



## Suivi post-implantation du parc éolien de Radenac et son extension (56) - Année 2023



## Fiche contrôle qualité

Destinataire du rapport :	ENGIE Green
Site :	Parc éolien de Radenac et son extension
Interlocuteurs :	Elise KEBAILI Yohann COZIAN
Adresse :	ENGIE Green 11 rue Arthur III - Immeuble INSULA ENGIE GREEN TSA 11450 44262 NANTES CEDEX 2
Email :	<a href="mailto:elise.kebaili@engie.com">elise.kebaili@engie.com</a> <a href="mailto:yohann.cozian@engie.com">yohann.cozian@engie.com</a>
Intitulé du rapport :	Parc éolien de Radenac (56) : suivi post-implantation 2023
Rédacteurs :	Titouan BASSET – Chargé d'études - avifaune Laura MENOUD – Chargée d'études – chiroptères Jean-Emmanuel BRASSEUR – Chargé d'étude - Flore
Relecteur final :	Sandra ROSIAN – Chargée de projets Romain GUIHENEUF - Directeur d'agence

## Gestion des révisions

Version n°3 du 27 mars 2024
Nombre de pages : 138
Nombre d'annexes : 05

# SOMMAIRE

---

<b>SOMMAIRE .....</b>	<b>3</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTE DES CARTES .....</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>8</b>
<b>1. Cadre légal national .....</b>	<b>8</b>
<b>2. Cadre légal du parc éolien étudié et objectifs .....</b>	<b>8</b>
<b>3. Présentation des notions abordées dans le document.....</b>	<b>9</b>
3.1. Notion de patrimonialité .....	9
3.2. Notion de sensibilité au regard de l'éolien.....	10
<b>4. Présentation générale du parc étudié .....</b>	<b>11</b>
<b>5. Rappel du contexte écologique .....</b>	<b>15</b>
5.1. Zones de protection du patrimoine naturel - Réseau Natura 2000.....	15
5.2. Zones d'inventaire du patrimoine naturel – ZNIEFF.....	17
5.3. La Trame Verte et Bleue .....	19
<b>6. Historique des suivis réalisés sur le parc .....</b>	<b>22</b>
<b>ETUDE DE LA MORTALITE .....</b>	<b>24</b>
<b>1. Méthodologie générale .....</b>	<b>24</b>
<b>2. Effort de surveillance .....</b>	<b>24</b>
2.1. Surfaces et transects de prospection .....	26
2.2. Compilation des données.....	28
2.3. Modèles d'estimation du taux de mortalité .....	28
<b>3. Détermination des coefficients de correction .....</b>	<b>30</b>
3.1. Tests de persistance des cadavres (t) .....	30
3.2. Tests d'efficacité des observateurs (Z) .....	31
<b>4. Limites du suivi de mortalité.....</b>	<b>38</b>
<b>5. Résultats des expertises de terrain.....</b>	<b>39</b>
5.1. Bilan des cadavres observés .....	39
5.2. Estimation de la mortalité.....	46
<b>6. Analyse des résultats et discussion .....</b>	<b>50</b>
6.1. Analyse des cas de mortalité observés.....	50
6.2. Analyse des calculs de mortalité .....	57
<b>7. Conclusion générale du suivi de mortalité .....</b>	<b>63</b>
<b>ETUDE EN CONTINU DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE EN HAUTEUR .....</b>	<b>64</b>
<b>1. Pré-diagnostic chiroptérologique .....</b>	<b>64</b>
1.1. Sources et bases de données utilisées.....	64
1.2. Résultats des recherches bibliographiques.....	64
1.3. Inventaire des chiroptères potentiellement présents dans l'aire d'étude immédiate.....	68
<b>2. Protocole d'écoute en continu en nacelle d'éolienne .....</b>	<b>70</b>

2.1. Objectifs de l'expertise .....	70
2.2. Protocole d'expertise.....	70
<b>3. Résultats des écoutes en continu en nacelle.....</b>	<b>73</b>
3.1. Inventaire complet des espèces contactées au niveau de la nacelle .....	73
3.2. Étude de l'activité en période des transits printaniers .....	76
3.3. Étude de l'activité en période de mise-bas.....	80
3.4. Étude de l'activité en période des transits automnaux .....	85
3.5. Synthèse des sensibilités.....	90
3.6. Corrélation de l'activité enregistrée au niveau de l'éolienne avec les principaux facteurs extérieurs.....	94
<b>4. Vérification de l'efficacité du bridage et amélioration.....</b>	<b>101</b>
4.1. Bridage actif en 2023 .....	101
4.2. Nombre de contacts protégés par le bridage 2023 .....	101
<b>5. Conclusion sur l'activité chiroptérologique .....</b>	<b>102</b>
<b>DISCUSSION SUR LES IMPACTS RÉSIDUELS ET ADAPTATION DES MESURES CORRECTIVES .....</b>	<b>103</b>
<b>1. Discussion sur les résultats de mortalité .....</b>	<b>103</b>
1.1. Nuancement des résultats.....	103
1.2. Activité chiroptérologique .....	104
<b>2. Analyse des espèces impactées.....</b>	<b>105</b>
2.1. Effets résiduels sur les espèces impactées .....	105
<b>3. Réflexion sur la mise en place de mesures supplémentaires .....</b>	<b>107</b>
3.1. Ajustement des paramètres du bridage .....	107
3.2. Maintien de l'entretien des plateformes.....	109
<b>SUIVI DE LA MISE EN PLACE DE ZONE HUMIDE COMPENSATOIRE.....</b>	<b>112</b>
<b>1. Description de l'habitat humide.....</b>	<b>112</b>
<b>2. Suivi de chantier.....</b>	<b>114</b>
<b>3. Perspectives pour le suivi de la restauration de la lande humide .....</b>	<b>116</b>
<b>CONCLUSIONS DU SUIVI 2023 .....</b>	<b>118</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>120</b>
<b>1. ANNEXE 1 - Rappel de biologie des chiroptères .....</b>	<b>123</b>
<b>2. ANNEXE 2 – Méthodologie de traitement des signaux .....</b>	<b>128</b>
<b>3. ANNEXE 3 - Seuils d'activité chiroptérologique en nacelle par espèce d'après Altisphère, Ecosphère .....</b>	<b>134</b>
<b>4. ANNEXE 4 - Fiches standardisées de mortalité - avifaune .....</b>	<b>134</b>
<b>5. ANNEXE 5 - Fiches standardisées de mortalité - chiroptères .....</b>	<b>137</b>



# LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Principales caractéristiques des éoliennes suivies (source : APC 10/01/2020) .....	11
Figure 2 - Les périmètres de protection du patrimoine naturel de l'aire d'étude éloignée (20 km) .....	15
Figure 3 - Les périmètres d'inventaire du patrimoine naturel de l'aire d'étude éloignée (20 km) .....	17
Figure 4 - Historique des suivis réalisés sur le parc .....	22
Figure 5 - Résultats des suivis passés .....	22
Figure 6 - Espèces de chiroptères détectées par écoutes actives au cours du suivi de 2016 .....	22
Figure 7 - Calendrier des passages de recherche des cadavres .....	24
Figure 8 - Equipe ayant réalisé les passages .....	24
Figure 9 - Calendrier des passages de recherche des cadavres .....	25
Figure 10 - Illustration d'une aire de contrôle et des transects parcourus autour d'une éolienne .....	26
Figure 11 - Tableau de calcul des durées de persistance par éolienne .....	31
Figure 12 - Taux de découverte des cadavres par éolienne .....	32
Figure 13 - Taux d'efficacité des opérateurs réguliers .....	32
Figure 14 - Pourcentages d'occupation de chaque habitat au sein de la surface de prospection .....	33
Figure 15 - Surfaces prospectées autour des éoliennes .....	37
Figure 16 - Résultats des recherches de cadavres .....	39
Figure 17 - Résultats des estimations de mortalité de l'avifaune (en nombre de cadavres/éolienne pour la période étudiée) .....	46
Figure 18 - Résultats des estimations de mortalité des chiroptères (en nombre de cadavres/éolienne pour la période étudiée) .....	47
Figure 19 - Résultats des estimations de mortalité par éolienne .....	48
Figure 20 - Paramètres utilisés sur la plateforme Shiny .....	48
Figure 21 - Résultats des estimations de mortalité - Outil Shiny .....	49
Figure 22 - Résultats des estimations de mortalité (en nombre de cadavres/période) .....	49
Figure 23 - Résultats des estimations de mortalité par taxon .....	49
Figure 24 - Inventaire des principaux facteurs pouvant entraîner des collisions .....	50
Figure 25 - Résultats des recherches de cadavres .....	52
Figure 26 - Illustration graphique de la distance au mât des cas de mortalité .....	53
Figure 27 - Statut des espèces d'oiseaux retrouvées lors du suivi de mortalité .....	53
Figure 28 - Risque de collision des espèces trouvées sur le parc .....	54
Figure 29 - Cas de mortalité en France – Les dix espèces les plus impactées (Dürr, 2023) .....	54
Figure 30 - Cas de mortalité dans l'ouest de la France entre 2010 et 2019 – Oiseaux (Ouest'Am 2020) .....	55
Figure 31 - Statut des espèces de chiroptères retrouvés lors du suivi de mortalité .....	55
Figure 32 - Risque de collision des espèces trouvées sur le parc .....	56
Figure 33 - Cas de mortalité en France – Chiroptères (Dürr, 2023) .....	56
Figure 34 - Cas de mortalité dans l'ouest de la France entre 2010 et 2019 – Chiroptères (Ouest'Am, 2020) .....	57
Figure 35 - Phénologie des cas de mortalité .....	59
Figure 36 - Distribution temporelle de découverte des cadavres (source : G. Marx 2017) .....	60
Figure 37 - Synthèse des cas de mortalité par éolienne .....	61
Figure 38 - Mortalité globale d'après HUSO .....	62
Figure 39 - Estimation de mortalité pour l'ensemble de la période étudiée .....	62
Figure 40 - Inventaire des espèces de chiroptères dans les périmètres de protection et d'inventaire (janvier 2024) .....	64
Figure 41 - Inventaire des espèces de chiroptères contactées sur la commune du projet (janvier 2024) .....	68
Figure 42 - Chiroptères patrimoniaux potentiellement présents dans l'AEI .....	69
Figure 43 - Calendrier des durées d'échantillonnage sur E5 selon les phases étudiées .....	71
Figure 44 - Inventaire complet des espèces enregistrées par le BATLOGGER au niveau de l'éolienne E5 .....	73
Figure 45 - Représentation graphique des variations journalières de l'activité totale des chiroptères (en nombre de contacts bruts) .....	74
Figure 46 - Détails des coefficients de détectabilité et des distances de détection des chiroptères en milieu ouvert (Barataud M. 2015) .....	75
Figure 47 - Proportions des contacts localisés à plus de 25 m de hauteur par espèce (Haquart et al. 2014) .....	75
Figure 48 - Répartition quantitative des chiroptères détectés lors des transits printaniers au niveau de la nacelle de l'éolienne (activité corrigée) .....	76
Figure 49 - Représentation graphique des variations journalières de l'activité totale des chiroptères lors des transits printaniers (en nombre de contacts) .....	77
Figure 50 - Représentation graphique des variations journalières de l'activité des espèces présentes lors des transits printaniers (en nombre de contacts) .....	78
Figure 51 - Répartition quantitative des chiroptères détectés au niveau de la nacelle de l'éolienne en période de mise-bas (activité corrigée) .....	80
Figure 52 - Représentation graphique des variations journalières de l'activité totale des chiroptères en phase de mise-bas (en nombre de contacts) .....	81
Figure 53 - Représentation graphique des variations journalières de l'activité en phase de mise-bas (en nombre de contacts) .....	82

Figure 54 - Répartition quantitative des chiroptères détectés au niveau de la nacelle de l'éolienne en période des transits automnaux (activité corrigée).....	85
Figure 55 - Représentation graphique des variations journalières de l'activité totale des chiroptères lors des transits automnaux (en nombre de contacts).....	86
Figure 56 - Représentation graphique des variations journalières de l'activité lors des transits automnaux (en nombre de contacts).....	87
Figure 57 - Synthèse des cas de mortalité de chiroptères en France (T.Dürr, août 2023).....	90
Figure 58 - Seuils de la méthodologie Altisphère par Ecosphère par espèce.....	91
Figure 59 - Nombre de nuits d'échantillonnage.....	91
Figure 60 - Nombre de nuits d'activité par niveau d'activité et par saison toutes espèces confondues.....	91
Figure 61 - Nombre de nuits d'activité par niveau d'activité, par espèce et par saison.....	92
Figure 62 - Sensibilité à la collision estimée par espèce et par saison.....	93
Figure 63 - Représentation graphique des variations de l'activité chiroptérologique en altitude en fonction des vitesses de vent (en nombre de contacts).....	94
Figure 64 - Mise en corrélation de l'activité chiroptérologique avec les vitesses de vent.....	94
Figure 65 - Représentation graphique des variations de l'activité chiroptérologique en altitude en fonction des températures (en nombre de contacts).....	95
Figure 66 - Mise en corrélation de l'activité chiroptérologique avec les températures.....	95
Figure 67 - Nombre de contacts enregistrés en fonction du mois d'écoute.....	96
Figure 68 - Distribution mensuelle des cas de mortalité des chiroptères (GMB).....	97
Figure 69 - Distribution mensuelle des cas de mortalité de la Noctule commune et de la Pipistrelle de Nathusius (GMB).....	97
Figure 70 - Nombre de contacts enregistrés en fonction des heures de la nuit.....	98
Figure 71 - Nombre de contacts enregistrés en fonction des heures de la nuit.....	99
Figure 72 - Cycle circadien d'après les données 2023.....	100
Figure 73 - Nombre de contacts enregistrés durant toute la période du suivi et nombre de contacts protégés par le bridage en 2023.....	101
Figure 74 - Nombres de contacts 2023 par espèce protégés par le bridage.....	101
Figure 75 - Influence des différents indices sur les projections calculées.....	103
Figure 76 - Activité et mortalité chiroptérologique.....	104
Figure 77 - Espèces d'oiseaux impactées.....	105
Figure 78 - Espèces de chiroptères impactées.....	105
Figure 79 - Espèces victimes du parc éolien au cours de l'année de suivi (2023).....	106
Figure 80 - Nombres de contacts 2023 théoriquement protégés au niveau de l'éolienne E5 par le bridage proposé en 2024.....	107
Figure 81 - Nombres de contacts 2023 par espèce théoriquement protégés au niveau de l'éolienne E5 par le bridage proposé en 2024.....	108
Figure 82 - Pourcentage d'espèce théoriquement protégée en fonction du bridage (actuel et préconisé en 2024) en fonction de la période.....	108
Figure 83 - Photographie des zones à entretenir (E4, juin 2023).....	110
Figure 84 - Photographie des perchoirs potentiels pour l'avifaune à éviter (photographie prise hors site).....	111
Figure 85 - Cartographie de la zone de compensation (ALTHIS, Engie Green, 2016).....	113
Figure 86 - Aspect de la lande à Molinie avant gyrobroyage.....	114
Figure 87 - Aspect de la lande à Molinie après et pendant les travaux de gyrobroyage.....	115
Figure 88 - Calendrier prévisionnel pour le suivi post-restauration de la lande à Molinie.....	116
Figure 89 - Modalités de bridage proposées à partir de l'année 2024.....	119

## LISTE DES CARTES

---

Carte 1 - Présentation des éoliennes suivies – BD ORTHO.....	12
Carte 2 - Présentation des éoliennes suivies – vue plan IGN.....	13
Carte 3 - Localisation des parcs éoliens environnants .....	14
Carte 4 - Localisation des périmètres hors réseau Natura 2000 à l'échelle de l'aire d'étude éloignée .....	16
Carte 5 - Localisation des périmètres du réseau ZNIEFF à l'échelle de l'aire d'étude éloignée .....	18
Carte 6 - Synthèse de la Trame Verte et Bleue à l'échelle de l'aire d'étude éloignée .....	20
Carte 7 - Continuités écologiques locales à l'échelle des éoliennes.....	21
Carte 8 - Cartographie des aires de contrôle autour des éoliennes.....	27
Carte 9 - Cartographie des habitats présents sous les éoliennes E1 à E4.....	34
Carte 10 - Cartographie des habitats présents sous l'éolienne E5 .....	35
Carte 11 - Localisation des cadavres découverts.....	40
Carte 12 - Localisation des cadavres sous E1.....	41
Carte 13 - Localisation des cadavres sous E2.....	42
Carte 14 - Localisation des cadavres sous E3.....	43
Carte 15 - Localisation des cadavres sous E4.....	44
Carte 16 - Localisation des cadavres sous E5.....	45
Carte 17 - Evaluation des risques pour les chiroptères en Bretagne liés à l'implantation d'éoliennes au sein de l'AEE .....	66
Carte 18 - Evaluation des risques pour les chiroptères en Bretagne liés à l'implantation d'éoliennes à l'échelle du parc .....	67
Carte 19 - Localisation de l'éolienne équipée d'un Batlogger .....	72

# INTRODUCTION

---

La société ENGIE Green a sollicité le bureau d'études ENVOL ENVIRONNEMENT pour réaliser le suivi écologique du parc éolien de Radenac et son extension située sur la commune du même nom (56). Les éoliennes E1 à E4 ont été mises en service en octobre 2013 et l'éolienne E5 a été mise en fonctionnement en décembre 2022. Un suivi environnemental a été réalisé sur trois ans de 2015 à 2017 sur le parc historique. Le suivi réalisé en 2023 et présenté dans ce rapport concerne le parc historique et l'extension du parc éolien de Radenac.

## 1. Cadre légal national

En application de l'article 12 de l'arrêté ICPE du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent, il est nécessaire d'évaluer les impacts réels d'un parc dans les 3 années qui suivent sa mise en service, puis tous les 10 ans. Un arrêté complémentaire a été produit le 22 juin 2020 et a corrigé le délai de mise en place du suivi environnemental à 12 mois maximum après la mise en fonctionnement des éoliennes.

Les suivis environnementaux doivent être réalisés par l'exploitant du parc éolien conformément au protocole de suivi environnemental en vigueur reconnu par le ministère chargé des ICPE. Une première version de ce guide a été publiée en 2015 puis revue en 2017 et la version finale (à ce jour) a été approuvée en 2018. Le guide impose la réalisation d'une étude de mortalité des oiseaux et des chiroptères ainsi qu'une étude à hauteur de nacelle de l'activité des chauves-souris dans le but de qualifier et de quantifier les impacts réels du parc en permettant d'évaluer si le fonctionnement des éoliennes est susceptible de remettre en cause les états de conservation des espèces occupant le territoire local.

A noter que si des impacts sont mis en évidence, des mesures de type ERC (Eviter, Réduire, Compenser) doivent être prises afin de les annuler ou les réduire.

## 2. Cadre légal du parc éolien étudié et objectifs

Conformément à l'article 12 de l'arrêté du 26 août 2011, à l'arrêté d'autorisation d'exploiter (en date du 17/01/2020) et aux engagements pris par ENGIE Green pour le parc éolien de Radenac, un suivi environnemental est réalisé durant l'année de mise en service de l'éolienne E5. La société ENGIE Green a mandaté le bureau d'études ALTHIS pour la réalisation du suivi de mortalité de 2015 à 2017 sur les éoliennes E1 à E4. La période du suivi s'est étendue sur 13 semaines d'août à octobre, soit de semaine 31 à 43.

Le présent document vise donc la présentation des résultats du suivi post-implantation 2023.

Le suivi de mortalité s'est déroulé entre les semaines 12 et 43 de l'année 2023 au rythme d'un passage de recherche de cadavres par semaine. Un dispositif d'écoute et d'enregistrement des signaux ultrasonores en altitude de type Batlogger WEX1 a également été installé dans la nacelle de l'éolienne E5 sur la même période, de la semaine 12 à 43.

La méthodologie suivie répond aux exigences du guide de suivi des parcs éoliens terrestres paru en 2018.

### 3. Présentation des notions abordées dans le document

#### 3.1. Notion de patrimonialité

Dans le cadre de l'inventaire du patrimoine naturel, on appelle les « espèces patrimoniales » l'ensemble des espèces protégées, des espèces menacées (liste rouge) et des espèces rares, ainsi que (parfois) des espèces ayant un intérêt scientifique ou symbolique.

Le statut d'espèce patrimoniale n'est pas un statut légal. Il s'agit d'espèces que les scientifiques et les conservateurs estiment importantes pour notre patrimoine naturel, que ce soit pour des raisons écologiques, scientifiques ou culturelles.

Un niveau de patrimonialité est attribué, en amont de toutes expertises naturalistes, à chacune des espèces recensées. La patrimonialité spécifique est établie uniquement sur la base du statut de conservation et de protection de l'espèce. Le niveau attribué est influencé par ;

- **Le statut de protection nationale de l'espèce en fonction de l'article qui la concerne (legifrance).**

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 fixant la **liste des mammifères terrestres protégés** sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection  
Arrêté du 8 janvier 2021 fixant les **listes des amphibiens et des reptiles protégés** sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection  
Arrêté du 23 avril 2007 fixant les **listes des insectes protégés** sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection.  
Arrêté du 20 janvier 1982 fixant la **liste des espèces végétales protégées** sur l'ensemble du territoire

- **L'intérêt communautaire de l'espèce au titre de Natura 2000 (Directive « Oiseaux » annexe I et Directive « Habitats-Faune-Flore » annexe II et IV).**

#### **Directive « Oiseaux »**

**Annexe I :** protection stricte de l'espèce et de son habitat qui sera classé en ZPS ;

**Annexe II :** espèces pour lesquelles la chasse n'est pas interdite à condition que cela ne porte pas atteinte à la conservation des espèces ;

**Annexe III :** espèces pour lesquelles la vente, le transport, la détention pour la vente et la mise en vente sont interdits (1ère partie) ou peuvent être autorisés (2ème partie) selon certaines conditions.

#### **Directive « Habitats-Faune-Flore »**

**Annexe I :** liste les types d'habitats naturels d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones de protection spéciale (ZPS).

**Annexe II :** Regroupe des espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation (ZSC).

**Annexe III :** donne les critères de sélection des sites susceptibles d'être identifiés comme d'importance communautaire et désignés comme ZSC.

**Annexe IV :** Liste les espèces animales et végétales d'intérêt communautaire qui nécessitent une protection stricte : elle concerne les espèces devant être strictement protégées. Cette liste a été élaborée sur la base de l'annexe 2 de la Convention de Berne. Certains groupes taxonomiques sont plus strictement protégés par la Directive HFF que par la Convention tels que les chauves-souris et les cétacés.

**Annexe V :** concerne les espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont le prélèvement dans la nature et l'exploitation sont susceptibles de faire l'objet de mesures de gestion.

- **La situation de l'espèce sur les Listes rouges de l'UICN à différentes échelles géographiques (européenne, nationale, régionale) selon les critères suivants.**

**CR** : En danger critique d'extinction. Les risques de disparition semblent, pour de telles espèces, pouvoir survenir au cours des dix prochaines années, tout particulièrement si rien n'est fait pour les conserver, atténuer les menaces, ou si aucune reprise démographique n'est constatée.

**EN** : En danger. Les risques de disparition peuvent alors être estimés à quelques dizaines d'années tout au plus.

**VU** : Vulnérable. Espèce dont le passage dans la catégorie des espèces en danger est jugé probable dans un avenir proche en cas de persistance des facteurs qui sont cause de la menace.

**NT** : Quasi menacée (espèce proche du seuil des espèces menacées ou qui pourrait être menacée si des mesures de conservation spécifiques n'étaient pas prises)

**LC** : Préoccupation mineure (espèce pour laquelle le risque de disparition de France est faible)

**DD** : Données insuffisantes (espèce pour laquelle l'évaluation n'a pas pu être réalisée faute de données suffisantes).

**NA** : Non applicable

L'intérêt communautaire fait tendre l'espèce vers une patrimonialité supérieure. La liste rouge régionale égale les listes rouges européenne et nationale en termes d'évaluation de la patrimonialité. L'application et la hiérarchisation de la patrimonialité permettent d'anticiper les enjeux écologiques et notamment la mise en place de protocoles spécifiques.

### 3.2. Notion de sensibilité au regard de l'éolien

La « sensibilité » (= risque d'impact potentiel) des espèces à l'éolien en général est abordée préalablement à l'analyse des impacts liés au projet. Elle exprime le risque de perdre tout ou partie de la valeur de l'enjeu identifié du fait de la réalisation du projet. Pour ce suivi, il correspond uniquement à sa sensibilité vis-à-vis du risque de collisions et/ou de barotraumatisme.

Afin de définir les sensibilités relatives aux espèces recensées au sein du périmètre d'étude, plusieurs critères sont pris en considération :

- **L'écologie de l'espèce.**

Les **données de mortalité issues des suivis de mortalité** (avifaune et chiroptères) compilées à l'échelle européenne (T. Dürr). Cette base de données régulièrement mise à jour permet d'évaluer la sensibilité spécifique en mettant en relation le nombre d'individus retrouvés impactés au pied des parcs européens et les populations spécifiques.



#### 4. Présentation générale du parc étudié

Les cinq éoliennes du parc éolien de Radenac sont implantées sur la commune de Radenac (56). Voici les principales caractéristiques de ce parc éolien :

Figure 1 - Principales caractéristiques des éoliennes suivies (source : APC 10/01/2020)		
Caractéristiques	Parc éolien de Radenac	
	4 éoliennes d'origine	1 éolienne (extension du parc)
Opérateur	Engie Green	
Mise en service	2013	2022
Modèle	Servion MM92/2050 2050 kW	Vestas V100/2200 2200 kW
Diamètre (m)	92,5	100
Hauteur du moyeu (m)	90	100
Hauteur totale (m)	146	150
Puissance unitaire (MW)	2,05	2,2
Nombre d'éoliennes	5	



Photographie prise au pied de E2 – 19 juin 2023

Source : ENVOL Environnement





Carte 1 - Présentation des éoliennes suivies – BD ORTHO

## LEGENDE

### Parc éolien suivi :

- Eolienne





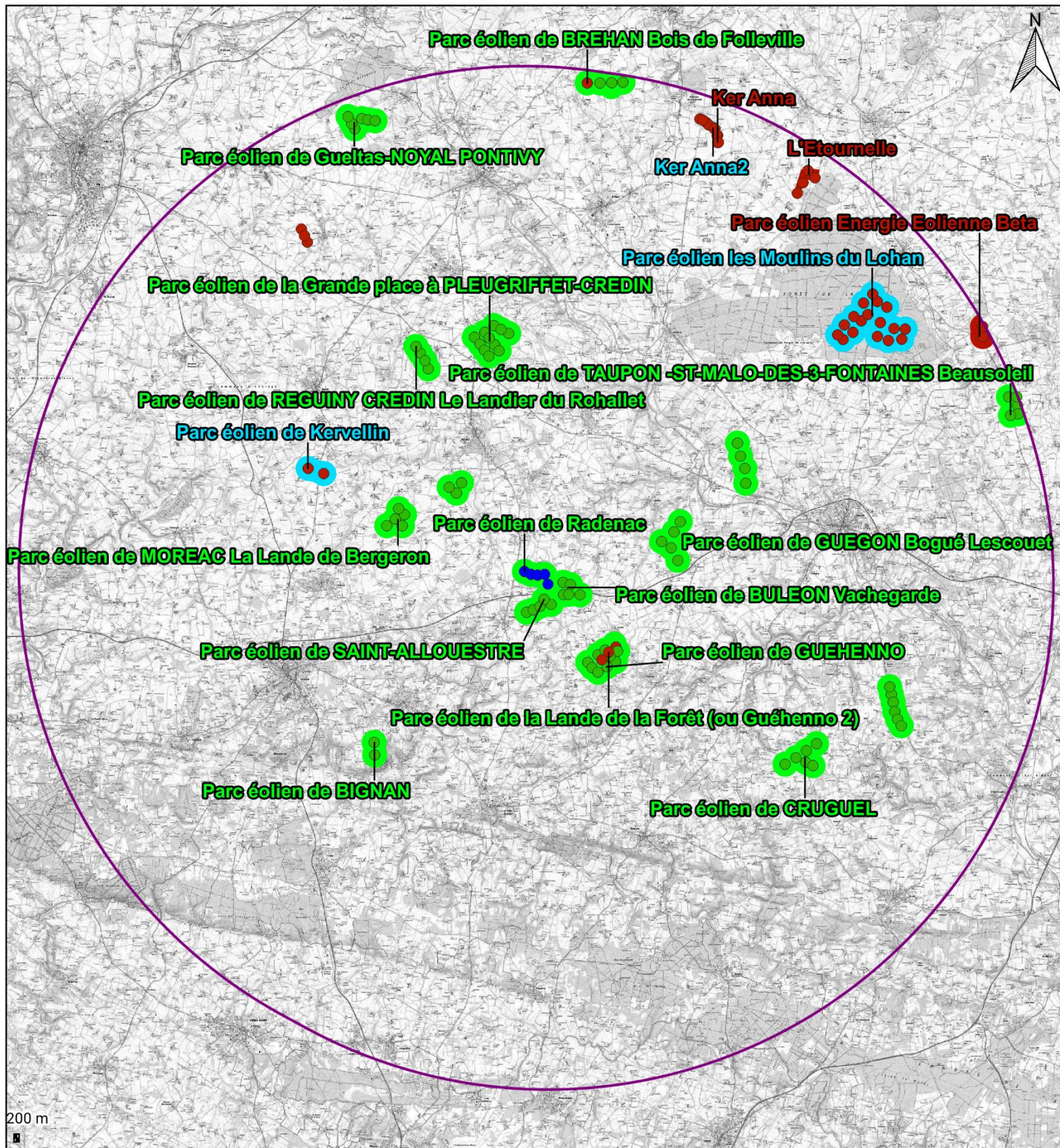
Carte 2 - Présentation des éoliennes suivies – vue plan IGN

## LEGENDE

Parc éolien suivi :

- Eolienne





Carte 3 - Localisation des parcs éoliens environnants

## LEGENDE

### Parc éolien suivi :

- Eolienne
- Aire d'étude éloignée (20 km)

### Autre parc éolien :

- construit
- non construit

### Parc éolien :

- Autorisation administrative
- Parc en fonctionnement
- Autorisation administrative refusée



Les deux parcs éoliens les plus proches des éoliennes suivies se situent à environ 600 m à l'est et au sud. Il s'agit du parc éolien de Buleon Vachegarde et du parc éolien Saint-Allouestre.

## 5. Rappel du contexte écologique

### 5.1. Zones de protection du patrimoine naturel - Réseau Natura 2000

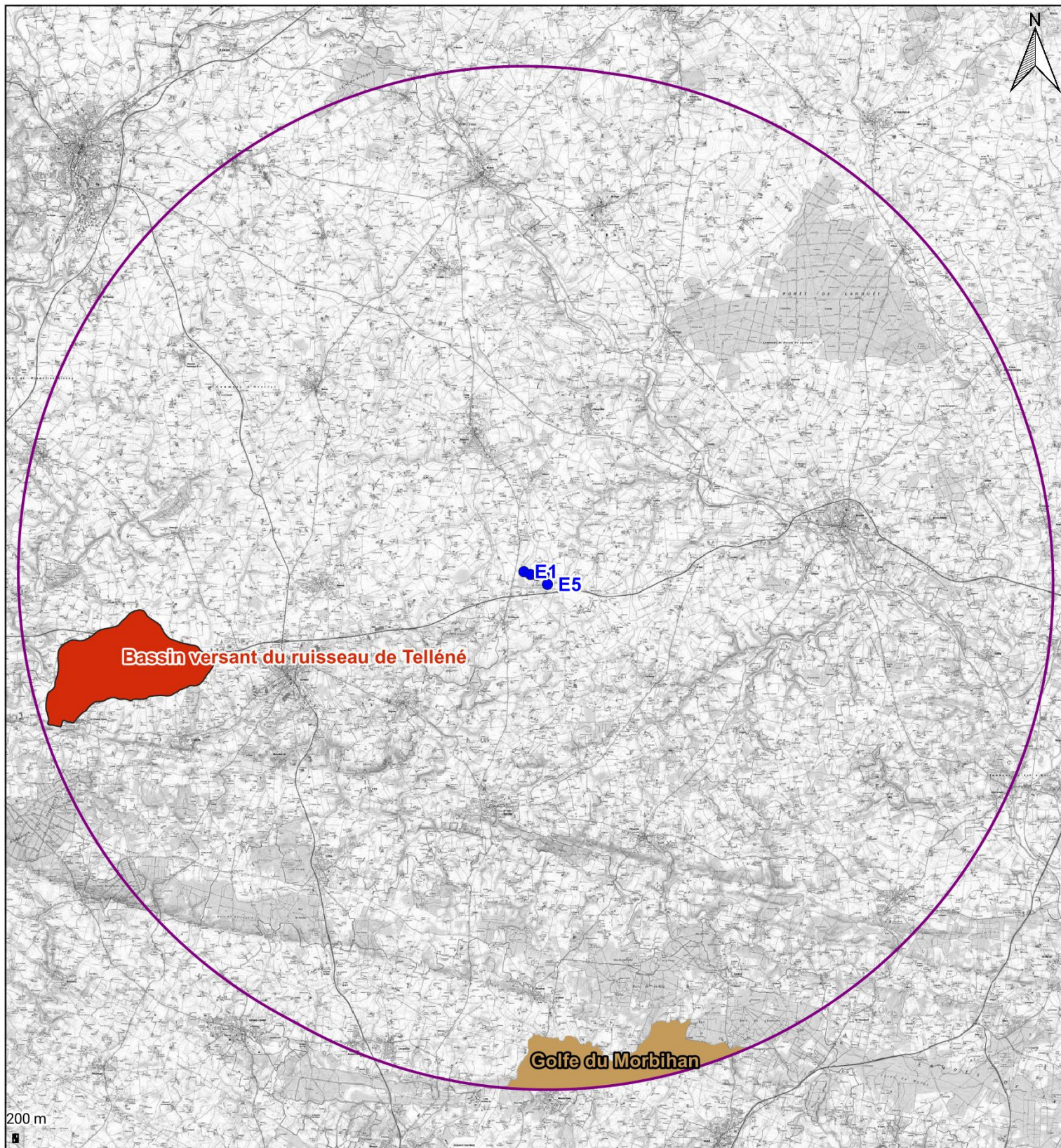
Aucune zone du patrimoine naturel appartenant au réseau Natura 2000 n'est référencée dans un rayon de 20 km autour du parc éolien de Radenac.

Deux zones du patrimoine naturel n'appartenant pas au réseau Natura 2000 sont référencées dans un rayon de 20 km autour du parc éolien de Radenac. Il s'agit de l'Arrêté de Protection de Biotope (APB) « Bassin versant du ruisseau de Telléné », à 12,78 km à l'ouest des éoliennes, et du Parc Naturel Régional (PNR) « Golfe du Morbihan », à 17,81 km au sud. L'APB concerne la protection des cours d'eau occupés par la Mulette perlière.

Les deux zones de protection sont présentées dans le tableau ci-dessous et cartographiées ci-après.

Figure 2 - Les périmètres de protection du patrimoine naturel de l'aire d'étude éloignée (20 km)		
Numéro de la zone	Intitulé de la zone	Situation par rapport aux éoliennes
APB (1 entité)		
FR3801090	Bassin versant du ruisseau de Telléné	12,78 km à l'ouest
PNR (1 entité)		
FR800051	Golfe du Morbihan	17,81 km au sud





Carte 4 - Localisation des périmètres hors réseau Natura 2000 à l'échelle de l'aire d'étude éloignée

## LEGENDE

### Parc éolien suivi :

- Eolienne
- Aire d'étude éloignée (20 km)

### Espace naturel protégé :

- Arrêté de protection de biotope
- Parc naturel régional

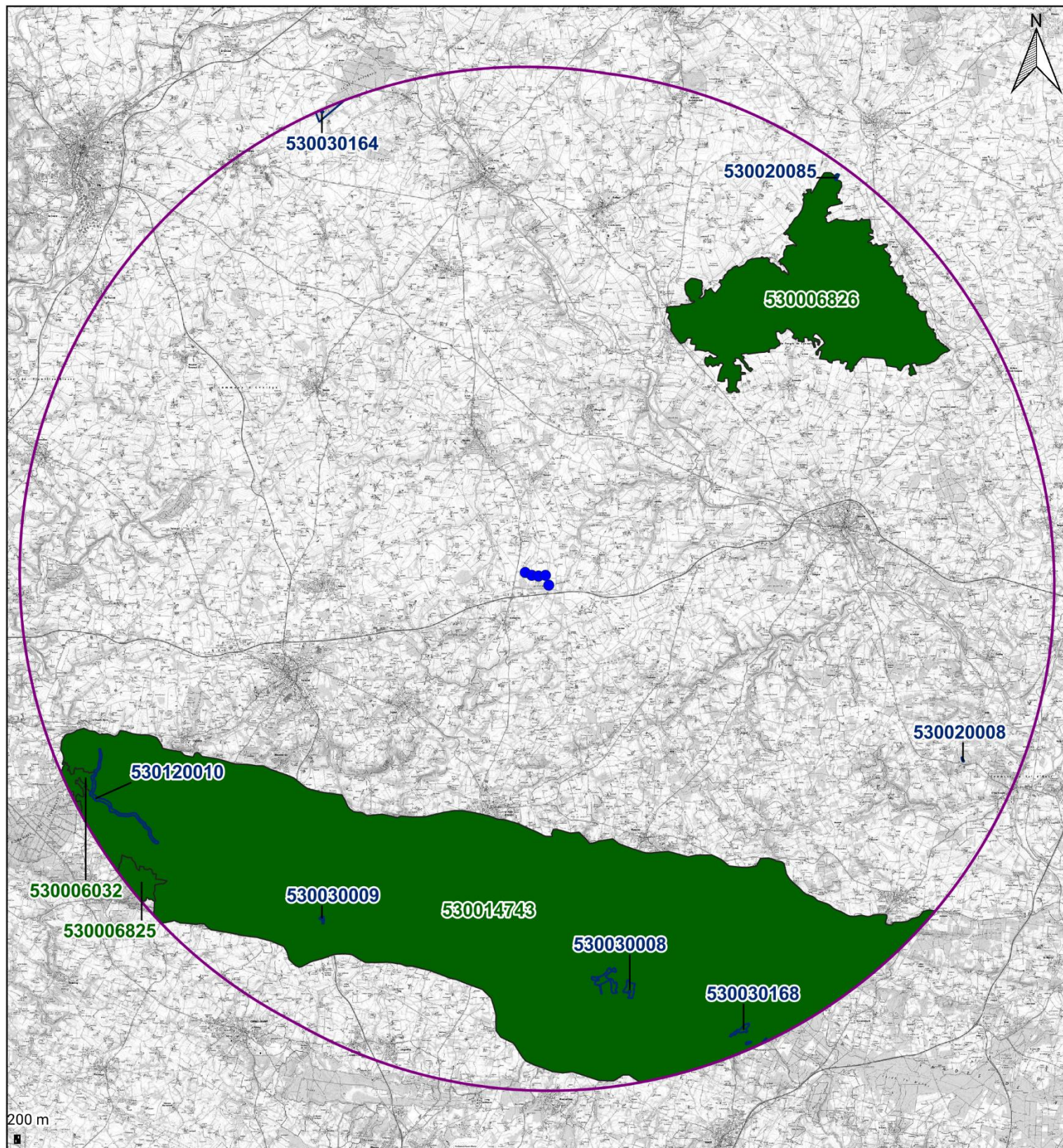


## 5.2. Zones d'inventaire du patrimoine naturel – ZNIEFF

Onze ZNIEFF (sept ZNIEFF de type I et quatre ZNIEFF de type II) ont été identifiées dans les 20 km autour du parc éolien de Radenac. La ZNIEFF la plus proche concerne une ZNIEFF de type II et se localise à 9,43 km au sud des éoliennes. Il s'agit des « Landes de Lanvaux ». Cette zone naturelle accueille notamment la Rainette verte et la Grenouille agile. La Loutre d'Europe et de nombreuses espèces de chiroptères sont citées (dont la Barbastelle d'Europe, le Grand Murin, la Noctule commune, etc.). Concernant les oiseaux, le Busard cendré, le Busard Saint-Martin, le Faucon hobereau, l'Alouette lulu et la Bondrée apivore font partie des nombreuses espèces référencées.

