

# Perspectives énergétiques canadiennes

## 3<sup>e</sup> édition

### **RAPPORT #4: Infrastructures : opérationnaliser la transition vers la carboneutralité**

9 juillet 2025

Auteurs: Normand Mousseau et Simon Langlois-Bertrand  
Révision: Louis Beaumier

# À propos de l'Institut de l'énergie Trottier



Créé en 2013 avec le financement de la Fondation familiale Trottier, soutien renouvelé en 2023

**Mission:** Mobiliser science et gouvernance pour aider à catalyser la transition vers des systèmes énergétiques canadiens décarbonés de façon à appuyer l'atteinte de la carboneutralité par notre société, dans un contexte d'urgence climatique.

## **Axes d'intervention:**

- **Formation et recherche** - Mobiliser les expertises, partager le savoir et développer les connaissances.
- **Analyse et accompagnement** - Contribuer à concevoir les réponses aux enjeux énergétiques, guider les politiques publiques et accompagner les acteurs-clés dans l'exécution des solutions.
- **Communication** - Vulgariser les enjeux, faire comprendre l'urgence d'agir et mettre en lumière les solutions.

## **Quelques-uns de nos projets**

- Élaboration d'une grille d'évaluation pour un projet de biomasse dans le contexte d'un Canada carboneutre
- Réduire la demande de pointe d'électricité et améliorer la résilience dans un monde de plus en plus électrifié
- Codiriger, avec l'IESVic et l'Université de Calgary, le **Carrefour de modélisation énergétique**, une organisation frontalière pancanadienne qui assure l'élaboration, la maintenance et la mise à disposition de modèles énergétiques et qui rassemble les décideurs publics et les communautés de modélisation énergétique.

## Présentation

Normand Mousseau, professeur de physique, Université de Montréal et directeur scientifique,  
Institut de l'énergie Trottier

Simon Langlois-Bertrand, Associé de recherche, Institut de l'énergie Trottier

## Animation

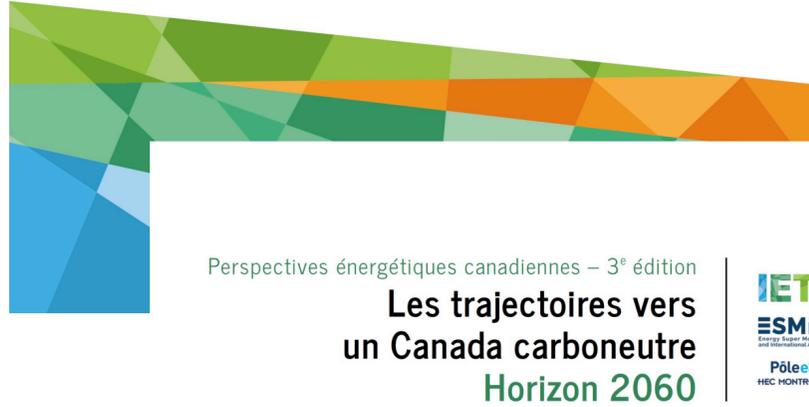
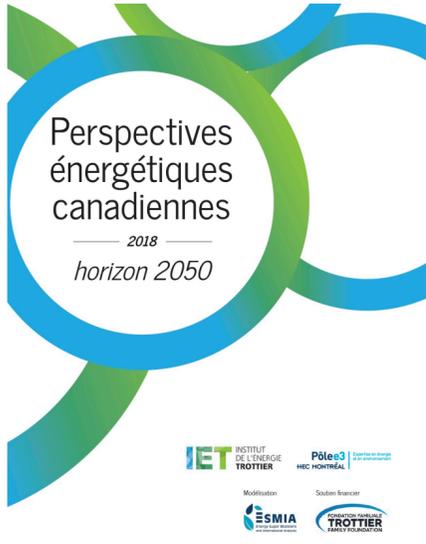
Éloïse Edom, Associée de recherche, Institut de l'énergie Trottier

# Dans cette présentation

- **Exploration de la nature des transformations que les infrastructures canadiennes devront subir pour nous permettre d'atteindre la carboneutralité**
- **Bien que ces transformations touchent la question des procédés de fabrication et des choix de consommations, nous nous concentrerons sur l'évolution des technologies de production et de consommation énergétiques:**
  - **bâtiment, transport, captage et séquestration de CO<sub>2</sub>, électricité**
- **Pistes pour l'opérationnalisation de ces transformations**

# Le travail de l'IET sur la décarbonation

## Trois éditions des Perspectives énergétiques Canadiennes



## Autres rapports sur des enjeux stratégiques

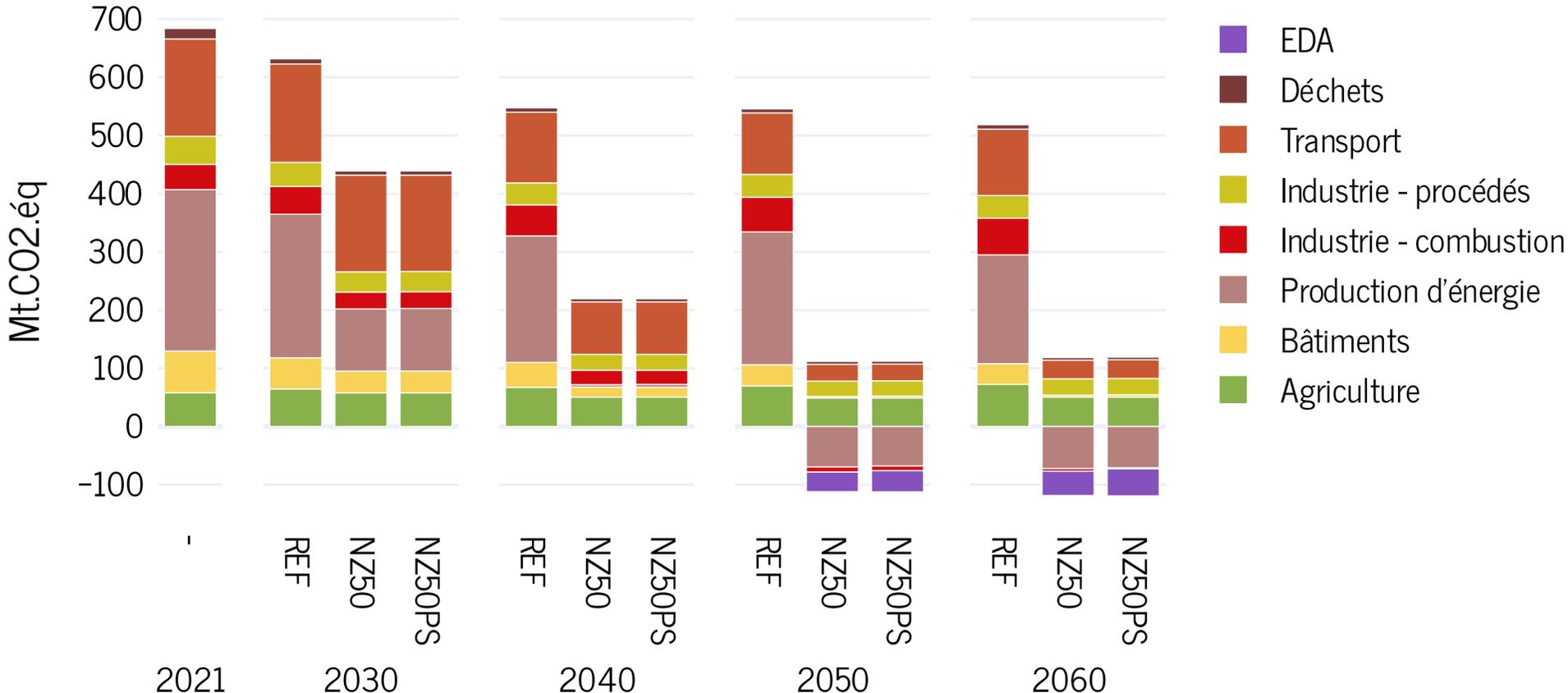


# L'objectif de carboneutralité

- Les objectifs climatiques canadiens exigent des changements technologiques majeurs.
- Transformation en profondeur de la production d'énergie au service énergétique
- Impact profond sur le quotidien.

