

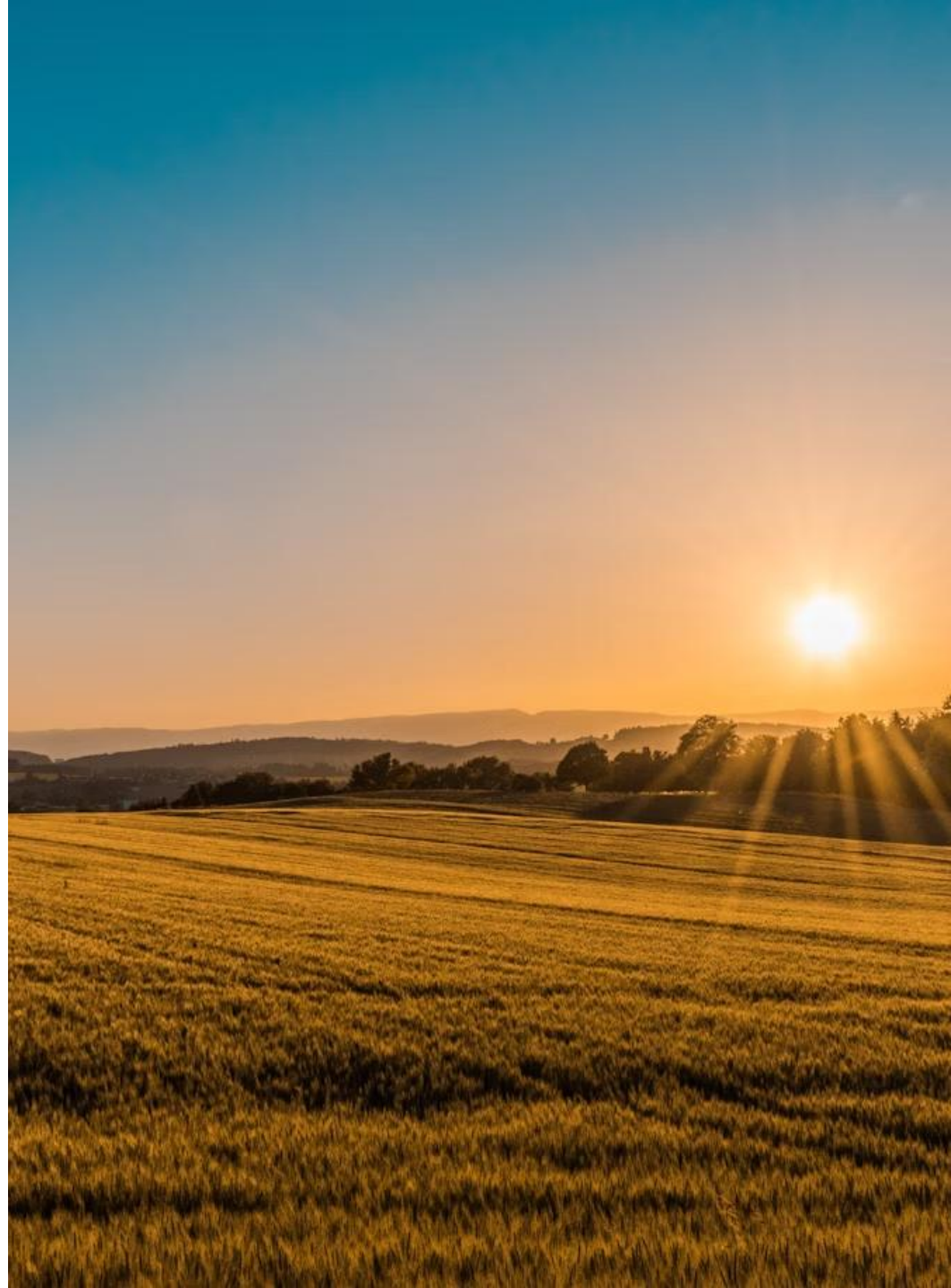


Association québécoise de la
production d'énergie renouvelable

Étude de marché de la production d'énergie solaire au Québec

Rapport final

19 octobre 2025



Cette page est volontairement laissée blanche.

Plusieurs opportunités se présentent pour la filière de l'énergie solaire au Québec

Contexte du mandat

L'hydroélectricité constitue la base de la production d'énergie au Québec. Les capacités de production hydroélectrique atteignent toutefois une limite face à une demande croissante et les impératifs de la transition énergétique. Hydro-Québec estime que sa production d'énergie devra augmenter d'environ 15 % d'ici 2035 pour répondre à ces nouveaux besoins et a récemment lancé un appel d'offres pour l'acquisition d'approvisionnement de 300 MW d'énergie solaire photovoltaïque.

Conséquemment, l'AQPER, sous l'impulsion du président du comité solaire et du directeur général, messieurs Jean-Hugues Lapointe et monsieur Luis Calzado, souhaite étudier le marché potentiel de l'énergie solaire au Québec et évaluer la pertinence d'une filière dédiée.

Chaine d'approvisionnement

- 1 Après une surexpansion des capacités de production par rapport à la demande et un effondrement des prix de plusieurs composantes, la capacité manufacturière des principales composantes de panneaux solaires devrait croître à un rythme plus modéré d'ici 2030.
- 2 La production mondiale de panneaux solaires se concentre majoritairement en Chine et en Asie du Sud-Est. La Chine détient plus de 80 % de la capacité manufacturière mondiale de polysilicium, de plaquettes et de cellules.
- 3 La forte demande domestique, le faible coût de la main-d'œuvre et un accès privilégié aux matériaux critiques expliquent la dominance, laquelle se concrétise au fil d'investissements importants.
- 4 Les panneaux solaires en provenance de la Chine continuent d'être les plus abordables. Les cinq plus grands producteurs d'onduleurs solaires à l'échelle mondiale sont d'origine chinoise.
- 5 Parmi l'ensemble des étapes de production, la fabrication et l'assemblage des modules constituent la principale source d'emplois. En amont (production de polysilicium, lingots et plaquettes), il est très difficile de compétitionner le marché mondial.

Potentiel de production de l'énergie solaire

- 1 Le potentiel PV du Québec est élevé près des zones de consommation.
- 2 Le potentiel de production est plus élevé à l'été, période durant laquelle la consommation est plus faible. Le stockage direct de l'énergie solaire est dispendieux.
- 3 Faisant office de batterie naturelle, les barrages se veulent une solution au stockage direct de l'énergie solaire. La capacité hydroélectrique naturelle de stockage est présentement sous-utilisée.
- 4 Au cours des dernières années, les coûts en matériel des systèmes PV ont fortement diminué. Dans les régions du Québec à haut potentiel, les coûts en matériel, au taux actuel, génère une période de remboursement de 10 ans.
- 5 Plusieurs coûts, dont la main-d'œuvre, variables selon le type d'installation s'ajoutent aux coûts en matériel et limitent la rentabilité économique. Dans le cas d'un parc solaire, le délai de remboursement de l'investissement initial est de 17 ans sans incitatifs gouvernementaux supplémentaires.
- 6 Les restrictions liées aux corps d'emplois lors de l'installation augmentent les coûts comparativement à une installation par des métiers non certifiés.
- 7 Plusieurs restrictions environnementales, notamment en lien avec les terres agricoles, agissent comme une barrière à l'expansion de l'industrie.
- 7 La flexibilité géographique de l'énergie solaire minimise les pressions sur l'infrastructure de transport de l'électricité.
- 8 Le déploiement de l'énergie solaire, rapide et par petits incréments, pourrait permettre de mieux arrimer les investissements à la demande et minimise le risque de capacité excédentaire.
- 9 Le coût des terrains est faible dans plusieurs régions, ce qui améliore la viabilité de projets à grand déploiement. Dans plusieurs régions, le coût des terrains représenterait moins de 1 % du coût des composantes.
- 10 Le retrait de la contrainte agricole pourrait ajouter 255 000 hectares supplémentaires pour la production d'énergie solaire, dont près de 91 % sur des terrains de grande superficie permettant d'accueillir des projets de grandes tailles, essentiels pour dégager des économies d'échelles.
- 11 Le toit des bâtiments pourrait accueillir une grande capacité de production. L'installation des systèmes sur les bâtiments est toutefois plus dispendieuse qu'en parcs solaires.
- 12 L'augmentation historique plutôt faible et le bas prix de l'électricité nuisent grandement au rationnel économique de l'autoproduction pour les entreprises.

Débouchés pour l'énergie solaire

- 1 Hydro-Québec a le droit exclusif de distribuer et de transporter l'électricité sur la majeure partie du territoire québécois.

L'Alberta compte sur un système misant sur le libre marché alors que le Québec, à l'image de la Colombie-Britannique compte sur un système où une société d'État agit comme seul acheteur potentiel d'électricité via des contrats à long terme
- 2 Pour répondre à leurs propres besoins énergétiques, certaines grandes entreprises pourront développer leurs propres infrastructures solaires. L'autoproduction permettra de combler une demande qu'Hydro-Québec n'est pas en mesure de fournir.
- 3 Certains enjeux significatifs (réglementation excessive, main-d'œuvre, réseau de capacité d'accueil, processus d'Hydro-Québec, éducation) devront être adressés afin d'accélérer le développement de la filière solaire.
- 4

Table des matières

	<i>page</i>
Introduction et méthodologie	5
Portrait actuel de l'énergie solaire au Québec	8
Potentiel de production d'énergie solaire	19
Chaîne d'approvisionnement	60
Conclusion	70
Annexe	73

Introduction et méthodologie

Introduction et méthodologie

Portrait du secteur de l'énergie solaire au Québec

Potentiel de production d'énergie solaire

Chaîne d'approvisionnement

Analyse stratégique et conclusion

Annexe

L'AQPER vise à documenter le potentiel et les enjeux pour le développement de la filière solaire au Québec

Cet objectif global s'inscrit dans une volonté de favoriser l'émergence de cette filière de production énergétique au Québec en cernant les améliorations à apporter au cadre d'implantation pour le Québec.

Cette étude vise ainsi les quatre sous-objectifs suivants :

- 1** | Réaliser une recherche documentaire et réaliser un portrait du potentiel de production d'énergie solaire au Québec
- 2** | Réaliser un portrait de l'environnement externe, l'environnement légal et la structure de l'écosystème de l'énergie solaire au Canada
- 3** | Dégager les divers débouchés de l'énergie solaire dans l'écosystème énergétique québécois
- 4** | Réaliser un portrait des options d'approvisionnement, de leurs bénéfices et des risques liés à la chaîne d'approvisionnement

Les travaux se trouvant dans ce livrable se sont déroulés entre juillet et octobre 2025, en s'appuyant sur les données, études et publications accessibles à ces dates

- Le rapport est structuré en trois grandes sections : le portrait de la situation actuelle de la production énergétique solaire au Québec, le potentiel de production ainsi qu'un regard sur la chaîne d'approvisionnement
- Finalement, une analyse stratégique est présentée à la conclusion du rapport. Les annexes suivent cette analyse.



Limites de la méthodologie

Les résultats de cette étude présentent certaines limites :

- Nous nous sommes appuyés sur un ensemble varié de sources externes utilisant des données, des définitions, des horizons temporels et des méthodes de modélisation pouvant différer
- Pour chaque analyse, la source la plus appropriée fut sélectionnée. Les divergences méthodologiques peuvent entraîner de légères différences et empêcher une agrégation des données de multiples sources
- Des entretiens ont été menés avec des experts du milieu. La liste de ces experts est en annexe de ce document
- Les projections émanant de sources externes demeurent incertaines et pourraient ne pas se réaliser dans un contexte politique et macroéconomique en évolution rapide
- Plusieurs limites liées à la couverture géographique et à l'actualité des données demeurent et forcent parfois une simplification de certaines hypothèses.

Les résultats doivent ainsi être interprétés comme des estimations indicatives utiles à la planification stratégique, plutôt que comme des prévisions précises.

Portrait du secteur de l'énergie solaire au Québec

Introduction et méthodologie

Portrait du secteur de l'énergie solaire au Québec

Potentiel de production d'énergie solaire

Chaîne d'approvisionnement

Analyse stratégique et conclusion

Annexe

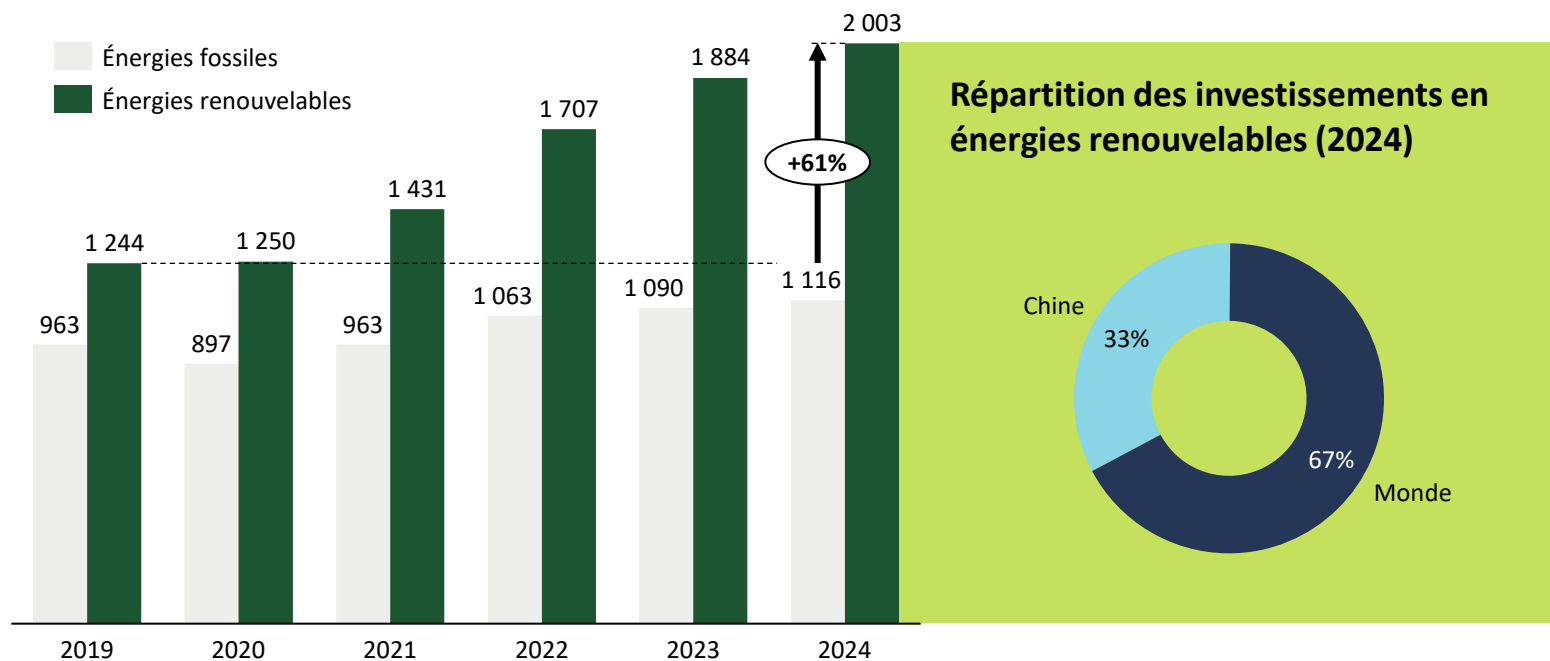
L'investissement en énergie renouvelable a considérablement augmenté

À l'échelle mondiale, les investissements réels en énergie renouvelable affichent **une augmentation de près de 61 % depuis 2019**, passant de 1 244 milliards en 2019 à plus de 2 000 milliards en 2024

- Cette croissance est supérieure à celle des énergies fossiles
- En 2024, la Chine représentait près de 33 % des investissements mondiaux en énergies renouvelables.

Investissements mondiaux dans les énergies renouvelables

2019 à 2024, en milliards USD (2023)



L'énergie solaire photovoltaïque affiche un fort potentiel de croissance à l'échelle mondiale

L'énergie solaire représente maintenant la majorité (54 %) de l'ensemble des investissements en production d'énergie renouvelable

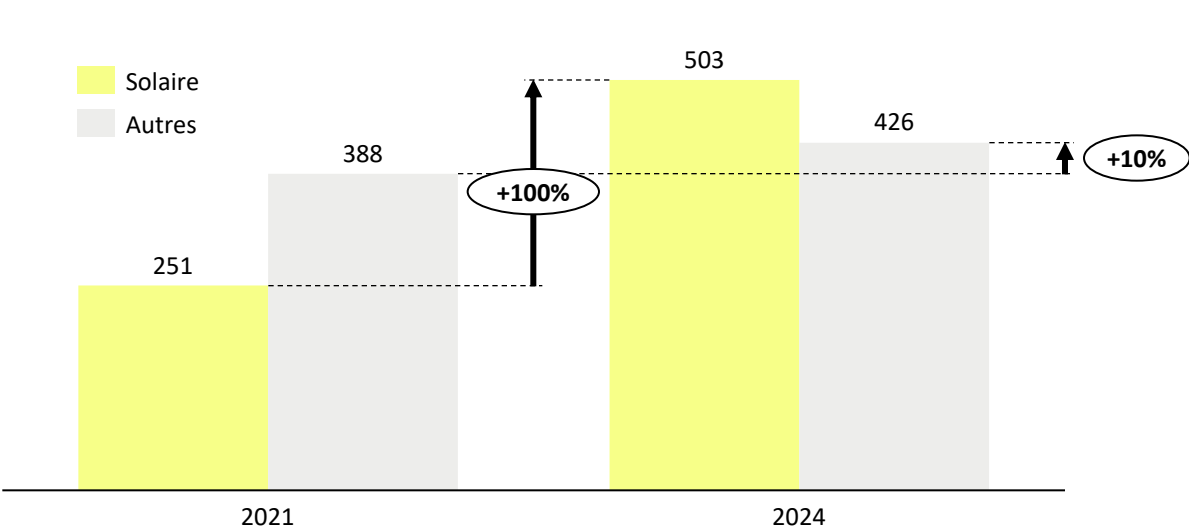
- Une augmentation importante des investissements (+100 %) en production d'énergie solaire s'est produite entre 2021 et 2024
- Cette croissance est supérieure à celles d'investissements pour les autres sources d'énergie renouvelable (+10 %) au cours de la même période.

L'énergie solaire devrait combler près de 35 % de la demande d'électricité de sources renouvelables d'ici 2030

- Globalement, une hausse de 90 % de la demande d'électricité de sources renouvelables est anticipée d'ici 2030
- Près de 55 % de cette hausse est attribuable à l'énergie solaire
- Cette hausse représente une augmentation de 300 % de la production d'énergie solaire, mesurée en exajoule (EJ).

Répartition des investissements en production d'énergies renouvelables*

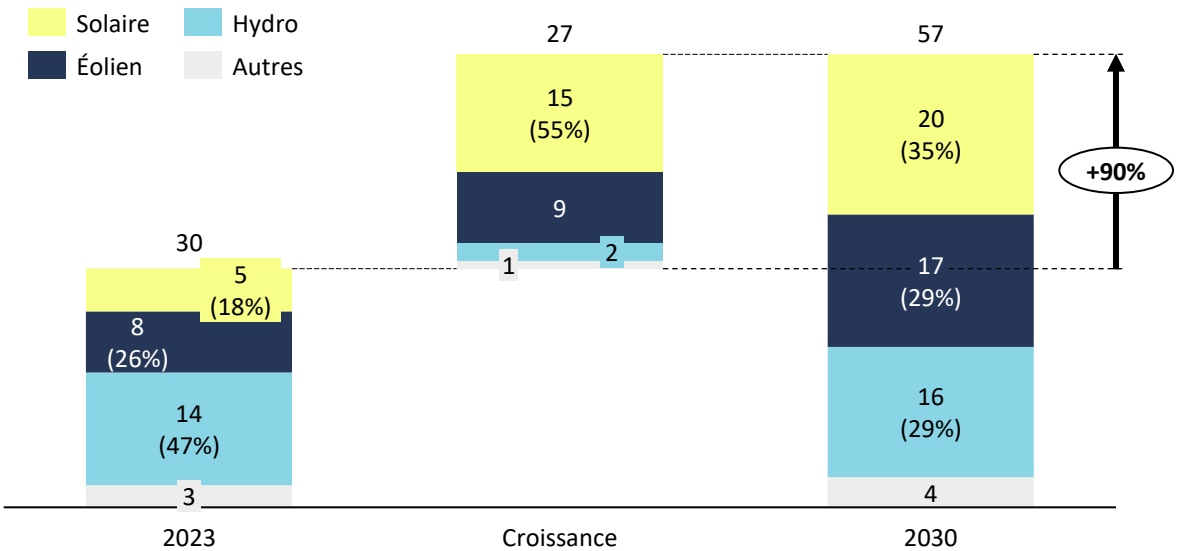
2021 et 2024, selon la source, en milliards USD (2023)



* Les investissements en production diffèrent des investissements totaux
 Sources: Agence Internationale de l'énergie, Analyses Averseo Conseil, 2025.

Demande mondiale d'électricité et prévisions pour 2030

2023 et 2030p, Monde, en EJ et en % de la demande totale annuelle



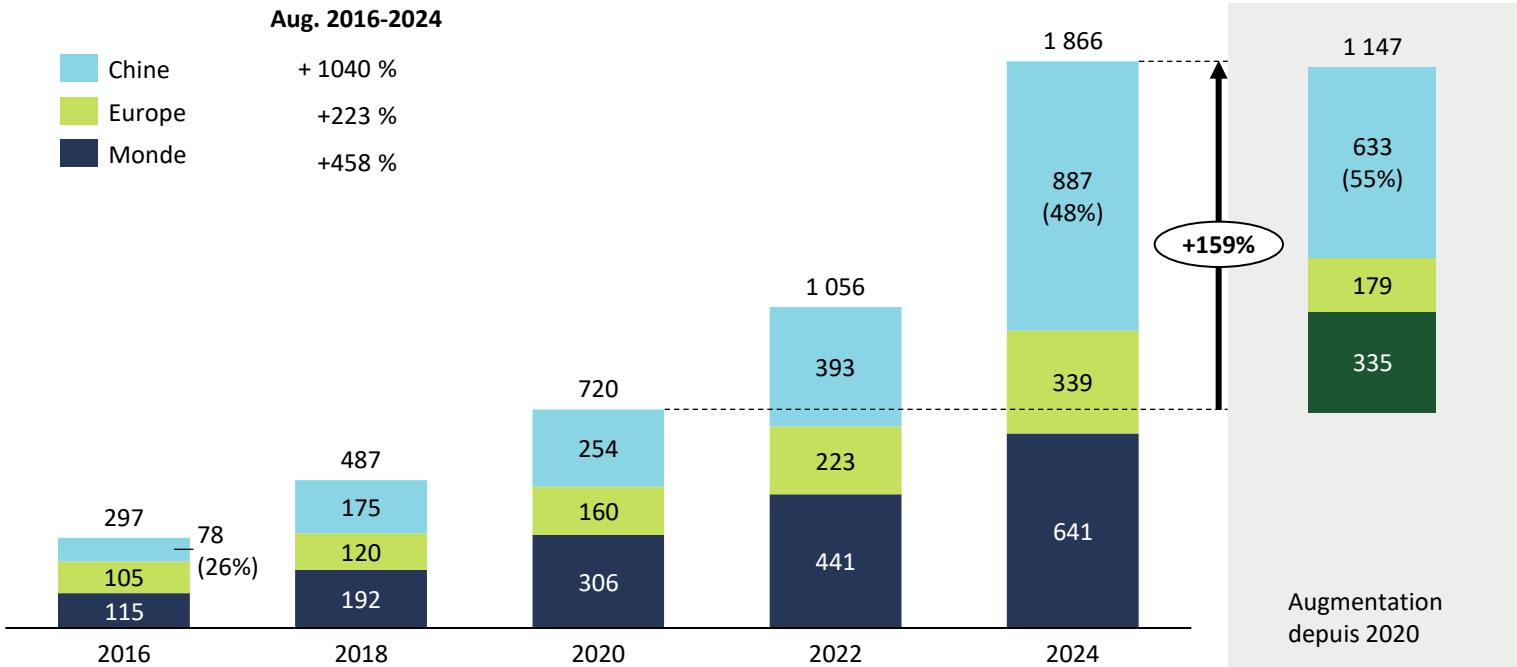
La Chine est positionnée comme le plus gros joueur mondial en matière de production d'énergie solaire

À la suite d'investissements importants réalisés au cours des dernières années, la Chine compte pour près de 48 % (887 000 MW) de la capacité mondiale (1 866 000 MW) de production d'énergie solaire.

La capacité mondiale de production d'énergie solaire a augmenté de près de 159 % depuis 2020, soit 1 147 000 MW

- La Chine a augmenté de 249 % sa capacité de production d'énergie solaire, passant 254 000 MW en 2020 à plus de 887 000 MW en 2024
- L'ajout de 633 000 MW en Chine correspond à 55 % de l'augmentation totale mondiale des capacités de production d'énergie solaire au cours de la période
- La croissance de l'industrie en Chine est rapide alors que le pays comptait, il y a moins de 10 ans (2016), tout juste 26 % de la capacité mondiale de production
- Depuis 2016, la Chine affiche une croissance de ses capacités de production d'énergie solaire de 1040 %, comparativement à 223 % pour l'Europe.

