



ZEPHYR

Energies Renouvelables Sarl

17 Allée des Mûriers
37550 Saint-Avertin



Suivis des chiroptères

Parc éolien de Bonneval (28)

Saison 2022

V2 du 21 juin 2023



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 :	5
INTRODUCTION : RAPPEL DES OBJECTIFS	6
I- SUIVI DE L'ACTIVITÉ DES CHIROPTÈRES	7
A- MÉTHODES	7
1- Dispositif de suivi	7
2- Matériel utilisé	7
3- Traitements des données acoustiques	8
4- Limites de la méthode et problèmes rencontrés.....	9
B- RÉSULTATS.....	9
1- Analyse de l'activité	9
1.1- Activité globale :	10
1.2- Analyse du peuplement :	10
1.3- Analyse saisonnière de l'activité :	14
1.4- Analyse journalière de l'activité :	16
1.5- Analyse de l'activité horaire :	17
1.6- Analyse de l'activité en fonction de la température :	18
1.7- Analyse de l'activité en fonction de la vitesse du vent :.....	19
1.8- Conclusion sur le suivi au niveau des éoliennes E3 et E6 :	20
2- Résultats par espèces	21
2.1- Intérêt patrimonial	21
2.2- Résultats du suivi	22
II- SUIVI DE MORTALITÉ DES CHIROPTÈRES.....	33
A- MÉTHODES	33
1- Dispositif de suivi	33
2- Réalisation pratique des relevés	33
B- RÉSULTATS.....	35
1- Résultats bruts par machine	35
2- Identification des espèces	36
2.1- Chiroptères	36
2.2- Oiseaux.....	37
3- Localisation des cadavres.....	38
4- Estimation de la mortalité.....	39
5- Conclusion	42

III- CONCLUSIONS	43
BIBLIOGRAPHIE CITÉE OU CONSULTÉE.....	44

Photo de couverture : parc éolien de Bonneval

Analyse des données acoustiques : Loup Carrière
Rédaction : Loup Carrière

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

TABLES DES CARTES :

Carte 1 : localisation du parc éolien de Bonneval et numérotation des éoliennes sur fond IGN 1/25000 et orthophotographie (source des fonds : Géoportail)	6
Carte 2 : répartition de la Barbastelle en Europe (source : www.iucnredlist.org).	23
Carte 3 : répartition de la Barbastelle en France (Arthur & Lemaire, 2015).....	23
Carte 4 : répartition du Grand et du Petit Murin en Europe (adapté d'après Arthur & Lemaire, 1999) ...	24
Carte 5 : répartition de la Pipistrelle de Nathusius en France (d'après Arthur & Lemaire, 2015).....	30

TABLES DES FIGURES :

Figure 1 (à gauche) : principe de l'installation du batcorder dans la nacelle (source : www.wildcare.eu)	8
Figure 2 : proportion des contacts enregistrés au sol et en altitude au niveau des éoliennes E3 et E6	10
Figure 3 : répartition des contacts par espèce pour l'ensemble des batcorders	11
Figure 4 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders de E3	12
Figure 5 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders de E6	12
Figure 6 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders « bottom »	13
Figure 7 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders « top »	13
Figure 8 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-bottom de E3	14
Figure 9 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-bottom de E6	14
Figure 10 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-top de E3.....	14
Figure 11 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-top de E6.....	14
Figure 12 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcorders de E3	14
Figure 13 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcorders de E6	14
Figure 14 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcorders « bottom ».....	15
Figure 15 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcorders « top »	15
Figure 16 : répartition mensuelle des contacts de chiroptères (total des 4 batcorders)	15
Figure 17 : répartition journalière de l'activité des chiroptères au niveau des batcorders « bottom » (exprimée en nombre de contacts par nuit)	16
Figure 18 : répartition journalière de l'activité des chiroptères au niveau des batcorders « top » (exprimée en nombre de contacts par nuit)	17
Figure 19 : répartition des contacts par tranche d'une heure à partir du coucher du soleil pour les batcorders « bottom ».....	17
Figure 20 : répartition des contacts par tranche d'une heure à partir du coucher du soleil pour les batcorders « top »	18
Figure 21 : activité enregistrée au niveau des deux batcorders « bottom » en fonction de la température (en nombre de contacts par tranche de 1°C)	18

Figure 22 : activité enregistrée au niveau des deux batcorders « top » en fonction de la température (en nombre de contacts par tranche de 1°C)	19
Figure 23 : répartition des contacts (batcorders bas) en fonction de la vitesse du vent mesurée au sol	20
Figure 24 : répartition des contacts (batcorders haut) en fonction de la vitesse du vent mesurée en nacelle.....	20
Figure 25 : principe de l'évaluation des enjeux par espèce	22
Figure 26 : variation journalière de l'activité de la Noctule commune au niveau des batcorders	26
Figure 27 : répartition des contacts de Noctule commune au cours du nycthémère	26
Figure 28 : variation journalière de l'activité de la Noctule de Leisler au niveau des batcorders.....	27
Figure 29 : répartition des contacts de Noctule de Leisler au cours du nycthémère.....	28
Figure 30 : variation journalière de l'activité de la Pipistrelle de Kuhl au niveau des batcorders	29
Figure 31 : répartition des contacts de Pipistrelle de Kuhl au cours du nycthémère	29
Figure 32 : répartition des contacts de Pipistrelle commune au cours du nycthémère	30
Figure 33 : variation journalière de l'activité de la Pipistrelle commune (données des batcorders)	31
Figure 34 : répartition des contacts de Sérotine commune au cours du nycthémère	31
Figure 35 : exemple de fiche de terrain pour le suivi de mortalité chiroptères	34
Figure 36 : exemple d'exploitation des traces GPS enregistrées par le prospecteur (07/04/2022, E5)...	34
Figure 37 : 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)	35

TABLE DES TABLEAUX :

Tableau I : activité par espèce et par batcorder (nombre de contacts pour l'ensemble du suivi 2022) .	11
Tableau II : critère d'évaluation de la patrimonialité des chiroptères.....	21
Tableau III : statut des chiroptères identifiés sur le site	22
Tableau IV : cadavres d'oiseaux et de chauves-souris trouvés sur le site de Bonneval.....	35
Tableau V : répartition spécifique des cadavres récoltés lors du suivi de mortalité	38
Tableau VI : position des cadavres par rapport aux pieds des éoliennes	38
Tableau VII : estimation des surfaces prospectables par éolienne et par suivi (en % de la surface de 1 ha).....	39
Tableau VIII : résultats des tests d'efficacité de recherche effectués en 2018 sur le parc du Moulin de Pierre (d'après Dufrêne, 2018).....	40
Tableau IX : résultats des tests de prédatation (calculé d'après Dufrêne, 2018)	41
Tableau X : estimation de la mortalité des chiroptères et des oiseaux pour chacune des éoliennes du parc de Bonneval par la formule de Winkelman.....	42
Tableau XI : estimation de la mortalité des chiroptères et des oiseaux pour chacune des éoliennes du parc de Bonneval par la formule de Jones ($\hat{e}=1$; $p=0.3$)	42
Tableau XII : estimation de la mortalité des chiroptères et des oiseaux pour chacune des éoliennes du parc de Bonneval par la formule de Huso ($\hat{e}=1$; $p=0.38$).....	42

TABLE DES PHOTOS :

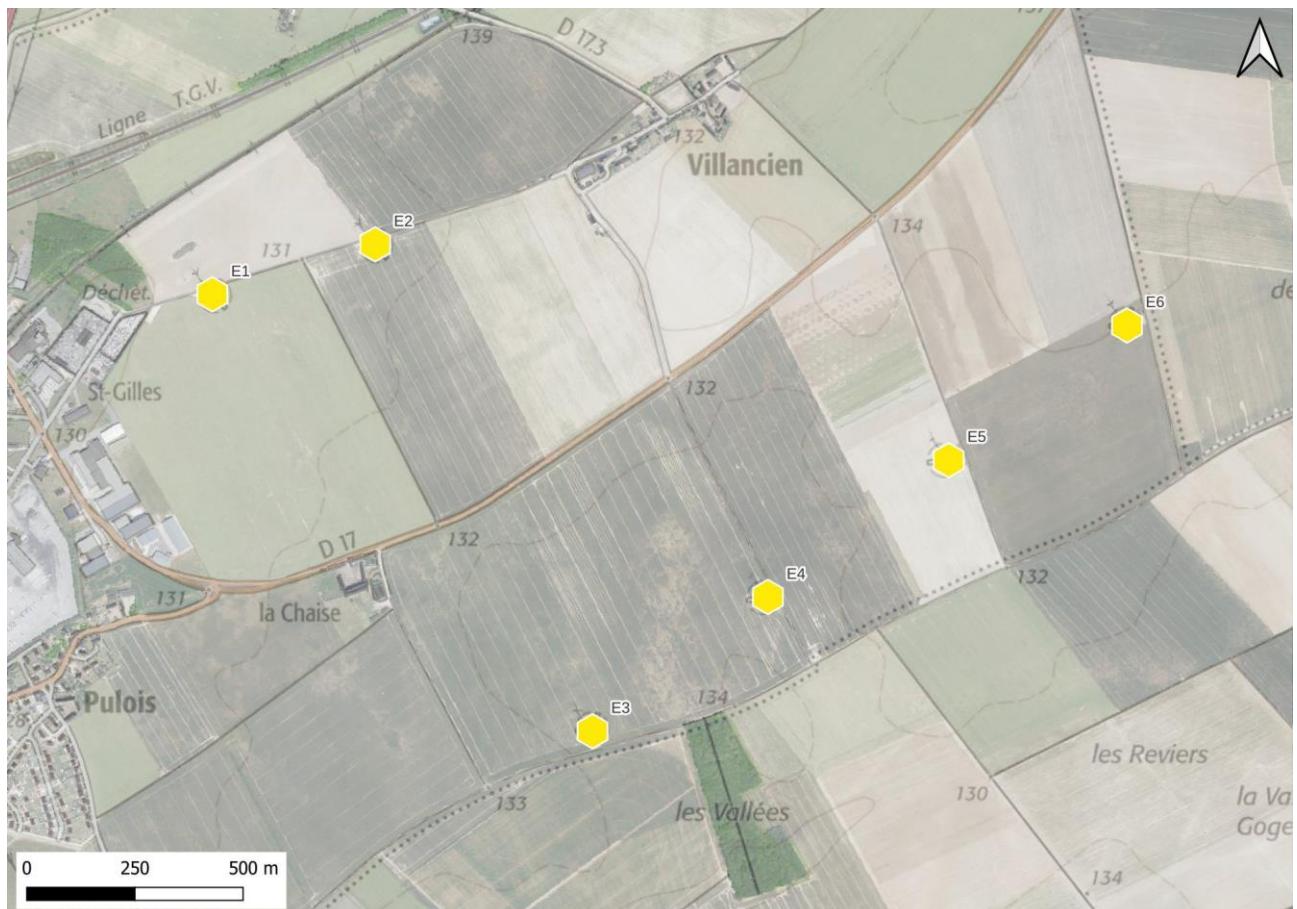
Photo 1 : mat au pied de l'éolienne E3	7
Photo 2 : mat au pied de l'éolienne E6	7
Photo 3 (à droite) : boîtier d'un batcorder.....	8
Photo 4 : Barbastelle observé sous un pont (photo hors site)	24
Photo 5 : Grand Murin dans un bâtiment désaffecté (photo hors site)	24
Photo 6 : colonie de Murin de Daubenton sous un pont (photo hors site)	25
Photo 7 : Noctule de Leisler (photo hors site)	27
Photo 8 : Pipistrelle de Kuhl en sortie de gîte (photo hors site)	28
Photo 9 : Oreillard gris (photo hors site)	32
Photo 10 : plateforme, aire de service, chemin d'accès et cultures adjacentes autour de E2	33
Photo 11 : mesure du 5 ^{ème} doigt sur un cadavre de Pipistrelle commune	36
Photo 12 : cadavre de Pipistrelle commune découvert sous l'éolienne E1 le 03/08/2022.....	36
Photo 13 : Noctule commune avec trace évidente de collision (trouvée le 17/08/2022)	37
Photo 14 : Noctule commune (trouvée sur E2 le 24/08/2022)	37
Photo 15 : oiseau indéterminable le 10/08/2022 sous l'éolienne E1	37
Photo 16 : Pigeon découvert le 10/08/2022 sous l'éolienne E6	37

INTRODUCTION : RAPPEL DES OBJECTIFS

L'objectif de cette étude est d'effectuer un suivi des chiroptères sur le parc éolien de Bonneval, sur la commune du même nom dans le département de l'Eure-et-Loir. 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°3 et N°6 ;
- ✓ **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 2022.

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



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 E3 et E6 en mars 2022, puis laissés en place pendant toute la saison 2022. 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 E3



Photo 2 : mat au pied de l'éolienne E6

2- Matériel utilisé

Au niveau des éoliennes E3 et E6, 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 atténuant 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)

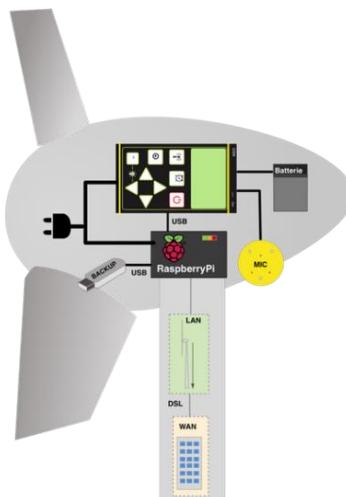


Photo 3 (à droite) : boîtier d'un batcorder

Les deux batcorders au sol (bottom) des éoliennes E3 et E6 ont fonctionné en continu entre le 17/03/2022 et le 15/11/2022, date à laquelle ont été arrêtés les téléchargements de données, l'activité étant alors devenue négligeable. Concernant les batcorders en nacelle, ils ont fonctionné entre le 24/05/2022 et le 30/10/2022 pour l'éolienne E3 et entre le 27/06/2022 et le 30/10/2022 pour l'éolienne E6, les derniers enregistrements pour ces deux détecteurs ayant été obtenus respectivement le 07/10/2022 et le 06/10/2022.

Les premiers signaux ont été captés le 21/03/2022 sur les deux batcorders au pied des éoliennes E3 et E6 (6 contacts de Pipistrelle commune en début de nuit sur chacun des enregistreurs), les derniers contacts ayant été captés le 12/11/2022 sur le batcorder bottom de l'éolienne E6 (8 Pipistrelle commune et 3 Pipistrelle de Kuhl sur la première moitié de la nuit).

Au total, les données récupérées grâce aux 2 batcorders au sol ont permis de couvrir une période continue de 243 nuits entre le 17/03 et le 15/11. Le batcorder en nacelle de l'éolienne E3 totalise 159 nuits et celui en nacelle de l'éolienne E6 couvre 125 nuits. Ainsi, à l'échelle du parc éolien, ce sont l'équivalent de 770 nuits d'écoute qui ont pu être analysées, totalisant près de 8700 heures d'écoute.

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 enregistrements issus des batcorders ont une durée qui varie entre 872 millisecondes et plusieurs dizaines de secondes, 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 / Natusius, 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 Natusius. Dans ce cas, les enregistrements ont été rapportés par défaut au groupe indifférencié « Pipistrelle de Kuhl / Natusius ».

En dehors de ces principales limites, l'analyse des enregistrements en continu obtenus par les batcorders a été très chronophage, notamment pour les détecteurs positionnés en nacelle. En effet, un bruit parasite remplissait la carte mémoire de manière continue, rendant fastidieux l'isolement des séquences de chiroptères (le seul détecteur en nacelle de l'éolienne E3, totalise plus de 260 000 séquences). Par ailleurs, ces batcorders en nacelle n'ont pas fonctionné au printemps, notamment en raison de ce bruit parasite (exploitation des enregistrements à partir du mois de juin).

De multiples échantillonnages ont donc été réalisés pour les batcorders en nacelles, en multipliant des pré-traitements par plusieurs logiciels (Kaléidoscope, Scan R', Sonochiro) afin de faire ressortir au mieux les contacts de chiroptères. Néanmoins, cette technique a été couplée à un échantillonnage manuel et aléatoire, les signaux de chiroptères étant occultés par le bruit parasite. Il s'agit donc d'une analyse partielle pour les batcorders en nacelle du parc éolien de Bonneval.

