

**Évaluation de l'impact d'un parc éolien sur l'orignal (*Alces alces*)**

Proposition de projet

Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats  
Direction de l'expertise Énergie-Faune-Forêts-Mines-Territoire du Saguenay–Lac-Saint-Jean

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune

Consortium St-Laurent Énergies

Mars 2009

## 1.0 Mise en contexte

Contrairement aux technologies qui utilisent les combustibles fossiles, l'énergie éolienne ne pollue pas l'air et ne génère pas de gaz à effet de serre (Nelson et Curry 1995). Cette source d'énergie renouvelable obtient donc la plupart du temps un appui élevé du public en tant que source alternative d'énergie (Leddy *et al.* 1999). Il y a actuellement une augmentation du nombre de parcs éoliens dans le monde comme aux États-Unis, en Allemagne et en Espagne. Le potentiel éolien du Québec est considérable compte tenu de l'immensité du territoire et le gouvernement du Québec a entrepris de mettre en valeur ce potentiel. Dans le cadre de sa stratégie, le gouvernement souhaite intégrer au réseau d'Hydro-Québec 4 000 MW d'ici 2015 (<http://www.mrnf.gouv.qc.ca/energie/eolien/index.jsp>).

En dépit des éléments positifs sur l'environnement ci-haut mentionnés, il y a une controverse sur les effets potentiels des parcs éoliens sur la faune. En effet, la construction de grands parcs éoliens a le potentiel d'avoir des impacts significatifs sur la faune, surtout si leur emplacement n'est pas choisi avec soins (Kuvlesky *et al.* 2007). L'ampleur avec laquelle un nombre élevé de grandes éoliennes pourrait influencer la faune locale n'est pas connue, ce qui pourrait devenir problématique. L'information qui existe à ce propos est contenue dans ce que l'on appelle la littérature grise, c'est-à-dire des rapports non publiés rédigés par des promoteurs ou des consultants (Kuvlesky *et al.* 2007).

La mise en place de parcs éoliens suscite certaines craintes quant à l'impact qu'ils auront sur la faune. Des inquiétudes sont soulevées notamment en ce qui concernent les oiseaux et les chiroptères. Des projets sont en cours au Québec en vue de documenter ces impacts. D'autre part, les chasseurs se préoccupent également des répercussions qu'auront ces infrastructures sur la faune en général et en particulier pour les espèces de gibier dont l'orignal (*Alces alces*). Lors d'une rencontre de la *Table régionale de la faune du Saguenay – Lac-Saint-Jean* le 29 octobre 2008, les membres présents ont soulevé cette préoccupation. Les représentants de cette table, ont fait parvenir une lettre au Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) de cette région pour exprimer leur point de vue (Annexe 1). Compte tenu de l'absence de données scientifiques valables sur ce sujet, il nous apparaît opportun de mettre en place un protocole de recherche pour documenter l'impact des parcs éoliens sur l'orignal.

Hydro-Méga Services inc., une compagnie d'avant-plan impliquée dans la production d'énergie renouvelable depuis près de 20 ans, a formé avec EDF, Énergies Nouvelles et Renewable Energy Systems Canada inc., le consortium St-Laurent Énergies. Ce groupe est activement impliqué dans le développement de plusieurs projets de parcs éoliens au Québec. Dans une optique de gestion intégrée des ressources et de développement durable, St-Laurent Énergies a sollicité la collaboration du secteur Faune du MRNF pour développer un programme de recherche visant à documenter l'impact de la création d'un parc éolien sur la faune, principalement sur l'orignal. Cette démarche

permet également au MRNF de donner suite aux préoccupations soulevées par les utilisateurs du territoire.

## **2.0 Impacts des parcs éoliens sur la faune : brève revue de la littérature existante**

De façon générale, on peut identifier au moins trois types d'impacts des parcs éoliens sur la faune (Fielding *et al.* 2006). Premièrement, il peut survenir des mortalités chez les oiseaux et les chiroptères suite à une collision avec les rotors de la turbine ou encore avec les fils électriques des lignes à haute tension. Deuxièmement, le dérangement causé par les turbines peut créer une zone d'évitement autour des turbines elles-mêmes ou du parc éolien, ce qui se traduit par une perte indirecte d'habitat et peut également se traduire par un effet de barrière aux déplacements (fragmentation). Finalement, il y a une perte directe d'habitat causée par la construction du parc éolien et des autres structures associées.

La très grande majorité des études qui se sont intéressées à l'impact d'un parc éolien sur la faune ont ciblé les oiseaux au cours des 20 dernières années (Kuvlesky *et al.* 2007). Les études démontrent généralement un impact mineur à modéré des parcs éoliens sur la dynamique de population chez les oiseaux, notamment les passereaux. Les groupes d'espèces les plus affectés seraient les rapaces (Hunt *et al.* 1998) à cause de leur capacité de reproduction plus faible et les oiseaux marins (Garthe et Hüppop 2004, Everaert et Stienen 2007). L'impact des parcs éoliens est variable et dépend essentiellement de leur localisation (Fielding *et al.* 2006). Évidemment, un parc éolien aura un impact plus grand lorsqu'il est installé le long des voies migratoires ou aux sites de concentration d'animaux. L'implantation d'un parc éolien pourrait forcer les oiseaux migrateurs et les oiseaux de rivages à se relocaliser à cause du dérangement associé à la construction et à l'entretien des éoliennes (Christensen *et al.* 2003, Kaiser *et al.* 2006), à modifier leurs patrons de déplacements circadiens (Drewitt et Langston 2006) ou même à interrompre leur migration (Drewitt et Langston 2006). Guillemette *et al.* (1998) ont démontré une réduction de 80% de l'utilisation d'une bande de 100 m autour des éoliennes comparativement aux sites situés à 300-500 m. Il a été démontré que la densité de sauvagine et de rapaces était plus faible en périphérie des parcs éoliens (Leddy *et al.* 1999). Larsen et Guillemette (2007) ont de plus démontré que l'évitement des éoliennes n'était pas attribuable au bruit et au mouvement engendré par leur fonctionnement puisque la zone d'évitement demeurait la même lorsque les éoliennes n'étaient pas fonctionnelles. L'évitement serait attribuable à la présence des infrastructures associées au parc. Cependant, il est possible que les animaux s'acclimatent à la présence des éoliennes et que la zone d'évitement diminue avec le temps (Madsen et Boertmann 2008).

Plus récemment, plusieurs recherches portant sur l'impact des parcs éoliens sur les chiroptères ont été entreprises puisque de nombreuses carcasses de chiroptères étaient découvertes en périphérie des éoliennes lors des inventaires de collisions pour les oiseaux (voir Kuvlesky *et al.* [2007] pour une liste exhaustive). Les résultats des études qui ont été complétées à ce sujet indiquent que l'impact des parcs éoliens pourrait être plus élevé pour les chiroptères que pour les oiseaux, surtout pour les espèces arboricoles (Erickson

*et al.* 2002). Puisque les chiroptères ont des taux de reproduction relativement faibles à l'image des rapaces, il est plausible que l'impact des éoliennes se traduisent par une réduction des populations.

