



**2 rue Julien Neveu
35531 Noyal-sur-Vilaine**

**Suivi environnemental post
implantation d'éoliennes du
parc éolien de Châteaubourg,
commune de Châteaubourg
(Ille-et-Vilaine 35)**

RENNES, siège social
Parc d'activités d'Apigné
1 rue des Cormiers - BP 95101
35651 LE RHEU Cedex
Tél : 02 99 14 55 70
rennes@ouestam.fr

NANTES
5 boulevard Ampère
44470 CARQUEFOU
Tél : 02 40 94 92 40
nantes@ouestam.fr

LA ROCHELLE
30 bis rue de la Belle Étoile
17138 PUILBOREAU
Tél : 07 84 17 13 33
larochelle@ouestam.fr

Rapport de l'étude environnementale

2024

Code. affaire : 24-0079

Resp. étude : Brice Normand



Ouest am

L'intelligence collective au service des territoires

Ce document a été réalisé par :

Analyses et rédaction : Laurie HUBERT et Camille-Amélie SAND

Cartographie : Florence BRETECHE

Relecture : Loïc BELLION et Brice NORMAND

Sommaire

INTRODUCTION	5
1 PREAMBULE.....	5
2 LOCALISATION DU PARC.....	6
METHODOLOGIE	7
3 HABITATS	7
4 SUIVI DE LA MORTALITE	7
4.1 PROSPECTIONS DE TERRAIN.....	7
4.2 COEFFICIENTS DE CORRECTION	9
4.2.1 Prospectabilité et détectabilité.....	9
4.2.2 Tests d'efficacité et de persistance.....	10
4.3 METHODE DE TRAITEMENT DES DONNEES	12
4.3.1 Estimateurs Huso et Jones.....	12
4.3.2 Estimateur GenEst.....	13
5 PATRIMONIALITE, SENSIBILITE ET NIVEAU DE RISQUE POUR LES OISEAUX ET LES CHAUVES-SOURIS	14
6 COMPARAISON AVEC LES SUIVIS DE MORTALITE DES PARCS DE BRETAGNE ET SEUIL DE SIGNIFICATIVITE	14
7 SUIVI DE L'ACTIVITE DES CHIROPTERES	16
7.1 TRAVAIL DE TERRAIN	16
7.2 TRAITEMENT DES DONNEES.....	16
7.3 REFERENTIEL D'ACTIVITE EN NACELLE – OUEST AM'	17
8 LIMITES DE LA METHODE	18
8.1 MORTALITE	18
8.1.1 Site et protocole.....	18
8.1.2 Estimation de la mortalité.....	19
8.2 SUIVI ACOUSTIQUE	19
8.2.1 Site et protocole.....	19
8.2.2 Espèces et méthode acoustique	19
9 METHODE DE CALIBRAGE DES MESURES CORRECTIVES	19
10 MODELE DE REGULATION ACTUEL	21
RESULTATS.....	22
11 HABITATS DANS UN RAYON DE 300 M (PHOTOINTERPRETATION).....	22
12 ZONAGES ENVIRONNEMENTAUX	24
13 RESULTATS DES TESTS	26
13.1 TESTS D'EFFICACITE ET DE PERSISTANCE	26
13.2 PROSPECTABILITE	26
14 MORTALITE DES CHIROPTERES.....	27
14.1 MORTALITE BRUTE	27
14.2 MORTALITE ESTIMEE	27
15 MORTALITE DE L'AVIFAUNE	28

15.1	MORTALITE BRUTE	28
15.2	CAUSES DE LA MORTALITE.....	28
15.3	STATUTS DES ESPECES IMPACTEES	29
15.4	MORTALITE ESTIMEE	29
16	COMPARAISON AVEC LES SUIVIS DE MORTALITE DES PARCS DE BRETAGNE	30
16.1	CHIROPTERES	30
16.2	AVIFAUNE.....	31
17	SUIVI D'ACTIVITE DES CHIROPTERES	32
17.1	ESPECES RECENSEES SUR LE SITE ET ACTIVITE	32
17.2	ANALYSE DE L'ACTIVITE SUR L'ENSEMBLE DU SUIVI	34
17.3	COMPARAISON AU REFERENTIEL D'ACTIVITE OUEST AM'.....	38
17.4	REPARTITION DE L'ACTIVITE DANS LE TEMPS.....	40
17.5	CORRELATION ENTRE ACTIVITE ET DONNEES METEOROLOGIQUES COMBINEES	42
	CONCLUSION.....	45
18	CHIROPTERES	45
18.1	SIGNIFICATIVITE POUR LES CHIROPTERES	45
18.2	MESURES PROPOSEES POUR LES CHIROPTERESLe	45
19	OISEAUX	46
19.1	SIGNIFICATIVITE POUR LES OISEAUX	46
19.2	MESURES PROPOSEES POUR LES OISEAUX	46
20	NECESSITE DE REALISER UN SUIVI COMPLEMENTAIRE	46
	TABLE DES FIGURES	47
	TABLE DES TABLEAUX.....	48
	ANNEXES	48
	ANNEXE 1 : TABLEAU DE PROSPECTABILITE ET DETECTABILITE	48
	ANNEXE 2 : METHODOLOGIE D'ESTIMATION DE LA PERSISTANCE MOYENNE DANS LES TESTS DE PERSISTANCE	50
	ANNEXE 3 : TABLEAU DES TESTS D'EFFICACITE D'OBSERVATION	52
	ANNEXE 4 : TABLEAU DES TESTS DE PERSISTANCE	53
	ANNEXE 5 : TABLEAU DE MORTALITE DES CHIROPTERES.....	54
	ANNEXE 6 : TABLEAU DES ESTIMATIONS DE MORTALITE DES CHIROPTERES	55
	ANNEXE 7 : TABLEAU DE MORTALITE DES OISEAUX	56
	ANNEXE 8 : TABLEAU DES ESTIMATIONS DE MORTALITE DES OISEAUX	57
	ANNEXE 9 : FICHES DE SUIVI DE MORTALITE DES OISEAUX.....	58
	ANNEXE 10 : TABLEAU DE L'ACTIVITE DES CHIROPTERES SUR L'ENSEMBLE DU SUIVI	59
	ANNEXE 11 : TABLEAU DE L'ACTIVITE DES CHIROPTERES PAR MOIS	60

INTRODUCTION

1 PREAMBULE

A la demande de la société **OLGA**, un suivi environnemental du parc en exploitation de Châteaubourg situé sur la commune du même nom dans le département d'Ille-et-Vilaine (35) a été confié au bureau d'études OUEST AM' sur la période **de mai à octobre 2024**. Le parc est composé d'une éolienne Enercon E53 (Tableau 1).

Tableau 1 : parc éolien de Châteaubourg

Commune(s)	Parc éolien	Mise en service	Phase du suivi	Éoliennes	Modèle	Hauteur du moyeu	Diamètre du rotor	Garde au sol
Châteaubourg	Châteaubourg	04/2011	N+13	E1	Enercon E53	73 m	53 m	46,5 m

Le suivi environnemental est composé de quatre parties :

- suivi de la mortalité des chauves-souris et des oiseaux de la semaine 20 à la semaine 43 avec 24 passages de prospection,
- suivi comportemental des chauves-souris effectué par l'intermédiaire d'un enregistrement continu en nacelle,
- comparaison des données de mortalité avec la synthèse réalisée par Ouest Am' sur les estimations de mortalités disponibles entre 2019 et 2023,
- comparaison des niveaux d'activité des chiroptères en nacelle au référentiel 2019-2023 créé par Ouest Am'.

Notre proposition respecte les documents de référence suivants :

- arrêté du 22 juin 2020 modifiant l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement,
- arrêté du 26 août 2011 concernant les installations classées ICPE (et notamment l'article 12),
- protocole des suivis environnementaux de parcs éoliens terrestres MEDDE – avril 2018

2 LOCALISATION DU PARC

Le parc de Châteaubourg est situé au sud-ouest de la commune de Châteaubourg dans le département de l'Ille-et-Vilaine (35) en Bretagne (Figure 1).

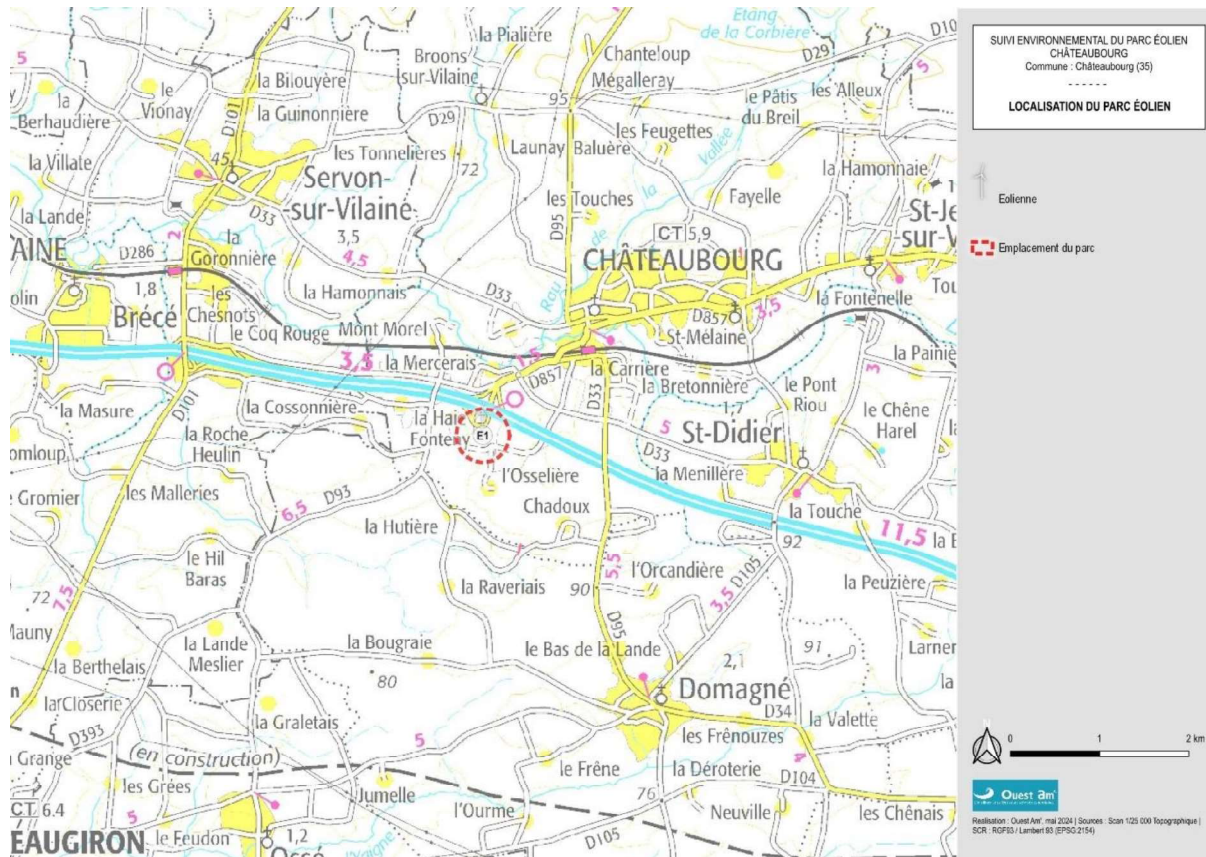


Figure 1 : carte de localisation du parc éolien de Châteaubourg

METHODOLOGIE

3 HABITATS

L'aire d'étude pour l'identification ou la caractérisation des communautés végétales et des habitats (typologie Corine Land Cover et BD Topo) comprend les parcelles situées dans un rayon de 300 mètres autour des éoliennes. Il s'agit d'un travail de photo-interprétation des photographies aériennes les plus récentes.

4 SUIVI DE LA MORTALITE

4.1 PROSPECTIONS DE TERRAIN

La mission a consisté à prospecter à pied les alentours immédiats des éoliennes selon un quadrillage inclus dans un carré de **100 mètres de côté autour de chaque éolienne** grâce à des points de repères visuels. Les transects au sein de ce quadrillage sont espacés de 5 à 10 mètres en fonction des contraintes liées au terrain et à la végétation. Ce quadrillage permet une prospection rigoureuse à raison de 45 minutes environ par éolienne (pouvant varier de 30 minutes à 1 heure selon les contraintes liées à la végétation et à la visibilité) (Figure 2).

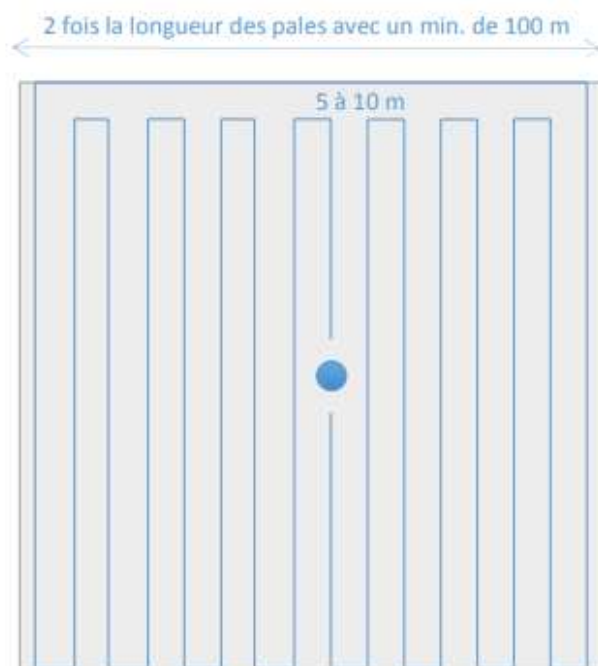


Figure 2 : schéma de prospection sous les éoliennes

Ce quadrillage d'un hectare par éolienne ainsi matérialisé permet une prospection rigoureuse et standardisée conçue à l'origine pour les oiseaux mais parfaitement transposable aux chauves-souris.

Lorsque toute la surface n'est pas accessible (végétation trop haute, haies et boisements, travaux agricoles en cours ...) l'observateur note la surface qu'il a pu prospecter, afin d'appliquer ensuite un facteur de correction.

Les passages sont réalisés une fois par semaine, en respectant si possible un intervalle de 7 jours, conformément au protocole national de suivi.

Le suivi de mortalité a été réalisé **du 17 mai au 21 octobre 2024**. Au total, **24 passages** de prospection pour la mortalité avifaune et chiroptères ont été réalisés durant ce suivi.

La dérogation pour l'enlèvement et le transport d'espèces protégées a été reçue le 07/06/2024.

Les résultats sont notés sur une fiche de terrain avec les informations suivantes :

- La date de la découverte,
- l'identification de l'espèce (si possible),
- l'état apparent du cadavre (description précise),
- la cause présumée de la mort,
- la localisation précise de la découverte (éolienne concernée, emplacement par rapport à celle-ci, coordonnées GPS),
- la surface prospectée et la détectabilité de celle-ci,
- les conditions météorologiques.

Chaque observation s'accompagne de photos.

L'identification des espèces se fait :

- de visu sur le terrain, pour les oiseaux peu dégradés,
- avec un examen plus précis des plumes (si nécessaire pour les oiseaux en état de décomposition avancée),
- pour les chauves-souris, par analyse biométrique, examen des organes génitaux, de la dentition et de la forme des tragus.

Cas des plumes et plumées :

Une plumée est considérée comme un cadavre si elle est trouvée dans la zone de recherche dans les cas suivants :

- plumes coupées nettement,
- ensemble de plumes (rémiges, rectrices, couvertures etc.) rassemblées ou dans un périmètre rapproché.

Les individus impactés par une éolienne peuvent être ensuite prédatés. Dans ce cas, il est possible de ne trouver que quelques plumes qui présentent les caractéristiques définies ci-dessus associées à des caractéristiques de prédation (plumes souillées, coupées non nettement).

Les plumes isolées ou d'un ensemble du même type (exemple d'un ensemble de duvets de pigeons) ne sont pas nécessairement liées à une collision, il peut s'agir de mues ou de plumes perdues en vol. Dans ce cas, il est possible de considérer que la plume ou la plumée n'est pas issue d'une collision. Ces observations ne sont pas intégrées dans les calculs de mortalité. Les cas de cadavres trouvés sous une éolienne et dont la cause présumée de la mort n'est pas issue d'une collision ou de barotraumatisme sont rares.

4.2 COEFFICIENTS DE CORRECTION

4.2.1 PROSPECTABILITE ET DETECTABILITE

Pour estimer le taux de mortalité des oiseaux et des chiroptères, 5 valeurs sont requises :

- le nombre de carcasses trouvées aux alentours des éoliennes ;
- la persistance moyenne des carcasses (en jours) ;
- l'efficacité des observateurs à détecter des carcasses (en %) ;
- la proportion de la parcelle inventoriée (en %) ;
- la détectabilité des cadavres en fonction de la végétation (en %).

La prospectabilité du carré autour de chaque éolienne se rapporte à la possibilité pour l'observateur d'inspecter ou non l'intégralité de la surface de ce carré. Ainsi, l'occupation du sol peut présenter par exemple un fourré impénétrable sur 10% de la surface du carré, qui reste ainsi non prospecté, alors que des cadavres de chauves-souris peuvent néanmoins s'y trouver.

Le niveau de prospectabilité du parc est évalué selon le barème suivant (Tableau 2) :

Tableau 2 : classes de niveau de prospectabilité

Niveau de prospectabilité	Surface moyenne prospectée (%)
Très bon]80 ; 100]
Bon]60 ; 80]
Moyen]40 ; 60]
Mauvais]20 ; 40]
Très mauvais	[0 ; 20]

La détectabilité est liée aux difficultés plus ou moins grandes que rencontre l'observateur en fonction de l'état de la végétation sous l'éolienne, et de son évolution en cours d'étude. Un carré peut être occupé en partie par une culture de maïs dont les rangées sont pénétrables et donc prospectables, mais dont la hauteur et le recouvrement, de plus en plus conséquents au fur et à mesure de l'avancement de la saison, rendent difficiles, voire quasi impossibles, les découvertes de cadavres. C'est aussi le cas des céréales à paille ou du ray-grass lorsque la végétation est haute et dense. La zone est alors « prospectable » sans que la détectabilité des cadavres y soit pour autant complète.

De cette manière, pour chaque passage, un tableau (Annexe 1) est renseigné avec la prospectabilité sous chaque éolienne et la détectabilité qui est indiquée par un niveau de couverture végétale :

- niveau D1 : sol nu (plateformes, sols hersés ...),
- niveau D2 : végétation basse et peu dense (pâturages, prairies fauchées, labours...),
- niveau D3 : végétation haute et/ou dense.