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 E3 et E6. 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 :

41 009 contacts de chiroptères ont été recueillis au total au niveau des 4 batcorders, au cours de la saison 2022. La répartition en altitude de ces contacts montre que 98,1% de l'activité a été notée au niveau des batcorders situés aux pieds des éoliennes E3 et E6, contre seulement 1,9% au niveau des nacelles de ces mêmes éoliennes, soit un rapport d'environ 1 pour 53 entre l'activité au sol et celle relevée en altitude (**fig. 2**). Toutefois, ces résultats sont à mettre en relation avec les périodes d'enregistrements plus restreintes couvertes par les détecteurs haut (cf supra).

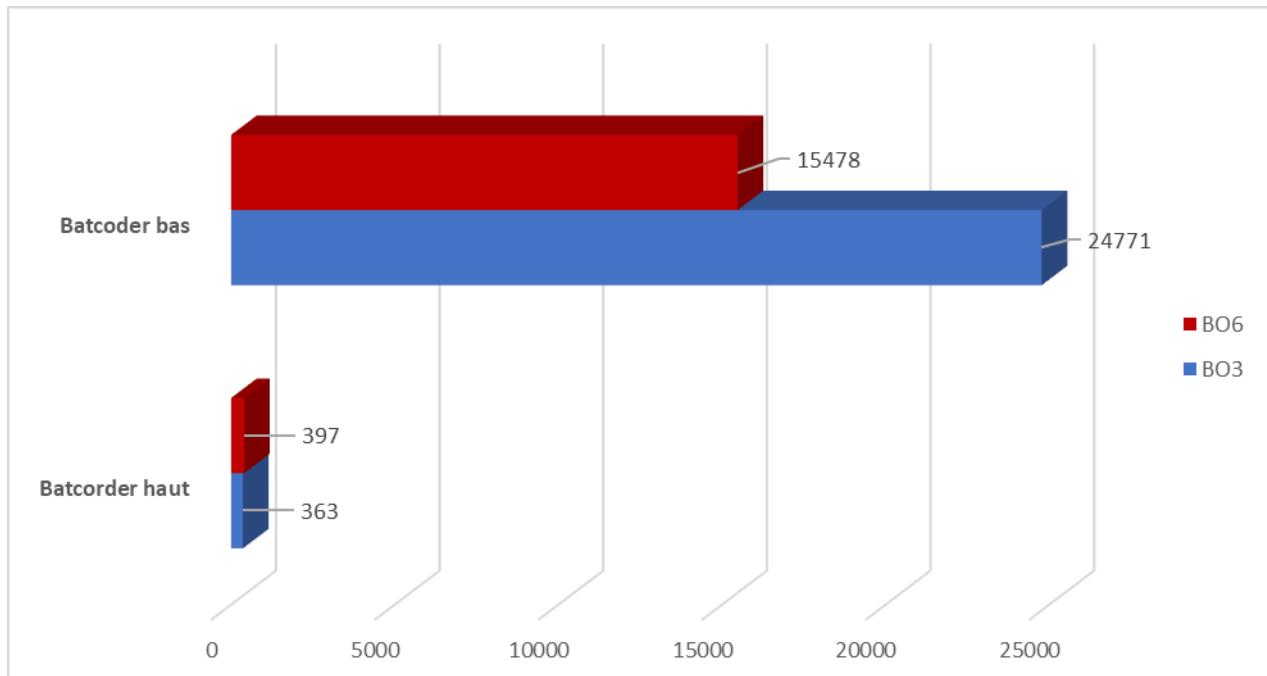


Figure 2 : proportion des contacts enregistrés au sol et en altitude au niveau des éoliennes E3 et E6

Du fait de la durée variable des séquences enregistrées (comprise entre 872 ms et plusieurs dizaines de secondes), il a été choisi d'associer **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 (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 de certaines séquences.

L'activité horaire mesurée est faible (moyenne de 4,71 contacts/heures), du fait du nombre total d'heures d'enregistrement (proche de 8 700 heures en tout pour les 4 batcorders).

1.2- Analyse du peuplement :

Neuf espèces, complétées par deux 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 I**.

Tableau I : activité par espèce et par batcorder (nombre de contacts pour l'ensemble du suivi 2022)

Nom français	BO3 Bottom	BO3 Top	Total BO3	BO6 Bottom	BO6 Top	Total BO6	Total
Barbastelle d'Europe	7		7	16		16	23
Sérotine commune	239	38	277	219	90	309	586
Murin de Daubenton	13		13	3		3	16
Grand Murin	9		9	3		3	12
Noctule de Leisler	150	49	199	155	28	183	382
Noctule commune	1876	256	2132	1119	273	1392	3524
Pipistrelle groupe Kuhl/Nathusius	5		5	10		10	15
Pipistrelle de Kuhl	13464	2	13466	5118		5118	18584
Pipistrelle commune	8870	18	8888	8688	6	8694	17582
Pipistrelle commune/Nathusius	90		90	126		126	216
Oreillard gris	48		48	21		21	69
Total espèces	11	5	11	11	4	11	11
Total contacts	24771	363	25134	15478	397	15875	41009

Le peuplement recensé en 2022 est composé majoritairement de deux espèces (Pipistrelle de Kuhl et Pipistrelle commune), qui totalisent à elles seules plus de 88% du total des contacts. Deux autres espèces peuvent être considérées comme secondaires, puisqu'elles totalisent chacune plus de 1% du total des contacts (Noctule commune : 8,6% et Sérotine commune : 1,4%). Toutes les autres espèces représentent une très faible part du peuplement observé, avec moins de 1% du total des contacts (**figure 3**).

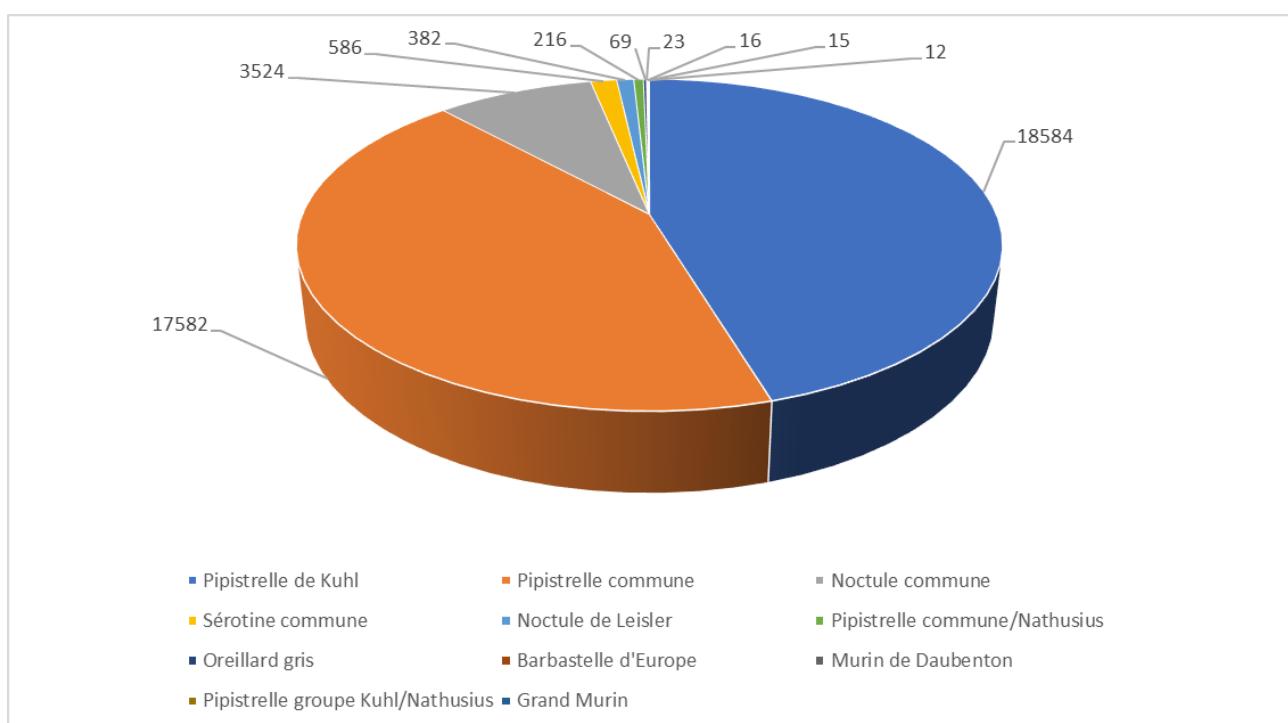


Figure 3 : répartition des contacts par espèce pour l'ensemble des batcorders

Les différences de peuplement entre les éoliennes E3 et E6 sont peu marquées, et portent principalement sur le nombre de contacts de trois espèces : la Pipistrelle de Kuhl à été 2,6 fois plus contactées sur le batcorder bas de l'éolienne E3, la Noctule commune 2 fois plus contactée sur ce même détecteur et la Sérotine commune a été contactée presque 3 fois plus sur le batcorder haut de l'éolienne E6. A noter également la présence de la Pipistrelle de Kuhl en altitude au niveau de l'éolienne 3 (2 contacts). En dehors de ces principales différences, la répartition des contacts de chacune des espèces reste assez similaire entre les deux éoliennes, ceci aux deux hauteurs d'écoute.

Les **figures 4 et 5** montrent la distribution par espèce des contacts recueillis respectivement au niveau des éoliennes E3 et E6.

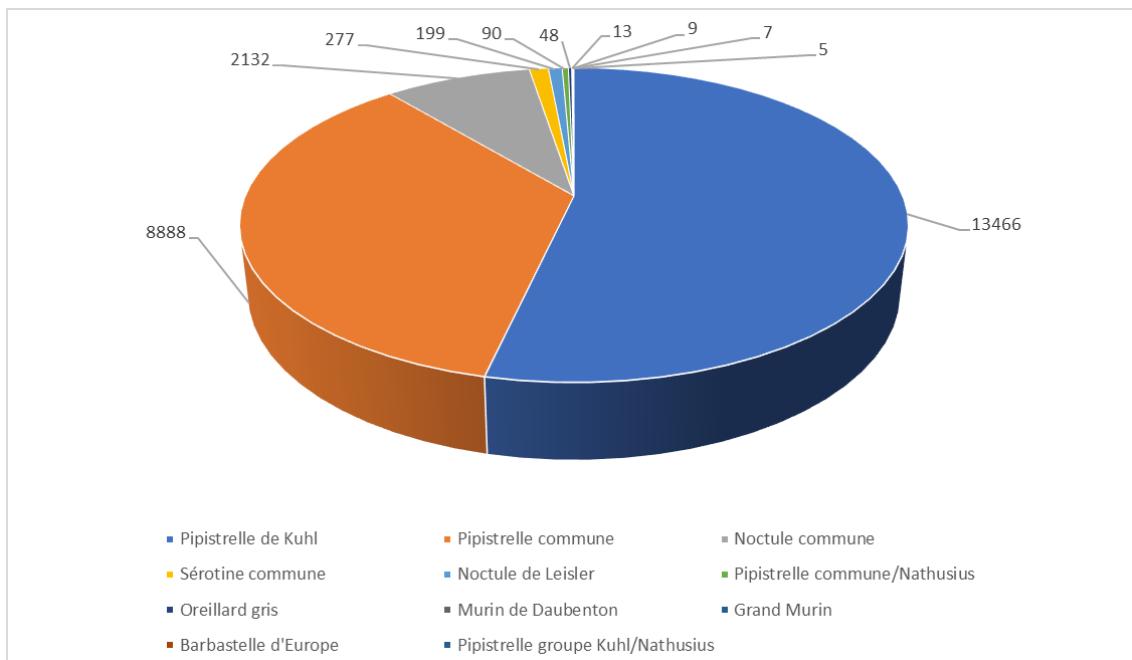


Figure 4 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders de E3

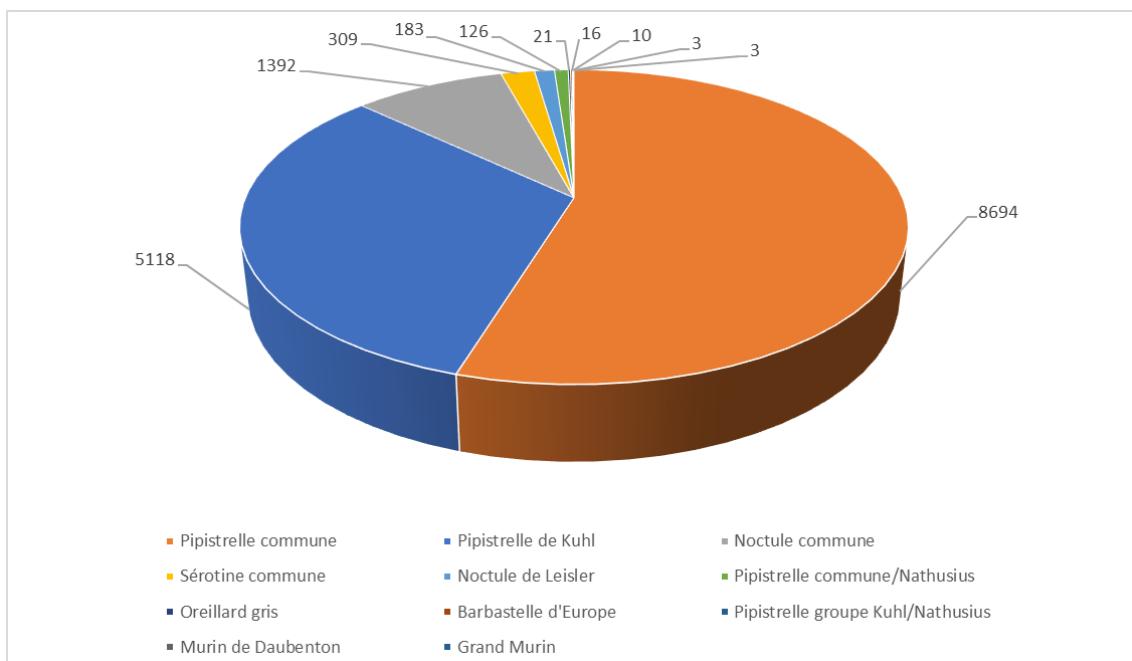


Figure 5 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders de E6

Si les différences entre les éoliennes E3 et E6 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 E3 et E6 contre 11 espèces (ou groupes d'espèces) au niveau des batcorders « bottom »), avec presque exclusivement des espèces se rapportant au groupe des Noctules et Sérotine (Sérotules) pour les relevés en altitude (**figures 6 et 7**). Par ailleurs et pour rappel, les batcorders positionnés au pied des éoliennes ont permis d'enregistrer plus de 98% du total des contacts, équivalents à plus de 40 000 contacts toutes espèces confondues, contre seulement 760 contacts toutes espèces confondues sur les batcorders situés en nacelle.

