

Parc éolien du Moulin de Feugères

Etude Chiroptères compléments Moulin de Pierre 2020



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 2020

10 février 2021



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 - Internet : <http://www.les-snats.com>

SOMMAIRE

TABLES DES CARTES :	3
TABLES DES FIGURES :	3
TABLE DES TABLEAUX :	4
TABLE DES PHOTOS :	4
INTRODUCTION : RAPPEL DES OBJECTIFS	5
I- SUIVI DE L'ACTIVITÉ DES CHIROPTÈRES	6
A- MÉTHODES	6
1- Dispositif de suivi	6
2- Matériel utilisé	6
3- Traitements des données acoustiques	7
4- Limites de la méthode et problèmes rencontrés	8
B- RÉSULTATS	8
1- Analyse de l'activité	8
1.1- Activité globale :	8
1.2- Analyse du peuplement :	9
1.3- Analyse saisonnière de l'activité :	12
1.4- Analyse journalière de l'activité :	14
1.5- Analyse de l'activité horaire :	15
1.6- Analyse de l'activité en fonction de la température :	16
1.7- Analyse de l'activité en fonction de la vitesse du vent :	18
1.8- Conclusion sur le suivi au niveau des éoliennes E5 et E11 :	19
2- Résultats par espèces	19
II- SUIVI DE MORTALITÉ DES CHIROPTÈRES	22
A- MÉTHODES	22
1- Dispositif de suivi	22
2- Réalisation pratique des relevés	22
B- RÉSULTATS	24
1- Résultats bruts par machine	24
2- Identification des espèces	25
2.1- Chiroptères	25
2.1- Oiseaux	27
3- Localisation des cadavres	28
4- Estimation de la mortalité	29
5- Conclusion	33
III- CONCLUSIONS	33
BIBLIOGRAPHIE CITÉE OU CONSULTÉE	34

Photo de couverture : parc éolien du Moulin de Pierre

Analyse des données acoustiques : Loup Carrière
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)	5
---	---

TABLES DES FIGURES :

Figure 1 (à gauche) : principe de l'installation du batcorder dans la nacelle (source : www.wildcare.eu)	7
Figure 2 : exemple de spectrogramme rapporté à une Pipistrelle du groupe kuhl/nathusius (MP05_bottom, enregistrements du 08/04/2020).	8
Figure 3 : proportion des contacts enregistrés au sol et en altitude au niveau des éoliennes E5 et E11 9	
Figure 4 : répartition des contacts par espèce pour l'ensemble des détecteurs.....	10
Figure 5 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders de E5	11
Figure 6 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders de E11	11
Figure 7 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders « bottom »	12
Figure 8 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders « top »	12
Figure 9 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-bottom de E5	13
Figure 10 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-top de E5.....	13
Figure 11 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-bottom de E11	13
Figure 12 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-top de E11.....	13
Figure 13 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcorders de E5	13
Figure 14 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcorders de E11	13
Figure 15 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcorders « bottom ».....	13
Figure 16 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcorders « top »	13
Figure 17 : répartition mensuelle des contacts de chiroptères (total des 4 batcorders)	14
Figure 18 : répartition journalière de l'activité des chiroptères au niveau des batcorders « bottom » (exprimée en nombre de contacts par nuit).....	15
Figure 19 : répartition journalière de l'activité des chiroptères au niveau des batcorders « top » (exprimée en nombre de contacts par nuit).....	15
Figure 20 : répartition des contacts par tranche d'une heure à partir du coucher du soleil pour les batcorders « bottom ».....	16
Figure 21 : répartition des contacts par tranche d'une heure à partir du coucher du soleil pour les batcorders « top »	16
Figure 22 : activité enregistrée au niveau des deux batcorders « bottom » en fonction de la température (en nombre de contacts par tranche de 1°C)	17
Figure 23 : activité enregistrée au niveau des deux batcorders « top » en fonction de la température (en nombre de contacts par tranche de 1°C).....	17
Figure 24 : répartition des contacts (batcorders bas) en fonction de la vitesse du vent.....	18
Figure 25 : répartition des contacts (batcorders haut) en fonction de la vitesse du vent	18
Figure 26 : répartition mensuelle des contacts de Noctules (commune + leisler) au cours du suivi 2020	

.....	20
Figure 27 : répartition mensuelle des contacts de Pipistrelle de Kuhl au cours du suivi 2020.....	21
Figure 28 : exemple de fiche de terrain pour le suivi de mortalité chiroptères	22
Figure 29 : exemple d'exploitation des traces GPS enregistrées par le prospecteur (02/01/2020, E5)...	23
Figure 30 : 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)	24
Figure 31 : aire de découverte des cadavres en 2018, 2019 et 2020.....	28

TABLE DES TABLEAUX :

Tableau I : activité par espèce et par batcorder (nombre de contacts pour l'ensemble du suivi 2020) .	10
Tableau II : statut des chiroptères identifiés sur le site	19
Tableau III : comparaison des peuplements de chiroptères entre les suivis de 2019 et de 2020	20
Tableau IV : cadavres d'oiseaux et de chauves-souris trouvés sur le site du Moulin de Pierre	24
Tableau V : répartition spécifique des cadavres récoltés lors du suivi de mortalité	27
Tableau VI : position des cadavres par rapport aux pieds des éoliennes	28
Tableau VII : estimation des surfaces prospectables par éolienne et par suivi (en % de la surface de 1,44 ha).....	29
Tableau VIII : résultats des tests d'efficacité de recherche effectués en 2018 sur le parc du Moulin de Pierre (d'après Dufrière, 2018).....	30
Tableau IX : résultats des tests de prédation (calculé d'après Dufrière, 2018)	31
Tableau X : estimation de la mortalité des chiroptères et des oiseaux pour chacune des éoliennes du parc du Moulin de Pierre par la formule de Winkelman.....	32
Tableau XI : estimation de la mortalité des chiroptères et des oiseaux pour chacune des éoliennes du parc du Moulin de Pierre par la formule de Jones ($\hat{e}=1$; $p=0.3$).....	32
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 Huso ($\hat{e}=1$; $p=0.38$).....	32
Tableau XIII : comparaison de la mortalité sur le parc du Moulin de Pierre entre 2018 et 2020.....	32

TABLE DES PHOTOS :

Photo 1 : mat au pied de l'éolienne E5	6
Photo 2 : mat au pied de l'éolienne E11	6
Photo 3 (à droite) : boîtier du batcorder	7
Photo 4 : plateforme, aire de service, chemin d'accès et cultures adjacentes autour de E4.....	23
Photo 5 : mesure du 5 ^{ème} doigt sur un cadavre de Pipistrelle commune	25
Photo 6 : Pipistrelle commune en mauvais état de conservation (trouvée sur E12 le 23/09/2020)	26
Photo 7 : Pipistrelle commune (trouvée sur E12 le 06/08/2020)	26
Photo 8 : Pipistrelle commune (trouvée sur E11 le 16/09/2020)	26
Photo 9 : Pipistrelle commune (trouvée sur E5 le 23/09/2020)	26
Photo 10 : Noctule commune (trouvée sur E10 le 19/08/2020)	26
Photo 11 : Roitelet à triple bandeau trouvé sur E10 le 15/10/2020	27

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 (28800). Ce suivi comprend deux volets distincts :

- ✓ Un **suivi d'activité** basé 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 ;
- ✓ **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 2020.

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

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, puis laissés en place pendant toute la saison 2020. 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 : mat au pied de l'éolienne E5



Photo 2 : mat au pied de l'éolienne E11

2- Matériel utilisé

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 limitant les sons inférieurs à 16 kHz est actionné afin d'éviter le remplissage des cartes mémoire par des bruits parasites, les ultrasons des chauves-souris ne descendant pratiquement 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 s'étendre dans la gamme des ultrasons, 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)

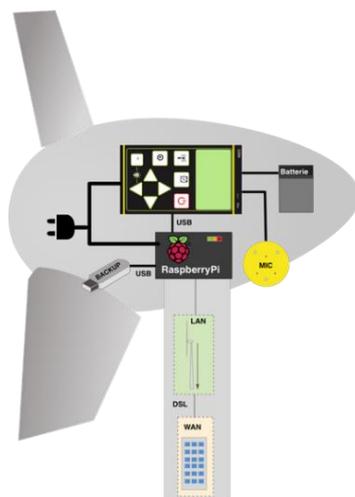


Photo 3 (à droite) : boîtier du batcorder



Les quatre batcorders des éoliennes E5 et E11 ont fonctionné en continu entre le 01/01/2020 et le 31/10/2020, date à laquelle ont été arrêtés les téléchargements de données, l'activité étant alors devenue négligeable. Les premiers signaux ont été captés le 11/03 sur le batcorder au pied de l'éolienne E11 (un contact de Noctule commune en milieu de nuit), le dernier contact ayant été capté le 28/10 sur le même batcorder (1 Pipistrelle commune à 3h30 du matin).

Au total, les données récupérées grâce aux 4 batcorders ont permis de couvrir une période continue de 231 nuits entre le 13/03 et le 28/10, soit l'équivalent de 924 nuits d'écoute à l'échelle du parc éolien.

3- Traitements des données acoustiques

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.

L'analyse manuelle s'appuie sur les 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, 2020), basée sur l'analyse des divers critères acoustiques : type de signal (fréquence constante, fréquence modulée, fréquence abrupte), fréquence terminale, largeur de la bande de fréquence, rythme, la présence de pic d'énergie, évolution de la structure des signaux à l'approche d'obstacle...



4- Limites de la méthode et problèmes rencontrés

Les principales 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. Ce problème tient au fait que les batcorders utilisent un tampon temporel d'une durée maximale de 800 millisecondes (durée à partir de laquelle l'enregistrement s'arrête lorsqu'il n'y a plus de cris), ce qui est parfois trop court pour saisir d'éventuelles successions de signaux émis par les chiroptères.

En dehors des questions liées à la durée des signaux, 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 ».

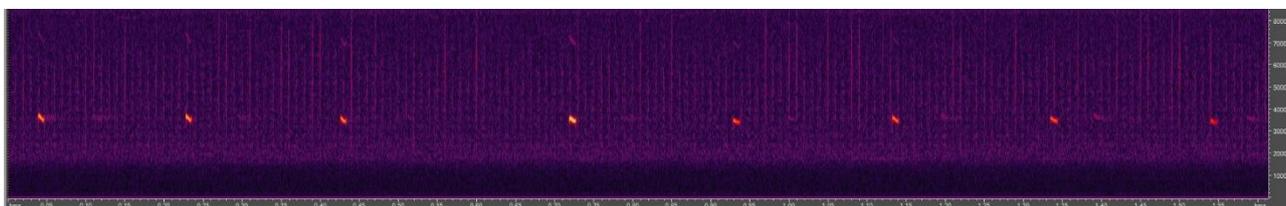


Figure 2 : exemple de spectrogramme rapporté à une Pipistrelle du groupe kuhl/nathusius (MP05_bottom, enregistrements du 08/04/2020).

B- RÉSULTATS

1- Analyse de l'activité

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.

1.1- Activité globale :

8 417 contacts de chiroptères ont été recueillis au total au niveau des 4 batcorders, au cours de la saison 2020, soit une activité globale légèrement supérieure à celle notée en 2019 sur le même dispositif de suivi (total de 7 007 contacts en 2019). La répartition en altitude de ces contacts montre que 92,5% de l'activité a été notée au niveau des batcorders situés aux pieds des éoliennes E5 et E11, contre seulement 7,5% au niveau des nacelles de ces mêmes éoliennes, soit un rapport d'environ 1 pour 12 entre l'activité au sol et celle relevée en altitude, ces distributions étant à peu près comparables pour E5 et E11 (**fig. 3**).

