



PARCS ÉOLIENS
de la Seigneurie de Beauré

Parc éolien de la Côte-de-Beauré

Suivi environnemental

Faune avienne et chauves-souris – An 3 – 2018

N° de dossier au MELCC : 3211-12-190

13 février 2019

Un projet réalisé par :
Éoliennes Côte-de-Beauré S.E.C.



BORALEX



ÉOLIENNES CÔTE-DE-BEAUPRÉ S.E.C.

Parc éolien de la Côte-de-Beaupré

Suivi environnemental *Faune avienne et chauves-souris – An 3 – 2018*

13 février 2019 – FINAL

N/Réf. : BLXCDB00-740

Éoliennes Côte-de-Beaupré S.E.C.

Marie-Ève Simard, M. Env.
Chargée de projets, environnement
Boralex

PESCA Environnement

version originale signée par

Marjolaine Castonguay, biologiste, M. Sc.
Directrice de projet

version originale signée par

Matthieu Féret, biologiste, M. Sc.
Chargé de projet

Référence à citer :

PESCA Environnement (2019). *Suivi environnemental – Faune avienne et chauves-souris – An 3 – 2018*.
Parc éolien de la Côte-de-Beaupré. 19 pages et 5 annexes.

Propriété intellectuelle et restrictions

Le présent rapport doit être considéré dans son ensemble, dans le contexte spécifique de l'étude. Il comprend des informations, des données et des graphiques qui demeurent la propriété intellectuelle de PESCA Environnement. Il est interdit de copier, de diffuser ou de distribuer ce contenu, en tout ou en partie, sans l'autorisation directement du titulaire de ces droits. L'utilisation de ce rapport, le recours à ce dernier ou toute décision fondée sur son contenu par un tiers est la responsabilité exclusive de ce dernier.

□ **TABLE DES MATIÈRES**

1	MISE EN CONTEXTE	1
2	MÉTHODOLOGIE	2
2.1	Suivi de la mortalité	2
2.1.1	Calendrier de suivi	2
2.1.2	Sélection des sites de suivi	2
2.1.3	Recherche de carcasses	5
2.1.4	Tests de standardisation	6
2.1.4.1	Test de persistance	6
2.1.4.2	Efficacité des observateurs	6
2.1.5	Calcul du taux de mortalité	6
2.1.6	Conditions météorologiques	7
2.2	Suivi comportemental	7
2.3	Suivi de l'utilisation du parc éolien par la grive de Bicknell	8
2.3.1	Migration	8
2.3.2	Nidification	8
3	RÉSULTATS ET DISCUSSION	9
3.1	Suivi de la mortalité des oiseaux et des chauves-souris	9
3.1.1	Carcasses récoltées	9
3.1.2	Persistance des carcasses	9
3.1.3	Efficacité des observateurs	10
3.1.4	Taux de mortalité des rapaces	10
3.1.5	Taux de mortalité des oiseaux	11
3.1.6	Taux de mortalité des chauves-souris	12
3.2	Suivi comportemental	13
3.2.1	Rapaces	13
3.2.1.1	Abondance et diversité	13
3.2.1.2	Taux de passage	13
3.2.1.3	Hauteur et direction de vol	14
3.2.1.4	Comportement	14
3.2.2	Autres espèces	15
3.2.2.1	Abondance et diversité	15
3.2.2.2	Taux de passage	15
3.2.2.3	Hauteur et direction de vol	16
3.2.2.4	Comportement	17
3.3	Suivi de l'utilisation du parc éolien par la grive de Bicknell	17
4	CONCLUSION	17
4.1	Suivi de la mortalité	17
4.2	Suivi comportemental	18
4.3	Suivi de l'utilisation du parc éolien par la grive de Bicknell	18
	BIBLIOGRAPHIE	19

☐ LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Caractéristiques des éoliennes du parc éolien de la Côte-de-Beaupré.....	1
Tableau 2	Répartition par type d'habitat des sites de suivi de la mortalité dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018	2
Tableau 3	Répartition des visites des sites d'éolienne sélectionnés pour le suivi de la mortalité dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018.....	5
Tableau 4	Effort relatif au suivi comportemental dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018.....	7
Tableau 5	Persistance des carcasses témoins lors du suivi de la mortalité en 2018.....	9
Tableau 6	Taux d'efficacité de l'observateur lors du suivi de la mortalité dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018	10
Tableau 7	Taux de mortalité des rapaces dans les parcs éoliens en Amérique du Nord.....	10
Tableau 8	Taux de mortalité des oiseaux dans les parcs éoliens en Amérique du Nord	11
Tableau 9	Estimation des taux de mortalité des chauves-souris dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018.....	12
Tableau 10	Taux de mortalité des chauves-souris dans les parcs éoliens en Amérique du Nord.....	12
Tableau 11	Rapaces observés lors du suivi de l'utilisation du parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018.....	13
Tableau 12	Abondance et taux de passage des rapaces observés lors du suivi comportemental dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018	13
Tableau 13	Oiseaux autres que les rapaces observés lors du suivi comportemental dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018	15
Tableau 14	Abondance et taux de passage des oiseaux autres que les rapaces observés lors du suivi comportemental dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018.....	15

☐ LISTE DES FIGURES

Figure 1	Calendrier du suivi de la mortalité dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018	2
Figure 2	Localisation des sites sélectionnés pour le suivi de la mortalité et de l'utilisation du parc éolien en 2018	3
Figure 3	Direction de vol (en %) des rapaces lors du suivi de l'utilisation du parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018.....	14
Figure 4	Hauteur de vol des rapaces lors du suivi de l'utilisation du parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018.....	14
Figure 5	Direction de vol (en %) des oiseaux autres que les rapaces observés lors du suivi comportemental dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018	16
Figure 6	Hauteur de vol des oiseaux autres que les rapaces lors du suivi de l'utilisation du parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018	16

☐ **LISTE DES ANNEXES**

- | | |
|----------|--|
| Annexe A | Description des zones de suivi à chaque site d'éolienne sélectionné dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018 |
| Annexe B | Formules utilisées pour le calcul des taux de mortalité |
| Annexe C | Conditions météorologiques lors du suivi de la mortalité dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018 |
| Annexe D | Conditions météorologiques lors du suivi de l'utilisation du parc éolien de la Côte-de-Beaupré par les oiseaux et la grive de Bicknell en 2018 |
| Annexe E | Détails relatifs à la chauve-souris trouvée lors du suivi de la mortalité effectué dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018 |

1 Mise en contexte

Conformément aux conditions inscrites au décret 1008-2014, Éoliennes Côte-de-Beaupré S.E.C. a mis en place un programme de suivi de la faune avienne et des chauves-souris dès la première année d'exploitation du parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2016. Ce programme vise trois objectifs :

- évaluer les taux de mortalité des oiseaux et des chauves-souris associés à la présence et au fonctionnement des éoliennes du parc éolien de la Côte-de-Beaupré;
- documenter le comportement des oiseaux à l'approche du parc éolien lors des périodes de migrations printanière et automnale;
- évaluer l'utilisation du parc éolien par la grive de Bicknell en périodes de migrations printanière et automnale et de nidification.

Le parc éolien de la Côte-de-Beaupré comprend 10 éoliennes pour une puissance totale installée de 23,5 MW (tableau 1).

Tableau 1 *Caractéristiques des éoliennes du parc éolien de la Côte-de-Beaupré*

Caractéristique	Modèle d'éolienne Enercon E-92
Nombre d'éoliennes	10
Puissance nominale (MW)	2,35
Hauteur du moyeu (m)	85
Diamètre du rotor (m)	92
Hauteur totale de l'éolienne (m)	131

Le suivi de la faune avienne et des chauves-souris a été réalisé selon des méthodes conformes aux protocoles de référence des ministères concernés (Environnement Canada, 2007; MRNF, 2008). Le programme de suivi de la faune avienne et des chauves-souris a été transmis pour approbation aux responsables du secteur de la faune et les recommandations reçues ont été prises en considération.

Le présent document concerne le suivi effectué au cours de la troisième année d'exploitation du parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018. Le suivi a été effectué selon le même protocole qu'en 2016 et en 2017, conformément à la recommandation du représentant du secteur de la faune. Un protocole de suivi a été soumis à ce dernier et il l'a accepté (S. Déry, MFFP, 10 mai 2018).

