

La conservation

Suivis

Préconisations

Effets

Le projet

Enjeux

Etat initial

Inventaires

Le vivant

O-GEO

La Cribotière
44 521 COUFFE
06 33 07 64 48
contact@o-geo.net
www.o-geo.net

Parc éolien La Butte des Fraus

Ménéac (56)

Suivi environnemental du parc éolien - Année 2022

Avril 2023



CADRE ADMINISTRATIF

Projet	Suivi environnemental du parc éolien La Butte des Fraus - Année 2022
Commune	Ménéac
Département	Morbihan (56)
Maître d'ouvrage	EDF Renouvelables France Cœur Défense -Tour B - Service Comptabilité 100, Esplanade Du Général De Gaulle 92932 PARIS LA DÉFENSE CEDEX 1 FRANCE
Maître d'œuvre	EDF Renouvelables France Cœur Défense -Tour B - Service Comptabilité 100, Esplanade Du Général De Gaulle 92932 PARIS LA DÉFENSE CEDEX 1 FRANCE
Référent	Joanna REVERSAT (EDF-RF)
Sujet du rapport	Rapport de suivi du parc éolien : <ul style="list-style-type: none">- Suivi de l'activité et du comportement des Chiroptères à hauteur de rotor ;- Suivi de la mortalité de l'Avifaune et des Chiroptères.
Période d'étude	Mars à novembre 2022
Réalisation du rapport	Philippe PROUX (suivi de mortalité et réalisation des protocoles) Fanny COULON (suivi de mortalité, analyse des séquences, relecture) Laurent GOURET (analyse des séquences, programmation Rstudio, analyse des résultats et rédaction) Dorine BODIN (relecture)
Date du rendu	18/04/2023
Nombre de pages	89

Partie 1 - INTRODUCTION	6
I - LOCALISATION DU PARC ÉOLIEN	6
II - DESCRIPTION DU PARC ÉOLIEN	7
III - HISTORIQUE DU SUIVI	7
Partie 2 - MÉTHODOLOGIE	8
I - CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE	8
A - Suivi environnemental	8
B - Application du protocole de suivi	8
II - FRÉQUENTATION DES CHIROPTÈRES	9
A - À hauteur de rotor & au sol	9
B - Sessions	9
C - Matériels de détection, d'enregistrement et d'analyse	10
1 - Éolienne équipée	10
2 - Matériels de détection et d'enregistrement	10
3 - Récupération et sécurisation des données	12
4 - Logiciel d'identification des séquences	12
5 - Logiciel de traitement des séquences	12
D - Détermination des espèces	12
E - Traitement des données	13
1 - De l'enregistrement à l'unité de mesure de l'activité	13
a - De l'enregistrement à la séquence	13
b - De la séquence à l'unité de mesure de l'activité	13
i - Le contact	13
ii - La minute positive	13
iii - Les 10 minutes positives	14
2 - Par espèce ou groupe d'espèces	14
a - Analyse par espèces	14
b - Analyse par taxon ou groupe d'espèces	14
3 - Les unités d'analyse	16
a - L'unité session	16
b - L'unité 10 minutes	16
F - L'analyse du comportement des Chiroptères	17
1 - Description de la fréquentation au cours de l'année	17
2 - Analyse de la diversité et densité à l'échelle du peuplement au cours de l'année	17
3 - Les facteurs influençant l'activité des Chiroptères	17
4 - Les niveaux de fréquentation	17
a - Au niveau du sol	17
b - Sous nacelle	18
G - Enjeux chiroptérologiques	18
III - SUIVI DE LA MORTALITÉ	19
A - Aire d'étude	19
B - Sessions de suivi	19
C - Saisie des observations	21
D - Test d'efficacité	21
E - Taux de surface prospectée	21
F - Tests de persistance	22
1 - Printemps, début de l'été	22
2 - Fin de l'été, automne	22
G - Méthode de calcul du taux de mortalité	23
1 - Protocole d'Erickson 2000	23
2 - Protocole de Jones 2009	23
3 - Protocole de Huso 2010	23
IV - ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ D'UN PATTERN DE BRIDAGE CHIROPTÈRES	24
A - Détermination d'un pattern de régulation	24
B - Notion d'activité résiduelle	24
C - Validation d'un pattern de régulation	24
Partie 3 - RÉSULTATS	25
I - SUIVI DE L'ACTIVITÉ DES CHIROPTÈRES	25
A - Liste des espèces	25
B - Comportement des Chiroptères	28
1 - Fréquentation journalière	28
a - Préalable	28
b - Au pied de l'éolienne E5, à 4 m de hauteur	28
i - Groupes d'espèces	28
ii - Les espèces	29
c - Sous la nacelle de l'éolienne E5, à 78 m de hauteur	32
i - Groupes d'espèces	32

ii - Les espèces.....	33
2 - Fréquentation mensuelle.....	36
a - Préalable.....	36
b - Au pied de l'éolienne E5, à 4 m de hauteur.....	37
c - Sous la nacelle de E5, à 78 m de hauteur.....	37
3 - Couverture annuelle.....	40
a - Préalable.....	40
b - Au pied de l'éolienne E5, à 4 m de hauteur.....	40
c - Sous la nacelle de E5, à 78 m de hauteur.....	41
4 - Niveaux de densité et d'activité journalière.....	42
a - Préalable.....	42
b - Diversité.....	42
c - Densité toutes espèces.....	44
d - Densité spécifique.....	46
e - Corrélation des activités.....	47
5 - Niveau de fréquentation.....	49
a - Au pied de l'éolienne E5, à 4 m de hauteur.....	49
b - Sous la nacelle de E5, à 78 m de hauteur.....	50
6 - Facteurs influençant l'activité.....	51
a - Données météorologiques.....	51
b - Facteurs retenus et leur poids.....	52
c - La période de la nuit.....	55
i - Au pied de l'éolienne E5, à 4 m de hauteur.....	55
ii - Sous la nacelle de E5, à 78 m de hauteur.....	57
d - La température.....	59
i - Au pied de l'éolienne E5, à 4 m de hauteur.....	59
ii - Sous la nacelle de E5, à 78 m de hauteur.....	62
e - La vitesse du vent.....	64
i - Au pied de l'éolienne E5, à 4 m de hauteur.....	64
ii - Sous la nacelle de E5, à 78 m de hauteur.....	67
f - L'orientation du vent.....	69
i - Au pied de l'éolienne E5, à 4 m de hauteur.....	69
ii - Sous la nacelle de E5, à 78 m de hauteur.....	71
C - Enjeux chiroptérologiques.....	73
1 - Niveaux des statuts de protection et de conservation.....	73
2 - Les niveaux d'enjeu chiroptérologiques.....	74
a - Au pied de l'éolienne E5, à 4 m de hauteur.....	74
b - Sous la nacelle de E5, à 78 m de hauteur.....	74
D - Conclusion.....	75
1 - Généralités.....	75
2 - Activité et enjeux au pied de l'éolienne E5, à 4 m de hauteur.....	75
3 - Activité et enjeu sous la nacelle de E5, à 78 m de hauteur.....	75
4 - Les facteurs influençant l'activité.....	76
5 - Le risque de mortalité.....	76
II - SUIVI DE LA MORTALITÉ.....	77
A - Proportion de surface accessible.....	77
B - Taux d'efficacité.....	77
C - Taux de persistance.....	78
D - Mortalité.....	80
1 - Avifaune.....	80
a - Liste des espèces.....	80
b - Analyse par mois.....	80
c - Analyse par éolienne.....	81
d - Analyse par éloignement du mât.....	81
e - Application des taux correcteurs.....	82
f - Statuts règlementaires et conservatoires.....	82
2 - Chiroptères.....	83
a - Liste des espèces.....	83
b - Analyse par mois.....	83
c - Analyse par éolienne.....	83
d - Application des taux correcteurs.....	83
e - Statuts règlementaires et conservatoires.....	83
E - Conclusion.....	83
Partie 4 - CONCLUSIONS.....	84
I - L'AVIFAUNE.....	84
II - LES CHIROPTÈRES.....	84
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	85
INDEX DES TABLEAUX.....	85
INDEX DES GRAPHIQUES.....	86
INDEX DES CARTES.....	88

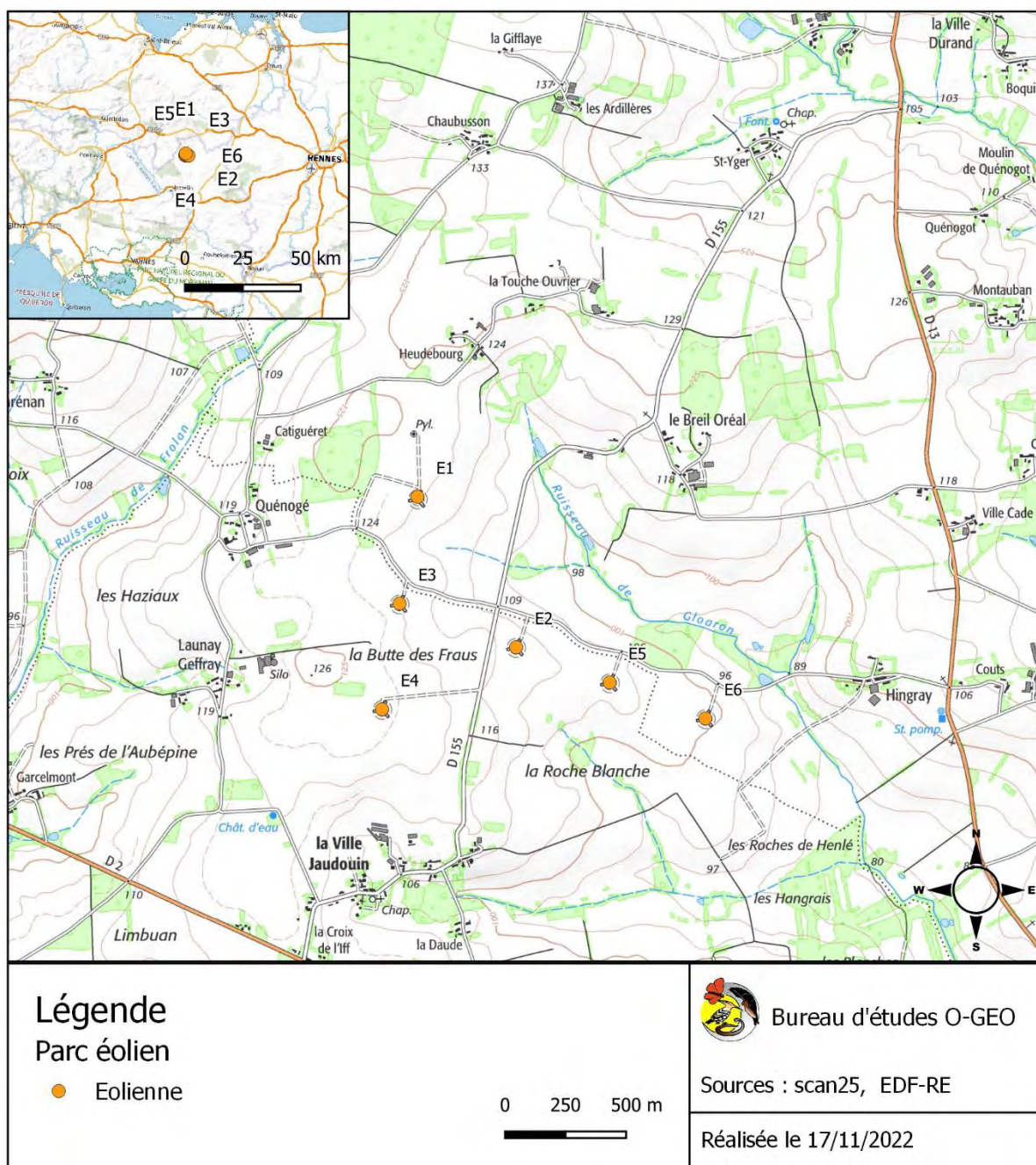
INDEX DES PHOTOGRAPHIES	88
ANNEXES	89
ANNEXE I - PHOTOS DES CAS DE MORTALITÉ RECENSÉS	89

Partie 1 - INTRODUCTION

I - LOCALISATION DU PARC ÉOLIEN

Le parc éolien La Butte des Fraus se situe sur les communes de Ménéac et de Mohon dans le département du Morbihan (56, Carte 1).

Les six éoliennes sont implantées sur deux communes, Ménéac au nord pour deux d'entre elles et Mohon au sud pour les 4 autres. Le parc est localisé entre les villages de Quénogé à l'ouest, Le Breil Oréal au nord, Hingray à l'est et La Ville Jaudouin au sud. Le ruisseau du Gloaron prend naissance au nord du parc.

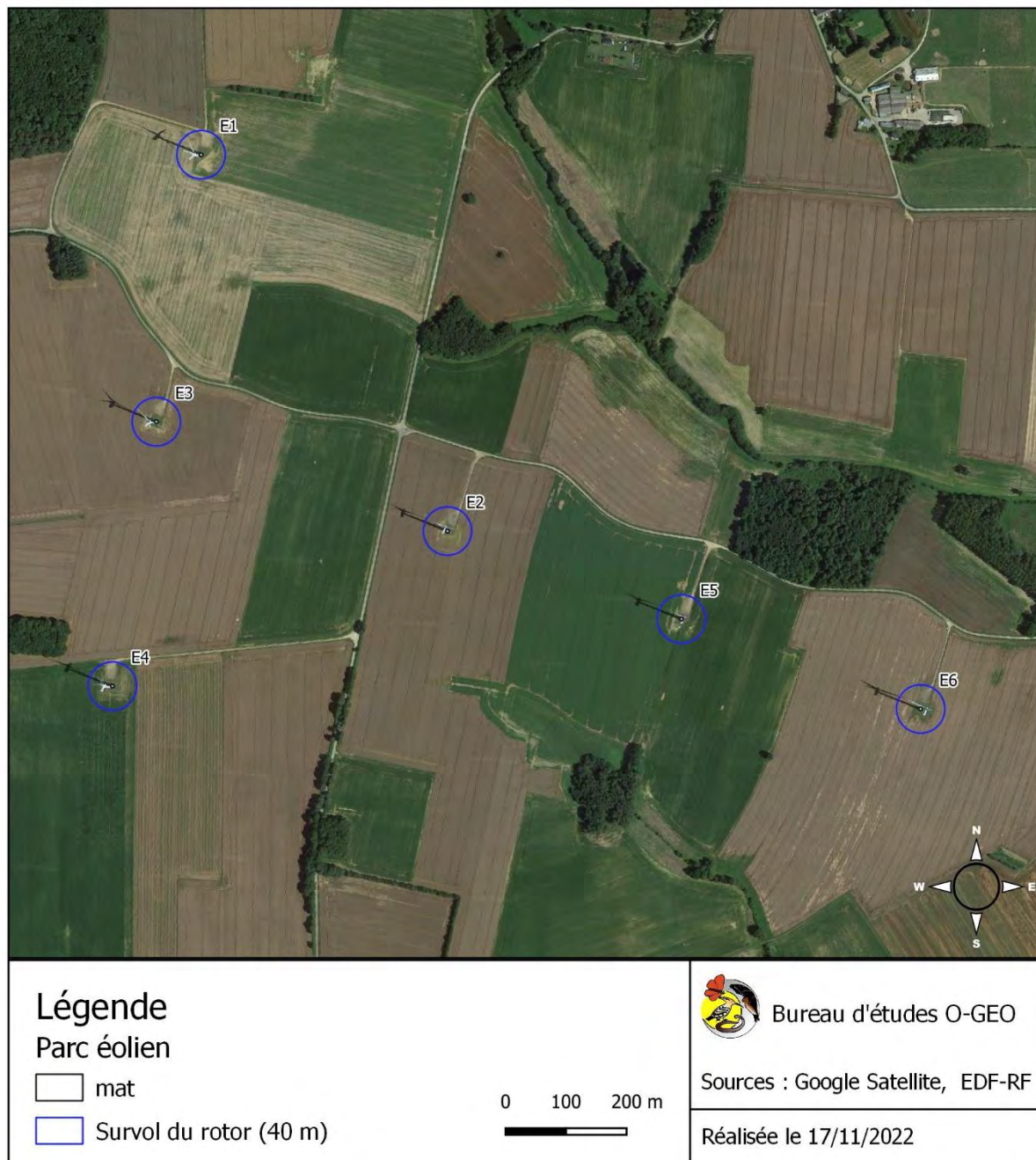


Carte 1 : localisation du parc éolien de Ménéac

II - DESCRIPTION DU PARC ÉOLIEN

Le parc de La Butte des Fraus est composé de 6 éoliennes Vestas de 2 MW pour une puissance totale installée de 12 MW, une hauteur en bout de pale de 118 mètres et une hauteur de mât de 78 mètres. Avec des pales de 40 m, le bas de la pale se situe à 38 m. Ce parc éolien est en service depuis 2006.

Le parc est installé dans un paysage ouvert sur de grandes parcelles. La trame bocagère est quasi inexistante (Carte 2). Par contre, se maintiennent des boisements de surfaces variables et une ripisylve qui longe le ruisseau du Gloaron au nord, accompagnée de quelques petits plans d'eau aux rives arborées.



Carte 2 : localisation du parc éolien sur vue aérienne

III - HISTORIQUE DU SUIVI

En 2015, un suivi mortalité de l'avifaune et des chiroptères a été réalisé, en conformité avec l'article 12 de l'arrêté du 26 août 2011 (source : EDF-RF).

Partie 2 - MÉTHODOLOGIE

I - CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

A - Suivi environnemental

Depuis la loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, les éoliennes relèvent du régime des ICPE au titre du Code de l'Environnement. L'arrêté du 26 août 2011 a fixé des prescriptions générales applicables aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement. Cet arrêté, dans l'article 12, prévoit « *qu'au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement de l'installation puis une fois tous les dix ans, l'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des Chiroptères due à la présence des aérogénérateurs. Lorsqu'un protocole de suivi environnemental est reconnu par le ministre chargé des installations classées, le suivi mis en place par l'exploitant est conforme à ce protocole. Ce suivi est tenu à disposition de l'inspection des installations classées* ».

En 2018, le Ministère de la transition écologique et solidaire a officiellement reconnu le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, dans sa version de mars 2018 (METS, 2019)¹. Cette version abroge et remplace le précédent protocole de 2015. Les suivis environnementaux à mettre en place doivent donc être conformes à ce nouveau protocole.

B - Application du protocole de suivi

Afin de répondre aux différentes exigences réglementaires, les suivis ci-dessous sont réalisés :

- Suivi de l'activité des Chiroptères à hauteur de nacelle et à 4 m au-dessus du sol ;
- Suivi de la mortalité de l'Avifaune et des Chiroptères.

¹ METS, 2019. Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres

II - FRÉQUENTATION DES CHIROPTÈRES

A - À hauteur de rotor & au sol

Le suivi réglementaire implique d'installer des équipements au niveau de la nacelle d'au moins une éolienne pour suivre l'activité des Chiroptères à hauteur de rotor pour des parcs éoliens de moins de 8 machines. Ce travail est enrichi par le suivi de l'activité des Chiroptères au niveau du sol. Ainsi, l'éolienne E5 est équipée d'enregistreurs à ultrasons à deux hauteurs :

- À 78 m, sur le plancher de la nacelle ;
- À 4 m, au niveau du sol.

Le point « E5-4m » est associé à l'équipement installé au niveau du sol et le point « E5-78m » à celui installé à 78 m sur le plancher de la nacelle.

B - Sessions

Une session correspond à une nuit d'écoute en continue et sur toute la durée de la nuit.

L'activité des Chiroptères se manifeste en général à hauteur du rotor à partir du mois d'avril, parfois dès le mois de mars, et se termine les premiers jours de novembre. L'étude de l'activité au niveau du rotor débute le 22 mars 2022 et se termine le 10 novembre 2022. Elle s'appuie sur 234 sessions pour chaque point d'écoute (Tableau 1).

Le suivi s'appuie sur 2 400 heures d'écoute nocturne sous la nacelle, couvrant l'ensemble de la période nocturne. Elle est de 2 398 heures au niveau du sol. Cette absence de 2 heures d'écoute au sol est imputable aux modifications à distance des heures de déclenchement de l'équipement. En période automnale, de septembre à octobre, l'activité des Orthoptères surchargeaient les cartes mémoires et saturaient les transferts de données à distance. Les horaires de déclenchement et d'arrêt ont été ajustés au mieux pour garantir le bon fonctionnement de l'équipement au sol.

Points	Mois	Sessions	Durée cumulée de fonctionnement	Durée cumulée des nuits	Durée cumulée des écoutes nocturnes
E5-4m	03-mars	10	160,00	116,05	116,05
	04-avr	30	480,00	310,93	310,93
	05-mai	31	496,00	274,29	274,29
	06-juin	30	466,50	241,53	241,53
	07-juil	31	325,50	261,23	261,23
	08-août	31	325,50	302,40	302,08
	09-sept	30	399,00	343,15	341,55
	10-oct	31	450,00	407,79	407,12
	11-nov	10	160,00	143,03	143,03
	Total	234	3262,50	2400,40	2397,81
E5-78m	03-mars	10	160,00	116,05	116,05
	04-avr	30	480,12	310,93	310,93
	05-mai	31	496,62	274,29	274,29
	06-juin	30	480,60	241,53	241,53
	07-juil	31	496,62	261,23	261,23
	08-août	31	496,62	302,40	302,40
	09-sept	30	480,60	343,15	343,15
	10-oct	31	496,62	407,79	407,79
	11-nov	10	160,20	143,03	143,03
	Total	234	3748,00	2400,40	2400,40
Total		468	7010,50	4800,80	4798,21

Tableau 1 : nombre de sessions de suivi de l'activité à hauteur de rotor et au sol et durées des fonctionnements, des nuits et des écoutes nocturnes, par mois

Les forts écarts entre les durées de fonctionnement des équipements et les durées de nuits indiquent que les nuits ont été couvertes avant le coucher et après le lever du soleil.

C - Matériels de détection, d'enregistrement et d'analyse

1 - Éolienne équipée

L'activité des Chiroptères est suivie sous la nacelle et au pied de l'éolienne E5. Cette éolienne a été sélectionnée pour sa proximité aux boisements, habitats attractifs pour les Chiroptères. Elle se place à 140 m au sud-ouest d'un premier bois et à 225 m au nord-est d'un second de surface plus petite.

2 - Matériels de détection et d'enregistrement

Le bureau d'étude O-GEO utilise le modèle Batcorder GSM développé spécialement pour le suivi en éolienne par la technologie allemande EcoObs. Il est associé à un module 4G qui permet de charger automatiquement et quotidiennement les données à distance. Cet équipement a été développé par le bureau d'études O-GEO (Photo. 1).

Le premier microphone dédié aux enregistrements est placé à 40 m de hauteur, sous la nacelle. Le second est placé à 4 m de hauteur sur le mât de l'éolienne E5 (Photo. 2 et Photo. 3).

L'appareil détecte et enregistre tous les signaux pour une gamme de fréquence allant de 14 kHz à plus de 100 kHz. Ainsi, ce spectre englobe l'ensemble des signaux des Chiroptères de la région. Certains signaux de plus faible fréquence émis par le Molosse de Cestoni en transit peuvent échapper aux écoutes, mais les études avec cet équipement ne sont pas menées dans les secteurs géographiques occupés par l'espèce.

L'appareil est configuré pour démarrer son fonctionnement quotidien à 17h30 (heure d'été). Il s'éteint tous les matins à 08h30. De cette manière, l'ensemble de la phase nocturne est suivi durant chaque nuit au cours de la période d'activité des Chiroptères.

La date attribuée à chaque session (chaque nuit suivie) est celle de la date de déclenchement de l'appareil.

Quotidiennement, un SMS informe de l'état de fonctionnement de l'appareil (capacité de la mémoire, état de l'alimentation, état de fonctionnement du microphone). La sensibilité du microphone est testée au début et à la fin de chaque session. Celle-ci s'est maintenue à son niveau maximal durant le suivi.



Photo. 1 : Batcorder GSM, module 4G et micro-disque installé sur le plancher de la nacelle de E5 (20/03/2022, O-GEO)



Photo. 2 : installation du micro-disque à 4 m de hauteur sur le mât de l'éolienne E5 (20/03/2022, O-GEO)



Photo. 3 : équipement de suivi de l'activité des Chiroptères au sol installé à 4 m de hauteur sur le mât de l'éolienne E5 (20/03/2022, O-GEO)



Photo. 4 : paysage ouvert sur de grandes parcelles cultivées, à l'ouest de E5 (20/03/2022, O-GEO)

3 - Récupération et sécurisation des données

Les fichiers et les paramètres de l'appareil sont accessibles depuis un ordinateur. Les données sont consultables et téléchargeables à distance. Le Batcorder peut toujours être paramétré à distance simplement par SMS.

Le bureau d'études dispose d'une plateforme de contrôle de ses équipements via SMS et via Internet. Elle permet de suivre le fonctionnement des équipements et d'être alerté en cas de dysfonctionnement.

En plus de disposer des données sur les serveurs dédiés aux études, deux niveaux de sécurisation des données sont mis en place :

- Sécurisation n°1 : récupération quotidienne des données, historisation sur un serveur distant durant la campagne de suivi ;
- Sécurisation n°2 : backup quotidien des données et historisation sur un serveur local durant la campagne de suivi.

4 - Logiciel d'identification des séquences

Le logiciel BatIdent permet d'attribuer une, deux, trois espèces ou groupes d'espèces pour chaque séquence. Un taux de probabilité d'identification automatique est apporté à chaque détermination.

Le logiciel BcAnalyze3 pro propose oscillogramme, spectrogramme, spectre d'énergie et écoute en expansion de temps.

5 - Logiciel de traitement des séquences

Le logiciel BcAdmin4 permet de gérer l'ensemble des séquences, et de préciser les conditions d'enregistrement de chaque session. Ce logiciel assure le traitement des séquences une fois l'identification automatique effectuée. En effet, l'ensemble des séquences d'un point d'écoute, ou de tous les points d'écoute, voire de toutes les sessions, peut être affiché pour contrôler chaque séquence. Le contrôle est facilité par une prévisualisation des signaux. Les séquences caractéristiques sont très rapidement validées par l'utilisateur. Dans le cas où une séquence demande à être analysée précisément, l'interface permet d'accéder au programme BcAnalyze3 pro de manière à étudier le signal plus finement. Le nom attribué automatiquement à une séquence peut être rapidement précisé voire corrigé à partir d'une liste prédéfinie, elle-même modifiable. Les données sont exportables pour développer l'analyse sur des tableurs.

D - Détermination des espèces

La détermination des taxons s'appuie sur l'analyse acoustique des séquences.

Nous suivons l'ordre de la procédure décrite ci-dessous :

- 1 : lancement de l'identification automatique (par le logiciel BatIdent)
- 2 : prévisualisation des signaux pour contrôler l'ensemble des séquences et valider l'identification à fort taux de probabilité (essentiellement pour la Pipistrelle commune, la Barbastelle, le Grand Rhinolophe, les Noctules en transit, etc.)
- 3 : en cas de doute ou de non détection d'une autre espèce, la séquence est analysée sur BcAnalyze3, voire écoutée pour identifier avec certitude le taxon ou le groupe taxinomique :
 - o En cas d'identification automatique de certaines espèces comme les Pipistrelles de Kuhl et de Nathusius, le Vesper de Savi, les Noctules et Sérotine en chasse, les Oreillards et l'ensemble des murins, la séquence est aussi analysée ;
 - o Pour ces analyses complémentaires, nous suivons la méthode d'identification développée par Michel Barataud (BARATAUD M., 2012)² ;

² BARATAUD, 2012. Écologie acoustique des Chiroptères d'Europe. Identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse

- 4 : validation et/ou correction du nom du taxon ou du groupe correspondant à la séquence analysée.

Nous rappelons que la détermination des espèces à partir de l'analyse d'une séquence souffre de certaines limites.

Dans le meilleur des cas, nous attribuerons avec certitude le nom d'une espèce à une séquence. Dans d'autres cas, un doute subsiste et donc notre niveau de certitude passe au probable voire au possible.

Cela se produit quand les animaux évoluent dans un milieu qui implique d'utiliser un type de signal adapté, on parle alors de convergence de comportement acoustique des Chauves-souris. Nous restons aussi au niveau du groupe taxinomique quand elles utilisent des signaux similaires mais dans un environnement différent. Dans ce dernier cas, les milieux sont trop proches les uns des autres à l'échelle du point d'écoute. L'enregistrement « *passif* » ne permet pas de savoir si l'espèce s'aventure dans l'un ou l'autre des milieux quand ces signaux sont enregistrés. Ne pouvant associer le type de signal avec le type de milieu, nous ne pouvons aboutir à une identification précise de l'espèce.

E - Traitement des données

1 - De l'enregistrement à l'unité de mesure de l'activité

a - De l'enregistrement à la séquence

Un enregistrement apporte une séquence quand il ne contient qu'une espèce ou qu'un taxon. Dans certains cas, un enregistrement est généré par le passage de plusieurs espèces (exemple : si un fichier enregistre 3 espèces, il apporte 3 séquences). Par conséquent, un enregistrement peut générer une à plusieurs séquences.

Pour chaque séquence, une espèce ou un taxon est donc associé.

Mais l'enregistrement n'est pas l'unité de mesure de l'activité retenue.

b - De la séquence à l'unité de mesure de l'activité

i - Le contact

L'unité retenue est très généralement le contact : présence durant une période de 5 secondes d'une espèce de Chiroptères (Tableau 2).

Ainsi une séquence qui couvre partiellement ou totalement une période de 5 secondes produit un contact. Un même passage de Chauves-souris peut générer plusieurs séquences sur une période de moins de 5 secondes. Ainsi, plusieurs séquences peuvent aussi générer un seul contact si la période couverte est inférieure à 5 secondes.

Si une séquence couvre plusieurs périodes de 5 secondes, elle peut générer plusieurs contacts.

Ainsi, si sur une période de 5 secondes, la présence d'un Chiroptères est détectée, le contact prend la valeur 1, sinon il prend la valeur 0.

ii - La minute positive

L'unité de mesure de l'activité peut aussi être la minute positive. Dans ce cas, la période de mesure d'activité n'est plus d'une durée de 5 secondes, mais est d'une durée de 1 minute.

Ainsi, si sur une période de 1 minute, au moins 1 contact est détecté, la minute positive prend la valeur 1, sinon elle prend la valeur 0.

iii - Les 10 minutes positives

Les données météorologiques issues des capteurs installées sur les éoliennes sont exportés sur un pas de temps de 10 minutes. Pour associer activité et données météorologiques, l'unité d'analyse est donc de 10 minutes.

Pour afficher de l'activité durant chaque nuit sur l'ensemble de la période de suivi, cette échelle d'unité peut aussi être utilisée.

Ainsi, si sur une période de 10 minutes, au moins 1 contact ou 1 minute positive est répertorié, ces 10 minutes positives prennent la valeur 1, sinon elles prennent la valeur 0.

Heure séquence (ms)	Classe heure séquence (5s)	Durée (s)	Classe heure contact (5s)	N contacts	Classe heure Minute positive (min)	N minutes positives	Classe heure 10 min positives	N 10 minutes positives	N contacts par 10 min+	N minutes par 10 min+
22:10:03	22:10:00	1,5	22:10:00	1	22:10	1	20:10	1	5	2
22:15:28	22:15:25	2	22:15:25	1	22:15	1				
22:15:30	22:15:30	2,2	22:15:30	1						
22:15:33	22:15:30	2	22:15:35 22:15:40	1						
22:15:37	22:15:35	7		1						
22:31:04	22:31:00	8	22:31:00 22:31:05	1 1	22:30	1	22:30	1	5	1
22:31:13	22:31:10	13	22:31:10 22:31:15 22:31:20	1 1 1						
23:17:08	23:17:05	6	23:17:05 23:17:10	1 1						

Tableau 2 : exemple de conversion de séquences en unités de mesure de l'activité

2 - Par espèce ou groupe d'espèces

a - Analyse par espèces

Pour certains taxons comme la Pipistrelle commune, la Barbastelle d'Europe ou le Grand Rhinolophe, l'identification est en général aisée ce qui permet d'attribuer un indice d'activité spécifique.

Pour les autres espèces, le niveau de certitude quant à la distinction d'une espèce, parmi un ensemble de plusieurs autres espèces de Chauves-souris, peut être soit certain, soit probable, soit possible. Dans d'autres, la discrimination est impossible. Ainsi, même si des séquences permettent de distinguer une espèce, d'autres ne permettent pas de la dissocier d'un ou plusieurs autres taxons. Par conséquent, considérer les séquences aboutissant à une distinction spécifique en occultant celles qui ne le permettent pas revient à sous-estimer un indice d'activité.

Dès lors, il devient plus judicieux de réaliser des analyses par groupes taxinomiques.

b - Analyse par taxon ou groupe d'espèces

Si la distinction entre plusieurs taxons est délicate voire impossible, il n'en demeure pas moins que nous devons intégrer cette activité.

Pour cela, nous utilisons un indice d'activité regroupant un ensemble d'espèces ou de groupes d'espèces dont les caractéristiques acoustiques sont similaires. Ces groupes comportent alors chacun un ensemble de genre spécifique :

- Les Pipistrelloïdes : toutes les espèces de Pipistrelles et le Minioptère de Schreibers ;
- Les Nyctaloïdes : les Sérotines et les Noctules ;

- Les Murins : toutes les espèces de Murin ;
- La Barbastelle : la Barbastelle d'Europe ;
- Les Oreillards : l'Oreillard roux et l'Oreillard gris ;
- Les Rhinolophes : toutes les espèces de Rhinolophe.

Pour faciliter l'analyse des niveaux d'activités, les analyses peuvent être réalisés à la hauteur des groupes évoqués et non des espèces.

3 - Les unités d'analyse

a - L'unité session

L'unité session est retenue pour étudier le comportement des Chiroptères au cours de l'année.

