

**L'ÉNERGIE TURBULENTE : AVANTAGES ET  
INCONVÉNIENTS DE L'ÉNERGIE ÉOLIENNE**

**Michel Charron**  
**Division des sciences et de la technologie**

**Le 6 juillet 2005**

**Le Service d'information et de recherche parlementaires de la Bibliothèque du Parlement travaille exclusivement pour le Parlement, effectuant des recherches et fournissant des informations aux parlementaires et aux comités du Sénat et de la Chambre des communes. Entre autres services non partisans, elle assure la rédaction de rapports, de documents de travail et de bulletins d'actualité. Les analystes peuvent en outre donner des consultations dans leurs domaines de compétence.**

**THIS DOCUMENT IS ALSO  
PUBLISHED IN ENGLISH**

## TABLE DES MATIÈRES

	<b>Page</b>
INTRODUCTION .....	1
L'ABC DE L'ÉNERGIE ÉOLIENNE.....	2
LA SITUATION ACTUELLE AU CANADA .....	3
CONSIDÉRATIONS ÉCONOMIQUES.....	4
CONSIDÉRATIONS ENVIRONNEMENTALES .....	6
A. Une ressource renouvelable .....	6
B. L'énergie verte .....	7
C. Pollution visuelle et sonore .....	9
D. Blessures et mortalités aviaires .....	11
E. Utilisation du territoire .....	13
CONCLUSION : NAVIGUER DANS LES VENTS TURBULENTS .....	14



CANADA

LIBRARY OF PARLIAMENT  
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

## L'ÉNERGIE TURBULENTE : AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

### INTRODUCTION

L'énergie éolienne est la source d'électricité qui connaît la plus forte croissance dans le monde<sup>(1)</sup> et pourrait devenir, selon plusieurs, la première source d'énergie de remplacement des combustibles fossiles<sup>(2)</sup>. Dans ses efforts pour que le Canada respecte son engagement de Kyoto, qui est de réduire ses émissions de gaz à effet de serre (GES), le gouvernement fédéral met l'accent sur les formes d'énergie de remplacement et les formes d'énergie renouvelable, principalement l'énergie éolienne<sup>(3)</sup>. Plusieurs gouvernements provinciaux et territoriaux en font autant. Le budget fédéral de 2001 a créé le programme Encouragement à la production d'énergie éolienne (EPÉE), dont le budget 2005 a porté l'affectation à 200 millions de dollars sur cinq ans.

La production d'électricité à partir de l'énergie du vent n'est pas une technologie nouvelle. L'industrie exploite maintenant des turbines modernes de troisième génération, et des matériaux et des systèmes de régulation perfectionnés augmentent le rendement des parcs d'éoliennes. Au Danemark, l'énergie éolienne compte pour 20 p. 100 de l'électricité consommée et, dans certaines régions d'Allemagne, elle atteint la moitié de la production totale d'électricité – des chiffres qui font qu'on ne peut guère qualifier le vent d'énergie de « remplacement » dans ces pays.

---

(1) Selon l'Association canadienne de l'énergie éolienne (CanWEA) (<http://www.canwea.ca>).

(2) Robert L. Bradley Jr., *Renewable Energy: Not Cheap, Not "Green"*, Cato Policy Analysis No. 280, Cato Institute, Washington, 12 août 1997, p. 2.

(3) Dans *Aller de l'avant pour contrer les changements climatiques : Un plan pour honorer notre engagement de Kyoto*, le gouvernement fédéral propose des incitatifs directs de 600 millions de dollars pour le passage aux formes d'énergie de remplacement. Le Canada a ratifié le Protocole de Kyoto le 12 décembre 2002, s'engageant ainsi à réduire ses émissions annuelles moyennes de GES de quelque 560 mégatonnes (Mt) d'équivalents CO<sub>2</sub> entre 2008 et 2012 pour ainsi les porter à 6 p. 100 en deçà des niveaux de 1990. Depuis 1990, l'économie canadienne, à laquelle les émissions de GES sont liées, a connu une croissance plus forte que prévue, de sorte que, au lieu de diminuer, les émissions de GES du pays ont grimpé à plus de 20 p. 100 au-dessus des niveaux de 1990. En conséquence, le gouvernement du Canada estime maintenant que, pour atteindre son objectif de 560 Mt, le pays devra réduire ses émissions annuelles de GES de plus de 280 Mt pour la période de déclaration qui débutera dans moins de trois ans.

L'énergie éolienne doit sans doute une partie de sa position enviable parmi les énergies de remplacement et sa faveur auprès des gouvernements et des autres organismes de réglementation au succès des efforts pour promouvoir et vendre ses mérites. En fait, les médias, les gouvernements, le secteur éolien et de nombreux groupes écologistes vantent souvent les mérites du vent comme s'il s'agissait presque d'une panacée aux problèmes actuels d'énergie et de changement climatique dans le monde.

