



L'énergie solaire



Fiche technique

fonctionnement . développement . encadrement

Une collaboration de

NERGICA

Table des matières

Contexte actuel de l'énergie solaire	3
Marché canadien et québécois	5
Fonctionnement de l'énergie solaire	7
Fonctionnement d'un panneau solaire photovoltaïque (PV).....	8
Configurations des installations solaires PV	9
Composants d'un système solaire PV	10
Avantages et défis de l'énergie solaire	11
Avantages de l'énergie solaire	12
Défis de l'énergie solaire	13
Impacts sur l'environnement et la santé	14
Volet financier	15
Chronologie d'un projet solaire	18
Exemples de projets solaires	20
Projet solaire communautaire	21
Exemples de projets solaires municipaux	22
Bibliographie	24

Contexte actuel de l'énergie solaire

Découvert en 1839, l'effet photovoltaïque, permettant de convertir l'énergie solaire en électricité, a ouvert la voie aux technologies solaires modernes. L'énergie solaire photovoltaïque a connu un essor mondial important au début des années 2000, devenant l'une des principales sources d'énergie renouvelable en 2023, juste derrière l'hydroélectricité et l'énergie éolienne. Entre 1993 et 2023, la production d'énergie solaire mondiale a augmenté de plus de 2 000 %¹, représentant aujourd'hui 4,5 % de l'électricité produite dans le monde. Toutefois, au Canada, cette part ne s'élève qu'à 1,2 %², et au Québec, elle est presque inexistante, représentant seulement 0,000005 %³ du mix énergétique. Le Québec affiche un retard par rapport aux autres provinces canadiennes en matière de développement de l'énergie solaire. Pourtant, dans un contexte de pénurie d'énergie à moyen terme, **l'énergie solaire constitue un atout pour le Québec, offrant une source d'énergie inépuisable, décarbonée et rapidement déployable.**

En février 2024, au Québec, le ministre de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie a annoncé un projet de règlement visant à lancer un appel d'offres pour un total de 300 mégawatts (MW) d'électricité d'origine solaire photovoltaïque. Cette initiative a pour but de diversifier les sources d'approvisionnement énergétique à long terme et d'établir un cadre structurant pour soutenir le développement de cette filière dans la province.⁴

En considérant qu'une consommation moyenne annuelle d'une résidence au Québec est de 22 000 kWh⁸⁰ et que le facteur de charge* pour une centrale solaire est de 15%⁸¹

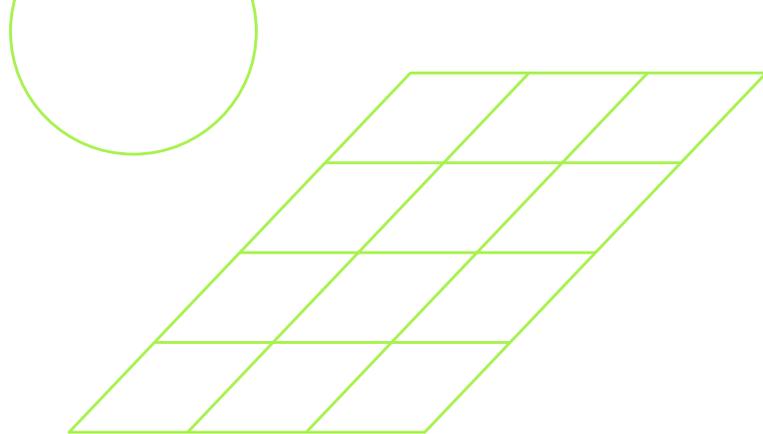
Équivalence entre la production d'une centrale solaire et la consommation d'une résidence au Québec

Puissance de la centrale solaire	Équivalence en résidence
10 kW	0,6**
20 kW	1,2
100 kW	6,0
1000 kW	60
10 000 kW	600
300 000 kW	18 000

On constate qu'à partir d'une puissance de 20 kW, la centrale solaire est capable de fournir un peu plus de l'énergie nécessaire (facteur 1.2) pour une résidence québécoise dont la consommation annuelle serait de 22 000 kWh. Ainsi, il faudrait une centrale solaire de 300 MW pour fournir l'énergie nécessaire à 18 000 résidences québécoises ayant la même consommation moyenne annuelle.

* Un facteur de charge, ou facteur d'utilisation d'une centrale solaire, est le rapport entre l'énergie électrique que celle-ci produit pendant un an et l'énergie qui aurait été produite si cette installation avait fonctionné à sa puissance maximale en continu

** Le calcul est le suivant : 10 kW x 8760 heures/an x 15 % / 22 000 kWh



Quelques mois plus tôt, la Régie de l'énergie présentait son plan d'approvisionnement 2023-2032 qui prévoit une augmentation de la demande énergétique de 25.7 TWh (térawattheure) d'ici 2032, soit une augmentation de 12% de sa demande en électricité.⁵ Toutefois, la production d'énergie solaire par les clients d'Hydro-Québec permettra une réduction de cette nouvelle demande d'environ 0.7 TWh.⁶ Pour accélérer le développement des centrales d'énergie solaire, un appel d'offres spécifique à cette énergie devrait être lancé sous peu.

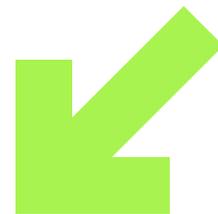
L'appel d'offres de production d'énergie solaire, le premier du genre au Québec, représente la première initiative dédiée à cette technologie émergente au Québec, depuis le premier appel d'offres de production d'énergie éolienne de 2003.

Tout comme elles l'ont fait pour l'intégration des éoliennes, les municipalités joueront un rôle essentiel dans l'implantation de cette nouvelle source d'énergie sur le territoire québécois. En effet, au Québec, les municipalités ont autorité sur l'aménagement de leur territoire et peuvent ainsi favoriser ou restreindre l'installation de projets d'énergie renouvelable. De plus, la *Loi sur les compétences municipales*⁷ autorise, à certaines conditions, les municipalités à exploiter sur leur territoire une centrale de production d'énergie renouvelable en partenariat avec Hydro-Québec ou des producteurs privés.



Marché canadien et québécois

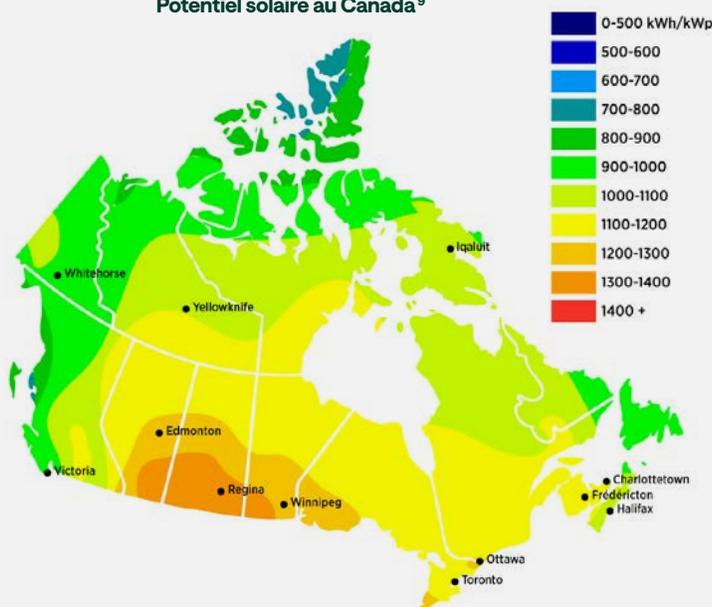
L'un des principaux mythes concernant l'énergie solaire photovoltaïque au Québec est l'affirmation selon laquelle le Québec manque de soleil pour produire de l'électricité avec des panneaux photovoltaïques.⁸



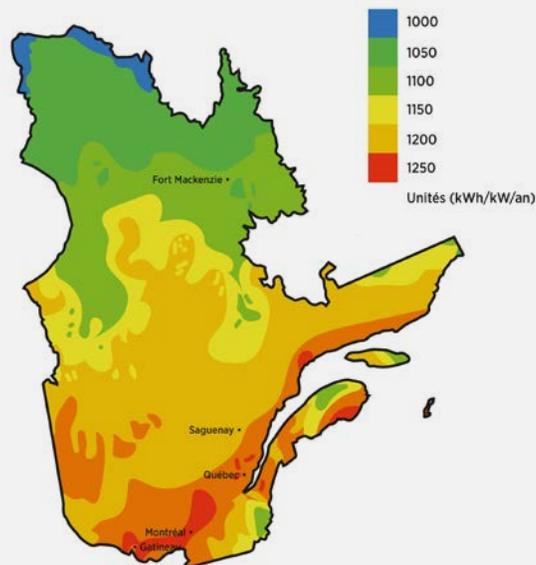
Cette carte illustre la quantité d'énergie annuelle produite (en kilowattheures) par kilowatt de panneaux solaires installés, en fonction de leur emplacement.

