

L'énergie éolienne : vers un projet de société durable

Joël Bédard M.Ing.

Simon-Philippe Breton Ph.D.

Louis-Étienne Boudreault B.Ing.

Mémoire présenté dans le cadre de la commission du
Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE)

Montréal, le 9 décembre 2010

Table des matières

1. INTRODUCTION	1
2. INTÉRÊT PORTÉ AU PROJET	1
3. CHOIX DES FILIÈRES ÉNERGÉTIQUES	2
3.2 ÉNERGIES RENOUVELABLES	2
3.3 DIVERSIFICATION DES SOURCES D'ÉNERGIE	3
3.5 COMPÉTITIVITÉ ÉCONOMIQUE	3
3.6 CONCLUSION PARTIELLE	4
4. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX.....	5
4.1 BILAN GLOBAL	5
4.2 OCCUPATION DU TERRITOIRE	5
4.3 IMPACTS SUR LES OISEAUX.....	6
4.4 IMPACTS SUR LES POPULATIONS DE CHAUVE-SOURIS	6
5. QUALITÉ DE VIE DES CITOYENS.....	7
5.1 BRUIT.....	7
5.2 PAYSAGE.....	9
5.3 SÉCURITÉ	10
5.4 TÉLÉCOMMUNICATIONS	11
5.5 CONCLUSION PARTIELLE	12
6. CONCLUSION	12
7. ÉPILOGUE	15
8. RÉFÉRENCES.....	16

1. Introduction

Le présent mémoire constitue un document technique et non partisan explorant plusieurs enjeux concernant l'exploitation de l'énergie éolienne au Québec. Afin de conserver toute objectivité, ce document se veut générique et il a été réalisé dans une optique globale. Les auteurs du présent document sont des chercheurs dans le réseau stratégique de recherche du CRSNG (Conseil de Recherches en Sciences Naturelles et en Génie du Canada) sur l'énergie éolienne (WESNet) qui regroupe une multitude de chercheurs pancanadiens, pluri-institutionnels et multidisciplinaires. Les objectifs principaux du WESNet sont de promouvoir l'énergie éolienne comme supplément concurrentiel et écologique au portefeuille énergétique, d'élaborer des solutions innovatrices aux défis techniques principaux en matière d'énergie éolienne, de permettre au secteur manufacturier canadien de devenir un acteur international en matière de technologies éoliennes, ainsi que de satisfaire à la demande croissante de personnel hautement qualifié dans le secteur de l'énergie éolienne [1]. Plus particulièrement, Joël Bédard, un citoyen de la ville de St-Jean-sur-Richelieu, est assistant de recherche à Chaire K.C. Irving en développement durable (Université de Moncton, Moncton, NB), alors que Simon-Philippe Breton est associé de recherche et Louis-Étienne Boudreault est étudiant à la maîtrise à la Chaire de recherche du Canada sur l'aérodynamique des éoliennes en milieu nordique (École de technologie supérieure, Montréal, Qc.).

Ce mémoire est une initiative personnelle des présents auteurs afin de donner une vision d'ensemble quant à la place que l'énergie éolienne pourrait occuper dans le portefeuille énergétique du Québec, et de qualifier les impacts d'une telle industrie sur la qualité de vie des citoyens ainsi que sur l'environnement. La vision contenue dans ce mémoire est aussi partagée par des acteurs d'autres institutions de recherche dont les professeurs Jean Ruel (Directeur du département de génie mécanique, directeur du bureau de design et de l'atelier de fabrication, Université Laval, Québec, Qc.) et Bruno Detuncq (Professeur au département de génie mécanique, École Polytechnique de Montréal, Montréal, Qc.).

2. Intérêt porté au projet

Les projets éoliens reliés au second appel d'offres d'Hydro-Québec suscitent fortement notre intérêt puisque nous vivons près des régions touchées par l'installation d'éoliennes et puisque nous sommes des scientifiques oeuvrant dans le domaine éolien. Nous sommes aussi préoccupés par la qualité de vie de la population québécoise et par les conséquences

environnementales de la production énergétique. Selon les principes du développement durable auxquels nous adhérons, il est primordial de préserver les ressources naturelles du Québec et de protéger ses écosystèmes afin de léguer un environnement viable aux générations futures. De plus, le Québec étant l'un des chefs de file éoliens au Canada et en Amérique, nous croyons qu'il y a ici une opportunité de renforcer l'expertise locale et de créer des emplois techniques de qualité de manière durable, tout en assurant la sécurité énergétique de la province. Il est aussi de notre devoir, en tant que scientifiques, de partager nos connaissances techniques afin de veiller au bon déroulement de l'implantation de l'énergie éolienne au Québec dans le respect de tous et chacun.

3. Choix des filières énergétiques

Avec la crise pétrolière de 2008 et la révolution énergétique mondiale qui sévit depuis, il est important de préconiser d'abord et avant tout l'économie d'énergie par l'efficacité énergétique et la consommation responsable. De plus, en raison de la raréfaction des combustibles fossiles, et conformément au plan d'action dont se sont dotés le Québec et le Canada afin de réduire leurs émissions de gaz à effet de serre d'ici 2020 [2;3], il est crucial de réduire la consommation de combustibles fossiles. Par conséquent, il s'impose de prioriser l'électrification des moyens de transport, des procédés industriels, des systèmes de chauffage, etc. Dans la situation actuelle où il y a encore beaucoup de ces procédés qui dépendent du gaz et du pétrole, il est nécessaire d'accroître la production électrique pour réduire cette dépendance aux combustibles fossiles. Un choix de société s'impose donc quant aux filières énergétiques devant être développées dans le futur. Ce choix devra être éclairé par les divers sujets abordés dans le présent chapitre, soit, la raréfaction des combustibles fossiles, le développement d'énergies renouvelables, la diversification du portefeuille énergétique et la compétitivité économique de chaque filière.

