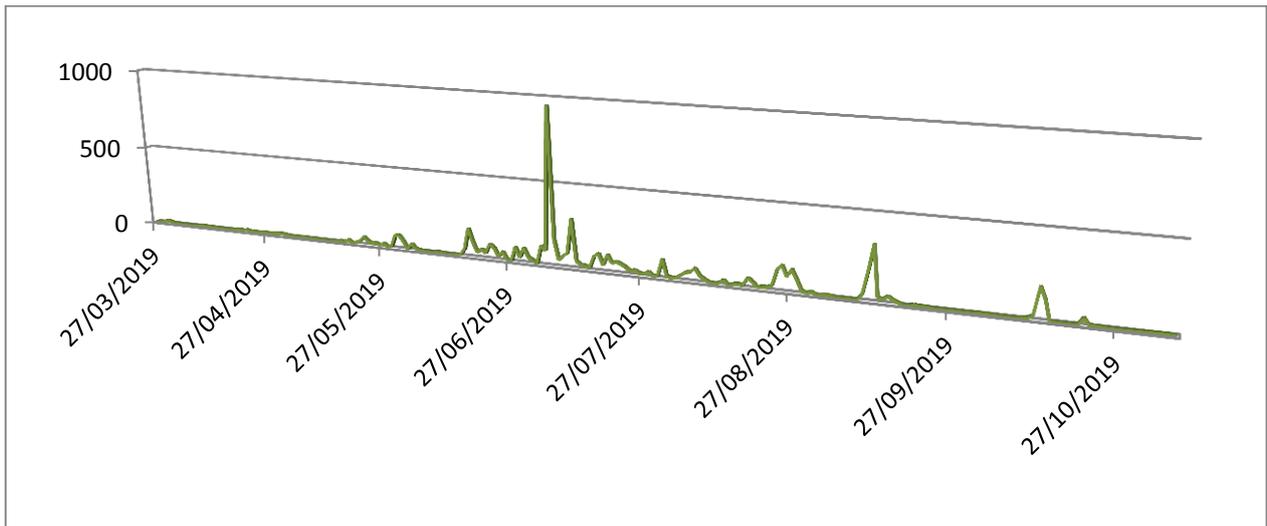


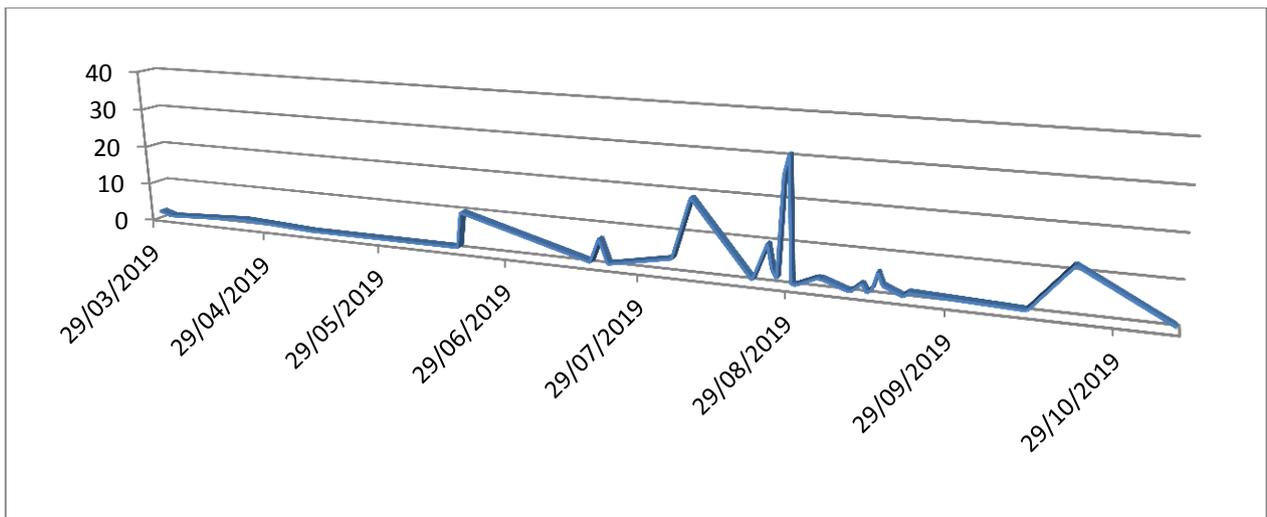
Figure 21 : répartition mensuelle des contacts de chiroptères (total des 4 batcorders)

### - Analyse journalière de l’activité :

La distribution du nombre de contacts par nuit d’enregistrement montre d’importantes fluctuations journalières dans l’activité des chiroptères, avec des écarts nettement plus marqués en période estivale dans le cas des batcorders « bottom » (figure 23), mais des fluctuations qui semblent plus aléatoires dans le cas des batcorders « top » (figure 24). Dans le cas des batcorders « bottom », un important pic d’activité a été noté dans la nuit du 6 au 7 juillet, avec plus de 900 contacts cumulés dont 200 sur l’éolienne E5 et plus de 700 sur l’éolienne E11. Ces pics éphémères d’activité sont difficiles à expliquer ; ils peuvent être liés à des pullulations locales d’insectes, en cas de floraison synchrone des plantes cultivées, ce qui ne semble cependant pas être le cas sur le parc du Moulin de Pierre, où l’essentiel des cultures correspondait, en juillet, à des céréales sur le point d’être moissonnées. Ces pics d’activités témoignent surtout du caractère très opportuniste des chiroptères dans leur recherche de nourriture, et par là même de la difficulté à modéliser leur activité et leurs déplacements.



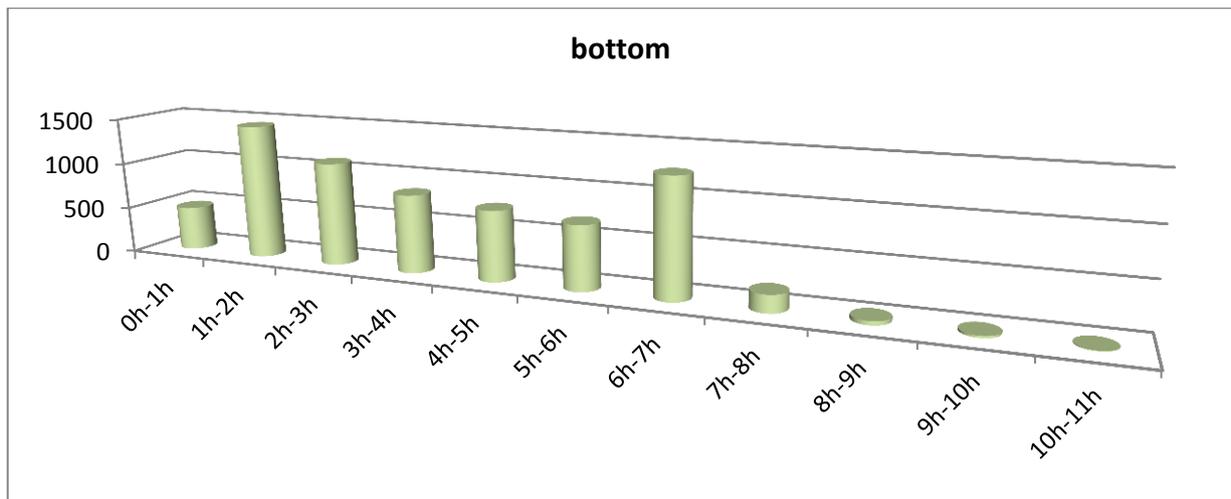
**Figure 22 : répartition journalière de l'activité des chiroptères au niveau des batcorders « bottom » (exprimée en nombre de contacts par nuit)**



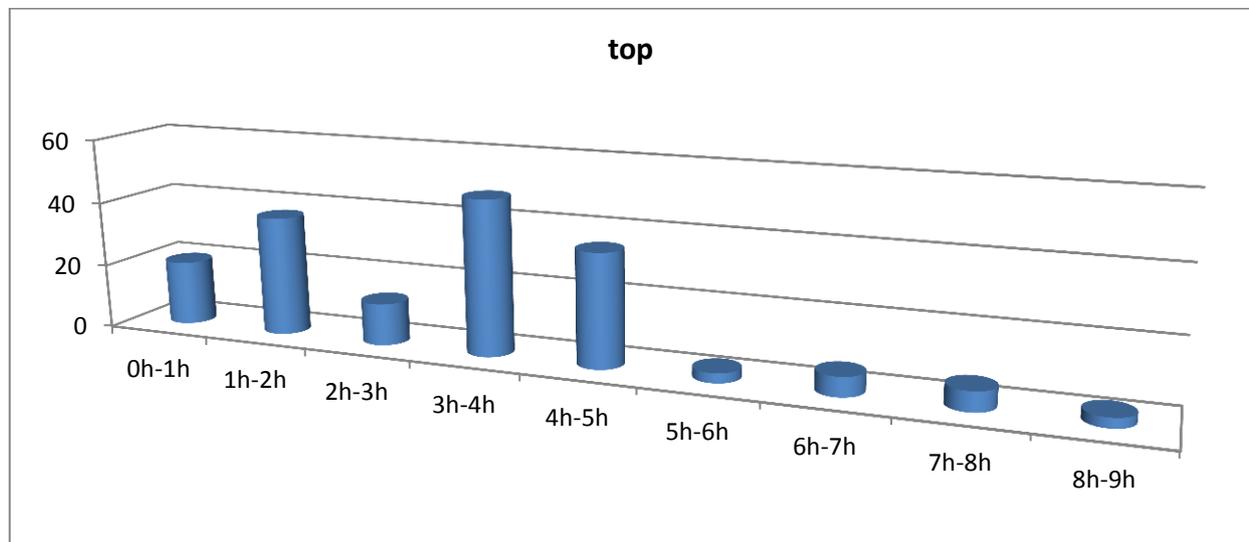
**Figure 23 : répartition journalière de l'activité des chiroptères au niveau des batcorders « top » (exprimée en nombre de contacts par nuit)**

#### - Analyse de l'activité horaire :

La répartition des contacts par tranche d'une heure a été calculée à partir de l'heure légale du coucher du soleil, de façon à pouvoir comparer les heures de chasse au fil des saisons. La distribution des contacts par heure de nuit après le crépuscule est donnée respectivement pour les batcorders « bottom » et « top » sur les **figures 24 et 25**. Ces distributions montrent un relatif étalement des contacts au cours du nyctémère, avec des très légers pics en tout début et fin de nuit pour les batcorders « bottom », et plutôt une activité maximale en milieu de nuit pour les batcorders « top ».



**Figure 24 : répartition des contacts par tranche d'une heure à partir du coucher du soleil pour les batcorders « bottom »**



**Figure 25 : répartition des contacts par tranche d'une heure à partir du coucher du soleil pour les batcorders « top »**

#### - Analyse de l'activité en fonction de la température :

L'analyse de l'activité en fonction de la température montre que les chiroptères peuvent être actifs entre 4°C (2 contacts d'Oreillard gris les 03/10 et 22/10 sur MP11\_bottom) et 34°C (2 contacts de Pipistrelle commune en début de nuit le 24/07 sur MP05\_bottom). L'essentiel de l'activité a lieu entre 16°C et 22°C pour les enregistrements pris au niveau du sol (batcorders bottom), et plutôt entre 21°C et 26°C pour les enregistrements en altitude (batcorders top). L'activité au sol couvre une gamme de température très large, alors que l'activité en altitude paraît plus centrée sur les températures élevées (fig. 27-28). L'optimum de température se situe autour de 17°C dans le cas des batcorders « bottom », ce qui correspond à peu près à la température nocturne moyenne pour l'ensemble de la période de suivi. Pour les batcorders « top », le pic d'activité pour la gamme de température autour de 22°C correspond surtout au caractère saisonnier de l'activité en hauteur, qui est maximale en août.

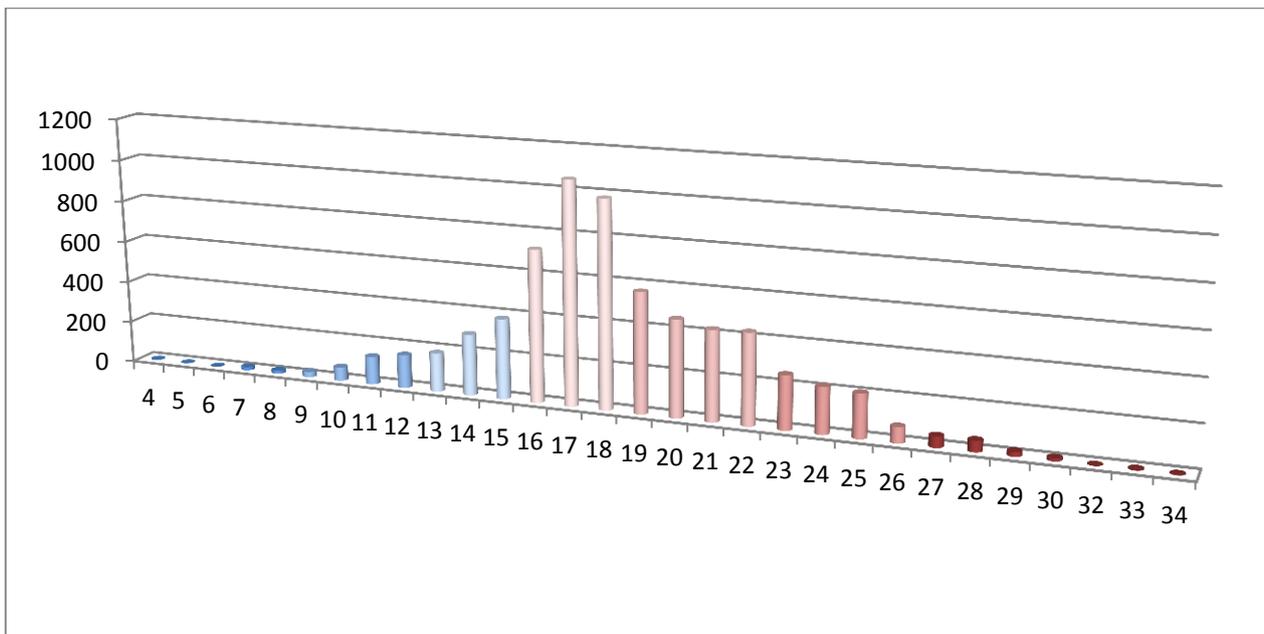


Figure 26 : activité enregistrée au niveau des deux batcorders « bottom » en fonction de la température (en nombre de contacts par tranche de 1°C)

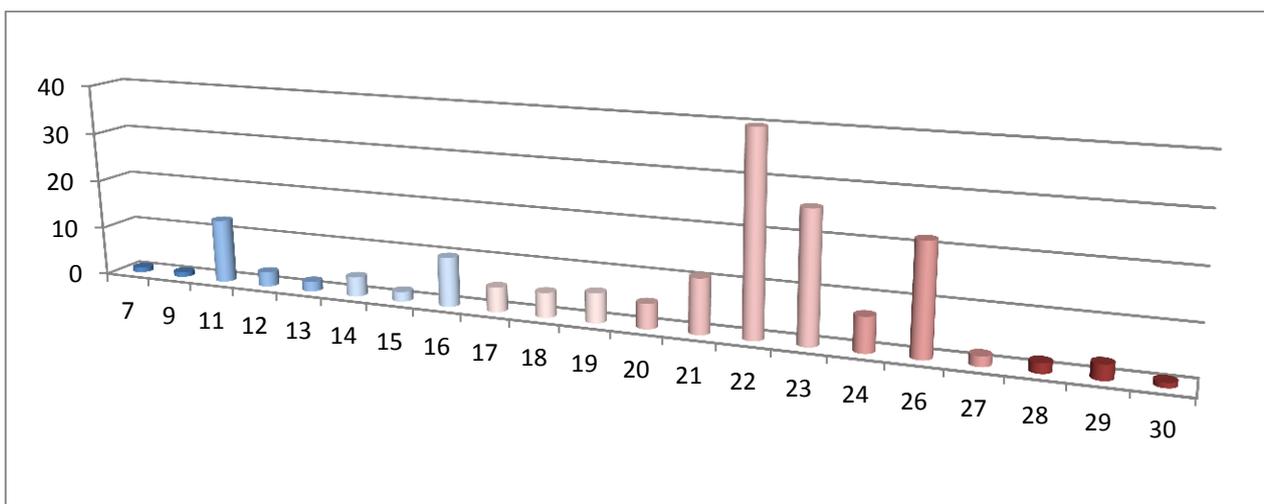
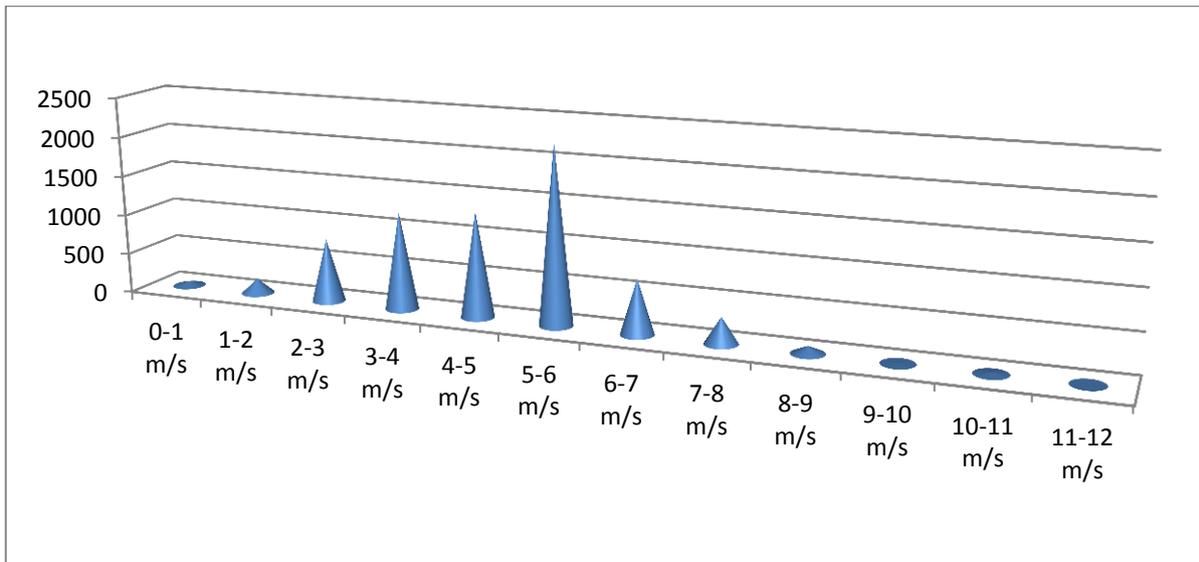


