



PARCS ÉOLIENS  
de la Seigneurie de Beauré

385

DA6.1

Projet éolien Des Neiges –Secteur Charlevoix à  
Baie-Saint-Paul et à Saint-Urbain

6211-24-089

# Parc éolien de la Côte-de-Beauré

## Suivi environnemental

Faune avienne et chauves-souris – An 2 – 2017

N° de dossier au MDDELCC : 3211-12-190

8 janvier 2018

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 2 – 2017*

**CONFIDENTIEL**

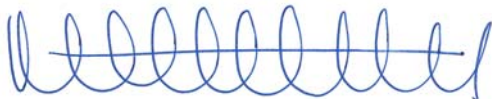
8 janvier 2018 – FINAL

N/Réf. : BLXCDB00-740

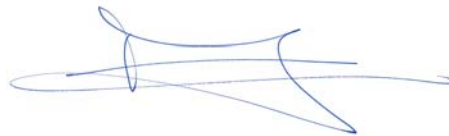
*Éoliennes Côte-de-Beaupré S.E.C.*

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

*PESCA Environnement*



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



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

Référence à citer :  
PESCA Environnement (2018). *Suivi environnemental – Faune avienne et chauves-souris – An 2 – 2017*.  
Parc éolien de la Côte-de-Beaupré. 19 pages et 6 annexes.



□ **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 .....	7
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 .....	11
3.1.5	Taux de mortalité des oiseaux .....	12
3.1.6	Taux de mortalité des chauves-souris .....	13
3.2	Suivi comportemental .....	14
3.2.1	Rapaces .....	14
3.2.1.1	Abondance et diversité .....	14
3.2.1.2	Taux de passage .....	15
3.2.1.3	Hauteur et direction de vol .....	15
3.2.1.4	Comportement .....	15
3.2.2	Autres espèces .....	15
3.2.2.1	Abondance et diversité .....	15
3.2.2.2	Taux de passage .....	16
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
4.1.1	Rapaces .....	17
4.1.2	Oiseaux .....	18
4.1.3	Chauves-souris .....	18

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 2017 .....	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 2017.....	5
Tableau 4	Effort relatif au suivi comportemental dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017.....	7
Tableau 5	Nombre de carcasses trouvées lors du suivi de la mortalité dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017 .....	9
Tableau 6	Persistence des carcasses témoins lors du suivi de la mortalité en 2017.....	10
Tableau 7	Taux d'efficacité de l'observateur lors du suivi de la mortalité dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017 .....	10
Tableau 8	Taux de mortalité des rapaces dans les parcs éoliens en Amérique du Nord.....	11
Tableau 9	Estimation des taux de mortalité des oiseaux dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017.....	12
Tableau 10	Taux de mortalité des oiseaux dans les parcs éoliens en Amérique du Nord .....	13
Tableau 11	Estimation des taux de mortalité des chauves-souris dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017.....	13
Tableau 12	Taux de mortalité des chauves-souris dans les parcs éoliens en Amérique du Nord.....	14
Tableau 13	Abondance et taux de passage des rapaces observés lors du suivi comportemental dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017 .....	15
Tableau 14	Oiseaux autres que les rapaces observés lors du suivi comportemental dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017 .....	15
Tableau 15	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 2017.....	16

## ☐ LISTE DES FIGURES

Figure 1	Calendrier du suivi de la mortalité dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017 .....	2
Figure 2	Localisation des sites sélectionnés pour le suivi de la mortalité et de l'utilisation du parc éolien en 2017 .....	3
Figure 3	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 2017 .....	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 2017
- 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 2017
- 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 2017
- Annexe E Oiseaux et chauves-souris trouvés lors du suivi de la mortalité effectué dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017
- Annexe F Photographies des oiseaux et des chauves-souris trouvés lors du suivi de la mortalité effectué dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017



# 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*

<b>Caractéristique</b>	<b>Modèle d'éolienne Enercon E-92</b>
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 deuxième année d'exploitation du parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017. Le suivi a été effectué selon le même protocole qu'en 2016, conformément à la recommandation du représentant du secteur de la faune (S. Déry, MFFP, 14 mars 2017).