3.1 Énergies renouvelables

“Avec 50 % de son énergie provenant déjà de sources renouvelables, le Québec est particulièrement bien placé pour devenir la première grande économie à abandonner le pétrole et à atteindre l'indépendance énergétique” [4]. En ce sens, il est essentiel que les décisions à court terme soient prises en fonction des engagements et des objectifs poursuivis à long terme. L'énergie provenant du nucléaire, du charbon, du mazout, du diesel, et du gaz naturel est issue de ressources non renouvelables, ce qui ne cadre pas avec les engagements de société qui ont été pris par le Québec. De plus, certaines de ces

sources énergétiques génèrent des dommages irréparables et irréversibles au milieu environnant, des gaz à effet de serre ainsi que de la pollution de l'eau, de l'air et de la terre. Les filières renouvelables, telles que l'éolien, l'hydroélectricité, la géothermie et le solaire, contribueraient quant à elles au respect de nos engagements de société, tout en ayant un impact moindre sur l'environnement.

En contrepartie, l'inondation d'immenses territoires lors de la construction d'un grand barrage hydroélectrique modifie drastiquement le débit des cours d'eau en aval, tout en détruisant la faune et la flore locale, ce qui est particulièrement nuisible pour l'environnement et les écosystèmes. De telles inondations provoquent aussi la décomposition du couvert végétal, ayant pour conséquence de libérer des métaux lourds dans l'environnement, comme le mercure. S'additionnent ensuite les impacts environnementaux reliés à la construction des routes et des lignes de transports provenant des centrales de production relatives au barrage en question. Ceci confère un net avantage aux autres énergies renouvelables sur le plan écologique dans le futur. Toutefois, il est important de reconnaître l'apport des centrales hydroélectriques actuelles, et il est essentiel de développer les nouvelles énergies en complémentarité avec les acquis du passé.

3.2 Diversification des sources d'énergie

Le développement de l'énergie éolienne et d'autres sources d'énergie renouvelables permettra d'augmenter la production électrique du Québec et d'assurer sa sécurité énergétique de par la diversification de son portefeuille énergétique. Il serait aussi possible d'augmenter la production hydroélectrique afin de combler ce manque à gagner. Par contre, cette solution ne permettrait pas de diversifier le portefeuille énergétique du Québec puisque la presque totalité de la génération électrique actuelle repose sur l'hydroélectricité. L'un des principes directeurs de la sécurité énergétique repose sur la diversification des sources, évitant donc la dépendance envers une source d'approvisionnement unique qui aurait pour conséquence de réduire les marges de manœuvre à long terme sur les plans économique et technique.

3.3 Compétitivité économique

Les régions visées par la grande hydraulique, par exemple la Côte-Nord avec le projet de La Romaine, sont particulièrement éloignées des réseaux de transport électriques

existants et des frais de transport (0,77 ¢/kWh¹ [5]) s'additionnent au prix de revient des projets hydroélectriques (7,94 ¢/kWh¹ [6]). À titre comparatif, bien que la Côte-Nord et le Nord-du-Québec possèdent le plus grand potentiel éolien du Québec [7], presque la totalité du potentiel de la Montérégie (100 %), du Bas-Saint-Laurent (95 %) et de la Gaspésie (95 %) se situe à moins de 25 km du réseau existant de transport d'électricité, ce qui n'est pas le cas pour la Côte-Nord (13 %), le Nord-du-Québec (13 %) et le Saguenay-Lac-Saint-Jean (7 %). La possibilité de développer l'énergie éolienne à proximité des centres de consommation confère à cette dernière un net avantage économique lui permettant d'être compétitive sur le marché québécois. Le prix de revient de l'électricité produite par une centrale éolienne de 100 MW est d'environ 6,81 à 9,67 ¢/kWh¹ pour un projet mis en service en 2010 [7]. Dans tous les cas, Hydro-Québec facture un coût de transport (1,3 ¢/kWh¹ [5]) aux compagnies privées. Ainsi, afin d'assurer une comparaison équitable, ce coût doit aussi être ajouté aux coûts du projet hydroélectrique de La Romaine. À titre comparatif, les projets éoliens de la Montérégie, du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie sont économiquement viable et le coût de revient de cette énergie (8,11 à 10,97 ¢/kWh¹) est présentement similaire à celui de la centrale de La Romaine (10,01 ¢/kWh¹). Enfin, de manière conservatrice, en considérant la réduction du prix de revient de la filière éolienne, qui est évaluée à 2,5 % par année [7], l'énergie éolienne pourrait alimenter le réseau électrique québécois à coûts moindres que ceux projetés par le projet de La Romaine, ceci, en assurant la sécurité énergétique du Québec et en respectant ses engagements de société.

3.4 Conclusion partielle

Considérant que le Québec doit augmenter sa production énergétique afin de s'affranchir graduellement des combustibles fossiles, un choix de filières énergétiques s'impose. Ce dernier doit être motivé par une minimisation des impacts environnementaux, et une maximisation des retombées socio-économiques. Compte tenu de l'état des connaissances actuelles, l'éolien semble constituer un bon choix de société pour le Québec. Dans cet ordre d'idée, certains enjeux sociaux et impacts environnementaux reliés au développement de la filière éolienne seront abordés plus en détail dans les sections qui suivent.