Capacité de production d'énergie solaire, selon la région
 2016 à 2024, Monde, en milliers de MW de capacité installée



L'énergie solaire photovoltaïque demeure marginale au Québec qui produit majoritairement des l'énergie hydroélectrique

Actuellement, la puissance installée du solaire photovoltaïque (PV) totalise environ 10 MW

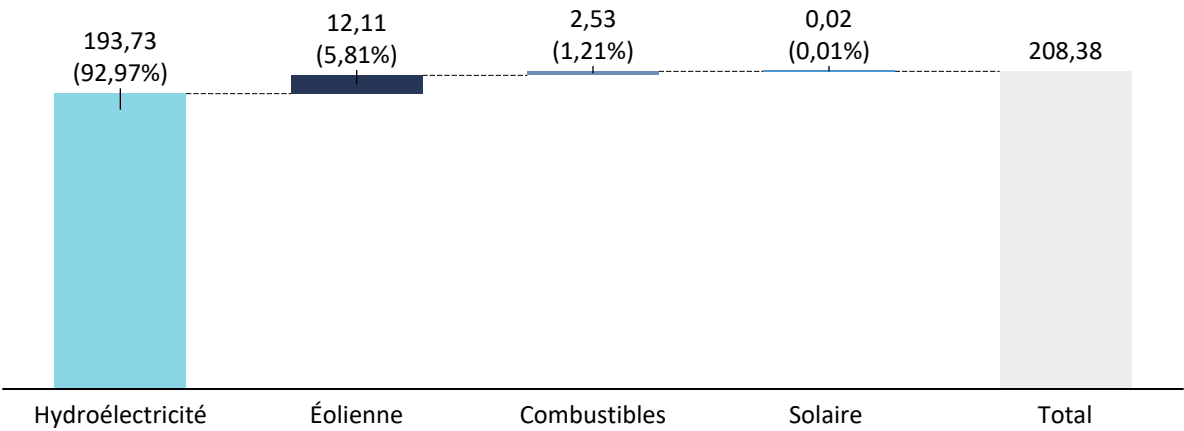
- L'électricité produite représente moins de 0,01 % de l'approvisionnement en électricité du Québec
- Cette production relativement faible s'explique en partie par l'abondance historique d'hydroélectricité au Québec
 - Celle-ci représente près de 93 % de la production d'électricité en 2024.
- Le contexte de la transition énergétique incite désormais Hydro-Québec à explorer de nouvelles façons d'atteindre ses objectifs énergétiques.

Hydro-Québec compte deux centrales solaires, lesquelles lui ont permis à d'acquérir de nouvelles compétences dans la gestion de parcs solaires

- La centrale **Gabrielle-Bodis** (La Prairie), instaurée en 2021, est composée de 26 000 panneaux solaires PV, dont près de 4 200 assemblés au Québec
 - Sa production annuelle totalise 13 GWh d'énergie solaire
- La centrale **Robert A. Boyd** (Varennnes), implantée la même année, fournit une production annuelle de 2,6 GWh grâce à ses 4 600 panneaux solaires
- La centrale solaire de l'Université de Sherbrooke (1 MW) et le microréseau du Lac Mégantic (800 kW) s'ajoutent aux installations solaires d'Hydro-Québec et contribuent à l'essor de l'industrie au Québec.

Production d'électricité selon le type d'énergie

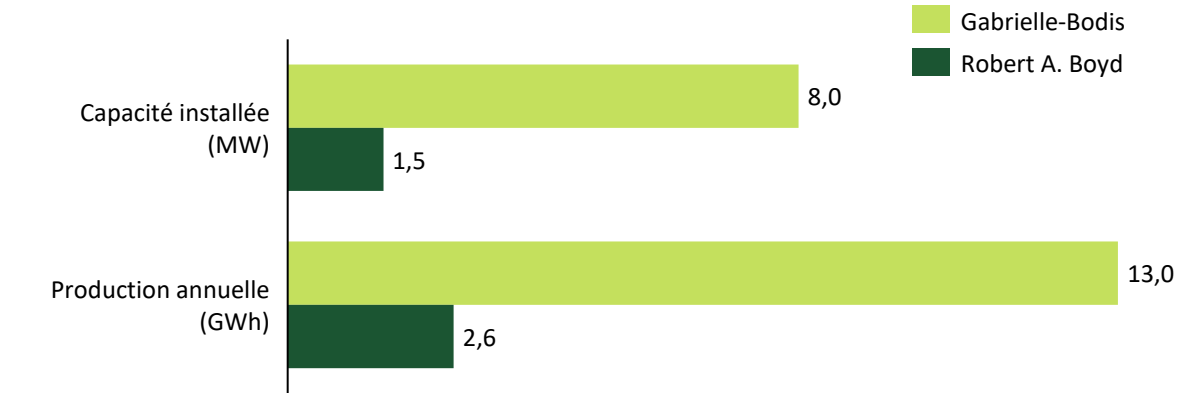
2024, Québec, en TWh



Sources: Statistique Canada; Hydro-Québec; Radio-Canada; Analyses Aviseo Conseil, 2025.

Capacité installée et production annuelle des centrales solaires d'Hydro-Québec

2025, Québec, Hydro-Québec, en MW et en GWh



La structure règlementaire du réseau électrique et la distribution varient en fonction de la juridiction au Canada

L'Alberta compte sur un système misant sur le libre marché alors que le Québec, à l'image de la Colombie-Britannique, compte sur un système où une société d'État agit comme seul acheteur potentiel d'électricité via des contrats à long terme.

- Les contrats à terme peuvent procurer une prévisibilité supplémentaire aux producteurs, mais s'accompagnent d'une rigidité supplémentaire
- Le recours aux sociétés d'État, comme unique distributeur, ajoute toutefois un poids administratif supplémentaire et une barrière règlementaire
 - Les producteurs sont dépendants des conditions des appels d'offres.

Territoires	Type de marché	Rôle du régulateur	Opération et rémunération des producteurs
Québec 	Un seul acheteur (Hydro-Québec)	Régie de l'énergie approuve les programmes d'achat d'énergie, les augmentations tarifaires et fixe certaines conditions de rémunération	Hydro-Québec a le droit exclusif de distribuer et de transporter l'électricité sur la majeure partie du territoire québécois. Producteurs privés (éoliens, biomasse, etc.) doivent vendre via contrats à long terme avec Hydro-Québec Distribution (souvent par appels d'offres). Il n'y a pas de marché public.
Ontario 	Marché hybride	Ontario Energy Board (OEB) supervise les tarifs et le cadre règlementaire.	L'Independent Electricity System Operator (IESO) gère le réseau électrique, l'approvisionnement et les contrats avec les producteurs. L'Ontario dispose toutefois d'un modèle d'électricité hybride, mélangeant concurrence à court terme et prix de marché et planification contractuelle à long terme via des contrats avec IESO.
Alberta 	Marché 100 % compétitif	Alberta Utilities Commission (AUC) n'intervient pas dans les prix ni les contrats, seulement dans l'approbation de projets.	L'Alberta Electric System Operator (AESO) est l'opérateur qui gère le marché de gros et le réseau de transport. Les contrats de gros se négocient toutefois librement entre les producteurs et les acheteurs. Les contrats bilatéraux privés sont fréquents.
Colombie-Brita 	Un seul acheteur (BC Hydro)	BCUC approuve les plans d'acquisition de BC Hydro et examine les ententes avec producteurs.	Producteurs indépendants vendent selon des contrats déterminés avec BC Hydro, généralement à prix fixe.



Au Québec, la société d'État vise une croissance de la capacité de production solaire de 3 000 MW d'ici 2035

Longtemps axée sur l'hydroélectricité, la société d'État se tourne désormais vers le solaire pour diversifier et compléter son portefeuille énergétique

- Ce niveau visé permettra d'accroître la production d'énergie solaire tout en limitant les investissements nécessaires dans les infrastructures de transport d'électricité
- L'approche adoptée par Hydro-Québec consistera à s'adapter à l'évolution des technologies et aux transformations potentielles à venir dans le domaine de l'énergie solaire.

Le déploiement de la filière solaire favorisera le développement économique du Québec

- En ce sens, le contenu québécois sera priorisé dans les différents projets à venir de manière à maximiser les retombées économiques locales
- De plus, l'acceptabilité sociale ainsi que l'implication des Premières Nations et des Inuits dans le développement de cette filière constitueront des facteurs déterminants pour assurer son succès.

Les producteurs privés devront donc être prêts afin de profiter de ces retombées et de soutenir la société d'État dans son objectif, qui pourrait évoluer.



Un premier appel d'offres pour des blocs d'énergie solaire au Québec

Le gouvernement québécois a mandaté Hydro-Québec, via décret administratif, d'effectuer un appel d'offres à l'égard d'un bloc de 300 MW d'énergie solaire PV

- De plus, le ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie ordonne à HQ que certaines préoccupations économiques, sociales et environnementales soient transmises à la Régie de l'énergie et respectées dans l'appel d'offres.

Préoccupations économiques, sociales et environnementales	Description
Maximiser les retombées économiques, sociales et environnementales au Québec.	– Les équipements de production d'énergie solaire PV doivent préférablement être installés sur des surfaces artificialisées – Hydro-Québec doit prévoir une période de dépôt de soumissions suffisamment longue pour maximiser la quantité de soumissions de qualité.
L'installation d'équipements de production d'énergie solaire PV au sol doit favoriser un développement harmonieux et susciter l'adhésion du milieu local.	Le milieu local inclut l'ensemble des types de municipalités, les conseils de bande, les administrations et régies municipales ainsi que les gouvernements des peuples autochtones.
Les équipements de production d'énergie solaire PV doivent être raccordés dans les meilleurs délais au réseau de distribution d'Hydro-Québec.	Ce critère permet de préserver la capacité résiduelle du réseau de transport d'électricité pour les filières disposant d'une puissance plus élevée en période de pointe hivernale.

L'appel d'offres d'Hydro-Québec comporte de nombreux critères à respecter

- Le premier appel d'offres d'Hydro-Québec représente un moyen pour la société d'État d'intégrer graduellement l'énergie solaire à son mix énergétique
- Représentant **10 % de son objectif total de 2035**, cet appel d'offres constituera un outil pour guider Hydro-Québec dans son déploiement d'énergie solaire
 - L'appel d'offres permettra de développer des collaborations efficaces avec le secteur privé et communautaire en plus de servir de projet pilote pour l'implantation des 2 700 MW restants d'énergie solaire à combler
 - En fonction des résultats obtenus de cet appel d'offres, la société d'État envisagera possiblement des projets solaires à plus grande échelle, c.-à-d. de plus de 25 MW.
 - Certaines conditions et préférences sont détaillées dans l'appel d'offres.

Zones des projets	– Il est préférable que les centrales PV soient situées dans des zones commerciales, industrielles ou institutionnelles pour minimiser les coûts. Elles ne doivent en aucun cas être situées en zone agricole – Pour les centrales PV nécessitant un nouveau raccordement au réseau, celui-ci doit être localisé à moins de 300 mètres d'un réseau moyenne tension triphasé d'Hydro-Québec.
Puissance des projets	– Les projets retenus devront offrir une puissance installée de 0,7 MWac et plus et être raccordés à basse ou moyenne tension sur le réseau intégré d'HQ.
Date de livraison	– La date garantie de début des livraisons ne peut pas dépasser le 1^{er} décembre 2029.

L'appel d'offres en quelques chiffres

2025, Québec

300 MW

d'énergie solaire PV issue de différents projets

25 MW

d'énergie solaire PV maximale par projet soumissionné

20 à 25 ans

de durée contractuelle des projets soumissionnés

Critères d'évaluation de l'appel d'offres

Québec, 2025.

- ### Coût de l'électricité

Ce critère comprend :

 - Le prix de l'énergie offert par le soumissionnaire
 - Les coûts applicables pour la centrale PV
 - Tous autres frais additionnels
- ### Contenu québécois (CQ) basé sur les activités entourant le projet

Les activités concernent :

 - L'ingénierie
 - L'approvisionnement
 - La construction et les travaux civils
 - L'installation et la mise en route
 - L'opération et la maintenance
- ### Développement durable

Ce facteur comprend trois sous-critères :

 - Le double usage et la revitalisation de site
 - La participation communautaire
 - La participation des communautés autochtones
- ### Faisabilité du projet

Ce critère est jugé en tenant compte du raccordement réseau et transformateur du projet. Un raccordement déjà existant sera priorisé.

L'énergie solaire occupe une place clé dans certaines communautés au Québec

En 2018, Hydro-Québec annonçait l'implantation d'un microréseau électrique dans la municipalité du Lac-Mégantic.

Constitué de 2 200 panneaux solaires, de batteries de stockage, d'appareils de domotique et d'un système de commande centralisé, le microréseau est en fonctionnement depuis 2021

- Il fournit de l'énergie solaire à la collectivité en comblant en partie la consommation des citoyens de Lac-Mégantic
 - Ainsi, en cas de panne du réseau principal, le microréseau peut maintenir l'alimentation des habitations et commerces de la communauté pendant une certaine période.
- Projet à échelle humaine, cette initiative propose une gouvernance communautaire
 - Le modèle de gouvernance du microréseau implique directement les citoyens et les élus du Lac-Mégantic, ce qui diffère des projets énergétiques habituels opérés par des promoteurs privés

Caractéristiques du microréseau de Lac-Mégantic, 2025, Québec

Avantages	– Fiabilité de l'approvisionnement en énergie – Efficacité énergétique et optimisation de la production
Inconvénients	– En période hivernale, le microréseau n'est pas autonome en raison de la baisse du nombre d'heures d'ensoleillement et de la hausse de la demande d'électricité
Améliorations potentielles	– La capacité de stockage demeure limitée et l'augmenter permettrait au microréseau de gagner en autonomie

Sources: Hydro-Québec, Analyses Aviseo Conseil, 2025.



Le microréseau de Lac-Mégantic totalise près de **800 kW de puissance installée**

- L'infrastructure comprend un ensemble de batteries disposant d'une capacité de stockage de **700 kWh d'énergie**
- Le projet présente la possibilité d'échanges bidirectionnels d'énergie
 - Ainsi, le réseau principal d'Hydro-Québec achète l'électricité excédentaire produite localement lorsque la consommation de la communauté est comblée.

Certains projets communautaires d'énergie solaire seront proposés à Hydro-Québec

À l'instar de Lac-Mégantic, plusieurs villes et régions métropolitaines du Québec s'intéressent à l'appel d'offres d'énergie solaire et y voient une opportunité de résilience communautaire.

Projet	Capacité installée potentielle	Gouvernance	Investissement nécessaire
Trois-Rivières	25 MW	– Ville de Trois-Rivières – Promoteur privé à déterminer	~1,5\$ à 1,8 \$/W
Bécancour	14 MW	– Région métropolitaine de Bécancour – Promoteur privé à déterminer – Municipalités intéressées de la MRC	~1,7\$ à 2,0 \$/W
Lac-Saint-Jean-Est	25 MW	– MRC de Lac-Saint-Jean-Est – Nutrinor-Gilbert-Énergies renouvelables	~1,5\$ à 1,8 \$/W

Les trois projets seraient situés sur d'anciens sites d'enfouissement sanitaire ou en zones industrielles.



Potentiel de production d'énergie solaire

Introduction et méthodologie

Portrait du secteur de l'énergie solaire au Québec

Potentiel de production d'énergie solaire

Chaîne d'approvisionnement

Analyse stratégique et conclusion

Annexe

Détails de la section

Le potentiel de production de l'énergie solaire au Québec dépend de facteurs géographiques (incl. la disponibilité d'énergies alternatives), réglementaires et économiques

- Ces catégories de facteurs représentent les grands segments du début de cette section
- Les spécificités géographiques, économiques et réglementaires liées aux différents types d'installation sont par la suite détaillées.

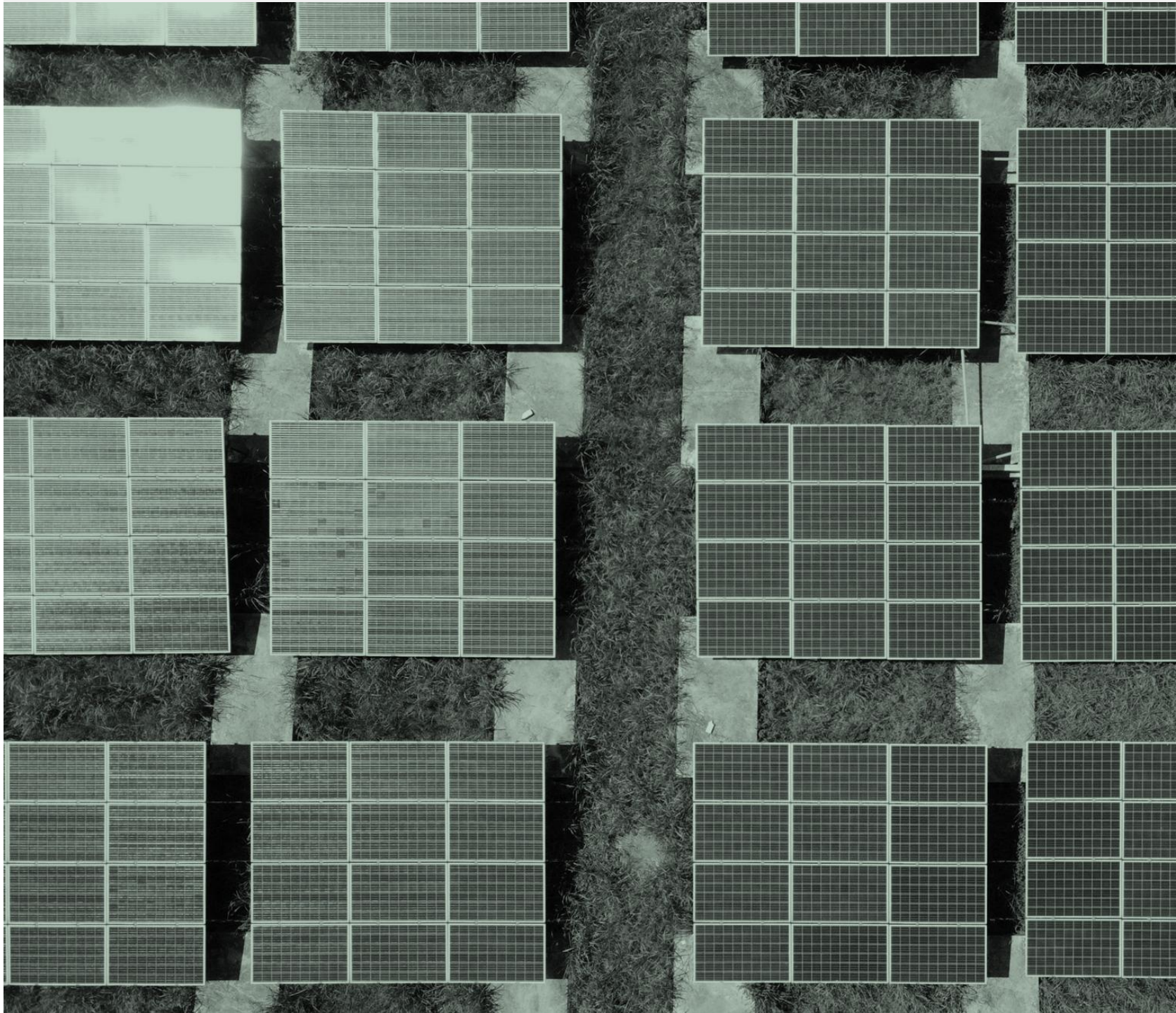
Structure de la section

1. Potentiel général

- Facteurs géographiques
- Facteurs légaux
- Facteurs économiques

2. Spécificités des types d'installation

- Installation en parc de production solaire
- Installation en milieu agricole
- Installation sur les bâtiments commerciaux



Potentiel général

POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

Le potentiel PV significatif du Québec permet à Hydro-Québec d'envisager plusieurs projets de nature différente

Ce potentiel est particulièrement intéressant dans le sud du Québec ainsi que dans la partie Nord-Ouest du territoire

- Le Québec dispose d'un ensoleillement suffisant pour permettre une production annuelle au-dessus de 1241 kWh/kWp dans certaines de ces zones
- Différentes options quant au type de production d'énergie solaire s'offrent au gouvernement québécois et à Hydro-Québec
 - Plusieurs types d'installation existent, notamment les **grands terrains pour parcs solaires**, les **terres agricoles** offrant peu de potentiel en matière de cultures ainsi que les panneaux solaires intégrés **aux bâtiments et aux stationnements**
 - Les décideurs auront le choix de prioriser des lieux de production d'énergie solaire près des grands centres ou plus éloignés des régions urbaines
 - **Près des grands centres** : réduction des coûts liés à la distribution de l'électricité, mais nécessite une plus grande acceptabilité sociale
 - **Éloignées des grands centres** : construction de réseaux de transport d'électricité sur d'importantes distances, mais profite de vastes territoires qui présentent moins de conflits d'usage.



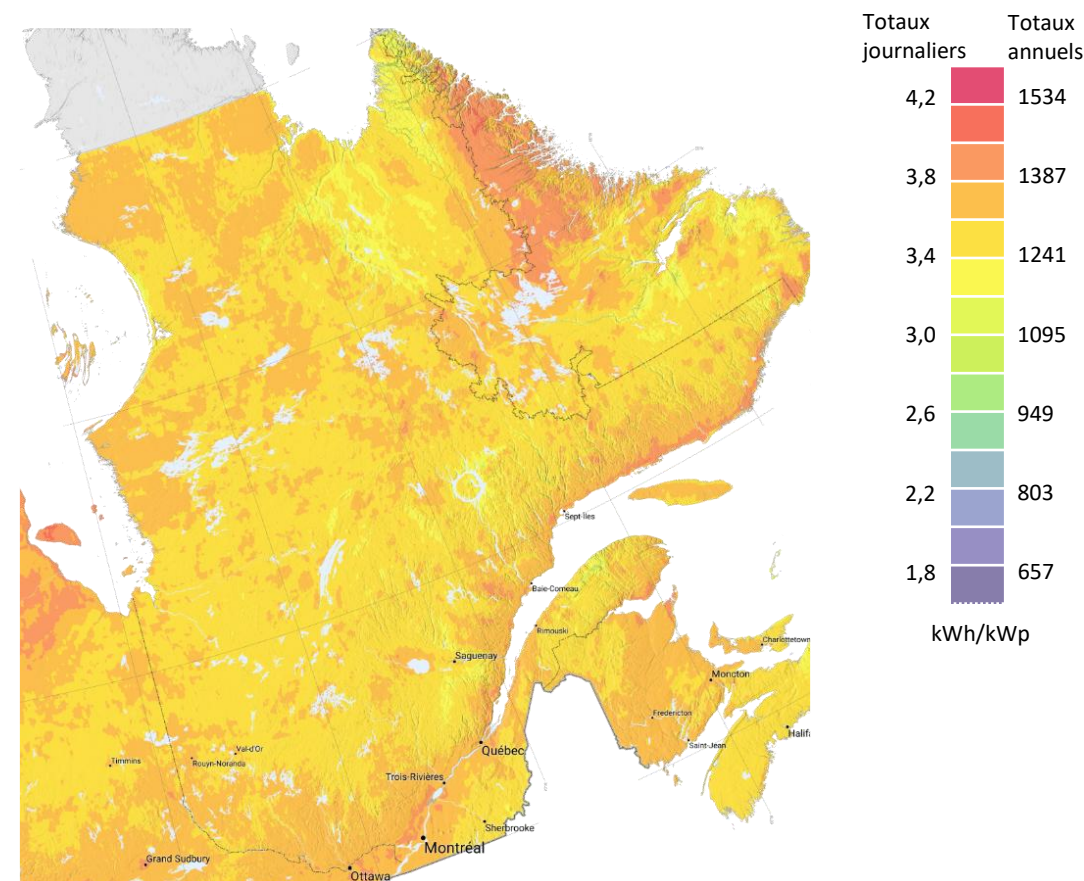
Le **kilowatt-peak (kWp)** représente l'unité de mesure de la puissance maximale théorique qu'un système peut produire dans des conditions idéales. Au Québec, dans les régions à bon potentiel, une installation solaire d'une puissance d'un kWp produira 1 200 kWh d'électricité annuellement.

Note: Le potentiel solaire PV n'est pas exactement le même que déclaré précédemment en raison de sources distinctes. Les conclusions demeurent toutefois les mêmes.

Sources: Global Solar Atlas, Analyses Aviceo Conseil, 2025.