L'énergie éolienne a ses détracteurs, mais leurs arguments ne semblent pas intéresser autant les médias et les gouvernements que ceux de ses partisans. Les arguments de bien des détracteurs tiennent à des considérations évidentes d'ordre économique ou politique, mais ce n'est pas toujours le cas. Quoi qu'il en soit, les arguments qu'ils présentent font ressortir que l'énergie éolienne comporte son lot de difficultés. Un des tournants les plus étonnants dans le débat est sans doute la grande rupture qui est survenue dans le milieu écologiste lui-même au sujet de l'énergie éolienne. David Suzuki, écologiste de renom, s'est attiré autant les éloges que les foudres du milieu écologiste à cause d'un article dans lequel il reconnaissait la validité de nombreux arguments des détracteurs de l'énergie éolienne tout en invitant les lecteurs à passer outre les inconvénients reprochés pour le grand bien de la lutte contre le changement climatique<sup>(4)</sup>. M. Suzuki affirmait :

De bonnes intentions ne pourront résoudre le problème du changement climatique. Il faudra modifier radicalement la façon dont nous produisons et consommons de l'énergie. Mais il faut d'abord accepter qu'à chaque forme d'énergie soit associé un coût. On ne peut décrier le réchauffement planétaire, puis décrier encore plus fort les « dangers » des éoliennes.

Il est clair que l'énergie éolienne doit faire partie de la solution au problème du changement climatique et de la demande d'énergie, mais, comme toute autre forme de production d'électricité, elle a aussi des inconvénients.

## **L'ABC DE L'ÉNERGIE ÉOLIENNE**

Le vent renferme de l'énergie cinétique que les éoliennes captent et transforment en électricité. Les éoliennes ont une *capacité nominale*, qui est la quantité d'électricité qu'une éolienne peut produire si elle fonctionne sans arrêt et à pleine capacité. Toutefois, dans la réalité,

---

(4) David Suzuki, « The Beauty of Wind Farms », *New Scientist*, n° 2495, 16 avril 2005, p. 20.

même une éolienne idéale ne peut capter que 60 p. 100 de l'énergie totale du vent, sans compter les autres pertes, dues au frottement et à la résistance électrique par exemple<sup>(5)</sup>. Comme aucune éolienne ne fonctionne sans cesse et à pleine capacité, son rendement réel est exprimé par son *facteur de capacité*. Le facteur de capacité d'une éolienne dépend d'un grand nombre de paramètres – certains, inhérents à la conception de l'appareil, telles les vitesses d'enclenchement et de déclenchement, et de nombreux autres liés à la nature du vent et à « l'emplacement » des éoliennes.

Les promoteurs de parcs d'éoliennes misent en général sur des rendements moyens ou des facteurs de capacité de 35 p. 100 ou plus lorsqu'il s'agit d'installations terrestres. Toutefois, le facteur de capacité d'une éolienne en exploitation est de l'ordre de 20 à 30 p. 100 sur terre et de 35 p. 100 et plus en mer<sup>(6)</sup>. À noter que le faible facteur de capacité d'une éolienne par rapport à d'autres formes de production d'électricité est une question de conception économique<sup>(7)</sup>. Il est possible de construire des éoliennes ayant un facteur de capacité de 60 à 80 p. 100 en les munissant d'immenses rotors et de très petites génératrices, mais ces appareils produiraient très peu d'électricité. Les exploitants cherchent à réduire au minimum le coût unitaire de l'électricité produite par l'utilisation de grosses génératrices qui exigent des vents forts, tout en acceptant en retour que le facteur de capacité soit moindre<sup>(8)</sup>.

## LA SITUATION ACTUELLE AU CANADA

L'hydroélectricité compte pour plus de 60 p. 100 de l'électricité canadienne, alors que le nucléaire, le charbon et le gaz naturel représentent quelque 35 p. 100 du total et l'énergie éolienne, à peine 0,2 p. 100<sup>(9)</sup>. En 2004, le Canada a produit 567,6 térawatts-heures (TWh)<sup>(10)</sup>

- 
- (5) Comme l'éolienne ralentit en fait le vent qui la traverse, plus elle capte d'énergie, plus le vent ralentit. Si elle captait 100 p. 100 de l'énergie, le vent finirait par tomber et les pales cesseraient de tourner. C'est ce qu'on appelle la loi de Betz.
  - (6) Association de l'industrie éolienne danoise, *Production annuelle d'énergie d'une éolienne*, Copenhague, mis à jour le 7 mai 2003 (<http://www.windpower.org/fr/tour/wres/annu.htm>).
  - (7) Les centrales au gaz naturel et les centrales nucléaires ont des facteurs de capacité de l'ordre de 60 à 80 p. 100.
  - (8) American Wind Energy Association, *wind web tutorial*, « Wind energy basics » ([http://www.awea.org/faq/tutorial/wwt\\_basics.html#What%20is%20capacity%20factor](http://www.awea.org/faq/tutorial/wwt_basics.html#What%20is%20capacity%20factor)).
  - (9) Selon la CanWEA, « d'autres sources » (comme la biomasse, le biogaz, le solaire et l'énergie marémotrice) comptent pour quelque 3,8 p. 100 de l'électricité totale produite au Canada.
  - (10) Un térawatt-heure est égal à un billion (1 000 000 000 000) de watts-heures. Une ampoule de 100 watts allumée pendant une heure consomme 100 watts-heures d'électricité.

d'électricité, importé 29 TWh, exporté 34 TWh et consommé environ 562,6 TWh<sup>(11)</sup>. La même année, la capacité nominale en énergie éolienne au Canada s'élevait à 450 mégawatts (MW), laquelle a servi à produire quelque 1,2 TWh d'électricité. En 2003, la production d'électricité au Canada a entraîné le rejet de 134 Mt d'équivalents CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

En juin 2005, la capacité nominale totale de production d'énergie éolienne au Canada était de 471 MW, sans compter les petites installations commerciales (de 300 W à 300 kW) ou personnelles<sup>(12)</sup>. Le gouvernement fédéral espère porter, grâce à l'EPÉÉ, la capacité éolienne installée au Canada à 4 000 MW d'ici 2010<sup>(13)</sup>.

