

12. L'énergie éolienne

12.7 – Le Québec éolien

Adrian Ilinca, Ph.D., ing., Professeur
LREE, Université du Québec à Rimouski

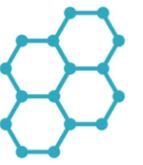
Daniel R. Rousse, ing., Ph.D.
Groupe t3e, Département de génie mécanique

François Relotius, M.ing.

Antoine Brégaint, M.Sc.A.

NOTE: Certaines données datent de 2019
alors que plusieurs ont été
mise à jour pour 2022

Question



ENR2020

- En 2019, quelle était la capacité éolienne totale installée au Canada ?
 - A. Entre 9 000 et 10 000 MW
 - B. Entre 10 000 et 11 000 MW
 - C. Entre 11 000 et 12 000 MW
 - D. Entre 12 000 et 13 000 MW
 - E. Entre 13 000 et 14 000 MW

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- L'éolien en chiffres au Canada
- L'éolien en chiffres au Québec
- Ressource éolienne au Québec
- La technologie éolienne au Canada, les défis
- Prévisions
- Le gouvernement
- Conclusion

Plan de la présentation

- ***Introduction et objectifs de la capsule***
- L'éolien en chiffres au Canada
- L'éolien en chiffres au Québec
- Ressource éolienne au Québec
- La technologie éolienne au Canada, les défis
- Prévisions
- Le gouvernement
- Conclusion

Introduction et objectifs

- Le Canada a un environnement favorable pour l'utilisation de l'éolien. Aujourd'hui, presque toutes ses provinces en font usage en raison du fort potentiel.
- C'est la filière de production d'électricité la plus mise en service depuis 10 années au Canada.
- Plus que l'apport d'électricité lui-même, les retombées économiques et sociales sont importantes pour les collectivités locales qui exploitent cette technologie.

Introduction et objectifs

- Objectifs de cette présentation
 - Prendre connaissance de la part de l'éolien au Canada et plus particulièrement au Québec dans leur production énergétique;
 - Découvrir le fort potentiel de cette technologie au Canada;
 - Connaître les perspectives futures en matière d'éolien.

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- ***L'éolien en chiffres au Canada***
- L'éolien en chiffres au Québec
- Ressource éolienne au Québec
- La technologie éolienne au Canada, les défis
- Prévisions
- Le gouvernement
- Conclusion

L'éolien en chiffres au Canada

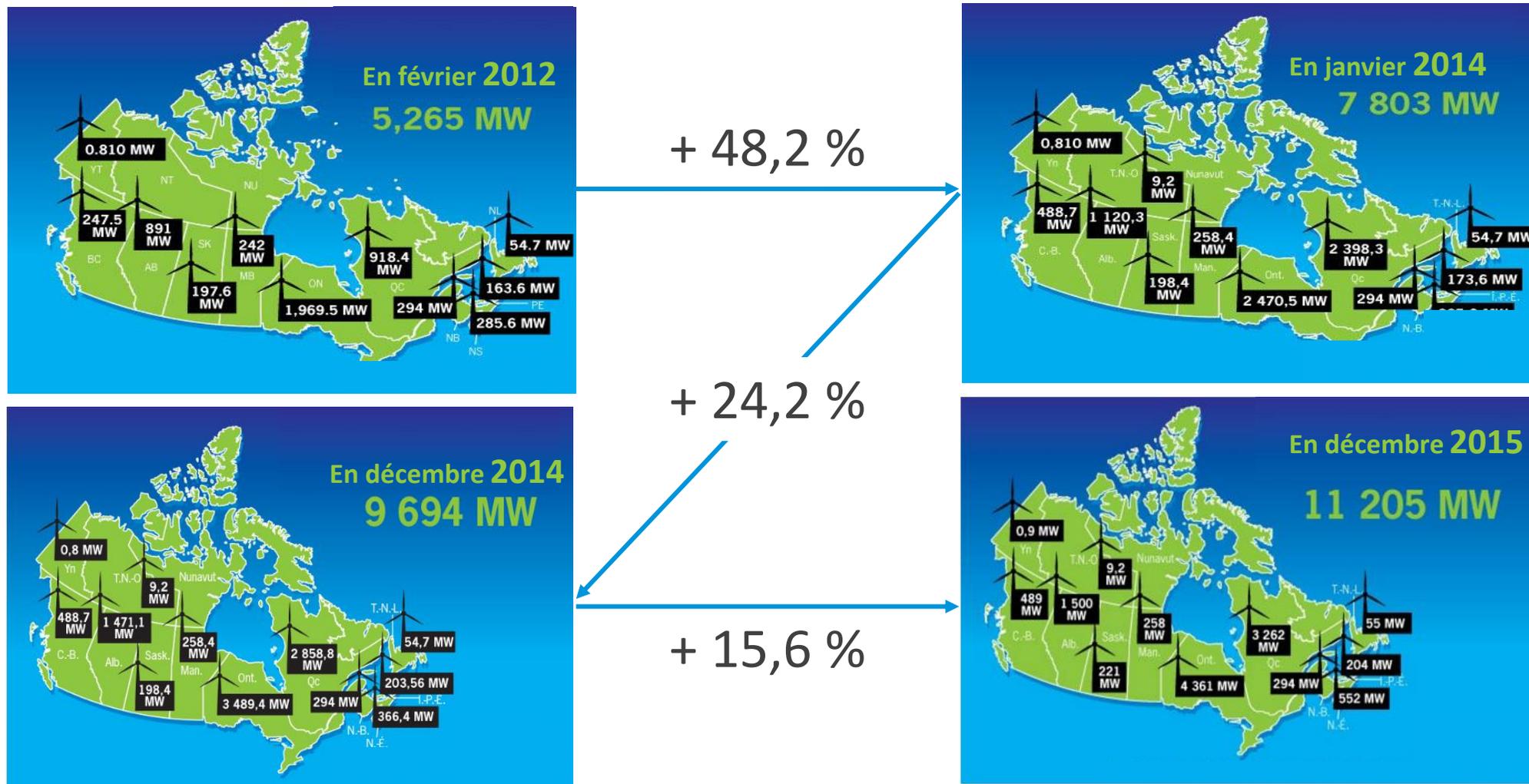
Une nouvelle voix nationale s'élève pour les secteurs de l'énergie éolienne, de l'énergie solaire et du stockage

Le 1er juillet 2020, l'Association canadienne de l'énergie éolienne (CanWEA) et l'Association des industries solaires du Canada (CanSIA) ont fusionné sous le nom de l'Association canadienne de l'énergie renouvelable pour parler d'une seule voix au nom des secteurs de l'éolien, du solaire et du stockage d'énergie au pays.