Carte du potentiel photovoltaïque au Québec

1999 à 2018, Québec, potentiel photovoltaïque capté, kWh/kWp



POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

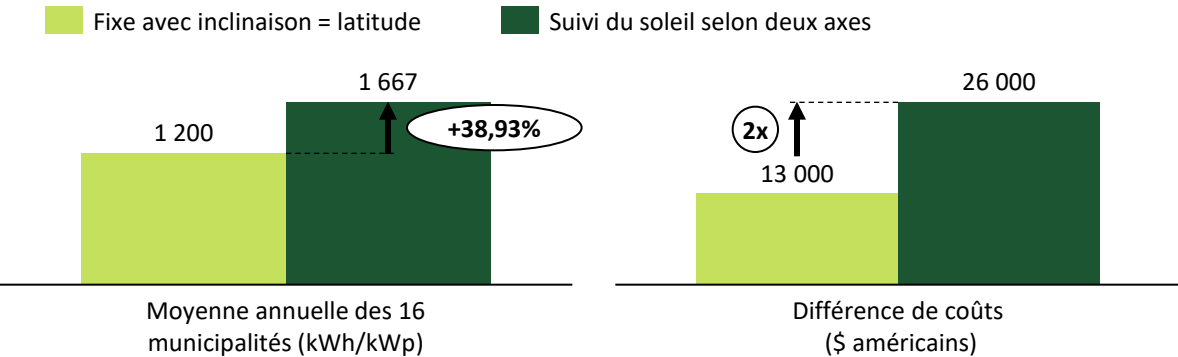
Le positionnement des panneaux solaires affecte directement le rendement énergétique des installations solaires

Les centrales constituées de panneaux solaires suivant le soleil selon deux axes offrent un potentiel solaire supérieur

- Avec un potentiel d'environ 1 667 kWh/kWp, ces installations proposent de meilleurs rendements et une optimisation de la production d'électricité
 - Le potentiel solaire des 16 municipalités les plus prometteuses au Québec s'accroît de **39 %** avec cette technologie
- Ces installations sont toutefois moins adaptées aux climats nordiques en plus de nécessiter un investissement initial et des couts de maintenance plus élevés
 - En 2024, le coût moyen d'une installation solaire fixe de 4 kW s'élevait à **13 000 \$US**, soit deux fois moins qu'une installation comparable avec configuration de suivi à double axe.

Évolution du potentiel solaire et des coûts en fonction de la configuration des panneaux solaires

2024, Québec, en kWh/kWp, en \$ américains



Évolution du potentiel solaire des municipalités en fonction de la configuration choisie

Québec; en kWh/kWp

Municipalité	Fixe avec inclinaison = latitude	Suivi du soleil selon deux axes
Quyon	1205	1675
Bryson	1204	1675
Luskville	1203	1670
Aylmer	1202	1667
Shawville	1201	1670
Campbell's Bay	1200	1670
Gatineau	1200	1664
Hull	1200	1667
Salaberry-de-Valleyfield	1200	1667
Fort-Coulonge	1199	1667
Saint-Zotique	1199	1664
Chapeau	1198	1667
Huntingdon	1198	1664
Ormstown	1198	1664
Saint-Louis-de-Gonzague	1198	1664
Vaudreuil-Dorion	1198	1664
		+39 % toutes les municipalités

Le potentiel photovoltaïque du Québec dépasse celui de certains grands producteurs mondiaux d'énergie solaire

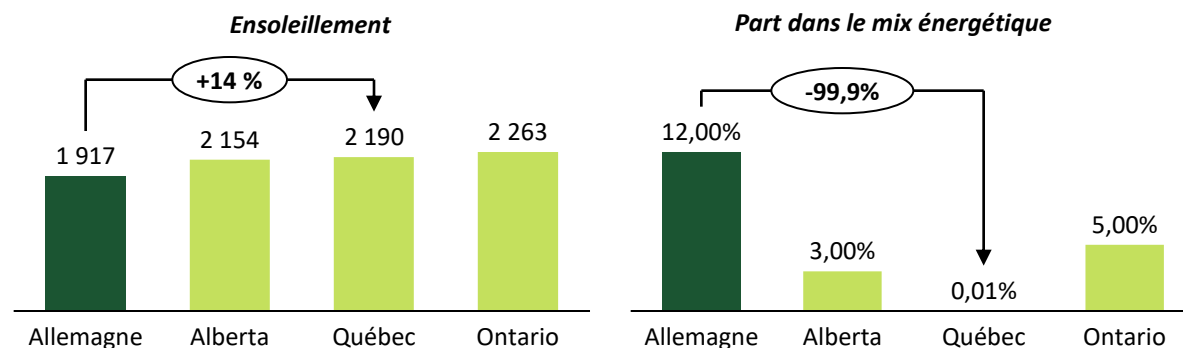
L'abondance de l'électricité, notamment hydraulique, a joué contre le développement de l'énergie solaire PV au Québec. Néanmoins, aujourd'hui, le Québec peut développer la filière solaire en s'inspirant de modèles étrangers établis.

Malgré l'hiver, le climat québécois est favorable à la production d'énergie solaire PV

- Le froid hivernal combiné à la réflexion du soleil sur la neige augmente la performance des panneaux solaires
 - L'énergie solaire peut donc être exploitée tout au long de l'année, mais l'hiver présente l'inconvénient de journées plus courtes.
- Néanmoins, le Québec bénéficie d'un ensoleillement supérieur à celui de l'Allemagne, où l'énergie solaire représente 12 % du mix énergétique.

Ensoleillement par année et part du solaire dans le mix énergétique

2024, monde, en nombre d'heures, en % du mix énergétique



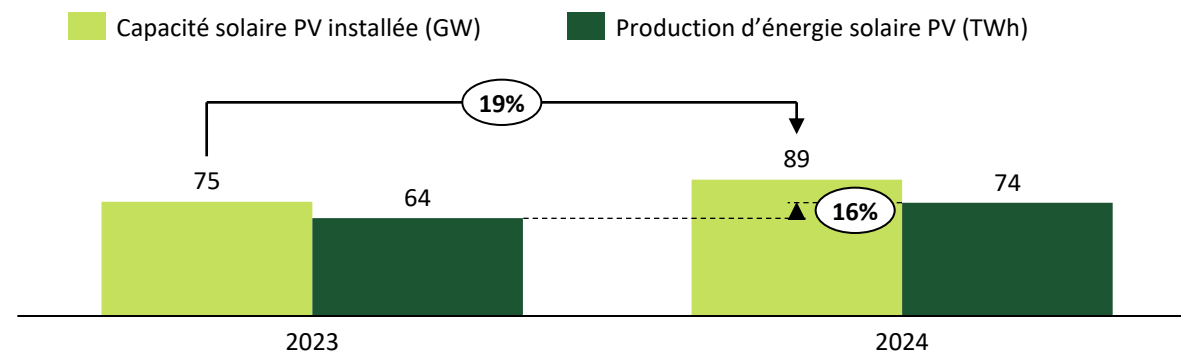
Sources: Statista, Eurobserv'ER, Hydro-Québec, Analyses Aviceo Conseil, 2025.

L'Allemagne dispose de près de 30 % de la capacité d'énergie solaire installée en Europe en 2024

- Le pays a environ 90 GW de capacité installée, dont environ 15 GW ajoutés entre 2023 et 2024
 - Cet ajout représente une hausse de plus de 19 % et s'inscrit dans l'objectif de l'Allemagne de disposer de 170 GW de capacité solaire d'ici 2028.
 - Cette capacité de production a permis aux Allemands de produire 74,1 TWh d'énergie solaire en 2024, ce qui correspond à une hausse d'environ 16 % sur une année.

Capacité installée et production d'énergie solaire PV

2023 à 2024, Allemagne, en GW, en TWh



POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

Le potentiel de production d'énergie solaire est concentré en été, là où la demande est la plus faible

Le potentiel économique de l'énergie solaire dépend ainsi de la capacité du Québec à trouver des solutions à l'intermittence de cette source d'énergie.

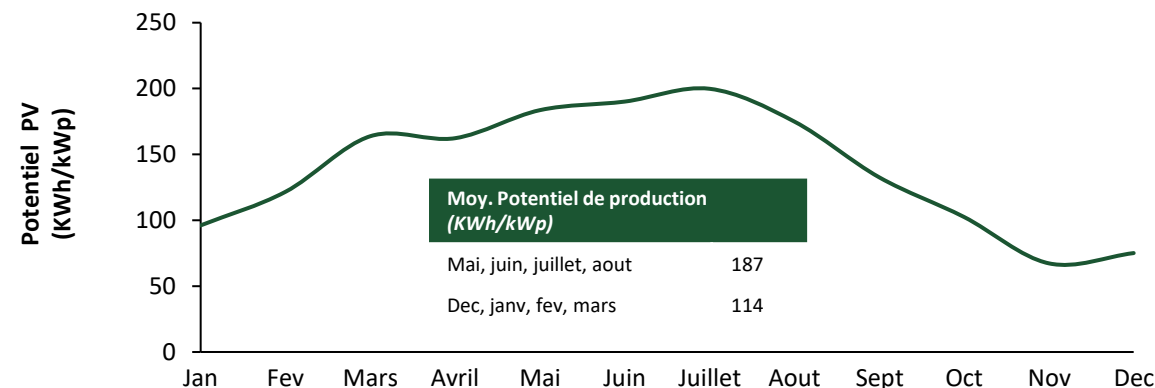
Au Québec, la demande d'électricité est plus élevée pendant l'hiver, principalement en période de grands froids alors que le chauffage nécessite une puissance importante.

Le potentiel PV est quant à lui naturellement plus élevé en période estivale alors que les heures d'ensoleillement sont plus nombreuses

- Pour les 10 municipalités ayant le plus haut potentiel solaire au Québec, le potentiel PV est plus de 60 % plus élevé à l'été (187 KWh/kWp) comparativement à l'hiver (114 KWh/kWp)
- La cyclicité du potentiel de production, inverse à celle de la demande, amène la nécessité de stocker l'énergie produite
- Les changements climatiques pourraient contribuer à aplanir la demande, via deux effets directs et opposés, soit la diminution des besoins de chauffage en hiver et la hausse des besoins de climatisation en période estivale.

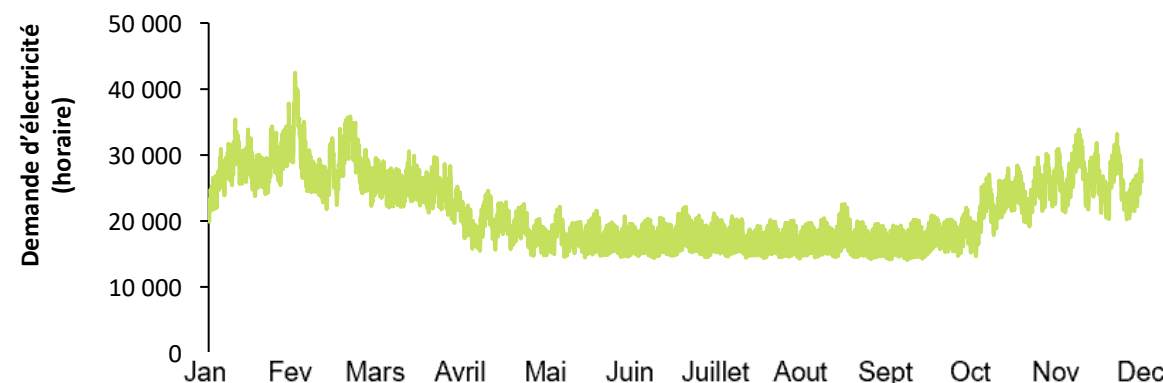
Ensoleillement mensuel potentiel

2023, Potentiel photovoltaïque (KWh/kWp) pour les 10 municipalités à plus haut potentiel



Répartition mensuelle de la demande totale d'électricité

2023, Québec, Hydro-Québec, en MWh



Faisant office de batterie naturelle, les barrages se veulent une solution au stockage direct de l'énergie solaire

Éviter le stockage direct de l'énergie solaire

La nécessité de stocker directement l'énergie solaire produite, en l'absence d'alternatives, nuit à son rationnel économique.

Les moyens conventionnels de stockage tels que les batteries ou le stockage par hydrogène nécessitent des investissements supplémentaires importants.

Qui plus est, ces approches comportent toutes plusieurs contraintes importantes parmi :

- Faible rendement et perte d'énergie
- Durée de vie limitée
- Utilisation de métaux critiques
- Empreinte environnementale liée au cycle de vie des composantes
- Espace requis

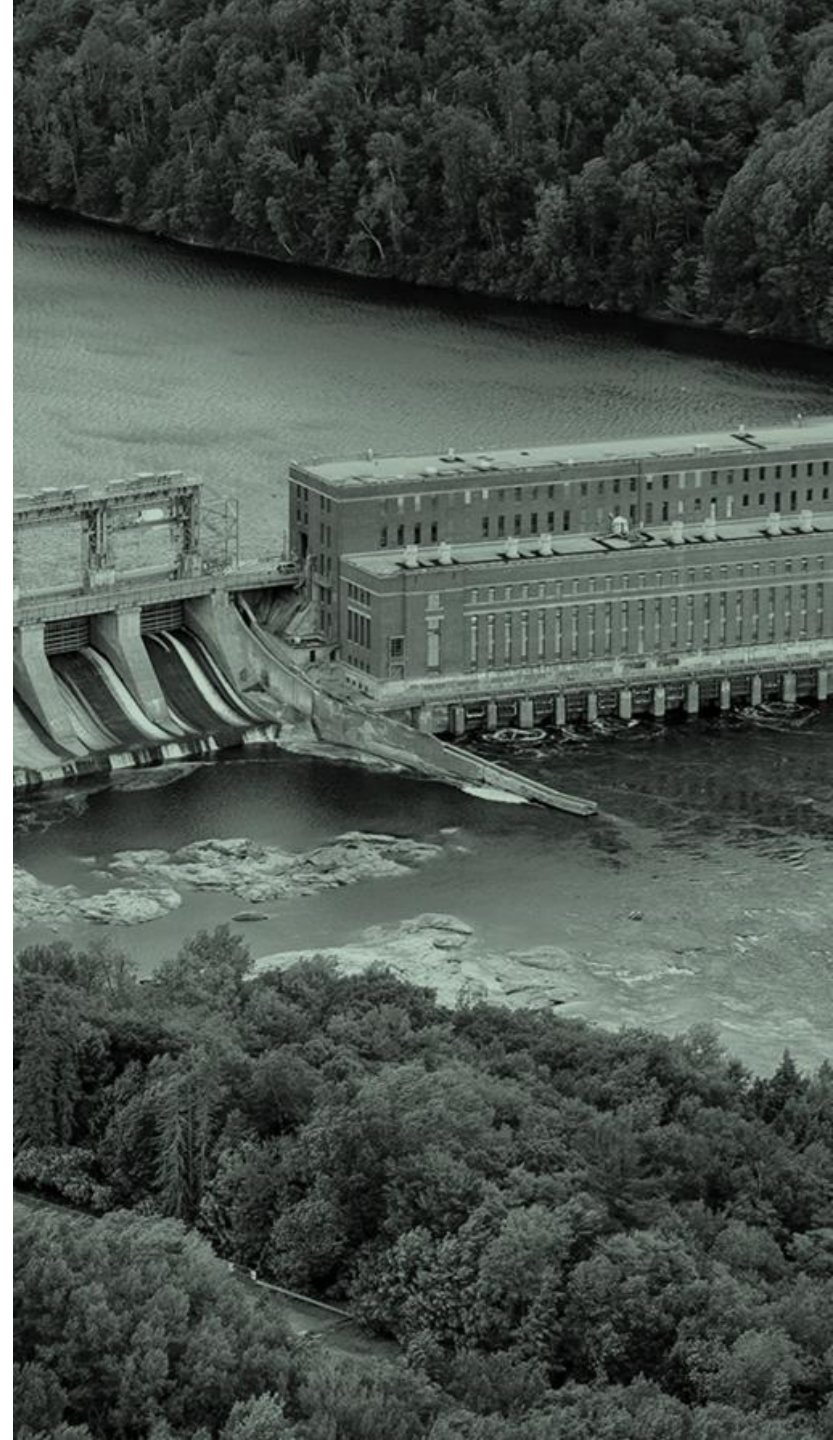
Les barrages sont une batterie naturelle

La production d'hydroélectricité passe naturellement par l'accumulation d'eau dans les réservoirs des barrages puis l'écoulement de celle-ci

- Le stockage d'énergie, sous forme d'eau dans les réservoirs, se fait donc sans coût ou investissement supplémentaire et permet de différer la production.



La production d'énergie solaire en été, en substitution à l'hydroélectricité, pourrait permettre une accumulation d'eau plus importante dans les barrages et donc l'utilisation de ceux-ci comme batterie naturelle.



POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

La capacité hydroélectrique naturelle de stockage est présentement sous-utilisée

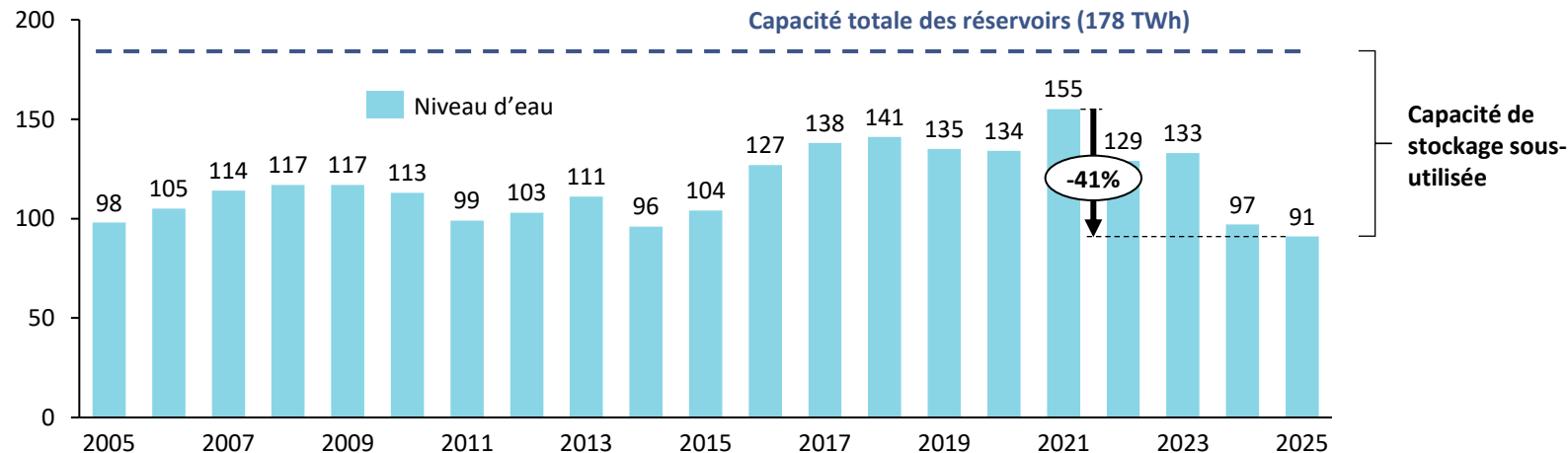
Cette capacité de stockage sous-utilisée renforce la pertinence économique d'une source d'énergie alternative, indépendamment de la fenêtre de production.

En 2025, le niveau d'eau dans les barrages a atteint son plus bas niveau depuis 2005

- L'eau actuellement emmagasinée dans les réservoirs d'Hydro-Québec équivaut à une production de 91,3 TWh, soit une diminution de près de 41 % depuis 2021
- Celle-ci représente environ la moitié de la capacité totale.

Niveau d'eau historique dans les réservoirs d'Hydro-Québec

2000 à 2025, Québec, en équivalent TWh, au 1^{er} janvier de chaque année



Sources: Hydro-Québec, Ouranos, Analyses Aviseo Conseil, 2025.

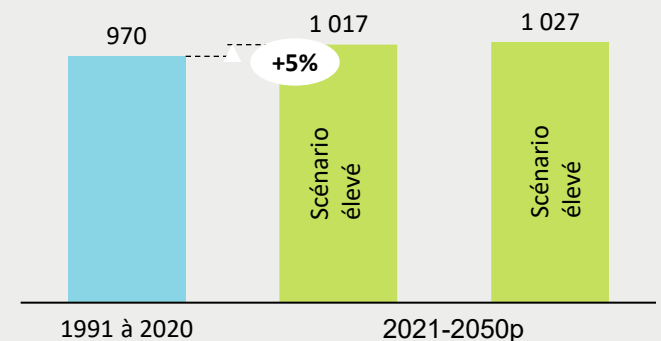


Une augmentation des apports d'eau aux réservoirs est toutefois anticipée

- Depuis les années 2000, le niveau d'eau démontre plutôt une tendance haussière
- Entre 2021 et 2050, les précipitations annuelles devraient être en moyenne 5 % supérieures aux observations de 1991 à 2020
- Cette augmentation ne devrait toutefois pas être suffisante pour que les réservoirs soient limités par leur capacité.

Précipitations annuelles totales

1991 à 2050p, selon le scénario, en mm



POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

La sous utilisation de la capacité de stockage hydroélectrique demeurera malgré l'ajout d'un bloc de 3 000 MW d'énergie solaire

Hydro-Québec s'est donné l'ambition de développer 3 000 MW d'énergie solaire d'ici 2035

- La production électrique supplémentaire (3,6 TWh / année) associée à une telle capacité permettrait un stockage additionnel dans les réservoirs de la société
- Ce stockage additionnel annuel n'est pas suffisant pour combler la capacité naturelle sous-utilisée des réservoirs d'Hydro-Québec.

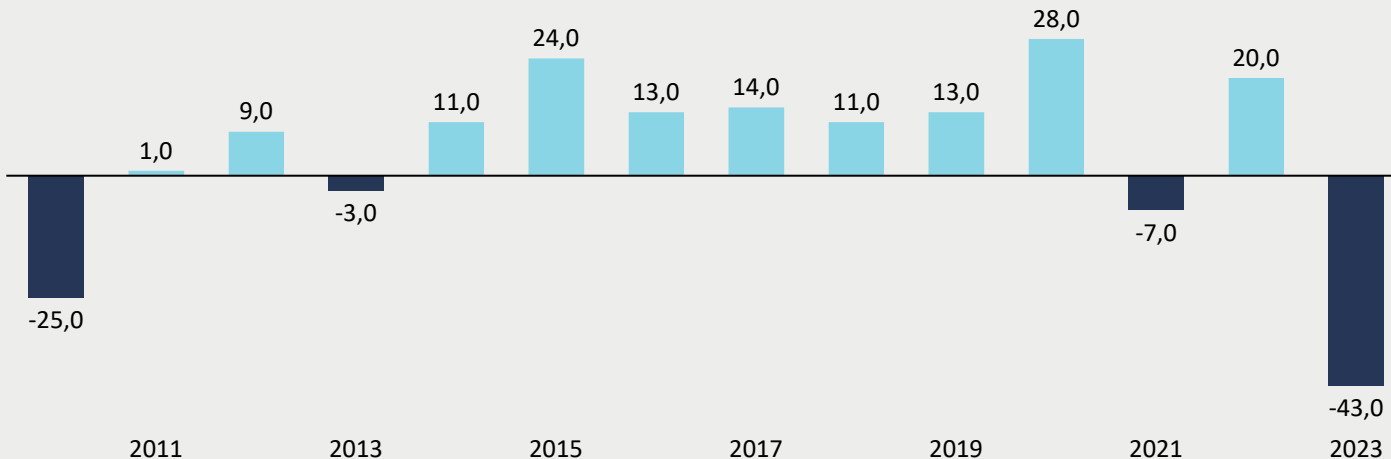
La volatilité des apports d'eau annuels naturels a un impact plus important sur le niveau des eaux et la capacité non-utilisée de stockage

- Entre 2010 et 2023, la moyenne des écarts entre les apports annuels et la moyenne (1943-2023) s'est chiffrée à 15,9 TWh, soit plus de 4x la production électrique supplémentaire (3,6 TWh / année) d'un bloc de 3000 MW
- Le stockage annuel de l'équivalent en eau de 3,6 TWh pourrait toutefois permettre d'aplanir ces fluctuations.

Apports d'eau dans les réservoirs d'Hydro-Québec et production d'un bloc de 3000 MW d'énergie solaire

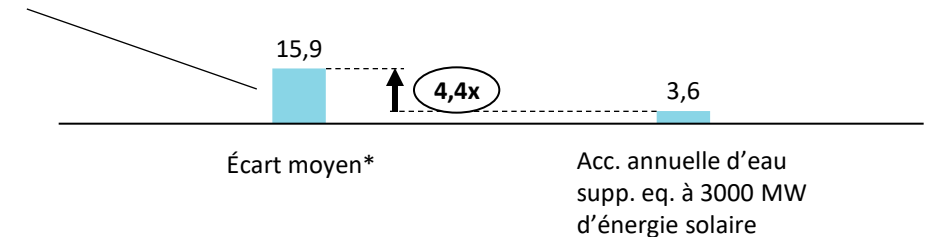
2010 à 2023, Québec, en équivalent TWh

De 2010 à 2023, écarts entre les apports annuels et la moyenne (1943-2023)



*Moyenne des écarts absolus

Sources: HEC, Hydro-Québec, Analyses Aviseo Conseil, 2025.



POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

La flexibilité géographique de l'énergie solaire minimise les pressions sur l'infrastructure de transport de l'électricité



L'énergie solaire à proximité des lieux de consommations

Contrairement à l'hydroélectricité, l'énergie solaire peut être produite sur l'ensemble du territoire, y compris près des lieux de consommation, réduisant ainsi le besoin de transporter l'énergie

- Les berges du Saint-Laurent et de la rivière Ottawa, concentrant la majorité de la population québécoise, figurent d'ailleurs parmi les zones ayant le meilleur potentiel PV
- Les centrales solaires se raccordent au réseau de distribution et non au réseau de transport.



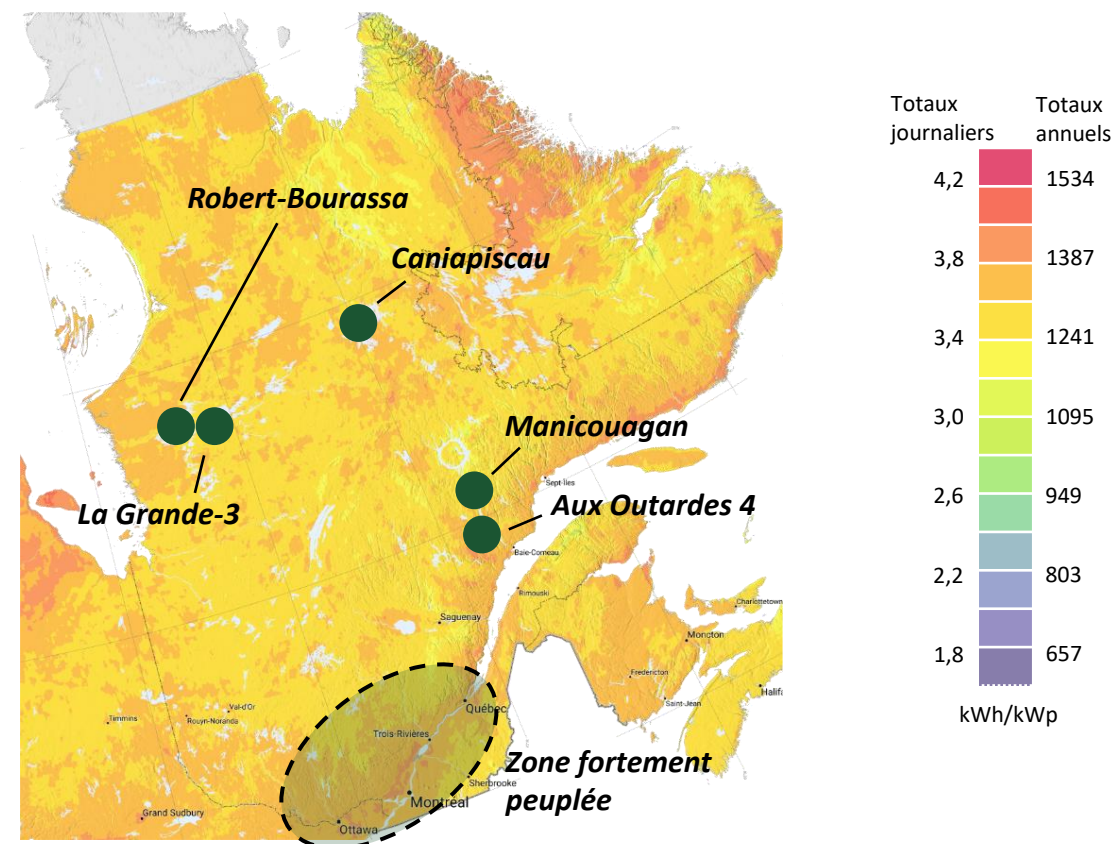
L'hydroélectricité requiert un investissement dans les lignes de transport

De nouvelles centrales hydroélectriques ne peuvent être construites que là où le territoire le permet. Ces cours d'eau propices se trouvent généralement loin des lieux de consommation

- Alors que le coût de revient de l'électricité produite est avantageux, des investissements importants doivent être réalisés en lignes de transport afin d'acheminer l'électricité produite vers les lieux de consommation
- D'ici 2035, Hydro-Québec investira 50 G\$ et réalisera des projets visant à ajouter 5 000 km de lignes de transport, dont 50 % pour le réseau principal (735 kV et 315 kV).

Location géographique des principaux réservoirs d'Hydro-Québec et potentiel photovoltaïque au Québec

2025, Québec, Cinq principaux réservoirs et potentiel photovoltaïque capté, kWh/kWp



POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

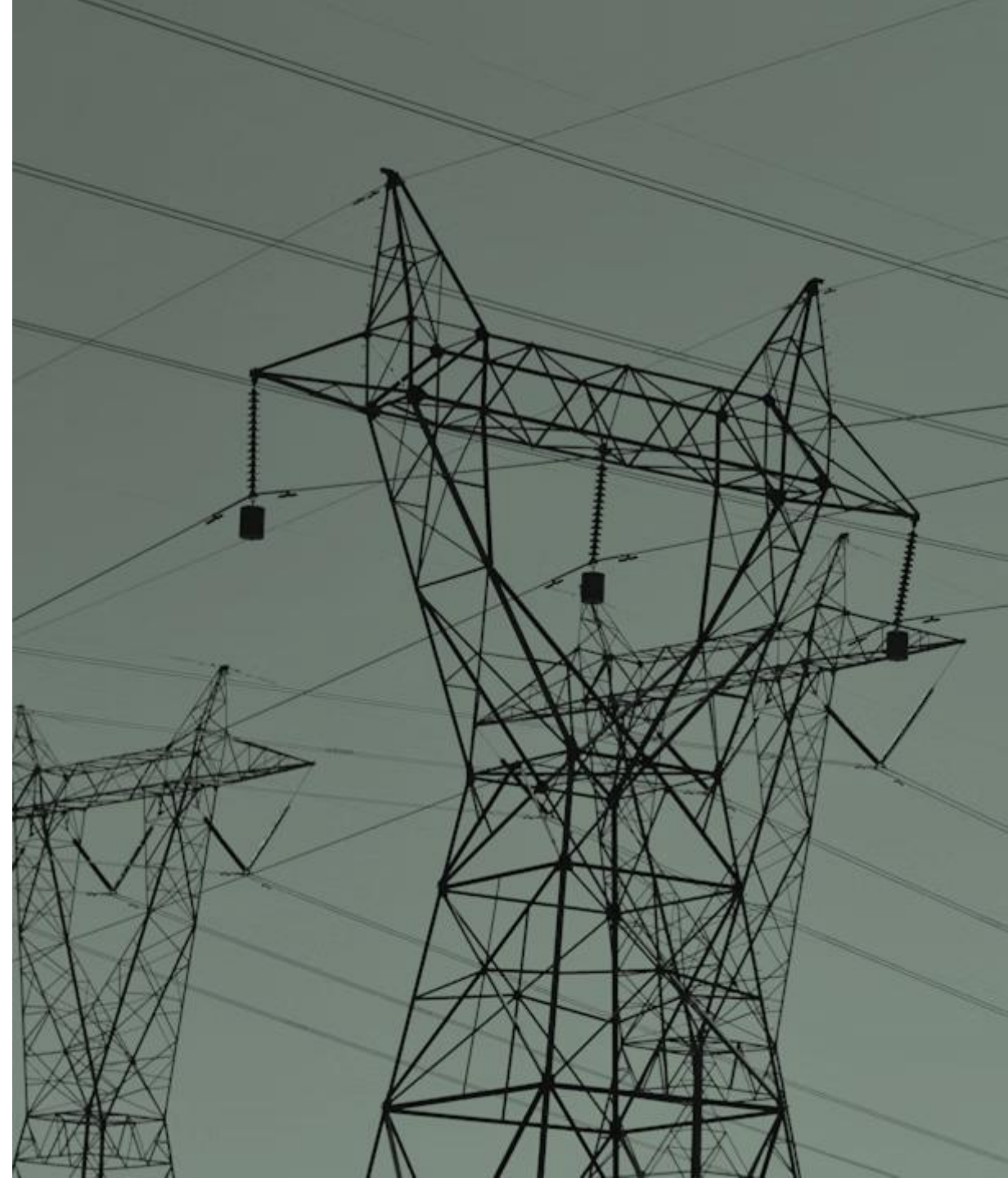
Le réseau de distribution représente une contrainte au déploiement du solaire

Afin de réduire les coûts des modifications au réseau et d'accélérer l'opérationnalisation des projets, Hydro-Québec a restreint la portée géographique de son appel d'offres

- Pour les centrales nécessitant un nouveau raccordement au réseau, Hydro-Québec se limite à des points de raccordement situés à moins de 300 mètres du réseau moyenne tension triphasé
 - Cette contrainte a pour effet de limiter les développements potentiels sur des terres présentant un coût d'opportunité économiquement attractif.

Toutefois, la faible connaissance de réseaux électriques et des lieux de connexion potentiels peut compliquer le travail des producteurs

- Hydro-Québec ne publie pas de carte publique officielle affichant la capacité d'accueil pour toute source décentralisée de son réseau de distribution
 - Cette donnée permettrait aux promoteurs privés de filtrer en amont les terrains disponibles pour les projets solaires.



POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

Plusieurs contraintes règlementaires complexifient la mise en œuvre de grands projets

Malgré leur potentiel important, plusieurs contraintes règlementaires complexifient, retardent ou empêchent le déploiement de l'énergie solaire, notamment en milieu agricole. Le déclenchement d'obligations règlementaires coute cher et représente un processus complexe.

Principales contraintes	Description brève
Étude d'impact	Procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement, qui peut inclure des consultations du Bureau d'audience publique sur l'environnement (BAPE), pour les projets de 10 MW et plus.
Autorisation du ministère de l'Environnement	Autorisation ministérielle nécessaire pour tous les projets de plus de 100 kW.
Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement (REAFIE)	Classe les activités selon le niveau de risque environnemental et détaille les conditions à remplir pour qu'une activité soit admissible à une déclaration de conformité. L'établissement d'exploitation en sols contaminés, notamment les anciens lieux d'enfouissement technique (LET), nécessite une autorisation ministérielle.
Approbation de la Commission de protection du territoire agricole (CPTAQ)	La CPTAQ doit approuver tout développement sur les terres agricoles, y compris ceux sur des terres de classification inférieure.
Exclusion des terres agricoles	Les terres agricoles sont exclues des appels d'offres d'Hydro-Québec, même si celles-ci sont dégradées ou contaminées.



Autorisation ministérielle

Permis délivré par le ministère de l'Environnement (MELCCFP) confirmant, après analyse interne, que le projet respecte les exigences environnementales applicables. L'analyse requiert que le demandeur soumette les informations suivantes : Description de l'activité, localisation de l'activité, contaminants susceptibles d'être rejetés dans l'environnement et Tout autre renseignement prévu par le REAFIE.

L'autorisation peut prendre jusqu'à 75 jours ouvrables à obtenir, et ce, excluant les périodes d'échange aux fins d'informations supplémentaires.

Étude d'impact

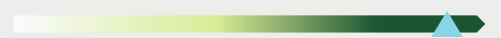
Analyse complète et détaillée des effets environnementaux, sociaux et économiques d'un projet. Elle vise les projets de grande envergure ayant un risque significatif sur l'environnement.

L'étude d'impact comprend une analyse détaillée sur la biodiversité, sur l'utilisation du territoire, sur les paysages, sur le bruit, sur les émissions, sur la santé humaine ainsi que sur des aspects sociaux et économiques.

L'étude inclut des consultations et est souvent de plus longue durée (plus de 1 an). Le processus est public.

POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

La réglementation environnementale est moins contraignante pour l'industrie dans les autres provinces canadiennes

	Québec 	Ontario 	Alberta 	Colombie-Britannique 
Loi Applicable	Loi sur la protection de l'environnement	Environmental Assessment Act	Environmental Protection and Enhancement Act	Environmental Management Act
Autorisation nécessaire	– Autorisation ministérielle obligatoire pour les projets > 100 kW	– 10 kW : Autorisation de projet d'énergie renouvelable (APER) – Processus simplifié pour les projets < 500 KW	– Tout projet, indépendamment de la taille	– Tout projet, indépendamment de la taille
Étude d'impact environnementale	Étude d'impact complète obligatoire pour les projets > 10 MW.	L'autorisation APER inclut une évaluation d'impact environnemental, laquelle est moins intensive qu'au Québec.	Évaluation du site et des risques environnementaux obligatoire, mais moins lourde qu'au Québec.	Évaluation environnementale provinciale par l'EAO pour les projets > 50 MW. Les exigences sont adaptées selon les risques réels.
Précision	Les projets de capacité supérieure à 100 kW nécessitent une autorisation ministérielle. Pour les projets de plus de 10 MW, une étude d'impact environnementale complète est aussi requise. Cette étude est détaillée, prescriptive et doit suivre un guide précis fourni par le ministère de l'Environnement, avec des critères très stricts et standardisés. Ces projets peuvent également faire l'objet d'une consultation publique menée par le Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE).	Les projets de plus de 10 kW nécessitent l'autorisation de projet d'énergie renouvelable (APER). Les plus petites installations 10 kW – 500kW peuvent toutefois généralement bénéficier d'un processus simplifier via Registre environnemental des activités et des secteurs. L'autorisation de projet d'énergie renouvelable inclut, dans un processus intégré, une évaluation de l'impact environnemental, laquelle n'est pas aussi intensive qu'une étude complète comme au Québec.	Tout nouveau projet solaire doit être enregistré auprès d'Alberta Environment and Protected Areas (AEPA) avant perturbation du sol. L'enregistrement AEPA inclut une évaluation du site et des risques environnementaux, laquelle n'est pas aussi intensive qu'une étude complète comme au Québec. L'enregistrement inclut la soumission d'un plan de conservation & réhabilitation. Les promoteurs se doivent de fournir une sécurité financière pour couvrir les coûts potentiels de remise en état du site.	Le BC Energy Regulator agit comme guichet unique pour l'octroi des permis de projets renouvelables, peu importe leur taille, remplaçant les approbations croisées entre ministères. Tout projet de puissance de 50 MW ou plus doit toutefois toujours faire une évaluation environnementale provinciale et obtenir un permis du Environmental Assessment Office (EAO). Les exigences sont toutefois flexibles selon le projet. L'EAO adapte la portée de l'évaluation selon les risques réels.
Complexité totale				

L'autoproduction pourrait contribuer à l'essor de l'écosystème de l'énergie solaire au Québec

Les projets solaires autoproducteurs permettront de développer, en combinaison avec les projets sur les bâtiments, l'expertise solaire au Québec et d'identifier les bonnes pratiques pour cette filière.

Pour répondre à leurs propres besoins énergétiques, certaines grandes entreprises pourront développer, au cours des années à venir, leurs propres infrastructures solaires

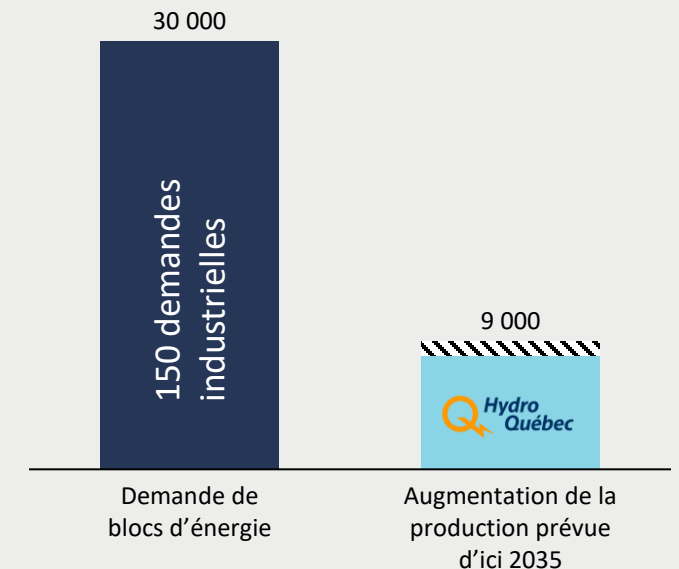
- Le développement de projets solaires privés permettra aux entreprises concernées d'obtenir l'électricité nécessaire à leurs différents projets, comblant ainsi une demande qu'Hydro-Québec n'est pas en mesure de fournir
 - En 2023, le gouvernement du Québec a reçu plus de 150 demandes d'industries afin d'obtenir des blocs d'énergie à bas tarifs pour un total surpassant 30 000 MW, une quantité d'énergie excédant la capacité d'Hydro-Québec
 - Hydro-Québec a comme ambition d'augmenter sa production totale de 8000 à 9000 MW d'ici 2035
 - Les projets autoproducteurs sont permis à condition que l'électricité produite soit destinée uniquement à l'entreprise concernée et qu'elle exploite son propre réseau de transport.

L'État québécois souhaite promouvoir le modèle suivi par TES Canada dans le projet Mauricie et encourager les joueurs industriels à autoproduire leur électricité

- Ce projet, rassemblant près de 200 MW d'énergie solaire et 800 MW d'énergie éolienne, vise à alimenter l'industrie dans sa production d'hydrogène vert et de gaz naturel renouvelable de 3^{ème} génération
 - Il permettra d'assurer le développement économique de la Mauricie en générant des investissements de plus de 4 milliards \$, tout en relâchant la pression sur le réseau d'Hydro-Québec.

Demande de blocs d'énergie et augmentation de la production anticipée

2023, Québec, en MW



POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

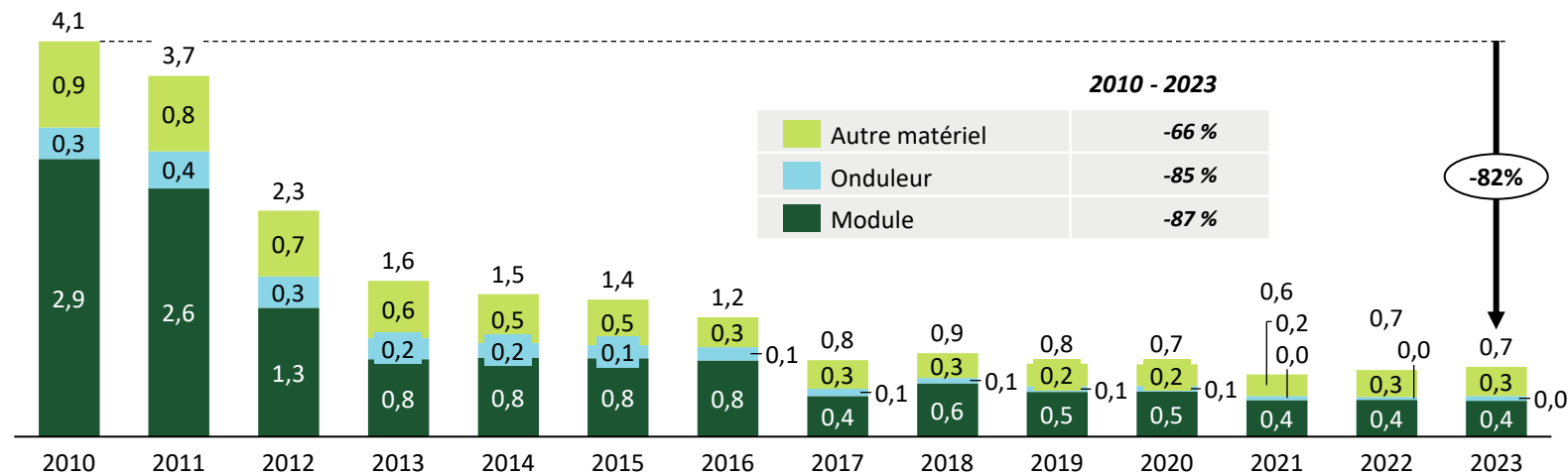
Au cours des 15 dernières années, le coût des composantes des systèmes solaires a diminué

Depuis 2010, le rationnel économique de l'énergie solaire s'améliore au rythme d'une diminution significative (-82 % entre 2010 et 2023) des coûts en équipement et matériel (composantes)

- Les modules et les onduleurs affichent une diminution de prix de 87 % et de 85 %
- La balance du matériel a quant à elle diminué de 66 % au cours de la même période
- Les économies d'échelle semblent toutefois avoir plafonné alors que les coûts semblent relativement stables depuis 2017.

Coûts de la portion matérielle des systèmes photovoltaïques

2010 à 2023, systèmes au sol à grande échelle (1 axe), coût des composantes seulement, par W installé (2022 USD)



POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

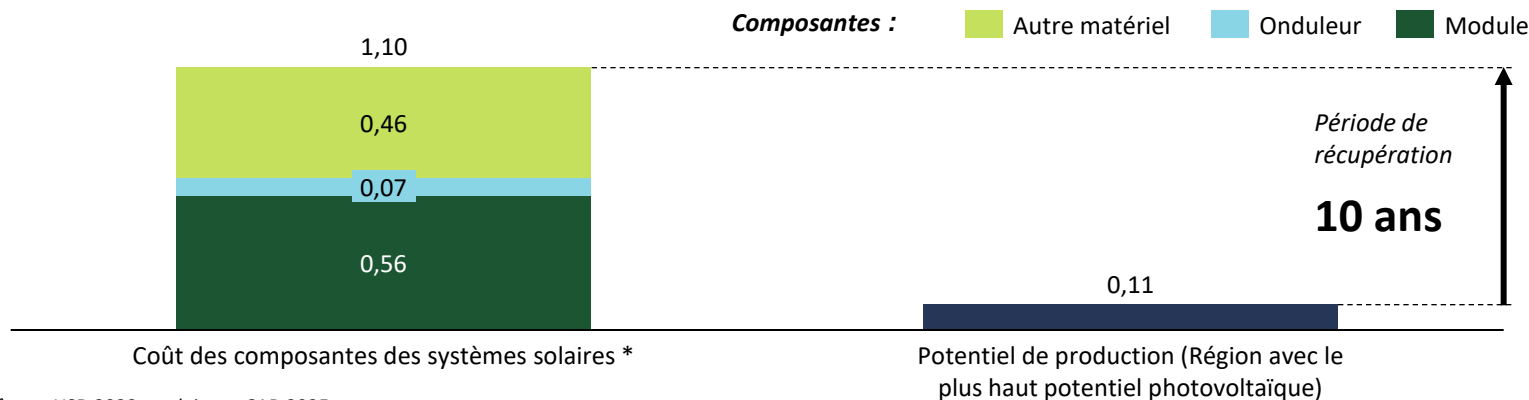
Le coût des composantes des systèmes pourrait être remboursé en environ 10 ans au Québec

La diminution du coût des composantes matérielles des systèmes solaires améliore la rapidité de remboursement potentiel de ces derniers

- Au Québec, les régions les plus prometteuses ont un potentiel PV annuel chiffré aux alentours de 1200 (kWh/kWp)
 - Au tarif D ou DM fixé par Hydro-Québec, cela équivaut à une production de 0,11 CAD/W de capacité installée
 - Le coût des composantes des systèmes solaires est estimé à 1,10 CAD/W de capacité installée, inférant à une période de récupération de l'investissement matériel d'environ 10 ans
- **Le coût des composantes ne représente qu'une portion du coût total des systèmes installés.**

Coûts des composantes des systèmes photovoltaïques et potentiel de production

2025, Québec, en CAD par W de capacité installée, systèmes au sol à grande échelle (1 axe), coût des équipements et du matériel seulement, Tarif D ou DM – Moyenne 0,08779 \$/kWh



*Coûts en USD 2023, traduits en CAD 2025



D'autres types de coûts s'ajoutent aux coûts des composantes

Notamment, les coûts administratifs, la marge de profit, le coût des permis et les coûts de la main-d'œuvre liée à l'installation.

En 2023, au Canada, les coûts de la main-d'œuvre pouvaient être estimés à environ 0,33 \$/W installé, soit environ 20 % des coûts totaux.

- Ces coûts varient entre les régions selon la conjoncture règlementaire et macroéconomique.

Le coût de la main-d'œuvre peut toutefois miner la rentabilité des projets

Limitier les restrictions et assurer que seul le raccordement au réseau requiert un certificat de qualification en électricité permettrait de limiter les coûts et accélérerait le déploiement de la filière solaire.

Les coûts liés à la main-d'œuvre dépendent de plusieurs facteurs, lesquels peuvent être regroupés dans deux grandes catégories, soit les **facteurs macroéconomiques** et les **facteurs règlementaires**.

