

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

**CHOIX DE SITE DANS LE PROJET ÉOLIEN :
UNE APPROCHE MULTICRITÈRE**

MÉMOIRE DE RECHERCHE

PRÉSENTÉ À

L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI

Comme exigence partielle du programme de

Maîtrise en gestion de Projet

PAR

SOCÉ DIOUF

Février 2005

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI
Service de la bibliothèque

Avertissement

La diffusion de ce mémoire ou de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire « *Autorisation de reproduire et de diffuser un rapport, un mémoire ou une thèse* ». En signant ce formulaire, l'auteur concède à l'Université du Québec à Rimouski une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de son travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, l'auteur autorise l'Université du Québec à Rimouski à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de son travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits moraux ni à ses droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, l'auteur conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont il possède un exemplaire.



REMERCIEMENTS

Je dois bien des remerciements à des personnes très spéciales dont l'appui, la patience, la minutie et la créativité ont été déterminants dans l'aboutissement de ce mémoire.

Je tiens, tout d'abord, à adresser mes sincères remerciements à Monsieur Bruno Urli pour avoir accepté de m'encadrer durant cette recherche. Ta disponibilité, la facilité de contact avec toi, tes excellents conseils et suggestions ont permis la réalisation de ce travail. Je te prie de trouver en ces mots l'expression de ma profonde reconnaissance.

Je dois aussi bien des remerciements à mon co-directeur de recherche Monsieur Jean-Louis Chaumel pour ton appui et ta disponibilité. Tes conseils et recommandations ont été précieux pour moi.

Merci à tous les deux de m'avoir offert l'occasion d'approfondir d'avantage mes connaissances dans le domaine de la gestion de projet.

Et bien sûr, mes remerciements s'adressent à Messieurs Didier Urli et Marc Bélanger membres du jury qui ont prêté leur concours à la lecture de ce mémoire et qui l'ont enrichi par leurs suggestions et commentaires.

Mes remerciements vont aussi à la Fondation de l'Université du Québec à Rimouski, à tous les gestionnaires de projets qui ont contribué à ce travail par leur savoir faire et qui ont accepté de répondre à la grille d'entrevue, particulièrement à Mesdames Stéphanie Hénin Chargée de projets, Marion Hill Consultante en énergie à Hélimax Energie inc.,

Messieurs Jean-Michel Parrouffe Directeur de projets à l'international et gestionnaire de projets locaux à GPCo inc., Marc-André Lussier Directeur de projets et développement au groupe RSW inc., Louis Drainville Président de Terre et Eau, Hugo Bouchard Directeur de projets à Innergex II inc.

Je suis extrêmement reconnaissante à mon époux pour son incalculable contribution à la rédaction de ce mémoire et qui m'a aidé par sa compétence et ses précieux conseils pour sa réalisation. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'aider à franchir les situations difficiles dans toutes les étapes. Du fond du cœur je te dis merci.

Je suis heureuse de pouvoir remercier mes beaux parents pour leur dévouement et leur soutien en tout temps.

Mes vifs remerciements vont également à mes frères et sœurs qui n'ont ménagé aucun effort pour contribuer à ma réussite, me soutenir et me conseiller à toutes les occasions. Je vous témoigne toute ma reconnaissance.

Je tiens à remercier profondément, si le mot n'est pas trop faible, mon père et ma mère pour leur soutien en permanence et leurs conseils dans toutes mes entreprises, tout en soulignant l'impossible qu'ils ont toujours fait pour me former à la vie et me procurer une éducation. Si j'ai pu persévérer et aller de l'avant c'est grâce à vous.

À toutes et tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin j'exprime ma plus profonde gratitude. Qu'aurais-je fais sans vous?

À ma Fille,
Ce que je fais, c'est pour toi que je le fais.
Avec Amour, Maman.

AVANT PROPOS

Éole, dieu des vents. C'est lui qui, dans la mythologie des Grecs et des Romains déchaînait les tempêtes. Depuis toujours, l'homme a voulu exploiter la formidable force du vent. C'est au cours du XIII^e siècleⁱ que les premiers dispositifs pour dominer cette énergie renouvelable et quasi illimitée fit son apparition. Ils servirent entres autres à moudre le grain et à pomper l'eau. Plus tard, l'utilisation des moulins à vent s'étendit au sciage du bois et au XIX^e siècle à la fabrication du papier et de l'huile. C'est vers la fin du XIX^e siècle, au Danemark, que les premières utilisations des éoliennes comme moyen de fabrication d'électricité sont apparues.

Au cours du XX^e siècle, plusieurs centaines d'éoliennes ont été mises en opération aux États-Unis et en Europe, mais une baisse de popularité est survenue au début des années 1960. Quelques années passèrent et un regain d'intérêt s'est manifesté suite à la crise du pétrole en 1970. Depuis ce temps, l'engouement pour la production d'énergie éolienne se manifeste mondialement par la réalisation de projets.

Dés lors, le marché de l'énergie éolienne est en pleine évolution.

Des promoteurs de projets, des coopératives éoliennes, des producteurs d'énergie, des sociétés de distribution et des particuliers envisagent de développer des projets d'investissements dans l'établissement de parcs éoliens. Dans cette perspective, ils

ⁱ MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES. *L'éolienne, une énergie redécouverte*, brochure, 1999, page 8.

prennent contact avec des propriétaires fonciers, les administrations régionales et communales concernées.

Tous ces acteurs réclament, avec de plus en plus d'insistance, des directives concrètes en vue, pour les uns, de réaliser leurs projets, pour les autres de gérer uniformément les diverses autorisations préalables à la réalisation de ceux ci.

Au-delà du rappel des dispositions légales et réglementaires applicables, la présente note vise à donner une orientation stratégique vis-à-vis des demandes de permis, tant au porteur de projet qu'à l'autorité compétente. Ces orientations ont principalement trait au regroupement des éoliennes, à leur intégration dans le paysage ainsi qu'au traitement de demandes « concurrentes » pour un même site.

Ainsi, nous avons été à même de comprendre finalement que l'activité de recherche permet à l'étudiant de développer une problématique précise, réelle et d'actualité, développer son aptitude de poser un diagnostic adéquat et sa capacité de mener à bien un processus de recherche dans un cadre académique, de développer une ouverture d'esprit, d'intégrer un certain nombre de connaissances professionnelles à sa formation académique.

Bref, elle permet de juger de l'importance de la formation académique de l'étudiant en maîtrise de gestion de projet qui s'est inscrit dans le volet recherche avec mémoire.

Le lecteur trouvera dans ce document des informations essentielles sur la méthodologie multicritères d'aide à la localisation d'un parc éolien.

Cette étude a été pour moi une occasion très favorable pour confronter mes connaissances théoriques à la réalité du terrain et surtout, amasser un bagage professionnel en complément de ma formation.



TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	i
Avant propos.....	iv
Table des matières.....	vii
Liste des tableaux et illustrations.....	x
Liste des sigles et des abréviations.....	xi
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I PROBLÉMATIQUE ET MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE.....	5
1.1 PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE.....	5
1.2 MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE.....	7
CHAPITRE II LES FACTEURS TECHNIQUES, ENVIRONNEMENTAUX ET ÉCONOMIQUES.....	10
2.1 LES FACTEURS TECHNIQUES.....	10
2.1.1 La vitesse du vent.....	10
2.1.2 L'existence ou la proximité d'un réseau à haute tension.....	19
2.1.3 Les caractéristiques topographiques du site.....	24
2.1.3.1 Le choix des sites et l'emplacement des éoliennes.....	24
2.1.3.2 La méthode utilisée et les sites retenus.....	24
2.1.3.3 L'emplacement des éoliennes.....	26
2.1.4 La taille du terrain.....	26
2.1.5 L'accès au site.....	28
2.2 LES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX.....	31
2.2.1 L'impact visuel.....	33
2.2.2 Les impacts sur le climat sonore.....	35

2.2.3	Les impacts sur la faune.....	35
2.2.4	Les parties prenantes.....	37
2.3	LES FACTEURS ÉCONOMIQUES.....	42
2.3.1	Les retombées économiques de la construction des parcs d'éoliennes.....	42
2.3.2	Les retombées sur l'ensemble du Québec.....	46
	CHAPITRE III ÉTUDE EXPLORATOIRE SUR LES FACTEURS DE LOCALISATION DES PROJETS ÉOLIENS.....	51
3.1	PROFIL DES RÉPONDANTS.....	52
3.2	INSTRUMENT DE CUEILLETTE.....	53
3.3	ANALYSE DES RÉSULTATS.....	54
3.3.1	Domaine et taille.....	54
3.3.2	Description des pratiques actuelles dans le choix de site.....	54
3.3.3	Méthodologie.....	55
3.3.3.1	Critères utilisés pour le choix de site.....	55
3.3.3.2	Où sont réalisés les projets.....	56
3.3.3.3	Caractéristiques des types de projets.....	56
3.4	CRITÈRES TECHNIQUE, ENVIRONNEMENTAUX ET ÉCONOMIQUES DANS LE CHOIX DE SITE ÉOLIEN.....	57
3.4.1	Les critères techniques.....	57
3.4.2	Les critères environnementaux.....	63
3.4.3	Les critères économiques.....	66
	CHAPITRE IV PROPOSITION D'UNE MÉTHODOLOGIE DE CHOIX DE SITE POUR UN PROJET ÉOLIEN.....	70
4.1	JUSTIFICATION DES MÉTHODES MULTICRITÈRES.....	72

4.2	MÉTHODOLOGIE.....	76
4.3	AGRÉGATION DES PERFORMANCES ET APPROCHES OPÉRATIONNELLES.....	79
	CHAPITRE V ILLUSTRATION SUR UN EXEMPLE DIDACTIQUE.....	84
5.1	LE MANDAT.....	86
5.2	LE LIVRABLE.....	87
5.3	LA MÉTHODE.....	87
5.4	LE MODÈLE.....	88
5.5	LES RÉSULTATS.....	89
5.6	L'ANALYSE DE SENSIBILITÉ DES RÉSULTATS.....	91
	CONCLUSION.....	95
	BIBLIOGRAPHIE.....	98
	ANNEXE 1 Répartition de la puissance mondiale d'éoliennes.....	101
	ANNEXE 2 Le portrait du potentiel éolien au Québec.....	103
	ANNEXE 3 Étude exploratoire sur les critères d'aide à la localisation d'un parc éolien. Entreprise A.....	105
	ANNEXE 4 Entreprise B.....	118
	ANNEXE 5 Entreprise C.....	131
	ANNEXE 6 Entreprise D.....	144
	ANNEXE 7 Entreprise E.....	156
	ANNEXE 8 Entreprise F.....	169

LISTE DES TABLEAUX ET ILLUSTRATIONS

Tableau 1	Classement selon la puissance du vent.
Tableau 2	Conversion des vitesses du vent.
Tableau 3	Quand y a-t-il assez de vent.?
Tableau 4	L'évaluation des besoins en équipements et en infrastructures; selon les sites.
Tableau 5	L'ordonnancement des sites envisagés.
Tableau 6	Parcs éoliens 1000 MW.
Tableau 7	Impact économique sur l'ensemble du Québec de la construction de 500 éoliennes dans huit parcs totalisant 1000 MW.
Tableau 8	Répartition de la puissance éolienne installée en 1996.
Figure 1	Expansion mondiale de l'énergie éolienne.
Figure 2	Outils méthodologiques et démarche.
Figure 3	Configuration du système électronique.
Figure 4	Caractéristiques techniques d'une nacelle.
Figure 5	Un modèle d'éolienne adapté au climat gaspésien.
Figure 6	Bénéfices environnementaux.
Figure 7	Vue d'ensemble des parties prenantes.
Figure 8	Approche de surclassement.
Figure 9	Démarche multicritère d'aide à la décision.

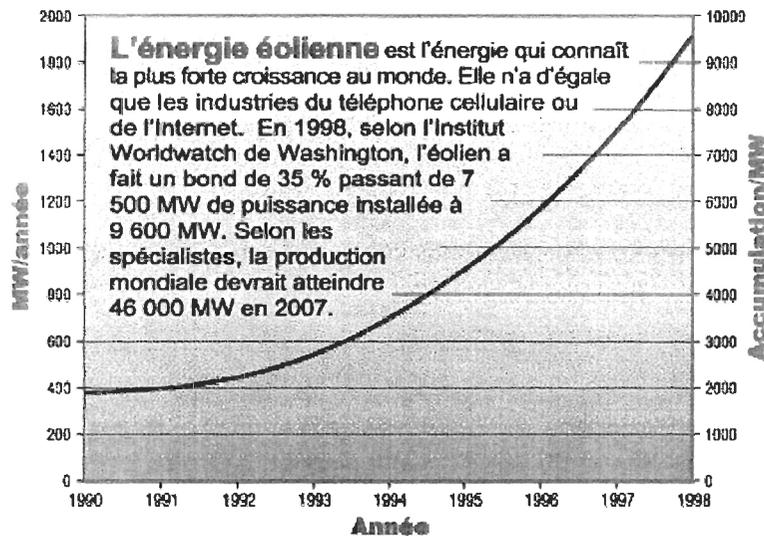
LISTE DES SIGLES ET DES ABRÉVIATIONS

Sigles	Définitions
CO ₂	Gaz carbonique
km/h	Kilomètre par heure
kV	Kilovolts
kW	kilowatt (mille watts)
kW/h	kilowattheure (mille watts par heure)
MW	Mégawatts (million de watts)
Nox	Oxyde d'azote d'éléments quelconques
p.-a	Personne/année
SO ₂	Dioxyde de soufre
BAPE	Bureau d'Audience Publique sur l'Environnement
UPA	Union des Producteurs Agricoles
UQAR	Université du Québec à Rimouski
P. cent	Pour cent
cm	Centimètre
m ²	Mètre carré

INTRODUCTION

Le Québec est le troisième producteur au monde d'hydroélectricité. Cette énergie dite « verte » et renouvelable est une des belles réussites d'ingénierie de notre temps. Cependant, une nouvelle source naturelle du même genre commence à susciter de l'intérêt : le vent. La figure 1 présente l'expansion mondiale de l'énergie éolienne. De plus amples détails sur la répartition de la puissance mondiale d'éoliennes sont fournis en annexe 1.

Figure 1 Expansion mondiale de l'énergie éolienne
Source : www.axor.com



Malgré son haut potentiel de production d'énergie hydroélectrique, le Québec ne demeure pas moins exposé aux cycles climatiques et influencé par le développement de nouvelles sources d'énergie. Ces dernières années, les précipitations n'ont pas été selon les prévisions, ce qui fait que l'emmagasinage d'eau derrière les barrages n'est plus suffisant pour satisfaire à la demande. C'est ici que l'énergie éolienne prend toute son importance : compatible avec l'énergie hydroélectrique, elle peut en partie relayer celle-ci en période sèche et permettre la remontée des niveaux d'eau dans les réservoirs des grands barrages. C'est aussi la lutte contre les gaz à effet de serre et la prise de conscience collective d'un environnement plus « propre » qui ont conduit des entreprises à aller de l'avant pour le développement des autres sources d'énergies « vertes ».

Les problématiques de localisation se rencontrent lors du choix de l'emplacement d'une construction. Ce choix est presque toujours stratégique; [SCH 73] note à ce sujet que "l'étude de la localisation amène à prendre une décision très importante par le fait qu'elle étendra ses effets sur plusieurs années ". Il est donc primordial que la méthode choisie pour traiter cette question prenne en compte toutes les dimensions ou aspects qui entrent en jeu dans cette décision.

Ainsi, nous pouvons noter que le traitement de problématiques de localisation au moyen d'un SIG a de nombreux avantages. Tout d'abord, la manipulation d'un important volume de données aide à considérer le problème dans toute sa complexité, sans procéder à des simplifications qui peuvent être hasardeuses. Ensuite, les fonctions d'analyse

spatiale des SIG assurent une précision satisfaisante pour l'évaluation de distances, de pentes et autres informations géométriques ou géomorphologiques. Or, ces informations sont en général à la base de l'évaluation de nombreux critères. Finalement, l'utilisation du SIG permet de considérer globalement l'ensemble des variantes disponibles dans la région d'étude.

Le but de cette analyse est d'identifier, avec une certaine fiabilité, la meilleure solution compte tenu des critères énoncés, des données à dispositions, ainsi que de leur qualité. Nous sommes conscients que la décision finale résulte aussi d'autres processus, telles que des stratégies politiques. Cependant, l'identification "scientifique" de la meilleure solution constitue indiscutablement une aide importante à la prise de décision. Cette contribution peut, de plus, devenir indispensable si la décision implique une démarche de négociation.

Dans une démarche rationnelle, le processus de décision peut être perçu comme la récolte, puis la synthèse, et l'interprétation des informations décrivant le sujet de la décision. Les méthodes d'aide à la décision permettent de faire la synthèse de ces informations pour en faciliter l'interprétation en vue d'une prise de décision.

Conformément au guide officiel de présentation des rapports et mémoire d'étude et thèse de l'université du Québec à Rimouski (UQAR) et aux instructions spécifiques de présentation de mémoire en gestion de projet, nous avons articulé le présent document autour des chapitres suivants :

- La problématique et la méthodologie de la recherche;

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

- Les facteurs techniques, environnementaux et économiques d'aide à la localisation d'un parc éolien;
- L'étude exploratoire sur les facteurs de localisation;
- La proposition d'une méthodologie de choix de site pour un projet éolien;
- L'illustration sur un cas didactique.

CHAPITRE 1

PROBLÉMATIQUE ET MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

1.1 Problématique de recherche

Face à la diminution du stock mondial d'hydrocarbures, à la croissance continue de la demande énergétique, à la crainte d'une pollution de plus en plus envahissante, l'énergie éolienne est aujourd'hui au premier plan de l'actualité. Les projets éoliens sont de plus en plus nombreux et ce phénomène tend à s'accélérer. Le secteur de l'énergie éolienne apparaît pour les gouvernements comme un secteur clef du développement économique. Il faut ajouter à cela la volonté des gouvernements à développer des sources d'énergie dites "alternatives", non polluantes et moins coûteuses qui permettent d'éviter la construction de centrales nucléaires et thermiques ainsi que des barrages hydroélectriques. Cette volonté s'est d'ailleurs exprimée par l'entente du protocole de Kyoto dont le Canada est signataire. Pour le Canada et d'autres pays, l'éolien représente l'une des solutions environnementales pour rencontrer les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre mentionnés dans le traité.

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

L'énergie éolienne est l'énergie qui connaît la plus forte croissance au monde. Cette croissance n'a d'égale que celle des industries du téléphone cellulaire ou de l'Internet. En 1998, selon l'Institut Worldwatch de Washington, l'éolien a fait un bon de 35% passant de 7 500MW de puissance installée à 9 600 MW. Selon les spécialistes, la production mondiale devrait atteindre 46 000 MW en 2007.

Le gouvernement du Québec appuie ce développement éolien et ce pour deux raisons majeures: être en cohérence avec sa politique de développement durable et concrétiser sa politique de diversification du portefeuille énergétique par Hydro-Québec. De plus, le milieu de l'éducation est prêt à développer et à fournir des programmes de formation continue en vue d'assurer une relève compétente. C'est aussi dans la perspective de développer l'énergie éolienne dans les DOM-TOM qu'Espace Éolien Développement (EED) propose le montage opérationnel de projets éoliens complets, de l'étude préalable à la mise en œuvre sur le terrain. EED travaille en relation avec des industriels fabricants de composants ainsi qu'avec des sociétés spécialisées dans les travaux comme Norélec en France.

Ainsi, les projets éoliens sont de plus en plus nombreux à travers le monde et une des premières étapes de tout projet éolien vise à sélectionner un site pour l'installation du parc éolien. L'engouement pour les parcs éoliens a fait en sorte que les promoteurs se sont lancés dans les sites les plus prometteurs d'un point de vue technique (constance et force des vents) mais sans toujours s'appuyer sur une démarche très formalisée. D'autres facteurs de localisation apparaissent de plus en plus importants et l'on peut penser par exemple :

- à l'existence ou la proximité d'un réseau à haute tension,
- aux caractéristiques topographiques du site,
- à la taille du terrain,
- à l'accès au site,
- à la disponibilité d'une M.O. formée,
- à l'impact environnemental,
- etc.

Aussi nous semble-t-il qu'il serait intéressant de développer une méthodologie d'aide à la sélection de site pour la réalisation de parcs éoliens. Notre projet vise à un tel développement et d'ores et déjà le recours à des méthodologies de type multicritère nous semble évidente. Cette recherche visera donc à définir par la littérature et par des entrevues avec des experts du domaine, les facteurs de localisation d'un parc éolien. Puis, à proposer une méthodologie multicritère pour aider au choix d'un site selon ces différents facteurs pour enfin valider, sur un exemple didactique, l'intérêt d'une telle approche.

1.2 Méthodologie de la recherche

Notre recherche vise deux objectifs. Le premier consiste à valider les facteurs qui sont pertinents dans la localisation d'un parc éolien et le second objectif consiste à proposer une méthodologie multicritère d'aide à la localisation d'un parc éolien. Nous allons procéder, dans un premier temps, à une revue de la littérature sur les différents critères de recherche de sites éoliens, en ce qui concerne les critères reconnus et les

méthodes existantes. Deuxièmement, nous définirons les différents critères de la recherche de sites éoliens. Ensuite, nous proposerons un cadre général d'analyse qui permettra de les classer. Enfin, nous finirons par une illustration de la méthodologie sur un cas didactique.

Nous sommes conscients de la difficulté de ce travail du point de vue théorique compte tenu du peu de documentation concernant la méthodologie multicritères d'aide à la localisation d'un parc éolien, mais nous essayerons de faire des propositions suffisamment étayées pour permettre son utilisation. Une validation de ces propositions sera effectuée au moyen de grilles d'entrevue que nous ferons auprès d'un certain nombre de gestionnaires de projets spécialisés dans le domaine éolien.

Le présent mémoire vise donc à mettre en place, d'une part, une méthodologie multicritère d'aide à la localisation d'un parc éolien et, d'autre part, par une enquête exploratoire, à valider les principaux critères qu'il faudrait prendre en compte quant à la recherche de sites pour les parcs éoliens.

Concrètement, nous avons consacré le chapitre 2 de notre travail à la définition des différents critères techniques, environnementaux et économiques.

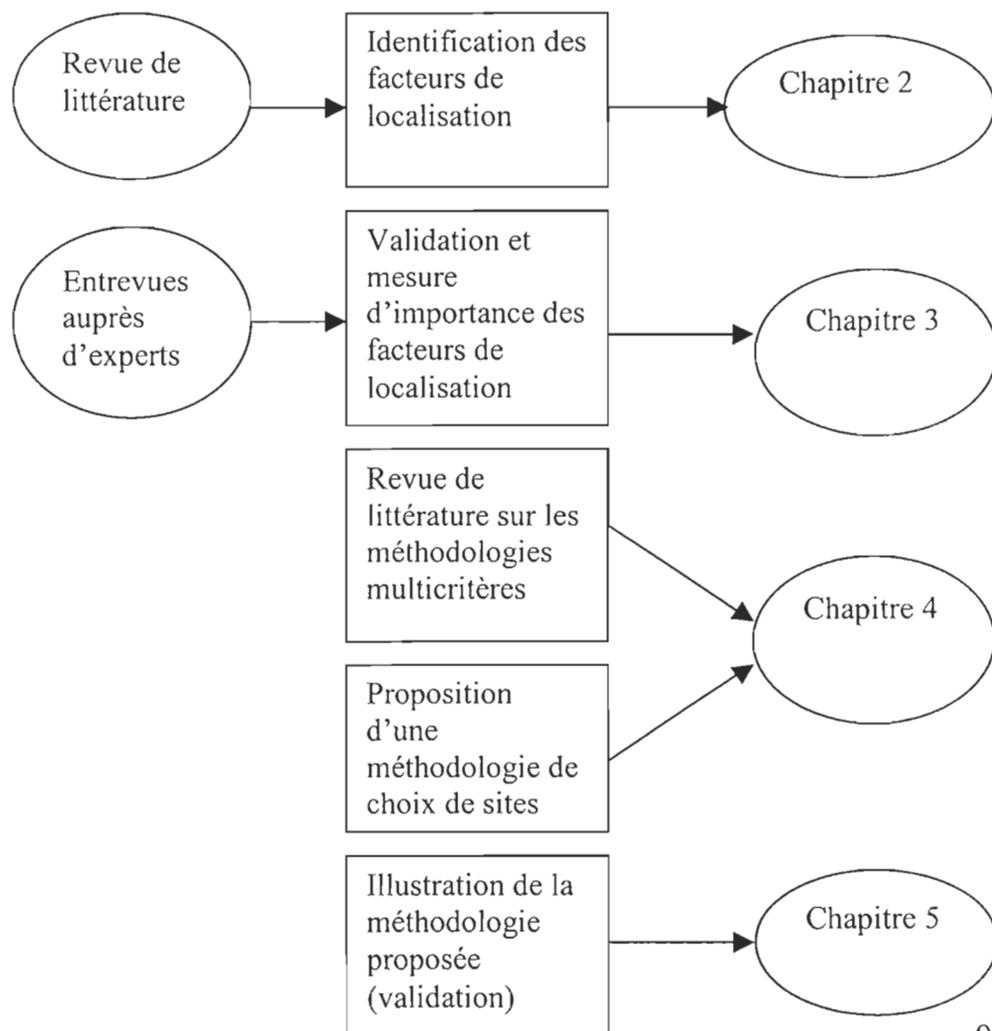
Dans le chapitre 3, nous aborderons, par une étude exploratoire auprès de quatre entreprises spécialisées dans le domaine éolien au Québec, les différents critères de recherche de parcs éoliens. De plus, cette étude nous permettra de connaître le niveau de pratique actuel des différents critères de recherche de parcs éoliens.

Au chapitre 4, nous aborderons une proposition d'une méthodologie de choix de site pour un projet éolien. Nous terminerons par une illustration sur un cas didactique dans le chapitre 5.

Nous espérons qu'à la lecture de ce mémoire de recherche, le lecteur aura une vision plus claire de la gestion de projet éolien à savoir les différents critères de recherche de sites éoliens. Nous souhaitons enfin que ce travail, de nature exploratoire, soit poursuivi par d'autres chercheurs intéressés à asseoir plus formellement les bases méthodologiques d'une recherche de sites éoliens.

La méthodologie se résume sur le schéma suivant :

Figure 2 : Outils méthodologiques Démarche



CHAPITRE 2

LES FACTEURS TECHNIQUES, ENVIRONNEMENTAUX ET ÉCONOMIQUES

Un examen minutieux des critères d'aide à la localisation d'un parc éolien existants dans la littérature, nous a mené à identifier un certain nombre de critères pertinents.

2.1 Les facteurs techniques

2.1.1 La vitesse du vent

Grâce à une méthode de classification américaine élaborée par l'institut Battelle [4], les critères sont établis en fonction d'une densité de puissance du vent expérimentée en watts par mètre carré (W/m^2), à partir d'une distribution statistique de Rayleigh corrigée pour une hauteur standard de 30 mètres.

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

Les résultats obtenus ont permis de classer les sites selon une échelle de 1 à 7.

Ainsi, d'après la revue de littérature, on constate que les sites présentant un potentiel éolien se situe à l'échelle 3, alors que ceux présentant un bon potentiel se situent à l'échelle 4.

Enfin, les sites qui atteignent les échelons 5, 6, 7 sont, quant à eux, considérés comme ayant un potentiel exceptionnel pour l'éolien.

Tableau 1 : Classement selon la vitesse du vent

Classe de puissance de vent 30m		
Classe	W/m ²	Vit. de vent km/h<
1	0<180	18
2	180<240	22
3	240<320	23
4	320<400	25
5	400<480	27
6	480<640	30
7	640<1600	40

Le Québec présente des sites où l'on trouve un potentiel fort intéressant pour la production d'énergie éolienne. Une étude menée par une équipe de l'Université du Québec à Rimouski [8] a permis de dresser un carte préliminaire des vents afin de définir les meilleurs sites éoliens au Québec. Les zones à fort potentiel éoliens sont situées dans le corridor des Appalaches et dans le corridor du Saint-Laurent, plus particulièrement aux îles de la Madeleine, à l'île d'Anticosti, sur la moyenne et la basse côte nord, en Gaspésie et dans le nord du Québec.

Comparativement à la Californie, dont les sites se classent aux échelons 3 et 4 et où l'on retrouve la plus grande concentration d'éoliennes, les îles de la Madeleine

présentent des sites exceptionnels puisque la majeure partie d'entre eux se situe à l'échelon 7. Les régions du golfe du Saint-Laurent, de l'île d'Anticosti et de la moyenne et de la basse-côte nord sont considérées comme ayant un fort potentiel, surtout dans le secteur de Lourdes de blanc sablon. Quant au nord du Québec, le potentiel éolien augmente au nord du 60⁰ parallèle pour atteindre l'échelon 5 en région montagneuse, et 6 en zone côtière.

En Gaspésie, le potentiel le plus intéressant se situe à Cap-Chat avec un échelon 5, et s'étend jusqu'à la pointe à la Frégate. Pour les sommets avoisinants le mont Jacques-Cartier, les mesures ont permis de situer ces zones à l'échelon 6. Enfin, les secteurs en altitude situés entre la région de Québec et le Saguenay offrent un bon potentiel éolien avec des échelons de 4 et de 5.

Des études visant à accroître les connaissances sur le potentiel éolien au Québec sont en cours et ce, sous la responsabilité du ministère des Ressources naturelles.

Le choix du site est déterminant quant à l'efficacité de l'éolienne. Par conséquent, un site acceptable doit afficher une moyenne de vent supérieure à 15 km/h. Un moteur efficient s'actionnera dès que les vents auront atteint 7 à 9 km/h.

Pour produire de l'électricité, des vents initiaux de 10 ou 14 km/h sont nécessaires. Toutefois, au delà de 65 km/h, on procède à la mise en drapeau pour des raisons de sécurité. Cette mise en drapeau consiste à faire pivoter de 90° l'axe de la nacelle, offrant ainsi au vent une plus petite surface de contact.

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

La moyenne des vents constitue une bonne indication pour le choix d'un site. Toutefois, la mesure de la régularité des vents présents sur le site ainsi que de la dispersion de ces vents sont des données indispensables dont il faut tenir compte.

La détermination du potentiel éolien d'un site est donc un élément essentiel pour le développement de cette filière énergétique. Cependant, il ne constitue pas le seul aspect à considérer lorsqu'il est question du choix et du développement d'un site. D'autres aspects tels que l'occupation et la vocation du territoire, l'accès au réseau hydroélectrique, les contraintes physiques liées à l'aménagement des éoliennes et la protection de l'environnement sont autant d'éléments qui influencent le choix du site.

La production d'une éolienne varie-t-elle?

Puisqu'elle est fonction des vents, la production énergétique de l'éolienne dépend directement du site où l'éolienne est implantée. Aussi, la détermination du potentiel éolien constitue un élément primordial dans le choix du site. En effet, les vents présents doivent emmener le rotor de l'éolienne à générer en moyenne de 18 à 28 tours à la minute pour les éoliennes de 750 kW à 1MW.

Quelle quantité d'énergie le vent contient-il?

Un des premiers éléments à déterminer, dans l'étude de faisabilité d'un système éolien, c'est la quantité d'énergie éolienne dont on dispose.

Il faut à cet effet mesurer la vitesse du vent pendant une période déterminée, en notant les laps de temps pendant lesquels le vent souffle aux différentes vitesses. On calcule ensuite la vitesse annuelle moyenne du vent. Pour qu'un système éolien présente un intérêt matériel, la vitesse annuelle moyenne doit atteindre 15 km/h minimum.

Il importe également de connaître la variation de la vitesse du vent.

La vitesse du vent n'est presque jamais nulle et elle ne dépasse que rarement et toujours brièvement le double de sa vitesse annuelle moyenne. La vitesse du vent la plus fréquente équivaut approximativement à 75 p. cent de sa vitesse annuelle moyenne. Si vous faites appel à un expert pour évaluer la quantité d'énergie éolienne disponible sur votre site, il utilisera probablement un des outils d'évaluation appelé courbe Rayleigh de distribution de la vitesse du vent. Ce n'est en réalité qu'un graphique montrant le nombre d'heures pendant lesquelles le vent souffle à aucune des vitesses relevées. Le vent souffle le plus fréquemment à la vitesse correspondant au point le plus élevé de la courbe.

On mesure la vitesse du vent au moyen d'un instrument appelé anémomètre, qui tourne d'autant plus vite que le vent souffle fort. Un consigneur de données permet d'enregistrer instantanément la vitesse du vent ou de la stocker en mémoire en vue de son utilisation lors d'une analyse ultérieure. Une girouette indique la direction du vent.

On consigne normalement la vitesse du vent en kilomètres à l'heure (km/h) ou en mètres par seconde (m/s) : $1 \text{ m/s} = 3.6 \text{ km/h}$. On indique la direction du vent en degrés d'azimut ou en points de boussole.

