

La conservation

Suivis

Préconisations

Effets

Le projet

Enjeux

Etat initial

Inventaires

Le vivant

O-GEO

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

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

Suivi de l'activité et du comportement des
Chiroptères en mer - Année 2024

Octobre 2025



CADRE ADMINISTRATIF

Projet Suivi de l'activité et du comportement des Chiroptères en mer - Année 2024 (mesure MSU11)

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)
Aude DUPIN (Aude.DUPIN@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 au niveau de 3 éoliennes à l'intérieur du parc

Période d'étude Avril à novembre 2024

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

Dates des rendus 09/07/2025

13/08/2025

27/08/2025

23/10/2025

Nombre de pages 78

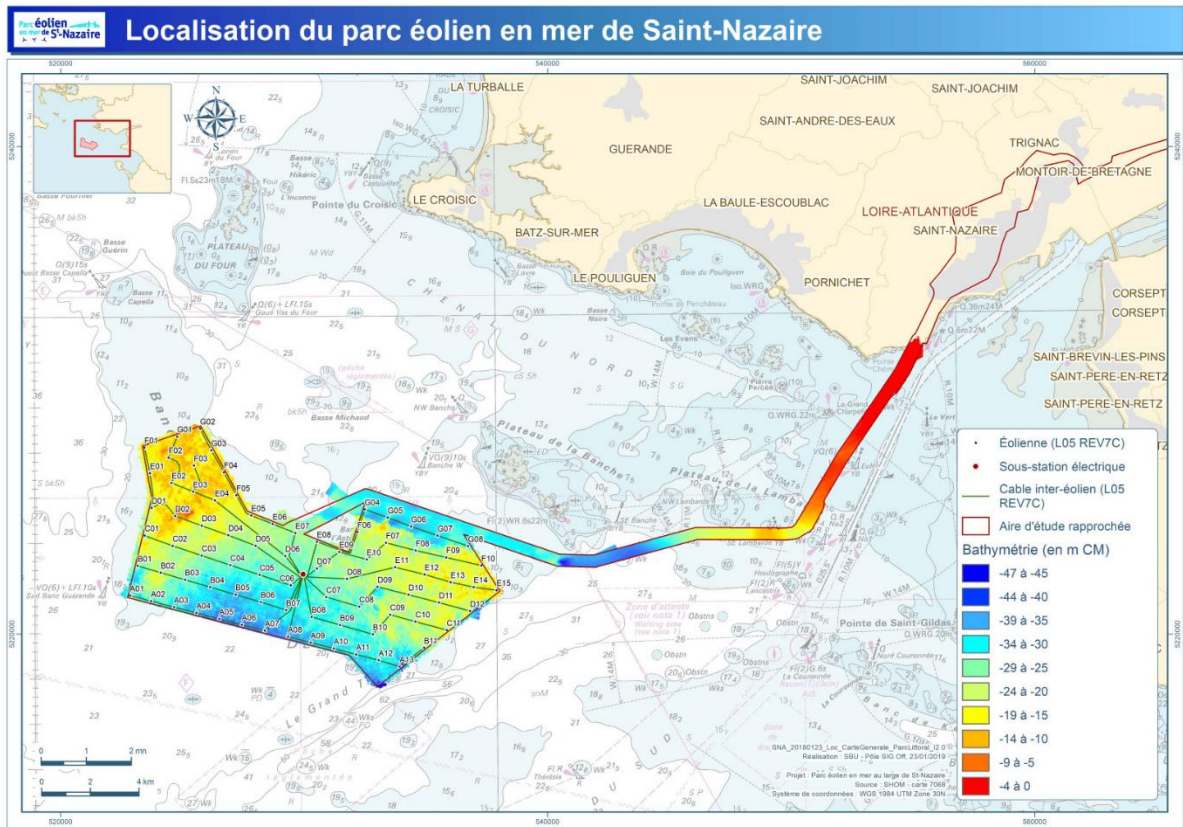
Partie 1 - INTRODUCTION	5
I - LOCALISATION DU PARC ÉOLIEN	5
II - DESCRIPTION DU PARC ÉOLIEN	6
III - HISTORIQUE DU SUIVI ET MISSIONS	7
A - Évolution de la mesure MSU11	7
B - Missions du bureau d'étude O-GEO	7
Partie 2 - MÉTHODOLOGIE	9
I - MATÉRIELS DE DÉTECTION ET D'ENREGISTREMENT	9
II - ADAPTATION ET SUIVI DES ÉQUIPEMENTS	9
A - Dysfonctionnement en 2022 et 2023	9
B - Évolution des équipements en 2024	9
C - Évolution du contrôle des équipements	11
III - ANALYSE DE L'ACTIVITÉ ET DU COMPORTEMENT DES CHIROPTÈRES	11
IV - LES POINTS D'ÉCOUTE	12
A - Les éoliennes	12
B - Au phare des Grands Cardinaux, à 31,5 mètres au-dessus du niveau de la mer	12
V - FONCTIONNEMENT DES APPAREILS	15
A - Sessions de fonctionnement	15
B - Évolution quotidienne des enregistrements	17
C - Fréquences de maximum d'énergie dans les séquences enregistrées	18
D - Fonctionnement des micros	20
E - Conclusion	20
VI - SESSIONS PAR POINT D'ÉCOUTE	22
VII - LOGICIELS D'ANALYSE	23
A - Logiciel d'identification des séquences	23
B - Logiciel de traitement des séquences	23
VIII - DÉTERMINATION DES ESPÈCES	24
IX - TRAITEMENT DES DONNÉES	24
1- A - De l'enregistrement à l'unité de mesure de l'activité	24
2- De l'enregistrement à la séquence	24
De la séquence à l'unité de mesure de l'activité	24
a - Le contact	24
b - La minute positive	25
c - Les 10 minutes positives	25
1- d - Notion de flux d'activité et non de flux d'individus	25
2- B - Par espèce ou groupe d'espèces	26
1- Analyse par espèces	26
2- Analyse par taxon ou groupe d'espèces	26
C - Les unités d'analyse	26
L'unité session	26
L'unité 10 minutes	26
1- D - Les données d'analyse	27
X - L'ANALYSE DU COMPORTEMENT DES CHIROPTÈRES	28
A - Description de la fréquentation au cours de l'année	28
B - Analyse de la diversité et densité à l'échelle du peuplement au cours de l'année	28
Les facteurs influençant l'activité des Chiroptères	28
C - Les niveaux de fréquentation	29
D - Activité en fonction des facteurs météorologiques	29
XI - ENJEUX CHIROPTÉROLOGIQUES	30
Partie 3 - RÉSULTATS	31
I - LISTE DES ESPÈCES	31
1- A - Rappel liste 2022 & 2023	31
2- B - Liste 2024	32
II - COMPORTEMENT DES CHIROPTÈRES	34
A - Fréquentation journalière	34
Préalable	34
Description	34
B - Fréquentation mensuelle	38
Préalable	38
Description	38

C - Niveaux de densité et d'activité journalière en septembre	40
Préalable.....	40
Diversité.....	40
Densité d'activité toutes espèces	41
Densité spécifique.....	41
D - Niveau de fréquentation.....	43
E - Facteurs influençant le comportement des Chiroptères.....	46
La période de la nuit.....	46
L'activité en fonction de la température	48
L'activité en fonction de la vitesse du vent.....	51
L'activité en fonction de l'orientation du vent	54
1 - L'activité en fonction de l'hygrométrie.....	58
2 - L'activité en fonction de la pression atmosphérique.....	61
3 - L'activité en fonction de la hauteur des vagues	64
4 - Facteurs retenus et leur poids	68
1 - Phénologie, migration et facteurs étudiés.....	69
2 -	
3 -	
4 -	
III - ENJEUX CHIROPTÉROLOGIQUES.....	71
5 - A - Niveaux des statuts de protection et de conservation.....	71
6 - B - Niveaux d'enjeux de protection et de conservation.....	72
7 -	
8 -	
9 -	
Partie 4 - CONCLUSION	73
I - FONCTIONNEMENT DES BATLOGGERS	73
II - RÉSULTATS DE L'ACTIVITÉ AU SEIN DU PARC ÉOLIEN.....	73
III - FACTEURS INFLUENÇANT L'ACTIVITÉ DES CHIROPTÈRES	73
TABLE DES ILLUSTRATIONS	75
INDEX DES TABLEAUX.....	75
INDEX DES GRAPHIQUES	75
INDEX DES CARTES.....	76
INDEX DES PHOTOGRAPHIES.....	76
ANNEXES	78
ANNEXE I : PARAMÉTRAGE DES BATLOGGERS PENDANT LA PÉRIODE DE SUIVI 2024.....	78

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)

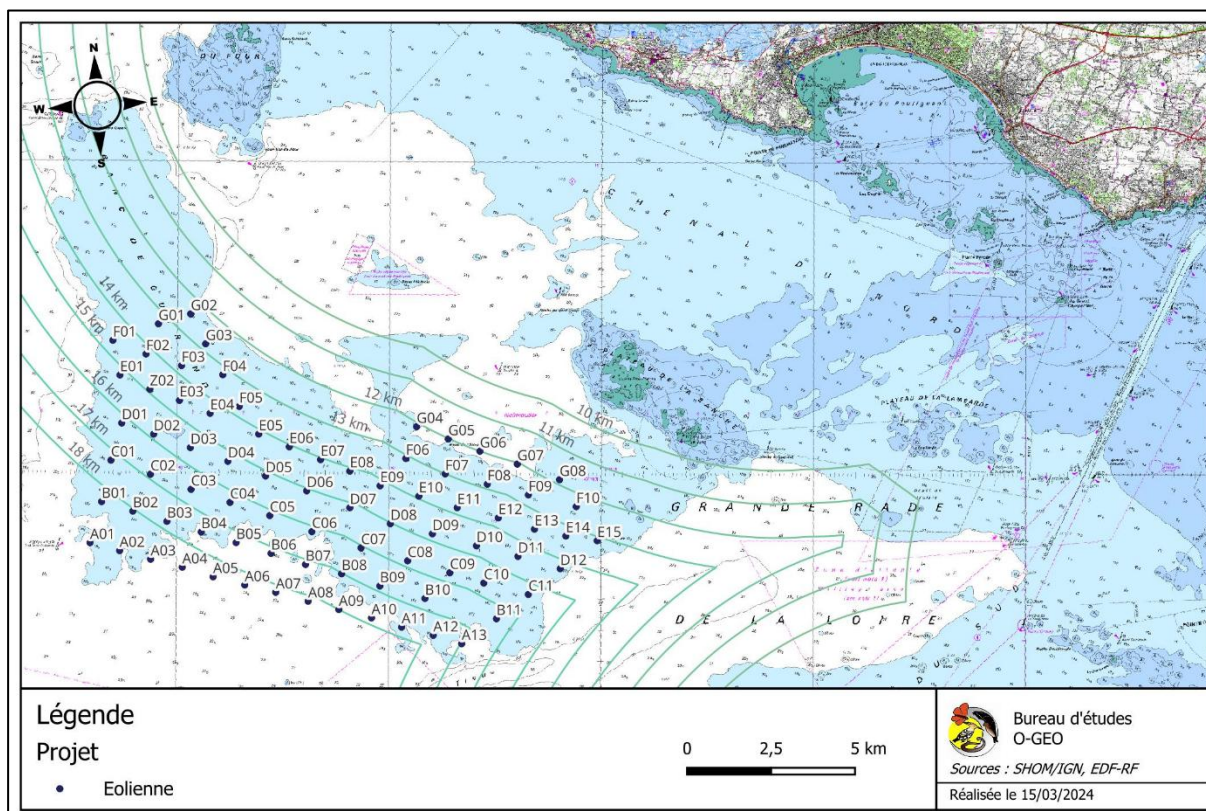
II - DESCRIPTION DU PARC ÉOLIEN

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 le 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 2023. 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_Protocolo_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	
2024	Juillet	Réunion scientifique et technique de présentation des résultats de suivi pour la période septembre 2022 à novembre 2023	
2024	Septembre	Comité Technique Environnement : réception du rapport de suivi de l'activité des Chiroptères années 2022-2023	O-GEO, 2024 - Saint-Nazaire (44) - Parc éolien en mer de Saint-Nazaire - Suivi de l'activité et du comportement des Chiroptères - Années 2022-2023

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. Dans le cadre d'un partenariat avec le programme PIAFF&CO¹ de Open C, 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 O-GEO 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.

En 2024, le suivi de l'activité des Chiroptères est à nouveau reconduit sur les trois éoliennes. Le bureau d'étude O-GEO a été missionné pour modifier les installations des équipements d'enregistrement placés sur les éoliennes et pour suivre leur fonctionnement de manière hebdomadaire et pour pallier aux dysfonctionnements rencontrés les années précédentes. Il réalise aussi l'analyse des séquences et l'analyse de l'activité au niveau du parc. D'autre part, un appareil est à nouveau placé sur le phare des Grands Cardinaux, situé en mer mais en dehors du parc éolien. Ce dernier sert de site de référence. Des

¹ Projets collaboratifs - Fondation OPEN-C

difficultés techniques n'ont pas permis d'obtenir des enregistrements au niveau du phare des Grands Cardinaux.

Ce rapport présente les résultats du suivi des chiroptères au niveau du parc éolien durant l'année 2024, deuxième année d'exploitation du parc éolien en mer de Saint Nazaire.

Partie 2 - MÉTHODOLOGIE

I - 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.

Il se compose de son boîtier (Figure 1) et d'un micro associé à un capteur de température et d'hygrométrie appelé Sensor (Photo. 2).

Cet équipement permet en premier lieu de détecter et d'enregistrer des cris émis par les Chiroptères, cris émis à très hautes fréquences, dans la gamme des ultrasons. Il permet aussi de communiquer à distance pour collecter des informations, soit par liaison filaire, soit par un espace cloud mis à disposition par Elekon. Les contraintes en mer et les obligations de sécurité implique une communication à distance via le réseau sécurisé existant de communication avec les éoliennes. Un disque dur externe est associé au Batlogger WEX1 pour conserver les séquences.



Figure 1 : le Batlogger WEX1 (source Elekon)

PBG est chargée de transmettre les données à O-GEO.

En début d'année, plutôt à partir de la mi-mars, les microphones des équipements installés sur les éoliennes sont systématiquement remplacés à neuf.

Puis leur fonctionnement est contrôlé régulièrement en cours d'année.

II - ADAPTATION ET SUIVI DES ÉQUIPEMENTS

A - Dysfonctionnement en 2022 et 2023

Au cours de l'année 2023, deux phénomènes ont fortement limité la collecte de séquences de Chiroptères.

Le premier est la difficulté de communiquer avec les équipements installés sur les éoliennes. La qualité de la communication est tributaire du temps nécessaire à la mise en fonction du parc éolien et de la résolution de toutes les difficultés techniques rencontrées. Ce problème était résolu en 2024 même si des soucis ponctuels peuvent encore apparaître.

Le second était la rapide incapacité des microphones à capter les sons, mise en évidence par la chute du rapport du niveau du signal capté sur le niveau du bruit ambiant ($\log_{10}(\text{SignalLevel}/\text{NoiseLevel})$). L'hypothèse avancée pour expliquer ce phénomène était la forte humidité, ou les précipitations, qui peuvent parfois endommager les micros. Ce phénomène peut être accentué par l'exposition sud-ouest des micros ainsi qu'un problème d'étanchéité au niveau des boîtiers.

B - Évolution des équipements en 2024

Le bureau d'études O-GEO a été missionné pour résoudre ces difficultés. Tout d'abord un boîtier a été réalisé à partir d'enveloppe de caméra de surveillance étanche associée à des supports de fixations fabriqués sur mesure (Photo. 1 à Photo. 4). La propriété étanche du boîtier permet aux microphones et au sensor d'être installés dans un environnement abrité de l'eau. La casquette existante offre une protection contre l'exposition directe à la pluie. Un angle de captation en hauteur des ultrasons à 45° est la limite imputable à cette casquette (Figure 2), cependant les sons provenant de sous le microphone sont captés et la perte de détection en hauteur n'est réelle qu'à proximité immédiate du microphone. Les années précédentes, les microphones étaient orientés vers le bas, entre 0° et 45°. Ainsi, ce boîtier, malgré sa casquette, améliore la sphère de détection des ultrasons. Une mousse de protection préconisée de manière standard par Elekon a été supprimée car elle tend à accumuler de l'humidité au contact du microphone. Le capot supérieur permet de pouvoir faire rapidement et simplement des changements

standards du microphone et/ou du sensor en cas de besoin. Les boîtiers sont orientés vers le nord-est, à l'abri des vents dominants, sur les rambarde où les passages de techniciens sont limités. Une vidéo a été produite pour que les techniciens puissent disposer d'un tutoriel d'installation le plus précis possible lors de leurs interventions en mer.



Photo. 1 : boîtier étanche d'O-GEO pour microphone et sensor du Batlogger WEX1 avec capot permettant l'accès aux équipements



Photo. 2 : microphone et sensor du Batlogger WEX1 dans leur boîtier étanche d'O-GEO



Photo. 3 : boîtier étanche d'O-GEO installé sur éolienne, vue éloignée (EDF RF, 11/04/2025)



Photo. 4 : boîtier étanche d'O-GEO installé sur éolienne, vue proche (EDF RF, 11/04/2025)

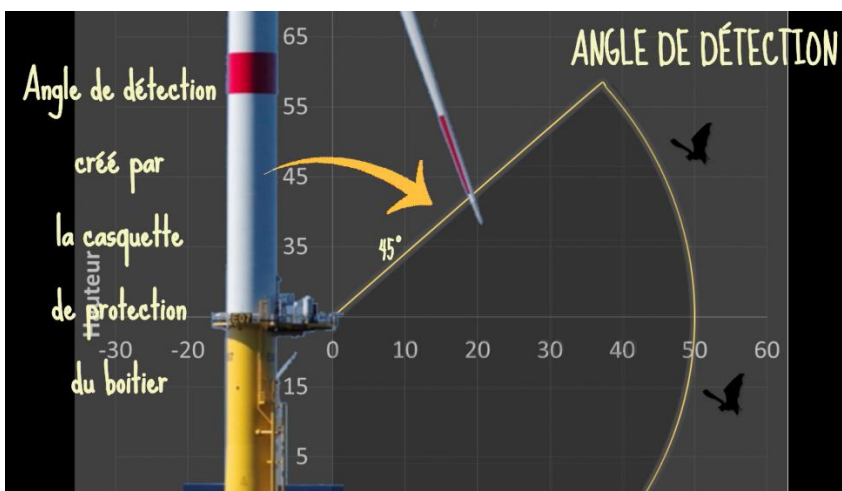


Figure 2 : angle de détection des Chiroptères imputable à la casquette de protection

C - Évolution du contrôle des équipements

Les enregistrements quotidiennement produits et accompagnés chacun par un fichier au format .xml (exemple de fichier : 0112_1_202209131306231_MT_PBG.xml) sont collectés toutes les semaines par PBG. Les fichiers recueillent les différentes mesures des puissances des signaux et le résultat des calculs des rapports de puissance.

À l'aide d'un programme élaboré sur Rstudio par le bureau d'études O-GEO, le fonctionnement des 3 microphones installés sur les éoliennes est diagnostiqué de manière hebdomadaire.

Ce programme permet d'agrèger les données issues de plusieurs milliers de fichiers .xml et produit de manière automatique un rapport de fonctionnement transmis à PBG. Il comporte les chapitres suivants :

- État de fonctionnement des microphones ;
- Réalisation des tests et période d'enregistrement ;
- Nombre de séquences enregistrées ;
- Fréquences dominantes des signaux.

III - ANALYSE DE L'ACTIVITÉ ET DU COMPORTEMENT DES CHIROPTÈRES

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.

La problématique éolienne et Chiroptères ne bénéficie pas de référentiel d'un niveau de fréquentation à l'échelle de la nuit, ou du mois ou de l'année qui permet de positionner ce niveau comme fort, moyen ou faible.

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 s'accompagne d'un programme d'analyse spécifique, développé sur Rstudio. Il permet de reproduire sur les parcs les mêmes analyses et de fait de faciliter les comparaisons. Au gré des expériences et des circonstances, ce programme s'enrichit de nouvelles fonctions et autres ajustements. Ce programme permet aussi de faciliter les comparaisons entre éolienne d'un même parc ou de parcs différents.

IV - 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 à l'extrémité nord-ouest du parc : G02 à 12,5 km de la côte ;
- Éolienne à l'extrémité est du parc : E15 à 13 km de la côte ;
- Éolienne à l'intérieur du parc, partie centrale sud : B07, à 17 km de la côte.

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, avec une détection moyenne de l'ordre de 50 m de distance du microphone, l'activité peut en théorie être captée sous et dans les 2 tiers de la moitié inférieure du rotor.

Si en 2022 et 2023, les micros étaient inclinés vers le bas, entre 45° (sous E15) et 90° (sous B07 et G02), en 2024 ils sont orientés à l'horizontale, captant de bas en haut les émissions de Chiroptères. Comme évoqué précédemment, une casquette de protection limite la détection au-dessus du microphone mais seulement à une distance proche.

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).

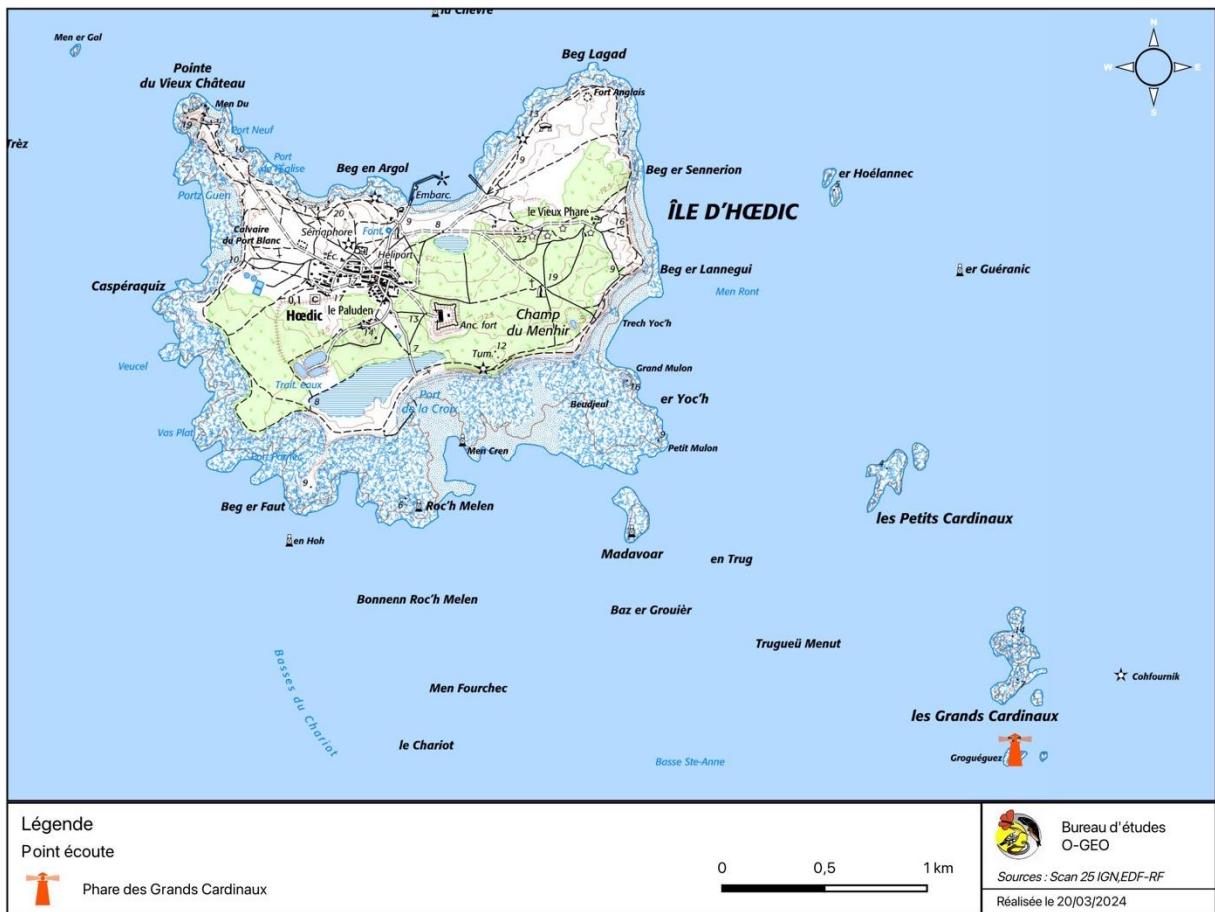
Dans le cadre du projet de recherche et d'expérimentation PIAFF&CO, porté par la fondation OPEN C et en partenariat avec le MNHN, du matériel d'écoute et d'enregistrement des Chiroptères a été déployé sur le phare.

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

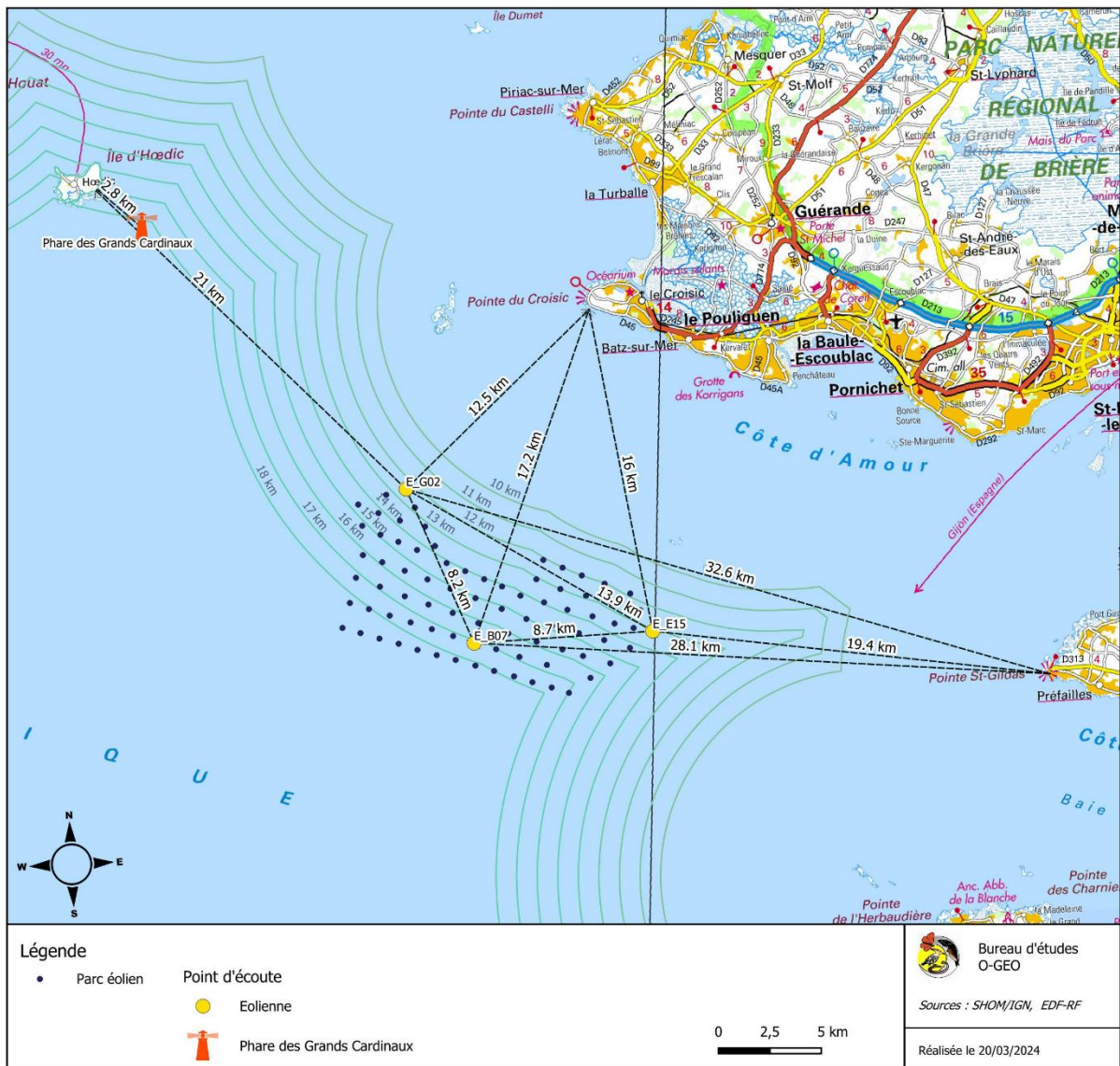
Malheureusement, le microphone n'était pas en mesure de détecter des ultrasons et ce phénomène n'a pas été détecté à temps pour assurer un remplacement en cours d'année. Donc aucune donnée n'est disponible pour l'année 2024.