¹ Afin de comparer les coûts associés aux différentes filières énergétiques, ceux-ci sont ramenés à l'an 2010 avec un taux d'inflation moyen de 3 %.

4. Impacts environnementaux

Il est connu que les formes de production d'énergie comportent leurs risques sur la détérioration de l'environnement. L'évaluation de ces risques et leur remise en contexte sont nécessaires pour déterminer si un projet est viable ou non. Dans cet ordre d'idée, il sera brièvement discuté, dans cette section, du bilan global de l'impact environnemental de l'éolien, de l'occupation du territoire, ainsi que de l'impact sur la faune.

4.1 Bilan global

Une étude réalisée en 2006 évalue la quantité d'émission de CO₂ à 14-34 tonnes de CO₂/GWh pour une centrale éolienne [8], comparativement à 974 tonnes de CO₂/GWh pour une centrale au charbon et à 60-65 tonnes de CO₂/GWh pour une centrale nucléaire [9]. Un indice appelé l'EPR (Energy Payback Ratio) est défini comme étant le ratio entre l'énergie produite pendant la durée de vie normale d'une centrale, et l'énergie nécessaire pour la construction, l'opération, l'apport nécessaire en carburant et le matériel requis pour sa construction. Cette étude rapporte que l'EPR pour une centrale éolienne varie entre 11 et 28. À titre comparatif, l'électricité produite par une centrale au charbon a un indice de 11 et celle produite par une centrale nucléaire a un indice de 25. Tout compte fait, une centrale éolienne émet considérablement moins de gaz à effets de serre tout en ayant un EPR comparable à d'autres formes de production d'électricité. C'est sans parler des nouvelles méthodes de calculs qui permettent de quantifier l'empreinte écologique (voir par exemple [10]) et qui classent l'énergie éolienne parmi les formes d'approvisionnement d'énergie ayant le plus faible impact.

4.2 Occupation du territoire

Au niveau du débat environnemental, la place qu'occupent les impacts de l'éolien sur l'occupation du territoire est souvent surévaluée. En effet, *“la construction de centrales éoliennes (tours éoliennes, routes d'accès, lignes de raccordement, etc.) modifie peu le territoire: de 1 à 2 % du territoire où s'installe un projet est modifié; le reste conserve sa vocation première, que ce soit l'agriculture, la foresterie, etc.”* [5]. De plus, les dérangements causés à la faune locale en lien avec la construction d'une centrale éolienne sont infimes si l'on tient compte que la construction de celle-ci dure environ trois mois et que l'entretien dure environ une semaine par année. Dans tous les cas, lors du démantèlement des éoliennes à la fin de leur vie utile (~20 ans), le territoire retournera entièrement à son occupation d'origine, qu'elle soit agricole ou forestière.

4.3 Impacts sur les oiseaux

Les conséquences sur les populations d'oiseaux migrateurs font souvent partie des préoccupations soulevées par les citoyens précédant l'implantation d'une centrale éolienne. À cet effet, une étude estime que les éoliennes sont responsables de 0.3 à 0.4 décès par GWh [11] alors que les centrales thermiques sont pour leur part responsables de 5.4 décès par GWh, ce qui correspond à un nombre environ dix fois plus élevé. L'altération de l'habitat due à la pollution générée par ces formes d'énergie est la principale cause de cet écart. Aux États-Unis, on estime que les éoliennes tuent 70 000 oiseaux par année. Si on compare aux 60 à 80 millions d'oiseaux tués par année par les voitures, aux 100 millions à un milliard tués par les édifices, aux 175 millions tués par les lignes électriques et au milliard tués par les chats [12], ce chiffre devient négligeable et ne constitue pas un argument valable pour remettre en cause l'existence même de cette industrie. De plus, le problème n'est pas jugé sévère si l'on se fie aux études qui ont été réalisées jusqu'à maintenant [13;14]. Certaines centrales éoliennes peuvent causer des problèmes particuliers mais, règle générale, ces impacts peuvent être minimisés en réalisant un inventaire exhaustif des oiseaux migrateurs présents sur chaque site et en exerçant un suivi étroit de l'évolution migratoire des populations d'oiseaux.

4.4 Impacts sur les populations de chauve-souris

Une autre préoccupation souvent soulevée est le nombre de décès imposé par la filière éolienne sur les populations de chauves-souris. Puisque l'éolienne extrait de l'énergie de l'air pour fonctionner, il en résulte une chute de pression entre l'amont et l'aval de la turbine. Cette chute de pression est responsable du phénomène de barotrauma [15] observé chez les chauves-souris qui peut provoquer des conséquences pulmonaires fatales. Notons que les oiseaux sont munis de poumons plus résistants et ne sont pas affectés par ces variations de pression. Les décès de chauves-souris ont été pour la majeure partie enregistrés dans des conditions de vents faibles et, pendant de courtes périodes, lors de la migration en automne-été. Pour résoudre le problème, une étude [16] américaine démontre qu'il est possible de réduire le nombre de décès de 56 à 92 % en procédant à la mise en marche des éoliennes à une vitesse de vent minimale légèrement plus élevée, moyennant des pertes d'énergie négligeables pour les centrales éoliennes. Une autre recherche canadienne conduite dans le sud de l'Alberta corrobore cette étude et a permis de conclure que *“90 % des mortalités seraient évitées en maintenant les aérogénérateurs à l'arrêt lorsque les vents sont inférieurs à 6 m/s, durant les périodes de migration où une présence active des chauves-souris est signalée”* [5]. Notons que d'autres méthodes sont actuellement à l'étude pour tenter de réduire le nombre

d'incidents, notamment, l'installation d'émetteurs micro-ondes. Bien que ce type d'incidents ne survienne pas de manière généralisée, il est recommandé d'exercer un suivi de ceux-ci, et d'appliquer au besoin des solutions simples mais tout de même efficaces pour pallier ce problème.