À notre connaissance, seulement deux études ayant évalué l'impact d'un parc éolien sur les mammifères terrestres ont été publiées dans une revue avec comité de lecture. Instinctivement, on pourrait penser que les éoliennes auraient un impact moins important sur les animaux qui se déplacent au sol et qui ne peuvent entrer en collision avec les rotors. Cependant, elles sont une source de bruit non négligeable et créent par le fait même une zone de dérangement. Selon une étude du British Wind Energy Association (2000), un parc éolien à 300 m ferait un bruit semblable à un ruisseau coulant à une distance de 50-100 m (35-45 décibels) et un bruit légèrement inférieur à celui d'une voiture roulant à une vitesse de 65 km/h à 100 m. Selon Lucas *et al.* (2005), les installations d'un parc éolien n'ont pas influencé de façon évidente les populations de petits mammifères (souris et musaraignes). Ces auteurs ont noté qu'il pouvait être difficile de mettre en évidence l'effet d'un parc éolien sur les petits mammifères car ces espèces subissent d'importantes variations d'abondance dans le temps en réaction à divers facteurs. Cette grande variabilité temporelle de l'abondance des petits mammifères et le fait que l'abondance des populations peut évoluer différemment d'un site à l'autre ont rendu la détection d'un impact difficile. Le wapiti (*Cervus elaphus*) dans les montagnes Rocheuses n'a pas semblé réagir négativement à la construction ou à l'opération d'un parc éolien (Walter *et al.* 2006) probablement parce que les principaux habitats de cette espèce n'ont pas été détruits par la construction du parc éolien. Bien que le dérangement humain et la construction du parc aient causé la perte d'une faible portion d'habitat, les wapitis sont demeurés dans le même secteur et la qualité de leur régime alimentaire n'a pas variée. En conclusion, Walter *et al.* (2006) ont recommandé de porter une attention particulière aux structures secondaires associées aux éoliennes comme les routes, les lignes de transport d'énergie et les autres infrastructures d'entretien afin que celles-ci ne détruisent pas des habitats critiques ou des voies de déplacement pour la faune locale.

D'autres espèces de mammifères pourraient être davantage influencées par la construction d'un parc éolien, notamment si les infrastructures se retrouvent en plein cœur de leur habitat. Il a été démontré que le dérangement humain sous plusieurs formes pouvait influencer l'utilisation de l'espace des ongulés, par exemple. Dans une récente revue de littérature, Vistnes et Nellemann (2008) décrivent 85 études portant sur les impacts du dérangement humain sur le caribou (*Rangifer tarandus*). La coupe forestière (Chubbs *et al.* 1993, Smith *et al.* 2000, Terry *et al.* 2000, Schaefer et Mahoney 2007, Vors *et al.* 2007, Wittmer *et al.* 2007), le développement minier (Weir *et al.* 2007), les infrastructures liées au développement pétrolier (Bradshaw *et al.* 1998) et hydroélectrique (Paré 1987, Mahoney et Schaefer 2002), ainsi que les activités récréo-touristiques (Duchesne *et al.* 2000, Seip *et al.* 2007) sont des exemples d'activités humaines susceptibles d'affecter les déplacements et le comportement des grands herbivores. Ce sont les routes qui semblent avoir les impacts négatifs les plus importants, bien que leurs effets soient moins bien documentés (Dyer *et al.* 2002). Des études récentes ont démontré que l'orignal modifiait son comportement en présence d'un réseau

routier. L'original évite les routes et les chemins forestiers ainsi qu'une zone de dérangement d'au moins 500 m aux abords de ceux-ci (Forman et Deblinger 2000, Yost et Wright 2001, Laurian *et al.* 2008b).

L'impact d'un parc éolien sur l'original n'a jamais été documenté. Cependant, cette espèce pourrait être localement dérangée par les installations d'un parc éolien. En effet, alors que l'emplacement d'un parc éolien est surtout déterminé par la topographie et la vitesse des vents, il a été démontré que la topographie jouait un rôle important dans le processus de sélection de l'habitat de l'original, que ce soit dans le choix des voies migratoires (Seiler *et al.* 2003) ou des sites de mise bas (Chekchak *et al.* 1998, Poole et Stuart-Smith 2002). La topographie est susceptible d'influencer localement les associations végétales, la nature du sol, le climat local, la phénologie, le patron de fonte des neiges et les coûts de la locomotion (Mysterud 2001, Kie *et al.* 2005). Une étude en cours a même mis en évidence que les orignaux, aussi bien mâles que femelles, sélectionnaient les sites plats situés en altitude durant toute l'année (Laurian *et al.*, en préparation). Aussi, les zones à risque élevé de collisions avec l'original sont souvent localisées là où la route traverse une vallée (Seiler 2005, Dussault *et al.* 2006 et 2007).

Il est important de noter que les structures associées aux éoliennes comme les lignes de transport d'énergie et les routes pourraient avoir un effet globalement plus important que les éoliennes eux-mêmes (Lucas *et al.* 2004). Il pourrait aussi y avoir un effet cumulé des structures dans l'environnement, ce qui veut dire que l'effet de l'ensemble des structures pourrait avoir un effet global plus important que la somme des effets individuels. Le changement dans la réponse d'un animal face à une augmentation progressive d'une ou plusieurs composantes de l'environnement dans l'espace ou dans le temps est appelé « effet cumulé » (Riffell *et al.* 1996). Des effets cumulés des structures anthropiques ont été identifiés chez l'ours grizzly (*Ursus arctos*), par exemple. Les effets cumulés des activités humaines sur le patron d'utilisation de l'habitat par les espèces animales peuvent provenir de structures différentes. Par exemple, le dérangement par l'humain combiné à la présence d'infrastructures minières dans l'écosystème arctique ont modifié la répartition des caribous, des loups, des grizzlis et des carcajous (*Gulo gulo*) (Johnson *et al.* 2005). La précision des prédictions au sujet de la répartition des animaux dans des paysages modifiés par l'homme repose donc non seulement sur notre compréhension des effets individuels, mais aussi sur les effets cumulés des activités humaines.

Enfin, il faut aussi reconnaître que l'implantation d'un parc éolien pourrait ne pas avoir d'impact direct sur le comportement d'une espèce mais avoir des impacts indirects reliés à l'augmentation de l'accessibilité du territoire. Par exemple, pour une espèce vedette comme l'original, les mortalités par la chasse pourraient devenir localement plus abondantes suite à l'augmentation de l'accessibilité. Puisqu'une des raisons justifiant la réalisation de cette étude est la crainte de certains groupes de constater une réduction des possibilités de récolte de l'original par la chasse sportive, il semble opportun d'évaluer cet aspect.