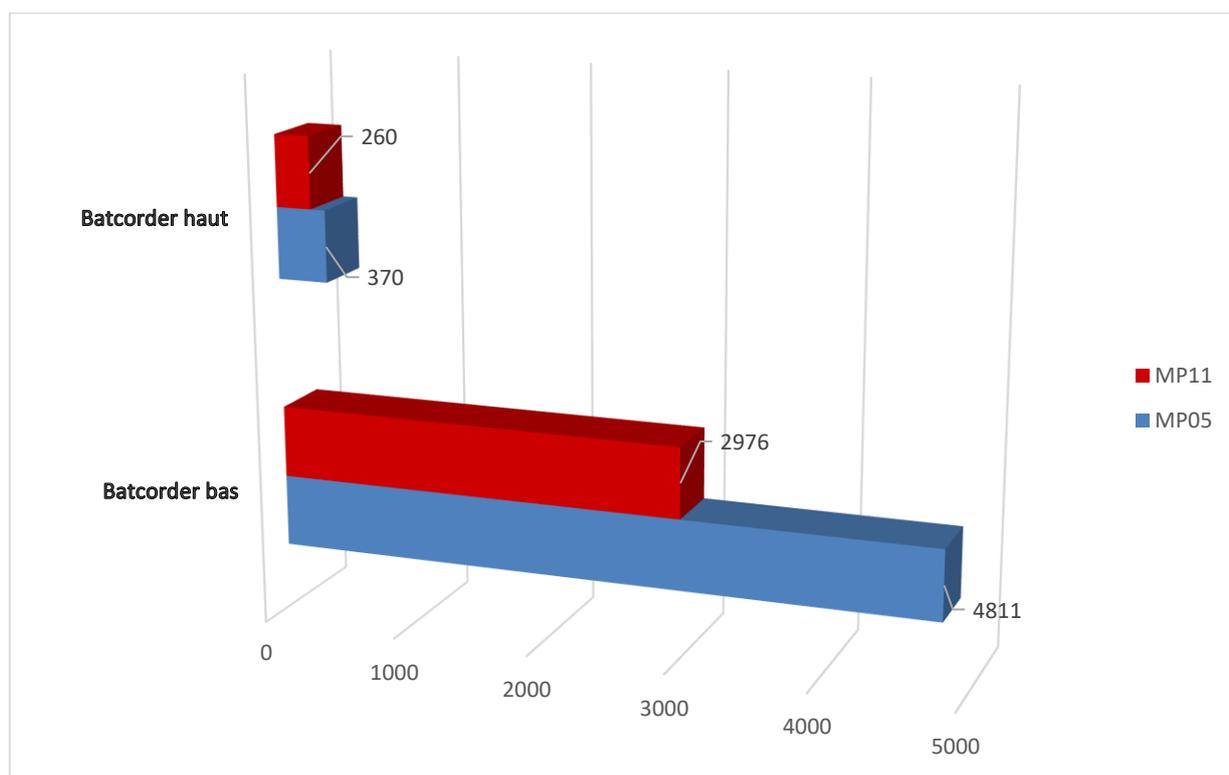


Figure 3 : proportion des contacts enregistrés au sol et en altitude au niveau des éoliennes E5 et E11

La durée moyenne des séquences enregistrées est de 1,712 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 durée moyenne est comparable à celle notée en 2019 qui était de 1,8 seconde par contact. Cette estimation de l'activité est cependant différente de celle utilisée pour les suivis au sol (1 contact = 1 séquence \leq 5 secondes), le découpage en plage de 5 secondes n'étant pas possible avec les batcorders du fait de la durée limitée du buffer (tampon de 800 ms). 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.

Il existe une autre méthode, moins employée, qui consiste à comptabiliser l'occurrence des espèces par tranche d'une minute, puis de rapporter cette activité à une durée standard d'une heure (l'activité variant alors de 0 à 60). Dans le cas des batcorders, le nombre total de minutes pour lesquelles des contacts ont été enregistrés au cours de l'année est de 7 328, ce qui correspond au même ordre de grandeur que le décompte de contacts effectué à partir du nombre d'enregistrement.

Dans tous les cas, l'activité horaire est extrêmement faible, du fait du nombre total d'heures d'enregistrement (proche de 10 000 heures en tout pour les 4 batcorders), l'activité moyenne étant inférieure à 1 contact par heure.

1.2- Analyse du peuplement :

Onze espèces (et un groupe 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 I**.

Tableau I : activité par espèce et par batcorder (nombre de contacts pour l'ensemble du suivi 2020)

Espèces	MP05- bottom	MP05- Top	MP05 total	MP11- Bottom	MP11- Top	MP11 total	Total bottom	Total top	Total (MP05+MP11)
Barbastelle d'Europe	1		1	8		8	9		9
Sérotine commune	23	13	36	86	11	97	109	24	133
Murin de Daubenton	5		5			0	5		5
Grand Murin				4		4	4		4
Murin de Naterrer	1		1	2		2	3		3
Noctule de Leisler	52	102	154	170	33	203	222	135	357
Noctule commune	87	110	197	189	114	303	276	224	500
Pipistrelle de Kuhl	1375	20	1395	607	26	633	1982	46	2028
Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	13		13	11		11	24		24
Oreillard roux	1		1	2		2	3		3
Oreillard gris	7		7	21		21	28		28
Pipistrelle commune	3246	125	3371	1876	76	1952	5122	201	5323
<i>Total des espèces</i>	<i>11</i>	<i>5</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>5</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>5</i>	<i>12</i>
Total des contacts	4811	370	5181	2976	260	3236	7787	630	8417

Le peuplement recensé en 2020 est identique à celui noté lors du suivi de 2019, avec les mêmes 12 espèces recensées, et avec une distribution des contacts par espèces analogue à celle de 2019. Cette distribution comprend une espèce largement dominante (la Pipistrelle commune) et une espèce secondaire (la Pipistrelle de Kuhl) qui totalisent, à elles deux, 87% du nombre total de contacts (**figure 4**).

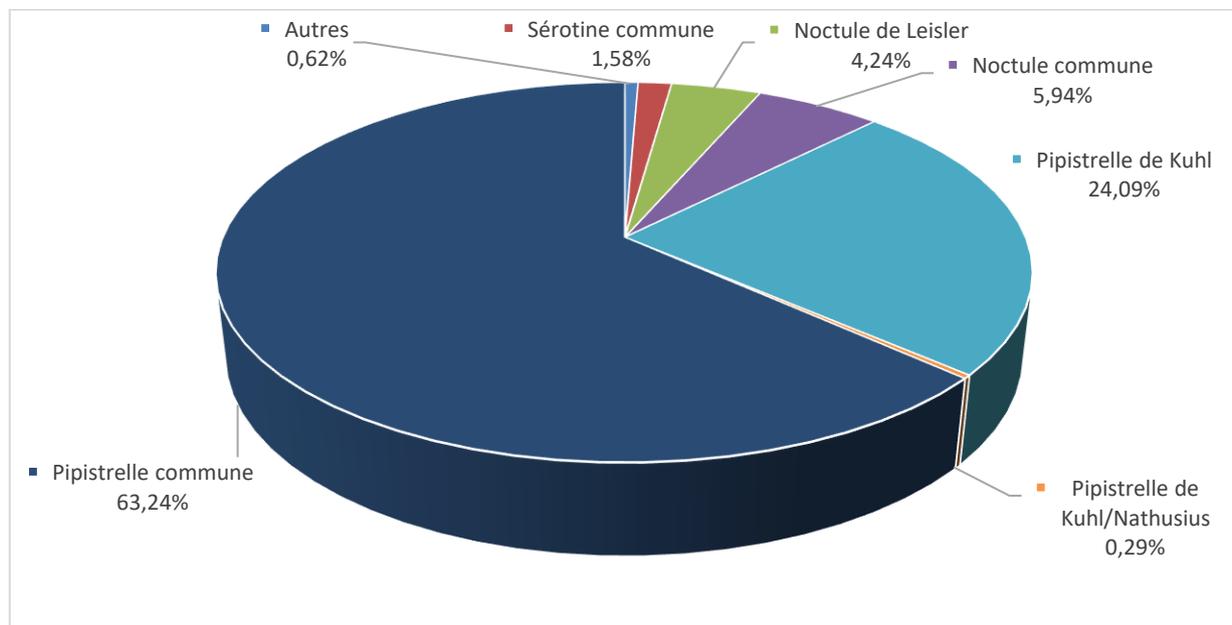


Figure 4 : répartition des contacts par espèce pour l'ensemble des détecteurs
(Autres : Barastelle, Murin de Faubenton, Murin de Nattere, Grand Murin, Oreillard gris et Oreillard roux)

Les différences de peuplement entre les éoliennes E5 et E11 sont peu marquées, et portent principalement sur les espèces à caractère occasionnel (Murin de Daubenton sur E5, Grand Murin sur E11). L'activité des deux espèces dominantes est toutefois plus significative sur E5, le nombre total de contacts étant un peu plus élevé que sur E11.

Les **figures 5 et 6** montrent la distribution par espèce des contacts recueillis respectivement au niveau des éoliennes E5 et E11.

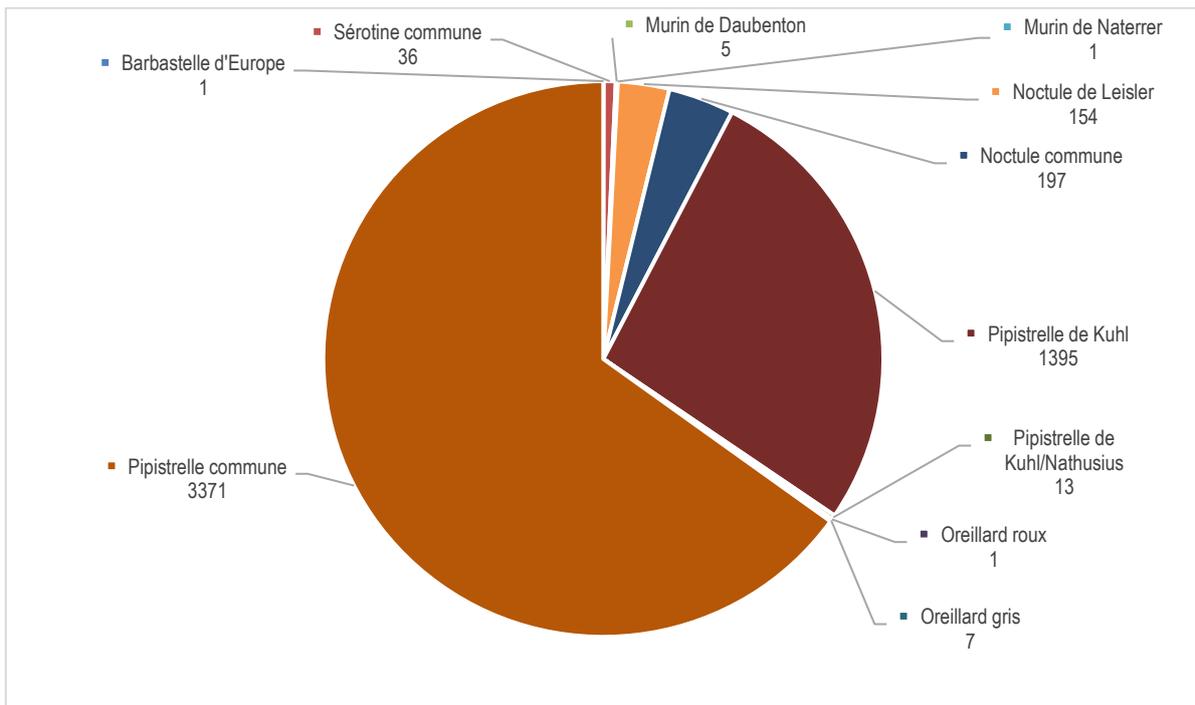


Figure 5 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders de E5

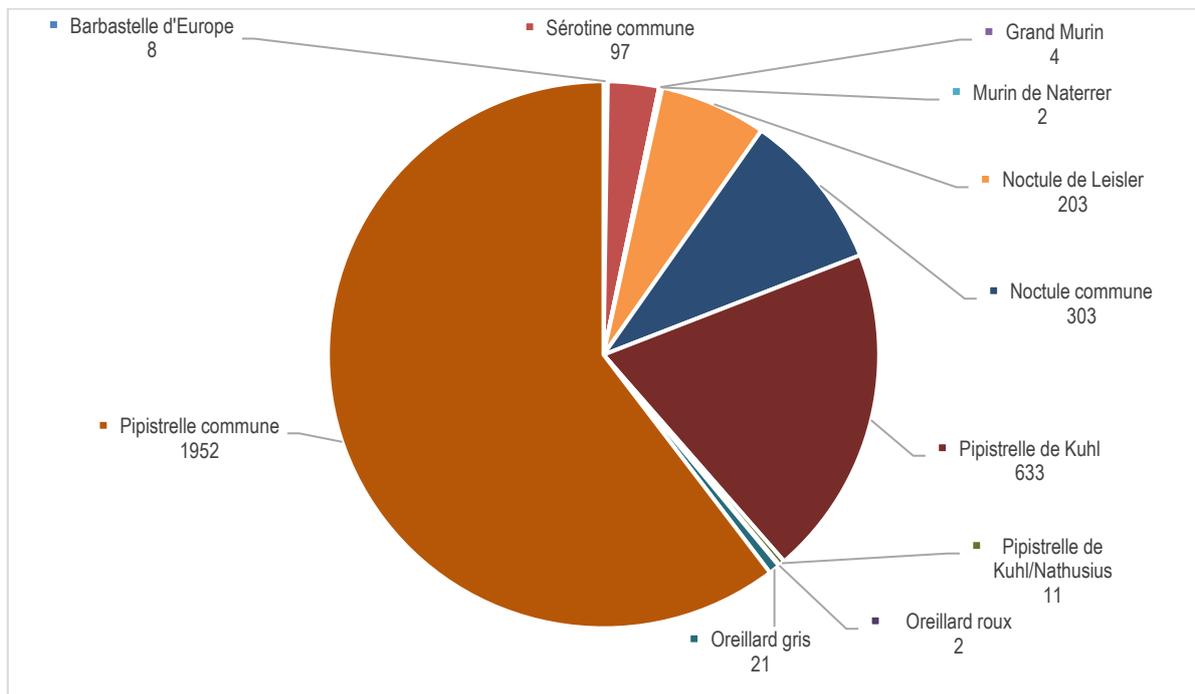


Figure 6 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders de E11

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 (5 espèces au total pour les deux batcorders « top » de E5 et E11 contre 12 espèces au niveau des batcorders « bottom »), avec une représentation proportionnellement importante du groupe des Noctules pour les relevés en altitude (**figures 7-8**).

