

La carboneutralité à l'horizon 2050 : Quels impacts sur les infrastructures énergétiques ?

Éloïse Edom, associée de recherche



Mission

- La formation d'une nouvelle génération d'ingénieurs, de scientifiques et d'innovateurs ayant une **compréhension systémique** et transdisciplinaire des enjeux énergétiques;
- La recherche de solutions durables qui permettront d'assurer l'avenir énergétique, en appuyant la génération de connaissances et l'innovation dans le domaine énergétique afin d'aider à relever les défis auxquels la société fera face au cours des prochaines décennies;
- La diffusion des connaissances liées à l'énergie pour ainsi alimenter le **dialogue sociétal** sur les questions énergétiques.

Valeurs

- **Favorisation du bien commun** – sa principale motivation est d’agir efficacement pour lutter contre le réchauffement climatique en mettant en œuvre une transition énergétique efficace, dans le meilleur intérêt public et sans parti pris pour des secteurs énergétiques en particulier.
- **Rigueur scientifique** – ses activités s’appuient sur des données probantes et des analyses objectives et larges ; les recommandations qui en découlent sont livrées avec honnêteté intellectuelle.
- **Ouverture désintéressée** – son approche collaborative et son statut indépendant l’amènent à travailler avec les acteurs les plus aptes à faire avancer la transition énergétique et à pouvoir être librement critique lorsque pertinent.

Diffusion – Collaborations et initiatives



The Transition Accelerator



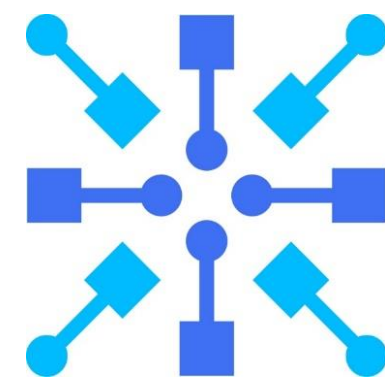
L'Accélérateur de transition

I V E Y f o u n d a t i o n



Energy Modelling Initiative
Bringing the Tools to Support Canada's Energy Transition

Initiative de modélisation énergétique
Outils le Canada pour réussir la transition



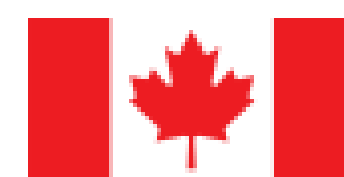
ENERGY MODELLING HUB

CARREFOUR DE MODÉLISATION ÉNERGÉTIQUE



Natural Resources Canada

Ressources naturelles Canada



Environment and Climate Change Canada

Environnement et Changement climatique Canada

Publications récentes



Atteindre la carboneutralité

- Lorsque l'on vise à atteindre une société carboneutre, dans la plupart des cas, il n'est ni suffisant ni approprié de seulement viser des réductions partielles des émissions de GES.
- Atteindre la carboneutralité implique de privilégier la réduction des émissions plutôt que la compensation de celles-ci par des activités de captage du carbone.
- Alors que la productivité et l'efficacité énergétique sont des facteurs essentiels à la transformation du système énergétique, elles ne suffiront pas pour atteindre l'objectif de la carboneutralité.
- Une fois la carboneutralité atteinte, le système énergétique continuera d'évoluer au rythme des changements affectant les coûts relatifs et les technologies disponibles.

Mesures marquantes – Canada

- **CANADA**

- La réduction des émissions de GES

- Une réduction de 40 à 45 % des émissions de GES d'ici 2030 (par rapport à 2005)
- L'atteinte de la carboneutralité d'ici 2050
- Une réduction de 40 % des émissions de GES d'ici 2030 (par rapport à 2005) pour les activités du gouvernement
- Une réduction de 40 à 45 % des émissions de méthane d'ici 2025, et de 75 % d'ici 2030

- La tarification du carbone

- Une taxe fédérale sur les émissions des carburants (65 \$/tonne d'éq. CO₂)
- Un système de tarification fondé sur le rendement pour les émetteurs industriels

- Les objectifs en matière d'énergies renouvelables

- Une proportion de 90 % de l'électricité produite doit provenir de sources non émettrices de GES d'ici 2030
- La carboneutralité du secteur de l'électricité d'ici 2035

- Mesures du secteur du transport routier

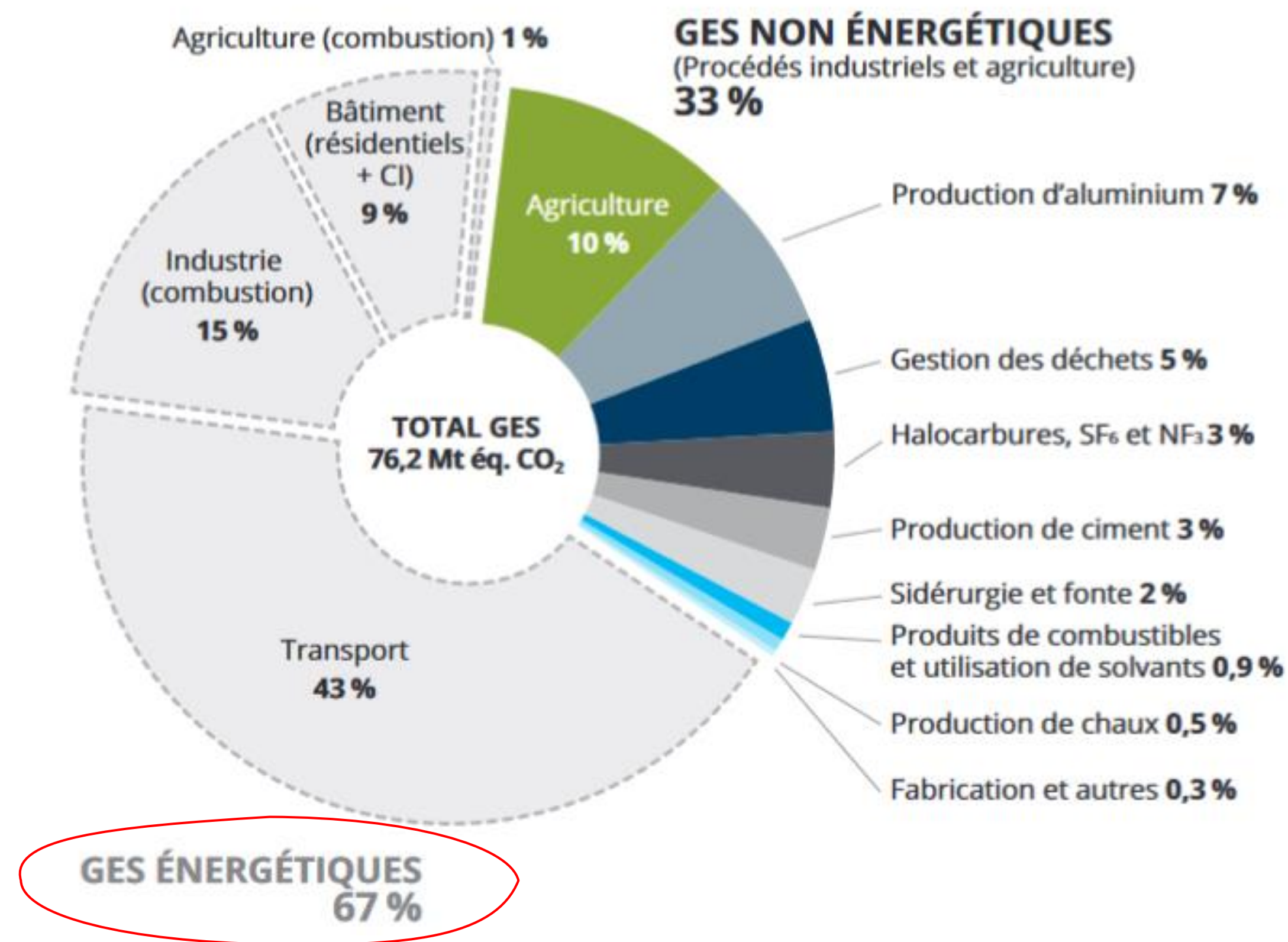
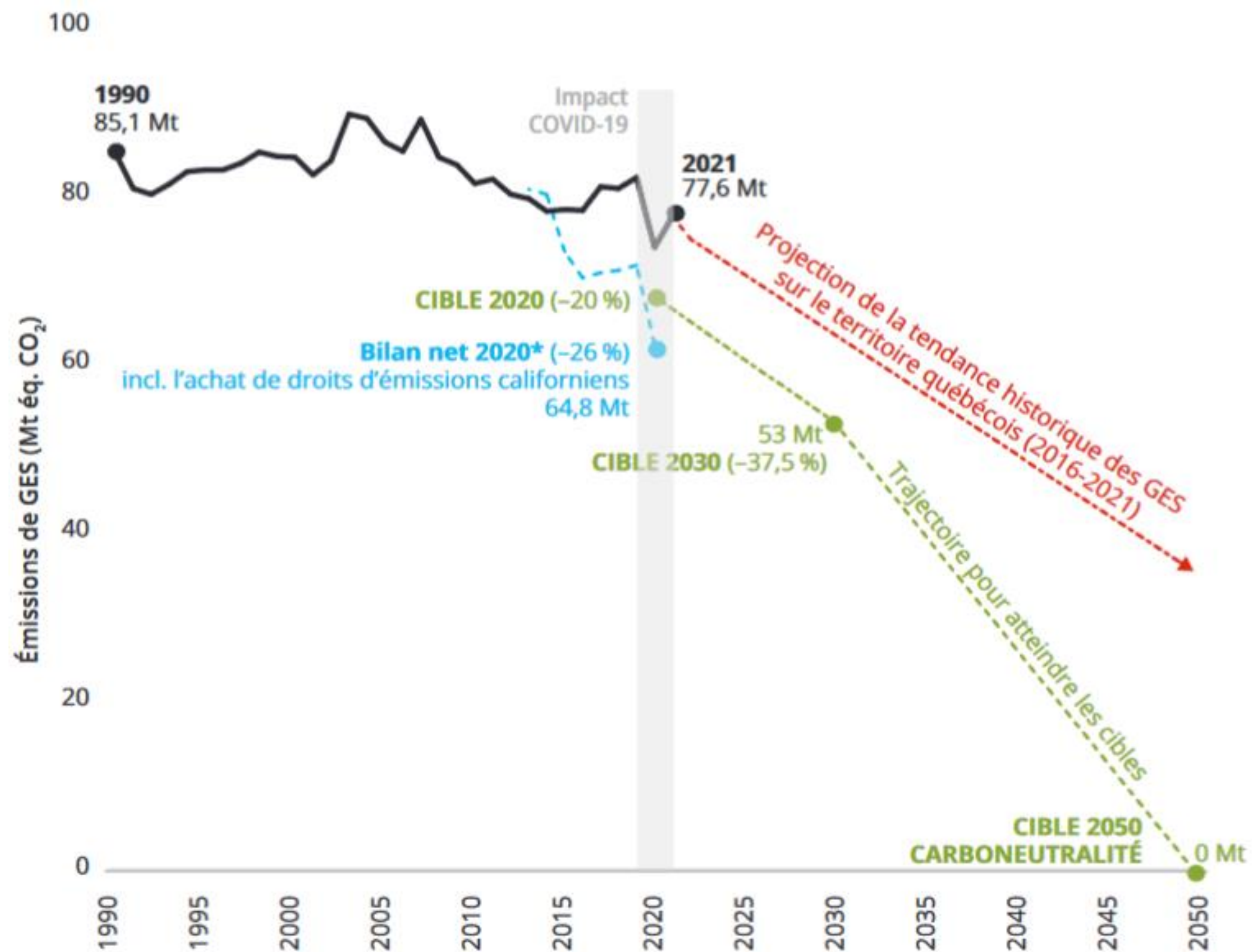
- La Norme VZE 2035 pour la vente de véhicules légers neufs
- Des remises en espèces pour l'achat ou la location de véhicules à faibles émissions