## CONSIDÉRATIONS ÉCONOMIQUES

Selon la United States Federal Energy Regulatory Commission, le coût d'immobilisation des installations éoliennes a diminué depuis le début des années 1980, passant de plus de 2 000 \$US/kW à l'époque à quelque 800 à 1 100 \$US/kW aujourd'hui<sup>(14)</sup>. Les coûts d'immobilisation dépendent de nombreux facteurs, dont la taille de l'installation, l'accessibilité du site, le choix de la technologie et le coût de l'infrastructure. La conception de l'installation en fonction de la force des vents représente une part importante du coût d'installation, car elle détermine le facteur de capacité. Comme les frais fixes comptent pour l'essentiel du coût d'une installation éolienne, plus la production est élevée (facteur de capacité, nombre d'éoliennes ou les deux), plus le coût unitaire est faible. La CanWEA évalue le coût de production d'électricité à partir du vent à quelque 0,06 à 0,12 \$ par kW/h, sans subvention<sup>(15)</sup>. Selon un récent rapport préparé pour Hydro-Québec, l'estimation de la CanWEA confirme les données d'autres sources, notamment américaines<sup>(16)</sup>.

---

(11) Statistique Canada, *Guide statistique de l'énergie : quatrième trimestre 2004*, n° 57-601-XIF au catalogue, Ottawa, mai 2005.

(12) Selon la CanWEA, il y aurait au Canada entre 2 200 et 2 500 de ces petites installations, dont la capacité totale serait de 1,8 à 4,5 MW  
(<http://www.smallwindenergy.ca/en/Overview/SmallWindCanada.html>).

(13) L'EPÉÉ offre aux promoteurs et aux exploitants d'installations éoliennes une aide financière directe allant de 0,8 à 1,2 cent par kW/h.

(14) Federal Energy Regulatory Commission, *Assessing the State of Wind Energy in Wholesale Interstate Markets*, FERC Staff Briefing Paper: Docket No. AD04-13-000, Washington, 22 novembre 2004, p. 15.

(15) CanWEA, *Questions fréquemment posées sur l'énergie éolienne*, « Énergie éolienne et économie » (<http://www.canwea.ca/fr/faq.html#economics>).

(16) Merrimack Energy Group, Inc., *The Competitive Cost of Wind Power*, préparé pour Hydro-Québec Distribution, Demande R-3569-2005, Montréal, avril 2005, p. 2  
([http://www.hydroquebec.com/distribution/fr/marchequebecois/requete/hqd-02\\_doc04.pdf](http://www.hydroquebec.com/distribution/fr/marchequebecois/requete/hqd-02_doc04.pdf)).

Les promoteurs du projet éolien Nai Kun de 700 MW, en mer dans le détroit d'Hécate, entre Haida Gwaii et Prince-Rupert, sur la côte Ouest du Canada, affirment que le coût de l'électricité produite par leur installation de pointe sera le même que celui d'une centrale au gaz naturel moderne. Malgré cette affirmation et le coût décroissant de l'énergie éolienne, l'électricité de source traditionnelle coûte en général moins cher à produire, du moins en Amérique du Nord (sauf peut-être l'électricité de source nucléaire). Le gouvernement fédéral estime que l'incitatif offert dans le programme EPÉÉ s'élève à environ la moitié du « coût actuel de la surcharge associée à l'énergie éolienne au Canada pour les installations dotées de bonnes sources éoliennes »<sup>(17)</sup>. Cette réalité économique, ajoutée à une surproduction d'électricité en Amérique du Nord durant la première moitié des années 1990, militait fortement contre l'énergie éolienne<sup>(18)</sup>. Toutefois, comme l'ont démontré les pannes de courant cycliques et partielles au tournant du XXI<sup>e</sup> siècle, l'Amérique du Nord risque maintenant de connaître une pénurie d'électricité. Depuis que certaines administrations publiques réglementent les émissions atmosphériques de façon à limiter considérablement la production des centrales au charbon, voire à entraîner la fermeture de certaines d'entre elles, et que plusieurs installations nucléaires approchent de la fin de leur durée de vie, le risque de pénurie grave augmente<sup>(19)</sup>.

Dans certains projets et certaines publicités, les producteurs d'électricité éolienne ont déclaré des coûts de production qui ne peuvent être réalisés que grâce à des subventions. Il y a les subventions directes, comme celle du programme fédéral EPÉÉ (entre 0,8 cent et 1,2 cent par kW/h), et les subventions indirectes, comme celle du programme ÉcoGouvernement, qui propose que le gouvernement fédéral fixe à 20 p. 100 l'apport des énergies renouvelables dans son portefeuille énergétique (sans égard au coût). Ainsi, quand ils comparent le prix de l'électricité produite par leur installation à celui des centrales au gaz, les promoteurs du projet Nai Kun supposent une subvention de 1 cent par kW/h du programme EPÉÉ et de 0,5 cent par MWh provenant de la vente de « crédits verts » pour réduction des émissions de CO<sub>2</sub><sup>(20)</sup>. Selon les détracteurs de l'énergie éolienne, ces coûts réduits font paraître les projets éoliens plus attrayants et plus réalisables qu'ils ne le sont en réalité.