Pour découvrir la nouvelle association multitechnologique, rendez-vous à l'adresse www.associationrenouvelable.ca

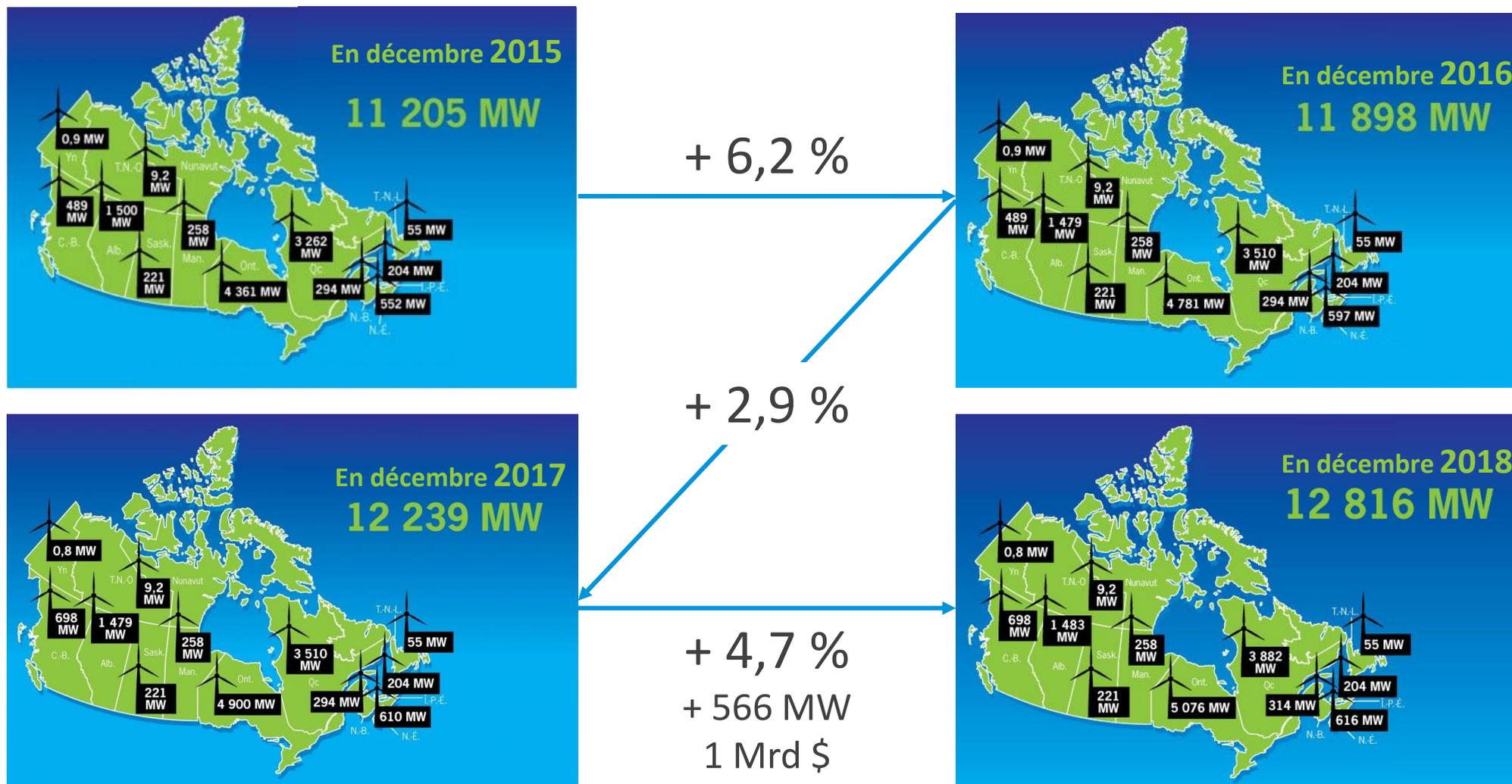


L'éolien en chiffres au Canada

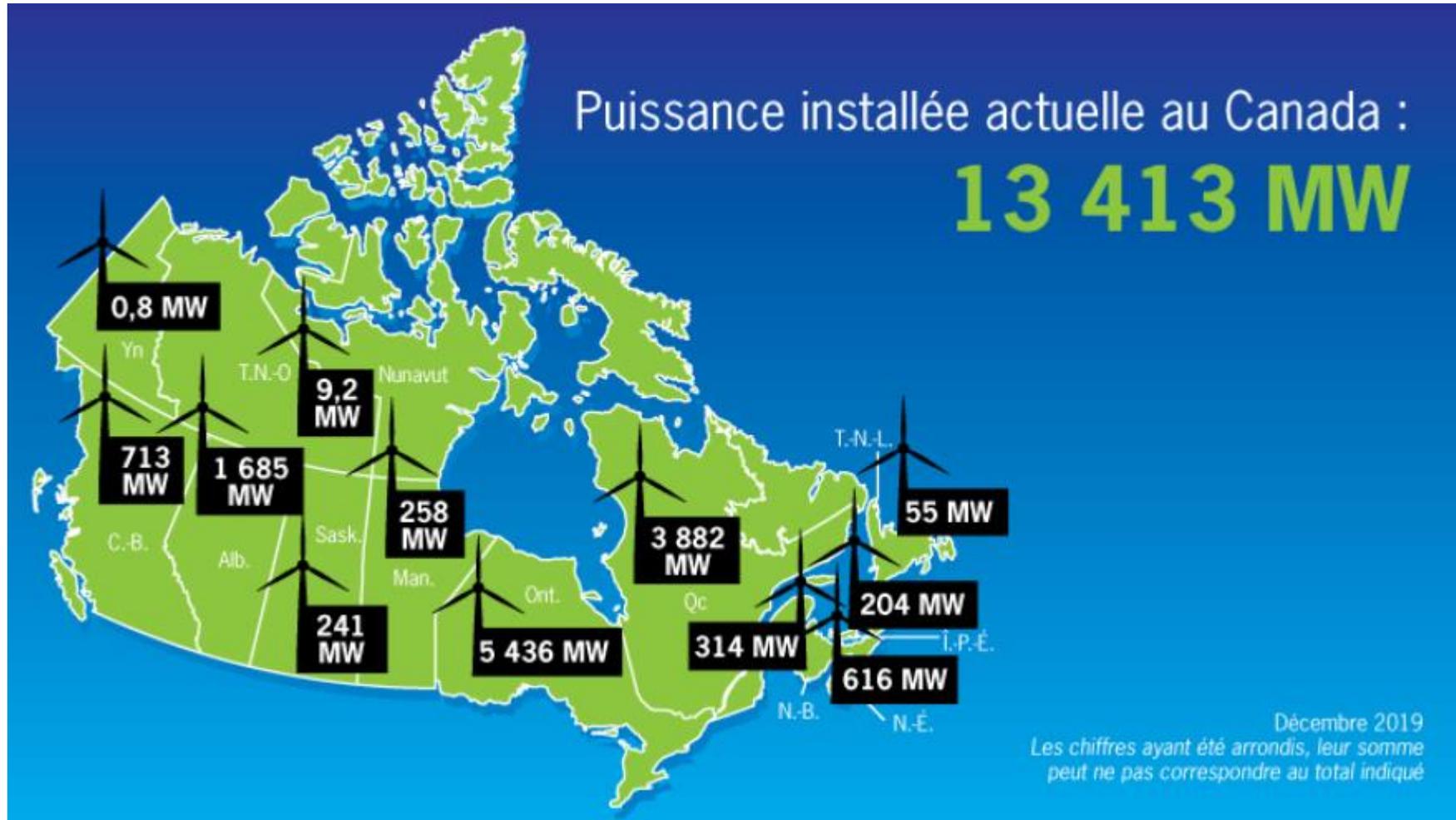


L'âge d'or de l'éolien au Canada

L'éolien en chiffres au Canada



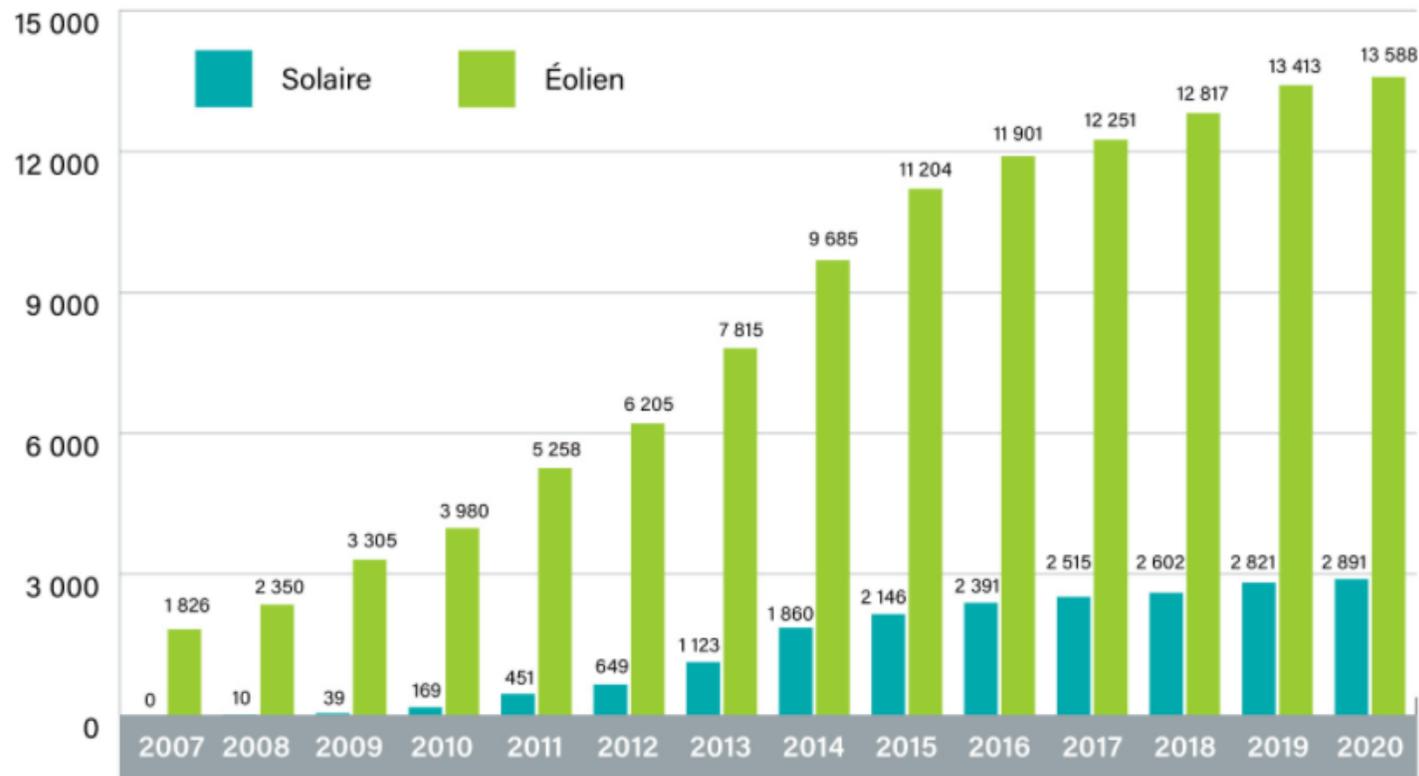
L'éolien en chiffres au Canada (2019)



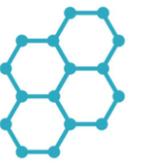
L'éolien en chiffres au Canada (évolution)

Croissance de la puissance éolienne et solaire installée au Canada (MW)

<https://renewablesassociation.ca/fr/en-chiffres/>



L'éolien en chiffres au Canada



ENR2020

- Quel est le rang mondial du Canada en puissance éolienne installée?
 - A. Entre 1 et 5
 - B. Entre 6 et 10
 - C. Entre 11 et 15
 - D. Entre 16 et 20
 - E. Plus loin que le 21^e rang

L'éolien en chiffres au Canada (2019)

L'éolien au Canada



Le Canada, chef de file mondial de l'éolien

13 413 MW de puissance éolienne installée au total au Canada...
soit assez pour alimenter quelque
3,4 millions de foyers

9^e rang mondial

au chapitre de la puissance terrestre installée
(Global Wind Energy Council, 2019)



301

Parcs éoliens au Canada

6 771

Nombre d'éoliennes connectées au réseau canadien

16 %

Taux de croissance annuel sur 10 ans de l'éolien au Canada



70 %

Taux de diminution du coût de l'éolien depuis 2009 (Lazard 13.0)

CROISSANCE EN 2019



597 MW

de nouvelle puissance installée

5 nouveaux projets

éoliens au total

plus de 1 B\$

en investissements dans de nouveaux projets éoliens

2 nouveaux projets

Participation des communautés autochtones et des collectivités locales



Plan de la présentation

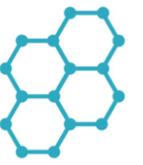
- Introduction et objectifs de la capsule
- L'éolien en chiffres au Canada
- ***L'éolien en chiffres au Québec***
- Ressource éolienne au Québec
- La technologie éolienne au Canada, les défis
- Prévisions
- Le gouvernement