- Autres mesures

- N'utiliser que de l'énergie propre dans les bâtiments du gouvernement fédéral d'ici 2025

L'élimination complète du charbon d'ici 2030 (sauf quelques exceptions en raison d'accords d'équivalence)

GES au Québec



Whitmore, J., & Pineau, P.-O. (2024). État de l'énergie au Québec – Édition 2024. Chaire de gestion du secteur de l'énergie, HEC Montréal. https://energie.hec.ca/wp-content/uploads/2024/02/EEQ2024_WEB.pdf

Mesures marquantes – Québec

QUÉBEC

- La réduction des émissions de GES
 - Une diminution de 37,5 % d'ici 2030 par rapport à 1990
 - La carboneutralité d'ici 2050 (pas encore dans la loi)
- La tarification du carbone
 - L'application d'un système de plafonnement et d'échange de droits d'émission avec la Californie
- Les objectifs en matière d'énergies renouvelables
 - Une augmentation de 25 % de la production totale d'énergie renouvelable d'ici 2030 (dont les biocarburants)
- Les mesures incitatives pour l'utilisation de véhicules à faibles émissions et les exigences concernant les carburants renouvelables
 - L'instauration d'une norme pour les véhicules zéro émission (VZE) passant à 22 % des ventes de nouveaux véhicules d'ici 2025
 - Des remises en espèces pouvant aller jusqu'à 8 000 \$ pour l'achat de véhicules à faibles émissions
 - Un pourcentage de 15 % de contenu renouvelable dans l'essence et de 10 % dans le diesel en 2030
- Autre
 - 2 millions de VE sur les routes d'ici 2030
 - Aucune vente de nouveaux véhicules à essence à partir de 2035
- Une proportion de 55 % des autobus urbains et de 65 % des autobus scolaires alimentés à l'électricité d'ici 2030
- Une baisse de 40 % de la consommation de produits pétroliers d'ici 2030 par rapport à 2016
- Une augmentation de 15 % de l'efficacité énergétique
- Une baisse de 50 % des émissions liées au chauffage des locaux d'ici 2030 par rapport à 1990
- L'élimination de l'utilisation du charbon thermique d'ici 2030

La modélisation au sein des PECs

- Identifier des trajectoires possibles pour atteindre la carboneutralité à l'échelle Canadienne
- Informer les réflexions sur les différences entre les provinces
 - Différentes structures économiques, ideologies, tailles de population → Différents engagements pour la decarbonation
 - Énergie → Objectifs fédéraux, mais competence provincial
- Offrir des analyses d'éléments clés pour la mise en œuvre de trajectoires de décarboration possibles



Perspectives énergétiques canadiennes – 2021 – Résumé

Perspectives énergétiques canadiennes
**L'état de l'énergie et des
émissions de GES au Canada**
3^e édition



NATEM

NATEM, un modèle d'optimisation technico-économique développé par ESMIA Consultants.

- Riche en technologies
- Optimise le coût globale de transformation du système
- Quelques-unes des contraintes imposées
 - Émissions de GES
 - Coût et le niveau de pénétration des technologies
 - Politiques publiques mise en œuvre
- Définie la carboneutralité selon les termes de l'Accord de Paris (GES émis sur le territoire)
- Quelques limites
 - Optimisation au niveau canadien
 - Changements de comportement
 - Prix de l'énergie (REC)
 - Mesures de décarbonations à l'extérieur du Canada

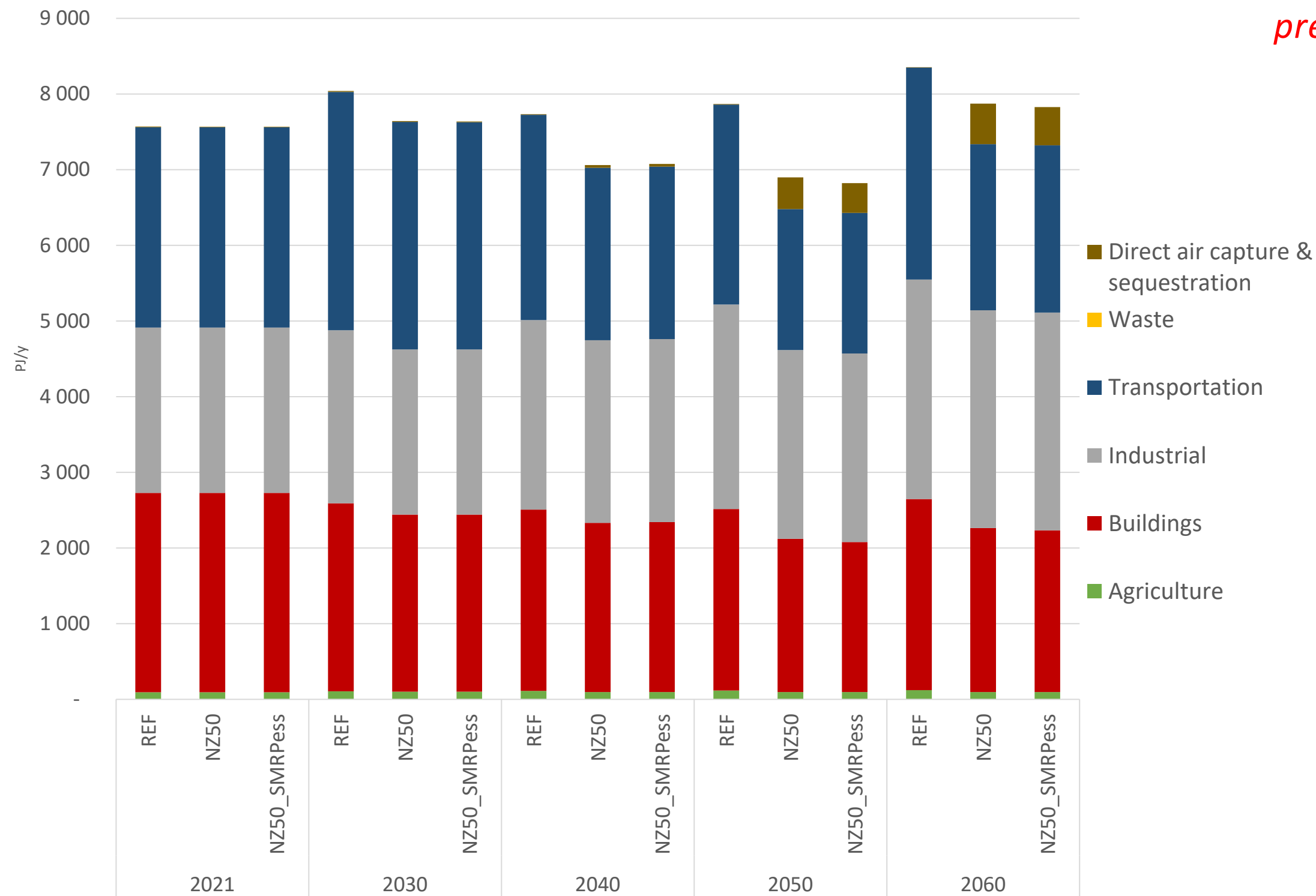


Les scénarios et hypothèses

Name	Summary description
REF	<p>The reference scenario.</p> <p>No constraining GHG reduction targets.</p> <p>Macroeconomic assumptions (GDP, population, oil and gas export prices) are aligned with the Canada Energy Regulator's projections, imposing no additional constraints in terms of GHG emissions.</p> <p>Includes all GHG reduction and energy policies already in place in addition to the Clean Electricity Regulations and Zero-Emissions Vehicle sales mandate.</p>
NZ50	<p>This scenario imposes a net-zero emissions target on total CO₂-eq by 2050, and a 40% reduction target by 2030, with respect to 2005.</p>
NZ50_SMRpess	<p>This scenario is identical to NZ50 except for cost projections for nuclear SMRs, which are higher.</p>