## 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 2017 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 2017

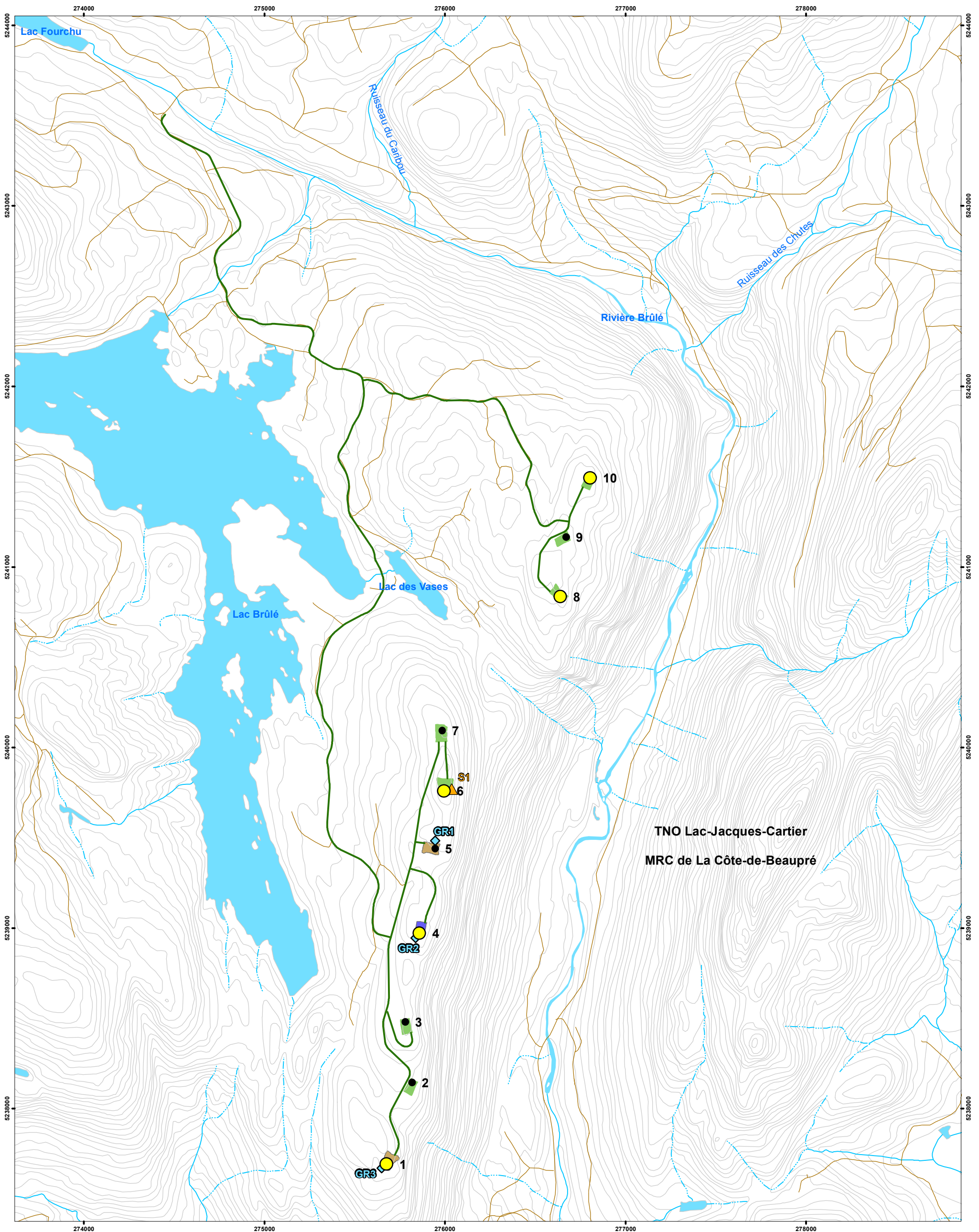
#### 2.1.2 Sélection des sites de suivi

Le suivi de la mortalité a porté sur 5 des 10 sites d'éolienne (50 %) du parc éolien de la Côte-de-Beaupré (figure 2). Ces sites d'éolienne sont les mêmes qu'en 2016. 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 2017

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
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>5</b>

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



# Éoliennes Côte-de-Beaupré S.E.C.

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 2017

### 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

### Qualité de l'habitat pour la grive de Bicknell dans les aires de travail

- Optimale
- Sous-optimale
- Inadéquate

### Autres éléments

- Chemin forestier
- Chemin d'accès
- Courbe de niveau (équid. 10 m)
- Cours d'eau permanent
- - - Cours d'eau intermittent
- Plan d'eau



1/20 000

0 125 250 500 mètres

Projection : MTM 7, NAD1983

Sources :

BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007  
Séminaire de Québec, 2012

**PESCA**  
ENVIRONNEMENT



### 2.1.3 Recherche de carcasses

En 2017, 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 ( $\leq 10$  cm), moyenne (11 à 50 cm) et longue ( $\geq 50$  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 7 jours, à l'exception des 5 visites d'éolienne annulées durant la dernière semaine de suivi (29 octobre au 4 novembre) en période de migration automnale 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 2017 (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 2017*

Période	Date	Nombre de semaines de suivi	Nombre de sites à visiter par semaine	Nombre de visites de sites effectuées
Migration printanière	11 avril au 30 mai	8	5	40
Reproduction	6 juin au 8 août	10	5	50
Migration automnale	15 août au 3 novembre	12	5	55
		<b>30</b>	<b>5</b>	<b>145</b>

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 10 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 7 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 un 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 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 45 au cours de séances d'observation de 3 heures consécutives.

