



O-GEO

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

Parc éolien en mer de Saint-Nazaire Saint-Nazaire (44)

**Suivi de l'activité et du comportement des
Chiroptères en mer - Années 2022-2023**

Septembre 2024



CADRE ADMINISTRATIF

Projet Suivi de l'activité et du comportement des Chiroptères en mer - Années 2022-2023

Commune Saint-Nazaire

Département Loire-Atlantique (44)

Maître d'ouvrage Société Parc du Banc de Guérande
43 Boulevard des Bouvets
CS 90310
92741 NANTERRE CEDEX

Maître d'œuvre EDF-RE
43 Boulevard des Bouvets
CS 90310
92741 NANTERRE CEDEX

Référent Nathalie TERTRE (nathalie.tertre@edf-re.fr)

Sujet du rapport Rapport de suivi du parc éolien :
Suivi de l'activité et du comportement des Chiroptères à 25 mètres au-dessus de la mer et à 31,5 m au phare des Grands Cardinaux

Période d'étude Septembre 2022 à novembre 2023

Réalisation du rapport Philippe PROUX (accompagnement technique)
Fanny COULON (analyse des séquences, analyse statistiques, rédaction)
Laurent GOURET (encadrement, programmation Rstudio, relecture)
Dorine BODIN (relecture)

Dates des rendus 04/04/2024
29/05/2024
13/06/2024
22/07/2024
30/09/2024

Nombre de pages 86

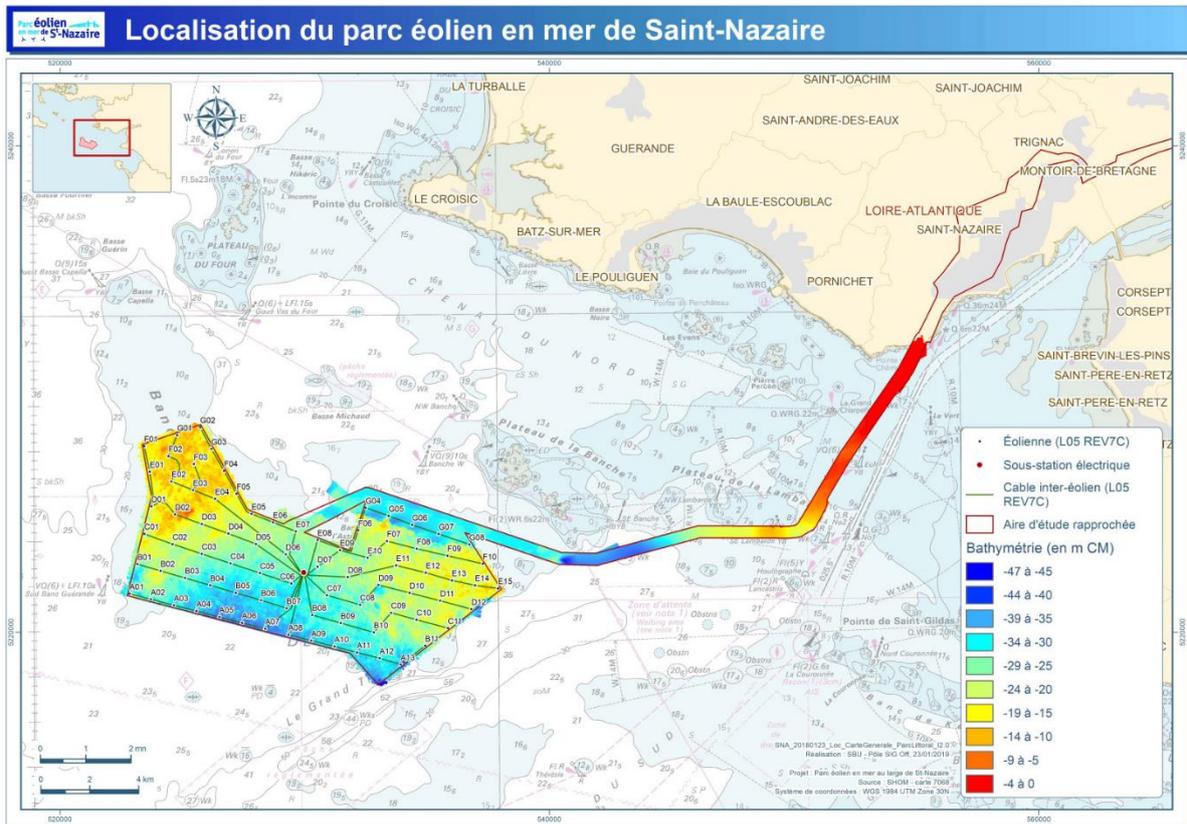
Partie 1 - INTRODUCTION.....	5
I - LOCALISATION DU PARC ÉOLIEN.....	5
II - DESCRIPTION DU PARC ÉOLIEN.....	6
III - HISTORIQUE DU SUIVI ET MISSIONS.....	7
A - Évolution de la mesure MSU11.....	7
B - Missions du bureau d'étude O-GEO.....	7
Partie 2 - MÉTHODOLOGIE.....	8
I - O-GEO.....	8
II - LES POINTS D'ÉCOUTE.....	9
A - Les éoliennes.....	9
B - Au phare des Grands Cardinaux, à 31,5 mètres au-dessus du niveau de la mer.....	10
III - MATÉRIELS DE DÉTECTION ET D'ENREGISTREMENT.....	13
IV - FONCTIONNEMENT DES APPAREILS.....	13
A - Sessions de fonctionnement.....	13
B - Évolution quotidienne des enregistrements.....	15
C - Pics de fréquence séquences enregistrées.....	17
D - Fonctionnement des micros.....	19
V - SESSIONS DE SUIVI VALIDÉES PAR POINT D'ÉCOUTE.....	21
VI - LOGICIELS D'ANALYSE.....	23
A - Logiciel d'identification des séquences.....	23
B - Logiciel de traitement des séquences.....	23
VII - DÉTERMINATION DES ESPÈCES.....	23
VIII - TRAITEMENT DES DONNÉES.....	24
A - De l'enregistrement à l'unité de mesure de l'activité.....	24
1 - De l'enregistrement à la séquence.....	24
2 - De la séquence à l'unité de mesure de l'activité.....	24
a - Le contact.....	24
b - La minute positive.....	24
c - Les 10 minutes positives.....	24
d - Notion de flux d'activité et non de flux d'individus.....	25
B - Par espèce ou groupe d'espèces.....	25
1 - Analyse par espèces.....	25
2 - Analyse par taxon ou groupe d'espèces.....	25
C - Les unités d'analyse.....	26
1 - L'unité session.....	26
2 - L'unité 10 minutes.....	26
D - Les données d'analyse.....	26
IX - L'ANALYSE DU COMPORTEMENT DES CHIROPTÈRES.....	27
A - Description de la fréquentation au cours de l'année.....	27
B - Analyse de la diversité et densité à l'échelle du peuplement au cours de l'année.....	27
C - Les facteurs influençant l'activité des Chiroptères.....	27
D - Les niveaux de fréquentation.....	28
E - Activité en fonction des facteurs météorologiques.....	28
X - ENJEUX CHIROPTÉROLOGIQUES.....	29
Partie 3 - RÉSULTATS.....	30
I - LISTE DES ESPÈCES.....	30
II - COMPORTEMENT DES CHIROPTÈRES.....	32
A - Fréquentation journalière.....	32
1 - Préalable.....	32
2 - Toutes espèces.....	33
3 - Les Nyctaloïdes.....	33
4 - Les Pipistrelloïdes.....	37
B - Fréquentation mensuelle.....	38
1 - Préalable.....	38
2 - Toutes espèces et les groupes d'espèces.....	38
3 - Les Pipistrelloïdes.....	40
4 - Les Nyctaloïdes.....	41
C - Niveaux de densité et d'activité journalière.....	42
1 - Préalable.....	42
2 - Diversité.....	42
3 - Densité toutes espèces.....	44

4 - Densité spécifique	46
D - Niveau de fréquentation	47
E - Facteurs influençant le comportement des Chiroptères	51
1 - Données retenues	51
2 - La période de la nuit	51
3 - L'activité en fonction de la température	55
4 - L'activité en fonction de la vitesse du vent	57
a - Vitesse mesurée à hauteur de nacelle (100 m)	57
b - Vitesse calculée à hauteur de batlogger (25 m et 31,5 m)	61
5 - L'activité en fonction de l'orientation du vent	63
6 - L'activité en fonction de l'hygrométrie	65
7 - L'activité en fonction de la pression atmosphérique	69
8 - L'activité en fonction de la hauteur des vagues	73
9 - Facteurs retenus et leur poids	75
III - ENJEUX CHIROPTÉROLOGIQUES	77
A - Niveaux des statuts de protection et de conservation	77
B - Niveaux d'enjeux de conservation	78
Partie 4 - CONCLUSION	79
I - FONCTIONNEMENT DES BATLOGGERS	79
II - PREMIERS RÉSULTATS SOUS L'ÉOLIENNE G02 ET AU PHARE DES GRANDS CARDINAUX.....	79
1 - Fréquentation journalière et mensuelle	79
2 - Niveaux de densité, d'activité journalière et de fréquentation.....	80
III - FACTEURS INFLUENÇANT L'ACTIVITÉ DES CHIROPTÈRES	80
IV - PERSPECTIVES 2024	81
TABLE DES ILLUSTRATIONS	82
INDEX DES TABLEAUX	82
INDEX DES GRAPHIQUES	83
INDEX DES CARTES	84
INDEX DES PHOTOGRAPHIES	84
ANNEXE.....	86
ANNEXE I : PARAMÉTRAGE DES BATLOGGERS PENDANT LA PÉRIODE DE SUIVI 2022 – 2023	86

Partie 1 - INTRODUCTION

I - LOCALISATION DU PARC ÉOLIEN

Le parc éolien en mer de Saint-Nazaire est localisé au large de Saint-Nazaire, sur le banc de Guérande. Ce banc de hauts fonds est situé au sud-ouest de la presqu'île de Guérande à environ 12 km de la pointe du Croisic et de la pointe de Saint-Gildas, au large de l'embouchure de la Loire (département de la Loire-Atlantique, Carte 1).



Carte 1 : localisation du projet éolien en mer de Saint-Nazaire (source PBG)

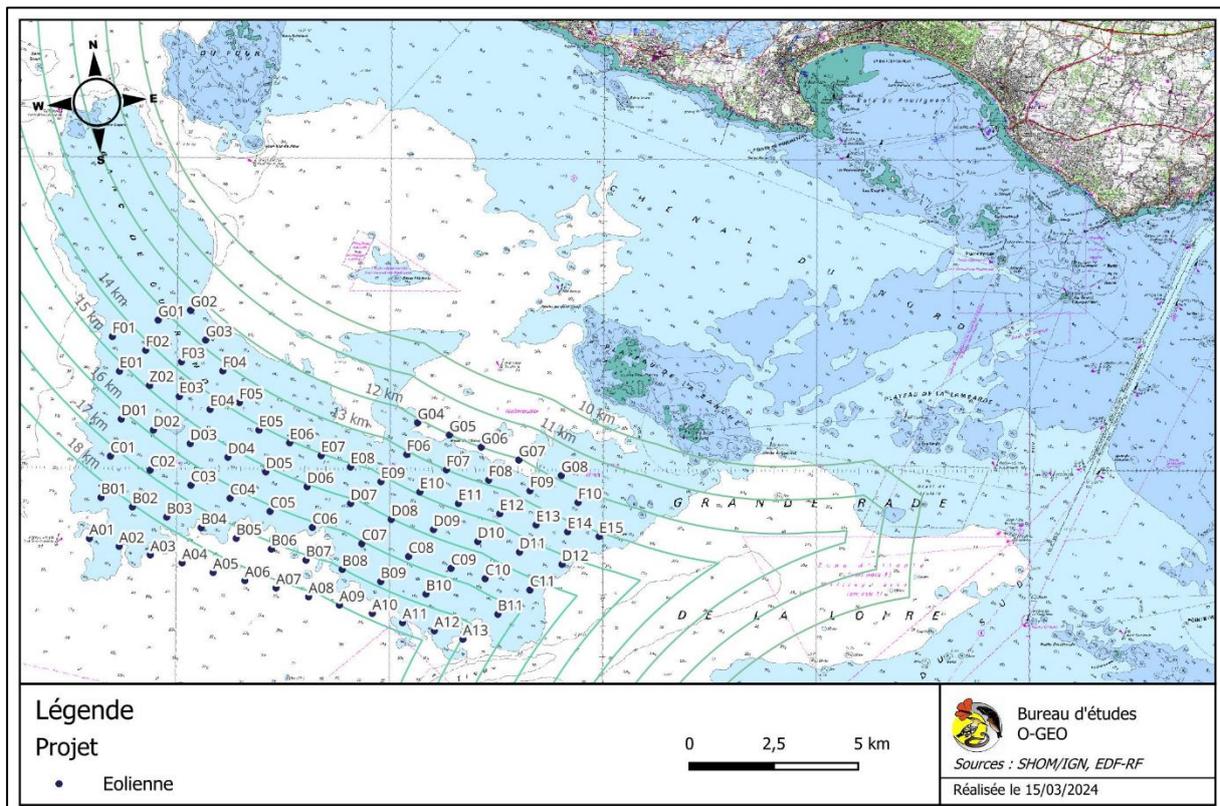
II - DESCRIPTION DU PARC ÉOLIEN

Le parc éolien en mer de Saint-Nazaire est détenu par la société de projet Parc du Banc de Guérande (PBG), dont le capital est partagé entre : EDF-RE et Maple Power.

Il est composé de 80 éoliennes Haliade 150 de 6 MW à fondation monopieux pour une puissance totale installée de 480 MW. Les éoliennes sont espacées de 1 km entre elles pour une superficie totale de 78 km² et sont situées entre 12 et 18 km des côtes (Carte 2). Ce parc éolien est en service depuis novembre 2022.

Les premières éoliennes ont été mise en service la 14 juillet 2022. Le parc éolien est entièrement opérationnel depuis novembre 2022.

Les éoliennes Haliade 150 installées sur le parc éolien de St Nazaire démarrent à partir d'une vitesse de vent de 3m/s (valeur à hauteur de nacelle). À cette vitesse, la rotation des pales est de 4 tours par minute.



Carte 2 : localisation des éoliennes du parc éolien sur vue scan littoral (source PBG)

III - HISTORIQUE DU SUIVI ET MISSIONS

A - Évolution de la mesure MSU11

Plusieurs étapes relatives au développement, à la mise en œuvre et à l'évolution de la mesure MSU11 – Suivi des Chiroptères ont été réalisés entre les années 2014 et 2022. Les étapes, et les documents de références associés, sont listées dans le tableau ci-dessous :

Année	Mois	Jalon - Rapport	Nom du document de référence
2014		Étude des Chiroptères pour la description de l'état initial du site	EOL-SN-EIE-Chiroptères
2015		Étude d'Impact Environnementale, incluant : <ul style="list-style-type: none">- L'identification des impacts au regard du projet prévu- Les mesures de réduction d'impact proposés- La proposition de mesures de suivi environnemental	cf. étude d'impact
2016	Mars	Arrêté préfectoral autorisant le projet de parc éolien en mer de Saint Nazaire, incluant la liste des mesures environnementales et de suivi à mettre en œuvre tout au long de la vie du projet	
2022	Mai	Protocoles de suivi validés en CTE	20220505_PBG_Protocole_MSU11_Chiropteres_PostCTE.docx
2022	Octobre	Réunion scientifique et technique de présentation de la méthodologie de suivi et de traitement des données récoltées	SNA_MSU11_Suivi Chiropteres_note methodologique_Post-RST du 20221012
2022	Décembre	Comité Technique Environnement : réception du rapport de Méthodologie d'analyse des données de suivi des Chiroptères	

Tableau 1 : historique du suivi des Chiroptères sur le site du parc éolien de Saint-Nazaire (source : EDF Renouvelables)

B - Missions du bureau d'étude O-GEO

En 2022, le bureau d'étude O-GEO est missionné pour réaliser une analyse des enregistrements acoustiques des Chiroptères à 25 mètres au-dessus de la mer, sur trois éoliennes, avant la mise en service complète du parc.

En 2023, le suivi de l'activité des Chiroptères est reconduit sur les mêmes éoliennes en phase d'exploitation. Un appareil est aussi placé sur le phare des Grands Cardinaux, situé en mer mais en dehors du parc éolien, qui sert de site de référence. Le bureau d'étude a été missionné pour réaliser l'analyse des séquences et l'analyse de l'activité au niveau du parc éolien et du phare des Grands Cardinaux.

Ainsi, le rapport présente les résultats du suivi des chiroptères au niveau du parc éolien et dans une zone témoin, pour la période couvrant septembre 2022 à novembre 2023, soit pendant la fin de construction et au cours de la première année d'exploitation du parc éolien.

Partie 2 - MÉTHODOLOGIE

I - O-GEO

À ce jour, aucun standard national n'a été élaboré pour l'analyse de l'activité des Chiroptères à hauteur d'éolienne.

L'unité de mesure n'est pas actée (contact, minutes positives, 10 minutes positives, etc.).

Les classes d'analyse, par heure, par nuit, par mois, ne sont pas non plus définies.

C'est pourquoi le bureau d'études O-GEO a défini une méthodologie complète et standardisée de l'ensemble de ses études de l'activité des Chiroptères sur les parcs éoliens.

Elles peuvent s'appuyer sur les différentes unités de mesure et les différentes classes d'analyse.

Cette standardisation intègre des programmes d'analyse sur Rstudio. Elle permet ainsi d'agréger les données de l'ensemble des études menées par O-GEO et de mettre en perspectives les caractéristiques des éoliennes suivies entre elles sur une ou plusieurs années.

II - LES POINTS D'ÉCOUTE

A - Les éoliennes

Les éoliennes E15, B07 et G02 ont été sélectionnées pour réaliser le suivi de l'activité des Chiroptères (Carte 4) :

- Éolienne côté façade littorale (nord-ouest) : G02 à 12,5 km de la côte ;
- Éolienne côté façade littorale et estuaire (est) : E15 à 13 km de la côte ;
- Éolienne côté grand large (sud) : B07, à 17 km de la côte, au centre du parc.

PBG a encadré le déploiement d'équipements d'écoute et d'enregistrement des chauves-souris sur la pièce de transition de fondations des trois éoliennes.

La hauteur du point d'écoute se situe à 25 m au-dessus du niveau moyen de la mer et côté océan. Ainsi, pour l'Haliade 150, l'activité peut en théorie être captée sous et dans les 2 tiers de la moitié inférieure du rotor. Cependant pour maintenir l'intégrité des micro face aux conditions climatiques, les micros ont été inclinés vers le bas, entre 45° (sous E15, Photo. 2), et 90° (sous B07 et G02, Photo. 1 Photo. 3). Ainsi, l'activité est essentiellement mesurée sous la hauteur de garde par rapport au niveau de la mer.



Photo. 1 : installation du micro sur l'éolienne B07
(02/03/2023)

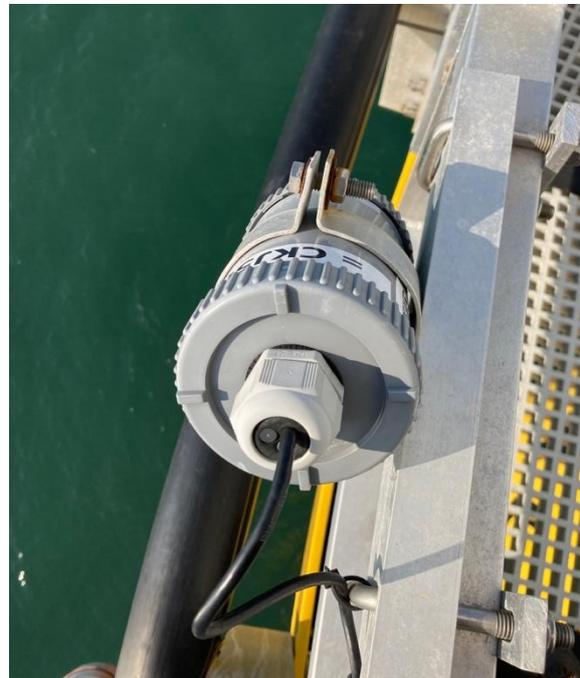


Photo. 2 : installation du micro sur l'éolienne E15
(02/03/2023)



Photo. 3 : installation du micro sur l'éolienne G02 (07/04/2023)

B - Au phare des Grands Cardinaux, à 31,5 mètres au-dessus du niveau de la mer

Pour comparer l'activité au sein du parc et en dehors du parc, le phare des Grands Cardinaux a été équipé d'un détecteur enregistreurs d'ultrasons.

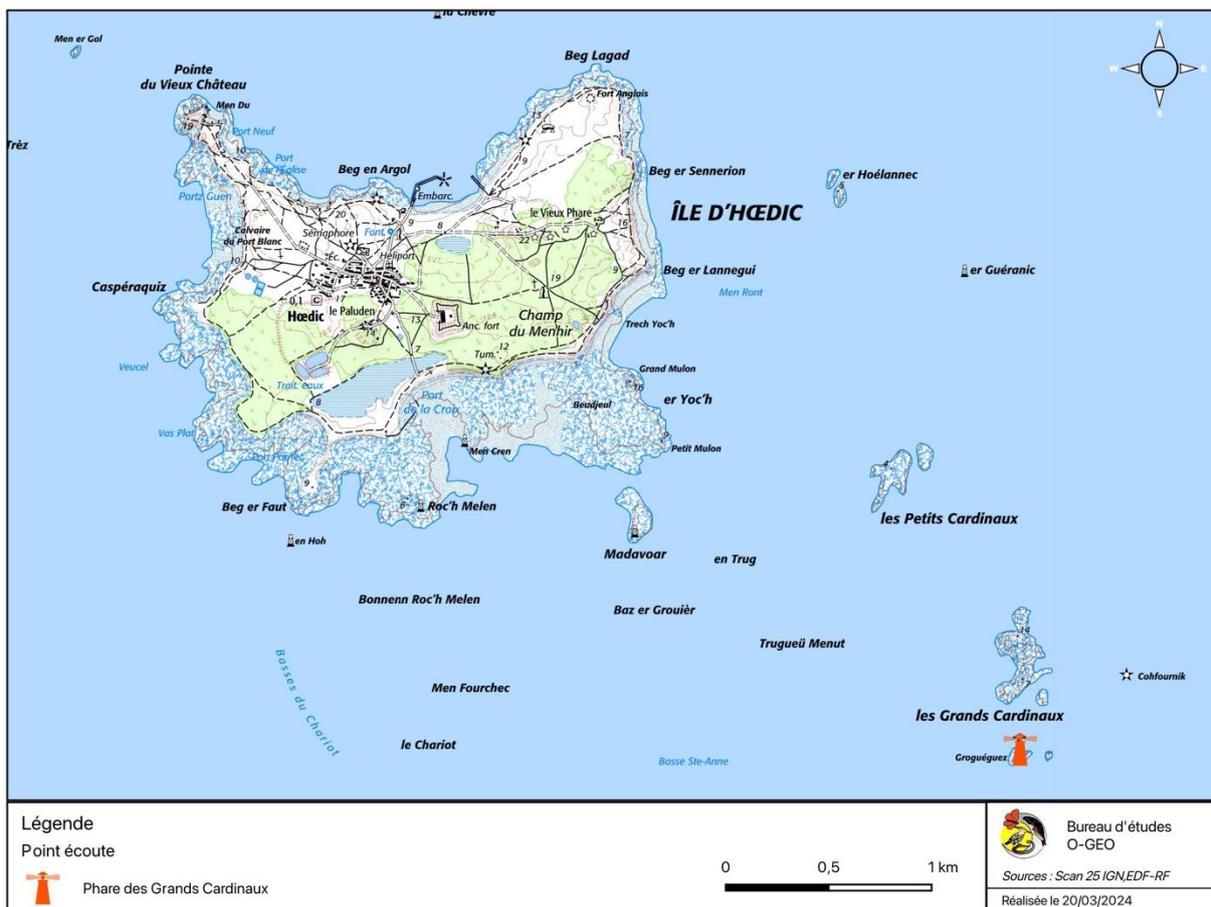
Le phare des Grand Cardinaux est situé au nord-ouest du parc éolien de Saint-Nazaire à environ 18 km de l'éolienne la plus proche G02 et 31 km de l'éolienne la plus éloignée E15. Le phare est localisé à 3 km au sud-est de l'île d'Hoëdic et à 19 km de la côte (Carte 3, Carte 4).

Dans le cadre du projet de recherche et d'expérimentation PIAFF&CO, porté par la fondation OPEN C et en partenariat avec le MNHN, du matériel d'écoute et d'enregistrement des Chiroptères a été déployé sur le phare.

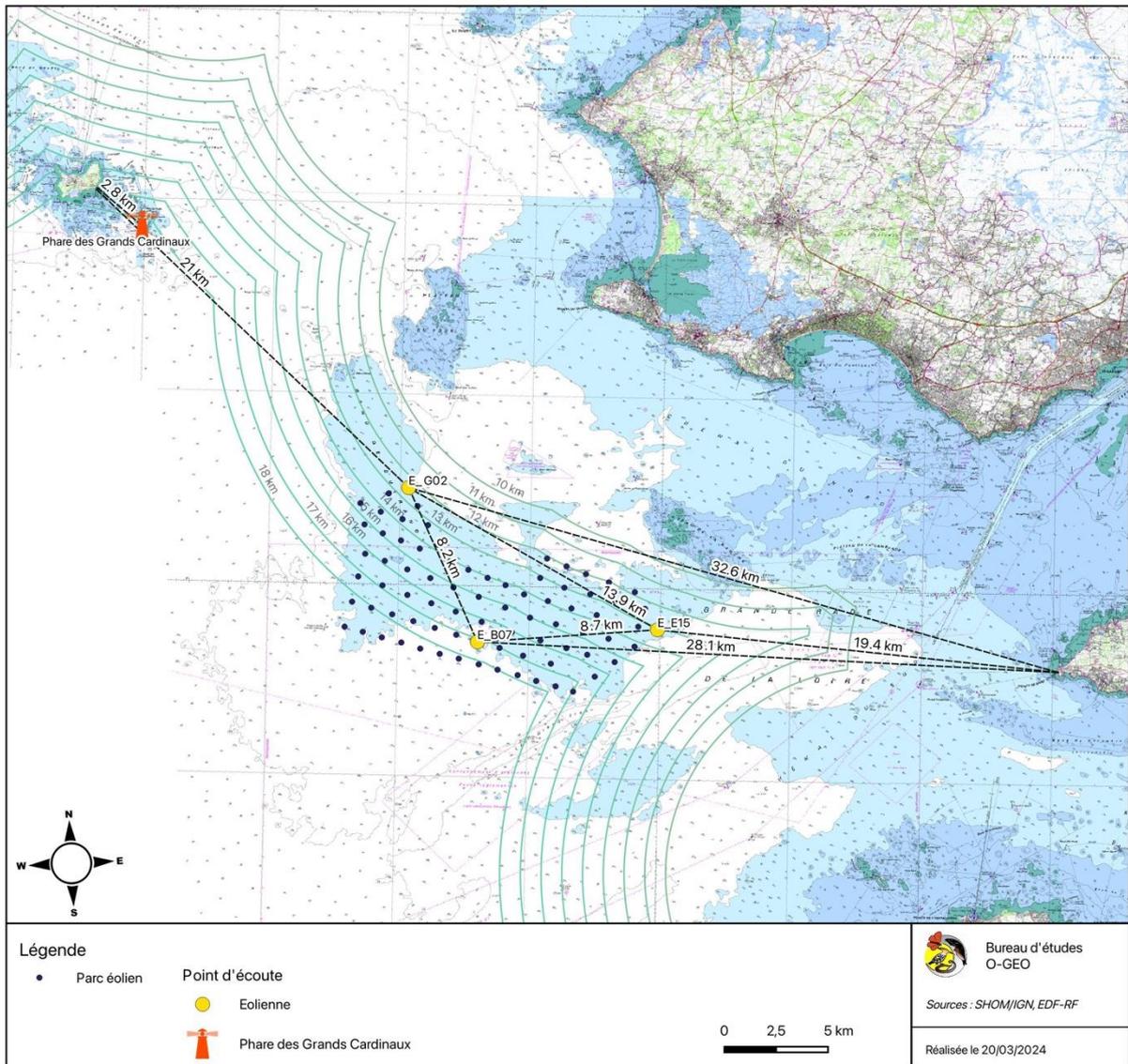
La hauteur du point d'écoute se situe à 31,5 m au-dessus du niveau de la mer.



Photo. 4 : phare des Grands Cardinaux et hauteur de l'emplacement du Batlogger WEX1 (source : Wikipédia)



Carte 3 : localisation du phare des Grands Cardinaux



Carte 4 : localisation des différents points d'écoute de l'activité des Chiroptères

III - MATÉRIELS DE DÉTECTION ET D'ENREGISTREMENT

La technologie suisse Elekon est utilisée dans le suivi de l'activité des Chiroptères à travers l'utilisation du Batlogger WEX1.

PBG s'est chargé de transmettre les données à O-GEO.



Figure 1 : le Batlogger WEX1
(source Elekon)

IV - FONCTIONNEMENT DES APPAREILS

A - Sessions de fonctionnement

L'analyse de l'activité s'appuie sur un nombre de session de suivi. Une session correspond à une nuit d'écoute en continue et sur toute la durée de la nuit. Le terme de session est utilisée dans toutes les études menées par O-GEO et une session ne correspond pas dans chaque protocole à une nuit complète.

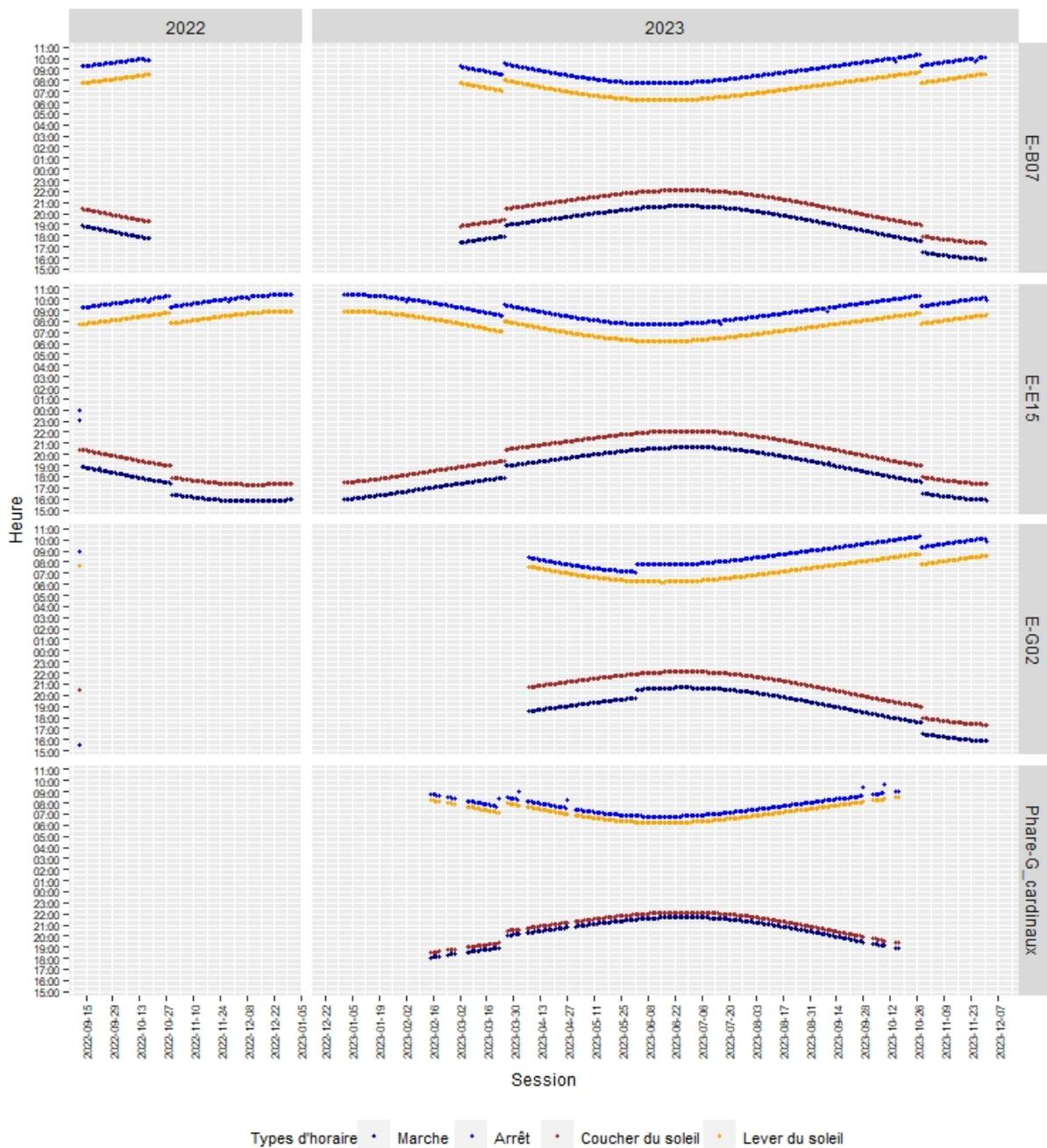
Pour chaque période de suivi, le Batlogger WEX1 produit un fichier .txt qui incrémente différentes données de fonctionnement de ce dernier (exemple : BATREC_0112.txt).