Figure 3 - Les périmètres d'inventaire du patrimoine naturel de l'aire d'étude éloignée (20 km)		
Identifiant	Intitulé de la zone	Situation par rapport éoliennes
<b>ZNIEFF de type I (7 entités)</b>		
530030008	VALLONS TOURBEUX DU BOIS DE SAINT-BILY	15,33 km au sud
530030009	TOURBIERE DE KERLAUNAY	15,78 km au sud-ouest
530020008	LA MINE	17,69 km au sud-est
530120010	LE GOYEDON	17,98 km au sud-ouest
530030168	ETANGS OLIGOTROPHES DU BOIS DE LANVAUX ET LEURS ABORDS	19,03 km au sud-est
530020085	LANDE DE CALER / LA VILLE AU CERNE	19,39 km au nord-est
530030164	BOIS ET ETANG DE BRANGUILY	19,60 km au nord-ouest
<b>ZNIEFF de type II (4 entités)</b>		
530014743	LANDES DE LANVAUX	9,43 km au sud
530006826	FORET DE LANOUEE	10,23 km au nord-est
530006032	FORET DE FLORANGES	18,71 km au sud-ouest
530006825	FORET DE LANVAUX	18,70 km au sud-ouest





Carte 5 - Localisation des périmètres du réseau ZNIEFF à l'échelle de l'aire d'étude éloignée

## LEGENDE

### Parc éolien suivi :

- Eolienne
- Aire d'étude éloignée (20 km)

### Réseau ZNIEFF :

- ZNIEFF de type I
- ZNIEFF de type II

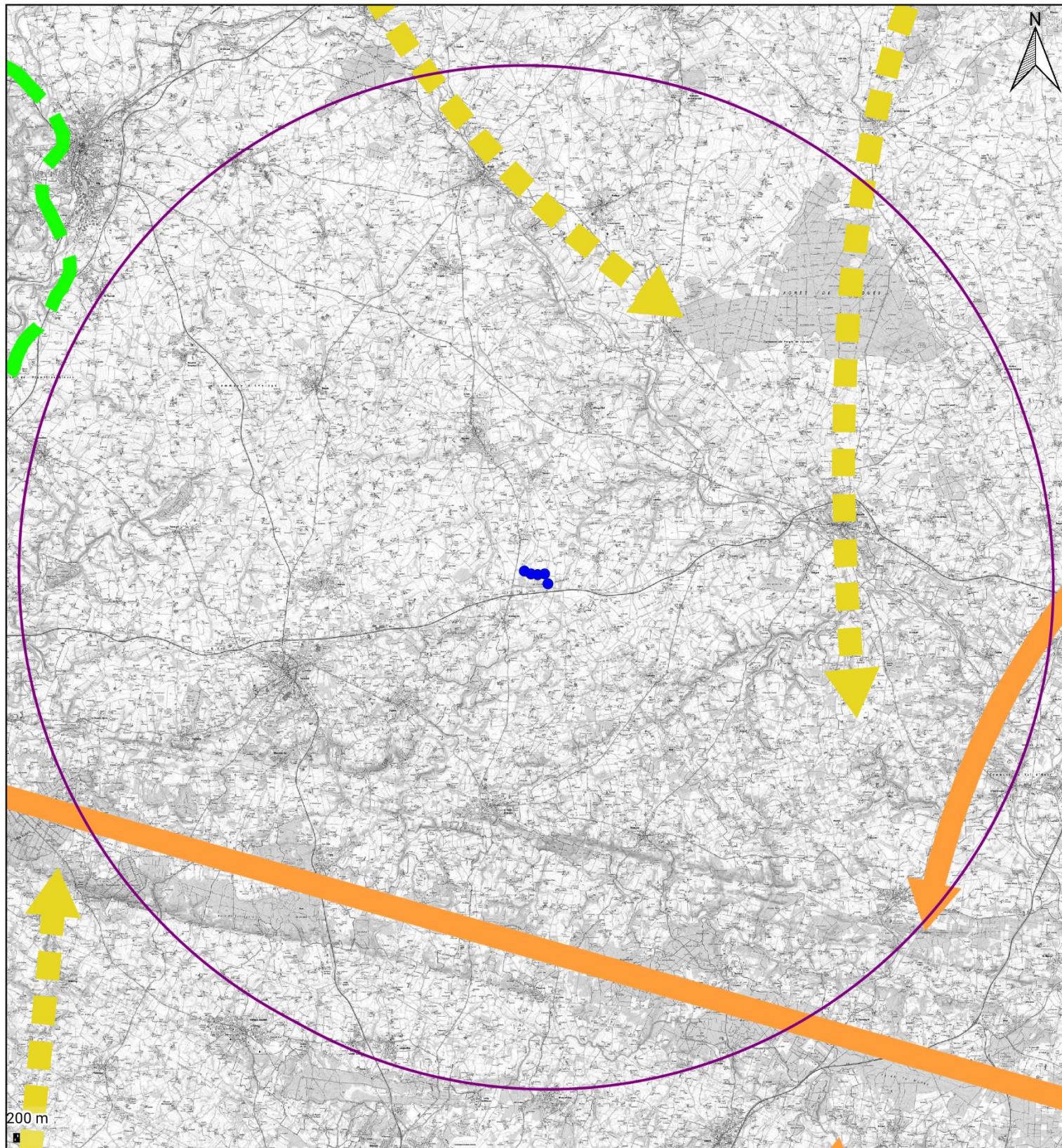


### 5.3. La Trame Verte et Bleue

D'après le SRCE de Bretagne, deux corridors linéaires associés à une forte connexion des milieux naturels traversent l'AEE au sud et à l'est. L'aire d'étude immédiate est située dans un réservoir de biodiversité boisée. Ces entités sont probablement prisées par la faune (avifaune, chiroptérofaune, entomofaune...) et celle-ci circulera préférentiellement le long des corridors formés par les entités paysagères tels que les bosquets et les haies.

Le parc éolien se situe dans un milieu agricole et bocager, proche de haies et de bosquets favorables aux déplacements et au nourrissage de la chiroptérofaune et de l'avifaune. Rappelons que l'ensemble des éoliennes se situe à moins de 60 m d'une haie (sauf E2).





Carte 6 - Synthèse de la Trame Verte et Bleue à l'échelle de l'aire d'étude éloignée

## LEGENDE

### Parc éolien suivi :

- Eolienne
- Aire d'étude éloignée (20 km)

### Trame verte et bleue :

#### Corridor écologique potentiel :

- Corridor linéaire associé à une faible connexion des milieux naturels
- Corridor linéaire associé à une forte connexion des milieux naturels
- Corridor territoire





Carte 7 - Continuités écologiques locales à l'échelle des éoliennes

## LEGENDE

### Parc éolien suivi :

- Eolienne

### Element paysager :

- Surface hydrographique
- Cours d'eau
- Zone de végétation
- Haie

## 6. Historique des suivis réalisés sur le parc

**Figure 4 - Historique des suivis réalisés sur le parc**

Année	Type de suivi	Prestataire
2015 à 2017	Suivi de mortalité (mi-août à fin octobre)	ALTHIS

**Figure 5 - Résultats des suivis passés**

Année de suivi	Suivi de mortalité		Suivi de l'activité en nacelle
	Espèce (cas de mortalité constaté)	Éolienne	
2015 (mi-août à fin octobre)	Pipistrelle commune (1)	E4	-
2016 (mi-août à fin octobre)	Pipistrelle commune (3)	E1 et E4	Trois sessions d'écoutes actives ont été réalisées entre les semaines 31 et 43 au sein de l'aire d'étude rapprochée. Un total de 186 contacts a été dénombré, soit une activité moyenne.  La Pipistrelle commune et le Murin de Natterer ont un indice d'activité moyen. La Pipistrelle de Kuhl et le Murin à moustaches ont un indice d'activité faible. La Sérotine commune, l'Oreillard gris, l'Oreillard roux et le Murin de Daubenton ont un indice d'activité très faible.  Aucun des sept points d'écoute n'a révélé un intérêt supérieur à modéré.
	Pipistrelle de Kuhl (3)	E4	
	Pipistrelle de Nathusius (1)	E1	
	Pipistrelle sp (3)	E3	
2017 (mi-août à fin octobre)	Sérotine commune (1)	E4	Suite au constat de mortalité mis en avant en 2016, un bridage spécifique (mesure corrective) sur E4 a été mis en place à partir de début août 2017.
	Pipistrelle commune (1)	E1	
	Noctule de Leisler (1)	E3	
	Roitelet triple-bandeau (3)	E1, E2 et E3	

**Figure 6 - Espèces de chiroptères détectées par écoutes actives au cours du suivi de 2016**

Espèce	Activité (contacts/h)	Listes rouges			Natura 2000
		Bretagne	France	Europe	
Pipistrelle commune	39	LC	NT	-	IV
Pipistrelle de Kuhl	5,4	LC	LC	LC	IV
Sérotine commune	2,9	LC	NT	-	IV
Oreillard gris	1,4	LC	LC	NT	IV
Oreillard roux	0,6	LC	LC	-	IV
Murin de Daubenton	0,3	LC	LC	-	IV
Murin à moustaches	0,6	LC	LC	LC	IV
Murin de Natterer	1,7	LC	NT	-	IV

A la suite du suivi de mortalité réalisé en 2016, la société ENGIE Green a mis en place un bridage acoustique au niveau de l'éolienne E4 à partir de début août 2017. Les modalités sont les suivantes :

- du 15 août au 30 septembre ;
- vitesse de vent inférieur à 5 m/s ;
- de 19h à 8h00.

L'arrêté préfectoral du 29 mars 2019 indique la mise en place d'un bridage chiroptérologique sur l'éolienne E5 (mise en service en novembre 2022) dont les modalités sont les suivantes :

- nuit complète : de 30 minutes avant le coucher du soleil jusqu'à 30 minutes après le lever du soleil ;
- absence de précipitations ;
- température supérieure à 10°C ;
- vitesse de vent inférieur à 5,5 m/s ;
- du 1<sup>er</sup> mars au 30 juin et du 15 août au 31 octobre.

# ETUDE DE LA MORTALITE

## 1. Méthodologie générale

Le cadre général est fixé par le protocole de suivi environnemental ICPE dans sa version 2018.

## 2. Effort de surveillance

Le suivi de mortalité s'est déroulé de la semaine 12 à 43, soit entre le 23 mars et le 23 octobre 2023 à raison d'un passage par semaine.

Les journées de prospection se sont réparties selon le calendrier présenté ci-après. Les recherches ont débuté lorsque la lumière permettait de distinguer les éventuels cadavres au pied des éoliennes.

Figure 7 - Calendrier des passages de recherche des cadavres			
Thème d'étude	Période des passages	Intervalle moyen entre 2 passages	Nombre de passages
Transit printanier et nidification	Du 23 mars au 09 mai 2023	6,7	8
Mise-bas et nidification	Du 15 mai au 31 juillet 2023	7	12
Transit automnal et migrations postnuptiales	Du 07 août au 23 octobre 2023	7	12

Figure 8 - Equipe ayant réalisé les passages	
Noms des opérateurs	Poste
Camille SANCHEZ (CS)	Chargée d'études, cartographe
Laura MENOUD (LM)	Chargée d'études, chiroptérologue
Lucas BOUIN (LB)	Technicien faune
Nicolas COURIVAUD (NC)	Technicien faune
Roan AMRANI (RA)	Chargé d'études, chiroptérologue
Romain SALIOU (RS)	Technicien faune
Titouan BASSET (TB)	Chargé d'études, ornithologue

Des binômes sont formés sur les suivis afin d'assurer la continuité du suivi, parfois d'autres intervenants réalisent le suivi de mortalité ponctuellement pour des raisons d'organisation. De plus, lors des tests, les intervenants tiers sont également mobilisés pour une meilleure efficacité de recherche des cadavres lors de la persistance.

Figure 9 - Calendrier des passages de recherche des cadavres			
Thème d'étude	Date	Conditions météorologiques	Opérateur
Recherche de cadavres	23/03/2023	20km/h, 100%, 13°C	CS
Recherche de cadavres	28/03/2023	10km/h, 80%, 6°C	CS
Recherche de cadavres et dépôt des cadavres tests + test observateur	03/04/2023	14km/h, 90%, 5°C	LM, NC
Contrôle de la persistance des cadavres J+1	04/04/2023	-	LM
Contrôle de la persistance des cadavres J+2	05/04/2023	-	LM
Contrôle de la persistance des cadavres J+4	07/04/2023	-	LM
Recherche de cadavres + Contrôle de la persistance des cadavres J+8	11/04/2023	11km/h, 90%, 9°C	NC
Contrôle de la persistance des cadavres J+10	13/04/2023	-	LM
Recherche de cadavres + contrôle de la persistance des cadavres J+14	17/04/2023	5km/h, 90%, 9°C	NC
Recherche de cadavres	24/04/2023	2km/h, 80%, 8°C	CS
Recherche de cadavres	02/05/2023	5-10km/h, 50%(brouillard), 13°C	CS
Recherche de cadavres	09/05/2023	5km/h, 100%, 14°C	NC
Recherche de cadavres	15/05/2023	5km/h, 100%, 14°C	LB
Recherche de cadavres	22/05/2023	14km/h N, 0%, 13°C	LB
Recherche de cadavres	30/05/2023	15km/h N, 0%, 12°C	TB
Recherche de cadavres	06/06/2023	15km/h NE, 0%, 13°C	TB
Recherche de cadavres	12/06/2023	0km/h, 100%, 15°C	NC
Recherche de cadavres	19/06/2023	4km/h, 95%, 24°C	LM
Recherche de cadavres	26/06/2023	5km/h, 50%, 24°C	LB
Recherche de cadavres	03/07/2023	10km/h, 50%, 27°C	NC
Recherche de cadavres	10/07/2023	15km/h, 50%, 26°C	NC
Recherche de cadavres	17/07/2023	5km/h, 50%, 17°C	NC
Recherche de cadavres	24/07/2023	10km/h, 75%, 18°C	LB
Recherche de cadavres	31/07/2023	15km/h, 100%(pluie), 19°C	NC
Recherche de cadavres	07/08/2023	5km/h, 15%, 17°C	RA
Recherche de cadavres	14/08/2023	25km/h, 75%, 25°C	RA
Recherche de cadavres	21/08/2023	5km/h, 100%(brouillard), 15°C	RA
Recherche de cadavres	28/08/2023	20km/h, 75%, 23°C	RA
Recherche de cadavres	05/09/2023	1km/h, 0%, 20°C	RA
Recherche de cadavres	11/09/2023	5km/h, 80%, 26°C	RA
Recherche de cadavres	18/09/2023	3km/h, 70%, 17°C	CS
Recherche de cadavres	25/09/2023	10km/h, 20%, 22°C	RA

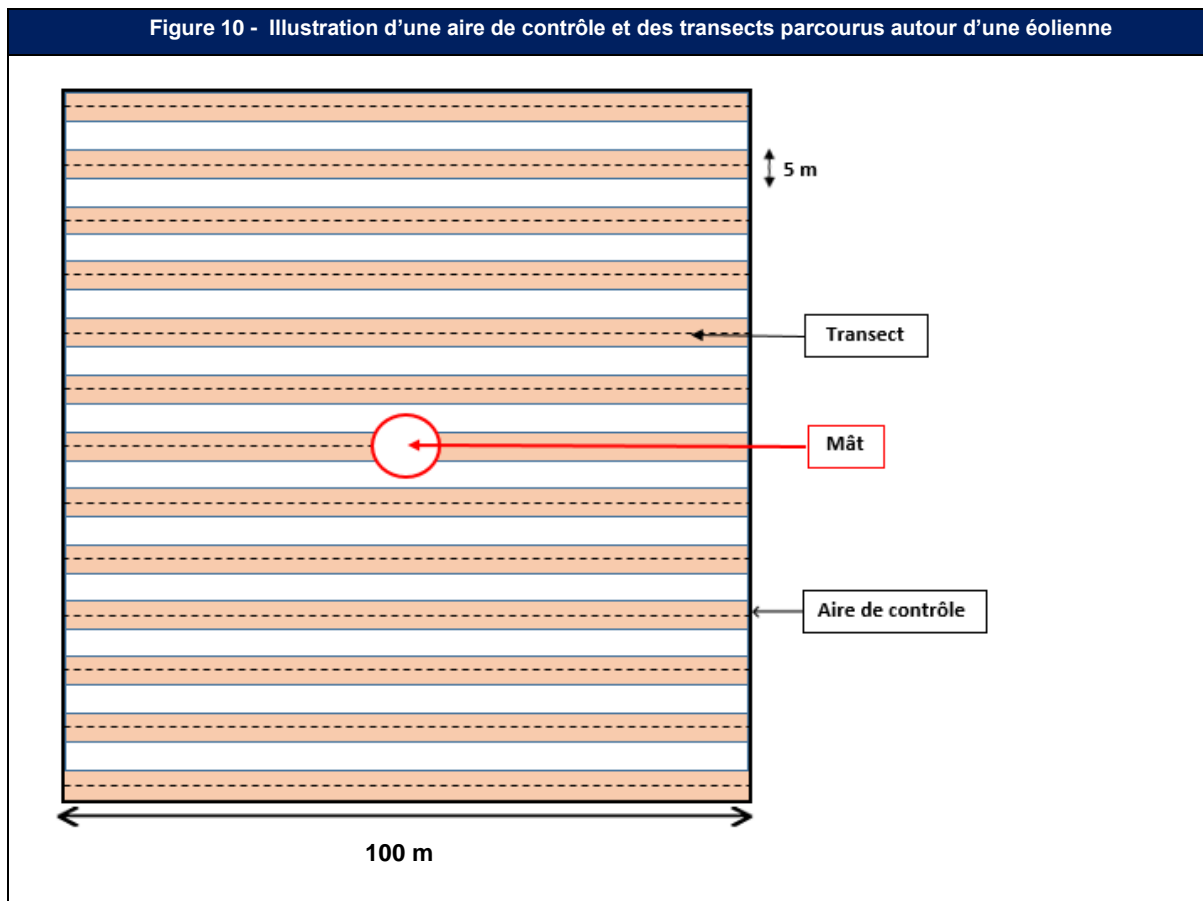


Figure 9 - Calendrier des passages de recherche des cadavres			
Thème d'étude	Date	Conditions météorologiques	Opérateur
Recherche de cadavres et dépôt des cadavres tests + test observateur	02/10/2023	10km/h, 66%, 18°C	RA, RS
Contrôle de la persistance des cadavres J+1	03/10/2023	-	RS
Contrôle de la persistance des cadavres J+4	06/10/2023	-	RA
Recherche de cadavres et contrôle de la persistance des cadavres J+7	09/10/2023	3km/h, 0%, 18°C	RS
Recherche de cadavres et contrôle de la persistance des cadavres J+14	16/10/2023	16km/h, 85%, 7°C	RS
Recherche de cadavres	23/10/2023	8km/h, 100%, 10°C	RS

## 2.1. Surfaces et transects de prospection

L'étude de la mortalité s'est traduite par des recherches à vue autour des éoliennes. Le protocole appliqué a été celui préconisé dans le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres de 2018, à savoir réaliser des transects de prospection d'un minimum de 100 mètres ou, en cas de diamètre de rotor supérieur, de la taille du diamètre des pales. Dans le cas des éoliennes de Radenac, le diamètre des pales étant de 100 mètres ou moins, ce sont des carrés de 100 mètres de côté qui ont été parcourus.

Des transects ont été délimités sous chaque éolienne, chacun d'entre eux étant parcouru d'un pas lent et régulier de manière à couvrir une bande de 5 mètres de large. **Toutes les éoliennes ont été contrôlées.**





Carte 8 - Cartographie des aires de contrôle autour des éoliennes

## LEGENDE

### Parc éolien suivi :

- Eolienne
- Zone de recherche

## 2.2. Compilation des données

La position du cadavre (coordonnées GPS, orientation par rapport à l'éolienne, distance du mât), son état (cadavre frais, vieux de quelques jours, en décomposition, restes...) ainsi que le type de blessures et l'habitat où il a été trouvé ont été notés, photographiés et cartographiés. Pour chaque carcasse trouvée, les données suivantes ont été consignées :

- Date ;
- Eolienne ;
- Observateur ;
- Nom de l'espèce ;
- Etat du cadavre (frais, avancé, décomposé, sec) ;
- Cause présumée de la mort ;
- Type d'habitat entourant le cadavre ;
- Latitude et longitude (Lambert 93) ;
- Distance entre le cadavre et l'éolienne.

## 2.3. Modèles d'estimation du taux de mortalité

Comme préconisé par le guide de suivi 2018, 3 modèles mathématiques sont proposés pour le calcul des cas de mortalité. L'application « Shiny, Eolapp » mise à disposition en ligne par le CNRS a également été utilisée afin d'obtenir des intervalles de confiance.

### 2.3.1. Indice d'Erickson (2000)

$$N = \left( \frac{I \times C}{\bar{t} \times Z} \right) \times A$$

Avec :

I : Durée de l'intervalle de temps, équivalent à la fréquence de passage (en jours) ;

C : Nombre de cadavres comptés ;

Z : Efficacité de l'observateur (taux de détection) ;

A : Coefficient de correcteur surfacique tel que :

$$A = 1 + \left( 1 - \frac{\text{Taux de surface réellement prospectée}}{\text{Taux de surface prospectable}} \right)$$

$\bar{t}$  : Durée moyenne de persistance d'un cadavre en jours avec :

$$\bar{t} = \frac{((Nb \text{ cadavre } j + 0 - Nb \text{ cadavre restant } j + 1 \times 0) + (Nb \text{ cadavres restant } j + x - Nb \text{ cadavre restant } j + y \times x)) \dots}{\text{Nombre total de cadavres déposés}}$$

NB : nous avons ajouté l'indice de correction surfacique à l'équation de base afin de ramener l'estimation produite à la surface réellement prospectée comme pour les autres modèles utilisés.

### 2.3.2. Indice de Jones (2009)

$$N = \left( \frac{C}{Z \times P \times \hat{e}} \right) \times A$$

L'indice de Jones admet plusieurs postulats pour le calcul. Il considère que le taux de mortalité est constant sur l'intervalle de temps considéré, que la durée de persistance d'un cadavre suit une loi exponentielle négative et que la probabilité de disparition moyenne sur l'intervalle correspond à la probabilité de disparition d'un cadavre tombé à la moitié de l'intervalle. La variable  $P$  devient alors :

$$\bullet P = \exp^{(-0.5 \times I/\bar{t})}$$

Est également rajouté le terme d'intervalle effectif, puisque plus l'intervalle est long, plus le taux de persistance est faible. Cet intervalle effectif, noté  $\hat{I}$ , correspond à la durée au-delà de laquelle le taux de persistance  $p$  est inférieur à 1%. Dans le calcul,  $I$  prendra la valeur minimale entre  $I$  et  $\hat{I}$  (Jones 2010, communication personnelle).

Avec :

$$\hat{e} : \text{Coefficient correcteur de l'intervalle} : \frac{\text{Min}(I; \hat{I})}{I}$$

$$\hat{I} = -\log(0.01) \times \bar{t}$$

### 2.3.3. Indice de Huso (2010)

Tout en gardant l'hypothèse de Jones que la mortalité est constante au cours du temps, il considère que la probabilité de disparition à la moitié de l'intervalle n'est pas égale à la probabilité moyenne de persistance d'un cadavre  $p$  (LPO Drôme). Dans le calcul,  $I$  prendra la valeur minimale entre  $I$  et  $\hat{I}$ .

$$\text{Ce qui donne : } P = \frac{\bar{t} \times (1 - \exp^{-I/\bar{t}})}{I}$$

Et donc :

$$\bullet N_{\text{estimé}} = \left( \frac{C}{Z \times \frac{\bar{t} \times (1 - \exp^{-I/\bar{t}})}{I} \times \hat{e}} \right) \times A$$

### 2.3.4. Shiny – EolApp

Cette application permet d'éviter les erreurs d'application des différentes équations présentées ci-dessus. Elle donne ainsi une valeur médiane, mais également des intervalles de confiance à 80 et 95% pour chaque estimation proposée (Erickson, Huso et Jones).

L'intervalle de confiance représente une étendue de valeurs probables dans laquelle se trouve l'estimation de la mortalité et chacune des valeurs est tout autant possible qu'une autre. En prenant un niveau de confiance à 80%, il y a 80 chances sur 100 pour que la valeur de la mortalité soit bien comprise entre la borne inférieure et celle supérieure.

Lorsqu'un intervalle est très grand, il atteste de l'imprécision des statistiques et montre une mauvaise représentativité des résultats. Les conclusions sont donc délicates et à considérer à la lumière de cette imprécision.

Les calculs se basent sur les données de terrain renseignées dans le logiciel et propres au parc étudié et considèrent donc les mêmes formules et les mêmes indices que les équations présentées précédemment.

## 3. Détermination des coefficients de correction

### 3.1. Tests de persistance des cadavres (t)

Un test a été réalisé quelques jours après le démarrage des prospections, en avril, et un second en octobre après les moissons. Au total, 25 leurre (16 souris et 9 poussins) ont été déposés sous les 5 éoliennes suivies du parc éolien de Radenac (5 leurre par éolienne).

Chaque carcasse déposée a fait l'objet d'une localisation par GPS et a été cherchée à J+1, J+2 et J+3 ou J+4 et si besoin J+7 et J+10 puis lors de chaque passage suivant jusqu'à disparition totale.

La durée de persistance est supposée constante sur la saison.

#### **Durée de persistance des cadavres :**

$$\bar{t} = \frac{\sum(\text{nombre de cadavres restants à } J + x \times x)}{\text{Nombre de cadavres déposés}}$$



Figure 11 - Tableau de calcul des durées de persistance par éolienne								
Saison	Date de prospection		Eoliennes					Moyenne
			E1	E2	E3	E4	E5	
Transit printanier et nidification	Leurres déposés	03/04/2023	5	5	5	5	5	5
	Leurres retrouvés	04/04/2023	3	5	4	5	5	4,4
		05/04/2023	3	4	3	4	5	3,8
		07/04/2023	3	4	3	3	3	3,2
		11/04/2023	2	3	1	0	0	1,2
		13/04/2023	0	3	1	0	0	0,8
		17/04/2023	0	1	0	0	0	0,2
	Durée de persistance (P)		4	5	3,8	3	3,2	3,80
Transit automnal et migrations postnuptiales	Leurres déposés	02/10/2023	5	5	5	5	5	5
	Leurres retrouvés	03/10/2023	5	5	4	4	4	4,4
		06/10/2023	2	0	1	4	0	1,4
		09/10/2023	0	0	0	0	0	0
	Durée de persistance (P)		2,20	1,00	1,40	3,20	0,80	1,72

### 3.2. Tests d'efficacité des observateurs (Z)

Un test d'efficacité de l'observateur a été réalisé en même temps que la pose des cadavres pour les tests de persistance, soit en avril et en octobre.

Celui-ci permet de déterminer le taux de découverte des cadavres. L'objectif de cette démarche est d'estimer le pourcentage de chauves-souris ou d'oiseaux morts ayant échappé à la vue de l'observateur pour avoir une idée de leur efficacité.

**Coefficient d'efficacité de l'observateur :**

$$Z = \frac{\text{Nombre de cadavres retrouvés}}{\text{Nombre de cadavres déposés}}$$

L'efficacité des observateurs peut être influencée par plusieurs éléments :

- La composition du couvert végétal, sa hauteur et sa densité.
- La structure du sol (plateforme bétonnée, culture humide...).
- Les conditions météorologiques.
- L'expérience et la condition physique de l'observateur (qualité d'observation, fatigue, motivation, concentration).

Pour ce test, 3 souris et 2 poussins ont été disposés aléatoirement dans les aires de contrôle des cinq éoliennes suivies. Les coordonnées GPS de chaque cadavre déposé ont été systématiquement relevées afin de pouvoir retrouver les individus non observés au terme du test. Immédiatement après le dépôt des cadavres par l'enquêteur A, l'enquêteur B a effectué son protocole de prospection habituel et a relevé le nombre de cadavres observés lors de sa prospection.

Figure 12 - Taux de découverte des cadavres par éolienne								
Saison	Date de prospection		Eoliennes					Moyenne
			E1	E2	E3	E4	E5	
Transit printanier et nidification	Leurres déposés	03/04/2023	5	5	5	5	5	5
	Leurres retrouvés		4	4	4	4	5	4,2
	Taux de découverte des cadavres (Z)		0,80	0,80	0,80	0,80	1,00	0,84
Transit automnal et migrations postnuptiales	Leurres déposés	02/10/2023	5	5	5	5	5	5
	Leurres retrouvés		5	5	5	4	4	4,6
	Taux de découverte des cadavres (Z)		1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,92

Figure 13 - Taux d'efficacité des opérateurs réguliers		
Opérateur	Nombre de leurres retrouvés	% d'efficacité de recherche
Camille SANCHEZ	27/30	90 %
Lucas BOUIN	21/25	84 %
Nicolas COURIVAUD	21/25	84 %
Roan ARMANI	20/25	80 %
Romain SALIOU	26/30	87 %
Titouan BASSET	20/25	80 %

## 2.3. Calcul du coefficient de correction surfacique (A)

### 2.3.1. Situation environnementale du parc

Le parc éolien de Radenac se place dans un contexte bocager alternant cultures intensives, prairies, haies et bosquets. A l'exception des éoliennes E2 et E3, toutes les éoliennes sont localisées à moins de 50 mètres d'une lisière arborée.

### 2.3.2. Assolement

L'assolement des parcelles cultivées est variable chaque année et même au cours de l'année. Des phases de labour, de semis, de cultures hautes et de récolte alternent donc, impactant fortement la détectabilité des cadavres.

Les recherches ont consisté à prospecter à pied les zones de surplomb et à identifier les grands types d'habitats visuellement identifiables et à les rapprocher de la typologie EUNIS adéquate. Les habitats déterminés sont nommés d'après la typologie EUNIS (parfois renommé pour apporter une précision, le code EUNIS est bien sûr conservé et permet de faire le lien avec la dénomination du référentiel), système hiérarchisé de classification des habitats européens.

Les surfaces de recherches sont majoritairement concernées par des **cultures de céréales, maïs et trèfle, ainsi que des prairies humides**. Le reste est occupé par les plateformes, les chemins d'accès, les haies et les boisements. Aucun habitat déterminant n'a été identifié dans la zone de recherche.



Figure 14 - Pourcentages d'occupation de chaque habitat au sein de la surface de prospection						
Habitat (Eunis)		Pourcentage occupé dans la zone de surplomb				
		E1	E2	E3	E4	E5
Plateforme d'éolienne et chemins (EUNIS mal défini, à rapprocher de J4)		17,9	18,3	15,0	18,0	9,9
Prairie humide (à rapprocher de E3)		3,2	0	19,6	8,8	58,7
Prairie mésique (E2)		0	0	0	7,1	0
Haies (FA)		0,7	0	0	28,9	31,4
Boisements (G)		5,4	10,3	7,8	2,0	0
Monocultures intensives (I1.1.)	Céréales	0	30,0	0	0	0
	Maïs	72,8	0	57,6	35,2	0
	Trèfle	0	41,4	0	0	0



Carte 9 - Cartographie des habitats présents sous les éoliennes E1 à E4

## LEGENDE

### Parc éolien suivi :

- Eolienne
- Zone de recherche

### Habitat :

- Boisement
- Culture
- Plateforme
- Prairie
- Prairie humide



Carte 10 - Cartographie des habitats présents sous l'éolienne E5

## LEGENDE

### Parc éolien suivi :

- Eolienne
- Zone de recherche

### Habitat :

- Boisement
- Plateforme
- Prairie humide





Photographie prise sous E1 le 12 juin 2023 – plateforme et culture



Photographie prise sous E2 le 19 juin 2023 – Culture



Photographie prise sous E3 le 9 octobre 2023 – plateforme et culture



Photographie prise sous E4 le 12 juin 2023 – Plateforme



Photographie prise sous E5 le 16 octobre 2023 – Haie et culture

La hauteur du couvert dépend donc de l'avancement de la culture. Dès que la végétation devient dense et dépasse les 10 cm de hauteur, la visibilité baisse fortement et la surface devient de fait non prospectable.

Un pourcentage de surface contrôlée, propre à chaque journée d'investigation et à chaque éolienne, a, dans ce cas, été déterminé. L'indice de correction surfacique se base sur ce pourcentage de prospection.

Certains évènements particuliers ont fortement influencé le pourcentage de prospection, comme le fait que la végétation ait trop poussé pour être parcourue ou au contraire, la moisson. Ceux-ci sont indiqués dans les graphiques suivants.

**Coefficient de correction de surface :**

$$A = 1 + \left(1 - \frac{\text{Pourcentage de surface réellement prospecté}}{\text{Pourcentage de surface théorique}}\right)$$

Figure 15 - Surfaces prospectées autour des éoliennes						
Saison	Date	Eoliennes				
		E1	E2	E3	E4	E5
		Surface prospectée en %				
Transit printanier et nidification	23/03/2023	65	15	90	60	30
	28/03/2023	65	100	90	60	30
	03/04/2023	60	15	90	60	30
	11/04/2023	60	15	90	60	30
	17/04/2023	60	15	75	15	30
	24/04/2023	65	15	80	55	95
	02/05/2023	50	5	80	5	30
	09/05/2023	50	5	70	15	30
Taux de prospection moyen		0,59	0,23	0,83	0,41	0,38
Coefficient de correction surfacique (A)		1,41	1,77	1,17	1,59	1,62
Mise-bas et nidification	15/05/2023	60	75	70	15	30
	22/05/2023	60	75	80	15	30
	30/05/2023	60	57	100	60	30
	06/06/2023	60	57	100	60	30
	12/06/2023	60	57	90	60	65
	19/06/2023	25	72	100	45	65
	26/06/2023	25	32	65	45	65
	03/07/2023	25	32	15	20	65
	10/07/2023	25	32	15	20	65
	17/07/2023	25	32	15	20	65
	24/07/2023	25	32	15	20	65
	31/07/2023	25	32	15	20	65
Taux de prospection moyen		0,40	0,49	0,57	0,33	0,53
Coefficient de correction surfacique (A)		1,60	1,51	1,43	1,67	1,47
Transit automnal et migrations postnuptiales	07/08/2023	25	30	22	25	25
	14/08/2023	25	25	22	20	15
	21/08/2023	55	61	20	18	15
	28/08/2023	55	61	20	18	15
	05/09/2023	80	60	20	18	15
	11/09/2023	80	60	20	18	15
	18/09/2023	40	28	25	13	15
	25/09/2023	20	26	25	18	15
	02/10/2023	20	26	25	18	15



Figure 15 - Surfaces prospectées autour des éoliennes						
Saison	Date	Eoliennes				
		E1	E2	E3	E4	E5
		Surface prospectée en %				
	09/10/2023	20	26	25	18	15
	16/10/2023	20	26	25	18	15
	23/10/2023	20	26	75	18	15
Taux de prospection moyen		0,38	0,38	0,27	0,18	0,16
Coefficient de correction surfacique (A)		1,62	1,62	1,73	1,82	1,84

Influence du taux de prospection : Cultures trop hautes ou trop denses / Moisson ou fauche récente / Maintenance, travaux agricoles en cours ou bétail empêchant la prospection

#### 4. Limites du suivi de mortalité

Il existe plusieurs facteurs qui mènent à une mauvaise estimation de la mortalité :

- La disparition des cadavres entre le moment où l'individu meurt et le moment de la recherche sur le terrain (prédation par les charognards, enfouissement par des insectes nécrophages et dégradation rapide). Ce taux de prédation dépend du type de cadavre, des saisons, des prédateurs présents, de leur spécialisation...
- La difficulté à repérer les animaux, en particulier pour les animaux de petite taille et pendant les périodes où la végétation est la plus haute. L'efficacité de l'observateur peut dépendre de la croissance de la végétation, des capacités de l'observateur, de sa fatigue, des conditions météorologiques... L'efficacité de l'observateur, liée à la recherche de leurres ici représentés par des souris, peut entraîner un biais. En effet, les détectabilités des espèces varient selon leur taille ou la couleur de leur pelage, tandis que les tests sont faits uniformément sur des cadavres de souris identiques.
- La réduction ponctuelle de la surface de prospection en fonction des conditions locales (zones inondées, forte densité des cultures...). Cette variable dépend de la hauteur des cultures pratiquées et de la topographie du site. Les pratiques agricoles, auxquelles la plupart des habitats prospectés sont soumis, tendent vers une modification complète du milieu. La recherche des cadavres est donc impossible pendant les périodes où les cultures sont hautes.
- Le « crippling loss », c'est-à-dire les individus qui subissent des dommages au niveau de l'éolienne, mais meurent quelques mètres plus loin, en dehors des surfaces prospectées. Ceci n'est pas pris en compte par les modèles de calcul disponibles à ce jour.

Les différents indices calculés grâce aux tests permettent de réduire l'influence de ces biais, mais ils ne peuvent pas totalement permettre de s'en affranchir. **Les estimations sont donc à considérer avec précaution.**

## 5. Résultats des expertises de terrain

### 5.1. Bilan des cadavres observés

#### 5.1.1. Synthèse des cas répertoriés

A partir des 32 passages de prospection, 5 cadavres d'oiseaux et 11 cadavres de chauves-souris ont été découverts.

Figure 16 - Résultats des recherches de cadavres						
Période	Date	Espèce	Age	Sexe	Eolienne	Distance au mât (m)
Avifaune						
Transit printanier et nidification	23/03/2023	Pouillot véloce	Adulte	Indéterminé	E5	46
	23/03/2023	Pigeon ramier	Adulte	Indéterminé	E3	36
Mise-bas et nidification	12/06/2023	Pigeon sp	Indéterminé	Indéterminé	E4	20
Transit automnal et migrations postnuptiales	07/08/2023	Martinet noir	Adulte	Indéterminé	E5	25
	23/10/2023	Roitelet huppé	Adulte	Mâle	E2	47
Chiroptères						
Mise-bas et nidification	10/07/2023	Pipistrelle commune	Adulte	Indéterminé	E5	20
	24/07/2023	Pipistrelle commune	Indéterminé	Indéterminé	E5	10
Transit automnal et migrations postnuptiales	05/09/2023	Pipistrelle commune	Indéterminé	Indéterminé	E1	20
	05/09/2023	Pipistrelle commune	Indéterminé	Indéterminé	E4	32
	05/09/2023	Pipistrelle commune	Indéterminé	Indéterminé	E4	38
	11/09/2023	Pipistrelle commune	Adulte	Mâle	E1	32
	11/09/2023	Pipistrelle commune	Adulte	Indéterminé	E1	50
	11/09/2023	Pipistrelle commune	Adulte	Femelle	E5	19
	11/09/2023	Pipistrelle sp	Adulte	Indéterminé	E2	42
	11/09/2023	Pipistrelle sp	Adulte	Indéterminé	E3	32
	18/09/2023	Pipistrelle commune	Adulte	Indéterminé	E4	58



Carte 11 - Localisation des cadavres découverts

## LEGENDE

### Parc éolien suivi :

- Eolienne
- Zone de recherche

### Cadavres :

#### Oiseaux :

- Martinet noir
- Pigeon ramier
- Pigeon sp
- Pouillot véloce
- Roitelet huppé

### Chiroptères :

- ◆ Pipistrelle commune
- ◆ Pipistrelle sp





Carte 12 - Localisation des cadavres sous E1

## LEGENDE

### Parc éolien suivi :

- Eolienne
- Zone de recherche

### Cadavres :

#### Chiroptère :

- ◆ Pipistrelle commune



Carte 13 - Localisation des cadavres sous E2

## LEGENDE

### Parc éolien suivi :

- Eolienne
- Zone de recherche

### Cadavres :

- Oiseau :
  - Roitelet huppé

### Chiroptère :

- ◆ Pipistrelle sp





Carte 14 - Localisation des cadavres sous E3

## LEGENDE

### Parc éolien suivi :

- Eolienne
- Zone de recherche

### Cadavres :

- Oiseau :
- Pigeon ramier

### Chiroptère :

- ◆ Pipistrelle sp





Carte 15 - Localisation des cadavres sous E4

## LEGENDE

### Parc éolien suivi :

- Eolienne
- Zone de recherche

### Cadavres :

- Oiseau :
- Pigeon sp

### Chiroptère :

- ◆ Pipistrelle commune





Carte 16 - Localisation des cadavres sous E5

## LEGENDE

### Parc éolien suivi :

- Eolienne
- Zone de recherche

### Cadavres :

#### Oiseaux :

- Martinet noir
- Pouillot véloce

### Chiroptère :

- ◆ Pipistrelle commune

## 5.2. Estimation de la mortalité

### 5.2.1. Modèles d'Erickson, de Jones et d'Huso

Le tableau ci-dessous présente les résultats des recherches de mortalité par éolienne et par saison suivant les formules d'Erickson, Jones et Huso.