4.5 Conclusion partielle

Toute considération faite, le promoteur de la centrale éolienne devrait fournir une analyse d'impact claire et détaillée des effets potentiels sur la faune et la flore qui résultent du projet considéré. Les études d'impact réalisées dans le cadre des audiences publiques du BAPE en sont un exemple et nous invitons les futurs promoteurs à pousser encore plus loin la barre de la transparence en la matière. Des mesures concrètes devraient être établies et mises de l'avant pour éviter, ou réduire dans la mesure du possible, l'effet de ces impacts. En évitant d'implanter la centrale éolienne dans des couloirs migratoires, en augmentant les contacts et les échanges d'informations entre les clubs d'ornithologie locaux, la population et les opérateurs, il est possible de proposer des solutions novatrices, afin de réduire au plus bas niveau possible les conséquences et les impacts de l'éolien sur les écosystèmes. Des mesures doivent également être prises afin de protéger certains sites naturels. Pour les sites d'implantation choisis, il est impératif de proposer des mesures d'atténuation afin de minimiser les impacts résiduels sur l'environnement. En somme, il est possible et nécessaire de gérer les impacts environnementaux de l'éolien de manière responsable.

5. Qualité de vie des citoyens

L'installation et l'opération d'une centrale éolienne peuvent avoir un impact sur la qualité de vie des citoyens habitant à proximité des éoliennes. La mesure dans laquelle les centrales éoliennes peuvent être la source de bruit, transformer le paysage environnant, nuire à la santé des citoyens et influencer les télécommunications sera brièvement discutée.

5.1 Bruit

Le bruit émis par les éoliennes a beaucoup diminué avec l'amélioration de la technologie. Pourtant, le bruit constitue toujours une préoccupation citoyenne importante précédant l'installation d'une centrale éolienne. Les impacts du bruit font partie des considérations ayant été le plus étudiées, alors que le bruit peut être facilement mesuré et prédit. Le bruit

est mesuré en décibels (dB), qui constitue une mesure de l'amplitude des variations de pression dans l'air. L'échelle des décibels est logarithmique, ce qui implique qu'un accroissement de 10 dB correspond à une augmentation d'un facteur deux du bruit. Le bruit causé par les éoliennes peut être divisé en deux catégories, soit le bruit mécanique et le bruit aérodynamique. Le bruit mécanique provient principalement du générateur et du système de transmission mécanique, alors que le bruit aérodynamique, qui constitue la plus grande contribution au bruit émis par les éoliennes, provient de l'interaction du vent avec les pales de l'éolienne. Des bruits mécaniques plus importants ont déjà été observés attribuables à des défaillances telles qu'un désalignement du système de transmission mécanique. De tels problèmes sont aussitôt corrigés puisque l'énergie produite par l'éolienne s'en trouve affectée. En général, on mesure un bruit de l'ordre de 25 à 35 dB à une distance de 500 m d'une éolienne lorsque le vent souffle vers l'observateur. En comparaison, dans une chambre à coucher calme, on peut mesurer un bruit de fond d'environ 35 dB, alors qu'un bruit de 55 dB est mesuré à 100 m d'une voiture roulant à 64 km/hr [17]. Considérant ces données, il est possible de conclure que le bruit émis par les éoliennes est négligeable en comparaison avec le bruit ambiant lorsque les éoliennes se situent à une distance raisonnable des habitations, par exemple 500 mètres et plus. Enfin, des modèles ont été développés et validés afin d'étudier cet enjeu, et la modélisation du bruit éolien, selon la norme ISO 9613-2, permet en général d'éviter toute nuisance importante.

Du bruit est aussi engendré durant la phase de construction d'une centrale éolienne. Il est possible de limiter cet impact en choisissant des horaires de travail raisonnables qui risquent le moins de perturber les gens habitant dans le voisinage. Ainsi, il est important que les promoteurs soient à l'écoute de la population et qu'ils adaptent leurs méthodes au besoin. Pour ce faire, une procédure de résolution de plainte est généralement mise en place.

Plusieurs études ont conclu que les appréhensions du public face au bruit sont souvent basées sur des idées préconçues [17]. Il est suggéré qu'il soit offert aux citoyens concernés de visiter une centrale éolienne existante pour qu'ils puissent constater par eux-mêmes le bruit réel produit par les éoliennes. Les citoyens seraient ainsi en mesure de prendre une décision éclairée quant à l'acceptabilité d'un projet éolien. Ils s'en trouveraient du même coup consultés, impliqués et respectés, ce qui a été observé comme constituant un facteur augmentant de beaucoup l'acceptabilité sociale des centrales éoliennes [18].

Les impacts sur la santé des émissions de bruit par les éoliennes ont aussi fait l'objet de plusieurs études [29;30]. Aucune preuve de dommage à l'oreille humaine n'a pu être décelée. Les infrasons, qui sont inaudibles à l'oreille humaine, ont en particulier été étudiés en détail, et n'ont mené à l'observation d'aucun impact nuisible sur la santé [31]. Ainsi, le bruit semble constituer une nuisance plutôt qu'une source potentielle de problèmes de santé, tel que discuté.