Chaque session est renseignée par :

- La date ;
- L'heure du début et fin de la nuit ;
- L'heure du début et fin du fonctionnement de l'enregistreur ;
- Le point ;
- La hauteur ;
- L'absence ou la présence d'une ou plusieurs espèces de Chiroptères ;
- Le nombre de contacts par espèce ;
- Le nombre de minutes positives par espèce ;
- La période de la nuit (en classe d'heure) ;
- L'habitat, etc.

Cet échantillonnage permet de disposer d'un nombre de données suffisamment important pour se permettre de tester des tendances dans les analyses comparatives.

b - L'unité 10 minutes

Comme évoqué précédemment (Partie 2 -II -E -1 -b -iii - page 14), les données météorologiques sont exportées sur un pas de temps de 10 minutes.

Chaque période de 10 minutes devient une donnée pour laquelle est renseignée :

- La session ;
- L'heure ;
- Pour chaque espèce :
 - o Le nombre de contacts ;
 - o Le nombre de minutes positives ;
 - o Le nombre de 10 minutes positives ;
- Les valeurs moyennes, minimales et/ou maximales :
 - o De température ;
 - o De vitesse de vent ;
 - o Parfois d'orientation du vent ;
 - o Parfois de pluviométrie.

Pour les parcs éoliens soumis à un plan de « bridage Chiroptères », les données de fonctionnement des éoliennes sont aussi converties en période de 10 minutes. En cas de phase d'arrêt pendant la période de 10 minutes, la période de 10 minutes est aussi renseignée par un arrêt et, dans le cas contraire, par une absence d'arrêt.

Ainsi, l'unité d'analyse de 10 minutes est appliquée à l'étude du comportement des Chiroptères en fonction des données météorologiques, mais aussi des périodes de la nuit. Elle permet aussi d'analyser le fonctionnement des éoliennes soumises à un « bridage Chiroptères ».

F - L'analyse du comportement des Chiroptères

1 - Description de la fréquentation au cours de l'année

La notion de fréquentation associe l'activité à l'apparition quotidienne des Chiroptères. L'activité des Chiroptères est décrite à travers des profils annuels de fréquentation.

Un premier profil décrit la fréquentation journalière (par session) et au cours de la nuit des Chiroptères. Chaque unité est une classe de 10 minute positive.

Un second profil décrit la fréquentation mensuelle. Ce profil affiche pour chaque mois la proportion de nuits dites actives (manifestant de l'activité). Matérialisé par des histogrammes déclinant pour chaque mois la proportion de nuits actives, il permet d'identifier l'évolution de la fréquentation au cours de l'année. L'intensité journalière est illustrée par un nombre de contacts par nuit (c/n). Ainsi, chaque colonne mensuelle de l'histogramme dispose d'un gradient de couleur en fonction de l'intensité journalière mesurée.

2 - Analyse de la diversité et densité à l'échelle du peuplement au cours de l'année

La diversité est mesurée par le nombre d'espèces enregistrées par nuit.

La densité est mesurée par le nombre contacts enregistrés par nuit.

Mesurées mensuellement, elles décrivent dans un premier temps l'évolution de l'activité du peuplement au cours des mois écoulés.

La densité spécifique est la déclinaison de la densité pour chaque espèce.

3 - Les facteurs influençant l'activité des Chiroptères

Le comportement des Chiroptères est étudié via l'analyse de la distribution des données d'activité en fonction des paramètres de durée de la nuit, des températures, de vitesses de vents et d'orientation du vent.

L'étude s'appuie aussi sur deux hauteurs d'écoute. Elle permet aussi d'étudier l'influence de la hauteur sur l'activité des Chiroptères.

4 - Les niveaux de fréquentation

a - Au niveau du sol

La fréquentation est définie en croisant le niveau d'activité moyen journalier de chaque espèce et le niveau de couverture sur l'année. Ce dernier est calculé au regard de la proportion de nuits occupées par chaque espèce (Tableau 3).

Le niveau d'activité quant à lui est évalué en confrontant l'activité journalière moyenne mesurée en contacts par jour au référentiel produit par O-GEO.

Ce référentiel reprend la méthode utilisée par le MNHN (2020), elle-même reprenant celle développée par Alexandre Haquart (2015). Le MNHN utilise la technologie Wildlife alors qu'O-GEO travaille avec la technologie Batcorder. C'est pourquoi O-GEO préfère constituer son propre référentiel.

Ce référentiel permet de définir différents quantiles d'activité :

- Quantile 98 : valeur supérieure ou égale à celle mesurée dans 98 % des nuits ;
- Quantile 95 : valeur supérieure ou égale à celle mesurée dans 95 % des nuits ;
- Quantile 90 : valeur supérieure ou égale à celle mesurée dans 90 % des nuits ;
- Quantile 75 : valeur supérieure ou égale à celle mesurée dans 75 % des nuits ;
- Quantile 50 : valeur supérieure ou égale à celle mesurée dans 50 % des nuits ;
- Quantile 25 : valeur supérieure ou égale à celle mesurée dans 25 % des nuits ;

- Quantile 12,5 : valeur supérieure ou égale à celle mesurée dans 12,5 % des nuits.

Ce référentiel s'appuie sur des relevés effectués entre les mois de mai et d'octobre. Mais il sera utilisé dans cette étude sur l'ensemble de la période suivie, incluant mars, avril et novembre.

Niveau d'activité spécifique	Niveau de couverture spécifique				
		Très faible	Faible	Moyen	Fort
	Très faible	Très faible	Très faible à faible	Faible	Faible à moyen
	Faible	Très faible à faible	Faible	Faible à moyen	Moyen
	Moyen	Faible	Faible à moyen	Moyen	Moyen à fort
	Fort	Faible à moyen	Moyen	Moyen à fort	Fort

Tableau 3 : méthode d'évaluation du niveau de fréquentation

b - Sous nacelle

Le procédé d'évaluation du niveau de fréquentation est identique.

Par contre, le bureau d'études O-GEO ne dispose pas encore d'un référentiel d'activité.

C'est pourquoi le niveau d'activité sera évalué au regard de l'activité moyenne journalière et des profils annuels d'activité.

G - Enjeux chiroptérologiques

Les niveaux de fréquentation seront conjugués avec les niveaux de statuts conservatoires et réglementaires pour évaluer les enjeux chiroptérologiques (Tableau 4).

Le peuplement chiroptérologique est concerné par :

- Un arrêté de protection nationale ;
- Des enjeux de conservation européens (annexe II de la Directive Habitats) ;
- Des niveaux de menace à l'échelle nationale et régionale (listes rouges) ;
- Les listes d'espèces déterminantes à l'échelle régionale voire départementale (ZNIEFF).

Une espèce protégée sur le territoire français bénéficie donc d'un niveau de statut réglementaire fort. Toutes les espèces et leurs habitats étant protégés en France, chacune bénéficie d'un statut réglementaire fort.

Chaque espèce dispose d'un statut de conservation. En fonction du type de statut, un niveau de statut conservatoire est attribué :

- Faible si l'espèce n'est pas visée par l'annexe II de la Directive Habitat ou si elle ne bénéficie pas d'un statut d'espèce quasi menacée ou menacée à l'échelle nationale ou régionale (vulnérable, en danger, en danger critique), ou d'espèce déterminante ;
- Moyen si l'espèce ne dispose que d'un statut d'espèce déterminante ;
- Fort si l'espèce est visée par l'annexe II de la Directive Habitats ou si elle est quasi menacée ou menacée en France ou en région.

Niveau du statut conservatoire	Niveau de fréquentation				
		Très faible	Faible	Moyen	Fort
	Faible	Très faible à faible	Faible	Faible à moyen	Moyen
	Moyen	Faible	Faible à moyen	Moyen	Moyen à fort
	Fort	Faible à moyen	Moyen	Moyen à fort	Fort

Tableau 4 : méthode d'évaluation du niveau d'enjeu chiroptérologique conservatoire

III - SUIVI DE LA MORTALITÉ

A - Aire d'étude

Les cadavres sont recherchés dans un rayon de 50 m autour de l'axe du mât de chaque éolienne, à raison d'un passage circulaire tous les 5 mètres. De cette manière, l'ensemble de la surface survolée par le rotor est contrôlé (Carte 3).

B - Sessions de suivi

Le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres stipule que le suivi doit être réalisé de la semaine 20 (à compter du 16/05/2022) à la semaine 42 (à compter du 17/10/2022) à raison de 20 sessions par an.

Au total, le suivi de la mortalité fait l'objet de 20 sessions effectuées entre le 19 mai et le 20 octobre 2022. Ainsi, 115 contrôles sont répartis sur 6 éoliennes. Durant une session au mois de mars, une au mois d'août, une au mois de septembre et une au mois d'octobre, l'intervention d'une équipe technique a empêché la réalisation du suivi sous une des six éoliennes (Tableau 5).

Mois	Date	Observateurs	Éoliennes						Total
			E1	E2	E3	E4	E5	E6	
Mai	19/05/2022	Philippe Proux	1	1	1	1	1	1	6
	25/05/2022	Philippe Proux	1	1	1	1	0	1	5
Juin	02/06/2022	Philippe Proux	1	1	1	1	1	1	6
	09/06/2022	Philippe Proux	1	1	1	1	1	1	6
	16/06/2022	Philippe Proux	1	1	1	1	1	1	6
	23/06/2022	Philippe Proux	1	1	1	1	1	1	6
Juillet	11/07/2022	Fanny Coulon	1	1	1	1	1	1	6
	28/07/2022	Fanny Coulon	1	1	1	1	1	1	6
Août	04/08/2022	Philippe Proux	1	1	1	1	1	1	6
	11/08/2022	Philippe Proux	0	1	1	1	1	1	5
	17/08/2022	Philippe Proux	1	1	1	1	1	1	6
	25/08/2022	Philippe Proux	1	1	1	1	1	1	6
	30/08/2022	Philippe Proux	1	1	1	1	1	1	6
Septembre	05/09/2022	Philippe Proux	1	1	0	1	1	1	5
	15/09/2022	Philippe Proux	1	1	1	1	1	1	6
	21/09/2022	Philippe Proux	1	1	0	1	1	1	5
	28/09/2022	Philippe Proux	1	1	1	1	1	1	6
Octobre	06/10/2022	Philippe Proux	1	1	1	1	1	1	6
	13/10/2022	Philippe Proux	1	1	1	0	1	1	5
	20/10/2022	Philippe Proux	1	1	1	1	1	1	6
Total			19	20	18	19	19	20	115

Tableau 5 : sessions de suivi de la mortalité, observateurs et contrôles d'éoliennes réalisés



Carte 3 : parcours de suivi de la mortalité et milieux concernés

C - Saisie des observations

Pour chaque cadavre inventorié sont saisies les informations suivantes :

- Le numéro attribué au cadavre ;
- La date ;
- L'heure
- L'éolienne ;
- L'azimut par rapport à l'axe du mât ;
- La distance à l'axe du mât ;
- Le groupe taxinomique ;
- Le taxon (espèce ou genre) ;
- L'état de conservation : frais, en décomposition, dessiqué ;
- L'intégrité du corps : intact (barotraumatisme), fracturé (collision), présence de plaie (collision), écrasé, etc. ;
- La longueur de l'avant-bras pour les Chiroptères.

Par ailleurs, pour chaque cadavre, a *minima*, une photo du cadavre *in situ*, et une photo du cadavre avec l'éolienne en arrière-plan, sont prises systématiquement.

D - Test d'efficacité

Dans la méthode de suivi de la mortalité, développée par le bureau d'études O-GEO, nous attachons une attention particulière à mesurer l'aptitude de l'observateur à découvrir des cadavres.

Nous retenons tout d'abord trois critères ;

- Le milieu : culture, prairie, friche, terre labourée, terre roulée, etc. ;
- La hauteur du couvert végétal : 0 m, 0,00 à 0,25 m, 0,25 à 0,50 m, 0,50 à 0,78 m, 0,75 à 1 m, > 1 m ;
- Le taux de couverture : 0%, 0 à 25%, 25 à 50%, 50 à 75%, 75 à 100%, 100%

Puis, la mesure de l'efficacité doit être mesurée pour chaque type de milieu qui se présente durant le suivi, associé à une classe de hauteur de couvert végétal et à une classe de taux de couverture. Des cadavres factices sont disposés au sol en fonction des types de milieu. Le rapport entre le nombre de cadavres factices retrouvés et le nombre déposé apporte le taux d'efficacité.

Ainsi, à chaque session, en fonction de l'évolution du milieu sous l'éolienne, nous nous efforçons de contrôler notre aptitude à découvrir des cadavres. Pour certains types de milieux similaires, dans ce contexte d'étude (comme par exemple la prairie cultivée, la prairie naturelle ou la friche), les indices peuvent être considérés comme équivalents d'un type de milieu à un autre.

Chaque groupe de segments de parcours appartenant à un type de milieu homogène et continu est ainsi renseigné au fur et à mesure du suivi.

Compte-tenu du caractère diffus de ce test à travers les sessions, nous ne répertorions pas les dates au cours desquelles les tests sont effectués.

E - Taux de surface prospectée

Simultanément, en décrivant à chaque session les milieux sous chaque éolienne, nous précisons pour chaque milieu s'il est accessible ou non. De cette manière, nous disposons, pour chaque session, de la proportion de la surface accessible sous les éoliennes.

F - Tests de persistance

1 - Printemps, début de l'été

Sous ou à proximité de chaque éolienne, 10 cadavres de souris (tous espacés de 15 m les uns des autres) sont disposés à travers un maximum de type de couvert végétal différents. Chaque emplacement est marqué d'un point au sol, décalé d'un mètre sur le côté de manière à faciliter la localisation des cadavres durant les suivis. En effet, en fonction du couvert, le risque de ne pas retrouver un cadavre toujours en place peut être élevé.

La persistance des cadavres est contrôlée régulièrement jusqu'à leur disparition totale (Tableau 6) :

Activité	Sessions
Pose	13/06/2022
Contrôle	14/06/2022
Contrôle	15/06/2022
Contrôle	16/06/2022
Contrôle	17/06/2022
Contrôle	20/06/2022
Contrôle	23/06/2022

Tableau 6 : date de contrôle de la persistance des cadavres durant le test printemps, fin de l'été

2 - Fin de l'été, automne

Le protocole est appliqué à l'identique durant cette période, à raison de 10 cadavres posés par éolienne. La persistance des cadavres est contrôlée régulièrement jusqu'à leur disparition totale (Tableau 7) :

Activité	Sessions
Pose	26/09/2022
Contrôle	27/09/2022
Contrôle	28/09/2022
Contrôle	29/09/2022

Tableau 7 : date de contrôle de la persistance des cadavres durant le test de fin de l'été, automne

G - Méthode de calcul du taux de mortalité

À partir du nombre de cadavres trouvés à chaque session, pondéré par le coefficient de disparition, le taux d'efficacité (eux-mêmes modulés en fonction des types de couvert) et le taux de surface prospectée, nous extrapolons pour chaque session un taux de mortalité par éolienne par jour.

En fonction de différents protocoles de calculs, différents taux de mortalité apparaissent. L'ensemble de ces taux est ensuite repris pour donner les limites maximales et minimales du taux de mortalité par éolienne par an.

1 - Protocole d'Erickson 2000³

La formule d'Erickson intègre la durée de la persistance moyenne d'un cadavre.

$$N = ((I * C) / (t * D)) * S$$

N : Nombre total de cadavres
I = Durée de l'intervalle en jours
C : Nombre de cadavres trouvés

t : durée moyenne de persistance d'un cadavre
D : Efficacité de l'observateur
S : Coefficient de correction surfacique

2 - Protocole de Jones 2009⁴

Jones *et al.* (2009) proposent une nouvelle méthode. Celle-ci repose sur plusieurs postulats.

D'abord, le taux de mortalité est constant sur l'intervalle, et ensuite, la durée de persistance d'un cadavre suit une variable exponentielle négative.

Enfin, elle suppose aussi que la probabilité de disparition moyenne sur l'intervalle corresponde à la probabilité de disparition d'un cadavre tombé à la moitié de l'intervalle (LPO Drôme, 2009)⁵.

$$N = (C / (D * P * \hat{e})) * A$$

$$p = \exp(-0,5 * I/t)$$
$$\hat{e} = \text{Min}(I : \hat{I}) / I$$
$$\hat{I} = -\log(0,01)*t$$

N : Nombre total de cadavres
I = Durée de l'intervalle en jours
I = Intervalle effectif
Min(I : I) = prend la valeur minimale entre *I* et *I*.
e = coefficient correcteur de l'intervalle

C : Nombre de cadavres trouvés
t : durée moyenne de persistance d'un cadavre
D : Efficacité de l'observateur
S : Coefficient de correction surfacique

3 - Protocole de Huso 2010⁶

Ces auteurs ajoutent également la notion d'intervalle effectif. En effet, plus l'intervalle est long, plus le taux de persistance s'approche de 0. Une carcasse découverte au bout d'un intervalle très long n'est certainement pas morte au début de l'intervalle. Elle est vraisemblablement morte dans « l'intervalle effectif » qui correspond à la durée au-delà de laquelle le taux de persistance est inférieur à 1%. Dans le calcul, *I* prend la valeur minimale entre *I* et *I* (Huso, 2010)⁸.

$$N = (C / (D * P * \hat{e})) * S$$

$$p = (t * (1 - \exp(-I/t))) / I$$
$$\hat{e} = \text{Min}(I : \hat{I}) / I$$
$$\hat{I} = -\log(0,01)*t$$

N : Nombre total de cadavres
I = Durée de l'intervalle en jours
I = Intervalle effectif
Min(I : I) = prend la valeur minimale entre *I* et *I*.
e = coefficient correcteur de l'intervalle

C : Nombre de cadavres trouvés
t : durée moyenne de persistance d'un cadavre
D : Efficacité de l'observateur
S : Coefficient de correction surfacique

³ERICKSON W., STICKLAND D., JOHNSON G. et KERN W., 2000- Avian and bat mortality associated with the vansycle wind project, umatilla county, oregon 1999 study year.

⁴JONES G., COOPER-BOHANNON R., BARLOW K., et PARSONS K., 2009 – Determining the potential ecological impact of wind turbines on bat population in Britain

⁵LPO Drôme, 2010-Suivi de la mortalité des Chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes

⁶HUSO M., 2010 – An estimator of wildlife fatality from observed carcasses

IV - ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ D'UN PATTERN DE BRIDAGE CHIROPTÈRES

A - Détermination d'un pattern de régulation

Le pattern de régulation peut être engagé dans un arrêté d'autorisation d'exploiter, dans une étude d'impact ou dans un porter à connaissance.

Dans les cas où il n'a pas fait l'objet d'une déclinaison, il peut être élaboré par l'analyse du comportement des Chiroptères.

B - Notion d'activité résiduelle

Notion développée par le bureau d'études O-GEO, l'activité résiduelle désigne l'activité qui n'est ni évitée ni protégée par la programmation des éoliennes soumises à un bridage Chiroptères.

Cette activité résiduelle peut se décliner en :

- Nombre ou en proportion de contacts résiduels sur l'année, par mois ou par nuit ;
- Nombre ou en proportion de classes de 10 minutes positives résiduelles sur l'année, par mois ou par nuit ;
- Nombre ou proportions de nuits avec de l'activité résiduelle, aussi nommées nuits résiduelles, sur l'année ou par mois.

La fréquentation résiduelle est étudiée sur des graphiques de profil annuel de fréquentation résiduelle.

Des tableaux de synthèse permettent d'apporter les données chiffrées d'activité et de fréquentation résiduelle.

C - Validation d'un pattern de régulation

Un pattern de régulation est validé avant la mise en fonctionnement d'un parc éolien à partir de l'analyse de l'activité résiduelle simulée à l'issue de l'application des différents seuils.

Ce pattern est aussi validé à l'issue d'une année de mise en marche du parc à partir de l'analyse du fonctionnement des éoliennes. Cette analyse peut intégrer une comparaison avec les résultats d'une simulation.

Dans tous les cas, l'activité résiduelle, simulée ou réelle, doit être suffisamment faible pour ne pas évoquer d'impact sur le bon état de conservation des populations de Chiroptères.

Partie 3 - RÉSULTATS

I - SUIVI DE L'ACTIVITÉ DES CHIROPTÈRES

A - Liste des espèces

Sur 468 sessions cumulant 4 798 heures d'écoute nocturne réparties sur deux hauteurs, au sol et sous la nacelle de E5, l'étude s'appuie sur 11 994 séquences qui génèrent 12 208 séquences-espèces et aboutissent à 12 333 contacts (Tableau 8). Au niveau du sol, 11 850 contacts sont répertoriés. Sous la nacelle, jusqu'à 78 m de hauteur, 483 contacts sont comptabilisés. Le nombre de contacts à hauteur de nacelle ne représentent que 4 % du nombre de contacts total.

Au total, 14 espèces de Chiroptères sont répertoriées dont :

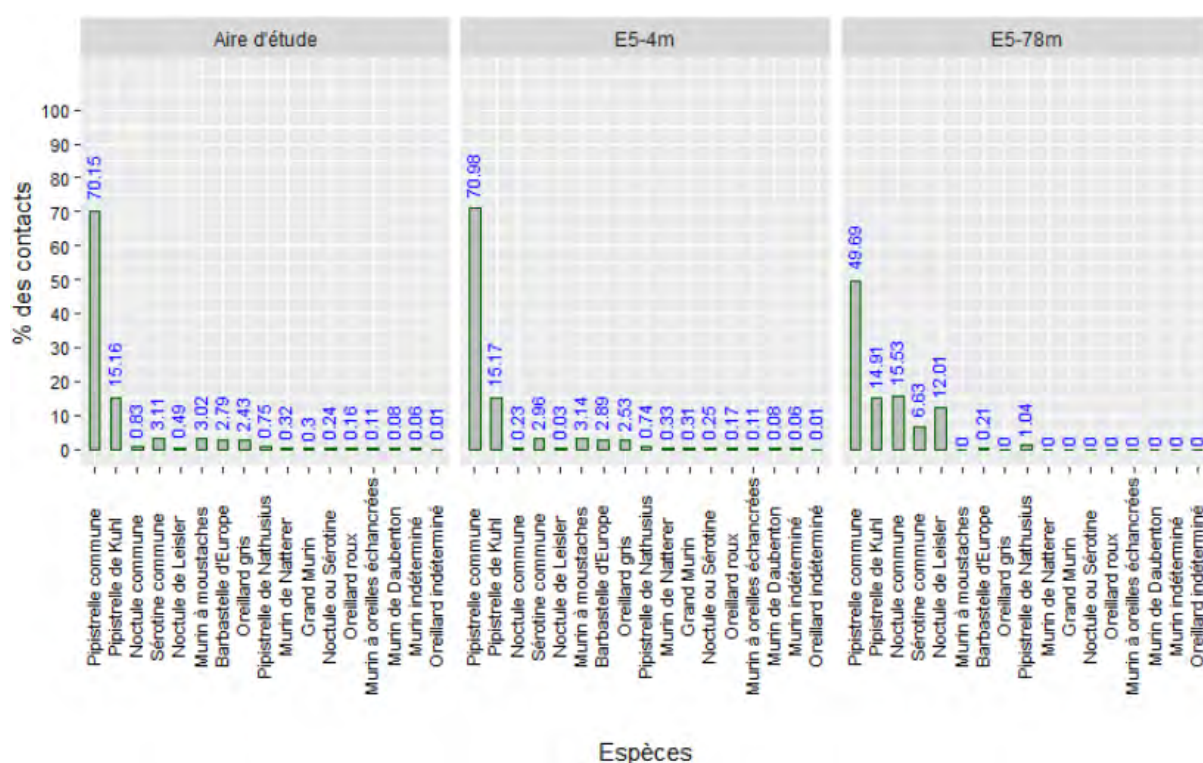
- 14 espèces au niveau du sol :
 - Pipistrelle commune *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774) ;
 - Pipistrelle de Kuhl *Pipistrellus kuhlii* (Natterer in Kuhl, 1817) ;
 - Pipistrelle de Nathusius *Pipistrellus nathusii* (Keyserling & Blasius, 1839) ;
 - Sérotine commune *Eptesicus serotinus* (Schreber, 1774) ;
 - Noctule commune *Nyctalus noctula* (Schreber, 1774) ;
 - Noctule de Leisler *Nyctalus leisleri* (Kuhl, 1817) ;
 - Murin de Daubenton *Myotis daubentonii* (Kuhl, 1817) ;
 - Murin à moustaches *Myotis mystacinus* (Kuhl, 1817) ;
 - Murin de Natterer *Myotis nattereri* (Kuhl, 1817) ;
 - Murin à oreilles échancrées *Myotis emarginatus* (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1806) ;
 - Grand Murin *Myotis myotis* (Borkhausen, 1797) ;
 - Barbastelle d'Europe *Barbastella barbastellus* (Schreber, 1774) ;
 - Oreillard gris *Plecotus austriacus* (J. B. Fischer, 1829) ;
 - Oreillard roux *Plecotus auritus* (Linnaeus, 1758) ;
- 7 espèces sous la nacelle :
 - Pipistrelle commune *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774) ;
 - Pipistrelle de Kuhl *Pipistrellus kuhlii* (Natterer in Kuhl, 1817) ;
 - Pipistrelle de Nathusius *Pipistrellus nathusii* (Keyserling & Blasius, 1839) ;
 - Sérotine commune *Eptesicus serotinus* (Schreber, 1774) ;
 - Noctule commune *Nyctalus noctula* (Schreber, 1774) ;
 - Noctule de Leisler *Nyctalus leisleri* (Kuhl, 1817) ;
 - Barbastelle d'Europe *Barbastella barbastellus* (Schreber, 1774).

Espèces	E5-4m	E5-78m	Total contacts
Pipistrelle commune	8 411	240	8 651
Pipistrelle de Kuhl	1 798	72	1 870
Pipistrelle de Nathusius	88	5	93
Sérotine commune	351	32	383
Noctule commune	27	75	102
Noctule de Leisler	3	58	61
Noctule ou Sérotine	30	0	30
Grand Murin	37	0	37
Murin à moustaches	372	0	372
Murin à oreilles échancrées	13	0	13
Murin de Daubenton	10	0	10
Murin de Natterer	39	0	39
Murin indéterminé	7	0	7
Barbastelle d'Europe	343	1	344
Oreillard gris	300	0	300
Oreillard roux	20	0	20
Oreillard indéterminé	1	0	1
Total contacts	11 850	483	12 333

Tableau 8 : nombre de contacts par espèce ou groupe d'espèces de Chiroptères et par hauteur d'écoute

Les proportions de nombres de contacts n'apportent qu'une interprétation partielle de l'activité (Graph. 1). Au demeurant, ils annoncent déjà :

- La domination des contacts de la Pipistrelle commune sur les deux hauteurs d'écoute ;
 - Un cortège d'espèces limité à hauteur de nacelle, qui exclut les espèces de Murins, d'Oreillards et pour ainsi dire la Barbastelle d'Europe pour laquelle 1 seul contact est capté :
- o La Pipistrelle commune ;
 - o La Pipistrelle de Kuhl ;
 - o La Noctule commune ;
 - o La Noctule de Leisler ;
 - o La Sérotine commune ;
 - o La Pipistrelle de Nathusius ;
 - o La Barbastelle d'Europe (1 contact).



Graph. 1 : proportion des contacts enregistrés pour chaque espèce en 2022

B - Comportement des Chiroptères

1 - Fréquentation journalière

a - Préalable

Un profil journalier permet de visualiser l'occupation de chaque nuit au cours de l'année par les Chiroptères (Graph. 2, Graph. 3, Graph. 4, Graph. 5, Graph. 6, Graph. 7, Graph. 8 et Graph. 9). L'unité est la classe de 10 minutes positives. Les sessions de chaque classe de 10 minutes sont projetées sur l'axe des abscisses. Les heures de chaque classe de 10 minutes sont projetées sur l'axe des y. Un gradient de couleur est attribué à chaque point en fonction du nombre de contacts enregistrés sur une classe de 10 minutes :

- Aucun contact : aucune couleur ;
- Un contact : jaune
- De 2 au nombre maximum de contacts enregistrés par classe de 10 minutes toutes espèces cumulées : jaune à rouge.

Ainsi, le comportement des Chiroptères est établi à l'échelle de la nuit et de la période de l'étude.

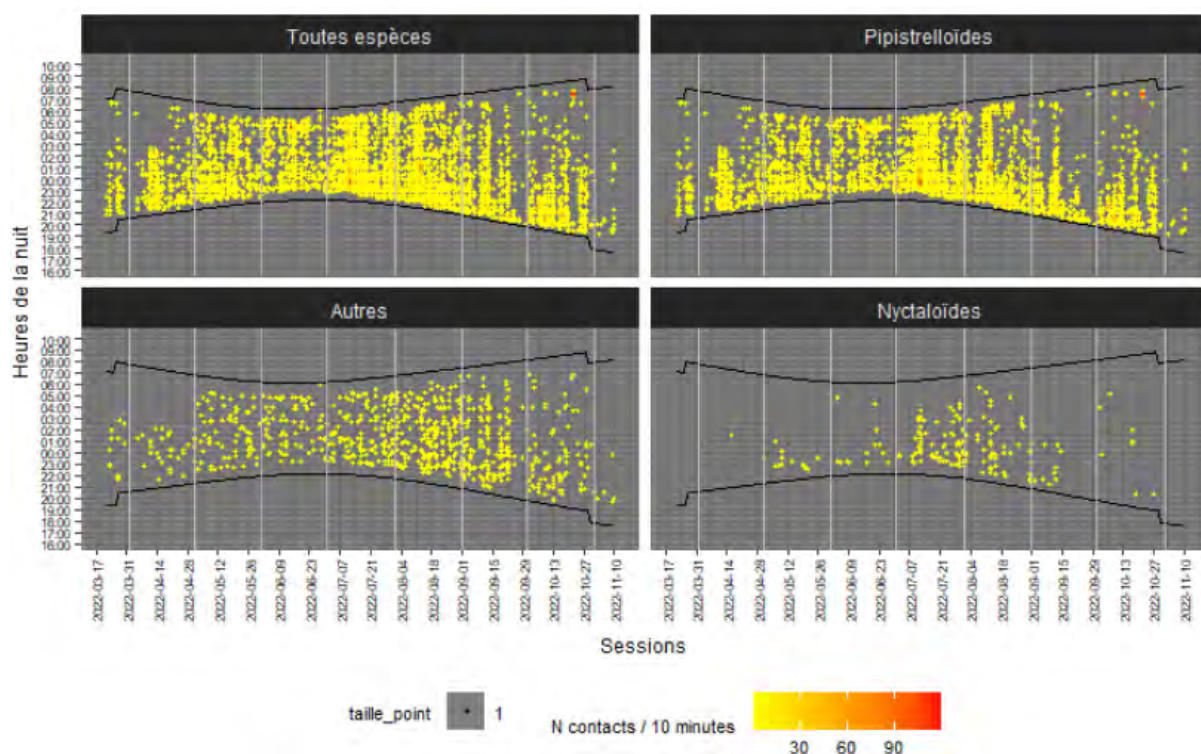
b - Au pied de l'éolienne E5, à 4 m de hauteur

i - Groupes d'espèces

Comme on peut l'observer sur le graphique en haut à gauche du Graph. 2, les Chiroptères sont actifs durant toute la période de suivi au pied de l'éolienne E5.

L'activité est bien circonscrite après le coucher et avant le lever du soleil.

Le graphique en haut à droite témoigne de la prépondérance des Pipistrelles (Pipistrelloïdes). Le groupe « Autres » comporte les Murins, la Barbastelle d'Europe et les Oreillards. Ils affichent une fréquentation moins importante que celle des Pipistrelles mais plus importante que celles des Nyctaloïdes qui regroupent les Noctules et la Sérotine commune.