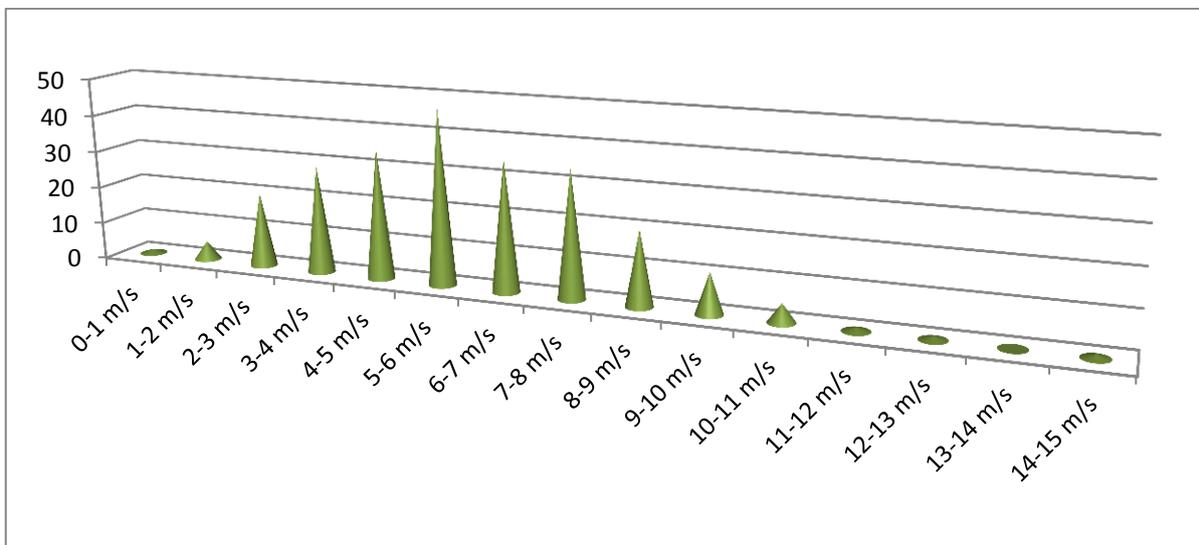
Figure 27 : activité enregistrée au niveau des deux batcorders « top » en fonction de la température (en nombre de contacts par tranche de 1°C)

#### - Analyse de l'activité en fonction de la vitesse du vent :

La répartition des contacts en fonction de la vitesse du vent fait apparaître une distribution en forme de cloche (**fig. 28**), avec des niveaux d'activité plus significatifs pour des vents compris entre 2 et 6 m/s, et des nombres de contacts plus faibles en dessous de 2 m/s et au-dessus de 6 m/s. Les chiroptères étant relativement sensibles au vent (moindres possibilités de vol des insectes proies), cette répartition reflète surtout la fréquence des différentes classes de vitesse de vent (**fig. 29**), plutôt qu'un effet significatif du vent sur l'activité de chasse des chauves-souris.



**Figure 28 : répartition des contacts (tous batcorder) en fonction de la vitesse du vent**



**Figure 29 : nombre de jours de vent pour les intervalles de vitesse de la figure 28**

**- Conclusion sur le suivi au niveau des éoliennes E5 et E11 :**

L'analyse des enregistrements des deux paires de batcorders sur l'ensemble de la saison 2019 a montré que l'activité en altitude restait relativement marginale par rapport à l'activité mesurée au pied de l'éolienne, puisqu'elle ne représentait globalement que 2% du nombre total de contacts enregistrés. La composition des peuplements au niveau du sol et à hauteur de la nacelle apparaît également très distincte, avec une dominance des Pipistrelles commune et de Kuhl dans le premier cas, et de la Noctule commune en altitude. Les répartitions saisonnières des contacts sont, en revanche, assez homogènes entre les deux batcorders, avec un pic d'activité en juillet dans le cas des batcorders au sol, et en août pour les batcorders en nacelles, le total de ces deux mois représentant environ 60% de l'activité annuelle. La distribution nyctémérale des contacts est également assez homogène pour les différents détecteurs, l'activité maximale s'inscrivant assez tardivement dans la nuit, vraisemblablement en rapport avec un certain éloignement des gîtes diurnes par rapport au parc éolien.

## 2- Synthèse par espèce

En combinant les résultats des suivis au sol et des batcorders des éoliennes E5 et E11, 12 espèces (ou groupe d'espèces) de chauves-souris ont été identifiées sur le site en 2019. Le **tableau V** donne les statuts de rareté et de protection des espèces identifiées pour les différentes échelles géographiques.

**Tableau V : statut des chiroptères identifiés sur le site**

Espèce	Nom français	R28	R Centre	Znieff	LR Centre	France	LR Fr	Europe	LR Monde
<b>Barbastella barbastellus</b>	<b>Barbastelle d'Europe</b>	<b>AR</b>	<b>AC</b>	<b>x</b>	<b>NT</b>	<b>NM2</b>	<b>LC</b>	<b>2;4</b>	<b>NT</b>
<b>Myotis myotis</b>	<b>Grand Murin</b>	<b>AC</b>	<b>AC</b>	<b>x</b>	<b>LC</b>	<b>NM2</b>	<b>LC</b>	<b>2;4</b>	<b>LC</b>
<b>Nyctalus leisleri</b>	<b>Noctule de Leisler</b>	<b>R</b>	<b>R</b>	<b>x</b>	<b>NT</b>	<b>NM2</b>	<b>NT</b>	<b>4</b>	<b>LC</b>
<b>Nyctalus noctula</b>	<b>Noctule commune</b>	<b>AC</b>	<b>AC</b>	<b>x</b>	<b>NT</b>	<b>NM2</b>	<b>NT</b>	<b>4</b>	<b>LC</b>
<b>Myotis daubentonii</b>	<b>Murin de Daubenton</b>	<b>AC</b>	<b>AC</b>	<b>x</b>	<b>NT</b>	<b>NM2</b>	<b>LC</b>	<b>4</b>	<b>LC</b>
<b>Myotis nattereri</b>	<b>Murin de Natterer</b>	<b>AR</b>	<b>AC</b>	<b>x</b>	<b>LC</b>	<b>NM2</b>	<b>LC</b>	<b>4</b>	<b>LC</b>
<b>Plecotus auritus</b>	<b>Oreillard roux</b>	<b>PC</b>	<b>AC</b>	<b>x</b>	<b>DD</b>	<b>NM2</b>	<b>LC</b>	<b>4</b>	<b>LC</b>
<b>Eptesicus serotinus</b>	<b>Sérotine commune</b>	<b>C</b>	<b>C</b>		<b>LC</b>	<b>NM2</b>	<b>NT</b>	<b>4</b>	<b>LC</b>
<b>Pipistrellus pipistrellus</b>	<b>Pipistrelle commune</b>	<b>C</b>	<b>C</b>		<b>LC</b>	<b>NM2</b>	<b>NT</b>	<b>4</b>	<b>LC</b>
<b>Pipistrellus groupe kuhlii/nathusii</b>	<b>Pipistrelle gr. kuhli/nathusius</b>	<b>SMC</b>	<b>SMC</b>	<b>x?</b>		<b>NM2</b>	<b>LC</b>	<b>4</b>	<b>LC</b>
<b>Pipistrellus kuhlii</b>	<b>Pipistrelle de Kuhl</b>	<b>AC</b>	<b>AC</b>		<b>LC</b>	<b>NM2</b>	<b>LC</b>	<b>4</b>	<b>LC</b>
<b>Plecotus austriacus</b>	<b>Oreillard gris</b>	<b>AC</b>	<b>AC</b>		<b>LC</b>	<b>NM2</b>	<b>LC</b>	<b>4</b>	<b>LC</b>

**Rareté 28 et rareté région (échelle expert)** : C=Commun ; AC=Assez Commun ; AR=Assez Rare ; R=Rare ; SMC=Statut Mal Connu. **Znieff** : x=espèce déterminante pour les Znieff en région Centre Val de Loire (Anonyme, 2018). **LR Centre** (Liste Rouge des chauves-souris de la région Centre, CSRPN, 2015) : LC=Préoccupation mineure ; NT=Espèce quasi menacée ; DD=Données Insuffisantes. **Statut France** : NM2 (article 2) = protection totale des individus et des habitats ; 3 (article 3) = protection totale des individus ; 4 et 5 = protection partielle ; 6 = prélèvement soumis à autorisation. **LR Fr (Liste Rouge France, d'après UICN France, MNHN, SFEPM & ONCFS, 2017)** : LC=Préoccupation mineure ; NT=Espèce quasi menacée. **Dir, Hab, (Directive Habitats)** : 2 (annexe 2) = espèces d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de ZPS ; 4=annexe 4 (espèce animale d'intérêt communautaire qui nécessite une protection stricte). **LR Monde (Liste Rouge Mondiale, IUCN, 2008, reprise d'après UICN France, MNHN, SFEPM & ONCFS, 2017)** : LC=Préoccupation mineure ; NT=Espèce quasi menacée.

<b>Intérêt patrimonial :</b>	<b>En rouge=fort à très fort</b>	<b>En bleu=moyen à fort</b>	<b>En vert=faible à moyen</b>
------------------------------	----------------------------------	-----------------------------	-------------------------------

À l'échelle nationale, les statuts de vulnérabilité de plusieurs espèces de chiroptères ont évolué récemment, en particulier pour la Sérotine commune et la Pipistrelle commune qui sont passées du statut « LC » (non menacé) au statut « NT » (quasi-menacé) en raison de leur sensibilité à l'éolien.

Pour les contacts rapportés au groupe « Pipistrelle de Kuhl/Nathusius » il est difficile d'établir un statut précis car chacune de ces deux espèces peut être représentée dans ce lot de données, sans pour autant qu'il soit possible d'en préciser la part relative.

Au final, parmi les 12 espèces de chiroptères identifiées lors du suivi de 2019, **deux relèvent de la Directive Européenne et une autre est rare à l'échelle régionale** (intérêt patrimonial fort à très fort). **Sept espèces sont classées déterminantes Znieff et/ou « quasi menacée » sur les listes rouges nationales ou régionales** (enjeux moyens à forts). Enfin **deux espèces sont assez communes à l'échelle régionale**, mais protégées au niveau national (enjeux faibles à moyens).

## - Chiroptères d'intérêt patrimonial fort à très fort (3 espèces) :

### ➤ La Barbastelle (*Barbastella barbastellus*) :

La Barbastelle est une chauve-souris considérée comme une espèce menacée à toutes les échelles géographiques. Au niveau mondial, sa cotation détaillée sur la liste de l'IUCN (2008) correspond à la catégorie « quasi menacée » (NT), qui regroupe les espèces pour lesquelles une diminution de 30% des effectifs est suspectée sur une échelle de temps inférieure à 15 ans. Les principales causes de régression qui sont invoquées par l'IUCN sont la disparition des forêts naturelles, et l'exploitation forestière intensive, qui limiterait considérablement les possibilités de gîtes pour cette espèce. Elle est également considérée comme une espèce menacée dans tous les pays de l'Union Européenne, avec des populations proportionnellement moindres dans les pays du nord de l'Europe. En France, la fréquence des observations est également marquée par un gradient nord-sud, avec des populations très faibles ou inexistantes dans le tiers septentrional du pays, mais également des observations très rares sur le pourtour du bassin méditerranéen. Dans beaucoup de départements, les données de Barbastelle concernent des individus isolés, ou de petites populations de faibles effectifs, les rassemblements importants étant rarement observés.



Photo 17 : Barbastelle (photo hors site)

En région Centre, la Barbastelle est assez commune dans la majorité des départements, mais plus rare en Eure-et-Loir et dans le Loiret (Gourmand, 2009). Une trentaine de colonies de reproduction sont recensées à l'échelle régionale, la plupart dans le Berry et en Indre-et-Loire, les effectifs des hivernants étant plus limités.

Sur le site, 14 contacts ont été recueillis pour cette espèce lors du suivi au sol, dont 4 en été et 10 en automne, à chaque fois au niveau du point d'écoute PE12, positionné en bordure du bois de Moisville, au nord-ouest du parc éolien. Deux contacts supplémentaires ont été captés par le batcorder « bottom » de l'éolienne E11 les 21/03 et 05/08/2019. Il s'agit donc d'une espèce à caractère occasionnel, surtout détectée en bordure extérieur du parc éolien (**carte 6**).



**Carte 6 : localisation des contacts de Barbastelle (suivi au sol + batcorders)**

➤ **Le Grand Murin (*Myotis myotis*) :**

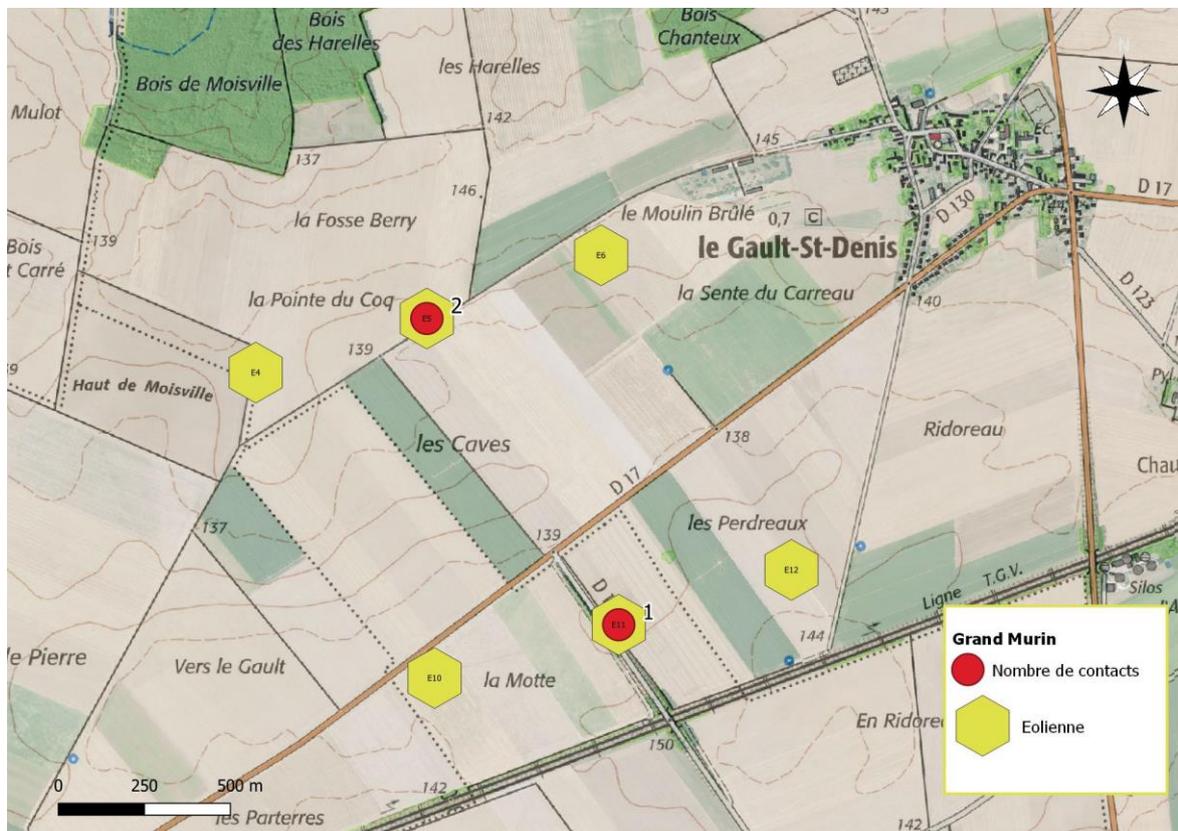
Le Grand Murin est considéré comme une espèce menacée à l'échelle communautaire, avec des populations en forte régression dans la partie nord de l'Europe, mais une situation qui semble plus favorable en France, et dans les pays du pourtour méditerranéen. Les causes de régression invoquées sont le dérangement dans les gîtes d'été (éclairage nocturne des grands édifices, traitements des charpentes, limitation de l'accès aux combles...), ou dans les gîtes d'hiver (spéléologie), ainsi que des causes plus générales, non spécifiques au Grand Murin (impacts des pesticides agricoles, altération des zones bocagères, circulation routière...).



