

FILIÈRE D'ÉNERGIE RENOUVELABLE

L'ÉNERGIE DE LA PETITE ÉOLIENNE



Q *Hydro*
Québec

L'ÉNERGIE DU VENT



QU'EST-CE QUE
L'ÉNERGIE DE LA PETITE
ÉOLIENNE ?

C'EST L'ÉNERGIE
CINÉTIQUE DU VENT QUI
EST TRANSFORMÉE EN
ÉLECTRICITÉ AU MOYEN
D'UN GÉNÉRATEUR DE
PETIT CALIBRE.

En couverture : Petite éolienne
à axe horizontal.

Ci-contre : Petite éolienne de
couleur pâle pour une présence
plus discrète.

ÉTAT DE LA SITUATION

La filière éolienne continue de se développer aux quatre coins de la planète. En 2019, la puissance installée a augmenté de 59 GW, ce qui représente la deuxième hausse annuelle la plus forte. Elle totalisait ainsi 622 GW à la fin de l'année (IRENA, 2020).

Le marché est dominé par la grande éolienne, c'est-à-dire les parcs éoliens reliés à des réseaux électriques et exploités par des sociétés spécialisées. Aujourd'hui, les efforts de développement se concentrent sur la fabrication de machines de plus de 2 MW, conçues pour s'intégrer à des réseaux, et cette tendance va en s'amplifiant. Les éoliennes destinées à la production en mer atteignent même 5 MW et plus.

Quant à la petite éolienne (< 100 kW), beaucoup moins répandue, elle relève de petits producteurs. Elle affichait en 2018 une puissance installée de 1 727 MW, en hausse de 38 % par rapport



à 2013. La Chine regroupe plus de 33 % de ces installations, les États-Unis et le Royaume-Uni en comptant environ 9 % (Moreira Chagas et autres, 2020). En général, la puissance installée des petites éoliennes tend à augmenter, mais demeure faible. Elle était en moyenne de 0,85 kW en 2013.

Soutenue par des stratégies gouvernementales, la filière de la grande éolienne a connu un essor important au Québec depuis dix ans. En ce qui concerne la petite éolienne, elle y est quasi absente.

POTENTIEL ÉOLIEN

La ressource éolienne est très disponible et largement distribuée dans le monde, et plusieurs études ont démontré qu'elle pourrait fournir plusieurs fois la demande mondiale. Toutefois, des contraintes de toutes sortes en limitent les possibilités de développement, et les prévisions de marché demeurent les meilleurs indicateurs du potentiel réel d'implantation.

En 2019, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) prévoyait que la puissance installée de la filière éolienne passerait de 622 à 917 GW en 2024, selon son scénario de base, et à près de 1 000 GW, selon son scénario accéléré (AIE, 2019 : 192). Pour ce qui est de la petite éolienne, la World Wind Energy Association estime que la puissance installée sera d'environ 2 GW à la fin de 2020, ce qui signifie que la part de marché de cette filière demeurera minime.

Au Québec, le [régime des vents](#) est favorable, ce qui en fait l'une des régions les plus avantageées d'Amérique du Nord. Malgré l'intérêt qu'elle suscite, la petite éolienne reste peu exploitée en raison des conditions de marché peu propices.



POUR EN SAVOIR DAVANTAGE

- Catégories de petites éoliennes
- Types d'éoliennes
- Dimensions relatives
- Conditions d'exploitation
- Caractéristiques des petites éoliennes
- Changements climatiques et qualité de l'air
- Analyse du cycle de vie
- Écosystème et biodiversité
- Santé et qualité de vie
- Aménagement du territoire
- Économie régionale
- Acceptabilité sociale

RENDEMENT ET COÛTS

En théorie, les éoliennes peuvent transformer en électricité au plus 59 % de l'énergie cinétique du vent. En pratique, leur performance moyenne est moindre. À cet égard, la petite éolienne, désavantagée par rapport à la grande éolienne, ne fait jamais l'objet d'innovations technologiques importantes, ni d'investissements pour son développement. Le facteur d'utilisation annuel se situe en moyenne entre 15 et 25 %.