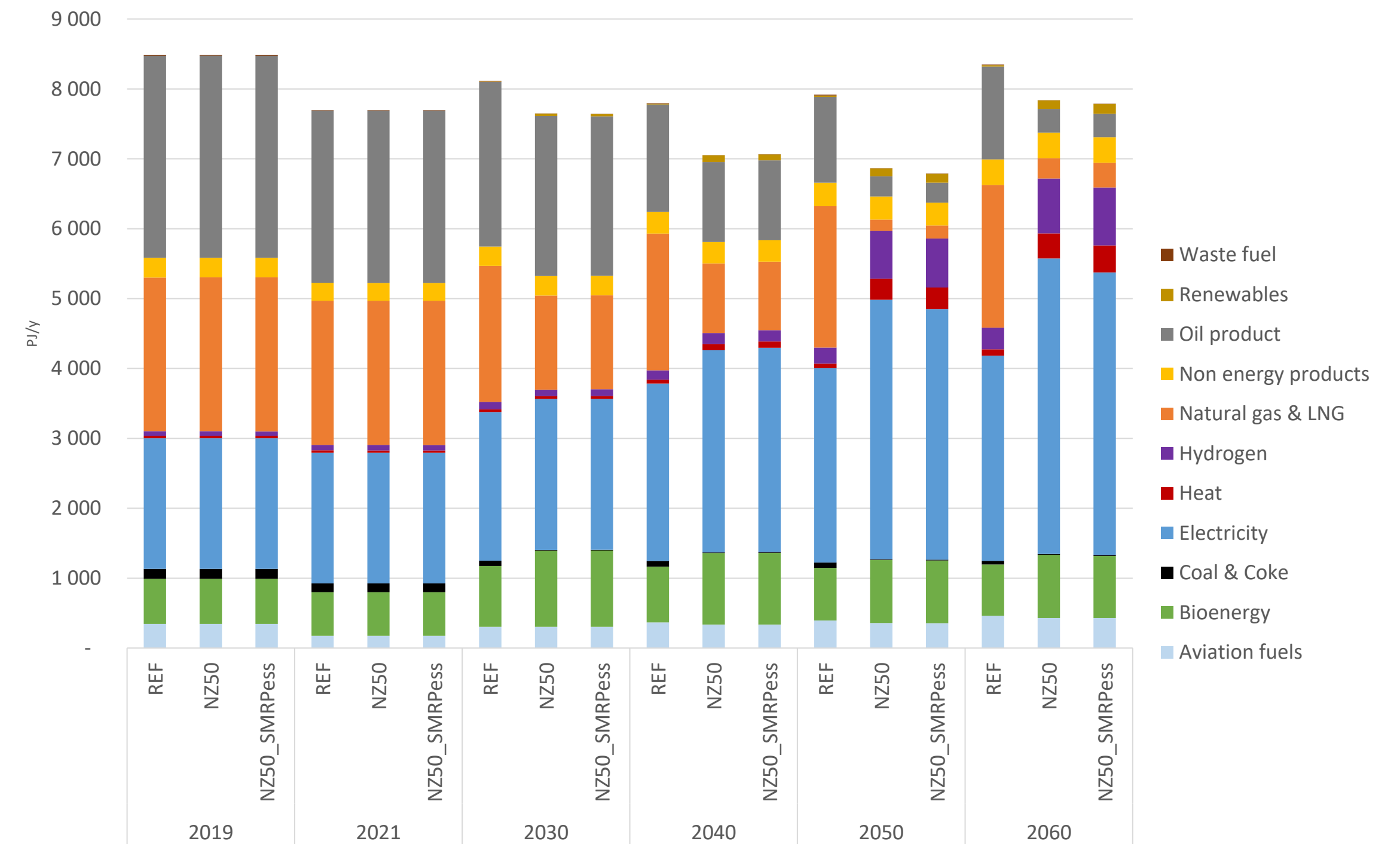
Consommation finale d'énergie - Canada

Total energy consumption by sector - Canada



*Résultats
préliminaires*

Total energy consumption by source without energy production - Canada

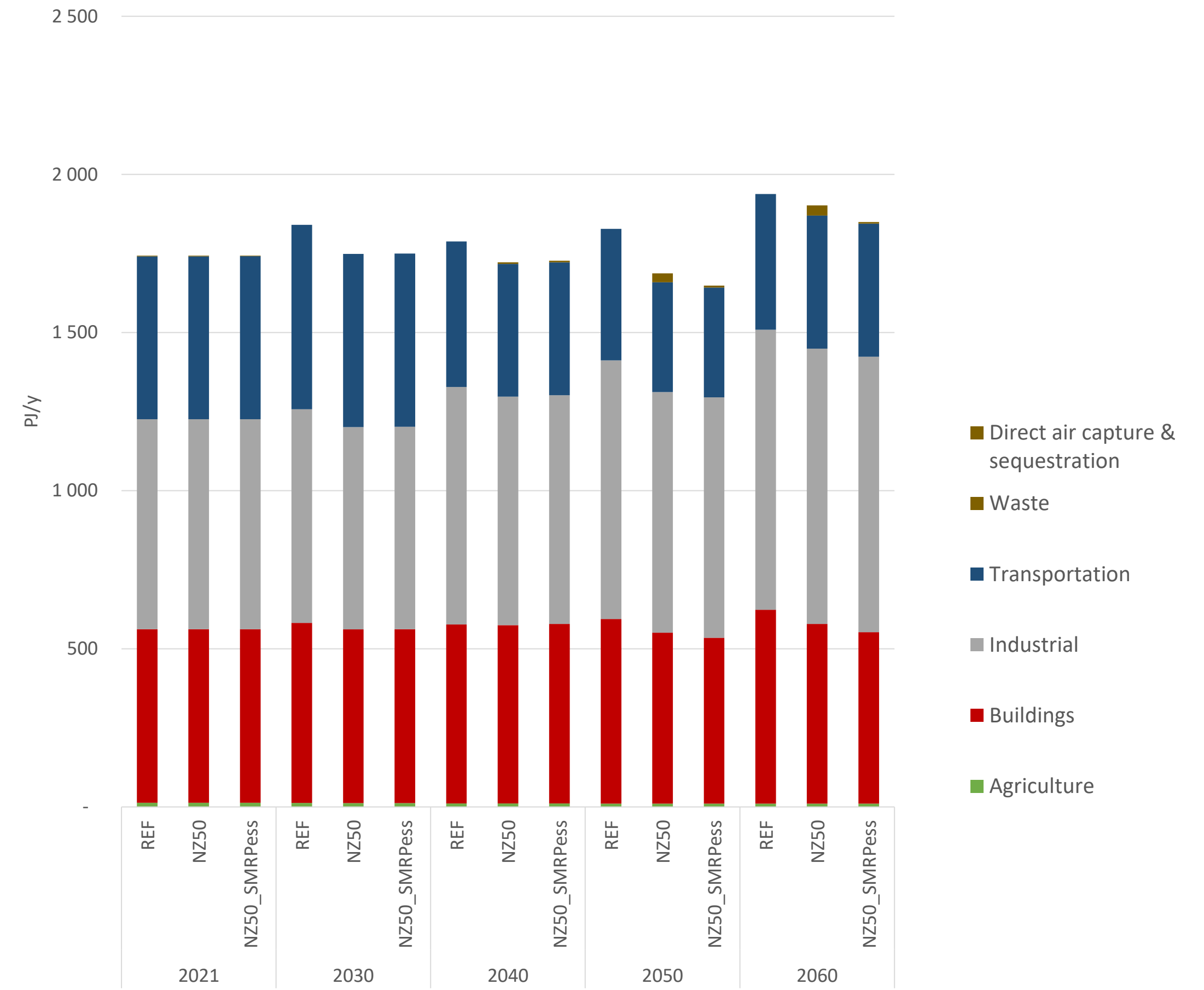
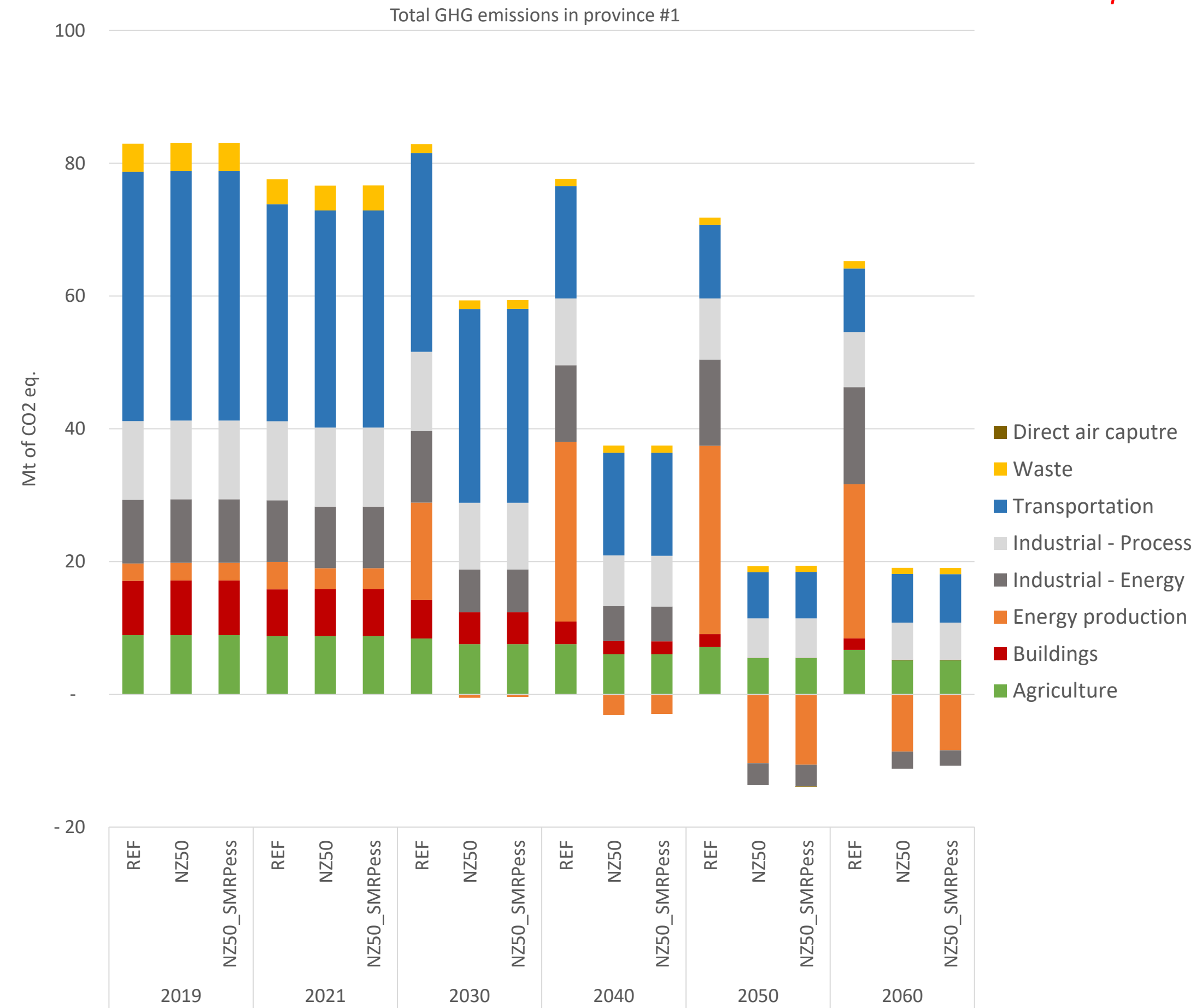