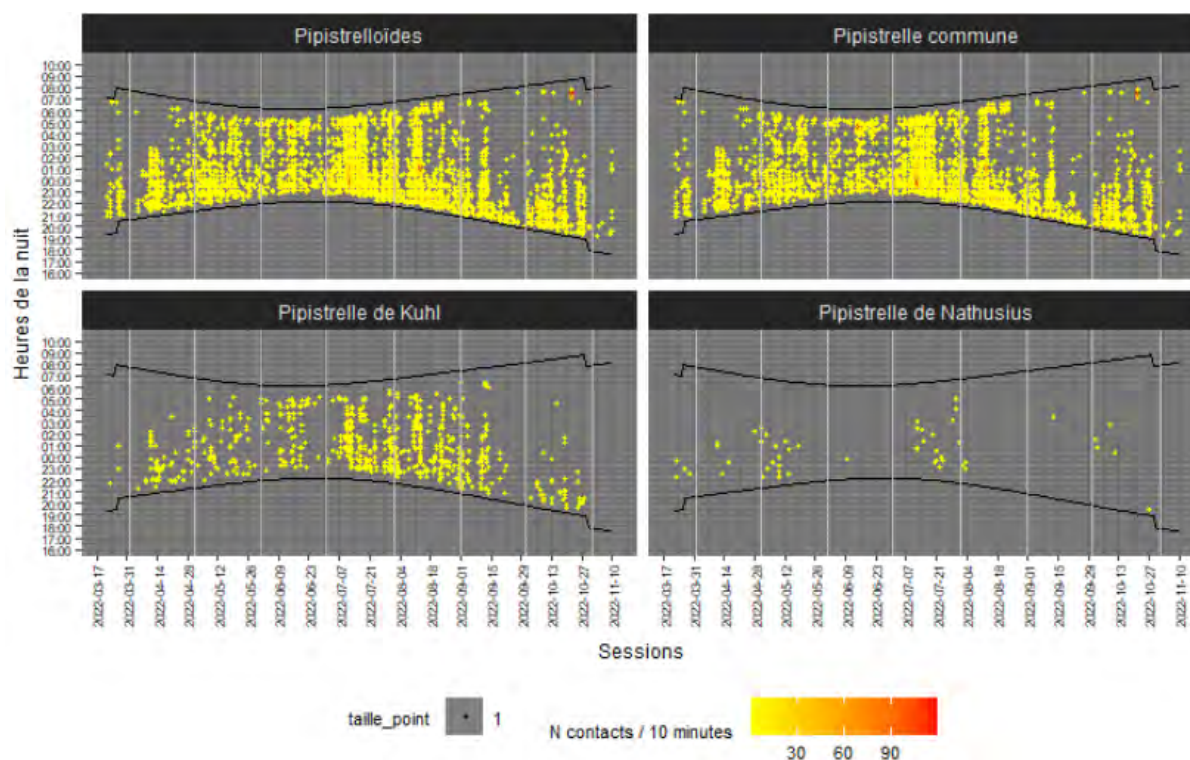
Graph. 2 : fréquentation journalière des groupes de Chiroptères au cours de chaque nuit durant l'année au niveau

du sol (4 m de hauteur)

ii - Les espèces

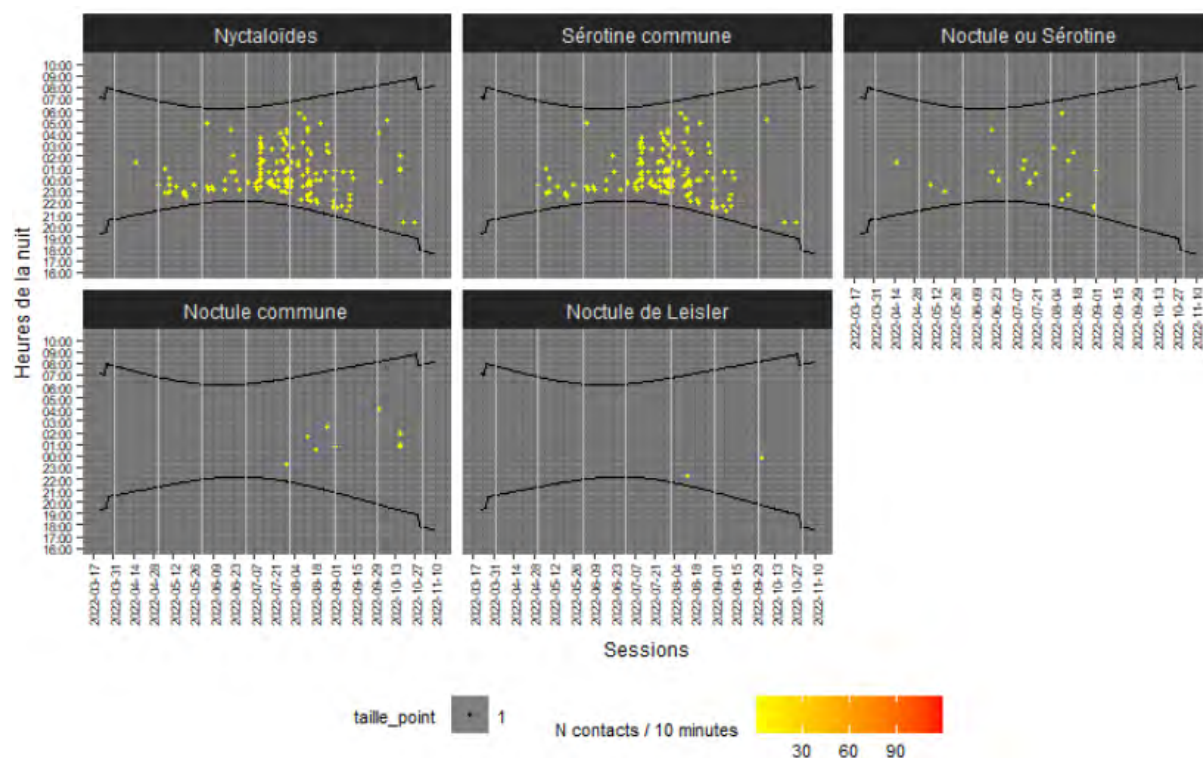
Un premier ensemble de graphiques décline la fréquentation des espèces de Pipistrelles (Graph. 3). La Pipistrelle commune est pour l'essentiel à l'origine de la fréquentation du groupe des Pipistrelles, suivi par la Pipistrelle de Kuhl. Ces espèces sont présentes durant toute la période d'étude.

La fréquentation de la Pipistrelle de Nathusius est nettement plus ponctuelle. Sa présence est signalée cependant tous les mois de l'année.



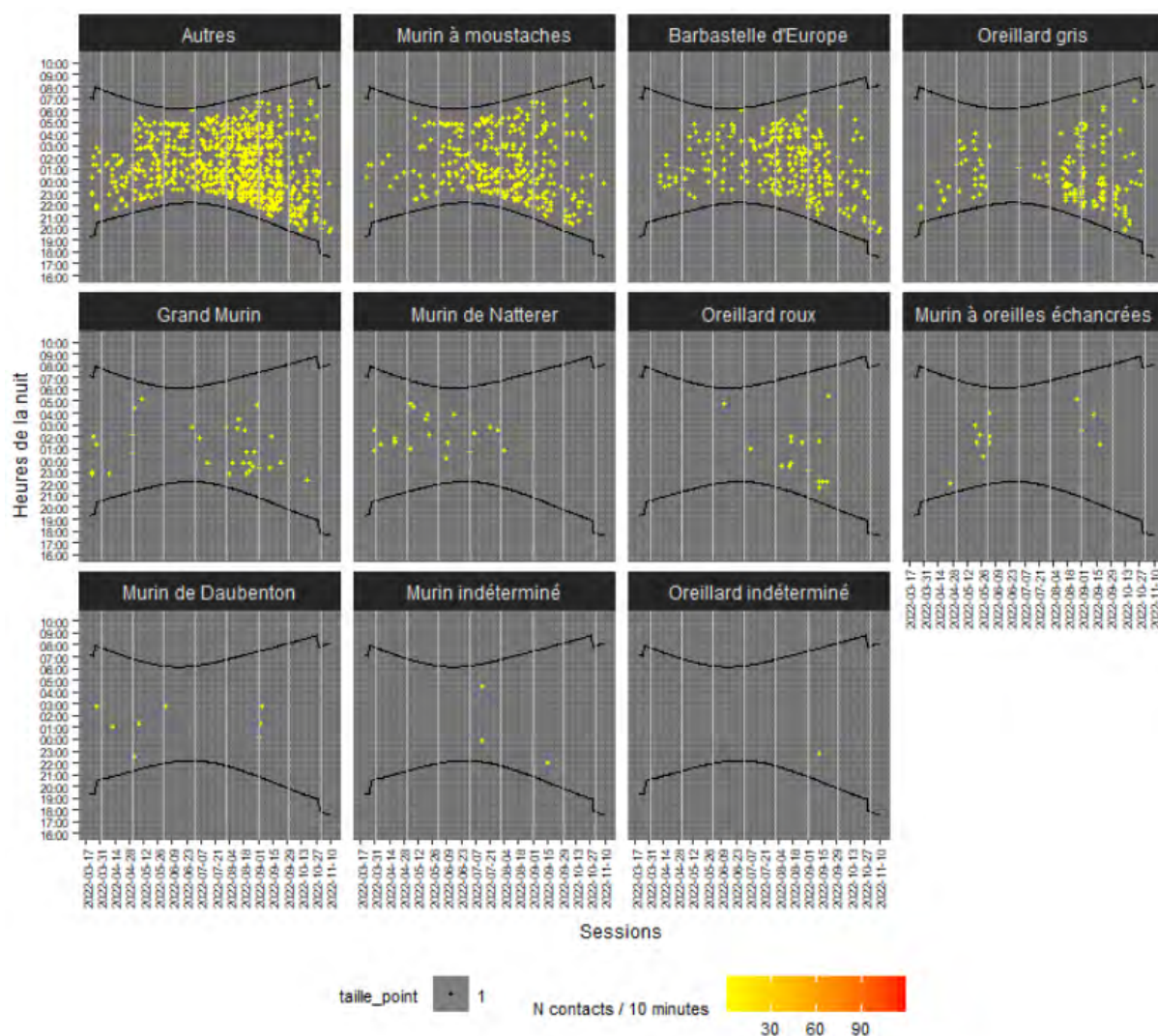
Graph. 3 : fréquentation journalière des espèces de Pipistrelles durant l'année au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)

Un second ensemble de graphiques décline la fréquentation des espèces du groupe des Nyctaloïdes (Graph. 4). La Séroline commune est pour l'essentiel à l'origine de cette fréquentation. La fréquentation des Noctules est anecdotique, limitée par ailleurs à la période dite de transit automnal (août à octobre).



Graph. 4 : fréquentation journalière des espèces de Noctules et Sérolines durant l'année au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)

Enfin, le troisième graphique reprend l'ensemble des espèces restantes : Murins, Barbastelle d'Europe et Oreillards (Graph. 5). Deux espèces sont principalement à l'origine de la fréquentation du groupe « Autres » : le Murin à moustaches et la Barbastelle d'Europe. Ces espèces sont actives durant toute la période d'étude. L'Oreillard gris suit mais avec une certaine absence entre juin et juillet. Pour les autres espèces, la fréquentation est ponctuelle.



Graph. 5 : fréquentation journalière des Murins, de la Barbastelle d'Europe et des Oreillards durant l'année au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)

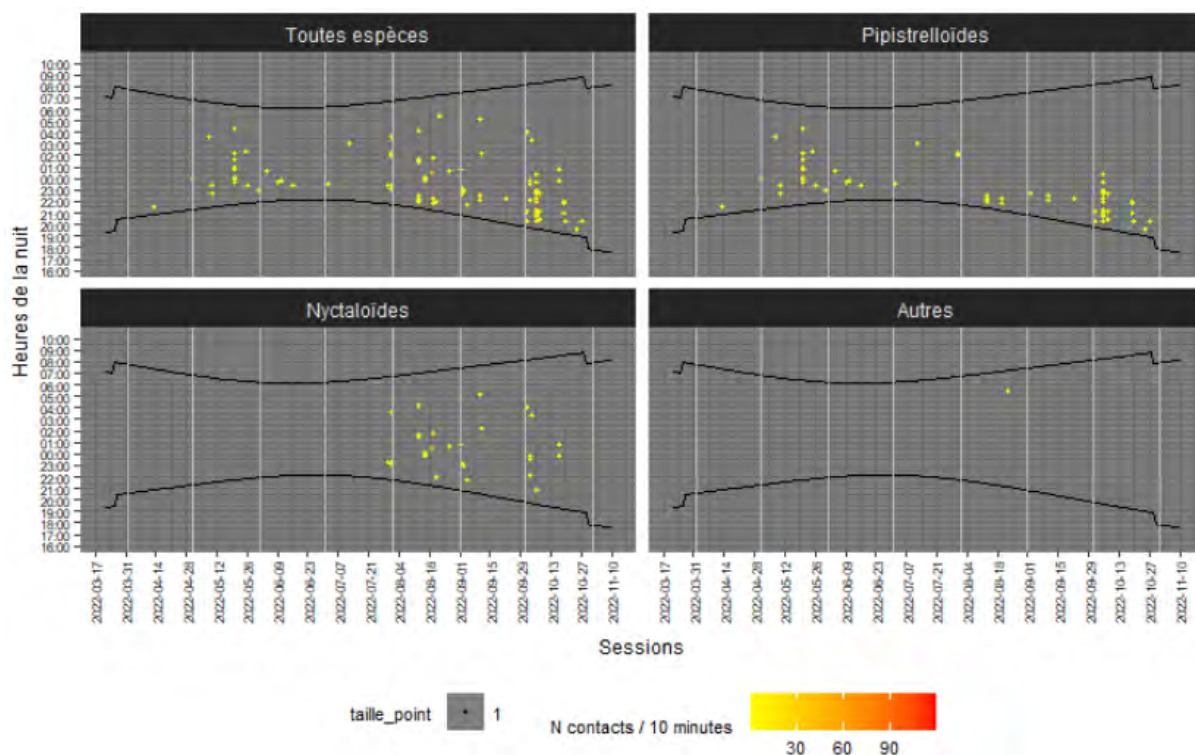
c - Sous la nacelle de l'éolienne E5, à 78 m de hauteur

i - Groupes d'espèces

La fréquentation des Chiroptères, toutes espèces confondues, prend un caractère ponctuel sous la nacelle de l'éolienne (Graph. 6). La fréquentation est nulle en avril et durant les 10 premiers jours de novembre.

L'activité est bien circonscrite après le coucher et avant le lever du soleil.

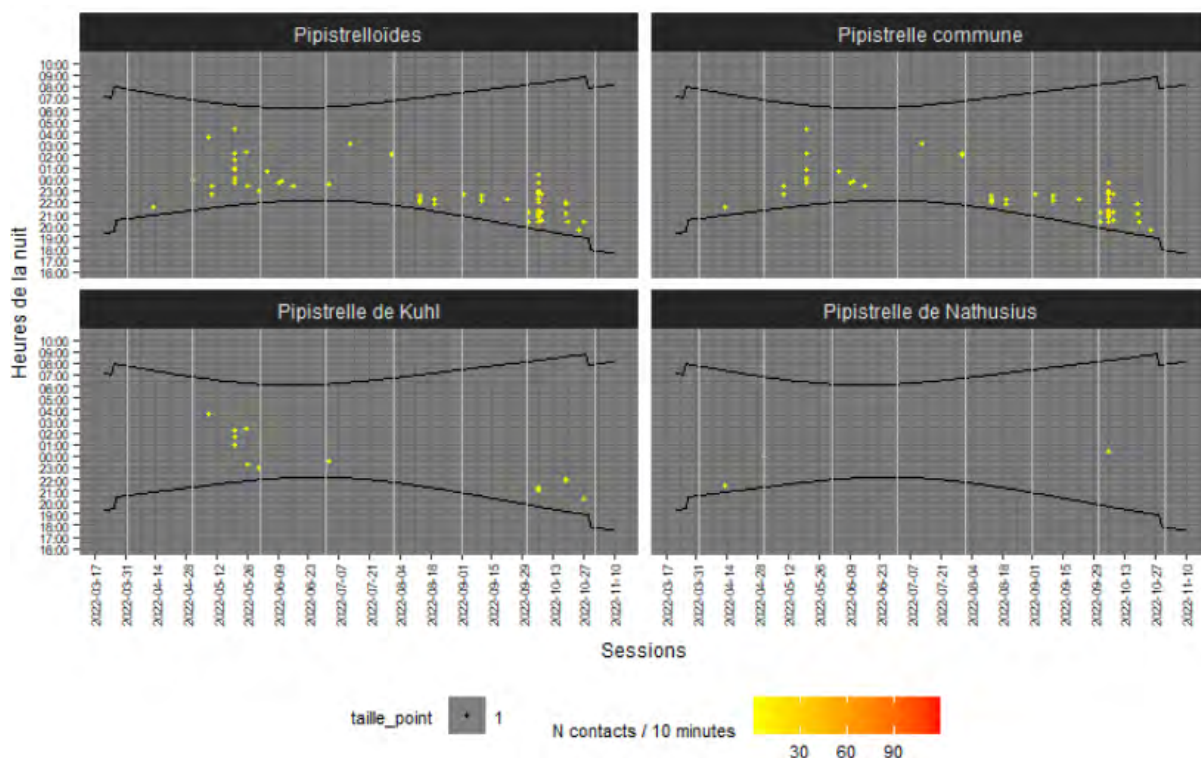
L'activité est partagée entre les Pipistrelles et les Nyctaloïdes. Le groupe « Autres » ne compte qu'un contact, celui d'une Barbastelle d'Europe.



Graph. 6 : fréquentation journalière des groupes de Chiroptères durant l'année sous la nacelle de E5 (78 m)

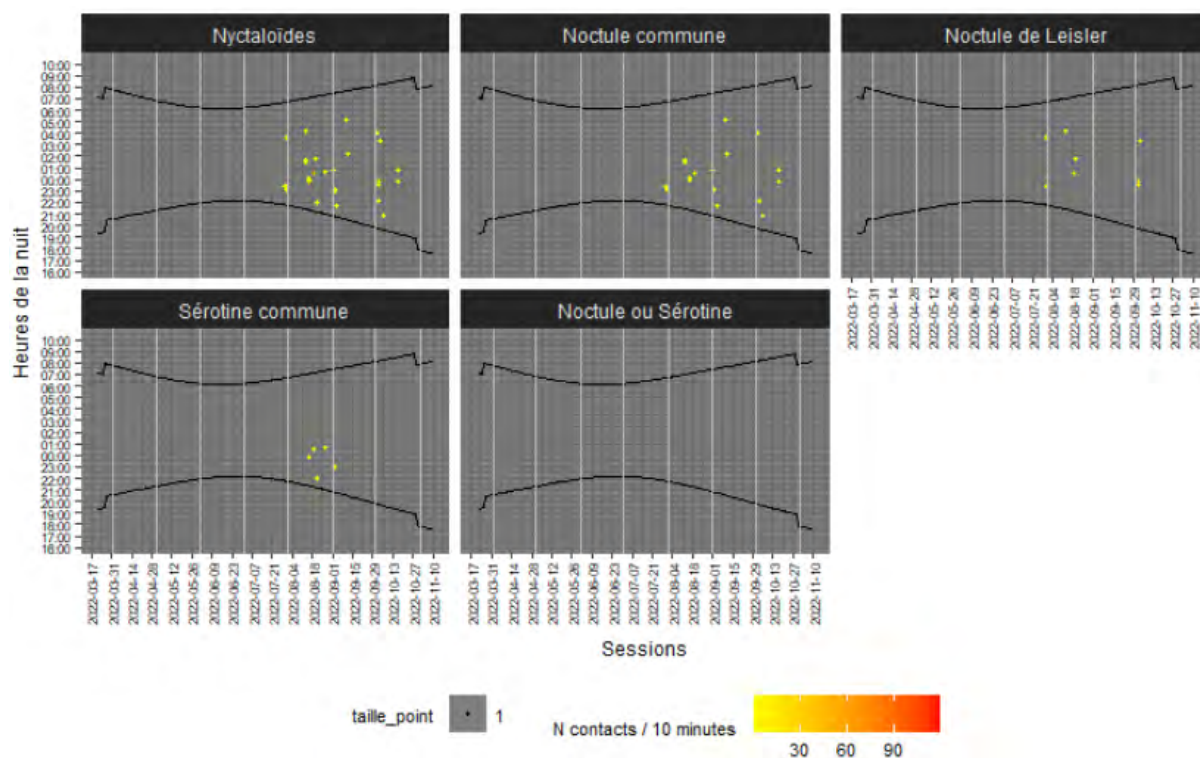
ii - Les espèces

Un premier ensemble de graphiques décline la fréquentation des espèces de Pipistrelles (Graph. 7). La Pipistrelle commune est pour l'essentiel à l'origine de la fréquentation du groupe des Pipistrelles, suivie par la Pipistrelle de Kuhl. Leur fréquentation est ponctuelle, et la Pipistrelle de Kuhl n'apparaît pas tous les mois entre mai et octobre. La fréquentation de la Pipistrelle de Nathusius est anecdotique.



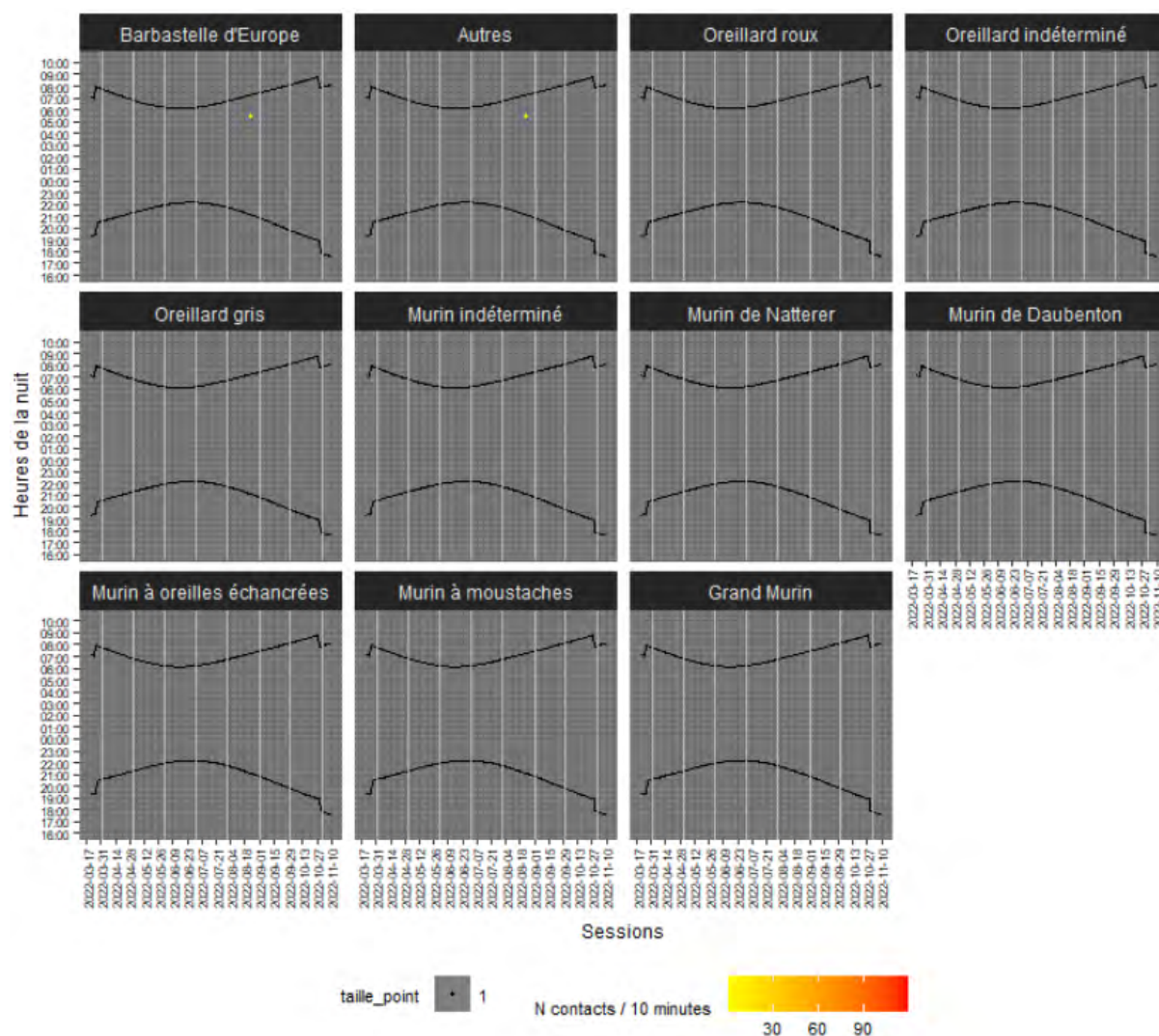
Graph. 7 : fréquentation journalière des espèces de Pipistrelles durant l'année sous la nacelle de E5 (78 m)

Un second ensemble de graphiques décline la fréquentation des espèces du groupe des Nyctaloïdes (Graph. 8). Pour l'ensemble des espèces du groupe, la fréquentation est ponctuelle, voire anecdotique pour la Séroline commune. Toutes ne sont détectées qu'à compter du mois d'août, en période de transit automnal.



Graph. 8 : fréquentation journalière des espèces de Noctules et Sérolines durant l'année sous la nacelle de E5 (78 m)

Enfin, le troisième graphique reprend l'ensemble des espèces restantes : Murins, Barbastelle d'Europe et Oreillards (Graph. 9). Comme évoqué précédemment, la fréquentation de ce groupe se limite à un seul contact de Barbastelle commune. En effet, ces espèces de Chiroptères volent majoritairement à moins de 50, 30 voire 15 m de haut selon les études⁷.



Graph. 9 : fréquentation journalière des Murins, de la Barbastelle d'Europe et des Oreillards durant l'année sous la nacelle de E5 (78 m)

⁷ Labouré Marie *et al.* Analyse de l'activité des chiroptères en fonctions des conditions météorologiques et de sa répartition au cours de la nuit. ENCIS ENVIRONNEMENT, 2018, 8 p.

Charlotte Roemer, *et al.* Bat flight height monitored from wind masts predicts mortality risk at wind farms. Biological Conservation, 2017, 215, pp.116-122. 10.1016/j.biocon.2017.09.002. hal-02563981

Charlotte Roemer, *et al.* Influence of landscape and time of year on bat-wind turbines collision risks. 28 p.

2 - Fréquentation mensuelle

a - Préalable

Un profil mensuel des sessions offre une description plus synthétique de la fréquentation des Chiroptères au cours de l'année (Graph. 10 et Graph. 11). Chaque mois est renseigné par le nombre de nuits positives, signalant la présence de Chiroptères. Une graduation de couleur est attribuée à chaque nuit :

- Aucun contact : aucune couleur ;
- Un contact : jaune
- De 2 à nombre maximum de contacts enregistrés par session toutes espèces cumulées : jaune à rouge.

Plus les histogrammes tendent vers 30 ou 31 jours de nuits positives, plus l'espèce est omniprésente dans le mois. Plus les têtes des histogrammes sont de même niveau, plus la fréquentation mensuelle est régulière.

Les sessions marquées par un nombre important de contacts sont placées en haut des histogrammes, par ordre décroissant de nombre de contacts. Si certaines nuits concentrent un nombre important de contacts, les hauteurs des histogrammes tendent vers le rouge.

Pour rappel, le mois de mars et le mois de novembre sont limités à 10 sessions, ainsi les barres respectives ne pourront dépasser ces 10 sessions.

b - Au pied de l'éolienne E5, à 4 m de hauteur

L'ensemble suivant des graphiques (Graph. 10), affiche clairement une fréquentation importante et régulière d'avril à octobre et durant les 10 dernières et premières sessions de mars et de novembre. Des nuits concentrent ponctuellement un nombre élevé de contacts, particulièrement en juillet.

Les profils sont identiques entre le groupe « toutes espèces », celui des Pipistrelloïdes et celui de la Pipistrelle commune. Seule cette espèce produit des pics importants d'activité durant quelques nuits.

La Pipistrelle de Kuhl laisse une proportion de nuits sans activité plus importante, mais toujours supérieure à la moitié de chaque mois.

La Pipistrelle de Nathusius n'apparaît que quelques nuits pas mois, parfois près de 10 nuits.

Le groupe Autres affiche un profil proche de celui de la Pipistrelle commune, sans pic d'activité marqué. Au sein de ce groupe, le Murin à moustaches affiche une progression de sa fréquentation mensuelle jusqu'en juillet et août, pour à nouveau décroître et quasiment s'arrêter en novembre. La Barbastelle d'Europe affiche aussi cette fréquentation croissante jusqu'en août et décroissante par la suite, mais se maintenant durant les nuits de novembre. L'Oreillard gris est un peu plus fréquent de mars à mai pour disparaître ou presque en juin et à nouveau augmenter sa fréquentation mensuelle jusqu'en septembre. La fréquentation des autres espèces affiliée est faible, avec une fréquentation plus marquée en août pour le Grand Murin.

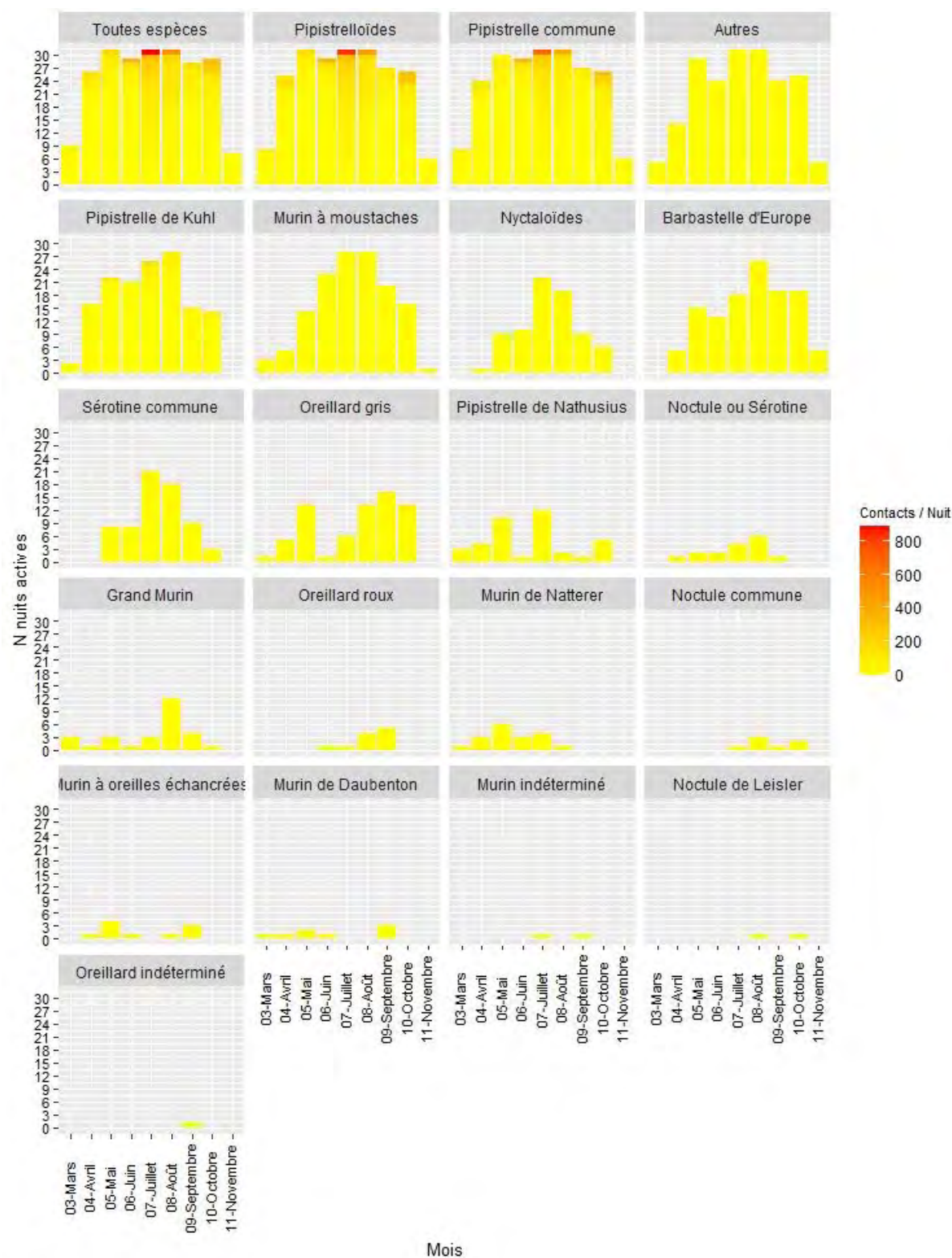
Enfin, le groupe des Nyctaloïdes a le même profil de fréquentation que celui de la Sérotine commune qui marque le pas. Sa fréquentation est plus marquée en juillet puis décroît pour quasiment s'arrêter en automne. La fréquentation des Noctules est très faible.

c - Sous la nacelle de E5, à 78 m de hauteur

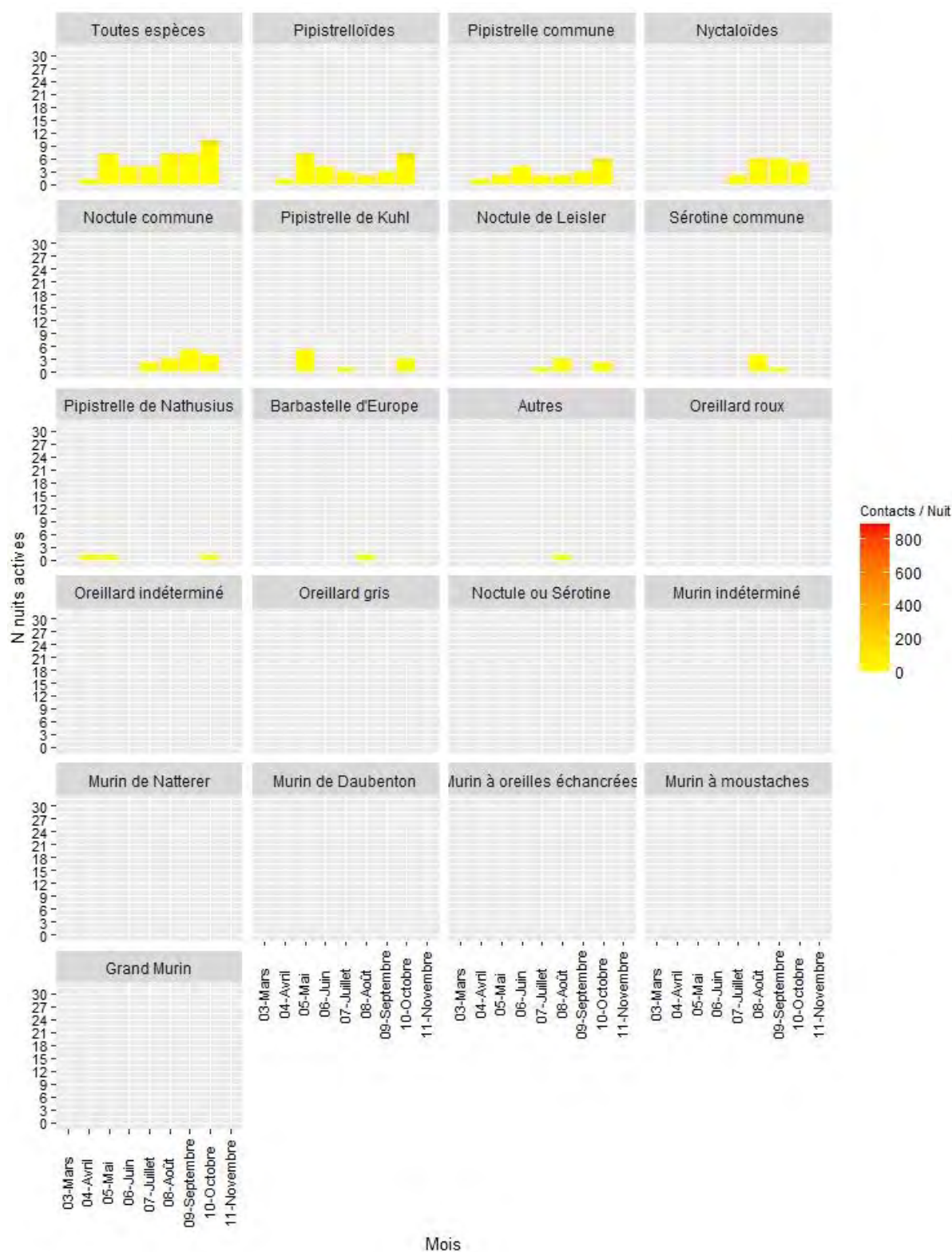
L'ensemble suivant des graphiques (Graph. 11), affiche une fréquentation faible et relativement stable sur l'ensemble de la période de l'année, toutes espèces confondues. C'est le cas pour le groupe des Pipistrelloïdes qui reprend le profil de la Pipistrelle commune.