Le relief du sol influe sur la vitesse du vent. Les collines, les crêtes et les vallées peuvent bloquer le vent et créer des turbulences, conditions qui gênent le bon fonctionnement d'une éolienne. Le frottement, à proximité du sol, ralentit également la

vitesse de l'air, qui augmente de 12 p. cent chaque fois qu'on double la hauteur du point de mesure.

La quantité d'énergie éolienne disponible augmentera donc si on installe l'éolienne au sommet d'une colline ou sur une tour.

Une faible augmentation de la vitesse du vent entraîne une forte augmentation de la quantité d'énergie disponible (comme le phénomène du vent consiste en un déplacement de volumes d'air, la quantité d'énergie contenue dans le vent est proportionnelle au cube de sa vitesse).

Capter l'énergie du vent

Un système éolien n'est rien d'autre que l'application d'un procédé pour capter l'énergie éolienne et la convertir en énergie utile. L'énergie utile produite peut être mécanique; dans ce cas, le vent fait tourner un rotor d'éolienne qui entraîne un dispositif mécanique, comme une boîte d'engrenages ou un système de leviers, qui par exemple fait à son tour fonctionner une pompe à eau. L'énergie utile peut aussi être électrique, comme dans le cas d'une éolienne qui fait fonctionner une génératrice.

Le système éolien de base comprend une turbine (un rotor à pales, une boîte d'engrenages et une génératrice), une tour et les autres composants du système (ACS).

On ne peut pas compter sur le vent, donc pour combler cette lacune, il faut équiper certains systèmes d'un ensemble de batteries qui stockent l'électricité, ou utiliser l'appoint d'une génératrice diesel, à essence ou au propane qui compensera l'absence de vent.

Il faut normalement que la vitesse du vent dépasse 15km/h pour qu'une éolienne commence à produire de l'électricité. Cette vitesse est appelée la vitesse « d'enclenchement ». La vitesse de « déclenchement » qui est la vitesse à laquelle l'éolienne s'arrête pour ne pas subir de dommages, est d'environ 70 km/h.

Tableau 2 : Conversion des vitesses du vent

La vitesse du vent se mesure souvent en mètres par seconde mais, par souci de simplicité, on préfère l'indiquer en kilomètres à l'heure.	
m/s	km/h
4	14.4
6	21.6
8	28.8
10	36.0
12	43.2
14	50.4
16	57.6

La quantité précise d'énergie extractible du vent dépend de plusieurs facteurs que l'on retrouve dans les formules standard. Ces formules sont compliquées et elles tiennent compte de facteurs tels que la variabilité et la distribution de la vitesse du vent, la hauteur à laquelle se trouve le rotor et la densité de l'air.

Tableau 3 : Quand y a-t-il assez de vent?

Pour fonctionner avec un minimum d'efficacité, un système éolien exige une vitesse annuelle moyenne du vent d'au moins 4 mètres par seconde (m/s)	
Vitesse moyenne du vent	Régime éolien
Jusqu'à 4 m/s (environ 15 km/h)	Insuffisant
5 m/s (18 km/h)	Faible
6 m/s (22 km/h)	Modéré
7 m/s (25 km/h)	Bon
8 m/s (29 km/h)	Excellent

En général, les éoliennes doivent être installées dans des endroits dégagés où elles sont exposées aux vents dominants. L'endroit doit se trouver, si possible, au sommet d'une colline ou sur une crête, car la vitesse du vent augmente à mesure qu'on s'éloigne du sol. En installant un système éolien sur le versant au vent d'une colline plutôt que sur son versant sous le vent, on exposera davantage l'éolienne aux vents dominants.

Irrégularités du vent dans le temps.

Sur des périodes importantes, l'énergie éolienne est pratiquement constante à 20% près. Statistiquement, on peut voir que l'énergie moyenne durant le semestre d'hiver est 1.5 fois celle du semestre d'été. Par contre, à l'échelle du mois, l'irrégularité est maximale. Celle-ci existe également pour la journée, la minute (rafales) et la seconde (turbulence due à l'effet de sol).

Cette irrégularité temporelle du vent peut nécessiter :

- à courte période, un mécanisme de régulation de la puissance ;
- à longue période, une installation de stockage de l'énergie, dont la capacité est déterminée en fonction des besoins énergétiques et de la période de jours sans vent productif.

Stockage.

L'irrégularité dans le temps des vents nécessite un stockage. D'une part parce que la consommation peut être supérieure à la production (lors des jours sans vent productif), d'autre part parce que la production peut être supérieure à la consommation (vents importants). Le plus satisfaisant à l'heure actuelle pour des installations d'aérogénérateurs de faible puissance est le stockage par batteries d'accumulateurs. Les plus adaptées dans celles-ci sont les batteries au plomb type stationnaire ou semi-stationnaire à faible autodécharge, car elles s'accommodent au biberonnage inévitable avec le vent. Pour les petites installations, on peut se contenter de batteries de camions pour déterminer la capacité en (Ah) de la batterie, il est nécessaire de connaître le nombre de jours sans vent productif (sur une période assez importante) et les besoins énergétiques quotidiens. Des dispositifs de contrôle et de régulation basés sur la tension sont nécessaires pour éviter que la batterie ne se détériore par excès ou par défaut de charge.

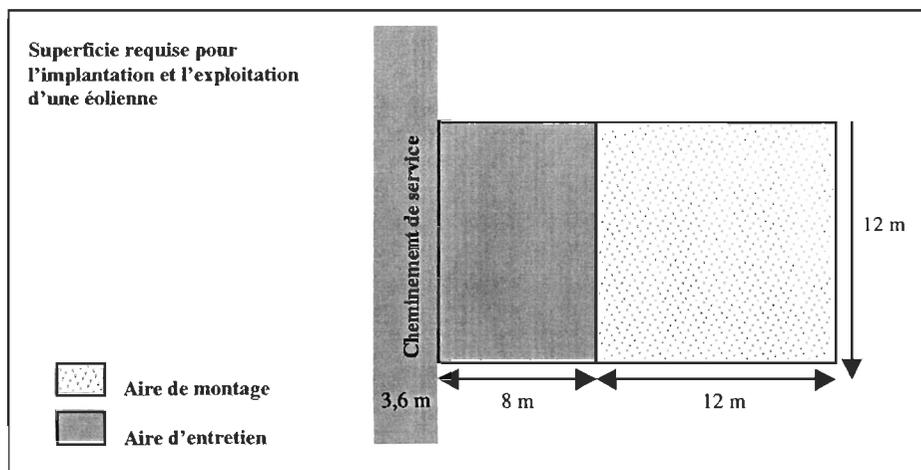
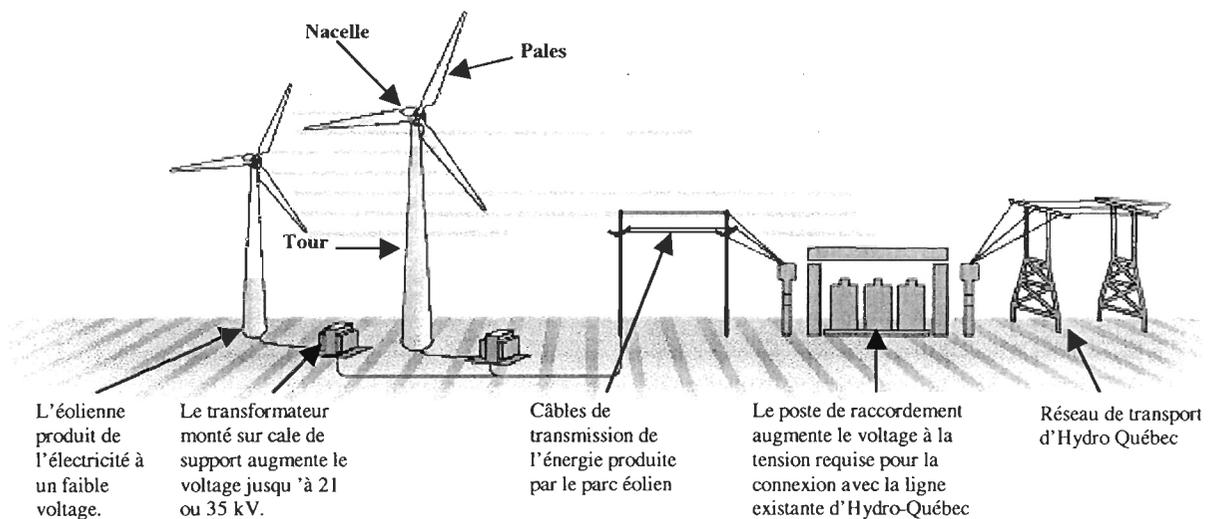
Le vent n'est pas le seul élément dont il faut tenir compte lorsqu'on choisit un site ; la distance entre l'éolienne et le lieu d'utilisation de l'électricité a aussi son importance. Plus la distance entre l'éolienne et le lieu d'utilisation est grande, plus coûteux sera le système.

2.1.2 L'existence ou la proximité d'un réseau à haute tension.

L'équipement nécessaire et l'exploitation du parc éolien.

Comme principal équipement, le parc d'éoliennes comprend les éoliennes et leurs fondations, chacune étant munie d'un transformateur pour, en général, augmenter sa tension d'exploitation, ainsi que des infrastructures connexes : des mâts de mesure des vitesse de vent, un bâtiment de service, des chemins d'accès et de service en terre battue ou en gravier, des conduits souterrains et aériens et deux postes de raccordement au réseau de distribution (exemple d'Hydro-Québec).

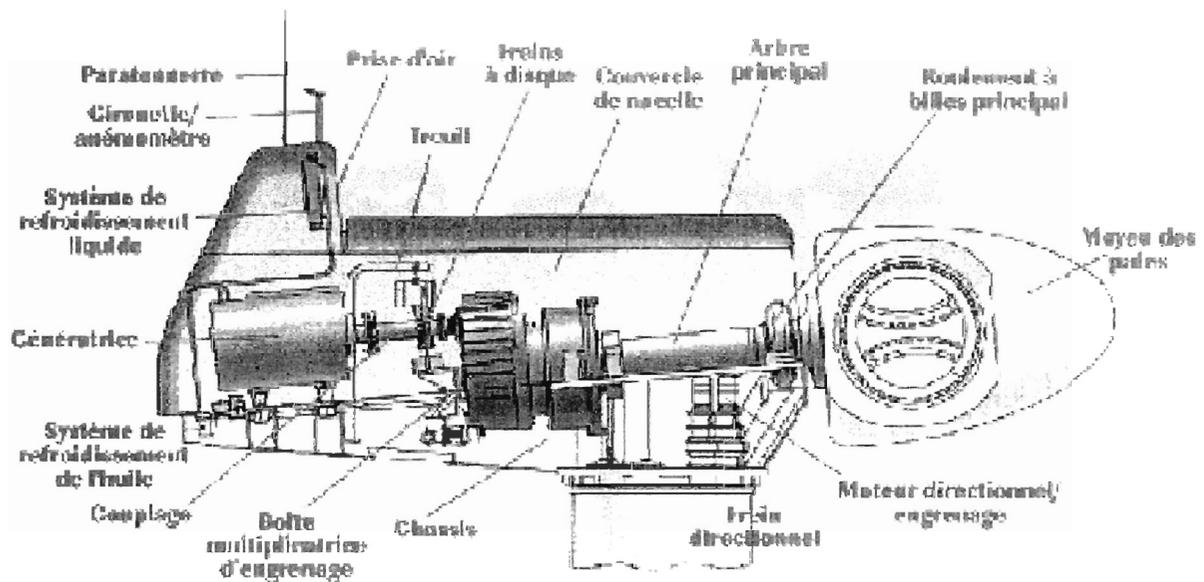
Figure 3 Configuration du système électrique (exemple du parc éolien le Nordais au Québec)



Source :BAPE

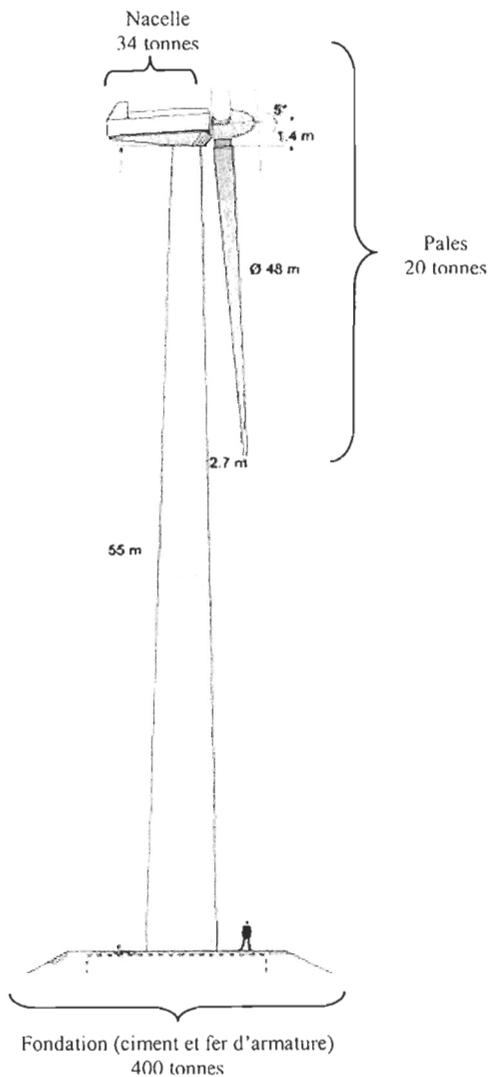
La nacelle du rotor contient toutes les composantes opérationnelles des éoliennes : les systèmes de contrôle, les générateurs et les engrenages. Les fondations souterraines excéderaient de 50 cm au dessus du sol et occuperaient une surface sous terre de 100 m². Les anémomètres, instruments de mesure et d'enregistrement de la vitesse et de la direction des vents, sont d'une hauteur de 42,7 m. Leur nombre dépend des caractéristiques du terrain et de l'étendue du parc, mais une vingtaine environ serait nécessaire. L'information recueillie par les anémomètres serait transmise par un système de communication, au centre de contrôle et aux turbines, afin d'assurer leur orientation par rapport au vent, de même que le démarrage de l'arrêt automatique des éoliennes selon la vitesse du vent. Le réseau de câbles de communication souterrains et aériens serait placé dans les mêmes tranchées ou sur les mêmes poteaux que les câbles électriques.

Figure 4 Caractéristiques techniques d'une nacelle (Cas d'une grande éolienne)



Source : www.axor.com

Figure 5 Un modèle d'éolienne adapté au climat gaspésien



Source : www.axor.com

La surveillance des activités quotidiennes du parc s'effectuerait à distance, de façon indépendante et automatique, au moyen d'un système qui permet la télésurveillance et un contrôle informatisé des éoliennes. Un personnel qualifié doit être embauché dans les domaines de l'électricité, de l'électronique et de la mécanique pour l'exploitation et l'entretien des parcs éoliens.

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

L'énergie produite par chaque éolienne serait acheminée à son transformateur, puis au poste de raccordement d'Hydro-Québec par le réseau de câbles électriques. En général, s'ils sont situés sur une propriété privée, ces câbles seraient enfouis. Le long des routes publiques, le promoteur prévoit l'installation de fils aériens. Les routes déjà existantes seraient utilisées comme chemins d'accès. Tandis que des chemins de services, d'une largeur n'excédant pas 3.6 m, seraient construits pour accéder aux emplacements des éoliennes. Le bâtiment de service sert de lieu d'entreposage pour les véhicules et les pièces de rechange, d'atelier pour les réparations mineurs, de lieu de repos pour les travailleurs et il abrite les systèmes de régulation et de communication du parc éolien. Le tableau suivant présente la quantité d'équipement et la longueur des infrastructures jugées nécessaires pour chacun de ces sites (au Québec).

Tableau 4

L'évaluation des besoins en équipement et en infrastructures, selon les sites.

	Sites potentiels	Les Oules	Cap-Chat	Matane	Sante-Anne-des Monts Est	Sainte-Anne-des Monts Ouest	Total
	Infrastructures						
Équipement nécessaire (quantité)	Éoliennes	39	65	103	34	41	282
	Bâtiments de service	1	1	1	1	1	5
	Stationnements	1	1	1	1	1	5
	Postes de raccordement	1	1	1	1	1	5
	Transformateurs	39	65	103	34	41	282
	Anémomètres	1	10	10	2	2	25
Longueur des infrastructures (km)	Chemins de service						
	- en domaine agricole	7.1	7.6	18.9	0	0	33.6
	- en domaine forestier	1.1	8.6	6.0	3.8	5.9	25.4
	Sous total	8.2	16.2	24.9	3.8	5.9	59.0
	Câbles souterrains	8.7	16.7	29.9	2.8	5.2	63.3
	Câbles aériens	0	5.5	10.3	1.6	5.4	22.8

Source : BAPE

Dans le cadre du projet, des activités de déboisement seraient nécessaires afin d'aménager les chemins de service et les aires nécessaires pour l'implantation des éoliennes. De plus, puisque les obstacles provoquent des turbulences et affectent la production énergétique, il importe de couper, en amont et en aval les éoliennes, les arbres dont la hauteur est problématique. Quant à elle, la base de l'éolienne nécessiterait 240 m² de superficie déboisée pour assurer la construction et l'entretien.

Ainsi, cet espace serait mobilisé pour l'utilisation d'équipement diversifié et de

techniques de construction qui nécessitent un endroit pour l'entreposage, l'assemblage et le levage des structures.

2.1.3 Les caractéristiques topographiques du site

2.1.3.1 Le choix des sites et l'emplacement des éoliennes

Une méthode particulière est utilisée afin de déterminer les sites privilégiés d'implantation des éoliennes. Les grandes lignes de cette démarche sont présentées ci-après.

Pour dissiper toute confusion par rapport à la terminologie, la commission utilise le terme « site » pour désigner la zone d'étude sélectionnée pour l'implantation possible d'un parc d'éoliennes. Tandis que le terme « emplacement » désigne l'endroit approximatif envisagé pour la localisation de chacune des éoliennes.

2.1.3.2 La méthode utilisée et les sites retenus

La démarche qui conduit au choix de l'emplacement des éoliennes est appelée : méthode de réduction successive du territoire. Cette démarche est illustrée par l'exemple suivant.

Cinq sites potentiels ont ainsi été envisagés au Québec par le promoteur, soit les Boules, Baie-des-Sables, Matane, Cap-Chat et Sainte-Anne-des-Monts.

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

Le tableau 5 présente leur localisation.

Une caractérisation générale de la région a été faite par le promoteur, afin d'évaluer plus précisément le potentiel d'accueil de chacun des sites envisagés.

À cette étape de sa démarche, le promoteur a évalué plus spécifiquement chacun des sites, afin d'éliminer ceux qui ne seraient pas jugés désirables. La comparaison a porté sur l'évaluation de critères environnementaux pour les phases de construction, d'implantation et d'exploitation. Elle est également basée sur des critères techno-économiques, soit la facilité d'aménagement, l'accessibilité, le raccordement au réseau d'Hydro-Québec ainsi que sur les potentiels éoliens. Le tableau 5 présente le rang des sites pour chacun de ces critères, le rang 1 étant le site le plus intéressant et le rang 5, le moins intéressant. Sur le plan environnemental, le site Baie-des Sables se démarquait des quatre autres sites et paraissait beaucoup moins favorable à l'implantation d'un parc éolien. Il a donc été éliminé par le promoteur. Les sites retenus ont été Matane, Cap-Chat, Sainte-Anne-des Monts et les Boules.

Tableau 5 Ordonnement des sites envisagés

Critères	Sites envisagés				
	Cap-Chat	Matane	Baie-des-Sables	Les Boules	Sainte-Anne-des – Monts
Environnemental	1	2	5	4	2
Techno-économique	4	3	2	1	5
Potentiel éolien	3	1	5	5	3
Évaluation globale	2	1	5	4	4
Niveau d'intérêt	Élevé	Élevé	Faible	Moyen	Moyen

Source: BAPE

2.1.3.3 L'emplacement des éoliennes

Une caractérisation spécifique de chacun des sites retenus a été faite par le promoteur, afin d'évaluer les résistances du milieu à l'implantation d'éoliennes et de lui permettre d'exercer un choix. Le tableau 5 présente les principales caractéristiques physiques, biologiques, et humaines de chaque site.

Au départ, le promoteur a procédé à une analyse des résistances du milieu sur le plan environnemental et technique. Par la suite, il a effectué une analyse du potentiel d'accueil environnemental à l'aide de l'étude des résistances, des caractéristiques de vents et des particularités topographiques des lieux. Conséquemment, grâce à l'analyse des impacts traitée dans une section suivante, le promoteur a déterminé, à l'intérieur des quatre sites retenus, 282 emplacements potentiels pour l'implantation des éoliennes.

2.1.4 La taille du projet/du terrain

Si nous prenons l'exemple du projet Le Nordais qui visait l'implantation de plus d'une centaine d'éoliennes dont la puissance installée a atteint 100 MW sans tenir compte de la fluctuation des vents et ainsi respecter les engagements du promoteur à procurer une puissance souscrite de 40.6 MW en vertu des deux contrats signés avec Hydro-Québec.

Le projet comporte actuellement 282 emplacements potentiels d'éoliennes par lesquels le promoteur sollicite une autorisation (M. Richard F. Legault, séance du 5 novembre 1996, en après-midi, p 30).

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

Lorsque le promoteur prévoyait utiliser des éoliennes du type KVS-33, il comptait installait environ 384 éoliennes parmi 764 emplacements étudiés à l'époque (document déposé PR3.1). Avec le modèle d'éoliennes de type KVS-45, la société en commandite KW Gaspé prévoyait avoir besoin d'environ 200 éoliennes sur les 282 emplacements considérées (document déposé PR 3.6, p.1-3).

À la suite du changement de modèle des éoliennes de type M1500, ce besoin passait à environ 150 éoliennes (M. Richard F. Legault, séance du 4 novembre 1996, p. 24). En audience publique, différents chiffres ont été avancés dans le but de préciser le nombre d'éoliennes à implanter selon les besoins du promoteur, soit 150, 140, 110, et 90 (M. Richard F. Legault, séance du 5 novembre 1996, en après-midi, p.30). Selon le contrat d'achat, il est important de fournir un minimum de puissance nécessaire, soit 40.6 MW et de ne pas dépasser un maximum de puissance fournie à Hydro-Québec (environ 130 MW) sous peine de devoir payer des pénalités dans le premier cas ou de n'être pas payé pour les MW produits en surplus dans le deuxième cas (M. Richard F. Legault, séance du 6 novembre 1996, p. 112-113). Le promoteur clarifie la situation de cette façon :

(...) nous, ce qui nous importe vraiment, c'est de s'assurer qu'on ne tombe jamais en deçà de la plage minimum d'énergie à livrer annuellement et jamais au-delà de la plage maximale. Il faudra donc arriver à un chiffre maximum, et ce chiffre-là se situe autour de 150 éoliennes.

(M. Richard F. Legault, séance du 6 novembre 1996, p.112-113)

Puisque la majorité des terrains sur lesquels seraient implantées les éoliennes sont situés en zone agricole, le promoteur devra obtenir les autorisations prévues dans la *Loi sur la protection agricole* (L.R.Q., c. P-41.1). De plus, il devra obtenir, au préalable, le consentement de chacun des propriétaires visés. Ainsi, deux contrats sont en cause. Le premier, intitulé *contrat d'octroi d'option* engage à la signature du deuxième contrat, soit le *contrat d'acte de propriété superficielle*, si le site est favorable à l'implantation d'éoliennes (M.Richard F. Legault, séance du 4 novembre 1996, P. 79). Le contrat de droit superficiaire accorde au promoteur le droit d'ériger, sur la propriété privée du propriétaire, l'équipement et les infrastructures nécessaires à l'établissement du projet, ainsi que les droits ou servitudes qui lui permettront d'exercer son titre de propriétaire superficiaire (document déposé PR3, P. 9-14).

2.1.5 L'accès au site

Comme principal équipement, le parc d'éoliennes comprend les éoliennes et leurs fondations, chacune étant munie d'un transformateur pour augmenter sa puissance d'exploitation, ainsi que des infrastructures connexes : des tours anémomètres, un bâtiment de service, des chemins d'accès et de service en terre battue ou en gravier, des conduits souterrains et aériens et deux postes de raccordement au réseau d'Hydro-Québec (M.Richard F. Legault, séance du 4 novembre 1996, P. 23-24). Une schématisée du parc avec son équipement principal et ses infrastructures est présentée à la figure 7.

La nacelle du rotor contient toutes les composantes opérationnelles des éoliennes : les systèmes de contrôle, les générateurs et les engrenages. Les fondations souterraines

excéderaient de 50 cm au-dessus du sol et occuperaient une surface sous terre de 100 m² (M. Richard F. Legault, séance du 4 novembre 1996, P. 24 et document déposé PR 3.6, P. 2-9). Les anémomètres, instruments de mesure et d'enregistrement de la vitesse et de la direction des vents, sont d'une hauteur de 42.7 m. Leur nombre dépend des caractéristiques du terrain et de l'étendue du parc, mais une vingtaine environ serait nécessaire. L'information recueillie par les anémomètres serait transmise par un système de communication, au centre de contrôle et aux turbines, afin d'assurer leur orientation par rapport au vent, de même que le démarrage et l'arrêt automatique des éoliennes selon la vitesse du vent. Le réseau de câbles de communication souterrains et aériens serait placé dans les mêmes tranchées ou sur les mêmes poteaux que les câbles électriques (document déposé PR3, P. 9-2 à 9-6).

La surveillance des activités quotidiennes du parc s'effectuerait à distance, de façon indépendante et automatique, au moyen d'un système qui permet la télésurveillance et un contrôle informatisé des éoliennes (document déposé PR3, P. 9-12). Un personnel qualifié doit être embauché dans les domaines de l'électricité, de l'électronique et de la mécanique pour l'exploitation et l'entretien des parcs éoliens (document déposé PR3, P. 3-12).

L'énergie produite par chaque éolienne serait acheminée à son transformateur, puis au poste de raccordement d'Hydro-Québec par le réseau de câbles électriques. En général, s'ils sont situés sur une propriété privée, ces câbles seraient enfouis. Le long des routes publiques, le promoteur prévoit l'installation de fils aériens. Les routes déjà

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

existantes seraient utilisées comme chemin d'accès. Tandis que des chemins de services d'une largeur n'excédant pas 3.6 m, seraient construits pour accéder aux emplacements des éoliennes (document déposé DA15, P.2). Le bâtiment de service sert de lieu d'entreposage pour les véhicules et les pièces de rechange, d'atelier pour les réparations mineures, de lieu de repos pour les travailleurs et il abrite les systèmes de régulation et de communication du parc éolien (document déposé PR3, P. 9-2 à 9-6) Le tableau 7 présente la quantité d'équipement et la longueur des infrastructures jugées nécessaires pour chacun des sites retenus par le promoteur.

Dans le cadre du projet, des activités de déboisement seraient nécessaires afin d'aménager les chemins de service et les aires nécessaires pour l'implantation des éoliennes. De plus, puisque les obstacles provoquent des turbulences et affectent la production énergétique, il importe de couper, en amont et en aval des éoliennes, les arbres dont la hauteur est problématique. Quant à elle la base de l'éolienne nécessiteraient 240 m² de superficie déboisée pour assurer la construction et l'entretien. Ainsi, cet espace serait mobilisé pour l'utilisation d'équipement diversifié et de techniques de construction qui nécessitent un endroit pour l'entreposage, l'assemblage et le levage des structures (documents déposés PR3, P. 9-6 à 9-11 et PR3.6, P.2-8 et 2-9). Finalement, le promoteur a prévu conserver une distance minimale de 350 m entre l'emplacement d'une éolienne et un bâtiment habité, afin d'éviter aux résidants les perturbations liées à un environnement sonore désagréable (document déposé PR3, P. 8-17).

Selon le promoteur, l'échéancier serré de réalisation du projet s'étendrait sur 10 mois et ce, à partir du printemps 1997. Le promoteur prévoyait avoir terminé à la fin du

mois de décembre 1997 et être en mesure d'exploiter à ce moment (document déposé PR3.6, P.2-8 ; M. Richard F. Legault, séance du 6 novembre 1996, P. 49). Le coût de construction du projet Le Nordais est évalué à un peu plus de 148 millions de dollars, dont près de 93 millions de retombées pour le Québec. Le projet permettrait la création d'emplois pour la province, équivalent à 1000 années-personnes durant la construction, alors que l'exploitation du parc procurerait de l'emploi durant 25 ans à une vingtaine de personnes de la région gaspésienne (documents déposés DA1 et DA5 et M Richard F. Legault, séance du 4 novembre 1995, P. 50).

Au terme des contrats, la société en commandite KW Gaspé prévoit le démantèlement de toutes les installations de surface et la restauration des sites perturbés, à moins qu'un renouvellement de contrat avec Hydro-Québec ne soit possible (document déposé PR3, P.9-12).

2.2 Les facteurs environnementaux

À la suite de la conférence de Kyoto visant l'amélioration de la qualité de l'air, le Canada s'est engagé à réduire d'environ 6% ses émissions de gaz à effet de serre d'ici à l'an 2012, engagement qu'il a réitéré lors de la rencontre qui s'est déroulée à Bonn à l'été 2001.

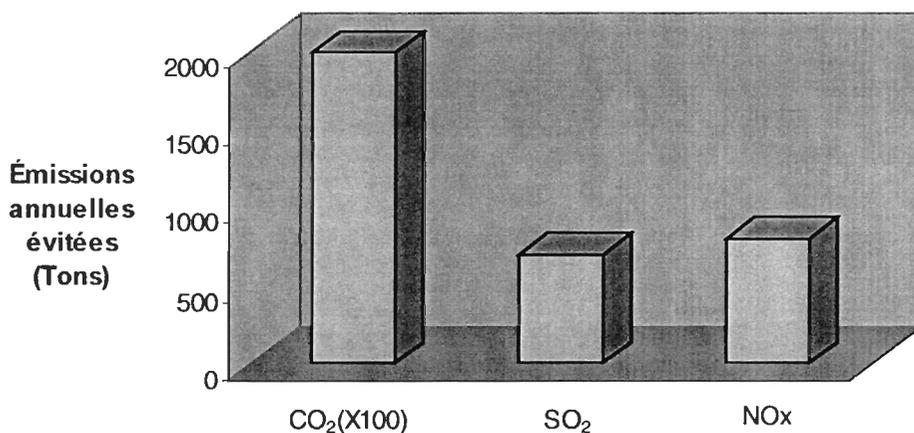
Dans ce même ordre d'idées, le gouvernement du Québec, dans son « plan d'action québécois 2000-2002 sur les changements climatiques » entendait notamment

favoriser les énergies renouvelables pour lutter contre les émissions de gaz à effet de serre.

Ainsi, en plus de la ressource hydroélectrique, le développement d'autres formes d'énergie renouvelable, dont l'éolien figure parmi les priorités du gouvernement pour les prochaines années.

Figure 6 Bénéfices environnementaux

Un parc éolien permet d'éviter les émissions atmosphériques dégagées par une centrale au combustible fossile.



Source : Données de la USEPA pour une centrale de 100 MW

Bien que l'installation d'éoliennes présente généralement peu d'impact sur l'environnement, cet aspect ne doit pas être négligé pour autant.

En conséquence, il n'est pas étonnant que le BAPE ait relevé quelques impacts considérés comme importants et ayant fait l'objet des plus grandes préoccupations de la population. En ordre décroissant d'importance, ces impacts principaux sont les suivants :

2.2.1 L'impact visuel

Il est qualifié de majeur et reste la principale source d'opposition au projet.

« Le champ visuel constitue la répercussion la plus importante. Cette filière doit composer avec le paradoxe que l'énergie produite par le vent bénéficie d'un large soutien de la part du public, mais que cet appui s'effrite lorsque les impacts locaux deviennent plus évidents » (BAPE, 1997, P.117).

C'est ce qui s'est produit avec les résidants du périmètre de Cap-Chat, l'un des plus exposés et visibles de l'avis même des promoteurs, dont la majorité était opposée au projet, ainsi qu'à Matane dans une moindre mesure.

La difficulté à évaluer ce genre d'impact est liée à la nature hautement subjective de l'appréciation qu'on pourrait tenter d'en faire. Les promoteurs ont essayé d'évaluer la résistance des paysages à l'implantation des éoliennes, en définissant par exemple la capacité de ceux-ci à dissimuler l'équipement :

La capacité d'absorption définit la capacité de l'unité de paysage à dissimuler de l'équipement. Elle est basée sur le relief et la présence de végétation. La capacité d'absorption ne permet pas de différencier les trois sites de Cap-Chat, Matane et les Boules.

