Innover

Etudier

Partager

Etude de l'impact des parcs éoliens sur l'activité et la mortalité des chiroptères par trajectographie acoustique, imagerie thermique et recherche de cadavres au sol - Contributions aux évaluations des incidences sur l'environnement

Marché public de services N°03.05.0.-14D454

Responsables du dossier :

DEE

Benoit Tricot

Inspecteur Général

+32 (0)318 363 92

benoit.tricot@spw.wallonie.be

Sens Of Life

Pauline Rico

Directrice d'études

+ 33 (0)674 017 544

pauline.rico@sensoflife.com

3 rue Cope Cambe

34230 PLAISSAN

RCS Montpellier 809 520 588

+ 33 (0)467 885 822

SAS au capital variable de 6000€

N° SIRET 809 520 588 000 25

Table des matières

Remerciements 11
I. Eoliennes et chauves-souris 12
I.1. Contexte 12
I.2. Synthèse de la problématique chauves-souris et éoliennes 12
I.2.1. Généralités 12
I.2.2. Mortalité directe et mortalité indirecte 14
I.3. Facteurs affectant l'impact des éoliennes sur les chauves-souris 18
I.3.1. Les variations journalières 19
I.3.2. Les variations saisonnières 19
I.3.3. La météorologie 19
I.3.4. Les habitats 21
I.3.5. Les caractéristiques du parc et des éoliennes 21
I.3.6. Le cortège d'espèces présent sur le site 22
I.3.7. Les méthodes de caractérisation de la mortalité 24
I.4. Objectifs de l'étude 27
I.4.1. Définition de la mortalité 27
I.4.2. Caractérisation du ratio nombre de passages/nombre d'interactions avec l'éolienne 27
I.4.3. Optimiser les moyens d'étude et les moyens de suivi 27
I.5. Développement éolien et prise en compte des chiroptères en Wallonie 30
II. Matériel et Méthodes 31
II.1. Choix des sites d'études 31
II.1.1. Parc 1 : Frasnes-lez-Anvaing 32
II.1.2. Parc 2 : Dour Quiévrain 34
II.1.3. Parc 3 : Beaumont Froidchapelle 37
II.2. Matériel et protocoles de collecte de données 42
II.2.1. Suivi de la mortalité au sol 42
II.2.2. Systèmes acoustiques 48
II.2.3. Caméras thermiques 56

III. Résultats 62

III.1. Identification des animaux 62
III.1.1. Parc éolien de Dour Quiévrain 62
III.1.2. Parc éolien de Beaumont Froidchapelle 63

III.2. Résultats du suivi de la mortalité au sol 65
III.2.1. Parc éolien de Frasnes-lez-Anvaing 66
III.2.2. Parc éolien de Dour Quiévrain 68
III.2.3. Parc éolien de Beaumont Froidchapelle 70
..... 73

III.3. Analyse ultrasonore de l'activité 75
III.3.1. Parc éolien de Frasnes-lez-Anvaing 75
III.3.2. Parc éolien de Dour Quiévrain 78
III.3.3. Parc éolien de Beaumont Froidchapelle 85

III.4. Trajectographie ultrasonore 96
III.4.1. Parc éolien de Frasnes-lez-Anvaing 96
III.4.2. Parc éolien de Dour Quiévrain 98
III.4.3. Parc éolien de Beaumont Froidchapelle 101

III.5. Trajectographie par imagerie thermique 106
III.5.1. Parc éolien de Frasnes-lez-Anvaing 106
III.5.2. Parc éolien de Beaumont Froidchapelle 111

III.6. Fusion des capteurs 117
III.6.1. Corrélation trajectoires acoustiques / imagerie thermique 117
III.6.2. Corrélation trajectoires acoustiques / imagerie thermique /mortalité au sol 119

III.7. Modalités de migration 122
III.7.1. Parc éolien de Frasnes-lez-Anvaing 123
III.7.2. Parc éolien de Dour Quiévrain 124
III.7.3. Parc éolien de Beaumont Froidchapelle 125

III.8. Mortalité résiduelle 128
III.8.1. Parc éolien de Frasnes-lez-Anvaing 128
III.8.2. Parc éolien de Dour Quiévrain 128
III.8.3. Parc éolien de Beaumont Froidchapelle 130

III.9. Synthèse des informations collectées sur l'ensemble des parcs 132
III.9.1. Inter comparabilité des parcs 132
III.9.2. Résultats semblables 136
III.9.3. Comparaison avec d'autres parcs 138

IV. Perspectives et conclusions 142
IV.1.1. Définition de la mortalité 143
IV.1.2. Caractérisation du ratio nombre de passages/nombre d'interactions avec l'éolienne 143
IV.1.3. Optimiser les moyens d'étude et les moyens de suivi 144
IV.1.4. Efficacité des outils de régulation 146

V. Bibliographie 147

VI. Annexes 152
VI.1. Modification des conditions de bridage pour l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing 152
VI.2. Dérogation pour la capture et le transport d'espèces protégées 153
VI.3. Paramètres des nuits de mortalité 154

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Carte 1 : Localisation des trois sites d'études retenus pour l'étude 32

Carte 2: Localisation des quatre éoliennes nord du site de Frasnes-lez-Anvaing 33

Carte 3 : Occupation du sol de l'éolienne 4 du parc de Frasnes-lez-Anvaing 33

Carte 4 : Localisation des quatre éoliennes bordant la piste cyclable du parc de site de Dour-Quiévrain..... 35

Carte 5 : Occupation du sol de l'éolienne 1 du parc de Dour-Quiévrain 35

Carte 6 : Occupation du sol de l'éolienne 4 du parc de Dour-Quiévrain 36

Carte 7 : Localisation des éoliennes du site de Beaumont Froidchapelle 38

Carte 8 : Occupation du sol de l'éolienne 6 du parc de Beaumont Froidchapelle 39

Carte 9 : Occupation du sol de l'éolienne 7 du parc de Beaumont-Froidchapelle..... 40

Carte 10 : Occupation du sol de l'éolienne du parc de Beaumont Froidchapelle 41

Carte 11 : Illustration du parcours et de la surface prospectée lors des suivis de mortalité 43

Carte 12 : Localisation du cadavre sur le parc éolien de Dour Quiévrain 70

Carte 13 : Localisation des cadavres sur le parc éolien de Beaumont Froidchapelle 73

Carte 14 : Migration de la Pipistrelle de Nathusius (Hutterer et al., 2005)..... 140

Carte 15 : Répartition des contacts de Noctule de Leisler en Belgique - source = SPW-DGO3-DEMNA 2016.... 141

Carte 16 : Migration de la Noctule de Leisler (Hutterer et al., 2005)..... 141

Figure 1 : Coccinelles et araignées cachées sous une caméra thermique sur le parc de Frasnes-lez-Anvaing et femelle de triton alpestre en phase terrestre chassant les insectes sur la fondation de la même éolienne 13

Figure 2 : Description du phénomène de barotraumatisme..... 14

Figure 3 : Représentation de l'activité des chiroptères à hauteur de nacelle, sur le parc éolien de Bouin, au cours de l'année 2009..... 19

Figure 4 : Superposition de l'activité cumulée enregistrée sur trois sites en fonction de la vitesse du vent et de la courbe d'activité théorique en fonction de la vitesse du vent, ajustée aux données (en % d'activité totale) 20

Figure 5 : Superposition de l'activité cumulée enregistrée sur trois sites en fonction de la vitesse du vent et de la courbe d'activité théorique en fonction de la température, ajustée aux données (en % d'activité totale)..... 20

Figure 6 : Pourcentage du nombre de contacts au-dessus de 25 m de haut, enregistrés sur 10 sites en France, en fonction des espèces contactées 22

Figure 7 : Bilan européen des mortalités avérées de chauves-souris sous les éoliennes (Dürr T., 2013)..... 23

Figure 8 : Localisation de la position de la chauve-souris en fonction du décalage de temps d'arrivée de sons sur deux microphones..... 28

Figure 9: Représentation de trajectoires interrompues par le disque de balayage du rotor ou continues, vue cavalière 29

Figure 10 : Représentation de trajectoires interrompues par le disque de balayage du rotor ou continues, vue de dessus..... 29

Figure 11 : Abords de l'éolienne 6 du parc de Beaumont Froidchapelle 39

Figure 12: Abords de l'éolienne 7 du parc de Beaumont Froidchapelle 40

Figure 13: Cadavre de chauve-souris au milieu de 23 des leurres utilisés pour tester l'efficacité de l'observateur 46

Figure 14 : Installation et paramétrage d'un enregistreur WaveShark dans une éolienne (Repower MM92/2050) 49

Figure 15 : WaveShark dans son boitier usiné en alliage d'aluminium 49

Figure 16 : Illustration, principe et courbes de réponse des microphones utilisés en fonction de la fréquence . 49

Figure 17 : Microphone ultrasonore utilisé pour l'étude, monté sur son câble de transmission 50

Figure 18 : Réseau de 4 microphones montés sur leur trièdre support 50

Figure 19 : Installation d'un réseau de microphones fixés sur un trièdre sur le portique de l'éolienne 4 du parc de Frasnes-lez-Anvaing 51

Figure 20 : Représentation des volumes détection en fonction des groupes d'espèces 51

Figure 21 : Distance de détection des espèces de chauves-souris ne fonction de leur fréquence d'émission..... 52

Figure 22 : Représentation schématique des hyperboloïdes localisant une source sonore pour un rapport de différence de temps d'arrivé donnée $\Delta t_1/\Delta t_2$ sur deux microphones 55

Figure 23 : Représentation schématique de la disposition et du champ de vision des caméras thermiques équipant l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing et l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle 57

Figure 24 : Vue éclatée du boitier d'une des caméras thermiques..... 57

Figure 25 : Caméra thermique ouest de l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle 57

Figure 26 : Assemblage des images des deux caméras équipant l'éolienne E6 du parc de Beaumont-Froidchapelle 58

Figure 27 : Assemblage des images des deux caméras équipant l'éolienne 6 du parc de Frasnes-lez-Anvaing... 59

Figure 28 : Représentation schématique du principe de filtrage des trajectoires utilisé pour éviter la prise en compte de trajectoires d'insectes 61

Figure 29 : Photos du cadavre de Noctule de Leisler retrouvée sous l'éolienne E4 de Dour-Quiévrain le 03/09/2015 62

Figure 30 : Comparaison de la dentition pour identification de la Noctule de Leisler 63

Figure 31: Photo du cadavre de Pipistrelle commune retrouvé sous l'éolienne E9 de Beaumont Froidchapelle, le 06/08/2015 64

Figure 32 : Photos du cadavre de Pipistrelle commune retrouvé sous l'éolienne E7 de Beaumont Froidchapelle, le 12/08/2015, prises le jour de la découverte, puis après conservation dans l'alcool 64

Figure 33 : Photos du cadavre de Sérotine commune trouvé sous l'E6 de Beaumont Froidchapelle le 30/08/2015 65

Figure 34 : Photos du cadavre de Sérotine commune trouvé sous l'E9 de Beaumont-Froidchapelle le 12/08/2015 65

Figure 35 : Faucon crécerelle posté sur une éolienne de Beaumont Froidchapelle 74

Figure 36 : Cadavre de roitelet triple bandeau retrouvé sous l'E7 de Beaumont Froidchapelle 74

Figure 37 : Installation des microphones sur le portique de l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing 96

Figure 38 : Concentration des trajectoires ultrasonores autour de l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing (vue de face, de dessous, de profil) 97

Figure 39 : Installation des microphones sur l'éolienne E1 de Dour Quiévrain 98

Figure 40 : Concentration des trajectoires ultrasonores autour de l'éolienne E1 de Dour-Quiévrain (vue de face, de dessous, de profil) 99

Figure 41 : Concentration des trajectoires ultrasonores autour de l'éolienne E4 de Dour-Quiévrain (vue de face, de dessous, de profil) 100

Figure 42 : Installation des microphones et de leur tétraèdre sur une éolienne de Beaumont Froidchapelle .. 101

Figure 43 : Concentration des trajectoires ultrasonores autour de l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle (vue de face, de dessous, de profil) 102

Figure 44 : Concentration des trajectoires ultrasonores autour de l'éolienne E7 de Beaumont Froidchapelle (vue de face, de dessous, de profil) 104

Figure 45 : Concentration des trajectoires ultrasonores autour de l'éolienne E9 de Beaumont Froidchapelle (vue de face, de dessous, de profil) 105

Figure 46: Carte d'activité résultant du cumul des trajectoires enregistrées par imagerie thermique sur l'éolienne 4 du parc de Frasnes-lez-Anvaing entre le 5 août et le 4 novembre 2015..... 106

Figure 47 : Trajectoire de l'animal impacté le 06/08/2015 à 00:32:58 107

Figure 48: Trajectoire de l'animal impacté le 06/08/2015 à 00:54:49 108

Figure 49 : Trajectoire de l'animal impacté le 06/08/2015 à 03:35:28 108

Figure 50 : Trajectoire de l'animal impacté le 06/08/2015 à 22:39:23 109

Figure 51 : Trajectoire de l'animal impacté le 06/08/2015 à 23:24:12 109

Figure 52 : Trajectoire de l'animal impacté le 09/08/2015 à 03:05:44 110

Figure 53 : Trajectoire de l'animal impacté le 10/08/2015 à 23:01:01 110

Figure 54 : Carte d'activité résultant du cumul des trajectoires enregistrées par imagerie thermique sur l'éolienne 6 du parc de Beaumont Froidchapelle entre le 5 août et le 4 novembre 2015 112

Figure 55 : Caméra 2 de de l'éolienne 6 du parc de Beaumont Froidchapelle abimée par un plot de graisse ... 112

Figure 56 : Trajectoire de l'animal impacté le 05/08/2015 à 22:35:23 113

Figure 57 : Trajectoire de l'animal impacté le 05/08/2015 à 23:36:50 113

Figure 58 : Trajectoire de l'animal impacté le 06/08/2015 à 23:21:35 114

Figure 59 : Trajectoire de l'animal impacté le 09/08/2015 à 03:00:15 114

Figure 60 : Trajectoire de l'animal impacté le 10/08/2015 à 23:57:28 115

Figure 61 : Trajectoire de l'animal impacté le 29/08/2015 à 22:44:46 115

Figure 62 : Séquence d'attaque d'une chauve-souris sur un insecte posé sur le mat (insecte lors de l'attaque détaillé en encart zoomé en fausses couleurs) 118

Figure 63 : Activité par espèces en fonction de la date (étude acoustique) sur l'éolienne E6 du parc de Beaumont Froidchapelle..... 120

Figure 64 : Activité par espèces en fonction de la date (étude acoustique) sur l'éolienne E7 du parc de Beaumont Froidchapelle..... 120

Figure 65 : Activité par espèces en fonction de la date (étude acoustique) sur l'éolienne E9 du parc de Beaumont Froidchapelle..... 120

Figure 66 : Activité par espèces en fonction de la date (étude acoustique) sur l'éolienne E4 du parc de Beaumont Froidchapelle..... 121

Figure 67 : Distribution et migration de la Pipistrelle de Nathusius 123

Figure 68 : Extrait d'une vidéo obtenue par caméra dans le proche infrarouge par P. Marcos Gorresen de l'USGS (http:// 144

Tableau 1 : Sensibilité à l'éolien par espèce. Source : Méthodologie pour le diagnostic chiroptérologique des projets éoliens, SFEPM : http://www.sfepm.org/eoliennescs.html (http://www.sfepm.org/pdf/Diag-SFEPM-eolien_vFinale.pdf) 16

Tableau 2 : Sensibilité à l'éolien par espèce. Projets éoliens - Note de référence pour la prise en compte de la biodiversité, DEMNA 18

Tableau 3: Inventaire Eurobats (6ème édition) des suivis de mortalité en Europe 23

Tableau 4 : Mortalité connue par espèce et par pays en Europe en 2014 – SFEPM 24

Tableau 5 : Espèces contactées et potentiellement présentes sur le parc éolien de Frasnes-lez-Anvaing 34

Tableau 6: Espèces contactées et potentiellement présentes sur le parc éolien de Dour-Quiévrain 37

Tableau 7 : Espèces contactées et potentiellement présentes sur le parc éolien de Beaumont – Froidchapelle 41

Tableau 8: Surface prospectée sous chacune des éoliennes 42

Tableau 9 : Dates de suivis de mortalité par parc éolien 43

Tableau 10 : Nombre de cadavres de mulots et dates de dépôt pour test de prédation 44

Tableau 11 : Répartition des leurres sous les éoliennes 45

Tableau 12 : Possibilité d'identification des chauves-souris européennes en fonction de leurs émissions ultrasonores 53

Tableau 13: Coefficients de détectabilité des principales espèces de chauves-souris européennes 55

Tableau 14 : Dimension de cibles de différentes tailles sur le capteur d'une caméra équipée d'un objectif de 11 m formant un champ de 50 ° en fonction de l'éloignement de la cible à la caméra. Les cellules oranges correspondent aux conditions dans lesquelles la détection n'est pas possible. Les cellules bordées de rouges indiquent les conditions ou la taille des insectes et des chauves-souris ne permet pas leur discernement. 59

Tableau 15 : Calcul du déplacement sur le capteur en fonction de la vitesse et de la taille des cibles. Les cellules bordées de rouge indiquent les conditions où le filtrage en fonction de la taille laisse une ambiguïté avec les insectes. 60

Tableau 16 : Analyse du ration taille^3/distance de déplacement en fonction de la vitesse, de la distance à la caméra et de la taille des cibles. Les cellules bordées de rouge correspondent aux conditions où les insectes peuvent être confondus avec les chauves-souris. 60

Tableau 17 : Caractéristiques des cadavres de chiroptères récoltés sur les 3 parcs éoliens 66

Tableau 18 : Répartition de la position des cadavres en fonction de la distance au mât 66

Tableau 19 : Temps de séjour moyen et taux de persistance d'un cadavre sur l'E4 de Frasnes-lez-Anvaing 67

Tableau 20 : Evaluation de l'efficacité de l'observateur sur l'E4 de Frasnes-lez-Anvaing 67

Tableau 21 : Estimation de la mortalité réelle sous l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing 67

Tableau 22 : Cadavres d'oiseaux sous l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing 68

Tableau 23 : Temps de séjour moyen et taux de persistance d'un cadavre sur l'E1 de Dour-Quiévrain 68

Tableau 24 : Temps de séjour moyen et taux de persistance d'un cadavre sur l'E4 de Dour-Quiévrain 68

Tableau 25 : Temps de séjour moyen et taux de persistance d'un cadavre sur l'E1 et l'E4 de Dour-Quiévrain ... 68

Tableau 26 : Evaluation de l'efficacité de l'observateur sur l'E1 et l'E4 de Dour-Quiévrain 69

Tableau 27 : Estimation de la mortalité réelle sous les éoliennes E1 et E4 de Dour-Quiévrain 69

Tableau 28 : Temps de séjour moyen et taux de persistance des cadavres sous les éoliennes de Beaumont Froidchapelle 71

Tableau 29 : Evaluation de l'efficacité de l'observateur sous les éoliennes de Beaumont Froidchapelle 71

Tableau 30 : Estimation de la mortalité réelle sous les éoliennes de Beaumont Froidchapelle 72

Tableau 31 : Cadavres d'oiseaux retrouvés sur le parc de Beaumont Froidchapelle 74

Tableau 32 : Nombre de contacts bruts et corrigés en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptère sur Frasnes-lez-Anvaing 75

Tableau 33 : Nombre de contacts bruts et corrigés en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptère sur l'éolienne E1 de Dour Quiévrain 79

Tableau 34 : Nombre de contacts bruts et corrigés en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptère sur l'éolienne E4 de Dour Quiévrain 82

Tableau 35 : Nombre de contacts bruts et corrigés en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptère sur l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle 86

Tableau 36 : Nombre de contacts bruts et corrigés en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptère sur l'éolienne E7 de Beaumont Froidchapelle 89

Tableau 37 : Nombre de contacts bruts et corrigés en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptère sur l'éolienne E9 de Beaumont Froidchapelle 92

Tableau 38 : Synthèse des informations sur les cas probables de mortalité observés par imagerie thermique sur l'éolienne 4 du parc de Frasnes-lez-Anvaing 111

Tableau 39 : Synthèse des informations sur les cas probables de mortalité observés par imagerie thermique sur l'éolienne 4 du parc de Beaumont-Froidchapelle. 116

Tableau 40 : Corrélation entre les cadavres trouvés au sol, la détection acoustique et l'imagerie thermique . 119

Tableau 41 : Croisement des informations fournies par les caméras thermiques et le nombre de cadavres retrouvés au sol sur l'éolienne de Beaumont-Froidchapelle 121

Tableau 42 : Croisement de la mortalité estimée au sol et de la mortalité estimée par caméra thermique sur les éoliennes E4 de Frasnes-lez-Anvaing et E6 de Beaumont Froidchapelle 122

Tableau 43 : Caractéristiques des contacts d'espèces migratrices sur Frasnes-lez-Anvaing 124

Tableau 44 : Caractéristiques des contacts d'espèces migratrices sur Dour-Quiévrain 124

Tableau 45 : Caractéristiques des contacts d'espèces migratrices sur l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle 125

Tableau 46 : Caractéristiques des contacts d'espèces migratrices sur l'éolienne E7 de Beaumont Froidchapelle 126

Tableau 47 : Caractéristiques des contacts d'espèces migratrices sur l'éolienne E9 de Beaumont Froidchapelle 127

Tableau 48 : Modélisation de la mortalité résiduelle et des pertes de production pour différents systèmes de bridage sur Frasnes-lez-Anvaing 128

Tableau 49 : Modélisation de la mortalité résiduelle et des pertes de production pour différents systèmes de bridage sur l'E1 de Dour-Quiévrain 129

Tableau 50 : Modélisation de la mortalité résiduelle et des pertes de production pour différents systèmes de bridage sur l'E4 de Dour-Quiévrain 129

Tableau 51 : Modélisation de la mortalité résiduelle et des pertes de production pour différents systèmes de bridage sur l'E6 de Beaumont Froidchapelle 130

Tableau 52 : Modélisation de la mortalité résiduelle et des pertes de production pour différents systèmes de bridage sur l'E7 de Beaumont Froidchapelle 131

Tableau 53 : Modélisation de la mortalité résiduelle et des pertes de production pour différents systèmes de bridage sur l'E9 de Beaumont Froidchapelle 131

Tableau 54 : Comparaison de la mortalité estimée et des biais sur Dour-Quiévrain et sur E7 et E9 de Beaumont Froidchapelle 132

Tableau 55 : Comparaison de la mortalité estimée et des biais sur Frasnes-lez-Anvaing et sur E6 de Beaumont Froidchapelle 132

Tableau 56 : Comparaison du nombre de contacts par espèces et par éolienne 133

Tableau 57 : Comparaison de la mortalité résiduelle et des pertes de production en fonction de différents bridages appliqués aux éoliennes 135

Tableau 58 : Comparaison des temps de séjour et taux de persistance moyen d'un cadavre entre les éoliennes étudiées 136

Tableau 59 : Comparaison de l'efficacité de l'observateur entre les éoliennes étudiées 136

Tableau 60 : Comparaison de la mortalité estimée sur les éoliennes étudiées 137

Tableau 61 : Comportement des chiroptères en fonction de la période de l'année – source Rodrigues et al., 2008 141

Tableau 62 : Avantages, inconvénients et ordres de prix des différentes méthodes de suivis de mortalité des chiroptères sur les parcs éoliens 145

Graphique 1 : Activité brute par espèce contactée sur l'E4 de Frasnes-lez-Anvaing 76

Graphique 2 : Activité relative, corrigée en fonction du volume de détection pour chaque espèce contactée sur l'E4 de Frasnes-lez-Anvaing 76

Graphique 3 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent sur l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing 77

Graphique 4 : Activité des chiroptères en fonction de la température sur l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing77

Graphique 5 : Activité des chiroptères en fonction de la date sur l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing 78

Graphique 6 : Activité brute par espèce contactée sur l'E1 de Dour-Quiévrain 79

Graphique 7 : Activité relative, corrigée en fonction du volume de détection pour chaque espèce contactée sur l'E1 de Dour-Quiévrain 79

Graphique 8 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent sur l'éolienne E1 de Dour-Quiévrain .. 80

Graphique 9 : Activité des chiroptères en fonction de la température sur l'éolienne E1 de Dour-Quiévrain 80

Graphique 10 : Activité des chiroptères en fonction de la date sur l'éolienne E1 de Dour-Quiévrain 81

Graphique 11 : Activité brute par espèce contactée sur l'E4 de Dour-Quiévrain 82

Graphique 12 : Activité relative, corrigée en fonction du volume de détection pour chaque espèce contactée sur l'E4 de Dour-Quiévrain 82

Graphique 13 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent sur l'éolienne E4 de Dour-Quiévrain 83

Graphique 14 : Activité des chiroptères en fonction de la température sur l'éolienne E4 de Dour-Quiévrain 84

Graphique 15 : Activité des chiroptères en fonction de la date sur l'éolienne E4 de Dour-Quiévrain 84

Graphique 16 : Activité brute par espèce contactée sur l'E6 de Beaumont Froidchapelle 86

Graphique 17 : Activité relative, corrigée en fonction du volume de détection pour chaque espèce contactée sur l'E6 de Beaumont Froidchapelle 86

Graphique 18 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent sur l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle 87

Graphique 19 : Activité des chiroptères en fonction de la température sur l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle 87

Graphique 20 : Activité des chiroptères en fonction de la date sur l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle... 88

Graphique 21 : Activité brute par espèce contactée sur l'E7 de Beaumont Froidchapelle 89

Graphique 22 : Activité relative, corrigée en fonction du volume de détection pour chaque espèce contactée sur l'E7 de Beaumont Froidchapelle 89

Graphique 23 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent sur l'éolienne E7 de Beaumont Froidchapelle 90

Graphique 24 : Activité des chiroptères en fonction de la température sur l'éolienne E7 de Beaumont Froidchapelle 91

Graphique 25 : Activité des chiroptères en fonction de la date sur l'éolienne E7 de Beaumont Froidchapelle... 92

Graphique 26 : Activité brute par espèce contactée sur l'E9 de Beaumont Froidchapelle 93

Graphique 27 : Activité relative, corrigée en fonction du volume de détection pour chaque espèce contactée sur l'E9 de Beaumont Froidchapelle 93

Graphique 28 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent sur l'éolienne E9 de Beaumont Froidchapelle 94

Graphique 29 : Activité des chiroptères en fonction de la température sur l'éolienne E9 de Beaumont Froidchapelle 94

Graphique 30 : Activité des chiroptères en fonction de la date sur l'éolienne E9 de Beaumont Froidchapelle... 95

Graphique 31 : Nombre de trajectoires en fonction de la vitesse du vent sur l'E4 de Frasnes-lez-Anvaing 97

Graphique 32 : Nombre de trajectoires en fonction de la vitesse du vent sur l'E1 de Dour-Quiévrain..... 98

Graphique 33 : Nombre de trajectoires en fonction de la vitesse du vent sur l'E4 de Dour-Quiévrain..... 100

Graphique 34 : Nombre de trajectoires ultrasonores en fonction de la vitesse de vent sur l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle 102

Graphique 35 :Nombre de trajectoires ultrasonores en fonction de la vitesse de vent sur l'éolienne E7 de Beaumont Froidchapelle 103

Graphique 36 : Nombre de trajectoires ultrasonores en fonction de la vitesse de vent sur l'éolienne E9 de Beaumont Froidchapelle 104

Graphique 37 : Comparaison de l'activité et de la mortalité en fonction de la vitesse du vent sur le parc de Frasnes-lez-Anvaing 111

Graphique 38 : Comparaison de l'activité et de la mortalité en fonction de la vitesse du vent sur le parc de Beaumont-Froidchapelle 116

Graphique 39 : Comparaison de l'activité et de la mortalité en fonction de la vitesse du vent sur les éoliennes E4 de Frasnes-lez-Anvaing et E6 de Beaumont-Froidchapelle 117

Graphique 40 : Activité par espèce migratrice sur l'éolienne E4 du parc de Frasnes-lez-Anvaing en fonction de la date 123

Graphique 41 : Activité des espèces migratrices sur le parc de Dour-Quiévrain en fonction de la date..... 124

Graphique 42 : Activité des espèces migratrices sur l'E6 de Beaumont Froidchapelle 125

Graphique 43 : Activité des espèces migratrices sur l'E7 de Beaumont Froidchapelle 126

Graphique 44 : Activité par espèce sur l'éolienne E9 du parc de Beaumont Froidchapelle en fonction de la date 126

Graphique 45 : Activité des espèces migratrices sur le parc de Beaumont Froidchapelle 127

Membres du comité d'accompagnement :

- Thierry Kervyn,
- Isabelle Van Driessche,
- Jean-Philippe Bizoux,
- Jérémy Simar,
- Anne-Sophie Hubert,
- Benoit Mat,
- Benoit Tricot,
- Quentin Smith.

Remerciements

Tout d'abord, nous adressons nos remerciements au service de la DEE, qui a financé l'ensemble du projet, et nous sommes particulièrement reconnaissants envers Benoit Tricot pour sa confiance.

Nous remercions Anne-Sophie Hubert (EDP Renewables) et Benoit Mat (Ventis) qui ont accepté de mettre à disposition leurs éoliennes. Un grand merci également à leurs équipes techniques qui nous ont accompagnés, et tout particulièrement à Julien Marie, à Patrick Doutreluigne et aux équipes de General Electric et de Senvion qui sont intervenus avec nous sur le terrain.

Nous tenons également à remercier Vincent Leirens, qui s'est chargé du suivi de mortalité au sol, mission éprouvante, dans laquelle il faut savoir se réjouir de trouver des cadavres de chauves-souris sous la pluie...

Nous remercions également Jérémy Simar, Thierry Kervyn et Laurent Arthur pour leurs échanges techniques et scientifiques.

I. Eoliennes et chauves-souris

I.1. Contexte

L'augmentation globale de la température de la surface de la terre devrait dépasser 1,5 à 2°C d'ici la fin du 21ème siècle. Cette estimation suppose que nos objectifs de protection du climat aient été atteints, notamment en réduisant significativement nos émissions de CO_2. Le développement d'énergies renouvelables est l'une des clefs rendant possible l'atteinte de ces objectifs.

Parallèlement, le développement du grand éolien peut générer des effets sur la faune sauvage et fait apparaitre une nouvelle problématique (Bailey *et al*., 2010 ; Kunz *et al*., 2007 ; Smallwood et Thelander, 2008). De nombreux suivis ont déjà été réalisés sur le terrain, se focalisant sur les chauves-souris, les oiseaux, les mammifères marins, les poissons, pour comprendre les mécanismes sous-jacents à ces effets et utiliser cette connaissance pour développer des mesures d'évitement et de réduction d'impacts sur ces animaux.

De la même manière, plusieurs synthèses ont essayé de valoriser ce que nous avons appris jusqu'ici et de définir les incertitudes résiduelles pour concentrer les recherches sur les problématiques qui permettront le développement d'une énergie éolienne respectueuse de l'environnement (Arnett *et al*., 2011a ; Arnett et Baerwald, 2013 ; Bergström *et al*., 2013b ; Helldin *et al.,* 2012 ; Lovich et Ennen, 2013 ; Rydell *et al*.,2012).

L'étude proposée ici s'inscrit pleinement dans cette démarche, en cherchant à objectiver nos connaissances sur un échantillon statistiquement significatif de parcs éoliens wallons, tout en cherchant à définir un panel d'outils permettant de généraliser ce type d'étude à large échelle, à un coût compatible avec les contraintes économiques de cette filière.

I.2. Synthèse de la problématique chauves-souris et éoliennes

I.2.1. Généralités

Les premiers cas de mortalité de chiroptères provoqués par des éoliennes ont été décrits au début des années 70 (Hall et Richards, 1972). Cependant, il a fallu attendre le milieu des années 1990 pour voir apparaitre les premières études consacrées à l'impact des parcs éoliens sur les chauves-souris. Elles ont été menées aux Etats-Unis principalement dans le Minnesota, l'Oregon et le Wyoming (Osborn *et al.,* 1996 ; Puzen, 2002 ; Johnson *et al*., 2003).

En Europe, des études ont vu le jour sur le sujet à la suite des protocoles de suivi sur la mortalité des oiseaux qui ont révélé des cas de collisions avec les chauves-souris. Ces études se sont déroulées principalement en Allemagne (travaux de Bach *et al*., 1999 ; Bach, 2001 ; Dürr T., 2002, 2004, 2007 ; Brinkmann 2006) et en Espagne (Lekuona 2001 ; Alcade, 2003). L'étude de cette problématique a été plus tardive en France (Dulac, 2008 ; Lagrange *et al*., 2009 ; Albouy 2009 ; Cornut et Vincent, 2010 ; Allouche L., 2010 ; Beucher *et al*., 2011 ; Rico P., 2012).

Depuis, ces suivis de mortalité se sont répandus en Europe. Dans sa dernière publication « Guidelines for consideration of bats in wind farm projects Revision 2014 » et ses annexes, le groupe de travail Eurobats propose une compilation aussi exhaustive que possible de ces travaux à travers l'Europe (http://www.eurobats.org/sites/default/files/documents/pdf/Standing_Committee/Doc_StC9_AC19_12_ReportIWG_WindTurbines%20incl_Annexes.pdf).

La compilation chiffrée des données disponibles est régulièrement mise à jour, au niveau européen par T. Dürr (http://www.mluv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb2.c.451792.de) et au niveau français par la Société Française d'Etude et de Protection des Mammifères (Tableau 3). Curieusement, les éoliennes induiraient une mortalité plus importante sur les chiroptères que sur les oiseaux (Dürr T., 2007). Ainsi, en Allemagne les compilations de données réalisées en 2011 par Tobias Dürr décrivent 1414 cas de mortalité de chiroptères et 1251 cas pour les oiseaux alors que le repérage des cadavres d'oiseaux est beaucoup plus facile que celui des chauves-souris. De la même manière, aux Etats Unis, la mortalité annuelle évaluée sous les éoliennes serait de 888 000 chauves-souris pour 573 000 oiseaux (Smallwood K.S., 2013).

Cette sensibilité particulière des chiroptères à l'éolien pourrait être due à plusieurs phénomènes :

- Les chauves-souris sont susceptibles de rechercher des gites dans les éoliennes (Kunz *et al.,* 2007), ou simplement d'explorer les éoliennes par curiosité (Cryan et Barcley, 2009) ;

- Les éoliennes sont très attractives pour certains insectes et certains arachnides dont les chauves-souris se nourrissent. Elles offrent notamment à ces insectes :
    - des points d'abri (vis-à-vis de la pluie, du vent) recherchés par des coccinelles (*Adalia decempunctata*, *Anisosticta novemdecimpunctata*, *Coccinella septempunctata*, *Psyllobora vigintiduopunctata*…), des punaises (*Carpocoris* sp.) , des mouches (*Calliphora* sp., *Musca domestica*…), des guêpes (*Polistes dominulus*…) et des araignées (*Araneus diadematus*),
    - des supports d'ensoleillement / des points chauds (*Calliphora* sp. *Scatophaga carnaria*),
    - des supports pour les larves de psychées (*Psyche* sp.),
    - des supports de chasse pour des punaises (*Carpocoris* sp.) et des araignées (*Araneus diadematus*).

  Les espèces citées ci-dessus ont été observées sur les parcs de Beaumont Froidchapelle, Dour-Quiévrain et Frasnes-lez-Anvaing.

Figure 1 : Coccinelles et araignées cachées sous une caméra thermique sur le parc de Frasnes-lez-Anvaing et femelle de triton alpestre en phase terrestre chassant les insectes sur la fondation de la même éolienne

Plusieurs centaines d'individus viennent parfois s'abriter dans les éoliennes en profitant d'une ouverture, même minime (passage de câble, défaut d'étanchéité d'un joint…).

Les chauves-souris, comme certains oiseaux (hirondelles, martinets, petits passereaux) sont attirés par les insectes concentrés autours des éoliennes. Ces observations sont régulières sur les vidéos provenant des caméras thermiques. Cette attractivité est renforcée sur les insectes par les spots d'accès si ceux-ci restent allumés de nuit, ou s'ils sont allumés par détection de mouvement.

- Les chauves-souris pourraient être attirées par les émissions sonores des machines (Arnett *et al*., 2005 ; Kunz *et al*.,2007 ; Horn *et al.,*2008) ;

- Un problème de détection des pales en mouvement : les extrémités de pales se déplacent à des vitesses linéaires importantes (plus de 250 km.h^{-1}) tout en présentant une faible surface réfléchissante pour les ultra-sons utilisés par le système d'écholocation des chiroptères. Cette contrainte est augmentée par la génération d'un effet Doppler important : sur une cible arrivant à 250 km.h$^{-1,}$ l'écho revient vers l'animal avec un décalage en fréquence de 20 KHz. Il entraine obligatoirement une erreur de mesure : la chauve-souris perçoit la cible plus éloignée qu'elle ne l'est en réalité. Le signal pourrait aussi simplement être ininterprétable ou inaudible pour l'animal qui n'a que quelques fractions de seconde pour réagir ;

- Le phénomène de barotraumatisme décrit par Baerwald *et al*., en 2008, Seiche en 2008, puis par Baerwald et Barcley en 2009, résulterait du passage de la pale à proximité de la chauve-souris. L'animal pourrait donc être impacté même s'il a évité la pale. En effet, à proximité immédiate de l'extrados des pales en mouvement, les chauves-souris traversent une zone de dépression brutale. Cette variation de pression entraine la rupture des vaisseaux capillaires (pulmonaires essentiellement) et provoque une hémorragie létale sans qu'il n'y ait eu de contact avec la pale. Ce phénomène explique que la plupart des cadavres récupérés et examinés ne présentent aucune lésion externe. Horn *et al.* (2008) montrent que les risques sont plus importants lorsque la vitesse de rotation des pales n'est pas très élevée, ce qui se produit par vent faible. Ce phénomène est néanmoins remis en cause par des publication récentes (Rollins *et al.,* 2012) suggérant qu'il ne concernerait qu'une faible proportion de cadavres.

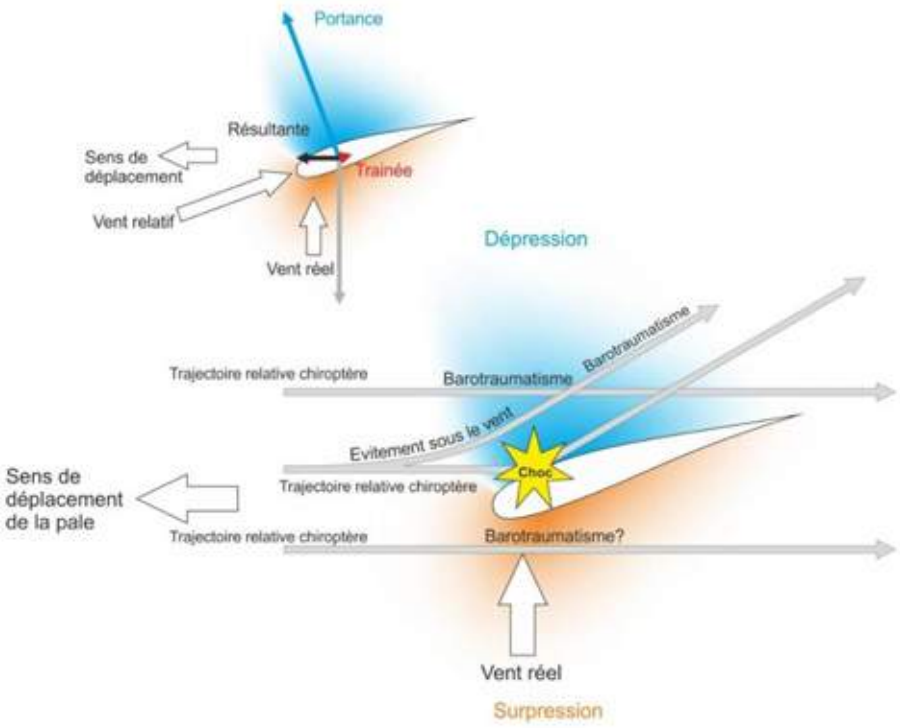


Figure 2 : Description du phénomène de barotraumatisme

I.2.2. Mortalité directe et mortalité indirecte

La mortalité directe, par impact ou barotraumatisme, n'est pas le seul facteur affectant les chauves-souris. Celles-ci peuvent également être victimes de perte d'habitat ou du dérangement résultant de l'implantation et du fonctionnement d'un parc éolien.

Mortalité directe

La mortalité directe, qu'elle soit produite par barotraumatisme ou collision, génère une mortalité qui est de mieux en mieux documentée. Il apparait que toutes les espèces ne sont pas impactées de la même manière par ce phénomène. Le comportement et l'écologie des animaux influenceraient fortement leur sensibilité à l'éolien. Ainsi les chauves-souris chassant en plein ciel (espèces de haut vol) ou réalisant des migrations, seraient beaucoup plus impactées que les espèces sédentaires glanant leur nourriture au sol ou dans la canopée. En Europe, le tableau 1, édité par la SFEPM, définit la sensibilité des différentes espèces de chiroptères vis à vis de l'éolien.

Mortalité indirecte

Les effets indirects de l'aménagement et du fonctionnement des parcs éoliens peuvent induire un impact supplémentaire sur les populations de chauves-souris (individus, habitats et proies), qu'elles soient résidentes ou migratrices. Ces perturbations peuvent être de plusieurs natures :

- Dérangement ou barrière sur les voies de migration et les voies de transit locales,
- Dégradations, dérangement ou destruction des habitats de chasse,
- Dégradations, dérangement ou destruction des gîtes (plus probable pour des éoliennes en milieux forestiers ou près de bâtiments),
- Désorientation des chauves-souris en vol par les ultrasons émis par les éoliennes.

Nom latin	Nom commun	Liste rouge France	Liste rouge mondiale	Classes de sensibilité à l'éolien (état des lieux décembre 2012)					Note de risque
				0	1	2	3	4	
		Enjeux		0	(1-10)	(1-50)	(51-499)	≥ 500	
Rhinolophus mehelyi	*Rhinolophe de Méhely*	CR = 5	VU		1				3*
Miniopterus schreibersii	*Minioptère de Schreibers*	VU = 4	NT		7				3**
Myotis capaccinii	*Murin de Capaccini*	VU = 4	VU	0					2
Myotis punicus	*Murin du Maghreb*	VU = 4	NT	0					2
Rhinolophus euryale	*Rhinolophe euryale*	NT = 3	NT	0					1,5
Rhinolophus ferrumequinum	Grand rhinolophe	NT = 3	LC		1				2*
Myotis bechsteinii	Murin de Bechstein	NT = 3	NT		1				2*
Myotis blythii	*Petit murin*	NT = 3	LC		4				2*
Nyctalus leisleri	Noctule de Leisler	NT = 3	LC				340		3
Nyctalus noctula	Noctule commune	NT = 3	LC					654	3,5
Pipistrellus nathusii	Pipistrelle de Nathusius	NT = 3	LC					548	3,5
Rhinolophus hipposideros	Petit rhinolophe	LC = 2	LC	0					1
Tadarida teniotis	*Molosse de Cestoni*	LC = 2	LC			35			2,5**
Barbastella barbastellus	Barbastelle d'Europe	LC = 2	NT		3				1,5*
Eptesicus nillssonii	Sérotine de Nilsson	LC = 2	LC			14			2
Eptesicus serotinus/*isabellinus*	Sérotine commune/*isabelle*	LC = 2	LC				208		2,5
Hypsugo savii	*Vespère de Savi*	LC = 2	LC				148		2,5
Myotis alcathoe	Murin d'Alcathoe	LC = 2	DD	0					1
Myotis brandtii	Murin de Brandt	LC = 2	LC		1				1,5
Myotis daubentonii	Murin de Daubenton	LC = 2	LC		6				1,5
Myotis emarginatus	Murin à oreilles échancrées	LC = 2	LC		2				1,5*
Myotis myotis	Grand murin	LC = 2	LC		6				1,5*
Myotis mystacinus	Murin à moustaches	LC = 2	LC		4				1,5
Myotis nattereri	Murin de Natterer	LC = 2	LC	0					1
Pipistrellus kuhlii	Pipistrelle de Kuhl	LC = 2	LC				155		2,5
Pipistrellus pipistrellus/pygmaeus	Pipistrelle commune/pygmée	LC = 2	LC					1659	3
Plecotus auritus	Oreillard roux	LC = 2	LC		5				1,5
Plecotus austriacus	Oreillard gris	LC = 2	LC		7				1,5
Myotis escalerai	*Murin d'Escalera*	DD = 1	NE	0					0,5*
Nyctalus lasiopterus	*Grande noctule*	DD = 1	NT			32			2**
Plecotus macrobullaris	Oreillard montagnard	DD = 1	LC	0					0,5
Vespertilio murinus	Sérotine bicolore	DD = 1	LC				79		2
Myotis dasycneme	Murin des marais	NA = 1	NT		3				1*

* surclassement possible localement pour les espèces forestières si implantation en forêt, et les espèces fortement grégaires (proximité d'importantes nurseries ou de sites d'hibernation majeurs). ** surclassement appliqué

En italique les espèces méridionales, voire méditerranéennes, dont le taux de mortalité peut être biaisé par le manque de données sur la mortalité dans le sud de la France

Tableau 1 : Sensibilité à l'éolien par espèce. Source : Méthodologie pour le diagnostic chiroptérologique des projets éoliens, SFEPM : http://www.sfepm.org/eoliennescs.html (http://www.sfepm.org/pdf/Diag-SFEPM-eolien_vFinale.pdf)

Espèce	**Degré de sensibilité**	**Statut (Lamotte 2007)**	**Type de risque**	**Effectifs connus en Wallonie**
Noctule commune (*Nyctalus noctula*)	Fort	Données déficientes, probablement vulnérable	Mortalité importante durant Migration (>1000 km), perturbation des habitats de chasse	Données déficientes
Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*)	Fort	Données déficientes	Mortalité importante durant migration (>1000 km), perturbation des habitats de chasse	Données déficientes
Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*)	Fort	Données déficientes	Mortalité importante durant migration (>1000 km), perturbation des habitats de chasse	Données déficientes
Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*)	Fort	Non menacé	Mortalité importante, recherché de gîte, perturbation des habitats de chasse	Population estimée à plusieurs centaines de milliers d'individus
Pipistrelle pygmée (*Pipistrellus pygmaeus)*	Fort	Données déficientes	Mortalité, perturbation des habitats de chasse	Données déficientes
Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*)	Modéré	En danger	Mortalité, perturbation des habitats de chasse	Env. un millier d'ind.
Sérotine de Nilsson (*Eptesicus nilssoni*)	Modéré	Données déficientes	Mortalité, perturbation des habitats de chasse	Données déficientes
Sérotine bicolore (*Vespertilio murinus*)	Modéré	Données déficientes	Mortalité, perturbation des habitats de chasse	Données déficientes
Grand murin *(Myotis myotis)*	Modéré	En danger	Mortalité, perturbation des habitats de chasse	Env. un millier d'ind.
Barabstelle *(Barbastella barbastellus)*	Modéré	En danger critique d'extinction	Mortalité, perturbation des habitats de chasse	Moins de 20 individus
Murin des marais *(Myotis dasycneme)*	Modéré	En danger	Mortalité, perturbation des habitats de chasse	Env. 50 ind. en hibernation
Oreillard roux *(Plecotus auritus)*	Faible	Vulnérable	Mortalité faible	Env. un millier d'ind.
Oreillard gris *(Plecotus austriacus)*	Faible	Vulnérable	Mortalité faible	Env. un millier d'ind.
Murin à oreilles échancrées *(Myotis emarginatus)*	Faible	En danger	Mortalité faible	Environ 2000 individus
Murin de Daubenton (*Myotis daubentoni*)	Faible	Non menacé	Mortalité faible	Plusieurs milliers d'ind.
Murin à moustaches (*Myotis mystacinus*)	Faible	Non menacé	Mortalité faible	Plusieurs milliers d'ind.
Murin de Brandt (*Myotis brandtii*)	Faible	Données déficientes, Probablement non menacé	Mortalité faible	Données déficientes
Murin de Bechstein (*Myotis bechsteinii)*	Faible	Données déficientes	Mortalité faible	Données déficientes
Murin de Natterer (*Myotis nattereri)*	Faible	En danger	Mortalité faible	Environ 1500 individus
Murin d'Alcathoe (*Myotis alcathoe)*	Faible	Données déficientes	Mortalité faible	Données déficientes
Grand rhinolophe *(Rhinolophus ferrumequinum)*	Faible	En danger critique d'extinction	Mortalité faible	Moins de 300 individus

Petit rhinolophe *(Rhinolophus hipposideros)*	Faible	En danger critique d'extinction	Mortalité faible	Moins de 250 individus

Tableau 2 : Sensibilité à l'éolien par espèce. Projets éoliens - Note de référence pour la prise en compte de la biodiversité, DEMNA

La perte d'habitat et de gîtes

L'installation d'un parc éolien peut induire la destruction de gîte ou la modification d'un habitat de chasse. Cet effet peut être permanent, c'est le cas de la présence et du fonctionnement des éoliennes, du poste de livraison et des voies d'accès. Mais il peut également être temporaire, limité à la phase travaux (bruit, vibrations, éclairage, pollutions) ou à une période de re-végétalisation du site. Il peut également résulter de l'aménagement lui-même, ou d'opérations contigües (déboisement, destruction de vieux bâtis, assèchement de zones humides, création de nouveaux corridors de chasse ou de déplacement le long des chemins d'accès…). L'impact peut être important lorsque les travaux risquent de détruire des individus lors des phases de repos journalières ou saisonnières (hibernation).

L'effet barrière- évitement

La présence des éoliennes et des infrastructures attenantes peut générer un effet barrière ou l'évitement du site par certaines espèces comme la Sérotine commune (Bach, 2002). Les connaissances actuelles en matière d'impacts indirects liés au fonctionnement des éoliennes (émissions sonores, ultrasonores et infrasonores, perturbations visuelles) et les effets d'éloignement et de barrière qui en découlent, ne sont pas très étendues (Bach, 2001). Il en est de même pour le savoir relatif aux éventuels effets cumulés associés aux facteurs précédents, si peu exhaustifs qu'il est actuellement impossible d'évaluer les risques d'impact (Bach et Rahmel, 2004 ; Hötker *et al.,* 2005).

I.3. Facteurs affectant l'impact des éoliennes sur les chauves-souris

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

I.3.1. Les variations journalières

Bien sûr les chauves-souris volent essentiellement de nuit, mais cette activité n'est pas pour autant régulière tout au long de la nuit. Des vols sont régulièrement observés de jour, notamment lors des migrations. La Figure 4 illustre la répartition de l'activité sur le parc éolien de Bouin en fonction de la date et de l'heure (Lagrange *et al.*, 2009). Elle met en évidence de fortes variations au cours d'une même nuit, avec des pics d'activité généralement centrés sur le début de nuit et la fin de nuit. Sur un site donné, cette activité peut également être influencée par la distance que les animaux doivent parcourir entre leur gîte et le terrain de chasse.

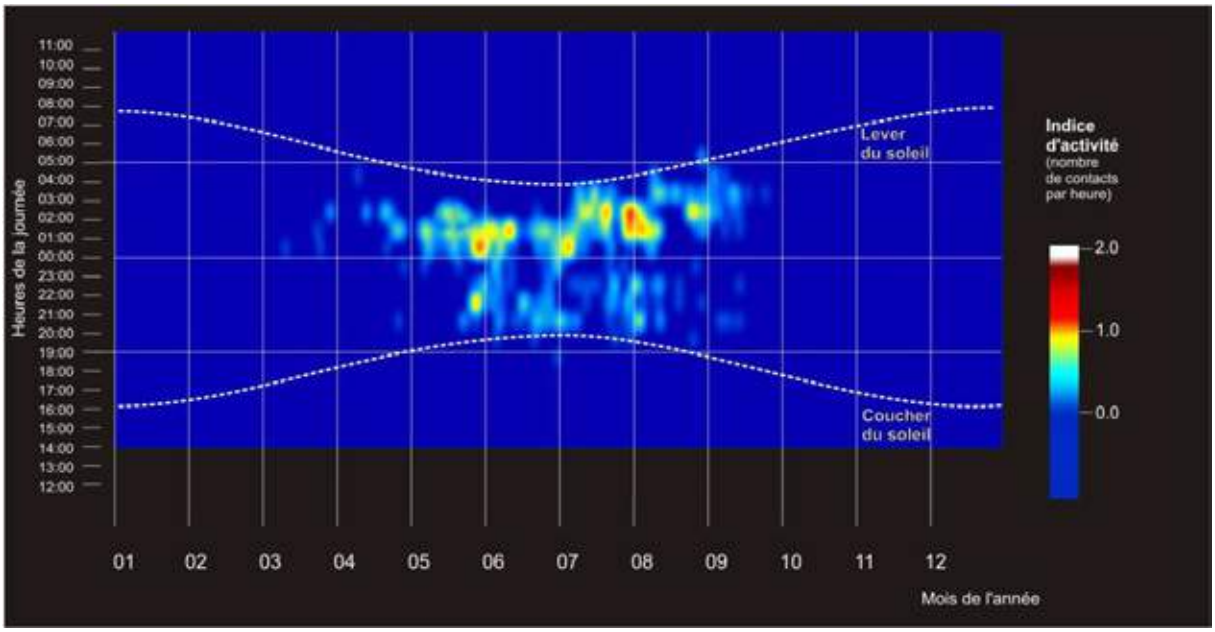


Figure 3 : Représentation de l'activité des chiroptères à hauteur de nacelle, sur le parc éolien de Bouin, au cours de l'année 2009

I.3.2. Les variations saisonnières

L'activité des chauves-souris, et les occurrences de mortalité, sont fortement influencées par les saisons (Figure 3). Sous nos latitudes, la plupart des espèces présentes sont des animaux hibernants, très peu actifs au cours des saisons défavorables. Les suivis post implantations montrent que l'essentiel de l'activité et de la mortalité est enregistré au cours de l'été et de l'automne (Arnett *et al.,* 2006 ; Dürr 2002 ; Doty et Martin, 2012 ; Hull et Cawthen, 2013). En 2010, Rydell et ses co-auteurs notaient que 90 % de la mortalité annuelle se produisait entre août et septembre. Cette répartition pourrait indiquer un rôle important des migrations dans la surmortalité constatée à partir du milieu de l'été (Johnson et al., 2011). Ces migrations peuvent aussi être des phénomènes à large échelle, les chauves-souris traversant une grande partie de l'Europe, comme ce qui est décrit pour la Pipistrelle de Nathusius (Figure 11). Elles peuvent aussi résulter de mouvements liés à des formations paysagères ou des régions (Kerns *et al*., 2005). Ces migrations automnales peuvent s'étaler sur de longues périodes, peut-être à des altitudes plus basses que les migrations printanières (Furmankiewicz et Kucharska, 2009). L'élévation du niveau de mortalité pendant ces épisodes migratoires pourraient simplement découler de la présence d'un plus grand nombre d'individus, mais aussi de comportements particuliers (poursuites) liées aux parades et affrontements lors de la formation de couples et à la reproduction (Cryan et Brown, 2007).

I.3.3. La météorologie

L'activité et la mortalité des chauves-souris sont fortement influencées par les variables climatiques (Baerwald et Barclay, 2011). Ces paramètres peuvent être utilisés pour prédire les périodes de fort risque de collision, servant de cadre de travail pour les protocoles de régulation du fonctionnement des éoliennes en vue de diminuer l'impact des parcs éoliens sur les chiroptères (Brinkmann *et al.,* 2011). Les paramètres les plus influents

sont la vitesse du vent, la température et le niveau de précipitation (Behr *et al.,* 2011). La pression atmosphérique pourrait également jouer un rôle dans les variations d'activité des chiroptères (Kerns *et al.,* 2005), tout comme l'illumination apportée par la lune (Baerwald et Barclay, 2011 ; Cryan *et al*., 2014).

Ces paramètres affectent différemment les espèces, cependant, les variations de vitesse de vent constituent un paramètre influençant fortement l'activité des chauves-souris (Baerwald et Barclay, 2011 ; Behr *et al.,* 2011). Certains auteurs (Rydell *et al*., 2006 ; Arnett *et al.,* 2006) décrivent que l'activité des chauves-souris décroit de 5 à 40 % pour chaque augmentation de la vitesse du vent d'un mètre par seconde. En 2010, Rydell et ses co-auteurs ont synthétisé ces résultats de la manière suivante :

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

Des résultats similaires se retrouvent dans des études françaises effectuées dans le nord-ouest de la France (Lagrange, com. pers.) (Figure 4 & 5).

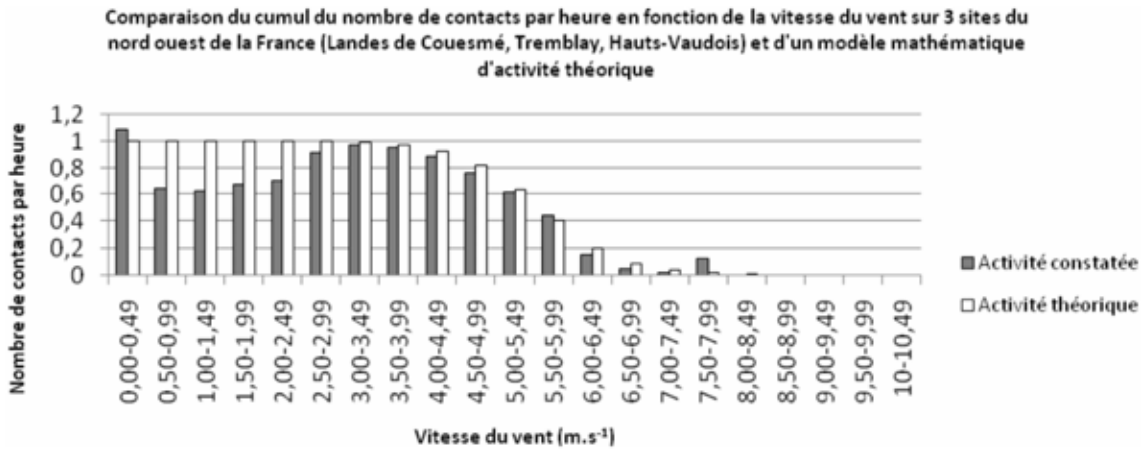


Figure 4 : Superposition de l'activité cumulée enregistrée sur trois sites en fonction de la vitesse du vent et de la courbe d'activité théorique en fonction de la vitesse du vent, ajustée aux données (en % d'activité totale)

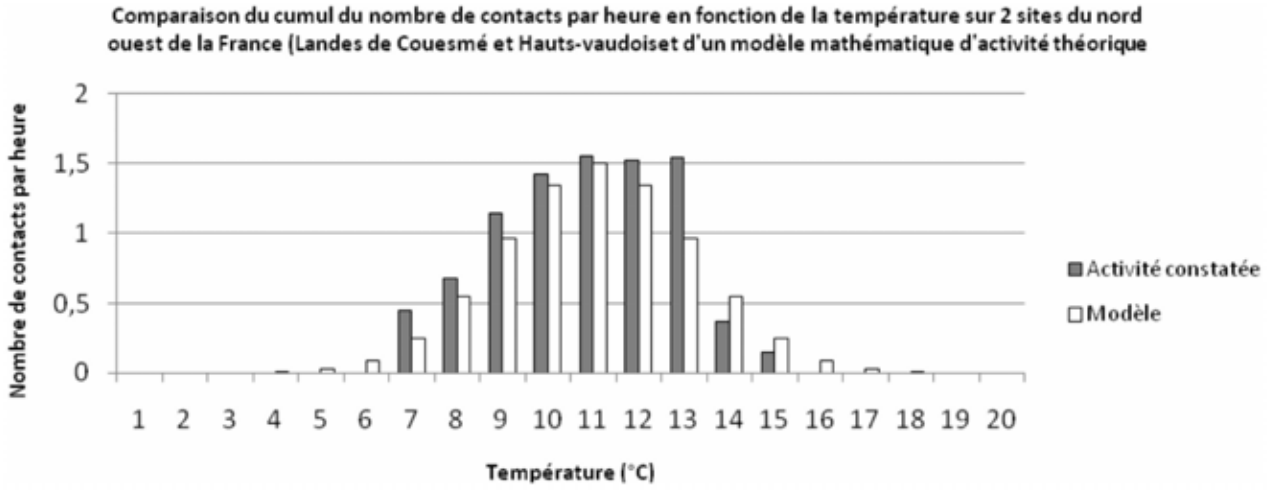


Figure 5 : Superposition de l'activité cumulée enregistrée sur trois sites en fonction de la vitesse du vent et de la courbe d'activité théorique en fonction de la température, ajustée aux données (en % d'activité totale)

Le facteur « brouillard » peut également jouer un rôle important, notamment durant les migrations. Sa présence peut entraîner, selon certains auteurs, une interruption totale des déplacements.

Depuis, des systèmes basés sur une élévation du seuil de vitesse de vent nécessaire au démarrage des éoliennes ont été testés au Etats-Unis (Arnett et Schirmacher, 2009 ; Baerwald *et al.,* 2009). Le passage d'une vitesse de vent de démarrage de 3,5 $m.s^{-1}$ à 5,5 $m.s^{-1}$ permettrait de réduire la mortalité de 60 à 80 %. Ainsi les travaux de l'équipe d'Arnett (BWEC), réalisés depuis 2008 en Pennsylvanie (Nord EST des USA) (http://www.batsandwind.org/pdf/Curtailment_2008_Final_Report.pdf) et de Baerwald *et al.* (2009) indiquent que la mortalité des chauves-souris peut être réduite de 56 à 92 % pour des pertes de production annuelle de l'ordre de 0,3 à 1%.

En France, plusieurs programmes de régulation accompagnés d'un suivi de mortalité ont été mis en place, par exemple :

- Le parc éolien de Bouin (Vendée), où la régulation des machines en fonction des paramètres climatiques a permis une baisse de mortalité de 57 à 74 % pour une baisse de production de 0.1% ;
- Le parc éolien du Mas de Leuze (Bouches du Rhône), régulé depuis 2010. Il est le premier parc régulé de manière contractuelle en France, avec une baisse de mortalité de plus de 90 % pour une perte de production avoisinant les 0.3% ;
- Le parc éolien de Cruscades (Aude), dont les résultats ne sont pas diffusés pour l'instant ;
- Le parc éolien de Castelnau-Pegayrols (Aveyron) ou la régulation des éoliennes accompagnée d'un arrêt des systèmes d'éclairage entrainait une baisse de mortalité pouvant aller jusqu'à 98% en une année (perte de production non documentée).

I.3.4. Les habitats

Les études du comportement des chauves-souris au cours des migrations suggèrent qu'elles utilisent des repères linéaires, tel que les vallées fluviales (Furmankiewicz et Kucharska, 2009), les lignes de côtes, les alignements d'arbres, les escarpements rocheux et les lisières forestières pour se guider. Ces derniers concentrent alors les déplacements (Ahlen *et al.,* 2009 ; Baerwald et Barclay, 2009). Certains auteurs n'observent aucune relation significative entre les habitats et la couverture végétale (Arnett *et al.,* 2006 ; Piorkowski et O'Connell, 2010) alors que d'autres études montrent une diminution significative de l'activité lors de l'éloignement de zone boisées (Johnson *et al.,* 2004). En 2006, Brinkmann et ses co-auteurs n'observent pas de différence d'activité à 40 m de haut entre des zones boisées et des milieux ouverts alors que les recherches de cadavres montrent une mortalité plus importante en forêt qu'en milieu ouvert. Une compilation des données réalisée en Europe du nord (Rydell *et al.,* 2010a) conclut que peu de mortalité est généralement observée en milieu ouvert, dans des grandes cultures (0 à 3 chauves-souris par éolienne et par an). Cette mortalité augmente pour des milieux ouverts plus hétérogènes (bocages) pour avoisiner 2 à 5 chauves-souris par éolienne et par an. Elle atteint des niveaux plus élevés pour les régions côtières, les grands lacs et les régions forestières (5 à 20 chauves-souris par éolienne et par an). Ces données doivent être extrapolées avec prudence aux régions méditerranéennes : sous les éoliennes du Mas de Leuze, dans les bouches du Rhône (13), la mortalité atteint des valeurs biens supérieures (10 cadavres par éolienne et par an) dans un milieu ouvert (Allouche L., 2010 ; Rico P., 2012).

I.3.5. Les caractéristiques du parc et des éoliennes

Plusieurs paramètres peuvent influencer l'impact qu'un parc éolien aura sur les chauves-souris évoluant à proximité :

- les balises lumineuses : par principe, il est possible que les insectes-proies soient attirés par les feux de positionnement. Cependant, lors d'études comparatives réalisées aux USA entre éoliennes avec ou sans feux, aucune différence significative n'a été notée dans l'activité des chiroptères (Brinkmann *et al.,* 2006) ;
- le type de machine : par rapport aux résultats obtenus jusqu'à présent, aucune différence n'a été mise en évidence dans le taux de découverte des chauves-souris en fonction du type d'éoliennes (Brinkmann *et al.,* 2006).

Cependant, il apparait certain que plus le bas de pale des machines passe près du sol, plus le fonctionnement de l'éolienne risque d'induire une mortalité sur les animaux volant à basse altitude. Ce phénomène expliquerait la forte mortalité observée sur le parc éolien du Mas de Leuze (13).

I.3.6. Le cortège d'espèces présent sur le site

Les paragraphes suivants (III.3.1. à III.3.10.) analysent finement le comportement de chaque espèce identifiée sur le site. Le comportement des chauves-souris vis-à-vis des éoliennes ouvre de multiples hypothèses et autant de débats. Pour simplifier les interprétations, nous avons ici synthétisé les informations des études récentes en lien direct avec la problématique.

La présence d'espèces de haut vol

La comparaison d'enregistrement en altitude, simultanés avec des enregistrements au sol a été rendue possible grâce à des enregistreurs à deux voies, comme le SM2Bat. Cet outil a permis de constater que toutes les chauves-souris n'exploitaient pas l'espace de la même manière (Figure 6, Rico P. *et al.*, 2013) :

- certaines espèces sont régulièrement contactées en altitude (Sérotine bicolore, Noctule de Leisler, Sérotine de Nilson, Grande noctule, Noctule commune, Molosse de Cestoni, Pipistrelle de Nathusius et Vespère de Savi),
- d'autres ne se retrouvent en altitude que de manière occasionnelle (Pipistrelle pygmée, Pipistrelle commune, Sérotine commune, Pipistrelle de Kuhl, Minioptère de Schreibers et Grand Murin),
- enfin une troisième catégorie ne quitte que très rarement la proximité du sol (Oreillards, Murins, Barbastelle et Rhinolophes).

La présence d'espèces de haut vol sur le site augmente le risque d'interactions entre les éoliennes et les chauves-souris. Ce comportement ne génère pas pour autant un lien direct entre les altitudes de vol observées et la mortalité constatée. L'abondance des espèces, leurs comportements et les performances de chacune (vitesse de vol, capacité de détection d'objets éloignés…) pondèrent ces résultats.