Les facteurs macroéconomiques moyens et longs termes touchent principalement les salaires et la disponibilité de la main-d'œuvre

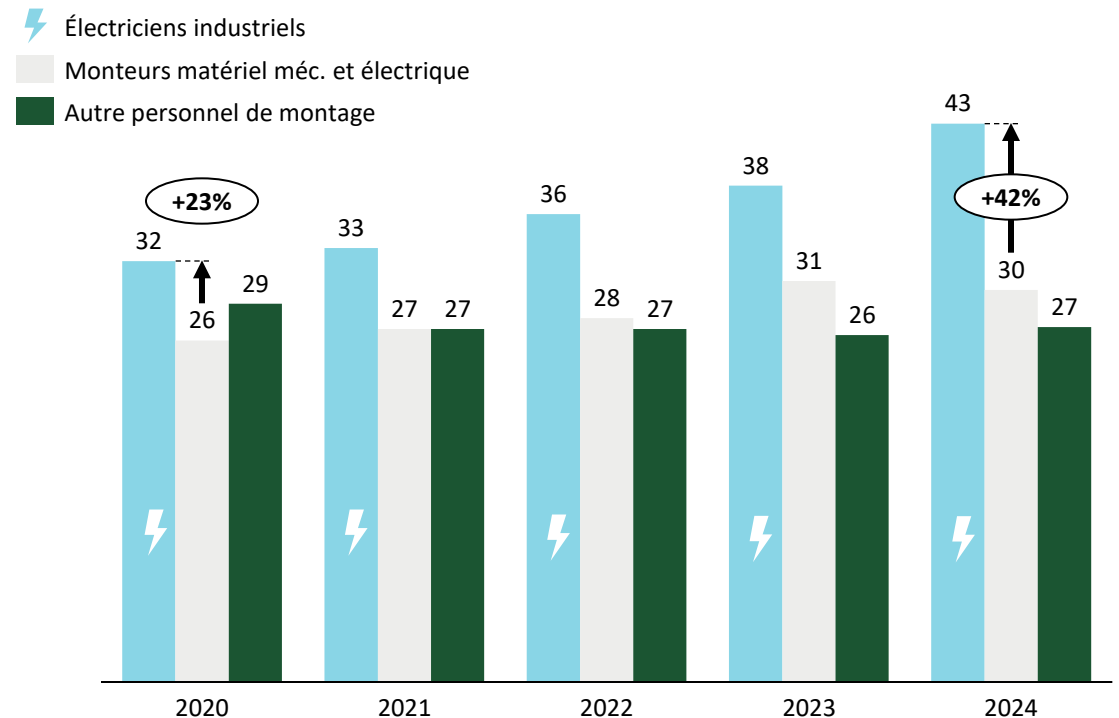
- Ces dernières sont entre autres le résultat de tendances et de politiques publiques
- Depuis 2022, le salaire horaire des électriciens industriels a augmenté de près de 19 % au Québec et se chiffre maintenant à plus de 43 \$/h, excluant les avantages sociaux
- Le salaire horaire des électriciens est près de 42 % plus élevé que celui des monteuses de matériel électrique, une différence qui s'est accentuée depuis 2020.

Les facteurs règlementaires touchent principalement la réglementation et les restrictions concernant les corps de métiers requis lors de l'installation

- Au Québec, la pose de la structure et l'installation mécanique des panneaux ne sont pas restreintes
- Le câblage, la connexion de l'onduleur, l'intégration électrique et la mise en service requièrent toutefois un électricien certifié, sous la RBQ
- Les facteurs règlementaires peuvent être changés rapidement afin de stimuler une industrie.

Évolution du salaire horaire de différents corps de métiers

2020 à 2024, Québec, selon le type d'emploi, en \$/h, excl. avantages sociaux.



L'aide du gouvernement et l'environnement légal susceptibles de créer un rationnel pour plusieurs types d'acteurs

Des incitatifs peuvent être mis en place afin d'améliorer le rationnel économique pour les différents acteurs tels que des particuliers, des entreprises consommatrices, des développeurs ainsi que des grands investisseurs. Ces incitatifs peuvent généralement être regroupés au sein de quatre catégories.

Catégories	Exemples types
1 Incitatifs fiscaux	– Amortissement accéléré, devançant les flux monétaires – Crédits d'impôt sur le coût des investissements – Incitatifs en lien avec la taxe de vente (exonération, report, etc.)
2 Subventions directes	– Paiement au comptant de subventions directes pour l'installation de systèmes solaires – Tarifs fixés avantageux de rachat de l'énergie
3 Malus liés aux émissions	– Taxes supplémentaires ou frais en lien avec les émissions – Systèmes d'échange de droits d'émission
4 Financement avantageux	– Financement à taux préférentiel voir nul pour les investissements en production d'énergie solaire – Garantie de crédit facilitant l'obtention de financement privé

POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

La versatilité de l'énergie solaire lui confère un avantage économique important

Le déploiement de l'énergie solaire, rapide et par petits incréments, pourrait permettre de mieux arrimer les investissements à la demande et minimise le risque de capacité excédentaire.

Par sa nature, l'hydroélectricité nécessite des investissements majeurs et longs à compléter alors que de petits projets sont difficilement réalistes

- Les déversoirs, les systèmes de fondation et la stabilité structurelle face à la pression nécessitent des travaux d'ingénierie importants et rendent les barrages viables uniquement à grande échelle
 - Le complexe la Romaine, inaugurée en 2023 après 14 ans de travaux, a coûté plus de 7,4 milliards et comporte une puissance de 1550 MW, pour un coût de revient estimé à 0,064 \$/kWh.

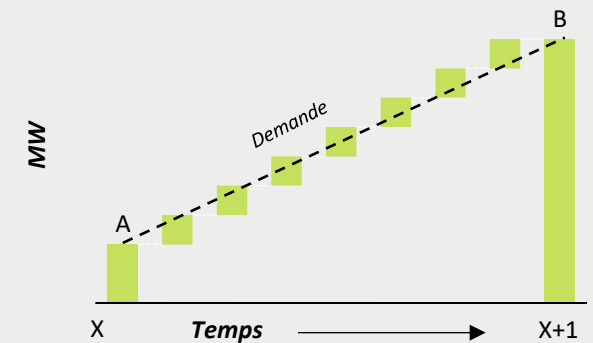
Les projets solaires peuvent se déployer rapidement, et ce, via de petits incréments

- En parcs solaires, une capacité de 25-100 MW permet généralement d'atteindre des économies d'échelle suffisantes de sorte que de très grands projets ne sont pas nécessaires
- L'installation des systèmes est généralement rapide et requiert moins d'expertise
- L'impact de parcs solaires ou d'une installation sur un toit n'a qu'un impact direct faible, voire marginal, sur l'hydrosphère et la lithosphère, ce qui minimise l'étendue des analyses requises en amont.

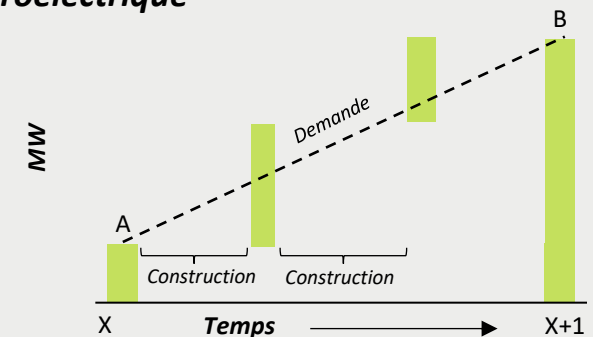


Schéma simplifié du déploiement typique des deux types d'énergie

Solaire



Hydroélectricité



Spécificités des types d'installation

Trois types d'installations solaires sont disponibles au Québec



Terrains pour parcs solaires

- Ces vastes espaces permettent d'installer un nombre significatif de panneaux solaires et de bénéficier d'économies d'échelle
- Ces grands terrains demeurent limités, notamment près des zones urbaines



Terres agricoles

- Les terres agricoles en raison, notamment de leur topographie, correspondent à des espaces adéquats pour des centrales solaires
- L'utilisation de ces terres à des fins solaires implique un coût d'opportunité lié à la production agricole non réalisée



Panneaux solaires sur bâtiments et stationnements

- L'installation de modules solaires sur les bâtiments et ombrières de stationnement représente une opportunité de valoriser doublement certains espaces, en produisant de l'énergie sans empiéter sur de nouveaux terrains



Chacun des trois types d'installation requière la prise en compte de considérations particulières

Ces considérations entraînent des coûts supplémentaires qui s'ajoutent aux coûts de bases du matériel. Ceux-ci peuvent être liés à une installation plus complexe, à l'absence d'économies d'échelles, au coût du terrain, ou encore, à des contraintes légales.



Parcs de production solaire

Considérations

- Coût direct du terrain
- Redevances, si applicables
- Coûts légaux indirects liés à la réglementation et classification de plusieurs terrains potentiels.



Terres agricoles

Considérations

- Coût direct du terrain et/ou redevances, si applicables
- Coût d'opportunité, notamment social de l'usage du terrain
- Coûts légaux indirects liés à la réglementation et la classification des terres agricoles.

Pour agrivoltaïsme :

- Coût en main-d'œuvre et autres composantes plus élevé
- Coûts supérieurs des composantes et de la surcharge des frais généraux « *overhead costs* » (incl. Ingénierie, approvisionnement et construction) en raison de plus faibles économies d'échelles.



Bâtiments commerciaux

Considérations

- Coût en main-d'œuvre et autres composantes plus élevé en raison d'une installation plus complexe (racks, structures, etc.)
- Coûts supérieurs des composantes et de la surcharge des frais généraux « *overhead costs* » (incl. Ingénierie, approvisionnement et construction) en raison de plus faibles économies d'échelles.

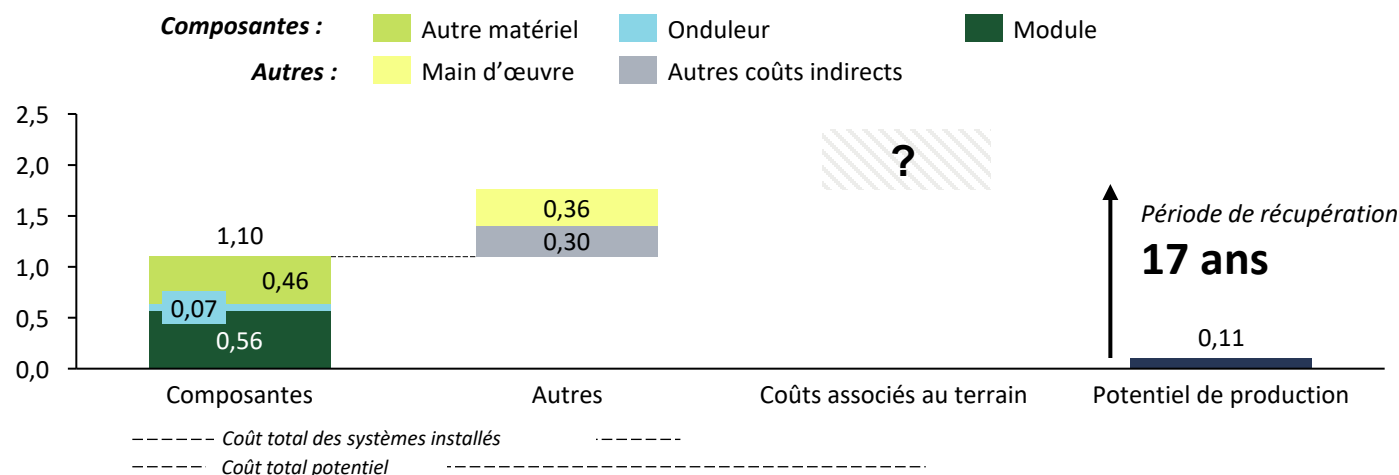
Le délai de remboursement des coûts totaux des systèmes photovoltaïques peut dissuader les investisseurs

Les coûts totaux des systèmes en parc solaire, incluant la main-d'œuvre et autres coûts indirects, sont estimés à 1,76 \$/W installé

- Le coût des composantes des systèmes en parc solaire représente 1,10 \$/W installé (62,5 %) alors que le coût de la main-d'œuvre représente 0,66 \$/W installé (38,5 %)
- Dans les régions Québécoise à haut potentiel PV et selon le tarif D ou DM fixé par Hydro-Québec, les économies de coûts se chiffrent à 0,106 \$/W installé
- Cette production génère un **délai de remboursement de l'investissement initial de 17 ans sans incitatifs gouvernementaux supplémentaires.**

Coûts totaux des systèmes photovoltaïques et potentiel de production

2025, Québec, en CAD par W de capacité installée, systèmes au sol à grande échelle (1 axe), Tarif D ou DM – Moyenne 0,08779 \$/kWh



Les coûts des systèmes n'incluent pas les coûts associés aux terrains (coûts directs, coûts d'opportunité, redevances, etc.).

Les coûts directs représentent les coûts liés à l'achat du terrain, ou à sa location

- La location du terrain engendre certaines spécificités quant au type de bail utilisé. Un bail classique peut être utilisé pour des panneaux sur blocs de béton tandis que des installations plus permanentes s'accompagnent d'un droit superficiaire
- Le droit superficiaire, appliqué aux panneaux solaires, est un mécanisme qui permet d'installer un parc solaire sur un terrain appartenant à autrui, en séparant juridiquement la propriété du sol et celle des installations.

Les redevances représentent des coûts perpétuels, sous forme de versement, lesquels sont déterminés en fonction de la production.

Le coût d'opportunité représente, pour le détenteur du terrain, la valeur du meilleur usage alternatif auquel il renonce en l'utilisant pour un projet donné.

POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

La structure de coûts favorise de grands projets de parcs solaires

Les projets en parc de production solaire de grande taille ont des coût moyens et médians plus faibles que ceux de plus petite taille

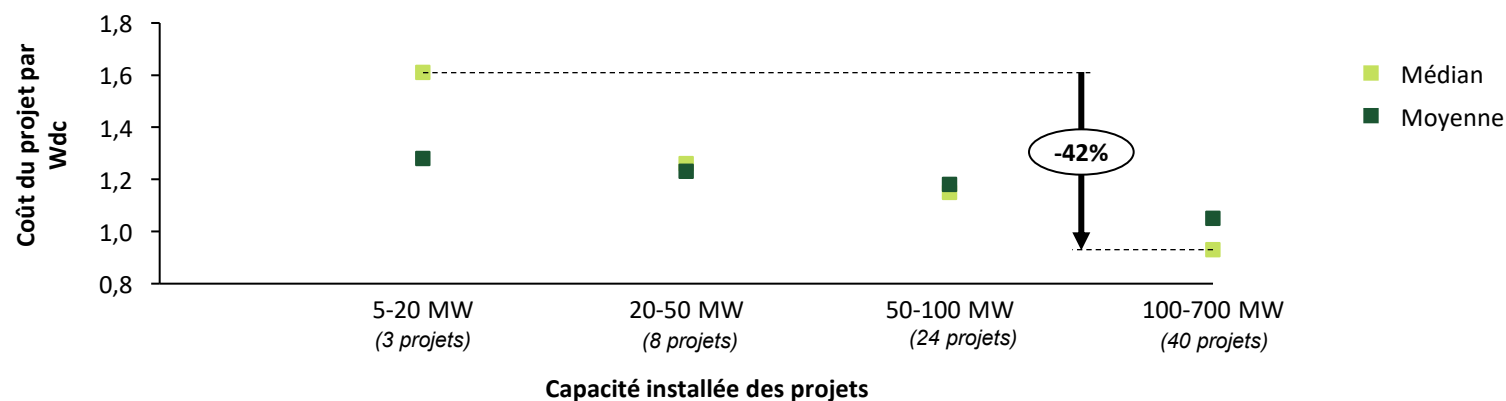
- Les projets de grande taille minimisent au maximum les frais généraux de type «overhead» par W de capacité installé
- La marge de profit, en % du coût par W, des développeurs tend à être inférieure sur les projets de plus grande taille.

L'avantage théorique procuré par la taille s'observe pour les récents projets de parc solaire

- Les projets de 100 MW + ont été en moyenne 42 % moins dispendieux par W de capacité que les projets de plus petite envergure < 20 MW
- Le faible nombre de projets de petite taille s'explique notamment par leur coût en capital par W élevé et donc une rentabilité moindre.

Coûts des projets de parc solaire selon leur capacité totale

2023, États-Unis, investissements initiaux en USD par W de capacité installée du projet



POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

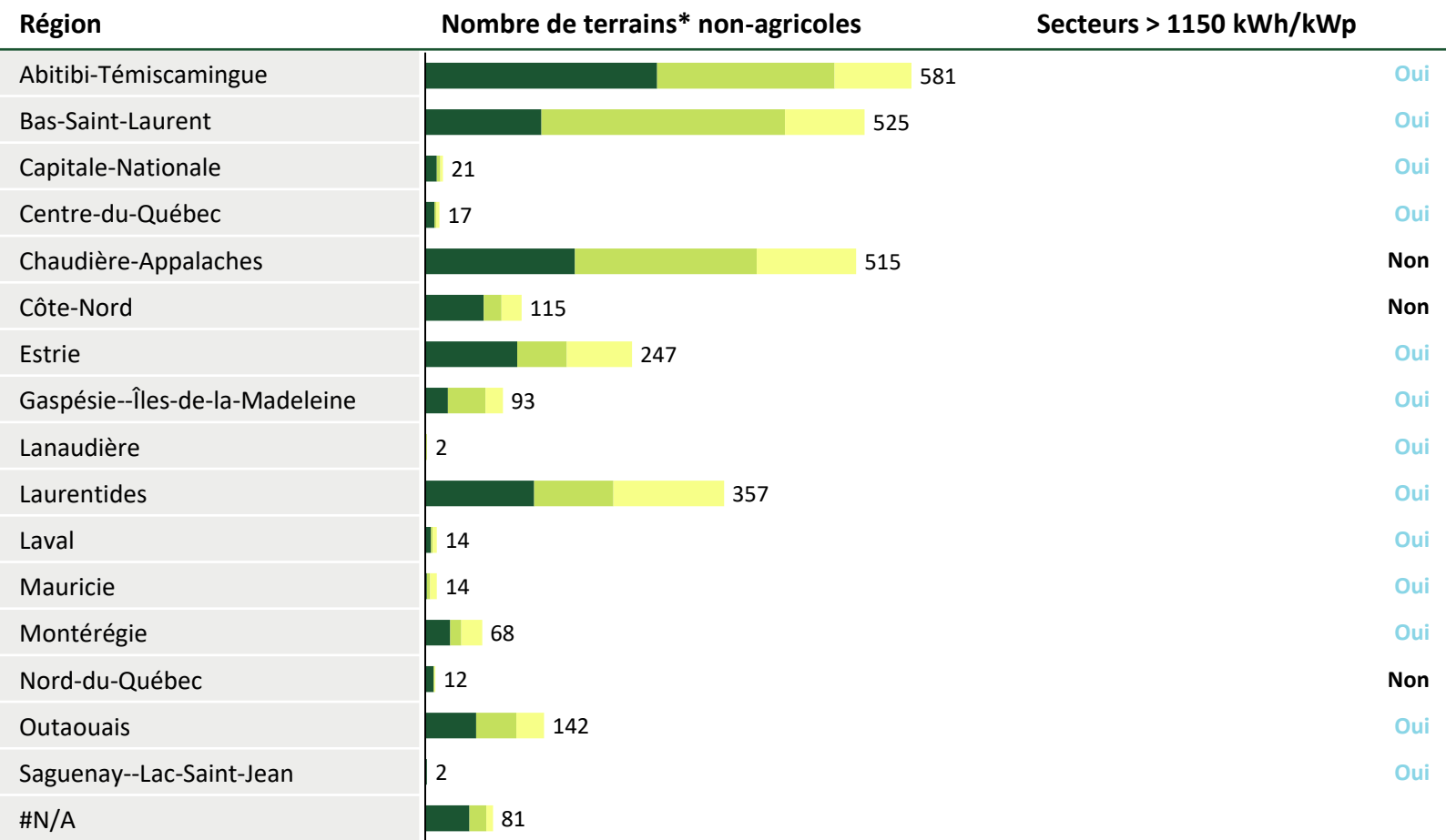
Le Québec est vaste et compte sur la superficie nécessaire au déploiement de l'énergie solaire à grande échelle

Les terrains disponibles*, de grande taille et non-agricoles, sont abondants au Québec, et ce, dans les régions administratives comptant sur des secteurs à haut potentiel PV

- Les terrains de grandes tailles sont nécessaires pour générer des économies d'échelle. Il est estimé qu'un parc de panneau solaire nécessite environ 5 acres par MW de capacité installée
- Le sud de l'Outaouais, l'Abitibi-Témiscamingue, la Montérégie, les Laurentides compte sur un grand nombre de terrains* de grandes tailles et non-agricoles en plus de plusieurs secteurs à haut potentiel PV (> 1150 kWh/kWp).

i

Un grand terrain n'est pas automatiquement approprié pour un parc solaire. Plusieurs autres contraintes telles que la topographie, sa facilité d'accès et sa proximité avec les infrastructures de distribution peuvent rendre un terrain inadéquat.



*Terrains disponibles ; les terrains dont la valeur du bâtiment est nulle
Sources: Registre Foncier, Analyses Aviséo Conseil, 2025.

POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

La faible valeur des grands terrains favorise la viabilité de projets à grand déploiement

Dans plusieurs régions administratives, la valeur des grands terrains* non-agricoles (plus de 300 000 m²) est faible

- Le faible coût de terrain est essentiel à la rentabilité économique de projets en parc de production.

La valeur moyenne des terrains de plus de 300 000 m² est inférieure à 0,5 \$/m² dans presque toutes les régions administratives à l'exception de Lanaudière, des Laurentides, de la Montérégie et de Laval

- L'Abitibi-Témiscamingue, le Bas-Saint-Laurent, Chaudière – Appalaches et l'Estrie compte sur un grand nombre de terrains ayant valeur estimée faible.

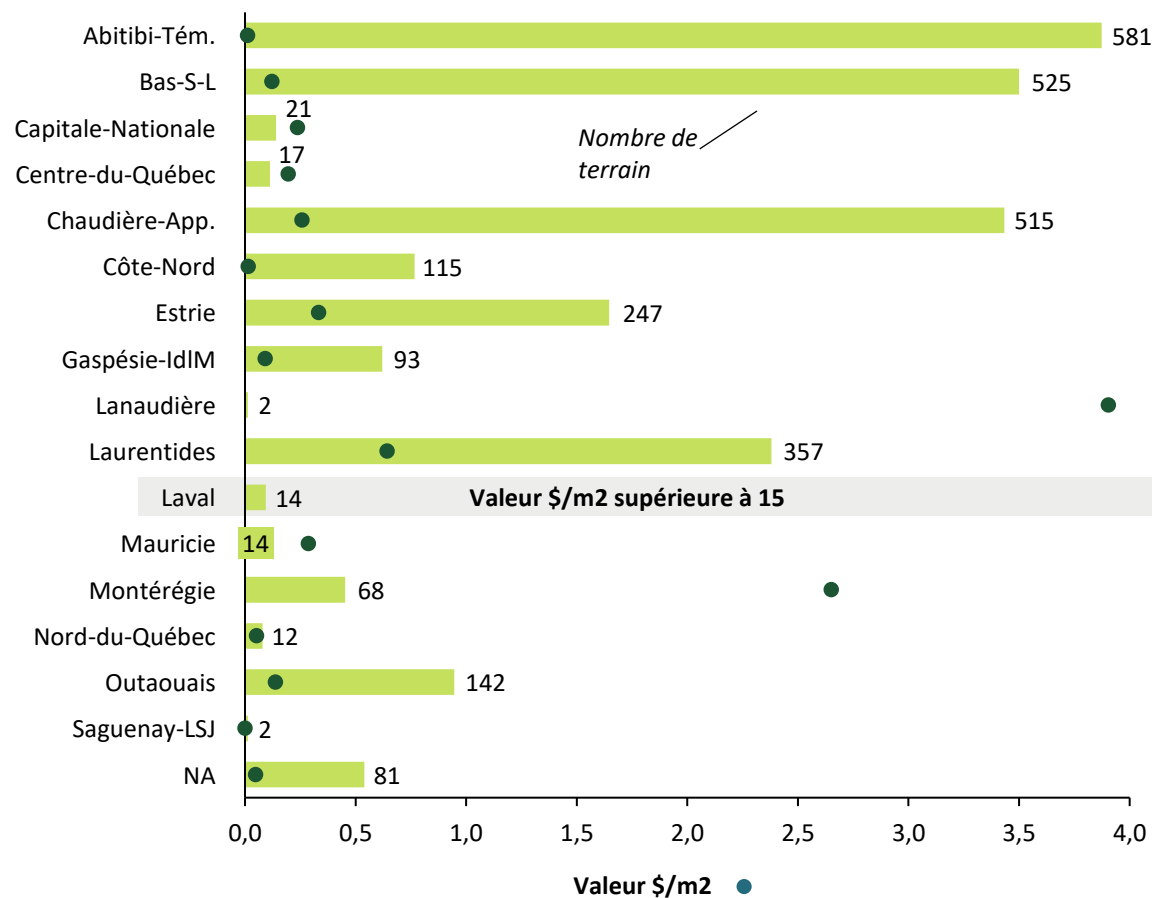
Un terrain d'une valeur de 0,5 \$/m² représente un investissement initial d'environ 0,01 \$ par W de capacité installée, soit moins de 1 % du coût des composantes, chiffré à plus de 1,10 \$/W.



Pour ces analyses, la valeur des terrains est estimée via le registre foncier. La valeur foncière d'un terrain peut, en pratique, différer de sa valeur réelle au marché.

Nombre et valeur foncière des terrains* de plus de 300 000 m²

2025, Québec, en nombre de terrain et valeur foncière en \$/m², pour les terrains de plus de 300 000 m², non-agricoles uniquement



*Terrains disponibles ; les terrains dont la valeur du bâtiment est nulle

Sources: Registre Foncier, Analyses Aviseo Conseil, 2025.