- Une décroissance de la demande d'énergie liée aux gains de productivité engendrés par l'électrification
- La croissance de la population exerce une pression à la hausse sur la demande à l'horizon 2060
- Il n'y a pas de croissance de la consommation du gaz naturel à moyen (2030) et long termes
- Les bioénergies croissent, mais atteignent un plateau dû à la disponibilité de la biomasse

Émissions de GES et énergie consommée

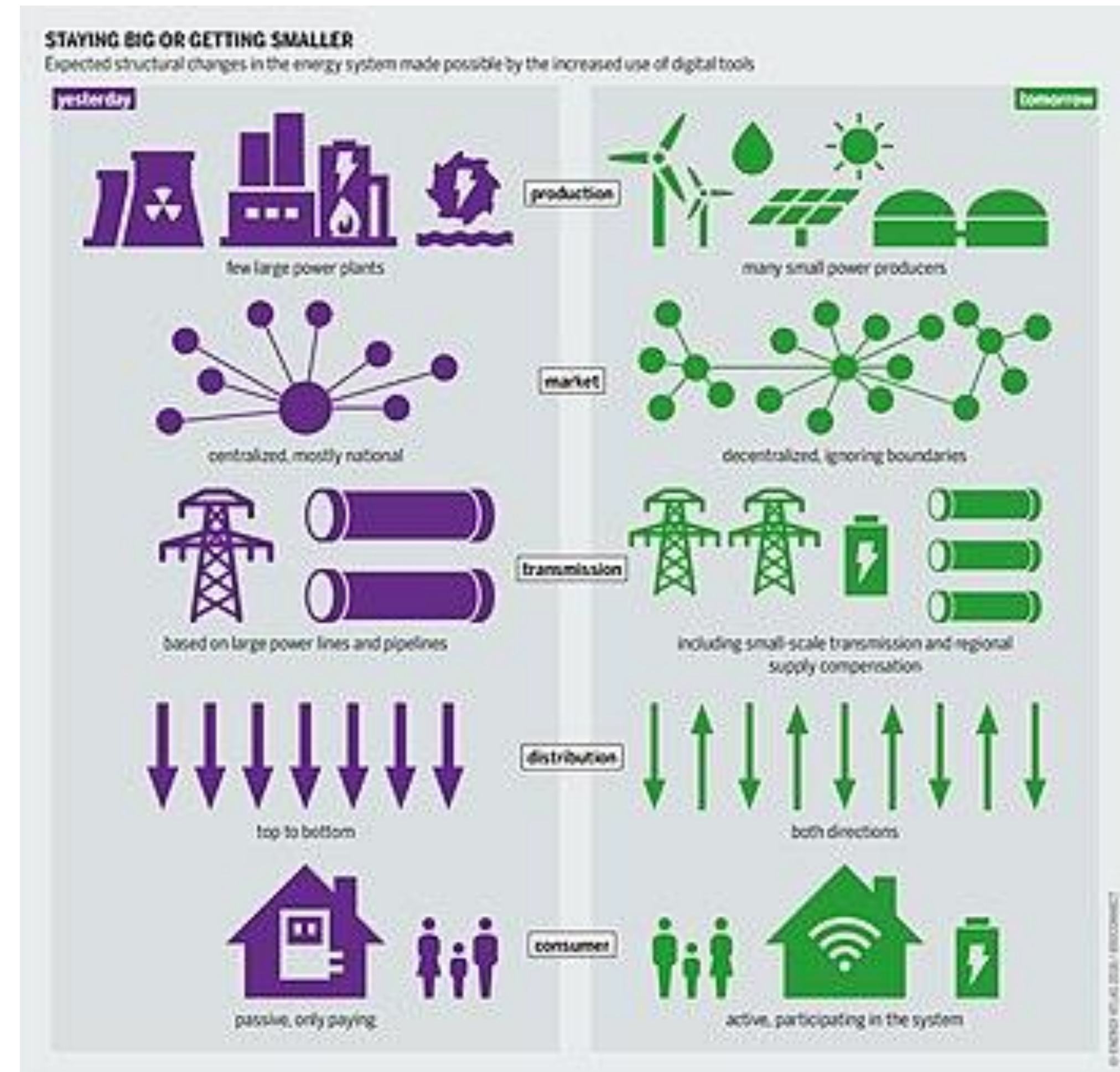
Résultats
préliminaires

Total energy consumption by sector - Province #1



Critères du système électrique du futur

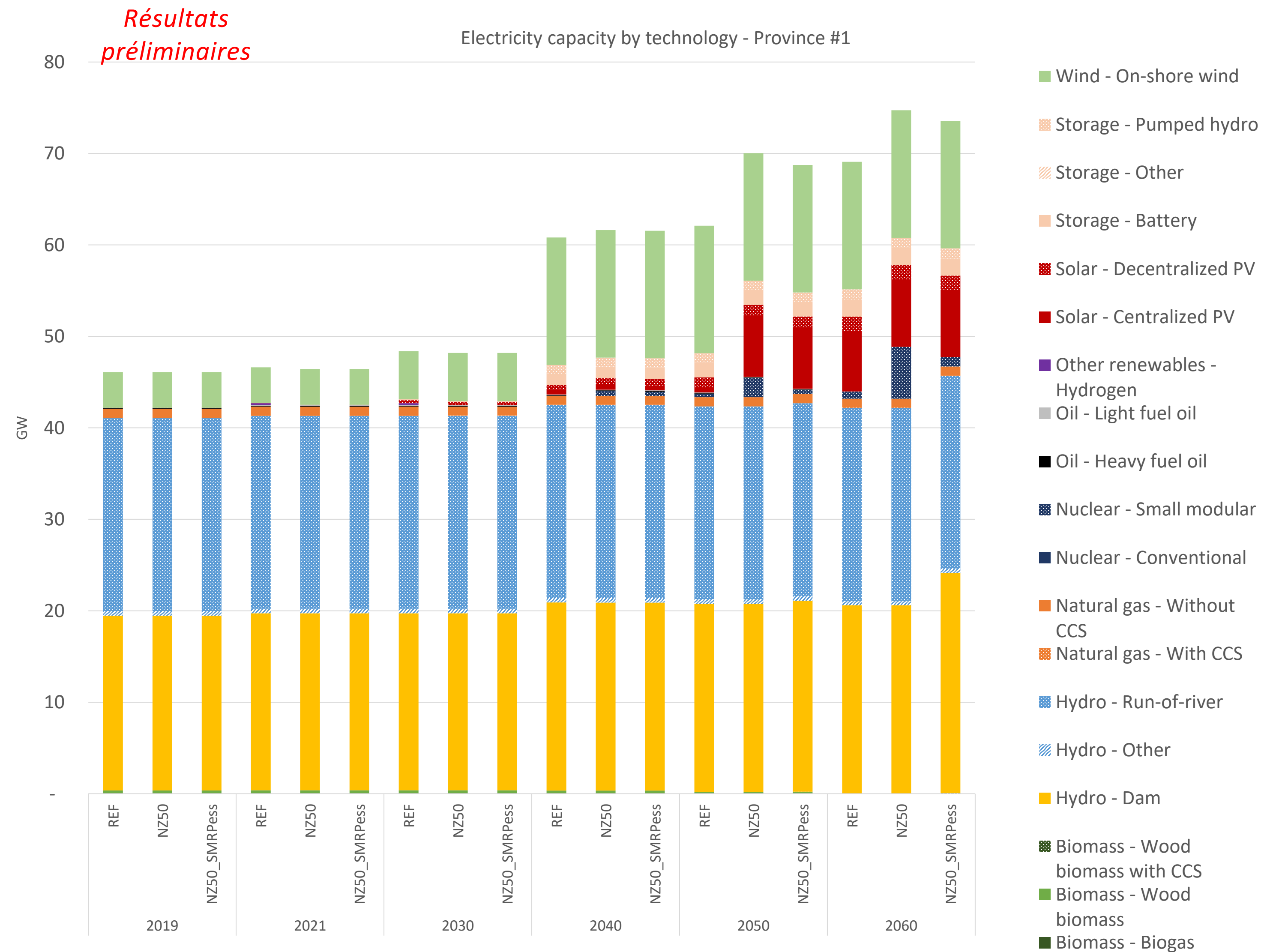
- Critères du système électrique du futur
 - À faible émission
 - Flexibilité [image réseau « intelligent »]
 - Bonne gestion de l'intermittence de la production
 - Résilience face à la dépendance à l'électricité