Photo. 5 : 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 et leurs distances à la côte

V - FONCTIONNEMENT DES APPAREILS

A - Sessions de fonctionnement

L'analyse de l'activité s'appuie sur un nombre de sessions de suivi. Une session² correspond à une nuit d'écoute en continue et sur toute la durée de la nuit.

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). Ce fichier compte en l'occurrence les tests de fonctionnement du Batlogger WEX1 réalisés à l'activation des écoutes avant le coucher et à leur désactivation après le lever du soleil, mais aussi parfois en cours de journée ou de nuit.

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. Les courbes indiquent que les écoutes commencent avant le coucher du soleil et finissent après son lever.

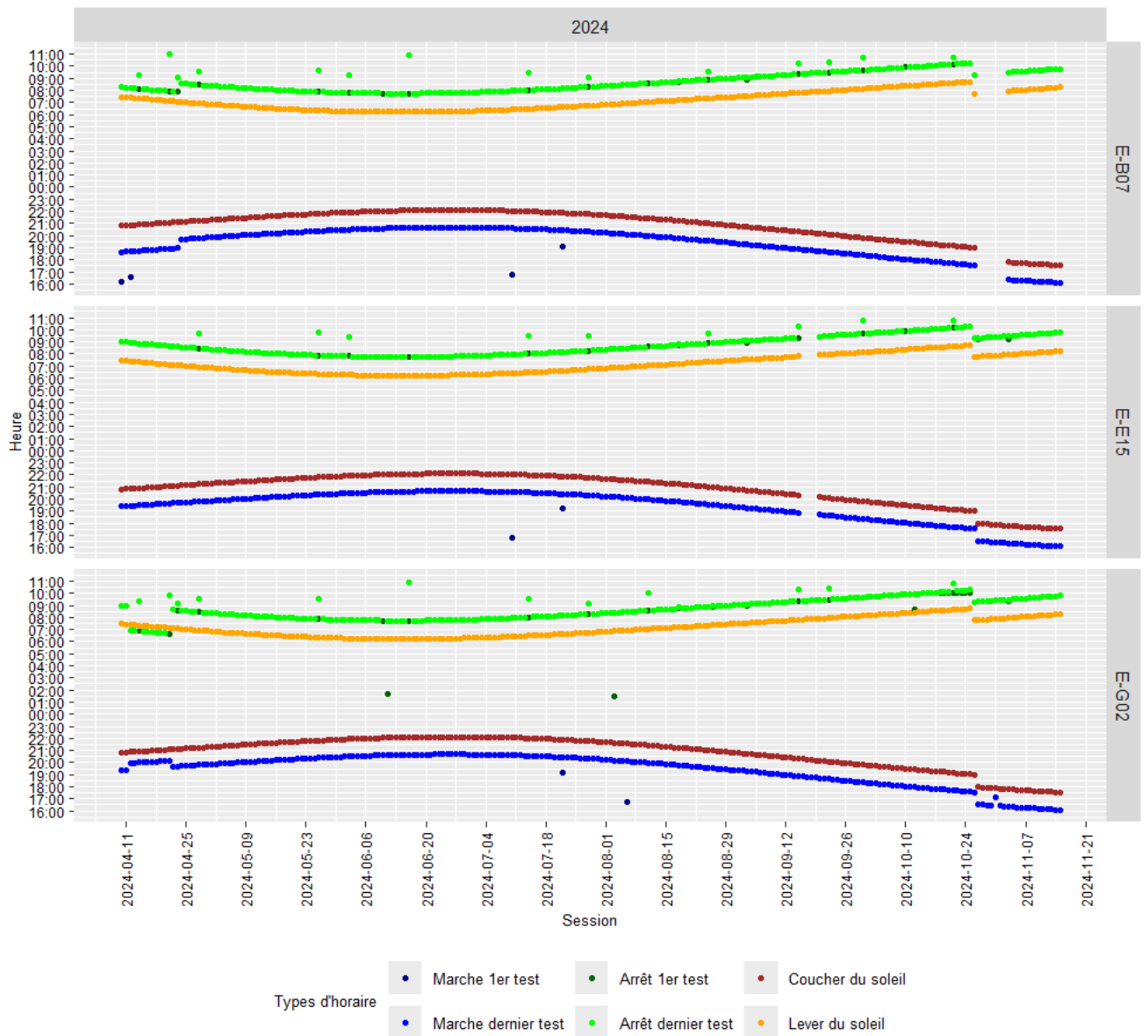
L'étude de l'activité à 25 mètres de hauteur sur les trois éoliennes s'est déroulée du 10 avril au 20 novembre 2024 pour B07 et du 11 avril au 20 novembre 2024 pour E15 et G02.

Les appareils ont correctement fonctionné sur l'ensemble de la période d'écoute.

Quelques lacunes demeurent :

- La période du 17 au 19 septembre sous E15 connaît une absence d'informations. C'est aussi le cas pour B07 du 28 octobre au 02 novembre 2024. Ces absences de données sont dues à des opérations de maintenance : les câbles inter-éoliens connectant ces éoliennes à la sous-station électrique ont été dé-énergisés le temps de réaliser le remplacement de certains composants dans la sous-station. Dans ces conditions, les équipements électriques des éoliennes, dont les Batloggers, n'étaient plus alimentés, aucune donnée n'a donc pu être enregistrée dans ces laps de temps.
- Un démarrage trop tardif durant quelques nuits en début de saison du Batlogger WEX1 de l'éolienne G02 n'a pas permis de contrôler les premières minutes de la nuit. Ce problème a été corrigé rapidement à distance.

² Le terme de session est utilisée dans toutes les études menées par O-GEO car une session ne correspond pas toujours à une nuit complète dans chaque protocole.



Nombre de fichiers de fonctionnement : 66
 Nombre de données compilées : 45175

Graph. 1 : fonctionnement des appareils, par point d'écoute, en 2024

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 :

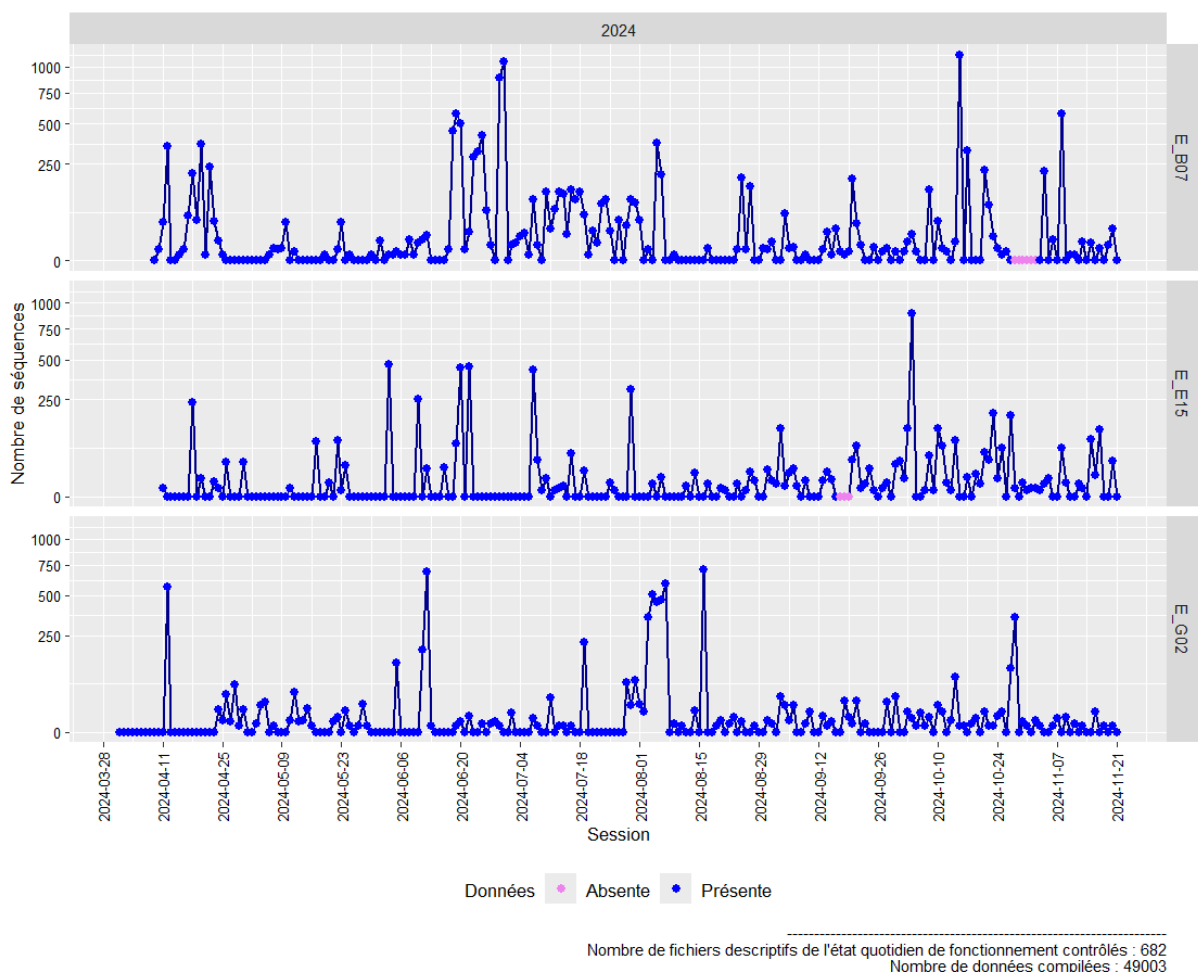
- Le nombre de séquences enregistrées ;
- Les conditions météorologiques (température, pression, hygrométrie)

Le nombre de séquences donne un aperçu du fonctionnement attendu des Batloggers WEX1.

Pour diagnostiquer le fonctionnement attendu à travers le nombre de séquences enregistrées, l'ensemble des fichiers des Batloggers WEX1 a été analysé à l'aide d'un 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. En dehors des fichiers manquants pour les éoliennes B07 et E15, respectivement en septembre et en octobre, les Batloggers WEX1 enregistrent quotidiennement des sons. Le nombre journalier des séquences est parfois très important, dépassant les 100 voire les 1 000 séquences par jour. Ces sons ne correspondent pas uniquement aux sons émis par les Chiroptères, ils comprennent, en majorité ici, des sons issus de l'environnement de chaque éolienne.

Le nombre de séquences varie par ailleurs d'une nuit à l'autre, en revenant à des valeurs faibles. Ce phénomène est le signe d'un bon fonctionnement des microphones.



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

C - Fréquences de maximum d'énergie dans les séquences enregistrées

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

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

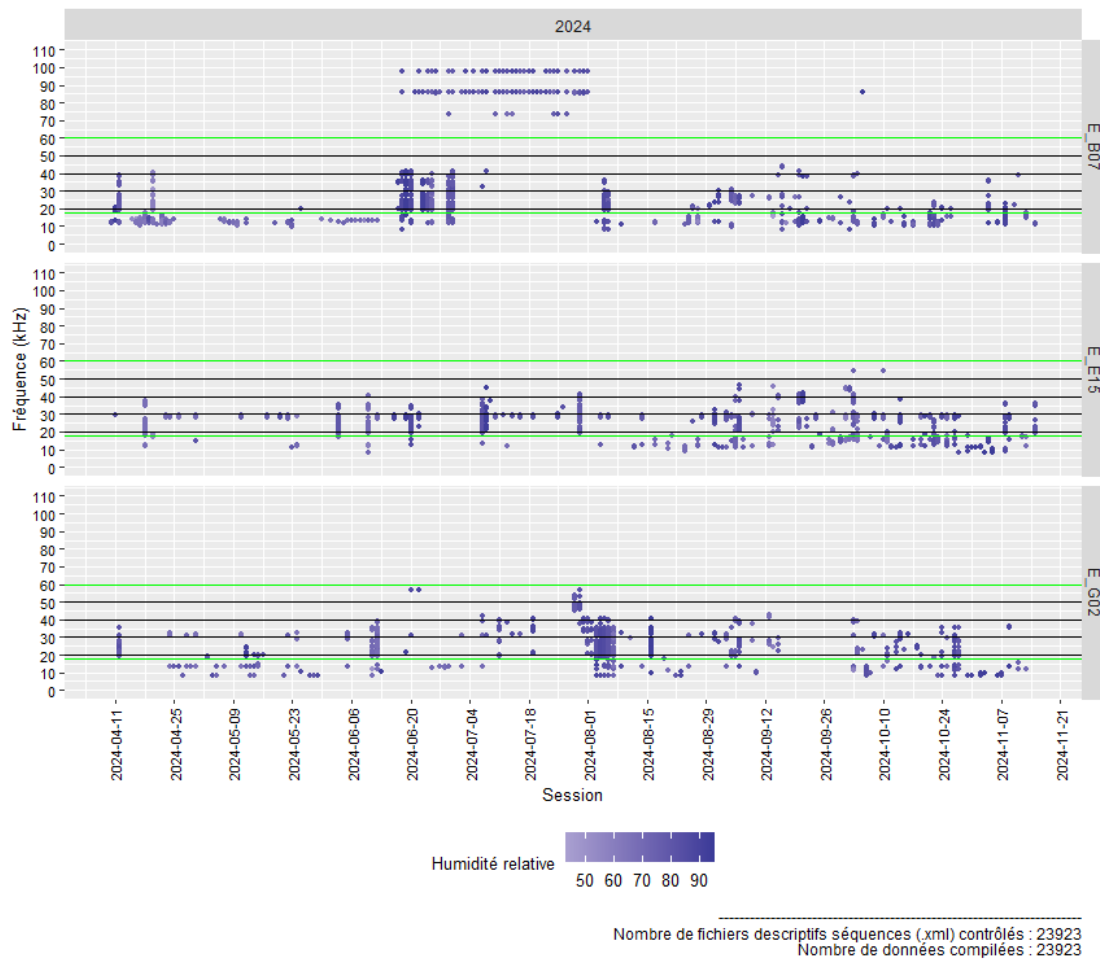
Pour diagnostiquer le fonctionnement attendu à travers le pic de fréquence enregistré dans chaque séquence, l'ensemble des fichiers des Batloggers WEX1 a été analysé à l'aide d'un autre programme élaboré sur Rstudio par le bureau d'études O-GEO. Ce programme permet d'agréger les données issues de plusieurs 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). Les lignes vertes indiquent la largeur de bande dans laquelle les fréquences de maximum d'énergie peuvent être enregistrée dans des signaux émis par les Chiroptères attendus dans la région en hauteur (Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, Pipistrelle de Nathusius, Sérotine commune, Noctule commune, Noctule de Leisler). À titre d'information, les valeurs d'hygrométrie sont caractérisées pour chaque séquence par la couleur du point.

Le graphique montre différents phénomènes qui illustrent des signaux dits parasites :

- Des signaux aux fréquences maximales soit trop basses soit trop hautes pour être associés à des espèces du peuplement attendu ;
- Des signaux dont les fréquences de maximum d'énergie des signaux se distribuent la même nuit dans l'intervalle attendu des fréquences associées au Chiroptères (entre les barres vertes) mais en très grande densité et sur différentes fréquences (amas verticaux de points). Les fréquences de maximum d'énergie des signaux couvrent alors une bande de fréquence trop importante pour que les signaux soient associés à des Chiroptères.

Ces différents phénomènes restent limités et indiquent un bon fonctionnement des microphones. Pour les autres mesures, l'analyse acoustique permettra d'attribuer ou non la séquence à une espèce de Chiroptères.



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

D - Fonctionnement des micros

Les Batloggers 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 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.

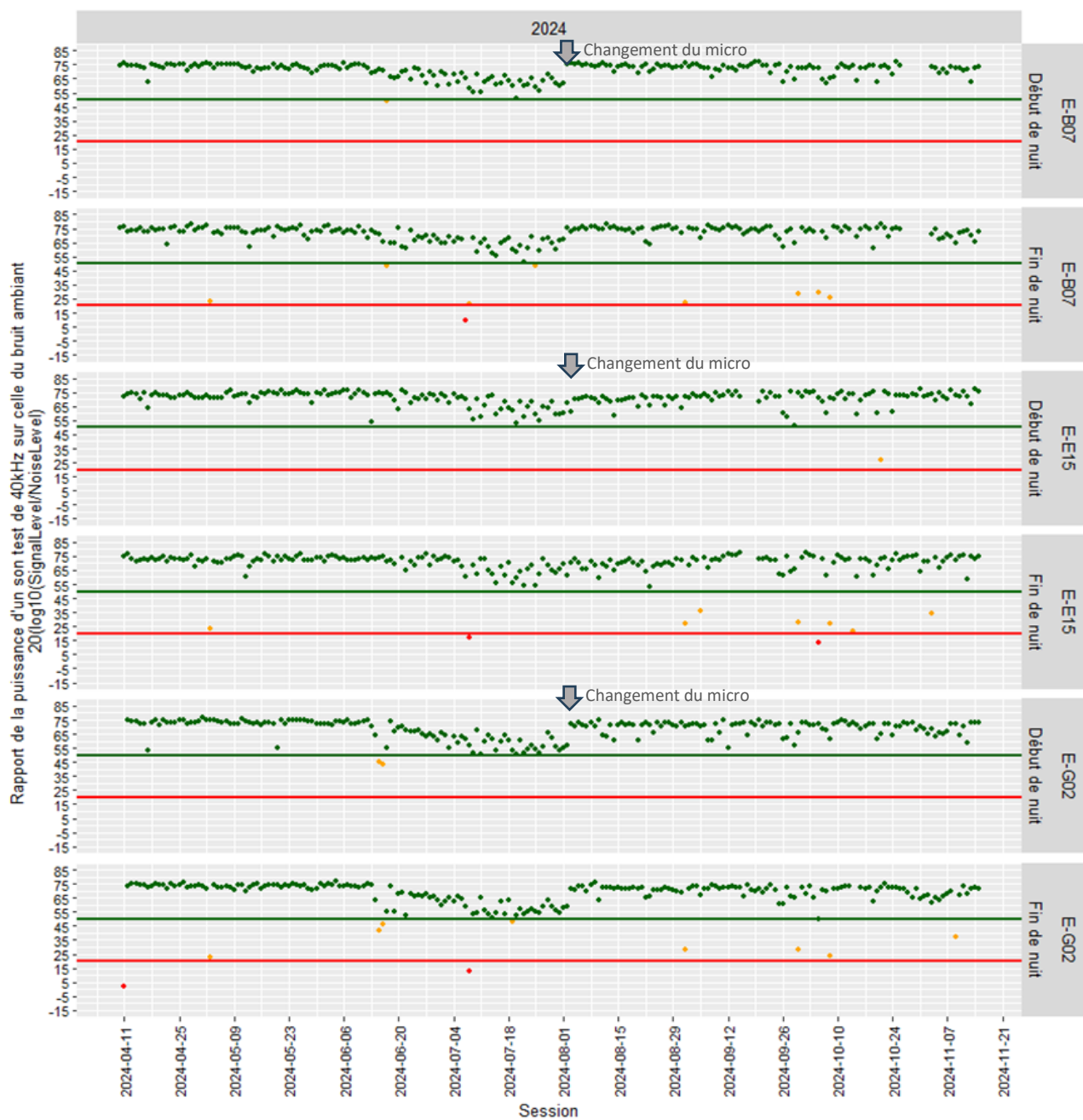
Sur l'ensemble de la période de suivi, les microphones ont un rapport de puissance au-dessus du seuil de 50, respectant ainsi les préconisations du constructeur. Ponctuellement, quelques nuits sont marquées d'un seuil qui engage une surveillance voire un remplacement. Ce phénomène est dû à une diminution ponctuelle de la capacité du microphone à capter des sons ou d'un bruit ambiant mesuré ponctuellement fort. L'hypothèse couramment avancée est une saturation ponctuelle du microphone par l'humidité, bloquant ou diminuant ses capacités à détecter et enregistrer des ultrasons. Mais dès que les conditions redeviennent clémentes, il retrouve son bon seuil de fonctionnement.

Une usure progressive du microphone est constatée sur le graphique durant les mois de juin et de juillet. Grâce aux suivis hebdomadaires, un remplacement a pu être programmé autour du 7 août 2024 et a permis de disposer de nouveaux microphones pleinement opérationnels jusqu'à la fin de la période de suivi.

E - Conclusion

En 2024, les nouveaux boîtiers et les suivis hebdomadaires, tous deux réalisés par le bureau d'études O-GEO, ont permis de palier aux dysfonctionnements rencontrés en 2022 et 2023.

Quelques lacunes demeurent mais restent acceptables et ponctuelles, en particulier dans ce contexte offshore très contraignant-



Nombre de fichiers séquences test microphone : 1408
 Nombre de données compilées : 1408
 Batlogger sur B07, du 2024-04-10 au 2024-11-20
 Batlogger sur E15, du 2024-04-11 au 2024-11-20
 Batlogger sur G02, du 2024-04-11 au 2024-11-20

Graph. 4 : fonctionnement des micros en 2024, en début et fin de nuit, par point

VI - SESSIONS PAR POINT D'ÉCOUTE

Les données qui ont permis l'analyse du fonctionnement des Batloggers permettent aussi d'identifier les sessions réellement suivies par les appareils.

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.

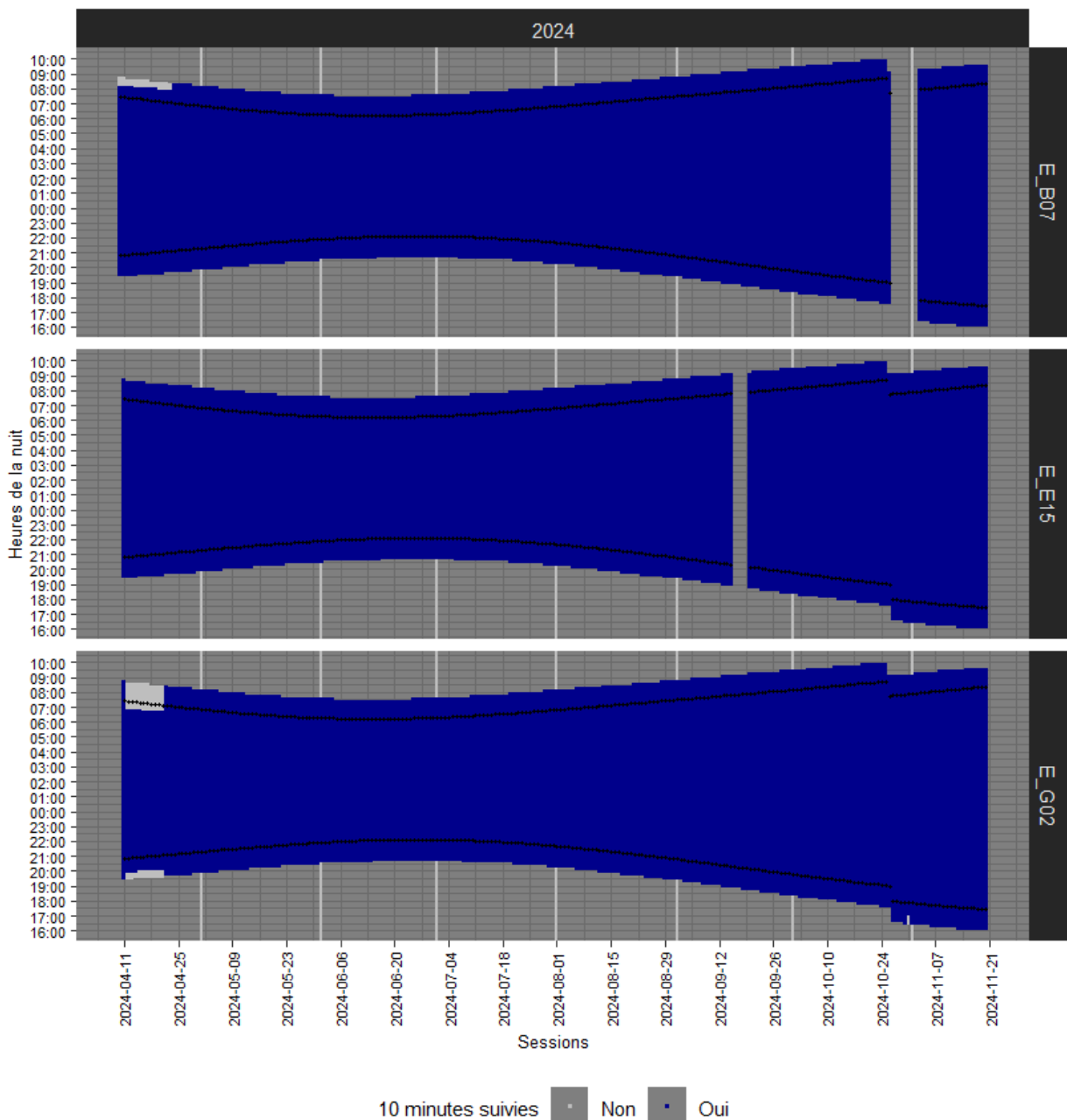
Ainsi, au total, le suivi s'appuie sur 332 sessions et 6 880 heures d'écoute nocturne couvrant l'ensemble de la période nocturne. L'absence de données issue du Batlogger WEX1 installé aux Grands Cardinaux implique une absence de suivi de ce point situé en dehors du parc. Quelques heures manquent sous l'éolienne G02, imputables à son démarrage trop tardif en début de saison.