A titre d'exemples, des photographies de prospectabilité avec des détectabilités différentes sont illustrées ci-dessous (Figure 3).



Figure 3 : photographies d'exemples de prospectabilité avec des détectabilités différentes (hors site)

4.2.2 TESTS D'EFFICACITE ET DE PERSISTANCE

Les coefficients correcteurs (test d'efficacité et persistance) ont été établis lors de deux phases de tests en fin de printemps et en automne.

L'**efficacité de recherche**, calculée en comparant le nombre de cadavres retrouvés à celui des cadavres préalablement déposés sous l'éolienne, est lié à la performance visuelle de l'observateur. Le test est fait sous une ou deux éoliennes représentatives des habitats observés (avec les différentes hauteurs de végétation possible) sur l'ensemble du parc.

Le niveau d'efficacité de recherche est évalué selon le barème suivant (Tableau 3) :

Tableau 3 : classes de niveaux d'efficacité de recherche

Niveau d'efficacité de recherche	Efficacité de recherche (%)
Très bon]80 ; 100]
Bon]60 ; 80]
Moyen]40 ; 60]
Mauvais]20 ; 40]
Très mauvais	[0 ; 20]

La **persistance** est liée à la présence de charognards (corvidés, mustélidés, renards, insectes nécrophores ...). Pour l'établir, il faut récupérer, hors site d'étude, des cadavres de souris ou oiseaux de petite taille avant de les déposer dans les carrés de recherche sous les éoliennes. La persistance est suivie par des passages répétés, le lendemain du jour de dispersion, puis 2 fois par semaines jusqu'à disparition des cadavres ou après une période de 14 jours. La persistance moyenne des cadavres sur le parc est égale à la moyenne du nombre de jours avant la disparition de chacun des poussins déposés pour le test.

Pour évaluer le niveau de persistance, Ouest Am' a réalisé une étude en 2024 basée sur les données des suivis de mortalité collectées entre 2019 et 2023 par le bureau d'études. En se basant sur les valeurs de persistance médiane des suivis analysés (temps au bout duquel 50% des cadavres ont disparu), différents niveaux de persistance ont été établis en fonction des quartiles, selon le barème suivant (Tableau 4) :

Tableau 4 : classes de niveaux de persistance

Niveau de persistance	Limite inférieure	Limite supérieure	Persistance correspondante (jours)
Court	0	Q1	[0 ; 1,76]
Modéré	Q1	Q3]1,76 ; 4,05]
Long	Q3	∞	> 4,05

Le premier quartile (Q1) représente la valeur sous laquelle se trouvent les 25 % des données les plus faibles, indiquant la limite inférieure de la distribution ; L'intervalle entre Q1 et Q3 contient 50 % des données centrales de la distribution ; Le troisième quartile (Q3) marque la valeur sous laquelle se trouvent les 75 % des données.

4.3 METHODE DE TRAITEMENT DES DONNEES

Trois estimateurs de mortalité, reposant sur des hypothèses de modélisation de la mortalité intégrant les coefficients correcteurs, sont utilisés (**Huso**, **Jones** et **GenEst**). L'utilisation de ces différents estimateurs sert à homogénéiser les interprétations.

4.3.1 ESTIMATEURS HUSO ET JONES

Les estimateurs Huso et Jones permettent d'estimer la mortalité grâce aux formules décrites ci-dessous (Tableau 5).

Tableau 5 : formules d'estimation de la mortalité

Formule de Huso :	Avec :
$N = \frac{Na - Nb}{d * p * e} * A$	<p>N : le nombre de cadavre total estimé</p> <p>Na : le nombre total d'individus trouvés morts</p> <p>Nb : le nombre d'individus tués par autre chose que les éoliennes</p>
Formule de Jones :	<p>A : le coefficient correcteur surfacique $\sum \left(\frac{\text{cadavre/prospectabilité}}{\text{nombre total de cadavres}} \right)$</p> <p>t : la durée moyenne de persistance des cadavres</p> <p>d : le taux de découverte, variable en fonction du couvert végétal</p> <p>I : la durée de l'intervalle entre les passages (en jours)</p> <p>e : le coefficient correcteur de l'intervalle équivalent à $\frac{MIN(\hat{I};I)}{I}$</p> <p>p : le taux de persistance, qui est :</p> <ul style="list-style-type: none"> • p (pour Huso) : $t * \frac{1 - \exp(-\frac{I}{t})}{I}$ • p (pour Jones) : $\exp(-0.5 * (\frac{I}{t}))$

Lorsque le taux de persistance calculé est faible en regard de l'intervalle de temps entre deux prospections, l'utilisation d'exponentielles dans ces formules peut résulter en une estimation de mortalité beaucoup plus importante que le nombre d'observations, produisant ainsi des résultats aberrants. L'utilisation d'un terme de correction dans la formule de Huso atténue cette surestimation. **Nos recherches ont montré qu'il est cependant nécessaire d'utiliser la médiane du temps de persistance et non la date de dernière présence lors du calcul de la persistance moyenne avec cette formule.** La méthodologie d'estimation de la persistance moyenne dans les tests de persistance est décrite en Annexe 2.

4.3.2 ESTIMATEUR GENEST

L'estimateur international GenEst (Generalized Mortality Estimator, Dalthorp 2018), produit par l'agence gouvernementale de l'environnement des Etats-Unis (USGS), permet d'estimer la mortalité de manière fiable à partir d'une suite de modèles statistiques. Il se base pour cela sur les observations datées de cadavres, un calendrier des prospections propre à chaque turbine, un modèle statistique de survie décrivant la persistance des cadavres dans le temps, un modèle statistique d'efficacité d'observation et d'une estimation de la probabilité qu'un individu touché tombe dans l'aire de recherche (proportion pondérée par la densité).

GenEst est un logiciel libre utilisable via une interface utilisateur disponible en ligne (<https://connect.west-inc.com/GenEst/>). Son utilisation nécessite le téléchargement de cinq fichiers au format csv contenant les informations nécessaires au calcul de l'estimation de la mortalité pour un parc donné :

- Les dates et espèces des cadavres observés (CO),
- Le calendrier de prospection des éoliennes (SS),
- La persistance des cadavres notés sous forme de dernière présence et première absence observée (CP),
- L'efficacité d'observation de chaque leurre/cadavre utilisé lors des tests (SE),
- La proportion pondérée par la densité (DWP).

Les modèles paramétriques de survie, décrivant la persistance, peuvent être ajustés à l'aide de différentes familles de distribution : exponentielle, Weibull, log-logistique ou log-normale. D'autres part, les modèles d'efficacité et de persistance peuvent être ajustés avec des variables prédictives telles que la taille des cadavres ou les saisons, susceptibles d'influencer la persistance ou la détection des cadavres. Lorsqu'elles sont disponibles, toutes les combinaisons de ces variables et des familles de distribution sont intégrées dans des modèles qui seront ensuite comparés entre eux et comparés aux modèles nuls (sans variables explicatives) par le critère d'information d'Akaike (AIC). Le modèle possédant le plus petit AIC sera gardé pour les estimations finales. Si la différence entre l'AIC de 2 modèles est inférieure à 2, le modèle contenant le moins de variables sera sélectionné. Le paramètre k des modèles d'efficacité est fixé à 1, de manière à simuler une probabilité constante de détecter un cadavre non détecté à la première recherche, lors de recherches successives.

Une fois les modèles de persistance et d'efficacité déterminés, l'estimation de mortalité est réalisée par un autre modèle intégrant les dates d'observation des cadavres, la probabilité que le cadavre tombe dans l'aire de recherche, et le calendrier de prospection des éoliennes. En absence de valeurs estimées de probabilité que les cadavres tombent dans l'aire de recherche et afin de rester cohérent avec les autres méthodes d'estimation, cette valeur est fixée à 1, supposant que tous les cadavres tombent dans l'aire de recherche. Le modèle d'estimation de persistance est réalisé avec 1000 itérations. La valeur médiane résultante est utilisée comme estimation de la mortalité pour ce parc. Cette valeur est rapportée au pourcentage moyen de surface prospectée tout au long du suivi. Les estimations de mortalité sont ensuite divisées entre chiroptères et oiseaux afin de fournir des valeurs pour chacun des 2 groupes.

5 PATRIMONIALITE, SENSIBILITE ET NIVEAU DE RISQUE POUR LES OISEAUX ET LES CHAUVES-SOURIS

La méthode employée est basée sur le document « Guide de préconisation pour la prise en compte des enjeux chiroptérologiques et avifaunistiques dans les projets éoliens - Région Hauts-de-France » (DREAL Hauts-de-France, septembre 2017 ; cité ci-après sous la dénomination « Guide de préconisation HdF ») **et adapté à la Région Bretagne par Ouest Am'.**

6 COMPARAISON AVEC LES SUIVIS DE MORTALITE DES PARCS DE BRETAGNE ET SEUIL DE SIGNIFICATIVITE

Afin de pouvoir effectuer une comparaison au niveau régional de la mortalité des chiroptères et des oiseaux, Ouest Am' a réalisé une étude en 2024 sur les estimations de la mortalité calculées avec GenEst à partir des données brutes de mortalité collectées sur les sites suivis durant la période 2019-2023 par Ouest Am' et retranscrites dans les rapports. Bien que les estimations de mortalité soient réalisées sur l'ensemble de la période de suivi de mortalité, la comparaison avec les estimations de mortalité des parcs de la région ne concerne que la période allant de la semaine 20 à 43, période commune à chaque site, afin de pouvoir réaliser des comparaisons sur des pas de temps et périodes similaires.

La méthode consiste à comparer l'estimation de la mortalité par éolienne du site pour les chiroptères et les oiseaux, calculée avec GenEst, avec l'estimation de la mortalité moyenne par éolienne des sites de la région (pour les régions Bretagne et Pays de la Loire). Si les données des sites de la région sont trop rares pour effectuer des comparaisons (Centre-Val de Loire, Nouvelle-Aquitaine et Normandie), les suivis de l'ensemble des régions seront utilisés. Au total, 99 rapports de suivi de mortalité ont été utilisés dans l'analyse (Tableau 6).

Tableau 6 : nombre de rapports de suivi de mortalité utilisés pour l'étude de la comparaison de la mortalité

Région	2019	2020	2021	2022	2023	Total
Pays de la Loire	7	5	14	11	11	48
Bretagne	3	7	2	9	6	27
Centre-Val de Loire	3	0	3	3	0	9
Nouvelle-Aquitaine	1	1	1	2	1	6
Normandie	0	2	3	3	1	9
Grand ouest	14	15	23	28	19	99

Les résultats sont donnés sous la forme d'un graphique de classement des parcs du plus mortifère au moins mortifère pour les chauves-souris et pour les oiseaux.

D'après les valeurs du nombre de cadavres estimé par éolienne entre les semaines 20 et 43 pour l'ensemble des suivis étudiés, différents seuils de significativité (Tableau 7) et niveaux de mortalité (Tableau 8) sont définis selon les barèmes suivant :

Tableau 7 : seuils de significativité

Significativité	Comparaison
Significative	> Moyenne régionale
Non significative	< Moyenne régionale

Le nombre d'individus impacté est une donnée importante. Même lorsqu'il s'agit d'espèces non protégées pour l'avifaune, il s'agit d'une indication sur les potentialités d'impacts pour certaines espèces.

Tableau 8 : classes de niveaux de mortalité

Niveau de mortalité	Limite inférieure	Limite supérieure
Fort	Q3	∞
Modéré	Q1	Q3
Faible	>0	Q1
Très faible	Aucun cadavre retrouvé*	

Le premier quartile (Q1) représente la valeur sous laquelle se trouvent les 25 % des données les plus faibles, indiquant la limite inférieure de la distribution ; L'intervalle entre Q1 et Q3 contient 50 % des données centrales de la distribution ; Le troisième quartile (Q3) marque la valeur sous laquelle se trouvent les 75 % des données.

*aucun cadavre retrouvé ne signifie pas nécessairement qu'aucun individu n'a été impacté.

7 SUIVI DE L'ACTIVITE DES CHIROPTERES

7.1 TRAVAIL DE TERRAIN

Le suivi de l'activité des chiroptères a été réalisé durant toute la durée de prospection par l'intermédiaire d'un enregistreur continu en nacelle : le GSM-Batcorder. Il couvre la période de suivi de mortalité, c'est-à-dire la période **de mai à octobre** (Tableau 9).

Tableau 9 : suivi de l'activité des chiroptères à l'aide du GSM-Batcorder

Installation	29/03/2024
Désinstallation	05/01/2024
Fonctionnement	Du 13/05/2024 au 27/10/2024
Eolienne(s) concernée(s)	E1
Dispositif	1 GSM-Batcorder 1 disque microphone 1 batterie plomb 1 chargeur/connecteur alimentation Des fixations
Réglages	Quality : 20 Threshold : -36dB Posttrigger : 800ms Cut off frequency : 14kHz Noise filter : on Horaires : 1 heure avant la tombée de la nuit jusqu'à 1 heure après le lever du jour

7.2 TRAITEMENT DES DONNEES

Le GSM Batcorder enregistre les sons sur des cartes SD par séquence. Les fichiers ont été décompressés et analysés avec les logiciels du système Batcorder, BCAdmin 4®.

Une vérification manuelle doit alors être faite à l'aide de logiciels de visualisation des sonagrammes tels que Batsound®, Kaleidoscope® ou bcAnalyze3® light. Cette seconde détermination des espèces permet d'éliminer les éventuelles erreurs du logiciel. Elle est fondée sur les connaissances actuelles (Barataud M. 2015 – Ecologie acoustique des Chiroptères d'Europe, identification des espèces, études de leurs habitats et comportements de chasse. 3^e éd. Biotopie, Mèze ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (collection Inventaires et biodiversité), 344p.).

Tous les fichiers relatifs à la présence de chiroptères enregistrés sont vérifiés manuellement. Les fichiers considérés comme « sons parasites » par le logiciel de traitement automatique sont vérifiés systématiquement si leur volume est faible, s'il est trop important un échantillonnage d'au moins 80% est analysé.

A partir de ces déterminations, on obtient des données d'activité mesurées en secondes cumulées, permettant une analyse de l'activité plus précise et pouvant être réutilisées pour d'éventuelles comparaisons ultérieures.

7.3 REFERENTIEL D'ACTIVITE EN NACELLE – OUEST AM'

Ouest Am' a développé en 2024 un nouveau référentiel d'activité des chiroptères en nacelle à partir des données acoustiques prétraitées d'enregistreurs acoustiques de type GSM-Batcorder. Ce nouveau référentiel a la particularité d'**intégrer les nuits sans activité enregistrée pour décrire plus finement l'activité moyenne de chaque espèce au cours de l'année**. Au total, 136 années d'enregistrement provenant de 81 parcs éoliens ont été compilées, totalisant 21 821 nuits d'enregistrements (Tableau 10).

Tableau 10 : nombre d'années d'enregistrement utilisées pour le référentiel

Région	2020	2021	2022	2023	Total
Pays de la Loire	18	19	13	15	65
Bretagne	10	8	18	12	48
Centre Val de Loire	0	2	2	2	6
Nouvelle Aquitaine	1	0	0	1	2
Normandie	2	3	5	4	14
Ile de France	1	0	0	0	1
Grand ouest	32	32	38	34	136

Les données acoustiques sont prédéterminées par le logiciel BCAdmin puis analysées manuellement (100% des données), mises en forme et exportées via ce logiciel.

Ces fichiers contiennent la durée d'activité sonore des chiroptères enregistrée par les appareils, ainsi que l'espèce identifiée par les écologues. **L'activité est ici exprimée en secondes cumulées** et est évaluée pour les différentes espèces puis calculée par nuit et par région, en incluant les nuits sans activité. On obtient alors **une moyenne d'activité par nuit**. Ces calculs sont réalisés toutes espèces confondues, ainsi que par guildes en fonction de la hauteur de vol de chaque espèce, et pour chaque espèce indépendamment. Les espèces retenues ont toutes déjà été enregistrées en altitude (nacelle ou mât) dans l'ouest de la France. Les guildes sont composées des espèces suivantes :

- **Espèces de vol haut** : Noctule commune, Noctule de Leisler, Pipistrelle de Nathusius, Grande Noctule, Sérotine de Nilsson, Sérotine bicolore, Vespère de Savi.
- **Espèces de vol intermédiaire** : Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, Pipistrelle pygmée, Minioptère de Schreibers, Sérotine commune.
- **Espèces de vol bas** : Oreillard gris, Oreillard roux, Barbastelle d'Europe, Grand Murin, Murin de Daubenton.

Le référentiel d'activité obtenu est décliné par mois et par région comprend :

- Le nombre total de nuits d'enregistrements,
- Le nombre de nuits durant lesquelles l'activité a été enregistrée,
- Le nombre de contacts moyen par nuit de chaque espèce,
- Le nombre de contacts total de chaque espèce,
- La durée d'activité moyenne par nuit de chaque espèce,
- La durée totale d'activité de chaque espèce.

Les données d'activité acoustique du présent site d'étude seront analysées de manière similaire pour produire des métriques descriptives de l'activité à hauteur de nacelle. Elles seront ensuite comparées à l'activité des sites constituant le référentiel selon deux méthodes, afin d'estimer le risque potentiel de collision. Bien que les statistiques descriptives d'activité soient réalisées sur l'ensemble de la

période de suivi acoustique, la comparaison avec les sites de référence ne concerne que la période allant de la semaine 20 à 43, période commune à chaque site, afin de pouvoir réaliser des comparaisons sur des pas de temps et périodes similaires.

- La première méthode consiste à comparer l'activité acoustique moyenne par nuit sur le site, pour l'ensemble des chiroptères, avec la moyenne d'activité des sites de la région (pour les régions Bretagne et Pays de La Loire). Si les données du référentiel sont trop rares pour effectuer des comparaisons (Normandie, Centre Val de Loire, Nouvelle Aquitaine, Ile de France), les sites de référence de l'ensemble des régions seront utilisés. Ces données d'activité par site seront représentées sous la forme d'un diagramme en barre montrant la position du site étudié par rapport aux autres sites de référence. En dessous de la moyenne, l'activité peut être considérée comme modérée à faible, tandis qu'au-dessus, l'activité peut être considérée comme modérée à forte selon le barème suivant (Tableau 11).