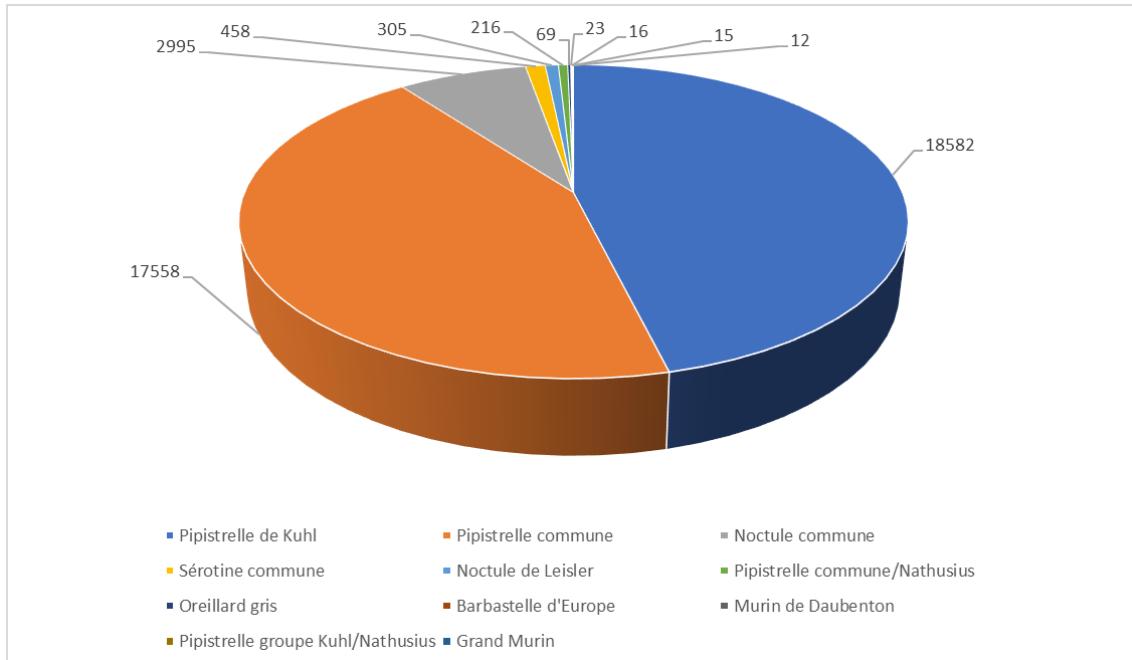


Figure 6 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders « bottom »

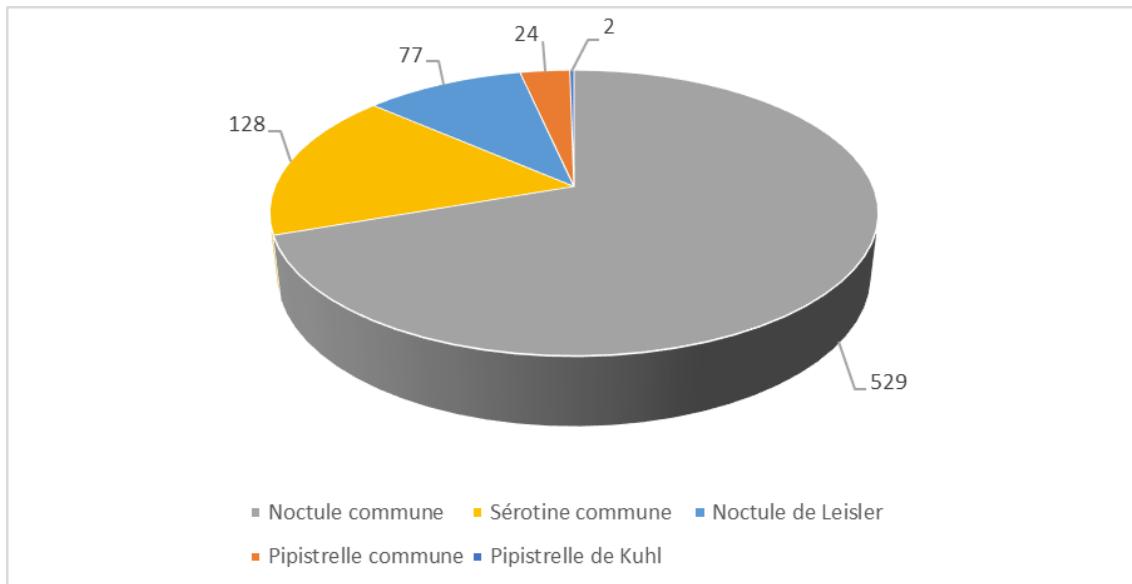


Figure 7 : répartition par espèce des contacts enregistrés par les 2 batcorders « top »

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. Si les répartitions mensuelles sont équivalentes entre les éoliennes E3 et E6, des différences apparaissent sur l'intensité des pics surtout sur les batcorders au sol, l'éolienne E3 montrant un pic d'activité modéré en juin et plus fort en octobre et l'éolienne E6 montrant un pic d'activité plus fort en juin et plus faible en octobre. En altitude, la répartition mensuelle est similaire entre les deux éoliennes (pic d'activité en août). 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.

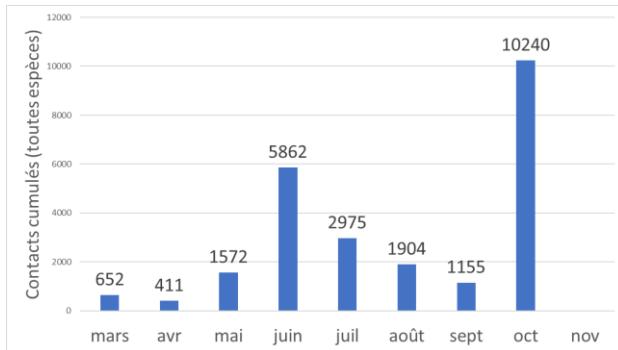


Figure 8 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-bottom de E3

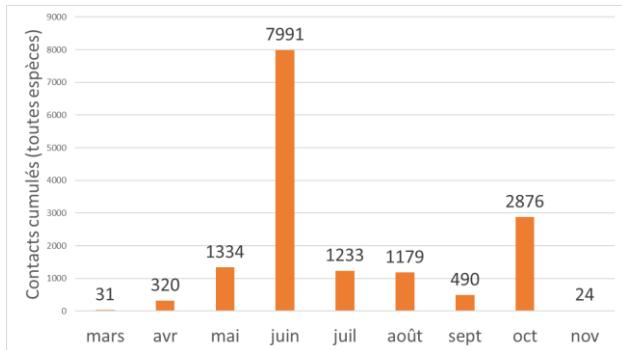


Figure 9 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-bottom de E6

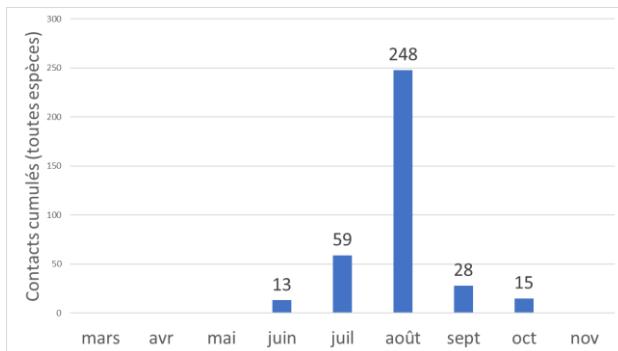


Figure 10 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-top de E3

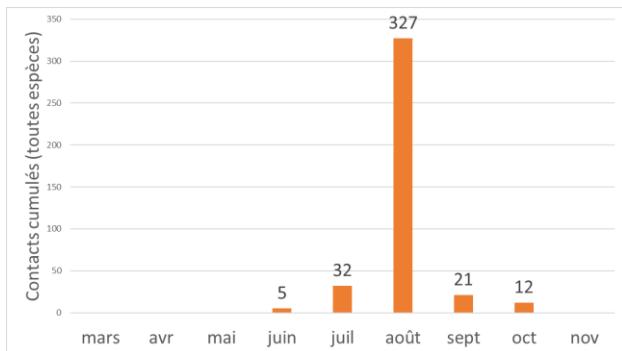


Figure 11 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par le batcorder-top de E6

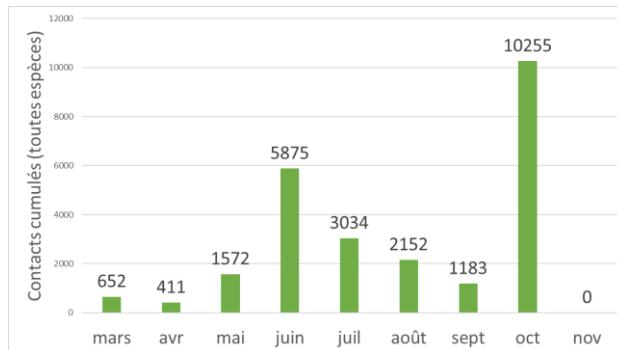


Figure 12 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcorders de E3

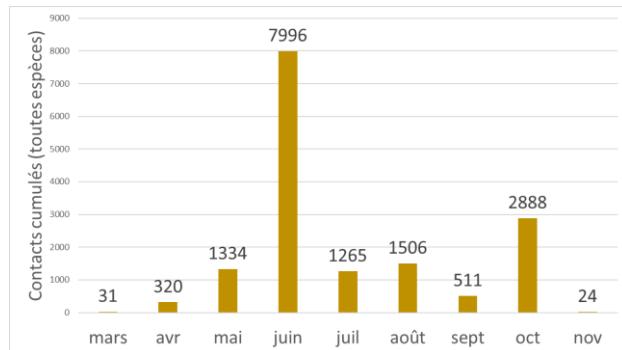


Figure 13 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcorders de E6

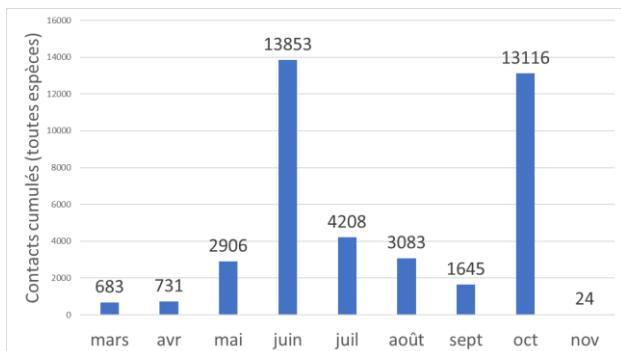


Figure 14 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcorders « bottom »

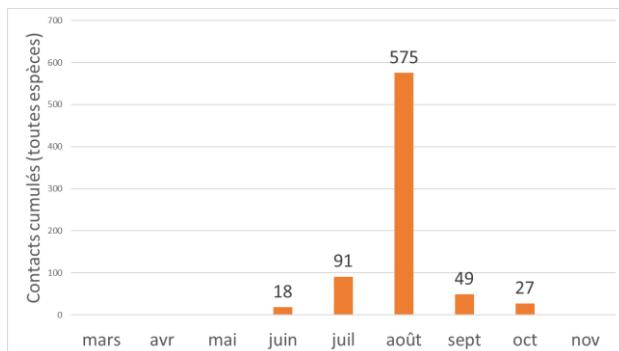


Figure 15 : répartition mensuelle des contacts enregistrés par les deux batcorders « top »

En cumulant les contacts des 4 batcorders (fig. 16), il apparaît que les pics des mois de juin et d'octobre représentent respectivement 34% et 32% des contacts obtenus. Le cumul de l'activité entre les mois de juin et de d'octobre représente en tout 89,4% du nombre total de contacts enregistré sur l'année entière.

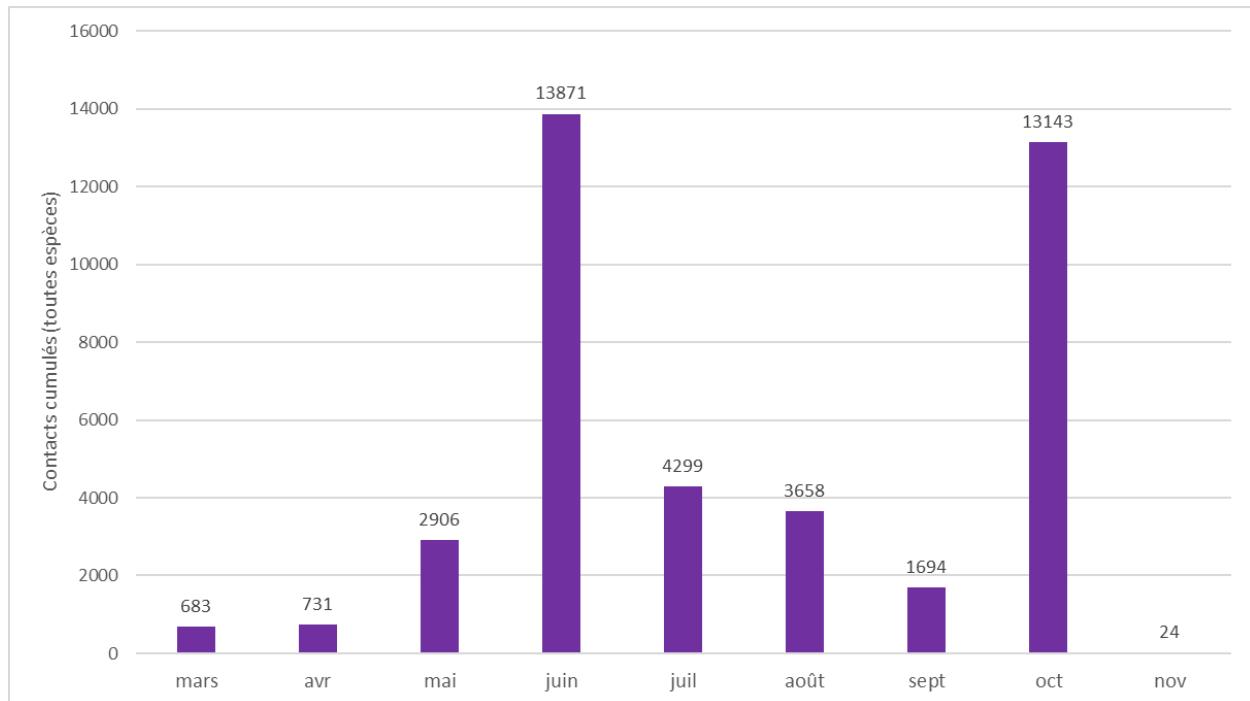


Figure 16 : répartition mensuelle des contacts de chiroptères (total des 4 batcorders)

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), vraisemblablement en fonction des conditions météorologiques de l'année, et d'une composante migratrice à phénologie plus tardive en fin d'été (août à octobre). Dans tous les cas, l'activité en début de printemps (mars à mai) reste faible. Le pic d'activité du mois d'octobre peut être mis en relation avec les conditions météorologiques particulièrement favorables pour la saison, avec des températures automnales élevées (plusieurs nuits durant lesquelles la température n'est pas descendue en dessous de 15°C).

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 17**), et des fluctuations plutôt centrées sur les périodes de transits printanier et automnal dans le cas des batcorders « top » (**figure 18**). Dans le cas des batcorders « bottom », un important pic d'activité a été noté dans la nuit du 23 juin, avec près de 3 300 contacts cumulés avec un ratio d'environ 1 pour 3 entre les éoliennes E3 et E6. Un second pic est révélé la nuit du 04 octobre avec près de 3 400 contacts avec cette fois un ratio de 4 pour 1 entre les éoliennes E3 et E6. 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)... Les pics tardifs (octobre) peuvent aussi s'expliquer par un climat doux pour la saison, motivant les chiroptères à gonfler leurs réserves énergétiques pour passer l'hiver. 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.

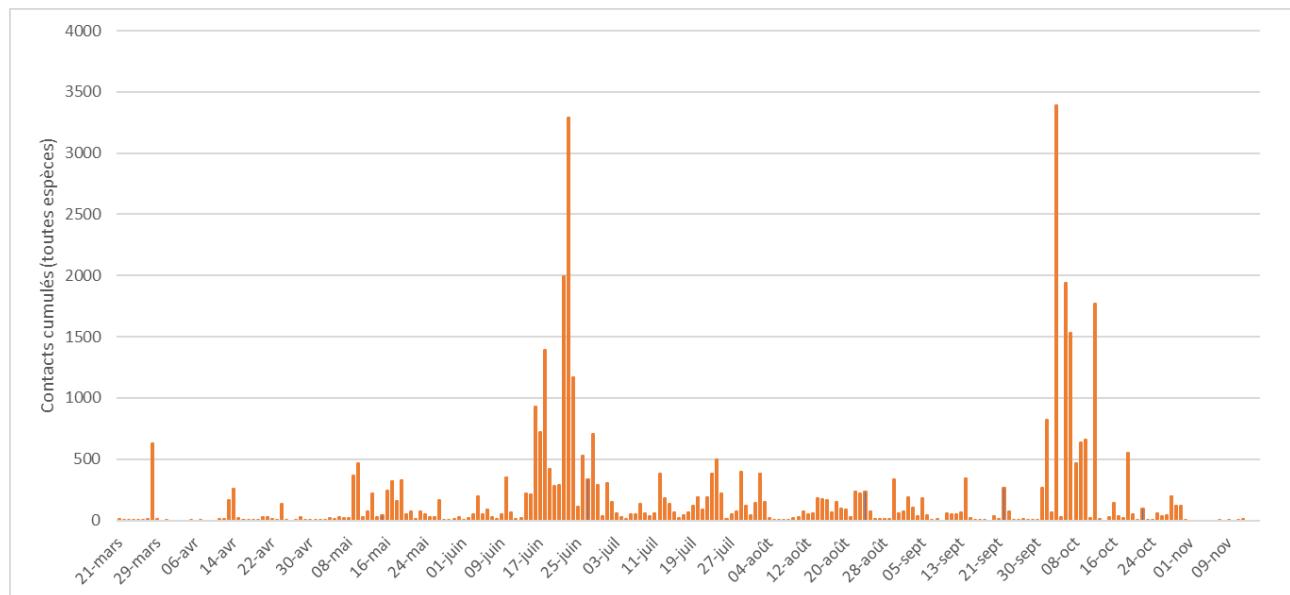


Figure 17 : répartition journalière de l'activité des chiroptères au niveau des batcorders « bottom » (exprimée en nombre de contacts par nuit)

Dans le cas des écoutes en nacelle (**figure 18**), l'absence de contacts en période printanière est due à un dysfonctionnement du matériel d'écoute. Néanmoins, les pics d'activité concernent uniquement la période automnale (principalement le mois d'août), et semblent donc indiquer le passage d'individus en transit migratoire.

