

2025 LA FORCE DU VENT

LA PUISSANCE DE DEMAIN



DOCUMENT D'INFORMATION SUR L'ÉNERGIE ÉOLIENNE



canwea

CANADIAN WIND
ENERGY ASSOCIATION

ASSOCIATION CANADIENNE
DE L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

INTRODUCTION

Depuis que les Égyptiens ont inventé le premier voilier, il y a plus de 5 000 ans, les humains exploitent la puissance du vent. Dès le 7^e siècle, on utilisait les moulins à vent pour moulinier le grain, pour pomper l'eau et pour d'autres utilisations industrielles. En 1900, il y avait en Amérique du Nord plus de six millions de moulins à vent en activité pour l'irrigation des fermes. Par la suite, le nouveau développement d'importance a été la production d'électricité par l'énergie éolienne. Les premières installations à l'échelle commerciale ont été construites au Danemark dans les années 1920 et la technologie est maintenant très avancée.

De nos jours, l'énergie éolienne est une source d'électricité propre et fiable dans plus de 70 pays. Elle constitue non seulement une source d'électricité verte, mais elle devient aussi une option de production d'électricité à faible coût qui offre des avantages non négligeables en ce qui a trait à la création d'emplois, aux investissements et au développement économique rural. Voilà pourquoi les gouvernements de partout dans le monde ont établi des objectifs ambitieux en vue de la croissance extrêmement rapide de l'énergie éolienne. On a réalisé que la production d'électricité à partir du vent est techniquement réalisable, économiquement viable et souhaitable pour l'environnement.

À la fin de 2007, la capacité mondiale de production était de 94 000 MW. En 2020, l'on prévoit que des investissements de près de 1 billion \$ à l'échelle mondiale porteront la capacité de production en place à plus de 500 000 MW. Le Canada jouera-t-il un rôle important dans cette révolution de l'énergie verte?

À l'heure actuelle, le Canada se trouve loin derrière par rapport à la plupart des pays développés relativement à l'exploitation de l'énergie éolienne, mais l'Association canadienne de l'énergie éolienne (CanWEA) travaille en vue de combler ce retard. CanWEA est une organisation nationale sans but lucratif qui représente l'industrie canadienne de l'énergie éolienne. Nos activités sont axées sur la promotion de la croissance responsable et durable de l'énergie éolienne partout au pays; nos presque 400 membres comprennent des fabricants d'éoliennes et de composants, des promoteurs de projets et des propriétaires de parcs éoliens, des services publics et des sociétés fournissant une vaste gamme de services à l'industrie de l'éolien.

CanWEA veut que les Canadiens commencent à voir grand pour l'énergie éolienne, et ce, afin d'avoir un avenir énergétique plus vert et d'obtenir leur juste part des occasions qui découlent de la croissance mondiale explosive de cette industrie. Pour que le Canada devienne aussi un chef de file mondial de l'énergie éolienne, nous pensons qu'il doit se fixer comme objectif de se procurer 20 pour cent ou plus de son électricité à partir de l'énergie éolienne en 2025. Cette vision audacieuse est non seulement réalisable d'un point de vue technique, mais il y a aussi de solides arguments économiques et environnementaux pour faire de l'éolien une priorité au pays.

Ce document vous en dira plus sur notre projet *2025 La force du vent* et vous expliquera quels avantages peuvent procurer aux Canadiens des objectifs ambitieux.



TABLE DES MATIÈRES

Section 1	
Le Canada dans le monde de l'énergie éolienne	4
Section 2	
L'énergie éolienne est concurrentielle	8
Section 3	
L'énergie éolienne et les changements climatiques	10
Section 4	
L'avantage environnemental de l'énergie éolienne	12
Section 5	
L'objectif 2025 d'énergie éolienne de CanWEA	15
Section 6	
L'énergie éolienne au Canada	17
Section 7	
Les ressources éoliennes du Canada	19
Section 8	
L'énergie éolienne est une source d'énergie fiable	20
Section 9	
Occasion de développement industriel du Canada	22
Section 10	
Occasion d'investissement dans l'énergie éolienne du Canada	25
Section 11	
Occasion de création d'emplois au Canada	27
Section 12	
Occasion de développement économique rural du Canada	29
Section 13	
L'énergie éolienne dans les communautés autochtones et les régions éloignées	30
Section 14	
Approvisionnement en énergie éolienne	32
Section 15	
Améliorer l'efficacité des processus d'octroi de permis et d'approbation	35
Notes en fin d'ouvrage	38

SECTION 1

LE CANADA DANS LE MONDE DE L'ÉNERGIE ÉOLIENNE



Le rythme du développement de nouvelles installations d'énergie éolienne s'est considérablement accéléré au Canada. Au cours de la période de cinq ans allant de 2003 à 2008, la capacité totale de production d'énergie éolienne en place au Canada a augmenté de plus de 500 pour cent, passant de 322 MW à 1 876 MW.¹ Malgré cette croissance impressionnante, l'on constate que l'utilisation de l'énergie éolienne augmente toutefois plus rapidement dans plusieurs autres pays et que, par rapport à plusieurs pays européens et aux États-Unis, nous ne faisons pas encore partie des joueurs importants sur l'échiquier de l'énergie éolienne. À la fin de 2007, l'énergie éolienne contribuait pour moins de 1 pour cent à notre production d'électricité, ce qui empêchait le Canada de faire partie des dix principaux pays du monde quant à la puissance d'énergie éolienne en place et le classait au 16^e rang en ce qui a trait au taux de pénétration de l'éolien.²

POURQUOI LE CANADA ACCUSE-T-IL DU RETARD?

IL S'AGIT EN PARTIE D'UNE QUESTION DE COÛTS

Plusieurs facteurs expliquent pourquoi le Canada a tardé à adopter l'énergie éolienne par rapport aux autres pays. Il ne fait aucun doute que le prix de l'électricité a en partie un rôle à jouer. Étant donné que l'électricité a toujours été très abordable au Canada par rapport aux autres pays industrialisés, il a fallu plus de temps pour que l'énergie éolienne devienne concurrentielle.

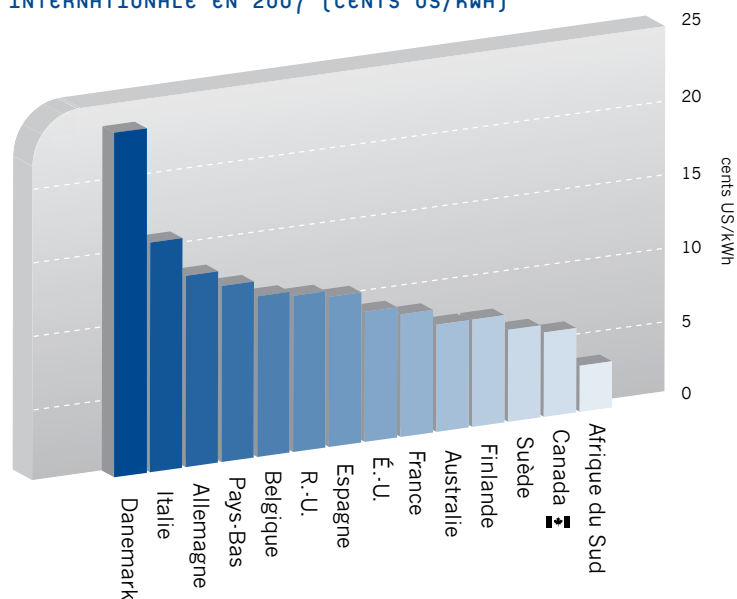
Au Canada, le coût de l'électricité est relativement bas en raison de nos abondantes ressources hydroélectriques et charbonnières et parce que nous avons beaucoup plus tardé que les autres pays à inclure dans le prix de l'électricité les coûts environnementaux qui sont associés à sa production. Alors que la population canadienne commence à peine à s'inquiéter de l'approvisionnement futur d'électricité, de la hausse du prix de l'électricité et du fardeau environnemental de la production d'énergie, il y a plusieurs années que ces questions sont primordiales dans d'autres pays. Les Canadiens n'ont donc pas vu grand en matière d'énergie éolienne, car, jusqu'à tout récemment, ils n'en voyaient pas l'utilité.³

IL S'AGIT EN FAIT D'UNE QUESTION DE POLITIQUES

Partout dans le monde, les gouvernements ont toujours pris des mesures afin d'influencer le prix de l'électricité. Dans le passé, cela s'est souvent fait afin de rendre l'électricité le plus abordable possible pour les consommateurs. De nos jours, toutefois, de plus en plus de pays mettent en place des politiques publiques afin de s'assurer que le prix de l'électricité est le juste reflet des impacts environnementaux relatifs des diverses technologies de production. Certaines de ces politiques comprennent des allègements fiscaux, des versements d'incitatifs financiers, des exigences de contenu minimum d'énergie verte, des garanties de prix et des mesures qui forcent les producteurs d'énergie à inclure le coût de la pollution et des émissions de GES dans le prix de l'électricité produite. Les gouvernements mettent ces politiques en place afin de répondre aux préoccupations environnementales croissantes de leurs citoyens et de leurs électeurs. Ils sont aussi très conscients des retombées pour l'emploi et l'industrie de la production de nouvelle électricité plus propre.

FIGURE 1

COMPARAISON DU PRIX DE L'ÉLECTRICITÉ À L'ÉCHELLE INTERNATIONALE EN 2007 (CENTS US/KWH)



Source : NUS Consulting Group International Electricity Report and Cost Survey 2006-2007

Au Canada, ni Ottawa ni les provinces n'ont exercé des pressions aussi fortes que les gouvernements des autres pays en vue d'encourager les investissements dans l'énergie éolienne et dans les autres technologies émergentes d'énergie renouvelable. Il n'est donc pas surprenant que nous nous retrouvions si loin derrière une bonne partie du monde en ce qui a trait à la production d'énergie éolienne. Des pays comme l'Allemagne, l'Espagne ou le Danemark ont stimulé leur industrie de l'énergie éolienne en garantissant aux producteurs l'accès au réseau électrique à un tarif minimum fixe pour l'énergie produite. Ces politiques ont permis aux concepteurs de savoir exactement quels seraient les revenus générés par leurs parcs éoliens. Avec cet avantage, les investisseurs ont injecté d'énormes sommes d'argent dans l'énergie éolienne. En 2007, la puissance en place en Europe se situait à 57 000 MW, soit plus de la moitié de l'énergie éolienne produite dans le monde entier, laquelle est de 94 000 MW.

Au cours des dernières années, l'Union européenne a poussé chacun des pays membres à renforcer ses politiques en fixant un objectif de 20 pour cent d'énergie renouvelable en 2020, et ce, partout sur le continent. Étant donné que des secteurs comme celui du transport prendront plus de temps pour passer à l'énergie renouvelable, le système d'électricité devra contribuer considérablement plus que 20 pour cent de contenu d'énergie renouvelable si l'on veut atteindre l'objectif général de la CE. Il ne fait aucun doute que l'énergie éolienne jouera un rôle prépondérant pour la production de nouvelle électricité à partir de l'énergie renouvelable en Europe. En fait, en 2007, les Européens ont installé une plus grande puissance d'énergie éolienne que toute autre forme de production d'électricité. La politique de la CE a aussi donné lieu au système d'imposition d'un prix sur le carbone le plus évolué du monde, lequel privilégie les producteurs d'électricité verte et sans émissions polluantes.

L'expérience récente aux États-Unis convainc aussi une multitude de personnes au pouvoir en matière de politiques gouvernementales de la nécessité d'encourager les investissements dans l'éolien. Les Américains augmentent leur capacité de production d'énergie éolienne plus rapidement que tout autre pays (plus de 15 000 MW entre 2005 et 2008) et au milieu de 2008, les É.-U. sont devenus le plus important producteur mondial d'énergie éolienne. Le gouvernement fédéral et les États ont recours à divers moyens pour encourager la production d'énergie éolienne. Dans le cadre du programme fédéral de crédit d'impôt à la production (PTC), les producteurs d'énergie éolienne bénéficient d'un avantage fiscal qui équivaut à 2,1 cents du kilowattheure d'énergie propre non polluante pendant les 10 premières années de production. Le PTC a joué un rôle clé dans les investissements qui ont été faits dans l'énergie éolienne aux É.-U. depuis 1992.

Tout récemment, des États américains ont adopté le *Renewable Portfolio Standards* (RPS), en vertu duquel les services publics doivent s'assurer qu'une partie de leur électricité est produite à partir de sources renouvelables comme l'énergie éolienne ou solaire. Le

RPS a maintenant été adopté dans 26 États. La proportion d'énergie renouvelable varie d'un État à l'autre, mais elle est généralement de 20 pour cent et elle va jusqu'à 33 pour cent en Californie.⁴ Comme de plus en plus d'États ont adopté le RPS, le marché des crédits pour l'électricité renouvelable a évolué. Ceci permet aux services publics qui ont dépassé leur contenu minimum d'énergie renouvelable de vendre leur surplus aux services publics qui n'ont pas mis en place des sources adéquates de production d'électricité propre en vue de satisfaire aux exigences RPS de l'État. Cette possibilité d'achat ou de vente du surplus de capacité a aussi entraîné des investissements importants dans la capacité de production d'énergie éolienne.

Un point qui ressort de l'expérience partout dans le monde est que la politique gouvernementale a un rôle à jouer. Les pays qui ont des régimes de réglementation et fiscaux avantageux sont ceux dont la capacité de production augmente le plus rapidement et qui s'accaparent la part du lion des investissements internationaux rapidement croissants dans l'énergie éolienne. À l'heure actuelle, les États-Unis sont la principale destination pour les investissements et beaucoup de pays sont une destination plus concurrentielle que le Canada en matière d'investissements dans l'énergie éolienne.

L'IMPORTANCE DES OBJECTIFS

Partout dans le monde, plusieurs pays, ainsi que des organisations multinationales comme l'Union européenne, ont établi des objectifs pour le développement de leur secteur de l'énergie renouvelable, incluant l'éolien. Dans certains cas, comme en Allemagne et en Espagne, les spécialistes pensent qu'il peut être possible d'atteindre un niveau de pénétration de l'éolien de 25 à 30 pour cent en 2020.⁵ Aux É.-U., il n'y a pas d'objectif national officiel pour l'énergie renouvelable, même si le Department of Energy des États-Unis a récemment publié un rapport indiquant que la production de 20 pour cent d'énergie éolienne en 2030 est un objectif qui présente des défis, mais qui est tout de même réalisable.⁶

Il est important d'établir des objectifs nationaux de pénétration de l'énergie éolienne afin de se concentrer sur ce qui est souhaitable et techniquement réalisable quant à la place que peut occuper l'énergie éolienne dans le panier d'énergies. Une fois que tous les joueurs clés auront convenu des objectifs, ils concentreront leur attention à l'élaboration des stratégies complètes et des politiques nécessaires pour en arriver à ce niveau de pénétration.