La capacité d'insertion définit la capacité du paysage à intégrer le nouvel équipement sans que son caractère en soit dénaturé. Elle est basée sur l'existence de structures similaires (pylônes, tours), sur le caractère du paysage et la complémentarité de

l'équipement avec celui-ci. Ce dernier facteur prend un poids considérable dans l'analyse puisque, lui aussi, prend en considération la présence de relief et de végétation, ainsi que l'existence d'autres structures.

Ainsi, il apparaît à la commission que certains paysages, qui font l'objet d'une très forte valorisation du point de vue esthétique de la part du promoteur et des résidents, seraient également ceux qui, aux dires du promoteur, permettraient la meilleure intégration des parcs éoliens. La commission constate, par ailleurs, que la méthode utilisée ne permet pas vraiment de discriminer les sites puisque, à part le secteur et du périmètre de Les Boules, les principales unités de paysage visées par l'implantation du parc éolien dans chaque périmètre obtiennent des côtes globales très similaires.

Le recours à des éoliennes esthétiquement acceptables et de couleur blanche, distantes entre elles ou des habitations d'au moins 350 mètres, ainsi que la possibilité de valoriser ces installations sur le plan touristique semblent être finalement les seules solutions concrètes envisageables dans le cadre de ce projet. Pour beaucoup de participants et d'intervenants, les impacts visuels sont importants mais ne sauraient constituer «un motif suffisant pour refuser un projet de cette envergure. Pour l'ensemble des intervenants socio-économiques, il s'agit d'un choix qui ne devrait pas être subordonné à une question de perception ou de goût » (BAPE, 1997, P.120).

2.2.2 Les impacts sur le climat sonore

Quant au bruit généré par l'éolienne moderne, celle-ci, contrairement à la croyance populaire, ne produit pas plus de bruit que celui du vent dans les grands pylônes électriques. Sur une échelle allant de 0 à 150, où 0 correspond au bruit d'une feuille d'arbre qui tombe, et 150 à celui d'un avion à réaction, le bruit produit par une éolienne se situe au environs de 50. De plus, puisque l'oreille humaine est moins sensible aux sons graves, une éolienne qui se trouve à une distance de 300 mètres produira un bruit comparable à celui d'un vent de 35 km/h dans les feuilles d'un arbre. En outre, l'amélioration de l'aérodynamisme de l'éolienne dans son ensemble de même que l'insonorisation de la nacelle ont permis de réduire considérablement le bruit émis par l'éolienne.

2.2.3 les impacts sur la faune

En ce qui concerne les oiseaux, deux aspects distincts sont à prendre en considération. Le premier, auquel chacun pense immédiatement, est celui des collisions entraînant dans la quasi-totalité des cas, la mort des oiseaux. Le second relève de ce que l'on pourrait appeler l'effet « épouvantail ». Celui-ci comporte un côté positif dans la mesure où il permet éventuellement à un oiseau d'éviter une collision mais il peut également entraîner l'éloignement des populations d'oiseaux par rapport aux éoliennes. Ceci concerne non seulement les oiseaux qui occupent normalement les lieux en tant que

sites de nidification, mais aussi ceux pour qui ces sites ne constituent que des sites d'alimentation ou de repos.

Les publications internationales considèrent que la présence des éoliennes peut constituer une menace pour les oiseaux dans un certain nombre de cas particuliers, tels que la présence de couloirs de migration. L'analyse de leur impact constitue dès lors un élément de la prise de décision en matière d'implantation des éoliennes. Par ailleurs, on peut observer certains effets négatifs, permanents ou temporaires, selon la nature des perturbations, le degré d'adaptation ou les possibilités de déménagement (pour les oiseaux). Toutefois, ces effets semblent être très limités. Ainsi, et concernant les migrations de jour, on peut observer une modification de trajectoire de vol jusqu'à 100 mètres avant la première éolienne. Cette distance tombe de 20 mètres lors des migrations de nuit. Plusieurs études montrent que les oiseaux qui migrent la nuit volent à une altitude suffisante pour éviter les éoliennes. D'autres études suggèrent que les oiseaux migrateurs modifient leur itinéraire pour éviter complètement le parc. La déviation observée est en général de 300 à 350 mètres par rapport à l'itinéraire initial. Dans de nombreux cas, les victimes de collisions semblent peu nombreuses, non seulement dans l'absolu mais aussi par comparaison avec les victimes qui se sont heurtées à d'autres constructions ou activités humaines. Le taux de mortalité dû aux éoliennes se situe entre 0 et 2 oiseaux par éolienne et par an.

2.2.4 Identification des parties prenantes

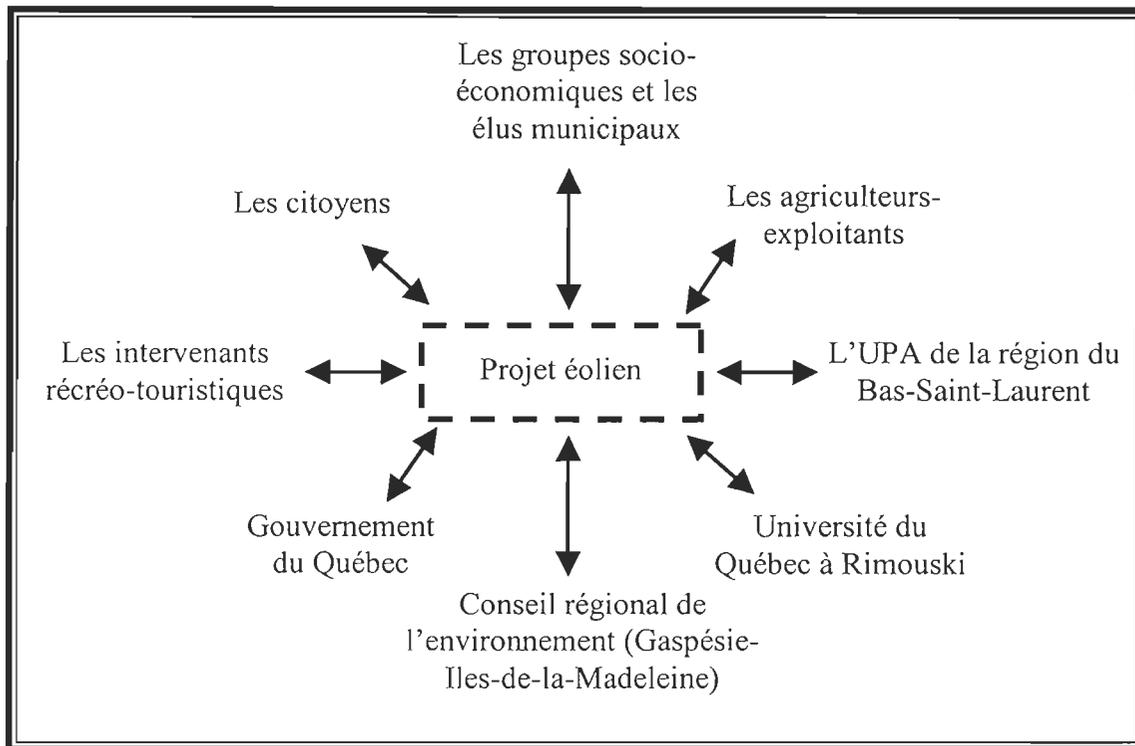
Pour bien comprendre les interactions entre les parties prenantes et les projets, il importe de définir selon Donalson *et al.*ⁱ les parties prenantes qui sont : «les individus ou les groupes d'individus bénéficiant des avantages ou des inconvénients présents ou éventuels conséquents à l'action ou à l'inaction de l'entreprise.» L'identification des parties prenantes sera basée sur cette définition. Mais auparavant, afin de mieux identifier les parties prenantes, il y aura description des principaux enjeux ou facteurs pouvant favoriser ou non l'implantation d'un parc d'éoliennes dans les régions de la Gaspésie et du Bas-St-Laurent.

L'identification des parties prenantes se fera essentiellement par leur appellation ou par leur groupe d'appartenance et sera suivie d'une courte définition de leurs besoins, la figure 6 dévoile une vue d'ensemble des parties prenantes.

ⁱ MERCIER. *L'apport de la théorie des parties prenantes au management stratégique : une synthèse de la littérature*, juin 2001.

Figure 7

Vue d'ensemble des parties prenantes



Les citoyens

Pour les citoyens, les avis sont partagés mais la tendance est contre l'implantation d'éoliennes tout près de leurs maisons. En effet, leurs principales préoccupations concernent la dégradation visuelle du paysage, la qualité de vie, la sécurité publique et la santé, la peur du bruit et l'impact sur les habitats naturels. Certains apportent aussi le fait que la construction d'un parc éolien à proximité des maisons puisse provoquer une dévaluation importante des propriétés à l'intérieur du périmètre d'installation. Pour les plus positifs, l'espoir de la naissance de nouvelles industries est un moyen de retenir les jeunes en région. Certaines personnes déplorent aussi le manque de communication et de consultation des promoteurs concernant le projet.

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

Les groupes socio-économiques et les élus municipaux

Les gens d'affaires sont favorables dans l'ensemble au projet. En effet, ils voient là une occasion de s'accaparer du leadership de l'industrie et une occasion de revitaliser l'économie locale et régionale. Des entreprises sont même prêtes à conclure des ententes de partenariat, par exemple l'entreprise Verreault Navigation. Cependant, le milieu socio-économique voudrait que le projet permette de développer une expertise locale dans le domaine éolien afin de garantir des emplois à long terme dans la région et d'assurer le maximum de retombées économiques.

En ce qui concerne les municipalités, certaines ont adopté des résolutions pour appuyer le projet Le Nordais et considèrent que les sommes et les redevances versées aux propriétaires fonciers constituent un apport économique à la région.

Les intervenants récréo-touristiques

Le milieu est divisé. Pour certains, le projet Le Nordais représente un fort potentiel touristique. Alors que pour d'autres, il représente une nuisance qui fera fuir les touristes et nuira même à la viabilité de certains projets dans le secteur avoisinant les éoliennes.

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

Les agriculteurs-exploitants agricoles

Dans l'ensemble, ils sont contre l'installation d'éoliennes sur l'ensemble des terres cultivables, car une éolienne dans un champ est une nuisance aux travaux agricoles (pertes de terrain, contournement de la structure, destruction des récoltes lors des travaux et la construction de chemins d'accès, etc.) et peut ainsi avoir un impact sur les pratiques dans ce domaine (temps, bris de marche, etc.).

L'UPA de la région du Bas-Saint-Laurent

L'organisme est en faveur du projet dans la mesure où celui-ci ne nuit pas à l'agriculture.

Conseil régional de l'environnement (Gaspésie-Iles-de-la-Madeleine)

Dans la mesure où le Québec est autosuffisant au niveau énergétique, l'ajout de cette nouvelle source de production d'énergie devrait permettre la fermeture de certaines centrales thermiques ou nucléaires.

Cependant, le groupe s'inquiète du futur démantèlement du site après sa durée de vie utile estimée à 25 ans et suggère alors la création d'un fond spécial destiné à remettre le site à son état d'origine. De plus, ce dernier propose une approche de développement durable pour le déboisement des sites éoliens.

Gouvernement du Québec

Comme mentionné plutôt dans la liste des enjeux, le gouvernement explique son appui de deux façons : premièrement faire la mise en application de sa politique de développement durable et, deuxièmement, concrétiser sa politique de diversification du portefeuille énergétique par Hydro-Québec. De plus, le milieu de l'éducation est prêt à développer et à fournir des programmes de formation continue en vue d'assurer une relève compétente.

Université du Québec à Rimouski

L'Université du Québec à Rimouski (UQAR) a toujours été impliquée dans le développement éolien et ce, à divers degrés. Elle a agi soit à titre de conseillère non officielle pour la population Matanaise et Cap-Choise, soit à titre d'intéressée par le développement d'une expertise dans le domaine de l'éolien pour son nouveau programme en génie. Il faut d'ailleurs souligner que l'UQAR est l'une des trois seules entités au Québec à posséder une spécialité dans la caractérisation des vents pour tout le Québec. Donc, pour l'UQAR, l'arrivée d'un parc éolien est tout à fait souhaitable et riche en opportunités de rayonnement.

2.3 Les facteurs économiques

2.3.1 Les retombées économiques de la construction des parcs d'éoliennes.

Le type de retombées

De façon classique, trois éléments constituent les retombées économiques d'un nouveau projet ou d'un nouvel investissement : les retombées directes et les retombées induites. Ces retombées identifient le nombre de travailleurs équivalent à plein temps en personnes-années, la valeur ajoutée et ses composantes salaires et autres revenus ainsi que les revenus fiscaux.

Durant la phase construction, les retombées directes sont constituées des salaires et avantages versés aux travailleurs et professionnels sur le chantier ainsi que les autres revenus des entreprises qui oeuvrent sur le chantier. Or, il est possible pour le tableau interindustriel de distinguer les emplois qui, dans le cadre d'un contrat, seront sur le site et ceux qui seront dans les bureaux du constructeur. Ainsi, tous les contrats donnés à des constructeurs ou à des firmes d'ingénieurs ou d'architectes sont considérés par le modèle comme des effets indirects. Nous devons donc interpréter le modèle et allouer aux effets directs la plus grande partie de ce type de contrats. Pour la phase d'exploitation, les salaires et gages versés aux travailleurs de l'entreprise et les autres revenus de l'entreprise (amortissement, profit) constituent les effets directs. Ces analyses identifient aussi les retombées fiscales de ces masses salariales et de ces autres revenus.

Les retombées indirectes sont constituées du nombre de travailleurs équivalent à plein temps (en personnes-années), des salaires et gages et des autres revenus¹ liés aux achats de biens et services nécessaires à la construction du projet et qui ne sont pas sur le site. Ces retombées incluent aussi les retombées fiscales des gouvernements. En phase d'exploitation, les retombées indirectes sont les mêmes éléments concernant les achats de biens et services nécessaires aux opérations de l'entreprise. Par exemple, en phases de construction on aura besoin d'acheter des biens et services de toutes sortes produits par d'autres entreprises (bois de construction, tour, éoliennes, graviers, etc.). Les montants des achats que nous allons faire dans chacune de ces entreprises incluent des salaires et autres rémunérations de cette entreprise. La somme des salaires et des autres rémunérations que nous allons générer par nos achats dans l'ensemble des entreprises de qui nous allons acheter constitue les retombées indirectes. Il en va de même en phase d'exploitation.

Enfin, il y a les retombées induites. Les salaires directs et indirects (nets d'impôt) calculés précédemment vont à leur tour être dépensés par les ménages en achats de biens et services de toutes sortes (en tenant compte des taux moyens d'épargne des ménages québécois) et donc générer à leur tour des salaires et d'autres rémunérations. La somme de ces salaires et autres rémunérations et le nombre de travailleurs impliqués, ainsi que

¹ Les autres revenus sont définis par rapport à la notion de valeur ajoutée. En économie et en comptabilité nationale, la notion de valeur ajoutée se distingue de la valeur des ventes ou du chiffre d'affaires d'une entreprise dans la mesure où elle exclut la valeur des achats de biens et services achetés à l'extérieur de l'entreprise. En fait, on dit que la valeur ajoutée est constituée de la rémunération des facteurs propres de l'entreprise (travailleurs, gérance, entrepreneur, capital), donc des salaires et des autres revenus (soit la rémunération du capital et les profits).

les revenus fiscaux provenant de ces travailleurs et de ces entreprises, constituent les retombées induites.

Les retombées économiques totales d'un projet sont donc la somme des retombées directes, des retombées indirectes et des retombées induites du projet.

Exemple d'un parc de 1000 MW

Tableau 6: parcs éoliens – 1000 MW

Ventilation des coûts de construction (\$ can. 2004)

Le tableau 6 présente les paramètres de coûts pour la construction des projets de 1000 MW. Au total, le coût de construction des projets (en incluant les équipements) s'élèvera à 1.656 milliards de dollars. Environ 75% de ce montant représente la valeur de la valeur des éoliennes comme telles (incluant le transport et l'érection) alors que les coûts de développement et surtout les coûts de construction proprement dits en représentent 25%. Les éoliennes sont présentement fabriquées à l'étranger, cependant l'assemblage des turbines, la fabrication des tours et des pâles ainsi que de certaines autres composantes, de même que le transport pourront être réalisés au Québec. Le contenu québécois équivaldra ainsi à environ 50% du coût des éoliennes. En ce qui concerne le coût de la construction et du développement, Hélimax estime que la main d'œuvre nécessaire est une partie importante des produits entrant dans la construction proviendront du Québec : dans ce cas, le pourcentage de contenu québécois se situera à environ 85%. Pour l'ensemble de la construction, du développement et des équipements, c'est 60% du coût total (soit environ 990 millions de dollars) qui serviront à acheter des

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

produits et des services au Québec ou à payer des salaires à des travailleurs québécois.

L'analyse des retombées économiques directes, indirectes et induites de la construction des parcs d'éoliennes s'est faite à partir de ces paramètres.

Composantes	Coûts unitaires \$000 ⁱ	Total premier scénario \$000	Pourcentage québécois 1 ^{er} scénario	Dépenses Au Québec \$000
1. Ingénierie et gestion	74	37 000	100	37 000
2. Dépenses tangibles				
A. Éoliennes				
A.1 Turbine et syst. de cnt.	1 483	741 500	20	148 300
A.2 Tours	342	171 000	100	171 000
A.3 Pales	372	186 000	100	186 000
A.4 Mise en service	Incl.	Incl.	Incl.	Incl.
A.5 Érection	149	74 500	100	74 500
A.6 Transport	89	44 500	80	35 600
A.7 Version nordique	45	22 500	70	15 750
B. Travaux civils				
B.1 Chemin d'accès, aire pour grue et entreposage	56	28 000	100	28 000
B.2 Tranchées pour les câbles	38	19 000	100	18 000
B.3 Bâtiment pour le poste électrique et les contrôles	9	4 500	100	4 500
B.4 Fondations (turbine et transformateur)	136	68 000	100	68 000
B.5 Paysagement	4	2 000	100	200
C. Équipement et câblage de la turbine				
C.1 Terminaisons électriques	11	5 500	100	5 500
C.2 Boîte de couplage et « switchgear »	84	42 000	70	29 400
C.3 Câbles moyenne tension	12	6 000	100	6 000
C.4 Transformateur de	38	19 000	100	19 000

ⁱ Par éolienne de 2 MW de puissance nominale.

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

puissance				
D. Raccordement au réseau				
D.1 Poste électrique	63	31 500	70	22 050
D.2 Ligne de surface	32	16 000	100	16 000
D.3 Communication	6	3 000	75	2 250
E. Contrôles				
E.1 SCADA	Incl.	Incl.	Incl.	Incl.
E.2 Tour anémométrique permanente	19	9 500	95	9 025
F. Autres dépenses tangibles				
F.1 Inventaire initial de pièces	6	3 000	30	900
F.2 Formation	3	1 500	90	1 350
F.3 Balisage	2	1 000	50	500
3. Dépenses non tangibles	162	81 000	90	72 900
G.1 Frais de développement				
G.2 Frais légaux				
G.3 Frais de financement				
G.4 Caution, assurance, devise				
4. Contingence	76	38 000	50	19 000
Total	3,313	1 655 500	60,0	990 725

Source : Hélimax Énergie

2.3.2 Les retombées sur l'ensemble du Québec

Les retombées directes

La construction de parcs d'éoliennes devrait générer des dépenses totales de l'ordre de 1,656 milliards de dollars (dollars canadiens 2004). Ces dépenses seront constituées, comme on le voit dans le tableau précédent, du coût des turbines, des tours,

des systèmes de contrôle, des systèmes de raccordement, des travaux de préparation du terrain, etc.

Au total, la construction de ces huit parcs devrait créer 1 378 emplois (personnes-années). Les salaires versés à ces travailleurs seront de 53 millions de dollars. En plus des salaires, l'activité de construction rémunérera les autres facteurs de production des entrepreneurs intervenant sur les chantiers, soit la rémunération du capital et les profits potentiels. Au total, ces autres revenus directs s'élèveront à 33 millions de dollars.

Les gouvernements, pour leur part, prélèveront au niveau provincial environ 12,3 millions de dollars en fiscalité et parafiscalité et au niveau fédéral, quelques 5,8 millions de dollars.

Les retombées indirectes

Dans ce genre de projet de construction, les retombées indirectes sont souvent beaucoup plus importantes que les retombées directes. Les achats de bien et services des premiers et deuxièmes fournisseurs sont souvent plus importants que l'activité de construction elle-même. C'est le cas ici. A partir des retombées directes, le modèle interindustriel du Québec génère des retombées indirectes de premier et deuxième niveau de plus de 5 fois les retombées directes. Ainsi, le nombre de travailleurs générés par les effets indirects sera de 7 706 travailleurs à plein temps pour une année. Les salaires versés à ces travailleurs seront de 286,7 millions de dollars et les autres revenus de 226 millions de dollars. Du point de vue fiscal, le gouvernement du Québec percevra en

fiscalité, parafiscalité et en taxes des activités indirectes quelques 84 millions de dollars et le gouvernement fédéral, quelques 38 millions de dollars.

Dans le cas des retombées indirectes, le nombre d'activités impliquées dans l'ensemble du Québec est beaucoup plus grand que dans le cas des retombées directes. Nous y retrouvons les achats de bois de construction, les achats de fer et d'acier, les achats de produits métalliques divers, les achats de matériel électrique divers, et le transport par camion.

Les retombées induites

Comme nous l'avons mentionné dans le préambule, les effets directs et les effets indirects engendrent à leur tour, via les salaires (et donc la dépense des ménages), des effets induits. Dans le cas du premier scénario, les retombées induites sur l'ensemble du Québec seront, en termes de valeur ajoutée, de l'ordre de 139 millions de dollars dont 55 millions de dollars en salaires et 84 millions de dollars en autres revenus. Ces effets induits généreront quelques 2 028 emplois.

Les retombées totales de la construction des parcs d'éoliennes

Au total, les retombées économiques de la construction des parcs d'éoliennes sont donc très importantes. Dans ce cas, elles permettront de générer dans l'ensemble du Québec une valeur ajoutée totale de l'ordre de 738,9 millions de dollars, dont 395 millions de dollars en salaires et 345,9 millions de dollars en autres revenus. Cette

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

construction nécessitera quelque 11 112 emplois à temps plein durant la période de construction. Les gouvernements percevront durant cette période quelque 158 millions de dollars en fiscalité directe et en para fiscalité, soit 110 millions de dollars au provincial et 48 millions de dollars au fédéral. Pour la liste des principaux secteurs générant les impacts directs et indirects.

Le tableau 7 présente les différents éléments de ces retombées économiques tels qu'estimés par le modèle interindustriel du Québec.

Tableau 7 : Impact économique sur l'ensemble du Québec de la construction de 500 éoliennes dans huit parcs totalisant 1000 MW

Catégorie	Effets directs	Effets indirects	Effets induits	Effets Totaux
Main d'œuvre (personne année)	1 378	7 706	2 028	11 111
Valeur ajoutée (coût des facteurs) \$000	86 283	513 438	139 267	738 988
Salaire et gages avant impôt \$000	53 071	286 784	55 158	395 013
Autres revenus bruts \$000	33 212	226 654	84 109	343 975
Taxes indirectes	-	9 013	2 906	11 919
Subventions	-	-	-	-
Importations	-	1 006 614	78 070	1 084 684
Revenus gouvernement Québec				
Dont : impôts sur les salaires et gages \$000	4 826	30 122	4 648	39 596
Taxes de vente \$000	-	1 452	100	1 552
Taxes spécifiques \$000	-	5 037	70	5 107
Parafiscalité %000	7 549	47 773	9 062	64 384

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

Revenus gouvernement fédéral :				
Dont :impôt sur les salaires \$000	3 718	23 241	3 674	30 633
Taxes de ventes \$000	-	772	86	858
Taxes d'accises \$000	-	1 751	33	1 784
Parafiscalité \$000	2 100	13 160	2 619	17 879

Source de base : Institut de la Statistique du Québec

CHAPITRE 3

ÉTUDE EXPLORATOIRE SUR LES FACTEURS DE LOCALISATION DES PROJETS ÉOLIENS

Après une revue de littérature sur les critères d'aide à la localisation d'un parc éolien, nous avons remarqué que rares sont les écrits qui abordent, de manière instrumentale, la méthodologie multicritère d'aide à la localisation d'un parc éolien.

Cette étude comporte donc un volet exploratoire évident et, pour ce faire, nous avons cherché à valider, auprès de praticiens dans le domaine, un certain nombre de critères jugés pertinents à la localisation d'un parc éolien. Cette étude exploratoire permettra notamment, et selon les avis des experts interrogés, de classer par ordre d'importance les critères d'aide à la localisation d'un parc éolien.

Cependant, pour valider nos propositions, il fallait consulter les experts dans le domaine éolien. Les détails de la méthodologie suivie dans cette démarche sont présentés dans les paragraphes suivants.

D'abord, notre travail consistait à étudier les différents critères d'aide à la localisation d'un parc éolien. Nous devrions nous efforcer de définir les caractéristiques pour chaque critère à savoir les critères techniques, environnementaux et économiques.

Ensuite, le passage d'une étape à la suivante dépendait de la cohérence entre les décisions méthodologiques prises aux étapes précédentes. Conséquemment, le choix d'une approche appropriée, la nature des instruments de cueillette de l'information et la façon de les utiliser en regard de la nature de la grille d'entrevue, la détermination du profil des répondants, sont autant de paramètres que nous avons explorés et qui sont à la base de la prise de nos décisions méthodologiques.

C'est donc dans la logique de cette démarche que nous avons ciblé les entreprises spécialisées dans l'éolienne et particulièrement dans la recherche de parcs éoliens au Québec.

3.1 Profil des répondants

Nous avons choisi d'expérimenter l'ensemble de la démarche auprès de 6 entreprises spécialisées dans le domaine éolien plus précisément dans la recherche de sites éoliens.

Les répondants de notre étude sont des spécialistes dans le domaine éolien spécifiquement dans la recherche de site éolien. Ils sont chargés de plusieurs projets et

sont actuellement en contact avec le terrain dans la mesure où ils font des prospections et identifications de zones favorables pour un parc éolien.

Plus spécifiquement, il s'agit des cadres de l'entreprise qui doivent prioriser les idées de projets, participent aux activités de développement d'un projet éolien dont : la recherche et le choix d'un site pour l'implantation d'éoliennes.

Ces décideurs ont été personnellement avisés par nos soins du respect de la confidentialité de leurs données.

3.2 L'instrument de cueillette

Pour consulter les gestionnaires de projet, une grille d'entrevue a été élaborée qui se divise en deux parties. La première concerne les renseignements sur l'organisation interrogée, la description de ses pratiques actuelles et la manière dont elle procède actuellement dans le choix de site.

La deuxième partie vise à valider puis à évaluer l'importance des différents facteurs techniques, environnementaux et économiques.

On trouvera les grilles d'entrevues aux annexes 3 à 8.

3.3 Analyse des résultats

Avant d'analyser les renseignements fournis par les répondants, notons que les gestionnaires ont répondu à toutes les questions posées dans la grille d'entrevue.

Les résultats seront présentés selon la logique même de la grille d'entrevue.

3.3.1 Domaine et taille

La taille des organisations participant à l'enquête peut être abordée par les informations suivantes : le chiffre d'affaires approximatif et l'effectif.

Selon les renseignements fournis par la majorité des entreprises, il y a un large éventail quant à leur taille, la plus grande étant une entreprise avec un chiffre d'affaires de 35 millions de dollars par an et un effectif de 300 employés et la plus petite avec 6 employés.

3.3.2 Description des pratiques actuelles dans le choix de site.

En répondant à la question est-ce que c'est vous même qui faites le choix de site?

Les réponses sont les suivantes :

Répondants	Est-ce que c'est vous même qui faites le choix de sites?
1	Oui
2	Non

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

3	Non
4	Non
5	Non
6	Oui

3.3.3 Méthodologie

3.3.3.1 Critères utilisés pour le choix de site

Des 6 entreprises, 5 ont leur méthodologie pour le choix de site.

Le tableau suivant présente, pour chaque organisation, les critères qu'elle utilise pour le choix de site.

CRITÈRES UTILISÉS	RÉPONDANTS
Localisation géographique	1, 6
Superficie potentielle du site	1, 4, 6
Caractéristiques de la topographie	1, 3
Caractéristiques des usages actuels	1
Caractéristiques du potentiel éolien	1, 2, 4
Caractéristiques des structures à proximité du site	1
Caractéristiques du réseau de transport	1, 2, 3, 4
Caractéristiques des accès au site	1
Caractéristiques du sol au niveau du site	1
Caractéristiques de la propriété du site	1
Caractéristiques des contraintes réglementaires	1, 3
Caractéristiques des contraintes environnementales	1, 2, 3, 6
Caractéristiques des contraintes humaines	1, 4
Caractéristiques de l'acceptabilité sociale du projet	1, 4, 6
Qualification de l'expérience locale en éolien	1
Acceptabilité sociale	2
Qualité du vent; intensité, régime,	3

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

stabilité	
Proximité de grands plans d'eau; faible coefficient de cisaillement	3
Disponibilité du territoire; capacité d'obtenir des droits superficiaires pour implanter des éoliennes, terres privées, territoire public	3,6
Possibilité d'interconnexions	4, 6

3.3.3.2 Où sont réalisés les projets

Projets							
Répondants	Nombre						
	Québec	Canada	U.S.A	Europe	Afrique	Asie	Australie
1	70 %	28 %			2 %		
2	100 %						
3	90 %				10 %		
4	25 %	65 %			10 %		
5				100 %			
6	60 %	30 %	10 %				

3.3.3.3 Caractéristiques des types de projets

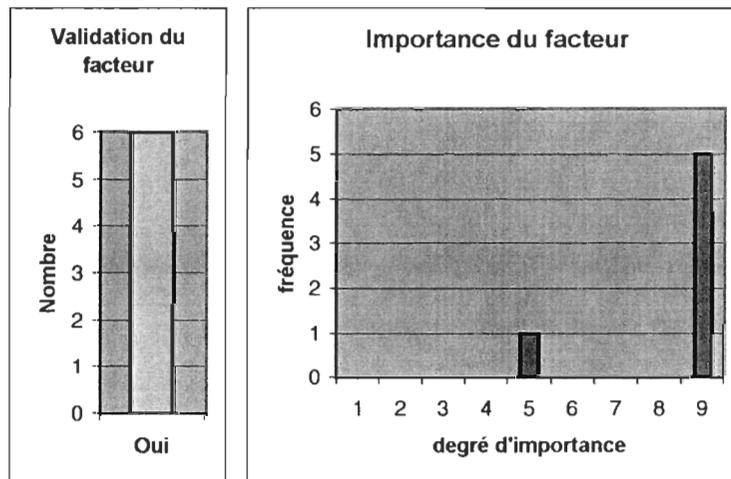
Répondants	Projets			
	Internes	Externes	Sous-traitance	En partenariat
1		90 %		10 %
2		100 %		
3				100 %
4			100 %	
5	100 %			
6	30 %		20 %	50 %

3.4 Critères techniques, environnementaux et économiques dans le choix de site éolien.

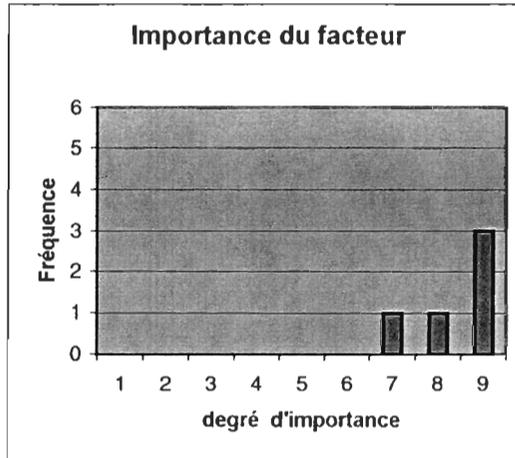
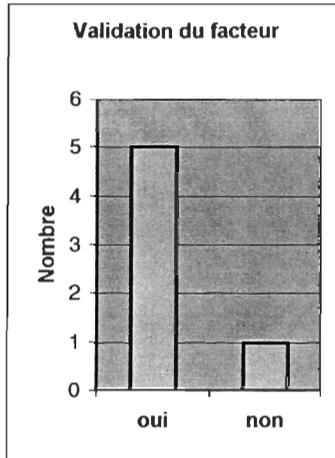
3.4.1 Les critères techniques

3.4.1.2 Vous aurez besoin de *vent*. Il est extrêmement important d'évaluer méthodiquement et rationnellement la *quantité d'énergie éolienne disponible*. La sous-estimation ou la surestimation des ressources éoliennes d'un endroit donné peut s'avérer très coûteuse.