Tableau 11 : classes de niveaux d'activité

Niveau d'activité	Limite inférieure	Limite supérieure
Faible	0	Q1
Modéré	Q1	Q3
Fort	Q3	∞

Le premier quartile (Q1) représente la valeur sous laquelle se trouvent les 25 % des données les plus faibles, indiquant la limite inférieure de la distribution ; L'intervalle entre Q1 et Q3 contient 50 % des données centrales de la distribution ; Le troisième quartile (Q3) marque la valeur sous laquelle se trouvent les 75 % des données.

- La seconde méthode consiste à créer une fonction de distribution empirique à partir des moyennes d'activité de chaque espèce de chiroptères sur l'ensemble de sites de référence. Ensuite, la valeur moyenne d'activité d'une espèce sur un site spécifique est comparée à cette distribution empirique. La valeur obtenue, appelée quantile, indique la proportion des sites de référence où l'activité de l'espèce est inférieure ou égale à la moyenne d'activité observée sur le site spécifique. Cette méthode permet de situer l'activité moyenne d'une espèce sur un site particulier par rapport à l'activité moyenne de la même espèce sur un ensemble de sites de référence. Le quantile de chaque espèce sera représenté sous forme d'un graphique en radar. A titre d'exemple, une valeur de 75% indique que l'activité de l'espèce sur ce site est supérieure à 75% des sites de référence.

8 LIMITES DE LA METHODE

8.1 MORTALITE

8.1.1 SITE ET PROTOCOLE

Le nombre de cadavres trouvés dans la zone de recherche définie par le protocole national ne représente qu'une fraction de l'impact réel de ces infrastructures sur la faune, car certains peuvent se trouver en dehors de la zone de prospection, ce qui risque de sous-estimer la mortalité réelle. De plus, bien que la forme carrée de prospection soit plus facile à mettre en œuvre sur le terrain, elle ne permet pas d'échantillonner des zones à distance égale de l'éolienne, contrairement à un cercle, qui est cependant plus difficile à mettre en œuvre.

8.1.2 ESTIMATION DE LA MORTALITE

Il est également important de considérer l'impact de la surface prospectée sur les estimations de la mortalité. Si la surface prospectée est faible, cela signifie que les cadavres ne sont recherchés que dans une petite zone, laissant ceux situés dans des zones inaccessibles non détectables. L'extrapolation du nombre de cadavres trouvés dans cette zone peut être biaisée si leur répartition n'est pas homogène. Ainsi, une petite surface prospectée peut ne pas refléter la distribution réelle des cadavres, ce qui pourrait entraîner une sous-estimation de la mortalité si la majorité des cadavres se trouve en dehors de cette zone. En revanche, il est également possible qu'une petite surface prospectée entraîne une surestimation de la mortalité si elle présente une densité élevée de cadavres.

L'estimation de la mortalité peut également être biaisée si la persistance des cadavres est faible, car cela réduit la probabilité de les détecter. Plus la persistance diminue, plus le risque d'une estimation imprécise de la mortalité augmente. Bien que les formules plus récentes de Jones et Huso semblent être moins influencées par ces facteurs, ces formules reposent sur l'hypothèse que la persistance des cadavres suit une distribution exponentielle, ce qui n'est pas toujours vérifié.

8.2 SUIVI ACOUSTIQUE

8.2.1 SITE ET PROTOCOLE

Le suivi acoustique est réalisé sur la base d'un enregistreur, conformément au protocole national d'avril 2018. Les données sont donc extrapolées à l'échelle du parc. Cette configuration permet cependant de capter des signaux de transit lorsque les éoliennes se situent sur des trajectoires de migration. Il est important de noter que les signaux de transit sont beaucoup moins nombreux et plus espacés dans le temps, diminuant la probabilité de les enregistrer. De plus, il est probable qu'une partie des migrations ou des phases de transit se fassent en silence lorsque les individus utilisent les mêmes trajectoires.

8.2.2 ESPECES ET METHODE ACOUSTIQUE

Il est difficile de détecter des espèces émettant des signaux à faible intensité, de courte durée et/ou dans des fréquences ne portant qu'à faible distance. C'est par exemple le cas pour les Rhinolophes, et les petites espèces de Murins (BARATAUD, 2012). *A contrario*, certaines espèces émettent des signaux plus longs et dans des fréquences détectables à longues distances, c'est le cas des noctules par exemple.

9 METHODE DE CALIBRAGE DES MESURES CORRECTIVES

Afin de pouvoir rendre une conclusion concernant l'impact du parc éolien sur la faune volante, Ouest Am' a développé une méthode qui permet de définir si le parc a un impact significatif et s'il nécessite ou non des mesures correctives.

Méthode Ouest Am' :

1. Si la **mortalité estimée du parc suivi > moyenne estimée en région, la mortalité est considérée comme significative pour le critère « nombre d'individus »**. Des mesures correctives sont nécessaire la plupart du temps (sauf mortalité pour des espèces non protégées pour les oiseaux).

2. Si la **mortalité estimée du parc suivi** < à la **moyenne estimée en région**, 4 cas sont possibles :

- ✓ Cas 1. **Présence d'espèces de niveau VU (vulnérable au niveau régional ou national) ou supérieur**, la mortalité est **significative**, des mesures de réduction sont nécessaires.
- ✓ Cas 2. **Absence d'individus VU ou de niveau supérieur pour les oiseaux et absence de mortalité supérieure à 3 individus de la même espèce d'oiseau**, la mortalité n'est **pas significative**, des mesures de réduction ne sont pas nécessaires (mais elles peuvent être mises en place pour les espèces protégées de l'avifaune).
- ✓ Cas 3. **Absence d'individus VU ou de niveau supérieur pour les chiroptères et absence de mortalité supérieure à 3 individus de la même espèce de chiroptères**, la mortalité n'est **pas significative**, mais des **mesures de réduction (bridage) sont nécessaires** étant donné que toutes les espèces de chauves-souris sont protégées. Dans ce cas, le bridage proposé peut être ciblé sur les espèces ou les périodes pendant lesquelles la mortalité brute a été constatée.
- ✓ Cas 4. **La mortalité brute est nulle** pour les chiroptères mais l'activité enregistrée nécessite un bridage spécifique pour les espèces cibles et notamment les espèces classées VU ou de niveau supérieur.

En cas de mise en place de mesures de réduction et notamment de bridages ou d'évolution des bridages en cours, il est souvent nécessaire de reproduire le suivi de mortalité en année n+1 pour s'assurer que la nouvelle mesure est fonctionnelle.

Les mesures de réduction les plus fréquentes sont :

- ✓ Le bridage par seuil (vitesse de vent, température, pluviométrie selon une période et des horaires définis par le suivi),
- ✓ Le bridage « dynamique » via un système de suivi et d'arrêt des éoliennes pour les chiroptères.
- ✓ Les systèmes de détection avifaune (SDA) qui suit les oiseaux et arrête l'éolienne en cas de risque d'impact. Ces systèmes ne fonctionnent pas pour toutes les espèces et pour toutes les périodes. Ils peuvent toutefois aider à diminuer la mortalité des oiseaux diurnes et de taille suffisamment importante. Il est toutefois nécessaire de s'assurer de leur bon fonctionnement en réalisant un suivi de mortalité simultanément à minima la première année de fonctionnement du système.
- ✓ Le bridage dit « agricole » pour les oiseaux (arrêt des éoliennes dans un rayon et une temporalité à définir) – cette mesure efficace est très difficile à mettre en œuvre avec les exploitants agricoles. Il faudra alors s'assurer de la totale coopération des exploitants.

D'autres mesures, correctives, peuvent être mise en place. Elles sont plus proches de mesures compensatoires :

- ✓ La restauration ou la création d'habitats ou de gîtes pour les espèces concernées (à bonne distance du parc et des autres parcs existants),
- ✓ Le suivis de populations d'espèces patrimoniales associé à une surveillance du parc pour ces espèces afin de mieux définir les mesures de réduction,
- ✓ Etc.

Des mesures expérimentales peuvent également être proposées comme le fait de peindre une partie des pales avec une couleur ciblée pour une ou plusieurs espèces précédemment impactées. A ce jour, cette mesure n'a pas été mise en place et suivie en France mais elle a été mise en place et suivie en Norvège (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ece3.6592>).

10 MODELE DE REGULATION ACTUEL

Aucune mesure de réduction n'est en cours sur le parc de Châteaubourg.

RESULTATS

11 HABITATS DANS UN RAYON DE 300 M (PHOTOINTERPRETATION)

La carte ci-après (Figure 4) montre que l'éolienne est implantée au cœur d'une zone industrielle. On observe également la présence d'une parcelle cultivée, de haies et de surfaces en eau.

La zone industrielle est généralement moins propice à l'attraction des chauves-souris et des oiseaux, car elle offre peu d'habitats adaptés pour leur alimentation, leur nidification ou leur repos. Cependant, la présence de certains éléments tels que des cultures, des haies et des surfaces en eau au sein de cette zone peut attirer certaines espèces, notamment pour la recherche de nourriture ou la nidification.



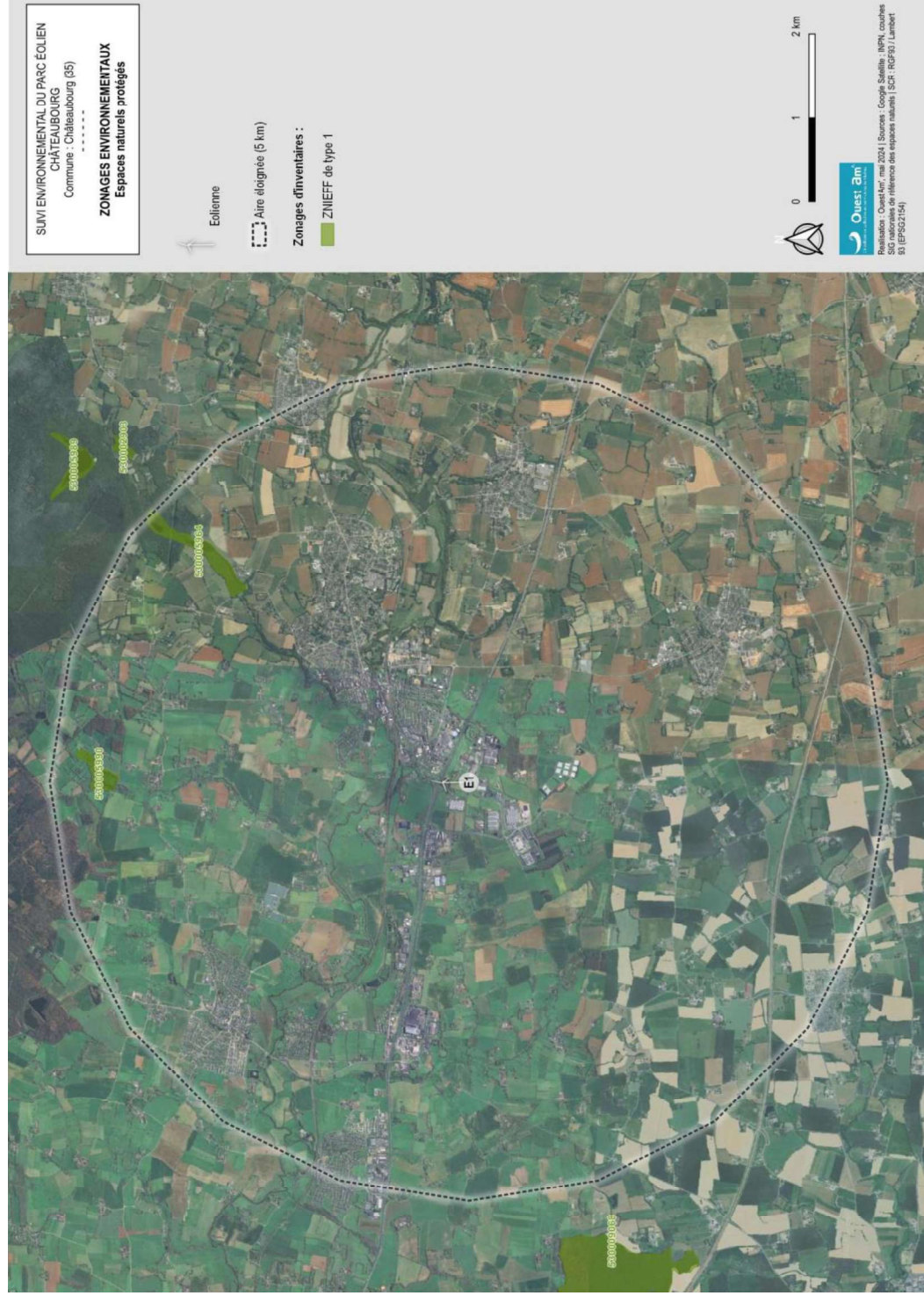
Figure 4 : carte des habitats à proximité des aires de prospection

12 ZONAGES ENVIRONNEMENTAUX

Les zonages environnementaux sont décrits ci-dessous (Tableau 12 et Figure 5).

Tableau 12 : zonages environnementaux dans un rayon de 5 km autour du parc

ZNIEFF 1			
ID_MNHN	ID_ORG	NOM DISTANCE (la + proche)	DESCRIPTION INPN
530005964	00000321	Etang de Fayelle 4 km	<p>Le site est situé sur le ruisseau de la Vallée, au sud de la forêt de Chevré. Il est composé d'un grand étang en deux parties. La partie nord possède une grande population de <i>Nymphaea alba</i> et une grande magnocariçaie à <i>Carex paniculata</i> et <i>Carex elata</i>.</p> <p>Une zone tourbeuse a été trouvée dans la partie nord-ouest de cet étang mais la fermeture du milieu semble avoir fait disparaître les espèces autrefois présentes : <i>Drosera rotundifolia</i>, <i>Menyanthes trifoliata</i> et <i>Narthecium ossifragum</i>. Il subsiste une population de sphaignes de quelques mètres carrés qui se prolonge par une chênaie à <i>Molinia caerulea</i> vers la partie boisée, et une saussaie marécageuse vers l'étang.</p> <p>On peut noter la nidification probable de <i>Oriolus oriolus</i> et <i>Falco subbuteo</i></p> <p>L'étang, d'une grande superficie, est probablement un site de repos pour les anatidés. Le Martin-pêcheur y est nicheur certain, observé en 2009.</p>
530005990	03570003	Etang de Pont-de-Pierre 4 km	<p>Cet étang fait partie d'un ensemble d'étangs situé en amont du ruisseau de Pont de Pierre, en bordure de la forêt de Chevré.</p> <p>Il présente des bordures colonisées par un boisement humide à tourbeux où est notamment observé <i>Myrica gale</i>, espèce inscrite sur la liste des espèces végétales menacées dans le massif armoricain. On note aussi la présence de prairies humides, en amont, d'un grand intérêt patrimonial avec la présence de <i>Menyanthes trifoliata</i> et de <i>Potentilla palustris</i>, espèces inscrites sur la liste des espèces végétales menacées dans le massif armoricain.</p> <p>Les prairies humides sont en cours de fermeture par les ligneux.</p>



13 RESULTATS DES TESTS

13.1 TESTS D'EFFICACITE ET DE PERSISTANCE

A partir des résultats des tests (Annexes 3 et 4), l'efficacité d'observation et la persistance ont été directement calculées ainsi que modélisées statistiquement avec GenEst. Les résultats sont présentés ci-dessous (Tableau 13).

Tableau 13 : efficacité d'observation et persistance moyenne des cadavres

	Huso et Jones	GenEst
Efficacité d'observation (%)	Chiroptères/Oiseaux : 71 / 100	81
Persistance des cadavres (jours)	1,25*	0,74**

*(t) : persistance moyenne

**persistance médiane : temps au bout duquel 50% des cadavres ont disparu

13.2 PROSPECTABILITE

Selon les différentes composantes de l'occupation du sol sous les éoliennes, selon son évolution saisonnière et selon l'évolution des modes de gestion, la prospectabilité a varié au cours des recherches.

Le graphique suivant montre, pour chaque éolienne, la surface réellement prospectée lors de chaque passage (Figure 6).

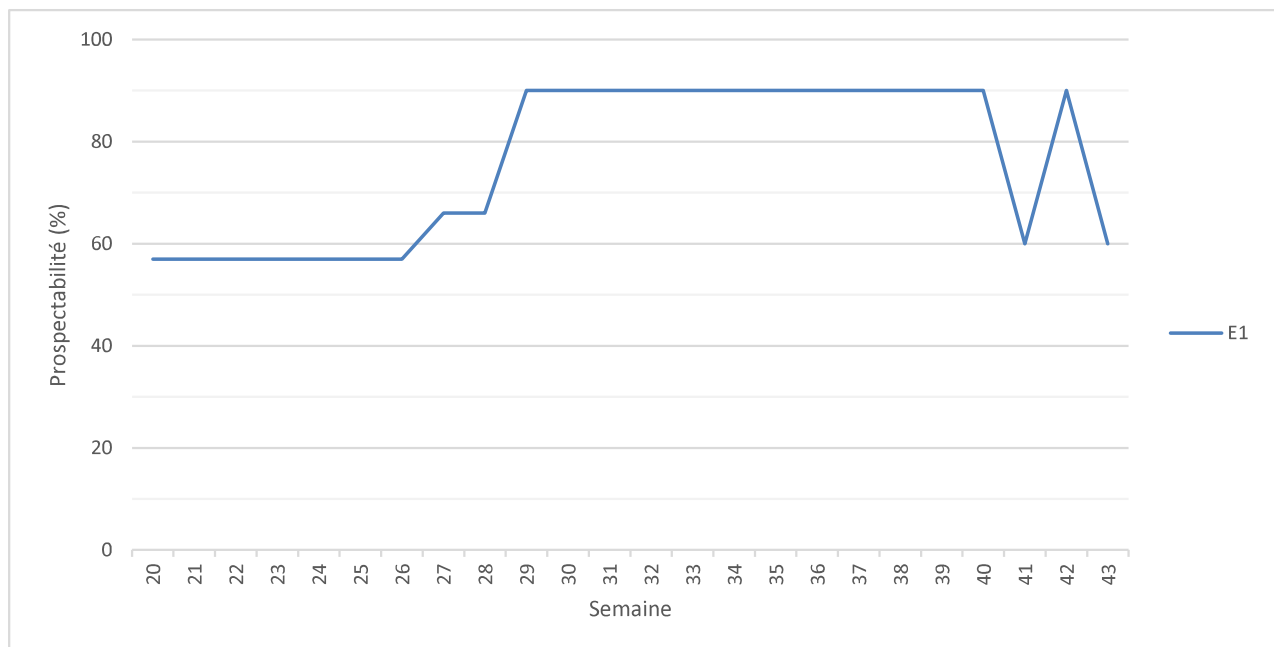


Figure 6 : évolution de la prospectabilité au cours du suivi

Sur l'ensemble de ce suivi, la **prospectabilité est bonne avec 76% des surfaces prospectées** (Tableau 14).