- Conclusion

L'éolien en chiffres au Québec

- Au début de l'année 2019, le Québec c'est :
 - **3 882 MW** de puissance installée
 - + 371 MW en 2018, 0 en 2019
 - Environ 5% de la demande en électricité
 - **2^{ème}** marché éolien au Canada = **30%** de la puissance totale
 - **1 990 éoliennes** = 47 parcs éoliens en activité
 - **\$120 M** = revenus annuels pour les communautés d'accueil de projets

CanWEA ne met plus à jour les données régionales ou provinciales depuis 2020.

L'éolien en chiffres au Québec



ENR2020

- Quel est le plus gros projet éolien en capacité au Québec?
 - A. Lac-Alfred
 - B. Rivière-du-Moulin
 - C. Gros-Morne
 - D. Des-Moulins
 - E. Nicolas-Riou

L'éolien en chiffres au Québec

Nom et Localisation, région	P (MW)	Nombre	Promoteur	Type de contrats	Statut/mise en service
Le Nordais Cap-Chat et MRC de la Matanie, Bas-Saint-Laurent	99	132	Trans Alta	Gré à gré (HQP)	1999
Site nordique expérimental en éolien CORUS Gaspé, Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine	4,10	2	Nergica	Gré à gré (HQP)	2010
Mont Miller Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine	54	30	NextEra Energy	Gré à gré (HQP)	2005
Mont Copper Murdochville, Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine	54	30	NextEra Energy	Gré à gré (HQP)	2004
Baie-des-Sables Baie-des-Sables, Bas-Saint-Laurent	109,5	73	Innergex	1 ^{er} appel d'offres (HQD)	2006
L'Anse-à-Valleau Gaspé, Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine	100,5	67	Innergex	1 ^{er} appel d'offres (HQD)	2007
Carleton Carleton-sur-Mer, Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine	109,5	73	Innergex	1 ^{er} appel d'offres (HQD)	2008
Saint-Ulric–Saint-Léandre Saint-Ulric et Saint-Léandre, Bas-Saint-Laurent	133,3	85	Northland Power	1 ^{er} appel d'offres (HQD)	2009
Mont-Louis Saint-Maxime-du-Mont-Louis, Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine	100,5	67	Northland Power	1 ^{er} appel d'offres (HQD)	2011