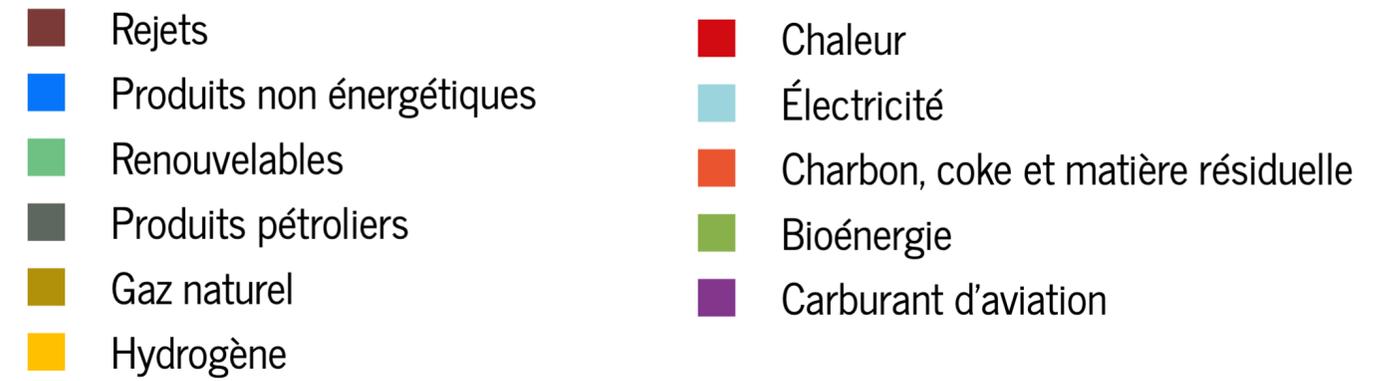


## Émissions de gaz à effet de serre

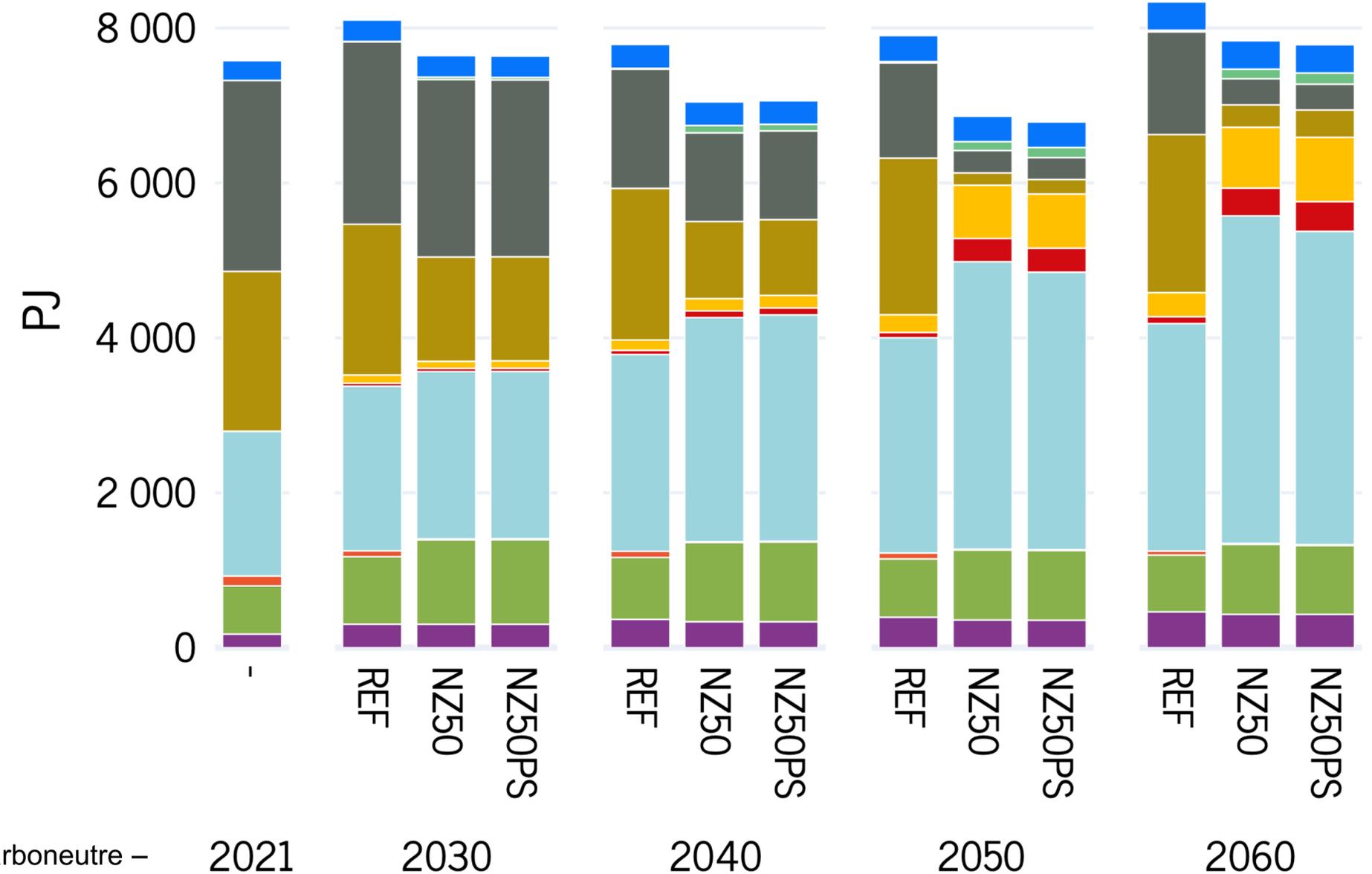


# L'objectif de carboneutralité

- Réduction de la demande énergétique totale de 9 % d'ici 2050, malgré croissance populationnelle et PIB.
- Deux tendances opposées :
  - réduction spectaculaire des combustibles fossiles (de 5400 PJ à 800 PJ)
  - doublement de la production d'électricité (de 1900 PJ à 3700 PJ).



Consommation finale d'énergie (hors production d'énergie)



# Ampleur des défis opérationnels

Les modélisations prévoient une transformation profonde du système énergétique; elles n'expliquent pas, toutefois, les voies d'opérationnalisation, ni les conséquences collatérales de cette transformation

- Nécessité d'infrastructures pour l'électricité (puissance et temporalité)
- Développement de nouvelles technologies de décarbonation des procédés
- Maîtrise du captage et de la séquestration du CO<sub>2</sub> (CSC) pour les émissions inévitables

## **Opérationnaliser la transition: des changements structuraux nécessaires**

- Création de nouvelles chaînes d'approvisionnement et disparition d'anciennes
- Adaptation des filières de service (manufacture, utilisation, installation, réparation)
- Concentration du rapport sur les technologies de production et consommation énergétiques

# Analyse de la nature des transformations nécessaires.

1. Trois secteurs majeurs étudiés :
  - (i) Bâtiment
  - (ii) Transport
  - (iii) Captage et séquestration du CO<sub>2</sub> (CSC).
2. La production d'énergie nécessaire à cette transformation
3. Les coûts de la transition
4. Le calendrier de réalisation peut-il être respecté?

# Le secteur du Bâtiment

- Décarbonation presque complète du secteur du bâtiment d'ici 2050 (52% à 2% de combustibles fossiles).

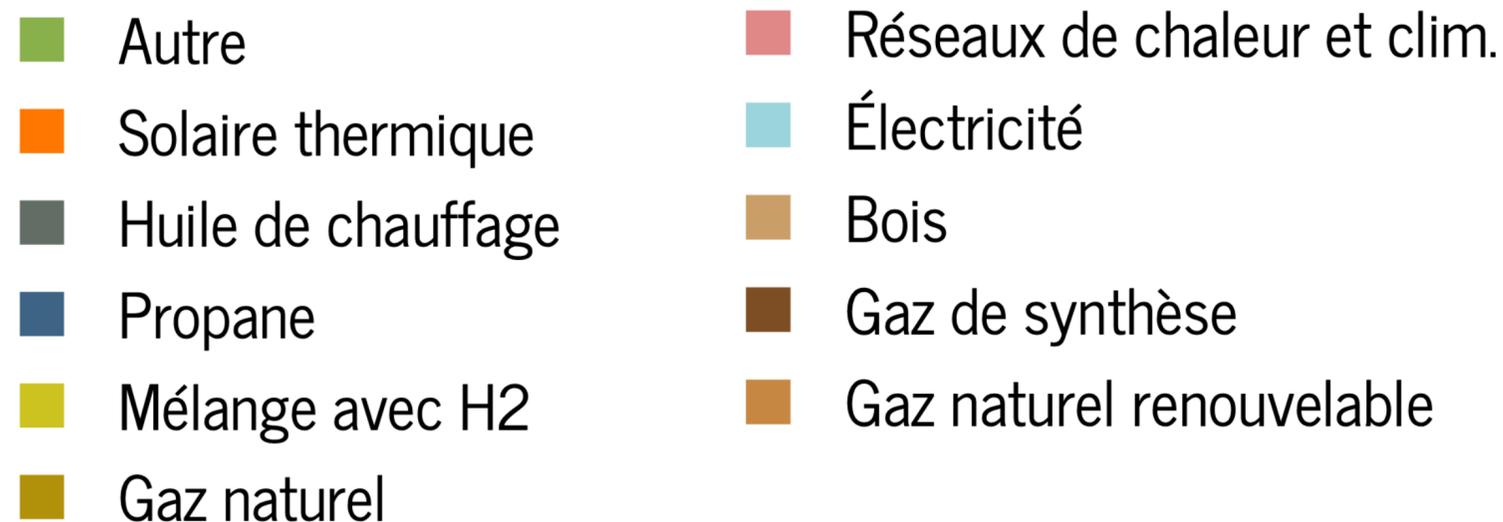
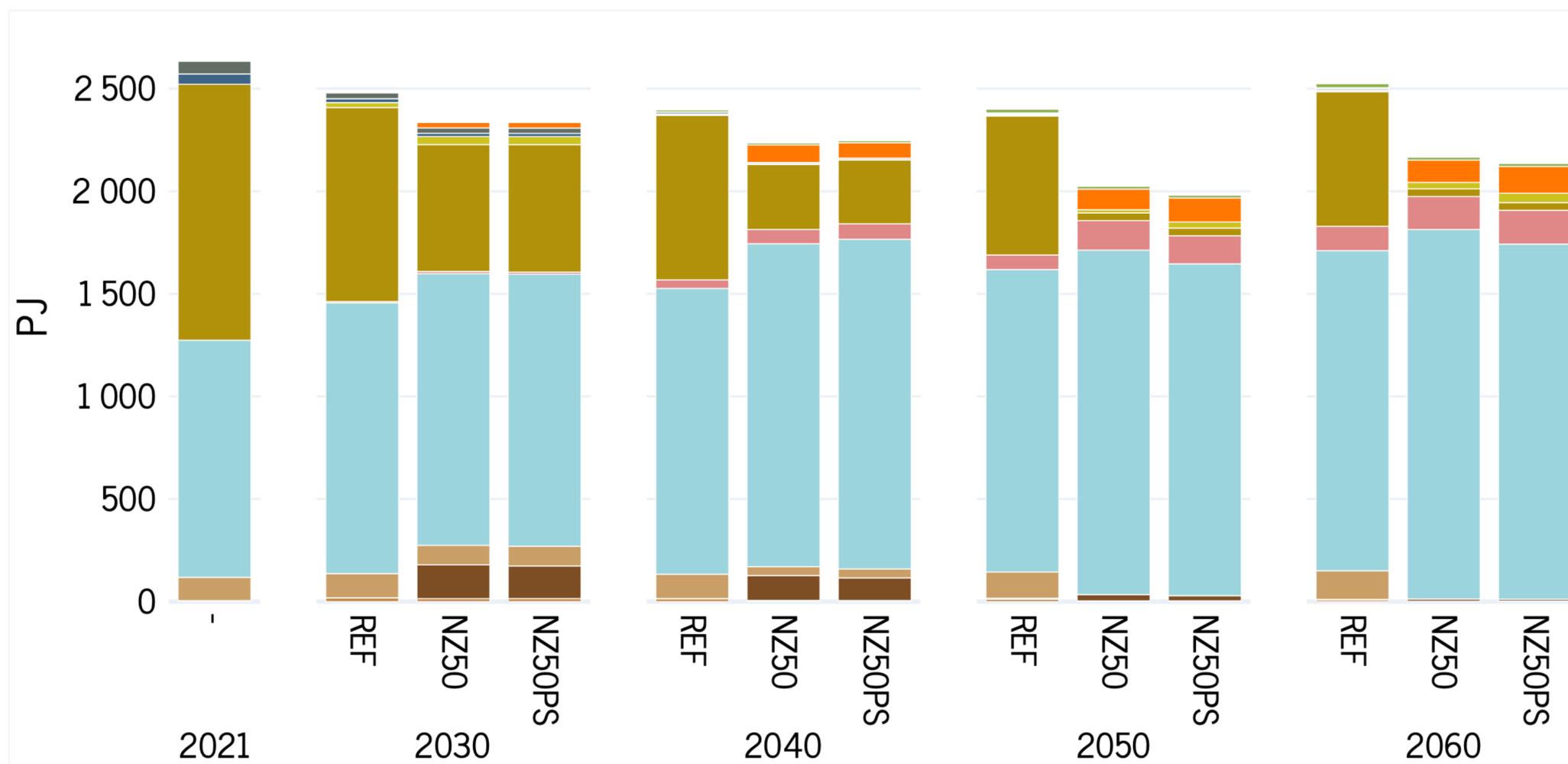