**Photo 18 : Grand Murin en hibernation (photo hors site)**

En région Centre, c'est une espèce assez commune mais avec une population surtout répartie dans la moitié sud de la région. Les effectifs hivernants sont estimés à environ 4000 individus. Une trentaine de colonies de reproduction est connue, mais avec des effectifs qui semblent fluctuer d'une année sur l'autre.

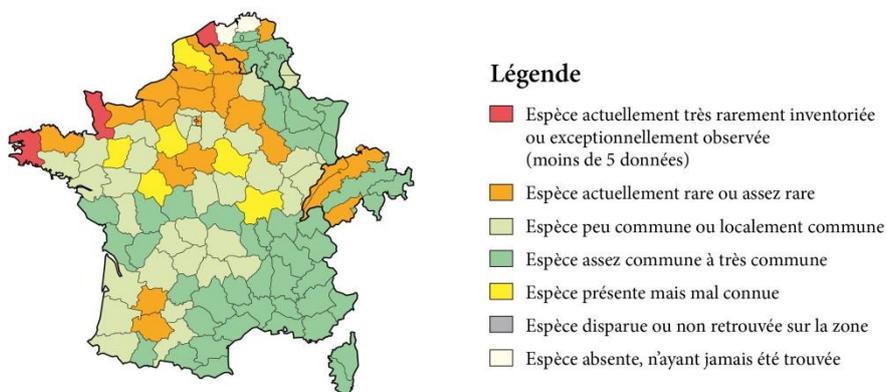
Sur le site, cette espèce n'a fait l'objet que de 3 contacts recueillis au niveau des batcorder-bas des éoliennes E5 (2 contacts) et E11 (1 contact), les deux premiers les 18/06 et 24/08, le dernier le 02/09/2019 (**carte 7**).



**Carte 7 : localisation des contacts de Grand Murin (suivi au sol + batcorders)**

➤ **La Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*) :**

C'est la plus petite des trois espèces de Noctules européenne, avec une envergure qui atteint cependant 30 cm. Elle est inégalement répartie en France, avec des populations plus abondantes au Sud et à l'Est, mais se raréfiant vers le Nord et vers la façade océanique (**carte 8**).



**Carte 8 : répartition de la Noctule de Leisler en France (d'après Arthur & Lemaire, 2015)**

Elle est relativement mal connue en région Centre où elle peut être considérée comme rare, avec toutefois des observations plus fréquentes dans l'Indre et dans le Cher. Elle est classée « NT » (quasi menacée) sur les listes rouges nationales et régionales avec une sensibilité présumée à l'éolien, du fait de ses habitudes de vol. C'est en effet une chauve-souris capable d'effectuer des déplacements saisonniers de plusieurs centaines de kilomètres au travers de l'Europe, le record pour cette espèce étant de 1567 km, attesté par une reprise d'individu bagué (Dietz *et al.*, 2009). Elle utilise également une technique de chasse basée sur des déplacements en hauteur, avec descente en piqué pour capturer ses proies.

Sur le site, 50 contacts ont été totalisés pour cette espèce au niveau des batcorders de E5 et E11 (respectivement 22 et 28 contacts), avec une part significative de l'activité relevée en altitude (20%). La répartition saisonnière de l'activité montre un pic assez marqué en août, mois qui cumule les deux tiers des contacts enregistrés au cours de l'année (fig. 30).

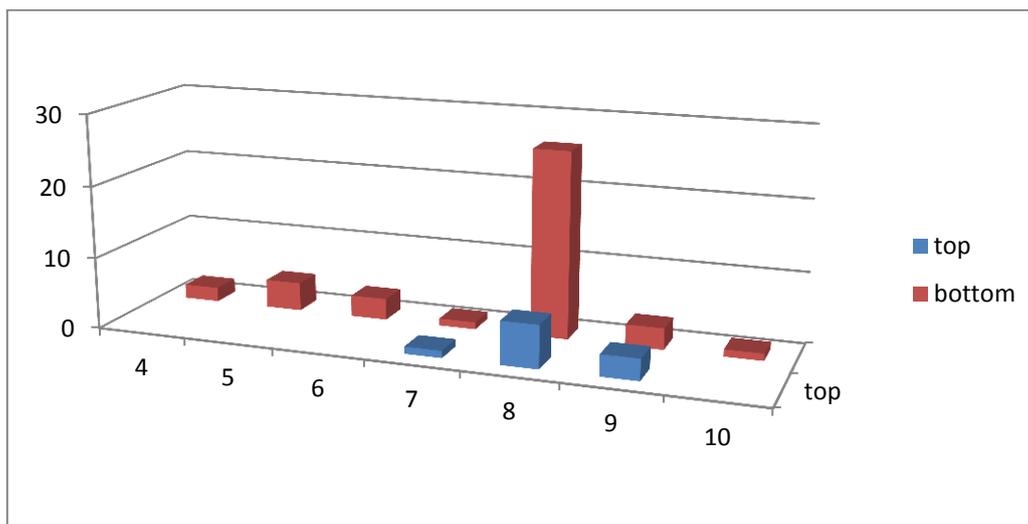
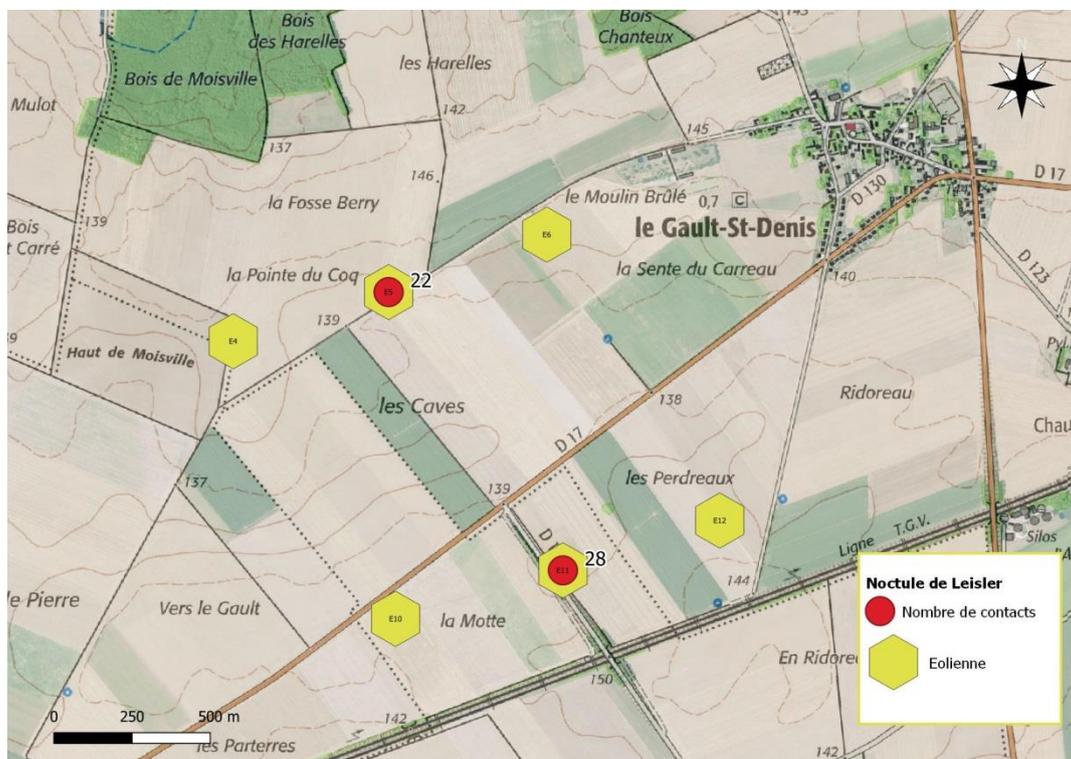


Figure 30 : répartition mensuelle des contacts de Noctule de Leisler (MP05+MP11)



Carte 9 : localisation des contacts de Noctule de Leisler (suivi au sol + batcorders)

- Chiroptères d'intérêt patrimonial moyen à fort (7 espèces) :

➤ La Noctule commune (*Nyctalus noctula*) :

Cette espèce est assez commune en région Centre, mais dont les effectifs et la répartition hivernale restent peu connus. La Noctule commune est une grande espèce de chauve-souris, dont l'envergure peut atteindre 40 cm. De mœurs arboricoles, elle s'établit préférentiellement dans des feuillus disposants de cavités profondes, bien protégées du froid, avec une certaine préférence pour les anciens trous de pics. Longtemps considérée comme une espèce strictement forestière, la Noctule commune semble aussi s'accommoder des arbres en milieu urbain (alignements de platanes, vieux arbres dans les parcs urbains...). Elle s'établit parfois dans les fissures ou les corniches des grands bâtiments, même modernes (tours en béton), où elle est susceptible de passer l'hiver.



Photo 19 : ossements de Noctule commune découverts au pied d'un gîte arboricole (photo hors site)

Sur le site, elle a été très peu recensée lors du suivi au sol, avec seulement 2 contacts recueillis en septembre sur les points d'écoute PE05 et PE12. Elle a été plus abondamment notée au niveau des batcorders (total de 241 contacts), avec une partie significative de l'activité relevée en altitude (32%). Comme pour la Noctule de Leisler, l'activité de cette espèce apparaît très saisonnière sur le site, avec 81% du nombre total de contacts notés en août (**fig. 31**).

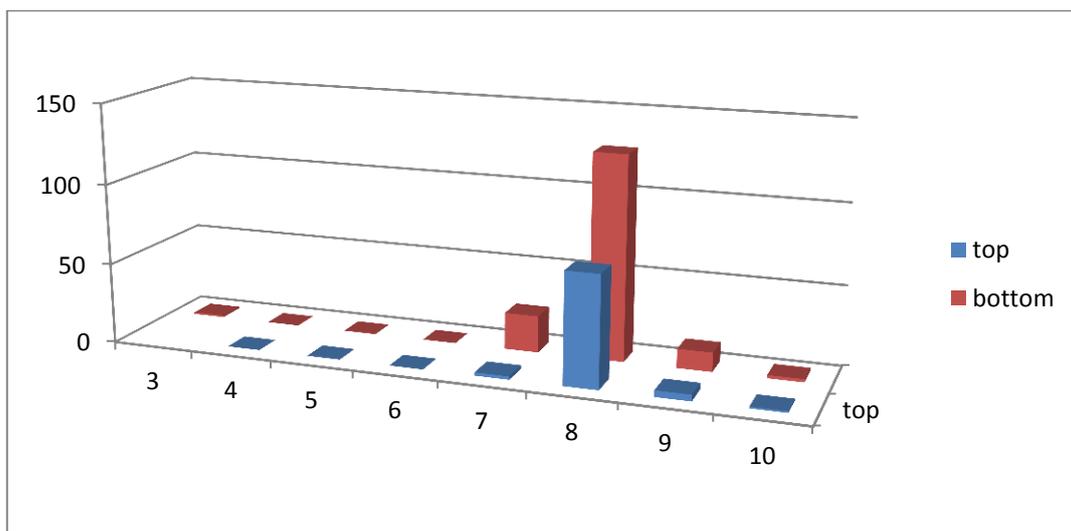
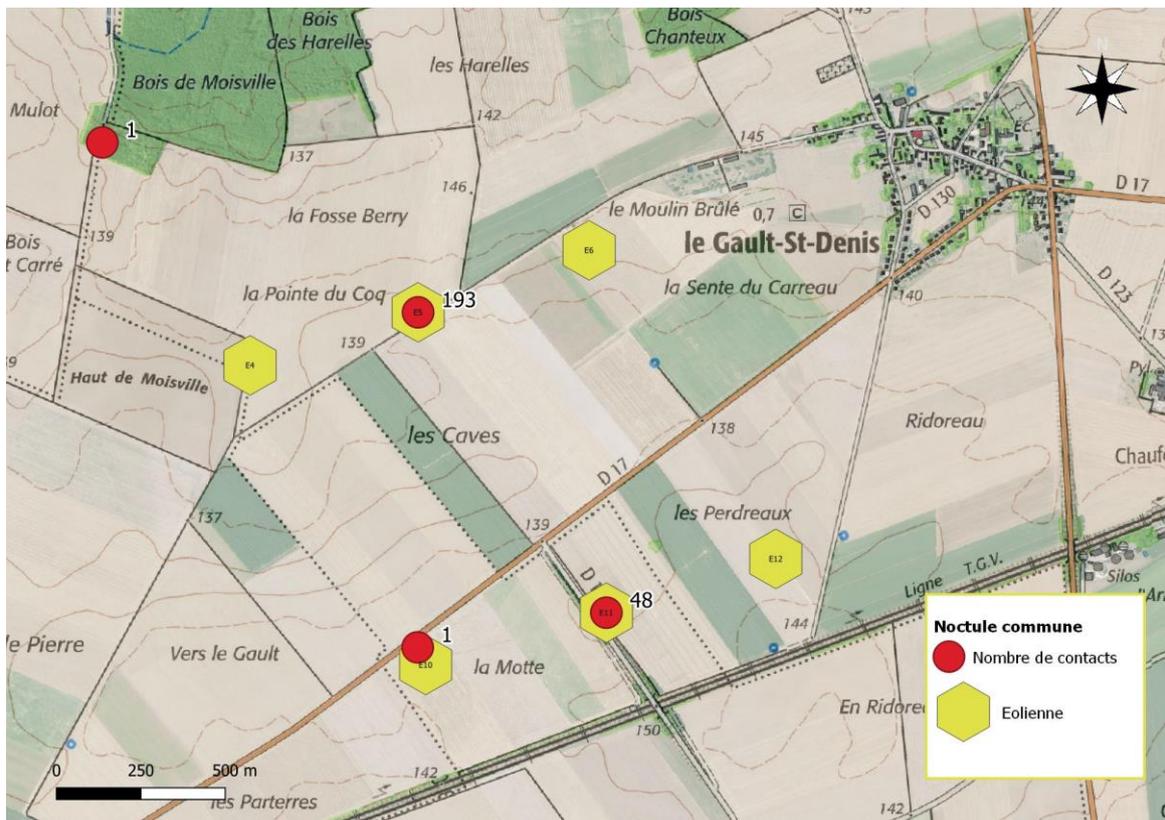


Figure 31 : répartition mensuelle des contacts de Noctule commune (MP05+MP11)



**Carte 10 : localisation des contacts de Noctule commune (suivi au sol + batcorders)**

➤ **Le Murin de Daubenton (*Myotis daubentonii*) :**

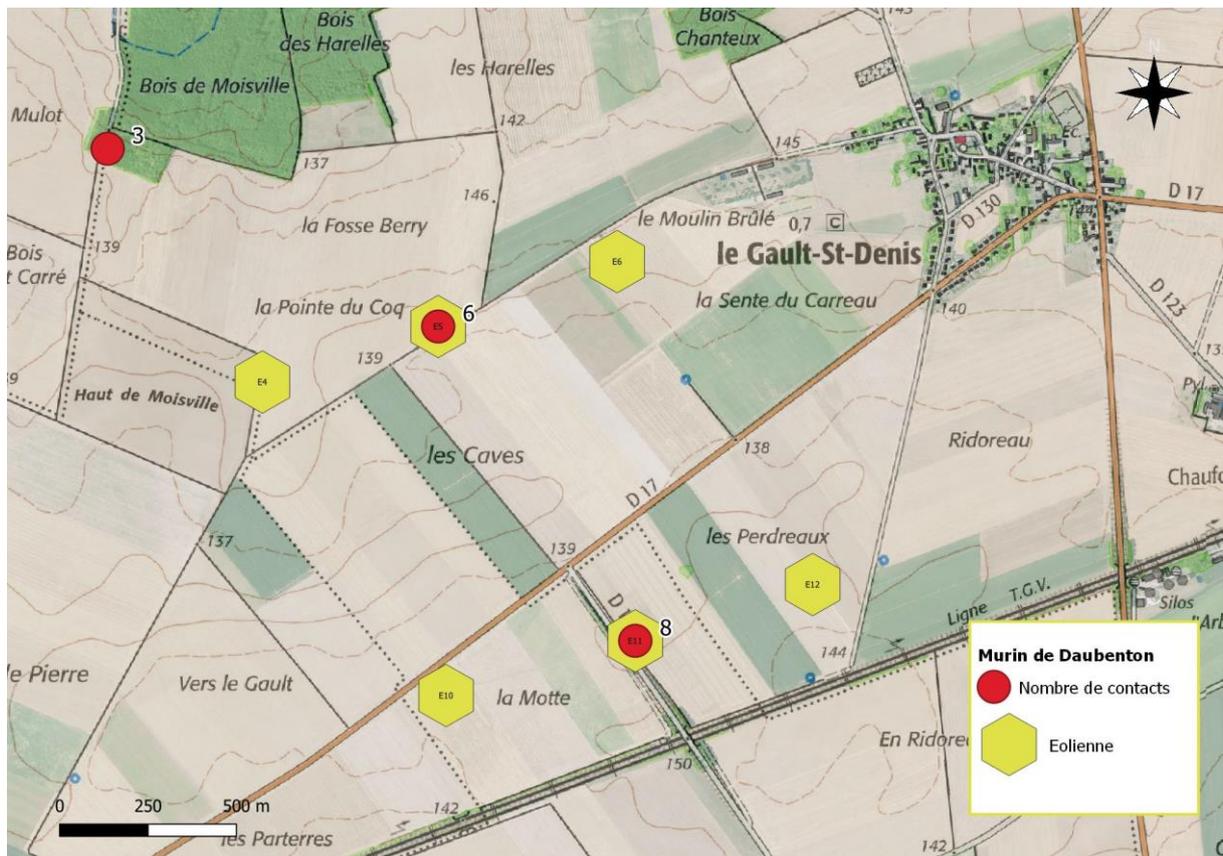
Le Murin de Daubenton est une chauve-souris assez strictement inféodée aux milieux aquatiques, qui voit ses effectifs augmenter significativement depuis quelques années. L'eutrophisation des rivières, en permettant la pullulation de petits diptères (chironomes), semble être l'un des facteurs clés de cette évolution. Actuellement, les limitations des populations pourraient être liées à la disponibilité en gîtes, notamment au niveau des ponts et des ouvrages d'art, qui présentent des anfractuosités favorables assez profondes.