Plusieurs constats émergent de l'analyse du potentiel économique des parcs solaires



Coûts des panneaux

Les coûts des systèmes, excluant le coût des terrains, sont estimés à 1,76 \$/W installé. Au Tarif D ou DM – Moyenne 0,08779 \$/kWh, le délai de remboursement (17 ans) des coûts totaux est long sans appui financier du gouvernement.



La taille des projets importe

Les projets de grandes tailles permettent de générer des économies d'échelles en distribuant

- Les frais généraux de type «overhead» sont répartis sur davantage d'unités
- La marge de profit des développeurs tend à être inférieure sur les grands projets.



Un territoire immense vecteur d'opportunité

Le Québec compte sur de nombreux terrains disponibles pouvant accommoder des projets de grande taille, et ce, dans des régions ayant un bon potentiel PV.



Des terrains actuellement sous valorisés

Dans plusieurs régions, les terrains disponibles n'ont qu'une faible valeur, ce qui améliore le potentiel de rentabilité du déploiement de l'énergie solaire.

- Un terrain d'une valeur de 0,5 \$/m² représente un investissement initial d'environ 0,01 \$/W de capacité installée, soit moins de 1 % du coût des composantes, chiffré à plus de 1,10 \$/W.



Certaines contraintes limitent le potentiel de certains terrains

Un grand terrain n'est pas automatiquement approprié pour un parc solaire. Plusieurs autres contraintes telles que la topographie, sa facilité d'accès et sa proximité avec les infrastructures de transport peuvent rendre un terrain inadéquat. La méconnaissance des endroits de connexion possible rend difficile la planification des projets.

POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

La réglementation en matière de terres agricoles est plus permissive ailleurs au Canada

Sommaire de la réglementation quant à la production d'énergie solaire en terre agricole en Alberta, en Ontario et au Québec

2025, Canada

Stricte sur les terres agricoles à fort rendement

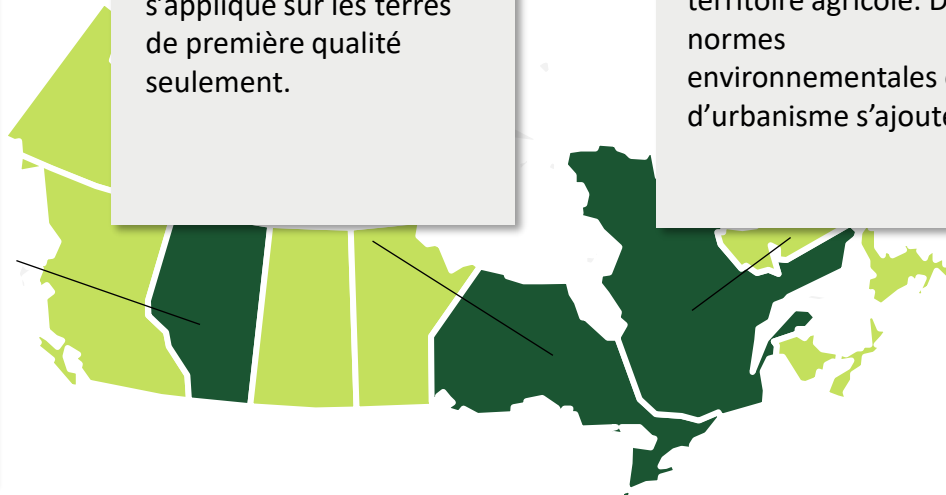
Un moratoire temporaire sur certains projets, mais plus flexible sur les friches industrielles et les projets d'agrivoltaïsme combinant l'agriculture et la production d'énergie solaire.

Moins stricte pour les terres à faible rendement

Les autorités municipales disposent de davantage de pouvoir pour approuver les différents projets. Une interdiction s'applique sur les terres de première qualité seulement.

Très stricte

Toute installation sur des terres agricoles nécessite l'approbation de la CPTAQ. La loi protège tout territoire agricole. Des normes environnementales et d'urbanisme s'ajoutent.



POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

L'inclusion de certaines terres agricoles, notamment à l'instar de l'Ontario, accélérerait l'essor de la filière solaire

Actuellement, Hydro-Québec, dans son premier appel d'offres, vise principalement les terrains situés en zones industrielles, en zones commerciales ou zones institutionnelles

- La société d'État privilégie les projets favorisant le double usage, c.-à-d. que l'activité de production d'électricité soit complémentaire ou secondaire à l'usage principal du site
- Également, Hydro-Québec exclut de l'éligibilité tous les projets situés en zone agricole afin de protéger ces terres
 - Celles-ci sont définies selon la Commission de protection du territoire agricole, une institution provinciale.

Pour les producteurs indépendants, il serait intéressant de faire évoluer certains critères de manière à faciliter l'implantation de projets énergétiques porteurs pour le Québec

À cet égard, certaines zones agricoles à faible potentiel, moins valorisées par les agriculteurs, pourraient représenter des terres offrant des retombées économiques significatives pour le Québec

- Les terres agricoles de classes 4 à 7, déterminées selon la classification canadienne, présentent des sols limités à la production agricole
 - En permettant l'usage de ces terrains pour développer des parcs solaires, Hydro-Québec éviterait un coût d'opportunité important pour l'État.

Classification des terres agricoles, selon le gouvernement du Canada

2025, Canada

Classes agricoles	1	Aucune limitation importante à la production agricole
	2	Limitations modérées restreignant la diversité des cultures
	3	Limitations assez sérieuses nécessitant des pratiques de conservation spéciales
	4	Graves limitations restreignant la gamme de cultures
	5	Sols présentant des limitations très sérieuses permettant uniquement la culture de plantes fourragères vivaces, mais pouvant être améliorés.
	6	Sols uniquement aptes à la culture plantes fourragères vivaces, sans aucune amélioration possible
	7	Aucune possibilité de culture ou pâturage de manière permanente

POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

Le Québec gagnerait à s'inspirer de l'Ontario pour ce qui est de la réglementation liée à l'énergie solaire sur des terres agricoles

L'Ontario permet l'implantation de projets solaires sur des terres agricoles à faible rendement, ce qui facilite la mise en place de parcs solaires, tout en assurant la conservation de sites agricoles actuels et futurs.

Afin de protéger les fermiers et leurs cultures, les projets solaires sont interdits à l'intérieur de zones agricoles à fort potentiel

- Celles-ci se caractérisent par une prédominance de terres agricoles à fort rendement (classes 1 à 3 de l'Inventaire des terres du Canada)
 - Néanmoins, ces zones peuvent également inclure, en faible proportion, des sols organiques ainsi que des terres de classes 4 à 7 qui fournissent des sols limités en termes de production agricole
 - Ce type de terres représente moins de 5 % des terres de l'Ontario.

La possibilité pour les promoteurs privés de construire des infrastructures solaires sur les terres agricoles hors de ces zones à fort potentiel procure un avantage significatif à l'Ontario par rapport au Québec

- En effet, cette flexibilité d'utilisation du sol facilite le déploiement de projets solaires en permettant aux promoteurs d'accéder à de vastes superficies disponibles
 - Ainsi, le contexte réglementaire plus accommodant en Ontario profite aux Ontariens puisqu'ils bénéficient d'un avantage comparatif dans l'accueil des projets solaires.



Hydro-Québec, en s'inspirant du modèle réglementaire ontarien, pourrait ouvrir la voie à des projets solaires de plus grande envergure, ce qui favoriserait les économies d'échelle ainsi que l'attrait du Québec pour les investisseurs.

POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

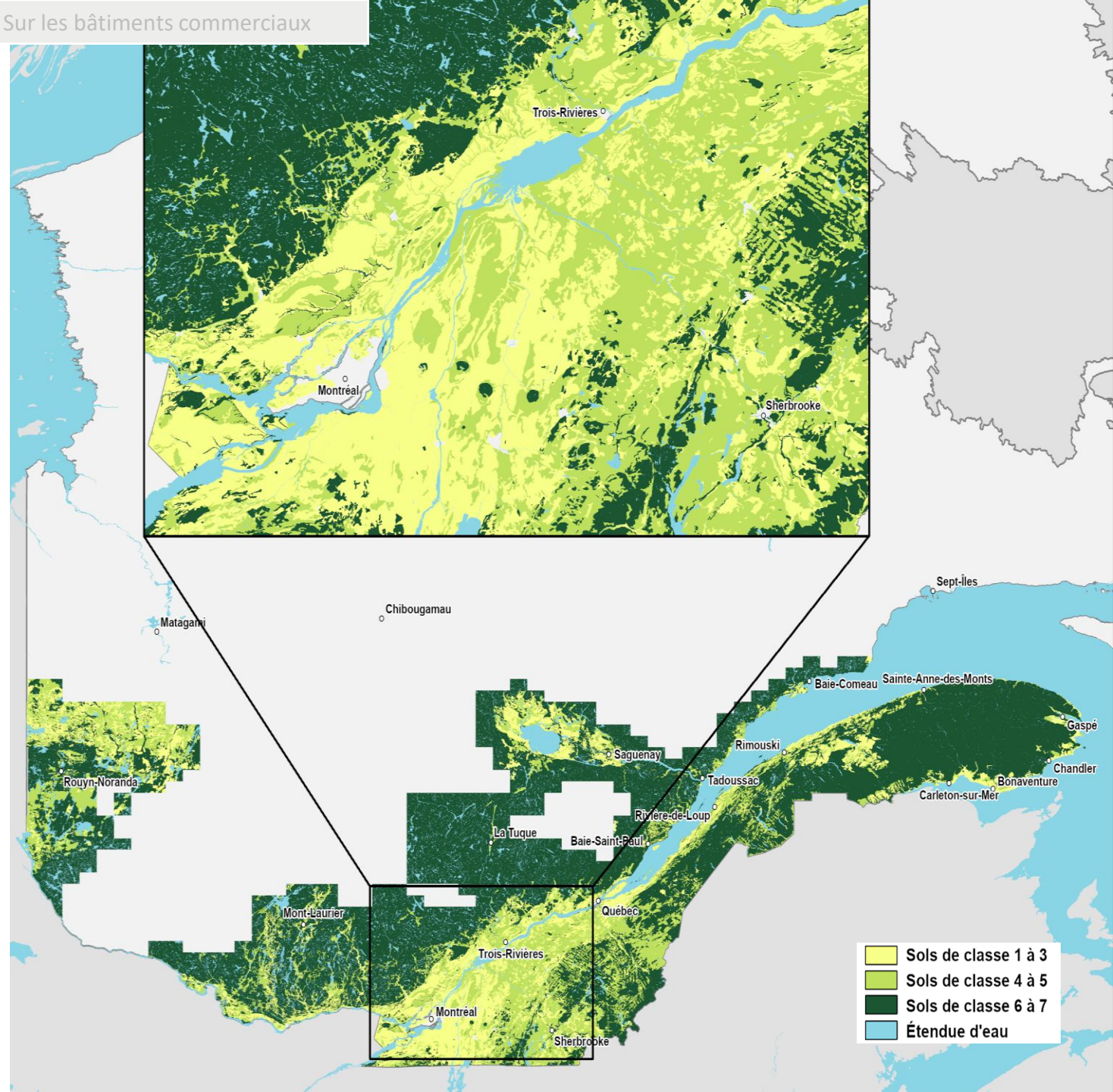
Les terres agricoles à faible potentiel sont nombreuses à proximité des centres urbains

L'autorisation accélérée d'utiliser les terres agricoles à faible potentiel, classées de 4 à 7, pour la production d'énergie solaire permettrait d'étendre les possibilités de développement à proximité des centres urbains.

- Les terres agricoles à faible potentiel (4 à 5) et à très faible potentiel (6 à 7) sont nombreuses à moins de 60 km au nord de l'axe Québec – Montréal, soit au sud des Laurentides, de Lanaudière, de la Mauricie
- L'est et le sud de Chaudière-Appalaches comptent un bon inventaire de terres agricoles à faible potentiel, mais ces régions sont plus éloignées de l'axe Québec – Montréal et des grands joueurs industriels québécois
- L'est de la Capitale-Nationale et le sud de la Côte-Nord sont plus éloignés des centres de consommation, mais comptent un bon inventaire de terres agricoles à faible potentiel.

« Au niveau de la CPTAQ, la cartographie a été faite il y a beaucoup trop longtemps, il faudrait qu'elle soit revue »

- Expert en énergie solaire consulté
5 août 2025



POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

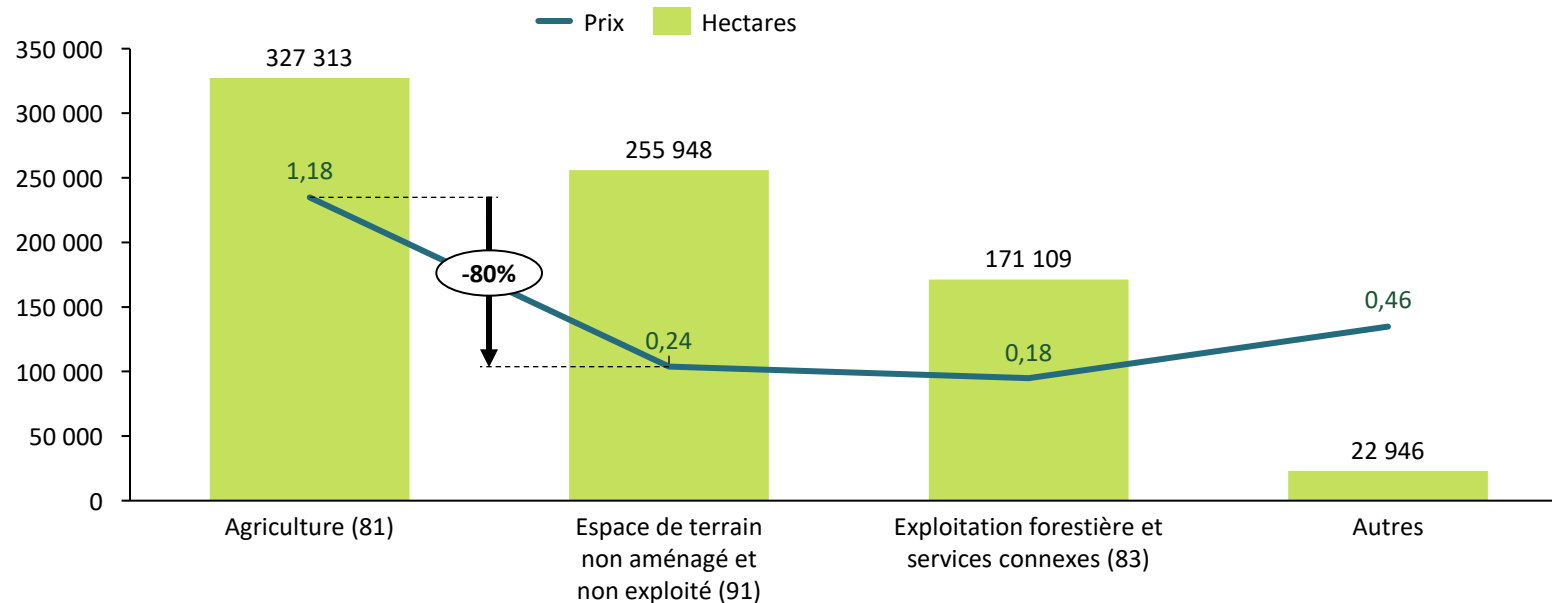
Le Québec compte sur de nombreuses terres agricoles faiblement valorisées

Le Québec compte 777 315 hectares de terres agricoles disponibles*, dont près de 33 % (255 948 hectares) sont non-aménagées ou non exploitées.

- Les terres non-exploitées ou aménagées en zone agricole ont une valeur foncière moyenne estimée à 0,24 \$/m², soit 80 % moins que les terres agricoles exploitées pour l'agriculture
- **Les terres agricoles non exploitées à faible valeur représentent une opportunité pour l'industrie de l'énergie solaire.**

Type d'exploitation et valorisation des terres en zones agricoles

2025, Québec, valeur foncière en \$ par hectare et hectares



*Terres agricoles disponibles ; les terres dont la valeur du bâtiment est nulle

Sources: Registre foncier du Québec, Analyses Aviseo Conseil, 2025.



Hypothèses quant à la classification des terres agricoles

Le potentiel d'une terre agricole influence sa valeur économique et ultimement, l'usage qui en est fait.

- La valeur plus basse observée pour les terres agricoles non-exploitées corrobore cette hypothèse.

Il est ainsi raisonnable d'estimer que les terres agricoles à faible valeur, non-exploitées à des fins agricoles devraient généralement compter sur une classification inférieure, à faible potentiel (4 à 7).

Les terres agricoles non-exploitées représentent plus de 255 000 hectares supplémentaires pour la production d'énergie solaire

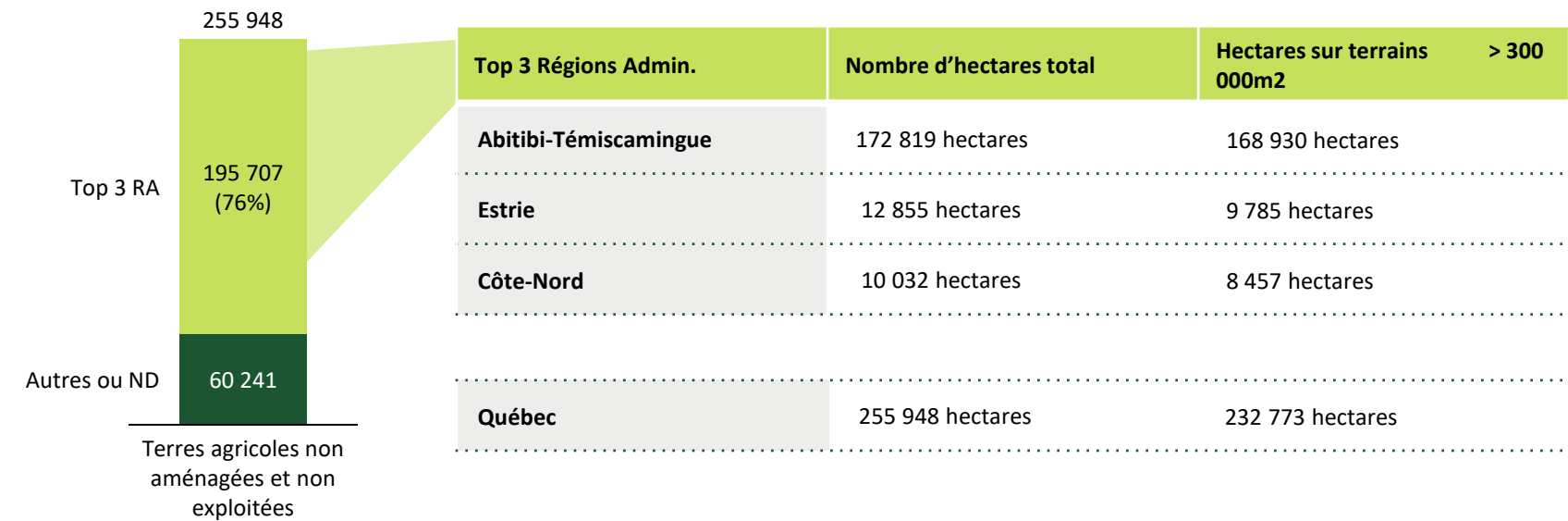
Les terres agricoles disponibles* et utilisées à des fins non-agricoles représentent plus de 255 948 hectares, ce qui correspond à une capacité installée maximale de près de 127 000 MW

— Sur ces 255 948 hectares, près de 91 % (232 773 hectares) se trouvent sur des terrains de plus de 300 000m2, une superficie permettant d'accueillir des projets de grandes tailles, essentiels pour dégager des économies d'échelles.

Près de 68 % des 255 948 hectares disponibles (172 819 hectares) se trouvent en Abitibi-Témiscamingue contre près de 5 % en Estrie et 4 % sur la Côte-Nord.

Terres agricoles non aménagées et non exploitées disponibles

2025, Québec, en hectares et en %





255 948 hectares correspondent à une capacité installée de près de 127 000 MW



232 773 hectares se trouvent sur des terrains d'une superficie supérieure à 300 000 m2

*Terres agricoles disponibles ; les terres dont la valeur du bâtiment est nulle et pour lesquelles il n'y a pas d'activité agricole. Il est donc supposé que l'absence d'activité agricole note une rentabilité économique moindre et donc une qualité de terre moindre.

Sources: Registre foncier du Québec, Experts consultés, Analyses Aviseo Conseil, 2025.

POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

Le faible coût des terrains agricoles disponibles est favorable aux projets de grande taille

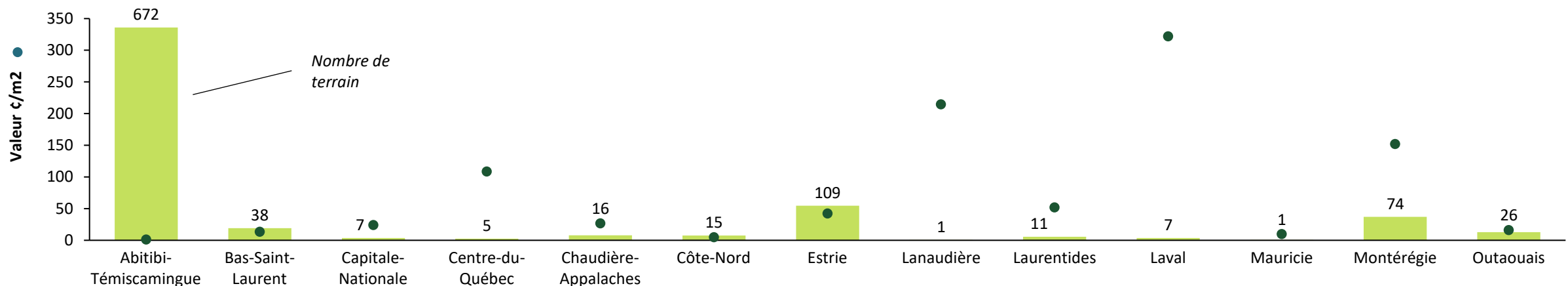
L'Abitibi-Témiscamingue et le Bas-Saint-Laurent comptent sur un grand nombre de terrains agricoles* non exploités ayant une faible valeur. La faible valeur d'un terrain améliore la rentabilité économique de projets en milieu agricole.

Notamment en raison de leur abondance, la valeur des grands terrains agricoles (plus de 300 000 m²) non-exploités dans plusieurs régions administratives est faible

— Pour ce type de terrain, la valeur foncière moyenne se chiffre à 1,2¢/m² en Abitibi-Témiscamingue et à 13,4 ¢/m² pour le Bas-Saint-Laurent (13,4 ¢/m²).

Nombre et valeur des grands terrains agricoles non exploités

2025, Québec, en nombre de terrains et valeur foncière en \$/m², pour les terrains agricoles disponibles et non exploités de plus de 300 000 m²



*Terres agricoles disponibles ; les terres dont la valeur du bâtiment est nulle et pour lesquelles il n'y a pas d'activité agricole. Il est donc supposé que l'absence d'activité agricole note une rentabilité économique moindre et donc une qualité de terre moindre.

Sources : Registre foncier du Québec, Experts consultés, Analyses Avisa Conseil, 2025.

POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

L'énergie solaire PV pourrait soutenir les revenus des agriculteurs québécois

Les propriétaires de terres agricoles québécois pourraient combiner agriculture et production d'énergie solaire afin de retirer plusieurs avantages, notamment au niveau financier

- De plus, l'approche de double usage des terres constituerait une piste de solution aux préoccupations du secteur agricole, qui craint de voir ses superficies diminuer avec l'expansion des parcs solaires au Québec.

Avantages de l'agrivoltaïsme

- 1 L'agrivoltaïsme permet une diversification des revenus des fermiers et propriétaires de terres agricoles, contribuant ainsi à une stabilité de leurs revenus à long terme.
- 2 Cette approche présente certains avantages quant aux cultures. Elle peut contribuer à améliorer leur rendement, notamment en les protégeant de la pluie ainsi que de l'exposition trop intense au soleil.
- 3 Les installations solaires peuvent également être intégrées aux pâturages, ceci permettant aux animaux de se nourrir et de désherber les parcs solaires, tout en maximisant les rendements énergétiques.

Entre 2023 et 2033, selon un rapport portant sur l'industrie, l'agrivoltaïsme devrait croître à un taux de croissance annualisé composé de 10,05 %, ce qui mènerait l'industrie à une valeur de marché de 8,9 milliards \$ américains à l'échelle mondiale.

L'Amérique du Nord, au courant de cette période, devrait constituer le principal pôle de cette industrie, porté par la hausse de la demande anticipée en énergie renouvelable ainsi que par les avantages qu'en retirent les agriculteurs.

POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

La production solaire sur toits pourrait combler 43 % du besoin énergétique des secteurs résidentiel, commercial et institutionnel

Les installations de panneaux solaires intégrés aux bâtiments proposent de multiples avantages, notamment un terrain accessible, une facilité de mise en place en plus d'une acceptabilité sociale plus élevée.