*Tableau 4 Effort relatif au suivi comportemental dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017*

Période d'inventaire	Date	Durée d'observation au point S1 (h)
Migration printanière	19 avril au 26 mai	12
Migration automnale	5 septembre au 3 octobre	12
<b>Total</b>		<b>24</b>

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 2017. Ce suivi a été effectué à partir de trois points d'appel (GR1 à GR3) situés à proximité d'éoliennes situées en bordure d'un habitat optimal ou sous-optimal pour cette espèce (figure 2). Ces points d'appel se trouvent à quelques mètres à l'intérieur du milieu forestier entourant l'aire des éoliennes. Ces points d'appel étaient les mêmes en 2016, à l'exception du point GR2, déplacé en raison d'une coupe forestière. Afin de respecter les exigences concernant la localisation du site d'inventaire, le point d'appel a été déplacé d'une vingtaine de mètres vers le nord afin qu'il se trouve à l'intérieur d'un peuplement résineux, comme le spécifie le protocole de référence (MDDEFP, 2013).

Les points d'appel ont été visités deux fois chacun, soit en matinée (entre 3 h 15 et 4 h 52) et en soirée (entre 18 h 30 et 20 h 05). Les visites d'un même point étaient espacées d'au moins 24 heures. L'inventaire a été réalisé les 16 et 17 juin 2017 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 n'a été trouvée dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017. Une carcasse d'oiseau et une carcasse de chauve-souris ont été trouvées lors du suivi de la mortalité (tableau 5). Aucune autre carcasse n'a été découverte en dehors des zones ou des activités de suivi.

*Tableau 5 Nombre de carcasses trouvées lors du suivi de la mortalité dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017*

Espèce	Migration printanière	Reproduction	Migration automnale	Total
<b>Oiseaux</b>				
Paruline à tête cendrée	0	0	1	1
<b>Chauves-souris</b>				
Chauve-souris cendrée	-	1	0	1
<b>Somme globale</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

Le paruline à tête cendrée est une espèce sans statut particulier, tant à l'échelle provinciale que fédérale (Gouvernement du Canada, 2017; MFFP, 2006-2017). La chauve-souris cendrée est une espèce susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec (MFFP, 2006-2017).

Les détails relatifs aux carcasses récoltées sont présentés à l'annexe E et des photographies sont regroupées à l'annexe F. 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 du suivi. Cette proportion est de 62,1 % ou de 65,7 % selon les éoliennes (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.

En moyenne, les carcasses d'oiseaux sont demeurées en place  $1,7 \pm 0,5$  jour; celles des souris,  $4,7 \pm 2,7$  jours. Des moyennes inférieures avaient été obtenues en 2016. Les durées de persistance obtenues ont servi aux calculs des taux de mortalité par période. En 2017, la persistance des oiseaux

durant la migration printanière est nulle, comme en 2016 (tableau 6). Toutes les carcasses témoins d'oiseaux (13) ont disparues en moins d'une journée.

**Tableau 6** *Persistance des carcasses témoins lors du suivi de la mortalité en 2017*

Période d'inventaire	Date de début du test	Type de carcasse	Nombre de carcasses	Persistance (jour)			
				Min.	Max.	Moy.	Variance
Migration printanière	19 mai	Oiseau (petit)	7	0	0	0,0	-
		Oiseau (grand)	6	0	0	0,0	-
		Total partiel, oiseaux	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>	-
		Souris	7	0	28	5,3	15,3
Reproduction	2 juillet	Oiseau (petit)	7	0	2	1,0	0,0
		Oiseau (grand)	6	1	3	1,3	0,1
		Total partiel, oiseaux	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>1,2</b>	<b>0,0</b>
		Souris	7	1	5	2,4	0,3
Migration automnale	18 septembre	Oiseau (petit)	7	1	28	5,7	14,1
		Oiseau (grand)	6	1	7	2,0	1,0
		Total partiel, oiseaux	<b>13</b>	<b>1</b>	<b>28</b>	<b>4,0</b>	<b>4,3</b>
		Souris	7	1	28	6,3	10,4
<b>Somme globale</b>		<b>Oiseaux</b>	<b>39</b>	<b>0</b>	<b>28</b>	<b>1,7</b>	<b>0,5</b>
		<b>Souris</b>	<b>21</b>	<b>0</b>	<b>28</b>	<b>4,7</b>	<b>2,7</b>

### 3.1.3 Efficacité des observateurs

En 2017, 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 7.

**Tableau 7** *Taux d'efficacité de l'observateur lors du suivi de la mortalité dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017*

Période d'inventaire	Observateur	Paramètre	Type de leurre			
			Oiseau			Chauve-souris
			Petit (5-10 cm)	Moyen (15-20 cm)	Grand (30-35 cm)	
Migration printanière	1	Nombre de leurres disposés	4	4	4	-
		Nombre de leurres trouvés	3	4	3	-
		Taux d'efficacité (%)	75,0	100,0	75,0	-
Reproduction	1	Nombre de leurres disposés	4	4	4	9
		Nombre de leurres trouvés	2	4	3	4
		Taux d'efficacité (%)	50,0	100,0	75,0	44,4
Migration automnale	1	Nombre de leurres disposés	8	4	12	9
		Nombre de leurres trouvés	4	4	11	8
		Taux d'efficacité (%)	50,0	100,0	91,7	88,9

Les taux d'efficacité à détecter des oiseaux de petite taille ont varié entre 50,0 et 75,0 % selon les périodes d'inventaire. Les leurres de moyenne et de grande tailles n'ont pas été pris en considération, car aucune carcasse de ces tailles n'a été découverte.