**Photo 20 : Murin de Daubenton (photo hors site)**

En région Centre, le Murin de Daubenton est noté « commun » dans tous les départements (Gourmand, 2009), avec une population hivernante estimée à 1500 individus (Boyer *et al.*, 2009), mais des effectifs reproducteurs qui restent peu connus.

Sur le site, 3 contacts (1 en juillet, 2 en septembre) ont été relevés au niveau du point d'écoute PE12 (lisière du bois de Moisville), et 14 contacts au niveau des batcorders « bottom » de E5 et E11 (dont 12 entre les mois de juillet et août).



Carte 11 : localisation des contacts de Murin de Daubenton (suivi au sol + batcorders)

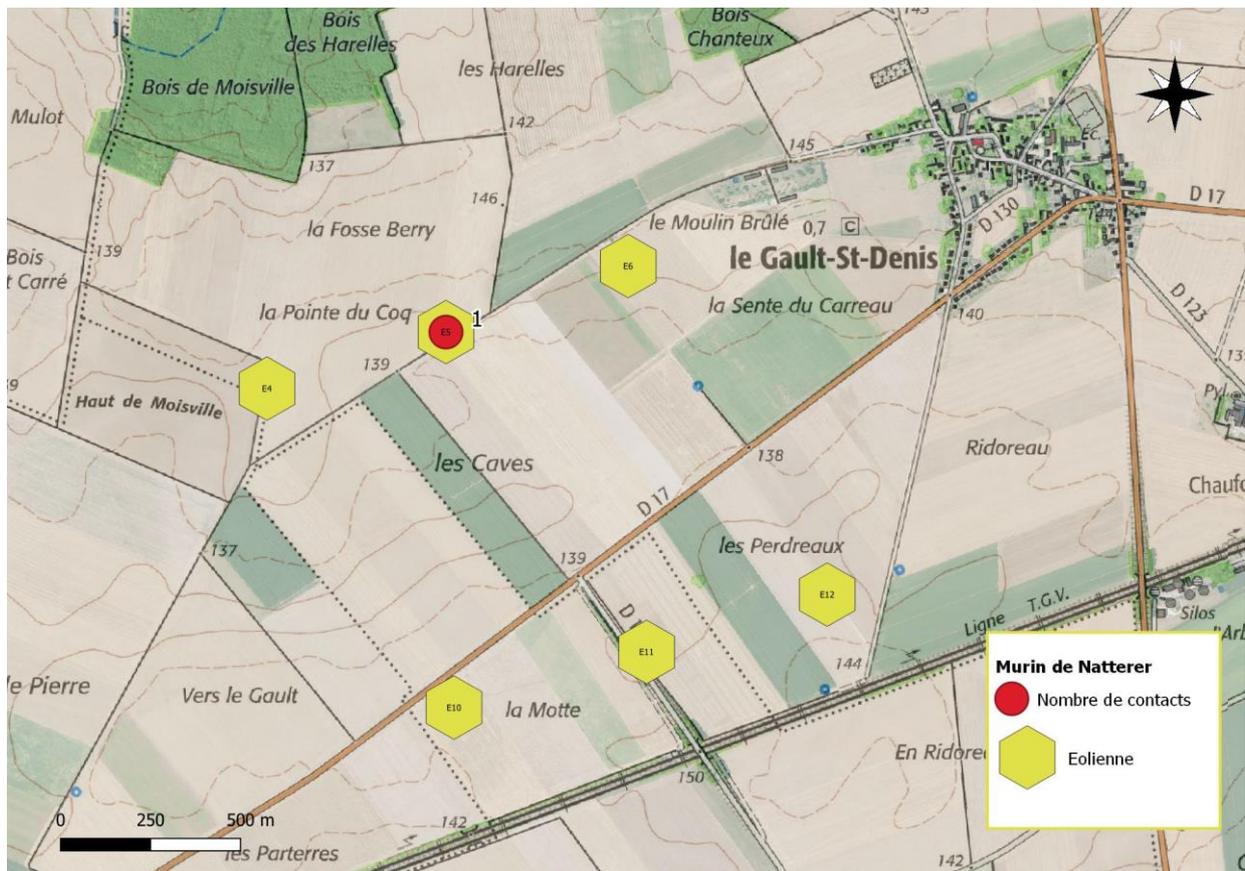
➤ **Le Murin de Natterer (*Myotis nattereri*) :**

Le Murin de Natterer est une espèce relativement commune en région Centre, mais sensiblement plus rare en Eure-et-Loir et dans le Loiret (Gourmand, 2009). Ses effectifs et sa distribution en période de reproduction restent peu connus, car les données concernant cette chauve-souris proviennent en très grande majorité des comptages hivernaux en cavités souterraines. Contrairement aux autres espèces troglophiles cependant, le Murin de Natterer est assez difficile à dénombrer dans ses gîtes d’hiver, car cette chauve-souris a pour habitude de s’enfoncer profondément dans les fissures de la roche, où elle est peu détectable. À la belle saison, les gîtes de reproduction se situent sous les ponts, dans les combles des habitations ou encore dans les arbres fissurés, les effectifs étant alors plus difficiles à comptabiliser.



Photo 21 : Murin de Natterer sous un pont (photo hors site)

Sur le site, le Murin de Natterer a fait l’objet d’un seul contact, recueilli au niveau du batcorder bas de l’éolienne E5 le 02/04/2019.



**Carte 12 : localisation des contacts de Murin de Natterer (suivi au sol + batcorders)**

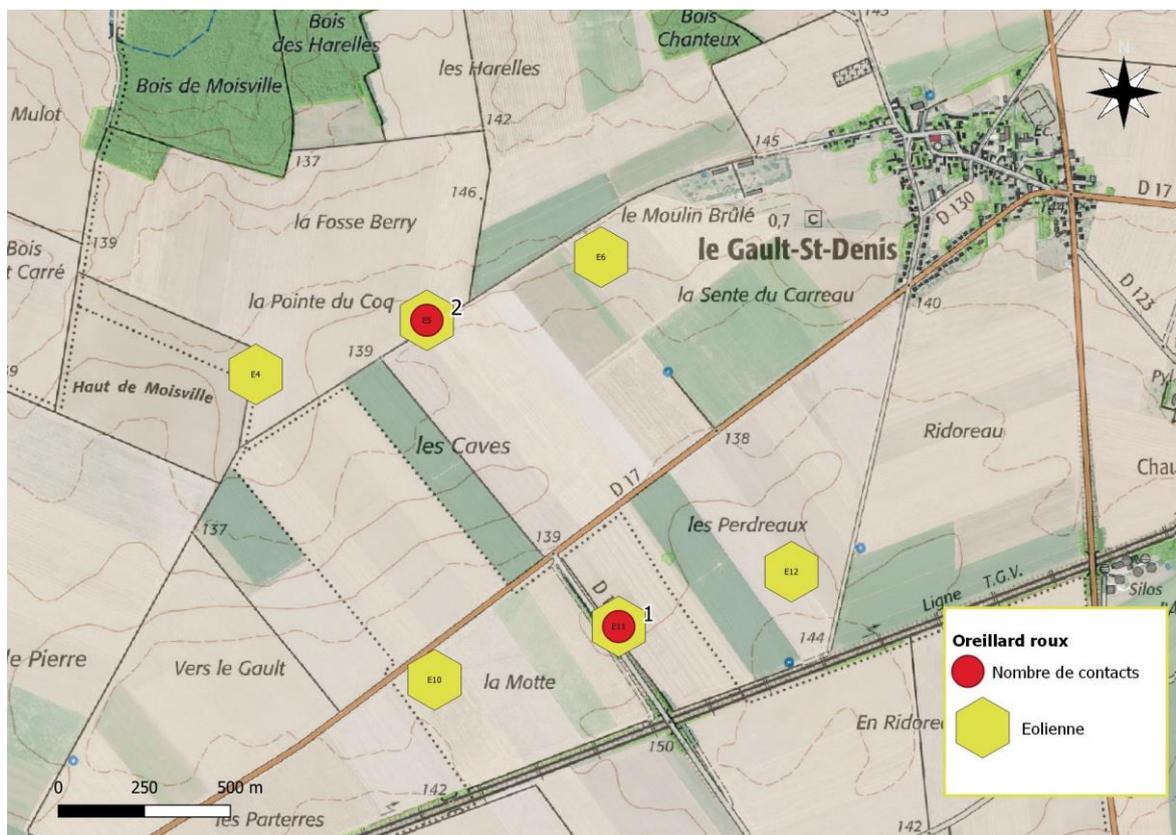
➤ **L'Oreillard roux (*Plecotus auritus*) :**

L'Oreillard roux a été récemment inscrit comme espèce déterminante pour les Znieff en région Centre, sa distribution et son statut de conservation étant cependant relativement mal connu à l'échelle régionale (noté « DD » (données insuffisantes) au niveau de la liste rouge régionale). La distinction entre cette espèce et l'Oreillard gris est parfois difficile, aussi bien sur le plan acoustique que morphologique (comptages en cavités). Sur le site, l'Oreillard roux a été distingué sur la base des critères acoustiques mis en évidence par Barataud (2012) : distribution de la fréquence fondamentale par rapport à la première harmonique, comparaison des fréquences initiale et terminale, largeur de bande par rapport à la durée du signal...



**Photo 22: Oreillard roux (photo hors site)**

Sur cette base, 3 contacts ont été rapportés à cette espèce, dont 2 sur le batcorder MP05 bottom (les 19/06 et 07/10/2019) et 1 sur le MP11 bottom (le 31/08/2019).

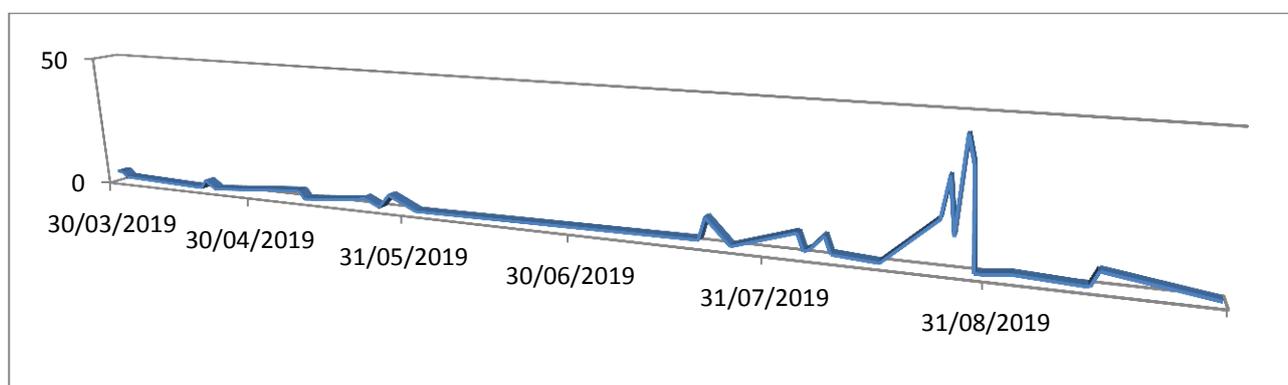


**Carte 13 : localisation des contacts d'Oreillard roux (suivi au sol + batcorders)**

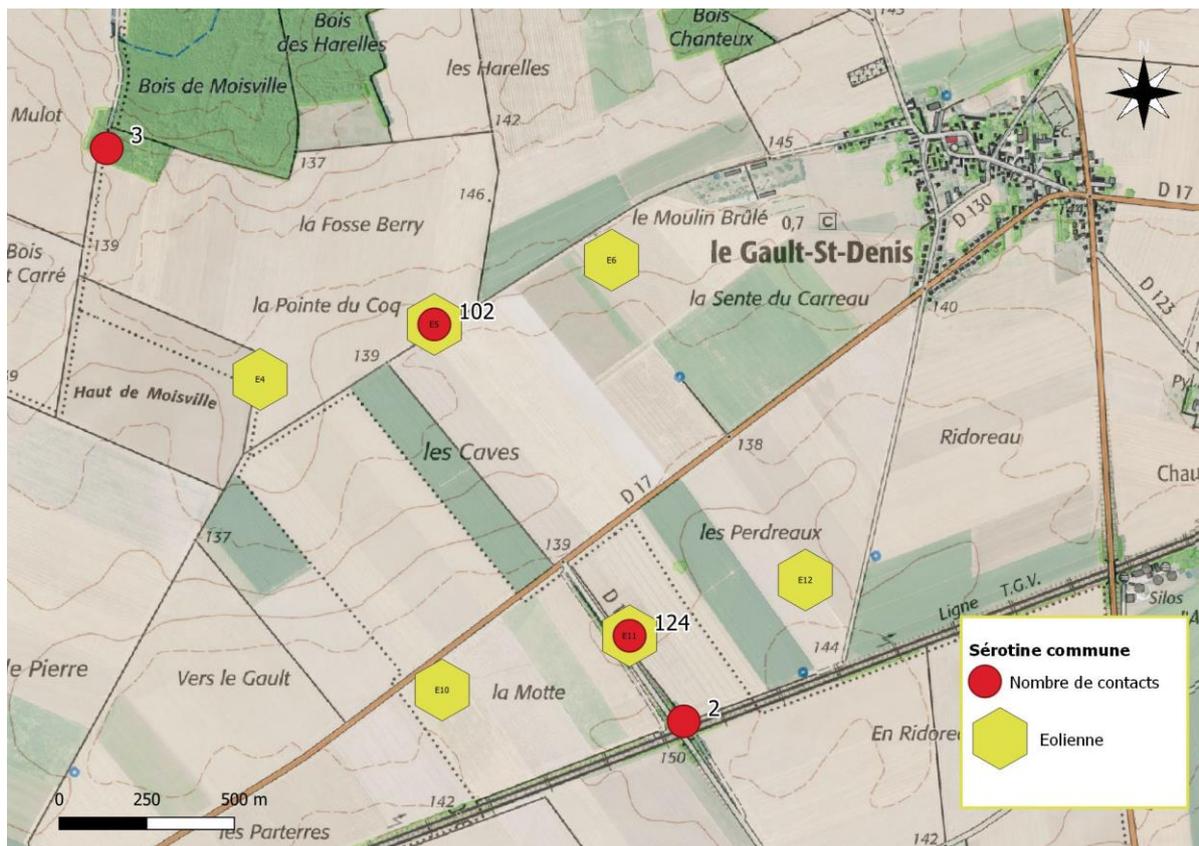
➤ **La Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*) :**

Elle est considérée comme une espèce commune dans tous les départements de la région Centre. À l'échelle nationale, elle a été récemment reclassée en espèce « quasi menacée » (NT) sur la liste rouge française (IUCN *et al.*, 2017) en raison de sa vulnérabilité par rapport au développement de l'éolien industriel. Elle occupe des gîtes localisés principalement dans le bâti, aussi bien récent qu'ancien (grands bâtiments, combles, matériaux d'isolations des constructions modernes...), et peut parfois s'installer dans des cavités d'arbres en période de reproduction et fréquenter des cavités souterraines en hiver.

Sur le site, elle a été peu contactée lors du suivi au sol (5 contacts le 12/09 sur les points d'écoute PE11 et PE12), mais plus abondamment détectée au niveau des batcorders, avec un total de 226 contacts (102 sur E5 et 124 sur E11), dont environ 12% en altitude. La répartition des contacts (**fig. 32**) montre de fortes variations journalières de l'activité, avec un pic assez marqué dans la deuxième quinzaine d'août.



