



Parc éolien de Guéhenno (56)
Suivi environnemental post-implantation
(2020-2023)
- Bilan Année 2023 -

Sommaire

1	CONTEXTE ET MÉTHODOLOGIE	5
1.1	OBJET DE LA MISSION	6
1.2	CONTEXTE	7
1.2.1	Situation.....	7
1.2.2	Contexte écologique	10
1.2.3	Occupation des sols	11
1.3	RAPPEL DES CARACTERISTIQUES DU PARC EOLIEN.....	12
1.3.1	Caractéristiques du parc et des éoliennes.....	12
1.3.2	Mesures de bridage.....	13
1.3.2.1	Dispositifs de bridage effectif en 2023	13
1.4	PRESENTATION DU PROTOCOLE DE SUIVI.....	16
1.4.1	Suivi de la mortalité.....	16
1.4.2	Suivi de l'activité des chauves-souris en altitude.....	18
1.4.3	Suivis de l'activité des rapaces diurnes.....	18
1.4.4	Suivis complémentaires et calculs d'estimation de mortalité annuelle.....	19
2	RÉSULTATS	21
2.1	SUIVI DE LA FREQUENTATION DU PARC PAR LES CHAUVES-SOURIS	22
2.1.1	Espèces contactées	22
2.1.1	Analyse de l'activité	23
2.2	SUIVIS DE LA FREQUENTATION DU PARC PAR LES RAPACES DIURNES	28
2.3	SUIVI DE LA MORTALITE.....	29
2.3.1	Analyse générale	29
2.3.2	Les espèces constatées (plumées / cadavres)	30
2.3.3	INTERPRETATION.....	33
2.3.1	Calculs de la mortalité estimée	35
3	BILAN ET PERSPECTIVES.....	40
3.1	SYNTHESE DES SUIVIS MENES SUR 4 ANS SUR LE PARC DE GUEHENNO	41
3.2	PRESCRIPTIONS POUR 2024	47
4	ANNEXES.....	49

Première partie

CONTEXTE ET MÉTHODOLOGIE

1.1 OBJET DE LA MISSION

Le parc éolien de Guéhenno a été autorisé par arrêté préfectoral d'autorisation (APA) du 10 février 2017 et arrêté préfectoral complémentaire (APC) du 16 mai 2018. En conformité avec l'arrêté du 26 août 2011, cet arrêté prévoit que *« les trois années suivant la mise en service du parc éolien puis une fois tous les 10 ans, l'exploitant met en place un suivi environnemental [...] permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs. Lorsqu'un protocole de suivi environnemental est reconnu par le ministre chargé des installations classées, le suivi mis en place par l'exploitant est conforme à ce protocole »*.

Le protocole pris en compte dans le cadre de la présente méthodologie est le protocole ministériel de 2015, révisé en mars 2018. Selon cette révision, le suivi environnemental doit répondre à trois objectifs :

- **juger du niveau d'impact généré par le parc éolien sur la faune volante ;**
- **évaluer les mortalités estimées, générées par chaque éolienne ;**
- **construire et alimenter en temps réel une base de données nationale, pour une vision globale et continue de l'impact du parc éolien français sur la biodiversité.**

Pour répondre à ces objectifs, le protocole prévoit la mise en place d'un suivi de l'activité des chauves-souris à hauteur d'une nacelle et d'un recensement de la mortalité des oiseaux et des chauves-souris au pied des éoliennes. Le protocole précise les périodes de l'année et la fréquence des prospections à mener en fonction des enjeux identifiés lors des études préalables.

La présente mission s'inscrit donc dans ce cadre et concerne la réalisation du suivi environnemental des populations d'oiseaux et de chiroptères pour le parc de 6 éoliennes, implanté sur les communes de Bignan, Buléon et Guéhenno (56).

Pour rappel, les suivis menés depuis la mise en service du parc (en 2020) a permis de mettre en évidence la mortalité d'une chauve-souris et de 6 oiseaux (dont 3 buses variables) en 2020, d'une chauve-souris et de 11 oiseaux en 2021 (dont 2 buses) et d'aucune chauve-souris et 6 oiseaux (dont aucune buse) en 2022.

D'avril 2020 à octobre 2021, ce parc a fait l'objet de bridages nocturnes « classiques », adaptés aux conditions météorologiques, conformément aux engagements repris dans l'arrêté d'autorisation ICPE. Ce bridage a évolué en fonction des résultats de suivis menés en 2020, puis en 2021, sur la base du croisement entre les données des enregistreurs en altitude, les données météorologiques et les observations de mortalité au sol. Un bridage par détection (dispositifs ProBird et ProBat-cf. *description ci-après*) a pris le relais à partir du 21 mars 2022 pour les oiseaux et du 04 mai 2022 pour les chauves-souris, avec pour objectif, de réduire l'impact sur l'avifaune, notamment sur la buse variable, et de conserver, voir d'améliorer le dispositif de protection des chauves-souris.

Le présent rapport rend compte du suivi mené en 2023, correspondant à la quatrième année de suivi du parc de Guehenno. Le suivi 2023 a été engagé sur demande de la DREAL Bretagne, afin d'évaluer l'efficacité des dispositifs Probird et ProBat mise en place courant 2022.

1.2 CONTEXTE

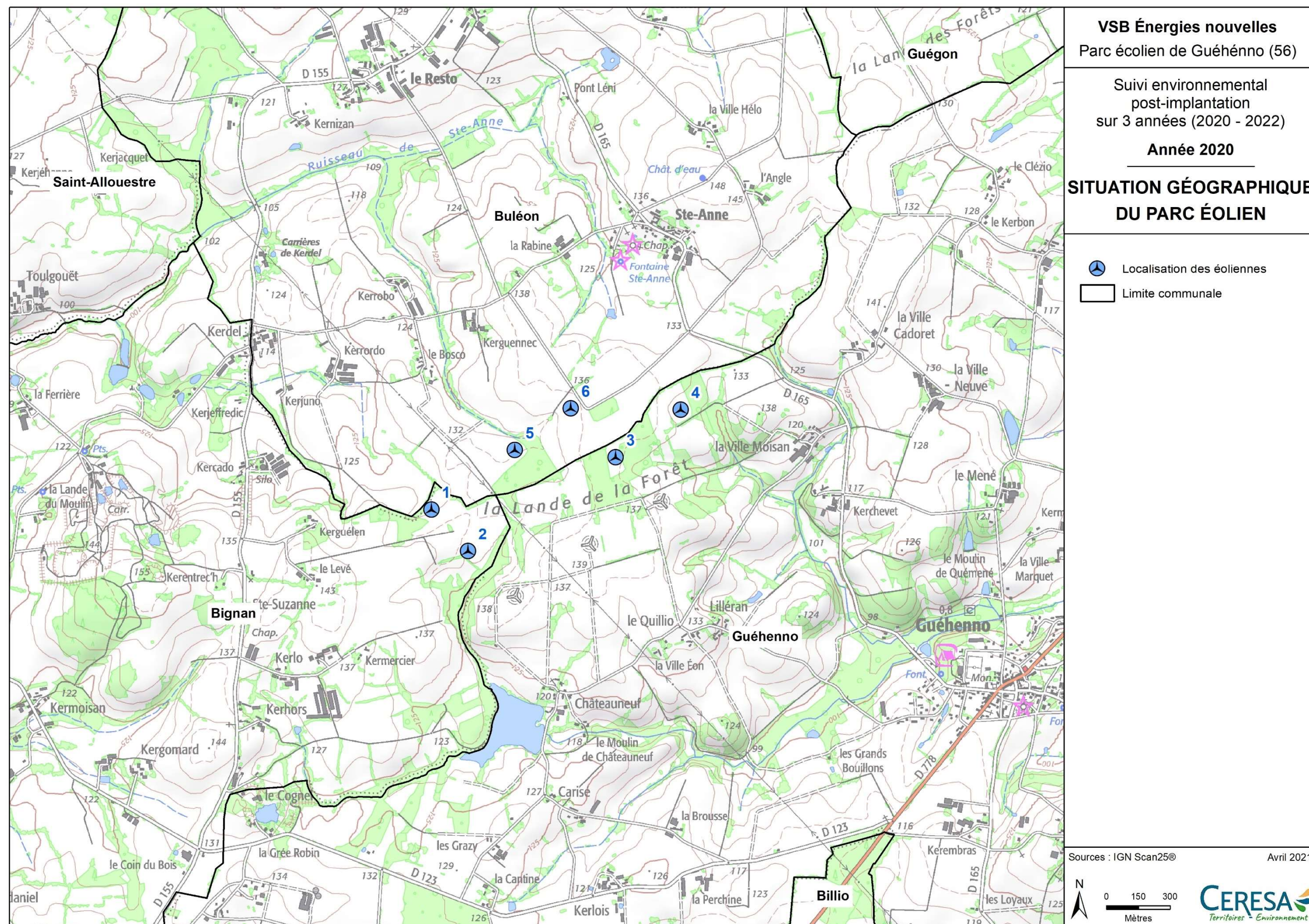
1.2.1 SITUATION

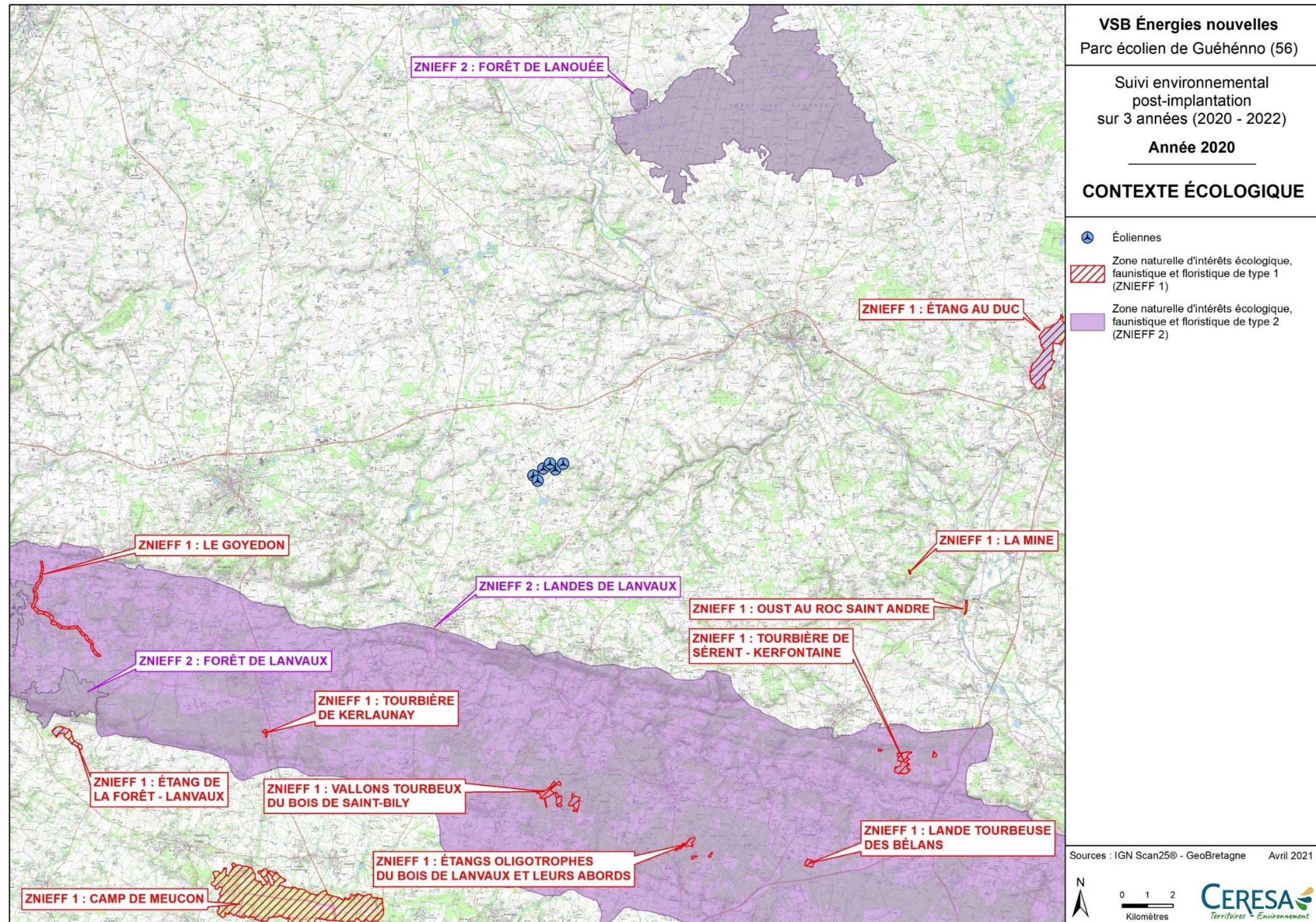
Le parc éolien se situe dans le nord-est du Morbihan, à mi-distance entre Josselin et Locminé et entre la RN 24 Rennes-Lorient et les landes de Lanvaux, au croisement des trois communes de Bignan, Buléon et de Guéhenno. Le paysage est dominé par des milieux globalement ouverts, composés de cultures, de prairies et de bosquets épars. Quelques vallées structures les « coulées vertes » du paysage, comme celles du ruisseau de Saint-Anne, un affluent de la Claie (au nord), et les vallées du Sedon et de ses affluents (au sud et à l'est du territoire).

La Lande de la forêt, lieu-dit dans lequel est implanté le parc, comprend une mosaïque de milieux ouverts et fermés, et est délimitée par le plateau agricole de Lilléran/Le Quillio d'un côté, de Sainte-Anne et de Sainte-Suzanne de l'autre. Le site est bordé de petits boisements reliés par des haies, et qui s'insèrent dans un corridor boisé reliant les vallées de l'Oust et de la Claie.



Des paysages contrastés entre prairies, labours et ensembles boisés





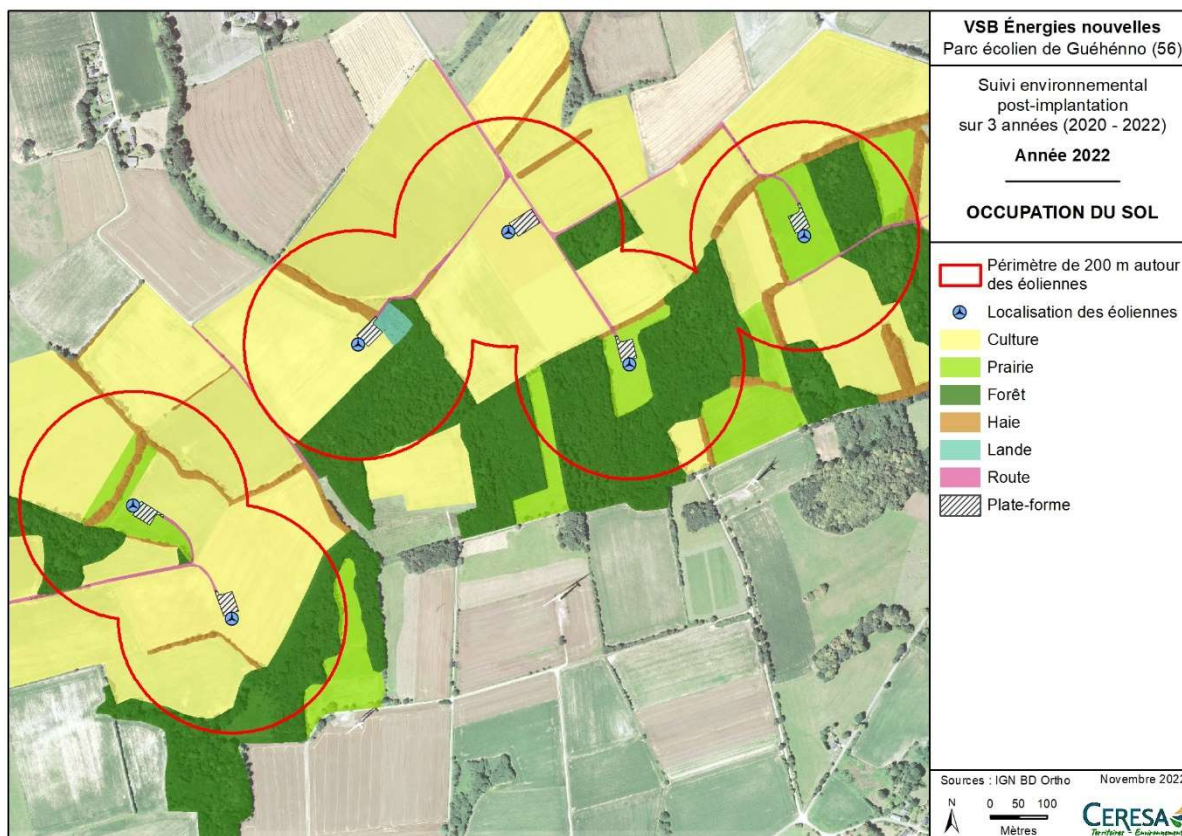
1.2.2 CONTEXTE ECOLOGIQUE (CF. CARTE CI-AVANT)

Le site se trouve en dehors de tous périmètres d'inventaires et/ou de protection du patrimoine naturel. Aucune ZNIEFF n'est notamment présente à moins de 10 km du parc. Les ZNIEFF les plus proches (plus de 10 km) sont essentiellement liées aux Landes de Lanvaux. D'autres ZNIEFF sont également présentes à l'est du parc (la Mine, l'Étang au Duc, la Forêt de Lanouée) mais ces dernières sont trop éloignées pour entretenir de lien fonctionnel particulier avec l'aire d'étude. (plus de 15 km).

D'autres sites naturels sont également localisés à proximité du parc. Le plus proche correspond à la forêt départementale de Kerguéhennec (4 km). De nombreuses autres forêts publiques (Sérent, du Val d'Ouest, du Roc Saint-André etc.) sont également présentes à une quinzaine de kilomètre du parc éolien.

Concernant le réseau Natura 2000, les sites d'importance communautaire sont très éloignés du parc étudié (plus de 25 km).

Par ailleurs, aucun espace faisant l'objet d'une protection règlementaire (arrêté de protection biotope, réserve naturelle régionale ou nationale, etc.) ou foncière (ENS) n'est présente à proximité du parc éolien. La carte ci-après est cadrée de manière à faire ressortir les zones d'intérêt écologique les plus proches, essentiellement situées au sud du parc éolien.



1.2.3 OCCUPATION DES SOLS

Les éoliennes étudiées se trouvent au sein d'un plateau agricole bordé par un ensemble de petits bosquets et boisements qui forment un « corridor forestier » globalement orienté est-ouest (cf. Carte ci-dessous). Les parcelles forestières sont principalement composées de chênaies et les espaces agricoles sont principalement conduits en céréales (maïs dominant) ou en légumineuses (trèfle et parfois haricots), voire en prairies temporaires.

À proximité immédiate des éoliennes (voir rayon de 200 m reporté sur la carte), une grande majorité de la surface est dédiée aux cultures de maïs et de blé (58% des surfaces concernées). Viennent ensuite les espaces boisés (27%) et les prairies temporaires ou permanentes (8 %). D'autres types d'occupation du sol se trouvent à proximité des supports mais constituent de faibles surfaces comme les haies (3,7 %), les routes (1,3 %), les plates-formes (1,3 %) et les landes (0,4 %).

Habitats présents au sein des 200 mètres autour des éoliennes

Végétation	Code Corine biotope	Surface (ha)	Pourcentage (%)
Grandes cultures	82.11	40,77	58,2
Forêts	43	19,24	27,5
Prairies	81	5,57	8,0
Haies	84.4	2,56	3,7
Route	86	0,90	1,3
Plates-formes	86	0,68	1,3
Landes	31.1	0,27	0,4
Total		70,01	100

1.3 RAPPEL DES CARACTERISTIQUES DU PARC EOLIEN

Mis en service en fin 2019, le parc éolien de Guéhenno se compose de 6 éoliennes de 2 MW pour une puissance totale de 12 MW.

1.3.1 CARACTERISTIQUES DU PARC ET DES EOLIENNES

Alignements des éoliennes :

- Deux premiers axes d'alignement orientés nord-est / sud-ouest et comportant 2 éoliennes chacun, espacées de 310 à 370 mètres ;
- Deuxième axe orienté nord-ouest / sud-est et constitué de deux éoliennes espacées d'environ 250 mètres.

Caractéristiques des éoliennes (modèle Senvion MM100) :

- Hauteur du moyeu (nacelle) : 100 mètres ;
- Hauteur totale en bout de pale : 150 mètres ;
- Garde au sol (distance entre le sol et le bout des pales) : 50 m
- Nombre de pales : 3 ;
- Longueur des pales : 48,9 mètres (soit un diamètre de rotor de 100 mètres et une surface balayée de 7 854 m²) ;
- Vitesse de vent au démarrage : 3 m/s ;
- Vitesse de vent de coupure : 22 m/s ;
- Vitesse maximale en bout de pale : 73 m/s ;
- Couleur : blanche.

Situées sur un plateau fermé culminant à environ 135 mètres d'altitude au nord-ouest du bourg de Guéhenno, les éoliennes sont implantées aux points définis ci-après :

Caractéristiques des éoliennes du parc de Guéhenno

Éolienne	Coordonnées L93		Altitude (m NGF)	Commune	Parcelle cadastrale
	X (m)	Y (m)			
E1	276 144	6 770 572	130 m	Bignan	32
E2	276 314	6 770 363	131 m	Bignan	32
E3	277 021	6 770 827	138 m	Guéhenno	27
E4	277 331	6 771 036	132 m	Guéhenno	36
E5	276 532	6 770 847	132 m	Buléon	36
E6	276 812	6 771 053	137 m	Buléon	32

1.3.2 MESURES DE BRIDAGE

Initialement, un bridage nocturne « classique » par seuil avait été mis en place entre le 1^{er} avril et le 31 octobre 2020 sur le parc éolien de Guéhenno afin de limiter l'impact sur les chauves-souris. Ce bridage avait été adapté en 2021, pour prendre en compte les résultats du suivi mené la première année au niveau des nacelles (cf. *bilan 2020*).

Ce bridage nocturne permettait de prendre en compte les chauves-souris, mais ne permet pas de réduire l'impact sur les oiseaux en journée. Suite à l'observation d'un impact non négligeable sur l'avifaune, et principalement la buse variable, un dispositif de détection a donc été installé en 2022 (système ProBird, développé par SensOfLife) permettant de prendre en compte la détection des oiseaux à proximité du parc. Ce dispositif a été complété par un système de détection des chauves-souris (système ProBat), en remplacement du bridage par seuil mis en place initialement. Le suivi de mortalité réalisé en 2022 a permis de mettre en évidence une diminution globale de la mortalité des oiseaux, notamment de l'espèce cible (buse variable), avec aucune mortalité observée en 2022, contre 3 et 2 cadavres en 2020 et 2021. Aucun cadavre de chauve-souris n'a également été observé en 2022 (cf. *bilan interannuel au chapitre 3.1*). Le bilan 2022 concluait ainsi à l'efficacité de ces dispositifs pour la diminution de l'impact sur la faune volante.