Pour diagnostiquer l'activation et la désactivation quotidienne des Batloggers WEX1, l'ensemble des fichiers .txt a été analysé à l'aide d'un premier programme élaboré sur Rstudio par le bureau d'études O-GEO. Ce programme permet d'agréger plusieurs milliers de données d'activation de test du micro avant et après le coucher du soleil.

Les heures de réalisation des tests sont illustrées dans le graphique suivant (Graph. 1). Pour chaque sous-graphique, les valeurs en bas sont associées à la tombée de la nuit et celle en haut au lever du jour. Les heures du lever et du coucher du soleil sont aussi indiquées. Elles permette de s'assurer que les écoutes commencent avant le coucher du soleil et finissent après son lever.

L'étude de l'activité à 25 mètres de hauteur sur les trois éoliennes s'est déroulée au cours de deux années : du 12 septembre 2022 au 08 novembre 2023. Le suivi de l'activité sur le phare des Grands Cardinaux a débuté le 06 mars 2023 jusqu'au 16 octobre 2023. Cependant, toute la période n'est pas couverte par le fonctionnement des appareils :

- Le fonctionnement du Batlogger WEX1 sur B07 ne couvre pas toute la fin de l'année 2022, mais couvre l'année 2023 de mars à novembre ;
- Le fonctionnement du Batlogger WEX1 sur E15 couvre l'ensemble de la période de suivi sur 2022 et 2023 ;
- Le fonctionnement du Batlogger WEX1 sur G02 couvre la période d'avril à novembre 2024. L'heure de déclenchement des tests a été ajusté une heure avant le coucher du soleil durant le mois de mai ;
- Le fonctionnement du Batlogger WEX1 du phare des Grands Cardinaux couvre la période de mars à fin octobre 2023.



Nombre de fichiers de fonctionnement : 19
 Nombre de données compilées : 11373

Graph. 1 : fonctionnement des appareils, par point d'écoute, en 2022 et 2023

B - Évolution quotidienne des enregistrements

Quotidiennement, les Batlogger WEX1 font état de leur fonctionnement dans des fichiers spécifiques .csv (exemple du nom de fichier : BL20221001_PBG.csv).

Ils comptabilisent régulièrement au cours de la nuit :

- Le nombre de séquences enregistrées ;
- Les conditions météorologiques (température, pression, hygrométrie)

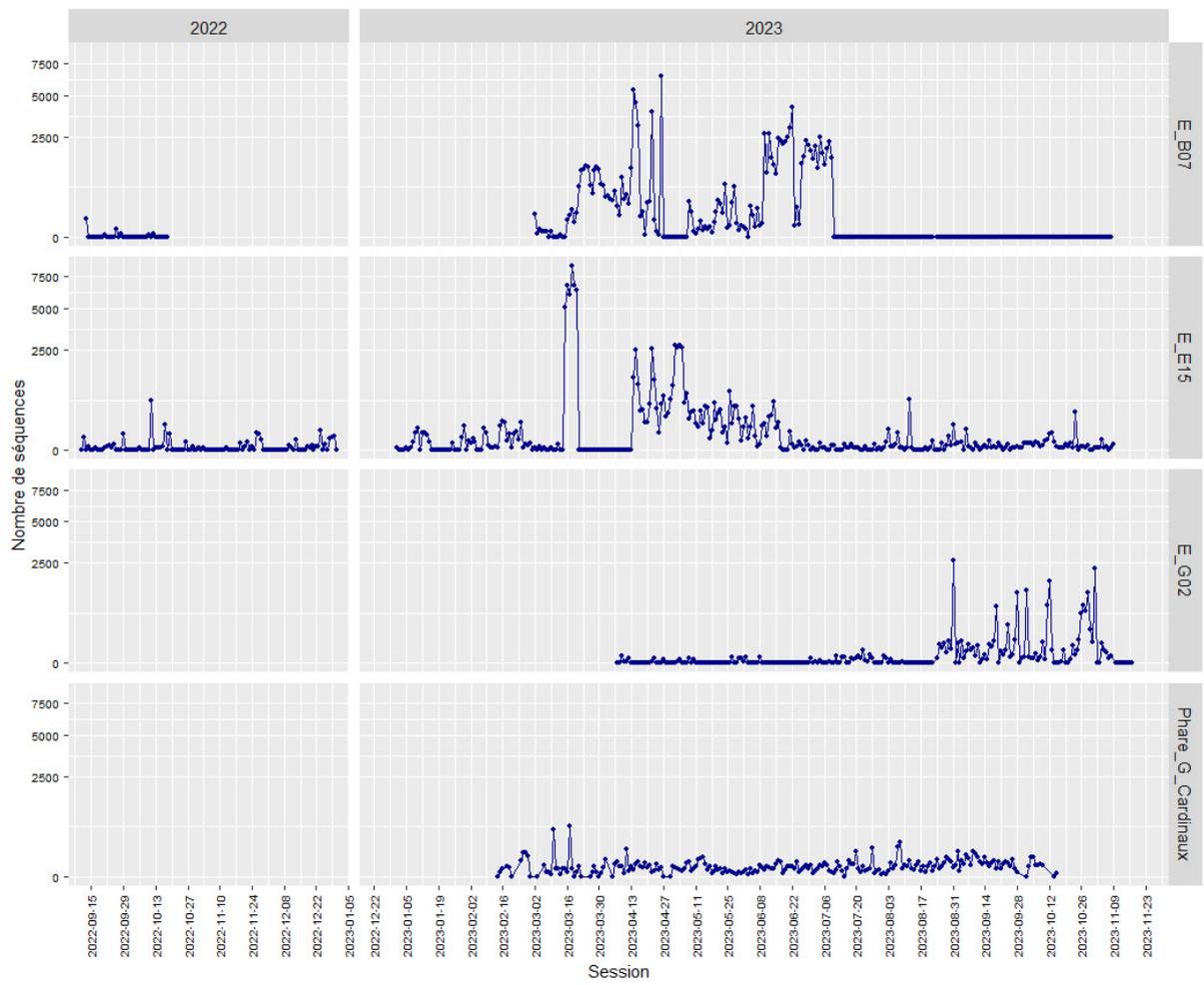
Elles ne précisent pas les espèces contactées mais le nombre de séquences donne un aperçu du fonctionnement attendu des Batlogger WEX1. Un fonctionnement attendu s'apparente à un nombre de séquences attendues, c'est-à-dire plutôt limité quotidiennement et sans de longues absences de séquences.

Pour diagnostiquer le fonctionnement attendu à travers le nombre de séquences enregistrées, l'ensemble des fichiers des Batlogger WEX1 a été analysé à l'aide d'un second programme élaboré sur Rstudio par le bureau d'études O-GEO. Ce programme permet d'agréger les données issues de plusieurs dizaines de milliers de fichiers .csv.

Le graphique Graph. 2 affiche le nombre de séquences enregistrées par session pour chaque Batlogger, durant la totalité de la période de suivi.

Le nombre de séquences enregistrées par session est anormalement élevé sous B07 et E15 à partir de mars 2023 jusqu'à début juin et juillet 2023. C'est aussi le cas sous G02 à partir de septembre 2023 jusqu'à la fin du suivi.

L'évolution du nombre d'enregistrements au phare des Grands Cardinaux reste similaire et normale sur la totalité du suivi.



 Nombre de fichiers descriptifs de l'état quotidien de fonctionnement contrôlés : 1157
 Nombre de données compilées : 92789

Graph. 2 : nombre de séquences enregistrés par les appareils par session et par point

C - Pics de fréquence séquences enregistrées

Pour chaque séquence enregistrée, les Batloggers WEX1 produisent un fichier .xml qui décrit :

- les paramètres de réglage de l'appareil ;
- les valeurs météorologiques au moment de l'enregistrement ;
- Le pic de fréquence enregistré dans chaque séquence.

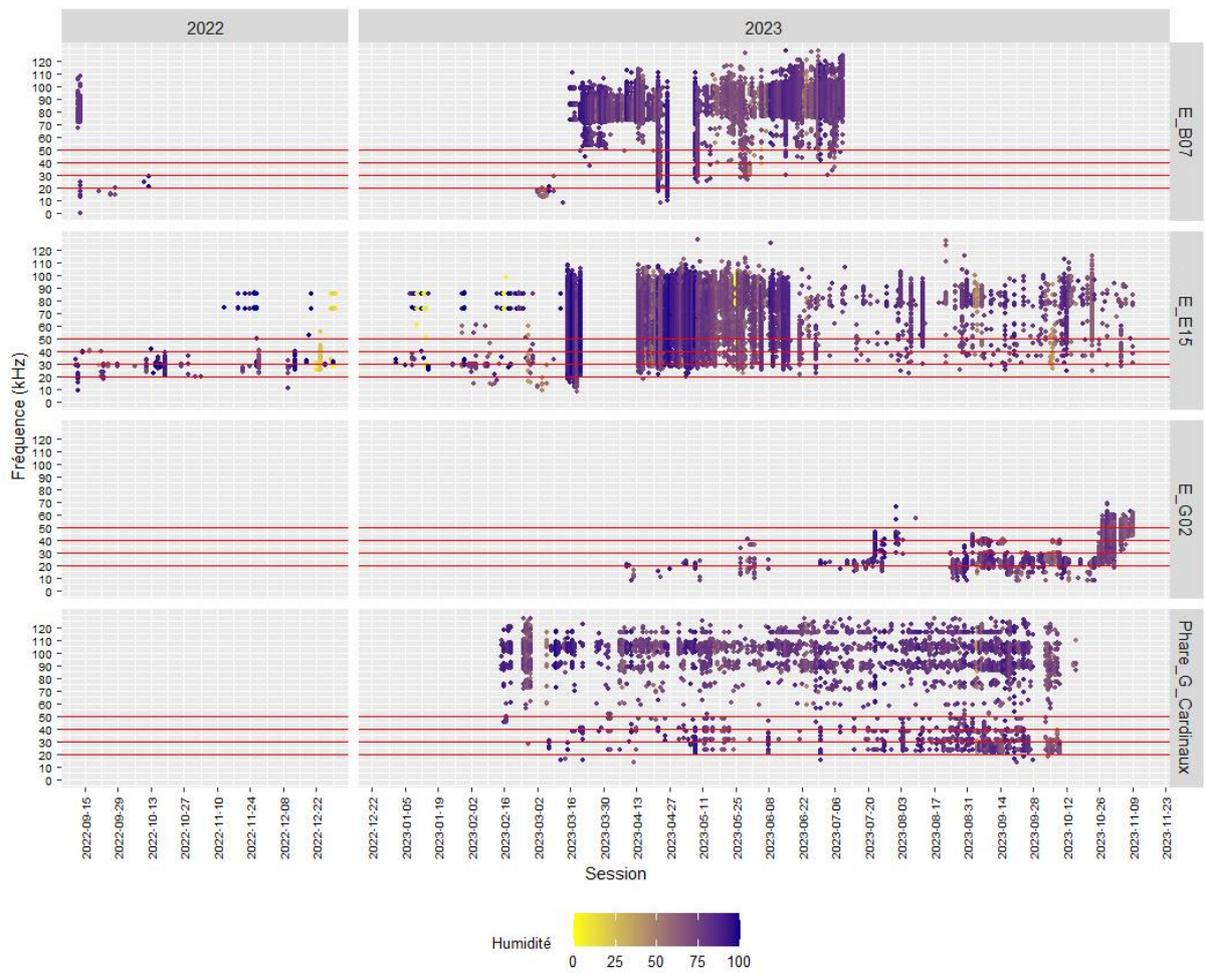
Pour diagnostiquer le fonctionnement attendu à travers le pic de fréquence enregistré dans chaque séquence, l'ensemble des fichiers des Batlogger WEX1 a été analysé à l'aide d'un troisième programme élaboré sur Rstudio par le bureau d'études O-GEO. Ce programme permet d'agrèger les données issues de plusieurs centaines de milliers de fichiers .xml.

Les profils des pics de fréquence des séquences sont illustrés pour chaque point d'écoute dans le graphique suivant (Graph. 3). À titre d'information, les valeurs d'hygrométrie sont caractérisées pour chaque séquence par la couleur du point. Les fréquences utilisées par les Chiroptères en milieu ouvert sont attendues à proximité des lignes rouges du graphique.

Le graphique montre un nombre de séquences à fréquences élevées très important ne correspondant pas aux fréquences des signaux émis par les Chiroptères. Il indique à ce stade l'existence d'un grand nombre de signaux parasites.

Le nombre de signaux à fréquence anormale est anormalement élevé sous les éoliennes B07 et E15 durant une grande partie de la période suivie en 2023. Cela corrobore la situation identifiée par le nombre de séquences dans le chapitre précédent.

Malgré le fonctionnement de l'appareil sur toute la période suivie et un nombre possiblement normal d'enregistrements, les signaux avec des pics de fréquence anormale sont aussi nombreux au phare des Grands Cardinaux.



Nombre de fichiers descriptifs séquences (.xml) contrôlés : 207336
 Nombre de données compilées : 207336

Graph. 3 : profil des pics de fréquence (kHz) des séquences et les taux d'humidité par session et par point

D - Fonctionnement des micros

Les Batlogger réalisent avant le lancement des enregistrements nocturnes (le soir) et à l'issue (le matin) un test du micro. Ce test consiste à émettre un son à 40kHz et à l'enregistrer. Cet enregistrement est aussi accompagné de mesure de la puissance du signal enregistré. Ainsi la Batlogger WEX1 calcule le rapport de la puissance d'un son test de 40kHz sur celle du bruit ambiant. La formule appliquée est la suivante : $\log_{10}(\text{SignalLevel}/\text{NoiseLevel})$.

La société Elekon considère les niveaux de fonctionnement du micro de la manière suivante :

- Valeur supérieure ou égale à 50 : fonctionnement correct du micro ;
- Valeur supérieure ou égale 20 et inférieure à 50 : fonctionnement à surveiller ;
- Valeur inférieure à 20 : micro défectueux.

Les enregistrements sont quotidiennement produits et accompagnés chacun par un fichier au format .xml (exemple de fichier : 0112_1_202209131306231_MT_PBG.xml). Ce fichier recueille les différentes mesures des puissances des signaux et du résultat des calculs des rapports de puissance.

Pour diagnostiquer le fonctionnement de chaque micro, l'ensemble des fichiers .xml a été analysé à l'aide d'un quatrième programme élaboré sur Rstudio par le bureau d'études O-GEO. Ce programme permet d'agrèger les données issues de plusieurs milliers de fichiers .xml.

Le graphique Graph. 4, met en évidence l'état de fonctionnement des micros, en début et fin de nuit de chaque session et pour chaque point d'écoute.

Sous l'éolienne B07, le micro de l'équipement a fonctionné normalement durant la période de suivi de 2022 et début 2023. Aucune séquence ni fichier .xml issus des tests micro ne sont collectées à compter du début du mois juillet 2023 jusqu'au début du mois de novembre 2023. Un seul couple séquence/fichier .xml est produit en novembre. Pourtant, le micro a été changé le 24 août 2023. Ainsi, malgré l'absence des données de fonctionnement du micro de début juillet jusqu'à la fin du suivi, l'étude considère que le micro peut avoir fonctionné de la même manière que le micro de l'éolienne G02.

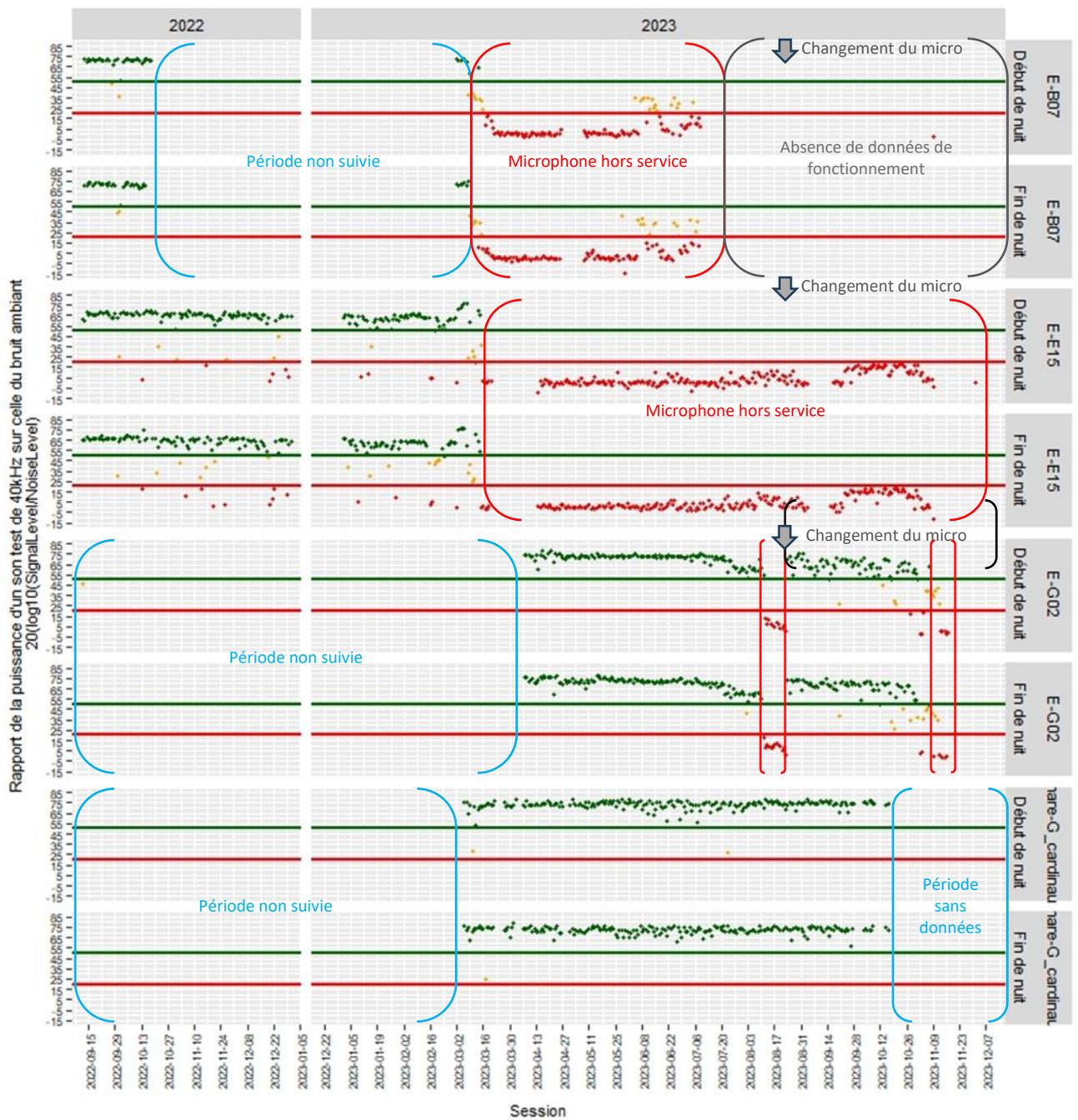
Sous l'éolienne E15, le micro a fonctionné correctement du début du suivi en 2022 jusqu'au 12 mars 2023. Le micro a été défaillant à partir du 13 mars 2023 et s'est maintenu dans ce mauvais état jusqu'à la fin de l'étude malgré un changement opéré le 24 août 2023.

Le micro de l'appareil de l'éolienne G02 a fonctionné en 2023 à compter du début du mois d'avril. Son fonctionnement est correct jusqu'au 09 août 2023. Le micro a été remplacé le 24 août 2023. Ce nouveau micro a fonctionné jusqu'à fin octobre avant de manifester une nouvelle défaillance jusqu'à la fin du suivi.

Le micro de l'équipement du phare des Grands Cardinaux a fonctionné correctement sur l'ensemble de la période suivie.

Jusqu'en septembre 2023, la communication à distance avec les Batlogger n'était pas établie. Des difficultés techniques et de connectiques empêchaient PBG d'accéder aux données des Batlogger via le système SCADA du parc éolien. Cette absence de communication à distance rendait impossible le contrôle de l'état de fonctionnement des Batloggers en général et des micros en particulier. Ce problème a été progressivement résolu au cours de l'automne et de l'hiver 2022 – 2023.

Les causes de dysfonctionnement des microphones ne sont pas connues. L'hypothèse avancée à la forte humidité, ou les précipitations, qui peuvent parfois endommager les micros. Ce phénomène peut être accentué par l'exposition sud-ouest des micros.



Etat de fonctionnement • Fonctionnel (>=50dB) • A surveiller (>=20dB) • Défaillant (<20dB)

Nombre de fichiers séquences test microphone : 2305
 Nombre de données compilées : 2305

Graph. 4 : fonctionnement des micros en 2022 et 2023, en début et fin de nuit, par point

V - SESSIONS DE SUIVI VALIDÉES PAR POINT D'ÉCOUTE

Les graphiques précédents concernant le fonctionnement des appareils et des micros permettent d'identifier les sessions réellement suivies durant le fonctionnement des Batloggers WEX1.

Le Tableau 2 reprend les sessions et les durées de fonctionnement mensuelles des équipements. Ces durées sont comparées à celles des durées cumulées de nuit. Si la période de fonctionnement des Batloggers WEX1 couvre la durée de la nuit, les valeurs des colonnes de durée cumulée des nuits et de durée cumulée des écoutes nocturnes sont identiques. Si la période de fonctionnement des Batloggers WEX1 ne couvre pas la période de la nuit (déclenchement trop tardif ou arrêt trop précoce) la durée cumulée des écoutes nocturnes est inférieure à la durée cumulée des nuits.

Ainsi, au total, le suivi s'appuie sur 698 sessions et 7 957 heures d'écoute nocturne couvrant l'ensemble de la période nocturne.

Points	Mois	Sessions	Durée cumulée de fonctionnement	Durée cumulée des nuits	Durée cumulée des écoutes nocturnes
B07	Septembre	18	266,7	212,21	212,21
	Octobre	18	284,07	230,27	230,27
	Mars	9	140,52	113,98	113,98
	Août	7	94,13	73,07	73,07
	Septembre	30	434,02	343,75	343,75
	Octobre	31	499,69	406,55	406,55
	Novembre	3	51,44	42,4	42,4
	Total	116	266,7	212,21	212,21
E15	Septembre	17	252,04	200,78	200,78
	Octobre	31	499,98	406,49	406,49
	Novembre	30	530,16	439,73	439,73
	Décembre	29	535,19	448,59	448,59
	Janvier	31	558,67	466,69	466,69
	Février	26	434,32	357,65	357,65
	Mars	13	201,77	163,49	163,49
	Total	177	3012,13	2483,42	2483,42
G02	Septembre	1	17,48	11,25	11,25
	Avril	24	317,12	246,01	246,01
	Mai	31	369,7	277,39	277,39
	Juin	30	334,75	245,47	245,47
	Juillet	31	357,88	264,9	264,9
	Août	19	243,06	185,9	185,9
	Septembre	30	434,02	343,6	343,6
	Octobre	31	499,96	406,6	406,6
Novembre	2	34,34	28,34	28,34	
	Total	199	2608,31	2009,46	2009,46
Grands Cardinaux	Mars	22	286,35	264,73	264,73
	Avril	24	274,4	250,04	250,04
	Mai	31	306,62	276,97	276,97
	Juin	30	274,25	245,07	245,07
	Juillet	31	295,36	264,41	264,41
	Août	31	335,62	304,3	304,3
	Septembre	28	348,2	319,2	319,2
	Octobre	9	124,36	114,47	114,47
	Total	206	2245,16	2039,19	2039,19
Total		698	9636,17	7954,3	7954,3

Tableau 2 : nombre de sessions de suivi de l'activité sur les éoliennes et sur le phare des Grands Cardinaux 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.

Finalement, au regard de la phénologie terrestre des Chiroptères (Tableau 3), l'étude de l'activité en mer pourrait s'appuyer sur les données issues de batlogger de :

- B07, mais seulement en période automnale 2023 et à condition que le microphone soit réellement opérationnel ;
- E15 en période automnale 2022 ;
- G02 durant toute la période d'activité des Chiroptères ;
- Phare des Grands Cardinaux durant toute la période d'activité des Chiroptères, en dehors de la fin octobre.

Par conséquent, les données issues des batloggers de l'éoliennes G02 et du phares des Grands Cardinaux sont les seuls qui renseignent quasi complètement la période d'activité des Chiroptères.

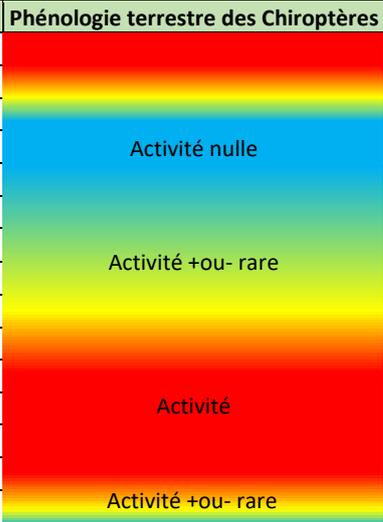
Année	Mois	Phénologie terrestre des Chiroptères	B07	E15	G02	Phare Grands cardiaux	
2022	Septembre		18	17	1		
	Octobre		18	31			
	Novembre				30		
	Décembre				29		
2023	Janvier				31		
	Février				26		
	Mars			9	13		22
	Avril					24	24
	Mai					31	31
	Juin					30	30
	Juillet					31	31
	Août			7		19	31
	Septembre		30		30	28	
	Octobre		31		31	9	
	Novembre		3		2		
Total			116	177	199	206	

Tableau 3 : période réellement suivi par les batloggers en 2022 et 2023

VI - LOGICIELS D'ANALYSE

A - 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.

B - 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.

VII - DÉTERMINATION DES ESPÈCES

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

L'ordre de la procédure est décrit 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 Oreillard 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)¹ ;
- 4 : validation et/ou correction du nom du taxon ou du groupe correspondant à la séquence analysée.

La détermination des espèces à partir de l'analyse d'une séquence souffre de certaines limites. Dans le meilleur des cas, le nom d'une espèce est attribué avec certitude à une séquence. Dans d'autres cas, un doute subsiste et donc le niveau de certitude reste probable.

Dans certains cas, les individus de différentes espèces évoluent dans un milieu qui implique d'utiliser un même type de signal adapté pour se déplacer ou pour repérer leur proie. Leurs comportements acoustiques convergent. Dès lors, la diagnose ne permet pas de dissocier une espèce d'une autre. Le nom du groupe taxinomique englobant les espèces concernées est alors attribué à la séquence.

¹ BARATAUD, 2012. Écologie acoustique des Chiroptères d'Europe. Identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse

VIII - TRAITEMENT DES DONNÉES

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

1 - De l'enregistrement à la séquence

Un enregistrement est une séquence qui peut contenir les émissions ultrasonores d'une ou de plusieurs espèces.

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, une séquence peut générer une à plusieurs séquences-espèces.

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

Mais la séquence-espèce n'est pas l'unité de mesure de l'activité retenue.

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

a - Le contact

L'unité retenue est très généralement le contact : présence durant une période de 5 secondes d'une espèce de Chiroptères (Tableau 4).

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.

b - 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.

c - 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				
22:15:28	22:15:25	2	22:15:25	1	22:15	1	20:10	1	5	2
22:15:30	22:15:30	2,2	22:15:30	1						
22:15:33	22:15:30	2								
22:15:37	22:15:35	7	22:15:35 22:15:40	1 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						
					23:17	1	23:10	1	2	1

Tableau 4 : exemple de conversion de séquences en unités de mesure de l'activité

d - Notion de flux d'activité et non de flux d'individus

Le contact d'une espèce ne permet pas quantifier des effectifs d'individus. Les signaux de sont pas individualisables au-delà d'un contact durant la nuit pour chaque espèce. Si deux contacts, soit un même individu d'une espèce est détecté deux fois, soit deux individus sont détectés une fois, impossible de le savoir. Parfois la présence de quelques individu est identifiée sur une même séquence, mais cela ne renseigne que l'instant de l'enregistrement et non toute la session Au-demeurant, l'augmentation d'un flux d'activité peut être considéré commune une augmentation d'un nombre d'individus actifs.

B - Par espèce ou groupe d'espèces

1 - 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.

2 - 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 réalisées à la hauteur des groupes évoqués et non des espèces.

C - Les unités d'analyse

1 - 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.

2 - L'unité 10 minutes

Comme évoqué précédemment (Partie 2 -VIII -A -2 -c - page 24), 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.

D - Les données d'analyse

Le traitement statistique des données d'activité peut donc s'appuyer sur la session (nuit) ou sur la période de 10 minutes en fonction des objets d'analyse.

L'activité et le comportement en fonction de facteurs externes, entre les points d'écoute, ne sont analysés que sur une période de bon fonctionnement similaire. Dans cette étude, la période retenue est celle d'août à octobre 2023, les données se limitent à l'éolienne G02 et au phare des Grands Cardinaux.

IX - L'ANALYSE DU COMPORTEMENT DES CHIROPTÈRES

A - 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.

B - 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 de 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.

C - 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, des vitesses de vents, d'orientation du vent, de l'hygrométrie, de la pression atmosphérique et de la hauteur des vagues.

Les données météorologiques sont recueillies au sein de plusieurs fichiers :

- Les fichiers des sondes situées à hauteur des nacelles des éoliennes suivies (températures, vitesse de vent et orientation du vent) ;
- Les fichiers produits par le Batlogger pour le phare des Grands Cardinaux (températures, hygrométries et pression atmosphériques) ;
- Les fichiers produits par la sonde de la sous-station du parc éolien (hygrométrie, pression atmosphérique et hauteur des vagues).

D - Les niveaux de fréquentation

Si la fréquentation est décrite par l'analyse de deux types de graphiques, le niveau de fréquentation de chaque espèce est évalué au croisement du niveau de densité avec le niveau de couverture de nuits.

Pour cela, les quantiles Q25, Q50, Q75 et Q100 du nombre de contacts par nuit sont utilisés en suivant une règle utilisant les quantiles. L'exemple ci-dessous s'applique aux mois :

- Si Q25=0, Q50=0, Q75=0 et Q100=0 ⇒ Fréquentation nulle (aucune nuit d'activité) ;
- Si Q25=0, Q50=0, Q75=0 et Q100>0 ⇒ Fréquentation très faible (< 7 nuits d'activité) ;
- Si Q25=0, Q50=0, Q75>0 ⇒ Fréquentation faible (7 à 14 nuits d'activité) ;
- Si Q25=0, Q50>0 ⇒ Fréquentation moyenne (14 à 21 nuits d'activité) ;
- Si Q25 >0 ⇒ Fréquentation forte (> 21 nuits d'activité).

Les valeurs associées à chaque quantile sont précisées et peuvent éventuellement illustrer le niveau d'activité.

À partir de cette règle, le niveau de fréquentation peut être décliné :

- Sur l'année ;
- Sur la période d'activité constatée (en générale de juin à octobre, ici d'août à octobre) ;
- Sur chaque mois.

Le bureau d'étude O-GEO applique aussi cette règle aux études éolienne terrestre.

E - Activité en fonction des facteurs météorologiques

Les données météorologiques sont collectées différemment d'un point d'écoute à un autre.

Pour les éoliennes, les données de vitesse de vent, de l'orientation du vent et de température sont collectées par les éoliennes elles-mêmes, à hauteur de rotor. Les données de pression atmosphérique, d'hygrométrie et de hauteur de vague sont collectées par la sous-station météorologique installée sur la sous-station électrique en mer.

Pour le phare des Grands Cardinaux, les données météorologiques sont collectées :

- À partir des mesures réalisées par le Batlogger WEX1 et récupérées par le programme d'O-GEO dans les fichiers .csv générés quotidiennement : la température, la pression atmosphérique et l'hygrométrie. Les lacunes sont corrigées par la moyenne des mesures calculées à partir des valeurs enregistrées sur la station météorologique du poste de livraison ;
- À partir de la moyenne des vitesses de vent et d'orientation du vent mesurée par les éoliennes.

X - ENJEUX CHIROPTÉROLOGIQUES

Les niveaux de fréquentation sont conjugués avec les niveaux de statuts conservatoires et réglementaires pour évaluer les enjeux chiroptérologiques (Tableau 5).

Le peuplement chiroptérologique sur le territoire français 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 de fréquentation			
		Très faible	Faible	Moyen	Fort
Niveau du statut conservatoire	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 5 : méthode d'évaluation du niveau d'enjeu chiroptérologique conservatoire

Partie 3 - RÉSULTATS

I - LISTE DES ESPÈCES

Sur 707 sessions cumulant 8 075 heures d'écoute nocturne répartis sur trois éoliennes et le phare des Grands Cardinaux, l'étude s'appuie sur 966 séquences qui génèrent 974 séquences-espèces et aboutissent à 1 124 contacts (Tableau 6).