Tableau 14 : surface prospectée en fonction de l'éolienne

Eolienne	Surface prospectée (%)	Niveau de prospectabilité
E1	76	Bon
Parc	76	Bon

Ce facteur impacte logiquement les calculs d'estimation de mortalité avec une influence plus ou moins marquée selon la formule. Il est pris en compte dans l'interprétation des données de mortalité.

14 MORTALITE DES CHIROPTERES

14.1 MORTALITE BRUTE

Au total, aucun cadavre de chiroptères n'a été découvert durant ce suivi de 24 passages sous les éoliennes du parc de Châteaubourg (Annexe 5).

14.2 MORTALITE ESTIMEE

L'estimation de la mortalité a été calculée à l'aide de 3 méthodes : Huso, Jones et GenEst, conformément aux exigences du protocole national d'avril 2018 (15).

Tableau 15 : estimation de la mortalité des chiroptères

N° Éolienne	Mortalité observée	Estimation de la mortalité		
		N Jones	N Huso	N GenEst
E1	0	0	0	0
Parc	0	0	0	0*

*Médiane estimée pour l'ensemble des données de chiroptères, ajustée à la surface moyenne totale prospectée de toutes les éoliennes

La mortalité brute étant nulle, la mortalité estimée l'est également.

Les différents paramètres utilisés dans le calcul de ces estimations sont détaillés en Annexe 6.

15 MORTALITE DE L'AVIFAUNE

15.1 MORTALITE BRUTE

Au total, **1 cadavre d'oiseau** a été découvert sous les éoliennes du parc de Châteaubourg au cours des 24 passages réalisés lors de ce suivi (Annexe 7). Il a été trouvé à une distance de 2,5 m de l'éolienne E1 (Tableau 16 et Annexe 9).

La mortalité par mois et par espèce (Figure 7) est illustrée ci-dessous.

Tableau 16 : informations concernant les cadavres trouvés

Date	Espèce	Sexe	Âge	État de l'individu	État du cadavre	Blessure visible	Prédation	Cause présumée	Éolienne	Distance et orientation
05/06/24	Pigeon ramier	ind.	ad.	plumée	reste rectrices et duvet	non	oui	collision	E1	2,5m NO

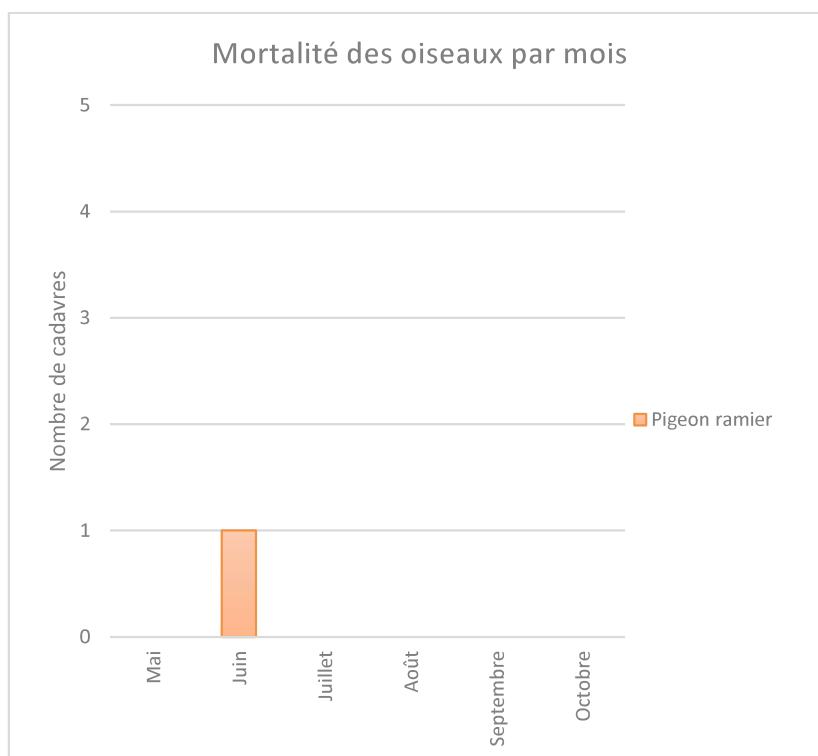


Figure 7 : mortalité des espèces d'oiseaux découvertes par mois

15.2 CAUSES DE LA MORTALITE

Il est parfois difficile d'être catégorique au sujet des raisons qui ont provoqué la mort de l'avifaune observée sous les éoliennes. En effet, l'état de putréfaction ou de dessiccation d'un cadavre est parfois tel qu'à défaut d'autopsie vétérinaire approfondie, la cause de la mort ne peut être clairement identifiée.

Dans notre cas, l'individu est mort par collision avec les pâles.

15.3 STATUTS DES ESPECES IMPACTEES

Les statuts de protection et de menace des espèces impactées sont rappelés ci-dessous (Tableau 17).

Tableau 17 : statuts de protection et de conservation des oiseaux impactés

Nom vernaculaire	Nom scientifique	LR FR nicheurs (2016)	LR Bretagne nicheurs (2021)	Resp. biologique régionale (nicheurs)	Indice de conservation (nicheurs)	Indice de sensibilité (nicheurs)	Niveau de risque (nicheurs)	LR FR de passage (2011)	LR Bretagne de passage (2015)	Resp. biologique régionale (de passage)	Indice de conservation (de passage)	Indice de sensibilité (de passage)	Niveau de risque (de passage)	Directive Oiseaux Annexe 1	Espèce protégée	Mortalité en Europe (Tobias Dürr) au 29/10/2024
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	LC	LC	Mineure	2	3	2,5	NA	DD	Mineure	2	3	2,5			27

LC : Préoccupation mineure

15.4 MORTALITE ESTIMEE

L'estimation de la mortalité a été calculée à l'aide de 3 méthodes : Huso, Jones et GenEst, conformément aux exigences du protocole national d'avril 2018 (Tableau 18).

Tableau 18 : estimation de la mortalité des oiseaux

N° Éolienne	Mortalité observée	Estimation de la mortalité		
		N Jones	N Huso	N GenEst
E1	1	55,2	19,7	11,1 (IC 90% : 1,3-40,2)
Parc	1	55,2	19,7	11,4 (IC 90% : 1,3-39,0)*

*Médiane estimée pour l'ensemble des données d'oiseaux, ajustée à la surface moyenne totale prospectée de toutes les éoliennes

Le nombre de cas de mortalité estimé pour l'ensemble du parc se situe entre 11,4 et 55,2.

Les différents paramètres utilisés dans le calcul de ces estimations sont détaillés en Annexe 8.

16 COMPARAISON AVEC LES SUIVIS DE MORTALITE DES PARCS DE BRETAGNE

16.1 CHIROPTERES

Selon la méthode Ouest Am', avec une moyenne de 0 individus/éolienne, la mortalité constatée pour les chauves-souris sur le parc de Châteaubourg est **nulle et non significative pour le nombre d'individus estimé, puisqu'elle se situe en dessous de la moyenne des estimations de mortalité des parcs de la région et qu'aucun cadavre n'a été retrouvé** (Figure 8).

Aucune espèce ayant un classement de patrimonialité « Vulnérable » ou de niveau supérieur n'a été recensée.

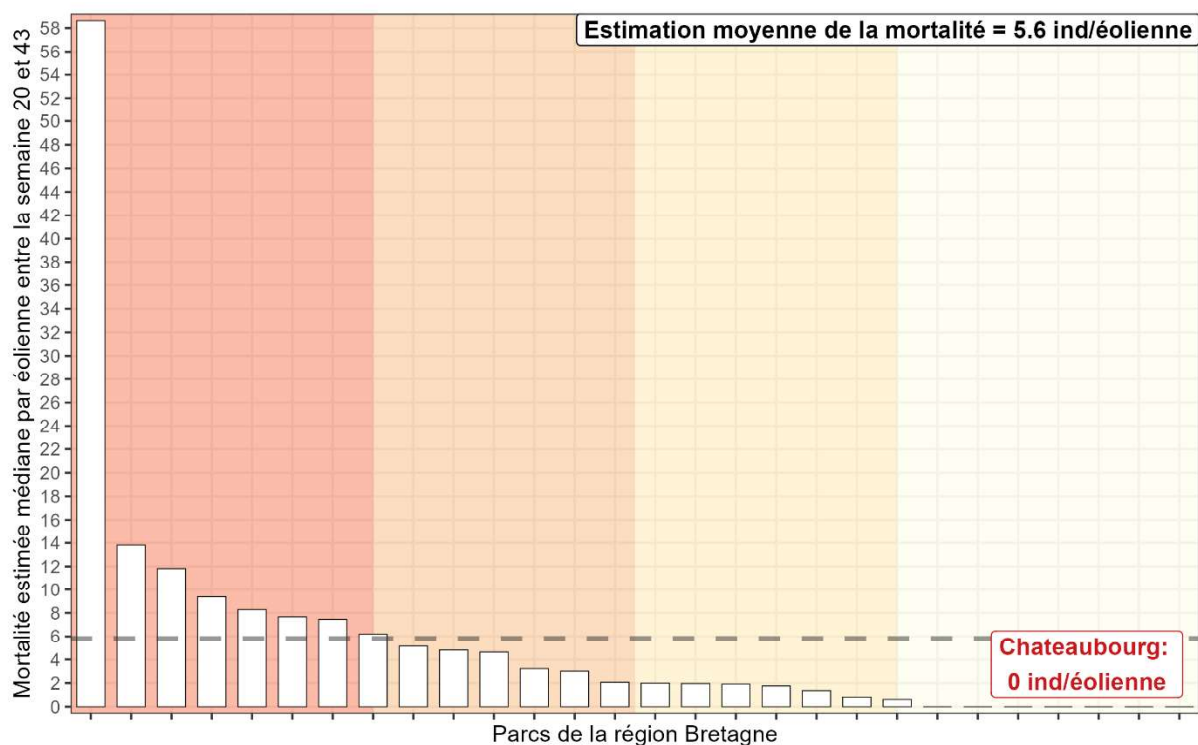


Figure 8 : diagramme en barre représentant la mortalité estimée médiane des chiroptères par éolienne, calculée entre la semaine 20 et 43, sur l'ensemble des sites de la région (barres blanches) et sur le site d'étude (barre rouge)

La barre horizontale pointillée représente la mortalité moyenne estimée des sites. Les couleurs en fond de graphique divisent les parcs en quartile en fonction de la mortalité estimée

16.2 AVIFAUNE

Selon la méthode Ouest Am', avec une moyenne de 11,4 individus/éolienne, la mortalité constatée pour les oiseaux sur le parc de Châteaubourg est **forte et significative pour le nombre d'individus estimé, puisqu'elle se situe au-dessus de la moyenne et du troisième quartile des estimations de mortalité des parcs de la région** (Figure 9). Cependant il convient de considérer que le parc ne contient qu'une seule éolienne.

Aucune espèce ayant un classement de patrimonialité « Vulnérable » ou de niveau supérieur n'a été recensée.

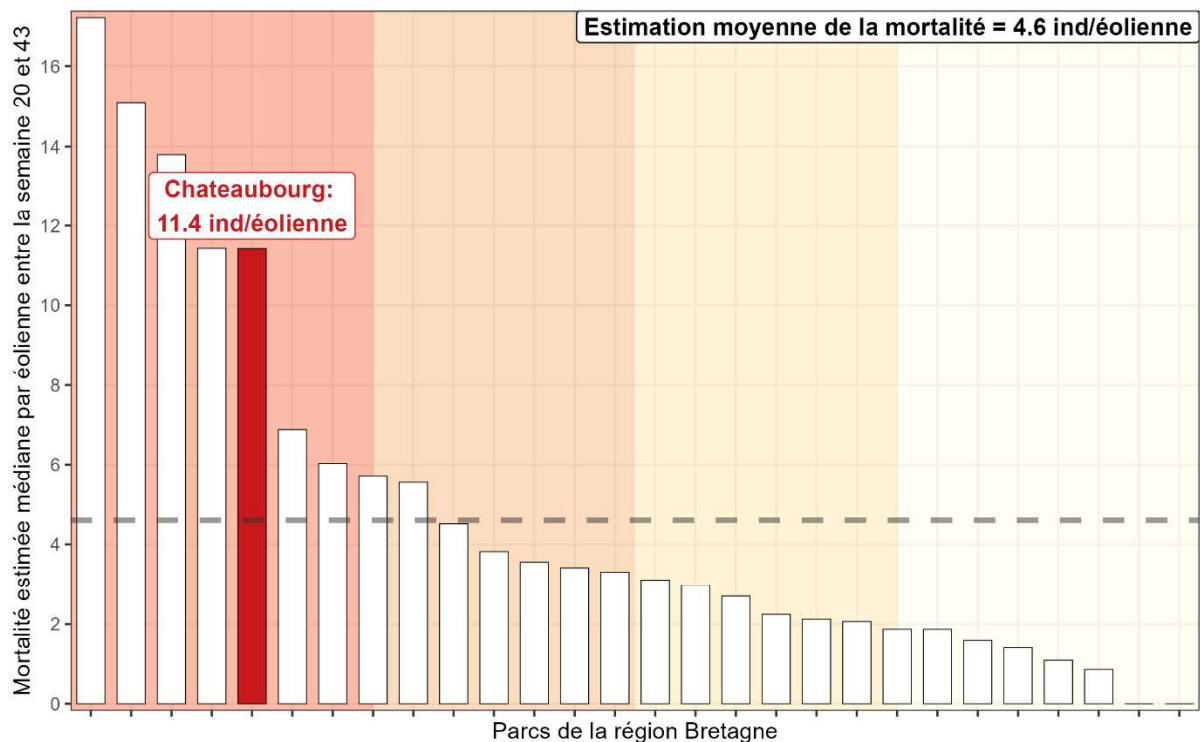


Figure 9 : diagramme en barres représentant la mortalité estimée médiane des oiseaux par éolienne, calculée entre la semaine 20 et 43, sur l'ensemble des sites de la région (barres blanches) et sur le site d'étude (barre rouge)

La barre horizontale pointillée représente la mortalité moyenne estimée des sites. Les couleurs en fond de graphique divisent les parcs en quartile en fonction de la mortalité estimée

17 SUIVI D'ACTIVITE DES CHIROPTERES

17.1 ESPECES RECENSEES SUR LE SITE ET ACTIVITE

Le suivi acoustique a mis en évidence la présence d'au moins **5 espèces de chiroptères** (Figure 10). Parmi ces espèces, la **Noctule de Leisler** représente l'essentiel de l'activité (1 207 secondes). La **Pipistrelle de Kuhl** arrive au second rang (203 secondes) suivie par la **Noctule commune** (158 secondes) et la **Pipistrelle commune** (144 secondes).

La **Pipistrelle de Nathusius** a une activité très faible (14 secondes).

Les espèces recensées sont particulièrement sensibles aux éoliennes (pipistrelles et noctules).

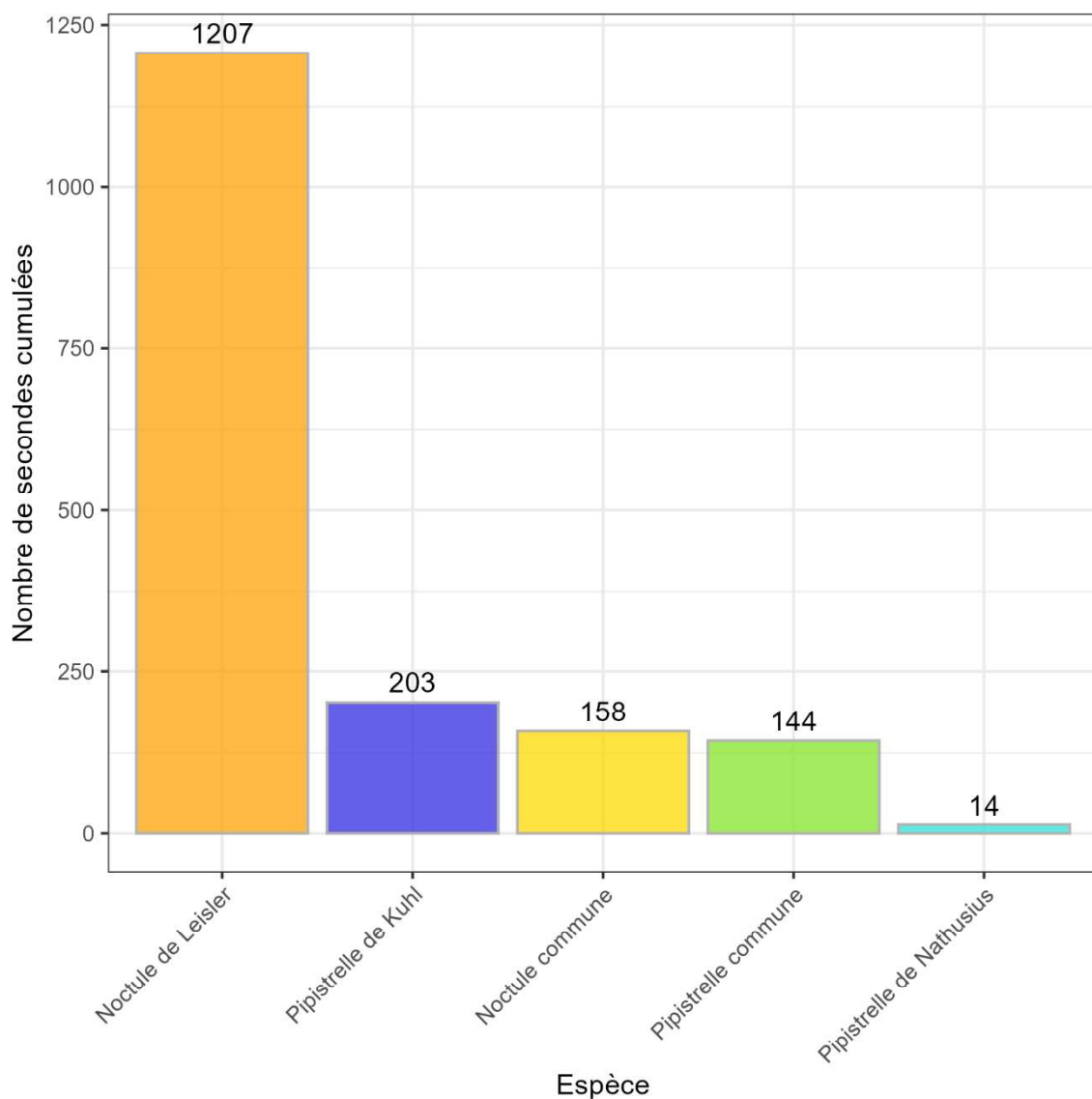


Figure 10 : activité en secondes cumulées par espèce sur l'ensemble du suivi

L'activité par mois montre que juillet et août représentent l'essentiel de l'activité (Figure 11).