1.3.2.1 Dispositifs de bridage effectif en 2023

- **Système Probird : Détection de l'avifaune**

Ce système consiste à détecter, grâce à des caméras, les oiseaux passant sur ou à proximité du parc éolien. Sur le parc de Guehenno, le dispositif a été spécifiquement adapté à la buse variable, en croisant la vitesse maximum de déplacement de cette espèce et la vitesse d'arrêt des éoliennes (distance de détection théorique de 300 m). A noter que ces réglages sont également efficaces pour les autres oiseaux. Les caméras sont couplées à un logiciel de reconnaissance, qui détecte la présence d'un oiseau et déclenche la procédure : dans un premier temps, une commande d'effarouchement est lancée. Si l'oiseau continue de se rapprocher, une commande d'arrêt de la turbine est déclenchée (durée de décélération des pales : 15-20 secondes). La turbine est relancée au bout de quelques minutes s'il n'y a plus de détection d'oiseau. Chaque procédure d'arrêt dure environ 10 à 15 minutes, d'où l'intérêt de bien calibrer le modèle de détection afin d'optimiser au mieux les pertes de productions induites.

- **Système Probat : détection des chauves-souris**

Le système ProBat permet la détection nocturne des chauves-souris. Il calcule le risque d'impact selon les heures, les conditions météorologiques et l'activité détectée en temps réel.

Jusqu'en mai 2023, le système de détection s'appuyait sur un dispositif de caméras infrarouge implantées en pied de tours. A partir d'août 2023, ce dispositif a été remplacé par un système acoustique (repérage à l'aide des ultrasons émis par les chauves-souris), jugé plus fiable par l'opérateur et son prestataire (SensOfLife). Entre mai et août, le bridage est resté inchangé, suivant les heures de la nuit et les conditions météorologiques, mais sans la composante de détection en temps réel (remplacement du système).

Le fonctionnement du bridage par détection s'appuie sur le principe suivant : dès lors que le risque de collision est supérieur à 10 %, les éoliennes sont arrêtées. Le modèle (algorithme) mis en œuvre tient compte des données collectées en altitude lors des suivis menés entre 2021 et 2022, ainsi que les données enregistrées en direct, permettant ainsi d'assurer une adaptation progressivement des conditions de bridage. Le dispositif ProBat est actif du coucher au lever du soleil.

En cas de défaillance du système ProBat, l'opérateur peut rapidement réimplanter le dispositif par seuil, sur la base des paramètres prédéfinis les années précédentes (seuils de température et de vent définis par analyse de l'activité des chauves-souris).

• **Fonctionnement en 2023**

Les dispositifs ProBird et ProBat font l'objet d'un suivi et d'un bilan annuel par le prestataire (SensOfLife). Ces bilans mettent en évidence le bon fonctionnement de ces derniers en 2023 et ne relèvent pas de défaillance majeure durant la période.

Le bridage par détection concernant les oiseaux (**ProBird**) a ainsi été actif toute l'année, hormis quelques dysfonctionnements ponctuels au 1^{er} semestre (cf. encart ci-dessous).

<u>Disfonctionnements :</u>	
Le dispositif ProBird a subi des dysfonctionnements sur les dates ci-contre.	09/04/2023 au 12/04/2023
	29/04/2023 au 02/05/2023
Une nouvelle boucle de sécurité a été implémentée par l'opérateur pour éviter ces dysfonctionnements. Il n'y a pas eu de soucis par la suite.	27/05/2023 au 30/05/2023
	03/06/2023 au 05/06/2023
	29/06/2023 au 06/07/2023

Le dispositif **ProBat** a été actif de début-mai à fin-octobre 2023, afin de prendre en compte la période de plus forte activité des chauves-souris à hauteur des pales (déplacements et chasse), d'après les données des années précédentes. Entre fin mai et août, le système ProBat ne portait que sur le bridage en fonction des heures de la nuit et des conditions météorologiques, la détection en temps réelle était désactivée, le temps de pouvoir remplacer le dispositif de détection (passage de l'infrarouge à l'acoustique).

Journal des événements 2023	
Date	Événements
Du 01 janvier au 31 décembre 2023	Système Probird actif (voir encart « dysfonctionnements » ci-dessus)
Du 01/05/23 au 25/05/2023	Mise en route Probat – Fonctionnement similaire aux réglages 2022 (algorithme multifactoriel avec détection infrarouge à hauteur de nacelle et en dessous, jusqu'à hauteur de canopée)
Du 25/05/2023 au 02/08/2023	Dispositif ProBat actif sur la base de l'algorithme multifactoriel, sans détection en direct (changement du dispositif infrarouge → acoustique)
Du 02/08/2023 au 31/10/2023	Reprise du système Probat, avec intégration d'un dispositif acoustique (algorithme multifactoriel + détection acoustique à partir de micros implantés en nacelle)
31/10/2023	- Arrêt Probat – ProBird reste toujours actif

Description du fonctionnement (source : SenOfLife-cf. document en annexe 1)

Les données enregistrées par les stations météorologiques et par les caméras sont transmises à un serveur. Les données d'activité brute sont archivées dans une base regroupant la date, l'heure et les conditions météorologiques (vitesse de vent, température). Pour chaque contact de chiroptère, le serveur analyse le niveau de risque de collision et effectue les opérations suivantes :

- Lecture des informations à partir des capteurs installés sur les éoliennes (vitesse et orientation du vent, température, vitesse rotor, activité des chauves-souris...),
- Calcul du risque de collision,
- Vérification de l'état de la machine,
- Mise à disposition du risque de collision sur un signal analogique (0/5V) et numérique (port série),
- Stockage des informations disponibles dans une base de données,
- Mise à disposition des données dans une base de données accessible par Internet (monitoring).

Les automates sont contrôlés par un système de diagnostic vérifiant que :

- Aucun arrêt n'est déclenché pendant des périodes où il ne peut pas y avoir de chauves-souris (de jour / pour des vents supérieurs à 10 m.s-1 / pendant les nuits d'hiver).
- Que les machines sont bien arrêtées pendant les périodes typiques à risque (vent inférieur à 5 m.s-1 au cours de nuit de période estivale à plus de 15°C, avec de l'activité chiroptérologique),
- Les caméras transmettent régulièrement des informations.

1.4 PRESENTATION DU PROTOCOLE DE SUIVI

Le dispositif de suivi environnemental du parc éolien s'appuie sur 2 approches :

- 1 suivi de la mortalité des oiseaux et des chauves-souris au sol ;
- Un suivi de l'activité des chauves-souris à hauteur de nacelle.

Les 2 approches sont complémentaires. Elles permettent de définir les dispositifs nécessaires pour préserver la faune volante (oiseaux et chauves-souris).

A noter que dans le cadre du suivi du parc éolien de Guehenno, un recensement complémentaire de l'activité des rapaces autour du parc est également réalisé, du fait de l'impact observé au début de mise en service de ce dernier (mortalité non négligeable de buses).

1.4.1 SUIVI DE LA MORTALITE

Que ce soit pour les oiseaux ou pour les chauves-souris, la recherche de cadavre est menée conjointement lors de chaque visite.

Suivant le protocole ministériel de 2018, ce suivi doit comporter :

- la réalisation d'un minimum de 20 prospections, réparties entre les semaines 20 et 43 (mi-mai, fin octobre) ;
- en cas de présence d'espèces à enjeux sur les autres périodes (hivernage et migration pré-nuptiale), ces périodes devront également être intégrées.

Sur le territoire du parc de Guehenno, l'étude d'impact avait mis en évidence la présence d'oiseaux de niveau de sensibilité 3 en période de reproduction (faucon crécerelle) et d'une chauve-souris (en période estivale), classée de sensibilité 3,5 (pipistrelle de Nathusius) d'après le protocole national. Sur cette base, le suivi de la mortalité est mené entre mai et octobre, à raison de 3 à 4 passages par mois, complété par une visite mensuelle sur les autres mois (novembre à avril), du fait d'enjeux complémentaires sur les périodes d'hivernage et de migration (cf. *étude d'impact du projet*). Au total, 26 visites de recherche de cadavres aux pieds des éoliennes ont été menées en 2023 (cf. *tableau brute de suivi en annexe 5*).

La recherche de cadavres est menée autour de chaque aérogénérateurs(6 éoliennes pour le du parc de Guehenno), conformément au protocole ministériel.

Le protocole de prospection consiste à parcourir un carré centré sur l'éolienne. La hauteur du rotor étant à 100 mètres, les carrés prospectés ont été calés sur 50 m de part et d'autre de chaque éolienne. La surface prospectée est donc d'1 ha par éolienne.

Chaque « carré » est prospecté lentement (2 à 3 km/h), suivant des transects distants d'environ 10 m. Le temps de prospection pour chaque support est d'environ 30 à 40 minutes.

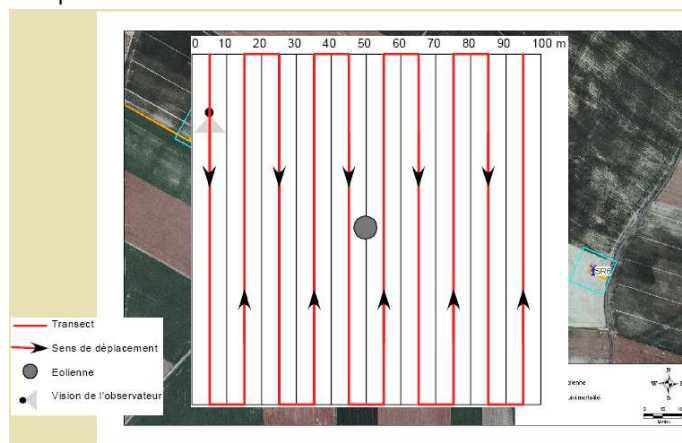


Schéma théorique de prospection - Source :
Vienne Nature

Les visites sont effectuées le matin, lorsque la luminosité est suffisante pour permettre une recherche efficace.

Chaque mois, les prospections sont menées, autant que possible, sous la forme de sessions de trois visites, espacées par 2 à 3 jours, conformément aux recommandations de la SFEPM 2016⁽¹⁾ et au protocole ministériel de 2018 (exemple : lundi, mercredi et vendredi d'une même semaine).

Le suivi de mortalité est systématiquement accompagné par un relevé de l'occupation du sol (type et hauteur de végétation) permettant à l'opérateur d'évaluer la surface « réellement » prospectée lors de chaque visite. Ces « surfaces estimées » permettent de définir un coefficient de correction de surface, utilisé dans les calculs d'estimation de mortalité annuelle (cf. chapitre 1.4.4).

Les cadavres collectés sont identifiés sur place et systématiquement pris en photo. A noter que chaque cadavre de chauves-souris est par ailleurs, envoyé à l'anses, dans le cadre de son programme d'épidémiologie surveillance et de recherche sur la rage.

En 2023, les prospections se sont déroulées comme suit (cf. dates précises en annexe 5) :

Synthèses des périodes de prospections du parc de Guéhenno en 2023		
Janvier à avril	Mai à octobre	Novembre à décembre
4 contrôles	20 contrôles	2 contrôles
1 passage/mois	3-4 passages/mois	1 passage/mois

⁽¹⁾ Groupe Chiroptères de la SFEPM, 2016. – Suivi des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de Chiroptères, Version 2.1 (février 2016).

1.4.2 SUIVI DE L'ACTIVITE DES CHAUVES-SOURIS EN ALTITUDE

Conformément au protocole national de mars 2018⁽¹⁾, un enregistrement automatique en continu est réalisé à hauteur de nacelle durant la période d'activité des chauves-souris (avril à octobre).

Conformément aux prescriptions de la DREAL, le suivi en nacelle a été réalisé sur le **support N° 5**, correspondant à une éolienne globalement située au centre du parc et présentant un environnement représentatif du contexte local (grandes cultures proches de boisements).

L'enregistreur (système Batlogger) a été installé le 31 mars 2023. Suite au constat de problèmes d'enregistrements (données saturées en parasites), le dispositif Batlogger a été remplacé le 25/04/2023, par un SM4Bat, considéré plus fiable. Le système d'enregistrement est resté en place sur la nacelle N°5 jusqu'au 31 octobre 2023.

Il faut cependant considérer que les données de suivi restent peu fiables pour le mois d'avril, du fait du dysfonctionnement de l'appareil installé (Batlogger).

Le micro est placé sous la nacelle, orienté vers le bas, conformément aux recommandations de la SFEPM.

Les données d'activité des chauves-souris (contacts d'ultrasons) sont enregistrées en format horaire GMT+1. Elles sont croisées avec les données météorologiques relevées sur le parc par l'opérateur, permettant ainsi, d'analyser l'activité des chiroptères en altitude, en fonction des conditions météorologiques.

Nota : Les données concernant les vitesses de vent et les températures sont arrondies au 0,5 près.

1.4.3 SUIVIS DE L'ACTIVITE DES RAPACES DIURNES

Au vu de l'impact significatif constaté sur la buse variable les deux premières années de suivi (3 cadavres en 2020 et 2 en 2021), un protocole de suivi d'observation des rapaces diurnes a été mis en place à partir de 2021. Ce protocole a été renouvelé en 2023.

Il s'agit de relever, en parallèle des visites de mortalité, la présence de rapaces sur et à proximité du parc (rayon de 3 à 500 m environ), en relevant la distance d'observation par rapport à l'éolienne la plus proche, la hauteur de vol et le comportement de l'oiseau (chasse, transit, rotation sur place,...).

(1) Protocole ministériel de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, révision 2018

1.4.4 SUIVIS COMPLEMENTAIRES ET CALCULS D'ESTIMATION DE MORTALITE ANNUELLE

Pour alimenter les calculs d'estimation de la mortalité annuelle (cf. chapitre 1.4.1), des relevés complémentaires sont effectués. Ils se basent sur la réalisation de tests de prédation, permettant d'évaluer la vitesse de disparition des cadavres et de tests d'efficacité de l'opérateur en charge des relevés, conformément au protocole ministériel de 2018 (cf. relevés en annexe 3).

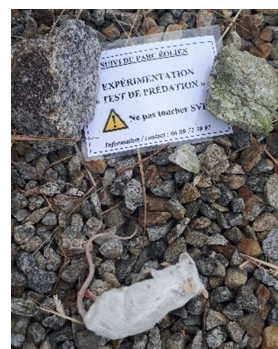
• Test de persistance des cadavres

Deux tests de persistance des cadavres ont été réalisés en juin, puis en août 2023, selon le protocole suivant :

- dispersion de 4 cadavres par éolienne (24 souris en juin et 24 poussins en août) ;
- suivi de la persistance du cadavre par réalisation de passages réguliers : retour le lendemain du jour de la dispersion, puis 2 visites par semaine jusqu'à 14 jours après la dispersion.

Ces tests de persistance permettent de relever le taux de prédation (p), ainsi que le temps moyen de persistance des cadavres (tm) utilisés dans les calculs présentés ci-après.

Les résultats des tests réalisés en 2023 sont présentés en annexe.



• tests d'efficacité de l'opérateur

Deux séries de tests d'efficacité ont été menées durant le suivi 2023 (en juin, puis en août), sur la base du protocole suivant :

- un 1^{er} opérateur disperse 3 à 5 leurres (cf. ci-contre) par éolienne, de tailles et de couleurs variées, afin de simuler différentes tailles et couleurs d'oiseaux et de chauves-souris ;
- l'opérateur en charge du suivi applique le protocole de recherche habituel de cadavres et relève, en parallèle, les leurres retrouvés ;
- Un coefficient de détectabilité est calculé par comparaison entre le nombre de leurres retrouvés et le nombre déposé (coefficient « d » dans les calculs d'estimations).



Exemple de leurres utilisés

Les résultats des tests réalisés en 2023 sont présentés en annexe.

• Estimation de la mortalité

Les calculs d'estimation de la mortalité permettent de « corriger » les biais liés à l'efficacité de l'observateur, au taux de prédation en fonction des caractéristiques d'un site (proximité de lisières, etc.) et à la récurrence plus ou moins régulière des passages de prospection. Ces estimations permettent en outre de pouvoir effectuer des comparaisons entre différents sites étudiés. La SFEPM recommande de croiser plusieurs méthodes, afin de prendre également en compte la variabilité entre ces dernières. Conformément au protocole ministériel de 2018, les formules suivantes ont été prises en compte dans la présente étude.

Formule de Winkelmann (1989) :

$$N = [C^*/(p*d)]*A$$

- **N** = Nombre estimé de cadavres
- **C** = Nombre total de cadavres observés issu de l'activité éolienne
- **p** = Taux de prédation
- **d** = Efficacité de l'observateur ou taux de détection
- **A** = Coefficient correcteur surfacique (A = 1 quand l'ensemble de la surface a été prospectée)

Formule d'Erickson (2000) :

$$N = [C*I/(tm*d)]*A$$

- **I** = Durée moyenne de l'intervalle entre deux passages (en jours)
- **tm** = Temps moyen de disparition des cadavres de poussins (en jours)

Formules de Jones et Huso :

$$N = [C/(d*p*e)]*A$$

- $p_{Huso} = tm*[1-\exp(-\text{Min}(I/\hat{I})/tm)]/I$
- $p_{Jones} = \exp(-0,5*I/tm)$
- **e** (coefficient correcteur moyen de l'intervalle) = $(\text{Min } I : \hat{I})/I$
- \hat{I} (intervalle effectif moyen) = $-\log(0,01)*tm$

En pratique, nous avons utilisé l'outil eolapp, mis à disposition par le Centre d'Ecologie Fonctionnelle & Evolutive du CNRS pour effectuer les calculs estimatifs (source : <https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>), ce qui permet d'éviter toute erreur dans les calculs.

Deuxième partie

RÉSULTATS

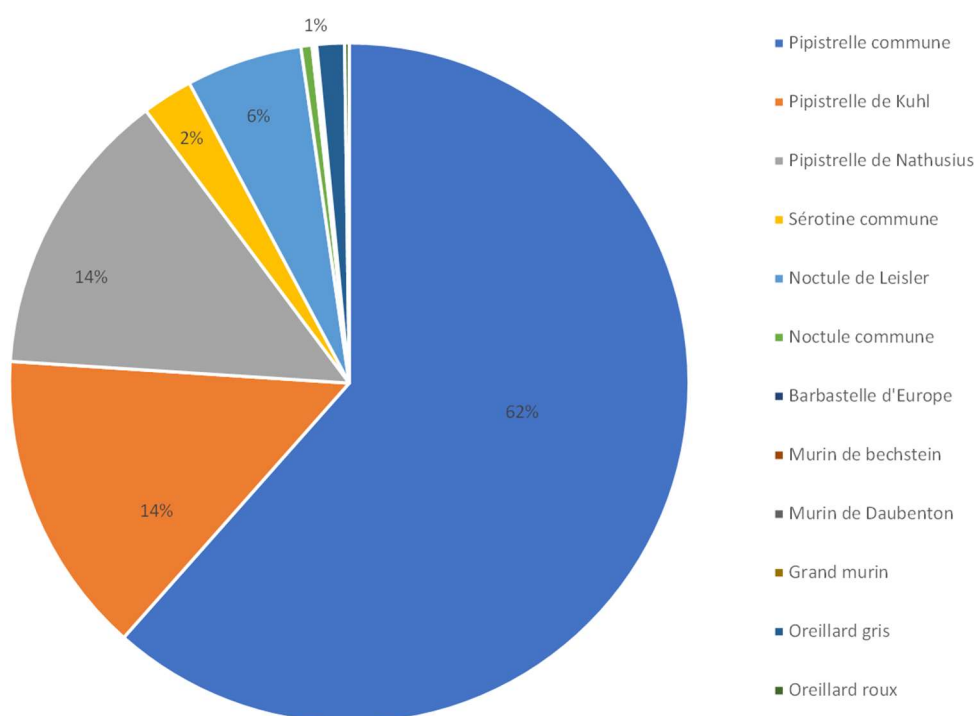
2.1 SUIVI DE LA FREQUENTATION DU PARC PAR LES CHAUVES-SOURIS

Rappelons que ce suivi s'appuie sur les enregistrements réalisés en altitude, au niveau de la nacelle E5.

2.1.1 ESPECES CONTACTEES

Les enregistrements réalisés en 2023 ont permis d'identifier 12 espèces de chauves-souris, sur les 22 connues en Bretagne. Ce qui représente une diversité non négligeable. La proximité de milieux boisés peut en partie, expliquer ce niveau de diversité. Comme les années précédentes, on retrouve en altitude, les espèces habituelles de pipistrelles, dominées par la pipistrelle commune (62% des contacts), suivi par des effectifs non négligeables de pipistrelles de Kuhl. Viennent ensuite les espèces connues pour voler en altitude lors de leurs déplacements, notamment en période de migration, comme la pipistrelle de Nathusius et les noctules (Leisler principalement). Les autres espèces contactées sont plus anecdotiques (moins de 1% des contacts), correspondant à des espèces qui tendent à suivre les linéaires arborés (haies et lisières) lors de leurs déplacements (séroline et murins). Elles sont donc nettement moins régulièrement contactées en altitude. Rappelons toutefois que le micro est orienté vers le bas depuis la nacelle, il est donc possible que certains contacts correspondent à des animaux ne volant pas forcément à hauteur de pales, pour les espèces qui émettent assez fort (pipistrelles, noctules et sérotines notamment).

Diversité observée en % du nombre de contacts
(saison d'activité avril-octobre)



Statut des chauves-souris contactées sur le parc éolien de Guéhenno en 2023

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Directive Habitats	Protection nationale	Listes rouges		Note de risque	Ratio
				France	Bretagne		
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	DHIV	Art.2	NT	LC	3	62 %
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	DHIV	Art.2	LC	LC	2,5	23 %
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	DHIV	Art.2	NT	NT	3,5	5 %
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	DHIV	Art.2	NT	LC	2,5	2 %
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	DHIV	Art.2	NT	NT	3	6 %
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	DHIV	Art.2	VU	NT	3,5	< 1 %
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	DHII & DHIV	Art.2	LC	NT	1,5	< 1 %
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	DHIV	Art.2	LC	LC	1,5	< 1 %
Murin de Bechstein	<i>Myotis bechsteinii</i>	DHII & DHIV	Art.2	NT	NT	2	< 1 %
Grand murin	<i>Myotis myotis</i>	DHII & DHIV	Art.2	LC	NT	1,5	< 1 %
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>	DHIV	Art.2	LC	LC	1,5	< 1 %
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>	DHIV	Art.2	LC	LC	1,5	< 1 %

Directive Habitats : Directives européennes habitats, faune, flore (92/43/CEE du conseil du 21 mai 1992), **DHII** : Espèce dont la conservation peut nécessiter la désignation d'une ZSC ; **DHIV** : Espèce nécessitant une protection stricte

Protection nationale : Arrêté du **23 avril 2007**, modifié (maj 17 mars 2019) fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur le territoire national – **Art2** : Statut de protection des individus et de leurs aires de repos et sites de reproduction

Listes rouges : MNHN/UICN consultation janvier 2024

LC : préoccupation mineure, **NT** : quasi-menacée, **Vu** : vulnérable, **EN** : en danger, **CR** : en danger critique, **NE** : non évalué **DD** : Données insuffisantes

Note de risque : Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (2015).

