



L'énergie éolienne



Fiche technique

fonctionnement . développement . encadrement



Une collaboration de

NERGICA

Table des matières



Introduction	3
Fonctionnement et technologies de l'énergie éolienne ...	4
Fonctionnement de l'énergie éolienne	5
Technologies des éoliennes	6
Classifications et modes d'exploitation des éoliennes	7
Fonctionnement d'un parc éolien	8
Avantages et défis de l'énergie éolienne	9
Avantages de l'énergie éolienne	10
Défis du développement éolien	11
Volet financier	15
Chronologie d'un projet éolien	18
Outils d'encadrement d'un projet éolien	22
Exemples de projets éoliens	31
Bibliographie	34

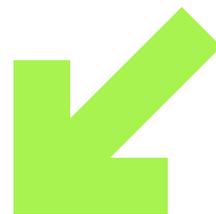
Introduction

L'énergie éolienne devient un pilier important pour l'avenir énergétique du Québec, contribuant d'une manière significative à la durabilité environnementale, à l'innovation technologique, au développement économique et aux objectifs de transition énergétique.

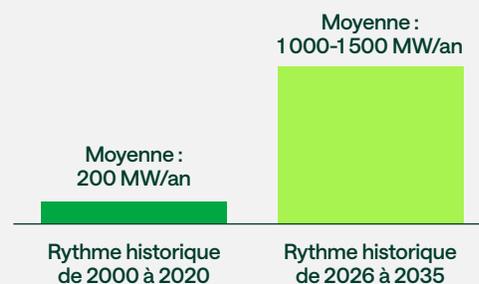
En avril 2023, le gouvernement du Québec annonçait le Plan pour une économie verte 2030, qui définit les actions d'électrification et de lutte contre les changements climatiques¹. Parmi ces actions, le plan prévoit d'accroître considérablement la capacité de production d'énergie éolienne dans la province pour répondre à la demande croissante en énergie propre et aux objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Par ailleurs, Hydro-Québec envisage de tripler la production d'électricité générée par les éoliennes d'ici 2035 en ajoutant plus de 10 000 MW de nouvelles capacités éoliennes à son réseau^{2,3}. Dans sa nouvelle stratégie du développement de l'éolien présentée en mai 2024, Hydro-Québec jouera le rôle du maître d'œuvre et d'actionnaire de tous les projets éoliens ayant une puissance pouvant aller au-delà de 1 000 MW. Ces projets seront réalisés en collaboration étroite avec les Premières Nations et les municipalités, qui deviendront également des partenaires actifs avec une participation dans l'actionnariat de ces projets. De plus, Hydro-Québec permet la réalisation des projets éoliens de plus petite envergure, comparables à ceux qui ont été réalisés au cours des 20 dernières années, visant une puissance installée allant jusqu'à 300, même 350 MW. La façon de les développer et de les opérer demeure à préciser.

Le défi d'expansion de l'énergie éolienne au Québec est désormais majeur.



Évolution du rythme annuel de déploiement de nouvelles capacités éoliennes au Québec²



Afin d'atteindre l'objectif d'ajouter 10 000 MW de nouvelles capacités éoliennes d'ici 2035, le rythme de déploiement de l'énergie éolienne doit être de 1 000 à 1 500 MW par année. En comparaison, au cours des 20 dernières années, 44 parcs éoliens d'une puissance installée totale d'environ 4 000 MW ont été mis en service, ce qui correspondait à un rythme de 200 MW par année.

Fonctionnement et technologies de l'énergie éolienne

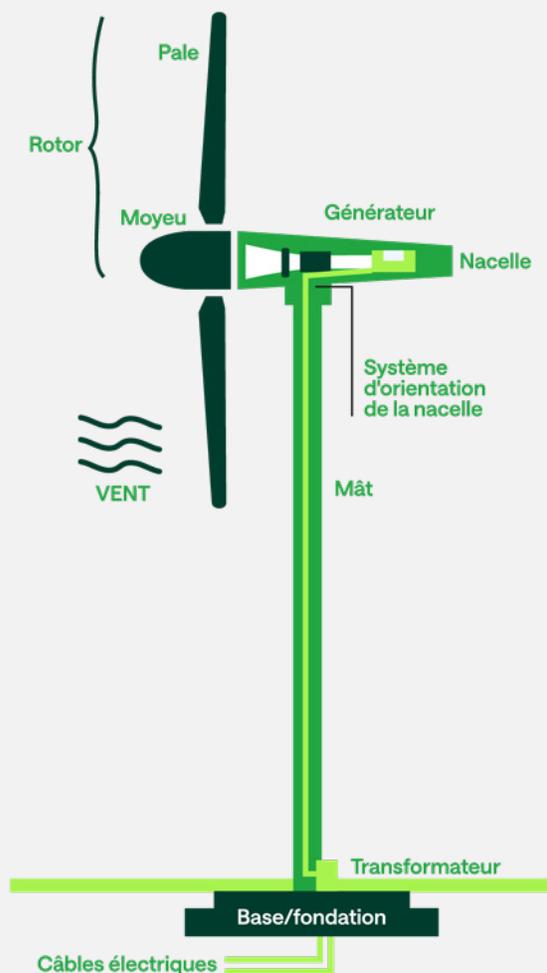


Fonctionnement de l'énergie éolienne

L'énergie éolienne consiste à convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique, puis en énergie électrique. Lorsque le vent souffle, il fait tourner les pales de l'éolienne qui sont fixées à un rotor. En tournant, le rotor entraîne un axe dans la nacelle, appelé arbre, relié à un générateur qui produit un courant électrique. L'électricité produite est ensuite acheminée le long du mât via des câbles jusqu'à un transformateur, avant d'être injectée dans le réseau électrique ou stockée pour une utilisation ultérieure, selon les besoins.

Les éoliennes sont équipées de systèmes de contrôle pour optimiser leur performance en ajustant l'angle des pales ou en orientant la nacelle face au vent pour capter celui-ci de manière optimale. Elles ont également des mécanismes pour freiner ou arrêter la rotation en cas de vent trop fort ou d'autres conditions extrêmes⁴.

Principaux composants d'une éolienne⁵



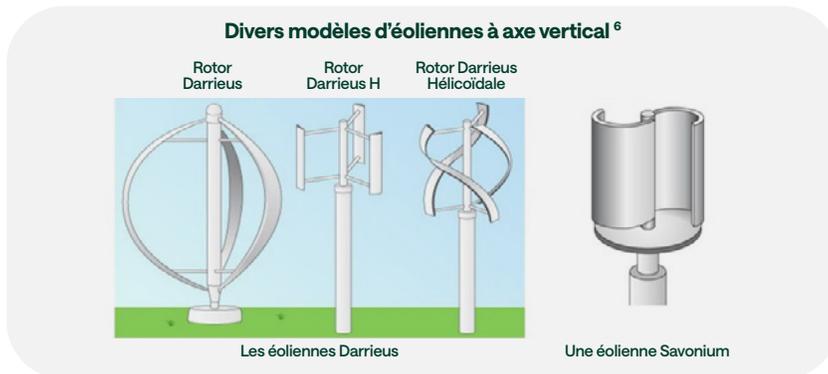
Lorsque le vent atteint une vitesse minimale de l'ordre de 3 m/s (environ 11 km/h), appelée aussi vitesse de démarrage ou *cut-in speed*, le système de contrôle change l'orientation de l'éolienne pour la placer face au vent, ce qui met les pales en mouvement grâce à la force du vent. À une vitesse d'environ 10 à 13 m/s (36 à 47 km/h selon le modèle), l'éolienne peut fournir sa puissance nominale, régulée par un système hydraulique de commande du pas qui ajuste l'angle des pales pour maintenir une puissance constante. En cas de vent supérieur à 25 m/s (peut varier selon le modèle), les pales sont mises en drapeau pour éviter tout dommage, le mécanisme de commande du pas ajustant leur orientation pour les rendre insensibles au vent. De manière générale, des vitesses annuelles moyennes de 6.5 m/s ou plus à une hauteur de nacelle de 80 m sont considérées comme étant commercialement viables.⁶⁹

L'efficacité d'une éolienne dépend de plusieurs facteurs, y compris la vitesse et la direction du vent, la hauteur de l'éolienne, la conception des pales et la masse volumique de l'air.

Technologies des éoliennes

Axe vertical

Les éoliennes à axe vertical, avec un axe de rotation perpendiculaire au sol, sont adaptées aux zones de vent irrégulier et ne nécessitent pas de mécanisme d'orientation, simplifiant ainsi leur installation et leur maintenance, bien qu'elles soient généralement moins efficaces que les éoliennes à axe horizontal.



Axe horizontal

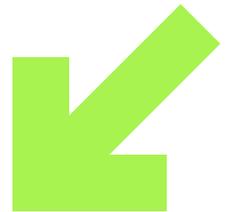
Les éoliennes à axe horizontal sont les plus répandues au Québec et largement utilisées pour la production d'électricité à grande échelle. Leurs pales tournent autour d'un axe qui est parallèle à la surface du sol. Pour maximiser la production d'énergie, ces éoliennes sont souvent montées sur de grandes tours et équipées d'un système d'orientation qui leur permet de continuellement faire face à la direction dominante du vent.

Les éoliennes à axe horizontal peuvent avoir un nombre de pales différent. Plus ce nombre est élevé, plus le couple transmis à l'arbre du rotor augmente, ce qui permet à l'éolienne de démarrer à une vitesse de vent faible. En revanche, chaque pale crée des turbulences pour les autres, ce qui peut freiner la rotation de l'éolienne ⁶.

Modèles d'éoliennes à axe horizontal ⁸



Seules les éoliennes à trois pales sont installées au Québec.



3 Les modèles à **trois pales** sont les plus utilisés et les plus efficaces et leur rendement énergétique est plus élevé. Par conséquent, ils sont les mieux adaptés aux grands parcs éoliens. Cependant, leur complexité technique et leur impact visuel et sonore peuvent poser des défis, notamment dans les zones près de milieux résidentiels.

2 Les éoliennes à **deux pales** sont plutôt réservées à des applications de puissance plus faible ou à des environnements particuliers. En effet, les éoliennes bipales sont bien adaptées aux zones cycloniques, car elles sont plus légères, plus faciles à entretenir et peuvent être abaissées au sol en cas d'alerte cyclonique ⁷.

1 Pour les éoliennes à **une seule pale**, leur production d'énergie est instable à cause des rotations de la pale irrégulières et incontrôlées, ce qui peut rendre l'éolienne déséquilibrée et instable. ⁷

Classifications et modes d'exploitation des éoliennes

Petites éoliennes : adaptées aux installations domestiques ou communautaires. Elles sont rabattables et faciles à entretenir, mais produisent peu d'énergie.

Puissance **< 100 kW**

Hauteur **< 30 m**

Moyennes éoliennes : avec des pales de 15 à 40 m. Elles conviennent aux exploitations agricoles et aux projets commerciaux, offrant un bon compromis entre coût et production.

Puissance **100 kW à 1 MW**

Hauteur **30 à 80 m**

Grandes éoliennes : utilisées dans les parcs éoliens terrestres et en mer pour la production d'électricité à grande échelle. Elles sont efficaces, mais nécessitent plus d'espace et un investissement élevé.