Points	Mois	Sessions	Durée cumulée de fonctionnement	Durée cumulée des nuits	Durée cumulée des écoutes nocturnes
B07	Avril	21	274,87	212,52	212,52
	Mai	31	368,35	276,34	276,34
	Juin	30	334,97	245,50	245,50
	Juillet	31	358,88	266,08	266,08
	Août	31	399,21	306,25	306,25
	Septembre	30	435,22	345,42	345,42
	Octobre	26	416,66	338,75	338,75
	Novembre	18	315,72	261,83	261,83
	Total	218	2 903,88	2 252,69	2 252,69
E15	Avril	20	261,08	201,90	201,90
	Mai	31	368,41	276,38	276,38
	Juin	30	334,89	245,53	245,53
	Juillet	31	358,84	265,99	265,99
	Août	31	399,20	306,22	306,22
	Septembre	26	376,72	298,74	298,74
	Octobre	31	501,06	408,17	408,17
	Novembre	20	349,65	289,92	289,92
	Total	220	2 949,85	2 292,85	2 292,85
G02	Avril	20	235,86	201,79	197,21
	Mai	31	367,62	276,17	276,17
	Juin	30	334,04	245,26	245,26
	Juillet	31	358,12	265,83	265,83
	Août	31	398,56	306,14	306,14
	Septembre	30	434,67	345,25	345,25
	Octobre	31	498,81	408,30	408,30
	Novembre	20	349,48	290,13	290,13
	Total	224	2 977,16	2 338,87	2 334,29
Grands Cardinaux	Dysfonctionnement				
Total		662	8 830,89	6 884,41	6 879,83

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. En effet, les appareils se déclenchent 1,5 heures avant le coucher du soleil et s'arrêtent 1,5 heure après le lever.

Pour l'année 2024, le suivi couvre ainsi toute la période d'activité attendue des Chiroptères, d'avril à novembre pour toutes les éoliennes, hormis quelques nuits sous les éoliennes B07 et E15 dont les données sont manquantes et quelques débuts de nuit en avril pour G02.



Graph. 5 : fonctionnement des Batlogger durant l'année 2024

VII - 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 d'une espèce 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.

VIII - 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)³ ;
- 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.

IX - TRAITEMENT DES DONNÉES

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

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.

2-

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.

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 3).

³ BARATAUD, 2012. Écologie acoustique des Chiroptères d'Europe. Identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse

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 Chiroptère 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 météorologique est donc de 10 minutes.

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

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

Heure séquence (ms)	Classe heure séquence (5s)	Durée (s)	Classe heure contact (5s)	N contacts	Classe heure Minute positive (min)	N minutes positives	Classe heure 10 min positives	N 10 minutes positives	N contacts par 10 min+	N minutes par 10 min+
22:10:03	22:10:00	1,5	22:10:00	1	22:10	1	20:10	1	5	2
22:15:28	22:15:25	2	22:15:25	1	22:15	1				
22:15:30	22:15:30	2,2	22:15:30	1						
22:15:33	22:15:30	2								
22:15:37	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						

Tableau 3 : 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 de quantifier des effectifs d'individus. Les signaux ne sont pas individualisables au-delà d'un contact durant la nuit pour chaque espèce. Deux contacts peuvent être émis par un individu d'une espèce qui est détecté deux fois, ou par deux individus détectés une fois. Corréler le nombre de contacts avec le nombre d'individus réellement présents n'est pas possible. Parfois la présence de quelques individus 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 comme une augmentation d'un nombre d'individus actifs.

B - Par espèce ou groupe d'espèces

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.

- 1 - 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.

Analyse par taxon ou groupe d'espèces

L'analyse de l'activité est menée à la fois par espèce et par groupe d'espèces.

- 2 - Si la distinction entre plusieurs taxons est délicate voire impossible, le nom d'un complexe d'espèces est alors associé : Pipistrelle indéterminée, Noctule ou Sérotine, Murin indéterminé. Les indices d'activité sont aussi calculés pour chacun d'entre eux à titre indicatif.

L'analyse de l'activité est aussi menée à l'échelle des groupes qui rassemblent de genres relativement proches ou considérés à part :

- Les Pipistrelloïdes : toutes les espèces de Pipistrelles dont celles indéterminées à l'espèce et le Minoptère de Schreibers ;
- Les Nyctaloïdes : les Sérotines et les Noctules, dont celles indéterminées à l'espèce ;
- Les Murins : toutes les espèces de Murin, dont ceux indéterminés à l'espèce ;
- Autres : la Barbastelle d'Europe, les Oreillards, les Rhinolophes.

1 - C - Les unités d'analyse

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 du microphone ;
 - L'absence ou la présence d'une ou plusieurs espèces de Chiroptères ;
- 2 -
- Le nombre de contacts par espèce (par nuit ou par 10 minutes) ;
 - La période de la nuit (en classe d'heure) .

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

L'unité 10 minutes

Comme évoqué précédemment (Partie 2 -IX -A -2 -c - page 25), 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 en fonction des facteurs retenus :
 - o De température ;
 - o De vitesse de vent ;
 - o Orientation du vent ;
 - o Pluviométrie, etc.

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.

X - 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 minutes positives.

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 toute espèces confondues 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.

1 - 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).

C - 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 éoliennes terrestres.

D - 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 station météorologique, installée sur la sous-station électrique en mer et située au centre du parc éolien.

Les données de températures sont issues des sondes placées sur les nacelles. En cas de lacunes, les températures mesurées par les Batloggers sont aussi exploitées. Enfin, pour le phare des Grands cardinaux, les données de températures issues du Batlogger sont utilisées pour ce point de mesure.

XI - ENJEUX CHIROPTÉROLOGIQUES

Le peuplement chiroptérologique sur le territoire français est concerné par :

- Un statut réglementaire :
 - o Le statut de protection nationale (liste des Mammifères protégés en France) ;
- Des statuts de conservation :
 - o Des statuts d'intérêt communautaires (annexe II de la Directive Habitats) ;
 - o Des statuts de menace à l'échelle nationale et régionale (listes rouges) ;
 - o Des statuts déterminants les ZNIEFF à l'échelle régionale (listes d'espèces).

Une espèce protégée sur le territoire français bénéficie donc d'un niveau de statut réglementaire fort. Toutes les espèces de Chiroptères 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.

Les niveaux de fréquentation sont conjugués avec les niveaux de statuts conservatoires pour évaluer les enjeux chiroptérologiques propre au site (Tableau 4).

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

Partie 3 - RÉSULTATS

I - LISTE DES ESPÈCES

A - Rappel liste 2022 & 2023

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 5).

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 5 : nombre de contacts par espèce ou groupe d'espèces de Chiroptères et par point en 2022 et 2023

B - Liste 2024

Sur 332 sessions et 6 880 heures d'écoute nocturne répartis sur trois éoliennes et n'incluant pas les Grands Cardinaux (absence de données), l'étude s'appuie sur 447 séquences qui génèrent 449 séquences-espèces et aboutissent à 431 contacts (Tableau 5).

Au total, 5 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) ;
- Noctule commune *Nyctalus noctula* (Schreber, 1774) ;
- Noctule de Leisler *Nyctalus leisleri* (Kuhl, 1817) ;

Espèces	B07	E15	G02	Total contacts
	2024	2024	2024	
Pipistrelle commune	2	13	83	98
Pipistrelle de Kuhl	1	8	13	22
Pipistrelle de Nathusius	8	106	26	140
Pipistrelle indéterminée		1	1	2
Noctule commune		1		1
Noctule de Leisler	46	81	37	164
Noctule ou Sérotine	3		1	4
Total contacts	60	210	161	431
N espèces	4	5	4	5

Tableau 6 : nombre de contacts par espèce ou groupe d'espèces de Chiroptères et par point en 2024

Les caractéristiques de certains signaux ne sont pas suffisamment discriminantes pour en identifier l'espèce distinctement d'une autre dont les comportements acoustiques peuvent converger. Ainsi le taxon « Pipistrelle indéterminée » et le taxon « Noctule ou Sérotine » sont retenus pour quelques séquences.

Évolution de l'interprétation de certains signaux

Concernant l'identification de certaines séquences de Noctules de Leisler, la diagnose a évolué. En effet, certaines fréquences étaient attribuées à la Sérotine commune pour la période 2022 et 2023 au regard des critères suivants :

- Des séquences assez longues composées de plusieurs signaux ;
- Une structure des signaux en fréquence modulée aplanie avec une fréquence de maximum d'énergie entre 27 et 31 kHz ;
- Une fréquence terminale stable des signaux ;
- Une absence totale avant, pendant ou après de signaux d'une structure dite en quasi-fréquence constante associé à la Noctule de Leisler.

Cependant, cette approche relève du postulat pratiqué en acoustique qu'en absence de signaux en quasi-fréquence constante durant une période continue assez longue, la diagnose peut tendre vers la Sérotine commune, de surcroît dans un espace aussi ouvert que le milieu marin. Cependant, aucune de ces séquences n'offre dans ce cas un rythme qui est reconnaissable facilement pour une oreille exercée en mode hétérodyne.

De plus, les dernières avancées dans l'analyse automatique acoustique des ultrasons par ecoObs, via l'algorithme CoreML apportent des résultats avec des taux de confiance de 100% dans la reconnaissance de la Noctule de Leisler pour un bon nombre de ces séquences. Ces algorithmes entraînés à compiler et analyser statistiquement un nombre de variable important dépassent les capacités humaines d'analyse. Ils remettent aussi en question le fait qu'une Noctule de Leisler, à l'approche d'une éolienne, produit systématiquement des signaux en fréquence quasi constante avant d'accentuer son rythme d'émission et de produire des signaux en fréquence modulée aplanie.

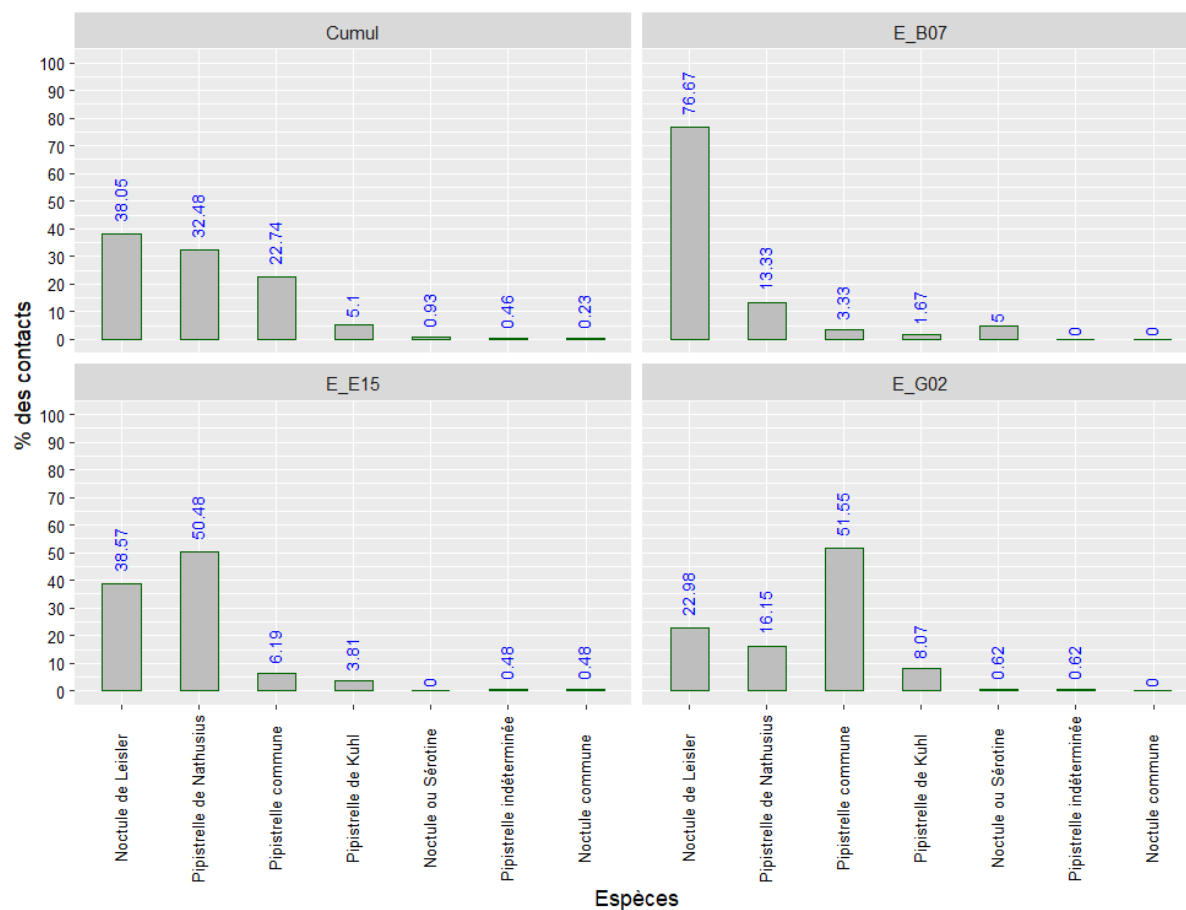
Finalement, les séquences disposant de signaux associés à la Noctule de Leisler ou à la Sérotine commune, avec un taux de confiance de 90 à 100%, se voient attribuer l'une ou l'autre de ces espèces. Cependant, la Sérotine commune n'est plus identifiée et les séquences non attribuées à l'une ou l'autre de ces espèces sont attribuées au groupe Noctule ou Sérotine.

Évidemment, il s'agit d'un arbitrage dans l'analyse des séquences qui souffre comme à chaque fois d'un risque d'erreur.

Cette précision permet enfin de mieux appréhender d'éventuelles comparaisons interannuelles entre les résultats. Si une comparaison doit être menée, privilégier alors celles au sein des groupes Pipistrelloïdes et Nyctaloïdes.

Les proportions de nombres de contacts n'apportent qu'une interprétation partielle de l'activité (Graph. 6). Au demeurant, ils annoncent déjà :

- La supériorité de la proportion des contacts de la Noctule de Leisler, suivi de près par la Pipistrelle de Nathusius puis la Pipistrelle commune, mais variables d'une éolienne à une autre ;
- Un cortège d'espèces limité, qui exclut les espèces de Murins, de Rhinolophes, d'Oreillard et la Barbastelle d'Europe.



Graph. 6 : proportion des contacts enregistrés pour chaque espèce en 2024

II - COMPORTEMENT DES CHIROPTÈRES

A - Fréquentation journalière

Préalable

Un profil journalier permet de visualiser l'occupation de chaque nuit au cours de l'année par les Chiroptères (Graph. 7). 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 :

- 1 -
- 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 (Minoptère 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 noire, 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 -

Description

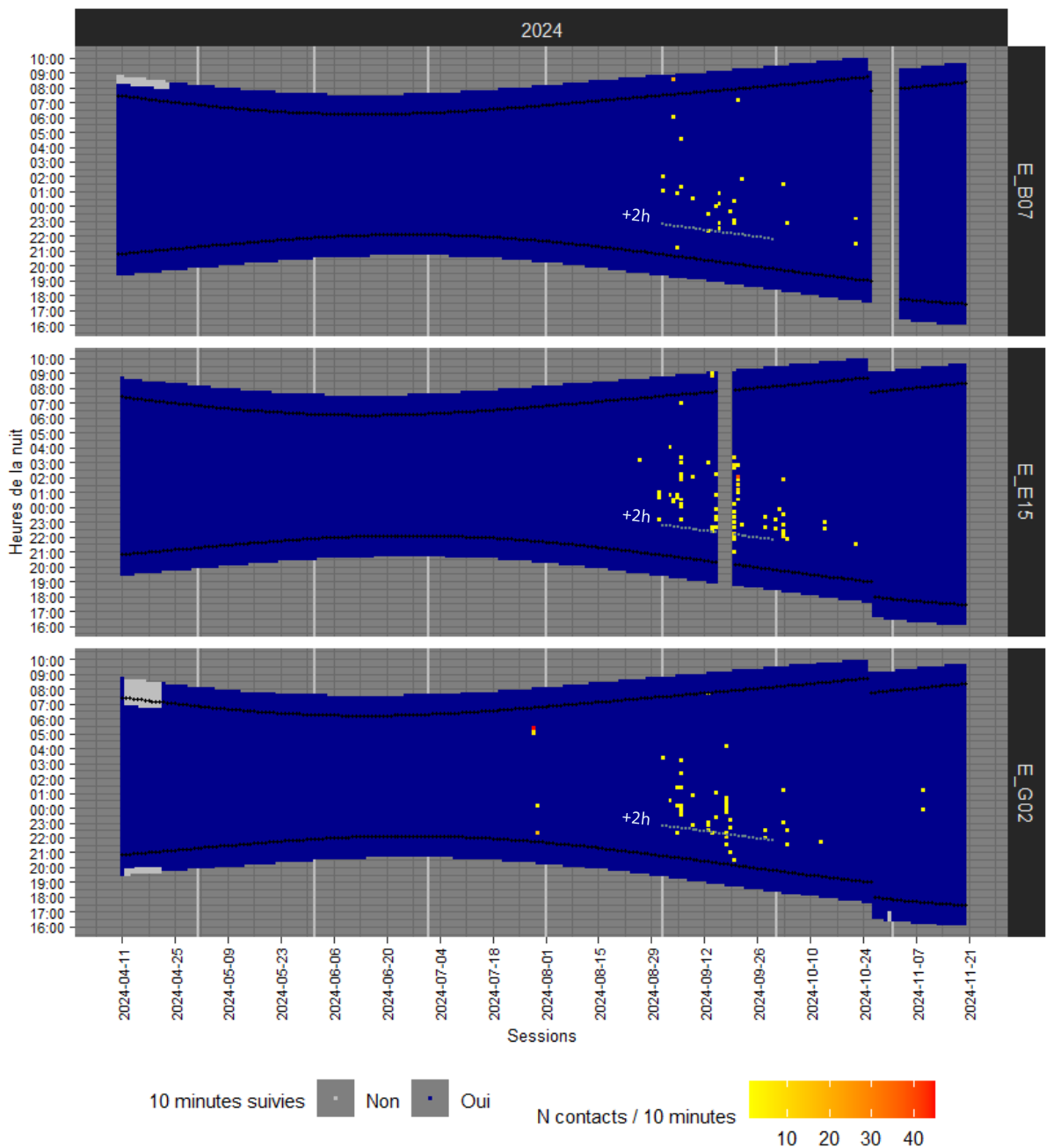
La majorité des contacts est enregistrée après le coucher et avant le lever du soleil. Toutefois, phénomène rare et restant isolé, de l'activité est enregistrée le matin, une heure après le lever du soleil, sous B07 et E15 en septembre. L'animal, du groupe des Nyctaloïdes (Graph. 8), est une Noctule de Leisler qui vole alors en plein jour.

Phénomène aussi identifiée en 2023 sous l'éolienne G02, l'activité se manifeste majoritairement tardivement après le coucher du soleil, à nouveau environ deux heures après (pointillés clairs sur le Graph. 7). Il est bien identifié chez les Nyctaloïdes (Graph. 8), les Pipistrelles pouvant quant à elles se manifester plus précocement même si cette tendance est respectée (Graph. 9).

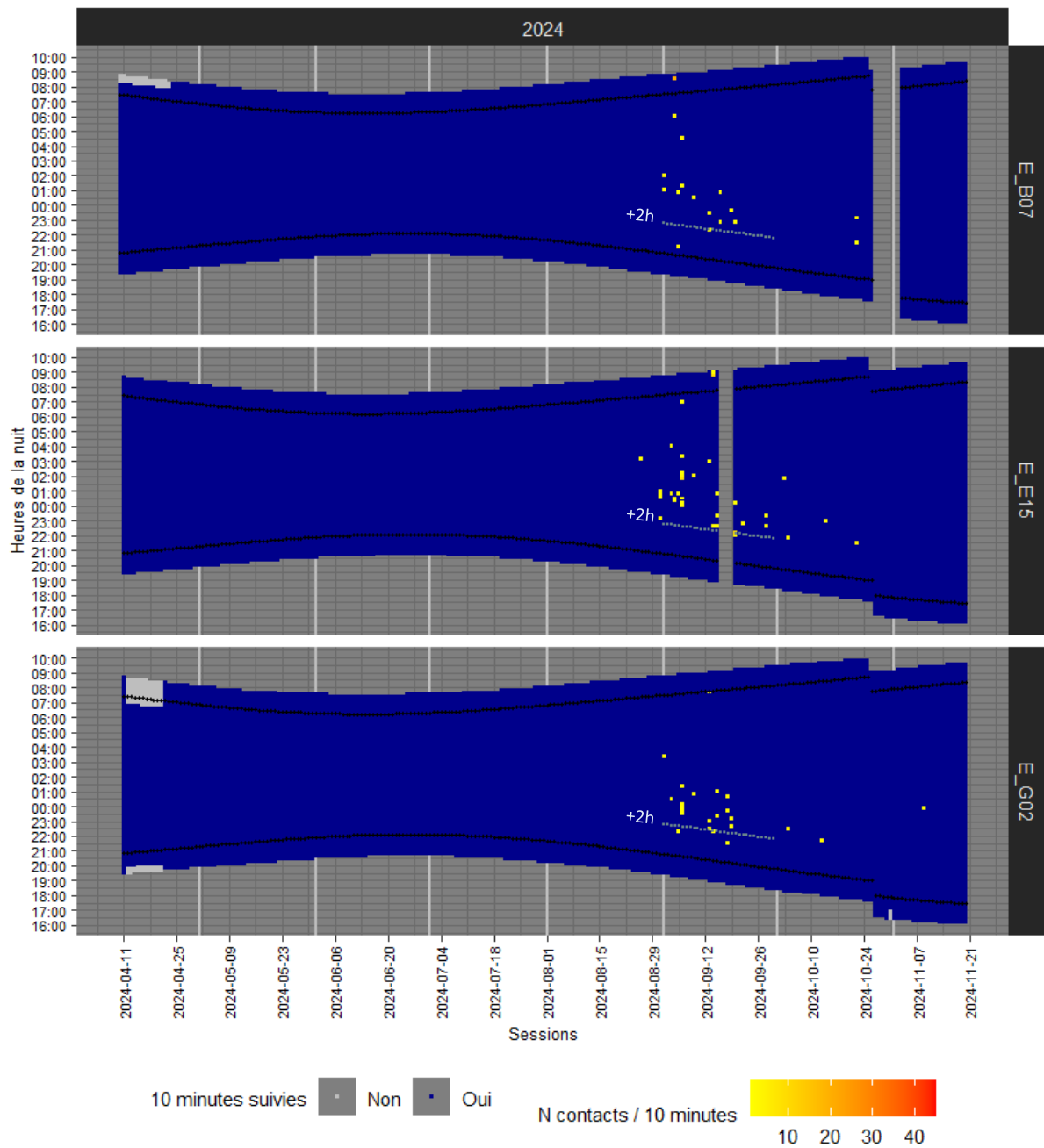
Sous l'ensemble des éoliennes, l'activité se manifeste essentiellement durant le mois de septembre, et parfois quelques nuits à la fin du mois d'août ou au début du mois d'octobre (pour tous les groupes d'espèces). Durant cette période, toutes les nuits ne sont pas marquées d'activités, et celles-ci demeurent majoritairement ponctuelles. L'éolienne E15 montre toutefois quelques nuits où l'activité se manifeste plusieurs fois au cours de la nuit. Ce phénomène est essentiellement le fait des Pipistrelles (Graph. 9). L'absence de données au milieu du mois de septembre ne permet pas de savoir si l'activité s'est maintenue à ce niveau durant cette période.

Sous l'éolienne G02, deux nuits sont marquées d'une activité ponctuelle au mois de juillet et deux nuits en novembre (Graph. 7). Pour le mois de juillet, les Pipistrelles sont à l'origine de cette activité plutôt précoce dans l'année (Graph. 9), mais en novembre les deux groupes sont concernés (Graph. 8, Graph. 9).

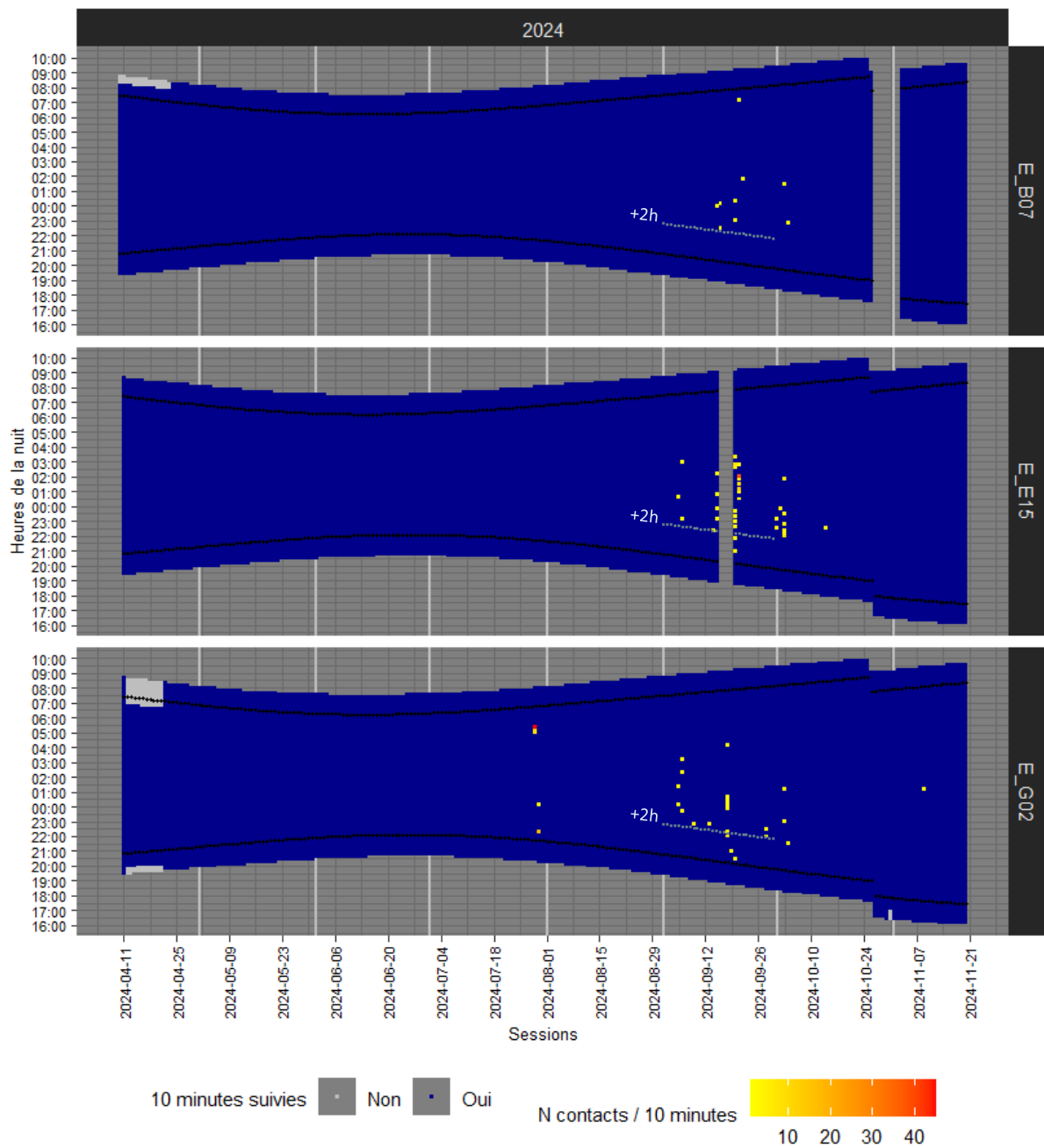
La majorité des contacts est enregistrée durant la première moitié de la nuit.