---

(17) Ressources naturelles Canada, « Encouragement à la production d'énergie éolienne (EPÉÉ) », *Réseau canadien des énergies renouvelables (CanREN)*, mis à jour le 6 avril 2005 ([http://www.canren.gc.ca/programs/index\\_f.asp?CalId=107&PgId=622](http://www.canren.gc.ca/programs/index_f.asp?CalId=107&PgId=622)).

(18) Bradley (1997).

(19) Ainsi, le gouvernement de l'Ontario a dû récemment retarder la fermeture prévue des dernières centrales au charbon de la province, principalement à cause d'un manque de capacité de production d'autres sources.

(20) Calcul basé sur les réductions relatives d'émissions entre une éolienne et une turbine à gaz à cycle combiné et sur un prix de 10 \$US la tonne pour des crédits de CO<sub>2</sub>.



Les partisans de l'énergie éolienne ont aussi été accusés de présenter des coûts fondés sur des facteurs de capacité irréalistes. Ainsi, ils prévoient qu'un projet éolien en mer peut atteindre un facteur de capacité de 47 p. 100 – bien au-delà des 35 p. 100 qui, selon l'industrie éolienne danoise, est un facteur normal pour des parcs en mer. Il est toutefois facile de savoir si un facteur de capacité est exagéré, car les associations de l'industrie éolienne proposent des facteurs réalistes. Pour les installations terrestres, l'Association danoise propose des facteurs de capacité de l'ordre de 20 à 30 p. 100; la CanWEA propose une valeur estimée à 30 p. 100; et l'American Wind Energy Association propose une plage de 25 à 40 p. 100. Ces facteurs de capacité, quoique beaucoup plus faibles que celui d'une centrale thermique type, sont intentionnels et rentables, comme il en a été question précédemment.

## CONSIDÉRATIONS ENVIRONNEMENTALES

### A. Une ressource renouvelable

Le vent est une ressource renouvelable, qui est générée à l'échelle planétaire par le soleil. Le nombre d'endroits au Canada et dans le monde où il y a constamment assez de vent qui peut être « exploité » est limité. Néanmoins, l'Association canadienne de l'énergie éolienne (CanWEA) affirme que la capacité éolienne est suffisante pour produire jusqu'à 20 p. 100 de toute l'électricité du pays, et elle encourage actuellement les promoteurs à investir dans des projets éoliens afin de porter la capacité à 10 000 MW d'ici 2010. (Cet objectif comprend les 4 000 MW prévus dans le cadre du programme EPÉÉ.) Selon une récente recherche, il y a suffisamment de vent exploitable dans le monde pour répondre plusieurs fois à la demande mondiale actuelle d'électricité<sup>(21)</sup>.

Le vent est peut-être une source d'énergie intarissable, mais il est aussi une source intermittente, c'est-à-dire que sa production ne peut être ni continue ni sur demande. Par conséquent, on ne peut compter sur l'énergie éolienne pour répondre aux besoins de base. L'énergie éolienne doit être exploitée de concert avec d'autres sources d'énergie – thermique, hydroélectrique ou nucléaire. Le vice-président au développement durable chez TransAlta a déclaré que l'énergie éolienne ne remplacera jamais les sources traditionnelles d'électricité, mais

---

(21) C.L. Archer et M.Z. Jacobson, « Evaluation of Global Wind Power », *Journal of Geophysical Research – Atmosphere*, 2005, accepté pour publication.

deviendra plutôt leur complément<sup>(22)</sup>. Certains prétendent que la solution au problème d’intermittence du vent consisterait à intégrer un grand nombre d’installations éoliennes sur de grands territoires. Un tel réseau serait ainsi constamment alimenté par au moins quelques-unes de ses éoliennes.

Le dernier des inconvénients de l’énergie éolienne, c’est qu’une éolienne ralentit le vent et augmente sa turbulence lorsqu’elle en extrait l’énergie. Cette réduction de la vitesse du vent limite le nombre d’éoliennes que peut compter un parc, car placer une éolienne sous le vent d’une autre donne un résultat inefficace.

## **B. L’énergie verte**

Le plus gros et le plus connu des avantages des éoliennes est sans doute de ne produire aucune émission. Cela veut dire que les éoliennes produisent de l’électricité sans créer ni émettre dans l’atmosphère des GES, des polluants à l’origine du smog, des substances toxiques en suspension dans l’air comme le mercure ou des éléments précurseurs des précipitations acides. Par conséquent, quand elles fonctionnent, elles ne contribuent pas au réchauffement planétaire ni aux problèmes de santé liés à la qualité de l’air. Cependant, fonctionner sans produire d’émissions ne veut pas dire qu’exploiter l’énergie du vent ne crée aucune pollution<sup>(23)</sup>. Le fonctionnement et l’entretien des éoliennes exigent, comme dans tout autre système de production d’électricité, de grandes quantités de lubrifiants, de solvants dégraissants et de liquides pour les transformateurs. Comme les parcs d’éoliennes sont en général aménagés en milieu rural où l’infrastructure est limitée, ces polluants éventuels doivent être acheminés sur le site, rapportés du site et vraisemblablement entreposés sur place. Les rejets sont inévitables.