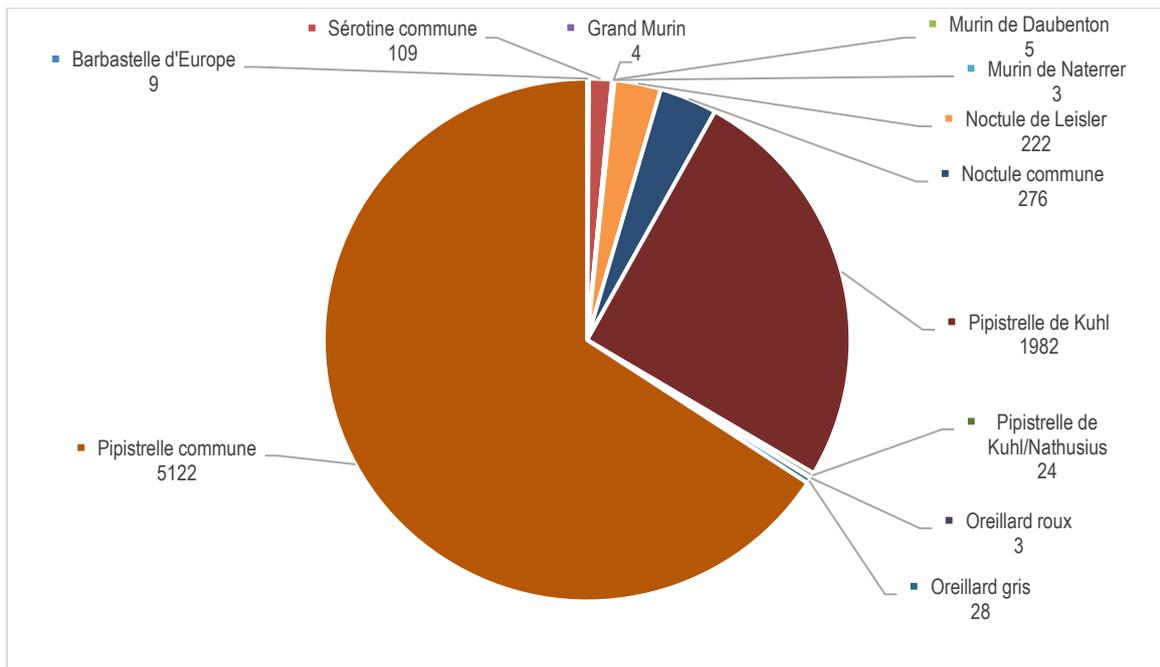


Figure 7 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders « bottom »

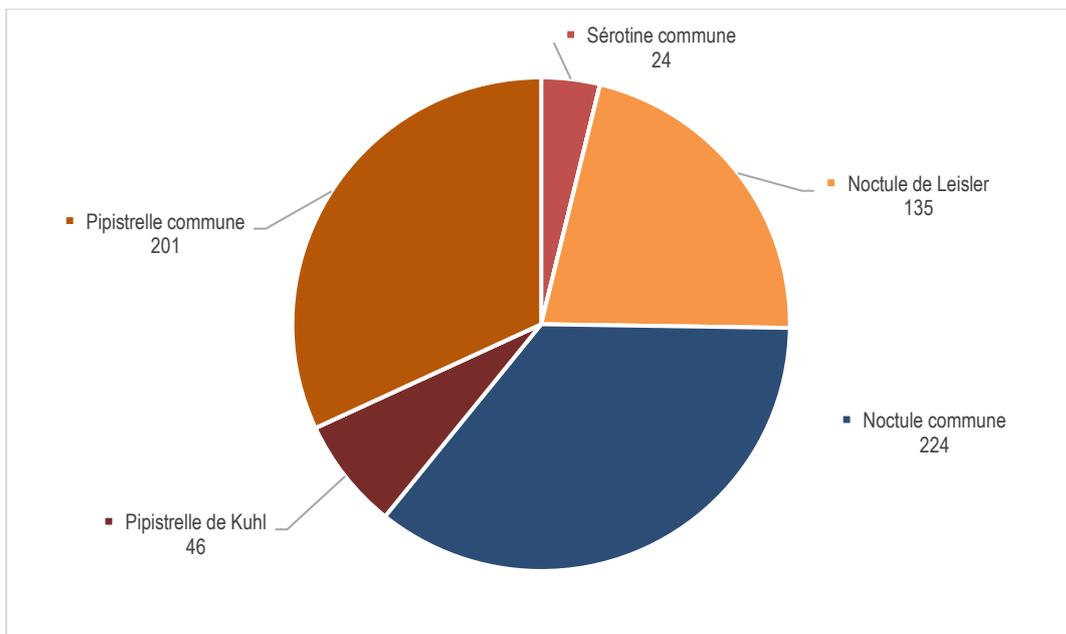


Figure 8 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders « top »

1.3- 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. Des différences apparaissent à la fois entre les éoliennes E5 et E11, la première montrant un pic d'activité en juin et la seconde en août. Des différences dans la distribution des contacts entre les batcorders « tops » et « bottom » font également apparaître des pics saisonniers décalés entre le niveau du sol et la nacelle, le maximum d'activité étant également enregistré en juin aux pieds des éoliennes, et en août en altitude. Ces résultats tendent à indiquer à la fois des modalités d'exploitation du site plutôt hétérogènes par les chiroptères, mais aussi la présence d'une fraction migratrice au sein du peuplement de chiroptères, avec un surcroît d'activité en altitude au moment du transit automnal.

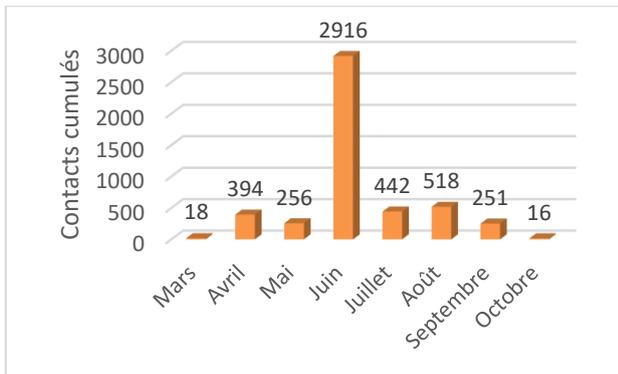


Figure 9 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-bottom de E5

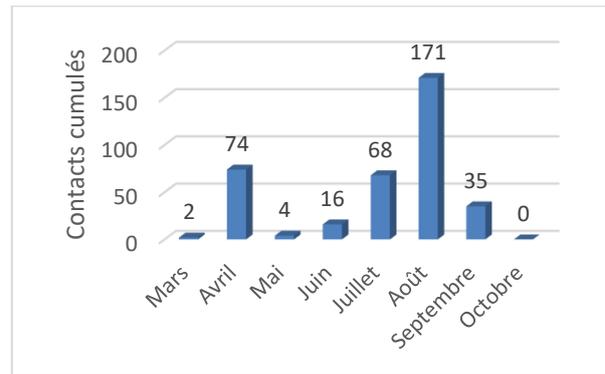


Figure 10 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-top de E5

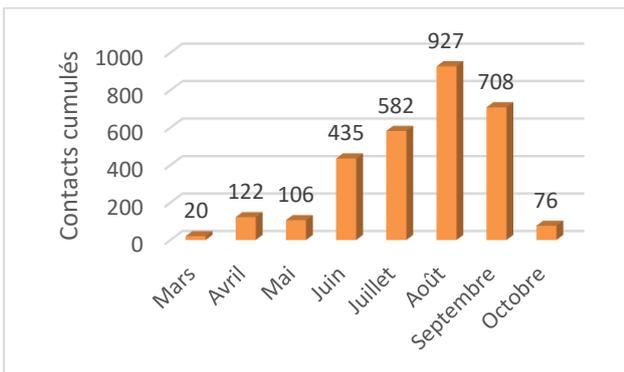


Figure 11 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-bottom de E11

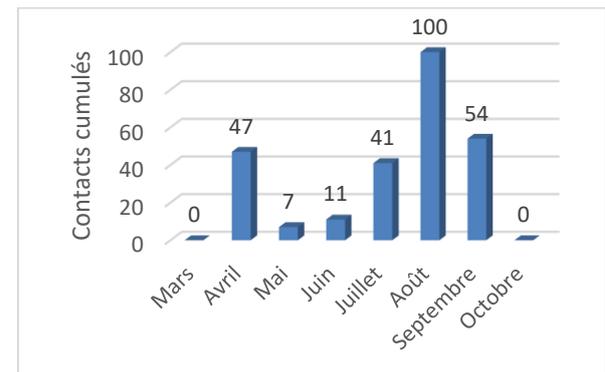


Figure 12 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-top de E11

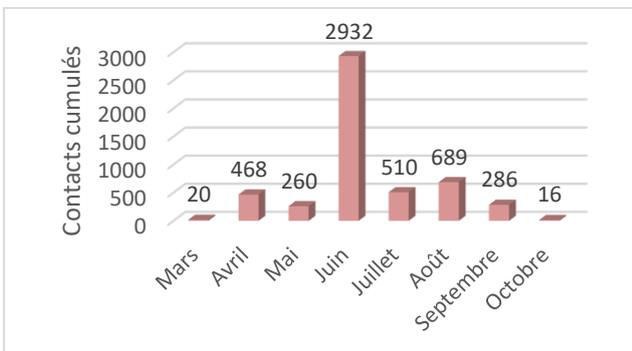


Figure 13 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcoders de E5

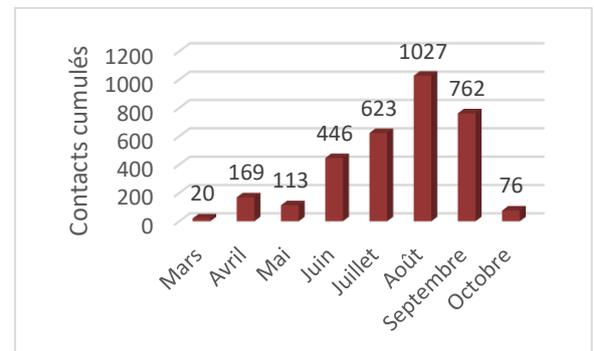


Figure 14 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcoders de E11

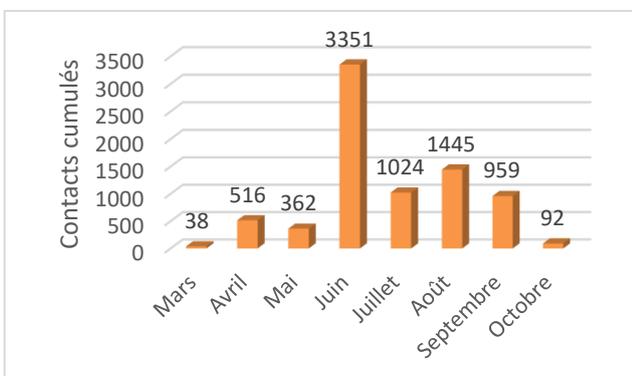


Figure 15 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcoders « bottom »

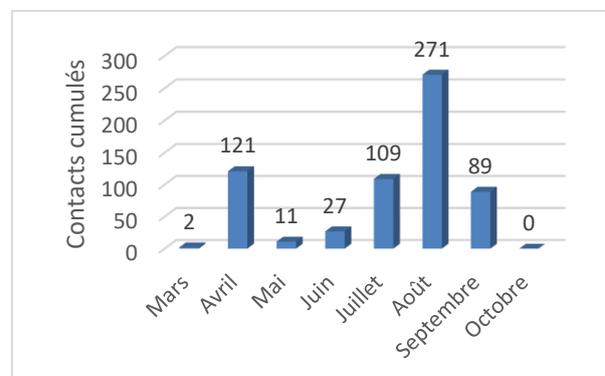


Figure 16 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcoders « top »

En cumulant les contacts des 4 batcorders (**fig. 17**), il apparaît que 40% des contacts sont obtenus au cours du mois de juin, le pic du mois d'août représentant environ 20% du nombre total de contacts. Le cumul de l'activité entre les mois de juin et de septembre représente en tout 86,4% du nombre total de contacts enregistré sur l'année entière.