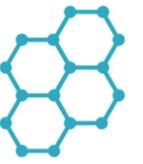
L'éolien en chiffres au Québec

Nom et Localisation, région	P (MW)	Nombre	Promoteur	Type de contrats	Statut/mise en service
Montagne-Sèche Cloridorme, Gaspésie—Îles-de-la-Madeleine	58,5	39	Innergex	1 ^{er} appel d'offres (HQP)	2011
Gros Morne (phase 1 et 2) Saint-Maxime-du-Mont-Louis et de Sainte-Madeleine-de-la-Rivière-Madeleine, Gaspésie—Îles-de-la-Madeleine	211,5	141	Innergex	1 ^{er} appel d'offres (HQP)	2011 2012
Saint-Robert- Bellarmin Saint-Robert-Bellarmin, Estrie, (ancien projet d'Aguanish	80	40	Enbridge, EDF EN et FAD	2 ^e appel d'offres (HQP)	2012
Des Moulins Saint-Jean-de-Brébeuf, Kinnear's Mills, Thetford Mines, Chaudière-Appalaches	135,7	59	Boralex et CDPQ Vert Canada	2 ^e appel d'offres (HQP)	2013
Des Moulins (phase 2) TNO Ruisseau Ferguson Gaspésie—Îles-de-la-Madeleine	21,15	9	Boralex et CDPQ Vert Canada	2 ^e appel d'offres (HQP)	2015
De l'Érable Saint-Ferdinand, Sainte-Sophie-d'Halifax et Saint-Pierre-Baptiste, Centre-du-Québec	100	50	Enerfin Sociedad de Energia S.A. et Éolelectric	2 ^e appel d'offres (HQP)	2013

L'éolien en chiffres au Québec

Nom et Localisation, région	P (MW)	Nombre	Promoteur	Type de contrats	Statut/mise en service
Le Plateau Matapédia, L'Ascension-de-Patapédia, Gaspésie—Îles-de-la-Madeleine	138,6	60	Boralex et CDPQ Vert Canada	2 ^e appel d'offres (HQD)	2012
New Richmond New Richmond, Saint-Alphonse et Caplan, Gaspésie—Îles-de-la-Madeleine	67,8	33	MW Intermediary LP	2 ^e appel d'offres (HQD)	2013
Seigneurie de Beaupré # 4 Territoire non organisé (TNO) du Lac Jacques-Cartier, Capitale-Nationale (ancien projet de Sainte-Luce, jamais réalisé mais déplacé)	67,9	28	Boralex, Énergir et Valener	2 ^e appel d'offres (HQD)	2014
Montérégie Saint-Mathieu, Saint-Isidore, Saint-Rémi, Saint-Michel, Saint-Constant et Mercier, Montérégie	101,2	44	Kruger Énergie	2 ^e appel d'offres (HQD)	2012
Massif du Sud Saint-Luc-de-Bellechasse, Saint-Philémon, Notre-Dame-Auxiliatrice-de-Buckland et Saint-Magloire, Chaudière-Appalaches	150	75	Enbridge et EDF EN	2 ^e appel d'offres (HQD)	2013

Question



ENR2020

- Quels types de projets favorisent les appels d'offres québécois ?
 - A. Les petits projets de développement
 - B. Les grands projets de développement
 - C. Les moyens projets de développement
 - D. Tous les projets de développement
 - E. Aucune des ces réponses

L'éolien en chiffres au Québec

Nom et Localisation, région	P (MW)	Nombre	Promoteur	Type de contrats	Statut/mise en service
Témiscouata 2 Saint-Honoré-de-Témiscouata, Bas-Saint-Laurent (ancien projet de Saint-Valentin en Montérégie)	51,7	22	Boralex	2 ^e appel d'offres (HQD)	2015
Lac Alfred phases 1 et 2 Sainte-Irène, La Rédemption, Saint-Zénon-Lac-Humqui, Saint-Cléophas, TNO du lac Alfred, TNO du Lac-à-la-Croix, Bas-Saint-Laurent	300	150	Enbridge, EDF EN, MRC de La Matapédia et MRC de La Mitis	2 ^e appel d'offres (HQD)	2013 2013
Seigneurie de Beupré # 3 TNO du Lac Jacques-Cartier, Capitale-Nationale	140,6	64	Boralex, Énergir et Valener	2 ^e appel d'offres (HQD)	2013
Seigneurie de Beupré # 2 TNO du Lac Jacques-Cartier, Capitale-Nationale	131,2	62	Boralex, Énergir et Valener	2 ^e appel d'offres (HQD)	2013
Vents du Kempt Causapscal, Sainte-Marguerite-Marie, Sainte-Florence, Bas-Saint-Laurent	101,05	43	Eolectric	2 ^e appel d'offres (HQD)	2014
Rivière du Moulin phases 1 et 2 TNO Lac Pikauba, TNO Lac MinuSaintuk, Capitale-Nationale, Saguenay–Lac-Saint-Jean	350	175	EDF EN, Éolien DIM, Namunashu SEC et İohkwahs SEC	2 ^e appel d'offres (HQD)	2014 2015.

Le projet de Rivière-du Moulin est discuté à part dans cette présentation.

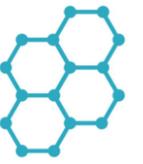
L'éolien en chiffres au Québec

Nom et Localisation, région	P (MW)	Nombre	Promoteur	Type de contrats	Statut/mise en service
Mont Rothery TNO Collines-du-Basque, Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine (ancien projet Clermont dans la Capitale-Nationale)	74	37	EDF EN et MD1	2 ^e appel d'offres (HQD)	2015
Côte-de-Beaupré TNO du Lac-Jacques-Cartier, Capitale-Nationale	23,5	10	MRC Côte-de-Beaupré et Boralex	3 ^e appel d'offres (HQD)	2015
Frampton Frampton, Chaudière-Appalaches	24	12	Municipalité de Frampton Boralex	3 ^e appel d'offres (HQD)	2015
La Mitis Saint-Charles- Garnier, Bas-Saint-Laurent	24,6	12	MRC de la Mitis et EDF EN	3 ^e appel d'offres (HQD)	2014
Le Granit Saint-Robert-Bellarmin, Estrie	24,6	12	Énergie du Granit (regroupement de municipalités de la MRC du Granit) et EDF EN	3 ^e appel d'offres (HQD)	2014
Le Plateau 2 TNO Ruisseau Ferguson, Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine	21,15	9	Ivenenergy Wind Canada Régie intermunicipale de l'énergie Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	3 ^e appel d'offres (HQD)	2014

L'éolien en chiffres au Québec

Nom et Localisation, région	P (MW)	Nombre	Promoteur	Type de contrats	Statut/mise en service
Le Plateau 2 TNO Ruisseau Ferguson, Gaspésie—Îles-de-la-Madeleine	24,6	12	Boralex et Régie intermunicipale de l'énergie Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	3 ^e appel d'offres (HQD)	2016
Des Cultures Saint-Cyprien-de-Napierville Montérégie	18,8	8	Énergies Durables Kahnawake et Kruger Énergie	3 ^e appel d'offres (HQD)	2019
Saint-Philémon Saint-Philémon, Chaudière-Appalaches	24	8	MRC de Bellechasse et municipalité de Saint-Philémon Capstone Power Corp.	3 ^e appel d'offres (HQD)	2015
Saint-Damase Saint-Damase, Bas-Saint-Laurent	23,5	10	Municipalité de Saint-Damase et Algonquin Power	3 ^e appel d'offres (HQD)	2014
Témiscouata Saint-Honoré-de-Témiscouata, Bas-Saint-Laurent	23,5	10	MRC de Témiscouata et Boralex	3 ^e appel d'offres (HQD)	2014
Belle-Rivière Saint-Gédéon, Saguenay—Lac Saint-Jean	23,5	10	Société en commandite Val-Éo et Algonquin Power	3 ^e appel d'offres (HQD)	En attente de construction

Question



ENR2020

- Par quels éléments la stratégie éolienne québécoise de développement est-elle dictée ?
 - A. Disponibilité de la ressource
 - B. Sécurité énergétique du Québec
 - C. Production à moindre coût
 - D. Assurance d'un apport de capitaux étrangers
 - E. Utilisation comme outil de développement régional

