

# Analyse du modèle de développement de l'énergie éolienne au Québec

Ilinca, Adrian

2015-03-20

---

<http://hdl.handle.net/20.500.11777/718>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>



**Analyse du  
modèle de  
développement  
de l'énergie éolienne au Québec**

FOTOGRAFÍA: MORQUEFILE.COM

### **Adrian Ilinca**

L'auteur est professeur à l'Université du Québec à Rimouski et directeur du Laboratoire de recherche en énergie éolienne. Il a complété des études en génie aéronautique à l'Université "Politehnica" Bucarest et son doctorat en génie mécanique à l'École Polytechnique de Montréal. Il a publié plus de 100 articles dans des revues et conférences sur l'aérodynamique et l'aéroélasticité des éoliennes, leur adaptation à l'exploitation en climat froid, le jumelage éolien-diesel avec stockage d'air comprimé, l'acceptabilité sociale et l'aide à la décision multicritère pour le développement des projets éoliens.

Courrier électronique: [adrian\\_ilinca@uqar.qc.ca](mailto:adrian_ilinca@uqar.qc.ca)

## **État actuel du développement éolien au Canada**

La capacité éolienne a augmenté de façon exponentielle des dernières années partout dans le monde. Au Canada, la puissance installée était de 5,265 MW en février 2012 (figure 1). Ce sont les provinces de l'Ontario, de l'Alberta et du Québec qui ont connu le plus grand taux de croissance. Chacune de ces provinces a suivi une stratégie de développement différente, caractérisée par des politiques adaptées au portefeuille énergétique et aux conditions économiques. Ainsi, l'Ontario, la province ayant connu le développement le plus accéléré, produisait la plus grande partie de son électricité par des centrales au charbon ou nucléaires ayant d'importants impacts sur l'environnement. La crise financière et de l'industrie manufacturière de 2008 a affecté fortement cette province et a été le facteur déclencheur du développement de la filière éolienne sur la base d'un prix fixe d'achat. Ce choix a mené à une migration de la capacité manufacturière de l'industrie automobile vers l'industrie éolienne, la création massive d'emplois en Ontario mais aussi à un prix de l'électricité plus élevé pour les consommateurs finaux.

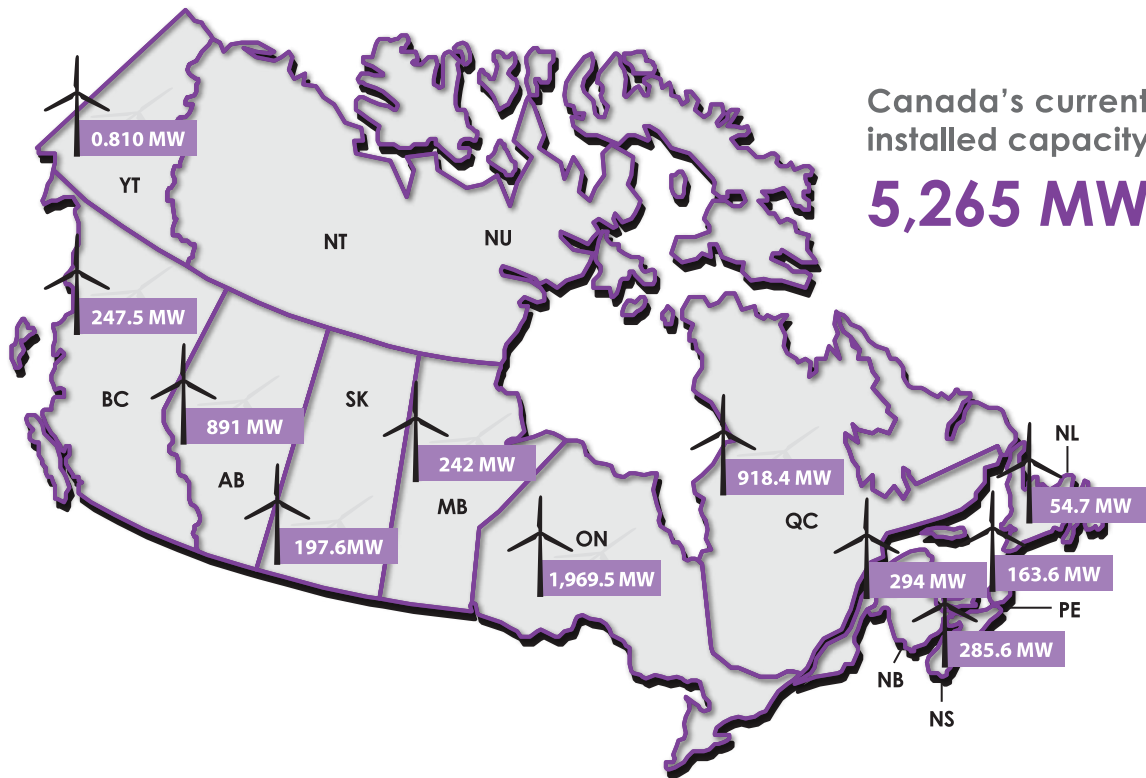


Figure 1: Capacité éolienne installée au Canada (www.canwea.ca, 9 février 2012).