5.2 Paysage

Le changement au paysage résultant de l'installation d'éoliennes est souvent cité comme inconvénient par les opposants de cette filière. Les éoliennes modernes étant très grandes, elles sont visibles d'une très grande distance. L'expérience éolienne extensive en Europe, continent densément peuplé, a permis de développer une expertise importante quant à l'impact de la présence d'éoliennes sur le paysage. Il est reconnu qu'il est essentiel d'étudier cet impact, tout autant qu'il l'est pour l'implantation d'autres projets technologiques ou industriels dans un milieu donné [5]. Des méthodes de visualisation existent par exemple afin d'étudier l'effet de l'implantation d'éoliennes et de quantifier l'importance de l'altération du paysage à différents points de vue [19], permettant de mieux planifier l'installation d'une centrale éolienne et de minimiser ses impacts sur le paysage. Il est par exemple possible d'harmoniser l'installation d'éoliennes en respectant les points de fuite du paysage. Donc, il est recommandé que les promoteurs utilisent de tels outils afin de montrer l'impact qu'une centrale éolienne donnée aura sur le paysage.

Du point de vue du paysage, l'expérience vécue par certains pays européens est d'un grand intérêt. Selon une étude écossaise [20], *“La revue de littérature touristique suggère que la perception générale qu'ont les touristes du Danemark est celle d'un pays agricole vert, propre, bien organisé avec d'excellentes plages de sable, Légoland et cette merveilleuse Copenhague. Les éoliennes ne surprennent personne; elles sont acceptées comme faisant partie de l'image verte du pays. On n'y trouve pas le paysage industriel de cheminées fumantes, de mines de charbon et de lignes électriques, omniprésentes”*². Un sondage nous y indique aussi qu'après la construction d'une centrale éolienne dans leur région, la plupart des répondants n'étaient pas d'avis que les éoliennes détruisaient le paysage, et croyaient que ces dernières n'avaient pas d'impact négatif sur leurs activités extérieures. La plupart y voyaient plutôt un avantage, et considéraient que les centrales éoliennes auraient un impact positif sur le tourisme. À ce titre, il est intéressant de noter

² Traduction française provenant de [5].

qu'une centrale éolienne se trouve en Espagne près de Pampelune, le long du célèbre sentier de Saint-Jacques-de-Compostelle, ce qui n'empêche pas des milliers de touristes de s'y rendre chaque année et d'apprécier à juste titre ce paysage. Il est aussi remarquable de constater le tourisme ayant résulté de l'installation d'une centrale éolienne à Cap-Chat. De plus, au Danemark, malgré le nombre important d'éoliennes déjà installées, et la proximité de la population aux centrales éoliennes, un sondage effectué en 2006 indiquait que 91 % de la population était en faveur du développement continu de cette filière [21]. De plus, 77 % de la population croit en général que les centrales éoliennes reflètent une image positive et ne détruisent pas le paysage. Au contraire, une majorité de gens les considèrent gracieuses, s'harmonisant bien avec le paysage. En somme, au Danemark, où les éoliennes sont disposées en majorité dans des environnements ruraux, sur des terrains agricoles relativement plats, comme dans la vallée du Saint-Laurent, les éoliennes sont considérées comme un ajout acceptable, parfois même attrayant. Il semble donc possible de favoriser la filière éolienne tout en minimisant ses impacts sur le paysage, si l'on se fie à l'expérience danoise.

De plus, l'éolien permet de préserver le caractère agricole des territoires où les centrales éoliennes sont implantées, en minimisant les impacts sur l'environnement. Tel que mentionné dans la section "Occupation du territoire", environ 1 % du territoire est utilisé par les tours et les routes d'accès [22], étant donné la distance qui doit séparer les éoliennes les unes des autres pour éviter que le sillage aérodynamique d'une éolienne n'affecte les éoliennes situées en aval. Le territoire peut donc en très grande partie conserver sa vocation originale.

5.3 Sécurité

L'Organisation des Nations-Unies [23] qualifie l'énergie éolienne comme une source d'énergie propre et renouvelable qui, lors de sa production, n'émet pas de contaminants ni de substances toxiques. En ce sens, l'énergie éolienne peut, en remplaçant des sources d'énergie polluantes, améliorer la santé des individus. L'Organisation Mondiale de la Santé, quant à elle [24], considère l'éolien comme ayant un impact minimal sur la santé. De plus, une étude européenne [25] a conclu que l'énergie éolienne avait le plus faible niveau d'impacts sur la santé et l'environnement lorsque le cycle complet de production est considéré. En Allemagne, par exemple, il a été mesuré que les effets sur la santé suivant la production d'énergie à l'aide de l'éolien correspondaient à 10 % de ceux résultant de la production d'énergie à partir du charbon. Ces arguments abondent dans le même sens et suggèrent que l'énergie éolienne, au lieu de nuire à la santé des individus,

détient plutôt un potentiel pour améliorer celle-ci de façon globale. Une revue bibliographique sur les effets de l'énergie éolienne sur la santé a récemment été effectuée en Ontario [26]. Les principaux points discutés dans cette étude sont ici résumés. Il sera ainsi question des risques encourus suivant une possible défaillance des pales ou de la structure de l'éolienne et d'éventuels événements de givrage en climat nordique.

Tout d'abord, il n'existe jusqu'à maintenant aucun témoignage de blessure causée au public par une éolienne [27]. Les éoliennes sont soumises à des standards d'ingénierie rigoureux, et constituent une technologie bien connue et maîtrisée depuis plusieurs décennies. Les éoliennes modernes sont conçues pour supporter de très forts vents, rencontrés par exemple lors d'ouragans. Par contre, il a été observé que la foudre pouvait mener à des bris de composantes, et elle constitue d'ailleurs la plus grande cause de bris pouvant entraîner des accidents. Les éoliennes modernes sont souvent dotées d'instruments de protection contre la foudre afin d'éviter de tels problèmes [26]. Si ce n'est pas le cas, il est recommandé qu'elles le soient.