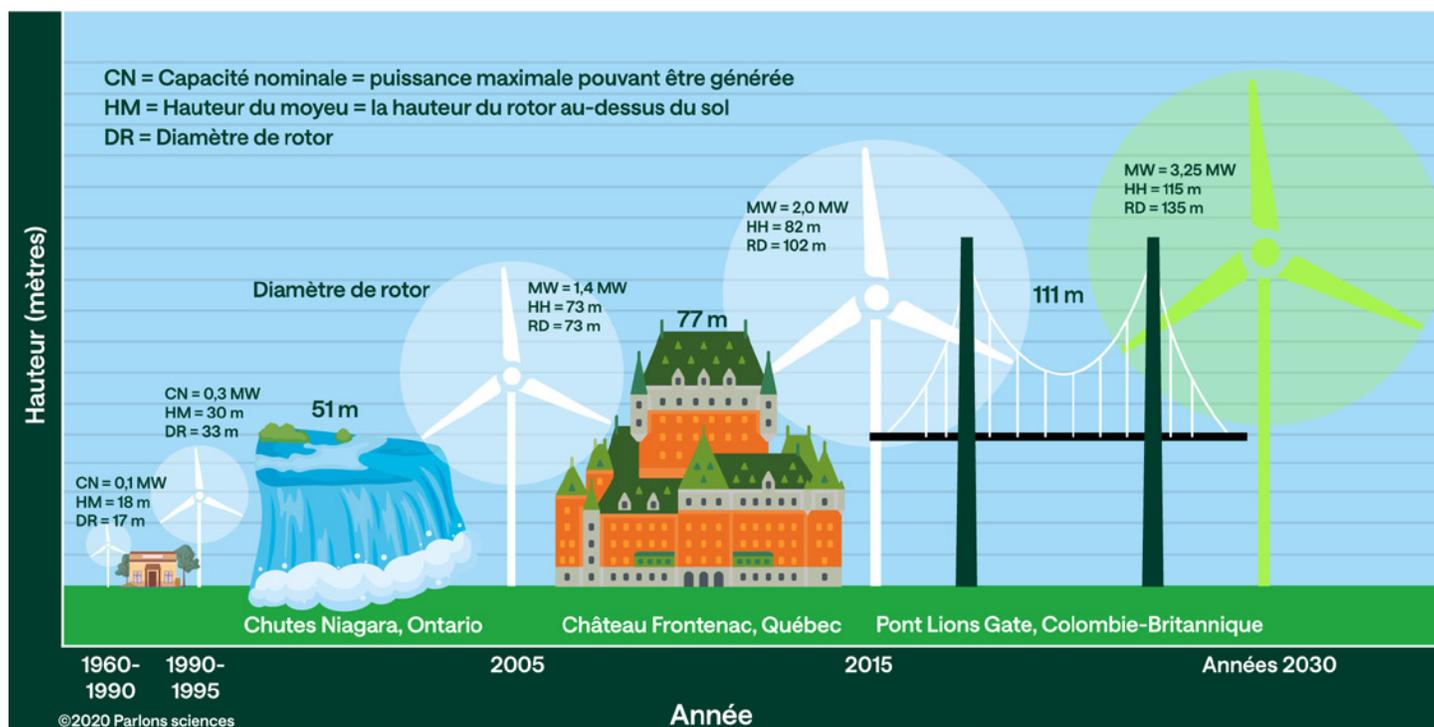
Puissance **> 1 MW**

La puissance des éoliennes commerciales terrestres les plus répandues varie généralement entre 6 MW et 7 MW. En Europe, la puissance moyenne des éoliennes terrestres était d'environ 4,5 MW en 2023⁹. Aux États-Unis, la moyenne en 2022 était de 3,2 MW¹⁰.

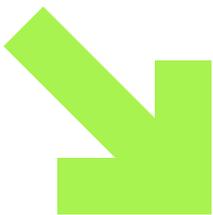
Cas de Saint-Paul-de-Montminy

Le projet éolien de Saint-Paul-de-Montminy¹¹, mené par Kruger Énergie en partenariat avec l'Alliance de l'énergie de l'Est, prévoit l'installation de 28 éoliennes de 7 MW chacune, le projet totalisant donc 196 MW, avec une mise en service prévue en décembre 2027. Ces éoliennes, dotées de mâts de 118 mètres et de pales d'environ 80 mètres, atteindront une hauteur totale d'environ 200 mètres, ce qui équivaut à un gratte-ciel d'environ 60 étages, lorsque les pales seront en position verticale, avec un diamètre de rotation de 163 mètres. Ce projet marque une première au Québec avec l'utilisation d'éoliennes de 7 MW, établissant un nouveau standard de puissance unitaire dans la province.

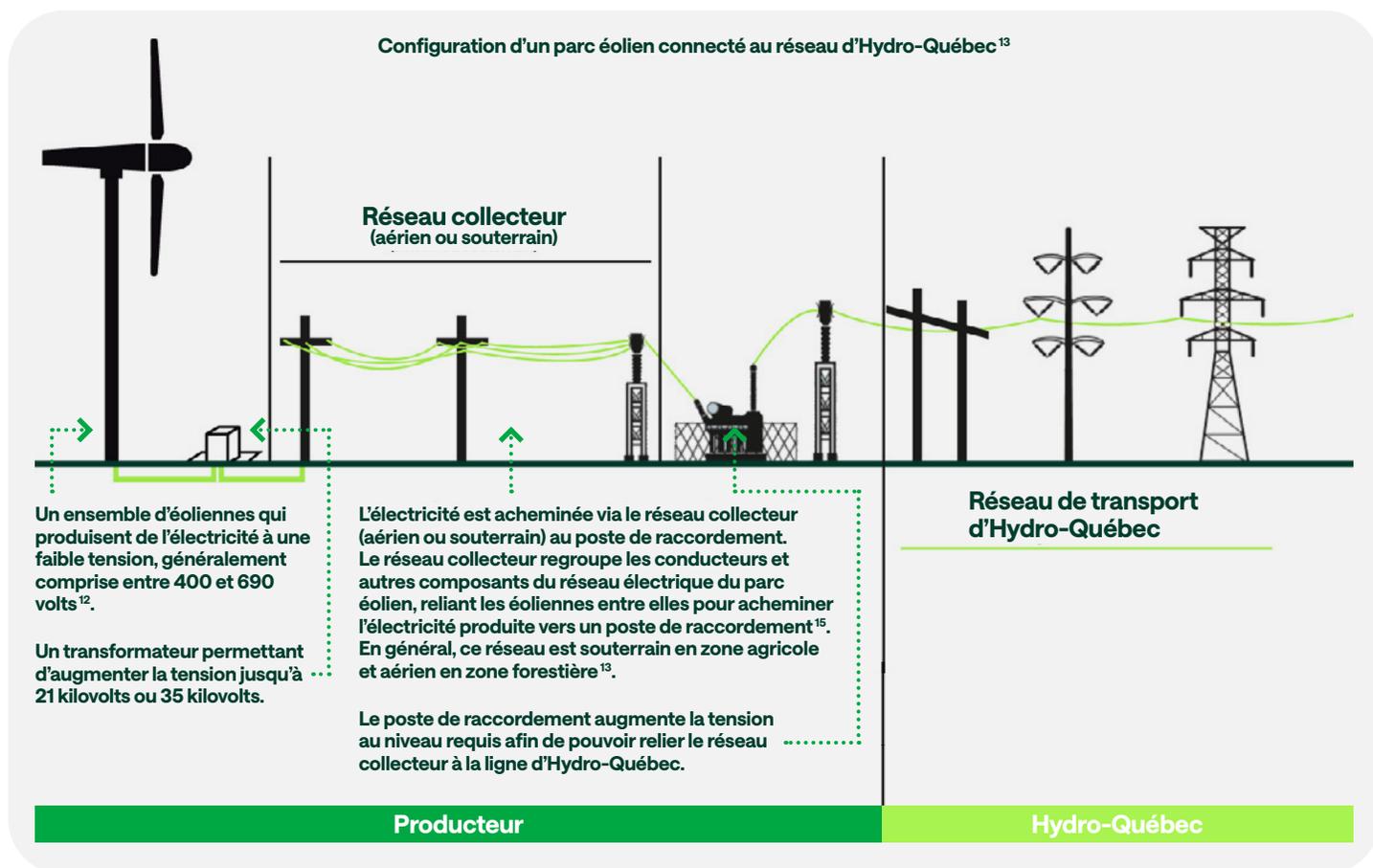
Évolution de la taille moyenne des éoliennes terrestres au fil du temps, en Amérique du Nord.¹²



Fonctionnement d'un parc éolien



Un parc éolien se compose de plusieurs éoliennes espacées de plusieurs centaines de mètres et connectées entre elles par un réseau interne généralement souterrain et raccordées au réseau public par l'intermédiaire d'un poste de livraison.



Avantages et défis de l'énergie éolienne



Avantages de l'énergie éolienne

Source d'énergie inépuisable : En exploitant le vent qui est une ressource naturelle et inépuisable, l'énergie éolienne est renouvelable et abondante dans nombreuses régions du monde.

Faible empreinte d'espace : Un parc éolien a besoin de moins de terrain qu'un champ photovoltaïque pour produire la même quantité d'énergie électrique. De plus, le terrain où les éoliennes sont installées reste toujours exploitable pour d'autres activités industrielles et agricoles (culture et élevage) et il est facilement restauré après le démantèlement des éoliennes. Pour les terrains agricoles, l'emprise des éoliennes au sol est relativement mineure.

Exemple

Pour le parc éolien Des Cultures à Saint-Rémi et Saint-Michel, une surface de seulement 180 m² est conservée sans culture, au pied de chaque éolienne (de puissance de 4 MW) en phase d'exploitation¹⁶. Ce projet d'une puissance installée totalisant 24 MW¹⁷ occupe une superficie approximative totale de 2 400 hectares, dont 100 % sont des terres privées¹⁸.

Un coût d'installation et d'entretien des éoliennes relativement faible en comparaison à d'autres technologies d'énergie renouvelable, ce qui rend le coût par kW produit assez faible, notamment dans les zones très venteuses.

Exemple

Un projet éolien de 8 MW implanté aux Îles-de-la-Madeleine en 2020 représente un coût de 3,125 \$/kW alors que le coût du kW pour la production d'énergie solaire au Québec est estimé entre 2,50 \$ et 3,50 \$^{70,71}. À des fins de comparaison, le projet du barrage hydroélectrique au fil de l'eau de Inukjuak représente, quant à lui, autour de 17,00 \$/kW⁷². De plus, avec la nouvelle stratégie d'Hydro-Québec ciblant prioritairement l'élaboration de projets à grande ampleur (au-delà de 1 000 MW), des économies d'échelle importantes devraient être réalisées.²

Pas de pollution : Les éoliennes génèrent une énergie propre, pratiquement sans émissions de gaz à effet de serre pendant leur opération.

Émissions GES moyennes produites lors du cycle de vie^{19,20}

Éoliennes	12 grammes de CO ₂ par kilowattheure (g CO ₂ /kWh)
Charbon	980 g CO ₂ /kWh
Gaz naturel	465 g CO ₂ /kWh
Solaire	43 g CO ₂ /kWh
Hydraulique	21 g CO ₂ /kWh



Défis du développement éolien

Malgré ses atouts, l'énergie éolienne présente certains défis, parmi lesquels l'intermittence, l'acceptabilité sociale ainsi que l'impact sur la santé et l'environnement.

Intermittence

L'énergie éolienne est intermittente, car les éoliennes ne peuvent fonctionner que dans un intervalle de vitesse de vent bien déterminé. Par conséquent, il est nécessaire de disposer d'autres sources de production en cas de pénurie de vent. D'autre part, si la production d'électricité est trop importante, des systèmes de stockage d'énergie, tels que des batteries, peuvent être utilisés pour absorber les surplus d'électricité et les injecter dans le réseau aux heures de production éolienne faible.

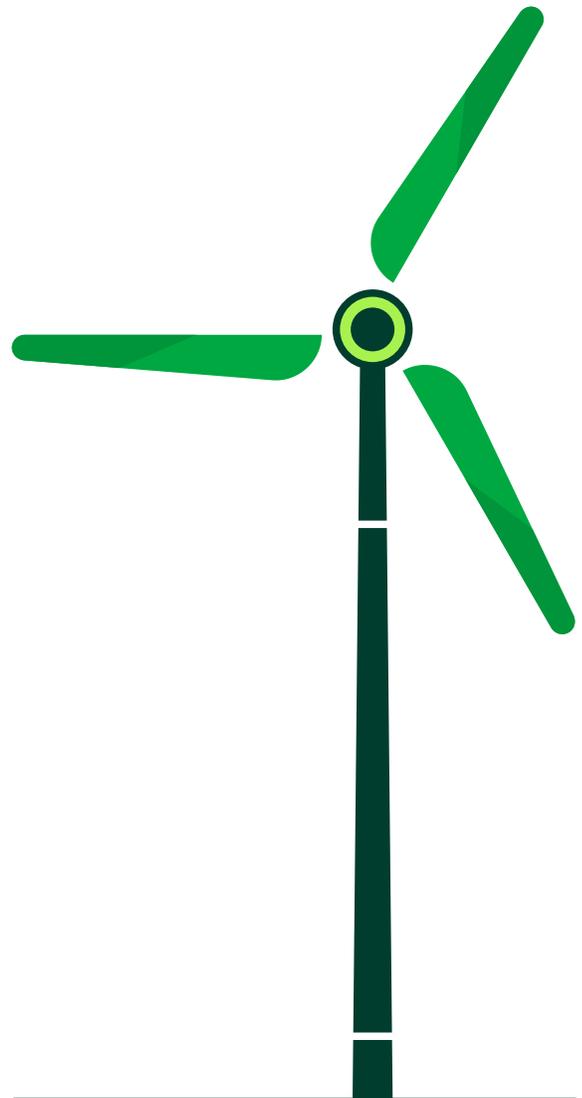
Acceptabilité sociale

Dans le cadre du plan d'action du gouvernement du Québec et de la stratégie d'Hydro-Québec, l'acceptabilité sociale et la confiance du public constituent des fondements pour la réalisation des projets énergétiques. En effet, les populations dans les milieux hôtes des éoliennes sont de plus en plus sensibles aux enjeux environnementaux et souhaitent avoir plus de garanties et des réponses à leurs préoccupations relatives aux impacts des projets.