La fréquentation mensuelle est faible et limitée à la période de transit automnal pour les Nyctaloïdes. Leur profil est en fait celui de la Noctule commune.

Les apparitions des autres espèces de Pipistrelles, de la Sérotine commune et de la Noctule de Leisler sont rares et celles du groupe « Autres » sont nulles ou anecdotiques, marquées seulement par l'apparition unique de la Barbastelle d'Europe.



Graph. 10 : fréquentation mensuelle durant toute la période de suivi des Chiroptères au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)



Graph. 11 : fréquentation mensuelle durant toute la période de suivi des Chiroptères sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)

3 - Couverture annuelle

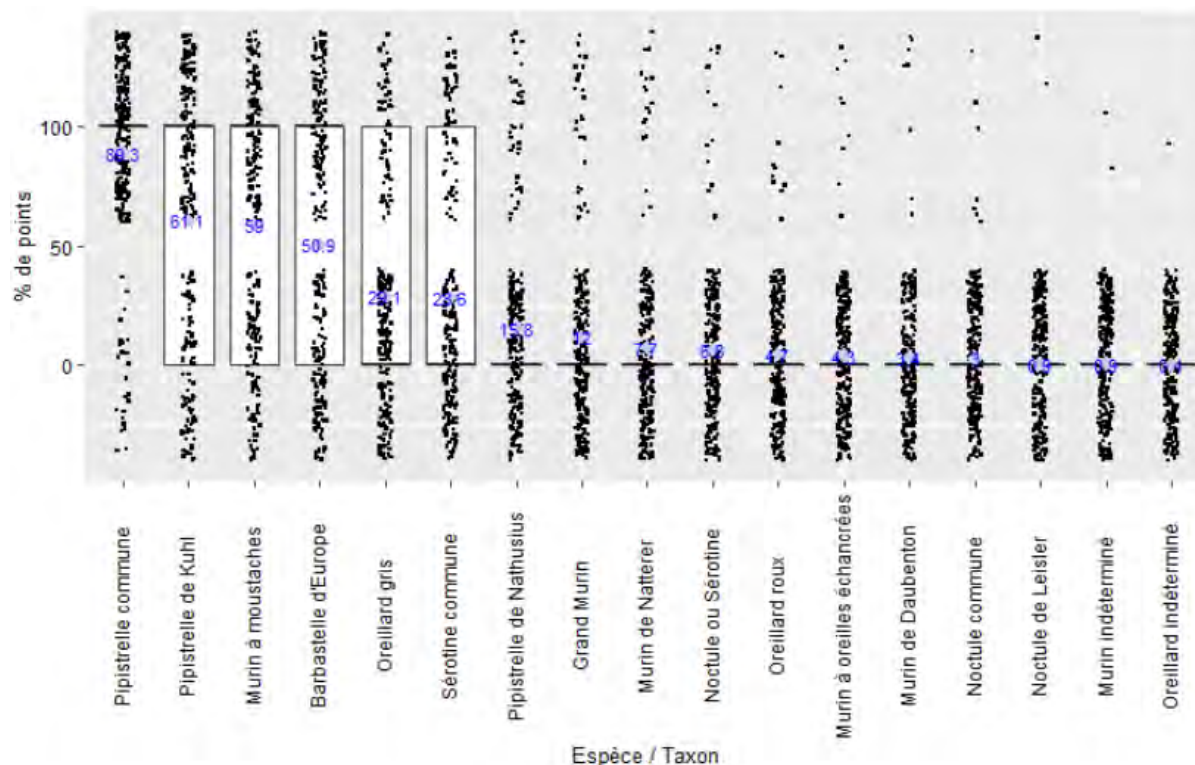
a - Préalable

Toutes les sessions ont compilées pour mesurer le taux des sessions positives pour chaque espèce sur l'ensemble des sessions de la période d'étude.

Pour chaque point, un graphique indique la distribution des données de présence ou d'absence par nuit et précise la couverture moyenne de sessions pour chaque espèce (Graph. 12 et Graph. 13).

b - Au pied de l'éolienne E5, à 4 m de hauteur

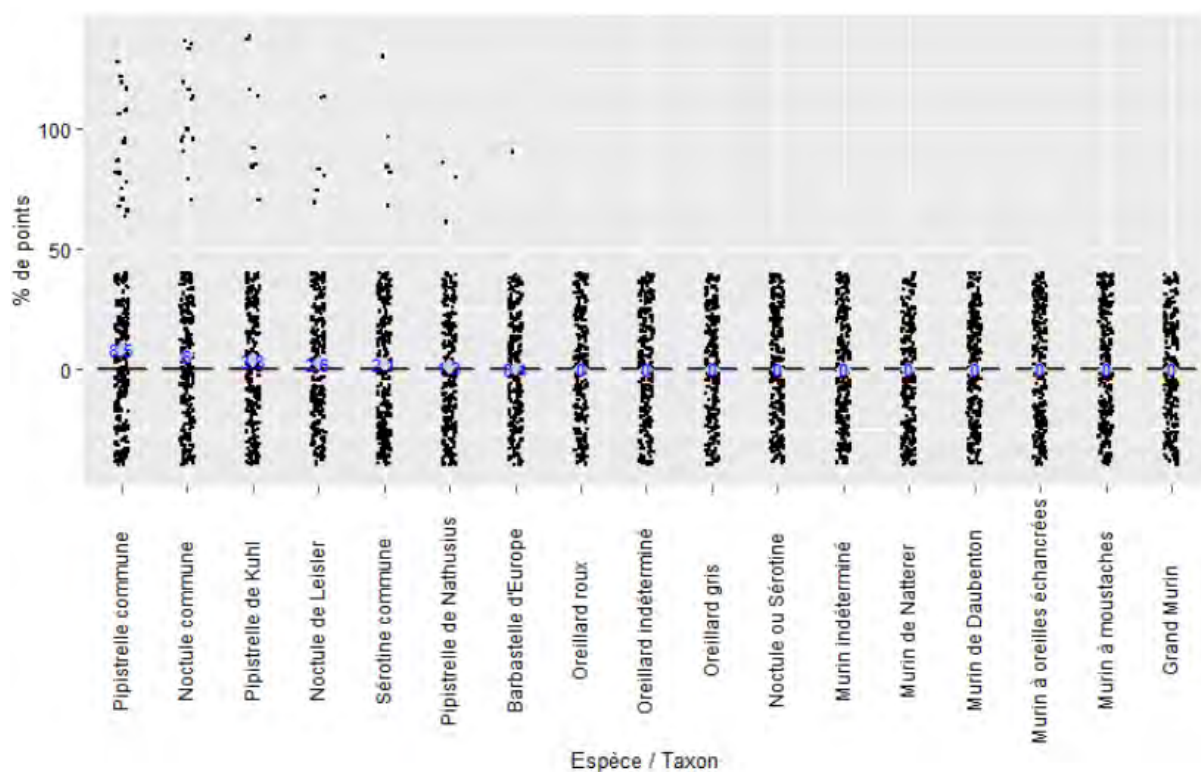
L'espèce qui couvre le plus de nuits au pied de l'éolienne est la Pipistrelle commune avec près de 90 % des nuits positives (Graph. 12). Suivent la Pipistrelle de Kuhl, le Murin à moustaches et la Barbastelle d'Europe qui couvrent au moins la moitié des sessions (61, 59, e 51 %). L'Oreillard gris et la Sérotine commune couvrent au moins un quart des sessions (29 %) et la Pipistrelle de Nathusius et le Grand Murin 12 à 15 %. Pour les autres espèces, le taux de couverture est inférieur.



Graph. 12 : couverture moyenne des sessions durant toute la période de suivi des Chiroptères au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)

c - Sous la nacelle de E5, à 78 m de hauteur

Comme évoqué précédemment le taux de couverture est nul pour les Murins, les Oreillards, et quasi nul pour la Barbastelle d'Europe (Graph. 13). Concernant les autres espèces, le taux de couverture est très faible.



Graph. 13 : couverture moyenne des sessions durant toute la période de suivi des Chiroptères sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)

4 - Niveaux de densité et d'activité journalière

a - Préalable

Les indices suivants permettent d'engager des analyses statistiques de l'activité des Chiroptères. Pour faciliter la compréhension des chiffres, le terme de nuit remplace celui de session.

b - Diversité

La diversité est mesurée pour chaque nuit. Différentes moyennes sont calculées en espèces / nuit (e/n).

Sur l'ensemble de la période d'étude, la diversité moyenne est 3,8 e/n détectée au pied de E5 contre 0,2 e/n sous sa nacelle (Tableau 9, Graph. 14). L'écart est statistiquement significatif et confirme une diversité nettement supérieure au pied de l'éolienne.

Point	Moyenne	Médiane	Max	Min
E5-4m	3,80	4	11	0
E5-78m	0,25	0	4	0

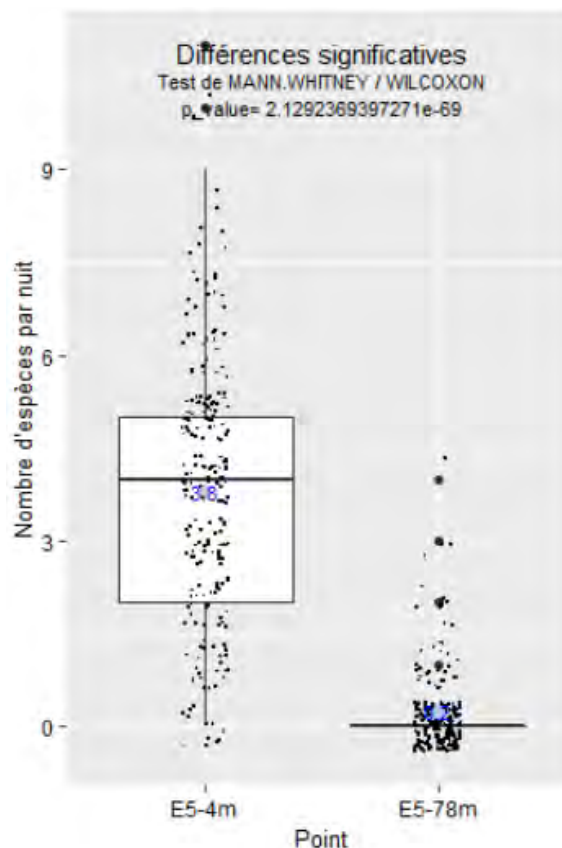
Tableau 9 : indices de diversité en fonction des points

Cette diversité évolue au cours de l'année au pied de l'éolienne E5 (Tableau 10, Graph. 15). Elle augmente du mois de mars qui compte en moyenne 3,2 e/n au mois d'août qui atteint en moyenne 5,6 e/n. Puis la diversité moyenne diminue pour atteindre dans les dix premiers jours de novembre 1,2 e/n.

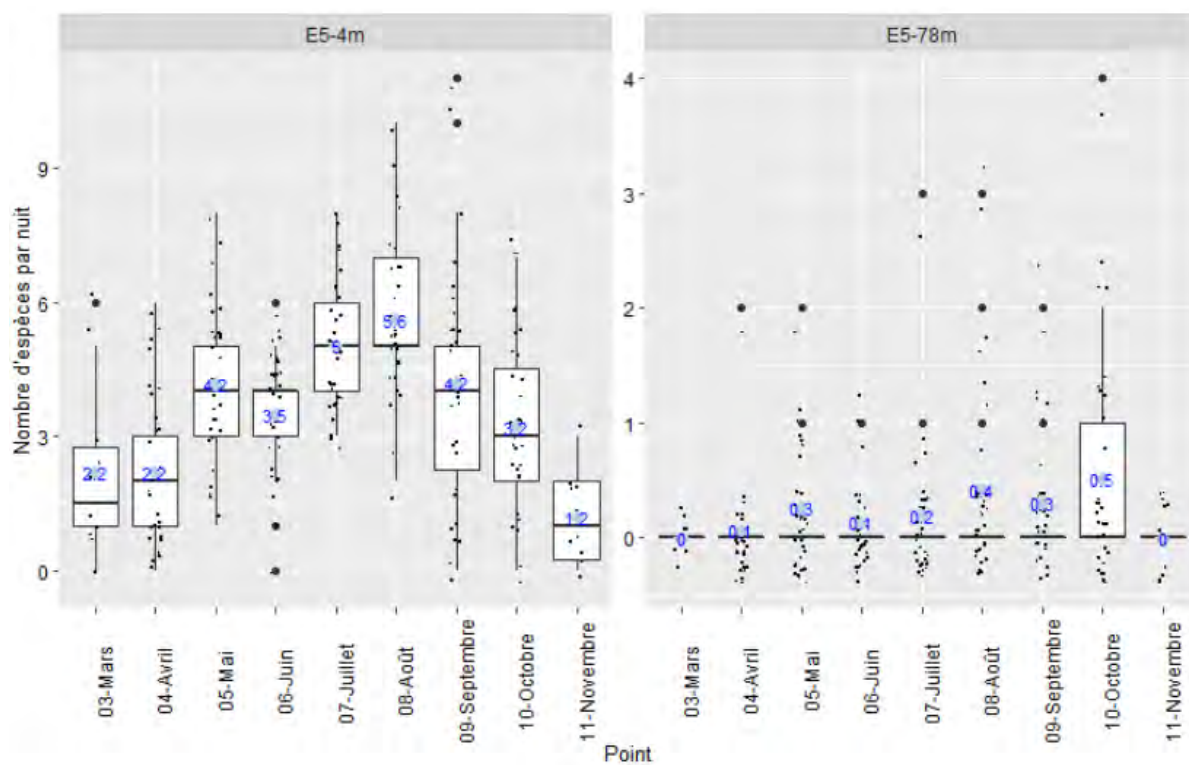
Par contre, sous la nacelle de E5, la diversité moyenne est nulle en mars et en novembre. Elle oscille entre 0,1 et 0,5 e/n les autres mois. Ainsi d'un mois à l'autre, il faut entre 2 et 10 nuits pour détecter une espèce de Chiroptères. A hauteur de la nacelle de E5, la diversité moyenne est très faible sur toute la période de suivi.

Point	Mois	Moyenne	Médiane	Max	Min
E5-4m	03-mars	2.20	1.5	6	0
E5-4m	04-avr	2.20	2.0	6	0
E5-4m	05-mai	4.16	4.0	8	1
E5-4m	06-juin	3.50	4.0	6	0
E5-4m	07-juil	5.03	5.0	8	3
E5-4m	08-août	5.61	5.0	10	2
E5-4m	09-sept	4.20	4.0	11	0
E5-4m	10-oct	3.23	3.0	7	0
E5-4m	11-nov	1.20	1.0	3	0
E5-78m	03-mars	0.00	0.0	0	0
E5-78m	04-avr	0.07	0.0	2	0
E5-78m	05-mai	0.26	0.0	2	0
E5-78m	06-juin	0.13	0.0	1	0
E5-78m	07-juil	0.19	0.0	3	0
E5-78m	08-août	0.42	0.0	3	0
E5-78m	09-sept	0.30	0.0	2	0
E5-78m	10-oct	0.52	0.0	4	0
E5-78m	11-nov	0.00	0.0	0	0

Tableau 10 : indices de diversité en fonction des points et des mois



Graph. 14 : distribution de la diversité par nuit sur chaque point



Graph. 15 : distribution de la diversité par nuit pour chaque mois et sur chaque point

c - Densité toutes espèces

Toutes espèces confondues, le nombre de contacts par nuit est cumulé sur chaque point d'écoute. La densité moyenne est calculée en nombre de contacts par nuit (c/n).

La densité moyenne au pied de l'éolienne E5 est de 51 c/n. Sous sa nacelle, cette moyenne atteint 2 c/n (Tableau 11, Graph. 16). Comme attendu, ces différences de moyennes sont significatives.

Point	Moyenne	Médiane	Max	Min
E5-4m	50.64	22	887	0
E5-78m	2.06	0	131	0

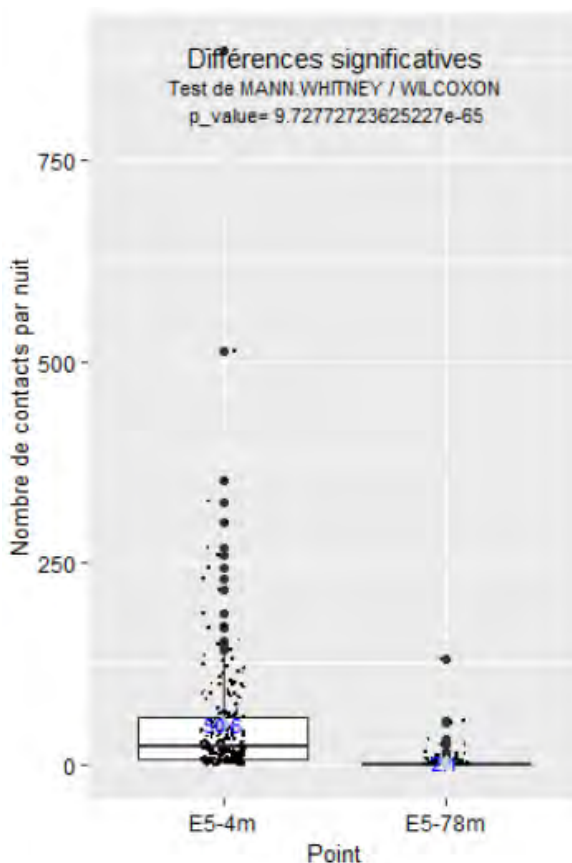
Tableau 11 : indices de densité en fonction des points

La densité moyenne mensuelle au pied de l'éolienne augmente du mois de mars (12 c/n) au mois de juillet (121 c/n, Graph. 17). Elle diminue jusqu'en septembre (29 c/n) et se maintient voire s'améliore en octobre (55 c/n).

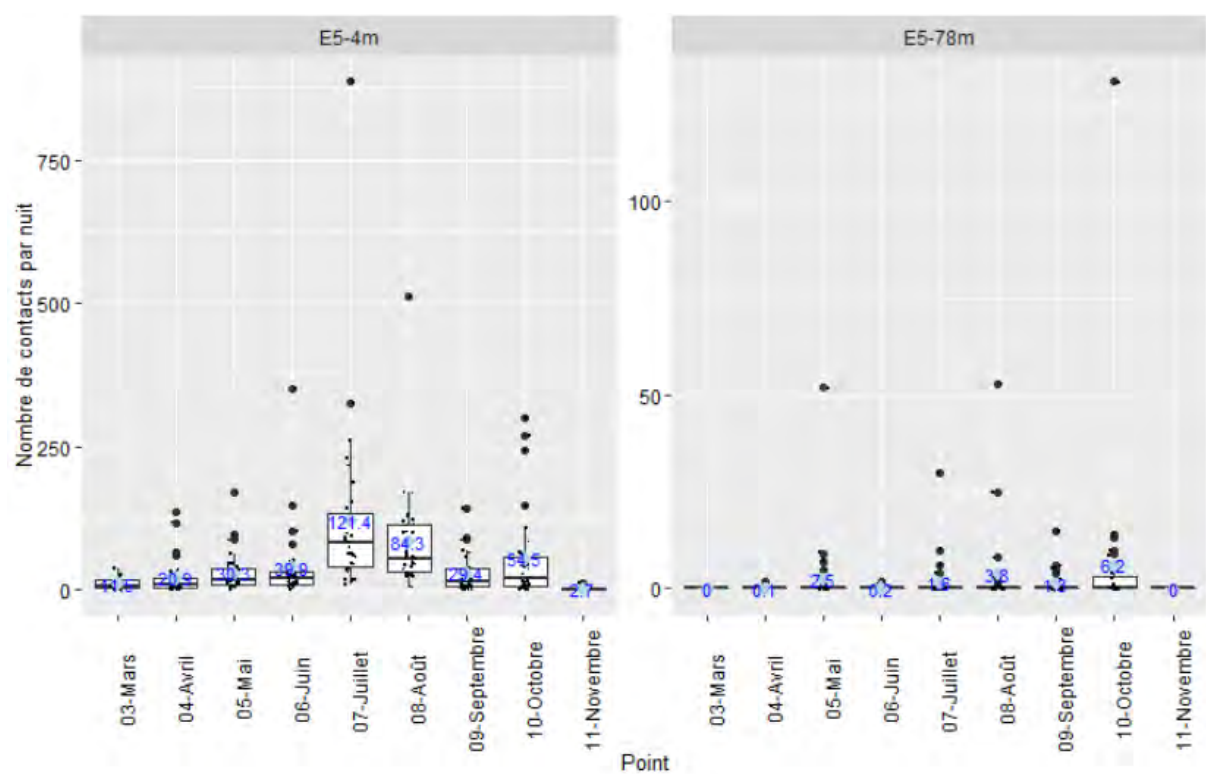
La densité moyenne se maintient entre 0,1 et 6 c/n entre avril et octobre sous la nacelle (Tableau 12, Graph. 17). Ce niveau d'activité est très faible.

Point	Mois	Moyenne	Médiane	Max	Min
E5-4m	03-mars	11.50	6.5	37	0
E5-4m	04-avr	20.87	8.5	135	0
E5-4m	05-mai	30.26	17.0	170	1
E5-4m	06-juin	39.87	22.0	352	0
E5-4m	07-juil	121.39	82.0	887	8
E5-4m	08-août	84.26	55.0	513	5
E5-4m	09-sept	29.43	15.5	141	0
E5-4m	10-oct	54.52	22.0	300	0
E5-4m	11-nov	2.70	1.0	12	0
E5-78m	03-mars	0.00	0.0	0	0
E5-78m	04-avr	0.07	0.0	2	0
E5-78m	05-mai	2.55	0.0	52	0
E5-78m	06-juin	0.17	0.0	2	0
E5-78m	07-juil	1.61	0.0	30	0
E5-78m	08-août	3.77	0.0	53	0
E5-78m	09-sept	1.27	0.0	15	0
E5-78m	10-oct	6.19	0.0	131	0
E5-78m	11-nov	0.00	0.0	0	0

Tableau 12 : indices de densité en fonction des points et des mois



Graph. 16 : distribution de la densité par nuit sur chaque point



Graph. 17 : distribution de la densité par nuit pour chaque mois et sur chaque point

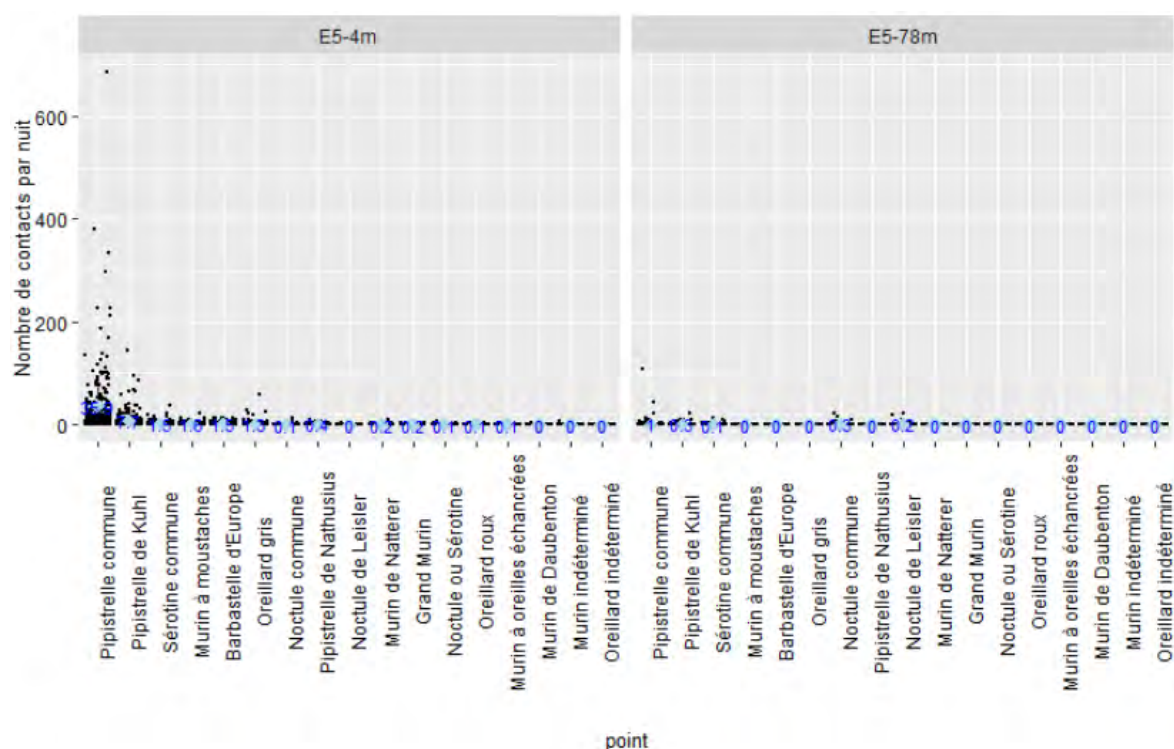
d - Densité spécifique

Les densités par nuit pour chaque espèce sont calculées et la moyenne est mesurée. Ces données figurent sur le graphique et le tableau suivant (Graph. 19). L'activité de la Pipistrelle commune est dominante. Une nuit atteint près de 700 contacts, ce qui concentre toutes les autres valeurs en bas du graphique et limite visuellement la comparaison.

Au sol, l'activité de la Pipistrelle commune atteint en moyenne 36 c/n et celle de la Pipistrelle de Kuhl 7,7 c/n (Tableau 13). Suivent le Murin à moustaches, la Sérotine commune, la Barbastelle d'Europe avec 1,5 à 1,6 c/n et l'Oreillard gris avec 1,3 c/n. Pour les autres espèces, la densité moyenne varie entre 0,01 et 0,38 c/n.

La Pipistrelle commune domine également sous la nacelle, avec cependant seulement 1 c/n (Tableau 14). Les autres espèces sont anecdotiques à cette hauteur.

Les deux moyennes de densité spécifique sont différentes pour la majorité des espèces dont les Pipistrelles et la Sérotine commune (Tableau 15). Pour ces espèces, la densité moyenne est significativement supérieure au pied de l'éolienne E5. Par contre, elles ne sont pas différentes pour les deux espèces de Noctules. Ainsi, les mesures au sol ou sous la nacelle n'évoquent pas de différences pour les Noctules. Cela est notamment dû au fait que l'activité des Noctules est très faible au niveau du parc éolien, que ce soit au pied de l'éolienne ou à hauteur de nacelle.



Graph. 18 : distribution de la densité spécifique par nuit sur chaque point

Point	Espèce	Moyenne	Médiane	Max	Min
E5-4m	Pipistrelle commune	35.94	13	687	0
E5-4m	Pipistrelle de Kuhl	7.68	2	144	0
E5-4m	Murin à moustaches	1.59	1	21	0
E5-4m	Sérotine commune	1.50	0	36	0
E5-4m	Barbastelle d'Europe	1.47	1	13	0
E5-4m	Oreillard gris	1.28	0	60	0
E5-4m	Pipistrelle de Nathusius	0.38	0	10	0
E5-4m	Murin de Natterer	0.17	0	9	0
E5-4m	Grand Murin	0.16	0	5	0
E5-4m	Noctule ou Sérotine	0.13	0	5	0
E5-4m	Noctule commune	0.12	0	11	0
E5-4m	Oreillard roux	0.09	0	4	0
E5-4m	Murin à oreilles échancrées	0.06	0	4	0
E5-4m	Murin de Daubenton	0.04	0	3	0
E5-4m	Murin indéterminé	0.03	0	6	0
E5-4m	Noctule de Leisler	0.01	0	2	0
E5-4m	Oreillard indéterminé	0.00	0	1	0

Tableau 13 : indices de densité spécifique au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)

Point	Espèce	Moyenne	Médiane	Max	Min
E5-78m	Pipistrelle commune	1.03	0	107	0
E5-78m	Noctule commune	0.32	0	21	0
E5-78m	Pipistrelle de Kuhl	0.31	0	21	0
E5-78m	Noctule de Leisler	0.25	0	23	0
E5-78m	Sérotine commune	0.14	0	12	0
E5-78m	Pipistrelle de Nathusius	0.02	0	2	0
E5-78m	Barbastelle d'Europe	0.00	0	1	0
E5-78m	Grand Murin	0.00	0	0	0
E5-78m	Murin à moustaches	0.00	0	0	0
E5-78m	Murin à oreilles échancrées	0.00	0	0	0
E5-78m	Murin de Daubenton	0.00	0	0	0
E5-78m	Murin de Natterer	0.00	0	0	0
E5-78m	Murin indéterminé	0.00	0	0	0
E5-78m	Noctule ou Sérotine	0.00	0	0	0
E5-78m	Oreillard gris	0.00	0	0	0
E5-78m	Oreillard indéterminé	0.00	0	0	0
E5-78m	Oreillard roux	0.00	0	0	0

Tableau 14 : indices de densité spécifique sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)

Espèce	Test appliqué	Valeur de P	Significativité
Pipistrelle commune	Test de MANN.WHITNEY / WILCOXON	0.0000000	Différences significatives
Pipistrelle de Kuhl	Test de MANN.WHITNEY / WILCOXON	0.0000000	Différences significatives
Murin à moustaches	Test de MANN.WHITNEY / WILCOXON	0.0000000	Différences significatives
Barbastelle d'Europe	Test de MANN.WHITNEY / WILCOXON	0.0000000	Différences significatives
Sérotine commune	Test de MANN.WHITNEY / WILCOXON	0.0000000	Différences significatives
Oreillard gris	Test de MANN.WHITNEY / WILCOXON	0.0000000	Différences significatives
Pipistrelle de Nathusius	Test de MANN.WHITNEY / WILCOXON	0.0000000	Différences significatives
Grand Murin	Test de MANN.WHITNEY / WILCOXON	0.0000001	Différences significatives
Murin de Natterer	Test de MANN.WHITNEY / WILCOXON	0.0000156	Différences significatives
Noctule ou Sérotine	Test de MANN.WHITNEY / WILCOXON	0.0000482	Différences significatives
Oreillard roux	Test de MANN.WHITNEY / WILCOXON	0.0008048	Différences significatives
Murin à oreilles échancrées	Test de MANN.WHITNEY / WILCOXON	0.0014141	Différences significatives
Murin de Daubenton	Test de MANN.WHITNEY / WILCOXON	0.0043954	Différences significatives
Noctule commune	Test de MANN.WHITNEY / WILCOXON	0.1161186	Pas de différence significative
Noctule de Leisler	Test de MANN.WHITNEY / WILCOXON	0.1502730	Pas de différence significative

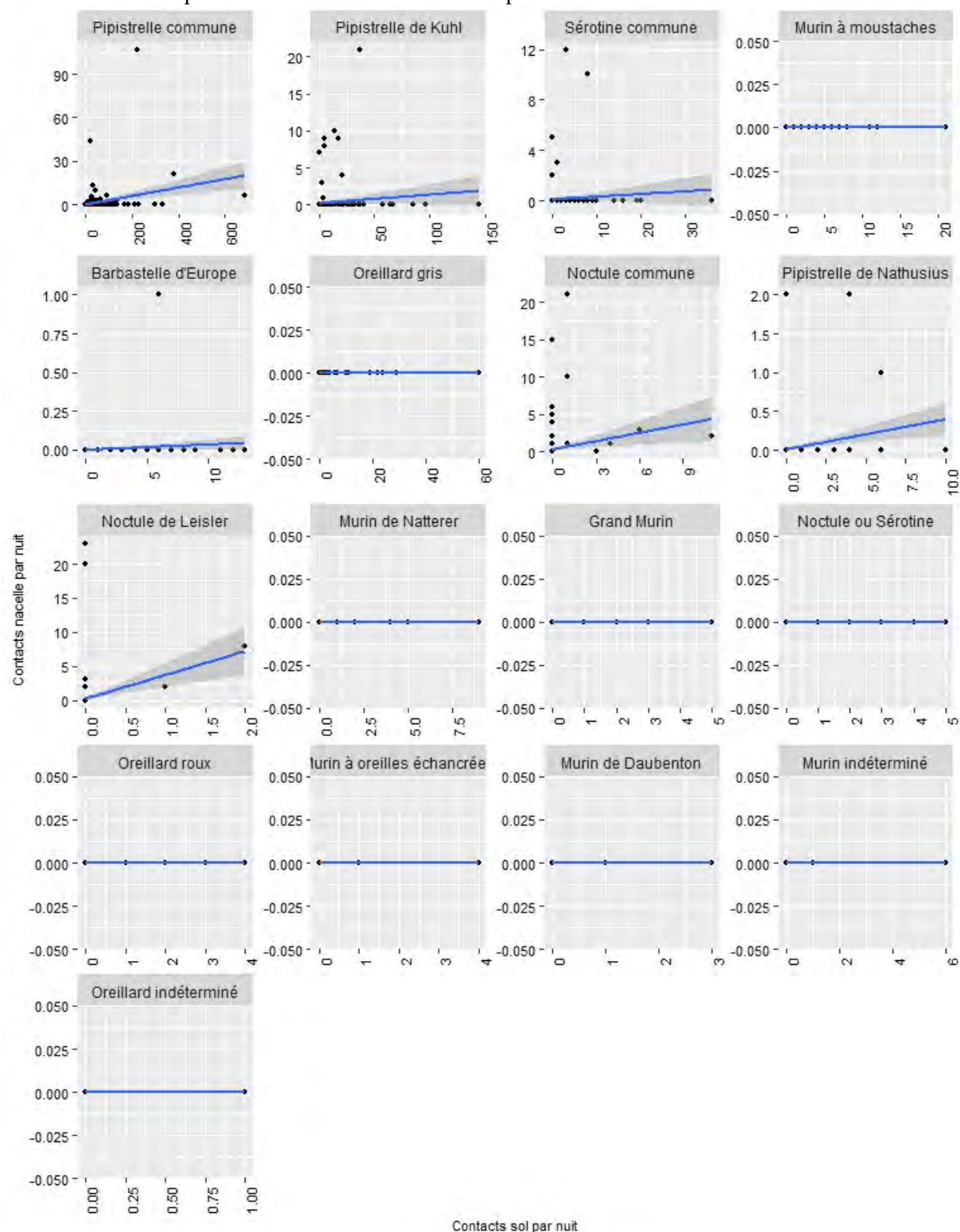
Tableau 15 : résultats des tests de mesure des différences entre les densités moyennes spécifiques mesurées au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur) et sous sa nacelle (78 m de hauteur)

e - Corrélation des activités

La corrélation entre l'activité mesurée au pied de l'éolienne E5 et celle mesurée sous sa nacelle peut être analysée pour identifier si l'activité la plus importante, au sol, influence la plus faible, sous la nacelle. Le graphique suivant (Graph. 19) affiche les distributions des données d'activité en fonction des deux points de mesure. Le tableau suivant (Tableau 16) fournit les coefficients de corrélation.