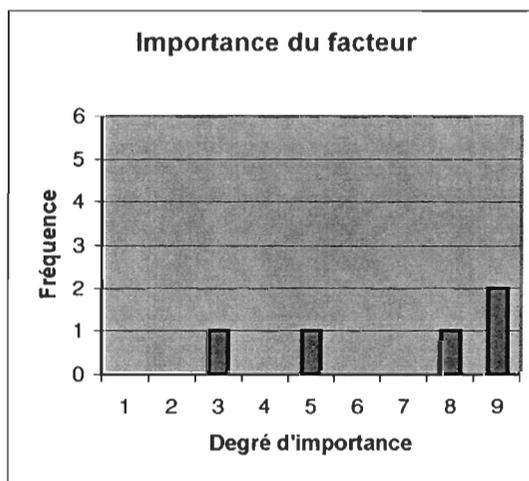
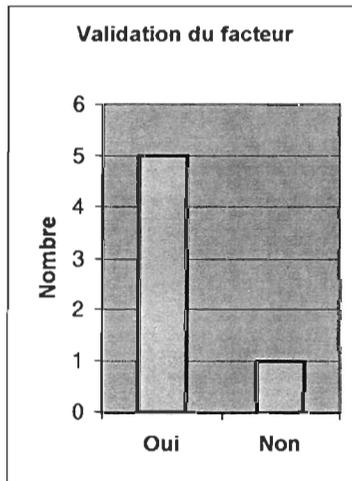
Q- Est-ce que la vitesse du vent devrait être prise en compte comme un facteur déterminant au niveau du choix de site?



Q- Est-ce que la mesure de la régularité et la dispersion des vents constituent une indication pour le choix d'un site?

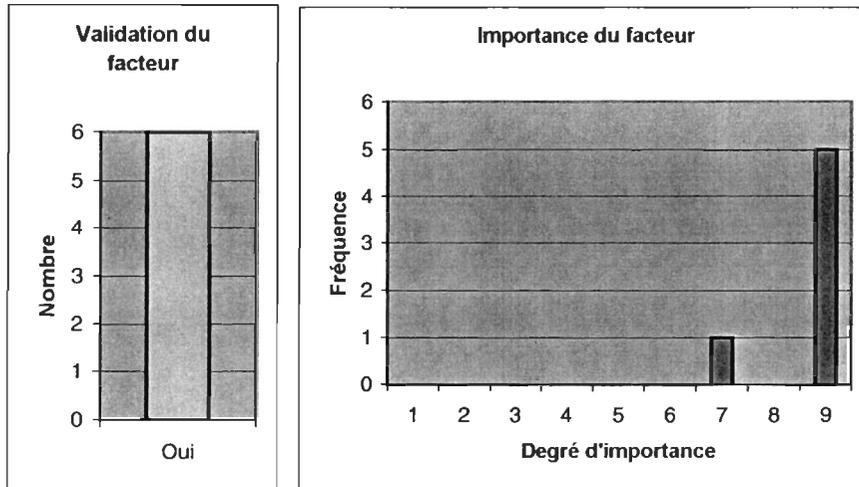


Q- Est-ce que la direction du vent est un critère pertinent de choix de site?



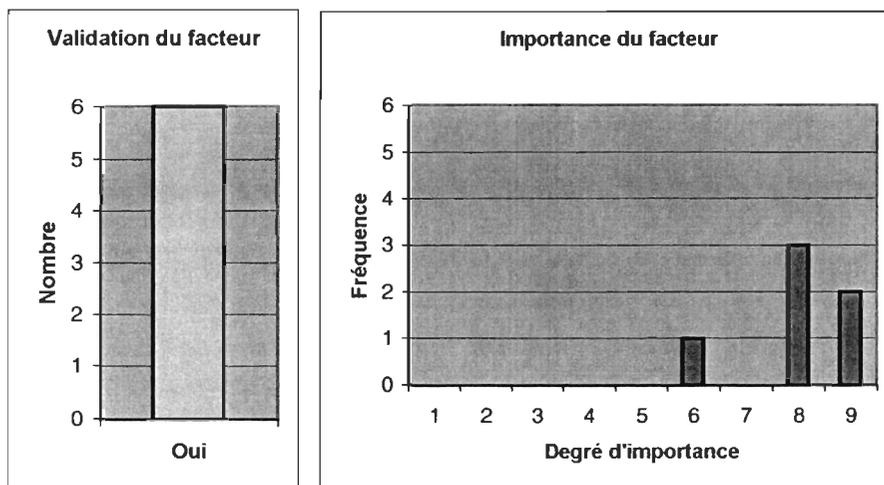
2.1 L'existence ou la proximité de réseau à haute tension permet de se connecter plus facilement au réseau de transport d'électricité d'Hydro-Québec.

Q- Est-ce que l'existence ou la proximité d'un réseau à haute tension peut être considérée comme un critère pertinent de choix de site?



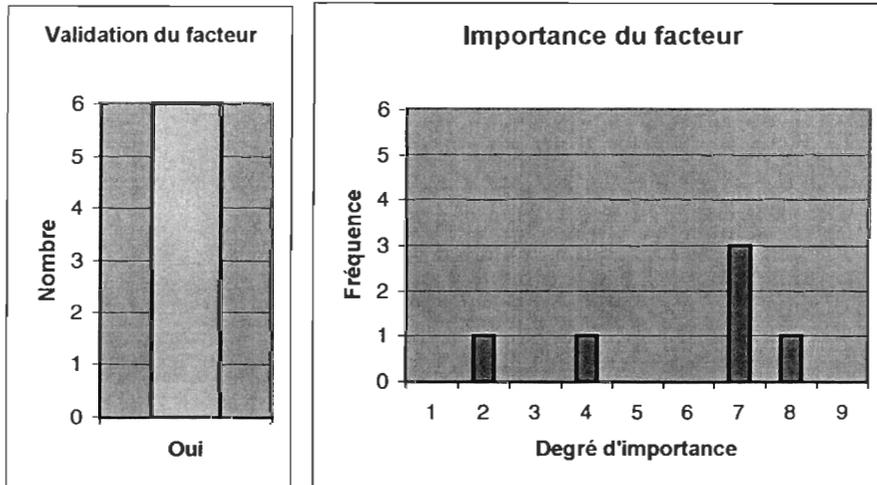
2.2 Une méthode particulière est utilisée, afin de déterminer les *caractéristiques topographiques d'un site*. Dans le but de connaître les sites privilégiés d'implantation des éoliennes. Est ce un site plat? Les vents sont-ils dominants?...

Q- Est-ce que les caractéristiques topographiques d'un site constitueraient un critère pertinent dans le choix d'un site?



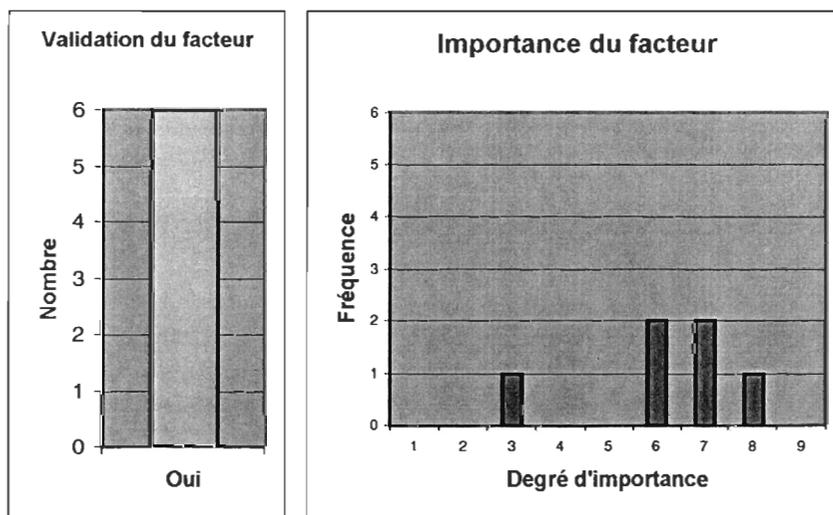
2.3 La taille du terrain détermine le nombre d'éoliennes à implanter.

Q- Peut-on considérer la taille du terrain ou du site exploitable comme étant un critère technique dans le choix de sites?



2.4 L'accès au site demeure important aussi. Souvent, il est plus facile sur les terres agricoles.

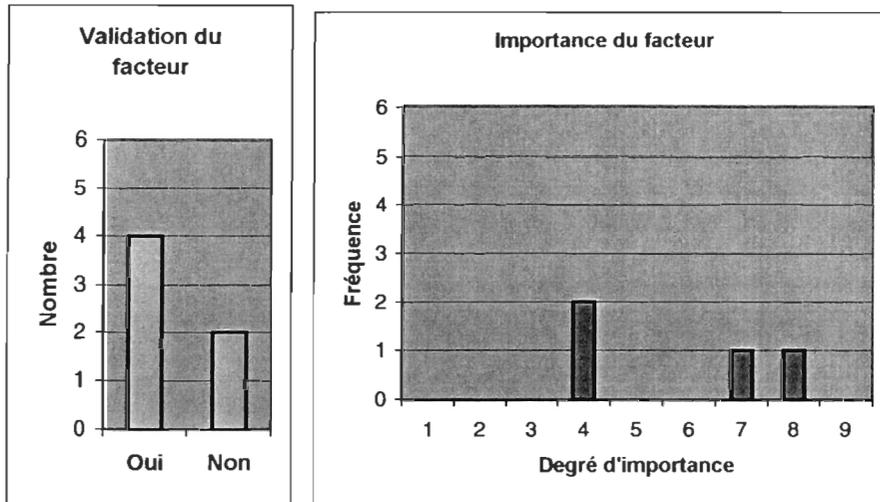
Q- Est-ce que l'accès au site devrait être considéré comme un critère technique dans un choix de site?



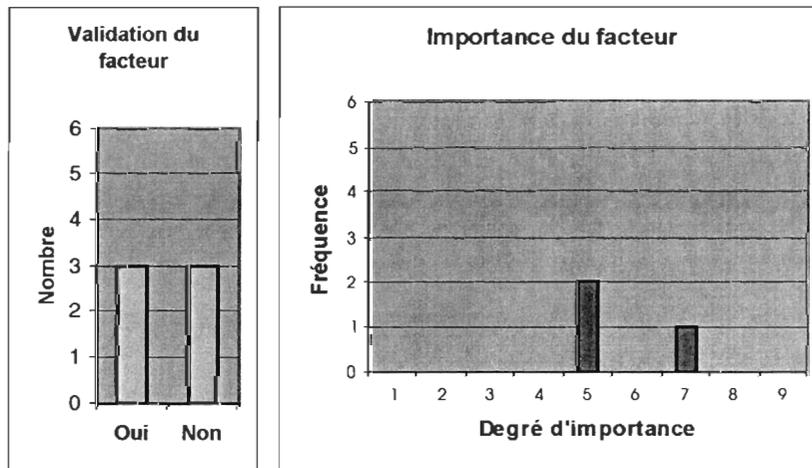
Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

Dans le choix préliminaire de sites quels autres considérants peuvent intervenir?

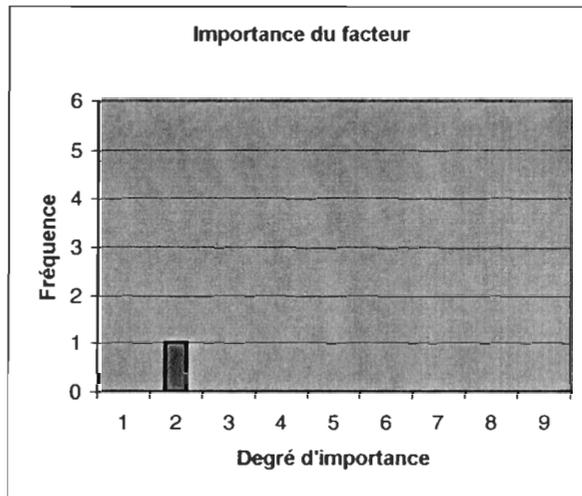
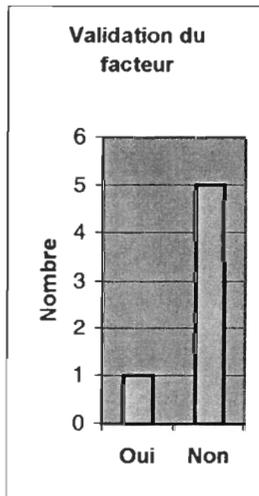
Mesures de vent déjà effectuées par le M.R.N ou un tiers.



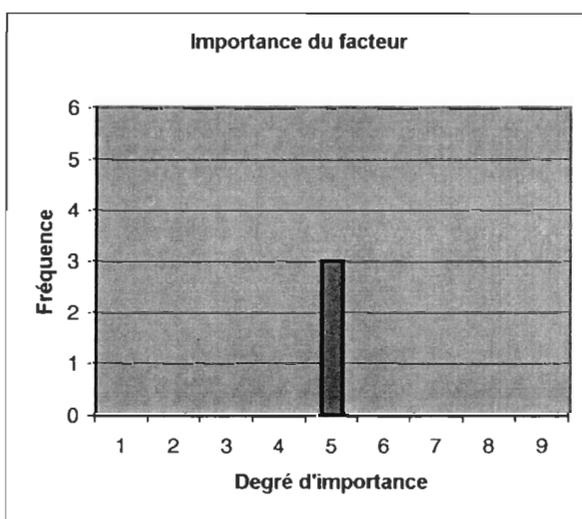
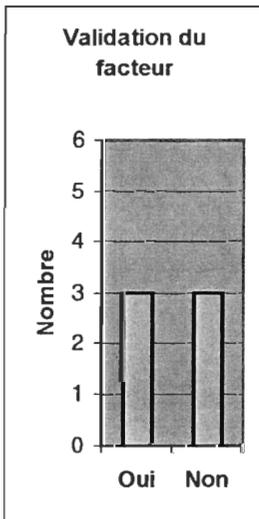
Proximité d'un parc éolien déjà en fonction.



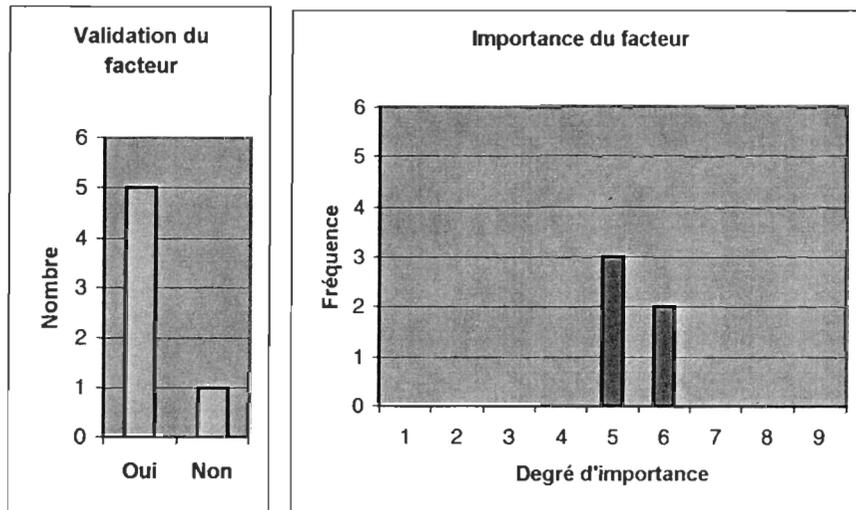
Proximité d'une ville importante.



Proximité d'un port.



Proximité d'une autoroute ou la qualité du lien routier.

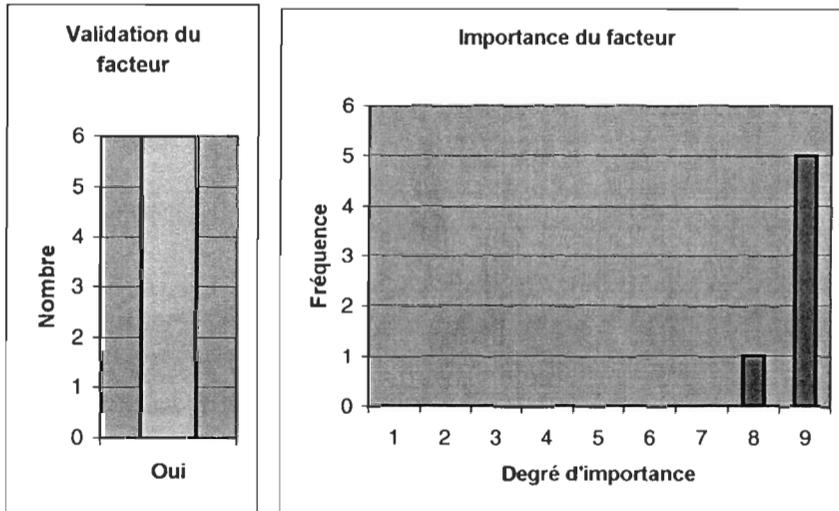


3.4.2 Les critères environnementaux

2.5 La préparation des projets dépend aussi des *parties prenantes* que sont les individus ou les groupes d'individus bénéficiant des avantages ou des inconvénients présents ou éventuels conséquents à la réalisation ou non du projet.

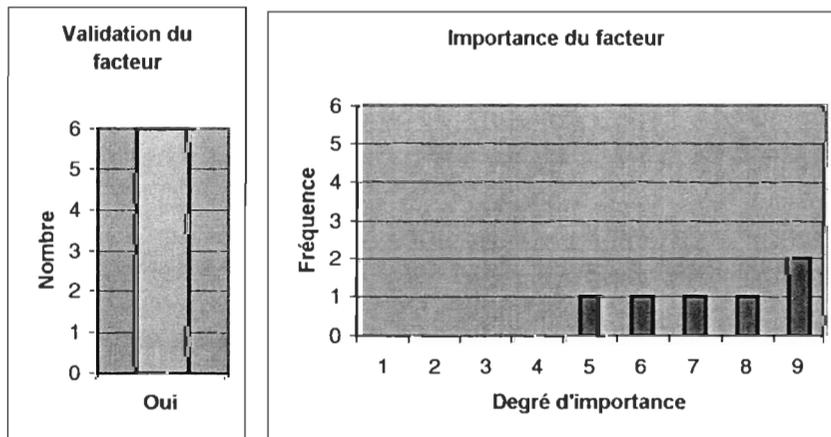
Ce sont les agriculteurs-exploitants agricoles, les groupes socio-économiques et les élus municipaux, les citoyens, le conseil régional de l'environnement, le gouvernement du Québec.

Q-Est-ce que les parties prenantes devraient être prises en compte dans le choix de site?



2.6 *L'impact visuel* est qualifié, dans la littérature, comme source majeure et principale d'opposition aux projets éoliens. Le champ visuel constitue la répercussion la plus importante. Cette filière doit composer avec le paradoxe que l'énergie produite par le vent bénéficie du large soutien de la part du public, mais que cet appui s'effrite lorsque les impacts locaux deviennent plus évidents.

Q- Est-ce que l'impact visuel peut constituer un critère pertinent au choix de site?



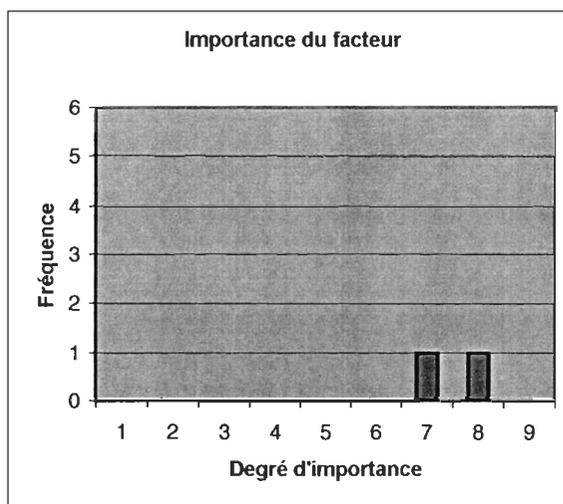
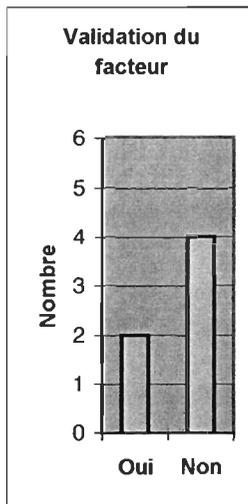
Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

Quel poids accordez-vous à l'impact visuel et à la perception des habitants locaux par rapport au choix de site : _____

- 1. prioritaire
- 2. important
- 3. moyen
- 4. modéré
- 5. très faible

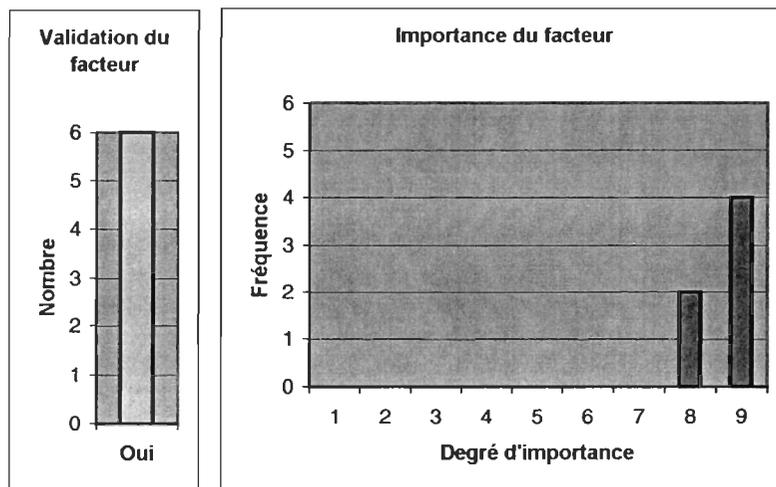
2.7 Quant au *bruit* généré par l'éolienne, l'amélioration de l'aérodynamisme des l'éolienne dans son ensemble de même que l'insonorisation de la nacelle ont permis de réduire considérablement le bruit émis par l'éolienne. L'éolienne moderne ne produit pas plus de bruit que celui du vent dans les grands pylônes électriques.

Q- Est-ce que le bruit généré par l'éolienne devrait-être considéré comme un critère pertinent de localisation?



2.8 Lorsqu'il est question d'implanter une éolienne ou un parc d'éoliennes, il est nécessaire de *s'assurer que le lieu choisi n'est pas situé dans un corridor migratoire d'oiseaux ou à proximité des aires de nidification ou de reproduction* afin de minimiser les impacts sur la faune aviaire.

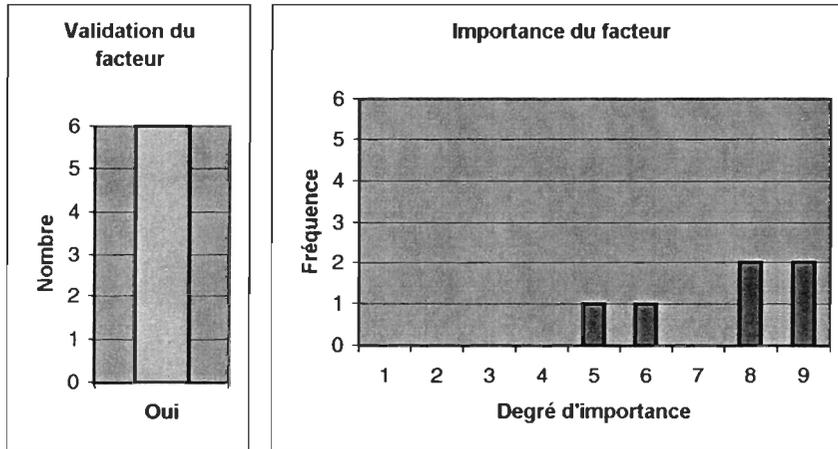
Q- Ce facteur environnemental doit-il être considéré comme pertinent?



3.4.3 Les critères économiques

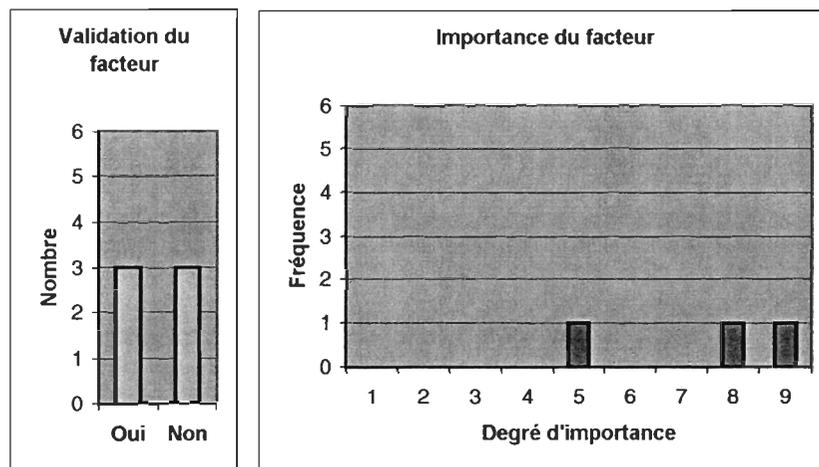
2.9 *Hydro-Québec* réserve un pourcentage de la production totale pour l'énergie éolienne en vue d'obtenir les meilleurs coûts de production et de favoriser le développement d'une expertise québécoise dans le domaine. La nouvelle politique a pour objectif de permettre à l'entreprise privée de vendre de l'électricité à la société d'État afin de favoriser les nouveaux investissements locaux.

Q- Est-ce que le fait de pouvoir vendre l'électricité à un prix de vente définie est un critère pertinent à un choix de site?



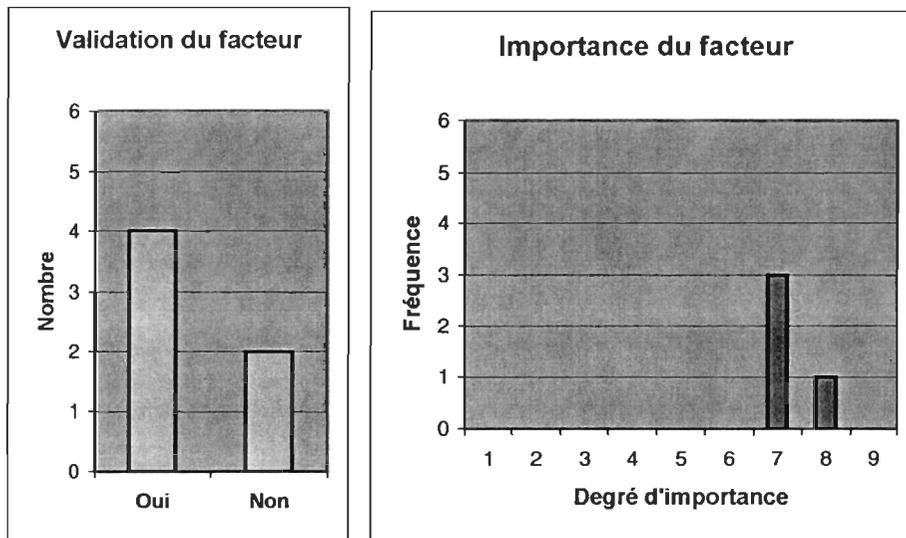
2.10 Concernant *le coût du système*, il faut considérer deux catégories de coûts : *les coûts initiaux et les coûts annuels*. Les coûts initiaux sont les dépenses engagées au début du projet, avant la production d'électricité. Les coûts annuels, ou coûts d'utilisation et d'entretien, sont les frais qu'il faut assumer régulièrement pour maintenir le système éolien en bon état de marche.

Q- Faudrait-il prendre en compte le coût du système éolien comme un critère pertinent dans le choix d'un site éolien?

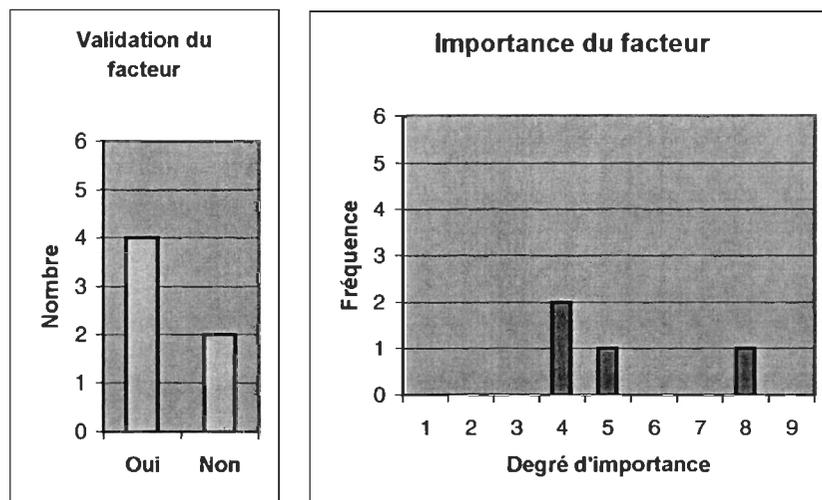


2.11 Certains territoires sont éligibles à des *incitatifs, des subventions ou autres contributions gouvernementales ou municipales.*

Q- Est ce que les subventions ou autres contributions gouvernementales peuvent-être considérées comme des critères pertinents dans le choix de sites éoliens?



Q- La proximité d'une *main d'œuvre* qualifiée est-elle un critère pertinent pour la localisation d'un parc éolien?



Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

Selon les renseignements fournis par les répondants, les critères suivants sont les plus importants dans le choix de site d'un projet éolien à savoir : la vitesse du vent, la régularité et la dispersion des vents, la direction du vent, l'existence ou la proximité d'un réseau à haute tension, les caractéristiques topographiques d'un site, la taille du terrain, l'accès au site, les mesures de vent déjà effectuées par le M.R.N ou un tiers, la proximité d'un port et d'une autoroute ou la qualité du lien routier, les parties prenantes, l'impact visuel, l'éloignement d'un corridor migratoire d'oiseaux ou des aires de nidification ou de reproduction, la vente d'électricité à un prix de vente définie, le coût du système éolien, les subventions ou autres contributions gouvernementales et la proximité d'une main d'œuvre qualifiée.

CHAPITRE 4

PROPOSITION D'UNE MÉTHODOLOGIE DE CHOIX DE SITES

Comme il a été vu dans les précédents chapitres, il y a plusieurs critères à prendre en compte lors d'un choix de site éolien. Ces derniers sont parfois contradictoires. Cela emmène à la question suivante : comment prendre une décision selon plusieurs critères?

Le choix de sites nécessite plusieurs critères et pour faire une recommandation au décideur, il faut utiliser une approche qui permet d'agréger plusieurs critères.

Pour favoriser leur coopération et pour que celle-ci soit fructueuse, mathématiciens et décideurs ont développé un langage commun susceptible d'être compris par les deux parties. C'est le langage des modèles mathématiques de la théorie de la décision. Son but est de permettre d'appréhender la réalité, de la décrire, de la comprendre, d'aider à la gouverner.

Un certain nombre d'acteurs interviennent dans la constitution de ces modèles, ils sont susceptibles d'appartenir aux trois catégories suivantes :

- 1) Le « décideur » c'est-à-dire le ou les acteurs auxquels appartient le privilège de prendre la décision définitive.
- 2) L' « homme d'étude » c'est-à-dire le ou les acteurs chargés de l'analyse du problème, de la formulation rationnelle du modèle et de son traitement mathématique.
- 3) Les « agis » c'est-à-dire ceux qui auront à subir les conséquences des décisions prises.

Le traitement d'un problème de décision, que nous appellerons ici processus de décision, nécessite les trois démarches suivantes :

- 1) Identifier l'ensemble des actions potentielles c'est-à-dire l'ensemble des décisions susceptibles d'être retenues par le décideur;
- 2) Différencier ces actions en modélisant les préférences du décideur;
- 3) Mettre au point un processus d'investigation ou traitement mathématique permettant de fournir des éléments de réponse au problème de décision.

Ces acteurs et ces démarches caractérisent pour l'essentiel un modèle de décision.

Tout modèle se doit de les faire apparaître de façon explicite ou implicite. Les trois démarches ne se succèdent pas obligatoirement dans l'ordre 1), 2), 3). Les retours en arrière et les corrections doivent rester possibles.

4.1. Justification des méthodes multicritères

Avant l'apparition des méthodes multicritères, les problèmes de décision se ramenaient le plus souvent à l'optimisation d'une fonction économique, constituant l'unique critère de sélection. Cette approche mono critère avait le mérite de déboucher sur des problèmes mathématiques bien posés mais qui n'étaient pas toujours représentatifs de la réalité car :

- la comparaison de plusieurs actions possibles se fait rarement suivant un seul critère;
- les préférences sur un critère sont, dans bien des cas, difficilement modélisables par une fonction;
- lorsqu'il y a plusieurs objectifs, il est impossible de les atteindre tous à la fois (Maystre et al., 1994).

Ainsi, on peut dire que le domaine de réussite de la recherche opérationnelle est constitué de tous les problèmes qu'il est possible d'isoler du processus de gestion du système (comme, par exemple le choix du mélange optimal de rations alimentaires destinées au bétail). Par complément, le domaine d'échec de la recherche opérationnelle comprend toutes les décisions de gestion qu'on ne peut isoler de leur contexte (comme par exemple, le tracé d'une autoroute). Ainsi, la recherche opérationnelle n'a pas donné complète satisfaction car on lui avait fixé un objectif (trop) ambitieux : désigner, en toutes circonstances, la meilleure décision (un optimum), même quand cette notion

pouvait être vide de sens (Schärlig, 1985). En effet, l'optimisation ou recherche opérationnelle se base sur des hypothèses extrêmement lourdes.