Au total, 7 espèces de Chiroptères sont répertoriées dont :

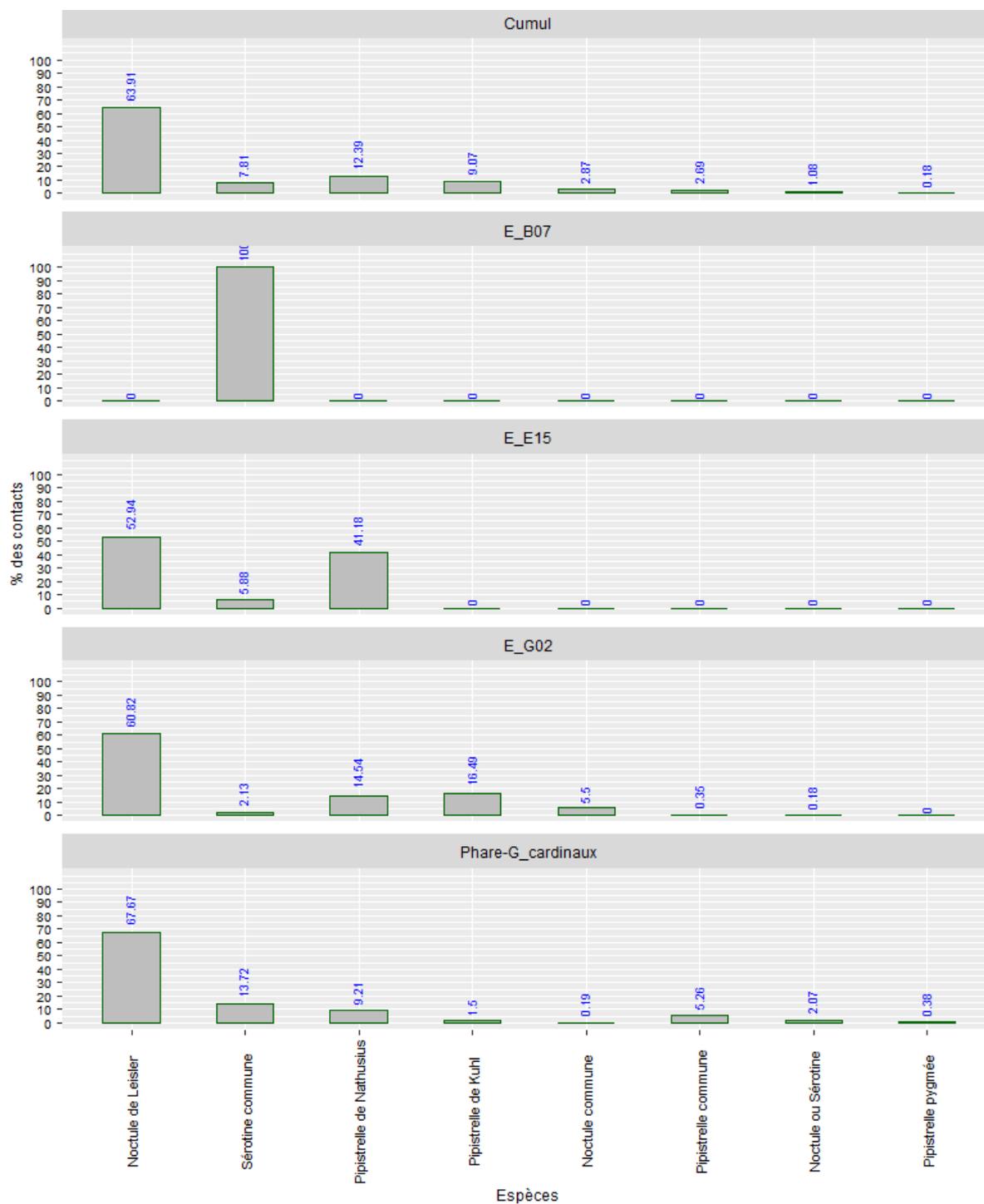
- Pipistrelle commune *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774) ;
- Pipistrelle de Kuhl *Pipistrellus kuhlii* (Natterer in Kuhl, 1817) ;
- Pipistrelle de Nathusius *Pipistrellus nathusii* (Keyserling & Blasius, 1839) ;
- Pipistrelle pygmée *Pipistrellus pygmaeus* (Leach, 1825) ;
- Sérotine commune *Eptesicus serotinus* (Schreber, 1774) ;
- Noctule commune *Nyctalus noctula* (Schreber, 1774) ;
- Noctule de Leisler *Nyctalus leisleri* (Kuhl, 1817) ;

Espèces	B07		E15		G02		Phare Grand Cardinaux	Total contacts
	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2023	
Pipistrelle commune						2	28	30
Pipistrelle de Kuhl						93	8	101
Pipistrelle de Nathusius			7			82	49	138
Pipistrelle pygmée							2	2
Noctule de Leisler			9			343	360	712
Noctule commune						31	1	32
Sérotine commune	1		1			12	73	87
Noctule ou Sérotine						1	11	12
Total contacts	1	0	17	0	0	564	532	1114
N espèces	1	0	3	0	0	6	7	7

Tableau 6 : nombre de contacts par espèce ou groupe d'espèces de Chiroptères et par point

Les proportions de nombres de contacts n'apportent qu'une interprétation partielle de l'activité (Graph. 5). Au demeurant, ils annoncent déjà :

- La domination des contacts de la Noctule de Leisler ;
- Un cortège d'espèces limité, qui exclut les espèces de Murins, de Rhinolophes, d'Oreillard et la Barbastelle d'Europe.



Graph. 5 : proportion des contacts enregistrés pour chaque espèce en 2022 et 2023

II - COMPORTEMENT DES CHIROPTÈRES

A - Fréquentation journalière

1 - Préalable

Un profil journalier permet de visualiser l'occupation de chaque nuit au cours de l'année par les Chiroptères (Graph. 6 à Graph. 8). L'unité est la classe de 10 minutes. 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 ordonnées. Un gradient de couleur est attribué à chaque point en fonction du nombre de contacts enregistrés sur une classe de 10 minutes :

- Aucun contact : bleu ;
- 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 tangible à l'échelle de la nuit et de la période de l'étude.

Trois groupes sont ajoutés :

- Toutes espèces, qui permet d'avoir un graphique de l'activité cumulée de l'ensemble des espèces de Chiroptères ;
- Pipistrelloïdes, qui permet d'avoir un graphique de l'activité cumulée des Pipistrelles et espèces associées (Minioptère de Schreibers, Vespère de Savi) ;
- Nyctaloïdes, qui permet d'avoir un graphique de l'activité cumulée des Noctules et des Sérotines.

Les graphiques sont ordonnés de gauche à droite en fonction du nombre total de contacts produits.

Les périodes de 10 minutes suivies, durant lesquelles les équipements enregistrent les ultrasons, sont marquées en fond bleu. Si une limite de fond bleu atteint une ligne noir, cela signifie que l'heure de démarrage de l'équipement ou son heure d'arrêt, se rapproche de l'heure de coucher, ou de l'heure de lever du soleil.

2 - Toutes espèces

Identifiable sur le graphique Graph. 6, l'activité des Chiroptères est différente entre les points, abstraction faite du fonctionnement hétérogène des micros, durant la période de suivi.

Les contacts sont enregistrés après le coucher et avant le lever du soleil.

Sous l'éolienne B07, un seul contact est enregistré au cours de la nuit du 10 octobre 2022.

Sous l'éolienne E15, qui n'a finalement que fonctionné en 2022, 17 contacts sont enregistrés entre septembre et octobre 2022.

Sous l'éolienne G02, un seul contact est enregistré en mai 2023. Puis la fréquentation se manifeste en septembre et durant la première moitié du mois d'octobre.

Au phare des Grands Cardinaux, des contacts très ponctuels apparaissent en mars 2023. Quelques contacts sont produits durant le deuxième quinzaine du mois d'août. Comme pour l'éolienne G02, la fréquentation se manifeste réellement à compter de septembre et s'étend au moins jusqu'à la mi-octobre

La fréquentation des Chiroptères est assez similaire entre l'éolienne G02 et le phare des grands Cardinaux, apparaissant début septembre à la mi-octobre.

Le graphique met en évidence un décalage d'apparition de l'activité des Chiroptères en début de nuit entre l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux. Les chiroptères sont actifs plus tôt au phare des Grands Cardinaux, entre 30 minutes et une heure après le coucher du soleil. Sous l'éolienne G02, les contacts apparaissent environ deux heures après le coucher du soleil.

3 - Les Nyctaloïdes

Un deuxième ensemble de graphiques décrit l'activité des espèces de Nyctaloïdes (Graph. 7). Elle associe la Noctule commune, la Noctule de Leisler et la Sérotine commune.

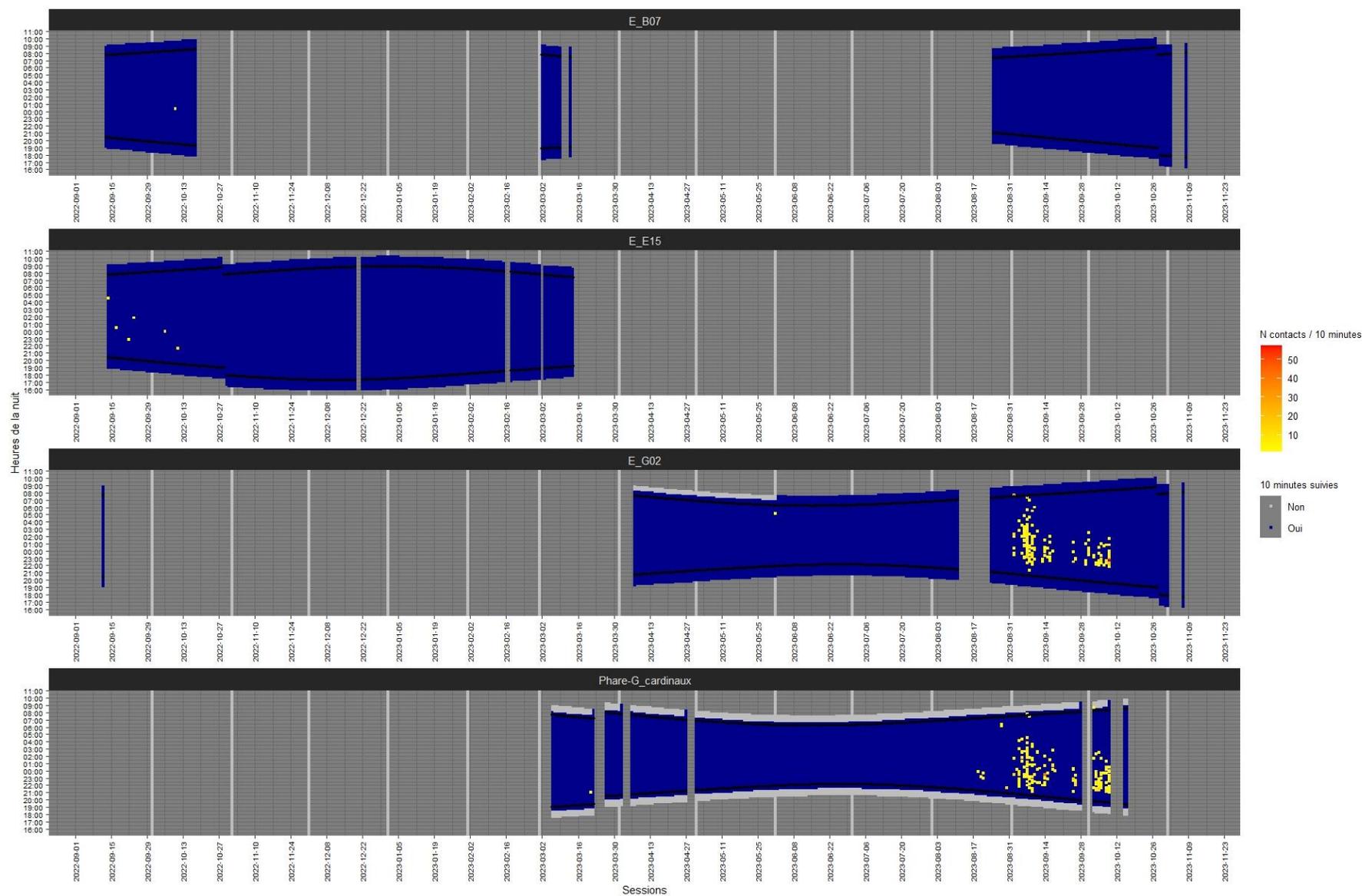
Sous l'éolienne B07, le seul un contact enregistré est attribué à la Sérotine commune appartenant au groupe des Nyctaloïdes.

Sous E15, un peu plus de la moitié des 17 contacts est produit par le groupe des Nyctaloïdes, dont 9 par Noctule de Leisler et 1 par la Sérotine commune.

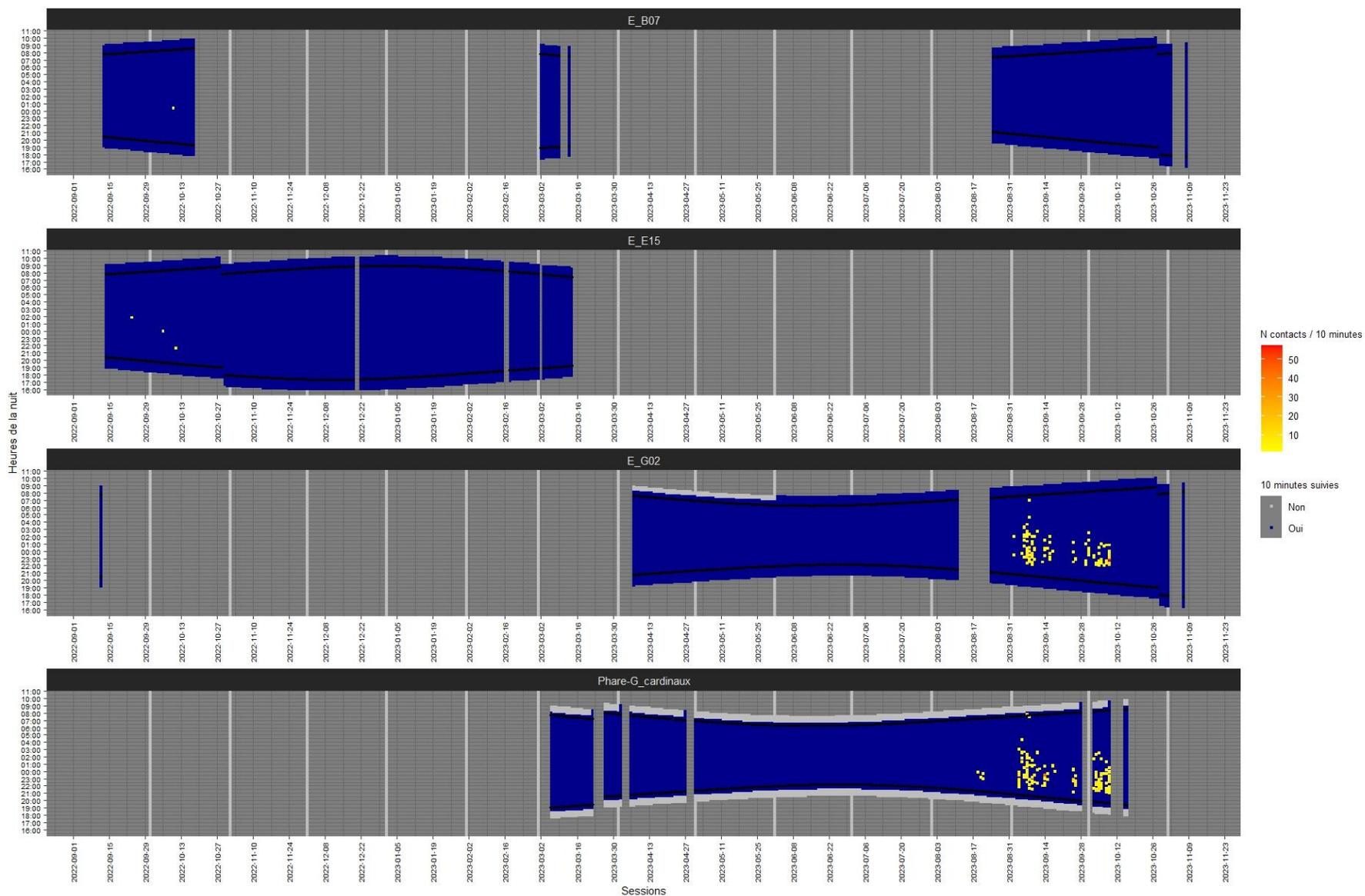
Sous G02 et le phare des Grands Cardinaux, les contacts de Nyctaloïdes sont pour l'essentiel à l'origine de la fréquentation.

Le décalage d'activité d'environ une heure entre le phare et l'éolienne G02 est très marqué pour le groupe des Nyctaloïdes.

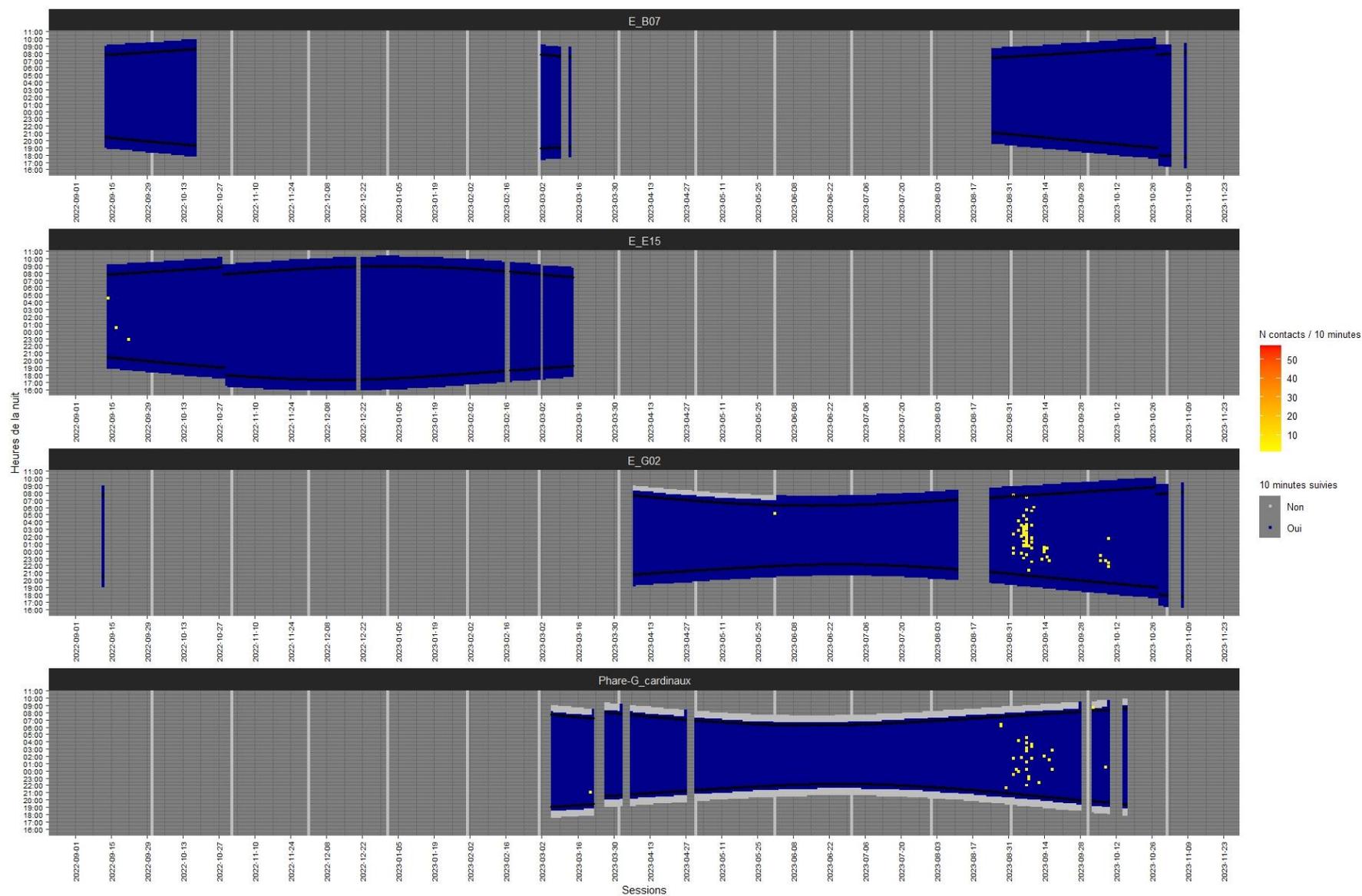
La majorité des contacts est enregistrée durant le premier tiers de la nuit.



Graph. 6 : fréquentation journalière des Chiroptères, toutes espèces confondues, durant l'année sous les trois éoliennes et le phare des Grands Cardinaux



Graph. 7 : fréquentation journalière des Nyctaloïdes durant l'année sous les trois éoliennes et le phare des Grands Cardinaux



Graph. 8 : fréquentation journalière des Pipistrelloïdes durant l'année sous les trois éoliennes et le phare des Grands Cardinaux

4 - Les *Pipistrelloïdes*

Un troisième ensemble de graphiques décline l'activité du groupe des *Pipistrelloïdes* (Graph. 8). Elle associe la *Pipistrelle* commune, la *Pipistrelle* de Kuhl, la *Pipistrelle* de Nathusius et la *Pipistrelle* pygmée.

Aucun contact de *Pipistrelle* n'est enregistré sous l'éolienne B07.

Les 7 autres contacts sous l'éolienne E15 sont produits par la *Pipistrelle* de Nathusius en septembre 2022.

Sous G02, le contact enregistré en juin 2023 est celui de la *Pipistrelle* de Kuhl. En période automnale, les *Pipistrelloïdes* manifestent surtout leur activité durant la première moitié de septembre. Quelques contacts sont enregistrés en octobre.

Au phare des Grands Cardinaux, les quelques contacts enregistrés en mars 2023 sont le fait des *Pipistrelles*. L'activité est plus fréquente en septembre même si moins marquée que sous l'éolienne G02 et que celle des *Nyctaloïdes*. En octobre, les 3 contacts sont le fait de la *Pipistrelle* de Nathusius.

La *Pipistrelle* pygmée est enregistrée uniquement au phare des Grand Cardinaux, avec seulement 2 contacts.

B - Fréquentation mensuelle

1 - *Préalable*

Un profil mensuel des sessions offre une description plus synthétique de la fréquentation des Chiroptères au cours de l'année (Graph. 9 à 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 : couleur grise (nuit suivie sans contact) ;
- 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.

Le nombre de nuits suivies chaque mois est marquée en fond grisé.

2 - *Toutes espèces et les groupes d'espèces*

Les histogrammes rassemblés dans le graphique Graph. 9, affiche les fréquentations mensuelles de toutes les espèces confondues.

Sous l'éolienne B07, le nombre de nuits actives est anecdotique, avec une nuit à un contact en octobre 2022.

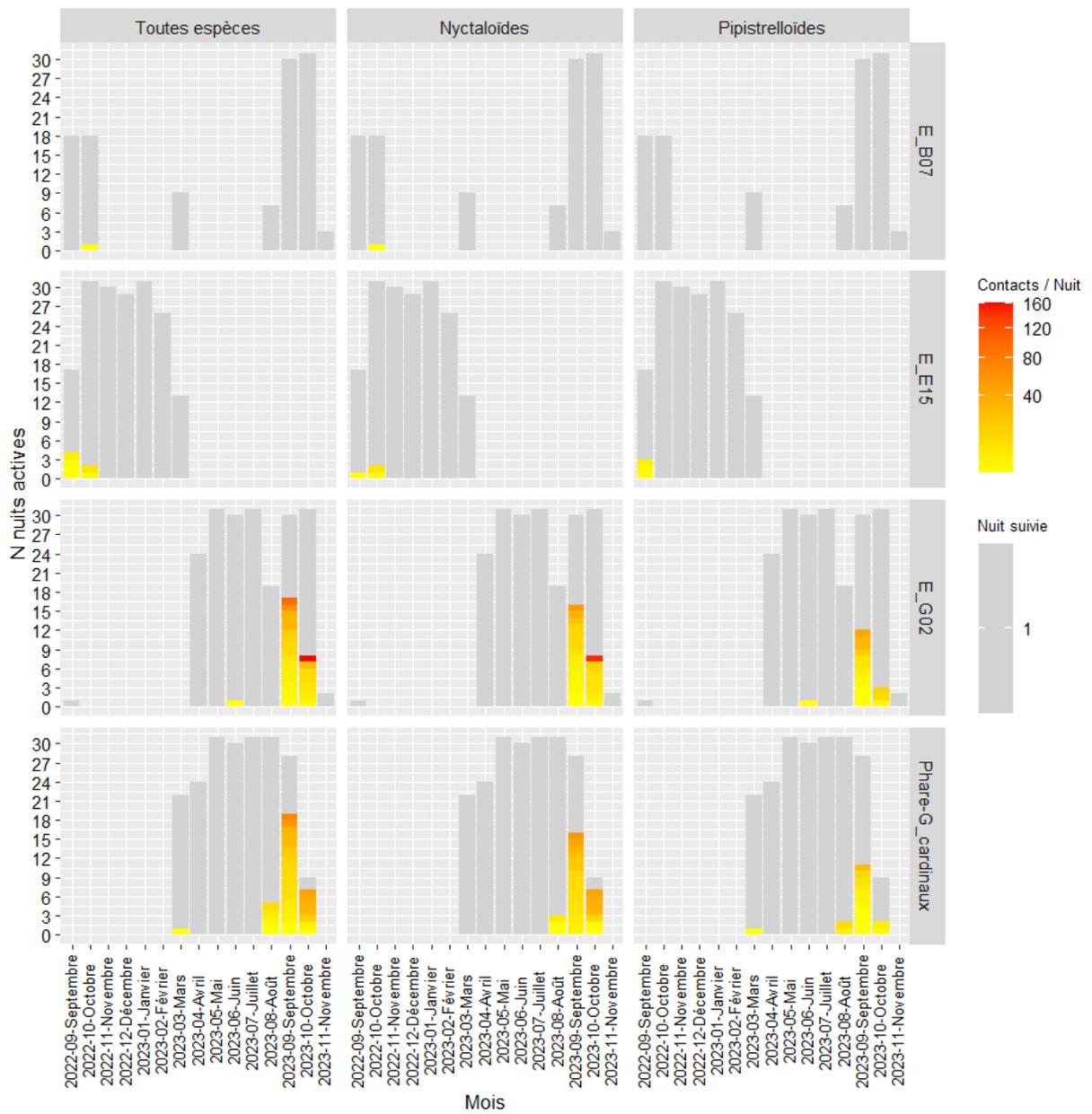
Sous l'éolienne E15, seuls les mois de septembre et octobre 2022 compte quelques nuits actives, à raison de 4 nuits actives en septembre et 2 nuits actives en octobre.

Sous l'éolienne G02, les nuits actives se concentrent en septembre et octobre 2023. Le mois de septembre est privilégié, puis le mois d'octobre. La fréquentation est plus anecdotique en juin. Elle est nulle durant les autres mois suivis.

Au phare des Grands Cardinaux, un nombre plus important de mois est concerné par l'activité, avec une à quelques nuits en mars et août. La fréquentation mensuelle est plus importante en septembre et en octobre 2023.

Les profils de septembre et d'octobre sont très proches entre G02 et le phare des Grands Cardinaux.

Le profil toutes espèces est influencé par celui des Pipistrelles et des Nyctaloïdes. Les deux groupes favorisent les nuits du mois de septembre. Les Nyctaloïdes favorisent fortement le mois d'octobre. Le profil est assez similaire pour chaque groupe entre l'éolienne G02 et le phare.



Graph. 9 : fréquentation mensuelle durant toute la période de suivi des Chiroptères sous les trois éoliennes et le phare des Grands Cardinaux

3 - Les Pipistrelloïdes

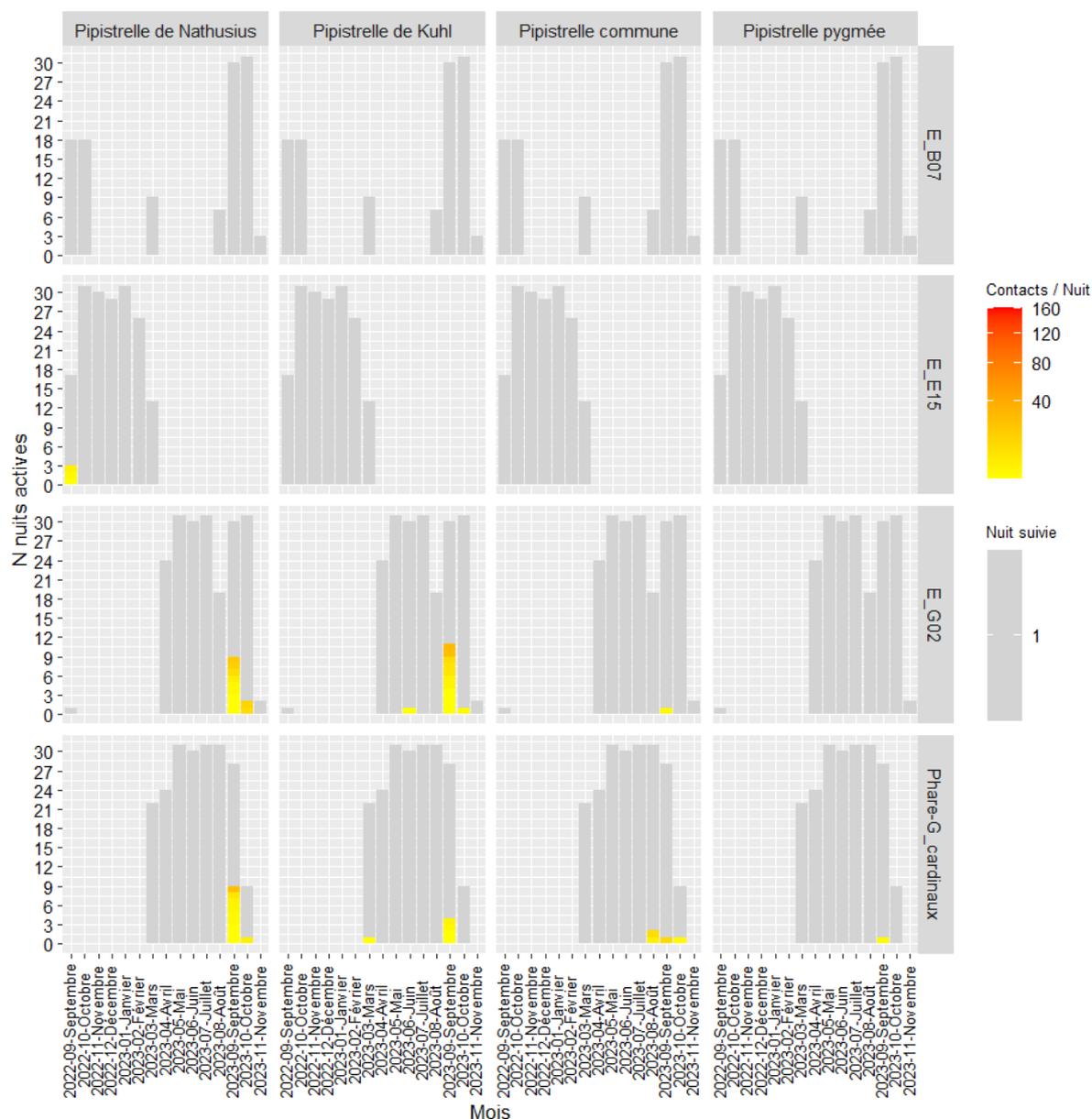
Les histogrammes rassemblés dans le graphique ci-dessous (Graph. 10) affichent les fréquentations mensuelles des espèces appartenant au groupe des Pipistrelloïdes. La Pipistrelle de Nathusius et la Pipistrelle de Kuhl influence particulièrement l'activité des Pipistrelloïdes.

Les nuits avec de l'activité sont anecdotiques sous l'éolienne E15. L'éolienne B07 compte aucune nuit avec de l'activité.

La Pipistrelle de Nathusius a une activité similaire entre l'éolienne G02 et le phare des Grands cardinaux, avec une activité plus importante en septembre et moindre en octobre.

La Pipistrelle de Kuhl a un nombre de nuits actives plus importants sous G02 en septembre.

La Pipistrelle pygmée est active uniquement au phare.