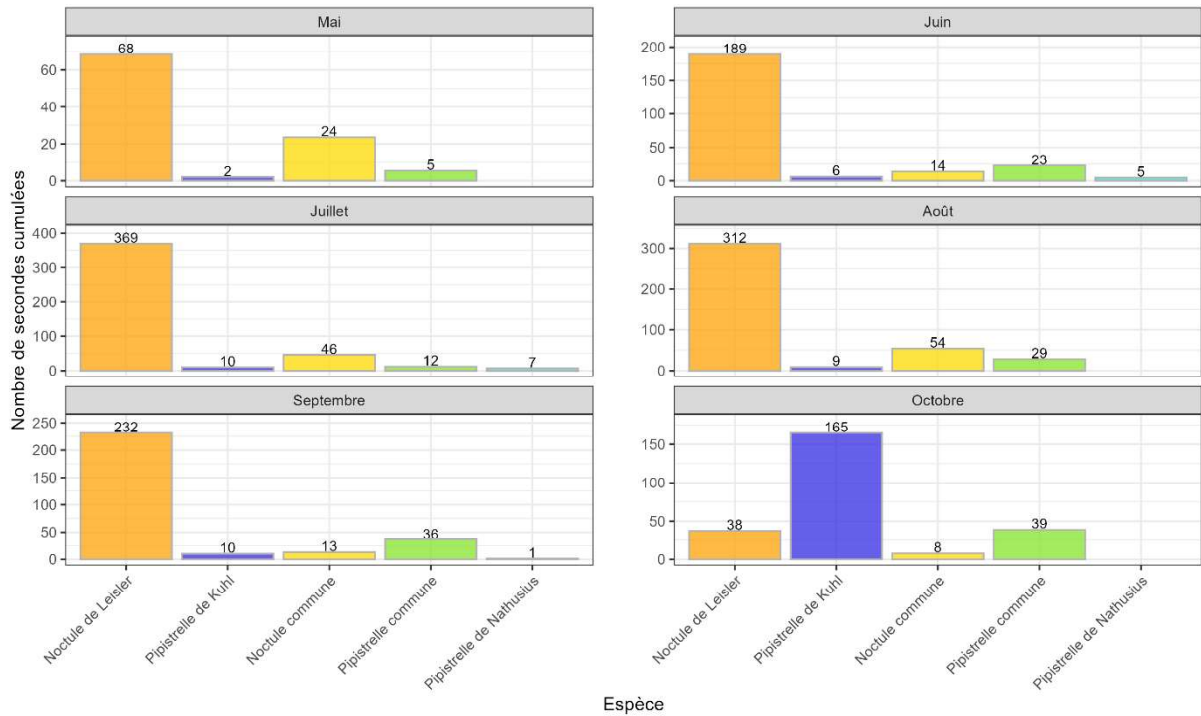


Figure 11 : activité en secondes cumulées par espèce et par mois
Les échelles des graphiques sont libres pour permettre une meilleure visualisation de l'activité

Les données d'activité sur l'ensemble du suivi ainsi que par mois sont détaillées en annexes (Annexes 10 et 11).

Les espèces recensées ont toutes à minima un statut NT sur liste rouge nationale et/ou régionale à part la **Pipistrelle de Kuhl**. Seule la **Noctule commune** a un statut VU au niveau national (Tableau 19).

Tableau 19 : statuts de protection et de conservation des chauves-souris recensées

Nom vernaculaire	Nom latin	Liste rouge France (2017)	Liste rouge Bretagne (2015)	Responsabilité biologique Bretagne (2015)	Directive Habitats Annexe 2	Protection nationale	Indice de conservation	Indice de sensibilité	Indice de vulnérabilité
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	VU	NT	Modérée		Art. 2	4	4	4
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	NT	NT	Modérée		Art. 2	3	4	3,5
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	NT	LC	Mineure		Art. 2	3	4	3,5
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	LC	LC	Mineure		Art. 2	2	4	3
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	NT	NT	Modérée		Art. 2	3	4	3,5

LC : préoccupation mineure ; NT : quasi-menacé ; VU : vulnérable

17.2 ANALYSE DE L'ACTIVITE SUR L'ENSEMBLE DU SUIVI

L'activité est hétérogène sur toute la période d'enregistrement (Figure 12) avec une activité dominée de manière régulière sur la saison pour la **Noctule de Leisler** et la **Pipistrelle de Kuhl** en fin de saison sur la semaine 42. L'activité cesse semaine 43.

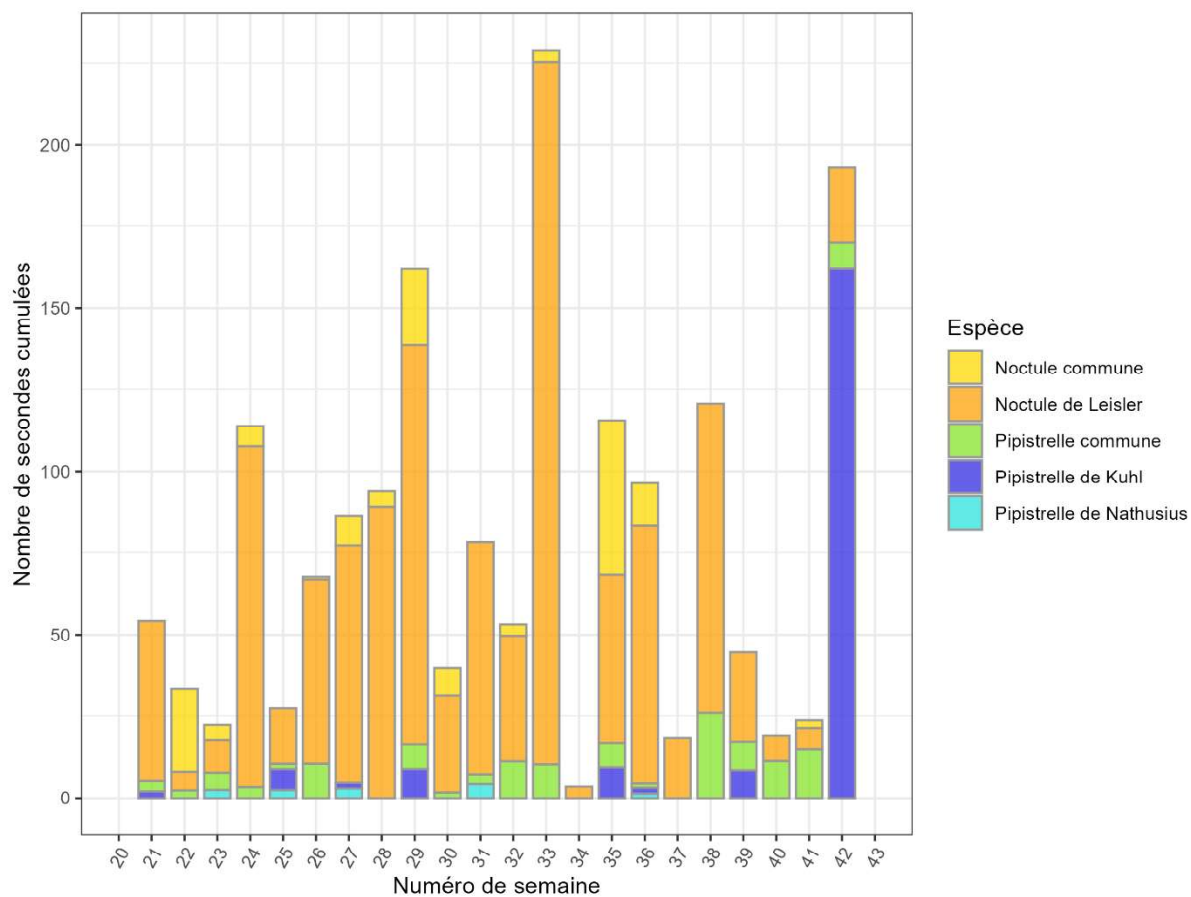


Figure 12 : activité par semaine sur l'ensemble du suivi

Sur l'ensemble de la période d'enregistrement, les chauves-souris ont été actives à partir de 19h30 jusqu'à 7h00 avec une activité concentrée en début et milieu de nuit (Figure 13).

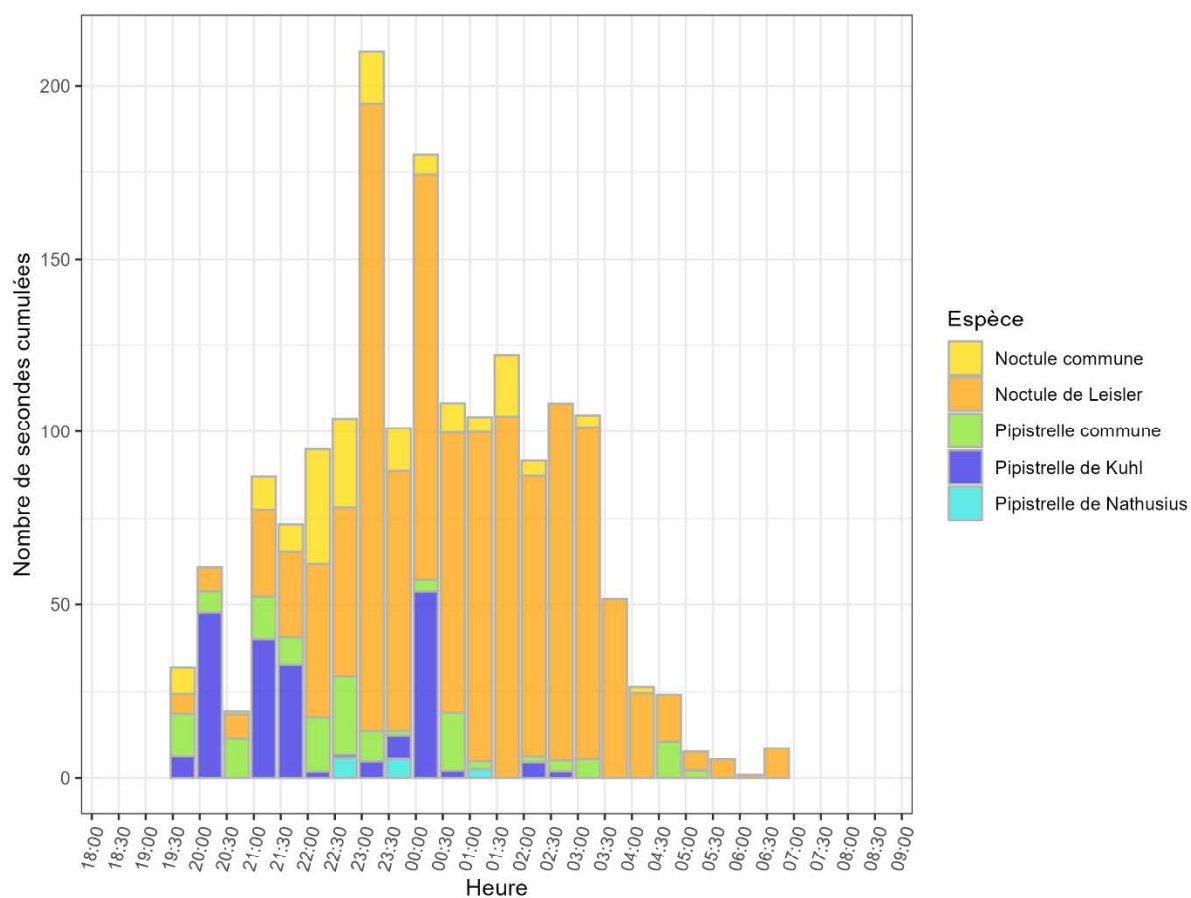


Figure 13 : activité enregistrée en fonction de l'heure de la nuit sur l'ensemble de la période d'enregistrement

L'activité horaire détaillée met en évidence que celle-ci est plus marquée en début et/ou milieu de nuit sur l'ensemble du suivi sauf en juin où elle domine en milieu et fin de nuit (Figure 14).

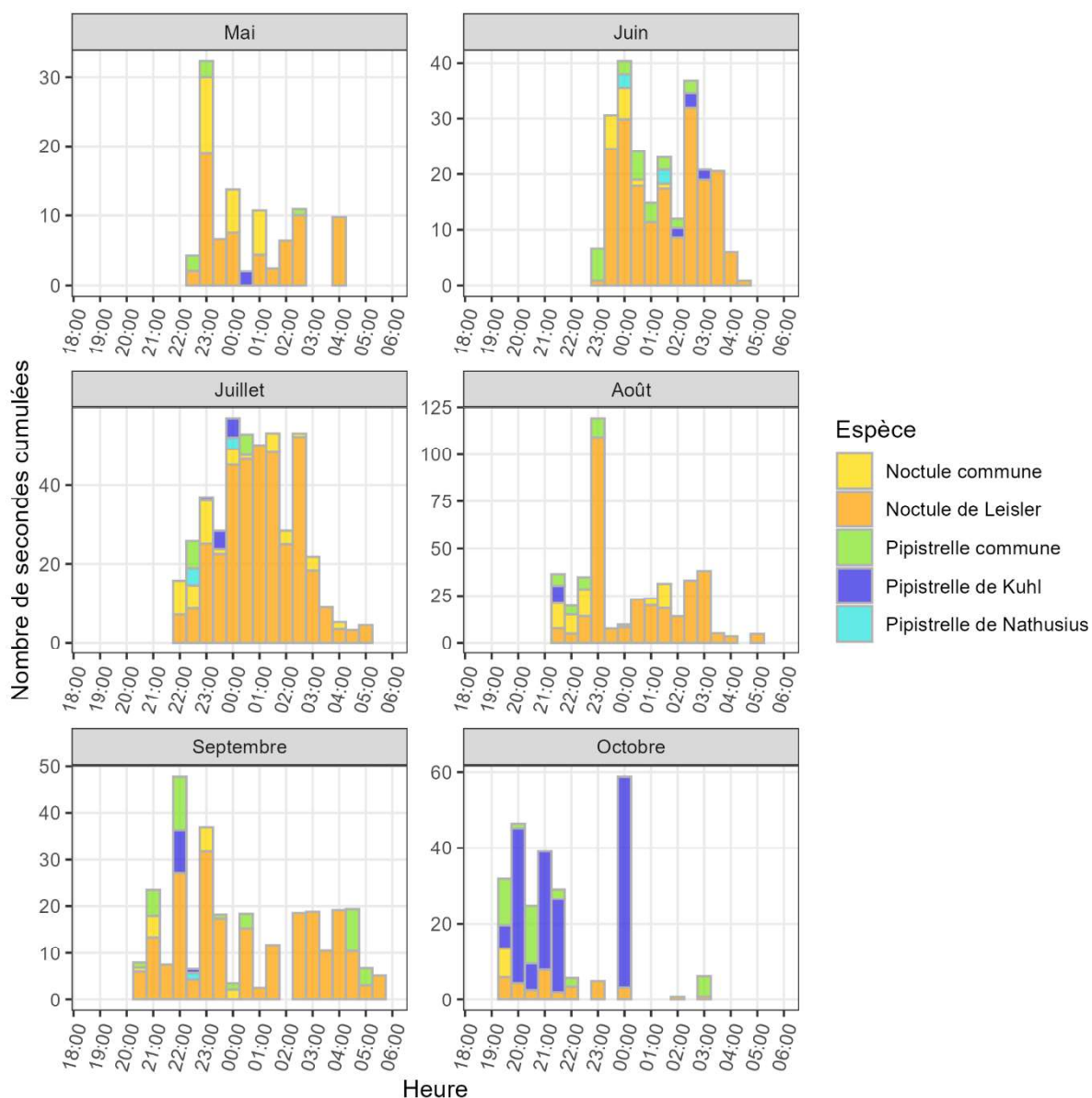


Figure 14 : activité enregistrée par mois en fonction de l'heure de la nuit (échelle variable)

L'activité exprimée avec une échelle fixe montre que juillet et août représentent l'essentiel de l'activité horaire annuelle exprimée en lien avec l'activité de la **Noctule de Leisler** (Figure 15).