La première hypothèse, dite de *globalité*, suppose que, par la recherche d'une décision optimale parmi toute les actions potentielles, on peut désigner une action unique comme étant la meilleure. Cela présume que toutes les actions potentielles comprennent tous les aspects de la question et sont mutuellement exclusives alors qu'elles sont souvent complémentaires, partielles et rarement globales. En exemple, dans le recyclage de la traction organique des déchets ménagers, le compostage donnera de très bons résultats dans une partie de la région étudiée. Mais la biométhanisation aura l'avantage dans une autre partie. Il serait donc dommage de privilégier l'un ou l'autre procédé plutôt que de les utiliser tous deux à bon escient.

Une seconde hypothèse, dite de *stabilité*, postule que l'ensemble des actions potentielles n'est jamais remis en cause lors de l'étude. Or, cette dernière fait souvent jaillir de nouvelles idées au cours de son déroulement.

La troisième et dernière hypothèse est celle de *complète comparabilité transitive*ⁱ.

Elle souffre de trois grandes critiques :

- elle ne tient pas compte de la situation d'*incomparabilité*;
- elle ignore le fait que l'*indifférence* est parfois *intransitive*;
- elle oublie que la *préférence* elle-même n'est pas nécessairement *transitive*.

ⁱ En anglais : complète transitive comparability.

La première critique intervient par exemple lorsqu'une personne se retrouve face à des alternatives sans qu'elle puisse dire laquelle est préférée. C'est le cas, par exemple, du propriétaire forestier qui accorde exactement la même importance aux facettes écologiques et économiques de la forêt : entre la plantation massive de résineux à haut rendement et le jardinage pied par pied, il ne peut choisir. Il s'agit d'une situation embarrassante mathématiquement mais qui fait intervenir, comme beaucoup d'autres, toute la subjectivité humaine.

D'ailleurs, la seconde critique, l'intransitivité de l'indifférence, repose aussi sur des considérations humaines. Être indifférent entre a et b, et entre b et c, ne signifie pas forcément que l'on soit, par transitivité, indifférent entre a et c. Voici un exemple. Soit un indice de diversité d'essences forestières, variant de 0 à 1 de façon continue, 1 représentant une diversité maximale. Il est évidemment possible de concevoir des aménagements forestiers donnant lieu à toute une gamme de valeurs de cet indice. De même, un classement de ces aménagements selon cet indice est aisément réalisable. Si on passe de l'aménagement à indice nul à l'aménagement dont l'indice est de 0,1 on peut estimer que cette différence de diversité est négligeable, comme entre 0,1 et 0,2, et ainsi de suite, jusqu'à 1. Ainsi, de proche en proche, un raisonnement simpliste amènerait à considérer 0 et 1 comme des valeurs de l'indice de diversité dont la différence est négligeable. On conçoit très vite l'absurdité de la situation. L'indifférence n'est donc pas l'analogue de l'égalité mathématique. Elle recouvre une situation de préférence faible, c'est-à-dire d'une préférence qui n'est pas suffisante pour être « humainement » ressentie et exprimée.

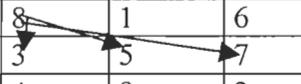
Pour démontrer l'intransitivité de la préférence, utilisons un contre-exemple, inspiré de Schärli (1985). Soit une entreprise forestière désirant effectuer des éclaircies par des moyens motorisés. Pour ce faire, elle peut choisir entre trois tronçonneuse-ébrancheuse-calibreuses, considérées comme trois ensembles de trois machines. Il est aisément concevable d'attribuer séparément, selon leurs performances, une cote à chaque tronçonneuse, chaque ébrancheuse et chaque calibre. Imaginons que les cotes des neuf machines soient celles du tableau 1.

Tableau 1. Évaluations attribuées à trois machines faisant partie de trois ensembles distincts

Numéro de la machine

Dans l'ensemble

	1	2	3
A	8	1	6
B	3	5	7
C	4	9	2



On constate que chaque ensemble présente un cote totale de 15 et qu'il est donc difficile de les classer via une simple moyenne. Par conséquent, pour opérer le meilleur achat au sein des trois ensembles, le gestionnaire de l'entreprise décide de suivre la règle suivante :

- entre deux ensembles, comparer la valeur de chaque machine d'un ensemble aux trois valeurs de l'autre ensemble, comme illustré par les flèches du tableau 1 (donc au total, neuf comparaisons pour une paire d'ensemble) ;

- comptabiliser ensuite le nombre total de fois que les machines d'un des deux ensembles sont, de par leur cotes, supérieures aux machines de l'autre ensemble ;
- un ensemble l'emporte sur l'autre s'il est plus de 4 fois sur 9 supérieur.

Par la règle qui vient d'être explicitée, l'ensemble A l'emporte contre le B et le B contre le C (à chaque fois, 5 « victoires » contre 4). Une conclusion hâtive consisterait à dire que l'ensemble A l'emporte contre le C. Or un examen du tableau ci-dessus indique qu'il en est tout autrement. Donc, $A > B$ et $B > C$ et non $A > C$!

4.2.Méthodologie

Le rôle des intervenants (acteurs, agis, décideur, homme d'étude) peut être éventuellement joué par une même personne. Toutefois, on conçoit classiquement que l'homme d'étude est un ingénieur, un expert ou tout un conseil au service d'un chef d'entreprise ou d'un ministre, considéré comme le décideur. Les acteurs peuvent être les employés de l'entreprise, leurs représentants syndicaux ou les représentants de la population au sein d'une commission parlementaire. Les agis sont en général la masse qui a élu ces représentants.

Bases théoriques

En toute généralité, lorsqu'on pose un problème de décision multicritère, on peut opérer en 4 grandes étapesⁱ :

- dresser la liste des *actions potentielles*ⁱⁱ;
- dresser la liste des *critères* à prendre en considération;
- établir le tableau *des performances*ⁱⁱⁱ;
- *agréger* les performances.

Ce n'est qu'au terme des quatre étapes que l'on peut élaborer une recommandation quant à la décision qu'il serait judicieux de prendre.

D'après Roy (1985), « *une action « a » est la représentation d'une éventuelle contribution globale, susceptible, eu égard à l'état d'avancement du processus de décision, d'être envisagée de façon autonome et de servir de point d'application à l'aide à la décision (ce point pouvant suffire à caractériser a).* »

Le terme « autonome » signifie que l'action peut être considérée isolément de toute autre sans pour autant perdre sa portée décisionnelle ou sa valeur de point d'application d'aide à la décision.

Roy distingue différents types d'actions :

- réelles ou issues d'un projet susceptible d'être mis à exécution;

ⁱ Ces étapes sont numérotées de 1 à 4 mais cette numérotation se veut unit suggestive car il est entendu que d'éventuels retours en arrière sont possibles.

ⁱⁱ En anglais : potential acts

ⁱⁱⁱ En anglais : performances'board.

- fictives ou issues d'un projet incomplètement élaboré;
- réalistes ou raisonnablement envisageables;
- irréalistes (par opposition aux réalistes);
- globales ou exclusives, dans leur exécution de toute autre action;
- fragmentaires (par opposition aux globales).

On parle ici d'action, pas de solution, ce qui signifierait alors que le problème est totalement posé et ne peut subir aucune évolution en cours d'étude. De même, on ne parle pas d'alternative car les actions ne sont pas forcément exclusives (Schärlig, 1985).

L'adjectif « potentielle » a aussi son importance. « *une action potentielle est une action réelle ou fictive provisoirement jugée réaliste par un acteur au moins ou présumée comme telle par l'homme d'étude en vue de l'aide à la décision; l'ensemble des actions potentielles sur lequel l'aide à la décision prend appui au cours d'une phase d'étude est noté A* » (Roy, 1985).

A devra être aussi complet que possible. Autrement dit, il faut s'assurer qu'on n'a oublié aucune action potentielle avant de passer à la recommandation finale. Ce souci d'exhaustivité est parfois à l'origine d'un travail fastidieux.

4.3 Agrégation des performances et approches opérationnelles

Trois approches opérationnelles peuvent être distinguées :

- **Approche du critère unique de synthèse évacuant toute incomparabilité (agrégation complète transitive) :**

Il s'agit d'évacuer toute situation d'incomparabilité et d'expliquer une règle (fonction d'agrégation) apportant une réponse synthétique, exhaustive et définitive au problème d'agrégation des performances.

- **Approche du surclassement de synthèse acceptant l'incomparabilité (agrégation partielle) :**

Il s'agit d'accepter des situations d'incomparabilité, d'adopter un système référentiel de préférences fondé sur la notion de surclassement et d'expliquer une règle (test de surclassement) apportant une réponse synthétique, exhaustive et définitive au problème d'agrégation des performances.

- **Approche du jugement local interactif avec itérations essai-erreur (agrégation locale et itérative) :**

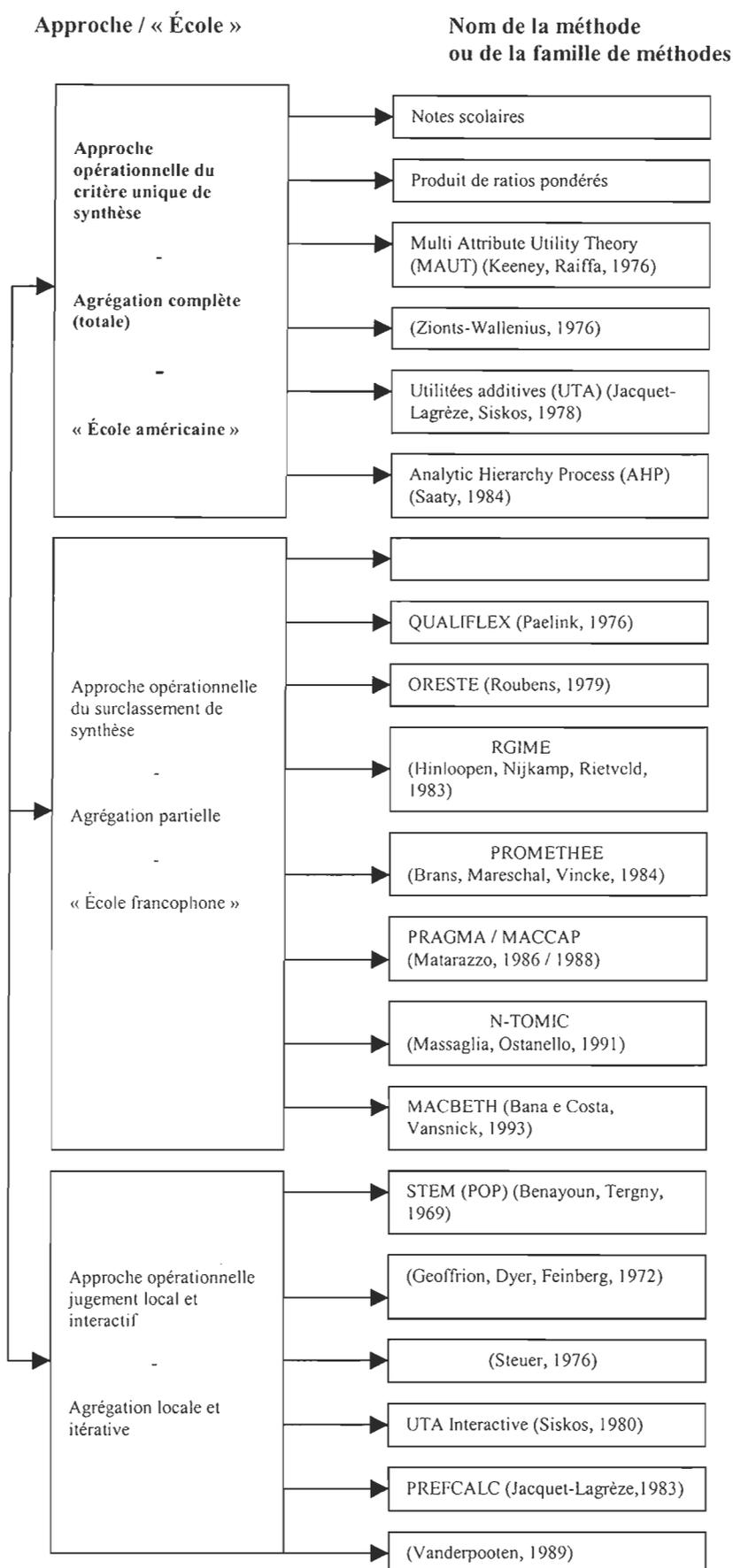
Il s'agit d'accorder la primauté à des jugements locaux, c'est-à-dire ne mettant en jeu qu'un petit nombre d'actions et cela en dehors de toute règle explicite apportant une réponse synthétique au problème d'agrégation des performances; il s'agit aussi d'expliquer un protocole

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

organisant l'interaction entre d'une part le décideur et d'autre part l'homme d'étude et/ou un ordinateur, ceci en vue de faire émerger la prescription en fonction de la problématique retenue.

La figure 7 montre, en s'appuyant sur (Schärlig, 1985), comment les différentes méthodes se rattachent à l'une de ces trois approches opérationnelles. Toutes les méthodes ELECTRE appartiennent à l'approche du surclassement de synthèse acceptant l'incomparabilité.

Figure 8

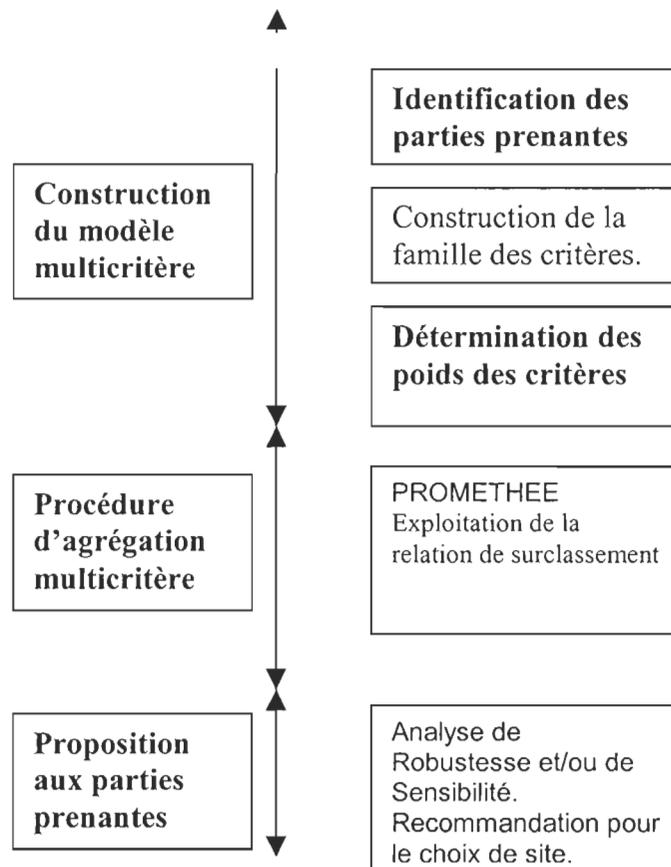


Concernant notre sujet de recherche, nous avons recouru à une démarche d'aide multicritère à la décision au sens où Roy (1997) l'entend. Une telle démarche n'a pas pour ambition d'établir des vérités objectives (le peut-on lorsqu'on parle d'équité?) mais plus simplement de proposer des compromis possibles, des solutions satisfaisant les diverses parties prenantes tout en s'appuyant sur des modèles compris et acceptés par celles-ci. Cette démarche vise à construire, avec les parties concernées, un modèle du principe d'équité qui prend le visage d'une structure hiérarchique.

On peut alors schématiser notre démarche multicritère d'aide à la décision par la

Figure 9 suivante :

Démarche multicritère d'aide à la décision



Parmi les différentes options qui s'offrent à nous, une seule action sera entreprise. Nous devons donc être en mesure de faire un rangement total, de les classer en ordre croissant de préférence afin de déterminer l'ordre de sélection des différentes options. On pourrait présenter au décideur l'ensemble des « bonnes » actions.

Nous sommes donc en face d'une problématique de classement. La méthode Prométhée sera donc la méthode sélectionnée pour permettre de prendre une décision face à cette problématique de prise de décision multicritères.

La simplicité et la facilité de présentation des concepts sous-jacents à la méthode de sa procédure de calculs et de sa capacité à modéliser les problèmes par le recours aux critères généralisés sont à la base de notre choix.

À ce titre, la démarche de consultation auprès des comités d'experts est essentielle et il faut faire en sorte que ceux-ci disposent de l'information et du temps nécessaires pour valider et pondérer les dimensions et indicateurs relatifs au modèle. Cette démarche de consultation et de validation continue facilite l'appropriation de la méthode d'allocation par les membres concernés du choix de site. Notons qu'il est essentiel de mettre à jour et de tenter d'améliorer sans cesse les indicateurs utilisés.

CHAPITRE 5

ILLUSTRATION SUR UN EXEMPLE DIDACTIQUE

Critères Étude / sites	Cas projet éolien de petite puissance Canimex (région de Drummondville) (1 éolienne de 35 kW, promoteur : Canimex et ATI)		
	Site 1	Site 2	Site 3
	<i>Tous critères cotés de 1 (faible) à 10 (très prioritaire)</i> Tels qu'effectivement pris en considération par promoteur initial		
Les facteurs techniques			
Vitesse du vent	1	7	2
Mesure de la régularité et la dispersion des vents	2	5	1
Direction du vent	1	3	2
1.2 L'existence ou la proximité d'un réseau à haute tension	2	6	1
1.3 Les caractéristiques topographiques d'un site			
- Proximité de la mer	1	1	1
- Sommets de collines, chaînes de montagnes			
- Terrains déboisés agricoles	1	4	2
- Hauts plateaux	-	-	-

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

1.4 La taille du terrain ou du site	1	2	1
1.5 L'accès au site	3	6	4
Dans le choix préliminaire de sites quels autres considérants peuvent intervenir?			
Mesures de vent déjà effectuées par le M.R.N ou un tiers.	3	5	2
Proximité d'une autoroute ou la qualité du lien routier.	6	8	4
Les facteurs environnementaux			
Les parties prenantes	5	5	5
L'impact visuel	3	2	3
Le corridor migratoire d'oiseaux ou la proximité des aires de nidification ou de reproduction	4	1	2
Les critères économiques			
Est-ce que le fait de pouvoir vendre l'électricité à un prix de vente définie est un critère pertinent à un choix de site?	5	7	3
La proximité d'une <i>main d'œuvre</i> qualifiée est-elle un critère pertinent pour la localisation d'un parc éolien?	4	8	2

Repérage et caractérisation de 3 sites éoliens potentiels

5.1 Le mandat

Les sites considérés sont au nombre de 3, tous situés dans la région Bas-Saint-Laurent- Gaspésie.

A partir des données de vent existantes, de visites sur site, d'analyse des caractéristiques des sites, etc...., cette phase consiste à identifier 3 hypothèses de sites jugés parmi les plus intéressants pour l'implantation éventuelle d'une éolienne de 35 kW. Il s'agit donc d'une évaluation qui conduit à retenir un de ces sites pour une analyse plus approfondie et des études finales d'implantation.

Ces sites potentiels devront être adaptés pour répondre aux caractéristiques suivantes :

- implantation de parcs de taille minimale de 100 MW, sauf dans un cas où le parc pourrait être de taille limitée à 10 MW.
- Optimisation des coûts de branchement au réseau HQ (proximité d'un poste ou d'une ligne de transport).
- Optimisation du potentiel éolien annuel sur le site.
- Caractéristiques topographiques réduisant les coûts d'implantation ou les risques de turbulences.

5.2 Le livrable: Chacun de ces sites sera caractérisé en fonction de :

- Vitesse moyenne estimée au site, à 60 m de hauteur.
- L'existence ou la proximité d'un réseau à haute tension.
- Les caractéristiques topographiques du site.
- La taille du terrain.
- L'accès au site.
- Les facteurs environnementaux.
- Les critères économiques.

Après avoir fait une étude de ces 3 sites d'après tous les critères cités au dessus, le site 2 a été retenu comme étant le meilleur.

5.3 La méthode

Parmi les différentes options qui s'offrent à nous, une seule action sera entreprise. Nous devons donc être en mesure de faire un classement en ordre croissant de préférence afin de déterminer l'ordre de sélection des différentes options.

Nous sommes donc en face d'une problématique de classement. La méthode Prométhée sera donc la méthode sélectionnée pour permettre de prendre une décision face à cette problématique de prise de décision multicritères.

Dans notre exemple, trois sites potentiels ont été identifiés. Supposons que les dirigeants se sont entendus sur 10 critères pertinents à la comparaison des sites potentiels.

Ces critères sont les suivants : la vitesse du vent, la dispersion du vent, la proximité d'un réseau à haute tension, un terrain déboisé agricole, la taille du terrain, l'accès au site, les parties prenantes, l'impact visuel, le corridor migratoire, la vente d'électricité.

5.4 Le modèle

Pour chacun des critères, des valeurs ont été déterminées selon chacune des actions possibles. Cela nous donne la matrice suivante.

En plus de l'indication qu'un critère doit être minimisé ou maximisé (rangée min/max.) d'autres informations sont requises par des outils d'analyse multicritère.

Dans la plupart des problèmes de prise de décision, les critères ne sont pas tous considérés à égalité.

Certains de ces critères sont plus importants que d'autres. Vous indiquez l'importance que vous attribuez à un critère en spécifiant son poids. Le poids d'un critère est une valeur positive, indépendante de l'échelle de valeur du critère : plus le poids est élevé, et plus le critère est important.

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

	vit.vent	disp. vent	prox. HT	ter. agric.	taille.ter.	accès site	p. prenan	impa. vis.	cor. migr	v.élect.
Min/Max	Maxim	Minimize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Minimize	Minimize	Minimize	Maximize
Weight	87.0000	83.0000	86.0000	8.0000	58.0000	6.0000	53.0000	73.0000	86.0000	75.0000
Preference Functi	Linear	Linear	V-Shape	Linear	Linear	Linear	V-Shape	V-Shape	V-Shape	Linear
Indifference Thres	1.0000	1.0000	-	1.0000	1.0000	1.0000	-	-	-	1.0000
Preference Thres	5.0000	4.0000	8.0000	2.0000	6.0000	5.0000	2.0000	2.0000	2.0000	7.0000
Gaussian Thresh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Threshold Unit	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute
Average Perform	4	3	3	2	1	4	5	2	2	6
Standard Dev.	3	2	2	2	1	2	0	1	2	1
Unit										
site 1	1	2	2	1	1	3	5	3	4	5
site 2	7	5	6	4	2	6	5	2	1	7
site 3	4	2	2	2	1	4	5	2	1	6

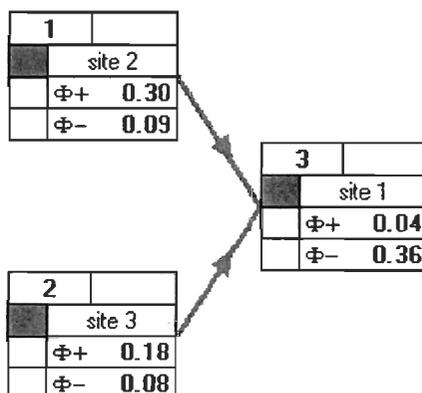
5.5 Les résultats

Le logiciel « Decision Lab » nous permet de calculer les flux nets Φ . Le flux sortant $\Phi+$ permet de savoir combien une action domine les autres. Le flux entrant $\Phi-$ permet de savoir combien une action est dominée par les autres actions. Avec les données soumises au logiciel, nous obtenons :

	$\Phi+$	$\Phi-$	Φ
site 1	0.0450	0.3593	-0.3144
site 2	0.3024	0.0900	0.2125
site 3	0.1799	0.0780	0.1019

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

Ce qui donne le rangement partiel suivant :



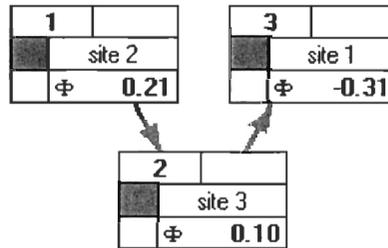
Selon ces résultats, il n'est pas possible d'établir une préférence entre le site 2 et le site 3. Les deux options sont incomparables mais elles sont préférables au site 1.

Prométhée 1 propose un classement partiel. Il repose uniquement sur des préférences bien établies. Parfois, certaines actions ne peuvent pas être efficacement comparées les unes des autres. Le classement partiel permet de détecter les incomparabilités.

Pour être en mesure de prendre une décision, nous devons forcer un classement par le calcul d'un indice de préférence Φ basé sur la balance des deux indices de préférences $\Phi+$ et $\Phi-$. Prométhée 2 établit un rangement complet : toutes les actions sont classées de la meilleure à la pire et aucune incomparabilité n'est autorisée. Ce classement est plus direct que le classement partiel de Prométhée1 et est plus facile à utiliser. Il s'applique bien lorsqu'on doit retenir plusieurs actions et pas uniquement la meilleure.

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

Dans notre exemple, le site 2 est le meilleur et le site 1 est le pire. En forçant le classement, le logiciel nous propose l'ordre suivant :



5.6 L'analyse de sensibilité des résultats

Intervalles de stabilités

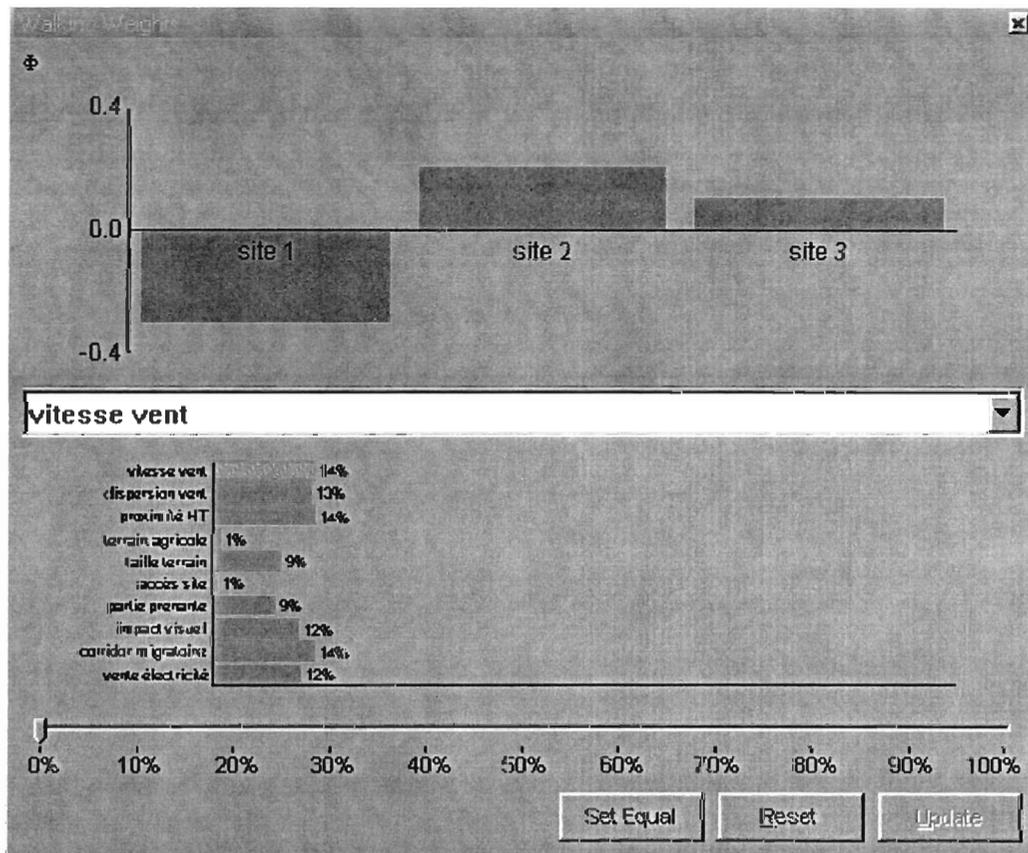
Un intervalle de stabilité des poids est calculé pour chaque critère : il indique à l'intérieur de quelles limites le poids de ce critère peut-être modifié sans aucun impact sur le classement calculé par « Decision Lab », toutes choses étant égales par ailleurs.

	Weight	Interval		% Weight	% Interval	
		Min	Max		Min	Max
vitesse vent	87.0000	0.0000	Infinity	14.15%	0.00%	100.00%
dispersion vent	83.0000	0.0000	151.0000	13.50%	0.00%	22.11%
proximité HT	86.0000	0.0000	Infinity	13.98%	0.00%	100.00%
terrain agricole	8.0000	0.0000	Infinity	1.30%	0.00%	100.00%
taille terrain	58.0000	0.0000	Infinity	9.43%	0.00%	100.00%
accès site	6.0000	0.0000	Infinity	0.98%	0.00%	100.00%
partie prenante	53.0000	0.0000	Infinity	8.62%	0.00%	100.00%
impact visuel	73.0000	0.0000	Infinity	11.87%	0.00%	100.00%
corridor migratoire	86.0000	0.0000	Infinity	13.98%	0.00%	100.00%
vente électricité	75.0000	0.0000	Infinity	12.20%	0.00%	100.00%

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

Tant que le poids relatif à la dispersion du vent reste inférieur à 22.1%, alors le rangement obtenu restera le même. On peut ici voir la grande stabilité du rangement obtenu car tous les autres critères ont un intervalle de stabilité de 0 à 100%.

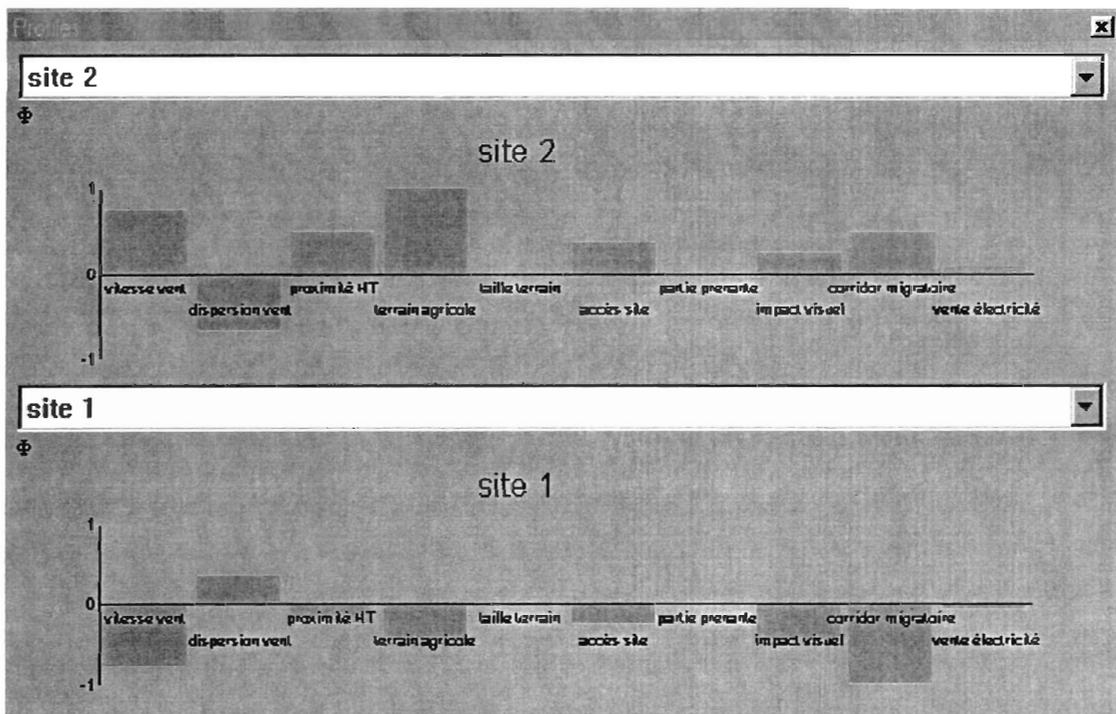
À la lecture de ce graphique, nous constatons que le celui du bas représente les poids des critères représentés en pourcentage. On peut sélectionner un critère dans la liste déroulante située entre les deux graphiques et on peut modifier son poids en déplaçant la glissière située au bas de la fenêtre. Les scores sont automatiquement mis à jour, en accord avec le nouveau classement complet.



Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

Profils d'action

La fenêtre profils d'action contient deux zones indépendantes. Chaque zone permet de visualiser le profil d'une action : à chaque critère correspond une barre verticale qui représente le score de l'action pour le critère, les barres ascendantes indiquent une bonne performance, alors que les barres descendantes indiquent une performance médiocre. Par exemple, si on sélectionne le site 2 dans la zone supérieure et le site 1 dans la zone inférieure, l'antagonisme entre les deux actions apparaît clairement.