Le [coût de production](#) de la petite éolienne est difficile à établir, car le prix des équipements varie beaucoup. En outre, il dépend d'une variable importante: la qualité des vents au site de l'installation. Par ailleurs, les petites éoliennes ne sont pas toujours certifiées en raison de la capacité financière limitée de plusieurs des fabricants. Donc, sans base de comparaison, il est impossible au moment de l'achat de faire un choix technologique éclairé et d'obtenir l'assurance de la performance recherchée. Dans l'état actuel des choses, il est bien difficile de connaître le coût de l'électricité ainsi produite (kWh). Aujourd'hui, rien ne laisse croire que la petite éolienne raccordée au réseau électrique pourrait à court terme devenir économiquement viable au Québec, compte tenu des conditions de marché existantes. Il reste que, hors réseau, elle se prête avantageusement à une foule d'usages.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

- Coûts souvent avantageux en milieu isolé, loin du réseau électrique.
- En milieu isolé, utilisation avec d'autres moyens de production, comme une génératrice diesel.
- Indépendance énergétique – autoproduction à des fins résidentielles, institutionnelles et agricoles ou pour de petites communautés et de petites entreprises.
- Production variable et souvent faible ou nulle, surtout avec une seule éolienne installée, et difficile à prévoir avec des moyens limités.

DÉVELOPPEMENT DURABLE

- Aucune interférence avec les signaux de télévision et les radars, entre autres.
- Faible émission d'ondes électromagnétiques.
- Zéro émission de gaz à effet de serre et de contaminants atmosphériques lors de l'exploitation.
- Faible empreinte environnementale durant le cycle de vie.
- Effet visuel important à certains endroits, d'où l'importance d'une bonne intégration dans le milieu.
- Nuisance sonore variable selon le type d'équipement et le milieu environnant.
- Mortalité des oiseaux et des chauves-souris.

UNE RESSOURCE DURABLE

APPLICATIONS DES PETITES ÉOLIENNES

CATÉGORIES			
RECHARGE DE BATTERIES ET PETITES CHARGES SAISONNIÈRES	RÉSIDENTIELLE ET GRANDES CHARGES SAISONNIÈRES	COMMERCIALE, INSTITUTIONNELLE, FERMES ET RÉSEAUX AUTONOMES	
Puissance installée	0-1 kW	1-50 kW	50-300 kW
Raccordement	Surtout hors réseau	Raccordement au réseau	Raccordement au réseau principal ou au réseau autonome ou hors réseau
Applications	<ul style="list-style-type: none"> › Activités de plein air: voiliers, véhicules récréatifs, etc. › Activités saisonnières: petits chalets, camps de chasse et pêche, etc. › Résidences rurales ou périurbaines (petites charges) › Utilisations spécialisées: stations radars, de télécommunications ou météorologiques isolées, instruments d'acquisition de données, etc. › Parcs et campements à caractère commercial › Clôtures électrifiées 	<ul style="list-style-type: none"> › Résidences rurales raccordées au réseau, sur terre vaste (> 1 acre), avec des appareils alimentés à l'énergie éolienne ou au moyen d'accumulateurs et aux endroits où un programme de facturation nette est offert › Résidences secondaires ou pourvoiries largement alimentées en énergie éolienne › Résidences rurales hors réseau, sur terre vaste (normalement > 1 acre) 	<ul style="list-style-type: none"> › Fermes d'importance raccordées ou non au réseau › Bâtiments commerciaux ou institutionnels raccordés ou non au réseau › Réseaux autonomes où l'éolien vient en complément d'une énergie produite à partir de diesel ou autre source › Petites fermes hors réseau où l'éolien vient en complément d'une génératrice diesel ou d'un système photovoltaïque, ou des deux

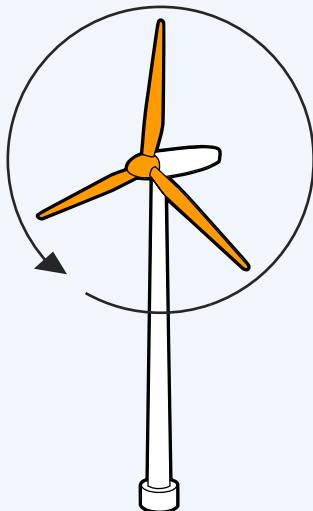
Catégories de petites éoliennes

Les critères qui déterminent le calibre (puissance installée et tension de raccordement au réseau électrique) diffèrent selon la norme internationale CEI 61400, les normes provinciales ou celles des associations de l'énergie éolienne, telles que l'Association canadienne de l'énergie éolienne (CanWEA) et l'American Wind Energy Association (AWEA).