Le Québec dispose de la deuxième meilleure capacité solaire PV sur bâtiments au Canada

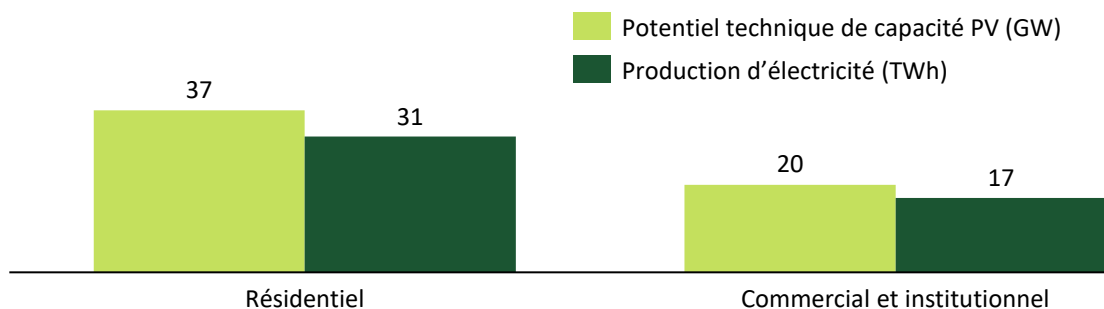
- **Jusqu'à 58 GW** de capacité PV pourraient être installés sur les toits des bâtiments à l'échelle du Québec
- Le secteur résidentiel pourrait fournir plus de 37 GW, tandis que le secteur commercial et institutionnel pourrait implanter environ 20 GW de capacité de production
 - Ces installations pourraient produire jusqu'à 48 TWh d'énergie solaire PV, dont 31 TWh provenant du secteur résidentiel et 17 TWh des bâtiments commerciaux et institutionnels.

La production d'électricité PV sur les toits (42 %) et façades (12 %) des commerces et institutions au Québec pourrait combler près de 54 % des besoins énergétiques de ces mêmes bâtiments

- Les clients de ce secteur seront exposés à des hausses de tarifs d'électricité de 4,8 % par année dès 2026, et ce, jusqu'en 2028
 - L'autoproduction solaire sur les toits et façades constituerait donc une solution intéressante pour ces clients
 - De plus, cette production solaire additionnelle pourrait soulager le réseau d'électricité d'Hydro-Québec, qui sera en forte demande d'ici 2050.

Potentiel technique de capacité PV et de production d'électricité sur les toits

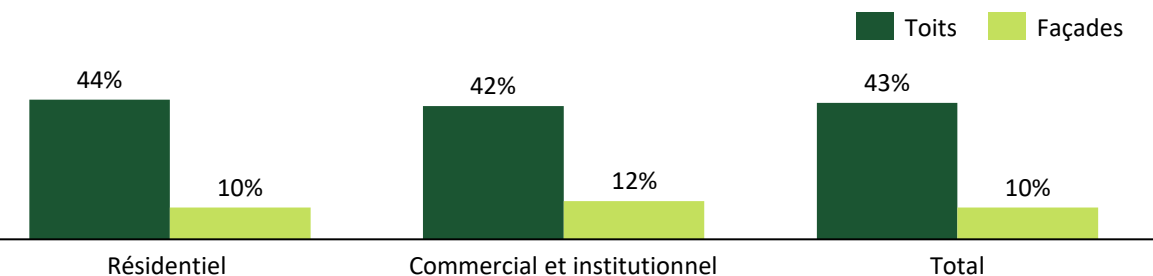
2025, Québec, en GW, en TWh



Sources: CanmetÉNERGIE, Analyses Aiseo Conseil, 2025.

Potentiel de production d'électricité PV sur les toits et les façades en pourcentage de la consommation d'électricité de ces bâtiments

2025, Québec, en %



POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

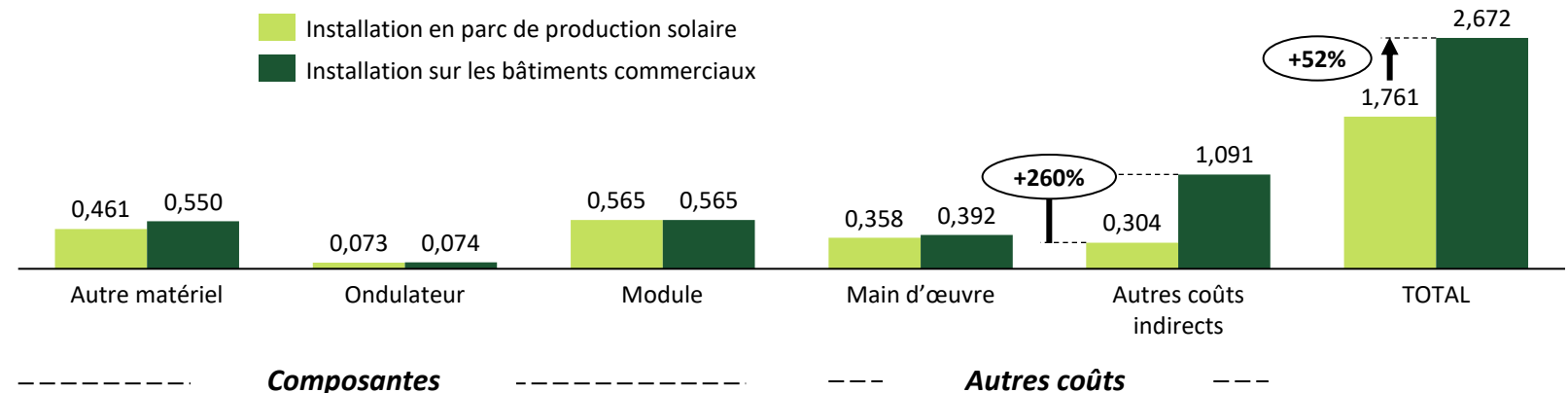
L'installation de système sur le toit des bâtiments entraîne des coûts supplémentaires

Par W de capacité installé, l'installation sur les bâtiments commerciaux est plus dispendieuse qu'en parc solaire (+52 %)

- Les autres coûts indirects, en partie attribuables aux « overhead costs » (incl. Ingénierie et construction), sont plus élevés en raison des économies d'échelles plus faibles
- Les coûts de matériel plus élevés, notamment dû à la structure et aux travaux électriques, amplifient la disparité
- **Sur le toit des bâtiments, les installations solaires n'impliquent aucun coûts directs ou indirects liés aux terrains et ne nécessitent pas d'autorisation particulières. Or, certains règlements municipaux pourraient en limiter le déploiement.**

Coûts totaux des systèmes photovoltaïques

2025, Québec, systèmes au sol à grande échelle (1 axe), selon le type de coût, en CAD par W de capacité installée,



Les délais de remboursement des coûts totaux des systèmes photovoltaïques peuvent dissuader les investisseurs

Le coût des composantes des systèmes solaires sur le toit d'immeubles commerciaux estimé à environ 1,10 \$/W installé. Les coûts totaux des systèmes solaires en parcs solaires, incluant la main-d'œuvre et autres coûts indirects, sont quant à eux estimés à 2,67 \$/W installé

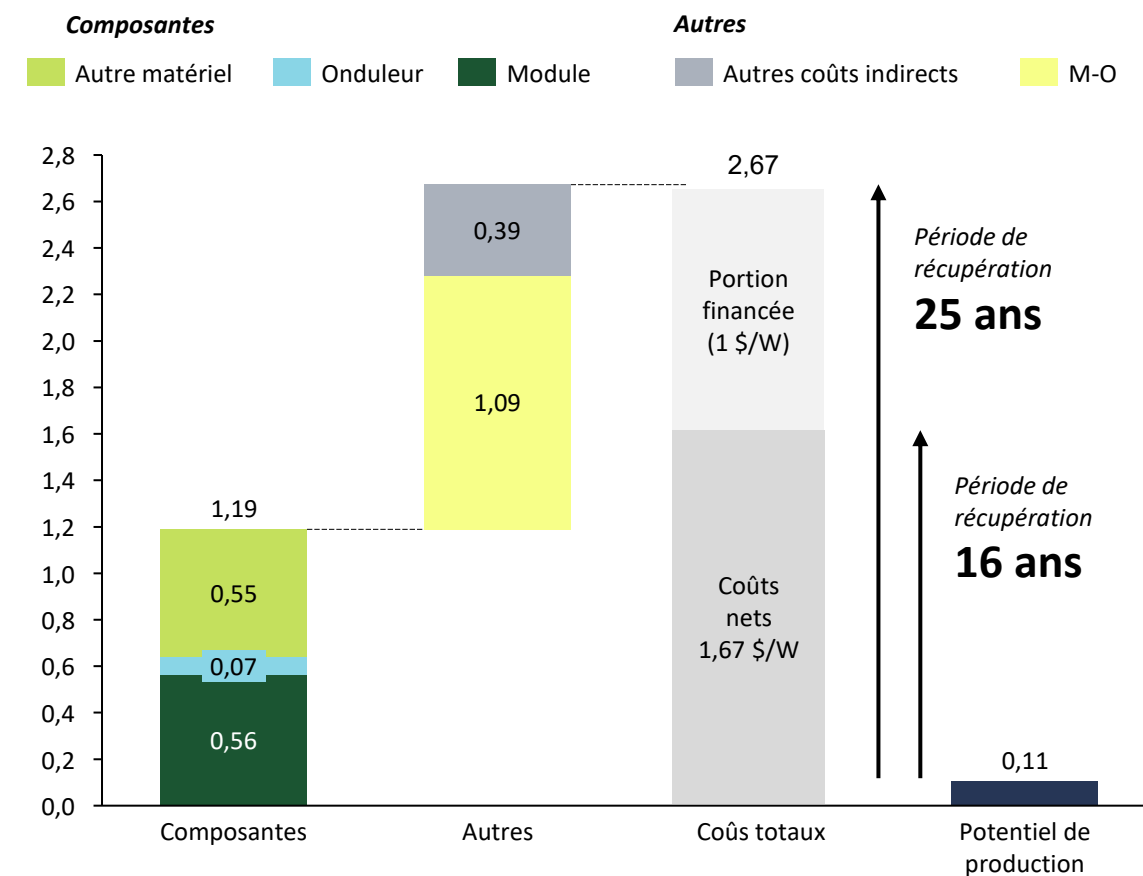
- Dans les régions Québécoise à haut potentiel PV et selon le tarif D ou DM fixé par Hydro-Québec, la production par W installé se chiffre à 0,106 \$
- L'installation des systèmes sur les bâtiments est plus dispendieuse qu'en parcs solaires, mais n'entraîne aucun coût quant au terrain ou coût d'opportunité lié à l'usage de ce dernier.
- Cette production génère un **délai de remboursement de l'investissement initial de plus de 25 ans sans incitatifs gouvernementaux supplémentaires.**

Un appui du gouvernement ou d'institutions parapublics peut toutefois limiter l'investissement initial net et accélérer la période de remboursement.

- Hydro-Québec a annoncé qu'à partir de 2026, un nouvel appui financier pour l'achat de panneaux solaires sera disponible, à la hauteur de 1 \$ pour chaque W installé, sous réserve d'un maximum de 40 % du coût total d'installation
 - Avec l'appui annoncé, le coût net pourrait passer à 1,67 \$/W, soit une période de récupération de 16 ans
- Des incitatifs fiscaux, tel que l'amortissement accéléré, peuvent s'ajouter afin d'accélérer la perception de flux monétaires et augmenter la rentabilité de l'investissement.

Coûts totaux des systèmes photovoltaïques et potentiel de production

2025, Québec, en CAD par W de capacité installée, système sur le toit des bâtiments commerciaux, Tarif D ou DM – Moyenne 0,08779 \$/kWh



POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

Les gouvernements devront en faire davantage pour atteindre un retour sur investissement d'au-plus 10 ans

Les experts estiment que cette période correspond au nombre d'années maximales pour qu'une masse critique de particuliers s'intéresse à l'autoproduction d'énergie solaire.

Hydro-Québec, dans son effort pour encourager l'expansion du solaire au Québec, s'engage à offrir un nouvel appui financier à la population à partir de 2026

- L'achat de panneaux solaires sera subventionné de 1 000 \$ pour chaque kW installé
 - Cet appui est valide jusqu'à réserve d'un maximum de 40 % du coût total d'installation.

Cette subvention fournie par la société d'État, au niveau résidentiel, peut se combiner au Prêt canadien pour des maisons plus vertes

- L'aide fédérale vise les rénovations domiciliaires permettant d'accroître l'efficacité énergétique
- Il s'agit d'un programme, prolongé par le gouvernement canadien, doté d'une enveloppe de 600 millions \$.



« Pour obtenir un retour sur investissement de moins de 10 ans [pour les projets d'autoproduction d'énergie solaire], il sera nécessaire que les gouvernements du Québec et du Canada offrent un 15 % additionnel au montant lié à l'installation de système solaire. »

- Expert en énergie solaire, 7 août 2025



Pour une maison de taille moyenne, cela pourrait représenter une aide de 5 000 \$



Pour un bâtiment commercial, cela pourrait représenter une aide de 40 500 \$



Le gouvernement fédéral offre un prêt sans intérêt échelonné sur dix ans d'une valeur maximale de

40 000 \$

POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIE SOLAIRE

Au Québec, l'électricité bon marché nuit au rationnel économique de l'autoproduction énergétique, peu importe la source

Au Québec, le PIB par habitant a augmenté plus rapidement que le coût de l'électricité depuis 2003

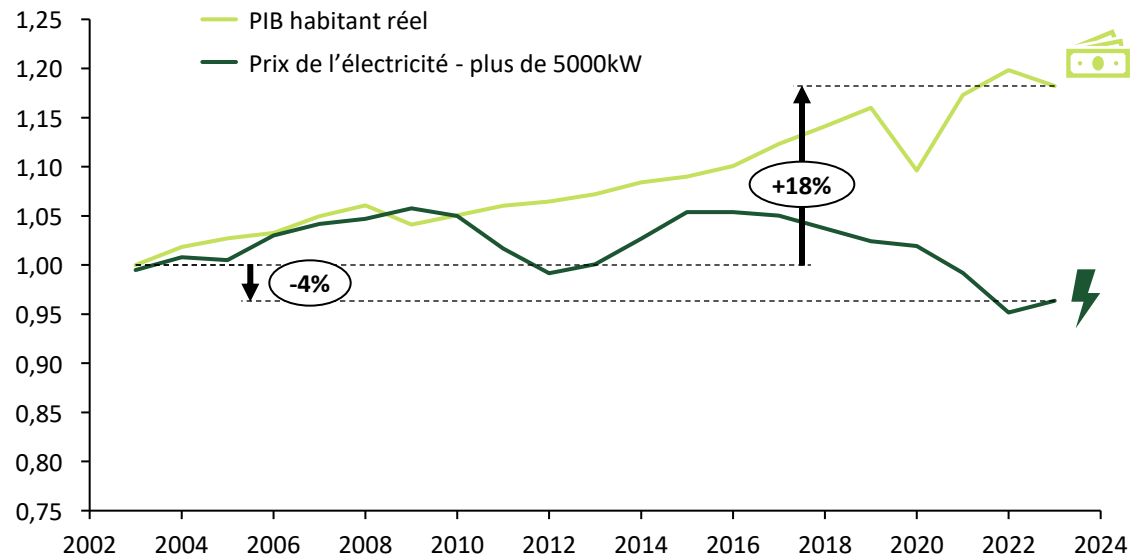
- Le prix réel (ajusté pour l'inflation) de l'électricité affiche une diminution de 4 % alors que le PIB réel par habitant affiche une augmentation de 18 % au cours de la période
- L'abordabilité croissante de l'électricité diminue les incitatifs économiques à l'autoproduction alors que ses bénéfices réels diminuent.

Le coût de l'électricité au Québec est parmi les plus abordables au Canada et en Amérique du Nord, ce qui nuit au rationnel économique d'une autoproduction alors que les coûts des panneaux solaires sont quant à eux similaires d'une région à une autre

- L'électricité est près de 43 % moins chère à Montréal qu'à Toronto.

Évolution du coût de l'électricité et du PIB réel au Québec

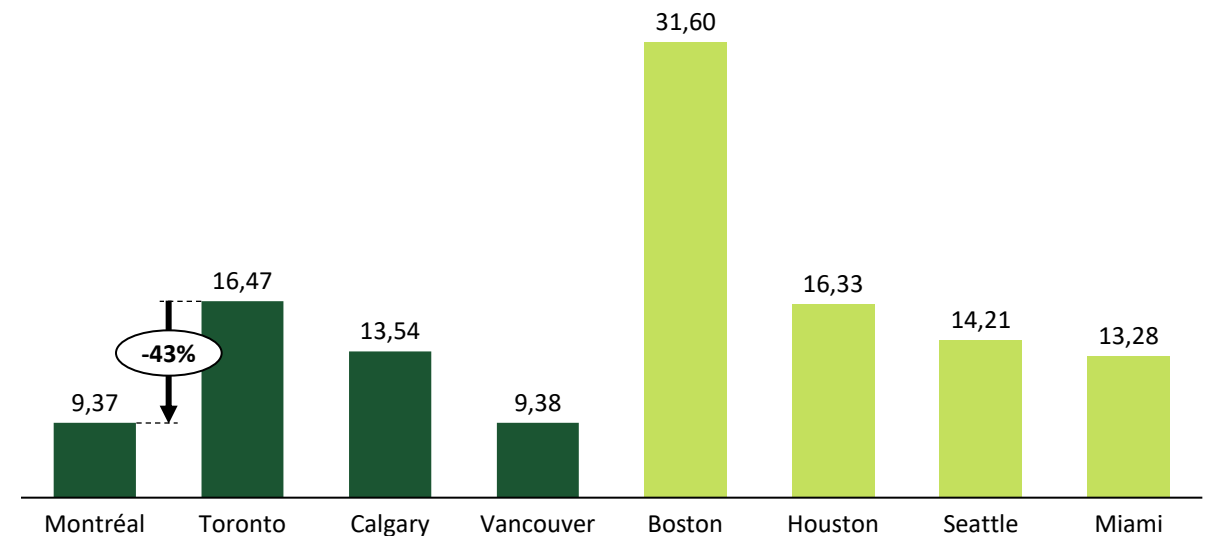
2003 à 2023, Québec, PIB et prix réels, en base 1



Sources: ISQ, 2023; Hydro-Québec, Statistique Canada, 2024; Analyses Aviceo Conseil, 2025.

Coûts de l'électricité dans les grandes villes Nord-Américaine

2024, estimation d'Hydro-Québec, clientèle moyenne puissance, en ¢/kWh, avant taxes



Chaîne d'approvisionnement

Introduction et méthodologie

Portrait du secteur de l'énergie solaire au Québec

Potentiel de production d'énergie solaire

Chaîne d'approvisionnement

Analyse stratégique et conclusion

Annexe

La fabrication des panneaux solaires nécessite une expertise et des infrastructures spécialisées

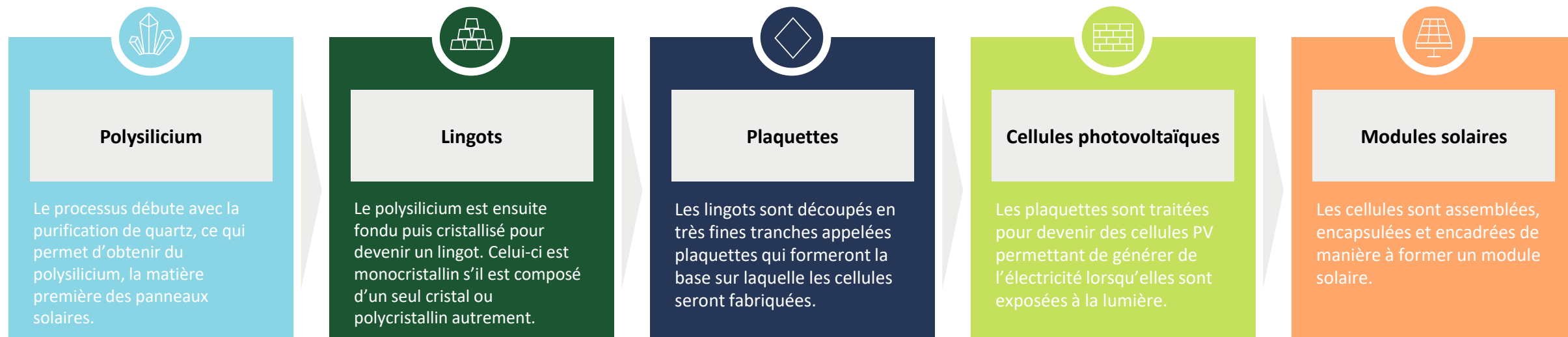
Le processus de fabrication repose sur une succession d'étapes techniques, mobilisant plusieurs pays dans la chaîne de production. Pour obtenir une indépendance géographique, une région doit posséder toutes les étapes de la chaîne de production. Dans le cas inverse, celle-ci devra importer les composants manquantes.

La fabrication de panneaux solaires démarre par la purification de quartz, ce qui le transforme en polysilicium de qualité métallurgique

- Après avoir été fondu, ce composant est cristallisé en lingots, lesquels peuvent offrir différents rendements électriques dépendamment de leur processus de fabrication
- Ce procédé nécessite des installations industrielles lourdes et des technologies de pointe.

Les lingots sont découpés en plaquettes, lesquelles suivent un traitement et deviennent par la suite des cellules PV, capables de générer du courant

- Le soudage des cellules entre elles aboutit à la création d'un panneau solaire
- Ce panneau, par la suite, est encapsulé par une feuille de verre et encadré avec une structure d'aluminium.



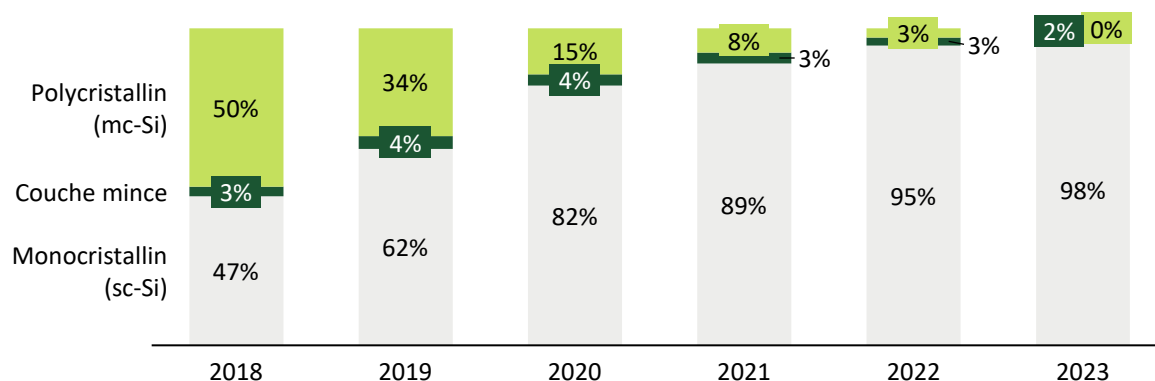
La qualité des panneaux solaires s'est améliorée au courant des dernières années

Cela a entraîné la disparition progressive de modules solaires utilisant des matériaux désuets

- En effet, la production de panneaux solaires issus de lingots polycristallins s'est arrêtée en 2023 en raison de rendements inférieurs comparativement aux alternatives
- De son côté, la technologie de couche mince, n'utilisant pas de plaquettes, demeure marginale et sa production diminue relativement aux panneaux monocristallins
 - La production de modules monocristallins progresse d'année en année, poussée par l'avancement et l'innovation des plaquettes et cellules PV.

Production mondiale de modules solaires en fonction de la catégorie de matériaux

2023, monde, en %



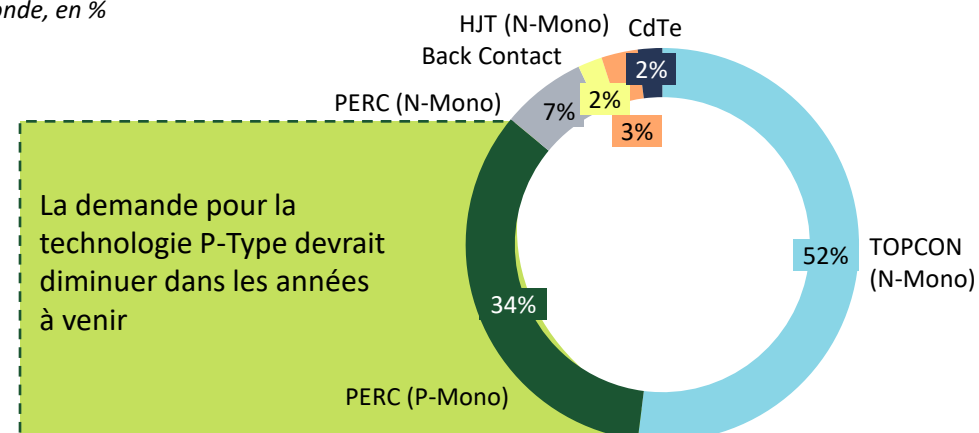
Sources: Statista, SolarNPlus, 2024; Analyses Aiseo Conseil, 2025.