Les estimations sont données en nombre de cadavres par éolienne pour la période considérée. Lorsqu'aucun cadavre n'a été trouvé au cours de nos prospections, le **N estimé** n'est pas calculable (-). Pour autant, cela ne signifie pas qu'aucun individu n'a été tué au cours de la saison par l'éolienne concernée. Aucun test de détection et test de persistance n'a été réalisé en période printanière, ainsi la moyenne des tests a été utilisé au printemps.

Figure 17 - Résultats des estimations de mortalité de l'avifaune (en nombre de cadavres/éolienne pour la période étudiée)						
Période	Variable	Eoliennes				
		E1	E2	E3	E4	E5
Transit printanier et nidification	C	-	-	1	-	1
	Z	-	-	0,84	-	0,84
	I	-	-	6,71	-	6,71
	î	-	-	7,60	-	7,60
	ê	-	-	1,00	-	1,00
	t	-	-	3,80	-	3,80
	A	-	-	1,17	-	1,62
	Erickson N <sub>estimé</sub>	-	-	2,46	-	3,40
	Jones N <sub>estimé</sub>	-	-	3,37	-	4,66
	Huso N <sub>estimé</sub>	-	-	2,97	-	4,11
Mise-bas et nidification	C	-	-	-	1	-
	Z	-	-	-	0,88	-
	I	-	-	-	7,00	-
	î	-	-	-	5,52	-
	ê	-	-	-	0,79	-
	t	-	-	-	2,76	-
	A	-	-	-	1,67	-
	Erickson N <sub>estimé</sub>	-	-	-	4,80	-
	Jones N <sub>estimé</sub>	-	-	-	6,53	-
	Huso N <sub>estimé</sub>	-	-	-	5,56	-
Transit automnal et migrations postnuptiales	C	-	1	-	-	1
	Z	-	0,92	-	-	0,92
	I	-	7,00	-	-	7,00
	î	-	3,44	-	-	3,44
	ê	-	0,49	-	-	0,49
	t	-	1,72	-	-	1,72
	A	-	1,62	-	-	1,84
	Erickson N <sub>estimé</sub>		7,17			8,15
	Jones N <sub>estimé</sub>		9,75			11,07
	Huso N <sub>estimé</sub>		8,29			9,42

**Figure 18 - Résultats des estimations de mortalité des chiroptères (en nombre de cadavres/éolienne pour la période étudiée)**

Période	Variable	Eoliennes				
		E1	E2	E3	E4	E5
Transit printanier et nidification	C	-	-	-	-	-
	Z	-	-	-	-	-
	I	-	-	-	-	-
	î	-	-	-	-	-
	ê	-	-	-	-	-
	t	-	-	-	-	-
	A	-	-	-	-	-
	Erickson N <sub>estimé</sub>	-	-	-	-	-
	Jones N <sub>estimé</sub>	-	-	-	-	-
	Huso N <sub>estimé</sub>	-	-	-	-	-
Mise-bas et nidification	C	-	-	-	-	2
	Z	-	-	-	-	0,88
	I	-	-	-	-	7,00
	î	-	-	-	-	5,52
	ê	-	-	-	-	0,79
	t	-	-	-	-	2,76
	A	-	-	-	-	1,4667
	Erickson N <sub>estimé</sub>	-	-	-	-	8,45
	Jones N <sub>estimé</sub>	-	-	-	-	11,49
	Huso N <sub>estimé</sub>	-	-	-	-	9,78
Transit automnal et migrations postnuptiales	C	3	1	1	3	1
	Z	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
	I	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	î	3,44	3,44	3,44	3,44	3,44
	ê	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
	t	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72
	A	1,62	1,62	1,73	1,82	1,84
	Erickson N <sub>estimé</sub>	21,45	7,17	7,65	24,11	8,15
	Jones N <sub>estimé</sub>	29,16	9,75	10,40	32,77	11,07
	Huso N <sub>estimé</sub>	24,81	8,29	8,85	27,88	9,42



Figure 19 - Résultats des estimations de mortalité par éolienne				
Eolienne	Mortalité brute	Estimations		
		Erickson	Jones	Huso
Avifaune				
E1	0	-	-	-
E2	1	7,17	9,75	8,29
E3	1	2,46	3,37	2,97
E4	1	4,80	6,53	5,56
E5	2	11,55	15,73	13,53
Chiroptères				
E1	3	21,45	29,16	24,81
E2	1	7,17	9,75	8,29
E3	1	7,65	10,40	8,85
E4	3	24,11	32,77	27,88
E5	3	16,60	22,56	19,20

### 5.2.2. Shiny

Le CNRS a mis en ligne un outil permettant de calculer les intervalles de confiance des estimations de mortalité des suivis sous les éoliennes. Ces estimations reposent sur des processus d'échantillonnage multiple à partir des données brutes spécifiques à l'étude réalisée. Le logiciel ne prend en charge qu'une valeur par indice et des moyennes ont donc été utilisées par rapport aux résultats précédemment présentés par saisons. **La méthode non paramétrique a été retenue en raison du faible jeu de données utilisé.**

Figure 20 - Paramètres utilisés sur la plateforme Shiny				
Paramètre	Printemps	Eté	Automne	Shiny
Efficacité observateur (%)	0,84	-	0,92	0,88
Persistance (jours)	3,80	-	1,72	Calculée par le logiciel
Pourcentage de prospection (%)	49	46	27	40,7
Intervalle (jours)	6,7	7	7	6,9

Figure 21 - Résultats des estimations de mortalité - Outil Shiny

## Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	95.38	35.20	193.98	53.05	154.79
Huso	107.38	39.83	212.18	59.97	171.77
Winkelmann	357.12	114.46	870.62	175.50	682.50
Jones	131.42	48.45	272.83	72.68	215.30

### 5.2.3. Synthèse

Figure 22 - Résultats des estimations de mortalité (en nombre de cadavres/période)

Parc entier	Nombre de cadavres estimé			
	Printemps	Eté	Automne	Total
Erickson Nestimé	5,86	13,25	83,85	102,96
Jones Nestimé	8,03	18,02	113,97	140,02
Huso Nestimé	7,07	15,34	96,97	119,38
Huso Shiny (95%)				107,38 [39,83-212,18]

Figure 23 - Résultats des estimations de mortalité par taxon

Parc entier	Nombre de cadavres estimés	
	Avifaune	Chiroptères
Erickson Nestimé	25,98	76,99
Jones Nestimé	35,37	104,64
Huso Nestimé	30,34	89,04
Huso Shiny (95%)	33,15 [6,49-74,78]	71,95 [13,30-171,46]

Les calculs projettent, d'après HUSO, une mortalité de 30,34 oiseaux et 89,04 chiroptères sur la période d'étude, soit 6,07 cas par éolienne pour l'avifaune et 17,81 cas par éolienne pour les chiroptères. La plateforme Shiny indique, pour un intervalle de confiance à 95%, entre 7,97 et 42,47 cadavres par éolienne, la médiane s'établissant à 21,48 cas (toujours d'après Huso).

A noter que les projections sont toujours surestimées en raison de divers biais qui seront discutés dans la partie suivante du rapport. Les estimations produites par Shiny sont basées sur des indices moyennés. Les estimations produites par Envol Environnement sont faites par saison et période de l'année. Ainsi, la qualité des indices est variable. Par exemple ici, le taux de prospection moyen (40,7% en moyenne sur toute l'année) a pu surestimer les projections.

## 6. Analyse des résultats et discussion

### 6.1. Analyse des cas de mortalité observés

#### 6.1.1. Causes des interactions avec les éoliennes

La littérature est abondante concernant la mortalité des oiseaux et des chiroptères causée par les structures humaines. La collision avec les éoliennes est richement documentée.











Figure 24 - Inventaire des principaux facteurs pouvant entraîner des collisions		
Facteur	Taxon	Explication
		Le brouillard, la pluie, mais également les vents forts peuvent entraîner une mauvaise visibilité ainsi qu'une difficulté de manœuvre pour les oiseaux.
		Les chauves-souris évitent de circuler lorsqu'il pleut, qu'il fait trop froid ou que le vent est trop fort, car cela nuit à l'abondance des insectes et ne leur permet donc pas de maintenir un ratio apport/dépense énergétique positif. Elles préfèrent donc voler par temps clair, vent faible et lorsque les températures sont douces.
		La nuit, la visibilité est très réduite. Les migrateurs nocturnes, qui sont par ailleurs généralement des oiseaux diurnes qui choisissent de circuler de nuit pour échapper aux prédateurs sont plus sujets à la collision en raison du manque de repères visuels. Ils ne sont pas adaptés à la détection d'obstacles dans le noir.
		Les périodes de migration sont plus dangereuses que celles de reproduction et d'hivernage. En effet, en hiver, les oiseaux limitent généralement leurs déplacements pour économiser leur énergie tandis qu'en été, ils sont souvent cantonnés à un territoire de nidification assez restreint, ce qui limite leurs déplacements. Ils bougent également le plus souvent à faible altitude, simplement pour relier leurs zones de repos à celles de nourrissage. En revanche, pour migrer, les oiseaux ont souvent tendance à s'élever à des hauteurs qui leur permettent de s'affranchir des obstacles inhérents au sol (arbres, constructions humaines type habitations...). Ils se retrouvent alors facilement dans la fenêtre de rotation des pales. Le fait d'évoluer en groupe est également plus accidentogène, tout comme celui de migrer de nuit (voir point précédent).
		Comme pour les oiseaux, les périodes de migration sont généralement les plus dangereuses. En effet, en hiver, les chiroptères sont en sommeil (risque nul). En été, les femelles restent généralement dans un rayon d'éloignement assez restreint vis-à-vis de leur lieu de mise-bas car leurs petits ont besoin de leur chaleur pour survivre. Elles sortent donc dans l'unique but de se nourrir vite et efficacement. Certaines espèces sont migratrices (noctules et Pipistrelle de Nathusius) et réalisent donc un trajet de plusieurs centaines de kilomètres entre leurs gîtes de mise-bas et ceux d'hivernation. Pendant ces déplacements, elles circulent souvent à des altitudes plus élevées pour éviter les obstacles et émettent moins de signaux d'écholocation, non seulement pour économiser leurs forces, mais aussi parce qu'en théorie, les obstacles doivent être rares. Elles sont donc plus à même de se laisser surprendre par les pales en fonctionnement.
		La lumière peut attirer les oiseaux (phénomène de phare) et notamment les migrateurs. Il est recommandé de ne pas éclairer les éoliennes et de préférer une lumière intermittente blanche plutôt que rouge.



Figure 24 - Inventaire des principaux facteurs pouvant entrainer des collisions

Facteur	Taxon	Explication
		La lumière peut attirer les insectes, source de nourriture des chiroptères qui viennent donc chercher leurs proies là où elles se trouvent.
		La position d'un aérogénérateur en fonction des enjeux écologiques est souvent déterminée lors de l'étude d'impact initiale. Il y a donc des risques différents selon le secteur d'implantation et il est donc commun qu'une éolienne soit plus accidentogène que sa voisine directe. Les haies, arbres et boisements peuvent également attirer bon nombre d'oiseaux (potentialité de reproduction, de nourrissage et de refuge). Les éoliennes situées près de tels habitats sont donc obligatoirement plus à risques que celles placées en plein champ. Sur le parc de Radenac, l'éolienne E2 est plus éloignée des linéaires arborés et a fait l'objet d'une moindre mortalité chiroptérologique en 2023 comparée aux éoliennes E1, E4 et E5.
		Tout élément du paysage susceptible d'attirer les insectes est donc attractif pour les chauves-souris. Les arbres, haies, broussailles et les boisements sont donc des habitats prisés par cette faune. Les éoliennes situées près de tels habitats sont donc nécessairement plus à risques que les autres. Eurobats préconise un éloignement de 200 mètres de tout élément arboré.  Au sein du parc éolien de Radenac, les éoliennes sont situées à moins de 50 mètres d'une lisière boisée (à l'exception de E2 et E3).
		Comme pour le positionnement des éoliennes au sein d'un parc, les effets cumulés de plusieurs parcs les uns par rapport aux autres peuvent entrainer un risque plus grand. Les migrateurs notamment doivent réagir et ajuster leur trajectoire de manière répétée, ce qui entraine des mouvements parfois anarchiques, désorganisés et de dernière minute qui fatiguent et désorientent les groupes, augmentant le risque de collision. Ces effets cumulés peuvent aussi exister entre un parc et d'autres structures comme une ligne électrique ou des bâtiments.
		Comme pour les oiseaux, la rencontre d'obstacles multiples peut entrainer des pertes énergétiques de contournement ou d'évitement qui peuvent nuire aux individus déjà affaiblis par la migration et entrainer des souffrances qui augmentent les collisions.
		La sensibilité à l'éolien est en effet très variable d'une espèce à l'autre. Les rapaces sont notamment concernés, car ils chassent souvent dans des habitats propices à l'installation d'éoliennes. Leurs comportements et leur aisance à prendre de la hauteur augmentent fortement le risque de collision. Les migrateurs sont également plus exposés, car ils circulent généralement en groupe, créant un effet de dilution de vigilance. Ceux appréciant d'alterner des phases de vol et de repos/alimentation dans les champs sont également concernés par ils réalisent des décollages et des atterrissages fréquents qui les font traverser les surfaces de rotation.
		La sensibilité est également directement liée à l'espèce, les chauves-souris ubiquistes c'est-à-dire celles à l'aise avec une circulation en espace ouvert sont davantage susceptibles de rencontrer des éoliennes que celles fortement liées aux boisements. Les migratrices sont également plus exposées à la collision en raison de leurs déplacements sur de longues distances et à des altitudes supérieures.

Les oiseaux, comme les chiroptères, ne percutent pas toujours que les pales en fonctionnement, mais également les mâts ou les nacelles. Le risque de collision dépend de l'espèce, du nombre d'individus, du comportement, mais également des conditions météorologiques (brouillard ou pluie qui rendent faible la visibilité du parc éolien par l'avifaune) et de la topographie du site (Drewitt et Langston 2006). Les chiroptères sont également susceptibles de subir un barotraumatisme entraînant la mort (Baerwald et al. 2008).

### 6.1.2. Rappel des cas de mortalité

Figure 25 - Résultats des recherches de cadavres							
Période	Date	Espèce	Age	Sexe	Eolienne	Distance au mât (m)	Substrat au sol
Avifaune							
Transit printanier et nidification	23/03/2023	Pouillot véloce	Adulte	Indéterminé	E5	46	Plateforme
	23/03/2023	Pigeon ramier	Adulte	Indéterminé	E3	36	Culture (chaume de maïs)
Mise-bas et nidification	12/06/2023	Pigeon sp	Indéterminé	Indéterminé	E4	20	Culture
Transit automnal et migrations postnuptiales	07/08/2023	Martinet noir	Adulte	Indéterminé	E5	25	Plateforme
	23/10/2023	Roitelet huppé	Adulte	Mâle	E2	47	Plateforme
Chiroptères							
Mise-bas et nidification	10/07/2023	Pipistrelle commune	Adulte	Indéterminé	E5	20	Plateforme
	24/07/2023	Pipistrelle commune	Indéterminé	Indéterminé	E5	10	Plateforme
Transit automnal et migrations postnuptiales	05/09/2023	Pipistrelle commune	Indéterminé	Indéterminé	E1	20	Plateforme
	05/09/2023	Pipistrelle commune	Indéterminé	Indéterminé	E4	32	Plateforme
	05/09/2023	Pipistrelle commune	Indéterminé	Indéterminé	E4	38	Plateforme
	11/09/2023	Pipistrelle commune	Adulte	Mâle	E1	32	Plateforme
	11/09/2023	Pipistrelle commune	Adulte	Indéterminé	E1	50	Labour
	11/09/2023	Pipistrelle commune	Adulte	Femelle	E5	19	Plateforme
	11/09/2023	Pipistrelle sp	Adulte	Indéterminé	E2	42	Plateforme
	11/09/2023	Pipistrelle sp	Adulte	Indéterminé	E3	32	Plateforme
	18/09/2023	Pipistrelle commune	Adulte	Indéterminé	E4	58	Culture

Au total, cinq oiseaux et onze chiroptères ont été trouvés sous les cinq éoliennes suivies entre les semaines 12 et 43 de l'année 2023.

### 6.1.3. Age et sexe

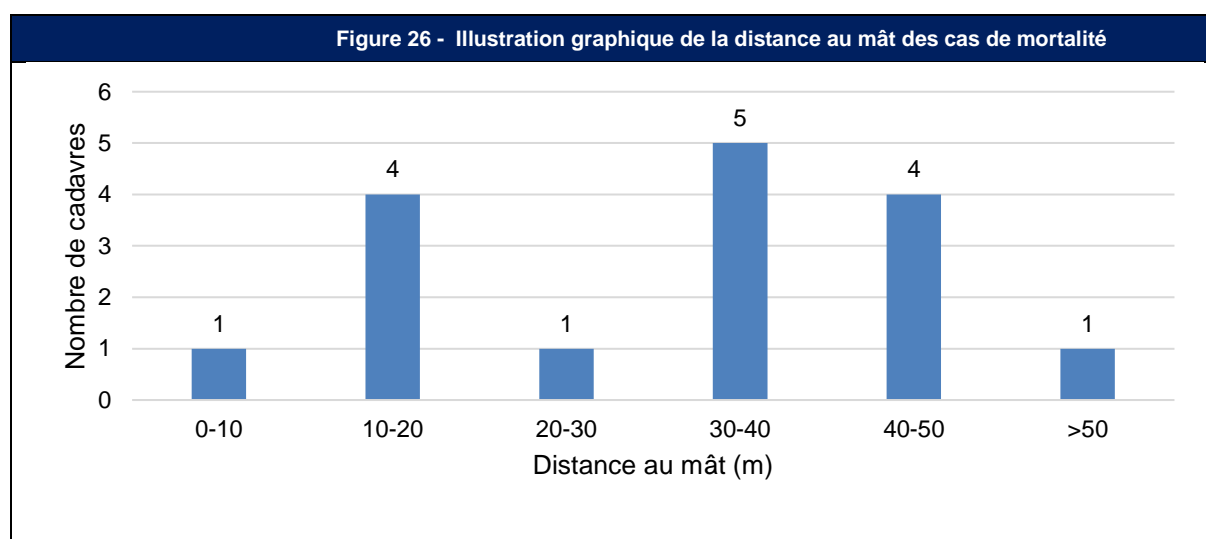
L'état de conservation des carcasses retrouvées peut parfois rendre difficile l'identification de l'espèce et du sexe lorsque l'espèce présente un dimorphisme sexuel.

Le seul cadavre d'oiseau ayant pu être sexé est le Roitelet huppé, puisque la couleur jaune-orangée de la calotte était encore visible.

Concernant les chiroptères, un mâle et une femelle adulte de Pipistrelle commune ont été identifiés, respectivement sous E1 et E5 le 11 septembre, car les cadavres étaient en bon état.

### 6.1.4. Distance au mât

La distance au mât des cadavres découverts est variable, avec une majorité comprise entre 30 et 50 mètres. La moyenne s'établit à environ 33 mètres. Le cadavre le plus proche était à 10 mètres du mât. Les corps peuvent être précipités directement au sol après leur impact, ou projetés. La majorité des espaces cultivés étant inaccessible lors du suivi, il est normal de découvrir les cadavres sur les plateformes ou autres milieux à la visibilité élevée (terres labourées).



### 6.1.5. Patrimonialité de l'avifaune et sensibilité à l'éolien des espèces

Figure 27 - Statut des espèces d'oiseaux retrouvées lors du suivi de mortalité								
Espèce	Nombre de cadavres	Bretagne	Liste Rouge France			Liste Rouge Europe	Directive Oiseaux	Niveau de patrimonialité
			N	H	DP			
Martinet noir	1	LC	NT	-	-	LC	-	Faible
Pigeon ramier	1	LC	LC	LC	NA	LC	OII ; OIII	Très faible
Pigeon sp	1	-	-	-	-	-	-	Indéterminé
Pouillot véloce	1	LC	LC	NA	NA	LC	-	Très faible
Roitelet huppé	1	LC	NT	NA	NA	LC	-	Faible
Total	5							

Statuts de protection et de conservations décrits p9.



Le Martinet noir, le Pouillot véloce et le Roitelet huppé sont trois espèces protégées en France. De plus, le Martinet noir et le Roitelet huppé sont des nicheurs quasi-menacés sur le territoire national. Ces espèces sont donc considérées comme patrimoniales, ce qui n'est pas le cas du Pigeon ramier. Les restes de plumes de Pigeon sp n'étaient pas identifiables avec certitude jusqu'à l'espèce.

Figure 28 - Risque de collision des espèces trouvées sur le parc		
Espèce	Nombre de cadavres	Risque à l'éolien
Martinet noir	1	Modéré
Pigeon ramier	1	Faible
Pigeon sp	1	-
Pouillot véloce	1	Faible
Roitelet huppé	1	Faible

Le Martinet noir ne niche pas au sein du parc, du fait de l'absence d'habitats favorables. Cependant, c'est une espèce passant la majorité de son temps en vol à moyenne et haute altitude pour chasser et migrer. Ces deux activités rendent les risques à l'éolien modérés pour cette espèce. Le Pigeon ramier, le Pouillot véloce et le Roitelet huppé nichent probablement dans les haies et bosquets autour des éoliennes. En période de migration, ces espèces migrent à hauteur des pales et risquent donc d'entrer en collision. Les risques de collisions sont faibles.

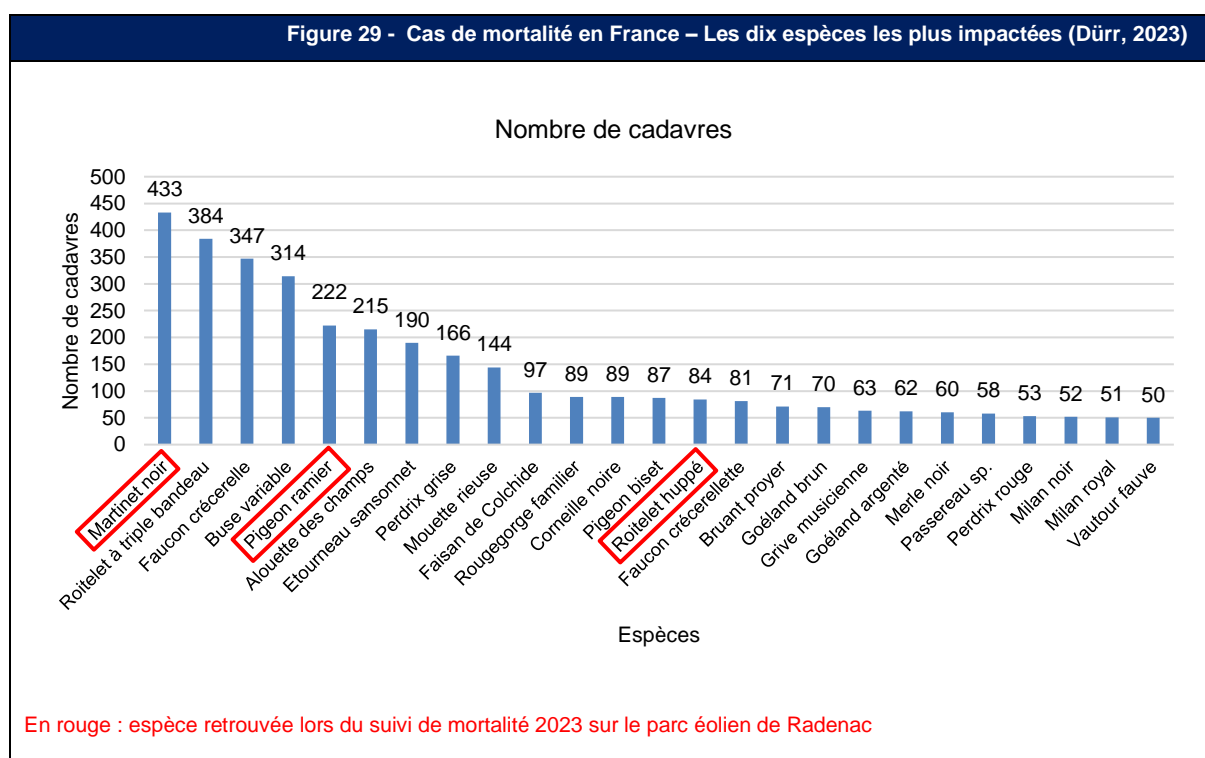
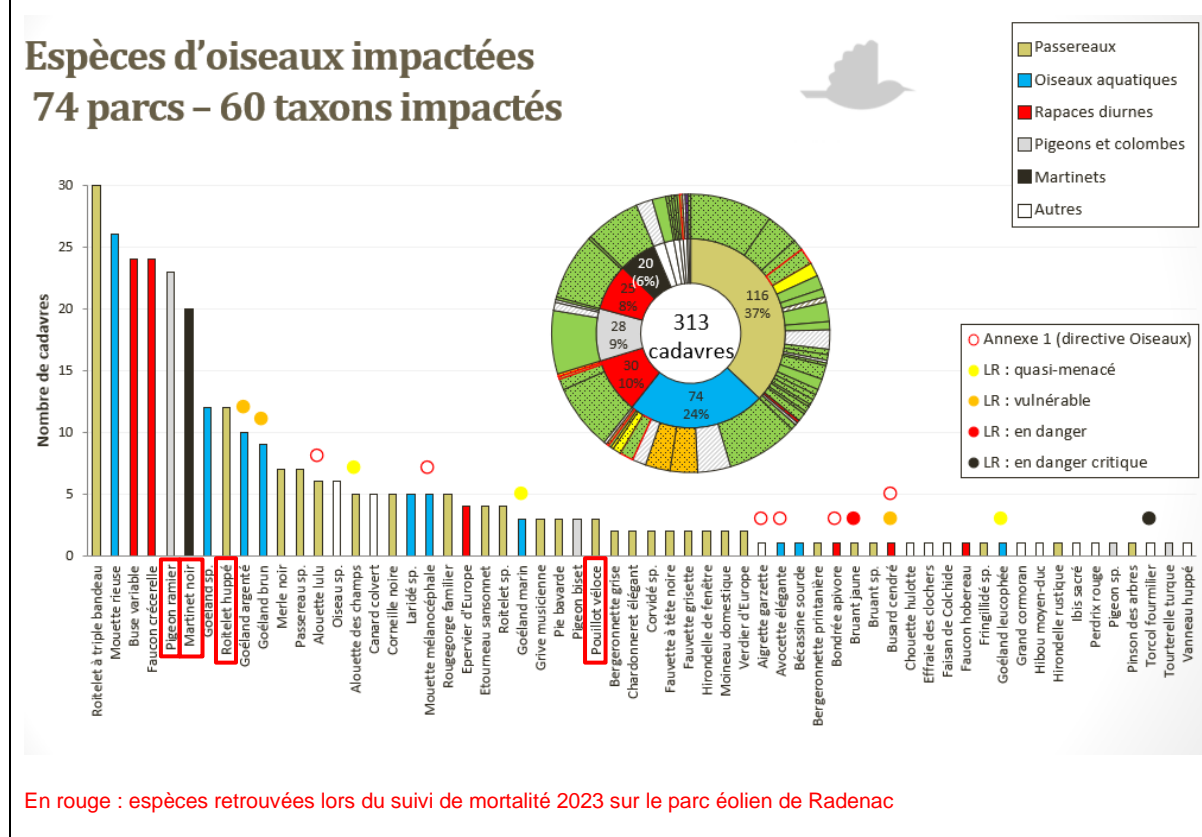


Figure 30 - Cas de mortalité dans l'ouest de la France entre 2010 et 2019 – Oiseaux (Ouest'Am 2020)



D'après le recensement des espèces impactées par l'éolien à l'échelle nationale par Dürr en 2023, le Martinet noir se classe 1<sup>er</sup>, avec plus de 433 cas de mortalité recensés (et 6<sup>ème</sup> dans l'ouest de la France d'après Ouest'Am en 2020). Le Pigeon ramier et le Roitelet huppé sont dans les 8 espèces les plus fréquemment retrouvées sous les éoliennes dans l'ouest de la France, tandis que le Pouillot véloce est en 28<sup>ème</sup> position.

#### 6.1.6. Patrimonialité de chiroptères et sensibilité à l'éolien des espèces

Figure 31 - Statut des espèces de chiroptères retrouvés lors du suivi de mortalité

Espèce	Nombre de cadavres	Listes rouges			Directive Habitats-Faune-Flore	Niveau de patrimonialité
		Bretagne	France	Europe		
Pipistrelle commune	9	LC	NT	-	IV	Faible
Pipistrelle sp.	2	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>11</b>					

Statuts de protection et de conservations décrits p9.

Onze cadavres de chauves-souris ont été découverts lors du suivi de mortalité : neuf Pipistrelles communes et deux individus indéterminés appartenant au groupe des Pipistrelles. La Pipistrelle commune est une espèce patrimoniale en raison son statut quasi-menacé en France. Les autres cadavres n'ont pas pu être déterminés jusqu'à l'espèce du fait de leur mauvais état.

Figure 32 - Risque de collision des espèces trouvées sur le parc		
Espèce	Nombre de cadavres	Risque à l'éolien
Pipistrelle commune	9	Fort (4)
Pipistrelle sp.	2	Fort (4)

La Pipistrelle commune et le groupe des Pipistrelles en général, retrouvées sous les éoliennes lors du suivi de mortalité de 2023, présentent un risque fort de collision vis-à-vis de l'éolien. Ces espèces migrent sur de courtes distances à une hauteur de vol parfois importante. C'est pour cette raison que les risques de barotraumatisme et de collision sont importants, notamment lors de la période des transits automnaux. La Pipistrelle commune est également ubiquiste et peu fréquenter des habitats a priori moins favorables pour les chiroptères comme les espaces ouverts.

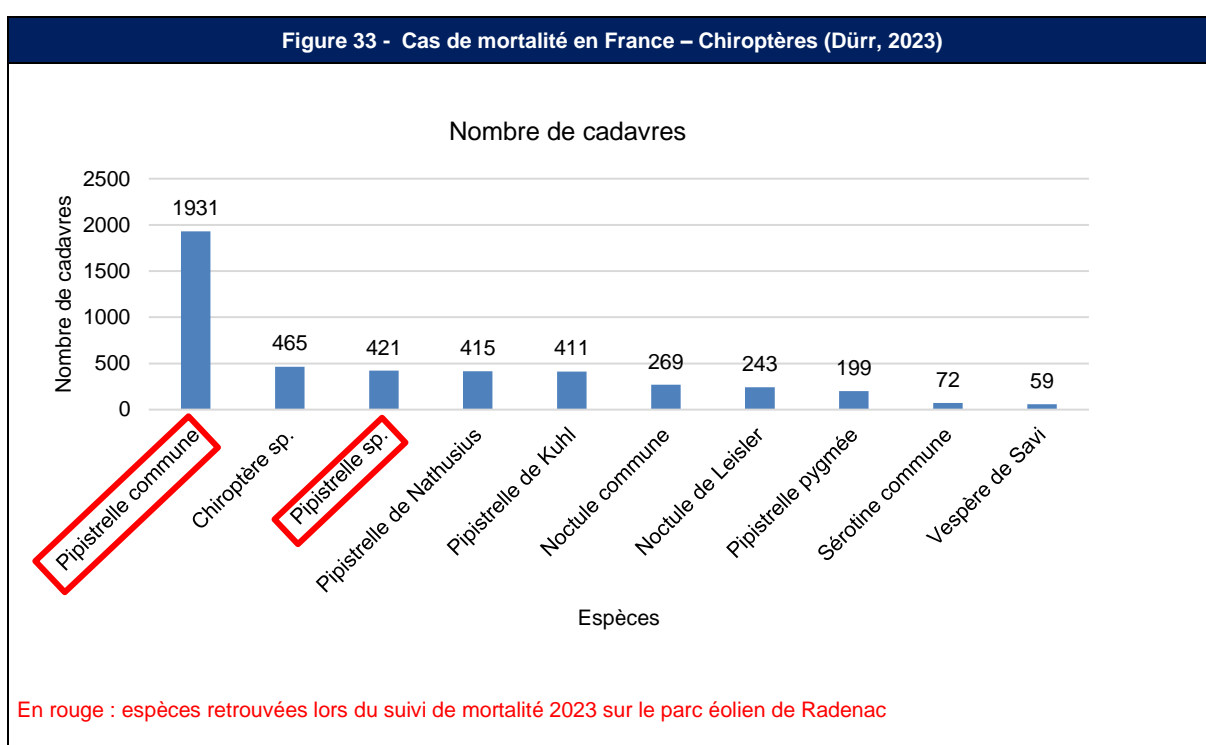
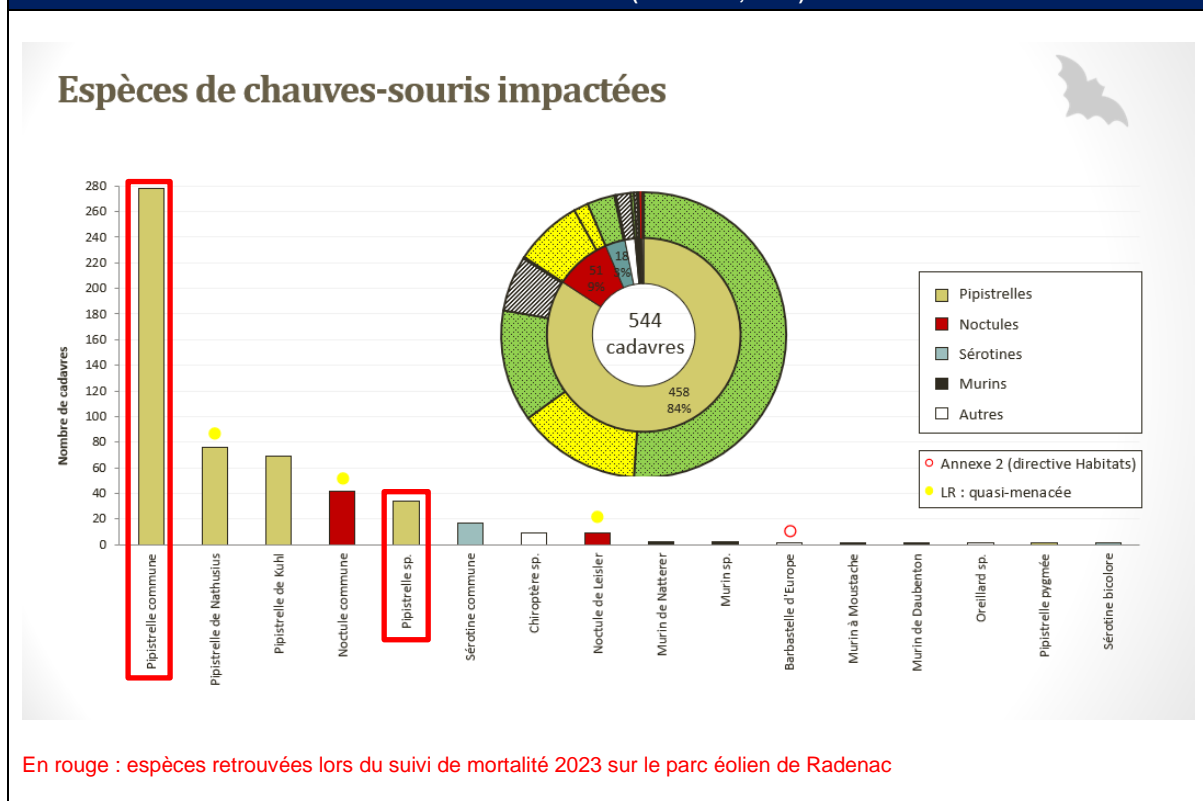




Figure 34 - Cas de mortalité dans l'ouest de la France entre 2010 et 2019 – Chiroptères (Ouest'Am, 2020)



Les Pipistrelles (communes et indéterminées) retrouvées sous les éoliennes lors du suivi de 2023 figurent parmi les trois espèces (ou groupes d'espèces) les plus découvertes sous les éoliennes en France (Dürr, 2023), mais également parmi les cinq espèces les plus fréquemment retrouvées sous les éoliennes dans l'ouest de la France, selon les données compilées par Ouest'Am entre 2010 et 2019.

- 1 931 cas pour la Pipistrelle commune (1<sup>er</sup> en France) ;
- 421 cas pour le groupe des Pipistrelles indéterminées (3<sup>e</sup> en France).

## 6.2. Analyse des calculs de mortalité

### 6.2.1. Indices de correction

#### ➤ Test observateur

Le test lié à l'efficacité de l'observateur est généralement mis en place deux fois par an (une fois au printemps/été et une fois à l'automne) de manière à s'adapter aux variations liées aux conditions météorologiques et à l'évolution des supports (hauteur de la végétation, état du sol...). Dans le cas du suivi du parc éolien de Radenac, ces deux tests ont bien été réalisés. Pour rappel, cinq leurres (trois souris et deux poussins) ont été placés au sein des carrés de prospection des cinq éoliennes à chaque reprise par une personne A, et une personne B a effectué ses transects de recherche en essayant de les repérer comme elle repérerait un cadavre.

L'indice d'efficacité de l'observateur est jugé globalement très bon (88% en moyenne).

### ➤ Test de persistance

Après avoir disposé les cadavres tests au sein des parcelles, l'observateur a tenté de les retrouver grâce à leurs positions GPS. En règle générale, les cadavres disparaissent rapidement, que ce soit à cause de la prédation (par les renards, les rapaces, les insectes nécrophages...) ou éventuellement à cause des passages des engins agricoles dans les champs. En moyenne, d'après la bibliographie, environ la moitié des cadavres devraient disparaître dès les premières 48 heures.

Pour les éoliennes suivies, la persistance est globalement dans la moyenne sur le parc et sur l'ensemble de l'année. Au printemps, la persistance est estimée à 3,80 jours en moyenne. En automne, elle est estimée à 1,72 jour en moyenne. Sous les éoliennes E1 et E4, la persistance des leurres est plus forte à cette saison (respectivement 2,20 et 3,20 jours).

Le type de culture environnant, les prairies, la proximité des haies et des boisements ou tout simplement le hasard de la prospection d'animaux ont influencé cet indice.

Des fèces de sanglier et de renard ont été relevées sur le site et la présence de rapaces (Buse variable et Faucon crécerelle) et d'insectes augmentent la probabilité qu'un cadavre disparaisse rapidement. La persistance peut donc être très différente d'une éolienne à l'autre dans le temps en fonction de la présence des prédateurs mobiles.

La persistance est faible à modérée au printemps et à l'automne, mesurée à 3,80 jours au printemps et à 1,72 jour en automne.

### ➤ Pourcentage de prospection et indice de correction de surface

De manière globale, se trouve sous une éolienne :

- une partie gravillonnée correspondant aux fondations du mât, au chemin d'accès et à la plateforme,
- une zone enherbée en friche se situant autour des fondations, souvent constituée de graminées plus ou moins hautes selon l'entretien et de terre meuble,
- une zone d'activité agricole ou de prairie.

Les parties gravillonnées offrent une visibilité maximale (sol nu), tandis que les zones de friches, si elles ne sont pas entretenues, en offrent une plutôt médiocre. Si le surplomb de l'éolienne concerne des zones boisées, il est impossible de les prospector. La valeur du taux de prospection est donc spécifique à une éolienne pour une période donnée, ici : la saison.

Dans le cas du parc étudié, les éoliennes suivies sont placées dans des cultures ou aux abords de boisements, et une grande plateforme a été aménagée autour de chaque éolienne. Les variétés cultivées à certains endroits, comme dans le cas présent des céréales, du maïs, du trèfle ou des prairies de fauche, ont périodiquement rendu des zones de la parcelle inaccessibles.

C'est pourquoi un indice de correction de surface (A) propre à chaque éolienne a été intégré dans tous les calculs. Plus la surface réellement prospectée s'approche de la surface

théorique, plus les estimations sont précises, et plus la surface prospectée est faible, plus le risque d'erreur par surestimation du calcul est grand.

Le pourcentage de prospection est globalement moyen au printemps et en été (49 et 46%) et faible en automne (27%).