L'éolien en chiffres au Québec

Nom et Localisation, région	P (MW)	Nombre	Promoteur	Type de contrats	Statut/mise en service
Viger-Denonville Saint-Paul-de-la-Croix et Saint-Épiphane, Bas-Saint-Laurent	24,6	12	MRC de Rivière-du-Loup et Innergex	3 ^e appel d'offres (HQD)	2013
Mesgi'g Ugju's'n Territoire non organisé de Rivière-Nouvelle, Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	149,3	47	Mi'gmawei Mawiomi et Innergex	Gré à gré (HQD)	2016
Ronceveaux TNO Ruisseau-Ferguson, Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	74,8	34	Boralex, Régie intermunicipale de l'énergie de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine et Régie intermunicipale de l'énergie du Bas-Saint-Laurent	4 ^e appel d'offres (HQD)	2016
Nicolas-Riou territoire non organisé de Lac-Boisbouscache, municipalités de Sainte-Françoise, Saint-Médard, Saint-Guy, Saint-Mathieu-de-Rioux, Saint-Eugène-de-Ladrière, Bas-Saint-Laurent	224,4	65	EDF EN, Régie intermunicipale de l'énergie du Bas-Saint-Laurent et Régie intermunicipale de l'énergie de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	4 ^e appel d'offres (HQD)	2018

L'éolien en chiffres au Québec

Nom et Localisation, région	P (MW)	Nombre	Promoteur	Type de contrats	Statut/mise en service
Mont Sainte-Marguerite Saint-Sylvestre, Saint-Séverin, Sacré-Cœur-de-Jésus, Chaudière-Appalaches	147,2	46	Pattern Renewable Holdings Canada et municipalités de Saint-Séverin, de Saint-Sylvestre et de Sacré-Cœur-de-Jésus	4 ^e appel d'offres (HQD)	2018
Dune-du-Nord Île-de-la-Madeleine, Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	6,4	2	Valeco Énergie Québec et Régie intermunicipale de l'énergie Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	A/P 2015-01 (HQD)	En exploitatin depuis décembre 2020

Projets sous contrat avec Hydro-Québec : réalisés, en cours de réalisation ou à l'étude

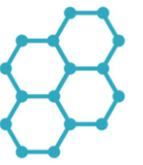
<https://mern.gouv.qc.ca/energie/energie-eolienne/projets-eoliens-au-quebec/>

Consulté : 12 janvier 2022

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- L'éolien en chiffres au Canada
- L'éolien en chiffres au Québec
- ***Ressource éolienne au Québec***
- La technologie éolienne au Canada, les défis
- Prévisions
- Le gouvernement
- Conclusion

Question



ENR2020

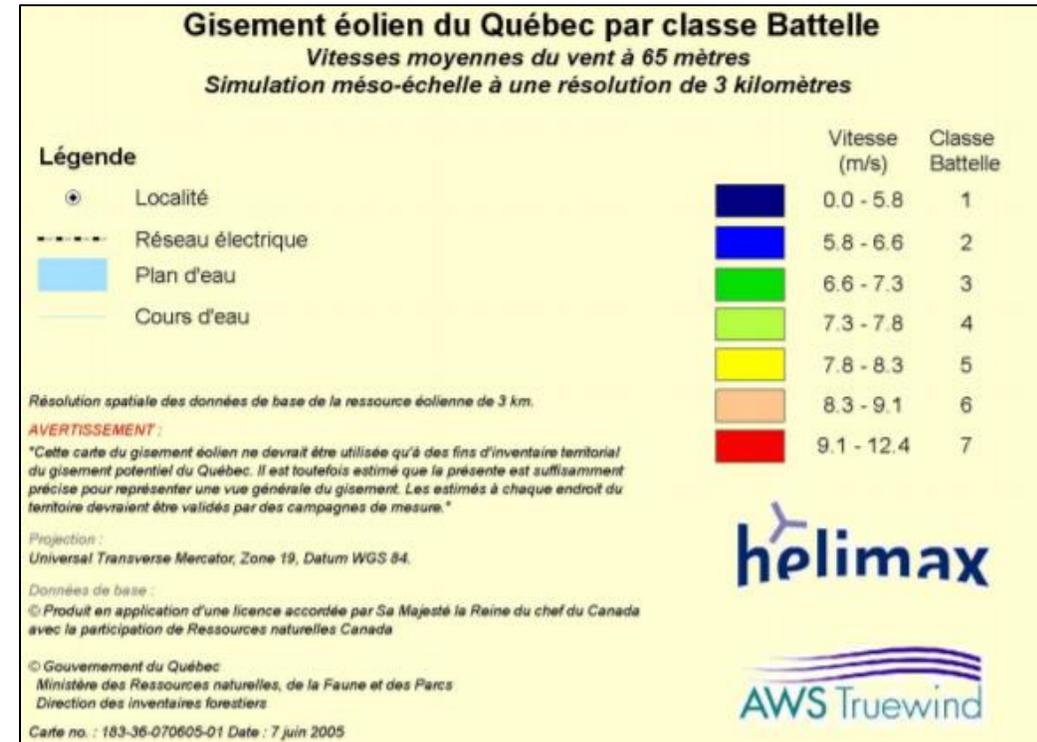
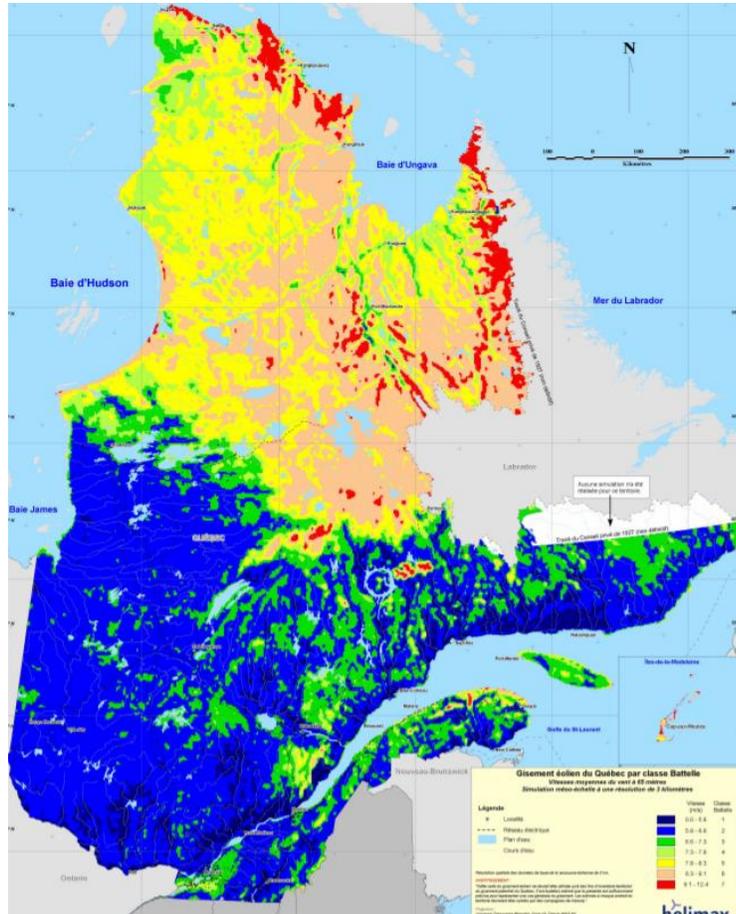
- Dans quelle région du Québec sont installées la majorité des éoliennes?
 - A. Chaudières-Appalaches
 - B. Capitale Nationale
 - C. Montréal
 - D. Gaspésie et les îles de la Madeleine
 - E. Nunavik

Ressource éolienne au Québec

- L'énergie renouvelable qui connaît le plus grand taux de croissance.
- Stratégie de développement dictée par :
 - Assurer la disponibilité de la ressource;
 - Assurer la sécurité énergétique du Québec;
 - Produire de l'électricité à moindre coût (appels d'offres);
 - Assurer un apport de capitaux étrangers (améliorer la balance des échanges de capitaux au Québec);
 - Utiliser la filière éolienne comme outil de développement régional (Gaspésie et MRC de Matane).