Conclusion

Comme vous l'avez probablement découvert, les outils d'analyse multicritère sont plus qu'un simple utilitaire d'aide à la décision, c'est un outil complet qui aide à bonifier

la valeur des décisions que vous pouvez prendre dans le cadre de vos activités professionnelles.

Ces outils :

1. Permettent de mieux comprendre les problématiques décisionnelles.
2. Aident à promouvoir le partage des connaissances entre les décideurs.
3. Respectent les préférences, priorités et perceptions des décideurs.
4. Renforcent la prise de décision par l'utilisation des analyses de sensibilité.
5. Facilitent l'obtention d'un consensus autour de différents points de vues.
6. Permettent de conserver l'information essentielle de façon visuelle.

CONCLUSION

La filière éolienne a une importance toute particulière dans le cadre du choix des filières de production énergétique. Ce qui fait que les entreprises sont de plus en plus nombreuses à mettre en œuvre une démarche de gestion de projet pour s'assurer de la réussite de leurs actions. Qui dit énergie éolienne dit site éolien. Par contre, il est nécessaire de mettre en place un système d'aide à la décision au choix de site dans les projets éoliens.

La question générale que nous nous sommes posée est la suivante : quels sont les différents critères d'aide aux choix de sites? Pour répondre à cette problématique nous avons énuméré différents critères techniques (la vitesse du vent, l'existence ou la proximité d'un réseau à haute tension, les caractéristiques topographiques du site, la taille du terrain, l'accès au site), environnementaux (l'impact visuel, les impacts sur le climat sonore, les impacts sur la faune, les parties prenantes) et économiques (les retombées économiques de la construction des parcs d'éoliennes, les retombées sur l'ensemble du Québec).

Ensuite, nous avons réalisé une étude exploratoire sur les facteurs de localisation auprès de six entreprises experts dans le domaine éolien. Ces dernières ont non seulement validé nos critères mais nous ont fait part de leur façon de procéder aux choix de site.

Par la suite, nous avons proposé une méthodologie de choix de site pour un projet éolien en proposant la méthode Prométhée qui est un outil de surclassement face à une prise de décision multicritères.

Enfin, nous en avons fait une illustration par un cas didactique et avec les différents critères sur trois sites pour obtenir un rangement complet c'est à dire le meilleur et le pire des trois sites en terme d'implantation d'éoliennes.

Au terme de ce travail de recherche, il nous semble important de mettre l'accent sur les points suivants :

- Nous avons réalisé une étude exploratoire auprès des experts en gestion de projet pour identifier les critères d'aide à la localisation d'un parc éolien. Les gestionnaires de projet qui ont répondu à notre grille d'entrevue ont non seulement validé l'ensemble des critères mais évalué ceux-ci par degré d'importance. Il serait très intéressant, par la suite, de faire une étude de cas concret. Par exemple, mener une étude avec une entreprise qui implante un parc éolien et développer un aspect d'outil d'aide à la concertation.

- Outre une étude auprès des entreprises québécoises, nous pensons qu'elle doit être également menée en dehors du Québec notamment en Afrique, aux États-Unis et en Europe afin de vérifier si la priorité des critères est la même ailleurs qu'au Québec.
- Enfin, vu l'importance qu'acquière le choix de site qui est d'actualité aujourd'hui compte tenu de la position des gouvernements à investir dans l'éolien, nous estimons qu'il y a un besoin urgent de développer un outil multicritères d'aide à la concertation. Nous espérons avoir sensibilisé le lecteur à l'importance de réaliser d'autres études et recherches concrètes sur ce thème.

BLIBLIOGRAPHIE

Ouvrages

- [1]. ASSOCIATION CANADIENNE D'ÉNERGIE ÉOLIENNE.1994. Perspectives sur la technologie éolienne. Rimouski, 18 novembre 1994. 34 pages.
- [2]. BUREAU D'AUDIENCES PUBLIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT. 1997. Projet de parc éolien de la Gaspésie, rapport d'enquête et d'audience publique, 237 pages.
- [3]. ÉCOTONE. 1995. Étude des répercussions environnementales soumise au ministère de l'Environnement et de la Faune, rapport final. annexes, pagination multiple.
- [4]. BARRY, DIANE. 1999. L'éolienne, une énergie redécouverte. Québec.15 pages.
- [5]. BARRY, DIANE. 2002. L'éolienne, une énergie redécouverte. Québec 15 pages.
- [6]. CFDT GROUPE CONFÉDÉRAL ÉNERGIE. 1984. Le dossier de l'énergie. Éditions du Seuil. 412 pages.

- [7]. CARRIER, SONIA. 1996. Évaluation du potentiel éolien du Québec. Wind Economics and Technology, inc, Université du Québec à Rimouski. 71 pages.
- [8]. UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI. 1994. Les parcs d'éoliennes : technologie, impacts, développement régional. 165 pages
- [9]. ARNOLD, GUY ET CARLIER, FRANÇOIS 1992. Les énergies hydraulique, éolienne et solaire. Éditions Gamma – Éditions du Trécarré. P8-11. (32 pages).
- [10]. COLLOQUE LES SOURCES D' ÉNERGIE DU FUTUR. 1975. Les sources d'énergie du futur. Volume 42, numéro 3. P47-81 (225 pages).
- [11]. BARRABE , MARCEL. 1980. Énergies nouvelles, énergies pour la vie : bilan-enjeux. EDISUD/énergies alternatives.
- [12]. JULES, DUFOUR. 1998. Perspectives du développement durable : expériences et études de cas. Université du Québec à Chicoutimi. P115-129
- [13]. QUÉBEC. 1997. Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE). Numéro 109. 237 pages
- [14]. CANADA .2000. Les systèmes éoliens autonomes : guide de l'acheteur. 49 pages.

Sites Web

Axor

www.axor.com

Gouvernement

www.eole.org

Énergie

www.regie-energie.qc.ca

Outil d'analyse multicritère

www.visualdecision.com

Consultant en énergie éolienne

www.helimax.com

ANNEXE 1

RÉPARTITION DE LA PUISSANCE MONDIALE D'ÉOLIENNES

Répartition de la puissance mondiale d'éoliennes

Le parc éolien affiche un taux de croissance de 14 % à travers le monde contrairement à 0.6 % concernant l'hydroélectricitéⁱ. La répartition de la filière éolienne dans le monde se concentre en une dizaine de pays, tel que montré au tableau 5, ceux-ci totalisant plus de 95 % de la puissance éolienne installée.

Tableau 8 Répartition de la puissance éolienne installée en 1996

Pays	MW cumulatif fin 1995	MW installés en 1996	MW cumulatif fin 1996	% du parc mondial
États-Unis	1591	12	1596	26 %
Allemagne	1132	420	1552	25 %
Danemark	637	200	835	14 %
Indes	576	244	820	13 %
Pays-Bas	249	50	299	5 %
Angleterre	200	73	273	4 %
Espagne	133	116	249	4 %
Suède	69	34	103	2 %
Chine	44	35	79	1 %
Italie	33	38	71	1 %
Autres	157	70	227	4 %
Total	4821	1292	6104	100 %

Source : BTM Consult (1997). International Wind Energy Development - World Market Update 1996 - Forecast 1997-2001

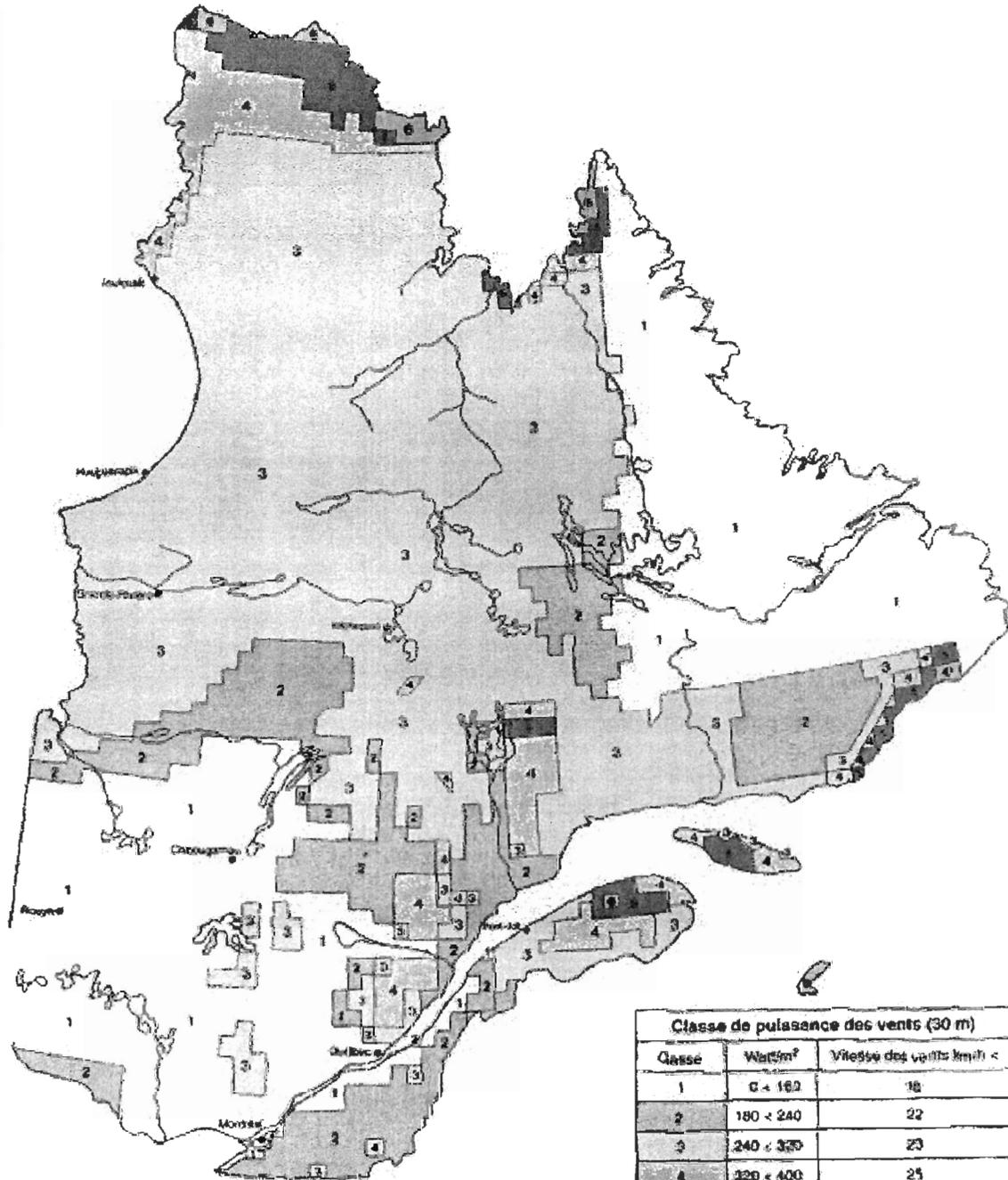
ⁱ Document déposé DB 13, p.129. Information tirée du BAPE.

ANNEXE 2

LE PORTRAIT DU POTENTIEL ÉOLIEN AU QUÉBEC

Annexe 2

Le portrait du potentiel éolien au Québec



Atlas des vents du Québec

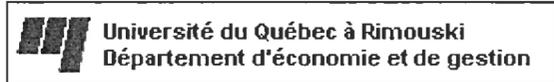
réalisé par Univ. du Québec à Rimouski et WECTEC

Classe de puissance des vents (30 m)		
Classe	Watt/m ²	Vitesse des vents km/h <
1	0 < 162	16
2	180 < 240	22
3	240 < 320	25
4	320 < 400	27
5	400 < 480	30
6	480 < 640	36
7	640 < 1600	40

ANNEXE 3

**ÉTUDE EXPLORATOIRE SUR LES CRITÈRES D'AIDE À LA
LOCALISATION D'UN PARC ÉOLIEN**

ENTREPRISE A



Étude exploratoire sur les critères
d'aide à la localisation d'un parc éolien

M^{de} Socé DIOUF

Maîtrise en Gestion de Projet
Université du Québec à Rimouski

Présentation de l'étude

L'énergie éolienne est l'énergie qui connaît la plus forte croissance au monde. Cette croissance n'a d'égale que celle des industries du téléphone cellulaire ou de l'internet. Le gouvernement du Québec appuie ce développement éolien et ce pour deux raisons majeures : être en cohérence avec sa politique de développement durable et concrétiser sa politique de diversification du portefeuille énergétique par Hydro-Québec.

Ainsi, les projets éoliens sont de plus en plus nombreux à travers le monde et une des premières étapes de tout projet éolien vise à sélectionner un site pour l'installation du parc éolien. Ce projet de recherche s'intéresse tout particulièrement à cette phase de sélection et vise à proposer une méthodologie multicritère pour aider les décideurs dans cette décision importante.

La première étape de notre méthodologie consiste à déterminer et à valider, auprès d'experts que vous êtes, une famille de critères pertinents dans le choix d'un site pour la réalisation d'un projet éolien. Dans la littérature, on mentionne trois grands types de critères : des critères d'ordre technique, environnemental et économique. La grille d'entrevue qui vous est proposée est l'outil que nous avons développé pour colliger cette information. Elle vise à atteindre les objectifs suivants :

- *Décrire les pratiques actuelles en ce qui a trait au choix de site pour les projets éoliens,*
- *Valider et pondérer, auprès d'experts, les critères relatifs au choix de site.*

C'est pour atteindre ces objectifs que nous faisons appel à votre expertise et que nous sollicitons votre collaboration pour répondre à la grille d'entrevue suivante.

**Partie 1 : Identification de l'organisation et
Description des pratiques actuelles.**

1.1 Identification de l'organisation.

Nom : 1.

.....

Prénom :

Raison sociale de l'entreprise : A.

.....

Adresse

.....

Secteur d'activité : Génie conseil en éolien et énergies renouvelables

.....

Taille de l'entreprise : Chiffre d'affaires approximatif ~ 1 M\$

Effectif 13 personnes

.....

Poste et fonctions assumés dans l'entreprise : Directeur de projet à l'international et
gestionnaire de projet locaux.....

.....

1.2 Description des pratiques actuelles dans le choix de site.

Q1 Est-ce que c'est vous même qui faites le choix de site?

X OUI NON

Q2 Avez-vous une méthodologie, une approche pour le choix d'un site?

X OUI NON

Si oui quels sont les critères que vous utilisez et quelle est votre approche :

Nous utilisons une approche systématique basée sur les critères suivants :

Localisation géographique
Superficie potentielle du site
Caractéristiques de la topographie
Caractéristiques des usages actuels
Caractéristiques du potentiel éolien
Caractéristiques des structures à proximité du site
Caractéristiques du réseau de transport
Caractéristiques des accès au site
Caractéristiques du sol au niveau du site
Caractéristiques de la propriété du site
Caractéristiques des contraintes réglementaires
Caractéristiques des contraintes environnementales
Caractéristiques des contraintes humaines
Caractéristiques de l'acceptabilité sociale du projet
Qualification de l'expérience locale en éolien

Q3 Est-ce que vos projets sont réalisés au Québec, à la grandeur du Canada, aux États Unis, en Europe, en Afrique, en Asie, en Australie?

Classifier en nombre et en pourcentage vos projets selon la localisation.

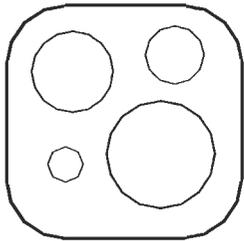
Projets	
Nombre	Pourcentage
Québec	<u> 70 </u> %
Canada	<u> 28 </u> %
États-Unis	<u> </u> %
Europe	<u> </u> %
Afrique	<u> 2 </u> %
Asie	<u> </u> %
Australie	<u> </u> %

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

Comment peut-on caractériser les types de projets éoliens que vous réalisez selon les quatre formes suivantes :

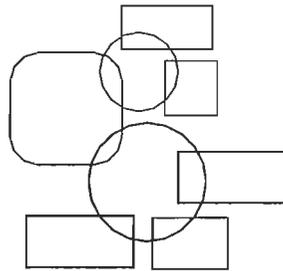
Votre entreprise ou organisation Projet Autre entreprise ou organisation

Projets internes



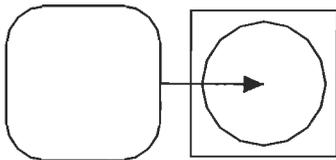
_____ %

Projets externes



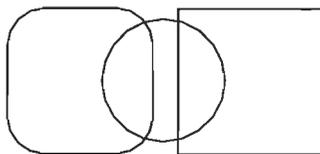
___90___ %

Projets en sous-traitance



_____ %

Projets en partenariat



___10___ %

Partie 2 : Critères techniques, environnementaux et économiques dans le choix de site éolien.

En référence à des critères techniques, environnementaux et économiques déjà reconnus dans la littérature en ce qui a trait aux projets éoliens, nous en proposons un certain nombre qui peuvent être pertinents au choix de site.

Nous vous demandons :

- 1- d'indiquer si vous êtes d'accord ou non avec la pertinence de prendre en compte les critères mentionnés dans le cadre du choix de site.
- 2- dans le cas affirmatif, d'évaluer l'importance relative, sur une échelle de 1 à 9, du critère considéré.

Utiliser l'axe en dessous de chaque question pour indiquer votre réponse. Il s'agit d'une échelle progressive dans laquelle :

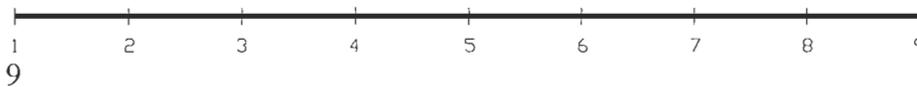
- ▶ 1 correspond à la réponse « très peu important »
- ▶ 3 correspond à la réponse « moyennement important »
- ▶ 5 correspond à la réponse « important »
- ▶ 7 correspond à la réponse « très important »
- ▶ 9 correspond à la réponse « extrêmement important »

Les facteurs techniques

2.4 Vous aurez besoin de **vent**. Il est extrêmement important d'évaluer méthodiquement et rationnellement la **quantité d'énergie éolienne disponible**. La sous-estimation ou la surestimation des ressources éoliennes d'un endroit donné peut s'avérer très coûteuse.

Q- Est-ce que la vitesse du vent devrait être prise en compte comme un facteur déterminant au niveau du choix de site?

OUI NON



Q- Est-ce que la mesure de la régularité et la dispersion des vents constituent une indication pour le choix d'un site?

OUI NON



Q- Est-ce que la direction du vent est un critère pertinent de choix de site?

X OUI NON



2.5 L'existence ou la proximité de réseau à haute tension permet de se connecter plus facilement au réseau de transport d'électricité d'Hydro-Québec.

Q- Est-ce que l'existence ou la proximité d'un réseau à haute tension peut être considéré comme un critère pertinent de choix de site?

X OUI NON



2.6 Une méthode particulière est utilisée, afin de déterminer les *caractéristiques topographiques d'un site*. Dans le but de connaître les sites privilégiés d'implantation des éoliennes. Est ce un site plat? Les vents sont-ils dominants?...

Q- Est-ce que les caractéristiques topographiques d'un site constitueraient un critère pertinent dans le choix d'un site?

X OUI NON



Parmi les caractéristiques topographiques de sites quelles sont celles que vous privilégiez? Numérotez selon l'ordre d'importance (1 le plus important, 4 le moins important)

- (3) - Proximité de la mer
- (2) - Sommets de collines, chaînes de montagnes
- (4) - Terrains déboisés agricoles
- (1) - Hauts plateaux

2.7 La taille du terrain détermine le nombre d'éoliennes à implanter.

Q- Peut-on considérer la taille du terrain ou du site exploitable comme étant un critère technique dans le choix de sites?

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

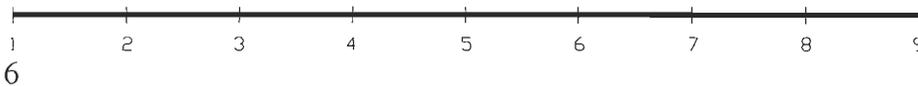
OUI NON



2.5 L'accès au site demeure important aussi. Souvent, il est plus facile sur les terres agricoles.

Q- Est-ce que l'accès au site devrait être considéré comme un critère technique dans un choix de site?

OUI NON



Dans le choix préliminaire de sites quels autres considérants peuvent intervenir?

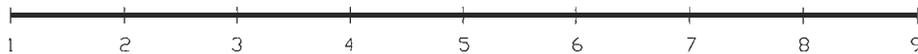
Mesures de vent déjà effectuées par le M.R.N ou un tiers.

OUI NON



Proximité d'un parc éolien déjà en fonction.

OUI NON



Proximité d'une ville importante.

OUI NON



Proximité d'un port.

OUI NON



Proximité d'une autoroute ou la qualité du lien routier.

OUI NON



Les facteurs environnementaux

1.3 La préparation des projets dépend aussi des *parties prenantes* que sont les individus ou les groupes d'individus bénéficiant des avantages ou des inconvénients présents ou éventuels conséquents à la réalisation ou non du projet.

Ce sont les agriculteurs-exploitants agricoles, les groupes socio-économiques et les élus municipaux, les citoyens, le conseil régional de l'environnement, le gouvernement du Québec...

Q-Est-ce que les parties prenantes devraient être prise en compte dans le choix de site?

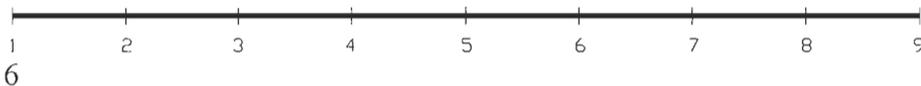
OUI NON



1.4 *L'impact visuel* est qualifié, dans la littérature, comme source majeure et principale d'opposition aux projets éoliens. Le champ visuel constitue la répercussion la plus importante. Cette filière doit composer avec le paradoxe que l'énergie produite par le vent bénéficie du large soutien de la part du public, mais que cet appui s'effrite lorsque les impacts locaux deviennent plus évidents.

Q- Est-ce que l'impact visuel peut constituer un critère pertinent au choix de site?

OUI NON



Quel poids accordez-vous à l'impact visuel et à la perception des habitants locaux par rapport au choix de site : _____ 2 _____

- 1. prioritaire
- 2. important
- 3. moyen
- 4. modéré

- 5. très faible

1.5 Quant au **bruit** généré par l'éolienne, l'amélioration de l'aérodynamisme de l'éolienne dans son ensemble de même que l'insonorisation de la nacelle ont permis de réduire considérablement le bruit émis par l'éolienne. L'éolienne moderne ne produit pas plus de bruit que celui du vent dans les grands pylônes électriques.

Q- Est-ce que le bruit généré par l'éolienne devrait-être considéré comme un critère pertinent de localisation?

OUI X NON



1.6 Lorsqu'il est question de construire une éolienne ou un parc d'éoliennes, il est nécessaire de **s'assurer que le lieu choisi n'est pas situé dans un corridor migratoire d'oiseaux ou à proximité des aires de nidification ou de reproduction** afin de minimiser les impacts sur la faune aviaire.

Q- Ce facteur environnemental doit-il être considéré comme pertinent?

X OUI NON



Les critères économiques

2.10 **Hydro-Québec** réserve un pourcentage de la production totale pour l'énergie éolienne en vue d'obtenir les meilleurs coûts de production et de favoriser le développement d'une expertise québécoise dans le domaine. La nouvelle politique a pour objectif de permettre à l'entreprise privée de vendre de l'électricité à la société d'État afin de favoriser les nouveaux investissements locaux.

Q- Est-ce que le fait de pouvoir vendre l'électricité à un prix de vente définie est un critère pertinent à un choix de site?

X OUI NON



Q- Est-ce qu'il y a un prix d'achat au kilowatt/heure fixé par Hydro-Québec?

OUI X NON

Si oui combien? _____ et pour combien d'années? _____

2.11 Concernant *le coût du système*, il faut considérer deux catégories de coûts : *les coûts initiaux et les coûts annuels*. Les coûts initiaux sont les dépenses engagés au début du projet, avant la production d'électricité. Les coûts annuels, ou coûts d'utilisation et d'entretien, sont les frais qu'il faut assumer régulièrement pour maintenir le système éolien en bon état de marche.

Q- **Faudrait-il prendre en compte le coût du système éolien comme un critère pertinent dans le choix d'un site éolien?**

OUI X NON



2.12 Certains territoires sont éligibles à des *incitatifs, des subventions ou autres contributions gouvernementales municipales*.

Q- **Est ce que les subventions ou autres contributions gouvernementales peuvent-être considérées comme des critères pertinents dans le choix de sites éoliens?**

X OUI NON



Q- **La proximité d'une *main d'œuvre* qualifié est-elle un critère pertinent pour la localisation d'un parc éolien?**

X OUI NON



Q- **Est-ce qu'il existe d'autres critères qui vous paraissent pertinents et que nous n'avons pas mentionnés dans le choix de sites?**

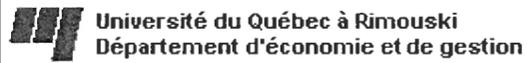
X OUI NON

Si oui lesquels?

Voir

Q2

ANNEXE 4
ENTREPRISE B



Étude exploratoire sur les critères
d'aide à la localisation d'un parc éolien

M^{de} Socé DIOUF

Maîtrise en Gestion de Projet
Université du Québec à Rimouski

Présentation de l'étude

L'énergie éolienne est l'énergie qui connaît la plus forte croissance au monde. Cette croissance n'a d'égale que celle des industries du téléphone cellulaire ou de l'internet. Le gouvernement du Québec appuie ce développement éolien et ce pour deux raisons majeures : être en cohérence avec sa politique de développement durable et concrétiser sa politique de diversification du portefeuille énergétique par Hydro-Québec.

Ainsi, les projets éoliens sont de plus en plus nombreux à travers le monde et une des premières étapes de tout projet éolien vise à sélectionner un site pour l'installation du parc éolien. Ce projet de recherche s'intéresse tout particulièrement à cette phase de sélection et vise à proposer une méthodologie multicritère pour aider les décideurs dans cette décision importante.

La première étape de notre méthodologie consiste à déterminer et à valider, auprès d'experts que vous êtes, une famille de critères pertinents dans le choix d'un site pour la réalisation d'un projet éolien. Dans la littérature, on mentionne trois grands types de critères : des critères d'ordre technique, environnemental et économique. La grille d'entrevue qui vous est proposée est l'outil que nous avons développé pour colliger cette information. Elle vise à atteindre les objectifs suivants :

- *Décrire les pratiques actuelles en ce qui a trait au choix de site pour les projets éoliens,*
- Valider et pondérer, auprès d'experts, les critères relatifs au choix de site.

C'est pour atteindre ces objectifs que nous faisons appel à votre expertise et que nous sollicitons votre collaboration pour répondre à la grille d'entrevue suivante.

**Partie 1 : Identification de l'organisation et
Description des pratiques actuelles.**

1.1 Identification de l'organisation.

Nom : 2.....
...

Prénom :

Raison sociale de l'entreprise : B.....

Adresse :

.....

Secteur d'activité : Environnement.....

Taille de l'entreprise : Chiffre d'affaires approximatif

Effectif ...5-6 employés.....

Poste et fonctions assumés dans l'entreprise : Président

.....

1.2 Description des pratiques actuelles dans le choix de site.

Q1 Est-ce que c'est vous même qui faites le choix de site?

OUI NON

Q2 Avez-vous une méthodologie, une approche pour le choix d'un site?

OUI NON

Si oui quels sont les critères que vous utilisez et quelle est votre approche :

_____ Acceptabilité sociale _____
_____ Vent _____
_____ Ligne de transport _____
_____ Ressources environnementale à protéger _____

Q3 Est-ce que vos projets sont réalisés au Québec, à la grandeur du Canada, aux États Unis, en Europe, en Afrique, en Asie, en Australie?

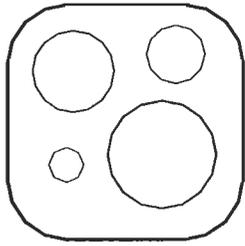
Classifier en nombre et en pourcentage vos projets selon la localisation.

Projets	
Nombre	Pourcentage
Québec	100%
Canada	_____%
États-Unis	_____%
Europe	_____%
Afrique	_____%
Asie	_____%
Australie	_____%

Comment peut-on caractériser les types de projets éoliens que vous réalisez selon les quatre formes suivantes :

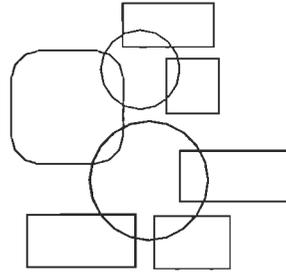
Votre entreprise ou organisation Projet Autre entreprise ou organisation

Projets internes



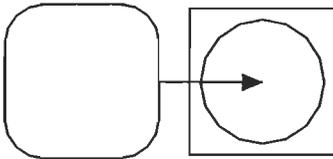
_____ %

Projets externes



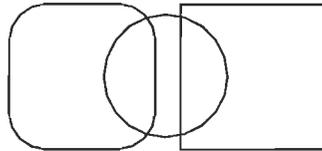
100 %

Projets en sous-traitance



_____ %

Projets en partenariat



_____ %

Partie 2 : Critères techniques, environnementaux et économiques dans le choix de site éolien.

En référence à des critères techniques, environnementaux et économiques déjà reconnus dans la littérature en ce qui a trait aux projets éoliens, nous en proposons un certain nombre qui peuvent être pertinents au choix de site.

Nous vous demandons :

- 1- d'indiquer si vous êtes d'accord ou non avec la pertinence de prendre en compte les critères mentionnés dans le cadre du choix de site.
- 2- dans le cas affirmatif, d'évaluer l'importance relative, sur une échelle de 1 à 9, du critère considéré.

Utiliser l'axe en dessous de chaque question pour indiquer votre réponse. Il s'agit d'une échelle progressive dans laquelle :

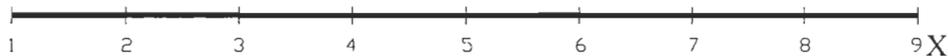
- ▶ 1 correspond à la réponse « très peu important »
- ▶ 3 correspond à la réponse « moyennement important »
- ▶ 5 correspond à la réponse « important »
- ▶ 7 correspond à la réponse « très important »
- ▶ 9 correspond à la réponse « extrêmement important »

Les facteurs techniques

2.1 Vous aurez besoin de **vent**. Il est extrêmement important d'évaluer méthodiquement et rationnellement la **quantité d'énergie éolienne disponible**. La sous-estimation ou la surestimation des ressources éoliennes d'un endroit donné peut s'avérer très coûteuse.

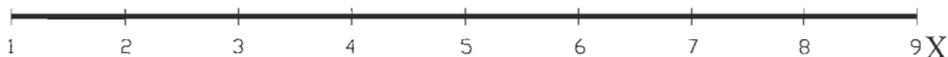
Q- Est-ce que la vitesse du vent devrait être prise en compte comme un facteur déterminant au niveau du choix de site?

X OUI NON



Q- Est-ce que la mesure de la régularité et la dispersion des vents constituent une indication pour le choix d'un site?

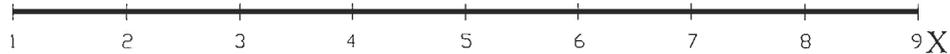
X OUI NON



Q- Est-ce que la direction du vent est un critère pertinent de choix de site?

X OUI

NON

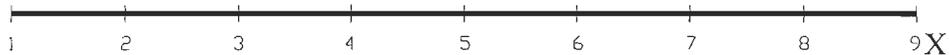


2.2 L'existence ou la proximité de réseau à haute tension permet de se connecter plus facilement au réseau de transport d'électricité d'Hydro-Québec.

Q- Est-ce que l'existence ou la proximité d'un réseau à haute tension peut être considéré comme un critère pertinent de choix de site?

X OUI

NON

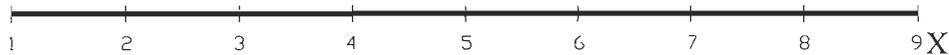


2.2 Une méthode particulière est utilisée, afin de déterminer les *caractéristiques topographiques d'un site*. Dans le but de connaître les sites privilégiés d'implantation des éoliennes. Est ce un site plat? Les vents sont-ils dominants?...

Q- Est-ce que les caractéristiques topographiques d'un site constitueraient un critère pertinent dans le choix d'un site?

X OUI

NON



Parmi les caractéristiques topographiques de sites quelles sont celles que vous privilégiez? Numérotez selon l'ordre d'importance (1 le plus important, 4 le moins important)

- () - Proximité de la mer
- () - Sommets de collines, chaînes de montagnes
- () - Terrains déboisés agricoles
- () - Hauts plateaux

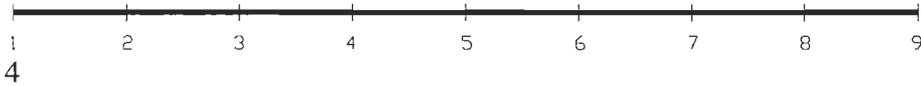
2.4 La taille du terrain détermine le nombre d'éoliennes à implanter.