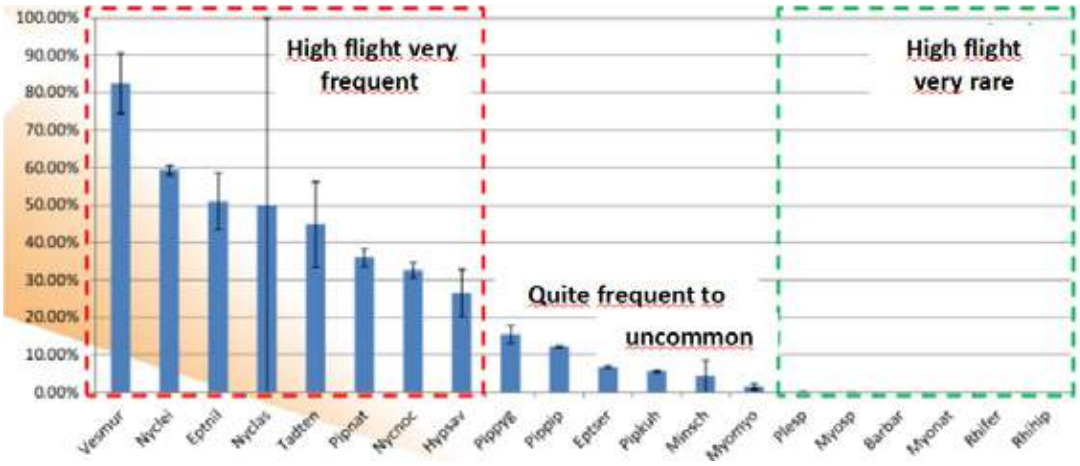


Figure 6 : Pourcentage du nombre de contacts au-dessus de 25 m de haut, enregistrés sur 10 sites en France, en fonction des espèces contactées

La présence d'espèces sensibles

Toutes les espèces de haut vol ou régulièrement rencontrées en altitude ne sont pas pour autant impactées de la même manière par les parcs éoliens. La figure 7, tirée du tableau 1 montre qu'en France, les espèces les plus impactées sont les Pipistrelles communes et pygmées, puis les Pipistrelles de Kuhl et de Nathusius. En Europe,

les Noctules communes, les Pipistrelles de Nathusius et les Noctules de Leisler sont également très fréquemment retrouvées mortes au pied des éoliennes.

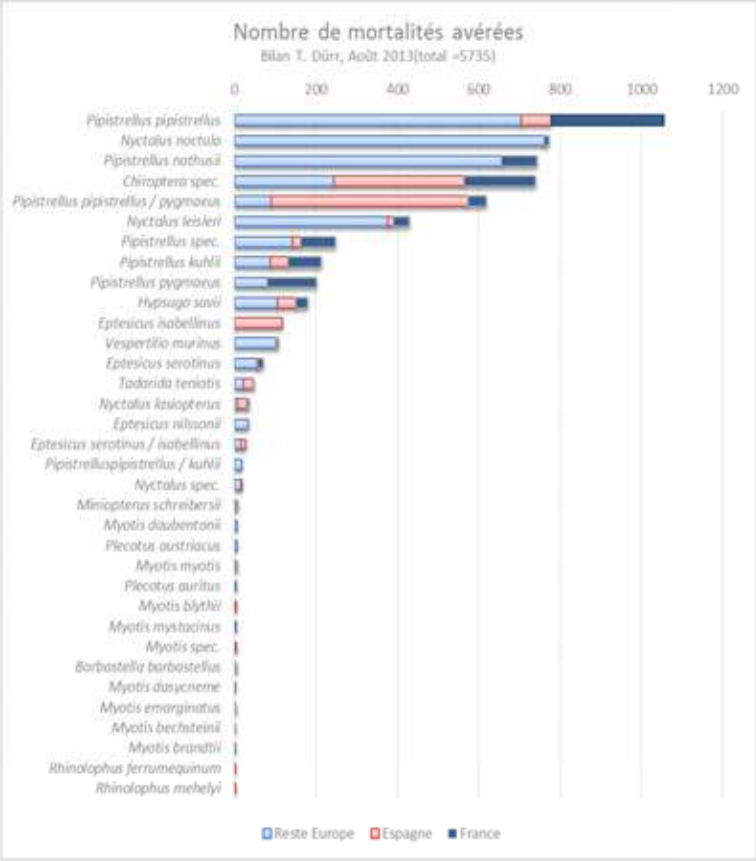


Figure 7 : Bilan européen des mortalités avérées de chauves-souris sous les éoliennes (Dürr T., 2013)

Les données actuelles sur la mortalité directe

En Europe, 204 suivis de mortalité sont inventoriés dans « Guidelines for consideration of bats in wind farm projects Revision 2014 » d'Eurobats. Parmi ces suivis, un seul est documenté pour la Belgique, en Wallonie. Ce dernier évalue la mortalité à 8 chauves-souris par éolienne et par an.

Pays	**Nombre de suivis de mortalité inventoriés dans Eurobats (6ème édition)**
Portugal	112
Allemagne	50
France	30
Pologne	3
Croatie	2
Finlande	1
Espagne	1
Belgique	1
Grèce	1
Italie	1
Angleterre	1
Autriche	1

Tableau 3: Inventaire Eurobats (6ème édition) des suivis de mortalité en Europe

Mortalité connue de chauves-souris par éoliennes en Europe (2003-2013) - informations reçues au 28/08/2014

Espèces	AT	BE	CH	CR	CZ	DE	ES	EE	FI	FR	GR	IT	LV	NL	NO	PT	PL	SE	UK	Total
Nyctalus noctula	24				3	716	1			12	10					1	5	1		**773**
Nyctalus lasiopterus							21			6	1					8				**36**
N. leisleri			1		1	108	15			39	58	2				206				**430**
Nyctalus spec.							2									16				**18**
Eptesicus serotinus					7	43	2			14	1			1		0	3			**71**
E. isabellinus							117									1				**118**
E. serotinus / isabellinus							11									16				**27**
E. nilssonii						3		2	6				13		1		1	8		**34**
Vespertilio murinus				5	2	89				6	1		1				3	1		**108**
Myotis myotis						2	2			2										**6**
M. blythii							4													**4**
M. dasycneme						3														**3**
M. daubentonii						5										2				**7**
M. bechsteinii										1										**1**
M. emarginatus							1			1										**2**
M. brandtii						1														**1**
M. mystacinus						2					2									**4**
Myotis spec.						1	3													**4**
Pipistrellus pipistrellus		10			3	431	73			277		1		14		243	1	1		**1054**
P. nathusii	2	3			2	565				87	34	2	23	7			12	5		**742**
P. pygmaeus						46				121			1			31	1	1	1	**202**
P. pipistrellus / pygmaeus			1				483			44	54					35	1			**618**
P. kuhlii				51			44			81						37				**213**
P.pipistrellus / kuhlii																19				**19**
Pipistrellus spec.				13	2	36	20			85	2		2			85			3	**248**
Hypsugo savii				24		1	44			30	28	10				43				**180**
Barbastella barbastellus						1	1			2										**4**
Plecotus austriacus	1					6														**7**
Plecotus auritus						5														**5**
Tadarida teniotis							23			1						22				**46**
Miniopterus schreibersii							2			4						3				**9**
Rhinolophus ferrumequinum							1													**1**
Rhinolophus mehelyi							1													**1**
Chiroptera spec.		1		46		46	320	1		175	8	1				102	2	30	7	**739**
Total	**27**	**14**	**2**	**139**	**20**	**2110**	**1191**	**3**	**6**	**988**	**199**	**16**	**40**	**22**	**1**	**870**	**29**	**47**	**11**	**5735**

AT = Autriche, BE = Belgique, CH = Suisse, CR = Croatie, CZ = Rep. tchèque, D = Allemagne ES= Espagne, EE = Estonie, FR = France, GR = Grèce, IT = Italie, LV = Lettonie, NL = Pays-Bas, NO = Norvège, PT = Portugal, PL = Pologne, SE = Suède, UK = Royaume-Uni

Tableau 4 : Mortalité connue par espèce et par pays en Europe en 2014 – SFEPM

I.3.7. Les méthodes de caractérisation de la mortalité

Les suivis de l'impact des parcs éoliens sur les chiroptères permettent une meilleure compréhension des impacts sur les différentes espèces de chauves-souris. Il serait souhaitable de pouvoir développer des programmes de suivis des effets cumulés des parcs le long d'axe migratoires ou sur le territoire de populations sensibles.

Suivis de mortalité au sol

La méthode de référence pour ces suivis d'impact repose aujourd'hui sur des suivis d'activité et des suivis de mortalité au sol. Pour être pleinement exploitables scientifiquement ces suivis de mortalité doivent :

1) Reposer sur un protocole standardisé (évaluation de l'efficacité de l'opérateur, évaluation du biais de prédation…),
2) Prendre en compte le contexte chiroptérologique du parc éolien (cortège d'espèces, activité, migration…)
3) Être pluri annuel (3 ans conseillé par Eurobats) pour prendre en compte d'éventuels changement de comportement des animaux (attractivité, habituation) et les variations interannuelles d'activité,
4) Être couplé à un suivi d'activité pour assurer la possibilité d'interpréter les variations observées.

Le premier point commence à bénéficier d'une normalisation, en particulier grâce aux recommandations d'Eurobats. Ce document préconise de chercher les cadavres au pied des éoliennes sur l'aire d'un cercle centré sur chaque machine et dont le diamètre est au moins égal à la hauteur totale de l'éolienne. Seule cette approche permettrait de détecter les cadavres d'animaux ayant été impacté par vent fort (Grünkorn *et al.*, 2005 ; Brinkmann *et al.,* 2011)

Cette consigne est très difficile à mettre en œuvre aussi bien en terme de temps (150 mètres de rayon avec un cercle tous les 5 mètres nécessitent de parcourir 14 km par éolienne, soit plus d'une demie journée de marche), qu'en terme de contrainte d'occupation du sol.

Un protocole allégé est donc proposé sur la base d'une aire de recherche réduite à la base de l'éolienne (cercle de 50 mètres de diamètre). Ce protocole préconise un passage tous les trois jours, de mi-février à mi-décembre. La recherche de cadavre doit être complétée par des test d'efficacité des opérateurs en fonction de la couverture du sol (donc de la saison) et des tests de disparition de cadavres destinés à évaluer l'activité des nécrophages, en fonction de la couverture du sol et de la saison.

L'utilisation de chiens entrainés pourrait être une alternative efficace (Arnett, 2006 ; Paula *et al.,* 2011 ; Mathews *et al*., 2013). Cette pratique nécessite néanmoins un encadrement (mise en place d'une licence) pour normaliser l'entrainement des chiens et la qualité du travail réalisée par le binôme formé par le chien et son maître. La mortalité doit être évaluée à partir d'un nombre de cadavres retrouvés et des tests effectués en utilisant des algorithmes calculant le nombre de cadavres réels en fonction des observations de terrain.

Certaines formules (telles que celle de Winkelmann, 1989, revue par André, 2004) ne sont plus recommandées au profit de la série de formules suivantes :

- Huso, 2010 : cette formule présuppose que la persistance des cadavres dans le temps suit une distribution exponentielle. Cette approche définit un risque constant impliquant que les cadavres attirent les nécrophages de manière constante au fil du temps ;

- « German Estimator », est une formule développée dans un programme de recherche national allemand. Contrairement à l'estimation d'Huso, il est ici supposé que les intervalles de confiance ne peuvent être inférieurs au nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes. La méthode de calcul est détaillé sur le site internet http://www.kollisionsopfersuche.uni-hannover.de/). Cette approche présente l'avantage de pouvoir être adaptée à différentes valeurs d'efficacité de recherche et de pression des nécrophages ;

- Peron *et al*., 2013 utilise des modèles de capture / recapture mobilisés pour l'évaluation de tailles de population. Cette approche intègre l'âge des cadavres, les variations de paramètres au cours du temps ainsi que la prise en compte de possible de longue persistance de cadavres et leur influence sur leur détection entre les recherches ;

- Bastos *et al.,* 2013 : cet estimateur produit des simulations stochastiques dynamiques considérant la non-constance et l'interdépendance des paramètres couramment utilisés, tels que l'efficacité de recherche et la persistance des cadavres. Cet environnement peut fournir des algorithmes capables d'estimer la mortalité potentielle même en absence des cadavres retrouvés. Il constitue une approche innovante pour éviter de fausses interprétations de l'absence de cadavres retrouvés ;

- Korner-Nievergelt *et al.,* 2013 propose une approche originale ne nécessitant plus de recherche de cadavres. La mortalité réelle est alors calculée seulement à partir de la vitesse du vent et de l'activité des chauves-souris. Dans ce contexte, le protocole d'étude doit être le même que celui utilisé par les auteurs (même type d'éolienne, même diamètre de rotor, cortège d'espèces, répartition d'activité identiques et zone géographique identique, même type de détecteur et même sensibilité) ;

- « Wildlidfe Fatality Estimator » est une plateforme libre en ligne, crée par Bio3, pouvant être utilisée pour évaluer la mortalité induite par les éoliennes et d'autres structures anthropiques (http://www.wildlifefatalityestimator.com). Elle met à disposition trois mode de calculs (Jain *et al*., 2007 ; Huso, 2010 ; Korner-Nievergelt *et al.,* 2011). Cette plateforme fournit trois modules : « persistance des cadavres », « efficacité de recherche » et « évaluation de la mortalité ».

Cette plateforme a été utilisée afin de calculer les différents biais et la mortalité réelle sous chacune des éoliennes prospectées grâce à la formule d'Huso (2010). La formule de Bastos *et al.* (2013) a également été appliquée à nos résultats, puisqu'aucun cadavre n'a été retrouvé sous certaines éoliennes.

Suivis par imagerie thermique

Les suivis par caméras thermiques font partie des axes de recherche prioritaires préconisés par Eurobats (6ème édition) pour mieux caractériser le comportement des chauves-souris autour des éoliennes. Leur utilisation a d'abord été développée pour les études ornithologiques sur les parcs éoliens (Zehnder *et al.,* 2001 ; Gauthreaux et Livingston, 2006 ; Desholm *et al.,* 2006).

Ils ont été appliqués aux suivis chiroptérologiques en 2008 (Horn J. *et al*.,2008 ; Betke *et al.,* 2008) aux Etats-Unis pour comprendre le comportement des chiroptères autour des pales d'éoliennes. Depuis cette technologie a été mobilisée sur plusieurs programmes de recherche (Lagrange *et al.,* 2013 ; Cryan P.M. *et al*., 2014) pouvant impliquer une vision stéréoscopique (Polagye B. et Suryan R., 2015).

Elles apportent des données importantes sur la manière dont les animaux évoluent autour des éoliennes. Si le discernement oiseaux / chiroptères n'est pas toujours aisé sur leurs images, elles offrent la possibilité d'étudier des animaux à sang chaud même s'ils n'émettent aucun son (potentiellement le cas des chauves-souris en migration).

Une étude mobilisant ponctuellement ce type de matériel (une caméra pendant 70 heures) a été menée par CSD, en 2013, sur le parc de Perwez en Belgique.

Les différents systèmes ne sont pas encore standardisés, ni sur la géométrie du système de collecte de vidéos, ni sur les logiciels permettant d'exploiter les images. Ces études donnent lieu à des solutions commerciales de suivis automatisés telles que WT-Bird.

Suivis par trajectographie acoustique

La trajectographie acoustique consiste à déterminer au cours du temps la position dans l'espace d'une source sonore. Cette localisation est rendue possible en mesurant le décalage de temps avec lequel arrivent les sons émis par la source sur un réseau de microphones. Si le moment précis de l'émission n'est pas connu (ce qui est le cas pour l'étude des chiroptères), le réseau doit être composé d'au moins quatre microphones, fournissant 4 décalages temporels. Le décalage de temps d'arrivée du son sur une paire de microphone permet de calculer la surface d'un hyperboloïde sur lequel la source sonore se place. L'intersection de trois hyperboloïdes localise le point où se trouve la source sonore. L'application de cette technique à l'étude des chauves-souris remonte aux années 90 (Aubauer, 1994). Du fait de la complexité de sa mise en œuvre, son utilisation régulière est encore peu généralisée. La mobilisation récurrente de cette technique pour les études de chiroptères n'est qu'assez récente et la bibliographie assez parcellaire :

- Thomas Darnis (ONF) et Morgan Charbonier (Cyberio) ont présenté un article général dans la revue Espaces Naturels en 2014. Ils travaillent actuellement sur un programme de trajectographie étudiant les déplacements de chauves-souris en forêt ;
- Charlotte Roemer présente une note sur Chiroblog (http://chiroptera.fr/communaute/chiroblog/) présentant le logiciel Sonospot développé par Matthieu Ferrer et Gérard Garnier pour Biotope ;
- Anna-Maria Seibert et ses co-auteurs ont publié en 2015 une étude analysant les faisceaux sonar bidirectionnels de la Barbatselle ;
- Aaron Corcoran a présenté en 2013 à l'IRBC de San José une analyse du brouillage du sonar des chauves-souris par certains papillons arctiine.

Même si les chiroptères offrent l'avantage d'émettre des cris réguliers et ponctuels pour se repérer en vol, ce qui facilite la mise en œuvre de la trajectographie acoustique, la méthode souffre encore de l'absence de chaine de traitement parfaitement automatisée.

L'apparition de nouvelles plateformes de numérisation à 4 voies (Pettersson, Dodotronic) devraient contribuer à démocratiser ces études dans les toutes prochaines années.

A notre connaissance, la trajectographie acoustique n'avait jamais été utilisée pour l'étude de l'impact des éoliennes sur les chiroptères.

I.4. Objectifs de l'étude

Cette étude est proposée dans une volonté d'optimiser les connaissances quant à l'impact des éoliennes sur les chauves-souris en Belgique. Elle doit permettre à la fois une caractérisation robuste de la mortalité, une approche des interactions entre les chiroptères et les éoliennes tout en fournissant des éléments pour optimiser les futures études sur les parcs éoliens aussi bien en phase projet qu'en phase exploitation. Cela visera notamment à estimer la mortalité sur base des seuls relevés réalisés à hauteur de pales. Sur la base des résultats de l'étude, les méthodes d'atténuation des impacts pourront aussi être optimisés : les conditions de bridage des éoliennes pourront être affinées et la prise en compte des espèces migratrices améliorée.

Une généralisation des résultats de l'étude, au reste du cycle biologique des chiroptères ou aux espèces non-migratrices, ne pourra être réalisée de manière fiable. De même, les conclusions des connaissances récoltées pourront être appliquées de manière prudente sur d'autres parcs éoliens dont les caractéristiques rejoignent celles des parcs étudiés. Toute généralisation à d'autres sites non semblables aux parcs étudiés ne pourra être réalisée que de manière très partielle.

I.4.1. Définition de la mortalité

Cette étude a pour objectif de caractériser la mortalité induite sur les chiroptères par le fonctionnement des éoliennes étudiées. L'étude se déroulera d'aout à octobre en croisant les données issues de trois méthodologies différentes :

- Un suivi de trajectographie acoustique permettant l'identification des espèces de chiroptères, la détermination de leurs indices d'activité et leurs trajectoires dans les volumes de détection des microphones ;
- Un suivi par imagerie thermique permettant la cartographie des trajectoires des animaux volant dans le volume brassé par les pales, même si ces derniers n'émettent pas de cris d'écholocation ;
- Un suivi de mortalité au pied des éoliennes, réalisé par recherche de cadavres.

Les avantages/inconvénients de chacune des 3 méthodologies (coût, degré de pertinence) pourront être explicités en comparant leurs résultats respectifs.

I.4.2. Caractérisation du ratio nombre de passages/nombre d'interactions avec l'éolienne

La mobilisation de ces trois méthodologies permettra également d'aboutir à la définition du rapport entre :

- le nombre de passage de chiroptères dans les volumes observés sans qu'il n'y ait interaction avec les pales en mouvement,
- le nombre de passages durant lesquels la chauve-souris interagit avec les pales en mouvement (modification de trajectoire, choc…).

I.4.3. Optimiser les moyens d'étude et les moyens de suivi

La comparaison des données issues de ces trois méthodologies sera analysée de manière à définir les pistes d'optimisation des études sur les parcs éoliens en projet ou en exploitation en travaillant sur les axes suivants :

- optimisation du matériel déployé sur ces études (microphones plus sensibles, nécessité du suivi de mortalité),
- optimisation de la fenêtre temporelle de travail,
- optimisation des budgets à mobiliser et amélioration du ratio coût d'étude / volume de données,
- optimisation des méthodes d'atténuation des impacts,
- la comparaison des données intégrera les conditions météorologiques qui prévaudront sur la période de l'étude.

Détermination de l'activité à hauteur de nacelle

L'activité des chiroptères à hauteur de fonctionnement des grandes éoliennes n'est caractérisée que de manière ponctuelle surtout pour les espèces migratrices. Grâce à l'apparition récente de nouvelle génération de capteurs, cette mission constitue un premier pas vers de nouveaux outils de gestion des parcs éoliens.

L'identification des espèces contactées est indispensable à la caractérisation de l'activité de chaque espèce ou chaque groupe d'espèce. L'identification de chaque cri est réalisée par des logiciels de traitement automatique avec un contrôle manuel des résultats.

Elle aboutira à :

- la caractérisation du cortège d'espèces fréquentant le site,
- la caractérisation des variations d'activité espèce par espèce en fonction des paramètres environnementaux (date, heure, vitesse et direction du vent, température),
- la définition des périodes et conditions de passage des espèces migratoires,
- la définition de la mortalité résiduelle théorique, espèce par espèce, en fonction des modèles de régulation.

Méthode des détections des interactions entre les animaux et les pales en mouvement

Les trajectographies par imagerie thermique ou acoustiques sont deux pistes qui permettent une analyse automatisée, en temps réel de la mortalité induite par le fonctionnement des éoliennes. Ces techniques étant encore expérimentales, la combinaison des deux approches acoustique et thermique consolide le résultat en limitant les erreurs et en comparant l'efficacité de chaque système.

La trajectographie acoustique localise dans l'espace une source sonore à partir d'un réseau de microphones synchronisés. Les chiroptères perçoivent leur environnement par écholocation, ce qui implique l'émission régulière d'ultrasons. La détection de ces émissions rend possible la localisation de leur émetteur et la reconstruction de sa trajectoire dans le temps (Figure 8).

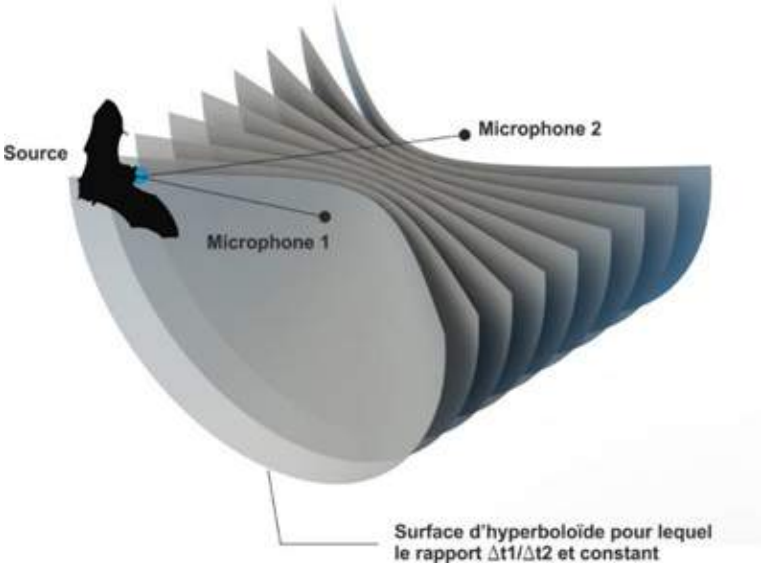


Figure 8 : Localisation de la position de la chauve-souris en fonction du décalage de temps d'arrivée de sons sur deux microphones

Une interruption brutale de l'émission dans le cylindre brassé par les pales peut indiquer une interaction avec la machine en fonctionnement (Figure 9 et *Figure 10*).

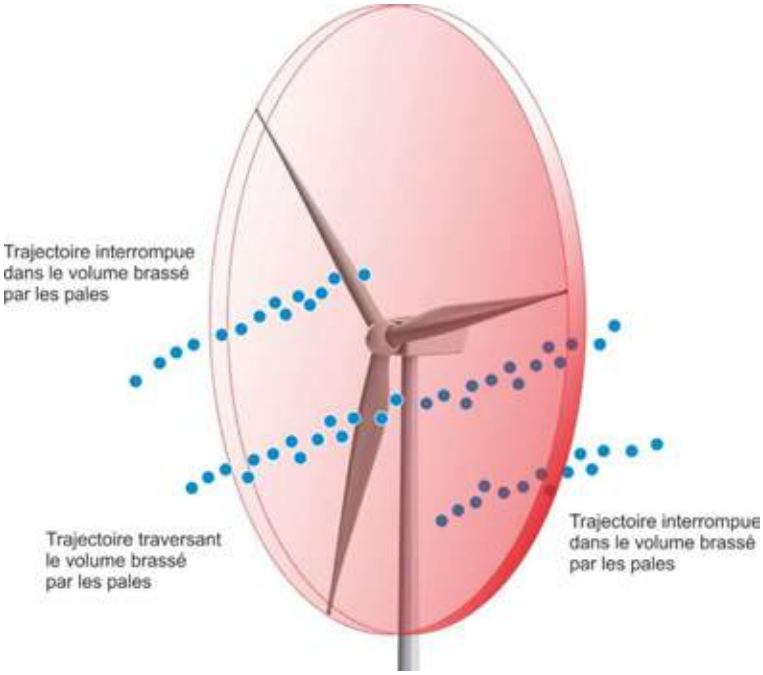


Figure 9: Représentation de trajectoires interrompues par le disque de balayage du rotor ou continues, vue cavalière

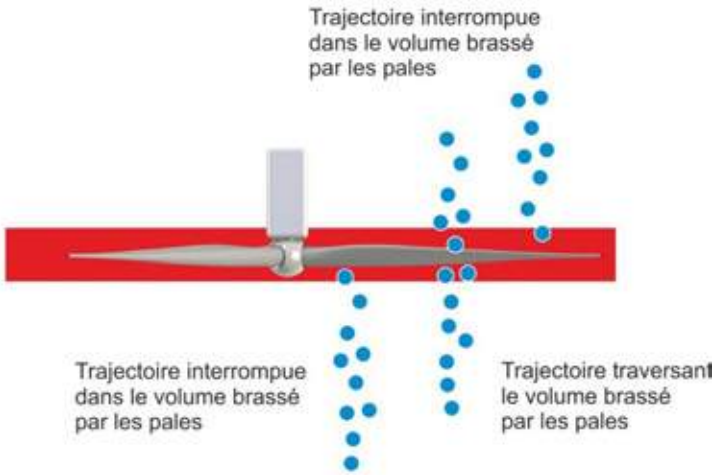


Figure 10 : Représentation de trajectoires interrompues par le disque de balayage du rotor ou continues, vue de dessus

Les chauves-souris se déplacent de nuit, rendant difficile leur détection par imagerie conventionnelle. L'utilisation de caméras thermiques permet de pallier à cette difficulté en offrant des images d'une résolution suffisante pour détecter le passage d'animaux à sang chaud et d'enregistrer leur trajectoire.

Suivis de mortalité au sol

Les suivis de mortalité au sol constituent pour l'instant la seule technique permettant d'évaluer la mortalité induite par le fonctionnement des éoliennes. Un protocole éprouvé et rationnalisé est mis en place pour évaluer au mieux le nombre de cadavres en prenant en compte les biais inhérents à ce type de démarche.

Comparaison entre suivis acoustiques, thermiques et mortalité détectée au sol

La comparaison des données et des résultats fournis par les trois types de suivis précédemment envisagés permet d'évaluer dans quelle mesure il est possible de se dédouaner de la recherche au sol.

Réduction des coûts et transposition des études

Il n'existe aujourd'hui pas de capteurs permettant de réaliser des suivis de mortalité en temps réel sur les parcs éoliens. Cette étude permet de tester la faisabilité et d'évaluer des prototypes d'une nouvelle génération de capteurs à bas coût, dédié au monitoring en temps réel des populations de chauves-souris et à l'évaluation de la mortalité induite par les parcs éoliens sur ces animaux.

Au-delà du développement physique de capteurs, nous souhaitons élargir la démarche à la création d'un réseau mobilisant les précédents capteurs pour constituer un observatoire en temps réel de l'activité des chauves-souris à grande échelle.

Recommandations pour la réduction d'impact sur les parcs éoliens

Des propositions concernant les possibles évolutions des dispositifs de régulation des parcs éoliens seront étudiées de manière à :

- réduire l'impact de ces installations grâce à une prise en compte optimisée de l'activité des chauves-souris, notamment des espèces migratoires,
- optimiser la production électrique des installations.

Ce dernier service spécifique permettra la régulation des parcs éoliens à large échelle. Les données enregistrées par les capteurs et collectées sur un serveur européen pourront servir de support à des processus de régulation plus performants que ceux existants (BatBox, Chirotech...).

Désormais, l'installation d'un grand nombre de capteurs répartis sur le territoire (avec pour objectif 100 capteurs/pays) nous permettra de connaitre « la météo des chauves-souris » et autorisera :

- Le suivi de leurs déplacements en temps réel sur l'ensemble du territoire,
- La prédiction des variations d'activité,
- La visualisation à grande échelle (objectif Europe) la migration des chiroptères et éviter l'effet cumulatif des parcs éoliens en les régulant tour à tour en suivant les déplacements des chauves-souris en temps réel.

I.5. Développement éolien et prise en compte des chiroptères en Wallonie

En 2008, la Direction générale de l'Agriculture et celle des Ressources naturelles et de l'Environnement fusionnèrent pour créer la Direction Générale Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (DGO3-DGARNE). Cette dernière gère les patrimoines naturel et rural de la Wallonie tout en proposant des axes de développement conformes aux Déclarations gouvernementales dans les secteurs agricoles et environnementaux.

L'instance d'avis de la DGO3 est le Département de la Nature et des Forêts (DNF). Il assure la mise en œuvre du Code forestier dont la gestion des forêts des collectivités publiques. Il gère les questions de Conservation de la Nature (espèces protégées, réserves, réseau Natura 2000...) ainsi que les matières de Chasse et de Pêche.

Le Département de l'Etude du Milieu naturel et agricole (DEMNA) a un rôle d'expertise pour le DNF. Il élabore et coordonne l'ensemble des programmes d'acquisition, de validation, de valorisation et de diffusion des données socio-économiques et environnementales dans les domaines de l'agriculture et de l'environnement.

Le Département de l'Environnement et de l'Eau collabore avec le Département des Permis et Autorisations (DPA) dans la rédaction d'avis coordonnés dans le cadre du permis d'environnement et est consulté sur les autres aspects environnementaux que le volet « nature ».

Une des missions du DNF, sur les conseils du DEMNA, est d'étudier, et d'émettre un avis sur la compatibilité d'un projet éolien selon les objectifs de conservation faune et flore. Le DPA décide ensuite de suivre ou non l'avis du DNF.

Actuellement, 292 éoliennes d'une puissance totale de 664 MW sont installées en région Wallonne (http://www.apere.org/). L'objectif pour 2020 est d'atteindre les 2000 MW, soit l'implantation de 600 à 650 nouveaux mats éoliens. Les projets éoliens et les Études d'Incidences sur l'Environnement (EIE) vont par conséquent se multiplier à court terme.

Afin de garantir une évaluation adéquate des incidences du projet éolien sur l'avifaune et les chauves-souris, la DGO3 veille à ce que des études préalables sur les oiseaux et les chauves-souris soient menées, suivant un protocole d'étude détaillé. Ces études doivent préciser les justifications scientifiques des options retenues et proposer des solutions en matière de compensation et d'atténuation des impacts.

La DGO3 a émis un protocole d'étude des chiroptères détaillé, contenant différents préconisations. L'implantation en milieu forestier ou à sa proximité directe (moins de 200 mètres) est vivement déconseillé. Les milieux forestiers apparaissent comme des habitats particulièrement fréquentés par certaines de ces espèces, que ce soit pour leur nourrissage, pour l'installation de gîtes d'hivernage ou encore de gîtes de mise bas. Les lisières forestières, quant à elles, offrent des conditions idéales de nourrissage pour bon nombre de ces espèces. Dès lors, l'implantation d'éoliennes à proximité des lisières forestières ou dans les massifs peut provoquer un effet direct de mortalité des chauves-souris qui sont, pour diverses raisons, activement attirées par les éoliennes et dont la collision n'est pas uniquement un événement aléatoire qui se produit lors du survol du parc éolien. Par conséquent, de nombreuses études scientifiques considèrent qu'une distance minimale doit être respectée entre l'éolienne et toute lisière forestière.

Toute implantation d'éolienne en deçà de 200 mètres peut être envisager à condition qu'un faible intérêt chiroptérologique soit démontré par une étude approfondie réalisée sur la base d'une méthode spécifique. Dans le cas d'éoliennes implantées au-delà d'une distance de 200 mètres des lisières forestières, un protocole plus léger est proposé pour mener les inventaires utiles pour garantir la complétude de l'EIE. Cette étude préimplantatoire définit notamment le calendrier de l'étude, la localisation et les modalités de recensements ainsi que le matériel mis en œuvre. Une évaluation faite entre avril et octobre permet d'apporter les résultats escomptés en matière de diagnostique chiroptérologique.

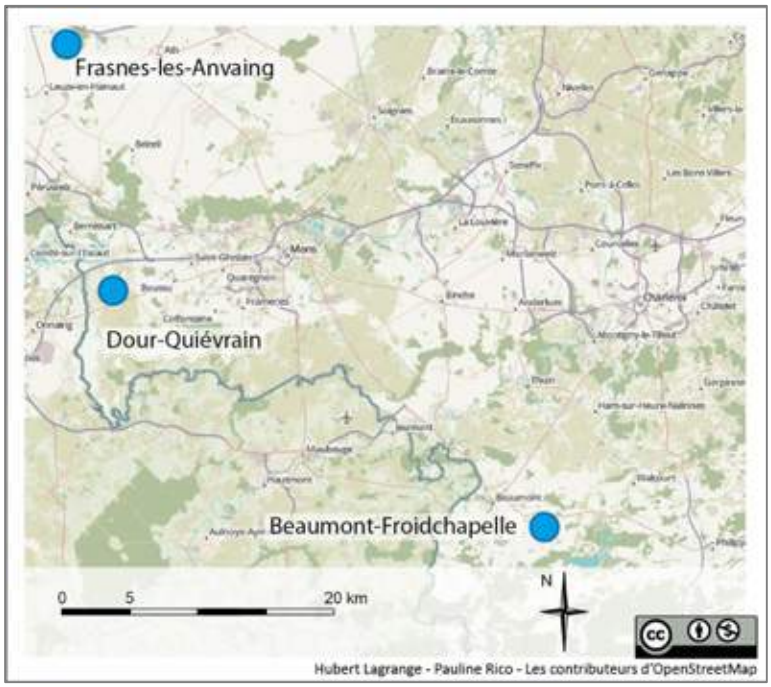
Cependant, bien des études ne permettent pas d'appréhender au mieux les impacts et ne proposent pas des mesures d'atténuation convaincante selon le DNF et Le DEMNA. Elles sont alors jugées comme incomplètes, au regard des réels impacts que les éoliennes infligent à l'avifaune et aux chiroptères, par la DGO3.

II. Matériel et Méthodes

II.1. Choix des sites d'études

Quatre sites ont été proposés pour la réalisation de cette étude. L'étude a été recentrée sur 3 parcs éoliens répartis dans la province du Hainaut :

- Frasnes-lez-Anvaing,
- Dour-Quiévrain,
- Beaumont-Froidchapelle.



Carte 1 : Localisation des trois sites d'études retenus pour l'étude

Les paragraphes suivant présentent les grandes lignes du contexte de chaque parc éolien, décrivent le contexte chiroptérologique et illustrent les surfaces prospectées lors de la recherche de cadavres de chauves-souris au sol. Les détails du protocole de recherche de cadavre au sol sont présentés dans le paragraphe II.2.1.

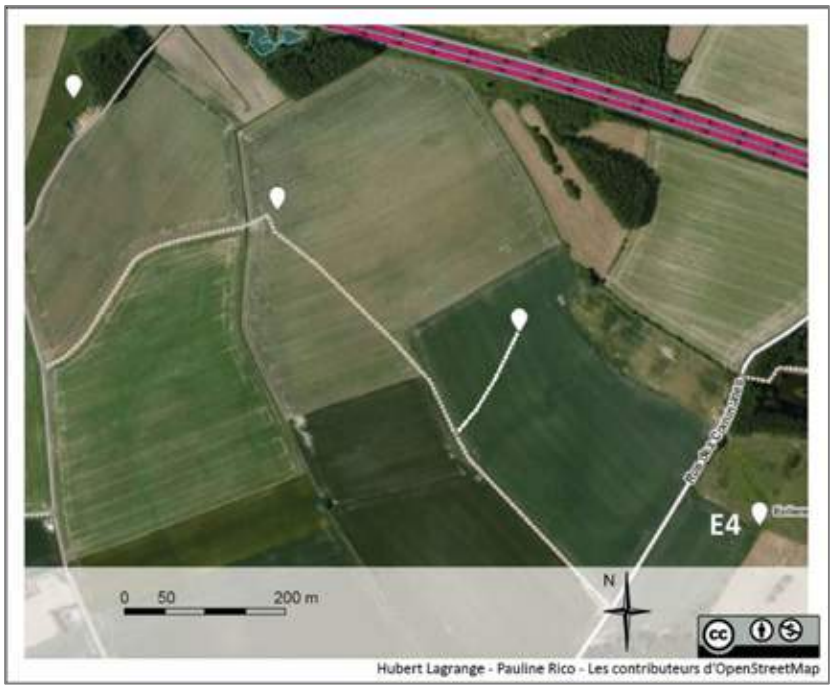
II.1.1. Parc 1 : Frasnes-lez-Anvaing

Ce parc de 4 éoliennes se situe sur la commune de Frasnes-lez-Anvaing, à proximité des lisières du bois du Carmoi et de plusieurs plans d'eau. La commune de Frasnes-lez-Anvaing participe à l'opération « Combles et Clochers » visant à préserver des gites de chiroptères dans divers bâtiments.

Le parc éolien a été développé par Ventis et il est exploité par Ventis et Electrabel. Le permis de construire de l'éolienne 4 a été obtenu sous réserve de régulation. Il s'agit d'une Senvion (REpower) MM92/2050, d'une hauteur de mât de 100 mètres pour un diamètre de rotor de 92 mètres, soit un bas de pale à 54 mètres du sol. Les périodes de régulation sont définies de la manière suivante :

- Période : de début avril à fin octobre,
- Durée : du crépuscule civil au début de l'aube,
- Vitesse de vent à 100 m du sol : inférieur ou égal à 8 m/s,
- Précipitation : absence,
- Température : supérieure à 8°C.

Pour l'étude, un arrêt du bridage a été accordé afin de ne pas biaiser les résultats du suivi de mortalité au sol, par rapport aux autre éoliennes non régulées. L'accord de modification de bridage est consultable dans l'Annexe I.



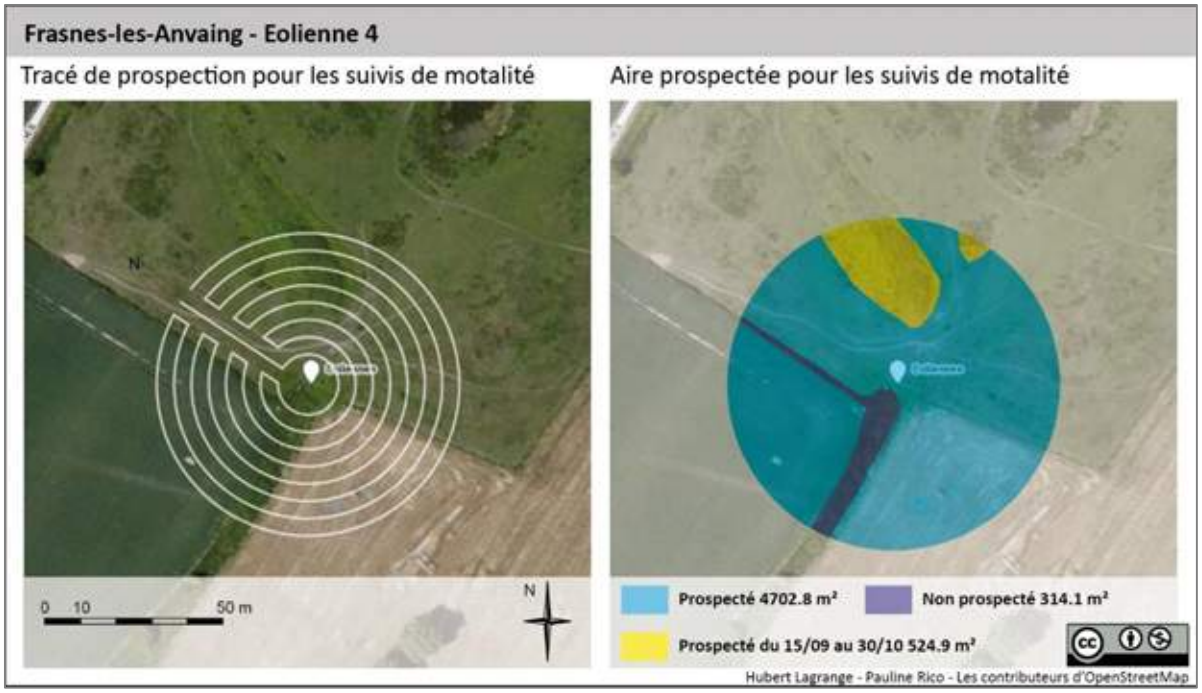
Carte 2: Localisation des quatre éoliennes nord du site de Frasnes-lez-Anvaing

Occupation du sol

Au pied de cette éolienne, la plus grande partie du sol est occupée par une pâture (chevaux) plus ou moins humide (EUNIS E2.11) colonisée par des chardons formant des taches de zones rudérales (EUNIS E5.12).

Il n'a pas été possible de rechercher efficacement les cadavres de chiroptères dans deux secteurs :

- Les talus bordant les grandes cultures et la voirie, couvrant une surface de 314 m²,
- Les zones couvertes de chardons (525 m²) ont été prospectées après leur fauche, le 15 septembre 2015.



Carte 3 : Occupation du sol de l'éolienne 4 du parc de Frasnes-lez-Anvaing

Cortège chiroptérologique

Les études d'impact précédentes ont révélé la présence de 3 espèces alors que 4 espèces sont répertoriées dans un rayon de 10 km. La présence du Vespertilion de Brant n'est pas certaine, ces cris d'écholocation ayant des caractéristiques communes avec le Vespertilion à moustaches. Le cortège d'espèces contactées est étonnamment pauvre malgré la présence de plans d'eau et de lisière proches (moins de 500 m). L'absence de Noctule commune, et de Sérotine commune est particulièrement surprenante. La Pipistrelle commune et le Vespertilion à moustaches sont des espèces ubiquistes alors que le Vespertilion de Brant est une espèce liée aux forêts ouvertes, pouvant être favorisé par la présence de plans d'eau, au moins à l'est de son aire de répartition. Parmi les espèces contactées ou potentiellement présentes, seule la Pipistrelle commune est régulièrement impactée par le fonctionnement du grand éolien (Tableau 4).

Frasnes-lez-Anvaing	
Inventaires spécifiques	
Vespertilion de Brandt	*Myotis brandtii*
Vespertilion à moustaches	*Myotis mystacinus*
Pipistrelle commune	*Pipistrellus pipistrellus*
Autres espèces présentes dans un rayon de 10 km	
Vespertilion de Brandt	*Myotis brandtii*
Vespertilion de Daubenton	*Myotis daubentonii*
Vespertilion à moustaches	*Myotis mystacinus*
Pipistrelle commune	*Pipistrellus pipistrellus*

Tableau 5 : Espèces contactées et potentiellement présentes sur le parc éolien de Frasnes-lez-Anvaing (source : CSD Ingénieurs, 2010 - DEMNA, 2009)

II.1.2. Parc 2 : Dour Quiévrain

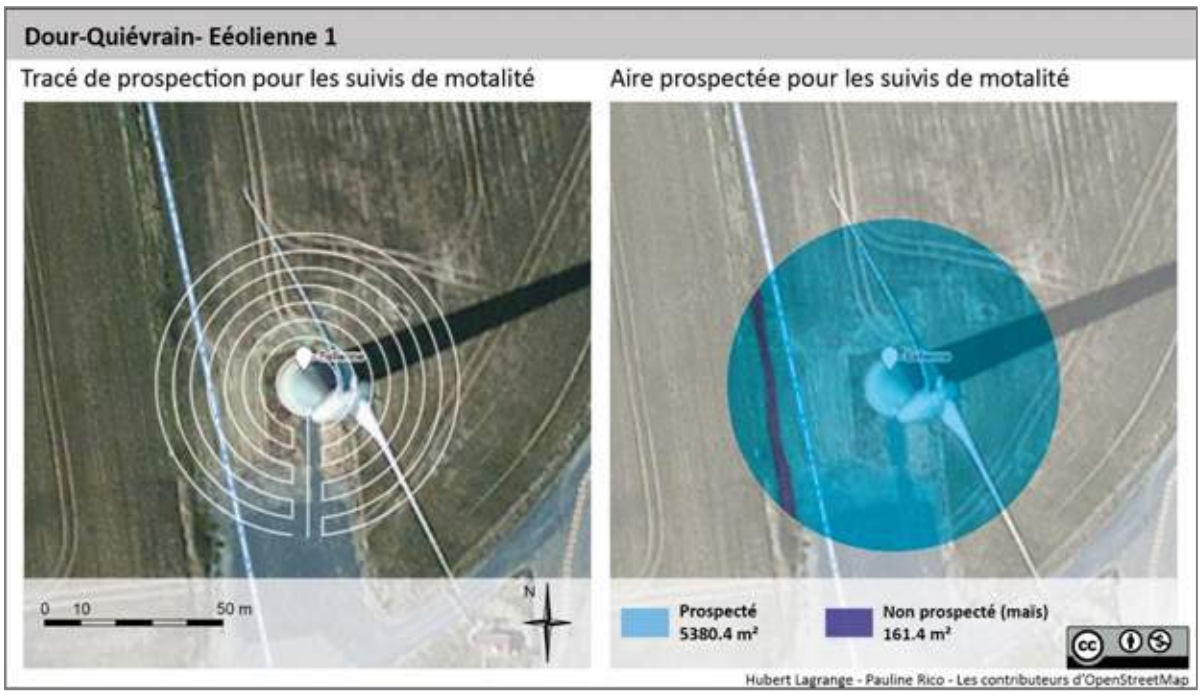
Ce parc de 14 éoliennes s'étend sur les communes de Hensies et Quiévrain, à proximité du fossé du Roeulx et de ses affluents dans un milieu agricole faiblement bocager. Il a été développé par Ventis et est exploité par Ventis, Electrabel et la coopérative Moulins du Haut Pays. Il est équipé de 3 Enercon E82/2300 et 11 Enercon E82/2000.

Carte 4 : Localisation des quatre éoliennes bordant la piste cyclable du parc de site de Dour-Quiévrain

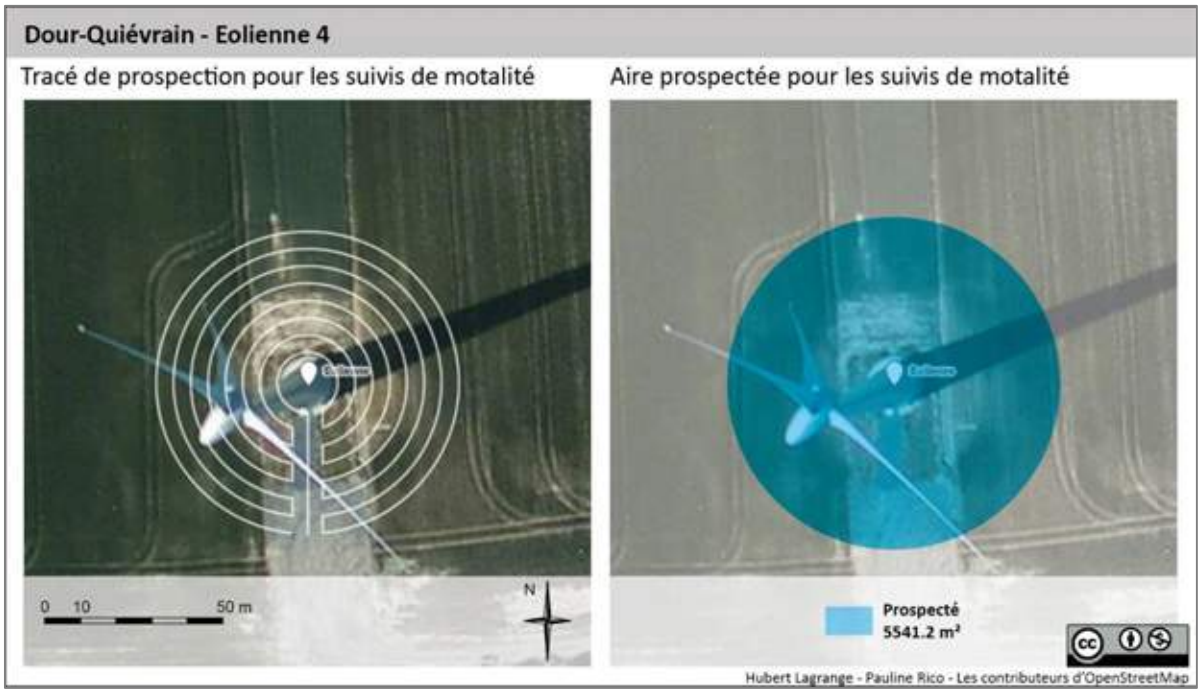
Trois éoliennes en construction ont été proposées pour le suivi 2015. Avec l'accord de l'exploitant, deux autres éoliennes (E1 et E4) plus proches de bosquets ont été sélectionnées. Ce sont des E82 d'une hauteur de mât de 98 mètres pour un diamètre de rotor de 82 mètres, soit un bas de pale à 57 mètres du sol.

Occupation du sol

Les deux éoliennes étudiées sont situées dans des grandes cultures (EUNIS I1.1), à moins de 200 m de la haie bordant la piste cyclable au sud du site.



Carte 5 : Occupation du sol de l'éolienne 1 du parc de Dour-Quiévrain



Carte 6 : Occupation du sol de l'éolienne 4 du parc de Dour-Quiévrain

Ces grandes cultures sont ponctuellement encadrées de zones rudérales (EUNIS E5.12). Sous l'éolienne 1, une bande de 161 m² n'a pas pu être efficacement prospectée (fossé séparant deux parcelles). La totalité de la surface sous l'éolienne 4 a pu être prospectée.

Cortège chiroptérologique

Les études menées précédemment ont révélé la présence de 4 espèces alors que 9 espèces sont répertoriées dans un rayon de 10 km. Le cortège d'espèces contactées est pauvre, caractéristique des grandes plaines soumises à une agriculture intensive. Toutes les espèces contactées sont ubiquistes avec une légère attirance pour les milieux humides (Noctule commune et Vespertilion de Daubenton). La Pipistrelle commune et la Noctule commune sont les deux espèces les plus impactées par l'éolien en Europe (Tableau 4).

Dour-Quiévrain	
Inventaires spécifiques	
Sérotine commune	*Eptesicus serotinus*
Vespertilion de Daubenton	*Myotis daubentonii*
Noctule commune	*Nyctalus noctula*
Pipistrelle commune	*Pipistrellus pipistrellus*
Espèces présentes dans un rayon de 10 km	
Sérotine commune	*Eptesicus serotinus*
Vespertilion de Bechstein	*Myotis bechsteinii*
Vespertilion de Daubenton	*Myotis daubentonii*
Vespertilion à moustaches	*Myotis mystacinus*
Vespertilion de Natterer	*Myotis nattereri*
Noctule commune	*Nyctalus noctula*
Pipistrelle de Nathusius	*Pipistrellus nathusii*

Pipistrelle commune	*Pipistrellus pipistrellus*
Oreillard roux	*Plecotus auritus*

Tableau 6: Espèces contactées et potentiellement présentes sur le parc éolien de Dour-Quiévrain (source : CSD Ingénieurs, 2012 – DEMNA, 2011)

II.1.3. Parc 3 : Beaumont Froidchapelle

Ce parc de 10 éoliennes se situe sur les communes de Barbençon et Vergnies, à l'extrémité ouest du Condroz dans une zone de transition entre les plateaux limoneux hennuyer et condrusien (au nord et à l'est), et la dépression de la Fagne (au sud). Cette région présente des ondulations de grande amplitude et de faible profondeur dominées par la prairie. Dans sa partie nord, quelques étendues de labours rappellent la proximité de la Thudinie. Vers le sud, les étendues boisées composées en grande partie de feuillus sont progressivement plus étendues. Le parc lui-même est implanté dans un milieu agricole ouvert parsemé de petits massifs boisés. La proximité du lac de Barbençon et la zone Natura 2000 « Vallée de la Hantes » témoignent de l'importance de la région pour de nombreuses espèces d'oiseaux et de chiroptères.

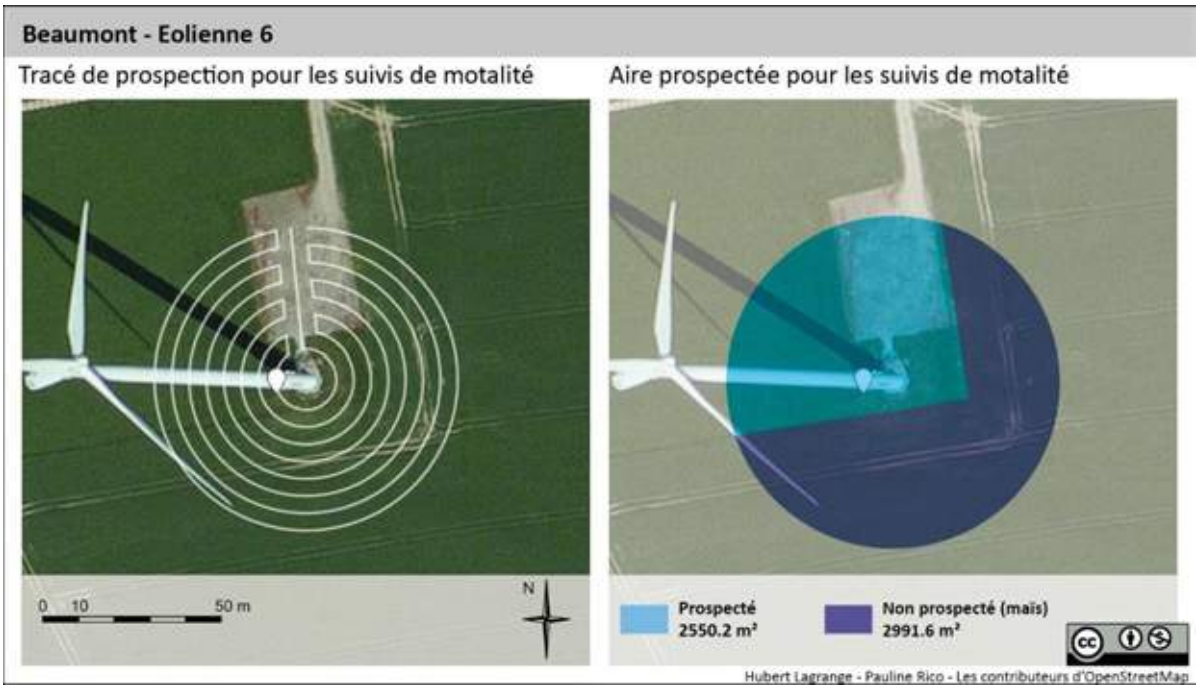
Beaumont et Walcourt participent à l'opération « Combles et Clochers » visant à préserver des gites de chiroptères dans divers bâtiments. Ce parc éolien a été développé par Gestamp Wallonie et GreenWind et est exploité par EDPR. Les machines sont des General Electrics GE2.5xl de 2,5 MW caractérisées par une hauteur de mât de 100 mètres et un diamètre de rotor de 100 mètres, soir un bas de pale à 50 mètres du sol.

Carte 7 : Localisation des éoliennes du site de Beaumont Froidchapelle

Occupation du sol

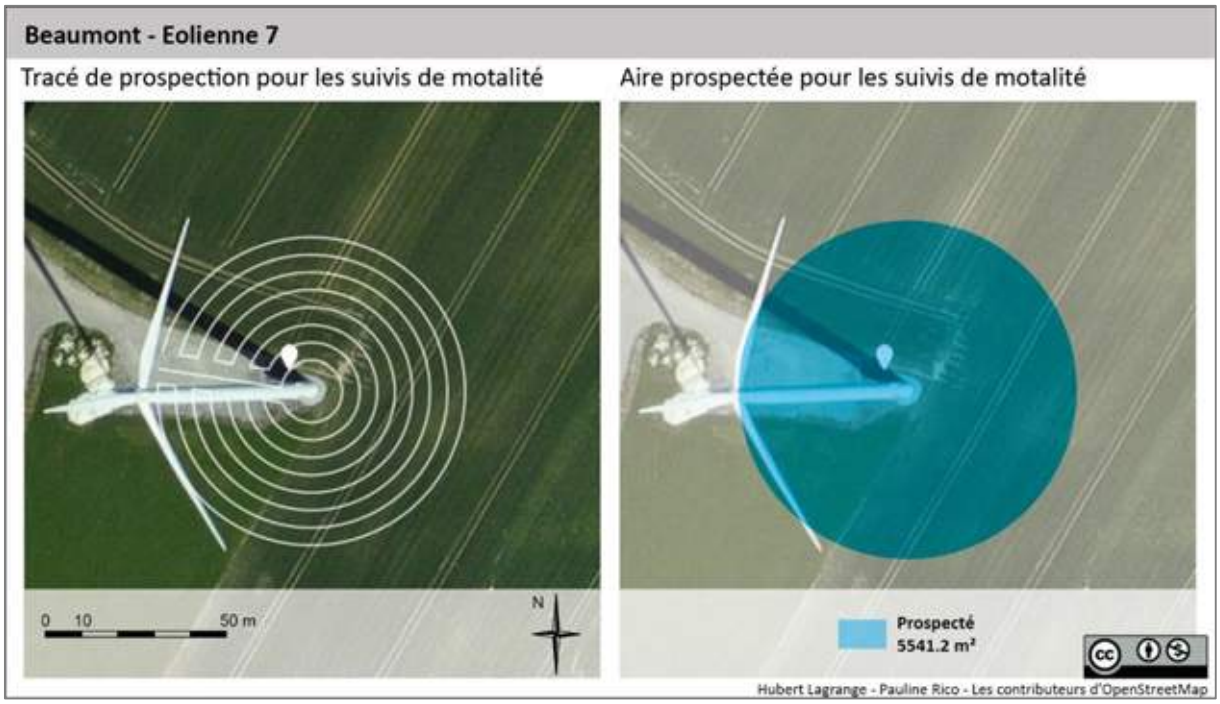
Le parc de Beaumont Froidchapelle se trouve dans une zone où alternent grandes cultures, pâtures et espaces boisés mixtes.

L'éolienne 6 est entre une parcelle de grande culture (EUNIS I1.1) (maïs en 2015) et une prairie permanente améliorée (EUNIS E2.11) à bovins. Les 2991 m² couvert par la parcelle de maïs sous la zone de recherche n'ont pas été prospectés.



Carte 8 : Occupation du sol de l'éolienne 6 du parc de Beaumont Froidchapelle

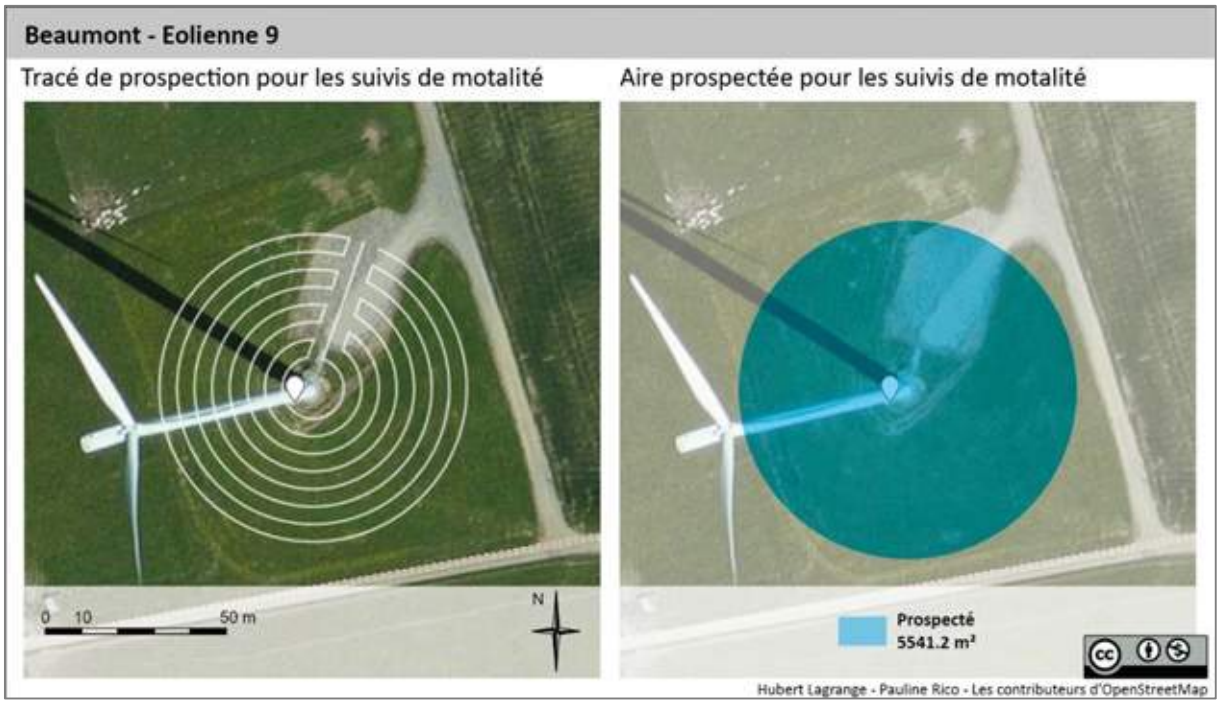
Figure 11 : Abords de l'éolienne 6 du parc de Beaumont Froidchapelle



Carte 9 : Occupation du sol de l'éolienne 7 du parc de Beaumont-Froidchapelle

L'éolienne 7 se situe sur une parcelle de grande culture (EUNIS I1.1) (blé en 2015). L'éolienne 9 est sur une prairie permanente (EUNIS E2.11) à bovins. La totalité de la surface de recherche a pu être prospectée sous ces éoliennes.

Figure 12: Abords de l'éolienne 7 du parc de Beaumont Froidchapelle



Carte 10 : Occupation du sol de l'éolienne du parc de Beaumont Froidchapelle

Cortège chiroptérologique

Les études d'impact ont révélé la présence d'au moins 5 espèces alors que 9 espèces sont répertoriées dans un rayon de 10 km. Le cortège d'espèces contactée est pauvre, caractéristique des grandes plaines soumises à une agriculture intensive.

Beaumont-Froidchapelle	
Inventaires spécifiques	
Sérotine commune	*Eptesicus serotinus*
Vespertilion indéterminé	*Myotis sp.*
Noctule commune	*Nyctalus noctula*
Pipistrelle de Nathusius	*Pipistrellus nathusii*
Pipistrelle commune	*Pipistrellus pipistrellus*
Autres espèces présentes dans un rayon de 10 km	
Vespertilion de Bechstein	*Myotis bechsteinii*
Vespertilion de Brandt	*Myotis brandtii*
Vespertilion de Daubenton	*Myotis daubentonii*
Grand murin	*Myotis myotis*
Vespertilion à moustaches	*Myotis mystacinus*
Vespertilion de Natterer	*Myotis nattereri*
Oreillard roux	*Plecotus auritus*
Oreillard indéterminé	*Plecotus sp*
Grand rhinolophe	*Rhinolophus ferrumequinum*

Tableau 7 : Espèces contactées et potentiellement présentes sur le parc éolien de Beaumont – Froidchapelle (source : CSD Ingénieurs, 2011 – DEMNA, 2010)

Toutes les espèces contactées sont ubiquistes avec une légère attirance pour les milieux humides (Noctule commune et Vespertilion de Daubenton). La diversité des espèces recensées dans un rayon de 10 km reflète l'influence des massifs forestiers (Grand rhinolophe, Grand Murin, Oreillard).

La Pipistrelle Commune et la Noctule Commune sont les deux espèces les plus impactées par l'éolien en Europe (Tableau 4).

II.2. Matériel et protocoles de collecte de données

II.2.1. Suivi de la mortalité au sol

Protocole

Le suivi de la mortalité est basé sur un protocole développé par l'équipe d'Arnett (Casselman Wind Project, 2008-2010), puis adapté et appliqué en Europe par des membres de notre équipe sur le parc éolien de Bouin (Lagrange *et al*., 2009). Ce protocole consiste à prospecter la surface sous l'éolienne en se guidant à l'aide d'une corde qui est raccourcie à chaque retour sur la piste d'accès à l'éolienne. Au premier passage, toute la longueur de la corde (40 m) fixée à l'éolienne est déroulée. L'observateur part de la plateforme en parcourant un cercle autour de l'éolienne et en recherchant les cadavres de chauves-souris de chaque côté de son passage (2 mètres de chaque côté). De retour sur la piste d'accès, 4 mètres de corde sont rembobinés et l'observateur décrit, en sens inverse un autre cercle autour de l'éolienne. L'opération est répétée jusqu'à ce que l'observateur se trouve au pied de l'éolienne. Ainsi pour chaque éolienne, l'observateur parcoure 8 cercles (40, 36, 32, 28, 24, 20, 16 et 12 m) soit 1650 mètres de transect, à une vitesse approximative de 3 km/h. L'opération nécessite 33 minutes de parcours auxquelles s'ajoute une moyenne de 10 minutes de relevés de cadavres. La surface prospectée est de 5541.8 m² ($S = \pi.R^2$, R = 42 mètres, 40 mètres de corde + 2 mètres de prospection).

Frasnes-lez-Anvaing			
Eolienne	**Surface prospectée**	**Surface non prospectée**	**Surface prospectée sur une partie de la période**
E4	4702,8	314,1	524,9*
Dour-Quiévrain			
E1	5380,4	161,4	0
E4	5541,8	0	0
Beaumont-Froidchapelle			
E6	2550,2	2991,6	0
E7	5541,8	0	0
E9	5541,8	0	0

* cette surface a été prospectée du 15/09/15 au 30/10/15

Tableau 8: Surface prospectée sous chacune des éoliennes

Carte 11 : Illustration du parcours et de la surface prospectée lors des suivis de mortalité

	Dates de prospection pour la recherche de cadavres au sol														
	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	8/8	9/8	10/8	11/8	12/8	13/8	14/8	15/8	16/8
Beaumont															
Frasnes/Dour															

	17/8	18/8	19/8	20/8	21/8	22/8	23/8	24/8	25/8	26/8	27/8	28/8	29/8	30/8	31/8
Beaumont															
Frasnes/Dour															

	1/9	2/9	3/9	4/9	5/9	6/9	7/9	8/9	9/9	10/9	11/9	12/9	13/9	14/9	15/9
Beaumont															
Frasnes/Dour															

	16/9	17/9	18/9	19/9	20/9	21/9	22/9	23/9	24/9	25/9	26/9	27/9	28/9	29/9	30/9
Beaumont															
Frasnes/Dour															

	1/10	2/10	3/10	4/10	5/10	6/10	7/10	8/10	9/10	10/10	11/10	12/10	13/10	14/10	15/10
Beaumont															
Frasnes/Dour															

	16/10	17/10	18/10	19/10	20/10	21/10	22/10	23/10	24/10	25/10	26/10	27/10	28/10	29/10	30/10
Beaumont															
Frasnes/Dour															

Jour de suivi de mortalité

Tableau 9 : Dates de suivis de mortalité par parc éolien

Test de prédation

Les cadavres des chauves-souris tombés au sol sont consommés par divers prédateurs tels que renards, corneilles, sangliers, guêpes... Leur disparition est susceptible d'affecter l'évaluation de la mortalité induite par les éoliennes. Pour évaluer ce biais, le taux de prédation des cadavres doit être évalué. Pour prendre en compte d'éventuelles variations entre éoliennes, ce test a été conduit sous chaque éolienne.