Le rayonnement solaire moyen au Québec varie entre 1 000 et 1 250 kWh/kW/an. Selon les régions, un système solaire de 17,5 à 55 kW peut subvenir aux besoins d'une résidence. Dans les faits, la production solaire est très variable selon l'heure de la journée et la saison.

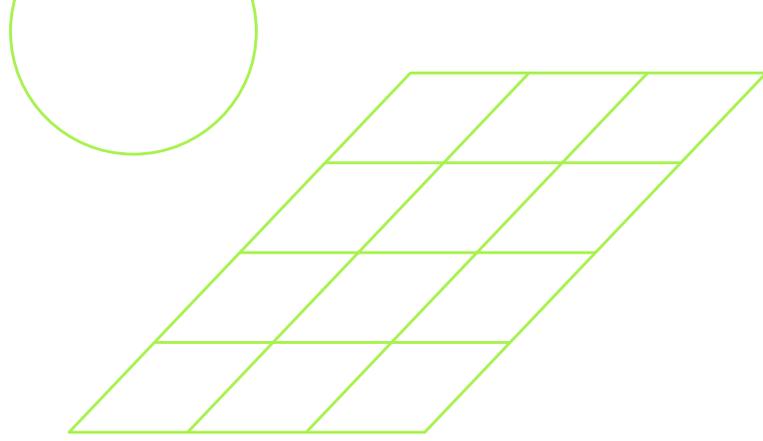
Potentiel solaire au Canada⁹



Rayonnement solaire au Québec



Bien que le Québec ne soit pas dans la région la plus ensoleillée du Canada, son ensoleillement est comparable à celui d'autres provinces. Par exemple, la moitié sud du Québec bénéficie d'un potentiel solaire similaire à celui du sud-est de l'Ontario, et de la moitié nord de l'Alberta, du Manitoba et de la Saskatchewan. Ces régions, pourtant comparables au Québec en termes de potentiel solaire, comptent davantage de parcs solaires.



Capacité solaire installée par province, exprimée en mégawatts¹⁰

C-B	ALB	SASK	MAN	ONT	QC	N-B	N-E	I-P-E	TNL	YN	TN-O	NT
91.3	1594.8	75	34.6	2654.5	15.4	9.5	91.1	203.6	54.7	4	12.7	0

En date du 31 décembre 2023

En guise de comparaison, le projet éolien implanté en 2020 dans le secteur Dune-du-Nord aux Îles-de-la-Madeleine a une capacité installée de 8 MW¹¹. En 2023, la capacité solaire installée au Canada a augmenté de 9.2%. L'Alberta se classe comme la deuxième province avec la plus grande capacité solaire installée. Cependant, bien qu'elle ait connu une forte croissance ces dernières années, le déploiement de nouveaux projets pourrait ralentir en raison de la décision du gouvernement de retarder les approbations des nouveaux projets éoliens et solaires.¹²

L'Ontario reste le chef de file de la production d'énergie solaire au Canada, avec plus de 2 gigawatts (GW) installés. Bien que la croissance ait été modeste en 2023, plusieurs projets sont en cours d'étude et devraient porter la capacité installée totale à 3 GW d'ici 2028.¹¹

Bien que le Québec bénéficie d'un ensoleillement légèrement inférieur à celui de l'Ontario pour un climat similaire, sa puissance solaire installée est environ 175 fois inférieure. En effet, le Québec dispose de 15.4 MW de puissance solaire installée, dont 9.5 MW sont exploités par Hydro-Québec; la compagnie d'état opère deux centrales situées dans les municipalités de Varennes et La Prairie.¹³

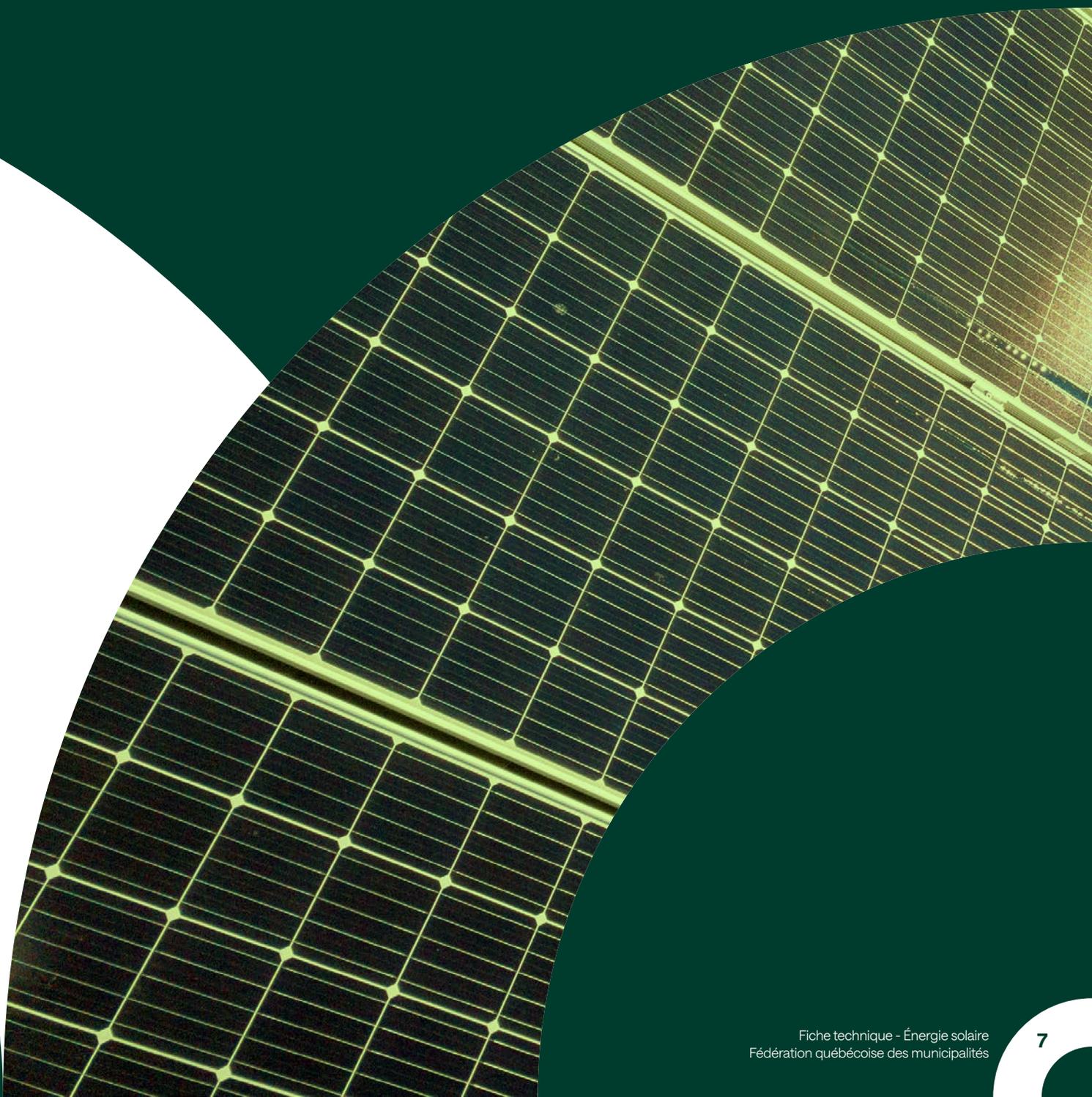
Le reste de la puissance solaire installée au Québec est principalement répartie entre des installations résidentielles, commerciales et des projets communautaires. Ces installations sont généralement de petite taille et réparties sur l'ensemble du territoire. Par exemple, dans le village de Quaqaq au Nunavik, un projet pilote a permis l'installation de 69 panneaux solaires, représentant environ 2 % de la puissance de la centrale thermique locale.¹⁴

Selon le répertoire de l'énergie solaire au Québec, en 2021, il y avait 65 installateurs et 25 consultants liés à la production d'énergie solaire photovoltaïque.¹⁵ Bien qu'il n'existe pas de parc de production d'énergie solaire privé de grande envergure au Québec, des entreprises québécoises ont acquis une expertise en développant des parcs solaires à l'étranger. Il existe actuellement plusieurs développeurs de parcs d'énergie renouvelable au Québec opérant des parcs solaires à l'international.