Visiblement aucune des distributions ne montrent de corrélation. Cette absence de corrélation est confirmée par des coefficients nettement inférieurs à 0,9. Par conséquent, l'activité mesurée sous la

nacelle de E5 n'est pas corrélée à celle mesurée à son pied.



Graph. 19 : distribution des données d'activité en fonction des points d'écoute (au pied de l'éolienne E5 à 4 m de hauteur et sous sa nacelle à 78 m de hauteur)

Espèces	Coefficient de corrélation
Noctule commune	0.5883805
Noctule de Leisler	0.5685472
Pipistrelle commune	0.2680130
Pipistrelle de Kuhl	0.1478425
Sérotine commune	0.0953457

Tableau 16 : coefficients de corrélation spécifiques entre le nombre de contacts mesurés par nuit au pied de l'éolienne E5 à 4 m de hauteur et sous sa nacelle à 78 m de hauteur

5 - Niveau de fréquentation

a - Au pied de l'éolienne E5, à 4 m de hauteur

Le bureau d'études O-GEO mène depuis plusieurs années de nombreuses études acoustiques sur les Chiroptères au niveau du sol. Elle dispose de son propre référentiel d'activité.

Ce référentiel permet de définir des niveaux d'activité pour chaque espèce à partir de la densité journalière (nombre de contacts par session).

Le niveau de fréquentation au pied de l'éolienne E5 est évalué par le croisement du niveau de couverture des sessions et des niveaux d'activité.

Ainsi, au pied de l'éolienne E5, les niveaux de fréquentation sont (Tableau 17) :

- Moyen à fort pour le Murin à moustaches, l'Oreillard gris et la Pipistrelle commune ;
- Moyen pour la Barbastelle d'Europe, la Pipistrelle de Kuhl et la Sérotine commune ;
- Faible à moyen pour la Pipistrelle de Nathusius ;
- Faible pour le Grand Murin, le Murin de Natterer et l'Oreillard roux ;
- Très faible à faible voire très faible pour le Murin à oreilles échancrées, le Murin de Daubenton, la Noctule commune et la Noctule de Leisler.

Espèce	Densité moyenne	Niveau moyen d'activité	Couverture moyenne des sessions	Niveau de couverture	Niveau de fréquentation
Murin à moustaches	1.590	Fort	58.97	Moyen	Moyen à fort
Oreillard gris	1.282	Fort	29.06	Moyen	Moyen à fort
Pipistrelle commune	35.944	Moyen	89.32	Fort	Moyen à fort
Barbastelle d'Europe	1.466	Moyen	50.85	Moyen	Moyen
Pipistrelle de Kuhl	7.684	Moyen	61.11	Moyen	Moyen
Sérotine commune	1.500	Moyen	28.63	Moyen	Moyen
Pipistrelle de Nathusius	0.376	Moyen	15.81	Faible	Faible à moyen
Grand Murin	0.158	Moyen	11.97	Très faible	Faible
Murin de Natterer	0.167	Moyen	7.69	Très faible	Faible
Oreillard roux	0.085	Moyen	4.70	Très faible	Faible
Murin à oreilles échancrées	0.056	Faible	4.27	Très faible	Très faible à faible
Murin de Daubenton	0.043	Faible	3.42	Très faible	Très faible à faible
Noctule commune	0.115	Faible	2.99	Très faible	Très faible à faible
Noctule de Leisler	0.013	Très faible	0.85	Très faible	Très faible

Tableau 17 : niveau de fréquentation des Chiroptères au pied de E5 (4 m de hauteur)

b - Sous la nacelle de E5, à 78 m de hauteur

Le niveau de fréquentation sous la nacelle de l'éolienne E5 est évalué par le croisement du niveau de couverture des sessions présentés et des niveaux d'activité.

Le bureau d'études O-GEO ne dispose pas pour le moment d'un référentiel d'activité à hauteur de nacelle. Cependant, au regard des densités moyennes mesurées et des fréquentations constatées, celles-ci sont faibles pour la Pipistrelle commune, très faible ou nulle pour les autres.

Ainsi, sous la nacelle de l'éolienne de E5, le niveau de fréquentation est très faible à faible pour la Pipistrelle commune et très faible ou nul pour les autres espèces (Tableau 18).

Espèce	Densité moyenne	Niveau moyen d'activité	Couverture moyenne des sessions	Niveau de couverture	Niveau de fréquentation
Pipistrelle commune	1.026	Faible	8.55	Très faible	Très faible à faible
Noctule commune	0.321	Très faible	5.98	Très faible	Très faible
Noctule de Leisler	0.248	Très faible	2.56	Très faible	Très faible
Pipistrelle de Kuhl	0.308	Très faible	3.85	Très faible	Très faible
Pipistrelle de Nathusius	0.021	Très faible	1.28	Très faible	Très faible
Sérotine commune	0.137	Très faible	2.14	Très faible	Très faible
Barbastelle d'Europe	0.004	Très faible	0.43	Très faible	Très faible
Grand Murin	0.000	Nul	0.00	Nul	Nul
Murin à moustaches	0.000	Nul	0.00	Nul	Nul
Murin à oreilles échancrées	0.000	Nul	0.00	Nul	Nul
Murin de Daubenton	0.000	Nul	0.00	Nul	Nul
Murin de Natterer	0.000	Nul	0.00	Nul	Nul
Oreillard gris	0.000	Nul	0.00	Nul	Nul
Oreillard roux	0.000	Nul	0.00	Nul	Nul

Tableau 18: niveau de fréquentation des Chiroptères sous la nacelle de E5 (78 m de hauteur)

6 - Facteurs influençant l'activité

a - Données météorologiques

Quelques données d'activité des mois de mars, d'avril et de juillet enregistrées sous la nacelle ne sont pas renseignées par les données météorologiques. Ces dernières sont manquantes. Le très faible nombre de données d'activité enregistré au mois de juin empêche l'analyse de la densité pour ce mois.

Par ailleurs, de nombreuses données sont manquantes, par exemple pour E05 sur 33 697 données, 6 066 valeurs de température ne sont pas renseignées (18%), de même pour 8 666 valeurs de vitesse de vent (16%) et 8 617 valeurs d'orientation du vent (26%). Pour pallier à ces manques, la moyennes des valeurs collectées sur les autres éoliennes ont été utilisées. Finalement, avec 3 104 données de présence chiroptérologique associées à une données météorologique, ces carences impliquent dans les analyses :

- Pour la température, une perte de 487 données et 2 155 contacts ;
- Pour la vitesse de vent, une perte de 672 données et 2 663 contacts ;
- Pour l'orientation du vent, une perte de 688 données et 2 680 contacts.

b - Facteurs retenus et leur poids

Dans les chapitres précédents est démontré que le facteur « hauteur » influence la diversité et la densité des Chiroptères en dehors des Noctules.

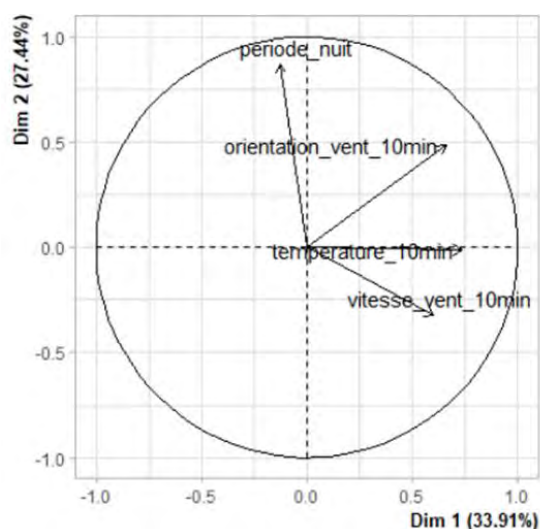
Au niveau du sol, la période de l'année, définie par le mois, influence aussi la diversité et la densité des Chiroptères.

Sont aussi retenues dans cette analyse la période de la nuit, la température et la vitesse du vent. Ces derniers paramètres sont pris en compte dans la déclinaison des paramètres de bridage des éoliennes en cas de besoin de réduction des impacts. L'effet de l'orientation du vent est aussi analysé dans cette étude.

Pour déterminer l'influence des différents facteurs, une analyse à composante principale est réalisée à partir des données mesurées toutes les 10 minutes.

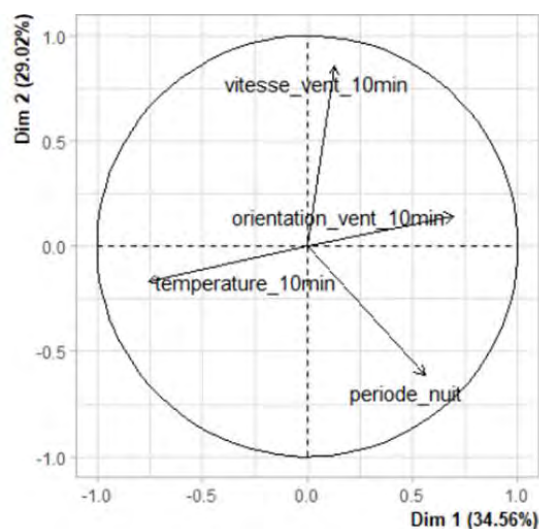
Au niveau du sol, les deux axes les plus importants « Dim1 » et « Dim2 » ont cependant des poids assez proches (14% et 27%, Graph. 20). Le facteur « température » influence particulièrement l'activité au niveau du sol (dimension horizontale Dim 1, Graph. 20). Le facteur « période de la nuit » influence dans un second sens l'activité (dimension verticale Dim 2, Graph. 21). La vitesse de vent et l'orientation du vent influencent dans une moindre mesure l'activité des Chiroptères au sol.

Les données d'activité des Chiroptères, déclinées à l'échelle des groupes, sont centrées proches les unes des autres. Cette proximité témoigne d'un comportement commun des espèces en fonction des facteurs étudiés (Graph. 22).



Facteurs	Dim.1	Dim.2
Période de la nuit	1,25	68,97
Température	40,03	0,02
Vitesse de vent	26,78	9,64
Orientation du vent	31,94	21,38

Graph. 20 : graphique d'analyse en composante principale des variables au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)

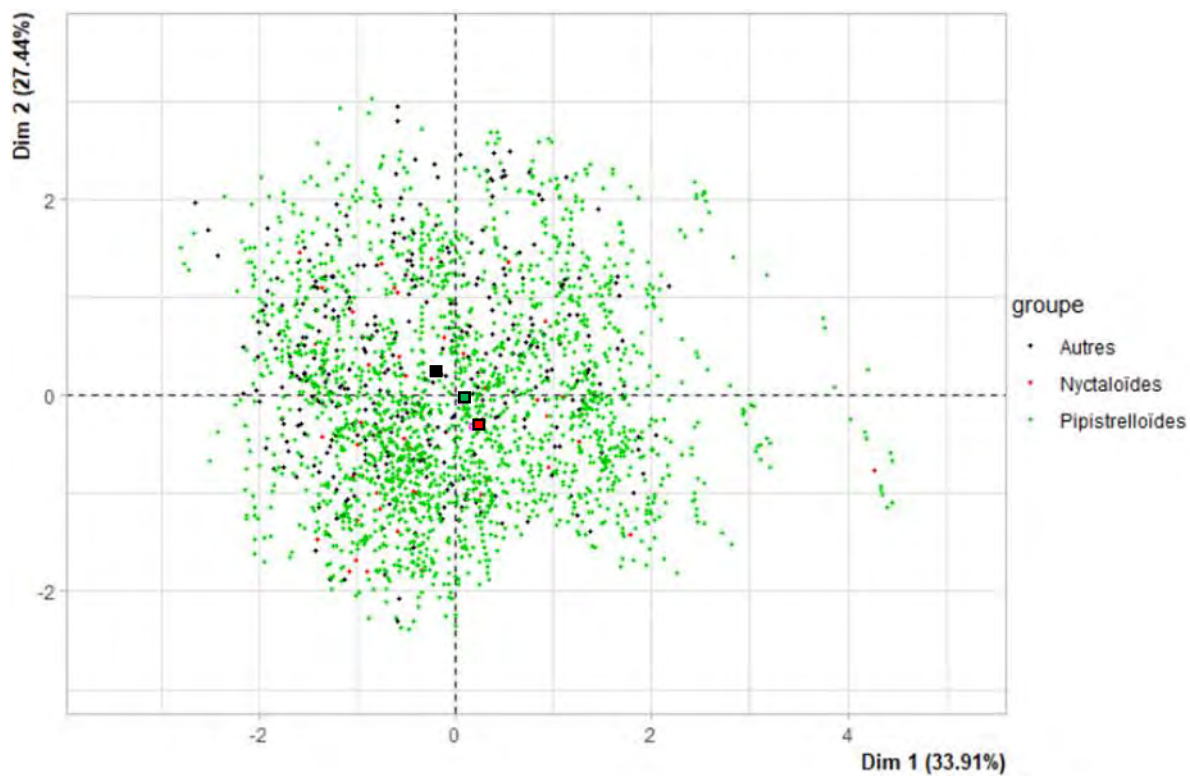


Facteurs	Dim.1	Dim.2
Période de la nuit	22,42	32,19
Température	41,36	2,42
Vitesse de vent	1,25	63,58
Orientation du vent	34,98	1,81

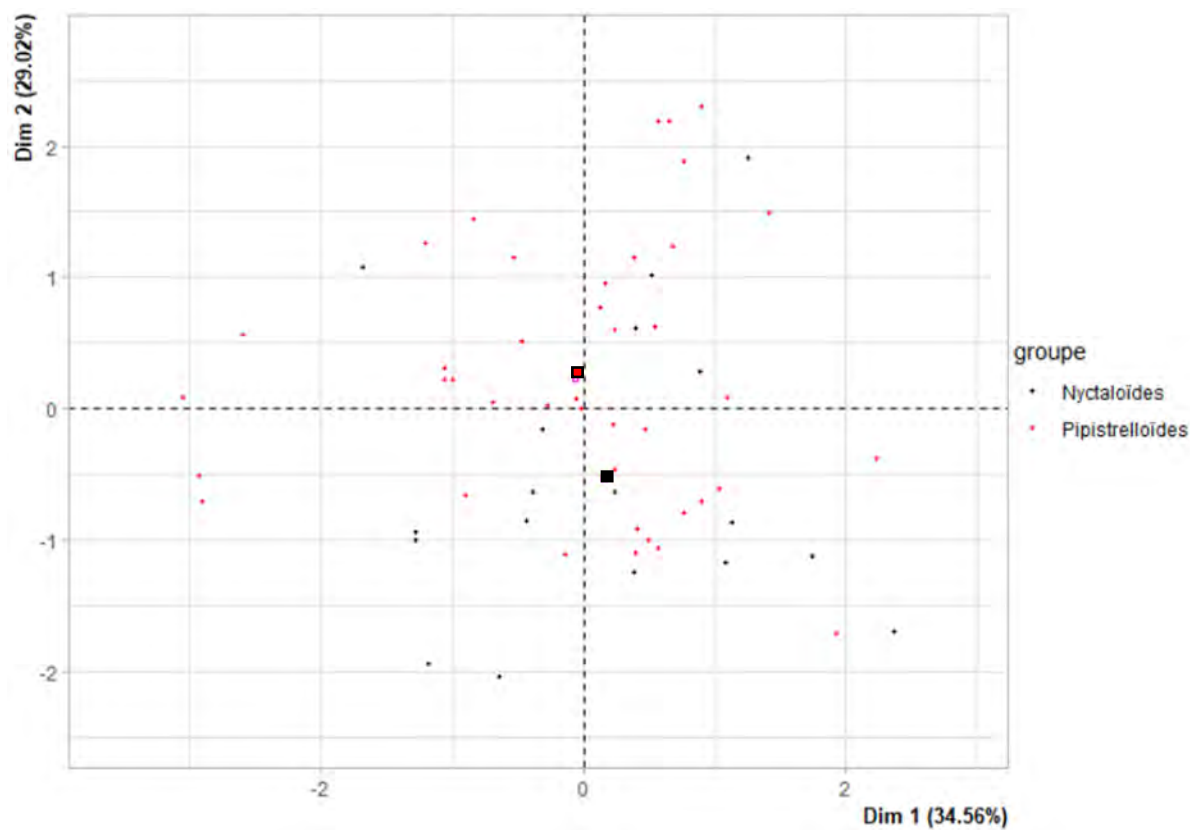
Graph. 21 : graphique d'analyse en composante principale des variables sous la nacelle de E5 (78 m de hauteur)

Au niveau de la nacelle, les deux dimensions ont aussi des poids proches. La première dimension associe l'orientation du vent et la température, mais ces facteurs agissent dans des sens opposés (Dim 1, Graph. 21). La température reste le facteur le plus marquant de cet axe.

La seconde dimension est surtout marquée par la vitesse de vent qui, contrairement au niveau du sol, influence l'activité des Chiroptères (Dim 2, Graph. 21). Comme précédemment, les données d'activité des Nyctaloïdes et des Pipistrelloïdes sont centrées et proches. Elles évoquent un comportement commun des espèces en fonction des facteurs étudiés (Graph. 23).



Graph. 22 : graphique d'analyse en composante principale des données de 10 minutes au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)



Graph. 23 : graphique d'analyse en composante principale des données de 10 minutes sous la nacelle de E5 (78 m de hauteur)

c - La période de la nuit

i - Au pied de l'éolienne E5, à 4 m de hauteur

Les données utilisées sont les classes de 10 minutes positives.

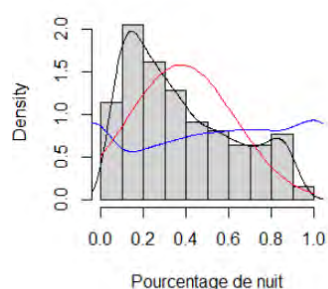
L'activité est plus dense dans les premiers 40 % du début de la nuit sur l'ensemble de la période d'étude (Graph. 24). Elle ne suit pas une distribution dite normale. Un léger regain apparaît avant la fin de la nuit entre 80 et 90 % de la nuit écoulée.

Ce phénomène d'activité en première partie de nuit se reproduit tous les mois sauf en juin (Graph. 26). Durant ce dernier, l'activité est plus importante en début et en fin de nuit.

Le graphique et le tableau suivants apportent des informations sur la distribution de l'activité en fonction de la proportion de nuits écoulées (Graph. 25, Tableau 19, Tableau 20).

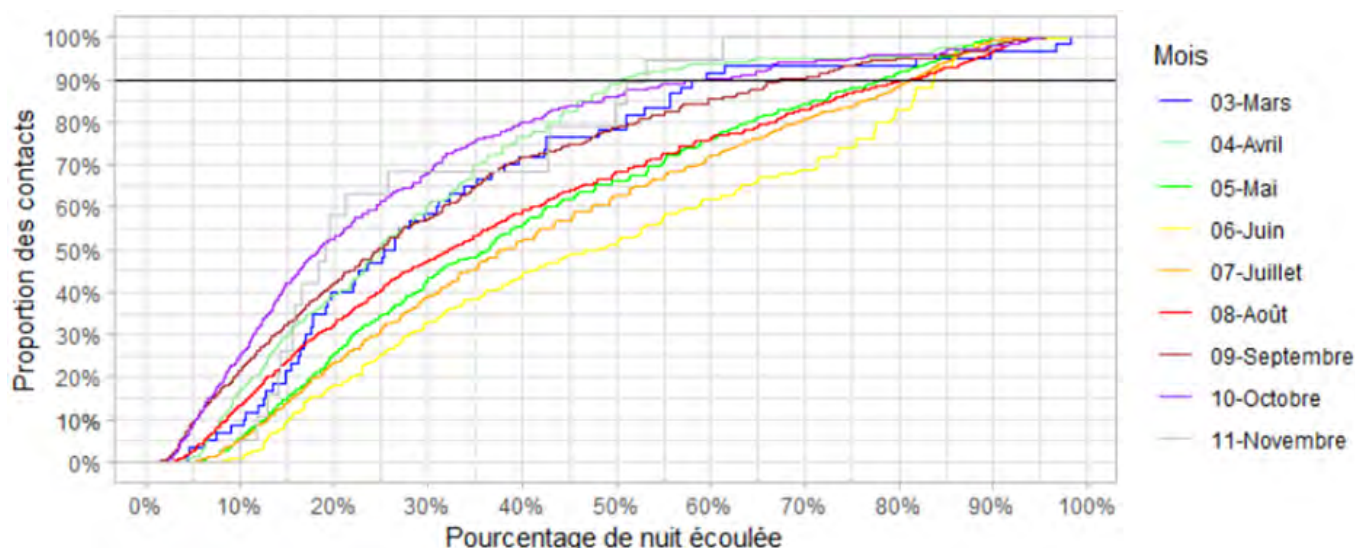
mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
03-mars	16,34%	25,94%	42,55%	58,21%	82,21%	95,47%	98,15%
04-avr	13,23%	25,00%	39,01%	50,65%	64,75%	85,26%	91,25%
05-mai	19,81%	36,44%	58,97%	78,06%	84,21%	87,20%	89,87%
06-juin	24,98%	47,95%	75,37%	83,71%	85,80%	87,92%	97,75%
07-juil	21,19%	38,10%	63,46%	81,47%	85,82%	88,51%	92,77%
08-août	15,68%	32,28%	58,20%	80,67%	88,08%	91,41%	94,47%
09-sept	11,62%	24,74%	46,38%	67,25%	80,05%	89,75%	95,60%
10-oct	10,04%	18,40%	34,41%	59,63%	75,06%	89,78%	94,96%
11-nov	14,97%	19,06%	42,83%	51,42%	54,05%	58,39%	61,27%

Tableau 19 : valeurs mensuelles des proportions de nuit écoulée pour différents quantiles de données d'activité, toutes espèces confondues, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)

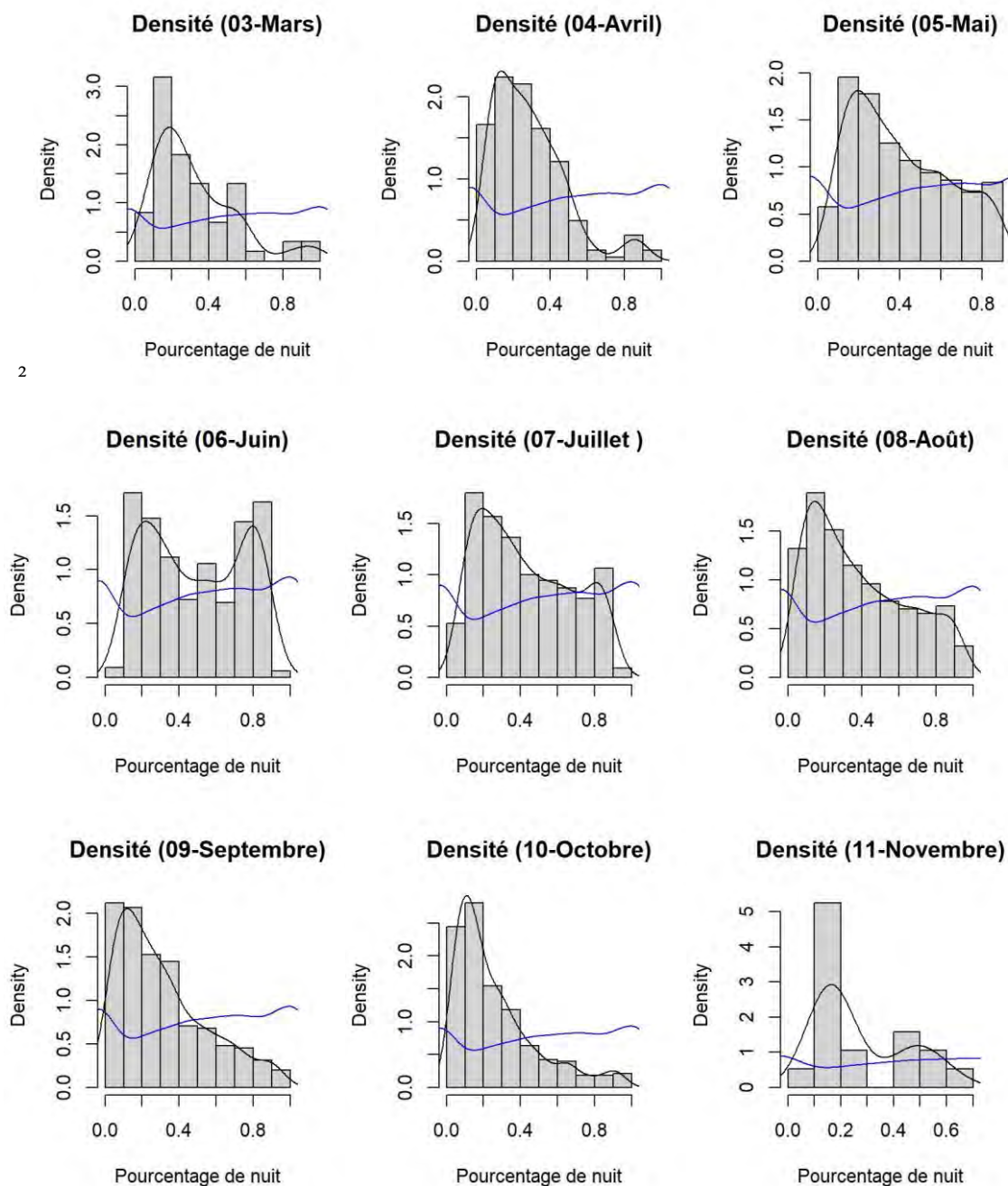


Courbe noire : densité de données d'activité
 Courbe rouge : densité de données d'activité selon la Loi normale
 Courbe bleue : densité de données d'absence d'activité

Graph. 24 : densité de l'activité en fonction de la proportion de nuit écoulée, durant toute la période d'étude au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)



Graph. 25 : courbe de proportion des données en fonction de la proportion de nuit écoulée, toutes espèces confondues, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)



Courbe noire : densité données d'activité - Courbe bleue : densité de données d'absence d'activité

Graph. 26 : densité de l'activité en fonction de la proportion de nuit écoulee durant chaque mois, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)

mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
03-mars	2,05	3,25	5,33	7,29	10,30	0,95	12,29
04-avr	1,48	2,80	4,36	5,66	7,24	0,85	10,20
05-mai	1,88	3,46	5,61	7,42	8,01	0,87	8,54
06-juin	2,06	3,96	6,23	6,92	7,09	0,88	8,08
07-juil	1,90	3,41	5,68	7,29	7,68	0,89	8,30
08-août	1,66	3,41	6,14	8,52	9,30	0,91	9,97
09-sept	1,43	3,04	5,70	8,27	9,84	0,90	11,75
10-oct	1,41	2,58	4,82	8,36	10,52	0,90	13,31
11-nov	2,18	2,77	6,23	7,48	7,86	0,58	8,91

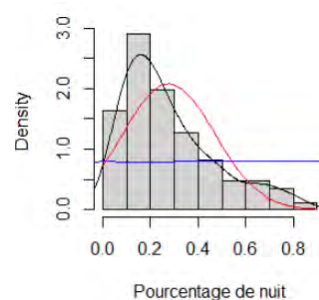
Tableau 20 : durées mensuelles en heure de nuit écoulee pour différents quantiles de données d'activité, toutes espèces confondues, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)

ii - Sous la nacelle de E5, à 78 m de hauteur

Sous la nacelle, l'activité s'intensifie rapidement au début de nuit pour décroître progressivement (Graph. 27).

Ce phénomène d'activité en première partie de nuit se reproduit tous les mois de manière plus ou moins marquée (Graph. 29).

Le graphique et le tableau suivants apportent des informations sur la distribution de l'activité en fonction de la proportion de nuit écoulée (Graph. 28, Tableau 21, Tableau 23).

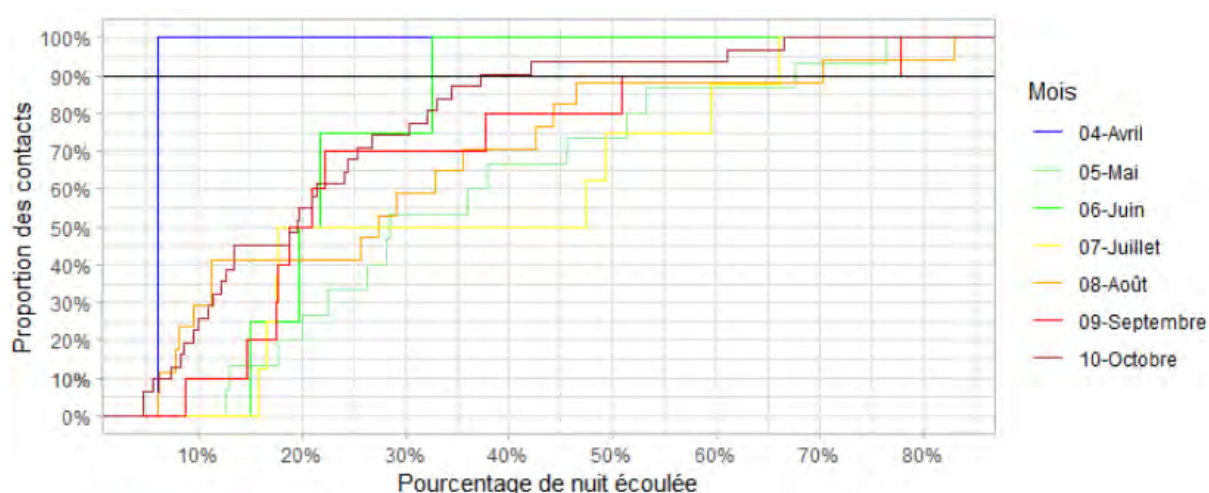


Courbe noire : densité de données d'activité
Courbe rouge : densité de données d'activité selon la Loi normale
Courbe bleue : densité de données d'absence d'activité

Graph. 27 : densité de données d'activité en fonction de la proportion de nuit écoulée, durant toute la période d'étude sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)

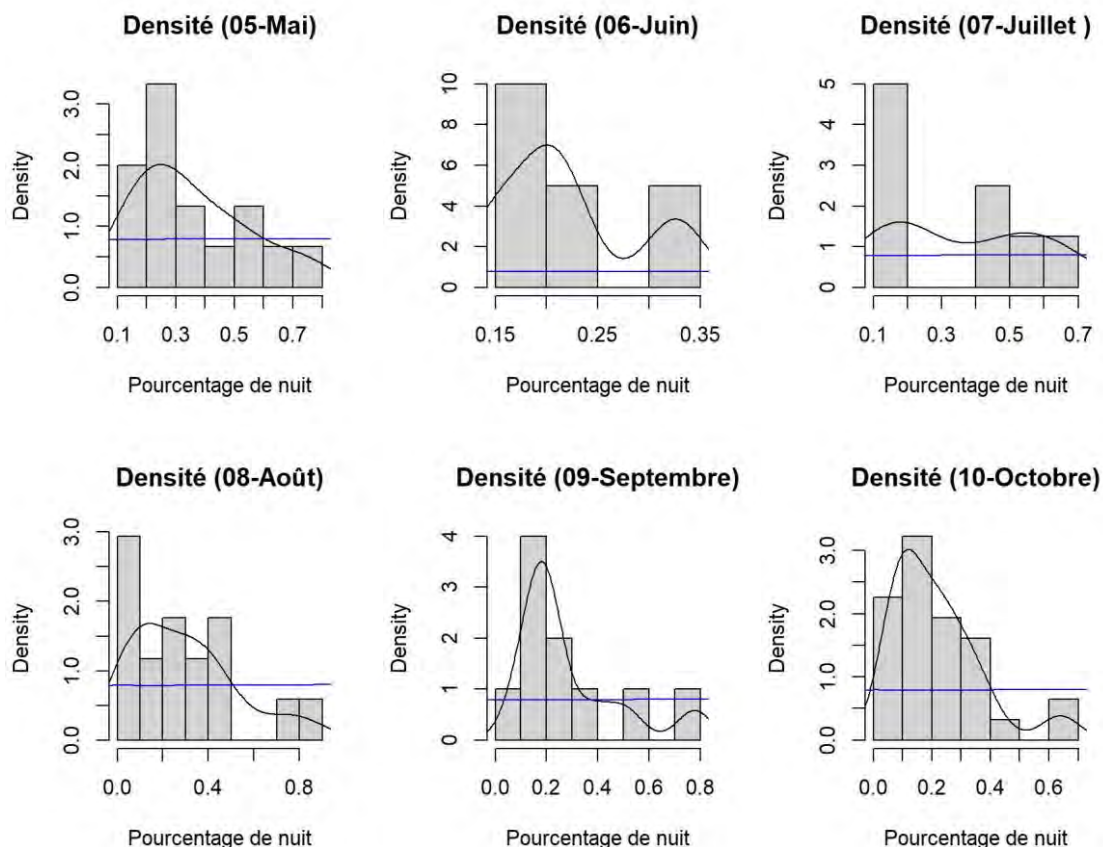
mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
03-mars	-	-	-	-	-	-	-
04-avr	6,16%	6,16%	6,16%	6,16%	6,16%	6,16%	6,16%
05-mai	21,29%	28,45%	48,47%	61,88%	70,25%	73,93%	76,39%
06-juin	18,62%	20,78%	24,47%	29,35%	30,97%	31,95%	32,60%
07-juil	17,29%	32,54%	51,86%	61,48%	63,77%	65,14%	66,06%
08-août	9,61%	27,40%	42,58%	55,99%	72,85%	78,88%	82,90%
09-sept	17,66%	19,89%	33,91%	53,53%	65,64%	72,91%	77,75%
10-oct	10,46%	19,63%	28,54%	37,32%	51,59%	63,29%	66,54%
11-nov	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 21 : valeurs mensuelles des proportions de nuit écoulée pour différents quantiles de données d'activité, toutes espèces confondues, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)



Graph. 28 : courbe de proportion des données en fonction de la proportion de nuit écoulée, toutes espèces confondues, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)

Le quantile 90 est utilisé pour comparer les valeurs des proportions de nuit écoulée (Tableau 22). L'activité s'achève plus rapidement au cours de la nuit sous la nacelle de l'éolienne E5. Elle est donc différente de celle au pied de cette éolienne.