L'appui du gouvernement fédéral pour le développement de l'énergie éolienne est plutôt différent au Canada et aux États-Unis. Notre incitatif écoÉNERGIE représente moins de la moitié du crédit d'impôt à la production (PTC) américain. Nos producteurs reçoivent 1 cent/kWh, tandis que les producteurs d'énergie des É.-U. reçoivent 2,1 cents/kWh. De plus, l'incitatif américain est accordé après impôt, tandis que le nôtre est avant impôt.

Au Congrès américain, il y a un vaste appui mixte en vue de prolonger le PTC, tandis qu'on ne sait pas ce qu'il adviendra de l'incitatif écoÉNERGIE après 2009.

TABLEAU 1

ATTRACTIVITÉ RELATIVE DE DIVERS PAYS POUR LES INVESTISSEMENTS DANS L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

Rang ¹	Pays	Indice éolien	Vent à terre	Vent en mer
1 (1)	É.-U. ²	71	77	56
2 (4)	Allemagne	68	67	70
3 (4)	Chine	68	72	59
4 (2)	Inde	67	76	44
5 (2)	R.-U.	66	64	71
6 (6)	Espagne	65	70	50
7 (7)	Canada	63	67	50
8 (11)	Irlande	60	60	59
9 (8)	Grèce	59	63	49
9 (8)	France	59	60	54
9 (8)	Italie	59	64	46
12 (11)	Portugal	58	63	46
13 (13)	Australie	53	56	44
14 (16)	Danemark	52	49	60
14 (14)	Suède	52	52	52
14 (14)	Belgique	52	50	57
16 (16)	Pays-Bas	51	51	50
16 (16)	Pologne	51	53	45
19 (19)	Norvège	50	50	50
20 (20)	Nouvelle-Zélande	47	51	38
21 (21)	Japon	46	48	40
22 (22)	Brésil	45	49	35
23 (23)	Turquie	37	38	33
24 (24)	Finlande	36	36	37
25 (25)	Autriche	30	41	N/A

Source : Ernst & Young

1 Rang de l'indice éolien à long terme au T4 de 2007 entre parenthèses

2 Indique les États américains avec le Renewable Portfolio Standards (RPS) et un régime éolien favorable

L'ÉNERGIE ÉOLIENNE AU CANADA : L'AVENIR

La raison pour laquelle le Canada est tellement loin derrière le reste du monde en matière de capacité de production d'énergie éolienne est en grande partie parce qu'on n'y a pas réalisé, comme l'ont fait les autres pays dans les années 1990, qu'il était nécessaire d'exploiter l'énergie éolienne et les autres énergies renouvelables. Au Canada, on prend maintenant conscience du potentiel de l'éolien pour le développement d'un nouveau secteur industriel, pour répondre à nos besoins en matière d'environnement et pour assurer un avenir énergétique durable. Notre défi consiste désormais à en faire tout autant que les autres pays pour profiter des avantages qu'offre l'énergie éolienne.

Il n'y a rien qui empêche le Canada de faire éventuellement partie du club croissant des peuples qui se sont fixé comme objectif d'assurer 20 pour cent de leurs besoins en électricité à partir de l'énergie éolienne et d'autres sources renouvelables. Toutefois, un fait est absolument clair : nous ne pourrions atteindre cet objectif si nos gouvernements ne mettent pas en place les objectifs, les stratégies et les politiques nécessaires pour y parvenir.

SECTION 2

L'ÉNERGIE ÉOLIENNE EST CONCURRENTIELLE



Lorsqu'il est nécessaire pour les services publics de construire de nouvelles installations pour l'approvisionnement en électricité, le choix doit se faire entre des technologies dont les structures de coûts diffèrent et, logiquement, on essaie de minimiser ces coûts tout en maximisant la souplesse et la fiabilité du système. Ceci a mené le Canada à se procurer 60 pour cent de son électricité à partir de l'énergie hydraulique et, selon un pourcentage important, à partir des centrales au charbon, dont le coût est abordable.

Pendant plusieurs années, l'énergie éolienne n'a pas été concurrentielle par rapport à la l'électricité produite de façon traditionnelle. Des années 1980 au début du 21^e siècle, toutefois, les coûts liés à la production d'électricité à partir de l'énergie éolienne ont chuté de 80 pour cent, les éoliennes étant désormais plus grosses et plus efficaces. Aujourd'hui, l'électricité produite à partir de l'énergie éolienne est concurrentielle à celle qui est produite à partir du gaz naturel et l'écart a considérablement diminué par rapport aux autres technologies de production d'électricité.⁷

Le coût n'est pas la seule raison de la compétitivité accrue de l'énergie éolienne. Son coût est aussi le reflet de l'augmentation du coût des autres technologies de production. Il y a une augmentation du coût de la production d'électricité à partir des combustibles fossiles, comme le charbon ou le gaz naturel. Pourquoi? L'une des principales raisons est la hausse du coût des combustibles. Au cours des six premiers mois de 2008, par exemple, le prix du charbon a plus que doublé, tandis que celui du gaz naturel a augmenté du tiers.⁸ Même si personne ne peut dire avec certitude quel sera le prix de ces combustibles au cours des prochaines années, plusieurs responsables d'organismes de planification font des hypothèses semblables à celles de la California Energy Commission, soit que le prix du charbon, du gaz naturel et de l'uranium augmentera plus rapidement que le taux d'inflation au cours des prochaines décennies.

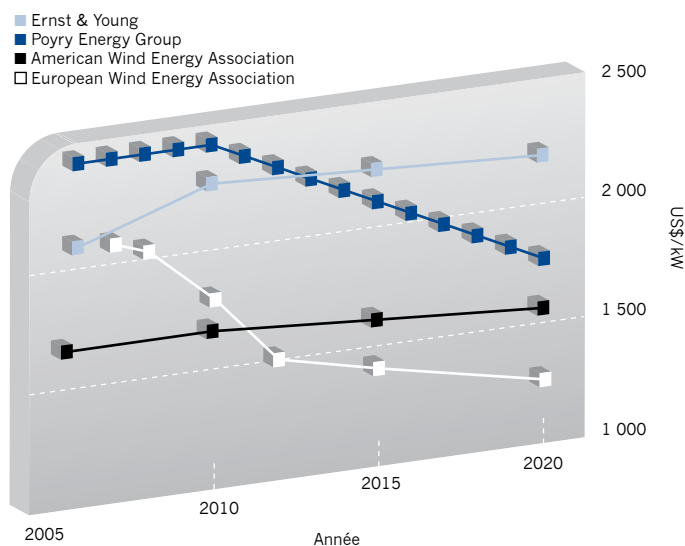
Il va sans dire que si le prix des combustibles utilisés dans les centrales électriques est plus élevé, cela signifiera un prix plus élevé pour l'électricité produite. En outre, il est fort probable que les gouvernements du Canada mettront en œuvre des mesures qui forceront les producteurs d'électricité à compenser le fardeau qu'imposent à l'environnement leurs émissions de GES, la pollution et les autres déchets en prenant des mesures comme une taxe sur le carbone. Une taxe sur le carbone aura des répercussions importantes sur la compétitivité du charbon et des répercussions un peu moindres sur le gaz naturel. Toutefois, si les services publics abandonnent le charbon et privilégient le gaz naturel, dont la combustion est plus propre, la montée en flèche de la demande de gaz naturel signifiera une pression à la hausse constante sur les prix.

L'AVENIR DE LA COMPÉTITIVITÉ DE L'ÉNERGIE ÉOLIENNE SUR LE PLAN DES COÛTS

Avec la hausse probable des coûts de production d'électricité à partir des sources d'énergie traditionnelles au cours des prochaines années, l'on s'attend à ce que le coût de la production à partir de l'énergie éolienne diminue ou reste stable en raison des percées technologiques constantes au sein de l'industrie. La figure 2 montre la tendance prévue pour le coût de l'énergie éolienne selon quatre études différentes.

ICF International a réalisé une étude pour CanWEA, laquelle compare les futurs coûts de production d'électricité pour différentes technologies. On y a conclu que même sans taxe sur le carbone, un parc éolien construit en 2025 produirait de l'électricité à plus faible coût que celle qui serait fournie par des centrales de pointe au gaz

FIGURE 2
ESTIMATION DU COÛT FUTUR DE L'ÉNERGIE ÉOLIENNE INSTALLÉE SUR TERRE




Source : Wind Energy: Economic Issues. David Millborrow pour CanWEA. 2008

naturel, hydroélectriques ou au mazout avec captage et stockage du carbone. L'hypothèse de départ de cette analyse est que le coût de la production d'électricité à partir de l'énergie éolienne chutera de 20 pour cent au cours des 17 prochaines années. Cette hypothèse est très prudente, car le coût de l'énergie éolienne serait alors plus élevé qu'il ne l'était il y a trois ans, avant qu'une pénurie mondiale d'éoliennes provoque la montée en flèche de leur prix.

Dans cette même étude, on examinait aussi la compétitivité des coûts de l'énergie éolienne en 2025 si la taxe sur le carbone de 36 \$/tonne était en vigueur à ce moment. De nouveau, il s'agit d'une hypothèse prudente, car il est déjà arrivé parfois que la taxe sur le carbone sur le marché européen du carbone dépasse ce niveau. Avec ce scénario, les seules technologies qui produisent de l'électricité à meilleur coût que l'énergie éolienne sont la biomasse et le charbon avec le captage et le stockage du carbone.

En plus de sa compétitivité accrue, l'éolien offre aux investisseurs un autre avantage précieux : la certitude quant aux coûts ultérieurs. Une fois qu'un parc éolien est construit, ses coûts de production sont libres et ne bougent pratiquement pas pendant des décennies. Contrairement au charbon ou au gaz, on n'a pas à prendre en compte l'instabilité du coût des combustibles ou la taxe sur le carbone.



SECTION 3

L'ÉNERGIE ÉOLIENNE ET LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Dans son quatrième rapport d'évaluation, publié à la fin de 2007, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a cité des preuves « sans équivoque » selon lesquelles les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont la cause des changements climatiques et fait cette mise en garde : « à moins que les humains puissent parvenir à contrôler les émissions de gaz à effet de serre, en particulier le CO₂, d'ici 2015, il y a peu d'espoir que nous puissions éviter des conséquences graves et dangereuses ». Pour parer au scénario de la pire éventualité, le GIEC en est venu à la conclusion qu'il faut diminuer les émissions de GES d'au moins la moitié d'ici 2050 et qu'il faut les réduire considérablement au cours des 10 à 15 prochaines années.⁹

Pour éviter que cette menace devienne réalité, il faudra que les producteurs d'électricité partout dans le monde reviennent de fond en comble leur façon de mener leurs activités. Aucun plan réaliste de réduction des émissions de GES ne peut négliger le fait que l'électricité produite à partir des combustibles fossiles entraîne un rejet plus important de CO₂ dans l'atmosphère que toute autre activité. Les États-Unis, par exemple, génèrent 22 pour cent des émissions mondiales de CO₂. Environ 40 pour cent des émissions des É.-U. sont générées par le secteur de l'électricité, dont 83 pour cent par les centrales au charbon.¹⁰ Des puissances émergentes comme la Chine et l'Inde comptent encore plus sur le charbon et, si la tendance se maintient, elles consommeront 57 pour cent du charbon à l'échelle mondiale en 2030¹¹, et ce, principalement pour la production d'électricité.

L'utilisation mondiale croissante d'énergie éolienne est l'un des quelques rares points positifs dans le paysage des changements climatiques. Le plus important producteur mondial de GES, les États-Unis, prend un virage important en adoptant l'énergie éolienne et est maintenant le pays en tête à l'échelle mondiale en ce qui a trait à la puissance en place. En 2007, 35 pour cent de la nouvelle capacité de production des É.-U. provenait de l'éolien¹² et cette croissance devrait se poursuivre. Il y a aussi eu des développements encourageants en Chine, qui est le marché énergétique à la croissance la plus rapide et qui se classe actuellement au cinquième rang mondial pour la puissance d'énergie éolienne en place. L'Inde est devenue le quatrième plus important marché pour l'énergie éolienne et l'on y prévoit une croissance durable soutenue.¹³

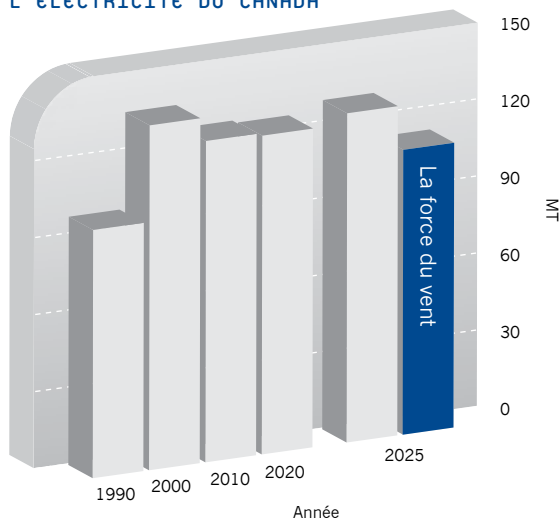
Malgré ces données encourageantes, les producteurs d'électricité partout dans le monde devront prendre des mesures beaucoup plus importantes en vue de diminuer les émissions de GES si l'on veut parvenir d'une façon ou d'une autre à atteindre l'objectif de réduction de 50 pour cent d'ici 2050 que demande instamment le GIEC. Pour arriver à faire de telles réductions, l'Agence internationale de l'énergie a conclu, dans une étude réalisée en 2008, qu'il faudrait investir des sommes énormes dans l'énergie éolienne au cours des 10 à 20 prochaines années, tout en prenant des mesures d'efficacité énergétique et en changeant de combustible. L'AIE prévoit qu'environ 17 pour cent de la production mondiale d'électricité pourrait provenir de l'éolien en 2050. Ceci permettrait de diminuer considérablement les émissions de GES, dont plus du tiers seraient en Inde et en Chine.¹⁴

Au Canada, la production d'électricité contribue pour environ 17 pour cent aux émissions de gaz à effet de serre. L'électricité produite à partir de l'énergie nucléaire, hydroélectrique ou éolienne ne génère pas d'émissions de GES. La production d'électricité par les centrales au gaz naturel est le deuxième choix en ce qui a trait aux faibles émissions de GES, tandis que celle qui est obtenue par le charbon, le diesel ou le mazout lourd vient loin derrière. Comme il faut parfois compter plusieurs années avant la mise en service des centrales hydroélectriques ou nucléaires, la seule avenue possible pour réduire de façon importante d'ici 2020 les émissions de GES que génère le système d'électricité du Canada — ce qui est essentiel selon la mise en garde du GIEC — consiste à abandonner les centrales au charbon et à passer à l'énergie éolienne et aux centrales à gaz, en plus de prendre des mesures d'efficacité.