Des projections de morceaux de glace peuvent aussi se produire suite à l'agrégation de givre sur les pales des éoliennes. Une étude effectuée par Garrad Hassan [28] sur le givrage des éoliennes a conclu que, bien que de la glace puisse être projetée par les pales d'éoliennes durant leur opération, le fait de conserver une distance de sécurité minimale de 300 m autour des éoliennes est suffisant pour prévenir d'éventuels incidents. Ainsi, la recommandation effectuée plus tôt selon laquelle les éoliennes devraient être situées à une distance minimale de 500 m des habitations afin d'éviter les problèmes de nuisance dus au bruit est aussi valable pour éviter d'éventuels problèmes résultant de la projection de glace par les pales des éoliennes.

5.4 Télécommunications

Enfin, il a aussi été observé que les éoliennes peuvent interférer avec la propagation des ondes électromagnétiques, nuisant ainsi à la réception des signaux télévisuels et radio, dans le cas où la centrale éolienne se situe entre les antennes de transmission et les utilisateurs. Plusieurs solutions simples existent pour remédier à ce problème. Il est par exemple possible de fournir aux utilisateurs des antennes d'une plus grande sensibilité, d'installer de nouvelles antennes de transmission pour les individus affectés, ou d'offrir aux utilisateurs des moyens de transmission alternatifs, tels que la câblodistribution ou des récepteurs de signaux satellites [17].

5.5 Conclusion partielle

Considérant les informations mentionnées ci-haut, il apparaît possible que la filière éolienne se développe sans nuire à la qualité de vie des citoyens. L'expérience européenne nous en fournit un bon exemple, et il est recommandé de s'en inspirer, en ce qui concerne par exemple l'harmonisation des centrales éoliennes avec le paysage. Cette expérience nous apprend entre autres qu'il est crucial que le développement éolien se fasse en respect avec l'environnement et les communautés locales. Il est donc recommandé dès le départ d'impliquer les communautés concernées par le développement de cette filière, et de mettre en place un dialogue fréquent et transparent entre les promoteurs et les citoyens. La participation active des citoyens est aussi proposée, à travers par exemple des projets communautaires. En effet, il a été observé qu'une telle implication améliore grandement l'acceptabilité sociale des projets éoliens [18].

6. Conclusion

Tout au long de ce mémoire, plusieurs des préoccupations pouvant être soulevées précédant l'implantation d'une centrale éolienne ont été identifiées, analysées et évaluées en toute objectivité. Trois grands thèmes ont brièvement été discutés, c'est-à-dire, le choix de filières énergétiques, l'impact de l'éolien sur l'environnement et sur la qualité de vie des citoyens. À la lumière de tout ce qui a été discuté, il est démontré que ces impacts peuvent être gérés de manière responsable et dans le respect des populations affectées.

Finalement, quelques recommandations sont présentées, discutées en points précis et détaillées. Celles-ci ne se limitent pas seulement au développement éolien en Montérégie, mais s'appliquent plutôt à l'ensemble du Québec. En bref :

- Il est d'abord et avant tout recommandé de prioriser et de promouvoir l'**économie d'énergie**, l'efficacité énergétique et la consommation responsable à travers des campagnes de sensibilisation et des mesures d'implantation concrètes.
- Une vision d'ensemble de la situation énergétique est nécessaire afin de guider le développement des énergies au Québec. Ceci implique de mettre de l'avant des **stratégies à long terme**. L'application d'une telle démarche permettrait d'éviter que le Québec ne prenne de mauvaises décisions sur le plan énergétique.

- Les projets éoliens, en étant bien planifiés, sont **économiquement rentables** et permettent d'augmenter la production électrique du Québec, tout en contribuant à l'atteinte des objectifs en matière de réduction de gaz à effet de serre que se sont fixés le Québec et le Canada. Ils permettent aussi d'assurer la sécurité énergétique du Québec tout en diversifiant son portefeuille énergétique;
- La **décentralisation des sites** d'implantation, impliquant le développement de projets sur l'ensemble du territoire, permettrait de réduire l'impact de la variabilité de la vitesse du vent, et de faciliter l'intégration de l'énergie éolienne dans le réseau électrique. La répartition des centrales éoliennes permet en outre de profiter de toutes les ressources disponibles et confère globalement un caractère stable à l'apport de l'éolien. Cette solution pourrait permettre de tirer pleinement avantage du potentiel éolien au Québec.
- Il est possible et souhaitable d'**augmenter la puissance éolienne installée** à 20 %, voire même 30 %, de la capacité électrique totale, tel que l'ont fait l'Île-du-Prince-Édouard et plusieurs pays européens, par exemple, le Danemark.
- La valorisation du génie créateur québécois et la réalisation d'investissements massifs dans la recherche permettraient de garder notre **expertise au Québec** et d'éviter de faire appel à des firmes étrangères, ce qui ne profite pas au savoir-faire d'ici.
- Le développement des compétences techniques spécifiques à l'éolien au Québec et la consolidation des usines de fabrication déjà en place permettraient d'assurer la **pérennité des emplois créés**.
- Il est démontré qu'il existe des solutions simples et efficaces pour réduire considérablement les **impacts sur la faune** environnante et dans ce contexte, l'éolien est beaucoup moins dommageable pour les écosystèmes et a une empreinte écologique plus faible que toute autre forme de production d'énergie;
- Les désagréments dus au **bruit** émis par les éoliennes peuvent être minimisés en effectuant la modélisation de ce dernier, permettant d'adapter, cas par cas, la distance minimale entre les habitations et les éoliennes;