**Figure 32 : répartition journalière des contacts de Sérotine commune (total des 4 batcorders)**

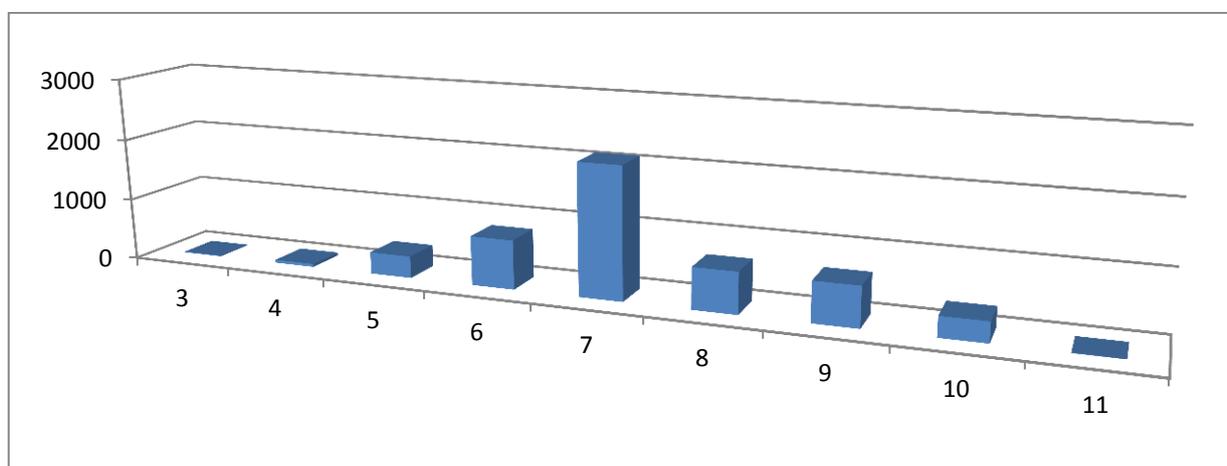


**Carte 14 : localisation des contacts de Sérotine commune (suivi au sol + batcorders)**

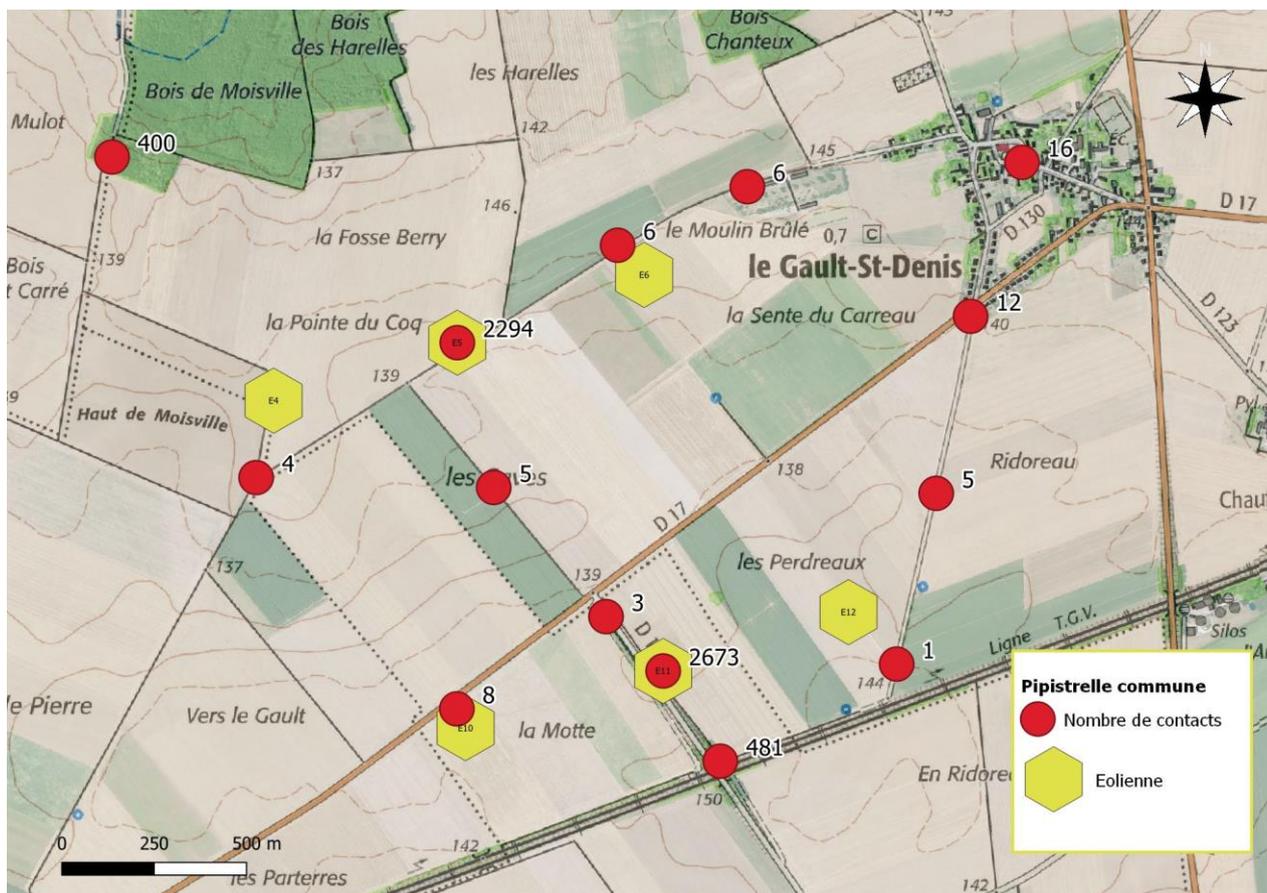
➤ **La Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) :**

Elle est largement répartie à l'échelle départementale, régionale et nationale, mais a récemment été reclassée, comme la Sérotine commune, en espèce « quasi-menacée » (NT) sur la liste rouge française en raison de sa sensibilité supposée à l'éolien.

C'est l'espèce dominante au sein de la zone d'études. Elle regroupe 90% des contacts du suivi au sol et 72% des contacts des quatre batcorders (mais seulement 28% des contacts des deux batcorders « top »). Elle a été notée sur tous les points d'écoute du parc éolien, et semble utiliser le site de façon assez diffuse en toutes saisons, mais avec une activité maximale en juillet (**fig. 33**).



**Figure 33 : répartition mensuelle de l'activité de la Pipistrelle commune (tous batcorders)**



Carte 15 : localisation des contacts de Pipistrelle commune (suivi au sol + batcorders)



Photo 23 Pipistrelle commune (photo hors site)

➤ **La Pipistrelle du groupe Kuhl/Nathusius (*Pipistrellus gr. Kuhlii/nathusii*) :**

Les signaux rapportés à ce groupe d'espèces ne peuvent être strictement identifiés, compte tenu du recouvrement entre les spectrogrammes des Pipistrelle de Kuhl et de Nathusius lorsque la première émet des signaux de transit. La Pipistrelle de Nathusius n'a pas été formellement identifiée sur le site en l'absence d'éléments déterminants (cris sociaux), mais sa présence reste possible, une partie des signaux rapportés au groupe Kuhl/Nathusius pouvant correspondre à cette espèce.

*Les Snats : Suivis chiroptères – Parc éolien du Moulin de Pierre (28) – Saison 2019 – p.41*

Il s'agit d'une chauve-souris assez mal connue en région Centre où elle est surtout considérée comme une espèce migratrice. Ses populations reproductrices seraient surtout localisées au nord-est de l'Allemagne, en Lettonie et en Lituanie, mais peut-être aussi dans la partie nord de l'Europe. Cette espèce est connue pour réaliser des migrations au long cours, avec des distances pouvant dépasser les 1000 km.

Sur le site, 12 séquences ultrasonores ont été rapportées au groupe Kuhl/Nathusius, dont 6 sur MP05 bottom, 3 sur MP11 bottom et 3 autres sur MP11 top. La répartition mensuelle des contacts (fig. 34) suggère un comportement strictement migratoire sur le site pour cette espèce, avec des signaux uniquement en période de transit (printanier et automnal).

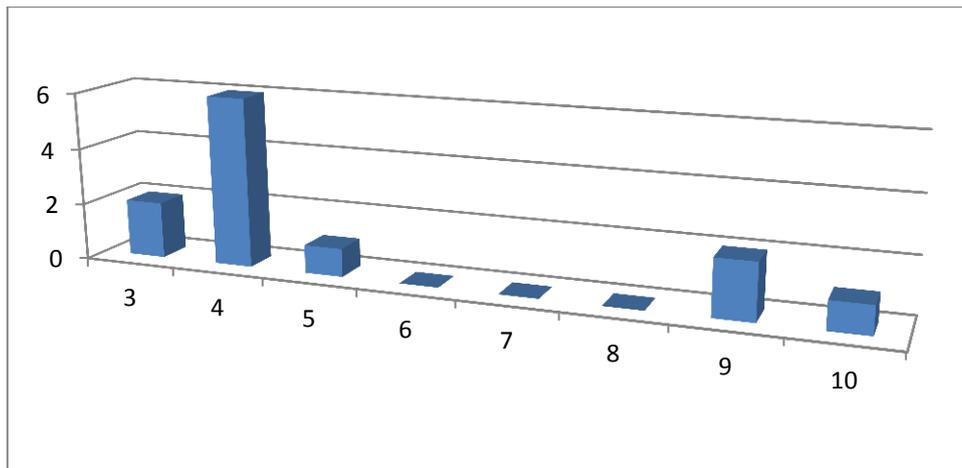


Figure 34 : répartition mensuelle des contacts de Pipistrelle du groupe Kuhl/Nathusius



Carte 16 : localisation des contacts de Pipistrelle du groupe Kuhl/Nathusius (suivi au sol + batcorders)

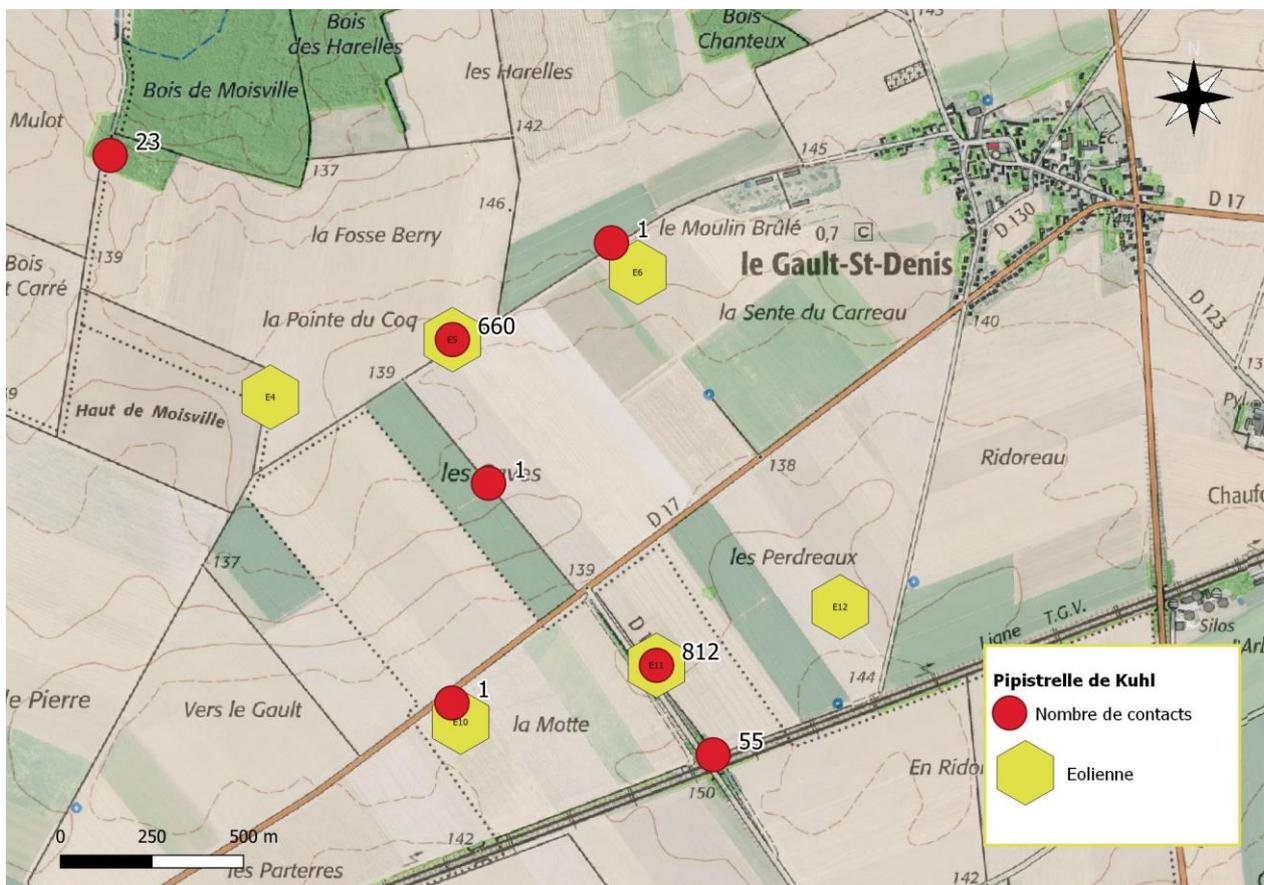
## - Chiroptères d'intérêt patrimonial faible à moyen (2 espèces) :

### ➤ La Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) :

La Pipistrelle de Kuhl est une espèce anthropophile, assez commune en région Centre et, plus généralement, dans les trois-quarts méridionaux du territoire national, au sud d'une ligne Le Havre - Lyon. Malgré son abondance relative dans la région, son statut biologique, et en particulier son comportement migratoire restent à éclaircir, car ses populations sont souvent fluctuantes au sein d'un même site, d'une saison à l'autre. Du point de vue de son écologie, la Pipistrelle de Kuhl est une espèce qui vit fréquemment au voisinage de l'homme, comme la Pipistrelle commune avec laquelle elle partage parfois les mêmes gîtes. Elle occupe facilement les interstices des ouvrages en béton, ainsi que les revêtements muraux, les coffrages, ou les bardages de façades bien exposées.

Sur le site, la Pipistrelle de Kuhl arrive au deuxième rang des espèces les plus abondantes, aussi bien au niveau du suivi au sol (environ 8% du nombre total de contacts) que des batcorders (21% de l'activité globale de MP05 et MP11). La répartition des contacts au sein du parc éolien montre une utilisation plutôt diffuse de l'espace, comme pour la Pipistrelle commune, mais avec des contacts sur seulement 5 des 12 points d'écoutes du suivi au sol (**carte 17**). Là encore, la répartition mensuelle des contacts fait apparaître un pic d'activité en juillet, comme pour la Pipistrelle commune (**figure 35**).

Pour cette espèce, l'activité en altitude reste très marginale, avec seulement 8 contacts (1 sur MP05 et 7 sur MP11) recensés sur les batcorders « top ».



Carte 17 : localisation des contacts de Pipistrelle de Kuhl (suivi au sol + batcorders)

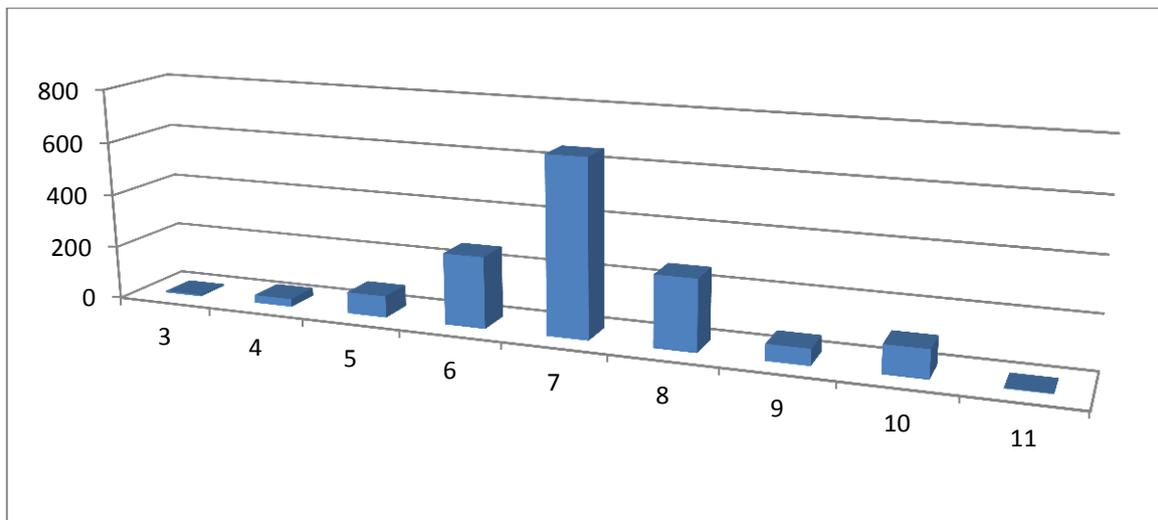
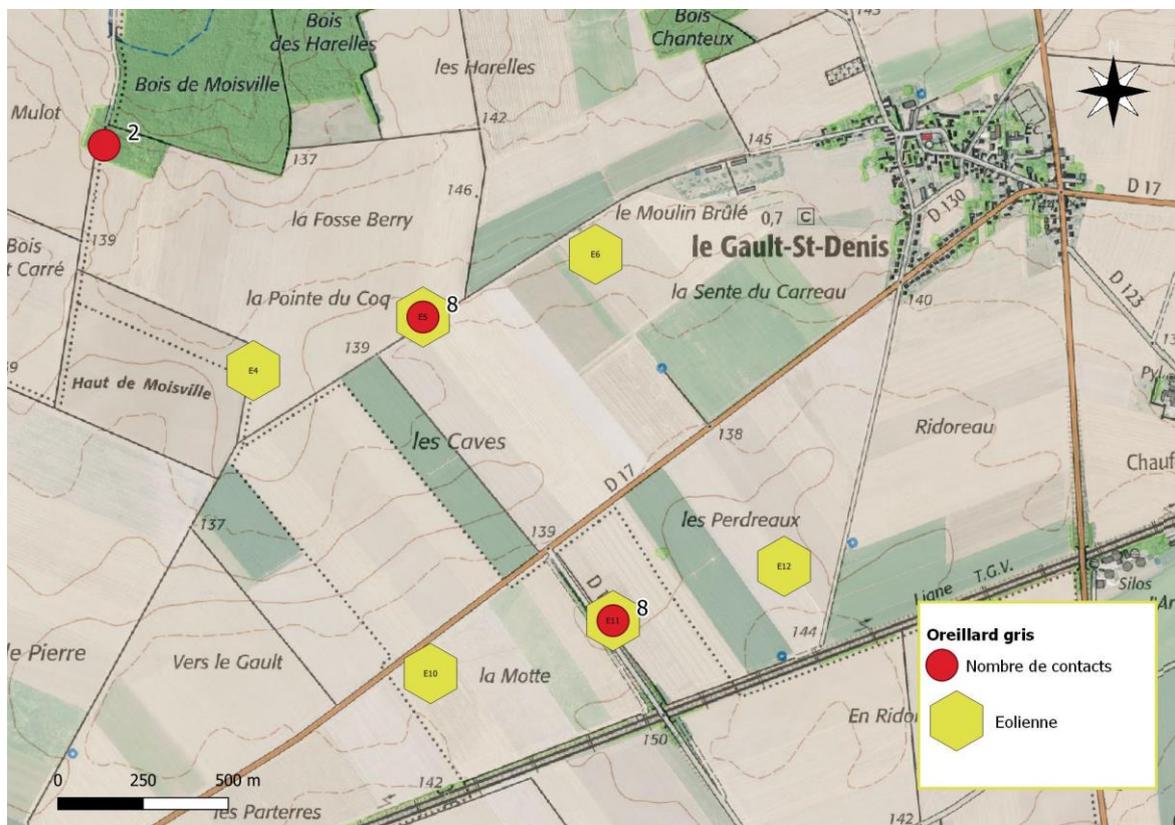


Figure 35 : répartition mensuelle des contacts de Pipistrelle de Kuhl (tous batcorders)

➤ **L'Oreillard gris (*Plecotus austriacus*) :**

Il semble plus abondant et mieux réparti que l'Oreillard roux, à l'échelle régionale, et ne bénéficie donc pas du classement en espèce déterminante Znieff. Il est assez fréquemment détecté en période de reproduction lors de la recherche de gîtes dans le bâti (combles d'églises, notamment).