La figure 3 montre que les émissions de GES du secteur de l'électricité ont augmenté de façon marquée pendant les années 1990, atteignant un sommet en 2000, et ont maintenant légèrement diminué alors que les services publics adoptent des modes de production d'électricité produisant moins de GES. Toutefois, la diminution d'intensité des GES que génère la production d'électricité sera probablement annulée par la croissance de la demande d'électricité d'ici 2015, laquelle entraînera une augmentation du total des émissions de GES provenant du secteur de l'électricité à un niveau de 126 MT par année en 2025. Cela représenterait une augmentation de 29 pour cent par rapport au niveau d'émissions de 1990.¹⁵

FIGURE 3

ÉMISSIONS DE GES PROVENANT DU SECTEUR DE L'ÉLECTRICITÉ DU CANADA



Source : Prendre le virage, Perspectives énergétiques et d'émissions de gaz à effet de serre pour le Canada, Scénario de référence 2006 à 2020

CanWEA est persuadée que le Canada peut, et doit, faire mieux. Il y a un solide consensus parmi les scientifiques selon lequel la stabilisation des émissions de GES ne suffira pas et qu'il faudra faire des réductions considérables pour éviter des conséquences graves. L'énergie éolienne pourrait alors jouer un rôle important. Si nous commençons à voir grand en matière d'énergie éolienne, comme le font les É.-U., la Chine, l'Inde et d'autres pays, le secteur de l'électricité du Canada peut passer aux premières lignes dans la lutte contre les changements climatiques.

La concrétisation de la vision de CanWEA, soit produire 20 pour cent de l'électricité du Canada à partir de l'éolien en 2025, pourrait permettre de diminuer les émissions de GES de 17 MT ou 13 pour cent par rapport à ce qu'elles seraient autrement à ce moment. Même si les émissions de GES dues au secteur de l'électricité du Canada dépassaient encore les niveaux de 1990, cela représente un pas important pour que le Canada relève le défi des changements climatiques. Néanmoins, cela permet aussi de démontrer qu'il n'y a pas de « solution magique » pour régler le problème des changements climatiques. Nous devons aussi accroître considérablement notre utilisation d'autres technologies de production d'électricité qui produisent peu, ou pas, de carbone.

SECTION 4

L'AVANTAGE

ENVIRONNEMENTAL

DE L'ÉNERGIE ÉOLIENNE



Peu importe l'angle sous lequel on considère les choses, on en arrive à la conclusion que l'énergie éolienne est le choix naturel pour limiter les impacts environnementaux de notre système d'électricité et que l'utilisation maximale d'énergie éolienne profitera grandement à toute la planète.

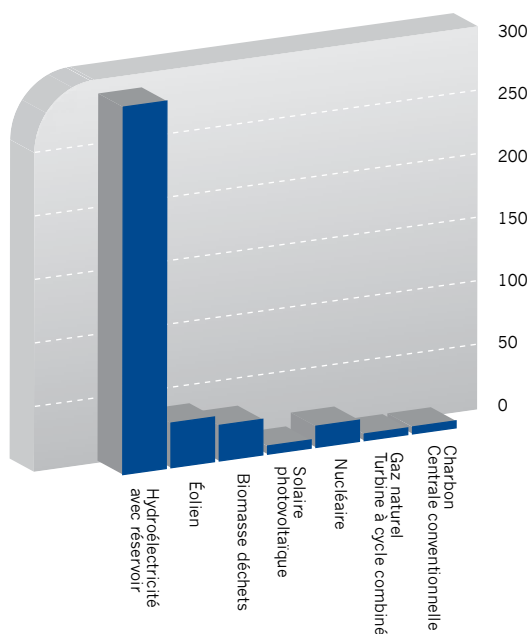
COMPARAISON DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Pour établir des comparaisons utiles entre les impacts environnementaux des divers modes de production d'électricité, nous devons faire la comptabilité analytique complète d'une centrale électrique pendant toute sa durée de vie. Autrement dit, nous devons déterminer quel est le fardeau environnemental associé à l'approvisionnement en combustible de base, à la construction et à l'exploitation de la centrale, de même qu'à son démantèlement à la fin de son cycle de vie utile.

L'une des façons d'évaluer le rendement environnemental du système de production d'électricité consiste à examiner le « taux de retour énergétique » des différentes technologies de production. La figure 4 nous indique la quantité d'électricité produite pendant la durée de vie normale d'une centrale, divisée par l'énergie nécessaire pour la construire, l'entretenir et l'alimenter. Bien que la construction de barrages hydroélectriques et de centrales électriques demande d'énormes quantités d'énergie et de matériaux de construction, celles-ci produisent aussi d'énormes quantités d'électricité pendant une période pouvant aller jusqu'à 100 ans. En ce qui concerne le

FIGURE 4

TAUX DE RETOUR ÉNERGÉTIQUE DES OPTIONS DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ, SELON L'ÉVALUATION DU CYCLE DE VIE



taux de retour énergétique, l'hydroélectricité se classe donc au premier rang avec un ratio de 280. Comparés aux centrales hydroélectriques, les parcs éoliens ont de modestes intrants d'énergie et de matériaux, et ils produisent aussi de modestes quantités d'énergie. Malgré tout, avec un ratio de retour énergétique de 34, l'énergie éolienne se classe au deuxième rang, tandis que les centrales nucléaires, au gaz ou au charbon viennent derrière.

Durant l'exploitation, toutes les technologies de production d'électricité classiques rejettent des sous-produits qui sont nocifs pour l'environnement. Par exemple, les centrales au charbon ou au gaz sont polluantes et génèrent d'énormes quantités de GES. En fait, en 2005, les centrales canadiennes aux combustibles fossiles ont généré 132 mégatonnes de CO₂,¹⁶ soit environ 17 pour cent du total des émissions de GES du Canada pour l'année. Elles ont aussi généré 34 pour cent de nos émissions toxiques de mercure et 25 pour cent de nos émissions d'oxyde de soufre.¹⁷ Ces émissions entraînent des coûts pour tous. Certaines sont nocives pour la santé et les écosystèmes, tandis que d'autres sont la cause de changements climatiques qui posent une menace grave pour toute la planète. Même si ces coûts sont bien réels, on ne les prend pas encore en compte dans le prix de l'électricité et ils constituent en quelque sorte une forme de subvention pour la production d'électricité à partir du charbon ou du gaz naturel.

L'énergie nucléaire impose aussi un fardeau à l'environnement. D'énormes quantités de matériaux sont nécessaires pour construire les centrales nucléaires et on y utilise aussi d'énormes quantités d'eau douce pour le refroidissement des réacteurs lorsqu'ils sont démarrés. Ce qui est encore plus inquiétant, toutefois, ce sont les 6 800 mètres cubes de déchets hautement radioactifs générés par les centrales nucléaires canadiennes depuis les années 1950. Ces déchets seront extrêmement dangereux pendant des milliers d'années et ils attendent actuellement dans des installations d'entreposage temporaire près du site des réacteurs. Même s'ils ne posent aucun risque immédiat, on doit les considérer comme un risque possible pour l'environnement tant qu'on n'aura pas construit des installations permanentes sûres pour le stockage ou le retraitement du combustible irradié et des autres déchets nucléaires.

En 2008, l'Association médicale canadienne a indiqué que le smog sera un facteur responsable du décès prématuré de 2 700 Canadiens, de l'hospitalisation de 11 000 autres et qu'il entraînera des coûts de 1 milliard \$ pour la société et le système de soins de santé en 2008.

Les autres technologies de production d'électricité, comme les centrales hydroélectriques avec un réservoir, peuvent aussi imposer un fardeau pour l'environnement en raison de l'inondation et de la destruction d'habitats. Avec l'énergie éolienne, cependant, il n'y a pratiquement pas de fardeau environnemental en tant que tel.

QU'EN EST-IL DES IMPACTS SONORES, VISUELS ET SUR LA FAUNE?

Il ne fait aucun doute que l'empreinte écologique d'un parc éolien est très faible comparativement à celle d'une centrale au charbon, au gaz ou nucléaire, ou même hydroélectrique. Cela ne veut quand même pas dire qu'il n'y a aucune préoccupation exprimée par la population locale lorsque des concepteurs présentent les plans d'un nouveau parc éolien.

Le bruit est un facteur qui est souvent invoqué lorsque les propositions de parcs éoliens franchissent les étapes du processus d'évaluation environnementale. Lorsque les pales d'une éolienne fendent l'air, elles produisent un bruit de « sifflement ». Toutefois, le niveau de bruit diminue considérablement lorsqu'on s'éloigne d'une éolienne. Les études ont conclu, par exemple, qu'à 350 mètres, le bruit d'une éolienne peut déjà être aussi bas qu'entre 35 et 40 décibels, soit le même niveau sonore qu'une chambre à coucher tranquille ou le bruit de fond naturel en région rurale la nuit.¹⁸ Évidemment, la meilleure façon de régler le problème du bruit est de bien choisir le site pour un parc éolien, en s'assurant que le niveau de bruit est convenable aux habitations et qu'il y a des règlements en place à cet effet. Cela ne veut pas dire qu'il faut imposer une distance précise à respecter entre une éolienne et une habitation — la distance adéquate varie selon plusieurs facteurs, y compris le bruit de fond, la topographie locale et le type d'éolienne.

Les éventuels voisins expriment aussi leurs préoccupations quant à l'impact visuel d'un parc éolien. Il est difficile de cacher les éoliennes. Leur hauteur équivaut à 25 étages et elles sont souvent regroupées. Par contre, tous les goûts sont dans la nature. En Europe, où il y a beaucoup de parcs éoliens et une densité de population élevée par rapport au Canada, les études ont démontré que les personnes qui vivent le plus près des éoliennes ont une attitude plus positive envers l'énergie éolienne que celles qui vivent plus loin. Malgré tout, pour apaiser les préoccupations selon lesquelles les parcs éoliens gâchent le paysage, les concepteurs de projets d'énergie éolienne doivent mener des consultations et collaborer avec la population locale afin de comprendre et de travailler à trouver des solutions aux problèmes.

Une dernière préoccupation liée au développement des parcs éoliens est leur impact possible sur la faune. Des éoliennes mal situées peuvent nuire aux populations d'oiseaux et de chauve-souris. Les processus d'évaluation environnementale, toutefois, visent grandement à minimiser les répercussions possibles sur la vie aviaire et ce processus fonctionne bien. À la suite d'études faites aux É.-U., on a conclu qu'une éolienne tue en moyenne deux oiseaux par année, tandis que les édifices, les chats domestiques et les répercussions des changements climatiques sur les habitats naturels représentent une menace beaucoup plus importante pour les oiseaux. Bien qu'il y ait eu des cas isolés de nombre important de décès de chauve-souris signalés pour une minorité de parcs éoliens, on n'en a pas encore bien compris la cause. La réaction de l'industrie de l'énergie éolienne est la collaboration avec les organismes environnementaux, les gouvernements et les universités afin de financer la recherche en vue de mieux comprendre le problème et de trouver des solutions.



« La société Audubon appuie grandement l'énergie éolienne produite à des sites adéquatement choisis en tant que source d'énergie de remplacement propre qui diminue la menace du réchauffement planétaire. Lorsqu'on examine un site d'éolienne, on trouve parfois des cadavres d'oiseaux et on peut les compter. Avec une centrale au charbon, on ne peut pas compter les cadavres, mais beaucoup plus d'oiseaux seront tués. »

— John Flicker, président de la National Audubon Society

SECTION 5

L'OBJECTIF 2025 D'ÉNERGIE ÉOLIENNE DE CANWEA



Dans *2025 La force du vent*, CanWEA insiste pour que le Canada réponde à 20 pour cent de ses besoins en électricité à l'aide de l'énergie éolienne en 2025.¹⁹ Avec une production initiale inférieure à 1 pour cent en 2008, voilà un objectif ambitieux. Toutefois, nos membres sont persuadés qu'il s'agit d'un objectif que nous devrions viser et que nous pouvons atteindre.

CanWEA vise un niveau de pénétration de l'éolien de 20 pour cent en 2025 pour deux raisons. Tout d'abord, nous serions ainsi en bonne compagnie. Partout dans le monde, les gouvernements adoptent l'énergie renouvelable et considèrent l'énergie éolienne comme la plus évoluée des technologies d'énergie renouvelable émergentes. Le Danemark se procure déjà 20 pour cent de son électricité à partir de l'éolien et les planificateurs de l'approvisionnement en électricité de l'Espagne et de l'Allemagne se sont déjà fixé comme objectif un éventuel niveau de pénétration de l'ordre de 25 à 30 pour cent.²⁰ L'Union Européenne a donné à ses membres le mandat de se procurer 20 pour cent de toute leur énergie à partir de sources d'énergie renouvelables en 2020; dans le secteur de l'électricité, cet objectif sera en grande partie atteint grâce à l'utilisation étendue de l'énergie éolienne. Plus près de nous, suivant une étude technique approfondie réalisée en 2008, le Department of Energy des É.-U. a

conclu qu'un niveau de pénétration de l'éolien de 20 pour cent était techniquement possible et réalisable d'ici 2030.²¹ En outre, 26 États américains ont déjà adopté le Renewable Portfolio Standards; certains d'entre eux s'efforceront de faire en sorte que les réseaux électriques aient un niveau de pénétration de l'éolien de 20 pour cent.²²

Il est clair que pour de nombreux pays il est possible et souhaitable d'avoir un objectif de 20 pour cent d'énergie éolienne. Mais il y a une raison encore plus convaincante pour que le Canada commence à voir grand en matière d'énergie éolienne : nous aurons besoin d'électricité. Les besoins en électricité du Canada devraient augmenter de 36 pour cent entre 2008 et 2025, année où notre consommation électrique atteindra 815 TWh par année. Il s'agit de 214 TWh de plus que ce nous produisons actuellement, sans compter les importations. En plus de cela, d'ici 2025, des installations qui produisent 109 TWh (ou 15 pour cent) de notre électricité auront atteint la fin de leur durée de vie utile et devront être remplacées. Ainsi, pour maintenir l'équilibre entre l'offre et la demande, le Canada devra construire au cours des 17 prochaines années de nouvelles centrales pouvant produire 323 TWh d'électricité par année. Cela représente plus de la moitié de notre production actuelle.²³

Pour parvenir à avoir 323 TWh de nouvelle puissance en place en 2025, il faudra construire l'équivalent de quatre importants projets hydroélectriques de l'importance de celui du complexe de La Grande Rivière d'Hydro-Québec ou de 13 centrales nucléaires aussi grosses que celle de Darlington en Ontario. Cette nouvelle électricité ne sera pas fournie entièrement par l'énergie hydroélectrique, nucléaire ou éolienne. Elle devra provenir d'un ensemble mixte de technologies de production.