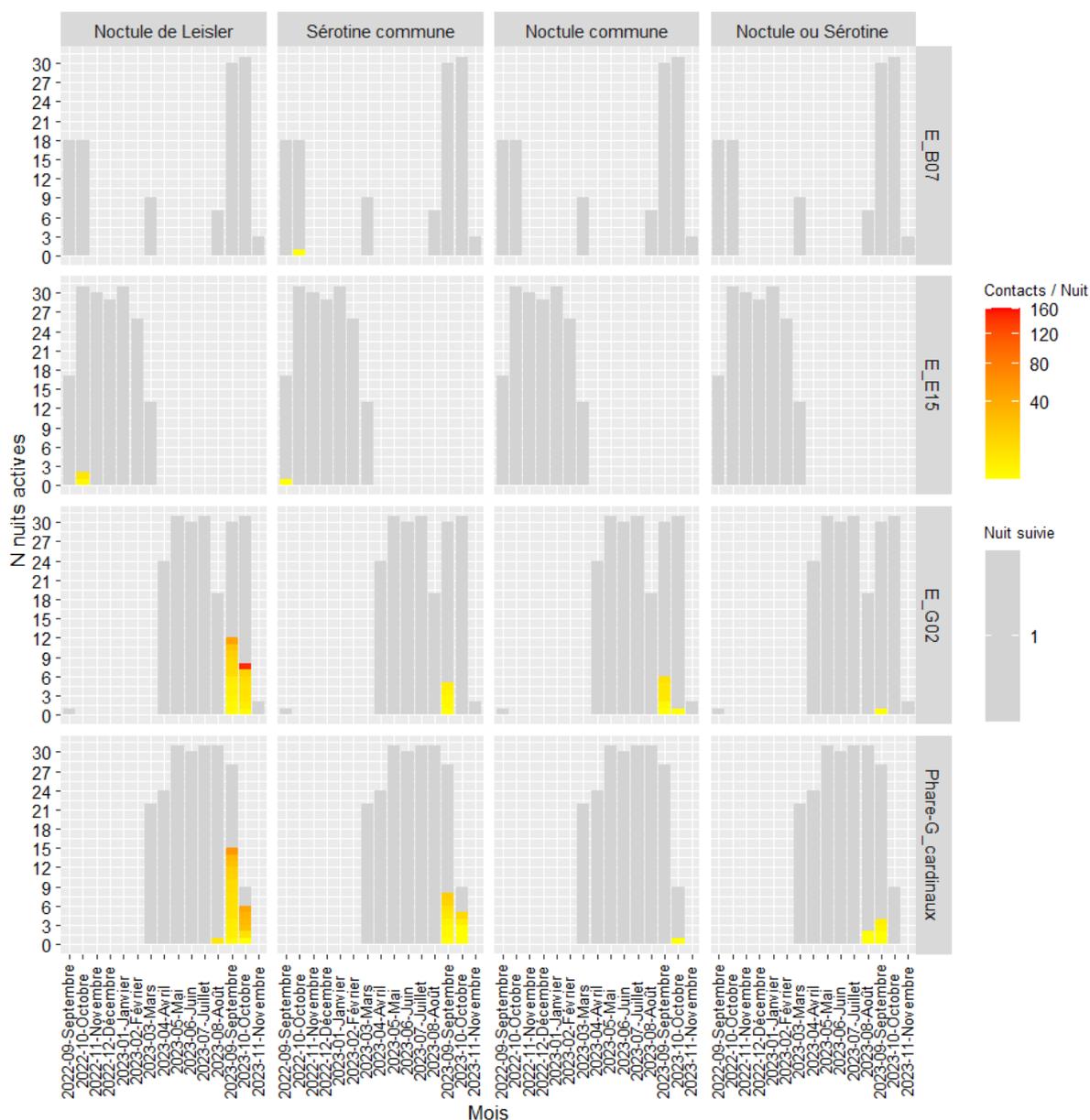
Graph. 10 : fréquentation mensuelle durant toute la période de suivi des Pipistrelles sous les trois éoliennes et le phare des Grands Cardinaux

4 - Les Nyctaloïdes

Les histogrammes rassemblés dans le graphique ci-dessous (Graph. 11) affichent les fréquentations mensuelles des espèces appartenant au groupe des Nyctaloïdes. La Noctule de Leisler influence particulièrement l'activité du groupe des Nyctaloïdes.

Les nuits avec de l'activité sont anecdotiques sous les éoliennes B07 et E15.

Les profils sont assez similaires entre l'éolienne G02 et le phare des Grands cardinaux. Le nombre de nuits actives est plus élevée en septembre pour la Noctule de Leisler et la Séroline commune. Toutefois, la Noctule commune n'est pas contactée en septembre au phare, contrairement à l'éolienne G02.



Graph. 11 : fréquentation mensuelle durant toute la période de suivi des Nyctaloïdes sous les trois éoliennes et le phare des Grands Cardinaux

C - Niveaux de densité et d'activité journalière

1 - 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.

Le fonctionnement des micros très hétérogène entre les points et les contacts étant très limités en 2022 et début 2023, l'analyse statistique de l'activité des Chiroptères portera sur la période d'août à octobre 2023 pour l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux.

2 - Diversité

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

Sur la période d'étude d'août à octobre 2023, la diversité moyenne est de 0,7 e/n sous la nacelle de G02 et de 0,9 e/n au phare (Tableau 7, Graph. 12). Le test statistique confirme le faible écart avec une absence de différence significative entre les moyennes.

Ainsi, la diversité moyenne journalière est similaire entre les points.

Point	Moyenne	Médiane	Max	Min
E_G02	0,7	0	5	0
Phare_G_Cardinaux	0,9	0	5	0

Tableau 7 : indices de diversité en fonction des points

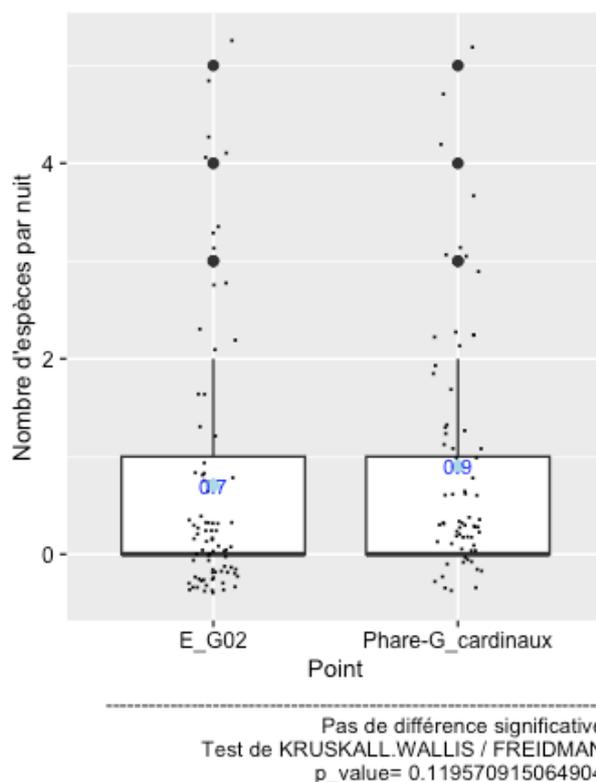
Cette diversité évolue au cours de la période d'août à octobre (Tableau 8, Graph. 13). Sous G02, elle est nulle en août, augmente en septembre pour atteindre 1,45 e/n et diminue en octobre avec 0,4 e/n.

Au phare des Grands Cardinaux, la diversité moyenne est très faible en août, augmente en septembre pour atteindre 1,5 e/n et se maintient en octobre.

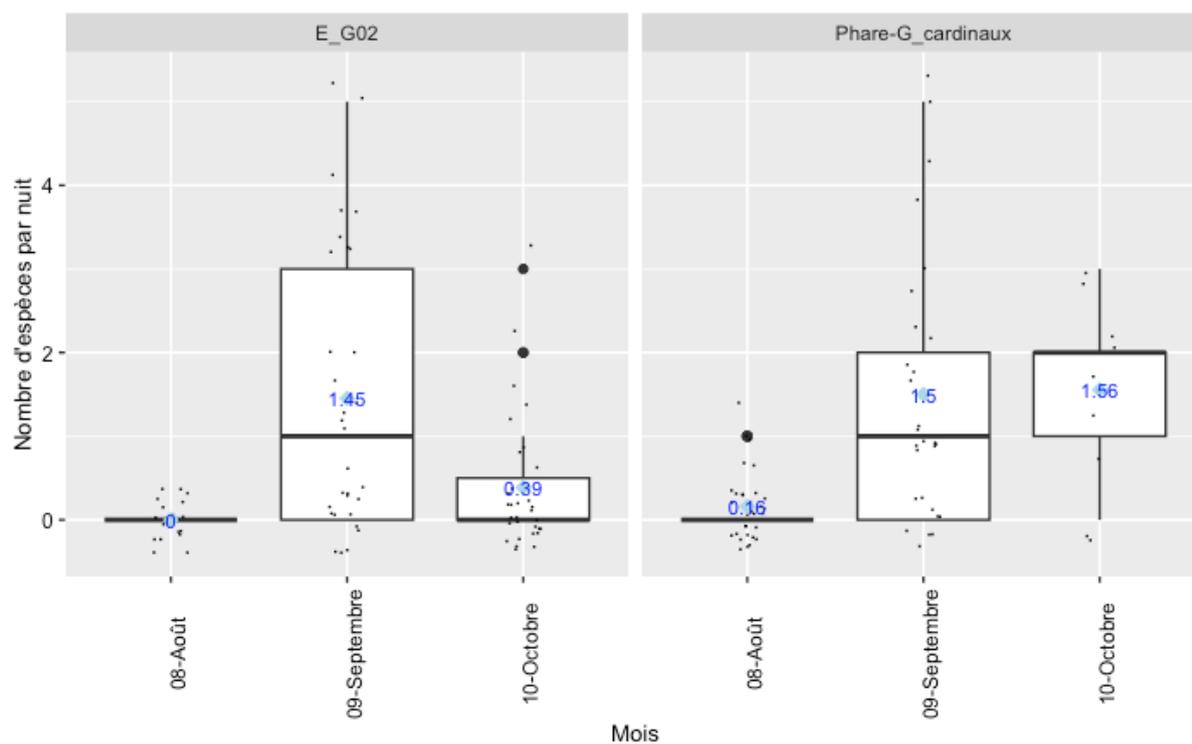
La diversité moyenne reste très faible à faible sous G02 et le phare des Grands Cardinaux.

Point	Mois	Moyenne	Médiane	Max	Min
E_G02	Août	0	0	0	0
E_G02	Septembre	1.45	1	5	0
E_G02	Octobre	0.39	0	3	0
Phare_G_Cardinaux	Août	0.16	0	1	0
Phare_G_Cardinaux	Septembre	1.5	1	5	0
Phare_G_Cardinaux	Octobre	1.56	2	3	0

Tableau 8 : indices de diversité en fonction des points et des mois



Graph. 12 : distribution de la diversité par nuit sur chaque point



Graph. 13 : distribution de la diversité par nuit pour les mois d'août, septembre et octobre et sur chaque point

3 - 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 sous l'éolienne G02 est de 6,9 c/n. Au phare des Grands Cardinaux, cette moyenne atteint 7,8 c/n (Tableau 9, Graph. 14). Comme attendu, cette différence entre les moyennes n'est pas significative.

Ainsi, la densité moyenne est similaire entre les points.

Point	Moyenne	Médiane	Max	Min
E_G02	6.95	0	161	0
Phare_G_Cardinaux	7.81	0	72	0

Tableau 9 : indices de densité en fonction des points

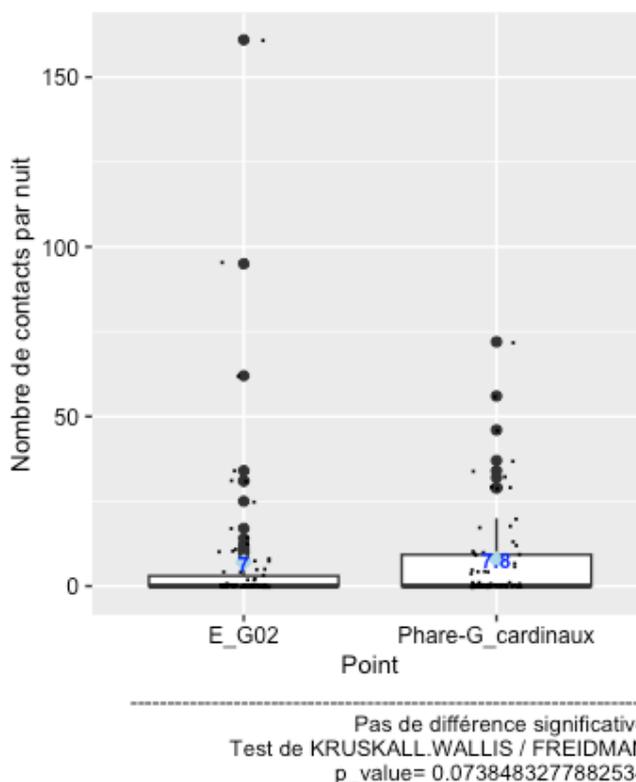
La densité moyenne mensuelle sous l'éolienne G02 est nulle en août, augmente en septembre avec 10,8 c/n et diminue en octobre pour atteindre 7,3 c/n.

Au phare, la densité moyenne est très faible en août avec 0,7 c/n, augmente en septembre avec 12,2 c/n et s'accroît encore en octobre avec 18,7 c/n (Tableau 10, Graph. 15).

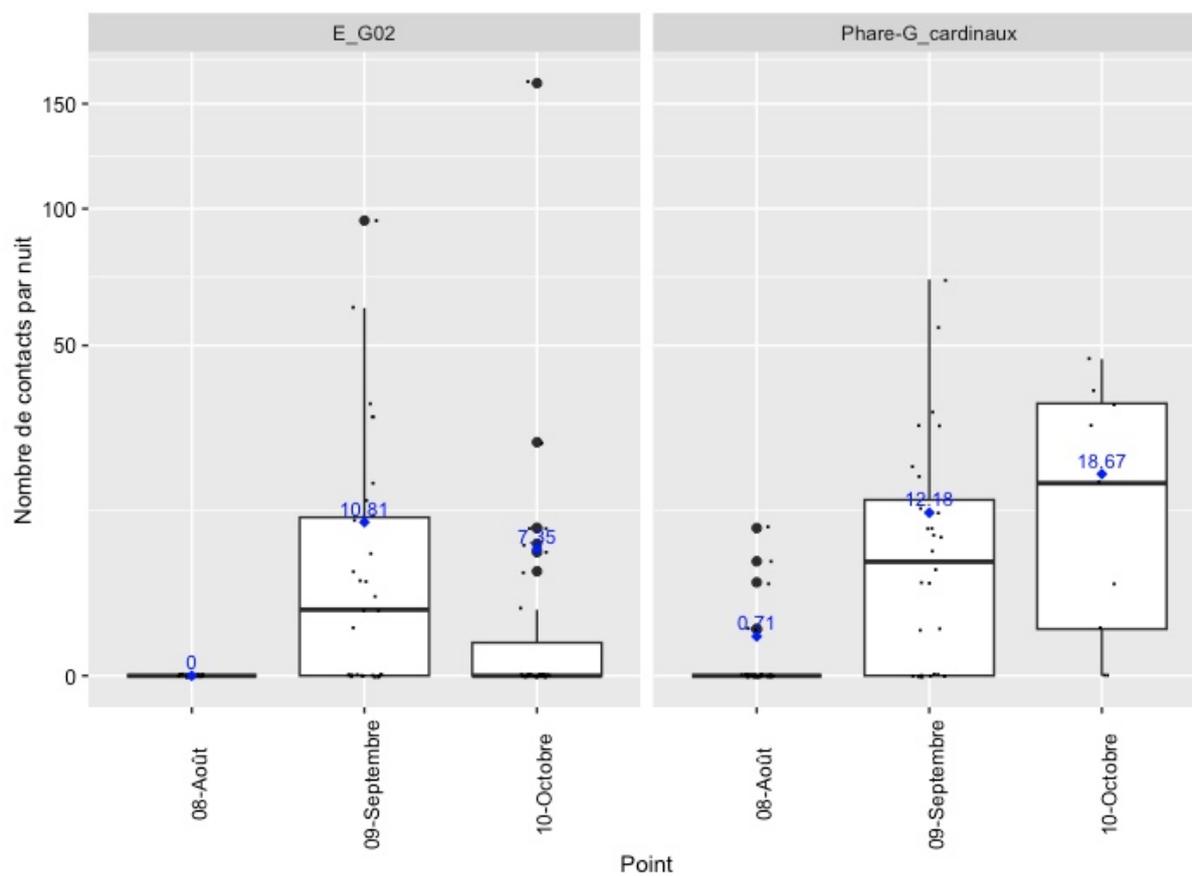
Ces niveaux d'activité sont très faibles à faible.

Point	Mois	Moyenne	Médiane	Max	Min
E_G02	Août	0	0	0	0
E_G02	Septembre	10.81	2	95	0
E_G02	Octobre	7.35	0	161	0
Phare_G_Cardinaux	Août	0.71	0	10	0
Phare_G_Cardinaux	Septembre	12.18	6	72	0
Phare_G_Cardinaux	Octobre	18.67	17	46	0

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



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



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

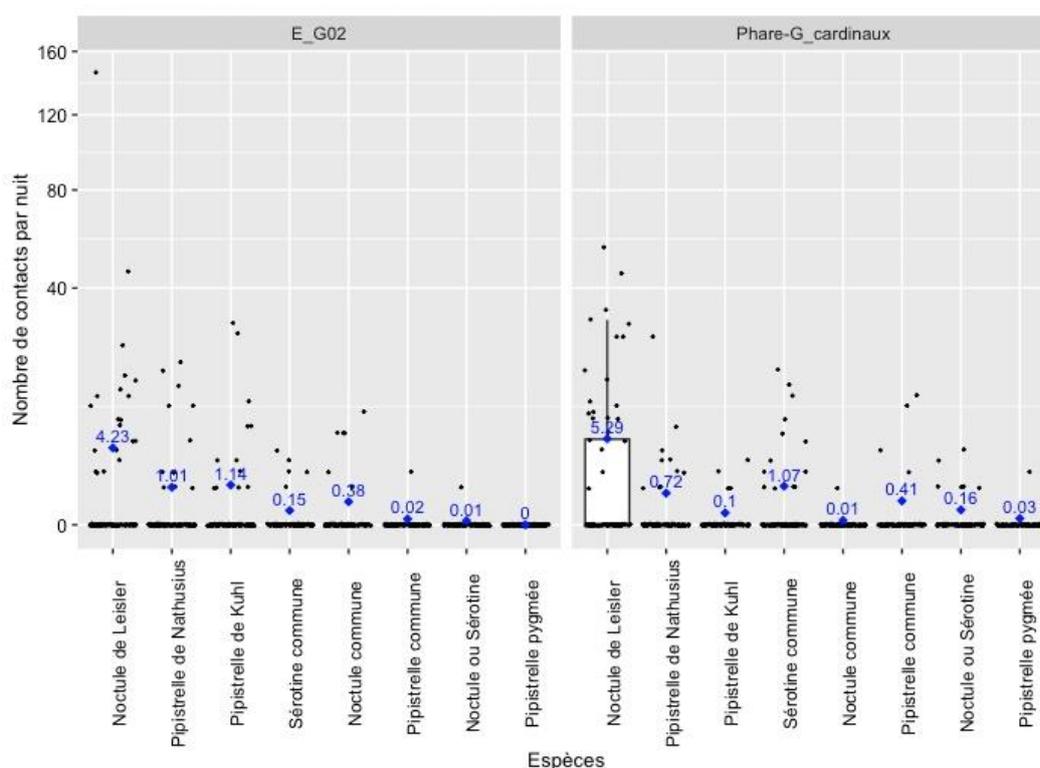
4 - Densité spécifique

Les densités par nuit pour chaque espèce sont calculées et la moyenne est mesurée. Ces données figurent sur le graphique et le tableau suivants (Graph. 12, Tableau 11). Une nuit à près de 150 contacts sous G02 implique un écrasement des moyennes au bas du graphique, autour des valeurs faibles ou nulles, limitant la lecture de ce dernier.

Sur la période d'août à octobre 2023, seule la Noctule commune atteint un niveau de densité faible au phare des Grands Cardinaux. La différence des moyennes de densité entre les deux points de mesures est près d'être significative pour cette espèce .

Entre les deux points d'écoute, l'activité est significativement supérieure au phare des Grands Cardinaux uniquement pour la Sérotine commune (p -value<0,05, Tableau 12). Au demeurant son niveau d'activité reste très faible sous G02 et au phare des Grands Cardinaux.

Les autres espèces ont un niveau d'activité très faible voire nul.



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

Point	Espèce	Moyenne	Médiane	Max	Min	Niveau de densité
E_G02	Noctule commune	0.38	0	9	0	Très faible
E_G02	Noctule de Leisler	4.23	0	146	0	Très faible
E_G02	Pipistrelle commune	0.02	0	2	0	Très faible
E_G02	Pipistrelle de Kuhl	1.14	0	29	0	Très faible
E_G02	Pipistrelle de Nathusius	1.01	0	19	0	Très faible
E_G02	Pipistrelle pygmée	0	0	0	0	Nul
E_G02	Sérotine commune	0.15	0	4	0	Très faible
Phare-G_cardinaux	Noctule commune	0.01	0	1	0	Très faible
Phare-G_cardinaux	Noctule de Leisler	5.29	0	55	0	Faible
Phare-G_cardinaux	Pipistrelle commune	0.41	0	12	0	Très faible
Phare-G_cardinaux	Pipistrelle de Kuhl	0.1	0	3	0	Très faible
Phare-G_cardinaux	Pipistrelle de Nathusius	0.72	0	25	0	Très faible
Phare-G_cardinaux	Pipistrelle pygmée	0.03	0	2	0	Très faible
Phare-G_cardinaux	Sérotine commune	1.07	0	17	0	Très faible

*Surligné orange : activité significativement supérieure au regard de la p-value (Tableau 12)

Tableau 11 : indices de densité spécifique par point sur la période d'août à octobre 2023

Espèce	Test appliqué	Valeur de P	Significativité
Noctule de Leisler	Test de KRUSKALL.WALLIS / FREIDMAN	0.221564601218156	Pas de différence significative
Pipistrelle de Nathusius	Test de KRUSKALL.WALLIS / FREIDMAN	0.89723995216641	Pas de différence significative
Sérotine commune	Test de KRUSKALL.WALLIS / FREIDMAN	0.0143812158911327	Différences significatives
Pipistrelle de Kuhl	Test de KRUSKALL.WALLIS / FREIDMAN	0.0699621485197568	Pas de différence significative
Noctule commune	Test de KRUSKALL.WALLIS / FREIDMAN	0.0510112231050689	Pas de différence significative
Pipistrelle commune	Test de KRUSKALL.WALLIS / FREIDMAN	0.113662854642452	Pas de différence significative
Pipistrelle pygmée	Test de KRUSKALL.WALLIS / FREIDMAN	0.27509237663611	Pas de différence significative

Tableau 12 : résultats des tests de mesure des différences entre les densités moyennes spécifiques mesurées par point

D - Niveau de fréquentation

Le niveau de fréquentation est évalué sous l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux. Il est évalué par une règle d'utilisation des quantiles précisée dans la méthodologie.

Sur l'ensemble de l'année, toutes espèces confondues, le niveau de fréquentation est évalué très faible (Tableau 13) sous G02 et le phare des Grands Cardinaux. En effet, moins de 25% des nuits compte plus d'un contact (Graph. 17, Graph. 18). Le niveau de fréquentation est aussi très faible pour les Nyctaloïdes et les Pipistrelloïdes.

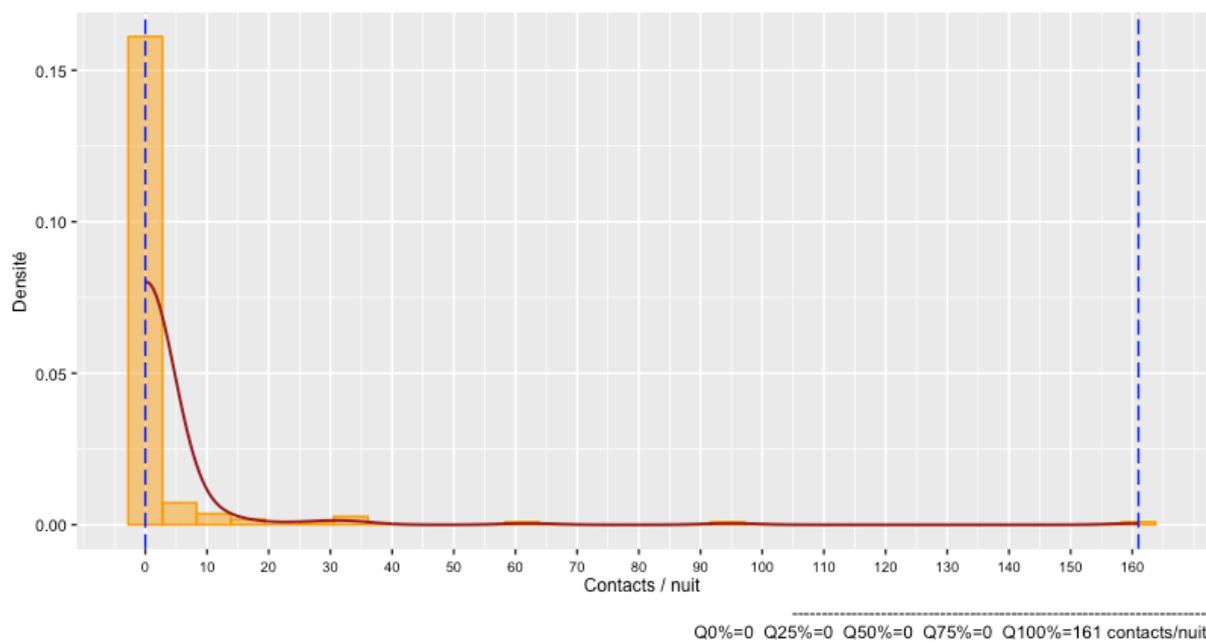
Toutes espèces confondues, sur la période la plus fréquentée qui est celle d'août à septembre, le niveau de fréquentation est évalué faible, sous G02 et le phare des Grands Cardinaux. En effet, seulement 25 % des nuits comptent plus de 3 contacts sous G02 et 9,2 contacts au phare (Graph. 19, Graph. 20). Les Nyctaloïdes sont majoritairement à l'origine de cette tendance avec un niveau de fréquentation moyen à faible en septembre et octobre sous G02 et moyen à fort au phare. La fréquentation est à relativiser en octobre au phare car seulement 9 nuits ont été suivies. Les Pipistrelles restent à un niveau de fréquentation au mieux faible durant cette période.

Sous G02, la fréquentation est très faible sur l'année pour l'ensemble des espèces. La fréquentation de la Noctule de Leisler est faible en septembre et en octobre. Elle est faible en septembre pour la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle de Nathusius. La fréquentation est très faible en septembre pour les autres espèces.

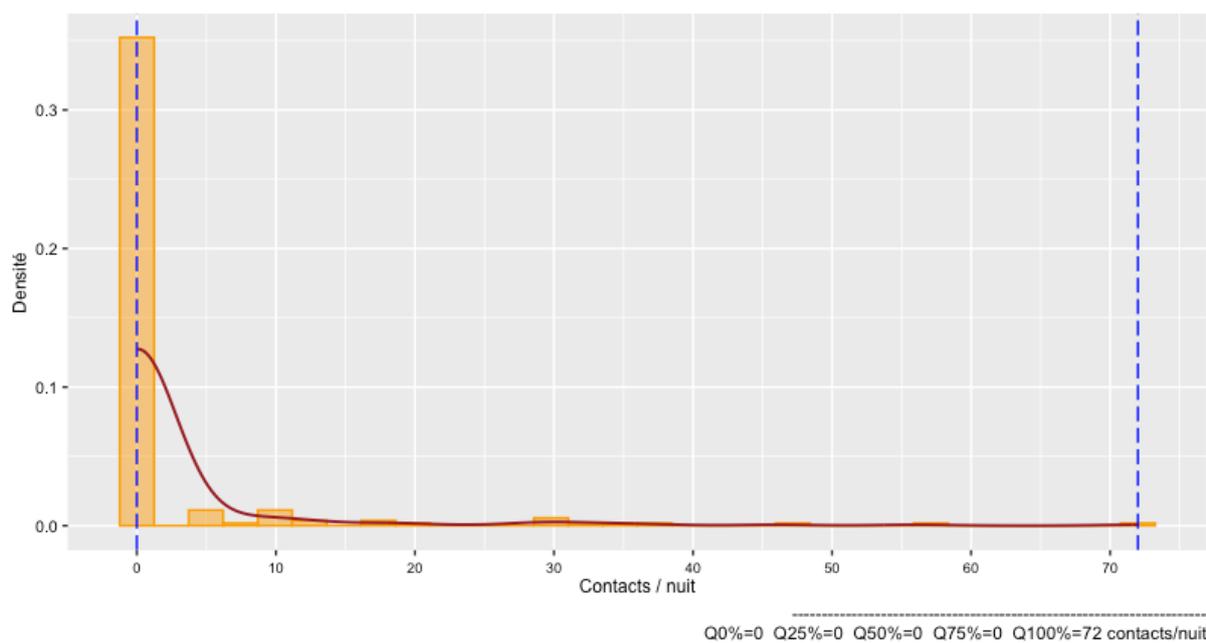
Au phare des Grands Cardinaux, la fréquentation est aussi très faible sur l'année pour l'ensemble des espèces. La fréquentation de la Noctule de Leisler est moyenne en septembre et octobre. Elle est faible en septembre pour la Sérotine commune et la Pipistrelle de Nathusius.

Point	Espèces	Année	Août à octobre	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.
G02	Toutes espèces	Très faible	Faible			Nul	Nul	Très faible	Nul	Nul	Moyen	Faible	Nul
	Nyctaloïdes	Très faible	Faible			Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Moyen	Faible	Nul
	Pipistrelloïdes	Très faible	Très faible			Nul	Nul	Très faible	Nul	Nul	Faible	Très faible	Nul
	Noctule de Leisler	Très faible	Très faible			Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Faible	Faible	Nul
	Sérotine commune	Très faible	Très faible			Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Nul	Nul
	Noctule commune	Très faible	Très faible			Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Très faible	Nul
	Noctule ou Sérotine	Très faible	Très faible			Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Nul	Nul
	Pipistrelle commune	Très faible	Très faible			Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Nul	Nul
	Pipistrelle de Kuhl	Très faible	Très faible			Nul	Nul	Très faible	Nul	Nul	Faible	Très faible	Nul
	Pipistrelle de Nathusius	Très faible	Très faible			Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Faible	Très faible	Nul
	Pipistrelle pygmée	Nul	Nul			Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul
Phare	Toutes espèces	Très faible	Faible		Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Moyen	Fort	
	Nyctaloïdes	Très faible	Faible		Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Moyen	Fort	
	Pipistrelloïdes	Très faible	Très faible		Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Faible	Très faible	
	Noctule de Leisler	Très faible	Faible		Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Moyen	Moyen	
	Sérotine commune	Très faible	Très faible		Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Faible	Moyen	
	Noctule commune	Très faible	Très faible		Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	
	Noctule ou Sérotine	Très faible	Très faible		Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Très faible	Nul	
	Pipistrelle commune	Très faible	Très faible		Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Très faible	Très faible	
	Pipistrelle de Kuhl	Très faible	Très faible		Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Nul	
	Pipistrelle de Nathusius	Très faible	Très faible		Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Faible	Très faible	
	Pipistrelle pygmée	Très faible	Très faible		Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Nul	

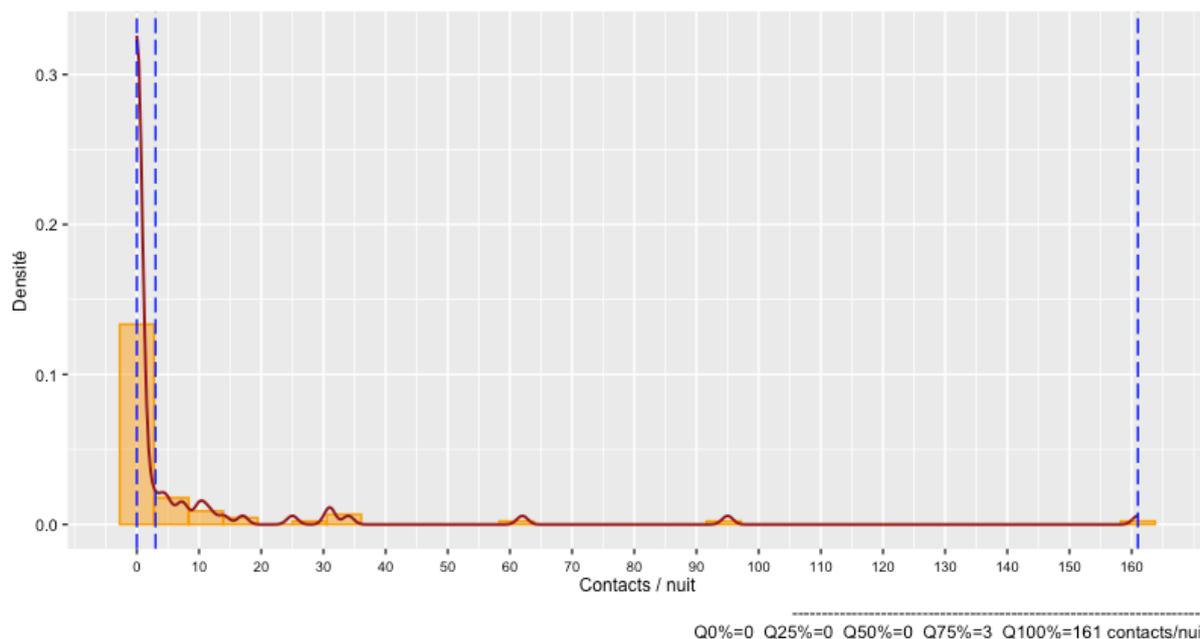
Tableau 13 : niveau de fréquentation des Chiroptères sous G02 et le phare des Grands Cardinaux



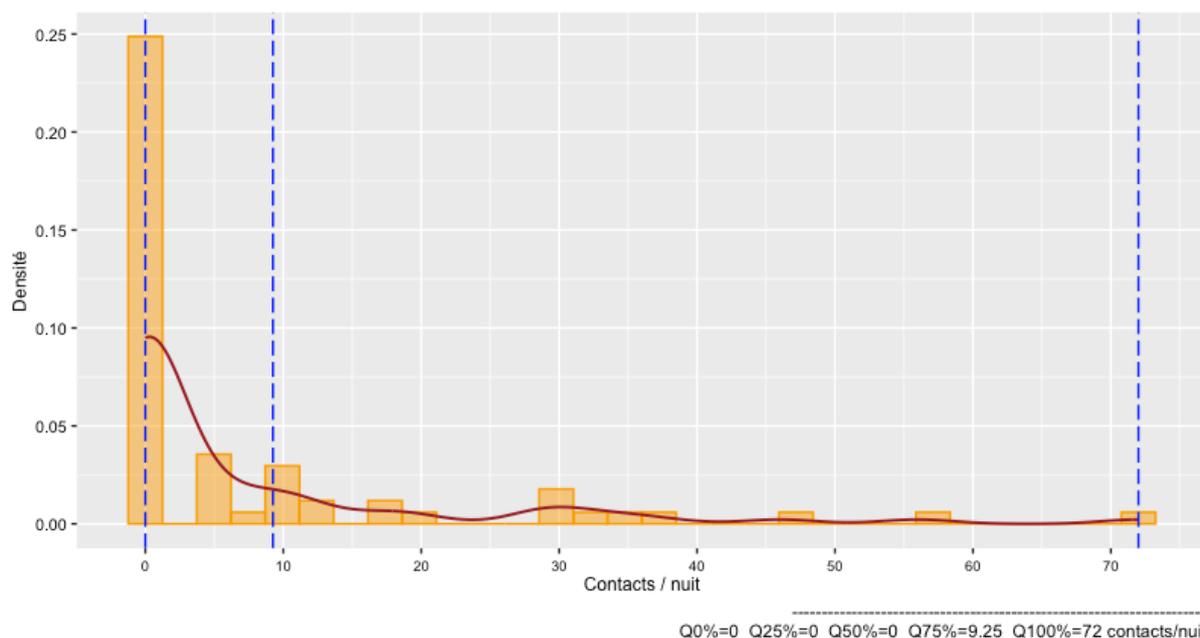
Graph. 17 : distribution de la densité du nombre de contacts/nuit et détermination des quantiles Q0, Q25, Q50, Q75 et Q100, durant toute la période d'étude, toutes espèces confondues sous G02



Graph. 18 : distribution de la densité du nombre de contacts/nuit et détermination des quantiles Q0, Q25, Q50, Q75 et Q100, durant toute la période d'étude, toutes espèces confondues au phare des Grands Cardinaux



Graph. 19 : distribution de la densité du nombre de contacts/nuit et détermination des quantiles Q0, Q25, Q50, Q75 et Q100, durant la période d'août à octobre 2023, toutes espèces confondues sous G02



Graph. 20 : distribution de la densité du nombre de contacts/nuit et détermination des quantiles Q0, Q25, Q50, Q75 et Q100, durant la période d'août à octobre 2023, toutes espèces confondues au phare des Grands Cardinaux

E - Facteurs influençant le comportement des Chiroptères

1 - Données retenues

Seules les données d'activité des mois d'août, septembre et octobre sous l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux sont utilisées pour réaliser les analyses qui suivent. Le peu de données d'activité sous les éoliennes E15 et B07, ne permet pas d'analyse de densité.