### 6.2.2. Note sur les méthodes utilisées

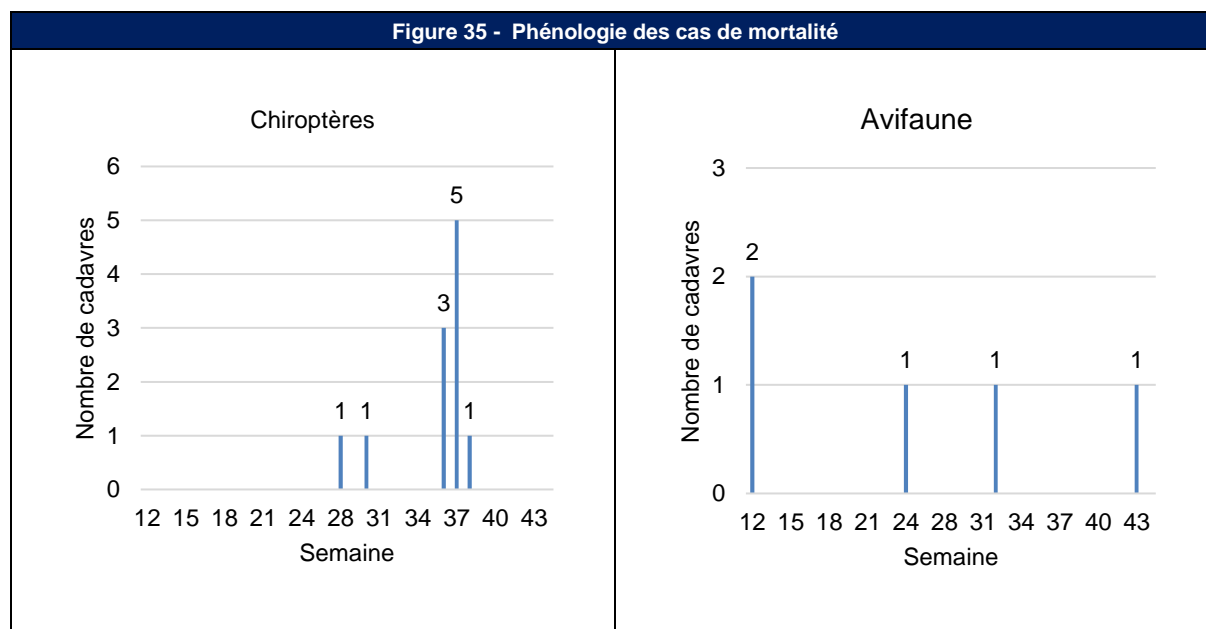
D'après une étude menée en région Rhône-Alpes par la LPO qui s'est penchée sur la justesse des différentes méthodes de calcul, il semblerait que l'indice d'Erickson ne soit pas pertinent lorsque la durée de persistance est trop élevée. Les méthodes de Jones et de Huso, qui fonctionnent à chaque fois, seraient les plus proches de la réalité.

Une étude menée par la LPO Vendée confirme le choix de l'utilisation de cet indice, tandis que la LPO France préfère faire une moyenne des indices calculés.

Les analyses présenteront donc trois indices et les conclusions seront basées sur les calculs selon Huso, les intervalles de confiance étant issus de l'utilisation de Shiny (CNRS).

A noter que les modèles d'estimation sont basés sur l'utilisation d'indices américains qui diffèrent fortement de ceux mis en évidence en Europe. La durée de persistance observée aux USA est notamment bien plus longue, ce qui fait que les calculs produits pour la France sont automatiquement surestimés, biaisés par un indice local de persistance trop faible.

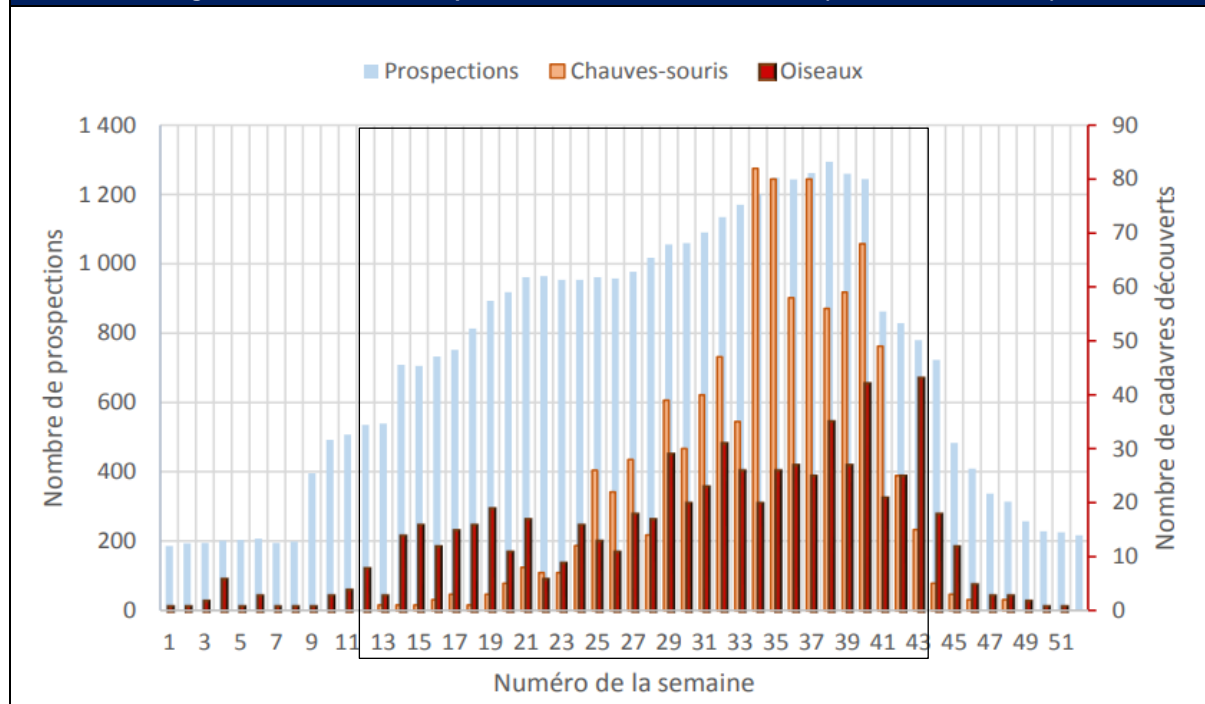
### 6.2.3. Analyse temporelle des résultats



Au total, seize cadavres ont été trouvés sous les cinq éoliennes suivies entre les semaines 12 et 43 : deux oiseaux en semaine 12, un oiseau en semaine 24, un chiroptère en semaine 28, un chiroptère en semaine 30, un oiseau en semaine 32, trois chiroptères en semaine 36, cinq chiroptères en semaine 37, un chiroptère en semaine 38 et un oiseau en semaine 43.



Figure 36 - Distribution temporelle de découverte des cadavres (source : G. Marx 2017)



Le graphique précédent montre que la mortalité chiroptérologique augmente fortement entre les semaines 25 et 41.

Le suivi 2023 s'est concentré sur la période globalement la plus à risque pour les deux taxons (semaines 12 à 43). Deux cas de mortalité ont été découverts en période printanière (deux oiseaux), trois cas en été (un oiseau et deux chiroptères) et onze cas en période automnale (deux oiseaux et neuf chiroptères).

Onze cadavres de chauves-souris ont été découverts. L'arrêté préfectoral du 29 mars 2019 indique la mise en place d'un bridage chiroptérologique sur l'éolienne E5 (mise en service en novembre 2022) dont les modalités sont les suivantes :

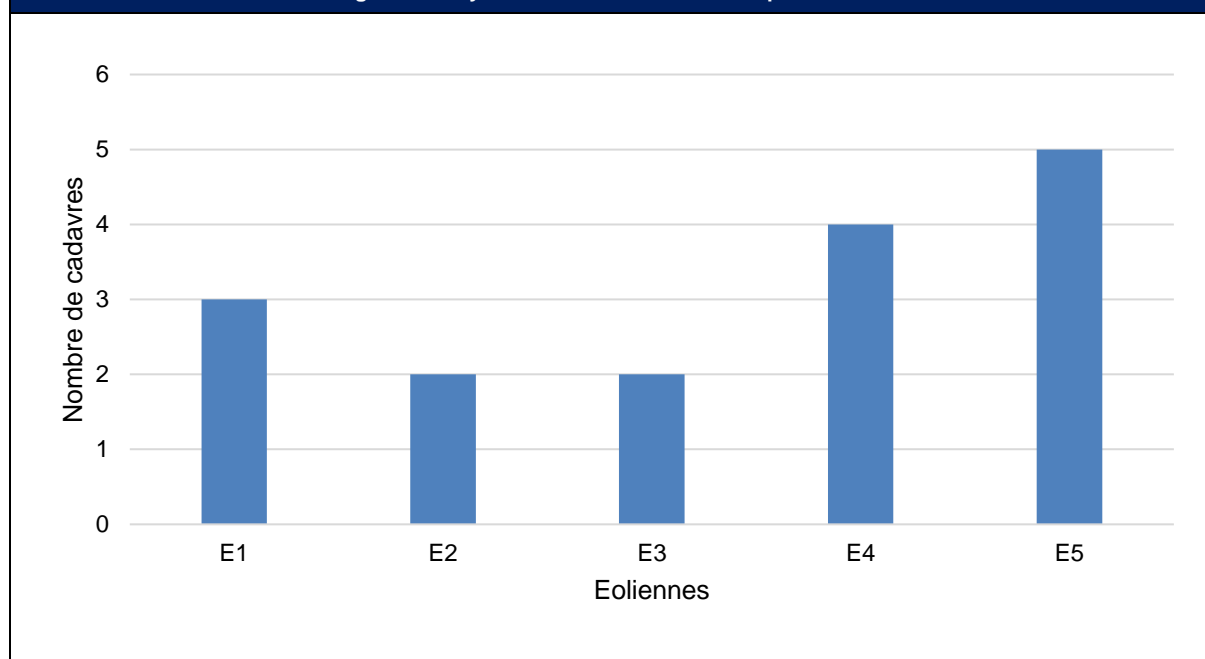
- Nuit complète : de 30 minutes avant le coucher du soleil jusqu'à 30 minutes après le lever du soleil ;
- Absence de précipitations ;
- Température supérieure à 10°C ;
- Vitesse de vent inférieure à 5,5 m/s ;
- Du 1<sup>er</sup> mars au 30 juin et du 15 août au 31 octobre.

Quatre cas de mortalité ont été constatés sous l'éolienne E5, concernée par le bridage : trois chiroptères (deux en été, un en automne). Le bridage n'était pas effectif pour trois de ces quatre cas (dont deux chiroptères), trouvés le 10 juillet, le 24 juillet et le 7 août.

#### 6.2.4. Analyse spatiale de la mortalité

Toutes les éoliennes sont concernées par la découverte de cas de mortalité. Les éoliennes E4 et E5 ont été à priori les plus accidentogènes avec respectivement quatre et cinq cadavres retrouvés.

Figure 37 - Synthèse des cas de mortalité par éolienne



Les raisons qui ont poussé les individus à s'approcher des pales restent floues et mal connues, et sont donc très spéculatives. Les éoliennes E4 et E5 sont les plus proches des boisements comprenant une diversité d'essence végétale de toutes strates (arborée, arbustive et herbacée). Ces haies constituent des corridors privilégiés pour la chiroptérofaune et l'avifaune.

Ces éléments d'explications sont évidemment des théories qui pourraient faire l'objet d'études spécifiques plus poussées pour être confirmées et/ou développées.



Photographies prises depuis la plateforme de E4 (gauche) et de E5 (droite). Des boisements sont localisés à moins de 50 mètres des éoliennes.

Source : Envol Environnement

Bien que des cas de mortalité aient été constatés sous toutes les éoliennes, il est difficile de conclure sur la dangerosité de chacune. Les espèces peuvent en effet occuper la totalité du secteur d'implantation au vu de sa configuration (boisements et haies).

### 6.2.5. Analyse globale de la mortalité

Figure 38 - Mortalité globale d'après HUSO		
Groupe	A l'échelle du parc (en nombre d'individus)	Par éolienne (en nombre d'individus)
Avifaune	30,34	6,07
Chiroptères	89,04	17,81

Pour les oiseaux, les modèles prévoient 6,07 cas par éolienne, ce qui est équivalent aux projections de la LPO (7 oiseaux par éolienne et par an – LPO 2017). Dans le cadre d'une présentation de la France Energie Eolienne (FEE), le bureau d'études Ouest'Am a présenté la mortalité de 74 parcs éoliens du nord-ouest de la France (soit 349 éoliennes) obtenu lors de suivis environnementaux réalisés entre 2010 et 2018. Le bureau d'études constate que 857 cadavres ont été retrouvés dont 313 oiseaux et 544 chiroptères, ainsi il estime que la mortalité aviaire est de 0,04 cas par éolienne, par an et par passage et que la mortalité chiroptérologique est de 0,07 cas par éolienne, par an et par passage. La mortalité brute de Radenac est de 5 oiseaux, soit 0,03 cas par éolienne, pour cette année et par passage, et 11 chiroptères, soit 0,07 cas par éolienne, pour cette année et par passage. Ainsi, la mortalité brute de Radenac est identique aux parcs éoliens du nord-ouest de la France concernant les chiroptères et légèrement inférieure concernant les oiseaux.

Une analyse plus poussée des calculs est proposée à partir de la page 103 du rapport.

Figure 39 - Estimation de mortalité pour l'ensemble de la période étudiée		
Méthode	Parc éolien/période étudiée	Éolienne/période étudiée
Erickson	102,96	20,59
Jones	140,02	28,00
Huso	119,38	23,88
Shiny 95% (Huso)	107,38 [39,83-212,18]	21,48 [7,97-42,47]

Pour les cinq éoliennes du parc éolien, l'estimation varie entre 102,96 (selon la méthode d'Erickson) et 140,02 cadavres pour la période étudiée (selon la méthode de Jones). La méthode de Huso donne un résultat intermédiaire, à savoir 119,38 cadavres.

L'utilisation d'Eolapp permet d'obtenir des intervalles de confiance à 95% qui se situent entre 39,83 et 212,18 cas.

Les estimations prévoient ainsi 107,38 (IC95% [39,83-212,18]) cas de mortalité pour le parc éolien de Radenac sur la période d'étude, soit l'équivalent de 21,48 (IC95% [7,97-42,47]) individus tués par éolienne sur la période d'étude.



## 7. Conclusion générale du suivi de mortalité

A partir des 32 passages de mortalité effectués entre la semaine 12 et la semaine 43 de l'année 2023, cinq cadavres d'oiseaux et onze cadavres de chiroptères ont été découverts : un Martinet noir, un Pigeon ramier, un Pigeon sp, un Pouillot véloce, un Roitelet huppé, neuf Pipistrelles communes et deux Pipistrelles indéterminées. A l'exception du Pigeon ramier et du Pigeon sp (indéterminé), toutes ces espèces sont d'intérêt patrimonial en raison de leur protection nationale et/ou de leurs statuts de conservation défavorables.

Leurs comportements connus ou le caractère abondant de ces espèces expliquent leur exposition aux effets de collision : comportement migrateur et chasse en vol pour le Martinet noir, le Pouillot véloce et le Roitelet huppé, milieux attractifs sous les éoliennes pour le Pigeon ramier, abondance et vol en latitude des Pipistrelles.

Les calculs projettent une mortalité estimée à 23,87 cas par éolienne sur la période suivie d'après les estimations d'Huso.

Afin de conclure plus aisément sur les effets résiduels liés au fonctionnement des éoliennes, les résultats d'estimations de mortalité seront discutés à partir de la page 103 du présent rapport.

# ETUDE EN CONTINU DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE EN HAUTEUR

## 1. Pré-diagnostic chiroptérologique

### 1.1. Sources et bases de données utilisées

Le pré-diagnostic chiroptérologique a été établi sur la base des sources bibliographiques suivantes :

- L'inventaire des zones naturelles remarquables existantes dans l'aire d'étude éloignée ;
- Les données chiroptérologiques issues de la base de données Faune Bretagne (consultées en janvier 2024) ;
- Les données chiroptérologiques issues de la base de données du Groupe Mammalogique Breton (consultées en janvier 2024) ;
- Les données chiroptérologiques issues de la base de données INPN (consultées en janvier 2024) ;
- Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse de L. Arthur et de M. Lemaire (2021) ;
- La Liste rouge des mammifères d'Europe (2015) ;
- La Liste rouge des mammifères de France (2017) ;
- La Liste rouge des mammifères de Bretagne (2015) ;
- L'Atlas des mammifères de Bretagne du Groupe Mammalogique Breton (GMB, 2015),
- La Carte d'alerte des « Risques éoliens terrestres pour les chiroptères » du Groupe Mammalogique Breton (GMB, 2022).

### 1.2. Résultats des recherches bibliographiques

#### 1.2.1. Inventaire des zones de protection et d'inventaires

A l'échelle de l'aire d'étude éloignée, deux ZNIEFF présentent un intérêt pour la chiroptérofaune.

Figure 40 - Inventaire des espèces de chiroptères dans les périmètres de protection et d'inventaire (janvier 2024)				
Numéro de la zone	Intitulé de la zone	Situation par rapport aux éoliennes	Espèces déterminantes	
ZNIEFF de type I				
530020008	LA MINE	17,69 km au sud-est	Grand Murin Grand Rhinolophe Murin de Daubenton	Murin à moustaches Murin à oreilles échancrées Petit Rhinolophe
ZNIEFF de type II				
530014743	LANDES DE LANVAUX	9,43 km au sud	Barbastelle d'Europe Grand Murin Grand Rhinolophe Murin à moustaches Murin à oreilles échancrées	Murin de Bechstein Murin de Natterer Noctule commune Oreillard roux Petit Rhinolophe

La ZNIEFF de type I « La Mine » est localisée à 17,7 km à l'est. Six espèces y sont recensées : le Petit Rhinolophe, le Murin à moustaches, le Murin à oreilles échancrées, le Grand Murin, le Grand Rhinolophe (classé en danger en région), le Murin de Daubenton. Il s'agit d'une ancienne mine fréquentée par les chiroptères en période hivernale, ce gîte d'hibernation est important dans le département du Morbihan.

La ZNIEFF de type II « Landes de Lanvaux », à 9,4 km au sud, est constitué de boisements et de landes. Au sein de cette zone, dix espèces sont inventoriées : le Murin de Bechstein (vulnérable en Europe, quasi-menacé en France et en région), le Murin de Natterer, le Grand Rhinolophe, le Murin à oreilles échancrées, le Petit Rhinolophe, le Grand Murin, la Barbastelle d'Europe (vulnérable en Europe et quasi menacé en région), la Noctule commune, le Murin à moustaches, l'Oreillard roux.

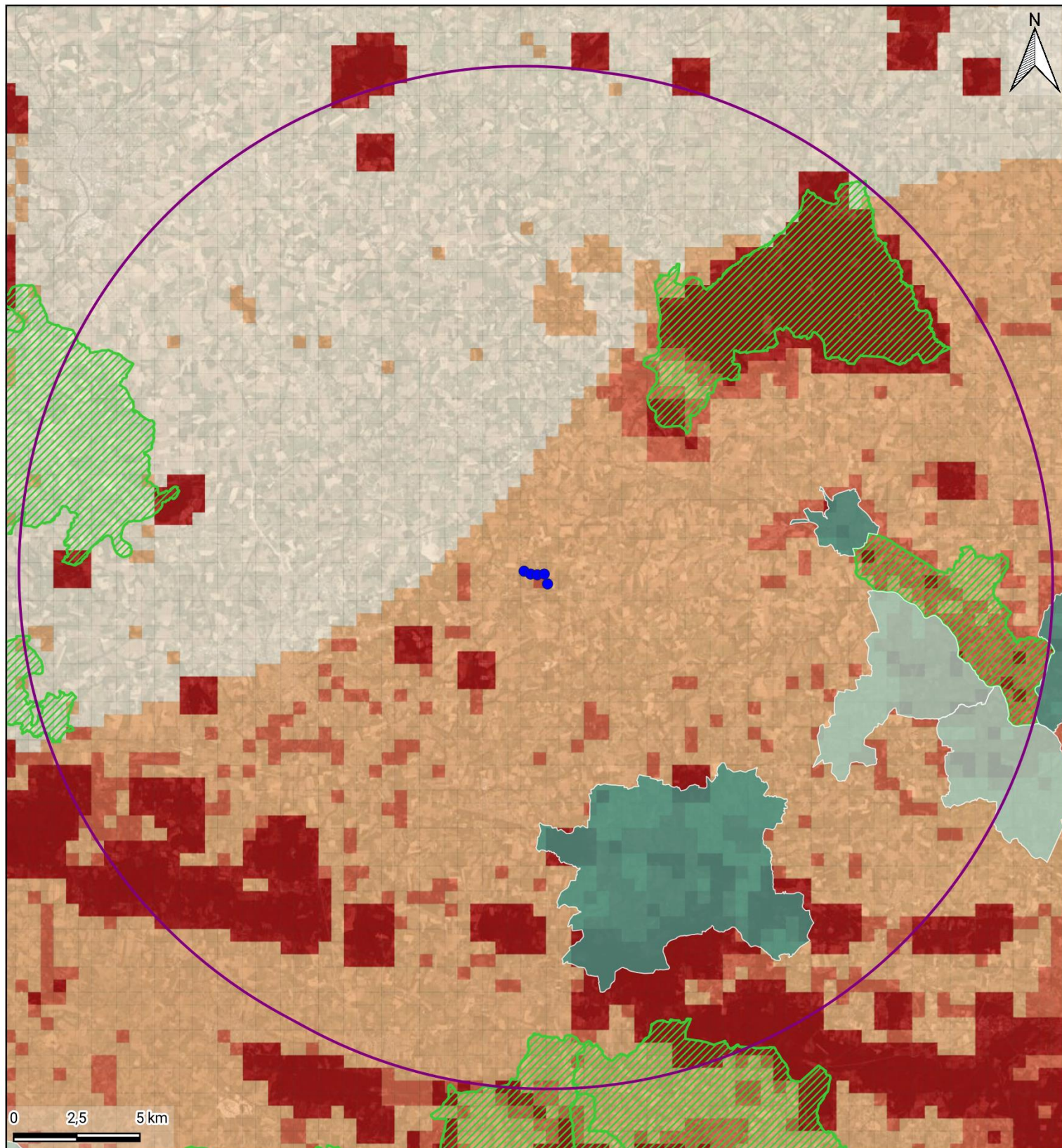
### 1.2.2. Présentation des enjeux chiroptérologiques d'après le GMB

Par ailleurs, le GMB a également réalisé un outil relatif aux « Risques éoliens pour les chiroptères » de Bretagne. Il s'agit d'une carte d'alerte qui matérialise les risques cumulés de perte d'habitats et de mortalité pour les chauves-souris à l'occasion de l'implantation et de l'exploitation de parcs éoliens terrestres sur la région. Cet outil a été conçu dans le but de faciliter l'appréciation par les bureaux d'études et les services instructeurs de l'opportunité de la mise en place d'éoliennes vis-à-vis des risques d'atteintes aux chauves-souris et à leurs habitats. Son contenu est accessible sur la base de données de GéoBretagne (<https://cms.geobretagne.fr/>) et sur le site internet du GMB (<https://gmb.bzh>).

Ainsi, la cartographie dressée page suivante permet d'apprécier la localisation des secteurs à risques pour les chiroptères à l'échelle de l'AEE et du parc de Radenac vis-à-vis de l'implantation ou l'exploitation de parcs éoliens terrestres selon le GMB.

D'après ces cartographies, le parc éolien s'inscrit au sein d'un secteur à risques pour les chiroptères. Les éoliennes se situent dans une zone concernée par l'évaluation d'un niveau de risque qualifié de moyen et se trouvent à proximité d'un boisement évalué en risque fort.





Carte 17 - Evaluation des risques pour les chiroptères en Bretagne liés à l'implantation d'éoliennes au sein de l'AEE

## LEGENDE

### Aires d'étude :

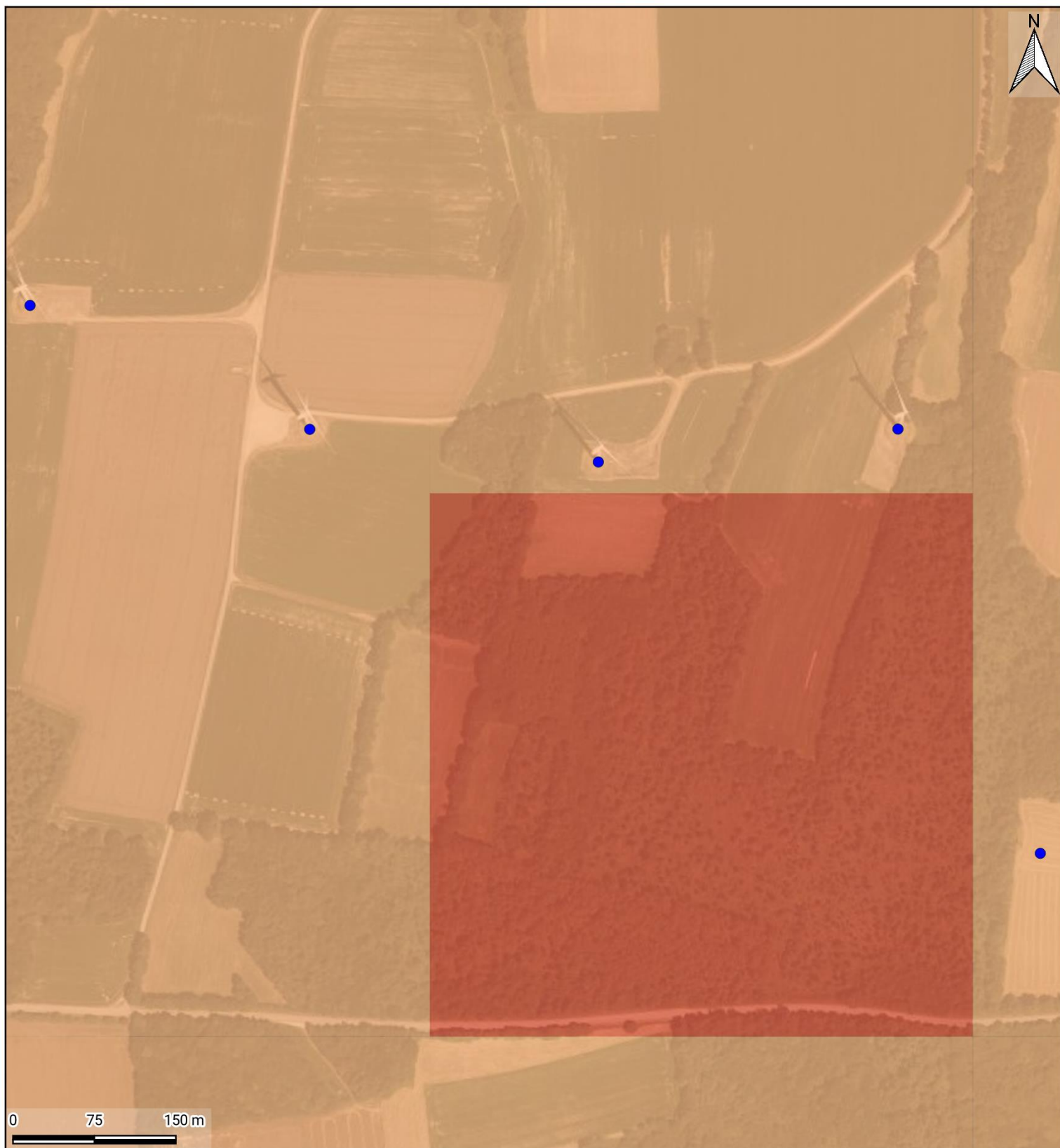
- Eolienne
- Aire d'étude éloignée

### Evaluation des risques cumulés de perte d'habitats et de mortalité :

- Risque faible
- Risque moyen
- Risque fort
- Risque excessif

- Commune avec au moins un site d'intérêt départemental
- Commune avec au moins un site d'intérêt régional
- Commune avec au moins un site d'intérêt national





Carte 18 - Evaluation des risques pour les chiroptères en Bretagne liés à l'implantation d'éoliennes à l'échelle du parc

## LEGENDE

### Aires d'étude :

- Eolienne

### Evaluation des risques cumulés de perte d'habitats et de mortalité :

- Risque moyen
- Risque fort

### 1.2.3. Inventaire des espèces de chiroptères reconnues présentes sur le territoire de la commune du projet

Les bases de données de l'INPN (Inventaire National du Patrimoine Naturel), de Faune Bretagne et du Groupe Mammalogique breton compilent l'ensemble des dernières observations concernant les chiroptères détectés sur le territoire de la commune de Radenac.

Ces informations sont répertoriées dans le tableau suivant. Toutefois, les informations des listes communales ne sont pas exhaustives et évolueront au fur et à mesure des participations à venir. En conséquence, l'absence d'une espèce dans cette liste est peut-être le simple fait d'une prospection lacunaire qu'il convient de ne pas mal interpréter.

Figure 41 - Inventaire des espèces de chiroptères contactées sur la commune du projet (janvier 2024)	
Nom vernaculaire	Dernière année d'observation
Murin de Natterer	2015
Petit Rhinolophe	2020
Pipistrelle commune	2021
Sérotine commune	2009

### 1.3. Inventaire des chiroptères potentiellement présents dans l'aire d'étude immédiate

Cet inventaire a pour objectif d'appréhender les enjeux chiroptérologiques potentiels de l'aire d'étude immédiate.

Cette liste est établie à partir des références bibliographiques considérées dans cette étude, et plus particulièrement des espèces reconnues présentes dans l'AEI. Les espèces référencées dans les zones naturelles d'intérêt remarquable présentes dans l'AEE sont aussi considérées. L'écologie de l'ensemble de ces espèces a ensuite été croisée avec les caractéristiques paysagères et les habitats naturels de l'AEI. Ces résultats ont été complétés par d'autres espèces, estimées potentiellement présentes dans l'AEI de par l'expérience d'ENVOL ENVIRONNEMENT dans la région.

Pour rappel, sont considérées comme patrimoniales les espèces soumises à un statut de conservation défavorable aux échelles régionale, nationale et européenne (à partir du statut « NT » des Listes rouges de l'UICN), ainsi que les espèces d'intérêt communautaire (directive « Habitats-Faune-Flore »).

Ainsi, 13 espèces d'intérêt patrimonial sont jugées potentiellement présentes dans l'aire d'étude immédiate. Ces espèces peuvent utiliser l'aire d'étude pour la chasse et le transit.

La liste des chiroptères patrimoniaux susceptibles d'être observés au sein de l'aire d'étude immédiate est présentée dans le tableau ci-après.



Figure 42 - Chiroptères patrimoniaux potentiellement présents dans l'AEI

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Statuts de protection et de conservation					Niveau de patrimonialité
		Protection nationale	Directive « Habitats »	Listes rouges			
				Europe	France	Région	
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	Art.2	II+IV	VU	LC	NT	Fort
Grand Murin	<i>Myotis myotis</i>	Art.2	II+IV	LC	LC	NT	Modéré
Grand Rhinolophe	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Art.2	II+IV	NT	LC	EN	Fort
Murin à oreilles échancrées	<i>Myotis emarginatus</i>	Art.2	II+IV	LC	LC	NT	Modéré
Murin de Bechstein	<i>Myotis bechsteini</i>	Art.2	II+IV	VU	NT	NT	Fort
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	Art.2	IV	-	LC	NT	Faible
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Art.2	IV	LC	VU	NT	Modéré
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leislerii</i>	Art.2	IV	LC	NT	NT	Modéré
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>	Art.2	IV	NT	LC	LC	Faible
Petit Rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Art.2	II+IV	-	LC	LC	Modéré
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Art.2	IV	-	NT	LC	Faible
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Art.2	IV	LC	NT	NT	Modéré
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Art.2	IV	-	NT	LC	Faible
La correspondance des statuts est explicitée p9							

La correspondance des statuts est explicitée p9

Treize espèces patrimoniales de chiroptères sont potentiellement présentes sur le site d'étude en tenant compte de sa configuration.

Six espèces sont inscrites à l'Annexe II de la Directive « Habitats » : **la Barbastelle d'Europe, le Grand Murin, le Grand Rhinolophe, le Murin à oreilles échancrées, le Murin de Bechstein et le Petit Rhinolophe.**

**Le Murin de Natterer, la Noctule commune, la Noctule de Leisler, l'Oreillard gris, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Nathusius et la Sérotine commune** présentent également un intérêt patrimonial en raison du caractère quasi menacé de leur population en Europe, en France et/ou en région.

Quatre autres espèces, que nous ne considérons pas comme patrimoniales (bien que protégées), sont également susceptibles de fréquenter le site, à l'image du Murin à moustaches, du Murin de Daubenton, de l'Oreillard roux et de la Pipistrelle de Kuhl.

Il ressort de cet inventaire l'occupation potentielle des haies et des lisières boisées par quelques espèces à niveau de patrimonialité forte dont la **Barbastelle d'Europe, le Grand Rhinolophe et le Murin de Bechstein.**

## 2. Protocole d'écoute en continu en nacelle d'éolienne

### 2.1. Objectifs de l'expertise

Des écoutes en continu à hauteur de la nacelle de l'éolienne E5 ont été réalisées entre le 8 mars et le 31 octobre 2023 afin de pouvoir corrélérer les données d'altitude aux résultats des recherches de mortalité et vérifier l'efficacité du bridage préconisé en 2023.

L'objectif de cette expertise a été la qualification et la quantification de l'activité chiroptérologique autour du rotor de l'éolienne. Les résultats, analysés par saison, permettront de quantifier plus précisément les risques de mortalité au niveau du parc éolien.

### 2.2. Protocole d'expertise

Un rappel de la biologie des chiroptères et des précisions sur la méthodologie de traitement des données chiroptérologiques sont présentés en annexe 1 et 2.

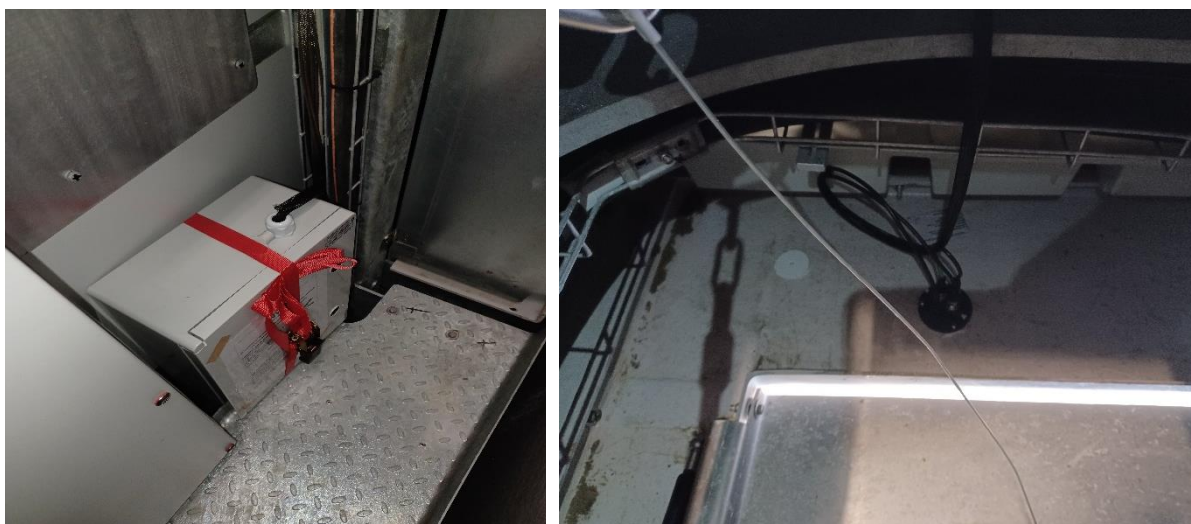
#### 2.2.1. Dispositif d'écoute

Le Batlogger WE X1 de chez Elekon a été spécialement développé pour monitorer l'activité chiroptérologique au sein des éoliennes.

Il permet d'enregistrer sur une longue durée et est accessible à distance par une connexion satellite en 4G. Grâce à sa fiabilité et sa connexion à distance, il ne nécessite aucune maintenance. Un abonnement annuel à Batlogger connect est néanmoins obligatoire et permet de surveiller l'enregistreur, de tester le microphone 24h/24h, de modifier des paramètres (sensibilités du microphone, plages horaires...) et de visualiser et sauvegarder les sons.

Le microphone est installé à travers la nacelle, à l'arrière de celle-ci pour éviter les parasites dus au mouvement des pales, vers le bas du rotor comme le préconise le guide de suivi des parcs éoliens terrestres.

Le microphone du Batlogger présente une sensibilité de 10 à 150 khertz (full spectrum) et enregistre en temps réel d'une heure avant le coucher de soleil à une heure après le lever. Son horodatage est automatique grâce à sa localisation GPS. Envol Environnement atteste de la conformité et du bon fonctionnement des microphones installés sur le parc éolien de Radenac sur l'ensemble de la période d'écoutes.



Le Batlogger installé dans la nacelle de l'éolienne E5 (à gauche) et le microphone (à droite).  
Source : Y. COZIAN – ENGIE GREEN (photographies prises sur site).

### 2.2.2. Eoliennes équipées

Conformément à la demande de ENGIE GREEN, l'éolienne E5 du parc éolien de Radenac a été équipée par un Batlogger WEX1 en 2023. La cartographie suivante localise le batlogger installé au sein du parc éolien de Radenac.

### 2.2.3. Durée d'échantillonnage

A partir du 8 mars 2023, un détecteur Batlogger WEX1 a commencé à enregistrer l'activité chiroptérologique au niveau de la nacelle de l'éolienne E5 du parc éolien de Radenac. L'appareil a étudié la fréquentation du secteur par les chauves-souris jusqu'au 31 octobre 2023. La durée d'écoute totale a été de 235 nuits, équivalent à 2899,2 heures d'enregistrement.

Figure 43 - Calendrier des durées d'échantillonnage sur E5 selon les phases étudiées			
Périodes	Saisons	Nombre de nuits d'écoute	Temps d'écoute total (en heures)
Du 8 mars au 31 mai 2023	Transits printaniers	84	1038,93
Du 01 juin au 14 août 2023	Mise-bas	74	782,30
Du 15 août au 31 octobre 2023	Transits automnaux	77	1077,97
		<b>235</b>	<b>2899,2</b>





Carte 19 - Localisation de l'éolienne équipée d'un Batlogger

## LEGENDE

### Parc éolien suivi :

- Localisation éolienne
- Eolienne équipée de Batlogger

### 3. Résultats des écoutes en continu en nacelle

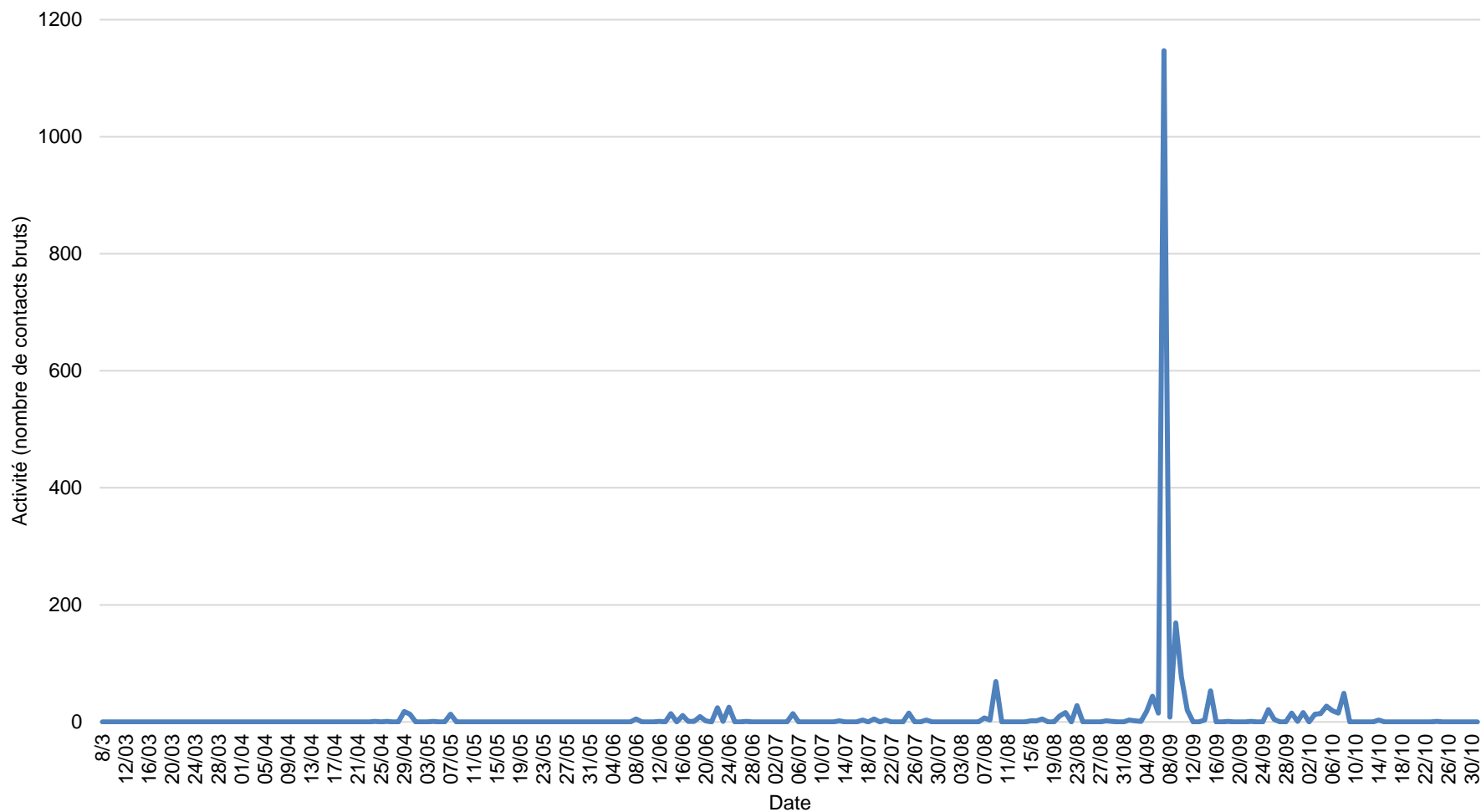
#### 3.1. Inventaire complet des espèces contactées au niveau de la nacelle

Un rappel de la biologie des chiroptères et de la méthodologie de traitement des signaux se situe en annexe 1 et en annexe 2.