Sur le site, l'Oreillard gris a été noté en septembre en lisière du bois de Moisville (PE12) lors du suivi au sol (2 contacts), et également au niveau des deux batcorders « bottom » avec chacun 8 contacts, la plupart en période automnale.



Carte 18 : localisation des contacts d'Oreillard gris (suivi au sol + batcorders)



**Photo 24 : Oreillard gris (photo hors site)**

### **3- Conclusion**

Le suivi des chiroptères du parc éolien de Moulin de Pierre a été réalisé en 2019 à partir de deux approches complémentaires, basées sur un suivi saisonnier au sol sur l'ensemble du parc, et sur des enregistrements automatisés de deux paires de batcorders installés respectivement au pied et dans la nacelle des éoliennes E5 et E11. Au total, ces suivis ont permis de recueillir plus de 8000 contacts de chiroptères, dont environ 1000 lors du suivi au sol, et 7000 grâce aux batcorders de E5 et E11. L'analyse du peuplement a permis d'identifier 12 espèces de chiroptères, dont une largement dominante à l'échelle du parc éolien (la Pipistrelle commune). La répartition des contacts au sein du parc éolien montre une exploitation plutôt diffuse du territoire, vraisemblablement en rapport avec une offre trophique très diluée au sein des parcelles de grande culture.

L'analyse de la répartition altitudinale des contacts fait apparaître une activité très faible en altitude, qui représente seulement 2% du nombre total de contacts enregistrés par les batcorders. Le peuplement en altitude est moins diversifié, avec seulement 7 espèces qui évoluent à hauteur de la nacelle dont la Noctule commune qui devient dominante en hauteur. La répartition saisonnière des contacts montre un pic d'activité centré sur le mois de juillet pour les chiroptères évoluant près du sol, et en août pour la fraction du peuplement se déplaçant en altitude.

## II- SUIVI DE MORTALITÉ DES CHIROPTÈRES

### A- MÉTHODES

#### 1- Dispositif de suivi

Le dispositif de suivi de mortalité des chiroptères est identique à celui réalisé en 2018. Il consiste à rechercher des cadavres de chauves-souris sur une surface carrée de 110 mètres de côté, centrée sur le pied de l'éolienne. Les six éoliennes du parc du Moulin de Pierre sont concernées par ce suivi.

#### 2- Réalisation pratique des relevés

Les suivis de mortalité ont été effectués avec une fréquence mensuelle entre décembre 2018 et avril 2019, puis de façon hebdomadaire entre le 19/04/2019 (semaine 16) et le 01/11/2019 (semaine 44), permettant ainsi de couvrir la totalité de la période d'activité des chiroptères. Lors de chaque relevé, le prospecteur sillonne à pas lents la surface de 1,21 hectare délimitée au pied de chaque éolienne, en recherchant à vue les cadavres de chauves-souris. Le prospecteur dispose d'une fiche de terrain sur laquelle est figuré un plan de la surface à prospecter avec la position de l'éolienne, des chemins et des matrices des différentes cultures environnantes, pour faciliter le repérage des observations (**fig. 36**). Lors de chaque sortie, la date et l'heure du relevé sont notés, ainsi que l'état des cultures et la hauteur de la végétation. La proportion de la surface d'inspection qui n'est pas prospectable en raison de la hauteur des cultures est également estimée à chaque sortie, ce qui permet d'évaluer un pourcentage de prospectabilité pour chaque éolienne et chaque période de suivi.

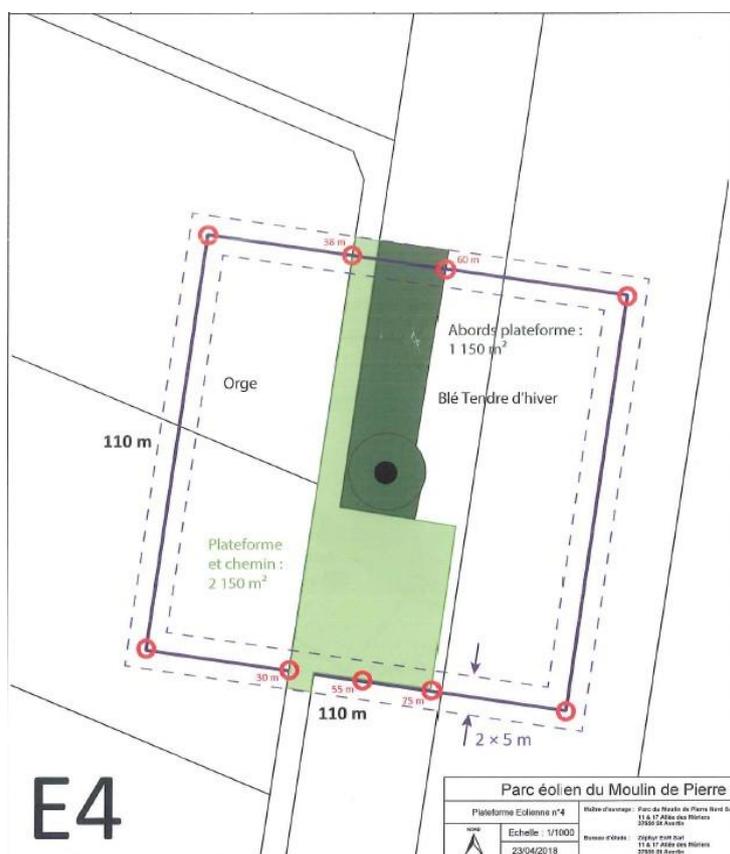


Figure 36 : exemple de fiche de terrain pour le suivi de mortalité chiroptères

Pour chaque éolienne, le coefficient de prospectabilité est calculé en fonction de l'étendue des surfaces artificialisées et/ou régulièrement entretenues (plateforme, aire de service et chemins d'accès), de la surface des cultures, de leur nature (blé, maïs, colza) et de leur stade de développement. Ainsi, dans le cas des cultures de maïs ou de colza, la prospectabilité a été estimée à 0% lors du plein développement des plantes, la visibilité du sol à l'intérieur de la culture étant trop réduite.



**Photo 25 : plateforme, aire de service, chemin d'accès et cultures adjacentes autour de E4**

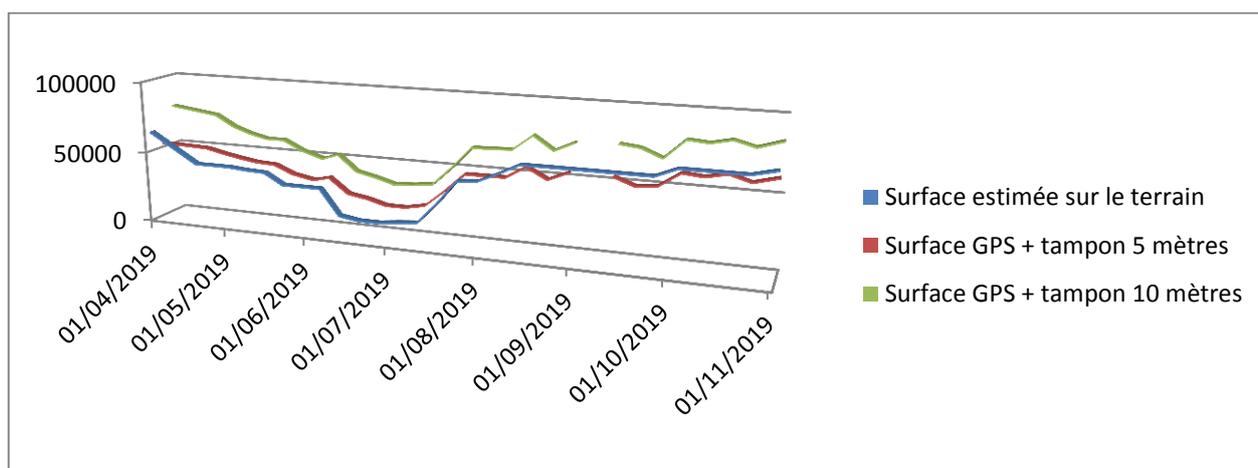
En pratique, le suivi de mortalité a été assuré par la même personne pendant toute la saison 2019 (Jean-Claude Sallé), rompu à cet exercice depuis plusieurs années (en charge du suivi de mortalité en 2018 et de celui du parc de Bonneval en 2016). Lors de chaque sortie, le prospecteur met en route un GPS de terrain qui enregistre sa trace au niveau de chaque éolienne, ce qui permet d'avoir un contrôle des surfaces prospectées à posteriori (**fig. 37**).



**Figure 37: exemple d'exploitation des traces GPS enregistrées par le prospecteur (02/05/2019, E6).**

**A gauche : tracé brut montrant le cheminement du prospecteur  
Au centre : tracé entouré d'une zone tampon (rayon d'observation) de 5 mètres  
A droite : tracé entouré d'une zone tampon (rayon d'observation) de 10 mètres.**

Pour l'ensemble du parc, une comparaison entre les surfaces prospectées estimées sur le terrain, et les zones tampons calculées à partir des données GPS est présentée sur la **figure 38** :



**Figure 38 : comparaison des surfaces prospectées estimées sur le terrain et calculées à partir des données GPS pour des tampons de 5 et de 10 mètres (absence de données GPS le 05/09/2019)**

Globalement, les surfaces prospectées estimées sur le terrain sont très proches de celles calculées à partir des traces enregistrées par le GPS. Elles semblent légèrement sous-estimées en début de saison, lorsque les cultures sont en phase de croissance végétative, puis se confondent avec les surfaces calculées pour un tampon de 5 mètres à partir de la fin du mois de juillet (moissons). Cette distance de 5 mètres correspond à la zone de détection théorique des cadavres de part et d'autre de la ligne de déplacement du prospecteur.

## B- RÉSULTATS

### 1- Résultats bruts par machine

Au cours du suivi de mortalité, 2 cadavres de chauves-souris et 8 cadavres d'oiseaux ont été trouvés sur le parc éolien du Moulin de Pierre (**tab. VI**) :

**Tableau VI : cadavres d'oiseaux et de chauves-souris trouvés sur le site du Moulin de Pierre**

Date	E4	E5	E6	E10	E11	E12	Total chiroptères	Total oiseaux	Total cadavres
02/05/2019								1	1
11/07/2019							1		1
18/07/2018								1	1
25/07/2019								1	1
01/08/2019								1	1
12/09/2019						 		2	2
26/09/2019							1	1	2
03/10/2019								1	1
<b>Total :</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>10</b>

Des cadavres ont été découverts sur toutes les éoliennes, avec cependant un total plus élevé pour l'éolienne E12 qui totalise 4 oiseaux et pour l'éolienne E10 avec un total de 2 cadavres (un oiseau et une chauve-souris). La répartition de la mortalité au cours des saisons fait apparaître un nombre de cadavres plus élevé en périodes estivale et automnale (respectivement 4 et 5 cadavres) par rapport au printemps (un seul cadavre). En comparaison du précédent suivi, la mortalité des chauves-souris a sensiblement diminué (10 cadavres en 2018), alors que la mortalité pour les oiseaux est constatée pour la première fois en 2019.

## 2- Identification des espèces

L'identification des cadavres de chauves-souris s'est d'abord attachée à déterminer le groupe taxonomique par examen externe de la chauve-souris (taille générale, forme des oreilles et du tragus, couleur et contraste de la pilosité...). L'identification des espèces s'est ensuite appuyée sur le relevé de plusieurs mesures (longueur de l'avant-bras, longueur du 5<sup>ème</sup> et du 3<sup>ème</sup> doigt...) et selon les groupes d'espèces, sur l'examen de la dentition (pipistrelles) ou d'autres particularités morphologiques (examen du pied, de l'éperon et de l'uropatagium pour les *Myotis*). Une identification au rang spécifique a pu être réalisée dans tous les cas, malgré l'état de décomposition parfois avancé des cadavres.



**Photo 26: mesure de l'avant-bras d'un cadavre de Noctule commune**

Au total deux espèces de chiroptères et quatre espèces d'oiseau ont été identifiées parmi les cadavres ramassés sur le site :

### ✓ **La Pipistrelle du Kuhl :**

Elle a été ramassée le 11/07 au niveau de l'éolienne E4. La forme arrondie du tragus, la taille générale et la mensuration de l'avant-bras (33 mm) correspondent au groupe des Pipistrelles, la présence d'un liseré blanchâtre le long du plagiopatagium caractérisant une Pipistrelle de Kuhl.



**Photo 27 : cadavre de Pipistrelle de Kuhl (11/07, E4)**



**Photo 28 : liseré blanc du plagioplatagium caractéristique de la Pipistrelle de Kull**

✓ **la Noctule de Leisler :**

C'est la seconde espèce de chiroptère retrouvée sur le site (un cadavre le 26/09/2019 au niveau de E10). Le tragus en forme de champignon (caractéristique des Noctules) et la taille relativement modeste de l'individu (avant-bras de 43 mm) indiquaient un individu de Noctule de Leisler, en mauvais état de conservation. Cette espèce dont la répartition est surtout méridionale en France semble être uniquement migratrice en Eure-et-Loir, où sa présence est surtout notée lors des migrations automnales. C'est une espèce de haut vol, à large envergure, capable d'effectuer de longues migrations, d'où sa sensibilité particulière à l'éolien.



**Photo 29 : Noctule de Leisler en mauvais état de conservation (E10, 26/09/2019)**

✓ **le Busard Saint-Martin :**

Un cadavre de ce rapace diurne a été trouvé le 02/05/2019 au niveau de l'éolienne E5. Le cadavre était séparé en deux parties, la tête et les ailes étant éloignés du bas du corps d'une distance d'une trentaine de mètres, probablement suite à une tentative de prédation par un chien, comme semblent l'indiquer les crottes visibles sur la photographie prise sur les lieux.



**Photo 30 : Busard Saint-Martin trouvé mort en deux morceaux près de E5**

Ce rapace fréquente les grandes plaines cultivées, qui constituent aujourd'hui un biotope de substitution très apprécié par cette espèce, initialement inféodée aux prairies, friches, landes et coupes forestières. Il est réputé peu sensible à l'éolien (seulement deux cas répertoriés dans la synthèse bibliographique nationale publiée par la LPO en 2017), ses déplacements se faisant principalement à des altitudes de vol peu élevées, juste au-dessus de la végétation.

✓ **le Roitelet à triple bandeau :**

C'est l'une des deux espèces d'oiseau la plus impactée sur le site, avec un total de trois cadavres, tous retrouvés en période automnale, au moment des migrations post-nuptiales. C'est également l'espèce la plus impactée par les éoliennes à l'échelle nationale (LPO, 2017), avec l'essentiel de la mortalité en France entre les semaines 36 (début septembre) et 45 (début novembre). Sur le site, les trois Roitelets ont été retrouvés au niveau de l'éolienne E12, pourtant éloignée de tout axe de dispersion naturel (haie, lisière...).