Figure 2.7 – La consommation d'énergie finale dans les bâtiments



# Le secteur du Bâtiment : l'ampleur du défi

**Tableau 1 – Nombre de ménages par principale source d'énergie pour le chauffage en 2021 (en milliers)**

Électricité	Gaz naturel	Mazout/Charbon/Propane	Bois de chauffage	Total
6 702	7 337	773	353	15 164
44%	48%	5%	2%	100%

53 % des systèmes à remplacer d'ici 2035

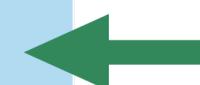


Source : Ressources naturelles Canada 2025

**Tableau 2 – Consommation d'énergie secondaire pour le chauffage des locaux ICI par source d'énergie en 2021 (en PJ)**

Électricité	Gaz naturel	Mazout/Charbon/Propane	Total	Superficie de plancher totale
86	550	34	671	765 Mm <sup>2</sup>
13%	82%	5%	100%	

87 % des systèmes à remplacer d'ici 2035



Source : Ressources naturelles Canada 2025

# Comment aborder l'électrification du chauffage

- Remplacement des fournaies à gaz/mazout par des thermopompes (air ou géothermiques).
- Importance du remplacement rapide des systèmes de chauffage existants par des technologies bas-carbone, en raison de leur durée de vie longue (20-30 ans).
- Barrières actuelles : coûts initiaux élevés, manque de main-d'œuvre qualifiée, et risques perçus liés aux nouvelles technologies.

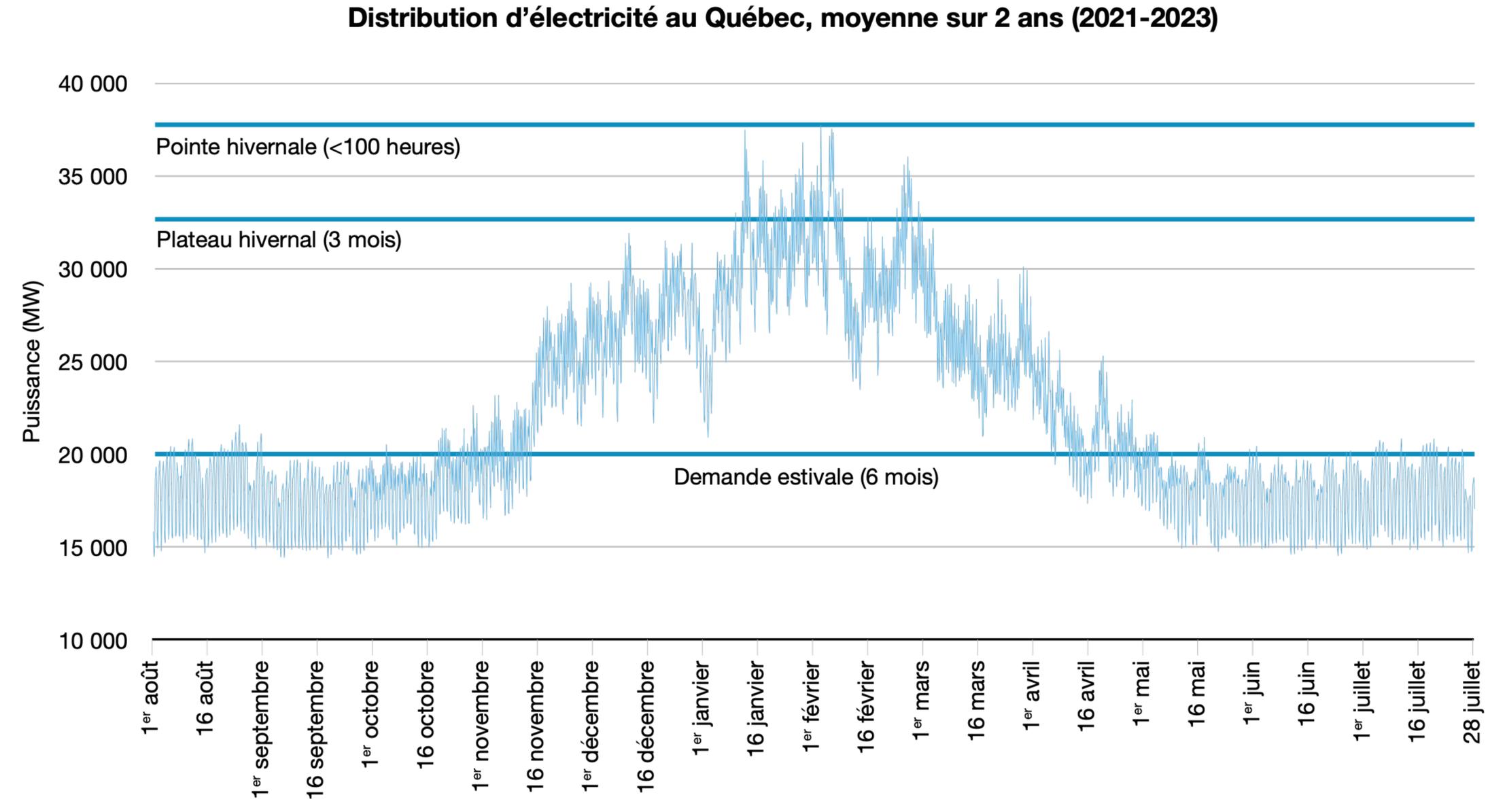
## Opérationnaliser la transition:

D'un point de vue technologique, le Canada a largement fait du surplace en ce qui concerne les technologies de chauffage depuis plusieurs décennies. Les options visent donc le déploiement:

- Soutien à l'installation des équipements : formation de la main-d'œuvre, standardisation, structuration du marché
- Réduction des barrières (particulièrement institutionnel, commercial et multi-logement)
- **Plus-value canadienne:** dans l'adaptation, l'installation et la maintenance des systèmes.

# Impact sur le réseau électrique

- Modification profonde du patron de demande électrique : marquage saisonnier plus prononcé.
- Augmentation de la puissance maximale requise due au chauffage hivernale (50 à 70%, voire >100% pour les pointes extrêmes).
- Exemple du Québec : la demande passe de <20 GW à près de 33 GW en hiver, et 42 GW en pointe.



Source : Hydro-Québec 2024a

# Défis pour les distributeurs d'électricité

- Rehaussement significatif du niveau de production d'électricité et de la capacité du réseau (transport et distribution).
- Nécessité de répondre à la demande hivernale de base et de gérer les fines pointes.
  - ➔ Voir Edom et Mousseau (à paraître prochainement!)
- Importance de la gestion de la demande pour éviter le surinvestissement.
- Limites des échanges interprovinciaux/inter-États pour les pointes: concordance de la demande.
- Risque de refus d'électrification par les distributeurs, retardant la décarbonation.

# Le secteur des transports

Plus complexe que le bâtiment en raison de la diversité des modes, usages et maturité des solutions.