L'activité corrigée (contacts/h corrigés) mentionnée dans le tableau suivant correspond au nombre de contacts rapporté au nombre d'heures d'écoute par saison, corrigé par les coefficients de détections propres à chaque espèce. Le détail des coefficients de détectabilité est disponible en page suivante.

Figure 44 - Inventaire complet des espèces enregistrées par le BATLOGGER au niveau de l'éolienne E5										
Espèces	Période échantillonnée						Listes rouges			Directive Habitats
	Transits printaniers		Mise-bas		Transits automnaux		Bretagne	France	Europe	
	Micro nacelle		Micro nacelle		Micro nacelle					
	Contacts	Contacts/h corrigés	Contacts	Contacts/h corrigés	Contacts	Contacts/h corrigés				
Noctule commune			1	0,0003	15	0,003	NT	VU	LC	IV
Noctule de Leisler	9	0,003	39	0,015	53	0,015	NT	NT	LC	IV
Noctule sp.	2	0,0005	64	0,020	71	0,016	-	-	-	-
Pipistrelle commune	14	0,013	72	0,092	920	0,853	LC	NT	-	IV
Pipistrelle de Kuhl	4	0,004			520	0,482	LC	LC	LC	IV
Pipistrelle de Nathusius	18	0,017	14	0,018	215	0,199	NT	NT	LC	IV
Sérotine commune					26	0,015	LC	NT	-	IV
Noctule sp./Sérotine sp.			29	0,014	6	0,002	-	-	-	-
Total	47	0,038	219	0,16	1826	1,587				
Nombre d'espèces	4		4		6					

Figure 45 - Représentation graphique des variations journalières de l'activité totale des chiroptères (en nombre de contacts bruts)





Intensité d'émission	Espèces	Distance détection (m)	Coefficient de détectabilité
Moyenne	Pipistrelle commune	25	1,00
	Pipistrelle de Kuhl	25	1,00
	Pipistrelle de Nathusius	25	1,00
Forte	Sérotine commune	40	0,63
Très forte	Noctule de Leisler	80	0,31
	Noctule commune	100	0,25

Six espèces déterminées de chiroptères ont été inventoriées durant ce protocole d'écoute. Toutes sont protégées en France et toutes sont patrimoniales, excepté la Pipistrelle de Kuhl, en raison de leurs statuts de conservation défavorables en France ou en région.

Figure 47 - Proportions des contacts localisés à plus de 25 m de hauteur par espèce (Haquart et al. 2014)

Trois des six espèces détectées via les écoutes en continu (Noctule commune, Noctule de Leisler et Pipistrelle de Nathusius) sont des espèces migratrices capables de transiter à haute altitude. Elles forment avec la Pipistrelle commune les espèces les plus impactées par les éoliennes en Europe (Synthèse des cas de mortalité de chiroptères en France (T.Dürr, août 2023) - Figure 57 - page 90).

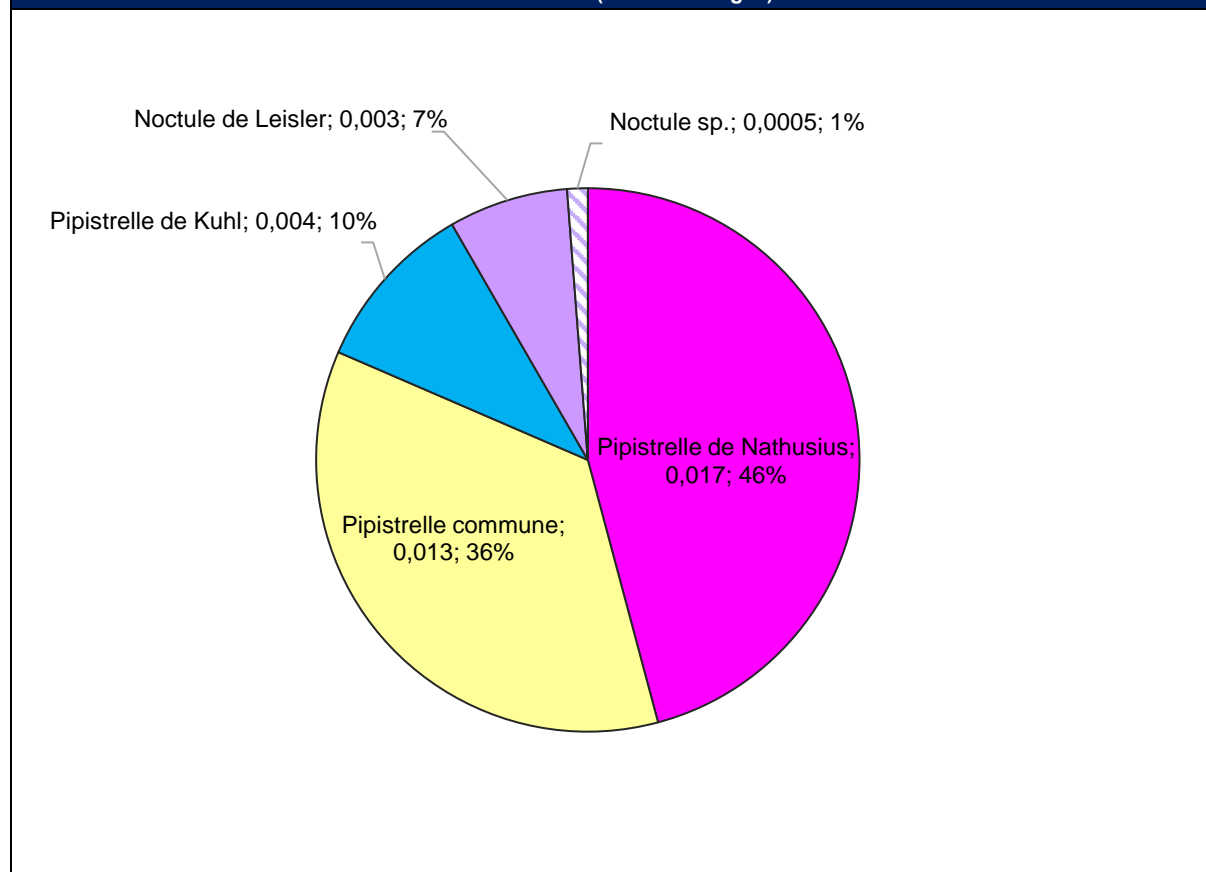
Globalement, l'activité enregistrée à hauteur de nacelle **a été faible**, s'échelonnant de moins de 0,001 à 0,853 contact par heure corrigé en fonction de l'espèce.

Le premier contact a été enregistré le **24 avril** et le dernier le **25 octobre 2023** (pour une mise en fonctionnement des enregistrements le 8 mars et un arrêt le 31 octobre 2023).

## 3.2. Étude de l'activité en période des transits printaniers

### 3.2.1. Répartition quantitative des espèces contactées en période des transits printaniers

Figure 48 - Répartition quantitative des chiroptères détectés lors des transits printaniers au niveau de la nacelle de l'éolienne (activité corrigée)



L'activité lors des transits printaniers est globalement faible avec au total 47 contacts enregistrés sur l'ensemble de la période, soit 0,04 contact par heure corrigé. L'activité de la Pipistrelle de Nathusius (0,017 c/h corrigé) est dominante, suivie de près par la Pipistrelle commune (0,013 c/h corrigé). La Pipistrelle de Kuhl (0,004 c/h corrigé) et la Noctule de Leisler (0,003 c/h corrigé) ont également été contactées lors de la période printanière.

### 3.2.2. Etude de l'activité chiroptérologique journalière en phase des transits printaniers

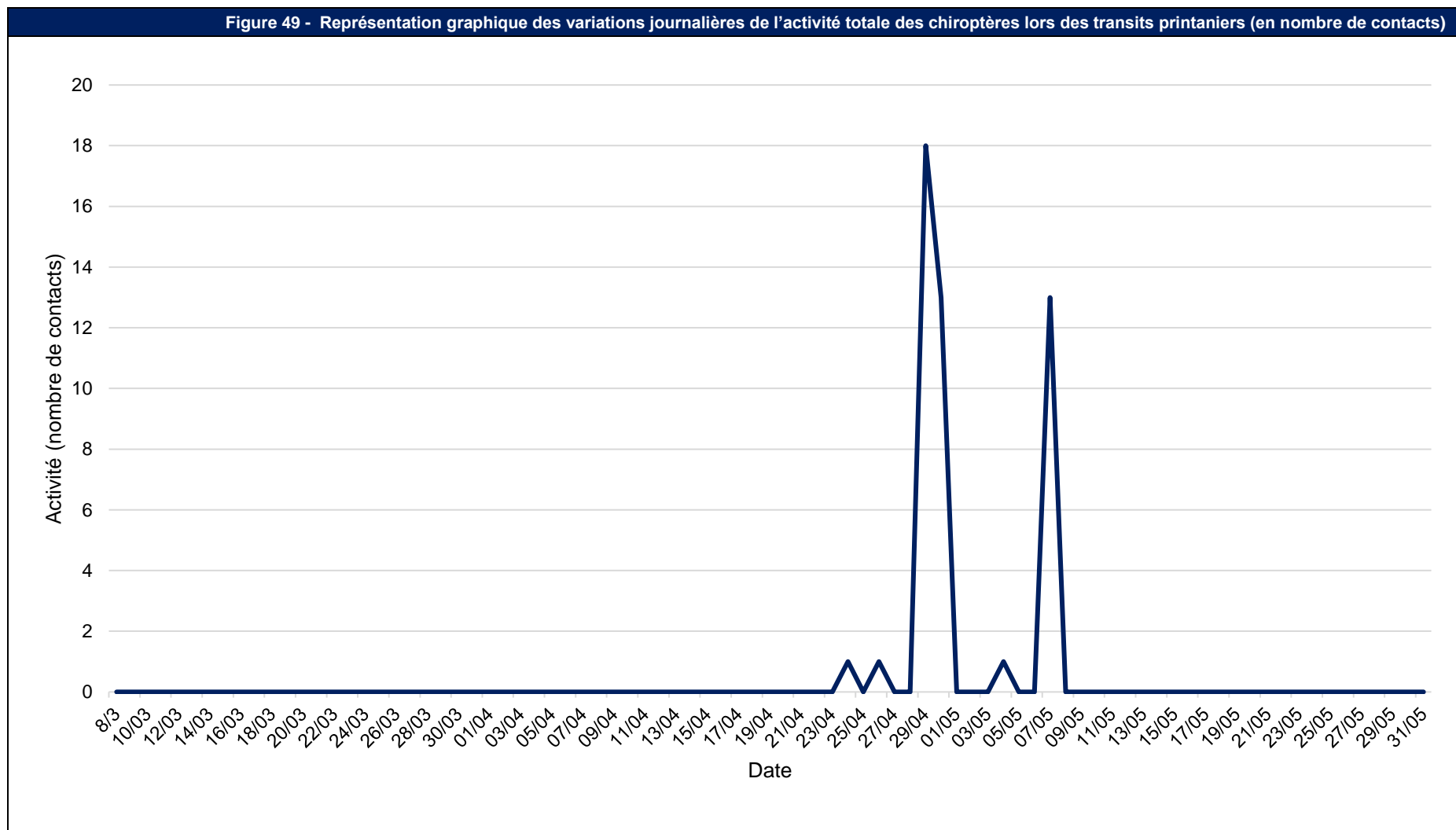
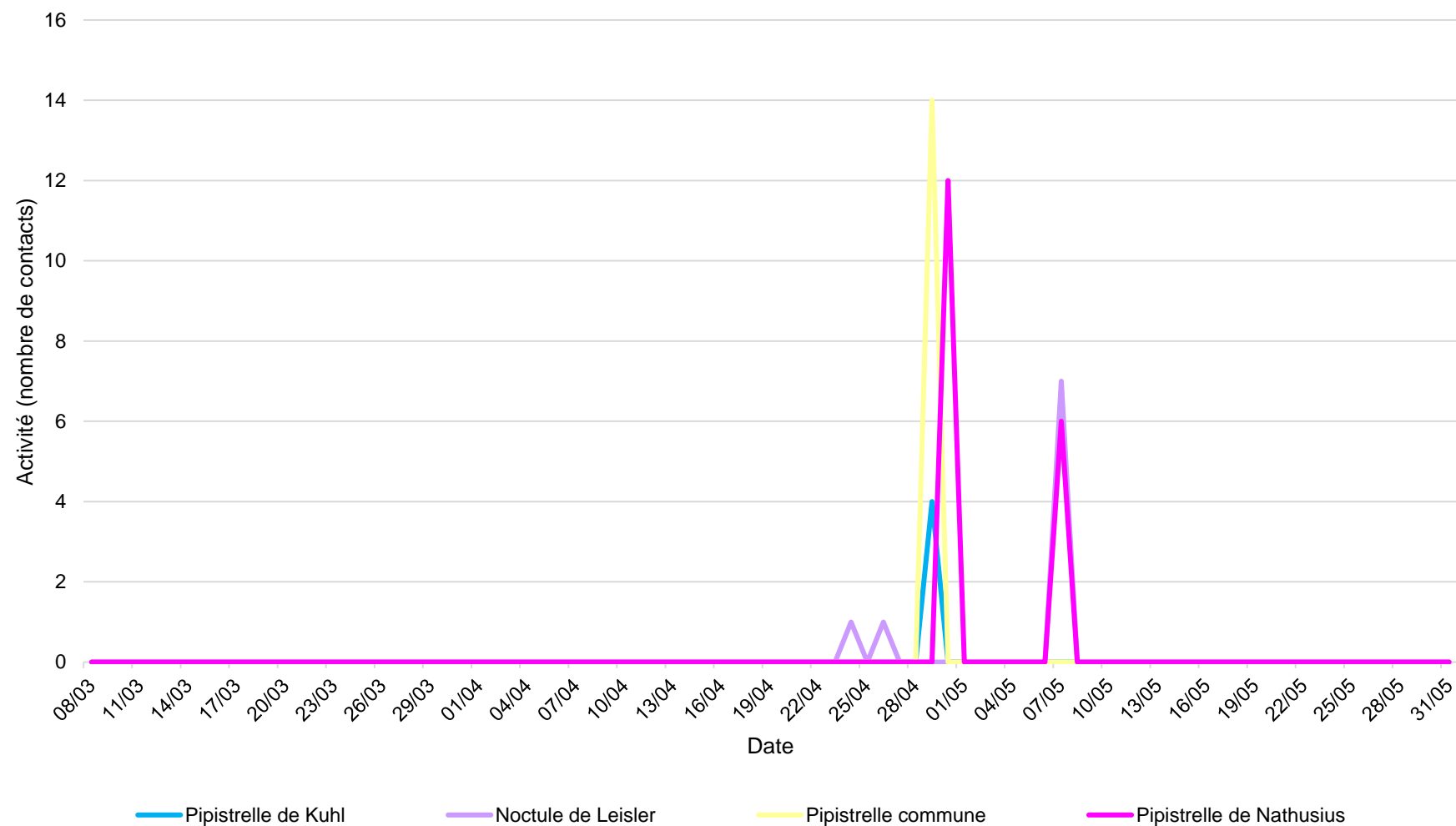




Figure 50 - Représentation graphique des variations journalières de l'activité des espèces présentes lors des transits printaniers (en nombre de contacts)



En période des transits printaniers, l'activité chiroptérologique est jugée globalement faible. Quatre espèces identifiées de manière certaine ont été détectées : la Pipistrelle de Nathusius, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl et la Noctule de Leisler.

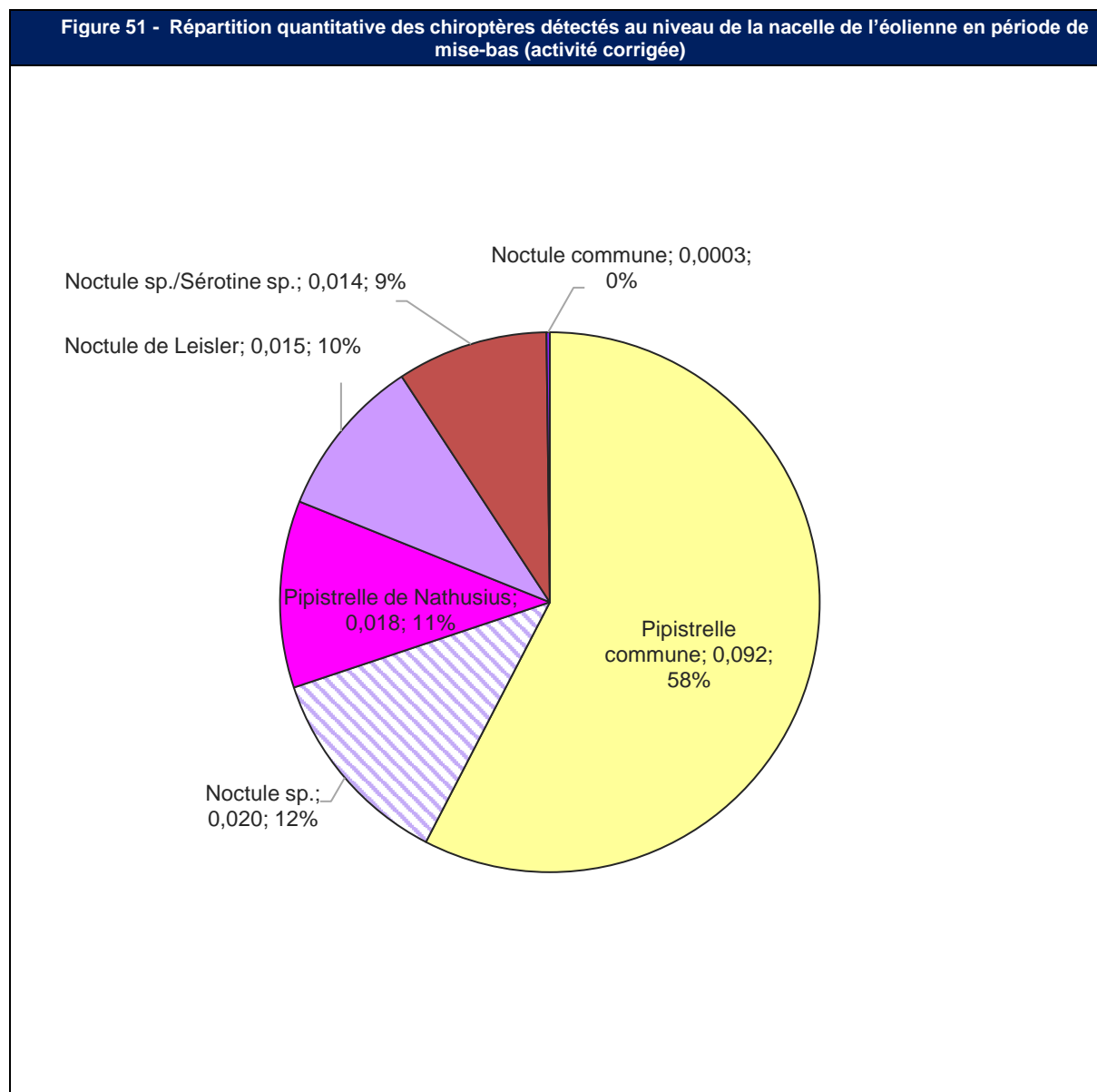
Au cours de cette phase, l'activité se concentre entre le 24 avril et le 7 mai 2023, aucun contact n'a été enregistré en dehors de cette période. Les nuits du 29, du 30 avril et du 7 mai 2023 présentent l'activité la plus importante avec respectivement 18, 13 et 13 contacts. Au cours de la nuit du 29 avril 2023, la Pipistrelle commune a été contactée 14 fois et la Pipistrelle de Kuhl a été contactée 4 fois. La Pipistrelle de Nathusius a été contactée lors de deux nuits : le 30 avril avec 12 contacts et le 7 mai avec six contacts. La Noctule de Leisler a été détectée lors de trois nuits : les nuits du 24 et 26 avril 2023 avec un contact et la nuit du 7 mai 2023 avec sept contacts.

Parmi les espèces détectées, la **Noctule de Leisler** et la **Pipistrelle de Nathusius** sont migratrices. Leur présence ponctuelle malgré des conditions météo favorables démontre donc que le secteur sert principalement de lieu de transit ponctuel au printemps. La **Pipistrelle commune** et la **Pipistrelle de Kuhl** ont été contactées qu'une seule nuit durant la période des transits printaniers, leur activité est faible (respectivement 0,013 et 0,004 c/h corrigé). Il est probable que ces dernières utilisent ce secteur comme zone de transit, dans le but de rejoindre des secteurs plus propices. Le risque de collision et de barotraumatisme porté à l'encontre de ces espèces est jugé faible au printemps et très faible avant la fin du mois d'avril.

L'activité chiroptérologique globale est faible en phase des transits printaniers. Le pic d'activité de la Pipistrelle commune et de la Pipistrelle de Kuhl le 29 avril 2023 est à considérer. Entre le 24 avril et le 7 mai 2023, le site d'étude est fréquenté ponctuellement par des espèces migratrices de haut vol, dont la Pipistrelle de Nathusius et la Noctule de Leisler. L'analyse des périodes suivantes permettra de comprendre l'utilisation du site par ces espèces.

### 3.3. Étude de l'activité en période de mise-bas

#### 3.3.1. Répartition quantitative des espèces contactées en période de mise-bas



L'activité lors de la période de mise-bas est plus importante que celle enregistrée au cours de la période des transits printaniers (219 contacts bruts ont été enregistrés en période de mise-bas contre 47 au printemps).

La Pipistrelle commune domine très largement le cortège présent en été, accompagnée de la Pipistrelle de Nathusius, de la Noctule de Leisler et de la Noctule commune. L'activité de la Noctule non identifiée est non négligeable, elle représente 12% de l'activité chiroptérologique totale en période de mise-bas, soit 0,020 contact par heure corrigé.

### 3.3.2. Etude de l'activité chiroptérologique journalière en phase de mise-bas

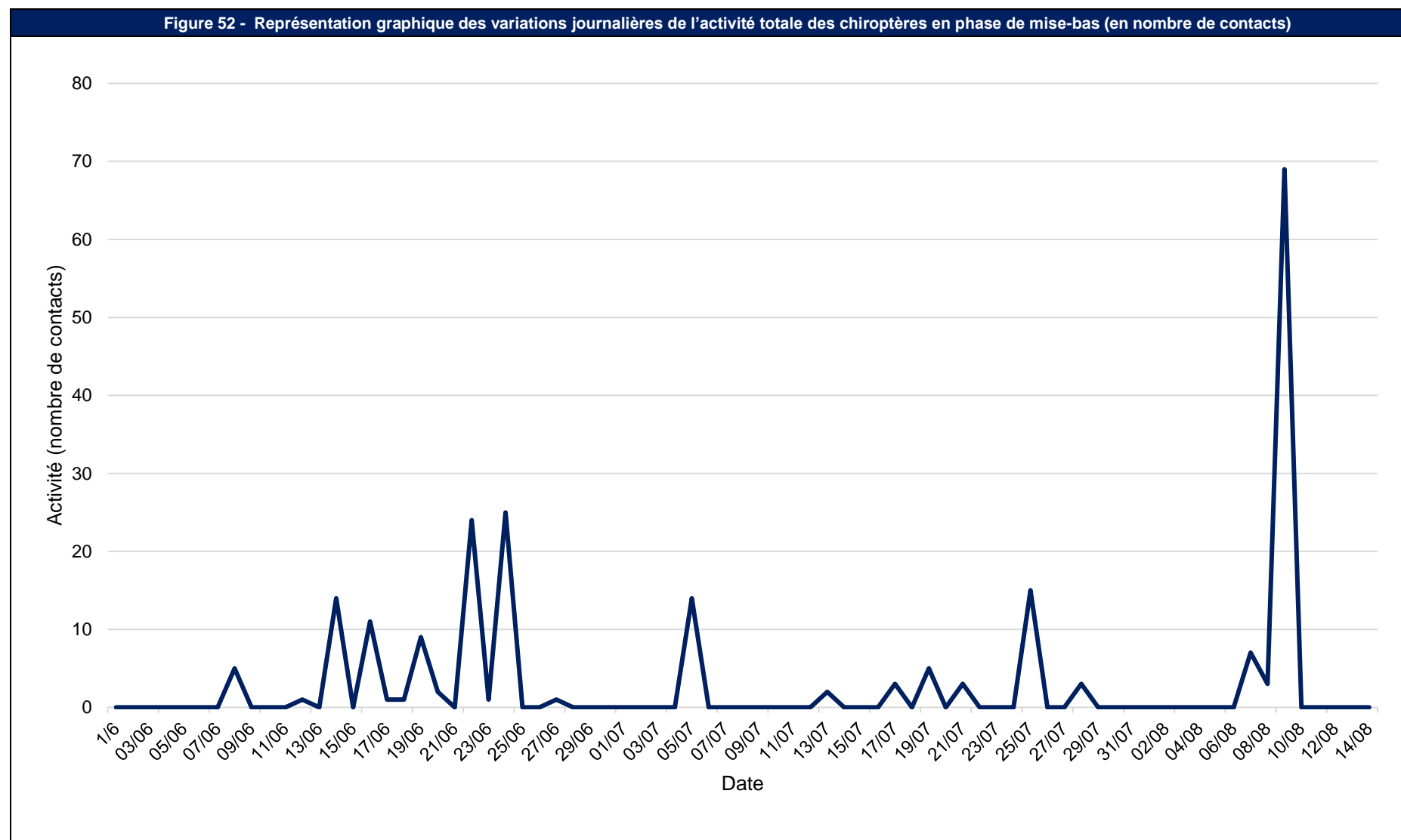
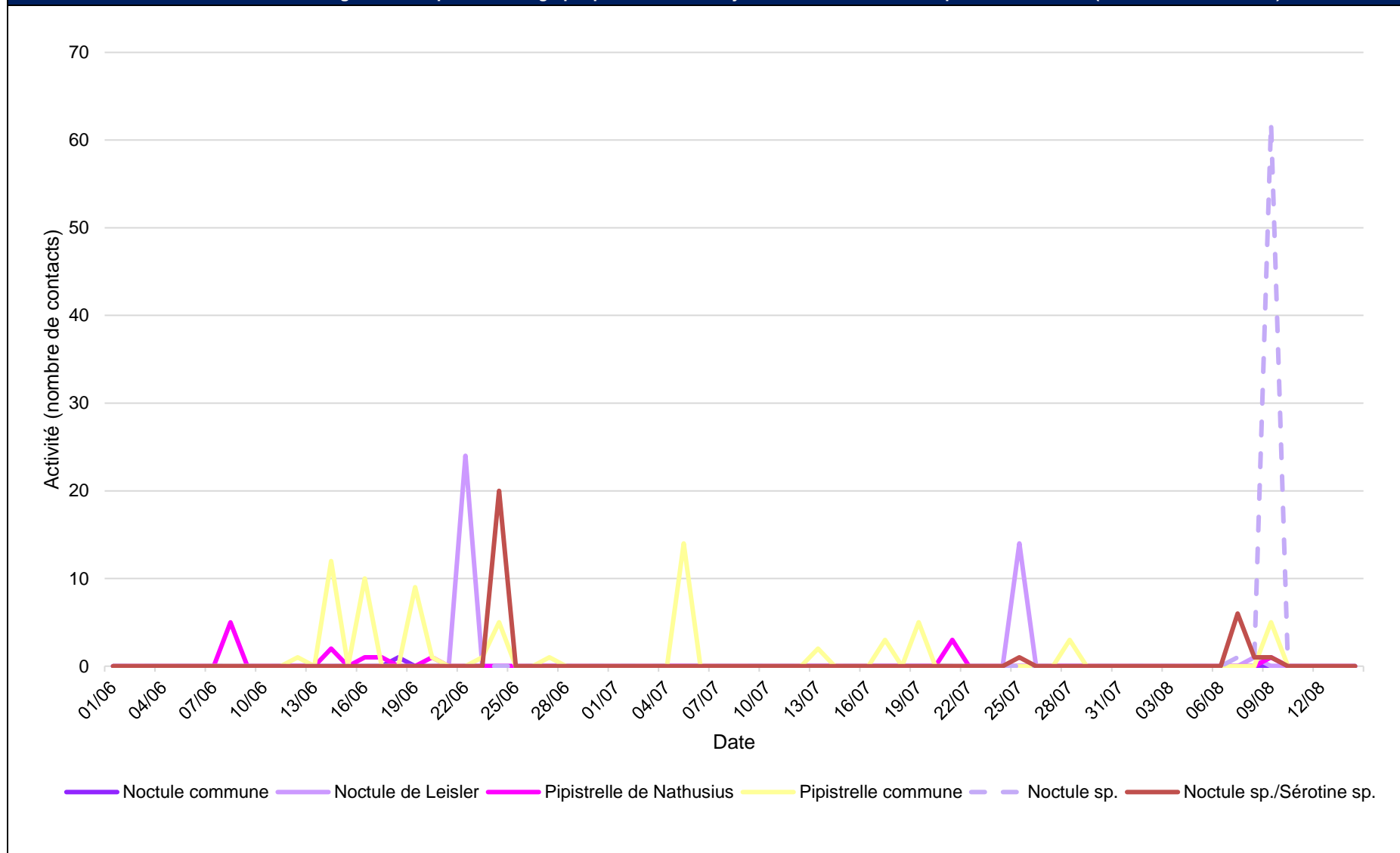




Figure 53 - Représentation graphique des variations journalières de l'activité en phase de mise-bas (en nombre de contacts)



L'analyse démontre que l'activité chiroptérologique est hétérogène au cours de la période de mise-bas. Entre le 8 juin et le 25 juin 2023 l'activité semble importante sur le site puis un pic d'activité est observé le 5 juillet 2023. L'activité reprend à partir du 13 juillet jusqu'au 14 août 2023. La nuit du 9 août 2023 présente une activité notable avec 69 contacts enregistrés.

Trois espèces de haut vol ont été détectées : la Pipistrelle de Nathusius, la Noctule de Leisler et la Noctule commune. La Pipistrelle de Nathusius est détectée à partir du 8 juin jusqu'au 9 août 2023, son activité maximale a été enregistrée au cours de la nuit du 8 juin 2023 (5 contacts bruts). La Noctule de Leisler a été détectée au cours de trois nuits, avec une activité maximale comptabilisant 24 contacts le 22 juin 2023. Quant à la Noctule commune, elle n'a été contactée qu'une seule fois lors de la nuit du 18 juin 2023. Il est à noter que 62 contacts bruts de Noctule non identifiée ont été enregistrés la nuit du 9 août 2023 durant 23 minutes (entre 22h22 et 22h45). La Pipistrelle commune est l'espèce la plus répandue, elle a été contactée à partir de la nuit du 12 juin 2023, son activité a été maximale au cours de la nuit du 15 juillet (14 contacts enregistrés).

Au vu de l'activité très ponctuelle de la **Noctule de Leisler** au cours de la période de mise-bas, l'espèce ne semble pas utiliser le secteur d'étude pour le nourrissage des jeunes. Il est probable que ces contacts relatent le comportement d'un individu seul (mâle) en dispersion ou en chasse à proximité des lisières et des canopées environnantes. Il semble que la Noctule non identifiée enregistrée pendant 23 minutes le 9 août 2023 soit un individu en chasse dans le secteur d'étude. **Le risque de collision/barotraumatisme de la Noctule de Leisler en été est faible à modéré.**

La **Noctule commune** a été contactée qu'une seule fois au cours de la période estivale, **le risque de collision/barotraumatisme en été est donc faible.**

La **Pipistrelle de Nathusius** a été détectée ponctuellement en début et en fin de phase de mise-bas. Au vu du faible nombre de contacts lorsqu'elle est détectée, elle est probablement de passage sur le secteur d'étude et ne semble pas chasser à proximité. **Le risque de collision/barotraumatisme de la Pipistrelle de Nathusius en été est faible à modéré.**

La **Pipistrelle commune** représente l'essentiel des contacts enregistrés en été, elle a été contactée ponctuellement (détectée lors de 14 nuits sur 74) avec une activité jugée faible (0,092 c/h corrigé). **Le risque de collision porté à l'encontre de cette espèce est jugé modéré en été.**



La Noctule de Leisler est présente au cours de la période estivale – B. SAVINA

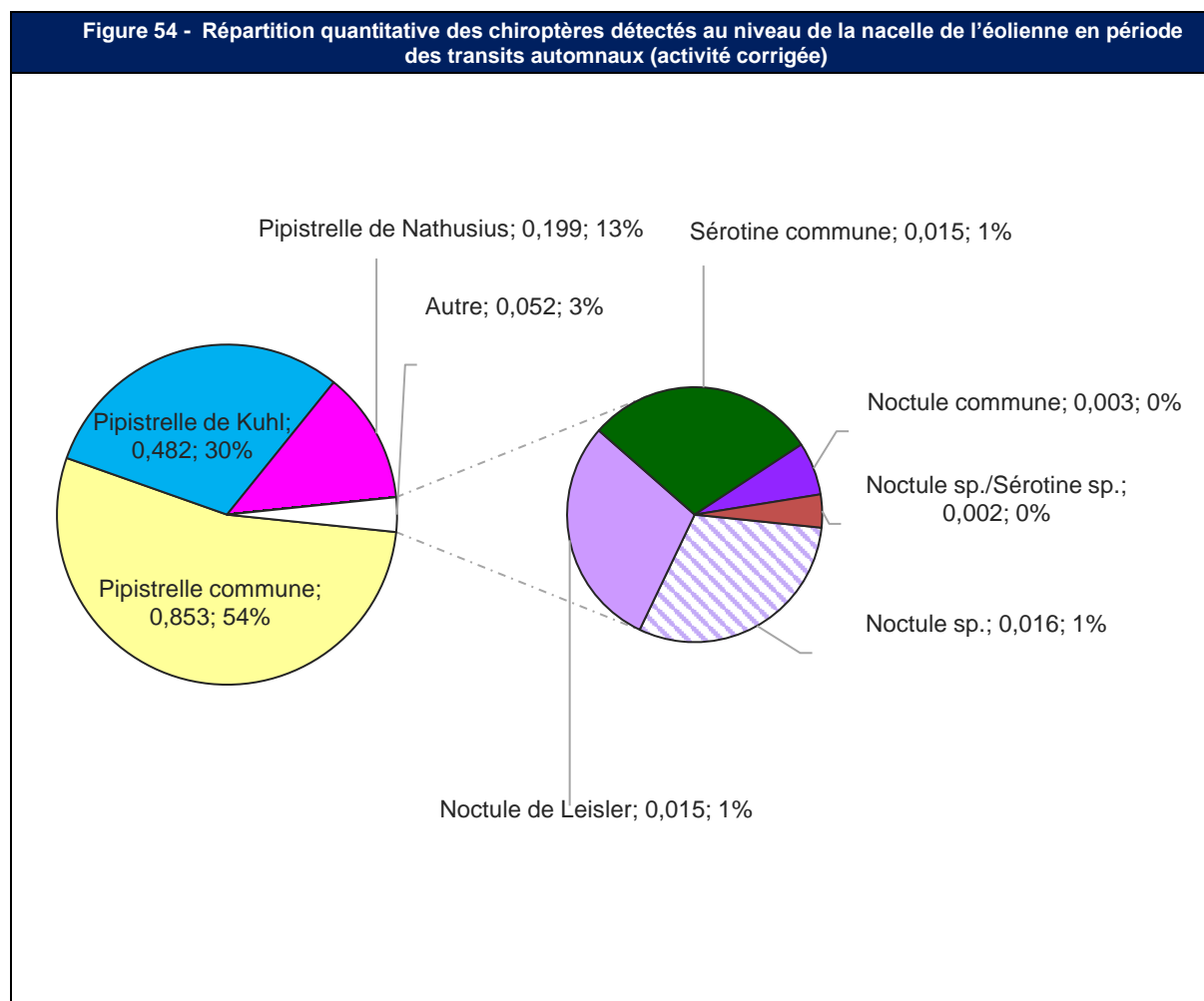


La Pipistrelle commune est l'espèce la plus fréquemment contactée sur le site – B. SAVINA

En définitive, en été, la fréquentation du secteur est dominée par la Pipistrelle commune. Le risque de mortalité vis-à-vis de cette espèce est jugé modéré. La Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Nathusius sont également ponctuellement contactées au cours de cette période, c'est pourquoi un risque de collision faible à modéré leur est attribué. Il est important de considérer l'activité élevée de la Noctule non identifiée la nuit du 9 août 2023.

### 3.4. Étude de l'activité en période des transits automnaux

#### 3.4.1. Répartition quantitative des espèces contactées en période des transits automnaux



La diversité spécifique et l'activité enregistrée lors de la période des transits automnaux sont plus importantes qu'au printemps et en été. En effet, l'activité totale enregistrée en automne est de 1,587 contacts par heure corrigés contre 0,038 contact par heure corrigé au printemps et 0,16 contact par heure corrigé en été. En automne, la Sérotine commune a été contactée alors qu'elle était absente lors des saisons précédentes.

La Pipistrelle commune domine largement l'activité chiroptérologique enregistrée avec une activité de 0,853 contact par heure corrigé sur l'ensemble de la période, suivie de près par la Pipistrelle de Kuhl (0,482 c/h corrigé) et par la Pipistrelle de Nathusius (0,199 c/h corrigé). La Sérotine commune, la Noctule de Leisler ainsi que la Noctule commune ont également été détectées lors de la période automnale avec une activité globalement faible.