CanWEA est persuadée que la moitié de la nouvelle capacité de production électrique que le Canada devra construire d'ici 2025 peut provenir de l'énergie éolienne. Il s'agit d'une technologie éprouvée qui peut fournir de l'électricité de façon fiable, rentable et respectueuse de l'environnement de façon à pouvoir répondre à nos besoins à temps. Concrètement, cela signifierait la mise en place de 22 000 éoliennes à environ 450 sites dans l'ensemble du pays, ce qui donnerait une puissance totale de 55 000 MW. Ceci demanderait une augmentation constante, mais raisonnable, de notre rythme actuel de développement de parcs éoliens. La figure 5 illustre une possible voie à suivre pour atteindre l'objectif de 20 pour cent.

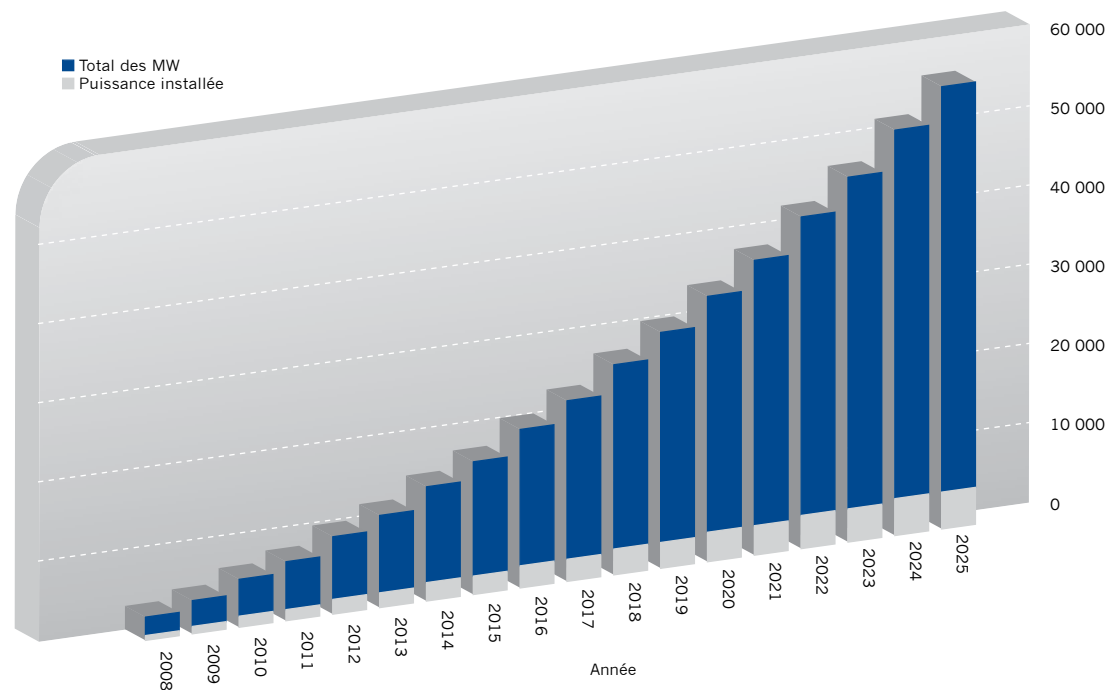
La figure 5 illustre qu'avec le projet de CanWEA, l'augmentation la plus accentuée pour la puissance installée commencerait en 2020, alors que le Canada ajouterait 3 500 MW par année et continuerait ainsi jusqu'en 2025, moment à partir duquel on ajouterait 5 000 MW par année. Pour donner une idée de ces chiffres, l'Espagne procédait déjà à l'ajout de plus de 3 500 MW à sa puissance éolienne annuelle installée en 2007 et elle prévoit maintenir ce rythme pendant la prochaine décennie.²⁴

La figure 5 montre aussi que la réalisation du projet de CanWEA nécessiterait de la part du Canada l'ajout d'environ 400 MW de capacité de production supplémentaire par année à la courbe de croissance que nous avons déjà jusqu'en 2015. Il nous faudrait aussi doubler le taux de nouvelles installations actuellement prévu par le gouvernement fédéral jusqu'en 2020. D'autres pays ont démontré qu'il était possible de le faire.

Pour réaliser *2025 La force du vent* de CanWEA, nos trois paliers de gouvernement, les services d'électricité, les services publics, les concepteurs de projets, les investisseurs et les consommateurs doivent être sur la même longueur d'onde et collaborer en vue de construire un système de production d'électricité propre et fiable qui nous permettra de répondre à nos besoins dans le futur. Il est temps que nous commençons tous à voir grand.

FIGURE 5

LE GRAPHIQUE CI-DESSOUS ILLUSTRE DE QUELLE FAÇON UNE PROGRESSION ORDONNÉE DE LA PRODUCTION D'ÉNERGIE ÉOLIENNE DU CANADA PERMETTRAIT D'ATTEINDRE CES OBJECTIFS :



SECTION 6

L'ÉNERGIE ÉOLIENNE AU CANADA



Même si le Canada est relativement un nouveau venu dans le monde de l'énergie éolienne, il s'y est fait beaucoup de progrès au cours des dernières années. De 2000 à 2007, notre puissance totale en place est passée de 137 MW à 1 846 MW. L'énergie éolienne contribue actuellement pour environ 0,8 % de la demande totale d'électricité canadienne, soit suffisamment pour alimenter 569 000 foyers, et il y en a encore plus à venir. En 2008, il s'ajoutera 600 MW supplémentaires de nouvelle puissance éolienne et il y aura probablement 1 000 MW de plus en 2009.

À l'heure actuelle, il y a 83 parcs éoliens en activité au pays, avec 1 410 éoliennes. À la fin de 2008, chaque province, plus le Territoire du Yukon, aura de l'électricité produite par l'énergie éolienne. Comme le montre le tableau 2, à la fin de 2007, l'Alberta était en tête de file au pays pour la puissance totale en place, suivie de près par l'Ontario. Toutefois, l'on s'attend à ce que l'Ontario passe en tête à la fin de 2008 et que le Québec soit en concurrence avec l'Ontario pour la première place après 2010.

TABLERAU 2
PUISSANCE D'ÉNERGIE ÉOLIENNE INSTALLÉE ET PRÉVUE, PAR PROVINCE (MILIEU DE 2008)

Province	Puissance installée en 2007	Ajouts de puissance prévus
Terre-Neuve-et-Labrador	390 KW	Puissance de 54 MW actuellement prévue ou en construction; le premier parc éolien d'importance sera terminé en 2008. La province a déterminé un potentiel de 80 MW d'énergie éolienne sur l'île de Terre-Neuve et évalue le potentiel beaucoup plus important d'énergie éolienne au Labrador.
Nouvelle-Écosse	59 MW	L'on prévoit que le programme d'énergie renouvelable de la Nouvelle-Écosse entraînera l'installation d'une capacité d'énergie éolienne pouvant atteindre 580 MW en 2013.
Île-du-Prince-Édouard	72 MW	Des éoliennes devraient fournir 79 MW de puissance supplémentaire d'ici la fin de 2008. On étudie actuellement la possibilité de construire des installations pouvant produire jusqu'à 500 MW d'énergie éolienne, à la fois pour les besoins des insulaires et pour l'exportation.
Nouveau-Brunswick	0 MW	La construction d'un premier parc éolien de 96 MW devrait être terminée avant la fin de 2008. Le gouvernement a fixé un objectif officiel de 400 MW d'ici 2010 et a des contrats en place pour presque toute cette énergie. Il a aussi récemment commandé des études afin d'évaluer la possibilité d'avoir plus de 2 000 MW de puissance installée en 2025.
Québec	422 MW	Le gouvernement a fixé un objectif officiel de 4 000 MW de puissance installée en 2016, ainsi que 100 MW supplémentaires d'énergie éolienne pour chaque tranche de 1 000 MW de nouvelle puissance hydroélectrique.
Ontario	521 MW	L'objectif du plan de système intégré de production d'énergie de l'Ontario Power Authority est de 4 600 MW d'énergie éolienne en 2020.
Manitoba	104 MW	On négocie actuellement des contrats pour se procurer 300 MW d'énergie éolienne. Le gouvernement a fixé un objectif officiel de 1 000 MW de puissance d'énergie éolienne installée en 2018.
Saskatchewan	171 MW	Le gouvernement a fixé un objectif de 300 MW d'énergie éolienne en 2011.
Alberta	524 MW	La province n'a pas d'objectif officiel, mais on planifie des mises à niveau du système de transmission en vue de distribuer la nouvelle puissance de 3 000 MW d'énergie éolienne prévue dans le sud de l'Alberta.
Colombie-Britannique	0	Les premières éoliennes de la C.-B. devraient être en activité avant la fin de 2008 et 325 MW d'énergie éolienne sont actuellement prévus ou en cours de construction. Les nouveaux objectifs d'énergie éolienne du gouvernement de la C.-B. pourraient mener à l'installation d'au plus 2 000 MW d'énergie éolienne
Yukon	810 KW	
Canada	1 846 MW	Si les objectifs ou plans provinciaux actuels se concrétisent, le Canada devrait avoir 12 000 MW de puissance installée en 2016 et 18 000 MW en 2020.

Ce tableau présente les plus récentes données provinciales sur l'énergie éolienne, obtenues en août 2008, selon ce qui a été compilé par le Centre de la technologie de l'énergie de CANMET et CanWEA. Cependant, ces chiffres peuvent changer rapidement. La C.-B., l'Ontario et le Québec ont chacune des demandes de propositions en cours qui entraîneront probablement de nouveaux contrats d'énergie éolienne en 2009. Pour avoir les plus récentes données sur ces développements, visitez CanWEA.ca



En 2008, moins de 1 pour cent de l'électricité produite au Canada provenait de l'éolien. Cela permettait tout de même au pays de se classer au 16^e rang mondial. Mais il est clair que nous pouvons faire beaucoup mieux et, dans certaines régions, c'est le cas. En 2007, 15 pour cent des besoins en électricité de l'Île-du-Prince-Édouard étaient comblés par l'énergie éolienne et ce pourcentage devrait être supérieur à 25 pour cent à la fin de 2008.

TOURNÉS VERS L'AVENIR

Comme le montre clairement le tableau 2, toutes les provinces ont des projets en cours qui donneront une place plus importante à l'énergie éolienne dans leur avenir énergétique et certaines se sont fixé des objectifs officiels qui stimuleront l'exploitation accrue des ressources éoliennes. Toutefois, selon les prévisions actuelles, l'apport de l'éolien à l'approvisionnement électrique du Canada atteindra à peine 5 pour cent en 2016.²⁵ Alors que les autres pays tentent d'atteindre des objectifs d'énergie éolienne plus ambitieux, le

Canada risque de se retrouver loin derrière et de perdre sa part d'investissements, d'emplois et des autres avantages qui découleront de la croissance explosive de l'énergie éolienne à l'échelle internationale.

CanWEA est persuadée qu'il y a de solides raisons économiques et environnementales pouvant motiver les provinces et le gouvernement fédéral à établir des objectifs plus élevés de production d'énergie éolienne et à mettre en place des politiques qui permettront de réaliser les objectifs plus ambitieux.

LES RESSOURCES ÉOLIENNES DU CANADA

À un parc éolien canadien type, les éoliennes produisent de l'électricité de 70 à 80 pour cent du temps et, durant une année, la plupart donneront entre 30 et 40 pour cent de leur production totale d'énergie maximum possible. Cette dernière donnée est ce qu'on appelle le « facteur de capacité » de l'énergie éolienne. Évidemment, la variable clé dans l'équation de la puissance fournie est le vent, c'est-à-dire sa vitesse et sa constance.

Les ressources éoliennes du Canada sont parmi les meilleures au monde. Comme le montre le tableau 3, la vitesse annuelle moyenne des vents au Canada est équivalente à celle qu'on retrouve aux États-Unis et plus élevée que celle des autres pays en tête du secteur de l'énergie éolienne.

TABLEAU 3

	Vitesse annuelle moyenne du vent ¹ [m/s]	Densité de puissance éolienne ¹ [W/m ²]
Allemagne	5,5 – 7,0	200 – 400
Espagne	5,5 – 8,0	200 – 600
É.-U.	6,5 – 9,0	300 – 800
Inde	5,5 – 8,0	200 – 600
Chine	5,5 – 9,0	200 – 800
Canada	6,5 – 9,0	300 – 800

¹ Il est très difficile de généraliser ou de faire référence aux ressources éoliennes pour l'ensemble des pays; l'on considère toutefois que les valeurs générales présentées ci-dessus sont représentatives de la « qualité » relative des ressources éoliennes des régions où il y a des parcs éoliens commerciaux en activité en terrain dégagé, à 50 m de hauteur, sans l'effet des collines ou des crêtes.

La qualité du vent fait une énorme différence pour les producteurs d'énergie éolienne. Des vents constants donnent une production d'énergie plus stable. Au Canada, la qualité des ressources éoliennes est telle que le facteur de capacité d'un parc éolien moyen est supérieur à 30 pour cent, tandis qu'un parc éolien allemand type a un facteur de capacité se situant entre 20 et 25 pour cent.