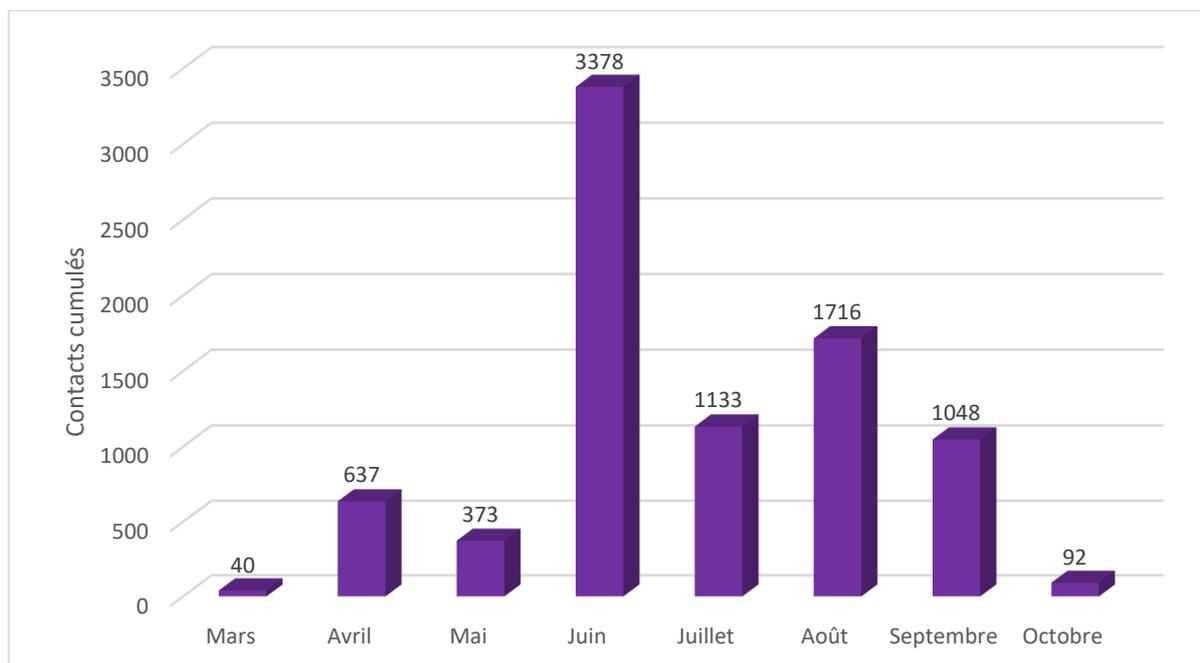


Figure 17 : répartition mensuelle des contacts de chiroptères (total des 4 batcorders)

En comparaison des données de 2019, on retrouve la présence de deux pics d'activité décalés, mais avec un premier pic qui intervient en juin, alors qu'il était centré sur le mois de juillet en 2019, le second pic restant constant en août. Comme en 2019, ces données tendent à indiquer la présence d'une composante locale, dont l'optimum d'activité se situe en fin de printemps ou en début d'été (juin-juillet), vraisemblablement en fonction des conditions météorologiques de l'année, et d'une composante migratrice à phénologie plus tardive en fin d'été (août-septembre). Dans tous les cas, l'activité en début de printemps (mars à mai) et en fin d'automne (octobre) reste faible à très faible.

1.4- 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 qui semblent plus marqués en période estivale dans le cas des batcorders « bottom » (**figure 18**), et des fluctuations plutôt centrées sur les périodes de transits printanier et automnal dans le cas des batcorders « top » (**figure 19**). Dans le cas des batcorders « bottom », un important pic d'activité a été noté dans la nuit du 20 juin, avec plus de 1 300 contacts cumulés dont 1 173 sur l'éolienne E5 et seulement 138 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, notamment lorsqu'il s'agit d'espèces à propriétés mellifères : tournesol (pic de floraison en juillet), colza (pic en avril), petit pois (pic en mai-juin)... Dans le cas de l'éolienne E5, les abords de la plateforme ont été semés en blé au printemps, puis moissonnés début juillet, ce qui semble exclure l'hypothèse d'un attrait lié à des plantes mellifères. En définitive, ces pics d'activité 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.

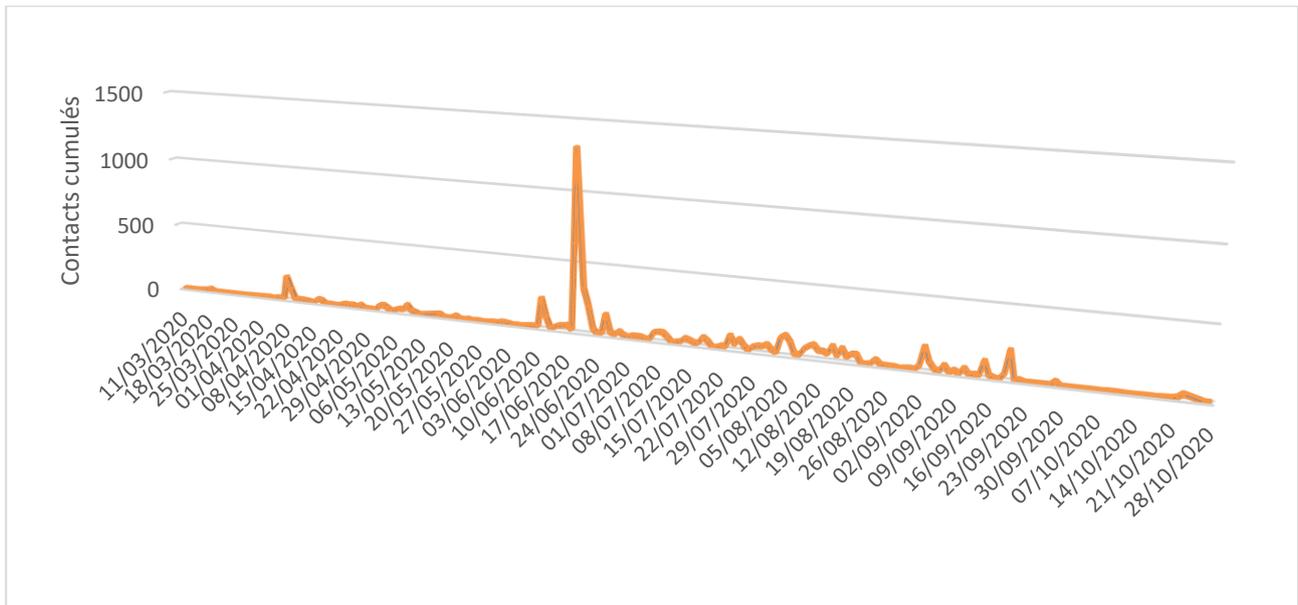


Figure 18 : répartition journalière de l'activité des chiroptères au niveau des batcorders « bottom » (exprimée en nombre de contacts par nuit)

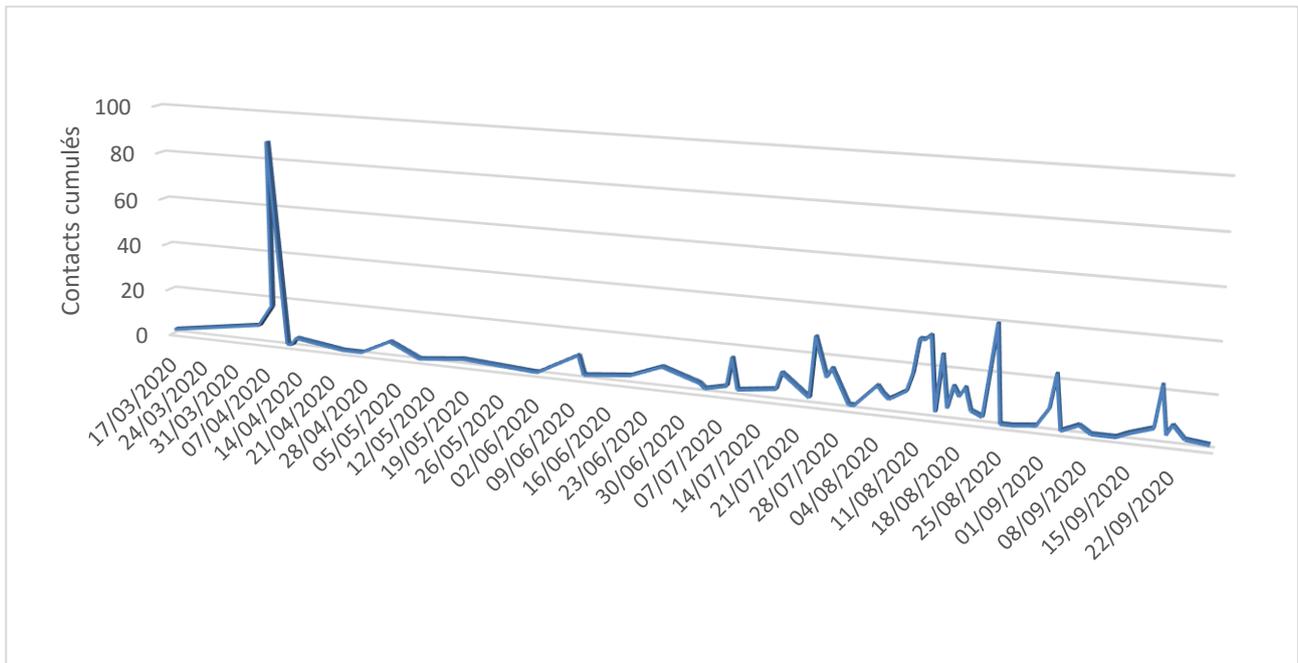


Figure 19 : répartition journalière de l'activité des chiroptères au niveau des batcorders « top » (exprimée en nombre de contacts par nuit)

1.5- 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 20 et 21**. Ces distributions montrent un pic assez marqué en début de nuit, entre 1 heure et 2 heures après le coucher du soleil, puis un étalement des contacts au cours du nyctémère, avec de légers rebonds dans le cas de l'activité en altitude, qui apparaît donc plus étalée sur l'ensemble du cycle nocturne.

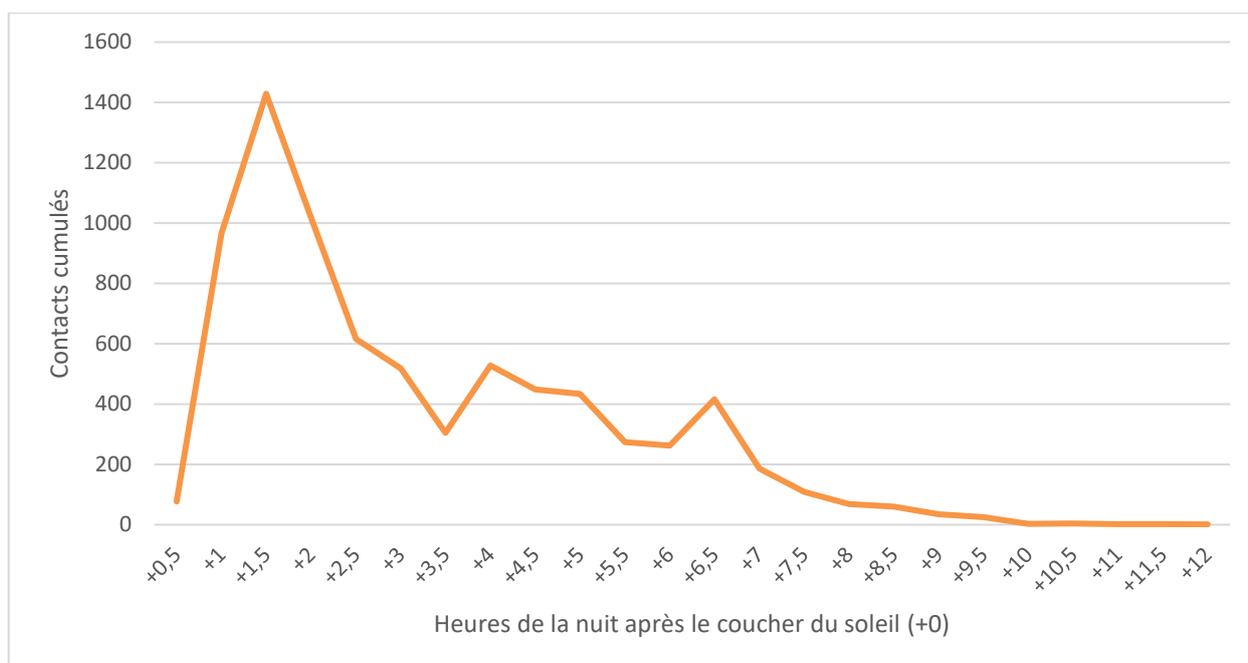


Figure 20 : répartition des contacts par tranche d'une heure à partir du coucher du soleil pour les batcorders « bottom »