Les éoliennes ne produisent pas d’émissions lorsqu’elles fonctionnent, mais la fabrication des pales, des tours, des génératrices, etc., demeure une activité industrielle énergivore qui, selon certains, devrait être prise en considération dans l’évaluation de l’impact environnemental d’une nouvelle installation. De même, certains estiment que les émissions

---

(22) Bob Page, « Winds of Change: Why would a perfectly respectable power company like TransAlta invest in wind power? Because it makes environmental and economic sense », *National Post* [Toronto], 8 novembre 2002, p. FP 11.

(23) La CanWEA soutient que l’énergie éolienne ne produit aucune pollution dans *A powerful Choice* ([http://www.canwea.ca/downloads/en/PDFS/CanWEA\\_brochure.pdf](http://www.canwea.ca/downloads/en/PDFS/CanWEA_brochure.pdf)).

provenant de la combustion additionnelle de combustibles fossiles nécessaire pour régulariser la production d'électricité à cause de l'intermittence de l'énergie éolienne devraient elles aussi être prises en considération.

La pollution produite lors de la fabrication et de l'installation d'éoliennes et de leur infrastructure constitue le principal effet de ces dernières sur l'environnement au cours de leur cycle de vie, et c'est ce point qu'invoquent les opposants à l'énergie éolienne pour affirmer que l'électricité d'origine éolienne n'est pas vraiment exempte d'émissions<sup>(24)</sup>. Toutefois, selon les études résumées dans un projet de la Commission européenne<sup>(25)</sup>, la construction de centrales au charbon est également coûteuse pour l'environnement et la santé humaine. Dans leur cas, la construction de la centrale a toutefois beaucoup moins d'incidence que son exploitation et l'extraction de la ressource. Pour bien comparer des sources d'énergie, il faudrait examiner les mêmes composantes du cycle de vie de chacune. En 1999, la société d'énergie paneuropéenne Vattenfall a publié une analyse du cycle de vie, dont le coût de construction des installations, pour toutes ses sources d'électricité actuelles et éventuelles<sup>(26)</sup>. Le rapport révèle que la construction d'une centrale au gaz naturel a un effet sur l'environnement par kWh d'électricité produite semblable à celui d'un parc d'éoliennes et que la construction d'une centrale nucléaire est encore plus nuisible<sup>(27)</sup>. Les résultats du rapport indiquent que, pour toutes les sources d'électricité sauf l'eau, le soleil et le vent, la production de combustibles et le fonctionnement des installations sont les principales sources des effets sur l'environnement; dans la plupart des cas, ces effets dépassent de très loin ceux de la construction des installations.

Enfin, la modélisation par ordinateur de très grands parcs d'éoliennes indique que ces parcs pourraient modifier le climat local<sup>(28)</sup>. Ils pourraient avoir pour effet de mélanger l'air à la hauteur des pales (c.-à-d. à 80 m) et l'air à la surface. La température, la vitesse du vent et la teneur en humidité de ces couches peuvent être très différentes, surtout au petit matin, et le mélange aurait pour effet d'éliminer ces différences. Cela pourrait entraîner une augmentation de l'évaporation et de la température minimale quotidienne près de la surface.

---

(24) International Council for Local Environmental Initiatives (ICLEI), *FAQs about Wind Power* (<http://www.greenpowergovernments.org/wind/FAQs.html>).

(25) Le projet ExternE : Ce projet de la Commission européenne a été le premier effort sérieux visant à évaluer les coûts externes de divers cycles de combustibles (<http://externe.jrc.es/index.html>).

(26) *Vattenfall's Life Cycle Studies of Electricity*, Vattenfall AB, Stockholm, 1999 (<http://www.sylvatica.com/lcaeng.pdf>).

(27) En termes d'émissions de CO<sub>2</sub>, de SO<sub>x</sub> et de NO<sub>x</sub>.

(28) Sid Perkins, « Change in the Weather? Wind farms might affect local climates », *Science News*, vol. 166, n° 16, 2004, p. 246 (<http://www.sciencenews.org/articles/20041016/fob7.asp>).

### C. Pollution visuelle et sonore

La pollution visuelle et la pollution sonore constituent deux des plus importants problèmes associés à l'exploitation de l'énergie éolienne. Ils ont attiré les critiques, même chez les écologistes. Pour que l'exploitation de l'énergie éolienne soit rentable, il faut aménager des parcs d'éoliennes suffisamment grands. Toutefois, un parc comptant des dizaines, voire des centaines d'éoliennes de 50 à 90 mètres de hauteur se voit de très loin – surtout que les zones de vent les plus propices se trouvent souvent en terrain ouvert et relativement peu accidenté. Vu de loin, un parc d'éoliennes peut modifier un paysage, qui serait autrement dépourvu de toute structure industrielle. Vues de près, les éoliennes imposent leur présence par leur hauteur. Même l'écologiste de renom David Suzuki a reconnu tacitement, lorsqu'il a invité les gens à mettre de côté l'esthétique au profit d'une électricité non polluante, que, pour certains, un parc éolien peut choquer le regard<sup>(29)</sup>.