La prédation est testée en premier lieu sur les cadavres des chauves-souris tuées par les éoliennes sur le site. Ces derniers sont laissés en place, seules les têtes sont prélevées pour identification morphologique ou génétique. Cette technique permet d'éviter d'attirer les prédateurs avec des cadavres autres que ceux des chauves-souris mortes sur site, ou de risquer d'avoir des résultats biaisés par la mise en place de cadavres plus appétant que des cadavres de chauves-souris. Il est impossible de se procurer un volume suffisant de cadavres de chauves-souris tuées accidentellement. Une demande de dérogation (Annexe II) a été délivrée afin d'autoriser le prélèvement de la tête des cadavres de chauves-souris dans le cadre du suivi de la mortalité.

En second lieu, et afin de pouvoir effectuer une analyse statistique robuste, si le nombre de cadavres de chauves-souris s'avère inférieur à 10 avant le 1er septembre sous l'ensemble des éoliennes, alors l'apport de 60 autres cadavres est envisagé (suivant les modalités présentées dans le Tableau 10). Les cadavres de mulots sont dispersés dans les zones prospectées. Cette opération est réalisée par l'observateur, muni de gants pour éviter que l'odeur humaine influence la prédation. Il note la position de chacun des cadavres. Leur recherche est ensuite réalisée au cours des passages dédiés aux suivis de mortalité, en suivant le protocole décrit dans le début du paragraphe II.2.1.

Cette approche permet d'éviter autant que possible la génération de biais tout en offrant une solution de repli performante si les conditions météorologiques ne sont pas favorables à une activité chiroptérologique habituelle.

Parc de Frasnes-lez-Anvaing	
Eolienne	Nombre de cadavres de mulots congelés
E4	10
Date de mise en place des cadavres	09/09/2015
Parc de Dour-Quiévrain	
Eolienne	Nombre de cadavres de mulots congelés
E1	10
E4	10
Date de mise en place des cadavres	09/09/2015
Parc de Beaumont-Froidchapelle	
Eolienne	Nombre de cadavres de mulots congelés
E6	10
E7	10
E9	10
Date de mise en place des cadavres	08/09/2015

Tableau 10 : Nombre de cadavres de mulots et dates de dépôt pour test de prédation

A partir de ces données, différents paramètres ont été calculés :

- Le temps de séjour moyen d'un cadavre :

$$t_m = \frac{\sum_i^n t_i}{n}$$

t_m = temps de séjour moyen d'un cadavre
t_i = temps de persistance d'un cadavre
n = nombre de cadavres utilisés

- Le taux de persistance des cadavres :
  $S = \frac{n_{nuit}}{n}$
  S = Taux de persistance des cadavres
  n_{nuit} = nombre de cadavres persistant après un passage
  n = nombre de cadavres utilisés

Tests de l'efficacité de l'observateur

L'efficacité de l'observateur à retrouver des cadavres de chauves-souris au sol, parmi la végétation et divers artefacts (bouses et crottins, cailloux, fragments végétaux…), doit être testée pour évaluer le ratio entre le nombre de cadavres réellement présents et ceux qui sont effectivement retrouvés.

L'utilisation de leurres ou de vrais cadavres ne semble pas influencer le test (Jones, 2009). Nous avons alors testé l'efficacité de l'observateur par la pose de 63 leurres réalisés en feutrine. L'utilisation de leurres artificiels permet de s'affranchir d'une éventuelle pression de prédation. Un nombre de leurres inconnu de l'observateur (entre 5 et 15) a été lancé sous chaque éolienne, dans les zones où la prospection était possible. La répartition du nombre de leurres déposés et les dates de mise en place sont détaillées dans le tableau. Cette approche prend en compte d'éventuelle variations de détection en fonction de la couverture du sol et du contexte sous chacune des éoliennes.

L'observateur a collecté les leurres au cours des passages dédiés aux suivis de mortalité, en suivant le protocole décrit dans le début du paragraphe II.2.1.

Parc de Frasnes-lez-Anvaing	
Eolienne	Nombre de leurres
E4	10
Date de mise en place des leurres	09/09/2015
Parc de Dour-Quiévrain	
Eolienne	Nombre de leurres
E1	10
E4	10
Date de mise en place des leurres	09/09/2015
Parc de Beaumont-Froidchapelle	
Eolienne	Nombre de leurres
E6	10
E7	15
E9	11
Date de mise en place des leurres	04/08/2015

Tableau 11 : Répartition des leurres sous les éoliennes

A partir de ces données le taux de détection, ou efficacité de l'observateur a été calculé à chaque passage :

$$f_{Ex}^{t} = \frac{l_{Ret_{Ex}^{t}}}{l_{Tot_{Ex}}}$$

f_{Ex}^{t} = taux de détection ou efficacité de l'observateur pour le passage t sous l'éolienne x

$l_{Ret_{Ex}^{t}}$= nombre de leurres retrouvés lors du passage t sous l'éolienne Ex

$l_{Tot_{Ex}}$= nombre total de leurres dispersés sous l'éolienne Ex

Figure 13: Cadavre de chauve-souris au milieu de 23 des leurres utilisés pour tester l'efficacité de l'observateur

Estimation de la mortalité réelle

La mortalité réelle a été calculée grâce à deux formules différentes : celle d'Huso (2010), et celle de Bastos *et al*. (2013). La formule de Korner-Nievergelt *et al*. (2011) ne peut être utilisée dans notre cas, le biais de prédation ayant été estimé tous les 3 jours, et non sur 24h, comme le demande cette formule.

La formule d'Huso présuppose que la persistance des cadavres dans le temps suit une distribution exponentielle. Cette approche définit un risque constant impliquant que les cadavres attirent les nécrophages de manière constante au fil du temps. Il est aussi supposé que les intervalles de confiance peuvent être inférieurs au nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes.

$$p = f * k * r$$

$$p = f * k * \frac{t * (1 - e^{-d''*t})}{d'}$$

Puis $N = \frac{c}{p}$

Avec :

p = Probabilité de persistance d'un cadavre
N = Nombre de chauves-souris tuées
d = Durée de l'intervalle entre les recherches
d' = -log (0.01)*t
d" = Min (d, d')
k = Min (1, d'/d)
t = Temps moyen de persistance d'un cadavre
f = Efficacité moyenne de l'observateur
c = Nombre de cadavres trouvés

La formule de Bastos *et al.*,(2013) considère la non-constance et l'interdépendance des paramètres « efficacité de recherche » et « persistance des cadavres ». Cet environnement fournit des algorithmes capables d'estimer la mortalité potentielle même en absence des cadavres retrouvés. Il constitue une approche innovante pour éviter de fausses interprétations de l'absence de cadavres retrouvés.

$$N = 10\exp[0.276 + 0.471 * log10(a+1) + 0.463 * log10(b+1) + 0.45 * log10(c+1) + 0.638 * log10(d+1) - 0.432 * log10(e+1) - 3.633 * log10(f+1)] - 1$$

Avec N = Nombre de chauves-souris tuées pendant la période b
a= Durée de l'intervalle entre les recherches
b= Durée du suivi
c= Nombre de turbines
d= Nombre de cadavres trouvés
e= Temps moyen de persistance d'un cadavre
f= Efficacité moyenne de l'observateur

Analyse morphologique et génétique

L'identification des cadavres de chauves-souris a été réalisée en se référant à différents ouvrages :

- Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse, Collection Parthénope de Laurent Arthur et Michelle Lemaire ;
- Identification des chiroptères de France de Benoit Dodelin ;
- Clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe de Christian Dietz & Otto von Helversen

L'identification des cadavres a été réalisée à partir des mâchoires et des formules dentaires relevés sur les têtes de cadavres prélevés lors des suivis de mortalité.

II.2.2. Systèmes acoustiques

Les suivis de mortalité au sol ont été complétés par l'installation d'un enregistreur ultrasonore dans les nacelles de chacune des 6 éoliennes suivies. La pose de ces enregistreurs a pour objectifs :

- de caractériser le cortège d'espèces présent sur le site et ses variations au cours de la période d'étude,
- de quantifier l'activité de chaque espèce et ses variations au cours de la période d'étude,
- de définir les trajectoires des animaux contactés et de tenter d'identifier des interactions avec les pales des machines.

Enregistreurs

Les enregistreurs utilisés sont des prototypes du WaveShark, développés et commercialisés par Dodotronic. Les cartes électroniques fournies par ce prestataire ont été modifiées pour pouvoir être intégrées dans un boitier en alliage d'aluminium, dessiné par Sens Of Life, offrant une protection contre les perturbations électromagnétiques, équipé de connecteurs étanches (IP68).

Les caractéristiques de l'enregistreur sont les suivantes :

- Nombre de voies : 8 (synchrones)
- Fréquence d'échantillonnage : 8 à 500 kHz
- Résolution de l'échantillonnage : 16 bits
- Gain programmable : 0 à 255 sur deux niveaux
- Stockage : 4 cartes SDHC

Pour des raisons de sécurité de transport aérien, le système d'alimentation de secours prévu (batteries LiFePo4) a dû être démonté et n'a pas été utilisé.

Les enregistreurs ont été fixés dans la nacelle de chacune des 6 éoliennes. Leur alimentation a été assuré à partir d'une prise 220 VAC présente dans les nacelles grâce à un convertisseur 220 VAC / 5VDC 2A. Leur fixation sur les armoires électriques de la nacelle a été assurée par 4 aimants néodymes équipés de patins limitant les vibrations et d'éventuelles traces sur les surfaces de fixation. Pour les besoins de l'étude, chacun de ces 6 enregistreurs ont été connectés à 4 microphones.

Les enregistreurs ont été paramétrés pour enregistrer simultanément sur 4 voies, à une fréquence de 192 kHz. Le choix de cette fréquence est un compromis entre l'optimisation du volume de stockage et la fréquence d'échantillonnage. Elle ne permet pas de détecter le petit rhinolophe (dont les cris les plus bas sont à 104 kHz). Cette espèce n'est pas relevée dans les précédentes études et n'est pas connue dans les 10 km autour de chacun des parcs étudiés.

L'enregistrement se fait uniquement entre le lever et le coucher du soleil, grâce à un trigger qui analyse l'intensité sonore au-dessus de 15 kHz (les fréquences basses des espèces connues sur les sites d'étude ne descendent pas en dessous de 17 kHz – QFC de la Noctule commune). L'enregistrement est déclenché par ce trigger lorsque l'intensité sonore au-dessus de 15 kHz dépasse le bruit de fond de 10 dB (détection d'un son dont l'intensité est 10 fois supérieure au bruit de fond).

Chaque enregistreur a été équipé de 4 cartes SDHC de 32 Go classe 10 (vitesse d'écriture > 10 $Mo.s^{-1}$), offrant une capacité totale de stockage de 30 Go après formatage (120 Go par enregistreur).

La connexion entre le boitier de l'enregistreur et les microphones se fait par 4 câbles Cat6e terminés par des connecteurs surmoulés IP68. Chacun de ces câbles contient 4 paires torsadées, blindées (STP – U/FTP).

Figure 14 : Installation et paramétrage d'un enregistreur WaveShark dans une éolienne (Repower MM92/2050)

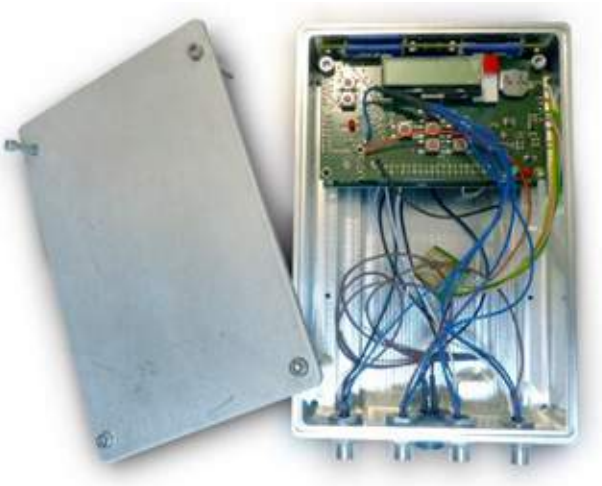


Figure 15 : WaveShark dans son boitier usiné en alliage d'aluminium

Microphones

Les microphones utilisés sont réalisés en interne sur la base d'un mems de Knowles Acoustics, ayant une sensibilité acceptable pour des fréquences allant jusque 70 à 80 kHz (Figure 16). Ils sont fixés sur un PCB intégrant deux amplificateurs. Le tout est monté dans un boitier résistant à la pluie, en acier inoxydable. La présence de joints spécifiques permet de limiter la transmission de vibrations mécaniques entre les capteurs des microphones et leur support.

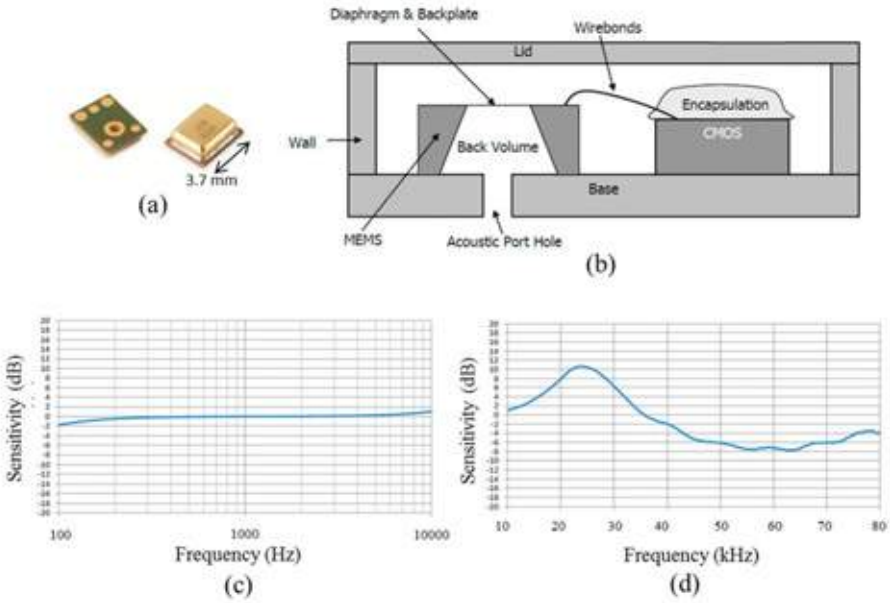


Figure 16 : Illustration, principe et courbes de réponse des microphones utilisés en fonction de la fréquence

Figure 17 : Microphone ultrasonore utilisé pour l'étude, monté sur son câble de transmission

Réseau de microphones

La localisation des chauves-souris dans l'espace nécessite l'utilisation d'un réseau d'au moins quatre microphones fixés avec précision. Pour ce faire, nous avons réalisé des supports en alliage d'aluminium anodisé permettant de positionner les microphones entre eux avec une précision supérieure au 1/10 de millimètre. Trois des microphones sont sur les sommets du trièdre et un au centre.

Figure 18 : Réseau de 4 microphones montés sur leur trièdre support

Ces trièdres ont été fixés sur le portique des éoliennes soutenant le balisage aéronautique, à l'arrière de la nacelle. Une telle configuration évite de percer des trous dans la nacelle en faisant simplement passer les câbles dans le joint de la trappe d'accès au-dessus de l'éolienne.

Ces réseaux de microphones permettent de détecter les différentes espèces à des distances différentes en fonction de l'atténuation atmosphérique de leurs cris.

Figure 19 : Installation d'un réseau de microphones fixés sur un trièdre sur le portique de l'éolienne 4 du parc de Frasnes-lez-Anvaing

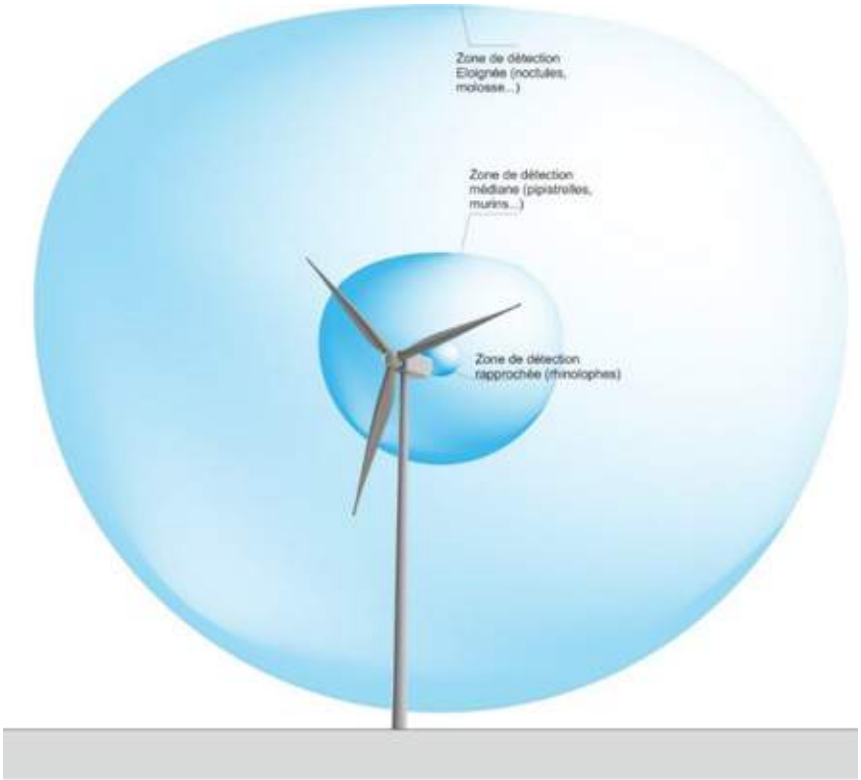


Figure 20 : Représentation des volumes détection en fonction des groupes d'espèces

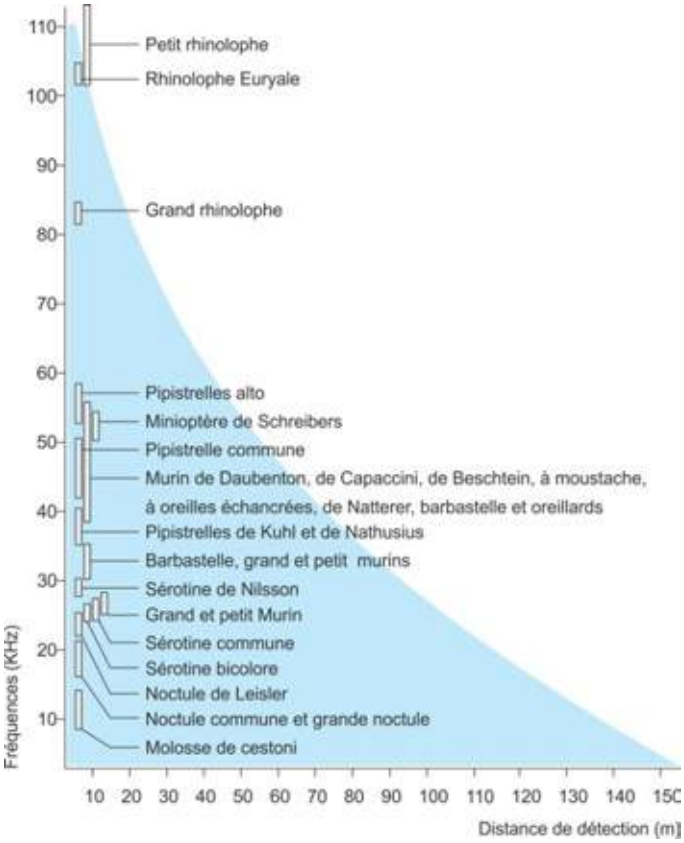


Figure 21 : Distance de détection des espèces de chauves-souris ne fonction de leur fréquence d'émission

Identification des espèces

Lors de suivis sur de longues périodes, le principe de l'identification des chiroptères fréquentant nos régions est basé sur l'analyse de leurs émissions ultrasonores (fréquence terminale, incursion en fréquence, fréquence de maximum d'énergie, durée, intervalle…) et la comparaison de ces mesures à des bases de données telles que celles discutées par Michel Barataud dans l'ouvrage « Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe » (2012). Néanmoins, l'utilisation des signaux d'écholocation pour l'identification des différentes espèces de chiroptères n'est pas toujours possible compte tenu des recouvrements de caractéristiques entre certains signaux provenant d'espèces différentes. Ces limites sont accentuées par la qualité des sons enregistrés : un fort bruit de fond ou des parasites gênent l'identification en accentuant les recouvrements entre espèces.

Il est important de souligner les difficultés de comparaisons de niveaux d'activité recueillis par différentes méthodes. En effet, chaque élément de la chaine d'acquisition et de traitement est susceptible d'apporter un biais plus ou moins quantifiable :

- La sensibilité et la directivité des microphones : ces deux paramètres constituent le début de la chaine d'acquisition. Les microphones omnidirectionnels offrent une détection tout autour d'eux, mais on généralement une sensibilité faible. Inversement les microphones plus directionnels ne détectent les animaux que dans un secteur définis, mais avec une meilleure sensibilité ;
- Les gains utilisés par les enregistreurs : les résultats des différents enregistreurs ne sont pas obligatoirement comparables entre eux, surtout en fonction de leurs réglages ;
- Le mode de traitement des sons : il affecte les résultats de manière difficile à qualifier. Certains tests suggèrent de forte variations dans la capacité à analyser les sons. Ainsi, sur le forum (https://fr.groups.yahoo.com/neo/groups/batsound/conversations/messages/3075) Sébastien Puichemaille témoigne « sur 34 séquences, 1286 cris étaient analysables avec Batsound (manuellement), 556 façon automatique avec Sonobat et 342 de façon automatique avec Scan'R ».

Ces disparités nécessiteraient une caractérisation de la chaine de traitement pour chaque étude, par exemple en réalisant un test avec un émetteur de puissance connue, diffusant une série de sons test.

Nom Français	**Nom Latin**	**Groupes identifiés dans des conditions d'enregistrements très favorables**	**Groupes identifiés dans des conditions d'enregistrements défavorables**
Rhinolophe euryale	*Rhinolophus euryale*	Rhinolophe euryale	
Petit Rhinolophe	*Rhinolophus hipposideros*	Petit Rhinolophe	
Grand Rhinolophe	*Rhinolophus ferrumequinum*	Grand Rhinolophe	
Grand Murin	*Myotis myotis*	Grands Myotis	
Petit murin	*Myotis blythii*		
Murin de Daubenton	*Myotis daubentonii*	Murin de Daubenton	Petits Myotis
Murin de capaccini	*Myotis capaccinii*	Murin de capaccini	
Murin à moustache	*Myotis mystacinus*	Murin à moustaches	
Murin d'Alcathoe	*Myotis alcathoe*	Murin d'Alcathoe	
Murin à oreilles échancrées	*Myotis emarginatus*	Murin à oreilles échancrées	
Murin de Bechstein	*Myotis bechsteinii*	Murin de Bechstein	
Murin de Natterer	*Myotis nattereri*	Murin de Natterer	
Sérotine commune	*Eptesicus serotinus*	Sérotine commune	Nyctaloids
Noctule de Leisler	*Nyctalus leisleri*	Noctule de Leisler	
Noctule commune	*Nyctalus noctula*	Noctule commune	
Serotine Bicolore	*Vespertillo Murinus*	Sérotine bicolore	
Vespère de savi	*Hypsugo savii*	Vespère de savi	
Pipistrelle soprane	*Pipistrellus pygmaeus*	Pipistrelle soprane	Pipistrelle / Minioptère
Minioptère de Schreibers	*Miniopterus schreibersii*	Minioptère de Schreibers	
Pipistrelle commune	*Pipistrellus pipistrellus*	Pipistrelle commune	
Pipistrelle de Kuhl	*Pipistrellus kuhlii*	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelle de Kuhl / Nathusius
Pipistrelle de Nathusius	*Pipistrellus nathusii*	Pipistrelle de Nathusius	
Oreillard gris	*Plecotus austriacus*	Oreillards sp.	
Oreillard roux	*Plecotus auritus*		
Oreillard montagnard	*Plecotus macrobularis*		
Barbastelle d'Europe	*Barbastella barbastellus*	Barbastelle d'Europe	
Grande Noctule	*Nyctalus lasiopterus*	Grande Noctule	Molosse / Grande Noctule
Molosse de Cestoni	*Tadarida teniotis*	Molosse de Cestoni	

Tableau 12 : Possibilité d'identification des chauves-souris européennes en fonction de leurs émissions ultrasonores

Dans cette étude, l'identification a été menée en combinant 3 outils :

- Audacity, un logiciel libre d'analyse et de traitement de son (http://audacity.fr/). Il a été utilisé pour vérifier rapidement les sons et modifier les fréquences d'échantillonnage pour générer les fichiers « en expansion de temps » requis pour la suite de l'analyse ;
- Un système de mesure comparable à Sonobat 3.2, un logiciel payant de mesure de sons dédié à l'identification de chauves-souris (http://www.sonobat.com/). Grace des algorithmes d'analyse intelligents, Sonobat génère des mesures automatiques des cris d'écholocation identifiés dans les enregistrements. 76 valeurs sont mesurées sur chaque cris. Les fichiers .csv obtenus sont ensuite utilisés pour l'identification proprement dite ;
- Un analogue d'IbatsID (http://ibatsid.cloudapp.net/), une plateforme Java mobilisant des réseaux de neurones artificiels pour identifier les chauves-souris européennes à partir de leurs enregistrements

ultrasonores, en expansion de temps, mesurés avec Sonobat. Cet outil d'identification a été entrainé à reconnaitre les espèces suivantes :

- *Barbastella barbastellus*,
- *Eptesicus bottae*,
- *E. nilssonii,*
- *E. serotinus*,
- *Hypsugo savii*,
- *Miniopterus schreibersii*,
- *Myotis alcathoe*,
- *M. bechsteinii*, *M. blythii*,
- *M. brandtii*, *M. capaccinii,*
- *M. dasycneme*,
- *M. daubentonii*,
- *M. emarginatus*,
- *M. myotis*,
- *M. mystacinus*,
- *M. punicus*,
- *Nyctalus lasiopterus*,
- *N. leisleri*,
- *N. noctula*,
- *Pipistrellus kuhlii*,
- *P. nathusii*,
- *P. pipistrellus*,
- *P. pygmaeus*,
- *Plecotus auritus*,
- *P. austriacus*,
- *Rhinolophus blasii*,
- *R. euryale*,
- *R. ferrumequinum*,
- *R. hipposideros*,
- *R. mehelyi*,
- *Tadarida teniotis*,
- *Vespertilio murinus.*

Compte tenu des incertitudes de classification de certaines espèces par l'EANN les identifications à l'espèce ne sont pas utilisées pour ces groupes :

- *M. myotis/M. blythii/M. punicus,*

- *M. bechsteinii/M. brandtii/ M. daubentonii/ M. mystacinus ; M. emarginatus/M. alcathoe*

Evaluation des indices d'activité

Avec les réserves formulées dans le paragraphe précédent, les indices d'activité ont été déterminé de manière brute, ainsi qu'en prenant en compte une correction du volume de détection. En effet, les espèces rencontrées émettent avec une intensité différente des cris dons les fréquences sont atténuées de manière différente par l'atmosphère (Figure 20 et Figure 21).

Pour prendre en compte ces variations, nous avons utilisé les facteurs de correction préconisés par Michel Barataud récapitulés dans le Tableau 13 . De manière générale l'application de ces coefficients permet de rétablir le rapport des indices d'activité entre les petites espèces utilisant des fréquences élevées, fortement absorbées par l'atmosphère, et les grosses espèces émettant des sont très puissants sur des fréquences basses, peu absorbées par l'atmosphère.

milieu ouvert			
Intensité d'émission	Espèces	distance détection	coefficient détectabilité
faible	*Rhinolophus hipposideros*	5	5,00
	Rhinolophus ferr/eur/meh.	10	2,50
	Myotis emarginatus	10	2,50
	Myotis alcathoe	10	2,50
	Myotis mystacinus	10	2,50
	Myotis brandtii	10	2,50
	Myotis daubentonii	15	1,70
	Myotis nattereri	15	1,70
	Myotis bechsteinii	15	1,70
	Barbastella barbastellus	15	1,70
moyenne	*Myotis oxygnathus*	20	1,20
	Myotis myotis	20	1,20
	Pipistrellus pygmaeus	25	1,00
	Pipistrellus pipistrellus	30	0,83
	Pipistrellus kuhlii	30	0,83
	Pipistrellus nathusii	30	0,83
	Miniopterus schreibersii	30	0,83
forte	*Hypsugo savii*	40	0,71
	Eptesicus serotinus	40	0,71
	Plecotus spp	40	0,71
très forte	*Eptesicus nilssonii*	50	0,50
	Vespertilio murinus	50	0,50
	Nyctalus leisleri	80	0,31
	Nyctalus noctula	100	0,25
	Tadarida teniotis	150	0,17
	Nyctalus lasiopterus	150	0,17

sous-bois			
Intensité d'émission	Espèces	distance détection	coefficient détectabilité
faible	*Rhinolophus hipposideros*	5	5,00
	Plecotus spp	5	5,00
	Myotis emarginatus	8	3,10
	Myotis nattereri	8	3,10
	Rhinolophus ferr/eur/meh.	10	2,50
	Myotis alcathoe	10	2,50
	Myotis mystacinus	10	2,50
	Myotis brandtii	10	2,50
	Myotis daubentonii	10	2,50
	Myotis bechsteinii	10	2,50
	Barbastella barbastellus	15	1,70
	Myotis oxygnathus	15	1,70
	Myotis myotis	15	1,70
moyenne	*Pipistrellus pygmaeus*	20	1,20
	Miniopterus schreibersii	20	1,20
	Pipistrellus pipistrellus	25	1,00
	Pipistrellus kuhlii	25	1,00
	Pipistrellus nathusii	25	1,00
forte	*Hypsugo savii*	30	0,83
	Eptesicus serotinus	30	0,83
très forte	*Eptesicus nilssonii*	50	0,50
	Vespertilio murinus	50	0,50
	Nyctalus leisleri	80	0,31
	Nyctalus noctula	100	0,25
	Tadarida teniotis	150	0,17
	Nyctalus lasiopterus	150	0,17

Tableau 13: Coefficients de détectabilité des principales espèces de chauves-souris européennes

Trajectographie et détection d'impact

La trajectographie des animaux est réalisée sur la base de la mesure des différences des temps d'arrivée sur chacun des quatre microphones. Cette mesure est réalisée par une corrélation croisée entre les signaux identifiés comme étant identiques (temps de décalage non ambigu). La corrélation croisée fournit un nombre d'échantillons de décalage entre les cris enregistrés sur chacune des 4 voies. Ce nombre d'échantillons est ensuite transformé en temps par multiplication avec la fréquence d'échantillonnage. Dans notre cas avec une fréquence d'échantillonnage de 192 kHz, chaque échantillon correspond dont à 1/192 000 secondes, donnant une résolution moyenne, à 20 °C de 1,7 millimètres.

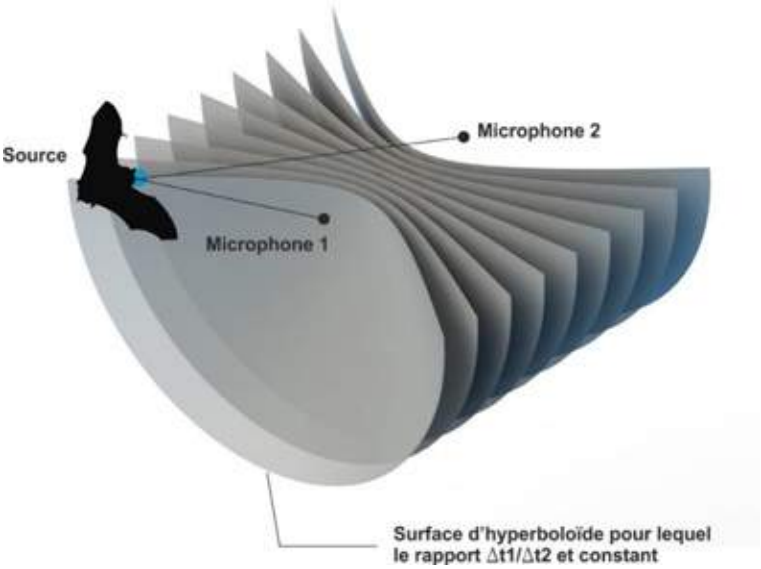


Figure 22 : Représentation schématique des hyperboloïdes localisant une source sonore pour un rapport de différence de temps d'arrivé donnée $\Delta t_1/\Delta t_2$ sur deux microphones

Ce temps est ensuite transformé en distance, déduite de la vitesse de propagation du son dans l'air, influencée par la température. La prise en compte de l'influence de la température a été prise en compte par la formule suivante :

$C_{gaz} = \sqrt{\gamma . Rs . T}$

C_{gaz} = Célérité du son dans un gaz parfait

γ = Coefficient adiabatique du gaz

Rs = Constante spécifique du gaz

T = T° en ° Kelvin

Pour l'air, cette équation peut être simplifiée de la manière suivante :

$C_{air} = 20{,}05 . \sqrt{T}$

C_{air} = Célérité du son dans l'air

T = T° en ° Kelvin

Les différences de temps d'arrivée entre les deux microphones permettent alors de calculer la surface d'un hyperboloïde contenant la source sonore (Figure 22).

Le croisement de 3 hyperboloïdes permet de localiser la source sonore sur un point. Les résultats des calculs ne permettent pas toujours de localiser la source sonore : diverses perturbations telles que la turbulence de l'air, des échos, des bruits parasites peuvent affecter les résultats de la corrélation croisée et rendre impossible la localisation fiable de la source sonore. Lorsque quelques erreurs sont détectées dans une séquence, un filtrage (Kalmann) permet de rectifier la position des points aberrants.

II.2.3. Caméras thermiques

Les caméras thermiques ont été utilisées depuis les années 2008 aux Etats Unis pour comprendre le comportement des chiroptères autour des pales d'éoliennes. Depuis, elles ont été mobilisées sur des programmes de régulation en Belgique, en France et au Canada. Elles apportent des données précieuses sur la manière dont les animaux évoluent autours des éoliennes. Si le discernement oiseaux / chiroptères n'est pas toujours aisé sur leurs images, elles offrent la possibilité d'étudier des animaux à sang chaud même s'ils n'émettent aucun son (ce qui est potentiellement le cas des chauves-souris en migration).

Capteurs

Les caméras utilisées sont des 4 TC 386 d'Ulirvision (http://www.ulirvision.co.uk/). Elles fournissent 50 images par secondes en 384 x 288 pixels. Ces capteurs sont équipés d'objectifs athermiques de 11 mm de focale. Cette configuration permet d'avoir un champ de vision de 50 x 38° pour chaque caméra. Le signal est disponible en PAL (768x576) ou en format numérique CMOS (384 x 288 sur 14Bit). Ces caméras sont fixées dans des boitiers étanches dessinés par Sens Of Life. Usinés en alliage d'aluminium puis anodisés, ces boitiers intègrent :

- un hublot en polypropylène,
- un obturateur activé par un servomoteur protégeant le capteur de la caméra de l'illumination directe du soleil,
- un système d'amortissement des vibrations,
- deux connecteurs IP68 permettant l'alimentation de l'obturateur et de la caméra, le pilotage de l'obturateur et la récupération du signal.

Ces caméras sont fixées à environ 7 mètres de hauteur par rapport à la base du mat des éoliennes. Cette configuration permet de ne pas être gêné par les radiateurs présents sur les GE2.5xl tout en limitant les risques de vandalisme.

Figure 23 : Représentation schématique de la disposition et du champ de vision des caméras thermiques équipant l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing et l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle

Figure 24 : Vue éclatée du boitier d'une des caméras thermiques

Figure 25 : Caméra thermique ouest de l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle

Système de stockage

De manière à minimiser les risques de perte de données suite à des erreurs de détection, la totalité des vidéos de nuit est enregistrée pour ensuite être traitée en temps différé. Cette approche permet un contrôle visuel de la qualité de détection et si besoin l'ajustement des algorithmes de détection.

Pour chaque éolienne, les caméras thermiques sont connectées à un enregistreur numérique équipé d'un disque dur de 1To. Le volume de stockage est de 466 Mo.h^{-1} par caméra (format .dav), soit 932 Mo pour les deux caméras équipant une éolienne. La durée du suivi est de 10 heures par jour (20h à 6h), ce qui représente un volume de stockage de 9,32 Go. L'autonomie théorique du dispositif est donc de 107 jours. La durée initiale de notre étude est de 90 jours.

Analyse des vidéos

Beaumont Froidchapelle

Les deux caméras couvrent correctement le volume brassé par les pales de la machine. Un secteur aveugle de quelques degrés est présent en direction nord-ouest. Les radiateurs de la GE2.5 xl sont très peu visibles.

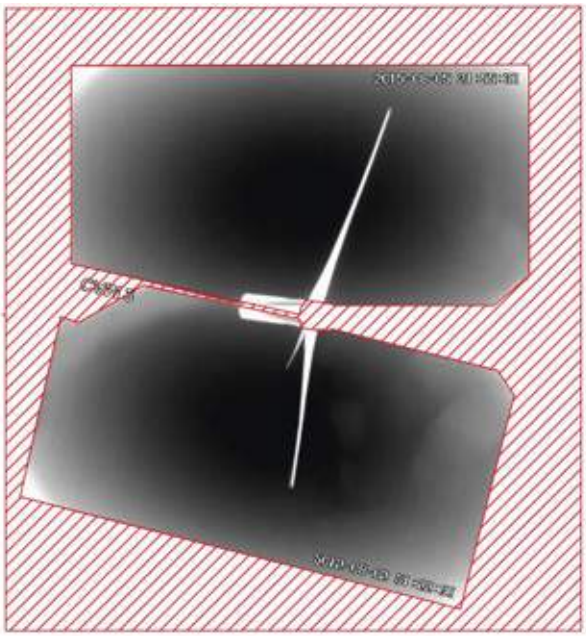


Figure 26 : Assemblage des images des deux caméras équipant l'éolienne E6 du parc de Beaumont-Froidchapelle

Frasnes-lez-Anvaing

Les deux caméras couvrent correctement le volume brassé par les pales de la machine. Un secteur aveugle de quelques degrés est présent entre les images.

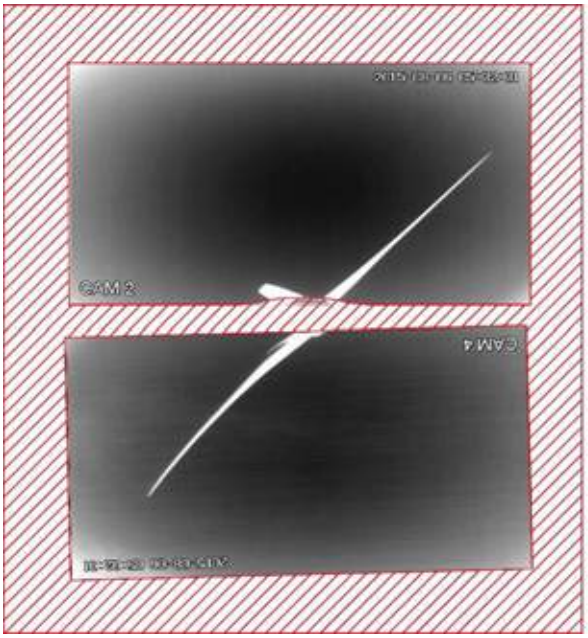


Figure 27 : Assemblage des images des deux caméras équipant l'éolienne 6 du parc de Frasnes-lez-Anvaing

Trajectographie et détection d'impact

Les vidéos enregistrées sur les sites ne contiennent pas que des mouvements de chauves-souris. De nombreux insectes, reflétant le rayonnement de l'éolienne ou du sol sont visibles. Le visionnage des vidéos montre également des avions. Pour minimiser les risques de mauvaise interprétation des données, plusieurs filtrages des trajectoires sont réalisés de manière à limiter la prise en compte de déplacements d'objets autres que des chauves-souris.

Distance en mètres	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Champ de vision en mètres	0,9	4,7	9,3	18,7	28,0	37,3	46,6	56,0	65,3	74,6	83,9	93,3
Dimension d'une cible de 0,3x02 m en pixels	10172,1	406,9	101,7	25,4	11,3	6,4	4,1	2,8	2,1	1,6	1,3	1,0
Dimension d'une cible de 0,03 x 0,03 m en pixel	152,6	6,1	0,7	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dimension d'une cible de 0,01 x 0,005 m en pixel	8,5	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tableau 14 : Dimension de cibles de différentes tailles sur le capteur d'une caméra équipée d'un objectif de 11 m formant un champ de 50 ° en fonction de l'éloignement de la cible à la caméra. Les cellules orange correspondent aux conditions dans lesquelles la détection n'est pas possible. Les cellules bordées de rouges indiquent les conditions ou la taille des insectes et des chauves-souris ne permet pas leur discernement.

Avant le début du tracking, un premier filtrage sur la taille des cibles (sélection des cibles composées de moins de 100 pixels - Tableau 14) permet de s'affranchir des mouvements des pales et des chauves-souris passant à

moins de 10 mètres des caméras. Ces animaux ne sont pas concernés par les risques liés au fonctionnement des éoliennes, les bas de pales passant entre 50 et 54 m du sol.

Déplacement sur le capteur, en pixel en fonction de la distance												
	Distance en mètres											
Vitesse m.s	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20,0	329,4	65,9	32,9	16,5	11,0	8,2	6,6	5,5	4,7	4,1	3,7	3,3
10,0	164,7	32,9	16,5	8,2	5,5	4,1	3,3	2,7	2,4	2,1	1,8	1,6
1,0	16,5	3,3	1,6	0,8	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
0,1	1,6	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tableau 15 : Calcul du déplacement sur le capteur en fonction de la vitesse et de la taille des cibles. Les cellules bordées de rouge indiquent les conditions où le filtrage en fonction de la taille laisse une ambiguïté avec les insectes.

Après le tracking, un second filtrage est réalisé sur la distance entre les positions successibles d'une cible entre chaque image (fréquence d'analyse = 25 fps). Les trajectoires de cibles se déplaçant de plus de 20 pixels (Tableau 15) entre chaque position sont éliminées. Elles correspondent à des animaux volant très vite, donc détectés à proximité de la caméra.

Ratio taille^3/Déplacement pour une chauve-souris												
	Distance en mètres											
Vitesse m.s^{-1}	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20,0	3,2E+09	1,0E+06	3,2E+04	998,5	131,5	31,2	10,2	4,1	1,9	1,0	0,5	0,3
10,0	6,4E+09	2,0E+06	6,4E+04	1997,0	263,0	62,4	20,4	8,2	3,8	2,0	1,1	0,6
1,0	6,4E+10	2,0E+07	6,4E+05	2,0E+04	2629,8	624,1	204,5	82,2	38,0	19,5	10,8	6,4
0,1	6,4E+11	2,0E+08	6,4E+06	2,0E+05	2,6E+04	6240,8	2045,0	821,8	380,2	195,0	108,2	63,9

Ratio taille^3/Déplacement pour un insecte												
	Distance en mètres											
Vitesse m.s^{-1}	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20,0	1,1E+04	3,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
10,0	2,2E+04	6,9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,0	2,2E+05	69,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
0,1	2,2E+06	690,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Ratio taille^3/Déplacement pour un insecte												
	Distance en mètres											
Vitesse m.s^{-1}	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20,0	1,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
10,0	3,7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,0	37,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
0,1	369,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Tableau 16 : Analyse du ration taille^3/distance de déplacement en fonction de la vitesse, de la distance à la caméra et de la taille des cibles. Les cellules bordées de rouge correspondent aux conditions où les insectes peuvent être confondus avec les chauves-souris.

Un troisième filtrage « ratio taille³/distance de déplacement » permet d'éliminer les gros insectes volant près de la caméra (Tableau 16).

Un quatrième filtrage « variations de taille de la cible au cours du temps » est alors réalisé. Les filtrages précédents n'ont laissé que les chauves-souris et les petits insectes. Ces derniers battent des ailes très rapidement alors que la fréquence de battement des ailes des chauves-souris est en moyenne de 5 cycles par seconde. Les trajectoires où les variations de taille de l'objet sont inférieures à 20 %, ou qui présentent un cycle supérieur à 5 Hz, sont supprimées.

A la fin du traitement par l'algorithme (Figure 28), les trajectoires ne répondant pas aux objectifs de l'étude, tels que :

- Animaux volant à moins de 10 mètres de la caméra et a plus de 20 $m.s^{-1}$ (72 $km.h^{-1}$),
- Animaux volant à moins de 5 mètres de la caméra et à plus de 10 $m.s^{-1}$ (36 $km.h^{-1}$),
- Animaux volant à moins de 20 mètres de la caméra et à moins de 1 $m.s^{-1}$ (3,6 $km.h^{-1}$),
- Animaux volant à moins de 30 mètres de la caméra et à moins de 0.1 $m.s^{-1}$ (0.4 $km.h^{-1}$),

sont éliminées. Seules les trajectoires correspondant à la taille, à la vitesse et au type de vol d'une chauve-souris sont sélectionnées.

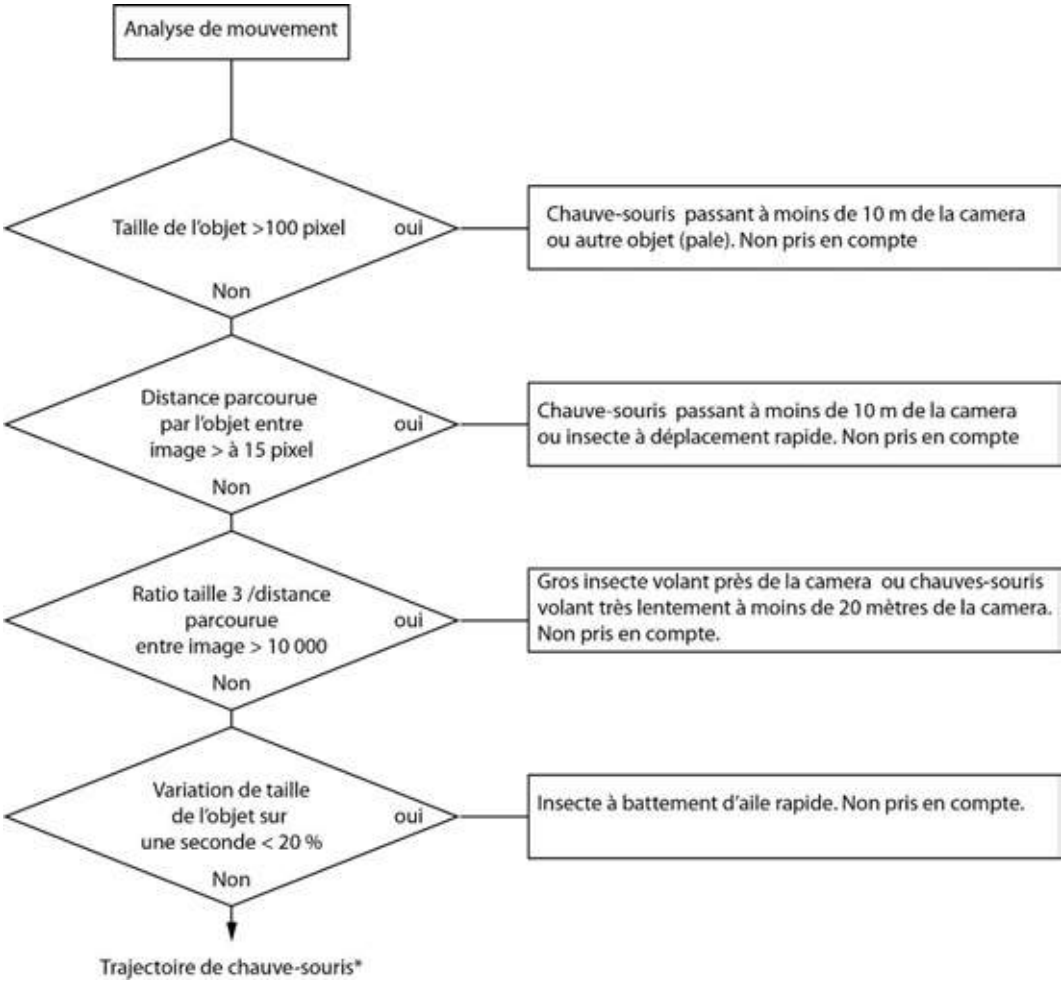


Figure 28 : Représentation schématique du principe de filtrage des trajectoires utilisé pour éviter la prise en compte de trajectoires d'insectes

III. Résultats

III.1. Identification des animaux

III.1.1. Parc éolien de Dour Quiévrain

Le cadavre retrouvé sous l'éolienne du parc de Dour-Quiévrain, le 04/09/2015, est une Noctule de Leisler : *Nyctalus leisleri*.

L'individu correspond aux caractéristiques de cette espèce (d'après « Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse » d'Arthur L. et Lemaire M.) :

- Longueur (T+C) : 4,8 à 7,2 cm,
- Longueur avant-bras : 3,8 à 4,7 cm,
- Envergure : 26,0 à 34,0 cm,
- Poids : 8 à 23,5 g,
- Dents (38) : I2/3, C1/1, P2/2, M3/3.

Cette espèce est de taille moyenne, aux membranes alaires et à la face brune. Le pelage court et dense est brun terne et un peu plus clair sur le ventre. La base des poils est brun-noir. Cette bi-coloration est caractéristique de la Noctule de Leisler. Le dos est plutôt brun-roussâtre, alors que le ventre est jaunâtre. Le museau, les oreilles et le patagium sont brun-noir.

Ses oreilles sont courtes et large, au sommet bien arrondi, avec un tragus en forme de champignon. Ses ailes sont longues et étroites avec l'envers velu le long de l'avant-bras.

Le cadavre rempli toutes ces caractéristiques : couleur de pelage, poils sur les avant-bras, forme des ailes, des oreilles et du tragus (Figure 29).

Figure 29 : Photos du cadavre de Noctule de Leisler retrouvée sous l'éolienne E4 de Dour-Quiévrain le 03/09/2015

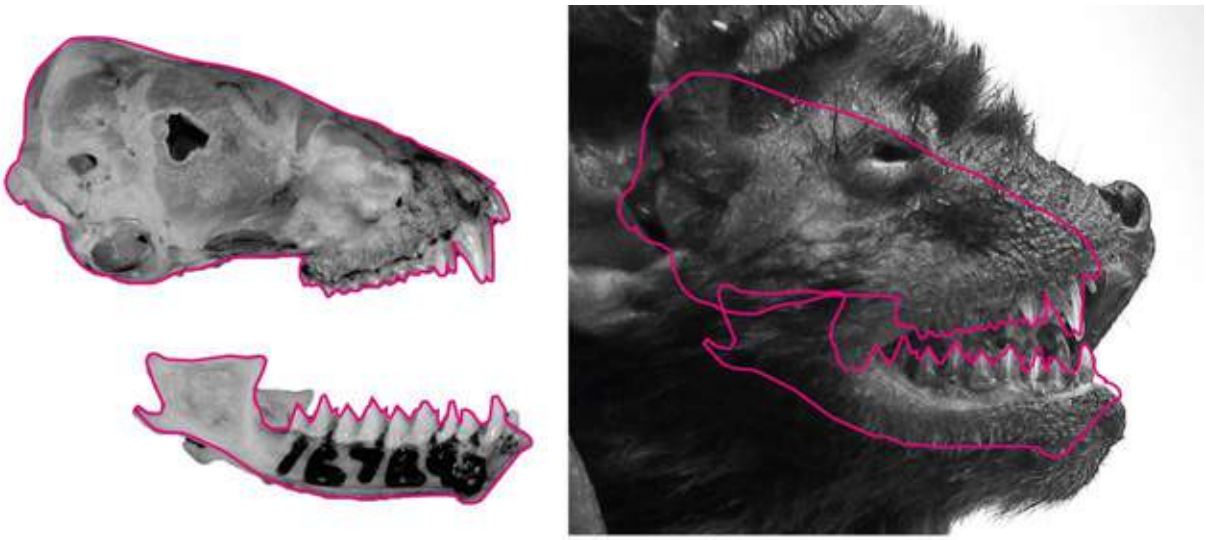


Figure 30 : Comparaison de la dentition pour identification de la Noctule de Leisler

C'est une espèce migratrice sur presque toute son aire de distribution, ce sont essentiellement les femelles qui sont concernées. Elle accomplit de très longs déplacements (pouvant atteindre 1567 km entre le Nord de l'Allemagne et l'Espagne). La date de la découverte laisse penser à un individu migrateur.

III.1.2. Parc éolien de Beaumont Froidchapelle

Quatre cadavres ont été trouvé sous les éoliennes de Beaumont Froidchapelle. :

- Sous l'éolienne E6, le 29/08/2015, un cadavre de Sérotine commune,
- Sous l'éolienne E7, le 12/08/2015, un cadavre de Pipistrelle commune,
- Sous l'éolienne E9, le 6/08/2015, un cadavre de Pipistrelle commune, et le 12/08/2015, un cadavre de Sérotine commune.

La Pipistrelle commune *(Pipistrellus pipistrellus*) est l'une des plus petites espèces de chiroptères d'Europe. Son pelage est brun-roux sur le dos, brun-jaunâtre à gris-brun sur le ventre. La base des poils est foncée à brun-noir. Ses oreilles, son museau et le patagium sont brun-noir.

Les ailes sont étroites et petites, adaptées au vol papillonnant entre les feuilles des arbres. Ses pattes et sa queue sont dépourvues de poils. Ses oreilles sont courtes, triangulaires, avec l'extrémité arrondie. Elles possèdent 2 à 5 plis sur le bord externe. Le tragus est plus long que large, un peu recourbé vers l'intérieur, arrondi au bout.

Il est possible de la confondre avec la Pipistrelle de Nathusius et la Vespère de Savi.

Deux des cadavres répondent à ces caractéristiques (Figure 31 et Figure 32).

Figure 31: Photo du cadavre de Pipistrelle commune retrouvé sous l'éolienne E9 de Beaumont Froidchapelle, le 06/08/2015

Figure 32 : Photos du cadavre de Pipistrelle commune retrouvé sous l'éolienne E7 de Beaumont Froidchapelle, le 12/08/2015, prises le jour de la découverte, puis après conservation dans l'alcool

La Sérotine commune (*Eptesicus serotinus)* est une espèce de grande taille (315 à 381 mm d'envergure). Les poils sur le dos sont longs, bruns foncés et luisants à l'extrémité, alors que le ventre est plutôt jaunâtre. Ces membranes sont très sombres. Elle arbore un museau est des oreilles sombres caractéristiques.

Les oreilles sont de taille moyenne, triangulaires avec le sommet arrondi et a un tragus linéaire, arrondi au bout, incurvé vers l'avant, atteignant le tiers de l'oreille. Les oreilles et le museau sont noirs, le patagium est brun noir. Les ailes sont larges. Trois cadavres de Sérotine commune ont été retrouvés aux cours de cette étude (Figure 33 et Figure 34).

Figure 33 : Photos du cadavre de Sérotine commune trouvé sous l'E6 de Beaumont Froidchapelle le 30/08/2015

Figure 34 : Photos du cadavre de Sérotine commune trouvé sous l'E9 de Beaumont-Froidchapelle le 12/08/2015

III.2. Résultats du suivi de la mortalité au sol

Au total, cinq cadavres ont été trouvés sous les éoliennes durant toute la durée de l'étude, soit une moyenne de 0.06 chauve-souris par jour.

Parc	Rang	Date	Espèce	Eol.	Distance	Direction	Etat	Ancienneté	Remarques
Beaumont Froidch	1	06/08/2015	Pipistrelle commune	9	52	Est	Mauvais	Inconnu	Chairs sèches

	2	12/08/2015	Sérotine commune	9	37	Sud-Est	Bon	N ou N-1	Blessure dans l'aile gauche et à l'épaule droite
	3	12/08/2015	Pipistrelle commune	7	5	Sud-Ouest	Moyen	N-1	Blessure au niveau de la mâchoire
	4	30/08/2015	Sérotine commune	6	26	Ouest	Complet	N	Aucune blessure visible
Dour	5	03/09/2015	Noctule de Leisler	4	33	Sud	Complet	N	Aucune blessure visible

Tableau 17 : Caractéristiques des cadavres de chiroptères récoltés sur les 3 parcs éoliens

Le suivi de mortalité au sol s'est déroulé du 6 aout au 24 octobre. Dès la première recherche, un cadavre a été retrouvé. Durant ces 83 nuits de suivis, cinq cadavres ont été trouvés, 4 au mois d'aout sur le parc de Beaumont Froidchapelle et 1 début septembre sur le parc de Dour Quiévrain.

Distance	Nb de cadavres	Pourcentage de cadavres
1 à 10m	1	20%
11 à 20m	0	0%
21 à 30m	1	20%
31 à 40m	2	40%
41 à 50m	0	0%
> 50m	1	20%

Tableau 18 : Répartition de la position des cadavres en fonction de la distance au mât

Les 5 cadavres ont été retrouvés entre 5 et 52 mètres du mât des éoliennes. Plus de la moitié des individus se situent entre 20 à 40 mètres du mât (Tableau 18). Il est à noter qu'un cadavre a été retrouvé à la limite de la zone de prospection (52m).

III.2.1. Parc éolien de Frasnes-lez-Anvaing

Aucun cadavre n'a été retrouvé sous l'éolienne 4 de Frasnes-lez-Anvaing.

Estimation du nombre effectif de victimes et facteurs de correction

Le taux de prédation sur le parc éolien de Frasnes-lez-Anvaing a été évalué au moyen des deux calculs suivants :

- Le calcul du temps de séjour moyen d'un cadavre,
- Le calcul du taux de persistance des cadavres.

Le taux de prédation dépend de la couverture au sol et de la proximité des éoliennes à des éléments du réseau écologique attirant potentiellement des prédateurs (ici, le point d'eau).

$$t_m = \frac{\sum_i^n t_i}{n}$$

t_m = temps de séjour moyen d'un cadavre

t_i = temps de persistance d'un cadavre

n = nombre de cadavres utilisés

$$S = \frac{n_{nuit}}{n}$$

S = Taux de persistance des cadavres

n_{nuit} = nombre de cadavres persistant après un passage

n = nombre de cadavres utilisés

Taux de séjour moyen d'un cadavre		
Somme t_i	Nb cadavres	T_m
26	10	2,6

Taux de persistance moyen d'un cadavre		
N_{nuit}	Nb cadavres	S
2	10	20%

Tableau 19 : Temps de séjour moyen et taux de persistance d'un cadavre sur l'E4 de Frasnes-lez-Anvaing

Le temps de séjour moyen d'un cadavre est de 2,6 jours. Le taux de persistance moyen est de 20% après 3 nuits. Les résultats de ce test montrent que la prédation sur le site d'étude n'est pas à négligée. Etant donné que l'intervalle de recherche est de 3 jours, une chauve-souris tuée durant la première nuit suivant la recherche, aura très peu de probabilité d'être retrouvée lors de la recherche suivante.

Le taux de détection de l'observateur a été calculé au moyen de deux tests. Dix leurres ont été éparpillés dans la zone d'étude le 04/08. L'observateur a trouvé 5 de ces leurres lors de la 1ere recherche. Aucun des 5 restants sur site n'ont été retrouvés lors de la 2nde recherche.

Eoliennes		Posés	Découverte 1		Leurres restant	Découverte 2		Moyenne
			Leurre	Pourcentage		Leurre	Pourcentage	
Frasnes	**E4**	10	5	50%	5	0	0%	**25%**

Tableau 20 : Evaluation de l'efficacité de l'observateur sur l'E4 de Frasnes-lez-Anvaing

Le taux de détection sous l'éolienne E4 du parc de Frasnes-lez-Anvaing varie de 0% à 50%, soit une moyenne de 25%. Ces résultats peuvent être mis directement en relation avec la couverture au sol : lors des tests, des chardons occupaient une partie de la prairie à chevaux. Suite à la fauche de ces chardons en septembre, les recherches ont été plus faciles.

Estimation de la mortalité réelle

La formule d'Huso, 2010 ne fonctionne pas lorsqu'aucun cadavre n'a été retrouvé. En revanche la formule de Bastos *et al.,* 2013, permet de prendre en compte les biais « observateur » et « prédation », et ainsi évaluer la mortalité réelle probable sous l'éolienne. La surface qui n'a pu être prospectée durant le suivi (6% de la surface totale) et celle qui a été prospectée durant seulement la moitié du suivi, ont été intégrées dans le calcul de mortalité. La mortalité a été estimée à 9 individus sous l'éolienne E4 du parc éolien de Frasnes-lez-Anvaing pour toute la durée de l'étude.

Parc	Eol.	Persistance moyenne du cadavre (en jours)	Efficacité de l'observateur	Cadavre trouvé	Estimation mortalité réelle durant l'étude	
					Bastos, 2013	Huso, 2010
Frasnes	E4	2,6	0,25	0	9	0

Tableau 21 : Estimation de la mortalité réelle sous l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing

Oiseaux impactés

Deux oiseaux ont été découverts morts sous l'éolienne E4 du parc éolien de Frasnes-lez-Anvaing :

- Un col vert, le 05/08,
- Un héron gris, le 16/08.

Date	Espèce	Position de l'éolienne	Distance (m)	Etat	Ancienneté
05/08/2015	*Anas platyrhynchos*	80°	70	Entier mais en état de décomposition	N-3
16/08/2015	*Ardea cinerea*	85°	75	Mauvais, nombreux asticots	N-2

Tableau 22 : Cadavres d'oiseaux sous l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing

III.2.2. Parc éolien de Dour Quiévrain

Un cadavre de chiroptère a été retrouvé sous l'éolienne 4 de Dour Quiévrain. Aucun cadavre d'oiseau n'a été retrouvé.

Caractéristiques du cadavre

Le cadavre de chauve-souris trouvé sous l'éolienne 4 de Dour Quiévrain est une Noctule de Leisler.

Estimation du nombre effectif de victimes et facteurs de correction

Le taux de prédation sur le parc éolien de Dour-Quiévrain a été évalué au moyen des deux calculs suivants :

- Le calcul du temps de séjour moyen d'un cadavre,
- Le calcul du taux de persistance des cadavres.

Sous l'éolienne E1, le temps moyen de séjour d'un cadavre est de 4,4 jours. En moyenne, 40% des cadavres persistent après 3 jours.

T_m = Taux de séjour moyen d'un cadavre		
Somme t_i	Nb cadavres	T_m
44	10	4,4

S = Taux de persistance moyen d'un cadavre		
N_{nuit}	Nb cadavres	S
4	10	40%

Tableau 23 : Temps de séjour moyen et taux de persistance d'un cadavre sur l'E1 de Dour-Quiévrain

Pour l'éolienne E4, le temps moyen de séjour d'un cadavre est de 2 jours. En moyenne, 0% des cadavres ne persiste après 3 jours : aucun des cadavres trouvés lors d'une première recherche ou déposés, n'ont été retrouvés lors de la seconde prospection.

T_m = Taux de séjour moyen d'un cadavre		
Somme t_i	Nb cadavres	T_m
22	11	2

S = Taux de persistance moyen d'un cadavre		
N_{nuit}	Nb cadavres	S
0	11	0%

Tableau 24 : Temps de séjour moyen et taux de persistance d'un cadavre sur l'E4 de Dour-Quiévrain

Les résultats de ce test montrent que la prédation sur le parc de Dour Quiévrain est important.

Données	E1	E4	Moyenne
T_m = Temps de séjour moyen d'un cadavre	4,4	2,2	3,14
S = Taux de persistance journalière moyen d'un cadavre	40%	0%	19%

Tableau 25 : Temps de séjour moyen et taux de persistance d'un cadavre sur l'E1 et l'E4 de Dour-Quiévrain

En moyenne, sur le parc, le temps de séjour moyen d'un cadavre est de 3,1 jours. Le taux de persistance moyen est de 19% après 3 nuits. Etant donné que l'intervalle de recherche est de 3 jours, une chauve-souris tuée durant la première nuit suivant la recherche peut être retrouvée lors de la recherche suivante, avec une plus forte probabilité sous l'éolienne E1 que sous l'E4.

Le taux de détection de l'observateur a été calculé au moyen de deux tests. Dix leurres ont été éparpillés sous chaque éolienne dans la zone d'étude. L'observateur a trouvé 6 de ces leurres sous l'E1 et 2 de ces leurres sous l'E4 lors de la 1ere recherche. Un et 3 leurres, respectivement, restants sur site, ont été retrouvés lors de la 2nde recherche.

Eoliennes		Posés	Découverte 1		Leurres restant	Découverte 2		Moyenne	Moyenne du parc
			Leurre	Pourcentage		Leurre	Pourcentage		
Dour	**E1**	10	6	60%	4	1	25%	**42,5%**	**35,6%**
	E4	10	2	20%	8	3	37,5%	**28,75%**	

Tableau 26 : Evaluation de l'efficacité de l'observateur sur l'E1 et l'E4 de Dour-Quiévrain

Le taux de détection sur le parc Dour Quiévrain varie de 20% à 60%, soit une moyenne de 35,6%. L'efficacité de l'observateur est meilleur sous l'éolienne E1 que sous l'E4. Ces résultats peuvent être mis directement en relation avec la couverture au sol : souvent en labour, ces champs ont été difficilement prospectés durant une grande partie de l'étude.

En moyenne le taux de détection de l'observateur sur ce parc de 35,6% pour ce parc pour toute la durée de l'étude.

Estimation de la mortalité réelle

La formule d'Huso, 2010 ne fonctionne pas lorsqu'aucun cadavre n'a été retrouvé, mais permet d'évaluer la mortalité sous l'éolienne E4 où 1 cadavre a été retrouvé. En revanche la formule de Bastos *et al.*, 2013, permet de prendre en compte les biais « observateur » et « prédation », et ainsi évaluer la mortalité réelle probable sous l'éolienne E1. La surface qui n'a pu être prospectée a été intégrée.

La mortalité a été estimée à 4 individus sous l'éolienne E1 du parc de Dour-Quiévrain pour toute la durée de l'étude par la formule de Bastos *et al.,* 2013. Pour l'éolienne E4, la formule de Bastos *et al.,* 2013 estime la mortalité à 14 individus, alors que l'estimation par Huso, 2010, n'est que de 3 individus. En moyenne, la mortalité estimée est de 5,5 individus impactés par éolienne sur la période de suivi.

Eoliennes		Persistance moyenne du cadavre (en jours)	Efficacité de l'observateur	Cadavre trouvé	Estimation mortalité réelle durant l'étude	
					Bastos, 2013	Huso, 2010
Dour	E1	4,4	0,43	0	4	0
	E4	2,2	0,29	1	14	3

Tableau 27 : Estimation de la mortalité réelle sous les éoliennes E1 et E4 de Dour-Quiévrain

Localisation des cadavres

Aucun cadavre n'a été retrouvé sous l'éolienne E1. Un cadavre a été retrouvé sous l'éolienne E4.

Carte 12 : Localisation du cadavre sur le parc éolien de Dour Quiévrain

Il se situait à 33 mètres du mât de l'éolienne, au sud, tout comme la majorité (40%) des cadavres découverts lors de cette étude.

III.2.3. Parc éolien de Beaumont Froidchapelle

Caractéristiques des cadavres

Deux pipistrelles communes et deux noctules communes ont été retrouvées sur le parc éolien de Beaumont Froidchapelle.

Estimation du nombre effectif de victimes et facteurs de correction

Le taux de prédation sur le parc éolien de Beaumont Froidchapelle a été évalué au moyen des deux calculs suivants :

- Le calcul du temps de séjour moyen d'un cadavre,
- Le calcul du taux de persistance des cadavres.

Sous l'éolienne E6, le temps moyen de séjour d'un cadavre est de 5 jours. En moyenne, 45% des cadavres persistent après 3 jours.

Sous l'éolienne E7, le temps moyen de séjour d'un cadavre est de 3,6 jours. En moyenne, 36% des cadavres persistent après 3 jours. Il est à noter qu'un grand groupe de corneilles et de goélands fréquente cette zone de l'étude pour l'alimentation.