Q- Peut-on considérer la taille du terrain ou du site exploitable comme étant un critère technique dans le choix de sites?

X OUI

NON

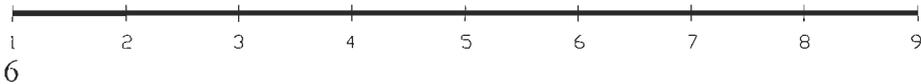
Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère



2.5 L'accès au site demeure important aussi. Souvent, il est plus facile sur les terres agricoles.

Q- Est-ce que l'accès au site devrait être considéré comme un critère technique dans un choix de site?

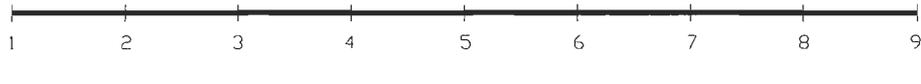
OUI NON



Dans le choix préliminaire de sites quels autres considérants peuvent intervenir?

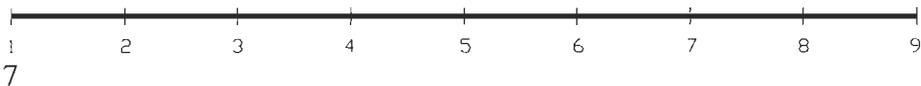
Mesures de vent déjà effectuées par le M.R.N ou un tiers.

OUI NON



Proximité d'un parc éolien déjà en fonction.

OUI NON



Proximité d'une ville importante.

OUI NON



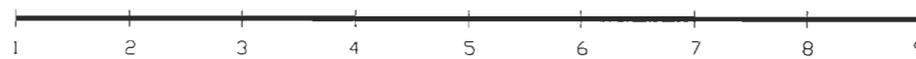
Proximité d'un port.

OUI NON



Proximité d'une autoroute ou la qualité du lien routier.

X OUI NON



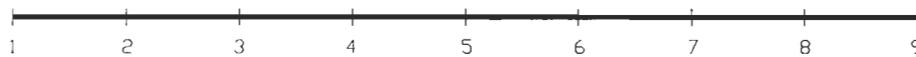
Les facteurs environnementaux

1.3 La préparation des projets dépend aussi des **parties prenantes** que sont les individus ou les groupes d'individus bénéficiant des avantages ou des inconvénients présents ou éventuels conséquents à la réalisation ou non du projet.

Ce sont les agriculteurs-exploitants agricoles, les groupes socio-économiques et les élus municipaux, les citoyens, le conseil régional de l'environnement, le gouvernement du Québec...

Q-Est-ce que les parties prenantes devraient être prise en compte dans le choix de site?

X OUI NON



1.4 **L'impact visuel** est qualifié, dans la littérature, comme source majeure et principale d'opposition aux projets éoliens. Le champ visuel constitue la répercussion la plus importante. Cette filière doit composer avec le paradoxe que l'énergie produite par le vent bénéficie du large soutien de la part du public, mais que cet appui s'effrite lorsque les impacts locaux deviennent plus évidents.

Q- Est-ce que l'impact visuel peut constituer un critère pertinent au choix de site?

X OUI NON



Quel poids accordez-vous à l'impact visuel et à la perception des habitants locaux par rapport au choix de site : ___1_____

- 1. prioritaire
- 2. important
- 3. moyen

- 4. modéré
- 5. très faible

1.5 Quant au **bruit** généré par l'éolienne, l'amélioration de l'aérodynamisme de l'éolienne dans son ensemble de même que l'insonorisation de la nacelle ont permis de réduire considérablement le bruit émis par l'éolienne. L'éolienne moderne ne produit pas plus de bruit que celui du vent dans les grands pylônes électriques.

Q- Est-ce que le bruit généré par l'éolienne devrait-être considéré comme un critère pertinent de localisation?

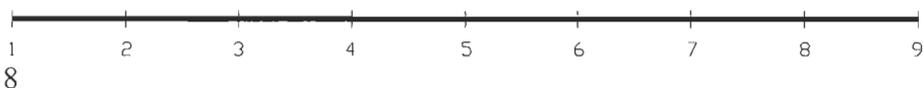
OUI NON



1.6 Lorsqu'il est question de construire une éolienne ou un parc d'éoliennes, il est nécessaire de **s'assurer que le lieu choisi n'est pas situé dans un corridor migratoire d'oiseaux ou à proximité des aires de nidification ou de reproduction** afin de minimiser les impacts sur la faune aviaire.

Q- Ce facteur environnemental doit-il être considéré comme pertinent?

OUI NON



Les critères économiques

2.10 *Hydro-Québec* réserve un pourcentage de la production totale pour l'énergie éolienne en vue d'obtenir les meilleurs coûts de production et de favoriser le développement d'une expertise québécoise dans le domaine. La nouvelle politique a pour objectif de permettre à l'entreprise privée de vendre de l'électricité à la société d'État afin de favoriser les nouveaux investissements locaux.

Q- Est-ce que le fait de pouvoir vendre l'électricité à un prix de vente définie est un critère pertinent à un choix de site?

OUI NON



Q- Est-ce qu'il y a un prix d'achat au kilowatt/heure fixé par Hydro-Québec?

OUI NON Je ne sais pas

Si oui combien? _____ et pour combien d'années? _____

2.11 Concernant *le coût du système*, il faut considérer deux catégories de coûts : *les coûts initiaux et les coûts annuels*. Les coûts initiaux sont les dépenses engagés au début du projet, avant la production d'électricité. Les coûts annuels, ou coûts d'utilisation et d'entretien, sont les frais qu'il faut assumer régulièrement pour maintenir le système éolien en bon état de marche.

Q- Faudrait-il prendre en compte le coût du système éolien comme un critère pertinent dans le choix d'un site éolien?

OUI NON



2.12 Certains territoires sont éligibles à des *incitatifs, des subventions ou autres contributions gouvernementales municipales*.

Q- Est ce que les subventions ou autres contributions gouvernementales peuvent-être considérées comme des critères pertinents dans le choix de sites éoliens?

X OUI NON



Q- La proximité d'une main d'œuvre qualifié est-elle un critère pertinent pour la localisation d'un parc éolien?

X OUI NON



Q- Est-ce qu'il existe d'autres critères qui vous paraissent pertinents et que nous n'avons pas mentionnés dans le choix de sites?

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

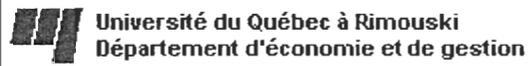
OUI

NON

Si oui lesquels?

Voir tous les critères environnementaux prévus aux études d'impacts avant l'implantation d'éoliennes (parc de plus de 10 MW).

ANNEXE 5
ENTREPRISE C



Étude exploratoire sur les critères
d'aide à la localisation d'un parc éolien

M^{de} Socé DIOUF

Maîtrise en Gestion de Projet
Université du Québec à Rimouski

Présentation de l'étude

L'énergie éolienne est l'énergie qui connaît la plus forte croissance au monde. Cette croissance n'a d'égale que celle des industries du téléphone cellulaire ou de l'internet. Le gouvernement du Québec appuie ce développement éolien et ce pour deux raisons majeures : être en cohérence avec sa politique de développement durable et concrétiser sa politique de diversification du portefeuille énergétique par Hydro-Québec.

Ainsi, les projets éoliens sont de plus en plus nombreux à travers le monde et une des premières étapes de tout projet éolien vise à sélectionner un site pour l'installation du parc éolien. Ce projet de recherche s'intéresse tout particulièrement à cette phase de sélection et vise à proposer une méthodologie multicritère pour aider les décideurs dans cette décision importante.

La première étape de notre méthodologie consiste à déterminer et à valider, auprès d'experts que vous êtes, une famille de critères pertinents dans le choix d'un site pour la réalisation d'un projet éolien. Dans la littérature, on mentionne trois grands types de critères : des critères d'ordre technique, environnemental et économique. La grille d'entrevue qui vous est proposée est l'outil que nous avons développé pour colliger cette information. Elle vise à atteindre les objectifs suivants :

- *Décrire les pratiques actuelles en ce qui a trait au choix de site pour les projets éoliens,*
- *Valider et pondérer, auprès d'experts, les critères relatifs au choix de site.*

C'est pour atteindre ces objectifs que nous faisons appel à votre expertise et que nous sollicitons votre collaboration pour répondre à la grille d'entrevue suivante.

**Partie 1 : Identification de l'organisation et
Description des pratiques actuelles.**

1.1 Identification de l'organisation.

Nom : 3

Prénom :

Raison sociale de l'entreprise : C

Adresse :

Secteur d'activité : Consultant en ingénierie

Taille de l'entreprise : Chiffre d'affaires approximatif : 35 M\$/an

Effectif : 300

Poste et fonctions assumés dans l'entreprise : *Directeur de projet et de développement*

1.2 Description des pratiques actuelles dans le choix de site.

Q1 Est-ce que c'est vous même qui faites le choix de site?

OUI NON *La décision est prise en groupe avec le client qui a le dernier mot.*

Q2 Avez-vous une méthodologie, une approche pour le choix d'un site?

OUI NON

Si oui quels sont les critères que vous utilisez et quelle est votre approche :

- 1) *La qualité du vent; intensité, régime, stabilité.*
- 2) *La proximité des ligne de transport d'électricité à haute tension.*
- 3) *La topographie; surface plane ou montagnes*
- 4) *Proximité de grands plans d'eau; faible coefficient de cisaillement*
- 5) *La disponibilité du territoire; capacité d'obtenir des droits superficiaires pour implanter des éoliennes, terres privée, territoire public.*
- 6) *Contraintes légales; réglementation municipale, aménagement du territoire.*
- 7) *Contraintes environnementales.*

Q3 Est-ce que vos projets sont réalisés au Québec, à la grandeur du Canada, aux États Unis, en Europe, en Afrique, en Asie, en Australie?

Classifier en nombre et en pourcentage vos projets selon la localisation.

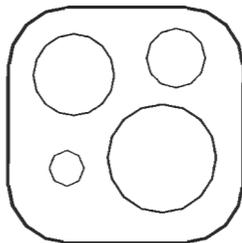
Projets	
Nombre	Pourcentage
Québec	90 %
Canada	_____ %
États-Unis	_____ %
Europe	_____ %
Afrique	10 %
Asie	_____ %
Australie	_____ %

Comment peut-on caractériser les types de projets éoliens que vous réalisez selon les quatre formes suivantes :

Votre entreprise ou organisation Projet Autre entreprise ou organisation

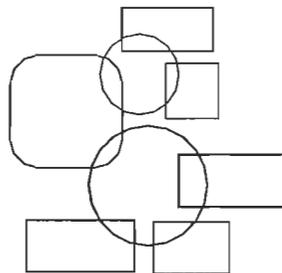
Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

Projets internes



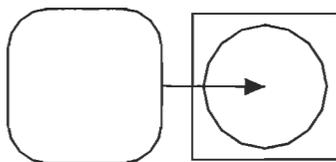
_____ %

Projets externes



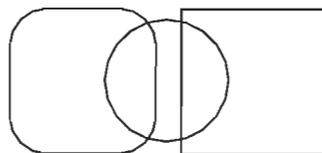
_____ %

Projets en sous-traitance



_____ %

Projets en partenariat



100 %

Partie 2 : Critères techniques, environnementaux et économiques dans le choix de site éolien.

En référence à des critères techniques, environnementaux et économiques déjà reconnus dans la littérature en ce qui a trait aux projets éoliens, nous en proposons un certain nombre qui peuvent être pertinents au choix de site.

Nous vous demandons :

- 1- d'indiquer si vous êtes d'accord ou non avec la pertinence de prendre en compte les critères mentionnés dans le cadre du choix de site.
- 2- dans le cas affirmatif, d'évaluer l'importance relative, sur une échelle de 1 à 9, du critère considéré.

Utiliser l'axe en dessous de chaque question pour indiquer votre réponse. Il s'agit d'une échelle progressive dans laquelle :

- ▶ 1 correspond à la réponse « très peu important »
- ▶ 3 correspond à la réponse « moyennement important »
- ▶ 5 correspond à la réponse « important »
- ▶ 7 correspond à la réponse « très important »
- ▶ 9 correspond à la réponse « extrêmement important »

Les facteurs techniques

- 2.3 Vous aurez besoin de **vent**. Il est extrêmement important d'évaluer méthodiquement et rationnellement la **quantité d'énergie éolienne disponible**. La sous-estimation ou la surestimation des ressources éoliennes d'un endroit donné peut s'avérer très coûteuse.

Q- Est-ce que la vitesse du vent devrait être prise en compte comme un facteur déterminant au niveau du choix de site?

OUI 9 NON



Q- Est-ce que la mesure de la régularité et la dispersion des vents constituent une indication pour le choix d'un site?

OUI 7 NON



Q- Est-ce que la direction du vent est un critère pertinent de choix de site?

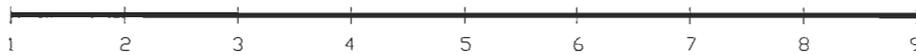
OUI NON *D'abord que le vent est fort et stable*



2.4 *L'existence ou la proximité de réseau à haute tension* permet de se connecter plus facilement au réseau de transport d'électricité d'Hydro-Québec.

Q- Est-ce que l'existence ou la proximité d'un réseau à haute tension peut être considéré comme un critère pertinent de choix de site?

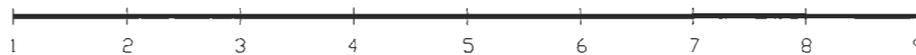
OUI 9 NON



2.5 Une méthode particulière est utilisée, afin de déterminer les *caractéristiques topographiques d'un site*. Dans le but de connaître les sites privilégiés d'implantation des éoliennes. Est ce un site plat? Les vents sont-ils dominants?...

Q- Est-ce que les caractéristiques topographiques d'un site constitueraient un critère pertinent dans le choix d'un site?

OUI 8 NON



Parmi les caractéristiques topographiques de sites quelles sont celles que vous privilégiez? Numéroté selon l'ordre d'importance (1 le plus important, 4 le moins important)

- (1) - Proximité de la mer
- (4) - Sommets de collines, chaînes de montagnes
- (2) - Terrains déboisés agricoles
- (3) - Hauts plateaux

2.6 *La taille du terrain* détermine le nombre d'éoliennes à implanter.

Q- Peut-on considérer la taille du terrain ou du site exploitable comme étant un critère technique dans le choix de sites?

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

OUI 7 NON *Ici, tout dépend des besoins à satisfaire; comme pour l'appel d'offres d'HQD qui oriente les promoteurs vers des projets de 50, 100 et 150 MW.*



2.5 L'accès au site demeure important aussi. Souvent, il est plus facile sur les terres agricoles.

Q- Est-ce que l'accès au site devrait être considéré comme un critère technique dans un choix de site?

OUI 3 NON *Dans le cadre de l'appel d'offres d'HQD, rares sont les sites dont l'accès est trop difficile. Ce n'est qu'une question de coût.*



Dans le choix préliminaire de sites quels autres considérants peuvent intervenir?

Mesures de vent déjà effectuées par le M.R.N ou un tiers.

OUI 8 NON



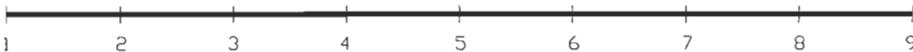
Proximité d'un parc éolien déjà en fonction.

OUI NON



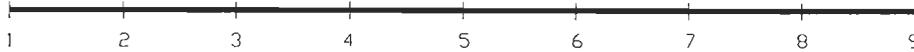
Proximité d'une ville importante.

OUI NON



Proximité d'un port.

OUI NON



Proximité d'une autoroute ou la qualité du lien routier.

OUI X NON



Les facteurs environnementaux

1.3 La préparation des projets dépend aussi des **parties prenantes** que sont les individus ou les groupes d'individus bénéficiant des avantages ou des inconvénients présents ou éventuels conséquents à la réalisation ou non du projet.

Ce sont les agriculteurs-exploitants agricoles, les groupes socio-économiques et les élus municipaux, les citoyens, le conseil régional de l'environnement, le gouvernement du Québec...

Q-Est-ce que les parties prenantes devraient être prise en compte dans le choix de site?

X OUI 9 NON *Le promoteur n'est habituellement pas propriétaire des terres sur lesquelles il veut établir un parc éolien. Il doit donc obtenir l'aval des propriétaires concernés et il doit tenir compte des préoccupations des élus locaux qui rédigent la réglementation sur l'aménagement du territoire.*



1.4 **L'impact visuel** est qualifié, dans la littérature, comme source majeure et principale d'opposition aux projets éoliens. Le champ visuel constitue la répercussion la plus importante. Cette filière doit composer avec le paradoxe que l'énergie produite par le vent bénéficie du large soutien de la part du public, mais que cet appui s'effrite lorsque les impacts locaux deviennent plus évidents.

Q- Est-ce que l'impact visuel peut constituer un critère pertinent au choix de site?

X OUI 5 NON *L'impact visuel est un sujet très émotif et peut-être relativement « politique ». En effet, les propriétaires de terres qui acceptent des éoliennes les voient plutôt comme une source de revenus et ne s'offusquent guère de leur visibilité. On peut s'attendre à ce que ce soit les autres membres de la communauté qui n'ayant pas de revenus directs d'un parc éolien, utiliseraient l'impact visuel comme argument de débat. En effet, on a déjà vu dans le passé ce type d'argument être utilisé comme moyen de pression. Des plus, il a*

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

été démontré qu'en Europe, avant l'implantation d'un parc éolien, l'opinion des gens est positif. Elle diminue en cours de construction et après la mise en exploitation, remonte à un niveau supérieur à celui qu'il était avant le projet. Les Québécois seront-ils très différents des Européens?



Quel poids accordez-vous à l'impact visuel et à la perception des habitants locaux par rapport au choix de site : **3**

- **1. prioritaire**
- **2. important**
- **3. moyen**
- **4. modéré**
- **5. très faible**

1.5 Quant au **bruit** généré par l'éolienne, l'amélioration de l'aérodynamisme de l'éolienne dans son ensemble de même que l'insonorisation de la nacelle ont permis de réduire considérablement le bruit émis par l'éolienne. L'éolienne moderne ne produit pas plus de bruit que celui du vent dans les grands pylônes électriques.

Q- Est-ce que le bruit généré par l'éolienne devrait-être considéré comme un critère pertinent de localisation?

OUI NON



1.6 Lorsqu'il est question de construire une éolienne ou un parc d'éoliennes, il est nécessaire de **s'assurer que le lieu choisi n'est pas situé dans un corridor migratoire d'oiseaux ou à proximité des aires de nidification ou de reproduction** afin de minimiser les impacts sur la faune aviaire.

Q- Ce facteur environnemental doit-il être considéré comme pertinent?

OUI **8** NON



Les critères économiques

2.10 *Hydro-Québec* réserve un pourcentage de la production totale pour l'énergie éolienne en vue d'obtenir les meilleurs coûts de production et de favoriser le

développement d'une expertise québécoise dans le domaine. La nouvelle politique a pour objectif de permettre à l'entreprise privée de vendre de l'électricité à la société d'État afin de favoriser les nouveaux investissements locaux.

Q- Est-ce que le fait de pouvoir vendre l'électricité à un prix de vente définie est un critère pertinent à un choix de site?

OUI NON



Q- Est-ce qu'il y a un prix d'achat au kilowatt/heure fixé par Hydro-Québec?

OUI NON

Si oui combien? _____ et pour combien d'années? _____

2.11 Concernant *le coût du système*, il faut considérer deux catégories de coûts : *les coûts initiaux et les coûts annuels*. Les coûts initiaux sont les dépenses engagés au début du projet, avant la production d'électricité. Les coûts annuels, ou coûts d'utilisation et d'entretien, sont les frais qu'il faut assumer régulièrement pour maintenir le système éolien en bon état de marche.

Q- Faudrait-il prendre en compte le coût du système éolien comme un critère pertinent dans le choix d'un site éolien?

OUI NON *Le coût du système est celui qui domine dans la vie d'un parc éolien. Cependant, les éoliennes elles-mêmes représentent entre 75 et 80 % du coût du parc; c'est donc dire qu'il reste de 20 à 25 % des coûts pour tous les autres aspects d'un projet dont entre autres, le réseau collecteur, le poste de raccordement et les chemins qui sont tous relativement indépendants de l'emplacement du site.*



2.12 Certains territoires sont éligibles à des *incitatifs, des subventions ou autres contributions gouvernementales municipales*.

Q- Est ce que les subventions ou autres contributions gouvernementales peuvent-être considérées comme des critères pertinents dans le choix de sites éoliens?

OUI 9 NON *Dans le cas de l'appel d'offres d'HQD, le territoire était imposé. Dans d'autres cas, si la mesure incitative se veut pour*

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

favoriser un territoire au détriment d'un autre, il faudra vérifier en vérifiant l'impact sur le coût de l'électricité produite.



Q- La proximité d'une *main d'œuvre* qualifiée est-elle un critère pertinent pour la localisation d'un parc éolien?

OUI NON *La plupart du temps, la main d'œuvre pour la construction provient d'ailleurs tandis que celle pour l'exploitation est très peu nombreuse et peut être formée relativement facilement après qu'elle ait obtenue un diplôme de technicien en mécanique ou en électricité.*

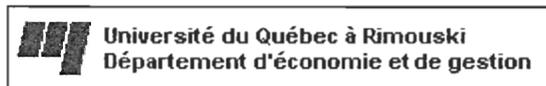


Q- Est-ce qu'il existe d'autres critères qui vous paraissent pertinents et que nous n'avons pas mentionnés dans le choix de sites?

OUI NON

Si oui lesquels?

ANNEXE 6
ENTREPRISE D



Étude exploratoire sur les critères
d'aide à la localisation d'un parc éolien

M^{de} Socé DIOUF

Maîtrise en Gestion de Projet
Université du Québec à Rimouski

Présentation de l'étude

L'énergie éolienne est l'énergie qui connaît la plus forte croissance au monde. Cette croissance n'a d'égale que celle des industries du téléphone cellulaire ou de l'internet. Le gouvernement du Québec appuie ce développement éolien et ce pour deux raisons majeures : être en cohérence avec sa politique de développement durable et concrétiser sa politique de diversification du portefeuille énergétique par Hydro-Québec.

Ainsi, les projets éoliens sont de plus en plus nombreux à travers le monde et une des premières étapes de tout projet éolien vise à sélectionner un site pour l'installation du parc éolien. Ce projet de recherche s'intéresse tout particulièrement à cette phase de sélection et vise à proposer une méthodologie multicritère pour aider les décideurs dans cette décision importante.

La première étape de notre méthodologie consiste à déterminer et à valider, auprès d'experts que vous êtes, une famille de critères pertinents dans le choix d'un site pour la réalisation d'un projet éolien. Dans la littérature, on mentionne trois grands types de critères : des critères d'ordre technique, environnemental et économique. La grille d'entrevue qui vous est proposée est l'outil que nous avons développé pour colliger cette information. Elle vise à atteindre les objectifs suivants :

- *Décrire les pratiques actuelles en ce qui a trait au choix de site pour les projets éoliens,*
- *Valider et pondérer, auprès d'experts, les critères relatifs au choix de site.*

C'est pour atteindre ces objectifs que nous faisons appel à votre expertise et que nous sollicitons votre collaboration pour répondre à la grille d'entrevue suivante.

1.2 Description des pratiques actuelles dans le choix de site.

Q1 Est-ce que c'est vous même qui faites le choix de site?

OUI NON

Q2 Avez-vous une méthodologie, une approche pour le choix d'un site?

OUI NON

Si oui quels sont les critères que vous utilisez et quelle est votre approche :

- taille du terrain
 - -contraintes humains
 - contraintes sociaux _____
 - vitesse de vent
 - accès routier
 - possibilité de d'interconnexions
-

Q3 Est-ce que vos projets sont réalisés au Québec, à la grandeur du Canada, aux États Unis, en Europe, en Afrique, en Asie, en Australie?

Classifier en nombre et en pourcentage vos projets selon la localisation.

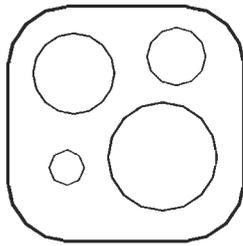
Projets	
Nombre	Pourcentage
Québec	_25_ %
Canada	_90_ % incluant Québec
États-Unis	____ %
Europe	____ %
Afrique	_10_ %
Asie	____ %
Australie	____ %

Comment peut-on caractériser les types de projets éoliens que vous réalisez selon les quatre formes suivantes :

Votre entreprise ou organisation Projet Autre entreprise ou organisation

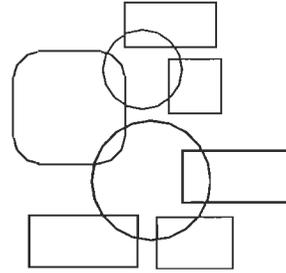
Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

Projets internes



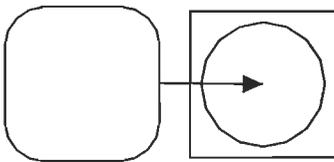
_____ %

Projets externes



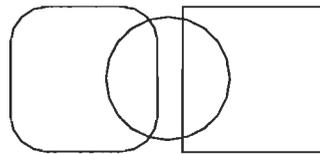
_____ %

Projets en sous-traitance



100 %

Projets en partenariat



_____ %

Partie 2 : Critères techniques, environnementaux et économiques dans le choix de site éolien.

En référence à des critères techniques, environnementaux et économiques déjà reconnus dans la littérature en ce qui a trait aux projets éoliens, nous en proposons un certain nombre qui peuvent être pertinents au choix de site.

Nous vous demandons :

- 1- d'indiquer si vous êtes d'accord ou non avec la pertinence de prendre en compte les critères mentionnés dans le cadre du choix de site.
- 2- dans le cas affirmatif, d'évaluer l'importance relative, sur une échelle de 1 à 9, du critère considéré.

Utiliser l'axe en dessous de chaque question pour indiquer votre réponse. Il s'agit d'une échelle progressive dans laquelle :

- ▶ 1 correspond à la réponse « très peu important »
- ▶ 3 correspond à la réponse « moyennement important »
- ▶ 5 correspond à la réponse « important »
- ▶ 7 correspond à la réponse « très important »
- ▶ 9 correspond à la réponse « extrêmement important »

Les facteurs techniques

2.7 Vous aurez besoin de *vent*. Il est extrêmement important d'évaluer méthodiquement et rationnellement la *quantité d'énergie éolienne disponible*. La sous-estimation ou la surestimation des ressources éoliennes d'un endroit donné peut s'avérer très coûteuse.

Q- Est-ce que la vitesse du vent devrait être prise en compte comme un facteur déterminant au niveau du choix de site?

OUI

NON



Q- Est-ce que la mesure de la régularité et la dispersion des vents constituent une indication pour le choix d'un site?

OUI

NON



Q- Est-ce que la direction du vent est un critère pertinent de choix de site?

OUI

NON



2.8 *L'existence ou la proximité de réseau à haute tension* permet de se connecter plus facilement au réseau de transport d'électricité d'Hydro-Québec.

Q- Est-ce que l'existence ou la proximité d'un réseau à haute tension peut être considéré comme un critère pertinent de choix de site?

OUI

NON



2.9 Une méthode particulière est utilisée, afin de déterminer les *caractéristiques topographiques d'un site*. Dans le but de connaître les sites privilégiés d'implantation des éoliennes. Est ce un site plat? Les vents sont-ils dominants?...

Q- Est-ce que les caractéristiques topographiques d'un site constitueraient un critère pertinent dans le choix d'un site?

OUI

NON



Parmi les caractéristiques topographiques de sites quelles sont celles que vous privilégiez? Numéroter selon l'ordre d'importance (1 le plus important, 4 le moins important)

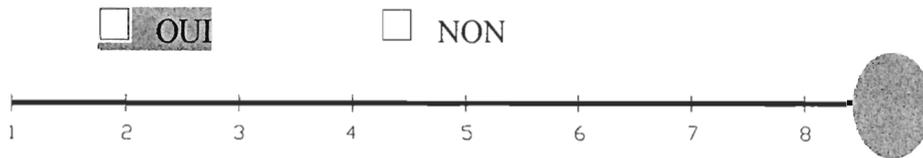
Celui avec le meilleur vent

- () - Proximité de la mer
- () - Sommets de collines, chaînes de montagnes
- () - Terrains déboisés agricoles
- () - Hauts plateaux

2.10 *La taille du terrain* détermine le nombre d'éoliennes à implanter.

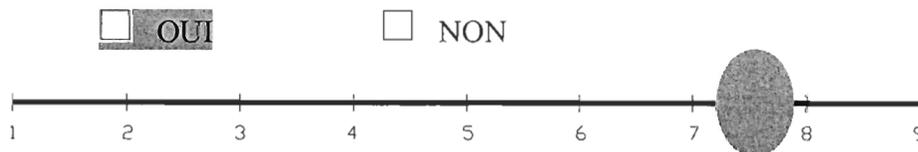
Q- Peut-on considérer la taille du terrain ou du site exploitable comme étant un critère technique dans le choix de sites?

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère



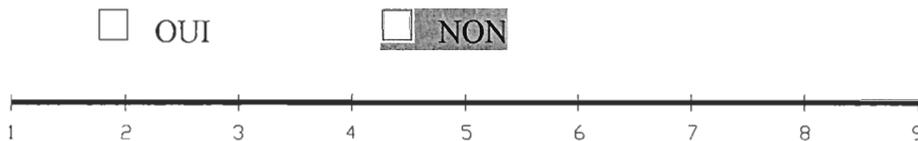
2.5 L'accès au site demeure important aussi. Souvent, il est plus facile sur les terres agricoles.

Q- Est-ce que l'accès au site devrait être considéré comme un critère technique dans un choix de site?

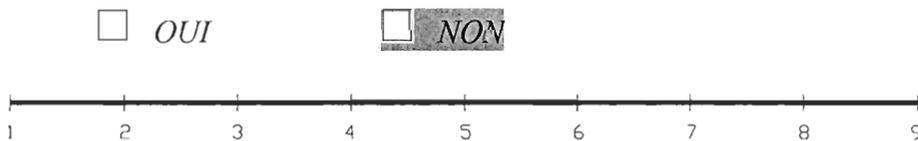


Dans le choix préliminaire de sites quels autres considérants peuvent intervenir?

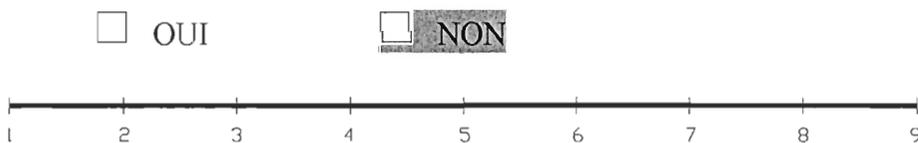
Mesures de vent déjà effectuées par le M.R.N ou un tiers.



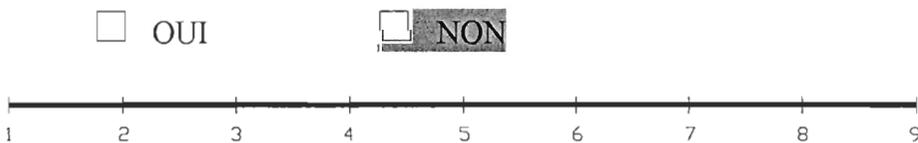
Proximité d'un parc éolien déjà en fonction.



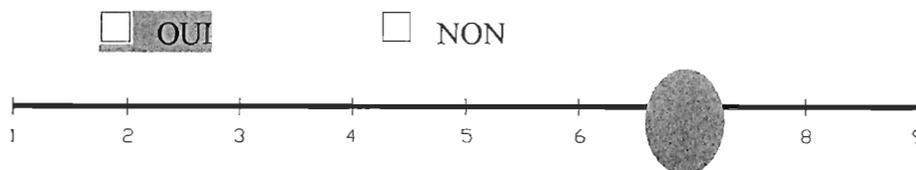
Proximité d'une ville importante.



Proximité d'un port.



Proximité d'une autoroute ou la qualité du lien routier.

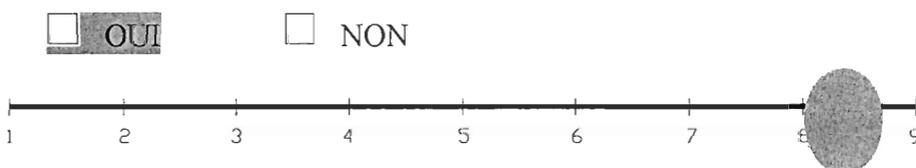


Les facteurs environnementaux

1.3 La préparation des projets dépend aussi des *parties prenantes* que sont les individus ou les groupes d'individus bénéficiant des avantages ou des inconvénients présents ou éventuels conséquents à la réalisation ou non du projet.