Impacts sur le milieu

Les impacts des projets éoliens peuvent être temporaires, c'est-à-dire liés aux travaux dans les phases de construction et du démantèlement (ex. : la modification temporaire des systèmes de drainage, la présence de déchets et débris de construction, l'endommagement des chemins d'accès, la nuisance sonore, les dommages liés à l'érosion des sols) et des impacts permanents liés à la présence des ouvrages dans l'environnement (ex. : l'impact visuel, le bruit de fonctionnement des éoliennes, la perte des revenus et de valeur des terrains)¹³.

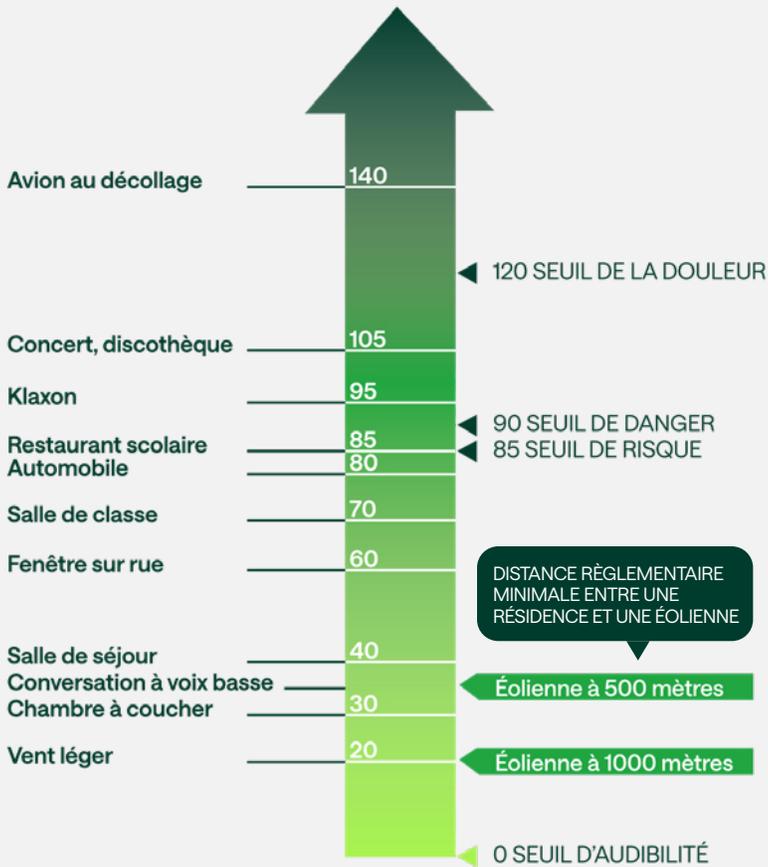
Parmi tous ces impacts, la nuisance sonore, l'impact sur la biodiversité ainsi que l'impact visuel soulèvent le plus de questionnements chez la population.



Impact sonore

Le mouvement des pales des éoliennes génère du bruit qui peut atteindre 105 dB(A) au centre des pales, ce qui correspond au bruit d'une discothèque ou un concert. En effet, selon des études évaluant le bruit des éoliennes²¹, le niveau sonore, mesuré au centre des pales, d'une éolienne de 660 à 2 000 kW se situe entre 98 et 105 dB(A) à une vitesse du vent de 8 m/s.

Comparaison du bruit d'une éolienne à d'autres nuisances sonores en dB(A)²²



Néanmoins, ce bruit décroît à environ 33 dB(A) à une distance d'environ 500 mètres¹⁸ (qui correspond à la distance minimale habituellement préconisée entre l'éolienne et les résidences). Cela correspond au niveau de bruit dans une bibliothèque ou dans une salle de séjour¹⁹. Le schéma ci-contre compare le bruit d'une éolienne à d'autres nuisances sonores en dB(A).

Impact sur la biodiversité

Il existe plusieurs préoccupations concernant l'impact potentiel des éoliennes sur la faune, notamment qu'elles provoqueraient une augmentation importante de la mortalité des oiseaux et des chauves-souris. Cette perception est infondée, car, selon des études menées au Canada, les éoliennes sont responsables de la mort accidentelle d'un seul oiseau sur 16 000 morts. 70 % des décès des oiseaux sont causés par les chats et 25 % par les collisions avec les fenêtres de bâtiments, les véhicules et les lignes électriques²³.

Toutefois, un protocole de suivi des mortalités d'oiseaux et de chiroptères dans le cadre de projets d'implantation d'éoliennes au Québec a été mis en vigueur par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs depuis 2013²⁴. Pour chaque projet éolien, une étude d'impact des effets potentiels sur la faune, sur et à proximité du site envisagé, doit être réalisée par le promoteur. De plus, des exigences minimales et des suivis de mortalité réguliers sont définis par le ministère. Ces suivis de mortalité doivent être réalisés durant les trois premières années d'exploitation du parc éolien, puis tous les dix ans, et doivent couvrir l'ensemble de la phase d'exploitation d'un parc.

En ce qui concerne l'impact sur les vaches, il n'existe à ce jour aucune information concluante à l'effet qu'il y aurait un quelconque impact.

D'autre part, en ce qui concerne la flore, l'impact des éoliennes est minime, car il est possible de protéger les espèces rares ou sensibles durant les travaux, et une fois le parc éolien installé, le sol du site est maintenu pratiquement intact.

Selon la littérature existante, la construction de parcs éoliens peut modifier l'environnement de croissance des communautés végétales en affectant des facteurs tels que la lumière, la température, l'humidité, les conditions du sol et le cycle de l'eau. Ces impacts peuvent toutefois être évités ou minimisés lors du choix des sites d'implantation. En effet, il est crucial de mener des études environnementales pour identifier les espèces végétales présentes et évaluer les habitats. Ces études permettent d'éviter les zones protégées ou sensibles, telles que les réserves naturelles et les habitats naturels, afin de minimiser les impacts sur la flore. Des mesures spécifiques sont également prises pendant les phases de construction et de démantèlement pour limiter les perturbations sur la végétation locale⁷³.

Impacts sur le paysage

Les éoliennes peuvent modifier l'aspect visuel des paysages, surtout dans les régions rurales ou à proximité des sites culturels et historiques. L'installation des éoliennes implique souvent des modifications dans l'aménagement du territoire, comme la construction de routes et d'infrastructures pour l'accès et la maintenance.



Les parcs éoliens sont soumis à des réglementations strictes afin d'assurer leur intégration harmonieuse dans les paysages. Les municipalités ont un rôle d'encadrement à jouer dans la détermination des règlements d'implantation d'un projet éolien sur leur territoire. Le dialogue citoyen et les consultations publiques visant à informer et à entendre les préoccupations des citoyen(ne)s sont ainsi parties prenantes du processus d'encadrement.

Un **guide de bonnes pratiques**⁷⁴ visant à aider les municipalités à bien intégrer les éoliennes dans le paysage a été réalisé dans le cadre des orientations gouvernementales en aménagement du territoire pour l'intégration des éoliennes dans le paysage québécois²⁵.

Dans d'autres contextes, les éoliennes peuvent être perçues comme un symbole de développement durable et d'innovation. Elles peuvent ainsi valoriser un milieu et une communauté en faisant valoir leur engagement face aux énergies renouvelables.

Impacts sur la santé

→ Impacts électromagnétiques

Les champs électromagnétiques (CEM) à proximité immédiate des éoliennes peuvent provenir de plusieurs sources : les lignes de raccordement au réseau, les générateurs des éoliennes, les transformateurs électriques et les câbles de réseau. Les lignes de raccordement et les générateurs des éoliennes, placés à l'intérieur de la coque centrale à une hauteur de 60 à 100 m du sol, émettent des CEM à des niveaux faibles, **comparables à ceux des appareils ménagers.**

Les transformateurs dans le parc éolien génèrent des niveaux plus élevés de CEM. Les émissions électromagnétiques des transformateurs dans les parcs éoliens sont équivalentes à celles des postes de transformation de basse et moyenne tension, répartis sur l'ensemble du territoire. Les câbles souterrains, quant à eux, n'émettent pas de CEM en surface en raison de leur conception. En général, les études montrent que les effets des CEM dans un parc éolien sont faibles et souvent considérés comme négligeables. Les effets des CEM générés par les éoliennes ne présentent donc aucun effet néfaste sur la santé humaine^{26, 27, 28}.

→ Effet stroboscopique

L'impact stroboscopique des éoliennes, appelé également *effet flicker*, est le clignotement visuel causé par les pales lorsqu'elles tournent et créent des ombres intermittentes sous la lumière du soleil. Cet effet est réduit pour les grandes éoliennes, car la vitesse de rotation des pales est plus faible. L'effet peut être gênant pour les résidents proches et potentiellement provoquer des maux de tête ou de l'inconfort chez les personnes sensibles²³.

→ Projections de glace

Les projections de glace par les éoliennes représentent un danger potentiel pour le public et les infrastructures, car les fragments de glace peuvent être projetés à des distances lointaines de l'éolienne.

Afin de réduire ces risques, il est recommandé de maintenir une distance de sécurité relative au jet de morceau de glace se détachant des pales de l'éolienne.

L'utilisation de systèmes d'anti-givrage ou de dégivrage sur les pales permettent aussi de réduire ces risques tout en augmentant la capacité de production de l'éolienne en hiver.



Une distance conservatrice peut être calculée comme suit :

$$d = 1,5 * (H + D)$$

H correspond à la hauteur du mât et D au diamètre du rotor²⁹. Cette distance peut être réduite en faisant une étude de risque qui tient compte du modèle d'éolienne choisie (hauteur, longueur de pale et vitesse de rotation), des conditions précises de vent et de givre et de l'utilisation du site.

Volet financier



Coûts d'investissement (CAPEX)

Le coût d'investissement (CAPEX) d'un projet éolien se compose de plusieurs éléments essentiels, notamment les études d'ingénierie et de conception pour la planification technique, les études d'impact environnemental et l'obtention des permis nécessaires, l'achat des éoliennes et du matériel complémentaire, ainsi que les coûts d'installation, incluant la construction des chemins d'accès, le déboisement, les fondations, les réseaux collecteurs, et la mise en place des éoliennes, entre autres. À cela s'ajoutent divers autres frais associés à la mise en œuvre du projet.

Selon les données du tableau ci-dessous, les coûts d'investissement des projets éoliens récents au Québec, y compris ceux soumis dans le cadre de l'appel d'offres d'Hydro-Québec du 31 mars 2023, varient entre 2,45 millions \$/MW et 3,40 millions \$/MW.