Ratio : Pourcentage de contacts sur le site de Guehenno en 2023

2.1.1 ANALYSE DE L'ACTIVITE

L'analyse des données enregistrées, croisées avec les informations fournies par l'opérateur éolien (données SCADA) permettent d'étudier la répartition des contacts en fonction de différents facteurs (période de l'année, températures et vitesses des vents notamment).

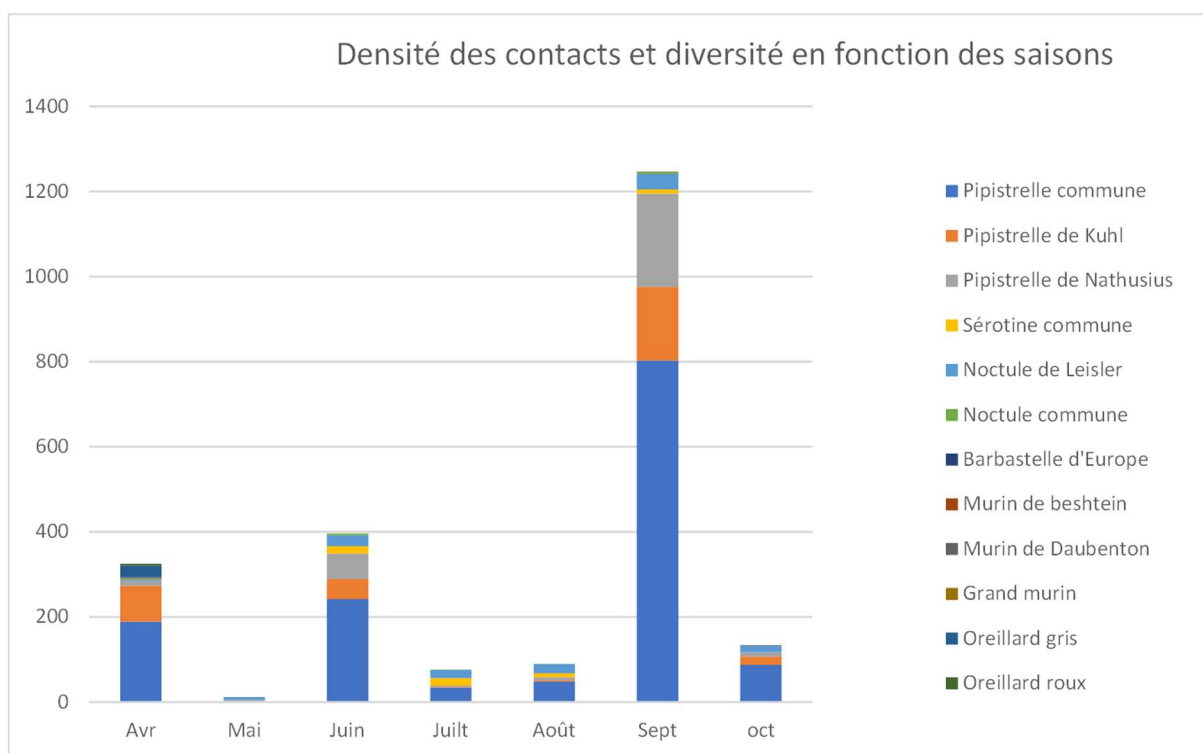
- **Répartition de la fréquentation par les chauves-souris en altitude au cours de la période étudiée**

Entre Avril et Octobre 2023, près de 2300 contacts ont été enregistrés, ce qui constitue des effectifs assez conséquents et plus importants que les années précédentes (autour de 800 contacts en 2020, environ 1500 en 2021 et près de 1000 en 2022). Ces effectifs

restent cependant nettement moins importants que ce que l'on peut enregistrer à hauteur d'arbres (il est assez fréquent d'avoir plus de 500 contacts sur une seule nuit).

La répartition des contacts n'est pas homogène sur l'année. En effet, les mois de juin et septembre sont des périodes classiques de pics d'activités pour les chauves-souris (recherche active de nourriture en période de reproduction (juin) et migration/dispersion des jeunes en septembre). Les mois de juillet et août sont en revanche, apparus très peu actifs, alors qu'il s'agit d'une période où les chauves-souris ont besoin d'une richesse alimentaire importante pour le nourrissage des jeunes. Le plus inhabituel est le niveau d'activité en début de saison (avril), avec près de 300 contacts alors que les enregistrements ne concernent qu'une partie du mois (cf. *méthodologie*). La douceur de l'hiver 2022-2023 a peut-être fait sortir les chauves-souris assez tôt, ce qui leur a permis d'être actives de manière précoce.

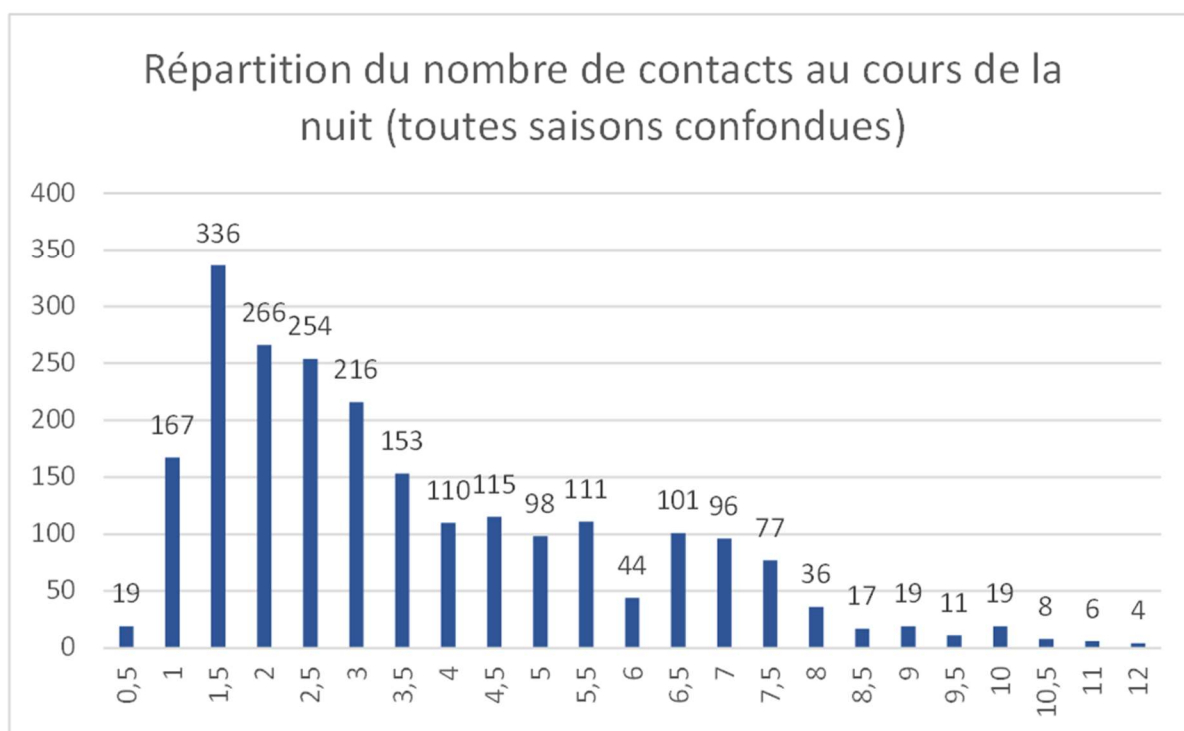
Le mois de septembre est de loin, le mois le plus actif en 2023, avec plus de 1200 contacts sur la période (contre moins de 400 sur les autres mois). C'est également sur septembre que l'on retrouve des densités plus importantes d'espèces considérées migratrices, comme la noctule de Leisler et la pipistrelle de Nathusius.



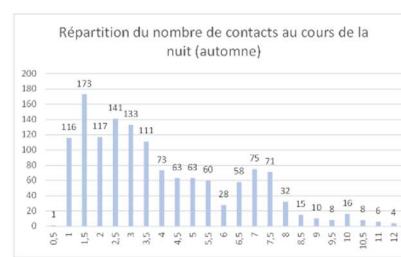
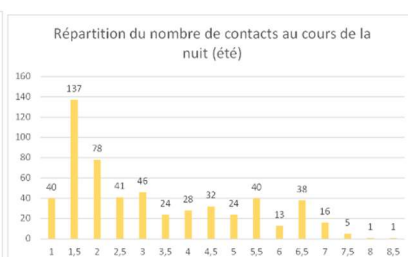
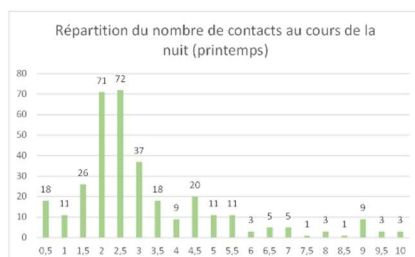
• Répartition de la fréquentation en fonction des heures

Le niveau d'activité des chauves-souris en fonction de la durée après le coucher du soleil confirme un niveau d'activité plus important en début de nuit (pic vers 1h30 après le coucher du soleil), pour décroître progressivement sur le reste de la nuit, avec un léger regain vers 7h00 après le coucher du soleil (reprise d'activité en fin de nuit).

Les 4 premières heures de la nuit couvrent près de 67 % des contacts. Il faut atteindre les 7 premières heures, après le coucher du soleil, pour obtenir 90% des contacts.



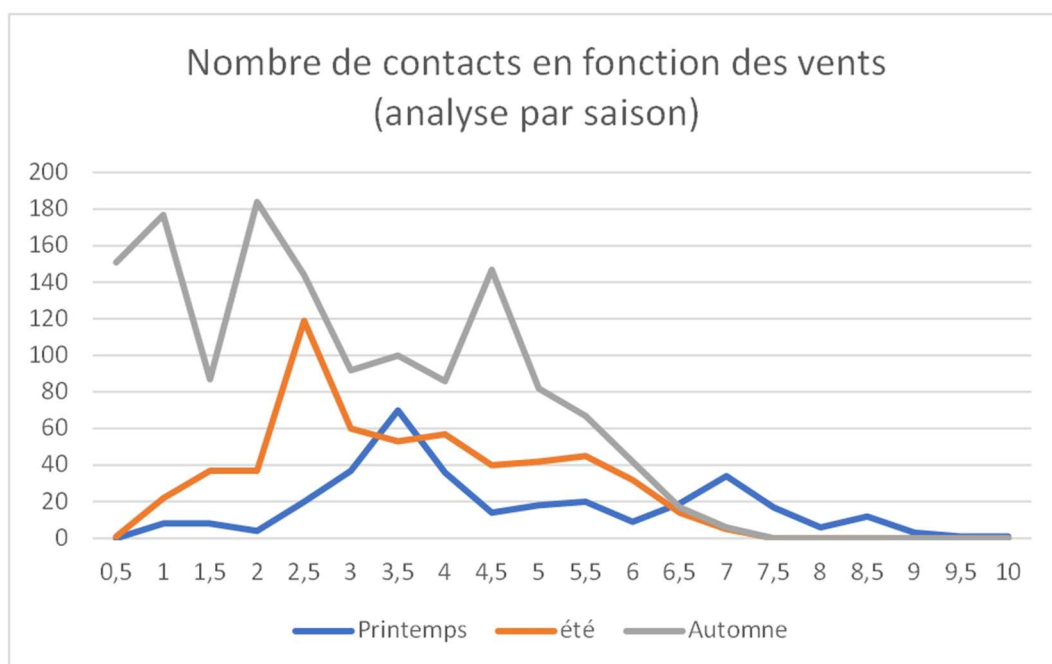
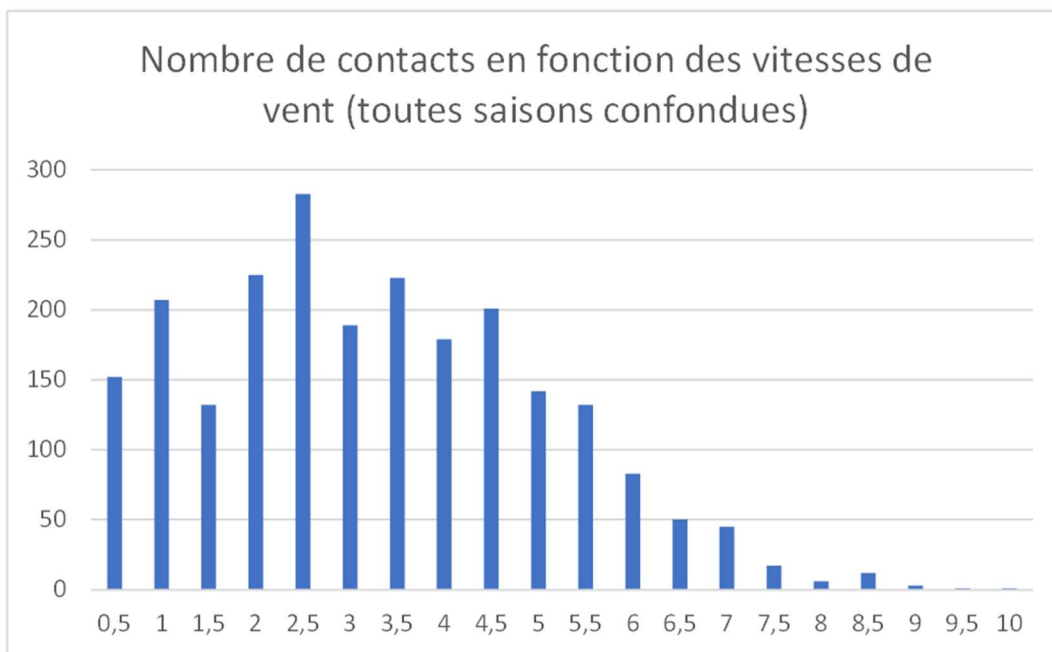
L'activité semble répartie légèrement différemment en fonction des saisons, avec un pic nettement plus marqué en début de nuit au printemps et en été (réduction forte de l'activité entre 2 et 3h00 après le coucher du soleil), alors que la diminution d'activité apparaît plus « régulière » et davantage répartie sur l'ensemble de la nuit après l'été (cf. graphiques ci-dessous).



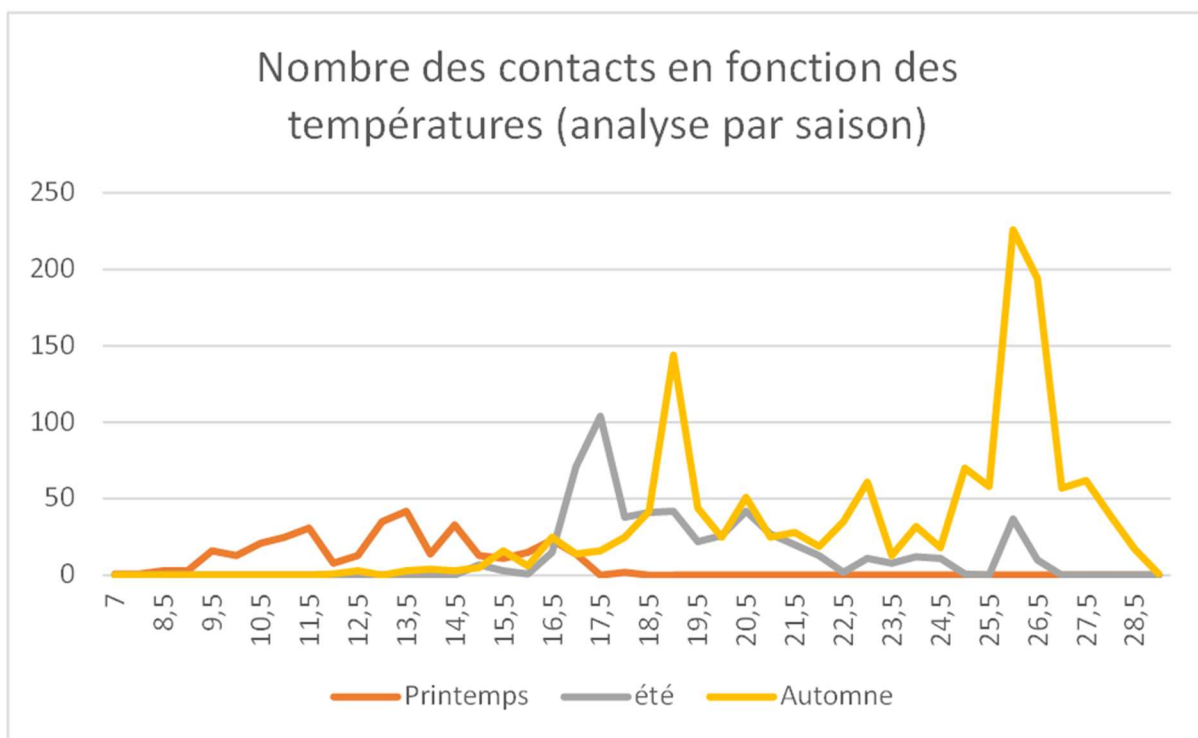
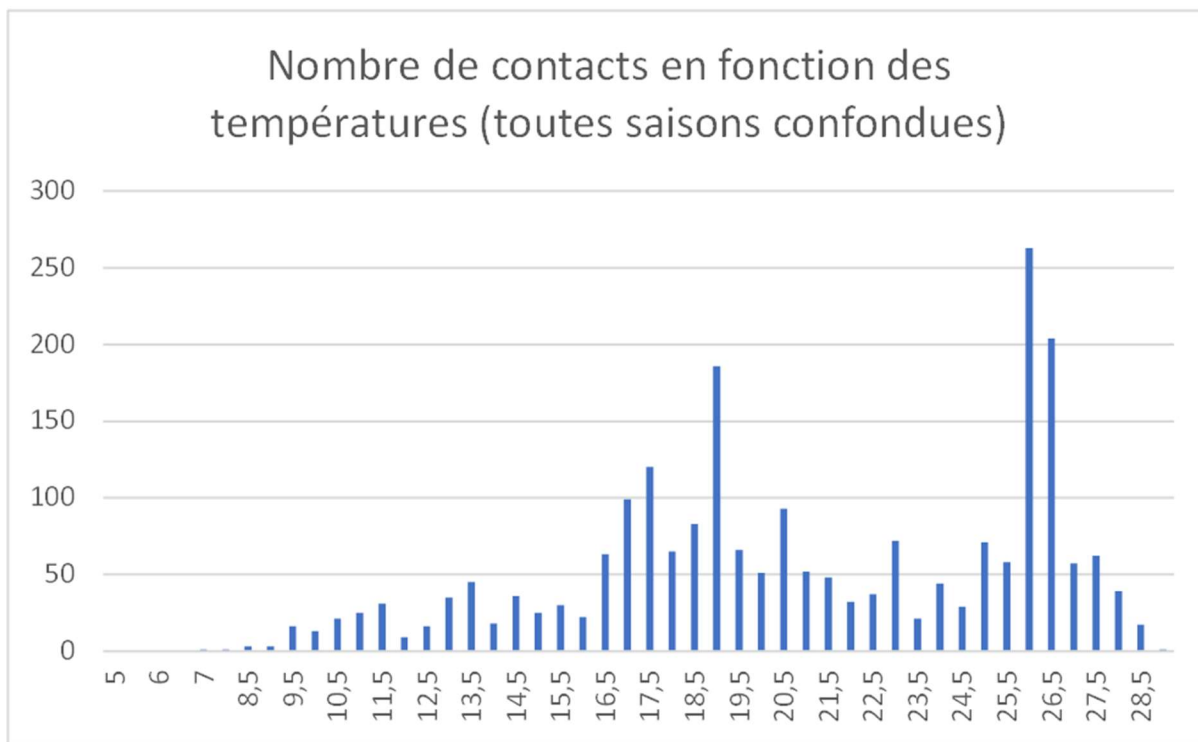
• **Répartition de la fréquentation en fonction des conditions météorologiques (vent et températures)**

L'analyse de l'activité des chauves-souris, sur la base des données météorologiques enregistrées au niveau de la nacelle E5 (données SCADA transmises par l'opérateur), permettent de confirmer les tendances décrites dans la bibliographie, à savoir (cf. graphiques ci-dessous) :

- Pour les vents : une baisse marquée de l'activité des chauves-souris au-dessus de 7 m/s (moins de 4 % des contacts), sauf au printemps, où l'activité se maintient d'avantage jusqu'à 9 m/s ; 90% des contacts de chauve-souris se répartissent en dessous de 6 m/s et il n'y a plus aucun contact au-dessus de 10 m/s.



- Pour les températures : 95% des contacts de chauve-souris se répartissent au-dessus de 12°C et on constate un arrêt de l'activité des chauves-souris en dessous de 7°C . A noter qu'au printemps, les chauves-souris sont actives dès 9°C.



2.2 SUIVIS DE LA FREQUENTATION DU PARC PAR LES RAPACES DIURNES

Le parc générant un impact non négligeable sur les rapaces diurnes, et notamment la buse variable, au début de sa mise en service, un dispositif spécifique de détection et d'arrêt des machines a été mis en place à partir de 2022.

Afin d'apporter des éléments concernant l'efficacité de ce dispositif, un suivi de la présence de rapaces diurnes a été mis en place sur le parc, en parallèle des suivis de mortalité. Ce suivi a consisté à relever toutes observations de faucons et de buse variable, afin de disposer d'informations sur la présence de ces espèces et leur comportement sur et à proximité du parc. Autant que possible, la « réaction » du dispositif ProBird a été relevée (émissions sonores d'effarouchement et arrêt machine) afin de tenter d'apporter des observations sur l'efficacité du dispositif.

A noter que les données relevées portent principalement sur la buse variable (espèce ciblée par le suivi), les faucons n'ont été recherchés et notés que de façon plus opportunistes (espèces plus « fugaces »).

Ainsi, la buse variable a été observée à 14 reprises, sur les 27 journées de suivi réalisées (cf. *tableau en annexe 2*). Elle est notamment apparue cantonnée au niveau du petit boisement qui se trouve derrière l'éolienne E1 où elle semble s'y être reproduit (présence régulière d'un couple en juin-juillet 2023 + cris d'alarme). Les autres observations concernent des individus isolés, principalement en déplacements « bas » ou en chasse entre les bosquets qui se situent à proximité des éoliennes. La plupart des observations se situaient en dessous des pales, au niveau de la canopée des arbres.