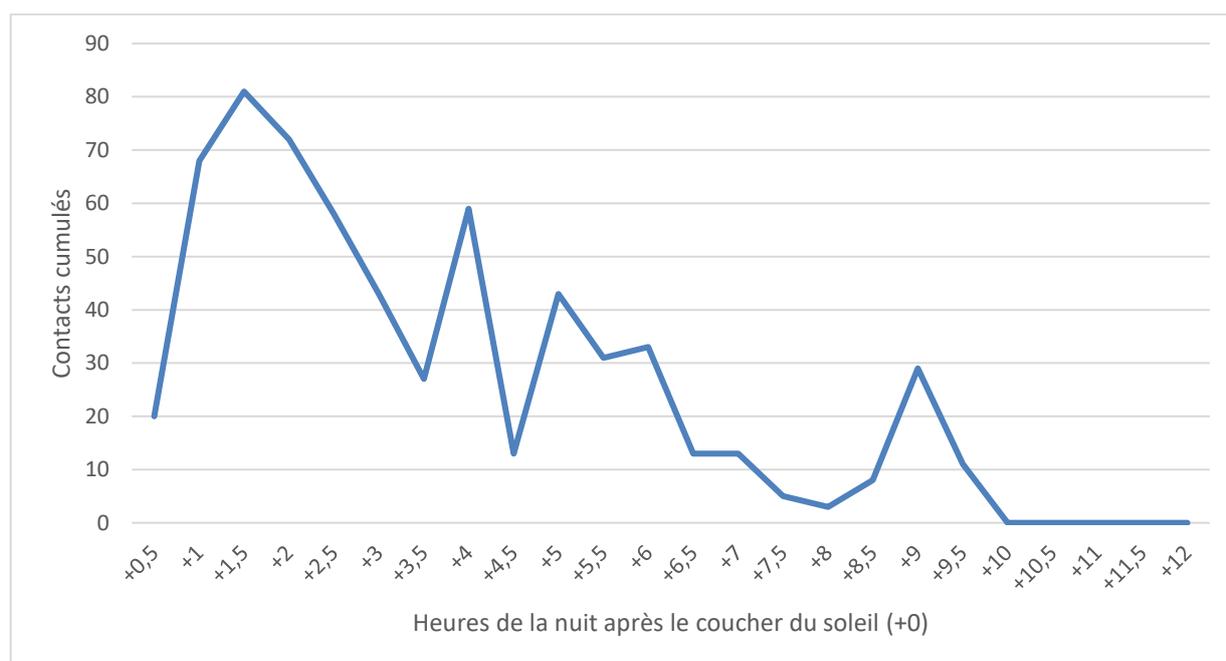


Figure 21 : répartition des contacts par tranche d'une heure à partir du coucher du soleil pour les batcorders « top »

1.6- 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 6°C (1 contact de Pipistrelle commune et 1 de Pipistrelle de Kuhl respectivement les 07/06 et 12/10 sur MP11_bottom) et 34°C (1 contact de Pipistrelle commune dans la nuit du 08/08 sur MP05_bottom). L'essentiel de l'activité a lieu entre 14°C et 24°C pour les enregistrements pris au niveau du sol (batcorders bottom), et plutôt entre 16°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. 22-23**). 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 (18,3°C) pour l'ensemble de la période de suivi. Pour les batcorders « top », le pic d'activité pour la gamme de température autour de 20°C correspond surtout au caractère saisonnier de l'activité en hauteur, qui est maximale en août.

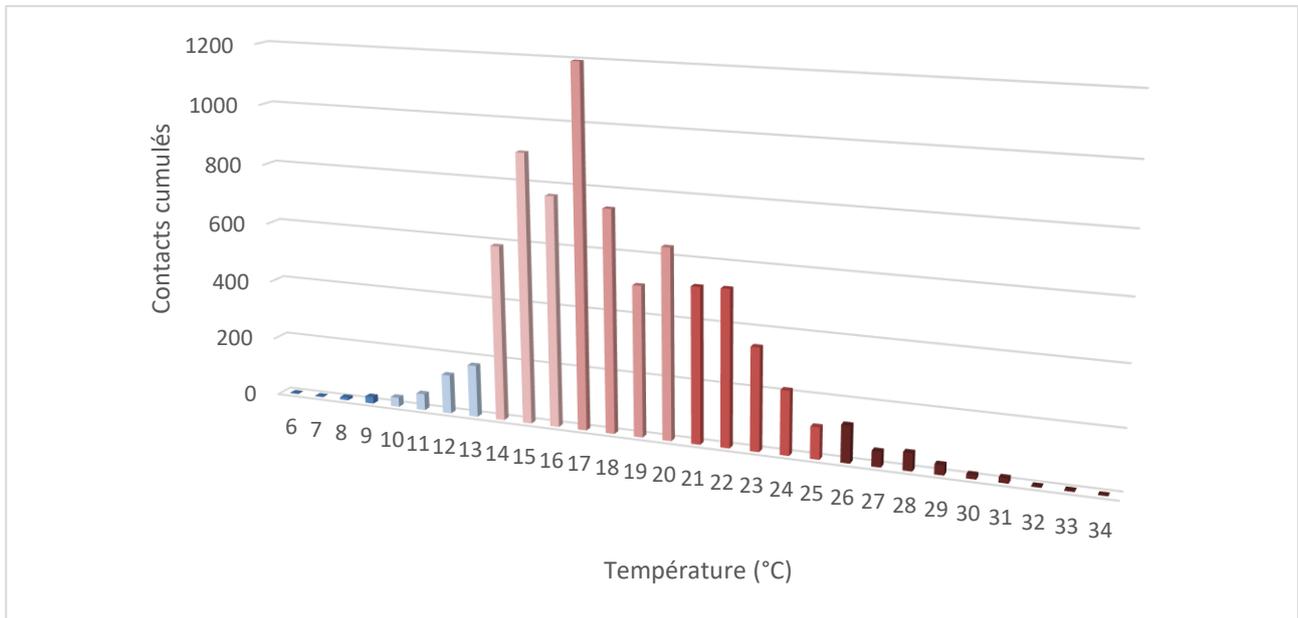


Figure 22 : activité enregistrée au niveau des deux batcorders « bottom » en fonction de la température (en nombre de contacts par tranche de 1°C)

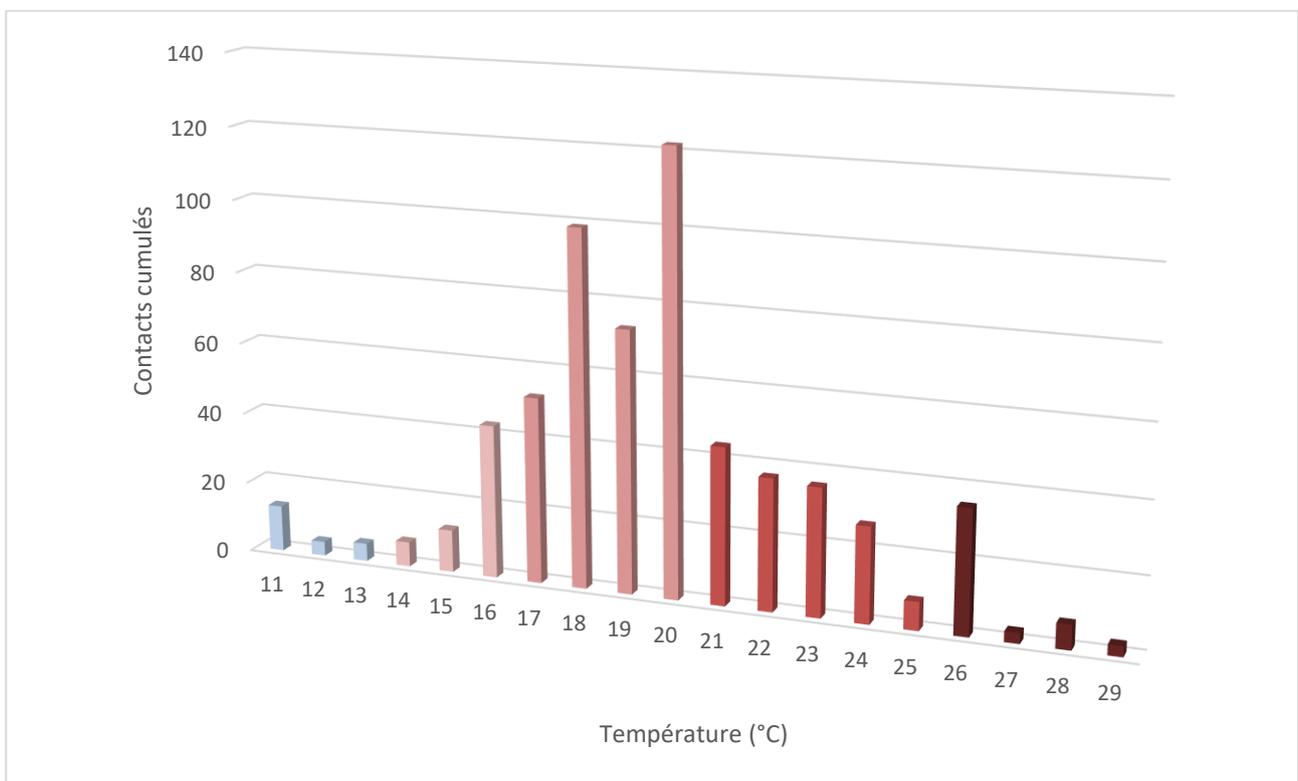


Figure 23 : activité enregistrée au niveau des deux batcorders « top » en fonction de la température (en nombre de contacts par tranche de 1°C)

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

La répartition des contacts en fonction de la vitesse du vent fait apparaître des distributions sensiblement différentes selon l'altitude. Au niveau du sol (**fig. 24**), l'activité apparaît centrée sur l'intervalle de 1 à 4 m/s, avec des nombres de contacts qui décroissent au-dessus de 3,7 m/s, puis qui deviennent négligeables au-dessus de 5 m/s. À 100 mètres de hauteur, l'activité, bien que beaucoup plus faible, apparaît plus variable, et donc moins bien corrélée à la vitesse du vent. Elle est nettement plus étalée qu'au niveau du sol, et reste significative jusqu'à 6 m/s (**fig. 25**), avec des contacts enregistrés jusqu'à 8,7 m/s. Les courbes de tendance superposées aux figures ci-dessous montrent que l'activité en hauteur décroît beaucoup moins vite, en fonction du vent, que celle notée au niveau du sol, ce qui tend à indiquer que le facteur vent joue un rôle moins sensible en altitude. Ces différences de comportements par rapport au vent suggèrent une exploitation distincte de l'espace aérien par les chiroptères. Au niveau du sol, l'activité de chasse prédomine, avec une sensibilité forte par rapport au vent, tandis qu'aux altitudes élevées, les comportements migratoires et alimentaires se mélangent, avec par conséquent une sensibilité moindre par rapport au vent.