Sur le plan mécanique, une éolienne est une machine presque silencieuse. Toutefois, elle produit du bruit à mesure que ses pales fendent l'air. Selon les partisans de l'énergie éolienne, les éoliennes modernes sont conçues de façon à réduire au minimum la pollution sonore, permettant de tenir une conversation normale à la base d'une éolienne qui tourne en régime normal. D'après La Française d'Éoliennes, le bruit émis à 150 mètres d'un appareil moderne ne s'élève qu'à 50 décibels (dB), ce qui est comparable au bruit de fond dans une maison<sup>(30)</sup>. L'industrie éolienne danoise affirme que ses systèmes actuels ne produisent que 65 dB au pied même de l'éolienne. Elle ajoute qu'à des vitesses de vent de huit mètres par seconde ou plus, débattre du bruit d'une éolienne moderne relève strictement de la théorie, car ce bruit sera vraisemblablement masqué par le bruit de fond (vent dans les feuilles, les pylônes, les herbes hautes, etc.)<sup>(31)</sup>.

---

(29) Dawn Walton, « Alberta's Wind-power Fight Buffets David Suzuki », *The Globe and Mail* [Toronto], 29 avril 2005, p. A1.

(30) À lui seul, un réfrigérateur peut émettre 50 dB, alors que dans un bureau peu bruyant ou une bibliothèque, le bruit de fond s'élève à quelque 40 dB. Une exposition continue à un bruit de 85 dB peut entraîner une perte auditive.

(31) Association danoise de l'industrie éolienne, *Les émissions sonores des éoliennes*, Copenhague, mis à jour le 10 mai 2003 (<http://www.windpower.org/en/tour/env/sound.htm>).

Les éoliennes émettent deux types de bruit : des fréquences ultra-basses (ou infrasons) et du bruit audible, normalement des basses fréquences. Comme le son produit est faible et parfois pulsé<sup>(32)</sup>, il est souvent plus facile de le remarquer à l'intérieur, tout bâtiment pouvant agir comme résonateur et donner autant l'impression de ressentir les basses fréquences que de les entendre<sup>(33)</sup>. Selon certains, les basses fréquences émises par une éolienne peuvent causer de l'angoisse et une perte de sommeil chez les personnes qui y sont exposées pendant de longues périodes. Ni l'un ni l'autre des deux rapports normalement cités à l'appui de cet argument ne confirme toutefois que le bruit d'une éolienne est suffisant pour causer de tels problèmes. En fait, un des auteurs s'est même opposé publiquement à ce qu'on utilise ses résultats pour dénigrer les parcs d'éoliennes<sup>(34)</sup>.

Il n'est pas prouvé que le bruit des éoliennes cause des problèmes de santé mentale ou physique, mais il s'avère que la pollution visuelle et sonore a un effet économique : elle diminue la valeur des propriétés. Selon toutes les estimations australiennes, britanniques et néerlandaises, la valeur d'une propriété peut diminuer de 30 p. 100 à cause de la présence visible d'éoliennes. À l'opposé, les partisans de l'énergie éolienne invoquent en général une étude publiée en 2003 par l'équipe du Renewable Energy Policy Project<sup>(35)</sup> et une deuxième étude commandée par le Phoenix Economic Development Group<sup>(36)</sup>, qui concluent toutes les deux que les éoliennes ne diminuent pas la valeur des propriétés. Toutefois, d'après plusieurs sources, dont des associations immobilières, ces études s'appuient sur des méthodes d'analyse qui ne sont pas acceptables pour ce type d'évaluation.

---

(32) Une éolienne dont le rotor se trouve « au vent » de la tour (c.-à-d. en amont de la tour par rapport à la direction du vent) émet très rarement un son pulsé.

(33) Neil Kelley, « Is Low Frequency Noise a Problem for Wind Turbines? », *Wind Energy FAQ*, American Wind Energy Association, 1998 (<http://www.awea.org/faq/noise-lf.html>).

(34) Les deux rapports sont : Geoff Leventhall *et al.*, *A Review of Low Frequency Noise and its Effects*, préparé pour l'United Kingdom Department of the Environment, Food and Rural Affairs, Londres, mai 2003; et Birgitta Berglund *et al.* (dir.), *Guidelines for community noise*, Organisation mondiale de la santé, Genève, 1999.

(35) George Sterzinger *et al.*, *The Effect of Wind Development on Local Property Values*, Renewable Energy Policy Project, Washington, 2003 ([http://www.repp.org/articles/static/1/binaries/wind\\_online\\_final.pdf](http://www.repp.org/articles/static/1/binaries/wind_online_final.pdf)).

(36) Stephen Grover, *Economic Impacts of Wind Power in Kittitas County: Final Report*, préparé pour le Phoenix Economic Development Group par ECONorthwest, Portland, 2002 (<http://www.econw.com/pdf/kittitas.pdf>).

#### D. Blessures et mortalités aviaires

Il ne fait aucun doute que les éoliennes tuent et blessent des oiseaux<sup>(37)</sup>. Les causes directes sont essentiellement des collisions avec les pales en mouvement et l'électrocution au contact de certaines composantes des systèmes. Parmi les causes indirectes, il y a l'altération de l'habitat et du comportement aviaire à cause de la présence des éoliennes. Les plus grands défenseurs de l'énergie éolienne reconnaissent même qu'il faut tenir compte des trajectoires de vol et de l'habitat aviaire dans la planification d'un nouveau parc d'éoliennes. Le nombre d'oiseaux tués et l'efficacité des diverses mesures visant à atténuer ce problème suscitent toutefois une vive controverse.