Graph. 7 : fréquentation journalière des Chiroptères, toutes espèces confondues, durant l'année 2024 sous les trois éoliennes



Graph. 8 : fréquentation journalière des Nyctaloïdes durant l'année 2024 sous les trois éoliennes



Graph. 9 : fréquentation journalière des Pipistrelloïdes durant l'année sous les trois éoliennes

B - Fréquentation mensuelle

Préalable

Un profil mensuel des sessions offre une description plus synthétique de la fréquentation des Chiroptères au cours de l'année (Graph. 10). 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
- 1- - 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 présente 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 marqué en fond grisé.

Description

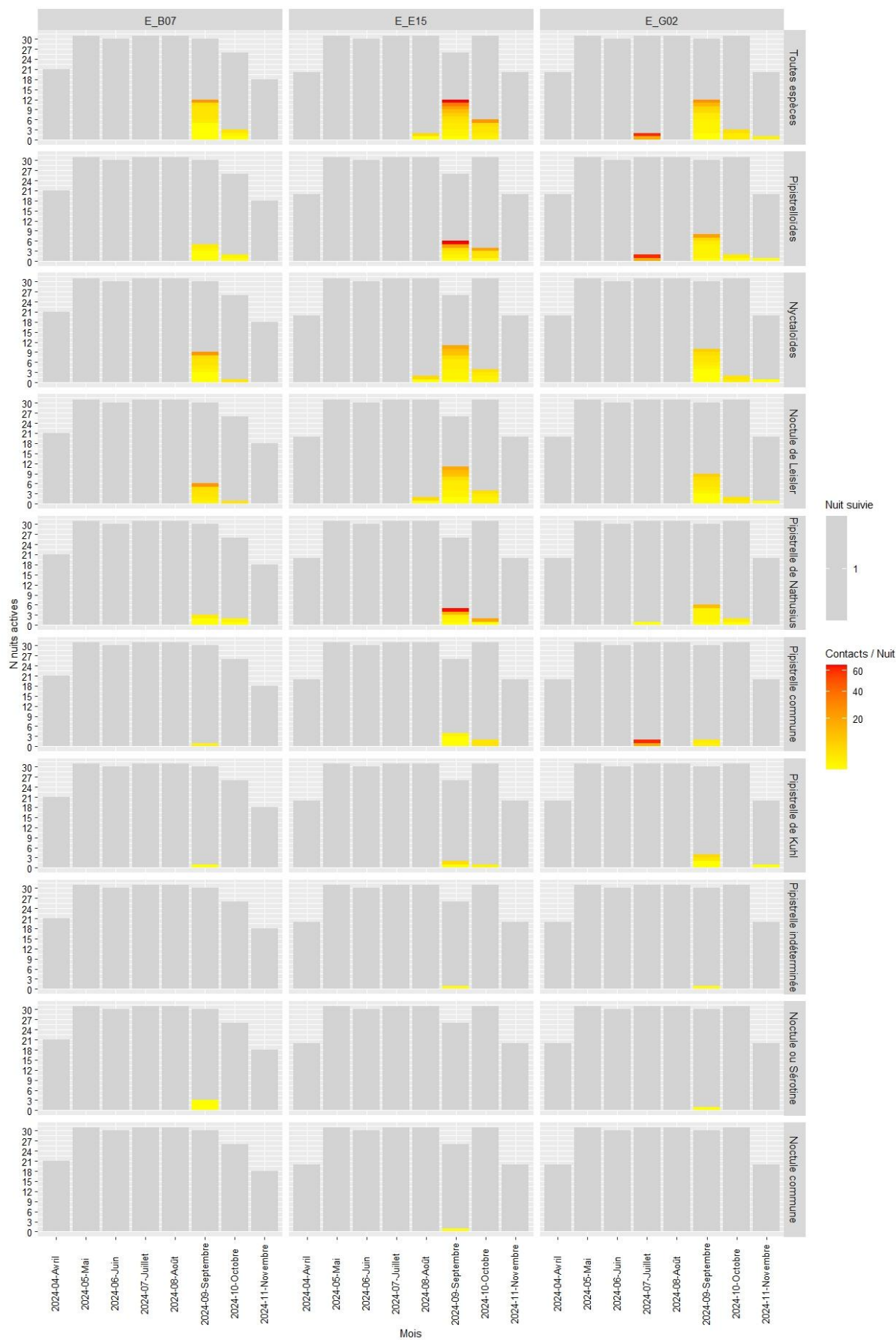
- 2- Les histogrammes rassemblés dans le Graph. 10, affiche les fréquentations mensuelles de toutes les groupes d'espèces et de toutes les espèces.

La fréquentation est donc comme attendue plus importante en septembre, sans atteindre pour autant la moitié des nuits (maximum 12 nuits avec au moins 1 contact), quel que soit le groupe d'espèce. Le nombre de nuits actives est plus important chez les Nyctaloïdes, généré en grande partie par la Noctule de Leisler. S'il est moins important chez les Pipistrelles, il compte cependant la nuit avec le plus de contact. Dans ce groupe, la Pipistrelle de Nathusius influence le plus cette fréquentation.

Le mois d'octobre est marqué de 6 nuits d'activité sous E15, et de 2 ou 3 nuits sous B07 et G02, à nouveau influencé par la fréquentation de la Noctule de Leisler et de la Pipistrelle de Nathusius dans une moindre mesure.

Éolienne	Mois	Sessions		Contacts				
		Suivies	Avec contacts	Total	Max	Min	Moyenne	Médiane
E_B07	Avril	21	0	0	0	0	0	0
	Mai	31	0	0	0	0	0	0
	Juin	30	0	0	0	0	0	0
	Juillet	31	0	0	0	0	0	0
	Août	31	0	0	0	0	0	0
	Septembre	30	12	53	24	0	1,77	0
	Octobre	26	3	7	4	0	0,27	0
E_E15	Novembre	18	0	0	0	0	0	0
	Avril	20	0	0	0	0	0	0
	Mai	31	0	0	0	0	0	0
	Juin	30	0	0	0	0	0	0
	Juillet	31	0	0	0	0	0	0
	Août	31	2	7	6	0	0,23	0
	Septembre	26	12	161	66	0	6,19	0
E_G02	Octobre	31	6	42	24	0	1,35	0
	Novembre	20	0	0	0	0	0	0
	Avril	20	0	0	0	0	0	0
	Mai	31	0	0	0	0	0	0
	Juin	30	0	0	0	0	0	0
	Juillet	31	2	79	61	0	2,55	0
	Août	31	0	0	0	0	0	0
E_G02	Septembre	30	12	69	26	0	2,3	0
	Octobre	31	3	11	5	0	0,35	0
	Novembre	20	1	2	2	0	0,1	0

Tableau 7 : synthèse des contacts par mois et par session toutes espèces confondues en 2024



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

C - Niveaux de densité et d'activité journalière en septembre

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.

L'activité se concentre essentiellement durant le mois de septembre. En juillet, août, octobre et novembre, elle est très ponctuelle et les absences sont si nombreuses que l'identification de tendances

- 1- pour la diversité et pour la densité d'activité journalière sont fortement atténuées. Ainsi, les comparaisons de mesures entre les éoliennes sont réalisées exclusivement avec les données du mois de septembre.

Diversité

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

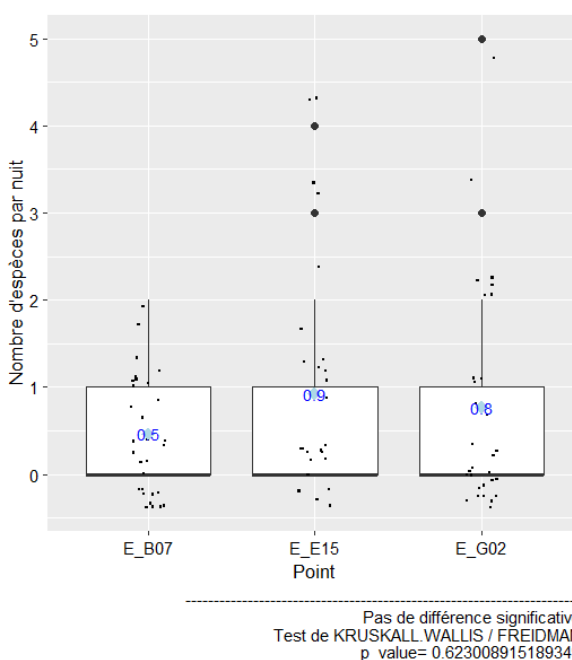
2-

Durant le mois de septembre, la diversité moyenne varie de 0,9 e/n pour l'éolienne E15 à 0,5 e/n pour l'éolienne B07, en passant par 0,8 e/n pour l'éolienne G02 (Graph. 11, Tableau 8). Ces faibles écarts ne sont pas significatifs au demeurant avec un p_value supérieure à 0,05.

Ainsi, la diversité moyenne journalière est similaire entre les éoliennes : 1 espèce toutes les deux nuits à 1 espèce par nuit .

Point	Moyenne	Médiane	Max	Min
E_B07	0.47	0	2	0
E_E15	0.92	0	4	0
E_G02	0.77	0	5	0

Tableau 8 : indices de diversité en fonction des points en septembre 2024



Graph. 11 : distribution de la diversité par nuit sur chaque point en septembre 2024⁴

⁴ Pour l'ensemble des graphiques de type « boxplot », la distribution des valeurs est illustrée par un cadre dont la face inférieure s'arrête à la valeur du quantile 25, la face supérieure à celle du quantile 75 et entre les deux à la valeur au quantile 50. Pour des données en grande partie nulle, la valeur du quantile 25, voir celle du quantile 50 peuvent être nulle aussi. La valeur de la moyenne est aussi indiquée et son éloignement de la valeur du quantile 50 informe de la représentativité de cette moyenne par rapport à la distribution des valeurs. Le dispersion des données est illustrée sous forme de « petits points noirs » qui peuvent parfois passer sous la valeur 0 de l'axe Y pour des besoins de lisibilité mais sans pour autant indiquer une valeur nulle, l'intérêt étant d'appréhender visuellement la distribution des valeurs. Ce modèles d'analyse indiquent aussi les valeurs aberrantes « outliers » qui s'éloignent de la distribution générale sous forme de point de plus grande taille.

Densité d'activité toutes espèces

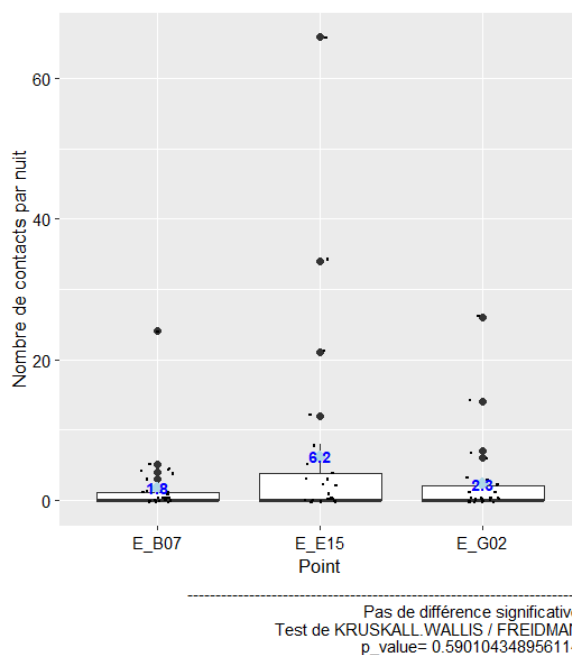
Toutes espèces confondues, le nombre de contacts par nuit est cumulé sur chaque point d'écoute. La densité moyenne est calculée en nombre de contacts par nuit (c/n).

- 3- La densité moyenne varie de 6,2 c/n pour l'éolienne E15, à 1,8 c/n pour l'éolienne B07, avec une valeur intermédiaire de 2,3 pour l'éolienne G02. n (Graph. 12, Tableau 9). Ces valeurs faibles ne sont pas significativement différentes.

Ainsi, la densité moyenne est similaire entre les éoliennes : de 2 à 7 contacts par nuit en moyenne.

Point	Moyenne	Médiane	Max	Min
E_B07	1.77	0	24	0
E_E15	6.19	0	66	0
E_G02	2.3	0	26	0

Tableau 9 : indices de densité en fonction des éoliennes en septembre 2024

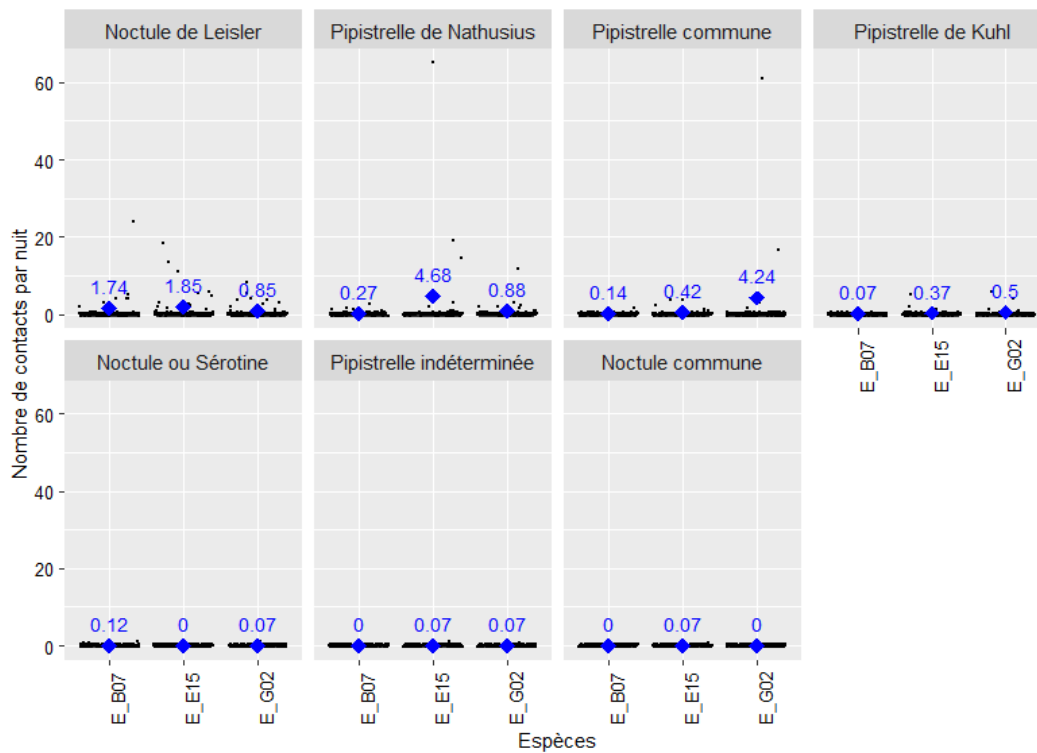


Graph. 12 : distribution de la densité par nuit sur chaque éolienne en septembre 2024

Densité spécifique

- 4- Les densités par nuit pour chaque espèce sont calculées et la moyenne est mesurée. Ces données figurent sur le graphique et le tableau suivant (Graph. 13, Tableau 10) Pour chaque espèce, les densités moyennes mesurées ne sont pas significativement différentes (p-value>0,05, Tableau 11).

Ainsi, les niveaux d'activité sont très faibles voire nuls sous certaines éoliennes pour chaque espèce durant le mois de septembre. Aucune différence significative n'est identifiée, quelle que soit l'espèce.



Graph. 13 : distribution de la densité spécifique par nuit sur chaque éolienne en septembre 2024

Point	Espèce	Moyenne	Médiane	Max	Min	Niveau de densité
E_B07	Noctule commune	0	0	0	0	Nul
E_B07	Pipistrelle de Kuhl	0	0	1	0	Très faible
E_B07	Pipistrelle indéterminée	0	0	0	0	Nul
E_B07	Pipistrelle commune	0.01	0	2	0	Très faible
E_B07	Pipistrelle de Nathusius	0.04	0	3	0	Très faible
E_B07	Noctule de Leisler	0.21	0	24	0	Très faible
E_E15	Noctule commune	0	0	1	0	Très faible
E_E15	Pipistrelle indéterminée	0	0	1	0	Très faible
E_E15	Pipistrelle de Kuhl	0.04	0	5	0	Très faible
E_E15	Pipistrelle commune	0.06	0	4	0	Très faible
E_E15	Noctule de Leisler	0.37	0	18	0	Très faible
E_E15	Pipistrelle de Nathusius	0.48	0	65	0	Très faible
E_G02	Noctule commune	0	0	0	0	Nul
E_G02	Pipistrelle indéterminée	0	0	1	0	Très faible
E_G02	Pipistrelle de Kuhl	0.06	0	6	0	Très faible
E_G02	Pipistrelle de Nathusius	0.12	0	12	0	Très faible
E_G02	Noctule de Leisler	0.17	0	8	0	Très faible
E_G02	Pipistrelle commune	0.37	0	61	0	Très faible

Tableau 10 : indices de densité spécifique par point en septembre 2024

Espèce	Test appliqué	Valeur de P	Significativité
Noctule de Leisler	Test de KRUSKALL.WALLIS / FREIDMAN	0.119544015874082	Pas de différence significative
Pipistrelle de Nathusius	Test de KRUSKALL.WALLIS / FREIDMAN	0.581658919667502	Pas de différence significative
Pipistrelle commune	Test de KRUSKALL.WALLIS / FREIDMAN	0.177957434523895	Pas de différence significative
Pipistrelle de Kuhl	Test de KRUSKALL.WALLIS / FREIDMAN	0.273190393226206	Pas de différence significative
Noctule ou Sérotine	Test de KRUSKALL.WALLIS / FREIDMAN	0.166319348208272	Pas de différence significative
Pipistrelle indéterminée	Test de KRUSKALL.WALLIS / FREIDMAN	0.611490339443846	Pas de différence significative
Noctule commune	Test de KRUSKALL.WALLIS / FREIDMAN	0.366211056549518	Pas de différence significative

Tableau 11 : résultats des tests de mesure des différences entre les densités moyennes spécifiques mesurées par point en septembre 2024

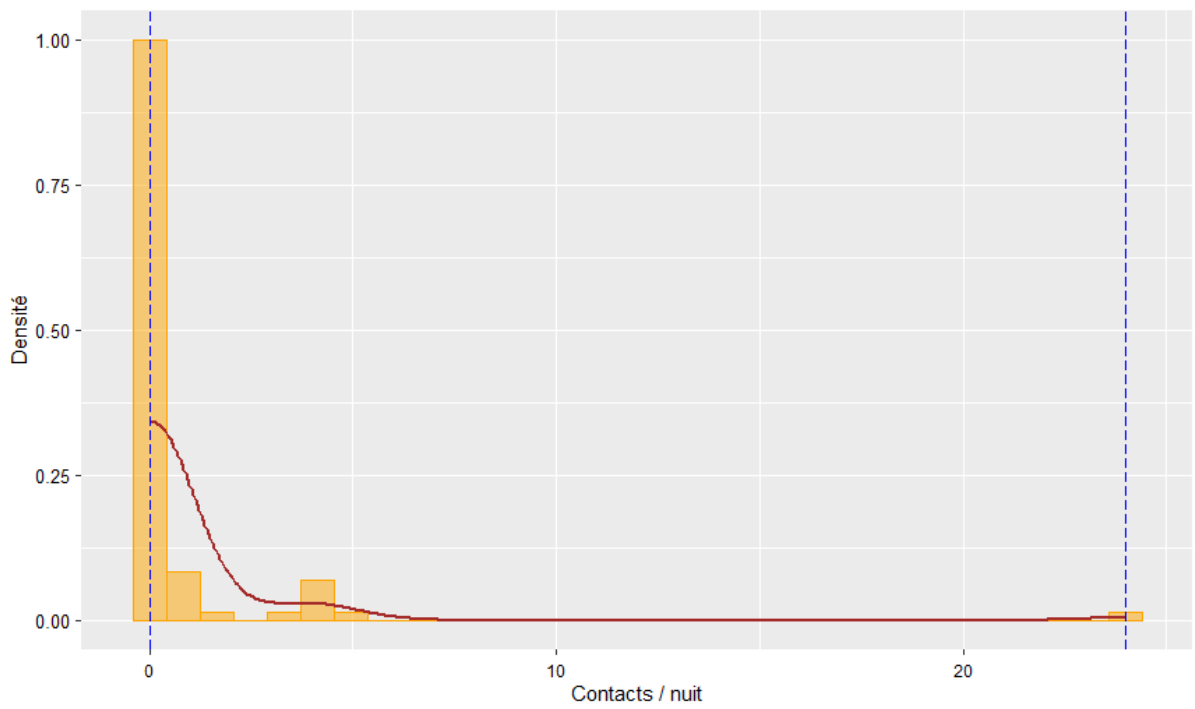
D - Niveau de fréquentation

Sur l'ensemble de l'année, toutes espèces confondues, le niveau de fréquentation est évalué très faible pour l'ensemble des éoliennes (Tableau 12, Graph. 14 à Graph. 16). En effet, moins de 25% des nuits comptent plus d'un contact.

Seul se démarque le mois de septembre pour la Noctule de Leisler pour les éoliennes E15 et G02 (Graph. 17) où le niveau est qualifié faible. Il reste très faible sous B07.

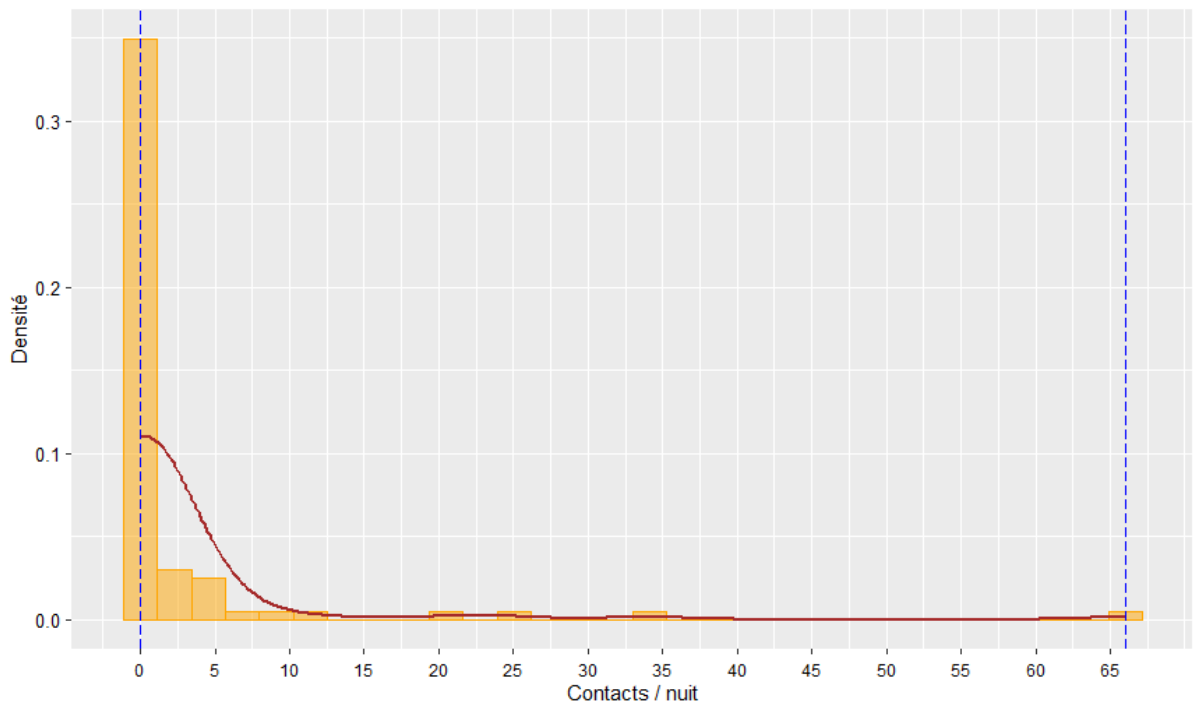
Point	Espèces	Année	Août à octobre	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.
E_B07	Toutes espèces	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Faible	Très faible	Nul
E_B07	Nyctaloïdes	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Faible	Très faible	Nul
E_B07	Pipistrelloïdes	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Très faible	Nul
E_B07	Noctule de Leisler	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Très faible	Nul
E_B07	Pipistrelle de Nathusius	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Très faible	Nul
E_B07	Pipistrelle commune	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Nul	Nul
E_B07	Noctule ou Sérotine	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Nul	Nul
E_B07	Pipistrelle de Kuhl	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Nul	Nul
E_B07	Noctule commune	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul
E_E15	Toutes espèces	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Faible	Très faible	Nul
E_E15	Nyctaloïdes	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Faible	Très faible	Nul
E_E15	Pipistrelloïdes	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Très faible	Nul
E_E15	Noctule de Leisler	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Faible	Très faible	Nul
E_E15	Pipistrelle de Nathusius	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Très faible	Nul
E_E15	Pipistrelle commune	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Très faible	Nul
E_E15	Noctule ou Sérotine	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul
E_E15	Pipistrelle de Kuhl	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Très faible	Nul
E_E15	Noctule commune	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Nul	Nul
E_G02	Toutes espèces	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Très faible	Nul	Faible	Très faible	Très faible
E_G02	Nyctaloïdes	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Faible	Très faible	Très faible
E_G02	Pipistrelloïdes	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Très faible	Nul	Faible	Très faible	Très faible
E_G02	Noctule de Leisler	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Faible	Très faible	Très faible
E_G02	Pipistrelle de Nathusius	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Très faible	Nul	Très faible	Très faible	Nul
E_G02	Pipistrelle commune	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Très faible	Nul	Très faible	Nul	Nul
E_G02	Noctule ou Sérotine	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Nul	Nul
E_G02	Pipistrelle de Kuhl	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Nul	Très faible
E_G02	Noctule commune	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul

Tableau 12 : niveau de fréquentation des Chiroptères en 2024



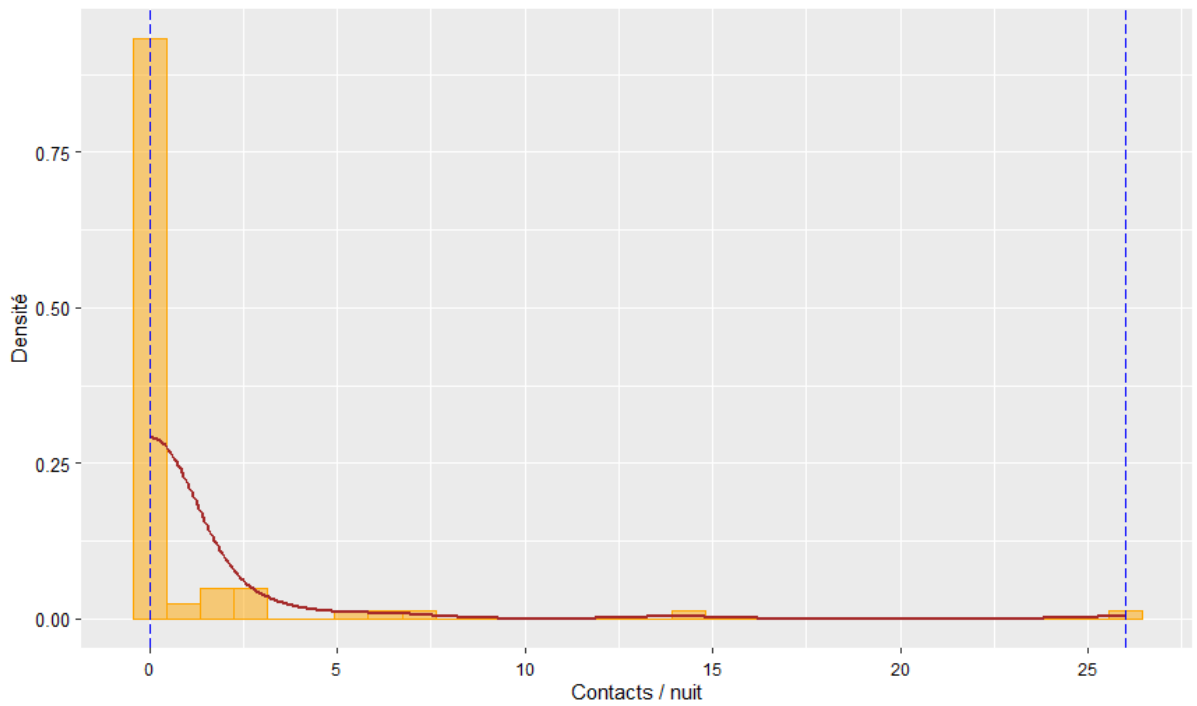
Q0%=0 Q25%=0 Q50%=0 Q75%=0 Q100%=24 contacts/nuit