Selon CanWEA, la puissance de la petite éolienne se situait entre 1 et 300 kW en 2010. Pour cette gamme de puissance, il existe trois catégories d'éoliennes et diverses applications correspondant aux réalités du marché canadien (voir le tableau ci-contre).

Types d'éoliennes

Il existe principalement deux types d'éoliennes : l'éolienne à axe horizontal, parallèle à la direction du vent, et l'éolienne à axe vertical, perpendiculaire à la direction du vent. Les [dimensions](#) sont variables selon la puissance et le type d'installation.

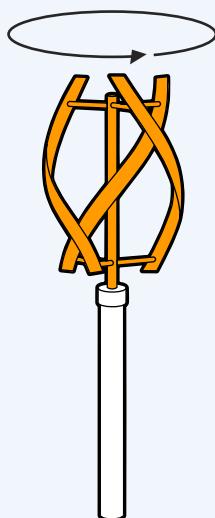


Éoliennes à axe horizontal

Le rotor d'une éolienne à axe horizontal entraîne une génératrice qui est contenue dans une nacelle située en haut de la tour. Ses pales sont orientées face au vent grâce à un système d'orientation ou s'orientent passivement suivant la direction du vent.

Les éoliennes à axe horizontal peuvent comporter un nombre divers de pales. Par exemple, les éoliennes de pompage des ranchs américains ont une multitude de pales. En général, ces éoliennes, très robustes, offrent un couple moteur puissant, mais tournent lentement et sont peu efficaces pour la production d'électricité.

Par contre, les éoliennes à trois pales, dotées de systèmes d'orientation et de calage, sont réputées pour leur efficacité. Cependant, elles requièrent plus de surveillance et un investissement important lorsque vient le temps de maximiser leur production. En ce qui concerne les petites éoliennes, leur performance se trouve souvent limitée car le marché ne justifie pas un tel investissement. Les petites éoliennes à axe horizontal, qui sont en majorité tripales, présentent tout de même des designs très variés.