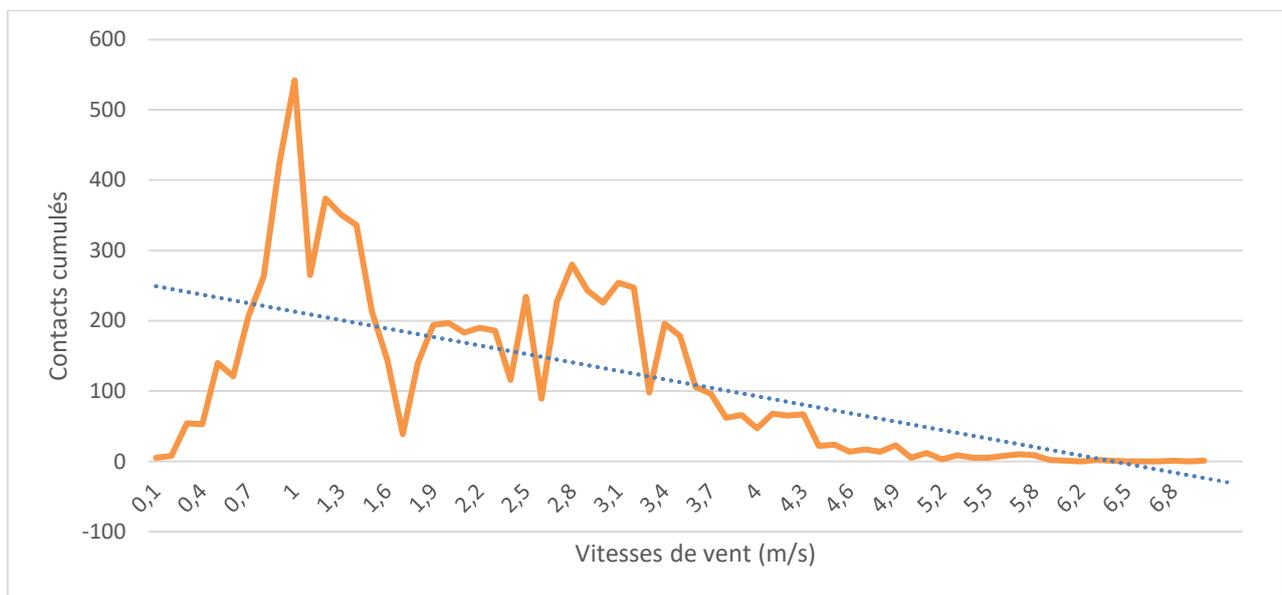


Figure 24 : répartition des contacts (batcorders bas) en fonction de la vitesse du vent

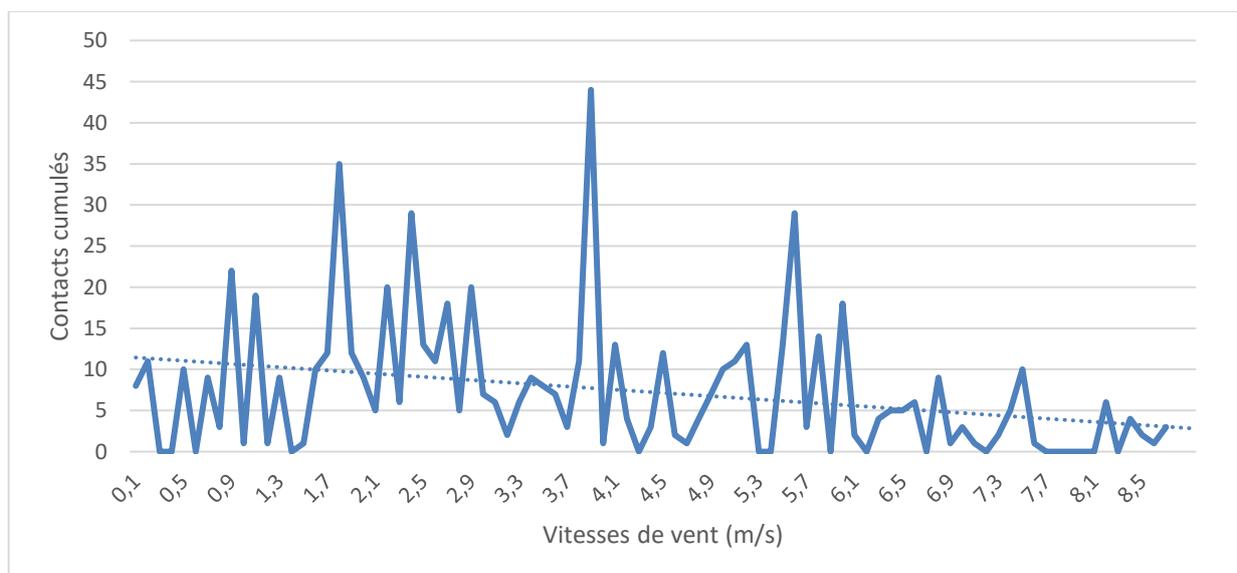


Figure 25 : répartition des contacts (batcorders haut) en fonction de la vitesse du vent

1.8- 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 2020 a montré que l'activité en altitude restait relativement marginale par rapport à l'activité mesurée aux pieds de l'éolienne, puisqu'elle ne représentait globalement que 7,5% du nombre total de contacts enregistrés. La composition des peuplements au niveau du sol et à hauteur de la nacelle apparaît également distincte, avec une dominance des pipistrelles (commune et de Kuhl) dans le premier cas, et une part prépondérante des noctules en altitude. Les répartitions saisonnières des contacts sont également distinctes, avec un pic d'activité en juin dans le cas des batcorders au sol, et en août pour les batcorders en nacelles, le total sur la période de juin à septembre représentant globalement 86% de l'activité annuelle. La distribution nyctémérale des contacts est, en revanche, assez homogène pour les différents détecteurs, l'activité maximale s'inscrivant en début de nuit, puis chutant progressivement à partir de 2 heures après le coucher du soleil.

En comparaison des résultats du suivi effectué en 2019, les niveaux d'activités restent sensiblement identiques entre les deux années de suivi, avec toutefois une plus forte proportion de contacts en altitude en 2020. Les mêmes espèces ont été recensées lors des deux suivis, avec des proportions comparables entre espèces, la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl étant dominantes dans les deux cas. En revanche, les pics saisonniers apparaissent légèrement décalés pour les détecteurs situés au niveau du sol, le maximum étant enregistré en juin en 2020 alors qu'il était plus tardif en 2019 (juillet). Pour les autres paramètres étudiés (température, vent, répartition nyctémérale de l'activité), les différences entre les deux campagnes de suivis semblent surtout liées aux variations des conditions météorologiques entre les deux années, et au caractère très opportuniste des chiroptères dans leurs modalités d'exploitation du territoire.

2- Résultats par espèces

Les 12 espèces (ou groupe d'espèces) de chauves-souris identifiées lors du suivi de 2020 sont les mêmes que celles notées en 2019. Le **tableau II** rappelle les statuts de rareté et de protection des espèces identifiées pour les différentes échelles géographiques.

Tableau II : statut des chiroptères identifiés sur le site

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

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.

Intérêt patrimonial :	En rouge=fort à très fort	En bleu=moyen à fort	En vert=faible à moyen
-----------------------	---------------------------	----------------------	------------------------

Le tableau ci-dessous compare les nombres de contacts par espèce obtenus au cours des deux campagnes de 2020 et de 2019, qui apparaissent très semblables en termes de composition du peuplement :

Tableau III : comparaison des peuplements de chiroptères entre les suivis de 2019 et de 2020

Espèces	Suivi 2020			Suivi 2019		
	Total bottom	Total top	Total (MP05+MP11)	Total bottom	Total top	Total (MP05+MP11)
Pipistrelle commune	5122	201	5323	4919	48	4967
Pipistrelle de Kuhl	1982	46	2028	1464	8	1472
Noctule commune	276	224	500	165	76	241
Noctule de Leisler	222	135	357	40	10	50
Sérotine commune	109	24	133	200	26	226
Oreillard gris	28		28	16		16
Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	24		24	9	3	12
Barbastelle d'Europe	9		9	2		2
Murin de Daubenton	5		5	14		14
Grand Murin	4		4	3		3
Murin de Natterer	3		3	1		1
Oreillard roux	3		3	3		3
Total des espèces	12	5	12	12	7	12
Total des contacts	7787	630	8417	6836	171	7007

Dans le détail, les différences les plus marquées portent d'une part sur l'activité des deux espèces dominantes (Pipistrelle commune et Pipistrelle de Kuhl), qui a légèrement augmenté en 2020 (surtout pour la seconde), et d'autre part sur la proportion des Noctules dans le peuplement, qui a progressé significativement en 2020. Pour toutes les espèces secondaires (Oreillards, Murins, Barbastelle...), les écarts entre les activités de 2019 et de 2020 sont très faibles et donc peu significatifs, compte tenu du nombre de contacts très limité recueillis (moins de 30 contacts pour l'ensemble du suivi).

Dans le cas des Noctules, les plus fortes activités notées en 2020 sont principalement liées à un afflux plus significatif d'individus en phase de transit automnal, comme le montre la distribution mensuelle des contacts pour ces deux espèces (**fig. 26**) :

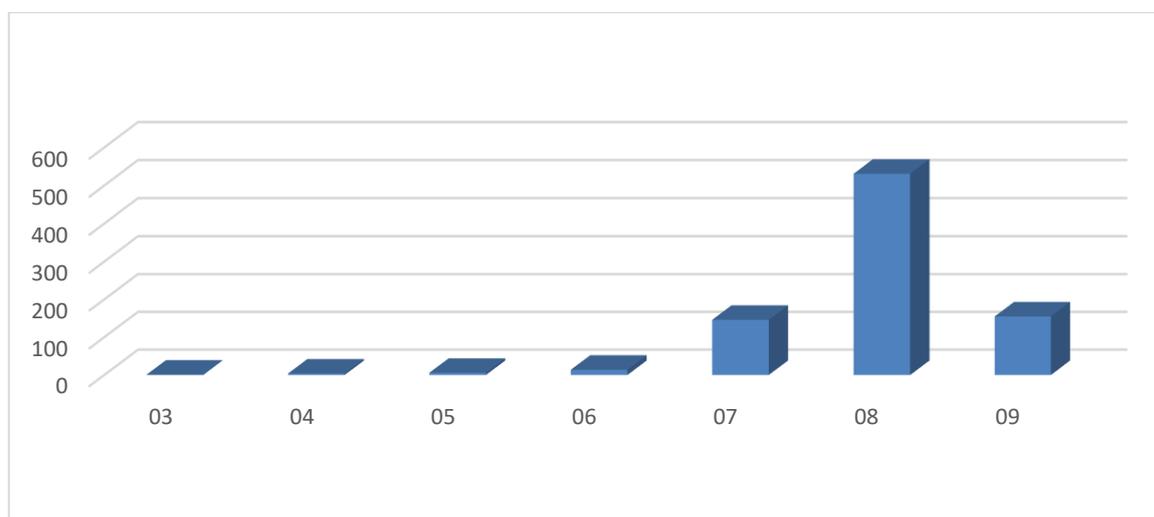


Figure 26 : répartition mensuelle des contacts de Noctules (commune + leisler) au cours du suivi 2020

Ces variations interannuelles restent difficiles à expliquer, à moins de disposer d'un réseau de points d'observation disséminés sur l'ensemble des aires de transit de ces espèces (territoire d'échelle nationale). Là encore, il est vraisemblable que les axes de migration empruntés chaque année soient dépendants des conditions météorologiques du moment, et répondent à un certain opportunisme dans le choix des territoires traversés en fonction de la direction des vents, des courants ascendants, ou encore des disponibilités en proies en fin d'été dans les régions traversées.

Dans le cas de la Pipistrelle de Kuhl, en revanche, le surplus d'activité noté en 2020 par rapport à 2019 (37% d'augmentation) semble lié à une brusque exploitation du site en fin de printemps, les deux tiers de l'activité étant concentrés sur le seul mois de juin en 2020 (fig. 27).

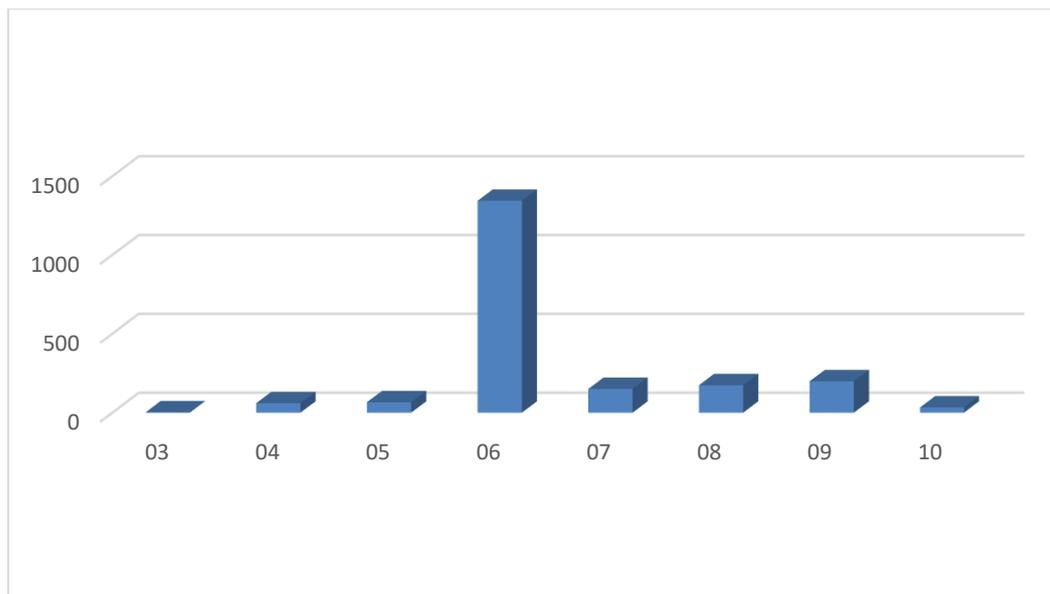


Figure 27 : répartition mensuelle des contacts de Pipistrelle de Kuhl au cours du suivi 2020

Ces différents exemples suggèrent, une fois encore, le caractère très opportuniste des chiroptères dans les modalités d'exploitation de leur domaine vital, ce qui rend d'autant plus difficile les tentatives de prévision de leur activité à une échelle locale.