Sous l'éolienne E9, le temps moyen de séjour d'un cadavre est de 2,8 jours. En moyenne, 9% des cadavres persistent après 3 jours. Les chauves-souris tombées sous l'éolienne E9 ont une plus faible probabilité d'être retrouvée par une recherche à intervalle de 3 jours.

Données	E6	E7	E9	Moyenne
Temps de séjour moyen d'un cadavre	5	3,6	2,8	3,8
Taux de persistance journalière moyen d'un cadavre	45%	36%	9%	30%

Tableau 28 : Temps de séjour moyen et taux de persistance des cadavres sous les éoliennes de Beaumont Froidchapelle

Les résultats de ce test montrent que la prédation sur le parc de Beaumont Froidchapelle est important.

En moyenne, sur le parc, le temps de séjour moyen d'un cadavre est de 3,8 jours. Le taux de persistance moyen est de 30% après 3 nuits. Etant donné que l'intervalle de recherche est de 3 jours, une chauve-souris tuée durant la première nuit suivant la recherche peut être retrouvée lors de la recherche suivante, avec une plus forte probabilité sous l'éolienne E6.

Le taux de détection de l'observateur a été calculé au moyen de deux tests. Entre 11 et 15 leurres ont été éparpillés sous chaque éolienne dans la zone d'étude.

Eoliennes		Posés	Découverte 1		Leurres restant	Découverte 2		Moyenne par éolienne	Moyenne du parc
			Leurre	Pourcentage		Leurre	Pourcentage		
Beaumont	**E6**	11	10	90,9%	1	1	100%	**95,5%**	**61,3%**
	E7	15	4	26,7%	11	4	36,4%	**31,5%**	
	E9	11	7	63,6%	4	2	50,0%	**56,8%**	

Tableau 29 : Evaluation de l'efficacité de l'observateur sous les éoliennes de Beaumont Froidchapelle

Le taux de détection sur le parc Beaumont Froidchapelle varie de 27% à 100%, soit une moyenne de 55%. Ces résultats peuvent être mis directement en relation avec la couverture au sol. L'efficacité de l'observateur est la meilleure sous l'éolienne E6 car la moitié de la zone d'étude est une prairie à vaches plane, l'herbe très rase permettant une bonne détection des cadavres. L'autre moitié est un champ de maïs qui n'a pas été prospecté, et où le test n'a pas été appliqué. Sous l'éolienne E9 se trouve également une pâture à bovins, permettant une bonne détection des cadavres par l'observateur, bien que la présence continue des animaux puissent poser problème.

Le taux de détection de l'observateur est plus faible sous l'éolienne E7 : les labours, puis le blé recouvrant les parcelles ne contrastent pas avec la couleur des chiroptères, et recouvrent parfois les cadavres.

En moyenne le taux de détection de l'observateur sur ce parc de 61% pour ce parc pour toute la durée de l'étude.

Estimation de la mortalité réelle

Les formules d'Huso, 2010 et Bastos *et al*., 2013, permettent d'estimer la mortalité réelle sous chacune des éoliennes suivies en aout, septembre et octobre.

Sous l'éolienne E6, la mortalité réelle est estimée entre 1 (Huso, 2010) et 2 cadavres (Bastos *et al.,* 2013) pour la surface prospectée. La moitié de la surface étant un champ de maïs, seule la moitié de la surface sous l'éolienne fut suivie. En appliquant le ratio surface prospectée/surface non prospectée, l'estimation de mortalité réelle est comprise entre 2 et 4 individus.

La mortalité réelle sous l'éolienne E7 est estimée entre 3 (Huso, 2010) et 11 (Bastos *et al.,* 2013) individus impactés.

La mortalité réelle sous l'éolienne E9 est estimée entre 4 (Huso, 2010) et 8 (Bastos *et al*., 2013) individus impactés.

En moyenne sur le parc, la mortalité estimée par éolienne est comprise entre 3 (Huso, 2010) et 8 (Bastos, 2013) individus, soit 5,3 individus impactés en théorie par éolienne durant la période de suivi.

Eolienne	Persistance moyenne du cadavre (en jours)	Efficacité de l'observateur	Cadavre trouvé	Estimation mortalité réelle durant l'étude	
				Bastos, 2013	Huso, 2010
E6	3,6	0,95	1	4	2
E7	3,6	0,32	1	11	3
E9	2,8	0,57	2	8	4

Tableau 30 : Estimation de la mortalité réelle sous les éoliennes de Beaumont Froidchapelle

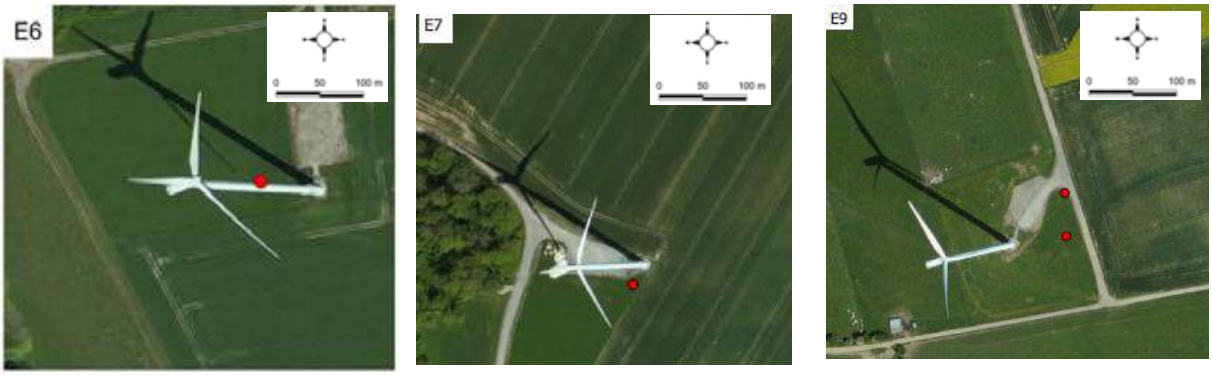
Localisation des cadavres

Quatre cadavres de chauves-souris ont été retrouvées au pied des trois éoliennes étudiées :

- un sous l'éolienne E6,
- un sous l'éolienne E7,
- deux sous l'éolienne E9.

Leur localisation différente par rapport aux lisières forestières et aux éléments du réseau écologique laissait présager une activité différente en altitude en fonction des éoliennes, et par conséquent, un nombre différent de chauves-souris mortes retrouvées à leur pied. Un seul cadavre a été retrouvé sous l'éolienne 6, considérée *a priori* comme la plus sensible car distante de moins de 200 mètres de la lisière, et également très proche d'un plan d'eau.

Carte 13 : Localisation des cadavres sur le parc éolien de Beaumont Froidchapelle



Oiseaux contactés

Trois nidifications de rapaces ont été identifiés dans le bosquet situé entre les éoliennes E6 et E7 :

- une nichée de Buse variable (jeunes volants début aout, mais encore fidèles au bosquet),
- une nichée de Bondrée apivore (apport de nourriture au nid début août et jeune volant mi-août),
- une nichée d'Epervier d'Europe.

Des contacts de rapaces migrateurs ou en halte ont été notés tels des Busards des roseaux et St-Martin, des Milans royaux, des Faucons émerillons, des Autours des palombes.

Figure 35 : Faucon crécerelle posté sur une éolienne de Beaumont Froidchapelle

Trois oiseaux ont été découverts morts sur le parc éolien de Beaumont Froidchapelle :

- une fauvette grisette et un roitelet à triple bandeau sous l'éolienne E7,
- une mésange noire sous l'éolienne E6.

Date	Eolienne	Espèce	Position de l'éolienne	Distance (m)	Etat	Ancienneté
09/08/2015	E7	*Sylvia communis*	175°	17	Très bon, cadavre très frais	N
11/09/2015	E7	*Regulus ignicapilla*	150°	33	Très bon, cadavre frais	N ou N-1
29/09/2015	E6	*Parus ater*	180°	39	Très bon, frais	N ou N-1

Tableau 31 : Cadavres d'oiseaux retrouvés sur le parc de Beaumont Froidchapelle

Figure 36 : Cadavre de roitelet triple bandeau retrouvé sous l'E7 de Beaumont Froidchapelle

III.3. Analyse ultrasonore de l'activité

L'enregistrement en continu des ultrasons à hauteur de nacelle sur les 6 éoliennes suivies s'est déroulée durant toute la durée de l'étude de début aout à fin octobre. Il permet de caractériser les espèces fréquentant les différents sites, et leur activité en fonction de l'activité météorologique.

III.3.1. Parc éolien de Frasnes-lez-Anvaing

Activité brute par espèce

Le Tableau 32 résume le nombre et la proportion de contacts pour chaque espèce contactée en altitude. Au total, 247 contacts de chiroptères ont été enregistrés. En corrigeant ce nombre en fonction des volumes de détection de chaque espèce, 193 contacts sont comptabilisés.

Cinq espèces ont pu être déterminées avec précision :

- La Pipistrelle commune, très présente, concentrant 76,5 % des contacts,
- La Sérotine commune (7 % des contacts),
- La Noctule commune, très peu contactée (moins de 0,6 % des contacts),
- La Noctule de Leisler, également très peu contactée (0,6 % des contacts),
- La Pipistrelle de Nathusius (0,4 % des contacts).

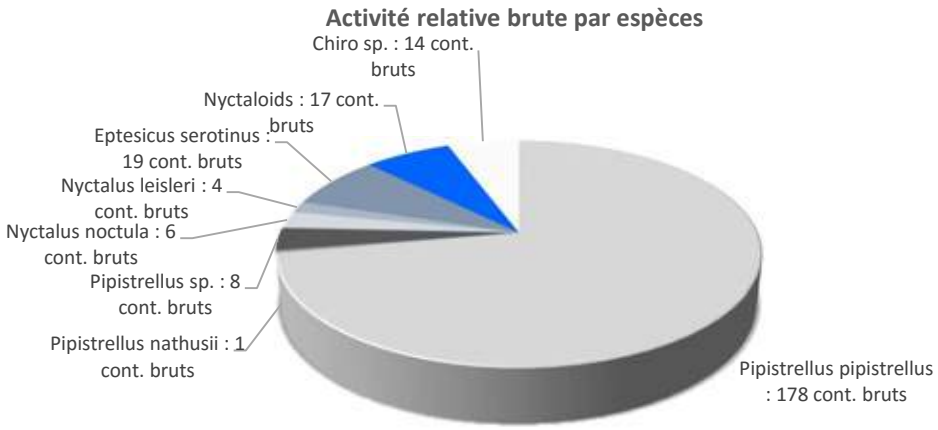
Certains contacts n'ont pu être déterminés avec précision :

- 5,8 % des contacts n'ont pu être attribué à aucun groupe,
- 5,5 % des contacts ont été attribué au groupe « Noctule »,
- 3,4 % des contacts ont été attribué au groupe « Pipistrelle ».

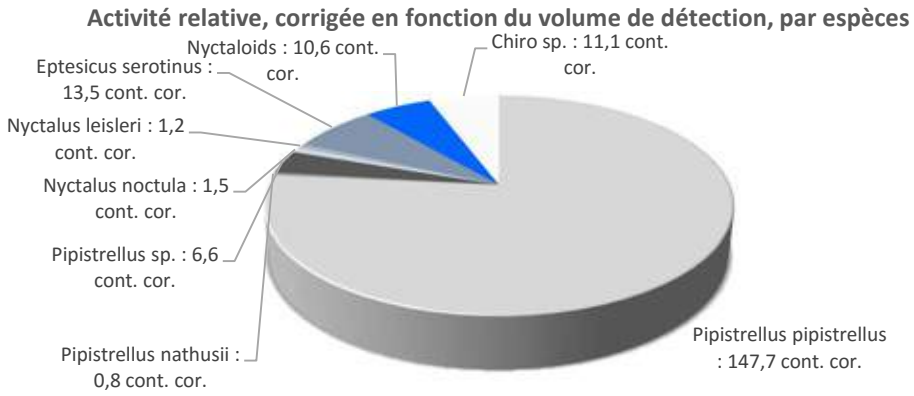
L'utilisation des facteurs de correction accentue encore l'intensité de l'activité des Pipistrelles par rapport aux autres espèces.

Espèces	Nb contacts bruts	% de contact bruts	Nb contacts corrigés	% de contacts corrigés
Pipistrellus pipistrellus	178	72,06%	147,7	76,48%
Pipistrellus nathusii	1	0,40%	0,8	0,43%
Pipistrellus sp.	8	3,24%	6,6	3,44%
Nyctalus noctula	6	2,43%	1,5	0,78%
Nyctalus leisleri	4	1,62%	1,2	0,64%
Eptesicus serotinus	19	7,69%	13,5	6,98%
Nyctaloids	17	6,88%	10,6	5,50%
Chiro sp.	14	5,67%	11,1	5,75%
Total	247	100%	193,19	100%

Tableau 32 : Nombre de contacts bruts et corrigés en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptère sur Frasnes-lez-Anvaing



Graphique 1 : Activité brute par espèce contactée sur l'E4 de Frasnes-lez-Anvaing

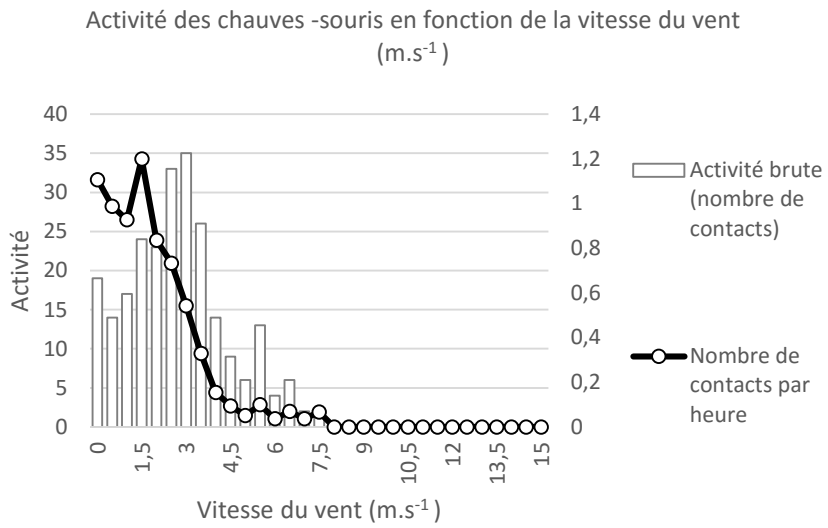


Graphique 2 : Activité relative, corrigée en fonction du volume de détection pour chaque espèce contactée sur l'E4 de Frasnes-lez-Anvaing

Les Graphique 1 et Graphique 2 : Activité relative, corrigée en fonction du volume de détection pour chaque espèce contactée sur l'E4 de Frasnes-lez-Anvaing montrent que 3/4 des contacts sont attribuables à la Pipistrelle commune. Le quart restant est partagé entre la Sérotine commune, le groupe « Noctule », puis le groupe « Pipistrelles ». Les contacts de Noctules de Leisler et de Noctule commune sont peu fréquents et les contacts de Pipistrelle de Nathusius sont anecdotiques.

Activité en fonction de la vitesse du vent

Le Graphique 3 présente l'activité brute contactée sur site et évalue le ratio de l'activité des animaux en altitude en fonction du nombre d'heure collectées pour chaque vitesse de vent.

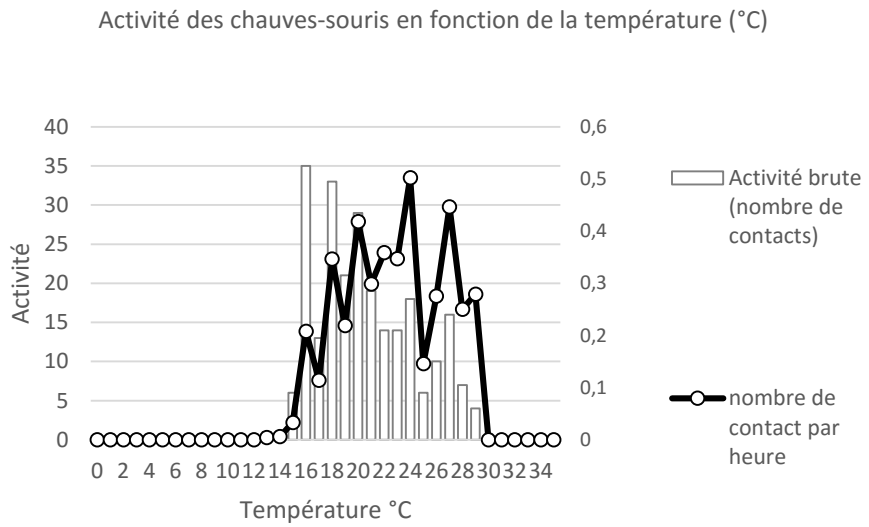


Graphique 3 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent sur l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing

Les chiroptères sont actifs sur le site pour des vitesses de vent de 0 à 8 m.s^{-1}. 95% de l'activité des chiroptères se concentre lors de vitesses de vent comprises entre 0 et 6 m.s^{-1}. Les niveaux d'activité les plus élevés sont enregistrés pour des vitesses de vent comprise entre 0 et 2 m.s^{-1}. Au-delà, l'activité tend à diminuer au fur et à mesure que la vitesse de vent augmente. Quelques contacts de Noctules de Leisler et du groupe « Noctule » sont enregistrés lors de vitesses de vents de 7,5 m.s^{-1}.

Activité en fonction de la température

Le Graphique 4 présente l'activité brute contactée sur site et évalue le ratio de l'activité des animaux en altitude en fonction du nombre d'heure collectées pour chaque température.



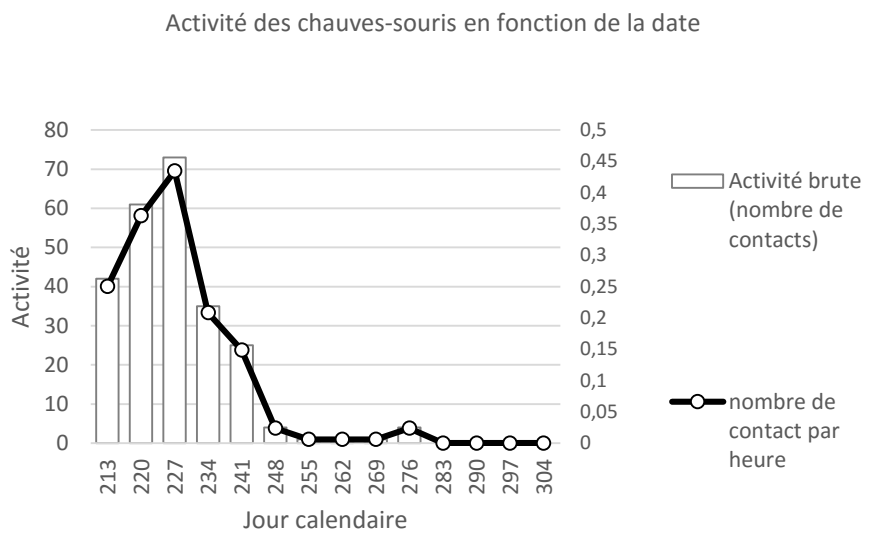
Graphique 4 : Activité des chiroptères en fonction de la température sur l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing

La totalité de l'activité des animaux est enregistrée pour des températures comprises entre 15° et 30°, ce qui correspond aux valeurs habituellement trouvées. Plus de 56% des contacts sont enregistrés lorsque la température est comprise entre 15 et 20°C. Le plus grand nombre de contacts a été enregistré pour une

température de 18°C. La répartition est très inégale, sans tendance particulière. Aucun contact n'a été enregistré pour des températures inférieures à 12°C et supérieures à 29°C.

Activité en fonction de la date

L'activité chiroptérologique sur le parc de Frasnes-lez-Anvaing varie durant l'étude, du jour 216 (4 aout 2015) au jour 283 (10 octobre 2015).



Graphique 5 : Activité des chiroptères en fonction de la date sur l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing

Le Graphique 5 montre que l'activité mesurée est la plus importante au cours des trois premières semaines d'enregistrements. A partir du jour 234 (22 aout), l'activité diminue régulièrement, jusqu'à être très faible : 96 % de l'activité est enregistrée avant le jour 248 (5 septembre), puis nulle après le jour 255 (12 septembre). Une légère activité de Noctules de Leisler est notée aux alentours du jour 276 (3 octobre).

III.3.2. Parc éolien de Dour Quiévrain

Eolienne E1

Activité brute par espèce

Le Tableau 33 résume le nombre et la proportion de contacts pour chaque espèce, en altitude. Au total, 130 contacts de chiroptères ont été enregistrés. En corrigeant ce nombre en fonction des volumes de détection de chaque espèce, 115 contacts sont comptabilisés.

Quatre espèces ont pu être déterminées avec précision :

- La Pipistrelle commune, très présente, concentrant 72,7% des contacts,
- La Noctule commune, peu contactée (2,2% des contacts),
- La Sérotine commune, également peu contactée (2,5% des contacts),
- La Noctule de Leisler, très peu contactée (0,5% des contacts).

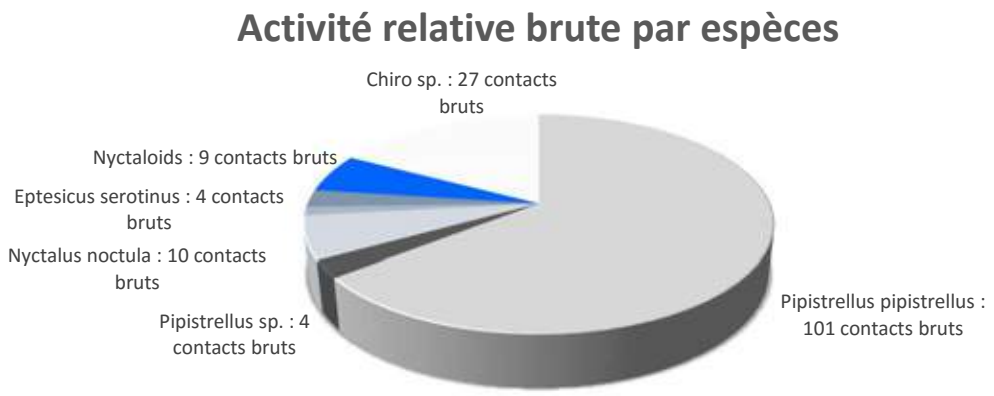
Certains contacts n'ont pu être déterminés avec précision :

- 18% des contacts n'ont pu être attribué à aucun groupe,
- 2,9% des contacts ont été attribué au groupe « Pipistrelle »,
- 1,3% des contacts ont été attribué au groupe « Noctule ».

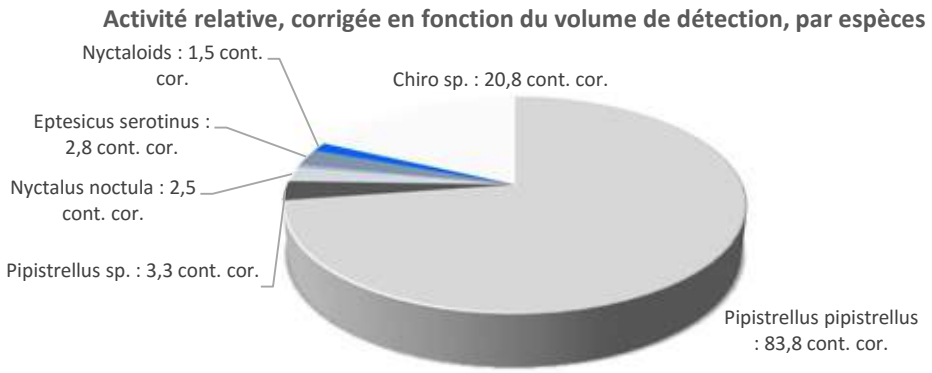
La Pipistrelle de Nathusius n'a pas été contactée sur cette éolienne.

Espèces	Nb contacts bruts	% de contact bruts	Nb contacts corrigés	% de contacts corrigés
Pipistrellus pipistrellus	101	77,69%	83,8	72,66%
Pipistrellus nathusii	0	0,00%	0,0	0,00%
Pipistrellus sp.	4	3,08%	3,3	2,88%
Nyctalus noctula	10	7,69%	2,5	2,17%
Nyctalus leisleri	2	1,54%	0,6	0,54%
Eptesicus serotinus	4	3,08%	2,8	2,46%
Nyctaloids	9	6,92%	1,5	1,29%
Chiro sp.	27	20,77%	21	18,01%
Total	130	100%	115,38	100%

Tableau 33 : Nombre de contacts bruts et corrigés en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptère sur l'éolienne E1 de Dour Quiévrain



Graphique 6 : Activité brute par espèce contactée sur l'E1 de Dour-Quiévrain

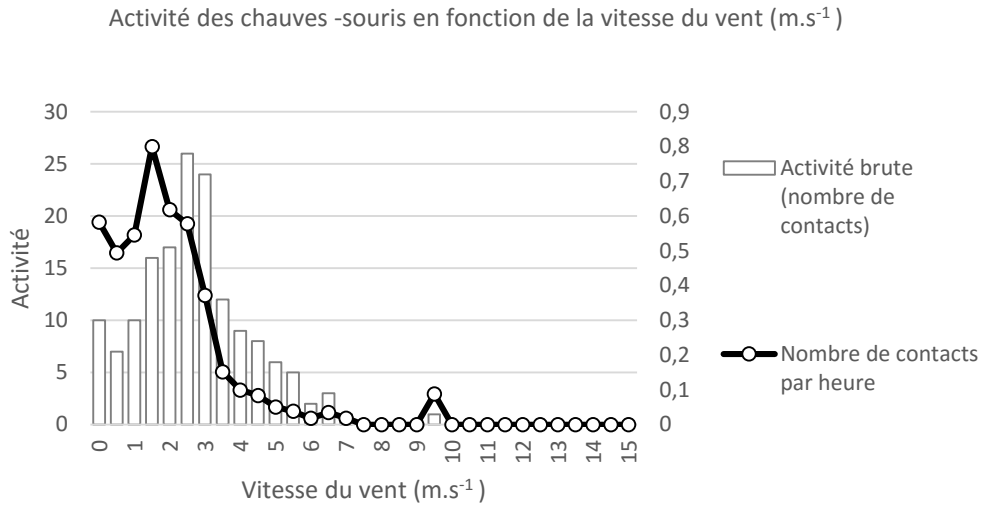


Graphique 7 : Activité relative, corrigée en fonction du volume de détection pour chaque espèce contactée sur l'E1 de Dour-Quiévrain

Les Graphique 6 et Graphique 7 montrent que 3/4 des contacts sont attribuables à la Pipistrelle commune. Le quart restant est dominé par les contacts indéterminés. Les contacts de Noctule de Leisler sont anecdotiques.

Activité en fonction de la vitesse de vent

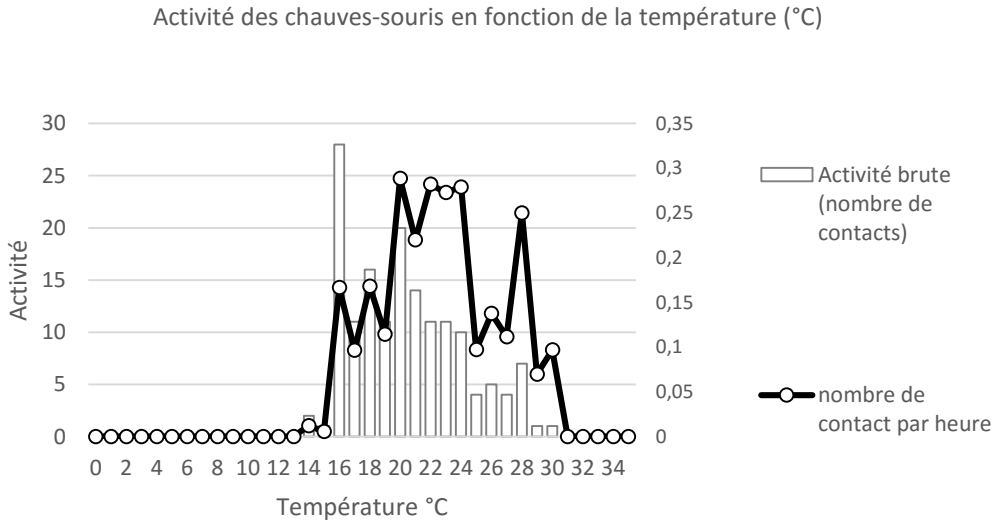
Le Graphique 8 présente l'activité brute contactée sur site et évalue le ratio de l'activité des animaux en altitude en fonction du nombre d'heure collectées pour chaque vitesse de vent.



Graphique 8 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent sur l'éolienne E1 de Dour-Quiévrain

Les chiroptères sont actifs sur le site pour des vitesses de vent de 0 à 10 m.s^{-1}. La majorité des chiroptères se concentre lors de vitesses de vent comprises entre 0 et 3 m.s^{-1}. L'activité chiroptérologique est la plus importante lors de vitesses de vent comprise entre 1,5 et 3 m.s^{-1}. Au-delà, l'activité tend à diminuer au fur et à mesure que la vitesse de vent augmente. Quelques contacts de Sérotine commune sont enregistrés lors de vitesses de vents de 6 m.s^{-1}. Le regain d'activité lors de vitesses de vent comprises entre 9 et 10 m.s-^{1} est dû à des contacts appartenant au groupe « Noctules ».

Activité en fonction de la température



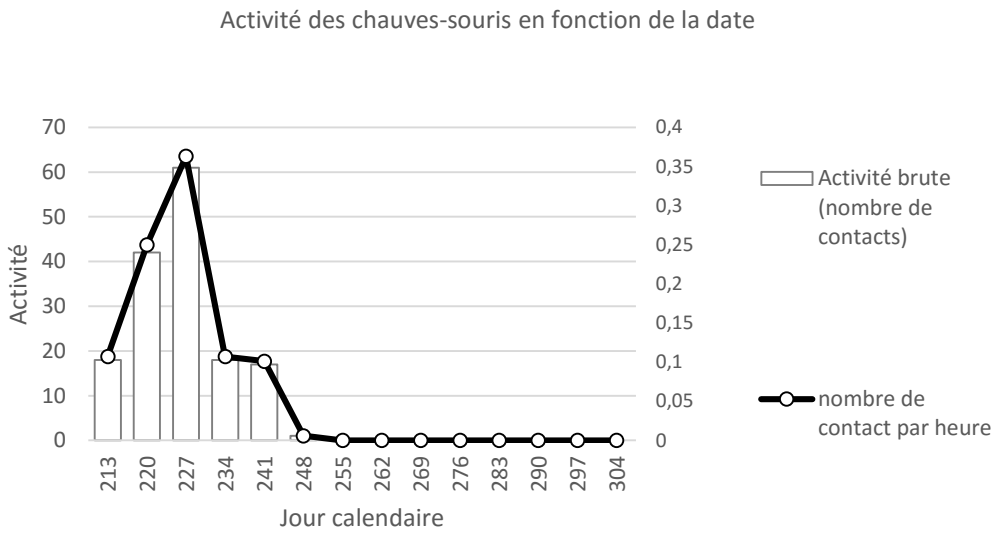
Graphique 9 : Activité des chiroptères en fonction de la température sur l'éolienne E1 de Dour-Quiévrain

Le Graphique 9 présente l'activité brute contactée sur site et évalue le ratio de l'activité des animaux en altitude en fonction du nombre d'heure collectées pour chaque température. La totalité de l'activité des animaux est

enregistrée pour des températures comprises entre 14° et 31°, ce qui correspond aux valeurs habituellement trouvées. Plus de 50% des contacts sont enregistrés lorsque la température est comprise entre 16 et 20°C. Le plus grand nombre de contacts a été enregistré pour une température de 16°C. L'activité tend à diminuer au fur et à mesure que la température augmente après 20°C. Aucun contact n'a été enregistré pour des températures inférieures à 12°C et supérieures à 32°C.

Activité en fonction de la date

L'activité chiroptérologique sur le parc de Dour-Quiévrain s'étend du jour 216 (4 aout 2015) au jour 248 (5 septembre 2015), puis est nulle jusqu'à la fin de l'étude.



Graphique 10 : Activité des chiroptères en fonction de la date sur l'éolienne E1 de Dour-Quiévrain

Le Graphique 10 montre que l'activité mesurée est assez haute dès le début des enregistrements, et ce, pendant 3 semaines. Le pic d'activité a lieu aux alentours du jour 227 (15 aout). A partir de ce jour, l'activité diminue régulièrement, jusqu'à être nulle au jour 248 (5 septembre), et ce jusqu'à la fin de l'étude.

Eolienne E4

Activité brute et corrigée par espèce

Le Tableau 34 résume le nombre et la proportion de contacts pour chaque espèce, en altitude. Au total, 127 contacts de chiroptères ont été enregistrés. En corrigeant ce nombre en fonction des volumes de détection de chaque espèce, 100 contacts sont comptabilisés.

Trois espèces ont pu être déterminées avec précision :

- La Pipistrelle commune, très présente, concentrant 60,7% des contacts,
- La Sérotine commune, également très pu contactée (7,1% des contacts),
- La Noctule de Leisler, très peu contactée (moins de 1% des contacts).

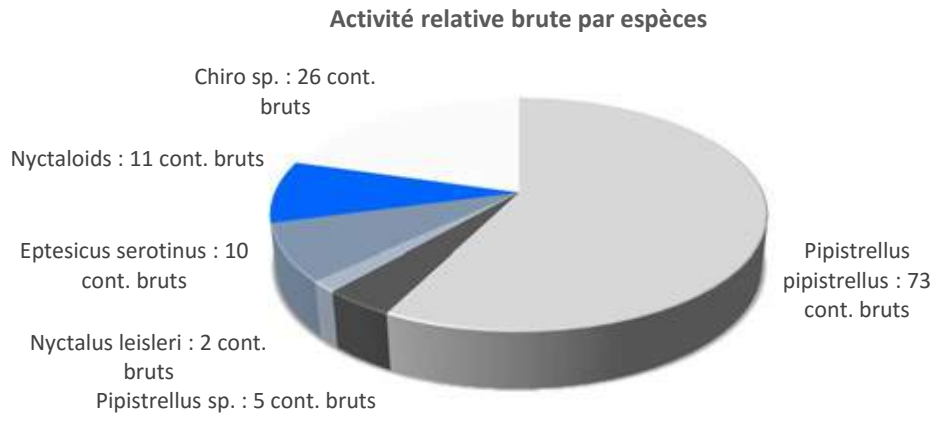
Certains contacts n'ont pu être déterminés avec précision :

- 21% des contacts n'ont pu être attribué à aucun groupe,
- 6,4% des contacts ont été attribué au groupe « Noctule »,
- 4,2% des contacts ont été attribué au groupe « Pipistrelle ».

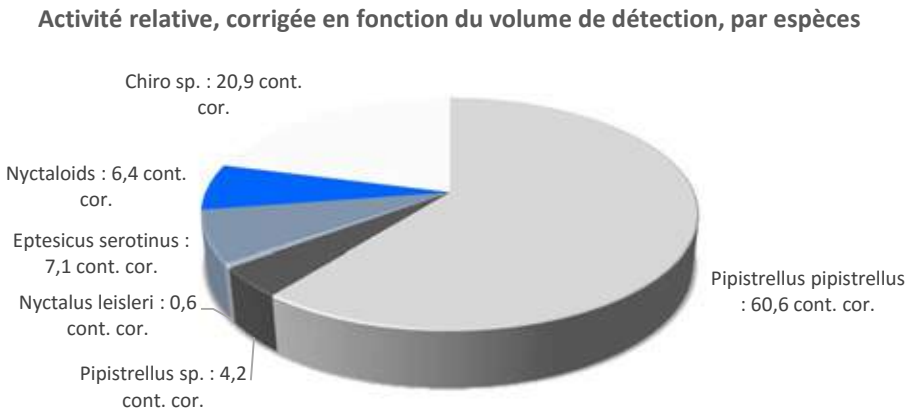
La Pipistrelle de Nathusius et la Noctule commune n'ont pas été contactées sur cette éolienne.

Espèces	Nb contacts bruts	% de contact bruts	Nb contacts corrigés	% de contacts corrigés
Pipistrellus pipistrellus	73	57,48%	60,6	60,70%
Pipistrellus nathusii	0	0,00%	0,0	0,00%
Pipistrellus sp.	5	3,94%	4,2	4,16%
Nyctalus noctula	0	0,00%	0,0	0,00%
Nyctalus leisleri	2	1,57%	0,6	0,62%
Eptesicus serotinus	10	7,87%	7,1	7,11%
Nyctaloids	11	8,66%	6,4	6,44%
Chiro sp.	26	20,47%	20,9	20,97%
Total	127	100%	99,83	100%

Tableau 34 : Nombre de contacts bruts et corrigés en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptère sur l'éolienne E4 de Dour Quiévrain



Graphique 11 : Activité brute par espèce contactée sur l'E4 de Dour-Quiévrain

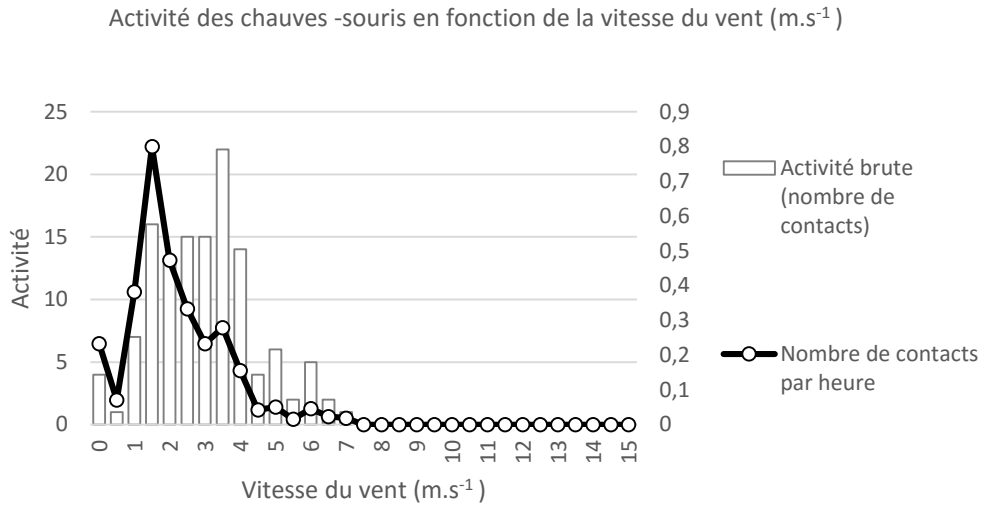


Graphique 12 : Activité relative, corrigée en fonction du volume de détection pour chaque espèce contactée sur l'E4 de Dour-Quiévrain

Les Graphique 11 et Graphique 12 montrent que 2/3 des contacts sont attribuables à la Pipistrelle commune. Le tiers restant est dominé par les contacts indéterminés, puis partagé équitablement entre la Sérotine commune et les groupes « Pipistrelle » et « Noctules ». Les contacts de Noctules de Leisler sont anecdotiques.

Activité en fonction de la vitesse de vent

Le Graphique 13 présente l'activité brute contactée sur site et évalue le ratio de l'activité des animaux en altitude en fonction du nombre d'heure collectées pour chaque vitesse de vent.

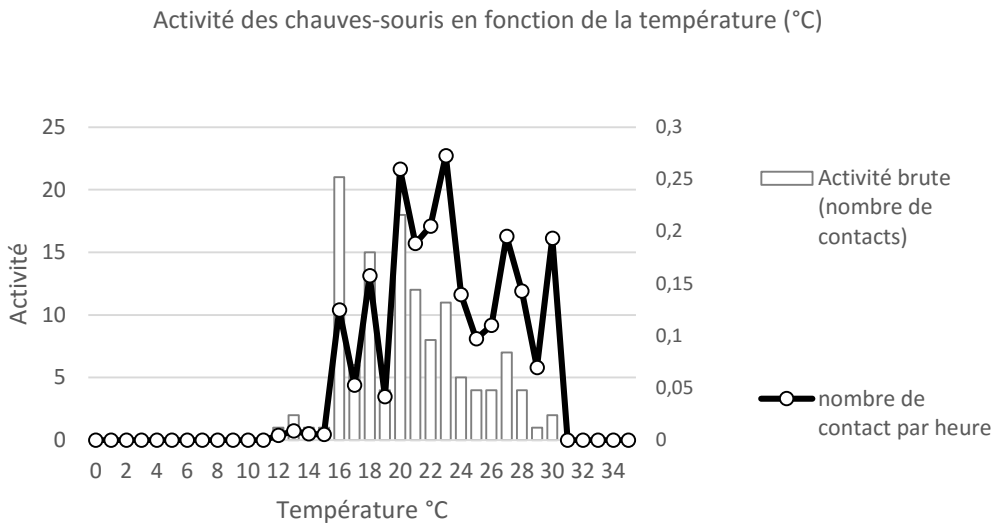


Graphique 13 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent sur l'éolienne E4 de Dour-Quiévrain

Les chiroptères sont actifs sur le site pour des vitesses de vent de 0 à 7 m.s^{-1}. La majorité des chiroptères se concentre lors de vitesses de vent comprises entre 1,5 et 4 m.s^{-1}. L'activité chiroptérologique est la plus importante lors de vitesses de vent de 3,5 m.s^{-1}. Au-delà, l'activité tend à diminuer au fur et à mesure que la vitesse de vent augmente pour devenir nul après 7 m.s^{-1}.

Activité en fonction de la température

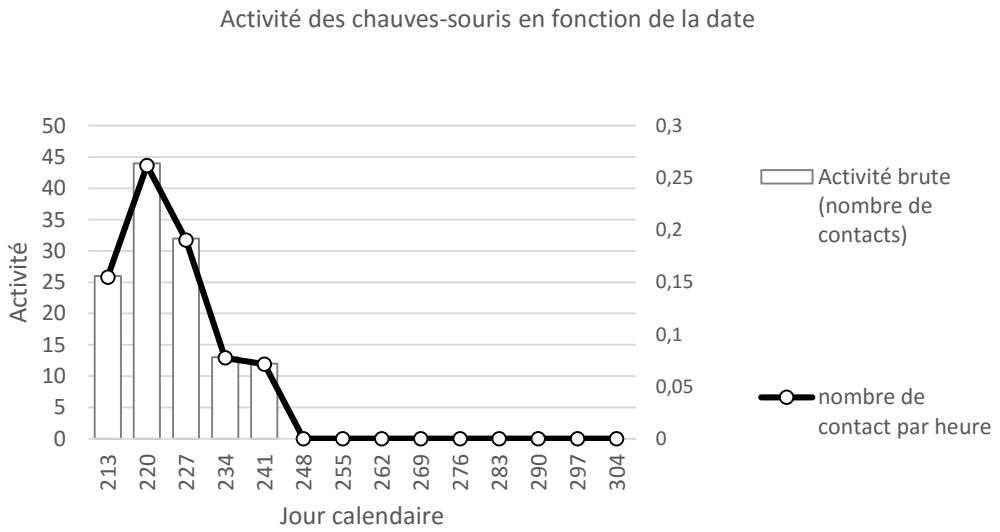
Le Graphique 14 présente l'activité brute contactée sur site et évalue le ratio de l'activité des animaux en altitude en fonction du nombre d'heure collectées pour chaque température. La totalité de l'activité des animaux est enregistrée pour des températures comprises entre 16° et 31°, ce qui correspond aux valeurs habituellement trouvées. Plus de 50% des contacts sont enregistrés lorsque la température est comprise entre 16 et 21°C. Le plus grand nombre de contacts a été enregistré pour une température de 16°C. La répartition est très inégale, sans tendance particulière. Aucun contact n'a été enregistré pour des températures inférieures à 12°C et supérieures à 32°C.



Graphique 14 : Activité des chiroptères en fonction de la température sur l'éolienne E4 de Dour-Quiévrain

Activité en fonction de la date

L'activité chiroptérologique sur le parc de Dour Quiévrain varie durant l'étude, du jour 216 (4 aout 2015) au jour 248 (5 septembre 2015), puis est nulle jusqu'à la fin de l'étude.



Graphique 15 : Activité des chiroptères en fonction de la date sur l'éolienne E4 de Dour-Quiévrain

Le Graphique 15 montre que l'activité mesurée est assez haute dès le début des enregistrements, et ce, pendant 15 jours. A partir du jour 220 (8 aout) l'activité diminue régulièrement, jusqu'à être nulle au jour 248 (5 septembre).

Synthèse des éoliennes E1 et E4 de Dour-Quiévrain

Au total, 257 contacts de chiroptères ont été enregistrés. En corrigeant ce nombre en fonction des volumes de détection de chaque espèce, 215 contacts sont comptabilisés. En moyenne, 128 contacts ont été enregistrés par éolienne, soit 107 contacts corrigés, pour toute la durée de l'étude.

Quatre espèces ont été contactées et déterminées avec précision sur le parc éolien de Dour-Quiévrain :

- La Pipistrelle commune, très présente, concentrant 66% des contacts en moyenne,
- La Sérotine commune, peu contactée (4,8% des contacts en moyenne),
- La Noctule commune, contactée uniquement sur E1 (1,1% des contacts en moyenne),
- La Noctule de Leisler, très peu contactée (moins de 1% des contacts).

La Pipistrelle de Nathusius n'a pas été contactée sur le parc de Dour-Quiévrain.

Les chiroptères sont actifs sur le site pour des vitesses de vent de 0 à 10 $m.s^{-1}$ en moyenne. La majorité des chiroptères se concentre lors de vitesses de vent comprises entre 0 et 4 $m.s^{-1}$. Au-delà, l'activité tend à diminuer au fur et à mesure que la vitesse de vent augmente pour devenir nulle après 7 $m.s^{-1}$. Un regain d'activité est noté pour l'éolienne E1, lors de vitesses de vent comprises entre 9 et 10 $m.s^{-1}$, elle est due à des contacts appartenant au groupe « Noctules ».

La totalité de l'activité des animaux est enregistrée pour des températures comprises entre 14° et 31°, ce qui correspond aux valeurs habituellement trouvées. Plus de 50% des contacts sont enregistrés lorsque la température est comprise entre 16 et 21°C. Le plus grand nombre de contacts a été enregistré pour une température de 16°C. La répartition est assez inégale, sans tendance particulière. Aucun contact n'a été enregistré pour des températures inférieures à 12°C et supérieures à 32°C.

L'activité chiroptérologique sur le parc de Dour-Quiévrain s'étend du 4 aout 2015 au 5 septembre 2015, puis est nulle jusqu'à la fin de l'étude. L'activité mesurée est assez haute dès le début des enregistrements, et ce, pendant 15 jours, avec un pic d'activité entre le 8 et le 15 aout. A partir de ce jour, l'activité diminue régulièrement, jusqu'à être nulle au 5 septembre, jusqu'à la fin de l'étude.

III.3.3. Parc éolien de Beaumont Froidchapelle

Eolienne E6

Activité brute et corrigée par espèce

Le Tableau 35 résume le nombre et la proportion de contacts pour chaque espèce, en altitude. Au total, 200 contacts de chiroptères ont été enregistrés. En corrigeant ce nombre en fonction des volumes de détection de chaque espèce, 166 contacts sont comptabilisés.

Quatre espèces ont été contactées et ont été déterminées avec précision :

- La Pipistrelle commune, très présente, concentrant 69,5% des contacts,
- La Noctule commune (3,5% des contacts),
- La Sérotine commune, peu contactée (1% des contacts),
- La Pipistrelle de Nathusius, également peu contactée (1% des contacts).

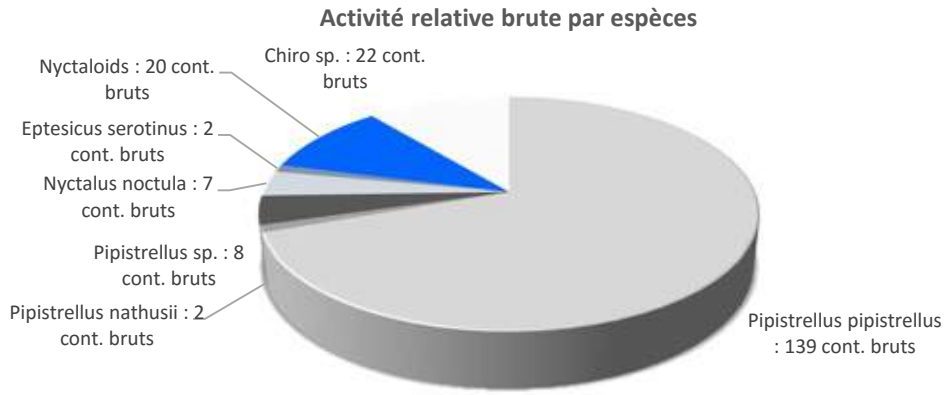
Certains contacts n'ont pu être déterminés avec précision :

- 11% des contacts n'ont pu être attribué à aucun groupe,
- 4% des contacts ont été attribué au groupe « Pipistrelle »,
- 10% des contacts ont été attribué au groupe « Noctule ».

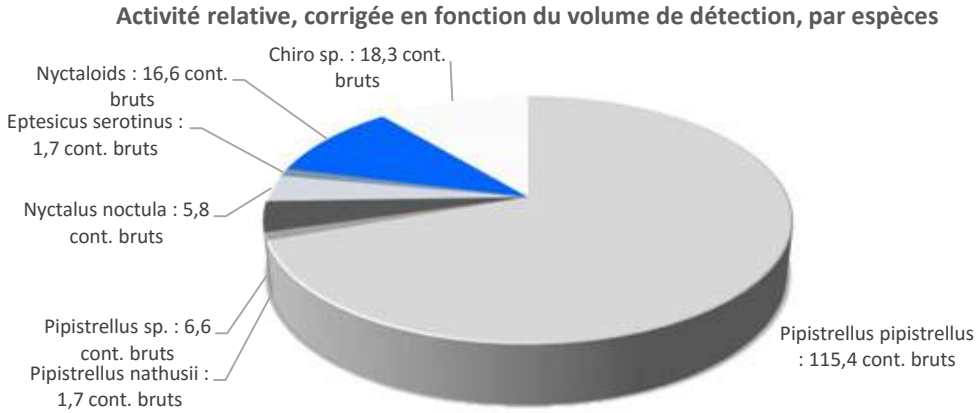
La Noctule de Leisler n'a pas été contactée sur cette éolienne.

Espèces	Nb contacts bruts	% de contact bruts	Nb contacts corrigés	% de contacts corrigés
Pipistrellus pipistrellus	139	69,50%	115,4	69,48%
Pipistrellus nathusii	2	1,00%	1,7	1,02%
Pipistrellus sp.	8	4,00%	6,6	3,97%
Nyctalus noctula	7	3,50%	5,8	3,49%
Nyctalus leisleri	0	0,00%	0,0	0,00%
Eptesicus serotinus	2	1,00%	1,7	1,02%
Nyctaloids	20	10,00%	16,6	9,99%
Chiro sp.	22	11,00%	18,3	11,02%
Total	200	100%	166,1	100%

Tableau 35 : Nombre de contacts bruts et corrigés en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptère sur l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle



Graphique 16 : Activité brute par espèce contactée sur l'E6 de Beaumont Froidchapelle

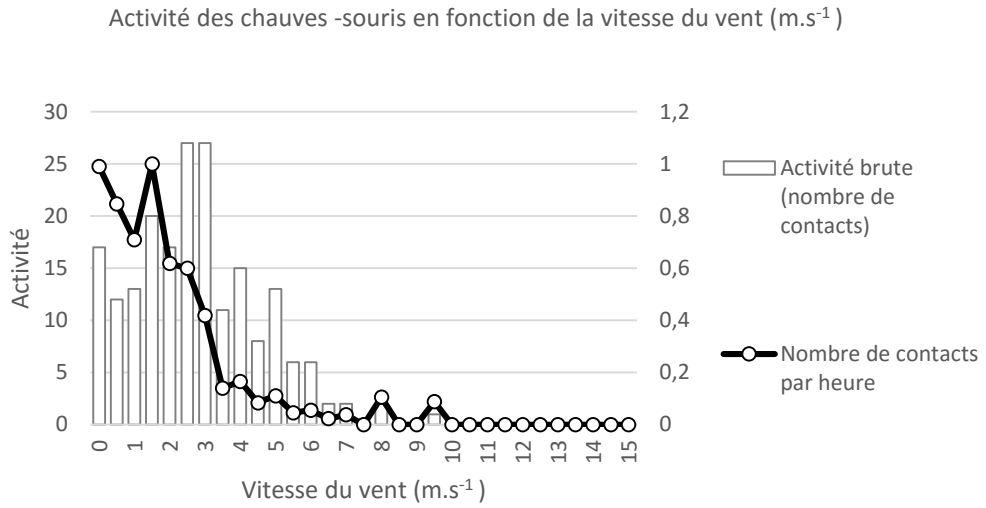


Graphique 17 : Activité relative, corrigée en fonction du volume de détection pour chaque espèce contactée sur l'E6 de Beaumont Froidchapelle

Les Graphique 16 et Graphique 17 montrent que plus de 2/3 des contacts sont attribuables à la Pipistrelle commune. Le tiers restant est partagé majoritairement entre les contacts indéterminés et le groupe « Noctule », puis entre la Noctule commune et la groupe « Pipistrelle ». Les contacts de Sérotine commune et de Pipistrelle de Nathusius sont anecdotiques.

Activité en fonction de la vitesse de vent

Le Graphique 18 présente l'activité brute contactée sur site et évalue le ratio de l'activité des animaux en altitude en fonction du nombre d'heure collectées pour chaque vitesse de vent.

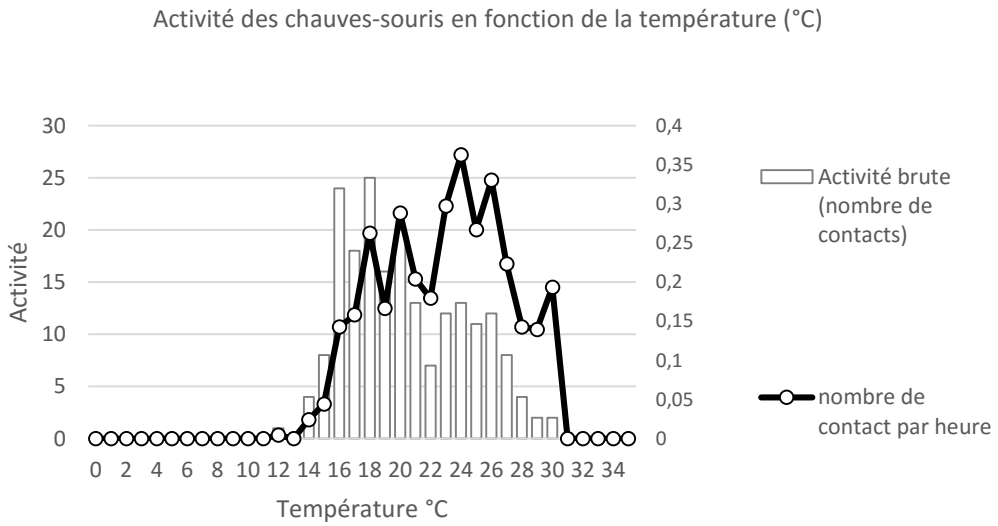


Graphique 18 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent sur l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle

Les chiroptères sont actifs sur le site pour des vitesses de vent de 0 à 10 m.s^{-1}. La majorité des chiroptères se concentre lors de vitesses de vent comprises entre 0 et 3 m.s^{-1}. L'activité chiroptérologique est la plus importante lors de vitesses de vent comprise entre 2,5 et 3 m.s^{-1}. Au-delà, l'activité tend à diminuer au fur et à mesure que la vitesse de vent augmente pour devenir nul après 10 m.s^{-1}. Les regains d'activité correspondant aux vitesses de vent entre 8,5 et 9,5 m.s^{-1}, sont dus à des contacts appartenant au groupe « Noctule ».

Activité en fonction de la température

Le Graphique 19 présente l'activité brute contactée sur site et évalue le ratio de l'activité des animaux en altitude en fonction du nombre d'heure collectées pour chaque température.

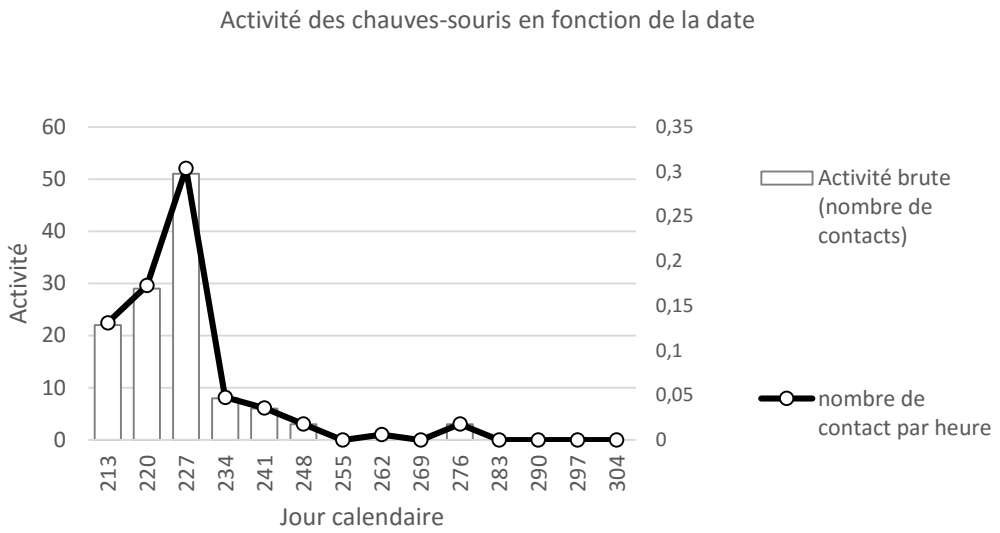


Graphique 19 : Activité des chiroptères en fonction de la température sur l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle

La totalité de l'activité des animaux est enregistrée pour des températures comprises entre 14° et 30°, ce qui correspond aux valeurs habituellement trouvées. Plus de 50% des contacts sont enregistrés lorsque la température est comprise entre 14 et 20°C. Le plus grand nombre de contacts a été enregistré pour une température de 18°C. L'activité est haute pour les températures de 16°C et 20°C, puis diminue peu à peu malgré un regain d'activité, entre 23°C et 26°C. Aucun contact n'a été enregistré pour des températures inférieures à 12°C et supérieures à 32°C.

Activité en fonction de la date

L'activité chiroptérologique sur le parc de Beaumont Froidchapelle varie durant l'étude, du jour 216 (4 aout 2015) au jour 269 (26 septembre 2015), puis est nulle jusqu'à la fin de l'étude.



Graphique 20 : Activité des chiroptères en fonction de la date sur l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle

Le Graphique 20 montre que l'activité mesurée est importante dès le début des enregistrements, et ce, pendant 5 semaines. A partir du jour 227 (8 aout) l'activité diminue peu à peu. Un pic d'activité de Pipistrelle de Nathusius et de Noctules communes a été noté aux alentours du jour 241 (29 aout). Un regain d'activité de Pipistrelles communes, aux alentours du jour 262 (19 septembre), est enregistrée puis l'activité devient nulle au-delà du jour 269 (26 septembre).

Eolienne E7

Activité brute et corrigée par espèces

Le Tableau 37 résume le nombre et la proportion de contacts pour chaque espèce, en altitude. Au total, 123 contacts de chiroptères ont été enregistrés. En corrigeant ce nombre en fonction des volumes de détection de chaque espèce, 88 contacts sont comptabilisés.

Trois espèces ont été contactées et ont été déterminées avec précision :

- La Pipistrelle commune, très présente, concentrant 72,5% des contacts,
- La Noctule commune, très peu contactée (2% des contacts),
- La Sérotine commune, également très peu contactée (moins de 1% des contacts).

Certains contacts n'ont pu être déterminés avec précision :

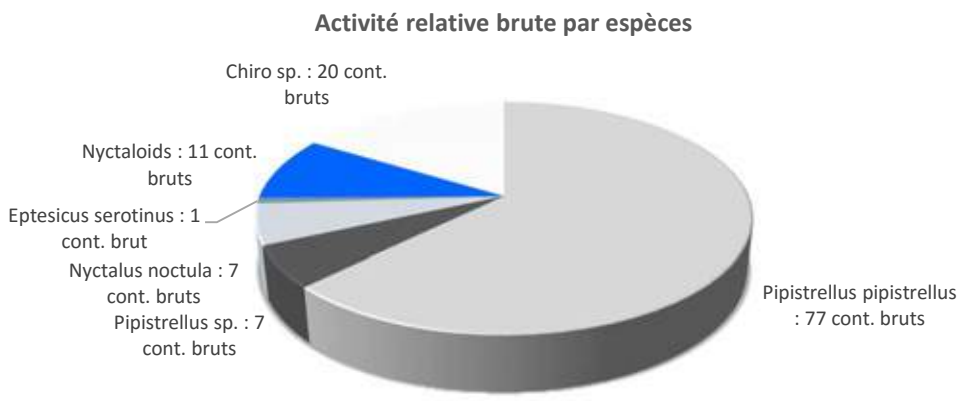
- 17,8% des contacts n'ont pu être attribué à aucun groupe,
- 6,6% des contacts ont été attribué au groupe « Pipistrelle »,

- Moins de 1% des contacts ont été attribué au groupe « Noctule ».

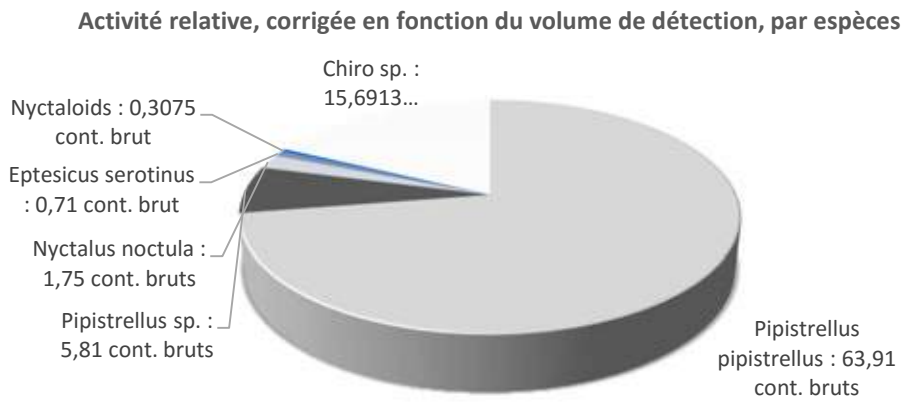
La Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Nathusius n'ont pas été contactées sur cette éolienne.

Espèces	Nb contacts bruts	% de contact bruts	Nb contacts corrigés	% de contacts corrigés
Pipistrellus pipistrellus	77	62,60%	63,9	72,48%
Pipistrellus nathusii	0	0,00%	0,0	0,00%
Pipistrellus sp.	7	5,69%	5,8	6,59%
Nyctalus noctula	7	5,69%	1,8	1,98%
Nyctalus leisleri	0	0,00%	0,0	0,00%
Eptesicus serotinus	1	0,81%	0,7	0,81%
Nyctaloids	11	8,94%	0,3	0,35%
Chiro sp.	20	16,26%	15,7	17,79%
Total	123	100%	88,2	100%

Tableau 36 : Nombre de contacts bruts et corrigés en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptère sur l'éolienne E7 de Beaumont Froidchapelle



Graphique 21 : Activité brute par espèce contactée sur l'E7 de Beaumont Froidchapelle

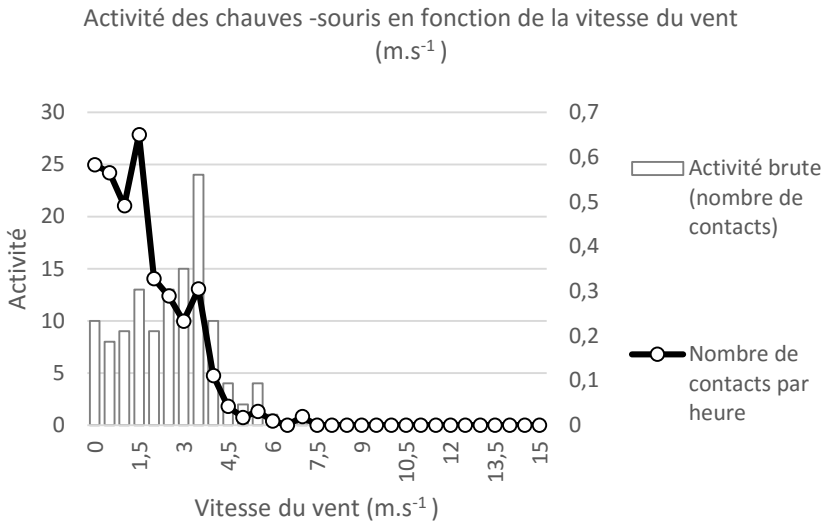


Graphique 22 : Activité relative, corrigée en fonction du volume de détection pour chaque espèce contactée sur l'E7 de Beaumont Froidchapelle

Les Graphique 21 et Graphique 22 montrent que près de 3/4 des contacts sont attribuables à la Pipistrelle commune. Le quart restant est dominé par les contacts indéterminés et le groupe « Pipistrelle ». Les contacts de Noctule commune et Sérotine commune sont anecdotiques.

Activité en fonction de la vitesse de vent

Le Graphique 23 présente l'activité brute contactée sur site et évalue le ratio de l'activité des animaux en altitude en fonction du nombre d'heure collectées pour chaque vitesse de vent.

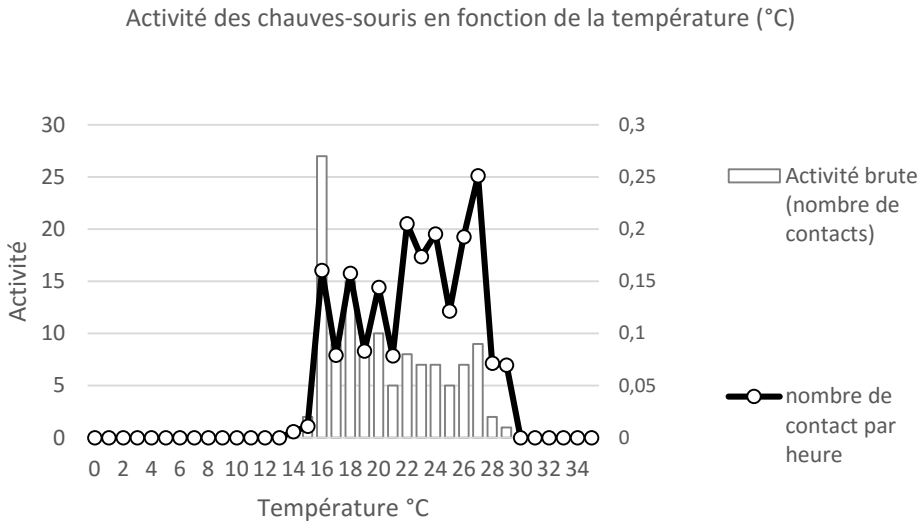


Graphique 23 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent sur l'éolienne E7 de Beaumont Froidchapelle

Les chiroptères sont actifs sur le site pour des vitesses de vent de 0 à 6,5 m.s^{-1}. La majorité des chiroptères se concentre lors de vitesses de vent comprises entre 0 et 3,5 m.s^{-1}. L'activité chiroptérologique est la plus importante lors de la vitesse de vent de 3,5 m.s^{-1}. Au-delà, l'activité tend à diminuer au fur et à mesure que la vitesse de vent augmente pour devenir nul après 7 m.s^{-1}.

Activité en fonction de la température

Graphique 24 présente l'activité brute contactée sur site et évalue le ratio de l'activité des animaux en altitude en fonction du nombre d'heure collectées pour chaque température.