Fonctionnement de l'énergie solaire



Fonctionnement d'un panneau solaire photovoltaïque (PV)

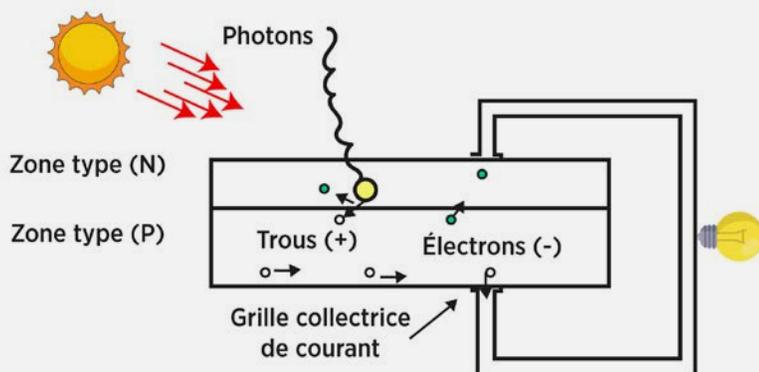
Le soleil émet continuellement des particules remplies d'énergie appelées photons, dont seulement une fraction traverse la couche atmosphérique pour se rendre jusqu'à la surface de la Terre. La cellule photovoltaïque (PV) est une technologie servant à récolter l'énergie contenue dans ces photons et à la convertir en électricité. Plusieurs cellules PV branchées ensemble forment un module et plusieurs modules branchés ensemble forment un panneau solaire¹⁶. Plus il y aura de panneaux solaires, plus il y aura de production d'électricité¹⁷.

La cellule PV est composée d'un matériau semiconducteur; le « semi » signifie que le matériau peut conduire l'électricité mieux qu'un isolant, mais pas aussi bien qu'un bon conducteur comme un métal. Le silicium est le semiconducteur le plus couramment utilisé dans les cellules PV.

Lors de la fabrication de la cellule PV, deux zones sont créées dans le matériau : les zones de type N et P¹⁸. La zone de **type N** contient un excès d'électrons (charges négatives) et celle de **type P** contient un manque d'électrons (charges positives ou trous)¹⁹. Quand les **photons** provenant des rayons solaires frappent le matériau, une partie des photons est absorbée par celui-ci. S'il y a assez de photons absorbés, des **électrons** sont libérés dans la zone N du matériau.

Ces électrons libérés traversent de la zone N vers la zone P, ce qui crée une tension électrique. Finalement, en reliant la **grille collectrice de courant** à une surface conductrice à l'arrière de la cellule, l'électricité circule dans le circuit^{20,21}.

Fonctionnement d'une cellule solaire photovoltaïque (PV)²²



Aujourd'hui, tel que mentionné, la majorité des modules solaires sont composés de silicium, un matériau semiconducteur permettant de réaliser l'effet photovoltaïque. Les deux technologies les plus répandues sont les suivantes :

Silicium monocristallin : fabriqué à partir de silicium pur, offrant une efficacité plus élevée, mais à un coût de production plus important.



Silicium polycristallin : produit à partir de silicium fondu, moins cher, mais avec une efficacité légèrement inférieure.



Ces deux types de panneaux représentent plus de 90 % du marché mondial des modules solaires.²³

Configurations des installations solaires photovoltaïques

Les systèmes solaires photovoltaïques (PV) peuvent être classés selon les puissances installées. Cette segmentation varie en fonction des pays dans lesquels les centrales sont installées.

Différentes tailles de projets solaires PV

Catégories	Puissance ²⁴	Échelle ²⁵
Solaire résidentiel	< 20 kW	Habitation individuelle
Solaire commercial et industriel	20 kW-1MW	Logement collectif, bâtiment commercial
Solaire à grande échelle	> 1 MW	Réseaux d'électricité publics

Centrale solaire résidentielle : Une installation résidentielle consiste à installer un système solaire pour les besoins d'une maison en particulier. Ces installations sont les plus courantes et les plus petites. L'installation résidentielle peut être connectée au réseau principal ou bien être isolée de celui-ci.

Centrale solaire commerciale et industrielle : Les panneaux solaires sont installés sur un immeuble collectif, un quartier, ou une zone industrielle. Contrairement aux centrales à grande échelle, les sources de production et de consommation sont près géographiquement. La puissance produite est partagée entre les différents participant(e)s de la centrale ou est réinjectée sur le réseau électrique.

Centrale solaire à grande échelle : Ces centrales solaires sont les plus puissantes et les plus grandes. Elles sont connectées au réseau et servent à fournir en énergie bas-carbone le réseau public d'électricité. Elles sont conçues pour fournir en énergie de nombreuses habitations et sont composées de plusieurs milliers de panneaux solaires. Cette catégorie de centrales est la plus susceptible d'être visée par un appel d'offres d'Hydro-Québec, qui vise les centrales ayant une puissance allant de 1 MW à 10 MW, voire davantage pour certains projets.

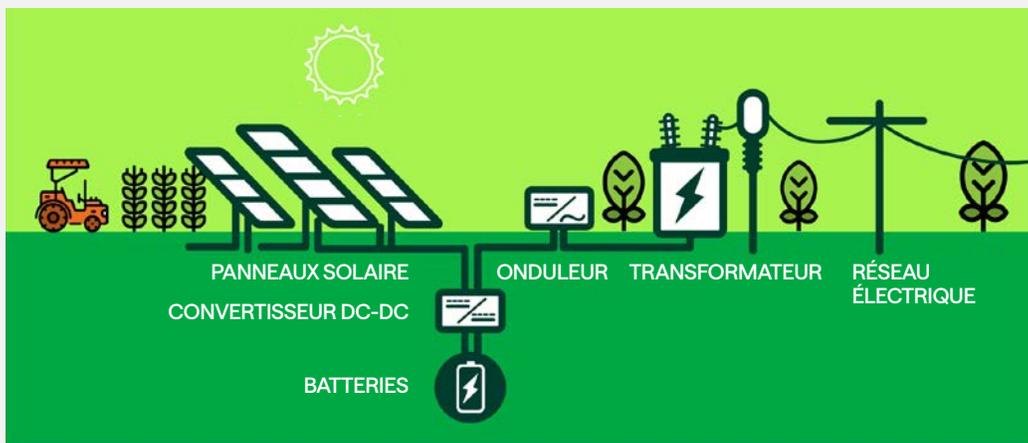


Pour une centrale solaire à grande échelle, la vente d'électricité implique l'injection de l'énergie sur le réseau d'Hydro-Québec, qui la redistribue ensuite aux consommateurs par le biais de son service de distribution. Ce service de production est habituellement encadré par un contrat d'approvisionnement signé avec la société d'État. En prenant exemple sur le modèle d'appels d'offres de l'énergie éolienne, ce contrat pourrait définir les conditions de ventes d'électricité, la durée du contrat, la quantité d'électricité à produire et le prix d'achat de l'électricité.

Composants d'un système solaire photovoltaïque

En plus des panneaux solaires photovoltaïques (PV), un système solaire PV est généralement composé de plusieurs éléments (batterie, onduleur, contrôleur de charge, etc.) permettant de convertir, stocker et transformer l'électricité produite par les panneaux.

Architecture d'un système solaire PV connecté au réseau électrique²⁶



Une centrale PV est généralement composée des éléments suivants :

Système de fixation : Les panneaux PV sont montés sur des structures de fixation, qui peuvent être directement attachées sur les toits ou installées au sol à l'aide de pieux. Dans les deux configurations, les structures de support sont généralement fabriquées en acier galvanisé et doivent être capables de résister au poids des panneaux, aux vents et à la neige. Il existe plusieurs types de support de panneaux; certains sont fixes et d'autres sont équipés de moteurs afin de suivre la course du soleil le long d'une journée.

Batteries : Les batteries sont des composants qui servent à stocker l'énergie, permettant une utilisation ultérieure. Elles jouent un rôle crucial dans les systèmes non connectés au réseau. Les batteries sont utiles pour stocker l'énergie solaire durant la journée et la redistribuer le soir, quand les panneaux solaires ne produisent plus. Il s'agit d'une réserve d'énergie pouvant être utilisée quand la production n'est pas suffisante. Les batteries sont des éléments électrochimiques; chacun possède ses propres avantages et ses inconvénients.

Contrôleur de charge : Le contrôleur de charge solaire est un composant important dans les systèmes solaires équipés de batteries. Sa fonction principale est de protéger les batteries afin qu'elles ne soient pas trop chargées ou trop déchargées. Le contrôleur de charge va alors limiter le courant si les batteries sont utilisées hors de leur zone d'opération.

Onduleur : Un onduleur est un composant dont le rôle est de convertir le courant continu (DC) généré par les panneaux en courant alternatif (AC), avec la fréquence appropriée, permettant ainsi l'intégration de l'énergie produite au sein du réseau électrique. Il est important de convertir le courant des panneaux solaires en courant alternatif, car le réseau de distribution d'Hydro-Québec fonctionne en alternatif et ne peut pas recevoir du courant continu.