2 Méthodologie

2.1 Suivi de la mortalité

2.1.1 Calendrier de suivi

Le suivi de la mortalité dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018 a été réalisé durant 30 semaines consécutives réparties entre les périodes d'inventaire déterminées dans le protocole de référence provincial (MRNF, 2008), soit :

- les périodes de migrations printanière et automnale des rapaces;
- la période de reproduction des chauves-souris;
- la période de migration automnale des chauves-souris.

Ces périodes couvrent également les périodes de migration et de nidification des oiseaux migrateurs déterminées dans le protocole de référence fédéral (Environnement Canada, 2007). Le calendrier de suivi est illustré à la figure 1.

Espèce ciblée	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre
Rapaces		Migration printanière					Migration automnale		
Oiseaux migrateurs		Migration printanière		Reproduction			Migration automnale		
Chauves-souris				Reproduction		Migration automnale			

Figure 1 Calendrier du suivi de la mortalité dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018

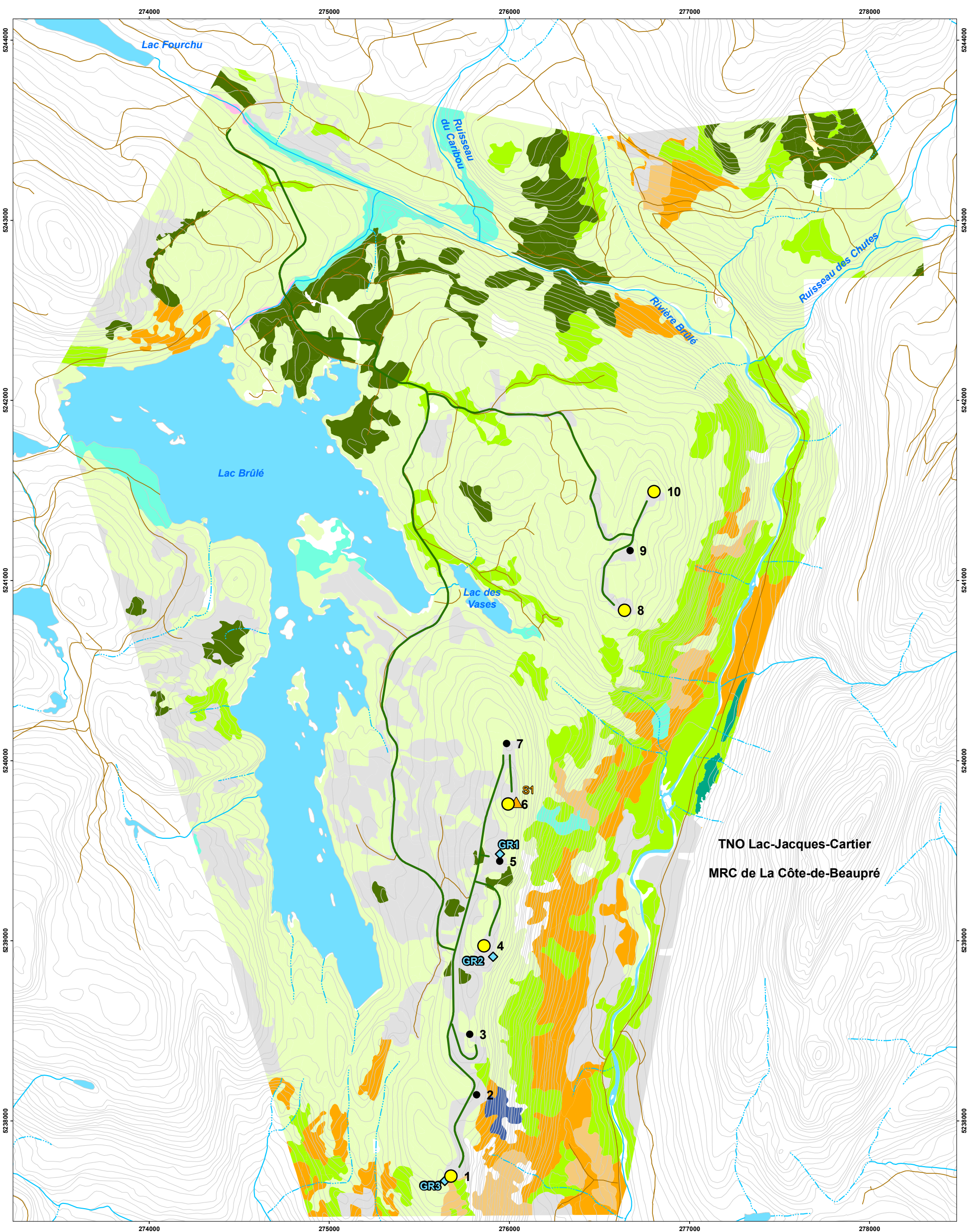
2.1.2 Sélection des sites de suivi

Le suivi de la mortalité a porté sur cinq des dix sites d'éolienne (50 %) du parc éolien de la Côte-de-Beaupré (figure 2). Ces sites d'éolienne sont les mêmes qu'en 2016 et en 2017. Ils avaient été sélectionnés aléatoirement dans les habitats présents tout en respectant la condition 4 du décret 1008-2014, laquelle précise d'inclure au moins deux sites d'éolienne situés dans l'habitat optimal ou sous-optimal de la grive de Bicknell (éoliennes 1 et 4). La distribution des sites de suivi en fonction des types d'habitats est présentée au tableau 2.

Tableau 2 Répartition par type d'habitat des sites de suivi de la mortalité dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018

Type d'habitat	Nombre de sites d'éolienne du parc éolien	Nombre de sites de suivi sélectionnés
Peuplement de feuillus intolérants	1	1
Peuplement en régénération	3	1
Sapinière	6	3
Total	10	5

Note : Les habitats ont été classés selon les données écoforestières fournies par le Séminaire de Québec.



Éoliennes Côte-de-Beaupré S.E.C.	Suivi de la mortalité ● Site d'éolienne sélectionné ● Site d'éolienne non sélectionné Suivi comportemental ▲ Point d'observation Suivi de l'utilisation par la grive de Bicknell ◆ Point d'appel	Peuplements forestiers Aulnaie Feuillus indéterminés Feuillus intolérants Mélangé à dominance feuillue Mélangé à dominance résineuse Pessière Pinède grise Plantation Régénération Résineux indéterminés Sapinière	Autres éléments — Chemin forestier — Chemin d'accès — Courbe de niveau (équid. 10 m) — Cours d'eau permanent — Cours d'eau intermittent — Plan d'eau	N 1 : 20 000 0 125 250 500 mètres Projection : MTM 7, NAD1983 Sources : BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007 Séminaire de Québec, 2012
Parc éolien de la Côte-de-Beaupré				
Figure 2 Localisation des sites sélectionnés pour le suivi de la mortalité et de l'utilisation du parc éolien en 2018				

13 février 2019

N/Réf. : BLXCDB00-740-005A

2.1.3 Recherche de carcasses

En 2018, chaque zone de suivi correspondait à une zone carrée de 80 m x 80 m, centrée sur l'éolienne. L'observateur a couvert cette superficie en longeant, à pied, des transects séparés de 5 m. La couverture végétale de chaque zone de suivi a été caractérisée en précisant les proportions des éléments suivants :

- sol dénudé;
- couverture herbacée courte (≤ 10 cm), moyenne (11 à 50 cm) et longue (≥ 50 cm);
- couverture arbustive;
- couverture arborescente.

Ces informations sont présentées à l'annexe A. La recherche de carcasses a été effectuée dans les aires ouvertes (sol dénudé et couverture herbacée). Conformément au protocole de référence (MRNF, 2008), un facteur de correction a été appliqué afin d'ajuster les résultats (nombre de carcasses découvertes) à l'ensemble de la zone de suivi en fonction de la proportion couverte lors de l'inventaire. Cette proportion a été calculée avec des outils géomatiques, à partir de mesures prises sur le terrain.

Au cours d'une période d'inventaire, la recherche de carcasses autour d'une éolienne a été effectuée en moyenne tous les sept jours, à l'exception des cinq visites d'éolienne annulées en avril en raison de conditions climatiques non sécuritaires (présence de givre sur les pales). Un total de 145 visites de sites de suivi ont été effectuées en 2018 (tableau 3).