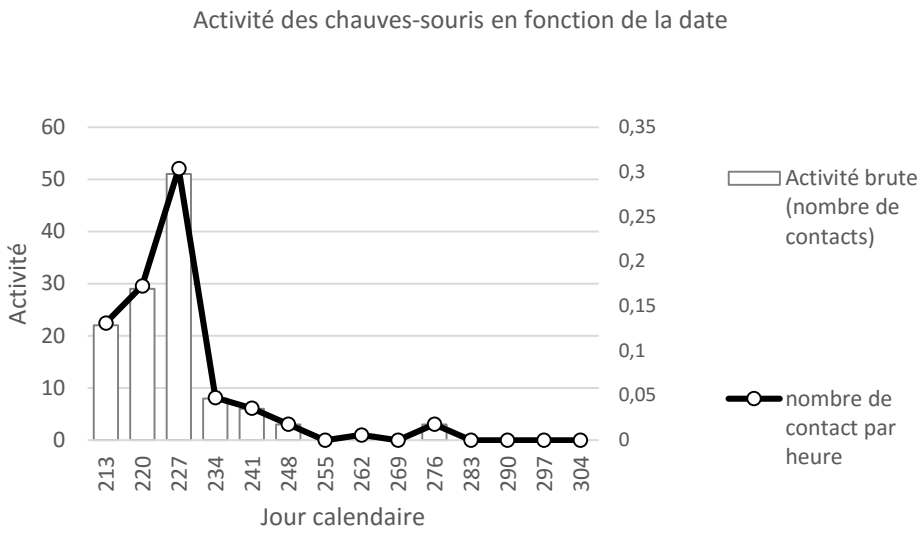
Graphique 24 : Activité des chiroptères en fonction de la température sur l'éolienne E7 de Beaumont Froidchapelle

La totalité de l'activité des animaux est enregistrée pour des températures comprises entre 13° et 31°, ce qui correspond aux valeurs habituellement trouvées. Plus de 50% des contacts sont enregistrés lorsque la température est comprise entre 16 et 21°C. Le plus grand nombre de contacts a été enregistré pour une température de 16°C. Ensuite, l'activité fluctue légèrement pour les températures comprises entre 17°C et 27°C, puis diminue fortement. Aucun contact n'a été enregistré pour des températures inférieures à 12°C et supérieures à 32°C.

Activité en fonction de la date

L'activité chiroptérologique sur le parc de Beaumont Froidchapelle varie durant l'étude, du jour 216 (4 aout 2015) au jour 283 (10 octobre 2015), puis est nulle jusqu'à la fin de l'étude.

Le Graphique 25 montre que l'activité mesurée est assez importante dès le début des enregistrements, et augmente pour atteindre un pic le jour 227 (8 aout). A partir de ce jour, l'activité diminue fortement. Un regain d'activité de Noctules communes, aux alentours du jour 276 (3 octobre), est enregistrée puis l'activité devient nulle au-delà du jour 283 (10 octobre).



Graphique 25 : Activité des chiroptères en fonction de la date sur l'éolienne E7 de Beaumont Froidchapelle

Eolienne E9

Activité brute et corrigée par espèces

Le Tableau 37 résume le nombre et la proportion de contacts pour chaque espèce, en altitude. Au total, 143 contacts de chiroptères ont été enregistrés. En corrigeant ce nombre en fonction des volumes de détection de chaque espèce, 119 contacts sont comptabilisés.

Trois espèces ont été contactées et ont été déterminées avec précision :

- La Pipistrelle commune, très présente, concentrant 70% des contacts,
- La Noctule commune, assez fréquente (9,8% des contacts),
- La Sérotine commune, peu contactée (1,5% des contacts),
- La Pipistrelle de Nathusius, très peu contactée (moins de 1% des contacts).

Certains contacts n'ont pu être déterminés avec précision :

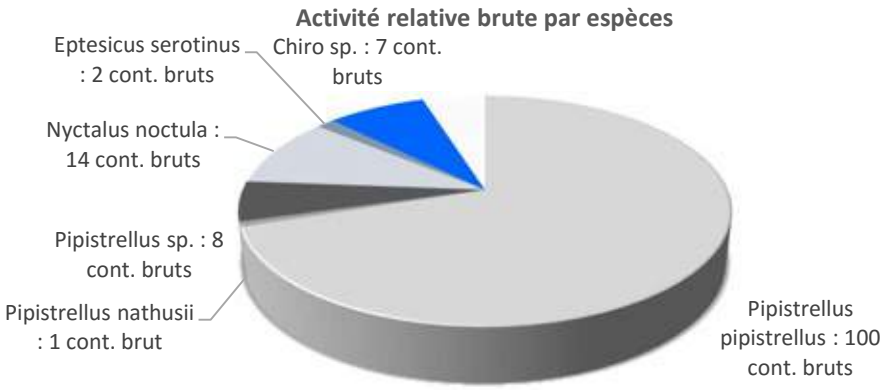
- 7,7% des contacts ont été attribué au groupe « Noctule »,
- 5,6% des contacts ont été attribué au groupe « Pipistrelle »,
- 4,9% des contacts n'ont pu être attribué à aucun groupe.

La Noctule de Leisler n'a pas été contactée sur cette éolienne.

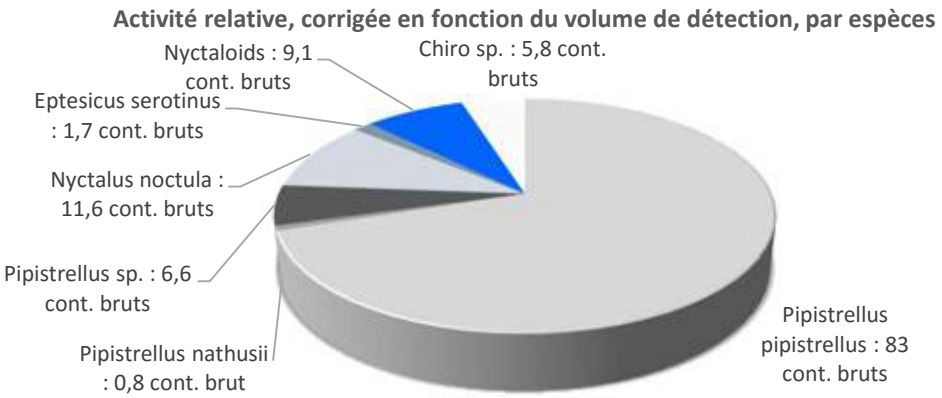
Espèces	**Nb contacts bruts**	**% de contact bruts**	**Nb contacts corrigés**	**% de contacts corrigés**
Pipistrellus pipistrellus	100	69,93%	83,0	69,98%
Pipistrellus nathusii	1	0,70%	0,8	0,67%
Pipistrellus sp.	8	5,59%	6,6	5,56%
Nyctalus noctula	14	9,79%	11,6	9,78%
Nyctalus leisleri	0	0,00%	0,0	0,00%
Eptesicus serotinus	2	1,40%	1,7	1,43%
Nyctaloids	11	7,69%	9,1	7,67%
Chiro sp.	7	4,90%	5,8	4,89%
Total	143	100%	118,6	100%

Tableau 37 : Nombre de contacts bruts et corrigés en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptère sur l'éolienne E9 de Beaumont Froidchapelle

Activité brute et corrigée par espèces



Graphique 26 : Activité brute par espèce contactée sur l'E9 de Beaumont Froidchapelle

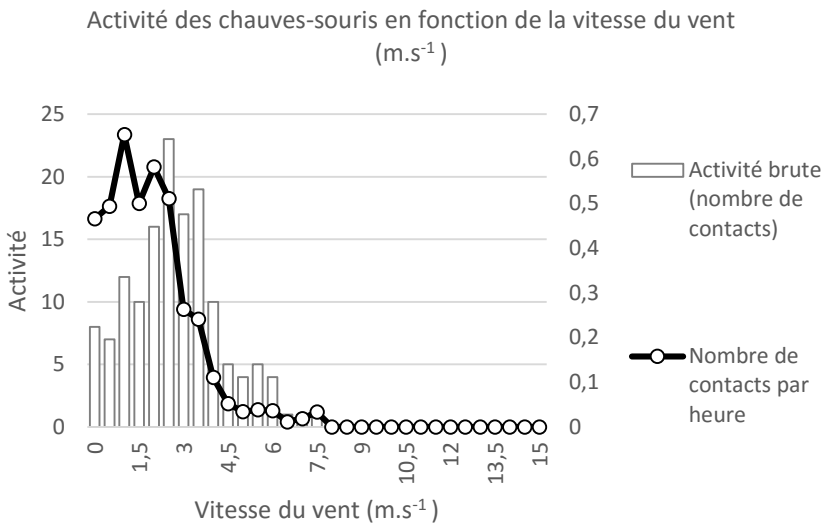


Graphique 27 : Activité relative, corrigée en fonction du volume de détection pour chaque espèce contactée sur l'E9 de Beaumont Froidchapelle

Les Graphique 26 et Graphique 27 montrent que plus de 2/3 des contacts sont attribuables à la Pipistrelle commune. Le tiers restant est partagé équitablement entre les contacts de Noctule commune et les groupes « Noctule » et « Pipistrelle ». Les contacts de Sérotine commune et de Pipistrelle de Nathusius sont anecdotiques.

Activité en fonction de la vitesse de vent

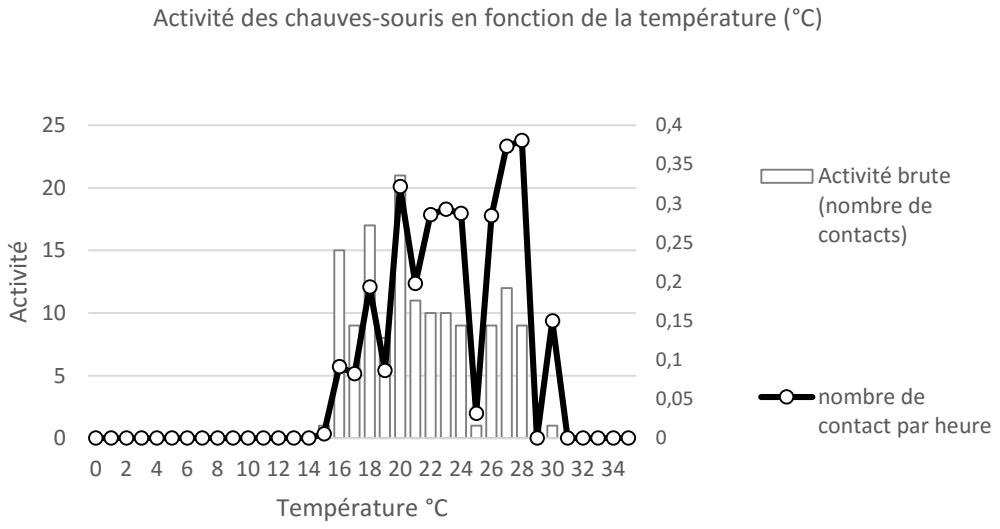
Le Graphique 28 présente l'activité brute contactée sur site et évalue le ratio de l'activité des animaux en altitude en fonction du nombre d'heure collectées pour chaque vitesse de vent. Les chiroptères sont actifs sur le site pour des vitesses de vent de 0 à 8 $m.s^{-1}$. La majorité des chiroptères se concentre lors de vitesses de vent comprises entre 1 et 3,5 $m.s^{-1}$. L'activité chiroptérologique est la plus importante lors de vitesses de vent comprise entre 2,5 et 3 $m.s^{-1}$. Au-delà, l'activité tend à diminuer au fur et à mesure que la vitesse de vent augmente pour devenir nul après 8 $m.s^{-1}$.



Graphique 28 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent sur l'éolienne E9 de Beaumont Froidchapelle

Activité en fonction de la température

Le Graphique 29 présente l'activité brute contactée sur site et évalue le ratio de l'activité des animaux en altitude en fonction du nombre d'heure collectées pour chaque température.

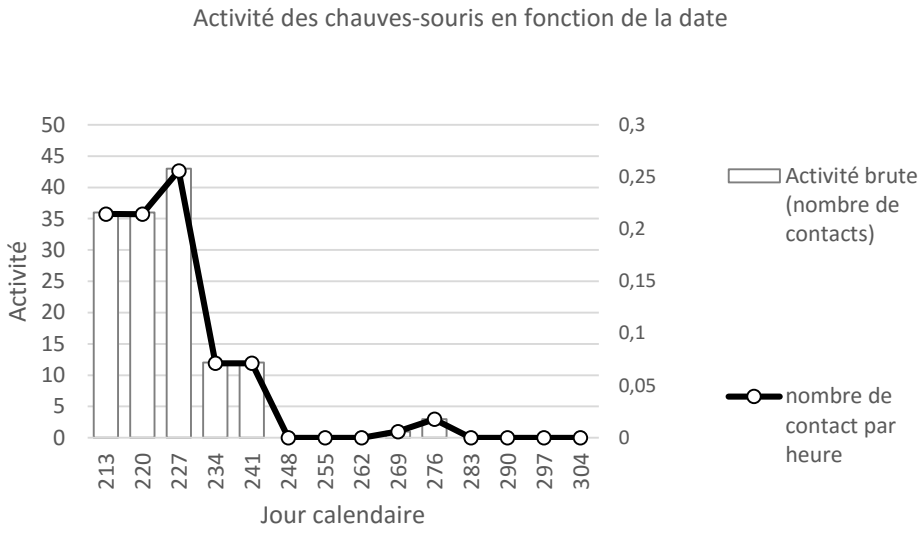


Graphique 29 : Activité des chiroptères en fonction de la température sur l'éolienne E9 de Beaumont Froidchapelle

La totalité de l'activité des animaux est enregistrée pour des températures comprises entre 15° et 32°, ce qui correspond aux valeurs habituellement trouvées. Plus de 50% des contacts sont enregistrés lorsque la température est comprise entre 16 et 20°C. Le plus grand nombre de contacts a été enregistré pour une température de 20°C. L'activité fluctue en fonction de la température, sans dégager une tendance définie. Aucun contact n'a été enregistré pour des températures inférieures à 13°C et supérieures à 31°C.

Activité en fonction de la date

L'activité chiroptérologique sur le parc de Beaumont Froidchapelle varie durant l'étude, du jour 216 (4 aout 2015) au jour 283 (10 octobre 2015), puis est nulle jusqu'à la fin de l'étude.



Graphique 30 : Activité des chiroptères en fonction de la date sur l'éolienne E9 de Beaumont Froidchapelle

Le Graphique 30 montre que l'activité mesurée est importante dès le début des enregistrements, et augmente pour atteindre le pic le jour 227 (8 aout). A partir de ce jour, l'activité diminue fortement. Un regain d'activité de Noctules communes, aux alentours du jour 276 (3 octobre), est enregistrée puis l'activité devient nulle au-delà du jour 283 (10 octobre).

Synthèse du parc éolien de Beaumont Froidchapelle

Au total, 470 contacts de chiroptères ont été enregistrés sur les éoliennes E6, E7 et E9 de Beaumont Froidchapelle. En corrigeant ce nombre en fonction des volumes de détection de chaque espèce, 374 contacts sont comptabilisés. En moyenne, 157 contacts ont été enregistrés par éolienne, soit 124 contacts corrigés, pour toute la durée de l'étude. L'éolienne E6 collecte le plus de contacts (200 contacts bruts/166 corrigés), deux fois plus que sur l'éolienne E7 (127 contacts bruts/88 corrigés).

Quatre espèces ont été contactées et ont été déterminées avec précision :

- La Pipistrelle commune, très présente, concentrant 70% des contacts,
- La Noctule commune, très peu contactée (5% des contacts en moyenne),
- La Sérotine commune, également très peu contactée (1% des contacts),
- La Pipistrelle de Nathusius, non contactée sous l'E7 (moins de 1% des contacts).

La Noctule de Leisler n'a pas été contactée sur le parc éolien de Beaumont Froidchapelle.

Les chiroptères sont actifs sur le site pour des vitesses de vent de 0 à 10 $m.s^{-1}$. La majorité des chiroptères se concentre lors de vitesses de vent comprises entre 0 et 3,5 $m.s^{-1}$. L'activité chiroptérologique est la plus importante lors de vitesses de vent comprise entre 2,5 et 3,5 $m.s^{-1}$. Au-delà, l'activité tend à diminuer au fur et à mesure que la vitesse de vent augmente pour devenir nul après 10 $m.s^{-1}$. Les regains d'activité sous l'éolienne E6 correspondant aux vitesses de vent entre 7,5 et 10 $m.s^{-1}$, sont dus à des contacts appartenant au groupe « Noctule ».

La totalité de l'activité des animaux est enregistrée pour des températures comprises entre 13° et 32°, ce qui correspond aux valeurs habituellement trouvées. Plus de 50% des contacts sont enregistrés lorsque la température est comprise entre 14 et 21°C. Le plus grand nombre de contacts a été enregistré pour une

température comprise entre 16°C et 20°C. Aucun contact n'a été enregistré pour des températures inférieures à 12°C et supérieures à 32°C.

L'activité chiroptérologique sur le parc de Beaumont Froidchapelle varie durant l'étude, du jour 216 (4 aout 2015) au jour 283 (5 septembre 2015), puis est nulle jusqu'à la fin de l'étude. L'activité mesurée est importante dès le début des enregistrements, et augmente pour atteindre le pic le jour 227 (8 aout). A partir de ce jour, l'activité diminue fortement. Un pic d'activité de Pipistrelle de Nathusius et de Noctules communes a été noté aux alentours du jour 241 (29 aout) autour de l'éolienne E6. Un regain d'activité de Noctules communes, aux alentours du jour 276 (3 octobre), pour les éoliennes E7 et E9, est enregistrée. L'activité devient nulle au-delà du jour 283 (10 octobre).

III.4. Trajectographie ultrasonore

Les huit éoliennes suivies ont été équipées de début aout à fin octobre d'enregistreurs ultrasonores, équipés chacun de 4 microphones. Ce matériel doit permettre d'effectuer une trajectographie ultrasonore, permettant de suivre une chauve-souris grâce à son écholocation. L'objectif de cette étude est de connaitre les limites de ce suivi pour détecter la mortalité des chiroptères. En effet, en détectant l'inflexion d'une trajectoire, une hypothèse de mortalité peut être émise.

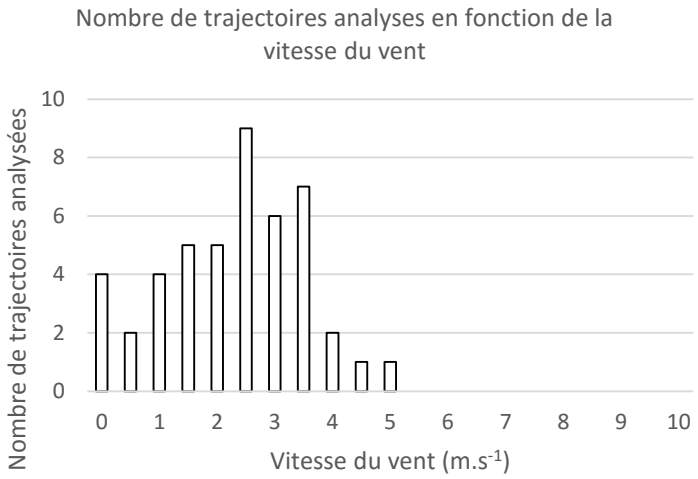
Les enregistreurs ultrasonores ont bien enregistré des contacts durant tout la durée de l'étude, cependant, les vibrations de l'éolienne n'ont permis d'atteindre la précision impérative nécessaire afin de déterminer les trajectoires avec précision. Les chauves-souris les plus proches de l'enregistreur des microphones ont pu être correctement suivies, mais pour celles plus éloignées, les trajectoires n'ont pu être définies.

III.4.1. Parc éolien de Frasnes-lez-Anvaing

Les microphones et leur tétraèdre sont installés sur le portique déporté de la nacelle sur les éoliennes E4 de Frasnes-lez-Anvaing (Figure 37), les câbles les reliant à l'enregistreur passent par le joint de la trappe.

Figure 37 : Installation des microphones sur le portique de l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing

Quarante-trois trajectoires ultrasonores ont pu être analysées avec précision sur l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing. Ces trajectoires se concentrent sur les vitesses de vent comprises entre et 0 et 5 $m.s^{-1}$. Le nombre de trajectoires (9) est le plus important lors de la vitesse de vent de 2,5 $m.s^{-1}$. Au-delà de 5 $m.s^{-1}$, aucune trajectoire n'a pu être analysée à cause de nombreux parasitages captés par les microphones.



Graphique 31 : Nombre de trajectoires en fonction de la vitesse du vent sur l'E4 de Frasnes-lez-Anvaing

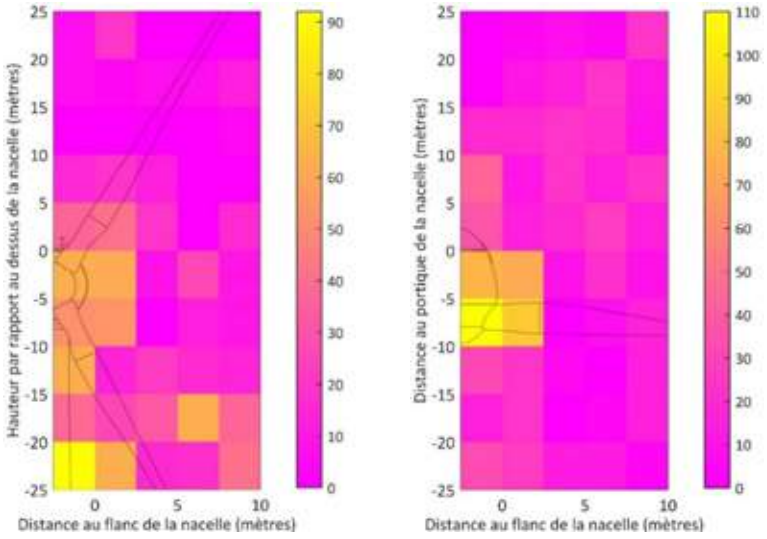
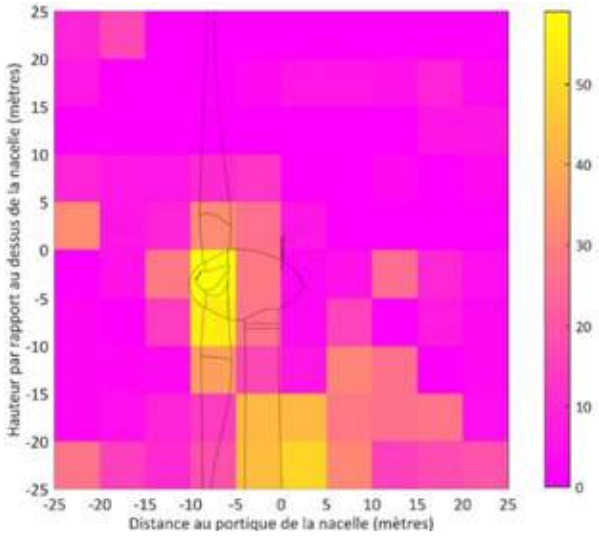


Figure 38 : Concentration des trajectoires ultrasonores autour de l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing (vue de face, de dessous, de profil)



La Figure 38 montre que l'activité des chiroptères est concentrée en particulier autour de l'éolienne : l'attractivité de l'infrastructure pour les chiroptères est ici mise en évidence. Les trajectoires ultrasonores enregistrées sont particulièrement concentrées autour du rotor et du mât.

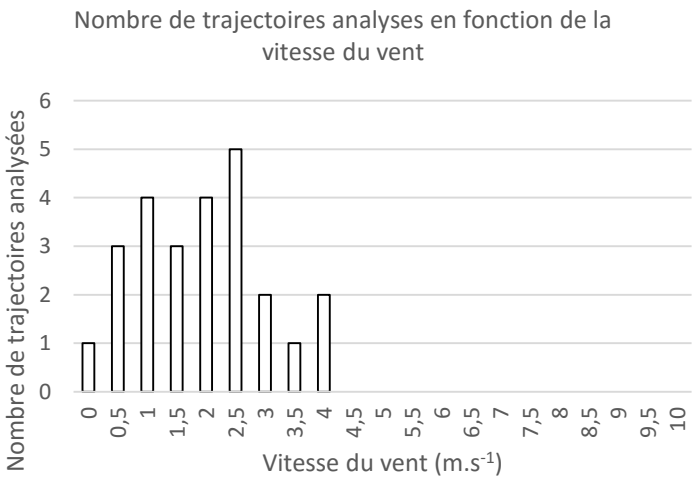
Cette concentration d'activité n'est pas dû à un biais de détection des microphones omnidirectionnels. Si cela avait été le cas, alors les trajectoires se seraient concentrées à l'arrière et en-dessous de la nacelle, dans le sens de détection des microphones. Une baisse de détection des trajectoires est notée à 10 mètres en dessous du rotor, sur la vue de profil : il est possible que les animaux sous la nacelle soient dans une zone d'ombre.

III.4.2. Parc éolien de Dour Quiévrain

Les microphones et leur tétraèdre sont installés sur le portique déporté de la nacelle sur les éoliennes E1 et E4 de Dour Quiévrain (Figure 39), les câbles les reliant à l'enregistreur passent sous la trappe.

Figure 39 : Installation des microphones sur l'éolienne E1 de Dour Quiévrain

Eolienne E1



Graphique 32 : Nombre de trajectoires en fonction de la vitesse du vent sur l'E1 de Dour-Quiévrain

Vingt-cinq trajectoires ultrasonores ont pu être analysées avec précision sur l'éolienne E1 de Dour-Quiévrain. Ces trajectoires se concentrent sur les vitesses de vent comprises entre et 0 et 4 m.s^{-1}. Le nombre de trajectoires (5) est le plus important lors de la vitesse de vent de 2,5 m.s^{-1}. Au-delà de 4 m.s^{-1}, aucune trajectoire n'a pu être analysée, à cause de nombreux parasitages captés par les microphones. Ces parasitages peuvent relever du bruit des vibrations de l'éolienne, du sifflement du vent, ou des turbulences derrière les pales.

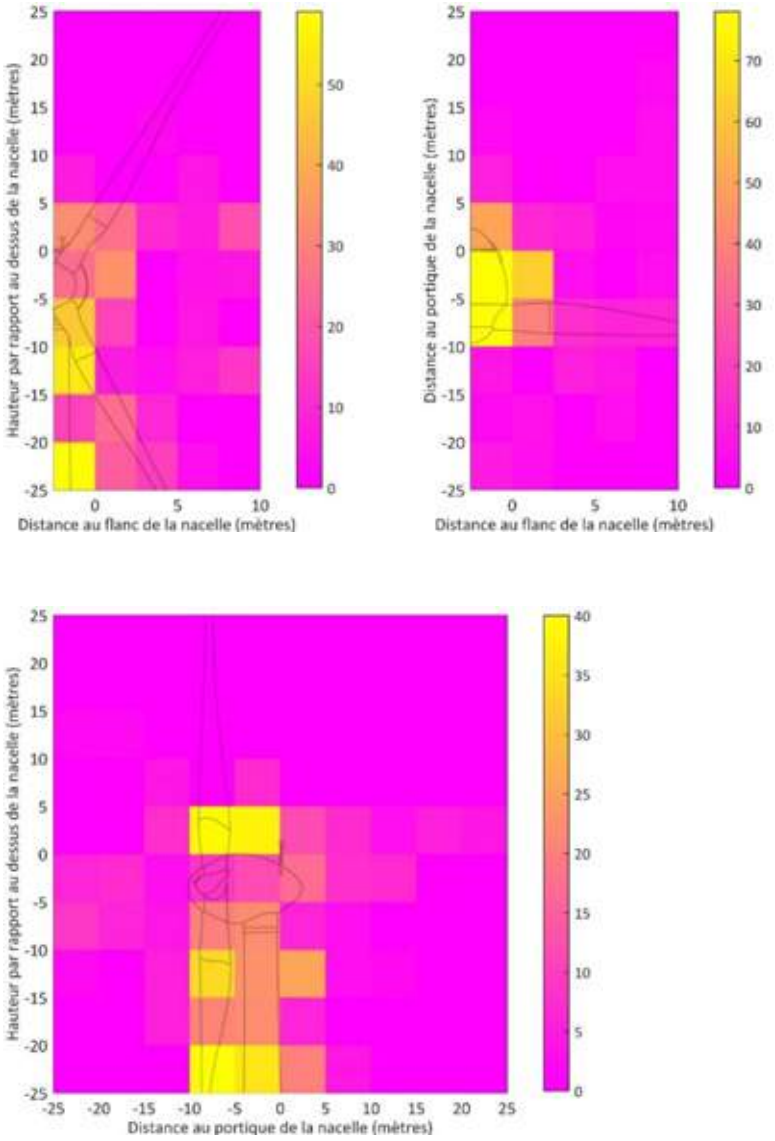
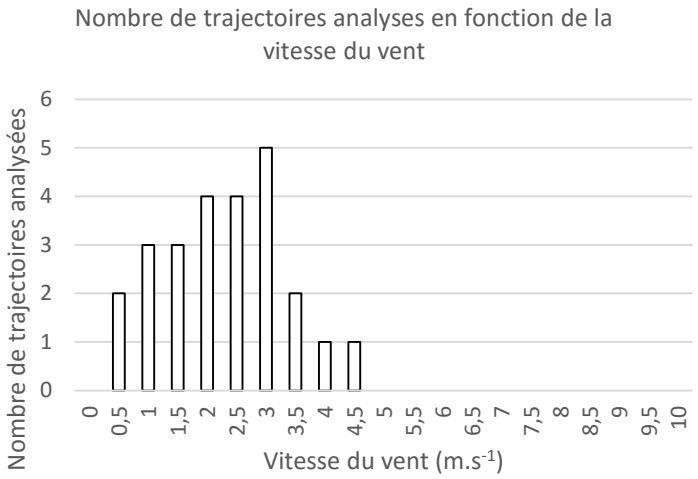


Figure 40 : Concentration des trajectoires ultrasonores autour de l'éolienne E1 de Dour-Quiévrain (vue de face, de dessous, de profil)

La Figure 40 montre que l'activité des chiroptères est concentrée en particulier autour de l'éolienne : l'attractivité de l'infrastructure pour les chiroptères est ici mise en évidence. Les trajectoires ultrasonores enregistrées sont particulièrement concentrées autour de la nacelle avec un pic au-dessus de la structure, et autour du mât. Cette concentration d'activité n'est pas dû à un biais de détection des microphones omnidirectionnels. Si cela avait été le cas, alors les trajectoires se seraient concentrées à l'arrière et en-dessous de la nacelle, dans le sens de détection des microphones. Une baisse de détection des trajectoires est notée entre 0 et 20 mètres en dessous du rotor, sur la vue de profil : il est possible que les animaux sous la nacelle soient dans une zone d'ombre, dans laquelle les trajectoires ne sont pas bien détectées.

Eolienne E4



Graphique 33 : Nombre de trajectoires en fonction de la vitesse du vent sur l'E4 de Dour-Quiévrain

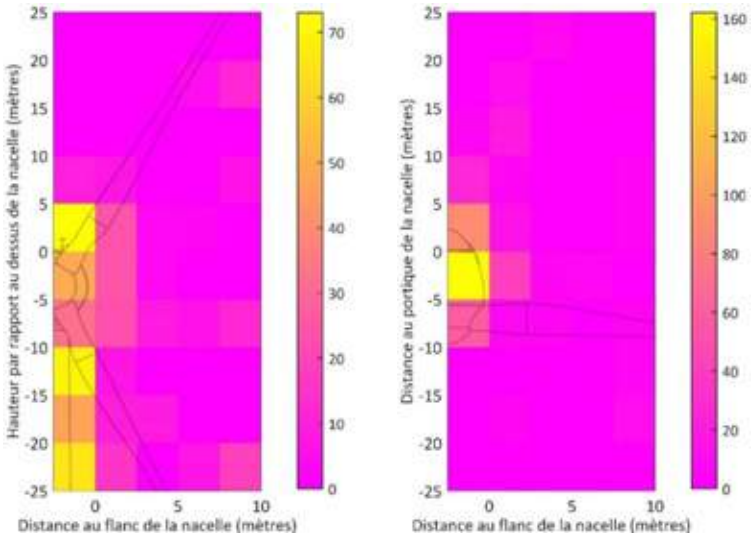
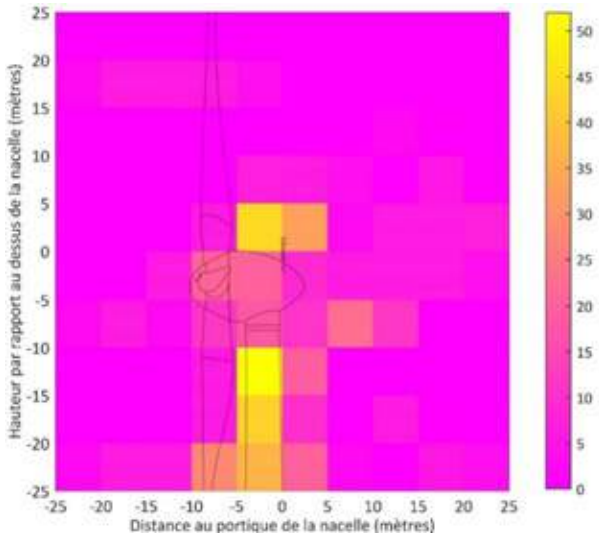


Figure 41 : Concentration des trajectoires ultrasonores autour de l'éolienne E4 de Dour-Quiévrain (vue de face, de dessous, de profil)



Vingt-cinq trajectoires ultrasonores ont pu être analysées avec précision sur l'éolienne E4 de Dour-Quiévrain. Ces trajectoires se concentrent sur les vitesses de vent comprises entre et 0 et 4,5 m.s^{-1}. Le nombre de trajectoires (5) est le plus important lors de la vitesse de vent de 3 m.s^{-1}. Au-delà de 4,5 m.s^{-1}, aucune trajectoire n'a pu être analysée, à cause de nombreux parasitages captés par les microphones. Ces parasitages peuvent relever du bruit des vibrations de l'éolienne, du sifflement du vent, ou des turbulences derrière les pales.

La Figure 41 montre que l'activité des chiroptères est concentrée en particulier autour de l'éolienne : l'attractivité de l'infrastructure pour les chiroptères est ici mise en évidence. Les trajectoires ultrasonores enregistrées sont particulièrement concentrées autour de la nacelle et autour du mât. Cette concentration d'activité n'est pas dû à un biais de détection des microphones omnidirectionnels. Si cela avait été le cas, alors les trajectoires se seraient concentrées à l'arrière et en-dessous de la nacelle, dans le sens de détection des microphones. Une baisse de détection des trajectoires est notée entre 0 et 10 mètres en dessous du rotor, sur la vue de profil : il est possible que les animaux sous la nacelle soient dans une zone d'ombre, dans laquelle les trajectoires ne sont pas bien détectées.

Synthèse des éoliennes E1 et E4 de Dour-Quiévrain

Cinquante trajectoires ultrasonores ont pu être analysées avec précision sur les éoliennes E1 et E4 de Dour-Quiévrain. Ces trajectoires se concentrent sur les vitesses de vent comprises entre et 0 et 4,5 m.s^{-1}. Le nombre de trajectoires (10) est le plus important lors de vitesses de vent comprises entre 2,5 et 3 m.s^{-1}. Au-delà de 4,5 m.s^{-1}, aucune trajectoire n'a pu être analysée, à cause de nombreux parasitages captés par les microphones. Ces parasitages peuvent relever du bruit des vibrations de l'éolienne, du sifflement du vent, ou des turbulences derrière les pales.

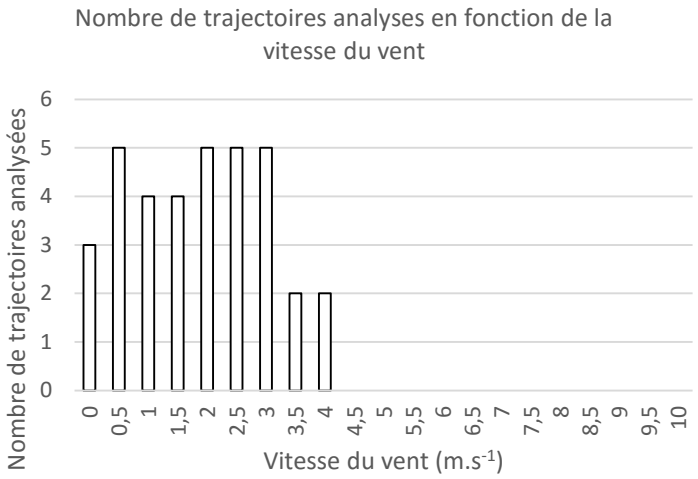
L'activité des chiroptères est concentrée en particulier autour des éoliennes E1 et E4 de Dour-Quiévrain : l'attractivité de ces infrastructures pour les chiroptères est ici mise en évidence. Les trajectoires ultrasonores enregistrées sont particulièrement concentrées autour de la nacelle et du mât. Cette concentration d'activité n'est pas dû à un biais de détection des microphones omnidirectionnels. Si cela avait été le cas, alors les trajectoires se seraient concentrées à l'arrière et en-dessous de la nacelle, dans le sens de détection des microphones. Une baisse de détection des trajectoires est notée entre 0 et 20 mètres en dessous du rotor, sur la vue de profil : il est possible que les animaux sous la nacelle soient dans une zone d'ombre, dans laquelle les trajectoires ne sont pas bien détectées, dans laquelle les trajectoires ne sont pas bien détectées.

III.4.3. Parc éolien de Beaumont Froidchapelle

Les microphones et leur tétraèdre sont installés sur la fixation de la lumière pour l'aviation (désactivée) sur les éoliennes E6, E7 et E9 de Beaumont Froidchapelle (Figure 42). Les câbles les reliant à l'enregistreur passent par le joint de la trappe.

Figure 42 : Installation des microphones et de leur tétraèdre sur une éolienne de Beaumont Froidchapelle

Eolienne E6



Graphique 34 : Nombre de trajectoires ultrasonores en fonction de la vitesse de vent sur l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle

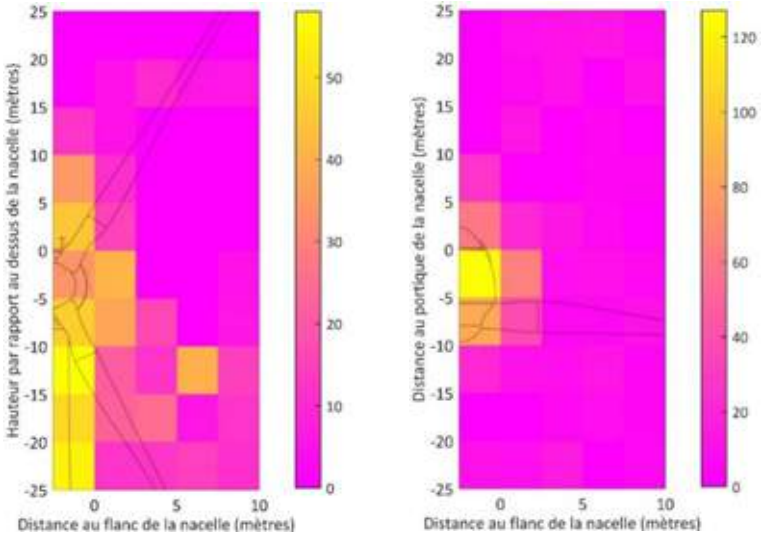
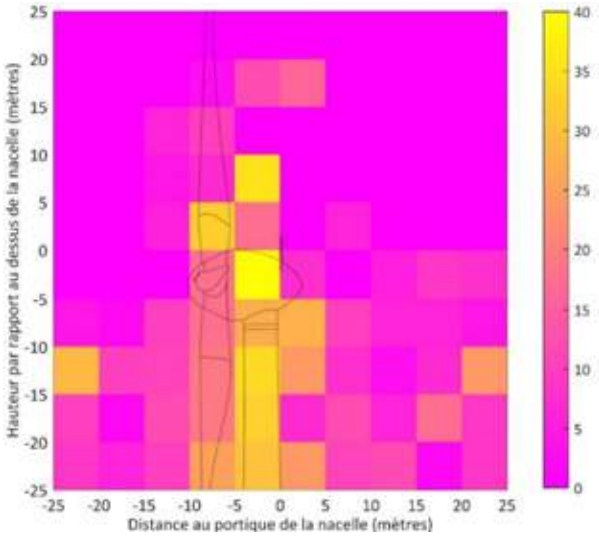


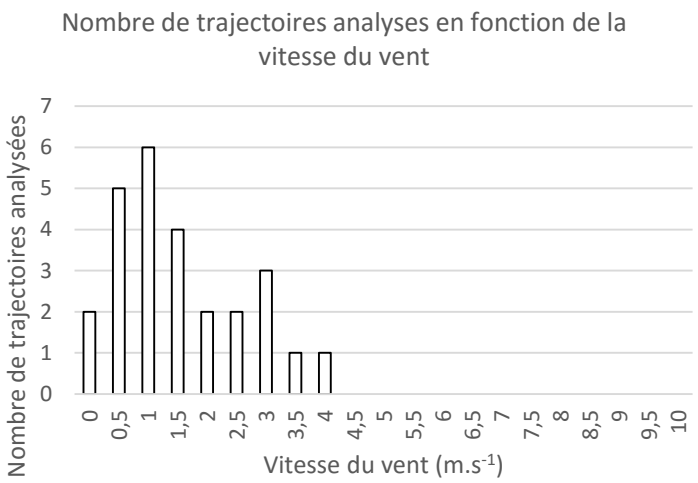
Figure 43 : Concentration des trajectoires ultrasonores autour de l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle (vue de face, de dessous, de profil)



Trente-cinq trajectoires ultrasonores ont pu être analysées avec précision sur l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle. Ces trajectoires se concentrent sur les vitesses de vent comprises entre et 0 et 4 m.s^{-1}. Le nombre de trajectoires (28) est le plus important lors de vitesses de vent comprises entre 0,5 et 3 m.s^{-1}. Au-delà de 4 m.s^{-1}, aucune trajectoire n'a pu être analysée, à cause de nombreux parasitages captés par les microphones. Ces parasitages peuvent relever du bruit des vibrations de l'éolienne, du sifflement du vent, ou des turbulences derrière les pales.

D'après la Figure 43, l'activité des chiroptères est concentrée en particulier autour de l'éolienne : l'attractivité de cette infrastructure pour les chiroptères est ici mise en évidence. Les trajectoires ultrasonores enregistrées sont particulièrement concentrées au-dessus et autour de la nacelle et autour du mât. Cette concentration d'activité n'est pas dû à un biais de détection des microphones omnidirectionnels. Si cela avait été le cas, alors les trajectoires se seraient concentrées à l'arrière et en-dessous de la nacelle, dans le sens de détection des microphones. Aucune baisse de détection des trajectoires n'est notée ici.

Eolienne E7



Graphique 35 : Nombre de trajectoires ultrasonores en fonction de la vitesse de vent sur l'éolienne E7 de Beaumont Froidchapelle

Vingt-six trajectoires ultrasonores ont pu être analysées avec précision sur l'éolienne E7 de Beaumont Froidchapelle. Ces trajectoires se concentrent sur les vitesses de vent comprises entre et 0 et 4 m.s^{-1}. Le nombre de trajectoires (11) est le plus important lors de vitesses de vent comprises entre 0,5 et 1 m.s^{-1}. Au-delà de 4 m.s^{-1}, aucune trajectoire n'a pu être analysée, à cause de nombreux parasitages captés par les microphones. Ces parasitages peuvent relever du bruit des vibrations de l'éolienne, du sifflement du vent, ou des turbulences derrière les pales.

D'après la Figure 44, l'activité des chiroptères est concentrée en particulier autour de l'éolienne : l'attractivité de cette infrastructure pour les chiroptères est ici mise en évidence. Les trajectoires ultrasonores enregistrées sont particulièrement concentrées autour du mât. Cette concentration d'activité n'est pas dû à un biais de détection des microphones omnidirectionnels. Si cela avait été le cas, alors les trajectoires se seraient concentrées à l'arrière et en-dessous de la nacelle, dans le sens de détection des microphones. Or, sur l'éolienne E7, des trajectoires ont été enregistrées également au-dessus de la nacelle et aucune baisse de détection des trajectoires est notée en dessous du rotor.

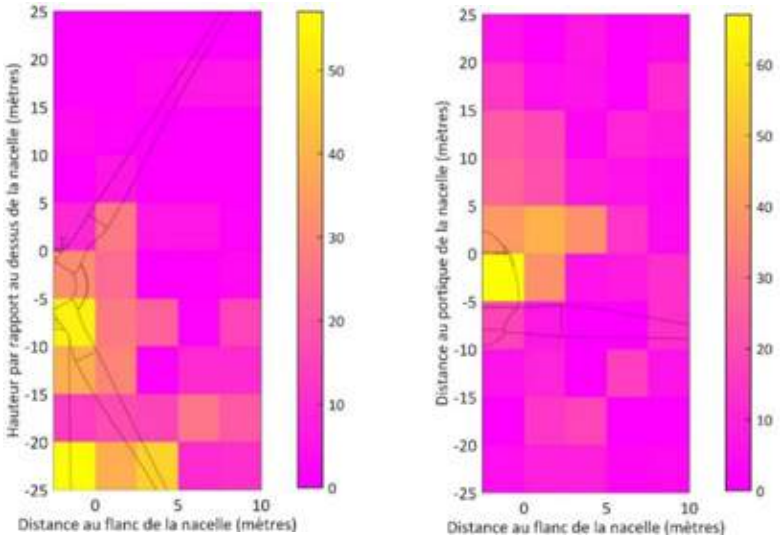
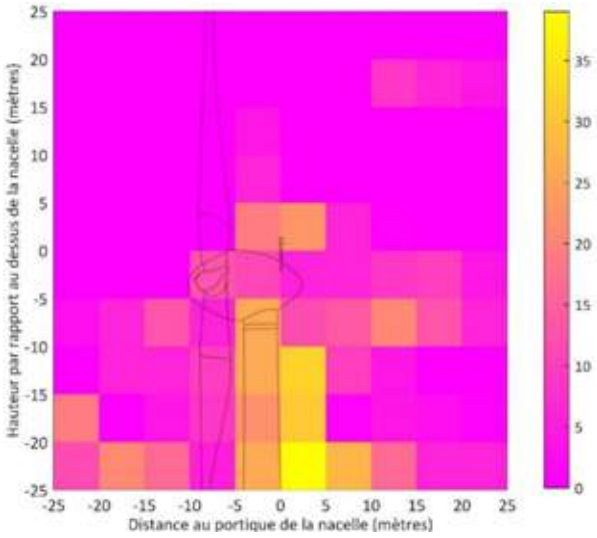
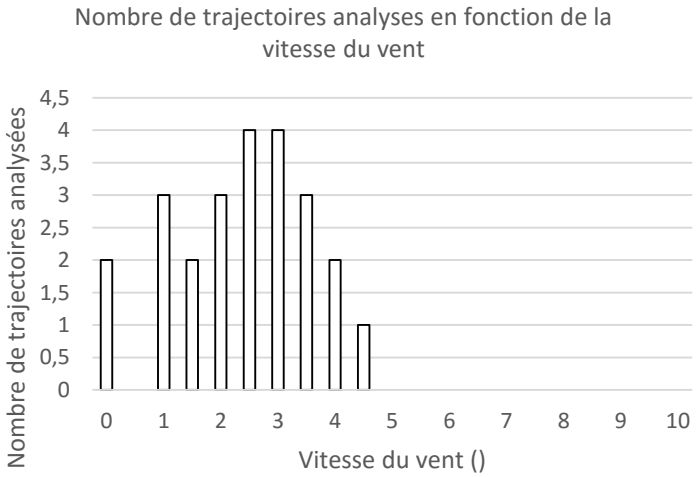


Figure 44 : Concentration des trajectoires ultrasonores autour de l'éolienne E7 de Beaumont Froidchapelle (vue de face, de dessous, de profil)



Eolienne E9



Graphique 36 : Nombre de trajectoires ultrasonores en fonction de la vitesse de vent sur l'éolienne E9 de Beaumont Froidchapelle

Vingt-quatre trajectoires ultrasonores ont pu être analysées avec précision sur l'éolienne E9 de Beaumont Froidchapelle. Ces trajectoires se concentrent sur les vitesses de vent comprises entre et 0 et 4,5 m.s^{-1}. Le nombre de trajectoires (8) est le plus important lors de vitesses de vent comprises entre 3 et 3,5 m.s^{-1}. Au-delà de 4,5 m.s^{-1}, aucune trajectoire n'a pu être analysée, à cause de nombreux parasitages captés par les microphones. Ces parasitages peuvent relever du bruit des vibrations de l'éolienne, du sifflement du vent, ou des turbulences derrière les pales.

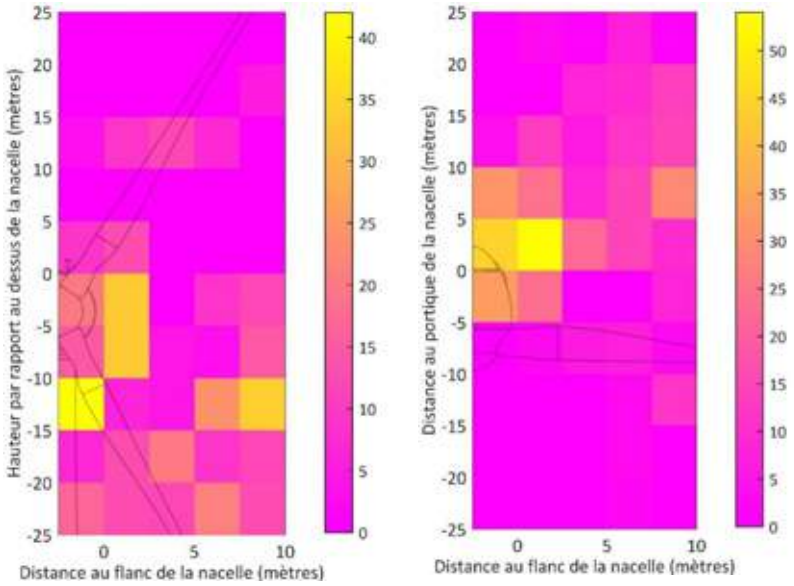
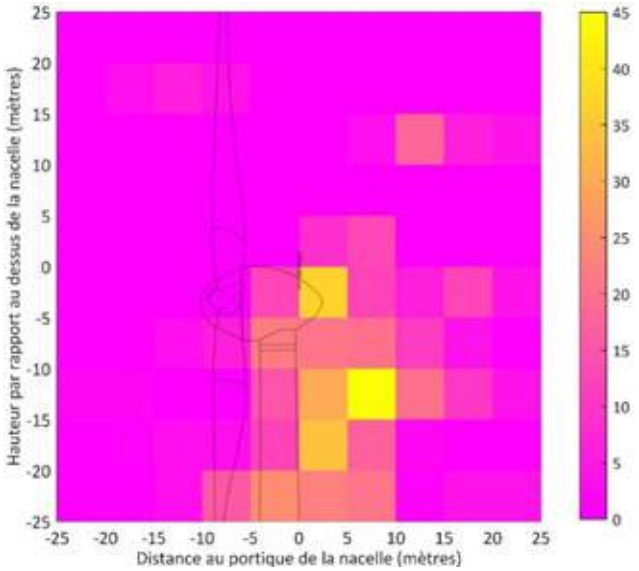


Figure 45 : Concentration des trajectoires ultrasonores autour de l'éolienne E9 de Beaumont Froidchapelle (vue de face, de dessous, de profil)



D'après la Figure 45, l'activité des chiroptères est concentrée autour de l'éolienne : l'attractivité de cette infrastructure pour les chiroptères est ici mise en évidence, avec une importance moindre par rapport aux éoliennes E7 et E9 étudiées. Les trajectoires ultrasonores enregistrées sont particulièrement concentrées autour de la nacelle et autour du mât. Une baisse de détection des trajectoires est notée entre 0 et 10 mètres en dessous du rotor, sur la vue de profil : il est possible que les animaux sous la nacelle soient dans une zone d'ombre, dans laquelle les trajectoires ne sont pas bien détectées.

Synthèse des éoliennes E6, E7 et E9 sur le parc de Beaumont Froidchapelle

Quatre-vingt-cinq trajectoires ultrasonores ont pu être analysées avec précision sur les éoliennes de Beaumont Froidchapelle, soit vingt-huit trajectoires en moyenne par éolienne. Ces trajectoires se concentrent sur les vitesses de vent comprises entre 0 et 4,5 $m.s^{-1}$. Le nombre de trajectoires (47) est le plus important lors de vitesses de vent comprises entre 0,5 et 3,5 $m.s^{-1}$. Au-delà de 4,5 $m.s^{-1}$, aucune trajectoire n'a pu être analysée, à cause de nombreux parasitages captés par les microphones. Ces parasitages peuvent relever du bruit des vibrations de l'éolienne, du sifflement du vent, ou des turbulences derrière les pales. L'activité des chiroptères est concentrée en particulier autour des éoliennes : l'attractivité de ces infrastructures pour les chiroptères est ici mise en évidence, bien qu'une plus grande concentration de trajectoires autour des éoliennes E6 et E7 aient été enregistrées par rapport à E9. Les trajectoires ultrasonores sont particulièrement concentrées au-dessus et autour des nacelles et autour de chacun des mâts. Cette concentration d'activité n'est pas dû à un biais de détection des microphones omnidirectionnels. Si cela avait été le cas, alors les trajectoires se seraient concentrées à l'arrière et en-dessous de la nacelle, dans le sens de détection des microphones. Une baisse de détection des trajectoires est notée en-dessous du rotor (entre 0 et 20 mètres) pour les éoliennes E6 et E9 : il est possible que les animaux sous la nacelle soient dans une zone d'ombre, dans laquelle les trajectoires ne sont pas bien détectées.

III.5. Trajectographie par imagerie thermique

III.5.1. Parc éolien de Frasnes-lez-Anvaing

Les deux caméras équipant l'éolienne de Frasnes-lez-Anvaing ont fonctionné pendant l'ensemble de la période.

Activité brute

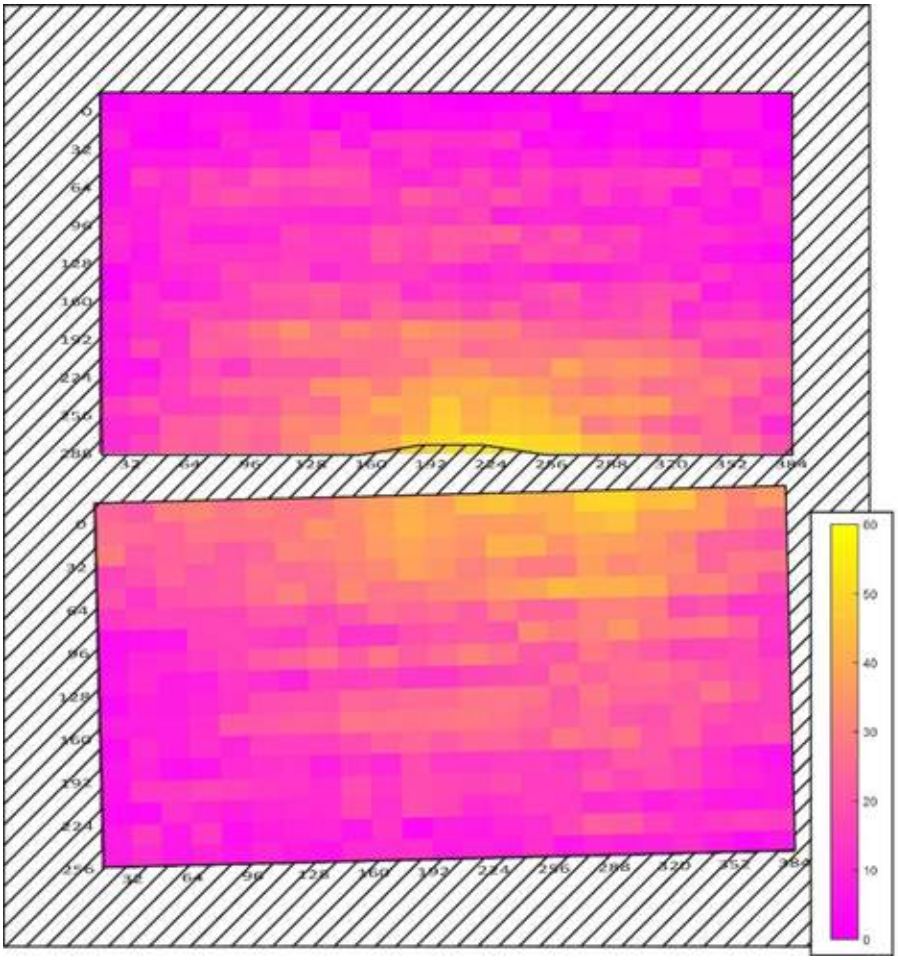


Figure 46 : Carte d'activité résultant du cumul des trajectoires enregistrées par imagerie thermique sur l'éolienne 4 du parc de Frasnes-lez-Anvaing entre le 5 août et le 4 novembre 2015

De manière concordante aux résultats obtenus par l'étude réalisée par trajectographie acoustique, la synthèse des trajectoires détectées par imagerie thermique réalisée sur l'éolienne 4 du parc de Frasnes-lez-Anvaing montre une concentration de l'activité autour de l'éolienne. La distance des objets détectés par rapport à la caméra n'étant pas connue avec précision, cette carte localise indifféremment l'activité en fonction de la hauteur et fourni une projection sur un plan horizontal. Compte tenu de l'orientation et de l'implantation des caméras, une partie de cette répartition différentielle peut être expliquée par l'orientation des capteurs : pour une altitude de vol donnée les animaux passent plus près du capteur à proximité de l'éolienne, ils sont donc mieux détectés. Cependant l'analyse de sous échantillons de trajectoires montre que dans la majorité des cas, l'animal est détecté sur tout le champ de l'image. Les biais liés à la géométrie du capteur doivent donc être suffisamment faibles pour ne pas influencer la répartition globale de l'activité constatée sur cette carte d'activité.

Evaluation de la mortalité par imagerie thermique

Les images suivantes présentent l'addition d'images de séquences vidéo. Chaque pixel d'une image est additionné à l'image précédente à condition que celui-ci représente une source plus chaude. L'image est ensuite traitée par un filtre « tophat » qui nivèle le niveau de bruit de fond (vignettage de l'optique notamment). Il devient possible de suivre la trajectoire, les variations de vitesse (espacement entre les points) et les variations de distance à l'objectif (variation de taille de l'objet) sur une seule image, sans visualiser la vidéo. Les trajectoires sont parfois éclipsées par les passages des pales. Dans ce cas, nous avons essayé de transcrire l'information manquante dans le texte.

06/08/2015 à 00:32:58

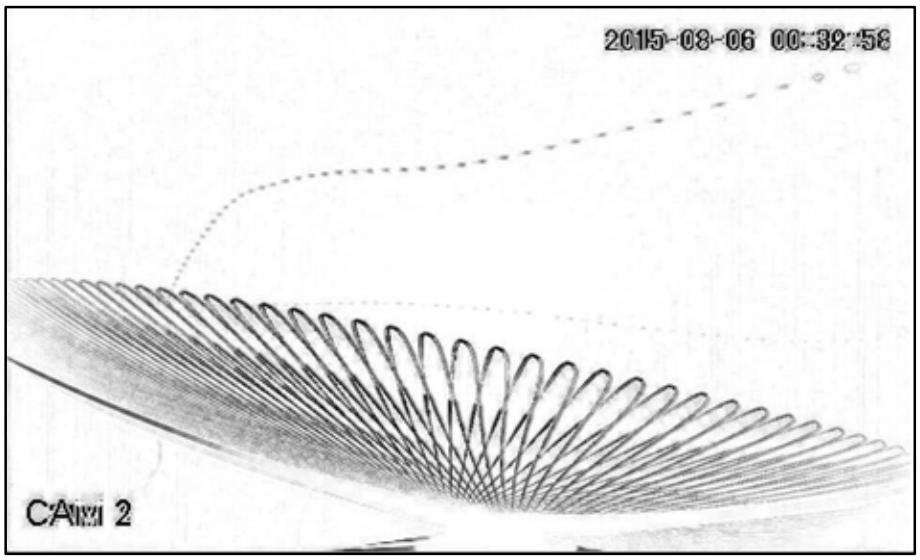


Figure 47 : Trajectoire de l'animal impacté le 06/08/2015 à 00:32:58

Conditions météorologiques :

- Vitesse du vent : 5,34 m.s^{-1}
- Orientation du vent : sud-est
- Température : 22°

Cet évènement a été enregistré sur la caméra Est de l'éolienne 4 de Frasnes-lez-Anvaing. L'animal arrivait en hauteur par le nord-est. Il a commencé à tomber après une brève interaction avec l'extrémité d'une pale montante. Il est probable qu'il soit tombé dans l'aire de recherche au sol, au niveau de la pâture embroussaillée.

La vitesse du vent pour laquelle a eu lieu cet évènement est relativement élevée, la température est particulièrement clémente pour un milieu de nuit.

06/08/2015 à 00:32:58

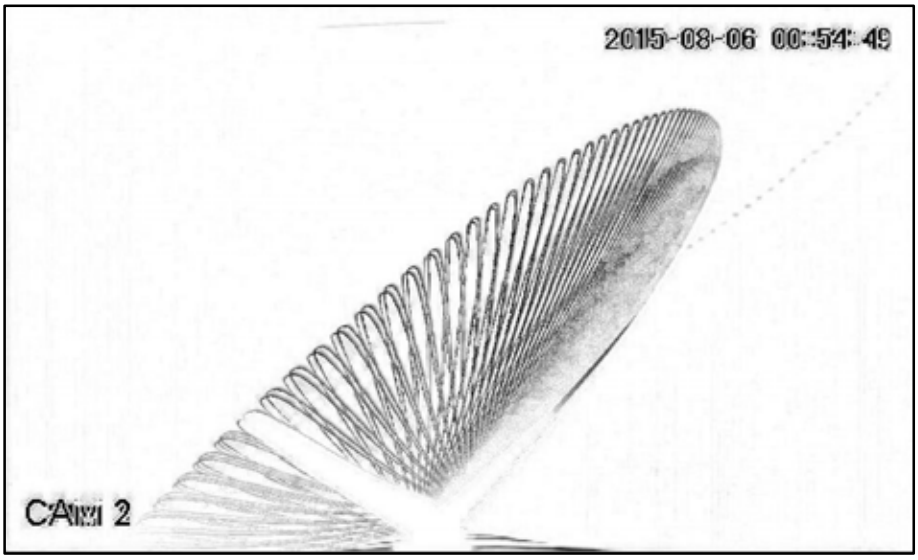


Figure 48: Trajectoire de l'animal impacté le 06/08/2015 à 00:54:49

Conditions météorologiques :

- Vitesse du vent : 5,48 m.s^{-1}
- Orientation du vent : nord-est
- Température : 22°

Cet évènement a été enregistré sur la caméra Est de l'éolienne 4 de Frasnes-lez-Anvaing. L'animal arrivait en hauteur par le nord-est. Il a commencé à tomber après une brève interaction avec la partie centrale d'une pale descendante. La vidéo ne montre pas de collision. La chute pourrait avoir été provoquée par un barotraumatisme. L'orientation de la trajectoire laisse penser que l'animal est tombé en dehors de l'aire de prospection.

La vitesse du vent pour laquelle a eu lieu cet évènement est relativement élevée, la température est particulièrement clémente pour un milieu de nuit.

06/08/2015 à 03:35:23

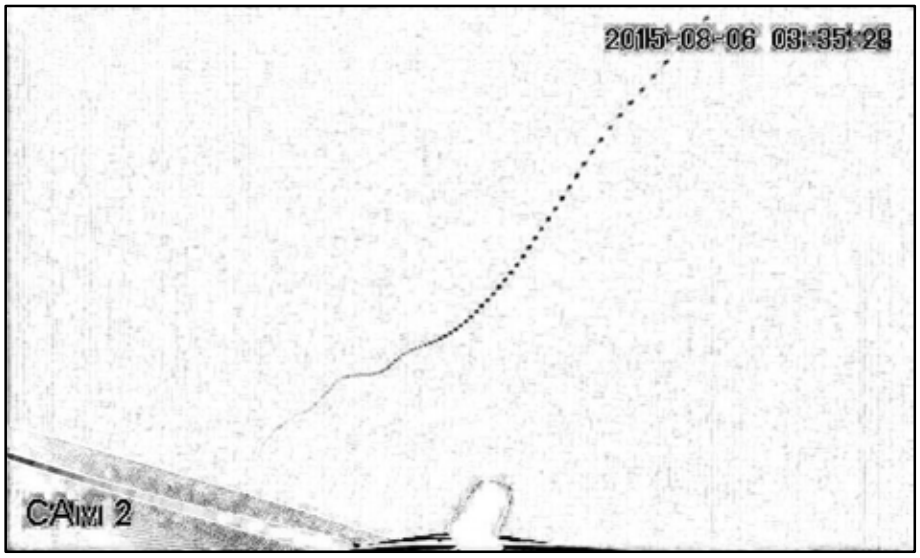


Figure 49 : Trajectoire de l'animal impacté le 06/08/2015 à 03:35:28

Conditions météorologiques :

- Vitesse du vent : 4,66 m.s^{-1}
- Orientation du vent : nord-ouest
- Température : 18°

Cet évènement a été enregistré sur la caméra Est de l'éolienne 4 de Frasnes-lez-Anvaing. L'arrivée de l'animal n'a pas été suivie par la caméra (peut être un transit haut en provenance du nord-ouest). L'interaction avec les pales n'est pas détectée mais l'animal est tombé rapidement juste derrière le rotor. Il est probable qu'il soit tombé dans l'aire de recherche au sol, au niveau de la pâture embroussaillée.

06/08/2015 à 22:39:23

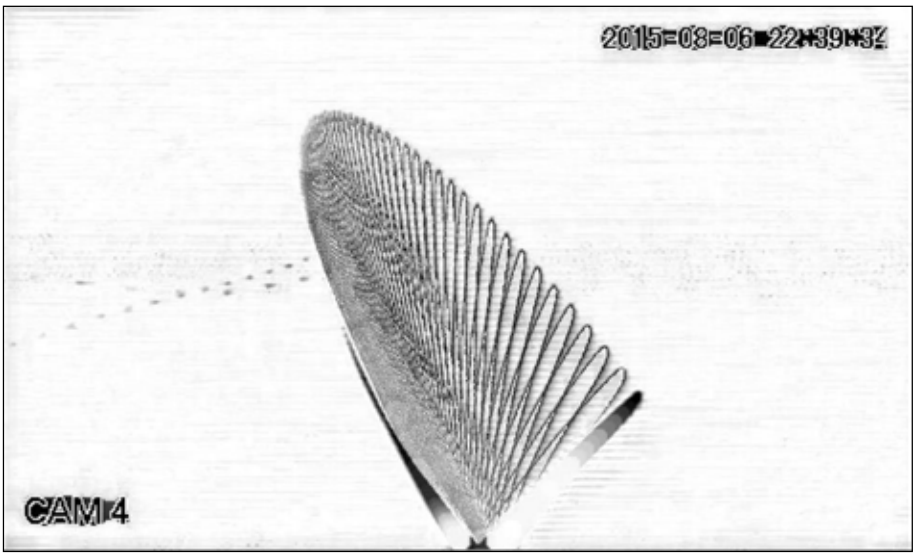


Figure 50 : Trajectoire de l'animal impacté le 06/08/2015 à 22:39:23

Conditions météorologiques :

- Vitesse du vent : 5,00 m.s^{-1}
- Orientation du vent : nord-ouest
- Température : 24°

Cet évènement a été enregistré sur la caméra ouest de l'éolienne 4 de Frasnes-lez-Anvaing. L'animal est arrivé contre le vent, en direction du sud. Il a percuté une extrémité de pale montante et a été violement projeté vers sa direction d'arrivée. Il est probable qu'il soit tombé en dehors de l'aire de recherche au sol. La vitesse du vent pour laquelle a eu lieu cet évènement est relativement élevée, la température est particulièrement clémente pour un début de nuit.