**Photo 31 : Roitelet à triple bandeau (E12, 12/09/2019)**

### ✓ le Martinet noir :

Il atteint le même effectif que le Roitelet à triple bandeau, puisque trois cadavres ont été retrouvés pour cette espèce sur le site en 2019. Il s'agit également de l'une des espèces les plus impactées à l'échelle nationale (108 cas de mortalité sur 38 parcs répartis sur 22 départements, d'après LPO, 2017). Là encore, la mortalité semble très saisonnière, aussi bien sur le site (les trois cadavres ont été trouvés entre le 18/07 et le 01/08) qu'à l'échelle nationale, puisque cet oiseau est principalement impacté entre la mi-juillet (semaine 29) et la mi-août (semaine 32), c'est-à-dire en période d'envol des jeunes et de départ en migration (LPO, 2017).

### ✓ le Rougegorge familier :

Un seul cadavre a été trouvé pour cette espèce, trouvé le 03/10/2019 au niveau de l'éolienne E12. Cet oiseau est réputé modérément sensible à l'éolien, la plupart des collisions ayant lieu en période automnale, au moment des migrations qui se déroulent fréquemment de nuit.

Les résultats des identifications spécifiques sont compilés dans le **tableau VII** :

**Tableau VII : répartition spécifique des cadavres récoltés lors du suivi de mortalité**

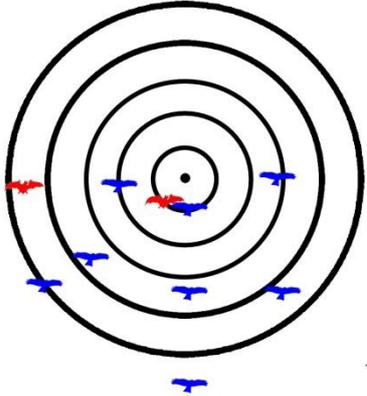
Groupe	Nom scientifique	Nom français	E4	E5	E6	E10	E11	E12	Total
Chiroptère	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl	1						1
	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler				1			1
	<b>total cadavres chiroptères :</b>		<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
Oiseau	<i>Circus cyaneus</i>	Busard Saint-Martin		1					1
	<i>Apus apus</i>	Martinet noir			1	1	1		3
	<i>Regulus ignicapilla</i>	Roitelet à triple bandeau						3	3
	<i>Erithacus rubecula</i>	Rougegorge familier						1	1
	<b>total cadavres oiseaux :</b>		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>8</b>
<b>total cadavres tous groupes :</b>			<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>10</b>

### 3- Localisation des cadavres

La position de chaque cadavre a été relevée lors des prospections de terrain. Ceux-ci se distribuent entre 10 et 47 mètres de distance par rapport à l'axe du mât des éoliennes pour les chiroptères, et entre 10 et 60 mètres de distance pour les cadavres d'oiseaux (**tab. VIII**).

**Tableau VIII : position des cadavres par rapport aux pieds des éoliennes**

Espèce	Eolienne	Distance au mât	Direction
 Pipistrelle de Kuhl	E4	10	SW
 Noctule de Leisler	E10	47	W
 Busard Saint-Martin	E5	35	S
 Martinet noir	E10	28	E
 Martinet noir	E11	37	SW
 Martinet noir	E6	10	S
 Roitelet à triple bandeau	E12	45	SE
 Roitelet à triple bandeau	E12	60	S
 Roitelet à triple bandeau	E12	50	SW
 Rougegorge familier	E12	20	W



Ce type de résultat est assez difficile à interpréter, car les surfaces les plus proches des éoliennes sont aussi les plus faciles à prospector (sols nus sur les aires de service et les voies d'accès, entretien régulier au pied des éoliennes), en comparaison des zones de cultures périphériques. En faisant abstraction de ce biais potentiel, les cadavres les plus près du mât pourraient résulter d'une collision avec la tour, tandis que les plus éloignés pourraient indiquer un heurt avec les pales en mouvement, qui aurait tendance à projeter les cadavres à plus grandes distances. Parmi les 10 cadavres retrouvés en 2019, seulement 2 sont positionnés à proximité immédiate du mât de l'éolienne (1 Pipistrelle de Kuhl et 1 Martinet noir à 10 mètres de distance), tous les autres cadavres étant éloignés d'au moins 20 mètres, et suggérant donc plutôt une collision avec les pales.

La répartition spatiale des cadavres par rapport à la position du mât des éoliennes montre que 100% des cadavres se retrouvent au sud de l'axe formé par les tours des éoliennes. Ce résultat étonnant est difficile à interpréter du fait de l'étalement des dates de découvertes des cadavres, mais aussi de la direction des vents dominants, plutôt de secteur ouest ou nord-ouest en Beauce. La même tendance peut être remarquée en reprenant les données de mortalité de 2018, puisque 9 des 10 cadavres qui avaient été découverts étaient positionnés au sud de l'axe des éoliennes (**figures 39-40**). Ces répartitions particulières des cadavres autour des éoliennes semblent indiquer l'existence d'un axe de vol privilégié qui pourrait correspondre à une direction nord ou nord-est vers le sud ou le sud-ouest, compatible avec l'orientation des grands flux migratoires.

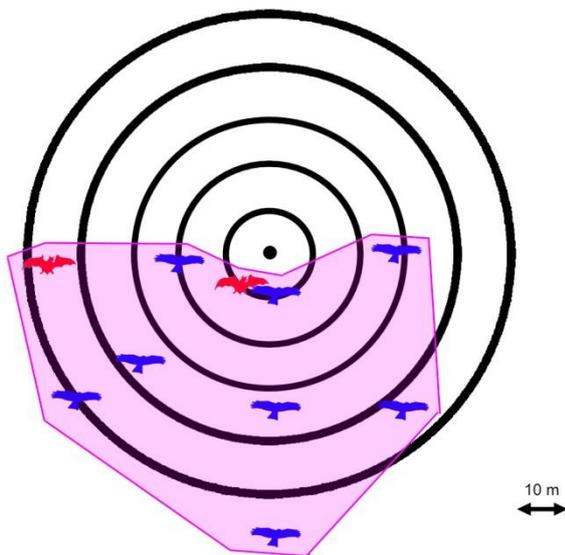


Figure 39 : aire de découverte des cadavres en 2019

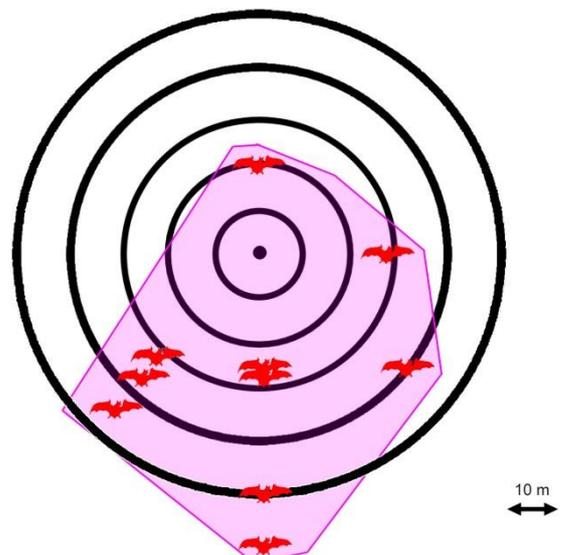


Figure 40 : aire de découverte des cadavres en 2018

#### 4- Estimation de la mortalité

L'estimation de la mortalité à partir du nombre de cadavres recensés lors des prospections dépend de plusieurs paramètres dont les principaux sont :

- La prospectabilité des surfaces au pied des éoliennes, qui dépend du stade de développement de la végétation et du type de culture.
- L'efficacité des prospecteurs à trouver les cadavres, en fonction des aptitudes individuelles de chacun.
- La période de prospection, en comparaison de la période d'activité des chiroptères.
- Le taux de prédation des cadavres, qui traduit la probabilité qu'un cadavre disparaisse entre deux sessions de prospection.

## - La prospectabilité :

Elle a été estimée pour chaque éolienne en évaluant la part des différents types de surface (aire de service, chemin, culture, surface en herbe), et en attribuant à chacune d'entre elles une note indiquant la possibilité de prospection en fonction de l'état de la végétation. Pour les surfaces minéralisées (aire de service, chemin), la prospectabilité est considérée comme étant maximale et constante tout au long du suivi. Pour les surfaces enherbées et régulièrement entretenues (pieds des éoliennes, délaissés entourant les chemins d'accès), la prospectabilité est également considérée comme favorable, ces surfaces faisant l'objet d'un entretien régulier pour maintenir une herbe rase. Pour les espaces cultivés, la prospectabilité a été notée en fonction du stade de développement des cultures : nulle pour le maïs et le colza à partir de 80 cm, réduite à 10% pour les céréales à partir de 40 à 50 cm, du fait de la présence de layons de traitement laissant une partie du sol visible, et laissant donc une petite possibilité de prospection. Par rapport aux aires unitaires de 1,21 hectare délimitées autour de chaque éolienne, les surfaces qui ont pu être prospectées sur l'ensemble de la durée du suivi représentent en moyenne 0,797 hectare par éoliennes (**tab. IX**).

**Tableau IX : estimation des surfaces prospectables par éolienne et par suivi (en % de la surface de 1,21 ha)**

date suivi	E4%	E5%	E6%	E10%	E11%	E12%	total %	total m <sup>2</sup>
01/04/2019	100.0	100.0	100.0	28.0	100.0	100.0	88.0	63891.9
19/04/2019	17.0	100.0	100.0	28.0	100.0	14.3	59.9	43479.2
26/04/2019	17.0	100.0	100.0	28.0	100.0	14.3	59.9	43479.2
02/05/2019	17.0	100.0	100.0	28.0	100.0	14.3	59.9	43479.2
09/05/2019	17.0	100.0	100.0	16.8	100.0	16.9	58.5	42434.7
16/05/2019	17.0	95.9	100.0	16.8	100.0	16.9	57.8	41935.6
23/05/2019	17.0	34.0	100.0	16.8	100.0	16.9	47.5	34448.7
31/05/2019	17.0	34.0	100.0	16.8	100.0	16.9	47.5	34448.7
06/06/2019	17.0	34.0	100.0	16.8	100.0	16.9	47.5	34448.7
13/06/2019	17.0	34.0	19.5	16.8	34.5	16.9	23.1	16782.7
20/06/2019	17.0	17.5	19.5	16.8	34.5	16.9	20.4	14786.2
27/06/2019	17.0	17.5	19.5	16.8	34.5	16.9	20.4	14786.2
04/07/2019	17.0	17.5	19.5	16.8	48.0	16.9	22.6	16419.7
11/07/2019	17.0	27.9	19.5	16.8	48.0	16.9	24.3	17677.5
18/07/2019	52.7	27.9	19.5	100.0	48.0	16.9	44.2	32064.4
25/07/2019	100.0	34.0	19.5	100.0	48.0	100.0	66.9	48581.5
01/08/2019	100.0	42.7	19.5	100.0	48.0	100.0	68.4	49634.2
08/08/2019	100.0	42.7	19.5	100.0	100.0	100.0	77.0	55926.2
15/08/2019	100.0	100.0	19.5	100.0	100.0	100.0	86.6	62859.5
22/08/2019	100.0	100.0	19.5	100.0	100.0	100.0	86.6	62859.5
29/08/2019	100.0	100.0	19.5	100.0	100.0	100.0	86.6	62859.5
05/09/2019	100.0	100.0	19.5	100.0	100.0	100.0	86.6	62859.5
12/09/2019	100.0	100.0	19.5	100.0	100.0	100.0	86.6	62859.5
19/09/2019	100.0	100.0	19.5	100.0	100.0	100.0	86.6	62859.5
26/09/2019	100.0	100.0	19.5	100.0	100.0	100.0	86.6	62859.5
03/10/2019	100.0	100.0	67.8	100.0	100.0	100.0	94.6	68703.8
10/10/2019	100.0	100.0	67.8	100.0	100.0	100.0	94.6	68703.8
17/10/2019	100.0	100.0	67.8	100.0	100.0	100.0	94.6	68703.8
24/10/2019	100.0	100.0	67.8	100.0	100.0	100.0	94.6	68703.8
01/11/2019	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	72600.0
Total :	62.4	72.0	52.8	62.7	84.8	61.0	65.9	7973.9

Globalement, la prospectabilité du site est restée bonne pendant la majeure partie du suivi, excepté entre la mi-juin et la mi-juillet, au moment du développement végétatif maximal de la majorité des cultures.

### - L'efficacité de prospection :

L'aptitude du prospecteur (Jean-Claude Sallé) à détecter des cadavres de chauves-souris a été évaluée en 2018 au cours de trois sessions organisées par le bureau d'études Léa Dufrêne en mai, juillet et septembre sur chacune des 6 éoliennes. Ces tests consistaient à déposer 3 ou 4 carcasses de souris de couleur sombre, de taille comparable à celle d'une Pipistrelle commune, sur chacune des 6 éoliennes du parc, puis à noter le nombre de souris retrouvées par le prospecteur. Les résultats de ces tests sont repris ci-dessous du rapport de L. Dufrêne de 2018 (**tab. X**) :

**Tableau X : résultats des tests d'efficacité de recherche effectués en 2018 sur le parc du Moulin de Pierre (d'après Dufrêne, 2018)**

Date	E4	E5	E6	E10	E11	E12	Total
24-mai	3/3	3/4	2/3	2/3	3/3	1/4	14 souris trouvées sur 20
13-juil	3/3	3/3	4/4	3/4	1/2	2/3	16 souris trouvées sur 19
28-sept	3/4	0/4	2/3	1/3	3/3	1/3	10 souris trouvées sur 20

Sur cette base, l'efficacité de prospection (ou coefficient de détectabilité) peut être estimée, pour M. Sallé (seul prospecteur en 2019) à :

$$d \text{ (détectabilité moyenne)} = 40/59 = 0,68$$

### - La période de prospection :

Elle couvre largement l'ensemble du cycle annuel des chiroptères, puisque les premières prospections ont eu lieu en décembre 2018, avec une fréquence mensuelle jusqu'en avril 2019, puis avec un passage hebdomadaire à partir du 19/04 (semaine 16) jusqu'au 01/11/2019 (semaine 44).

### - Le taux de prédation :

Le taux de prédation des cadavres permet d'évaluer la proportion d'animaux morts qui ont pu disparaître entre deux passages des prospecteurs. Pour évaluer ce paramètre, des tests de prédation ont été réalisés en 2018 par le bureau d'études Léa Dufrêne, en continuité des tests d'efficacité. Ces tests ont été renouvelés à chaque période du cycle annuel (mai, juillet et septembre), en disposant 2 à 4 souris sur chacune des 6 éoliennes, et en effectuant une surveillance pendant 7 jours, à raison de deux passages par jour (un le matin et un le soir). Les résultats de ces tests sont résumés ci-dessous :

**Tableau XI : résultats des tests de prédation (calculé d'après Dufrêne, 2018)**

Paramètres du test de prédation	mai	juillet	septembre	année
Nombre de souris déposées	20	20	20	60
Nombre de souris retrouvées à 7 jours	2	0	9	11
Taux de persistance	0,1	0	0,45	0,18
Temps de séjour moyen d'un cadavre (Tm)*	2,5	1,7	4,6	2,9

\*T<sub>m</sub>=temps moyen de séjour d'un cadavre, établi selon la formule suivante :

Le temps de séjour moyen d'un cadavre :

$$t_m = \frac{\sum_i^n t_i}{n}$$

t<sub>m</sub> = temps de séjour moyen d'un cadavre

t<sub>i</sub> = temps de persistance d'un cadavre

n = nombre de cadavres utilisés

Une fois ces différents paramètres connus, l'estimation de la mortalité pour l'ensemble du parc du Moulin de Pierre peut être approchée à partir de plusieurs formules (MEEDDM, 2015) :

- La formule de Winkelman (1989) :  $N=[C/(p \times d)] \times A$
- La formule de Jones (2009) :  $N=C/(A \times d \times e^{-p \times I/t_m})$  avec  $p = e^{-0,5 \times I/t_m}$
- La formule de Huso (2012) :  $N=C/(A \times d \times e^{-p \times I})$  avec  $p = t_m \times (1 - e^{-I/t_m})/I$

N=nombre de cadavres estimé

C=nombre de cadavres trouvés

p=taux de persistance des cadavres durant l'intervalle entre deux visites

d=efficacité de l'observateur ou détectabilité

A=coefficient de correction surfacique

I : durée de l'intervalle (entre 2 visites), équivalent à la fréquence de passage (en jours)

t<sub>m</sub>: durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jours)

ê : coefficient correcteur de l'intervalle équivalent à (Min I : Î) / I

Pour le parc du Moulin de Pierre et pour l'ensemble de la période de suivi, les paramètres de la formule s'établissent comme suit :

- C (nombre total de cadavres observés) = 10 cadavres, dont 2 chiroptères et 8 oiseaux
- p (persistance des cadavres) = 0,18
- d (efficacité moyenne du prospecteur) = 0,68
- A (coefficient de correction surfacique) = 1,52 (soit 1/65.9% pour l'ensemble du parc)
- I (durée de l'intervalle de recherche, en jours) = 7
- t<sub>m</sub> (durée moyenne de persistance, en jours) = 2,9

Les estimations de mortalité sont présentées ci-dessous pour les différentes formules, en distinguant la mortalité par éolienne et par groupe faunistique :

**Tableau XII : estimation de la mortalité des chiroptères et des oiseaux pour chacune des éoliennes du parc du Moulin de Pierre par la formule de Winkelman**

Winkelman=[C/(p*d)]*A	E4	E5	E6	E10	E11	E12	Parc	moy/éol
Chiroptères	5.1	0	0	5.1	0	0	10.8	1.8
Oiseaux	0	5.9	4.3	5.1	6.9	19.9	43.1	7.2

**Tableau XIII : estimation de la mortalité des chiroptères et des oiseaux pour chacune des éoliennes du parc du Moulin de Pierre par la formule de Jones ( $\hat{\epsilon}=1$  ;  $p=0.3$ )**

Jones=C/(Axdxêxp)	E4	E5	E6	E10	E11	E12	Parc	moy/éol
Chiroptères	3.1	0	0	3.1	0	0	6.5	1.1
Oiseaux	0	3.5	2.6	3.1	4.2	12.0	25.9	4.3

**Tableau XIV : estimation de la mortalité des chiroptères et des oiseaux pour chacune des éoliennes du parc du Moulin de Pierre par la formule de Huso ( $\hat{\epsilon}=1$  ;  $p=0.38$ )**

Huso=C/(Axdxêxp)	E4	E5	E6	E10	E11	E12	Parc	moy/éol
Chiroptères	2.4	0	0	2.4	0	0	5.1	0.9
Oiseaux	0	2.8	2.1	2.4	3.3	9.5	20.6	3.4

Selon la méthode utilisée, les estimations de mortalité varient entre **0,9 et 1,8 cadavres de chauves-souris par éolienne et par an**, et entre **3,4 et 7,2 cadavres d’oiseaux par éolienne et par an**.