Comme pour beaucoup d'autres ressources naturelles, le Canada a la chance d'avoir des vents en abondance. Il y a d'innombrables

endroits au pays où le vent souffle constamment et suffisamment fort pour justifier la construction de parcs éoliens et il y a un excellent potentiel dans chaque province et chaque territoire pour y exploiter l'énergie éolienne. Nous avons la plus longue ligne de côtes au monde, la deuxième plus importante masse terrestre et une faible densité de population. Nous sommes donc en bien meilleure position que les autres pays pour exploiter nos ressources éoliennes, car il y a plus de terres disponibles.

En fait, nous pourrions utiliser à peine 0,25 pour cent de la masse terrestre du Canada pour y construire des parcs éoliens et on pourrait y produire l'équivalent de l'électricité nécessaire pour répondre à la totalité de la demande annuelle d'électricité du pays complet.²⁶ En pratique, toutefois, nos réseaux ne peuvent fonctionner avec un régime reposant uniquement sur le vent, mais il est clair que nous avons amplement de vent pour atteindre l'objectif de 20 pour cent visé par CanWEA dans son projet *2025 La force du vent*.

La puissance de 55 000 MW d'énergie éolienne nécessaire pour réaliser l'objectif *2025 La force du vent* nécessiterait une masse terrestre d'une superficie équivalente à l'Île-du-Prince-Édouard. De ce territoire, on utiliserait moins de 5 pour cent du terrain pour la construction des installations de production d'énergie éolienne et le reste pourrait encore servir pour des activités complémentaires comme l'agriculture.

UNE ÉTUDE RÉALISÉE EN 2005 INDIQUAIT QU'EN EXPLOITANT DES SITES DE PARCS ÉOLIENS « BONS » OU « TRÈS BONS » SUR DES TERRES DISPONIBLES SITUÉES DANS UN RAYON DE 25 KILOMÈTRES DE LIGNES DE TRANSMISSION EXISTANTES, L'ONTARIO POURRAIT AVOIR UNE PUISSANCE DE 33 000 MW D'ÉNERGIE ÉOLIENNE. UNE ÉTUDE SEMBLABLE RÉALISÉE AU QUÉBEC A CONCLU QU'ON POURRAIT Y DÉPLOYER UNE PUISSANCE D'ÉNERGIE ÉOLIENNE SUPÉRIEURE À 100 000 MW DANS LES MÊMES CONDITIONS.²⁷ LE CANADA NE MANQUE PAS DE VENT.

SECTION 8

L'ÉNERGIE ÉOLIENNE EST UNE SOURCE D'ÉNERGIE FIABLE



Tout le monde sait que le vent ne souffle pas constamment. Il y a des journées venteuses qui sont parfaites pour faire de la voile et des journées calmes qui sont idéales pour faire du canotage. Mais qu'en est-il de la production d'électricité? Pouvons-nous compter sur l'énergie éolienne comme source d'énergie fiable? Selon l'expérience vécue dans les pays qui ont intégré de grandes quantités d'énergie éolienne dans leur système électrique, la réponse est affirmative. La fiabilité résulte de la façon dont les parcs éoliens produisent de l'électricité et de la façon dont les services publics qui la reçoivent à l'autre extrémité la gèrent.

Les concepteurs de parcs éoliens choisissent soigneusement les sites où ils érigent leurs éoliennes. Après avoir observé pendant de longues périodes de temps les conditions météorologiques, ils savent où trouver les vents les plus forts et les plus constants et ils construisent les parcs éoliens uniquement aux endroits où les données indiquent une vitesse annuelle moyenne du vent suffisamment élevée pour

assurer la viabilité du projet. La plupart des éoliennes modernes bien situées produiront donc de l'électricité pendant au moins 70 à 80 pour cent du temps. En un an, la production d'énergie de la plupart de ces éoliennes sera en moyenne entre 30 et 40 pour cent leur puissance nominale.

Même les éoliennes les mieux situées produiront quand même des quantités variables d'électricité au courant d'une journée. Par chance, le vent ne cesse jamais de souffler soudainement et partout à la fois. Donc, même si la production de l'éolienne A diminue, il se peut que celle de l'éolienne B située dix kilomètres plus loin augmente, ce qui compense pour la baisse de puissance ailleurs. Ajoutons des dizaines, des centaines ou même des milliers d'éoliennes réparties sur une grande superficie et l'ensemble devient encore plus stable. Lors d'une étude menée récemment, des experts ont construit un modèle simulant les activités du réseau électrique de l'Ontario si on y avait intégré 5 000 MW d'énergie éolienne répartis à

19 sites à travers la province. En utilisant des données en temps réel de vitesse des vents et de demande d'électricité, on a conclu que les répercussions sur le fonctionnement du réseau seraient minimales. En fait, on a constaté que la variabilité de la demande d'électricité était beaucoup plus importante que la variabilité de l'énergie fournie par les éoliennes. Cette étude a confirmé que la clé pour avoir un approvisionnement stable d'énergie éolienne consiste à répartir un très grand nombre d'éoliennes sur une grande superficie.

Les pratiques normales des exploitants des services publics où est fournie l'énergie éolienne permettent aussi d'accroître la fiabilité. Les mots-clés dans ce cas-ci sont *diversité, prévision et connexion*. Les réseaux électriques modernes sont souvent plutôt diversifiés et comptent sur un grand mélange de technologies de production, comme les centrales hydroélectriques, nucléaires, au charbon, au gaz naturel ou d'autres sources d'énergie. La puissance que fournissent ces centrales est contrôlée par un opérateur de système qui ajuste leur production d'électricité selon la demande en temps réel dans l'ensemble de la province. Lorsque la production d'énergie éolienne augmente sur le réseau, l'opérateur de système peut actionner quelques commandes afin de diminuer la production provenant de certaines sources de production ayant une plus grande souplesse que l'éolien et ainsi privilégier l'éolien et, de même, augmenter la production de ces mêmes sources lorsque la production fournie par l'éolien diminue. On tire ainsi pleinement profit des avantages inhérents à l'hydroélectricité – il s'agit de l'une des sources de production offrant le plus de souplesse, ce qui en fait le partenaire idéal de l'éolien. Lorsque la production d'énergie éolienne augmente, l'opérateur de système peut diminuer la production de la centrale hydroélectrique et accumuler l'eau dans les réservoirs. Les centrales hydroélectriques peuvent donc jouer un peu le rôle d'une pile de secours.

Les opérateurs de système disposent aussi d'un autre outil puissant : les prévisions météorologiques. Les récents progrès faits en météorologie ont permis de mieux comprendre quand et comment le vent soufflera. Avec les bons outils, les spécialistes des prévisions météorologiques peuvent désormais de mieux en mieux prédire la force du vent à un endroit donné plusieurs heures – et parfois même une journée – à l'avance. Cela permet donc aux services publics de prévoir la production d'électricité que fournira un parc éolien et de faire les ajustements nécessaires. Un autre outil puissant dont disposent les opérateurs de système est l'interconnexion entre des systèmes électriques voisins. Grâce à l'utilisation stratégique de la puissance excédentaire d'un voisin, les opérateurs de système peuvent équilibrer l'offre et la demande de la façon la plus économique et efficace qui soit.

Ces « ingrédients » en vue de l'intégration réussie de l'éolien permettent déjà des niveaux importants de pénétration de l'éolien dans plusieurs pays industrialisés. Le Danemark, par exemple, se procure en moyenne 22 pour cent de son électricité à partir de l'éolien au courant d'une année et il arrive même – généralement la nuit, lorsque la demande est faible – que la totalité de l'électricité consommée par les Danois provienne de l'énergie éolienne. D'autres pays emboîtent le pas, dont l'Espagne qui se procure 13 pour cent de son électricité à partir de l'éolien et l'Allemagne qui s'en procure

8 pour cent. En comparaison, le Canada s'en procurait moins de 1 pour cent en 2008. Il va sans dire que nous avons beaucoup de chemin à faire.

L'expérience dans ces pays a non seulement prouvé qu'on peut facilement intégrer l'éolien, mais aussi que cette forme d'énergie peut en fait contribuer à *accroître* la fiabilité du réseau. La raison? La quantité accroît la sécurité. Auparavant, les réseaux des services publics étaient généralement conçus de manière à fonctionner à partir d'un petit nombre de grandes centrales électriques qui étaient reliées par d'importants corridors de transmission aux endroits où l'électricité était nécessaire. Toutefois, il pouvait y avoir de gros problèmes lorsqu'une des centrales était subitement hors ligne ou lorsqu'une ligne de transmission était défectueuse. Avec ce modèle de production centralisée, chaque station contribue de façon importante à l'approvisionnement en électricité et son absence peut entraîner une panne générale ou une autre défaillance. C'est ce qui s'est produit lors de la panne majeure qui a touché le centre du Canada et le nord-est des États-Unis en août 2003. Le système a été submergé lorsqu'une seule centrale en Ohio est soudainement tombée en panne et a provoqué dans son sillage des pannes qui ont touché 50 millions de clients par un effet domino pour tout le réseau.

« L'énergie éolienne fait partie intégrale de notre portefeuille d'approvisionnement énergétique... Nos études et l'expérience démontrent que l'énergie éolienne s'intègre de façon fiable et efficace à nos systèmes électriques en vue d'atténuer les répercussions de la variabilité du vent. »

— Paul Bonavia, directeur de l'exploitation, Excel Energy

La situation est différente avec un modèle de production distribuée qui est formé de plusieurs éoliennes et d'autres sources d'énergie qui sont reliées par un réseau de lignes de transmission et de distribution ressemblant à une toile d'araignée. Dans ce cas-ci, la défaillance d'une seule éolienne est négligeable sur le reste du réseau, tout simplement parce qu'elle ne contribue que pour un très faible pourcentage à l'ensemble de la production. Ainsi, lorsque les éoliennes sont reliées par un réseau de transmission du type toile d'araignée plutôt que du type corridor, la perte d'une seule ligne de transmission n'a pas des répercussions désastreuses.

Il est donc évident que l'énergie éolienne peut contribuer de façon importante à la fiabilité générale du système électrique. Voilà pourquoi aux É.-U. uniquement, les investissements dans la capacité de production éolienne ont atteint 9 milliards \$ en 2007 et voilà aussi pourquoi les Américains augmentent la capacité de production éolienne à un rythme presque aussi rapide que pour le gaz naturel.²⁸ Dans un pays qui est de plus en plus préoccupé par la sécurité énergétique, les gouvernements et les producteurs d'énergie savent que l'éolien est un choix économiquement sain, souhaitable pour l'environnement et fiable.



SECTION 9

**OCCASION DE
DÉVELOPPEMENT**

INDUSTRIEL
DU CANADA

Entre 1996 et 2007, la puissance d'énergie éolienne installée à l'échelle mondiale est passée de 6 100 MW à 94 000 MW.²⁹ Au cours du processus, une poignée de sociétés des pays au premier rang de l'énergie éolienne, comme le Danemark, l'Allemagne, l'Espagne et les États-Unis, en sont venues à occuper une place prépondérante dans le domaine le plus économiquement intéressant de l'industrie de l'énergie éolienne : la fabrication des éoliennes.

En 2007, les producteurs d'énergie éolienne partout dans le monde ont dépensé 28 milliards \$ pour l'achat d'éoliennes et de composants clés comme des pales de rotor, des boîtes d'engrenages, des génératrices et d'autres composants. On a en plus dépensé 27 milliards \$ pour la conception, le développement, la construction, le financement, ainsi que l'exploitation et l'entretien des parcs éoliens.³⁰ La croissance rapide de l'industrie de l'énergie éolienne a pour effet que la demande d'éoliennes surpasse maintenant la capacité des fabricants à y répondre. Par conséquent, les nouveaux clients attendent deux ans ou plus pour recevoir leurs éoliennes et les fabricants ont des carnets de commandes complets pendant une période prolongée.

De toute évidence, il s'agit d'une bonne période pour œuvrer dans le secteur de l'énergie éolienne ou pour fournir des composants aux principaux producteurs. Les fabricants se dépêchent de faire des investissements dans de nouvelles usines afin que l'offre réponde à la demande croissante. Ce sera un défi difficile à relever. Au cours des 12 prochaines années, l'on prévoit des investissements supérieurs à 1 billion \$ dans les nouveaux projets d'énergie éolienne, alors qu'on ajoutera plus de 400 000 MW d'énergie éolienne à l'échelle internationale.³¹

Malheureusement, le Canada est actuellement à peine visible sur le marché international de la fabrication d'éoliennes, en particulier le marché des grosses éoliennes et des composants. Il s'agit là d'une énorme occasion ratée pour le Canada.

La situation du Canada contraste avec celle du tout petit pays qu'est le Danemark. Les Danois ont décidé, dans les années 1980, de devenir un important producteur d'énergie éolienne et ils ont été les premiers au monde à se procurer 20 pour cent de leur électricité à partir de l'énergie éolienne. Comme il fallait s'y attendre, les promoteurs de projets d'énergie éolienne danois ont privilégié les entreprises locales pour l'approvisionnement en éoliennes. Ceci leur a donné une longueur d'avance sur le reste du monde et, aujourd'hui, les entreprises danoises contrôlent le quart du marché mondial.

Les développements qu'a connus l'Espagne sont tout aussi impressionnants. En 1998, il n'y avait pas un seul parc éolien dans ce pays et il n'y avait aucune industrie de fabrication d'équipement à proprement parler. Par la suite, les gouvernements nationaux et régionaux ont fait de l'énergie éolienne une priorité et ils ont travaillé en vue d'avoir 20 000 MW de puissance en place en 2010. Ceci a donné aux entreprises espagnoles l'occasion de perfectionner leurs compétences pour la fabrication d'éoliennes et aujourd'hui le plus important fabricant d'éoliennes de l'Espagne, Gamesa, occupe environ 14 pour cent du marché mondial.³²

En ce qui concerne la puissance d'énergie éolienne installée, le Canada se classe au 11^e rang à l'échelle mondiale et la plupart des composants des parcs éoliens qui ont été construits au pays proviennent de fournisseurs européens ou américains. À long terme, il n'y a aucune raison de penser que le lien qui existe dans plusieurs autres pays entre la puissance en place à l'échelle locale et la croissance de la base de fabrication locale ne pourrait pas être le même pour le Canada. À vrai dire, cela commence à se produire au pays.