2 - La période de la nuit

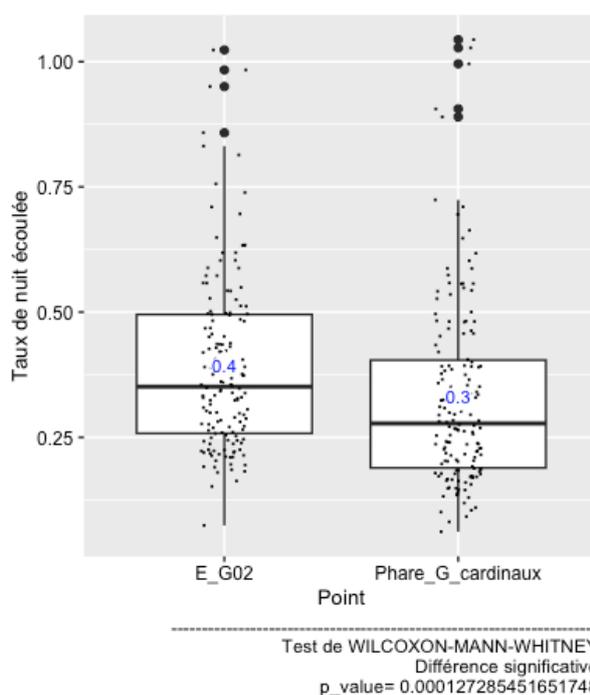
Les données utilisées sont les classes de 10 minutes positives.

Le graphique permet de mesurer la distribution des contacts au cours de la nuit en fonction des points.

Les contacts sont enregistrés en moyenne dans le premier tiers de nuit écoulée, avec un taux de 0,4 sous G02 et 0,3 au phare des Grands Cardinaux (Graph. 21).

Malgré le faible écart entre les moyennes, la différence est significative.

Ainsi, la distribution des données est différente entre les deux points. Comme évoqué précédemment, l'activité a tendance à apparaître plus tôt dans la nuit au phare des Grands Cardinaux.

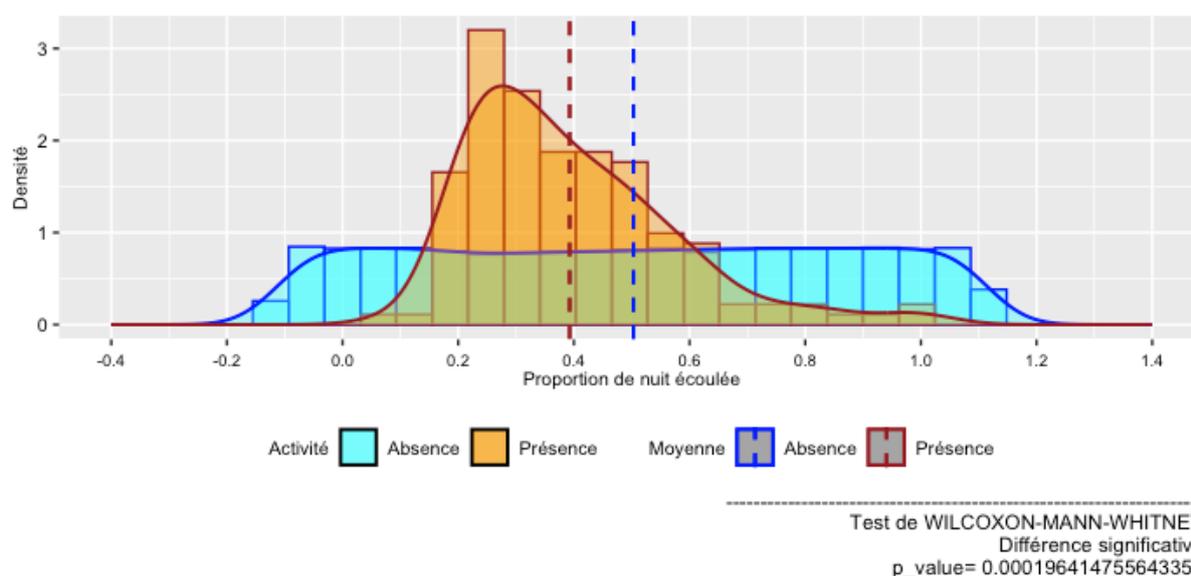


Graph. 21 : distribution des contacts en fonction du taux de nuit écoulée par point

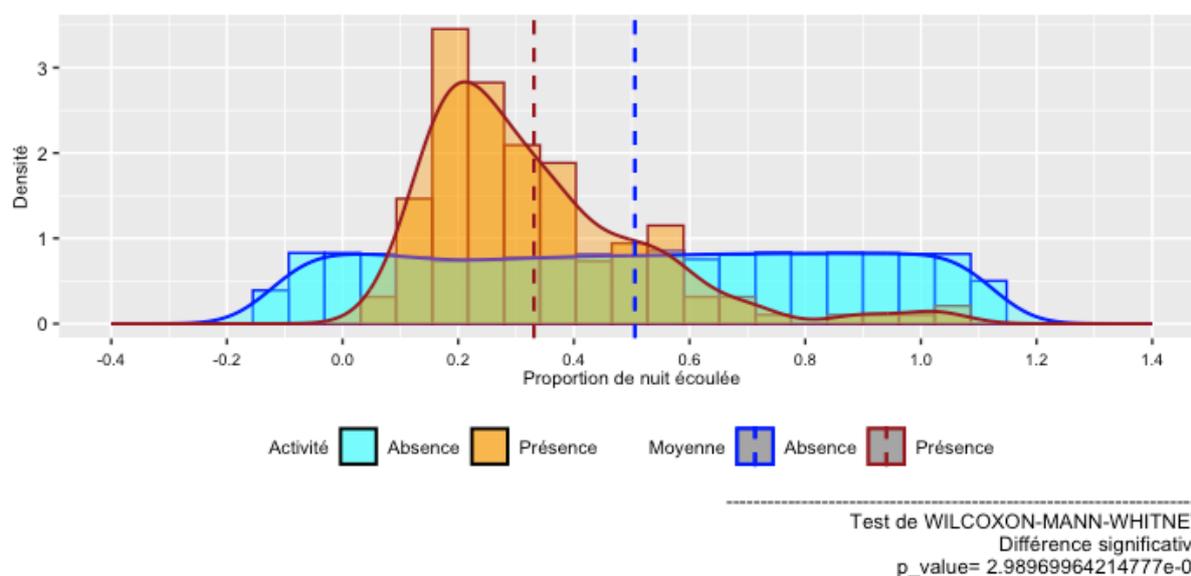
Pour chaque point, la distribution des données d'activité est décalée vers le début de la nuit, tandis que celle des données sans activité est uniformément réparties sur toute la nuit (Graph. 22 et Graph. 23).

Sous l'éolienne G02, les Chiroptères marquent bien une préférence à exploiter la première partie de la nuit, même s'ils sont encore présents en seconde partie de nuit. La période autour des 25 % de la nuit est privilégiée.

Au phare des Grands Cardinaux, les Chiroptères marquent aussi cette préférence à exploiter la première partie de la nuit, même s'ils sont aussi encore présents en seconde partie de nuit. La période autour des 15 % de la nuit est privilégiée.



Graph. 22 : densité de données d'activité en fonction de la nuit écoulée, durant la période d'août à octobre 2023, toutes espèces, sous l'éolienne G02

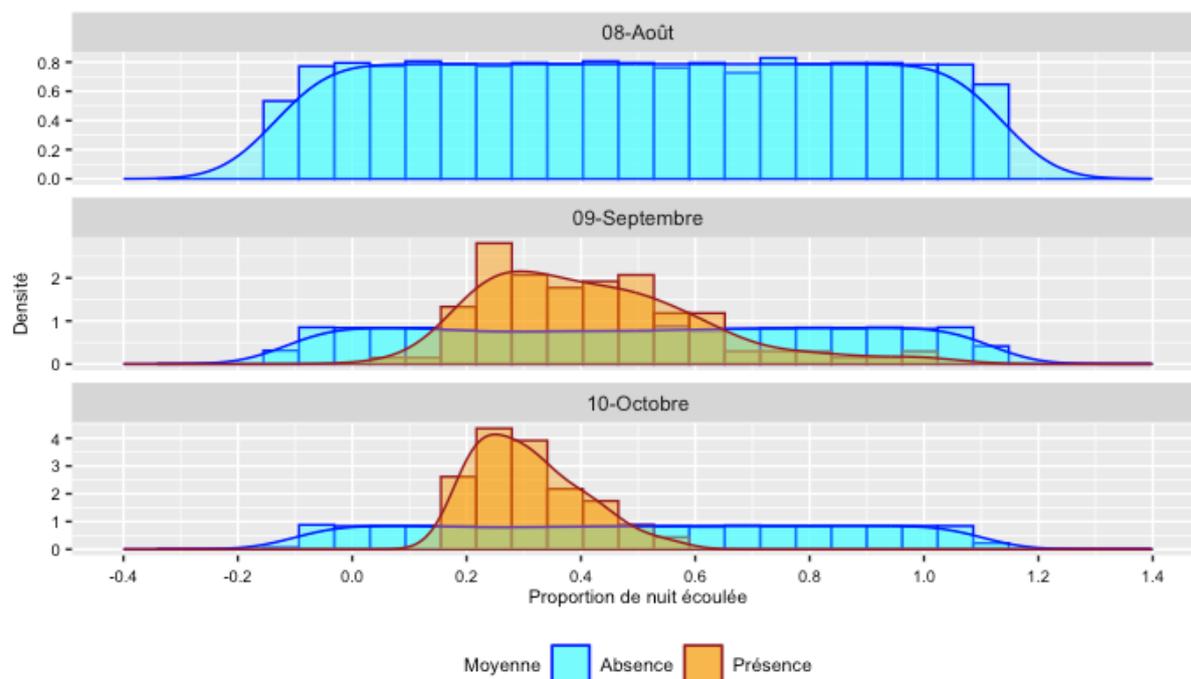


Graph. 23 : densité de données d'activité en fonction de la nuit écoulée, durant la période d'août à octobre 2023, toutes espèces, au phare des Grands Cardinaux

Les graphiques et les tableaux suivants précisent les seuils mensuels de proportion et de durée de nuit écoulee en fonction des quantiles des données (Graph. 24, Graph. 25 et Tableau 14, Tableau 15).

Ce phénomène d'activité en première moitié de nuit se retrouve à chaque mois pour chaque point, excepté en août sous G02 où aucune activité n'est enregistrée.

Sous G02, au quantile 90, la proportion de nuit écoulee atteint 56,4 % de la nuit en septembre. Pour le mois d'octobre l'activité se limite avant le milieu de la nuit.

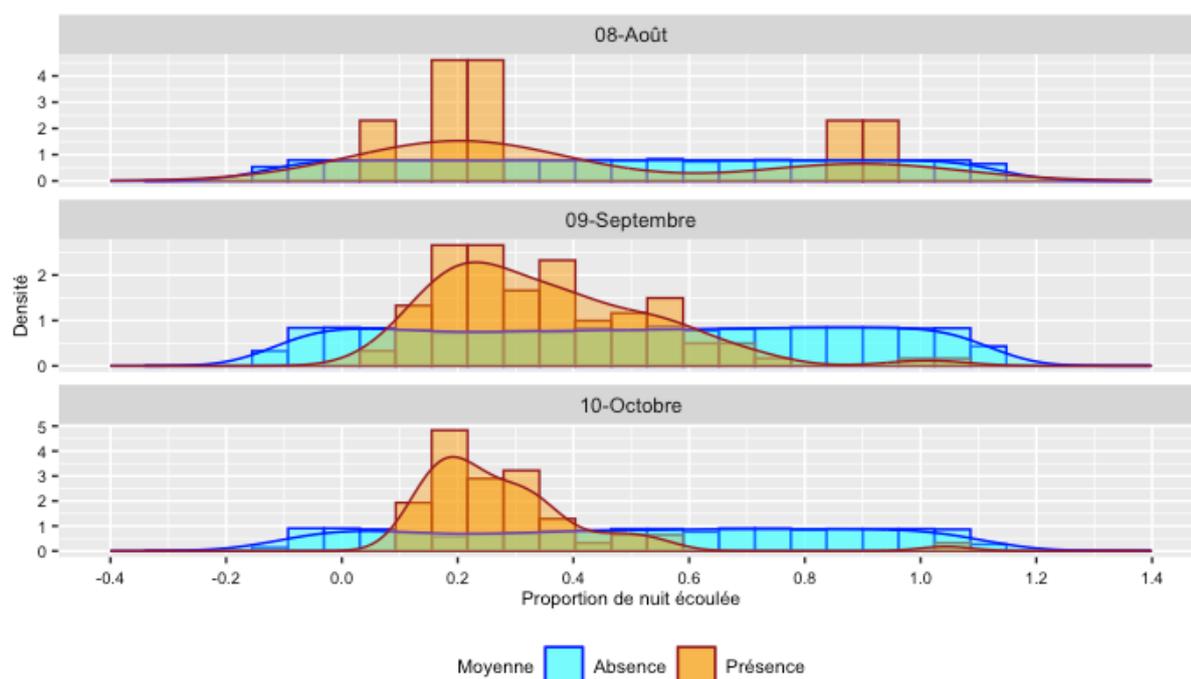


Graph. 24 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la nuit écoulee pour les mois d'août, septembre et octobre 2023, sous l'éolienne G02

mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
Septembre	27,1%	39,0%	52,5%	63,7%	79,1%	93,6%	102,3%
Octobre	22,5%	29,5%	36,0%	42,5%	47,2%	50,3%	54,9%

Tableau 14 : valeurs mensuelles des températures pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août, septembre et octobre 2023, toutes espèces confondues sous l'éolienne G02

Au phare des Grands Cardinaux, au quantile 90, la proportion de nuit écoulee atteint 76,5 % en août et 50 % de la nuit en septembre. Pour le mois d'octobre l'activité se limite avant le milieu de la nuit.



Graph. 25 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la nuit écoulee pour les mois d'août, septembre et octobre 2023, au phare des Grands Cardinaux

mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
Août	19,6%	25,4%	57,9%	89,6%	90,1%	90,4%	90,6%
Septembre	21,0%	32,4%	46,7%	58,7%	67,0%	74,6%	1,03%
Octobre	17,7%	23,3%	32,6%	46,0%	51,2%	55,8%	1,04%

Tableau 15 : valeurs mensuelles des températures pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août, septembre et octobre, toutes espèces confondues au phare des Grands Cardinaux

3 - L'activité en fonction de la température

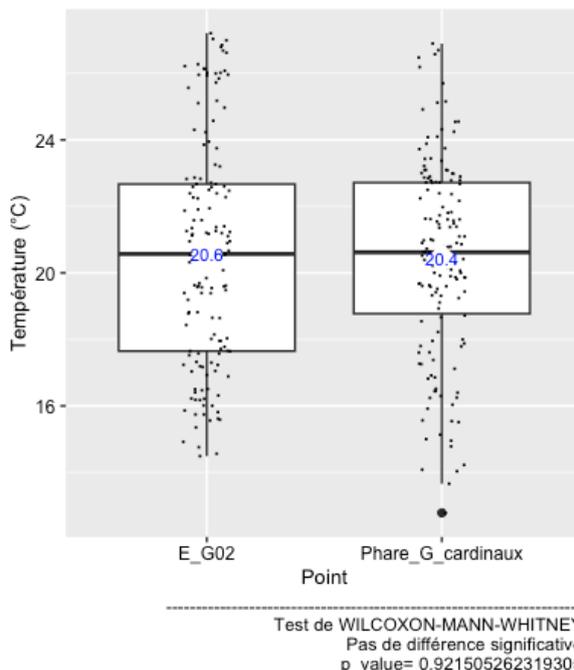
Le graphique permet de mesurer la distribution des contacts en fonction de la température et des points.

Les contacts sont enregistrés en moyenne autour des 20,4 à 20,6 °C. Les moyennes sont similaires entre les points (Graph. 26).

Le test statistique confirme que le faible écart entre les moyennes n'est pas significatif.

Ainsi, la distribution des données en fonction de la température est identique entre les deux points.

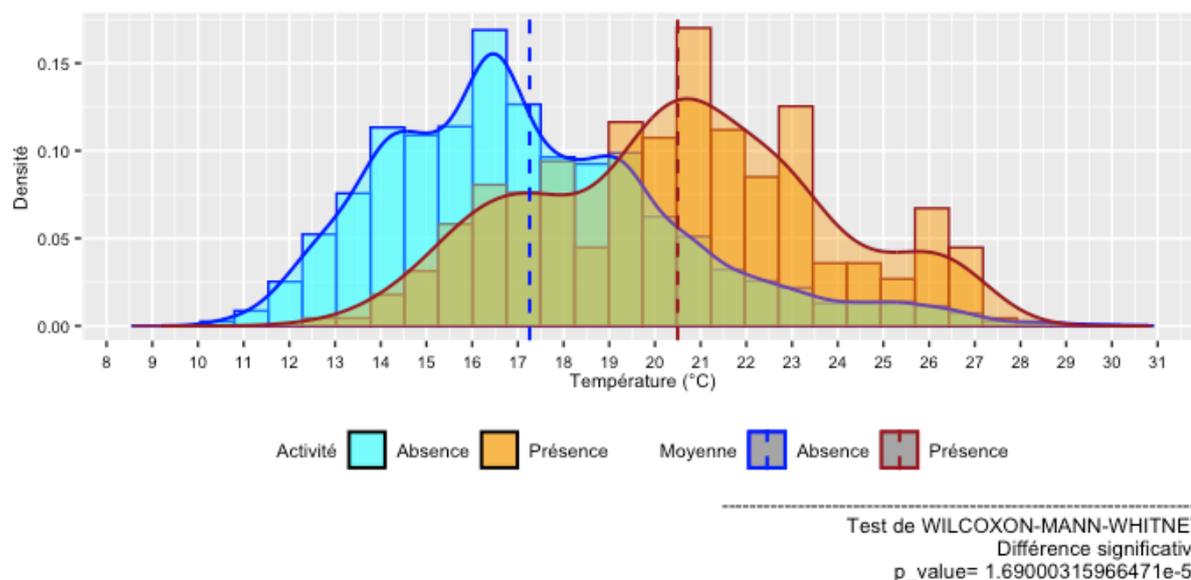
La distribution étant similaire, le graphique de densité des données d'activité suivant, Graph. 27, regroupe les deux points.



Graph. 26 : distribution des contacts en fonction de la température par point

L'activité se distribue entre 13 °C et 27 °C. La température moyenne enregistrée avec de l'activité est de 20,5 °C, et celle des données sans activités est de 17,2 °C (Graph. 27). L'écart entre les moyennes est significativement différent.

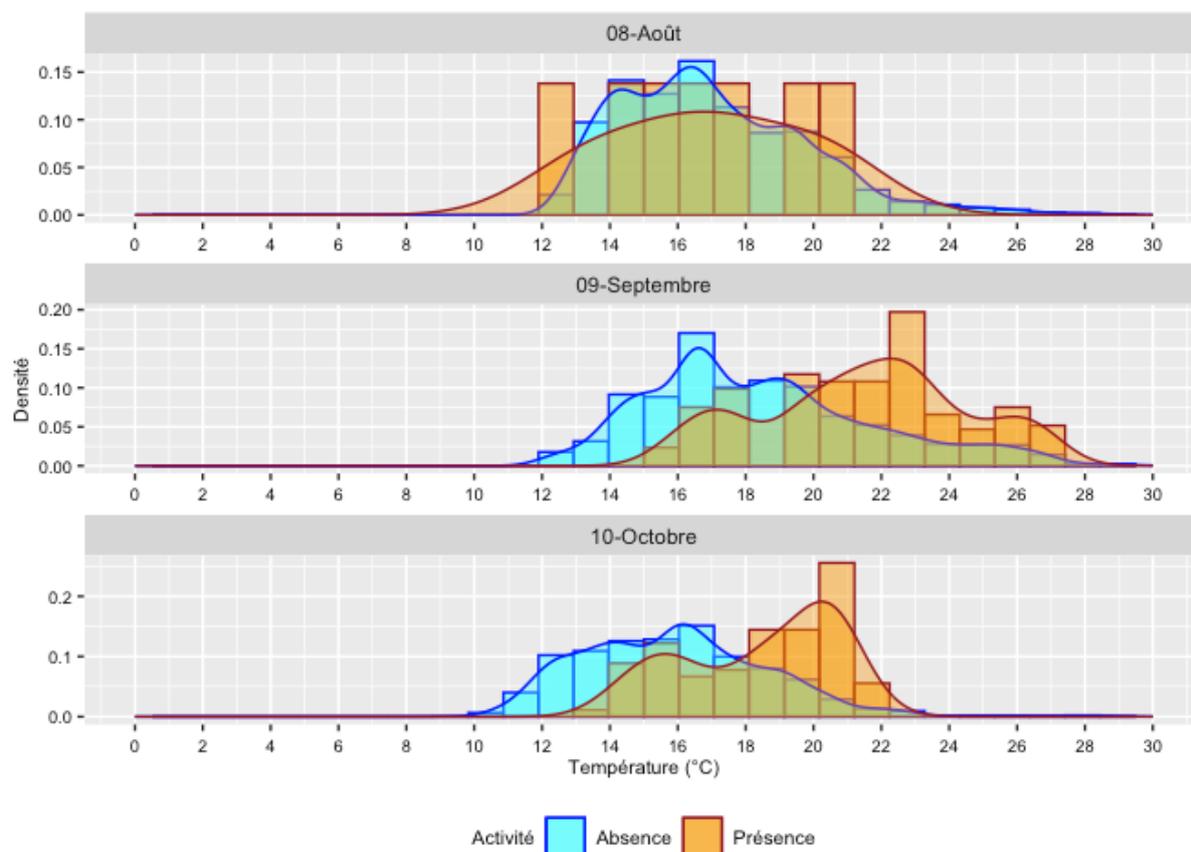
Les Chiroptères privilégient des températures plus chaudes, autour de 21 °C et plus.



Graph. 27 : densité de données d'activité en fonction de la température, durant la période d'août à octobre, toutes espèces, pour l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux

Le graphique et le tableau suivants précisent les seuils mensuels de température en fonction des quantiles de données (Graph. 28 et Tableau 16).

Ainsi, au quantile 90, la température descend à 13,6 °C en août, 17,1 °C en septembre et 15 °C en octobre.



Graph. 28 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la température pour les mois d'août, septembre et octobre, pour l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux

Mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
août	18,9	16,9	15,0	13,6	13,2	12,8	12,8
septembre	23,2	21,6	19,6	17,1	16,4	15,5	15,5
octobre	20,5	18,8	16,2	15,0	14,6	13,7	13,7

Tableau 16 : valeurs mensuelles des températures pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août, septembre et octobre, toutes espèces confondues pour l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux

4 - L'activité en fonction de la vitesse du vent

a - Vitesse mesurée à hauteur de nacelle (100 m)

Dans ce suivi, les vitesses de vent sont enregistrées par des anémomètres installés en nacelle, à 100 m au-dessus du niveau moyen de la mer. Les enregistreurs acoustiques sont placés à 25 m de hauteur pour les éoliennes et 31,5 m pour le phare des Grands Cardinaux. Ici le comportement des Chiroptères est analysé en fonction de la vitesse de vent mesurée à 100 m de hauteur.

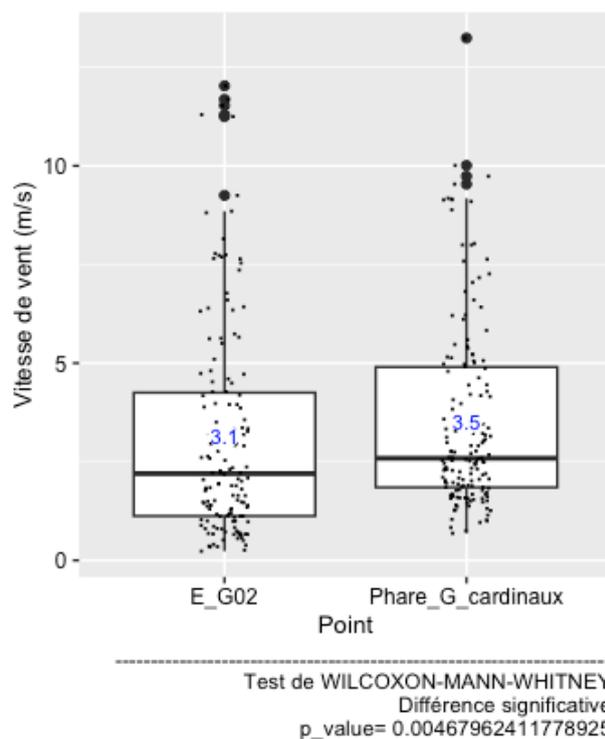
Le graphique permet de mesurer la distribution des contacts en fonction de la vitesse de vent et des points.

L'activité est enregistrée en moyenne à une vitesse de vent de 3,1 m/s sous l'éolienne G02 contre 3,5 m/s au phare des Grands Cardinaux (Graph. 29).

Le test statistique met en évidence un écart significatif entre les moyennes. Cependant cet écart est très faible.

Ainsi, la distribution des données d'activité en fonction de la vitesse de vent est différente entre les deux points. Mais cette différence reste très légère.

Les Chiroptères privilégient des vitesses de vent faibles. Et ils semblent privilégier des vitesses de vent plus souvent plus faibles sous E_G02 par rapport au phare des Grands Cardinaux.



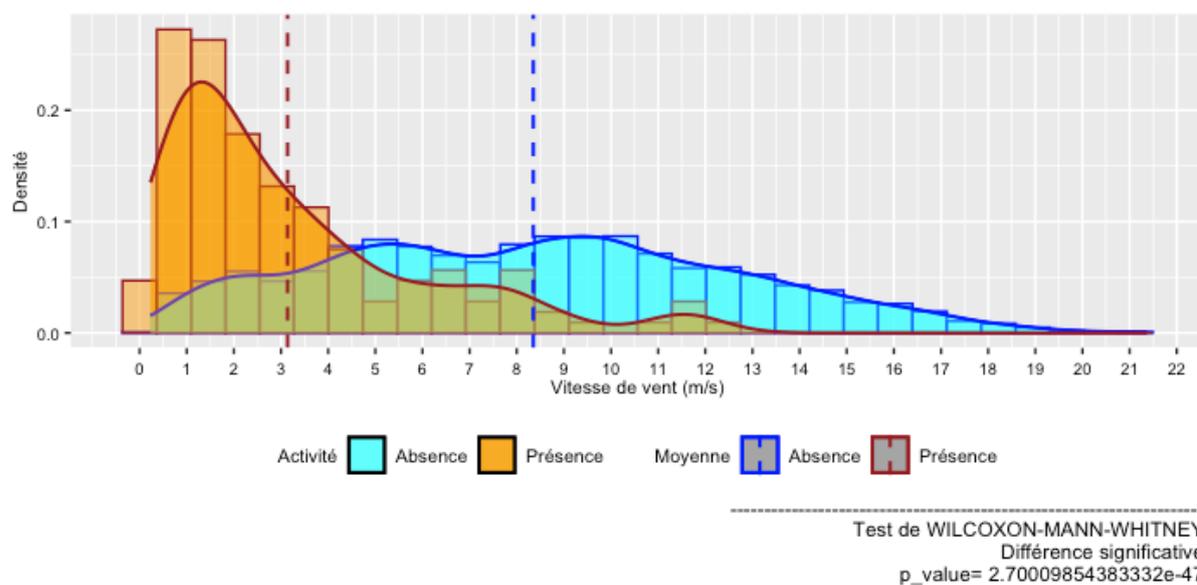
Graph. 29 : distribution des contacts en fonction de la vitesse de vent par point

Au demeurant, le comportement des Chiroptères au niveau du phare, en fonction de la vitesse de vent, est comparé à celui mesuré sous G02. Mais les vitesses de vent ne sont relevées qu'au niveau des éoliennes et ont été appliquées à Phare des Grands Cardinaux. Ce comblement de lacune de données peut influencer les résultats. En effet, au niveau du phare, l'activité a pu être enregistrée à des épisodes de vitesses de vent plus faibles que celles en mer au même moment et induire ce léger décalage.

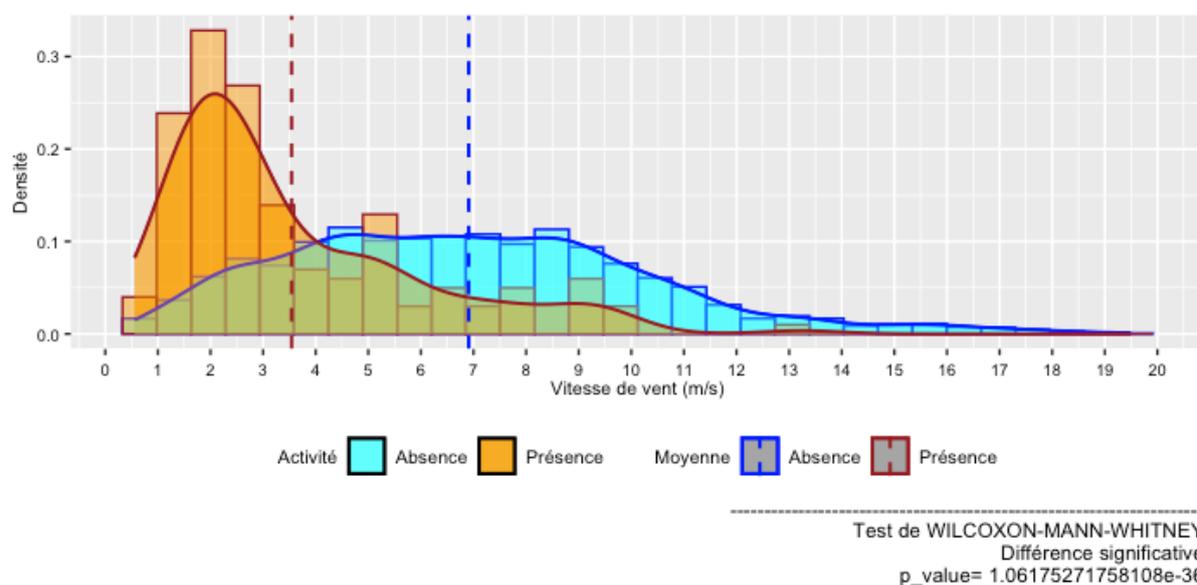
Les graphiques de densité suivants sont donc déclinés par point d'écoute.