Graph. 14 : distribution de la densité du nombre de contacts/nuit et détermination des quantiles Q0, Q25, Q50, Q75 et Q100, pour la période août à octobre 2024, toutes espèces confondues pour B07



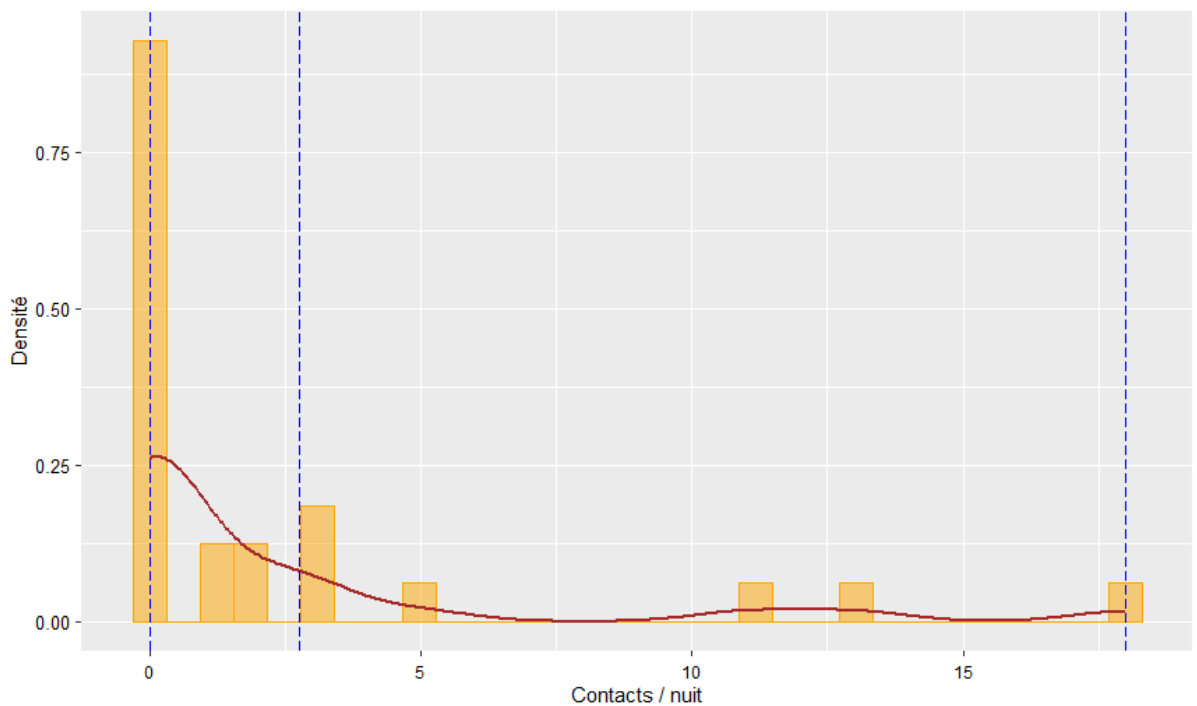
Q0%=0 Q25%=0 Q50%=0 Q75%=0 Q100%=66 contacts/nuit

Graph. 15 : distribution de la densité du nombre de contacts/nuit et détermination des quantiles Q0, Q25, Q50, Q75 et Q100, pour la période août à octobre 2024, toutes espèces confondues pour E15



Q0%=0 Q25%=0 Q50%=0 Q75%=0 Q100%=26 contacts/nuit

Graph. 16 : distribution de la densité du nombre de contacts/nuit et détermination des quantiles Q0, Q25, Q50, Q75 et Q100, pour la période août à octobre 2024, toutes espèces confondues pour G02



Q0%=0 Q25%=0 Q50%=0 Q75%=2.75 Q100%=18 contacts/nuit

Graph. 17 : distribution de la densité du nombre de contacts/nuit et détermination des quantiles Q0, Q25, Q50, Q75 et Q100, au mois de septembre 2024, concernant la Noctule de Leisler pour G02

E - Facteurs influençant le comportement des Chiroptères

La période de la nuit

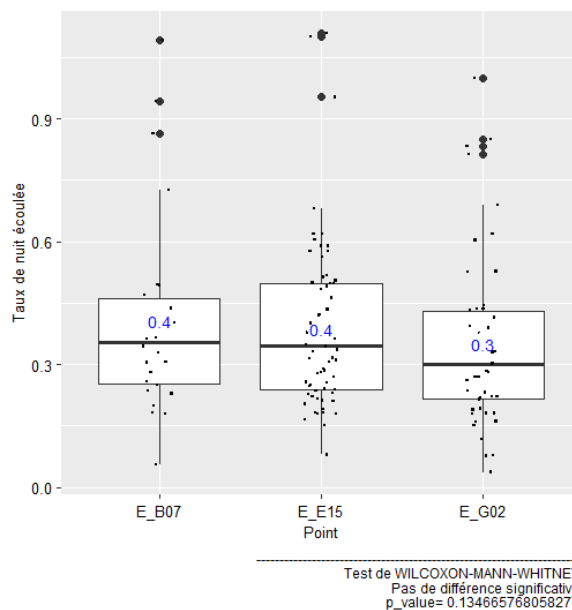
Les données utilisées sont les classes de 10 minutes.

Le graphique permet de mesurer la distribution des contacts au cours de la nuit en fonction des points. Seules les données marquées d'activité sont retenues.

1 -

Les contacts sont enregistrés en moyenne dans le premier tiers de nuit écoulée, avec un taux de nuit écoulée de 0,4 sous les éoliennes B07 et E15 et 0,3 pour G02 (Graph. 18).

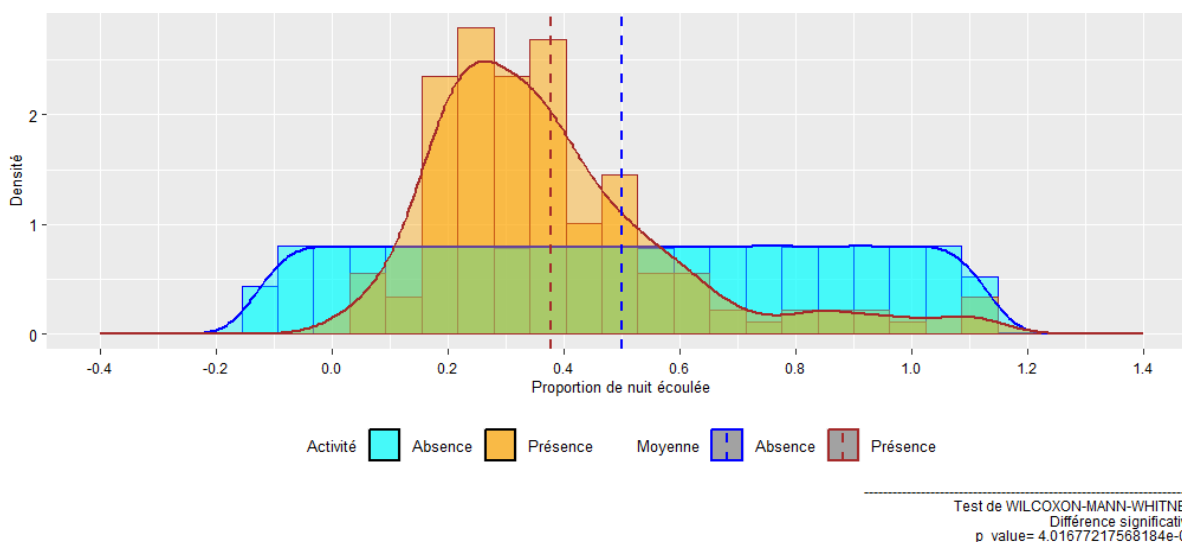
Ces moyennes ne sont pas significativement différentes. L'activité ne se distribue pas de manière différente dans la nuit d'une éolienne à une autre.



Graph. 18 : 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. 19).

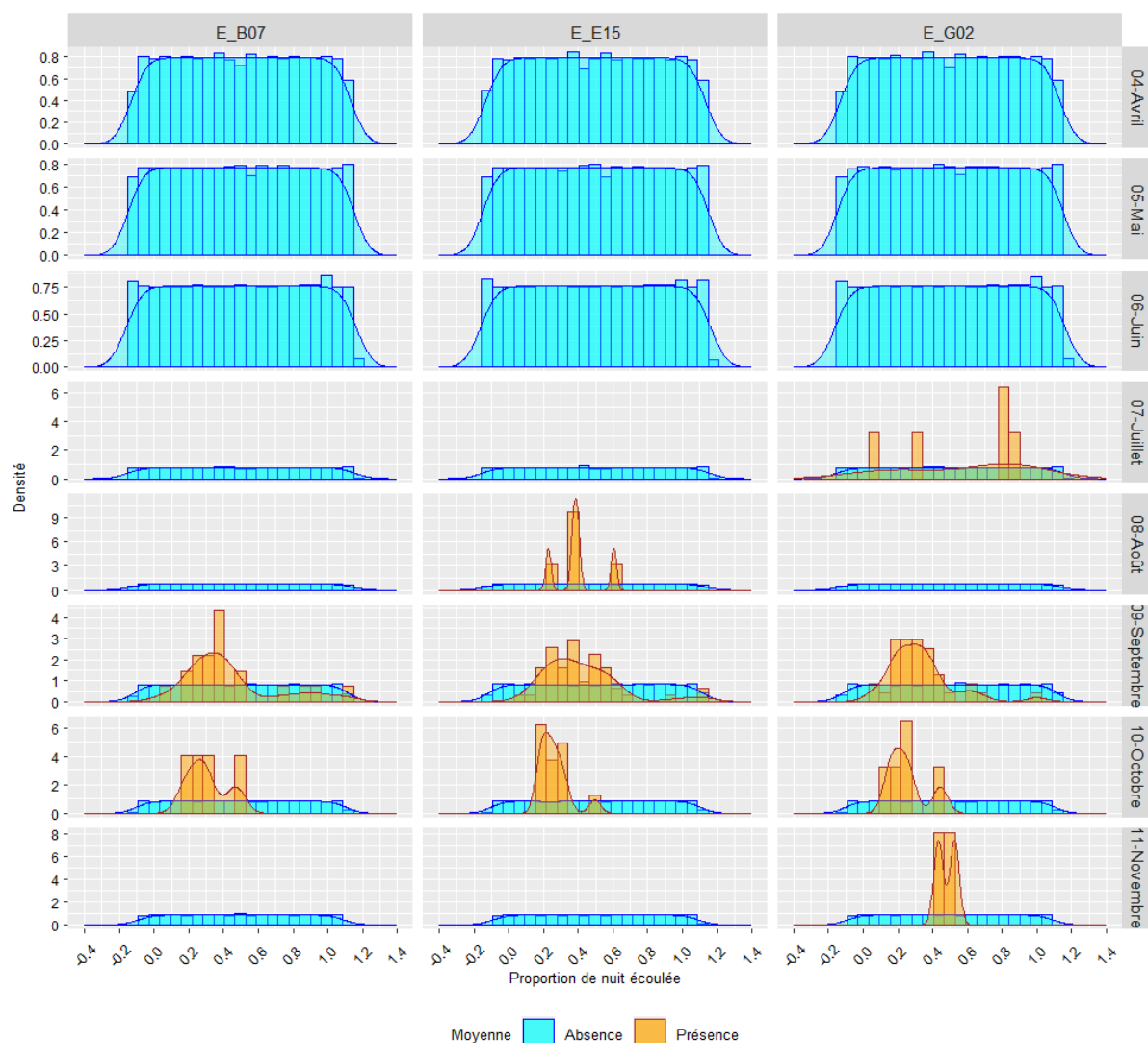
L'activité est privilégiée dans la première moitié de la nuit (Q75 proche de 50% pour l'ensemble des éoliennes (Tableau 13).



Graph. 19 : densité de données d'activité en fonction de la nuit écoulée en 2024

Les graphiques et les tableaux suivants précisent les seuils mensuels de proportion et de durée de nuit écoulée en fonction des quantiles des données (Graph. 20 et Tableau 13).

Sur l'ensemble des éoliennes, l'activité en première moitié de nuit est marquée en octobre et en novembre. Ce n'est pas le cas en juillet, août et novembre.



Graph. 20 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la nuit écoulée en 2024

Point	Période	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
E_B07	Septembre	25,7%	36,4%	47,8%	49,4%	85,0%	93,9%	103,0%
	Octobre	23,9%	28,1%	34,6%	37,1%	42,0%	44,5%	46,0%
	Cumulée	25,1%	35,3%	46,2%	49,2%	79,5%	92,3%	101,8%
E_E15	Août	25,9%	37,7%	51,1%	56,5%	61,9%	83,1%	110,1%
	Septembre	20,3%	24,7%	28,5%	30,0%	33,0%	40,0%	45,8%
	Cumulée	24,0%	34,6%	49,7%	51,0%	59,4%	66,0%	105,1%
E_G02	Juillet	28,0%	81,4%	83,2%	83,6%	84,3%	84,7%	84,9%
	Août	21,5%	30,1%	38,6%	40,6%	55,0%	62,9%	77,0%
	Septembre	18,0%	23,1%	27,0%	30,4%	37,4%	40,9%	42,9%
	Cumulée	21,5%	30,1%	42,9%	43,8%	62,6%	82,4%	85,4%
Cumulé		23,1%	33,0%	46,4%	49,8%	61,9%	84,8%	101,2%

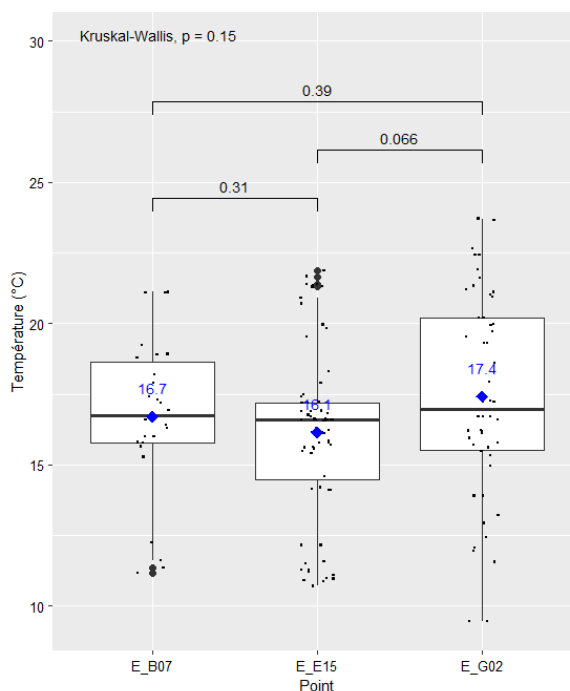
Tableau 13 : valeurs mensuelles des proportions de nuit écoulée pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'activité en 2024, toutes espèces confondues, pour toutes les éoliennes suivies

L'activité en fonction de la température

Le graphique permet de mesurer la distribution des contacts en fonction de la température et des points. Seules les données marquées d'activité sont retenues.

- 2- Les contacts sont enregistrés en moyenne entre 16,1°C pour l'éolienne E15 et 17,4°C pour l'éolienne G02. La proximité des valeurs moyennes s'associe à une absence de différence significative Graph. 21).

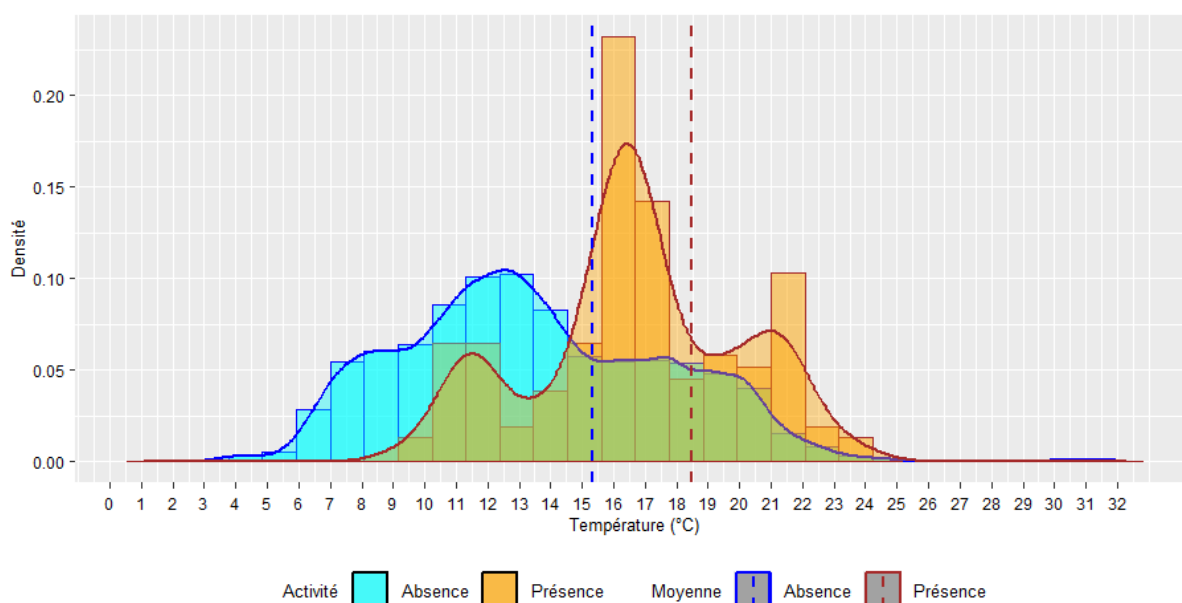
Ainsi, la distribution des données en fonction de la température est identique entre éoliennes.



Graph. 21 : distribution des contacts en fonction de la température par point en 2024

L'activité se distribue entre 9,5°C (13°C en 2023) et 23,7°C (27°C en 2023). La température moyenne enregistrée avec de l'activité est de 18,5°C (20,5°C d'août à octobre 2023), et celle des données sans activités est de 13,5°C (Graph. 22). L'écart entre les moyennes avec et sans activité est significativement différent (Wilcoxon-Mann-Whitney).

Les Chiroptères privilégient des températures plus chaudes, au-dessus de 15°C (Q75 = 15,5°C (Tableau 14)).

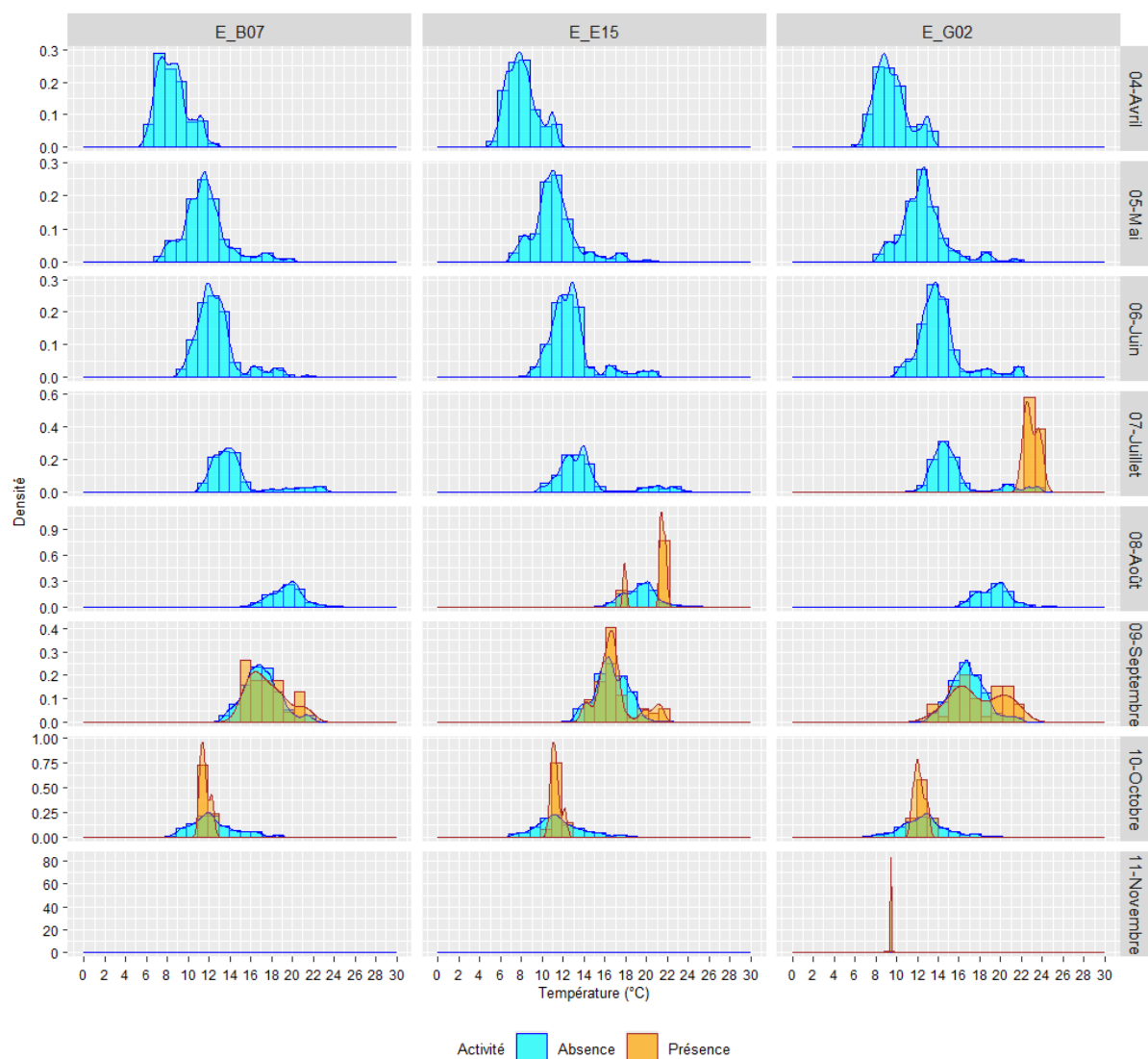


Graph. 22 : densité de données d'activité en fonction de la température en 2024

Le graphique et le tableau suivants précisent les seuils mensuels de température en fonction des quantiles de données toutes éoliennes (Graph. 23 et Tableau 14). En juillet, l'activité pour l'éolienne G02 se manifeste aux températures les plus élevées, proches de 24°C, alors que celles-ci se distribuent surtout autour de 15°C le reste du mois. En août, l'activité pour l'éolienne E15 est présente sans sélection particulière de température, éventuellement celles proches de 23°C. En septembre, pour l'ensemble des éoliennes, les températures sont pour l'ensemble favorables à l'activité des Chiroptères, ces derniers n'affichant pas de sélection majeure, même si la densité est plus forte pour les températures du mois les plus élevées pour les éoliennes E15 et G02. En octobre, l'activité pour chaque éolienne est répertoriée autour des valeurs les plus fréquentes et nettement plus faibles que durant les mois précédents, autour de 12°C. En novembre, le niveau de densité des données marquées d'activité est important car concentrée sur une seule valeur. Avec une échelle commune, la distribution des données sans activité est écrasée et à peine visible sur le graphique. Celles-ci se distribuent entre 2 et 14°C autour de 8°C. L'activité est enregistrée à des températures proche de 10°C.

Avec le mois de septembre comme référence d'une activité plus intense, les conditions de températures pourraient également être présentes en août. Mais durant ce dernier, l'activité est ponctuelle et localisée à l'éolienne E15. En considérant l'activité au mois d'octobre, celles-ci serait aussi possible aux mois de juin et de juillet, voire au mois d'avril et de mai dans les périodes les plus chaudes. Cependant, elle est localisée à G02 et ponctuelle, sous les températures les plus chaudes.

Les suivis réalisés sur les **parcs éoliens terrestres** révèlent que les chiroptères **sont présentes durant les températures les plus chaudes** dès que l'activité devient significative, en général de juin à octobre. Ici, les chiroptères semblent favoriser le mois de septembre, alors que les températures pouvaient leur être favorables du mois de juin au mois d'octobre.



Graph. 23 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la température en 2024

Point	Période	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
E_B07	Septembre	18,9	17,3	16,1	15,8	15,7	15,3	15,3
	Octobre	11,8	11,5	11,3	11,2	11,2	11,2	11,2
	Cumulée	18,7	16,8	15,8	15,7	11,9	11,4	11,6
E_E15	Août	17,2	16,6	15,8	15,3	14,2	14,1	14,1
	Septembre	11,5	11,2	11,0	10,9	10,8	10,7	10,7
	Octobre	23,7	22,7	22,4	22,4	22,4	22,4	22,4
	Cumulée	28,3	17,2	15,7	14,1	11,3	11,0	11,1
E_G02	Juillet	23,7	22,7	22,4	22,4	22,4	22,4	22,4
	Août	20,0	17,2	16,0	15,2	13,9	13,2	13,2
	Septembre	12,4	12,1	11,9	11,7	11,6	11,6	11,6
	Octobre	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5
	Cumulée	20,2	17,0	15,5	14,8	12,4	11,7	12,0
Cumulé		19,0	16,6	15,5	14,1	11,6	11,1	11,3

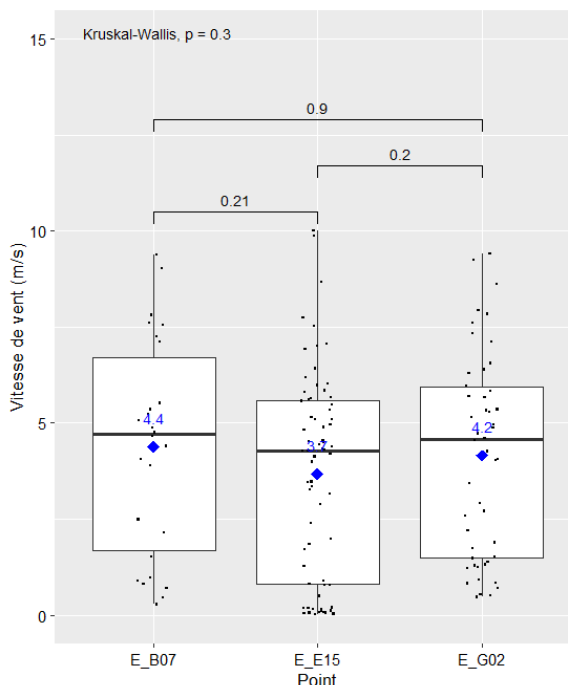
Tableau 14 : valeurs mensuelles des températures pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'activité en 2024, toutes espèces confondues, pour toutes les éoliennes suivies

L'activité en fonction de la vitesse du vent

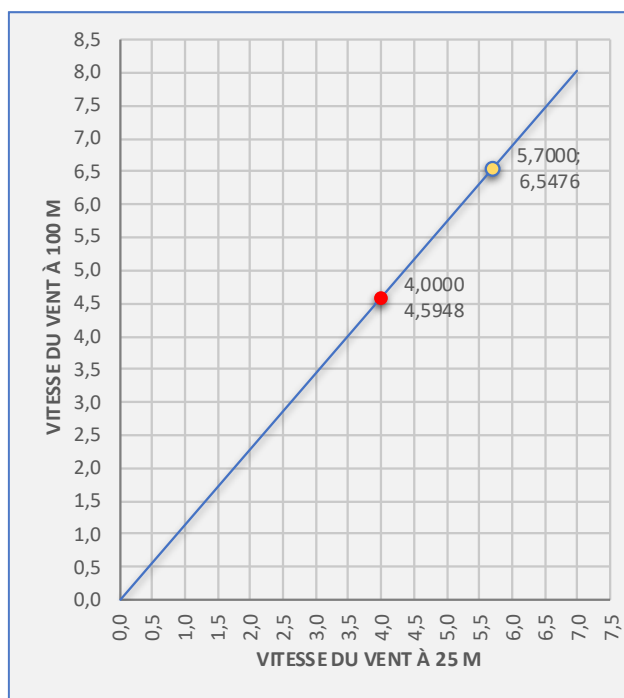
La vitesse de vent est mesurée à hauteur de nacelle mais la vitesse de vent à 25 m est retenue pour cette étude. Elle est calculée d'après la fonction suivante ($v = ((h / h_0)^\alpha \times v_0$, avec v : la vitesse à la hauteur cherchée, h : la hauteur de la vitesse cherchée (25 m), h_0 : la hauteur de mesure (100 m), V_0 : la vitesse de mesure à hauteur h_0 et α : le coefficient appelé wind shear variant avec la stabilité thermique. Ce coefficient est fixé à 0,1 dans le cas présent.)