Le dispositif ProBird a systématiquement réagi quand les buses se trouvaient à proximité des pales (< 100 m) et à hauteur de ces dernières (cf. *observations du 13/04, 13/06, 20/06 et 14/06*). Seul le 07/08, le dispositif n'a pas réagi, alors qu'une buse passait à moins de 100 m de E4. Cette dernière se trouvait cependant à hauteur de canopée (environ 15 m), soit bien en dessous des pales (garde au sol de 50 m).



On relèvera donc que malgré la présence régulière de la buse sur le parc, et notamment d'un couple nicheur à proximité immédiate de E1, il n'y a eu aucune collision, alors que les buses tournaient régulièrement sur ce secteur, mettant en avant l'efficacité du système.

Le dispositif d'effarouchement (émission de cris d'oiseaux, coups de feu, etc.) ne semble en revanche, n'avoir aucune incidence sur la buse, toutes les observations ayant montré aucune réaction de cette espèce lors des émissions d'effarouchements sonores.

2.3 SUIVI DE LA MORTALITE

2.3.1 ANALYSE GENERALE


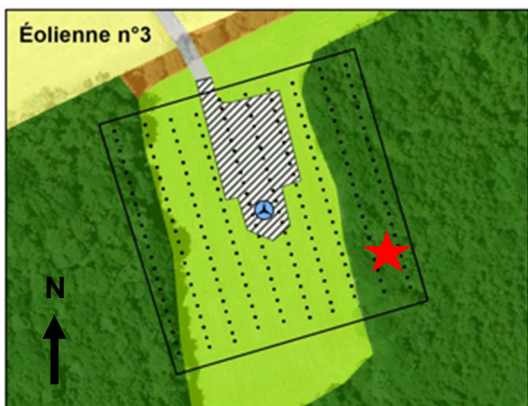
Rappelons que le suivi a été mené sur l'année entière, afin de répondre aux enjeux mis en évidence lors de l'étude d'impact : 3 à 4 passages par mois en période d'activité (mai à octobre) et 1 passage par mois entre novembre et avril (cf. chapitre 1.4- Protocole de suivi).


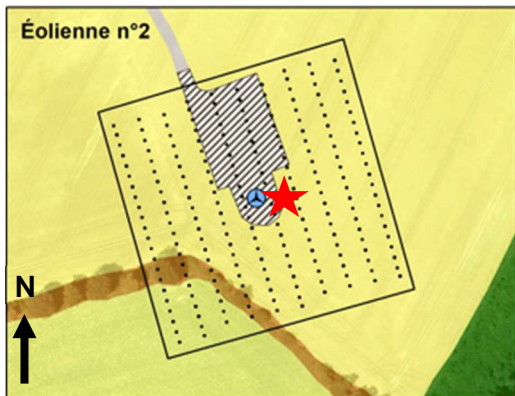
Au total, **6 cadavres et/ ou plumées** ont été repérées lors du suivi 2023. Les observations concernent **4 cadavres/plumées d'oiseaux** (3 pigeons ramier et 1 pinson des arbres) et **2 cadavres de chauve-souris** (1 pipistrelle commune et 1 pipistrelle de Kuhl).


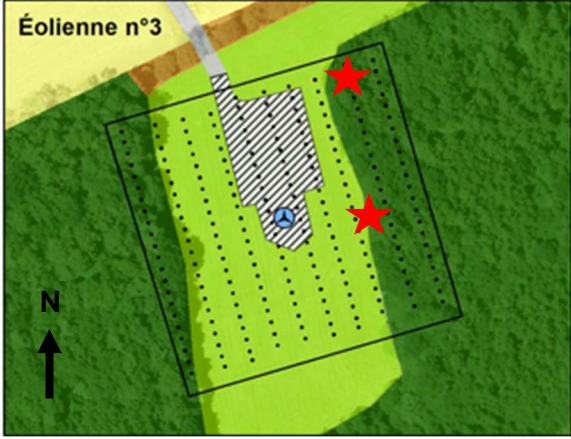
Synthèse du suivi et mortalités constatées (cf. tableau brut en annexe 5)


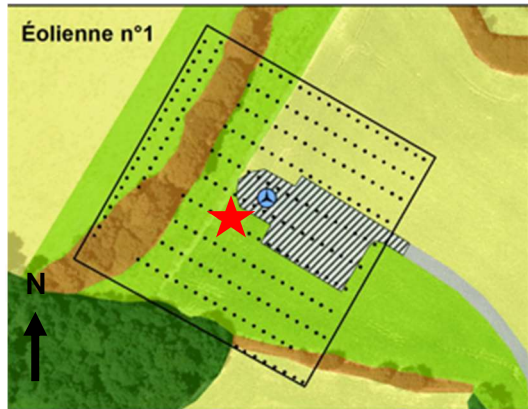
Date	Cadavre	Plumée	Localisation
11/1/2023		1 Pigeon ramier	E3
9/2/2023	1 Pinson des arbres	2 Pigeons ramier	E2 et E3
15/3/2023			
13/4/2023			
9/5/2023			
11/5/2023			
15/5/2023			
13/6/2023			
15/6/2023			
20/6/2023	1 Pipistrelle commune		E1
22/6/2023			
5/7/2023			
7/7/2023			
12/7/2023			
7/8/2023			
9/8/2023			
11/8/2023			
16/8/2023			
15/9/2023			
19/9/2023			
22/9/2023			
3/10/2023			
5/10/2023	1 Pipistrelle de Kuhl		E6
9/10/2023			
23/11/2023			
5/12/2023			


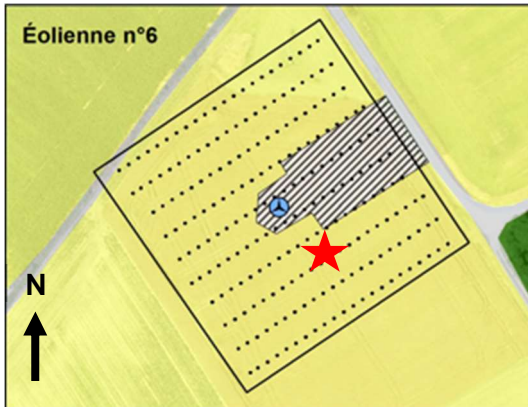
2.3.2 LES ESPECES CONSTATEES (PLUMES / CADAVRES)

FICHE DE SUIVI DE MORTALITÉ - Parc éolien de Guéhenno (56)					
Date	Numéro d'éolienne	Distance / mât	Coordonnées	Nom du prospecteur	Couverture végétale
11/01/23	E3	58 mètres	X L93 : 277064.7 Y L93 : 6770799.1	S. Deparscau	Forêt
Espèce		État		Cause présumée	
Pigeon ramier		Fragments (plumes)		Collision possible + prédation	
Photographie			Carte		
					
Commentaire			Plumée située en sous-bois + très peu de plumes : Validation collision eolienne difficile à certifier = Collision possible		

FICHE DE SUIVI DE MORTALITÉ - Parc éolien de Guéhenno (56)					
Date	Numéro d'éolienne	Distance / mât	Coordonnées	Nom du prospecteur	Couverture végétale
09/02/23	E2	11 mètres	X L93 : 276326.4 Y L93 : 6770364.3	S. Deparscau	Talus herbacé
Espèce		État		Cause présumée	
Pinson des arbres		Cadavre		Collision probable	
Photographie			Carte		
					
Commentaire			Cadavre frais, absence apparente de traumatisme = collision probable		

FICHE DE SUIVI DE MORTALITÉ - Parc éolien de Guéhenno (56)					
Date	Numéro d'éolienne	Distance / mât	Coordonnées	Nom du prospecteur	Couverture végétale
09/02/23	E3	40 mètres 32 mètres	X L93 : 277042.8 Y L93 : 6770868.0 X L93 : 277048.0 Y L93 : 6770819.3	S. Deparscau	Forêt
Espèce		État		Cause présumée	
2 Pigeons ramiers		Fragments (plumes)		Collision possible + prédation	
Photographie			Carte		
					
Commentaire			Plumées situées en sous-bois + très peu de plumes : Validation collision eolienne difficile à certifier = Collision possible		

FICHE DE SUIVI DE MORTALITÉ - Parc éolien de Guéhenno (56)					
Date	Numéro d'éolienne	Distance / mât	Coordonnées	Nom du prospecteur	Couverture végétale
20/06/23	E1	18 mètres	X L93 : 276125.3 Y L93 : 6770561.0	H. Dallemagne	Prairie fauchée
Espèce		État		Cause présumée	
Pipistrelle commune		Cadavre		Barotraumatisme probable	
Photographie			Carte		
					
Commentaire			Cadavre frais, absence apparente de traumatisme = barotraumatisme probable		

FICHE DE SUIVI DE MORTALITÉ - Parc éolien de Guéhenno (56)					
Date	Numéro d'éolienne	Distance / mât	Coordonnées	Nom du prospecteur	Couverture végétale
05/10/23	E6	35 mètres	X L93 : 276839.9 Y L93 : 6771028.8	H. Dallemagne	Labours
Espèce		État		Cause présumée	
Pipistrelle commune		Cadavre		Barotraumatisme probable	
Photographie			Carte		
					
Commentaire			Cadavre frais, absence apparente de traumatisme = barotraumatisme probable		

2.3.3 INTERPRETATION

La majorité des contacts d'oiseaux impactés concernent des plumées de pigeon ramier observés en sous-bois. Il est donc difficile de certifier qu'il s'agit de collisions avec l'éolienne, les oiseaux ayant pu être prédatés sans collision préalable. L'observation d'un cadavre frais de pinson des arbres, à proximité immédiate de E2 semble quant à lui, plus flagrant d'un impact lié à l'éolienne. Il en va de même pour les 2 cadavres de chauves-souris, observés à proximité de E1 et E6.

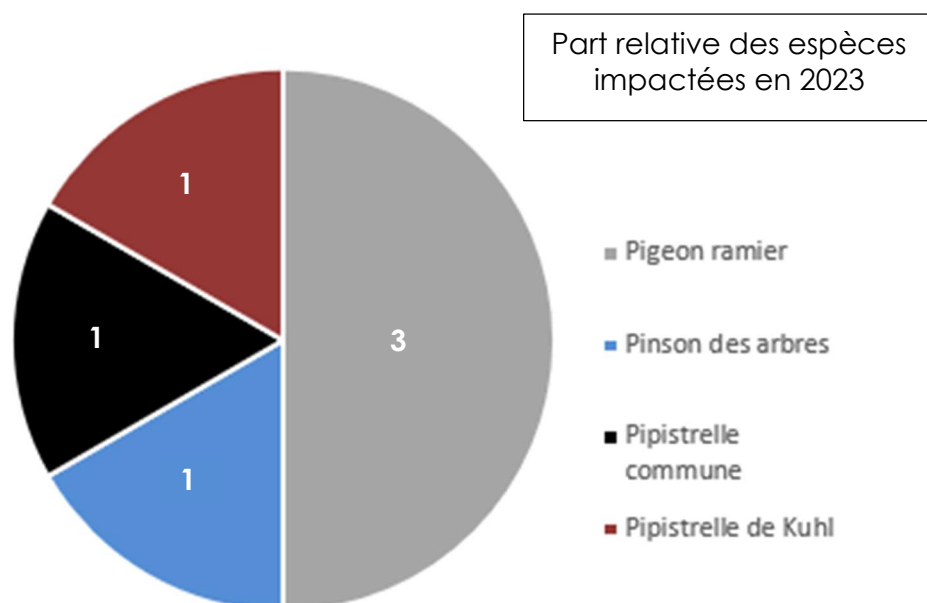
A titre indicatif, une plumée de pic épeiche a également été observée dans le sous-bois, à environ 80 m de l'éolienne E3. Cette plumée se trouvait en contrebas d'une cavité de pic, laissant supposer que l'oiseau était mort au pied de son nid. Il a été considéré que cette mortalité n'était pas liée à l'activité du parc et n'a donc pas été retenue dans l'analyse.

La principale espèce impactée par l'activité du parc de Guéhenno reste donc, comme en 2022, le pigeon ramier (3 plumées), espèce globalement associée aux milieux « ouverts ». Les autres espèces contactées (pinson des arbres et chauves-souris) sont davantage liées aux espaces bocagers et/ou boisés.

On relèvera que comme en 2022, aucun cadavre de buse variable n'a été relevé, alors que cette dernière reste bien présente autour du parc (cf. chapitre 2.2). Le système ProBird semble donc jouer son rôle vis-à-vis de cette espèce qui était impactée initialement par ce parc.

E3 semble être l'éolienne qui impact le plus (3 oiseaux). Il est possible que ce constat soit lié à l'environnement plus boisé de cette dernière. A noter cependant, qu'aucun cadavre n'a été noté au niveau de E4, alors que cette éolienne se trouve globalement dans le même contexte boisé et prairial que E3.

On relèvera par ailleurs, que les observations de cadavres/plumées n'ont pas de corrélation particulière avec d'éventuels dysfonctionnements des dispositifs de bridage. En effet, ces derniers étaient actifs au moment des observations.



Statut des espèces impactées (plumées/cadavres) en 2023

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Directive eur ⁽¹⁾	Protection nationale ⁽²⁾	Listes rouges ⁽³⁾		Niveau de sensibilité aux éoliennes ⁽⁴⁾	Mortalité constatée 2023
				France	Bretagne		
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	-	-	LC	LC	1	3
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	-	Art. 3	LC	LC	0	1
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	An. IV	Art. 2	NT	NA	3	1
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	An. IV	Art. 2	LC	LC	2.5	1

Légende

(1) Directive 79/409/CEE (Directive européenne dite Directive Oiseaux) & Directive habitat, faune, flore (92/43/CEE du conseil du 21 mai 1992) – An IV : Espèce nécessitant une protection stricte ;

(2) Arrêté du 29 octobre 2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection. Arrêté du 23 avril 2007 (modifié) fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection

(3) Liste rouge nationale et régionale – critères UICN (MNHN/UICN – consultation Janvier 2024)

Statut : Quasi menacée (**NT**), Préoccupation mineur (**LC**), Données insuffisantes (**DD**), Non applicable (**NA**).

(4) Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres – novembre 2015. 40 p.

• **Corrélation entre conditions météorologiques et observation de cadavres**

L'analyse des conditions météo la veille de la découverte des différents cadavres/plumées ne révèle pas de conditions météorologiques particulières pouvant justifier un risque d'augmentation de mortalité (météo variable à ensoleillé, vent faible à moyen, principalement de sud-ouest), avec cependant des rafales de vent pour les conditions du 10/01 et dans la nuit du 19-20/06. Rappelons cependant que la mortalité n'est pas forcément intervenue la veille, notamment pour les plumées. Cette analyse ne peut donc être qu'indicative pour les oiseaux. Pour les chauves-souris en revanche, les cadavres étaient frais. L'analyse des conditions météorologiques de la veille apparaît donc pertinente.

Synthèse des conditions météo la veille (ou la nuit) de la découverte des cadavres

Date / espèces (cadavres/plumées)	Météo de la veille
11/01/23 – 1 plumée pigeon ramier	Nuageux, pluies faibles, T° douces, rafales de vents jusqu'à 50-60 km/h dans les terres
09/02/23 – 2 plumées pigeon ramier et 1 cadavre pinson des arbres	Ensoleillé, T° basses dans la nuit, 8-9°C en matinée, vent faible à moyen (jusqu'à 30-40 km/h)
20/06/23 – 1 cadavre pipistrelle commune	Variable, T° estivales (environ 20°C dans la nuit), vent moyen avec rafales jusqu'à 50-60km/h
05/10/2023 – 1 cadavre pipistrelle de Kuhl	Ciel variable à dégagé, T° douces (environ 15°C la nuit), vent faible (< 5km/h)

- **Répartition des cadavres en fonction des saisons**

Tous les cadavres/plumées concernant les oiseaux ont été relevés en début d'année, correspondant à la période hivernale (11 janvier et 9 février). Il n'y a pas eu de nouveau cadavre découvert sur le reste de l'année. La météo sur les périodes concernées n'étaient pas particulièrement mauvaises (périodes plutôt ensoleillées).

Les cadavres de chauves-souris ont quant à eux, été notés en juin et octobre, correspondant à des périodes d'activité classiques pour ces espèces.

- **Corrélation entre Mortalité constatée et activité des chauves-souris en altitude**

Les cadavres de chauves-souris retrouvés au pieds des éoliennes ont été constatés le 20 juin, correspondant à la période de mise bas et le 05 octobre, correspondant à la migration. Les 2 mois concernés (juin et octobre), ne correspondent pas aux mois où la plus forte activité a été constatée sur le parc (plus forte activité relevée en septembre).

Si on considère les nuits précédant les découvertes du cadavres (ces derniers étant frais, on peut considérer que la mortalité était récente), on remarque en revanche, une corrélation entre l'augmentation de l'activité constatée en altitude (passe de 2 contacts à plus de 15) et la mortalité d'une chauve-souris (cf. *tableau ci-dessous*).

Rappelons que la moyenne des contacts obtenus par l'enregistreur sur la période d'enregistrement (avril à octobre) correspond à environ 12 contacts par nuit. Les valeurs constatées la veille des mortalités (25 et 17 contacts) sont donc également un peu supérieures. Rappelons cependant que la valeur estimée « moyenne » ne reflète pas forcément la forte variabilité des passages de chauves-souris en fonction de la météo et des espèces. Cette analyse ne peut donc être qu'indicative.

Activité en altitude aux dates proches de la découverte de cadavres

Date nuit	Nb contact en altitude (toutes chauves souris)	Nb contact en altitude (pipistrelles)
17-18 juin 2023	2	2 Pippit
18-19 juin 2023	2	2 Pippit
19-20 juin 2023	25	22 Pippit
20 juin 2023	Découverte cadavre pipistrelle commune	
02-03 octobre 2023	0	0 Pipkuh
03-04 octobre 2023	2	0 Pipkuh
04-05 octobre 2023	17	3 Pipkuh
05 octobre 2023	Découverte cadavre pipistrelle de Kuhl	

A noter que le dispositif ProBat était en fonctionnement « algorithme seul » en juin (avec absence de détection acoustique), alors qu'il fonctionnait pleinement en octobre (algorithme + détection acoustique).

2.3.1 CALCULS DE LA MORTALITE ESTIMEE

La mise en œuvre de calculs correctifs permet d'estimer la mortalité annuelle estimative, en tenant compte de différents paramètres : récurrence des périodes de passages au cours de l'année, efficacité de l'observateur et taux de prédation.

Les données brutes relatives aux tests d'efficacité et de prédation, ainsi que les exports des calculs (<https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp>) sont présentés en annexes 3 et 6.

A titre indicatif, le taux d'efficacité de l'opérateur (d) a été de 76% en 2023 et le coefficient de correction surfacique (A) de 0,7. Le taux de prédation (p) varie en fonction des formules utilisées (cf. annexe 6).

- **Estimations par groupes et périodes**

Les calculs d'estimation définissent une mortalité potentielle de l'ordre de 16,3 cadavres/plumées d'oiseaux (13,3 pour la médiane) si on considère l'ensemble de l'année. Au regard de la répartition observée en 2023 (mortalités/plumées) exclusivement observées en hiver, on serait sur une estimation de fait beaucoup plus élevée en hiver (27,5 en moyenne) qu'en saison estivale (estimation à 0).

Pour les chauves-souris, la période considérée correspond uniquement à la période d'activité, même si dans les faits, les observations ont été réalisées sur l'ensemble de l'année, en parallèle des oiseaux ; pour la période d'activité (mai-octobre), la mortalité moyenne estimée pour les chauves-souris est de 5,1 (5,5 pour la médiane).

Impact (cadavres) estimé pour l'ensemble du parc
à partir des formules correctives (sur 6 mois et toute l'année du suivi)

	Période prise en compte	Nb réel cadavres Obs	Formules d'estimation					
			Erick son	Winkel mann	Huso	Jones	Moyenne	Médiane
Oiseaux	Toute l'année	4	9,64	28,97	12,72	13,86	16,3	13,3
	Hiver (novembre-avril)	4	22,82	NA	23,74	35,94	27,5	23,7
	Été (mai-octobre)	0	0	0	0	0	0	0
Chauves-souris	Période d'activité (mai-octobre)	2	3,22	6,04	5,44	5,63	5,1	5,5

• Estimation par éolienne

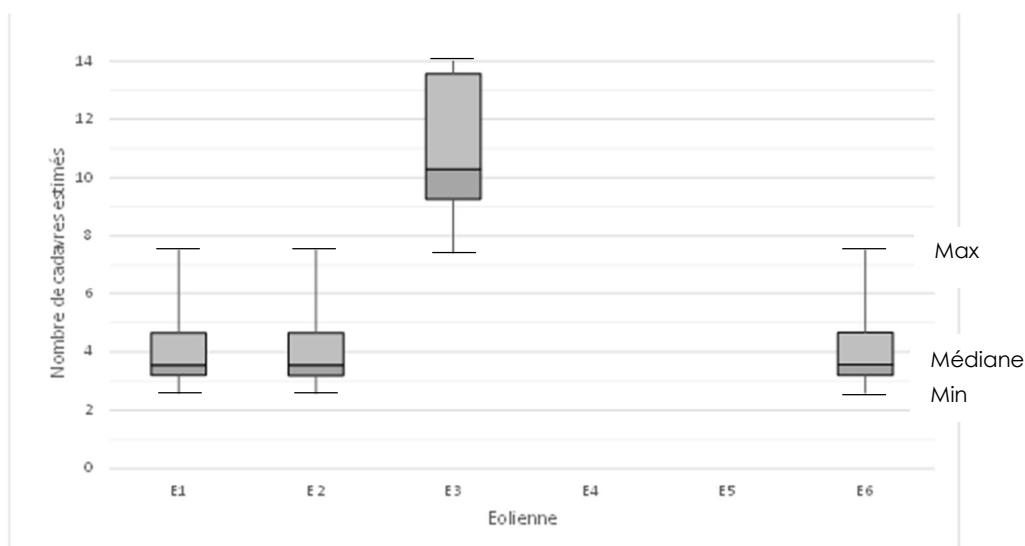
En appliquant les formules d'estimation pour chaque éolienne, on obtient les valeurs présentées ci-dessous.

Impact (oiseaux + chiroptères) moyen et médian estimé par éolienne
(année 2023)

	Nb réel cadavres Obs	Formules d'estimation					
		Erickson	Winkel mann	Huso	Jones	Moyenne	Médiane
E1	1	2,59	7,51	3,4	3,7	4,3	3,5
E2	1	2,58	7,51	3,39	3,69	4,3	3,5
E3	3	7,44	22,13	9,87	10,71	12,5	10,3
E4	0	0	0	0	0	0	0
E5	0	0	0	0	0	0	0
E6	1	2,59	7,51	3,4	3,71	4,3	3,5

L'éolienne la plus impactante en 2023 (toutes espèces confondues) a été l'éolienne E3, avec une moyenne estimée à 12,5 cadavres/plumées sur l'année (10,3 pour la médiane), les autres éoliennes impactantes (E1, E2 et E6) étant estimées à une moyenne de 4,3 cadavres pour l'année (3,5 pour la médiane). E4 et E5 n'ont pas généré d'impact.