Les taux d'efficacité à détecter des chauves-souris ont varié entre 44,4 et 88,9 % selon les périodes d'inventaire. Ils ont été obtenus en considérant les leurres en forme de chauve-souris.

### 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 2017. Le taux de mortalité des rapaces estimé est donc nul (0 rapace/éolienne/an). Dans le contexte des suivis fauniques, aucune mortalité de rapace n'a été détectée dans les autres parcs éoliens de la Seigneurie de Beaupré depuis leur mise en service (tableau 8).

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 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). 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).

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

Parc éolien ou région	Mortalité annuelle estimée (individu/éolienne/an)
<b>Parc éolien de la Côte-de-Beaupré</b>	
Suivi effectué en 2017	0
Suivi effectué en 2016	0
<b>Parcs éoliens de la Seigneurie de Beaupré 2 et 3</b>	
Suivi effectué en 2016	0
Suivi effectué en 2015	0
Suivi effectué en 2014	0
<b>Parc éolien de la Seigneurie de Beaupré 4</b>	
Suivi effectué en 2017	0
Suivi effectué en 2016	0
Suivi effectué en 2015	0
<b>Synthèse des suivis effectués au Québec</b>	
Moyenne (24 parcs éoliens entre 2007 et 2015)	0,01
Minimum et maximum (12 parcs éoliens entre 2009 et 2014)	0 à 0,18
<b>Moyennes estimées ailleurs en Amérique du Nord</b>	
Provinces atlantiques du Canada	0
Ontario	0,20
Alberta	0,06
États-Unis	2,03

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

### 3.1.5 Taux de mortalité des oiseaux

En 2017, les taux de mortalité quotidienne ont varié entre 0 et 0,009 oiseau/éolienne/jour selon les périodes d'inventaire (tableau 9). Ces taux représentent 0 oiseau/éolienne pendant la période de migration printanière, 0 oiseau/éolienne pendant la période de reproduction et 0,78 oiseau/éolienne pendant la période de migration automnale.

*Tableau 9 Estimation des taux de mortalité des oiseaux dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017*

Période d'inventaire	Durée du suivi (jour)	Nombre d'individus trouvés	Taux de mortalité estimé (individu/éolienne/jour)	Intervalle de confiance	Taux de mortalité par période (individu/éolienne)
Migration printanière	56	0	0	0	0
Reproduction	70	0	0	0	0
Migration automnale	84	1	0,009	0,331	0,78
<b>Année 2017</b>	<b>210</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0,78</b>

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

Ces résultats représentent 0,78 oiseau/éolienne/an en 2017 (tableau 9). Ce taux doit être considéré avec précaution, car il repose sur la découverte d'une carcasse. Ce taux est inférieur à ceux obtenus en 2016 et dans les autres parcs éoliens de la Seigneurie de Beaupré depuis leur mise en service (tableau 10).

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 2017 est inférieure à ces moyennes (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 oiseaux dans les parcs éoliens en Amérique du Nord

Parc éolien ou région	Mortalité annuelle estimée (individu/éolienne/an)
<b>Parc éolien de la Côte-de-Beaupré</b>	
Suivi effectué en 2017	0,78
Suivi effectué en 2016	4,22
<b>Parcs éoliens de la Seigneurie de Beaupré 2 et 3</b>	
Suivi effectué en 2016	3,07
Suivi effectué en 2015	3,53
Suivi effectué en 2014	2,75
<b>Parc éolien de la Seigneurie de Beaupré 4</b>	
Suivi effectué en 2017	5,43
Suivi effectué en 2016	5,19
Suivi effectué en 2015	5,41
<b>Synthèse des suivis effectués au Québec</b>	
Moyenne (24 parcs éoliens entre 2007 et 2015)	1,60
<b>Moyennes estimées ailleurs en Amérique du Nord</b>	
Provinces atlantiques du Canada	1,17
Ontario	6,14
Alberta	2,65
Canada	8,20
Est des États-Unis	6,86
États-Unis	5,25 à 14,10

Sources : (BSC, 2016; 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 0,030 chauve-souris/éolienne/jour selon les périodes d'inventaire (tableau 11). Ces taux représentent 2,09 chauves-souris/éolienne pendant la période de reproduction et 0 chauve-souris/éolienne pendant la période de migration automnale.

Tableau 11 Estimation des taux de mortalité des chauves-souris dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017

Période d'inventaire	Durée du suivi (jour)	Nombre d'individus récoltés	Taux de mortalité estimé (individu/éolienne/jour)	Intervalle de confiance	Taux de mortalité par période (individu/éolienne)
Reproduction	70	1	0,030	0,910	2,09
Migration automnale	56	0	0	0	0
<b>Année 2017</b>	<b>126</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2,09</b>

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

Ces résultats représentent 2,09 chauves-souris/éolienne/an en 2017 (tableau 11). Ce taux doit être considéré avec précaution, car il repose sur la découverte d'une seule carcasse. Il est supérieur aux taux obtenus dans les autres parcs éoliens de la Seigneurie de Beaupré depuis leur mise en service (tableau 12).