Tableau 3 Répartition des visites des sites d'éolienne sélectionnés pour le suivi de la mortalité dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018

Période	Date	Nombre de semaines de suivi	Nombre de sites à visiter par semaine	Nombre de visites de sites effectuées
Migration printanière	9 avril au 3 juin	8	5	35
Reproduction	4 juin au 12 août	10	5	50
Migration automnale	13 août au 4 novembre	12	5	60
		30	5	145

Lors de la découverte d'une carcasse, l'observateur prenait des photographies et notait les données suivantes :

- numéro de référence;
- date et heure de la découverte;
- espèce découverte;
- nom de l'observateur;
- âge de l'animal (mature ou immature);
- sexe de l'animal (si possible);
- état de la carcasse (intacte, partiellement décomposée ou dévorée);
- cause probable de la mort;
- position de la carcasse par rapport à la base de l'éolienne (azimut et distance, coordonnées GPS);
- type de couverture végétale;
- numéro de l'éolienne.

Ces données ont également été notées lorsqu'une carcasse était découverte en dehors des zones ou des activités de suivi. Conformément au protocole de référence provincial (MRNF, 2008), ces découvertes ne sont pas comptabilisées dans le calcul du taux de mortalité.

2.1.4 Tests de standardisation

2.1.4.1 Test de persistance

Le déplacement et la consommation des carcasses par les charognards ont été évalués afin d'en déterminer l'effet sur le dénombrement des carcasses. Le temps de persistance moyen de carcasses témoins doit être évalué à chaque période d'inventaire. La persistance des oiseaux a été évaluée à l'aide de carcasses témoins d'oiseaux de petite et grande tailles et celle des chauves-souris, à l'aide de carcasses de souris brunes.

Deux carcasses témoins ont été disposées à chacun des dix sites d'éolienne du parc. Le type de carcasses témoins ainsi que leur position ont été déterminés de façon aléatoire. Lors de la disposition, l'observateur notait les informations suivantes : la date, le numéro de l'éolienne, la distance et l'azimut par rapport à l'éolienne ainsi que la couverture végétale immédiate. Par la suite, un observateur vérifiait la présence et l'état de ces carcasses (disparue, déplacée, dévorée en partie ou intacte). Les visites de l'observateur suivaient la progression suivante : tous les jours pendant sept jours, puis les jours 9, 11 et 13.

2.1.4.2 Efficacité des observateurs

L'efficacité de l'observateur a été évaluée, à chaque période d'inventaire, à l'aide de leurres déposés dans les zones de suivi. Le taux d'efficacité correspond à la proportion de leurres trouvés par un observateur. Trois tailles de leurres ont été utilisées pour les oiseaux : petits (5-10 cm), moyens (15-20 cm) et grands (30-35 cm). Des leurres en forme de chauve-souris ont également été utilisés.

De trois à cinq leurres ont été disposés au pied d'éoliennes par une tierce personne. Le nombre de leurres par site ainsi que leur position et leur type ont été déterminés de façon aléatoire. Lors de la disposition, cette tierce personne notait les informations suivantes : la date, le numéro de l'éolienne, la distance et l'azimut par rapport à l'éolienne ainsi que la couverture végétale immédiate. Une fois que l'observateur évalué avait terminé sa recherche et quitté les lieux, le nombre de leurres encore présents était noté afin de calculer un pourcentage d'efficacité.

Ces tests ont été effectués dans les aires ouvertes des zones de suivi (sol dénudé et couverture herbacée) couvertes par l'observateur. Conformément au protocole de référence (MRNF, 2008), aucun test d'efficacité n'a été effectué lorsqu'il y avait de la neige au sol.

2.1.5 Calcul du taux de mortalité

Les taux de mortalité ont été calculés à l'aide des formules présentées dans le protocole de suivi du MRNF (2008) en tenant compte :

- du nombre de carcasses recueillies;
- de l'extrapolation du nombre de carcasses à l'ensemble de la zone de suivi;
- des résultats des tests de standardisation (persistance des carcasses et efficacité des observateurs).

Les formules de référence sont présentées à l'annexe B. Les résultats sont présentés de façon distincte pour les rapaces, les autres espèces d'oiseaux et les chauves-souris, conformément aux exigences des ministères concernés.

2.1.6 Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques ont été notées à chaque jour de suivi. Les paramètres relevés sont la température, la force et la direction du vent, la couverture nuageuse (%), les précipitations et la pression atmosphérique (annexe C).

2.2 Suivi comportemental

L'utilisation du parc éolien par les oiseaux de même que leur comportement ont fait l'objet d'un suivi en 2018 selon le même protocole qu'en 2016 et en 2017. Ce suivi a été effectué à partir d'un point d'observation (S1) situé à proximité de l'éolienne 6 et offrant une vue dégagée sur plusieurs autres éoliennes (figure 2).

Le suivi s'est déroulé au printemps et à l'automne pour un total de 24 h d'observation (tableau 4). Le point d'observation a été visité entre 9 h 00 et 15 h 20 au cours de séances d'observation d'au moins 3 heures consécutives.

Tableau 4 Effort relatif au suivi comportemental dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018

Période d'inventaire	Date	Durée d'observation au point S1 (h)
Migration printanière	23 avril au 21 mai	12
Migration automnale	10 septembre au 22 octobre	12
Total		24

Le comportement des oiseaux à l'approche du parc éolien a été décrit de façon qualitative. Dès qu'un oiseau ou un groupe d'oiseaux, toutes espèces confondues, était observé, l'observateur notait l'espèce et le nombre d'individus, la direction et la hauteur de vol par rapport aux éoliennes, le type de vol (battu, plané, circulaire ou piqué) ainsi que la position par rapport au parc éolien.

Le comportement a été décrit selon les réactions suivantes des oiseaux à l'approche des éoliennes :

Traversée	Changement de direction pour passer entre deux éoliennes, à la hauteur des pales;
Bifurcation	Changement de direction pour passer à côté des éoliennes, mais pas entre deux éoliennes;
Survol	Augmentation de la hauteur de vol pour passer au-dessus des pales;
Plongeon	Diminution de la hauteur de vol pour passer sous le niveau des pales, entre les éoliennes;
Demi-tour	Volte-face d'un oiseau à l'approche des éoliennes, incluant la séparation d'un groupe d'oiseaux volant ensemble;

Constance Passage dans la zone d'observation sans changement de comportement par rapport aux éoliennes.

La description prenait fin dès que l'oiseau ou le groupe d'oiseaux quittait le champ visuel de l'observateur. Les conditions météorologiques ont été décrites au début de chaque heure de suivi en notant la température, la présence de précipitations, la force et l'origine du vent, la couverture nuageuse et la hauteur approximative du plafond nuageux (annexe D).

2.3 Suivi de l'utilisation du parc éolien par la grive de Bicknell

2.3.1 Migration

En périodes de migrations printanière et automnale, une attention particulière a été portée à la présence de la grive de Bicknell dans le parc éolien au cours des différentes activités liées au suivi de la mortalité et au suivi comportemental.

2.3.2 Nidification

Un suivi de l'utilisation du parc éolien par la grive de Bicknell en période de nidification a été réalisé en 2018. Ce suivi a été effectué à partir de trois points d'appel (figure 2). Les points GR1 et GR3 sont situés en bordure d'un habitat sous-optimal pour cette espèce, le point GR2 en bordure d'un habitat optimal. Ces points d'appel étaient les mêmes en 2017; ils se trouvent à quelques mètres à l'intérieur du milieu forestier entourant l'aire des éoliennes. Le point GR2 avait été déplacé en 2016 en raison d'une coupe forestière.

Les points d'appel ont été visités deux fois chacun, soit en matinée (entre 4 h 20 et 6 h 00) et en soirée (entre 18 h 00 et 19 h 38). Les visites d'un même point étaient espacées d'au moins 24 heures. L'inventaire a été réalisé les 18 et 20 juin 2018 dans des conditions météorologiques favorables, c'est-à-dire aucunes précipitations et des vents de moins de 20 km/h.

La séquence d'inventaire était la suivante : 15 min d'écoute, 1 min d'appel, 10 min d'écoute. Les appels ont été diffusés à quelques mètres à l'intérieur du milieu forestier. L'observateur a noté la position de chaque grive de Bicknell entendue ou observée par rapport au point d'appel.

3 Résultats et discussion

3.1 Suivi de la mortalité des oiseaux et des chauves-souris

3.1.1 Carcasses récoltées

Aucune carcasse de rapace ou d'une autre espèce d'oiseau n'a été trouvée dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018. Une carcasse de chauve-souris argentée a été trouvée lors du suivi de la mortalité durant la période de reproduction. Aucune autre carcasse n'a été découverte en dehors des zones ou des activités de suivi. La chauve-souris argentée est une espèce susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec (MFFP, 2006-2019). Les détails relatifs à la carcasse récoltée sont présentés à l'annexe E.