### 3.0 Objectifs du projet proposé

Suite à la demande du consortium St-Laurent Énergies, le MRNF propose un protocole de recherche scientifiquement défendable permettant d'évaluer l'impact de la création et de l'opération - entretien d'un parc éolien sur l'orignal. Le projet proposé vise quatre objectifs principaux:

1. Décrire les changements dans la répartition spatiale des orignaux en fonction de la construction d'un parc éolien,
2. Décrire les changements dans les patrons de sélection de l'habitat des orignaux en fonction de l'avancement de la construction d'un parc éolien,
3. Évaluer l'importance respective des différentes activités et structures anthropiques incluant un parc éolien, les coupes forestières, le réseau routier, les lignes de transport d'énergie et les infrastructures pour la villégiature, sur la sélection de l'habitat et l'utilisation de l'espace par l'orignal,,
4. Caractériser les habitats utilisés par l'orignal tout au long de son cycle vital annuel.
5. Décrire les changements de la fréquentation du territoire du parc éolien par les chasseurs d'orignal et de la récolte afin de déterminer si l'augmentation de l'accessibilité du territoire se traduit dans les statistiques de chasse.

Objectifs spécifiques :

- déterminer si les orignaux quittent ou évitent le secteur où s'effectue la construction et l'opération – entretien du parc éolien;
- déterminer, le cas échéant, l'ampleur de la zone d'évitement;
- évaluer les réactions de l'orignal aux travaux de construction et à l'opération - entretien du parc éolien en relation avec l'intensité de l'activité humaine sur le site;
- évaluer l'effet de la construction et de l'opération-entretien du parc éolien sur la superficie des domaines vitaux de l'orignal;
- déterminer si le parc éolien modifie la sélection de l'habitat par l'orignal;
- évaluer l'impact relatif du parc éolien et des autres sources anthropiques de dérangement comme les coupes forestières et les chalets sur le comportement de sélection de l'habitat et les déplacements de l'orignal;
- déterminer, le cas échéant, si les éoliennes ont toutes le même impact sur le comportement de l'orignal ou si certaines éoliennes ont plus ou moins d'impact selon les conditions environnementales dans lesquelles elles se retrouvent;
- déterminer si l'impact des éoliennes varie en fonction des périodes annuelles et circadiennes;
- évaluer l'impact de l'implantation d'un parc éolien sur la densité locale de l'orignal;
- évaluer l'impact de l'implantation d'un parc éolien sur la récolte sportive d'orignal dans le secteur impacté en comparaison avec un secteur témoin.

#### 4.0 Secteur d'étude

L'étude se déroulera sur un territoire d'environ 1000 km<sup>2</sup> dans le nord-est de la réserve faunique des Laurentides au Québec, Canada. Une partie du territoire d'environ 160 km<sup>2</sup> a été retenu pour l'érection d'un parc éolien d'une puissance totale de 350 MW et composé de 175 éoliennes Repower de 2 MW chacune. La construction du parc éolien débutera en octobre 2012 pour la phase 1 et en octobre 2013 pour la phase 2 alors que leur mise en service respective est prévue en décembre 2014 et en décembre 2015. Les travaux de construction généreront un important dérangement sur le territoire avec la création d'un nouveau réseau routier, le récolte du bois autour des futures éoliennes et le transport de l'équipement et des employés sur le territoire. Durant la phase d'opération et de maintenance, le dérangement attribuable aux déplacements en véhicule diminuera mais les éoliennes seront en opération.

La forêt dans le secteur d'étude est typique de la région boréale avec des peuplements résineux de sapins baumiers (*Abies balsamea*) et d'épinettes noires (*Picea mariana*) dominant sur les hauts plateaux et des peuplements mélangés et décidus (incluant des essences comme le bouleau à papier [*Betula papyrifera*], le peuplier faux-tremble [*Populus tremuloides*], le bouleau jaune [*B. alleghaniensis*], l'érable rouge [*Acer rubrum*] et l'érable à sucre [*A. saccharum*]) dans les secteurs moins élevés et les vallées. La topographie est légèrement vallonnée avec des vallées fluviales profondes de 100 à 350 m. De nombreux lacs et rivières sont dispersés dans la zone d'étude. Cette région reçoit de fortes précipitations de neige en hiver (>350 cm) (données météorologiques détaillées d'Environnement Canada, [www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca](http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca)).

#### 5.0 Approche méthodologique

Le protocole expérimental de type comparaison avant-après avec utilisation d'un site témoin (*before-after control impact*, BACI) est considéré comme le design optimal pour une étude d'impact (Anderson *et al.* 1999). Le but d'une étude BACI est de comparer certaines variables environnementales avant et après une intervention humaine, par exemple la construction d'un parc éolien, et entre le site affecté par l'intervention humaine et un site témoin. L'utilisation d'un site témoin augmente la fiabilité des conclusions concernant l'évaluation de l'impact. Pour évaluer correctement l'impact d'une intervention humaine, il est aussi important que la collecte des données soit la même avant, pendant et après la construction des infrastructures (Kuvlesky *et al.* 2007).

Ce projet a pour but de comprendre si et comment la création d'un parc éolien influence la densité locale et la dynamique des déplacements des orignaux dans la réserve faunique des Laurentides. Pour ce faire, et pour respecter les exigences de l'approche BACI, il est à notre avis incontournable de procéder à des inventaires aériens et au suivi télémétrique d'un nombre suffisant d'orignaux dans le secteur d'implantation du parc éolien ainsi que dans un site témoin possédant des caractéristiques environnementales similaires. Cette approche permettra d'évaluer les changements de la densité locale de l'original en relation avec le développement des infrastructures et caractériser les habitats fréquentés par l'original avant, pendant et après la construction du parc éolien.

Les colliers GPS seront programmés pour enregistrer une localisation à toutes les deux heures durant toute l'année, peu importe l'heure du jour et les conditions météorologiques. Une fois installés sur un animal, les colliers GPS peuvent se localiser sans intervention externe. Les informations enregistrées par le collier sont les suivantes : latitude et longitude, date et heure. Chaque animal marqué devra être recapturé à tous les deux ans pour télécharger les données du collier et installer un nouveau collier avec une batterie neuve. Connaissant la position des orignaux à différentes périodes du jour et de l'année, nous pourrions superposer les localisations sur des cartes du territoire pour en déterminer le comportement de cette espèce (ex. localisation du domaine vital par rapport au parc éolien, périodes d'activités en périphérie du parc éolien, déplacement des orignaux par rapport aux sources de dérangement attribuable aux activités humaines) et les habitats utilisés (caractéristiques des peuplements forestiers, topographie, réseau hydrographique, etc.).

Pour faire les analyses de sélection d'habitat et de déplacements, il sera nécessaire de constituer un atlas des données disponibles sur la végétation, les coupes forestières, la topographie, le réseau hydrographique, le réseau routier et les autres installations humaines (ligne de transport d'énergie, bâtiments, etc...).