L'Altamont Pass Wind Resource Area en Californie, qui compte quelque 5 000 éoliennes, est le plus grand parc éolien dans le monde et est souvent le premier cité en exemple pour démontrer que les éoliennes sont une cause de mortalité aviaire. Selon une étude récente commandée par la California Energy Commission sur les moyens de réduire la mortalité aviaire dans le parc d'Altamont, les éoliennes tueraient quelque 1 766 à 4 721 oiseaux par an<sup>(38)</sup>. La même étude indique toutefois que le parc d'Altamont ne convient pas à l'étude de l'effet des parcs d'éoliennes modernes sur les oiseaux. Les appareils et l'aménagement de ce parc sont en effet dépassés et ne sont donc pas représentatifs d'une installation moderne. Plus précisément, le parc d'Altamont comporte un nombre relativement élevé d'éoliennes obsolètes<sup>(39)</sup> : elles ont de petites pales qui tournent à vitesse élevée, et plusieurs sont montées sur des tours en treillis – deux facteurs qui, selon l'industrie, causent beaucoup plus de mortalité aviaire que les nouvelles tours en forme de mât qui sont plus hautes et dont les rotors tournent plus lentement. L'étude attribue également le nombre élevé de morts d'oiseaux dans le parc d'Altamont à la mauvaise disposition des éoliennes par rapport aux trajectoires de vol des oiseaux, aux mauvais emplacements sur le plan stratégique des éléments pour éloigner les oiseaux, à la mauvaise gestion des espèces-proies qui sont attirées par les tours et à la présence inutile d'éoliennes qui ne fonctionnent pas.

---

(37) Les éoliennes tuent également un grand nombre de chauves-souris, mais il existe peu de données sur ce sujet, qui ne sera donc pas abordé dans le présent document.

(38) BioResource Consultants, *Developing Methods to Reduce Bird Mortality in the Altamont Pass Wind Resource Area*, préparé pour la California Energy Commission, Public Interest Energy Research Program: Final report No. 500-04-052, septembre 2004.

(39) Comme les éoliennes sont plus vieilles et plus petites, il en faut davantage pour produire la même quantité d'électricité que dans un parc moderne. Les rotors étant plus courts, ils balayent des surfaces plus étroites et tournent beaucoup plus rapidement que les rotors à longues pales des nouvelles éoliennes.

Le National Wind Coordinating Committee (NWCC), qui publie des données sur la mortalité aviaire causée par les éoliennes, a estimé en 2001 que les 15 000 éoliennes en exploitation aux États-Unis tuaient 33 000 oiseaux par an<sup>(40)</sup>. En novembre 2004, le NWCC estimait à 3,1 le nombre d'oiseaux morts par mégawatt de capacité éolienne aux États-Unis chaque année en dehors de la Californie, soit une fourchette qui s'étend d'un oiseau par MW sur un terrain agricole à découvert à 15 par MW dans une forêt de montagne fragmentée. Les données du NWCC sur la mortalité indirecte sont plus éparses, ce qui indique que les effets des parcs d'éoliennes sur l'habitat et le comportement des oiseaux sont actuellement peu connus.

Les données des sites américains, et d'Altamont Pass en particulier, indiquent que les éoliennes tueraient un nombre relativement plus élevé d'oiseaux de proie que toute autre espèce aviaire. Selon certaines sources, l'aménagement du terrain, l'activité humaine accrue et les abris supplémentaires qu'offrent les structures font des parcs d'éoliennes des endroits attrayants pour les petits rongeurs, principales proies de la plupart des rapaces qui sont recensés dans les données sur la mortalité. Par contre, le Danemark a aménagé directement sur ses éoliennes des nichoirs pour les oiseaux de proie.

La plupart des oiseaux de proie menacés à Altamont sont protégés par la loi fédérale, comme bien d'autres espèces menacées par les éoliennes aux États-Unis et au Canada<sup>(41)</sup>. Tuer ne serait-ce qu'un seul de ces oiseaux constitue souvent une violation de la loi fédérale, même si le décès est accidentel. On ne connaît pas encore la façon dont les nouveaux projets, tels que les cinq nouveaux parcs éoliens en Ontario, résoudre ce problème d'ordre légal. Au Canada, le gouvernement fédéral n'a jamais poursuivi quiconque avait tué accidentellement des oiseaux protégés par la *Loi sur les oiseaux migrateurs*, à l'exception des chasseurs, qui ont déclaré avoir tué accidentellement des oiseaux protégés. Aux États-Unis, cependant, des organismes ont engagé des poursuites au civil contre des propriétaires et des exploitants d'éoliennes<sup>(42)</sup>.

---

(40) Wallace P. Erickson *et al.*, *Avian Collisions with Wind Turbines: A Summary of Existing Studies and Comparisons to Others Sources of Avian Collision Mortality in the United States*, Western EcoSystems Technology Inc. pour le National Wind Coordinating Committee, Washington, août 2001 ([http://www.nationalwind.org/publications/avian/avian\\_collisions.pdf](http://www.nationalwind.org/publications/avian/avian_collisions.pdf)). Le NWCC signale que le rapport n'a pas encore été soumis à son mécanisme de consensus.

(41) Au Canada, deux lois fédérales protègent les oiseaux : la *Loi sur les oiseaux migrateurs* et la *Loi sur les espèces en péril*.

(42) Ainsi, le Centre for Biological Diversity a engagé des poursuites contre le promoteur d'Altamont Pass et le fabricant danois des éoliennes du parc, alléguant que le parc éolien tue plus de 60 aigles royaux, 300 buses à queue rousse et 270 chouettes des terriers de l'Ouest par an. Toutes ces espèces sont protégées par des lois fédérales aux États-Unis et au Canada.