- L'expérience extensive en matière d'éolien en Europe a démontré qu'il est possible d'harmoniser le **paysage** avec les éoliennes et plusieurs études démontrent que l'acceptabilité sociale s'accroît généralement suite à la construction d'une centrale éolienne;
- Plusieurs études ont démontré que les effets directs de l'éolien sur la **santé** des individus sont très faibles, voire absents. D'une façon générale, en remplaçant des formes d'énergie polluantes par l'éolien, la santé globale des individus ne peut que s'en trouver améliorée;
- Lorsque les éoliennes sont munies d'équipements de **sécurité** adéquats, les risques de blessures pouvant résulter d'un bris de composante sont dans les faits très faibles.
- Les **risques** de blessures pouvant résulter des projections de glace peuvent être évités en respectant une distance de sécurité minimale de 300 m;
- Des solutions simples et efficaces peuvent être utilisées pour résoudre d'éventuels problèmes de **télécommunications** produits par des interférences;
- La superficie d'**occupation du territoire** couvert par les éoliennes est, dans les faits, très faible en proportion.
- Il est important que les propriétaires fonciers, les MRC et les communautés tirent profit du développement de l'éolien sur leur territoire, soit par des redevances ou tout autre incitatif jugé adéquat. Des règles claires et équitables devraient être établies par le gouvernement du Québec afin de permettre une **meilleure distribution des redevances** et de **mieux encadrer l'industrie** dans les projets actuels;
- La **transparence** des promoteurs et la **collaboration** soutenue entre ces derniers et les citoyens permettent de résoudre, dans la grande majorité des cas, les conflits et les plaintes qui peuvent être soulevés;
- Hydro-Québec a le potentiel de **s'impliquer davantage** dans la construction et l'opération des centrales éoliennes. Il serait ainsi plus facile pour la société québécoise d'accompagner le développement éolien d'un sentiment de fierté, d'appartenance et d'avant-garde, et d'améliorer l'acceptabilité sociale.

- Finalement, l'enjeu de la **nationalisation** complète de l'énergie éolienne, mettant à contribution les instances locales et régionales ainsi que les autochtones, pourrait être étudié en profondeur et en toute objectivité par un groupe de travail neutre et indépendant afin de prendre une décision éclairée à ce sujet.

Enfin, ce mémoire se veut d'abord et avant tout un document de référence à caractère objectif, général et impartial. L'objectif principal est de s'inspirer des problématiques locales afin de proposer une vision du développement éolien au Québec dans un cadre global, tout en répondant à certaines inquiétudes exprimées par les citoyens. Ceci s'est fait dans l'optique de répondre aux défis énergétiques auxquels le Québec fait face, au devoir de partage de l'information et de connaissances scientifiques, tout en contribuant au développement humain de la société québécoise.

7. Épilogue

Suite à la rédaction du présent document, nous croyons qu'il est possible et souhaitable que l'éolien constitue un label, ou une image de marque de développement durable que la population québécoise peut s'approprier à juste titre. Nous ne prétendons aucunement détenir la clef de la vérité, mais nous croyons fermement que de garder le silence correspond à accepter son sort et se résigner à vivre avec les conséquences que demain nous réserve. En bref, notre objectif est de contribuer à la création d'une vision d'avenir au développement énergétique du Québec.

Nous invitons donc le BAPE à partager nos craintes avec le gouvernement du Québec et à lui transmettre ce message provenant de la génération qui devra subir les conséquences du réchauffement climatique. Nous remercions les gens de la Montérégie, car leur expérience profitera à tout le Québec. Également, un merci sincère au BAPE de nous prêter une oreille attentive, car cet exercice ne peut être que profitable pour la démocratie.

Quant à la beauté qu'occupent les éoliennes dans le paysage, il s'agira toujours d'un sentiment personnel. Nous aimerions conclure avec ce poème d'Albert Lachaud qui résume bien notre état d'esprit à ce sujet :

Les éoliennes de Peyrelevade

*Sont-ils de grands oiseaux ou de nouveaux moulins,
Ces étranges objets, enfantés par Éole ?
Bien arrimé, chacun, afin qu'il ne s'envole.
Ils ont été créés par des esprits malins.*

*Au lieu de quatre ou deux, on leur a mis trois ailes,
Qui tournent lentement, aux caprices du vent.
De dix lieux à la ronde on vient les voir souvent,
Pour admirer de près leurs techniques nouvelles.*

*Sur une seule patte ils se tiennent debout,
Comme des échassiers passés dans cette lande,
certains les trouvent laids, un autre en redemande,
Mais il ne faudrait pas en mettre n'importe où.*

*Éloignés des maisons, de la moindre chaumière,
Éolienne est leur nom, n'en déplaise au bavard,
Je crois bien que se sont de belles oeuvres d'art,
Et c'est d'elles enfin, que viendra la lumière.*

Albert Lachaud

8. Références

- [1] Wind Energy Strategic Network. Disponible de : <<http://www.wesnet.ca>>; 2010 [Accédé le : 2 décembre 2010].
- [2] Gouvernement du Québec, 2008. "Plan d'action 2006-2012 : Le Québec et les changements climatiques, un défi pour l'avenir". Bibliothèque nationale du Québec, Québec, 52 p.
- [3] Gouvernement du Canada, 2008. "Prendre le virage : Cadre réglementaire sur les émissions industrielles de gaz à effet de serre". Bibliothèque et Archives Canada, Canada, 34 p.