### 5.1 Inventaires aériens

Des inventaires aériens seront réalisés aux hivers 2010-2011 et 2011-2012 (avant la construction du parc éolien), 2012-2013 et 2014-2015 (pendant), et 2015-2016 et 2016-2017 (après). Les orignaux seront recensés (i.e. dénombrement total et sexage) dans deux blocs d'environ 400 km<sup>2</sup> chacun (la superficie du parc éolien plus une zone tampon d'environ 3 km de chaque côté), soit un bloc centré sur le parc éolien et un bloc témoin. Chacun des blocs sera échantillonné au complet. Puisque les mêmes blocs seront échantillonnés lors des inventaires subséquents, cette approche permettra de bien évaluer les changements temporels dans l'abondance des orignaux. Les inventaires seront réalisés entre la mi-janvier et la fin de février alors que les animaux sont les plus visibles. Les deux blocs seront survolés en hélicoptère ASTAR 350BA en suivant des transects espacés de 500 m et orientés dans un axe nord-sud. L'hélicoptère volera à une vitesse d'environ 160 km/h et à une altitude d'environ 100 m. Les réseaux de pistes seront délimités à l'aide de GPS. Une fois l'inventaire d'un bloc complété, les réseaux de pistes seront survolés en hélicoptère à altitude et vitesse réduite afin de dénombrer et sexer les orignaux présents. Les individus seront classifiés par catégorie d'âge (adultes, faons) et par sexe selon la présence d'un panache ou d'une tache vulvaire, et selon la taille corporelle (Laurian *et al.* 2000).

### 5.2 Marquage et suivi télémétrique des orignaux

Le suivi télémétrique s'effectuera sur une période 8 ans, soit 2,75 ans avant le début de la construction du parc éolien, trois années pendant et 2,25 années après la construction. Nous procéderons à un premier marquage de 24 orignaux femelles à l'hiver 2009-2010. L'objectif sera de marquer 12 orignaux dans le secteur d'implantation du



parc éolien et 12 autres orignaux dans un secteur témoin situé à proximité du premier secteur mais où les orignaux ne seront pas impactés par le parc éolien (le même secteur témoin que pour les inventaires aériens). Les mêmes animaux seront suivis d'une année à l'autre, ce qui augmentera la puissance statistique des analyses visant à mettre en évidence des changements de comportements en relation avec la construction et l'opération – entretien du parc éolien. Les animaux morts seront remplacés dès que possible. La récupération finale des colliers devrait se faire à l'hiver 2017-2018.

Les marquages auront lieu entre la mi-février et la fin de mars. Les animaux repérés seront immobilisés à l'aide d'un narcotique, le carfentanil (3 mg) auquel on aura ajouté 50 mg de xylazine, le tout administré à l'aide d'une fléchette projectile tirée à partir de l'hélicoptère (Delvaux *et al.* 1999). Des étiquettes numérotées seront également posées aux oreilles de chaque animal marqué, ce qui permettra éventuellement de les identifier en cas de perte du collier. Un antibiotique sous forme d'onguent sera administré au site d'injection. De plus, un antibiotique à large spectre d'action et un supplément vitaminique (E/sélénium) seront administrés de façon intramusculaire. L'âge des orignaux sera évalué par l'examen des dents. À la fin des manipulations, l'effet du carfentanil sera annihilé par l'injection intraveineuse de 300 mg de naltrexone qui agira comme antidote.

Les principales caractéristiques désirées pour les colliers GPS sont les suivantes : possibilité de programmer les cédules de repérages, batterie suffisamment puissante pour durer deux ans avec 12 repérages par jour, et une structure assez solide pour l'original. Les colliers GPS de la compagnie Telonics (TGW-4600) répondent à ces critères. Le MRNF utilise d'ailleurs ce même type de colliers dans la plupart des études semblables car ils sont fiables et leur prix est compétitif. Les colliers GPS seront programmés pour prendre des localisations à toutes les 2 heures durant toute l'année, ce qui permettra d'évaluer le comportement des orignaux sous un vaste éventail de conditions climatiques, à toutes les périodes de l'année. Nous obtiendrons aussi en procédant de cette façon des informations détaillées sur le comportement des orignaux en relation avec une vaste étendue du niveau de dérangement sur les chantiers et les routes. Les colliers seront également équipés d'une balise VHF munie d'un dispositif causant l'accélération de la fréquence d'émission après six heures d'immobilité totale, permettant ainsi l'identification des animaux morts. Trois séances de repérages VHF seront effectués par année afin d'identifier les colliers émettant en mode mortalité. Ces repérages seront faits en avion à la fin de avril, à la fin de juillet et à la fin d'octobre. La méthode de repérage VHF est décrite dans Laurian *et al.* (1996).

### 5.3 Estimation de la récolte par la chasse sportive

Nous avons la chance de pouvoir réaliser cette étude dans des territoires structurés, ce qui facilitera l'obtention des données relatives à la chasse sportive. Nous solliciterons la collaboration de la SÉPAQ et de la ZEC Mars-Moulin à cet effet. Nous leur demanderons de noter l'effort et le succès de chasse des chasseurs qui fréquenteront leur territoire qui couvre partiellement le secteur d'implantation du parc éolien pendant toute la durée de l'étude. Cela nous permettra d'évaluer les changements annuels dans

l'effort de chasse et la récolte des orignaux parallèlement avec l'implantation du parc éolien. Si possible, nous tenterons d'obtenir la localisation GPS des sites d'abattage des orignaux. Ces informations permettront de juger si la création d'un parc éolien a influencé la pression de chasse sur le territoire et si la qualité de la chasse s'est maintenue.

#### 5.4 Analyses des données

Les données d'inventaires aériens seront comparées entre les années et entre le secteur du parc éolien et le secteur témoin en utilisant une ANOVA à mesures répétées utilisant la densité d'original par parcelle comme variable dépendante, et l'année ainsi que le secteur comme variables dépendantes. L'interaction année \* secteur permettra de savoir si la densité a évolué de façon semblable dans les deux secteurs au fil des années.