Coûts d'investissement des projets éoliens au Québec

Projet	Promoteur et partenaires	Date de mise en service	Puissance (MW)	Coût estimé (M\$)	Coût unitaire (M\$/MW)
Parc éolien Broughton ^{30,31}	- Pattern Energy - MRC Les Appalaches - MRC de L'Érable - Conseil des Abénakis d'Odanak - Conseil des Abénakis de Wôlinak	Prévue en 2029	150	478	3,19
Parc éolien Les Jardins ³²	- Kruger Énergie - MRC Les Jardins-de-Napierville - Conseil mohawk de Kahnawake	Prévue fin 2028	147	500	3,40
Parc éolien Arthabaska ^{33,34,35}	- Boralex Développement Canada - MRC d'Arthabaska	Prévue en 2029	265,2	700	2,64
Parc éolien Manicouagan ³⁶	- Innergex - Conseil des Innus de Pessamit - MRC de Manicouagan	Prévue en 2029	300	1000	3,33
Parc éolien Monnoir ³⁷	- Boralex Développement Canada - Coopérative d'électricité de Saint-Jean-Baptiste	Prévue fin 2027	100	270	2,70
Parc éolien MRC Lotbinière ³⁸	- Innergex - MRC de Lotbinière - Conseil des Abénakis d'Odanak - Conseil des Abénakis de Wôlinak	Prévue en 2028	100	315	3,15
Parc éolien Mesgi'g Ugnu's'n 2 ^{39,40}	- Innergex - Mi'gmawei Mawiomi Business Corporation	Prévue fin 2026	102	250	2,45
Parc éolien Des Neiges – Secteur sud ⁴¹	- Boralex - Énergir - Hydro-Québec	Prévue fin 2026	400	1000	2,50
Parc éolien Apuiat ⁴²	- Boralex Développement Canada - Les Innus	2025	200	600	3,00
Parc éolien Des Cultures ⁴³	- Kruger Énergie - Énergies Durables Kahnawà:ke	Mis en opération en juin 2022	24	70	2,92

Pour ces projets éoliens, il est à noter que leur financement nécessite une prise en compte de stratégies de financement à long terme. Les coûts initiaux peuvent être amortis sur plusieurs années, ce qui atténue l'impact financier direct, en particulier pour les municipalités impliquées. De plus, ces projets peuvent générer des revenus stables grâce aux redevances et aux retombées économiques locales, ce qui réduit l'effet financier net et favorise une contribution positive sur le long terme pour les finances municipales.

Coûts d'opération et de maintenance (OPEX)

Le coût d'opération et de maintenance (OPEX) d'un projet éolien couvre à la fois les coûts fixes et variables associés à l'exploitation et à la maintenance.

Coûts fixes = maintenances planifiées, frais de communication, assurances, baux pour les terrains utilisés.

Coûts variables = salaire du personnel chargé des opérations et de la maintenance (O&M), dépenses liées aux équipements et matériaux pour l'entretien, frais de transport et d'hébergement nécessaires au personnel sur site.

Le coût OPEX est principalement influencé par la localisation et la taille du parc éolien. Les parcs situés dans des zones éloignées ou difficiles d'accès affichent généralement des coûts OPEX plus élevés en raison des contraintes liées à l'accessibilité et aux conditions climatiques exigeantes. La taille du parc est également un facteur clé, car les installations de grande envergure profitent d'économies d'échelle, ce qui permet de diminuer le coût OPEX par mégawatt.

En général, le coût OPEX fixe d'un projet éolien varie entre 33 070 \$/MW/an et 54 000 \$/MW/an⁴⁴.

Coût actualisé de l'énergie (LCOE)

Le coût actualisé de l'énergie (LCOE, *Levelized Cost Of Energy*, en anglais) est un indicateur économique utilisé pour estimer le coût de production d'un kilowattheure d'électricité sur toute la durée de vie d'une centrale. Il prend généralement en compte le CAPEX et l'OPEX. Cet indicateur permet de comparer les coûts des différentes sources d'énergie entre elles.

Pour les projets soumis dans le cadre de l'appel d'offres lancé par Hydro-Québec en 2023, portant sur une capacité totale de 1 550 MW, le LCOE moyen est estimé à 7,8 ¢/kWh. Il est à noter que ce coût moyen ne prend pas en compte les coûts liés au transport de l'énergie et à l'équilibrage du réseau électrique.⁴⁵



Chronologie d'un projet éolien



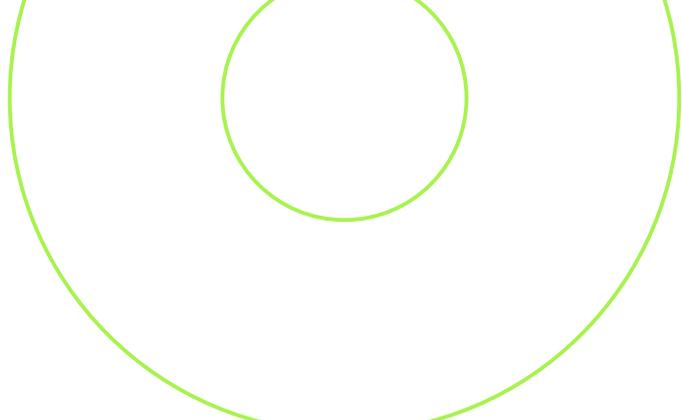
La mise en œuvre d'un projet éolien suit généralement sept étapes clés⁴³ :



Ces étapes et leurs composantes s'appliquent à tous types des projets éoliens, qu'ils soient commerciaux ou communautaires. Un projet peut être initié par un promoteur privé, un partenariat public-privé ou un regroupement de municipalités souhaitant s'engager dans la production d'énergie éolienne, soit seules, soit en collaboration avec le secteur privé. Ce processus convient aussi bien aux projets de petite envergure (moins de 25 MW) qu'aux projets de grande échelle (100 MW et plus).

Les 4 premières étapes présentées constituent la phase de planification, essentielle à la réalisation du projet. En moyenne, il faut prévoir de trois à six ans pour progresser de la présélection du site à la mise en service des éoliennes. Ensuite, la période d'exploitation, qui s'étend généralement sur 25 à 30 ans, peut commencer. Si les contrats avec Hydro-Québec ne sont pas renouvelés à l'issue de cette période, le démantèlement des installations devra être envisagé.

L'autorisation d'Hydro-Québec à déployer un projet s'obtient par la conclusion du contrat d'approvisionnement en électricité (CAÉ) et peut survenir aux trois premières étapes. Dans le cadre d'un appel d'offres, la sélection des gagnants et l'attribution du CAÉ surviennent la plupart du temps entre les étapes 2 et 3. En revanche, lorsqu'un projet est accordé de gré à gré, la société d'état peut être l'instigatrice et octroyer les autorisations avant même la sélection d'un site. Le cursus varie cependant selon la situation. L'autorisation ultime d'un projet est quant à elle octroyée par décret du gouvernement au moment de l'étape 4.



1 Sélection d'un site : La première étape pour l'installation d'un parc éolien consiste à sélectionner plusieurs sites afin d'identifier celui offrant les meilleures conditions d'exploitation. Pour déterminer le potentiel d'un parc, plusieurs critères techniques sont à vérifier : le potentiel de vent, les possibilités de raccordement au réseau d'Hydro-Québec, l'accès routier, la capacité du site et la propriété des terrains. En parallèle, il faut examiner les règlements municipaux et les politiques d'aménagement et d'urbanisme afin de détecter d'éventuelles contraintes. À cette étape, la consultation locale peut se restreindre à des échanges avec les autorités pour recueillir les informations essentielles à l'évaluation des sites.

2 Étude de faisabilité du projet : Cette étape consiste à examiner plus en détail le site choisi pour évaluer son potentiel éolien, ainsi que la viabilité économique et les impacts socioéconomiques du projet. Le potentiel éolien du site peut être évalué d'une manière précise à l'aide de mâts de mesure des vents.

Plusieurs études doivent être réalisées : dimensionnement des installations, analyse économique du projet, études de sol, étude d'impact.

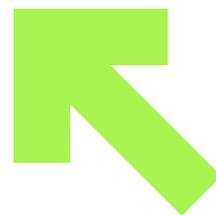
D'autre part, si le modèle traditionnel de développement est à l'origine d'un projet, les échanges avec les propriétaires fonciers doivent être entamés afin de déterminer la localisation des éoliennes et les modalités d'utilisation des terrains (coût de location, redevances, etc.) et également avec Hydro-Québec pour vérifier les différentes options de raccordement des éoliennes au réseau intégré de transport d'électricité.

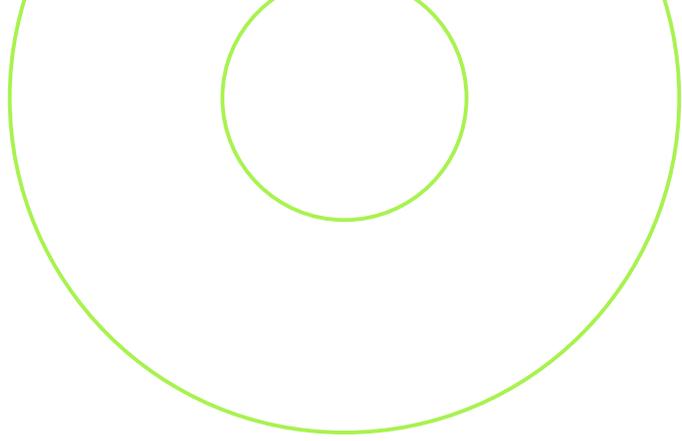
3 Plan d'implantation du projet : À la troisième étape, la viabilité économique du projet ainsi que son acceptabilité environnementale et sociale doivent être démontrées. Une audience publique peut être requise si le projet est soumis au Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE). Cette étape exige également de vérifier la conformité avec les règlements locaux, discuter des impacts sur l'emploi et l'économie régionale, et planifier le démantèlement du projet. La communication avec le public est essentielle, car des ajustements pourraient être requis en fonction des consultations et recommandations du BAPE.

Le BAPE a comme rôle d'évaluer les impacts environnementaux et sociaux des projets éoliens, notamment en organisant des consultations publiques pour recueillir les avis des citoyen(ne)s. Il émet par la suite des recommandations sur la faisabilité des projets en tenant compte des préoccupations sociales et environnementales dans un rapport final qui sera remis au gouvernement pour le guider dans sa décision concernant l'implantation du projet.

4 Approbation du projet : Dans cette étape, les autorisations requises doivent être obtenues des ministères et instances concernées, provinciales et fédérales. C'est à cette étape que le décret du gouvernement est obtenu. Une fois l'autorisation reçue, les permis municipaux nécessaires sont octroyés et la recherche de financements pour le projet peut débuter. Si des modifications à la réglementation municipale sont requises, une consultation publique pourrait être obligatoire.

Le décret est l'autorisation ultime du projet. Il inclut la description du projet, les conditions environnementales, les conditions issues des consultations publiques et en acceptabilité sociale.





5 Construction du projet : Lors de cette phase, il est recommandé de collaborer avec des entreprises locales pour favoriser l'économie régionale. Une fois la construction terminée, toutes les mesures environnementales et de sécurité planifiées doivent être appliquées, avec des vérifications effectuées par les autorités compétentes. Ensuite, la phase de mise en service peut commencer.

6 Exploitation du projet : La phase d'exploitation du projet dure généralement 25 à 30 ans, ce qui correspond à la vie utile des installations éoliennes. L'exploitant doit maintenir une bonne communication avec les autorités municipales et gérer rapidement toute problématique environnementale ou de voisinage. En cas d'incidents imprévus, comme une mortalité aviaire accrue, des ajustements peuvent être nécessaires, en collaboration avec des groupes spécialisés. L'exploitant doit également réaliser les suivis environnementaux prévus dans les conditions d'autorisation, incluant la surveillance de la faune, des impacts visuels, des perturbations des télécommunications et du climat sonore.

En général, l'exploitation d'un parc éolien est confié par contrat à un opérateur ou un promoteur. Ce contrat est régi par des obligations précises selon le projet et le territoire.

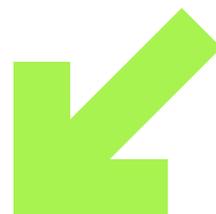
7 Démantèlement ou rééquipement des installations : À la fin de la durée de vie d'un parc éolien, plusieurs options s'offrent aux propriétaires du parc. Ces options sont définies dès la phase de planification du projet et inscrites dans le certificat d'autorisation gouvernemental. Deux principales solutions sont envisageables.

→ Le démantèlement

Si le parc éolien cesse ses activités, il doit être démantelé dans un délai de deux ans⁴⁷. Cela inclut le retrait des installations, la remise en état du terrain et la réhabilitation des sols. Les composantes des éoliennes sont envoyées dans des filières de recyclage et de valorisation dédiées. Pour garantir le financement de ce processus, le promoteur doit constituer des garanties financières pendant la période d'exploitation, exigées par Hydro-Québec dès le dixième anniversaire des livraisons. Ces coûts sont intégralement pris en charge par le promoteur.