- Transport routier - véhicules personnels
- Transport routier - marchandises
- Transport ferroviaire, maritime et aérien
- Transport hors-route



Perspectives énergétiques canadiennes  
**La décarbonation du transport hors route  
dans les trajectoires vers la carboneutralité**  
3<sup>e</sup> édition

**IET** INSTITUT  
DE L'ÉNERGIE  
**TROTTIER**

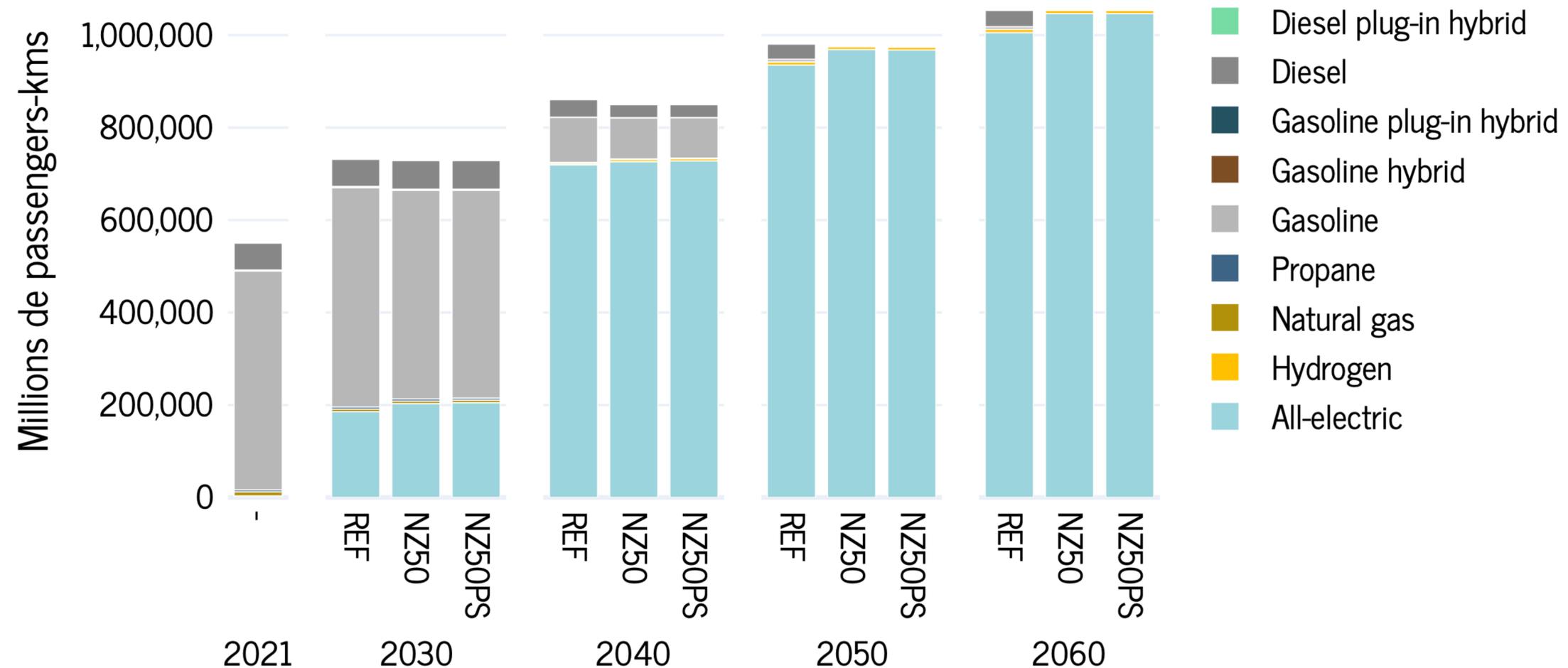
Auteurs  
Simon Langlois-Bertrand  
Normand Mousseau

mai 2025

# Transport routier - véhicules personnels

- Proche de la décarbonation totale d'ici 2050 grâce aux obligations de vente de véhicules zéro émission.
- Parc électrifié à batterie à plus de 99% dans tous les scénarios des PEC.
- Infrastructures de recharge publiques encore insuffisantes dans plusieurs provinces.

Type d'énergie consommée par millions de passager-kms

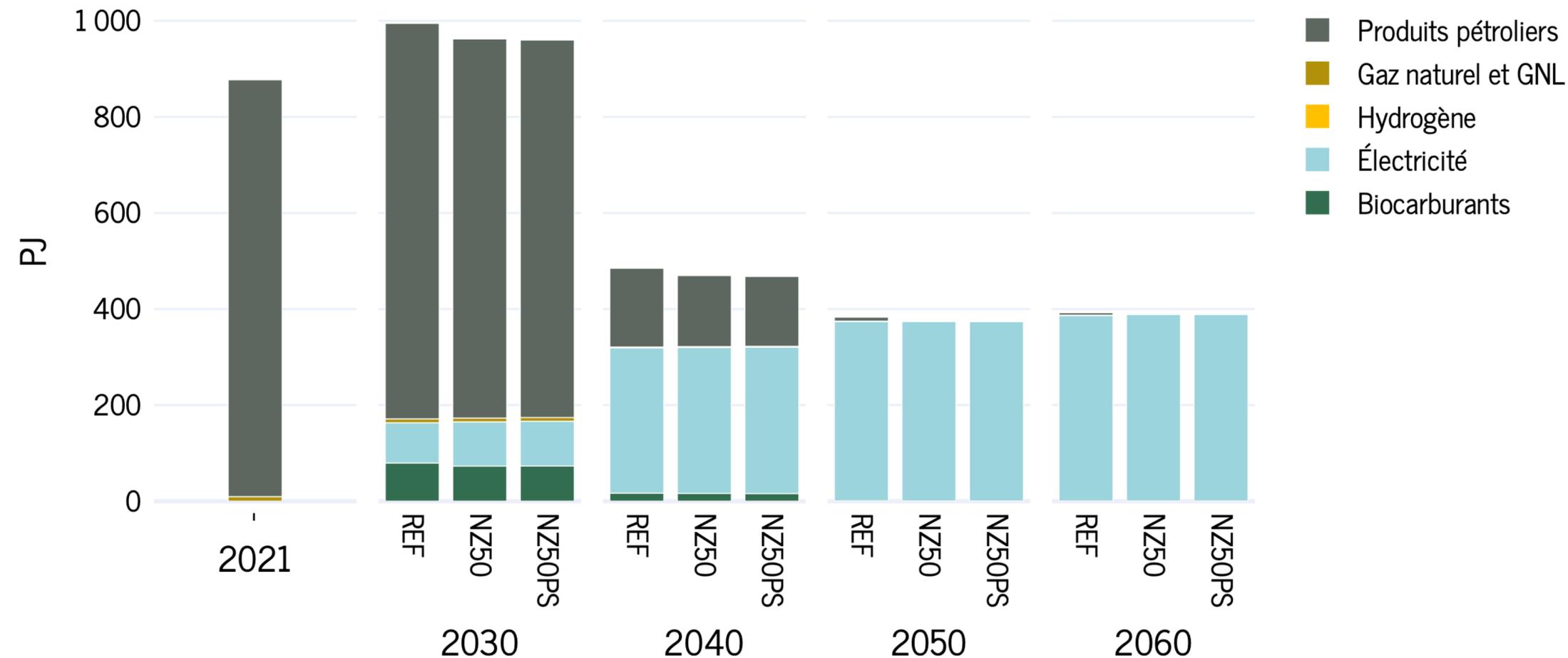


Le rôle des gouvernements et organismes publics est crucial pour la recharge des véhicules légers.

# Transport routier - véhicules personnels

- Proche de la décarbonation totale d'ici 2050 grâce aux obligations de vente de véhicules zéro émission.
- Parc électrifié à batterie à plus de 99% dans tous les scénarios des PEC.
- Infrastructures de recharge publiques encore insuffisantes dans plusieurs provinces.

## Énergie consommée par type d'énergie

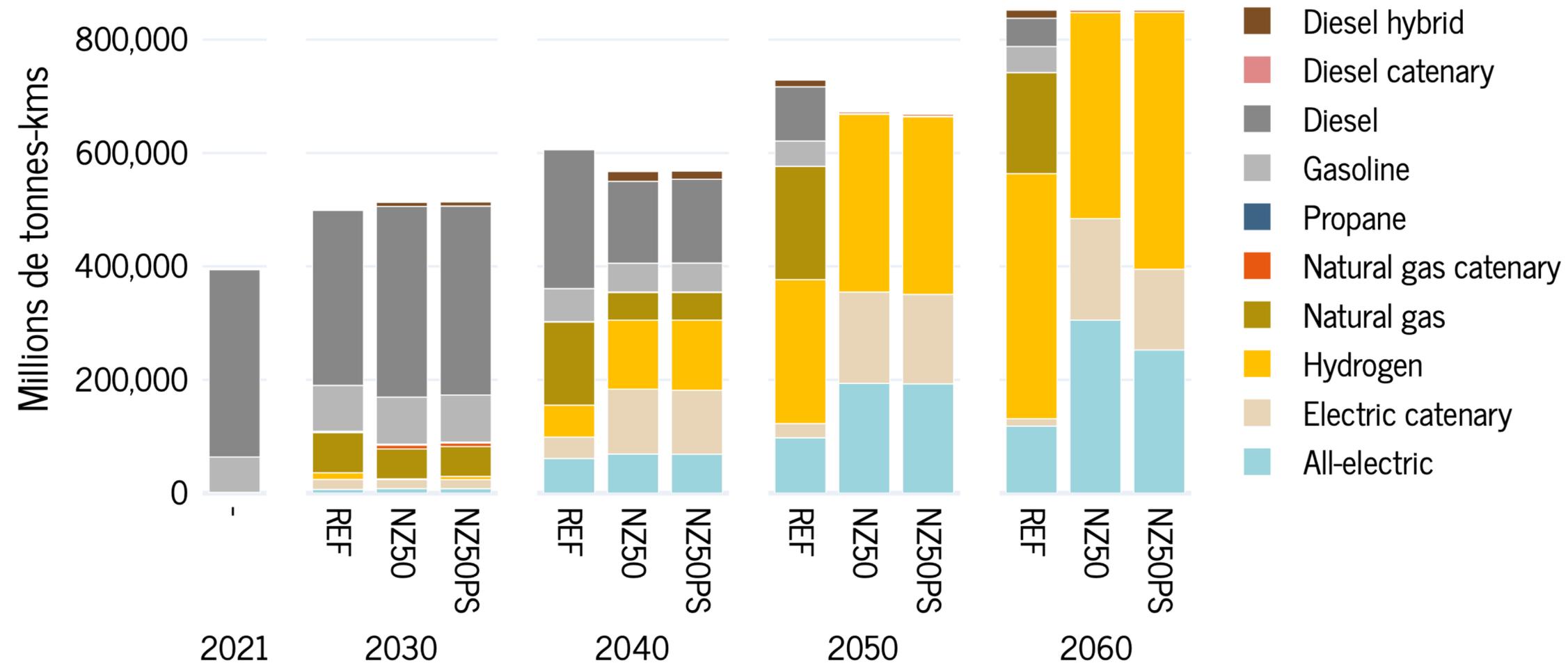


Le rôle des gouvernements et organismes publics est crucial pour la recharge des véhicules légers.