Pour les analyses de sélection de l'habitat, nous utiliserons une approche hiérarchique à deux niveaux, soit (a) en décrivant les caractéristiques de la végétation dans les domaines vitaux des orignaux par rapport à l'aire d'étude et (b) les caractéristiques de l'habitat à la localisation même des orignaux par rapport à celles des domaines vitaux. De façon générale, les analyses seront réalisées en superposant les domaines vitaux (MCP 100%, Mohr 1947) et les localisations d'orignaux obtenues par télémétrie aux cartes numériques du secteur d'étude contenant l'information sur le type de végétation (cartes écoforestières du MRNF mises à jour pour les coupes forestières réalisées depuis sa création), la topographie (modèle numérique d'élévation bâti à partir des courbes hypsométriques à l'échelle 1:20 000), la localisation des routes, des chemins forestiers (cartes écoforestières du MRNF) [Laurian *et al.* 2008]. Nous solliciterons la collaboration du promoteur du parc éolien afin d'obtenir la localisation précise et à jour des installations associées au parc éolien telles que les éoliennes, les chemins d'accès et les lignes de transport d'énergie. Chaque localisation d'original sera caractérisée par divers attributs pour fin d'analyse : identifiant de l'individu porteur du collier (sexe, âge), heure et date de la localisation, etc. Le traitement des données spatiales sera réalisé dans le logiciel ArcGIS (ESRI Inc., Redlands, Californie, É.-U.). Nous déterminerons alors un nombre limité de catégories d'habitats (environ 5 à 8) en fonction de l'utilisation par l'original et des études antérieures effectuées dans le même secteur (Dussault 2002, Laurian *et al.* 2008). Ces catégories tiendront également compte des limites des cartes écoforestières (Ouellet *et al.* 1996, Potvin *et al.* 1999, Dussault *et al.* 2001). Les analyses statistiques seront réalisées avec les logiciels SAS (Version 9.01 ; SAS Institute, Cary, Caroline du Nord, É.-U.) et R (version 2.6.2 ; The R Foundation for Statistical Computing).

Puisque le comportement de l'original est susceptible de varier dans le temps à cause de changements environnementaux (e.g., phénologie, neige, etc.) mais aussi de changements comportementaux (e.g., rut), la plupart des analyses seront effectuées par périodes basées sur le cycle vital annuel de l'original. Les périodes annuelles retenues sont la mise bas (21 mai – 10 juin), l'été (11 juin – 14 sept.), le rut (15 sept. – 31 oct.), le début d'hiver (1 nov. – 15 février), la fin d'hiver (16 février – 15 avril) et le printemps (16 avril – 20 mai) (Dussault 2002). La réaction des orignaux face aux diverses sources

de dérangement dont le parc éolien pourrait être variable entre les individus, c'est pourquoi nous utiliserons l'individu comme variable aléatoire dans la plupart des analyses (Gillies *et al.* 2006).

Pour déterminer la sélection de l'habitat de l'orignal et évaluer l'impact des différentes sources de dérangement sur leur utilisation du territoire, nous utiliserons des fonctions de sélection des ressources (*resource selection functions* : RSF ; Manly *et al.* 2002). Cette approche permet de comparer les caractéristiques des sites où ont été localisés les caribous avec un nombre équivalent (ou plus élevé dans le cas d'habitats rarement fréquentés) de sites aléatoires par régression logistique ( $RSF = \exp[\beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_nx_n]$ ). Les RSFs permettent de considérer simultanément l'effet de variables binaires, qualitatives et continues sur la sélection de l'habitat. Il en résulte un modèle de probabilité d'occurrence relative d'une espèce en fonction des paramètres considérés. Une analyse de collinéarité sera réalisée et les variables trop fortement corrélées entre elles ne seront pas toutes retenues. Une analyse détaillée de l'effet de chacune des variables dans le modèle permettra de déterminer lesquelles ont le plus d'influence sur la sélection d'habitat de l'orignal.

Les statistiques de chasse ne se prêteront peut-être pas à des analyses statistiques très poussées entres autres à cause du grand nombre de facteurs confondants pouvant potentiellement influencer le succès de chasse. Nous ferons cependant des tableaux permettant de mettre en évidence les changements, s'il y a lieu, dans l'effort de chasse et la récolte d'originaux par la chasse sportive dans le secteur du parc éolien et le secteur témoin.

## **7.0 Budget**

La réalisation d'un tel projet s'avère très onéreuse, mais il s'agit d'une réalité incontournable lorsque l'on travaille avec des grands animaux comme l'orignal dont la capture et le suivi nécessite l'utilisation d'hélicoptères et de colliers de télémétrie GPS. Ainsi, nous estimons à 1 327 100 \$ les coûts nécessaires à la réalisation de cette étude, dont près de la moitié (539 400\$) pour le nolisement des aéronefs et 290 400\$ pour l'achat et l'entretien du matériel de télémétrie.

Nous prévoyons aussi un montant total de 173 200\$ pour financer deux étudiants gradués (1 PhD et 1 MSc) pendant leurs études ainsi que l'embauche d'étudiants pour les travaux de terrain. Pour les bourses d'étude, nous avons octroyé aux étudiants le même montant que le CRSNG ou FQRNT. Enfin, le dernier poste budgétaire important est celui des ressources humaines, professionnelles et techniques, que nous estimons à 119 700\$.

Le coût annuel du projet varierait entre 37 300\$ et 218 600\$ selon les activités à réaliser. La plupart du financement serait fourni par le promoteur du projet, St-Laurent Énergies (1 138 200\$), alors que Faune Québec assumerait les frais de la main d'œuvre (188 900\$). Le détail du budget ventilé par année et par poste budgétaire est fourni à l'annexe 2.

## **8.0 Fonctionnement du projet**

### **8.1 Chargés de projet**

Les chargés de projet au MRNF seront Christian Dussault et Claude Dussault, biologistes pour le service de la faune terrestre et de l'avifaune et pour la Direction de l'expertise Énergie-Faune-Forêts-Mines-Territoire du Saguenay–Lac-Saint-Jean. Ces personnes seront responsables du bon déroulement du projet dans son ensemble : application des protocoles, gestion du budget, gestion du personnel et des étudiants gradués impliqués, diffusion des résultats, etc. Il s'adjoindront en cours de projet un professeur universitaire et recruteront un étudiant au doctorat et un étudiant à la maîtrise.

### **8.2 Comité scientifique**

Le comité scientifique sera composé d'un représentant de chacune des organisations impliquées dans la gestion du territoire concerné par le parc éolien et intéressé à suivre le déroulement du projet. Voici une liste non-exhaustive des organisations possiblement intéressées à se joindre au comité scientifique : MRNF (central et régions du Saguenay-Lac-St-Jean et de la Capitale-Nationale), consortium St-Laurent Énergies, SÉPAQ, ZEC Mars-Moulin, parc national des Grands-Jardins, Fédération québécoise des chasseurs et des pêcheurs du Québec et communautés autochtones.

Le rôle de ce comité sera de diriger le projet sur le plan scientifique afin qu'il soit en mesure de répondre le plus adéquatement possible aux interrogations soulevées dans les objectifs et que le projet soit fondé sur les meilleures connaissances scientifiques et factuelles face aux problématiques soulevées. Ce comité se réunira au moins une fois par année, plus au besoin. D'autres réunions pourront être convoquées par les chargés de projet à la demande des membres du comité.