Transformateur : Un transformateur sert à convertir une tension AC vers un autre niveau de tension AC. La tension de sortie peut être augmentée (transformateur élévateur) ou bien diminuée (transformateur abaisseur) selon le type de transformateur. Dans le cas d'un parc solaire, un transformateur élévateur est utilisé pour augmenter la tension de l'onduleur afin de le relier au réseau principal de transport.²⁷ Une fois arrivée au lieu de consommation, la tension est diminuée à l'aide d'un transformateur abaisseur pour pouvoir être utilisée dans une maison.

Avantages et défis de l'énergie solaire



Avantages de l'énergie solaire

L'énergie solaire présente plusieurs avantages.

Énergie décarbonée : Les panneaux solaires ne génèrent pas de gaz à effet de serre (GES) pendant leur fonctionnement. Cependant, des émissions de GES sont produites lors de leur fabrication et leur transport. Une analyse du cycle de vie montre que l'énergie solaire émet environ 0.044 kg CO²/kWh, ce qui est plus élevé qu'une éolienne, mais reste inférieur à toutes les sources d'énergie fossile.²⁸

Rapidité de déploiement : Les projets solaires sont parmi les plus rapides à mettre en œuvre dans le domaine des énergies renouvelables. Dans les pays de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), les installations solaires sont généralement déployées plus rapidement que les projets d'énergie éolienne ou de centrale hydroélectrique de petite taille.²⁹

Baisse rapide des coûts de production : Les coûts de production de l'énergie solaire deviennent de plus en plus compétitifs par rapport à d'autres sources d'énergie et pourraient continuer à baisser dans les prochaines années³⁰. Entre 2010 et 2020, le coût de production de l'énergie solaire a chuté de 85 %.³¹

En 2023, selon Ressources naturelles Canada, le coût de production de l'énergie solaire au Canada se situait entre 0.089 \$ kWh et 0.11 \$ kWh et les coûts de production de l'énergie éolienne se situaient entre 0.05 \$ kWh et 0.071 \$ kWh³².

Au Québec, pour un parc de 5 MW, le coût moyen de production peut atteindre 0.165 \$ kWh.

Acceptabilité sociale : Les projets solaires sont généralement mieux acceptés par les communautés d'accueil que les projets éoliens.^{34, 35} Cependant, des préoccupations peuvent surgir concernant la protection des paysages, des terres agricoles ou des forêts. La majorité des technologies de panneaux solaires peuvent être utilisées sans risques en milieu agricole. Une étude effectuée en 2023 a conclu qu'il y aurait avantage à utiliser des terrains bâtis, tels que les toits, pour y installer des panneaux solaires³⁶. Les dépotoirs offriraient aussi une option intéressante, par leur proximité avec les lieux de consommation d'électricité. Quant aux technologies émergentes en 2025, notons les cellules solaires au perovskite qui ont le potentiel d'être plus efficaces, polyvalentes et moins onéreuses que les cellules traditionnelles au silicium³⁷. Finalement, les nouvelles cellules solaires à couches minces permettent une plus grande flexibilité et des coûts de production inférieurs aux cellules au silicium.³⁸

Défis de l'énergie solaire

Bien que l'énergie solaire présente des avantages considérables pour la transition énergétique, elle ne représente, pour l'instant, qu'une infime fraction de l'électricité produite sur le réseau d'Hydro-Québec (environ 0.0005 % pour l'année 2023³⁹).

Tarifcation électrique concurrentielle et faibles incitatifs financiers

Grâce aux grands barrages hydroélectriques, les tarifs d'électricité au Québec sont les plus bas au Canada, ce qui rend le coût de production de l'énergie solaire moins compétitif. Avec un LCOE estimé à 0.066 - 0.087 \$ kWh, l'énergie produite par hydroélectricité coûte moins cher que celle produite par l'énergie solaire qui se situe généralement entre 0.089 \$ kWh et 0.11 \$ kWh^{40,16} mais qui peut augmenter tout dépendant de la puissance installée. Combiné à ces tarifs peu élevés, la longue période de retour sur investissement des installations photovoltaïques (25 à 30 ans⁴¹) représente un facteur contribuant à la favorisation de l'énergie hydroélectrique au détriment de la filière solaire.

Concurrence avec les éoliennes

Les parcs éoliens, offrant des coûts de production plus bas (0.05 à 0.071 \$ kWh) comparés à ceux des centrales solaires (0.089 à 0.11 \$ kWh¹⁶), ont souvent été préférés lors d'appels d'offres visant les énergies renouvelables. Les coûts élevés des installations solaires les rendent moins compétitives par rapport aux éoliennes à grande échelle.

Production décorrélée à la consommation

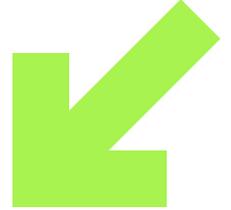
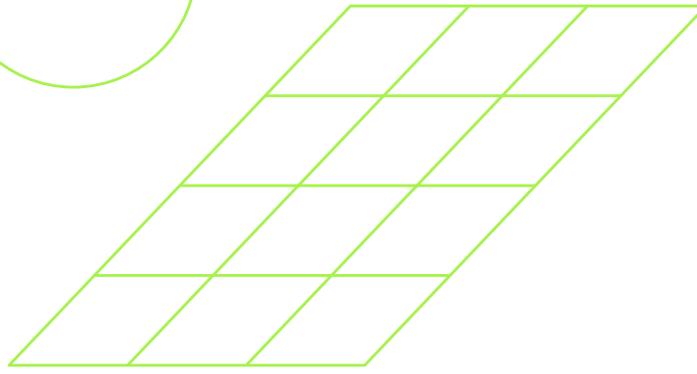
Les systèmes solaires ne contribuent pas à la gestion des pics de consommation hivernale.⁴² En effet, la production solaire est limitée durant les périodes de pointes hivernales d'Hydro-Québec (6 h à 9 h et 16 h à 20 h) entre décembre et mars⁴³, lorsque la demande est plus élevée. L'ajout de batteries pour stocker l'énergie excédentaire et la redistribuer lors des pics pourrait offrir une solution, mais cela augmente les coûts d'investissement des projets solaires et donc le coût de production de l'énergie.

Gestion de la neige⁴⁴

Les chutes de neige en hiver réduisent la production des panneaux solaires. La neige empêche les rayons lumineux d'atteindre la surface des panneaux, entraînant une perte de production évaluée à 5 % par an.⁴⁵ Cette perte peut être atténuée en ajustant l'angle des panneaux solaires, en dégageant la surface des panneaux après une tempête de neige ou en utilisant des panneaux bifaciaux. Les panneaux bifaciaux sont des panneaux solaires capables de produire de l'énergie à partir de la fois de leur face avant et de leur face arrière. Ils sont dotés d'une couche de verre supplémentaire à l'arrière, ce qui leur permet de capter les rayonnements solaires réfléchis par le sol. Ces panneaux génèrent de l'électricité à partir de la lumière directe, comme les panneaux solaires traditionnels, mais bénéficient également de l'irradiation réfléchie, ce qui est particulièrement efficace sur des surfaces à fort albédo (le pouvoir réfléchissant d'une surface), telles que les sols recouverts de neige ou de glace.

Incertitude reliée au peu de précédents

Étant donné le nombre plus faible de centrales solaires au Québec en comparaison à ailleurs au pays, un certain manque de familiarité avec la technologie PV demeure. De plus, le peu de projets solaires résulte en une incertitude face à cette technologie qui peut être encore méconnue.⁴⁶



Impacts sur l'environnement et la santé

→ Fabrication énergivore

Bien que les panneaux solaires ne génèrent pas de pollution lors de leur fonctionnement, leur fabrication est énergivore et constitue l'étape la plus polluante du processus. Le silicium utilisé dans la production de panneaux solaires ne se trouvant pas dans la croûte terrestre sous sa forme purifiée, il doit être séparé de matériaux communs comme le sable et le quartz. Cette étape de purification, consistant à chauffer le silicium en présence d'un matériau de carbone pour enlever l'oxygène, génère des émissions polluantes comme le CO².⁴⁷ D'autre part, plus de 70 % des panneaux solaires sont actuellement fabriqués en Chine et leur transport vers les lieux de constructions augmente leur empreinte carbone. Cependant, les panneaux solaires sont recyclables à hauteur de 95 à 99 %. Le silicium, qui représente plus de 90 % du marché des panneaux solaires, est particulièrement facile à recycler.⁴⁸