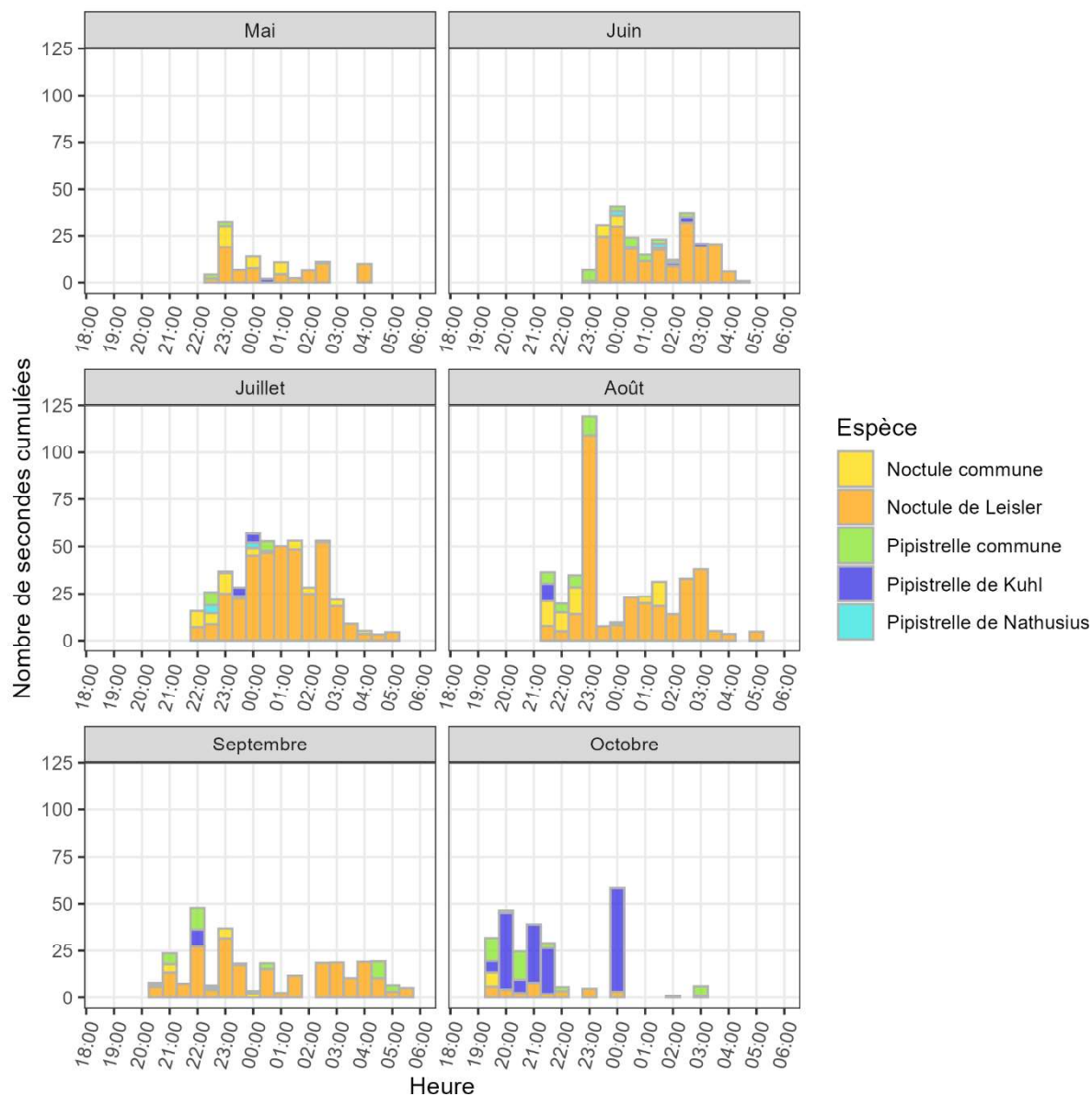


Figure 15 : activité enregistrée par mois en fonction de l'heure de la nuit (échelle fixe)

17.3 COMPARAISON AU REFERENTIEL D'ACTIVITE OUEST AM'

En comparant l'activité moyenne du site à celles des sites de référence suivis par Ouest Am' entre 2020 et 2023, les niveaux d'activité peuvent être évalués pour l'ensemble des chiroptères et par espèce.

Avec une moyenne de 10,3 s, l'activité globale des chiroptères peut être considérée comme modérée, puisqu'elle se situe en dessous de la moyenne d'activité et entre le premier quartile et le troisième quartile des sites de référence (Figure 16).

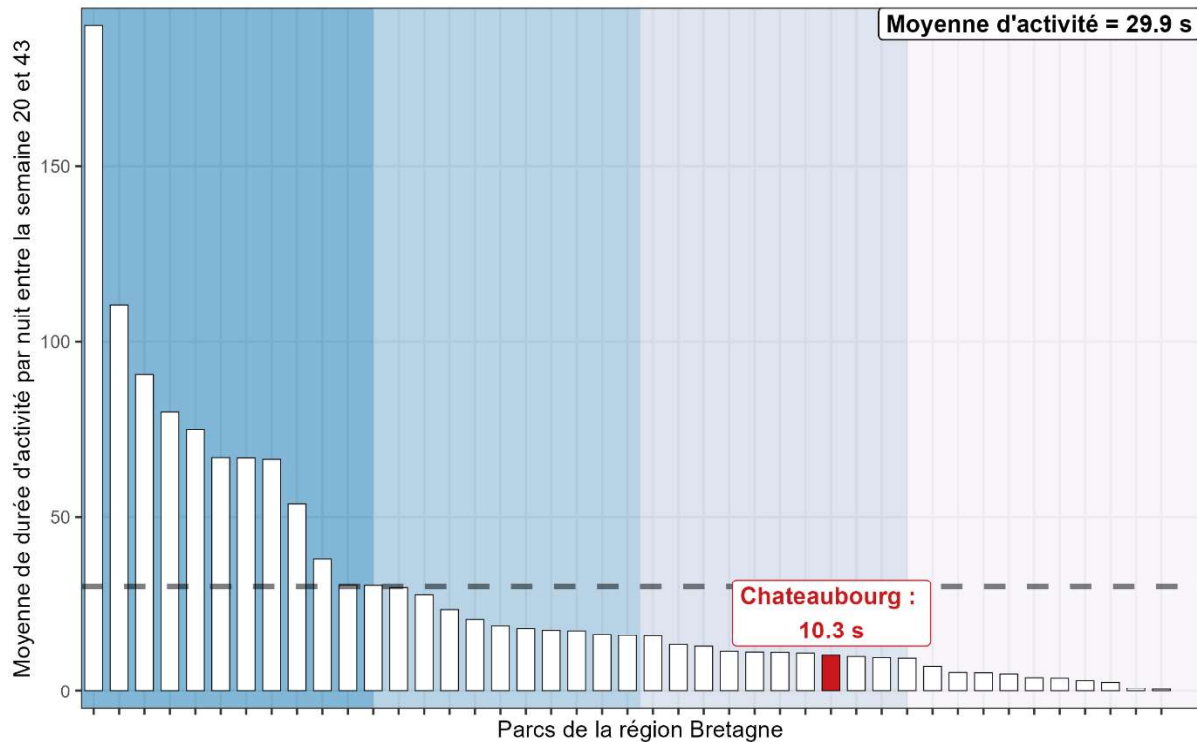


Figure 16 : diagramme en barres représentant l'activité acoustique moyenne des chiroptères, enregistrée entre la semaine 20 et 43, sur l'ensemble des sites de référence de la région (barres blanches) et sur le site d'étude (barre rouge)

La barre horizontale pointillée représente la moyenne d'activité des sites. Les couleurs en fond de graphique divisent les parcs en quartile en fonction de l'activité moyenne enregistrée

L'espèce avec l'activité la plus notable au regard de l'ensemble des sites du référentiel est celle de la **Noctule de Leisler** ; son activité est supérieure à 97% des sites de référence (Figure 17).

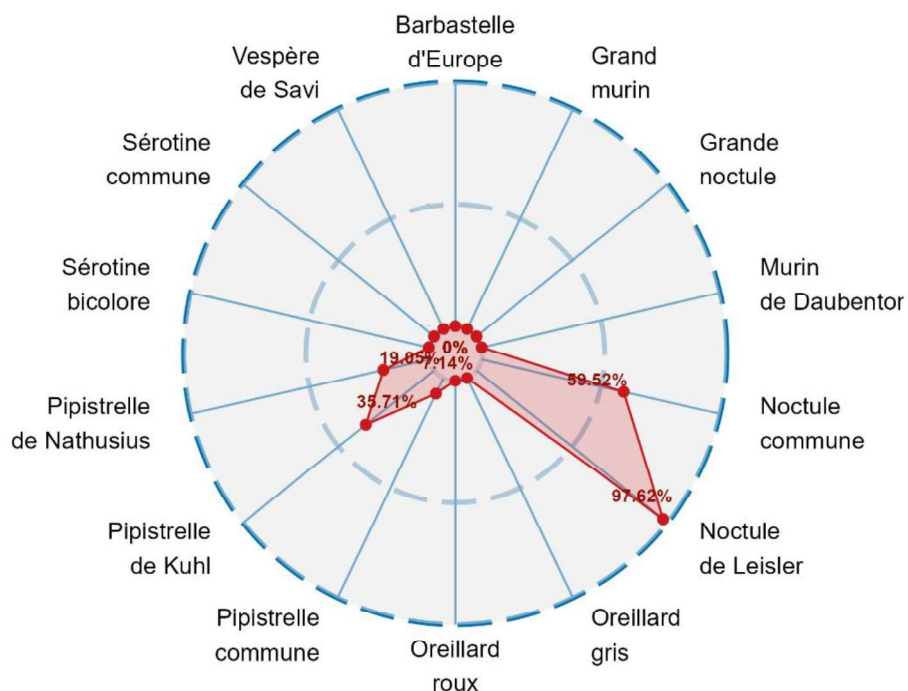


Figure 17 : graphique en radar représentant le quantile d'activité de chaque espèce par rapport aux sites de référence

Le pourcentage indiqué en rouge indique la proportion des sites de référence où l'activité de l'espèce est inférieure ou égale à la moyenne d'activité observée sur le site spécifique. A titre d'exemple, une valeur de 75% indique que l'activité de l'espèce sur ce site est supérieure à 75% des sites de référence

17.4 REPARTITION DE L'ACTIVITE DANS LE TEMPS

Il apparaît que la majorité de l'activité est enregistrée en juillet et en août (Figure 18) et correspond à l'essentiel de l'activité de la **Noctule de Leisler** et dans une moindre mesure de la **Pipistrelle commune**, de la **Noctule commune** et de la **Pipistrelle de Nathusius**. L'activité de la **Pipistrelle commune** est principalement concentrée en septembre et octobre, tandis que l'activité de la **Pipistrelle de Kuhl** est concentrée en octobre.

L'activité apparaît plus marquée début et/ou milieu de nuit pour toutes les espèces.

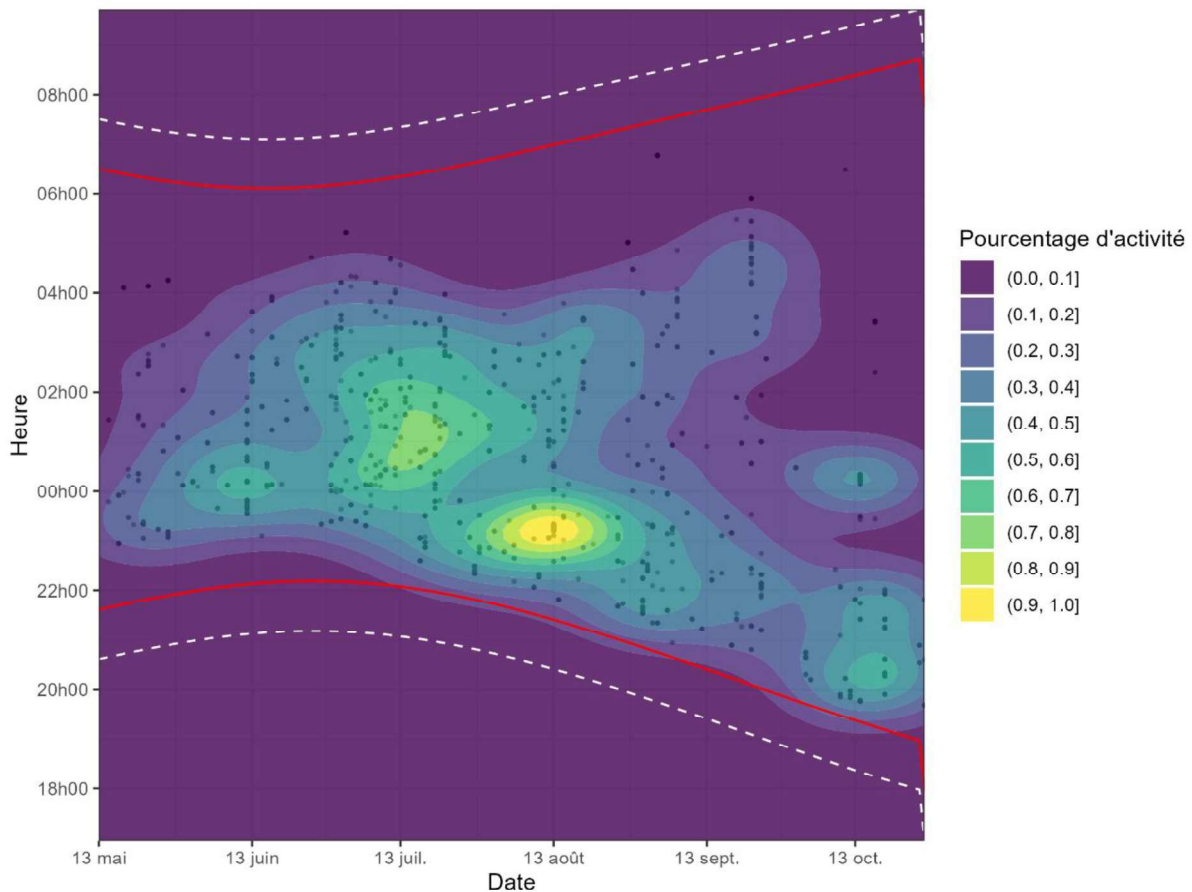


Figure 18 : activité enregistrée en fonction de l'heure (ordonnées) et du mois (abscisse)

Chaque point représente une mesure d'activité, la zone entourée représente 90 % de l'activité, les traits rouges représentent les heures de lever et de coucher du soleil, les traits en pointillé la période d'enregistrement.

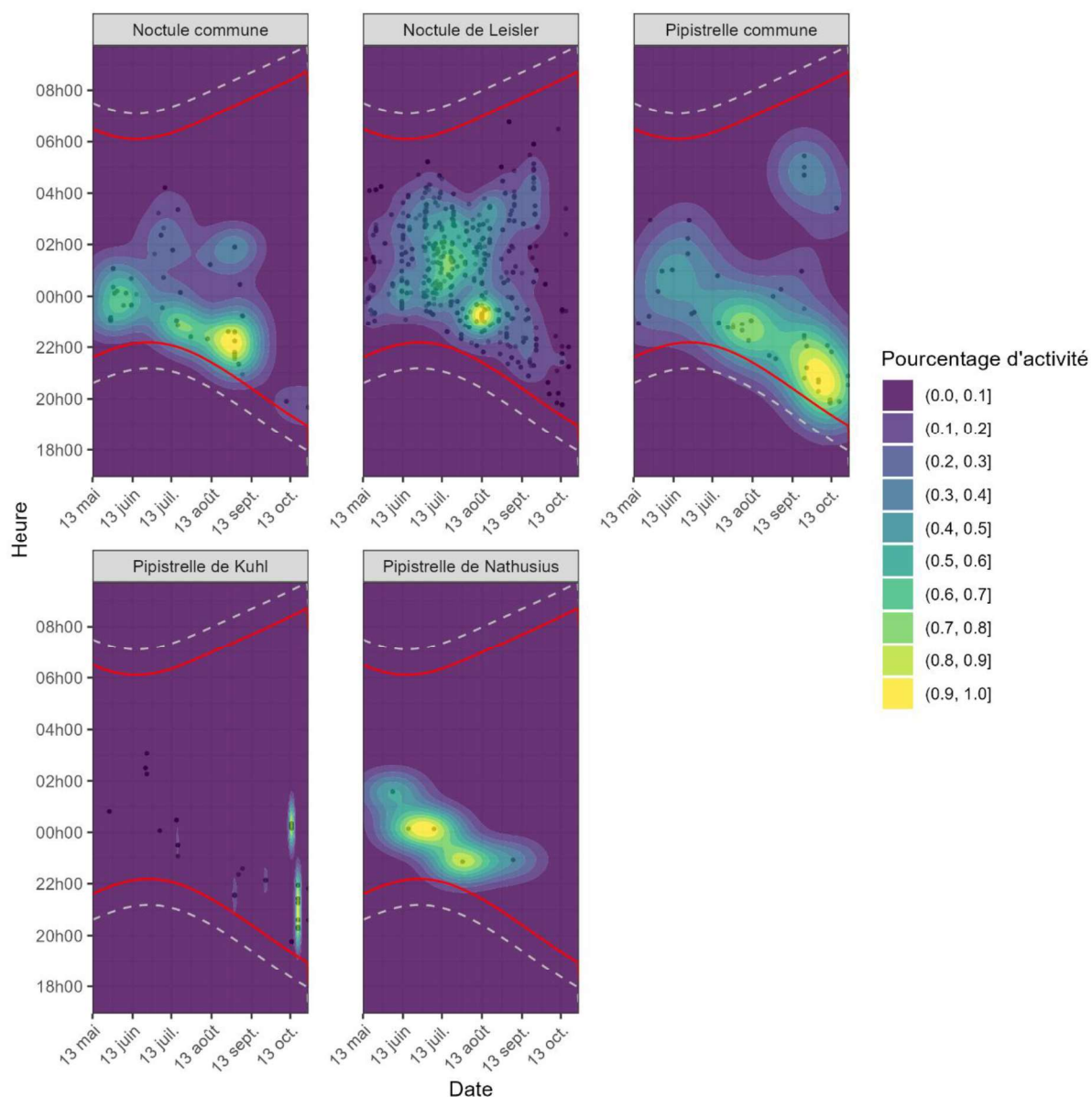


Figure 19 : activité enregistrée en fonction de l'heure (ordonnées) du mois (abscisse) et par espèce
Chaque point représente une mesure d'activité, la zone entourée représente 90 % de l'activité

17.5 CORRELATION ENTRE ACTIVITE ET DONNEES METEOROLOGIQUES COMBINEES

L'activité peut être comparée avec l'ensemble des données météorologiques disponibles (vitesse de vent et température) et représentée de manière synthétique dans la figure suivante (Figure 20).

Les données de température en nacelle n'étant pas disponibles, elles ont été extraites à partir des relevés effectués avec le Batcorder. Par conséquent, un écart peut exister entre les données potentielles obtenues en nacelle et celles collectées avec le Batcorder. Si des éléments tendent à montrer un écart anormal de l'activité des chiroptères en fonction de la température au vu de la connaissance acquise, ceux-ci seront précisés.