## E. Utilisation du territoire

Les parcs d'éoliennes, comme leur nom l'indique, sont vastes. Selon une comparaison des superficies au sol de diverses installations de production d'électricité, effectuée par le National Center for Policy Analysis (NCPA) en 2004, les parcs d'éoliennes occuperaient une superficie de près de 78 hectares (ha) par MW contre quelque 0,7 et 0,8 ha par MW respectivement pour les centrales nucléaires et les centrales au charbon<sup>(43)</sup>. Toutefois, ces chiffres sont peut-être un peu exagérés. Une fois terminé, le parc éolien de Summerview, en Alberta, aura une capacité de 130 MW et occupera une superficie de 2 023 ha (15,6 ha/MW). Le projet éolien de Reids Corners, en Ontario, aura une capacité de 75 MW et occupera une superficie de 1 659 ha (22,1 ha/MW). La centrale au charbon de Lambton de l'Ontario Power Generation peut produire 1 975 MW sur une superficie de 445 ha (0,2 ha/MW). Le rendement énergétique par hectare de ces trois sites est près de quatre fois plus élevé que celui évalué par la NCPA.

Les partisans de l'énergie éolienne ne nient pas que leurs systèmes occupent de grandes superficies au sol (ou en mer), mais ils font valoir que l'espace réel occupé par chaque éolienne est minime et que l'espace entre les éoliennes peut toujours être utilisé à d'autres fins. Ainsi, les parcs d'éoliennes se prêtent à une utilisation mixte du territoire, surtout en milieu agricole, puisque ces zones normalement à découvert sont souvent aussi propices au vent<sup>(44)</sup>. Il est possible de faire pousser des cultures ou d'élever du bétail entre les éoliennes : dans l'Ouest canadien, des éleveurs font paître leur bétail dans des parcs d'éoliennes dont le loyer leur assure un revenu stable et prévisible. De plus, la CanWEA et d'autres associations de l'industrie affirment qu'il est aussi possible d'intégrer des parcs d'éoliennes en milieu industriel.

À cause de leur étendue, les parcs d'éoliennes nécessitent une grande infrastructure permettant de recueillir l'énergie du vent, de la régulariser et de la distribuer. Dans certains cas, l'infrastructure, composée notamment de routes, de lignes de transport de l'électricité et de dépendances, peut avoir une plus grande incidence sur l'environnement que le fonctionnement même des éoliennes. L'ampleur des effets d'une telle infrastructure sur l'environnement dépend surtout de la nature du site avant son aménagement. Le fait de donner

---

(43) H. Sterling Burnett, *Wind Power: Red Not Green*, Brief Analysis No. 467, National Center for Policy Analysis, Dallas, 2004 (<http://www.ncpa.org/pub/ba/ba467/>).

(44) La carte de l'Amérique du Nord d'Archer et Jacobson (2005) indique que les meilleures zones non côtières de vent se trouvent dans le Midwest américain et dans les Prairies canadiennes.



accès aux machines jusqu'à des forêts éloignées peut entraîner une perte de sol importante, la fragmentation de l'habitat et le dérèglement des fonctions de l'écosystème. La présence de routes et de structures telles que des poteaux électriques et des bâtiments avec fenêtres augmente le risque de collisions pour les oiseaux et les animaux. L'aménagement de routes, de lignes de transport d'électricité, de sous-stations et de dépendances dans une zone agricole active peut causer des problèmes semblables, mais sans doute à un degré moindre.

## **CONCLUSION : NAVIGUER DANS LES VENTS TURBULENTS**

Pour ce qui est des émissions atmosphériques et de son caractère renouvelable, l'énergie éolienne offre clairement de nombreux avantages. Elle peut contribuer à la lutte contre le réchauffement planétaire, les problèmes de santé liés au smog et au mercure, et les problèmes environnementaux reliés aux émissions. De plus, la production accrue d'énergie de remplacement réduit la dépendance envers les combustibles fossiles non renouvelables. La diversification de la production d'énergie augmente la souplesse du réseau d'électricité et engendre des avantages économiques et sociaux du point de vue de la diversification de la main-d'œuvre. Cela dit, l'inquiétude concernant la pollution sonore et visuelle et la mortalité aviaire que peut entraîner l'énergie éolienne est légitime. En outre, le secteur éolien en Amérique du Nord a actuellement besoin de subventions du gouvernement pour pouvoir soutenir la concurrence sur le plan économique.

La dépendance actuelle du monde envers les sources traditionnelles d'électricité est intenable, et il est nécessaire et inévitable de s'en affranchir. La demande mondiale de pétrole augmente alors que la production mondiale atteindra sans doute un sommet au cours des deux prochaines décennies, ce qui fera monter les prix. La consommation d'électricité et de toutes les formes d'énergie de l'humanité continue d'augmenter, et les quantités de combustibles utilisés dans les diverses formes traditionnelles de production d'électricité sont limitées. Cette situation, ajoutée à la conviction grandissante que le changement climatique d'origine humaine est réel et que les émissions de dioxyde de carbone y contribuent grandement, nous incitera de plus en plus à mettre en valeur des sources d'énergie sans carbone. L'énergie éolienne aura un rôle important à jouer dans ce nouveau contexte énergétique. Il faudra toutefois en examiner soigneusement et objectivement les avantages et les inconvénients pour pouvoir déterminer l'importance de sa contribution.