³ Le graphique permet de mesurer la distribution des contacts en fonction de la vitesse de vent et des stations de suivi. Seules les données marquées d'activité sont retenues.

L'activité est enregistrée en moyenne autour de 4 m/s (vitesse de vent au point d'écoute, soit 4,6 m/s en nacelle, Graph. 24). Cette valeur moyenne est stable d'une éolienne à une autre comme l'indique l'absence de différence significative.

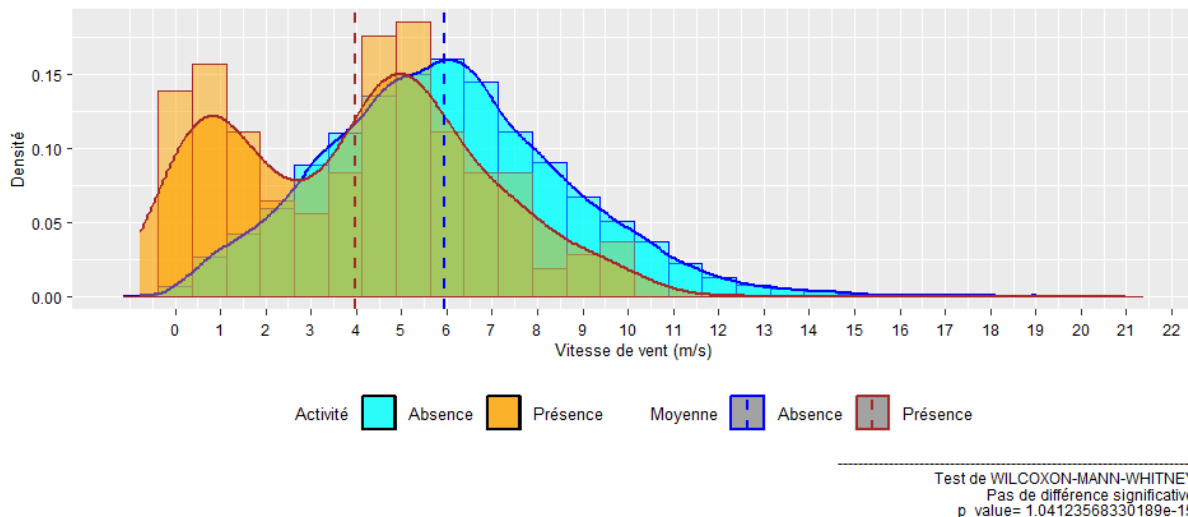


Graph. 24 : distribution des contacts en fonction de la vitesse de vent à 25 m de hauteur par point en 2024



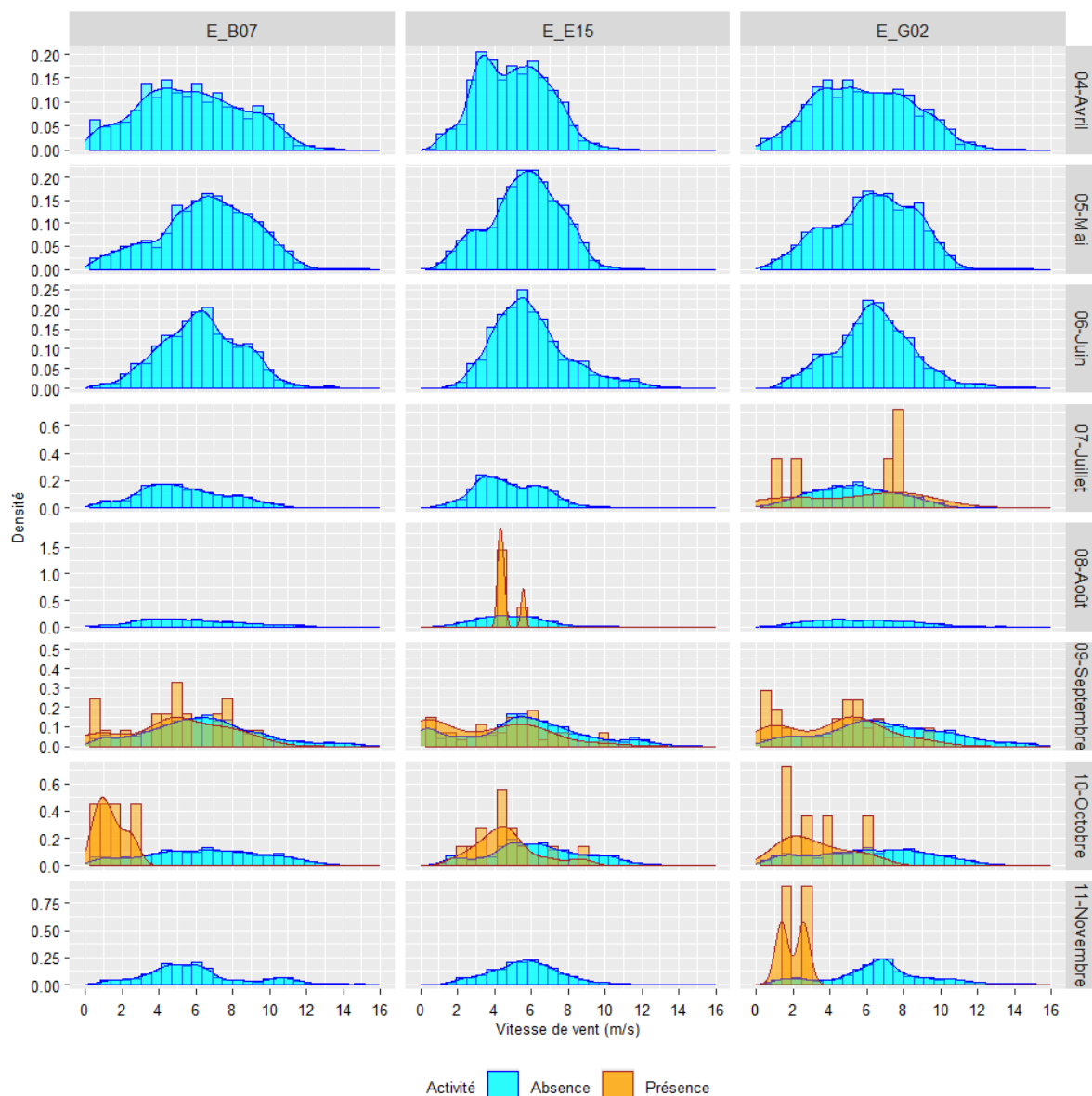
Graph. 25 : équivalence des vitesses de vent entre 25 m et 100 m de hauteur

Sur le parc éolien, l'activité se distribue entre 0,01 et 10 m/s (entre 0,2 et 12 m/s en 2023 pour G02). La vitesse moyenne enregistrée avec de l'activité est de 4 m/s (3,1 m/s en 2023 sous G02), et celle des données sans activité est de 5,8 m/s (8,3 m/s en 2023 sous G02). L'écart entre les moyennes est significativement différent et confirme ce qu'affiche le Graph. 26, **les Chiroptères privilégient les périodes de vitesse de vent faibles, particulièrement sous les 6 m/s (vitesse de vent au point d'écoute, soit 6,9 m/s à hauteur de nacelle) (Q75 = 5,7 m/s, soit 6,5 m/s à 100 m, Tableau 15)**



Graph. 26 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la vitesse de vent en 2024

Sur le graphique suivant (Graph. 27) les densités de données de vent sont distinguées en fonction de la présence ou de l'absence d'activité. De septembre à novembre 2024, les vitesses de vent les plus faibles sont privilégiées. Durant les autres mois (juillet et août), l'activité ponctuelle n'a pas été favorisée par des vitesses de vent faibles par contre.



Graph. 27 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la vitesse de vent en 2024

Point	Période	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
E_B07	Septembre	3,9	5,0	7,2	7,8	9,0	9,2	9,4
	Octobre	0,8	1,2	1,8	2,2	2,3	2,4	2,5
	Cumulée	1,7	4,7	6,7	7,7	8,7	9,2	9,4
E_E15	Août	0,2	3,3	5,7	7,0	7,6	9,9	10,0
	Septembre	3,5	4,4	5,1	6,7	7,6	8,3	8,7
	Octobre	2,2	7,1	7,8	7,9	7,9	7,9	7,9
	Cumulée	0,8	4,3	5,6	6,9	7,7	9,5	10,0
E_G02	Juillet	2,2	7,1	7,8	7,9	7,9	7,9	7,9
	Août	1,4	4,7	5,8	7,4	8,7	9,3	9,4
	Septembre	1,9	2,7	4,1	5,2	5,6	5,8	6,0
	Octobre	1,7	2,0	2,3	2,5	2,5	2,6	2,6
	Cumulée	1,5	4,6	5,9	7,6	8,3	9,3	9,4
Cumulé		1,3	4,4	5,7	7,6	8,5	9,4	10,0

Tableau 15 : valeurs mensuelles des vitesses de vent pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'activité en 2024, toutes espèces confondues, pour toutes les éoliennes suivies

L'activité en fonction de l'orientation du vent

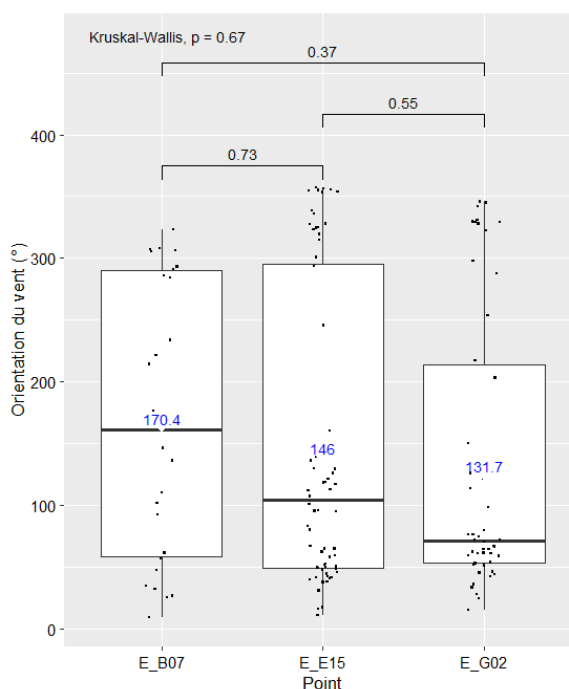
L'orientation du vent est mesurée à hauteur de nacelle.

Le graphique permet de mesurer la distribution des contacts en fonction de l'orientation du vent et des éoliennes suivies. Seules les données marquées d'activité sont retenues.

4 -

L'orientation moyenne du vent durant l'activité des Chiroptères varie entre 132 et 170° (Graph. 28). Le test statistique indique 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 éoliennes. L'orientation moyenne du vent durant l'activité des Chiroptères est donc sud-sud-est. Si la moyenne est utilisée pour comparer le comportement entre les éoliennes, elle ne reflète par la tendance d'utilisation du vent en fonction de l'orientation du vent (des points cardinaux). En effet, comme l'illustre le Graph. 28, les données se distribuent surtout aux extrémités. Les analyses suivantes permettent de mieux apprécier les tendances.

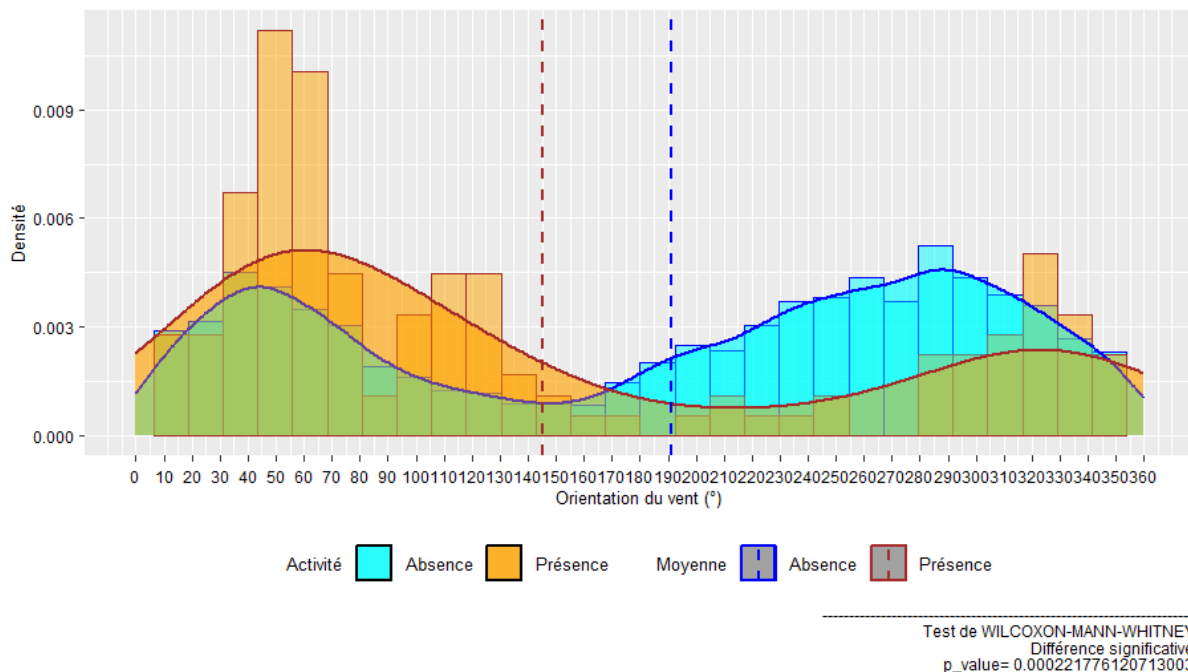


Graph. 28 : distribution des contacts en fonction de l'orientation du vent par point en 2024

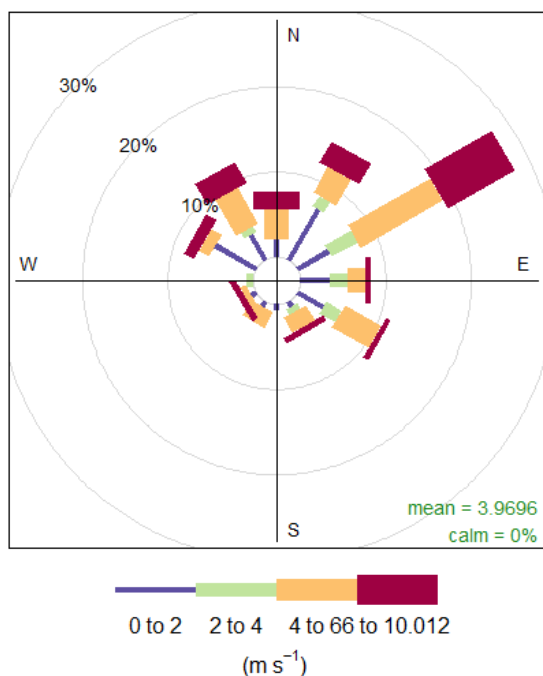
L'orientation moyenne du vent avec de l'activité est de 145 (182° en 2023), et celle des données sans activité est de 191° (213° en 2023). L'écart entre les moyennes est significativement différent.

Les Chiroptères privilégient un vent orienté de 60° à 150°, donc plutôt nord-est à sud-est, mais aussi dans une moindre mesure un vent orienté à 320° et plus, soit plutôt nord-ouest (Graph. 29, Graph. 30, Graph. 31). Les vents orientés nord-est sont marqués de vitesses de vent plus fortes mais en majorité inférieures à 6 m/s.

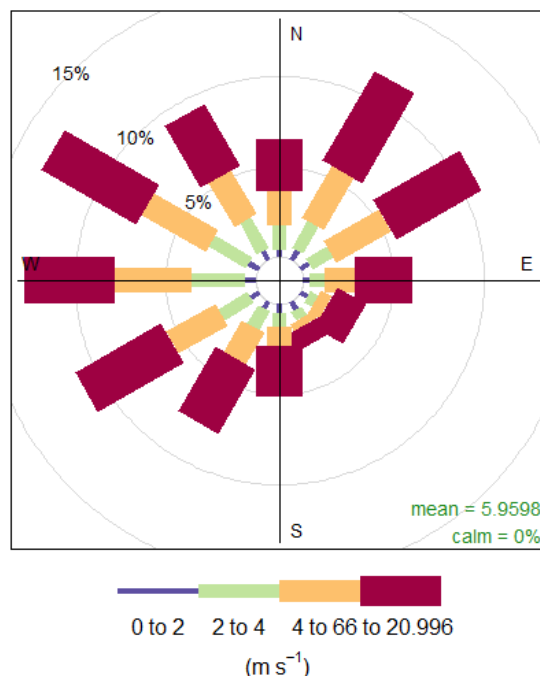
En 2023, les Chiroptères privilégiaient une activité par un vent circulant du sud vers le nord, l'activité était plus rare lorsque les vents circulent d'ouest en est ou du nord vers le sud.



Graph. 29 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de l'orientation du vent en 2024

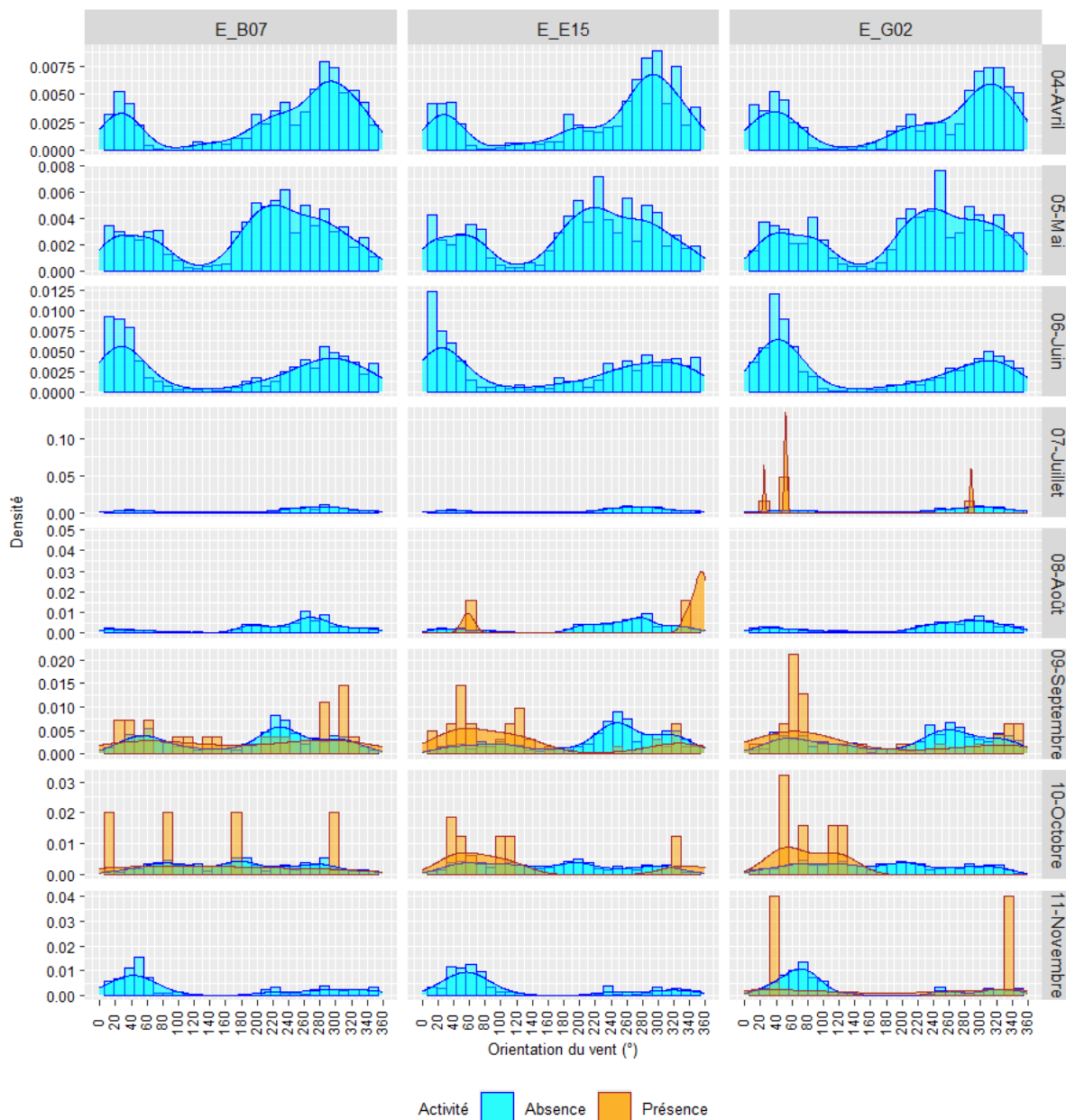


Graph. 30 : rose des vents issue des données avec de l'activité en 2024



Graph. 31 : rose des vents issus des données sans activité en 2024

Le graphique suivant décrit la densité des données d'orientation du vent en fonction de la présence ou de l'absence des Chiroptères pour chaque éolienne et chaque mois de l'année suivie (Graph. 32). La tendance de privilégier les vents orientés nord-est et dans une moindre mesure nord-ouest est marquée pour les mois et éoliennes concernés par la présence d'activité.



Graph. 32 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de l'orientation du vent en 2024

Point	Période	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
E_B07	Septembre	58,0	180,2	289,9	307,3	308,0	316,7	323,0
	Octobre	71,5	134,4	205,5	258,0	275,5	286,0	293,0
	Cumulée	58,0	161,3	289,9	306,9	307,8	315,5	323,0
E_E15	Août	48,6	104,2	155,2	324,7	345,6	354,0	354,9
	Septembre	49,1	95,4	116,9	327,2	339,7	350,3	357,4
	Octobre	51,1	51,5	53,7	194,1	240,9	269,0	287,8
	Cumulée	49,4	103,9	295,2	342,8	354,9	356,1	357,4
E_G02	Juillet	51,1	51,5	53,7	194,1	240,9	269,0	287,8
	Août	60,9	73,2	244,6	329,9	342,4	345,1	345,8
	Septembre	46,0	71,7	113,4	120,9	123,3	124,8	125,8
	Octobre	107,4	181,3	255,3	299,7	314,5	323,4	329,3
	Cumulée	53,0	71,0	213,7	329,4	336,9	344,8	345,8
Cumulé	50,9	95,7	286,6	329,4	345,6	355,0	357,4	

Tableau 16 : valeurs mensuelles de l'orientation du vent pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'activité en 2024, toutes espèces confondues, pour toutes les éoliennes suivies

L'activité en fonction de l'hygrométrie

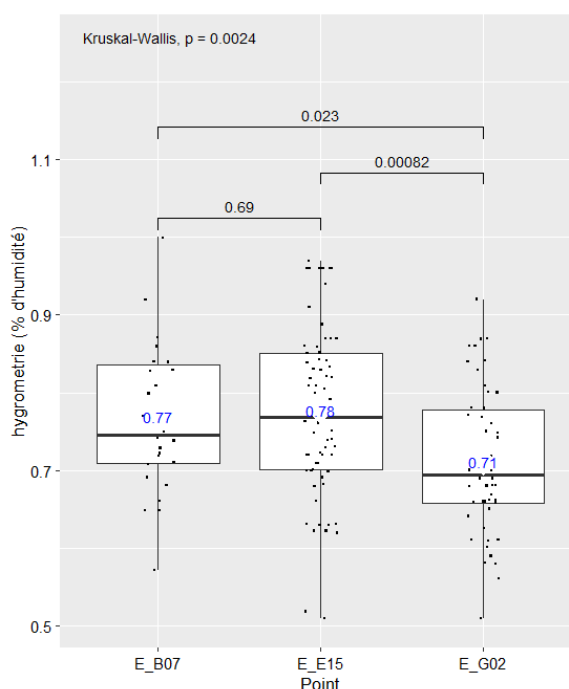
L'hygrométrie est mesurée à la sous-station du parc éolien.

Le graphique permet de mesurer la distribution des contacts en fonction de l'hygrométrie par point d'écoute. Seules les données marquées d'activité sont retenues.

5 -

L'activité est enregistrée de 77 à 78% en moyenne pour les éoliennes B07 et E15, et de 71% pour G02 (Graph. 33).

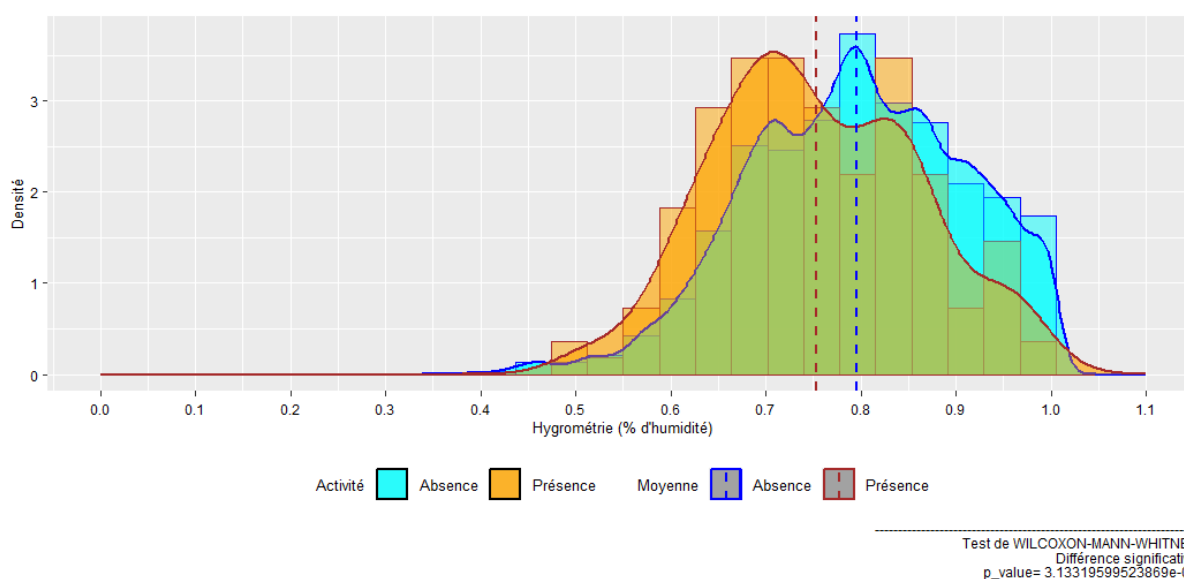
L'hygrométrie moyenne pour G02 est significativement inférieure à celle de B07 et de E15, mais elle reste proche.