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 2017 est supérieure à cette moyenne. Les suivis effectués ailleurs en Amérique du Nord montrent des taux globalement supérieurs (tableau 12).

Les taux de mortalité inscrits au tableau 12 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 12 Taux de mortalité des chauves-souris dans les parcs éoliens en Amérique du Nord*

Parc éolien ou région	Mortalité annuelle estimée (individu/éolienne/an)
<b>Parc éolien de la Côte-de-Beaupré</b>	
Suivi effectué en 2017	2,09
Suivi effectué en 2016	1,53
<b>Parcs éoliens de la Seigneurie de Beaupré 2 et 3</b>	
Suivi effectué en 2016	0,23
Suivi effectué en 2015	0,39
Suivi effectué en 2014	0,43
<b>Parc éolien de la Seigneurie de Beaupré 4</b>	
Suivi effectué en 2017	1,17
Suivi effectué en 2016	0
Suivi effectué en 2015	0,53
<b>Synthèse des suivis effectués au Québec</b>	
Moyenne (24 parcs éoliens entre 2007 et 2015)	0,50
Minimum et maximum (12 parcs éoliens entre 2009 et 2014)	0 à 3,09
<b>Moyennes estimées ailleurs en Amérique du Nord</b>	
Provinces atlantiques du Canada	0,26
Ontario	18,52
Alberta	8,34
Canada	15,50
États-Unis	16,00 à 16,80

*Sources : (BSC, 2016; Féret, 2016; Hayes, 2013; Lemaître & Drapeau, 2015; Smallwood, 2013; 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 une crécerelle d'Amérique en septembre dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017. Aucun rapace à statut particulier n'a été observé au cours de ce suivi.

## 3.2.1.2 Taux de passage

Le taux de passage moyen des rapaces dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017 est inférieur à 0,1 oiseau/h. Le taux de passage des rapaces au mois de septembre a été de 0,1 oiseau/h. Des taux de passage nuls ont été notés pour tous les autres mois du suivi comportemental, soit avril, mai et octobre (tableau 13).

**Tableau 13** Abondance et taux de passage des rapaces observés lors du suivi comportemental dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017

Point	Migration printanière				Migration automnale				Total	
	Avril		Mai		Septembre		Octobre		N <sup>bre</sup>	Taux (ois./h)
	N <sup>bre</sup>	Taux (ois./h)	N <sup>bre</sup>	Taux (ois./h)	N <sup>bre</sup>	Taux (ois./h)	N <sup>bre</sup>	Taux (ois./h)		
S-1	0	0,0	0	0,0	1	0,1	0	0,0	1	< 0,1

## 3.2.1.3 Hauteur et direction de vol

La crécerelle d'Amérique observée en 2017 volait vers le nord-ouest à moins de 50 m du sol.

## 3.2.1.4 Comportement

La crécerelle d'Amérique observée en 2017 a 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 32 oiseaux autres que des rapaces, appartenant à 9 espèces, dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017 (tableau 14). L'espèce la plus abondante est l'oie des neiges avec 12 mentions.

**Tableau 14** Oiseaux autres que les rapaces observés lors du suivi comportemental dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017

Espèce	Migration printanière		Migration automnale		Total
	Avril	Mai	Septembre	Octobre	
Grand corbeau	2	0	0	0	2
Junco ardoisé	2	3	3	0	8
Merle d'Amérique	0	0	1	0	1
Mésangeai du Canada	0	0	1	0	1
Oie des neiges	0	0	12	0	12
Paruline à croupion jaune	0	1	0	0	1
Plongeon huard	0	0	1	0	1
Roitelet à couronne dorée	0	0	3	0	3
Troglodyte des forêts	0	3	0	0	3
<b>Nombre total d'observations</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>21</b>	<b>0</b>	<b>32</b>
<b>Nombre total d'espèces</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>9</b>
<b>Durée d'inventaire (h)</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>24</b>

## 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 2017 est de 1,3 oiseau/h. Les taux de passage ont varié entre 0 et 2,3 oiseaux/h, la valeur la plus élevée ayant été obtenue en septembre lors du passage d'un groupe d'oies des neiges, le 29 septembre (tableau 15).