- [4] Mousseau, N., 2009. "L'avenir du Québec passe par l'indépendance énergétique". Éditions MultiMonde, Montréal, Québec, 188 p.
- [5] Saulnier, B. et Reid, R., 2009. "L'éolien au coeur de l'incontournable révolution énergétique". Éditions MultiMondes, Montréal, Québec, 396 pp.
- [6] Hydro-Québec Équipement et Hydro-Québec Production, 2007. "Complexe de la Romaine - Étude d'impact sur l'environnement, Volume 1 : Vue d'ensemble et description des aménagements". Communication d'Hydro-Québec, Montréal, Québec, 314 p.
- [7] Hélimax Énergie inc., 2004. "Étude sur l'évaluation du potentiel éolien, de son prix de revient et des retombées économiques pouvant en découler au Québec". Hélimax Énergie inc. (Dossier No. R-3526-2004), Montréal, Québec, 71 p.
- [8] White, S.W., 2007. "Net Energy Payback and CO₂ Emissions from Three Midwestern Wind Farms : An update". *Natural Resources Research*, **15**(4), pp. 271-281.
- [9] Bilek, M., Hardy, C., Lenzen, M. et Dey, C., 2008. "Life-cycle energy balance and greenhouse gas emissions of nuclear energy: A review". *Energy Conversion & Management*, **49**(8), pp. 2178–2199.
- [10] Stöglehner, G., 2003. "Ecological footprint – a tool for assessing sustainable energy supplies". *Journal of Cleaner production*, **11**, pp. 267-277.
- [11] Sovacool, B. K., 2009. "Contextualizing avian mortality: A preliminary appraisal of bird and bat fatalities from wind, fossil-fuel, and nuclear electricity", *Energy Policy*, **37**, pp. 2241–2248.
- [12] U.S. Fish & Wildlife Service. Disponible de : <<http://birds.fws.gov>>; 2002 [Accédé le : 1^{er} décembre 2010].
- [13] De Lucas, M., Guyyonne F.E. et Ferrer, M., 2004. "The effects of a wind farm on birds in a migration point : the Strait of Gibraltar." *Biodiversity and Conservation*, **13**, pp. 395-407.
- [14] Royal Society for the Protection of Birds. Disponible de : <<http://www.rspb.org>>; 2005 [Accédé le : 2 décembre 2010].
- [15] Baerwald, E. F., D'Amours, G., Klug, B. et Barclay, R., 2008. "Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines". *Current Biology*, **18**(16), pp. R695–R696.

- [16] Bats and wind energy cooperative. Disponible de : <<http://www.batsandwind.org>>; 2010 [Accédé le : 2 décembre 2010].
- [17] Sustainable Development Commission, 2005. "Wind Power in the UK". Sustainable Development Commission, UK, 174p.
- [18] Maruyama, Y., Nishikido, M et Iida, T., 2007. "The rise of community wind power in Japan: Enhanced acceptance through social innovation". Energy Policy, 35, pp. 2761-2769.
- [19] Digitally derived Visual Envelope and Zone of Visual Influence Methodology. Disponible de: <<http://idox.bathnes.gov.uk/WAM/doc/BackGround%20Papers-119135.pdf?extension=.pdf&id=119135&location=VOLUME1&contentType=application/pdf&pageCount=1>>; 2006 [Accédé le : 2 décembre 2002]
- [20] Gouvernement de l'Écosse. Disponible de: <<http://www.scotland.gov.uk/publications/2008/03/07113554/7>>; 2010 [Accédé le : 2 décembre 2002].
- [21] Nielsen, S., 2007. "Fremtidens Havmølleplaceringer 2025 - Udvalget for fremtidens havmølleplaceringer". Energistyrelsen, Danemark, 106 p.
- [22] The University of the South Pacific, UNESCAP, 2004. "Institutional Capacity Building on Renewable Energy Training in Pacific Island Developing States. Module 6. Environmental and Social Aspects of Wind Power". The University of the South Pacific, UNESCAP, Suva, Fiji Islands, 7p.
- [23] UNESCO. Disponible de <<http://www.unescap.org/esd/energy/>>; 2010 [Accédé le 2 décembre 2010].
- [24] Organisation Mondiale de la Santé, 2004. "Energy, sustainable development and health". Fourth Ministerial Conference on Environmental and Health, Budapest, Hongrie, 122p.
- [25] CIEMAT, 2008. "ExternE. Externalities of Energy, Vol XX : National Implementation". European Commission, Espagne, 534 p.
- [26] Colby, D., 2008. "The Health Impact of Wind Turbines: A Review of the Current White, Grey, and Published Literature". Chatham-Kent Public Health Unit, Ontario, Canada, 36p.
- [27] Windy Myths: Get the Facts.. Disponible de : <http://www.canwea.ca/wind-energy/myths_e.php>; 2008 [Accédé le 2 décembre 2010].

- [28] Garrad Hassan, 2007. “ Recommendations for Risk Assessments of Ice Throw and Blade Failure in Ontario” Report submitted to the Canadian Wind Energy Association (38079/OR/01), Canada, 27 p.
- [29] Canadian Wind Energy Association, 2008. “Canadian Wind Energy Association Position on Setbacks for Large-Scale Wind Turbines in Rural Areas (MOE Class 3) in Ontario”. Canadian Wind Energy Association, Ontario, Canada, 23p.
- [30] Facts about Wind Energy and Noise. Disponible de: <<http://web1.msue.msu.edu/cdnr/windenergynoise.pdf>>; 2008 [Accédé le 2 décembre 2010].
- [31] Leventhall, G., 2006. “Infrasound from Wind Turbines – Fact, Fiction or Deception”. Canadian Acoustics **24**(2), pp. 29-36.