3.1.2 Persistance des carcasses

Lors du suivi effectué dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré, un total de 60 carcasses témoins ont été utilisées pour le test de persistance, soit 39 oiseaux de différentes tailles et 21 souris (tableau 5). En moyenne, les carcasses d'oiseaux sont demeurées en place $2,1 \pm 0,4$ jours; celles des souris, $3,5 \pm 1,1$ jours. Les durées de persistance obtenues ont servi aux calculs des taux de mortalité par période.

Tableau 5 Persistance des carcasses témoins lors du suivi de la mortalité en 2018

Période d'inventaire	Date de début du test	Type de carcasse	Nombre de carcasses	Persistance (jour)			
				Min.	Max.	Moy.	Variance
Migration printanière	28 mai	Oiseau (petit)	7	0	1	0,7	< 0,1
		Oiseau (grand)	6	0	1	0,5	< 0,1
		Total partiel, oiseaux	13	0	1	0,6	< 0,1
		Souris	7	1	14	4,0	3,5
Reproduction	2 juillet	Oiseau (petit)	7	0	14	4,9	4,2
		Oiseau (grand)	6	0	2	1,0	0,1
		Total partiel, oiseaux	13	0	14	3,1	1,5
		Souris	7	0	14	3,0	3,5
Migration automnale	17 septembre	Oiseau (petit)	7	0	14	2,4	3,8
		Oiseau (grand)	6	0	12	2,5	3,7
		Total partiel, oiseaux	13	0	14	2,5	1,7
		Souris	7	0	14	3,4	3,7
Somme globale		Oiseaux	39	0	14	2,1	0,4
		Souris	21	0	14	3,5	1,1

3.1.3 Efficacité des observateurs

En 2018, un seul observateur a effectué les recherches de carcasses lors du suivi dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré. Les résultats détaillés de chaque test sont présentés au tableau 6. Les taux d'efficacité à détecter des chauves-souris ont varié entre 66,7 et 80,0 % selon les périodes d'inventaire. Ils ont été obtenus en considérant les leurres en forme de chauve-souris.

Tableau 6 Taux d'efficacité de l'observateur lors du suivi de la mortalité dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018

Période d'inventaire	Paramètre	Type de leurre			Chauve-souris
		Oiseau			
		Petit (5-10 cm)	Moyen (15-20 cm)	Grand (30-35 cm)	
Migration printanière	Nombre de leurres disposés	5	5	5	5
	Nombre de leurres trouvés	3	5	5	4
	Taux d'efficacité (%)	60,0	100,0	100,0	80,0
Reproduction	Nombre de leurres disposés	6	5	5	6
	Nombre de leurres trouvés	6	3	5	4
	Taux d'efficacité (%)	100,0	60,0	100,0	66,7
Migration automnale	Nombre de leurres disposés	5	4	4	5
	Nombre de leurres trouvés	4	3	3	4
	Taux d'efficacité (%)	80,0	75,0	75,0	80,0

3.1.4 Taux de mortalité des rapaces

Aucune mortalité de rapace n'a été détectée dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018. Le taux de mortalité des rapaces estimé est donc nul (0 rapace/éolienne/an). Un résultat identique a été obtenu en 2016 et en 2017 (tableau 7). Dans le contexte des suivis fauniques, aucune mortalité de rapace n'a été détectée dans les parcs éoliens de la Seigneurie de Beaupré depuis leur mise en service.

Tableau 7 Taux de mortalité des rapaces dans les parcs éoliens en Amérique du Nord

Parc éolien ou région	Mortalité annuelle estimée (individu/éolienne/an)
Parc éolien de la Côte-de-Beaupré	
Suivi effectué en 2018	0
Suivi effectué en 2017	0
Suivi effectué en 2016	0
Synthèse des suivis effectués au Québec	
Moyenne (24 parcs éoliens entre 2007 et 2015)	0,01
Minimum et maximum (12 parcs éoliens entre 2009 et 2014)	0 à 0,18
Moyennes estimées ailleurs en Amérique du Nord	
Provinces atlantiques du Canada	0
Ontario	0,25 à 0,33
Alberta	0,11
États-Unis	2,03

Sources : (BSC, 2018; Féret, 2016; Lemaître & Drapeau, 2015; Smallwood, 2013)

Les mortalités annuelles estimées lors d'études standardisées au Québec varient entre 0 et 0,18 rapace/éolienne/an (Lemaître & Drapeau, 2015). En moyenne, la mortalité est estimée à 0,01 rapace/éolienne/an au Québec (Féret, 2016).

Les taux de mortalité inscrits au tableau 7 sont présentés à titre indicatif. Les comparaisons sont limitées par des différences méthodologiques, bien que chaque suivi comprenne des tests de standardisation (persistance des carcasses et efficacité des observateurs). Le taux élevé estimé aux États-Unis est influencé par les nombreuses mortalités de rapaces enregistrées dans la région d'Altamont Pass Wind Resource en Californie (Smallwood, 2013).

3.1.5 Taux de mortalité des oiseaux

Aucune mortalité d'oiseau n'a été détectée dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018. Le taux de mortalité des oiseaux estimé est donc nul (0 oiseau/éolienne/an). Ce taux est plus faible que ceux estimés en 2016 et en 2017 (tableau 8).

Une étude d'Environnement Canada indique que les mortalités annuelles au Canada varient entre 0 et 26,9 oiseaux/éolienne/an et, qu'en moyenne, la mortalité serait de 8,2 oiseaux/éolienne/an. Cette analyse repose sur des données provenant de 43 parcs éoliens au Canada, dont 19 en Ontario, 7 en Alberta et 2 au Québec (Zimmerling *et al.*, 2013). Les suivis réalisés dans des parcs éoliens en exploitation au Québec révèlent généralement de faibles taux de mortalité d'oiseaux. Le taux de mortalité annuelle estimé au Québec est en moyenne de 1,6 oiseau/éolienne/an (Féret, 2016). La mortalité annuelle obtenue dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018 est inférieure à ces moyennes (tableau 8).

Les taux de mortalité inscrits au tableau 8 sont présentés à titre indicatif. Les comparaisons sont limitées par des différences méthodologiques, bien que chaque suivi comprenne des tests de standardisation (persistance des carcasses et efficacité des observateurs).

Tableau 8 Taux de mortalité des oiseaux dans les parcs éoliens en Amérique du Nord

Parc éolien ou région	Mortalité annuelle estimée (individu/éolienne/an)
Parc éolien de la Côte-de-Beaupré	
Suivi effectué en 2018	0
Suivi effectué en 2017	1,20
Suivi effectué en 2016	4,22
Synthèse des suivis effectués au Québec	
Moyenne (24 parcs éoliens entre 2007 et 2015)	1,60
Moyennes estimées ailleurs en Amérique du Nord	
Provinces atlantiques du Canada	0,70 à 1,03
Ontario	3,23 à 4,93
Alberta	2,15
Canada	8,20
Est des États-Unis	6,86
États-Unis	5,25 à 14,10

Sources : (BSC, 2018; Féret, 2016; Loss *et al.*, 2013; Smallwood, 2013; Zimmerling *et al.*, 2013)

3.1.6 Taux de mortalité des chauves-souris

Les taux de mortalité quotidienne ont varié entre 0 et 0,017 chauve-souris/éolienne/jour selon les périodes d'inventaire (tableau 9). Ces taux représentent 1,18 chauve-souris/éolienne pendant la période de reproduction et 0 chauve-souris/éolienne pendant la période de migration automnale.

Tableau 9 Estimation des taux de mortalité des chauves-souris dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018

Période d'inventaire	Durée du suivi (jour)	Nombre d'individus récoltés	Taux de mortalité quotidienne (individu/éolienne/jour)	Intervalle de confiance	Taux de mortalité par période (individu/éolienne)
Reproduction	70	1	0,017	0,566	1,18
Migration automnale	56	0	0	0	0
Année 2018	126	1	-	-	1,18

Note : Intervalle de confiance du taux de mortalité à 95 %.