Ressource éolienne au Québec

- Le gisement éolien québécois (à 65m)



Ressource éolienne au Québec

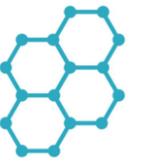
- Les appels d'offres d'Hydro-Québec ne sont pas le seul attrait en Amérique du Nord, le marché américain est en croissance.
- Les appels d'offres favorisent les grands projets.
- Les manufacturiers québécois :
 - Pas intéressés à transférer leur savoir faire ou leurs technologies
 - Les efforts en R&D minimes
 - Les tours, les pales et les coquilles en fibres de verre sont fabriqués au Québec.



Ressource éolienne au Québec

- Les manufacturiers québécois :
 - GE Energy, Enercon, RePower
 - Marmen : tours, nacelles et assemblage (Trois-Rivières)
 - LM Glassfiber : pales (Gaspésie)
 - Gentec : électronique de puissance (Québec)
 - Contrôle R.K. : tableaux haute tension
 - Groupe Ohmega et CEMTA : tours de mesure des vents (Gaspésie)
 - DELSTAR : générateurs (Montréal)
 - Groupes internationaux établis au Québec : ABB, GE, Alstom, etc.

Question



ENR2020

- Quels sont les problèmes qui persistent malgré une atteinte globale des objectifs au Québec ?
 - A. Situation de surcapacité et impératif d'exporter l'électricité;
 - B. Problèmes techniques de gestion du réseau à cause des fluctuations;
 - C. Préférence au développement de très grands projets dont les capitaux sont en majorité étrangers;
 - D. « Fragilisation » financière des projets qui se retrouvent – dans le meilleur des cas – retardés – dans le pire des cas – abandonnés.
 - E. Non autonomie des opérateurs privés

Ressource éolienne au Québec

- Les projets éoliens antérieurs (2013, 450 MW)

Montréal, 16 décembre 2014

Communiqué de presse

[Partager](#) [Tweeter](#) [Imprimer](#) 

Appel d'offres visant l'achat de 450 MW d'énergie éolienne : Hydro-Québec Distribution retient 3 soumissions totalisant 446,4 MW

Hydro-Québec Distribution annonce qu'elle retient 3 soumissions pour un total de 446,4 MW dans le cadre de l'appel d'offres lancé le 18 décembre 2013 et visant l'achat d'un bloc de 450 MW d'électricité produite au Québec au moyen d'éoliennes.

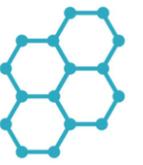
Les livraisons d'électricité doivent commencer le 1^{er} décembre 2016 et le 1^{er} décembre 2017. Le prix moyen de l'énergie des soumissions retenues est de 7,6 ¢/kWh, ce qui inclut un coût du transport de 1,3 ¢/kWh pour acheminer l'électricité produite.

Troisième appel d'offres

Ressource éolienne au Québec

- Les projets éoliens antérieurs (2013, 2004 MW)
 - En mai 2013, le gouvernement du Québec a confirmé à l'usine de LM Wind Power de Gaspé un quatrième appel d'offres d'énergie éolienne de 800 mégawatts.
 - Le bloc de 800 mégawatts se répartit en quatre volets.
 - Un premier 150 mégawatts sera destiné à un projet regroupant trois communautés micmacs de Gaspésie,
 - 300 mégawatts seront octroyés par appel d'offres pour des projets dans les régions de la Gaspésie et du Bas-Saint-Laurent,
 - 200 mégawatts sont destinés à Hydro-Québec Production
 - et le dernier 150 mégawatts sera attribué à des projets dans l'ensemble du Québec.

Question

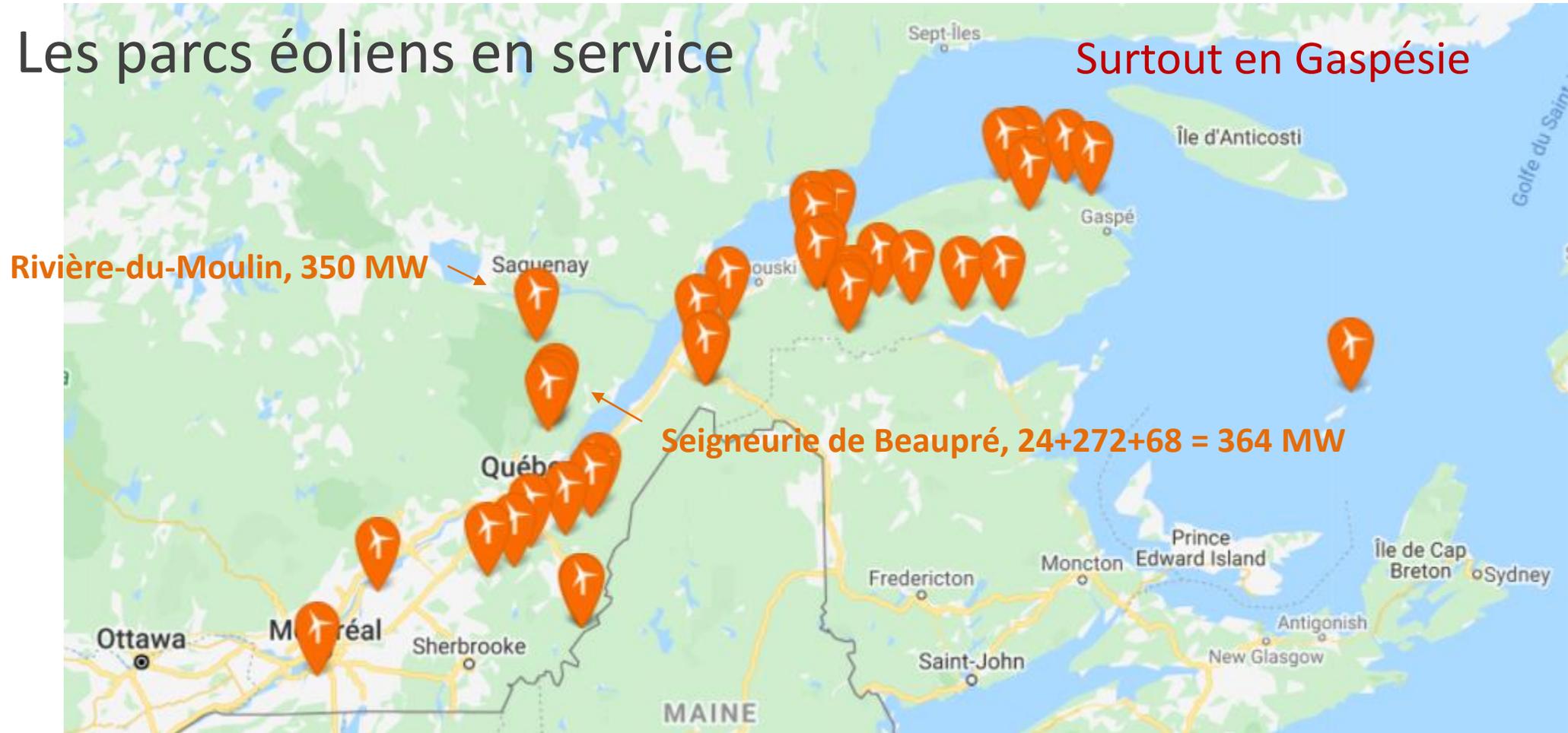


ENR2020

- Quels sont les problèmes qui persistent malgré une atteinte globale des objectifs au Québec (bis)?
 - A. Sentiment d'injustice éprouvés par plusieurs acteurs menant à une vive opposition;
 - B. Taux d'imposition et de taxation élevés aux producteurs privés;
 - C. Création importante d'emplois mais peu de transfert technologique;
 - D. Projets « communautaires » et « autochtones » mais appels d'offres et compétition menant à des conflits;
 - E. Cinq entreprises québécoises ont été rachetées par des entreprises américaines.