## **9.0 Résultats attendus**

Cette étude fournira au gouvernement du Québec, aux promoteurs spécialisés dans le développement de l'énergie éolienne et à l'ensemble des utilisateurs du territoire, une estimation scientifique solide de l'effet de la création et de l'opération/entretien d'un parc éolien de grande envergure sur une des espèces les plus populaires au Québec, l'orignal. Nous croyons que les résultats de cette étude pourront servir de base pour les futures études d'impact sur l'environnement réalisées dans le cadre de l'implantation d'un parc éolien. Le protocole expérimental proposé dans ce document est, à notre avis, le meilleur possible pour documenter l'effet de l'érection d'un parc éolien sur l'orignal. Conséquemment, les résultats issus de cette étude seront reconnus par la communauté scientifique. De plus, cette étude permettra de mieux connaître les impacts cumulés des activités humaines sur le comportement et sur la répartition spatiale des orignaux en forêt boréale. Enfin, la réalisation de ce projet permettra la formation d'au moins deux personnes hautement qualifiées puisque nous recruterons deux étudiants gradués pour réaliser une partie de l'étude.

## Références

- Anderson, R., M. Morrison, K. Sinclair, et D. Strickland. 1999. Studying wind energy / bird interactions: a guidance document. National Wind Coordinating Committee (NWCC), Washington.
- Bradshaw, C.J.A., S. Boutin, et D.M. Hebert. 1998. Energetic implications of disturbance caused by petroleum exploration to woodland caribou. *Canadian Journal of Zoology* 76: 1319–1324.
- British Wind Energy Association. 2000. Noise from wind turbines – The facts. [URL://F/ali/New BWEA/bwea/pdf/noise.html]
- Chekchak, T., R. Courtois, J.-P. Ouellet, L. Breton, et S. St-Onge. 1998. Caractéristiques des sites de mise bas de l'orignal (*Alces alces*). *Canadian Journal of Zoology* 76: 1663–1670.
- Christensen, T.K., I. Clausager, et I.K. Petersen. 2003. Base-line investigations of birds in relation to an offshore wind farm at Horns Rev, and results from the year of construction. Report to National Environmental Research Institute, Roskilde, Denmark.
- Chubbs, T. E. 1993. Observations of calf-hiding behavior by female woodland caribou, *Rangifer tarandus caribou*, in east-central Newfoundland. *Canadian Field-Naturalist* 107: 368–369.
- Delvaux H., R. Courtois, L. Breton, et R. Patenaude. 1999. Relative efficiency of succinylcholine, xylazine, and carfentanil/xylazine mixtures to immobilize free-ranging moose. *Journal of Wildlife Diseases* 35 : 38-48.
- Drewitt, A.L., et R.H.W. Langston. 2006. Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis* 148: 29-42.
- Duchesne, M., S.D. Côté, et C. Barrette. 2000. Responses of woodland caribou to winter ecotourism in the Charlevoix Biosphere Reserve, Canada. *Biological Conservation* 96: 311–317.
- Dussault, C. 2002. Influence des contraintes environnementales sur la sélection de l'habitat de l'orignal (*Alces alces*). Thèse de Ph.D. Université Laval. Québec. 141 p.
- Dussault, C., R. Courtois, J. Huot, et J.-P. Ouellet. 2001. The use of forest maps for the description of wildlife habitats: limits and recommendations. *Canadian Journal of Forestry Research*. 31: 1227-1234.

- Dussault, C., M. Poulin, R. Courtois, et J.-P. Ouellet. 2006. Temporal and spatial distribution of moose-vehicle accidents in the Laurentides Wildlife Reserve, Quebec. *Wildlife Biology* 12: 415-425.
- Dussault, C., J.-P. Ouellet, C. Laurian, R. Courtois, et M. Poulin. 2007. Moose movement rates along highways and crossing probability models. *Journal of Wildlife Management* 71: 2338-2345.
- Dyer, S.J., J.P. O'Neil, S.M. Wasel, et S. Boutin. 2002. Quantifying barrier effects of roads and seismic lines on movements of female woodland caribou in northeastern Alberta. *Canadian Journal of Zoology* 80: 839–845.
- Erickson, W.P., G.D. Johnson, D. Young, M.D. Strickland, R. Good, M. Bourassa, K. Bay, et K. Sernka. Synthesis and comparison of baseline avian and bat use, raptor nesting and mortality information from proposed and existing wind developments. Report prepared for Bonneville Power Administration, Portland, Oregon, USA.
- Evaraert, J., et E.W.M. Stienen. 2007. Impact of wind turbines on birds in Zeebrugge (Belgium) – Significant effect on breeding tern colony due to collision. *Biodiversity and Conservation* 16: 3345-3359.
- Fielding, A.H., D.P. Whitfield, et D.R.A. McLeod. 2006. Spatial association as an indicator of the potential for future interactions between wind energy developments and golden eagles *Aquila chrysaetos* in Scotland. *Biological Conservation* 131: 359-369.
- Forman, R. T. T. et R. D. Deblinger. 2000. The ecological road-effect zone of a Massachusetts (USA) suburban highway. *Conservation Biology* 14: 36–46.
- Garthe, S., et O. Hüppop. 2004. Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds : developing and applying a vulnerability index. *Journal of Applied Ecology* 41: 724-734.
- Gillies, C.S., M. Hebblewhite, S.E. Nielsen, M.A. Krawchuk, C.L. Aldridge, J.L. Frair, D.J. Saher, C.E. Stevens, et C.L. Jerde. 2006. Application of random effects to the study of resource selection by animals. *Journal of Animal Ecology* 75: 887–898.
- Guillemette, M., J.K. Larsen, et I. Clausager. 1998. Impact assessment of an off-shore wind park on sea ducks. NERI technical report no. 227. National Environmental Research Institute, Denmark, Kalø.
- Johnson, C.J., M.S. Boyce, R.L. Case, H.D. Cluff, R.J. Gau, A. Gunn, et R. Mulders. 2005. Cumulative effects of human developments on arctic wildlife. *Wildlife Monograph* 160: 1-37.