Deux types de plaquettes se démarquent et dominent le marché solaire

- Le premier, N-Type, regroupe plusieurs technologies de cellules PV, dont TOPCON, PERC N-Mono et HJT, représentant un total de 61 % du marché
 - Il s'agit d'un type de plaquette plus récent, offrant de meilleures performances.
- Le second type de plaquette majeur, P-Type, représente 34 % du marché, principalement avec la technologie PERC P-Mono
 - Ce type de plaquette offre une durée de vie et un rendement plus faible.
 - Ces plaquettes perdent en popularité en raison de l'essor des plaquettes N-Type
 - Néanmoins, elles demeurent intéressantes pour certains clients puisqu'elles offrent l'avantage de coûts de production moindres.

Part de marché des technologies des cellules PV en fonction des exportations mondiales

2023, monde, en %



Après une croissance récente rapide, la capacité manufacturière mondiale devrait se stabiliser d'ici 2030

La capacité manufacturière des principales composantes de panneaux solaires, devrait continuer de croître, mais à un rythme plus modéré d'ici 2030

- L'industrie solaire PV a connu une surexpansion importante des capacités de production, particulièrement dans le domaine des plaquettes, ce qui a entraîné un déséquilibre entre l'offre et la demande et contraint à une rationalisation des capacités dans les prochaines années
 - Il est estimé qu'en 2024, la demande pour les modules solaires représentait seulement 60 % de la capacité totale de production
 - En raison de l'offre excessive, le prix mondial des plaquettes a diminué d'environ 50 % entre 2023 et 2024.

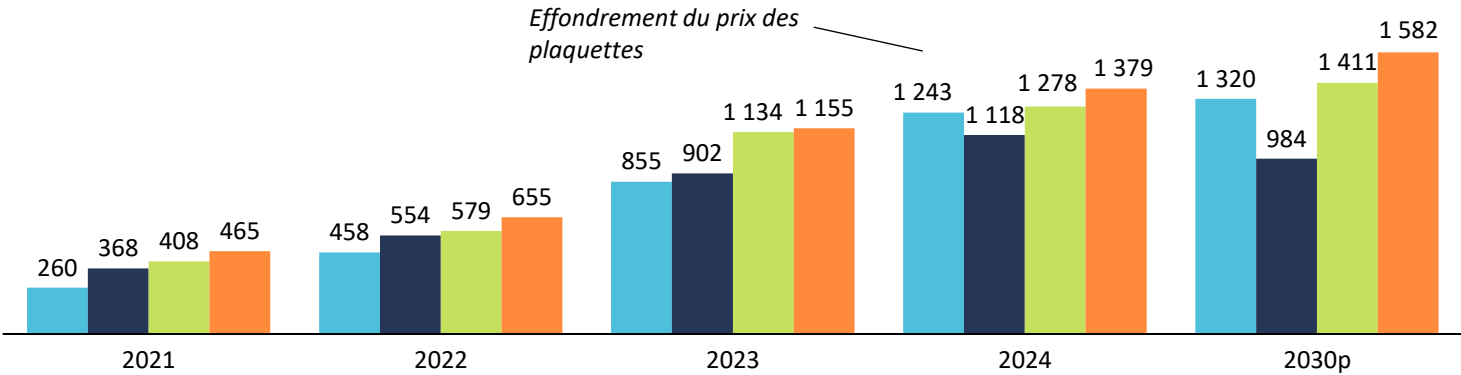
Selon les projets annoncés, la capacité de polysilicium devrait augmenter de 77 GW entre 2024 et 2030, soit une hausse annualisée de 1 %

- Entre 2021 et 2024, la croissance annuelle s'est chiffrée à 68 %
- La capacité manufacturière de modules solaires devrait connaître la croissance la plus marquée, avec une augmentation annualisée de 2 %
- La capacité de production de plaquettes devrait quant à elle reculer de près de 2 % annuellement.

Capacité manufacturière des différents composants de panneaux solaires PV

2021 à 2030p, monde, en GW

	TCAC 21-24	TCAC 24-30p
Polysilicium	+68 %	+1 %
Plaquettes	+45 %	-2 %
Cellules	+46 %	2 %
Modules	+44 %	2 %



La production mondiale de panneaux solaires se concentre majoritairement en Chine et en Asie du Sud-Est

La Chine dispose de plus de 80 % de la capacité manufacturière globale en polysilicium, plaquettes, cellules

- Le pays fabrique plus de 75 % des modules à l’échelle mondiale, ce qui lui permet de générer des économies d’échelles importantes et obtenir un avantage de coûts
 - La forte demande domestique et le faible coût de la main-d’œuvre ont contribué à l’essor de cette capacité manufacturière
- Des investissements massifs de la part de la Chine ont permis au Vietnam et à la Malaisie, sous le segment Asie-Pacifique, d’être parmi les plus grands producteurs de modules et de cellules.

La demande européenne et nord-américaine est forte, mais est majoritairement comblée par des importations

- Entre 2017 et 2021, les États-Unis ont importé près de 77 % des modules PV alors que ce pourcentage grimpe à 84 % pour l’Europe
 - Qui plus est, les modules produits localement sont composés à environ 70 % de composantes importées de Chine
- Les coûts de la main d’œuvre et l’échelle de production industrielle requise limitent la rentabilité d’une production canadienne ou québécoise des composantes.

Répartition de la capacité manufacturière des principaux pays et la demande intérieure pour des panneaux solaires

2022, monde, en % du total pour chaque composante et % de la demande totale

	Chine	Asie - Pacifique	Europe	Inde	Amérique-du-Nord	Reste du monde
Demande domestique	37 %	13 %	17 %	7 %	18 %	8 %
Polysilicium	80 %	6 %	7 %	1 %	6 %	0 %
Plaquettes	98 %	1 %	<1 %	<1 %	<1 %	<1 %
Cellules	85 %	13 %	<1 %	<1 %	<1 %	<1 %
Modules	75 %	15 %	4 %	4 %	2 %	2 %

L'accès aux matières premières critiques confère un avantage à la Chine

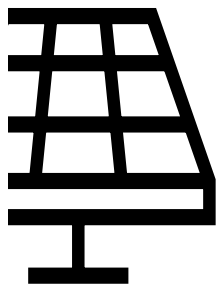
La technologie solaire PV nécessite de nombreux matériaux critiques.

Le germanium, le borate, l'indium, le gallium et le silicium sont identifiés comme les matériaux les plus critiques à la fabrication de panneaux solaires.

Ces matières premières essentielles se trouvent majoritairement en Chine, en Afrique, en Europe et aux États-Unis.

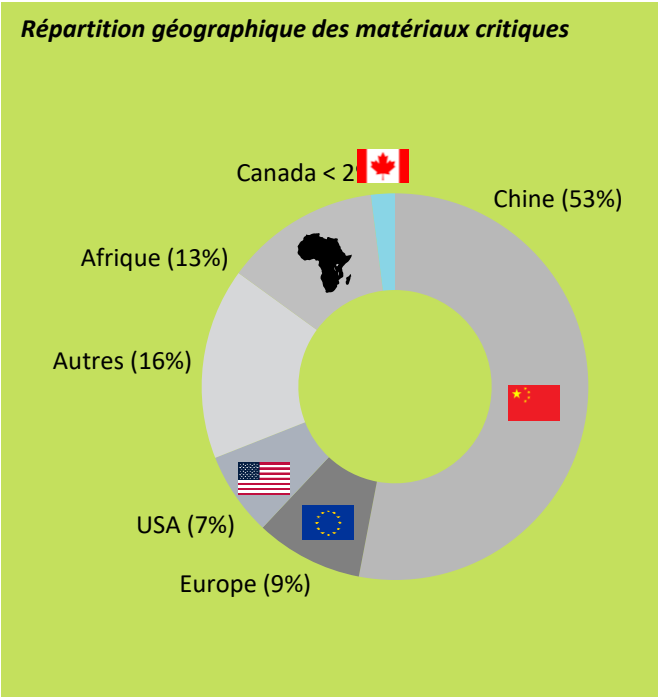
Le Canada, riche en ressources naturelles, ne compte qu'un accès limité à ces ressources. Le Canada possède toutefois un accès avantageux à plusieurs matériaux non critiques, mais essentiels comme le cadmium et le tellurium.

- En 2022, le Canada a produit plus de 1 800 tonnes de cadmium et 50 tonnes de tellurium.



Matériaux nécessaires aux panneaux solaires selon leur criticité et leur source
2020, monde, criticité selon la Commission européenne

Matériaux	
1	germanium
2	borates
3	indium
4	gallium
5	silicium
6	argent
7	tellurium
8	nickel, tin, molybdenum
9	aluminium, fer, cuivre
10	zinc, cadmium
11	plomb, selenium



La production manufacturière de composants se structure principalement autour de six multinationales

La quasi-totalité de ces entreprises sont d'origine chinoise et la seule firme canadienne du groupe opère principalement en Chine

- Cette entreprise, Canadian Solar, constitue le plus petit joueur du groupe, mais fournit une production de lingots, contrairement à la plupart des autres grosses firmes
- La capacité manufacturière semble globalement équilibrée entre les grands joueurs chinois, bien qu'ils dominent collectivement la production mondiale des principales composantes.

- Tongwei Co Ltd, de son côté, est verticalement intégrée et est la seule firme parmi les 6 à produire du polysilicium
- La capacité de production de polysilicium de Tongwei Co Ltd, était estimée à 900 000 tonnes en 2024 (37,5 % de la capacité mondiale, fin 2023)
- JinkoSolar et LONGi Solar se partagent la première place pour la capacité opérationnelle de modules solaires avec 120 GW chacun
- LONGi se distingue également par une capacité de production de plaquettes de 170 GW, la plus élevée de l'industrie.

Répartition de la capacité des principales entreprises manufacturières de composants pour systèmes photovoltaïques

2024, Monde, approximative

	JinkoSolar 	LONGi Solar 	Ja Solar Tech. 	Trina Solar 	Tongwei Co Ltd 	Canadian Solar 	Total Monde
Pays d'origine	Chine	Chine	Chine	Chine	Chine	Canada	
Modules	120 GW	120 GW	95 GW	95 GW	90 GW	61 GW	1 155 GW
Cellules	95 GW	80 GW	86 GW	75 GW	150 GW	48 GW	1 032 GW
Plaquettes	130 GW	170 GW	86 GW	55 GW	-	31 GW	974 GW
Lingots	-	-	Oui	-	-	Oui	
Polysilicium	-	-	-	-	0,9 M tonnes	-	2,4 M tonnes

Malgré les tarifs canadiens, les panneaux solaires chinois demeurent peu coûteux

Les modules solaires provenant des États-Unis sont près de 14 % plus coûteux que ceux produits en Chine

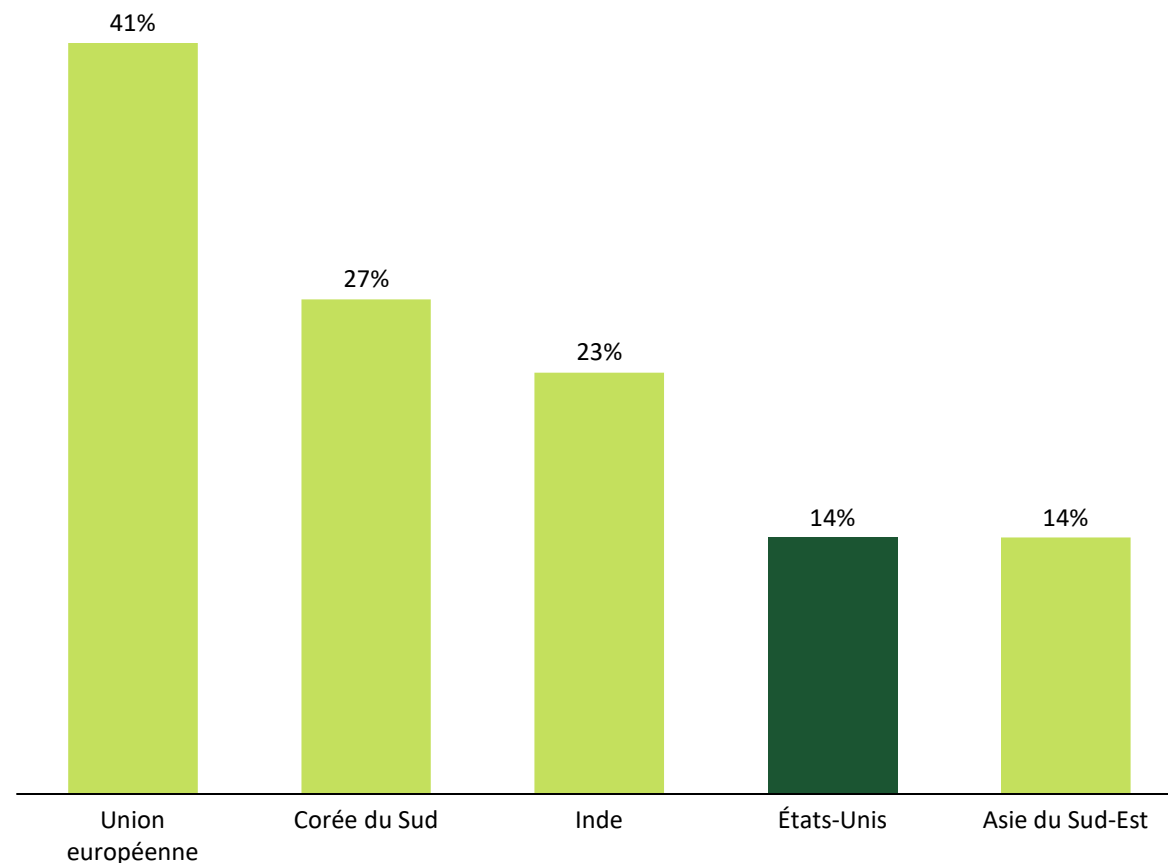
- Les panneaux solaires fabriqués aux États-Unis coûtent en moyenne entre 0,30 \$ et 0,65 \$ américains par watt
 - L'avantage concurrentiel de la Chine se traduit généralement par une baisse de coût située entre 0,05 à 0,15 \$ américains par watt comparativement à cette fourchette.
- Les États-Unis maintiennent un coût de production des panneaux solaires similaires aux pays d'Asie du Sud-Est, parmi les plus faibles au monde après la Chine
- Le retrait de subventions importantes pour l'industrie solaire aux États-Unis entraîne un surplus de capacité, lequel est susceptible de se traduire en diminution importante des prix pour les panneaux.

Outre un surcoût relativement faible par rapport aux produits chinois, les modules nord-américains présentent l'avantage de délais de livraison plus rapides pour le Québec comparativement aux panneaux importés de Chine, lesquels peuvent requérir jusqu'à douze semaines de livraison.



L'incertitude quant aux relations commerciales entre le Canada et les États-Unis expose les fournisseurs canadiens et peut accentuer les risques liés à la chaîne de production.

Surcoût de production des panneaux solaires PV relativement à la Chine
2023, monde, en %



Certains tarifs canadiens s'appliquent aux modules solaires provenant de Chine

- Pour contrer l'importation de panneaux solaires dont la production a été subventionnée par le gouvernement chinois, des droits *antidumping* et compensateurs doivent être versés par les importateurs canadiens
- Ces taxes, imposées à partir de 2015, évoluent en fonction des entreprises exportatrices basées en Chine
 - À titre illustratif, les droits payables pour les exportations de Canadian Solar s'établissent à 0,0027 CAD/W, tandis que ceux applicables à Jinko Solar Co. atteignent 0,0055 CAD/W
 - Pour répondre à ces tarifs, les entreprises exportatrices ont, pour la plupart, délocalisé une partie de leur production en Asie du Sud-Est et exporté leurs modules PV à partir de ces pays.

Importations de modules et laminés photovoltaïques au Canada

2017-2019, Canada, en millions \$ canadiens

	2017	2018	2019
Chine	0,35	0,66	0,24
Tous les autres pays	129,59	182,36	146,59
Total des importations	129,94	183,03	146,83

« Si le gouvernement canadien commence à taxer directement tous les panneaux solaires contenant des cellules chinoises et non simplement ceux provenant de Chine, comme ce que les États-Unis font, les coûts des panneaux importés vont augmenter significativement, ce qui va créer un problème pour l'industrie solaire canadienne. »
- Expert en énergie solaire consulté, 7 août 2025



Crédit photo : EDF solutions solaires

Le Québec pourrait s'intégrer en aval de la chaîne d'approvisionnement des panneaux solaires

Parmi l'ensemble des étapes de production, la fabrication et l'assemblage des modules constituent la principale source d'emplois liés au solaire PV dans le secteur manufacturier

- Cette étape représente 46 % des emplois manufacturiers, suivi de la fabrication des cellules (33 %), des plaquettes et lingots (15 %) ainsi que de la production de polysilicium (4 %)
 - La production de matériaux additionnels tels que le verre et le film d'éthylène-acétate (EVA) représente 2 % des professions manufacturières associées au solaire PV.
- L'assemblage des modules solaires pourrait donc correspondre à une activité économique porteuse, disposant d'un potentiel intéressant pour l'économie québécoise
 - Le développement de cette filière au Québec pourrait être possible, à condition de cibler les secteurs stratégiques, en cohérence avec la demande intérieure, les capacités du Québec et les besoins énergétiques de la population.

« L'opportunité pour le Québec de s'intégrer dans la chaîne de valeurs des panneaux solaires se situe en aval de la chaîne d'approvisionnement. En amont [production de polysilicium, lingots et plaquettes], il est très difficile de compétitionner le marché mondial. Mettre sur pied des usines à ces étapes de fabrication ne représenterait pas un investissement soutenable. »

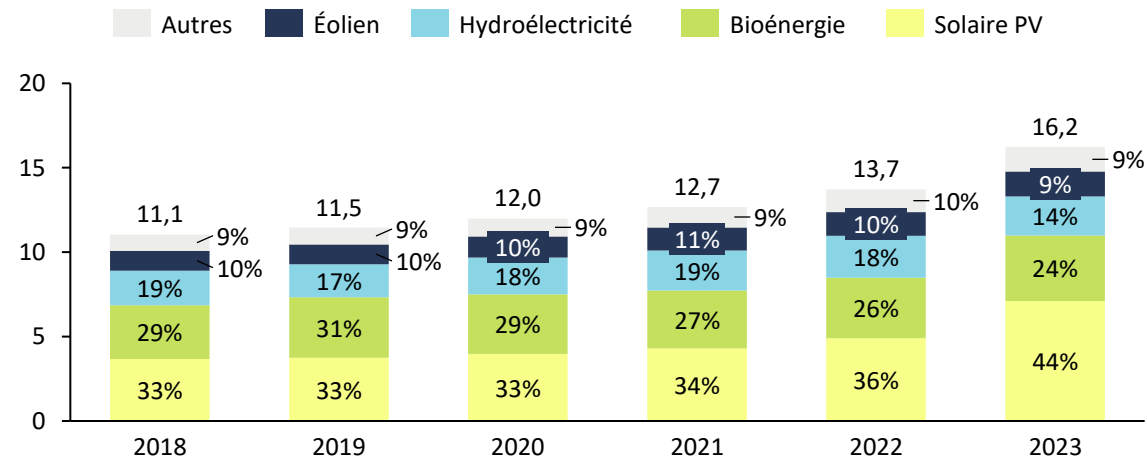
- Expert en énergie solaire consulté, 5 août 2025

Selon l'Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA), le solaire PV représente une des sources d'énergie offrant le plus d'emplois

- En 2023, à travers le monde, plus de 7,1 millions de personnes occupaient un emploi lié à l'énergie solaire PV, une augmentation de 45 % comparativement à 2022
- L'industrie solaire PV représentait à l'échelle mondiale environ 44 % des emplois totaux en énergie renouvelable
- Plus de 4,5 millions de ces emplois étaient concentrés en Chine.

Répartition des énergies renouvelables en fonction du nombre d'emplois associés

2024, monde, en % et en millions d'emplois



Analyse stratégique et conclusion

Introduction et méthodologie

Portrait du secteur de l'énergie solaire au Québec

Potentiel de production d'énergie solaire

Chaîne d'approvisionnement

Analyse stratégique et conclusion

Annexe

Plusieurs initiatives pourraient favoriser le déploiement de l'énergie solaire au Québec

Potentiel, production et rationnel économique	Miser sur le potentiel naturel de stockage de l'hydroélectricité pour combler la saisonnalité du potentiel de production d'énergie solaire.
	Miser sur des grands projets, lesquels permettent des économies d'échelle et diminuent le coût de revient par W installé.
	Miser sur la versatilité et la flexibilité de l'énergie solaire Le déploiement de l'énergie solaire, rapide et par petits incréments, pourrait permettre de mieux arrimer les investissements à la demande et minimise le risque de capacité excédentaire. De plus, la proximité des installations solaires par rapport aux lieux de consommation limite les investissements requis dans le réseau de transport.
	Offrir un crédit d'impôt additionnel de 15 % pour l'installation de panneaux solaires favorisant ainsi le rendement en-deçà de 10 ans pour l'installation sur le toit des bâtiments.
	Offrir un meilleur coût d'achat de l'autoproduction et de la production en temps de pointe de puissance afin d'accélérer le remboursement de l'investissement et améliorer la rentabilité Mieux arrimer les coûts de l'électricité à l'économie et à l'inflation, afin d'améliorer les incitatifs à l'autoproduction.
Légal et réglementaire	Minimiser la réglementation et accélérer le déploiement en sol contaminé, notamment pour les lieux d'enfouissements techniques (LET).
	Réduire les barrières administratives des études environnementales requises au déploiement de parcs solaires et accélérer le processus d'obtention des permis et autorisation.
	Limiter les contraintes sur les développements sur les terres agricoles à faible potentiel Les terres à faible potentiel sont peu valorisées et souvent non-exploitées.
	Émettre un guide à l'intention des municipalités afin de rendre la réglementation municipale plus propice à l'installation de panneaux solaires, notamment sur les toits des bâtiments.
	Minimiser la réglementation et les exclusions liées aux corps de métiers afin d'améliorer l'accès à la main d'œuvre nécessaire et son coût.
Distribution	Exploiter la capacité excédentaire de production des panneaux solaires à court terme, notamment aux États-Unis, pour obtenir des composantes à faible coûts Cette fenêtre d'opportunité se refermera à moyen terme, alors que les producteurs ajusteront leur capacité. L'effet des incitatifs gouvernemental sera plus important si mis en œuvre rapidement.
	Publier la carte publique officielle de la capacité d'accueil pour toute source décentralisée du réseau de distribution d'Hydro-Québec Cette donnée permettrait aux promoteurs privés de filtrer les terrains disponibles pour des projets solaires.
Sensibilisation	Miser sur l'éducation alors que le solaire demeure méconnu au niveau de la population, ce qui ralentit son essor L'autoproduction résidentielle et commerciale nécessite un meilleur encadrement, notamment pour ce qui est de la promotion des atouts du solaire et des conditions optimales de production.

Les forces, faiblesses, opportunités et menaces pour l'énergie solaire au Québec se précisent

Forces

- Faible coût du p12 dans plusieurs régions du Québec
- Joueurs de la production d'énergies renouvelables présents sur le territoire
- Acceptabilité sociale élevée
- La capacité de stockage de l'hydroélectricité permet le développement de l'énergie solaire sans l'usage de batteries conventionnelles
- Développement rapide et par petits incréments
- L'énergie solaire est peu restreinte géographiquement, elle peut être développée partout, notamment près du réseau de distribution et des lieux de consommation

Faiblesses

- Électricité à faible coût et sentiment d'abondance
- Coût de revient encore élevé sans aide gouvernementale
- Régulation quant aux corps de métiers affectant le coût de l'installation
- Régulation importante quant aux terres agricoles
- Lourdeur administrative quant aux autorisations environnementales
- Coûts importants pour les études pour l'installation sur des terrains contaminés

Opportunités

- Augmentation de la demande énergétique du Québec
- Objectifs de développement du solaire par Hydro-Québec et volonté de diversifier mix énergétique québécois
- Diminution du prix des composantes avec la croissance mondiale de l'industrie et une capacité excédentaire possible aux États-Unis
- Grands terrains vacants disponibles (agricoles à faibles rendement ou non-agricoles)
- Fort potentiel (48 TWh) en production sur le toit des bâtiments
- Taux d'ensoleillement élevé dans plusieurs régions du Québec

Menaces

- Chaîne d'approvisionnement dépendante à la Chine
- Lenteur dans le changement des politiques gouvernementales
- Climat général défavorable à la transition énergétique en Amérique-du-Nord
- La diminution historique du coût des composantes semble avoir ralenti
- Les coûts de production pourraient ne pas être concurrentiels sur les marchés d'exportation



Annexe

Introduction et méthodologie

Portrait du secteur de l'énergie solaire au Québec

Potentiel de production d'énergie solaire

Chaîne d'approvisionnement

Analyse stratégique et conclusion

Annexe

Six entretiens avec des experts du milieu ont été menés afin de bien cerner les spécificités du secteur québécois

Personnes	Organisation	Date de l’entretien
Michaël Roberge	PEG Strategy	1 août 2025
Julie Perron	McCarthy	5 août 2025
Fabien Dazou	Université de Sherbrooke	4 août 2025
Yves Poissant	Ressources naturelles Canada	5 août 2025
Mike Perreault	Rematek	7 août 2025



Association québécoise de la
production d'énergie renouvelable