Sous G02, l'activité se distribue entre 0,2 et 12 m/s. La vitesse moyenne enregistrée avec de l'activité est de 3,1 m/s, et celle des données sans activité est de 8,3 m/s (Graph. 30). L'écart entre les moyennes est significativement différent. Les Chiroptères favorisent les vitesses de vent les plus faibles, particulièrement autour de 1 m/s et moins de 5 m/s (quantil75=4,25 m/s, sur l'ensemble de la période).

Au phare des Grands Cardinaux, l'activité se distribue entre 0,7 et 13,3 m/s, vitesse de vent mesurée en moyenne entre les trois éoliennes suivies. La vitesse moyenne enregistrée avec de l'activité est de 3,5 m/s, et celle des données sans activité est de 6,9 m/s (Graph. 31). L'écart entre les moyennes est significativement différent. Les Chiroptères favorisent les vitesses de vent les plus faibles, particulièrement autour de 2 m/s et en-dessous des 5 m/s (quantil75=4,90 m/s, sur l'ensemble de la période), vitesse de vent mesurée au niveau des éoliennes à 100 m de hauteur. Au demeurant, comme évoqué précédemment, sur l'ensemble de la période, la vitesse de vent moyenne est un peu plus élevée durant la période d'activité au phare des Grands Cardinaux ($v=3,5$ m/s) par rapport à celle sous G02 ($v=3,1$ m/s).



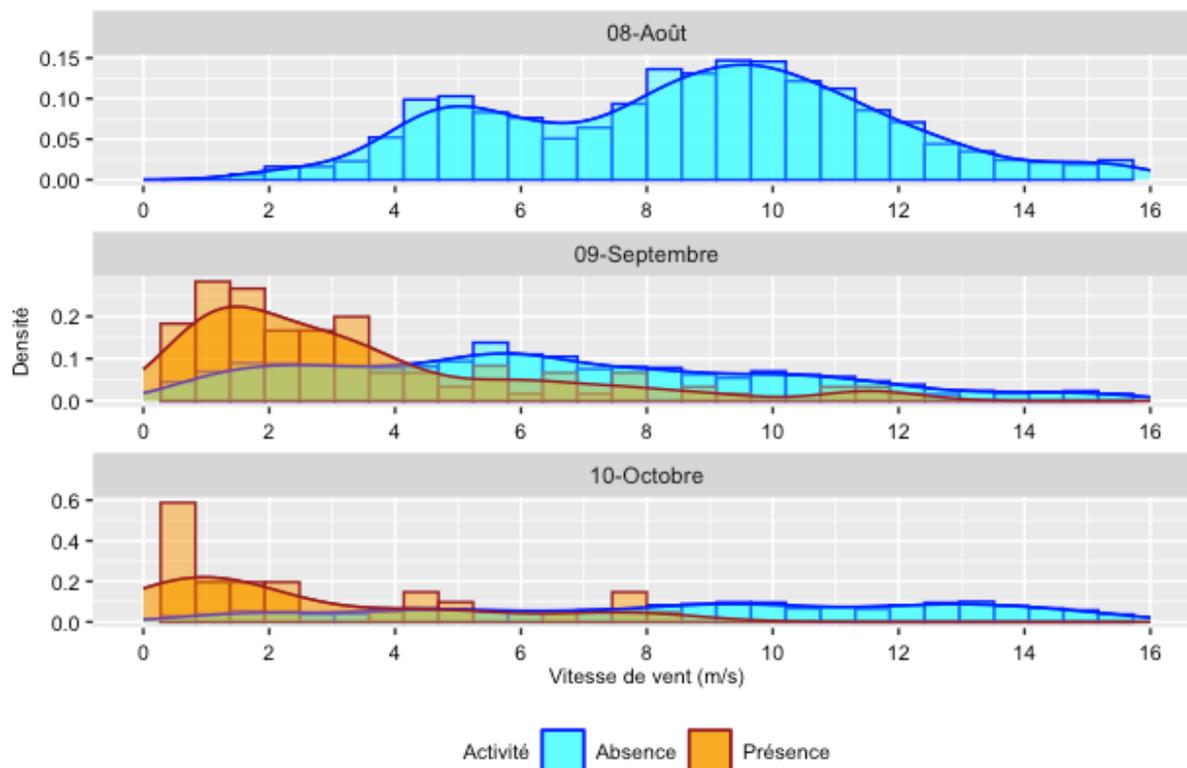
Graph. 30 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la vitesse de vent pour la période d'août à octobre 2023, sous l'éolienne G02



Graph. 31 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la vitesse de vent pour la période d'août à octobre 2023, au phare des Grands cardinaux

Les graphiques et les tableaux suivants précisent les seuils mensuels de vitesses de vent en fonction des quantiles de données (Graph. 32, Graph. 33 et Tableau 17, Tableau 18).

Sous G02, en septembre et en octobre 2023, la sélection par les Chiroptères des vitesses de vent faibles se reproduit (Graph. 32, Tableau 17). En effet, 75 % de l'activité est enregistrée sous des vitesses de vents inférieures à 4,3 m/s. Une petite partie de l'activité se manifeste au-delà jusqu'à 7,6 m/s (Q90=5,5 m/s), et le reste jusqu'à 12 m/s en septembre.



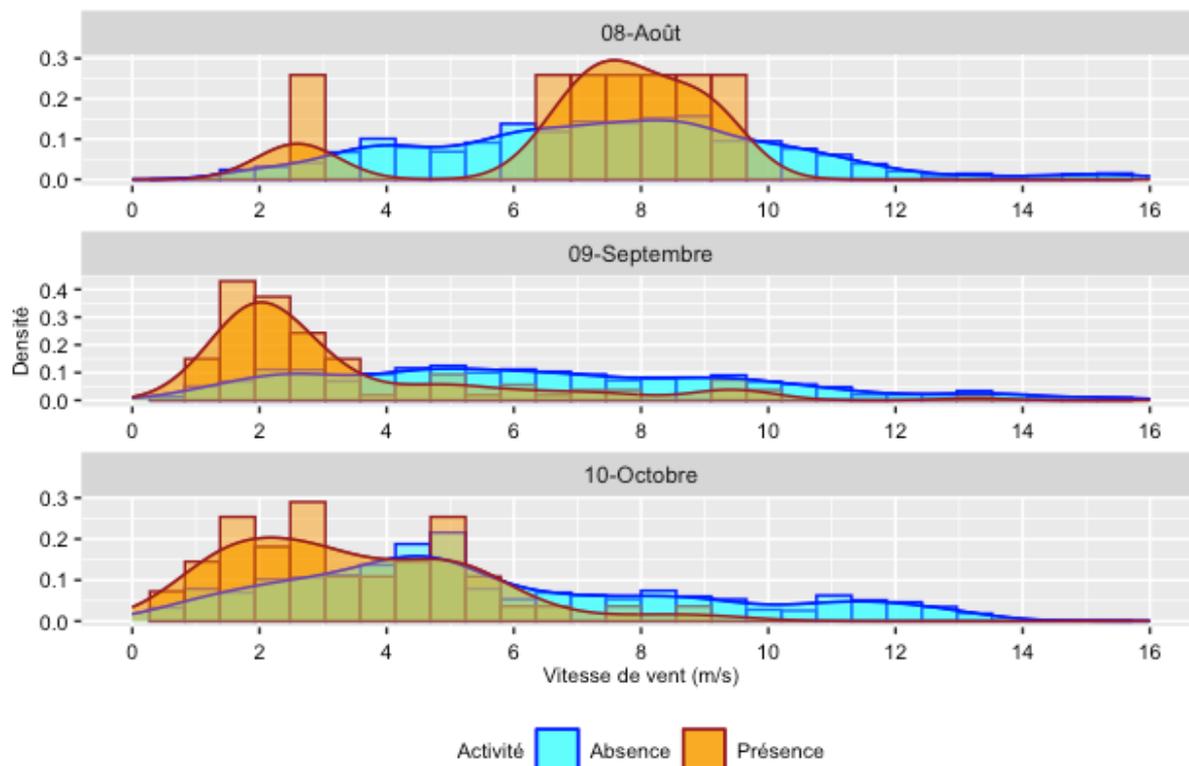
Graph. 32 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la vitesse de vent pour les mois d'août, septembre et octobre 2023, sous l'éolienne G02

Mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
septembre	1,4	2,5	4,2	7,6	9,1	11,5	12,0
octobre	0,7	1,4	4,3	7,1	7,7	7,8	8,2

Tableau 17 : valeurs mensuelles des vitesses de vent pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août, septembre et octobre 2023, toutes espèces confondues sous l'éolienne G02

Au phare des Grands Cardinaux, en août, l'activité s'est manifestée, avec 75% des contacts enregistrés sous 8,5 m/s, 90 % sous 8,7 m/s et 100 % sous 9,1 m/s de vitesse de vent mesurée en moyenne au niveau des éoliennes. La sélection de vitesses de vent faible est moins manifeste.

En septembre et en octobre, la sélection par les Chiroptères des vitesses de vent faibles, mesurée en moyenne au niveau des éoliennes, est à nouveau constatée. 90 % de l'activité se manifeste à des vitesses de vent inférieures à 5 m/s.



Graph. 33 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la vitesse de vent pour les mois d'août, septembre et octobre 2023, au phare des Grands Cardinaux

Mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
août	7,0	7,6	8,5	9,0	9,1	9,1	9,1
septembre	1,8	2,4	3,8	7,1	9,2	9,8	13,2
octobre	1,9	3,0	5,0	5,4	6,3	8,0	9,1

Tableau 18 : valeurs mensuelles des vitesses de vent pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août, septembre et octobre 2023, toutes espèces confondues au phare des Grands Cardinaux

b - Vitesse calculée à hauteur de batlogger (25 m et 31,5 m)

La vitesse du vent augmente avec la hauteur : plus on monte en altitude, plus le vent est fort. Les batloggers sont installés en mer à 25 m de hauteur sous E_G02 et à 31,5 m de hauteur au phare des Grands Cardinaux. Ici le comportement des Chiroptères est donc analysé en fonction de la vitesse de vent calculée à ces différentes hauteurs. Les mesures sont comparées entre la hauteur de 100 m et celle des batloggers.

La vitesse de vent est calculée pour les deux hauteurs de batloggers grâce à l'équation suivante :

$$v = (h / h_0)^{\alpha} \times v_0$$

avec V la vitesse à la hauteur cherchée
h la hauteur de la vitesse cherchée
h0 la hauteur de mesure
V0 la vitesse de mesure à hauteur h0
 α le coefficient wind shear ($\alpha=0,1$)

L'activité est enregistrée sous G02 à une vitesse variant de 0,2 à 10,5 m/s calculée à 25 m de hauteur et au phare des Grands Cardinaux à une vitesse variant de 0,6 à 3,2 m/s.

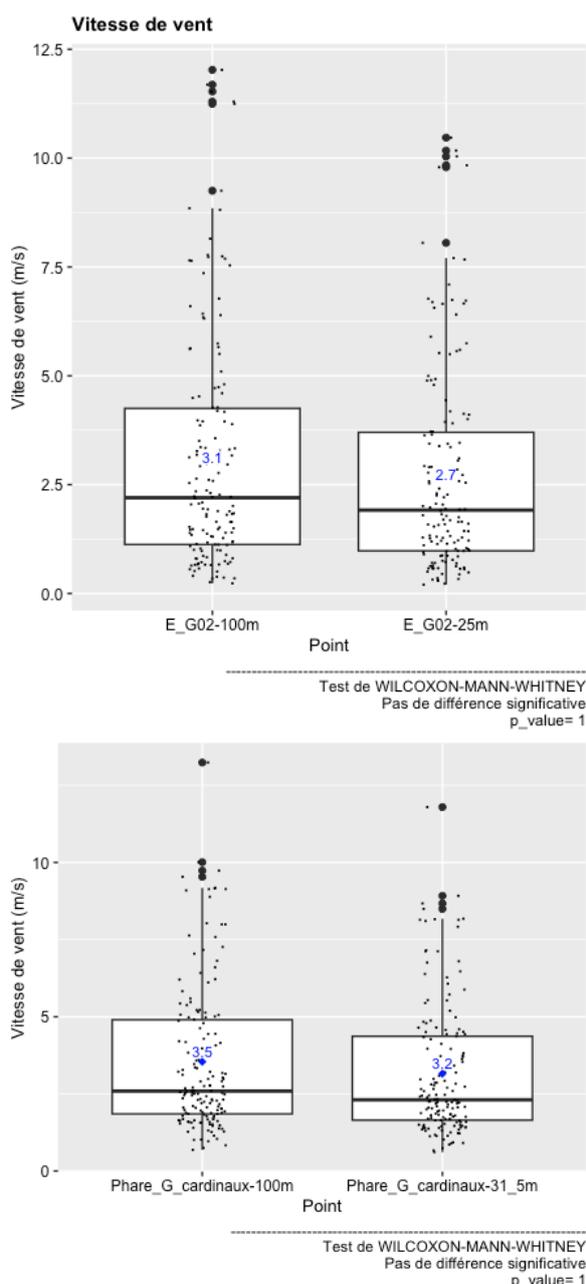
Le graphique permet de mesurer la distribution des contacts en fonction de la vitesse de vent et des hauteurs de mesure de la vitesse de vent pour chaque point.

L'activité est enregistrée en moyenne à une vitesse de vent de 3,1 m/s à 100 m de hauteur au niveau de l'éolienne G02 contre 2,7 m/s à 25 m de hauteur du Batlogger (Graph. 34). De même, elle est enregistrée en moyenne à une vitesse de vent de 3,5 m/s à 100 m de hauteur au niveau de l'éolienne G02 contre 3,2 m/s à 31,5 m de hauteur du Batlogger du phare des Grands Cardinaux.

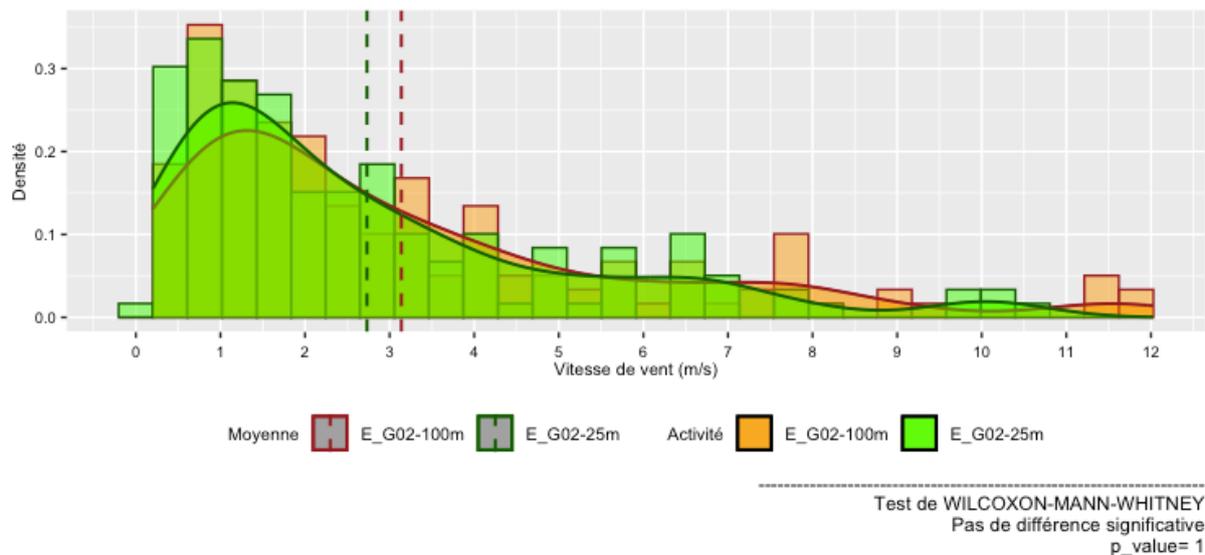
Les écarts des moyennes de vitesse de vent mesurée à différentes hauteur durant l'activité des Chiroptères ne sont pas significatifs. L'écart est faible.

Si la vitesse de vent mesurée est plus faible à 25 m ou à 31,5 m par rapport à celle mesurée à 100 m, la distribution de l'activité est similairement la même entre les valeurs de vitesse de vent mesurée à hauteur de nacelle et corrigée à hauteur de batlogger (Graph. 35, Graph. 36). Sous E-G02, les Chiroptères favorisent les vitesses de vent à 25 m de hauteur inférieures à 4 m/s (quant75=3,7 m/s). Au phare des Grands Cardinaux, ils favorisent les vitesses de vent, à 31,5 m de hauteur, inférieures à 4,5 m/s (quant75=4,4 m/s).

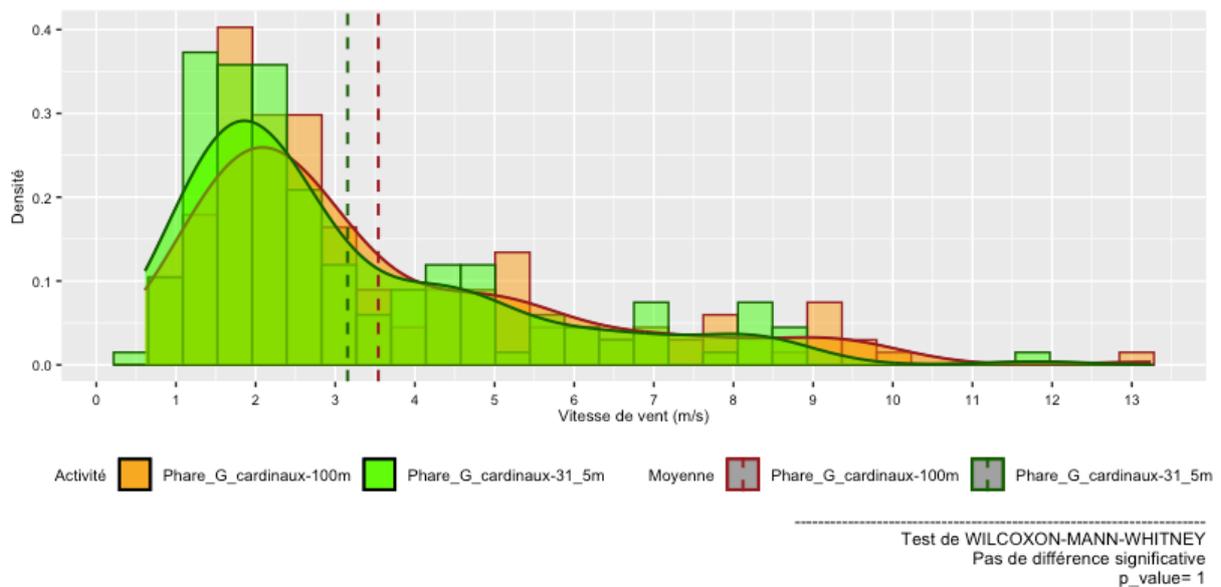
Au demeurant, les vitesses de vent calculées pour différents quantiles montrent un écart de près de -1 m/s au-delà du quantile 90 entre les différentes hauteurs de mesures pour l'éolienne E_G02 (Tableau 19). Au niveau du phare des Grand Cardinaux, l'écart moyen entre les différentes valeurs des quantiles est de 0,8 m/s (Tableau 20).



Graph. 34 : distribution des contacts en fonction de la vitesse de vent mesurée sous E_G02 et au phare des Grands Cardinaux en fonction de la hauteur



Graph. 35 : densité des données d'activité à 25 m de hauteur, toutes espèces, en fonction de la vitesse de vent mesurée à 100 m et corrigée à 25 m de hauteur, pour la période d'août à octobre 2023, sous l'éolienne G02



Graph. 36 : densité des données d'activité à 31,5 m de hauteur, toutes espèces, en fonction de la vitesse de vent mesurée à 100 m et corrigée à 31,5 m de hauteur, pour la période d'août à octobre 2023, au phare des Grands Cardinaux

Point - Hauteur	Mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
E_G02-100m	Septembre	1,4	2,5	4,2	7,6	9,1	11,5	12,0
E_G02-100m	Octobre	0,7	1,4	4,3	7,1	7,7	7,8	8,2
E_G02-25m	Septembre	1,2 (-0,2)	2,2 (-0,3)	3,6 (-0,5)	6,6 (-1)	7,9 (-1,2)	10 (-1,5)	10,5 (-1,6)
E_G02-25m	Octobre	0,6 (-0,1)	1,2 (-0,2)	3,7 (-0,6)	6,2 (-0,9)	6,7 (-1)	6,8 (-1)	7,1 (-1,1)

Tableau 19 : valeurs mensuelles des vitesses de vent mesurée à 100 m de hauteur et calculées à 25 m de hauteur, pour différents quantiles de données d'activités durant les mois de septembre et octobre 2023, toutes espèces confondues sous l'éolienne G02

Point - Hauteur	Mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
Phare_G_cardinaux-100m	Août	7,0	7,6	8,5	9,0	9,1	9,1	9,1
Phare_G_cardinaux-100m	Septembre	1,8	2,4	3,8	7,1	9,2	9,8	13,2
Phare_G_cardinaux-100m	Octobre	1,9	3,0	5,0	5,4	6,3	8,0	9,1
Phare_G_cardinaux-31_5m	Août	6,3 (-0,8)	6,8 (-0,8)	7,5 (-0,9)	8 (-1)	8,1 (-1)	8,1 (-1)	8,1 (-1)
Phare_G_cardinaux-31_5m	Septembre	1,6 (-0,2)	2,2 (-0,3)	3,4 (-0,4)	6,3 (-0,8)	8,2 (-1)	8,7 (-1,1)	11,8 (-1,4)
Phare_G_cardinaux-31_5m	Octobre	1,7 (-0,2)	2,7 (-0,3)	4,4 (-0,5)	4,9 (-0,6)	5,6 (-0,7)	7,1 (-0,9)	8,1 (-1)

Tableau 20 : valeurs mensuelles des vitesses de vent mesurée à 100 m de hauteur et calculées à 31,5 m de hauteur,

5 - L'activité en fonction de l'orientation du vent

L'orientation du vent est mesurée à hauteur de nacelle.

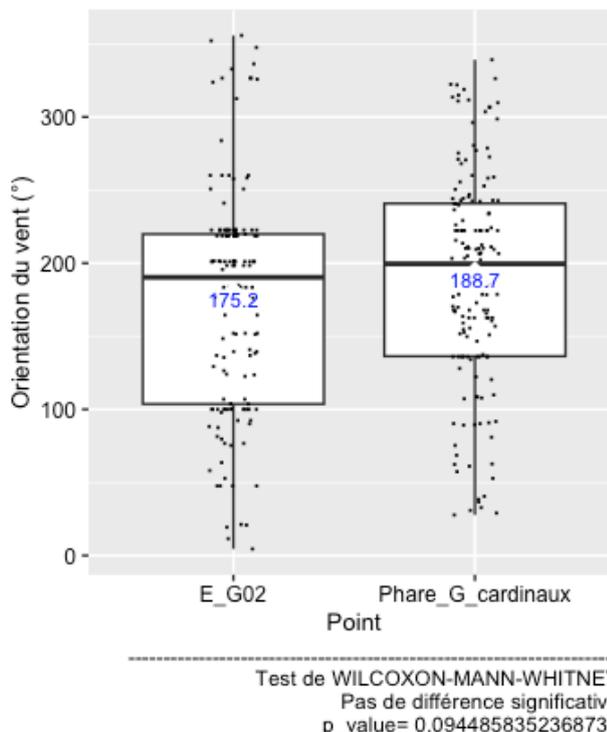
Le graphique permet de mesurer la distribution des contacts en fonction de l'orientation du vent et des points.

Sous G02, les données de présence sont enregistrées en moyenne à une orientation de vent sud (Graph. 37).

Le test statistique confirme une absence d'écart significatif entre les moyennes.

Ainsi, la distribution des données d'activité en fonction de l'orientation du vent est similaire entre les deux points.

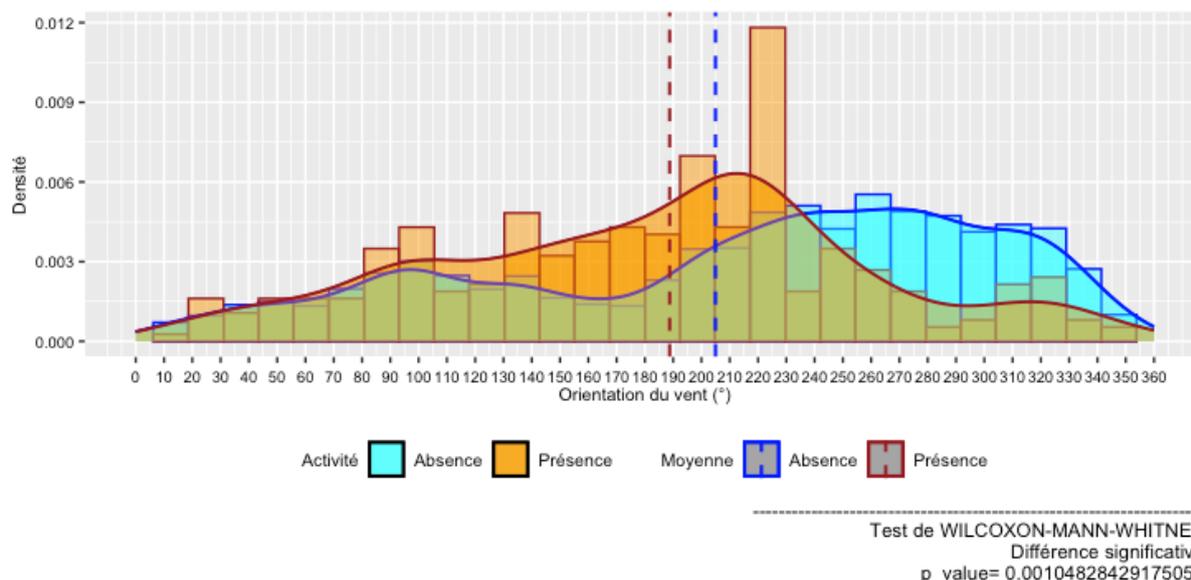
Le graphique de densité des données d'activité suivant regroupe les deux points.



Graph. 37 : distribution des contacts en fonction de l'orientation du vent par point

L'activité se distribue entre 4,5° et 355°. L'orientation moyenne du vent avec de l'activité est de 182°, et celle des données sans activité est de 213° (Graph. 38). L'écart entre les moyennes est significativement différent.

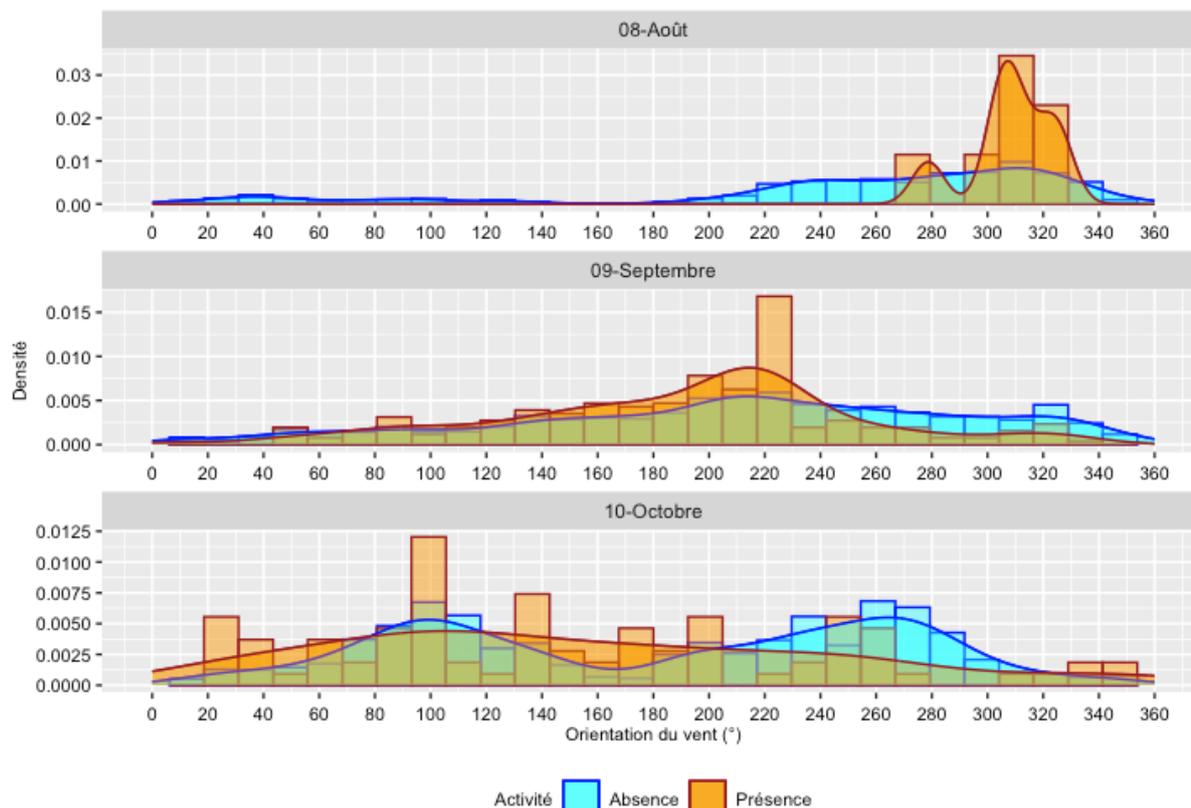
Les Chiroptères privilégient une activité par un vent circulant du sud vers le nord. Au contraire, l'activité est plus rare lorsque les vent circulent d'ouest en est ou du nord vers le sud.



Graph. 38 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de l'orientation du vent pour la période

Le graphique et le tableau suivants précisent les seuils mensuels de l'orientation du vent en fonction des quantiles de données (Graph. 38 et Tableau 21).

Durant le mois d'août, 90 % de l'activité a été enregistrée autour des 324°, mais un vent de nord-ouest a essentiellement été enregistré. Les Chiroptères n'ont pas bénéficié de différentes orientations du vent. En septembre, les vents orientés à plus de 220° sont évités, soit à dominante ouest. C'est aussi le cas en octobre, avec une prédilection pour les vents orientés sud.



Graph. 39 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de l'orientation du vent pour les mois d'août, septembre et octobre 2023, pour l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux

Mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
août	305,2	306,8	318,0	323,9	325,1	325,8	326,3
septembre	151,6	201,1	222,7	259,4	307,0	325,6	332,8
octobre	96,2	136,0	214,7	260,1	332,0	348,8	355,8

Tableau 21 : valeurs mensuelles de l'orientation du vent pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août, septembre et octobre 2023, toutes espèces confondues pour l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux

6 - L'activité en fonction de l'hygrométrie

L'hygrométrie est mesurée à la sous-station du parc éolien et sur le phare des Grands Cardinaux à l'aide des données Batlogger WEX1.

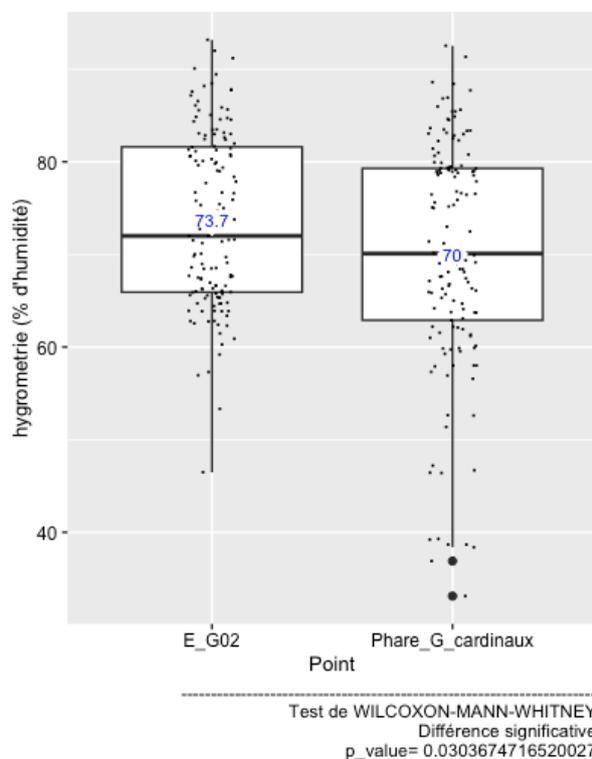
Le graphique permet de mesurer la distribution des contacts en fonction de l'hygrométrie par point.

L'activité est enregistrée avec un pourcentage moyen d'humidité de 70 % au phare des Grands Cardinaux contre 73,7 % d'humidité sous l'éolienne G02 (Graph. 40).

Malgré le faible écart entre les moyennes, le test statistique met en évidence un écart significatif.

Ainsi, la distribution des données d'activité en fonction de l'hygrométrie marque une différence entre les deux points malgré des valeurs moyennes proches.

Les graphiques de densité suivants sont donc déclinés par point.