Ressource éolienne au Québec

- Les parcs éoliens en service



Ressource éolienne au Québec

- Les parcs éoliens en projet



Ressource éolienne au Québec

- Les objectifs globaux ont été atteints mais quelques problèmes subsistent tels que :
 - Situation de surcapacité et impératif d'exporter l'électricité;
 - Problèmes techniques de gestion du réseau à cause des fluctuations;
 - Préférence au développement de très grands projets dont les capitaux sont en majorité étrangers;
 - « Fragilisation » financière des projets qui se retrouvent – dans le meilleur des cas – retardés – dans le pire des cas – abandonnés.

Ressource éolienne au Québec

- Les objectifs globaux ont été atteints mais quelques problèmes subsistent tels que :
 - Sentiment d'injustice éprouvés par plusieurs acteurs menant à une vive opposition (« acceptabilité sociale, voir « 12.5 Impacts »);
 - Création importante d'emplois mais peu de transfert technologique (est-ce alors du développement vraiment durable?);
 - Projets « communautaires » et « autochtones » mais appels d'offres et compétition menant à des conflits;
 - Seul « véritable » manufacturier québécois était AAER. Il a fait faillite et a été racheté par une entreprise américaine.

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- L'éolien en chiffres au Canada
- L'éolien en chiffres au Québec
- Ressource éolienne au Québec
- ***La technologie éolienne au Canada, les défis***
- Prévisions
- Le gouvernement
- Conclusion

La technologie éolienne au Canada, les défis

- Adapter les technologies aux **conditions climatiques canadiennes** – températures, givrage ...



La technologie éolienne au Canada, les défis

- Les propriétés mécaniques des matériaux se modifient à basses températures :
 - Acier, soudures : plus fragiles → résistance à la rupture réduite
 - Matériaux composites : subissent de contraintes → microfissures → rigidité et perméabilité diminuent → favorise la détérioration du matériel
 - Cuivre :
 - Résistance électrique diminue → pertes par effet joule diminue
 - Risque de dommage lié à la contraction-dilatation des connexions électriques.
 - Composantes en caoutchouc : perdent leur flexibilité à basses températures → sujet à la fissuration → dégradation des performances de la turbine

La technologie éolienne au Canada, les défis

- Risques liés à l'expansion et contraction des matériels :
 - Boulons (vérification du couple est nécessaire)
 - Joints électriques (pouvant causer d'échauffement/feu)
- Impact des basses températures sur les lubrifiants :
 - Augmentent la viscosité des différents lubrifiants utilisés → diminution de leur qualité.
 - Endommagement de la boîte de vitesse, des coupleurs hydrauliques ou encore des amortisseurs.
- Les basses températures affectent également les équipements électriques tels que les générateurs, le système d'orientation de la nacelle, le moteurs et les transformateurs.

La technologie éolienne au Canada, les défis

➤ Les impacts de givrage peuvent être observés sur :

- La production énergétique des éoliennes
- La structure des éoliennes
- L'aspect sécuritaire
- L'accès au site
- Les lignes de transport d'électricité
- L'impact sonore (bruit)
- Instruments de mesures et qualité de données
- Impact sur les génératrices

La technologie éolienne au Canada, les défis

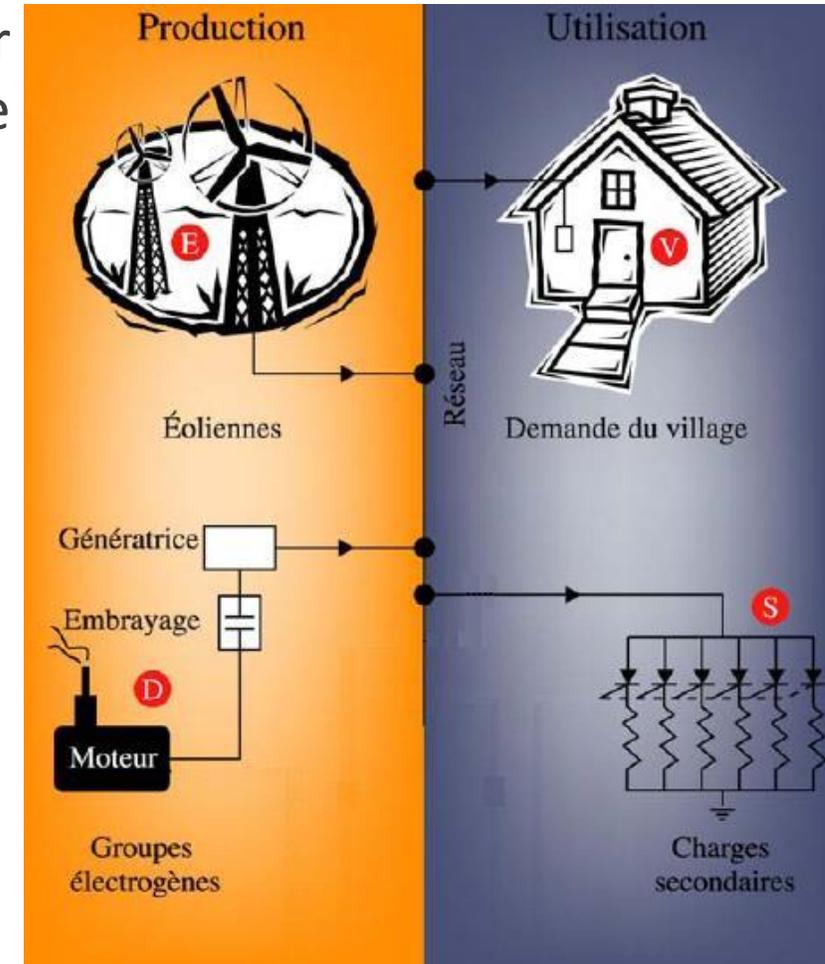
- Les basses températures et le givrage sont sources de contraintes supplémentaires mais ce ne sont pas les seuls :
 - Modification de la densité de l'air;
 - Humidité et condensation;
 - Tempêtes et avalanches;
 - Variations saisonnières de température;
 - Pergélisol (modification des propriétés physiques du sol selon les saisons).

La technologie éolienne au Canada, les défis

- 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.

La technologie éolienne au Canada, les défis

- Développer des systèmes auxiliaires pour augmenter le taux de pénétration de l'énergie éolienne (« smart grid ») :
 - Intégrer de nouvelles techniques de stockage d'énergie;
 - Prévoir des systèmes énergétiques interrégionaux;
 - Assurer la gestion de la demande.
- Développer de petits systèmes :
 - Coupler éolien-diesel avec ou sans stockage;
 - Améliorer les performances et la fiabilité;
 - Adopter des technologies et standards de connexion;
 - Réduire les coûts.



Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- L'éolien en chiffres au Canada
- L'éolien en chiffres au Québec
- Ressource éolienne au Québec
- La technologie éolienne au Canada, les défis
- ***Prévisions***
- Le gouvernement
- Conclusion

Prévisions

- Travaux du comité industriel, académique et gouvernemental sur le développement de l'énergie éolienne au Canada (2009) :
 - Le Canada sera un **leader mondial** dans le domaine de l'énergie éolienne en 2025;
 - Le Canada profitera de son immense potentiel éolien et de la complémentarité avec l'énergie hydraulique pour **développer des niches d'expertise** (intégration au réseau, climat froid);
 - Sécurité énergétique, croissance économique responsable et respectueuse de l'environnement.