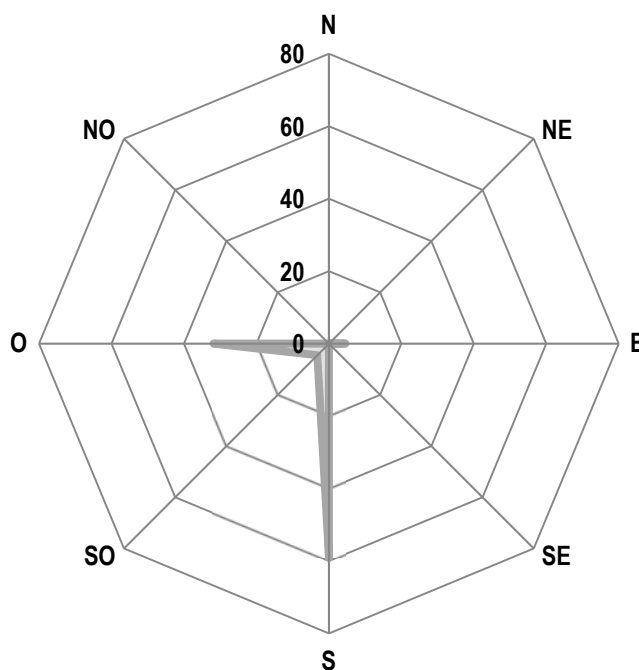
**Tableau 15** Abondance et taux de passage des oiseaux autres que les rapaces observés lors du suivi comportemental dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017

Point	Migration printanière				Migration automnale				Total	
	Avril		Mai		Septembre		Octobre		N <sup>bre</sup>	Taux (ois./h)
	N <sup>bre</sup>	Taux (ois./h)	N <sup>bre</sup>	Taux (ois./h)	N <sup>bre</sup>	Taux (ois./h)	N <sup>bre</sup>	Taux (ois./h)		
S-1	4	0,7	7	1,2	21	2,3	0	0,0	32	1,3

## 3.2.2.3 Hauteur et direction de vol

Le groupe de 12 oies des neiges volait à plus de 200 m du sol. Les autres oiseaux terrestres volaient tous entre 0 et 50 m du sol. Aucun oiseau n'a été détecté à la hauteur des pales. Lorsqu'un oiseau était observé dans plusieurs classes d'altitude, une mention était notée pour chacune d'elles.

Lors du suivi comportemental effectué en 2017, les oiseaux autres que les rapaces observés volaient principalement vers le sud (59,1 %) et l'ouest (31,8 %; figure 3). En excluant le groupe d'oies des neiges qui se dirigeait vers le sud, les oiseaux volaient principalement vers l'ouest (70,0 %).



**Figure 3** 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 2017

#### 3.2.2.4 Comportement

Le comportement de 24 oiseaux observés a été décrit; celui des 8 oiseaux entendus (chant/crî) n'a pas été décrit. Les comportements observés sont les suivants :

- un grand corbeau a changé de direction à environ 100 m des éoliennes pour passer à côté des éoliennes (bifurcation);
- un autre grand corbeau a changé de direction pour passer entre deux éoliennes, à la hauteur des pales (traversée);
- les autres oiseaux observés (22) 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 2017, 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 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 2017.

## 4 Conclusion

### 4.1 Suivi de la mortalité

Le suivi de la mortalité de la faune avienne et des chauves-souris effectué en 2017 dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré avait pour objectif de documenter l'impact du parc éolien sur ces espèces durant la deuxième 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).

#### 4.1.1 Rapaces

Aucune mortalité de rapace n'a été enregistrée au cours de cette deuxième 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.

#### 4.1.2 Oiseaux

Une carcasse d'oiseau a été trouvée lors du suivi effectué en 2017 dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré. Cet oiseau, une paruline à tête cendrée, n'a aucun statut particulier.

Le taux de mortalité est estimé à **0,78 oiseau/éolienne/an**. Ce taux de mortalité d'oiseaux est inférieur aux moyennes canadienne (8,2 oiseaux/éolienne) et québécoise (1,6 oiseau/éolienne/an).

#### 4.1.3 Chauves-souris

Une carcasse de chauve-souris a été récoltée lors du suivi effectué en 2017 dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré. La chauve-souris découverte, une chauve-souris cendrée, est une espèce migratrice susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec.

Le taux de mortalité est estimé à **2,09 chauves-souris/éolienne/an**. Ce taux est supérieur à ceux obtenus dans les autres parcs éoliens de la Seigneurie de Beaupré, mais inférieur 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 2017 avait pour but de documenter la présence et le comportement des oiseaux à l'approche des éoliennes.

En 2017, la crécerelle d'Amérique est la seule espèce de rapace observée à l'intérieur du parc éolien durant le mois de septembre; elle a été observée à une occasion. Le taux de passage moyen des rapaces a été inférieur à 0,1 oiseau/h. La crécerelle d'Amérique n'a aucun statut particulier.

Par ailleurs, 9 espèces autres que des rapaces ont été observées. L'oie des neiges a été l'espèce la plus abondante. Le taux de passage moyen a été de 1,3 oiseau/h en 2017. Ces oiseaux ont été observés à une altitude inférieure à 50 m du sol et à plus de 200 m du sol. Aucun oiseau n'a été observé à la hauteur des pales. La majorité des oiseaux, incluant les rapaces, volaient sans changement de comportement ou de direction de vol à l'approche des éoliennes. Des comportements de bifurcation et de traversée ont été observés pour deux grands corbeaux.