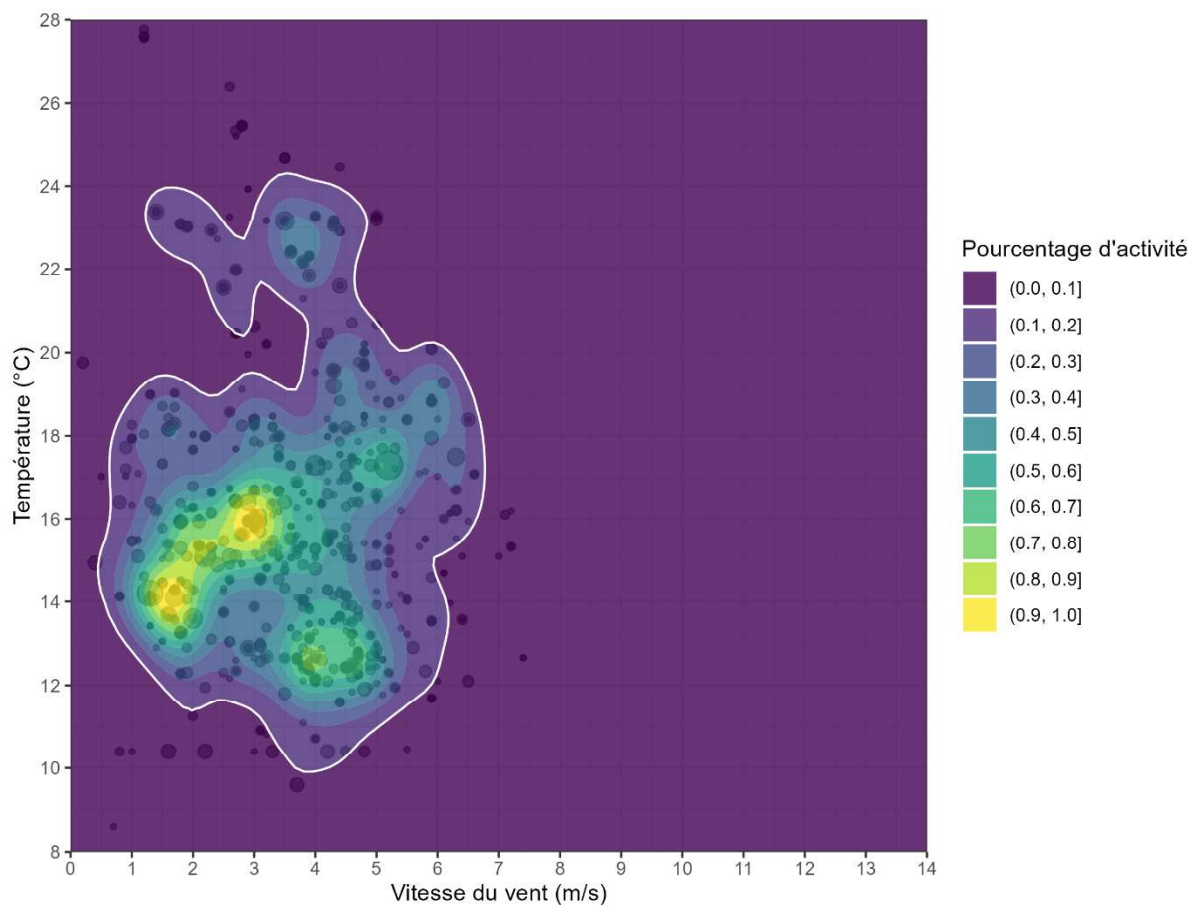


Figure 20 : corrélation entre activité, vitesse de vent et température
Chaque point représente une mesure d'activité, la zone entourée représente 90 % de l'activité

Ces valeurs sont reprises ci-dessous en les détaillant par espèce et par mois (Figure 21 et Figure 22).

Elles montrent que les différentes espèces sont principalement actives sur des plages de valeurs en température et vitesse de vent relativement similaires (entre 10 et 25 °C et entre 0 et 6 m/s). La Noctule commune montre une activité importante jusqu'à 26°C tandis que la Pipistrelle de Nathusius est active jusqu'à 28°C.

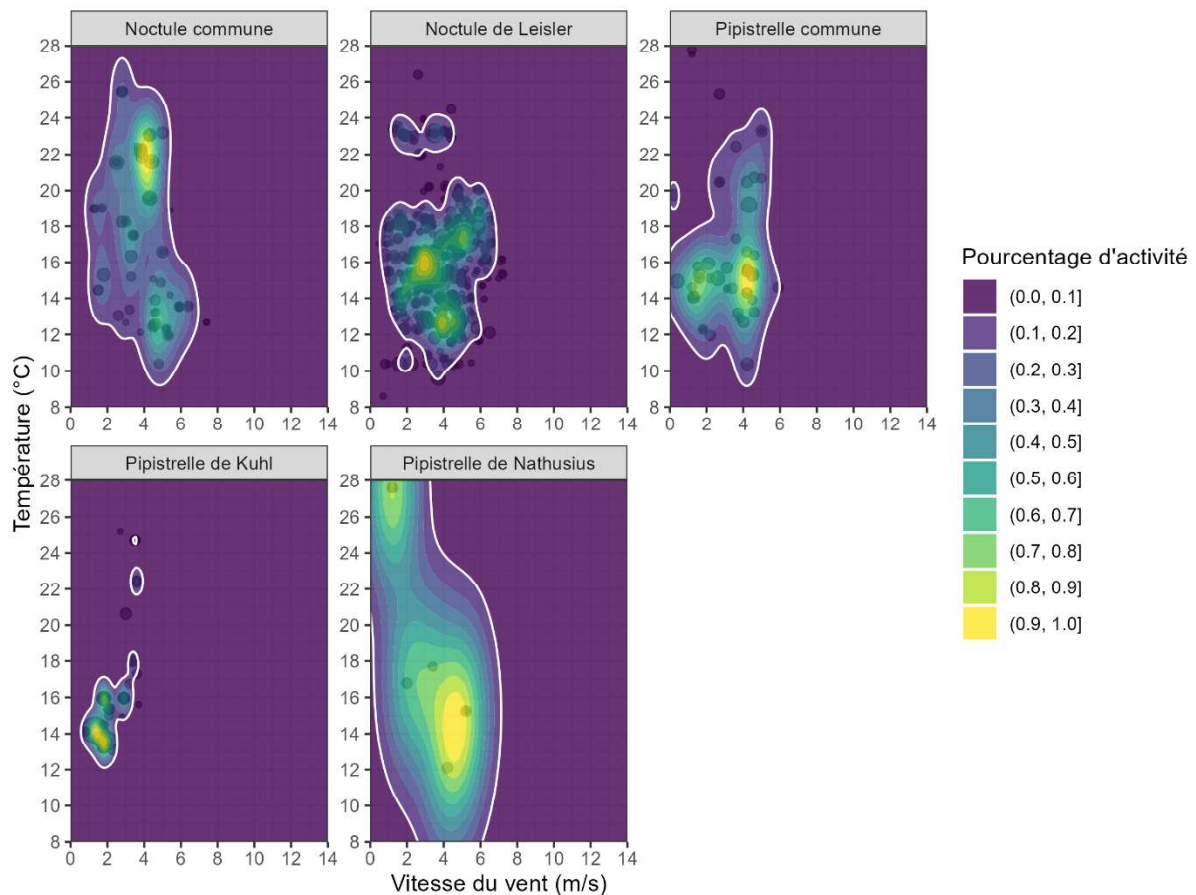


Figure 21 : corrélation entre activité, vitesse de vent et température pour chaque espèce
Chaque point représente une mesure d'activité, la zone entourée représente 90 % de l'activité

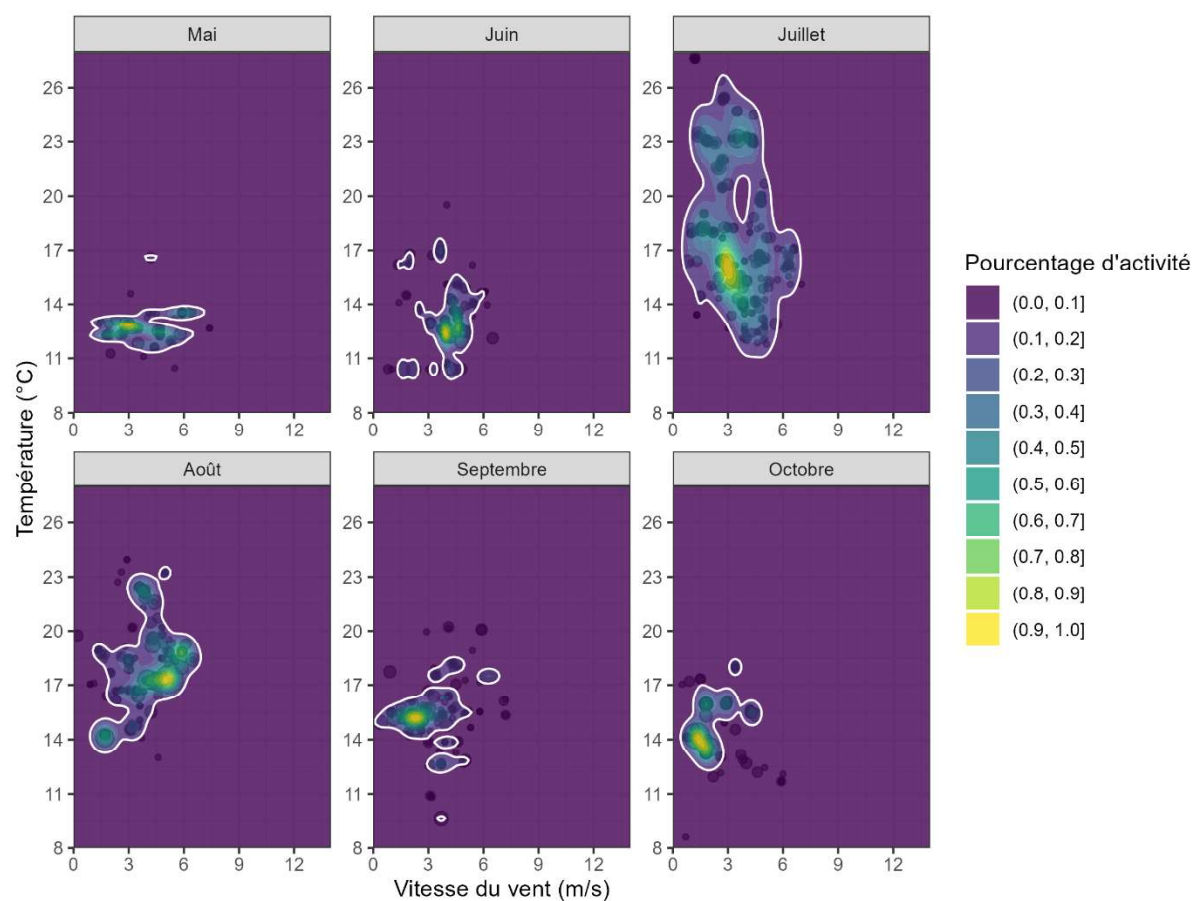


Figure 22 : corrélation entre activité, vitesse de vent et température par mois
Chaque point représente une mesure d'activité, la zone entourée représente 90 % de l'activité

CONCLUSION

18 CHIROPTERES

18.1 SIGNIFICATIVITE POUR LES CHIROPTERES

Concernant les chiroptères, aucune mortalité n'a été observée. La mortalité est inférieure à la moyenne régionale par rapport aux autres parcs de la région. **L'impact est très faible et non significatif pour le nombre d'individus impactés.**

Aucune espèce ayant de classement de patrimonialité « Vulnérable » ou de niveau supérieur n'a été recensée, mais toutes les espèces de chauves-souris restent protégées.

Cependant, les niveaux d'activité enregistrés sont « modérés » toutes espèces confondues.

18.2 MESURES PROPOSEES POUR LES CHIROPTERESLE

Au regard des résultats (absence de mortalité observée) et suivant le protocole des suivis environnementaux des parcs éoliens terrestres, il n'est pas nécessaire de mettre en œuvre de mesure spécifique pour les chiroptères. Toutefois, étant donné la présence d'espèces protégées dont certaines sont vulnérables (Noctule commune notamment), nous proposons la mise en place d'un bridage pour les années à venir, considérant la variabilité interannuelle et la régression de certaines espèces (cas des espèces vulnérables).

Le bridage préventif proposé à **partir de 2025** permettra de couvrir plus de 90% de l'activité enregistrée et jusqu'à 97% au mois d'août.

Paramètres du bridage proposé :

- ✓ Toutes les éoliennes
- ✓ Du 1^{er} mai au 31 octobre
- ✓ Du coucher au lever du soleil
- ✓ En absence de pluviométrie

Et selon les paramètres de vitesse de vent et de température suivants :

Mois	Vitesse de vent	Température	Horaire	Pourcentage d'activité préservée
Mai	≤6 m/s	≥11°C	Du coucher au lever du soleil	94,1%
Juin	≤5 m/s	≥10°C		90,9%
Juillet	≤5 m/s	≥12°C		90,5%
Août	≤6 m/s	≥14°C		97,3%
Septembre	≤6 m/s	≥12°C		90,4%
Octobre	≤4,5 m/s	≥13°C		93,2%

19 OISEAUX

19.1 SIGNIFICATIVITE POUR LES OISEAUX

Concernant les oiseaux, la mortalité est supérieure à la moyenne régionale. **L'impact est fort et significatif pour le nombre d'individus impactés.**

Néanmoins, aucune espèce protégée ou de classement de patrimonialité « Vulnérable » ou de niveau supérieur n'a été recensée. Il convient également de considérer que le parc ne contient qu'une seule éolienne.

19.2 MESURES PROPOSEES POUR LES OISEAUX

Aucune mesure ne paraît nécessaire pour les oiseaux au regard de l'espèce impacter (Pigeon ramier)

20 NECESSITE DE REALISER UN SUIVI COMPLEMENTAIRE

Au regard des conclusions sur les chauves-souris et les oiseaux, il n'est pas nécessaire de réitérer le suivi environnemental.

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : carte de localisation du parc éolien de Châteaubourg.....	6
Figure 2 : schéma de prospection sous les éoliennes	7
Figure 3 : photographies d'exemples de prospectabilité avec des détectabilités différentes (hors site) .	10
Figure 4 : carte des habitats à proximité des aires de prospection	23
Figure 5 : carte du contexte environnemental du parc éolien.....	25
Figure 6 : évolution de la prospectabilité au cours du suivi	26
Figure 7 : mortalité des espèces d'oiseaux découvertes par mois.....	28
Figure 8 : diagramme en barre représentant la mortalité estimée médiane des chiroptères par éolienne, calculée entre la semaine 20 et 43, sur l'ensemble des sites de la région (barres blanches) et sur le site d'étude (barre rouge)	30
Figure 9 : diagramme en barre représentant la mortalité estimée médiane des oiseaux par éolienne, calculée entre la semaine 20 et 43, sur l'ensemble des sites de la région (barres blanches) et sur le site d'étude (barre rouge)	31
Figure 10 : activité en secondes cumulées par espèce sur l'ensemble du suivi.....	32
Figure 11 : activité en secondes cumulées par espèce et par mois	33
Figure 12 : activité par semaine sur l'ensemble du suivi.....	34
Figure 13 : activité enregistrée en fonction de l'heure de la nuit sur l'ensemble de la période d'enregistrement.....	35
Figure 14 : activité enregistrée par mois en fonction de l'heure de la nuit (échelle variable)	36
Figure 15 : activité enregistrée par mois en fonction de l'heure de la nuit (échelle fixe)	37
Figure 16 : diagramme en barre représentant l'activité acoustique moyenne des chiroptères, enregistrée entre la semaine 20 et 43, sur l'ensemble des sites de référence de la région (barres blanches) et sur le site d'étude (barre rouge).....	38
Figure 17 : graphique en radar représentant le quantile d'activité de chaque espèce par rapport aux sites de référence	39
Figure 18 : activité enregistrée en fonction de l'heure (ordonnées) et du mois (abscisse).....	40
Figure 19 : activité enregistrée en fonction de l'heure (ordonnées) du mois (abscisse) et par espèce	41
Figure 20 : corrélation entre activité, vitesse de vent et température.....	42
Figure 21 : corrélation entre activité, vitesse de vent et température pour chaque espèce	43
Figure 22 : corrélation entre activité, vitesse de vent et température par mois.....	44

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : parc éolien de Châteaubourg.....	5
Tableau 2 : classes de niveau de prospectabilité	9
Tableau 3 : classes de niveaux d'efficacité de recherche	10
Tableau 4 : classes de niveaux de persistance	11
Tableau 5 : formules d'estimation de la mortalité	12
Tableau 6 : nombre de rapports de suivi de mortalité utilisés pour l'étude de la comparaison de la mortalité	14
Tableau 7 : seuils de significativité	15
Tableau 8 : classes de niveaux de mortalité.....	15
Tableau 9 : suivi de l'activité des chiroptères à l'aide du GSM-Batcorder	16
Tableau 10 : nombre d'années d'enregistrement utilisées pour le référentiel	17
Tableau 11 : classes de niveaux d'activité	18
Tableau 12 : zonages environnementaux dans un rayon de 5 km autour du parc	24
Tableau 13 : efficacité d'observation et persistance moyenne des cadavres.....	26
Tableau 14 : surface prospectée en fonction de l'éolienne	27
Tableau 15 : estimation de la mortalité des chiroptères	27
Tableau 16 : informations concernant les cadavres trouvés.....	28
Tableau 17 : statuts de protection et de conservation des oiseaux impactés	29
Tableau 18 : estimation de la mortalité des oiseaux.....	29
Tableau 19 : statuts de protection et de conservation des chauves-souris recensées.....	33

Annexes

ANNEXE 1 : TABLEAU DE PROSPECTABILITE ET DETECTABILITE

E1			Déteçtabilité			Prospectabilité (%)	
Passage	Semaine	Date	D1	D2	D3	Réelle	Improspectable
1	20	17/05/24	41	15	1	57	43
2	21	24/05/24	41	15	1	57	43
3	22	28/05/24	41	15	1	57	43
4	23	05/06/24	41	15	1	57	43

5	24	11/06/24	41	0	16	57	43
6	25	18/06/24	38	10	9	57	43
7	26	25/06/24	38	10	9	57	43
8	27	02/07/24	51	8	7	66	34
9	28	08/07/24	51	8	7	66	34
10	29	19/07/24	51	39	0	90	10
11	30	25/07/24	51	39	0	90	10
12	31	30/07/24	51	39	0	90	10
13	32	06/08/24	51	39	0	90	10
14	33	12/08/24	51	39	0	90	10
15	34	19/08/24	51	39	0	90	10
16	35	28/08/24	51	39	0	90	10
17	36	04/09/24	51	39	0	90	10
18	37	11/09/24	51	39	0	90	10
19	38	20/09/24	51	39	0	90	10
20	39	23/09/24	51	39	0	90	10
21	40	30/09/24	51	39	0	90	10
22	41	09/10/24	33	27	0	60	40
23	42	14/10/24	51	35	4	90	10
24	43	21/10/24	33	23	4	60	40

ANNEXE 2 : METHODOLOGIE D'ESTIMATION DE LA PERSISTANCE MOYENNE DANS LES TESTS DE PERSISTANCE

Note méthodologique : Estimation de la persistance moyenne dans les tests de persistance

Auteur : **RAVACHE Andréas** - Centre d'Ecologie et des Sciences de la Conservation (CESCO), Muséum national d'Histoire naturelle, Centre National de la Recherche Scientifique, Sorbonne Université, Paris, France

Contact : andreas.ravache@mnhn.fr

Les formules d'estimation de mortalité proposées par le [protocole national de 2015](#), révisé en [2018](#), intègrent un paramètre de persistance moyenne (t) estimée par le biais de tests de persistance. Cependant, le calcul de ce paramètre n'est pas explicité dans le protocole. Ce document vise à décrire et illustrer le calcul de ce paramètre en se basant sur de la littérature scientifique.