# Transport routier - fret

- Stratégies de décarbonation encore manquantes pour le transport lourd.
- Multiples alternatives à faible carbone : hydrogène (47%), batteries (29%), caténaïres (24%).
- Chacune demande des infrastructures importantes et coûteuses, difficile coexistence.

**Type d'énergie consommée par millions de tonnes-kms**

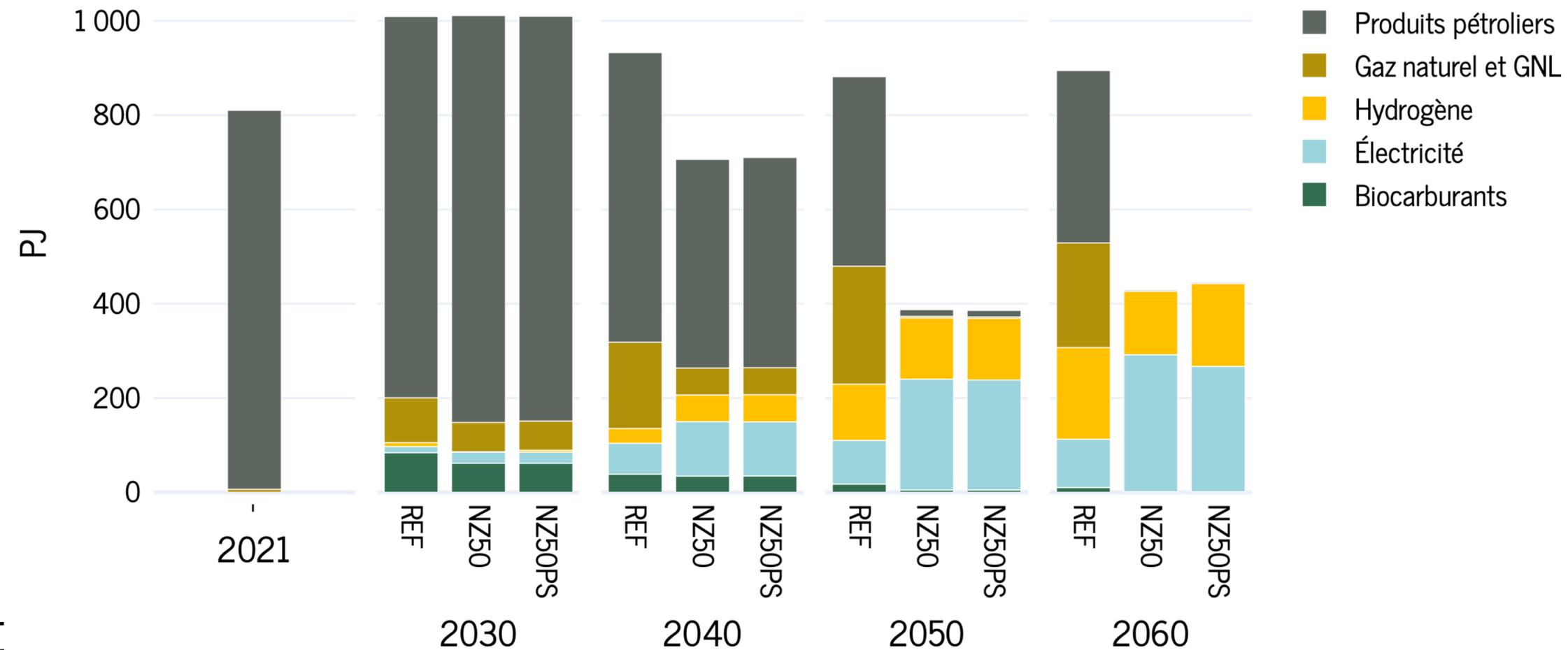


Nécessité pour le Canada d'identifier rapidement la voie à suivre et de déployer des projets pilotes.

# Transport routier - fret

- Stratégies de décarbonation encore manquantes pour le transport lourd.
- Multiples alternatives à faible carbone : hydrogène (47%), batteries (29%), caténares (24%).
- Chacune demande des infrastructures importantes et coûteuses, difficile coexistence.

## Énergie consommée par type d'énergie



Nécessité pour le Canada d'identifier rapidement la voie à suivre et de déployer des projets pilotes.

# Transport routier - fret : des choix stratégiques

- Réglementation:
  - Influence de la réglementation (ex: UE vs. Amérique du Nord pour les batteries).
  - Besoin de standardisation et de planification régionale/continentale.
- Déploiement coûteux (caténaires, hydrogène, chargeurs haute puissance).
- Effets sur les réseaux électriques:
  - La recharge de batteries et les caténaires exigent une production accrue et un alignement fin de la puissance.
  - L'hydrogène par électrolyse demande encore plus d'électricité, mais offre une flexibilité de stockage.

# Transport routier - fret : leadership et opportunités

- Les modèles soulignent les incertitudes techniques et économiques.
- Déploiement rapide de projets pilotes à grande échelle sont nécessaires pour tester les technologies.
- Risque pour le Canada de se voir imposer des choix technologiques et de ne pas profiter de l'émergence d'entreprises canadiennes.
- Opportunité de repenser l'équilibre entre transport routier, maritime et ferroviaire.

# Transport Ferroviaire

- Dans les PÉC 3<sup>e</sup> édition : ferroviaire est presque entièrement décarboné grâce à l'hydrogène (60 %) et à l'électricité (40 %)
- De nombreuses inconnues demeurent, derrière ces projections:
  - nature du secteur (quelques joueurs dominants, revenus et profits importants)
  - diversité des vecteurs (électricité, hydrogène)
  - convergence vers solutions régionales/continentales possible

## Opérationnaliser la transition

- Importance du soutien gouvernemental pour accélérer la transformation; nécessité d'une vision continentale dans bien des cas

# Transport maritime et aérien

- Modèles des PEC montrent l'absence à l'heure actuelle de solutions décarbonées viables pour l'aviation (non compensées par émissions négatives).
- Nombreux enjeux, nécessitent une coordination internationale.

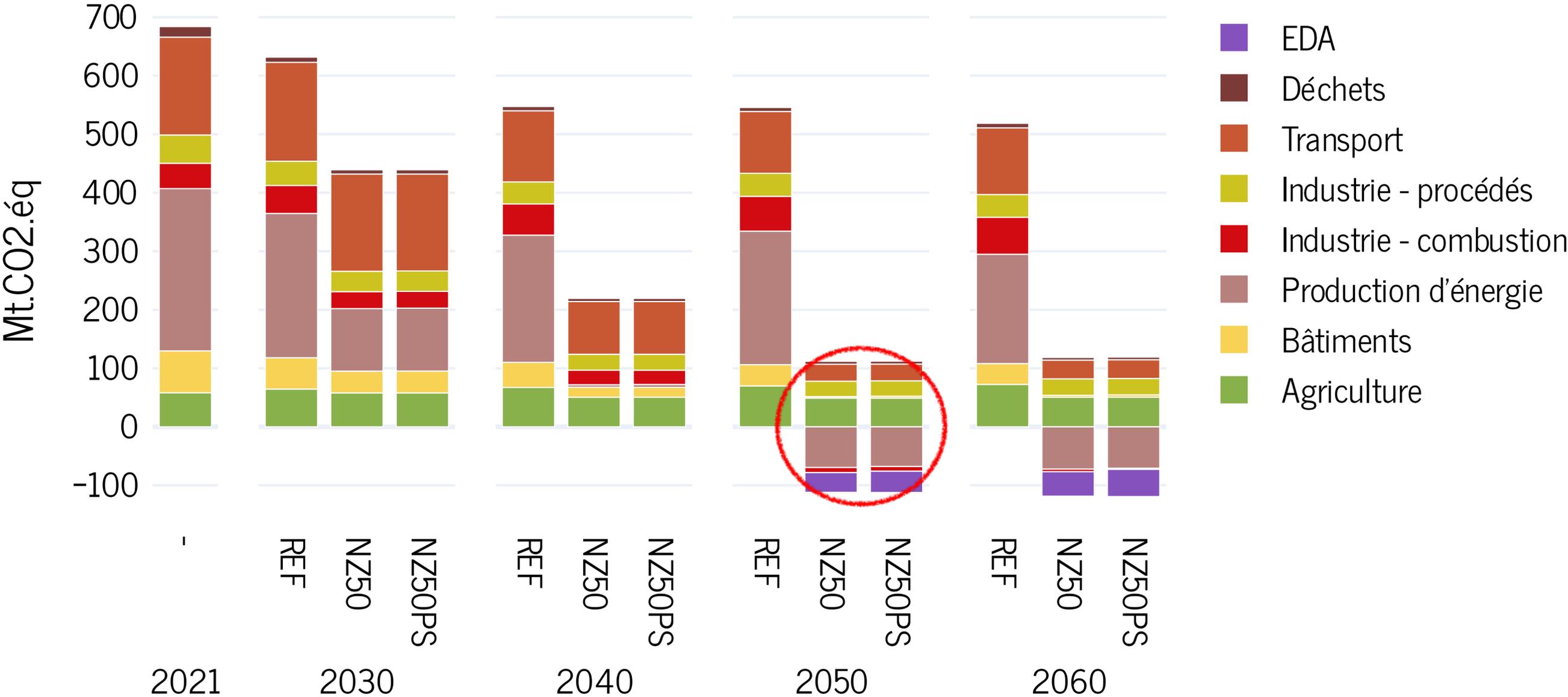
## **Opérationnaliser la transition**

- Le Canada dispose d'importantes ressources en bio-énergies et électricité bas-carbone.
- De même que d'une industrie aérospatiale de premier rang.
- Le Canada devrait s'impliquer et piloter les efforts de décarbonation de ces secteurs.

# Transport - déploiement des infrastructures

- Infrastructures énergétiques du transport plus importantes et diverses que celles du bâtiment.
  - Le choix des technologies influencera les infrastructures à déployer; mais aussi les transformations du côté des véhicules
  - Nécessité d'un leadership public (financement, réglementation) pour réduire les risques et accélérer la transition.
- ➔ Exemple du Circuit électrique au Québec pour les bornes de recharge.
- Gains de productivité additionnels (ex: voiture électrique plus fiable et moins chère): l'électrification améliore le contrôle, les performances et la productivité des services de transport.