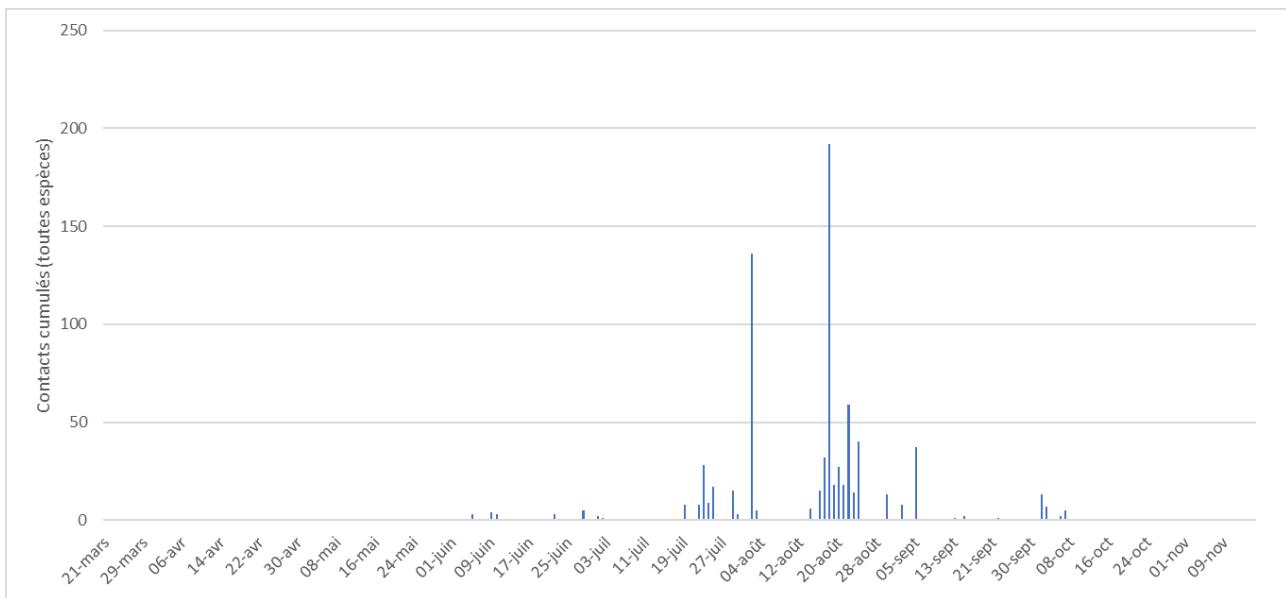


Figure 18 : répartition journalière de l'activité des chiroptères au niveau des batcorders « top » (exprimée en nombre de contacts par nuit)

1.5- Analyse de l'activité horaire :

La répartition des contacts par tranche d'une demi-heure a été calculée à partir de l'heure légale du coucheur 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 19 et 20**. Ces distributions montrent un pic assez marqué en début de nuit, entre 1 heure et 2 heures après le coucheur du soleil, puis un étalement des contacts au cours du nycthémérère, avec quelques rebonds dans le cas de l'activité en altitude, qui apparaît donc plus étalée sur l'ensemble du cycle nocturne. L'absence de pic en toute fin de nuit laisse supposer un relatif éloignement des gîtes.

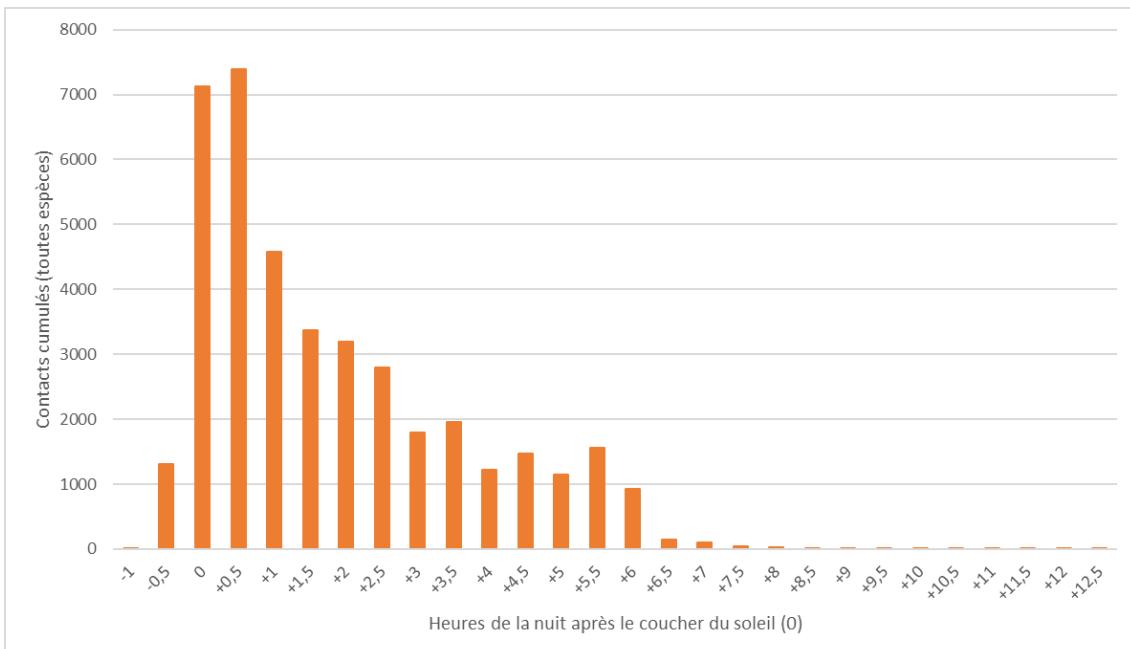


Figure 19 : répartition des contacts par tranche d'une heure à partir du coucheur du soleil pour les batcorders « bottom »

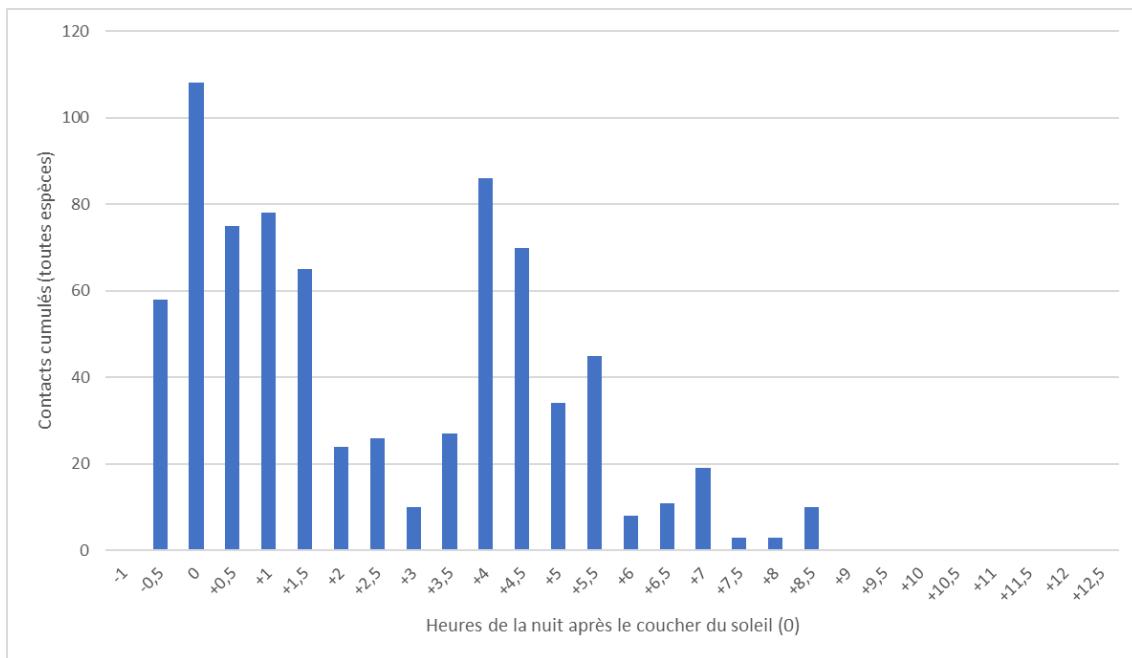


Figure 20 : répartition des contacts par tranche d'une heure à partir du coucher du soleil pour les batcorders « top »

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 sont globalement inactifs en dessous de 6°C (seulement 5 contacts pour des valeurs inférieures). L'essentiel de l'activité a lieu entre 12°C et 24°C pour les enregistrements pris au niveau du sol (batcorders bottom), et plutôt entre 17°C et 29°C pour les enregistrements en altitude (batcorders top). L'activité au sol couvre une gamme de températures très large, alors que l'activité en altitude paraît plus centrée sur les températures élevées (fig. 21-22).

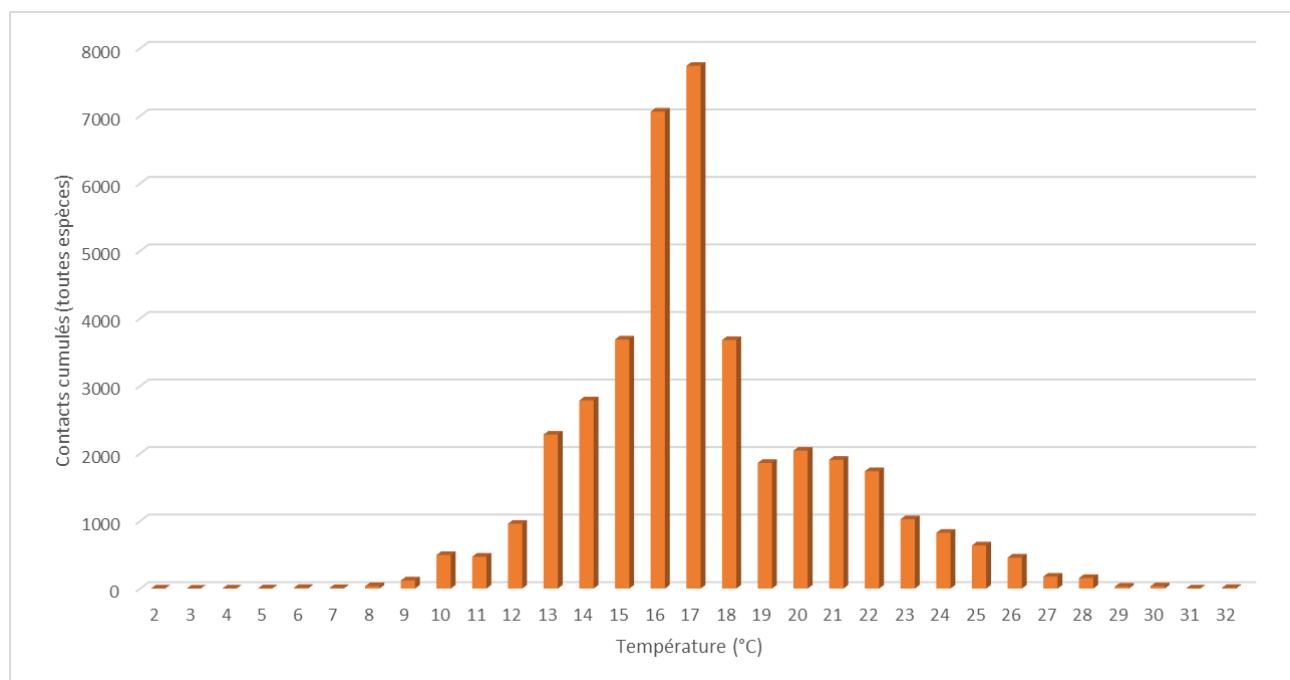


Figure 21 : activité enregistrée au niveau des deux batcorders « bottom » en fonction de la température (en nombre de contacts par tranche de 1°C)

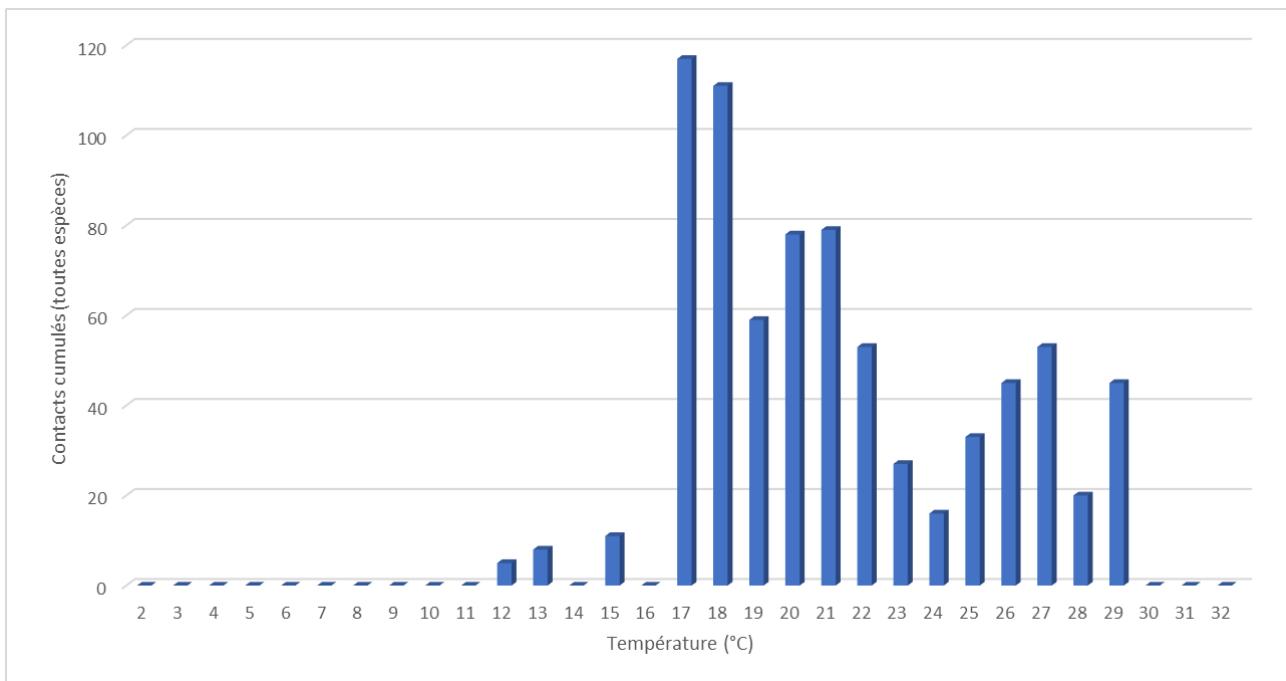


Figure 22 : activité enregistrée au niveau des deux batcorders « top » en fonction de la température (en nombre de contacts par tranche de 1°C)

L'optimum de température se situe autour de 16°C à 17°C dans le cas des batcorders « bottom », ce qui correspond à peu près à la température nocturne moyenne (17,34°C) pour l'ensemble de la période de suivi. Pour les batcorders « top », la répartition des contacts correspond majoritairement aux températures élevées, mais peut s'expliquer par l'absence d'enregistrements en période printanière à la suite d'un défaut technique du matériel d'enregistrement. En effet, les températures les plus basses recensées au sol correspondent en grande partie à la période s'étalant entre les mois de mars et de mai.

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. 23), l'activité apparaît centrée sur l'intervalle de 1,5 à 3,5 m/s, avec des nombres de contacts qui décroissent au-dessus de 3,7 m/s, puis qui deviennent négligeables au-dessus de cette dernière valeur. À 100 mètres de hauteur, l'activité, bien que beaucoup plus faible, apparaît très variable en fonction de la vitesse du vent, avec cependant une valeur critique située entre 4 et 4,5 m/s. Quelques pics secondaires, bien que de faible intensité, sont aussi identifiés pour des vitesses de vent plus élevées (5,6 m/s et 7,4 m/s), ces derniers pouvant être mis en relation avec de potentiels passages migratoires en altitude (fig. 24).

Ces différences de comportement 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.