→ Surface requise

L'installation de parcs photovoltaïques nécessite une surface conséquente. Par exemple, pour construire une centrale photovoltaïque de 1 MW, la superficie requise pour l'installation des panneaux, des systèmes de fixation et des équipements d'électronique de puissance est d'environ de 2 hectares (soit environ 4 terrains de football).⁴⁹ La surface occupée par les panneaux varie aussi selon le type d'installation (les panneaux installés sur des toits seront plus concentrés que ceux installés dans des champs). Les centrales solaires peuvent être implantées sur d'anciennes zones industrielles ou dans des zones naturelles. Dans le cas des zones industrielles, l'impact environnemental est limité, car ces zones sont déjà artificialisées. En revanche, dans les zones naturelles, l'impact est plus important et l'installation peut nécessiter le défrichage de la zone pour l'installation du parc solaire. Pour cette raison, l'agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) recommande, par exemple en France, de privilégier l'installation de panneaux solaires dans des zones déjà artificialisées, comme les zones industrielles.⁵⁰

→ Artificialisation des sols

L'installation de parcs photovoltaïques en milieu naturel nécessite aussi d'artificialiser des surfaces pour y placer des fondations en béton afin de soutenir les panneaux. Cela peut réduire l'infiltration de l'eau et causer l'érosion des sols. Pour atténuer ces effets, les rangées de panneaux sont espacées pour mieux répartir les surfaces bétonnées et limiter l'imperméabilisation des sols. De plus, l'ombrage généré par les panneaux peut affecter les plantes situées en dessous, réduisant leur exposition à la lumière. La surface occupée par un parc solaire peut aussi réduire les surfaces agricoles ou constructibles disponibles dans une municipalité. Le développement de l'agrivoltaïsme, qui combine la production d'énergie solaire avec l'agriculture sur le même terrain, permet de limiter ces impacts. L'ombre générée par les panneaux solaires permet d'améliorer les conditions de culture, en particulier dans les régions sèches.³⁸



Volet financier





Aspects économiques

Les coûts associés à un projet de production d'énergie solaire se répartissent en deux grandes catégories : les coûts d'investissement (CAPEX) et les coûts d'opération et de maintenance (OPEX).

Coûts d'investissement (CAPEX)

Les CAPEX englobent **les dépenses liées à la planification, au développement et à la construction d'une centrale solaire**. Ces coûts comprennent l'achat des équipements (panneaux solaires, onduleurs, systèmes de fixation, etc.), ainsi que la livraison, l'installation, l'acquisition de permis et de la mise en service de la centrale.

Exemples

La centrale solaire de La Prairie, qui a une capacité installée de 8.5 MW, a nécessité un investissement de 40 M\$ canadiens, soit un coût de 4 700 000 \$/MW. Un projet solaire à Nanticoke en Ontario inauguré en 2019 a, quant à lui, nécessité un investissement de 100 M\$ canadiens pour 44 MW de capacité installée (2 272 700 \$/MW)⁵².

Inaugurées en 2021, les centrales solaires de La Prairie et de Varennes sont les deux principales centrales solaires exploitées par Hydro-Québec. Elles ont une puissance installée combinée de 9,5 MW et permettent de produire près de 16 GWh d'énergie solaire par année, l'équivalent de la consommation de 1 000 clients résidentiels⁵³. Cependant, ce sont des centrales expérimentales plutôt que résidentielles, commerciales ou à grande échelle, donc leurs coûts d'investissement n'entrent pas dans les catégories mentionnées dans le tableau précédent.

L'intégration des sources d'énergie intermittentes, comme l'éolien et le solaire, au réseau électrique entraîne des coûts significatifs pour les développeurs de projets. Ces dépenses incluent la construction de nouvelles lignes de transport, la modernisation des infrastructures existantes et l'installation de postes de transformation, avec des coûts d'autant plus élevés si la centrale est éloignée des lignes de transport.

Coût d'investissement minimum et maximum des installations solaires en 2021⁵¹

Solaire résidentiel [\$/MW]	Solaire commercial [\$/MW]	Solaire à grande échelle [\$/MW]
3.1 M - 5.6 M *	1.8 M - 3.9 M *	1.1 M - 1.9 M *

Ces coûts sont rapportés pour 1 MW installé.

* Les prix sont donnés en dollars canadiens avec un taux de 1USD=1.35CAD

Ces coûts sont présentés à titre indicatif et les coûts réels peuvent varier en fonction de différents facteurs comme la localisation de la centrale solaire ou la technologie employée.

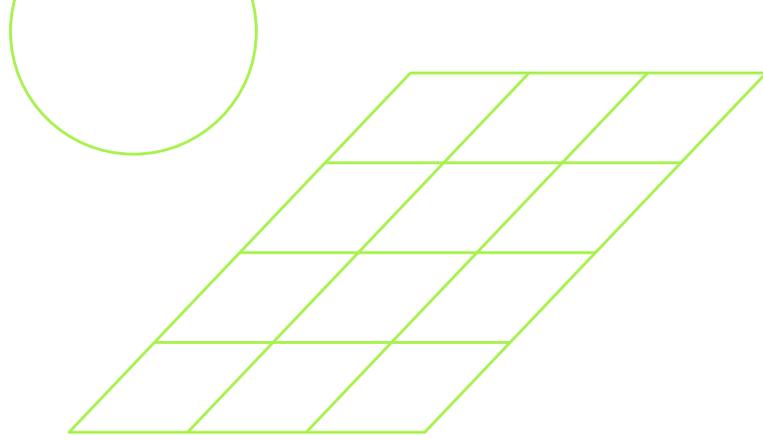
Étant donné le développement encore limité de l'énergie solaire au Québec, il est anticipé que les coûts d'investissement seront généralement plus élevés que dans le reste du Canada.

Solaire résidentiel

Les installations résidentielles, avec des coûts d'investissement se situant entre 3.1 M\$/MW et 5.6 M\$/MW, sont les plus onéreuses en raison de la complexité des opérations sur les toits des habitations.

Solaire commercial et à grande échelle

Les installations solaires commerciales, avec un CAPEX compris entre 1.8 M\$/MW et 3.9 M\$/MW, et à grande échelle, avec un coût allant de 1.1 M\$/MW à 1.9 M\$/MW, bénéficient de coûts d'investissement moins élevés en raison de leur superficie. À des fins de comparaison, les coûts d'investissement de récents projets éoliens pour des puissances variant entre 24 et 400 MW se situent entre 2.45 M\$/MW et 3.4 M\$/MW.



Coûts d'opération et de maintenance (OPEX)

Les coûts d'opérations et de maintenance (OPEX) représentent les coûts nécessaires pour faire fonctionner la centrale solaire en phase d'opération. Ils incluent les frais fixes (tels que les assurances et la sécurité du site) ainsi que les coûts associés au remplacement des équipements usés (tels que les onduleurs et les convertisseurs) et à la maintenance des équipements (comme le nettoyage des panneaux et l'entretien des transformateurs).

Coût actualisé de l'énergie (LCOE)

Le coût actualisé de l'énergie (*Levelized Cost Of Energy*, en anglais) est un facteur utilisé par les centrales de production d'électricité pour déterminer les coûts nécessaires pour produire un kilowattheure d'électricité rapporté sur la durée de vie de la centrale. Il prend en compte les CAPEX, les OPEX et le facteur de puissance de la centrale. Ce facteur économique permet de comparer le prix des différentes sources d'énergie entre elles.⁵⁷

Finalement, comme on peut le constater en comparant les deux tableaux, les CAPEX pour une installation solaire sont de deux ordres de grandeur plus élevés que les OPEX. Ainsi, sur la durée de vie d'un parc solaire, la majorité des coûts sont engagés lors de l'achat des équipements et de l'installation, donc avant le début de l'exploitation. Comme le parc ne génère pas encore de revenus à cette étape, la plupart des développeurs contractent des prêts pour financer le projet.