→ Le renouvellement, également appelé *repowering*

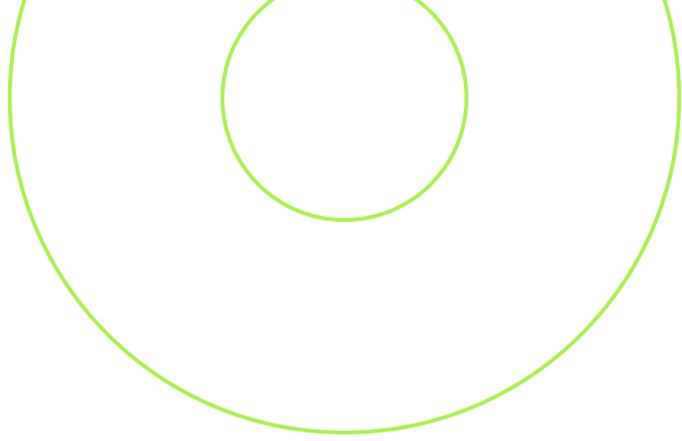
Le parc éolien peut être modernisé en remplaçant les équipements vieillissants par des technologies plus récentes et performantes, permettant ainsi de prolonger sa durée de vie et d'optimiser la production énergétique. À la fin du contrat avec Hydro-Québec, un renouvellement du contrat est possible, soit à court, moyen ou long terme. Le renouvellement peut s'effectuer de gré à gré. Il est difficile de prédire si un parc sera renouvelé, mais généralement, lorsque c'est possible, la reconduction est privilégiée à un démantèlement complet des infrastructures.



En cas de cession du parc, le décret d'autorisation doit être modifié pour garantir le respect des conditions de démantèlement par le nouveau propriétaire. Par ailleurs, en cas de bris majeur dû à une catastrophe naturelle, les assurances du promoteur couvrent la remise en état du parc.

Outils d'encadrement d'un projet éolien

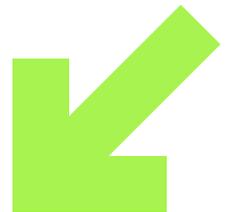




Bien que le secteur de l'énergie éolienne connaisse une croissance significative, son développement reste ralenti par plusieurs obstacles techniques, économiques, financiers et institutionnels. Pour surmonter ces défis et encourager une adoption plus large de l'énergie éolienne, divers outils d'encadrement des projets ont été mis en place.

1 En territoire public^{48,49}

Le gouvernement du Québec gère et met en valeur les terres publiques ainsi que leurs ressources naturelles, en intégrant une approche de développement durable et en prenant en compte une diversité de projets, dans les secteurs agricole, énergétique, forestier, minier et récréotouristique. Pour accompagner les promoteurs locaux, le gouvernement met à disposition des chargés de projets afin de favoriser l'acceptabilité sociale et de soutenir les démarches nécessaires.



a. Plans régionaux de développement du territoire public (PRDTP) – Volet éolien

Ces plans sont élaborés par le gouvernement en collaboration avec divers partenaires, notamment les municipalités régionales de comté (MRC), des organismes fauniques, environnementaux et récréatifs, les communautés autochtones, et des représentants des ministères et organismes publics. Leur but primordial est de déterminer quand, où, et comment attribuer des droits fonciers pour les installations éoliennes. En plus de protéger les paysages et de respecter le caractère unique des régions, ces plans visent à harmoniser le développement éolien avec les autres usages du territoire.

b. Analyses territoriales régionales – Volet éolien

Les analyses territoriales sont liées au cadre d'analyse pour l'implantation d'installations de production d'électricité renouvelable sur les terres du domaine de l'État⁵¹. Elles évaluent la compatibilité des installations éoliennes avec les caractéristiques du territoire, les statuts et droits existants ainsi que les usages actuels et potentiels. Ces analyses aident à s'assurer que les nouveaux projets éoliens s'intègrent de manière cohérente et harmonieuse avec les autres activités présentes sur le territoire public.

Ces outils visent à garantir que le développement éolien se fait de manière planifiée, respectueuse des spécificités régionales, et en accord avec les besoins de préservation des ressources naturelles et des paysages.

Le gouvernement propose aussi divers outils d'analyse et de planification pour aider à la localisation des projets et à leur intégration harmonieuse avec les usages existants. Dans le cas des projets de production d'électricité renouvelable, le Programme d'attribution des terres du domaine de l'État pour la production d'électricité renouvelable encadre l'attribution des terres publiques, facilitant ainsi l'accès aux sites tout en régulant l'octroi des droits fonciers.

Concernant les projets éoliens, des plans régionaux de développement et des analyses territoriales spécifiques encadrent l'implantation des parcs éoliens sur les terres publiques. Ces outils garantissent une utilisation harmonieuse du territoire, en prenant en compte la compatibilité des projets avec les caractéristiques régionales, les droits en vigueur et les usages existants.

2 En territoire privé^{44,52}

Pour soutenir un aménagement durable de l'énergie éolienne sur son territoire, le gouvernement du Québec a développé des orientations fondées sur des principes directeurs. **Les orientations gouvernementales en aménagement du territoire (OGAT) visent à encadrer les MRC dans la planification et la gestion de projets éoliens, en intégrant les spécificités locales, les ressources naturelles et les préoccupations citoyennes.** En collaborant étroitement avec les municipalités, cette démarche préconise une planification territoriale en phase avec les enjeux environnementaux, économiques et sociaux actuels.

Ces orientations s'adressent principalement aux MRC et aux municipalités locales à des fins d'équilibrer les objectifs de diversification énergétique, de développement économique, de participation citoyenne et de durabilité.

Le gouvernement insiste également sur l'importance d'un cadre d'accueil des projets éoliens adapté aux spécificités locales, avec des règles d'aménagement qui minimisent les impacts des éoliennes sur la qualité de vie des citoyen(ne)s et les activités locales. Par ailleurs, les MRC sont incitées à consulter les communautés autochtones concernées, en particulier lorsque les projets affectent des territoires revendiqués, afin de respecter les droits autochtones et d'adopter un modèle de développement éolien à la fois durable et inclusif.

Ces documents de références émis par le gouvernement fournissent des informations techniques et générales pour évaluer les impacts des projets, harmoniser l'intégration des éoliennes dans le paysage et répondre aux préoccupations locales.

[Guide d'intégration des éoliennes au territoire – Vers de nouveaux paysages](#)

[Développement durable de l'énergie éolienne – Considérations en matière de sécurité publique](#)

[La participation des municipalités aux projets d'éoliennes – Aspects financiers et autorisations requises pour un emprunt à long terme](#)

[Développement durable de l'énergie éolienne – Taille des éoliennes implantées au Québec](#)

[Développement durable de l'énergie éolienne – Cheminement d'un projet éolien sur les terres du domaine de l'État et sur les terres privées](#)

[Développement durable de l'énergie éolienne – Environnement sonore d'un parc éolien](#)

[Développement durable de l'énergie éolienne – Projection d'ombre ou effet stroboscopique](#)

[Développement durable de l'énergie éolienne – Règles applicables au démantèlement d'un parc éolien](#)

[Développement durable de l'énergie éolienne – Règles applicables dans la zone agricole établie en vertu de la Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles](#)

[Développement durable de l'énergie éolienne – Considérations générales en matière d'évaluation foncière municipale concernant l'implantation d'éoliennes](#)

[Développement durable de l'énergie éolienne – Encadrement du développement éolien sur les terres du domaine de l'État](#)

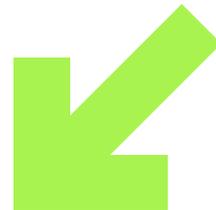


2.1. Connaissance du milieu

La connaissance approfondie du milieu constitue une étape essentielle dans la planification des projets éoliens. Elle inclut plusieurs aspects.

- a. **Potentiel éolien** : Pour identifier les zones de son territoire les plus propices au développement éolien, la MRC peut recourir à la carte de potentiel éolien fournie par le ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF) ainsi qu'à l'outil géomatique offert par la Photocartotheque québécoise. Les mâts de mesure installés par les promoteurs sont cruciaux pour évaluer précisément et adéquatement ce potentiel pour chaque site visé.
- b. **Accessibilité et infrastructures** : La faisabilité des projets éoliens dépend également de l'accessibilité des sites (présence de voies d'accès), de la proximité des infrastructures de transport d'énergie ainsi que de la capacité d'intégration au réseau d'Hydro-Québec.
- c. **Particularités du territoire** : Les particularités qui pourraient affecter le développement éolien varient selon les zones et peuvent inclure la réglementation juridique applicable à certains territoires (ex. : les parcs et habitats fauniques) ou aux utilisations actuelles du sol (ex. : érablières et forêts).
- d. **Préoccupations des citoyen(ne)s** : Les enjeux liés au bruit, à la préservation de la qualité environnementale et du cadre de vie, et aux aspirations des communautés en matière de développement touristique et économique doivent être prises en compte pour garantir l'acceptabilité sociale des projets.
- e. **Valeur du paysage** : L'installation d'éoliennes, en raison de leur nombre et de leur taille, peut modifier de manière significative l'aspect visuel du territoire, d'où l'importance de procéder de manière concertée et respectueuse du paysage. La MRC, en tant que responsable de la planification territoriale, est encouragée à identifier et valoriser les paysages qui revêtent une importance particulière pour la communauté, tout en veillant à leur préservation et leur mise en valeur⁷⁸.

Pour évaluer les impacts visuels et physiques des éoliennes, elle peut s'appuyer sur des expertises reconnues et bénéficier de l'appui du ministère des Affaires municipales et de l'Habitation (MAMH) qui propose, entre autres, un Guide d'intégration des éoliennes au territoire. Ce guide traite de la distinction entre les paysages qui sont compatibles avec le développement éolien, ceux qui pourraient l'être s'ils sont encadrés par des principes d'implantation et ceux qui ne sont pas compatibles.



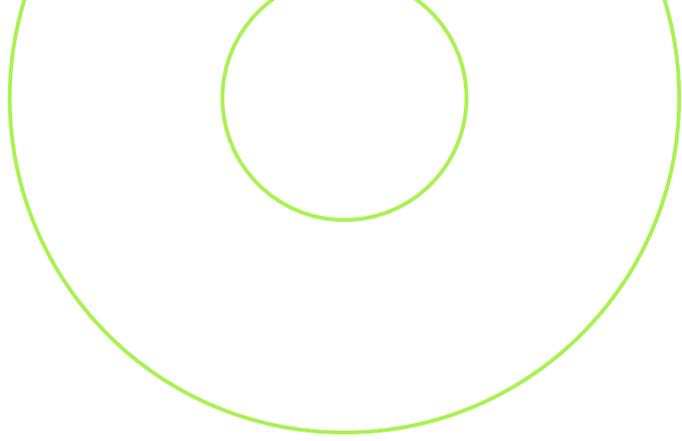
- f. **Risques pour la santé** : Les risques pour la santé liés au bruit des éoliennes soulèvent des questionnements chez la population, en particulier en raison des effets d'une exposition prolongée à des niveaux sonores modérés. Ce bruit peut générer du stress, perturber le sommeil et affecter la qualité de vie des résidents vivant à proximité des parcs éoliens.

En l'absence de normes spécifiques encadrant le bruit des éoliennes, les projets doivent se conformer aux critères du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP)^{75,76,77}. Pour les zones sensibles, telles que les écoles, les habitations unifamiliales de types jumelées ou isolées, les hôpitaux, les établissements de santé ou de convalescence, et les terrains agricoles avec des habitations existantes, le niveau sonore ne doit pas excéder 45 dB(A) pendant la journée et 40 dB(A) la nuit.

Ces seuils sont comparables à l'ambiance sonore d'une bibliothèque ou d'un bureau calme pour 45 dB(A) et au calme d'une chambre à coucher ou d'un environnement paisible pour 40 dB(A)⁴⁸.

Pour respecter ces niveaux sonores, des distances minimales doivent être respectées en fonction de la puissance des éoliennes. Par exemple, pour des éoliennes de grande puissance d'environ 1,8 MW, une distance de 800 mètres peut s'avérer nécessaire afin de limiter le bruit perçu par les résidents⁵⁵. Ces distances minimales permettent de réduire les impacts sonores sur les communautés environnantes, favorisant ainsi une meilleure acceptabilité sociale des projets éoliens.