## La politique énergétique du Québec, objectifs et résultats

La stratégie de développement de l'énergie éolienne au Québec a suivi une trajectoire différente de celle de l'Ontario, même si certains objectifs étaient similaires, comme la création d'emplois. Lors de l'élaboration de la stratégie énergétique du Québec en 2005<sup>1</sup> les objectifs à la base du développement de la filière éolienne ont été :

- La valorisation d'une ressource naturelle disponible en abondance, l'énergie éolienne. La puissance éolienne disponible au Québec dépasse 100 000 MW<sup>2</sup> son développement est limité uniquement par la capacité d'intégration sur le réseau de cette énergie fluctuante et intermittente
- Assurer la sécurité énergétique du Québec par une diversification des sources d'énergie. Plus de 95% de l'énergie électrique de la province est de l'hydroélectricité qui présente une complémentarité en terme de disponibilité saisonnière avec l'énergie éolienne. Il faut souligner que, contrairement à l'Ontario et à l'Alberta dont le portefeuille énergétique est basé sur des énergies fossiles, au Québec, l'énergie électrique de

source hydraulique n'émet pas des gaz à effet de serre donc cet enjeu n'a pas été déterminant dans le développement de l'éolien

- Produire de l'énergie électrique au moindre coût afin de continuer à représenter une attraction économique pour les industries énergivores et faire profiter l'ensemble de la population des tarifs réduits d'électricité. L'atteinte de cet objectif a été réalisée par un développement de la filière basé sur des appels d'offres compétitifs

- Utiliser la filière éolienne comme un outil de développement régional, spécifiquement pour les régions de la Gaspésie et de la mrc de Matane qui faisaient face à un taux de chômage de plus de 20% et un déclin des industries de la pêche

1 Ministère des ressources naturelles et de la faune du Québec, L'énergie pour construire le Québec de demain: La stratégie énergétique du Québec 2006-2015, <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/publications/energie/strategie/strategie-energetique-2006-2015.pdf> (2005)

2 Idem.

et du bois. L'atteinte de cet objectif a été possible par la localisation de projets dans la région désignée et l'imposition d'un contenu régional dans les coûts de réalisation

■ Assurer un apport de capitaux étrangers afin d'améliorer la balance des échanges de la province. Ainsi, les appels d'offres pour le développement des parcs éoliens ont été des appels d'offres internationaux.

Afin d'atteindre ces objectifs, il a été planifié d'intégrer 4 000 MW d'énergie éolienne sur le réseau électrique provincial opéré par Hydro-Québec et ceci jusqu'en 2015. Deux appels d'offres de 1 000 MW en 2003 et de 2 000 MW en 2005 ont été ouverts pour des promoteurs privés pour des parcs éoliens à être installés principalement dans la région désignée. Ces projets ont été complétés par un appel d'offres supplémentaire de 500 MW, réservé aux communautés (250 MW) et aux nations autochtones (250 MW). La création de ce marché de l'ordre de 6 milliards de dollars a permis la mise en place d'une véritable filière industrielle de l'énergie éolienne avec des usines de fabrication de pales, de nacelles et des tours en plus d'un réseau étendu de sous-traitants. Le taux de chômage dans la région désignée est passé de plus de 20% à moins de 15%, plusieurs milliers d'emplois directs ont été créés, surtout durant les périodes d'installation des parcs éoliens. Des grands manufacturiers internationaux comme GE Wind, RePower et Enercon ont développé des usines ou qualifié des sous-traitants majeurs au Québec qui font maintenant de l'exportation partout en Amérique du Nord. La collaboration entre les acteurs industriels et les institutions de formation (collèges et universités), avec le support financier des gouvernements provincial et fédéral, a conduit à la mise en place du Technocentre Éolien, un centre de recherche, développement et transfert technologique spécialisé dans l'adaptation des technologies éoliennes à l'exploitation en climat froid. D'autres axes complémentaires de développement sont actuellement exploités par Hydro-Québec dont le renforcement de la complémentarité entre hydro-électricité et l'énergie éolienne, l'implantation harmonieuse de l'énergie éolienne sur les réseaux de transport et distribution et le jumelage éolien-diesel pour les réseaux autonomes.

En résumé, nous pouvons conclure que les principaux résultats de la stratégie sont un prix de l'énergie éolienne parmi les plus bas au monde, avec des retombés économiques régionales significatives, et ceci sans aucun risque financier pour le gouvernement et la population du Québec.