https://en.wikipedia.org/wiki/Smart_grid

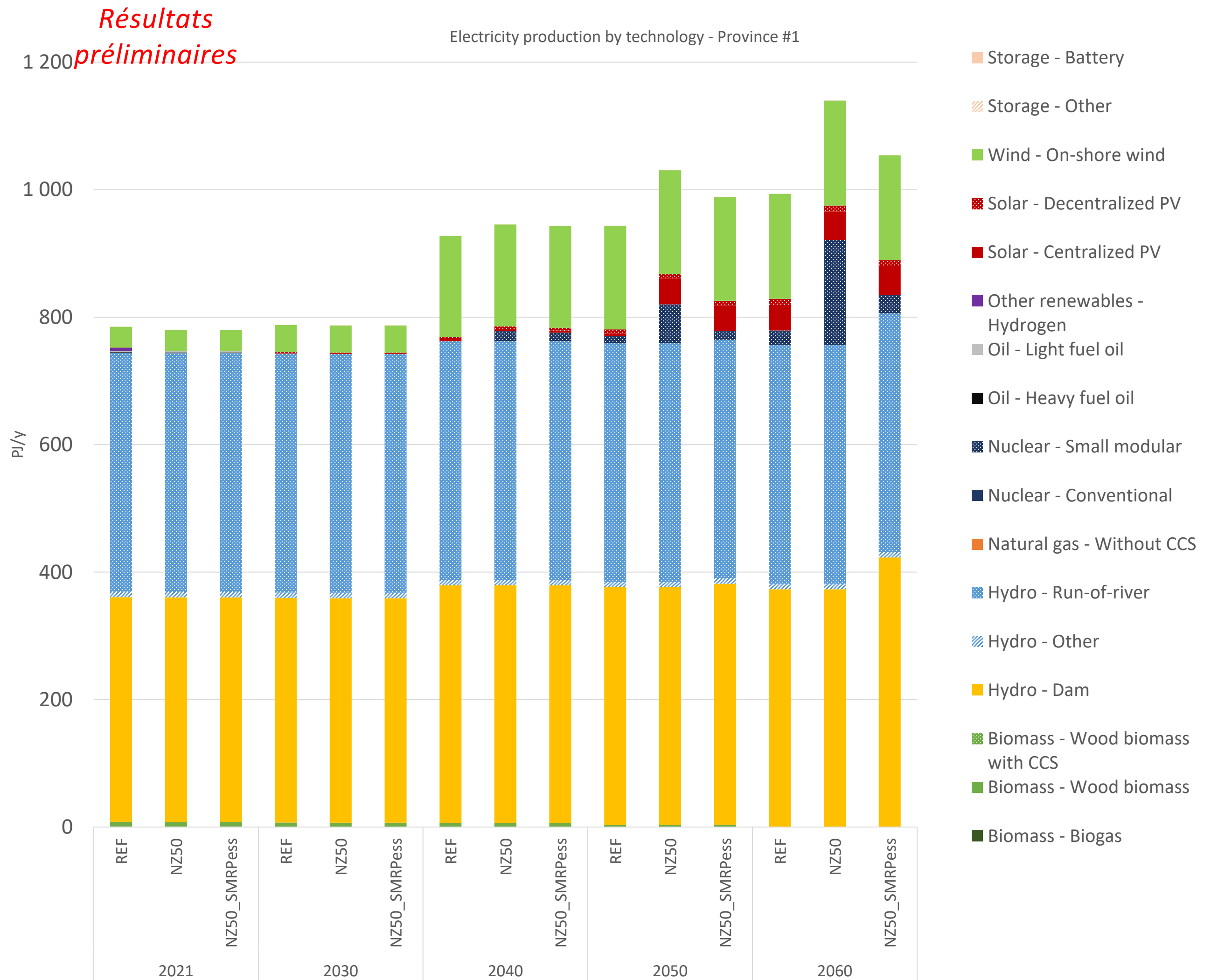
Capacité installée – Québec

- Faible croissance de l'hydroélectricité
- Croissance marquée de l'éolien et du solaire PV
- Apparition des systèmes de stockage
- Incertitude élevée :
 - Nucléaire, petit réacteur modulaire



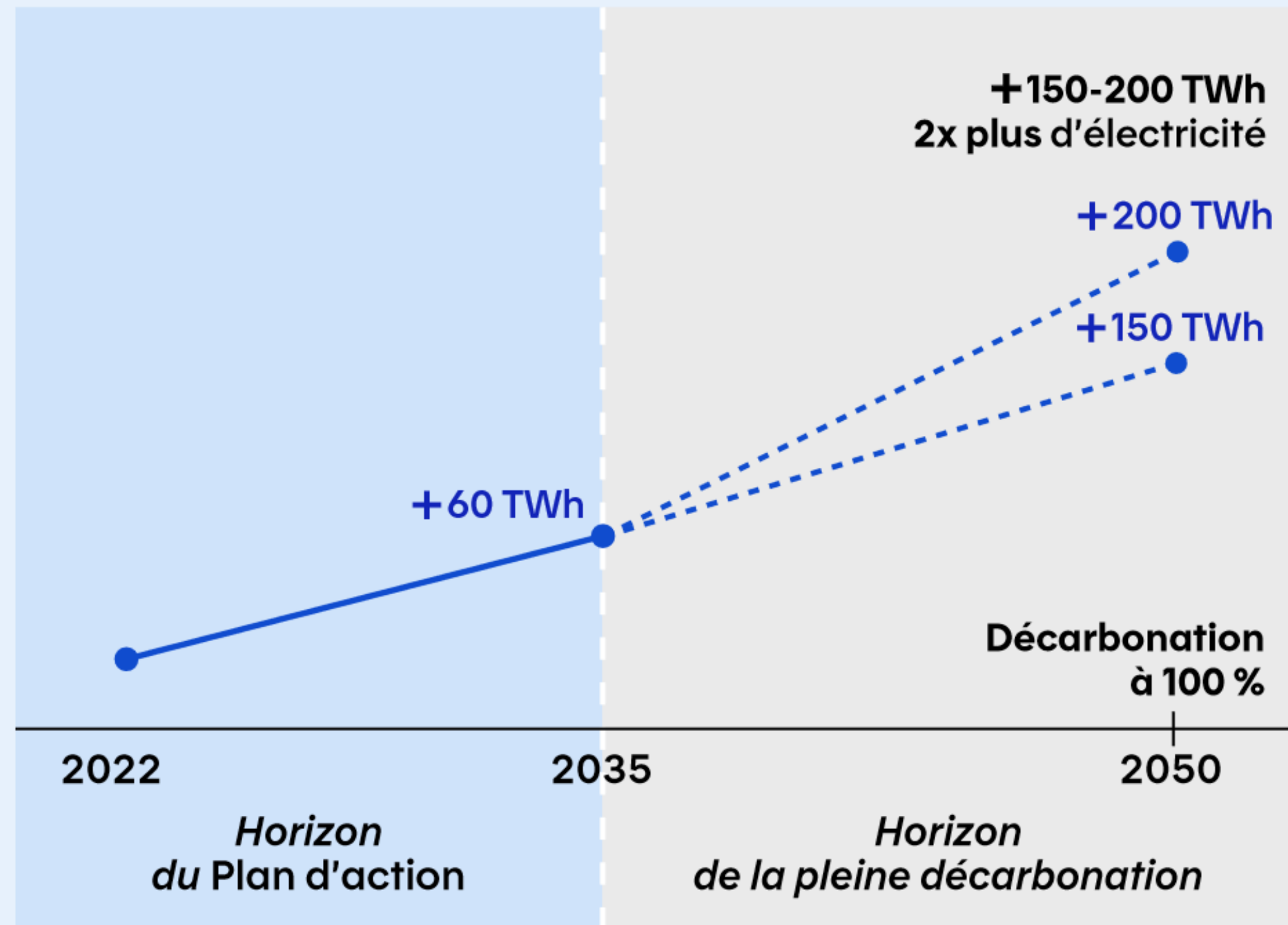
Génération d'électricité – Québec

- Environ +80 TWh
- Moins que ce qui est annoncé par HQ
 - Toutes mesures d'efficacité énergétiques économiquement viables incluses
 - Tissu industriel constant