Dans la région de la Gaspésie, au Québec, trois usines de fabrication de pièces ont vu le jour depuis 2006 suivant l'appel d'offres d'Hydro-Québec pour se procurer 1 000 MW d'énergie éolienne; l'une des exigences de cet appel d'offres était d'avoir 60 pour cent de contenu local. Ces usines où on construit des tours d'éoliennes, des pales et des coques de nacelles embauchent maintenant plusieurs centaines de personnes et on commence à faire des exportations dans d'autres régions de la province, en Ontario et aux États-Unis. Le Canada a aussi des installations de fabrication de tours en Ontario et en Saskatchewan. Le récent appel d'offres d'Hydro-Québec en vue de se procurer 2 000 MW de puissance supplémentaire dans la région a donné lieu à des engagements de construction d'usines supplémentaires de la part de deux fabricants d'éoliennes prédominants : Enercon et Repower.

À l'heure actuelle, les projets d'énergie éolienne du Canada dépendent presque exclusivement des fournisseurs européens et américains pour les éoliennes et les composants clés. Nous avons toutefois l'occasion de changer cette situation avec l'augmentation du rythme de construction des parcs éoliens. Le Canada a les compétences et la capacité industrielle pour desservir ce marché en croissance rapide, mais les entreprises canadiennes devront faire preuve de plus de dynamisme pour saisir les occasions qui se présentent. Une éolienne type comprend plus de 8 000 pièces et si l'on se fie à l'expérience des autres pays, les fabricants multinationaux d'éoliennes se procureront de nombreuses pièces auprès de fournisseurs locaux si le prix et la qualité sont concurrentiels. Pour attirer les investissements, les entreprises canadiennes doivent aussi faire preuve d'ouverture quant aux dispositions relatives à l'octroi de licences, aux coentreprises et à la sous-traitance.

LA CHAÎNE D'APPROVISIONNEMENT DE L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

Un sondage réalisé en 2008 portant sur la demande et les capacités de fabrication canadiennes a révélé qu'il y a des centaines d'entreprises canadiennes qui ont, ou pourraient, facilement acquérir les compétences techniques en vue de fournir les composants d'éoliennes destinés aux parcs éoliens canadiens. Les marchés pour lesquels les entreprises canadiennes jouiraient d'un avantage concurrentiel comprennent :³³

Tours d'éoliennes – En raison des coûts de transport élevés, les fabricants d'éoliennes préfèrent se procurer les tours sur le marché local.

Pales de rotor – En raison des coûts de transport élevés et du risque de dommages lors du transport, les fabricants d'éoliennes préfèrent se procurer les tours sur le marché local.

Pièces coulées – Les producteurs canadiens qui ont l'équipement approprié pourraient fournir de grosses pièces coulées pour les cadres, les carters de boîtes de vitesses et les moyeux d'éoliennes. Les fabricants d'éoliennes font concurrence aux autres industries pour les services de coulage de pièces et la capacité est limitée à l'échelle mondiale, ce qui est une bonne occasion pour les nouveaux venus.

Pièces forgées – Les producteurs canadiens qui ont l'équipement approprié auront un accès immédiat à ce marché. La capacité mondiale est limitée et la demande provient de divers secteurs. L'expérience canadienne pour le forgeage des arbres de turbines hydroélectriques sera un avantage.

Assemblage de nacelles – Les coûts de transport élevés combinés aux coûts relativement bas de l'assemblage favorisent les producteurs locaux. L'ouverture d'usines d'assemblage de nacelles stimulera le développement d'une chaîne d'approvisionnement locale de sous-composants.

Coques de nacelles – Les coûts de transport élevés favorisent les fournisseurs locaux qui ont de l'expérience dans la construction de grosses pièces en composite.

La figure 6 illustre les principaux composants d'une éolienne. Ensemble, ces composants représentent environ 50 pour cent du coût de construction d'une éolienne.

RETOUR AU PROJET DE CANWEA

Ceci nous ramène à l'objectif de *2025 La force du vent* de CanWEA. Il faudra des nouveaux investissements d'environ 132 milliards \$ pour atteindre le niveau de pénétration de 20 pour cent d'énergie éolienne. Mais si les gouvernements envoient maintenant le signal clair que ce sera la solution adoptée, CanWEA est persuadée qu'au moins 60 pour cent du total, soit quelque 79 milliards \$, seront disponibles pour les fabricants d'équipement, les constructeurs, les firmes de génie et les entreprises de construction, et d'autres fournisseurs canadiens de toutes les régions du pays.

FIGURE 6

PART DU COÛT EN CAPITAL DES DIVERS COMPOSANTS D'UNE ÉOLIENNE

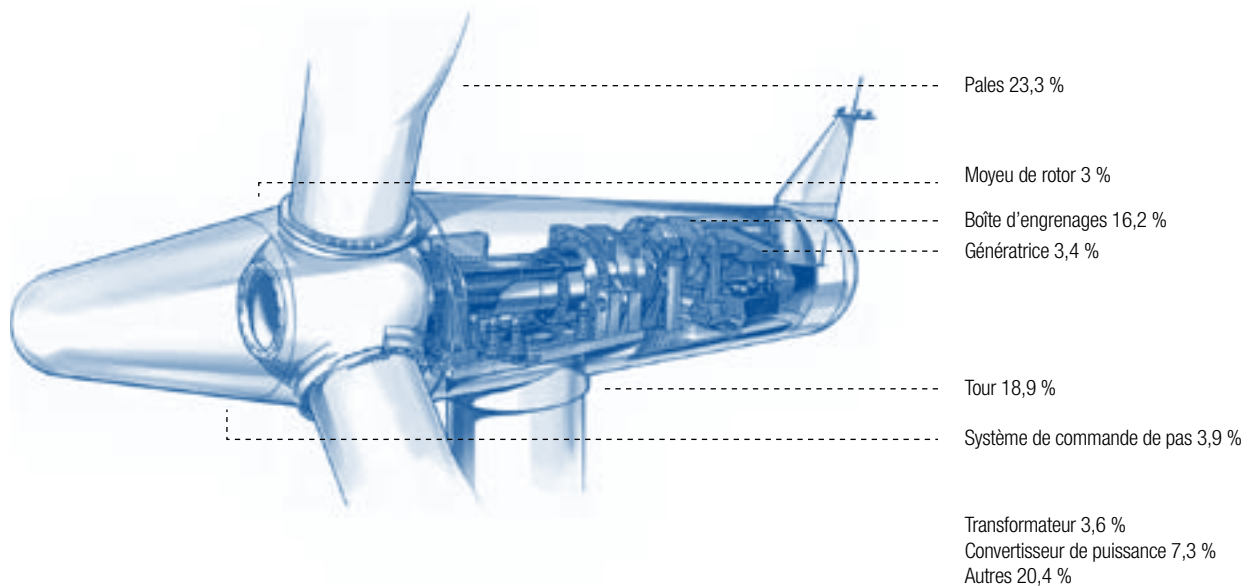


Image utilisée avec la permission de Siemens©

Source : « Overview of Canada's large wind turbine supply chain opportunities ». Garrad Hassan pour CanWEA, 2008.

OCCASION D'INVESTISSEMENT DANS L'ÉNERGIE ÉOLIENNE DU CANADA

Les chiffres avancés de 1 billion \$ sur le marché international pour les nouvelles installations d'énergie éolienne d'ici 2020 peuvent sembler comme des prévisions optimistes des environmentalistes ou des défenseurs de l'énergie éolienne. Toutefois, ces chiffres parlent d'eux-mêmes. Pour une technologie qui, il y a à peine une décennie, était considérée comme émergente et pas entièrement éprouvée, l'énergie éolienne est maintenant adoptée de façon massive partout dans le monde. Plus encore, cette tendance commence à peine à s'affirmer.

Par rapport à 1995, la puissance d'énergie éolienne installée à l'échelle mondiale est 17 fois plus grande et se situait à 94 000 MW à la fin de 2007; les prévisionnistes indépendants indiquent qu'elle triplera d'ici 2015, pour atteindre 290 000 MW³⁴ à l'heure actuelle, environ 1 pour cent de l'électricité consommée partout dans le

monde provient de l'éolien. En 2012, elle devrait se situer à 2,7 pour cent et elle continuera de grimper.³⁵

Au cours de la dernière décennie, les prévisions des experts gouvernementaux et en matière d'énergie ont constamment sous-estimé le taux de croissance de l'énergie éolienne. En fait, au cours des trois dernières années, la croissance de la puissance en place à l'échelle mondiale a même dépassé les prévisions annuelles les plus optimistes du Global Wind Energy Council (GWEC), la voix internationale de l'industrie de l'énergie éolienne. Actuellement, le scénario « prudent » du GWEC quant à la croissance future est que la capacité mondiale en place atteindra 560 000 MW en 2020, soit cinq fois plus que le niveau actuel. Cette estimation du GWEC est conforme aux prévisions de plusieurs analystes indépendants.³⁶

Les ajouts annuels à l'approvisionnement mondial d'énergie éolienne devraient croître et passer du nombre record de 20 000 MW, atteint en 2007, à plus de 30 000 MW par année en 2015. Il ne s'agit pas là de chiffres lancés en l'air. Ils ont été fournis par des experts de première ligne qui aident les services publics d'électricité, les fabricants d'éoliennes, les fournisseurs de composants et les gouvernements partout dans le monde à prendre des décisions d'investissements de plusieurs milliards de dollars pour les prochaines années. Si ces prévisions semblent exagérées pour nous, au Canada, c'est parce que nous ne voyons pas encore grand en ce qui a trait à l'énergie éolienne. Les pays qui font preuve d'audace en matière d'énergie éolienne retireront d'énormes avantages économiques lorsque les investissements internationaux faits dans l'énergie éolienne croîtront de façon ahurissante au cours des deux prochaines décennies.

Les pays où se trouvent les principaux fabricants d'éoliennes, comme le Danemark, l'Allemagne, l'Espagne et les États-Unis, profitent tous de la croissance explosive des investissements dans l'énergie éolienne. Au même moment, de nouveaux noms commencent à apparaître au tableau des chefs de file de l'industrie mondiale de l'énergie éolienne. En 2007, par exemple, la Chine est devenue le marché de l'énergie éolienne qui a connu la croissance la plus rapide et ce pays devrait se retrouver à égalité avec les É.-U. en tête du peloton en ce qui a trait aux ajouts annuels de capacité de production au cours de la prochaine décennie.³⁷ L'énergie éolienne est en voie de devenir l'une des grandes histoires de réussite industrielle de la Chine. Pendant que la Chine fait des ajouts à sa capacité de production intérieure en place, elle fait aussi d'énormes ajouts à sa chaîne d'approvisionnement intérieure liée à l'énergie éolienne. En 2000, il n'y avait aucune concurrence chinoise à l'échelle mondiale sur le marché des éoliennes. En 2007, deux entreprises, Goldwind et Sinovel, occupaient presque 8 pour cent du marché mondial.³⁸

Entre-temps, en Inde, où la puissance en place d'énergie éolienne est 400 fois plus importante qu'en 2000, il y a aussi eu des développements importants dans le secteur de la fabrication. Les grandes multinationales de fabrication d'éoliennes qui ont des activités en Inde se procurent désormais plus de 80 pour cent de leurs composants sur le marché local et plusieurs fabricants de l'Inde font maintenant des exportations.³⁹ Le producteur prédominant de l'Inde, Suzlon, a d'ailleurs fourni plus de 10 pour cent des éoliennes et de leurs composants sur le marché mondial en 2007.⁴⁰

Plusieurs facteurs favorisent la demande explosive d'énergie éolienne et une réponse impressionnante du côté de l'offre partout dans le monde. La sécurité de l'approvisionnement et le rendement environnemental ont sans contredit un rôle à jouer, mais de plus en plus, le facteur clé est l'économie. Par rapport à la technologie qui existait il y a 20 ans, une éolienne moderne produit 180 fois plus d'énergie à moins de la moitié du coût du kilowattheure. Aux bons sites, l'énergie éolienne peut désormais faire concurrence à l'électricité produite par une centrale au gaz et elle deviendra plus concurrentielle lorsqu'il y aura une taxe pour le carbone.⁴¹ Avec ces fondamentaux qui favorisent l'énergie éolienne, il est plus facile de comprendre les prévisions de croissance actuelles.

Que signifie toute cette croissance en ce qui a trait aux investissements? En ce qui concerne la valeur, BTM Consult ApS, l'un des principaux experts mondiaux en matière d'énergie renouvelable, dit à ses clients de s'attendre à ce que la valeur marchande des installations d'éoliennes atteigne 300 milliards \$ entre 2008 et 2012. Actuellement, au Canada, chaque mégawatt de nouvelle puissance d'énergie éolienne installée représente entre 2,5 et 2,8 millions \$ d'investissements totaux. Aux fins du document *2025 La force du vent* de CanWEA, nous avons supposé que les coûts d'investissements totaux diminueront au fil du temps, passant de ce niveau (qui correspond aux prévisions de la plupart des analystes alors que la technologie des éoliennes continue d'évoluer) à un niveau de 2,1 millions \$/MW en 2025.

ET LE CANADA?

Il est évident que beaucoup de pays à travers le monde mettent plus d'œufs d'énergie éolienne dans leur panier d'énergies que ne le fait le Canada. Alors que les gouvernements, les producteurs d'électricité et d'autres dans la plupart des pays d'Europe et une bonne partie des États-Unis envisagent et discutent ouvertement d'un taux de pénétration de l'énergie éolienne de l'ordre de 20 pour cent ou plus, le gouvernement fédéral pense actuellement que l'énergie éolienne fournira 6 pour cent de l'électricité du Canada en 2020⁴², soit un niveau de pénétration qu'ont déjà dépassé le Danemark, l'Espagne, le Portugal, l'Allemagne et l'Irlande.

CanWEA considère que l'échec du pays à atteindre le même niveau que les autres pays en ce qui a trait à la croissance de la puissance d'énergie éolienne est une importante occasion ratée. Nous ne voyons aucune raison empêchant le Canada de parvenir à avoir un taux de pénétration de l'éolien de 20 pour cent en 2025. Pour ce faire, il faudrait des investissements totaux de 132 milliards \$, dont nous estimons que 79 milliards \$, ou 60 pour cent, pourraient mener à des ventes pour les industries canadiennes de la fabrication et des services.

Même si l'on estime qu'à peine 30 pour cent des investissements faits jusqu'à maintenant au Canada dans l'éolien restent au pays, il est clair qu'il est possible d'en faire beaucoup plus pour stimuler le développement de la base industrielle de l'énergie éolienne au Canada. Au Québec, où Hydro-Québec exige 60 pour cent de contenu provincial en investissements dans l'énergie éolienne, plusieurs usines de fabrication ont ouvert ou sont en construction afin de répondre à la demande de nouvelle puissance de 3 000 MW d'énergie éolienne qui a récemment fait l'objet de contrats dans la province. Avec la croissance du marché canadien de l'éolien, nous avons l'occasion de bâtir une nouvelle industrie, mais il nous faudra faire concurrence avec d'autres pour obtenir une part des investissements rapidement croissants dans ce secteur.