Ces résultats représentent 1,18 chauve-souris/éolienne/an en 2018 (tableau 9). Ce taux est inférieur aux taux obtenus en 2016 et en 2017 (tableau 10). Une carcasse de chauve-souris a été trouvée durant chaque année de suivi depuis la mise en service du parc éolien. Des résultats similaires ont été obtenus au Québec, dans les parcs éoliens en milieu forestier montagneux. Les mortalités annuelles estimées lors d'études standardisées au Québec varient entre 0 et 3,09 chauves-souris/éolienne/an (Lemaître & Drapeau, 2015). En moyenne, la mortalité est estimée à 0,5 chauve-souris/éolienne/an au Québec (Féret, 2016). La mortalité annuelle obtenue dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018 est supérieure à cette moyenne. Les suivis effectués ailleurs en Amérique du Nord montrent des taux globalement supérieurs (tableau 10). Les taux de mortalité inscrits au tableau 10 sont présentés à titre indicatif. Les comparaisons sont limitées par des différences méthodologiques, bien que chaque suivi comprenne des tests de standardisation (persistance des carcasses et efficacité des observateurs).

Tableau 10 Taux de mortalité des chauves-souris dans les parcs éoliens en Amérique du Nord

Parc éolien ou région	Mortalité annuelle estimée (individu/éolienne/an)
Parc éolien de la Côte-de-Beaupré	
Suivi effectué en 2018	1,18
Suivi effectué en 2017	2,09
Suivi effectué en 2016	1,53
Synthèse des suivis effectués au Québec	
Moyenne (24 parcs éoliens entre 2007 et 2015)	0,50
Minimum et maximum (12 parcs éoliens entre 2009 et 2014)	0 à 3,09
Moyennes estimées ailleurs en Amérique du Nord	
Provinces atlantiques du Canada	0,23 à 0,27
Ontario	8,60 à 11,66
Alberta	6,33
Canada	15,50
États-Unis	16,00 à 16,80

Sources : (BSC, 2018; Féret, 2016; Hayes, 2013; Lemaître & Drapeau, 2015; Smallwood, 2013; WSP, 2017; Zimmerling & Francis, 2016)

3.2 Suivi comportemental

3.2.1 Rapaces

3.2.1.1 Abondance et diversité

Le suivi comportemental a permis d'observer cinq rapaces appartenant à au moins deux espèces dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018 (tableau 11). La présence d'une espèce à statut particulier a été confirmée à une occasion : un pygargue à tête blanche a été observé le 22 octobre 2018. Le pygargue à tête blanche est désigné vulnérable au Québec et non en péril au Canada (Gouvernement du Canada, 2019; MFFP, 2006-2019).

Tableau 11 Rapaces observés lors du suivi de l'utilisation du parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018

Espèce	Migration printanière		Migration automnale		Total
	Avril	Mai	Septembre	Octobre	
Buse <i>sp.</i>	1	0	0	0	1
Petite buse	0	0	1	0	1
Pygargue à tête blanche	0	0	0	1	1
Rapace <i>sp.</i>	1	0	0	1	2
Nombre total d'observations	2	0	1	2	5
Nombre total d'espèces confirmées	0	0	1	1	2
Durée d'inventaire (h)	6	6	6	6	24

3.2.1.2 Taux de passage

Le taux de passage moyen des rapaces dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018 est de 0,2 oiseau/h. D'un mois à l'autre, les taux de passage ont varié entre 0 et 0,3 oiseau/h, les valeurs les plus élevées ayant été obtenues en avril et en octobre (tableau 12).

Les taux de passage en 2018 sont supérieurs à ceux observés au cours du suivi réalisé en 2016 (0,1 observation/h) et en 2017 (< 0,1 observation/h) dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré.

Tableau 12 Abondance et taux de passage des rapaces observés lors du suivi comportemental dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018

Point	Migration printanière				Migration automnale				Total	
	Avril		Mai		Septembre		Octobre			
	Nbre	Taux (ois./h)	Nbre	Taux (ois./h)	Nbre	Taux (ois./h)	Nbre	Taux (ois./h)	Nbre	Taux (ois./h)
S-1	2	0,3	0	0,0	1	0,2	2	0,3	5	0,2

3.2.1.3 Hauteur et direction de vol

En 2018, les rapaces observés se dirigeaient principalement vers le sud (80 %; figure 3), et ce, à des altitudes généralement supérieures à 150 m du sol (60 %; figure 4). Lorsqu'un rapace était observé dans plusieurs classes de hauteur, une mention était notée pour chacune d'elles. Le pygargue à tête blanche volait entre 150 et 200 m du sol vers le sud.

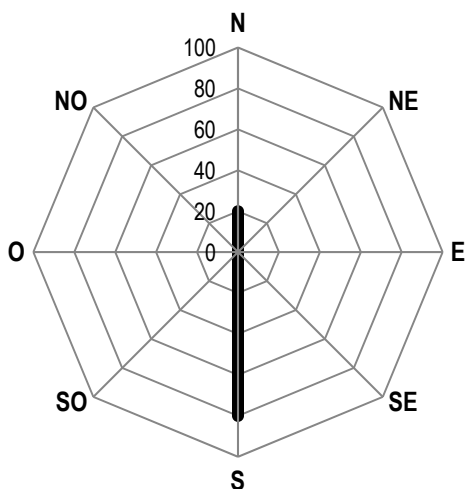


Figure 3 Direction de vol (en %) des rapaces lors du suivi de l'utilisation du parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018

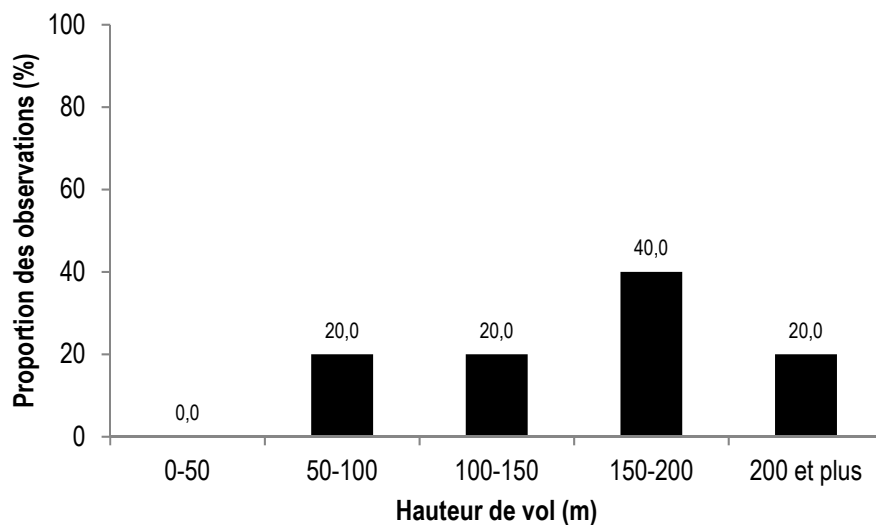


Figure 4 Hauteur de vol des rapaces lors du suivi de l'utilisation du parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018

3.2.1.4 Comportement

Les rapaces observés en 2018 dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré (5/5) ont conservé le même comportement à l'approche des éoliennes (constance).

3.2.2 Autres espèces

3.2.2.1 Abondance et diversité

Le suivi comportemental a permis de détecter 57 oiseaux autres que des rapaces, appartenant à 14 espèces, dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018 (tableau 13). L'espèce la plus abondante est le plectrophane des neiges avec 8 mentions.

Tableau 13 Oiseaux autres que les rapaces observés lors du suivi comportemental dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018

Espèce	Migration printanière		Migration automnale		Total
	Avril	Mai	Septembre	Octobre	
Grand corbeau	1	0	3	2	6
Grimpereau brun	0	0	0	1	1
Junco ardoisé	0	2	2	1	5
Mésangeai du Canada	0	0	3	0	3
Paruline à couronne rousse	0	1	0	0	1
Paruline à croupion jaune	0	0	4	0	4
Paruline à tête cendrée	0	0	2	0	2
Paruline rayée	0	0	1	0	1
Paruline sp.	1	2	3	0	6
Passereau sp.	0	0	2	2	4
Pic mineur	1	0	0	0	1
Plectrophane des neiges	2	0	0	6	8
Roitelet à couronne dorée	0	0	2	0	2
Roitelet à couronne rubis	0	2	0	0	2
Roselin pourpré	0	0	0	5	5
Sittelle à poitrine rousse	2	4	0	0	6
Nombre total d'observations	7	11	22	17	57
Nombre total d'espèces	4	4	7	5	14
Durée d'inventaire (h)	6	6	6	6	24

3.2.2.2 Taux de passage

Le taux de passage moyen des oiseaux excluant les rapaces dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018 est de 2,4 oiseaux/h. Les taux de passage ont varié entre 1,2 et 3,7 oiseaux/h, la valeur la plus élevée ayant été obtenue en septembre (tableau 14).