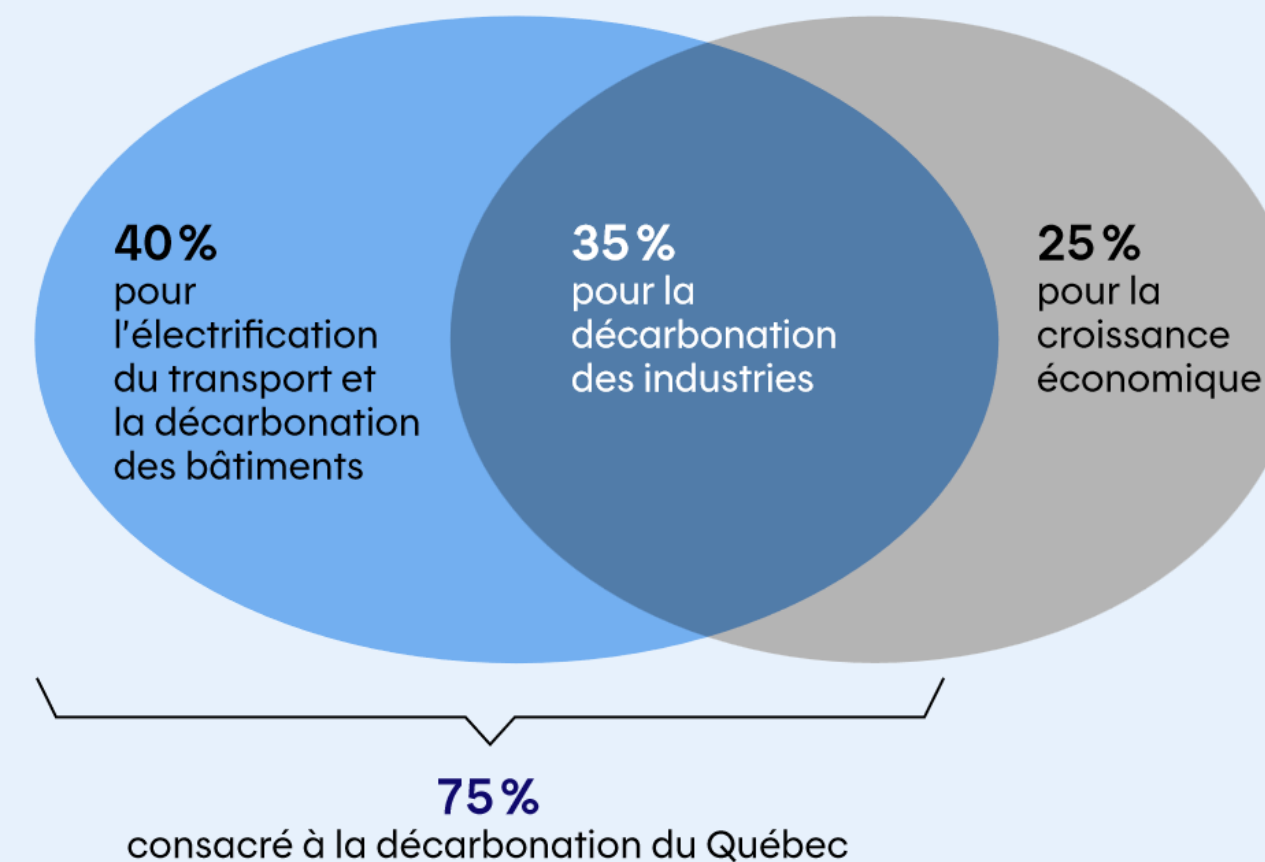
Plan d'action d'Hydro-Québec

Trajectoire projetée d'électricité d'ici 2050¹



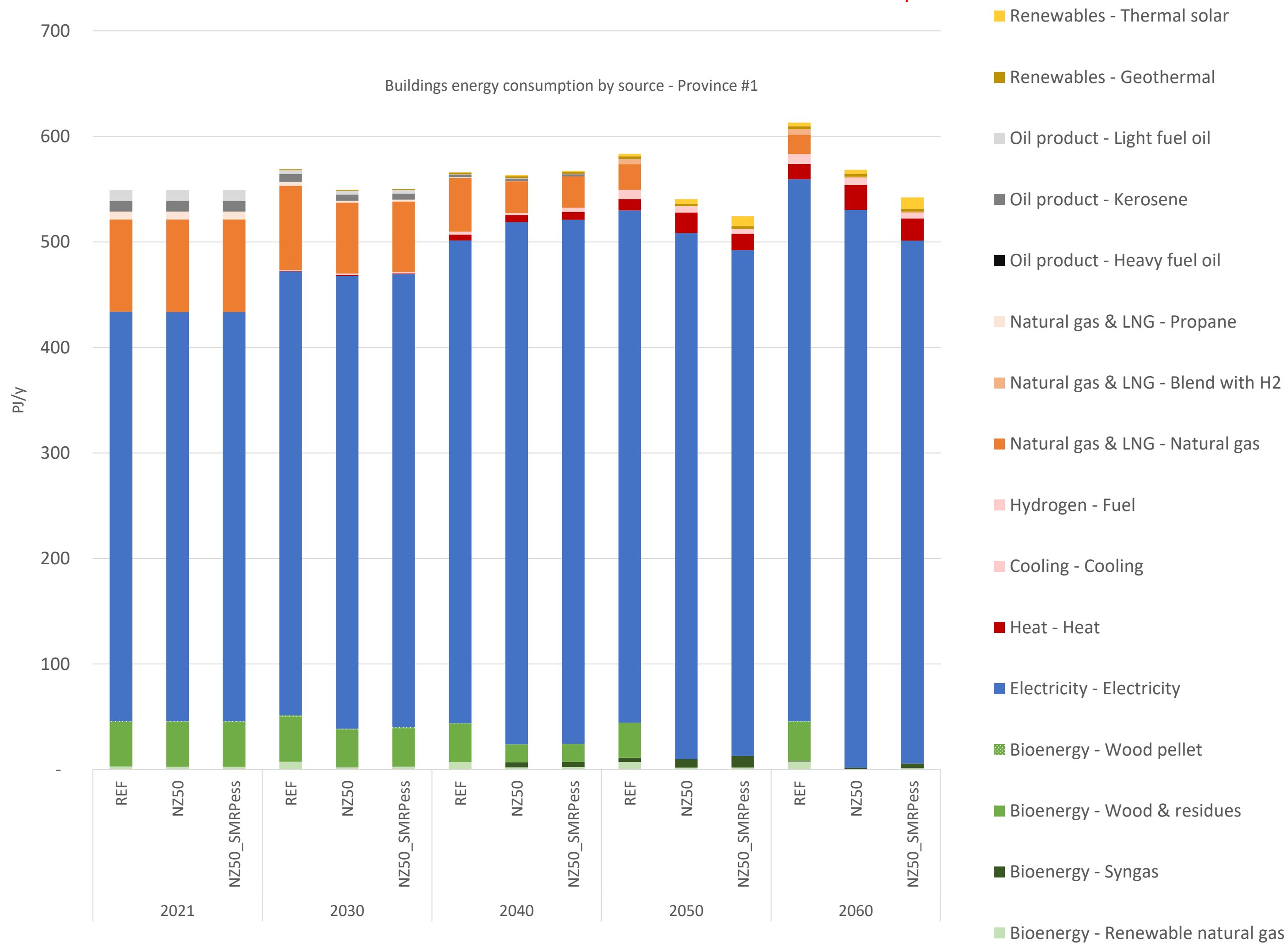
- Intégrer plus de 10 000 MW de nouvelles capacités éoliennes d'ici 2035
 - Plus de 30 G\$ en investissements privés et publics
- Investissements requis pour réaliser les ajouts de capacité hydroélectrique envisagés pourraient représenter à eux seuls de 35 à 45 G\$.