L'implication de la population locale est essentielle pour intégrer les préoccupations des citoyen(ne)s et garantir l'acceptabilité sociale des projets.



g. **Sécurité publique** : La sécurité publique autour des parcs éoliens est un aspect essentiel à prendre en compte, notamment en raison des dimensions imposantes des structures (tours et pales) qui peuvent représenter un risque pour les bâtiments et les personnes. Actuellement, en l'absence de normes de distance nationales uniformes, certaines réglementations locales et internationales suggèrent des distances minimales. Au Québec, le ministère des Transports et de la Mobilité durable (MTMD)⁵⁰ recommande une distance d'éloignement égale à la hauteur totale de l'éolienne pour les routes majeures et les voies ferrées afin de réduire les risques liés aux conditions météorologiques et à la sécurité. Cette norme, exprimée en fonction de la hauteur de l'éolienne, permet de s'adapter aux différentes tailles d'éoliennes disponibles actuellement et dans le futur.

h. **Conservation de la faune** : L'implantation d'éoliennes peut affecter certaines espèces fauniques et leurs habitats, un impact qui varie en fonction des caractéristiques spécifiques du territoire de la MRC et de la taille du parc éolien. Pour minimiser ces effets, la MRC est encouragée à consulter sa direction régionale du MRNF, qui peut fournir des directives pour protéger les espèces fauniques et leurs habitats. Le MRNF offre également des indications pour l'intégration harmonieuse des parcs éoliens dans des zones sensibles, telles que les réserves fauniques, les zones d'exploitation contrôlée et les pourvoiries avec droits exclusifs.

Par ailleurs, les exploitants de parcs éoliens sont tenus de suivre et de documenter l'impact de leurs installations sur la faune, notamment la mortalité des oiseaux et des chauves-souris, conformément aux exigences réglementaires. Ces rapports de suivi, qui seront rendus publics et consultables via le site de [l'Association québécoise pour l'évaluation d'impacts \(AQÉI\)](#), offriront une ressource utile pour les gestionnaires et les parties prenantes dans le cadre de la planification et du suivi des projets éoliens.



Dans le cadre de sa démarche de connaissance du milieu, la MRC identifie et évalue les spécificités et préoccupations locales. Cependant, toutes les informations recueillies n'ont pas la même importance : certaines composantes, comme les sites emblématiques ou les paysages de valeur, sont particulièrement sensibles aux yeux de la population et nécessitent une protection renforcée. Il devient donc essentiel de hiérarchiser ces données pour évaluer leur importance relative.

Cette analyse permet à la MRC de mieux encadrer l'implantation des projets éoliens sur son territoire. Elle pourrait prévoir, dans son schéma d'aménagement et de développement, que certaines zones doivent faire l'objet d'une interdiction d'implantation pour cause d'incompatibilité, tandis que d'autres pourront être soumises à des règles d'intégration spécifiques. Par exemple, la MRC pourrait définir des secteurs agricoles où l'implantation d'éoliennes serait compatible avec les activités agricoles, tout en respectant les mesures d'atténuation recommandées par Hydro-Québec pour l'aménagement de parcs éoliens en milieux agricole et forestier.

2.2. Cadre d'aménagement⁴⁹

Afin d'encadrer le développement éolien, les MRC et les municipalités disposent de plusieurs outils de planification et de réglementation en vertu de la *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme* (LAU).

a. Pour la MRC⁴⁹

Pour assurer une cohérence dans la planification, les MRC sont invitées à intégrer les documents de planification du MRNF (comme le PRDTP^{55,56} ou l'Analyse territoriale^{57,58,59}) dans leurs propres outils d'aménagement du territoire. Cela inclut :

➔ Schéma d'aménagement et de développement et document complémentaire

Les MRC peuvent intégrer les orientations et objectifs relatifs au développement éolien dans leur schéma d'aménagement en définissant des « territoires de compatibilité » avec des indications précises sur les modalités d'aménagement. Ces territoires doivent prendre en compte les grandes affectations du territoire (résidentielle, industrielle, récréative, etc.) et éviter les zones de protection naturelle ou à vocation récréative, telles que les parcs nationaux et aires protégées.

Bien que la notion de paysage ne soit pas explicitement intégrée dans le schéma, elle peut être reliée aux « territoires d'intérêt esthétique ». Pour assurer la compréhension des objectifs par la communauté, il est essentiel de définir les éléments paysagers significatifs (paysages emblématiques, qualité visuelle). Le schéma doit ainsi préciser les composantes visuelles majeures et appliquer des principes pour les projets éoliens (respect des lignes de force géomorphologiques, limitation de l'impact visuel, seuil de saturation du paysage, etc.).

➔ Règlement de contrôle intérimaire

Les MRC peuvent adopter un règlement de contrôle intérimaire (RCI) qui permet de réguler ou de restreindre temporairement les projets éoliens pendant la période de révision du schéma d'aménagement, assurant ainsi que les projets réalisés ne compromettent pas les nouvelles orientations en cours d'élaboration. Par exemple, le RCI peut interdire l'implantation d'éoliennes dans certaines zones sensibles ou imposer des conditions pour lever ces restrictions, telles que l'intégration visuelle des installations éoliennes dans le paysage. Il peut également établir des distances minimales entre les éoliennes et les bâtiments à protéger, limiter le nombre d'éoliennes dans un parc ou déterminer leur configuration (par exemple, alignées ou en grappes). En outre, le RCI peut exiger des simulations d'intégration pour évaluer l'impact visuel des projets sur le paysage environnant.



Le document complémentaire (lié au schéma d'aménagement), quant à lui, offre un cadre plus détaillé en regroupant les règles et critères que les municipalités devront intégrer dans leurs plans et règlements d'urbanisme. Il peut être normatif et prescriptif, en imposant des règles minimales (par exemple, la distance minimale entre une éolienne et une résidence), maximales (nombre d'éoliennes autorisées dans un parc), spécifiques (interdiction d'éoliennes dans certaines zones) ou générales (prévoir des normes pour limiter le déboisement dans les parcs éoliens). Ce document peut également adopter une approche qualitative, traduisant les objectifs du schéma en critères souples et laissant une certaine latitude aux municipalités pour adapter leurs règlements d'urbanisme, que ce soit des règlements de zonage normatifs ou des règlements discrétionnaires comme les plans d'aménagement d'ensemble (PAE), les plans d'implantation et d'intégration architecturale (PIIA) ou les projets particuliers de construction, de modification ou d'occupation d'un immeuble (PPCMOI).

b. Pour la municipalité^{49c}

La municipalité doit garantir la conformité au schéma d'aménagement et de développement dans son plan d'urbanisme ainsi que dans l'ensemble de ses règlements d'urbanisme.

→ Plan d'urbanisme

Le plan d'urbanisme permet de définir les zones de développement éolien en spécifiant les grandes affectations du sol et les zones de protection. Il peut être plus restrictif que le schéma d'aménagement et de développement et détailler davantage les modalités d'implantation.

→ Règlements d'urbanisme à caractère normatif

Les règlements de zonage permettent de considérer les éoliennes comme des constructions à usage spécifique de production d'énergie. Ils peuvent imposer des normes sur la distance entre les éoliennes, la distance entre les éoliennes et les bâtiments, la forme, la couleur et l'entretien des éoliennes. Ils peuvent aussi réguler la disposition des éoliennes et imposer des conditions de sécurité publique, comme l'enfouissement des câbles et le contrôle des accès.

→ Règlements d'urbanisme à caractère discrétionnaire

Les règlements discrétionnaires, tels que les Plans d'aménagement d'ensemble (PAE) et les Plans d'implantation et d'intégration architecturale (PIIA), permettent un contrôle qualitatif des projets éoliens en appliquant des critères précis pour une meilleure intégration au paysage. Le PAE permet à la municipalité de désigner des zones nécessitant une planification détaillée, en fixant des critères précis comme la localisation des éoliennes, l'aménagement paysager, les perspectives visuelles et l'accès. Avant toute modification des règlements d'urbanisme, le PAE précise les usages et les densités d'occupation de ces zones, informant ainsi les parties intéressées des futures orientations de développement.

Les éoliennes peuvent être interdites dans ces zones jusqu'à l'approbation du PAE, et toute modification doit obtenir le soutien des personnes habiles à voter et sera sujette à une analyse de conformité de la MRC. Le conseil municipal peut également assortir son approbation de conditions spécifiques, telles que la prise en charge de certains coûts par le promoteur, le respect des délais d'exécution, et la fourniture de garanties financières pour couvrir d'éventuels frais de remise en état des lieux après construction.



Le règlement sur les PIIA permet de contrôler l'aménagement sans modifier les règlements d'urbanisme ni nécessiter l'examen de conformité par la MRC ou l'approbation des personnes habiles à voter, le cas échéant. Comme avec les PAE, le conseil municipal peut poser des conditions spécifiques. De même, le règlement sur les usages conditionnels offre un contrôle similaire, mais plus flexible, autorisant l'usage dès le départ et permettant au conseil d'ajouter diverses conditions, par exemple pour limiter les nuisances.

Les municipalités peuvent aussi recourir aux projets particuliers de construction, de modification ou d'occupation d'un immeuble (PPCMOI), similaires aux PAE, nécessitant un amendement des règlements d'urbanisme et l'approbation de la MRC, voire celle des personnes habiles à voter. Ils permettent aussi au conseil municipal d'ajouter des conditions spécifiques en fonction des compétences de la municipalité.

2.3. Élaboration du projet

Impliquer la population dans l'aménagement des projets éoliens offre un avantage pour la MRC, lui permettant d'adapter les projets aux spécificités locales et aux préoccupations des résidents. En sélectionnant les moyens de consultation adéquats, la MRC identifie les acteurs locaux, incluant les communautés autochtones, à consulter pour obtenir une connaissance approfondie du territoire et élaborer des règles d'aménagement respectueuses des attentes de la population.

Par ailleurs, la MRC peut organiser des consultations publiques pour prendre le pouls de la population sur les projets éoliens. Le gouvernement soutient cette initiative en offrant l'assistance d'un commissaire du Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE), qui peut appuyer la MRC dans l'organisation et l'animation des consultations. Ce processus inclusif vise à renforcer l'acceptabilité sociale et garantir que les projets répondent aux attentes des résident(e)s.



2.4. Analyse critique

Une fois le cadre d'aménagement pour le développement éolien mis en place et un premier projet réalisé, il est recommandé que la MRC procède à une évaluation critique de ce cadre. Cette démarche permettrait de vérifier dans quelle mesure le cadre atteint ses objectifs initiaux et d'identifier les ajustements nécessaires pour optimiser son efficacité.

Ce mécanisme de suivi pourrait inclure la participation du comité de concertation de la MRC, facilitant ainsi l'intégration des évolutions technologiques et des retours d'expérience. Le gouvernement encourage fortement la mise en place de ce processus de révision continue, soulignant son importance pour garantir un développement éolien adapté, durable et en phase avec les avancées du secteur.