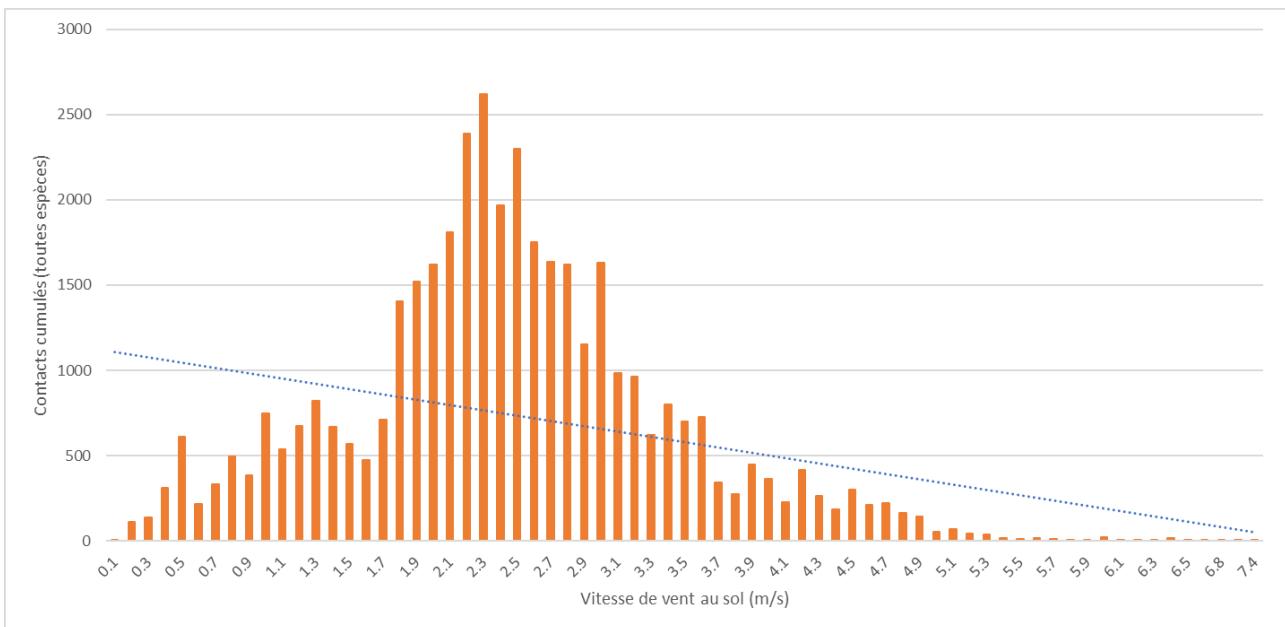


Figure 23 : répartition des contacts (batcorders bas) en fonction de la vitesse du vent mesurée au sol

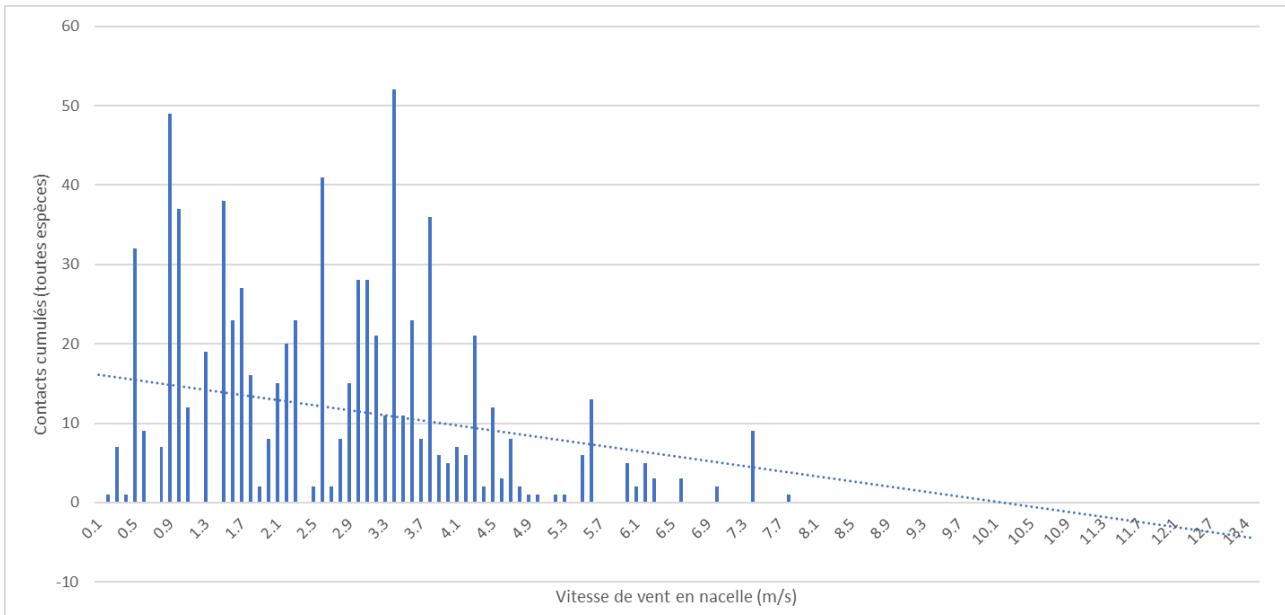


Figure 24 : répartition des contacts (batcorders haut) en fonction de la vitesse du vent mesurée en nacelle

1.8- Conclusion sur le suivi au niveau des éoliennes E3 et E6 :

L'analyse des enregistrements des deux paires de batcorders sur l'ensemble de la saison 2022 a montré que l'activité en altitude restait relativement marginale par rapport à l'activité mesurée aux pieds des éoliennes, puisqu'elle ne représentait globalement moins de 2% du nombre total de contacts enregistrés. Si ces résultats sont à mettre en relation avec l'absence de données en nacelle pour la période printanière, ils permettent tout de même de donner une tendance sur la répartition altitudinale de l'activité.

La composition des peuplements au niveau du sol et à hauteur de la nacelle apparaît également distincte, avec une dominance de la Pipistrelle commune et de la Pipistrelle de Kuhl dans le premier cas, et une part prépondérante des Sérotules (Noctules et Sérotine) en altitude. Les répartitions saisonnières des contacts sont également distinctes, avec un pic d'activité en juin et en octobre dans le cas des batcorders au sol, et plus centré sur le mois d'août pour les batcorders en nacelles, le total des contacts obtenus sur l'ensemble des batcorder sur la période de juin à octobre représentant près de 90% 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, même si quelques rebonds d'activité sont notés en milieu de nuit pour les batcorders en nacelle.

Concernant les paramètres météorologiques étudiés (températures et vitesses de vent), il apparaît que les chiroptères sont majoritairement actifs pour des températures supérieures à 6°C, avec un maximum de contacts obtenu pour des valeurs comprises entre 12°C et 24°C. Les vitesses de vent élevées sont également un facteur limitant pour l'activité des chauves-souris, notamment pour l'activité de chasse relevée au sol. Ainsi, des vents supérieurs à 3,5 m/s à 4,5 m/s réduisent considérablement l'activité chiroptérologique.

2- Résultats par espèces

2.1- Intérêt patrimonial

Les enjeux sont définis à partir de critère de **patrimonialité** (statut de rareté et de protection des espèces), en tenant compte des caractéristiques des **populations** observées (effectifs, saisonnalité, statut de reproduction...) et du rôle des **territoires** présents sur le site pour l'accomplissement de leur cycle biologique (gîte, territoire de chasse, zone de passage...). Pour les chiroptères, toutes les espèces étant protégées en France, l'estimation de la patrimonialité tient compte de leur intérêt à l'échelle communautaire (annexe 2 ou 4 de la Directive Habitats), de leurs classements sur les listes rouges nationales et régionales et de leur statut de rareté au niveau départemental et régional. Ces différents critères sont résumés dans le **tableau II** suivant :

Tableau II : critère d'évaluation de la patrimonialité des chiroptères

Échelles :	Critères	Catégories	Intérêt patrimonial
	Communautaire	Directive Habitats (JO L 206 du 22.7.1992)	Annexe 2 Annexe 4
	Nationale	Espèces protégées sur le territoire national (Arrêté du 23 avril 2007)	Faible
		Liste Rouge (UICN France, MNHN, SFEPM & ONCFS, 2017) :	RE, CR, EN, VU, NT
	Régionale	Espèces déterminantes pour les Znieff en région Centre-Val de Loire (Dreal CVL, 2023)	Moyen
		Liste Rouge Centre (Chatton, 2013) :	RE, CR, EN, VU, NT
	Régionale ou départementale	Espèce très rare Especie rare à assez rare Especie peu commune à très commune	TR R à AR PC à TC
			- Fort - Moyen - Faible

En dehors de la patrimonialité, les caractéristiques des populations locales (nombre total de contacts recueillis, proportion de l'espèce dans le peuplement global, périodes de présence) et les modalités d'utilisation du territoire (statut de reproduction, dépendance de l'espèce par rapport au site d'étude...) permettent de pondérer les enjeux propres à chaque espèce (**fig. 25**).

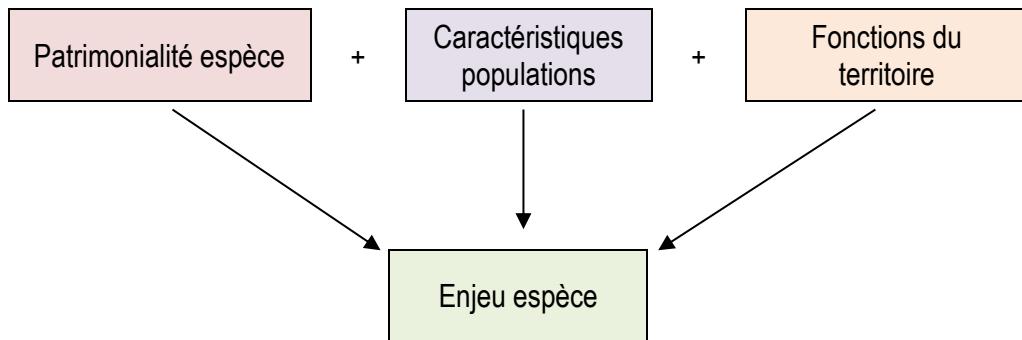


Figure 25 : principe de l'évaluation des enjeux par espèce

Ces enjeux sont définis sur la base d'une échelle qualitative classique comportant 5 classes :

Enjeu	Très faible	Faible	Modéré	Fort	Très fort
-------	-------------	--------	--------	------	-----------

2.2- Résultats du suivi

Les 11 espèces (ou groupe d'espèces) de chauves-souris identifiées lors du suivi de 2022 sont présentées dans le **tableau III**, qui rappelle les statuts de rareté et de protection des espèces identifiées pour les différentes échelles géographiques.

Tableau III : statut des chiroptères identifiés sur le site

Nom scientifique	Nom français	R28	R CVL	Znreff	LR Centre	Fr.	LR Fr	Dir Hab	LR Monde
<i>Barbastella barbastellus</i>	Barbastelle d'Europe	AR	AR	X	NT	2	LC	2;4	NT
<i>Myotis myotis</i>	Grand Murin	AC	AC	X	LC	2	LC	2;4	LC
<i>Myotis daubentonii</i>	Murin de Daubenton	AC	C	X	NT	2	LC	4	LC
<i>Nyctalus noctula</i>	Noctule commune	AC	AC	X	NT	2	VU	4	LC
<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	AR	AR	X	NT	2	NT	4	LC
<i>Eptesicus serotinus</i>	Sérotine commune	AC	AC		LC	2	NT	4	LC
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl	C	AC		LC	2	LC	4	LC
<i>Pipistrellus groupe kuhl/nathusii</i>	Pipistrelle gr. Kuhl/Nathusius	SMC	SMC			2	NT	4	LC
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	C	C		LC	2	NT	4	LC
<i>Pipistrellus gr. pipistrellus/nathusii</i>	Pipistrelle gr. commune/Nathusius	R	R		DD	2	LC	4	LC
<i>Plecotus austriacus</i>	Oreillard gris	AC	AC		LC	2	LC	4	LC

R28 (rareté pour le département de l'Eure-et-Loir) et R CVL (Rareté région Centre-Val de Loire). : C=Commun ; AC=Assez Commun ; AR=assez Rare ; R=Rare ; TR=Très Rare ; SMC=Statut Mal Connú (échelle expert établie d'après la bibliographie).

Znreff : X=espèce déterminante pour les Znreff en région Centre-Val de Loire (d'après Dreal CVL, 2023).

LR Centre : Liste Rouge région Centre (Chatton, 2013) : En=En Danger ; VU=Vulnérable ; NT=Quasi menacé ; LC=Préoccupation mineure ; DD=Données insuffisantes.

Fr. (France : statut de protection) : 2=protection totale des individus et des habitats (article 2).

LR France (Liste Rouge France, IUCN et al., 2017) : VU=Vulnérable ; NT=Quasi menacé ; LC=Préoccupation mineure.

Europe (Directive Habitats) : 2=Annexe 2 (espèces d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de ZPS) ; 4=Annexe 4 (espèces animales d'intérêt communautaire qui nécessite une protection stricte).

LR Monde (Liste Rouge Mondiale, IUCN, 2008) : NT=Quasi-menacé ; LC=Préoccupation mineure ; DD=Données insuffisantes.

En rouge : intérêt patrimonial fort - En bleu : Intérêt patrimonial moyen - En vert : intérêt patrimonial faible

Le suivi de 2022 sur le parc de Bonneval a permis de mettre en évidence la présence de 9 espèces complétées par deux groupes d'espèces dont l'identification n'a pu aboutir avec certitude (recouvrement des signaux entre espèces du même groupe).

Sur la base des critères établis dans le **tableau II**, le peuplement observé lors du suivi de 2022 comporte 2 espèces qui relèvent de l'annexe 2 de la Directive Habitats (**intérêt patrimonial fort**), trois autres chauves-souris d'**intérêt patrimonial moyen**, du fait de leur inscription sur la liste des espèces déterminantes pour les ZNIEFF en région Centre et 4 autres espèces (complétées par deux groupes d'espèces) **d'intérêt patrimonial faible**.

➤ La Barbastelle d'Europe (*Barbastella barbastellus*) :

La Barbastelle est une chauve-souris considérée comme une espèce menacée au niveau mondial, sa cotation détaillée (IUCN, 2016) correspondant à la catégorie « quasi-menacé » (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.

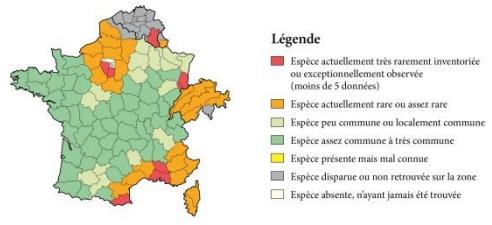


En Europe, la Barbastelle occupe une aire assez vaste, du Portugal au Caucase, et du sud de la Suède à la Grèce. Elle est considérée comme une espèce menacée dans tous les pays de l'Union Européenne, avec des populations proportionnellement moindres dans les pays du nord de l'Europe.

Carte 2 : répartition de la Barbastelle en Europe (source : www.iucnredlist.org).

En France, la fréquence des observations est également marquée par un gradient nord-sud, avec des populations très faibles ou inexistantes dans la partie septentrionale du pays, mais également des observations relativement 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.

Distribution de la Barbastelle d'Europe



Source : Arthur L., Lemaire M., 2015. - Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Biotope, Méze (Collection Parthénope), Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 2^e éd., 544p.

Carte 3 : répartition de la Barbastelle en France (Arthur & Lemaire, 2015)

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. Longtemps considérée comme une espèce strictement forestière, la Barbastelle apparaît aujourd'hui comme une espèce assez plastique au niveau du choix de ses habitats. Le facteur déterminant semble être surtout l'importance du peuplement local de lépidoptères nocturnes (macro- et microhétérocères), qui constituent l'essentiel de ses proies (jusqu'à 99% en fréquence, des proies ingérées). Cette forte spécialisation du régime alimentaire a été, par le passé, l'une des principales causes du déclin de la Barbastelle, l'intensification de l'agriculture, et l'emploi des pesticides ayant largement fait chuter les effectifs de lépidoptères (Sierro & Arlettaz, 1997). Les gîtes naturels occupés par cette espèce sont peu connus (Meschede & Heller, 2003). La plupart des gîtes recensés sont en effet situés dans des bâtiments, avec une certaine préférence pour les linteaux des portes de grange, et les disjointements des poutres et des charpentes. La Barbastelle est aussi assez fréquemment observée sous les ponts, qu'elle utilise comme gîte occasionnel.

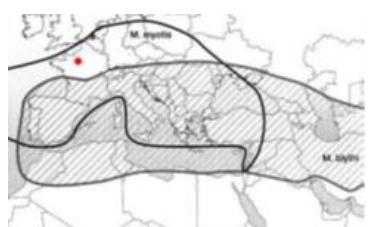


Photo 4 : Barbastelle observé sous un pont (photo hors site)

Au niveau du suivi en continu, la Barbastelle a été captée 23 fois, uniquement sur les batcorders positionnés au sol et majoritairement en période automnale.

➤ **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...). En région Centre, l'espèce est assez bien répartie dans les différents départements, excepté en Indre-et-Loire où ses populations semblent proportionnellement moins abondantes. Le site Natura 2000 de la Vallée du Loir, localisé à l'ouest de l'aire d'étude, recense jusqu'à 200 Grand Murin en période hivernale.