Nous nous baserons pour cela sur un exemple fictif de test de persistance réalisé avec 10 cadavres (**Tableau 1**). **J0** représente la date de dépose du cadavre le 1er janvier. Dans le cadre de cet exemple, des visites ont été réalisées à J1 (le lendemain de la dépose du cadavre), puis à J3, J6, J10 et J14. Le test de persistance a pris fin à J14, la présence des cadavres n'est plus suivie après cette date et les cadavres restant ont été retirés. Les croix (X) représentent la présence observée du cadavre le jour de la visite, les tirets (-) représentent l'absence d'observation du cadavre à cette date. Les cadavres « Carc3 » et « Carc5 » ont disparus entre le jour de la dépose et le jour de la première visite. Le cadavre « Carc7 » était toujours présent à la fin du test de persistance.

Tableau 1 : Exemple fictif de suivi de persistance

	J0 01/01	J1 02/01	J3 04/01	J6 07/01	J10 11/01	J14 15/01
Carc1	X	X	X	X	-	-
Carc2	X	X	X	X	-	-
Carc3	X	-	-	-	-	-
Carc4	X	X	-	-	-	-
Carc5	X	-	-	-	-	-
Carc6	X	X	X	-	-	-
Carc7	X	X	X	X	X	X
Carc8	X	X	-	-	-	-
Carc9	X	X	X	-	-	-
Carc10	X	X	X	X	X	-

La meilleure façon d'estimer la persistance moyenne (paramètre t des formules d'estimation), afin de l'intégrer dans les estimateurs proposés par le protocole national français de suivi de mortalité sur les parcs éoliens terrestres, serait de calculer le temps passé entre le début du test (J0) et la médiane entre le jour de dernière présence observée et le jour de première absence observée d'un cadavre lors des visites, puis de moyenner cette valeur entre cadavres. Ce calcul est illustré dans le **Tableau 2** et expliqué ci-après.

Prenons l'exemple de « Carc1 » : le cadavre a été déposé le 01/01 (J0), il était toujours présent lors de la visite réalisée le 07/01 (J6), mais il avait disparu lors de la visite suivante le 11/01 (J10). Ainsi sa disparition est contenue dans un intervalle compris entre 6 (intervalle gauche) et 10 jours (intervalle droit) après le début du test. On parle de données censurées par intervalles (interval-censored en anglais). Puisqu'on ne

sait pas quand cet évènement a eu lieu exactement durant cet intervalle, on estime son temps de persistance par la médiane entre ces deux intervalles, soit 8 jours.

Si le cadavre a disparu entre le début du test et la première visite réalisée le lendemain (« Carc3 » et « Carc5 » dans cet exemple), alors sa persistance estimée est de 0,5 jours. Si le cadavre est toujours présent à la fin du test (« Carc7 » dans cet exemple), on ne peut pas estimer correctement son temps de persistance. On parle alors de donnée censurée à droite : l'évènement étudié n'a pas eu lieu durant la période de suivi, il est compris dans un intervalle compris entre la fin du test (14 jours) et l'infini (Inf). Ce type de données requiert des analyses de survie plus complexes afin d'estimer efficacement la probabilité de persistance au cours du temps. Pour le calcul du temps de persistance moyen, on utilisera dans ce cas l'intervalle de gauche, même si ces résultats ne sont pas exacts, car il est impossible de calculer la médiane entre un nombre fini et l'infini. Ainsi, la persistance estimée de « Carc7 » sera de 14 jours. Une fois la persistance estimée pour chaque cadavre, il ne reste qu'à moyenner ces valeurs afin d'estimer la persistance moyenne des cadavres dans notre test de persistance. Ici on la calculera de la façon suivante : $t = (8 + 8 + 0,5 + 2 + 0,5 + 4,5 + 14 + 2 + 4,5 + 12) / 10 = 5,6 \text{ jours}$.

Tableau 2: Exemple de calcul de la persistance estimée de chaque cadavre et de la persistance moyenne estimée (t) pour notre exemple fictif

	Date de Dernière Présence	Date de Première Absence	Intervalle gauche	Intervalle droit	Persistance estimée du cadavre
Carc1	07/01	11/01	6	10	8
Carc2	07/01	11/01	6	10	8
Carc3	01/01	02/01	0	1	0.5
Carc4	02/01	04/01	1	3	2
Carc5	01/01	02/01	0	1	0,5
Carc6	04/01	07/01	3	6	4,5
Carc7	15/01	NA	14	Inf	14
Carc8	02/01	04/01	1	3	2
Carc9	04/01	07/01	3	6	4,5
Carc10	11/01	15/01	10	14	12
Persistance moyenne (t) :					5.6 jours

Cette méthode de calcul de persistance moyenne (t) à partir des données issues de tests de persistance semble produire les estimations de mortalité les plus précises et les moins biaisées lors de leur intégration dans les formules d'estimation de mortalité (telle que la formule d'Huso). La robustesse de cette méthode de calcul a été testée dans plusieurs scénarios combinant des intervalles de suivis de persistance, de recherche de cadavre, et de nombre de carcasses observées. Cependant, elle est sensible au nombre de données censurées, c'est-à-dire à la proportion de cadavres toujours présents à la fin du test de persistance. L'estimateur [GenEst](#), utilisant des analyses de survie paramétriques, permet une meilleure estimation de la persistance, et produit des estimations de mortalité plus robustes à partir des mêmes données.

Pour en apprendre plus au sujet de l'estimation de la persistance lors des suivis de mortalité, de la sensibilité des différents estimateurs à la méthodologie d'estimation de la persistance ou pour trouver des recommandations sur ces estimations, un article scientifique traitant ces sujets, paru en 2024 dans la revue Biological Conservation, est disponible gratuitement [ici](#).

Ravache, A., Barré, K., Normand, B., Goislot, C., Besnard, A., Kerbirou, C., **2024**. Monitoring carcass persistence in windfarms: Recommendations for estimating mortality. *Biological Conservation*. 292, 110509.

ANNEXE 3 : TABLEAU DES TESTS D'EFFICACITE D'OBSERVATION

Date	Numéro du cadavre	Efficacité	Déteçtabilité
27/05/2024	1	1	D1
27/05/2024	2	1	D1
27/05/2024	3	1	D1
27/05/2024	4	1	D1
27/05/2024	5	1	D2
27/05/2024	6	1	D2
27/05/2024	7	1	D2
27/05/2024	8	0	D2
27/05/2024	9	1	D3
27/05/2024	10	1	D3
27/05/2024	11	0	D3
27/05/2024	12	1	D1
27/05/2024	13	1	D2
27/05/2024	14	1	D2
27/05/2024	15	1	D3
30/09/2024	1	1	D1
30/09/2024	2	1	D1
30/09/2024	3	0	D1
30/09/2024	4	0	D1
30/09/2024	5	0	D1
30/09/2024	6	0	D1
30/09/2024	7	1	D2
30/09/2024	8	1	D2
30/09/2024	9	1	D2
30/09/2024	10	1	D2
30/09/2024	11	1	D2
30/09/2024	12	1	D2
30/09/2024	13	1	D3
30/09/2024	14	1	D1
30/09/2024	15	1	D2
30/09/2024	16	1	D2
30/09/2024	17	1	D3

ANNEXE 4 : TABLEAU DES TESTS DE PERSISTANCE

Test	Saison	N° éolienne	N° Cadavre	Date de dépôt	Date de dernière présence	Date de première absence	Persistance médiane (censurée à droite)	Persistance moyenne d'un cadavre
1	Printemps	E1	1	10/06/2024	10/06/2024	11/06/2024	0,5	1,25
1	Printemps	E1	2	10/06/2024	10/06/2024	11/06/2024	0,5	
1	Printemps	E1	3	10/06/2024	11/06/2024	13/06/2024	2	
1	Printemps	E1	4	10/06/2024	10/06/2024	11/06/2024	0,5	
1	Printemps	E1	5	10/06/2024	10/06/2024	11/06/2024	0,5	
2	Automne	E1	1	23/09/2024	24/09/2024	26/09/2024	2	
2	Automne	E1	2	23/09/2024	24/09/2024	26/09/2024	2	
2	Automne	E1	3	23/09/2024	23/09/2024	24/09/2024	0,5	
2	Automne	E1	4	23/09/2024	24/09/2024	26/09/2024	2	
2	Automne	E1	5	23/09/2024	24/09/2024	26/09/2024	2	

ANNEXE 5 : TABLEAU DE MORTALITE DES CHIROPTERES

Passage	Semaine	Date	E1
1	20	17/05/24	-
2	21	24/05/24	-
3	22	28/05/24	-
4	23	05/06/24	-
5	24	11/06/24	-
6	25	18/06/24	-
7	26	25/06/24	-
8	27	02/07/24	-
9	28	08/07/24	-
10	29	19/07/24	-
11	30	25/07/24	-
12	31	30/07/24	-
13	32	06/08/24	-
14	33	12/08/24	-
15	34	19/08/24	-
16	35	28/08/24	-
17	36	04/09/24	-
18	37	11/09/24	-
19	38	20/09/24	-
20	39	23/09/24	-
21	40	30/09/24	-
22	41	09/10/24	-
23	42	14/10/24	-
24	43	21/10/24	-

ANNEXE 6 : TABLEAU DES ESTIMATIONS DE MORTALITE DES CHIROPTERES

N° Éolienne	Nombre de cadavres comptés		Taux de détection	Prospectabilité moyenne	Coefficient correcteur	Intervalle entre les passages	Persistance moyenne d'un cadavre (jours)	Taux de persistance		Intervalle effectif	Coefficient correcteur de l'intervalle	Taux de détection	Persistance médiane d'un cadavre (jours)	Nombre de cadavres estimé		
	Na	Nb						p Jones	p Huso					N Jones	N Huso	N GenEst
E1	0	0	0,71	0,76	0,00	6,83	1,25	0,07	0,18	2,50	0,37	0,81	0,74	0	0	0
Parc	0	0	0,71	0,76	0,00	6,83	1,25	0,07	0,18	2,50	0,37	0,81	0,74	0	0	0


ANNEXE 7 : TABLEAU DE MORTALITE DES OISEAUX

Passage	Semaine	Date	E1
1	20	17/05/24	-
2	21	24/05/24	-
3	22	28/05/24	-
4	23	05/06/24	1 Pigeon ramier
5	24	11/06/24	-
6	25	18/06/24	-
7	26	25/06/24	-
8	27	02/07/24	-
9	28	08/07/24	-
10	29	19/07/24	-
11	30	25/07/24	-
12	31	30/07/24	-
13	32	06/08/24	-
14	33	12/08/24	-
15	34	19/08/24	-
16	35	28/08/24	-
17	36	04/09/24	-
18	37	11/09/24	-
19	38	20/09/24	-
20	39	23/09/24	-
21	40	30/09/24	-
22	41	09/10/24	-
23	42	14/10/24	-
24	43	21/10/24	-

ANNEXE 8 : TABLEAU DES ESTIMATIONS DE MORTALITE DES OISEAUX

N° Éolienne	Nombre de cadavres comptés		Taux de détection	Prospectabilité moyenne	Coefficient correcteur	Intervalle entre les passages	Persistance moyenne d'un cadavre (jours)	Taux de persistance		Intervalle effectif	Coefficient correcteur de l'intervalle	Taux de détection	Persistance médiane d'un cadavre (jours)	Nombre de cadavres estimé		
	Na	Nb						p Jones	p Huso					N Jones	N Huso	N GenEst
E1	1	0	1,00	0,76	1,32	6,83	1,25	0,07	0,18	2,50	0,37	0,81	0,74	55,2	19,7	11,1
Parc	1	0	1,00	0,76	1,32	6,83	1,25	0,07	0,18	2,50	0,37	0,81	0,74	55,2	19,7	11,4

ANNEXE 9 : FICHES DE SUIVI DE MORTALITE DES OISEAUX

FICHE CADAVRE_INCIDENT n°1			24-0079_240605_COLBUS_E1_JB	
PARC EOLIEN CONCERNE				
Nom du parc éolien : Chateaubourg			Code étude : AF-24-0079	
Commune : Chateaubourg			Département : 35	
Exploitant : Olga			Situation administrative au jour de l'incident : Autorisation ICPE	
Eolienne concernée : E1	Date de découverte : 05/06/2024		Heure de découverte : 08h46	
DECOUVREUR	FONCTION	METHODE D'INVENTAIRE	BUREAU D'ETUDES	
BAUDAIS Jeanne	Technicienne faune	Suivi post-implantation	OUEST AM'	
SITUATION DU CADAVRE				
Latitude : 48.0970103 Longitude : -1.4197036 Distance au mât de l'éolienne : 2,5m Orientation par rapport à l'éolienne : Nord-Ouest Couverture végétale (type, hauteur, densité, etc.) : plateforme enherbée				
ESPECE				
Nom français : Pigeon Ramier				
Nom scientifique : <i>Columba Palumbus</i>				
Âge	<input type="checkbox"/> Adulte <input type="checkbox"/> Immature <input type="checkbox"/> Juv. <input type="checkbox"/> Indéterminé			
Sexe	<input type="checkbox"/> Mâle <input type="checkbox"/> Femelle <input checked="" type="checkbox"/> Indéterminé			
Statut national	<input checked="" type="checkbox"/> LC <input type="checkbox"/> NT <input type="checkbox"/> VU <input type="checkbox"/> EN <input type="checkbox"/> CR <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> DD			
Statut régional	<input checked="" type="checkbox"/> LC <input type="checkbox"/> NT <input type="checkbox"/> VU <input type="checkbox"/> EN <input type="checkbox"/> CR <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> DD			
Individu	<input type="checkbox"/> Mort (cadavre entier) <input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input checked="" type="checkbox"/> Fragment(s) <input type="checkbox"/> Blessure apparente			
Commentaire si blessure ou fragment : plumée				
Etat	<input type="checkbox"/> Frais <input checked="" type="checkbox"/> décomposition <input type="checkbox"/> Sec <input type="checkbox"/> Décomposé			
	<input checked="" type="checkbox"/> Prédaté			
Cause présumée incident :	<input checked="" type="checkbox"/> Collision <input type="checkbox"/> Baro-traumatisme <input type="checkbox"/> Projection			
ADAPTATION DES MESURES pour les espèces VU et de niveau supérieur ou une mortalité importante				

ANNEXE 10 : TABLEAU DE L'ACTIVITE DES CHIROPTERES SUR L'ENSEMBLE DU SUIVI

Espèces	Nombre de nuits enregistrées	Nombre de nuits avec activité	Activité totale (secondes cumulées)	Moyenne d'activité par nuit (secondes cumulées/nuit)	Nombre de contacts
Noctule commune	168	27	158,344	0,94252381	80
Noctule de Leisler	168	101	1207,135	7,18532738	840
Pipistrelle commune	168	31	143,739	0,85558929	64
Pipistrelle de Kuhl	168	13	202,652	1,2062619	76
Pipistrelle de Nathusius	168	5	13,55	0,08065476	8
Toutes especes confondues	168	115	1725,42	10,2703571	1068

ANNEXE 11 : TABLEAU DE L'ACTIVITE DES CHIROPTERES PAR MOIS

Mois	Espèces	Nombre de nuits enregistrées	Nombre de nuits avec activité	Activité totale (secondes cumulées)	Moyenne d'activité par nuit (secondes cumulées/nuit)	Nombre de contacts
Mai	Noctule commune	19	3	23,619	1,24310526	15
Mai	Noctule de Leisler	19	9	68,357	3,59773684	43
Mai	Pipistrelle commune	19	2	5,352	0,28168421	5
Mai	Pipistrelle de Kuhl	19	1	2,015	0,10605263	1
Mai	Pipistrelle de Nathusius	19	0	0	0	0
Mai	Toutes especes confondues	19	12	99,343	5,22857895	64
Juin	Noctule commune	30	6	13,81	0,46033333	12
Juin	Noctule de Leisler	30	16	188,739	6,2913	138
Juin	Pipistrelle commune	30	7	22,666	0,75553333	10
Juin	Pipistrelle de Kuhl	30	2	6,204	0,2068	4
Juin	Pipistrelle de Nathusius	30	2	4,943	0,16476667	3
Juin	Toutes especes confondues	30	21	236,362	7,87873333	167
Juillet	Noctule commune	31	9	46,01	1,48419355	20
Juillet	Noctule de Leisler	31	24	369,307	11,913129	221
Juillet	Pipistrelle commune	31	4	12,095	0,39016129	7
Juillet	Pipistrelle de Kuhl	31	3	10,377	0,33474194	5
Juillet	Pipistrelle de Nathusius	31	2	7,215	0,23274194	4
Juillet	Toutes especes confondues	31	24	445,004	14,3549677	257
Août	Noctule commune	31	4	54,429	1,75577419	22
Août	Noctule de Leisler	31	22	311,717	10,0553871	252
Août	Pipistrelle commune	31	6	28,674	0,92496774	11
Août	Pipistrelle de Kuhl	31	1	9,189	0,29641935	5
Août	Pipistrelle de Nathusius	31	0	0	0	0
Août	Toutes especes confondues	31	24	404,009	13,0325484	290
Septembre	Noctule commune	30	3	12,928	0,43093333	8
Septembre	Noctule de Leisler	30	20	231,528	7,7176	154
Septembre	Pipistrelle commune	30	5	36,06	1,202	14
Septembre	Pipistrelle de Kuhl	30	3	10,052	0,33506667	6
Septembre	Pipistrelle de Nathusius	30	1	1,392	0,0464	1
Septembre	Toutes especes confondues	30	20	291,96	9,732	183
Octobre	Noctule commune	27	2	7,548	0,27955556	3
Octobre	Noctule de Leisler	27	10	37,487	1,38840741	32
Octobre	Pipistrelle commune	27	7	38,892	1,44044444	17
Octobre	Pipistrelle de Kuhl	27	3	164,815	6,10425926	55
Octobre	Pipistrelle de Nathusius	27	0	0	0	0

Octobre	Toutes especes confondues	27	14	248,742	9,21266667	107
---------	------------------------------	----	----	---------	------------	-----