Courbe noire : densité données d'activité - Courbe bleue : densité de données d'absence d'activité

Graph. 29 : densité des données d'activité en fonction de la proportion de nuit écoulee durant chaque mois, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)

mois	quant90 (au pied de E5, à 4 m de hauteur)	quant90 (sous nacelle de E5, à 78 m de hauteur)
03-mars	58,21%	-
04-avr	50,65%	6,16%
05-mai	78,06%	61,88%
06-juin	83,71%	29,35%
07-juil	81,47%	61,48%
08-août	80,67%	55,99%
09-sept	67,25%	53,53%
10-oct	59,63%	37,32%
11-nov	51,42%	-

Tableau 22 : comparaison des valeurs mensuelles des proportions de nuits écoulees pour le quantile 90, toutes espèces confondues

mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
03-mars	2,05	3,25	5,33	7,29	10,30	0,95	12,29
04-avr	1,48	2,80	4,36	5,66	7,24	0,85	10,20
05-mai	1,88	3,46	5,61	7,42	8,01	0,87	8,54
06-juin	2,06	3,96	6,23	6,92	7,09	0,88	8,08
07-juil	1,90	3,41	5,68	7,29	7,68	0,89	8,30
08-août	1,66	3,41	6,14	8,52	9,30	0,91	9,97
09-sept	1,43	3,04	5,70	8,27	9,84	0,90	11,75
10-oct	1,41	2,58	4,82	8,36	10,52	0,90	13,31
11-nov	2,18	2,77	6,23	7,48	7,86	0,58	8,91

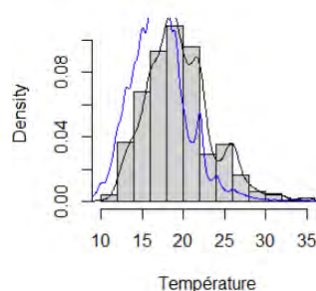
Tableau 23 : durées mensuelles en heure de nuit écoulee pour différents quantiles de données d'activité, toutes espèces confondues, au pied de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)

d - La température

i - Au pied de l'éolienne E5, à 4 m de hauteur

La température est mesurée à hauteur de nacelle (78 m). Les données utilisées sont les classes de 10 minutes positives.

L'activité se distribue autour des 19 °C. Elle est enregistrée entre 10 °C et 36 °C. Les données sans activité se distribuent autour de 18 °C, variant de 9 °C à 40 °C (Graph. 30). La distribution des données d'activité est décalée de celle des données sans activité, témoignant de l'indépendance de la distribution des données signalant de l'activité. Sous les 18°C, la densité des données avec de l'activité (trait noir) est inférieure à celle des données sans activité. Au-delà, les tendances s'inversent. Les Chiroptères occupent ainsi moins favorablement les températures inférieures à 18 °C et plus favorablement celles supérieures.



Courbe noire : densité de données d'activité
Courbe rouge : densité de données d'activité selon la Loi normale
Courbe bleue : densité de données d'absence d'activité

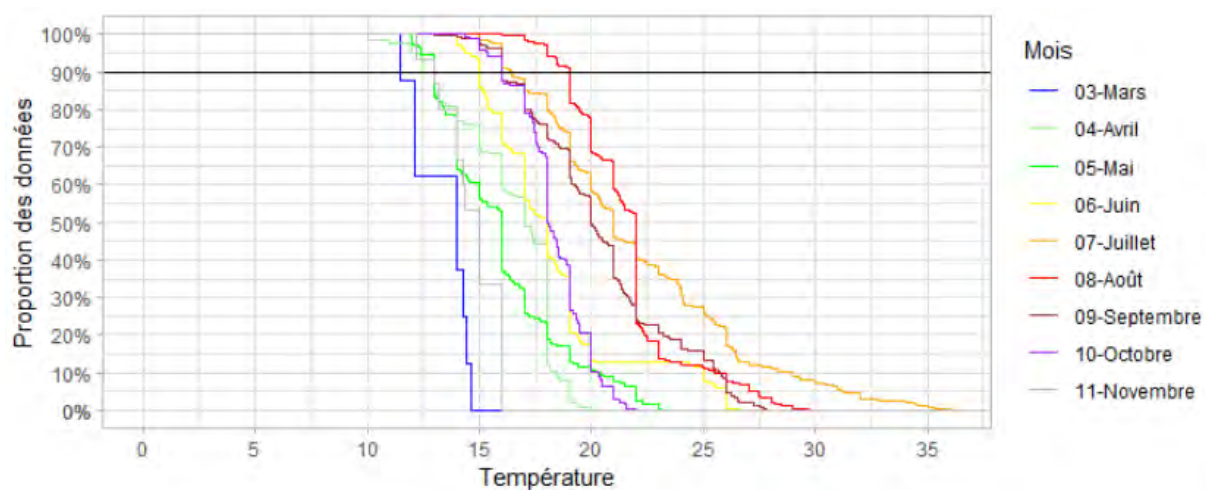
Graph. 30 : densité de l'activité en fonction de la température, durant toute la période d'étude au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)

Cette balance de densité est présente d'avril à octobre, autour d'une température variant de 12-13 °C en avril et mai à 20 °C en août (Graph. 32). En mars et novembre, la densité des données d'activité est marquée dans les valeurs de températures les plus élevées, au-dessus de 14 °C.

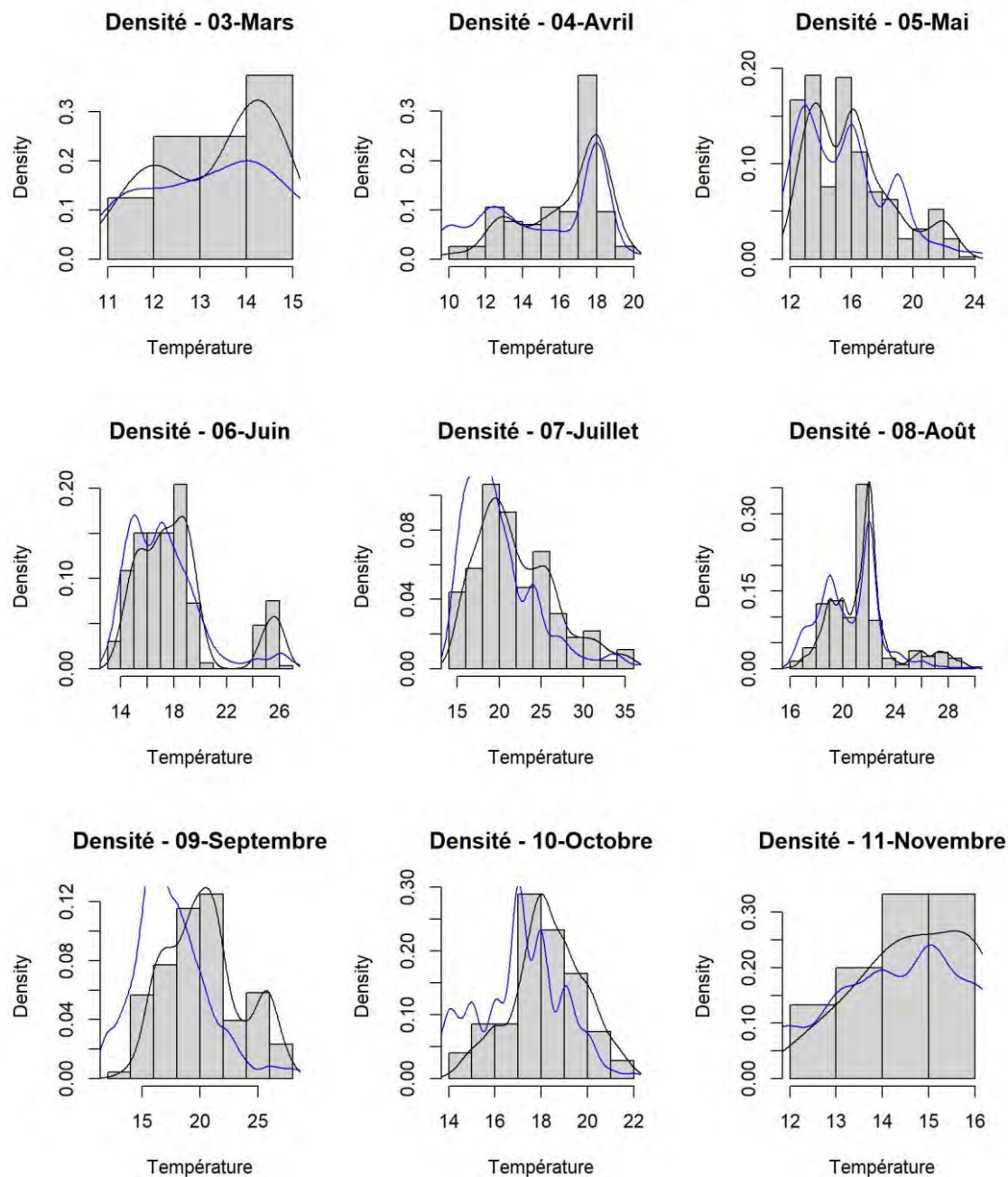
Le graphique et le tableau suivants apportent des informations sur la distribution de l'activité en fonction de la température (Graph. 31, Tableau 24)

mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
03-mars	14,31	14,00	12,15	11,96	11,73	11,50	11,50
04-avr	18,00	17,00	15,00	12,85	12,26	10,00	10,00
05-mai	17,22	16,00	14,00	13,00	12,50	12,00	12,00
06-juin	19,00	18,00	16,00	15,00	14,53	13,90	13,90
07-juil	25,24	21,00	18,72	16,42	16,00	15,00	15,00
08-août	22,00	22,00	20,00	19,00	18,00	16,00	16,00
09-sept	22,00	20,00	18,00	16,00	16,00	13,00	13,00
10-oct	19,35	18,04	17,48	16,00	15,34	14,34	14,34
11-nov	16,00	15,00	14,00	13,09	12,75	12,17	12,17

Tableau 24 : valeurs mensuelles des températures en °C pour différents quantiles de données d'activité, toutes espèces confondues, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)



Graph. 31 : courbe de proportion des données en fonction de la température (°C), toutes espèces confondues, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)



Courbe noire : densité données d'activité - Courbe bleue : densité de données d'absence d'activité

Graph. 32 : densité de l'activité en fonction de la température durant chaque mois, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)

ii - Sous la nacelle de E5, à 78 m de hauteur

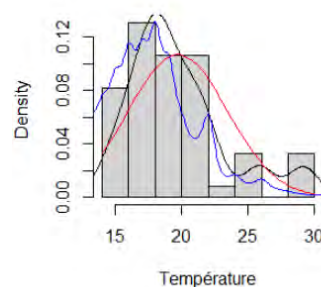
Sous la nacelle, durant toute la période d'étude, l'activité se manifeste entre 14 °C et 29 °C mais est concentrée sous les 22 °C avec une distribution autour de 18°C (Graph. 33).

La densité de données d'activité est supérieure pour les températures plus élevée, au-delà de 14°C en mars, 18°C en septembre et octobre, de 22°C en juin et en août (Graph. 35). Les températures supérieures sont privilégiées.

Le graphique et le tableau suivants apportent des informations sur la distribution de l'activité en fonction de la température (Graph. 34, Tableau 25).

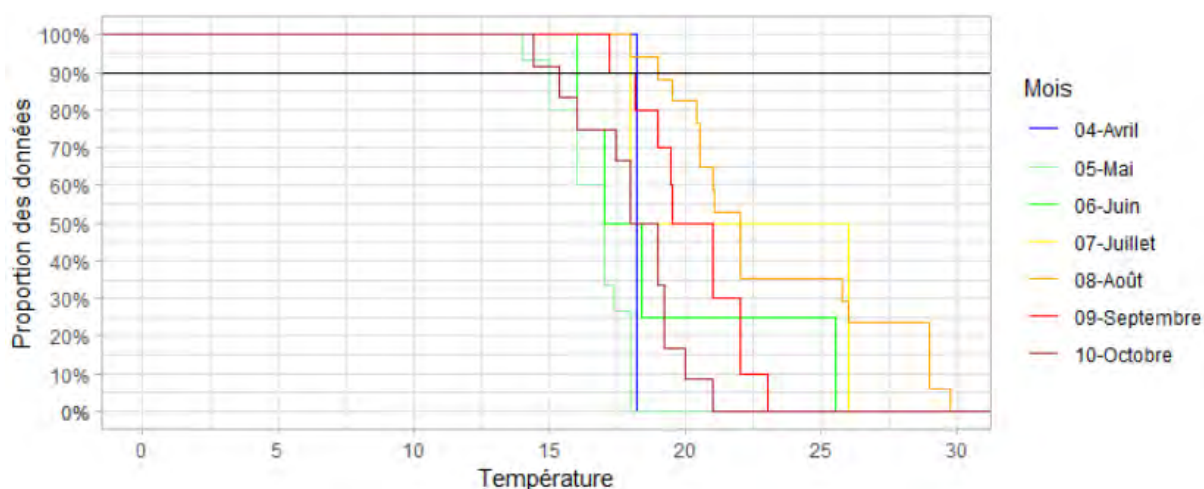
mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
03-mars	-	-	-	-	-	-	-
04-avr	18,20	18,20	18,20	18,20	18,20	18,20	18,20
05-mai	17,70	17,00	16,00	15,00	14,70	14,00	14,00
06-juin	20,16	17,69	16,75	16,30	16,15	16,00	16,00
07-juil	24,00	22,00	20,00	18,80	18,40	18,00	18,00
08-août	26,00	22,00	20,50	19,31	18,80	18,00	18,00
09-sept	21,75	20,24	19,12	18,04	17,63	17,22	17,22
10-oct	19,24	18,50	17,09	15,41	14,92	14,40	14,40
11-nov	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 25 : valeurs mensuelles des températures en °C pour différents quantiles de données d'activité, toutes espèces confondues, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)



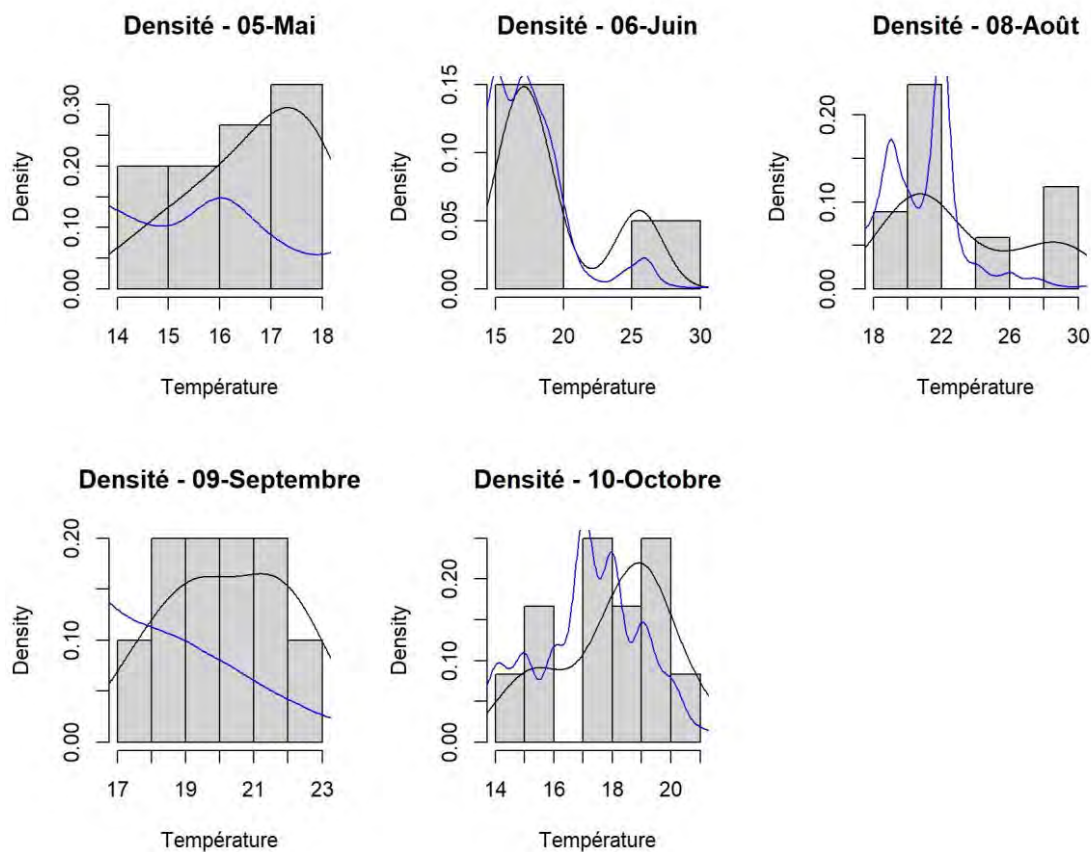
Courbe noire : densité de données d'activité
Courbe rouge : densité de données d'activité selon la Loi normale
Courbe bleue : densité de données d'absence d'activité

Graph. 33 : densité de données d'activité en fonction de la température, durant toute la période d'étude sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)



Graph. 34 : courbe de proportion des données en fonction température (°C), toutes espèces confondues, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)

Le quantile 90 est utilisé pour comparer les températures correspondantes à chaque hauteur (Tableau 26). Seul le mois d'août connaît un seuil de température supérieur sous la nacelle. Les écarts varient de quelques dixième de degrés à près de 2°C, hors mois d'avril qui connaît que peu d'activité. Ainsi sous la nacelle, 90% de l'activité est concentrée globalement sous des températures équivalentes ou parfois légèrement plus élevées.



Courbe noire : densité de données d'activité - Courbe bleue : densité de données d'absence d'activité

Les mois d'avril et de juillet ne disposent pas de suffisamment de données pour produire des graphiques de densité.

Graph. 35 : densité des données d'activité en fonction de la température durant chaque mois, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)

mois	quant90 (au pied de E5, à 4 m de hauteur)	quant90 (sous nacelle de E5, à 78 m de hauteur)
03-mars	11,96	-
04-avr	12,85	18,20
05-mai	13,00	15,00
06-juin	15,00	16,30
07-juil	16,42	18,80
08-août	19,00	19,31
09-sept	16,00	18,04
10-oct	16,00	15,41
11-nov	13,09	-

Tableau 26 : comparaison des valeurs mensuelles des températures pour le quantile 90, toutes espèces confondues

e - La vitesse du vent

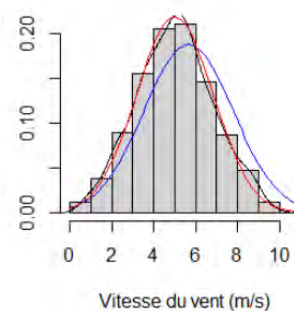
i - Au pied de l'éolienne E5, à 4 m de hauteur

Les données utilisées sont les classes de 10 minutes positives. La vitesse de vent est mesurée à hauteur de nacelle. De fait, elle est très probablement plus faible au niveau du sol mais l'étude ne dispose pas de mesures du vent à 4 m de hauteur.

L'activité chiroptérologique au sol apparaît à des vitesses de vent variant de 0,3 m/s à 10 m/s à hauteur de nacelle. Elle se distribue autour de 5 m/s, avec une augmentation et une régression régulière. Si elle suit *a priori* une distribution selon une loi Normale (Graph. 36), la valeur p du Test de Shapiro invalide cela (p-value= 4,01e-05). Cette courbe est décalée de celle des données sans activité. Les valeurs de ces dernières varient entre 0,2 et 15,7 m/s et se distribuent autour des 6 m/s. Les Chiroptères favorisent les vitesses de vent inférieures à 7 m/s au niveau de la nacelle et exploitent moins les vitesses de vent supérieures.

En fonction des mois, cette bascule varie entre 6 et 8 m/s (Graph. 37).

Le graphique et le tableau suivant apportent des informations sur la distribution de l'activité en fonction de la vitesse du vent (Graph. 38, Tableau 27).

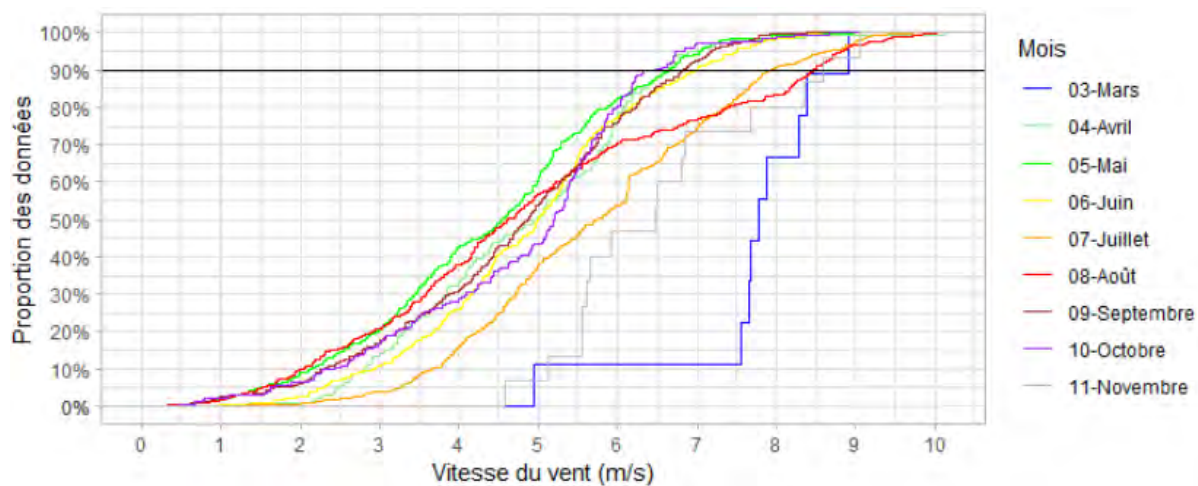


Courbe noire : densité de données d'activité
Courbe rouge : densité de données d'activité selon la Loi normale
Courbe bleue : densité de données d'absence d'activité

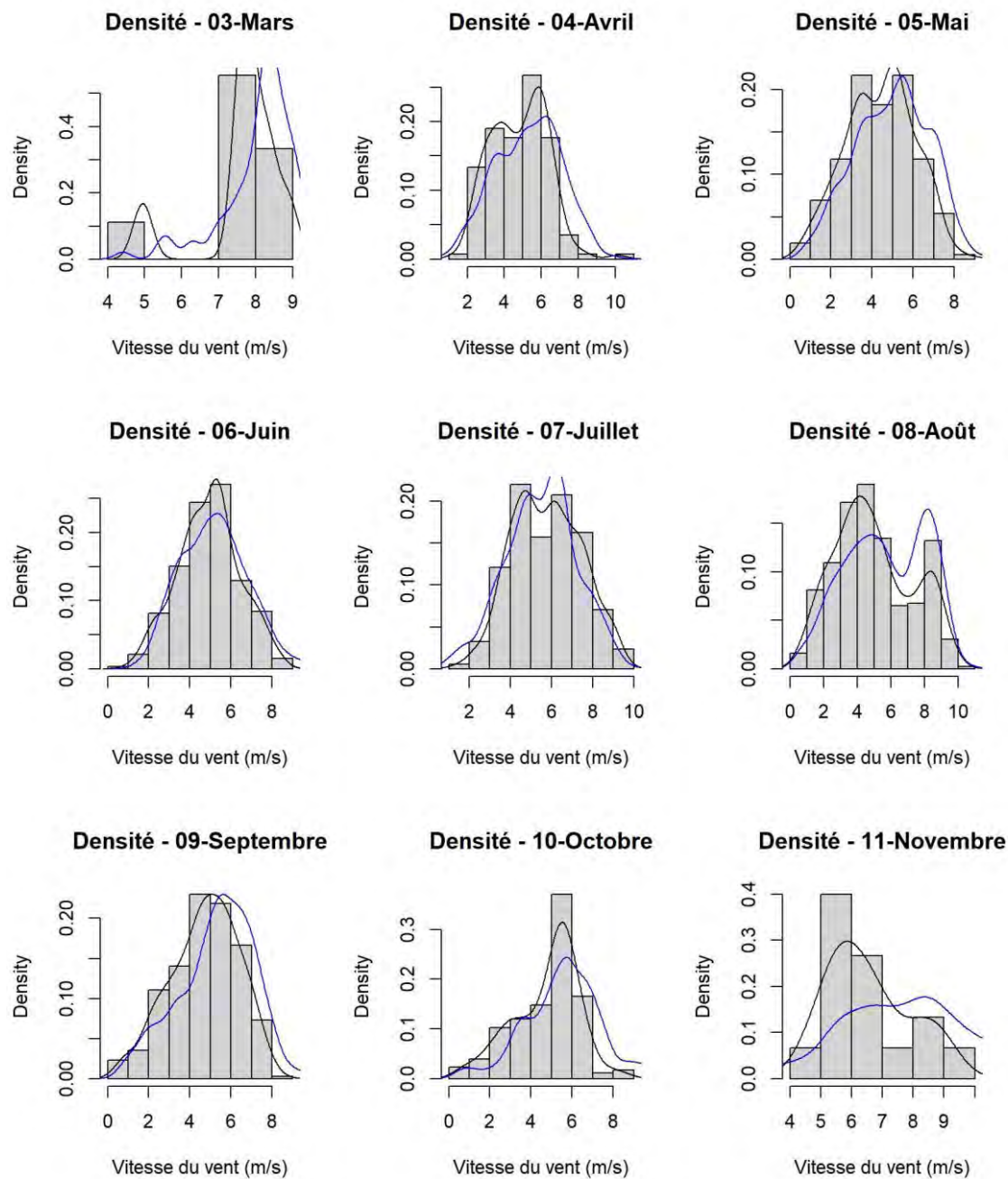
Graph. 36 : densité de l'activité en fonction de la vitesse du vent (mesurée à 78 m de hauteur en m/s), durant toute la période d'étude au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)

mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
03-mars	7,67	7,79	8,28	8,49	8,70	8,83	8,91
04-avr	3,64	4,96	5,94	6,56	6,89	7,43	10,12
05-mai	3,22	4,54	5,59	6,64	7,03	7,32	8,98
06-juin	3,89	5,00	5,81	7,00	7,51	7,86	8,57
07-juil	4,54	5,75	7,02	7,93	8,62	9,03	9,72
08-août	3,34	4,63	6,75	8,47	8,83	9,37	10,02
09-sept	3,59	4,87	5,92	6,81	7,18	7,67	8,38
10-oct	3,61	5,20	5,83	6,43	6,77	7,64	8,67
11-nov	5,58	6,48	7,26	8,48	8,72	8,92	9,06

Tableau 27 : valeurs mensuelles des vitesses du vent (mesurée à 78 m de hauteur en m/s) pour différents quantiles de données d'activité, toutes espèces confondues, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)



Graph. 37 : courbe de proportion des données en fonction de la vitesse du vent (mesurée à 78 m de hauteur en m/s), toutes espèces confondues, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)

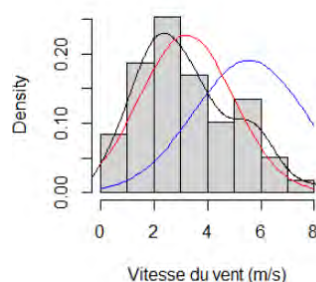


Courbe noire : densité données d'activité - Courbe bleue : densité de données d'absence d'activité

Graph. 38 : densité de l'activité en fonction de la vitesse du vent (mesurée à 78 m de hauteur en m/s), durant chaque mois, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)

ii - Sous la nacelle de E5, à 78 m de hauteur

Sous la nacelle, l'activité se distribue autour de 2 m/s, de 0,3 à 8 m/s (Graph. 39). Le nombre de données d'activité augmente rapidement jusqu'à cette vitesse du vent puis diminue jusqu'à 8 m/s, chutant au-delà de 6 m/s. Cette distribution est nettement décalée par rapport à celle des données sans activité. Ce décalage témoigne d'une sélection par les Chiroptères sous la nacelle de vitesses de vent nettement plus faibles.



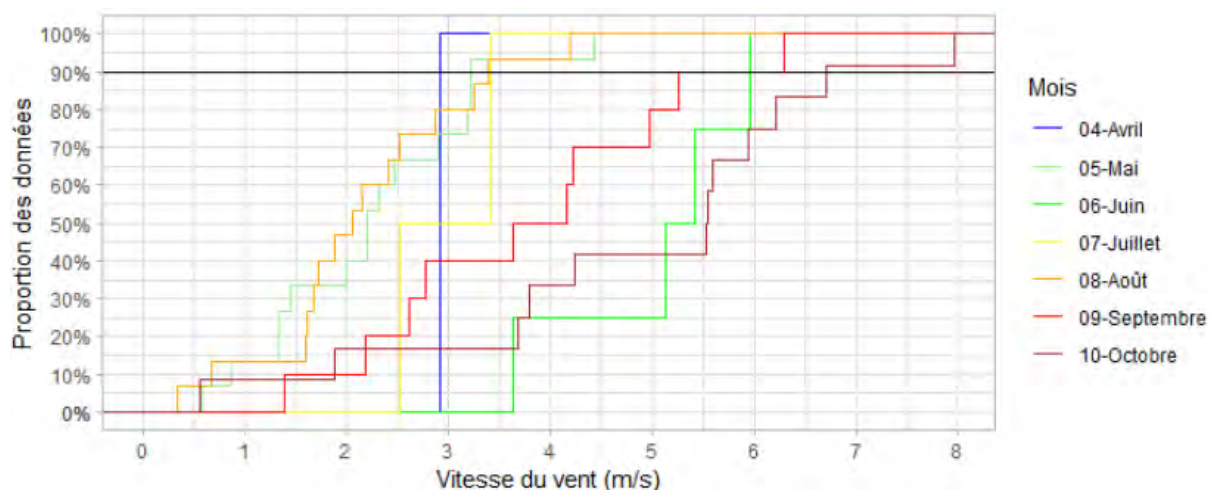
Courbe noire : densité de données d'activité
Courbe rouge : densité de données d'activité selon la Loi normale
Courbe bleue : densité de données d'absence d'activité

Graph. 39 : densité de données d'activité en fonction de la vitesse du vent (mesurée à 78 m de hauteur en m/s), durant toute la période d'étude sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)

Le graphique et le tableau suivant apportent des informations sur la distribution de l'activité en fonction de la vitesse du vent (Graph. 40, Tableau 28). Les quantiles 90 ont un seuil inférieur à 6 m/s sauf en octobre où il atteint 6,65 m/s.

mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
03-mars	-	-	-	-	-	-	-
04-avr	2,91	2,91	2,91	2,91	2,91	2,91	2,91
05-mai	1,40	2,20	3,04	3,22	3,58	4,09	4,42
06-juin	4,75	5,27	5,54	5,79	5,87	5,92	5,95
07-juil	2,74	2,96	3,18	3,32	3,36	3,39	3,41
08-août	1,65	2,06	2,70	3,34	3,64	3,97	4,19
09-sept	2,66	3,89	4,78	5,36	5,82	6,10	6,29
10-oct	3,77	5,53	6,01	6,65	7,26	7,68	7,96
11-nov	-	-	-	-	-	-	-

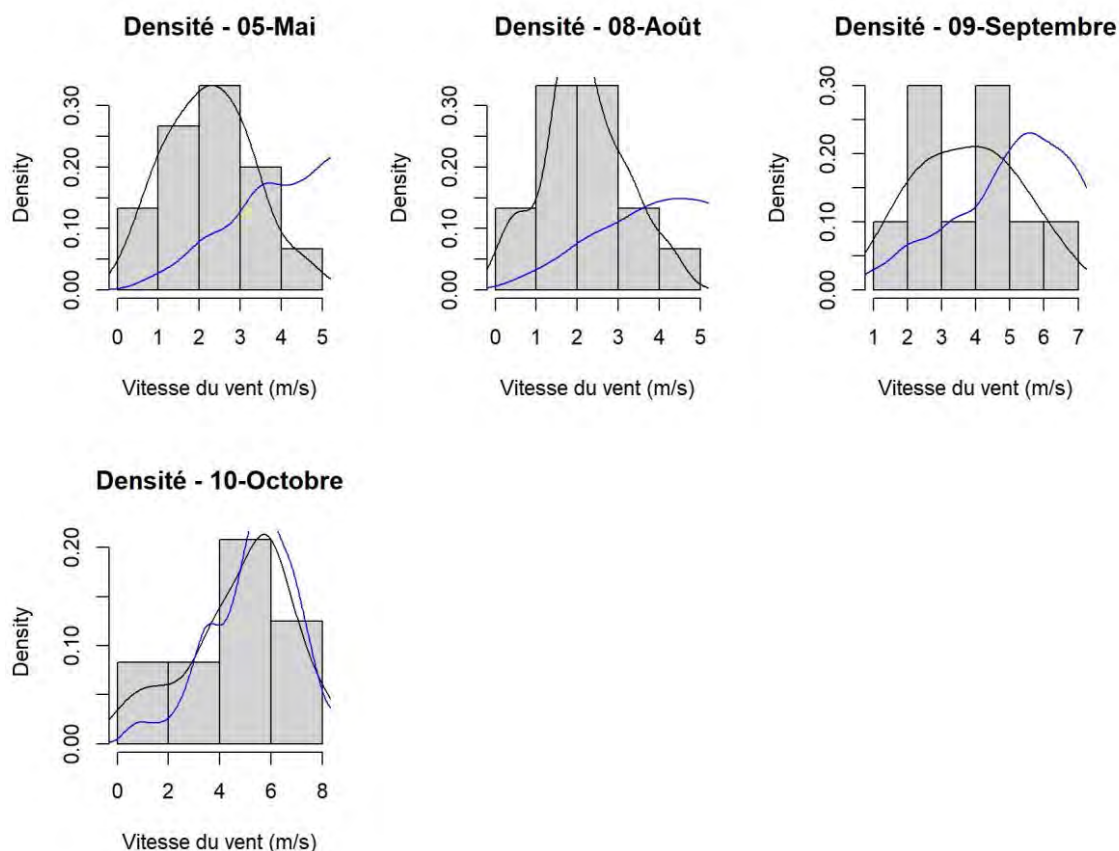
Tableau 28 : valeurs mensuelles des vitesses du vent (mesurée à 78 m de hauteur en m/s) pour différents quantiles de données d'activité, toutes espèces confondues, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)



Graph. 40 : courbe de proportion des données en fonction de la vitesse du vent (mesurée à 78 m de hauteur en m/s), toutes espèces confondues, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)

Le quantile 90 est utilisé pour comparer les valeurs de vitesse du vent correspondantes à chaque hauteur. (Tableau 29) Les valeurs des seuils de vitesse de vent au quantile 90 sont inférieures sous la nacelle de l'éolienne sauf durant le mois d'octobre où ils sont équivalents. Sous la nacelle, les Chiroptères privilégient des vitesses de vent plus faibles. Au sol, ils peuvent

maintenir une activité à des vitesses de vent plus importantes. Durant le mois d'octobre, les Chiroptères exploitent les mêmes vitesses de vent parfois importantes, au sol comme sous la nacelle.