Tableau 14 Abondance et taux de passage des oiseaux autres que les rapaces observés lors du suivi comportemental dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018

Point	Migration printanière				Migration automnale				Total	
	Avril		Mai		Septembre		Octobre			
	N ^{bre}	Taux (ois./h)	N ^{bre}	Taux (ois./h)	N ^{bre}	Taux (ois./h)	N ^{bre}	Taux (ois./h)	N ^{bre}	Taux (ois./h)
S-1	7	1,2	11	1,8	22	3,7	17	2,8	57	2,4

3.2.2.3 Hauteur et direction de vol

Lors du suivi comportemental effectué en 2018, les oiseaux autres que les rapaces observés volaient principalement vers le sud (41,7 %) et l'ouest (25,0 %; figure 5) et à moins de 50 m du sol (83,3 %; figure 6). Le grand corbeau est la seule espèce observée à plus de 200 m d'altitude. Lorsqu'un oiseau était observé dans plusieurs classes d'altitude, une mention était notée pour chacune d'elles.

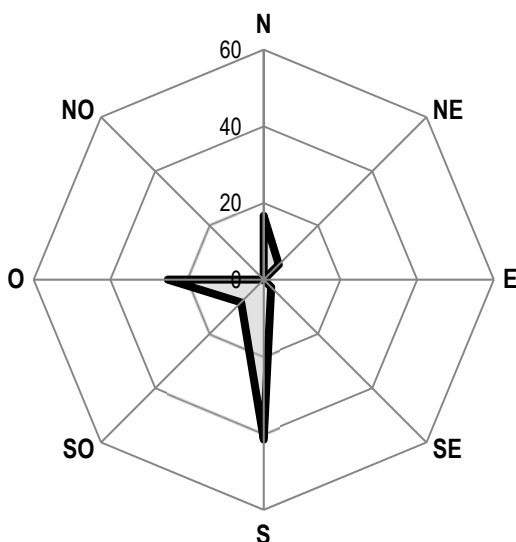


Figure 5 Direction de vol (en %) des oiseaux autres que les rapaces observés lors du suivi comportemental dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018

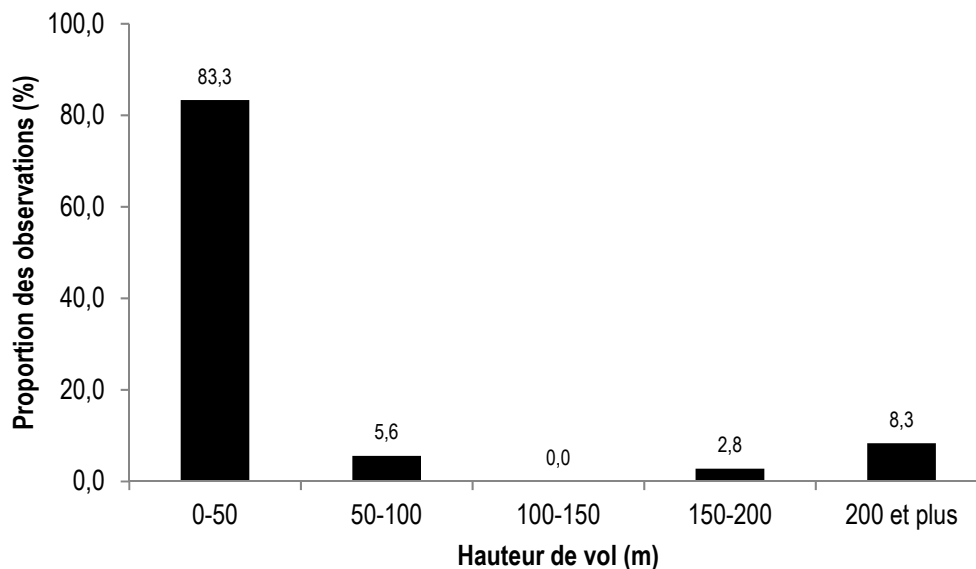


Figure 6 Hauteur de vol des oiseaux autres que les rapaces lors du suivi de l'utilisation du parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018

3.2.2.4 Comportement

Le comportement de 41 oiseaux observés a été décrit; celui des 16 oiseaux entendus (chant/crî) n'a pas été décrit. Un grand corbeau a diminué sa hauteur de vol pour passer sous le niveau des pales (plongeon) et faire un survol autour de la base de l'éolienne à deux reprises. Tous les autres oiseaux observés (40/41) ont conservé le même comportement à l'approche des éoliennes (constance).

3.3 Suivi de l'utilisation du parc éolien par la grive de Bicknell

En 2018, l'inventaire par appels n'a pas permis de détecter la présence de la grive de Bicknell dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en période de nidification. En 2017, un résultat identique avait été obtenu. En 2016, deux individus avaient été détectés au point d'appel GR1.

Une attention particulière a été portée à la présence de cette espèce dans le parc éolien. Aucune autre grive de Bicknell n'a été détectée au cours des différentes activités liées au suivi de la mortalité et au suivi comportemental en 2018.

4 Conclusion

4.1 Suivi de la mortalité

Le suivi de la mortalité de la faune avienne et des chauves-souris effectué en 2018 dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré avait pour objectif de documenter l'impact du parc éolien sur ces espèces durant la troisième année d'exploitation. Le présent rapport de suivi confirme l'évaluation présentée dans l'étude d'impact sur l'environnement (Boralex & MRC de La Côte-de-Beaupré, 2012).

Aucune mortalité de rapace n'a été enregistrée au cours de cette troisième année de suivi. Le taux de mortalité est estimé à **0 rapace/éolienne/an**. Aucune mortalité de rapace n'a été détectée depuis la mise en service du parc éolien, tant aux sites d'éolienne visités dans le contexte du programme de suivi qu'à tout autre endroit du parc éolien visité régulièrement par le personnel de maintenance.

Aucune mortalité d'oiseau n'a été enregistrée au cours de cette troisième année de suivi. Le taux de mortalité est estimé à **0 oiseau/éolienne/an**. Ce taux de mortalité est inférieur aux moyennes canadienne (8,2 oiseaux/éolienne) et québécoise (1,6 oiseau/éolienne/an).

Une carcasse de chauve-souris a été trouvée lors du suivi effectué en 2018 dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré. La chauve-souris découverte, une chauve-souris argentée, est une espèce migratrice susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec. Le taux de mortalité est estimé à **1,18 chauve-souris/éolienne/an**. Ce taux est faible comparativement à ceux obtenus ailleurs en Amérique du Nord.

4.2 Suivi comportemental

Le suivi comportemental effectué dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018 avait pour but de documenter la présence et le comportement des oiseaux à l'approche des éoliennes.

En 2018, le taux de passage des rapaces est de 0,2 observation/h. Au total, 2 espèces de rapaces ont été identifiées, dont une à statut particulier, le pygargue à tête blanche. Les rapaces volaient principalement vers le sud à plus de 150 m du sol.

Par ailleurs, 14 espèces autres que des rapaces ont été observées. Le plectrophane des neiges a été l'espèce la plus abondante. Le taux de passage moyen a été de 2,4 oiseaux/h en 2018. Ces oiseaux ont généralement été observés à une altitude inférieure à 50 m du sol. La majorité des oiseaux, incluant les rapaces, volaient sans changement de comportement ou de direction de vol à l'approche des éoliennes. Un comportement de plongeon a été observé pour un grand corbeau.

4.3 Suivi de l'utilisation du parc éolien par la grive de Bicknell

La présence de la grive de Bicknell n'a pas été détectée en 2018 dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré au cours de l'inventaire par appels effectué en juin.