Répartition de l'utilisation d'électricité supplémentaire à l'horizon 2035



Les secteurs – Bâtiment

Résultats préliminaires

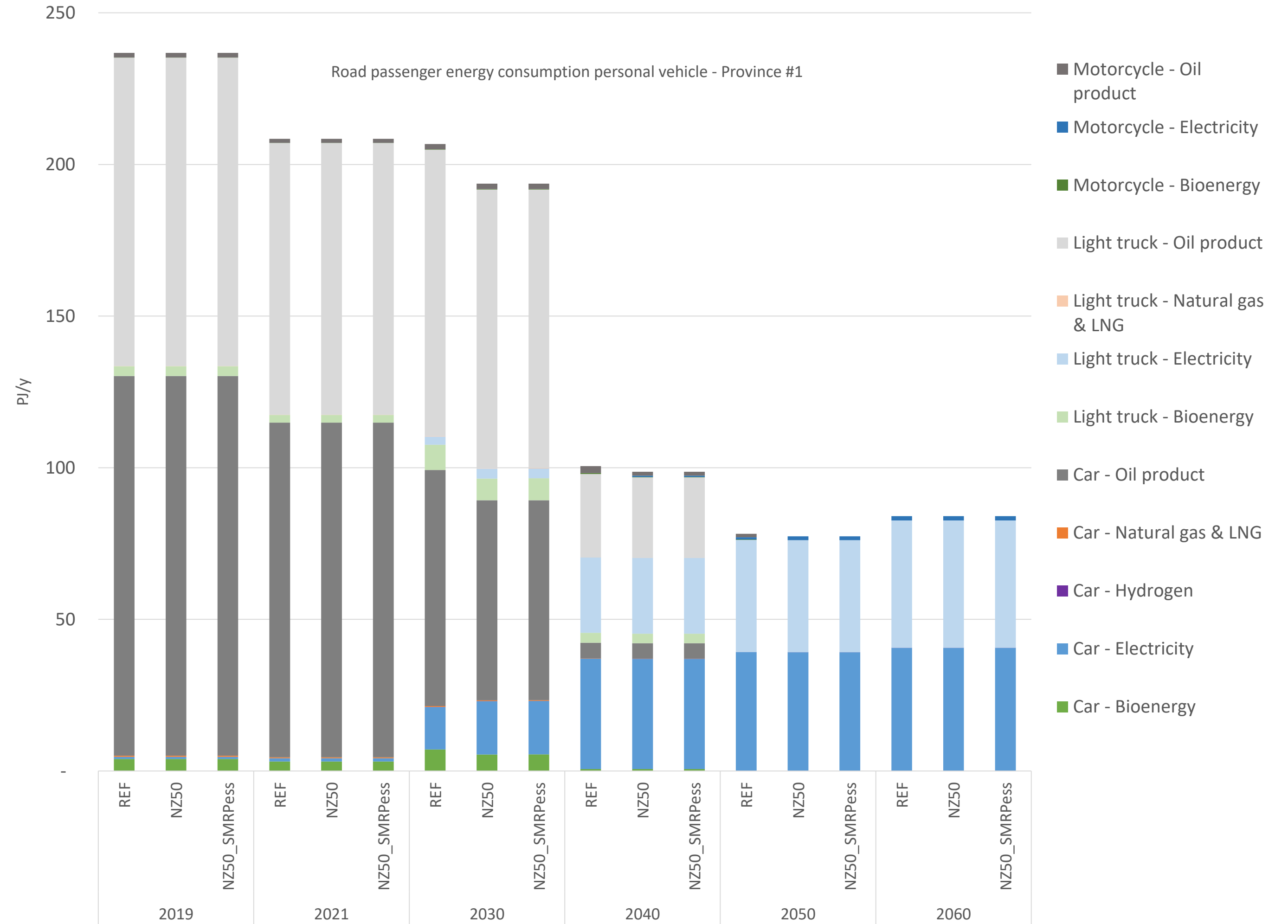


- Un secteur déjà largement électrifié
- Dès maintenant, décroissance de la consommation du GN
- À partir de 2050, disparition quasi complète du GN
- Potentiellement de gros impact sur la pointe de demande d'électricité

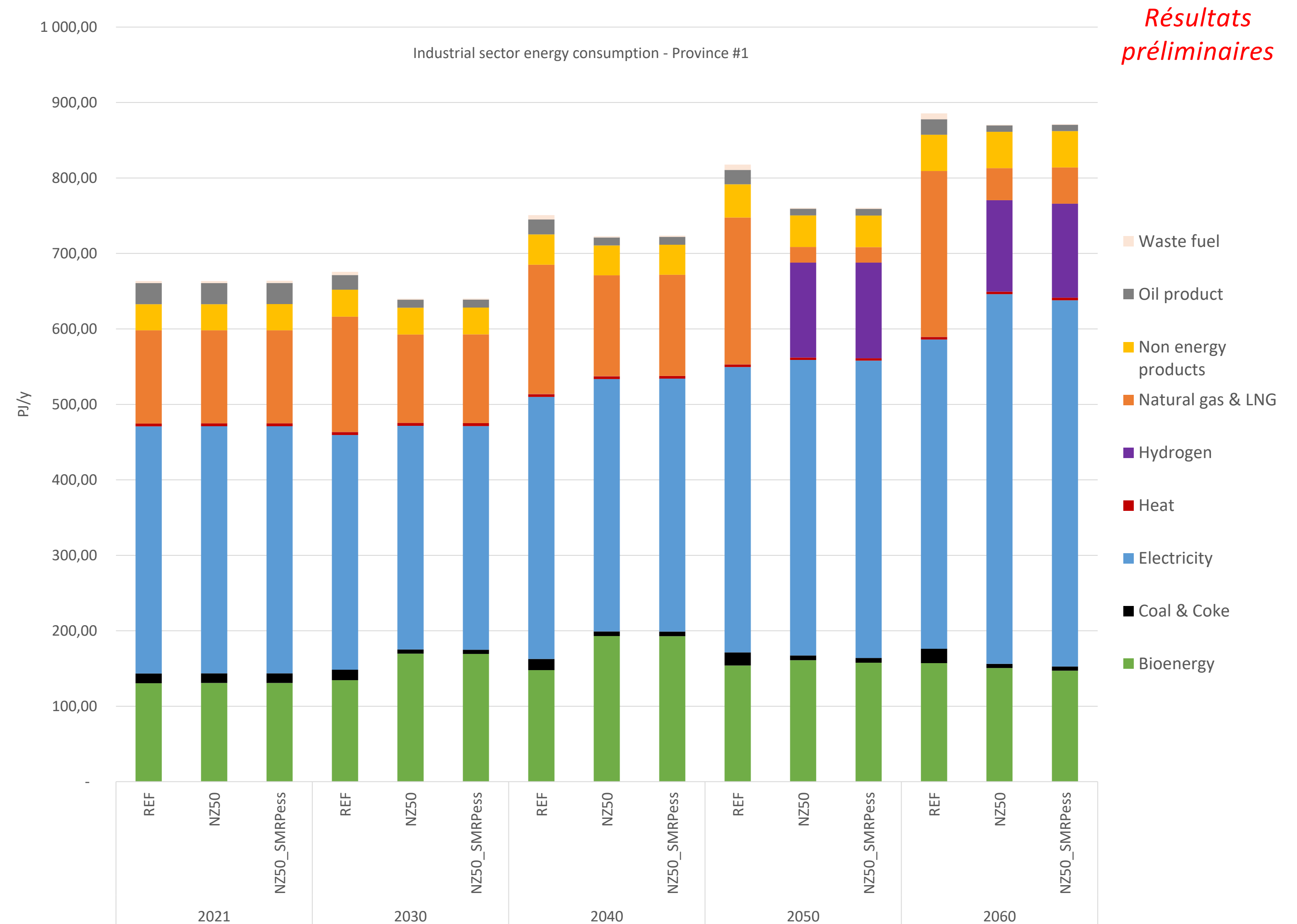
Les secteurs – Transport routier de passagers

- Des transformations après 2030
- L'électricité prépondérante
- Peu d'utilisation des bioénergies

Résultats
préliminaires



Les secteurs – Industrie



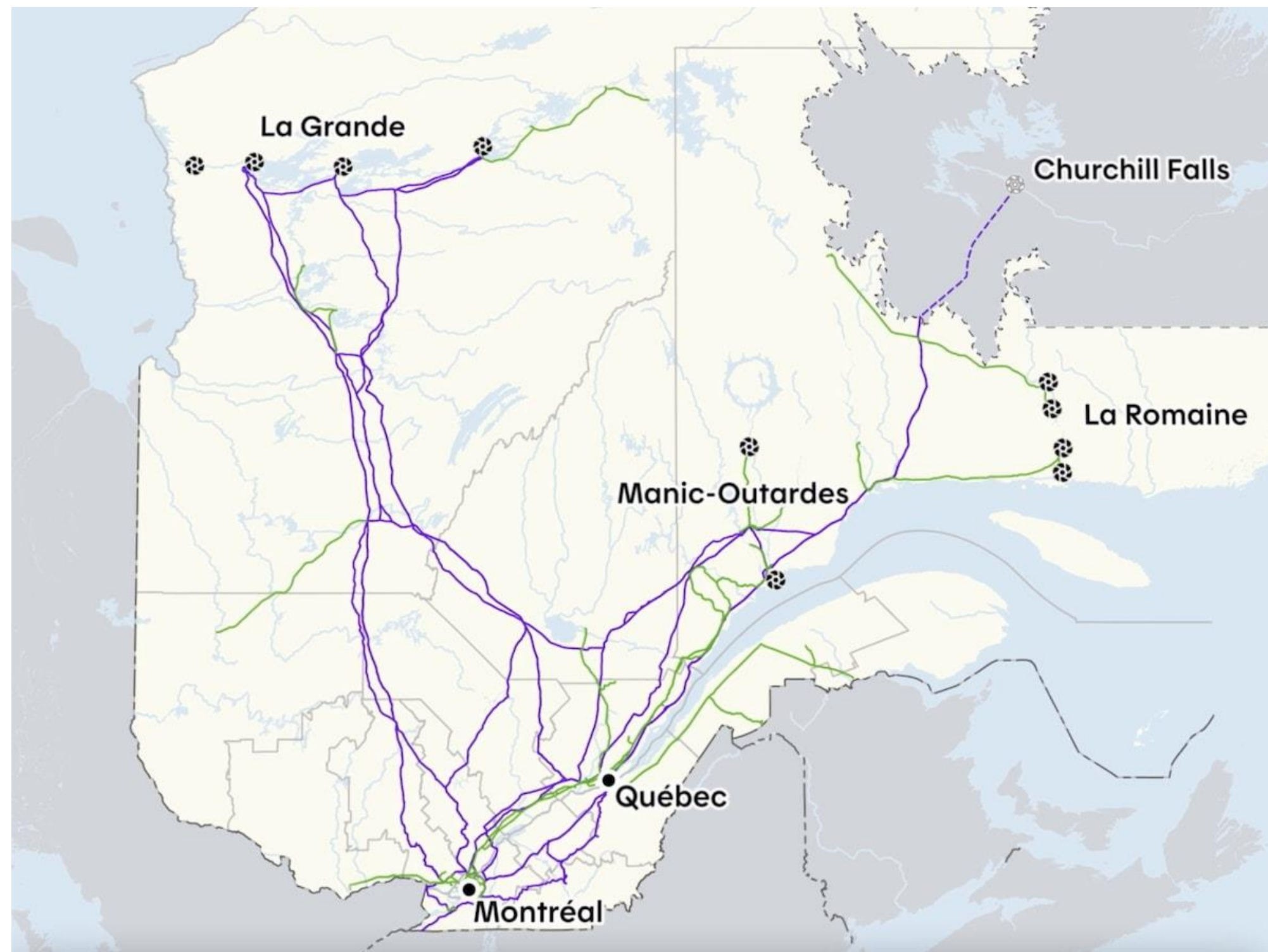
Impacts des technologies

Production décentralisée

- Éoliennes
 - 10 000 MW \approx 2 000 éoliennes \approx 50 parcs
- Centrale solaire et solaire distribué
 - Un rôle à jouer dans le futur, dès l'horizon 2030