Prévisions

- Vision de CanWEA (Wind Vision 2025), à l'échelle canadienne :
 - Plus de **52 000 emplois créés** ;
 - Un investissements total d'environ **132 G\$** ;
 - **330 M\$** de revenus perçus annuellement en taxes locales et location de terrains pour les communautés ;
 - **Réduction des émissions des GES de 17 Mtonnes** annuellement ;
 - **1.5 G\$ de chiffre d'affaires** dans le secteur du « petit éolien ».

Prévisions

- Actions à mettre en place pour atteindre les objectifs
 - Renforcer le cadre de la politique énergétique pour inclure les externalités dont le marché ne tient pas compte encore;
 - Informer et impliquer les Canadiens dans le développement éolien;
 - Augmenter le rôle de l'industrie Canadienne;
 - Création de centres d'excellence;
 - Accélérer le développement du « petit éolien »;
 - Supporter les projets innovants de démonstration.

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- L'éolien en chiffres au Canada
- L'éolien en chiffres au Québec
- Ressource éolienne au Québec
- La technologie éolienne au Canada, les défis
- Prévisions
- ***Le gouvernement***
- Conclusion

Le gouvernement

- Modèle de développement retenu
 - En 1997, Le MRNQ demandait un avis à la Régie de l'énergie afin qu'elle amorce la réflexion sur la production d'énergie éolienne au Québec;
 - Les consultations publiques s'amorçaient en mars 1998;
 - Cette réflexion s'attardait entre autres à la façon de procéder au développement de cette filière, au modèle de gestion qui encadrerait son implantation au Québec, aux critères qui permettraient à la démarche de demeurer simple et efficace, etc.

Le gouvernement

- Processus d'appel d'offres
 - Dès 1998, quatre projets éoliens étaient autorisés par des contrats de gré à gré entre des producteurs privés et Hydro-Québec Production:
 - Le Nordais, Site nordique expérimental en éolien CORUS, Mont Miller et Mont Copper, totalisant 212,10 MW de puissance installée.
 - Afin de poursuivre le développement de la filière éolienne, en 2003 Hydro-Québec et le gouvernement se sont doté d'un processus d'attribution de projets par appel d'offres.

Le gouvernement

- Autorisations des municipalités et des MRC
 - Pour obtenir l'autorisation d'installer et d'exploiter un parc éolien, le promoteur doit d'abord démontrer que son projet est conforme à la réglementation locale et régionale ainsi qu'au schéma d'aménagement et de développement du territoire (règlements d'urbanisme);
 - Il doit en outre démontrer qu'il a entrepris les démarches auprès des autorités locales et qu'il sait quelles autorisations il devra obtenir.

Le gouvernement

- Réalisation des études environnementales
 - Le promoteur devra ensuite produire une évaluation environnementale afin d'analyser les facteurs qui exercent une influence sur les écosystèmes et la qualité de vie des populations locales;
 - Cette étape permet de mieux cerner les enjeux et de minimiser les impacts sur l'environnement et les collectivités;
 - L'évaluation environnementale doit être transmise au ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs;
 - Le promoteur doit en outre réaliser des inventaires des oiseaux de proie et des chiroptères (chauves-souris), dont les plans d'échantillonnage doivent être validés par les directions régionales de l'aménagement de la faune, au moins un mois avant leur réalisation.

Le gouvernement

- Consultation publique
 - Le promoteur d'un projet éolien est fortement encouragé à tenir des séances d'information et de consultations publiques auprès de la population et des différents intervenants des communautés d'accueil;
 - Les citoyens peuvent aussi faire une demande de consultation publique au Bureau d'audiences publiques sur l'environnement ([BAPE](#)).



Les rôles du BAPE

 INFORMER

 CONSULTER

 ENQUÊTER

 AVISER

<https://www.bape.gouv.qc.ca/fr/>

Le gouvernement

- Consultation publique
 - Ces derniers pourront alors s’informer et exprimer leurs préoccupations lors des audiences publiques du BAPE;
 - Lorsqu’un BAPE a lieu, le ministère du Développement durable, de l’Environnement et des Parcs (MDDEP) attend ses recommandations avant d’émettre le certificat d’autorisation au soumissionnaire retenu.



Informer

Par ses séances publiques et divers modes de diffusion, le BAPE offre aux citoyens les renseignements essentiels à leur compréhension des enjeux et à leur participation.



Consulter

Afin de bien cerner les enjeux et les préoccupations des citoyens, le BAPE tient des séances publiques où le climat serein permet à chacun de poser des questions et de soumettre son opinion.



Enquêter

Les commissions du BAPE ont le pouvoir de questionner quiconque ayant la possibilité de lui apporter un éclairage et d'exiger le dépôt de documents pour l'analyse des dossiers.



Aviser

Les rapports du BAPE font partie des éléments pris en compte par le ministre responsable de l'Environnement afin d'éclairer la prise de décision gouvernementale.

Le gouvernement

- Autorisations du MDDEP et conditions d'implantation
 - Ce n'est qu'après avoir reçu l'analyse et les recommandations du MDDEP — effectuées à partir du rapport du BAPE et de l'analyse environnementale — que le gouvernement, par décret, choisit d'autoriser ou non, avec ou sans modifications et aux conditions qu'il détermine, le projet;
 - Par la suite, avant que le projet se réalise, le promoteur doit soumettre les plans et devis de son projet afin d'obtenir un certificat d'autorisation du MDDEP en vertu de l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement.

Le gouvernement

- La réaction facile : « *Le gouvernement est responsable de tous les problèmes du développement éolien!* »
- La réalité est beaucoup plus nuancée :
 - La stratégie énergétique du Québec est le résultat d'un vaste processus consultatif et le mode de développement de l'énergie éolienne répond à des décisions démocratiques;
 - Les effets négatifs de la stratégie ont été soit inconnus, soit leur importance a été négligée.

Le gouvernement

- Résultats notables :
 - Prix de l'énergie (éolienne) parmi les plus bas au monde;
 - Aucun risque financier pour la population du Québec;
 - Retombés régionales significatives.

Le gouvernement

- Quoi faire maintenant?
 - Faciliter les cadres 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).

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- L'éolien en chiffres au Canada
- L'éolien en chiffres au Québec
- Ressource éolienne au Québec
- La technologie éolienne au Canada, les défis
- Prévisions
- Le gouvernement
- ***Conclusion***

Conclusion

- Encore une source d'énergie d'avenir au 21^e siècle;
- Concurrence féroce du solaire à prévoir au cours des décennies à venir pas tant au Québec mais ailleurs dans le monde;
- Potentiel éolien bien distribué au Québec et au Canada en général;
- Fluctuations de l'énergie disponible;
- Besoin de contrôle et d'IA.

Conclusion

- Quelques actions et contributions du Laboratoire de recherche en énergie éolienne et de ses partenaires en lien avec les défis et opportunités du développement de l'énergie éolienne au Québec :
 - Jumelage éolien-diesel avec stockage d'air comprimé;
 - Adaptation de la technologie au climat froid;
 - Acceptabilité sociale des projets éoliens;
 - Modèle d'aide à la décision multicritères et multi-acteurs pour les projets éoliens.

La technologie éolienne au Canada



La technologie éolienne au Canada



La technologie éolienne au Canada





Merci de votre attention !

Si vous avez des questions à formuler, veuillez les poser par écrit et spécifier le nom et le numéro de la présentation. Nous vous répondrons le plus rapidement possible.

Période de questions