Impact par éolienne : écart type entre moyenne et médiane estimée



- **Comparaison avec quelques données de référence**

Si on se réfère à une étude menée par la LPO ⁽¹⁾ les estimations de la mortalité peuvent varier en fonction de la formule utilisée. Les données présentées dans la présente étude sont cohérentes avec ce qui est généralement observé dans d'autres suivis, à savoir :

- la formule de Winkelmann (1989) a tendance à surestimer la mortalité surtout lorsque la durée de persistance des cadavres est faible ;
- celle d'Erickson (2000) a tendance à sous-estimer la mortalité, en particulier lorsque la durée de persistance des cadavres est importante ;
- celles de Jones (2009) et Huso (2010), plus récentes, présentent une fiabilité plus importante et proposent des résultats intermédiaires et proches l'un de l'autre.

Cette étude LPO met en évidence une mortalité estimée entre 0 et 27 oiseaux impactés par éolienne et par an, avec une moyenne de 7 et une médiane de 4 oiseaux par éolienne et par an. En isolant les données d'un parc présentant une surmortalité, cette moyenne est abaissée à 4 oiseaux par éolienne et par an.

Les valeurs obtenues en 2023 sur le parc de Guéhenno (autour de 4 cadavres/plumées par éoliennes et par an) se situent donc globalement dans la moyenne des mortalités observées sur les parcs français, sauf pour l'éolienne E3, du fait de la découverte de 3 cadavres sur un court laps de temps (en hiver).

Concernant les chauves-souris, les mortalités de pipistrelles en juin et en octobre sont cohérentes avec les données compilées sur les parcs éoliens de l'Ouest de la France⁽²⁾. Il apparaît en effet que ces espèces sont les plus couramment impactées par les parcs éoliens.

Généralement, les mortalités sont surtout marquées de juillet à septembre en Bretagne.

- **Comparaison avec les conclusions de l'étude d'impact** ⁽³⁾

Concernant l'avifaune, l'étude d'impact conclut que l'implantation du parc ne concernerait que des espèces communes, susceptibles de voler haut, comme la buse variable ou le héron cendré. Les laridés sont également cités comme étant potentiellement concernés. Depuis 2022, et la mise en place du dispositif de protection ProBird, l'impact sur l'avifaune s'est fortement réduit, avec notamment absence de nouvelle observation d'impact sur la buse variable. Les pigeons ramiers restent encore assez impactés, ainsi que ponctuellement, un ou deux passereaux (1 pinson des arbres en 2023).

Concernant les chauves-souris, l'étude d'impact conclut que l'implantation du parc ne devrait pas significativement remettre en cause la dynamique des populations locales de chauves-souris.

⁽¹⁾ Source : MARX G., 2017- Étude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015

⁽²⁾ Source : GOISLOT-Ouest'Am, 2021 ; LE CAMPION-GMB, 2021.

⁽³⁾ FERRAND (2014). Projet d'implantation d'un parc éolien sur les communes de Bignan, Buléon et Guéhenno (56) – Partie 2 : Étude d'impact. 84 pages.

En 2023, 2 cadavres de chauves-souris ont été retrouvés et les calculs de simulation estiment une mortalité annuelle autour de 5 chauves-souris pour l'ensemble du parc sur l'année. Ces valeurs ne sont pas de nature à remettre en cause l'état des populations locales, d'autant que les 2 espèces impactées (pipistrelle de Kuhl et pipistrelle commune), sont communes à très communes en Bretagne.

Troisième partie

BILAN ET PERSPECTIVES

3.1 SYNTHÈSE DES SUIVIS MENÉS SUR 4 ANS SUR LE PARC DE GUEHENNO

• Analyse par espèce

Sur les 4 années de suivi menés sur le parc de Guéhenno (2020-2023), 27 cadavres/plumées d'oiseaux et 4 cadavres de chauves-souris ont été observés (cf. ci-dessous).

Mortalités/plumées constatées suivant les années

Espèce	2020	2021	2022	2023
Pigeon ramier	2	6	3	3
Buse variable	3	2		
Goeland argenté			1	
Goeland brun			1	
Laridé sp.	1			
Tourterelle turque		1		
Merle noir		1		
Verdier d'Europe		1		
Pinson du nord			1	
Pinson des arbres				1
Pipistrelle commune	1	1		1
Pipistrelle de Kuhl				1
Total mortalité/plumée	7	12	6	6

Le pigeon ramier est, de loin, l'espèce la plus impactée, avec entre 2 et 6 individus chaque année, suivi par la buse variable en début de mise en place du parc (3 impacts la première année et 2 la deuxième année). Suivant les années, d'autres oiseaux peuvent également être impactés (laridés et passereaux variés), chaque espèce n'ayant été impactée cependant, qu'à une seule reprise sur les 4 années de suivi. Concernant les chauves-souris, 1 pipistrelle est recensée pratiquement tous les ans (sauf en 2022), ainsi qu'une pipistrelle de Kuhl en 2023.

Comparaison interannuelle, sur la base
des mortalités constatées et calculs estimatifs (formules correctives)

		2020	2021	2022	2023
Mortalité constatée	oiseaux	6	11	6	4
	Chauves-souris	1	1	0	2
Mortalité estimée Moyenne (médiane)	oiseaux	17,38 (21,90)	21,19 (23,93)	14,8 (15,9)	16,3 (13,3)
	Chauves-souris	1,69 (2,13)	2,46 (2,17)	0	5,1 (5,5)

• Croisement des dispositifs de protection en place avec les mortalités constatées

Le tableau présenté ci-dessous, permet de croiser les données de collision avec les dispositifs de détections/protections mis en place suivant les années (cf tableaux en annexe 4).

Dispositifs de détections/protections suivant les années

		Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
2020	Oiseaux				★	★		★	★				
	Chiros				Type1					★			
2021	Oiseaux	★	★			★	★	★	★	★			
	Chiros				Type1			Type 2	Type 3	Type 2	Type 3		
2022	Oiseaux		★			★	★	★	★	★			★
	Chiros												
2023	Oiseaux	★	★										
	Chiros						★				★		

	Bridage par seuils
	ProBat (algorithme + détection infrarouge)
	ProBat (algorithme + détection acoustique)
	ProBat (algorithme seul)
	ProBird

Bridage par seuils :

- **Type1**: 4 premières et 4 dernières heures de la nuit ($T^{\circ} > 6^{\circ}\text{C}$, vent $< 6\text{m/s}$)
- **Type 2**: toute la nuit ($T^{\circ} > 10^{\circ}\text{C}$, vent $< 8\text{m/s}$)
- **Type 3**: 4 premières heures de la nuit ($T^{\circ} > 10^{\circ}\text{C}$, vent $< 8\text{m/s}$)

ProBat (algorithme+infrarouge) : Algorithme + détection des chauves-souris par infrarouge

Probat (algorithme+acoustique) : Algorithme + détection des chauves-souris par ultrasons

Probat (algorithme seul) : Algorithme seul

ProBird : Dispositif de détection des oiseaux par caméras diurnes

- ★ Cadavre/plumée d'oiseau
- ★ Cadavre de chauve-souris

L'analyse croisée des données de bridage et des mortalités observées suivant les années, permet de mettre en évidence les éléments suivants :

- Le dispositif ProBird semble avoir amélioré la situation vis-à-vis du risque d'impact sur l'avifaune (diminution du nombre de cadavres d'oiseaux trouvés aux pieds des éoliennes depuis sa mise en place) ;
- Ce dispositif semble particulièrement efficace vis-à-vis du risque de mortalité de la buse variable, car aucun cadavre de buse n'a été retrouvé depuis ;
- Le système n'est pas optimisé pour les passereaux, et notamment le pigeon ramier qui reste impacté (espèce non protégée) ;
- Que ce soit le dispositif par seuil ou ProBat, l'impact sur les chauves-souris reste globalement faible (0 à 2 cadavres maximum par an), et ce, quelques soient les réglages testés : il n'y a pas eu davantage de cadavres en 2021 qu'en 2020 (1 par année), malgré une modification du dispositif de bridage en fonction des saisons ;
- L'algorithme d'arrêt ProBat est resté similaire pendant les 2 années de suivi (2022 et 2023), seule la méthode de détection a évolué (dispositif par détection infrarouge en 2022 et dispositif acoustique à partir d'août 2023). Au regard des résultats observés, cela ne semble pas impacter le risque de mortalité. Rappelons par ailleurs, que l'activité en altitude en 2023 a été nettement plus importante que les années précédentes (2 300 contacts en 2023, contre 800 à 1500 les années précédentes) ;

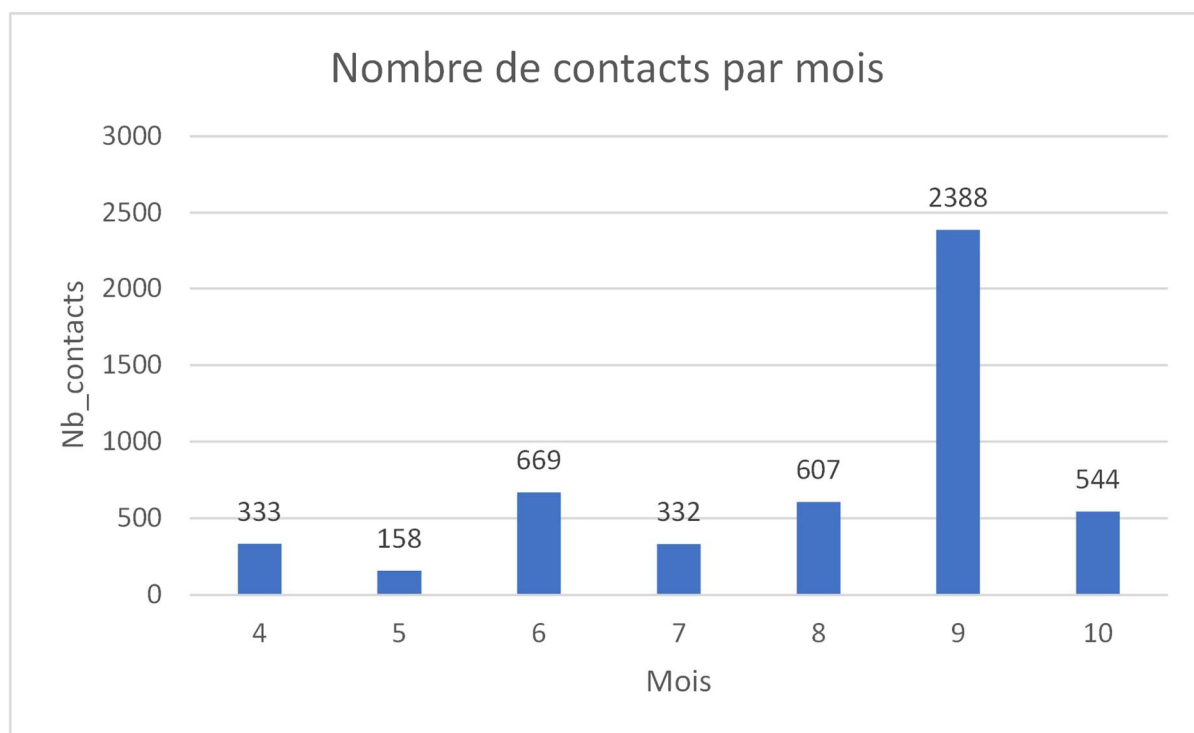
- Les taux de mortalité restent globalement faibles, notamment les 2 dernières années (6 cadavres /an, oiseaux et chauves-souris confondus), ce qui semble confirmer l'efficacité des dispositifs en place pour réduire l'impact du parc sur les espèces volantes.

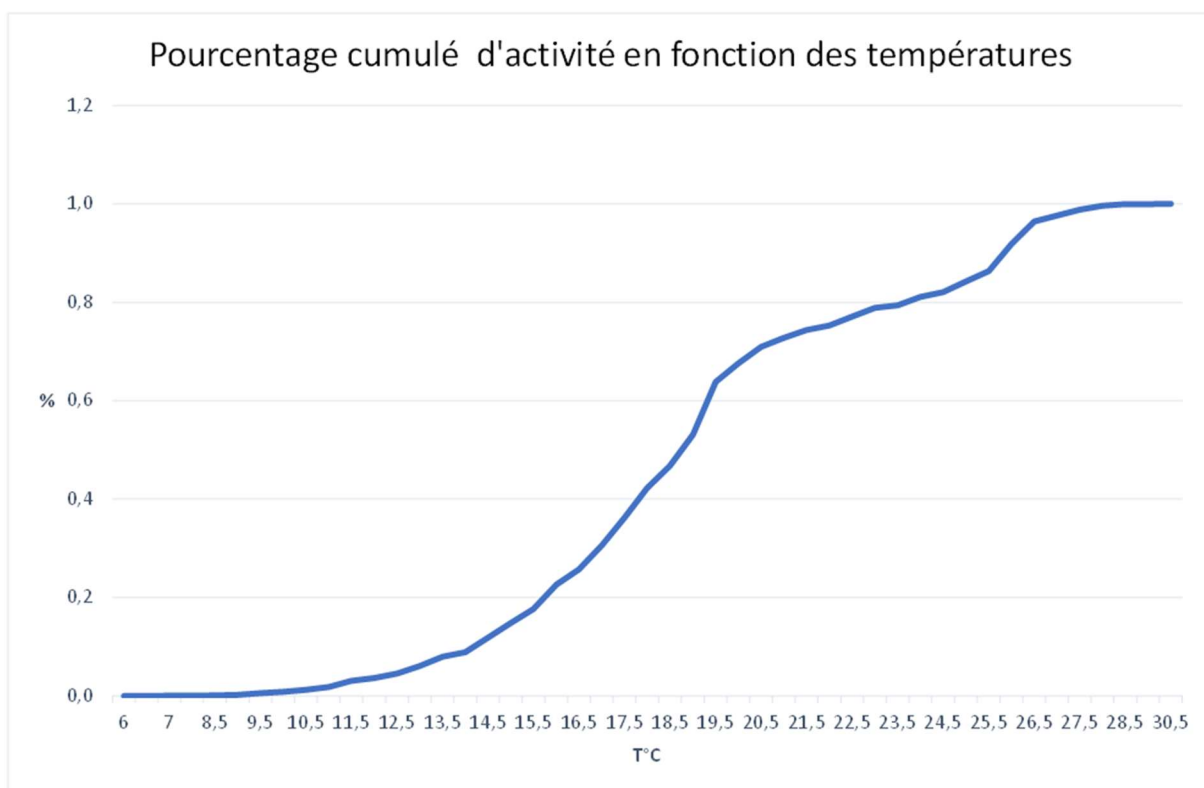
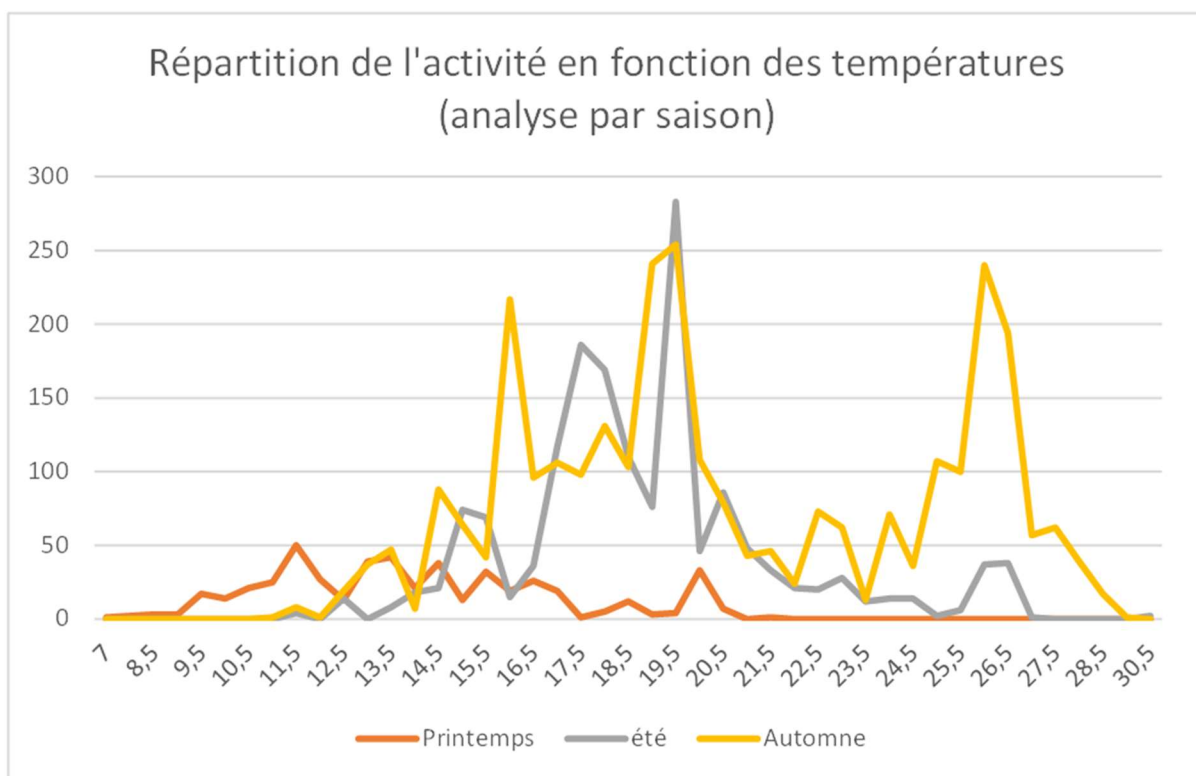
• **Analyse des seuils de contacts de chauves-souris en altitude sur la base des 4 années de suivi**

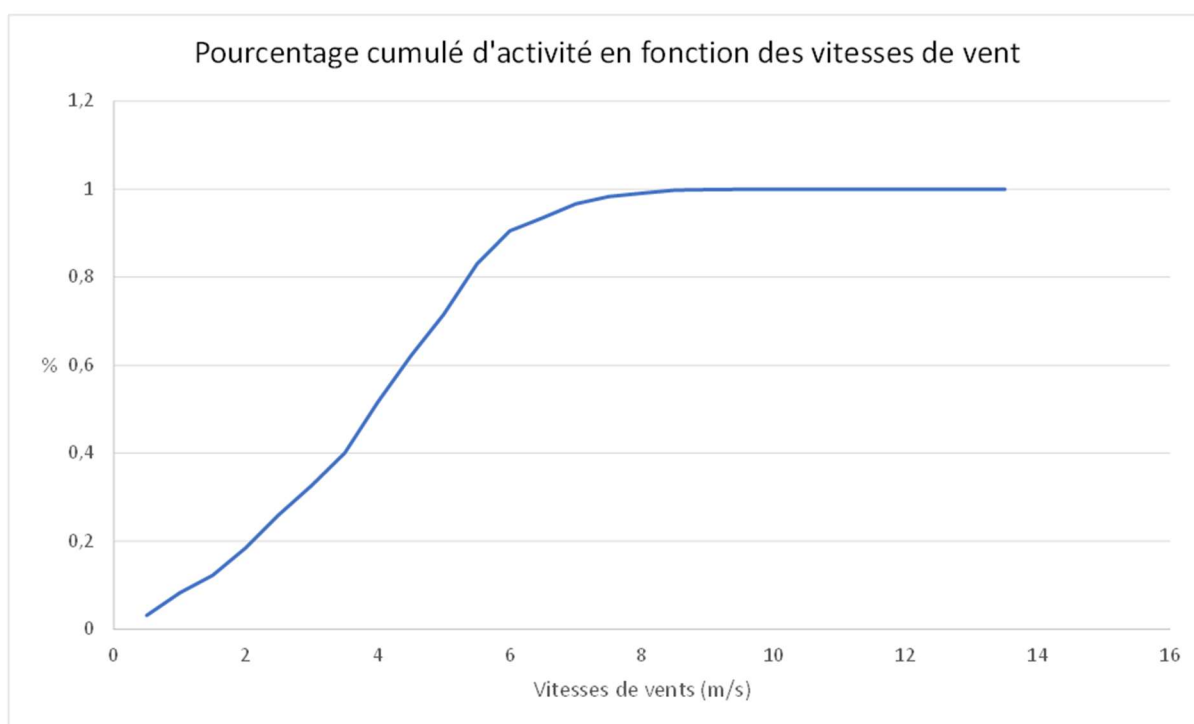
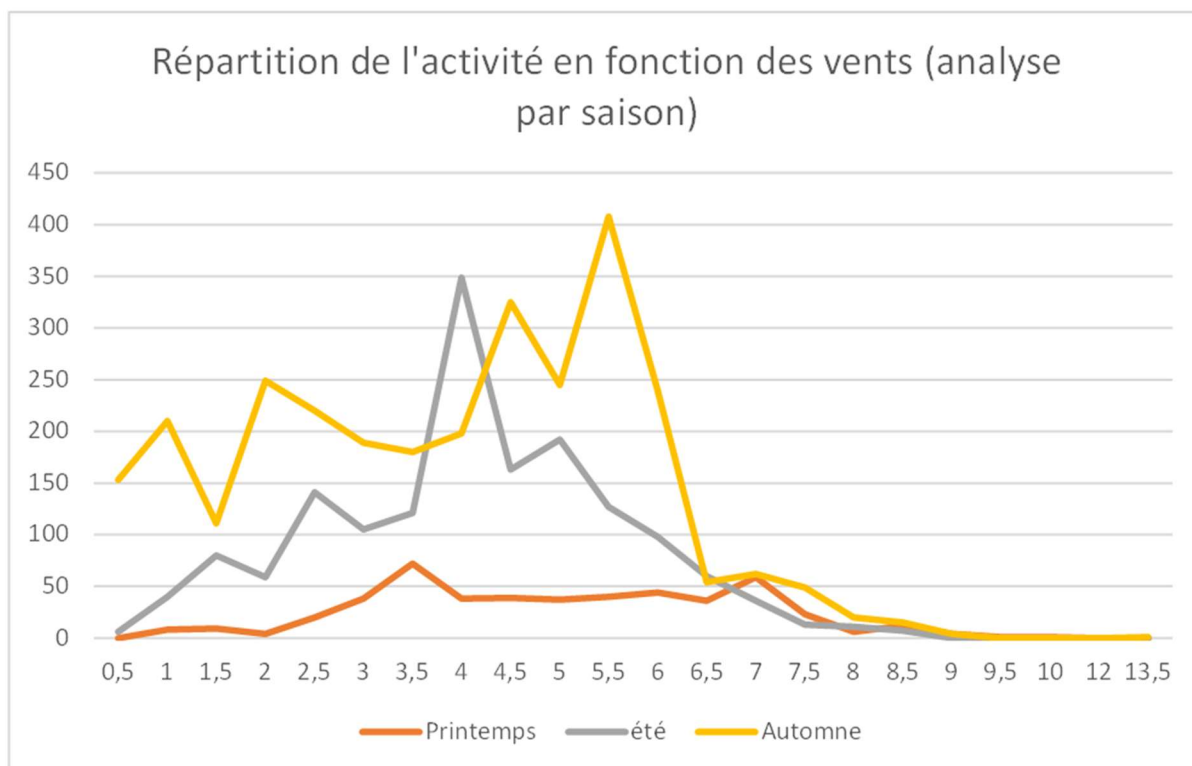
L'analyse de l'ensemble des données compilées en altitude sur les 4 années de suivi du parc (2020-2023), permet de faire ressortir les seuils d'activité suivants (cf graphiques ci-après) :

- Près de 50% des contacts de chauve-souris en altitude se concentrent en septembre, 13 et 12 % en juin et août et moins de 7 % les autres mois ;
- Pour les vents : 90% des contacts de chauve-souris se répartissent en dessous de 6m/s (environ 22 km/h), 96 % en dessous de 7 m/s (environ 25 km/h). Il n'y a en revanche, plus d'activité au-delà de 10 m/s (36 km/h) quel que soit la saison ;
- Pour les températures : on relève un arrêt de l'activité des chauves-souris en dessous de 7°C et près de 99% des contacts sont obtenus au-dessus de 11°C, sauf au printemps, où les chauves-souris restent actives dès 9°C ;
- Pour les horaires, plus de 70% des contacts se concentrent dans les 4 premières heures après le coucher du soleil. Il faut en revanche attendre 7 heures après le coucher du soleil pour atteindre 90% des contacts.