Stockage décentralisé

- Un rôle à jouer dans le futur, dès l'horizon 2030



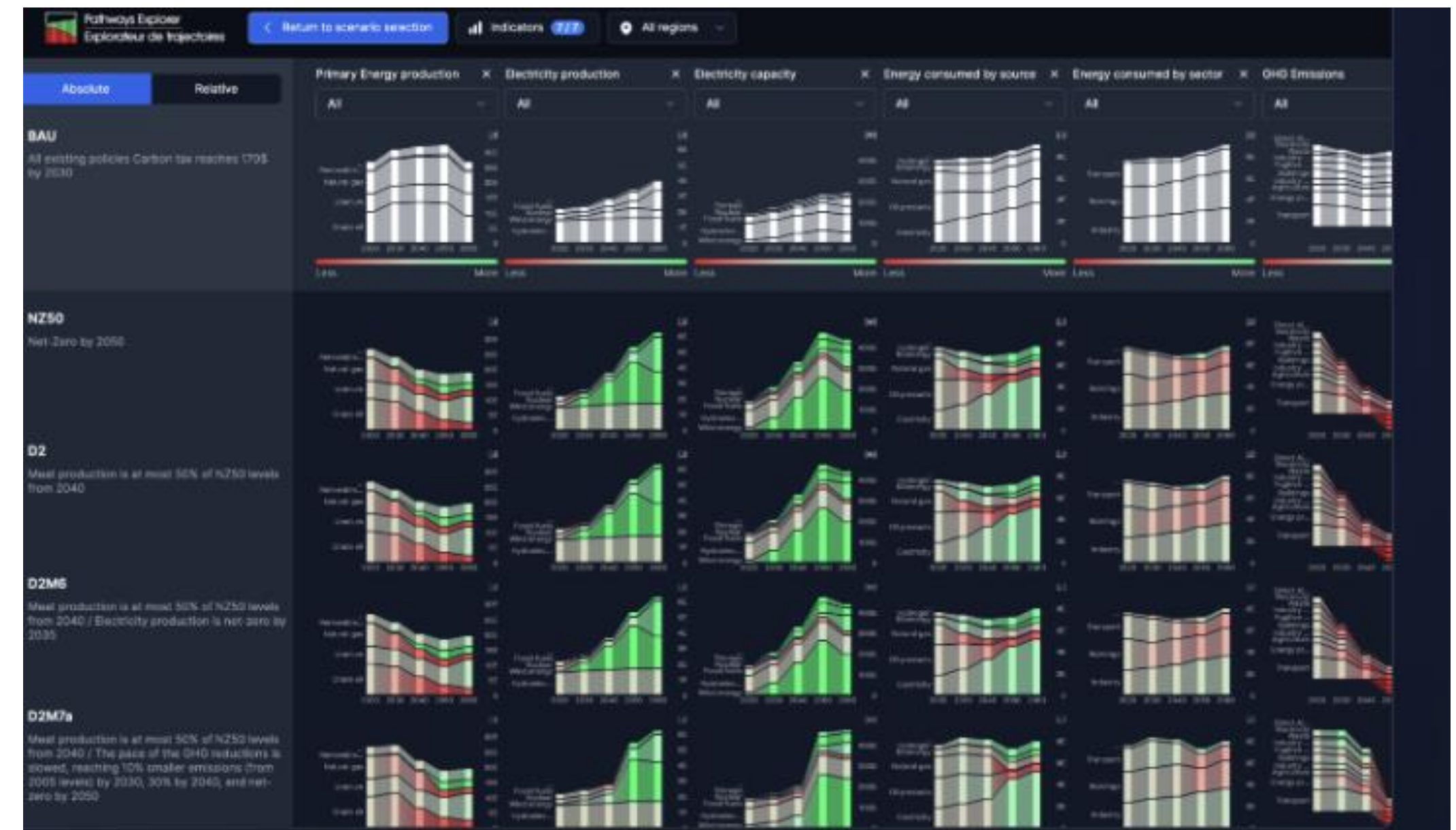
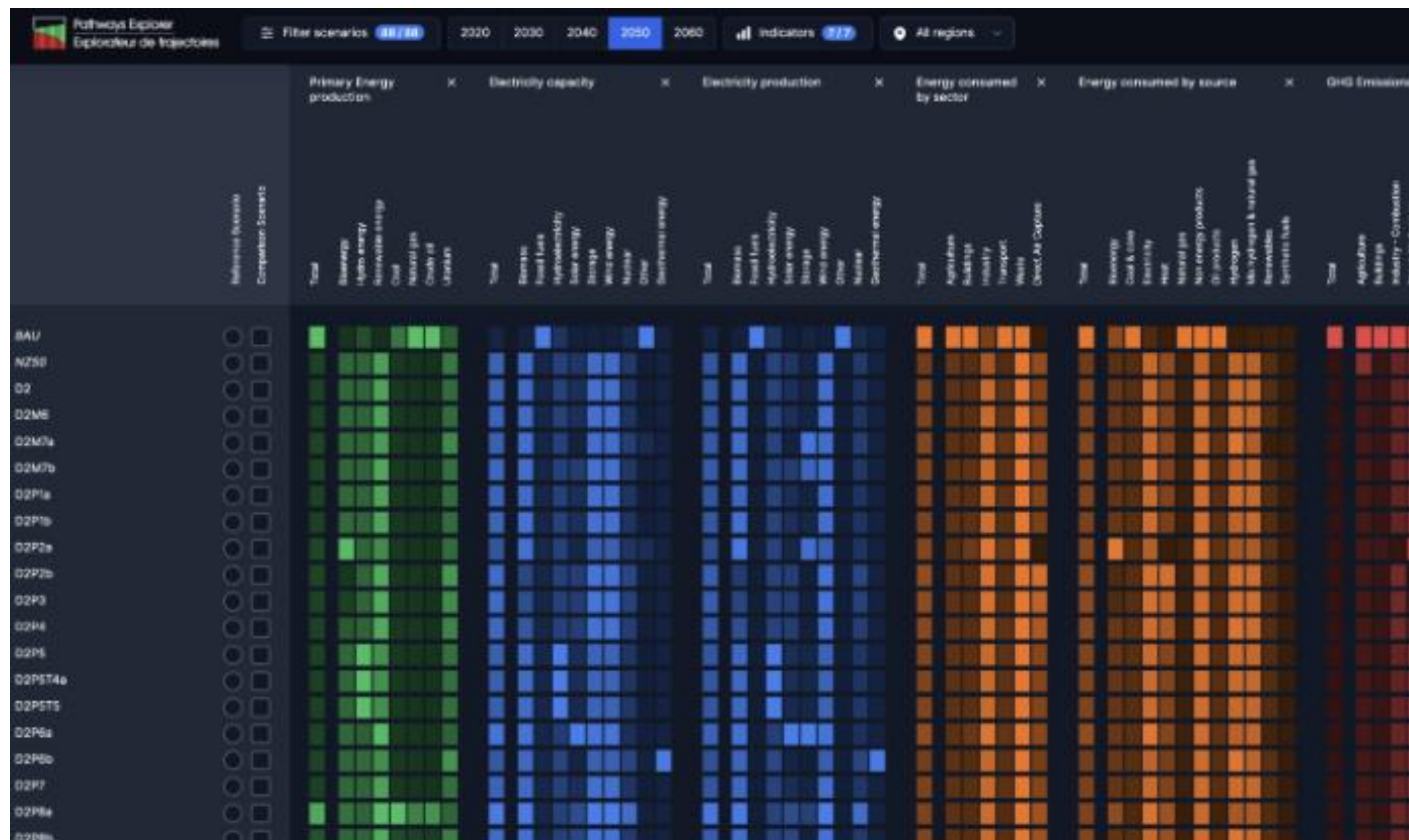
La pointe de demande

- Nouvelles demandes : Bâtiment, transport routier, autres services énergétiques
- Enjeux
 - Impact le réseau les besoins de production et en distribution
 - Coût du système électrique
 - Résilience

Autres technologies qui peuvent avoir un impact sur le territoire

- Réseaux de chaleur
- Récupération de la chaleur fatale
- Géothermie

Outils



- Outil permettant d'explorer différentes trajectoires de décarbonations, d'identifier les technologies clés, les tendances
- Facile à prendre en main

<https://pathways-trajectoires.ca/fr/a-propos>



Merci

iet@polymtl.ca

iet.polymtl.ca

[@EnergieTrottier](#)