Comme le prouve l'expérience vécue dans d'autres pays dont la base industrielle n'est pas plus élaborée que la nôtre, il est possible d'en arriver à un niveau de contenu intérieur beaucoup plus élevé. Si les parcs éoliens de l'Inde, par exemple, se procurent localement 80 pour cent de leurs composants, il n'y a aucune raison pour laquelle nous ne pouvons pas le faire aussi.

OCCASION DE CRÉATION D'EMPLOIS AU CANADA



Les nouveaux investissements faits dans l'énergie éolienne entraînent la création d'emplois directs pour la construction, l'exploitation et l'entretien des parcs éoliens, de même que pour la fabrication d'éoliennes et de composants. Les études réalisées en Allemagne, au Danemark et aux Pays-Bas indiquent que chaque mégawatt de nouvelle capacité de production d'énergie éolienne crée 16 emplois de fabrication d'éoliennes et d'équipement connexe dans la chaîne d'approvisionnement mondiale. Avec l'amélioration des procédés de fabrication, les répercussions immédiates sur l'emploi par mégawatt devraient diminuer à 11 emplois de fabrication en 2030, mais le total des emplois augmentera quand même rapidement à mesure que l'énergie éolienne deviendra une option plus concurrentielle pour la production d'électricité. Ces études montrent aussi que chaque mégawatt de puissance d'énergie éolienne installée entraîne cinq emplois pour la construction et un tiers d'emploi pour l'entretien et l'exploitation.⁴³

Il est difficile d'obtenir les chiffres exacts pour le secteur de l'énergie éolienne, car plusieurs organismes nationaux de statistiques regroupent les emplois dans le secteur de l'énergie renouvelable (c.-à-d. éolienne, solaire, de biomasse, etc.). Cependant, en utilisant les données disponibles, une étude du Worldwatch Institute réalisée en 2008 donnait le chiffre de 2,3 millions d'emplois à l'échelle mondiale pour l'énergie renouvelable, dont plus de 300 000 pour l'éolien. En faisant des projections, l'Institute prévoyait que les emplois dans le secteur mondial de l'énergie éolienne pourraient augmenter à 2,1 millions en 2030 et à 2,8 millions en 2050.⁴⁴ L'étude du Worldwatch Institute soulignait aussi que la croissance de l'emploi est la plus forte, au moins à l'origine, dans les pays comme l'Allemagne et l'Espagne qui ont donné un appui solide et constant à leurs secteurs de l'énergie éolienne.



Selon les estimations, il y avait en 2008 environ 4 400 personnes œuvrant directement dans l'industrie de l'énergie éolienne au Canada.⁴⁵ De ce nombre, 36 pour cent travaillaient pour des concepteurs ou des propriétaires de parcs éoliens, 30 pour cent pour des fabricants d'éoliennes et de composants et 17 pour cent comme entrepreneurs pour l'industrie. Le nombre de nouveaux emplois qui seront créés par suite du développement de l'énergie éolienne au Canada dépendra, évidemment, de la capacité de production d'énergie éolienne que nous mettrons en place et du rythme auquel cela se fera. L'expérience dans les autres pays indique, par exemple, que les grands fabricants d'éoliennes établissent généralement les usines de production dans les pays hôtes et commencent à se procurer des composants à l'échelle locale une fois qu'ils sont certains que l'importance éventuelle du marché y justifiera des investissements. Ceci commence à se produire en Gaspésie et les perspectives de croissance continue y sont bonnes, pourvu que les gouvernements et les services publics provinciaux adoptent des plans plus ambitieux en vue de se procurer de l'énergie éolienne.

Si la vision de CanWEA se concrétise, soit un approvisionnement de 20 pour cent de l'électricité des Canadiens à partir de l'éolien en 2025, nous prévoyons que le nombre d'emplois dans le secteur de l'énergie éolienne croîtra et atteindra alors au moins 52 000 emplois.⁴⁶ Il s'agit là d'estimations prudentes, car ceci suppose que seulement 30 pour cent des investissements totaux dans les projets d'énergie éolienne resteront au Canada, alors que le reste sera injecté dans des pays ayant des usines bien établies de fabrication d'éoliennes et de composants. Toutefois, si notre base de fabrication continue de s'élargir et si nous parvenons à accroître le contenu canadien dans la chaîne d'approvisionnement des éoliennes, alors les chiffres liés à l'emploi pour le Canada seront considérablement plus élevés.

Tout porte à croire que notre hypothèse de 30 pour cent de contenu canadien est faible, car les projets d'énergie éolienne actuellement en développement au Québec ont déjà démontré que 60 pour cent de l'investissement total reste dans la province.

Comment les occasions d'emplois locaux dans l'énergie éolienne se comparent-elles par rapport aux autres technologies? Les conclusions d'une récente étude réalisée aux États-Unis comparant les répercussions des emplois pour la construction, l'exploitation et l'entretien d'installations semblables de production d'électricité au charbon, au gaz naturel ou à l'énergie éolienne indiquaient que l'énergie éolienne était la technologie qui procurait le plus d'emplois, comme le montre le tableau ci-dessous.⁴⁷

TABLEAU 4 – COMPARAISON DES RÉPERCUSSIONS SUR LA CRÉATION D'EMPLOIS

Technologie	Charbon	Gaz	Éolien
Construction, direct	465	322	866
Construction, indirect et induit	391	271	751
Exploitation, direct	72	138	152
Exploitation, indirect et induit	48	231	107

OCCASION DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE RURAL DU CANADA

À l'exception d'une éolienne de démonstration sur le secteur riverain de Toronto, presque toute la production d'énergie éolienne du Canada se fait dans des petites communautés. De la même façon que les fermes de nos régions rurales fournissent la nourriture qui garnit les tables des villes, les parcs éoliens de villes comme Tiverton en Ontario, Springhill en Nouvelle-Écosse, et Matane au Québec fournissent de l'électricité propre et fiable aux grands centres urbains.

Le développement de l'énergie éolienne procure des avantages directs aux communautés rurales par des emplois de construction, d'exploitation et d'entretien, ainsi que d'administration. Il assure aussi le soutien des entreprises locales par l'achat de biens et de services. Et il assure le soutien des municipalités locales d'autres façons importantes. Pour commencer, il procure une nouvelle source de revenus fiscaux qui peuvent servir pour les routes, les centres récréatifs et d'autres installations qui profitent à toute la communauté. Par exemple, à Pincher Creek, en Alberta, les parcs éoliens locaux versent plus de 3 millions \$ dans les coffres de la municipalité, ce qui constitue une partie importante des revenus fiscaux du district municipal.

Les exploitants de parcs éoliens versent aussi des redevances aux propriétaires terriens locaux qui hébergent des éoliennes sur leur propriété. Ces paiements sont négociés au tout début, à l'étape du

développement d'un projet éolien, et sont valides pendant une période pouvant aller jusqu'à 20 ans. Les taux de redevances varient pour chaque projet, mais une estimation prudente est qu'elles sont en moyenne de 3 000 \$ du mégawatt par année. Pour un agriculteur ou un éleveur qui héberge une ou deux éoliennes de 1,5 MW, cela peut représenter une source importante de revenus à long terme. En outre, les éoliennes ne nuisent pas vraiment aux activités agricoles. Environ 95 pour cent des terres sur lesquelles se trouve une éolienne peuvent continuer à être utilisées comme auparavant.

En 2007, les parcs éoliens du Canada ont contribué pour environ 5,6 millions \$ aux revenus fiscaux municipaux et un montant semblable a été versé en redevances aux propriétaires de terrains.⁴⁸ La concrétisation de la vision de CanWEA de produire 20 pour cent de notre électricité à partir de l'éolien en 2025 ferait grimper ces versements annuels à 165 millions \$.

Un dernier avantage du développement de l'énergie éolienne, qui n'avait probablement pas été prévu, est que les parcs éoliens attirent les touristes, parfois même par milliers. Par exemple, le parc éolien de North Cape, à l'Île-du-Prince-Édouard, est en activité depuis 2004 et a eu plus de 60 000 visiteurs en 2007. Imaginez ce que cela peut représenter en ventes pour les boutiques et les restaurants locaux.

SECTION 13

L'ÉNERGIE ÉOLIENNE DANS LES COMMUNAUTÉS AUTOCHTONES ET LES RÉGIONS ÉLOIGNÉES



Le Canada compte approximativement 300 communautés éloignées ou dans le Nord, y compris de nombreuses communautés autochtones, formant une population totale d'environ 200 000 personnes. Il s'agit de régions qui sont isolées du réseau électrique et où l'électricité est généralement fournie par des génératrices au diesel qui sont non seulement coûteuses (1,50 \$/kWh), mais qui génèrent aussi beaucoup de pollution (contaminants atmosphériques locaux et gaz à effet de serre) et entraînent peu de retombées économiques ou de développement des capacités. L'énergie éolienne est une excellente solution de rechange pour remédier à ces situations.

Dans plusieurs de ces communautés, l'énergie éolienne peut être un complément pratique à la production d'électricité à partir du diesel. Les deux technologies se combinent bien, car les opérateurs de système peuvent rapidement commander la production à partir des génératrices au diesel pour compenser les fluctuations de la puissance fournie par l'éolien. Le résultat final en serait des coûts d'électricité moins élevés et une diminution des émissions polluantes. Les études indiquent aussi que les avantages économiques nets, en particulier la création d'emplois, sont quatre fois plus importants pour la production d'électricité à partir de l'énergie éolienne plutôt qu'avec le diesel.⁴⁹

Les systèmes hybrides éolien/diesel constituent une technologie éprouvée qui peut fonctionner dans des conditions météorologiques rigoureuses. La preuve en a été amplement faite en Alaska où plus de 20 éoliennes sont en activité dans des communautés éloignées. Le gouvernement de l'Alaska, qui a appuyé ces projets par des subventions de capital immédiat et des incitatifs financiers pour la production à long terme, indique de solides résultats des points de vue environnemental, social et économique. Selon CanWEA, si cette approche était adoptée au Canada, on pourrait probablement concrétiser 34 projets éoliens d'une puissance totale de 55 MW et répondre ainsi à environ 10 pour cent des besoins d'électricité dans nos communautés éloignées. Sur une période de 18 ans⁵⁰, cela permettrait de réaliser des économies de 300 millions \$ en coûts de diesel et de réduire les émissions de GES de 100 000 tonnes par année, ce qui équivaut à retirer 20 000 automobiles des routes.

La mise en place d'une solide capacité de production d'énergie éolienne dans les communautés du Nord et les régions éloignées donnerait aussi un bon coup de pouce aux entreprises canadiennes qui fabriquent des éoliennes de puissance moyenne, car celles-ci sont parfaites pour ces communautés. Il s'agit d'un secteur de l'industrie de la fabrication d'équipement d'énergie éolienne où le Canada est bien implanté. D'ailleurs, la moitié des fabricants mondiaux d'éoliennes d'une puissance entre 20 kW et 100 kW sont canadiens. Un marché intérieur croissant permettrait à ces entreprises d'acquérir plus d'expertise et de perfectionner les chaînes d'approvisionnement, ce qui pourrait mener à des ventes à l'exportation lorsque les pays en développement adopteront les éoliennes pour l'électrification en région rurale.

APPROVISIONNEMENT EN ÉNERGIE ÉOLIENNE



À la fin de 2008, chaque province canadienne produira au moins un peu d'énergie éolienne et la plupart considèrent sans contredit l'éolien comme une source importante et croissante d'énergie propre et renouvelable pour l'avenir. Presque toute la puissance d'énergie éolienne du Canada a été installée par des soumissionnaires dont la proposition a été retenue lors de processus d'appel d'offres concurrentiels faits par des services publics.

Le Canada ne manque pas de ressources éoliennes, pas plus qu'il ne manque de promoteurs, de fabricants d'éoliennes ou d'investisseurs, à l'échelle nationale ou internationale, qui souhaitent exploiter nos ressources. Cela ressort du bref survol ci-dessous des activités de chaque province en matière d'approvisionnement en énergie éolienne. Comme l'indiquent les données, dans de nombreux cas où les services publics et les gouvernements provinciaux ont fait des demandes de propositions pour la construction de nouvelles installations d'énergie éolienne ou renouvelable, la réponse a généralement dépassé, et parfois de façon très importante, la quantité initialement demandée.

COLOMBIE-BRITANNIQUE

En 2006, BC Hydro a publié un appel d'offres pour se procurer 2 500 GWh/année d'électricité provenant de toutes les sources à partir de projets à grande échelle, ainsi que 200 GWh/année provenant de projets à petite échelle. On y a reçu 53 propositions de la part de 37 producteurs d'énergie indépendants qui totalisaient 6 500 GWh par année. Trois projets d'énergie éolienne d'une puissance totale de 325,2 MW figuraient parmi les 38 propositions retenues.

SASKATCHEWAN

En 2004, SaskPower a publié une DDP pour 15 MW de production à petite échelle « d'énergie à privilégier ». Elle a reçu 12 propositions totalisant 34,36 MW, dont huit pour des projets d'énergie éolienne totalisant 25,14 MW. L'année suivante, le service public de la province a fait une demande de propositions semblable pour 32 MW d'énergie et a reçu 17 propositions, dont 13 étaient pour des projets d'énergie éolienne totalisant 224,15 MW.

MANITOBA

En 2007, Manitoba Hydro a publié une DDP pour se procurer jusqu'à 300 MW d'énergie éolienne. Elle a reçu 84 déclarations d'intérêt totalisant plus de 10 000 MW. Le service public a décidé de négocier avec un promoteur pour un projet d'une capacité de production de 300 MW.

ONTARIO

En 2004, le gouvernement de l'Ontario a publié une DDP pour se procurer 300 MW d'énergie renouvelable, laquelle a résulté en 41 propositions d'énergie éolienne, hydroélectrique ou de gaz d'enfouissement d'une capacité totale de 1 060 MW. Il a fini par choisir 10 projets totalisant 395 MW, dont cinq étaient des projets éoliens d'une capacité de production de 354,6 MW.

En 2005, le gouvernement de l'Ontario a publié une DDP pour 1 000 MW d'énergie renouvelable. Il a reçu 22 soumissions totalisant 2 029 MW. La plupart des soumissions provenaient de producteurs d'énergie éolienne et on a fini par choisir huit projets d'une puissance combinée de 955 MW.