### 3.4.2. Etude de l'activité chiroptérologique journalière en phase des transits automnaux

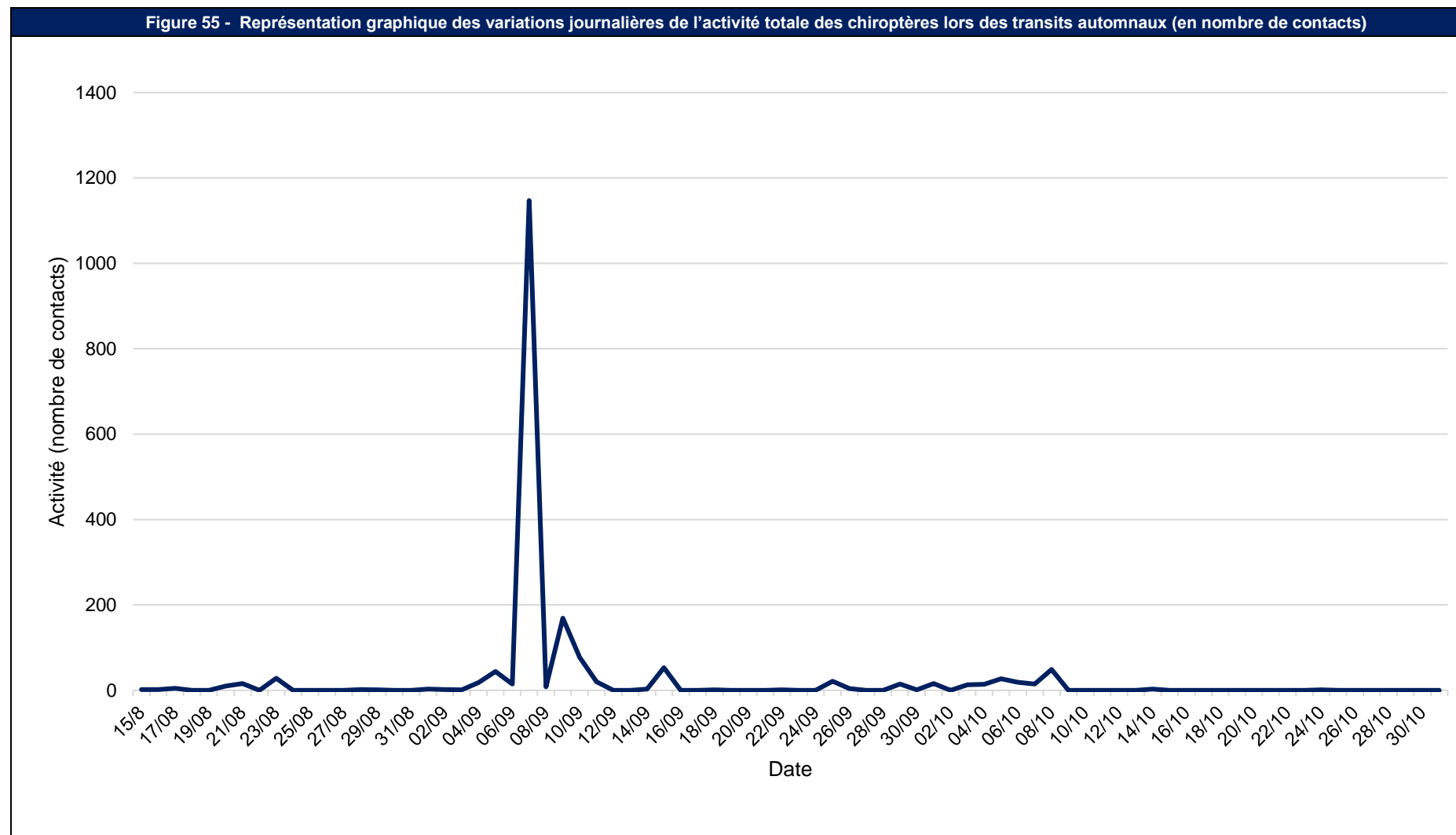
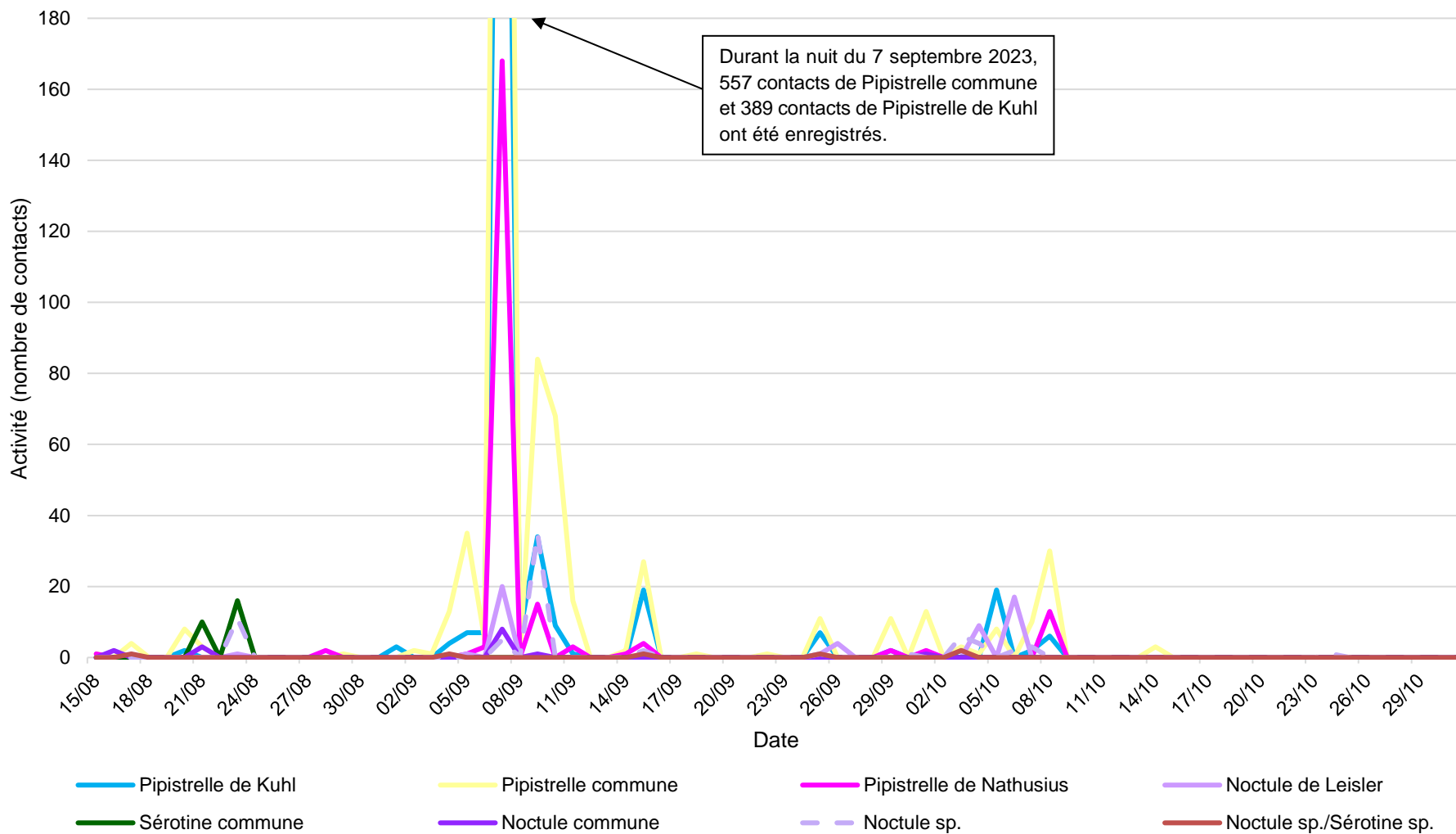


Figure 56 - Représentation graphique des variations journalières de l'activité lors des transits automnaux (en nombre de contacts)



Lors des transits automnaux, l'activité chiroptérologique est la plus importante des trois périodes suivies avec 1 826 contacts bruts enregistrés, soit une activité de 1,587 contacts par heure corrigés. L'activité chiroptérologique est irrégulière au cours de cette période. Un pic d'activité a été enregistré le 7 septembre 2023. La Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle de Nathusius ont exercé une activité soutenue durant cette nuit.

La **Pipistrelle commune** est l'espèce la plus contactée lors de cette période des transits automnaux, elle montre une activité globalement faible (0,853 c/h corrigé) et irrégulière. Cette espèce a exercé une activité jugée très forte la nuit du 7 septembre 2023 (557 contacts). Au cours des nuits du 9 et 10 septembre, cette Pipistrelle a également exercé une activité relativement soutenue avec respectivement 84 et 68 contacts. Après le 3 septembre 2023, une diminution de la vitesse du vent et une augmentation de la température sont observables. A la fin de l'été, les chauves-souris chassent pour constituer des réserves de graisse afin de se préparer à l'hibernation et se rassemblent en grand nombre pour s'accoupler. Ces comportements pourraient expliquer l'activité élevée de la Pipistrelle commune lors de certaines nuits. En considérant les pics d'activité de la Pipistrelle commune durant certaines nuits, **son risque aux effets de collision/barotraumatisme est fort en automne.**

La **Pipistrelle de Kuhl** est la seconde espèce la plus présente lors de la phase des transits automnaux, avec une activité globalement faible (0,482 c/h corrigé). Comme la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl a exercé une activité jugée très forte la nuit du 7 septembre 2023 (389 contacts). Cette espèce a eu une activité importante la nuit du 10 septembre avec 34 contacts enregistrés. Ces pics d'activité importants pourraient également s'expliquer par des comportements de chasse et d'accouplement lors des conditions météo favorables. En considérant les pics d'activité de la Pipistrelle de Kuhl durant certaines nuits, **son risque aux effets de collision/barotraumatisme est jugé modéré à fort en automne.**

La **Pipistrelle de Nathusius** présente une activité irrégulière sur l'aire d'étude. Elle a été contactée à partir de la nuit du 15 août et le 8 octobre pour la dernière fois. Comme pour les espèces décrites précédemment, la Pipistrelle de Nathusius a exercé une activité très forte la nuit du 7 septembre 2023 (168 contacts). Son activité au cours de la période automnale est jugée globalement faible (0,199 c/h corrigé), mais il est important de considérer les nuits où son activité a été importante. C'est pourquoi sa présence s'associe à **un risque fort durant la phase des transits automnaux.**

La **Noctule de Leisler** a été contactée ponctuellement lors de la période automnale, elle présente globalement une activité faible (0,015 c/h corrigé). Elle a été détectée au cours de 7 nuits sur toute la phase des transits automnaux. Cette espèce a exercé une activité modérée au cours de la nuit du 7 septembre et du 6 octobre avec respectivement 20 et 17 contacts enregistrés. La migration de la Noctule de Leisler a lieu principalement entre le 15 août et le 15 septembre. Il arrive que des individus migrent plus tardivement comme ici. **La présence de la Noctule de Leisler s'associe à un risque de mortalité jugé modéré en automne.**

La **Noctule commune** a été détectée lors de 5 nuits avec un nombre de contacts inférieur à 8 par nuit. Son niveau d'activité est jugé faible en phase automnale et donc **son risque aux effets de collision/barotraumatisme est faible durant cette phase.**

Il est à noter que l'activité de la Noctule non identifiée n'est pas négligeable, comptabilisant 35 contacts la nuit du 9 septembre 2023. Cette activité explique le risque de mortalité faible à

modéré de la Noctule de Leisler et le risque de mortalité faible de la Noctule commune alors qu'elle n'a été détectée que lors de 5 nuits durant cette phase.

**La Sérotine commune** a été détectée lors de deux nuits durant desquelles elle a exercé une activité modérée (10 et 16 contacts ont été enregistrés les nuits du 21 et 23 août 2023). Cette espèce n'est pas migratrice sur de longues distances. Il est probable que les individus contactés étaient en dispersions autour de leurs gîtes de mise-bas. Il s'agit d'une espèce évoluant à basse altitude, **le risque de mortalité pour la Sérotine commune est donc faible lors de la saison automnale.**

L'activité chiroptérologique a pris fin le 25 octobre avec la détection d'un contact de Noctule non identifiée.

Les transits automnaux sont surtout marqués par la présence d'un pic d'activité la nuit du 7 septembre 2023, représentant 1 147 contacts enregistrés sur un total de 1 826 contacts enregistrés au cours de l'ensemble de la période automnale. Ce pic d'activité pourrait s'expliquer par les conditions météorologiques particulièrement favorables aux activités de chasse et de transits.

La Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle de Nathusius sont les espèces les plus détectées lors de cette phase. La Noctule de Leisler et la Noctule commune ont également été contactées à plusieurs reprises lors des écoutes en continu. Ces espèces sont connues pour être vulnérables à la collision/barotraumatisme. Au regard des conditions d'activité enregistrées, le risque de collision est jugé fort pour la Pipistrelle commune et modéré à fort pour la Pipistrelle de Kuhl. Le risque de mortalité est modéré pour la Pipistrelle de Nathusius, et la Noctule de Leisler. Un risque faible est défini pour la Noctule commune et la Sérotine commune sur cette période.



### 3.5. Synthèse des sensibilités

En France, parmi les 4 594 cadavres découverts et compilés (*T. Dürr - Août 2023*), les espèces impactées sont réparties comme suit :

**Figure 57 - Synthèse des cas de mortalité de chiroptères en France (T.Dürr, août 2023)**

Espèces	Pourcentage	Espèces	Pourcentage
Pipistrelle commune	42,03%	Noctule indéterminée	0,11%
Chiroptère indéterminé	10,12%	Grand Murin	0,11%
Pipistrelle indéterminée	9,16%	Murin à moustaches	0,09%
Pipistrelle de Nathusius	9,03%	Murin de Natterer	0,07%
Pipistrelle de Kuhl	8,95%	Murin à oreilles échancrées	0,07%
Noctule commune	5,86%	Molosse de Cestoni	0,07%
Noctule de Leisler	5,29%	Murin de Daubenton	0,04%
Pipistrelle pygmée	4,33%	Murin de Bechstein	0,04%
Sérotine commune	1,57%	Oreillard gris	0,04%
Vespère de Savi	1,28%	Petit Murin	0,02%
Pipistrelle commune/pygmée	0,87%	Murin indéterminé	0,02%
Sérotine bicolore	0,24%	Oreillard roux	0,02%
Grande Noctule	0,22%	Oreillard indéterminé	0,02%
Minioptère de Schreibers	0,17%	Grand Rhinolophe	0,02%
Barbastelle d'Europe	0,13%		

En orange, les espèces contactées via les écoutes en continu sur le site d'étude

#### 3.5.1. Niveaux d'activité par nuit

Le bureau d'études Ecosphère a présenté un document proposant de caractériser les niveaux d'activité chiroptérologique en altitude en fonction du nombre de contacts bruts obtenus sur une nuit. Toutes les études compilées pour le référentiel « nacelle » ont concerné des micros installés sur des éoliennes, à plus de 50 mètres d'altitude.

Six classes de valeurs d'activité ont été définies :

- **Activité faible** si inférieure à Q25%, car correspondant aux 75% des résultats du référentiel les plus souvent obtenus ;
- **Activité modérée** si comprise entre Q25% et Q50%, car correspondant aux 50-75% des résultats les plus souvent obtenus ;
- **Activité assez forte** si comprise entre Q50% et Q75%, car correspondant aux 25-50% des résultats les plus souvent obtenus ;
- **Activité forte** si comprise entre Q75% et Q90%, car correspondant aux 10-25% des résultats les plus souvent obtenus ;
- **Activité très forte** si supérieure à Q90%, car correspondant aux 10% des résultats les plus souvent obtenus.

Figure 58 - Seuils de la méthodologie Altisphère par Ecosphère par espèce				
Seuils exprimés en contacts par nuit				
Espèces	Q25	Q50	Q75	Q90
Pipistrelle commune	1	3	6	13
Pipistrelle de Nathusius	1	1	2	2
Pipistrelle de Kuhl	1	1	2	3
Noctule commune	1	3	6	16
Noctule de Leisler	1	3	6	16
Sérotine commune	1	3	5	8
Sérotule	2	4	12	19
TOUTES ESPECES	2	4	10	24

Seules les espèces présentes ont été retenues, liste entière en annexe 3 page 134.

Figure 59 - Nombre de nuits d'échantillonnage			
Nuits	Nombre de nuits par saison		
	Printemps	Eté	Automne
Echantillonnées	84	74	77
Ayant présenté une activité chiroptérologique	6	22	36

L'analyse a montré qu'au printemps, une activité chiroptérologique s'observait durant 7,1% des nuits, en été durant 29,7% et en automne durant 46,8% des nuits.

Figure 60 - Nombre de nuits d'activité par niveau d'activité et par saison toutes espèces confondues				
Niveaux d'activité	Nombre de nuits d'activité par saison			Total
	Printemps	Eté	Automne	
Faible	3	5	6	14
Modéré		6	7	13
Assez fort		4	3	7
Fort	3	4	12	19
Très fort		3	8	11
<b>Total</b>	6	22	36	-

Au printemps, l'activité (lorsqu'elle a eu lieu) a été faible ou forte. En été, elle a majoritairement été comprise entre faible à forte, tandis qu'en automne, elle a été globalement forte à très forte. L'automne est la saison présentant la plus grande activité chiroptérologique au niveau de l'intensité et du nombre de nuits : 12 nuits présentent une activité forte et 8 nuits une activité très forte. L'ensemble montre donc une activité assez disparate, puis une activité plus soutenue en automne. Les niveaux d'activité spécifiques sont majoritairement qualifiés de faibles à assez forts, les nuits de présence forte à très forte sont concentrées sur la période automnale.

Figure 61 - Nombre de nuits d'activité par niveau d'activité, par espèce et par saison

Saison	Niveau d'activité	Nombre de nuits de présence par espèce								
		Noctule commune	Noctule de Leisler	Noctule sp.	Noctule sp./Sérotine sp.	Pipistrelle commune	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelle de Nathusius	Sérotine commune	Toutes les espèces
Printemps	Faible			2						3
	Modéré		2							
	Assez fort									
	Fort		1							3
	Très fort					1	1	2		
Été	Faible			2	3					5
	Modéré	1	1			5				6
	Assez fort				1	5		4		4
	Fort		1			3				4
	Très fort		1	1	1	1		3		3
Automne	Faible			3	4					6
	Modéré	3	3	3	1	9				7
	Assez fort	1	1	4		5	1	3		3
	Fort	1	1			5	4			12
	Très fort		2	1		9	12	9	2	8

### 3.5.2. Niveaux de sensibilité par espèce et par période

L'analyse des niveaux d'activité saisonniers de chaque espèce croisée avec leurs caractéristiques physiques et leurs comportements connus permet d'estimer le risque de collision et de barotraumatisme global de chaque espèce.

Figure 62 - Sensibilité à la collision estimée par espèce et par saison			
Espèces	Sensibilité à la collision estimée		
	Transits printaniers	Mise-bas	Transits automnaux
Noctule commune	Non évaluée	Faible	Faible
Noctule de Leisler	Faible	Faible à modérée	Modérée
Pipistrelle commune	Faible	Modérée	Forte
Pipistrelle de Nathusius	Faible	Faible à modérée	Forte
Pipistrelle de Kuhl	Faible	Non évaluée	Modéré à forte
Sérotine commune	Non évaluée	Non évaluée	Faible

Sensibilité non évaluée : l'espèce n'a pas été contactée au cours du suivi en nacelle

Globalement, les caractéristiques intrinsèques de certaines espèces font que, lorsqu'elles sont présentes, leur risque de collision et de barotraumatisme est significatif en raison notamment de leur taille supérieure ou de leur aisance à circuler en altitude.

C'est pourquoi la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Nathusius sont marquées par une sensibilité forte en automne, faible à modéré ou modérée en été et faible au printemps.

La Noctule de Leisler présente un risque de collisions/barotraumatisme faible au printemps, faible à modéré en été et modéré en automne.

La Pipistrelle de Kuhl est marquée par une sensibilité modérée à forte en période des transits automnaux.

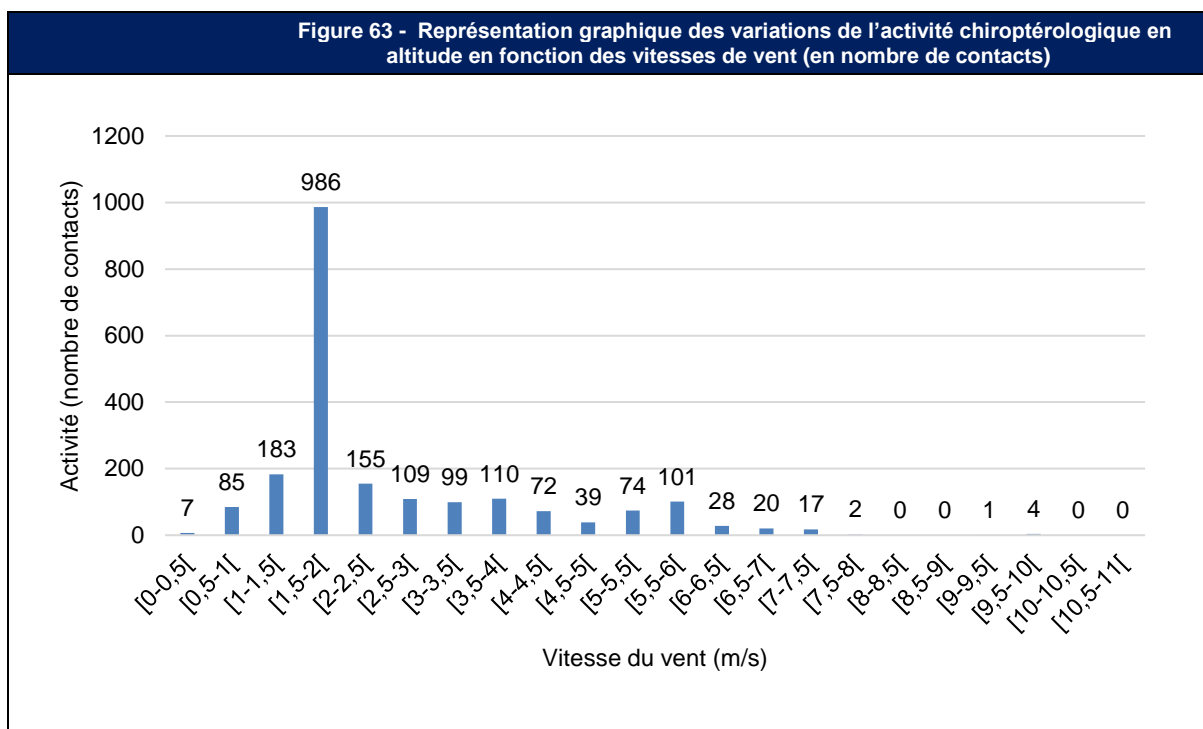
Les autres espèces présentent un risque globalement faible.

Le chapitre suivant permettra de corréler divers facteurs extérieurs avec l'activité des chauves-souris afin d'aboutir à une compréhension plus fine de leur exploitation du secteur.



### 3.6. Corrélation de l'activité enregistrée au niveau de l'éolienne avec les principaux facteurs extérieurs

#### 3.6.1. La vitesse de vent



**Figure 64 - Mise en corrélation de l'activité chiroptérologique avec les vitesses de vent**

Classe de vitesse du vent (en m/s)	Nombre de contacts (année)	Pourcentages	Pourcentages cumulés
$X < 3$	1525	72,90%	72,90%
$3 \leq X < 4$	209	9,99%	82,89%
$4 \leq X < 5$	111	5,31%	88,19%
$5 \leq X < 5,5$	74	3,54%	91,73%
$5,5 \leq X < 6$	101	4,83%	96,56%
$6 \leq X < 6,5$	28	1,34%	97,90%
$6,5 \leq X < 7$	20	0,96%	98,85%
$7 \leq X < 7,5$	17	0,81%	99,67%
$7,5 \leq X < 8$	2	0,10%	99,76%
$X \geq 8$	5	0,24%	100,00%
<b>Total</b>	<b>2092</b>	<b>100,00%</b>	-

Les données montrent que localement, l'activité a eu lieu lors de vitesses de vent comprises entre 0 et 10 m/s. 96,56% de l'activité est recensée pour des vitesses de vent inférieures à 6 m/s.

### 3.6.2. La température

Figure 65 - Représentation graphique des variations de l'activité chiroptérologique en altitude en fonction des températures (en nombre de contacts)

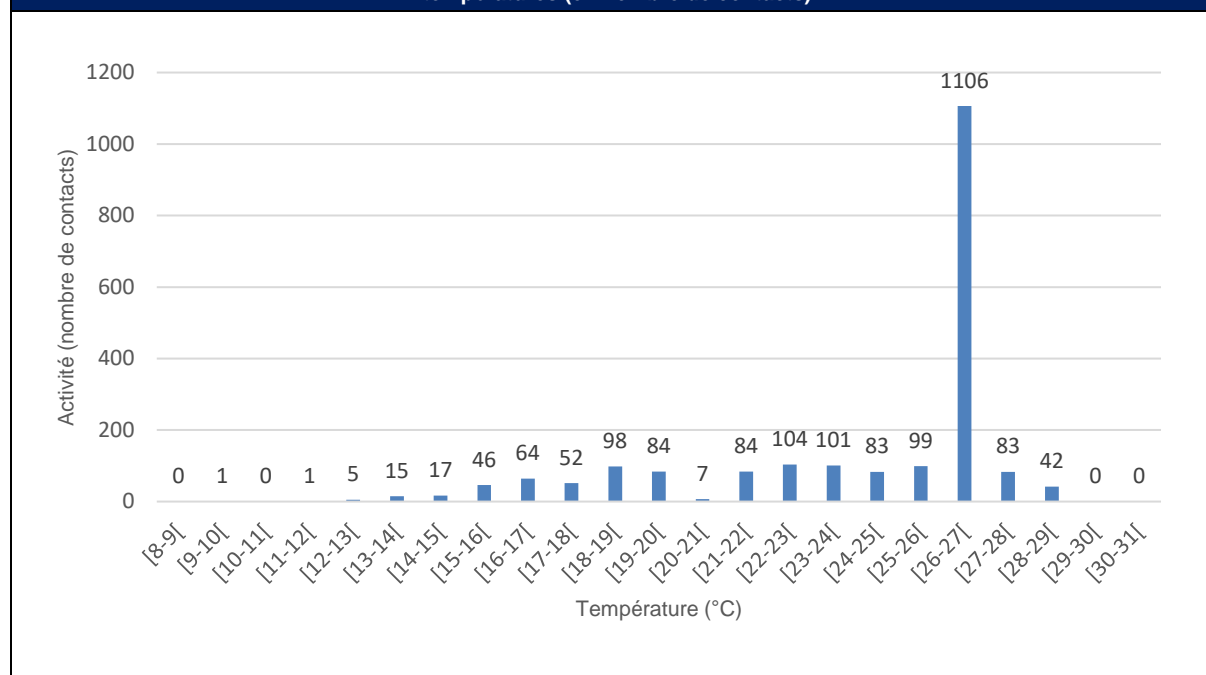


Figure 66 - Mise en corrélation de l'activité chiroptérologique avec les températures

Classe de températures (en °C)	Nombre de contacts	Pourcentages	Pourcentages cumulés
$X < 10$	1	0,05%	0,05%
$10 \leq X < 11$	0	0,00%	0,05%
$11 \leq X < 12$	1	0,05%	0,10%
$12 \leq X < 13$	5	0,24%	0,33%
$13 \leq X < 14$	15	0,72%	1,05%
$14 \leq X < 15$	17	0,81%	1,86%
$15 \leq X < 16$	46	2,20%	4,06%
$16 \leq X < 17$	64	3,06%	7,12%
$17 \leq X < 18$	52	2,49%	9,61%
$18 \leq X < 20$	182	8,70%	18,31%
$20 \leq X < 25$	379	18,12%	36,42%
$X \geq 25$	1330	63,58%	100,00%
Total	2092	100,00%	-

Les données montrent que l'activité s'est répartie pour des températures allant de 9 à 29°C (température mesurée à l'extérieur de la nacelle). Au total, **95,94%** des contacts ont été enregistrés pour des températures supérieures ou égales à 16°C. Les chauves-souris sont plus sensibles au froid qu'à la chaleur. En effet, lorsqu'il fait froid, la disponibilité en nourriture (insectes) est faible et la dépense énergétique nécessaire à la chasse n'est pas compensée de manière suffisante.

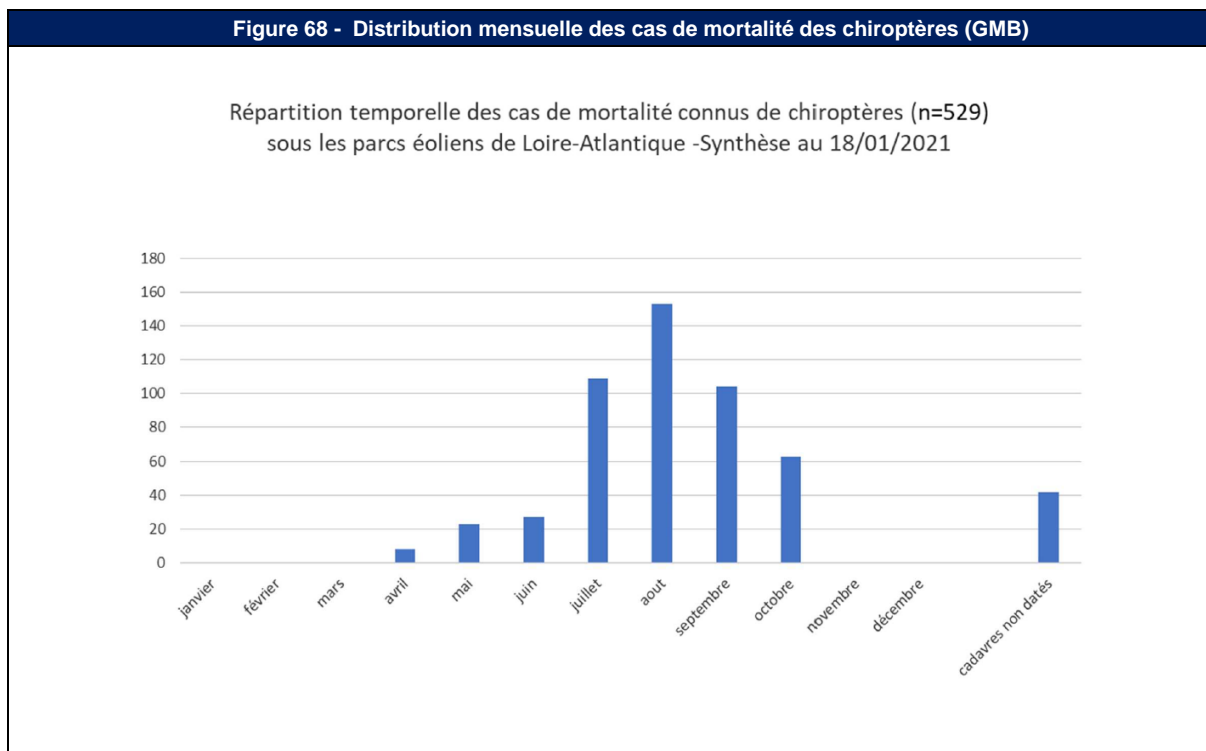
### 3.6.3. Le mois

Figure 67 - Nombre de contacts enregistrés en fonction du mois d'écoute			
Mois de l'année	Nombre de contacts	Pourcentages	Pourcentages cumulés
Avril	33	1,58%	1,58%
Mai	14	0,67%	2,25%
Juin	95	4,54%	6,79%
Juillet	45	2,15%	8,94%
Août	145	6,93%	15,87%
Septembre	1603	76,63%	92,50%
Octobre	157	7,50%	100%
Total	2092	100,00%	-

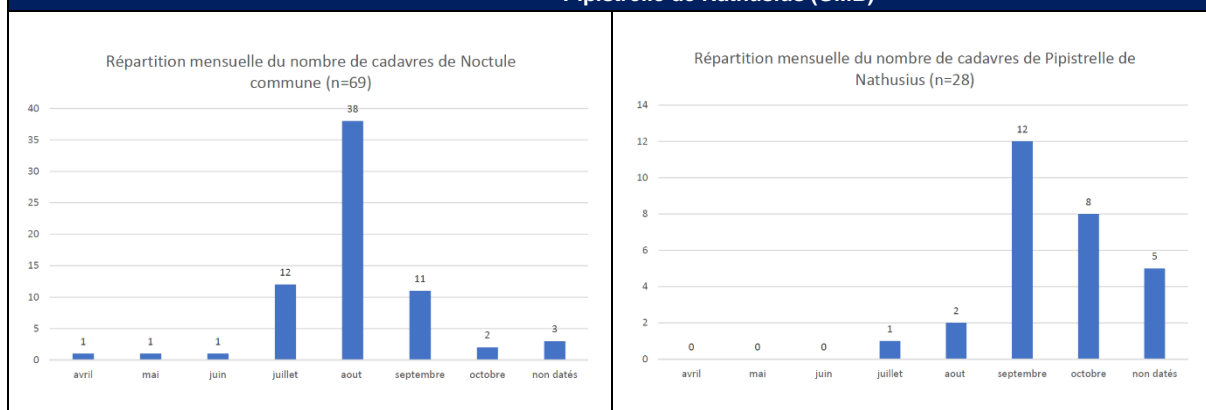
L'activité est hétérogène sur l'ensemble de l'année, variant de 33 à 157 contacts par mois. Il apparaît que les chauves-souris sont surtout présentes entre août et octobre (91,06% des contacts). Le mois qui présente la plus grande activité est le mois de septembre avec 1 603 contacts bruts. Ceci se rapporte à un évènement ponctuel : durant la nuit du 7 septembre 2023, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle de Nathusius ont exercé une activité soutenue (respectivement 557, 389 et 168 contacts). En masquant ces contacts issus d'un évènement rare, l'activité du mois de septembre se situe à 456 contacts, soit une activité toujours supérieure, mais comparable aux mois d'août et d'octobre.

Une étude menée en Loire-Atlantique par le GMB (Groupe Mammalogique Breton) a démontré que les chiroptères étaient surtout victimes des éoliennes entre les mois de juillet et octobre. Les Noctules communes sont davantage retrouvées mortes en août (avec plus de dix cas de mortalité recensés en juillet et en septembre en 2020 selon l'étude du GMB) tandis que la Pipistrelle de Nathusius l'était en septembre et en octobre. Ces conclusions sont obtenues à partir d'un faible échantillonnage, mais permettent d'émettre des hypothèses concernant les périodes à risques pour les chiroptères.

**Figure 68 - Distribution mensuelle des cas de mortalité des chiroptères (GMB)**



**Figure 69 - Distribution mensuelle des cas de mortalité de la Noctule commune et de la Pipistrelle de Nathusius (GMB)**





### 3.6.4. L'heure de la nuit

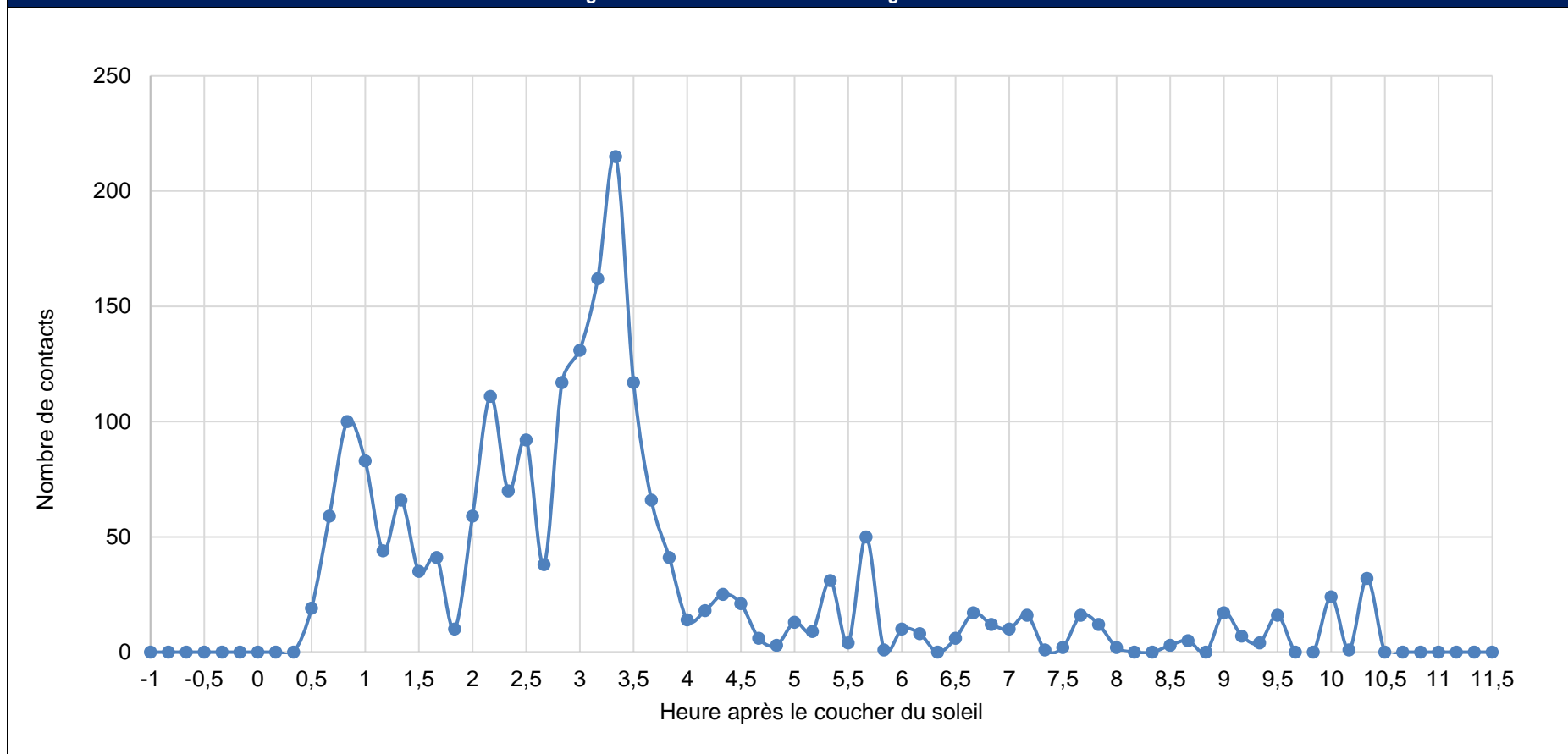
#### Heure après le coucher de soleil

Figure 70 - Nombre de contacts enregistrés en fonction des heures de la nuit		
Heure de passage	Nombre de contacts	Pourcentages cumulés
Du coucher à 1h après le coucher	178	8,51%
Du coucher à 2h après le coucher	457	21,85%
Du coucher à 3h après le coucher	944	45,12%
Du coucher à 4h après le coucher	1676	80,11%
Du coucher à 5h après le coucher	1763	84,27%
Du coucher à 6h après le coucher	1871	89,44%
Du coucher à 7h après le coucher	1924	91,97%
Du coucher à 8h après le coucher	1981	94,69%
Du coucher à 9h après le coucher	1991	95,17%
Du coucher à 10h après le coucher	2035	97,28%
Du coucher à 11h après le coucher	2092	100%
Toute la nuit	2092	100,00%

Il apparait que l'activité a majoritairement eu lieu pendant les 9 heures qui ont suivi le coucher de soleil. Ce paramètre est le plus difficile à appréhender, car il dépend fortement des conditions météorologiques et de la période.

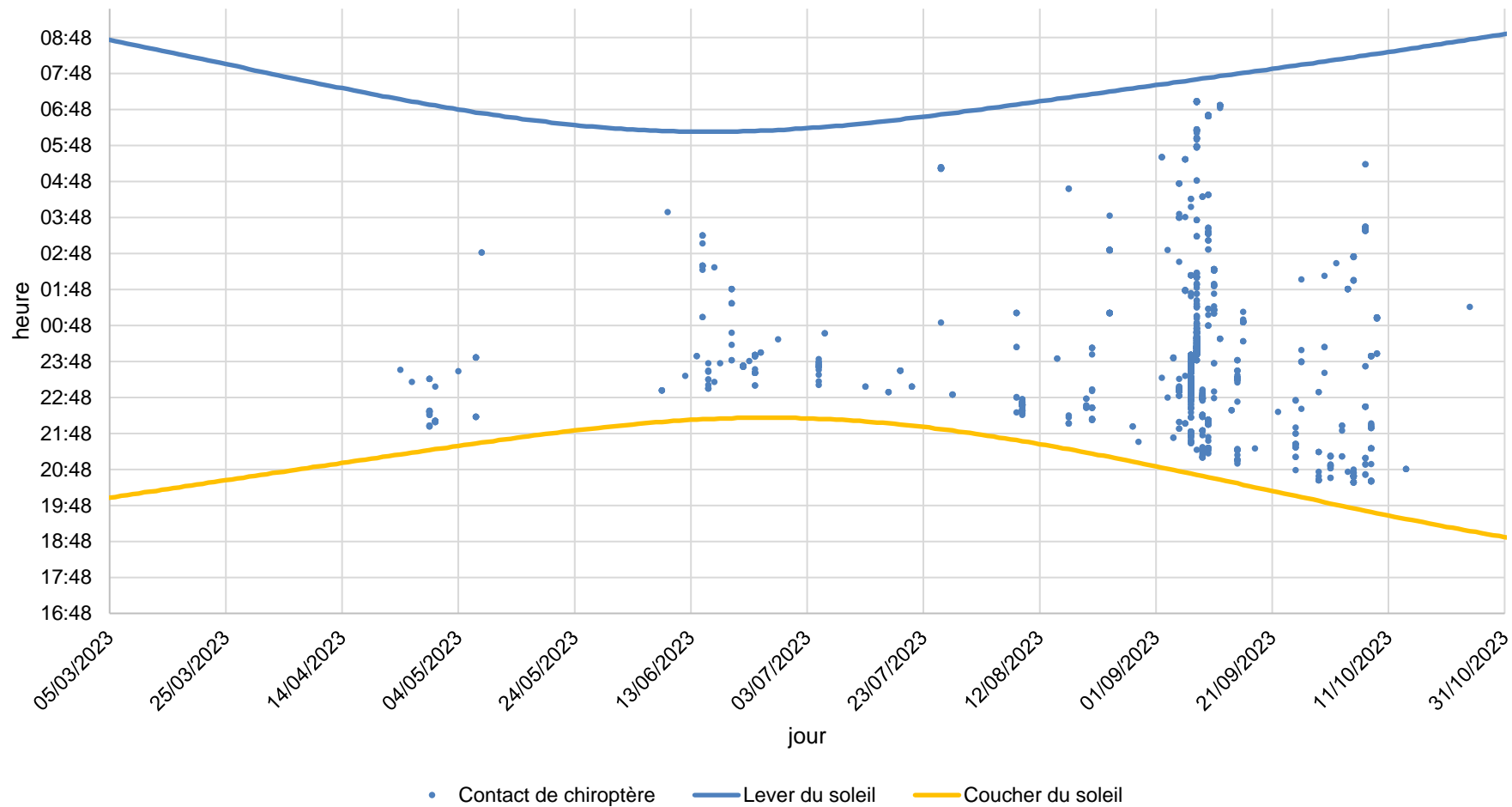
## Pic de sortie

Figure 71 - Nombre de contacts enregistrés en fonction des heures de la nuit



L'activité chiroptérologique moyenne au cours de la nuit est élevée durant les trois premières heures après le coucher du soleil. Plus de 80% de l'activité est enregistrée au cours des 4 premières heures de la nuit. Un pic d'activité est observable entre 3h et 3,5 heures après le coucher du soleil, l'activité décroît ensuite progressivement.