En comparaison avec le suivi de 2018, ces résultats montrent un net fléchissement de la mortalité pour le groupe des chiroptères, mais en revanche une augmentation significative de l’impact du parc sur l’avifaune, le bilan global, tous groupes confondus, restant équivalent (**tab. XVI**) :

**Tableau XV : comparaison de la mortalité sur le parc du Moulin de Pierre entre 2018 et 2019**

Éolienne N°	E4	E5	E6	E10	E11	E12	Total
Nombre de cadavres de chiroptères trouvés en 2018	0	2	0	3	3	2	10
Nombre de cadavres de chiroptères trouvés en 2019	1	0	0	1	0	0	2
<b>Tendances :</b>							
Nombre de cadavres d’oiseaux trouvés en 2018	0	0	0	0	0	0	0
Nombre de cadavres d’oiseaux trouvés en 2019	0	1	1	1	1	4	8
<b>Tendances :</b>							
Nombre de cadavres (tous groupes) trouvés en 2018	0	2	0	3	3	2	10
Nombre de cadavres (tous groupes) trouvés en 2019	1	1	1	2	1	4	10
<b>Tendances :</b>							

## 5- Conclusion

Le suivi de mortalité effectué en 2019 sur le parc du Moulin de Pierre a conduit à recenser un total de 10 cadavres, dont 2 chauves-souris et 8 oiseaux. La répartition des cadavres fait apparaître une sensibilité plus forte pour E12 pour le groupe des oiseaux, avec une mortalité qui semble étroitement liée aux vagues de migrations post-nuptiales.

### III- CONCLUSIONS

Les suivis effectués en 2019 sur le parc du Moulin de Pierre avaient pour objectifs d'analyser l'activité des chauves-souris à l'échelle du parc, à partir de campagnes de terrain saisonnières et d'enregistrements automatisés des batcorders installés au niveau des éoliennes E5 et E11, et d'assister l'équipe en charge du suivi de mortalité.

**Le suivi d'activité au sol** a permis de recenser 7 espèces de chauves-souris à l'échelle du parc, avec une activité de niveau « moyen » aussi bien en été qu'en automne, et une répartition plutôt diffuse des chiroptères sur l'ensemble du site, où les ressources trophiques restent très éparses (grandes cultures).

**L'analyse des signaux des quatre batcorders** positionnés au niveau des éoliennes E5 et E11 a permis d'évaluer la proportion du peuplement qui évolue en altitude, dont l'activité représente environ un quarantième de celle enregistrée au niveau du sol. La composition des peuplements diffère sensiblement en altitude, où la Noctule commune est l'espèce dominante, par rapport au cortège recensé au sol, largement dominé par la Pipistrelle commune. La répartition saisonnière de l'activité s'est avérée plus significative en période estivale, avec 60% de l'activité totale sur les deux mois d'été (juillet et d'août).

**Le suivi de mortalité** a conduit à comptabiliser 2 cadavres de chauves-souris et 8 cadavres d'oiseaux, avec pour ces derniers une mortalité plus significative au niveau de l'éolienne E12. Par rapport aux suivis de 2018, une forte baisse de la mortalité a été notée pour les chiroptères, tandis qu'une incidence significative est apparue sur les oiseaux, avec des impacts qui semblent centrés sur les phases de migrations post-nuptiales.



## BIBLIOGRAPHIE CITÉE OU CONSULTÉE

**Anonyme, 2018** – Liste des habitats et espèces déterminantes de la région Centre Val de Loire. Dreal Centre-Val de Loire, Fichier Excel.

**Arthur L., Lemaire M., 2015** - Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Biotope (Mèze), coll. Parthénope, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 2ème éd.: 544 p.

**Barataud M., 1994** – Identification sur le terrain des Chiroptère français grâce à un détecteur d'ultrason. Actes des 5ème rencontres nationales « chauves-souris » à Bourges, SFPEM, Bourges, p. 19-22.

**Barataud M., 1996** - Ballades dans l'in audible, Sittelle éd.: 48 p, + 2 cd.

**Barataud , M., 2002** – Méthode d'identification acoustique des chiroptères d'Europe : mise à jour printemps 2002. Sittelle, Mens, CD + livret non paginé.

**Barataud M., 2012** – Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe. Identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse. Biotope & MNHN éd.s., coll. Inventaire & biodiversité : 344 p. + cd audio.

**Boyer P., Chatton T., Dohogne R., 2009** - Diagnostic des zones de sensibilité pour les chiroptères vis-à-vis des projets éoliens dans le département de l'Indre. Indre Nature, Châteauroux: 115 p.

**Brinkmann R., 2006** - Études sur les impacts potentiels liés au fonctionnement des éoliennes sur les chauves-souris du district de Fribourg. Nichtamtliche Übersetzung: 77 p.

**Brosset A., 1966** – La biologie des chiroptères. Masson et Cie éd., Paris : 240 p.

**CSRPN, 2012** - Liste rouge des chauves-souris de la région Centre (2012): 1 p.

**CSRPN, 2015** - Liste rouge des espèces de mammifères déterminantes: les chiroptères. Liste actualisée et validée en CSRPN du 15 décembre 2015 : 3 p.

**Dietz C., Helversen O. Von, 2004** - Clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe. Publication électronique, Version 1.0 publiée le 5.12.2004, Tuebingen & Erlangen (Allemagne).

**Dietz C., Helversen O. von, Nill D., 2009** - L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord. Biologie, caractéristiques, protection. Delachaux & Niestlé éd.s., Neuchâtel: 400 p.

**DIREN Centre, 2008** - Note d'orientation des études d'impact pour les projets de parcs éoliens. Diren Centre: 5 p.

**DIREN-CENTRE & CSRPN, 2003** - Guide des espèces et des milieux déterminants en région Centre. Actualisation de l'inventaire régional des Znieff. Document validé par le CSRPN le 8 janvier 2003 : 79 p.

**DREAL Centre, 2012** - Actualisation de l'inventaire régional des zones naturelles d'intérêt  
*Les Snats : Suivis chiroptères – Parc éolien du Moulin de Pierre (28) – Saison 2019 – p.59*

écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF). Guide des espèces et milieux déterminants en région Centre. Date de première validation par le CSRPN : 8 janvier 2003. Document actualisé le 17/01/2012: 75 p.

**Dufrêne L., 2018** - Suivi chiroptérologique d'un parc éolien sur les communes du Pré-Saint-Martin et du Gault-Saint-Denis (28). Année 2018. Bureau d'études Léa Dufrêne (Forges-les-Bains, 91), Zéphyr (Saint-Avertin, 37): 72 p.

**Dulac P., 2010** - Bilan de 3,5 années de suivi de la mortalité des chiroptères sous les éoliennes de Bouin (Vendée). Symbiose, nouv. Ser., 25: 32-36.

**Gourmand A.-L., 2009** - Les Chiroptères – Plan régional d'actions 2009-2013 - Région Centre. Sologne Nature Environnement : 67 p.

**Groupe Chiroptères de la SFEPM, 2016** - Suivi des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de chiroptères, Version 2.1 (février 2016). Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, Paris, 17 pp.

**Hodos, W., Potocki, A., Srom, T. & Gaffney, M., 2001** - Reduction of Motion Smear to Reduce Avian Collisions with Wind Turbines. In Proceedings of National Avian - Wind Power Planning Meeting IV (ed. PNAWPPM-IV), pp. 88-106. Prepared for the Avian Subcommittee of the National Wind Coordinating Committee by RESOLVE, Inc., Washington, D.C., Susan Savitt Schwartz, Carmel, California.

**Hötker, H., Thomsen, K.-M. & H. Jeromin, 2006** - Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources: the example of birds and bats - facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen.

**Huso M., Som N. & Ladd L., 2012** - Fatality estimator user's guide (ver. 1.1, December 2015): U.S. Geological Survey Data Series 729, 22 p., <http://dx.doi.org/10.3133/ds729>.

**IEA (Institut d'Ecologie Appliqué), Coüasnon L., 2005** - Etude des enjeux faunistiques et paysagers liés à l'installation de parcs éoliens en Beauce. Diren Centre: 196 p.

**IUCN, 2008** - The IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org>

**Jones G., Cooper-Bohannon R., Barlow K. & Parsons K., 2009** - Scoping and method development report: determining the potential ecological impact of wind turbines on bat populations in Britain. University of Bristol and Bat Conservation Trust, London, 150 pp.

**Léger F., 1992** - Sur la présence de la Pipistrelle de Kuhl *Pipistrellus kuhlii* (Kuhl, 1819) en Eure-et-Loir, Loir-et-Cher et Sarthe. Bull. Soc. Amis Mus. Chartres Nat. Eure-et-Loir, 11: 2-5.

**Léger F., 1995** - Notes sur les chiroptères du département de l'Eure-et-Loir. Bull. Soc. Amis Mus. Chartres Nat. Eure-et-Loir, 15 : 44-55.

**Marx G., 2017** - Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune. Etude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015. LPO, Rochefort (17): 92 p.

**MEEDDM, 2015** - Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres. Mise à jour,

novembre 2015: 40 p.

**Meschede A., Heller K.G., 2003** – Ecologie et protection des chauves-souris en milieu forestier. Le Rhinolophe, 16 : 1-214 (adaptation française).

**MTES (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire), 2018** - Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres. Révision 2018: 20 p.

**Niermann I., Brinkmann R., Behr O., Korner-Nievergelt F., Mages J., 2009** - Recherche systématique de cadavres – Conditions méthodologiques, méthodes d'analyse statistique et résultats. Conférences sur les méthodes d'analyse et de réduction des risques de collision des Chiroptères avec les éoliennes onshore, Traduit de l'allemand par Nathalie Delarbre, traductrice technique allemand-anglais (nathaliedelarbre@hotmail.com) Octobre 2009: 10-11.

**Pratz J.L., 2010** - Deuxième programme de suivis avifaunistiques et chiroptérologiques des parcs éoliens de la région Centre. Programmation prévisionnelle 2010-2016. CDC Biodiversité : 28 p.

**Rodrigues L., Bach L., Dubourg-Savage M.-J., Goodwin J. & C. Harbush, 2008** - Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. EUROBATS Publication Series No. 3 (version française). PNUE/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany, 55 pp.

**Rodrigues L. et al., 2015** - Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. Actualisation 2015. EUROBATS Publication Series N° 6 (version française). UNEP/EUROBATS Secrétariat, Bonn, Allemagne, 133 p.

**SFEPM (Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères), 2006** - Recommandations pour une expertise chiroptérologique dans le cadre d'un projet éolien. Résumé synthétique de la démarche. SFEPM, Bourges: 7 p. (document disponible sur [www.sfepm.org](http://www.sfepm.org)).

**SER (Syndicat des Energies Renouvelables), SFEPM (Société Française d'Etudes et de Protection des Mammifères), LPO (Ligue pour la Protection des Oiseaux), 2010** – Protocole d'étude chiroptérologique sur les projets de parcs éoliens. Première étape : document de cadrage. SER : 8 pp.

**Sierro A., Arlettaz R., 1997** - Barbastelle bats (*Barbastella* spp.) specialize in the predation of moths : implications for foraging tactics and conservation. *Acta Oecologia*, 18(2) : 91-106.

**Sirot B., 2008** - Guide des habitats naturels déterminants Znieff de la région Centre. Dreal Centre, CBN-BP: 97 p.

**Turpinier Y., 1996** - L'univers acoustique des chiroptères d'Europe, Soc. Linn. Lyon: 133 p.

**UICN France, MNHN, SFEPM & ONCFS, 2009** - La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Mammifères de France métropolitaine. Paris, France: 12p.

**Winkelmann J.E., 1989** - Birds and the wind park near Urk: collision victims and disturbance of ducks, geese and swans. RIN Rep. 89/15. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem, The Netherlands. Pp.122-166, in: Proceedings of National Avian-Wind Power Planning Meeting, Lakewood, Colorado, July 20-21, 1994. 145 p.

## Annexe 1 - Données brutes des suivis chiroptérologiques au sol

### a- Campagne du 20/07/2019 :

CD_NOM	Nom scientifique	Nom français	PE01	PE02	PE03	PE04	PE05	PE06	PE07	PE08	PE09	PE10	PE11	PE12
60479	Pipistrellus pipistrellus	Pipistrelle commune	2	1	3	4	1	1	2	1	4	4	71	289
79303	Pipistrellus kuhlii	Pipistrelle de Kuhl								1			30	9
200118	Myotis daubentonii	Murin de Daubenton												1
60345	Barbastella barbastellus	Barbastelle d'Europe												4
		_total espèces	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	4
		_total contacts	2	1	3	4	1	1	2	2	4	4	101	303
		heure début	22h30	22h46	22h59	23h10	23h21	23h32	23h44	23h57	0h08	0h20	21h50	21h50
		heure fin	22h42	22h58	23h09	23h20	23h31	23h42	23h54	0h07	0h18	0h30	6h50	6h50
		_temps	12	12	10	10	10	10	10	10	10	10	540	540
		activité/h	10	5	6	24	6	6	12	12	24	24	11	34
		type de relevé	actif	passif	passif									
		coordonnées	wpt137	wpt146	wpt147	wpt144	wpt138	wpt139	wpt140	wpt141	wpt142	wpt143	wpt136	wpt145

### b- Campagne du 12/09/2019 :

CD_NOM	Nom scientifique	Nom français	PE01	PE02	PE03	PE04	PE05	PE06	PE07	PE08	PE09	PE10	PE11	PE12
60479	Pipistrellus pipistrellus	Pipistrelle commune	1		2	8	7	4	2	5	2	12	410	111
79303	Pipistrellus kuhlii	Pipistrelle de Kuhl					1	1					25	14
200118	Myotis daubentonii	Murin de Daubenton												2
60345	Barbastella barbastellus	Barbastelle d'Europe												10
60468	Nyctalus noctula	Noctule commune					1							1
60360	Eptesicus serotinus	Sérotine commune											2	3
60527	Plecotus austriacus	Oreillard gris												2
		_total espèces	1	0	1	1	3	2	1	1	1	1	3	7
		_total contacts	1	0	2	8	9	5	2	5	2	12	437	143
		heure début	21h26	23h08	22h56	22h44	21h13	21h40	21h53	22h07	22h19	22h32	20h26	20h26
		heure fin	21h36	23h18	23h06	22h54	21h23	21h50	22h03	22h17	22h29	22h42	7h42	7h42
		_temps	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	436	436
		activité/h	6	0	12	48	54	30	12	30	12	72	60	20
		type de relevé	actif	passif	passif									
		coordonnées	wpt137	wpt146	wpt147	wpt144	wpt138	wpt139	wpt140	wpt141	wpt142	wpt143	wpt136	wpt145

## Annexe 2 – coordonnées géographiques des points d'écoutes

N° Waypoint	Point d'écoute	X L93	Y L93	Type de point d'écoute	Modèle détecteur
wpt137	PE01	586364.4197	6793565.999	actif	d240x
wpt146	PE02	587151.2561	6793436.401	actif	d240x
wpt147	PE03	587258.2666	6793902.575	actif	d240x
wpt144	PE04	587351.4177	6794386.162	actif	d240x
wpt138	PE05	585960.5138	6793314.113	actif	d240x
wpt139	PE06	586060.3275	6793918.695	actif	d240x
wpt140	PE07	585417.1447	6793945.599	actif	d240x
wpt141	PE08	586395.9518	6794580.032	actif	d240x
wpt142	PE09	586747.1012	6794739.794	actif	d240x
wpt143	PE10	587490.6129	6794806.423	actif	d240x
wpt136	PE11	586673.8132	6793171.329	passif	SM4
wpt145	PE12	585026.8428	6794820.9	passif	SM4
E5	MP05	585961.7216	6794313.968	suivi continu	batcorder
E11	MP11	586519.1525	6793417.619	suivi continu	batcorder