Résumé de l'encadrement préalable du développement éolien par la MRC⁴⁸

Participation du milieu : concertations des acteurs concernés + information de la population

Connaissance du milieu

Potentiel éolien

- Gisements éoliens
- Mâts de mesure du vent
- Tracé des lignes de transport
- Accessibilité aux gisements

Particularités / Préoccupations

- Parcs
- Milieux urbanisés
- Paysages
- Choix collectifs de développement
- Corridors migratoires
- Circuits touristiques

Ensembles patrimoniaux
Ensembles naturels
Structures
Axes et points de vue

Synthèse territoriale

Fragilité des composantes du milieu

- Déterminer le degré de fragilité des diverses composantes du milieu
- Classer les composantes selon leur fragilité
- Déterminer le niveau de compatibilité avec le développement éolien

Cadre d'aménagement

- Règles d'aménagement
 - Interdiction ou restrictions appropriées dans les milieux les plus sensibles
 - Autorisation dans les secteurs propices avec ou sans mesures de mitigation (simulations visuelles)
 - Atténuation du bruit (distances séparatrices)
 - Etc.
- Outil d'intervention
 - Schéma d'aménagement et de développement (établir les règles et critères pour les règlements d'urbanisme et le Plan d'implantation et d'intégration architecturale)
 - Règlement de contrôle intérimaire (outil temporaire – règles à intégrer rapidement au schéma d'aménagement)

Élaboration d'un projet éolien

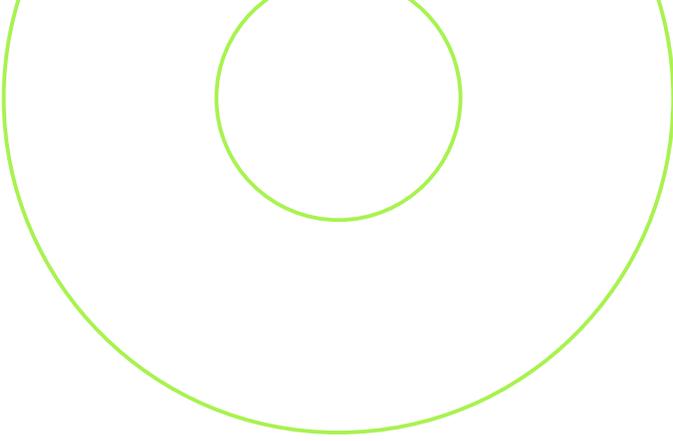
- À l'initiative d'un promoteur
- Dans le respect de la réglementation municipale
- Association du conseil municipal et de la population dans la démarche d'élaboration et d'implantation

Évaluation critique

- Évaluer le cadre d'aménagement de la MRC et ses conséquences à la lumière des objectifs initialement poursuivis et du projet réalisé
- Le résultat est-il conforme aux attentes? Des ajustements sont-ils nécessaires?
- Déterminer les correctifs appropriés, le cas échéant
- Modifier le schéma d'aménagement ou le RCI, le cas échéant

Exemples de projets éoliens





Parc éolien de Roncevaux (MRC d'Avignon)

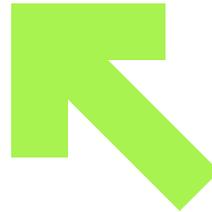
Le parc éolien de Roncevaux, situé dans la MRC d'Avignon en Gaspésie, est un projet de 75 MW composé de 34 éoliennes GE, ayant chacune une puissance de 2.2 MW⁶³. Ce parc résulte d'un partenariat entre Boralex (50 %), la Régie intermunicipale de l'énergie du Bas-Saint-Laurent (33 %) et la Régie intermunicipale de l'énergie Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine (17 %).⁶⁴ Conçu pour soutenir le développement éolien local et réduire les émissions de gaz à effet de serre, il vise également à dynamiser l'économie régionale et à créer des emplois. Le projet, avec un coût total de 172 M\$, génère des redevances annuelles de 375 000 \$ pour la MRC d'Avignon et de 1.5 M\$ pour les partenaires publics sur une période de 25 ans, assurant ainsi un soutien économique durable pour les collectivités locales. Le parc a également été reconnu pour son leadership municipal en 2018.⁷⁴

Parc éolien communautaire de la MRC du Granit

Le parc éolien communautaire de la MRC du Granit, en opération depuis novembre 2014, est une copropriété détenue à 70 % par EDF Renewables et à 30 % par la MRC du Granit. Implanté dans la municipalité de Saint-Robert-Bellarmin, le parc génère une capacité totale de 24,6 MW grâce à 12 éoliennes Servion⁶¹, chacune ayant une puissance de 2.05 MW. Entre 2015 et 2024, il a généré plus de 12 M\$, répartis entre les 16 municipalités partenaires⁶².

Parc éolien Viger-Denonville (MRC de Rivière-du-Loup)

Le parc éolien communautaire Viger-Denonville, inauguré en 2013, est le premier du genre au Québec. Situé dans la MRC de Rivière-du-Loup, ce parc est détenu à parts égales par la MRC et Innergex. Implanté principalement en milieu forestier dans les municipalités de Sainte-Épiphane et Saint-Paul-de-la-Croix, il compte 12 éoliennes Servion d'une puissance de 2.05 MW chacune, pour une capacité totale de 24,6 MW. Le parc couvre une superficie de 865 hectares et a nécessité un investissement de 65 M\$. Chaque année, il génère 1 M\$ de revenus pour la municipalité, après remboursement des prêts liés au financement initial⁶⁰.



Parc éolien Nicolas-Riou (MRC Les Basques et de Rimouski-Neigette)⁶⁶

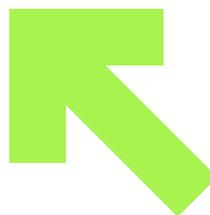
Le parc éolien Nicolas-Riou, situé au Bas-Saint-Laurent et en opération depuis 2018, est un projet majeur de 224,25 MW développé par EDF Renewables Canada. Ce projet est une collaboration entre EDF Renewables, la Régie intermunicipale de l'énergie du Bas-Saint-Laurent (RIEBSL), composée des MRC du Bas-Saint-Laurent et de la Première Nation Viger Maliceet, ainsi que de la Régie intermunicipale de l'énergie Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine (RIEGÎM). EDF Renewables Canada détient 50 % du projet, tandis que RIEBSL et RIEGÎM en détiennent 33,33 % et 16,67 %, respectivement. Le parc, situé sur les terres privées et publiques des municipalités de Sainte-Françoise, Saint-Mathieu-de-Rioux, Saint-Médard et Saint-Eugène-de-Ladrière ainsi que du territoire non-organisé Lac-Boisbouscache, est équipé de 65 éoliennes Vestas V117 et a nécessité un investissement estimé à environ 500 M\$. Il génère des revenus annuels de plus de 11 M\$ pour les MRC Les Basques et de Rimouski-Neigette, prévus pour une période de 25 ans. Ce projet, l'un des huit attribués à EDF Renewables Canada par Hydro-Québec à travers divers appels d'offres, s'est distingué en 2019 en étant reconnu par l'Association canadienne de l'énergie éolienne (CanWEA).

Parc éolien Apuiat⁶⁸

Le projet éolien Apuiat, d'une capacité de 200 MW et d'un coût estimé à 600 M\$, est développé en partenariat entre les Innus et Boralex sur le territoire traditionnel de Uashat mak Mani-utenam, incluant Port-Cartier et le territoire non-organisé Lac-Walker dans la région de la Côte-Nord. Ce parc, composé de 34 éoliennes, incarne une démarche respectueuse des valeurs innues de préservation de la nature et des pratiques traditionnelles. La construction, commencée à l'hiver 2023, vise une mise en service en 2025. Apuiat fournira une source d'énergie propre durable, avec des retombées économiques significatives pour les communautés autochtones et locales.

Parc éolien Mont-Sainte-Marguerite (MRC de Lotbinière, de Beauce-Centre et Les Appalaches)^{66, 67}

Le parc éolien Mont-Sainte-Marguerite, d'une capacité totale de 147,2 MW, est un projet notable en dehors des zones habituelles du Québec. Il comprend 46 éoliennes Siemens SWT-3.2-113, chacune ayant une puissance de 3,2 MW. Le parc est réparti sur les territoires de Saint-Sylvestre (28 éoliennes), Saint-Séverin (15 éoliennes) et Sacré-Cœur-de-Jésus (3 éoliennes). Développé par la société en commandite Parc éolien Mont-Sainte-Marguerite S.E.C., ce projet a été financé pour un coût total estimé à 300 M\$. Il bénéficie d'un contrat de 25 ans avec Hydro-Québec pour la vente de 465 686 MWh d'électricité par an. Les municipalités locales détiennent 50 % des actions, permettant une certaine influence sur les décisions opérationnelles sans risque financier direct. Le projet est soutenu par Pattern Renewable Holdings Canada et Systèmes d'énergie renouvelable Canada.



Bibliographie



1. Gouvernement du Québec. (2020) Plan pour une économie verte 2030 | Politique-cadre d'électrification et de lutte contre les changements climatiques. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/environnement/publications-adm/plan-economie-verte/plan-economie-verte-2030.pdf>
2. Hydro-Québec. (2024) Stratégie de développement éolien. <https://www.hydroquebec.com/data/a-propos/pdf/strategie-developpement-eolien.pdf>
3. Hydro-Québec. (2023) Plan d'action 2035 | Le contexte énergétique au Québec et l'industrie éolienne. <https://www.mrcdrummond.qc.ca/wp-content/uploads/2024/03/Contexte-energetique-et-industrie-eolienne.pdf>
4. GreenEnergy3000. (2020) Projet éolien Fère-Champenoise. https://www.marne.gouv.fr/contenu/telechargement/33012/206407/file/3.4_Description_projet_Volet_commun_v202002.pdf
5. Agence de la transition écologique. (2024) Tout comprendre – L'Éolien. https://bibliothec.ademe.fr/index.php?controller=attachment&id_attachment=3500&preview=1
6. PagesJaunes. Éolienne verticale. <https://eolienne.pagesjaunes.fr/comprendre/eolienne-verticale>
7. Le Journal de l'Éolien. Technologies & enjeux / Les principales technologies éoliennes. <https://www.journal-eolien.org/tout-sur-l-eolien/les-principales-technologies-eoliennes/>
8. Ryan Schnurr. (2018) Les éoliennes – Icônes des Grandes Plaines. <https://histochronum.com/les-eoliennes-icônes-des-grandes-plaines/>
9. WindEurope. (2024) Wind energy in Europe : 2023 Statistics and the outlook for 2024-2030. <https://windeurope.org/intelligence-platform/product/wind-energy-in-europe-2023-statistics-and-the-outlook-for-2024-2030/>
10. U.S. Department of Energy. (2023) Land-Based Wind Market Report. <https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-08/land-based-wind-market-report-2023-edition.pdf>
11. CMATV. (2024) Parc éolien à Saint-Paul-de-Montigny : un groupe de travail sera mis sur pied. <https://cmatv.ca/consultation-projet-eolien-st-paul-de-montminy-2024-05-23/>
12. Parlons Sciences. (2023) Production d'électricité : l'énergie éolienne. <https://parlonsscience.ca/ressources-pedagogiques/documents-dinformation/production-delectricite-lenergie-eolienne>
13. Gouvernement du Québec. Développement durable de l'énergie éolienne | Configuration schématique d'un parc éolien. https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/affaires-municipales/publications/amenagement_territoire/orientations_gouvernementales/eoliennes_f02_configuration_schematique.pdf
14. L'énergie éolienne. (2008) <http://adriil24.free.fr/TPE2/documents/31.html>
15. Hydro-Québec. (2021) Cadre de référence relatif à l'aménagement de parcs éoliens en milieux agricole et forestier. <https://www.hydroquebec.com/data/administrations-municipales/pdf/cadre-de-ref-eolien-nov-2021.pdf>
16. Activa Environnement. (2019) Parc éolien des cultures. <https://www.ree.environnement.gouv.qc.ca/dossiers/3211-12-241/3211-12-241-10.pdf>
17. Projet éolien Des Cultures. <https://projeteoliendescultures.com/documents/>
18. Hydro-Québec. (2019) Convention relative aux modifications apportées au contrat d'approvisionnement en électricité. <https://www.hydroquebec.com/data/achats-electricite-quebec/pdf/contrats/des-cultures-amendement-4.pdf>
19. U.S. Department of Energy. (2024) How wind can help us breathe easier. <https://www.energy.gov/eere/wind/articles/how-wind-can-help-us-breathe-easier>
20. Le Journal de l'Éolien. Technologies & enjeux | Analyse du cycle de vie. <https://www.journal-eolien.org/tout-sur-l-eolien/analyse-de-cycle-de-vie-de-leolien/>
21. Institut national de santé publique du Québec. (2013) Éoliennes et santé publique. <http://www.santecom.qc.ca/Bibliothequevirtuelle/INSPQ/9782550676263.pdf>
22. Mta Terre. (2023) Comment ça marche l'énergie éolienne? <https://mtaterre.fr/articles/comment-ca-marche-lenergie-eolienne/>
23. Science Presse. (2021) Les éoliennes, de grandes tueuses d'oiseaux? Faux. <https://www.sciencepresse.qc.ca/actualite/detecteur-rumeurs/2021/04/22/eoliennes-grandes-tueuses-oiseaux-faux>
24. Gouvernement du Québec. (2025) Protocole de suivi des mortalités d'oiseaux et de chiroptères dans le cadre de projets d'implantation d'éoliennes au Québec. <https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/protocole-mortalite-oiseaux.pdf>