Figure 72 - Cycle circadien d'après les données 2023



## 4. Vérification de l'efficacité du bridage et amélioration

### 4.1. Bridage actif en 2023

Une mesure de bridage de l'éolienne E5 a été mise en place selon les paramètres présentés ci-après :

- Du 1<sup>er</sup> juin au 30 juin et du 15 août au 30 octobre ;
- 30 min avant le coucher du soleil et 30 min après le lever du soleil ;
- Par des vents inférieurs à 5,5 mètres par seconde ;
- Par des températures supérieures à 10 °C.

Un bridage acoustique de l'éolienne E4 a été instauré avec les paramètres suivants :

- Du 15 août au 30 octobre de 19h à 8h ;
- Par des vents inférieurs à 5 mètres par seconde.

Le bridage a été instauré à partir du 1<sup>er</sup> mars 2023.

### 4.2. Nombre de contacts protégés par le bridage 2023

Figure 73 - Nombre de contacts enregistrés durant toute la période du suivi et nombre de contacts protégés par le bridage en 2023		
Paramètre	Nombre de contacts	Pourcentage d'activité
Nombre de contacts hors conditions de bridage	268	12,81 %
Nombre de contacts en condition de bridage	1824	87,19 %
<b>Total</b>	<b>2092</b>	<b>100,00 %</b>

Figure 74 - Nombres de contacts 2023 par espèce protégés par le bridage			
Espèce	Nombre de contacts		Pourcentage d'activité
	Détectés en 2023	Protégés en 2023	
Noctule commune	16	13	81,25%
Noctule de Leisler	101	75	74,26%
Noctule sp.	137	58	42,34%
Noctule sp./Sérotine sp.	35	26	74,29%
Pipistrelle commune	1006	914	90,85%
Pipistrelle de Kuhl	524	508	96,95%
Pipistrelle de Nathusius	247	211	85,43%
Sérotine commune	26	19	73,08%
<b>Total</b>	<b>2092</b>	<b>1824</b>	<b>87,19%</b>

Le bridage adopté en 2023 (du 1<sup>er</sup> juin au 30 juin et du 15 août au 30 octobre uniquement sur l'éolienne E5) appliqué aux données obtenues lors des écoutes en nacelle (conduites du 08 mars au 31 octobre 2023) a permis de protéger **87,19 %** de l'activité chiroptérologique. Il est également possible de vérifier le pourcentage d'activité protégée par espèce pour vérifier



l'efficacité du bridage pour les espèces qui en étaient notamment les cibles (noctules notamment). Avec le bridage actuel, seulement 74,26% de Noctule de Leisler et 42,34% des Noctules non identifiées ont théoriquement été protégées. Néanmoins, ces espèces sont peu présentes au niveau du parc éolien, 289 contacts de noctules (toutes espèces confondues) ont été détectés. Aucun cas de mortalité de noctules n'a été constaté cette année (un cas de mortalité de Noctule de Leisler relaté en 2017 sous l'éolienne E3). Ainsi, l'effort de protection doit cibler particulièrement le groupe des pipistrelles, 11 cas de mortalité ont été constatés cette année sur l'ensemble du parc dont trois cas sous l'éolienne E5, l'éolienne bridée selon les paramètres évoqués ci-dessus.

Il est proposé de revoir certains paramètres afin d'accroître les taux de protection vis-à-vis de certaines espèces et notamment des noctules, très exposées à la collision et au barotraumatisme. Les nouvelles modalités du bridage sont présentées page 107.

## 5. Conclusion sur l'activité chiroptérologique

Six espèces de chiroptères ont été détectées au niveau de l'éolienne E5 du parc de Radenac. Parmi elles, cinq sont patrimoniales : la Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Nathusius et la Sérotine commune. Des contacts de noctules, et de sérotines n'ont pas pu être identifiés jusqu'à l'espèce. Pour rappel, sont considérées comme patrimoniales les espèces soumises à un statut de conservation défavorable aux échelles régionale, nationale et européenne (à partir du statut « NT » des Listes rouges de l'UICN), ainsi que les espèces d'intérêt communautaire (Directive « Habitat faune/flore ». Seule la Pipistrelle de Kuhl n'est pas considérée d'intérêt patrimonial, car elle ne possède pas de statut de conservation défavorable, néanmoins l'espèce est protégée en France.

Les écoutes en nacelle ont permis de comprendre l'utilisation du site par les chiroptères. Il en ressort une exposition importante à la collision et au barotraumatisme de la **Pipistrelle commune**, de la **Pipistrelle de Nathusius** et de la **Pipistrelle de Kuhl** durant la période des transits automnaux (août à octobre). La **Noctule de Leisler** est également sujette à un risque de mortalité faible à modéré en période de mise-bas et modéré en automne. Ces espèces sont sensibles à l'éolien en raison de leur taille et de leur cycle biologique (notamment durant la période migratoire). Les populations de ces espèces sont menacées. Par exemple, le Muséum National d'Histoire Naturelle estime une perte de 46% d'effectif de la Pipistrelle de Nathusius en France (entre 2006 et 2019).

D'après l'analyse de l'influence de certains paramètres sur l'activité, il apparaît que les individus circulent préférentiellement pour des températures supérieures à 16°C et des vents inférieurs ou égaux à 6 m/s.

L'activité est majoritairement enregistrée en automne (août à octobre) et quatre espèces détectées présentent une exposition modérée à forte aux effets de collisions/barotraumatisme. L'activité chiroptérologique est faible durant le printemps et l'été.

Le bridage mis en place en 2023 a permis de protéger 87,19% de l'activité chiroptérologique lorsque ce bridage est rapporté à l'activité enregistrée au cours de 2023. Au vu des résultats, le bureau d'études Envol Environnement préconise la révision des modalités du bridage.

# DISCUSSION SUR LES IMPACTS RÉSIDUELS ET ADAPTATION DES MESURES CORRECTIVES

## 1. Discussion sur les résultats de mortalité

### 1.1. Nuancement des résultats

Les modèles d'estimations de la mortalité se basent tous sur la mesure de divers indices ayant chacun une influence plus ou moins marquée sur les calculs. En ce sens, si l'efficacité de l'observateur est mauvaise, la durée de persistance courte et la surface de prospection médiocre, les calculs considéreront que l'efficacité globale du protocole est mauvaise malgré la détection avérée de cadavres et corrigeront les estimations à la hausse. Cependant, bien que les tests soient opérés de manière sérieuse, ils sont soumis à des biais aléatoires sur lesquels il est extrêmement difficile d'agir afin d'en assurer la reproductibilité.

Par exemple, lors du dépôt des cadavres tests, il est compliqué de prédire l'attitude des prédateurs. En plaçant les souris sur une surface relativement restreinte et dans un paysage dégagé (comme ça a été le cas ici), il peut être extrêmement aisé pour un prédateur tel qu'un renard de rafler la totalité des dépouilles en peu de temps. Les souris sont en effet petites et s'emportent facilement.

Il n'est également pas possible de prédire qu'un groupe de nécrophages (corbeaux, corneilles, carnivores...) colonise précisément le secteur juste après le dépôt des cadavres. En effet, le test entraîne la disposition simultanée de plusieurs cadavres qui ont donc une chance élevée d'être consommés en même temps tandis que la mortalité causée par les éoliennes est aléatoire, ne faisant tomber au sol qu'une proie de temps à autre. Schématiquement, un renard qui passe par là et qui trouve une souris morte aura tôt fait de trouver les autres à proximité par l'odorat tandis que s'il trouve un cas de mortalité issue d'une collision avec une éolienne, il y a de fortes chances pour que le cas soit isolé et il faudra qu'il revienne spécifiquement sur le secteur à un autre moment pour potentiellement consommer une seconde victime de l'éolienne.

De manière similaire, l'influence du pourcentage de prospection est capitale dans les modèles prédictifs et en raison du maintien d'une agriculture intensive sous les éoliennes, certaines zones de surplomb sont périodiquement (ou totalement) inaccessibles. Il est donc très délicat de connaître le pourcentage de cas de collision/barotraumatisme manqués tombés sur ces zones non prospectables, ce qui entraîne une extrapolation mathématique qui n'est pas forcément le reflet de la réalité.

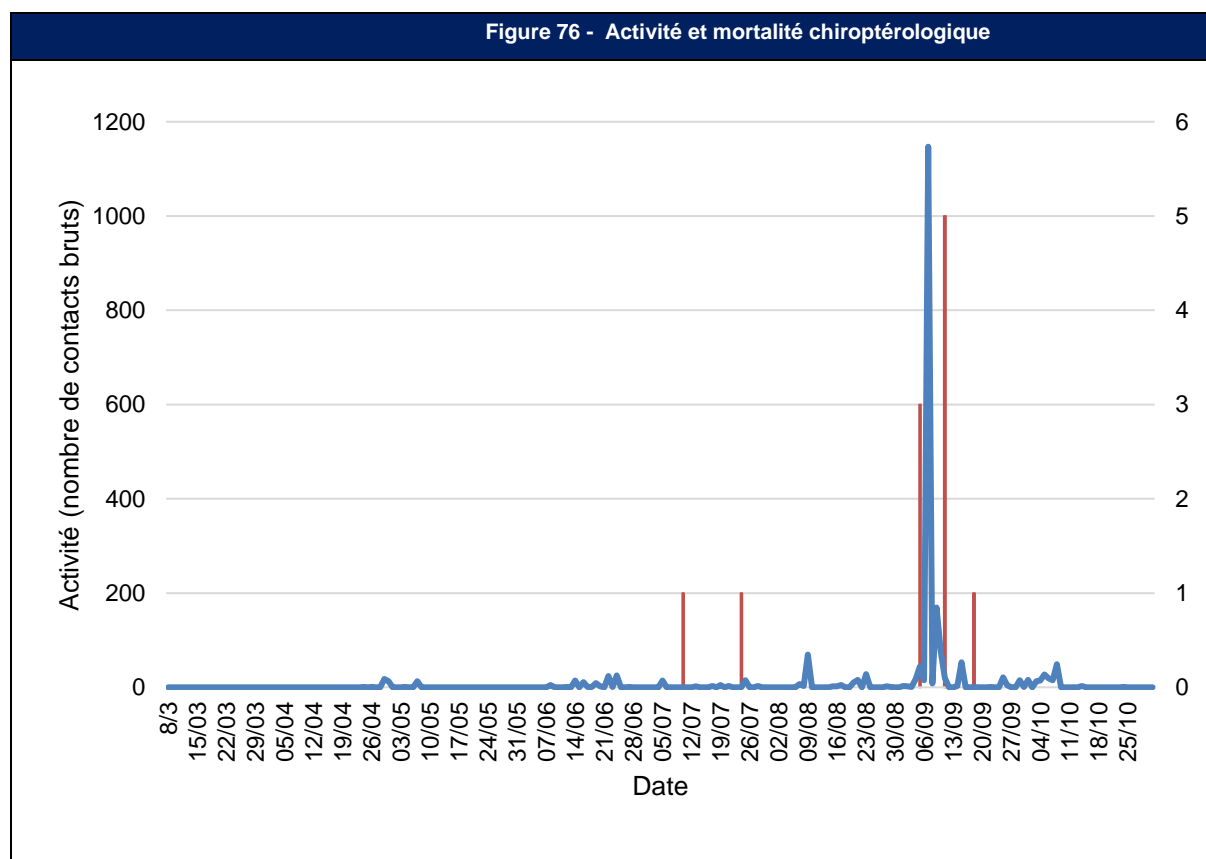
Figure 75 - Influence des différents indices sur les projections calculées				
Saison	Qualité de l'indice			Finalité
	Efficacité de l'observateur	Persistance	Surface prospectée	
Printemps – été 2023	Très bonne (84%)	Modérée à forte (3,8 jours)	Modérée (47,5%)	Surestimation des cas
Automne 2023	Très bonne (92%)	Faible à modérée (1,72 jour)	Faible (27%)	Surestimation des cas

Il est aussi globalement admis que, quel que soit le modèle utilisé, il existe une forte corrélation entre la précision des estimations et le nombre de cadavres retrouvés (Korner-Nievergelt *et al.* 2011). S'il y a moins de 10 cadavres retrouvés, la précision des modèles est jugée faible.

Également, les modèles proposés ont été créés sur la base d'études américaines où la durée de persistance est très longue (32 jours d'après Arnett *et al.* 2009). Il est ainsi considéré que le modèle de Huso notamment surestime les projections en cas de faible durée de persistance.

## 1.2. Activité chiroptérologique

Au niveau du parc de Radenac, l'activité chiroptérologique est globalement faible. Néanmoins, des pics d'activités sont relatés et peuvent expliquer une mortalité importante.



Pour rappel, des chiroptères ont été découverts sous les éoliennes du parc au cours de cinq passages :

- Le 10 juillet 2023 : une Pipistrelle commune ;
- Le 24 juillet 2023 : une Pipistrelle commune ;
- Le 5 septembre 2023 : trois Pipistrelles communes ;
- Le 11 septembre 2023 : trois Pipistrelles communes et deux Pipistrelles indéterminées ;
- Le 18 septembre 2023 : une Pipistrelle commune.

Parmi ces cas de mortalités, les cinq cas retrouvés le 11 septembre 2023, semble être corrélé à l'activité chiroptérologique. En effet, la nuit du 7 septembre 2023, 1 147 contacts ont été enregistrés au niveau de la nacelle de l'éolienne E5. Il est à noter que l'activité était également

remarquable la nuit du 9 septembre (169 contacts) et la nuit du 10 septembre (77 contacts). Cette activité chiroptérologique est notamment due à la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle de Nathusius, il s'agit probablement d'individus migrants. La Pipistrelle de Nathusius réalise des déplacements très importants lors des phases de transits (notamment avec les jeunes en automne), tandis que la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl migrent sur quelques centaines de kilomètres.

La mortalité constatée, hormis celle du 11 septembre 2023, ne semble pas être liée à une activité chiroptérologique forte. Les nuits précédant les découvertes des cas de mortalité, l'activité est inférieure à 20 contacts bruts par nuit.

## 2. Analyse des espèces impactées

### 2.1. Effets résiduels sur les espèces impactées

#### ➤ Avifaune

Figure 77 - Espèces d'oiseaux impactées		
Espèce	Nombre de cas de mortalité	Etat des populations (STOC 2001-2019)
Martinet noir	1	-48,06%, déclin modéré
Pigeon ramier	1	+82,61%, augmentation modérée
Pigeon sp.	1	-
Pouillot véloce	1	-11,88%, déclin modéré
Roitelet huppé	1	-40,83%, déclin modéré

Le Suivi Temporel des Oiseaux Communs (STOC) mené entre 2001 et 2019 fait état d'une augmentation modérée de la population nationale de Pigeon ramier, tandis que le Martinet noir, le Pouillot véloce et le Roitelet huppé font état d'un déclin modéré. Etant donné qu'un unique cadavre a été trouvé pour chacune de ces espèces, **le fonctionnement du parc ne génère pas d'impacts significatifs sur les populations concernées.**

#### ➤ Chiroptères

**Vigie Chiro** fournit des estimations de déclin des populations de quelques espèces de chauves-souris entre 2006 et 2019.

Figure 78 - Espèces de chiroptères impactées			
Espèce	Nombre de cas de mortalité	Contacts en altitude	Etat des populations (Vigie Chiro 2022)
Pipistrelle commune	9	1 006	-9% (-13 ; -3)
Pipistrelle sp.	2	-	

La population de la Pipistrelle commune est en déclin (-9%).



➤ Synthèse

Figure 79 - Espèces victimes du parc éolien au cours de l'année de suivi (2023)				
Espèce		Période de découverte		
		Printemps	Eté	Automne
Avifaune	Martinet noir	-	-	1
				Espèce non nicheuse sur le site, fréquentation potentielle pour l'alimentation et la migration
	Pigeon ramier	1	-	-
		Espèce possiblement nicheuse, habitats favorables dans les boisements aux abords des éoliennes pour l'alimentation, le repos et la reproduction		
	Pigeon sp.	-	1	-
	Pouillot véloce	1	-	-
		Espèce possiblement nicheuse, habitats favorables dans les boisements aux abords des éoliennes pour l'alimentation, le repos et la reproduction		
Chiroptères	Roitelet huppé	-	-	1
				Espèce possiblement nicheuse ou migratrice, habitats favorables dans les boisements aux abords des éoliennes pour l'alimentation, le repos et la reproduction
	Pipistrelle commune	-	2	7
			Espèce abondante et commune	Espèce abondante et commune
	Pipistrelle sp.	-	-	2
				Groupe d'espèces abondantes et communes

Le parc éolien est localisé en milieu agricole, entouré par des haies et des boisements. Ces éléments arborés sont des secteurs de transit et de chasse pour les chiroptères. Onze cadavres ont été trouvés durant l'été et l'automne 2023 : neuf Pipistrelles communes et deux pipistrelles indéterminées. Un bridage était en place sur l'éolienne E5 du 15 août au 30 octobre, période durant laquelle un cadavre de Pipistrelle commune a été trouvé sous l'éolienne concernée.

Chez les oiseaux, le bilan de la mortalité conclut sur une mortalité peu significative avec cinq cas de mortalité : un Martinet noir, un Pigeon ramier, un pigeon indéterminé, un Pouillot véloce et un Roitelet huppé. Le paysage dans lequel s'insère le parc éolien est également favorable à l'avifaune. Les haies et les boisements sont utilisés pour la reproduction, les cultures et

prairies pour l'alimentation. Les deux cadavres trouvés au printemps concernent possiblement des oiseaux migrateurs ou nicheurs, celui trouvé en été suggère un individu nicheur tandis que les deux cadavres en automne concernent des migrateurs. La mortalité aviaire ne semble donc pas être significative et de nature à remettre en question le bon équilibre des populations locales.

### 3. Réflexion sur la mise en place de mesures supplémentaires

#### 3.1. Ajustement des paramètres du bridage

Compte tenu de la mortalité de chiroptères non négligeable constatée durant le suivi réalisé en 2023, nous recommandons de modifier les conditions de bridage sur l'éolienne E5 et d'instaurer le même bridage aux autres éoliennes dans le but d'augmenter le taux de protection des Noctules et des Pipistrelles. Toutefois, l'exploitant du parc a choisi de ne pas appliquer le bridage sur l'éolienne E2 (éolienne la moins mortifère, un cas en 2023). Selon les résultats obtenus lors du prochain suivi de mortalité (2024), l'application du bridage à l'éolienne pourra être de nouveau recommandée. Voici les paramètres de bridage préconisés et validés par l'exploitant du parc :

- Du 15 avril au 31 mai ;
- Au coucher du soleil jusqu'au lever ;
- Par des vents inférieurs à 4,5 mètres par seconde ;
- Par des températures supérieures ou égales à 13°C
- Sur les éoliennes E1, E3, E4 et E5.

Les conditions de vent et de températures diffèrent lors des périodes de mise-bas et des transits automnaux, voici le bridage préconisé lors de la phase de mise-bas :

- Du 1<sup>er</sup> juin au 14 août ;
- Au coucher du soleil jusqu'au lever ;
- Par des vents inférieurs à 5,5 mètres par seconde ;
- Par des températures supérieures ou égales à 12°C ;
- Sur les éoliennes E1, E3, E4 et E5.

Ainsi, voici le bridage préconisé en phase de transits automnaux :

- Du 15 août au 31 octobre ;
- Au coucher du soleil jusqu'à 30 min avant le lever du soleil ;
- Par des vents inférieurs à 5,8 mètres par seconde ;
- Par des températures supérieures ou égales à 13°C ;
- Sur les éoliennes E1, E3, E4 et E5.

Figure 80 - Nombres de contacts 2023 théoriquement protégés au niveau de l'éolienne E5 par le bridage proposé en 2024		
Paramètre	Nombre de contacts	Pourcentage d'activité
Nombre de contacts hors conditions de bridage	168	8,03%
Nombre de contacts en condition de bridage	1924	91,97%
<b>Total</b>	<b>2092</b>	<b>100,00 %</b>

L'objectif est d'atteindre 90% de contacts protégés avec le nouveau bridage. Selon les estimations, celui-ci permettrait de protéger théoriquement **91,97 %** de l'activité ayant eu lieu en altitude à proximité du rotor de l'éolienne échantillonnée.

Figure 81 - Nombres de contacts 2023 par espèce théoriquement protégés au niveau de l'éolienne E5 par le bridage proposé en 2024			
Espèce	Nombre de contacts		Pourcentage d'activité
	Détectés en 2023	Théoriquement protégés en 2023	
Noctule commune	16	16	100,0%
Noctule de Leisler	101	94	94,1%
Noctule sp.	137	59	81,8%
Noctule sp./Sérotine sp.	35	34	100,0%
Pipistrelle commune	1006	966	98,4%
Pipistrelle de Kuhl	524	514	98,1%
Pipistrelle de Nathusius	247	220	96,4%
Sérotine commune	26	21	80,8%
<b>Total</b>	<b>2092</b>	<b>1924</b>	<b>96,61%</b>

Figure 82 - Pourcentage d'espèce théoriquement protégée en fonction du bridage (actuel et préconisé en 2024) en fonction de la période			
Période	Espèces contactées	Pourcentage d'espèces protégées (bridage actuel)	Pourcentage d'espèces protégées (bridage préconisé)
TP	Noctule de Leisler	0,00%	55,6%
	Noctule sp.	0,00%	0,0%
	Pipistrelle commune	0,00%	100,0%
	Pipistrelle de Kuhl	0,00%	100,0%
	Pipistrelle de Nathusius	0,00%	33,3%
MB	Noctule commune	100,00%	100,0%
	Noctule de Leisler	61,54%	97,4%
	Noctule sp.	0,00%	3,1%
	Noctule sp./Sérotine sp.	68,97%	96,6%
	Pipistrelle commune	45,83%	81,9%
	Pipistrelle de Nathusius	28,57%	50,0%
TA	Noctule commune	80,00%	100,00%
	Noctule de Leisler	96,23%	96,2%
	Noctule sp.	81,69%	80,3%
	Noctule sp./Sérotine sp.	100,00%	100,00%
	Pipistrelle commune	95,76%	97,1%
	Pipistrelle de Kuhl	97,69%	98,1%
	Pipistrelle de Nathusius	96,28%	96,3%
	Sérotine commune	73,08%	80,8%

Les nouveaux paramètres de bridage permettraient de protéger plus de **91,97 %** de l'activité chiroptérologique et d'augmenter la **préservation de la Noctule commune, de la Noctule de**

## **Leisler, de la Pipistrelle commune, de la Pipistrelle de Nathusius et de la Sérotine commune.**

La mise en place d'un bridage au printemps est recommandée, cela permettrait de protéger 89% de l'activité de Noctule de Leisler ainsi que 100% de l'activité des Pipistrelles (sur la base des données 2023). Le bridage préconisé permettrait de protéger 50% de l'activité des Noctules non identifiées des risques de collision, ce pourcentage reste faible, mais non significatif, car il est basé sur seulement 2 contacts bruts de noctules non identifiées.

En phase de mise-bas, le bridage actuel permet théoriquement de protéger 62% de l'activité de Noctule de Leisler, 46% de Pipistrelle commune et 29% de Pipistrelle de Nathusius. Ces espèces étant sensibles à l'éolien, ce taux de protection reste faible. En appliquant le bridage préconisé, 100% de l'activité des individus de Noctules de Leisler et de Pipistrelle commune pourrait théoriquement être protégée. La protection théorique de la Pipistrelle de Nathusius n'atteint cependant pas 100% avec le bridage préconisé, car 4 contacts ont été enregistrés à une vitesse de vent supérieure à 9 m/s.

Au cours de la période automnale, l'activité est plus importante que lors des autres phases. C'est en automne que les chiroptères ont un comportement de chasse important afin d'effectuer des réserves pour se préparer à l'accouplement et à l'hibernation. Il est donc important que le bridage soit efficace afin de préserver au maximum les espèces sensibles à l'éolien. En appliquant le bridage actuel, l'activité de la Noctule commune et de la Noctule non identifiée n'est préservée qu'à hauteur de 80%. Le bridage préconisé permettrait théoriquement de protéger plus de 97% de l'activité de toutes les espèces détectées lors des transits automnaux.

Il est important de préciser qu'avec le bridage actuel sur l'éolienne E5, trois cadavres de Pipistrelle commune ont été comptabilisés. De plus, des cas mortalité de Pipistrelle sous toutes les éoliennes ont été relatés, avec 3 cadavres trouvés le 5 septembre et 5 cadavres comptés le 11 septembre 2023. Il est donc fortement conseillé d'instaurer un bridage sur les autres éoliennes et renforcer les paramètres.

### 3.2. Maintien de l'entretien des plateformes

Afin de limiter l'attractivité des surfaces de surplomb des éoliennes, un entretien régulier est vivement recommandé. Cet entretien peut consister en une coupe rase des végétaux, afin de diminuer la densité en proies potentielles. Ceci concerne notamment les rapaces, mais bénéficie également aux chiroptères et à tout autre animal volant intéressé par la végétation haute, dense et surtout, pérenne accompagnant la plateforme.

A noter que cet entretien est déjà en cours et qu'il est donc simplement recommandé de le maintenir en réalisant les interventions selon le calendrier suivant :

- Une intervention fin février, avant la période de nidification
- Une intervention à partir de mi-août, après la période de nidification

La végétation est susceptible de repousser rapidement au printemps. Ces milieux peuvent également être colonisés par des espèces nicheuses. L'intervention de fauche en période de nidification peut donc s'avérer préjudiciable pour les espèces qui exploitent ces milieux. Au



regard de la faible emprise des zones de friche mésophile, nous recommandons la minéralisation de ces espaces dans le but de limiter au maximum l'attractivité de ces milieux pour la faune.

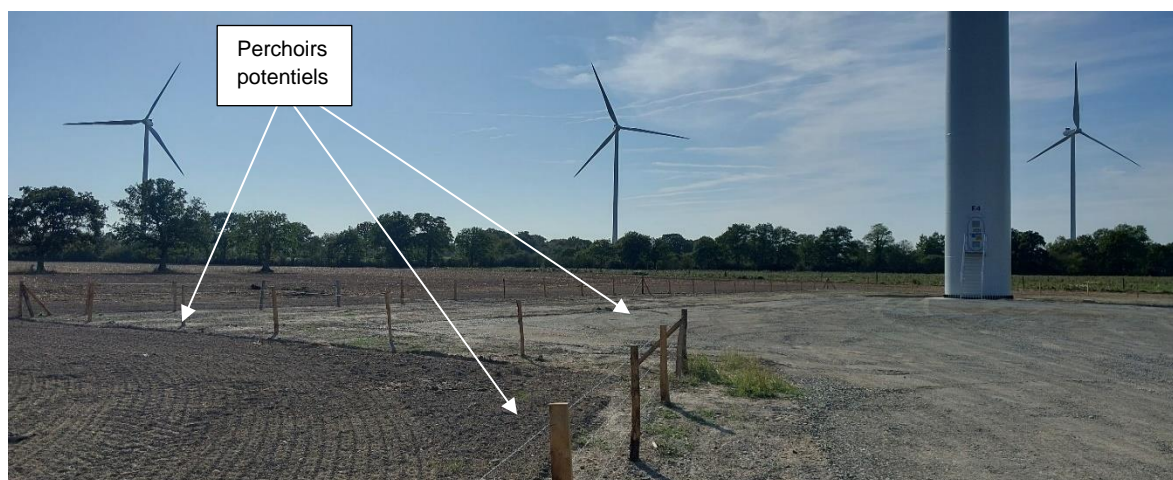
Figure 83 - Photographie des zones à entretenir (E4, juin 2023)



Il est également recommandé de ne pas disposer de graines, de réservoirs d'eau, de tas de fumier ou de branches, etc. afin de limiter l'attractivité des abords des éoliennes dans un rayon de 200 mètres autour des éoliennes. Il est également conseillé de retirer ou de veiller à ne pas installer des structures pouvant être utilisées comme perchoir pour l'avifaune. Ainsi, il est recommandé :

- Équiper les panneaux d'information de systèmes « anti-pigeon » afin d'éviter tout attrait de ces structures pour les rapaces ou autres oiseaux.
- Veiller à ne pas installer de clôture agricole sous l'emprise des rotors pour éviter d'attirer l'avifaune.

Figure 84 - Photographie des perchoirs potentiels pour l'avifaune à éviter (photographie prise hors site)



# SUIVI DE LA MISE EN PLACE DE ZONE HUMIDE COMPENSATOIRE

---

## 1. Description de l'habitat humide

L'habitat suivant est l'objet d'une mesure de restauration compensatoire. Le paragraphe ci-dessous est extrait du volet naturaliste de l'étude d'impact (Althis, Engie green, 2016) :

### Lande humide sous pinède (Cor. 31.12 x 83.3)

*« Il s'agit d'un habitat d'intérêt communautaire prioritaire dégradé. La lande est caractérisée par la présence de la Bruyère à 4 angles (Erica tetralix), de la Bruyère ciliée (Erica ciliaris), de l'Ajonc nain (Ulex minor), de l'Ajonc d'Europe (Ulex europaeus), du Saule rampant (Salix repens subsp. repens), et localement des coussinets de sphaignes (Sphagnum sp.). L'hybride de la Bruyère ciliée et la Bruyère à quatre angles, la Bruyère de Watson (Erica watsonii) y a été rencontré. La Molinie, graminée des milieux acides est très abondante. Sur le site ces landes humides sont toutes boisées en conifères et donc elles sont localement plus ou moins dégradées. Les secteurs en meilleur état de conservation sont situés dans les clairières et les parties présentant les plus faibles densités en conifères. La lande sous pinède est d'intérêt communautaire (Code Natura 2000, Eur : 4010 et intitulé dans la Directive habitat « Landes humides atlantiques septentrionales à Erica tetralix »). »*

Selon l'étude d'impact cet habitat prioritaire dégradé intègre « un périmètre éligible pour la mise en œuvre d'une mesure de compensation (SAGE Blavet, Plan de gestion de la Lande de VACHEGARD – Zone humide remarquable). »

Le périmètre est cartographié ci-après (Althis, Engie green, 2016).

En 2023 les prospections de terrain (09 et 30 juin) ont confirmé le diagnostic habitats de 2016. La lande humide sous pinède ne montre aucune évolution remarquable. Il est cependant fort probable que le milieu continue à se fermer par colonisation des ligneux. Le périmètre n'était pas humide en surface et seul le sol est humide.

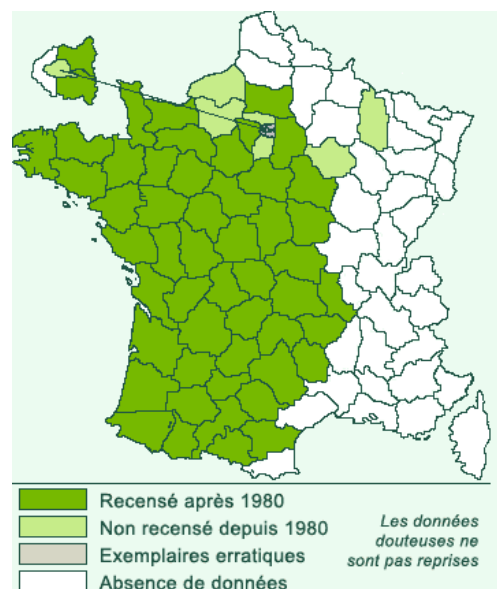
Nous avons observé en juin Le Miroir (*Heteropterus morpheus*). Ce papillon est quasi menacé en Bretagne, région qui porte une responsabilité biologique pour l'espèce à l'égard de la répartition française de cette dernière (absente de l'est de la France et lacunes importantes dans de nombreux départements dans lesquels l'espèce est présente). Le Miroir est très fortement dépendant des zones humides, et de la Molinie particulièrement (plante hôte principale).



Figure 85 - Cartographie de la zone de compensation (ALTHIS, Engie Green, 2016)



Individu de Miroir observé sur le site.  
Source : J.E. BASSEUR – photographie in-situ.



Répartition géographique du Miroir.  
Source : Lepinet.fr



## 2. Suivi de chantier

Une ouverture de la lande a été réalisée pour restaurer le caractère humide de celle-ci. Les travaux visaient particulièrement la strate arbustive et herbacée. Ces strates ont fait l'objet d'un gyrobroyage le 31/10/2023. Envol Environnement a assisté à ce gyrobroyage. La superficie concernée couvre 6 000 m<sup>2</sup> (Althis, 2016). La strate arborée, faite de pins, a été préservée lors de cette journée de travaux. Néanmoins il était prévu un défrichage partiel (éclaircissement) des pins, bouleaux et saules. Nous ne savons pas si ces travaux de défrichage ont été réalisés.

Figure 86 - Aspect de la lande à Molinie avant gyrobroyage





Figure 87 - Aspect de la lande à Molinie après et pendant les travaux de gyrobroyage



### 3. Perspectives pour le suivi de la restauration de la lande humide

Le suivi doit être poursuivi sur quinze ans. Jusqu'à N+5 le suivi sera annuel. Après N+5 le suivi se fera tous les deux ans. Nous proposons le plan de suivi suivant :

Figure 88 - Calendrier prévisionnel pour le suivi post-restauration de la lande à Molinie				
Année après travaux 2023	Année calendaire	Nombre de passages	Objectif	Coût
N+1	2024	1	<u>Suivi flore et habitats</u> : colonisation par la flore, inventaire des espèces	4 000 € HT
N+2	2025	1	<u>Suivi flore et habitats</u> : colonisation par la flore, inventaire des espèces	
N+3	2026	2	<u>Suivi flore et habitats</u> : colonisation par la flore, inventaire des espèces	
N+4	2027	2	<u>Suivi flore et habitats</u> : colonisation par la flore, inventaire des espèces	
N+5	2028	2	<u>Suivi flore et habitats</u> : colonisation par la flore, inventaire des espèces	
N+7	2030	4	<u>Suivi flore et habitats</u> : colonisation par la flore, inventaire des espèces <u>Suivi insectes</u> : papillons, odonates, orthoptères	10 500 € HT
N+9	2032	4	<u>Suivi flore et habitats</u> : colonisation par la flore, inventaire des espèces <u>Suivi insectes</u> : papillons, odonates, orthoptères	
N+11	2034	4	<u>Suivi flore et habitats</u> : colonisation par la flore, inventaire des espèces <u>Suivi insectes</u> : papillons, odonates, orthoptères	
N+13	2036	4	<u>Suivi flore et habitats</u> : colonisation par la flore, inventaire des espèces <u>Suivi insectes</u> : papillons, odonates, orthoptères	
N+15	2038	4	<u>Suivi flore et habitats</u> : colonisation par la flore, inventaire des espèces <u>Suivi insectes</u> : papillons, odonates, orthoptères	

Les cinq premières années du suivi, avec un seul passage annuel (N+1, N+2) puis deux (N+3, N+4, N+5), doivent permettre de jauger l'efficacité de la mesure et des travaux entrepris. Ils se focaliseront sur la flore et sur les habitats. Les autres taxons seront notés en cas d'observation, mais ne feront pas l'objet d'un protocole d'étude particulier. La date du passage annuel reste à définir, mais les prospections de terrain devront impérativement être réalisées en juin ou juillet pour maximiser le nombre d'espèces observées (développement maximal de la végétation en été dans les landes humides).

Les années suivantes, avec un suivi bisannuel et quatre passages l'année du suivi, doivent permettre de mener des inventaires plus complets avec notamment intégration d'inventaires entomologiques (Lépidoptères, Odonates, Orthoptères). Le Miroir (*Heteropterus morpheus*), espèce à enjeu de conservation déjà observée, pourra faire l'objet d'une attention particulière. Aussi, les espèces à enjeu observées lors des cinq premières années du suivi feront l'objet d'une attention particulière voire d'un protocole spécifique.



## CONCLUSIONS DU SUIVI 2023

---

Les résultats du suivi de mortalité 2023 sont en adéquation avec l'étude d'impact relative à la demande d'autorisation d'extension du parc éolien de Radenac. Les résultats observés en 2023 sont également proches des effets mis en évidence par les suivis de mortalité réalisés en 2016 et 2017 concernant les chiroptères, grâce notamment à l'instauration d'un bridage sur l'éolienne E5 (mise en service en novembre 2022) du 1<sup>er</sup> mars au 30 juin et du 15 août au 31 octobre. Cependant, une mortalité plus importante d'oiseaux est constatée cette année avec cinq cas de mortalité contre trois en 2017 et aucun en 2016.

**Au sujet des oiseaux**, parmi les espèces retrouvées mortes, seuls le Pigeon ramier (et un Pigeon sp) et le Pouillot véloce ne présentent pas de statuts de conservation défavorables. Il s'agit d'espèces abondantes et non menacées. Le Pouillot véloce présente tout de même un intérêt patrimonial, tout comme le Martinet noir et le Roitelet huppé. Au regard du faible nombre d'individus concernés, la mortalité engendrée par le parc éolien n'est pas de nature à nuire au bon déroulement des cycles biologiques de ces espèces ou à leur état de conservation à l'échelle locale. La mortalité aviaire en 2023 a été estimée à 30,34 oiseaux pour le parc éolien. À titre de comparaison, la mortalité moyenne dans l'ouest de la France peut être estimée 7 oiseaux par éolienne (Ouest'Am 2020) soit 35 oiseaux par an pour le parc de Radenac. Ainsi, concernant l'avifaune, le parc de Radenac semble moins mortifère que la moyenne des parcs étudiés par Ouest'Am en 2020.

Une mesure générale visant à réduire les probabilités de collisions est proposée : celle d'entretenir rigoureusement les abords des éoliennes.

**Concernant les chiroptères**, onze cas de mortalité ont été observés en 2023 : neuf Pipistrelles communes et deux Pipistrelles indéterminées. Les analyses de l'activité obtenue lors des écoutes en nacelle démontrent que l'activité globale est faible, le parc éolien semble être un secteur utilisé par les chiroptères principalement en automne. Des espèces sensibles sont toutefois contactées au printemps et en été. L'activité chiroptérologique se concentre principalement sur la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Nathusius, la Pipistrelle de Kuhl et la Noctule de Leisler. **Le risque de collision/barotraumatisme pour la Pipistrelle commune et pour la Pipistrelle de Nathusius est jugé fort en période automnale. La Pipistrelle de Kuhl présente un risque de collision/barotraumatisme modéré à fort et la Noctule de Leisler est concernée par un risque modéré lors de cette même période.**

L'entretien des abords des éoliennes profitera également aux chauves-souris pour limiter l'attrait de ces secteurs pour leurs activités de chasse.

Au regard des résultats du suivi chiroptérologique en altitude conduit en 2023, un renforcement du bridage actuel est préconisé pour augmenter le niveau de conservation des populations chiroptérologiques. Ce renforcement vise à modifier les paramètres de bridage sur les critères de vitesse de vent et de température, mais également appliquer le bridage à quatre éoliennes du parc : E1, E3, E4 et E5. L'exploitant du parc a fait le choix de ne pas appliquer le bridage à l'éolienne la moins mortifère, l'éolienne E2. Les nouvelles modalités de bridage retenues par Envol Environnement et validées par Engie Green permettent une protection 91,97 % de l'activité chiroptérologique (sur la base des résultats de l'année 2023). Les nouvelles modalités de bridage sont présentées ci-après :

Figure 89 - Modalités de bridage proposées à partir de l'année 2024			
Période	1er avril au 31 mai	1er juin au 14 août	15 août au 31 octobre
Eoliennes	E1, E3, E4 et E5		
Vitesse de vent	Inférieure à 4,5 m/s	Inférieure à 5,5 m/s	Inférieure à 5,8 m/s
Température	Supérieure à 13°C	Supérieure à 12°C	Supérieure à 13°C
Horaire de mise en application	Du coucher au lever du soleil		Du coucher jusqu'à 30 minutes avant le lever du soleil

Afin de vérifier l'efficacité du bridage chiroptérologique, le suivi de la mortalité et le suivi de l'activité chiroptérologique sera reconduit au cours de l'année 2024.