Bibliographie

- Boralex & MRC de La Côte-de-Beaupré (2012). *Parc éolien de la Côte-de-Beaupré - Étude d'impact sur l'environnement - Rapport principal* (déposée au ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs). SNC-Lavalin, Activa Environnement. 280 p.
- BSC (2018). *Wind Energy Bird and Bat Monitoring Database - Summary of the Findings from Post-construction Monitoring Reports*. Bird Studies Canada, Canadian Wind Energy Association, Environment and Climate Change Canada and Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry. 56 p.
- Environnement Canada (2007). *Protocoles recommandés pour la surveillance des impacts des éoliennes sur les oiseaux*. Environnement Canada, Service canadien de la faune. 41 p.
- Féret, M. (2016, février). *10 ans de suivis fauniques au Québec*. Communication présentée au colloque Produire l'énergie de demain, Association québécoise de la production d'énergie renouvelable. Québec.
- Gouvernement du Canada (2019). *Registre public des espèces en péril* [en ligne]. Repéré en janvier 2019 à http://www.registrelep-sararegistry.gc.ca/sar/index/default_f.cfm.
- Hayes, M. A. (2013). Bats Killed in Large Numbers at United States Wind Energy Facilities. *BioScience*, 63: 975-979.
- Lemaître, J. & J. Drapeau (2015). *Synthèse des mortalités d'oiseaux de proie et de chiroptères dans les parcs éoliens du Québec – rapport préliminaire*. Québec. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. 3 p.
- Loss, S. R., T. Will & P. P. Marra (2013). Estimates of bird collision mortality at wind facilities in the contiguous United States. *Biological Conservation*, 168: 201-209.
- MFFP (2006-2019). Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. *Liste des espèces désignées comme menacées ou vulnérables au Québec*. Repéré en janvier 2019 à <http://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/liste.asp>.
- MRNF (2008). *Protocole de suivi des mortalités d'oiseaux de proie et de chiroptères dans le cadre de projets d'implantation d'éoliennes au Québec - 8 janvier 2008*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. 18 p.
- Smallwood, K. S. (2013). Comparing bird and bat fatality-rate estimates among North American wind energy projects. *Wildlife Society Bulletin*, 37 (1): 19-33.
- WSP (2017). *Parc éolien communautaire de Frampton, Suivi de la faune avienne et des chauves-souris - première année*. Éoliennes Frampton S.E.C. 22 p. 5 ann.
- Zimmerling, J. R. & C. M. Francis (2016). Bat mortality due to wind turbines in Canada. *Journal of Wildlife Management*, 80.
- Zimmerling, J. R., A. C. Pomeroy, M. V. d'Entremont & C. M. Francis (2013). Canadian Estimate of Bird Mortality Due to Collisions and Direct Habitat Loss Associated with Wind Turbine Developments. *Avian Conservation and Ecology*, 8 (2): 10.

Annexe A Description des zones de suivi à chaque site d'éolienne sélectionné dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018

Éolienne	Couverture de sol inaccessible dans la zone de suivi (%)	Couverture de sol dénudé dans la zone de suivi (%)	Couverture végétale dans la zone de suivi (%)				
			Herbacée courte (≤ 10 cm)	Herbacée moyenne (11 à 50 cm)	Herbacée longue (≥ 50 cm)	Arbustive	Arborescente
1	7,4	68,4	0,0	0,0	0,0	1,5	22,7
4	0,0	63,2	0,0	1,4	0,0	8,7	26,7
6	11,7	47,0	0,0	13,7	0,0	3,2	24,4
8	8,6	59,4	0,0	0,0	0,0	3,4	28,6
10	4,0	58,9	0,0	5,7	0,0	12,3	19,1

Notes : Chaque zone de suivi correspondait à une superficie de 80 m x 80 m centrée sur l'éolienne.

Certaines zones de suivi ne pouvaient être couvertes en raison de la présence de talus pentus, bien que la surface était dénudée.

Annexe B Formules utilisées pour le calcul des taux de mortalité

Les formules présentées ci-dessous sont tirées du protocole de référence provincial (MRNF, 2008).

Calcul de la persistance des carcasses

La persistance d'une carcasse correspond au nombre de jours où elle demeure dans la zone de recherche au cours d'un test avant de disparaître à cause d'un charognard ou par décomposition. La durée moyenne de persistance est obtenue à l'aide de la formule suivante :

$$\bar{j} = (\sum_{i=1}^f j_i) / f$$

où f est le nombre de carcasses utilisées au cours d'un test;
 j_i est la persistance (en jours) de la carcasse i .

La variance de la persistance moyenne est calculée comme suit :

$$V(\bar{j}) = \frac{1}{f} * \left[\frac{\sum_{i=1}^f (j_i - \bar{j})^2}{f - 1} \right]$$

Calcul du taux d'efficacité des observateurs

L'efficacité d'un observateur, d , correspond à la proportion de leurres qu'il a trouvés. Le taux d'efficacité est obtenu comme suit :

d = nombre de leurres trouvés / nombre total de leurres disposés.

La variance associée à ce taux d'efficacité est calculée comme suit :

$$V(d) = \frac{d * (1 - d)}{f}$$

où f est le nombre total de leurres utilisés pour le test.

Calcul du taux de mortalité

1. Extrapoler le nombre de carcasses à l'ensemble de la zone de suivi :

$$C_i = C_{\text{obs}} / p$$

où C_{obs} est le nombre de carcasses découvertes à un site d'éolienne;
 p est la proportion de la zone de suivi couverte par l'observateur à ce site.

2. Évaluer le nombre moyen de carcasses détectées par visite et la variance :

$$\bar{c} = \sum_i^v c_i / v$$

$$V(\bar{c}) = \frac{1}{v} * \left[\frac{\sum_i^v (c_i - \bar{c})^2}{v-1} \right]$$

où C_i est le nombre de carcasses détectées (après extrapolation) pendant la visite i ;
 v est le nombre total de visites effectuées durant la période visée.

3. Estimer le nombre total de mortalités, m :

$$m = (E \times I \times C) / (k \times \bar{j} \times d)$$

où E est le nombre total d'éoliennes dans le parc éolien;
 I est l'intervalle entre chacune des recherches de carcasses (en jours);
 C est le nombre total de carcasses découvertes pendant l'étude (après extrapolation);
 k est le nombre d'éoliennes sélectionnées;
 $\bar{j}$ est la durée moyenne de persistance des carcasses (en jours);
 d est le taux d'efficacité des observateurs.

Afin de calculer la variance associée à la mortalité, calculer d'abord :

$$V(\bar{j} \times d) = (\bar{j}^2 \times V(d)) + (d^2 \times V(\bar{j})) - (V(\bar{j}) \times V(d))$$

et puis :

$$V(m) = (E^2 / k^2) \times I^2 \times m^2 \times [(V(\bar{j} \times d) / \bar{j}^2 \times \bar{d}^2) + (V(\bar{c}) / \bar{c}^2)]$$

4. Calculer le taux de mortalité, t , exprimé en nombre d'individus par éolienne et par jour pour chaque période de suivi couverte :

$$t = m / E / j$$

où m est le nombre total estimé de mortalités;
 E est le nombre total d'éoliennes dans le parc éolien;
 j est le nombre de jours de la période visée.

Annexe C Conditions météorologiques lors du suivi de la mortalité dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018

Date (aaaammjj)	Température (°C)			Force du vent (Beaufort)			Direction du vent			Couverture nuageuse (%)			Précipitations			Pression atmosphérique (kPa)		
	Matin	Midi	Après-midi	Matin	Midi	Après-midi	Matin	Midi	Après-midi	Matin	Midi	Après-midi	Matin	Midi	Après-midi	Matin	Midi	Après-midi
20180409	-	-	-11	-	-	3 raf 4	-	-	NO	-	-	0-25	-	-	0	93,3	93,4	93,5
20180416	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94,5	94,3	93,8
20180423	-	-	9	-	-	2 raf 3	-	-	S	-	-	50-75	-	-	0	94,9	94,8	94,6
20180430	-	-	5	-	-	3 raf 4	-	-	E	-	-	75-100	-	-	1	93,6	93,6	93,6
20180507	-	6	8	-	2	2	-	S	S	-	0-25	25-50	-	0	0	94,0	94,0	94,0
20180514	-	-	18	-	-	3 raf 4	-	-	O	-	-	0-25	-	-	0	93,0	92,9	92,9
20180521	-	-	11	-	-	2 raf 4	-	-	NO	-	-	0-25	-	-	0	93,6	93,7	93,7
20180528	14	14	-	2	3	-	O	O	-	0-25	0-25	-	0	0	-	93,6	93,5	93,4
20180604	2	3	2	3	3	4	SE	SE	S	75-100	75-100	75-100	3	3	3	93,2	93,1	92,9
20180614	5	5	4	4	4	4	E	E	E	75-100	75-100	75-100	3	3	3	92,6	92,8	93,0
20180618	-	-	17	-	-	2 raf 4	-	-	O	-	-	75-100	-	-	4	92,8	92,6	92,5
20180625	-	-	12	-	-	0	-	-	-	-	-	75-100	-	-	0	93,6	93,7	93,9
20180702	-	25	27	-	4 raf 5	3 raf 4	-	O	SO	-	50-75	50-75	-	0	0	93,9	93,9	93,7
21080709	-	-	25	-	-	4	-	-	O	-	-	0-25	-	-	0	93,9	93,8	93,7
20180716	-	23	24	-	1	2	-	O	O	-	50-75	50-75	-	0	0	93,9	93,8	93,7
20180723	19	19	19	2	2	2	S	S	S	75-100	75-100	75-100	2	2	2	94,6	94,6	94,6
20180730	22	-	-	1	-	-	O	-	-	0-25	-	-	0	-	-	94,0	94,0	94,0
20180806	-	-	23	-	-	2 raf 3	-	-	O	-	-	50-75	-	-	0	93,8	93,7	93,7
20180813	22	-	-	2	-	-	NE	-	-	0-25	-	-	0	-	-	94,3	94,2	94,0
20180820	-	-	20	-	-	2	-	-	S	-	-	0-25	-	-	0	94,5	94,4	94,3
20180829	-	17	14	-	1 raf 2	1	-	S	S	-	75-100	75-100	-	0	5	93,5	93,4	93,1
20180904	-	-	18	-	-	3	-	-	NO	-	-	0-25	-	-	0	94,7	94,7	94,6
20180910	12	13	-	2	2 raf 3	-	SO	S	-	0-25	75-100	-	0	0	-	95,0	95,0	94,9