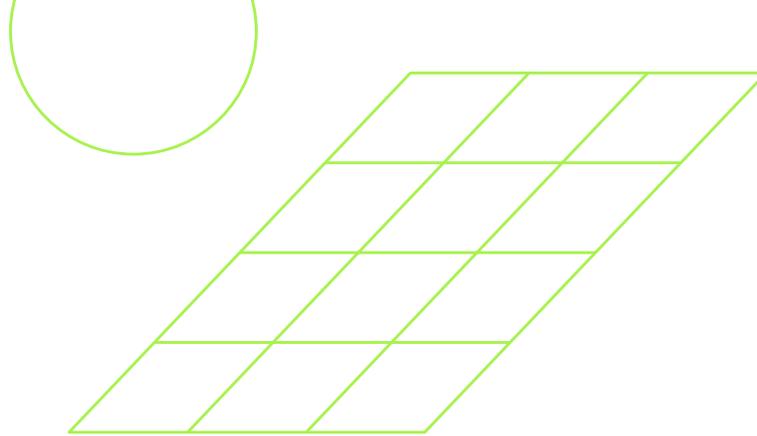
Coût d'opération et de maintenance des installations solaires en 2021⁵⁶

Solaire résidentiel [\$/MW]	Solaire commercial [\$/MW]	Solaire à grande échelle [\$/MW]
22 275-27 000	17 550-27 000	14 850-18 900



Chronologie d'un projet solaire





Chronologie d'un projet solaire à grande échelle⁵⁸



Étude de faisabilité : Durant cette étape, le développeur du projet évalue le potentiel solaire et les différentes caractéristiques du site (météorologique, sols, etc.). Les plans du projet et la conception du système sont réalisés à cette étape. Au niveau municipal, c'est à cette étape également que s'effectue la concertation politique et citoyenne pour s'assurer de la transparence du projet et d'une transmission adéquate de l'information à la population⁵⁸. Les municipalités jouent un rôle crucial dans l'acceptabilité sociale des projets énergétiques⁵⁹. Pour les grandes installations, elles peuvent organiser des consultations citoyennes afin de répondre aux préoccupations des résident(e)s (ex. : impact sur le paysage, éblouissement, bruit des onduleurs).

Développement du projet : Cette étape consiste à obtenir les différents permis et autorisations auprès des organisations municipales, provinciales et fédérales (permis de construire, raccordement au réseau, etc.). Le promoteur s'assure d'avoir sécurisé le financement de la centrale solaire durant cette étape. Chaque municipalité au Québec établit ses propres règlements concernant l'installation de panneaux solaires⁶¹. Si le projet est à grande échelle, des études d'impact environnemental sont effectuées. Certains projets peuvent nécessiter une approbation du conseil municipal ou une modification du règlement de zonage.

Construction et installation : Cette étape décrit l'installation des différents composants d'un parc solaire (panneaux, onduleur, etc.) selon les dernières versions des plans réalisés durant la phase de développement du projet. Les municipalités peuvent encadrer l'installation de panneaux solaires afin de favoriser une meilleure intégration de ces constructions dans leur environnement⁶². Cette étape comprend également les tests de mise en marche de la centrale solaire. Les municipalités peuvent effectuer des inspections pour s'assurer que les travaux respectent les permis accordés.

Opération et maintenance : Cette étape consiste en l'opération de la centrale solaire. La centrale produit de l'énergie qui est injectée sur le réseau, et le promoteur du projet s'assure de l'entretien et de l'opération de la centrale. C'est lors de cette phase que les revenus sont générés par le projet. Les municipalités sont reconnues comme étant des partenaires indispensables, jouant un rôle clé dans la gestion des infrastructures locales⁶³. Certaines municipalités peuvent exiger un entretien régulier des installations pour éviter les nuisances visuelles ou les dangers (ex. : panneaux endommagés).

Fin de vie et recyclage : Cette étape consiste à déconnecter les panneaux solaires et démonter l'infrastructure. Il s'agit ensuite de valoriser les matériaux via des centres de recyclage. La municipalité peut s'assurer que soit mises en place des mesures concernant l'environnement et la gestion des déchets, incluant potentiellement le démantèlement et le recyclage des installations solaires^{64, 65, 66}.

Il est à souligner que les étapes d'un projet ne sont pas entièrement séparées.

Exemples de projets solaires



Projet solaire communautaire

Des études ont démontré qu'un projet de production d'énergie renouvelable a plus de chances de recevoir un haut niveau d'acceptabilité sociale lorsqu'il inclut une participation active de la communauté.⁶⁷ L'acceptabilité sociale se définit comme une « réponse favorable ou positive [...] concernant une technologie [...] proposée par les membres d'une unité sociale donnée (pays ou région, communauté ou ville et ménage, organisation) ». ⁶⁸

Un projet est communautaire lorsque la communauté est impliquée lors de toutes les phases du projet tout en profitant des retombées économiques du projet. Dans le cas d'un projet solaire, **les communautés peuvent s'associer avec des partenaires privés pour chercher du financement et négocier un pourcentage des revenus générés par le projet lors de la phase d'opération.** Cette approche favorise l'adhésion au projet en intégrant les résidents aux décisions, tout en améliorant la qualité de vie locale grâce aux revenus générés par le projet. Elle permet d'associer l'ancrage local de la communauté à l'expertise en développement de projet des partenaires privés.

Exemples

Au Canada, le parc solaire de Deerfoot et Barlow prend place sur le territoire des Premières Nations Chiniki et Goodstone, qui se sont associées avec ATCO pour réaliser ce projet. Les Premières Nations ont une participation de 51 % et ATCO est propriétaire de 49 % du projet. Le projet a reçu un soutien de 78.8 M\$ de la part de la Banque de l'infrastructure du Canada.⁶⁹

Ce type de modèle existe déjà au Québec pour l'énergie éolienne, avec notamment l'Alliance de l'énergie de l'Est qui développe des projets avec 50 % de participation communautaire⁷⁰. Depuis 2021, la majorité des projets éoliens développés au Québec incluent une participation communautaire.



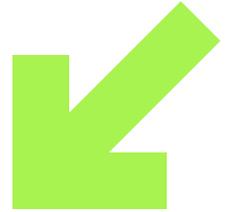
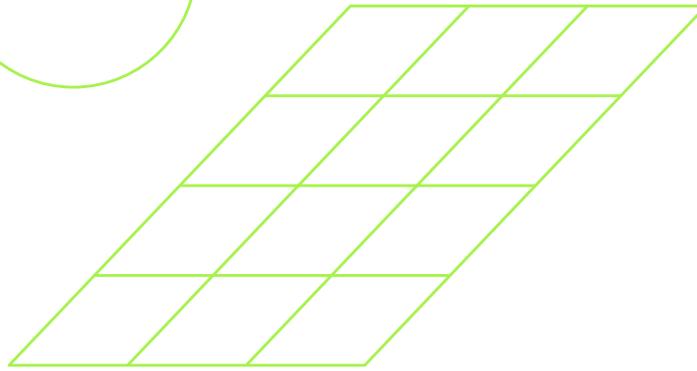
Exemples de projets solaires municipaux

Au Québec

Lac-Mégantic

Un projet de recherche collaboratif entre la municipalité de Lac-Mégantic et Hydro-Québec a permis de développer un microréseau innovant, combinant 800 kW de panneaux solaires installés sur les bâtiments municipaux du centre-ville, 700 kWh de batteries ainsi que des stations de recharges de véhicules électriques. Ce projet renforce l'expertise d'Hydro-Québec en matière de technologies solaires et de microréseaux, mais positionne également la ville de Lac-Mégantic comme véritable pôle d'innovation.⁷¹ Le coût de ce projet s'est élevé à 12,8 M\$.⁷²





Au Canada et dans le reste du monde

Stirling, Alberta

Certaines municipalités en Alberta investissent dans des parcs solaires pour assurer des revenus réguliers et soutenir la transition énergétique en réduisant leur dépendance aux énergies fossiles. En 2019, la municipalité de Stirling a installé 50 kW de panneaux solaires sur les toits de bâtiments municipaux et 178 kW sur le sol.⁷³ Stirling a investi près de 500 000 \$ dans un parc solaire et qui permet à la municipalité d'économiser entre 80 000 \$ et 100 000 \$ par année en réduisant à zéro la consommation des bâtiments municipaux (centre communautaire, traitement des matières résiduelles, kiosque touristique, etc.). Les économies réalisées de cette façon permettent d'atteindre un retour sur investissement en 7 ans.⁷⁴

Arnprior, Ontario

De nouvelles pratiques émergent pour valoriser les surfaces occupées par les parcs solaires. En diminuant la concentration de panneaux solaires pour permettre la circulation d'animaux ou de machines agricoles, les centrales solaires peuvent combiner la production électrique et l'activité agricole, aussi appelée agrivoltaïsme. En Ontario, le parc solaire d'Arnprior, d'une capacité de 23.4 MW, combine ainsi la production d'énergie renouvelable avec l'élevage. Initialement destiné à la production d'électricité, ce parc a progressivement intégré des ruches pour la production de miel et environ 500 brebis pour le pâturage sous et autour des panneaux solaires. Le site offre également un habitat pour le papillon monarque et est la première centrale solaire à avoir reçu un prix du Programme d'intendance de l'habitat pour les espèces en périls (PIH).⁷⁵ Le coût total du projet s'élève à 70 M\$.⁷⁶