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 et 2019. Il consiste à rechercher des cadavres de chauves-souris sur une surface carrée de 120 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 janvier et mars 2020, puis avec un rythme hebdomadaire entre le 01/04/2020 (semaine 14) et le 29/10/2020 (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 1,44 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. 28**). 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.

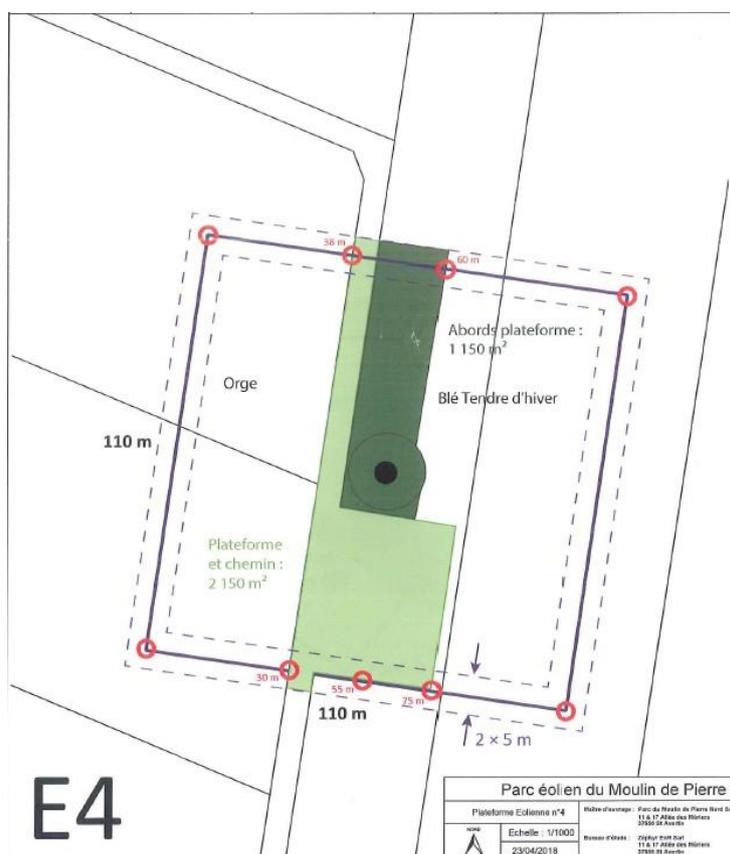


Figure 28 : exemple de fiche de terrain pour le suivi de mortalité chiroptères

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 de la culture 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 4 : 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 2020 (Jean-Claude Sallé), rompu à cet exercice depuis plusieurs années (en charge du suivi de mortalité en 2018 et 2019 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 *a posteriori* (fig. 29).



Figure 29 : exemple d'exploitation des traces GPS enregistrées par le prospecteur (02/01/2020, E5).

À gauche : tracé brut montrant le cheminement du prospecteur

Au centre : tracé entouré d'une zone tampon (rayon d'observation) de 5 mètres

À 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 30** :

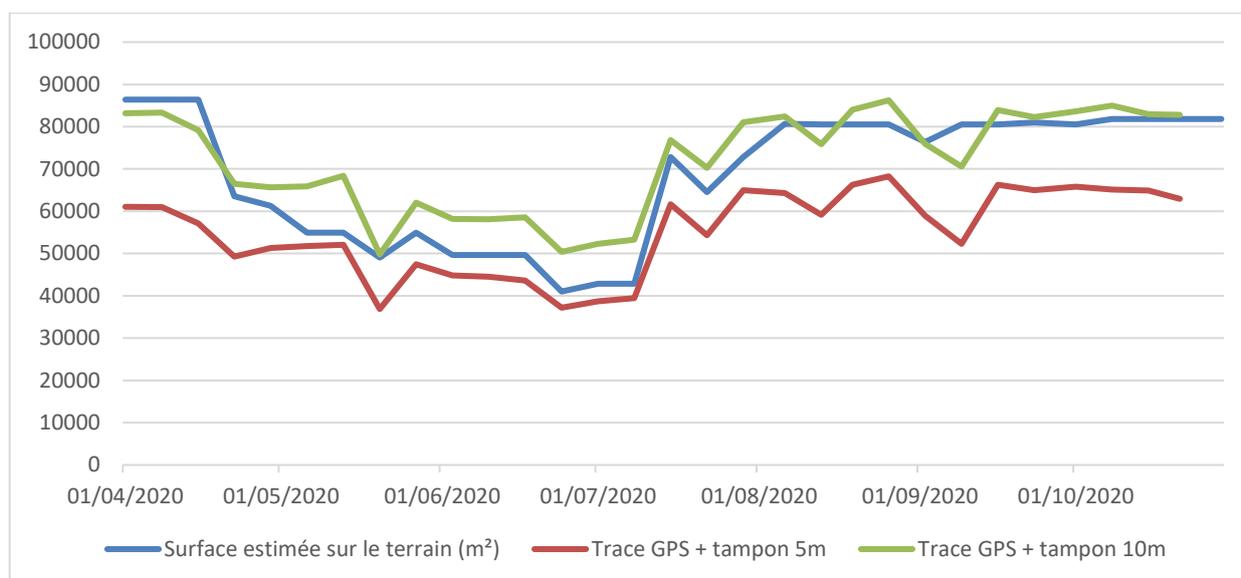


Figure 30 : comparaison des surfaces prospectées estimées sur le terrain et calculées à partir des données GPS pour des tampons de 5 et de 10 mètres (absence de données GPS le 05/09/2019)

Globalement, les surfaces prospectées estimées sur le terrain sont proches de celles calculées à partir des traces enregistrées par le GPS. Ces surfaces estimées se situent en moyenne entre les zones tampons de 5 mètres et de 10 mètres sur la figure 30. Elles semblent légèrement sous-estimées en tout début de saison, lorsque les cultures sont en phase de croissance végétative, puis se rapprochent des surfaces calculées pour un tampon de 5 mètres en été (moissons), pour s'en écarter légèrement ensuite en automne. 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, 5 cadavres de chauves-souris et 7 cadavres d'oiseaux ont été trouvés sur le parc éolien du Moulin de Pierre (**tab. IV**) :

Tableau IV : 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
15/04/2020								1	1
24/06/2020								1	1
01/07/2020								2	2
15/07/2020								1	1
06/08/2020							1		1
19/08/2020							1	1	2
16/09/2020							1		1
23/09/2020							2		2
15/10/2020								1	1
Total :	2	2	1	2	1	4	5	7	12

Des cadavres ont été découverts sur toutes les éoliennes, avec cependant un total plus élevé pour l'éolienne E12 qui totalise 2 chiroptères et 2 oiseaux, et pour les éoliennes E4, E5 et E10 avec un total de 2 cadavres chacune (soit 4 oiseaux et 2 chauves-souris en tout). La répartition de la mortalité au cours des saisons fait apparaître un nombre de cadavres plus élevé en périodes estivale et automnale (respectivement 5 et 6 cadavres) par rapport au printemps (un seul cadavre). En comparaison du précédent suivi, la mortalité des chauves-souris est passée de 2 à 5 cadavres, alors que celle des oiseaux a légèrement diminué par rapport à 2019 (passées de 8 à 7 cadavres).

2- Identification des espèces

2.1- Chiroptères

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^{ème} et du 3^{ème} 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 5 : mesure du 5^{ème} doigt sur un cadavre de Pipistrelle commune

Au total deux espèces de chiroptères ont été identifiées parmi les cadavres ramassés sur le site :

✓ **La Pipistrelle commune :**

Elle se distingue de la Pipistrelle de Kuhl principalement par des critères de dentition (1^{ère} incisive supérieure bifide) et des autres espèces de Pipistrelle (nathusius et pygmée) par des critères biométriques (longueur du 5^{ème} doigt, forme du museau, longueur des oreilles...).

En 2020, 4 cadavres de Pipistrelle commune ont été ramassés sur le site, au niveau des éoliennes E5 (23/09/2020), E11 (16/09/2020) et E12 (06/08/2020 et 23/09/2020). Parmi ces 4 cadavres, celui de l'éolienne E5 présentait une blessure au niveau de la gorge avec développement de larves de diptères, sans qu'il soit possible, cependant, de préciser si cette blessure résultait d'un choc avec une pale d'éolienne (l'absence d'épanchement sanguin pouvant suggérer une blessure post-mortem). Les autres cadavres ne présentaient pas de signe apparent de collision, celui trouvé au niveau de l'éolienne E12 le 23/09 étant déjà dans un état de décomposition très avancé.

✓ **La Noctule commune :**

Les Noctules s'identifient facilement par leur grande taille et par l'aspect caractéristique du tragus (partie interne de l'oreille) en forme de champignon. Dans le groupe des Noctules, la Noctule commune se distingue des autres espèces (Grande Noctule et Noctule de Leisler) par sa taille intermédiaire (avant-bras compris entre 48 et 59 mm).

Sur le site, un seul cadavre a été trouvé au niveau de l'éolienne E10 lors des prospections du 19/08/2020.



Photo 6 : Pipistrelle commune en mauvais état de conservation (trouvée sur E12 le 23/09/2020)



Photo 7 : Pipistrelle commune (trouvée sur E12 le 06/08/2020)



Photo 8 : Pipistrelle commune (trouvée sur E11 le 16/09/2020)



Photo 9 : Pipistrelle commune (trouvée sur E5 le 23/09/2020)

Photo 10 : Noctule commune (trouvée sur E10 le 19/08/2020)



2.1- Oiseaux

Les cadavres d'oiseaux observés sur le parc du Moulin de Pierre en 2020 ont été déterminés par M. Sallé, en charge du suivi de mortalité. Seul un cadavre de Roitelet nous a été transmis pour identification. Il s'agissait d'un Roitelet à triple-bandeau, dans un très mauvais état de conservation (**photo 11**), trouvé au niveau de l'éolienne E10 le 15/10/2020. C'est 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).



Photo 11 : Roitelet à triple bandeau trouvé sur E10 le 15/10/2020

Les autres cadavres d'oiseaux notés en 2020 correspondaient à 2 Faucons crécerelles, observés sur E12 (15/04/2020) et sur E5 (15/07/2020), à 3 Martinet noirs, notés sur E6 (24/06/2020), sur E4 (01/07/2020) et sur E12 (restes alaires trouvés le 01/07/2020), et à un Corbeau freux sur E4 (le 19/08/2020).

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

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

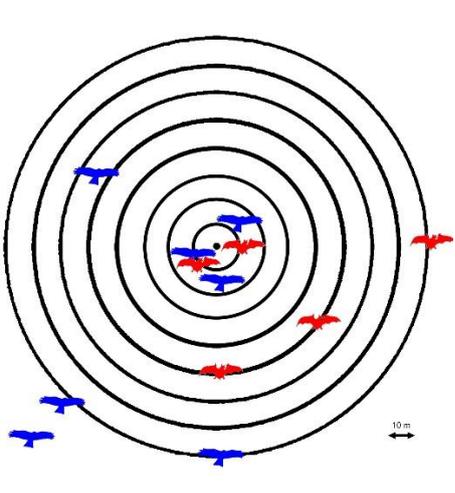
Groupe	Nom scientifique	Nom français	E4	E5	E6	E10	E11	E12	Total
Chiroptère	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune		1			1	2	4
	<i>Nyctalus noctula</i>	Noctule commune				1			1
	total cadavres chiroptères :		0	1	0	1	1	2	5
Oiseau	<i>Falco tinnunculus</i>	Faucon crécerelle		1				1	2
	<i>Apus apus</i>	Martinet noir	1		1			1	3
	<i>Regulus ignicapilla</i>	Roitelet à triple bandeau				1			1
	<i>Corvus frugilegus</i>	Corbeau freux	1						1
	total cadavres oiseaux :		2	1	1	1	0	2	7
total cadavres tous groupes :			2	2	1	2	1	4	12

3- Localisation des cadavres

La position de chaque cadavre a été relevée lors des prospections de terrain. Ceux-ci se distribuent entre 10 et 90 mètres de distance par rapport à l'axe du mât des éoliennes pour les chiroptères, et entre 10 et 110 mètres de distance pour les cadavres d'oiseaux (**tab. VI**).