Graph. 33 : distribution des contacts en fonction de l'hygrométrie par point en 2024

À l'échelle du parc éolien, l'activité se distribue entre 51 et 100% d'humidité (46,5 et 93,2% en 2023 sous G02). L'hygrométrie moyenne enregistrée avec l'activité est de 74% d'humidité (75,7% en 2023 sous G02). Celle des données sans activité est de 79,9% d'humidité (76,9 % en 2023 sous G02). L'écart entre les moyennes est significativement différent. Les Chiroptères ont tendance à exploiter les périodes de plus faible hygrométrie.

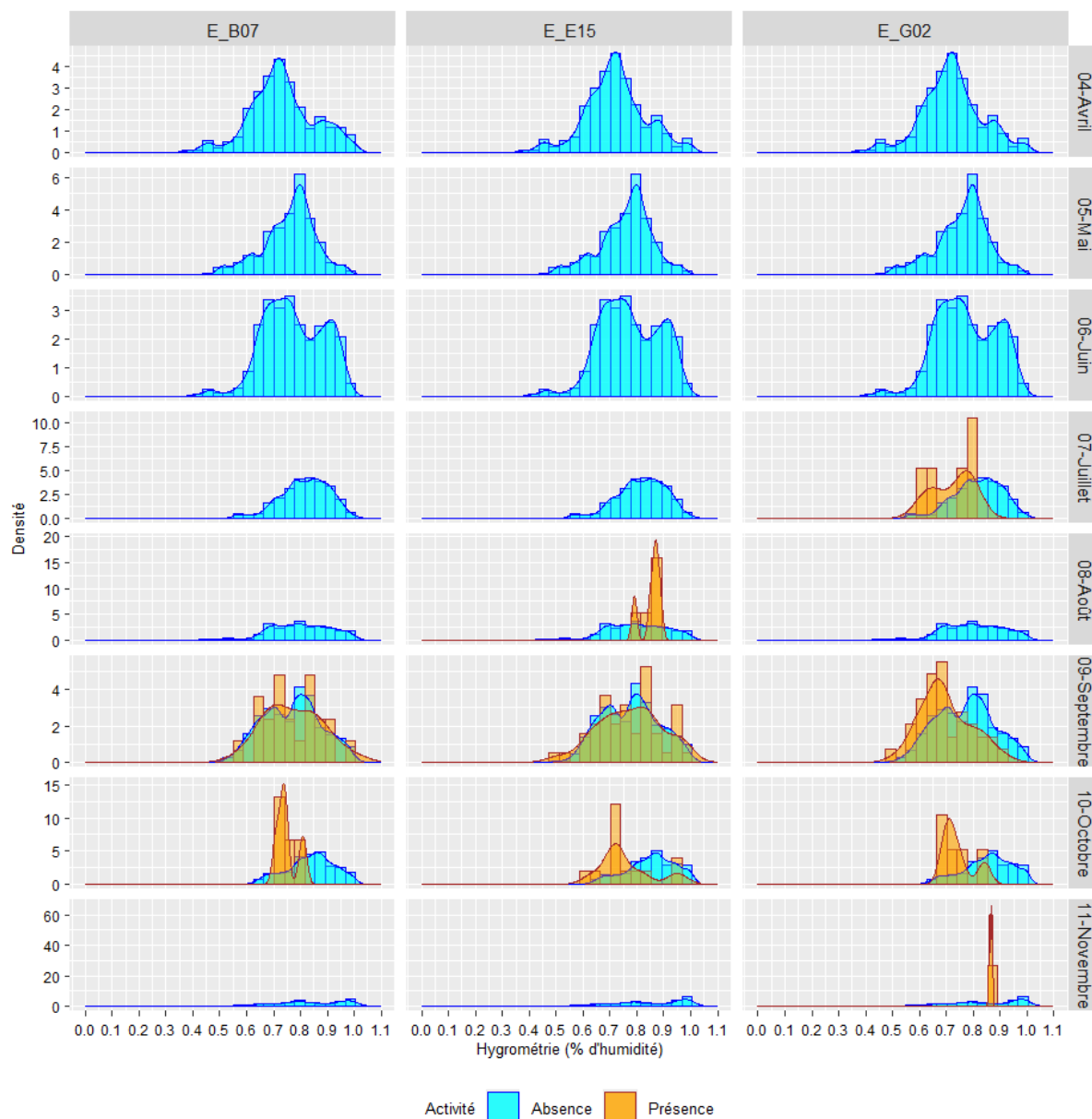
Les Chiroptères privilégient un pourcentage d'humidité inférieures à 83 % (Graph. 34, Q75 =83% Tableau 17).



Graph. 34 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de l'hygrométrie en 2024

Durant les mois de juillet sous G02 et d'octobre pour toutes les éoliennes, les Chiroptères favorisent en effet une hygrométrie sous les 80%. Durant le mois de septembre, l'hygrométrie mesurée semble convenir aux Chiroptères pour B07 et E15. Pour G02, durant cette période, les Chiroptères privilégient une hygrométrie inférieure à 80% (Graph. 35).

Sous G02, en septembre, malgré le pourcentage d'humidité important sur la majorité du mois, l'activité se manifeste essentiellement sous les 80% d'humidité (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. 35 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de l'hygrométrie en 2024

Point	Période	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
E_B07	Septembre	0,70	0,76	0,84	0,92	0,92	0,97	1,00
	Octobre	0,73	0,74	0,76	0,79	0,80	0,80	0,81
	Cumulée	0,71	0,75	0,84	0,90	0,92	0,96	1,00
E_E15	Août	0,70	0,77	0,85	0,96	0,96	0,96	0,97
	Septembre	0,72	0,72	0,81	0,92	0,95	0,96	0,96
	Octobre	0,66	0,77	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
	Cumulée	0,70	0,77	0,85	0,96	0,96	0,96	0,97
E_G02	Juillet	0,66	0,77	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
	Août	0,64	0,68	0,76	0,83	0,86	0,88	0,92
	Septembre	0,70	0,72	0,75	0,80	0,82	0,83	0,84
	Octobre	0,86	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	Cumulée	0,66	0,69	0,78	0,84	0,86	0,87	0,92
Cumulé	0,68	0,74	0,83	0,88	0,96	0,96	1,00	

Tableau 17 : valeurs mensuelles de l'hygrométrie pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'activité en 2024, toutes espèces confondues, pour toutes les éoliennes suivies

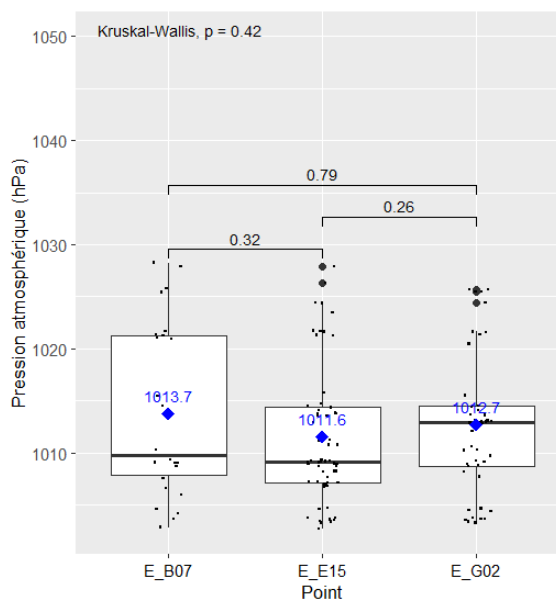
L'activité en fonction de la pression atmosphérique

La pression atmosphérique est mesurée à la sous-station du parc éolien.

Le graphique permet de mesurer la distribution des contacts en fonction de la pression atmosphérique par point d'écoute. Seules les données marquées d'activité sont retenues.

6 -

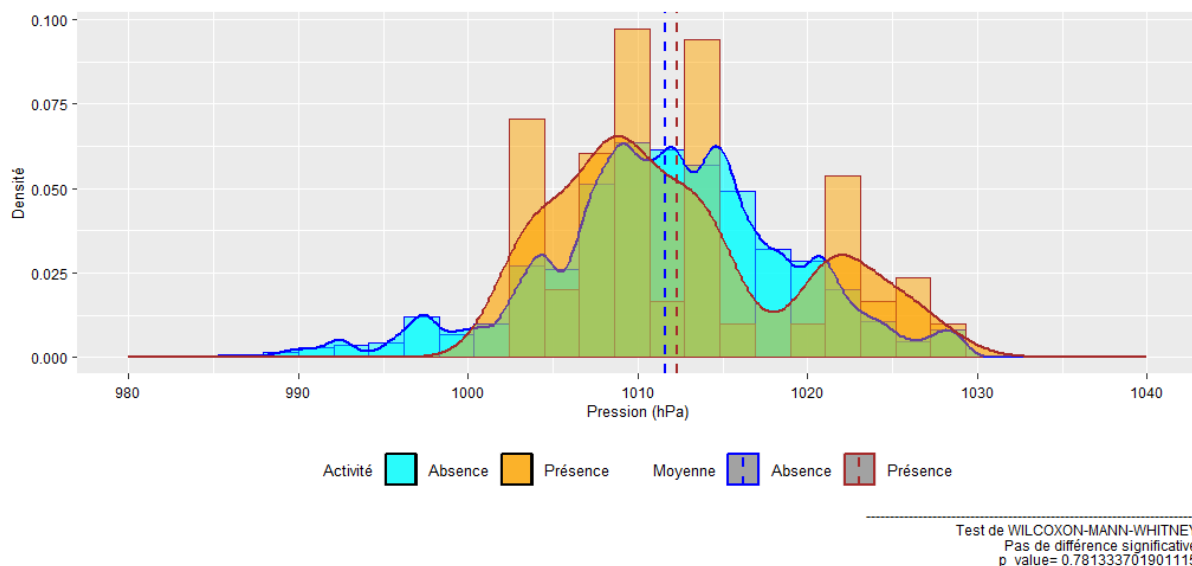
L'activité est enregistrée en moyenne à une pression atmosphérique qui varie de 1012 à 1013 hPa (Graph. 36). **Ces moyennes similaires ne sont significativement pas différentes.**



Graph. 36 : distribution des contacts en fonction de la pression atmosphérique par point en 2024

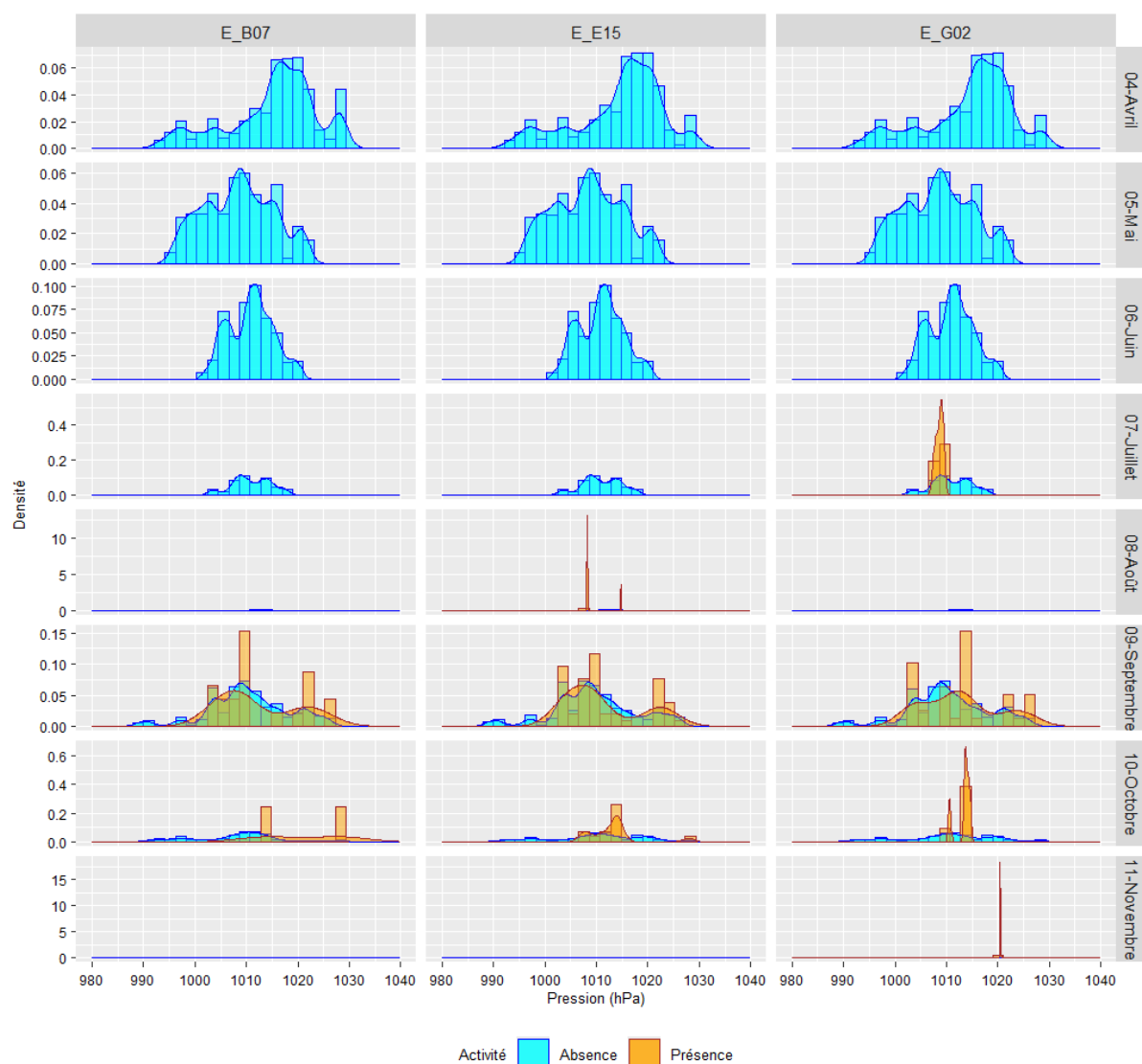
Le graphique ci-dessous permet d’appréhender cette distribution de l’activité en fonction de la pression atmosphérique (Graph. 37). La pression atmosphérique enregistrée avec une activité varie de 1 003 à 1 028 hPa. En moyenne, la pression enregistrée avec activité est de 1 012,3 hPa (1022 hPa en 2023 pour G02). Celle des données sans activité est de 1012 (1011 hPa en 2023 pour G02). 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.

Les données de pression marquées d’activité suivent la même distribution que les données de pression sans activité. Ainsi, les Chiroptères ne modifient pas leur activité en fonction de la pression atmosphérique.



Graph. 37 : densité des données d’activité, toutes espèces, en fonction de la pression atmosphérique en 2024

Durant le mois de septembre où l'activité est plus marquée, la distribution des données de pression atmosphérique avec activité est aussi similaire à celle des données sans activité (Graph. 38).



Graph. 38 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la pression atmosphérique en 2024

Point	Période	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
E_B07	Septembre	1006,9	1009,1	1021,0	1021,6	1025,2	1025,6	1025,8
	Octobre	1014,2	1021,2	1028,0	1028,1	1028,2	1028,2	1028,3
	Cumulée	1007,8	1009,8	1021,2	1025,6	1027,4	1028,1	1028,3
E_E15	Août	1006,8	1009,0	1019,9	1021,9	1024,0	1024,4	1026,3
	Septembre	1011,2	1013,7	1014,1	1014,5	1019,9	1024,7	1027,9
	Octobre	1008,1	1008,9	1009,1	1009,2	1009,2	1009,2	1009,2
	Cumulée	1007,1	1009,1	1014,4	1021,7	1024,0	1025,6	1027,9
E_G02	Juillet	1008,1	1008,9	1009,1	1009,2	1009,2	1009,2	1009,2
	Août	1005,7	1012,9	1015,2	1024,7	1025,5	1025,7	1025,7
	Septembre	1013,6	1013,6	1014,1	1014,4	1014,5	1014,5	1014,5
	Octobre	1020,4	1020,4	1020,4	1020,5	1020,5	1020,5	1020,5
	Cumulée	1008,7	1012,9	1014,5	1021,9	1025,5	1025,7	1025,7
Cumulé		1007,2	1010,3	1015,5	1022,9	1025,5	1026,5	1028,3

Tableau 18 : valeurs mensuelles de la pression atmosphérique pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'activité en 2024, toutes espèces confondues, pour toutes les éoliennes suivies

L'activité en fonction de la hauteur des vagues

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

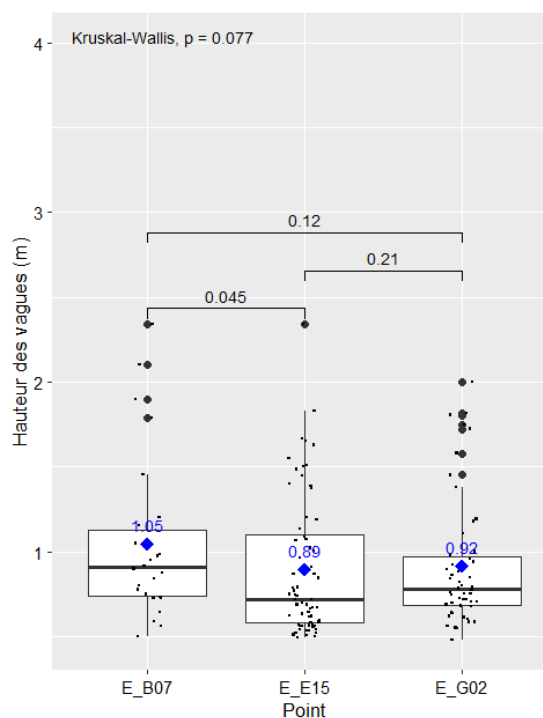
Le graphique permet de mesurer la distribution des contacts en fonction de la hauteur des vagues par point d'écoute. Seules les données marquées d'activité sont retenues.

7 -

L'activité est enregistrée en moyenne à des hauteurs de vagues de 0,9 m sous l'éolienne G02 à 1 m sous B07 (Graph. 39).

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 trois points.

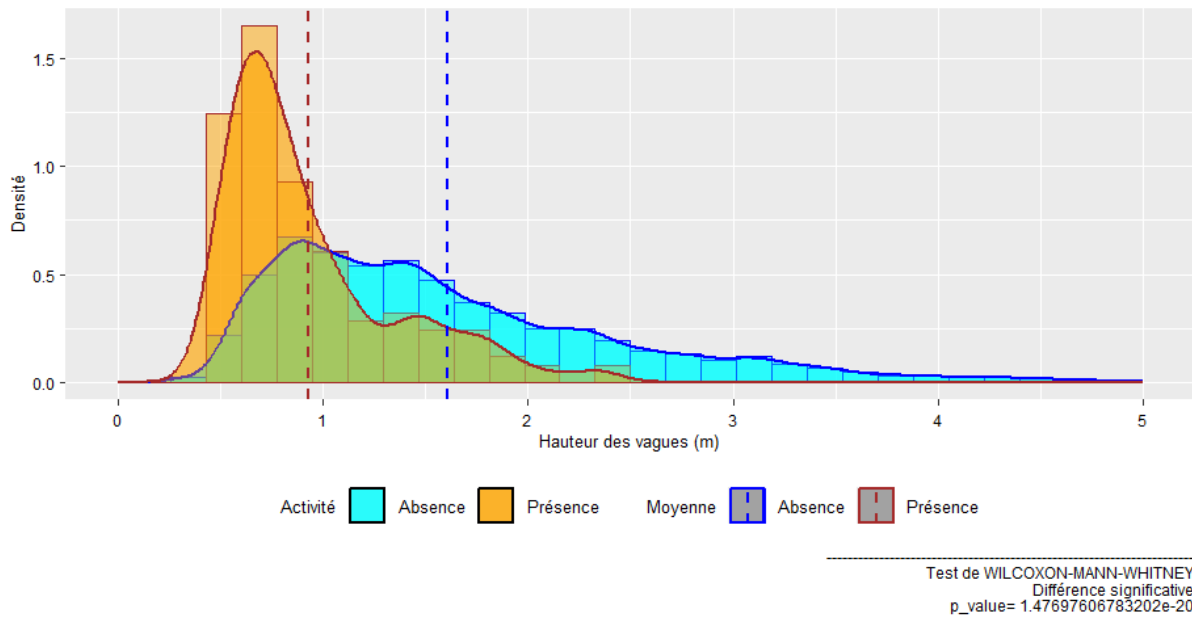


Graph. 39 : distribution des contacts en fonction de la hauteur des vagues par point

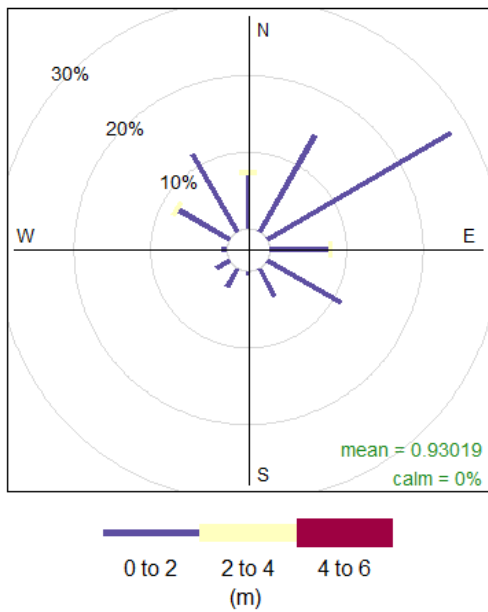
L'activité se distribue entre des hauteurs de vagues de 0,5 à 2,3 m (0,3 m à 1,8 m en 2023). La hauteur des vagues moyenne enregistrée avec activité est de 0,9 m (0,7 m en 2023). Celle des données sans activité est de 1,6 m (1 m en 2023). L'écart entre les moyennes est significatif.

Comme indiqué dans le graphique ci-dessous (Graph. 40), les Chiroptères privilégient les phases où les hauteurs de vague sont les plus faibles, phénomène déjà observé en 2023. Toutefois, en 2024 la différence entre les deux moyennes est faible. Il est peu probable qu'un tel écart de hauteur de vague puisse influencer l'activité des Chiroptères. Par contre, la hauteur des vagues est clairement influencée par la force et l'orientation du vent, à dominante ouest et sud-ouest (Graph. 41). Or l'activité est privilégiée pour des vents orientés nord-est voire nord-ouest comme évoqué précédemment et repris dans le graphique suivant (Graph. 30). La vitesse de vent n'est pour autant la plus faible quand ce vent est orienté nord-est, mais la majorité des vents orientés ouest sont sources de grandes vitesses de vent et donc de vagues importantes (Graph. 42).

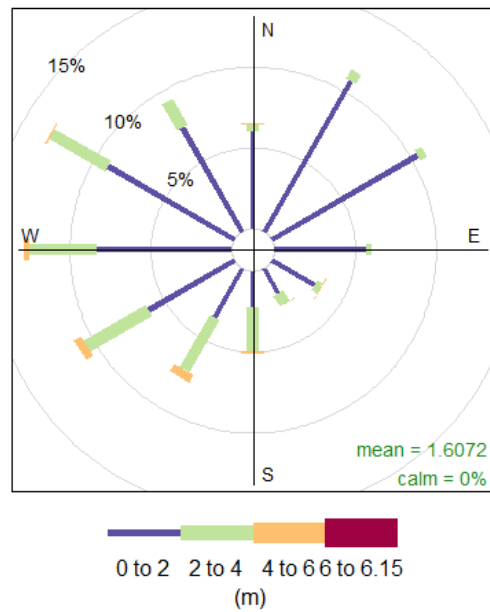
Les Chiroptères ne privilégient pas les hauteurs de vagues faibles, mais plutôt des vents orientés nord-est qui s'accompagnent de faibles hauteurs de vagues.



Graph. 40 : 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

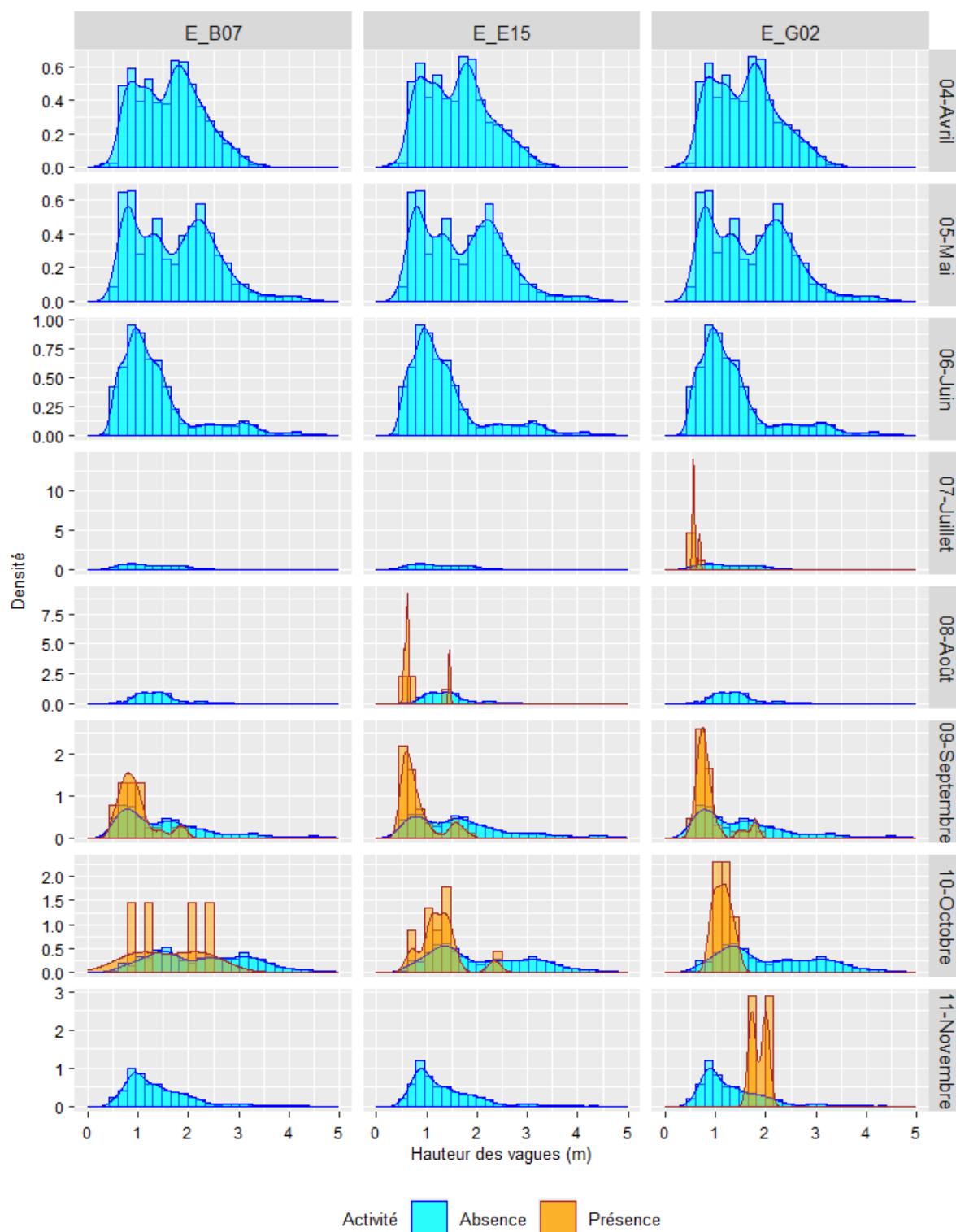


Graph. 41 : rose des vents et hauteur de vagues issues des données avec activité en 2024



Graph. 42 : rose des vents et hauteur de vagues issues des données sans activité en 2024

Les hauteurs de vagues autour ou inférieures à 1 m sont privilégiées durant la majorité des mois et des éoliennes. L'activité en novembre intervient à des hauteurs de vagues plus importantes, mais pour des vents orientés nord-ouest ou nord-est (Graph. 43).