Synthèse de l'activité des chauves-souris en altitude
sur les 4 années de suivi (2020 – 2023)



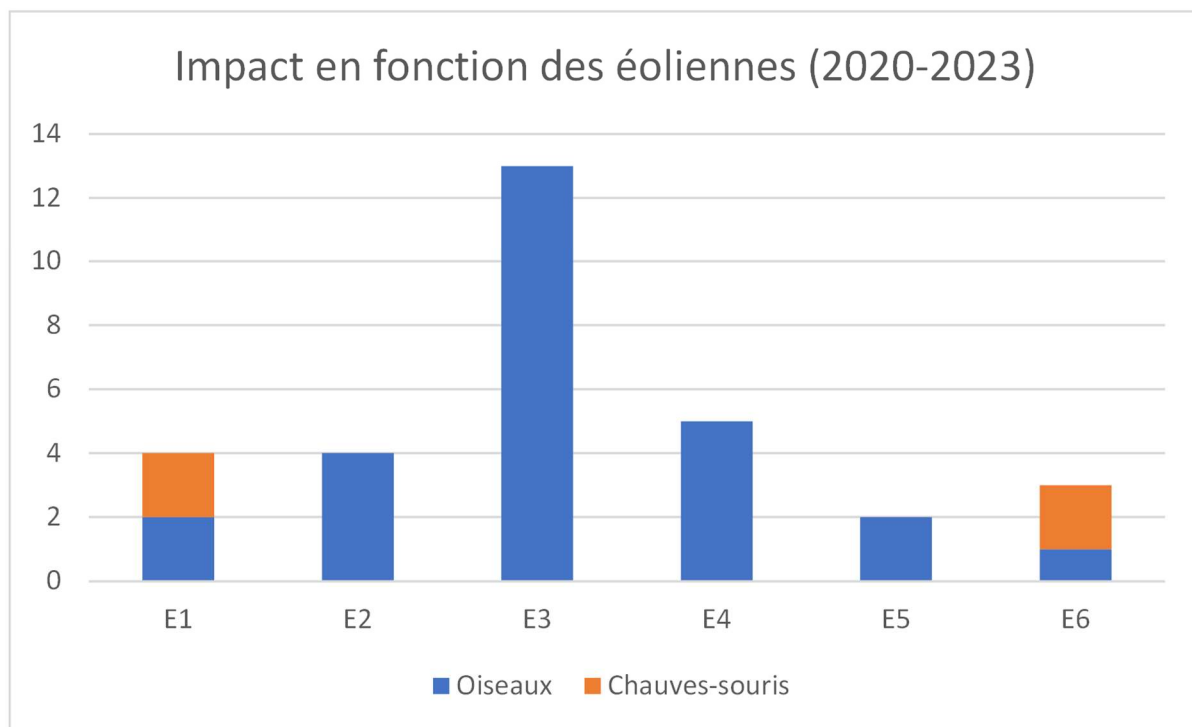




• Analyse par éolienne

L'impact cumulé par éolienne (pour les 4 années de suivi) met en évidence que l'éolienne E3 semble être la plus impactante, notamment vis-à-vis de l'avifaune, alors que les éoliennes E1 et E6 sont les plus impactantes pour les chauves-souris (cf. ci-dessous).

Notons que les oiseaux impactés sur E3 sont majoritairement des pigeons ramier (50 % des mortalités/plumées).



Il est difficile de tenter d'établir une corrélation entre ces observations et l'environnement immédiat des éoliennes. En effet, E3 et E4 sont proches, et dans des environnements similaires (prairies proches de boisements), alors que les mortalités constatées sont 2,5 fois plus importantes sur E3. E1, E2 et E5 sont également dans des environnements proches (interface labours/bocage). Seule E6 se trouve dans un contexte « ouvert » cultivé, un peu plus éloigné des lisières et haies. Pourtant, 2 mortalités de chauve-souris y ont été constatés.

3.2 PRESCRIPTIONS POUR 2024

Les résultats obtenus mettent en évidence que l'activité du parc éolien de Guéhenno engendre un impact globalement similaire à ce qui peut être observé sur la moyenne des parcs éoliens en France (sur la base de l'étude LPO, 2017).

La mise en place d'un dispositif de protection des oiseaux (système ProBird) a permis de réduire significativement l'impact sur les oiseaux et semble avoir supprimé l'impact sur la buse variable. Les oiseaux encore impactés, depuis la mise en place du dispositif, correspondent pour plus de la moitié à des pigeons ramiers, espèce non protégée. Les autres espèces impactées sont communes à assez communes (goélands, pinsons). Avec maximum 1 cadavre par an et par espèce pour ces dernières, le parc ne présente pas d'impact significatif sur les populations locales. Pour l'année 2023, les mortalités estimées (formules de Erickson, Winkelmann, Huso et Jones) concernant les oiseaux, vont de 9,64 cadavres à 28,97, suivant les formules (16,3 pour la moyenne et 13,3 pour la médiane).

Concernant les chauves-souris, l'impact reste faible et similaire, voire plus faible par rapport à ce que l'on peut observer sur d'autres parcs en Bretagne (d'après : GMB – Synthèse 2017). Les suivis engagés avant et après changement de dispositif (bridage « classique » par seuil entre 2020 et 2021, puis bridage par détection ProBat à partir de 2022) mettent en évidence que l'efficacité des 2 types de dispositifs semble similaire. La mortalité des chauves-souris est en effet restée globalement équivalente (0 à 2 mortalités par an entre 2022 et 2023), malgré une activité plus marquée en altitude en 2023 (activité en altitude entre 50 et 180 % plus élevée par rapport à 2020 et 2021).

Pour l'année 2023, les mortalités estimées concernant les chauves-souris, suivant les différentes formules estimatives, sont de 3,22 cadavres à 6,04 suivant les formules (5,1 pour la moyenne et 5,5 pour la médiane).

Au regard de ce constat, il est préconisé de conserver les dispositifs de protection actuels (ProBird et ProBat).

Rappelons qu'en l'état actuel des connaissances et de la technique, il n'est pas possible de garantir une protection totale des oiseaux et des chauves-souris. Les systèmes ProBird et ProBat ont été développés récemment. Les données collectées en 2023 et le développement de l'intelligence artificielle pourront probablement permettre d'améliorer les modèles de détection et la préservation des espèces.

Rappelons qu'en cas de dysfonctionnement du système ProBat, VSB a la possibilité de transférer le dispositif de protection des chauves-souris sur le système « classique » par seuils.

Le calage du dispositif de bridage pour les chauves-souris s'appuie sur les observations réalisées en altitude sur les 4 années de suivi. Les données de calages présentées ci-dessous s'appliquent aussi bien pour l'algorithme de ProBat, que pour le dispositif « classique » par seuils, en cas de dysfonctionnement de ProBat.

Au regard des données d'activité collectées en altitude sur les **4 années de suivi** (2020-2023), l'algorithme de bridage (et le bridage par seuils en cas de dysfonctionnement de ProBat) seront calés sur les conditions météorologiques suivantes (bridage actif) :

- **Températures** supérieures à 9°C au printemps (avril et mai) et supérieures à 11°C sur le reste de la période (juin à octobre), permettant de prendre en compte près de 99% des contacts en altitude ;
- **Vents** inférieurs à 7 m/s sur l'ensemble de la période d'activité (avril à octobre), permettant de prendre en compte plus de 96 % des contacts en altitude.

Remarque :

Le plan de bridage de secours par seuils sera préparé en amont par VSB, afin d'être opérationnel, et rapidement activable, en cas de dysfonctionnement de ProBat.

Le dispositif de secours par seuils sera calé suivant les conditions ci-dessous.

Paramétrages du Bridage par seuils du parc de Guehenno		
Période	Bridage	
	Horaires	Conditions météorologiques
Avril-Mai	4 premières heures de la nuit	- T° > 9 °C - Vent inférieur à 7 m/s
Juin-Septembre	Toute la nuit	- T° > 11 °C - Vent inférieur à 7 m/s
Octobre	4 premières heures de la nuit	

ANNEXES

- **Annexe 1 : Description du dispositif ProBat (source : SensOfLife, 2023)**

II. Principe de fonctionnement et architecture de ProBat

La Figure 1 permet de montrer l'activité des chiroptères en fonction de la température et du vent. Il apparaît qu'une certaine partie de l'activité n'est pas prise en compte par un bridage sur seuils classique dont la plage de couverture est représentée dans le cadre rouge. De même un bridage sur seuil impose des arrêts sur des plages où aucune activité n'a lieu.

Il apparaît donc important de vérifier le taux d'activité en temps réel pour réguler les éoliennes le plus pertinemment possible, en limitant les pertes liées aux arrêts inutiles de certaines période d'un bridage sur seuil mais aussi en protégeant l'activité chiroptérologique atypique (pour des températures ou des vitesses de vent normalement peu favorable) visible notamment lors des périodes de migration.

ProBat offre une solution efficace pour répondre à cet enjeu.

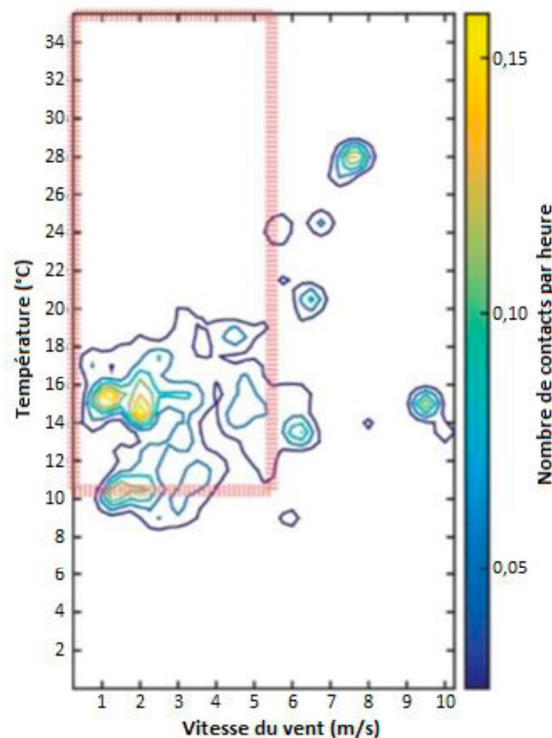


Figure 1 : Comparaison des temps d'arrêt pour un bridage sur seuils ($5,5 \text{ m.s}^{-1}$ et 10°C , zone encadrée en rouge) avec l'activité chiroptérologique enregistrée (patatoïdes bleu à jaune).

La régulation ProBat utilise ainsi la combinaison de deux facteurs pour déclencher des arrêts machine :

- Un calcul de risque d'activité théorique en temps réel, par un algorithme multifactoriel, prenant en compte les quatre paramètres suivants : date, heure, vitesse de vent et température, collectées sur le SCADA de la turbine,
- L'activité des chiroptères, détectée en temps réel par les enregistreurs acoustiques ultrasonores (TrackBat) installés en nacelle.

Ces deux facteurs sont alors croisés pour obtenir le risque global de collision en temps réel. Un ordre d'arrêt est envoyé lorsque ce risque global dépasse un seuil préalablement déterminé.

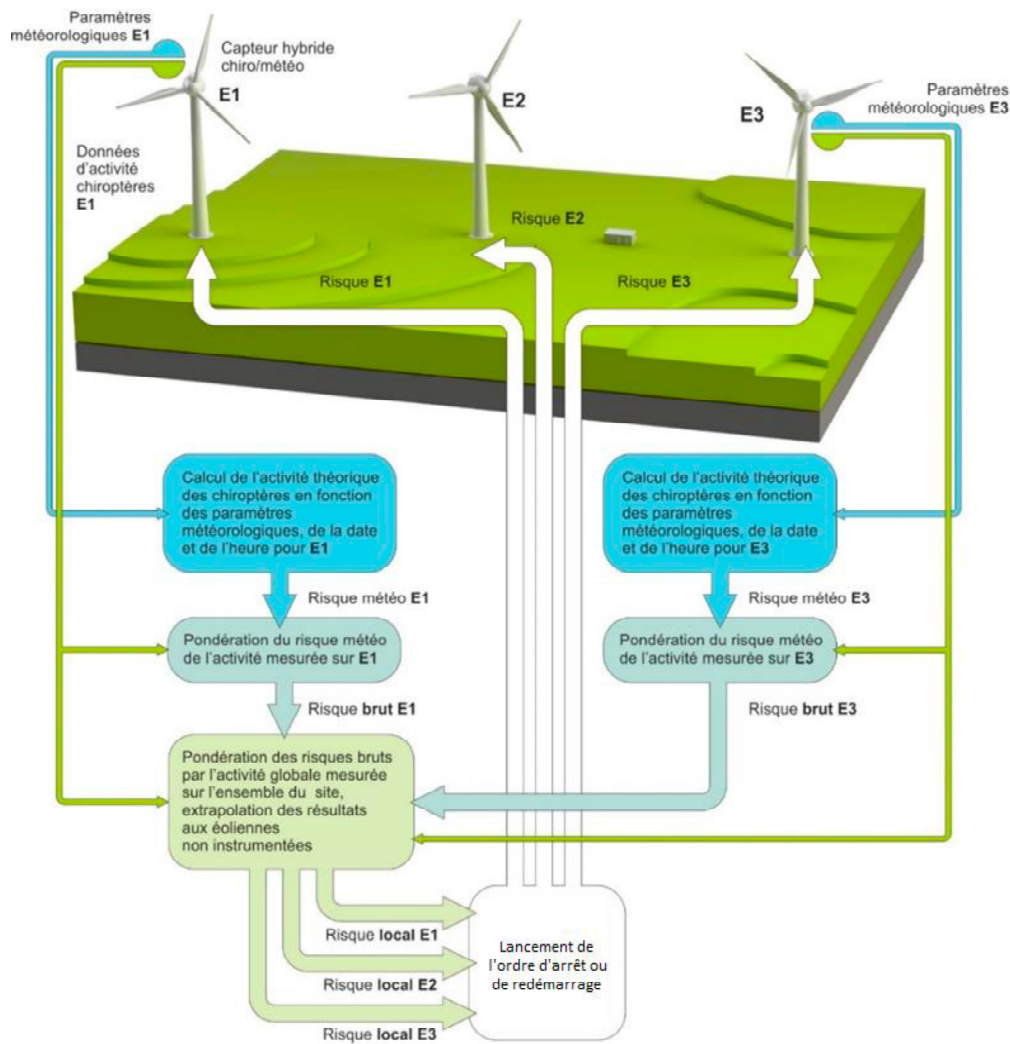


Figure 2 : Principe de fonctionnement du système ProBat

Pour ce faire, ProBat s'appuie sur l'architecture suivante :

- Un ou plusieurs enregistreurs TrackBat sont installés en nacelle. L'activité mesurée par chacun est associée à un ensemble d'éolienne. Chaque TrackBat communique en temps réel ses informations par une connexion 4G au PC donneur d'ordres.
- Un PC donneur d'ordres unique connecté au SCADA du parc centralise alors pour chaque éolienne les données météorologiques qui leur sont propres et le niveau d'activité mesuré qui leur est associé. Le PC donneur d'ordre calcule ainsi le niveau de risque global pour chaque éolienne et envoie les demandes d'arrêts et de redémarrage lorsque cela est nécessaire (algorithme paramétrable par parc).
- En option un second PC physique indépendant dit « Watchdog » (PC industriel renforcé) surveille le bon fonctionnement du système dans sa globalité et applique un bridage sur seuil prédéfini en cas de dysfonctionnement du PC donneur d'ordre.

II.1. Détermination de l'activité chiroptérologique théorique

Eva Schuster et ses co-auteurs ont publié, en 2015, un travail synthétisant les différents facteurs pouvant influencer le comportement et la mortalité des chauves-souris sur les parcs éoliens. Ce travail liste les différents travaux proposant des informations plus ou moins contradictoires. De manière consensuelle, il apparaît que trois facteurs, listés ci-dessous, influencent l'activité des chauves-souris :

Les variations journalières

Bien sûr, les chauves-souris volent essentiellement de nuit, mais cette activité n'est pas pour autant régulière tout au long de la nuit. Des vols sont régulièrement observés de jour, notamment lors des migrations. Il existe de fortes variations au cours d'une même nuit, avec des pics d'activité généralement centrés sur le début de nuit et la fin de nuit. Sur un site donné, cette activité peut également être influencée par la distance que les animaux doivent parcourir entre leur gîte et le terrain de chasse.

Les variations saisonnières

L'activité des chauves-souris, et les occurrences de mortalité, sont fortement influencées par les saisons. Sous nos latitudes, la plupart des espèces présentes sont des animaux hibernants, très peu actifs au cours des saisons défavorables. Les suivis post-implantations montrent que l'essentiel de l'activité et de la mortalité est enregistré au cours de l'été et de l'automne (Arnett *et al.*, 2006 ; Dürr 2002 ; Doty et Martin, 2012 ; Hull et Cawthen, 2013). En 2010, Rydell et ses co-auteurs notaient que 90 % de la mortalité annuelle se produisait entre août et septembre. Cette répartition pourrait indiquer un rôle important des migrations dans la surmortalité constatée à partir du milieu de l'été (Johnson *et al.*, 2011). Ces migrations peuvent aussi être des phénomènes à large échelle, les chauves-souris traversant une grande partie de l'Europe. Elles peuvent aussi résulter de mouvements liés à des formations paysagères ou des régions (Kerns *et al.*, 2005). Ces migrations automnales peuvent s'étaler sur de longues périodes, peut-être à des altitudes plus basses que les migrations printanières (Furmankiewicz et Kucharska, 2009). L'élévation du niveau de mortalité pendant ces épisodes migratoires pourraient simplement découler de la présence d'un plus grand nombre d'individus, mais aussi de comportements particuliers (poursuites) liées aux parades et affrontements lors de la formation de couples et à la reproduction (Cryan et Brown, 2007).

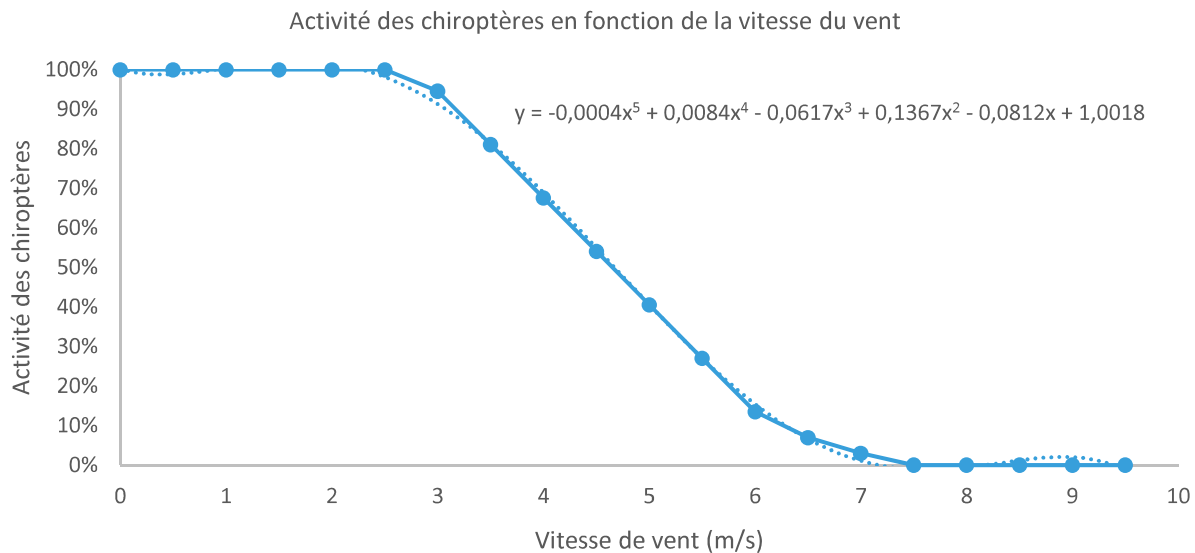
La météorologie

L'activité et la mortalité des chauves-souris sont fortement influencées par les variables climatiques (Baerwald et Barclay, 2011). Ces paramètres peuvent être utilisés pour prédire les périodes de fort risque de collision, servant de cadre de travail pour les protocoles de régulation du fonctionnement des éoliennes en vue de diminuer l'impact des parcs éoliens sur les chiroptères (Brinkmann *et al.*, 2011). Les paramètres les plus influents sont la vitesse du vent, la température et le niveau de précipitation (Behr *et al.*, 2011). La pression atmosphérique pourrait également jouer un rôle dans les variations d'activité des chiroptères (Kerns *et al.*, 2005), tout comme l'illumination apportée par la lune (Baerwald et Barclay, 2011 ; Cryan *et al.*, 2014). Ces paramètres affectent différemment les espèces, cependant, les variations de vitesse de vent constituent un paramètre influençant fortement l'activité des chauves-souris (Baerwald et Barclay, 2011 ; Behr *et al.*, 2011). Certains auteurs (Rydell *et al.*, 2006 ; Arnett *et al.*, 2006) décrivent que l'activité des chauves-souris décroît de 5 à 40 % pour chaque augmentation de la vitesse du vent d'un mètre par seconde.