- Kaiser, M.J., M. Galanidi, D.A. Showler, A.J. Elliot, R.W.G. Caldow, E.I.S. Rees, R.A. Stillman, et W.J. Sutherland. 2006. Distribution and behaviour of common scoter *Melanitta nigra* relative to prey resources and environmental parameters. *Ibis* 148: 110-128.
- Kie, J.G., A.A. Ager, et R.T. Bowyer. 2005. Landscape-level movements of North American elk (*Cervus elaphus*): effects of habitat patch structure and topography. *Landscape Ecology* 20: 289-300.
- Kuvlesky, W.P. Jr., L.A. Brennan, M.L. Morrison, K.K. Boydston, B.M. Ballard, et F.C. Bryant. 2007. Wind energy development and wildlife conservation : challenges and opportunities. *Journal of Wildlife Management* 71: 2487-2498.
- Larsen, J.K., et M. Guillemette. 2007. Effects of wind turbines on flight behaviour of wintering common eiders: implications for habitat use and collision risk. *Journal of Applied Ecology* 44: 516-522.
- Laurian, C., R. Courtois, L. Breton, A. Beaumont, et J.-P. Ouellet. 1996. Impact du déséquilibre du rapport des sexes chez l'original (*Alces alces*). Ministère de l'Environnement et de la Faune et Université du Québec à Rimouski. 27 p.
- Laurian, C., C. Dussault, J.-P. Ouellet, R. Courtois, M. Poulin, et L. Breton. 2008. Behavior of moose relative to a road network. *Journal of Wildlife Management* 72: 1550-1557.
- Laurian, C., J.-P. Ouellet, R. Courtois, L. Breton, et S. St-Onge. 2000. Effects of intensive harvesting on moose reproduction. *Journal of Applied Ecology*. 37: 515-531.
- Leddy, K.L., K.F. Higgins, et D.E. Naugle. 1999. Effects of wind turbines on upland nesting birds in conservation reserve program grasslands. *Wilson Bulletin* 11: 100-104.
- Lucas, M.D., G.F.E. Janss, et M. Ferrer. 2004. The effects of a wind farm in birds in a migration point: the Strait of Gibraltar. *Biodiversity and Conservation* 13: 395-407.
- Lucas, M.D., G.F.E. Janss, et M. Ferrer. 2005. A bird and small mammal BACI and IG design studies in a wind farm in Malpica (Spain). *Biodiversity and Conservation* 14: 3289-3303.
- Madsen, J., et D. Boertmann. 2008. Animal behavioral adaptations to changing landscapes: spring-staging geese habituate to wind farms. *Landscape Ecology* 23: 1007-1011.
- Mahoney, S.P., et J.A. Schaefer. 2002. Hydroelectric development and the disruption of migration in caribou. *Biological Conservation* 107: 147-153.

- Manly, B.F.J., L.L. McDonald, D.L. Thomas, T.L. McDonald, et W.P. Erickson, eds. 2002. Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies, 2<sup>nd</sup> ed. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. 221 pp.
- Mohr, C.O. 1947. Table of equivalent populations in North American mammals. *American Midland Naturalist* 37: 223–249.
- Mysterud, A., R. Langvatn, N.G. Yoccoz, et N.C. Stenseth. 2001. Plant phenology, migration and geographical variation in body weight of a large herbivore: the effect of a variable topography. *Journal of Animal Ecology* 70: 915-923.
- Nelson, H.K., et R.C. Curry. 1995. Assessing avian interactions with windplant development and operation. *Transactions of the 60<sup>th</sup> North American Wildlife and Natural Resources Conference*: 266-277.
- Ouellet, J.-P., J. Ferron, et L. Sirois. 1996. Space and habitat use by the threatened Gaspé caribou in southeastem Québec. *Canadian Journal of Zoology*. 74: 1922-1933.
- Paré, M. 1987. Effets du remplissage d'un réservoir hydroélectrique sur la population de caribous de Caniapiscau. Thèse, Université Laval, Ste-Foy, Québec, Canada. 141 p.
- Poole, K.G., et K. Stuart-Smith. 2006. Winter habitat selection by female moose in western interior montane forests. *Canadian Journal of Zoology* 84: 1823-1832.
- Potvin, F., L. Bélanger, et K. Lowell. 1999. Validité de la carte forestière pour décrire les habitats fauniques à l'échelle locale: une étude de cas en Abitibi-Témiscamingue. *Forestry Chronicle*. 75: 851-859.
- Riffell, S.K., K.J. Gutzwiller, et S.H. Anderson. 1996. Does repeated human intrusion cause cumulative declines in avian richness and abundance. *Ecological Applications* 6: 492-505.
- Schaefer, J.A., et S.P. Mahoney. 2007. Effects of progressive clearcut logging on Newfoundland Caribou. *Journal of Wildlife Management* 71: 1753–1757.
- Seiler, A. 2005. Predicting locations of moose-vehicle collisions in Sweden. *Journal of Applied Ecology* 42: 371-382.
- Seiler, A., G. Cederlund, H. Jemelid, P. Grändstedt, et E. Ringaby. 2003. The barrier effect of highway E4 on migratory moose (*Alces alces*) in the High Coast area, Sweden. *Proceedings of the IENE Conference on 'Habitat Fragmentation due to Transport Infrastructure'*, 13–14 November 2003 (éd. E. Turcott), pp. 1–18. Brussels, Belgium. <http://www.iene.info>



- Seip, D.R., C.J. Johnson, et G.S. Watts. 2007. Displacement of mountain caribou from winter habitat by snowmobiles. *Journal of Wildlife Management* 71: 1539–1544.
- Smith, K.G., E.J. Ficht, D. Hobson, T.C. Sorensen, et D. Hervieux. 2000. Winter distribution of woodland caribou in relation to clear-cut logging in west-central Alberta. *Canadian Journal of Zoology* 78: 1433–1440.
- Terry, E.L., B.N. McLellan, et G.S. Watts. 2000. Winter habitat ecology of mountain caribou in relation to forest management. *Journal of Applied Ecology* 37: 589–602.
- Vistnes, I., et C. Nellemann. 2008. The matter of spatial and temporal scales: a review of reindeer and caribou response to human activity. *Polar Biology* 31: 399–407.
- Vors, L.S., J.A. Schaefer, B.A. Pond, A.R. Rodgers, et B.R. Patterson. 2007. Woodland caribou extirpation and anthropogenic landscape disturbance in Ontario. *Journal of Wildlife Management* 71: 1249–1256.
- Walter, W.D., D.M. Leslie Jr., et J.A. Jenks. 2006. Response of rocky mountain elk (*Cervus elaphus*) to wind-power development. *American Midland Naturalist* 156: 363–375.
- Weir, J.N., S.P. Mahoney, B. McLaren, et S.H. Ferguson. 2007. Effects of mine development on woodland caribou *Rangifer tarandus* distribution. *Wildlife Biology* 13: 66–74.
- Wittmer, H.U., B.N. McLellan, R. Serrouya, et C.D. Apps. 2007. Changes in landscape composition influence the decline of a threatened woodland caribou population. *Journal of Animal Ecology* 76: 568–579.
- Yost, A.C., et R.G. Wright. 2001. Moose, caribou, and grizzly bear distribution in relation to road traffic in Denali National Park, Alaska. *Arctic* 54: 41–48.

Annexe 1 : lettre soumise au MRNF par les membres de la *Table régionale faune du Saguenay – Lac-Saint-Jean* suite à une réunion tenue le 29 octobre 2008.

Le 19 novembre 2008

M. Alain Thibault, directeur général  
Ministère des ressources naturelles et de la faune  
3950, boul. Harvey  
Jonquière (Québec) G7X 8L6

**OBJET : Impact des éoliennes sur le comportement de l'orignal**

Monsieur,

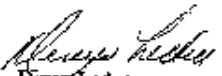
Le Québec a pris un virage énergétique en privilégiant des sources d'énergie alternatives complémentaires à l'hydro-électricité. Comme plusieurs, nous saluons cette diversification énergétique mais certaines questions demeurent et pour lesquelles nous jugeons qu'elles soient répondues dans l'intérêt commun.