Ainsi, les objectifs fixés dans la stratégie de développement ont été atteints mais certains problèmes, dus à des facteurs externes ou intrinsèques à la stratégie, sont apparus et devraient être pris en compte dans tout développement futur :

■ La crise financière et économique de 2008 a conduit à une baisse de la demande anticipée d'énergie et l'implantation des 4 000 MW a conduit à des situations de surcapacité et l'impératif d'exporter l'électricité sur les marchés Nord-Américains

■ L'intermittence et la variabilité de l'énergie éolienne ont demandé des investissements dans le renforcement des réseaux et représentent la préoccupation technique majeure pour la continuation du développement de la filière

■ Le choix de produire de l'énergie éolienne au plus bas prix possible par des appels d'offres compétitifs a favorisé le développement de projets de très grande taille. D'une part ces projets ont demandé des capitaux étrangers, les sommes requises n'étant pas disponibles au Québec et d'autre part l'étendue des terrains occupés a eu un impact majeur sur le paysage et sur l'acceptabilité sociale

■ Le souci de produire de l'électricité au plus bas coût possible pour être compétitif dans les appels d'offre a mené à une fragilisation financière des projets. Des retards dus à des contraintes administratives, environnementales ou d'acceptabilité sociale ont résulté, dans plusieurs cas, à l'abandon des projets dont les paramètres financiers ne permettaient plus une exploitation rentable de la ressource

■ Les appels d'offres compétitifs et les prix relativement bas de l'énergie éolienne ont fait en sorte que les redevances versées aux propriétaires des terrains ou aux communautés affectées par l'implantation des projets sont moindres que pour des projets comparables dans les autres provinces canadiennes. Cette situation a mené à un sentiment d'injustice de la part de plusieurs acteurs et, dans plusieurs cas, à une vive opposition de la population (problème d'acceptabilité sociale)

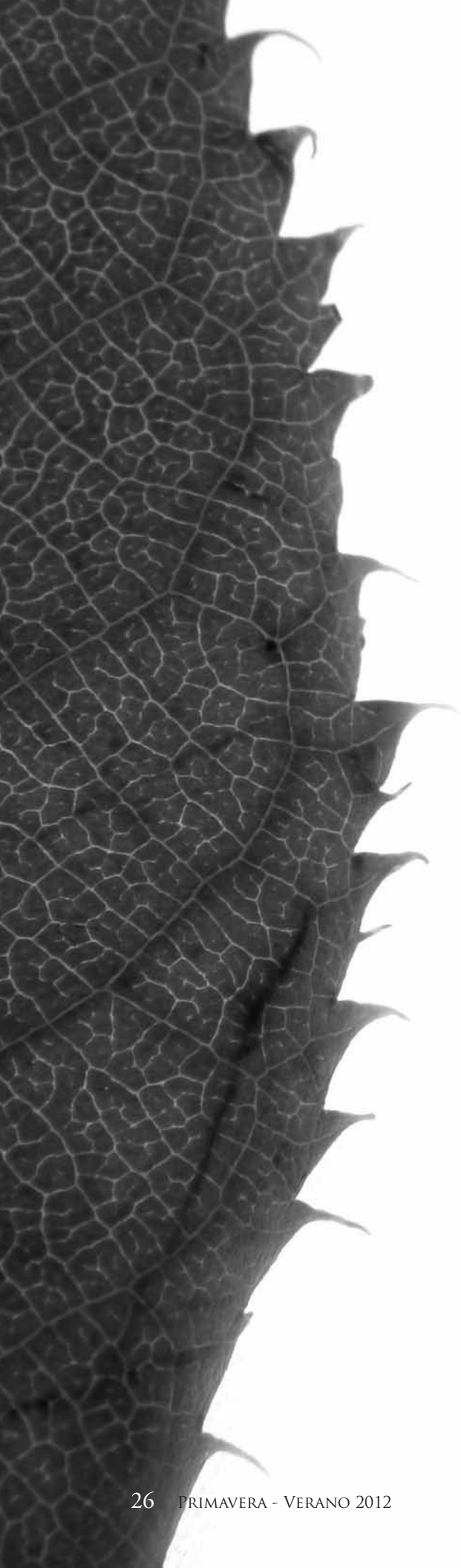
■ Même si le nombre d'emplois créés a été très important, les technologies utilisées appartiennent à des compagnies étrangères et le transfert technologique et de connaissances n'a pas été fait pour des technologies de pointe comme les composantes électriques et les contrôles. Relativement peu d'emplois hautement qualifiés ont été créés par rapport au nombre total d'emplois

■ Le choix d'appels d'offres compétitifs même pour le bloc de 500 MW de projets communautaires et autochtones a mené à des conflits entre municipalités ou régions voisines qui ont proposé des projets se retrouvant en compétition.