06/08/2015 à 23:24:12

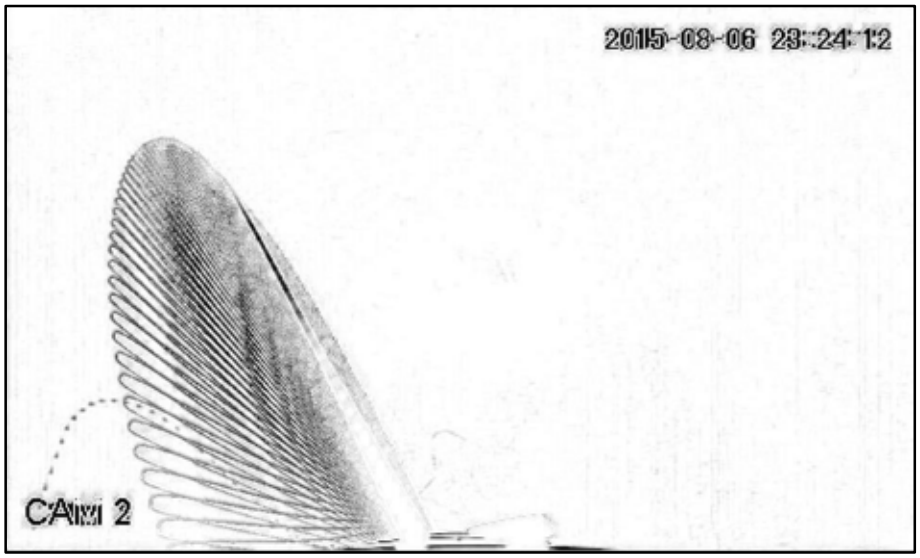


Figure 51 : Trajectoire de l'animal impacté le 06/08/2015 à 23:24:12

Conditions météorologiques :

- Vitesse du vent : 5,44 m.s^{-1}
- Orientation du vent : nord-est
- Température : 24°

Cet évènement a été enregistré sur la caméra Est de l'éolien de l'éolienne 4 de Frasnes-lez-Anvaing. L'arrivée de l'animal n'a pas été suivie par la caméra. L'interaction avec les pales n'est pas détectée mais l'animal est tombé rapidement juste devant le rotor. Il est probable qu'il soit tombé dans l'aire de recherche au sol, au niveau de la pâture embroussaillée.

La vitesse du vent pour laquelle a eu lieu cet évènement est relativement élevée, la température est particulièrement clémente pour un début de nuit.

09/08/2015 à 03:05:44

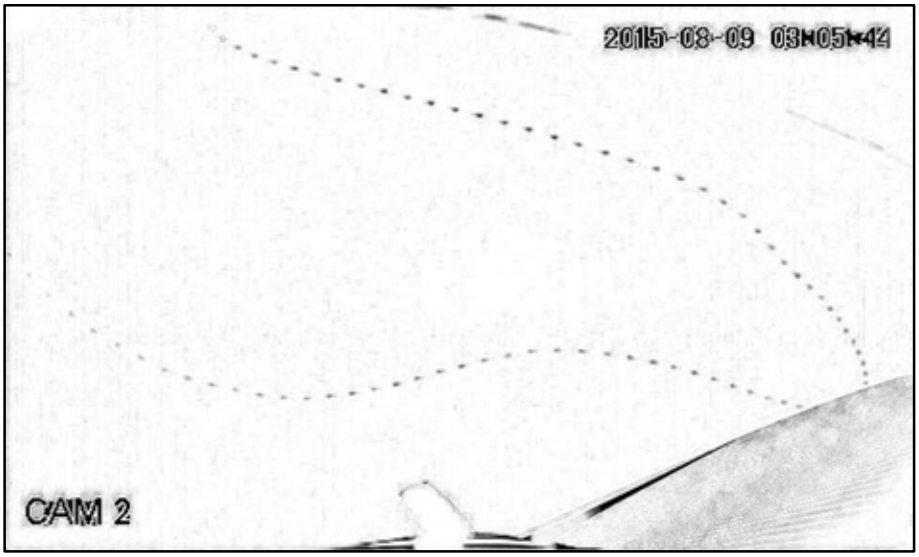


Figure 52 : Trajectoire de l'animal impacté le 09/08/2015 à 03:05:44

Conditions météorologiques :

- Vitesse du vent : 6,58 m.s^{-1}
- Orientation du vent : sud-ouest
- Température : 19°

Cet évènement a été enregistré sur la caméra Est de l'éolienne 4 de Frasnes-lez-Anvaing. L'animal arrivait rapidement par le nord-est quasiment contre le vent, a ralenti à en approchant de la pale sans pouvoir l'éviter. Le choc a eu lieu contre l'extrémité d'une pale montante. L'animal a été projeté violement vers sa direction d'arrivée. L'orientation et la vitesse de la trajectoire de chute laissent penser que l'animal est tombé en dehors de la zone de recherche.

La vitesse du vent pour laquelle a eu lieu cet évènement est très élevée.

10/08/2015 à 23:01:01

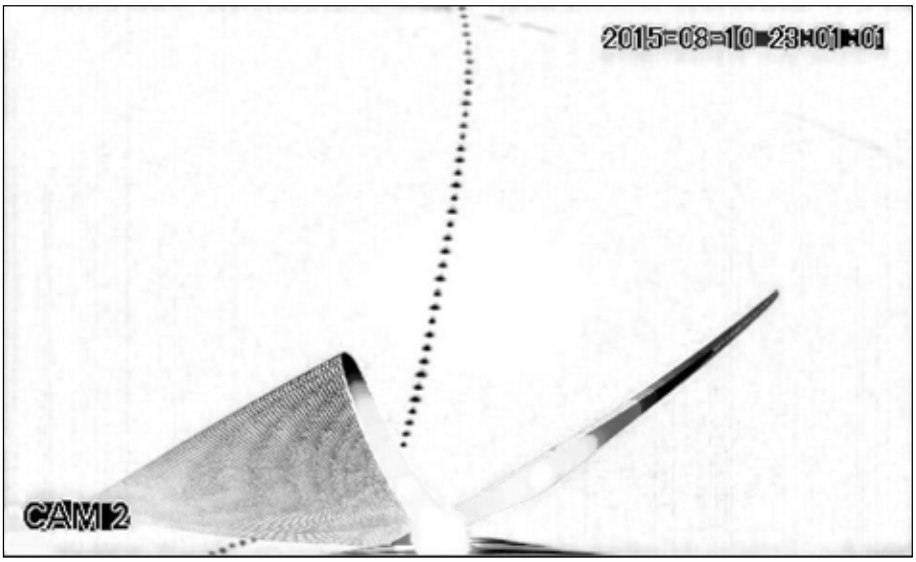


Figure 53 : Trajectoire de l'animal impacté le 10/08/2015 à 23:01:01

Conditions météorologiques :

- Vitesse du vent : 2.81 m.s^{-1}
- Orientation du vent : nord-ouest
- Température : 22°

Cet évènement a été enregistré sur la caméra ouest de l'éolienne 4 de Frasnes-lez-Anvaing. L'animal est arrivé par l'ouest, probablement à hauteur de bas de pale. Il est entré en collision avec le centre d'une pale montante tournant lentement. Après l'impact, sa trajectoire a été modifiée d'une soixantaine de degrés. L'augmentation rapide de la taille de l'animal sur l'écran après l'impact laisse supposer qu'il a commencé à tomber. La lenteur de la rotation de la pale, la très faible vitesse de vent et le choc sur intrados (zone de surpression) pourraient avoir laissé une chance de survie à l'animal.

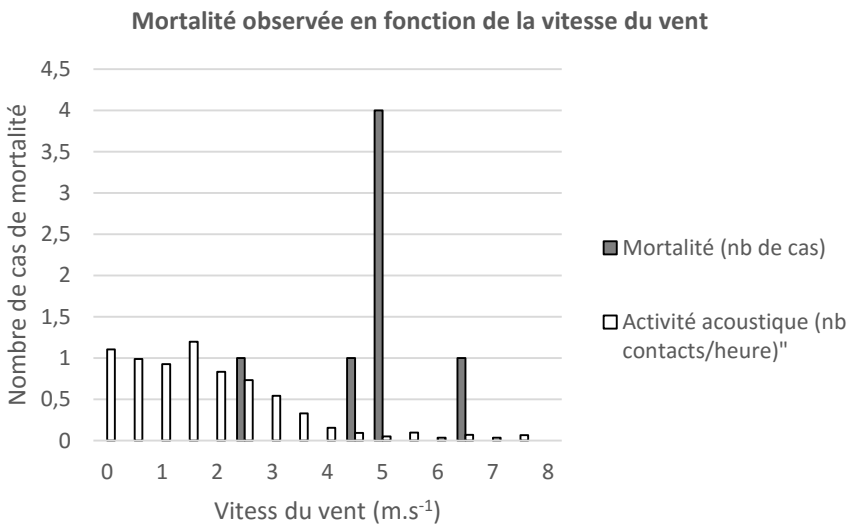
Analyse des variations en fonction des paramètres environnementaux

Date	Heure	Camera	Vitesse vent (m.s^{-1})	Direction vent	Température (°C)	Zone pale	Direction pale
06/08/2015	00:32	Est	5,34	Sud-Est	22	Extrémité	Montante
06/08/2015	00:54	Est	5,48	Nord-est	22	Centre	Descendante
06/08/2015	03:35	Est	4,66	Nord-ouest	18	Extrémité	Inconnue
06/08/2015	22:39	Ouest	5,00	Nord-ouest	24	Extrémité	Montante
06/08/2015	23:24	Est	5,44	Nord-est	24	Extrémité	Inconnue
09/08/2015	03:05	Est	6,58	Sud-ouest	19	Extrémité	Montante
10/08/2015	23:01	Est	2,80	Nord-ouest	22	Centre	Montante

Tableau 38 : Synthèse des informations sur les cas probables de mortalité observés par imagerie thermique sur l'éolienne 4 du parc de Frasnes-lez-Anvaing

Le Tableau 38 résume les informations sur la mortalité constatée sur cette éolienne. Il apparait que les animaux sont le plus souvent frappés par les extrémités de pales (5 cas sur 7) et les pales montantes (4 cas sur 5 analysables). En dehors du cas du 10/08, les interactions ont lieu pour des vitesses de vent relativement élevées. Pour mémoire, le Graphique 37 superpose l'activité enregistrée par acoustique et la mortalité constatée par les caméras thermiques.

Les cas de mortalités supposés se répartissent exclusivement sur le début du mois d'août, et 6 des 7 observations sont réalisées par la caméra placée sous le vent dominant.



Graphique 37 : Comparaison de l'activité et de la mortalité en fonction de la vitesse du vent sur le parc de Frasnes-lez-Anvaing

III.5.2. Parc éolien de Beaumont Froidchapelle

Les images sont traitées comme pour le parc de Frasnes-lez-Anvaing. La caméra 4 a été endommagée à partir du 14/08/2015 par un plot de graisse tombé du système de positionnement des pales (Figure 55). L'impact a créé une fuite sur le hublot. La totalité du bloc caméra/boitier a été changé et remis en place le 22 septembre. Il n'y a donc pas de données fournies par cette caméra pendant ces 39 nuits. L'autre caméra est sporadiquement parasitée par l'alimentation électrique, sans gêner la détection.

Activité brute

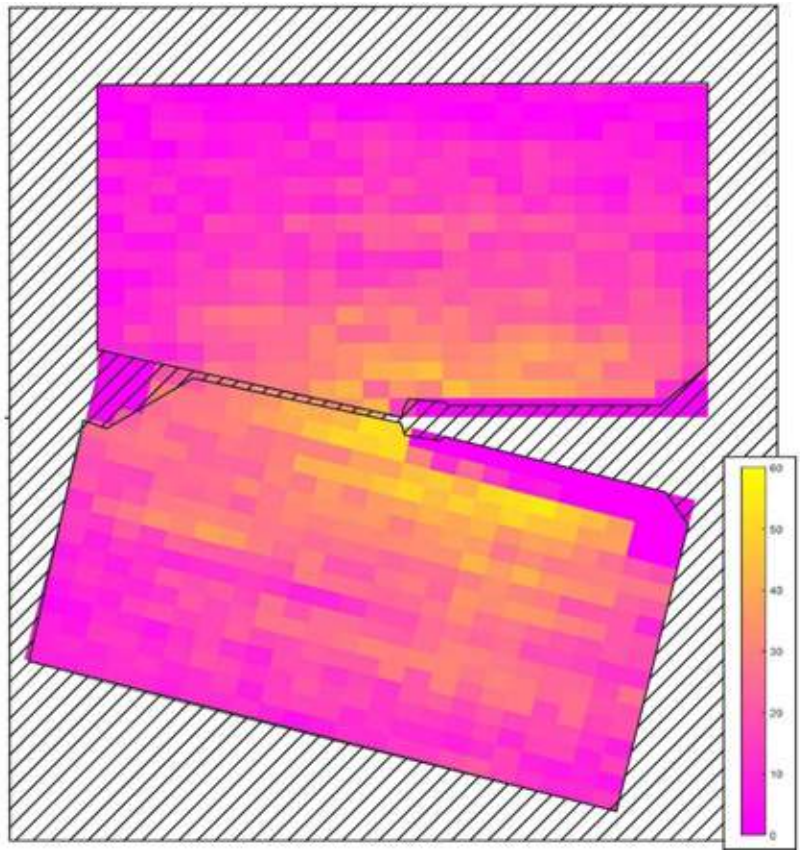


Figure 54 : Carte d'activité résultant du cumul des trajectoires enregistrées par imagerie thermique sur l'éolienne 6 du parc de Beaumont Froidchapelle entre le 5 août et le 4 novembre 2015

De manière concordante aux résultats obtenus par l'étude réalisée par trajectographie acoustique, la synthèse des trajectoires détectées par imagerie thermique réalisée sur l'éolienne 6 du parc de Beaumont-Froidchapelle montre une concentration de l'activité autour de l'éolienne. La distance des objets détectés par rapport à la caméra n'étant pas connue avec précision, cette carte localise indifféremment l'activité en fonction de la hauteur et fournit une projection sur un plan horizontal. Compte tenu de l'orientation et de l'implantation des caméras, une partie de cette répartition différentielle peut être expliquée par l'orientation des capteurs : pour une altitude de vol donnée les animaux passent plus près du capteur à proximité de l'éolienne, ils sont donc mieux détectés. Cependant l'analyse de sous échantillons de trajectoires montre que dans la majorité des cas, l'animal est détecté sur tout le champ de l'image. Les biais liés à la géométrie du capteur doivent donc être suffisamment faibles pour ne pas influencer la répartition globale de l'activité constatée sur cette carte d'activité.

Figure 55 : Caméra 2 de de l'éolienne 6 du parc de Beaumont Froidchapelle abimée par un plot de graisse

Evaluation de la mortalité par imagerie thermique

05/08/2015 à 22:35:23

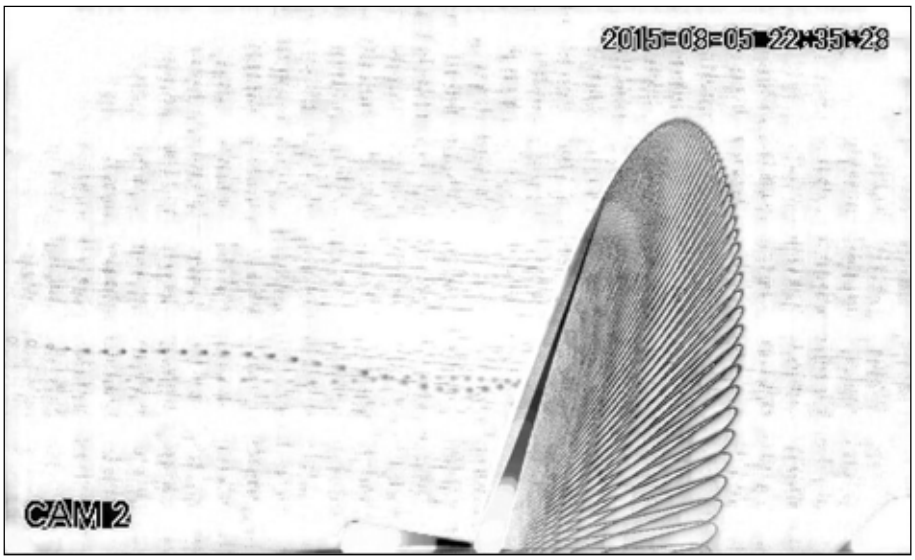


Figure 56 : Trajectoire de l'animal impacté le 05/08/2015 à 22:35:23

Conditions météorologiques :

- Vitesse du vent : 3.40 $m.s^{-1}$
- Orientation du vent : Sud
- Température : 27°

Cet évènement a été enregistré sur la caméra Est de l'éolienne 6 de Beaumont-Froidchapelle. L'animal arrivait en dessous de la nacelle par le sud. Il a heurté la partie centrale d'une pale montante, puis a été projeté en direction du sud. Il est probable qu'il soit tombé en dehors de l'aire de recherche au sol. La vitesse du vent pour laquelle a eu lieu cet évènement est faible, l'éolienne tournait lentement. La température est particulièrement clémente pour un milieu de nuit.

05/08/2015 à 23:36:50

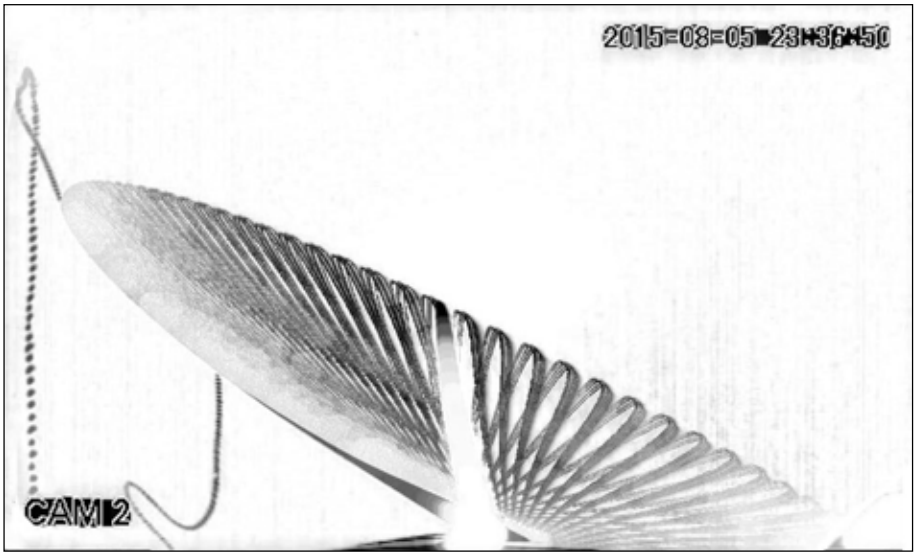


Figure 57 : Trajectoire de l'animal impacté le 05/08/2015 à 23:36:50

Conditions météorologiques :

- Vitesse du vent : 6.22 $m.s^{-1}$
- Orientation du vent : sud-est
- Température : 26°

Cet évènement a été enregistré sur la caméra Est de l'éolienne 6 de Beaumont-Froidchapelle. L'animal arrivait par le nord, probablement en dessous de la nacelle. Il semble avoir été capturé par les turbulences, l'extrados de la partie centrale d'une pale montante, puis a été propulsé à l'extrémité de la pale, vers le haut. Il a ensuite commencé à tomber avant de stabiliser son altitude. Il est probable qu'il soit tombé en dehors de l'aire de recherche au sol. La vitesse du vent pour laquelle a eu lieu cet évènement est particulièrement élevée. La température est particulièrement clémente pour un milieu de nuit.

06/08/2018 23:21:35

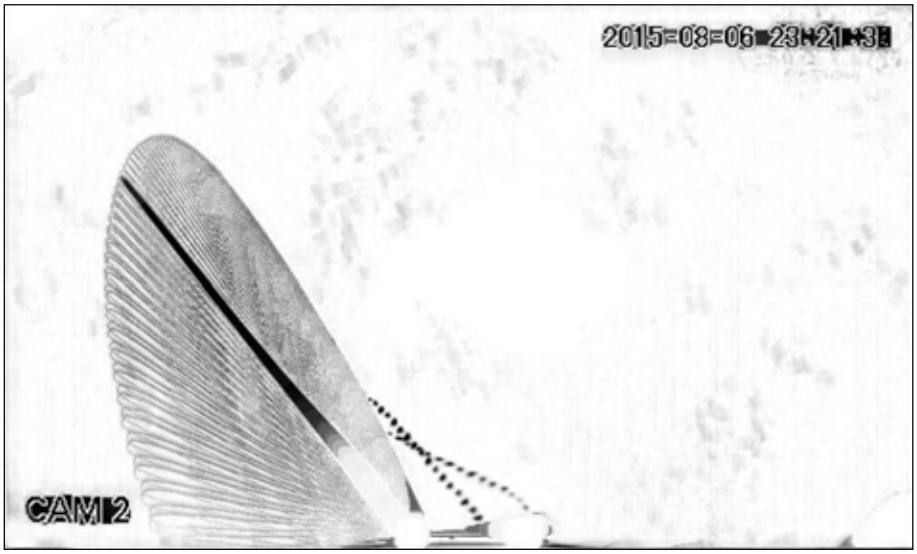


Figure 58 : Trajectoire de l'animal impacté le 06/08/2015 à 23:21:35

Conditions météorologiques :

- Vitesse du vent : 5,54 m.s^{-1}
- Orientation du vent : Nord
- Température : 27°

Cet évènement a été enregistré sur la caméra Est de l'éolienne 6 de Beaumont-Froidchaplle. L'animal arrivait à hauteur de bas de pale par le sud. Il a interagi rapidement avec l'extrémité d'une pale montante. Il a ensuite commencé à tomber avant d'être éclipsé par le mât de l'éolienne. Il est probable qu'il soit tombé dans l'aire de recherche au sol, dans la culture de maïs. La vitesse du vent pour laquelle a eu lieu cet évènement est particulièrement élevée. La température est particulièrement clémente pour un milieu de nuit.

09/08/2015 03:00:15

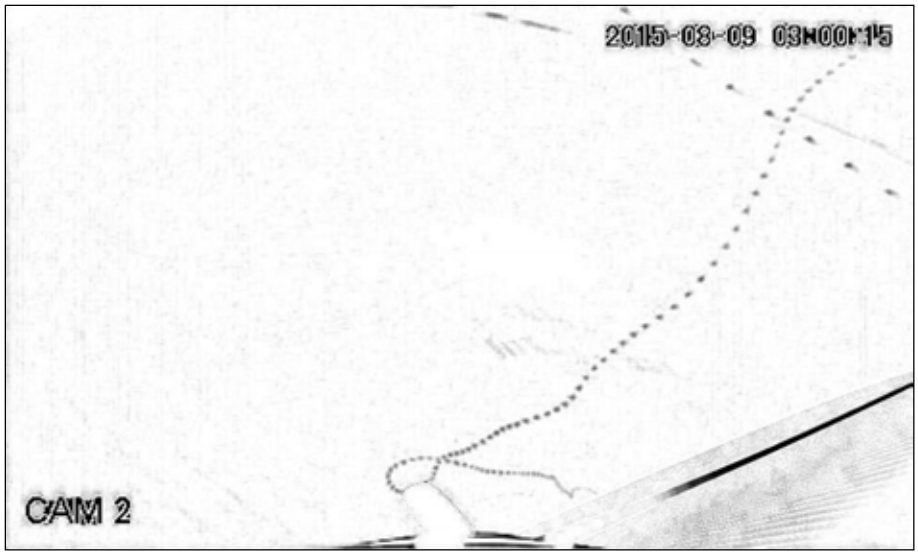


Figure 59 : Trajectoire de l'animal impacté le 09/08/2015 à 03:00:15

Conditions météorologiques :

- Vitesse du vent : 6.56 m.s^{-1}
- Orientation du vent : sud-ouest
- Température : 19°

Cet évènement a été enregistré sur la caméra Est de l'éolienne 6 de Beaumont-Froidchapelle. L'animal arrivait par le sud, probablement à une hauteur inférieure à la nacelle. Il est ensuite monté rapidement pour interagir avec l'extrémité d'une pale montante. Il a disparu immédiatement après cette interaction (projection vers le haut ?). Il est impossible de dire s'il est tombé dans l'aire de recherche au sol. La vitesse du vent pour laquelle a eu lieu cet évènement est particulièrement élevée.

10/08/2015 23:57:28

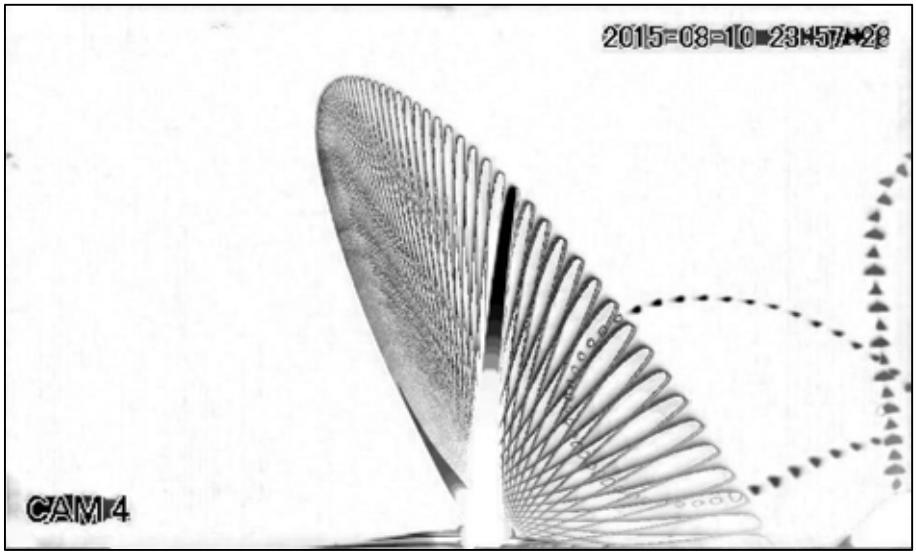


Figure 60 : Trajectoire de l'animal impacté le 10/08/2015 à 23:57:28

Conditions météorologiques :

- Vitesse du vent : 3.52 m.s^{-1}
- Orientation du vent : sud-ouest
- Température : 22°

Cet évènement a été enregistré sur la caméra Ouest de l'éolienne 6 de Beaumont-Froidchapelle. L'animal arrivait par le sud, probablement à hauteur de bas de pale. Il était accompagné par un autre animal volant plus bas. Il a interagi rapidement avec une pale montante avec l'extrémité d'une pale montante, puis est reparti d'où il venait avec les ailes fermées. Il est possible qu'il soit tombé dans l'aire de recherche au sol (secteur sud). La vitesse du vent pour laquelle a eu lieu cet évènement est particulièrement faible, l'éolienne tournait à peine.

29/08/2015 à 22:44:46

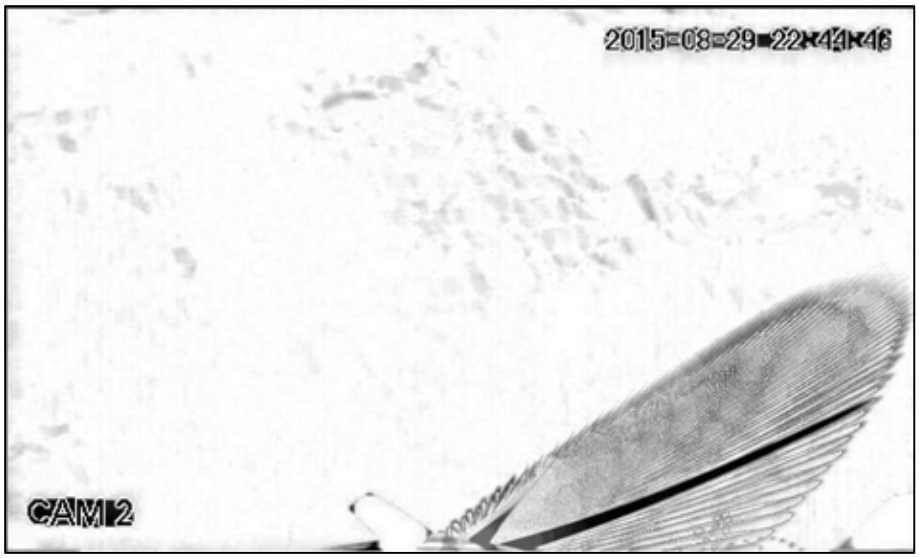


Figure 61 : Trajectoire de l'animal impacté le 29/08/2015 à 22:44:46

Conditions météorologiques :

- Vitesse du vent : 6.20 m.s^{-1}
- Orientation du vent : sud-ouest
- Température : 24°

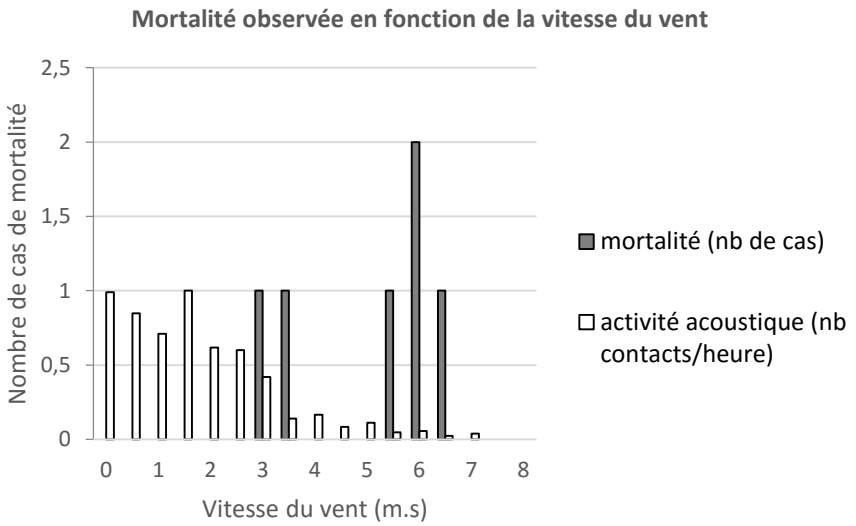
Cet évènement est difficilement visible sur l'illustration ci-dessus. Une grande partie de la trajectoire est occultée par le mouvement des pales. Il a été enregistré sur la caméra Est de l'éolienne 6 de Beaumont-Froidchapelle. L'animal arrivait par le sud, probablement à mi-hauteur des pales inférieures. Il a interagi plusieurs fois avec les pales, comme s'il essayait de s'échapper mais était repris par des turbulences. Il a ensuite disparu du champ de vision, sans que nous puissions affirmer qu'il soit tombé. La vitesse du vent pour laquelle a eu lieu cet évènement est particulièrement élevée. La température est particulièrement élevée pour un début de nuit fin septembre.

Analyse des variations en fonction des paramètres environnementaux

Le Tableau 39 résume les informations sur la mortalité constatée sur cette éolienne. Il apparait que les animaux sont le plus souvent frappés par les extrémités de pales (4 cas sur 6) et les pales montantes (5 cas sur 6). En dehors du cas du 10/08, les interactions ont lieu pour des vitesses de vent relativement élevées. Pour mémoire le Graphique 38 superpose l'activité enregistrée par acoustique et la mortalité constatée par les caméras thermiques.

Date	Heure	Camera	Vitesse vent	Direction vent	Température	Zone pale	Direction pale
05/08/2015	22:35	Est	3,42	Sud	27	Centre	Montante
05/08/2015	23:36	Est	6,22	Est	26	Centre	Montante
06/08/2015	23:21	Est	5,54	Nord	27	Extrémité	Montante
09/08/2015	03:00	Ouest	6,56	Nord-est	19	Extrémité	Montante
10/08/2015	23:56	Est	3,52	Sud-ouest	22	Extrémité	Inconnue
29/08:2015	22:38	Ouest	6,20	Nord-est	24	Extrémité	Montante

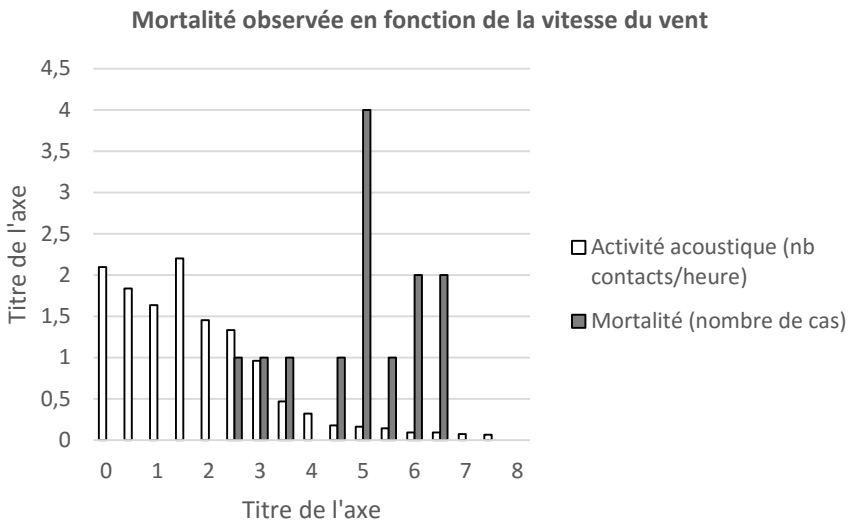
Tableau 39 : Synthèse des informations sur les cas probables de mortalité observés par imagerie thermique sur l'éolienne 4 du parc de Beaumont-Froidchapelle.



Graphique 38 : Comparaison de l'activité et de la mortalité en fonction de la vitesse du vent sur le parc de Beaumont-Froidchapelle

Cumul des observations sur les deux sites (Frasnes-lez-Anvaing et Beaumont-Froidchapelle)

La comparaison des cumuls d'activité acoustique et de mortalité (ou d'interactions ayant fait courir un risque à l'animal impliqué) constatée par caméra thermique est synthétisée dans le Graphique 39. Ce dernier montre que la mortalité se concentre sur des vitesses de vent élevées : 96% de l'activité al lieu pour des vitesses de vent inférieures à 5 $m.s^{-1}$, alors que 69 % de la mortalité est constaté pour des vitesses de vent supérieurs à 5 $m.s^{-1}$.



Graphique 39 : Comparaison de l'activité et de la mortalité en fonction de la vitesse du vent sur les éoliennes E4 de Frasnes-lez-Anvaing et E6 de Beaumont-Froidchapelle

III.6. Fusion des capteurs

Dans la mesure où nous n'avons pas enregistré de mortalité au sol sur le parc éolien de Frasnes-lez-Anvaing, nous avons choisi de synthétiser l'ensemble des informations croisée entre les différents capteurs dans un seul paragraphe. Ainsi, nous analysons dans le paragraphe suivant :

- Les données de mortalité au sol, d'activité acoustique et les informations issues des caméras thermiques de l'éolienne E6 de Beaumont-Froidchapelle,
- Les données d'activité acoustique et les informations issues des caméras thermiques de l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing,
- Les données de mortalité au sol, d'activité acoustique de l'éolienne E4 de Dour-Quiévrain.

III.6.1. Corrélation trajectoires acoustiques / imagerie thermique

Trajectographie acoustique sur l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing

Quarante-trois trajectoires ultrasonores ont pu être analysées avec précision sur l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing. Ces trajectoires se concentrent sur les vitesses de vent comprises entre et 0 et 5 $m.s^{-1}$. Le nombre de trajectoires est le plus important lors de la vitesse de vent de 2,5 $m.s^{-1}$. Au-delà de 5 $m.s^{-1}$, aucune trajectoire n'a pu être analysée à cause de nombreux parasites perturbant les microphones. Ces parasites peuvent êtres induits par le bruit de l'éolienne, des vibrations des pales ou de la coque, le sifflement du vent sur les microphones ou des turbulences derrière les pales.

Trajectographie acoustique sur l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle

Quatre-vingt-cinq trajectoires ultrasonores ont pu être analysées avec précision sur les éoliennes de Beaumont Froidchapelle, soit vingt-huit trajectoires en moyenne par éolienne. Ces trajectoires se concentrent sur les vitesses de vent comprises entre et 0 et 4,5 $m.s^{-1}$. Le nombre de trajectoires (47) est le plus important lors de

vitesses de vent comprises entre 0,5 et 3,5 m.s^{-1}. Au-delà de 5 m.s^{-1}, aucune trajectoire n'a pu être analysée à cause de nombreux parasites perturbant les microphones.

Trajectographie acoustique sur l'éolienne E4 de Dour-Quiévrain

Vingt-cinq trajectoires ultrasonores ont pu être analysées avec précision sur l'éolienne E4 de Dour-Quiévrain. La totalité des trajectoires est enregistrée pour des vitesse de vent inférieures 4,5 m.s^{-1}. Au-delà, de aucune trajectoire n'a pu être analysée à cause de nombreux parasites perturbant les microphones.

Trajectographie acoustique et thermique

Sur les périodes de vent faible qui ont pu être analysées, l'activité des chiroptères est concentrée en particulier autour de l'éolienne : l'attractivité de l'infrastructure pour les chiroptères est ici mise en évidence. Les trajectoires ultrasonores enregistrées sont particulièrement concentrées autour du rotor et du mât. Cette concentration d'activité n'est pas due à un biais de détection des microphones omnidirectionnels. Si cela avait été le cas, les trajectoires se seraient concentrées à l'arrière et en-dessous de la nacelle, dans le sens de détection des microphones. Une baisse de détection des trajectoires est notée à 10 mètres en dessous du rotor, sur la vue de profil : il est possible que les animaux sous la nacelle soient alors dans une zone masquée par la coque de la nacelle.

Le cumul des trajectoires observées par imagerie thermique confirme ces observations. Les images thermiques montrent de nombreux insectes se déplaçant sur le mat ou à proximité et plusieurs attaques de chauves-souris sur ces derniers (zoom en fausses couleurs de l'insecte pendant l'approche de la chauve-souris en encart), comme sur la séquence présenté Figure 62. Les éoliennes agiraient de manière analogue aux dispositifs concentrateur de poisson en mer (DCP). Ces infrastructures isolées offrent des refuges et attirent des animaux qui sont chassés par d'autres. Ils arrivent ainsi à concentrer des prédateurs à leurs abords immédiats.

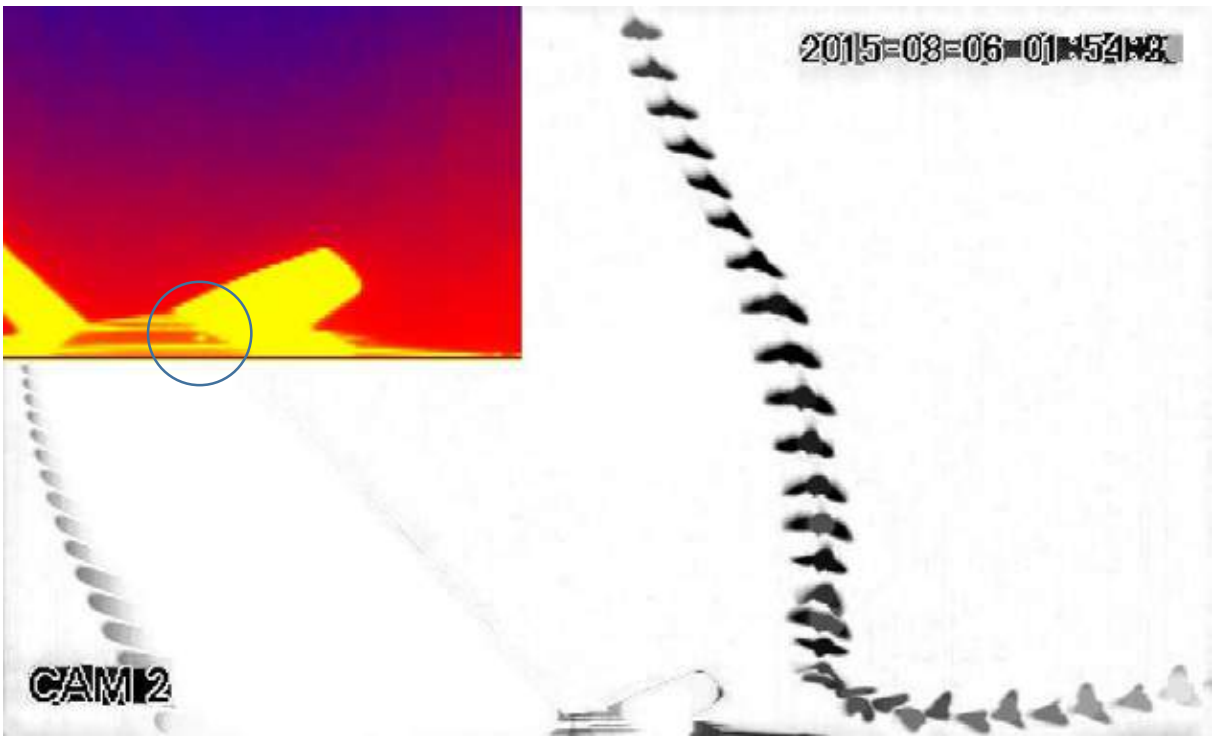


Figure 62 : Séquence d'attaque d'une chauve-souris sur un insecte posé sur le mat (insecte lors de l'attaque détaillé en encart zoomé en fausses couleurs)

La fusion des informations entre ces deux types de capteurs est rendu difficile par leur éloignement et leurs distances de détection respectives :

- Les enregistreurs situés en haut de nacelle détectent des animaux dans un rayon de 5 à 200 mètres suivantes les espèces (30 mètres dans le cas de pipistrelles qui correspondent aux contacts le plus fréquents),
- Les caméras situées 100 mètres plus bas ont une détection optimale sur les 50 premiers mètres correspondant au bas de pales.

Finalement les données provenant des deux types de capteurs se complètent mais se chevauchent rarement. Les efforts que nous avons réalisés pour améliorer la sensibilité des micros ont finalement aboutis à augmenter le bruit sans pour autant arriver à mieux distinguer les chauves-souris dans ce bruit ambiant.

III.6.2. Corrélation trajectoires acoustiques / imagerie thermique /mortalité au sol

Avec l'aide des enregistrements ultrasonores réalisées en altitude, il est possible de corréler l'activité détectée en altitude avec les résultats du suivi de mortalité au sol.

Le Tableau 40 reprend le croisement des données des deux méthodes. Sachant que les détecteurs ont été placés durant toute la durée de l'étude, sur toutes les éoliennes suivies, il en ressort que :

- Pour 4 des 5 cadavres au sol, l'espèce (ou le groupe d'espèces) a été contactée en altitude durant la nuit présumée de la mort,
- L'intensité de l'activité est variable pendant la nuit correspondant à l'accident,
- Les nuits de forte activité ne correspondent pas obligatoirement à une mortalité décelée au sol. Ainsi, les suivis d'activité sur l'E9 de Beaumont Froidchapelle (Figure 65) ont relevé une nuit de forte activité le 20 août (13 contacts ont été enregistrés) sans que les suivis au sol ne permettent de retrouver de cadavres. Inversement, sur la même machine, les périodes de forte activité autour du 4 août (11 contacts) du 09 aout (15 contacts) et du 28 août (10 contacts) sont bien corrélés à la détection de cadavres au sol,
- Le cortège d'espèces retrouvé en altitude ne coïncide pas avec le cortège d'espèces retrouvé dans les cadavres au sol : aucune Noctule commune ni Pipistrelle de Nathusius n'a été retrouvée au sol, alors qu'elles sont présentes en altitude (Figure 63, Figure 64, Figure 65 et Figure 66). Cela peut résulter du faible nombre de cadavres au sol.

Parc	Espèce	Eol	Nuit présumée de la mort	Suivis acoustiques : Nombre de contacts de l'espèce	Impacts détectés par la trajectographie thermique
Beaumont Froidchapelle	Pipistrelle commune	9	Avant le 04-août	Mortalité avant période de suivi	Eolienne non équipée
	Sérotine commune	9	10-août	1 Nyctaloide (02h10)	Eolienne non équipée
			11-août	1 Nyctaloide (00h00) 1 Sérotine commune (00h10)	Eolienne non équipée
	Pipistrelle commune	7	10-août	3 contacts de pipistrelles communes (22h30, 22h50, 23h20) 1 contact du groupe « Pipistrelle » (22h50) 3 contacts Chiro ind. (20h10, 21h50, 22h30)	Eolienne non équipée
	Sérotine commune	6	29-août	Non détectée	Mortalité observée pouvant correspondre au cadavre trouvé au sol
Dour	Noctule de Leisler	4	02-sept	1 contact de Noctule de Leisler (04h20)	Eolienne non équipée

Tableau 40 : Corrélation entre les cadavres trouvés au sol, la détection acoustique et l'imagerie thermique

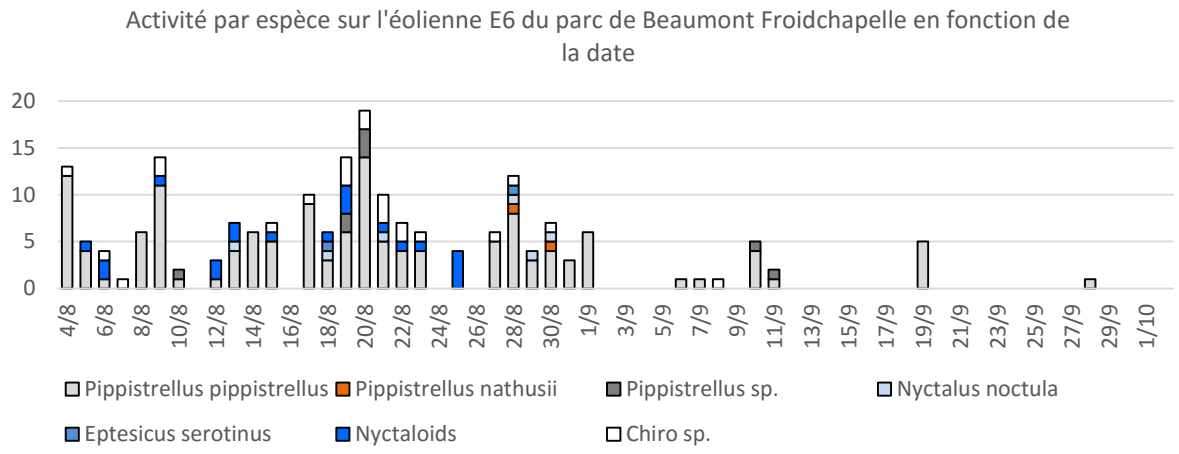


Figure 63 : Activité par espèces en fonction de la date (étude acoustique) sur l'éolienne E6 du parc de Beaumont Froidchapelle

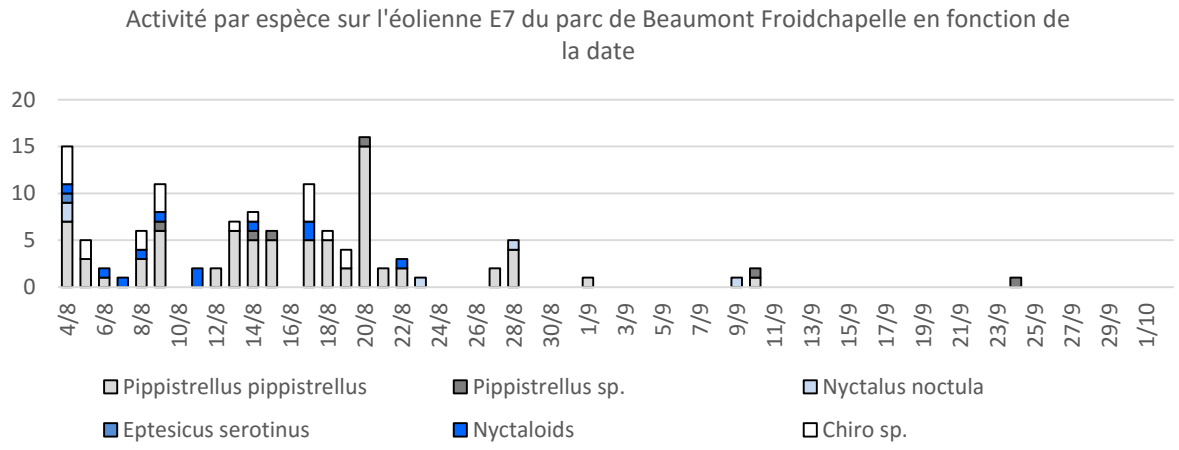


Figure 64 : Activité par espèces en fonction de la date (étude acoustique) sur l'éolienne E7 du parc de Beaumont Froidchapelle

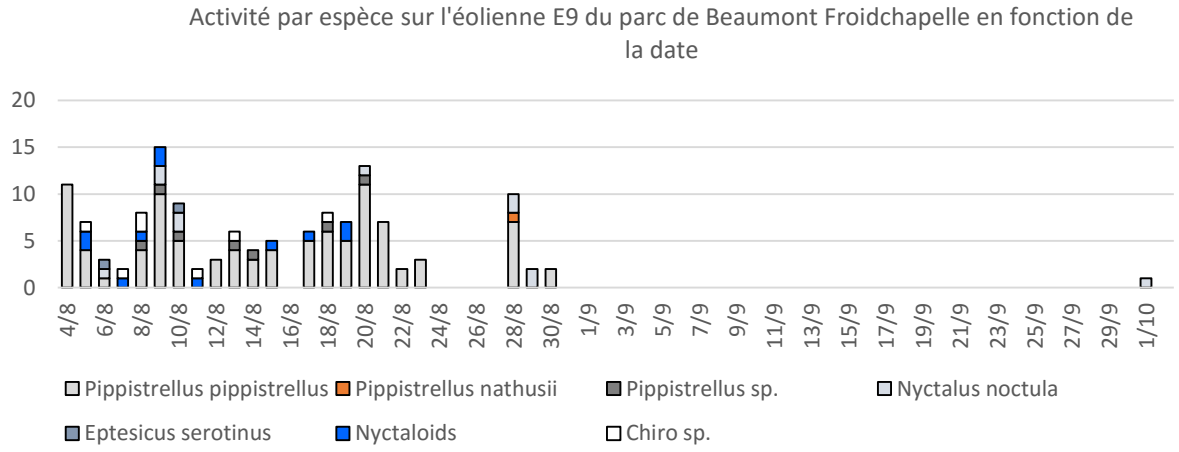


Figure 65 : Activité par espèces en fonction de la date (étude acoustique) sur l'éolienne E9 du parc de Beaumont Froidchapelle

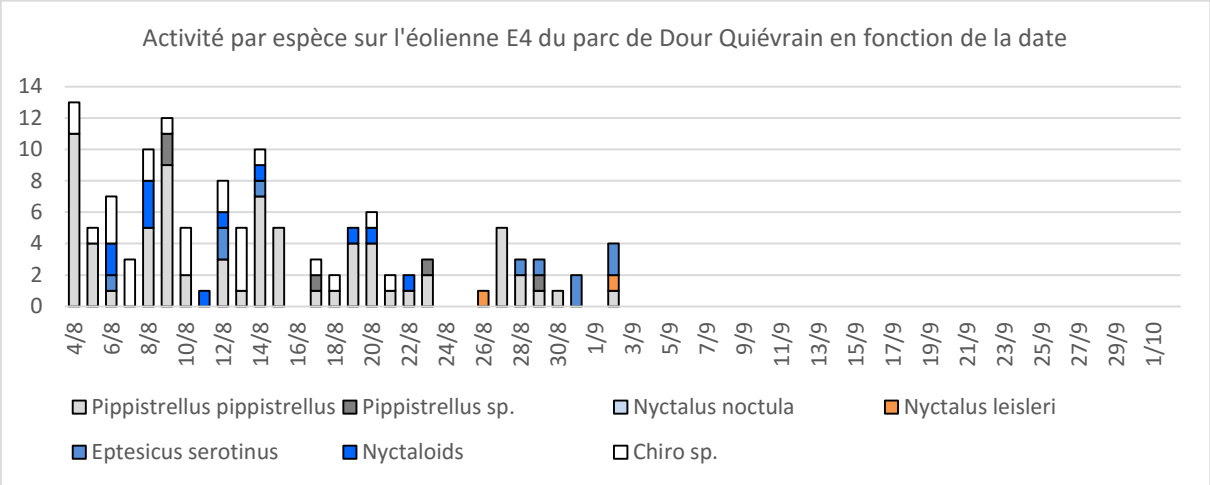


Figure 66 : Activité par espèces en fonction de la date (étude acoustique) sur l'éolienne E4 du parc de Beaumont Froidchapelle

Corrélation imagerie thermique / mortalité au sol

Cadavres retrouvés au sol et interactions observées entre les éoliennes et les chauves-souris sur les caméras thermiques

Avec l'aide des caméras, il est possible de corréler l'activité détectée en altitude avec les résultats du suivi de mortalité au sol. Les caméras ont été placées durant toute la durée de l'étude, sur l'éolienne E6 du parc de Beaumont Froidchapelle et l'éolienne E4 du parc de Frasnes-lez-Anvaing.

Parc / Eol	Rang	Nuit présumée de la mort	Caméras : Nombre de contacts détectés	Impact détecté par les caméras
Beaumont E6	4	29-août	>20	22h44

Tableau 41 : Croisement des informations fournies par les caméras thermiques et le nombre de cadavres retrouvés au sol sur l'éolienne de Beaumont-Froidchapelle

Le cadavre retrouvé au sol sous l'E6, a été découvert après une nuit pendant laquelle un grand nombre de chauves-souris a été détecté en altitude par caméra thermique. Le risque de confusion avec les insectes ne nous permet pas pour l'instant d'avancer un nombre de contacts fiable. Cependant, l'interaction d'une chauve-souris avec les pales de l'éolienne a bien été cernée à 22h44. Il est fort probable que cette interaction soit à l'origine du cadavre retrouvé au sol le lendemain (Tableau 41).

Aucun cadavre n'a été retrouvé sous l'éolienne E4 du parc de Frasnes-lez-Anvaing alors que les caméras thermiques ont détecté 7 cas possibles de mortalité. Cette absence de détection au sol s'explique en partie par la présence de broussailles qui ont gêné la prospection au sol.

Mortalité évaluée à partir de la mortalité constatée au sol et interactions observées entre les éoliennes et les chauves-souris sur les caméras thermiques

Le calcul de la mortalité estimée sous l'éolienne de E6 de Beaumont-Froidchapelle laisse penser que le fonctionnement de cette machine a tué entre 2 et 4 animaux au cours des trois mois d'étude. Le suivi par caméra thermique a identifié 7 interactions avec les pales de la machine pouvant avoir mis en danger la chauve-souris impliquée.

Le calcul de la mortalité estimée sous l'éolienne de E4 de Frasnes-lez-Anvaing laisse penser que le fonctionnement de cette machine a tué entre 0 et 9 animaux au cours des trois mois d'étude. Le suivi par caméra

thermique a identifié 6 interactions avec les pales de la machine pouvant avoir mis en danger la chauve-souris impliquée.

Cette différence peut s'expliquer de deux manières :

- L'interaction n'a pas induit de mortalité. L'animal est reparti indemne et ces interactions laissent la possibilité d'un apprentissage qui permettra au survivant d'éviter les éoliennes ;
- L'interaction à bien induit une mortalité, mais l'animal s'éloigne de la zone de prospection sans tomber dans l'aire suivie par les observateurs.

Parc	Eoliennes	Cadavres trouvés	Estimation mortalité réelle		Estimation mortalité par caméra thermique
			Bastos, 2013	Huso, 2010	
Beaumont	E6	1	4	2	7
	E7	1	11	3	-
	E9	1	6	4	-
Frasnes	E4	0	9	0	6

Tableau 42 : Croisement de la mortalité estimée au sol et de la mortalité estimée par caméra thermique sur les éoliennes E4 de Frasnes-lez-Anvaing et E6 de Beaumont Froidchapelle

III.7. Modalités de migration

Cinq espèces ont été contactées sur les sites étudiées, et trois d'entre elles sont identifiées comme migratrices : la Pipistrelle de Nathusius et les Noctules commune et de Leisler. Ces comportements migratoires rendent ces espèces particulièrement vulnérables en raison de l'effet cumulatif de mortalité induite par les éoliennes.

La Pipistrelle de Nathusius est une espèce typiquement migratrice. Elle effectue deux fois par an une migration sur de très longues distances (environ 1000 km). Les données obtenues par le baguage d'individus en Europe permettent d'identifier une migration selon un axe préférentiel sud-ouest/nord-est (Figure 67). En avril, la migration remonte du sud-ouest de l'Europe pour regagner les lieux de mis bas dans les états baltes et en Allemagne. En automne, elles rejoignent les sites d'hibernation situés jusqu'aux iles balkaniques, en Hollande, en Belgique, en Suisse et en France. Actuellement trois voies migratoires ont été identifiées :

- Un axe littoral longe la mer du Nord, la Manche, puis coupe à travers la Bretagne pour finir le long du littoral Atlantique ;
- Un axe continental suit les fleuves et les larges rivières, de la Meuse au Rhin, puis s'insère dans le sillon de la Saône et du Rhône jusqu'au bassin méditerranéen ;
- Un axe alpin franchit les cols suisses et français.

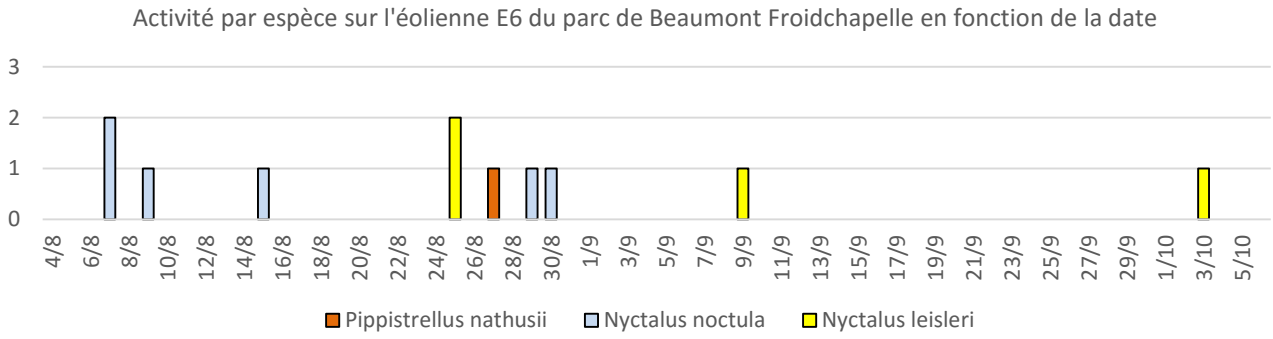
Un décalage annuel peut apparaitre dans les dates de migration en fonction des variations de température de fin d'hiver ou d'été.

Figure 67 : Distribution et migration de la Pipistrelle de Nathusius

La Noctule commune est une espèce capable d'accomplir de très longs parcours de plusieurs centaines de kilomètres avec un record de 1564 km. Les migrations se déroulent en deux temps et concernent les femelles : de mi-mars à mi-avril pour leur départ vers la Russie et les états baltes, puis du début septembre à la fin de l'automne pour le retour sur les lieux de pariade et d'hibernation en France. Au retour, elles sont accompagnées par les jeunes nés à l'est. La définition de véritables couloirs de migration n'a pas encore été démontrée pour cette espèce. La Noctule de Leisler est une espèce migratrice sur presque toute son aire de distribution. Elle accomplit de très longs déplacements, le record étant de 1567 km entre le nord de l'Allemagne et l'Espagne. Les déplacements migratoires se font deux fois par an sur un axe nord-est/sud-ouest, mais d'autres migrations ont été notées du nord vers le sud, entre la Russie et la Turquie. Les femelles sont principalement concernées, même si quelques males les suivent lors des départs printaniers, parfois sur plusieurs centaines de kilomètres jusqu'à leurs lieux de mise bas.

III.7.1. Parc éolien de Frasnes-lez-Anvaing

Deux contacts de Noctule commune ont été enregistrés le 30 et 31 aout. Deux contacts de Noctules de Leisler ont également été enregistrés le 26 aout, puis un autre le 10 septembre, et le dernier contact fut le 04 octobre.



Graphique 40 : Activité par espèce migratrice sur l'éolienne E4 du parc de Frasnes-lez-Anvaing en fonction de la date

Espèces	Date-Heure	Vent (m/s)	Temp (°C)
Noctule de Leisler	26/08/2015 18:50	5,8	25,1
Noctule de Leisler	26/08/2015 21:10	7,8	24,7
Pipistrelle de Nathusius	28/08/2015 21:20	1,04	19
Noctule commune	30/08/2015 22:00	4,9	29,1
Noctule commune	31/08/2015 03:50	2,0	24,8
Noctule de Leisler	10/09/2015 18:40	5,7	19,0
Noctule de Leisler	04/10/2015 01:30	1,1	16,0

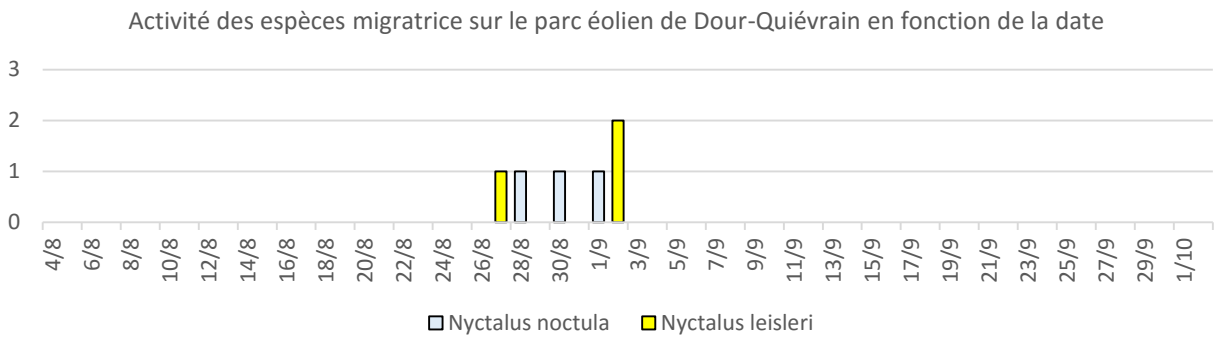
Tableau 43 : Caractéristiques des contacts d'espèces migratrices sur Frasnes-lez-Anvaing

Les températures, comprises entre 16 et 29°C, sont celles attendues pour de l'activité de chiroptères, cependant les vitesses de vent peuvent être plus élevées en migration comme c'est le cas dans le Tableau 43, avec un contact à une vitesse de vent supérieure de 7,8 m.s^{-1}.

III.7.2. Parc éolien de Dour Quiévrain

La Pipistrelle de Nathusius n'a pas été contactée sur les éoliennes E1 et E4 de Dour-Quiévrain.

Trois contacts de Noctule commune ont été enregistrés le 28, 30 aout et 1er septembre. Trois contacts de Noctules de Leisler encadrent chronologiquement les Noctules communes, ayant été enregistrés les 27 aout et 2 septembre.



Graphique 41 : Activité des espèces migratrices sur le parc de Dour-Quiévrain en fonction de la date

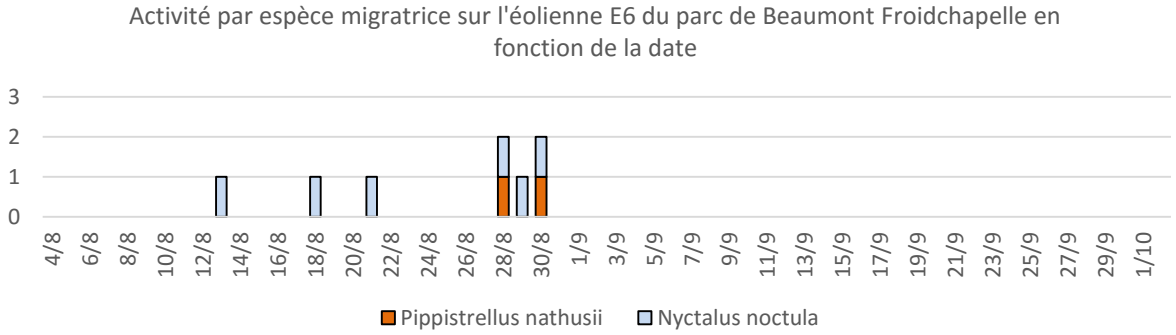
Il est possible que ce soient des individus migrateurs. Les températures, comprises entre 14 et 25°C, sont celles attendues pour de l'activité de chiroptères, cependant les vitesses de vent peuvent être plus élevées en migration comme c'est le cas dans le Tableau 44, avec un contact à une vitesse de vent de 9,6 m.s^{-1}.

Eol.	Espèces	Date-Heure	Vent (m/s)	Temp (°C)
E4	Noctule de Leisler	27/08/2015 04:50	3,8	18,9
E1	Noctule commune	28/08/2015 23:20	1,1	18,8
E1	Noctule commune	30/08/2015 01:50	3,3	23,0
E1	Noctule commune	01/09/2015 01:40	6,1	16,0
E1	Noctule de Leisler	02/09/2015 02:10	2,1	14,3
E1	Noctule de Leisler	02/09/2015 02:40	2,5	14,0

Tableau 44 : Caractéristiques des contacts d'espèces migratrices sur Dour-Quiévrain

III.7.3. Parc éolien de Beaumont Froidchapelle

Eolienne E6



Graphique 42 : Activité des espèces migratrices sur l'E6 de Beaumont Froidchapelle

La Pipistrelle de Nathusius a été contactée à 2 reprises sur l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle en période de migration, fin aout : les 29 et 31 aout. Les conditions de vent (environ 1,5 m.s^{-1}) et de température (entre 17 et 27°C) correspondant à celles attendues pour une forte activité de chiroptères (Tableau 45).

Espèces	Date-Heure	Vent (m/s)	Temp (°C)
Noctule commune	22/08/2015 21:50	5,3	25,0
Pipistrelle de Nathusius	29/08/2015 02:20	1,2	17,4
Noctule commune	29/08/2015 22:40	5,8	24,0
Noctule commune	30/08/2015 02:10	4,9	23,6
Noctule commune	31/08/2015 21:20	5,3	21,0
Pipistrelle de Nathusius	31/08/2015 02:40	1,8	26,7
Noctule commune	04/10/2015 18:40	4,1	17,0

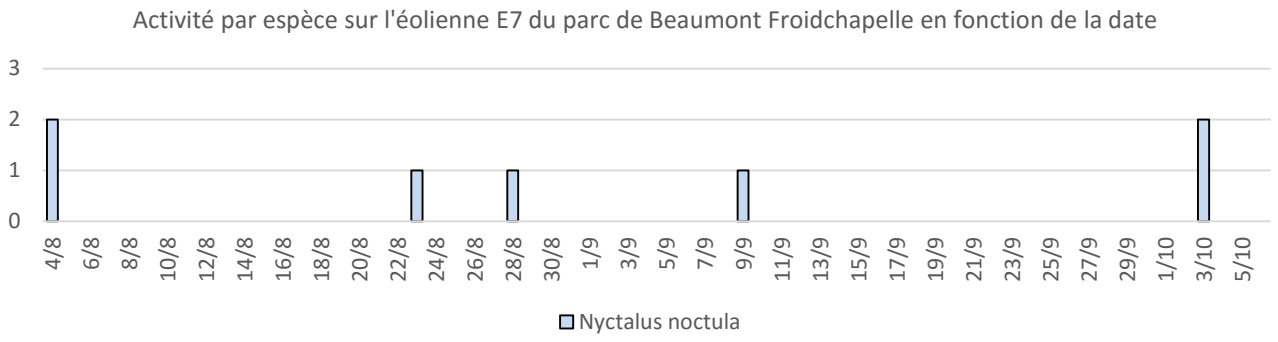
Tableau 45 : Caractéristiques des contacts d'espèces migratrices sur l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle

Cinq contacts de Noctule commune ont été enregistrés le 22, 29, 30, 31 aout et 4 octobre. Les températures (comprises entre 17 et 25°C), et les vitesses de vent (comprises entre 2 et 6 m.s^{-1}), sont celles attendues pour de l'activité de chiroptère.