En effet, il existe peu d'information disponible sur l'impact que peuvent avoir les éoliennes en milieu forestier sur la faune en général et particulièrement sur l'orignal. Actuellement, il y a un projet d'implantation de 175 éoliennes dans le secteur nord de la réserve des Laurentides dont une quarantaine sur la zone Mars-Moulin. Lors de notre dernière rencontre de la Table régionale faune cette question a été abordée et il nous est apparu nécessaire de documenter l'impact d'un tel parc sur la faune dont l'orignal. En tant qu'organismes fauniques, vous comprendrez qu'il en va de notre intérêt direct de mieux comprendre comment ces infrastructures affecteront à la fois le déroulement des activités de prélèvement et la gestion de nos territoires. En conséquence, la Table régionale faune a convenu d'interpeller le MRNF afin de profiter de l'occasion qui s'offre actuellement pour documenter l'impact de l'implantation d'éoliennes dans les secteurs mentionnés ci-dessus, sur le comportement de la faune, en particulier l'orignal, ainsi que sur les activités de prélèvement.

En vous remerciant à l'avance de l'intérêt que vous porterez à notre demande, recevez Monsieur, nos plus cordiales salutations.



Gérald Fortin  
Membre de la *Table régionale faune*



Denys Leduc  
Membre de la *Table régionale faune*

c.c. Membres de la *Table régionale faune*

Annexe 2. Budget nécessaire à la réalisation du projet visant à évaluer l'impact de l'implantation et de l'opération – entretien d'un parc éolien sur l'original.

Projet d'évaluation de l'impact d'un parc éolien sur l'original	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	Total
<b>Matériel</b>	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Nombre de colliers GPS Telonics à acheter	24	12	0	0	0	0	0	0	0	
Achat de colliers GPS Telonics (@3500\$)	84,0	66,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	150,0
Mise à niveau collier GPS Telonics (@1800\$)	0,0	10,8	32,4	10,8	32,4	10,8	32,4	10,8	0,0	140,4
<b>Aéronef</b>										
Nombre d'originaux à marquer	24	6	18	6	18	6	18	6	0	
Marquages d'originaux - hélicoptère + carburant (@2500\$)	60,0	15,0	45,0	15,0	45,0	15,0	45,0	15,0	0,0	255,0
Télémétrie avion (3 sorties@3h@450\$)	0,0	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	32,4
Récupération des colliers en fin de projet	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	12,0
Inventaire de l'original	0,0	40,0	40,0	0,0	40,0	40,0	40,0	40,0	0,0	240,0
<b>Véhicules</b>										
Camion + VTT (essence + réparation)	1,0	3,0	3,0	3,0	12,0	12,0	12,0	1,0	1,0	48,0
<b>Logement</b>										
Location d'un chalet pour le terrain (@735\$/sem)	0,0	0,0	0,0	11,8	11,8	11,8	0,0	0,0	0,0	35,3
<b>Ressources humaines MRNF</b>										
Professionnel, gestion + analyses + rédaction (2 pers@250\$/jour)	3,8	5,0	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	61,3
Technicien capture originaux (2 tech.@2.5 ori/jour @250\$/jour)	4,8	1,2	3,6	1,2	3,6	1,2	3,6	1,2	0,0	20,4
Technicien inventaire originaux (3 tech.@3 parcelles/jour @250\$/jour)	0,0	6,0	6,0	0,0	6,0	6,0	6,0	6,0	0,0	36,0
Technicien télémétrie (1 tech. @250\$/jour)	0,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	2,0
Support géomatique / statistique (1 professionnel@250\$/jour)	1,3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	21,3
<b>Ressources humaines autres</b>										
Bourses d'étudiants gradués (@20000\$/an/PhD et 15000\$/an/MSc)	0,0	0,0	0,0	20,0	20,0	35,0	35,0	20,0	0,0	130,0
Embauche d'étudiants (@16 sem.@450\$)	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	14,4	14,4	0,0	0,0	43,2
<b>Divers</b>										
Frais voyage pour marquage (@3 p.@2.5 originaux/jour@140\$)	4,0	1,0	3,0	1,0	3,0	1,0	3,0	1,0	0,0	17,1
Frais voyage pour inventaire (@3 p.@3parcelles/jour@140\$)	0,0	3,4	3,4	0,0	3,4	3,4	3,4	3,4	0,0	20,2
Frais voyage étudiants terrain (@16 sem.@70\$)	0,0	0,0	0,0	3,4	3,4	3,4	0,0	0,0	0,0	10,1
Matériel terrain	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,0
Activités de diffusion des résultats (congrès)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0	5,0	5,0	20,0
Rapport et publications	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	2,0	2,5	3,0	3,0	11,5
Divers et imprévus (ex. produits immobilisants)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	18,0
<b>Total - \$</b>	<b>160,8</b>	<b>160,2</b>	<b>152,7</b>	<b>83,9</b>	<b>212,7</b>	<b>178,2</b>	<b>218,6</b>	<b>122,7</b>	<b>37,3</b>	<b>1327,1</b>

### HYPOTHÈSE DE RÉPARTITION DES COUTS

Poste budgétaire	Organisme	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	Total
Aéronef	St-L. Énergies	60,0	59,1	89,1	19,1	89,1	59,1	89,1	59,1	16,1	539,4
Télémetrie											
	Matériel										
	St-L. Énergies	84,0	66,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	150,0
	Entretien du matériel + batteries										
	St-L. Énergies	0,0	10,8	32,4	10,8	32,4	10,8	32,4	10,8	0,0	140,4
Matériel -divers	St-L. Énergies	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,0
Frais de voyage	St-L. Énergies	4,0	4,4	6,4	4,4	9,7	7,7	6,4	4,4	0,0	47,4
Embauche étudiants (2)	St-L. Énergies	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	14,4	14,4	0,0	0,0	43,2
Bourses d'étude	St-L. Énergies	0,0	0,0	0,0	20,0	20,0	35,0	35,0	20,0	0,0	130,0
Logement	St-L. Énergies	0,0	0,0	0,0	11,8	11,8	11,8	0,0	0,0	0,0	35,3
Frais de véhicules (essence et entretien) a	MRNF	1,0	3,0	3,0	3,0	12,0	12,0	12,0	1,0	1,0	48,0
Support géomatique / statistique	MRNF	1,3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	21,3
Divers - imprévus	St-L. Énergies	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	18,0
Publications	St-L. Énergies	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	2,0	2,5	3,0	3,0	11,5
Activités de diffusion des résultats (congrès)	St-L. Énergies	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0	5,0	5,0	20,0
Ressources humaines permanentes	MRNF	8,6	12,5	17,4	9,0	17,4	15,0	17,4	15,0	7,8	119,7

a) le MRNF fournit un véhicule

Organisme	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	Total
St-L. Énergies	150,0	142,2	129,8	69,5	180,9	148,7	186,7	104,2	26,1	1138,2
MRNF	10,8	18,0	22,9	14,5	31,9	29,5	31,9	18,5	11,3	188,9