Windsor, Californie

Pour remédier aux problèmes de surface disponibles dans les villes, certaines municipalités installent des panneaux solaires sur des plans d'eau. Par exemple, à Windsor, en Californie, une centrale solaire de 1,8 MW a été installée sur le bassin de traitement des eaux usées, couvrant 90 % des besoins énergétiques de la station. Le coût de ce projet s'élève à 3.28 millions de dollars américains et va permettre à la municipalité d'économiser 175 000 dollars par an. Le temps de retour sur investissement de ce projet est estimé à 19 ans.⁷⁷

Comox Valley, Colombie-Britannique

Les grands bâtiments comme les aéroports offrent également des opportunités pour l'installation des panneaux solaires. À Comox Valley, un système de 121 kW a été installé sur le toit de l'aéroport, couvrant environ 13 % de ses besoins énergétiques.⁷⁸ Le coût de ce projet est estimé à 275 000 \$.⁷⁹

Bibliographie



1. Our World in Data. (2024) Energy Mix. <https://ourworldindata.org/energy-mix>
2. International Energy Agency. (2023) Energy supply. <https://www.iea.org/countries/canada/energy-mix>
3. Hydro-Québec. (2023) Bouquet électrique résiduel et taux d'émission de gaz à effet de serre (GES). <https://www.hydroquebec.com/data/developpement-durable/pdf/eti-quette-electricite-reseau-principal-hq-2023.pdf>
4. Gouvernement du Québec. (2024) Projet de règlement sur un bloc de 300 mégawatts d'énergie solaire photovoltaïque. https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/gouvernement/MCE/dossiers-soumis-conseil-ministres/2024-0025_memoire.pdf
5. Régie de l'énergie du Canada. (2024) Profils énergétiques des provinces et territoires – Québec. <https://www.cer-rec.gc.ca/fr/donnees-analyse/marches-energetiques/profils-energetiques-provinces-territoires/profils-energetiques-provinces-territoires-quebec.html#:~:text=de%20page%2039,-%C3%89lectricit%C3%A9,ont%20totalis%C3%A9%2014%2C2%20TWh>
6. Hydro-Québec. (2022) Plan d'approvisionnement 2023-2032. <https://www.hydroquebec.com/data/achats-electricite-quebec/pdf/plan-dapprovisionnement-2023-2032.pdf>
7. Gouvernement du Québec. (2024) Loi sur les compétences municipales <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/lc/C-47.1?&cible=>
8. Bouthillette Parizeau. (2019) Solaire thermique : Comment aider cette technologie à percer au Québec. https://ashraemontreal.org/ashrae/data/files/powerpoint/seminaire_ashrae_mtl_solairethermique_11mars2019_final.pdf
9. Gouvernement du Canada. (2025) Cartes d'ensoleillement et du potentiel d'énergie solaire photovoltaïque du Canada. <https://ressources-naturelles.canada.ca/source-energie/energies-renouvelables/cartes-ensoleillement-potentiel-energie-solaire-photovoltaïque-canada>
10. Association canadienne de l'énergie renouvelable. (2024) En chiffres. <https://renewablesassociation.ca/news-release-new-2023-data-shows-11-2-growth-for-wind-solar-energy-storage/>
11. Tugliq Énergie Co. (2017) Énergie Éolienne – Îles-de-la-Madeleine, Québec. https://archives.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/Consultation_ÎlesDeLaMadeleine/documents/DM5.pdf
12. Association canadienne de l'énergie renouvelable. (2023) Communiqué. <https://renewablesassociation.ca/fr/communique-les-nouvelles-donnees-2023-montrent-une-croissance-de-112-dans-le-olien-le-solaire-et-le-stockage-denergie/>
13. Association québécoise de la production d'énergie renouvelable. (2024) Commentaires de l'AQPER dans le cadre du projet de règlement : Bloc de 300 mégawatts d'énergie solaire photovoltaïque. <https://aqper.com/images/AQPER24/AQPER-Commentaires-projet-de-reglement-bloc-300MW-nergie-solaire.pdf>
14. Hydro-Québec. (2017) Rapport annuel 2017. <https://www.hydroquebec.com/data/documents-donnees/pdf/rapport-annuel-2017.pdf>
15. Énergie Solaire Québec. (2025) Répertoire. <https://esq.quebec/repertoire/>
16. G2V Optics. Theory of the Solar Cell. <https://g2voptics.com/photovoltaics-solar-cells/theory-of-solar-cells/>
17. Energy Education. Photovoltaics cell. https://energyeducation.ca/encyclopedia/Photovoltaic_cell#:~:text=Photovoltaic%20Effect,-main%20article&text=Figure%203.,electric%20current%20in%20the%20cell
18. Hu Chenming. (2009) Electrons and Holes in Semiconductors. https://www.chu.berkeley.edu/wp-content/uploads/2020/01/Chenming-Hu_ch1-3.pdf
19. Suka Janda. (2015) Chapitre 5 : Capteurs solaires photovoltaïques. <http://www.foad.uadb.edu.sn/mod/book/tool/print/index.php?id=2448>
20. Acsolue Energie. (2024) Au cœur de la cellule solaire pour comprendre l'effet photovoltaïque : dopage du silicium cristallin, production d'électricité. <https://acsolue-energie.fr/2021/08/01/au-coeur-de-la-cellule-solaire-pour-comprendre-leffet-photovoltaïque-dopage-du-silicium-cristallin-production-delectricite/>
21. U.S. Department of Energy. Solar Photovoltaic Cell Basics. <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-photovoltaic-cell-basics#:~:text=When%20the%20semiconductor%20is%20exposed,semiconductor%20materials%20for%20PV%20cells>
22. Institut de recherche sur la science, la société et la politique publique. Sun, wind or water? Public support for large-scale renewable energy development in Canada. https://www.uottawa.ca/research-innovation/sites/g/files/bhrsksd326/files/2022-10/PE_Public%20Support%20for%20RE%20Technologies_In-Brief_V01.pdf
23. Science Direct. (2023) Progress of PV cell technology: Feasibility of building materials, cost, performance, and stability. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/>

Bibliographie



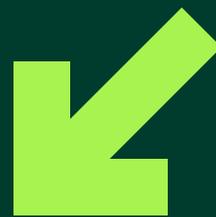
- [pii/S0038092X23003110#b0195](#)
24. VeloSolar. (2024) *Understand C&I solar: A comprehensive guide*. <https://www.velosolar.com/ci-solar/#:~:text=These%20large%20ground%20mounted%20%E2%80%9Csolar,energy%20needs%20of%20the%20home>
25. Chariot Energy. *Solar Farms: What are they & how do they work?* <https://chariotenergy.com/chariot-university/solar-farms/>
26. Boralex. *Le solaire, lumière sur une ressource inépuisable*. <https://www.boralex.com/fr/solutions/solaire>
27. Hydro-Québec. (2007) *Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée sans injection de puissance au réseau de distribution d'Hydro-Québec*. <https://www.hydroquebec.com/data/transenergie/raccordement-reseau/e1206.pdf>
28. Climate Consulting Selectra. (2024) *Quelles sont les émissions de CO2 par source d'énergie?* <https://climate.selectra.com/fr/empreinte-carbone/energie>
29. Science Direct. (2024) *A global analysis of renewable energy project commissioning timelines*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030626192301927X>
30. International Renewable Energy Agency. (2019) *Future of solar photovoltaic*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA_Future_of_Solar_PV_summary_2019.pdf
31. Science Direct. (2023) *Decarbonizing Canada's energy supply and exports with solar PV and e-fuels*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148123010935>
32. Ressources naturelles Canada. (2023) *Energy fact book 2023-2024*. <https://energy-information.canada.ca/sites/default/files/2023-10/energy-factbook-2023-2024.pdf>
34. Gouvernement du Québec. (2024) *Décret 1377-2024*. https://www.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/fileadmin/gazette/pdf_encrypte/lois_reglements/2024F/84106.pdf
35. Marie-Christine Zelem. (2012) *Les énergies renouvelables en transition : de leur acceptabilité sociale à leur faisabilité sociotechnique*. https://global-chance.org/IMG/pdf/Zelem_ENR_RevueNRJ-Dec2012.pdf
36. Radio-Canada. (2023) *L'essor des fermes solaires, une menace pour les exploitations agricoles?* <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/2026242/energie-solaire-environnement-agriculture>
37. Clean Energy Reviews. (2025) *Most efficient solar panels 2025*. <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/most-efficient-solar-panels#:~:text=Perovskite%20Cell%20Technology&text=However%2C%20one%20company%2C%20Oxford%20PV,possibly%20nearing%2030%25%20-by%202030>
38. American Solar Energy Society. (2021) *Thin-Film Solar Panels*. <https://ases.org/thin-film-solar-panels/>
39. Hydro-Québec. (2023) *Bouquet électrique résiduel et taux d'émission de gaz à effet de serre (GES)*. <https://www.hydroquebec.com/data/developpement-durable/pdf/etiquette-electricite-reseau-principal-hq-2023.pdf>
40. Lazard. (2024) *Levelized Cost of Energy*. <https://www.lazard.com/research-insights/levelized-cost-of-energyplus/>
41. Hydro-Québec. (2025) *Énergie solaire photovoltaïque | Coûts et rentabilité*. <https://www.hydroquebec.com/solaire/couts.html#:~:text=Exemple%20de%20calcul&text=Une%20installation%20de%2016%20panneaux,la%20facture%20d%EF%BF%A2%EF%BE%80%EF%BE%99%C3%A9lectrict%C3%A9%20annuellement>
42. Institut de recherche en économie contemporaine. (2020) *Le potentiel photovoltaïque au Québec*. https://irec.quebec/ressources/publications/Potentiel_photovoltaique_Qc_notinterv68_IREC_PGodin_jan2020.pdf
43. Hydro-Québec. *Mieux consommer l'hiver c'est payant*. <https://www.hydroquebec.com/affaires/economies-energie-entreprise/offres-gestion-puissance/mieux-consommer-lhiver-cest-payant.html>
44. HELLIO. (2025) *Le panneau solaire bifacial : fonctionnement et intérêt*. <https://www.hellio.com/actualites/conseils/panneau-bifacial#:~:text=Contrairement%20%C3%A0%20un%20panneau%20classique,de%20solidit%C3%A9%20et%20de%20durabilit%C3%A9>
45. Nergica. *L'énergie solaire au Québec : un brillant avenir se dessine à l'horizon*. <https://nergica.com/energie-solaire-quebec/>
46. Assemblée nationale du Québec. (1990) *Journal des débats de la Commission de l'économie et du travail*. <https://www.assnat.qc.ca/fr/travaux-parlementaires/commissions/cet-34-1/journal-debats/CET-900510.html>