Eolienne E7

Cinq contacts de Noctule commune ont été enregistrés le 24 et 29 aout, le 10 septembre, puis le 4 octobre.

Les températures (comprises entre 16 et 29°C), et les vitesses de vent (comprises entre 0 et 5,6 m.s^{-1}), sont celles attendues pour de l'activité de chiroptère.



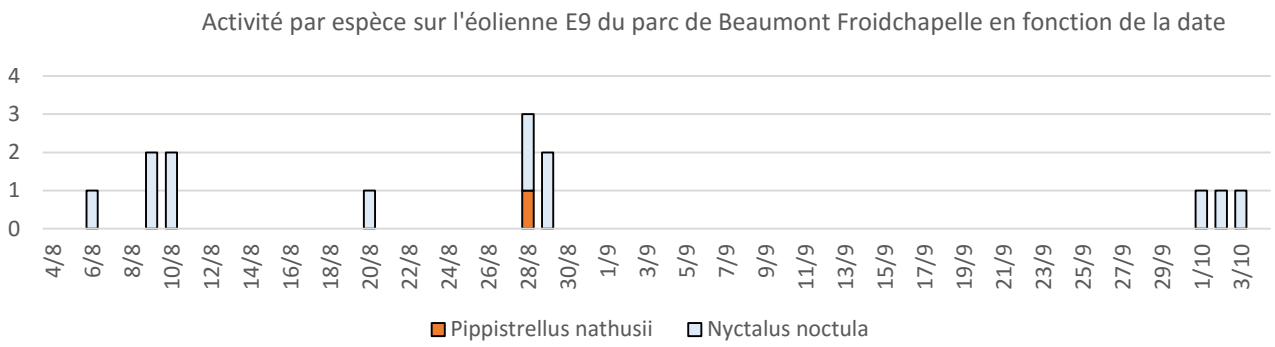
Graphique 43 : Activité des espèces migratrices sur l'E7 de Beaumont Froidchapelle

Espèces	Date-Heure	Vent (m/s)	Temp (°C)
Noctule commune	24/08/2015 04:10	5,6	16,8
Noctule commune	29/08/2015 18:40	0,2	29,4
Noctule commune	10/09/2015 20:00	5,5	18,6
Noctule commune	04/10/2015 01:40	0,7	16,0
Noctule commune	04/10/2015 01:50	0,0	16,0

Tableau 46 : Caractéristiques des contacts d'espèces migratrices sur l'éolienne E7 de Beaumont Froidchapelle

Eolienne E9

Huit contacts de Noctule commune ont été enregistrés le 21, 29, 30 aout, puis le 2, 3 et 4 octobre. Une pipistrelle de Nathusius a été contactée le 29/08.



Graphique 44 : Activité par espèce sur l'éolienne E9 du parc de Beaumont Froidchapelle en fonction de la date

Les températures (comprises entre 16 et 30°C), et les vitesses de vent (comprises entre 1 et 6 m.s^{-1}), sont celles attendues pour de l'activité de chiroptère.

Espèces	Date-Heure	Vent (m/s)	Temp (°C)
Noctule commune	21/08/2015 00:50	1,3	19,2
Pipistrelle de Nathusius	29/08/2015 22:00	5,85	24,73
Noctule commune	29/08/2015 03:20	1,1	17,0
Noctule commune	29/08/2015 22:30	6,0	24,0
Noctule commune	30/08/2015 00:30	6,0	23,5
Noctule commune	30/08/2015 18:50	2,6	30,0
Noctule commune	02/10/2015 17:30	5,4	18,8
Noctule commune	03/10/2015 19:30	4,5	18,0
Noctule commune	04/10/2015 00:50	1,7	16,0

Tableau 47 : Caractéristiques des contacts d'espèces migratrices sur l'éolienne E9 de Beaumont Froidchapelle

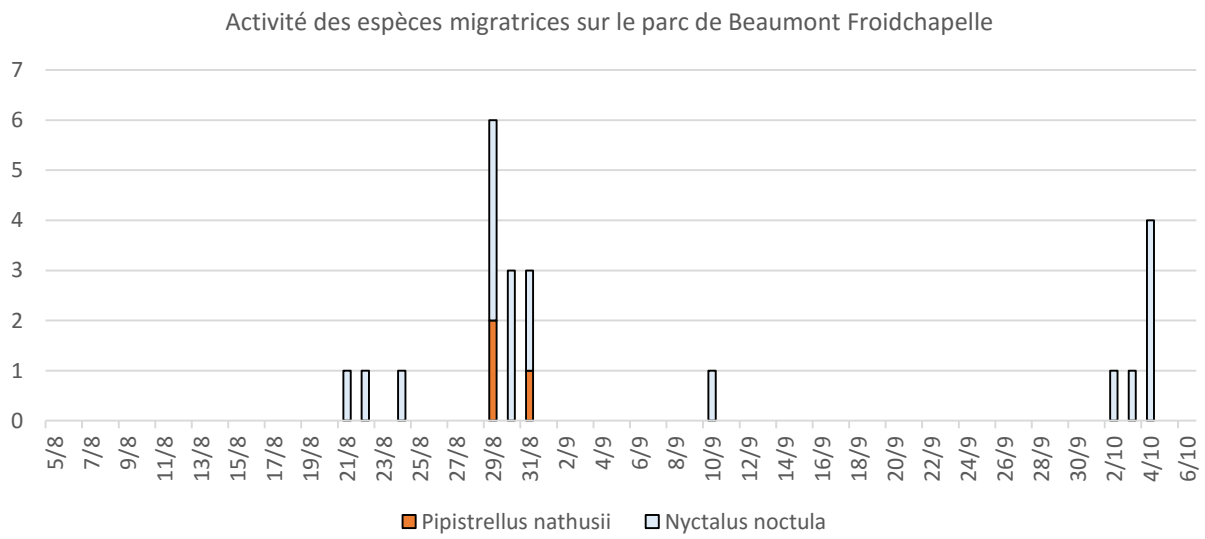
Synthèse de la migration sur le parc éolien de Beaumont Froidchapelle

Deux espèces migratrices ont été contactées avec certitude sur le parc éolien de Beaumont Froidchapelle :

- La Pipistrelle de Nathusius,
- La Noctule commune.

La Pipistrelle de Nathusius a été contactée uniquement sur les éoliennes E6 et E9, à 3 reprises, durant la dernière semaine d'aout. Les conditions de vent (entre 0 et 1,2 $m.s^{-1}$) et de température (entre 17 et 27°C) correspondant à celles attendues pour une forte activité de chiroptères.

Dix-neuf contacts de Noctule commune ont été enregistrés entre le 20 aout et le 4 octobre. Il est difficile de savoir si les contacts regroupés sur une nuit correspondent à un individu contacté plusieurs fois ou au passage d'un groupe en migration. L'activité se concentre sur la dernière semaine d'aout et la 1ere semaine d'octobre. Les températures (comprises entre 16 et 30°C), et les vitesses de vent (comprises entre 0 et 6 $m.s^{-1}$), sont celles attendues pour de l'activité de chiroptère.



Graphique 45 : Activité des espèces migratrices sur le parc de Beaumont Froidchapelle

III.8. Mortalité résiduelle

Il est possible de modéliser le fonctionnement des bridages en faveur des chiroptères, sur la base des données météorologiques et chiroptérologiques relevées pendant l'étude. Deux systèmes de régulation ont été modélisés ici :

- 1) Le bridage en fonction de seuils fixes des paramètres météorologiques, tel que le recommande le DEMNA : pour une vitesse de vent inférieur à 7 $m.s^{-1}$ et une température supérieure à 8°C, en l'absence de pluie, du lever au coucher du soleil ;
- Le bridage par ProBat, basé sur un calcul de risque prédictif en fonction des paramètres météorologiques et couplé à une détection en temps réel des chauves-souris à hauteur de nacelle.

ProBat étant paramétrable en fonction des objectifs visés, nous avons effectué deux modélisations différentes :

- 2) Une qui a pour objectif de réduire la mortalité de 90% des chauves-souris fréquentant le site,
- 3) L'autre qui a pour objectif d'obtenir la même mortalité que celle due au bridage en fonction des seuils recommandés par le DEMNA.

Les courbes de production de chacune des éoliennes étant connues, il a aussi été possible de modéliser les pertes de production dues à chacun de ces bridages sur les 3 mois d'études. La mortalité résiduelle correspond au nombre de chauves-souris actives détectées autour de l'éolienne, alors que les bridages n'ont pas émis d'ordre d'arrêt à l'éolienne.

III.8.1. Parc éolien de Frasnes-lez-Anvaing

En théorie, la régulation de l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing aurait impliqué :

- une baisse de mortalité de 98% pour une perte de production de 32,4%, par la régulation en fonction des seuils recommandés par le DEMNA,
- une baisse de mortalité de 98% pour une perte de production de 4,6%, par ProBat, objectif « mortalité résiduelle équivalente à celles du bridage par seuils »,
- une baisse de mortalité de 90% pour une perte de production de 4,6%, par ProBat, objectif « réduction de 90% de la mortalité ».

Frasnes E4 : 247 chiroptères contactés	Mortalité résiduelle	Perte de production
1) Bridage sur seuils	4	32,4 %
2) ProBat « Baisse de mortalité = seuils »	4	11,2 %
3) ProBat « 90% de baisse de mortalité »	24	4,6 %

Tableau 48 : Modélisation de la mortalité résiduelle et des pertes de production pour différents systèmes de bridage sur Frasnes-lez-Anvaing

Les 4 chiroptères concernés par la mortalité résiduelle du bridage par seuils et de (2) ProBat correspondent à des contacts enregistrés au mois d'aout et septembre (05/08, 12/08, 26/08 et 28/09) pour des vitesses de vent comprises entre 7 et 8 $m.s^{-1}$, pour des températures de 16°C à 26°C.

Les 24 chiroptères concernés par la mortalité résiduelle de (3) ProBat « objectif 90% de baisse de mortalité » correspondent à 21 contacts enregistrés au mois d'aout et 3 en septembre pour des vitesses de vent comprises entre 5,5 et 8 m.s-1, pour des températures de 16°C à 26°C.

III.8.2. Parc éolien de Dour Quiévrain

En théorie, la régulation de l'éolienne E1 de Dour Quiévrain aurait impliqué :

- une baisse de mortalité de 98,7% pour une perte de production de 23,8%, par la régulation en fonction des seuils recommandés par le DEMNA,

- une baisse de mortalité de 98,7% pour une perte de production de 12,2%, par ProBat, objectif « mortalité résiduelle équivalente à celles du bridage par seuils »,
- une baisse de mortalité de 90% pour une perte de production de 1,7%, par ProBat, objectif « réduction de 90% de la mortalité ».

Dour E1 : 157 chiroptères contactés	Mortalité résiduelle	Perte de production
1) Bridage sur seuils	2	23,8
2) ProBat « Baisse de mortalité = seuils »	2	12,2
3) ProBat « 90% de baisse de mortalité »	15	1,7

Tableau 49 : Modélisation de la mortalité résiduelle et des pertes de production pour différents systèmes de bridage sur l'E1 de Dour-Quiévrain

Les 2 chiroptères concernés par la mortalité résiduelle du bridage par seuils et de (2) ProBat correspondent à des contacts enregistrés au mois d'aout (12 et 27/08) pour des vitesses de vent de 7 et 9 m.s^{-1}, et pour des températures de 25°C et 20°C.

Les 15 chiroptères concernés par la mortalité résiduelle de (3) ProBat « objectif 90% de baisse de mortalité » correspondent à 13 contacts enregistrés au mois d'aout et 2 en septembre pour des vitesses de vent comprises entre 5 et 9 m.s-1, pour des températures de 16°C à 28°C.

La régulation de l'éolienne E4 de Dour Quiévrain aurait impliqué :

- une baisse de mortalité de 95,5% pour une perte de production de 23,7%, par la régulation en fonction des seuils recommandés par le DEMNA,
- une baisse de mortalité de 95,5% pour une perte de production de 11,2%, par ProBat, objectif « mortalité résiduelle équivalente à celles du bridage par seuils »,
- une baisse de mortalité de 90% pour une perte de production de 6,5%, par ProBat, objectif « réduction de 90% de la mortalité ».

Dour E4 : 127 chiroptères contactés	Mortalité résiduelle	Perte de production
1) Bridage sur seuils	7	23,7
2) ProBat « Baisse de mortalité = seuils »	7	11,2
3) ProBat « 90% de baisse de mortalité »	12	6,5

Tableau 50 : Modélisation de la mortalité résiduelle et des pertes de production pour différents systèmes de bridage sur l'E4 de Dour-Quiévrain

Les 7 chiroptères concernés par la mortalité résiduelle du bridage par seuils et de (2) ProBat correspondent à des contacts enregistrés au mois d'aout (05, 06, 08, 09, 12 et 14/08) pour des vitesses de vent comprises entre 1 et 7 m.s-1, pour des températures de 19°C à 24°C. Cinq de ces mortalités résiduelles auraient lieu en soirée aux alentours de 19h00.

Les 12 contacts concernés par la mortalité résiduelle de (3) ProBat « objectif 90% de baisse de mortalité » sont enregistrés au mois d'aout (05, 06, 08, 09, 12, 14, 20 et 27/08) pour des vitesses de vent comprises entre 1 et 7 m.s-1, pour des températures de 18°C à 24°C. Cinq de ces mortalités résiduelles auraient aussi lieu en soirée aux alentours de 19h00.

En pratique, la mort de la Noctule de Leisler du 03/09 aurait été évitée sur ce parc : chacun des 3 bridages étaient en état d'alerte durant la nuit du 2 au 3 septembre. Ils imposaient un arrêt à l'éolienne de 19h à 5 h du matin, les conditions météorologiques réunies favorisant l'activité des chauves-souris (température entre 12°C et 15°C environ, vitesse de vent inférieur à 4 m.s^{-1}). Suite à la descente de température à 12°C, à 2h20 du matin, ProBat aurait lancé un démarrage d'éolienne qui ne durerait que 10 minutes (Annexe 3).

III.8.3. Parc éolien de Beaumont Froidchapelle

Eolienne E6

En théorie, la régulation de l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle aurait impliqué :

- une baisse de mortalité de 97,4% pour une perte de production de 24,3%, par la régulation en fonction des seuils recommandés par le DEMNA,
- une baisse de mortalité de 97,4% pour une perte de production de 12,8%, par ProBat, objectif « mortalité résiduelle équivalente à celles du bridage par seuils »,
- une baisse de mortalité de 90,7% pour une perte de production de 2,3%, par ProBat, objectif « réduction de 90% de la mortalité ».

Beaumont E6 : 200 contacts	Mortalité résiduelle	Perte de production
1) Bridage sur seuils	5	24,3 %
2) ProBat « Baisse de mortalité = seuils »	5	12,8 %
3) ProBat « 90% de baisse de mortalité »	20	2,3 %

Tableau 51 : Modélisation de la mortalité résiduelle et des pertes de production pour différents systèmes de bridage sur l'E6 de Beaumont Froidchapelle

Les 5 contacts concernés par la mortalité résiduelle du bridage par seuils et de (2) ProBat correspondent à des contacts enregistrés au mois d'aout (14, 16 et 26/08) pour des vitesses de vent comprises entre 7,3 et 9,6 m.s-1, pour des températures de 16°C à 25°C.

Les 20 contacts concernés par la mortalité résiduelle de (3) ProBat « objectif 90% de baisse de mortalité » sont enregistrés principalement enregistrés au mois d'aout (05, 06, 08, 13, 14, 16, 19, 20 et 26/08) et 2 contacts en septembre (le 09 et le 29/09). Les vitesses de vent correspondantes sont comprises entre 5,5 et 9,6 m.s-1, pour des températures de 16°C à 28°C.

La mort de la Sérotine commune retrouvée sous l'éolienne E6, le 30/08 aurait pu être évité par régulation : chacun des 3 bridages étaient en état d'alerte pour durant la nuit du 29 au 30 aout et imposaient un arrêt à l'éolienne. Les conditions métrologiques sont réunies en début de nuit pour une forte activité de chauves-souris (température d'environ 25°C, vitesse de vent comprise entre 0 et 5 $m.s^{-1}$), et les 3 bridages envoient alors un ordre d'arrêt. Puis au cours de la nuit, la vitesse de vent augmente, atteint 6 $m.s^{-1}$ à 23h20, redescend à 2 $m.s^{-1}$ à 1h du matin, puis ré-augmente à 7 $m.s^{-1}$ aux alentours de 4h du matin, pour diminuer de nouveau en fin de nuit. ProBat « objectif 90% » déclenche alors un redémarrage, le vent ayant forci, et aucun chiroptère n'ayant été contacté. Dès qu'un contact de chauve-souris a lieu, vers 22h20, puis vers 22h40, un arrêt est imposé. Les détails des arrêts sont en Annexe III.

Eolienne E7

La régulation de l'éolienne E7 de Beaumont Froidchapelle aurait impliqué :

- une baisse de mortalité de 98,4% pour une perte de production de 23,8%, par la régulation en fonction des seuils recommandés par le DEMNA,
- une baisse de mortalité de 99,2% pour une perte de production de 6%, par ProBat, objectif « mortalité résiduelle équivalente à celles du bridage par seuils »,
- une baisse de mortalité de 90,3% pour une perte de production de 2,4%, par ProBat, objectif « réduction de % de la mortalité ».

Beaumont E6 : 123 chiroptères contactés	Mortalité résiduelle	Perte de production
1) Bridage sur seuils	2	23,8 %
2) ProBat « Baisse de mortalité = seuils »	1	6,0 %
3) ProBat « 90% de baisse de mortalité »	12	2,4 %

Tableau 52 : Modélisation de la mortalité résiduelle et des pertes de production pour différents systèmes de bridage sur l'E7 de Beaumont Froidchapelle

Le contact de chiroptère concerné par la mortalité résiduelle du bridage par seuils et de (2) ProBat a été enregistrés le 12 aout pour une vitesse de vent de 7 m.s-1, pour une température de 25°C.

Les 12 contacts concernés par la mortalité résiduelle de (3) ProBat « objectif 90% de baisse de mortalité » sont enregistrés principalement enregistrés au mois d'aout (05, 06, 07, 09, 12, 19, 20 et 24/08) avec un contact le 10 septembre. Les vitesses de vent correspondantes sont comprises entre 5,5 et 7 m.s-1, pour des températures de 16°C à 30°C.

En pratique, la mort de la Pipistrelle commune retrouvée sous l'éolienne E7 le 12/08 aurait pu être évitée. Les 3 bridages étaient en état d'alerte durant les 2 nuits précédant sa mort. La nuit du 10 au 11 aout, les 3 bridages imposaient un arrêt à partir de 19h10 jusqu'à 4h40 du matin, toutes les conditions météorologiques étant réunies pour une forte activité de chiroptères.

Durant la nuit du 11 au 12 aout, le bridage par seuils et (2) ProBat sont en alerte toute la nuit. ProBat « objectif 90 % de la mortalité » n'envoie pas de signal d'arrêt à l'éolienne, les vitesses de vent étant comprises entre 5 et 7 m.s^{-1}. Puis, il déclenche l'arrêt de l'éolienne à 2h du matin, la vitesse de vent diminuant. Pour le contact de chiroptère à 3h10, l'éolienne est bien arrêtée selon les 3 bridages. Les détails des arrêts sont en Annexe III.

Eolienne E9

La régulation de l'éolienne E9 de Beaumont Froidchapelle aurait impliqué :

- une baisse de mortalité de 92,3% pour une perte de production de 23,8%, par la régulation en fonction des seuils recommandés par le DEMNA,
- une baisse de mortalité de 92,3% pour une perte de production de 5%, par ProBat, objectif « mortalité résiduelle équivalente à celles du bridage par seuils »,
- une baisse de mortalité de 90% pour une perte de production de 3,3%, par ProBat, objectif « réduction de 90% de la mortalité ».

Beaumont E9 : 143 chiroptères contactés	Mortalité résiduelle	Perte de production
1) Bridage sur seuils	11	23,8 %
2) ProBat « Baisse de mortalité = seuils »	11	5 %
3) ProBat « 90% de baisse de mortalité »	14	3,3 %

Tableau 53 : Modélisation de la mortalité résiduelle et des pertes de production pour différents systèmes de bridage sur l'E9 de Beaumont Froidchapelle

Les 11 chiroptères concernés par la mortalité résiduelle du bridage par seuils et de (2) ProBat correspondent à des contacts enregistrés au mois d'aout (07, 08, 10, 12, 14 et 16/08) pour des vitesses de vent comprises entre 3,7 et 7,5 m.s-1, pour une température de 16 à 23°C. Six de ces contacts sont enregistrés à l'aube (aux alentours de 5h30 du matin).

Les 14 chiroptères concernés par la mortalité résiduelle de (3) ProBat « objectif 90% de baisse de mortalité » correspondent à 14 contacts enregistrés au mois d'aout (06, 07 ,08, 12, 13, 14, 16, 20, 29 et 30/08) pour des vitesses de vent comprises entre 3,5 et 7 m.s-1, pour des températures de 16°C à 24°C.

En pratique, la mort de la Sérotine commune retrouvée sous l'éolienne E9 le 12/08 aurait pu être évitée. Les 3 bridages étaient en état d'alerte durant les 2 nuits précédant sa mort. La nuit du 10 au 11 aout, les bridages par

seuils et ProBat imposaient un arrêt à partir de 19h10 jusqu'à 4h40 du matin, toutes les conditions météorologiques étant réunies pour une forte activité de chiroptères.

La nuit du 11 au 12 aout, la température est d'environ 20°C, mais la vitesse de vent fluctue entre 5 et 7,5 $m.s^{-1}$: seul ProBat « objectif 90% de perte de mortalité » laisse fonctionner l'éolienne en début de nuit, puis lance un ordre d'arrêt lorsque la vitesse de vent diminue entre 2h30 et 3h30. Un redémarrage est ensuite lancé, jusqu'au contact de chiroptère à 4h du matin, qui est bien pris en compte. Les détails des arrêts sont en Annexe III.

III.9. Synthèse des informations collectées sur l'ensemble des parcs

III.9.1. Inter comparabilité des parcs

Les machines suivies sur les 3 parcs éoliens ne présentent pas de différence significative quant à la hauteur du bas de pale par rapport au sol (50 mètres en moyenne).

Les éoliennes de Dour-Quiévrain et les éoliennes E7 et E9 de Beaumont Froidchapelle peuvent être comparées de par leur situation dans le même milieu ouvert de type « agricole ». Les éoliennes E6 de Beaumont Froidchapelle et E4 de Frasnes-lez-Anvaing, toutes deux proches d'une lisière forestière et d'un plan d'eau peuvent être comparées.

Suivi de mortalité au sol

Le suivi de mortalité au sol s'est déroulé du 6 aout au 24 octobre. Durant ces 83 nuits de suivis, cinq cadavres ont été trouvés. Quatre cadavres ont été trouvés sous les éoliennes de Beaumont Froidchapelle. :

- Sous l'éolienne E6, le 29/08/2015, un cadavre de Sérotine commune,
- Sous l'éolienne E7, le 12/08/2015, un cadavre de Pipistrelle commune,
- Sous l'éolienne E9, le 6/08/2015, un cadavre de Pipistrelle commune, et le 12/08/2015, un cadavre de Sérotine commune.

Le cadavre retrouvé sous l'éolienne du parc de Dour-Quiévrain, le 04/09/2015, est une Noctule de Leisler.

Parcs	Eol.	Persistance moyenne du cadavre	Efficacité de l'observateur	Cadavre trouvé	Estimation mortalité réelle	
					Bastos, 2013	Huso, 2010
Dour- Quiévrain	E1	4,4	0,43	0	4	0
	E4	2,2	0,29	1	14	3
Beaumont Froidchapelle	E7	3,6	0,32	1	11	3
	E9	2,8	0,57	2	8	4

Tableau 54 : Comparaison de la mortalité estimée et des biais sur Dour-Quiévrain et sur E7 et E9 de Beaumont Froidchapelle

Sous les éoliennes de Dour-Quiévrain et les éoliennes E7 et E9 de Beaumont Froidchapelle, l'efficacité de l'observateur est très variable (de 0,29 à 0,57). Elle dépend de la culture mise en place sur ces grandes parcelles. La persistance moyenne d'un cadavre varie elle aussi beaucoup, de 2,2 jours, à 4,4 jours.

Le nombre de cadavre trouvé est faible (de 0 à 2 individus), la mortalité estimée varie en moyenne de 2,5 (Huso, 2010) à 9 (Bastos *et al.,* 2013) individus impactés en théorie.

Parcs	Eol.	Persistance moyenne du cadavre	Efficacité de l'observateur	Cadavre trouvé	Estimation mortalité réelle	
					Bastos, 2013	Huso, 2010
Frasnes-lez-Anvaing	E4	2,6	0,25	0	9	0
Beaumont Froidchapelle	E6	3,6	0,95	1	4	2

Tableau 55 : Comparaison de la mortalité estimée et des biais sur Frasnes-lez-Anvaing et sur E6 de Beaumont Froidchapelle

Sous les éoliennes E6 de Beaumont Froidchapelle et E4 de Frasnes-lez-Anvaing, l'efficacité de l'observateur est très variable (de 0,25 à 0,95), la pâture à chevaux à Frasnes-lez-Anvaing étant bien plus fournie que la pâture à bovins de Beaumont Froidchapelle. La persistance moyenne d'un cadavre varie elle aussi de 2,6 jours, à 3,6 jours.

Le nombre de cadavre trouvé est faible (de 0 à 1 individus), la mortalité estimée en moyenne varie de 1 (Huso, 2010) à 6 (Bastos *et al.,* 2013) individus impactés en théorie.

Suivi de l'activité acoustique

Cette étude a permis de réaliser une avancée dans la connaissance du comportement des chiroptères en fonction des conditions météorologiques et des cycles annuels sur les trois sites étudiés.

Les enregistrements ont donné lieu à l'identification de 7 espèces ou groupes d'espèces (Tableau 56).

Espèces	**% de contacts corrigés**					
	Frasnes E4	Beaumont E6	Dour E1	Dour E4	Beaumont E7	Beaumont E9
Pipistrellus pipistrellus	76,5%	69,48%	72,7%	60,7%	72,8%	69,98%
Pipistrellus nathusii	0,4%	1,02%	0,0%	0,0%	0,0%	0,67%
Pipistrellus sp.	3,4%	3,97%	2,9%	4,2%	6,5%	5,56%
Nyctalus noctula	0,8%	3,49%	2,2%	0,0%	2,5%	9,78%
Nyctalus leisleri	0,6%	0,00%	0,5%	0,6%	0,0%	0,00%
Eptesicus serotinus	7,0%	1,02%	2,5%	7,1%	0,8%	1,43%
Nyctaloids	5,5%	9,99%	1,3%	6,4%	0,3%	7,67%
TOTAL Contacts bruts	**247**	**200**	**130**	**127**	**127**	**143**

Tableau 56 : Comparaison du nombre de contacts par espèces et par éolienne

Le nombre de contacts bruts entre les éoliennes E1 et E4 de Dour-Quiévrain, et E7 et E9 de Beaumont Froidchapelle, toutes en milieu ouvert agricole, est similaire, avec une moyenne de 132 contacts par éolienne suivie. L'activité constatée sur les 3 sites étudiés concentre essentiellement des pipistrelles communes pour plus de 2/3 des contacts. La Pipistrelle de Nathusius n'a été contactée que sous les éoliennes E6 et E9 de Beaumont Froidchapelle et E4 de Frasnes-lez-Anvaing, se situant près de lisières et de plans d'eau. Cette espèce n'a pas été contactée sur Dour-Quiévrain à l'inverse de la Noctule de Leisler, qui a été contactée sur les 2 éoliennes, ainsi que sur l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing.

La Noctule commune est présente sous toutes les éoliennes, sauf sous l'E4 de Dour-Quiévrain. Elle est bien présente sur le parc éolien de Beaumont Froidchapelle. La Sérotine commune a été contactée sous toutes les éoliennes, avec une plus forte présence sous l'E4 de Frasnes-lez-Anvaing et l'E4 de Dour-Quiévrain.

L'activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent présente une tendance commune pour les trois sites étudiés. La majorité des contacts sont enregistrés pour des vitesses de vent comprises entre 0 et 4,5 $m.s^{-1}$, avec un pic d'activité pour les vitesses de vent comprises entre 2 et 3,5 $m.s^{-1}$. L'augmentation de la vitesse du vent limite fortement l'activité des animaux en altitude : 90% de l'activité des chiroptères se situe en-dessous de 10 $m.s^{-1}$, avec une décroissance exponentielle au-delà de 7 $m.s^{-1}$.

Un regain d'activité, correspondant à des vitesses de vent de 7,5 à 10 $m.s^{-1}$, est dû à des contacts appartenant au groupe « Noctule », enregistré sous les éoliennes E4 de Frasnes-lez-Anvaing, E6 de Beaumont Froidchapelle et E1 de Dour-Quiévrain.

Un effet positif de la température est noté sur les 3 sites, avec pour l'ensemble des espèces, un net seuil à 15°C, en-deçà duquel l'activité est très faible. Les faibles températures sont donc limitantes de façon générale pour l'activité puisqu'aucun contact n'a été enregistré pour des températures inférieures à 12°C. Ensuite, La répartition est très inégale, sans tendance particulière, jusqu'à enregistrer des contacts pour des températures de 30°C environ. Plus de 50% des contacts sont enregistrés lorsque la température est comprise entre 16 et 21°C.

La phénologie saisonnière montre une activité bien présente dès le début de notre étude, sur les 3 sites, le 4 aout. Un pic d'activité se détache entre le 8 et le 15 aout sur les éoliennes E7 et E9 de Beaumont Froidchapelle et sur Dour-Quiévrain. A partir de cette période, l'activité diminue régulièrement, et devient nulle au 5 septembre, jusqu'à la fin de l'étude sur Dour-Quiévrain. Un regain d'activité de Noctules communes, aux alentours du 3 octobre, est enregistrée sur les éoliennes E7 et E9 de Beaumont Froidchapelle puis l'activité devient nulle au-delà du 10 octobre.

Sur les éoliennes E4 de Frasnes-lez-Anvaing, et E6 de Beaumont Froidchapelle, l'activité s'étend du 4 aout au 10 octobre. L'activité reste à son maximum durant 5 semaines sur l'E6 de Beaumont Froidchapelle. Ensuite l'activité diminue peu à peu jusqu'à être très faible aux alentours du 5 septembre, puis nulle après le 12 septembre. Une activité de Pipistrelles de Nathusius est enregistrée aux alentours du 29 aout sur l'E6 et l'E9 de Beaumont Froidchapelle, en même temps qu'un passage de Noctules communes. Un regain d'activité de Pipistrelles communes, aux alentours du 19 septembre et du 3 octobre, est enregistrée puis l'activité devient nulle au-delà du 10 octobre.

Trajectographie acoustique

Les éoliennes E4 de Frasnes-lez-Anvaing et E6 de Beaumont Froidchapelle enregistrent un plus grand nombre de trajectoires par rapport aux autre éoliennes étudiées : respectivement, 43 et 35 trajectoires, alors que l'E1 et l'E4 de Dour-Quiévrain et l'E7 et l'E9 de Beaumont Froidchapelle comptabilisent 100 trajectoires en tout.

Le nombre de trajectoires est le plus important lors de vitesses de vent comprises entre 0,5 et 3,5 $m.s^{-1}$. Au-delà de 5 $m.s^{-1}$, aucune trajectoire n'a pu être analysée à cause de nombreux parasitages captés par les microphones. Ces parasitages peuvent relever du bruit des vibrations de l'éolienne, du sifflement du vent, ou des turbulences derrière les pales.

Les trajectoires ultrasonores enregistrées sont particulièrement concentrées autour du rotor et du mât. L'attractivité de chacune des infrastructures est ici mise en évidence. Ce phénomène est moins présent sur l'E9 de Beaumont Froid chapelle, par rapport aux autres éoliennes du même parc. Cette concentration d'activité n'est pas dû à un biais de détection des microphones omnidirectionnels. Si cela avait été le cas, alors les trajectoires se seraient concentrées à l'arrière et en-dessous de la nacelle, dans le sens de détection des microphones. Or, sur l'éolienne E7 de Beaumont Froidchapelle, des trajectoires ont été enregistrées également au-dessus de la nacelle et aucune baisse de détection des trajectoires n'est notée en dessous du rotor.

Une baisse de détection des trajectoires est notée entre 0 et 10 mètres en dessous du rotor : il est possible que les animaux sous la nacelle soient dans une zone d'ombre, dans laquelle les trajectoires ne sont pas bien détectées.

Modalités de migration

Les contacts de Pipistrelle de Nathusius sont concentrés sur l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing avant la période de migration. Cette espèce a ensuite été contactée sur Beaumont Froidchapelle, durant la dernière semaine d'aout, uniquement sur l'éolienne E6. Les conditions de vent (entre 0 et 1,2 $m.s^{-1}$) et de température (entre 17 et 27°C) correspondent à celles attendues pour une forte activité de chiroptères. La Pipistrelle de Nathusius n'a pas été contactée sur les éoliennes E1 et E4 de Dour-Quiévrain.

Les contacts de Noctule commune sont concentrés sur la dernière semaine d'aout sur les 3 parcs éoliens (du 21 aout au 1er septembre). Un passage est également noté durant la 1ere semaine d'octobre sur le parc de Beaumont Froidchapelle. Les températures (comprises entre 16 et 30°C), et les vitesses de vent (comprises entre 0 et 6 $m.s^{-1}$), sont celles attendues pour de l'activité de chiroptères.

Les contacts de Noctule de Leisler se concentrent sur la dernière semaine d'aout et la 1ere de septembre, puis deux contacts ont été enregistrés le 10 septembre et le 4 octobre. Les températures, comprises entre 14 et 29°C, sont celles attendues pour de l'activité de chiroptères, cependant les vitesses de vent peuvent être plus élevées en migration : deux contacts ont été enregistrés alors que les vitesses de vent étaient de 8 et 9,6 $m.s^{-1}$. La Noctule de Leisler n'a pas été contactée sur le parc de Beaumont Froidchapelle.

Mortalité résiduelle

Frasnes-lez-Anvaing	Mortalité résid. (nombre morts)	Mortalité résid. (% des contacts)	Perte de prod.
247 contacts	E4		
1) Bridage sur seuils	4	1,6%	32,4%
2) ProBat « Baisse de mortalité = seuils »	4	1,6%	11,2%
3) ProBat « 90% de baisse de mortalité »	24	9,7%	4,6%

Dour-Quiévrain	Mortalité résid. (nombre morts)	Mortalité résid. (% des contacts)	Perte de prod.	Mortalité résid. (nombre morts)	Mortalité résid. (% des contacts)	Perte de prod.	Mortalité résid. (nombre morts)	Mortalité résid. (% des contacts)	Perte de prod.
284 contacts	E1 - 157 contacts			E4 - 127 contacts			Moyenne		
1)Bridage sur seuils	2	1,3%	23,8%	7	5,5%	23,7%	5	4,2%	24%
2) ProBat « Baisse de mortalité = seuils »	2	1,3%	12,2%	7	5,5%	11,2%	5	4,2%	12%
3) ProBat « 90% de baisse de mortalité »	15	9,6%	1,7%	12	9,4%	6,5%	14	9,2%	4%

Beaumont Froidchapelle 466 contacts	Mortalité résid. (nombre morts)	Mortalité résid. (% des contacts)	Perte de prod.	Mortalité résid. (nombre morts)	Mortalité résid. (% des contacts)	Perte de prod.	Mortalité résid. (nombre morts)	Mortalité résid. (% des contacts)	Perte de prod.	Mortalité résid.	Perte de prod.
	E6 - 200 contacts			E7 - 123 contacts			E9 - 143 contacts			Moyenne	
1) Bridage sur seuils	5	2,5%	24,3%	2	1,6%	23,8%	11	8%	23,8%	3,9%	24%
2) ProBat « Baisse de mortalité = seuils »	5	2,5%	12,8%	1	0,8%	6,0%	11	8%	5,0%	3,6%	8%
3) ProBat « 90% de baisse de mortalité »	19	9,5%	2,3%	12	9,8%	2,0%	14	10%	3,3%	9,7%	3%

Tableau 57 : Comparaison de la mortalité résiduelle et des pertes de production en fonction de différents bridages appliqués aux éoliennes

Les 31 contacts de chiroptères concernés par la mortalité résiduelle du bridage par seuils et de (2) ProBat correspondent à des contacts enregistrés au mois d'aout et 1 en septembre, pour des vitesses de vent généralement comprises entre 7 et 9,6 m.s^{-1}, pour des températures de 16°C à 28°C.

Les 97 contacts de chiroptères concernés par la mortalité résiduelle de (3) ProBat « objectif 90% de baisse de mortalité » correspondent à des contacts principalement enregistrés au mois d'aout et quelques-uns en septembre, pour des vitesses de vent comprises entre 5 et 9,6 m.s-1, pour des températures de 16°C à 30°C.

Une exception est à noter pour les 3 bridages sur l'éolienne 4 de Dour-Quiévrain : 5 des cas de mortalité résiduelle sont dues à des sorties prématurés de chiroptères vers 19h. Ces cas de mortalité ont alors lieu pour des vitesses de vent faibles, de 1 à 7 m.s^{-1}.

Les pertes de production attendues en moyenne pour chacun des bridages sont de :

- 26,7% pour une baisse de mortalité de 96,9%, par la régulation en fonction des seuils recommandés par le DEMNA,
- 10,3% pour une baisse de mortalité de 97% par ProBat, objectif « mortalité résiduelle équivalente à celles du bridage par seuils »,
- 3,8% pour une baisse de mortalité de 90,3% par ProBat, objectif « réduction de 90% de la mortalité ».

Ces pertes de production peuvent ensuite être pondérées sur l'année afin d'obtenir des pertes de production annuelle plus faible, aucun arrêt n'étant déclenché pendant l'hiver.

III.9.2. Résultats semblables

Suivi de mortalité au sol

Le temps de séjour moyen d'un cadavre (T_m) varie d'une éolienne à l'autre sans afficher une tendance particulière (Tableau 58). Au sein du même parc, dans un même milieu, cette valeur peut doubler, comme à Dour-Quiévrain, où le temps de persistance est de 2 jours pour l'éolienne E1 et de 4,4 jours pour l'éolienne E4.

Il en est de même pour le taux de persistance journalière moyen d'un cadavre, pour lequel les valeurs varient de 0% à 45% entre les éoliennes, et de 0% à 40% pour les éoliennes E1 et E4 de Dour.

Eoliennes	T_m	S
F E4	2,6	20%
D E1	4,4	40%
D E4	2	0%
Moy. Dour	**3,14**	**45%**
B E6	5	45%
B E7	3,6	36%
B E9	2,8	9%
Moy. Beaumont	**3,8**	**30%**

T_m =	Temps de séjour moyen d'un cadavre
S =	Taux de persistance journalière moyen d'un cadavre

Tableau 58 : Comparaison des temps de séjour et taux de persistance moyen d'un cadavre entre les éoliennes étudiées

Eoliennes		Test 1	Test 2	Moyenne par éolienne	Moyenne par parc
Frasnes	**E4**	50%	0%	**25%**	
Dour	**E1**	60%	25%	**43%**	**35,6%**
	E4	20%	37,50%	**29%**	
Beaumont	**E6**	91%	100%	**96%**	**61,3%**
	E7	27%	36,40%	**32%**	
	E9	64%	50,00%	**57%**	

Tableau 59 : Comparaison de l'efficacité de l'observateur entre les éoliennes étudiées

L'efficacité de l'observateur varie également d'une éolienne à l'autre, sans afficher de tendance particulière. Sous les éoliennes E1 et E4 de Dour-Quiévrain, où le milieu est le même, l'efficacité varie en moyenne de 29 à 43%, sans raison particulière, en passant par les valeurs de 20% à 60%.

Eoliennes		Cadavre trouvé	Estimation mortalité réelle		Moyenne par parc	
			Bastos, 2013	Huso, 2010	Bastos, 2013	Huso, 2010
Frasnes	E4	0	9	0	9	0
Dour-Quiévrain	E1	0	4	0	9	1,5
	E4	1	14	3		
Beaumont Froidchapelle	E6	1	4	2	7,7	3
	E7	1	11	3		
	E9	2	8	4		

Eol.	Moyenne par milieux	
	Bastos, 2013	Huso, 2010
F E4	6,5	1
B E6		
D E1	9,25	2,5
D E4		
B E7		
B E9		

Tableau 60 : Comparaison de la mortalité estimée sur les éoliennes étudiées

Les éoliennes E7 et E9 de Beaumont Froidchapelle et E1 et E4 Dour-Quiévrain se trouvent dans un milieu ouvert de type « agricole ». D'après Rydell *et al.* (2010), des éoliennes implantées dans ce type de milieu tueraient en moyenne de 2 à 5 chiroptères par éolienne et par an.

Le nombre de cadavres retrouvés sur ces deux parcs est très inférieurs aux chiffres avancés ci-dessus. Cependant, avec les estimations effectuées par les formules d'Huso (2010) et Bastos et *al. (*2013), la mortalité moyenne estimée, pour les 3 mois d'étude, pour les éoliennes de Beaumont Froidchapelle est comprise entre 3,5 et 8,5 individus par éolienne, et pour le parc de Dour-Quiévrain, entre 1,5 et 9 individus par éolienne (Tableau 60). La mortalité estimée sur ces deux parcs est alors supérieure à la mortalité avancée par Rydell *et al*. (2010).

L'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing et l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle sont proches d'une lisière forestière, et d'un plan d'eau. Les mortalités estimées par la formule de Bastos *et al.* (2013) sont respectivement de 9 et 4 individus impactés, pour une moyenne de 1 (Huso, 2010) à 6,5 (Bastos *et al.*, 2013) individus impactés. Cette moyenne est légèrement supérieure aux chiffres avancés par Rydell *et al.* (2010) pour ce type de milieu (2 à 5 individus impactés).

Activité acoustique

La Pipistrelle commune représente en moyenne 2/3 des contacts sur tous les sites étudiés. En moyenne 132 contacts de chiroptères ont été enregistrés sous les éoliennes en milieu ouvert agricole, et 223 contacts pour les éoliennes en milieu plus hétérogènes. La Pipistrelle de Nathusius n'a été contactée que sous les éoliennes proches de lisières et de plans d'eau.

La majorité des contacts est enregistré pour des vitesses de vent comprises entre 0 et 4,5 $m.s^{-1}$, avec un pic d'activité pour les vitesses de vent comprises entre 2 et 3,5 $m.s^{-1}$. 90% de l'activité des chiroptères se situe en-dessous de 10 $m.s^{-1}$, avec une décroissance exponentielle au-delà de 7 $m.s^{-1}$. Un regain d'activité, correspondant à des vitesses de vent de 7,5 à 10 $m.s^{-1}$, enregistré sur les 3 sites, est dû à des contacts appartenant au groupe « Noctule ».

Un effet positif de la température est noté sur les 3 sites :

- aucune activité n'est notée en-dessous de 12°C,
- un seuil est marqué à 15°C, température pour laquelle débute l'activité,
- l'activité est à son maximum entre 16° et 21°C,
- aucune tendance particulière ne se détache ensuite jusqu'à 30°C environ.

L'activité est bien présente dès le début de l'étude, sur les 3 sites, le 4 aout. Un pic d'activité se détache entre le 8 et le 15 aout sur les éoliennes E7 et E9 de Beaumont Froidchapelle et sur Dour-Quiévrain, et le 22 aout sur Frasnes-lez-Anvaing. Ensuite l'activité diminue peu à peu jusqu'à être très faible aux alentours du 5 septembre, puis nulle après le 12 septembre. Un pic d'activité de Pipistrelle de Nathusius est enregistré aux alentours du 29 aout sur l'E6 et l'E9 de Beaumont Froidchapelle, en même temps qu'un passage de Noctules communes. Un regain d'activité de Pipistrelles communes, aux alentours du 19 septembre, accompagnées de Noctules communes le 3 octobre, est enregistrée sur les éoliennes E7 et E9 de Beaumont Froidchapelle.

Trajectographie acoustique

L'attractivité de chacune des éoliennes a été mise en évidence grâce à la détection de la concentration des trajectoires ultrasonores autour du mât et de la nacelle. Les éoliennes E4 de Frasnes-lez-Anvaing et E6 de Beaumont Froidchapelle enregistrent un plus grand nombre de trajectoires par rapport aux autres éoliennes étudiées. Leurs abords (lisières, plans d'eau) peuvent être les causes d'une plus grande activité, et donc d'un plus grand nombre de trajectoires enregistrées.

Une baisse de détection des trajectoires est notée entre 0 et 10 mètres en dessous du rotor : il est possible que les animaux sous la nacelle soient dans une zone d'ombre, dans laquelle les trajectoires ne sont pas bien détectées. Le nombre de trajectoires est le plus important lors de vitesses de vent comprises entre 0,5 et 3,5 $m.s^{-1}$. Au-delà de 5 $m.s^{-1}$, aucune trajectoire n'a pu être analysée à cause de nombreux parasitages (bruit des vibrations de l'éolienne, du sifflement du vent, ou des turbulences derrière les pales).

Suivis par caméras thermiques

Les caméras thermiques ont permis d'observer les interactions des animaux avec les pales et d'identifier des évènements où l'interaction a pu aboutir à la mort de l'animal impliqué. Un nombre similaire d'interactions (7 pour l'éolienne E4 du parc de Frasnes-lez-Anvaing – 6 pour l'éolienne E6 du parc de Beaumont Froidchapelle) ont été observés sur les deux machines équipées. Il est à noter qu'une des caméras thermiques du parc de Beaumont Froidchapelle a été indisponible pendant un tiers du temps de l'étude. Cette défaillance a pu réduire de 20 % le nombre de passages détectés par l'équipement de cette machine.

III.9.3. Comparaison avec d'autres parcs

Suivi de mortalité au sol

En Belgique, les périodes de forte mortalité (80 à 90%) ont lieu entre juillet et fin septembre (Brinkmann *et al*., 2006, Rydell *et al*., 2010a). Un pic de mortalité moins important est observé lors de la migration printanière, alors que le pic le plus élevé est observé à la mi-août (Kunz et al., 2007, Arnett et al., 2008). Ce pic estival peut être expliqué par la présence d'espèces migratrices et de juvéniles et à une hausse d'activité due aux accouplements, et à la chasse afin d'effectuer des réserves de graisse avant la période d'hibernation (Cornut *et al*., 2010).

Une compilation des données réalisée en Europe du nord (Rydell *et al*., 2010a) conclut que peu de mortalité est généralement observée en milieu ouvert, dans des grandes cultures (0 à 3 chauves-souris par éolienne et par an). Dans un milieu ouvert plus hétérogène (bocages), une mortalité de 2 à 5 chauves-souris/éolienne/an est remarquée. L'étude effectuée en 2013 sur le parc éolien de Perwez a mis en évidence une mortalité estimée à 8,5 individus/éolienne/an. Ce parc éolien se situe dans un milieu ouvert hétérogène, type « agricole », pouvant être comparé à l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing et à l'éolienne E6 de Beaumont Froidchapelle. La mortalité estimée induite par l'éolienne de Frasnes-lez-Anvaing (9 individus impactés/éolienne/3 mois) est supérieure à la mortalité due aux éoliennes de Perwez. La mortalité estimée en moyenne induite par l'éolienne E6 de Beaumont-Froidchapelle (3 individus impactés/éolienne/3 mois) reste inférieure à la mortalité due aux éoliennes de Perwez.

Les cadavres impactés n'appartiennent qu'à des espèces de haut vol sur les 3 sites étudiés (Pipistrelle commune, Sérotine commune et Noctule de Leisler). Les espèces impactées sur le parc éolien de Perwez en 2013 sont principalement des Pipistrelles communes. Plus le bas de pale des machines passe près du sol, plus le fonctionnement de l'éolienne risque d'induire une mortalité sur les animaux volant à basse altitude. La présence d'espèces de haut vol sur les sites augmente le risque d'interactions entre les éoliennes et les chauves-souris. Ce comportement ne génère pas pour autant un lien direct entre les altitudes de vol observées et la mortalité constatée. L'abondance des espèces, leurs comportements et les performances de chacune (vitesse de vol, capacité de détection d'objets éloignés…) pondèrent ces résultats. En Europe, les noctules communes, les pipistrelles de Nathusius et les noctules de Leisler sont également très fréquemment retrouvées mortes au pied des éoliennes (Tableau 9, SFEPM).

Toutes les balises lumineuses étant en fonctionnement, il est impossible d'émettre une théorie sur leur effet attractif possible. De plus, lors d'études comparatives réalisées aux USA entre éoliennes avec ou sans feux, aucune différence significative n'a été notée dans l'activité des chiroptères (Brinkmann *et al*., 2006).

Suivi de l'activité acoustique

Les espèces détectées fréquemment sont la Pipistrelle commune, la Sérotine commune, la Noctule commune et de Leisler et la Pipistrelle de Nathusius sur les parcs éoliens de Beaumont Froidchapelle, Dour Quiévrain, Frasnes-lez-Anvaing et Perwez. La Pipistrelle commune concentre habituellement 75% des contacts lors d'enregistrements à 50 mètres du sol (CSD Ingénieurs, 2013), ce qui est supérieur aux résultats retrouvés sur Perwez et sur les 3 sites de cette étude, suivis à une hauteur de 100 mètres. Il est possible que cette espèce soit moins fréquente à cette hauteur, et partage alors cet espace avec des espèces de plus grande taille telle que les Sérotines et les Noctules. La Pipistrelle de Nathusius est notée comme espèce de haut vol, donc plus sensible à l'éolien. La Noctule commune et la Noctule de Leisler, sont aussi classées dans les espèces de haut vol. La Pipistrelle commune et la Sérotine commune, très présentes sur les sites, ne se retrouve qu'occasionnellement à hauteur de pales (Rico P. *et al*., 2013).

Les enregistrements en altitude sur les 3 parcs éoliens montrent que l'activité n'est pas régulière tout au long de la nuit. Les pics d'activité sont généralement centrés sur le début de nuit et la fin de nuit. Cette répartition d'activité a déjà été montré sur le parc éolien de Bouin, en France (Lagrange *et al*., 2009).

L'essentiel de l'activité et de la mortalité est enregistré au cours de l'été et de l'automne (Arnett *et al.,* 2006 ; Dürr, 2002 ; Doty et Martin, 2012 ; Hull et Cawthen, 2013). En 2010, Rydell et ses co-auteurs notaient que 90 % de la mortalité annuelle se produisait entre août et septembre. Cette répartition pourrait indiquer un rôle important des migrations dans la surmortalité constatée à partir du milieu de l'été (Johnson *et al.,* 2011). Ces résultats sont semblables à ceux de l'étude sur les 3 parcs éoliens, avec des enregistrements ultrasonores mettant en évidence des contacts d'espèces migratrices (Noctules communes, de Leisler et Pipistrelle de Nathusius) et une Noctule de Leisler retrouvé au sol le 3/09 sur le parc éolien de Dour Quiévrain.

L'activité et la mortalité des chauves-souris sont fortement influencées par les variables climatiques (Baerwald et Barclay, 2011). Les variations de vitesse de vent constituent un paramètre influençant fortement l'activité des chauves-souris (Baerwald et Barclay, 2011 ; Behr *et al.,* 2011 ; Lagrange *et al*., 2010). En 2010, Rydell et ses co-auteurs ont synthétisé ces résultats de la manière suivante :

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

Ces résultats se retrouvent sur les parcs éoliens étudiés, l'activité étant la plus forte pour des vitesses de vent comprises entre 0 et 4 $m.s^{-1}$. Aucune activité n'est détectée au-delà de 10 $m.s^{-1}$. Des résultats similaires se retrouvent dans des études françaises effectuées dans le nord-ouest de la France (Lagrange, com. pers.), et dans l'étude menée à Perwez (CSD, 2013).

Certains auteurs n'observent aucune relation significative entre les habitats et la couverture végétale (Arnett *et al.,* 2006 ; Piorkowski et O'Connell, 2010) alors que d'autres études montrent une diminution significative de l'activité lors de l'éloignement de zone boisées (Johnson *et al.,* 2004). En 2006, Brinkmann et ses co-auteurs n'observent pas de différence d'activité à 40 m de haut entre des zones boisées et des milieux ouverts alors que les recherches de cadavres montrent une mortalité plus importante en forêt qu'en milieu ouvert.

Suivis par caméras thermiques

CSD ingénieurs avait réalisé 70 heures d'enregistrement à partir d'une caméra thermique sur le parc éolien de Perwez en 2013. Les niveaux d'activité (5 trajectoires par heure) sont du même ordre de grandeur que ce nous avons pu observer (10 trajectoires par heure sur les nuits les plus favorables). De la même manière, le nombre d'interactions entre les animaux et les pales par nuit est tout à fait comparable puisque l'étude de CSD évoque

jusqu'à trois interactions potentiellement mortelles par nuit, ce que nous avons également observé la nuit du 06 août 2015 sur l'éolienne E4 du parc éolien de Frasnes-lez-Anvaing. Ce croisement de données consolide les niveaux de mortalité supposés beaucoup plus élevés que ce qui est décrit au sol, même après application de facteurs de correction. En effet, comme lors de notre étude, l'équipe de CSD n'a pas retrouvé au sol les cadavres correspondant aux impacts ou barotraumatismes observés par imagerie thermique.

Modalités de migration

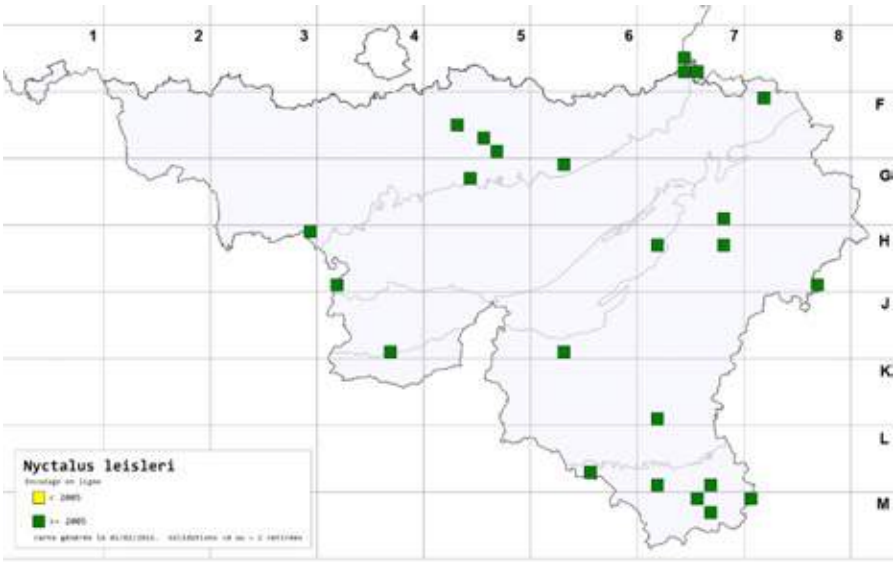
Les premières indications sur les mouvements migratoires de certaines espèces ont été fournies par le bagage. Seules quatre espèces peuvent être considérées comme migratrices en Europe : la Sérotine bicolore, la Noctule commune, la Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Nathusius. Trois d'entre elles ont été contactées sur les sites étudiés.

La Pipistrelle de Nathusius a été contactée sur Frasnes-lez-Anvaing et sur Beaumont Froidchapelle fin aout. Il est possible que ces contacts correspondent à des passages d'individus migrateurs. Les vitesses de vent étaient alors faibles et les températures clémentes. La Pipistrelle de Nathusius n'a pas été contactée sur Dour-Quiévrain. Le pic de mortalité de la Pipistrelle de Nathusius est observé en septembre, lors de sa migration (Dürr T., 2013). En 2013, sa migration a lieu du 25 aout au 26 septembre, avec un pic la nuit du 6 au 7 septembre (CSD Ingénieurs, 2013). Ce phénomène se retrouve avec les contacts de Pipistrelle de Nathusius sur les parcs de Beaumont Froidchapelle et Frasnes-lez-Anvaing qui se trouvent sur les voies de migration établies précédemment (Carte 14).

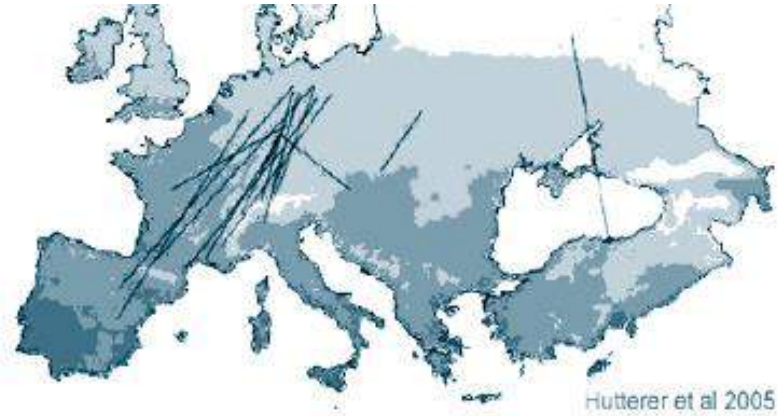
Carte 14 : Migration de la Pipistrelle de Nathusius (Hutterer et al., 2005)

Les contacts de Noctule commune sont concentrés sur la dernière semaine d'aout sur les 3 parcs éoliens. Un passage est également noté durant la 1ere semaine d'octobre sur le parc de Beaumont Froidchapelle. Les températures sont clémentes et les vitesses de vent assez faibles lors de ces passages. Un groupe de Noctules a également été contactée début septembre, en même temps que les Pipistrelles de Nathusius sur le parc éolien de Perwez (CSD Ingénieurs, 2013).

Les contacts de Noctule de Leisler se concentrent sur la dernière semaine d'aout et la 1ere de septembre, puis deux contacts ont été enregistrés le 10 septembre et le 4 octobre sur les 3 sites étudiés. Les températures, sont clémentes, cependant les vitesses de vent sont plus élevées lors de ces contacts : ils ont été enregistrés alors que les vitesses de vent étaient de 8 et 9,6 $m.s^{-1}$. La Noctule de Leisler n'a pas été contactée sur le parc de Beaumont Froidchapelle. Depuis 2005, elle très peu contactée en Belgique et les données de migration sont éparses (Carte 16). Aucun contact de cette espèce n'avait été enregistré sur Dour-Quiévrain (Carte 15).



Carte 15 : Répartition des contacts de Noctule de Leisler en Belgique - source = SPW-DGO3-DEMNA 2016



Carte 16 : Migration de la Noctule de Leisler (Hutterer et al., 2005)

Ces espèces migratrices traversent chaque année le continent entre leurs lieux de reproduction d'Europe centrale et les régions de l'ouest (Carte 16). Ces mouvements concernent essentiellement des femelles qui peuvent ainsi parcourir plus de 1500 kilomètres deux fois par an. Il est possible que les conditions climatiques soient la cause de ces déplacements. Dans les « Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens », de Rodrigues *et al*. (2008), différents comportements des chiroptères en fonction de la période de l'année ont été mis en évidence (Tableau 61).

Période	Comportement
15 février au 31 mars	Transit entre les gîtes de post-hibernation
1er avril au 31 mai	Migration de printemps
1er juin au 31 juillet	Activité des populations locales
1er aout au 31 aout	Début de migration d'automne, Dispersion des colonies
1er septembre au 31 octobre	Migration d'automne, gîtes d'accouplement
1er novembre au 15 décembre	Déplacement entre les gîtes de pré-hibernation (pour les espèces d'Europe méridionale)

Tableau 61 : Comportement des chiroptères en fonction de la période de l'année – source Rodrigues et al., 2008

Cependant, aucune étude n'a démontré la nécessité pour ces animaux insectivores utilisant l'hibernation, de fuir la rigueur du climat et donc à se lancer dans de tels déplacements longue distance. De plus, ces chauves-souris, qui volent haut sont les victimes les plus fréquentes des éoliennes état donné le nombre important de parcs éoliens qu'elles peuvent croiser sur leur route migratoire.

Mortalité résiduelle

Le bridage par seuils recommandés par le DEMNA est très efficace en terme de baisse de mortalité (environ 98%), mais induit de forte pertes de production (27% sur 3 mois de régulation).

ProBat étant paramétrable selon les objectifs visés, il induit une perte de production de l'ordre de :

- 11,5% pour une baisse de mortalité équivalente à celle de DEMNA,
- 3,5% pour une baisse de mortalité de 90%.

Cinq cas de mortalité résiduelle sur le parc de Dour-Quiévrain sont dues à une sortie précoce des chiroptères, à 19h, alors que le soleil n'était pas encore couché. Ce phénomène est aussi noté sur le parc éolien de Perwez avec des individus contactés alors qu'il ne faisait pas complètement noir (CSD Ingénieurs, 2013).

La mortalité correspondant aux cadavres trouvés durant la période de l'étude aurait pu être évitée. Les 3 bridages imposaient des arrêts durant les nuits pendant lesquelles les impacts ont pu avoir lieu.

IV. Perspectives et conclusions

Pendant les mois d'aout, septembre et octobre 2015, cette étude a mobilisé simultanément trois modes de suivis d'interactions entre les chiroptères et un échantillon d'éoliennes wallonnes :

- **La recherche de cadavres de chauves-souris au sol sous 6 éoliennes**,
- **La trajectographie acoustique de chauves-souris à hauteur de fonctionnement des mêmes 6 éoliennes**,
- **La trajectographie thermique des chauves-souris sur un échantillon de deux des précédentes éoliennes**.

Les objectifs principaux de cette étude sont les suivants. Ils sont repris de manière détaillée dans les paragraphes IV.1.1 à IV.1.4 :

- **Evaluer la mortalité des chauves-souris induite par le fonctionnement du grand éolien en croisant trois approches indépendantes**,
- **Approcher le ratio entre le nombre de chauves-souris fréquentant ces parcs et le nombre d'individus impactés par le fonctionnement des machines**,
- Apporter **des éléments éclairant les mécanismes provoquant la mortalité des chiroptères constatée sur les parcs éoliens**,
- Ebaucher la **définition d'un outil de suivi normalisé de la mortalité**, répondant à la fois aux attentes des structures de gestion de la biodiversité et des exploitant de parcs éoliens,
- **Comparer l'efficacité théorique des différents systèmes de régulation destinés à réduire l'impact du fonctionnement des machines sur les chiroptères.**

L'étude s'est déroulée dans de bonnes conditions malgré une météorologie médiocre (nombreux épisodes pluvieux) qui a certainement diminué l'activité des chauves-souris et la mortalité constatée. Les enregistreurs acoustiques ont enregistré des données pendant la totalité de la période d'activité des chiroptères. Les caméras thermiques ont fonctionné normalement hors épisodes pluvieux et périodes de séchage des optiques. Une des quatre caméras a été rendue inutilisable pendant un mois suite à la chute d'un plot de graisse depuis la nacelle d'une éolienne. Les suivis de mortalité au sol se sont déroulés sans encombre même si la couverture végétale à minimisée l'efficacité des prospections sous deux machines.

Au-delà des objectif initiaux cette étude a apporté d'autre informations telles que :

- Des **données inédites sur la Noctule de Leisler**, retrouvée morte sous une éolienne et régulièrement contactée en altitude alors qu'elle n'avait pas été observé dans le secteur depuis les années 2000,
- La définition de l'heure précise des cas de mortalité, **corrélant ainsi la mortalité avec des conditions de vent exactes**, apportant des informations, à notre connaissance, inédites en Europe,
- La mise en évidence de **l'effet attractif des éoliennes sur les insectes et les chauves-souris, expliquant** au moins en partie, la surmortalité induite par les éoliennes sur les chiroptères insectivores.

IV.1.1. Définition de la mortalité

Les suivis de mortalité ont permis de retrouver 5 cadavres. La correction de ces valeurs par la prise en compte des biais de prédation, d'efficacité d'observateur et de variation de surface de prospection indique :

- 4 cadavres trouvés, pour une mortalité estimée entre 3 (Huso, 2010) et 6 (Bastos *et al*., 2013) individus impactés/éolienne sur le parc de Beaumont Froidchapelle,
- 1 cadavre trouvé, pour une mortalité estimée entre 2 (Huso, 2010) et 9 (Bastos *et al*., 2013) individus impactés/éolienne sur le parc de Dour-Quiévrain,
- Aucun cadavre trouvé, mais une mortalité estimée entre 0 (Huso, 2010) et 9 (Bastos *et al*., 2013) individus impactés/éolienne sur le parc de Frasnes-lez-Anvaing.

La mortalité mise en évidence par la recherche au sol, et l'estimation de la mortalité réelle démontre une mortalité supérieure par éolienne et par an que les chiffres annoncés (2 à 5 individus impactés) dans la publication de Rydell *et al.* (2010) pour les éoliennes en milieu ouvert de type « agricole ». La mortalité estimée pour les éoliennes en milieu ouvert hétérogène est en accord avec les chiffres avancés par Rydell *et al.* (2010) pour ce type de milieu (2 à 5 individus impactés). « Guidelines for considération of bats in wind farm projects Revision 2014 » d'Eurobats évalue la mortalité à 8 chauves-souris par éolienne et par an en Wallonie. Nos résultats sont plutôt en accord avec cette estimation, à l'exception de la limite haute pour Dour-Quiévrain et Frasnes-lez-Anvaing.

Les suivis réalisés par caméras thermique donnent des chiffres encore plus élevés puisque ce sont 7 cas possibles de mortalité qui ont été décrits sur l'éolienne E4 du parc de Frasnes-lez-Anvaing et 6 cas sur la machine E6 du parc de Beaumont-Froidchapelle. Les suivis par caméras thermiques suggèrent notamment qu'une partie des animaux peux être projetés bien au-delà des zones conventionnelles de prospection (de l'ordre de 50 mètres de rayon centré sur le mat de l'éolienne).

La trajectographie acoustique n'a pas apporté d'autres informations compte tenu des limites inhérentes au fonctionnement du système et aux bruits générés par le fonctionnement des éoliennes.

IV.1.2. Caractérisation du ratio nombre de passages/nombre d'interactions avec l'éolienne

Les données sont encore éparses compte tenu de la difficulté à trier les trajectoires ambigües entre celles de chauves-souris et celles d'insectes. A titre d'exemple sur l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing, au cours de la nuit du 09 août 2015, 82 passages de chauves-souris ont été détectés sur les caméras, 23 contacts ont été enregistrés par les détecteur ultrasonore et un cas d'interaction avec les pales laissant pensé à un cas de mortalité a été décelé. Il est probablement prématuré d'en tirer des conclusions, mais ces premiers chiffres laissent penser qu'un passage de chauve-souris sur 82 peut induire une mortalité. Ramené à la détection acoustique, ces interactions suggèrent qu'un cas de mortalité peut être supposé lors de la détection de 23 contacts acoustiques. Comme 247 contacts ont été enregistrés sur la période de suivi et que 7 cas de mortalité sont suspectés, cela revient à envisager que la mortalité représenterait 2,8 % des contacts en altitude.

IV.1.3. Optimiser les moyens d'étude et les moyens de suivi

Le croisement de trois approches a permis de cerner les points fort et les faiblesses de chacune d'elles tout en faisant émerger la définition d'un outil normalisé d'évaluation de l'impact des machines. Cet outil peut prendre deux formes :

- Un suivi acoustique automatisé en altitude étalonné par une période de suivi au sol. Il restera limité par les possibles cas de mortalité non détectés au sol (cadavres projetés hors de l'aire de recherche). Le suivi de mortalité peut être évalué à 1500 € par éolienne et par an alors que le suivi acoustique, avec traitement des données peut être évalué à 3000 € par éolienne (avec un suivi minimal de 3 ans). Une année de suivi au sol combinée à trois années de suivi en altitude sur 2 éoliennes équipées, représente un budget de 34 500€ pour un parc de cinq éoliennes (environ 12000 € par an pour un parc de cinq machines).