Graph. 43 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la hauteur des vagues en 2024

Point	Période	quant25	quant50	quant75	quant90	quant95	quant98	quant100
E_B07	Septembre	0,73	0,86	1,02	1,43	1,77	1,85	1,90
	Octobre	1,09	1,63	2,16	2,27	2,31	2,33	2,34
	Cumulée	0,74	0,91	1,13	1,84	2,05	2,22	2,34
E_E15	Août	0,56	0,68	0,87	1,50	1,64	1,67	1,83
	Septembre	1,07	1,19	1,39	1,52	1,87	2,15	2,34
	Octobre	0,55	0,56	0,59	0,64	0,66	0,67	0,68
	Cumulée	0,58	0,72	1,10	1,50	1,64	1,78	2,34
E_G02	Juillet	0,55	0,56	0,59	0,64	0,66	0,67	0,68
	Août	0,70	0,77	0,89	1,49	1,76	1,81	1,81
	Septembre	0,98	1,18	1,19	1,30	1,34	1,36	1,38
	Octobre	1,79	1,86	1,93	1,97	1,99	1,99	2,00
	Cumulée	0,68	0,78	0,97	1,60	1,78	1,82	2,00
Cumulé		0,63	0,78	1,08	1,57	1,80	2,01	2,34

Tableau 19 : valeurs mensuelles de la hauteur des vagues pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'activité en 2024, toutes espèces confondues, pour toutes les éoliennes suivies

Facteurs retenus et leur poids

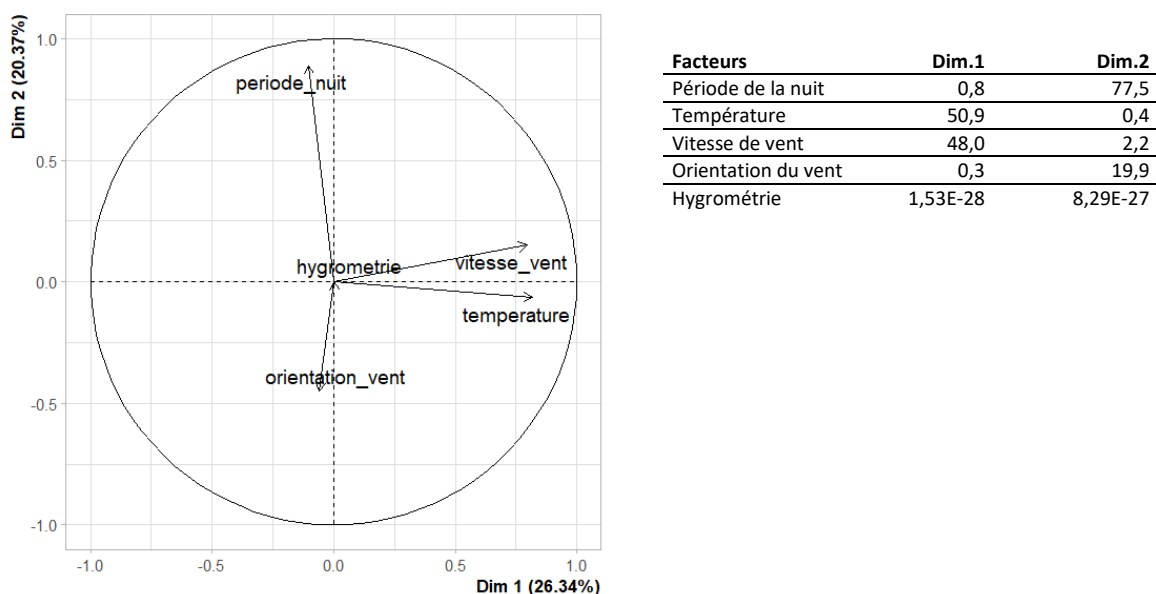
Dans les chapitres précédents est démontré que les facteurs « période de la nuit », « température », « vitesse de vent », « orientation du vent », « hygrométrie » influencent la diversité et la densité des Chiroptères.

8 - 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 (26,3 et 20,3 %, Graph. 44). Les valeurs sont relativement faibles, l'ensemble de facteurs ne permet pas de distinguer de manière prépondérante les conditions d'activité. Si chaque facteur un à un influence significativement l'activité, cette dernière est tributaire de l'influence simultanée de ces derniers. La première dimension associe la température et la vitesse de vent. La température agit de manière très proche avec la vitesse de vent. La température et la vitesse de vent sont les deux facteurs qui influencent particulièrement l'activité (51 et 48 % de la dimension horizontale Dim 1, Graph. 44).

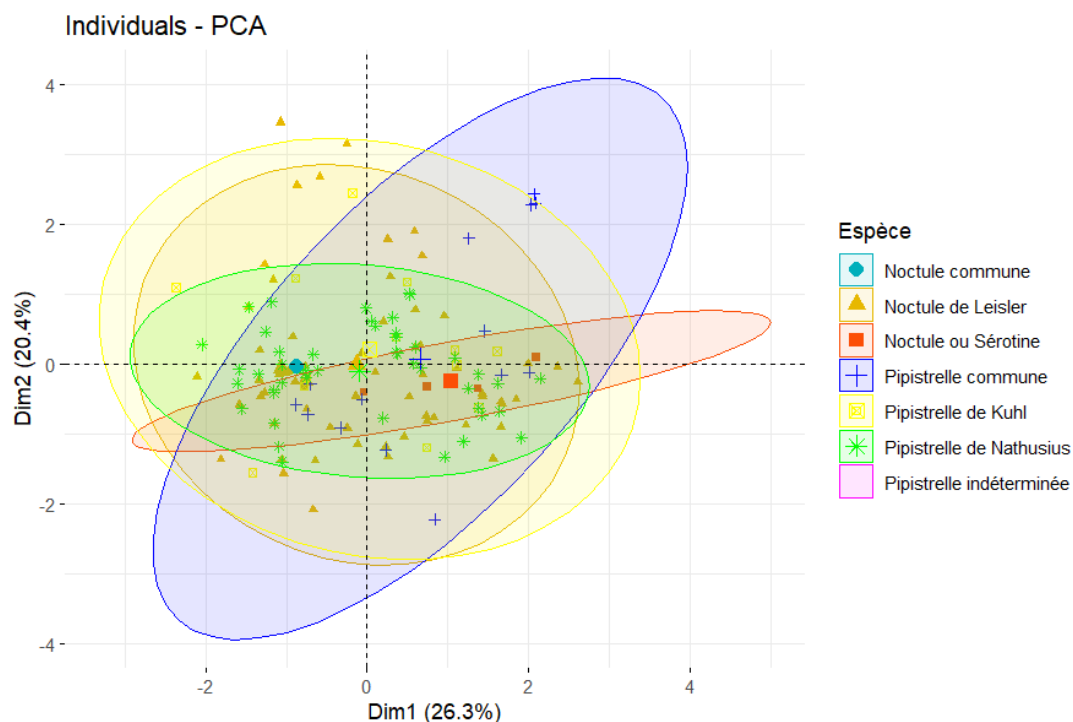
Les facteurs période de la nuit influencent plus particulièrement le second axe (77,5 de la dimension verticale Dim 2, Graph. 44).

L'orientation du vent et l'hygrométrie ne sont pas des facteurs qui influencent la distribution des données d'activité dans les deux dimensions retenues.



Graph. 44 : graphique d'analyse en composante principale des variables à partir des données compilées issues des éoliennes

Les données d'activité des Chiroptères, déclinées à l'échelle des espèces, sont centrées et proches les unes des autres. Si certaines espèces étaient en mesure d'exploiter certaines conditions saisonnières ou météorologiques, leur distribution se serait décalée par rapport aux autres. Cette proximité de la majorité des espèces témoigne d'un comportement commun en fonction des facteurs étudiés (Graph. 45).



Graph. 45 : graphique d'analyse en composante principale des données de 10 minutes

9 - **Phénologie, migration et facteurs étudiés**

La fréquentation des Chiroptères est plus marquée au mois de septembre, dans une moindre mesure en août et en octobre.

Les facteurs météorologiques comme la température, la vitesse de vent, l'orientation du vent ou l'hygrométrie, ont une influence significative sur l'activité des Chiroptères.

Pour autant, les facteurs météorologiques ne sont pas plus favorables durant la période de plus grande fréquentation des Chiroptères qu'en dehors de celle-ci, sauf période plus froide durant et à l'approche de l'hiver. Ainsi un autre paramètre influence cette phénologie.

La période du mois d'août au mois d'octobre est considérée comme la période de transit automnal. Ce passage d'une période de mise-bas et d'élevage de jeunes à la parade (saison d'accouplement) puis à l'hibernation peut engager pour certaines espèces de grands périodes migratoires. C'est le cas pour la Noctule commune dont le record est de 1 546 km, pour la Noctule de Leisler dont le record est de 1 567 km entre l'Allemagne et l'Espagne, et la Pipistrelle de Nathusius, jusqu'à 2 224 km entre la Lettonie et le nord de l'Espagne⁵. Au demeurant, ces mouvements de migration sont plutôt prêtés aux femelles qui quittent le sud-ouest de l'Europe pour gagner les régions nord-est du continent pour la mise-bas et l'élevage des jeunes. Les mâles restent plutôt dans la même région durant cette période estivale. De plus, la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl sont réputées pour rester dans un secteur géographique peu étendu, les déplacements restent sous les 20 km pour la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl est considérée sédentaire. Pour rappel les éoliennes se situent entre 12 et 17 km du trait côtier.

Ainsi durant cette période, des individus peuvent être détectés en phase de migration. Les vents du nord-

⁵ ARTHUR L. & LEMAIRE M. 2021. — Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse : Troisième édition. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris ; Biotopie, Mèze, 592 p.

est, privilégiés durant cette année de suivi, sont par ailleurs considérés porteurs, favorisant en l'occurrence la migration de la Pipistrelle de Nathusius. Mais pour d'autres, comme la Pipistrelle commune ou la Pipistrelle de Kuhl, ou encore les mâles des autres espèces, leur présence auprès des éoliennes pourrait être motivée par autre chose qu'un cycle annuel de déplacement.

Mais cette étude ne permet pas pour autant de prouver qu'il s'agit de comportement migratoire, c'est-à-dire de déplacement le long d'une voie de migration identifiée. En effet, pour identifier un tel comportement, il faudrait connaître le sens du déplacement des Chiroptères ainsi que le caractère rectiligne ou papillonnant du vol. L'acoustique ne permet pas de renseigner ce comportement.

L'analyse de la part des contacts associés à des comportements de transit et de celle des contacts associés à un comportement de chasse peut être utilisé pour caractériser un comportement de déplacement sur une grande distance. C'est une piste de développement de l'analyse, mais en l'état, l'axe de vol ne sera pas renseigné.

Les études de type radar ou de triangulation acoustique peuvent apporter un éclairage plus fin sur ce sujet.

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 (Inventaire national du patrimoine naturel), ainsi que les niveaux équivalents, sont précisés dans le Tableau 20.

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 (Partie 2 -XI - page 30).

Espèce	Année	PN	DH	LRN	LRR	ZDET	Niveau de statut de protection	Niveau maximum de statut de conservation
Noctule commune	2023, 2024	NM2		VU	VU	Dét.	Fort	Fort
Noctule de Leisler	2023, 2024	NM2		NT	NT	Dét.	Fort	Fort
Pipistrelle commune	2023, 2024	NM2		NT	NT	Dét.	Fort	Fort
Pipistrelle de Nathusius	2023, 2024	NM2		NT	VU	Dét.	Fort	Fort
Sérotine commune	2023	NM2		NT	VU	Dét.	Fort	Fort
Pipistrelle pygmée	2023	NM2					Fort	Faible
Pipistrelle de Kuhl	2023, 2024	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 20 : statuts de protection et de conservation des espèces de Chiroptères

B - Niveaux d'enjeux de protection et de conservation

Au croisement des niveaux de fréquentation (Tableau 12) et des niveaux des statuts de conservation (Tableau 20), sont évalués les niveaux d'enjeux chiroptérologiques, déclinés dans le tableau ci-dessous (Tableau 21). Les enjeux de conservation se concentrent sur la Noctule de Leisler en septembre au niveau de E15 et de G02.

Point	Espèces	Niveau du statut de protection	Niveau du statut de conservation	Niveau d'enjeu de conservation spécifique									
				Année	Août à octobre	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.
B07	Noctule de Leisler	Fort	Fort	Faible	Faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Faible	Faible	Nul
	Pipistrelle de Nathusius	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	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Nul	Nul
	Noctule commune	Fort	Fort	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul
E15	Noctule de Leisler	Fort	Fort	Faible	Faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Moyen	Faible	Nul
	Pipistrelle de Nathusius	Fort	Fort	Faible	Faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Faible	Faible	Faible	Nul
	Pipistrelle commune	Fort	Fort	Faible	Faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Faible	Faible	Nul
	Pipistrelle de Kuhl	Fort	Faible	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Très faible	Nul
	Noctule commune	Fort	Fort	Faible	Faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Faible	Nul	Nul
G02	Noctule de Leisler	Fort	Fort	Faible	Faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Moyen	Faible	Faible
	Pipistrelle de Nathusius	Fort	Fort	Faible	Faible	Nul	Nul	Nul	Faible	Nul	Faible	Faible	Nul
	Pipistrelle commune	Fort	Fort	Faible	Faible	Nul	Nul	Nul	Faible	Nul	Faible	Nul	Nul
	Pipistrelle de Kuhl	Fort	Faible	Très faible	Très faible	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible	Nul	Très faible
	Noctule commune	Fort	Fort	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul

Tableau 21 : niveaux d'enjeu de conservation des espèces de Chiroptères

Partie 4 - CONCLUSION

I - FONCTIONNEMENT DES BATLOGGERS

Le suivi est mené 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.

Toutefois, les données des Grand Cardinaux sont manquantes pour l'année 2024.

À l'issue d'une modification des équipements de protection, d'une stabilisation de la communication à distance avec les équipements et d'un contrôle continu de fonctionnement du Batlogger WEX1, l'année 2024 bénéficie d'un jeu de données quasi complet de l'activité des Chiroptères pour le parc uniquement. Seules quelques courtes périodes sont manquantes, tributaire de la dé-énergisation ponctuelle de 2 éoliennes pour travaux exceptionnels de maintenance.

II - RÉSULTATS DE L'ACTIVITÉ AU SEIN DU PARC ÉOLIEN

En 2024, 5 espèces sont contactées : la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Nathusius, la Pipistrelle de Kuhl, la Noctule de Leisler et la Noctule commune. Le taxon Nyctaloïdes attribué à certaines séquences laisse un doute sur la présence de la Sérotine commune. En 2022-2023, cette dernière était comptabilisée, particulièrement au phare des Grands Cardinaux. La Pipistrelle pygmée avait été aussi contactée mais de manière anecdotique.

L'activité est majoritairement enregistrée en septembre, avec quelques prémices en août et quelques contacts en octobre, et de brèves apparitions en juillet et en novembre sous G02. Ainsi la période d'activité dite automnale se confirme. Elle apparait à nouveau le plus souvent au-delà des deux premières heures de la nuit comme en 2023, particulièrement pour les Nyctaloïdes.

Les densités moyennes toutes espèces confondues par éolienne et la densité spécifique sont similaires d'une éolienne à une autre. Malgré leur éloignement les unes des autres, ou par rapport au trait de côte, la fréquentation des Chiroptères n'est pas significativement différente.

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. Les niveaux de fréquentation sont majoritairement très faibles sur l'année et sur la période automnale. Le niveau est évalué faible en septembre pour E15 et G02, seulement pour la Noctule de Leisler.

La période automnale est une période de transit durant laquelle les Chiroptères s'alimentent pour accumuler les réserves nécessaires à leur hibernation, mais ils gagnent aussi leur secteur d'hibernation, parcourant parfois des distances dépassant le millier de kilomètres comme c'est le cas pour la Noctule de Leisler ou la Pipistrelle de Nathusius. L'hypothèse d'une activité liée à une phase migratoire est envisageable, particulièrement pour ces espèces.

III - FACTEURS INFLUENÇANT L'ACTIVITÉ DES CHIROPTÈRES

Un à un, pour chaque facteur, aucune différence significative n'est enregistrée d'une éolienne à une autre. Ainsi, leur localisation ne les soumet pas à des conditions différentes.

Les facteurs suivants influencent l'activité des Chiroptères : période de l'année, période de la nuit, température, vitesse de vent, orientation du vent et hygrométrie. Leur influence est inégale mais certain avec un poids faible peuvent toutefois avoir un effet sur l'activité des Chiroptères, c'est le cas pour l'hygrométrie.

Les Chiroptères ne favorisent pas de niveau de pression particulier. L'influence apparente de la hauteur des vagues n'est qu'une conséquence de l'orientation du vent. Ce dernier, orienté nord-est est privilégié par les Chiroptères, or il ne génère pas de vagues d'hauteur importante.

Les Chiroptères privilégient :

- La période de fin août à début octobre, particulièrement septembre, période dite de transit automnal (confirmant la tendance observée en 2023) ;
- La première moitié de la nuit, avec un décalage d'apparition des premiers contacts particulièrement pour les Nyctaloïdes (confirme la tendance sous G02 en 2023) ;
- Les températures supérieures à 15°C (autour 20,5 °C en 2023) ;
- Les vitesses de vent faibles, inférieures à 6 m/s à 25 m (4 à 5 m/s en 2023) ;
- Un vent orienté nord-est et dans une moindre mesure nord-ouest, évitant les vents d'ouest sud-ouest (en 2023, les vents orientés sud étaient privilégiés, au détriment d'un vent d'ouest) ;
- Un pourcentage d'humidité sous les 83% (70 % en 2023).

Les variations interannuelles pourront être abordées à l'issue du suivi de l'année 2025 qui apportera un lot de données à nouveau complet sous les trois éoliennes concernées. Si les dysfonctionnements sont résolus en 2025, les données issues du phare des Grands Cardinaux permettront à nouveau de comparer l'activité au sein du parc sous les trois éoliennes avec une activité en mer en dehors du parc.

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.....	22
Tableau 3 : exemple de conversion de séquences en unités de mesure de l'activité.....	25
Tableau 4 : méthode d'évaluation du niveau d'enjeu chiroptérologique conservatoire.....	30
Tableau 5 : nombre de contacts par espèce ou groupe d'espèces de Chiroptères et par point en 2022 et 2023.....	31
Tableau 6 : nombre de contacts par espèce ou groupe d'espèces de Chiroptères et par point en 2024.....	32
Tableau 7 : synthèse des contacts par mois et par session toutes espèces confondues en 2024.....	38
Tableau 8 : indices de diversité en fonction des points en septembre 2024.....	40
Tableau 9 : indices de densité en fonction des éoliennes en septembre 2024.....	41
Tableau 10 : indices de densité spécifique par point en septembre 2024.....	42
Tableau 11 : résultats des tests de mesure des différences entre les densités moyennes spécifiques mesurées par point en septembre 2024.....	42
Tableau 12 : niveau de fréquentation des Chiroptères en 2024.....	43
Tableau 13 : valeurs mensuelles des proportions de nuit écoulée pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'activité en 2024, toutes espèces confondues, pour toutes les éoliennes suivies.....	47
Tableau 14 : valeurs mensuelles des températures pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'activité en 2024, toutes espèces confondues, pour toutes les éoliennes suivies.....	50
Tableau 15 : valeurs mensuelles des vitesses de vent pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'activité en 2024, toutes espèces confondues, pour toutes les éoliennes suivies.....	53
Tableau 16 : valeurs mensuelles de l'orientation du vent pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'activité en 2024, toutes espèces confondues, pour toutes les éoliennes suivies.....	57
Tableau 17 : valeurs mensuelles de l'hygrométrie pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'activité en 2024, toutes espèces confondues, pour toutes les éoliennes suivies.....	60
Tableau 18 : valeurs mensuelles de la pression atmosphérique pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'activité en 2024, toutes espèces confondues, pour toutes les éoliennes suivies.....	63
Tableau 19 : valeurs mensuelles de la hauteur des vagues pour différents quantiles de données d'activités durant les mois d'activité en 2024, toutes espèces confondues, pour toutes les éoliennes suivies.....	67
Tableau 20 : statuts de protection et de conservation des espèces de Chiroptères.....	71
Tableau 21 : niveaux d'enjeu de conservation des espèces de Chiroptères.....	72

INDEX DES GRAPHIQUES

Graph. 1 : fonctionnement des appareils, par point d'écoute, en 2024.....	16
Graph. 2 : nombre de séquences enregistrés par les appareils par session et par point.....	17
Graph. 3 : profil des pics de fréquence de maximum d'énergie (kHz) des séquences et les taux d'humidité par session et par point.....	19
Graph. 4 : fonctionnement des micros en 2024, en début et fin de nuit, par point.....	21
Graph. 5 : fonctionnement des Batlogger durant l'année 2024.....	23
Graph. 6 : proportion des contacts enregistrés pour chaque espèce en 2024.....	33
Graph. 7 : fréquentation journalière des Chiroptères, toutes espèces confondues, durant l'année 2024 sous les trois éoliennes.....	35
Graph. 8 : fréquentation journalière des Nyctaloïdes durant l'année 2024 sous les trois éoliennes.....	36
Graph. 9 : fréquentation journalière des Pipistrelloïdes durant l'année sous les trois éoliennes.....	37
Graph. 10 : fréquentation mensuelle durant toute la période de suivi des Chiroptères sous les trois éoliennes et le phare des Grands Cardinaux.....	39
Graph. 11 : distribution de la diversité par nuit sur chaque point en septembre 2024.....	40
Graph. 12 : distribution de la densité par nuit sur chaque éolienne en septembre 2024.....	41

Graph. 13 : distribution de la densité spécifique par nuit sur chaque éolienne en septembre 2024	42
Graph. 14 : distribution de la densité du nombre de contacts/nuit et détermination des quantiles Q0, Q25, Q50, Q75 et Q100, pour la période août à octobre 2024, toutes espèces confondues pour B07.....	44
Graph. 15 : distribution de la densité du nombre de contacts/nuit et détermination des quantiles Q0, Q25, Q50, Q75 et Q100, pour la période août à octobre 2024, toutes espèces confondues pour E15.....	44
Graph. 16 : distribution de la densité du nombre de contacts/nuit et détermination des quantiles Q0, Q25, Q50, Q75 et Q100, pour la période août à octobre 2024, toutes espèces confondues pour G02.....	45
Graph. 17 : distribution de la densité du nombre de contacts/nuit et détermination des quantiles Q0, Q25, Q50, Q75 et Q100, au mois de septembre 2024, concernant la Noctule de Leisler pour G02.....	45
Graph. 18 : distribution des contacts en fonction du taux de nuit écoulée par point.....	46
Graph. 19 : densité de données d'activité en fonction de la nuit écoulée en 2024.....	46
Graph. 20 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la nuit écoulée en 2024.....	47
Graph. 21 : distribution des contacts en fonction de la température par point en 2024	48
Graph. 22 : densité de données d'activité en fonction de la température en 2024	48
Graph. 23 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la température en 2024	50
Graph. 24 : distribution des contacts en fonction de la vitesse de vent à 25 m de hauteur par point en 2024.....	51
Graph. 25 : équivalence des vitesses de vent entre 25 m et 100 m de hauteur.....	51
Graph. 26 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la vitesse de vent en 2024.	52
Graph. 27 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la vitesse de vent en 2024.	53
Graph. 28 : distribution des contacts en fonction de l'orientation du vent par point en 2024.....	54
Graph. 29 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de l'orientation du vent en 2024	55
Graph. 30 : rose des vents issue des données avec de l'activité en 2024	55
Graph. 31 : rose des vents issus des données sans activité en 2024	55
Graph. 32 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de l'orientation du vent en 2024	56
Graph. 33 : distribution des contacts en fonction de l'hygrométrie par point en 2024	58
Graph. 34 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de l'hygrométrie en 2024.....	58
Graph. 35 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de l'hygrométrie en 2024.....	59
Graph. 36 : distribution des contacts en fonction de la pression atmosphérique par point en 2024.....	61
Graph. 37 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la pression atmosphérique en 2024.....	62
Graph. 38 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la pression atmosphérique en 2024.....	63
Graph. 39 : distribution des contacts en fonction de la hauteur des vagues par point.....	64
Graph. 40 : 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.....	65
Graph. 41 : rose des vents et hauteur de vagues issues des données avec activité en 2024	65
Graph. 42 : rose des vents et hauteur de vagues issues des données sans activité en 2024.....	65
Graph. 43 : densité des données d'activité, toutes espèces, en fonction de la hauteur des vagues en 2024	66
Graph. 44 : graphique d'analyse en composante principale des variables à partir des données compilées issues des éoliennes	68
Graph. 45 : graphique d'analyse en composante principale des données de 10 minutes	69

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	13
Carte 4 : localisation des différents points d'écoute de l'activité des Chiroptères et leurs distances à la côte	14

INDEX DES PHOTOGRAPHIES

Photo. 1 : boîtier étanche d'O-GEO pour microphone et sensor du Batlogger WEX1 avec capot permettant l'accès aux équipements.....	10
Photo. 2 : microphone et sensor du Batlogger WEX1 dans leur boîtier étanche d'O-GEO.....	10
Photo. 3 : boîtier étanche d'O-GEO installé sur éolienne, vue éloignée (EDF RF, 11/04/2025).....	10
Photo. 4 : boîtier étanche d'O-GEO installé sur éolienne, vue proche (EDF RF, 11/04/2025)	10
Photo. 5 : phare des Grands Cardinaux et hauteur de l'emplacement du Batlogger WEX1 (source : Wikipédia).....	12

ANNEXES

ANNEXE 1 : PARAMÉTRAGE DES BATLOGGERS PENDANT LA PÉRIODE DE SUIVI 2024

		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