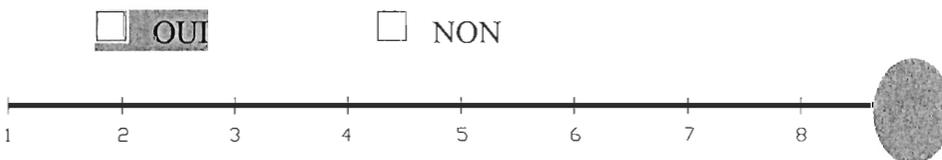
Ce sont les agriculteurs-exploitants agricoles, les groupes socio-économiques et les élus municipaux, les citoyens, le conseil régional de l'environnement, le gouvernement du Québec...

Q-Est-ce que les parties prenantes devraient être prise en compte dans le choix de site?



1.4 *L'impact visuel* est qualifié, dans la littérature, comme source majeure et principale d'opposition aux projets éoliens. Le champ visuel constitue la répercussion la plus importante. Cette filière doit composer avec le paradoxe que l'énergie produite par le vent bénéficie du large soutien de la part du public, mais que cet appui s'effrite lorsque les impacts locaux deviennent plus évidents.

Q- Est-ce que l'impact visuel peut constituer un critère pertinent au choix de site?



Quel poids accordez-vous à l'impact visuel et à la perception des habitants locaux par rapport au choix de site : _____2_____

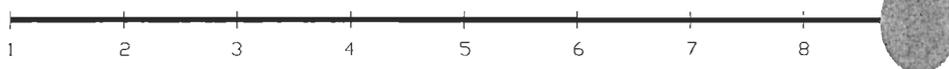
- 1. prioritaire
- 2. important
- 3. moyen
- 4. modéré
- 5. très faible

1.5 Quant au **bruit** généré par l'éolienne, l'amélioration de l'aérodynamisme de l'éolienne dans son ensemble de même que l'insonorisation de la nacelle ont permis de réduire considérablement le bruit émis par l'éolienne. L'éolienne moderne ne produit pas plus de bruit que celui du vent dans les grands pylônes électriques.

Q- Est-ce que le bruit généré par l'éolienne devrait être considéré comme un critère pertinent de localisation?

OUI

NON



1.6 Lorsqu'il est question de construire une éolienne ou un parc d'éoliennes, il est nécessaire de **s'assurer que le lieu choisi n'est pas situé dans un corridor migratoire d'oiseaux ou à proximité des aires de nidification ou de reproduction** afin de minimiser les impacts sur la faune aviaire.

Q- Ce facteur environnemental doit-il être considéré comme pertinent?

OUI

NON



Les critères économiques

2.10 **Hydro-Québec** réserve un pourcentage de la production totale pour l'énergie éolienne en vue d'obtenir les meilleurs coûts de production et de favoriser le développement d'une expertise québécoise dans le domaine. La nouvelle politique a pour objectif de permettre à l'entreprise privée de vendre de l'électricité à la société d'État afin de favoriser les nouveaux investissements locaux.

Q- Est-ce que le fait de pouvoir vendre l'électricité à un prix de vente définie est un critère pertinent à un choix de site?

Seulement de province

OUI

NON



Q- Est-ce qu'il y a un prix d'achat au kilowatt/heure fixé par Hydro-Québec?

OUI

NON

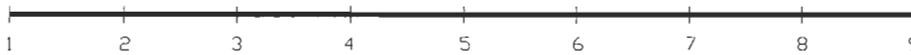
Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

Si oui combien? _____ et pour combien d'années? _____

- 2.11 Concernant **le coût du système**, il faut considérer deux catégories de coûts : **les coûts initiaux et les coûts annuels**. Les coûts initiaux sont les dépenses engagés au début du projet, avant la production d'électricité. Les coûts annuels, ou coûts d'utilisation et d'entretien, sont les frais qu'il faut assumer régulièrement pour maintenir le système éolien en bon état de marche.

Q- Faudrait-il prendre en compte le coût du système éolien comme un critère pertinent dans le choix d'un site éolien?

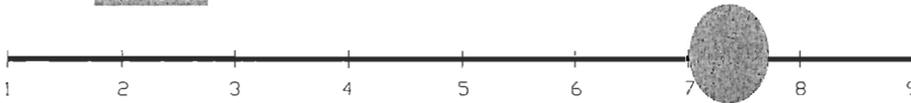
OUI NON



- 2.12 Certains territoires sont éligibles à des **incitatifs, des subventions ou autres contributions gouvernementales municipales**.

Q- Est ce que les subventions ou autres contributions gouvernementales peuvent-être considérées comme des critères pertinents dans le choix de sites éoliens?

OUI NON



Q- La proximité d'une **main d'œuvre** qualifié est-elle un critère pertinent pour la localisation d'un parc éolien?

OUI NON

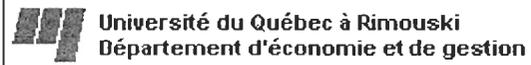


Q- Est-ce qu'il existe d'autres critères qui vous paraissent pertinents et que nous n'avons pas mentionnés dans le choix de sites?

OUI NON

Si oui lesquels?

ANNEXE 7
ENTREPRISE E



Étude exploratoire sur les critères
d'aide à la localisation d'un parc éolien

M^{de} Socé DIOUF

Maîtrise en Gestion de Projet
Université du Québec à Rimouski

Présentation de l'étude

L'énergie éolienne est l'énergie qui connaît la plus forte croissance au monde. Cette croissance n'a d'égale que celle des industries du téléphone cellulaire ou de l'internet. Le gouvernement du Québec appuie ce développement éolien et ce pour deux raisons majeures : être en cohérence avec sa politique de développement durable et concrétiser sa politique de diversification du portefeuille énergétique par Hydro-Québec.

Ainsi, les projets éoliens sont de plus en plus nombreux à travers le monde et une des premières étapes de tout projet éolien vise à sélectionner un site pour l'installation du parc éolien. Ce projet de recherche s'intéresse tout particulièrement à cette phase de sélection et vise à proposer une méthodologie multicritère pour aider les décideurs dans cette décision importante.

La première étape de notre méthodologie consiste à déterminer et à valider, auprès d'experts que vous êtes, une famille de critères pertinents dans le choix d'un site pour la réalisation d'un projet éolien. Dans la littérature, on mentionne trois grands types de critères : des critères d'ordre technique, environnemental et économique. La grille d'entrevue qui vous est proposée est l'outil que nous avons développé pour colliger cette information. Elle vise à atteindre les objectifs suivants :

- *Décrire les pratiques actuelles en ce qui a trait au choix de site pour les projets éoliens,*
- *Valider et pondérer, auprès d'experts, les critères relatifs au choix de site.*

C'est pour atteindre ces objectifs que nous faisons appel à votre expertise et que nous sollicitons votre collaboration pour répondre à la grille d'entrevue suivante.

**Partie 1 : Identification de l'organisation et
Description des pratiques actuelles.**

1.1 Identification de l'organisation

Nom : 5.....

Prénom :

Raison sociale de l'entreprise : E.....

Adresse :

.....

Secteur d'activité :

Taille de l'entreprise : Chiffre d'affaires approximatif

Effectif

Poste et fonctions assumés dans l'entreprise :

.....

1.2 Description des pratiques actuelles dans le choix de site.

Q1 Est-ce que c'est vous même qui faites le choix de site?

OUI NON

Q2 Avez-vous une méthodologie, une approche pour le choix d'un site?

OUI NON

Si oui quels sont les critères que vous utilisez et quelle est votre approche :

Q3 Est-ce que vos projets sont réalisés au Québec, à la grandeur du Canada, aux États Unis, en Europe, en Afrique, en Asie, en Australie?

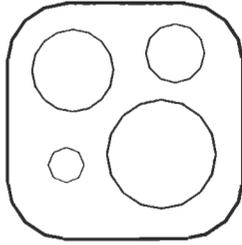
Classifier en nombre et en pourcentage vos projets selon la localisation.

Projets	
Nombre	Pourcentage
Québec	___%
Canada	___%
États-Unis	___%
Europe	100 % (France)
Afrique	___%
Asie	___%
Australie	___%

Comment peut-on caractériser les types de projets éoliens que vous réalisez selon les quatre formes suivantes :

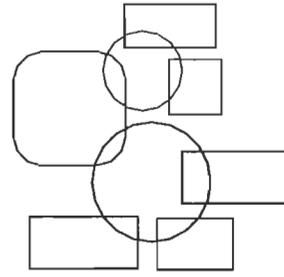
Votre entreprise ou organisation Projet Autre entreprise ou organisation

Projets internes



_____ 100_ %

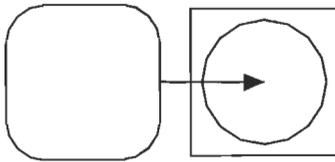
Projets externes



_____ %

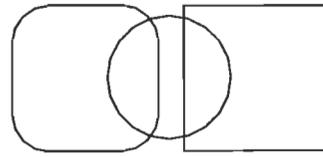
(création de ferme éolienne sous forme de société avec appel à l'actionnariat extérieur dès l'obtention du permis de construire, la société à l'origine du développement du projet éolien devient minoritaire et récupère des apports financiers)

Projets en sous-traitance



_____ %

Projets en partenariat



_____ %

Partie 2 : Critères techniques, environnementaux et économiques dans le choix de site éolien.

En référence à des critères techniques, environnementaux et économiques déjà reconnus dans la littérature en ce qui a trait aux projets éoliens, nous en proposons un certain nombre qui peuvent être pertinents au choix de site.

Nous vous demandons :

- 1- d'indiquer si vous êtes d'accord ou non avec la pertinence de prendre en compte les critères mentionnés dans le cadre du choix de site.
- 2- dans le cas affirmatif, d'évaluer l'importance relative, sur une échelle de 1 à 9, du critère considéré.

Utiliser l'axe en dessous de chaque question pour indiquer votre réponse. Il s'agit d'une échelle progressive dans laquelle :

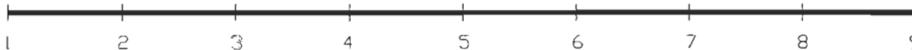
- ▶ 1 correspond à la réponse « très peu important »
- ▶ 3 correspond à la réponse « moyennement important »
- ▶ 5 correspond à la réponse « important »
- ▶ 7 correspond à la réponse « très important »
- ▶ 9 correspond à la réponse « extrêmement important »

Les facteurs techniques

2.1 Vous aurez besoin de *vent*. Il est extrêmement important d'évaluer méthodiquement et rationnellement la *quantité d'énergie éolienne disponible*. La sous-estimation ou la surestimation des ressources éoliennes d'un endroit donné peut s'avérer très coûteuse.

Q- Est-ce que la vitesse du vent devrait être prise en compte comme un facteur déterminant au niveau du choix de site?

OUI NON



Q- Est-ce que la mesure de la régularité et la dispersion des vents constituent une indication pour le choix d'un site?

OUI NON



Q- Est-ce que la direction du vent est un critère pertinent de choix de site?

OUI,3

NON



2.2 *L'existence ou la proximité de réseau à haute tension* permet de se connecter plus facilement au réseau de transport d'électricité d'Hydro-Québec.

Q- Est-ce que l'existence ou la proximité d'un réseau à haute tension peut être considéré comme un critère pertinent de choix de site?

OUI,9

NON

c'est primordial, c'est l'élément le plus important (en France, création de ferme éolienne avec rachat de l'électricité par EDF, rend viable les projets et attractif pour l'investissement, il faut pouvoir se raccorder, la distance est aussi déterminante!

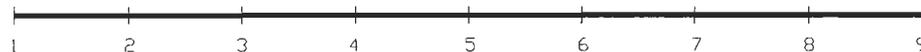


2.3 Une méthode particulière est utilisée, afin de déterminer les *caractéristiques topographiques d'un site*. Dans le but de connaître les sites privilégiés d'implantation des éoliennes. Est ce un site plat? Les vents sont-ils dominants?...

Q- Est-ce que les caractéristiques topographiques d'un site constitueraient un critère pertinent dans le choix d'un site?

OUI,8

NON



Parmi les caractéristiques topographiques de sites quelles sont celles que vous privilégiez? Numérotez selon l'ordre d'importance (1 le plus important, 4 le moins important)

- (1) - Proximité de la mer
- (4) - Sommets de collines, chaînes de montagnes (Raccordement?)
- (3) - Terrains déboisés agricoles
- (2) - Hauts plateaux

2.4 *La taille du terrain* détermine le nombre d'éoliennes à implanter.

Q- Peut-on considérer la taille du terrain ou du site exploitable comme étant un critère technique dans le choix de sites?

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

OUI,2 NON



2.5 L'accès au site demeure important aussi. Souvent, il est plus facile sur les terres agricoles.

Q- Est-ce que l'accès au site devrait être considéré comme un critère technique dans un choix de site?

OUI,8 (cela fait partie de la réglementation pour l'obtention du permis de construire) NON



Dans le choix préliminaire de sites quels autres considérants peuvent intervenir?

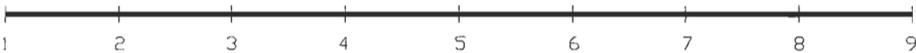
Mesures de vent déjà effectuées par le M.R.N ou un tiers.

OUI,4 NON



Proximité d'un parc éolien déjà en fonction.

OUI,5 NON



Proximité d'une ville importante.

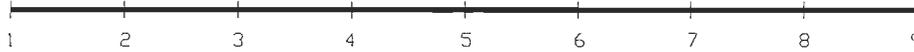
OUI,2 NON



Proximité d'un port.

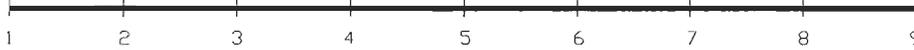
OUI,5, tout dépend de la distance au port, question de co- visibilité, sinon avantage pour transport et réception des machines NON

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère



Proximité d'une autoroute ou la qualité du lien routier.

OUI, idem que port NON



Les facteurs environnementaux

2.5 La préparation des projets dépend aussi des *parties prenantes* que sont les individus ou les groupes d'individus bénéficiant des avantages ou des inconvénients présents ou éventuels conséquents à la réalisation ou non du projet.

Ce sont les agriculteurs-exploitants agricoles, les groupes socio-économiques et les élus municipaux, les citoyens, le conseil régional de l'environnement, le gouvernement du Québec...

Q-Est-ce que les parties prenantes devraient être prise en compte dans le choix de site?

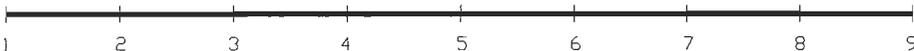
OUI, c'est la condition sine qua non au succès du projet NON



2.6 *L'impact visuel* est qualifié, dans la littérature, comme source majeure et principale d'opposition aux projets éoliens. Le champ visuel constitue la répercussion la plus importante. Cette filière doit composer avec le paradoxe que l'énergie produite par le vent bénéficie du large soutien de la part du public, mais que cet appui s'effrite lorsque les impacts locaux deviennent plus évidents.

Q- Est-ce que l'impact visuel peut constituer un critère pertinent au choix de site?

OUI, élément capital NON



Quel poids accordez-vous à l'impact visuel et à la perception des habitants locaux par rapport au choix de site : _____

- 1. prioritaire
- 2. important
- 3. moyen

- 4. modéré
- 5. très faible

2.7 Quant au **bruit** généré par l'éolienne, l'amélioration de l'aérodynamisme de l'éolienne dans son ensemble de même que l'insonorisation de la nacelle ont permis de réduire considérablement le bruit émis par l'éolienne. L'éolienne moderne ne produit pas plus de bruit que celui du vent dans les grands pylônes électriques.

Q- Est-ce que le bruit généré par l'éolienne devrait-être considéré comme un critère pertinent de localisation?

OUI NON



2.8 Lorsqu'il est question de construire une éolienne ou un parc d'éoliennes, il est nécessaire de *s'assurer que le lieu choisi n'est pas situé dans un corridor migratoire d'oiseaux ou à proximité des aires de nidification ou de reproduction* afin de minimiser les impacts sur la faune aviaire.

Q- Ce facteur environnemental doit-il être considéré comme pertinent?

OUI, fait aussi parti des éléments très contrôlé en France pour décrocher un permis de construire. NON

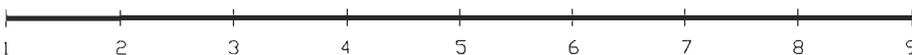


Les critères économiques

2.10 *Hydro-Québec* réserve un pourcentage de la production totale pour l'énergie éolienne en vue d'obtenir les meilleurs coûts de production et de favoriser le développement d'une expertise québécoise dans le domaine. La nouvelle politique a pour objectif de permettre à l'entreprise privée de vendre de l'électricité à la société d'État afin de favoriser les nouveaux investissements locaux.

Q- Est-ce que le fait de pouvoir vendre l'électricité à un prix de vente définie est un critère pertinent à un choix de site?

OUI, si tarification en fonction du productible annuel
NON



Q- Est-ce qu'il y a un prix d'achat au kilowatt/heure fixé par Hydro-Québec?

OUI NON

Si oui combien? _____ et pour combien d'années? _____

En France, cela dépend de la puissance installée, souvent, pour les parcs de moins de 12MW, le tarif est fixé à 0,80 centimes d'euros par KW (environ) pendant 5 ans puis c'est dégressif

2.11 Concernant *le coût du système*, il faut considérer deux catégories de coûts : *les coûts initiaux et les coûts annuels*. Les coûts initiaux sont les dépenses engagées au début du projet, avant la production d'électricité. Les coûts annuels, ou coûts d'utilisation et d'entretien, sont les frais qu'il faut assumer régulièrement pour maintenir le système éolien en bon état de marche.

Q- Faudrait-il prendre en compte le coût du système éolien comme un critère pertinent dans le choix d'un site éolien?

OUI, cela est pris en compte avec le coût du raccordement (poste source, distance), accessibilité..., selon moi, il est induit NON



2.12 Certains territoires sont éligibles à des *incitatifs, des subventions ou autres contributions gouvernementales municipales*.

Q- Est ce que les subventions ou autres contributions gouvernementales peuvent-être considérées comme des critères pertinents dans le choix de sites éoliens? **Tout projet en France est éligible aux aides gouvernementales. (tarif de rachat)**

OUI NON



Q- La proximité d'une *main d'œuvre* qualifiée est-elle un critère pertinent pour la localisation d'un parc éolien?

OUI NON



Q- Est-ce qu'il existe d'autres critères qui vous paraissent pertinents et que nous n'avons pas mentionnés dans le choix de sites?

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

OUI NON

Si oui lesquels

- Les aspects politiques, le maire de la commune où s'implantera le projet est un personnage clef et un décideur qui a autorité législative, il faut développer de bons rapports avec lui et il doit être OK pour le projet. Il doit aussi être considéré comme un acteur du projet....

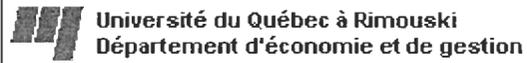
- Le respect du schéma régional (certaines zones son inéligibles en France)

La proximité avec des monuments historiques (il ne doit pas y avoir de co-visibilité, respect d'au moins 2 Kms de distance).

- co-visibilité avec habitations
- proximité zone de captage (eau)
- lignes téléphoniques (antennes), aviation (autorisation armée de l'air)
- plan d'occupation des sols, Primordial!!!

ANNEXE 8

ENTREPRISE F



Étude exploratoire sur les critères
d'aide à la localisation d'un parc éolien

M^{de} Socé DIOUF

Maîtrise en Gestion de Projet
Université du Québec à Rimouski

Présentation de l'étude

L'énergie éolienne est l'énergie qui connaît la plus forte croissance au monde. Cette croissance n'a d'égale que celle des industries du téléphone cellulaire ou de l'internet. Le gouvernement du Québec appuie ce développement éolien et ce pour deux raisons majeures : être en cohérence avec sa politique de développement durable et concrétiser sa politique de diversification du portefeuille énergétique par Hydro-Québec.

Ainsi, les projets éoliens sont de plus en plus nombreux à travers le monde et une des premières étapes de tout projet éolien vise à sélectionner un site pour l'installation du parc éolien. Ce projet de recherche s'intéresse tout particulièrement à cette phase de sélection et vise à proposer une méthodologie multicritère pour aider les décideurs dans cette décision importante.

La première étape de notre méthodologie consiste à déterminer et à valider, auprès d'experts que vous êtes, une famille de critères pertinents dans le choix d'un site pour la réalisation d'un projet éolien. Dans la littérature, on mentionne trois grands types de critères : des critères d'ordre technique, environnemental et économique. La grille d'entrevue qui vous est proposée est l'outil que nous avons développé pour colliger cette information. Elle vise à atteindre les objectifs suivants :

- *Décrire les pratiques actuelles en ce qui a trait au choix de site pour les projets éoliens,*
- Valider et pondérer, auprès d'experts, les critères relatifs au choix de site.

C'est pour atteindre ces objectifs que nous faisons appel à votre expertise et que nous sollicitons votre collaboration pour répondre à la grille d'entrevue suivante.

**Partie 1 : Identification de l'organisation et
Description des pratiques actuelles.**

1.1 Identification de l'organisation.

Nom : G.....

Prénom :

Raison sociale de l'entreprise : F.....

Adresse :

.....

Secteur d'activité : Développement de projets d'énergie renouvelable.....

Taille de l'entreprise : Chiffre d'affaires approximatif : ENVIRON \$20 MM
 Effectif : ENVIRON 50.....

Poste et fonctions assumés dans l'entreprise : DIRECTEUR DE PROJETS.....

.....

1.2 Description des pratiques actuelles dans le choix de site.

ASSISTANCE DE CONSULTANTS ET DE PARTENAIRES POUR L'ÉVALUATION DE LA RESSOURCE; DISCUSSION A L'INTERNE

Q1 Est-ce que c'est vous même qui faites le choix de site?

X OUI NON

Q2 Avez-vous une méthodologie, une approche pour le choix d'un site?

X OUI NON

Si oui quels sont les critères que vous utilisez et quelle est votre approche :

1ERE ÉTAPE : ÉTUDE MACRO DE LA RÉGION VISÉE, INCLUANT VENT, INTERCONNECTION ET ACCEPTABILITÉ SOCIALE ET ENVIRONNEMENTALE

2IEME ÉTAPE : ÉTUDE DE VENTS AVEC TOURS ANÉMOMÉTRIQUES

3IEME ÉTAPE : SÉLECTION DE SITES ET DÉVELOPPEMENT DU PROJET (ACQUISITION DE TERRAINS, ETC.)

Q3 Est-ce que vos projets sont réalisés au Québec, à la grandeur du Canada, aux États Unis, en Europe, en Afrique, en Asie, en Australie?

Classifier en nombre et en pourcentage vos projets selon la localisation.

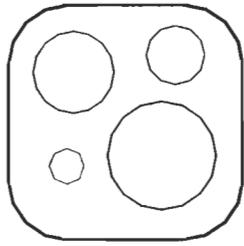
Projets	
Nombre	Pourcentage
Québec	_60_ %
Canada	_30_ %
États-Unis	_10_ %
Europe	___ %
Afrique	___ %
Asie	___ %
Australie	___ %

Comment peut-on caractériser les types de projets éoliens que vous réalisez selon les quatre formes suivantes :

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère

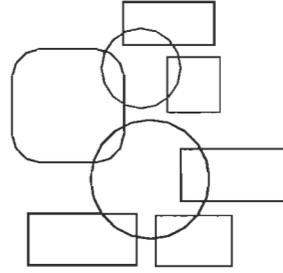
Votre entreprise ou organisation Projet Autre entreprise ou organisation

Projets internes



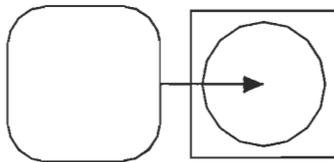
___30___ %

Projets externes



___ %

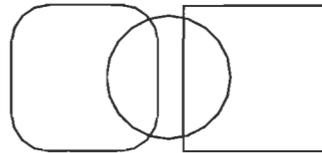
Projets en sous-traitance



%

___20___ %

Projets en partenariat



___50___

Partie 2 : Critères techniques, environnementaux et économiques dans le choix de site éolien.

En référence à des critères techniques, environnementaux et économiques déjà reconnus dans la littérature en ce qui a trait aux projets éoliens, nous en proposons un certain nombre qui peuvent être pertinents au choix de site.

Nous vous demandons :

- 1- d'indiquer si vous êtes d'accord ou non avec la pertinence de prendre en compte les critères mentionnés dans le cadre du choix de site.
- 2- dans le cas affirmatif, d'évaluer l'importance relative, sur une échelle de 1 à 9, du critère considéré.

Utiliser l'axe en dessous de chaque question pour indiquer votre réponse. Il s'agit d'une échelle progressive dans laquelle :

- ▶ 1 correspond à la réponse « très peu important »
- ▶ 3 correspond à la réponse « moyennement important »
- ▶ 5 correspond à la réponse « important »
- ▶ 7 correspond à la réponse « très important »
- ▶ 9 correspond à la réponse « extrêmement important »

Les facteurs techniques

1.3 Vous aurez besoin de *vent*. Il est extrêmement important d'évaluer méthodiquement et rationnellement la *quantité d'énergie éolienne disponible*. La sous-estimation ou la surestimation des ressources éoliennes d'un endroit donné peut s'avérer très coûteuse.

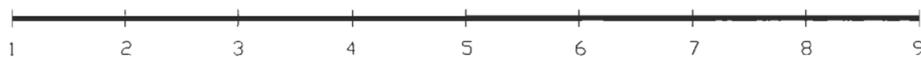
Q- Est-ce que la vitesse du vent devrait être prise en compte comme un facteur déterminant au niveau du choix de site?

X OUI NON IMPORTANCE : 9



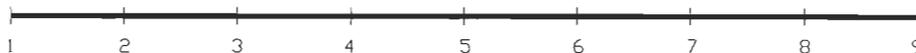
Q- Est-ce que la mesure de la régularité et la dispersion des vents constituent une indication pour le choix d'un site?

X OUI NON IMPORTANCE : 9



Q- Est-ce que la direction du vent est un critère pertinent de choix de site?

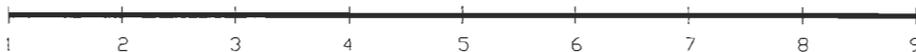
X OUI NON IMPORTANCE : 9



1.4 *L'existence ou la proximité de réseau à haute tension* permet de se connecter plus facilement au réseau de transport d'électricité d'Hydro-Québec.

Q- Est-ce que l'existence ou la proximité d'un réseau à haute tension peut être considéré comme un critère pertinent de choix de site?

X OUI NON IMPORTANCE : 9



1.5 Une méthode particulière est utilisée, afin de déterminer les *caractéristiques topographiques d'un site*. Dans le but de connaître les sites privilégiés d'implantation des éoliennes. Est ce un site plat? Les vents sont-ils dominants?...

Q- Est-ce que les caractéristiques topographiques d'un site constitueraient un critère pertinent dans le choix d'un site?

X OUI NON IMPORTANCE : 9



Parmi les caractéristiques topographiques de sites quelles sont celles que vous privilégiez? Numéroté selon l'ordre d'importance (1 le plus important, 4 le moins important)

- () - Proximité de la mer 2
- () - Sommets de collines, chaînes de montagnes 4
- () - Terrains déboisés agricoles 3
- () - Hauts plateaux 1

1.6 *La taille du terrain* détermine le nombre d'éoliennes à implanter.

Q- Peut-on considérer la taille du terrain ou du site exploitable comme étant un critère technique dans le choix de sites?

X OUI NON IMPORTANCE : 7

Choix de site dans le projet éolien : une approche multicritère



2.5 L'accès au site demeure important aussi. Souvent, il est plus facile sur les terres agricoles.

Q- Est-ce que l'accès au site devrait être considéré comme un critère technique dans un choix de site?

OUI NON IMPORTANCE : 7



Dans le choix préliminaire de sites quels autres considérants peuvent intervenir?

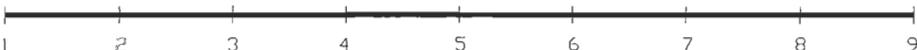
Mesures de vent déjà effectuées par le M.R.N ou un tiers.

OUI NON IMPORTANCE : 7



Proximité d'un parc éolien déjà en fonction.

OUI NON IMPORTANCE : 5



Proximité d'une ville importante.

OUI NON IMPORTANCE : 3



Proximité d'un port.

OUI NON IMPORTANCE : 5



Proximité d'une autoroute ou la qualité du lien routier.

OUI NON IMPORTANCE : 5



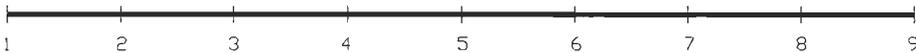
Les facteurs environnementaux

2.6 La préparation des projets dépend aussi des *parties prenantes* que sont les individus ou les groupes d'individus bénéficiant des avantages ou des inconvénients présents ou éventuels conséquents à la réalisation ou non du projet.

Ce sont les agriculteurs-exploitants agricoles, les groupes socio-économiques et les élus municipaux, les citoyens, le conseil régional de l'environnement, le gouvernement du Québec...

Q-Est-ce que les parties prenantes devraient être prise en compte dans le choix de site?

OUI NON IMPORTANCE : 9



2.7 *L'impact visuel* est qualifié, dans la littérature, comme source majeure et principale d'opposition aux projets éoliens. Le champ visuel constitue la répercussion la plus importante. Cette filière doit composer avec le paradoxe que l'énergie produite par le vent bénéficie du large soutien de la part du public, mais que cet appui s'effrite lorsque les impacts locaux deviennent plus évidents.

Q- Est-ce que l'impact visuel peut constituer un critère pertinent au choix de site?

OUI NON IMPORTANCE : 7



Quel poids accordez-vous à l'impact visuel et à la perception des habitants locaux par rapport au choix de site : _____1_____

- 1. prioritaire
- 2. important
- 3. moyen
- 4. modéré
- 5. très faible

2.8 Quant au **bruit** généré par l'éolienne, l'amélioration de l'aérodynamisme de l'éolienne dans son ensemble de même que l'insonorisation de la nacelle ont permis de réduire considérablement le bruit émis par l'éolienne. L'éolienne moderne ne produit pas plus de bruit que celui du vent dans les grands pylônes électriques.

Q- Est-ce que le bruit généré par l'éolienne devrait-être considéré comme un critère pertinent de localisation?

OUI X NON IMPORTANCE : 3



2.9 Lorsqu'il est question de construire une éolienne ou un parc d'éoliennes, il est nécessaire de **s'assurer que le lieu choisi n'est pas situé dans un corridor migratoire d'oiseaux ou à proximité des aires de nidification ou de reproduction** afin de minimiser les impacts sur la faune aviaire.

Q- Ce facteur environnemental doit-il être considéré comme pertinent?

X OUI NON IMPORTANCE : 9



Les critères économiques

2.10 **Hydro-Québec** réserve un pourcentage de la production totale pour l'énergie éolienne en vue d'obtenir les meilleurs coûts de production et de favoriser le développement d'une expertise québécoise dans le domaine. La nouvelle politique a pour objectif de permettre à l'entreprise privée de vendre de l'électricité à la société d'État afin de favoriser les nouveaux investissements locaux.

Q- Est-ce que le fait de pouvoir vendre l'électricité à un prix de vente définie est un critère pertinent à un choix de site?

X OUI NON IMPORTANCE : 9



Q- Est-ce qu'il y a un prix d'achat au kilowatt/heure fixé par Hydro-Québec?

X OUI NON

Si oui combien? DÉPEND DES APPELS D'OFFRES, LE CAS ÉCHÉANT et pour combien d'années? 15 OU 20 ANS

2.11 Concernant *le coût du système*, il faut considérer deux catégories de coûts : *les coûts initiaux et les coûts annuels*. Les coûts initiaux sont les dépenses engagés au début du projet, avant la production d'électricité. Les coûts annuels, ou coûts d'utilisation et d'entretien, sont les frais qu'il faut assumer régulièrement pour maintenir le système éolien en bon état de marche.

Q- Faudrait-il prendre en compte le coût du système éolien comme un critère pertinent dans le choix d'un site éolien?

X OUI NON IMPORTANCE : 9



2.12 Certains territoires sont éligibles à des *incitatifs, des subventions ou autres contributions gouvernementales municipales*.

Q- Est ce que les subventions ou autres contributions gouvernementales peuvent-être considérées comme des critères pertinents dans le choix de sites éoliens?

X OUI NON IMPORTANCE 7



Q- La proximité d'une *main d'œuvre* qualifié est-elle un critère pertinent pour la localisation d'un parc éolien?

X OUI NON IMPORTANCE 5



Q- Est-ce qu'il existe d'autres critères qui vous paraissent pertinents et que nous n'avons pas mentionnés dans le choix de sites?

OUI NON

Si oui lesquels?