Courbe noire : densité de données d'activité - Courbe bleue : densité de données d'absence d'activité

Les mois d'avril, de juin et de juillet ne disposent pas de suffisamment de données pour produire des graphiques de densité.

Graph. 41 : densité des données d'activité en fonction de la vitesse du vent (mesurée à 78 m de hauteur en m/s), durant chaque mois, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)

mois	quant90 (au pied de E5, à 4 m de hauteur)	quant90 (sous nacelle de E5, à 78 m de hauteur)
03-mars	8,49	-
04-avr	6,56	2,91
05-mai	6,64	3,22
06-juin	7,00	5,79
07-juil	7,93	3,32
08-août	8,47	3,34
09-sept	6,81	5,36
10-oct	6,43	6,65
11-nov	8,48	-

Tableau 29 : comparaison des valeurs mensuelles des vitesses du vent (mesurée à 78 m de hauteur en m/s), pour le quantile 90, toutes espèces confondues

Les données de mars et de novembre sont si disparates que l'on ne peut en tenir compte dans la suite de l'analyse.

f - L'orientation du vent

i - Au pied de l'éolienne E5, à 4 m de hauteur

Les données utilisées sont les classes de 10 minutes positives.

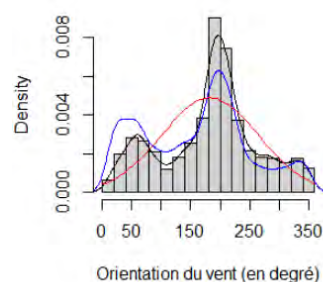
Les données d'orientation du vent, sans activité, montrent une première concentration autour de 50° (Graph. 43). Ces vents sont orientés nord nord-est à nord-est. Un second pic, plus important est proche de 200°. Ces vents sont orientés sud. Les données d'activité avec orientation du vent affichent aussi une première concentration des données sur l'orientation 50°, puis une seconde sur l'orientation 200° (Graph. 42). La distribution est *a priori* similaire de celle des données sans activité. Le test de Wilcoxon indique que les données d'activités sont pourtant indépendantes ($p\text{-value} < 2.2e^{-16}$). Pour les vents orientés de 0 à 150°, la densité des données avec activité est plus faible que celle sans activité. Ces vents ont une orientation nord-est à sud-est, donc des vents porteurs de températures plus fraîches. Passés les 150° et jusqu'au 325°, la situation s'inverse. Ces vents ont une orientation sud à nord-ouest, donc porteurs de températures plus chaudes ou douces. Enfin jusqu'à 360°, les densités sont similaires.

Mois par mois, cette bascule n'est pas toujours aussi tangible. Elle est au-delà des 220° en mars, elle n'apparaît pas en avril et mai. Durant le mois de novembre, les vents du nord sont évités (Graph. 37).

Le graphique et le tableau suivants montrent un phénomène de bascule entre 175 et 200°. Ce dernier évoque une sélection des vent orientés sud. (Graph. 38, Tableau 27).

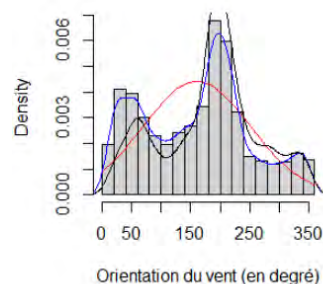
mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
03-mars	221,03	225,75	228,05	230,51	233,18	234,79	235,85
04-avr	161,22	191,19	220,29	285,02	324,24	329,64	344,82
05-mai	151,01	188,16	205,36	243,11	273,05	290,22	304,40
06-juin	65,38	186,86	206,48	228,19	248,65	292,27	346,62
07-juil	149,52	190,97	219,31	283,34	288,99	305,81	319,86
08-août	146,28	202,32	222,70	296,86	331,18	339,58	354,12
09-sept	136,07	195,56	268,17	326,88	343,13	347,08	352,14
10-oct	47,27	276,10	328,49	341,99	346,54	348,80	353,52
11-nov	46,05	54,64	138,63	347,20	350,66	352,42	353,59

Tableau 30 : valeurs de l'orientation du vent (en degré), (mesurées à 78 m de hauteur en m/s) pour différents quantiles de données d'activité, toutes espèces confondues, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)



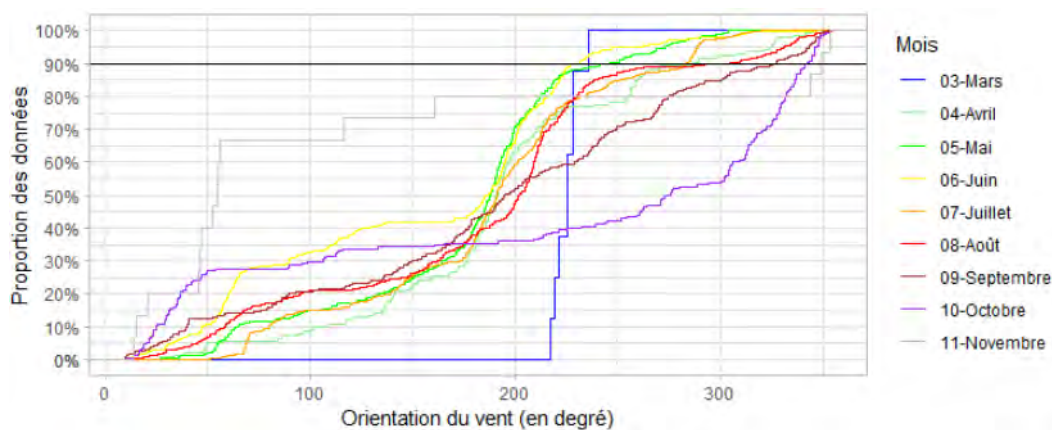
Courbe noire : densité de données d'activité
 Courbe rouge : densité de données d'activité selon la Loi normale
 Courbe bleue : densité de données d'absence d'activité

Graph. 42 : densité de l'activité en fonction de l'orientation du vent (en degré), durant toute la période d'étude au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)

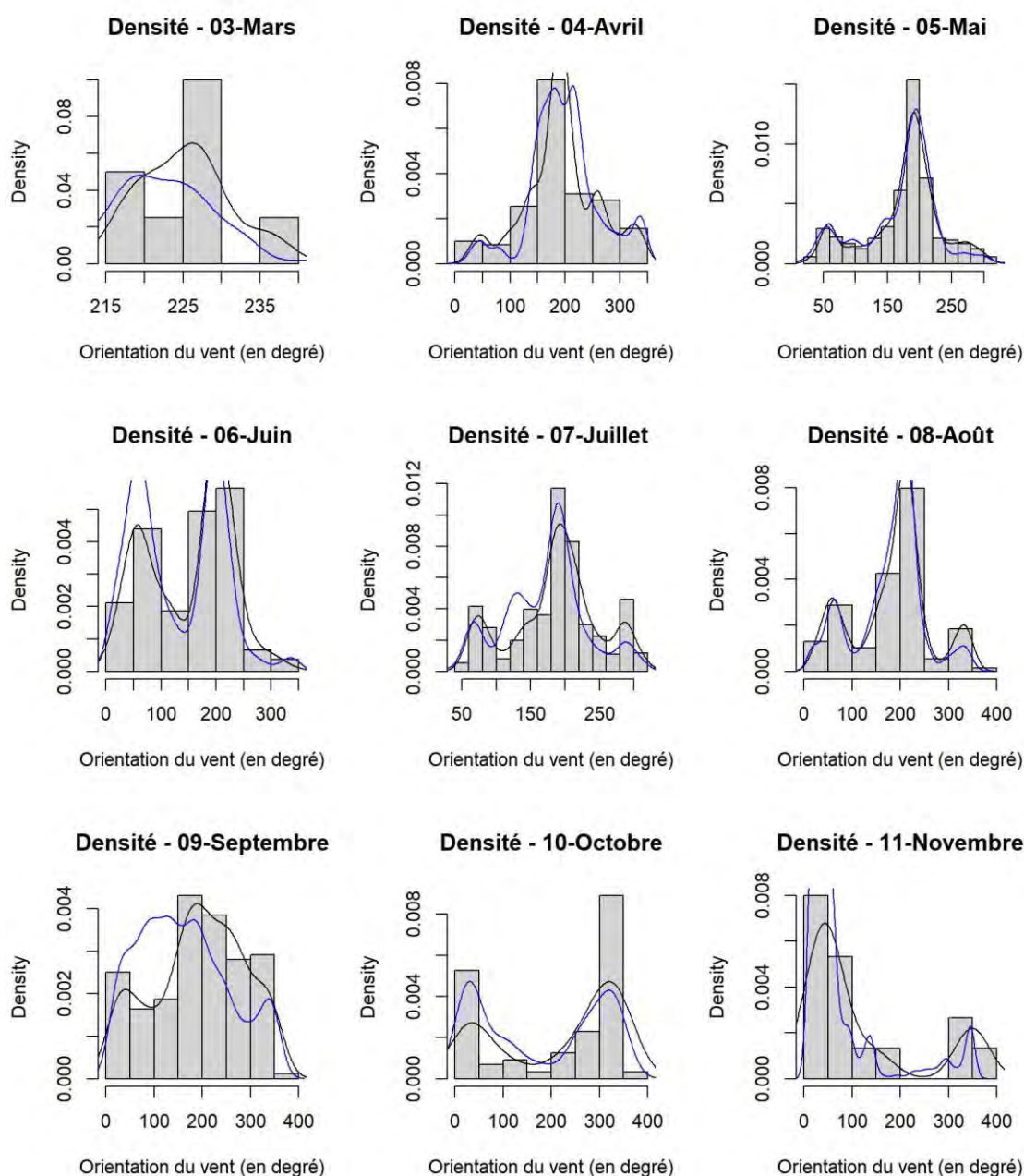


Courbe bleue : densité de données d'absence d'activité
 Courbe rouge : densité de données d'activité selon la Loi normale
 Courbe noire : densité de données d'activité

Graph. 43 : densité de l'absence d'activité en fonction de l'orientation du vent (en degré), durant toute la période d'étude au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)



Graph. 44 : courbes de proportion des données en fonction de l'orientation du vent (en degré), toutes espèces confondues, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)

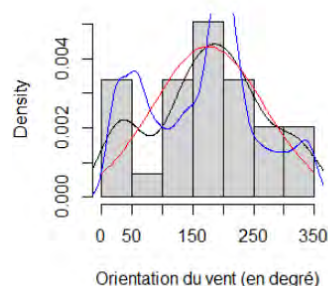


Courbe noire : densité données d'activité - Courbe bleue : densité de données d'absence d'activité

Graph. 45 : densité de l'activité en fonction de l'orientation du vent (en degré), durant chaque mois, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)

ii - Sous la nacelle de E5, à 78 m de hauteur

Sous la nacelle, une concentration de données apparaît sur des vents orientés à près de 50° puis sur des vents orientés à près de 200° (Graph. 46). Cette distribution est proche de celle des données sans activité. Leur indépendance est pour autant vérifiée statistiquement. Mois par mois la situation semble évoluée (Graph. 48). En mars, seul les vents du nord-est sont évités et les vents du sud privilégiés. En juin la comparaison n'est pas possible. En août, les vent d'est et du nord semblent privilégiés. En septembre, les vent du sud sont privilégiés et en octobre les vent du nord sont évités.



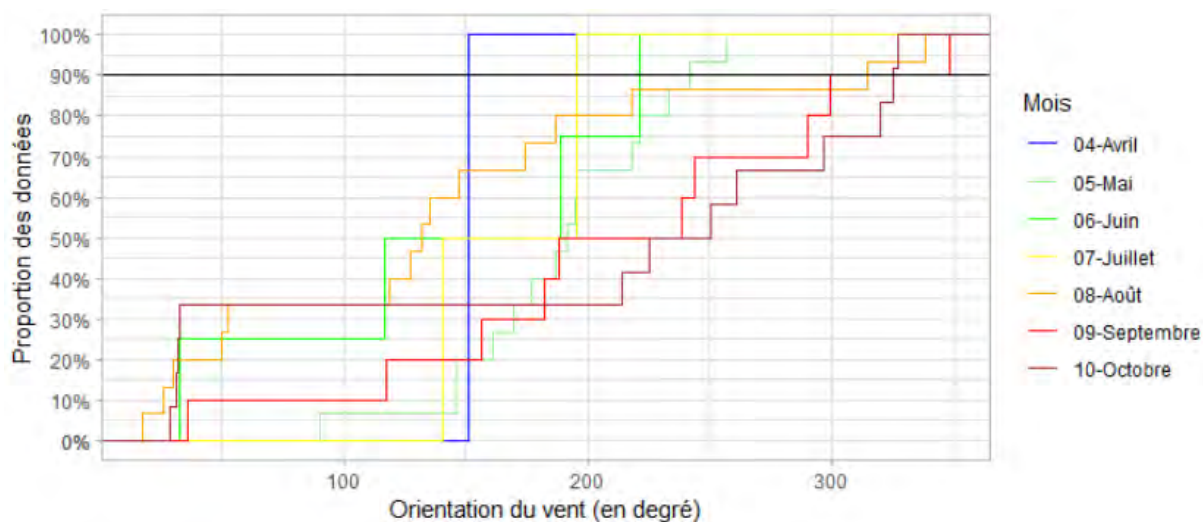
Courbe noire : densité de données d'activité
Courbe rouge : densité de données d'activité selon la Loi normale
Courbe bleue : densité de données d'absence d'activité

Graph. 46 : densité de données d'activité en fonction de l'orientation du vent (en degré), durant toute la période d'étude sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)

Le graphique et le tableau suivant apportent des informations sur la distribution de l'activité en fonction de la température (Graph. 47, Tableau 31). Le phénomène de bascule observé au sol n'est pas présent sous la nacelle.

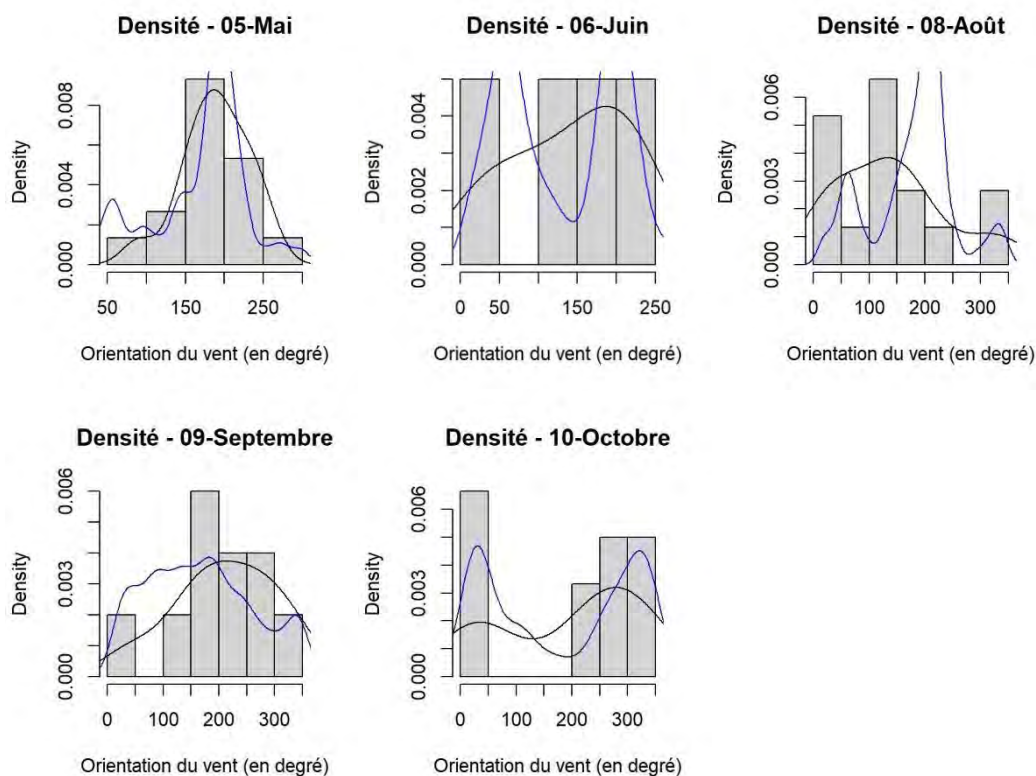
mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
03-mars	-	-	-	-	-	-	-
04-avr	-	-	-	-	-	-	-
05-mai	151,31	151,31	151,31	151,31	151,31	151,31	151,31
06-juin	165,31	191,24	219,61	238,24	246,25	252,57	256,78
07-juil	95,45	152,60	196,94	211,60	216,49	219,42	221,38
08-août	154,14	167,93	181,71	189,98	192,74	194,39	195,50
09-sept	51,18	132,11	180,63	275,78	321,75	331,90	338,66
10-oct	163,05	213,54	278,60	304,41	326,24	339,33	348,06
11-nov	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 31 : valeurs mensuelles de l'orientation du vent (en degré), pour différents quantiles de données d'activité, toutes espèces confondues, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)



Graph. 47 : courbes de proportion des données en fonction de l'orientation du vent (en degré), toutes espèces confondues, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)

Les courbes cumulatives n'évoquant pas de tendance asymptotique, la comparaison des quantiles n'est pas réalisée.



Courbe noire : densité de données d'activité - Courbe bleue : densité de données d'absence d'activité

Les mois d'avril et de juillet ne disposent pas de suffisamment de données pour produire des graphiques de densité.

Graph. 48 : densité des données d'activité en fonction de l'orientation du vent (en degré), durant chaque mois, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)

C - Enjeux chiroptérologiques

1 - Niveaux des statuts de protection et de conservation

L'ensemble des statuts de protection et de conservation à l'échelle de la France et de la région, synthétisés par l'INPN, ainsi que les niveaux équivalents, sont précisés dans le Tableau 32.

Toutes les espèces sont protégées en France. Certaines disposent de statuts de conservation importants qui impliquent un niveau de conservation fort, d'autres seulement moyen.

Espèce	Type de statut	Classement	Niveau du statut de protection	Niveau du statut de conservation
Pipistrelle commune	LRN	NT	-	Fort
	PN	NM2	Fort	-
Pipistrelle de Kuhl	PN	NM2	Fort	-
Pipistrelle de Nathusius	LRN	NT	-	Fort
	LRR	NT	-	Fort
	PN	NM2	Fort	-
Sérotine commune	LRN	NT	-	Fort
	PN	NM2	Fort	-
Noctule commune	LRN	VU	-	Fort
	LRR	NT	-	Fort
	PN	NM2	Fort	-
	ZDET	Dét.	-	Moyen
Noctule de Leisler	LRN	NT	-	Fort
	LRR	NT	-	Fort
	PN	NM2	Fort	-
	ZDET	Dét.	-	Moyen
Grand Murin	DH	CDH2	-	Fort
	LRR	NT	-	Fort
	PN	NM2	Fort	-
	ZDET	Dét.	-	Moyen
Murin à moustaches	PN	NM2	Fort	-
	ZDET	Dét.	-	Moyen
Murin à oreilles échancrées	DH	CDH2	-	Fort
	LRR	NT	-	Fort
	PN	NM2	Fort	-
	ZDET	Dét.	-	Moyen
Murin de Daubenton	PN	NM2	Fort	-
	LRR	NT	-	Fort
	PN	NM2	Fort	-
	ZDET	Dét.	-	Moyen
Barbastelle d'Europe	LRR	NT	-	Fort
	PN	NM2	Fort	-
	ZDET	Dét.	-	Moyen
Oreillard gris	PN	NM2	Fort	-
	PN	NM2	Fort	-
	ZDET	Dét.	-	Moyen

DH : Directive Habitats

CDH2 : espèce d'intérêt communautaire, visée à l'annexe II de la Directive Habitats ;

CDH4 : engagement des pays membres dans la protection des espèces visées à l'annexe 4 de la Directive Habitats ;

PN : Protection Nationale

NM2 : espèce listée dans l'arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection

LR : Liste Rouge des espèces menacées en France (LRN) ou en région (LRR)

DD : statut indéterminé, LC : préoccupation mineure, NT : quasi-menacée, Vu : menacée vulnérable, CR : en danger critique

ZDET : ZNIEFF déterminante (ZNIEFF : Zone Nationale d'intérêt Écologique, Faunistique et Floristique)

Dét. : espèces déterminantes en région

Tableau 32 : statuts de protection et de conservation des espèces de Chiroptères

2 - Les niveaux d'enjeu chiroptérologiques

a - Au pied de l'éolienne E5, à 4 m de hauteur

Les enjeux chiroptérologiques évalués au pied de l'éolienne E5 sont établis dans le tableau suivant (Tableau 33). Ces enjeux de conservation chiroptérologiques concernent en premier lieu la Pipistrelle commune, le Murin à moustaches, la Barbastelle d'Europe, la Sérotine commune et la Pipistrelle de Nathusius. Dans une moindre mesure, ils intègrent aussi l'Oreillard gris, le Grand Murin et la Murin de Natterer.

Ce nombre d'espèces à enjeu est étonnement important au regard de la typologie de l'environnement de l'éolienne E5, milieu ouvert sur de grandes cultures.

Espèce	Niveau de fréquentation	niv. statut. de protection	niv. statut. de conservation	Niv. d'enjeu conservatoire
Pipistrelle commune	Moyen à fort	Fort	Fort	Fort
Murin à moustaches	Moyen à fort	Fort	Moyen	Moyen à fort
Barbastelle d'Europe	Moyen	Fort	Fort	Moyen à fort
Sérotine commune	Moyen	Fort	Fort	Moyen à fort
Pipistrelle de Nathusius	Faible à moyen	Fort	Fort	Moyen à fort
Oreillard gris	Moyen à fort	Fort	Faible	Moyen
Grand Murin	Faible	Fort	Fort	Moyen
Murin de Natterer	Faible	Fort	Fort	Moyen
Pipistrelle de Kuhl	Moyen	Fort	Faible	Faible à moyen
Oreillard roux	Faible	Fort	Moyen	Faible à moyen
Murin à oreilles échancrées	Très faible à faible	Fort	Fort	Faible à moyen
Noctule commune	Très faible à faible	Fort	Fort	Faible à moyen
Noctule de Leisler	Très faible	Fort	Fort	Faible à moyen
Murin de Daubenton	Très faible à faible	Fort	Faible	Faible

Tableau 33 : niveaux d'enjeux chiroptérologiques au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)

b - Sous la nacelle de E5, à 78 m de hauteur

Les enjeux chiroptérologiques évalués au pied de l'éolienne E5 sont établis dans le tableau suivant (Tableau 34).

Aucun enjeu chiroptérologique majeur n'est identifié à hauteur de rotor.

Espèce	Niveau de fréquentation	niv. statut. de protection	niv. statut. de conservation	Niv. d'enjeu conservatoire
Pipistrelle commune	Très faible à faible	Fort	Fort	Faible à moyen
Noctule commune	Très faible	Fort	Fort	Faible
Noctule de Leisler	Très faible	Fort	Fort	Faible
Pipistrelle de Nathusius	Très faible	Fort	Fort	Faible
Sérotine commune	Très faible	Fort	Fort	Faible
Barbastelle d'Europe	Très faible	Fort	Fort	Faible
Pipistrelle de Kuhl	Très faible	Fort	Faible	Faible
Grand Murin	Nul	Fort	Fort	Nul
Murin à oreilles échancrées	Nul	Fort	Fort	Nul
Murin de Natterer	Nul	Fort	Fort	Nul
Murin à moustaches	Nul	Fort	Moyen	Nul
Oreillard roux	Nul	Fort	Moyen	Nul
Murin de Daubenton	Nul	Fort	Faible	Nul
Oreillard gris	Nul	Fort	Faible	Nul

Tableau 34 : niveaux d'enjeux chiroptérologiques sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)

D - Conclusion

1 - Généralités

Le suivi au pied et sous la nacelle de l'éolienne E5 durant 248 sessions conduit à l'inventaire de 14 espèces de Chiroptères.

L'activité est toujours mesurée après le lever et avant le coucher du soleil, au pied comme sous la nacelle de E5. La période d'activité s'étend du mois de mars à novembre au pied de l'éolienne mais elle concerne la période d'avril à octobre à hauteur de nacelle.

Toutes les espèces de Chiroptères sont détectées au pied de l'éolienne mais le cortège d'espèces répertoriées sous la nacelle est limité aux trois espèces de Pipistrelles, aux deux espèces de Noctules et à la Sérotine commune. Une autre espèce est contactée mais à raison d'un seul contact, la Barbastelle d'Europe.

Le comportement des Chiroptères est similaire d'une espèce à l'autre face aux différents facteurs météorologiques et à la période de la nuit.

2 - Activité et enjeux au pied de l'éolienne E5, à 4 m de hauteur

Au niveau du sol deux espèces de Pipistrelles sont les plus fréquentes : la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl. Suivent le Murin à moustaches, la Barbastelle d'Europe et l'Oreillard gris. Les autres espèces sont nettement moins fréquentes. Les enjeux de conservation se concentrent en premier lieu sur la Pipistrelle commune, le Murin à moustaches, la Barbastelle d'Europe, la Sérotine commune et la Pipistrelle de Nathusius. Dans une moindre mesure, ils concernent aussi l'Oreillard gris, le Grand Murin et la Murin de Natterer.

L'éolienne E5, et les autres, se situe dans un contexte ouvert sur de grandes cultures, contexte considéré peu attractif pour les Chiroptères. La fréquentation de ces espèces et le nombre d'espèces détectées au pied de l'éolienne évoquent cependant un contexte attractif. L'hypothèse envisagée est l'emplacement de E5 entre deux boisements. Les Chiroptères pourraient en effet joindre ces habitats de chasse en s'approchant du pied de E5, particulièrement les espèces de Murins, les Oreillards et la Barbastelle d'Europe.

Cette hypothèse engage ainsi une fréquentation au sol différente au pied des éoliennes qui ne présenteraient pas une telle configuration entre des boisements. Au demeurant, les niveaux de fréquentation et d'enjeu évalués au pied de l'éolienne E5 sont probablement les plus importants et peuvent faire office de référence haute.

3 - Activité et enjeu sous la nacelle de E5, à 78 m de hauteur

La fréquentation évaluée sous la nacelle de l'éolienne E5 n'a pas de commune mesure avec celle mesurée au sol, en dehors de celle des Noctules pour lesquelles les niveaux de fréquentations sont aussi faibles au pied de l'éolienne que sous sa nacelle. Par ailleurs, l'activité entre les deux hauteurs de mesure n'est pas corrélée. Notons alors que si l'activité des Noctules mesurée au pied de l'éolienne est similaire à celle mesurée sous la nacelle sur l'ensemble de l'année, cette activité n'est pas détectée en même temps.

Le niveau d'enjeu est faible à moyen pour la Pipistrelle commune et faible à très faible pour les autres.

Si la fréquentation des Chiroptères est très faible sous la nacelle de E5, elle l'est probablement aussi sous les nacelles des autres éoliennes.

Cette étude confirme que mesurer la fréquentation au sol ne permet en aucun cas d'évaluer celle sous une nacelle, même avec une étude qui couvrirait un cycle annuel.

4 - Les facteurs influençant l'activité

Les facteurs influençant le plus l'activité au sol sont la température et la période la nuit. Sous la nacelle, la température, l'orientation et la vitesse du vent influencent l'activité des Chiroptères, la température et l'orientation du vent ayant des effets opposés.

Au pied de l'éolienne E5 ou sous la nacelle, l'activité est plus marquée en première partie de nuit, au demeurant, elle ne se distribue pas de la même façon. En dehors du mois de septembre, l'activité s'achève plus rapidement au cours de la nuit sous la nacelle de l'éolienne E5.

Concernant les températures, l'activité est plus marquée sur des valeurs proches de 18 °C, mais s'étendant entre 10 et 36 °C au sol et 14 et 29 °C à hauteur de nacelle.

Les vitesses de vent sont enregistrées à hauteur de la nacelle. Ainsi, la vitesse réelle au pied de l'éolienne est probablement plus faible. Sous la nacelle de l'éolienne, les Chiroptères exploitent majoritairement des vitesses de vents proche de 2 m/s et sous les 6 m/s. Au sol, l'activité se distribue de manière quasi symétrique autour de 5 m/s, et est comprise entre 0,3 à 10 m/s à hauteur. Les Chiroptères ne s'aventurent sous la nacelle que sous certaines vitesses de vent.

Les vents dominants sont orientés nord nord-est et sud sud-ouest. Sous la nacelle comme au pied de l'éolienne, les Chiroptères semblent éviter les vents du nord en période printanière et automnale. L'hypothèse avancée est que ces vents soient porteurs de faibles températures qui limiteraient leur activité.

5 - Le risque de mortalité

Compte-tenu des niveaux de fréquentation, le risque de mortalité est nul pour les espèces de Murins et d'Oreillards. Il est très faible à quasi nul pour la Barbastelle d'Europe. Il est très faible pour la Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle de Nathusius et la Sérotine commune. Enfin il est faible à très faible pour la Pipistrelle commune.

Dans tous les cas, avec des niveaux de fréquentation aussi faibles, voire nuls, sous la nacelle de E5, les éventuels cas de mortalité ne seront pas en nombre suffisant pour engager un impact sur le bon état de conservation des populations de Chiroptères.

Cette étude montre aussi qu'il n'est pas possible d'évaluer le risque de mortalité sous une nacelle placée à 78 m de hauteur avec des mesures effectuées à 4 m de hauteur, même si l'activité est conséquente au niveau du sol.

Enfin, les activités ne sont pas corrélées d'une hauteur à une autre.

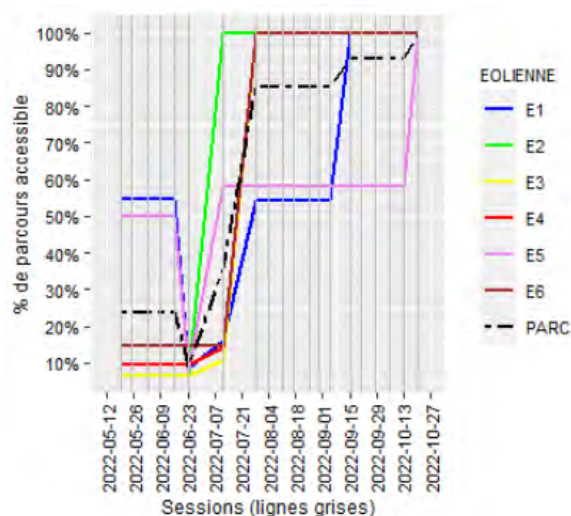
II - SUIVI DE LA MORTALITÉ

A - Proportion de surface accessible

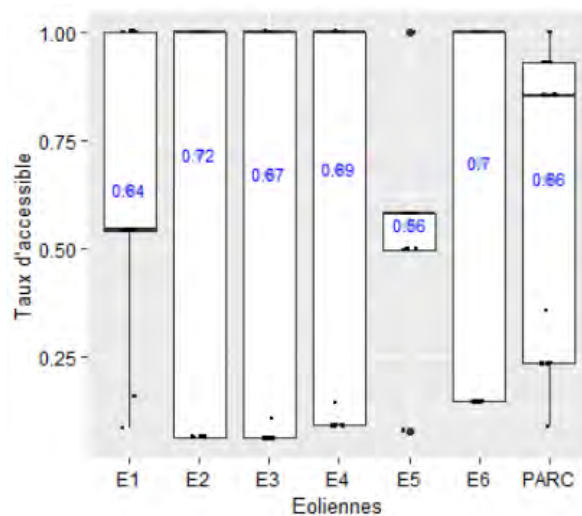
L'accessibilité de la surface sous les éoliennes est tributaire de la croissance des cultures et des périodes de leur récolte. Cela implique une certaine hétérogénéité de la surface accessible d'une éolienne à une autre (Graph. 49).