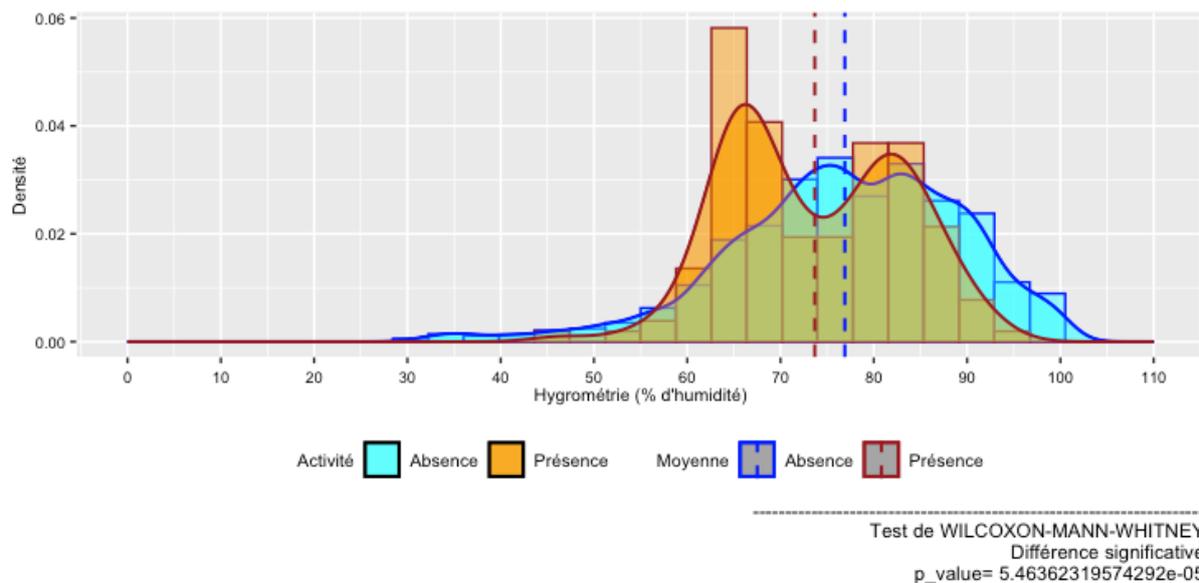


Graph. 40 : distribution des contacts en fonction de l'hygrométrie par point

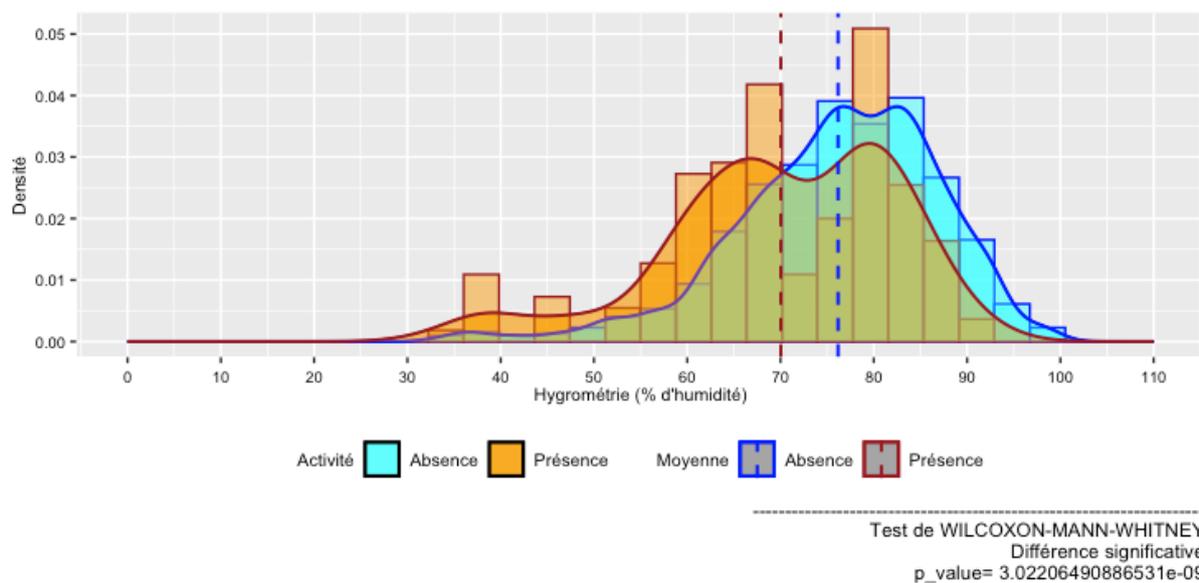
Sous G02, l'activité se distribue entre 46,5 et 93,2 % d'humidité. L'hygrométrie moyenne enregistrée avec activité est de 73,7 % d'humidité. Celle des données sans activité est de 76,9 % d'humidité (Graph. 41). L'écart entre les moyennes est significativement différent. Les Chiroptères ont tendance à exploiter les périodes de plus faible hygrométrie.

Au phare des Grands Cardinaux, l'activité se distribue entre 33,1 et 92,5 % d'humidité. L'hygrométrie moyenne enregistrée avec activité est de 70 % d'humidité. Celle des données sans activité est de 76,2 % d'humidité (Graph. 42). L'écart entre les moyennes est significativement différent. Les Chiroptères ont aussi tendance à exploiter les périodes de plus faible hygrométrie.

Les Chiroptères privilégient un pourcentage d'humidité inférieures à 82 % (Q75 =81,6%).



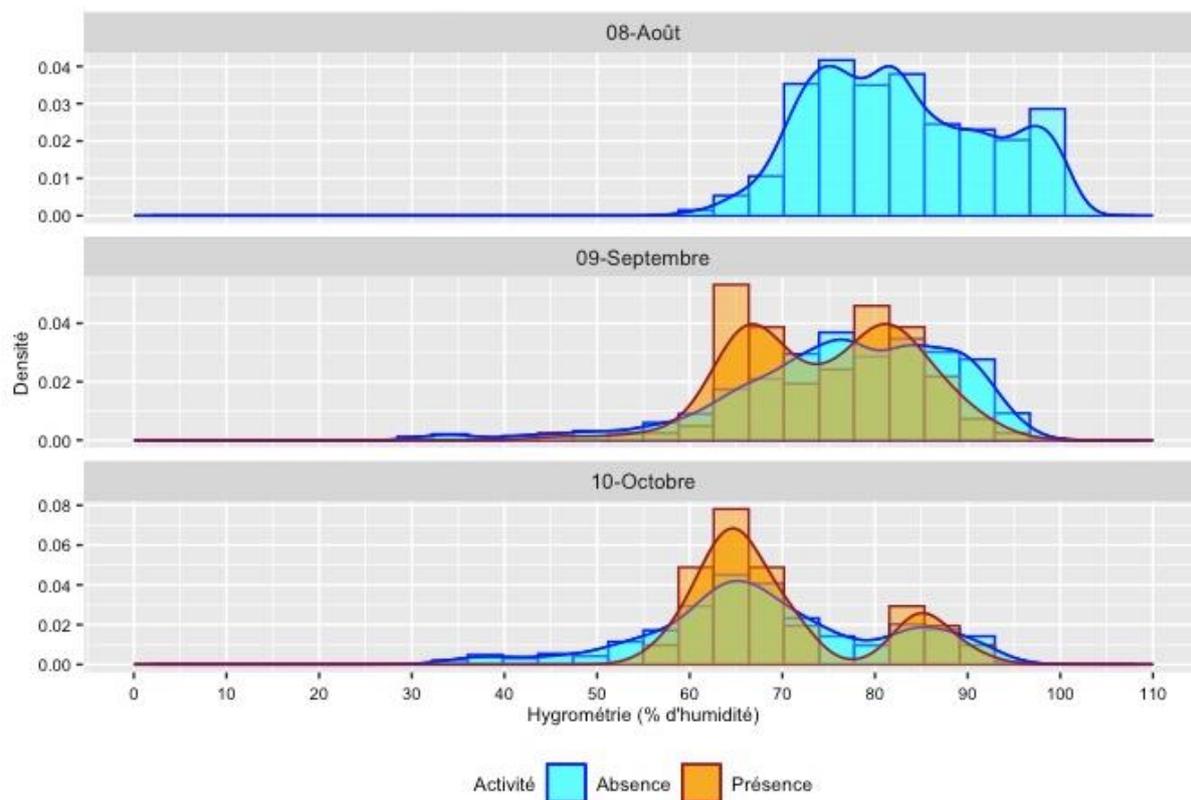
Graph. 41 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de l'hygrométrie pour la période d'août à octobre 2023, sous l'éolienne G02



Graph. 42 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de l'hygrométrie pour la période d'août à octobre 2023, au phare des Grands Cardinaux

Les graphiques et les tableaux suivants précisent les seuils mensuels de l'hygrométrie en fonction des quantiles de données (Graph. 43, Graph. 44 et Tableau 22, Tableau 23).

Sous G02, en septembre, malgré le pourcentage d'humidité important sur la majorité du mois, la sélection par les Chiroptères d'un pourcentage d'humidité inférieure à 80 % se manifeste (Q75=81 %). En octobre, la distribution des données avec activité suit celle des données sans activité, ces dernières étant plus fréquentes autour de 65 % d'humidité.



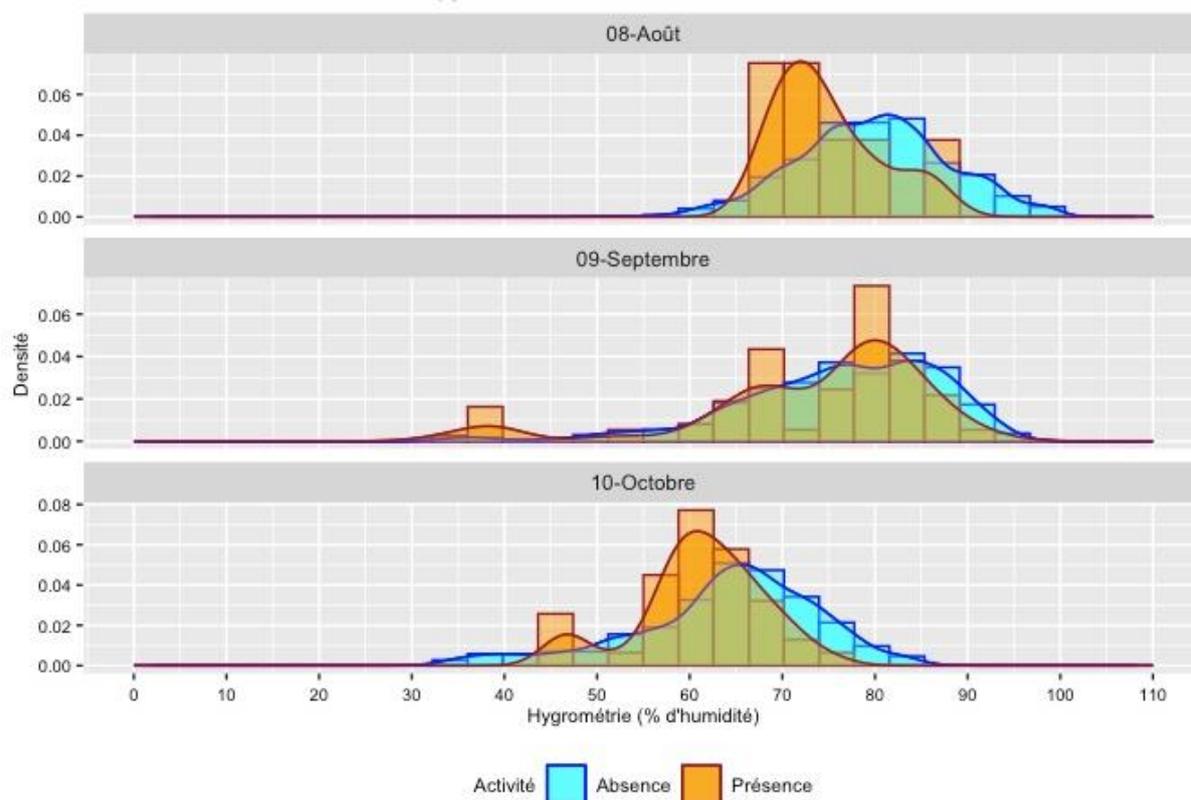
Graph. 43 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de l'hygrométrie pour la période d'août à octobre 2023, sous l'éolienne G02

Mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
septembre	66,6	75,4	81,7	86,2	88,0	90,9	93,2
octobre	63,3	65,9	71,5	85,3	85,6	87,8	90,1

Tableau 22 : valeurs mensuelles de l'hygrométrie pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août, septembre et octobre 2023, toutes espèces confondues sous l'éolienne G02

En août et septembre, l'hygrométrie se distribue autour de 80 %. Au mois d'octobre, elle se distribue autour de 65%. Ainsi, l'atmosphère est plus sèche au mois d'octobre.

Au cours des mois d'août et d'octobre, les Chiroptères privilégient les épisodes d'hygrométrie plus faible, s'adaptant aux conditions mensuelles. Toutefois, au mois de septembre, ce phénomène n'est pas marqué.



Graph. 44 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de l'hygrométrie du vent pour la période d'août à octobre 2023, au phare des Grands Cardinaux

Mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
août	71,0	73,0	77,2	81,7	83,6	84,7	85,4
septembre	68,1	78,5	81,4	85,1	87,1	88,8	92,5
octobre	58,0	61,5	65,9	69,5	71,2	72,1	75,0

Tableau 23 : valeurs mensuelles de l'hygrométrie pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août, septembre et octobre 2023, toutes espèces confondues au phare des Grands Cardinaux

7 - L'activité en fonction de la pression atmosphérique

La pression atmosphérique est mesurée à la sous-station du parc éolien et sur le phare des Grands Cardinaux à l'aide des données BatloggerWEX1.

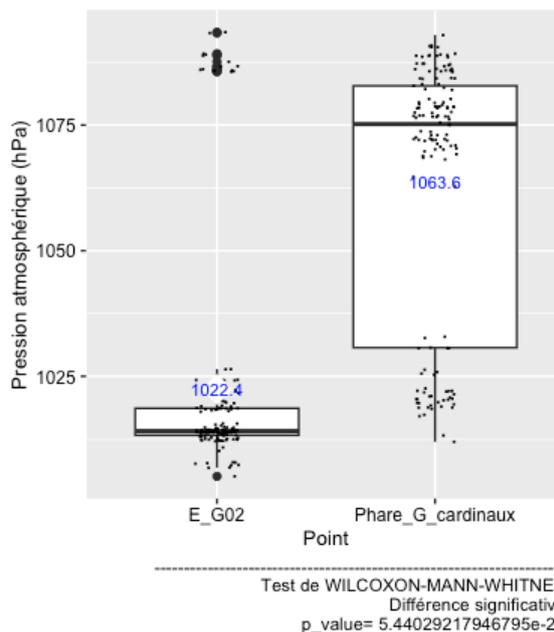
Le graphique permet de mesurer la distribution des contacts en fonction de la pression atmosphérique par point.

L'activité est enregistrée en moyenne à une pression atmosphérique de 1022 hPa sous l'éolienne G02 contre 1063,6 hPa au phare des Grands Cardinaux (Graph. 45).

Les moyennes sont significativement différentes.

Ainsi, la distribution des données d'activité en fonction de la pression atmosphérique est différente entre les deux points.

Les graphiques de densité suivants sont déclinés par point.

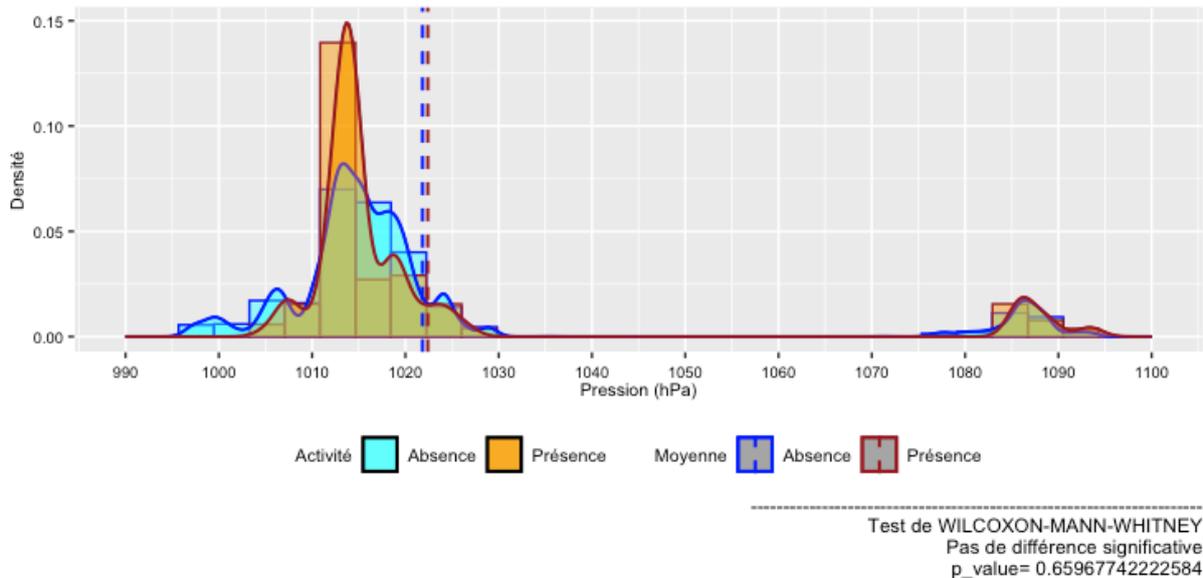


Graph. 45 : distribution des contacts en fonction de la pression atmosphérique par point

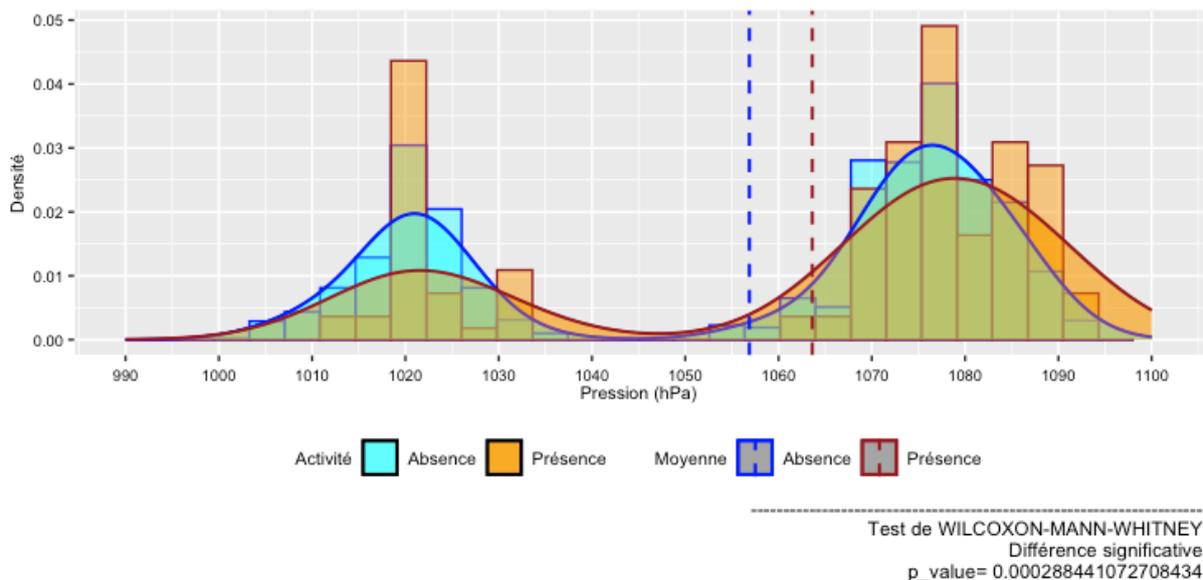
Sous G02, la pression atmosphérique moyenne enregistrée avec activité est de 1022 hPa (Graph. 46). Celle des données sans activité est de 1021 hPa. Le faible écart entre les moyennes n'est pas significatif. Ainsi, la densité des données d'activité en fonction de la pression suit celle des données sans activité.

Au phare des Grands Cardinaux, la pression atmosphérique moyenne enregistrée avec activité est de 1063 hPa (Graph. 46). Celle des données sans activité est de 1057 hPa. Toutefois, ce faible écart entre les moyennes est significatif.

Ainsi, les Chiroptères ne modifient pas leur activité en fonction de la pression atmosphérique, celle-ci suit la distribution des données de pression enregistrée. La différence des moyennes de pression enregistrée entre les deux points d'écoute s'explique des valeurs différentes enregistrées entre les deux points d'écoute.

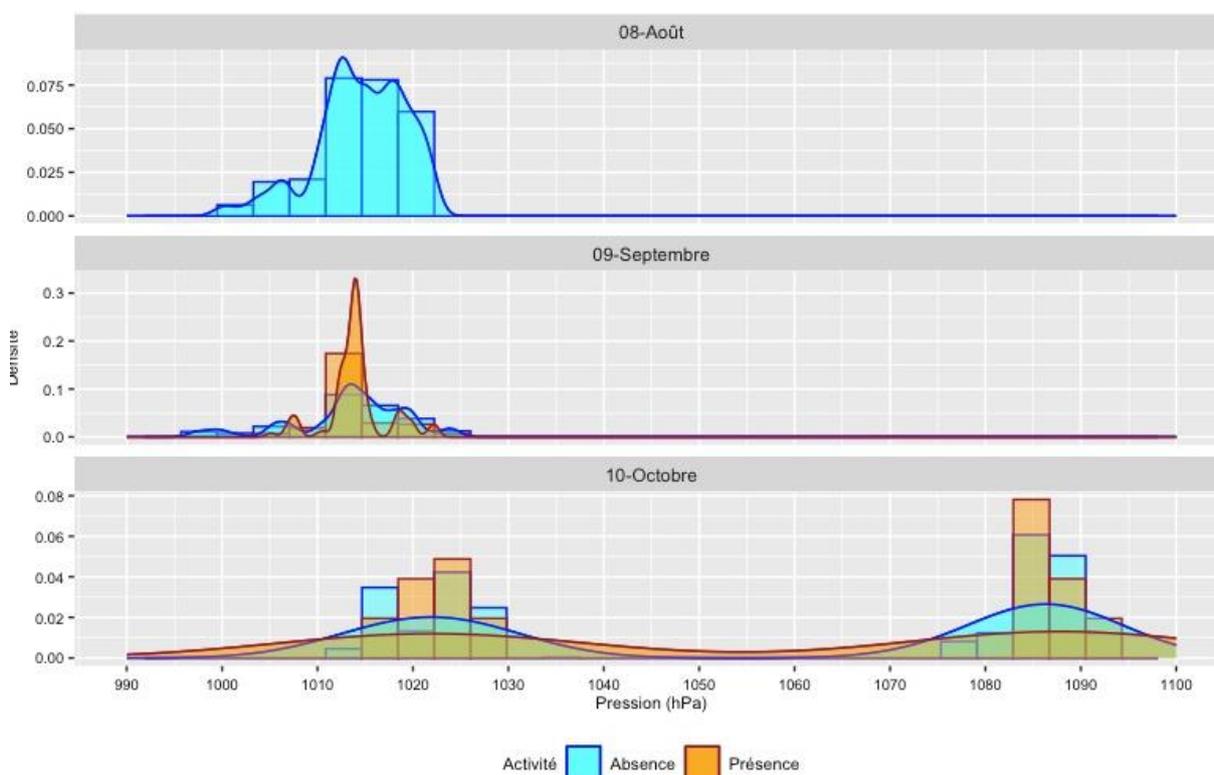


Graph. 46 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la pression atmosphérique pour la période d'août à octobre 2023, sous l'éolienne G02



Graph. 47 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la pression atmosphérique pour la période d'août à octobre 2023, au phare des Grands Cardinaux

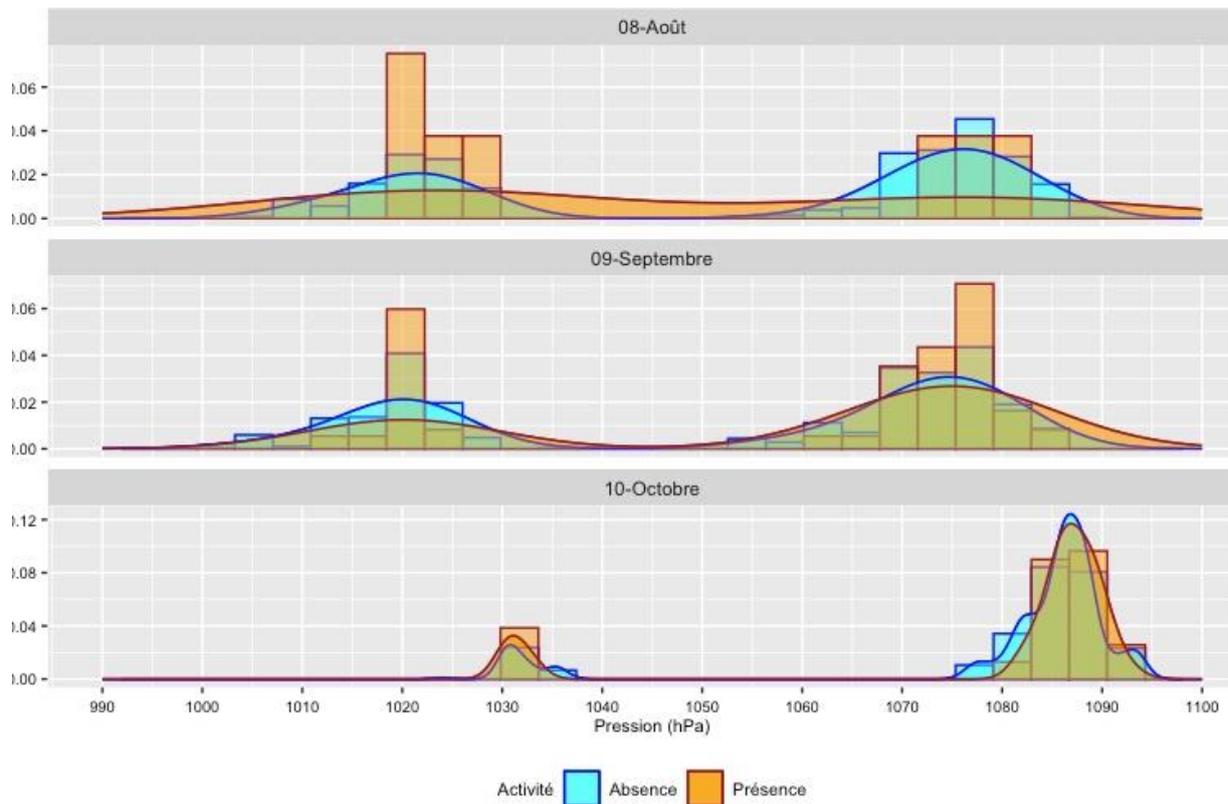
Les graphiques et les tableaux suivants précisent les seuils mensuels de la pression atmosphérique en fonction des quantiles de données (Graph. 48, Graph. 49 et Tableau 24, Tableau 25).



Graph. 48 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la pression atmosphérique pour la période d'août à octobre 2023, sous l'éolienne G02

Mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
septembre	1012,8	1014,0	1014,6	1018,7	1019,9	1022,2	1022,4
octobre	1024,2	1085,6	1086,7	1089,1	1092,1	1093,4	1093,5

Tableau 24 : valeurs mensuelles de la pression atmosphérique pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août 2023, septembre et octobre, toutes espèces confondues sous l'éolienne G02



Graph. 49 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la pression atmosphérique pour la période d'août à octobre 2023, au phare des Grands Cardinaux

Mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
août	1023,6	1026,3	1075,2	1078,5	1079,3	1079,8	1080,2
septembre	1022,1	1072,0	1076,9	1079,1	1080,6	1083,2	1084,3
octobre	1084,3	1086,2	1088,8	1090,5	1090,7	1091,2	1092,9

Tableau 25 : valeurs mensuelles de la pression atmosphérique pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août, septembre et octobre 2023, toutes espèces confondues au phare des Grands Cardinaux

8 - L'activité en fonction de la hauteur des vagues

La hauteur des vagues est mesurée à la sous-station du parc éolien.

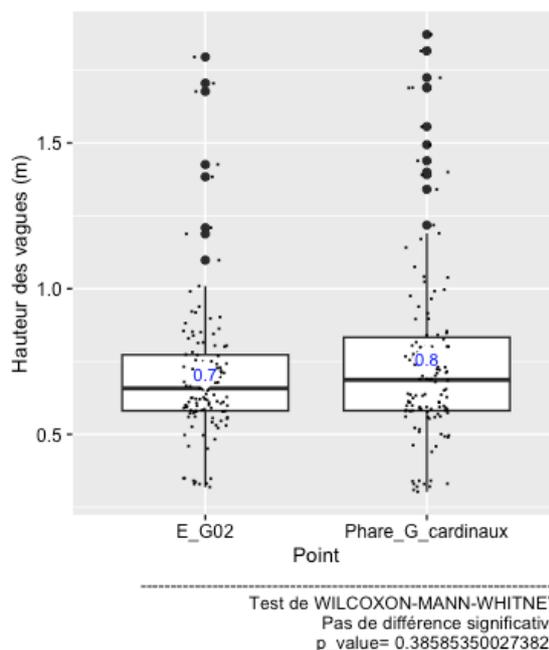
Le graphique permet de mesurer la distribution des contacts en fonction de l'hygrométrie par point.

L'activité est enregistrée en moyenne à des hauteurs de vagues de 0,7 m sous l'éolienne G02 et de 0,8 m au phare des Grands Cardinaux.

Le test statistique confirme que ce faible écart entre les moyennes n'est pas significatif.

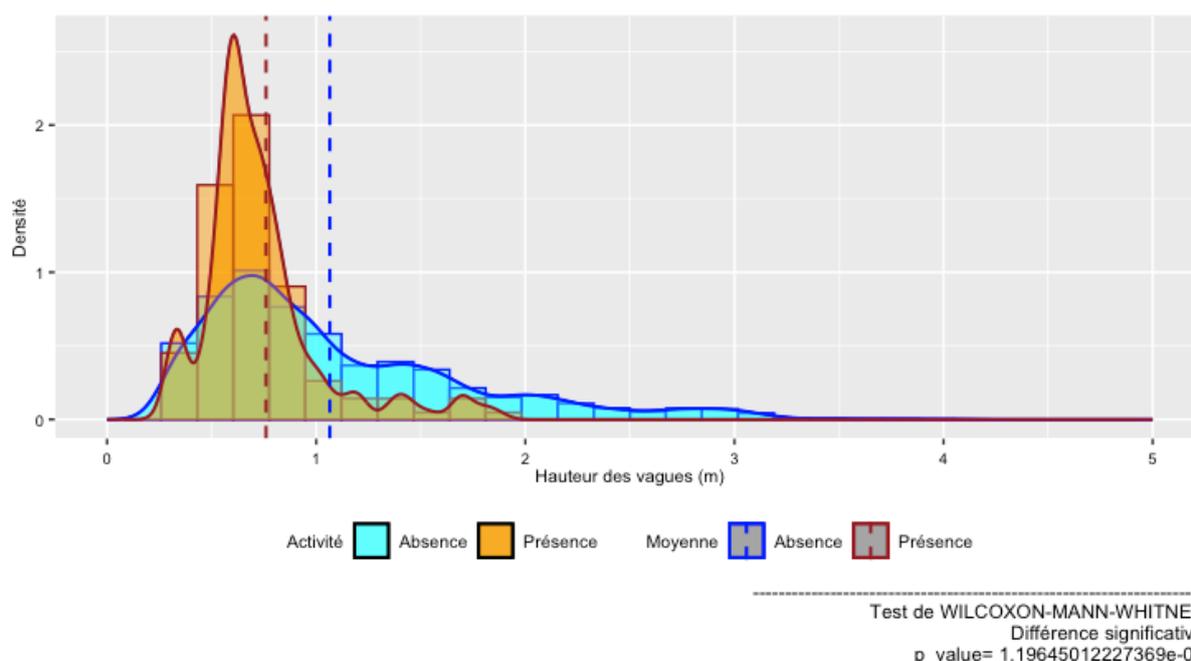
Ainsi, la distribution des données d'activité en fonction de la hauteur des vagues est similaire entre les deux points.

L'activité se distribue entre des hauteurs de vagues de 0,3 m et 1,8 m. La hauteur des vagues moyenne enregistrée avec activité est de 0,7 m. Celle des données sans activité est de 1 m. L'écart entre les moyennes est significatif (Graph. 51).