Tableau VI : position des cadavres par rapport aux pieds des éoliennes

Espèce	Eolienne	Distance au mât	Direction
 Pipistrelle commune	E5	50	S
 Pipistrelle commune	E11	50	SSE
 Pipistrelle commune	E12	10	E
 Pipistrelle commune	E12	12	SW
 Noctule commune	E10	90	E
 Faucon crécerelle	E5	10	SW
 Faucon crécerelle	E12	110	SW
 Corbeau freux	E4	55	WNW
 Martinet noir	E4	15	S
 Martinet noir	E6	15	NNE
 Martinet noir	E12	85	SE
 Roitelet à triple bandeau	E10	80	S



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 proches 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 12 cadavres retrouvés en 2020, seulement 5 sont positionnés à proximité immédiate du mât de l'éolienne (2 Pipistrelles communes, 1 Faucon crécerelle et 2 Martinets noirs), tous les autres cadavres étant éloignés d'au moins 50 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 les cadavres se retrouvent principalement 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. Cette tendance avait déjà été notée à partir des observations de 2018 et de 2019, répartition qui semblait suggérer d'un axe de vol privilégié, orienté depuis le nord ou nord-est vers le sud ou le sud-ouest.

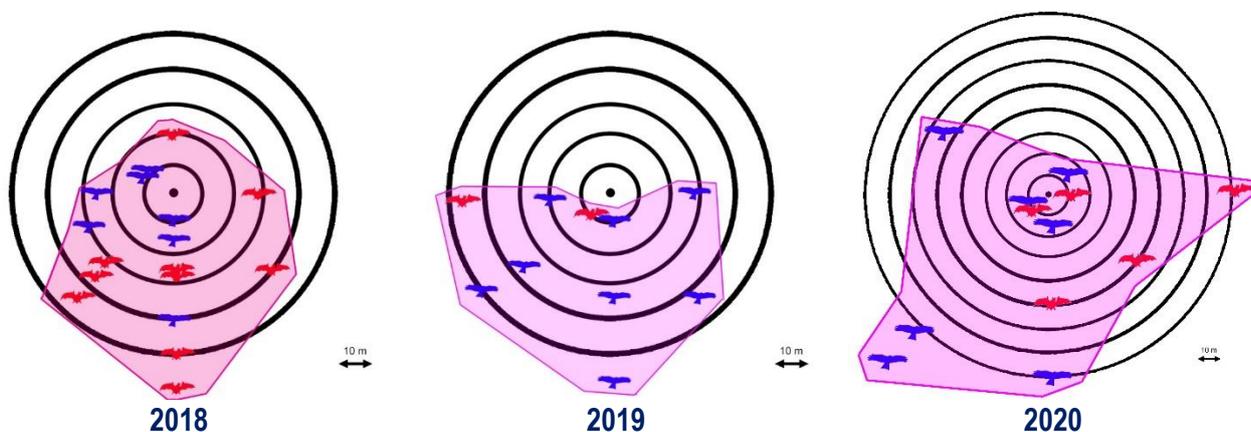


Figure 31 : aire de découverte des cadavres en 2018, 2019 et 2020

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 cultivées, 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 1,44 hectares délimitées autour de chaque éolienne, les surfaces qui ont pu être prospectées sur l'ensemble de la durée du suivi représentent en moyenne 1,146 hectare par éoliennes (**tab. VII**).

Tableau VII : estimation des surfaces prospectables par éolienne et par suivi (en % de la surface de 1,44 ha)

Date / Eolienne	E4%	E5%	E6%	E10%	E11%	E12%	Total %	Total m ²
01/04/2020	100	100	100	100	100	100	100	86400
08/04/2020	100	100	100	100	100	100	100	86400
15/04/2020	100	100	100	100	100	100	100	86400
22/04/2020	83,4	46,37	100	16,8	94,8	100	73,6	63558
29/04/2020	83,4	46,37	100	16,8	79,2	100	71,0	61311,6
06/05/2020	83,4	17,5	100	16,8	63,6	100	63,6	54907,2
13/05/2020	83,4	17,5	100	16,8	63,6	100	63,6	54907,2
20/05/2020	83,4	17,5	100	16,8	63,6	59,4	56,8	49060,8
27/05/2020	83,4	17,5	100	16,8	63,6	100	63,6	54907,2
03/06/2020	75,1	17,5	100	16,8	74	61,21	57,4	49623,84
10/06/2020	75,1	17,5	100	16,8	74	61,21	57,4	49623,84
17/06/2020	75,1	17,5	100	16,8	74	61,21	57,4	49623,84
24/06/2020	75,1	17,5	87,13	16,8	74	14,3	47,5	41015,52
01/07/2020	75,1	17,5	100	16,8	74	14,3	49,6	42868,8
08/07/2020	75,1	17,5	100	16,8	74	14,3	49,6	42868,8
15/07/2020	100	91,3	100	100	100	14,3	84,3	72806,4
22/07/2020	100	34	100	100	100	14,3	74,7	64555,2
29/07/2020	100	91,3	100	100	100	14,3	84,3	72806,4
06/08/2020	100	100	100	100	100	60,4	93,4	80697,6
13/08/2020	100	100	100	100	100	59,4	93,2	80553,6
19/08/2020	100	100	100	100	100	59,4	93,2	80553,6
26/08/2020	100	100	100	100	100	59,4	93,2	80553,6
02/09/2020	70,8	100	100	100	100	59,4	88,4	76348,8

Date / Eolienne	E4%	E5%	E6%	E10%	E11%	E12%	Total %	Total m²
09/09/2020	100	100	100	100	100	59,4	93,2	80553,6
16/09/2020	100	100	100	100	100	59,4	93,2	80553,6
23/09/2020	100	101	100	100	101	60,4	93,7	80985,6
01/10/2020	100	100	100	100	100	59,4	93,2	80553,6
08/10/2020	100	100	68,1	100	100	100	94,7	81806,4
15/10/2020	100	100	68,1	100	100	100	94,7	81806,4
21/10/2020	100	100	68,1	100	100	100	94,7	81806,4
29/10/2020	100	100	68,1	100	100	100	94,7	81806,4
Total	91,0	67,2	95,5	67,8	89,4	66,6	79,6	68744,4

Globalement, la prospectabilité du site est restée bonne pendant la majeure partie du suivi, excepté entre la fin avril et le début du mois de juillet pour E5 et E10, au moment du développement végétatif maximal des cultures céréalières, et entre fin juin et fin juillet pour E12 du fait du recouvrement important des cultures de maïs et de pomme de terre.

- 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 Dufrière 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. Dufrière de 2018 (**tab. VIII**) :

Tableau VIII : résultats des tests d'efficacité de recherche effectués en 2018 sur le parc du Moulin de Pierre (d'après Dufrière, 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 2020) à :

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

- La période de prospection :

Elle couvre largement l'ensemble du cycle annuel des chiroptères, ainsi que les différentes périodes du cycle biologique de l'avifaune (migrations pré- et post-nuptiales, reproduction, hivernage), puisque les premières prospections ont eu lieu en janvier 2020, avec une fréquence mensuelle jusqu'en mars 2020, puis avec un passage hebdomadaire à partir du 01/04 (semaine 14) jusqu'au 29/10/2020 (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 Dufrière, 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 IX : résultats des tests de prédation (calculé d'après Dufrière, 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 (T _m)*	2,5	1,7	4,6	2,9

*T_m=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_m = temps de séjour moyen d'un cadavre

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

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_m=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) = 12 cadavres, dont 5 chiroptères et 7 oiseaux
- p (persistance des cadavres) = 0,18
- d (efficacité moyenne du prospecteur) = 0,68
- A (coefficient de correction surfacique) = 1,26 (soit 1/79.6% pour l'ensemble du parc)
- I (durée de l'intervalle de recherche, en jours) = 7
- t_m (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 X : 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	0	5,5	0	5,5	7,3	10,9	32,5	5,4
Oiseaux	14,9	5,5	7,8	5,5	0	10,9	45,5	7,6

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

Jones= $C/(Axdx\hat{e}xp)$	E4	E5	E6	E10	E11	E12	Parc	moy/éol
Chiroptères	0	3,3	0	3,3	4,4	6,5	19,6	3,3
Oiseaux	8,9	3,3	4,7	3,3	0	6,5	27,4	4,6

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 Huso ($\hat{e}=1$; $p=0.38$)

Huso= $C/(Axdx\hat{e}xp)$	E4	E5	E6	E10	E11	E12	Parc	moy/éol
Chiroptères	0	2,6	0	2,6	3,5	5,2	15,5	2,6
Oiseaux	7,1	2,6	3,7	2,6	0	5,2	21,7	3,6

Selon la méthode utilisée, les estimations de mortalité varient entre **2,6 et 5,4 cadavres de chauves-souris par éolienne et par an**, et entre **3,6 et 7,6 cadavres d’oiseaux par éolienne et par an**.

En comparaison avec les suivis de 2018 et de 2019, ces résultats de 2020 montrent une situation intermédiaire pour le groupe des chiroptères, avec une mortalité deux fois moindre qu’en 2018, mais plus de deux fois plus forte qu’en 2019. Pour l’avifaune, l’impact du parc reste à peu près constant entre 2018 et 2020, le bilan global, tous groupes confondus, étant moins favorable qu’en 2019 (**tab. XIII**) :

Tableau XIII : comparaison de la mortalité sur le parc du Moulin de Pierre entre 2018 et 2020

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
Nombre de cadavres de chiroptères trouvés en 2020	0	1	0	1	1	2	5
Nombre de cadavres d’oiseaux trouvés en 2018	1	0	1	1	1	3	7
Nombre de cadavres d’oiseaux trouvés en 2019	0	1	1	1	1	4	8
Nombre de cadavres d’oiseaux trouvés en 2020	2	1	1	1	0	2	7
Nombre de cadavres (tous groupes) trouvés en 2018	1	2	1	4	4	5	17
Nombre de cadavres (tous groupes) trouvés en 2019	1	1	1	2	1	4	10
Nombre de cadavres (tous groupes) trouvés en 2020	2	2	1	2	1	4	12

5- Conclusion

Le suivi de mortalité effectué en 2020 sur le parc du Moulin de Pierre a conduit à recenser un total de 12 cadavres, dont 5 chauves-souris et 7 oiseaux. La répartition des cadavres fait apparaître une sensibilité plus forte pour E12 pour le groupe des chiroptères, avec dans tous les cas une mortalité qui semble étroitement liée aux vagues de migrations post-nuptiales (mortalité principalement estivale et automnale).

III- CONCLUSIONS

Les suivis effectués en 2020 sur le parc du Moulin de Pierre avaient pour objectifs d'analyser l'activité des chauves-souris à l'échelle du parc, à partir des enregistrements automatisés des batcorders installés au niveau des éoliennes E5 et E11, et d'assister l'équipe en charge du suivi de mortalité.

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 douzième de celle enregistrée au niveau du sol. La composition des peuplements diffère sensiblement en altitude, où les Noctules représentent une part importante, par rapport au cortège recensé au sol, largement dominé par la Pipistrelle commune. La répartition saisonnière de l'activité apparaît également différente entre le sol et à hauteur de la nacelle, avec un pic en juin sur les détecteurs « bottom » et une activité maximale en août en altitude, qui évoque un comportement migratoire.

Le suivi de mortalité a conduit à comptabiliser 5 cadavres de chauves-souris et 7 cadavres d'oiseaux, avec là encore une saisonnalité assez marquée, la mortalité étant surtout estivale. Par rapport aux suivis de 2018 et de 2019, la mortalité notée pour l'avifaune reste sensiblement constante, tandis que celle des chiroptères atteint en 2020 un niveau intermédiaire entre celle de 2018 et de 2019.



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'inaudible, 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 édés., coll. Inventaire & biodiversité : 344 p. + cd audio.

Barataud M., 2020 - Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe. Identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse. Biotope & MNHN édés., coll. Inventaire & biodiversité : 3460p. + 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.

Carrière M., 2019 – Suivi des chiroptères. Parc éolien du Moulin de Pierre (Le Gault-Saint-Denis, 28). Saison 2019. Bureau d'études Les-Snats (Taillebourg, 17), Zéphyr (St-Avertin, 37), février 2020 : 64 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 édés., Neuchâtel : 400 p.

Dietz C., Kiefer A., 2015 - Chauves-souris d'Europe. Connaître, identifier, protéger, Delachaux & Niestlé éd., Paris : 398 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 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., Strom, 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).

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.

Winkelman 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.