Bibliographie



25. Gouvernement du Québec. (2007) Guide d'intégration des éoliennes au territoire. https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/affaires-municipales/publications/amenagement_territoire/orientations_gouvernementales/guide_integracion_eoliennes_territoire.pdf
26. Centre de collaboration nationale en santé environnementale. (2010) Projet de parc éolien de Saint-Valentin. <https://voute.bape.gouv.qc.ca/dl/?id=00000388938>
27. Abies Energies & Environnement. Projet de parc éolien de Beauchamps-le-Jeune. <https://www.somme.gouv.fr/content/telechargement/41217/240971/file/80-FE%20BEAUCAMPS-LE-JEUNE-4.2-EIE-pages%20370%20à%20615.pdf>
28. Société QUADRAN. Projet du parc éolien d'Alaincourt. https://www.aisne.gouv.fr/content/telechargement/24281/160440/file/4_2_etude_impact.pdf
29. Association canadienne de l'énergie renouvelable. (2020) Best practices for wind farm icing and cold climate health & safety. https://renewablesassociation.ca/wp-content/uploads/2021/01/Best-Practices-for-Wind-Farm-Icing-and-Cold-Climate_June2020.pdf
30. Courrier Frontenac. (2024) Hydro-Québec retient le projet du Parc éolien Broughton. <https://www.courrierfrontenac.qc.ca/infolettre/hydro-quebec-retient-le-projet-du-parc-eolien-broughton/>
31. Pattern Energy. Projet éolien Broughton. <https://patternenergy.com/fr/projects/parceolienbroughton/>
32. Coup d'œil Info. (2024) Le projet éolien Les Jardins retenu par Hydro-Québec. <https://www.coupdoeil.info/infolettre/le-projet-eolien-les-jardins-retenu-par-hydro-quebec/>
33. La Nouvelle union. (2024) Le point sur le projet éolien. <https://www.lanouvelle.net/infolettre/le-point-sur-le-projet-eolien/#:~:text=Le%20projet%20%C3%A9olien%20Arthabaska%20commande,%C3%A0%20d%C3%A9caisser%20chacun%20350%20M%20%24>
34. Victoriaville et sa région. (2025) Les vraies affaires à propos des éoliennes. <https://www.regionvictoriaville.com/page/1716/projet-eolien.aspx#projet>
35. Gouvernement du Québec. Projet de construction du parc éolien Arthabaska. https://www.ree.environnement.gouv.qc.ca/projet.asp?no_dossier=3211-12-262
36. MRC de Manicouagan. (2024) Le projet éolien d'Innergex dans la Manicouagan choisi par Hydro-Québec. <https://www.mrcmanicouagan.qc.ca/47/le-projet-eolien-d-innergex-dans-la-manicouagan-choisi-par-hydro-quebec-/nouvelle.html>
37. Projet éolien Monnoir. <https://www.eolienmonnoir.com/%C3%A0-propos>
38. Projet éolien Lobinière Ndakina. <https://www.lotbinierendakina.com/>
39. Bureau d'audiences publiques sur l'environnement du Québec. (2024) Projet de parc éolien Mesgi'g Ugju's'n2 dans la MRC d'Avignon. https://www.bape.gouv.qc.ca/fr/dossiers/eolien-mesgi_g-ugju-sn_2
40. Bureau d'audiences publiques sur l'environnement du Québec. (2024) Projet de parc éolien Mesgi'g Ugju's'n2 dans la MRC d'Avignon | Rapport d'enquête et de consultation ciblée. <https://voute.bape.gouv.qc.ca/dl/?id=00000648021>
41. MRC de la Côte-de-Beaupré. (2024) Mémoire relatif à la réalisation du projet éolien Des Neiges – Secteur Sud. https://mrcotedebeaupre.com/wp-content/uploads/2024/03/Memoire-Projet-eolien-Des-Neiges_VF.pdf
42. Bureau d'audiences publiques sur l'environnement du Québec. (2021) Projet de parc éolien Apuiat dans la MRC de Sept-Rivières. <https://www.bape.gouv.qc.ca/fr/dossiers/projet-parc-eolien-apuiat-mrc-sept-rivieres/>
43. Bureau d'audiences publiques sur l'environnement du Québec. (2019) Projet de parc éolien Des Cultures à Saint-Rémi et Saint-Michel. <https://www.bape.gouv.qc.ca/fr/dossiers/parc-eolien-des-cultures-saint-remi-saint-michel/>
44. Lazard. (2021) Lazard's levelized cost of energy analysis — version 15.0. <https://www.lazard.com/media/sptifats/lazards-levelized-cost-of-energy-version-15-0-vf.pdf>
45. Hydro-Québec. (2024) Hydro-Québec retient huit soumissions totalisant 1 550 MW d'énergie éolienne. <https://nouvelles.hydroquebec.com/fr/communiqués-de-presse/2036/hydro-quebec-retient-huit-soumissions-totalisant-1-550-mw-de-nergie-eolienne/>
46. Gouvernement du Québec. (2007) La participation des municipalités aux projets d'éoliennes | Principaux facteurs de réussite d'un projet et étapes de réalisation. https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/affaires-municipales/publications/amenagement_territoire/orientations_gouvernementales/eoliennes_facteurs_de_reussite.pdf
47. Gouvernement du Québec. Développement durable de l'énergie éolienne | Règles applicables au démantèlement d'un parc éolien. https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/affaires-municipales/publications/amenagement_territoire/orientations_gouvernementales/eoliennes_f07_regles_demantelement.pdf

Bibliographie



48. Gouvernement du Québec. Énergie éolienne | Cadre d'implantation | Les outils d'encadrement et de planification. <https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/le-secteur/eolien/energie-eolienne/cadre-dimplantation/les-outils-dencadrement-et-de-planification>
49. Gouvernement du Québec. Projets de développement sur le territoire public. <https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/occupation-du-territoire-public/activites-commerciales-industrielles/projets-de-developpement#c62415>
50. Publications du Québec. La Gazette officielle du Québec. (2022) Règlement modifiant le Règlement sur les produits d'épargne. https://www.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/fileadmin/gazette/pdf_encrypte/lois_reglements/2022F/78598.pdf
51. Gouvernement du Québec. (2023) Cadre d'analyse pour l'implantation d'installations de production d'électricité renouvelable sur les terres du domaine de l'État. https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/ressources-naturelles/territoire/Documents/CA_analyse_programme_electricite_renouvelable.pdf
52. Gouvernement du Québec. (2007) Les orientations du gouvernement en matière d'aménagement | Pour un développement durable de l'énergie éolienne. https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/affaires-municipales/publications/amenagement_territoire/orientations_gouvernementales/orientations_eoliennes.pdf
53. Gouvernement du Québec. Ministère des Ressources naturelles et des Forêts. <https://mrnf.gouv.qc.ca/>
54. Gouvernement du Québec. Ministère des Ressources naturelles et des Forêts | Cartes et informations géographiques. <https://mrnf.gouv.qc.ca/ministere/cartes-information-geographique/>
55. Gouvernement du Québec. (2007) Ministère des Ressources naturelles et des Forêts | Plan régional de développement du territoire public, volet éolien – Bas-Saint-Laurent. <https://mrnf.gouv.qc.ca/nos-publications/plan-regional-developpement-territoire-public-volet-eolien-bas-saint-laurent/>
56. Gouvernement du Québec. (2004) Ministère des Ressources naturelles et des Forêts | Plan régional de développement du territoire public, volet éolien – Gaspésie et MRC de Matane. <https://mrnf.gouv.qc.ca/nos-publications/plan-regional-developpement-territoire-public-volet-eolien-gaspesie/>
57. Gouvernement du Québec. (2007) Ministère des Ressources naturelles et des Forêts | Analyse territoriale, volet éolien – Capitale-Nationale. <https://mrnf.gouv.qc.ca/nos-publications/analyse-territoriale-volet-eolien-capitale-nationale/>
58. Gouvernement du Québec. (2007) Ministère des Ressources naturelles et des Forêts | Analyse territoriale, volet éolien – Chaudière-Appalaches. <https://mrnf.gouv.qc.ca/nos-publications/analyse-territoriale-volet-eolien-chaudiere-appalaches/>
59. Gouvernement du Québec. (2007) Ministère des Ressources naturelles et des Forêts | Analyse territoriale, volet éolien – Côte-Nord. <https://mrnf.gouv.qc.ca/nos-publications/analyse-territoriale-volet-eolien-cote-nord/>
60. MRC de Rivière-du-Loup. Production d'énergie renouvelable. https://mrcriviereduloup.ca/services/?id=production_denergie_renouvelable
61. EDF. (2014) Projet éolien de Le Granit. <https://www.edf-re.com/fr/projet/le-granit-vent/>
62. MRC du Granit. (2024) 1,4 M\$ pour les 16 municipalités partenaires. <https://www.mrcgranit.qc.ca/fr/nouvelles-details/2024/06/25/1-4-m-pour-les-16-municipalites-partenaires/>
63. Boralex. Nos projets et sites. <https://www.boralex.com/fr/projets-et-sites?refinementList%5Bcountry%5D%5B0%5D=-Canada>
64. PhareClimat santé. Parc éolien Roncevaux. <https://www.phareclimat.com/447-parc-eolien-roncevaux>
65. EDF. (2018) Projet éolien de Nicolas-Riou. <https://www.edf-re.com/fr/projet/nicolas-riou/>
66. Bibliothèque et archives nationales du Québec. Bureau d'audiences publiques sur l'environnement. (2016) Projet de parc éolien Mont Sainte-Marguerite à Saint-Sylvestre, Saint-Séverin et Sacré-Cœur-de-Jésus. <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/2567601>
67. Bureau d'audiences publiques sur l'environnement. (2016) Projet de parc éolien Mont Sainte-Marguerite à Saint-Sylvestre, Saint-Séverin et Sacré-Cœur-de-Jésus. <https://www.bape.gouv.qc.ca/fr/dossiers/parc-eolien-mont-sainte-marguerite-saint-sylvestre-saint-severin-sacre-coeur-de-jesus/>
68. Apuiat. Développement d'un projet éolien de 200 MW sur la Côte-Nord. <https://www.apuiat.com/%C3%A0-propos>
69. University of Michigan. Center for sustainable systems / Wind Energy Factsheet. <https://css.umich.edu/publications/factsheets/energy/wind-energy-factsheet>

Bibliographie



70. Parc éolien Dune-du-Nord. Description technique. <https://www.parceoliendunedunord.ca/description-technique/>
71. EnergyHub.org. (2023) Cost of Solar Power In Canada 2024. <https://www.energyhub.org/cost-solar-power-canada/>
72. Innergex. (2020) Clôture du financement du projet hydroélectrique Innavik à Inukjuak, Québec. <https://www.innergex.com/fr/salle-de-presse/cloture-du-financement-de-innavik>
73. Alterna énergie. Impact environnemental des éoliennes et biodiversité. <https://www.alterna-energie.fr/notre-energie-verte/sous-categorie-energie-verte/impact-environnemental-eoliennes>
74. Gouvernement du Québec. (2007) Guide d'intégration des éoliennes au territoire | Vers de nouveaux paysages. https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/affaires-municipales/publications/amenagement_territoire/orientations_gouvernementales/guide_integration_eoliennes_territoire.pdf
75. Gouvernement du Québec. (2004) Directive pour la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/evaluations/directive-etude-impact/directive-realisation-etude-impact.pdf>
76. Gouvernement du Québec. Annexe I (E1) – Autres renseignements requis pour un projet de parc éolien. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/evaluations/directive-etude-impact/parc-eolien.pdf>
77. Gouvernement du Québec. Annexe I (E2) – Autres renseignements requis pour un projet de parc éolien. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/evaluations/directive-etude-impact/parc-eolien-2.pdf>
78. Gouvernement du Québec. (2007) Guide d'intégration des éoliennes au territoire | Vers de nouveaux paysages. https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/affaires-municipales/publications/amenagement_territoire/orientations_gouvernementales/guide_integration_eoliennes_territoire.pdf



Une initiative de la



FÉDÉRATION
QUÉBÉCOISE DES
MUNICIPALITÉS

Ma municipalité verte rassemble l'ensemble des solutions mises en place par la Fédération québécoise des municipalités (FQM) pour aider concrètement les municipalités dans leurs efforts de transition énergétique et de lutte aux changements climatiques.

mamunicipaliteverte.ca