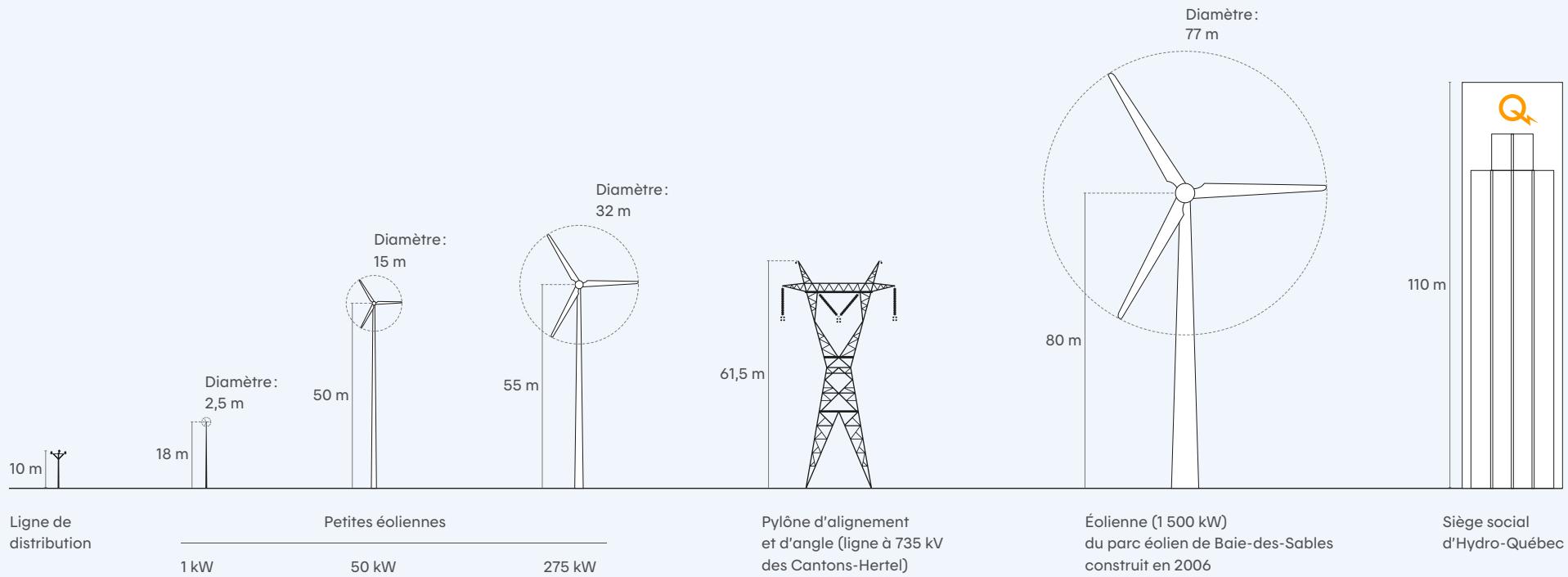
Éolienne à axe vertical

Le rotor d'une éolienne à axe vertical entraîne une génératrice qui est située au pied de l'installation. Omnidirectionnel, ce type d'éolienne ne comporte aucun système d'orientation et est généralement doté de haubans.

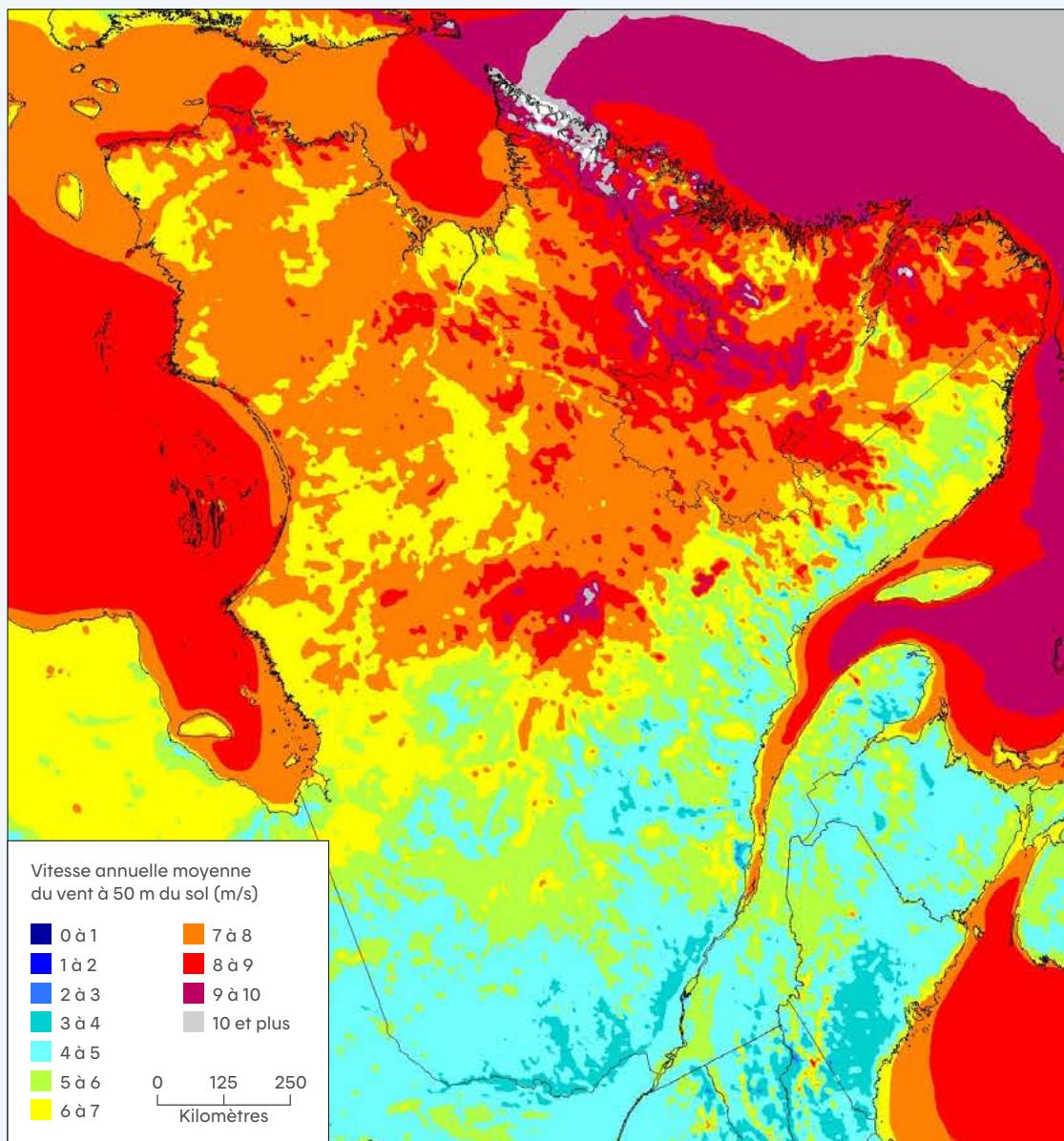
Certains types d'éoliennes utilisent la portance aérodynamique qui s'exerce sur leurs pales comme force motrice pour