QUÉBEC

En 2003, Hydro-Québec a publié des appels d'offres pour se procurer 1 000 MW d'énergie éolienne à fournir sur une période de sept ans à compter de 2006. Neuf promoteurs ont présenté 32 soumissions d'une capacité combinée de 3 995 MW. Le service public a finalement choisi huit projets d'une puissance combinée de 990 MW.

En 2005, Hydro-Québec a fait un appel d'offres pour se procurer 2 000 MW d'énergie éolienne supplémentaire. Cette fois-ci, cinq fabricants d'éoliennes et plus de 25 promoteurs ont présenté 66 propositions de parcs éoliens totalisant 7 724 MW de puissance. Le service public a choisi deux fabricants d'éoliennes et 15 projets de huit promoteurs, totalisant 2004,5 MW.

NOUVEAU-BRUNSWICK

En 2005, New Brunswick Power a publié une demande d'expression d'intérêt en vue d'avoir 400 MW d'énergie éolienne en 2016. L'année suivante, le service public a retenu 10 sociétés pour présenter des soumissions définitives pour 17 propositions de projets. Depuis, il a passé des contrats avec TransAlta pour un projet de 96 MW.

En 2007, New Brunswick Power a publié une DDP pour 300 MW d'énergie éolienne. Elle a reçu 25 propositions totalisant 1 400 MW. Trois projets ont été choisis, pour une puissance combinée de 213 MW.

NOUVELLE-ÉCOSSE

En 2004, Nova Scotia Power a publié une DDP pour 20 MW d'électricité à partir de sources renouvelables, en particulier des projets d'une puissance inférieure à 2 MW. Elle a reçu 17 soumissions totalisant 28 MW et décidé de toutes les accepter, y compris 15 projets d'énergie éolienne totalisant 25 MW. La même année, le service public a fait un appel d'offres pour se procurer 30 MW d'énergie renouvelable à partir de projets d'une puissance supérieure à 2 MW. Suivant ce processus, le service public a finalement choisi un projet de 12 MW et un projet d'énergie éolienne de 31 MW.

En 2007, Nova Scotia Power a publié une DDP pour 130 MW d'énergie renouvelable. La réponse a été très forte de la part des promoteurs d'énergie éolienne locaux et internationaux. Finalement, le service public a choisi sept projets de six promoteurs, d'une puissance totale de 244 MW.

TERRE-NEUVE-ET-LABRADOR

En 2005, Newfoundland and Labrador Hydro a publié une demande de propositions pour se procurer 25 MW d'énergie éolienne. Elle a reçu sept propositions et choisi un projet éolien de 25,2 MW.

En 2006, Newfoundland and Labrador Hydro a publié une demande de propositions pour des blocs d'énergie éolienne de 25 MW et a finalement choisi un projet éolien de 24 MW.

Ce survol montre que les promoteurs et les investisseurs ont souvent été prêts à construire une capacité de production d'énergie éolienne considérablement plus importante que ce que demandaient les services publics par l'intermédiaire de leurs DDP. Ceci représente des occasions ratées de remédier à la menace de pénurie d'électricité dans plusieurs régions du pays grâce à de l'énergie renouvelable propre. L'une des façons pour le Canada de commencer à voir grand en matière d'énergie éolienne est de songer à modifier ses processus d'approvisionnement. Pourquoi laisse-t-on des projets d'énergie éolienne viables sur les tablettes alors que nous savons avec certitude que nous aurons besoin de nouvelles sources de production d'électricité dans un avenir très rapproché?

SECTION 15

AMÉLIORER L'EFFICACITÉ DES
PROCESSUS D'OCTROI DE
PERMIS ET
D'APPROBATION



Avant de pouvoir construire une installation d'énergie éolienne, qu'il s'agisse d'une seule éolienne ou d'un parc éolien important, les promoteurs doivent franchir plusieurs étapes d'un processus approfondi lié à la réglementation et à l'octroi de permis. Ils doivent demander la permission des autorités fédérales, provinciales et municipales, ainsi que des opérateurs de réseau et des autorités responsables de la sécurité avant de pouvoir aller de l'avant et procéder à la construction. Les promoteurs d'énergie éolienne canadiens conviennent pleinement qu'il est nécessaire d'avoir une supervision en matière de réglementation afin de s'assurer qu'un projet d'énergie éolienne, tout comme un projet d'énergie nucléaire, hydroélectrique ou de centrale au gaz, satisfait aux normes environnementales, de santé et de sécurité, économiques et sociales que les citoyens ont mises en place par l'intermédiaire de leurs gouvernements. Parallèlement, les règlements peuvent devenir des obstacles financiers ou autres qui nuisent au développement de l'énergie éolienne et qui ne contribuent aucunement au bien-être du public. C'est ce qui se produit, par exemple, lorsque des responsables de la réglementation de différents paliers de gouvernement demandent à un promoteur les mêmes renseignements en vue de les étudier ou lorsqu'ils appliquent des règlements très différents, parfois même contradictoires, pour le même projet. Ce dédoublement et ce chevauchement peuvent mener à des processus d'approbation beaucoup plus longs et plus coûteux que nécessaire, et retarder la mise en place de l'énergie propre dont nous avons besoin.

CanWEA croit en des « processus de réglementation plus intelligents ». Nous souhaitons que les trois paliers de gouvernement et les autres parties intéressées des processus de réglementation et d'octroi de permis collaborent avec notre industrie pour en arriver à une meilleure approche pour l'examen des projets d'énergie éolienne et des autres formes d'énergie. Nous sommes persuadés qu'on peut en faire beaucoup pour réduire les coûts et les retards tout en assurant une bonne protection de l'intérêt public. En outre, nous pensons qu'un nouveau cadre réglementaire devrait englober les principes ci-dessous.

EFFICIENCE ET EFFICACITÉ

Chaque fois que c'est possible, la réglementation devrait se concentrer sur les résultats économiques, environnementaux et autres souhaités pour un projet plutôt que sur les spécifications obligatoires quant à la façon dont le projet devrait être mené. En outre, les processus d'examen devraient être conçus de manière à minimiser les coûts de la conformité et les différents paliers de gouvernement devraient se partager les renseignements et définir l'« intérêt public » de façon identique lors de l'étude d'un projet. Finalement, les procédures liées aux plaintes et aux appels devraient être accessibles et justes.

TRANSPARENCE

Lors de l'élaboration de nouveaux règlements, ou lorsqu'elles passent en revue ceux qui existent déjà, les autorités devraient clairement établir les objectifs de leurs politiques et faire des consultations adéquates auprès de toutes les parties intéressées. Il devrait aussi incomber de façon importante aux autorités compétentes d'expliquer les décisions en matière de réglementation et de démontrer en quoi elles sont dans l'intérêt du public.

RAPIDITÉ, UNIFORMITÉ ET CERTITUDE

Les processus d'examen réglementaire devraient tenir compte des contraintes de temps liées à la prise de décisions commerciales et tous les organismes de réglementation devraient adopter des normes semblables en ce qui a trait à l'ouverture et à l'équité. De plus, les décisions en matière de réglementation devraient donner une orientation claire et constante à toutes les parties concernées.

RESPONSABILISATION

Les organismes de réglementation devraient publier des plans d'activités annuels qui incluent les objectifs de rendement et leur travail devrait faire l'objet d'un examen de la part du public.

Les organismes gouvernementaux fédéraux qui peuvent participer à l'examen de projets d'énergie éolienne comprennent : Environnement Canada, Agence canadienne d'évaluation environnementale, Ressources naturelles Canada, Transports Canada, Pêches et Océans Canada et NAV Canada.

Au palier provincial, les ministères de l'Environnement, des Ressources naturelles, du Transport et de l'Agriculture, ainsi que les offices de l'énergie et les organismes de conservation régionaux peuvent être concernés.


Les autorités municipales peuvent examiner les projets d'énergie éolienne proposés en vue de la conformité à la « Loi sur l'aménagement » pertinente, aux « plans officiels » municipaux, régionaux ou de comté, aux restrictions en matière de zonage ou de hauteur, aux règlements municipaux, aux ententes de plan de site et aux permis de construction.

NOTES EN FIN D'OUVRAGE

- ¹ Carte routière technologique de l'énergie éolienne du Canada, Aperçu du secteur de l'énergie éolienne, Le Centre de la technologie de l'énergie de CANMET, août 2008
- ² U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, Annual Report on U.S. Wind Power Installation, Cost, and Performance Trends 2007. Mai 2008
- ³ Global Wind Energy Council – Global Wind Report 2007
- ⁴ U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, Annual Report on U.S. Wind Power Installation, Cost, and Performance Trends 2007. Mai 2008
- ⁵ Global Wind Energy Council – Global Wind Report 2007
- ⁶ 20 percent Wind Energy by 2030: Increasing Wind Energy's Contribution to U.S. Electricity Supply, U.S. Department of Energy 2008
- ⁷ ICF International pour CanWEA, août 2008
- ⁸ http://www.sproule.com/prices/hist_gas.htm
- ⁹ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Fourth Assessment Report, 2007
- ¹⁰ U.S. Department of Energy, Energy information administration, mai 2008
- ¹¹ Electricity Production in China: Prospects and Global Environmental Effects. Library of Parliament, Economics Division. Avril 2007
- ¹² Global Wind Energy Council – Global Wind Report 2007
- ¹³ Global Wind Energy Council – Global Wind Report 2007
- ¹⁴ IEA Energy Technology Perspectives 2008
- ¹⁵ Prendre le virage, Perspectives énergétiques et d'émissions de GES pour le Canada, Scénario de référence : 2006-2020
- ¹⁶ Environnement Canada, Environmental Scan of the Energy Sector in Canada
- ¹⁷ Environnement Canada, Environmental Scan of the Energy Sector in Canada
- ¹⁸ <http://www.bwea.com/ref/noise.html>
- ¹⁹ La demande totale d'électricité fait référence à l'électricité consommée au Canada, aux exportations d'électricité du Canada et aux pertes en ligne
- ²⁰ Global Wind Energy Council – Global Wind Report 2007
- ²¹ 20 percent Wind Energy by 2030: Increasing Wind Energy's Contribution to U.S. Electricity Supply, U.S. Department of Energy 2008
- ²² U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, Annual Report on U.S. Wind Power Installation, Cost, and Performance, Trends 2007. Mai 2008
- ²³ ICF International pour CanWEA, 2008
- ²⁴ Global Wind Energy Council – Global Wind Report 2007
- ²⁵ Carte routière technologique de l'énergie éolienne du Canada, Aperçu du secteur de l'énergie éolienne, Le Centre de la technologie de l'énergie de CANMET, août 2008
- ²⁶ Garrad Hassan Canada Inc. 2008
- ²⁷ The contributions of wind energy to Ontario's future supply mix, Helimax Energy Inc. 2005.
- ²⁸ U.S. Department of Energy, Annual Report on U.S. Wind Power Installation, Cost and Performance Trends 2007. Mai 2008
- ²⁹ Global Wind Energy Council – Global Wind Report 2007
- ³⁰ Overview of Canada's large wind turbine supply chain opportunities, Garrad Hassan Canada Inc. pour CanWEA, août 2008
- ³¹ Emerging energy Research, communiqué de presse « Wind Turbine Industry Steps Up to Global Demand », 19 juin 2008
- ³² Worldwatch Institute, Vital Signs Update. Juillet 2008
- ³³ Overview of Canada's large wind turbine supply chain opportunities, Garrad Hassan Canada Inc. pour CanWEA, août 2008
- ³⁴ Emerging Energy Research, communiqué de presse, novembre 2007
- ³⁵ BTM Consult ApS, communiqué de presse, 27 mars 2008
- ³⁶ Global Wind Energy Council, Global Wind Energy Outlook 2006 Report, moderate growth scenario, page 40
- ³⁷ Emerging Energy, communiqué de presse, novembre 2007
- ³⁸ BTM Consult ApS, communiqué de presse, 27 mars 2008
- ³⁹ Global Wind Energy Council – Global Wind Report 2007
- ⁴⁰ BTM Consult ApS, communiqué de presse, 27 mars 2008
- ⁴¹ Global Wind Energy Council, Wind Energy Outlook 2006, Executive Summary
- ⁴² Carte routière technologique de l'énergie éolienne du Canada, Aperçu du secteur de l'énergie éolienne, Le Centre de la technologie de l'énergie de CANMET, août 2008.
- ⁴³ Global Wind Energy Council – Wind Outlook 2006
- ⁴⁴ Worldwatch Institute, Vital Signs Update. Juillet 2008
- ⁴⁵ Economic Impact of the Wind Energy Industry in Canada, Inshtrix Research, avril 2008
- ⁴⁶ The Delphi Group
- ⁴⁷ Tegen, S., 2006a. Comparing statewide economic impacts of new generation from wind, coal and natural gas in Arizona, Colorado and Michigan. National Renewable Energy Laboratory, Technical Report NREL/TP-500-37720
- ⁴⁸ Il s'agit en fait d'une estimation prudente reposant sur la norme de 3 000 \$/MW
- ⁴⁹ Laitner, S., (1983) The need for innovative community financial strategies that offset the failure of price to optimize conservation investments. Towards Energy Self Sufficiency in the North: Energy Conservation and Forest Biomass, 34th Alaska Science Conference, Whitehorse, Yukon.
- ⁵⁰ Proposition de CanWEA d'incitatif pour l'énergie éolienne dans les communautés éloignées, 2008







L'Association canadienne de l'énergie éolienne a pris l'engagement de mener ses activités de façon à protéger l'environnement et la santé humaine. Nos documents imprimés répondent donc aux normes les plus élevées en matière de responsabilité environnementale et écologique. Ce document a été imprimé sur du papier recyclé dans une usine certifiée FSC. Nous avons choisi de publier deux éditions différentes du document, une en français et une en anglais, et de n'imprimer que les quantités nécessaires en vue d'éviter le gaspillage. Nous vous invitons à faire circuler des copies supplémentaires de *2025 La force du vent* que vous pouvez obtenir sous forme numérique sur notre site Web www.canwea.ca.



canwea

CANADIAN WIND
ENERGY ASSOCIATION

ASSOCIATION CANADIENNE
DE L'ÉNERGIE ÉOLIENNE



170, avenue Laurier Ouest, bureau 810
Ottawa (Ontario) Canada K1P 5V5

T > 613 234.8716
F > 613 234.5642

1 800 922.6932
www.canwea.ca