Bibliographie



47. Let's go solar. How are solar panels made? <https://www.letsgosolar.com/faq/how-are-solar-panels-made/>
48. Greenpeace. L'énergie solaire sur le gril. <https://www.greenpeace.fr/impact-environnemental-solaire/>
49. France Energy. (2024) Land Requirements for Setting Up a 1 MW solar plant. <https://blog.feniceenergy.com/land-requirements-for-setting-up-a-1-mw-solar-plant/>
50. Agence de la transition écologique. (2023) Photovoltaïque, sol et biodiversité : enjeux et bonnes pratiques. <https://librairie.ademe.fr/energies/6122-photovoltaique-sol-et-biodiversite-enjeux-et-bonnes-pratiques-9791029709999.html#product-presentation>
51. International Energy Agency. (2021) National Survey Report of PV Power Applications in Canada. <https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2022/11/NSR-Canada-2021.pdf>
52. FM 103,3 – La radio allumée. (2021) Une production d'énergie solaire en marche à La Prairie et Varennes. <https://www.fm1033.ca/une-production-denergie-solaire-en-marche-a-la-prairie-et-varennes/>
53. Hydro-Québec. (2021) Hydro-Québec inaugure ses deux premières centrales solaires. <https://nouvelles.hydroquebec.com/fr/communiqués-de-presse/1730/hydro-quebec-solaire-energies-renouvelables/>
56. National Renewable Energy Laboratory (NREL). (2021) U.S. Solar Photovoltaic System and Energy Storage Cost Benchmarks. <https://www.nrel.gov/docs/fy22osti/80694.pdf>
57. National Renewable Energy Laboratory (NREL). Definitions – Levelized Cost of Energy. [https://atb.nrel.gov/electricity/2024/definitions#:~:text=Levelized%20cost%20of%20energy%20\(LCOE,operating%20expenditures%2C%20and%20capacity%20factor](https://atb.nrel.gov/electricity/2024/definitions#:~:text=Levelized%20cost%20of%20energy%20(LCOE,operating%20expenditures%2C%20and%20capacity%20factor)
58. ÉCO/Delta Green Energies Productions. Les étapes d'un projet photovoltaïque. <https://ecodelta.fr/les-etapes-dun-projet-photovoltaïque/>
59. Fédération québécoise des municipalités. (2022) La participation des communautés aux projets éoliens : un gage de réussite. <https://fqm.ca/medias/communiqués/la-participation-des-communautés-aux-projets-eoliens-un-gage-de-reussite/>
61. Québec Solar. Guide des systèmes d'énergie solaire raccordés au réseau d'Hydro-Québec. <https://quebecsolar.ca/fr/guide-des-systemes-denergie-solaire-raccordes-au-reseau-dhydro-quebec/#:~:text=Chaque%20ville%20ou%20arrondissement%20C3%A9tablit,un%20permis%20-sp%C3%A9cial%20est%20n%C3%A9cessaire>
63. Fédération québécoise des municipalités. (2022) La participation des communautés aux projets éoliens : un gage de réussite. <https://fqm.ca/medias/communiqués/la-participation-des-communautés-aux-projets-eoliens-un-gage-de-reussite/>
64. Institut national de santé publique du Québec. (2022) L'action municipale pour créer des environnements favorables à la santé et à la qualité de vie. <https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/3262-qualite-vie-action-municipale.pdf>
65. RECYC-QUÉBEC. (2022) Matériaux de la transition énergétique : État de la situation et pistes de solutions. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/etude-materiaux-transition.pdf>
66. EDF Solutions solaires. (2025) Le recyclage des panneaux solaires photovoltaïques : comment ça fonctionne? <https://www.edf-solutions-solaires.com/guide-solaire/recyclage-panneaux-solaires-photovoltaïques/>
67. Chaire INFRA-S sur la valorisation sociale des infrastructures. (2024) Gouvernance et acceptabilité sociale des grands projets publics. <https://infra-s.uqam.ca/projet/gouvernance-et-acceptabilite-sociale-des-grands-projets-publics/>
68. Conseil de conservation du Nouveau-Brunswick. (2022) Factors Affecting Social Acceptance of Renewable Energy and Transmission Projects. <https://www.conservationcouncil.ca/wp-content/uploads/2022/05/Executive-Summary-renewable-energy-and-transmission.pdf>
69. Banque de l'infrastructure du Canada. (2023) La BIC, le Premières Nations Chiniki et Goodstoney et ATCO collaborent sur des projets d'énergie solaire à grande échelle. <https://cib-bic.ca/fr/medias/articles/la-bic-les-premieres-nations-chiniki-et-goodstoney-et-atco-collaborent-sur-des-projets-denergie-solaire-a-grande-echelle/>
70. Alliance de l'énergie de l'Est. À propos. <https://alliance-est.ca/a-propos-de-lalliance/>
71. Hydro-Québec. Premier microréseau du Québec – Un projet source de fierté. <https://www.hydroquebec.com/microreseau-lac-megantic/>
72. Gouvernement du Canada. (2018) Microréseau de Lac Mégantic HQ. <https://ressources-naturelles.canada.ca/financement-partenariats/microreseau-lac-megantic-hq>

Bibliographie



73. Stirling. *Stirling Solar Energy*. <https://stirling.ca/stirling-solar-energy>
74. Radio-Canada. (2024) Deux municipalités albertaines misent sur la carboneutralité pour économiser. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/2059148/alberta-municipalites-re-nouvelables-solaire>
75. AgriSolar Clearinghouse. (2022) *Case Study: EDF Renewables Arnprior Site AgriSolar*. <https://www.agrisolarclearinghouse.org/case-study-edf-renewables-arnprior-site-agrisolar/>
76. Torys. *Arnprior Solar Project*. <https://www.torys.com/work/2010/01/51e18eeb-790c-40d7-b48e-49d2ca86bf3c>
77. Western City. (2022) *Windsor builds one of the nation's biggest floating solar arrays*. <https://www.westerncity.com/article/windsor-builds-one-nations-biggest-floating-solar-arrays>
78. Hakai Energy Solutions. (2024) *Comox Valley International Airport Solar Project*. <https://hakaienergysolutions.com/comox-valley-airport/>
79. Hakai Energy Solutions. (2024) *Comox Valley Airport Solar Project*. <https://web.archive.org/web/20241004215731/https://www.vicabc.ca/app/uploads/2024/04/Airport-Summary.pdf>
80. Hydro-Québec. *Consommation selon les caractéristiques de l'habitation*. <https://www.hydroquebec.com/residentiel/espace-clients/consommation/outils/utilisation-electricite.html>
81. Hydro-Québec. (2018) *L'énergie solaire | État des connaissances et enjeux de développement durable*. <https://www.hydroquebec.com/data/developpement-durable/pdf/etat-connaissances-enjeux-dd-2018.pdf>



Une initiative de la



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