La distinction entre le Grand Murin (*Myotis myotis*) et le Petit Murin (*Myotis blythii*) n'est pas possible sur la base de l'analyse des émissions ultrasonores. Compte tenu de la répartition géographique des deux espèces, les observations réalisées sur le site sont à rapporter plus probablement à l'espèce *Myotis myotis*.

Carte 4 : répartition du Grand et du Petit Murin en Europe (adapté d'après Arthur & Lemaire, 1999)

Sur le site, seulement 12 contacts ont été comptabilisés au niveau des batcorders aux pieds des éoliennes, dont 9 au niveau de l'éolienne E3 et 3 au niveau de l'éolienne E6.



Photo 5 : Grand Murin dans un bâtiment désaffecté (photo hors site)

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

Le Murin de Daubenton est une chauve-souris assez strictement inféodée aux milieux aquatiques, qui a vu ses effectifs augmenter par le passé avec l'eutrophisation des rivières, la pullulation de petits diptères (chironomes) lui étant favorable. Actuellement, ses populations semblent régresser dans certaines régions, probablement par manque de disponibilités en gîtes, notamment au niveau des ponts et des ouvrages d'art qui présentent des anfractuosités favorables assez profondes.



Photo 6 : colonie de Murin de Daubenton sous un pont (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.

Seulement 16 contacts ont pu être enregistrés par les batcorders au pied des éoliennes (13 sur l'éolienne E3 et 3 sur l'éolienne E6).

➤ **La Noctule commune (*Nyctalus noctula*) :**

Cette espèce est assez commune en région Centre, mais ses effectifs et sa 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 disposant 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.

La Noctule commune a été recensée à toutes les saisons sur les 4 batcorders (3 524 contacts, dont 529 enregistrés en altitude).

L'analyse de la répartition journalière des contacts montre une forte variabilité de l'activité pour cette espèce (**fig. 26**), avec des pics surtout marqués en fin de période estivale puis en période automnale, vraisemblablement indicateurs de passages migratoires.

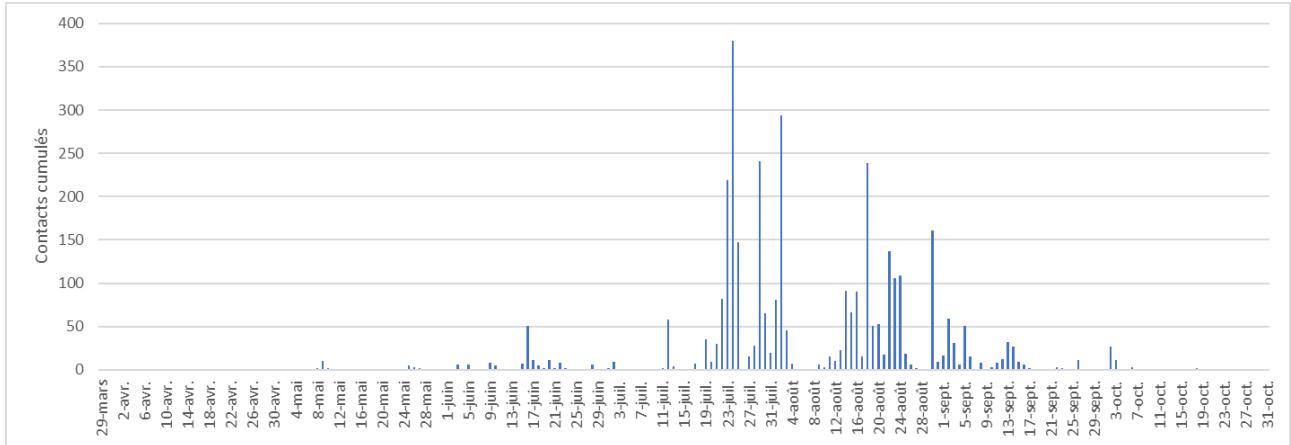


Figure 26 : variation journalière de l'activité de la Noctule commune au niveau des batcorders

L'analyse horaire des signaux indique, en outre, une proportion plus forte de contacts dans les premières heures qui suivent le coucher du soleil (**fig. 27**).

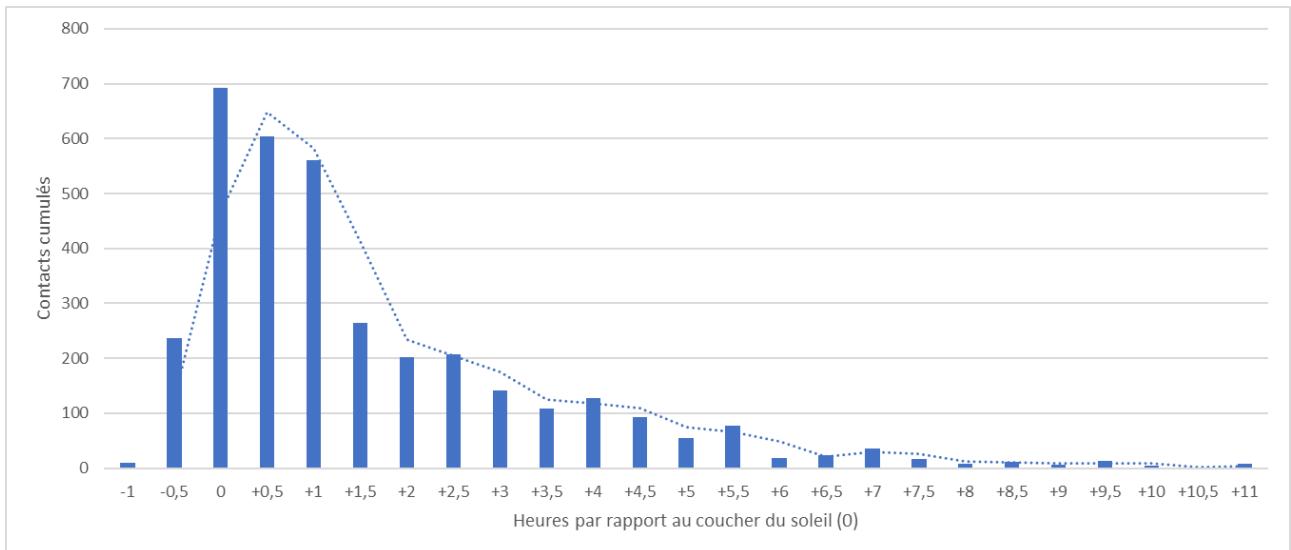


Figure 27 : répartition des contacts de Noctule commune au cours du nycthémère

➤ 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.

Elle est relativement mal connue en région Centre où elle peut être considérée comme assez 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.

Le suivi en continu de 2022 a permis de capter 382 enregistrements pour cette espèce, dont 77 pour les détecteurs positionnés en nacelle. Comme pour la Noctule commune, l'activité de la Noctule de Leisler apparaît assez variable au cours de l'année (**fig. 28**), avec un pic en fin d'été et en automne, et avec un pic légèrement moins marqué au printemps. Cette répartition des contacts évoque des phénomènes migratoires assez marqués, cette espèce n'ayant quasiment pas été contactée en période de reproduction (estivage).



Photo 7 : Noctule de Leisler (photo hors site)

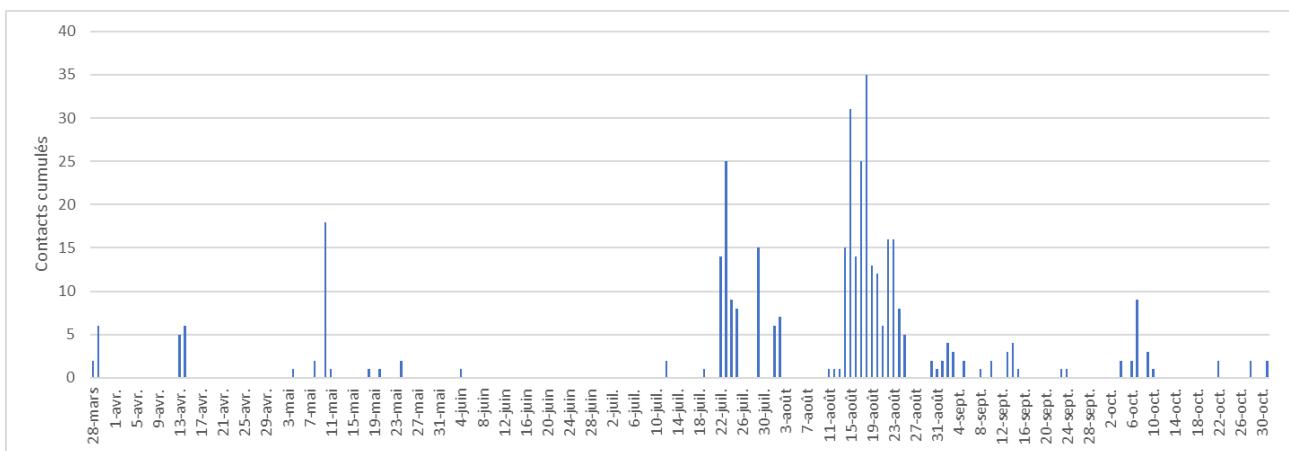


Figure 28 : variation journalière de l'activité de la Noctule de Leisler au niveau des batcorders

De même, l'analyse horaire des signaux de cette espèce montre un plus fort également des contacts tout au long du cycle nyctéméral, avec un pic en début de nuit puis un autre en dernière partie de nuit, 5 à 6 heures après le coucher du soleil (**fig. 29**), évoquant des gîtes de transit assez proches.

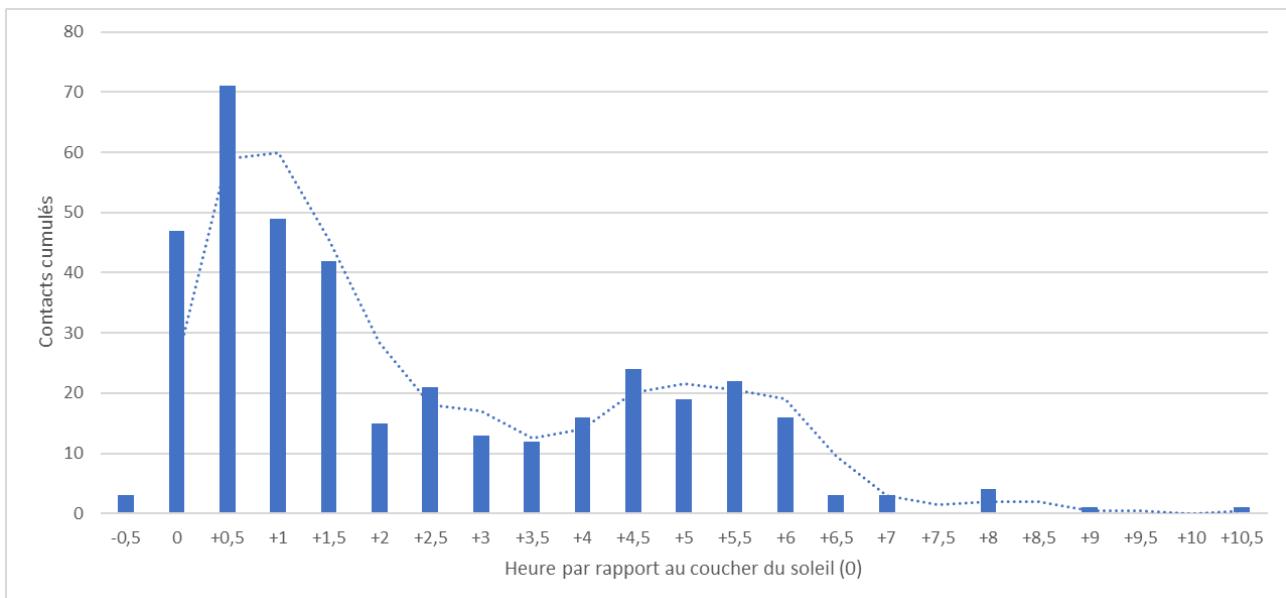


Figure 29 : répartition des contacts de Noctule de Leisler au cours du nycthémère

➤ 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 abundance 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.



Photo 8 : Pipistrelle de Kuhl en sortie de gîte (photo hors site)

Au niveau des batcorder, il s'agit de l'espèce la plus contactée avec 18 584 contacts pour la quasi-totalité obtenue sur les enregistreurs positionnés aux pieds des éoliennes (seulement 2 contacts en nacelle).

C'est une espèce surtout présente en été et en automne (fig. 30), avec une activité de chasse centrée sur le début de la nuit (fig. 31), indiquant la présence probable de gîte dans les hameaux aux alentours du site.

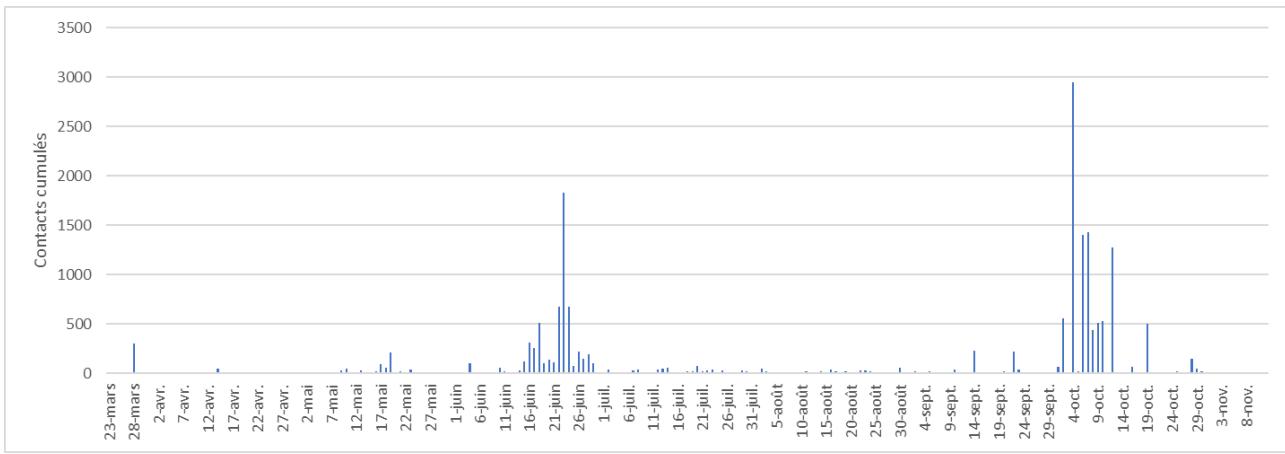


Figure 30 : variation journalière de l'activité de la Pipistrelle de Kuhl au niveau des batcorders