# Le rôle crucial du captage et de la séquestration du CO2 (CSC)



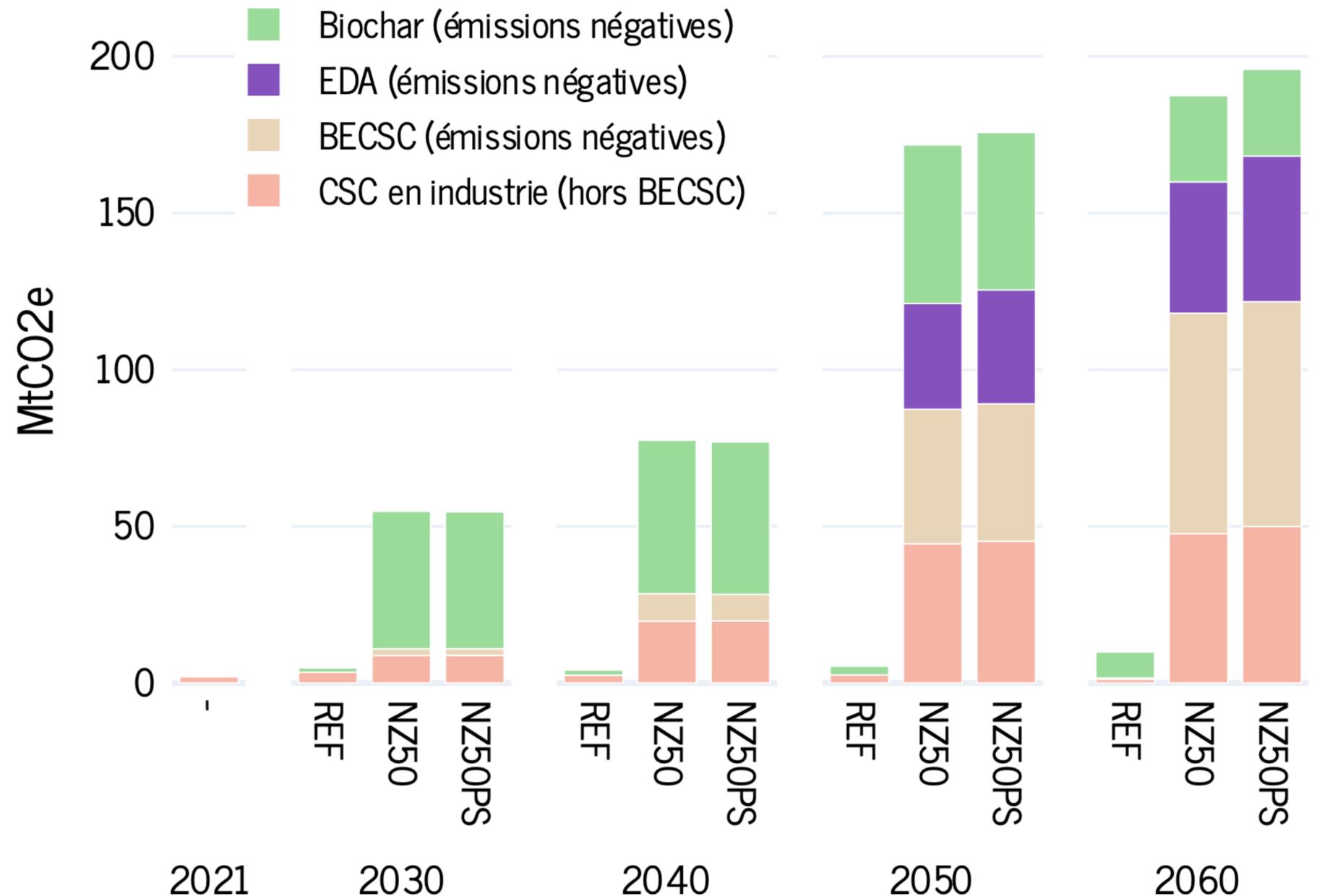
# Le CSC: un rôle important pour la biomasse énergétique

- Autour de 160 Mt.éq.CO<sub>2</sub> d'émissions (25% des niveaux d'aujourd'hui) sont captés annuellement pour atteindre la carboneutralité en 2050

• Représente autant que la production de pétrole des sables bitumineux (170 Mt en 2023)

- Les technologies d'émissions négatives sont une pièce incontournable, accompagnée d'incertitude très importantes

## Émissions captées et stockées



# Ce que ces chiffres signifient

- Le niveau actuel de CSC très faible : 1,5 Mt.éq.CO<sub>2</sub> capturées par an, surtout pour l'extraction de pétrole; atteindre les niveaux modélisés exigerait une augmentation massive des efforts.
  - Il faudrait multiplier ceux-ci par plus de 100 en 25 ans - en comparaison, la production des sables bitumineux a cru d'un peu moins de 8 entre 1995 et 2023
- Ces projections soulignent les inconnues pour la décarbonation de l'industrie lourde, le transport et l'agriculture.
- Nombreuses pistes de solution à la source sont en développement (ex: acier à l'hydrogène vert).
- Même avec des percées, le CSC sera nécessaire à grande échelle, à condition de relever trois grands défis:
  1. Le taux de captage
  2. Les coûts énergétiques
  3. La validation des ressources

# Trois défis majeurs pour le CSC: 1. le taux de captage

- Capacité théorique de 95% pour des émissions concentrées
  - ➔ mais réalité industrielle est inférieure.
- Exemples canadiens : Boundary Dam (66%), Quest (75%), NWR Sturgeon (70%), Glacier (89%). réinjecté
- Aujourd'hui, le CO<sub>2</sub> capté est généralement pour faciliter la récupération de pétrole, réduisant le bénéfice environnemental réel

**Défi: augmenter significativement le taux de captage du CO<sub>2</sub>**

# Trois défis majeurs pour le CSC: 2. Les coûts énergétiques

- La dépense énergétique augmente lorsque la concentration de CO<sub>2</sub> diminue
  - ➔ Exemple de Glacier : 2 GJ (560 kWh)/tonne de CO<sub>2</sub> capté à la cheminée pour un coût net de 32 \$/tonne selon Entropy.
- Le captage de 100 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> à des concentrations de plus de 5 % demanderait donc 56 TWh annuellement pour un coût d'environ à 3,2 milliards \$ (on peut probablement multiplier par 3 ou 4 pour tenir compte des concentrations plus faibles).

**Défi: réduire la demande énergétique associée au captage et à la séquestration OU réduire le coût de l'énergie**

# Trois défis majeurs pour le CSC: 3. La validation des ressources

- Le Canada dispose de réservoirs potentiels pour plus de 100 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub>
  - ➔ Nécessité de tests à l'échelle pour cerner les contraintes réelles et évaluer les risques.
- Les modélisations prévoient un rôle important pour le biochar dans le CSC:
  - ➔ Transformation de résidus de biomasse en carbone stable par pyrolyse.
    - Avantages : stockage de carbone à long terme, amélioration de la qualité des sols.

**Défis:**

1. valider les ressources et les techniques de séquestration
2. soutenir le déploiement à grande échelle pour réduire les coûts

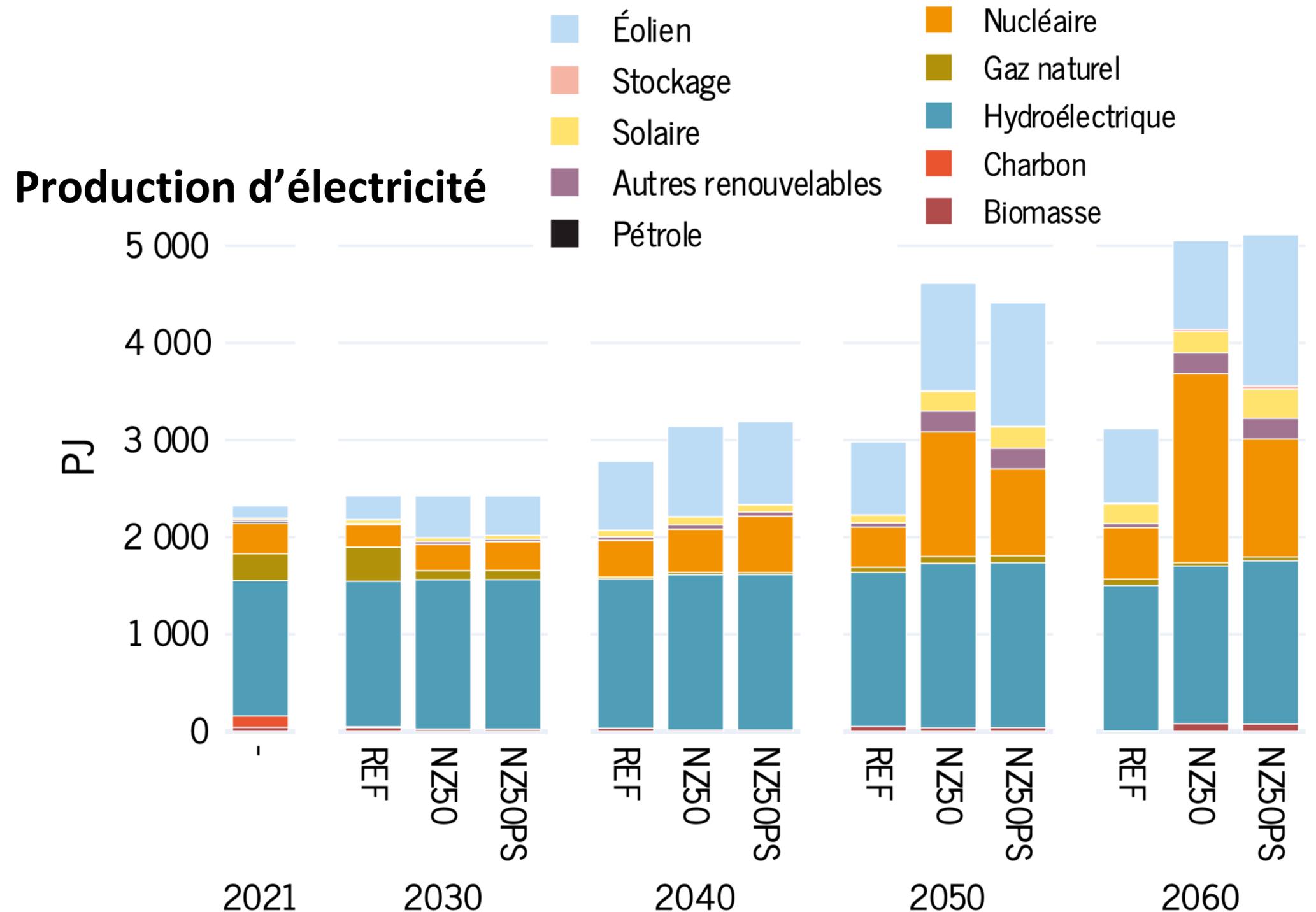
# Déploiement du CSC - une occasion pour le Canada