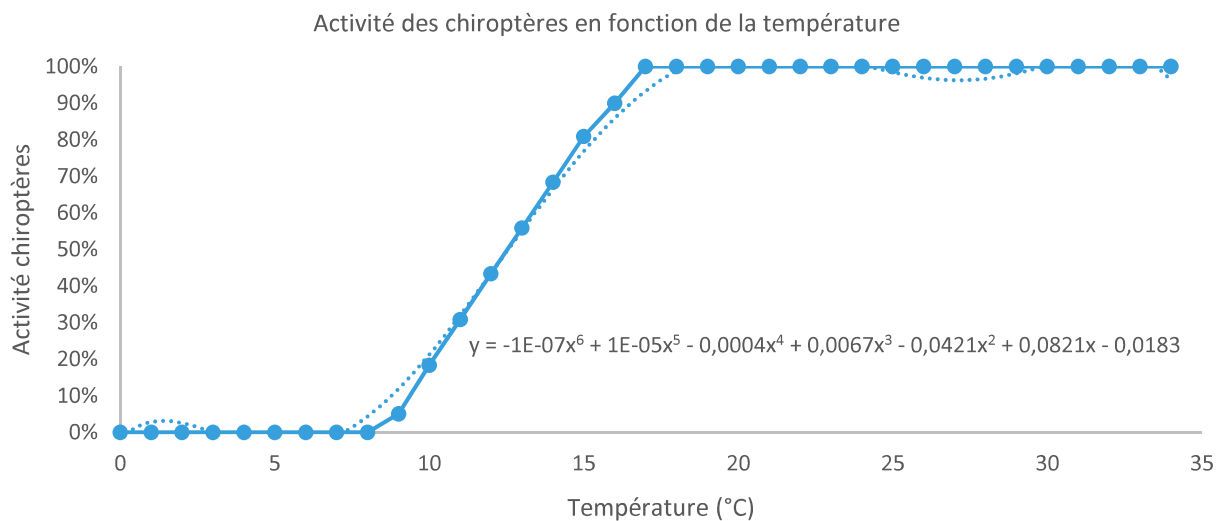
En 2010, Rydell et ses co-auteurs ont synthétisé ces résultats de la manière suivante :

- Activité maximale des chiroptères pour des vitesses de vent comprises entre 0 et 2 m.s⁻¹,
- Déclin de l'activité des chiroptères pour des vitesses de vent comprises entre 2 et 8 m.s⁻¹,
- Activité résiduelle des chiroptères très faible pour des vitesses de vent supérieures à 8 m.s⁻¹.

Ces données régulièrement collectées ont permis de modéliser la courbe d'activité en fonction de la vitesse de vent et de la température, dont les équations correspondantes sont affichées sur les graphiques suivants.



Graphique 1 : Modélisation de l'activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent



Graphique 2 : Modélisation de l'activité des chiroptères en fonction de la température

Ces équations permettent de définir les seuils permettant de préserver 90% des chiroptères. Cependant, l'application de seuils maximise les périodes d'arrêt alors que l'activité des chiroptères dépend des 4 facteurs (vent, température, date, heure) pondérés entre eux (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

L'aggrégation des quatre équations, modélisant l'activité des chauves-souris en fonction de la date, de l'heure, de la vitesse de vent et de la température, forment un algorithme multifactoriel permettant de prédire la probabilité d'activité des chiroptères. Il en résulte un risque allant de 0 à 100%, recalculé toutes les minutes (sur la moyenne des données consultées toutes les 10 secondes sur le SCADA).

Si le risque théorique est suffisamment élevé, il peut à lui seul déclencher des arrêts par le logiciel ProBat.

II.2. Détermination de l'activité des chiroptères en temps réel

Les sons détectés par le TrackBat en nacelle sont analysés automatiquement en temps réel et seul l'indice d'activité (nombre de minutes positives dans les dix dernières minutes glissantes, toutes espèces confondues) est transmis vers le PC donneur d'ordres centralisant les risques. Il utilise cette donnée pour corriger le risque théorique de l'activité et calculer ainsi le risque global, dont l'objectif est de préserver 90% des contacts de chiroptères enregistrés.

Ainsi, si les paramètres météorologiques sont modérément favorables mais qu'aucun contact n'est enregistré en nacelle, alors il n'y aura aucun arrêt lancé. A l'inverse, en cas de conditions météorologiques peu favorables mais présentant un pic d'activité de chiroptères (lors des migrations, par exemple), un arrêt ProBat sera lancé.

Avec le microphone utilisé actuellement, les distances de détection par le TrackBat des différentes espèces sont de l'ordre de :

- 10 mètres pour les Rhinolophes,
- 50 mètres pour les Pipistrelles,
- 100 mètres pour les Sérotules (Noctules et Sérotines),
- 200 mètres pour la Grande Noctule.

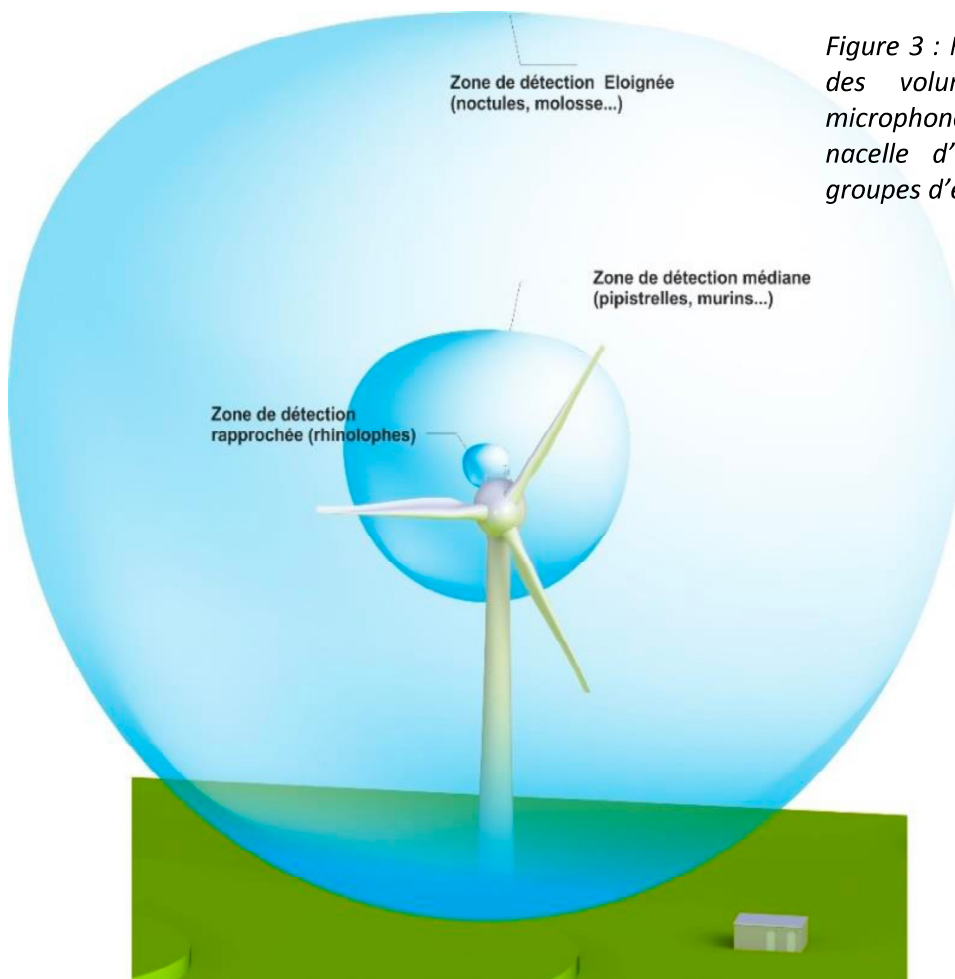


Figure 3 : Représentation schématique des volumes de détection d'un microphone placé sur l'arrière d'une nacelle d'éolienne en fonction des groupes d'espèces.

II.3. Principe de fonctionnement en mode dégradé

L'architecture du ProBat permet un fonctionnement sûr avec deux niveaux de modes dégradés :

- Premièrement, en cas de dysfonctionnement des TrackBats (plus de détection de l'activité en temps réel) le PC donneur d'ordre va naturellement brider les machines en fonctions du risque théorique seul selon l'algorithme multifactoriel (bridage plus fin qu'un simple bridage sur seuil).

Ensuite en cas de dysfonctionnement généralisé du PC donneur d'ordre le PC Watchdog (en option) prend le relais sur le système pour appliquer automatiquement un bridage sur seuil préalablement paramétré. Le fonctionnement de jour des turbines ne sera alors pas impacté.

Il est à noter que si la communication locale avec le SCADA turbinier est perdue, aucune action automatique de remédiation n'est possible.

II.4. Matériel et protocole de collecte de données

Chaque TrackBat est composé :

- D'un microphone ultrasonore de dernière génération permettant d'échantillonner la plage 10-100 kHz,
- D'un système d'identification des chiroptères à partir des signaux ultrasonores via un réseau de neurones,
- D'un module de transmission des données vers le PC donneur d'ordre via la 4G (données chiroptères, état de fonctionnement, espace libre dans le système de stockage),
- Un espace de stockage pour archivage des données acoustiques en local.

Microphones

Les microphones sont construits autour d'une capsule Mem's blindée électromagnétiquement, omnidirectionnelle, connectée à deux étages d'amplification et un stabilisateur d'alimentation. L'ensemble est protégé par une coque en acier inoxydable et une membrane hydrophobe assurant la protection du microphone contre les intempéries. Le microphone est connecté à son câble blindé par un connecteur IP68 en acier inoxydable. Ces microphones, développés spécifiquement pour des études sur les nacelles des éoliennes, présentent des performances optimales à la fois en termes de sensibilité qu'en termes de résistance aux intempéries et aux perturbations électromagnétiques. Ils sont montés grâce à un support amortisseur évitant les propagations des bruits de la structure dans le microphone (sifflement des haubans, cliquetis...).



Figure 4 : Microphone mobilisé pour les études en altitude

Enregistreur

L'enregistreur mis à disposition est un enregistreur numérique à deux voies, configuré pour échantillonner à 250 kHz sur 16 bits. L'écoute est paramétrée selon les dates et heures de régulation prévues et l'enregistrement est déclenché en cas de détection de chiroptères. Le stockage est réalisé sur un disque SSD de 2 To. Cet enregistreur est intégré dans un coffret de type valise d'indice de protection IP67.



Figure 5 : Photographie de l'enregistreur TrackBat

Analyse des signaux

Le signal audio est d'abord transformé en sonogramme (Figure 6), pour être ensuite analysé par un réseau de neurones, entraîné à identifier les différentes espèces de chiroptères sur la base de plusieurs milliers d'exemples d'enregistrements préalablement classés par un chiroptérologue.

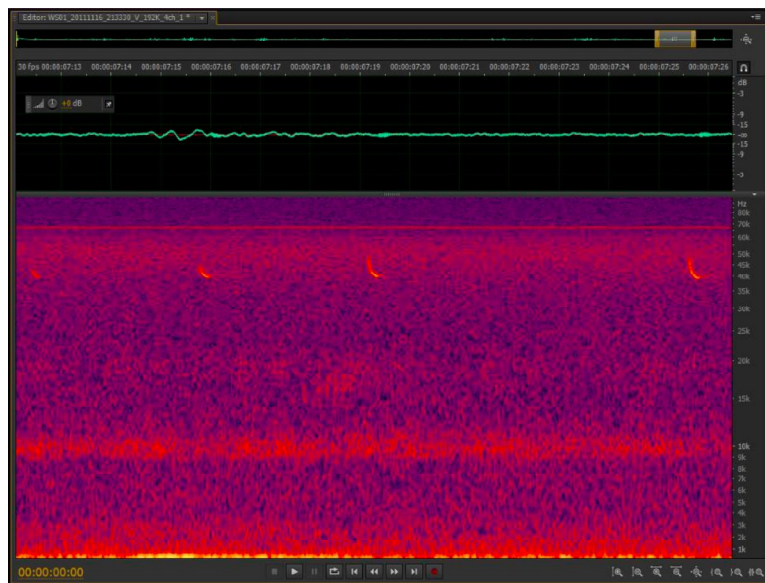


Figure 6 : Exemple de sonogramme collecté sur le système d'enregistrement TrackBat

En cas de détection positive de chiroptères, les signaux sonores et les sonogrammes sont stockés en local et les statistiques d'activité sont envoyées au PC donneur d'ordre pour calcul du risque global, intégré dans une base de données regroupant la date, l'heure et les conditions météorologiques (vitesse de vent, température) pour chaque contact de chiroptère.

Système de pilotage

Les données météorologiques enregistrées par les équipements de la turbine et les données d'activité des chiroptères enregistrées par les TrackBats sont transmises au PC donneur d'ordre. Ce dernier analyse le niveau de risque de collision et effectue les opérations suivantes :

- Lecture des informations à partir des capteurs installés sur les éoliennes (vitesse et orientation du vent, température, vitesse rotor, activité des chauves-souris...),
- Calcul du risque de collision,
- Vérification de l'état de la machine,
- Envoi des ordres d'arrêt et de redémarrage sur le SCADA de la turbine,
- Stockage des informations disponibles dans une base de données,
- Mise à disposition des données dans une base de données accessible par Internet (monitoring).

Ces PC vérifient automatiquement qu'il n'y a pas de dysfonctionnement sur les points suivants :

- Microphone débranché,
- TrackBat non joignable,
- Disque dur plein dans le TrackBat,
- Problème de lecture du SCADA,
- Ordre d'arrêt/redémarrage non pris en compte par la machine,
- Bon fonctionnement des scripts ProBat.

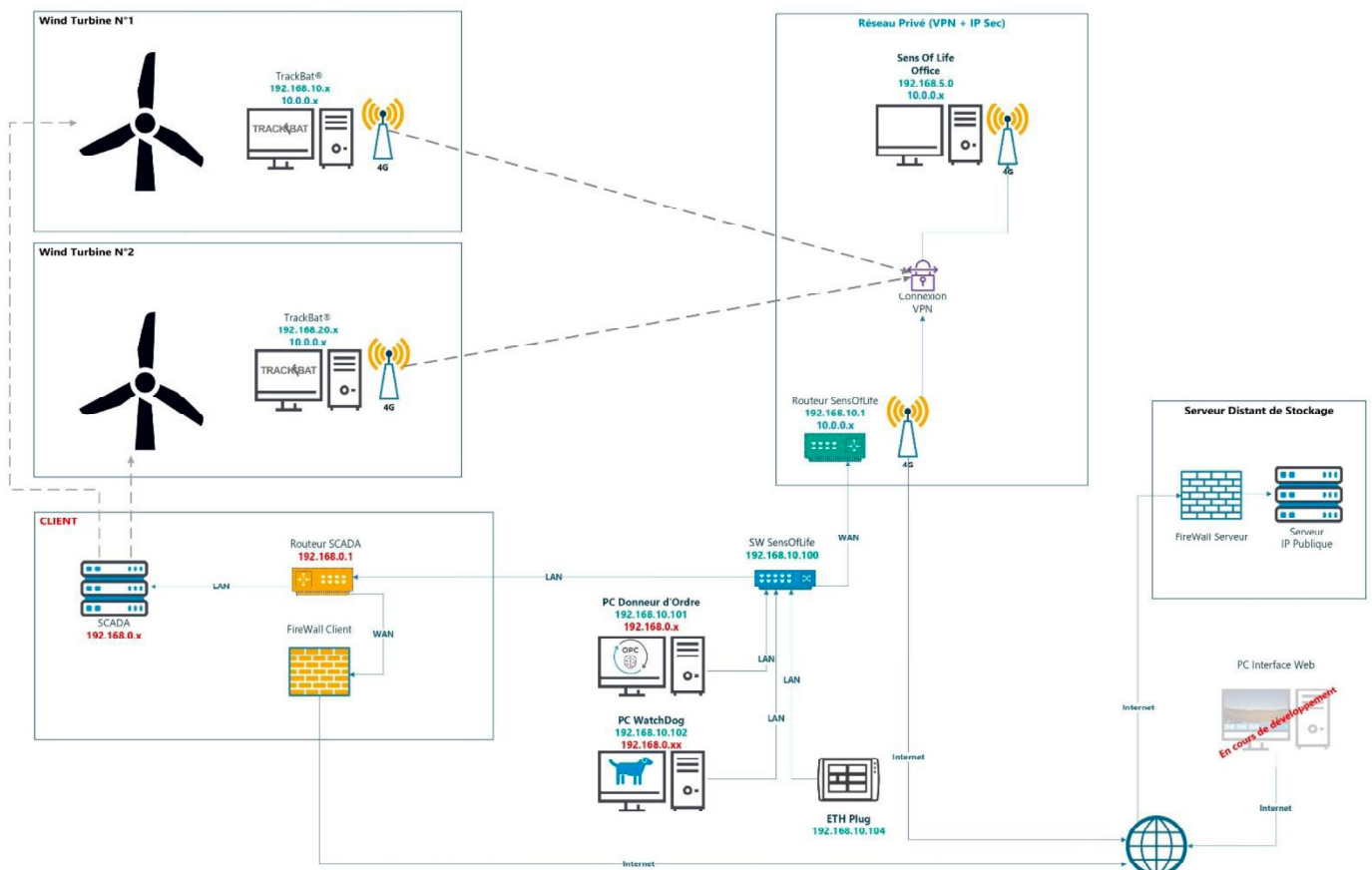


Figure 7 : Exemple de branchement et communication entre les différents dispositifs

En plus du système de diagnostic automatique, un chargé d'exploitation Sens Of Life se connecte quotidiennement au système afin de vérifier le bon fonctionnement du dispositif. En cas de dysfonctionnement, une alerte automatique est envoyée par mail à Sens Of Life.

Un PC Watchdog (en option) permet de lancer les ordres d'arrêt aux machines en cas de panne du système.

Ainsi en cas de panne non solvable à distance, et en attendant le déplacement d'un technicien sur site, le système défectueux est relayé par un bridage sur seuils dont les paramètres de dates, heures, vitesses vent et températures sont préalablement définis.

En cas de non-atteinte du taux de préservation des chiroptères défini lors de l'établissement du contrat, Sens Of Life s'engage à proposer une adaptation du réglage dans les meilleurs délais pour améliorer le taux de préservation.

• **Annexe 2 : Tableau brut des suivis de l'activité des rapaces diurnes**

Date	Heure	Espèce	Nbe individus	Météo	Opérateur	Eolienne	Type vol	Altitude	Distance	Réaction Probird
11/01/2023	10h45	Faucon crécerelle	1	Soleil, 8°, vent moyen	SDP	E6	En chasse	Dessous	<100m	Non relevé
09/02/2023		RAS		Soleil, 1°, vent faible	HD					
15/03/2023		RAS		Variable, 5°, vent moyen	HD					
13/04/2023	10h42	Buse	2	Couvert, 10°, vent faible	HD	E5	Déplacement	hauteur pales	<100m	arrêt machine
13/04/2023	11h50	Buse	1	Couvert, 10°, vent faible	HD	E6	Posée	Dessous	<100 m	Emission sonore + arrêt machine
09/05/2023	9h45	Buse	1	Couvert, 14°, vent moyen	HD	E1-E2	Déplacement	Dessous	100 m	Machine déjà à l'arrêt
11/05/2023		RAS		Variable, vent faible, 12°C	HD					
15/05/2023		RAS		Variable, vent moyen, 12°C	HD					
13/06/2023	10h11	Buse	2	Couvert, 18°, vent faible	HD	E1	En chasse	Dessous	<100 m	Emission sonore + arrêt machine
13/06/2023	10h28	Faucon crécerelle	1	Couvert, 18°, vent faible	HD	E5	En chasse	hauteur pales	100 m	Machine déjà à l'arrêt
14/06/2023	8h45	Buse	1	dégagé, 18°, vent faible	HD	E1-E2	En chasse	Dessous	<100 m	Emission sonore + arrêt machine
15/06/2023		RAS		Soleil, 15°, vent nul	HD					
13/06/2023		RAS		Couvert, 18°, vent faible	HD					
15/06/2023		RAS		Soleil, 15°, vent nul	HD					
20/06/2023	8h30	Buse	1	Variable, vent moyen, 19°C	HD	E1	Déplacement	Dessous	<100 m	Emission sonore + arrêt machine
20/06/2023	10h05	Buse	1	Variable, vent moyen, 19°C	HD	E1-E5	Chasse	hauteur pales	150 m	Emission sonore sans arrêt machine
20/06/2023	11h05	Buse	2	Variable, vent moyen, 19°C	HD	E4-E5	Chasse	Dessous	100 m	Pas de réaction machines
22/06/2023	8h15	Buse	1	Soleil, 18°, vent moyen	HD	E1	Chasse	Dessous	100 m	Emission sonore + arrêt machine
22/06/2023	9h39	Buse	1	Soleil, 18°, vent moyen	HD	E1-E2	Chasse	hauteur pales	100 m	Emission sonore + arrêt machine
22/06/2023	10h06	Buse	1	Soleil, 18°, vent moyen	HD	E3	Chasse	Dessous	150 m	Pas de réaction machines
05/07/2023	9h40	Buse	1	Soleil, 20°, vent moyen	HD	E5-E6	Chasse	Dessous	150 m	Pas de réaction machines
07/07/2023		RAS		Soleil, 18°, vent faible	HD					
12/07/2023		RAS		Couvert, 15°, vent nul	HD					
07/08/2023	9h45	Buse	1	Couvert (brume), vent faible, 14°C	HD	E4	Déplacement	Dessous	<100m	Pas de réaction machines
09/08/2023		RAS		Variable, vent nul, 19°C	HD					
09/08/2023		RAS		couvert, vent faible, 19°C	HD					
11/08/2023		RAS		couvert, 19°C, vent faible	HD					
16/08/2023		RAS		Soleil, 19°, vent faible	HD					
15/09/2023		RAS		Soleil, 18°, vent moyen	HD					
19/09/2023		RAS		Soleil, 18°, vent faible	HD					
22/09/2023		RAS		Soleil, 10°, vent moyen	HD					
03/10/2023		RAS		variable, 16°, vent moyen	HD					
05/10/2023		RAS		Soleil, 9°, vent faible	HD					
09/10/2023		RAS		Soleil, 9°, vent nul	HD					
23/11/2023	10h20	Buse	1	Couvert, 10°, vent nul	HD	E5	Déplacement	hauteur pâles	150 m	Pas de réaction machines
05/12/2023		RAS		Soleil, 5°, Vent moyen	HD					