## Les défis actuels du développement de l'énergie éolienne

La mise en place d'une stratégie de développement de l'énergie éolienne fait face à des défis d'ordre économique, technologique, environnemental et social.

Parmi les facteurs économiques nous devons souligner l'importance de tenir compte de la structure de coûts spécifique de l'énergie éolienne comprenant les coûts de production au point de raccordement, les coûts de support



La mise en place d'un cadre de développement harmonieux doivent être respectées et toutes impliquent une participation

**active  
consciente  
et informée.**



FOTOGRAFÍA: MORQUEFILE.COM

en puissance et d'équilibrage, les pertes de transport et les pertes de distribution. Comme il s'agit d'une technologie relativement jeune et avec d'importants avantages environnementaux, les appuis financiers à la filière doivent être basés sur les externalités dont le marché ne tient pas encore compte:

- Réduction des ges (taxe sur le carbone pas encore complètement opérationnelle)
- Développement régional et création d'emplois
- Risques environnementaux et pour la santé humaine (par exemple par rapport à l'énergie nucléaire)
- Coûts passés de R&D dans les autres filières énergétiques.

Différentes politiques énergétiques peuvent être envisagées pour encourager le développement de l'énergie éolienne parmi lesquelles:

- Crédits de taxes à la production (PTC);
- Prix fixes d'achat d'électricité de source renouvelable ("feed-in tariff")
- Standards sur les portefeuilles d'énergies renouvelables
- Vente directe d'énergie renouvelable (basé sur un tarif volontaire)
- Politiques environnementales (réduction des ges)
- Facturation en temps-réel.

Sur le plan technologique, la tendance mondiale est vers l'augmentation de la taille des turbines éoliennes qui est associée aux développements spécifiques des composantes :

- Concepts avancés des tours (plus haut, plus légers, auto-levants)
- Concepts avancés de rotors (nouveaux matériaux, contrôles actifs et passifs, conception structurelle améliorée)
- Réduction des pertes d'énergie (diminuer la sensibilité des pales aux agents externes, senseurs

## Conclusion

En conclusion, sur la base de l'expérience du développement de l'énergie éolienne au Canada et plus particulièrement au Québec, il faut souligner qu'il n'existe pas de développement qui fera l'unanimité. Chaque stratégie présente des avantages et inconvénients et il est important de juger et comparer les différents facteurs afin de choisir la meilleure. Cependant, certaines règles pour faciliter la mise en place d'un cadre de développement harmonieux doivent être respectées et toutes impliquent une participation active, consciente et informée des acteurs affectés par le développement:

- Faciliter le cadre réglementaire, tarifaire et financier pour les initiatives individuelles et communautaires
- Continuer à former et informer la population
- Mettre en place des mécanismes permettant une perception de « justice » économique (adéquation entre retombés et inconvénients subis) et procédurale (participation au processus de décision).

et systèmes de contrôle plus robustes, maintenance prédictive)

- Développement des trains de puissance (diminution des boîtes de vitesse, génératrices à aimants permanents, nouveau matériaux,...)
- Amélioration des processus de fabrication et du cycle de maturation de la technologie.

Les conditions locales d'exploitation font l'objet d'études et adaptations particulières. Au Canada<sup>3</sup>, les priorités suivantes ont été identifiées comme étant critiques pour les activités de recherche et développement

- Adaptation des technologies éoliennes aux conditions climatiques spécifiques du Canada – basses températures, givrage, fortes variations saisonnières
- Améliorer l'estimation du potentiel éolien, de la production d'énergie et de la prévision des vitesses de vent (améliorer la précision des données de vent, meilleurs standards et procédures, instruments de mesure adaptés)
- Améliorer l'opération et la planification de la transmission d'énergie (nouvelles techniques pour la planification du transport d'énergie, intégration des outils de prévision des conditions météorologiques)
- Développement des systèmes auxiliaires pour augmenter le taux de pénétration de l'énergie éolienne (mise en place des réseaux intelligents "smart grid") par des nouvelles techniques de stockage d'énergie, des systèmes énergétiques interrégionaux et la gestion de la demande
- Pour le développement des petits systèmes il faut accélérer les technologies de couplage éolien-diesel avec ou sans stockage, améliorer leurs performances et la fiabilité, adopter des technologies et standards de connexion, réduire les coûts.

3 Ministère des Ressources Naturelles du Canada, Wind Energy Road Map, [http://canmetenergy.nrcan.gc.ca/sites/canmetenergy.nrcan.gc.ca/files/pdf/fichier/81768/windtrm\\_summary\\_e.pdf](http://canmetenergy.nrcan.gc.ca/sites/canmetenergy.nrcan.gc.ca/files/pdf/fichier/81768/windtrm_summary_e.pdf) (2009)