- Création de nouvelles filières industrielles, incluant:
  - (i) production de composés chimiques
  - (ii) stockage géologique
  - (iii) construction d'installations
- Ces industries devront s'appuyer sur l'énergie propre, principalement l'électricité.
- Freins actuels : manque de certitude sur le prix du carbone, le financement des infrastructures et une stratégie claire de déploiement

**Opportunité exceptionnelle pour les industries forestière et pétrolière de diversifier leurs usages et revenus.**

# La production énergétique: l'électrification massive

- L'atteinte de la carboneutralité exige une augmentation massive de l'électricité.
- Production d'électricité doit plus que doubler d'ici 2050 (de 650 TWh à 1281 TWh).
- Projection de la production : hydroélectricité (+20% – à 460 TWh), nucléaire (x4 – à 360 TWh), éolien (x8 – à 310 TWh), solaire (à 56 TWh).



# La sous-estimation de la demande en électricité

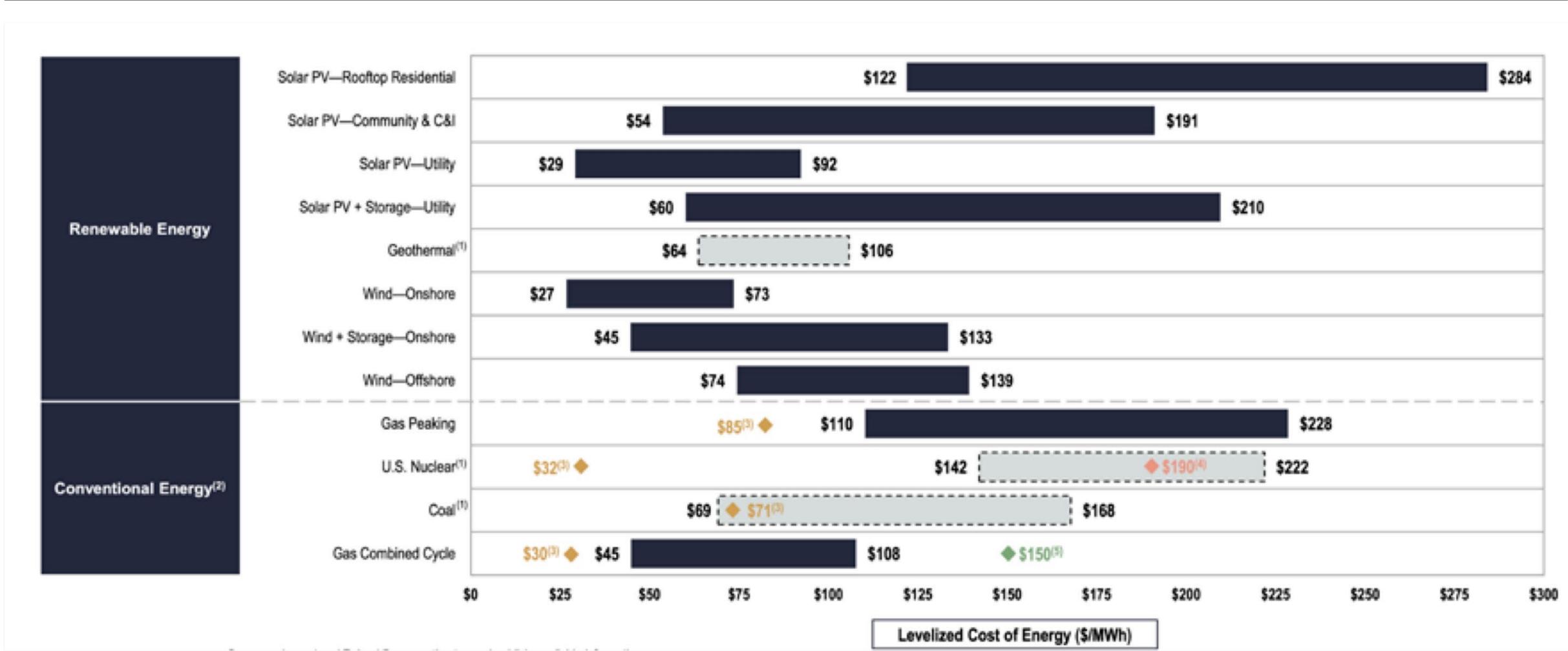
La plupart des modèles sous-estiment la hausse de la demande dû aux:

- Biais systématiques des modèles technico-économique:
  - (i) approche conservatrice dans l'inclusion de nouveaux secteurs (IA, serres)
  - (ii) l'utilisation de l'énergie considérée comme optimale
- ➔ Exemple du Québec : les projets industriels représentent 13 GW de demande.
- Le Canada aura besoin de beaucoup d'énergie propre ; il faut construire et augmenter la capacité du système dès maintenant.

# Comprendre la valeur des diverses sources d'électricité

- L'éolien et le solaire terrestre offrent l'électricité la moins chère.

Figure 5 – Coût actualisé de l'énergie pour diverses productions. En orange : les coûts de production une fois les coûts d'infrastructure amortis.

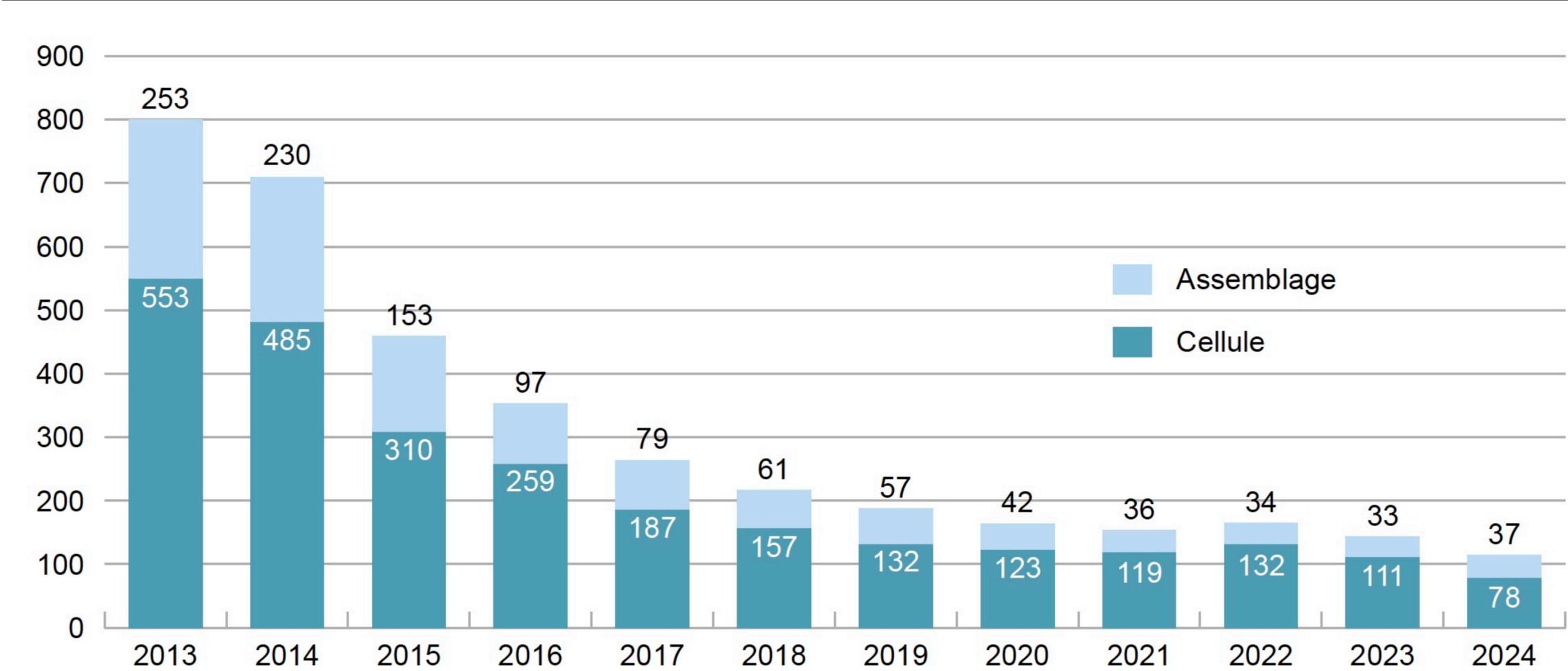


Source : Lazard 2024

# Comprendre la valeur des diverses sources d'électricité

- Les solutions de stockage de masse peuvent transformer l'équilibre stratégique.

Figure 4 – Évolution du prix des batteries au lithium en dollars américains (2024).



Source: BloombergNEF 2024

# Comprendre la valeur des diverses sources d'électricité

- Ne pas se contenter d'ajouter des sources intermittentes ; il faut aligner production et demande:
  - ➔ L'éolien est préféré au solaire au Canada en raison de la meilleure synchronie avec la demande hivernale.
- Facteurs au-delà du coût moyen/kWh : flexibilité, adéquation avec la demande, résilience.
- Sources flexibles (centrales thermiques au gaz naturel, turbines hydrauliques), prévisibles (nucléaires) et intermittentes (solaire, éolien).
- Nécessité de stockage à grande échelle (chimique, physique, géologique).