•

• Annexe 3 : Tests de prédation et test opérateur

2023	Date :	13/06/23 (dépôt)	14/06/2023	15/06/2023	16/01/1900	17/01/1900	18/01/1900	19/06/2023	20/01/1900	21/06/2023	22/01/1900	23/06/2023	24/01/1900	25/01/1900	26/06/2023	Milieu
Support	Intervenants Piquet poussin	MD/HD	HD	HD	HD	HD	HD	HD	HD	HD	HD	HD	HD	HD	HD	
E1	escalier	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	Graviers
	droite	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Labours
	gauche	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Prairie fauchée
	derrière	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Prairie fauchée
E2	escalier	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Graviers
	droite	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Labours
	gauche	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Lisière haie
	derrière	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Labours
E3	escalier	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	Graviers
	droite	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	Prairie fauchée
	gauche	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Prairie fauchée
	derrière	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Prairie fauchée
E4	escalier	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	Graviers
	droite	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Prairie fauchée
	gauche	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	Prairie fauchée (lisière bois)
	derrière	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Prairie fauchée
E5	escalier	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Graviers
	droite	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Labours
	gauche	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Labours
	derrière	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	Labours
E6	escalier	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Graviers
	droite	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Labours
	gauche	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Labours
	derrière	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Labours
Ss-Total		24	24	21	21	20	20	17	17	14	12	11	11	11	11	

2023	Date :	07/08/23 (dépôt)	08/08/2023	09/08/2023	10/08/2023	11/08/2023	12/08/2023	13/08/2023	14/08/2023	15/08/2023	16/08/2023	17/08/2023	18/08/2023	Milieu
Support	Intervenants													
	Piquet poussin	MD/HD	HD	HD	HD	HD	HD	HD	HD	HD	HD	HD	HD	
E1	escalier	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Graviers
	droite	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	Maïs
	gauche	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	Prairie
	derrière	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Prairie
E2	escalier	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Graviers
	droite	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	Legumineuses
	gauche	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Legumineuses (lisière haie)
	derrière	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Legumineuses
E3	escalier	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Graviers
	droite	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Prairie
	gauche	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	Prairie
	derrière	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Prairie
E4	escalier	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Graviers
	droite	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Prairie
	gauche	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Prairie (lisière bois)
	derrière	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Prairie
E5	escalier	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Graviers
	droite	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Chaumes
	gauche	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	Chaumes
	derrière	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Chaumes
E6	escalier	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Graviers
	droite	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Maïs
	gauche	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	Maïs
	derrière	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Maïs
Ss-Total		24	23	20	20	19	19	14	14	14	13	13	13	

Tests efficacité opérateur (2023)

13/06/2023	Leurres posés	Leurres retrouvés (jour même)	Leurres retrouvés (après)	Total retrouvés
E1	5	4	1	
E2	5	4		
E3	5	3		
E4	5	1	1	
E5	5	3	2	
E6	5	3	1	
Total	30	18	5	23

04/08/2023	Leurres posés	Leurres retrouvés (jour même)	Leurres retrouvés (après)	Total retrouvés
E1	5	4		
E2	5	3		
E3	5	4		
E4	5	3	1	
E5	5	5		
E6	5	2	1	
Total	30	21	2	23

• **Annexe 4 : Rappel des dispositifs de bridages mis en place suivant les années (source : CERESA 2020-2022)**

Bridage par seuil du parc de Guéhenno en 2020			
Période		Bridage	
		Horaires	Conditions météorologiques
2020	Avril -Juin	Bridage les 4 premières et 4 dernières heures de la nuit	- Température supérieure à 6°C - Vent inférieur à 6 m/s - Absence de précipitations
	Juillet		
	Août		
	Septembre		
	Octobre		

Bridage par seuil du parc de Guéhenno en 2021			
Période		Bridage	
		Horaires	Conditions météorologiques
2021	Avril -Juin	Bridage identique à 2020	Conditions identiques à 2020
	Juillet	Bridage étendu à toute la nuit	- Température supérieure à 10°C - Vent inférieur à 8 m/s - Absence de précipitations
	Août	Bridage les 7 premières heures de la nuit	
	Septembre	Bridage étendu à toute la nuit	
	Octobre	Bridage les 4 premières heures de la nuit	

Journal des événements 2022	
Date	Événements
21/03/2022	Mise en route Probird
25/03/2022	Diminution de la sensibilité et masque sur la végétation
04/05/2022	Mise en route Probat
08/06/2022	Diminution de la sensibilité car détection d'insectes trop fréquente de Probird
24/08/2022	Diminution de la vitesse de vent maximal du Système Probat (9 m/s →7m/s)
15/11/2022	Arrêt Probat

• **Annexe 5 : Tableau brut de suivi de la mortalité en 2023**

Date	Opérateur	Météo			Heure début	Eolienne N° 1									Eolienne N° 2									Eolienne N° 3								
		Temps	T° (°C)	Vent		Végétation	L prospect	I visib	Végétation	L prospect	I visib	Végétation	L prospect	I visib	Végétation	L prospect	I visib	Végétation	L prospect	I visib	Végétation	L prospect	I visib	Végétation	L prospect	I visib	Végétation	L prospect	I visib	Végétation	L prospect	I visib
11/1/2023	Sdp	Ensoleillé	8	Moyen	9h00	Prairies	600	3	chaumes	300	5	plate-forme	100	5	Labours	800	5	Legumineuses	100	3,5	plate-forme	100	5	Prairies	600	4	forêt	300	4	plate-forme	100	5
9/2/2023	Sdp	Ensoleillé	1	Faible	8h50	Prairies	600	3	chaumes	300	5	plate-forme	100	5	Labours	800	5	Legumineuses	100	3,5	plate-forme	100	5	Prairies	600	4	forêt	300	4	plate-forme	100	5
15/3/2023	HD	Variable	5	Moyen	8h40	Prairies	600	3	chaumes	300	5	plate-forme	100	5	Labours	800	5	Legumineuses	100	3	plate-forme	100	5	Prairies	600	4	forêt	300	4	plate-forme	100	5
13/4/2023	HD	Couvert	10	Faible	8h50	Prairies	600	3	chaumes	300	5	plate-forme	100	5	Labours	800	5	Legumineuses	100	3	plate-forme	100	5	Prairies	600	4	forêt	300	4	plate-forme	100	5
9/5/2023	HD	Couvert	14	Moyen	9h00	Prairies	600	2	chaumes	300	5	plate-forme	100	5	Labours	800	5	Labours	100	5	plate-forme	100	5	Prairies	600	3	forêt	300	3,5	plate-forme	100	5
11/5/2023	HD	Variable	12	Faible	8h20	Prairies	600	2	chaumes	300	4,5	plate-forme	100	5	Labours	800	5	Labours	100	5	plate-forme	100	5	Prairies	600	3	forêt	300	3,5	plate-forme	100	5
15/5/2023	HD	Variable	12	Moyen	8h00	Prairies	600	2	Labours	300	5	plate-forme	100	5	Labours	800	5	Labours	100	5	plate-forme	100	5	Prairies	600	5	forêt	300	3,5	plate-forme	100	5
13/6/2023	HD	Couvert	18	Faible	8h30	Prairies	600	1	Mais	300	5	plate-forme	100	5	Legumineuses	800	5	Mais	100	5	plate-forme	100	5	Prairies	600	4,5	forêt	300	3,5	plate-forme	100	5
15/6/2023	HD	Ensoleillé	15	Nul	7h40	Prairies	600	5	Mais	300	4,5	plate-forme	100	5	Legumineuses	800	5	Mais	100	4	plate-forme	100	5	Prairies	600	4,5	forêt	300	3,5	plate-forme	100	5
20/6/2023	HD	Variable	19	Moyen	8h30	Prairies	600	5	Mais	300	4,5	plate-forme	100	5	Legumineuses	800	5	Mais	100	3,5	plate-forme	100	5	Prairies	600	4	forêt	300	3,5	plate-forme	100	5
22/6/2023	HD	Ensoleillé	18	Moyen	8h15	Prairies	600	5	Mais	300	4,5	plate-forme	100	5	Legumineuses	800	5	Mais	100	3	plate-forme	100	5	Prairies	600	4	forêt	300	3,5	plate-forme	100	5
5/7/2023	HD	Ensoleillé	20	Moyen	8h30	Prairies	600	4	Mais	300	2,5	plate-forme	100	5	Legumineuses	800	4	Mais	100	2	plate-forme	100	5	Prairies	600	4	forêt	300	3,5	plate-forme	100	5
7/7/2023	HD	Ensoleillé	18	Faible	8h00	Prairies	600	4	Mais	300	2	plate-forme	100	5	Legumineuses	800	4	Mais	100	2	plate-forme	100	5	Prairies	600	4	forêt	300	3,5	plate-forme	100	5
12/7/2023	HD	Couvert	15	Nul	8h10	Prairies	600	4	Mais	300	1	plate-forme	100	5	Legumineuses	800	3	Mais	100	1	plate-forme	100	5	Prairies	600	3,5	forêt	300	3,5	plate-forme	100	5
7/8/2023	HD	Couvert	14	Faible	8h00	Prairies	600	4	Mais	300	1	plate-forme	100	5	Legumineuses	800	2	Mais	100	1	plate-forme	100	5	Prairies	600	3,5	forêt	300	3,5	plate-forme	100	5
9/8/2023	HD	Variable	19	Nul	10h30	Prairies	600	4	Mais	300	1	plate-forme	100	5	chaumes	800	5	Mais	100	1	plate-forme	100	5	Prairies	600	3,5	forêt	300	3,5	plate-forme	100	5
11/8/2023	HD	Couvert	19	Faible	8h30	Prairies	600	4	Mais	300	1	plate-forme	100	5	chaumes	800	5	Mais	100	1	plate-forme	100	5	Prairies	600	3,5	forêt	300	3,5	plate-forme	100	5
16/8/2023	HD	Ensoleillé	19	Faible	8h30	Prairies	600	3,5	Mais	300	1	plate-forme	100	5	chaumes	800	5	Mais	100	1	plate-forme	100	5	Prairies	600	3,5	forêt	300	3,5	plate-forme	100	5
15/9/2023	HD	Ensoleillé	18	Moyen	8h15	Prairies	600	5	Mais	300	1	plate-forme	100	5	chaumes	800	5	Mais	100	1	plate-forme	100	5	Prairies	600	4,5	forêt	300	3,5	plate-forme	100	5
19/9/2023	HD	Ensoleillé	18	Faible	8h20	Prairies	600	4,5	Mais	300	1	plate-forme	100	5	chaumes	800	5	Mais	100	1	plate-forme	100	5	Prairies	600	4	forêt	300	3,5	plate-forme	100	5
22/9/2023	HD	Ensoleillé	10	Moyen	8h00	Prairies	600	4,5	Mais	300	1	plate-forme	100	5	chaumes	800	5	Mais	100	1	plate-forme	100	5	Prairies	600	4	forêt	300	3,5	plate-forme	100	5
3/10/2023	HD	Variable	16	Moyen	8h30	Prairies	600	4,5	Mais	300	1	plate-forme	100	5	Labours	800	5	Mais	100	1	plate-forme	100	5	Prairies	600	3,5	forêt	300	3,5	plate-forme	100	5
5/10/2023	HD	Ensoleillé	9	Faible	8h15	Prairies	600	4	Mais	300	1	plate-forme	100	5	Labours	800	5	Mais	100	1	plate-forme	100	5	Prairies	600	3,5	forêt	300	3,5	plate-forme	100	5
9/10/2023	HD	Ensoleillé	9	Nul	8h20	Prairies	600	4	Mais	300	1	plate-forme	100	5	Labours	800	5	Mais	100	1	plate-forme	100	5	Prairies	600	3	forêt	300	3,5	plate-forme	100	5
23/11/2023	HD	Couvert	10	Nul	8h15	Prairies	600	4	Mais	300	1	plate-forme	100	5	Labours	800	5	Mais	100	1	plate-forme	100	5	Prairies	600	3	forêt	300	3,5	plate-forme	100	5
5/12/2023	HD	Ensoleillé	5	Moyen	8h30	Prairies	600	4	Mais	300	1	plate-forme	100	5	Labours	800	5	Mais	100	1	plate-forme	100	5	Prairies	600	3	forêt	300	3,5	plate-forme	100	5

Date	Opérateur	Météo			Heure début	Date	Opérateur	Météo			Heure début	Eolienne N° 4					Eolienne N° 5					Eolienne N° 6					Mortalité	Remarque						
		Temps	T° (°C)	Vent				Temps	T° (°C)	Vent		Végétation	L prospect	I visib	Végétation	L prospect	I visib	Végétation	L prospect	I visib	Végétation	L prospect	I visib	Végétation	L prospect	I visib								
11/1/2023	Sdp	Ensoleillé	8	Moyen	9H00	11/1/2023	Sdp	Ensoleillé	8	Moyen	9H00	Prairies	900	3	plate-forme	100	5	Labours	800	4	foret	100	4	plate-forme	100	5	Prairies	900	1,5	plate-forme	100	5	E3 : 1 plumée de Pigeon ramier	
9/2/2023	Sdp	Ensoleillé	1	Faible	8H50	9/2/2023	Sdp	Ensoleillé	1	Faible	8H50	Prairies	900	3	plate-forme	100	5	Labours	800	3,5	foret	100	4	plate-forme	100	5	Prairies	900	1,5	plate-forme	100	5	E3 : 2 plumées de Pigeon ramier E2 : 1 cadavre de pinson des arbres (femelle, frais)	
15/3/2023	HD	Variable	5	Moyen	8H40	15/3/2023	HD	Variable	5	Moyen	8H40	Prairies	900	3	plate-forme	100	5	Legumineuses	800	3,5	foret	100	4	plate-forme	100	5	Prairies	900	1,5	plate-forme	100	5	RAS	
13/4/2023	HD	Couvert	10	Faible	8H50	13/4/2023	HD	Couvert	10	Faible	8H50	Prairies	900	3	plate-forme	100	5	Legumineuses	800	3	foret	100	4	plate-forme	100	5	Prairies	900	1,5	plate-forme	100	5	RAS	
9/5/2023	HD	Couvert	14	Moyen	9H00	9/5/2023	HD	Couvert	14	Moyen	9H00	Prairies	900	2	plate-forme	100	5	Legumineuses	800	2,5	foret	100	4	plate-forme	100	5	Prairies	900	4,5	plate-forme	100	5	RAS	
11/5/2023	HD	Variable	12	Faible	8H20	11/5/2023	HD	Variable	12	Faible	8H20	Prairies	900	1,5	plate-forme	100	5	Legumineuses	800	1,5	foret	100	4	plate-forme	100	5	Prairies	900	4,5	plate-forme	100	5	RAS	
15/5/2023	HD	Variable	12	Moyen	8H00	15/5/2023	HD	Variable	12	Moyen	8H00	Prairies	900	1	plate-forme	100	5	Legumineuses	800	1,5	foret	100	4	plate-forme	100	5	Labours	900	5	plate-forme	100	5	RAS	
13/6/2023	HD	Couvert	18	Faible	8H30	13/6/2023	HD	Couvert	18	Faible	8H30	Prairies	900	4	plate-forme	100	5	Labours	800	5	foret	100	4	plate-forme	100	5	Mais	900	5	plate-forme	100	5	RAS	
15/6/2023	HD	Ensoleillé	15	Nul	7H40	15/6/2023	HD	Ensoleillé	15	Nul	7H40	Prairies	900	3	plate-forme	100	5	Labours	800	5	foret	100	4	plate-forme	100	5	Mais	900	4	plate-forme	100	5	RAS	
20/6/2023	HD	Variable	19	Moyen	8H30	20/6/2023	HD	Variable	19	Moyen	8H30	Prairies	900	3	plate-forme	100	5	Prairies	800	4,5	foret	100	4	plate-forme	100	5	Mais	900	3,5	plate-forme	100	5	E1 : Pip commune	Barotraumatisme
22/6/2023	HD	Ensoleillé	18	Moyen	8H15	22/6/2023	HD	Ensoleillé	18	Moyen	8H15	Prairies	900	3	plate-forme	100	5	Prairies	800	4	foret	100	4	plate-forme	100	5	Mais	900	3	plate-forme	100	5	RAS	
5/7/2023	HD	Ensoleillé	20	Moyen	8H30	5/7/2023	HD	Ensoleillé	20	Moyen	8H30	Prairies	900	3	plate-forme	100	5	Prairies	800	2,5	foret	100	4	plate-forme	100	5	Mais	900	2,5	plate-forme	100	5	RAS	
7/7/2023	HD	Ensoleillé	18	Faible	8H00	7/7/2023	HD	Ensoleillé	18	Faible	8H00	Prairies	900	3	plate-forme	100	5	Prairies	800	2	foret	100	4	plate-forme	100	5	Mais	900	2,5	plate-forme	100	5	RAS	
12/7/2023	HD	Couvert	15	Nul	8H10	12/7/2023	HD	Couvert	15	Nul	8H10	Prairies	900	3	plate-forme	100	5	Prairies	800	2	foret	100	4	plate-forme	100	5	Mais	900	2	plate-forme	100	5	RAS	
7/8/2023	HD	Couvert	14	Faible	8H00	7/8/2023	HD	Couvert	14	Faible	8H00	Prairies	900	2,5	plate-forme	100	5	chaumes	800	4	foret	100	4	plate-forme	100	5	Mais	900	1	plate-forme	100	5	RAS	
9/8/2023	HD	Variable	19	Nul	10H30	9/8/2023	HD	Variable	19	Nul	10H30	Prairies	900	2,5	plate-forme	100	5	chaumes	800	4	foret	100	4	plate-forme	100	5	Mais	900	1	plate-forme	100	5	RAS	
11/8/2023	HD	Couvert	19	Faible	8H30	11/8/2023	HD	Couvert	19	Faible	8H30	Prairies	900	2,5	plate-forme	100	5	chaumes	800	4	foret	100	4	plate-forme	100	5	Mais	900	1	plate-forme	100	5	E3 : Plumée pic epeche	ds sous bois, à proximité cavité. Peu probable lié éolienne
16/8/2023	HD	Ensoleillé	19	Faible	8H30	16/8/2023	HD	Ensoleillé	19	Faible	8H30	Prairies	900	2,5	plate-forme	100	5	chaumes	800	4	foret	100	4	plate-forme	100	5	Mais	900	1	plate-forme	100	5	RAS	
15/9/2023	HD	Ensoleillé	18	Moyen	8H15	15/9/2023	HD	Ensoleillé	18	Moyen	8H15	Prairies	900	4	plate-forme	100	5	chaumes	800	2	foret	100	4	plate-forme	100	5	Mais	900	1	plate-forme	100	5	RAS	
19/9/2023	HD	Ensoleillé	18	Faible	8H20	19/9/2023	HD	Ensoleillé	18	Faible	8H20	Prairies	900	3,5	plate-forme	100	5	chaumes	800	2	foret	100	4	plate-forme	100	5	Mais	900	1	plate-forme	100	5	RAS	
22/9/2023	HD	Ensoleillé	10	Moyen	8H00	22/9/2023	HD	Ensoleillé	10	Moyen	8H00	Prairies	900	3,5	plate-forme	100	5	Legumineuses	800	2	foret	100	4	plate-forme	100	5	Mais	900	1	plate-forme	100	5	RAS	
3/10/2023	HD	Variable	16	Moyen	8H30	3/10/2023	HD	Variable	16	Moyen	8H30	Prairies	900	3,5	plate-forme	100	5	Legumineuses	800	2	foret	100	4	plate-forme	100	5	Labours	900	5	plate-forme	100	5	RAS	
5/10/2023	HD	Ensoleillé	9	Faible	8H15	5/10/2023	HD	Ensoleillé	9	Faible	8H15	Prairies	900	3,5	plate-forme	100	5	Legumineuses	800	2	foret	100	4	plate-forme	100	5	Labours	900	5	plate-forme	100	5	RAS	
9/10/2023	HD	Ensoleillé	9	Nul	8H20	9/10/2023	HD	Ensoleillé	9	Nul	8H20	Prairies	900	3	plate-forme	100	5	Legumineuses	800	2	foret	100	4	plate-forme	100	5	Labours	900	5	plate-forme	100	5	RAS	
23/11/2023	HD	Couvert	10	Nul	8H15	23/11/2023	HD	Couvert	10	Nul	8H15	Prairies	900	3	plate-forme	100	5	Legumineuses	800	2	foret	100	4	plate-forme	100	5	Labours	900	5	plate-forme	100	5	RAS	
5/12/2023	HD	Ensoleillé	5	Moyen	8H30	5/12/2023	HD	Ensoleillé	5	Moyen	8H30	Prairies	900	3	plate-forme	100	5	Legumineuses	800	2	foret	100	4	plate-forme	100	5	Labours	900	5	plate-forme	100	5	RAS	

- **Annexe 6 : Exports des calculs d'estimation de mortalité en 2023 (source : <https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp>)**

➤ **Chauves-souris (mai-octobre)**



Estimation des mortalités induites par les éoliennes

Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :

Browse... cadavres-chiro_Mai-Oct.csv

Upload complete

Nb lignes lues = 20

Sélectionner un fichier avec la durée de persistance des cadavres déposés :

Browse... persistence.csv

Upload complete

Nombre de lignes lues = 48

Méthode de calcul des intervalles de confiance

☒ Non-paramétrique

☐ Paramétrique

Intervalle de temps entre les passages =

8.28

Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection =

60

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =

46

Pourcentage de la surface prospectée =

0.71

CALCULER

Données en entrée

Nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes (une valeur par visite de terrain) :

0, 0, 0, 0, 0, ..., 0, 0, 0, 1, 0

Durée de présence de cadavres déposés par les expérimentateurs (une valeur par cadavre déposé)

12, 6, 6, 1, 12, ..., 8, 14, 2, 14, 6

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	3.22	0.00	8.67	0.00	6.47
Huso	5.44	0.00	14.31	0.00	10.92
Winkelmann	6.04	0.00	16.90	0.00	12.33
Jones	5.63	0.00	14.82	0.00	11.31

Oiseaux (janvier-décembre)



Estimation des mortalités induites par les éoliennes

Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :

Browse...

cadavres-Oiseaux_Année.csv

Upload complete

Nb lignes lues = 26

Sélectionner un fichier avec la durée de persistance des cadavres déposés :

Browse...

persistence.csv

Upload complete

Nombre de lignes lues = 48

Méthode de calcul des intervalles de confiance

☒ Non-paramétrique

☐ Paramétrique

Intervalle de temps entre les passages =

13.28

Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection =

60

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =

46

Pourcentage de la surface prospectée =

0.71

CALCULER

Données en entrée

Nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes (une valeur par visite de terrain) :

1, 3, 0, 0, 0, ..., 0, 0, 0, 0, 0

Durée de présence de cadavres déposés par les expérimentateurs (une valeur par cadavre déposé)

12, 6, 6, 1, 12, ..., 8, 14, 2, 14, 6

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	9.64	0.00	29.99	0.00	22.15
Huso	12.72	0.00	38.95	0.00	28.96
Winkelmann	28.97	0.00	108.66	0.00	73.94
Jones	13.86	0.00	42.57	0.00	31.53