### 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 2017 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 (2016). *Wind Energy Bird and Bat Monitoring Database - Summary of the Findings from Post-construction Monitoring Reports*. Bird Studies Canada, Canadian Wind Energy Association, Environment Canada and Ontario Ministry of Natural Resources. 47 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 (2017). *Registre public des espèces en péril* [en ligne]. Repéré en août 2017 à [http://www.registrelep-sararegistry.gc.ca/sar/index/default\\_f.cfm](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.
- MDDEFP (2013). *Protocole d'inventaire de la Grive de Bicknell et de son habitat – Novembre 2013*. Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Secteur faune. 20 p.
- MFFP (2006-2017). Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. *Liste des espèces désignées comme menacées ou vulnérables au Québec*. Repéré en novembre 2017 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.
- 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 2017

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 ( $\leq 10$ cm)	Herbacée moyenne (11 à 50 cm)	Herbacée longue ( $\geq 50$ cm)	Arbustive	Arborescente
1	13,0	47,4	0,0	0,0	0,0	0,0	39,6
4	0,0	47,2	0,0	0,0	0,0	0,0	52,8
6	13,2	47,0	0,0	0,0	0,0	3,2	36,5
8	11,9	43,9	0,0	0,0	0,0	4,7	39,5
10	4,5	53,1	0,0	0,0	0,0	0,0	42,4

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

Certaines zones de suivi ne peuvent être couvertes en raison de la présence de talus pentus, bien que la surface soit 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 :

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

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  $C_{\text{obs}}$  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 2017

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
20170411	2	2	-	0	0	-	n.d.	n.d.	-	75-100	75-100	-	0	4	-	93,99	93,91	93,93
20170419	2	1	0	3	3 raf. 4	2 raf. 3	S	S	S	75-100	75-100	75-100	6	0	0	94,51	94,16	93,96
20170425	-	3	4	-	3	2	-	SE	SE	-	25-50	75-100	-	0	0	94,69	94,55	94,44
20170503	-	3	5	-	4	4	-	O	O	-	75-100	50-75	-	6	0	92,18	92,47	92,87
20170509	-	-	-1	-	-	2	-	-	S	-	-	75-100	-	-	0	93,53	93,67	93,72
20170516	11	-	13	3 raf. 4	-	3 raf. 4	N	-	NO	0-25	-	0-25	0	-	0	93,17	93,18	93,18
20170523	5	-	-	3	-	-	O	-	-	75-100	-	-	0	-	-	92,96	93,01	92,96
20170530	-	-	11	-	-	2	-	-	S	-	-	75-100	-	-	1	93,83	93,84	93,72
20170606	-	-	16	-	-	3	-	-	NE	-	-	0-25	-	-	0	93,85	93,75	93,63
20170613	17	22	-	2 raf. 3	2 raf. 3	-	N	N	-	0-25	0-25	-	0	0	-	93,33	93,34	93,30
20170620	-	-	14	-	-	1 raf. 2	-	-	O	-	-	75-100	-	-	3	92,69	92,63	92,68
20170627	10	-	-	2	-	-	SE	-	-	75-100	-	-	0	-	-	93,64	93,46	93,36
20170704	-	-	19	-	-	2	-	-	N	-	-	75-100	-	-	0	93,94	93,97	93,96
20170711	19	20	-	2	3	-	SO	O	-	75-100	50-75	-	0	0	-	93,28	93,21	93,16
20170718	-	-	22	-	-	0	-	-	-	-	-	75-100	-	-	0	94,07	93,99	93,89
20170725	18	23	-	0	0	-	n.d.	n.d.	-	50-75	0-25	-	0	0	-	94,24	94,22	94,24
20170801	-	-	26	-	-	2	-	-	O	-	-	0-25	-	-	0	93,96	93,91	93,86
20170808	20	19	19	1	1	2	O	NO	NO	50-75	75-100	75-100	0	0	0	93,60	93,56	93,51
20170815	-	-	20	-	-	2 raf. 3	-	-	O	-	-	75-100	-	-	0	93,35	93,31	93,23
20170822	-	-	17	-	-	3	-	-	S	-	-	75-100	-	-	1	93,46	93,17	92,76
20170829	18	20	-	1	3	-	E	SO	-	25-50	25-50	-	0	0	-	94,69	94,56	94,39
20170905	-	-	14	-	-	2	-	-	O	-	-	75-100	-	-	0	92,59	92,74	92,86

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
20170915	-	-	21	-	-	1 raf. 2	-	-	O	-	-	0-25	-	-	0	94,16	94,12	n.d.
20170919	-	-	19	-	-	1 raf. 2	-	-	O	-	-	75-100	-	-	0	93,63	93,67	93,69
20170929	-	-	6	-	-	2 raf. 3	-	-	NO	-	-	75-100	-	-	0	94,27	94,19	94,09
20171003	-	-	18	-	-	3	-	-	O	-	-	0-25	-	-	0	95,39	95,16	95,01
20171013	6	9	10	2	3	3	SO	SO	SO	0-25	0-25	0-25	0	0	0	94,95	94,73	94,52
20171021	7	-	-	2	-	-	N	-	-	0-25	-	-	0	-	-	94,35	94,35	94,44
20171027	-	-	3	-	-	3	-	-	O	-	-	75-100	-	-	0	92,69	93,03	93,36