faire tourner le rotor. Leur efficacité se rapproche de celle des éoliennes à axe horizontal. D'autres utilisent la traînée aérodynamique qui s'exerce sur leurs pales comme force motrice pour faire tourner le rotor. Leur efficacité pour la production d'électricité est plus limitée.

DIMENSIONS RELATIVES



CARTE DES VENTS



Source: Atlas canadien d'énergie éolienne <http://www.atlaseolien.ca/maps-en.php> et http://www.atlaseolien.ca/doc/EU_50m_national.pdf

Conditions d'exploitation

Le choix du site d'une future petite éolienne, en vue d'un rendement optimal, requiert beaucoup d'attention. En effet, il faut absolument connaître le potentiel éolien local et les contraintes du milieu relativement à la productibilité, au branchement au réseau électrique, à l'entretien de l'équipement, à la sécurité et au respect du milieu. En général, on privilégiera un milieu ouvert et éloigné des obstacles pouvant influencer le vent de façon importante et des zones d'occupation humaine, comme les résidences.

Il faut savoir que la production d'électricité d'une éolienne est proportionnelle au cube de la vitesse du vent et que la vitesse du vent, en s'éloignant du sol, augmente exponentiellement. C'est pourquoi, pour qu'elle puisse avoir un bon rendement, l'éolienne doit être placée le plus en hauteur possible et sur un terrain assez dégagé pour laisser circuler librement les courants d'air.

Or, pour des raisons économiques et logistiques, les auto-producteurs installent souvent leur éolienne près du sol et près de leur bâtiment, ce qui en limite grandement la productivité. D'autres la placent sur le toit de leur bâtiment. Ils doivent toutefois tenir compte des vibrations générées par la machine et de la capacité de charge des structures d'accueil, d'un éventuel bris d'équipement, de la chute de glace, d'une productibilité limitée, etc.

Autre important facteur à considérer, les intempéries hivernales (givre ou verglas, neige mouillée), car elles pourraient nuire au bon fonctionnement des éoliennes, qui sont conçues pour une plage limitée de conditions de fonctionnement. Dans certains endroits, en présence d'embruns salins par exemple, les composants pourraient se dégrader rapidement. Pour les cas d'événement extrême, l'éolienne devrait être adaptée aux particularités du milieu: matériaux et lubrifiants à basse température, fini anticorrosion, etc. Ces modifications se font à des coûts importants par rapport au coût d'installation d'une petite éolienne.

La durée de vie des éoliennes varie selon les conditions d'exploitation, soit les vents très turbulents, les conditions extrêmes relativement à la poussière, au froid ou à la corrosion, etc. Habituellement, il faut une grue pour dresser ou abaisser une petite éolienne de quelques kilowatts. Plus la puissance installée est élevée, plus l'entretien est laborieux et coûteux, surtout en terrain accidenté. Dans le nord du Québec, les coûts à assumer par les collectivités sont généralement plus élevés, en raison principalement de l'éloignement des sites, de la disponibilité et du coût des équipements lourds parfois nécessaires ainsi que des coûts d'exploitation et d'entretien.

CARACTÉRISTIQUES DES PETITES ÉOLIENNES

CATÉGORIES			
RECHARGE DE BATTERIES ET PETITES CHARGES SAISONNIÈRES	RÉSIDENTIELLE ET GRANDES CHARGES SAISONNIÈRES	COMMERCIALE, INSTITUTIONNELLE, FERMES ET RÉSEAUX AUTONOMES	
Puissance installée (kW)	Moins de 1	De 1 à 49	De 50 à 300
Durée de vie (nombre d'années)	10-15 ans	20 ans	25 ans, en remplaçant un composant principal en général après 15 ans
Coût moyen de production (¢/kWh) pour une éolienne raccordée au réseau aux États-Unis en 2014	28 ¢ US/kWh	20 ¢ US/kWh	16 ¢ US/kWh

Changements climatiques et qualité de l'air

Pour la filière de la petite éolienne, les émissions de gaz à effet de serre et de contaminants atmosphériques sont associées à la fabrication et à l'installation de l'équipement. En exploitation, les petites éoliennes ne génèrent pas d'émissions.