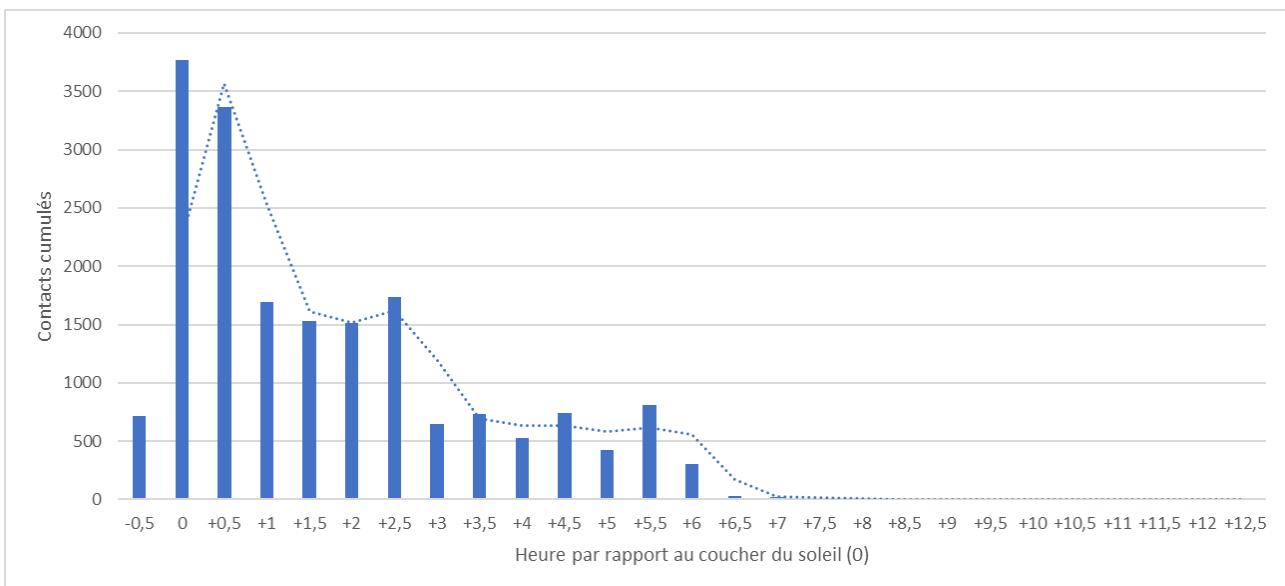
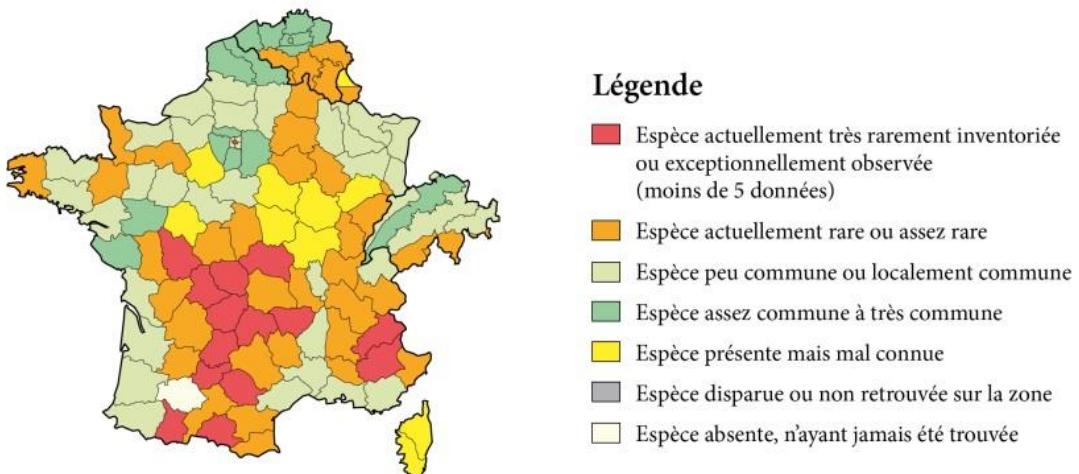


Figure 31 : répartition des contacts de Pipistrelle de Kuhl au cours du nycthémère

➤ La Pipistrelle du groupe Kuhl/Nathusius (*Pipistrellus gr. kuhlii/nathusii*) et du groupe commune/Nathusius (*Pipistrellus gr. pipistrellus/nathusii*)

Les signaux rapportés à ces groupes d'espèces ne peuvent être strictement discriminés, compte tenu du recouvrement entre les spectrogrammes des Pipistrelles de Kuhl et de Nathusius lorsque la première émet des signaux de transit, de même pour la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Nathusius. 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 aux groupes Kuhl/Nathusius (15 contacts) et commune/Nathusius (216 contacts) pouvant correspondre à cette espèce.

Il s'agit d'une chauve-souris assez mal connue en région Centre. Elle est principalement notée au passage, lors des migrations printanières et/ou automnales. Sa répartition régionale et son statut biologique en période de reproduction restent peu connus. Elle est surtout considérée comme une espèce migratrice. Ses populations reproductrices seraient 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.



Carte 5 : répartition de la Pipistrelle de Natusius en France (d'après Arthur & Lemaire, 2015)

Pour le suivi en continu, ce sont 231 séquences ultrasonores qui ont été rapportées aux groupes Kuhl/Natusius et commune/Natusius, en majorité enregistrées au niveau des batcorders bas.

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

Elle est largement répartie à l'échelle départementale, régionale et nationale, mais a récemment été reclassée en espèce « quasi-menacée » (NT) sur la liste rouge française en raison de sa sensibilité supposée à l'éolien. **C'est la seconde espèce dominante en termes de nombre de contacts, puisqu'elle regroupe à elle seule près de 43% du nombre total de contacts.** C'est une espèce relativement opportuniste, aussi bien dans le choix de ses gîtes, en particulier en période de transit, que dans l'exploitation des territoires de chasse. Elle est proportionnellement plus abondante en été, avec une activité de chasse surtout en début de nuit (fig. 32). Comme pour la Pipistrelle de Kuhl cette répartition nocturne des contacts indique une relative proximité entre les gîtes et les territoires de chasse (hameaux aux alentours du projet).

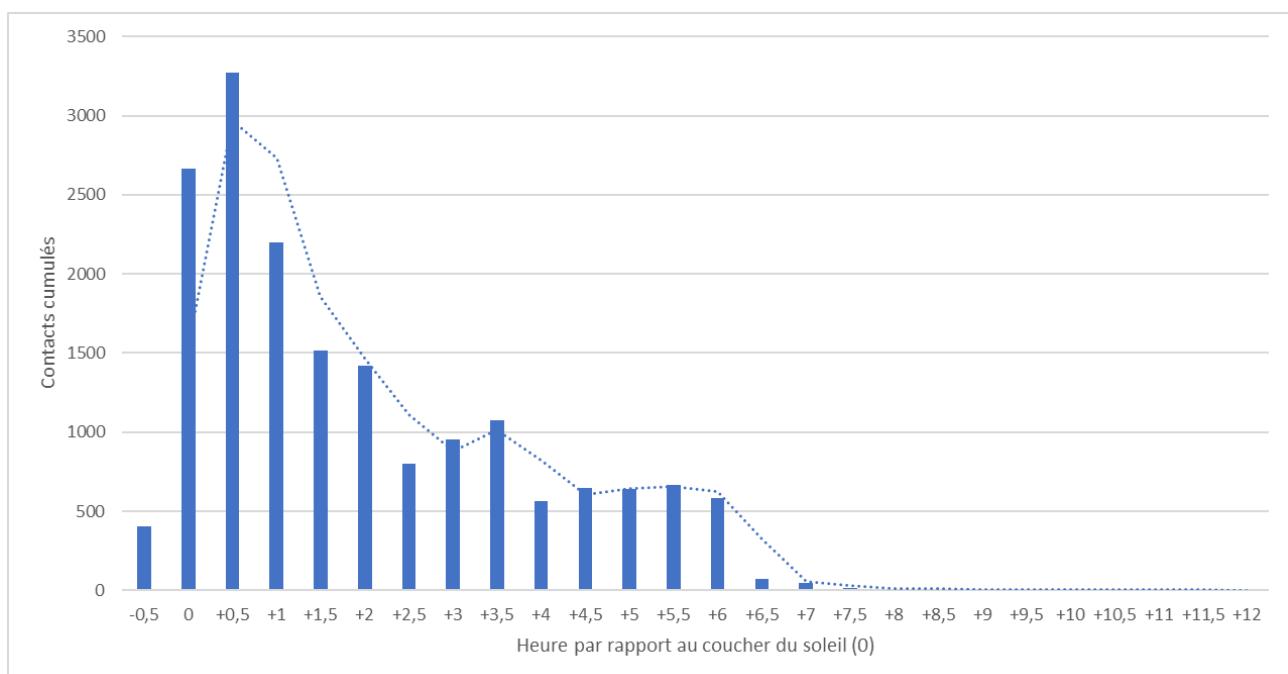


Figure 32 : répartition des contacts de Pipistrelle commune au cours du nyctémère

C'est une espèce qui montre des activités instantanées qui peuvent être ponctuellement importantes, à la faveur de pics éphémères de fréquences (**fig. 33**).

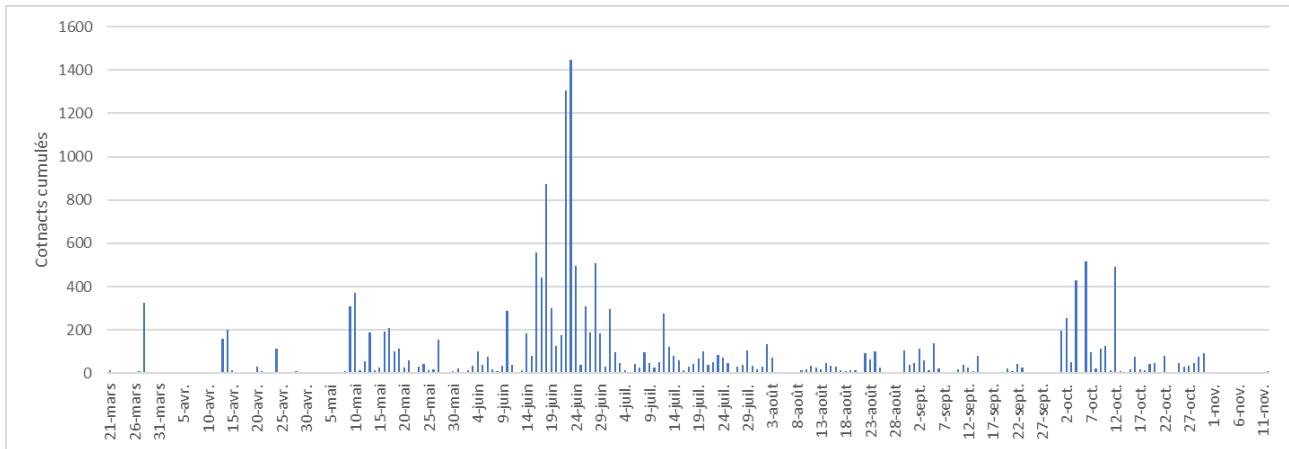


Figure 33 : variation journalière de l'activité de la Pipistrelle commune (données des batcorders)

➤ 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.

Au niveau des batcorders, une partie non négligeable des contacts a été enregistrée en altitude (22% des contacts), avec pour ces derniers une répartition surtout automnale, la quasi-totalité de ces contacts ayant été obtenus au mois d'août.

La distribution horaire des contacts (**fig. 34**) montre un relatif étalement de l'activité de chasse au cours du cycle nocturne, avec néanmoins un pic remarquable sur la première heure suivant le coucher du soleil, indiquant un relatif éloignement des gîtes.

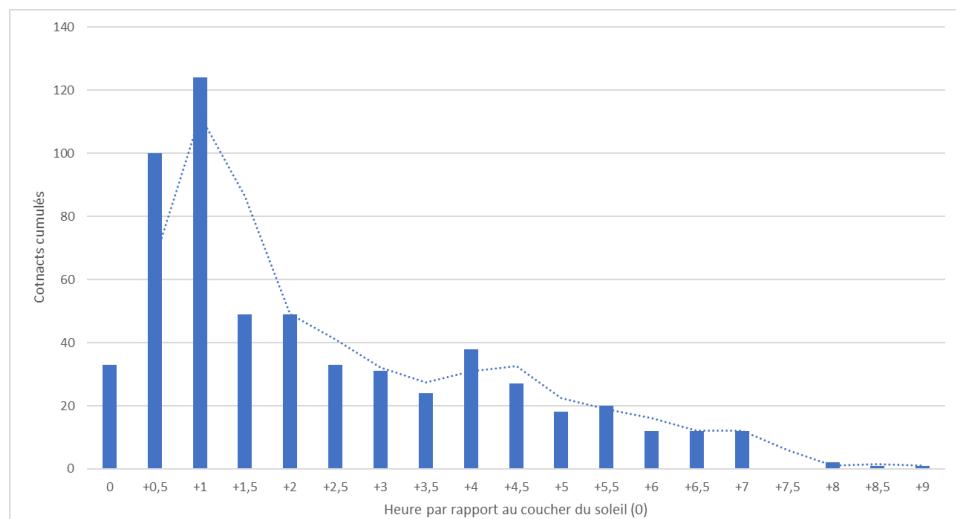


Figure 34 : répartition des contacts de Sérotine commune au cours du nycthémère

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

L’Oreillard gris est une espèce difficile à distinguer de l’Oreillard roux (*Plecotus auritus*) aussi bien sur les plans morphologiques qu’acoustiques, les deux espèces n’ayant été séparées qu’à la fin des années 50. Aussi le statut de rareté et la répartition des deux Oreillards restent, encore aujourd’hui, entachés d’une certaine imprécision. À l’échelle régionale, les deux espèces auraient sensiblement la même fréquence, avec cependant une répartition un peu plus nordique pour l’Oreillard gris. Ce dernier est plus fréquemment détecté en période de reproduction, en particulier lors de la recherche de gîtes dans le bâti (combles d’églises, notamment), tandis que les données concernant l’Oreillard roux proviennent surtout de recensements hivernaux dans les cavités. Sur le plan écologique, l’Oreillard gris est souvent noté en secteurs urbains, alors que l’Oreillard roux serait plutôt une espèce rurale, d’où les appellations « d’Oreillard des villes » et « d’Oreillard des champs » parfois utilisées pour ces deux espèces.



Photo 9 : Oreillard gris (photo hors site)

Au sein de l’aire d’étude, 69 contacts ont été captés pour cette espèce au sein des batcorders, avec la plupart des contacts captés au niveau de l’éolienne E3, plus proche d’une lisière boisée. Aucun contact n’a été enregistré en altitude. En termes de saisonnalité, près des trois quarts des contacts ont été recueillis en automne.

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 2016. Il consiste à rechercher des cadavres de chauves-souris sur une surface carrée de 100 mètres de côté, centrée sur le pied de l'éolienne. Les six éoliennes du parc Bonneval sont concernées par ce suivi.

2- Réalisation pratique des relevés

Les suivis de mortalité ont été effectués avec une fréquence hebdomadaire entre le 23 mars 2022 et le 12/10/2022, soit entre la semaine 13 et la semaine 42, permettant ainsi de couvrir la grande majorité de la période d'activité des chiroptères. Lors de chaque relevé, le prospecteur sillonne à pas lents la surface d'environ 1 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 prospector avec la position de l'éolienne, des chemins et des matrices des différentes cultures environnantes, pour faciliter le repérage des observations (**fig. 35**). 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.

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% en dehors de la plateforme lors du plein développement des plantes, la visibilité du sol à l'intérieur de la culture étant trop réduite.



Photo 10 : plateforme, aire de service, chemin d'accès et cultures adjacentes autour de E2

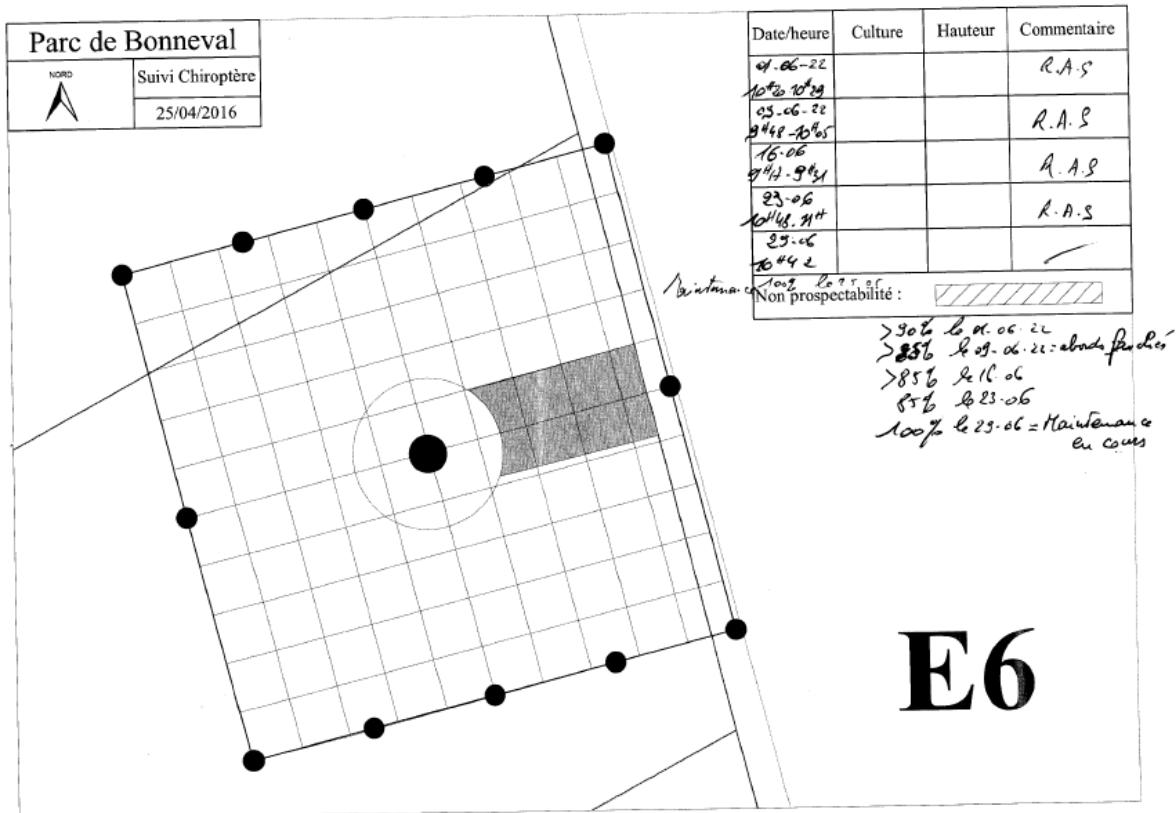


Figure 35 : exemple de fiche de terrain pour le suivi de mortalité chiroptères

En pratique, le suivi de mortalité a été assuré par la même personne pendant toute la saison 2022 (Jean-Claude Sallé), rompu à cet exercice depuis plusieurs années (en charge du suivi de mortalité en 2018, 2019 et 2020 sur le parc du Moulin de Pierre, 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. 36).