- Un couplage suivi vidéo - identification acoustique. Nous avons utilisé des caméras thermiques dans cette étude, mais il semblerait que des caméras infrarouges de haute sensibilité soit en train de se démocratiser (Figure 68).

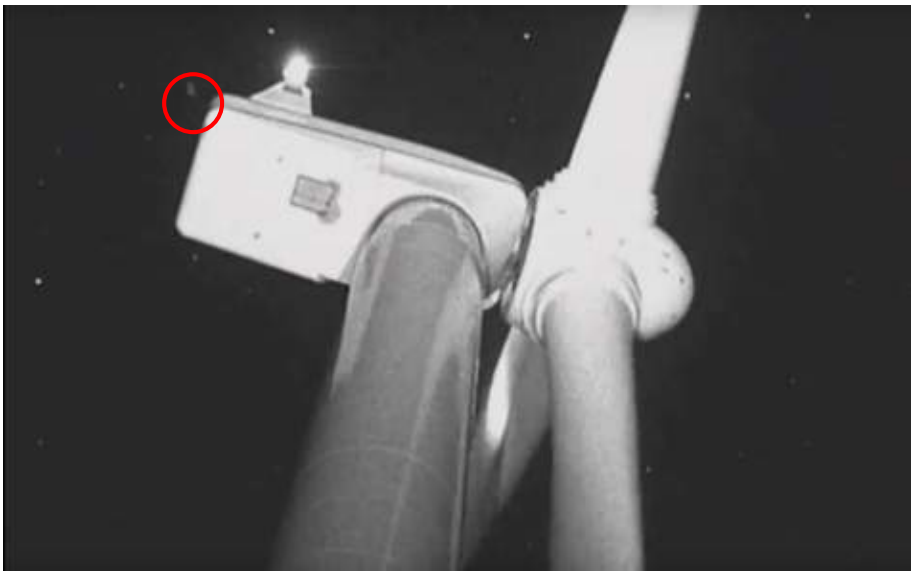


Figure 68 : Extrait d'une vidéo obtenue par caméra dans le proche infrarouge par P. Marcos Gorresen de l'USGS (http:// gallery.usgs.gov/videos/ 713#.VsCvytCTKjE). Le cercle rouge indique une chauve-souris

Méthodes	Avantages	Inconvénients	Coût
Suivis au sol	Identification des espèces	Nécessite une surface de prospection dégagée	Coût élevé (1500 € par machine et par an)
	Evaluation de la mortalité réelle après utilisation de facteurs de corrections	Peux être affectée par la variation des biais (pression de prédation, modification du couvert végétal)	Nécessité de suivre toutes les machines compte tenu du peu d'évènement enregistrés
	Possibilité d'études complémentaires sur les cadavres (morphologiques, génétiques, isotopes, bagage)	Chiffres discutables surtout si aucun cadavre n'est retrouvé	
Suivis acoustiques	Identification des espèces	Portée de détection limité pour certaines espèces	Coût du matériel modéré (autour de 1500 €)
	Evaluation des indices d'activité sur le site	Détection gênée par les bruit de la machine et le vent	Coût de maintenance modéré (changement régulier des microphones : environ 250 € de matériel par microphone et 1 jour.homme)
		Nécessité d'un changement régulier des microphones	Possibilité de n'équiper qu'un nombre limité de machines compte tenu de la densité des observations
Trajectographie acoustique	Identification des espèces	Portée de détection limité pour certaines espèces	Coût du matériel élevé (autour de 2500 €)
	Evaluation des indices d'activité sur le site	Détection gênée par les bruits de la machine et le vent	Coût de mise en place élevé (1 jour.homme par éolienne, avec travail en hauteur)
	Théoriquement possibilité de détection de la mortalité	Trajectographie fortement perturbée pour les vitesses de vent où fonctionne l'éolienne	Coût de maintenance élevé : changement régulier des microphones (environ 1000€ de matériel pour les 4 microphones et 1 jour.homme)
		Nécessité d'un changement régulier des microphones	Possibilité de n'équiper qu'un nombre limité de machines compte tenu de la densité des observations
Imagerie thermique	Information sur l'origine de la mortalité	Pas d'identification	Coût du matériel élevé (autour de 2500 € par camera)
	Détection des évènements même si l'animal est projeté loin du mat de l'éolienne	Performances dégradées par temps de pluie	Coût de mise en place faible (1/2 jour.homme par éolienne, sans travail en hauteur)
	Fonctionnement non biaisé par la vitesse du vent	Risque de confusion chauves-souris, oiseaux et insectes	Coût de maintenance modéré (nettoyage des optiques, 1/2 jour.homme par machine et par an)
	Peut être placé au niveau du sol	Nécessité d'une maintenance pour entretenir les optiques	Possibilité de n'équiper qu'un nombre limité de machines compte tenu de la densité des observations

Tableau 62 : Avantages, inconvénients et ordres de prix des différentes méthodes de suivis de mortalité des chiroptères sur les parcs éoliens

- La combinaison d'un microphone directionnel depuis le sol et d'un suivi par caméra pourrait alors constituer une alternative intéressante : l'installation de deux caméras avec un enregistreur acoustique au sol et le traitement des données pourrait être réalisée pour 15 000 € la première année. Le traitement des données et l'entretien du matériel est ensuite évalué à 5 000 € par an. La densité des informations collectées laisse pense que l'équipement d'une éolienne sur 5 serait suffisant. Le budget de travail pour un suivi sur 3 ans, serait donc de l'ordre de 30 000 € (environ 10 000 € par an pour un parc de cinq machines). Cette dernière approche permettrait de s'affranchir de l'ensemble des biais et contraintes des suivis au sol tout en profitant des données qualitatives résultant de l'imagerie des interactions entre les chauves-souris et les éoliennes. Ces dernières informations pourraient par ailleurs être exploitées pour mieux comprendre la mortalité et tester de nouvelles approches de réduction d'impact.

IV.1.4. Efficacité des outils de régulation

La modélisation du fonctionnement de trois outils de modélisation 1) seuils préconisés par le DEMNA, 2) seuils préconisés par le DEMNA intégré dans ProBat, 3) ProBat ciblé 10 % de mortalité résiduelle, montre le panel de solution envisageables tant en terme de perte de production qu'en terme de préservation des chiroptères. L'application des préconisations du DEMNA induit, sur la période d'étude, des pertes de production comprises entre 24 et 32 % (moyenne 25 %). Calculées sur d'autres sites, ramené à l'année ces pertes de production oscillent entre 6 et 8 %. Elles limitent considérablement la mortalité résiduelle qui est alors comprise entre 1.3% et 5.5 % de la mortalité initialement induite par le fonctionnement du parc sur la période d'étude. L'utilisation d'un algorithme multi-paramétré plutôt que des seuils (ProBat par exemple) autorise des scores de baisse de mortalités identiques (définis comme cibles) tout en diminuant considérablement les pertes de production qui passent entre 5% et 12% (moyenne 10 %).

L'utilisation d'un algorithme ciblant une baisse de mortalité de 10 % induit des pertes de production comprises entre 1,7 et 9.8 % (moyenne 3.5 %).

Deux stratégies peuvent être alors envisagées pour limiter l'impact des parcs éoliens sur les chiroptères :

- Limiter le plus possible la mortalité sur les parcs jugés dangereux, ce qui induit des pertes de production élevées (25 % en moyenne sur la période),
- Accepter une baisse de mortalité de l'ordre de 90 %, générant de pertes de production faibles (3.5 % en moyenne sur la période) mais généraliser la régulation à un plus grand nombre de parcs.

Ce second point semble le plus profitable au vu des différences de pourcentage de baisse de mortalité qu'il induit (90 %) et les pertes de production générées (3.5 %). Ainsi, par exemple sur un parc éolien enregistrant 200 passages de chauves-souris, le passage d'une baisse de mortalité de 90 % à 94 **% va permettre de d'éviter 12 risques de collision sur un parc en multipliant les pertes de production par 7. Réguler 7 parcs (même baisse de production) que précédemment, sur lesquels 200 passages de chauves-souris sont enregistrés, va permettre de faire disparaitre 7x200-7*200/10 = 1260 risques de collision.**

V. Bibliographie

Albouy S. (2010). Suivi de l'impact éolien sur l'avifaune et les chiroptères. Exemples de parcs audois (11). Séminaire national LPO Eolien et Biodiversité, Reims le 16 septembre 2010. Abies Energie & Environnement, présentation Power Point 31 p.

Alcalde, J. T. (2003). Impacto de los parques eólicos sobre las poblaciónes de murciélagos. Barbastella, 2: 3–6.

Allouche L., AVES environnement & le Groupe Chiroptères de Provence (2010). Etude de la mortalité des Chiroptères. Parc éolien du Mas de Leuze, commune de Saint-Martin-de-Crau (13), 17 mars – 27 novembre 2009. Pour Energie du Delta. 36 p.

Ahlen I., Baagøe Hans J., Bach L. (2009). Behavior of Scandinavian bats during migration and foraging at sea. J Mammal. 90(6):1318–1323.

Andre Y. (2004). Paragraphe "Mortalité", Protocole de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. LPO. Doc. Int. 20 p.

Arnett EB (2005). Relationships between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia : an assessment of bat fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA.

Arnett EB, Hayes JP, Huso MMP (2006). An evaluation of the use of acoustic monitoring to predict bat fatality at a proposed wind facility in southcentral Pennsylvania. An annual report submitted to the bats and wind energy cooperative. Edited by bat conservation international. Austin, Texas, USA. http://www.batsandwind.org/pdf/precon_pa.pdf. Accessed 25 June 2013

Arnett EB, Brown WK, Erickson WP, Fiedler JK, Hamilton BL, Henry TH et al (2008). Patterns of bat fatalities at wind energy facilities in North America. J Wildl Manag. 72(1):61–78. doi:10.2193/2007-221

Arnett EB, Hein CD, Patterson R (2011a) Synthesis of activities (2004–2011). Key findings and next steps. Edited by bats and wind energy cooperative. http://www.batsandwind.org/pdf/BWEC_Synthesis_2004-2011.pdf. Accessed 21 July 2014

Arnett EB, and EF Baerwald (2013). Impacts of wind energy develpment on bats : implications for conservations. Pages 435-456 in R. Adams and S.C. Pedersen, editors. Bat evolution, ecology, and conservation. Springer, New-York.

Arnett EB, Schirmacher MR, Husi MMP, et al. (2009). Patterns of bat fatality at the casselman Wind Project in south-central Pennsylvania. Austin, TX : Bat Conservation International. Wwwbatsandwind.org/pdf/2008patbatfatal.pdf.

Arthur L. et Lemaire M. (2009). Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse, Collection Parthénope. Biotope éditions, Publications scientifiques du muséum. 544 p.

Aubauer, R. (1994). Dreidimensionale Flugbahnverfolgung von Fledermäusen Fortschritte der Akustik—DAGA 94 Bad Honnef: DPGGmbH

Bach L., R. Brinkmann, HJGA Limpens, U. Rahmel, M. Reicnenbach, and A. Roschen (1999). Bewertung und planerishe Umsetzung von Fledermausdaten im Rahmen der Windkraftplanung. - Bremer Beitraege fuer Naturkunde und Naturshutz, Band 4. Themenheft "Voegel und Windkraft" : 163-170.

Bach L. (2001). Fledermäuse und Windenergienutzung–reale probleme oder einbildung. Vogelkdl. Ber. Niedersachs. 33:119-124.

Bach, L. (2002). Auswirkungen von Windenergieanlagen auf das Verhalten und die Raunmnutzungen von Fledermäusen al Beispiel des Windparks. Hohe Geest "Midlum-Endbericht. - unpublished. Gutachten i.A. des Insituts für angewandte Biologie, Freibug/Niederelbe : 46 p.

Bach L., Rahmel U. (2004). Summary of wind turbine impacts on bats—assessment of a conflict. Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz 7:245–252.

Baerwald EF, D'Amours GH, Klug BJ, Barclay R (2008). Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. Curr Biol 18(16):R695–696

Baerwald EF, Barclay R (2009). Geographic variation in activity and fatality of migratory bats at wind energy facilities. J Mammal 90(6):1341–1349

Baerwald EF and Barclay RMR (2011). Patterns of activity and fatality of migratory bats at a wind energy facility in Alberta, Canada. The Journal of Wildlife Management, 75: 1103–1114. doi: 10.1002/jwmg.147

Bailey H., Senior B, Simmons D., Rusin J., Picken G., Thompson PM. (2010). Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore windfarm and its potential effects on marine mammals. Mar Pollut Bull. 60(6):888–897.

Barataud, M. (2012). Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe. Identification des espèces, études de leurs habitats et comportements de chasse. Biotope, Mèze ; Muséum national d'histoire naturelle, Paris (collection Inventaires et biodiversité), 344 p.

Bastos R., Santos M., Cabral JA (2013). A new stochastic dynamic tool to improve the accuracy of mortality estimates for bats killed at wind farms. Ecological Indicators 34:428-440

Behr O., Brinkmann R., Niermann I., Korner-Nievergelt F. (2011). Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen. In Brinkmann R, Behr O, Niermann I, Reich Michael (eds.) (2001) Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Umwelt und Raum, Cuvillier Verlag, Göttingen, Bd. 4: 177–286

Bergström L., Kautsky L., Malm T., Ohlsson H., Wahlberg M., Rosenberg R., Åstrand Capetillo N. (2013a). Effects of offshore windfarms on marine wildlife—a synthesis for Swedish waters. Presentation CWE, Stockholm, Sweden 5-7 February, 2013. http://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/miljoarbete-i-sverige/forskning/vindval/cwe/Life%20under%20the%20surface/CWE_Bergstr%C3%B6m.pdf. Accessed 21 July 2014

Betke M., Hirsh D, Makris NC, McCraken GF, Procopio M., Hristov NI, Tang S., Bagchi A., Reichard JD, Horn J. (2008). Thermal imaging reveals significantly smaller Brazilian free-tailed bat colonies than previously estimated. J Mammal. 89(1):18–24.

Beucher Y., Kelm V., Geyelin M., Pick D. (2011). Réduction significative de la mortalité des chauves-souris liée aux éoliennes - Poster

Brinkmann R., Schauer-Weisshahn H., Bontadina F. (2006). Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse im Regierungsbezirk Freiburg. Gundelfingen, Germany. http://www.rp-freiburg.de/servlet/PB/show/1158478/rpf-wind-kraft-fledermaeuse.pdf. Accessed 7 August 2013

Brinkmann R., Behr O., Niermann I., Reich M. (2011). Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Ergebnisse eines Forschungsvorhabens. Göttingen : Cuvillier (Umwelt und Raum, 4)

Cornut J., Vincent S. (2010). Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes. Rapport 43 p.

Cryan PM, Brown AC. (2007). Migration of bats past a remote island offers clues toward the problem of bat fatalities at wind turbines. Biol Conserv. 139(1–2):1–11.

Cryan PM, Barclay R. (2009). Causes of Bat Fatalities at Wind Turbines : hypotheses and Predictions. J Mammal. 90(6):1330–1340.

Cryan PM, Gorresen CD, Hein MR, Schirmacher RH, Diehl MM, Huso DTS, Hayman PD, Fricker FJ, Bonaccorso DH, Johnson, K Heist, and DC Dalton (2014). Behavior of bats at wind turbines. PNAS. 111: 15126-15131

CSD Ingénieurs (2013). Suivi de mortalité des chauves-souris et batmonitoring sur le parc éolien de Perwez. Rapport 94 p.

Desholm M., Fox AD, Beasley PDL, Kahlert J. (2006). Remote techniques for counting and estimating the number of bird–wind turbine collisions at sea: a review. Ibis 148(s1) :76-89.

Dietz C. & von Helversen O. (2004). Illustrated identification key to the bats of Europe. Electronique publication, version 1.0 released 15/12/2004, Tuebingen & Erlangen (Germany). 72 p.

Dodelin B. (2002). Identification des chiroptères de France à partir de restes osseux. Gap. 48 p.

Doty AC, Martin AP (2012). Assessment of bat and avian mortality at a pilot wind turbine at Coega, Port Elizabeth, Eastern Cape. South Africa. N Z J Zool. 40(1):75–80.

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. Ligue pour la Protection des Oiseaux délégation Vendée / ADEME Pays de la Loire / Conseil Régional des Pays de la Loire, la Roche sur Yon - Nantes, 106 p.

Dürr T. (2002). Fledermäuse als Opfer von Windkraftanlagen in Deutschland. Nyctalus. 8(2):115–118.

Dürr T. (2003). Kollision von Fledermäuse und Vögel durch Windkraftanlagen. Daten aus Archiv der Staatlichen Vogelschutzwarte Brandenburgs. Edited by Staatliche Vogelschutzwarte Brandenburg. Buckow. http://www.lugv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.312579.de. Accessed 20 June 2013

Dürr T. (2009). Zur Gefährdung des Rotmilans Milvus milvus durch Windenergieanlagen in Deutschland. Inf dienst Nat schutz Niedersachs. 29 (3):185–191

Dürr T. (2011). Dunkler Anstrich könnte Kollisionen verhindern: vogelunfälle an Windradmasten. Falke. 58(12):499–501.

Rodrigues, Bach L., Dubourg-Savage MJ, Karapandza B., Kovac D., Kervyn T., Dekker J., Kepel A., Bach P., Collins J., Harbush C., Park K., Micevski B., Minderman J. (2015). Guidelines for consideration of bats in windfarm projects. Revision (2014) EUROBATS Publication Series No. 6 (English varsion). UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany. 133 p.

Furmankiewicz J, Kucharska M. (2009). Migration of bats along a large river valley in Southwestern Poland. J Mammal. 90(6):1310–1317.

Gauthreaux SA, Livingston JW (2006). Monitoring bird migration with a fixed-beam radar and a thermal-imaging camera. Journal of Field Ornithology 77(3):319-328.

Grünkorn T., Diederichs A., Stahl B., Dörthe D. & Nehls G. (2005). Entwicklung einer Method zur Abschatzung des Kollisionsrisikos von Vögeln an Windenergian lagen. Rapport inédit pour Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein.

Helldin JO, Jung J., Neumann W., Olsson M., Skarin A., Widemo F. (2012). The impacts of wind power on terrestrial mammals. A synthesis. Edited by Swedish Environmental Protection Agency (Report 6510). Stockholm, Sweden

Horn JW, Arnett EB, Kunz TH. (2008). Behavioral responses of bats to operating wind turbines. J Wildl Manag. 72(1):123–132.

Hötker H., Thomsen K., Köster H. (2005). Auswirkungen regenerativer Energiegewinnung auf die biologische Vielfalt am Beispiel der Vögel und der Fledermäuse. Edited by Bundesamt für Naturschutz (BfN). Naturschutzbund (NABU). Bonn, Germany (BfN-Skripten, 142)

Hull CL, Cawthen L. (2013). Bat fatalities at two wind farms in Tasmania, Australia: bat characteristics, and spatial and temporal patterns. N Z J Zool. 40(1):5–15.

Huso M. (2010). An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. Environmetrics, 22(3), 318-329

Hutterer et al. (2005). Bat migrations in Europe : a review of banding datas and littérature. Naturschutz und Biologische Vielfalt, 28, 180p.

Jain A. (2005). Bird and bat behavior and mortality at a northern Iowa windfarm. Master Thesis. Iowa State University, Arnes, Iowa, USA. http://batsandwind.org/pdf/Jain_2005.pdf. Accessed 26 August 2013

Johnson GD, Erickson WP, Strickland MD, Shepherd M, Shepherd D, Sarappo S. (2003). Mortality of Bats at a Large-scale Wind Power Development at Buffalo Ridge, Minnesota. Am Midl Nat. 150(2):332–342.

Johnson GD, Perlik MK, Erickson WP, Strickland MD (2004). Bat activity, composition, and collision mortality at a large wind plant in Minnesota. Wildl Soc Bull. 32(4):1278–1288.

Johnson JS, Watrous KS, Giumarro GJ, Peterson TS, Boyden SA, Lacki MJ. (2011). Seasonal and geographic trends in acoustic detection of tree-roosting bats. Acta Chiropterolog.13(1):157–168.

Jones G., Jacob D., Kunz T., Willig M., Racey P. (2009). Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. Endangered Species Research 8:93-115.

Kerns J., Erickson WP, Arnett EB (2005). Bat and bird fatality at wind energy facilities in Pennsylvania and West Virginia, chapter 2: 24–95. In: Arnett EB (tech. ed.): Relationships between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia: an assessment of fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA. http://www.batsandwind.org/pdf/ar2004.pdf. Accessed 20 June 2013

Korner-Nievergelt, F., Korner-Nievergelt, P., Berh O., Niermann I., Brinkmann R. & Hellriegel B. (2011). A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines fom rcass searches. Wildlife Biology, 17(4), 350-363

Korner-Nievergelt, F., Brinkmann, R., Niermann, I., & Behr, O. (2013). Estimating bat and bird mortality occurring at wind energy turbines from covariates and carcass searches using mixture models. PloS one, 8(7), e67997.

Kunz TH, Arnett EB, Erickson WP, Hoar AR, Johnson GD, Larkin RP, et al. (2007). Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. Front Ecol Environ. 5(6):315–324.

Lagrange et al. (2009) Bilan des tests d'asservissement sur le parc éolien de Bouin, en Vendée. ADEME, Biotope : 47p.

Lagrange H., Rico P. (2013). Bilan des tests d'asservissement sur le parc éolien de FrontLine et Bisnett (Ontario, Canada) – BORALEX.

Lekuona Sanchez J. (2001). Uso del espacio por la avifauna y control de la mortalidad de aves y murcielagos en los parques eolicos de Navarra durante un ciclo anual. Rapport Technique 155 p.

Lovich JE, Ennen JR. (2013). Assessing the state of knowledge of utility-scale wind energy development and operation on non-volant terrestrial and marine wildlife. Appl Energy.103:52–60.

Mathews F., Swindells M., Goodhead R., August TA, Hardman P., Linton D.M., Hosken D.J. (2013) Effectiveness of search dogs compared with human observes in locating bat cacasses at wind turbine sites ; A blinded randomized trail. - Wwildlife Society Bulletin 37 : 34 - 40

Osborn, R. G., Higgins, K. F., Dieter, C. D., & Usgaard, R. E. (1996). Bat collisions with wind turbines in southwestern Minnesota. Bat Research News, 37(4), 105-108.

Paula, J., Leal, M. C., Silva, M. J., Mascarenhas, R., Costa, H., & Mascarenhas, M. (2011). Dogs as a tool to improve bird-strike mortality estimates at wind farms. Journal for Nature Conservation, 19(4), 202-208.

Peron G., Hines J.E., Nichols J.D., Kendall W.L., Peters K.A. & Mizrahi D.S. (2013) Estimation of bird and bat mortality at wind-power farms with superpopulation models. Journal of Applied Ecology, 50, 902-911. doi: 10.1111/1365-2664.12100

Piorkowski MD, O'Connell TJ. (2010). Spatial pattern of summer bat mortality from collisions with wind turbines in mixed-grass prairie. A Midl Nat. 164(2):260–269.

Polagye B. and Suryan R., 2015

Puzen, S. C. (2002). Bat interactions with wind turbines in northeastern Wisconsin. Wisconsin Public Service Corporation, Green Bay, USA.

Rico P. (2012). Bilan des tests d'asservissement sur le parc éolien du Mas de Leuze-commune de Saint Martin de Crau (13). ADEME, Biotope : 84p.

Rico P., Lagrange H., Kerbiriou C. (2013). Bilan de six années de recherche sur la régulation en faveur des chiroptères. EWEA 2013, « Conference on wind turbines and environnemental impacts » Stockholm, Suède. Power point 19p.

Rollins KE, Meyerholz DK, Johnson GD, Capparella AP, Loew SS. (2012). A forensic investigation into the etiology of bat mortality at a wind farm: barotrauma or traumatic injury? Vet Pathol.49(2):362–371. [PubMed]

Rydell J. (2006). Bats and their insect prey at streetlights. In Ecological Consequences of Artificial Night Lighting (eds C. Rich and T. Longcore), pp. 43–60. Island Press, Washington.

Rydell J., Bach L, Dubourg-Savage M, Green M, Rodrigues L, Hedenström A. (2010). Bat mortality at wind turbines in northwestern europe. Acta Chiropterolog. 12(2):261–274.

Rydell J, Engström H, Hedenström A, Larsen JK, Pettersson J, Green M (2012). The effect of wind power on birds and bats. A synthesis. Report 6511, August 2012. Swedish Environmental Protection Agency (ed), Stockholm Sweden

Schuster E., Bulling, L., & Köppel, J. (2015). Consolidating the State of Knowledge: A Synoptical Review of Wind Energy's Wildlife Effects. Environmental Management, 56(2), 300–331. http://doi.org/10.1007/s00267-015-0501-5

Seiche, K. (2008). Fledermäuse und Windenergieanlagen in Sachsen 2006. Report to Freistaat Sachsen. Landesamt für Umwelt und Geologie. www.smul.sachsen.de/lfug

Smallwood K.S., 2015

Smallwood KS, Thelander CG. (2008). Bird mortality in the altamont pass wind resource area, California. J Wildl Manag. 72(1):215–223.

Winkelmann, J.E. (1989). Birds and the wind park near Urk ; collision victims and disturbance of ducks, geese and swans. RIN Rep. 89/15. Rijksintituut voor Natuurbeheer, Arnhel, The Netherlands. P. 122-166, in Proceedings of National Avian-Wind Power Planning Meeting Lakewood ; Colorado, July 20-21. 145p.

Zehnder S., S. Akesson, F. Liecht and B. Bruderer (2001). Nocturnal autumn bird migration at Falsterbo, south Sweden. Journal of Avian Biology. 32:329-248

VI. Annexes

VI.1. Modification des conditions de bridage pour l'éolienne E4 de Frasnes-lez-Anvaing

PROVINCE DU HAINAUT
ARRONDISSEMENT D'ATH
COMMUNE DE FRASNES-LEZ-ANVAING

EXTRAIT DU REGISTRE AUX DÉLIBÉRATIONS

DU COLLEGE COMMUNAL

SÉANCE DU 17 JUILLET 2015

Présents : MM.J-L. CRUCKE, Bourgmestre-Président.
J. DUPIRE, P. VÈCHE, V. GOSSELAIN, P. BOURDEAUD'HUY, A. DUTHY, Échevins.
Mme C. DE SAINT MARTIN, Présidente du CPAS
Mme D. VALLEZ, Directeur Général.

OBJET : Modification des conditions particulières d'exploitation déterminées par le permis unique pour la construction d'une éolienne en extension d'un parc existant de 3 éoliennes, d'un chemin d'accès, de câbles électriques à Moustier

LE COLLEGE COMMUNAL :

Vu la demande introduite auprès de notre Collège communal en date du 22 juin 2015 par laquelle FRASNES-LES-VENTS S.A., Chaussée de Lille n° 353 à 7500 TOURNAI, ci-après dénommée le demandeur, sollicite une modification des conditions particulières d'exploitation du permis relatif à l'établissement qu'il exploite aux lieux-dits « Rieu du Carmois » et « Grandes Communes » s/n à 7911 MOUSTIER/FRASNES-LEZ-ANVAING ;

Vu l'objet de la demande de modification des conditions particulières rédigée comme suit :

"Il est demandé un débridage de l'éolienne n°4 du parc de Frasnes-lez-Anvaing du 01/08/2015 au 31/10/2015, concernant la régulation en faveur des chiroptères " ;

Vu que le demandeur a motivé sa demande de modification des conditions particulières d'exploitation de la manière suivante

"Le Département de l'Environnement et de l'Eau souhaite déterminer l'activité précise des chiroptères sur le parc éolien au moyen de la trajectographie acoustique afin de mieux appréhender la problématique de la mortalité des chiroptères due aux éoliennes dans les évaluations des incidences sur l'environnement.

Cette étude permettra :

- l'analyse des conditions météorologiques dans lesquelles une mortalité résiduelle de chauves-souris est possible ou observée dans le parc éolien soumis à des mesures d'atténuation (bridage/asservissement) ;

- une estimation des risques de collision/barotraumatisme en quantifiant le nombre d'individus potentiellement et effectivement impactés et la durée d'exposition au risque dans le cadre de projets éoliens

Pour mener à bien cette étude, il est essentiel de connaître le nombre de chauves-souris impactées lorsque l'éolienne n'est pas régulée

Les chauves-souris impactées durant cette période seront relevées lors d'un suivi de mortalité au sol qui aura lieu tous les 3 jours.

Ces données permettront de connaître les espèces (locales et/ou migratrices) impactées et leur nombre.

Les suivis de l'activité en altitude par capteurs ultrasonores et par caméras thermiques permettront de connaître le nombre de chauves-souris utilisant l'aire brassée par les pales.

La corrélation de ces données amènera à une solution innovante de suivis de chauves-souris pour la régulation pertinente des parcs éoliens, pour la protection des chiroptères." ;

Vu le décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnement, notamment les articles 65 à 68 ,

Vu le Code wallon de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme et du patrimoine ;

Vu le Code de l'environnement ,

Vu la loi du 18 juillet 1973 relative à la lutte contre le bruit ;

Vu le décret du 27 juin 1996 relatif aux déchets ,

Vu l'arrêté du Gouvernement wallon du 4 juillet 2002 arrêtant la liste des projets soumis à étude d'incidences et des installations et activités classées ;

Vu l'arrêté du Gouvernement wallon du 4 juillet 2002 relatif à la procédure et à diverses mesures d'exécution du décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnement ;

Vu l'arrêté du Gouvernement wallon du 4 juillet 2002 fixant les conditions générales d'exploitation des établissements visés par le décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnement ;

Vu l'arrêté du 21 février 2013 des Fonctionnaires technique et délégué pour un terme expirant le 13 juillet 2030 (réf. DPA : dossier n°14823), valant permis unique pour la construction d'une éolienne en extension d'un parc existant de 3 éoliennes (y compris la mise en œuvre d'un chemin d'accès et de câbles électriques de raccordement à la cabine de tête existante), à Moustier/Frasnes-Lez-Anvaing dans un établissement situé aux lieux-dits « Rieu du Carmois » et « Grandes Communes », s/n à 7911 MOUSTIER/FRASNES-LEZ-ANVAING ;

Vu l'arrêté du 6 décembre 2013 du Collège communal autorisant la modification des conditions particulières de l'arrêté sus-évoqué (procédure article 65 du décret PE) par le remplacement des arrêts de fonctionnement de l'éolienne I4 prévus dans les conditions du DNF (en vue de limiter l'impact de l'éolienne sur la chiroptérofaune) par un système de type CHIROTEC, dans un établissement situé aux lieux-dits « Rieu du Carmois » et « Grandes Communes », s/n à 7911 MOUSTIER/FRASNES-LEZ-ANVAING ;

Vu l'acte de cession totale (article 60 du décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnement) passé entre VENTIS SA ET FRASNES-LEZ-VENTS SA, relativement aux permis précités ,

Vu l'ensemble des pièces jointes à la demande de révision des conditions particulières d'exploitation ;

Vu la décision du fonctionnaire technique, envoyée en date du 06 juillet 2015, de ne pas soumettre la demande de modification des conditions particulières à enquête publique pour les motifs suivants :

"La modification temporaire (durant 3 mois) du bridage chiroptérologique n'aura aucune influence perceptible au droit des premiers riverains de la machine concernée (éolienne I4)." ;

Vu l'avis favorable de la DGO3 - DNF - DIRECTION EXTÉRIEURE DE MONS, envoyé le 10 juillet 2015 (par mail), rédigé comme suit :

"En réponse à votre courrier du 06/07/2015, nous portons à votre connaissance l'avis du Département de la Nature et des Forêts sur le projet dont objet :

Considérant que la demande porte sur la suspension du bridage de l'éolienne n°4 du parc de Frasnes-lez-Anvaing entre le 01/08/2015 et le 31/10/2015 ,

Considérant que cette demande s'inscrit dans le cadre d'une étude dirigée par le Département de l'Environnement et de l'Eau du SPW sur l'activité des chiroptères sur le parc éolien visant à mieux appréhender la problématique de la mortalité des chiroptères due aux éoliennes ;

Vu le permis unique octroyé le 20/01/2011 pour l'exploitation de 3 éoliennes à Frasnes-lez-Anvaing (Moustier) ;

Vu le permis unique octroyé le 21/02/2013 pour la construction d'une éolienne en extension du parc existant (éolienne n°4) ;

Vu l'arrêté du Collège communal de Frasnes-lez-Anvaing du 06/12/2013 autorisant le remplacement des conditions de bridage de l'éoliennes n°4 moyennant l'installation d'un système de type CHIROTEC ,

L'avis rendu est favorable." ;

Vu l'avis favorable de la DGO3 - DÉPARTEMENT DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'EAU, envoyé le 13 juillet 2015, rédigé comme suit :

"1. Examen de la demande

La demande concerne la remise d'un avis relatif à la suspension du bridage chiroptérologique de l'éolienne n°4 du 01/08/15 au 31/10/15.

La suspension est demandée pour permettre la réalisation d'une étude visant à corréler l'activité en altitude des chauves-souris et la mortalité effective au pied des éoliennes

2. Norme de niveaux sonores

2.1. Normes applicables

Les normes de bruit applicables sont celles figurant dans le permis. L'article 1er des conditions particulières prescrites en matière de bruit précise que

Article 1er. Complémentairement à l'Arrêté du Gouvernement wallon du 4 juillet 2002 fixant les conditions générales d'exploitation des établissements visés par le décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnement, le niveau de bruit particulier des éoliennes doit respecter à l'immission, les valeurs limites suivantes :

Vitesse du vent v en m/s, à l'immission et à 10 m de hauteur	*Valeurs limites de nuit LAeq1h en dB(A)*	*Valeurs limites période de transition LAeq1h en dB(A)*
$v \leq 5$	40	45
$5 < v \leq 6$	42	45
$6 < v \leq 7$	43	45
$7 < v \leq 8$	44	45
$8 < v \leq 9$	45	45
$9 < v \leq 10$	47	47

Ces limites s'appliquent au niveau de bruit particulier résultant de l'ensemble du parc éolien. Le niveau évalué est le LAeq1h et la vitesse du vent est la vitesse moyenne de l'heure correspondante.

2.2. Étude acoustique et respect des normes

Une étude d'incidences avait été réalisée lors de la demande d'extension du parc éolien en 2012. Elle comprenait une étude acoustique, réalisée par le bureau agréé CSD Ingénieurs Conseils.

Les niveaux existants et prévisionnels avaient été calculés en 22 points, placés au droit des habitations existantes les plus proches, et en limite des terrains urbanisables au plan de secteur n'ayant pas encore été mis en œuvre.

L'étude montrait que les normes de niveaux de bruit seraient respectées par le parc en période de jour, de transition et de nuit, et ce, sans bridage.

2.3 Conclusions

Les normes de bruit figurant dans le permis devraient être respectées.

3. Avis

La cellule bruit émet un avis FAVORABLE.

4. Annexes

4.1 Visas spécifiques de l'instance relatifs au projet

Vu l'avis favorable sous conditions remis par la cellule bruit en date du 13 juillet 2015 ;

4.2. Motivation sous forme de considérants

Considérant que les normes de bruit applicables sont celles figurant dans le permis ; que l'article 1er des conditions particulières prescrites en matière de bruit précise que

Article 1er Complémentairement à l'Arrêté du Gouvernement wallon du 4 juillet 2002 fixant les conditions générales d'exploitation des établissements visés par le décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnement, le niveau de bruit particulier des éoliennes doit respecter à l'immission, les valeurs limites suivantes:

Vitesse du vent v en m/s, à l'immission et à 10 m de hauteur	*Valeurs limites de nuit LAeq1h en dB(A)*	*Valeurs limites période de transition LAeq1h en dB(A)*
$v \leq 5$	40	45
$5 < v \leq 6$	42	45
$6 < v \leq 7$	43	45
$7 < v \leq 8$	44	45
$8 < v \leq 9$	45	45
$9 < v \leq 10$	47	47

Ces limites s'appliquent au niveau de bruit particulier résultant de l'ensemble du parc éolien. Le niveau évalué est le LAeq1h et la vitesse du vent est la vitesse moyenne de l'heure correspondante.

Considérant qu'une étude d'incidences avait été réalisée lors de la demande d'extension du parc éolien en 2012 ; qu'elle comprenait une étude acoustique, réalisée par le bureau agréé CSD Ingénieurs Conseils ;

Considérant que les niveaux existants et prévisionnels avaient été calculés en 22 points, placés au droit des habitations existantes les plus proches, et en limite des terrains urbanisables au plan de secteur n'ayant pas encore été mis en œuvre ;

Considérant que l'étude montrait que les normes de niveaux de bruit seraient respectées par le parc en période de jour, de transition et de nuit, et ce, sans bridage ;

Considérant que dès lors, les valeurs limites figurant dans le permis devraient être respectées ,"

Vu l'avis du fonctionnaire technique transmis au Collège communal en date du 13 juillet 2015 et reçu le 14 juillet 2015;

Vu le courrier du 14 juillet 2015 informant l'exploitant de la modification envisagée des conditions particulières d'exploitation ;

Vu le courrier envoyé par l'exploitant le 15 juillet 2015 reçu le 17 juillet 2015, par lequel ce dernier marque son accord sur le projet d'arrêté et des remarques reprises au sein de ce dernier ;

Considérant que la demande de modification des conditions particulières a été introduite dans les formes prescrites ;

Considérant que la demande de modification des conditions particulières d'exploitation a été transmise au Fonctionnaire technique par notre Collège en date du 29 juin 2015, et reçue par ce dernier le 30 juin 2015 ;

Considérant qu'il résulte des éléments du dossier déposé par le demandeur et de l'instruction administrative que la demande de modification des conditions particulières vise à supprimer, pour une période limitée dans le temps et comprise entre le 01/08/2015 et le 31/10/2015, le bridage chiroptérologique imposé à l'éolienne n°4 du parc éolien de Frasnes-lez-Anvaing / Moustier, en vue de procéder à une étude scientifique commanditée par le SPW-DEE et supervisée par le SPW- DNF et ayant pour but la mise en corrélation de l'activité des chiroptères en altitude et la mortalité effective au pied des éoliennes ;

Considérant que les normes de bruit figurant dans le permis du 21 février 2013 devraient continuer à être respectées ;

Considérant que le Collège communal a donné à l'exploitant la possibilité de faire valoir ses observations en application de l'article 96 de l'arrêté du Gouvernement wallon du 4 juillet 2002 relatif à la procédure et à diverses mesures d'exécution du décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnement ;

Considérant que le strict respect des conditions particulières énumérées ci-après est de nature à réduire dans une mesure suffisante les inconvénients pouvant résulter de l'exploitation de l'établissement ;

Considérant que la présente décision ne préjudicie pas aux droits des tiers, lesquels peuvent recourir aux juridictions civiles ordinaires ;

Considérant que les prescriptions et conditions auxquelles est subordonnée l'exploitation de l'établissement sont suffisantes pour garantir la sécurité, la salubrité et la commodité publiques ;

ARRETE

Article 1. La demande tendant à modifier les impositions antérieures des permis suivants :

1. Arrêté du 21 février 2013 des Fonctionnaires technique et délégué pour un terme expirant le 13 juillet 2030 (réf DPA ; dossier n°14823) valant permis unique pour la construction d'une éolienne en extension d'un parc existant de 3 éoliennes (y compris la mise en œuvre d'un chemin d'accès et de câbles électriques de raccordement à la cabine de tête existante), à Moustier/Frasnes-Lez-Anvaing dans un établissement situé aux lieux-dits « Rieu du Carmois » et « Grandes Communes », s/n à 7911 MOUSTIER/FRASNES-LEZ-ANVAING ;

2. Arrêté du 6 décembre 2013 du Collège communal autorisant la modification des conditions particulières de l'arrêté sus-évoqué par le remplacement des arrêts de fonctionnement de l'éolienne I4 prévus dans les conditions du DNF (en vue de limiter l'impact de l'éolienne sur la chiroptérofaune) par un système de type CHIROTEC, dans un établissement situé aux lieux-dits « Rieu du Carmois » et « Grandes Communes », s/n à 7911 MOUSTIER/FRASNES-LEZ-ANVAING ;

est <u>ACCEPTÉE</u>.

Article 2. La modification accordée des conditions particulières d'exploitation consiste à supprimer, pour une période limitée dans le temps et comprise entre le 01/08/2015 et le 31/10/2015, le bridage chiroptérologique imposé à l'éolienne n°4 du parc éolien de Frasnes-lez-Anvaing / Moustier, en vue de procéder à une étude scientifique commanditée par le SPW-DEE et supervisée par le SPW- DNF et ayant pour but la mise en corrélation de l'activité des chiroptères en altitude et la mortalité effective au pied des éoliennes, dans un établissement sis aux lieux-dits « Rieu du Carmois » et « Grandes Communes » s/n à 7911 MOUSTIER/FRASNES-LEZ-ANVAING.

Article 3. Les conditions d'exploitation particulières applicables à l'établissement sont modifiées comme suit :

Les conditions relatives au bridage chiroptérologique émises par le DNF- Direction de Mons ne sont pas applicables durant la période qui s'étend du 01/08/2015 au 31/10/2015. Elles redeviennent actives dès le 01/11/2015

Article 4. Les conditions particulières d'exploitation, telles que modifiées par le présent arrêté, sont exécutoires selon les dispositions de l'article 46 du décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnement.

Article 5. Les conditions particulières d'exploitation telles que modifiées par le présent arrêté sont applicables dès que le permis est rendu exécutoire.

Article 6. Sans préjudice des poursuites pouvant être exercées en vertu du Code pénal, les contraventions au présent arrêté seront constatées et punies conformément à la partie VIII - Recherche, constatation, poursuite, répression et mesures de réparation des infractions en matière d'environnement - de la partie décrétale du livre Ier du code de l'environnement.

En outre, le présent permis ne préjudicie pas aux droits des tiers.

Article 7. Dans les 10 jours qui suivent l'adoption de la décision cette dernière fait l'objet d'un avis - conforme aux dispositions de l'article D.29-22, § 2, alinéa 3, du livre Ier du code de l'environnement - affiché durant vingt jours aux endroits habituels d'affichage et, de manière parfaitement visible, sur le bien concerné par le projet.

Article 8. § 1er. Un recours auprès du Ministre de l'Environnement, de l'Aménagement du territoire, de la Mobilité et des Transports, des Aéroports et du Bien-être animal, envoyé et instruit conformément au chapitre IV du décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnement, est ouvert :

1° à toutes les personnes visées par l'article 67 du décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnent contre les décisions prises en vertu de l'article 65 dudu décret ;

2° aux personnes non visées au 1° justifiant d'un intérêt contre les décisions prise en vertu de l'article 65, § 1er.

§ 2 Sous peine d'irrecevabilité, le recours doit être adressé par lettre recommandée à la poste avec accusé de réception ou remis contre récépissé au fonctionnaire technique compétent sur recours - Service public de Wallonie c/o Direction générale Agriculture, Ressources naturelles et Environnement, avenue Prince de Liège, 15 à 5100 NAMUR (Jambes) - dans un délai de vingt jours :

1° à dater de la réception de la décision pour l'exploitant et le fonctionnaire technique ;

2° à dater du premier jour de l'affichage de la décision pour les personnes non visées au 1°. Si la décision est affichée dans plusieurs communes, le délai est prolongé jusqu'au vingtième jour suivant le premier jour de l'affichage dans la commune qui y a procédé la dernière.

Le recours est introduit selon les dispositions de l'arrêté du Gouvernement wallon du 4 juillet 2002 relatif à la procédure et à diverses mesures d'exécution du décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnement, et, notamment, en utilisant exclusivement le formulaire repris à l'annexe XI de l'arrêté précité.

Un droit de dossier de 25,00 euros est à verser sur le compte 091-2150215-45 du Département des Permis et Autorisations, avenue Prince de Liège, 15 à 5100 NAMUR (Jambes).

§ 3. Le recours n'est pas suspensif de la décision attaquée

Article 9. La décision est notifiée en expédition conforme et par envoi recommandé :

à FRASNES-LEZ-VENTS SA, chaussée de Lille n° 353 à 7500 TOURNAI ,
au fonctionnaire technique du Service public de Wallonie - Direction générale Agriculture, Ressources naturelles et Environnement - Département des Permis et Autorisations - Direction de Mons, Place du Béguinage n° 16 à 7000 MONS ,
à la DGO3 - DNF - Direction extérieure de Mons, Rue Achille Legrand n° 16 à 7000 MONS ;
à la DGO3 - Département de l'Environnement et de l'Eau, Avenue Prince de Liège n° 15 à 5100 NAMUR(Jambes) ;
à la DGO3 - DPC - Direction extérieure de Mons, Boulevard Winston Churchill n° 28 à 7000 MONS ;

Article 10. La présente décision est enregistrée sous le numéro 18993 auprès de la Direction de Mons du Département des Permis et Autorisations.

En séance, date que dessus.
PAR LE COLLEGE :

Le Secrétaire,
(sé) Dominique VALLEZ

Le Président,
(sé) Jean-Luc CRUCKE

POUR EXTRAIT CONFORME :

Le Directeur Général,

Le Bourgmestre,

VI.2. Dérogation pour la capture et le transport d'espèces protégées

Wallonie

SPW
Service public de Wallonie

DEPARTEMENT DE LA NATURE ET DES FORETS

DIRECTION DE LA NATURE

Avenue Prince de Liège, 15
B-5100 JAMBES
Tél. : 081 33 50 50
Fax : 081 33 58 22
Mél : dn.dnf.dgarne@spw.wallonie.be

Sens of Life
Madame pauline rico
3 rue Cope Cambe
34230 PLAISSAN
France

Vos réf. :
Nos réf. : DO502/PB/CH/SLi/JPB/JP/08-802/ PB/CH/JPB/ Sorties 2015 : 14740
Annexe(s) :
Votre contact : Jean-Philippe BIZOUX– 081-335883– Jean-Philippe.BIZOUX@spw.wallonie.be

Objet : Votre demande de dérogation pour la collecte de cadavres de chauves-souris

Jambes, le 29 MAI 2015

Madame,

Vous trouverez en annexe, la dérogation relative à l'objet mieux identifié sous rubrique ainsi que l'avis du Conseil Supérieur Wallon de la Conservation de la Nature émis le 12 mai 2015.

Le Département de la Nature et des Forêts reste à votre disposition pour toute information complémentaire.

Vous souhaitant bonne réception de la présente, je vous prie de croire, Madame, en l'assurance de ma considération distinguée.

L'Inspecteur général

Ir. P. BLEROT

www.wallonie.be
N° Vert : 0800 11 901 (informations générales)

Wallonie | SPW Service public de Wallonie

DIRECTION GENERALE OPERATIONNELLE
DE L'AGRICULTURE, DES RESSOURCES NATURELLES
ET DE L'ENVIRONNEMENT

DGO 3

Réf. : déro 2015/RS/n°17

Autorisation de détenir et transporter sous certaines conditions, des cadavres de chauves-souris protégées par la Loi sur la Conservation de la Nature

L'Inspecteur général du Département de la Nature et des Forêts ;

Vu la Loi sur la Conservation de la Nature du 12 juillet 1973, en particulier les articles 2 bis, 5 et 5bis de tel qu'insérés par le décret du 6 décembre 2001 relatif à la conservation des sites Natura 2000 ainsi que de la faune et de la flore sauvages ;

Vu l'arrêté du Gouvernement Wallon du 20 novembre 2003 relatif à l'octroi de dérogations aux mesures de protection des espèces animales et végétales, à l'exception des oiseaux ;

Vu la demande de dérogation introduite par Madame Pauline Rico pour le compte de Sens of Life en date du 16 mars 2015 ;

Vu l'avis du Conseil Supérieur Wallon de la Conservation de la Nature émis le12 mai 2015 ;

Considérant que la demande vise à détenir et transporter des chauves-souris mortes en vue de leur indentification dans le cadre d'un inventaire de mortalité ;

Considérant que la demande s'inscrit dans un objectif de recherche appliquée afin de mieux connaître l'impact des éoliennes sur la mortalité en chauves-souris sur le territoire de la Région wallonne ;

Considérant que la demande s'inscrit également dans le cadre d'un marché public passé par le Département de l'Eau et de l'Environnement du Service Public de Wallonie ;

Considérant que la demande s'inscrit dans un objectif de recherche et d'éducation ;

Considérant que la demande rencontre également un objectif de protection de la faune et de conservation des habitats naturels;

Considérant qu'il n'y a pas d'autre solution satisfaisante pour réaliser cette étude ;

Considérant que la détention de cadavres de chauves-souris mortes n'est pas susceptible de nuire au maintien dans un état de conservation favorable des populations des espèces concernées ;

ARRÊTE :

Article 1er. Monsieur Vincent Leirens et Madame Pauline Rico, pour le compte de Sens of Life, sont autorisés à détenir et transporter des cadavres de chauves-souris.

Cette autorisation s'inscrit dans le cadre d'un travail qui vise à mieux connaître l'impact des éoliennes sur la mortalité en chauves-souris sur le territoire de la Région wallonne

Conseil Supérieur Wallon de la Conservation de la Nature

Doc. 15/CSWCN 155
PJH/SL

Liège, le 12 mai 2015

Monsieur Ph. BLEROT
Inspecteur général
SPW - DGARNE
Avenue Prince de Liège, 7
5100 JAMBES

V.Réf: DO502/PB/CH/SLi/JPB/08-807 Sorties 2015 : 10734

Concerne : **Demande de dérogation émanant de Madame Pauline RICO pour le compte de la SAS Sens of Life concernant la collecte de cadavres de chauves-souris à effectuer par Monsieur Vincent LEIRENS du 1er août au 31 octobre 2015 dans le cadre d'une « étude de l'activité et de la mortalité des chiroptères sur des parcs éoliens au moyen de la trajectographie acoustique et de la recherche de cadavres au sol »**

Monsieur l'Inspecteur général,

Réuni ce 12 mai 2015, le Bureau du Conseil supérieur wallon de la Conservation de la Nature a examiné le dossier repris sous rubrique et a **accepté** que soit accordée la dérogation demandée.

En vous souhaitant bonne réception de la présente, nous vous prions de croire, Monsieur l'Inspecteur général, à l'assurance de notre meilleure considération.

P.O.
P.J HEINE

L. WOUE
Vice-Président

Copie à Monsieur René COLLIN, Ministre de l'Agriculture, de la Nature, de la Ruralité, du Tourisme et des Infrastructures sportives

Secrétariat : CESW - Pôle « nature-ruralité » - Rue du Vertbois, 13 c - 4000 LIEGE
Tél. : 04/232.98.(**) - Fax : 04/232.98.26 - E-mail : prenom.nom@cesw.be
Secrétaire - coordinateur administratif : Pierre-Jacques HEINE (70) / Secrétaire - coordinateur technique : Alain MAIRESSE (79)
Secrétaires : Olivier BALTUS (18) - Julien DAISE - Corneille FRANSSEN (21) – Dominique ROSENGARTEN (57)
Secrétaires administratives : Sabrina LAMBEAUX (26) - Frédérique BLANJEAN (90) - Inge SCHUMACHER (19)

VI.3. Paramètres des nuits de mortalité

Dour E4 – Noctule de Leisler

Données météo					Données chiro	Arrêt Machine		Risque Chiro résiduel	
Date	Heure	V - Vitesse vent (m/s à 100 m)	T- Temp	Nuit	Nb de contacts de chiroptères	Bridage : Vent <7m/s et Temp >8°C	ProBat	Bridage : Vent <7m/s et Temp >8°C	ProBat
02/09/2015	18:30:00	4,75	15,9	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0
02/09/2015	18:40:00	3,59	16	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	18:50:00	3,45	15,17	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	19:00:00	3,14	15	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	19:10:00	3,61	14,81	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	19:20:00	3,22	14,94	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	19:30:00	3,02	15	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	19:40:00	2,69	14,46	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	19:50:00	1,59	15	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	20:00:00	0,83	15,04	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	20:10:00	0,45	15,1	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	20:20:00	0,18	14,9	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	20:30:00	0,91	14,4	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	20:40:00	1,19	15	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	20:50:00	0,6	15	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	21:00:00	0,61	15	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	21:10:00	0,15	15	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	21:20:00	0,34	15	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	21:30:00	0,45	15	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	21:40:00	0,5	15	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	21:50:00	1,14	15	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	22:00:00	0,93	15	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	22:10:00	0,35	15	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	22:20:00	0	14,82	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	22:30:00	0,11	14	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	22:40:00	0,43	14	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	22:50:00	0,26	14	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	23:00:00	0,4	14	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	23:10:00	0,18	14	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	23:20:00	0,13	14	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	23:30:00	0	14	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	23:40:00	0,02	14	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
02/09/2015	23:50:00	0,26	13,15	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	00:00:00	0,56	13	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	00:10:00	0,9	13	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0

03/09/2015	00:20:00	1,11	13	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	00:30:00	1,14	13	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	00:40:00	1,78	13	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	00:50:00	1,91	13	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	01:00:00	2,13	13	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	01:10:00	3,09	13	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	01:20:00	3,43	13	VRAI	1	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	01:30:00	3,28	13	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	01:40:00	3,47	13	VRAI	1	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	01:50:00	3,53	13	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	02:00:00	3,63	13	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	02:10:00	4,31	12,8	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	02:20:00	4,62	12,02	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
03/09/2015	02:30:00	4,28	12,88	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	02:40:00	3,76	12,97	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	02:50:00	3,24	13	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	03:00:00	3,16	12,78	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	03:10:00	3,3	12,26	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	03:20:00	3,31	12	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	03:30:00	2,2	12	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	03:40:00	1,58	12	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	03:50:00	2,11	12	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	04:00:00	2,05	12	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	04:10:00	2,46	12	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	04:20:00	2,44	12	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	04:30:00	2,87	12	VRAI	1	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	04:40:00	3,18	12	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	04:50:00	3,63	12	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	05:00:00	3,34	12	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
03/09/2015	05:10:00	2,95	11,84	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0
03/09/2015	05:20:00	3,28	11,12	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0

Beaumont E6 – Sérotine commune – 30/08

29/08/2015	18:30:00	0,41	29,1	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0
29/08/2015	18:40:00	0,24	29,39	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	18:50:00	0,65	29,95	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	19:00:00	0,87	28,56	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	19:10:00	0,21	29	VRAI	1	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	19:20:00	0,11	29,49	VRAI	1	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	19:30:00	0,28	29,04	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	19:40:00	0,63	28,85	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	19:50:00	1,09	28,66	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	20:00:00	1,6	28,11	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0

29/08/2015	20:10:00	2,4	28,15	VRAI	1	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	20:20:00	2,89	27,1	VRAI	1	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	20:30:00	3,41	26,21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	20:40:00	3,83	26	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	20:50:00	4,28	25,61	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	21:00:00	4,29	25,51	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	21:10:00	4,68	25,38	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	21:20:00	5,12	25,69	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	21:30:00	4,74	25,32	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	21:40:00	5,33	24,99	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	21:50:00	5	24,91	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	22:00:00	5,85	24,73	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
29/08/2015	22:10:00	5,2	24	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	22:20:00	5,33	24	VRAI	1	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	22:30:00	6,02	24	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
29/08/2015	22:40:00	5,77	23,99	VRAI	2	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	22:50:00	4,84	23,93	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	23:00:00	4,46	23,85	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	23:10:00	6,41	24	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	23:20:00	6,47	24	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
29/08/2015	23:30:00	6,12	24	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
29/08/2015	23:40:00	5,77	24	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
29/08/2015	23:50:00	5,79	24	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
30/08/2015	00:00:00	6,28	24	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
30/08/2015	00:10:00	6,36	23,5	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
30/08/2015	00:20:00	6	23,08	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
30/08/2015	00:30:00	6,02	23,45	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
30/08/2015	00:40:00	6,06	23,79	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
30/08/2015	00:50:00	3,9	23,49	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
30/08/2015	01:00:00	2,32	23	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
30/08/2015	01:10:00	3,67	23,32	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
30/08/2015	01:20:00	3,79	23,84	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
30/08/2015	01:30:00	3,59	23,09	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
30/08/2015	01:40:00	3,36	23,35	VRAI	1	VRAI	VRAI	0	0
30/08/2015	01:50:00	3,31	23	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
30/08/2015	02:00:00	3,66	23	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
30/08/2015	02:10:00	4,86	23,63	VRAI	1	VRAI	VRAI	0	0
30/08/2015	02:20:00	5,61	23,77	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
30/08/2015	02:30:00	5,66	23,92	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
30/08/2015	02:40:00	6,05	24	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
30/08/2015	02:50:00	6,18	24,03	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
30/08/2015	03:00:00	6,73	24	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
30/08/2015	03:10:00	6,9	24,31	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0

30/08/2015	03:20:00	6,63	24,67	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
30/08/2015	03:30:00	6,76	25	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
30/08/2015	03:40:00	6,82	25	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
30/08/2015	03:50:00	7,09	25	VRAI	0	FAUX	FAUX	0	0
30/08/2015	04:00:00	7,11	25	VRAI	0	FAUX	FAUX	0	0
30/08/2015	04:10:00	7,54	25	VRAI	0	FAUX	FAUX	0	0
30/08/2015	04:20:00	7,27	25	VRAI	0	FAUX	FAUX	0	0
30/08/2015	04:30:00	7,31	25	VRAI	0	FAUX	FAUX	0	0
30/08/2015	04:40:00	7,19	25	VRAI	0	FAUX	FAUX	0	0
30/08/2015	04:50:00	5,44	22,83	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
30/08/2015	05:00:00	5,32	23,14	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
30/08/2015	05:10:00	3,75	22,96	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0
30/08/2015	05:20:00	2,36	22,22	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0

Eolienne E7 – Pipistrelle commune – 12/08

10/08/2015	19:00:00	4,98	25	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0
10/08/2015	19:10:00	3,95	25	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0
10/08/2015	19:20:00	4,47	25	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	19:30:00	4,42	25	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	19:40:00	4,34	25	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	19:50:00	3,85	25	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	20:00:00	4,43	25	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	20:10:00	4,22	24,98	VRAI	1	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	20:20:00	4,4	24,14	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	20:30:00	3,69	24	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	20:40:00	3,06	24	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	20:50:00	3,23	24	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	21:00:00	3,38	24	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	21:10:00	3,85	23,78	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	21:20:00	4,43	23	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	21:30:00	4,82	23	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	21:40:00	4,78	23	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	21:50:00	3,93	23	VRAI	1	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	22:00:00	4,33	23	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	22:10:00	3,94	23	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	22:20:00	3,66	23	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	22:30:00	3,63	23	VRAI	3	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	22:40:00	3,75	23	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	22:50:00	3,96	23	VRAI	2	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	23:00:00	3,67	22,82	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	23:10:00	3,47	22,5	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	23:20:00	3,48	22	VRAI	1	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	23:30:00	4,46	22	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0

10/08/2015	23:40:00	4,49	22	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	23:50:00	3,52	22	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	00:00:00	3,8	22	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	00:10:00	4,37	21,81	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	00:20:00	3,98	22	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	00:30:00	4,41	21,58	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	00:40:00	4,58	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	00:50:00	3,69	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	01:00:00	3,35	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	01:10:00	3,08	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	01:20:00	3,57	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	01:30:00	4,02	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	01:40:00	3,95	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	01:50:00	3,78	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	02:00:00	4,15	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	02:10:00	4,58	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	02:20:00	4,62	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	02:30:00	4,91	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	02:40:00	4,67	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	02:50:00	4,6	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	03:00:00	4,69	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	03:10:00	4,65	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	03:20:00	4,58	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	03:30:00	4,59	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	03:40:00	4,53	20,64	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	03:50:00	4,46	20,24	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	04:00:00	4,35	20,18	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	04:10:00	4,41	20	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	04:20:00	4,29	20	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	04:30:00	4,05	20	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	04:40:00	3,55	20	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0
11/08/2015	04:50:00	2,78	20	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0
11/08/2015	05:00:00	1,67	20	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0
11/08/2015	05:10:00	1,34	20	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0
11/08/2015	05:20:00	1,27	20	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0
11/08/2015	05:30:00	1,43	19,71	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0

11/08/2015	19:00:00	6,06	25	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0
11/08/2015	19:10:00	5,05	25	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0
11/08/2015	19:20:00	5,47	25	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	19:30:00	5,07	25	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	19:40:00	5,05	25	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	19:50:00	5,89	24,67	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0

11/08/2015	20:00:00	5,45	24	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	20:10:00	5,97	24	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	20:20:00	6,41	24	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	20:30:00	6,19	24	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	20:40:00	5,71	23,9	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	20:50:00	6,44	23	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	21:00:00	6,53	23	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	21:10:00	6,29	23	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	21:20:00	6,31	22,57	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	21:30:00	6,35	22	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	21:40:00	6,82	22	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	21:50:00	7,76	22	VRAI	0	FAUX	FAUX	0	0
11/08/2015	22:00:00	7,34	22	VRAI	0	FAUX	FAUX	0	0
11/08/2015	22:10:00	6,62	21,57	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	22:20:00	6,44	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	22:30:00	6,18	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	22:40:00	5,94	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	22:50:00	6,15	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	23:00:00	6,93	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	23:10:00	6,82	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	23:20:00	6,63	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	23:30:00	5,73	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	23:40:00	5,78	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	23:50:00	6,68	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	00:00:00	6,54	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	00:10:00	5,81	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	00:20:00	6,13	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	00:30:00	6,6	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	00:40:00	6,87	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	00:50:00	7,07	21	VRAI	0	FAUX	FAUX	0	0
12/08/2015	01:00:00	6,64	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	01:10:00	6,68	20,67	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	01:20:00	6,83	20,04	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	01:30:00	6,69	20	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	01:40:00	6,81	20	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	01:50:00	6,43	20	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	02:00:00	6,36	20	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	02:10:00	5,84	20	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	02:20:00	5,06	20	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
12/08/2015	02:30:00	4,47	20	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
12/08/2015	02:40:00	4,75	20	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
12/08/2015	02:50:00	4,84	20	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
12/08/2015	03:00:00	4,92	20	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0

12/08/2015	03:10:00	4,92	20	VRAI	1	VRAI	VRAI	0	0
12/08/2015	03:20:00	5,32	20	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
12/08/2015	03:30:00	5,75	20	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	03:40:00	6,11	20	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	03:50:00	5,47	20	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	04:00:00	4,91	20	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
12/08/2015	04:10:00	5,48	19,97	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	04:20:00	5,75	19,02	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	04:30:00	5,22	19	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
12/08/2015	04:40:00	4,78	19,02	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0
12/08/2015	04:50:00	5,37	19	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0
12/08/2015	05:00:00	4,83	19	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0

Eolienne E9 – Sérotine commune – 12/08

10/08/2015	19:00:00	4,98	25	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0
10/08/2015	19:10:00	3,95	25	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0
10/08/2015	19:20:00	4,47	25	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	19:30:00	4,42	25	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	19:40:00	4,34	25	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	19:50:00	3,85	25	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	20:00:00	4,43	25	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	20:10:00	4,22	24,98	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	20:20:00	4,4	24,14	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	20:30:00	3,69	24	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	20:40:00	3,06	24	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	20:50:00	3,23	24	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	21:00:00	3,38	24	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	21:10:00	3,85	23,78	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	21:20:00	4,43	23	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	21:30:00	4,82	23	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	21:40:00	4,78	23	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	21:50:00	3,93	23	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	22:00:00	4,33	23	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	22:10:00	3,94	23	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	22:20:00	3,66	23	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	22:30:00	3,63	23	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	22:40:00	3,75	23	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	22:50:00	3,96	23	VRAI	1	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	23:00:00	3,67	22,82	VRAI	1	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	23:10:00	3,47	22,5	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	23:20:00	3,48	22	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	23:30:00	4,46	22	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0

10/08/2015	23:40:00	4,49	22	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
10/08/2015	23:50:00	3,52	22	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	00:00:00	3,8	22	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	00:10:00	4,37	21,81	VRAI	2	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	00:20:00	3,98	22	VRAI	2	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	00:30:00	4,41	21,58	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	00:40:00	4,58	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	00:50:00	3,69	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	01:00:00	3,35	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	01:10:00	3,08	21	VRAI	1	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	01:20:00	3,57	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	01:30:00	4,02	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	01:40:00	3,95	21	VRAI	1	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	01:50:00	3,78	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	02:00:00	4,15	21	VRAI	1	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	02:10:00	4,58	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	02:20:00	4,62	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	02:30:00	4,91	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	02:40:00	4,67	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	02:50:00	4,6	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	03:00:00	4,69	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	03:10:00	4,65	21	VRAI	1	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	03:20:00	4,58	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	03:30:00	4,59	21	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	03:40:00	4,53	20,64	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	03:50:00	4,46	20,24	VRAI	1	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	04:00:00	4,35	20,18	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	04:10:00	4,41	20	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	04:20:00	4,29	20	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	04:30:00	4,05	20	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	04:40:00	3,55	20	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0
11/08/2015	04:50:00	2,78	20	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0

11/08/2015	19:00:00	6,06	25	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0
11/08/2015	19:10:00	5,05	25	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0
11/08/2015	19:20:00	5,47	25	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	19:30:00	5,07	25	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	19:40:00	5,05	25	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
11/08/2015	19:50:00	5,89	24,67	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	20:00:00	5,45	24	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	20:10:00	5,97	24	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	20:20:00	6,41	24	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	20:30:00	6,19	24	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0

11/08/2015	20:40:00	5,71	23,9	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	20:50:00	6,44	23	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	21:00:00	6,53	23	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	21:10:00	6,29	23	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	21:20:00	6,31	22,57	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	21:30:00	6,35	22	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	21:40:00	6,82	22	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	21:50:00	7,76	22	VRAI	0	FAUX	FAUX	0	0
11/08/2015	22:00:00	7,34	22	VRAI	0	FAUX	FAUX	0	0
11/08/2015	22:10:00	6,62	21,57	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	22:20:00	6,44	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	22:30:00	6,18	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	22:40:00	5,94	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	22:50:00	6,15	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	23:00:00	6,93	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	23:10:00	6,82	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	23:20:00	6,63	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	23:30:00	5,73	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	23:40:00	5,78	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
11/08/2015	23:50:00	6,68	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	00:00:00	6,54	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	00:10:00	5,81	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	00:20:00	6,13	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	00:30:00	6,6	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	00:40:00	6,87	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	00:50:00	7,07	21	VRAI	0	FAUX	FAUX	0	0
12/08/2015	01:00:00	6,64	21	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	01:10:00	6,68	20,67	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	01:20:00	6,83	20,04	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	01:30:00	6,69	20	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	01:40:00	6,81	20	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	01:50:00	6,43	20	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	02:00:00	6,36	20	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	02:10:00	5,84	20	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	02:20:00	5,06	20	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
12/08/2015	02:30:00	4,47	20	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
12/08/2015	02:40:00	4,75	20	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
12/08/2015	02:50:00	4,84	20	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
12/08/2015	03:00:00	4,92	20	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
12/08/2015	03:10:00	4,92	20	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
12/08/2015	03:20:00	5,32	20	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	03:30:00	5,75	20	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	03:40:00	6,11	20	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0

12/08/2015	03:50:00	5,47	20	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	04:00:00	4,91	20	VRAI	1	VRAI	VRAI	0	0
12/08/2015	04:10:00	5,48	19,97	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	04:20:00	5,75	19,02	VRAI	0	VRAI	FAUX	0	0
12/08/2015	04:30:00	5,22	19	VRAI	0	VRAI	VRAI	0	0
12/08/2015	04:40:00	4,78	19,02	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0
12/08/2015	04:50:00	5,37	19	FAUX	0	FAUX	FAUX	0	0