À l'échelle du parc, l'accessibilité a évolué entre 25 % et 100 % de la surface totale sous éolienne, en chutant le 23/06/2022 à 10% (Graph. 49). En moyenne, sur l'année, 66 % de la surface est accessible.

Les proportions sont équilibrées d'une éolienne à une autre (Graph. 50).



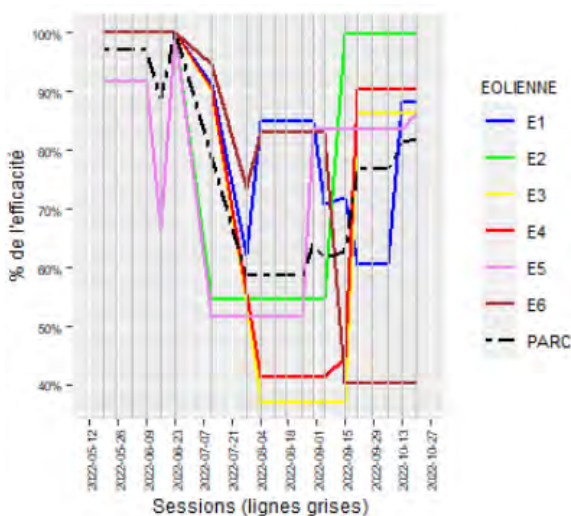
Graph. 49 : évolution de la proportion de surface prospectée par éolienne en 2022



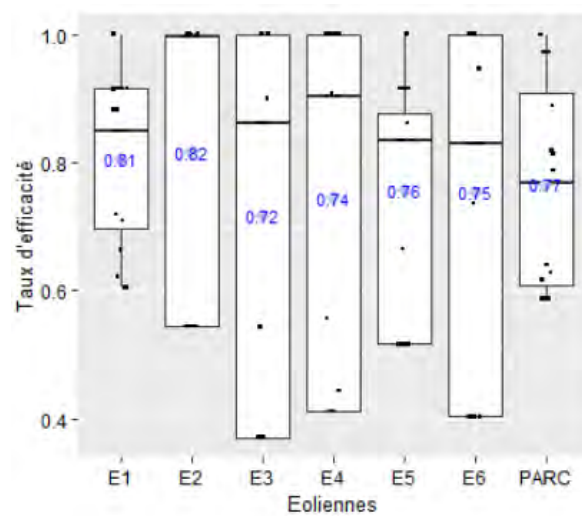
Graph. 50 : distribution des proportions accessibles sous éolienne

B - Taux d'efficacité

À l'échelle du parc, l'efficacité moyenne est élevée, avec 77 % d'efficacité. La moyenne est équivalente entre les éoliennes, oscillant entre 72 et 81 % (Graph. 51, Graph. 52).



Graph. 51 : évolution de l'efficacité du chercheur sous éolienne en 2022



Graph. 52 : distribution des taux d'efficacité sous éolienne

C - Taux de persistance

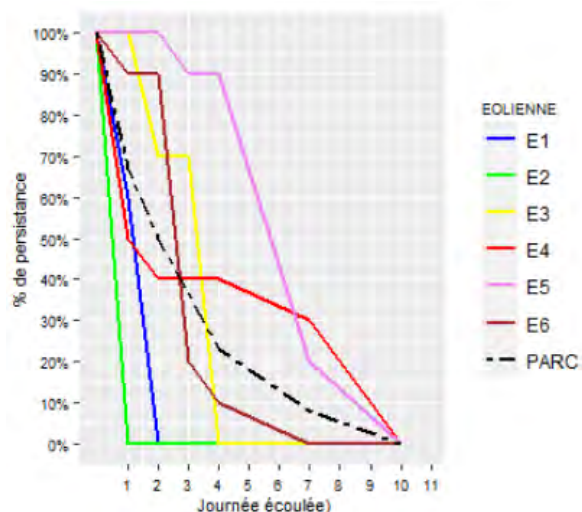
Les résultats des deux tests de persistance sont affichés dans les graphiques suivants (Graph. 53, Graph. 54, Graph. 55 et Graph. 56).

À l'échelle du parc éolien, la persistance ne dépasse pas les 10 premières journées en période printanière et les 3 premières journées en période automnale.

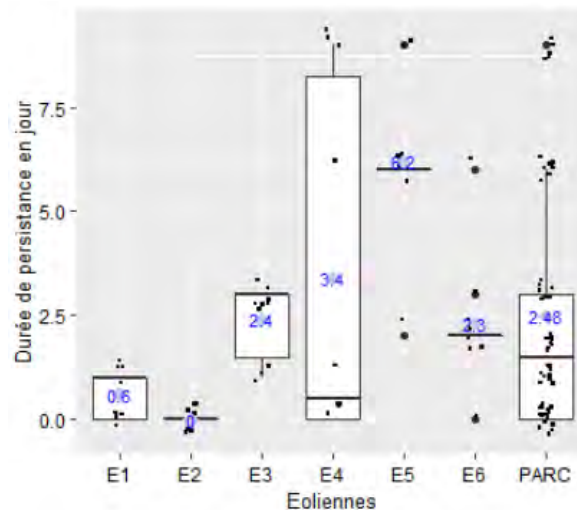
La durée moyenne de la persistance est supérieure à l'échelle du parc durant la session printanière. Elle est particulièrement plus élevée sous l'éolienne E5 et très faible à nulle sous E1 et E2. Durant la session automnale, elle est très faible sous toutes les éoliennes.

Les tests sont compilés pour déterminer les durées moyennes de persistance des cadavres (Graph. 57 et Graph. 58). Parmi ces résultats, se distinguent :

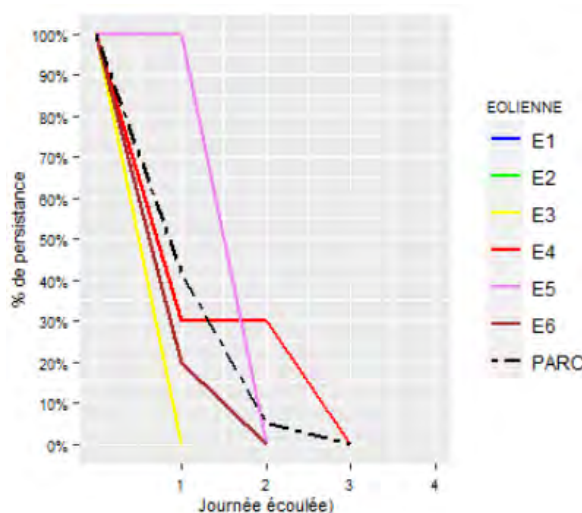
- Une durée moyenne supérieure sous E5, atteignant 3,6 jours ;
- Une durée moyenne faible, oscillant entre 0,3 et 1,3 jours sous les autres éoliennes, avec un fort taux de recouvrement des données.



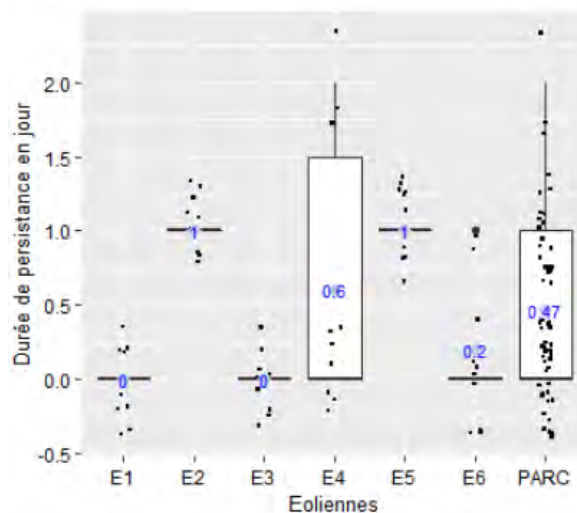
Graph. 53 : évolution de la persistance des cadavres au cours du test printanier



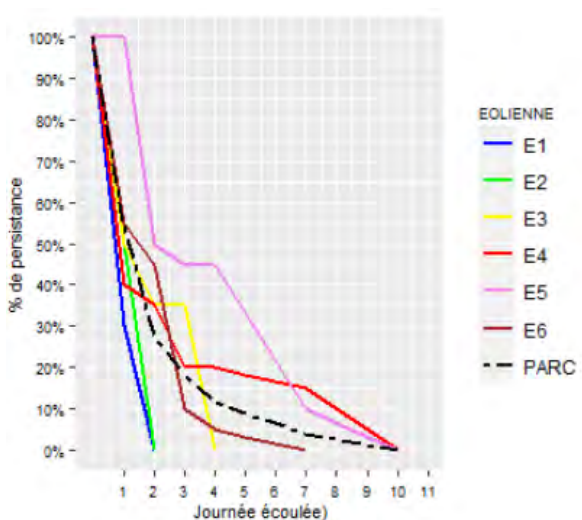
Graph. 54 : distribution des données la durée de la persistance printanière



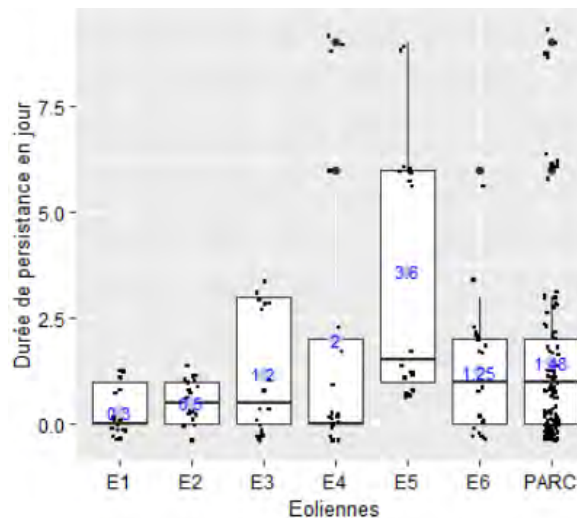
Graph. 55 : évolution de la persistance des cadavres au cours du test automnal



Graph. 56 : distribution des données durée de la persistance automnale



Graph. 57 : évolution de la persistance des cadavres associant les deux tests



Graph. 58 : distribution des données de durée de la persistance automnale associant les deux tests

D - Mortalité

1 - Avifaune

a - Liste des espèces

Au total, sur 115 contrôles d'éoliennes répartis sur 20 sessions et sur 6 éoliennes, 3 cas de mortalité d'Oiseaux sont répertoriés durant le suivi du parc éolien (Tableau 35, Annexe I : Photo. 5 à Photo. 7).

Ordre	Famille	Nom vernaculaire	Éolienne	Date	Protocole	Nombre
Caprimulgiformes	Apodidae	Martinet noir	E2	28/07/2022	Suivi de la mortalité	1
Caprimulgiformes	Apodidae	Martinet noir	E2	04/08/2022	Suivi de la mortalité	1
Columbiformes	Columbidae	Pigeon ramier	E2	28/07/2022	Suivi de la mortalité	1
Total						3

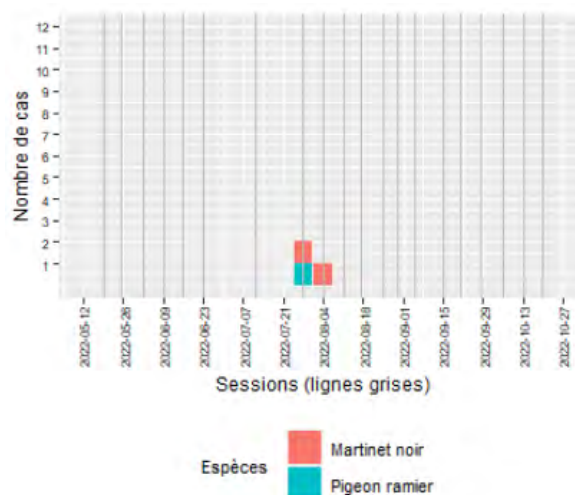
Tableau 35 : cas de mortalité d'Oiseaux répertoriés en 2022

Tous les cas sont répertoriés durant le protocole de suivi. Ils concernent deux espèces : le Martinet noir avec deux cas, et le Pigeon ramier.

b - Analyse par mois

La mortalité est constatée entre la fin juillet et le début du mois d'août.

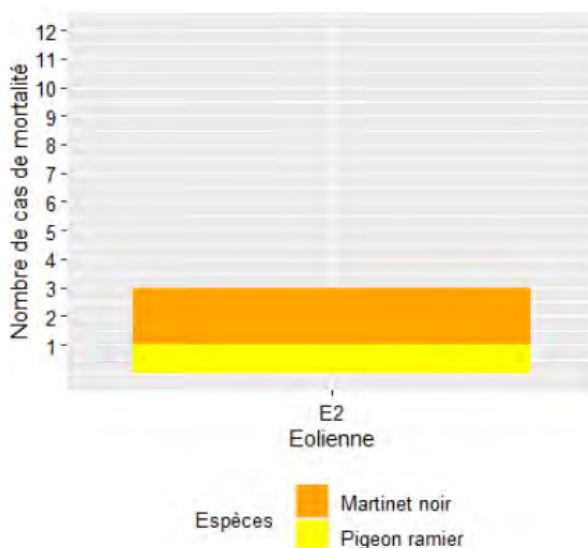
Elle concerne la période de fin de reproduction des Oiseaux nicheurs, et la phase migratoire du Martinet noir (Graph. 59).



Graph. 59 : apparition des cas de mortalité d'Oiseaux en fonction des espèces

c - Analyse par éolienne

Les cas de mortalité ne concernent que l'éolienne E2 (Graph. 60)

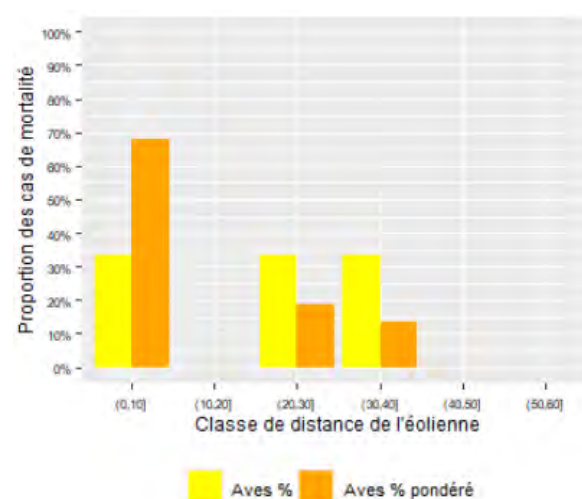


Graph. 60 : apparition des cas de mortalité d'Oiseaux en fonction des éoliennes en 2022

d - Analyse par éloignement du mât

Les cas de mortalité sont localisés entre 0 et 10 m, 20 et 30 m et 30 et 40 m de l'axe de l'éolienne, (Graph. 61).

La correction par pondération confirme la tendance à collecter en plus grand nombre des cas de mortalité à proximité du mât.



Graph. 61 : distribution des cas de mortalité des Oiseaux en fonction de l'éloignement du mât de l'éolienne en 2022

e - Application des taux correcteurs

À partir de l'application des différents taux de correction (taux de surface accessible, taux d'efficacité du chercheur, taux de persistance des cadavres, pas de temps entre chaque session) dans les équations de Erickson, Jones et Huso, les valeurs minimales et maximales correctives sont calculées (Tableau 36) :

- Nombre brut : 3 ;
- Nombre corrigé minimal à l'échelle du parc : 5,2 ;
- Nombre corrigé maximal à l'échelle du parc : 13,9.

Éolienne	N cas brut	Taux surface accessible moyen	Taux d'efficacité moyen	Durée de l'intervalle en jours	Durée de persistance moyenne	N cas Erickson	N cas Huso	N cas Jones
E1	0	0,64	0,81	1,00	0,30	0,00	0,00	13,86
E2	3	0,72	0,82	1,00	0,50	10,20	11,80	0,00
E3	0	0,67	0,72	1,00	1,20	0,00	0,00	0,00
E4	0	0,69	0,74	1,44	2,00	0,00	0,00	0,00
E5	0	0,56	0,76	1,50	3,60	0,00	0,00	0,00
E6	0	0,70	0,75	1,29	1,25	0,00	0,00	10,66
PARC	3	0,66	0,77	1,29	1,48	5,15	10,46	13,86

Tableau 36 : nombres de cadavres d'Oiseaux et nombres corrigés en fonction des éoliennes pour 2022

Calculé au niveau de l'éolienne E2, ces nombres corrigés seraient plus élevés. À l'échelle du parc, le taux de persistance est supérieur, ce qui diminue le poids de la correction.

f - Statuts réglementaires et conservatoires

Seul le Martinet noir est une espèce protégée avec un niveau de conservation élevé, considéré comme nicheur quasi menacé en France (Tableau 37).

Espèce	Type de statut	Classement	Niveau du statut de protection	Niveau du statut de conservation	Période
Martinet noir	LRN	NT	-	Fort	Reproduction
Martinet noir	PN	NO3	Fort	-	Toute l'année
Pigeon ramier	-	-	-	Faible	-

DH : Directive Habitats

CDH2 : espèce d'intérêt communautaire, visée à l'annexe II de la Directive Habitats ;

CDH4 : engagement des pays membres dans la protection des espèces visées à l'annexe 4 de la Directive Habitats ;

PN : Protection Nationale

NM2 : espèce listée dans l'arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection

LR : Liste Rouge des espèces menacées en France (LRN) ou en région (LRR)

DD : statut indéterminé, LC : préoccupation mineure, NT : quasi-menacée, Vu : menacée vulnérable, CR : en danger critique

ZDET : ZNIEFF déterminante (ZNIEFF : Zone Nationale d'intérêt Écologique, Faunistique et Floristique)

Dét. : espèces déterminantes en région

Tableau 37 : statuts de protection et de conservation des espèces d'Oiseaux répertoriées parmi les cas de mortalité

2 - Chiroptères

a - Liste des espèces

Au total, sur 115 contrôles d'éoliennes répartis sur 20 sessions et sur 6 éoliennes, aucun cas de mortalité de Chiroptères n'est répertorié.

b - Analyse par mois

En l'absence de cas de mortalité, ce chapitre n'est pas développé.

c - Analyse par éolienne

En l'absence de cas de mortalité, ce chapitre n'est pas développé.

d - Application des taux correcteurs

En l'absence de cas de mortalité, ce chapitre n'est pas développé.

e - Statuts réglementaires et conservatoires

En l'absence de cas de mortalité, ce chapitre n'est pas développé.

E - Conclusion

La mortalité est faible pour l'Avifaune et se limite à une espèce très commune, le Pigeon ramier, et à une espèce qui compte parmi les espèces les plus couramment observées sous les parcs éoliens, le Martinet noir⁸. Ainsi, le parc éolien n'a pas d'impact sur la conservation des populations d'Oiseaux.

La mortalité des Chiroptères est nulle. Elle confirme les très faibles à faibles risques de mortalité évalués grâce à l'étude acoustique des Chiroptères. Le parc éolien ne génère donc pas non plus d'impact sur la conservation des populations de Chiroptères.

⁸ MARX, 2017 – Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune – Étude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015 - LPO

Partie 4 - CONCLUSIONS

I - L'AVIFAUNE

Le suivi de la mortalité, mené durant 20 sessions, impliquant 115 contrôles répartis sur 6 éoliennes, aboutit à la découverte de seulement 3 cas de mortalités. Ces trois cas concernent deux espèces, le Martinet noir pour deux d'entre eux et le Pigeon ramier. Ce parc n'évoque pas d'impact sur le bon état de conservation des populations d'Oiseaux.

II - LES CHIROPTÈRES

L'activité des Chiroptères est suivie au pied de l'éolienne E5 à 4 m de hauteur et sous sa nacelle à 78 m de hauteur. Sous la nacelle les niveaux de fréquentation des Chiroptères sont très faibles, le suivi de la mortalité a abouti à l'absence de constat de mortalité. Il confirme le risque très faible de mortalité depuis la hauteur de garde de l'éolienne Vestas V80, à 38 m de hauteur.

Le suivi de l'activité au pied de l'éolienne E5 apporte des niveaux de fréquentation nettement plus importants. Si l'activité à hauteur de la nacelle concernait 6 à 7 espèces, en majorité des Pipistrelles et des Noctules, au pied de l'éolienne E5 la diversité est nettement plus importante et concerne par ailleurs d'autres espèces : en particulier le Murin à moustaches, la Barbastelle d'Europe (contactée une seule fois sous la nacelle) et l'Oreillard gris. D'autres espèces nettement moins fréquentes viennent compléter ce cortège. Quelle que soit la hauteur, l'activité des Noctules reste très faible. L'hypothèse avancée est que la position de l'éolienne E5 entre deux petits boisements pourrait motiver des déplacements car ces zones représentent des sites attractifs pour les Chiroptères. Ainsi, malgré le milieu peu favorable dans lequel est implantée E5, des enjeux chiroptérologiques sont relevés à son pied. Ces enjeux de conservation chiroptérologiques concernent principalement la Pipistrelle commune, le Murin à moustaches, la Barbastelle d'Europe, la Sérotine commune et la Pipistrelle de Nathusius.

En conclusion, étant donné le très faible risque de mortalité indiqué dans le paragraphe précédent, nous pouvons considérer que le parc éolien de La Butte des Fraus a un impact négligeable sur les populations de Chiroptères.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1 : nombre de sessions de suivi de l'activité à hauteur de rotor et au sol et durées des fonctionnements, des nuits et des écoutes nocturnes, par mois	9
Tableau 2 : exemple de conversion de séquences en unités de mesure de l'activité	14
Tableau 3 : méthode d'évaluation du niveau de fréquentation	18
Tableau 4 : méthode d'évaluation du niveau d'enjeu chiroptérologique conservatoire	18
Tableau 5 : sessions de suivi de la mortalité, observateurs et contrôles d'éoliennes réalisés ..	19
Tableau 6 : date de contrôle de la persistance des cadavres durant le test printemps, fin de l'été	22
Tableau 7 : date de contrôle de la persistance des cadavres durant le test de fin de l'été, automne	22
Tableau 8 : nombre de contacts par espèce ou groupe d'espèces de Chiroptères et par hauteur d'écoute	26
Tableau 9 : indices de diversité en fonction des points	42
Tableau 10 : indices de diversité en fonction des points et des mois	42
Tableau 11 : indices de densité en fonction des points	44
Tableau 12 : indices de densité en fonction des points et des mois	44
Tableau 13 : indices de densité spécifique au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)	47
Tableau 14 : indices de densité spécifique sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)	47
Tableau 15 : résultats des tests de mesure des différences entre les densités moyennes spécifiques mesurées au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur) et sous sa nacelle (78 m de hauteur)	47
Tableau 16 : coefficients de corrélation spécifiques entre le nombre de contacts mesurés par nuit au pied de l'éolienne E5 à 4 m de hauteur et sous sa nacelle à 78 m de hauteur	48
Tableau 17 : niveau de fréquentation des Chiroptères au pied de E5 (4 m de hauteur)	49
Tableau 18 : niveau de fréquentation des Chiroptères sous la nacelle de E5 (78 m de hauteur)	50
Tableau 19 : valeurs mensuelles des proportions de nuit écoulée pour différents quantiles de données d'activité, toutes espèces confondues, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)	55
Tableau 20 : durées mensuelles en heure de nuit écoulée pour différents quantiles de données d'activité, toutes espèces confondues, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)	56
Tableau 21 : valeurs mensuelles des proportions de nuit écoulé pour différents quantiles de données d'activité, toutes espèces confondues, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)	57
Tableau 22 : comparaison des valeurs mensuelles des proportions de nuits écoulées pour le quantile 90, toutes espèces confondues	58
Tableau 23 : durées mensuelles en heure de nuit écoulée pour différents quantiles de données d'activité, toutes espèces confondues, au pied de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)	58
Tableau 24 : valeurs mensuelles des températures en °C pour différents quantiles de données d'activité, toutes espèces confondues, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)	59
Tableau 25 : valeurs mensuelles des températures en °C pour différents quantiles de données d'activité, toutes espèces confondues, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)	62
Tableau 26 : comparaison des valeurs mensuelles des températures pour le quantile 90, toutes espèces confondues	63
Tableau 27 : valeurs mensuelles des vitesses du vent (mesurée à 78 m de hauteur en m/s) pour différents quantiles de données d'activité, toutes espèces confondues, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)	64

Tableau 28 : valeurs mensuelles des vitesses du vent (mesurée à 78 m de hauteur en m/s) pour différents quantiles de données d'activité, toutes espèces confondues, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur).....	67
Tableau 29 : comparaison des valeurs mensuelles des vitesses du vent (mesurée à 78 m de hauteur en m/s), pour le quantile 90, toutes espèces confondues.....	68
Tableau 30 : valeurs de l'orientation du vent (en degré), (mesurées à 78 m de hauteur en m/s) pour différents quantiles de données d'activité, toutes espèces confondues, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur).....	69
Tableau 31 : valeurs mensuelles de l'orientation du vent (en degré), pour différents quantiles de données d'activité, toutes espèces confondues, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur).....	71
Tableau 32 : statuts de protection et de conservation des espèces de Chiroptères.....	73
Tableau 33 : niveaux d'enjeux chiroptérologiques au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur).....	74
Tableau 34 : niveaux d'enjeux chiroptérologiques sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur).....	74
Tableau 35 : cas de mortalité d'Oiseaux répertoriés en 2022	80
Tableau 36 : nombres de cadavres d'Oiseaux et nombres corrigés en fonction des éoliennes pour 2022.....	82
Tableau 37 : statuts de protection et de conservation des espèces d'Oiseaux répertoriées parmi les cas de mortalité	82

INDEX DES GRAPHIQUES

Graph. 1 : proportion des contacts enregistrés pour chaque espèce en 2022	27
Graph. 2 : fréquentation journalière des groupes de Chiroptères au cours de chaque nuit durant l'année au niveau du sol (4 m de hauteur)	28
Graph. 3 : fréquentation journalière des espèces de Pipistrelles durant l'année au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur).....	29
Graph. 4 : fréquentation journalière des espèces de Noctules et Sérotines durant l'année au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)	30
Graph. 5 : fréquentation journalière des Murins, de la Barbastelle d'Europe et des Oreillards durant l'année au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)	31
Graph. 6 : fréquentation journalière des groupes de Chiroptères durant l'année sous la nacelle de E5 (78 m).....	32
Graph. 7 : fréquentation journalière des espèces de Pipistrelles durant l'année sous la nacelle de E5 (78 m).....	33
Graph. 8 : fréquentation journalière des espèces de Noctules et Sérotines durant l'année sous la nacelle de E5 (78 m).....	34
Graph. 9 : fréquentation journalière des Murins, de la Barbastelle d'Europe et des Oreillards durant l'année sous la nacelle de E5 (78 m).....	35
Graph. 10 : fréquentation mensuelle durant toute la période de suivi des Chiroptères au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur).....	38
Graph. 11 : fréquentation mensuelle durant toute la période de suivi des Chiroptères sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur).....	39
Graph. 12 : couverture moyenne des sessions durant toute la période de suivi des Chiroptères au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)	40
Graph. 13 : couverture moyenne des sessions durant toute la période de suivi des Chiroptères sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur).....	41
Graph. 14 : distribution de la diversité par nuit sur chaque point	42
Graph. 15 : distribution de la diversité par nuit pour chaque mois et sur chaque point.....	43
Graph. 16 : distribution de la densité par nuit sur chaque point.....	44
Graph. 17 : distribution de la densité par nuit pour chaque mois et sur chaque point	45

Graph. 18 : distribution de la densité spécifique par nuit sur chaque point	46
Graph. 19 : distribution des données d'activité en fonction des points d'écoute (au pied de l'éolienne E5 à 4 m de hauteur et sous sa nacelle à 78 m de hauteur)	48
Graph. 20 : graphique d'analyse en composante principale des variables au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)	52
Graph. 21 : graphique d'analyse en composante principale des variables sous la nacelle de E5 (78 m de hauteur)	52
Graph. 22 : graphique d'analyse en composante principale des données de 10 minutes au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)	54
Graph. 23 : graphique d'analyse en composante principale des données de 10 minutes sous la nacelle de E5 (78 m de hauteur)	54
Graph. 24 : densité de l'activité en fonction de la proportion de nuit écoulée, durant toute la période d'étude au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)	55
Graph. 25 : courbe de proportion des données en fonction de la proportion de nuit écoulée, toutes espèces confondues, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)	55
Graph. 26 : densité de l'activité en fonction de la proportion de nuit écoulée durant chaque mois, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)	56
Graph. 27 : densité de données d'activité en fonction de la proportion de nuit écoulée, durant toute la période d'étude sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)	57
Graph. 28 : courbe de proportion des données en fonction de la proportion de nuit écoulée, toutes espèces confondues, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)	57
Graph. 29 : densité des données d'activité en fonction de la proportion de nuit écoulée durant chaque mois, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)	58
Graph. 30 : densité de l'activité en fonction de la température, durant toute la période d'étude au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)	59
Graph. 31 : courbe de proportion des données en fonction de la température (°C), toutes espèces confondues, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)	60
Graph. 32 : densité de l'activité en fonction de la température durant chaque mois, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)	61
Graph. 33 : densité de données d'activité en fonction de la température, durant toute la période d'étude sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)	62
Graph. 34 : courbe de proportion des données en fonction température (°C), toutes espèces confondues, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)	62
Graph. 35 : densité des données d'activité en fonction de la température durant chaque mois, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)	63
Graph. 36 : densité de l'activité en fonction de la vitesse du vent (mesurée à 78 m de hauteur en m/s), durant toute la période d'étude au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)	64
Graph. 37 : courbe de proportion des données en fonction de la vitesse du vent (mesurée à 78 m de hauteur en m/s), toutes espèces confondues, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)	65
Graph. 38 : densité de l'activité en fonction de la vitesse du vent (mesurée à 78 m de hauteur en m/s), durant chaque mois, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)	66
Graph. 39 : densité de données d'activité en fonction de la vitesse du vent (mesurée à 78 m de hauteur en m/s), durant toute la période d'étude sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)	67
Graph. 40 : courbe de proportion des données en fonction de la vitesse du vent (mesurée à 78 m de hauteur en m/s), toutes espèces confondues, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)	67
Graph. 41 : densité des données d'activité en fonction de la vitesse du vent (mesurée à 78 m de hauteur en m/s), durant chaque mois, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur)	68
Graph. 42 : densité de l'activité en fonction de l'orientation du vent (en degré), durant toute la période d'étude au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)	69

Graph. 43 : densité de l'absence d'activité en fonction de l'orientation du vent (en degré), durant toute la période d'étude au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur).....	69
Graph. 44 : courbes de proportion des données en fonction de l'orientation du vent (en degré), toutes espèces confondues, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur)	70
Graph. 45 : densité de l'activité en fonction de l'orientation du vent (en degré), durant chaque mois, au pied de l'éolienne E5 (4 m de hauteur).....	70
Graph. 46 : densité de données d'activité en fonction de l'orientation du vent (en degré), durant toute la période d'étude sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur).....	71
Graph. 47 : courbes de proportion des données en fonction de l'orientation du vent (en degré), toutes espèces confondues, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur).....	71
Graph. 48 : densité des données d'activité en fonction de l'orientation du vent (en degré), durant chaque mois, sous la nacelle de l'éolienne E5 (78 m de hauteur).....	72
Graph. 49 : évolution de la proportion de surface prospectée par éolienne en 2022	77
Graph. 50 : distribution des proportions accessibles sous éolienne	77
Graph. 51 : évolution de l'efficacité du chercheur sous éolienne en 2022	77
Graph. 52 : distribution des taux d'efficacité sous éolienne	77
Graph. 53 : évolution de la persistance des cadavres au cours du test printanier	79
Graph. 54 : distribution des données la durée de la persistance printanière	79
Graph. 55 : évolution de la persistance des cadavres au cours du test automnal	79
Graph. 56 : distribution des données durée de la persistance automnale	79
Graph. 57 : évolution de la persistance des cadavres associant les deux tests	79
Graph. 58 : distribution des données de durée de la persistance automnale associant les deux tests.....	79
Graph. 59 : apparition des cas de mortalité d'Oiseaux en fonction des espèces.....	80
Graph. 60 : apparition des cas de mortalité d'Oiseaux en fonction des éoliennes en 2022	81
Graph. 61 : distribution des cas de mortalité des Oiseaux en fonction de l'éloignement du mât de l'éolienne en 2022	81

INDEX DES CARTES

Carte 1 : localisation du parc éolien de Ménéac.....	6
Carte 2 : localisation du parc éolien sur vue aérienne.....	7
Carte 3 : parcours de suivi de la mortalité et milieux concernés.....	20

INDEX DES PHOTOGRAPHIES

Photo. 1 : Batcorder GSM, module 4G et micro-disque installé sur le plancher de la nacelle de E5 (20/03/2022, O-GEO).....	10
Photo. 2 : installation du micro-disque à 4 m de hauteur sur le mât de l'éolienne E5 (20/03/2022, O-GEO)	11
Photo. 3 : équipement de suivi de l'activité des Chiroptères au sol installé à 4 m de hauteur sur le mât de l'éolienne E5 (20/03/2022, O-GEO)	11
Photo. 4 : paysage ouvert sur de grandes parcelles cultivées, à l'ouest de E5 (20/03/2022, O-GEO)	11
Photo. 5 : cas de mortalité de Pigeon ramier sous E2 (O-GEO, 28/07/2022).....	89
Photo. 6 : cas de mortalité de Martinet noir sous E2 (O-GEO, 28/07/2022)	89
Photo. 7 : cas de mortalité de Martinet noir sous E2 (O-GEO, 04/08/2022)	89

ANNEXES

ANNEXE I - PHOTOS DES CAS DE MORTALITÉ RECENSÉS



Photo. 5 : cas de mortalité de Pigeon ramier sous E2 (O-GEO, 28/07/2022)



Photo. 6 : cas de mortalité de Martinet noir sous E2 (O-GEO, 28/07/2022)



Photo. 7 : cas de mortalité de Martinet noir sous E2 (O-GEO, 04/08/2022)