Date (aaaaammjj)	Température (°C)			Force du vent (Beaufort)			Direction du vent			Couverture nuageuse (%)			Précipitations			Pression atmosphérique (kPa)		
	Matin	Midi	Après-midi	Matin	Midi	Après-midi	Matin	Midi	Après-midi	Matin	Midi	Après-midi	Matin	Midi	Après-midi	Matin	Midi	Après-midi
20180917	-	22	22	-	3 raf 5	3 raf 5	-	O	O	-	50-75	0-25	-	0	0	93,8	93,6	93,4
20180924	-	-	6	-	-	2 raf 3	-	-	S	-	-	0-25	-	-	0	95,6	95,5	95,4
20181001	-	-	6	-	-	2 raf 3	-	-	NO	-	-	75-100	-	-	0	94,7	94,7	94,8
20181008	-	-	3	-	-	1	-	-	S	-	-	75-100	-	-	0	95,2	95,2	94,9
20181015	-	-	5	-	-	3 raf 4	-	-	S	-	-	75-100	-	-	2	93,7	93,4	92,9
20181022	-	-	-5	-	-	3 raf 4	-	-	NO	-	-	75-100	-	-	0	93,4	93,5	93,6
20181030	-	-	3	-	-	3 raf 4	-	-	NO	-	-	75-100	-	-	0	92,9	93,0	93,1

- : aucune donnée

Vitesse moyenne du vent et en rafale (raf) selon l'échelle de Beaufort :

0 : Calme (< 1 km/h)

1 : Très légère brise (1-5 km/h)

2 : Légère brise (6-11 km/h)

3 : Petite brise (12-19 km/h)

4 : Jolie brise (20-28 km/h)

5 : Bonne brise (29-38 km/h)

6 : Vent frais (39-49 km/h)

7 : Grand frais (50-61 km/h)

Précipitations :

0 : Aucune

1 : Brouillard

2 : Bruine

3 : Pluie faible

4 : Pluie moyenne

5 : Pluie forte

6 : Neige faible

7 : Neige moyenne

8 : Neige forte

Pression atmosphérique : enregistrée à la station météorologique de la Forêt Montmorency d'Environnement et Changement climatique Canada.

Annexe D Conditions météorologiques lors du suivi de l'utilisation du parc éolien de la Côte-de-Beaupré par les oiseaux et la grive de Bicknell en 2018

Date (aaaammjj)	Point d'observation	Début	Fin	Durée (min)	Température (°C)	Précipitations	Force du vent (Beaufort)	Origine du vent	Couverture nuageuse (%)	Plafond nuageux
20180423	S1	09:00	10:00	60	3	0	2	O	0-25	Haut
20180423	S1	10:00	11:00	60	6	0	2 raf 3	O	0-25	Haut
20180423	S1	11:00	12:00	60	7	0	3 raf 5	O	0-25	Haut
20180423	S1	12:00	13:00	60	10	0	2	O	25-50	Haut
20180423	S1	13:00	14:00	60	7	0	3 raf 4	O	0-25	Haut
20180423	S1	14:00	15:00	60	9	0	2 raf 3	S	25-50	Haut
20180507	S1	09:00	10:00	60	-1	0	2	NO	0-25	Haut
20180507	S1	10:00	11:00	60	0	0	1 raf 2	O	0-25	Haut
20180507	S1	11:00	12:00	60	5	0	1 raf 2	O	0-25	Haut
20180521	S1	12:20	13:00	40	10	0	4 raf 5	O	25-50	Moyen
20180521	S1	13:00	14:00	60	12	0	4 raf 5	O	0-25	Moyen
20180521	S1	14:00	15:00	60	11	0	3 raf 5	O	0-25	Moyen
20180521	S1	15:00	15:20	20	11	0	3 raf 4	NO	0-25	Moyen
20180618	GR3	18:03	18:29	26	17	0	2 raf 3	NO	75-100	Haut
20180618	GR2	18:41	19:07	26	17	0	2 raf 3	NO	75-100	Haut
20180618	GR1	19:17	19:43	26	16	0	3	NO	75-100	Moyen
20180620	GR1	04:20	04:46	26	9	0	2	N	0-25	Haut
20180620	GR2	05:01	05:27	26	9	0	2	N	0-25	Haut
20180620	GR3	05:40	06:06	26	11	0	2	N	0-25	Haut
20180910	S1	09:00	10:00	60	10	0	1 raf 3	SO	0-25	Haut
20180910	S1	10:00	11:00	60	11	0	2 raf 3	SE	25-50	Haut
20180910	S1	11:00	12:00	60	11	0	3	SE	50-75	Haut
20180920	S1	12:15	13:00	45	9	0	2 raf 3	O	75-100	Moyen
20180920	S1	13:00	14:00	60	10	0	3 raf 4	O	50-75	Moyen

Date (aaaa-mm-jj)	Point d'observation	Début	Fin	Durée (min)	Température (°C)	Précipitations	Force du vent (Beaufort)	Origine du vent	Couverture nuageuse (%)	Plafond nuageux
20180920	S1	14:00	15:00	60	11	0	3 raf 4	O	50-75	Moyen
20180920	S1	15:00	15:15	15	12	0	2 raf 3	O	75-100	Moyen
20181022	S1	09:00	10:00	60	-8	6	4	NO	75-100	Moyen
20181022	S1	10:00	11:00	60	-7	6	4 raf 5	NO	75-100	Moyen
20181022	S1	11:00	12:00	60	-6	6	2 raf 3	NO	75-100	Moyen
20181022	S1	12:00	13:00	60	-6	0	3 raf 4	NO	75-100	Moyen
20181022	S1	13:00	14:00	60	-5	0	3 raf 4	NO	75-100	Moyen
20181022	S1	14:00	15:00	60	-5	0	2 raf 3	NO	75-100	Moyen

Vitesse moyenne du vent et en rafale (raf) selon l'échelle de Beaufort :

0 : Calme (< 1 km/h) 4 : Jolie brise (20-28 km/h)
 1 : Très légère brise (1-5 km/h) 5 : Bonne brise (29-38 km/h)
 2 : Légère brise (6-11 km/h) 6 : Vent frais (39-49 km/h)
 3 : Petite brise (12-19 km/h) 7 : Grand frais (50-61 km/h)

Plafond nuageux :

Bas : Présence de nuages au sommet des montagnes
 Moyen : Présence de nuages entre le sommet des montagnes et une altitude de 2 km
 Haut : Présence de nuages à plus de 2 km d'altitude

Précipitations :

0 : Aucune 5 : Pluie forte
 1 : Brouillard 6 : Neige faible
 2 : Bruine 7 : Neige moyenne
 3 : Pluie faible 8 : Neige forte
 4 : Pluie moyenne

Annexe E Détails relatifs à la chauve-souris trouvée lors du suivi de la mortalité effectué dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2018

Date (aaaammjj)	20180716
Heure	13:57
Éolienne	8
Modèle éolienne	Enercon E-92
Espèce	Chauve-souris argentée
Sexe	Mâle
Âge	Indéterminé
Azimut (°)	219
Distance (m)	14
Couverture zone de suivi (%)	59,4
Observateur	1
Période	Reproduction
État	Intacte
Cause probable	Possible collision
Substrat	Sol dénudé
Photographie	