- : aucune donnée  
n. d. : non déterminé

**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 2017

Date (aaaammjj)	Point d'observation	Début	Fin	Durée (min)	Température (°C)	Précipitations	Force du vent (Beaufort)	Origine du vent	Couverture nuageuse (%)	Plafond nuageux
20170419	S1	12:00	13:00	60	1	0	3 raf. 4	S	75-100	Moyen
20170419	S1	13:00	14:00	60	0	0	4 raf. 5	S	75-100	Moyen
20170419	S1	14:00	15:00	60	0	0	3 raf. 5	S	75-100	Moyen
20170425	S1	9:00	10:00	60	-4	0	3	SE	0-25	Haut
20170425	S1	10:00	11:00	60	-1	0	3	SE	0-25	Haut
20170425	S1	11:00	12:00	60	1	0	3	SE	25-50	Haut
20170516	S1	12:01	13:00	59	12	0	3 raf. 4	N	0-25	Haut
20170516	S1	13:00	14:00	60	12	0	3 raf. 4	NO	0-25	Haut
20170516	S1	14:00	15:01	61	12	0	3 raf. 4	NO	0-25	Haut
20170526	S1	9:25	10:00	35	6	0	6	E	75-100	Bas
20170526	S1	10:00	11:00	60	6	0	5 raf. 6	E	75-100	Bas
20170526	S1	11:00	12:00	60	6	0	5	E	75-100	Haut
20170526	S1	12:00	12:25	25	7	0	4	E	75-100	Haut
20170616	GR1	4:26	4:52	26	10	0	4	SE	75-100	Haut
20170616	GR3	3:15	3:41	26	12	0	3	SE	75-100	Haut
20170616	GR2	3:52	4:18	26	9	0	3	SE	75-100	Haut
20170617	GR1	19:04	19:30	26	17	1	1	S	75-100	Moyen
20170617	GR2	19:39	20:05	26	18	1	1	n.d.	75-100	Moyen
20170617	GR3	18:30	18:56	26	18	1	0	n.d.	75-100	Moyen
20170905	S1	9:00	10:00	60	12	0	3	O	75-100	Bas
20170905	S1	10:00	11:00	60	14	0	3	O	50-75	Moyen
20170905	S1	11:00	12:00	60	15	0	3	O	50-75	Moyen
20170915	S1	12:15	13:00	45	19	0	2	SO	0-25	Moyen

Date (aaaammjj)	Point d'observation	Début	Fin	Durée (min)	Température (°C)	Précipitations	Force du vent (Beaufort)	Origine du vent	Couverture nuageuse (%)	Plafond nuageux
20170915	S1	13:00	14:00	60	21	0	2	O	0-25	Moyen
20170915	S1	14:00	15:00	60	20	0	1	SO	0-25	Moyen
20170915	S1	15:00	15:15	15	21	0	1 raf. 2	O	0-25	Moyen
20170929	S1	9:00	10:00	60	2	0	3	O	50-75	Moyen
20170929	S1	10:00	11:00	60	4	0	2 raf. 3	NO	75-100	Moyen
20170929	S1	11:00	12:00	60	6	0	3	NO	75-100	Moyen
20171003	S1	12:45	13:00	15	19	0	2 raf. 3	O	0-25	Haut
20171003	S1	13:00	14:00	60	19	0	2 raf. 3	O	0-25	Haut
20171003	S1	14:00	15:00	60	18	0	3	O	25-50	Haut
20171003	S1	15:00	15:45	45	18	0	3	O	0-25	Haut

n. d. : non déterminé

**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)

**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

**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

## Annexe E Oiseaux et chauves-souris trouvés lors du suivi de la mortalité effectué dans le parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017

Date (aaaammjj)	Heure	Éolienne	Modèle éolienne	Espèce	Sexe	Âge	Azimut (°)	Distance (m)	Couverture zone de suivi (%)	Observateur	Période	État	Cause probable	Substrat
20170718	16:22	1	Enercon E-92	Chauve-souris cendrée	Mâle	Adulte	171	27	62,1	1	Reproduction	Partiellement détériorée	Possible collision	Sol dénudé
20170915	16:58	10	Enercon E-92	Paruline à tête cendrée	Ind.	Immature	30	12	65,7	1	Migration automnale	Partiellement détériorée	Possible collision	Sol dénudé

Ind. : Indéterminé



***Annexe F Photographies des oiseaux et des chauves-souris  
trouvés lors du suivi de la mortalité effectué dans le  
parc éolien de la Côte-de-Beaupré en 2017***



Chauve-souris cendrée (éolienne 1, 20170718)



Paruline à tête cendrée (éolienne 10, 20170915)





**Carleton-sur-Mer**

895, boulevard Perron  
Carleton-sur-Mer (Québec) G0C 1J0  
418 364-3139

**Montréal**

**Québec**

**Rimouski**

1 888 364-3139  
**pescaparc.com**