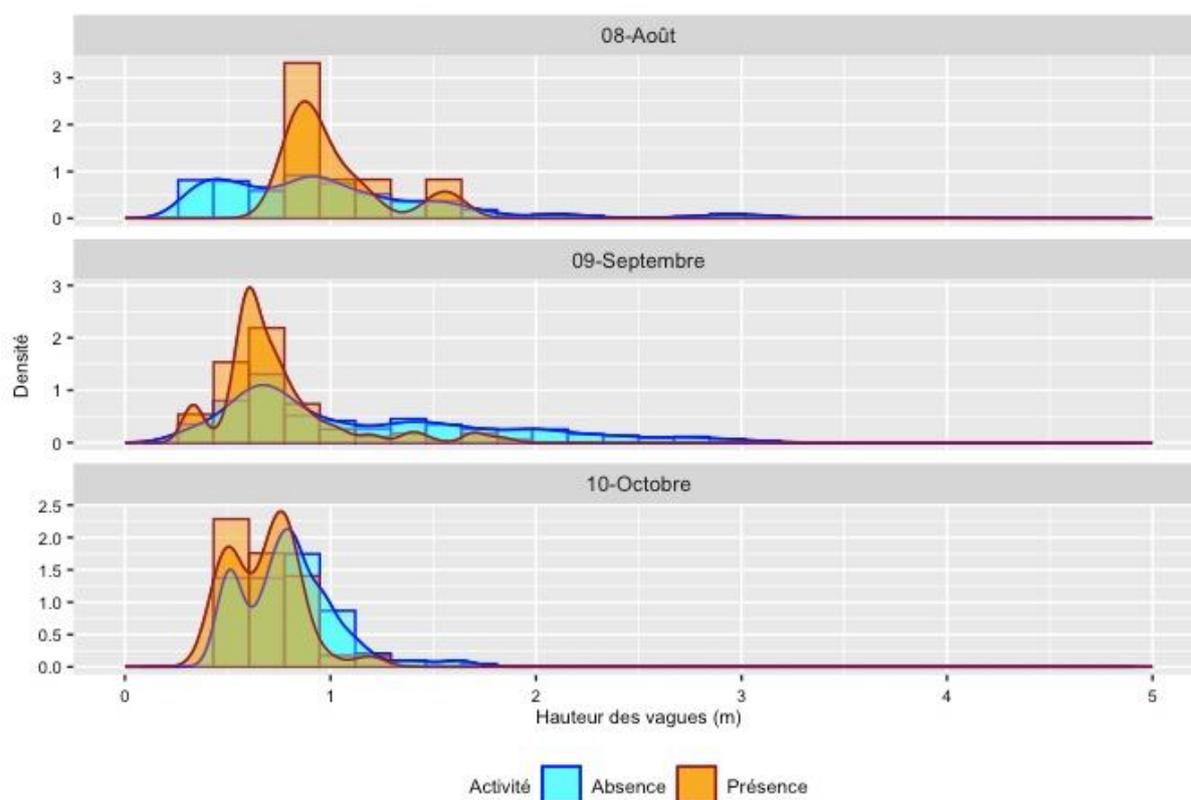
Graph. 50 : distribution des contacts en fonction de la hauteur des vagues par point

La sélection par les Chiroptères d'une faible hauteur de vagues semble être privilégiée. Toutefois, l'écart entre des moyennes données avec et sans activité est faible (25 cm). Il est peu probable qu'un tel écart de hauteur de vague puisse influencer l'activité des Chiroptères. Par contre, la hauteur des vagues et l'orientation du vent sont corrélés (Graph. 53). La hauteur des vagues est plutôt une conséquence de la vitesse du vent et de l'orientation du vent, ces derniers influençant quant à eux l'activité des Chiroptères.



Graph. 51 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la hauteur des vagues pour la période d'août à octobre 2023, pour l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux

Le graphique et le tableau suivants précisent les seuils mensuels de la hauteur des vagues en fonction des quantiles de données (Graph. 52 et Tableau 26).



Graph. 52 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la hauteur des vagues pour la période d'août à octobre 2023, pour l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux

Mois	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
août	0,8	0,9	1,1	1,3	1,4	1,5	1,6
septembre	0,6	0,6	0,8	1,1	1,4	1,7	1,9
octobre	0,5	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2

Tableau 26 : valeurs mensuelles de la hauteur des vagues pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août, septembre et octobre 2023, toutes espèces confondues pour l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux

9 - Facteurs retenus et leur poids

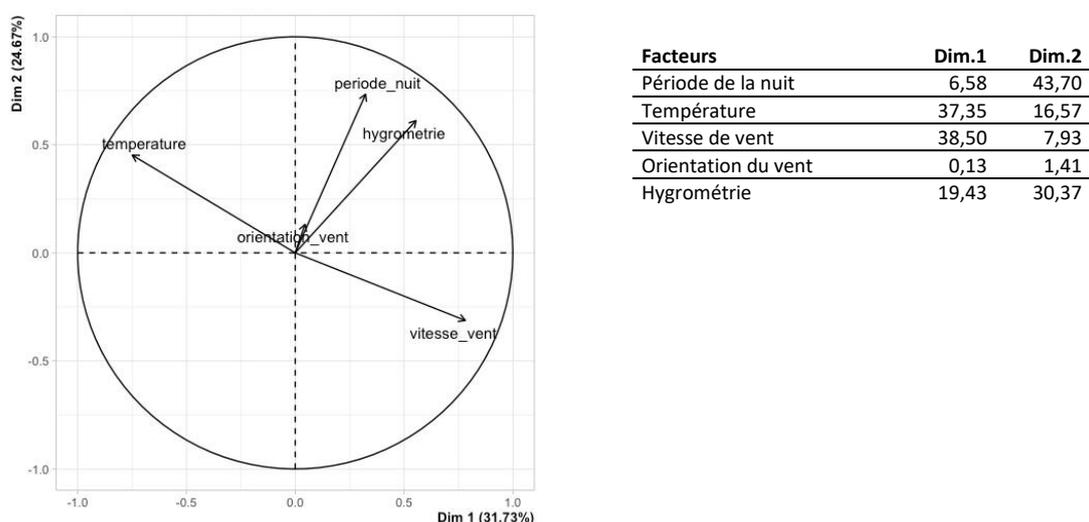
Dans les chapitres précédents est démontré que les facteurs « température », « vitesse de vent », « orientation du vent », « hygrométrie » et « période de la nuit » influencent la diversité et la densité des Chiroptères.

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

Les deux axes les plus importants « Dim1 » et « Dim2 » ont des poids légèrement différents (24,6 et 31,8 %, Graph. 53). La première dimension associe la température et la vitesse de vent. La température agit dans le sens opposé des deux premiers facteurs. La température et la vitesse de vent sont les deux facteurs qui influencent particulièrement l'activité (37 et 32 % de la dimension horizontale Dim 1, Graph. 53).

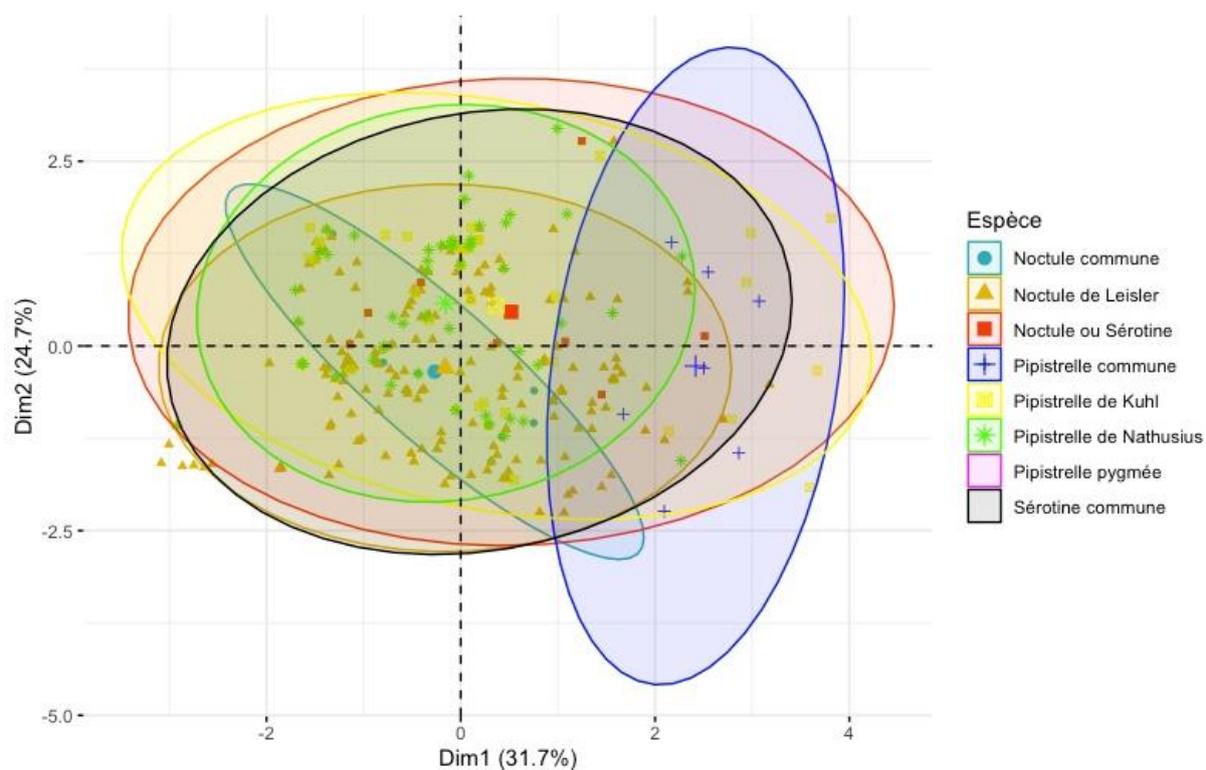
Les facteurs période de la nuit et hygrométrie influencent plus particulièrement le second axe (47 et 37 % de la dimension verticale Dim 2, Graph. 53).

L'orientation du vent n'est pas un facteur influençant la distribution des données dans les deux dimensions retenues.



Graph. 53 : graphique d'analyse en composante principale des variables à partir des données compilées de l'éolienne G02 et du phare des Grands Cardinaux

Les données d'activité des Chiroptères, déclinées à l'échelle des espèces, sont centrées proches les unes des autres, excepté la Pipistrelle commune. Cette proximité de la majorité des espèces témoigne d'un comportement commun en fonction des facteurs étudiés (Graph. 54). Seules les données de Pipistrelles communes évoquent un comportement différent, influencé particulièrement par la vitesse de vent et de température.



Graph. 54 : graphique d'analyse en composante principale des données de 10 minutes

III - ENJEUX CHIROPTÉROLOGIQUES

A - 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 27.

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

Espèce	PN	DH	LRN	LRR	ZDET	Niveau de statut de protection	Niveau maximum de statut de conservation
Noctule commune	NM2		VU	VU	Dét.	Fort	Fort
Noctule de Leisler	NM2		NT	NT	Dét.	Fort	Fort
Pipistrelle commune	NM2		NT	NT	Dét.	Fort	Fort
Pipistrelle de Nathusius	NM2		NT	VU	Dét.	Fort	Fort
Sérotine commune	NM2		NT	VU	Dét.	Fort	Fort
Pipistrelle pygmée	NM2					Fort	Faible
Pipistrelle de Kuhl	NM2					Fort	Faible

DH : Directive Habitats

CDH2 : espèce d'intérêt communautaire, visée à l'annexe II 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)

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 27 : statuts de protection et de conservation des espèces de Chiroptères

B - Niveaux d'enjeux de conservation

Au croisement des niveaux de fréquentation et des niveaux des statuts de conservation naissent les niveaux d'enjeux chiroptérologiques, déclinés dans le tableau ci-dessous (Tableau 28). Les enjeux de conservation se concentrent sur la Noctule de Leisler en septembre et en octobre au niveau de G02 et du phare des Grand cardinaux, et sur la Sérotine commune durant la même période au niveau de ce même phare.

Point	Espèces	Niv. statut de protection	Niv. statut de conservation	Niveau d'enjeu de conservation spécifique											
				Année	Août à octobre	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.
G02	Noctule de Leisler	Fort	Fort	Faible	Faible			Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Moyen à fort	Moyen à fort	Nul
	Sérotine commune	Fort	Fort	Faible	Faible			Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Faible	Nul	Nul
	Noctule commune	Fort	Fort	Faible	Faible			Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Faible	Faible	Nul
	Pipistrelle commune	Fort	Fort	Faible	Faible			Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Faible	Nul	Nul
	Pipistrelle de Kuhl	Fort	Faible	Très faible	Faible			Nul	Nul	Faible	Nul	Nul	Faible	Faible	Nul
	Pipistrelle de Nathusius	Fort	Fort	Faible	Faible			Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Moyen	Faible	Nul
	Pipistrelle pygmée	Fort	Faible	Nul	Nul			Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul
Phare	Noctule de Leisler	Fort	Fort	Faible	Moyen		Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Faible	Moyen à fort	Moyen à fort	
	Sérotine commune	Fort	Fort	Faible	Très faible		Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Moyen	Moyen à fort	
	Noctule commune	Fort	Fort	Faible	Très faible		Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Faible	
	Pipistrelle commune	Fort	Fort	Faible	Très faible		Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Faible	Faible	Faible	
	Pipistrelle de Kuhl	Fort	Faible	Très faible	Très faible		Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Nul	
	Pipistrelle de Nathusius	Fort	Fort	Faible	Très faible		Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Moyen	Faible	
	Pipistrelle pygmée	Fort	Faible	Très faible	Très faible		Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Nul	

Tableau 28 : niveaux d'enjeu de conservation des espèces de Chiroptères

Partie 4 - CONCLUSION

I - FONCTIONNEMENT DES BATLOGGERS

Le suivi est menée à 25 m au-dessus du niveau de la mer sur les éoliennes B07, E15 et G02, à hauteur de leur plateforme. Il est aussi mené sur un site témoin, placé à 18 km au nord-ouest du parc et à 31,5 m de hauteur, sur le phare des Grands Cardinaux.

Tous les appareils n'ont pas fonctionné sur la même période entre septembre 2022 et novembre 2023. Cette situation est liée aux difficultés d'installation de l'ensemble des équipements dès le début du suivi.

Puis des dysfonctionnements sont apparus. Pour l'éolienne B07, le Batlogger WEX1 a fonctionné *a priori* correctement durant l'automne 2022, sur une période courte. Mais l'activité est anecdotique. En 2023, certaines données de fonctionnement manquent et ne permettent pas de statuer du bon ou mauvais fonctionnement du Batlogger WEX1, malgré un changement de micro au début de la période automnale. Au demeurant, aucune activité n'y est détectée en 2023.

Pour E15, l'équipement a bien fonctionné en 2022, mais les contacts sont aussi très rares en période automnale. Puis le micro a été défaillant à compter de la mi-mars 2023. L'absence d'activité en 2023 est associée à un problème de dysfonctionnement.

Seuls les équipements des éoliennes B07 et E15 ont fonctionné en 2022, mais les contacts de Chiroptères sont anecdotiques. En 2023, des dysfonctionnements sont ou seraient à l'origine de l'absence de détection d'activité.

Les équipements ont correctement fonctionné sous l'éolienne G02 et sur le phare des Grands cardinaux, durant l'année 2023. L'activité sous l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux est assez similaire. Le cortège d'espèces détectées sous l'éolienne et au niveau du phare compte la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle de Nathusius, la Noctule commune, la Noctule de Leisler et la Sérotine commune. La Pipistrelle pygmée a aussi été détectée au niveau du phare.

II - PREMIERS RÉSULTATS SOUS L'ÉOLIENNE G02 ET AU PHARE DES GRANDS CARDINAUX

1 - Fréquentation journalière et mensuelle

La fréquentation des Chiroptères est le croisement de la présence par nuit et de la densité d'activité. La densité d'activité est le nombre de contacts enregistrés sur une même période, en particulier la session (la nuit). Cette fréquentation équivaut à un flux de Chiroptères en mouvement dont il n'est pas possible d'en définir le nombre. Au demeurant, plus ce flux est important, plus il évoque un nombre d'individus important.

La fréquentation des Chiroptères est similaire sous l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux. L'activité est quasi absente jusqu'au mois de septembre sous l'éolienne G02 et jusqu'au mois d'août au phare des Grands Cardinaux.

L'activité est majoritairement enregistrée entre septembre et octobre. Le groupe des Nyctaloïdes génère majoritairement cette activité. La Noctule de Leisler est l'espèce la plus contactée sur les deux points. Certaines populations de Noctule de Leisler sont considérées comme migratrices et des individus sont en mesure de parcourir de longue distance dépassant les 1 500 km. D'autres populations (Grande-Bretagne, Irlande, nord de la péninsule ibérique, Canaries et massif du Balkan en Bulgarie) serait plutôt sédentaires. Enfin une partie des mâles restent à l'année dans les régions de transit ou d'hibernation². Par conséquent l'hypothèse d'activité liée à une phase migratoire est possible mais pas certaine. La Pipistrelle de Nathusius est une espèce migratrice confirmée, mais son activité reste faible et n'évoque pas de « couloir » de migration au niveau du parc éolien ou du phare des Grands Cardinaux. Le caractère

² Dietz C., Von Helversen O. & Nill D., 2009. L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord. Delachaux et Niestlé, Lonay, 400 p.

plus sédentaire de la Sérotine commune, de la Pipistrelle commune et de la Pipistrelle de Kuhl n'évoque pas de comportement de migration. Certaines de ces espèces pourraient aussi s'aventurer en mer pour d'autres motifs qu'une migration annuelle, telle la dispersion de population comme évoqué pour la Sérotine commune voire éventuellement la quête d'une ressource alimentaire saisonnière en mer.

Un décalage d'activité au cours de la nuit est identifié entre l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux. Les premiers contacts de Chiroptères sont enregistrés au phare une heure après le coucher du soleil contre deux heures après sous l'éolienne G02. Ce phénomène évoque une arrivée plus tardive des Chiroptères au large du continent ou des îles.

2 - Niveaux de densité, d'activité journalière et de fréquentation

La diversité et la densité d'activité sont mesurées sur l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux sur la période d'activité la plus importante : d'août à octobre 2023.

Les niveaux de densité et d'activité sont similaires entre les deux points.

Toutes espèces confondues, et pour les Nyctaloïdes et les Pipistrelloïdes, sur l'ensemble de l'année, les niveaux de fréquentation sont très faibles sous l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux. Le niveau de fréquentation des Nyctaloïdes est faible durant la période août à octobre pour les deux points d'écoute. Il est moyen sous l'éolienne G02 et au phare en septembre pour ce groupe. La Noctule de Leisler est pour l'essentiel à l'origine de ce niveau de fréquentation. Son niveau est très faible durant la période automnale sous l'éolienne G02 et faible au phare. Il est faible en septembre et octobre sous l'éolienne G02 et moyen au phare des Grands Cardinaux.

III - FACTEURS INFLUENÇANT L'ACTIVITÉ DES CHIROPTÈRES

Les facteurs influençant le plus l'activité des Chiroptères sont la température et la vitesse de vent. La période de la nuit et l'hygrométrie influencent aussi, mais dans une moindre mesure, l'activité des Chiroptères. Ainsi, les Chiroptères privilégient :

- La période d'août à octobre, dite de transit automnal, sans pour autant pouvoir statuer sur un comportement migratoire ;
- La première moitié de la nuit, avec un décalage d'apparition des premiers contacts une heure plus tard sous l'éolienne G02 ;
- Les températures autour 20,5 °C et plus;
- Les vitesses de vent faibles, autour de 1 à 2 m/s, en majorité inférieures à 4 à 4,5 m/s à hauteur d'écoute ;
- Un vent de sud, au détriment d'un vent d'ouest ;
- Un pourcentage d'humidité sous les 70 %.

L'éolienne G02 et le phare des Grand Cardinaux sont éloignés respectivement de 12,5 km et 19 km. Cette différence d'éloignement n'est pas un facteur qui influence l'activité des Chiroptères. La proximité de l'île d'Hoëdic peut justifier par contre la manifestation plus précoce dans la nuit de l'activité des Chiroptères.

Les Chiroptères ne favorisent pas de niveau de pression particulier. L'influence apparente de la hauteur des vagues ne serait qu'une conséquence de l'influence des facteurs liés au vent.

IV - PERSPECTIVES 2024

Les programmes mis en place par le bureau d'études O-GEO permettent de contrôler à distance le fonctionnement des Batloggers WEX1 et celui de leur micro sur les éoliennes. Ce travail permet d'opérer plus rapidement une intervention en cas de défaillance. Ainsi, depuis l'automne 2023, la communication à distance avec les Batloggers est établie. Même si la disponibilité d'accès peut souffrir de dysfonctionnement, il est maintenant possible d'interroger et de contrôler le matériel à distance tout au long de sa période de fonctionnement.

Un modèle de boîtier pour les micros des Batlogger WEX1, construit par le bureau d'études O-GEO, a été installé en avril 2024 afin d'améliorer l'orientation des micros tout en augmentant leur protection face aux intempéries. Ils sont placés côté nord nord-est, au niveau du boat landing, pour bénéficier dans la mesure du possible d'une protection à l'abri du mât face au vent fort, accompagné de précipitations.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1 : historique du suivi des Chiroptères sur le site du parc éolien de Saint-Nazaire (source : EDF Renouvelables).....	7
Tableau 2 : nombre de sessions de suivi de l'activité sur les éoliennes et sur le phare des Grands Cardinaux et durées des fonctionnements, des nuits et des écoutes nocturnes, par mois.....	21
Tableau 3 : période réellement suivi par les batloggers en 2022 et 2023.....	22
Tableau 4 : exemple de conversion de séquences en unités de mesure de l'activité.....	25
Tableau 5 : méthode d'évaluation du niveau d'enjeu chiroptérologique conservatoire.....	29
Tableau 6 : nombre de contacts par espèce ou groupe d'espèces de Chiroptères et par point.....	30
Tableau 7 : indices de diversité en fonction des points.....	42
Tableau 8 : indices de diversité en fonction des points et des mois.....	42
Tableau 9 : indices de densité en fonction des points.....	44
Tableau 10 : indices de densité en fonction des points et des mois.....	44
Tableau 11 : indices de densité spécifique par point sur la période d'août à octobre 2023.....	46
Tableau 12 : résultats des tests de mesure des différences entre les densités moyennes spécifiques mesurées par point.....	47
Tableau 13 : niveau de fréquentation des Chiroptères sous G02 et le phare des Grands Cardinaux	48
Tableau 14 : valeurs mensuelles des températures pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août, septembre et octobre 2023, toutes espèces confondues sous l'éolienne G02.....	53
Tableau 15 : valeurs mensuelles des températures pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août, septembre et octobre, toutes espèces confondues au phare des Grands Cardinaux	54
Tableau 16 : valeurs mensuelles des températures pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août, septembre et octobre, toutes espèces confondues pour l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux.....	56
Tableau 17 : valeurs mensuelles des vitesses de vent pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août, septembre et octobre 2023, toutes espèces confondues sous l'éolienne G02 ..	59
Tableau 18 : valeurs mensuelles des vitesses de vent pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août, septembre et octobre 2023, toutes espèces confondues au phare des Grands Cardinaux.....	60
Tableau 19 : valeurs mensuelles des vitesses de vent mesurée à 100 m de hauteur et calculées à 25 m de hauteur, pour différents quantiles de données d'activités durant les mois de septembre et octobre 2023, toutes espèces confondues sous l'éolienne G02.....	62
Tableau 20 : valeurs mensuelles des vitesses de vent mesurée à 100 m de hauteur et calculées à 31,5 m de hauteur, pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août à octobre 2023, toutes espèces confondues au phare Grands Cardinaux.....	62
Tableau 21 : valeurs mensuelles de l'orientation du vent pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août, septembre et octobre 2023, toutes espèces confondues pour l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux.....	64
Tableau 22 : valeurs mensuelles de l'hygrométrie pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août, septembre et octobre 2023, toutes espèces confondues sous l'éolienne G02.....	67
Tableau 23 : valeurs mensuelles de l'hygrométrie pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août, septembre et octobre 2023, toutes espèces confondues au phare des Grands Cardinaux.....	68
Tableau 24 : valeurs mensuelles de la pression atmosphérique pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août 2023, septembre et octobre, toutes espèces confondues sous l'éolienne G02.....	71
Tableau 25 : valeurs mensuelles de la pression atmosphérique pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août, septembre et octobre 2023, toutes espèces confondues au phare des Grands Cardinaux.....	72
Tableau 26 : valeurs mensuelles de la hauteur des vagues pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'août, septembre et octobre 2023, toutes espèces confondues pour l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux.....	74
Tableau 27 : statuts de protection et de conservation des espèces de Chiroptères.....	77
Tableau 28 : niveaux d'enjeu de conservation des espèces de Chiroptères.....	78

INDEX DES GRAPHIQUES

Graph. 1 : fonctionnement des appareils, par point d'écoute, en 2022 et 2023.....	14
Graph. 2 : nombre de séquences enregistrés par les appareils par session et par point.....	16
Graph. 3 : profil des pics de fréquence (kHz) des séquences et les taux d'humidité par session et par point.....	18
Graph. 4 : fonctionnement des micros en 2022 et 2023, en début et fin de nuit, par point.....	20
Graph. 5 : proportion des contacts enregistrés pour chaque espèce en 2022 et 2023.....	31
Graph. 6 : fréquentation journalière des Chiroptères, toutes espèces confondues, durant l'année sous les trois éoliennes et le phare des Grands Cardinaux.....	34
Graph. 7 : fréquentation journalière des Nyctaloïdes durant l'année sous les trois éoliennes et le phare des Grands Cardinaux	35
Graph. 8 : fréquentation journalière des Pipistrelloïdes durant l'année sous les trois éoliennes et le phare des Grands Cardinaux	36
Graph. 9 : fréquentation mensuelle durant toute la période de suivi des Chiroptères sous les trois éoliennes et le phare des Grands Cardinaux.....	39
Graph. 10 : fréquentation mensuelle durant toute la période de suivi des Pipistrelles sous les trois éoliennes et le phare des Grands Cardinaux.....	40
Graph. 11 : fréquentation mensuelle durant toute la période de suivi des Nyctaloïdes sous les trois éoliennes et le phare des Grands Cardinaux.....	41
Graph. 12 : distribution de la diversité par nuit sur chaque point	42
Graph. 13 : distribution de la diversité par nuit pour les mois d'août, septembre et octobre et sur chaque point.....	43
Graph. 14 : distribution de la densité par nuit sur chaque point.....	44
Graph. 15 : distribution de la densité par nuit pour chaque mois et sur chaque point.....	45
Graph. 16 : distribution de la densité spécifique par nuit sur chaque point.....	46
Graph. 17 : distribution de la densité du nombre de contacts/nuit et détermination des quantiles Q0, Q25, Q50, Q75 et Q100, durant toute la période d'étude, toutes espèces confondues sous G02	49
Graph. 18 : distribution de la densité du nombre de contacts/nuit et détermination des quantiles Q0, Q25, Q50, Q75 et Q100, durant toute la période d'étude, toutes espèces confondues au phare des Grands Cardinaux	49
Graph. 19 : distribution de la densité du nombre de contacts/nuit et détermination des quantiles Q0, Q25, Q50, Q75 et Q100, durant la période d'août à octobre 2023, toutes espèces confondues sous G02	50
Graph. 20 : distribution de la densité du nombre de contacts/nuit et détermination des quantiles Q0, Q25, Q50, Q75 et Q100, durant la période d'août à octobre 2023, toutes espèces confondues au phare des Grands Cardinaux.....	50
Graph. 21 : distribution des contacts en fonction du taux de nuit écoulée par point.....	51
Graph. 22 : densité de données d'activité en fonction de la nuit écoulée, durant la période d'août à octobre 2023, toutes espèces, sous l'éolienne G02	52
Graph. 23 : densité de données d'activité en fonction de la nuit écoulée, durant la période d'août à octobre 2023, toutes espèces, au phare des Grands Cardinaux	52
Graph. 24 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la nuit écoulée pour les mois d'août, septembre et octobre 2023, sous l'éolienne G02.....	53
Graph. 25 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la nuit écoulée pour les mois d'août, septembre et octobre 2023, au phare des Grands Cardinaux	54
Graph. 26 : distribution des contacts en fonction de la température par point.....	55
Graph. 27 : densité de données d'activité en fonction de la température, durant la période d'août à octobre, toutes espèces, pour l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux	55
Graph. 28 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la température pour les mois d'août, septembre et octobre, pour l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux	56
Graph. 29 : distribution des contacts en fonction de la vitesse de vent par point.....	57
Graph. 30 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la vitesse de vent pour la période d'août à octobre 2023, sous l'éolienne G02	58
Graph. 31 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la vitesse de vent pour la période d'août à octobre 2023, au phare des Grands cardinaux.....	58

Graph. 32 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la vitesse de vent pour les mois d'août, septembre et octobre 2023, sous l'éolienne G02.....	59
Graph. 33 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la vitesse de vent pour les mois d'août, septembre et octobre 2023, au phare des Grands Cardinaux	60
Graph. 34 : distribution des contacts en fonction de la vitesse de vent mesurée sous E_G02 et au phare des Grands Cardinaux en fonction de la hauteur	61
Graph. 35 : densité des données d'activité à 25 m de hauteur, toutes espèces, en fonction de la vitesse de vent mesurée à 100 m et corrigée à 25 m de hauteur, pour la période d'août à octobre 2023, sous l'éolienne G02	62
Graph. 36 : densité des données d'activité à 31,5 m de hauteur, toutes espèces, en fonction de la vitesse de vent mesurée à 100 m et corrigée à 31,5 m de hauteur, pour la période d'août à octobre 2023, au phare des Grands Cardinaux.....	62
Graph. 37 : distribution des contacts en fonction de l'orientation du vent par point	63
Graph. 38 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de l'orientation du vent pour la période d'août à octobre 2023, pour l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux.....	63
Graph. 39 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de l'orientation du vent pour les mois d'août, septembre et octobre 2023, pour l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux.....	64
Graph. 40 : distribution des contacts en fonction de l'hygrométrie par point.....	65
Graph. 41 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de l'hygrométrie pour la période d'août à octobre 2023, sous l'éolienne G02	66
Graph. 42 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de l'hygrométrie pour la période d'août à octobre 2023, au phare des Grands Cardinaux	66
Graph. 43 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de l'hygrométrie pour la période d'août à octobre 2023, sous l'éolienne G02	67
Graph. 44 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de l'hygrométrie du vent pour la période d'août à octobre 2023, au phare des Grands Cardinaux	68
Graph. 45 : distribution des contacts en fonction de la pression atmosphérique par point	69
Graph. 46 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la pression atmosphérique pour la période d'août à octobre 2023, sous l'éolienne G02	70
Graph. 47 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la pression atmosphérique pour la période d'août à octobre 2023, au phare des Grands Cardinaux	70
Graph. 48 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la pression atmosphérique pour la période d'août à octobre 2023, sous l'éolienne G02	71
Graph. 49 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la pression atmosphérique pour la période d'août à octobre 2023, au phare des Grands Cardinaux	72
Graph. 50 : distribution des contacts en fonction de la hauteur des vagues par point.....	73
Graph. 51 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la hauteur des vagues pour la période d'août à octobre 2023, pour l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux.....	73
Graph. 52 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la hauteur des vagues pour la période d'août à octobre 2023, pour l'éolienne G02 et le phare des Grands Cardinaux.....	74
Graph. 53 : graphique d'analyse en composante principale des variables à partir des données compilées de l'éolienne G02 et du phare des Grands Cardinaux	75
Graph. 54 : graphique d'analyse en composante principale des données de 10 minutes	76

INDEX DES CARTES

Carte 1 : localisation du projet éolien en mer de Saint-Nazaire (source PBG)	5
Carte 2 : localisation des éoliennes du parc éolien sur vue scan littoral (source PBG).....	6
Carte 3 : localisation du phare des Grands Cardinaux	11
Carte 4 : localisation des différents points d'écoute de l'activité des Chiroptères.....	12

INDEX DES PHOTOGRAPHIES

Photo. 1 : installation du micro sur l'éolienne B07 (02/03/2023)	9
Photo. 2 : installation du micro sur l'éolienne E15 (02/03/2023)	9
Photo. 3 : installation du micro sur l'éolienne G02 (07/04/2023).....	10

Photo. 4 : phare des Grands Cardinaux et hauteur de l'emplacement du Batlogger WEX1 (source : Wikipédia)..... 10

ANNEXE

ANNEXE 1 : PARAMÉTRAGE DES BATLOGGERS PENDANT LA PÉRIODE DE SUIVI 2022 – 2023

		G02	B07	E15
general setting	Timeframe	start 1h30 before sunset stop 1h30 after sunrise	start 1h30 before sunset stop 1h30 after sunrise	start 1h30 before sunset stop 1h30 after sunrise
	Lat	47.204201	47.204201	47.204201
	Long	-2.6847	-2.6847	-2.6847
	Timezone	Current timezone: Europe/CET	Current timezone: Europe/CET	Current timezone: Europe/CET
expert microphone 1	Trigger On	yes	yes	yes
	Gain	18dB	18dB	18dB
	Frequency Range	8 kHz - 160 kHz	8 kHz - 160 kHz	8 kHz - 160 kHz
	Crest factor	6	4	4
	Period trigger	150	150	150
expert adv.settings	Maxi recording duration	15000ms	5100ms	5000ms
	Pre-trigger time	1000ms	510ms	490ms
	Post-trigger time	1000ms	1100ms	1100ms
	Threshold for trigger	NA	NA	NA
	Min sound level for trigger	NA	NA	NA
Expert Rec. Settings	On	yes	yes	yes
		256kS/s	256kS/s	256kS/s
		16	16	16
		WAV	WAV	WAV
expert Backup	On	yes	yes	yes
		Copy	Copy	Copy
expert Srv.Intervals	On	yes	yes	yes
	Recordings update interval	5min	5min	5min
	Telemetry update interval	15 min	15 min	15 min
expert Firewall	On	yes	yes	yes
		firewall off	firewall off	firewall off

Source EDF-RE

Le paramétrage des 3 batloggers pendant la période d'acquisition 2022-2023 présente quelques discordances. Ceci est notamment dû à l'incapacité de contrôler et d'intervenir à distance sur le matériel pendant cette période.

Depuis 2024, le paramétrage a été revu, ajusté et homogénéisé entre tous les équipements. Il est contrôlé chaque semaine depuis le serveur distant.