Figure 36 : exemple d'exploitation des traces GPS enregistrées par le prospecteur (07/04/2022, 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 37 :

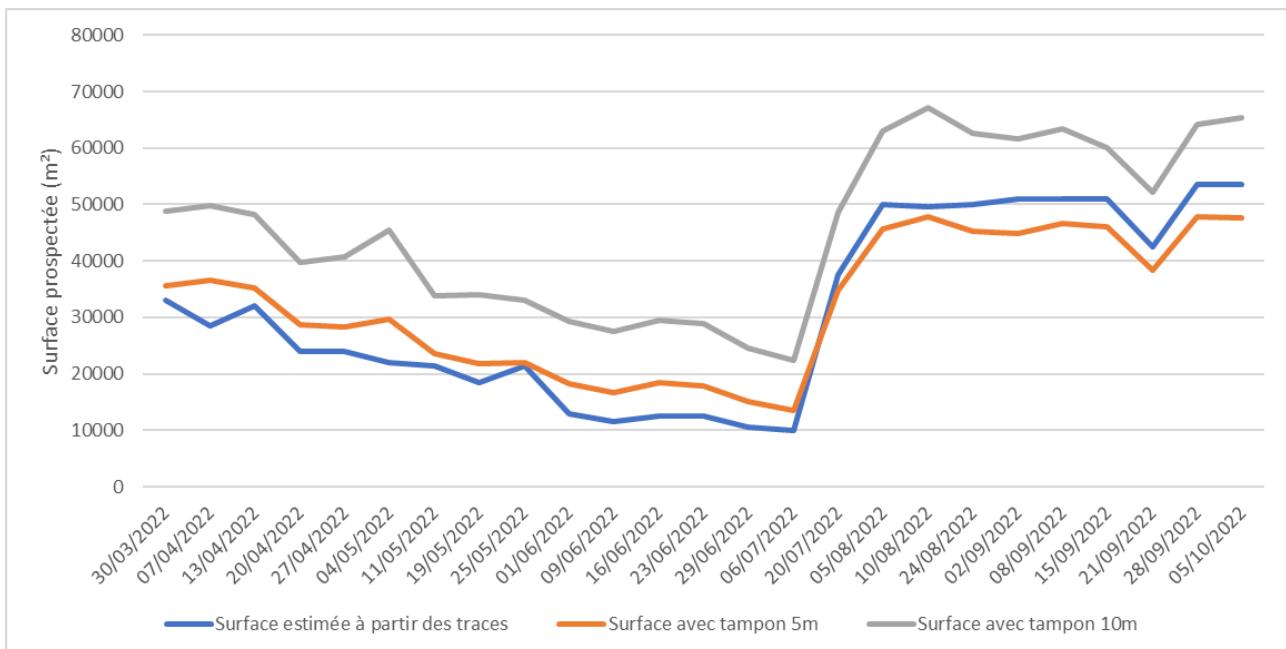


Figure 37 : comparaison des surfaces prospectées estimées sur le terrain et calculées à partir des données GPS pour des tampons de 5 et de 10 mètres (absence de données GPS le 05/09/2019)

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 37**. 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, 4 cadavres de chauves-souris et 2 cadavres d'oiseaux ont été trouvés sur le parc éolien de Bonneval (**tab. IV**) :

Tableau IV : cadavres d'oiseaux et de chauves-souris trouvés sur le site de Bonneval

Date	E1	E2	E3	E4	E5	E6	Total chiroptères	Total oiseaux	Total cadavres
03/08/2022	🦇						1	0	1
10/08/2022	🐦					🐦	0	2	2
17/08/2022	🦇		🦇				2	0	2
24/08/2022		🦇					1	0	1
Total :	3	1	1	0	0	1	4	2	6

Des cadavres ont été découverts sous les éoliennes E1, E2, E3 et E6, avec cependant un total plus élevé pour l'éolienne E1 qui totalise 2 chiroptères et 1 oiseau, les éoliennes E2 et E3 totalisant chacune 1 chauve-souris et l'éolienne E6 un oiseau (soit 4 chiroptères et 2 oiseaux en tout). Les cadavres ont été découverts uniquement au mois d'août 2022, soit pendant la période de migration automnale.

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 11 : 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 2022, un seul cadavre de Pipistrelle commune a été ramassé sur le site (photo 12), au niveau de l'éolienne E1 le 03/08/2022. Il semblerait que l'individu découvert ait été victime d'une collision avec les pales de l'éolienne.



Photo 12 : cadavre de Pipistrelle commune découvert sous l'éolienne E1 le 03/08/2022

✓ 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).

Lors du suivi de 2022, trois cadavres ont été découverts, sous les éoliennes E1 et E3 le 17/08/2022 et sous l'éolienne E2 le 24/08/2022.



Photo 13 : Noctule commune avec trace évidente de collision (trouvée le 17/08/2022)



Photo 14 : Noctule commune (trouvée sur E2 le 24/08/2022)

2.2- Oiseaux

Les cadavres d'oiseaux découverts sur le parc de Bonneval en 2022 ont été déterminés sur la base des photographies transmises. Sur les deux cadavres découverts, seulement un a pu être déterminé (Pigeon ramier sous l'éolienne E6 le 10/08/2022), le second cadavre (éolienne E1 le même jour) étant trop décomposé pour permettre une identification (**photos 15 et 16**).



Photo 15 : oiseau indéterminable le 10/08/2022 sous l'éolienne E1



Photo 16 : Pigeon découvert le 10/08/2022 sous l'éolienne E6

Aucun autre cadavre d'oiseau n'a été noté en 2022.

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

Les Snats : V2 Suivis chiroptères – Parc éolien de Bonneval (28) – Saison 2022 – p.37

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

Groupes	Nom scientifique	Nom français	E1	E2	E3	E4	E5	E6	Total
Chiroptère	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	1						1
	<i>Nyctalus noctula</i>	Noctule commune	1	1	1				3
		total cadavres chiroptères :	2	1	1	0	0	0	4
Oiseau	<i>Columba palumbus</i>	Pigeon ramier						1	1
	-	Oiseau indéterminé	1						1
		total cadavres oiseaux :	1	0	0	0	0	1	2
total cadavres tous groupes :			3	1	1	0	0	1	6

3- Localisation des cadavres

La position de chaque cadavre a été relevée lors des prospections de terrain. Ceux-ci se distribuent entre 1 et 20 mètres de distance par rapport à l'axe du mât des éoliennes pour les chiroptères, et entre 0,5 et 70 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	E1	5 m	W	
Noctule commune	E1	17 m	N	
Noctule commune	E2	20 m	NW	
Noctule commune	E3	1 m	NNW	
Oiseau indéterminé	E1	70 m	W	
Pigeon ramier	E6	0,5 m	NW	

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 6 cadavres retrouvés en 2022, la moitié sont positionnés à moins de 10 mètres du mât de l'éolienne (1 Pipistrelle commune, 1 Noctule commune et un Pigeon ramier), tous les autres cadavres étant éloignés de 17 mètres (Noctule commune), 20 mètres (Noctule commune) et 70 mètres (oiseau indéterminé) 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 nord-ouest de l'axe formé par les tours des éoliennes. Ce résultat peut être mis en relation avec la période de découverte des cadavres qui correspond aux transits migratoires automnaux.

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. Pour ce point les résultats des tests réalisés en 2018 sur le parc du Moulin de Pierre, à proximité de celui de Bonneval, ont été repris, le contexte étant très identique (grandes cultures avec quelques bosquets plus ou moins isolés).
- 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 disparaît entre deux sessions de prospection. Pour ce point les résultats des tests réalisés en 2018 sur le parc du Moulin de Pierre, à proximité de celui de Bonneval, ont été repris, le contexte étant très identique (grandes cultures avec quelques bosquets plus ou moins isolés).

- 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 hectare délimitées autour de chaque éolienne, les surfaces qui ont pu être prospectées sur l'ensemble de la durée du suivi représentent en moyenne 0,523 hectare par éolienne (**tab. VII**).

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

Date/Eolienne	E1 %	E2 %	E3 %	E4 %	E5 %	E6 %	Moyenne
23/03/2022	25	50	10	45	100	100	55.00
30/03/2022	25	50	10	45	100	100	55.00
06/04/2022	25	35	10	15	100	100	47.50
13/04/2022	65	35	10	10	100	100	53.33
20/04/2022	65	35	10	15	100	15	40.00
27/04/2022	65	35	10	15	100	15	40.00
04/05/2022	50	30	10	15	100	15	36.67
11/05/2022	65	20	10	15	100	5	35.83
19/05/2022	25	20	10	15	100	15	30.83
25/05/2022	65	20	10	15	100		42.00
01/06/2022	50	20	10	10	25	15	21.67
09/06/2022	25	20	10	20	25	15	19.17
16/06/2022	25	20	20	20	25	15	20.83
23/06/2022	25	20	20	20	25	15	20.83

Date/Eolienne	E1 %	E2 %	E3 %	E4 %	E5 %	E6 %	Moyenne
29/06/2022	20	20	20	20	25	5	18.33
06/07/2022	5	35	20		25	15	20.00
13/07/2022	5	35	20		25	15	20.00
20/07/2022	50	100	100		25	100	75.00
27/07/2022	50		100	100	25	100	75.00
03/08/2022	75	100	100	100	25	100	83.33
10/08/2022	75	100	85	100	35	100	82.50
17/08/2022	75	100	85	100	35	100	82.50
24/08/2022	65	100	100	100	35	100	83.33
31/08/2022	75	100	100	100	35	100	85.00
07/09/2022	75	100	100	100	35	100	85.00
14/09/2022	75	100	100	100	35	100	85.00
21/09/2022	75	100	100	100	35	15	70.83
28/09/2022	100	100	100	100	35	100	89.17
05/10/2022	100	100	100	100	35	100	89.17
12/10/2022	100	100	100	100	35	100	89.17
Moyenne	53.39	57.41	49.29	54.00	52.32	58.33	54.12

Globalement, la prospectabilité du site est restée faible à moyenne jusqu'à la fin du mois de juillet sur toutes les éoliennes sauf E5, et inversement plutôt bonne en automne sur toutes les éoliennes sauf E5.

- 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 du parc du Moulin de Pierre. 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. VIII**) :

Tableau VIII : 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 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 principales périodes d'activité de l'avifaune (migration pré et post nuptiale, nidification), puisque les premières prospections ont eu lieu en le 23/03/2022 (semaine 13) et se sont terminées le 12/10/2022 (semaine 42), en maintenant une fréquence hebdomadaire.

- 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 IX : 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

*Tm=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 de Bonneval peut être approchée à partir de plusieurs formules (MEEDDM, 2015) :

- La formule de Winkelman (1989) : $N=[C/(pxd)]xA$

- La formule de Jones (2009) : $N=C/(Ax dx \hat{e}^p)$ avec $p = e - 0,5 * l/tm$

- La formule de Huso (2012) : $N=C/(Ax dx \hat{e}^p)$ avec $p = tm^* (1 - e^{-l/tm})/l$

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

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

tm=durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jours)

\hat{e} : coefficient correcteur de l'intervalle équivalent à $(\min l : \hat{l}) / l$

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

- C (nombre total de cadavres observés) = 6 cadavres, dont 4 chiroptères et 2 oiseaux
- p (persistance des cadavres) = 0,18
- d (efficacité moyenne du prospecteur) = 0,68
- A (coefficients de correction surfacique) = 1,85 (soit 1/54,12% pour l'ensemble du parc)
- I (durée de l'intervalle de recherche, en jours) = 7
- tm (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 de Bonneval par la formule de Winkelman

Winkelman=[C/(p*d)]*A	E1	E2	E3	E4	E5	E6	Parc	moy/éol
Chiroptères	8,72	4,69	4,02	0	0	0	17,69	2,95
Oiseaux	4,36	0	0	0	0	4,77	8,84	1,47

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

Jones=C/(Ax dx exp)	E1	E2	E3	E4	E5	E6	Parc	moy/éol
Chiroptères	5,25	2,82	2,42	0	0	0	10,64	1,77
Oiseaux	2,62	0	0	0	0	2,87	5,32	0,89

Tableau XII : estimation de la mortalité des chiroptères et des oiseaux pour chacune des éoliennes du parc de Bonneval par la formule de Huso ($\hat{e}=1$; $p=0.38$)

Huso=C/(Ax dx exp)	E1	E2	E3	E4	E5	E6	Parc	moy/éol
Chiroptères	4,16	2,24	1,93	0	0	0	8,44	1,41
Oiseaux	2,08	0	0	0	0	2,27	4,22	0,70

Selon la méthode utilisée, les estimations de mortalité varient entre 1,41 et 2,95 cadavres de chauves-souris par éolienne et par an, et entre 0,70 et 1,47 cadavre d'oiseau par éolienne et par an.

5- Conclusion

Le suivi de mortalité effectué en 2022 sur le parc de Bonneval a conduit à recenser un total de 6 cadavres, dont 4 chauves-souris et 2 oiseaux. La répartition des cadavres fait apparaître une sensibilité plus forte pour E1 pour le groupe des chiroptères, avec dans tous les cas une mortalité qui semble étroitement liée aux vagues de migrations post-nuptiales (mortalité uniquement automnale).

III- CONCLUSIONS

Les suivis effectués en 2022 sur le parc de Bonneval 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 E3 et E6, et d'assister l'équipe en charge du suivi de mortalité.

L'analyse des signaux des quatre batcorders positionnés au niveau des éoliennes E3 et E6 a permis d'évaluer la proportion du peuplement qui évolue en altitude. L'analyse des enregistrements a montré que l'activité en altitude restait marginale par rapport à l'activité mesurée aux pieds des éoliennes, puisqu'elle représente moins de 2% du nombre total de contacts enregistrés. Si ces résultats sont à mettre en relation avec l'absence de données en nacelle pour la période printanière, ils permettent tout de même de donner une tendance sur la répartition altitudinale de l'activité. Concernant le peuplement observé, l'activité au sol est principalement liée à la Pipistrelle commune et à la Pipistrelle de Kuhl, tandis qu'en altitude une part prépondérante des Sérotules (Noctules et Sérotine) est observée. Les répartitions saisonnières des contacts sont également distinctes, avec un pic d'activité en juin et en octobre dans le cas des batcorders au sol, et plus centré sur le mois d'août pour les batcorders en nacelles, le total des contacts obtenus sur l'ensemble des batcorder sur la période de juin à octobre représentant près de 90% de l'activité annuelle. L'analyse des tranches horaires des contacts laisse supposer un relatif éloignement des gîtes du fait de l'absence de pics d'activité significatifs en début et en fin de nuit. Enfin, du point de vue des paramètres météorologiques, il a été démontré que les chiroptères sont majoritairement actifs pour des températures supérieures à 6°C, avec un maximum de contacts obtenu pour des valeurs comprises entre 12°C et 24°C. Les vitesses de vent élevées sont un facteur limitant pour l'activité des chauves-souris, notamment pour l'activité au sol. Ainsi, des vents supérieurs à 3,5 m/s à 4,5 m/s réduisent considérablement l'activité chiroptérologique.

Le suivi de mortalité a conduit à comptabiliser 4 cadavres de chauves-souris et 2 cadavres d'oiseaux, avec là encore une saisonnalité assez marquée, la mortalité étant uniquement automnale. Ces résultats sont à mettre en relation avec la meilleure prospectabilité du site en automne, ainsi qu'avec une activité plus marquée des chiroptères.



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, SFEPM, 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. Sitelle, 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 éds., 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 éds., 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 éds., 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 Znief. 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.

Dürr T., 2020 – Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at windturbines in Europe. Tableur téléchargeable mis à jour le 07/01/2020 : <http://www.lfu.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.312579.de>

Dürr T., 2020 – Vogelverluste an Windenergieanlagen / bird fatalities at windturbines in Europe. Tableur téléchargeable mis à jour le 07/01/2020 : <http://www.lfu.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.312579.de>

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

Groupe Chiroptères de la SFEP, 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 Appliquée), 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 (nathaliadelarbre@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.

IUCN 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.