# Planification des investissements en production

- Investissements importants nécessaires, construction en amont de la demande (modèle 1960-1980).
- L'électricité devient essentielle pour la sécurité civile (chauffage, communications, transport).
- L'électricité de source renouvelable est aujourd'hui moins chère à produire que celle basée sur les énergies fossiles.
- Le déploiement de parcs éoliens présente peu de risques.
- Nécessité de solutions d'équilibrage à faible taux de carbone (lignes de transport interrégionales, stockage).

# Le coût de la transition : un avantage net pour le système

- L'électrification massive réduira les coûts totaux des services énergétiques.
- Les investissements importants n'entraînent pas une explosion du coût du portefeuille énergétique des Canadiens, mais des économies de système.

Tableau 3 – Coûts annuels d'investissement pour l'électrification et dépenses en combustibles fossiles selon différents scénarios des PEC 2021

		REF	CP30	CN60	CN50	CN45
Coûts d'investissement pour l'électrification (milliards de \$)	2016 à 2030	4,0	8,0	6,1	9,8	13,5
	2030 à 2050	4,8	7,2	37,6	47,7	46,0
	2050 à 2060	-4,8	1,1	41,6	14,7	14,4
Évolution des dépenses en combustibles fossiles (milliards de \$)	2030 à 2050	10,3	4,9	-3,1	-13,5	-17,1
	2050 à 2060	29,2	20,6	-54,3	-75,5	-74,4
	2060 et au-delà	43,3	34,3	-77,7	-76,8	-73,6

Source : Baggio, Joanis et Stringer, 2021

- Investissements de 1100 milliards de dollars (environ 48 G\$/an entre 2030 et 2050).
- Économies de 75 G\$/an en pétrole et gaz après 2050.

**Le défi : redistribuer équitablement ces économies (politique, non ingénierie).**

# Électricité

## Vers un Québec décarboné et prospère

Plan d'action  
2035



	MW projetés (MW)	Annoncés en 2024 (MW)
Économies d'énergie	1 600 - 1 800	
Énergie éolienne (plus 10 000 MW installés)	1 500-1 700	> 4 000
Hydroélectricité	3 800-4 200	>2 400 (TN-Lab)
Solaire, stockage et autres	500-1000	
Centrale thermique convertie au GNR	400-600	
<b>Total</b>	<b>8 000- 9 000</b>	

# Le plan d'action 2035 - Hydro-Québec

## Sommaire des investissements et des charges d'exploitation nécessaires

Investissements et charges	Montants totaux d'ici 2035	Moyenne annuelle
<b>Investissements visant à assurer la fiabilité et la qualité du service</b> (projets de pérennisation des actifs)	45-50 G\$	4-5 G\$
<b>Investissements visant à répondre à la croissance de la demande</b> (projets de développement)	90-110 G\$	7-9 G\$
<b>Charges d'exploitation additionnelles</b>	20-25 G\$	1-2 G\$
<b>TOTAL</b>	<b>155-185 G\$</b>	<b>12-16 G\$</b>

La moyenne annuelle des investissements et charges d'exploitation prévus d'ici 2035 est de trois à quatre fois supérieure à celle des cinq dernières années.

# Importance des transformations: *moins coûteux qu'on ne le dit*

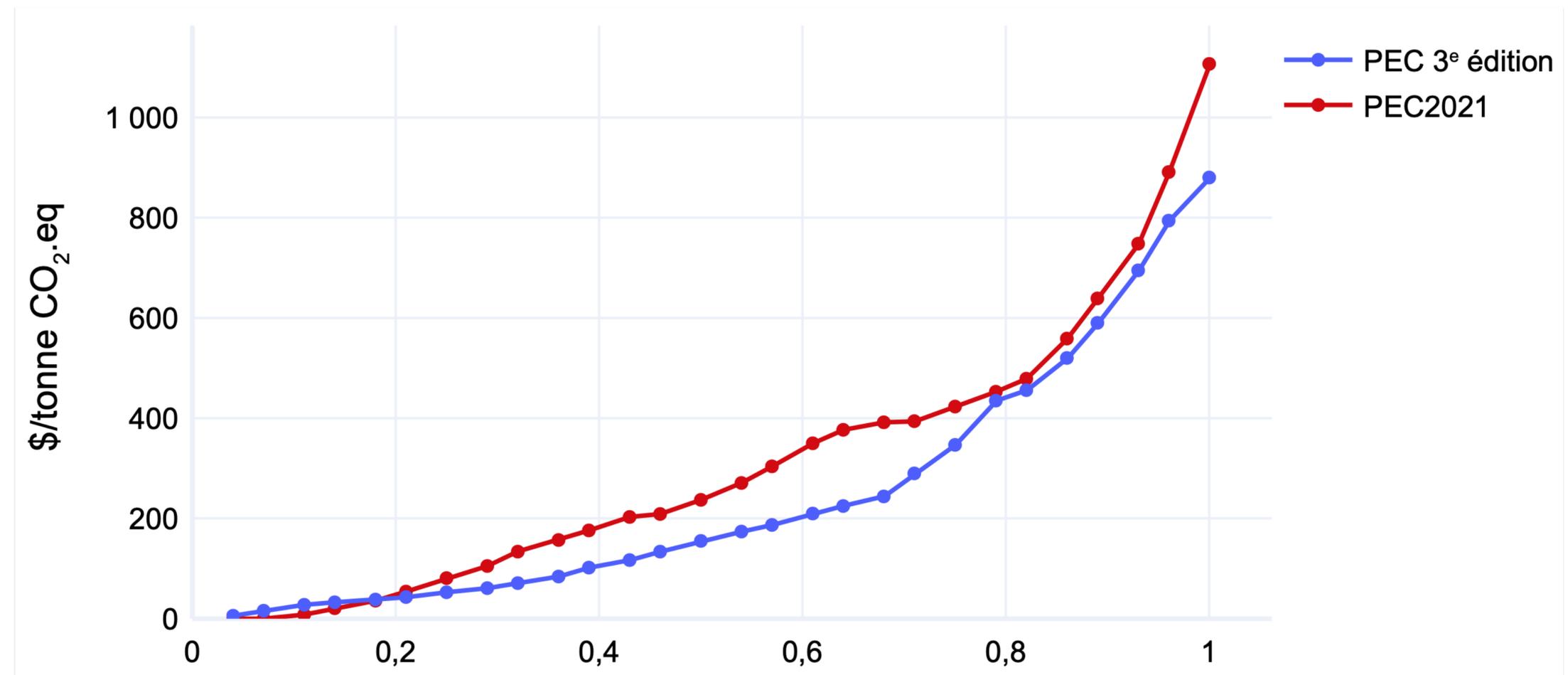
- En 2023, les Québécois ont acheté 9,2 milliards de litres d'essence pour **une valeur de 10,1 milliards \$** (avant les taxes) – pour un prix effectif de 48 ¢/kWh.
- Le plan d'HQ, qui prévoit générer 50 TWh de plus d'ici 2035, est estimé à **185 milliards \$** (incluant les investissements historiques).
- 10 milliards suffisent à payer les intérêts (5 %) de cet emprunt
- 21 TWh suffisent pour remplacer les 9,2 milliards de litres d'essence; dégageant une marge importante

**Les investissements annoncés d'HQ sont donc une très bonne affaire pour le Québec**

# Le coût de la transition : évolution du coût marginal du carbone

- Les modélisations montrent que les coûts de la décarbonation chutent continuellement.
- Il est possible de déployer des stratégies sectorielles ciblées (réglementation, coût de la pollution, soutien technologique).
- Le prix marginal pour réduire les GES a chuté de près de moitié entre 2021 et 2024 (de 400\$ à 200\$/t.éq. CO<sub>2</sub>) pour le premier 80 %

Figure 6 – Évolution du prix marginal pour éliminer une tonne équivalente de CO<sub>2</sub> en 2050.



- Le dernier 20% d'émissions (procédés industriels, agriculture, maritime, aérien) reste coûteux et nécessite le CSC.

# Faisabilité et calendrier de réalisation

- Le Canada a les moyens et les capacités de mener la transition d'ici 2050, comme le montrent les réalisations passées (Canada 1960-1980, Chine 2000-2020).
- Nécessité de s'attaquer aux barrières qui ralentissent les investissements et augmentent les coûts.
- Mais aussi d'adopter des stratégies efficaces et ciblées dans chaque secteur
  - Exemple: bâtiment, transport, électricité
- Investissement additionnel estimé à 45 milliards \$/an pour le réseau électrique canadien.
- Impact sur la main-d'œuvre : reconversion des ressources humaines (ex: mécaniciens automobiles en techniciens de chauffage).
- Les efforts sont importants mais représentent des fractions gérables de l'économie.

# Comment s'y prendre

- Engagement nécessaire des gouvernements, entreprises privées, et citoyens pour une transition énergétique réussie.
- Identification d'actions prioritaires à entreprendre immédiatement pour accélérer la transition énergétique canadienne.
- Valoriser l'innovation et la transformation en profondeur

# Conclusions

- Rythme soutenu de transformation est possible pour les secteurs avec technologies de décarbonation identifiées (bâtiments, une partie du transport, CSC, production d'électricité).
- Le coût des technologies carboneutres (hors CSC) chute, permettant une transformation à coût total nul ou avec bénéfices.
- Nécessité de développer des solutions compétitives pour le transport de marchandises, aérien et maritime.
- Le Canada a intérêt à développer une propriété intellectuelle (PI) dans le CSC (y compris le biochar) et des niches du transport lourd/aéronautique.
- Il y a urgence d'agir face à la progression rapide du reste du monde.
- Il existe une concordance croissante entre productivité et décarbonation.

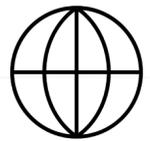
# Q & R



# Merci!



normand.mousseau@umontreal.ca; [iet@polymtl.ca](mailto:iet@polymtl.ca)



<https://iet.polymtl.ca/fr/perspectives-energetiques>