Analyse du cycle de vie

Selon l'approche du cycle de vie, les principaux impacts environnementaux de l'énergie produite par une petite éolienne seraient, pour une même puissance, légèrement supérieurs à ceux de l'énergie solaire photovoltaïque et de l'électricité distribuée par Hydro-Québec. La durée de vie des systèmes, les conditions de vent, la capacité de production et la fabrication des machines sont les éléments qui comptent le plus dans l'analyse du cycle de vie de cette filière.

Rapports complets de la [Comparaison des filières de production d'électricité et des bouquets d'énergie électrique](#) et de l'[ACV des filières de production décentralisée d'énergie électrique à petite échelle](#).

Écosystème et biodiversité

Les impacts de l'exploitation d'éoliennes sur la faune et la biodiversité varient selon les milieux. Puisqu'elles sont installées dans des milieux déjà modifiés par l'activité humaine (urbains et agricoles), les petites éoliennes ont peu d'influence sur les écosystèmes.

Plusieurs se préoccupent du risque que représentent les éoliennes pour les oiseaux et les chauves-souris. Il faut savoir que le taux de mortalité associé aux éoliennes est moindre que celui imputé à d'autres infrastructures, comme les bâtiments, ou aux chats domestiques. Pour limiter la mortalité, il est important, entre autres, de choisir un site éloigné des couloirs de migration des oiseaux. Il semble que le taux de mortalité relié aux petites éoliennes est plus faible que celui relié aux grandes éoliennes.

Santé et qualité de vie

Le bruit généré par les éoliennes dépend de divers facteurs: la puissance installée, les caractéristiques et le nombre d'unités, leur éloignement, la topographie des lieux, la présence et la nature de la végétation, le bruit ambiant ainsi que la direction et la vitesse des vents. Certaines machines de technologies plus anciennes sont plus bruyantes que les récents modèles. Aucune étude n'a démontré que les infrasons possiblement émis par les éoliennes pourraient avoir un impact sur la santé.

Par beau temps, une éolienne projette de l'ombre sur le terrain, ce qui pourrait être gênant. Par exemple, lorsque des pales tournent près d'une résidence, l'ombre projetée crée un effet stroboscopique, qui est normalement de courte durée. Cet effet reste très faible pour la petite éolienne.

La présence d'une petite éolienne pourrait comporter des dangers en raison de la vitesse du rotor (bris d'équipement) ou en conditions hivernales (détachement de morceaux de glace). Ces dangers semblent toutefois plus faibles que ceux reliés aux événements météorologiques violents, par exemple, la foudre ou la chute d'arbres lors d'une tempête.

La petite éolienne ne crée pas d'interférence avec les signaux de télévision et les radars, entre autres. Elle n'est pas considérée comme une source importante d'ondes électromagnétiques.

Aménagement du territoire

La présence d'éoliennes a un impact visuel certain sur le paysage. Pour amoindrir cet impact, l'utilisation d'une couleur pâle pour les matériaux est requise. Dans le cadre de projets d'implantation de petites éoliennes, il faut examiner les éléments suivants: l'emprise, la hauteur et l'éloignement des tours, par rapport à l'utilisation du territoire et à la présence des riverains; le nombre croissant d'installations en hauteur dans un milieu particulier, par rapport à l'attrait touristique ou à la valeur patrimoniale du paysage. Dans tous les cas, il est préférable que l'éolienne ne prenne pas un caractère proéminent à plus de 2 km.

Pour intégrer de façon harmonieuse les petites éoliennes dans leur milieu, il faut respecter les normes d'implantation et les règles particulières des municipalités, lorsqu'elles existent.

Économie régionale

Fabriquer une petite éolienne coûte cher, mais les retombées économiques locales peuvent être importantes si le propriétaire, l'installateur et le matériel de la machine proviennent du milieu d'accueil. De plus, l'entretien de l'équipement serait facilement réalisable par le milieu, et les ressources seraient souvent disponibles.

Contrairement à une idée préconçue, la présence d'éoliennes n'enraîne pas, selon une étude américaine, une diminution de la valeur des maisons.