**Concernant la mesure de compensation** visant la réouverture d'une parcelle de 6000 m<sup>2</sup> de lande humide sous pinède, des travaux de broyage ont été réalisés et suivis à partir de fin octobre 2023.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

ALTHIS, 2016. Suivi 2016 du busard Saint-Martin- Parc éolien de Radenac, 16p.

ALTHIS, 2016. Suivi de mortalité post-implantation de l'avifaune et des chiroptères 2016 - Parc éolien de Radenac, 22p.

ALTHIS, 2017. Suivi 2017 du busard Saint-Martin- Parc éolien de Radenac, 17p.

ALTHIS 2017. Projet d'extension du parc éolien de Radenac (56)- VOLET FAUNE-FLORE DE L'ETUDE D'IMPACT, 216p.

ALTHIS, 2018. Suivi 2018 du busard Saint-Martin- Parc éolien de Radenac, 16p.

ALTHIS, 2017. Suivi de mortalité post-implantation de l'avifaune et des chiroptères 2017 - Parc éolien de Radenac, 27p.

ANDRE, Y. (2009). Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. LPO. 21p.

ARNETT, E.B., SCHIRMACHER, M. HUSO, M.M.P. & HAYES, J.P. (2009). Effectiveness of changing wind turbine cut-in-speed to reduce bat fatalities at wind facilities. An annual report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International, Austin, Texas, USA.

ARTHUR L. & LEMAIRE M., 2005. *Les chauves-souris maîtresses de la nuit*. Delachaux et Niestlé, Lausanne, 268 p.

BARATAUD M., 2002, CD audio, Balades dans l'inaudible – identification acoustique des chauves-souris de France. Edition Sittelle. Mens, 51p

BARATAUD M. 2012 – Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse. Biotope, Mèze ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (collection Inventaires et biodiversité), 344p.

BAS, Y., KERBIRIOU, C., ROEMER, C. & JULIEN, JF. (2020, June) : Bat population trends. Muséum national d'Histoire naturelle. Retrieved from <https://croemer3.wixsite.com/teamchiro/population-trends>

BIODIV'BRETAGNE : Consultation de la base de données : <https://data.biodiversite-bretagne.fr/accueil>

DGPR, DGALN, MTES., 2018. Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, révision 2018.

DREWITT, A.L. AND LANGSTON, R.H.W. (2006). Assessing the impacts of wind farms on birds. Ibis, 148, 29-42.

DULAC P. - 2008 – Evaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan de 5 années de suivi. LPO délégateur Vendée / ADEME Pays de la

Loire / CRPL, La Roche-sur-Yon - Nantes, 106 pages.

FONTAINE B. et al, 2020. Suivi des oiseaux communs en France – Résultats 2019 des programmes participatifs de suivi des oiseaux communs 1989/2019, 24p

GEO'BRETAGNE : Consultation de la base de données : <https://cms.geobretagne.fr/>

GROUPE MAMMALOGIQUE BRETON, 2016. Liste rouge des mammifères de Bretagne.

GROUPE MAMMALOGIQUE BRETON, 2020. Synthèse des cas de mortalité connus de chiroptères sous les parcs éoliens de Loire-Atlantique (44), 14p.

GROUPE MAMMALOGIQUE BRETON, 2022. Carte d'alerte « Risques éoliens pour les chiroptères en Bretagne » – Notice – T. DUBOS et T. LE CAMPION, GMB : <https://gmb.bzh/wp-content/uploads/2022/04/NOTICE-CoucheAlerteSIG-RisquesEoliensTerrestresChiropteresBzh.pdf>

Guillaume Gayet, Florence Baptist, Lise Maciejewski, Rémy Poncet, Farid Bensettiti, 2018. Guide de détermination des habitats terrestres et marins de la typologie EUNIS - version 1.0. AFB, collection Guides et protocoles, 230 pages

KORNER-NIEVERGELT, F. KORNER-NIEVERGELT, P. BEHR, O. NIERMANN, I. BRINKMANN, R. *et al.* (2011). A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines. *Journal of Wildlife Biology*, 17 : 350-363.

LPO, Avril 2004. Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune, 20p.

LPO, 2017. Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune. Etude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015, 92p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ENERGIE ET DE LA MER : Plan National d'actions en faveur des chiroptères 2016-2025, 83 p.

MULLANEY K., SVENSSON L., ZETTERSTROM D., GRANT P.J., 1999. *Le guide ornitho*. Les guides du naturaliste. Delachaux et Niestlé, Paris, 388p.

OUEST'AM, 2020. Impact des éoliennes sur les oiseaux et les chiroptères de l'ouest de la France : étude des suivis de mortalité de 2010 à 2019, 37p.

ONCFS, Denis Roux & al., 2004. Impact des éoliennes sur les oiseaux - Synthèse des connaissances actuelles – Conseil et recommandation, 40p.

RODRIGUES, L., L. BACH, M.-J. DUBOURG-SAVAGE, B. KARAPANDZA, D. KOVAC, T. KERVYN, J. DEKKER, A. KEPEL, P. BACH, J. COLLINS, C. HARBUSCH, K. PARK, B. MICEVSKI, J. MINDERMAN (2015). Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. Actualisation 2014. EUROBATS Publication Series N° 6 (version française). NEP/EUROBATS Secrétariat, Bonn, Allemagne, 133 p.

SFEPM, 2020. Alerte sur les éoliennes à très faible garde au sol et sur les grands rotors, 8p.



UICN France, BRETAGNE VIVANTE, GEOCA, LPO, ONCFS, BRETAGNE ENVIRONNEMENT (2015). La Liste rouge des oiseaux nicheurs et migrateurs de Bretagne.

UICN, MNHN, LPO, 2016. La Liste Rouge des espèces menacées en France : oiseaux de France métropolitaine, 32p.

UICN, MNHN, SFEPM, 2017. La Liste Rouge des espèces menacées en France : Mammifères de France métropolitaine, 16p.

## 1. ANNEXE 1 - Rappel de biologie des chiroptères

De par leurs mœurs nocturnes, les chauves-souris sont des animaux mal connus, craints, mal aimés voire honnis. Appartenant aux mammifères, leur corps est couvert de poils, elles sont vivipares et allaitent leurs petits.

Les chauves-souris forment l'ordre des Chiroptères (*Chiroptera*). Avec plus de 1 000 espèces connues dans le monde, elles représentent un quart des espèces de Mammifères connus et forment donc le second ordre le plus important de la classe des Mammifères (en termes de nombre d'espèces), après celui des Rongeurs (*Rodentia*). L'ordre des Chiroptères est subdivisé en deux sous-ordres : les Mégachiroptères et les Microchiroptères. Un sous-ordre fossile existe également, les Eochiroptères.

Les chiroptères présentent une grande diversité de formes et de mœurs, qui s'explique par le nombre élevé d'espèces différentes et leur large aire de répartition géographique. Quelques éléments relatifs à cette diversité peuvent être cités :

La plus petite des chiroptères, le Kitti à nez de porc (*Craseonycteris thonglongyai*) a été découverte en Thaïlande en 1973. Elle pèse deux grammes et mesure environ trente millimètres, ce qui signifie qu'elle n'est pas plus grande que notre pouce. C'est l'un des plus petits mammifères au monde. À l'opposé, les plus grands chiroptères, pèsent près d'un kilogramme et atteignent 1,70 mètre d'envergure. Ce sont des espèces qui appartiennent au sous-ordre des Mégachiroptères et aux genres *Pteropus* et *Rousettus*, qui se retrouvent en Indonésie et qui sont communément désignées sous le nom de Kalong.

Les régimes alimentaires varient selon les espèces et les latitudes, elles peuvent consommer du pollen, du nectar, des fruits, des insectes, de petits vertébrés, des poissons, du sang...

Tandis que certaines espèces vivent en colonies, lesquelles peuvent comptabiliser jusqu'à des centaines de milliers d'individus, d'autres préfèrent la solitude. Toutefois, toutes les espèces ont toutes une vie sociale évoluée. Grâce à la technique du baguage, il a été montré que certaines espèces peuvent se déplacer sur plus de mille kilomètres, tandis que d'autres sont plutôt sédentaires.

En Europe, il existe 39 espèces de chiroptères., toutes insectivores. Elles appartiennent au sous-ordre des Microchiroptères et sont regroupées en quatre familles (*Miniopteridae*, *Molossidae*, *Rhinolophidae* et *Vespertilionidae*). Ces espèces sont adaptées aux conditions climatiques particulières de nos régions tempérées.

En France métropolitaine, 36 espèces sont recensées.

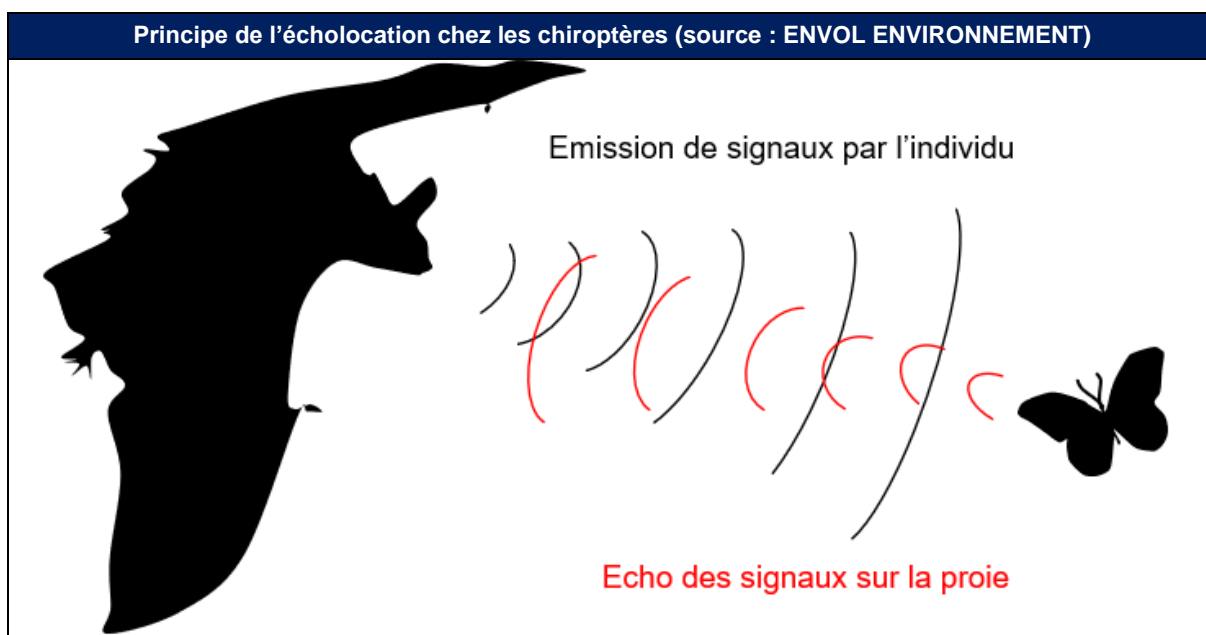
### **L'écholocation**

Un caractère remarquable des chiroptères est leur faculté à se mouvoir dans l'obscurité totale. Ils se déplacent et chassent la nuit grâce à un système d'orientation actif : l'écholocation. Leur larynx produit des cris suraigus, sous forme d'ondes ultrasonores, dont la fréquence est caractéristique à chaque espèce. Ces ondes sont émises par les narines ou la bouche. Réfléchies par les objets présents dans l'environnement, elles sont en retour captées par les oreilles et donnent au cerveau une vision « acoustique » très précise du milieu dans lequel

l'animal se déplace en vol. Cette écholocation permet aux individus de s'orienter et de chasser leurs proies sans le concours de leur vue. Malgré cela, et contrairement à une croyance répandue, les chiroptères ont des yeux fonctionnels.

Développé depuis quelques dizaines de millions d'années par les chiroptères, ce système d'orientation acoustique est également utilisé par d'autres espèces comme les dauphins. Il n'a été mis en évidence par les scientifiques qu'à la fin des années 1930.

Les cris émis par les chiroptères pour se diriger sont distincts des cris sociaux, lesquels sont utilisés pour communiquer entre individus. En général, ces cris sociaux sont émis à des fréquences assez basses, ce qui leur confère une plus grande portée. De plus, ils sont très modulés, ce qui leur permet de véhiculer une grande quantité d'informations.



### La chasse et l'alimentation

Toutes les espèces européennes sont insectivores. Leur dentition est composée de longues canines pointues, qui leur permettent de maintenir les proies, et de molaires denticulées, aptes à broyer la chitine de l'exosquelette des insectes. La formule dentaire est d'ailleurs très importante pour l'identification des espèces.

Grands chasseurs d'insectes, les chiroptères sont le pendant nocturne des oiseaux insectivores (martinets, hirondelles, gobemouches, fauvettes...) et de nombreuses études ont démontré l'importance de leur prédation nocturne. Il a été calculé qu'un seul individu était capable de capturer, par nuit de chasse, un poids d'insectes équivalent à un tiers du sien, soit, suivant l'espèce, de deux à dix grammes de proies. Ainsi, sur une saison de chasse, qui correspond en moyenne à cent jours d'activité, chaque individu, selon l'espèce, peut prélever de 200 grammes à un kilogramme d'insectes.

Le milieu de chasse varie suivant les espèces. Certaines, ubiquistes, chassent aussi bien en forêt qu'autour des lampadaires en ville, alors tandis que d'autres sont inféodées à un habitat bien défini. Chaque individu a généralement plusieurs zones de chasse qu'il fréquente au cours d'une même nuit ou d'une nuit à l'autre. Pour les espèces les plus exigeantes, telles que le Petit Rhinolophe (*Rhinolophus hipposideros*), ces terrains doivent être reliés à leur et interconnectés entre eux par des corridors écologiques nettement délimités par des structures linéaires comme les haies, les ripisylves ou les lisières.



Les chiroptères restent fortement liés aux éléments relais (bosquets, haies, arbres isolés, lisières, etc.) lors de leurs transits.

Les modes de chasse des chiroptères varient selon les différentes espèces. Certaines capturent les insectes en vol en se servant de leurs ailes ou de leur uropatagium (membrane reliant les pattes et incluant la queue) comme d'une épuisette. D'autres les attrapent directement avec la gueule ou les glanent au sol ou sur le feuillage. Des espèces peuvent également « pêcher » les insectes posés à la surface des étangs et des rivières. Enfin, occasionnellement, quelques chiroptères pratiquent la chasse à l'affût (position immobile depuis une haie par exemple). C'est notamment le cas des femelles en fin de gestation qui économisent ainsi leur énergie.

Les chiroptères chassent tout au long de la nuit avec des périodes d'activité entrecoupées de phases de repos. Pour ces pauses, les individus utilisent des gîtes nocturnes particuliers ou retournent au gîte diurne principal, comme les femelles allaitantes qui reviennent pour nourrir leur petit. Généralement, le niveau de l'activité chiroptérologique est maximal dans les quatre premières heures de la nuit. Celle-ci décroît ensuite, mais s'intensifie à nouveau dans les deux heures précédant l'aube, avant le retour au gîte pour le repos diurne.

Les phases biorythmiques

### Le transit de printemps

Aux premiers beaux jours, dès le retour de l'activité des insectes, les chiroptères de nos régions sortent de leur repos hivernal et quittent leurs quartiers d'hiver. Ils reprennent leurs vols de chasse. Ayant perdu près d'un tiers de leur poids pendant l'hibernation, ils ingurgitent d'énormes quantités d'insectes. Puis, progressivement, les chauves-souris regagnent leur gîte d'été. Les mâles se dispersent tandis que les femelles se réunissent en colonies de « mises-bas » aussi appelées « nurseries ». Durant cette période de transit, les gîtes ne sont occupés que temporairement. Ils sont choisis en fonction de la température extérieure.



## L'occupation des nurseries en période estivale

---

La durée du développement embryonnaire dépend fortement des conditions climatiques. Les femelles gestantes peuvent présenter des périodes de léthargie lors d'un printemps froid, ce qui retarde d'autant la mise-bas. La gestation, qui dure normalement trois semaines, sera alors plus longue. Les femelles mettent au monde un seul petit, parfois deux pour certaines espèces. Les jeunes, nus et aveugles, s'accrochent fortement à leur mère. Les soins maternels durent de trois à six semaines, selon les espèces et les conditions climatiques de la saison. Dans nos régions, l'émancipation se produit en général au mois d'août.



Colonie de reproduction de Petits Rhinolophes dans le grenier d'une bâtisse abandonnée



Colonie reproductrice d'Oreillards roux dans la charpente d'un grenier

Source : ENVOL ENVIRONNEMENT

## Le transit d'automne

---

À la fin de l'été, les femelles rejoignent les mâles pour l'accouplement et un nouveau cycle de reproduction commence. La fécondation est différée au printemps. Cette remarquable adaptation offre un maximum de chances de survie à la femelle et à son petit. Chez certaines espèces, la période d'accouplement peut se prolonger jusqu'au début du printemps.

## L'hibernation

---

Le régime strictement insectivore impose aux chauves-souris de nos régions des stratégies adaptatives particulières. La plupart des espèces se réfugient en hiver dans des sites souterrains où elles hibernent jusqu'au retour de la belle saison. Les chauves-souris fonctionnent à l'économie d'énergie. Elles ont la capacité d'abaisser leur température corporelle jusqu'au niveau du milieu ambiant ou presque. Cela ralentit leur métabolisme en limitant la consommation des réserves de graisse. Cette léthargie hivernale n'est pas un phénomène continu : elle est interrompue par quelques réveils permettant de chercher un point d'accrochage plus favorable d'un point de vue microclimatique, voire de chasser à l'extérieur lors d'un redoux.



Grappes de Petits Rhinolophes en hibernation



Grands Murins se préparant à hiberner dans l'interstice d'un mur d'une ancienne carrière calcaire

Source : ENVOL ENVIRONNEMENT

## La migration

---

En Europe, plusieurs espèces réalisent de grands trajets migratoires au printemps et en automne. Ces espèces se reproduisent dans le nord-est du continent et séjournent en hiver dans les contrées du sud-ouest où le climat est plus doux. Les chauves-souris migratrices sont principalement la Noctule commune, la Pipistrelle de Nathusius et la Sérotine bicolore.

## L'essaimage ou « swarming »

---

À la fin de l'été et durant une grande partie de l'automne, des individus de certaines espèces se retrouvent en très grand nombre autour des entrées de sites souterrains. Plusieurs hypothèses sont avancées pour expliquer ce comportement : manifestations nuptiales en vue d'un brassage génétique, échange d'informations sur les sites d'hibernation...

## 2. ANNEXE 2 – Méthodologie de traitement des signaux

### Détermination spécifique à partir des signaux bruts

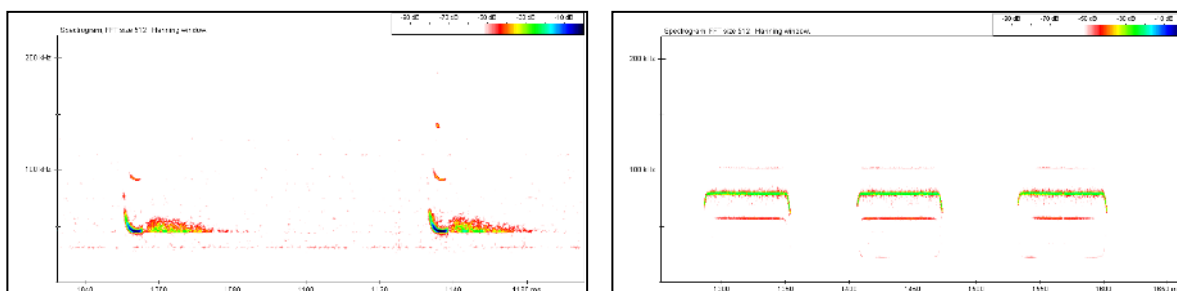
Chaque espèce de chiroptère émet un cri qui lui est propre. Ce signal ultrasonore n'est pas perceptible à l'oreille humaine, mais il peut être enregistré grâce à des appareils spéciaux tels que le détecteur Pettersson D240X ou des enregistreurs en continu comme le SM3Bat ou le SM4BatSM3bat. Les enregistrements issus de la phase terrain sont ensuite traités en phase bureau à l'aide du logiciel BatSound qui permet de visualiser lesdits signaux. La détermination spécifique se fait à partir de l'étude des caractéristiques acoustiques du signal propre à chaque espèce. L'expert va, pour chaque signal enregistré, déterminer ses caractéristiques à savoir :

- **La structure du signal** (fréquence modulée – fréquence continue – quasi-fréquence constante) ;
- **La fréquence maximale d'énergie** (FME en kilohertz) ;
- **Les différentes mesures des signaux** : durée du signal (en milliseconde) – largeur de bande (en kilohertz) – fréquence terminale (en kilohertz) – intervalles entre deux signaux (en milliseconde) – type d'amorce (progressive, explosive).

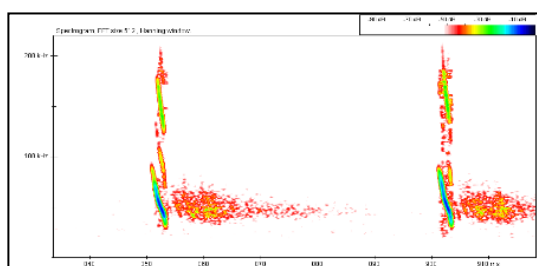
Les différentes caractéristiques du signal sont, ensuite, reportées sur un diagramme propre à chaque grande famille de chiroptères. L'utilisation des diagrammes permet la plupart du temps à l'expert de déterminer l'espèce. Les diagrammes utilisés sont issus du guide proposé dans l'Écologie acoustique des Chiroptères d'Europe (Barataud M. 2015. – partie Identification des espèces, étude de leurs habitats et comportement de chasse – troisième édition Biotope, Mèze ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris – Collection Inventaires & Biodiversité, 344 p.).

À titre illustratif, des sonagrammes des principaux types de signaux ultrasoniques sont présentés page suivante.

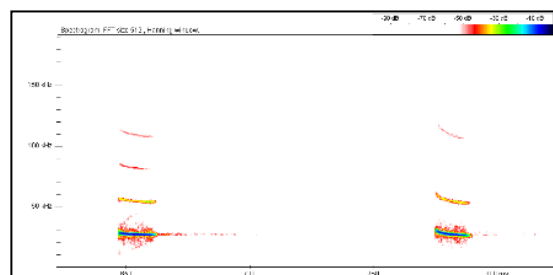
Il est important de signaler que la détermination jusqu'à l'espèce n'est pas systématique. Les mesures obtenues présentent parfois de grands écarts types, ce qui mène à un recouvrement des signaux entre deux ou plusieurs espèces. La détermination jusqu'à l'espèce peut parfois s'avérer impossible notamment chez la famille des Myotis. Par conséquent, nous utiliserons la mention Myotis sp. Dans le cas où un doute subsiste entre deux espèces, nous utiliserons un couple, par exemple Pipistrelle de Kuhl/Pipistrelle de Nathusius.



Signal en fréquence modulée aplanie émis par une  
Pipistrelle commune



Signal en fréquence constante caractéristique de la famille  
des Rhinolophes



Signal en fréquence modulée abrupte émis par un Murin de  
Daubenton

Signal dit en quasi-fréquence constante (QFC) émis par une  
Sérotine de Nilsson

Sonagrammes des principaux types de signaux ultrasoniques (source : Envol Environnement)

## Traitement des données spécifiques

Dès lors que l'analyse du signal a pu permettre de déterminer l'espèce, les données spécifiques sont traitées afin de quantifier l'activité et le comportement de ladite espèce.

### Généralités

L'utilisation du nombre de contacts de chiroptères permet une évaluation plus rigoureuse de leur activité. En effet, le nombre d'individus est plus difficilement interprétable en raison du nombre de contacts qu'un seul individu peut émettre.

Le contact acoustique est l'élément de base. C'est l'unité quantitative de l'activité qui permettra la comparaison entre les études menées par d'autres auteurs (Barataud M., 2012). Un contact correspond à une séquence acoustique bien différenciée, captée en hétérodyne ou en division de fréquences. Un train de signaux (même très court, de quelques signaux) constitue donc un contact brut. Si un deuxième le suit immédiatement avec un court silence entre les deux (supérieur à la durée des intervalles entre signaux d'une même séquence), il correspondra à un deuxième contact brut. Un même individu chassant en aller et retour peut ainsi être noté plusieurs fois, car les résultats quantitatifs expriment bien une mesure de l'activité et non une abondance de chiroptères.

Certaines circonstances posent cependant un problème de quantification des contacts bruts. Lorsqu'un ou plusieurs chiroptères restent chasser dans un secteur restreint, ils peuvent fournir une séquence sonore continue (parfois sur plusieurs minutes) qui ne doit pas être résumée à un contact unique par individu, car cela exprimerait mal le niveau élevé de son activité. Dans ce cas, on compte un contact toutes les tranches pleines de cinq secondes pour chaque individu présent (Barataud M., 1996 & 2015). Cette durée a été définie, car elle correspond environ à la durée moyenne d'un contact isolé. Ainsi, une séquence sans interruption durant huit secondes sera notée comme deux contacts, une séquence durant douze secondes sera comptabilisée comme trois contacts...

Cette méthode est généralement utilisée pour les points d'écoute dits en « écoute active », c'est-à-dire avec un enregistreur manuel (dans notre cas, un détecteur Pettersson D240X).

### Unité de mesure d'activité chiroptérologique

#### Étape 1 - Le contact brut

Le contact dit « contact brut » est directement enregistré sur le terrain via un appareil de



détection ultrasonore (type Pettersson D240X – SM3Bat ou SM4Bat). Si cette unité représente effectivement l'émission d'un cri à un moment « t », elle ne peut pas être exploitée pour une analyse fine de l'activité chiroptérologique. Afin de limiter les biais dans l'exploitation des données, il est nécessaire de traiter ces contacts bruts en considérant deux éléments :

- La durée d'écoute sur le terrain ;
- Le coefficient de détectabilité spécifique en fonction de l'habitat naturel échantillonné.

### **Étape 2 - Les contacts par heure**

Les signaux enregistrés sur le terrain sont ensuite traités en phase de bureau. La prise en compte du temps d'écoute est un élément essentiel afin d'harmoniser les données sur une échelle temporelle. Ainsi, tous les contacts bruts spécifiques sont convertis en nombre de contacts par heure (contacts/heure).

### **Étape 3 - Les contacts par heure corrigés**

Bien que le nombre de contacts par heure permette de considérer le temps d'écoute, il ne prend pas en compte l'intensité d'émission spécifique qui varie considérablement d'une espèce à l'autre.

En effet, il faut savoir que certaines espèces sont audibles au détecteur à une centaine de mètres (Noctules, Sérotines), alors que d'autres ne le sont qu'à moins de cinq mètres (Murins, Rhinolophes). Ainsi, à chaque espèce de chiroptère correspond une intensité d'émission des signaux et donc une distance de détection. Par ailleurs, il est important de signaler que la détectabilité chez certaines espèces est différente selon qu'elles évoluent en milieu ouvert ou en sous-bois. C'est pourquoi l'application d'un coefficient de détectabilité spécifique (à l'espèce et au milieu) est nécessaire, car il permet de réduire considérablement ces biais de détection. Ce coefficient de détectabilité spécifique est donc appliqué à l'unité de « contacts par heure » en fonction de l'espèce et de l'habitat dans lequel elle a été enregistrée, ce qui permet d'obtenir des données en « contacts par heure corrigés » (contacts/heure/corrigés).

L'utilisation de l'unité de « contacts/heure/corrigés » permet de limiter les biais liés aux variations d'intensité spécifique d'émission et à la variabilité du temps d'écoute dans chaque habitat naturel. Cette correction permet de mieux rendre compte de l'activité réelle des espèces.

Le tableau présenté ci-après définit les coefficients de détectabilité des espèces, présentes en France métropolitaine, selon leur intensité d'émission et en fonction des grands types d'habitat naturel. Par exemple, la définition du niveau d'activité du Petit Rhinolophe doit tenir compte de sa faible détectabilité (distance de détection inférieure à cinq mètres). Pour ces raisons, un coefficient de détectabilité élevé est appliqué à l'espèce pour que son activité brute se rapproche le plus possible de son niveau d'activité réel.

Intensité d'émission	Nom scientifique	Distance de détection (m)	Coefficient de détectabilité	Intensité d'émission	Nom scientifique	Distance de détection (m)	Coefficient de détectabilité
Milieu ouvert ou semi-ouvert				Sous-bois			
Très faible à faible	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	5	5	Très faible à faible	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	5	5
	<i>Rhinolophus ferr./meh./eur.</i>	10	2,5		<i>Plecotus spp.</i>	5	5
	<i>Myotis emarginatus</i>	10	2,5		<i>Myotis emarginatus</i>	8	3,13
	<i>Myotis alcathoe</i>	10	2,5		<i>Myotis nattereri</i>	8	3,13
	<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,5		<i>Rhinolophus ferr./eur./meh</i>	10	2,5
	<i>Myotis brandtii</i>	10	2,5		<i>Myotis alcathoe</i>	10	2,5
	<i>Myotis daubentonii</i>	15	1,67		<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,5
	<i>Myotis nattereri</i>	15	1,67		<i>Myotis brandtii</i>	10	2,5
	<i>Myotis bechsteinii</i>	15	1,67		<i>Myotis daubentonii</i>	10	2,5
	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,67		<i>Myotis bechsteinii</i>	10	2,5
Moyenne	<i>Myotis oxygnathus</i>	20	1,25	Moyenne	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,67
	<i>Myotis myotis</i>	20	1,25		<i>Myotis oxygnathus</i>	15	1,67
	<i>Plecotus spp.</i>	20	1,25		<i>Myotis myotis</i>	15	1,67
	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	25	1		<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	20	1,25
	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	25	1		<i>Miniopterus schreibersii</i>	20	1,25
	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	25	1		<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	25	1
	<i>Pipistrellus nathusii</i>	25	1		<i>Pipistrellus kuhlii</i>	25	1
Forte	<i>Hypsugo savii</i>	40	0,63	Forte	<i>Pipistrellus nathusii</i>	25	1
	<i>Eptesicus serotinus</i>	40	0,63		<i>Hypsugo savii</i>	30	0,83
Très forte	<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,5	Très forte	<i>Eptesicus serotinus</i>	30	0,83
	<i>Eptesicus isabellinus</i>	50	0,5		<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,5
	<i>Vespertilio murinus</i>	50	0,5		<i>Eptesicus isabellinus</i>	50	0,5
	<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31		<i>Vespertilio murinus</i>	50	0,5
	<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25		<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31
	<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17		<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25
	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17		<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17
D'après Barataud M. 2015. – Écologie acoustique des Chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportement de chasse. 3e éd. Biotope, Mèze ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (collection Inventaire et biodiversité), 344 p							

Le tableau suivant présente les niveaux d'activité utilisés pour qualifier l'intensité d'activité chiroptérologique en contacts corrigés par heure suivant le protocole utilisé.

Protocole	Intensité d'activité (nombre de contacts/h corrigés)											
	0-0,01	0,01-1	1-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50	50-120	120-720	<720
Écoute manuelle active au sol (Pettersson)	Très faible			Faible			Modéré		Fort			Très fort
Écoute en continu au sol pendant 3h (Audiomoth)	Très faible		Faible		Modéré			Fort			Très fort	
Écoute en continu au sol toute la nuit (Audiomoth)	Très faible		Faible		Modéré		Fort				Très fort	
Écoute automatisée en continu sur mât de mesure	Très faible		Faible	Modéré		Fort				Très fort		
Écoute automatisée en continu en nacelle	Très faible	Faible	Modéré	Fort			Très fort					
Niveau d'activité : En vert : Très faible activité. En jaune : Faible activité. En orange : Activité modérée. En rouge clair : Forte activité. En rouge foncé : Très forte activité.												

### Analyse des enregistrements en continu

Le logiciel *Sonochiro*, créé par le bureau d'études Biotope, permet l'identification automatique des détectations acoustiques enregistrées par les dispositifs d'écoute en continu. Utilisant une méthode basée sur des algorithmes, le logiciel est capable d'analyser les signaux émis par les chiroptères. Différents paramètres sont analysés, tels que la durée du signal, la puissance maximale du signal, la fréquence terminale du signal, l'amplitude du signal, la durée entre deux signaux successifs... Ces paramètres sont ensuite comparés à ceux enregistrés dans la base de données du logiciel. Cette comparaison de données permet la discrimination de la plupart des espèces ou groupes d'espèces.

Le programme *Sonochiro* inclut :

- Un algorithme de détection et de délimitation des signaux détectés ;
- Une mesure automatique, sur chaque cri, de 41 paramètres discriminants (répartition temps/fréquence/amplitude, caractérisation du rythme, ratios signal/bruit...) ;
- Une classification des cris basée sur les mesures d'un large panel de sons de référence. La classification s'appuie sur la méthode dite de « forêt d'arbres décisionnels » (ou « random forest ») qui semble être la plus performante pour la classification des signaux d'écholocation de chauves-souris (*Armitage & Ober, 2010*). Notamment, car, contrairement aux autres méthodes de classification (réseaux de neurones, analyses discriminantes...), elle tolère bien la multiplicité des types de cris par espèce. De plus, elle permet d'obtenir, pour chaque cri, une probabilité d'appartenance à chaque espèce potentielle ;
- Une identification à la séquence de cris, incluant l'espèce la plus probable et un indice de confiance de cette identification. Dans le cas où certaines espèces présentes sont peu différenciables entre elles, les séquences sont alors identifiées par un groupe d'espèces pour lequel est également donné un indice de confiance ;
- Un algorithme détectant la présence simultanée de deux groupes de cris attribuables à deux espèces aisément différenciables, permettant dans ce cas de proposer une identification supplémentaire de l'espèce, dont le signal passe en arrière-plan sur la fenêtre de visualisation des signaux enregistrés via le logiciel *Batsound*.

### Type de comportements chiroptérologiques

Trois types de comportements sont pratiqués par les chauves-souris :

- **La chasse** qui se caractérise par l'émission de signaux rapides et irréguliers permettant une localisation précise et rapide des proies ;
- **Le transit actif** qui se spécifie par l'émission de signaux lents et réguliers qui permettent l'anticipation d'obstacles ou de proies potentielles. Ce type de comportement est généralement utilisé lors d'un déplacement d'amplitude indéterminée entre deux secteurs ;

**Le transit passif** qui se caractérise par l'émission de signaux lents et irréguliers. Ce type de comportement est utilisé par une chauve-souris traversant un milieu à faible densité de proies ou libre d'obstacle qui ne requiert pas une collecte élevée d'informations



### 3. ANNEXE 3 - Seuils d'activité chiroptérologique en nacelle par espèce d'après Altisphère, Ecosphère

Seuils exprimés en contacts par nuit				
Espèces	Q25	Q50	Q75	Q90
Pipistrelle commune	1	3	6	13
Pipistrelle de Nathusius	1	1	2	2
Pipistrelle de Kuhl	1	1	2	3
Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	1	2	4	5
Pipistrelle pygmée	0	0	0	0
Vespère de Savi	0	0	0	0
Murin d'Alcathoé	0	0	0	0
Murin de Bechstein	0	0	0	0
Murin de Brandt	0	0	0	0
Murin de Capaccini	0	0	0	0
Murin des marais	0	0	0	0
Murin à oreilles échancrées	0	0	0	0
Murin à moustaches	0	0	0	0
Murin de Natterer	0	0	0	0
Grand murin	0	0	0	0
Petit murin	0	0	0	0
Murin indéterminé	0	0	0	0
Grande noctule	0	0	0	0
Noctule commune	1	3	6	16
Noctule de Leisler	1	3	6	16
Sérotine commune	1	3	5	8
Sérotine bicolore	0	0	0	0
Sérotine de Nilsson	0	0	0	0
Sérotule	2	4	12	19
Oreillard indéterminé	2	3	4	4
Barbastelle	0	0	0	0
Rhinolophe euryale	0	0	0	0
Grand rhinolophe	0	0	0	0
Petit rhinolophe	0	0	0	0
Molosse de Cestoni	0	0	0	0
Minioptère de Schreibers	0	0	0	0
TOUTES ESPECES	2	4	10	24

### 4. ANNEXE 4 - Fiches standardisées de mortalité - avifaune

## SUIVI POST-IMPLANTATION DU PARC EOLIEN DE RADENAC (56)

### FICHE DE MORTALITE - AVIFAUNE

Découvreur :

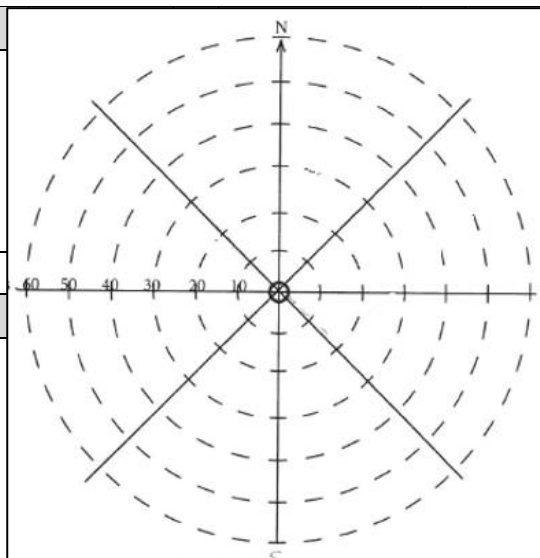
Date :

Localisation du cadavre :

Eolienne concernée :

Couverture végétale :

Distance et direction par rapport au mat :



Description du cadavre

Espèce :

Sexe :

Stade (juvénile, adulte) :

Contexte (migration, nicheur cantonné etc) :

Statuts de conservation de l'espèce :

Protection nationale	Liste rouge Europe	Liste rouge France			Liste rouge Bretagne	Natura 2000
		Nicheur	De passage	Hivernant		
-	-	-	-	-	-	-

Etat de l'individu :

☐

Entier

☐

Coupé

☐

Fragments

☐

Frais

☐

Quelques vers

☐

Décomposé (putréfaction)

☐

Sec

Cause présumée de la mort :

☐

Collision par pale

☐

Barotraumatisme

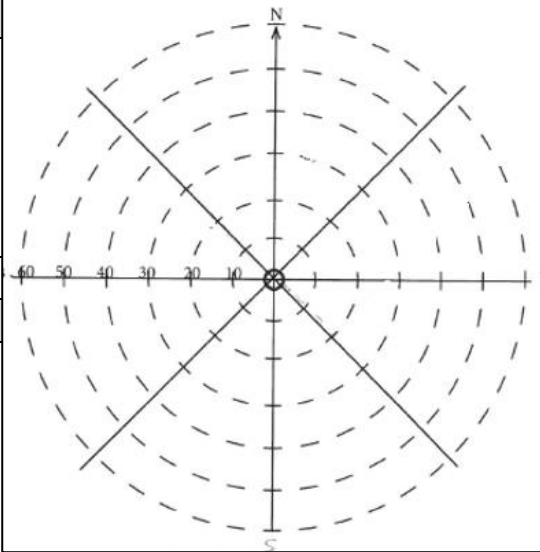
☐

Autre (chasse animale, humaine, voiture...)

**Commentaires et/ou mesures, informations supplémentaires (bagues, travaux agricoles etc) :**

Illustration(s)	

## 5. ANNEXE 5 - Fiches standardisées de mortalité - chiroptères

SUIVI POST-IMPLANTATION DU PARC EOLIEN DE RADENAC (56)		
FICHE DE MORTALITE - CHIROPTERE		
<b>Découvreur :</b> <b>Date :</b>		
<b>Localisation du cadavre :</b>  <b>Eolienne concernée :</b>  <b>Couverture végétale :</b>  <b>Distance et direction par rapport au mat :</b>		
<b>Description du cadavre</b>  <b>Espèce :</b>  <b>Sexe :</b>  <b>Stade (juvénile, adulte) :</b>  <b>Contexte (migration, reproducteur cantonné, etc.) :</b>  <b>Statuts de conservation de l'espèce :</b>		
<b>Liste rouge Europe</b>	<b>Liste rouge France</b>	<b>Liste rouge Bretagne</b>
<b>Etat de l'individu :</b> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> Entier</div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> Coupé</div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> Fragments</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> Frais</div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> Quelques vers</div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> Décomposé (putréfaction)</div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> Sec</div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <b>Cause présumée de la mort :</b> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> Collision par pale</div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> Barotraumatisme</div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <input type="checkbox"/> Autre (chasse animale, humaine, voiture...)         </div> </div>		



**Commentaires et/ou mesures, informations supplémentaires (bagues, travaux agricoles etc) :**

Illustration(s)	