Acceptabilité sociale

Comme pour la grande éolienne, si l'usage de la petite éolienne se répand au Québec, il faudra se préparer à répondre aux préoccupations des milieux touchés, concernant entre autres les impacts sur le paysage, la faune et la santé ainsi que les mesures de compensation. Déjà, des municipalités disposent d'une réglementation pour encadrer ce type de projet ou pour en gérer les impacts.

RÉFÉRENCES

1. Agence internationale de l'Énergie (AIE). 2019. [Renewables 2019: Analysis and forecast 2024](https://doi.org/10.1787/b3911209-en). (En ligne). Paris, AIE. <https://doi.org/10.1787/b3911209-en>. Site consulté le 4 décembre 2020.
2. Distributed Wind Energy Association (DWEA). s. d. [Briefing Paper: Birds / Avian Mortality](http://distributedwind.org/assets/docs/PandZDocs/birds-one-pager-v.2-submitted-07-12-11.pdf). (En ligne). <http://distributedwind.org/assets/docs/PandZDocs/birds-one-pager-v.2-submitted-07-12-11.pdf>. Document consulté le 7 août 2015.
3. Distributed Wind Energy Association (DWEA). s. d. [Briefing Paper: Tower Setback](http://distributedwind.org/assets/docs/PandZDocs/dwea-setback.pdf). (En ligne). <http://distributedwind.org/assets/docs/PandZDocs/dwea-setback.pdf>. Document consulté le 7 août 2015.
4. Distributed Wind Energy Association (DWEA). s. d. [Briefing Paper: Unique Benefits of Distributed Wind](http://distributedwind.org/wp-content/uploads/2012/08/Unique-Benefits-of-DW.pdf). (En ligne). <http://distributedwind.org/wp-content/uploads/2012/08/Unique-Benefits-of-DW.pdf>. Document consulté le 7 août 2015.
5. Distributed Wind Energy Association (DWEA). 2015. [DWEA Distributed Wind Vision - 2015-2030](http://distributedwind.org/wp-content/uploads/2012/08/DWEA-Distributed-Wind-Vision-2015-2030.pdf). (En ligne). <http://distributedwind.org/wp-content/uploads/2012/08/DWEA-Distributed-Wind-Vision.pdf>. Document consulté le 3 août 2015.
6. Distributed Wind Energy Association (DWEA). 2014. [DWEA Briefing Paper: Property Values](http://distributedwind.org/wp-content/uploads/2014/05/DWEA_Property_Values.pdf). (En ligne). http://distributedwind.org/wp-content/uploads/2014/05/DWEA_Property_Values.pdf. Document consulté le 7 août 2015.
7. Global Wind Energy Council. 2014. [Global Wind Energy Outlook 2014](http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2014/10/GWEO2014_WEB.pdf). (En ligne). http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2014/10/GWEO2014_WEB.pdf. Document consulté le 3 août 2015.
8. Gsänger, S., et J.-D. Pitteloud. 2015. [Small Wind World Report Summary](http://small-wind.org/wp-content/uploads/2014/12/Summary_SWWR2015_online.pdf). (En ligne). Bonn, World Wind Energy Association. http://small-wind.org/wp-content/uploads/2014/12/Summary_SWWR2015_online.pdf. Document consulté le 3 août 2015.
9. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2011. [IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation](http://srren.ipcc-wg3.de/report). (En ligne). <http://srren.ipcc-wg3.de/report>. Site consulté le 7 août 2015.
10. International Renewable Energy Agency (IRENA). 2020. [Renewable Capacity Statistics 2020](https://irena.org/publications/2020/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2020.pdf). <https://irena.org/publications/2020/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2020.pdf>. Site consulté le 2 décembre 2020.
11. Moreira Chagas, C. C., et autres. 2020. « [From Megawatts to Kilowatts: A Review of Small Wind Turbine Applications, Lessons from The US to Brazil](#) », Sustainability, vol. 12, n° 7. doi:10.3390/su12072760.
12. Powys UK. 2011. [Small Wind Turbine Planning Guidance Note](http://brecon-leisurecentre.powys.gov.uk/uploads/media/Small_Windfarm_Guidance_en_03.pdf). (En ligne). http://brecon-leisurecentre.powys.gov.uk/uploads/media/Small_Windfarm_Guidance_en_03.pdf. Document consulté le 7 août 2015.