Chaire de gestion
du secteur de l'énergie
HEC MONTRÉAL

Électrification
ou réduction de la consommation ?

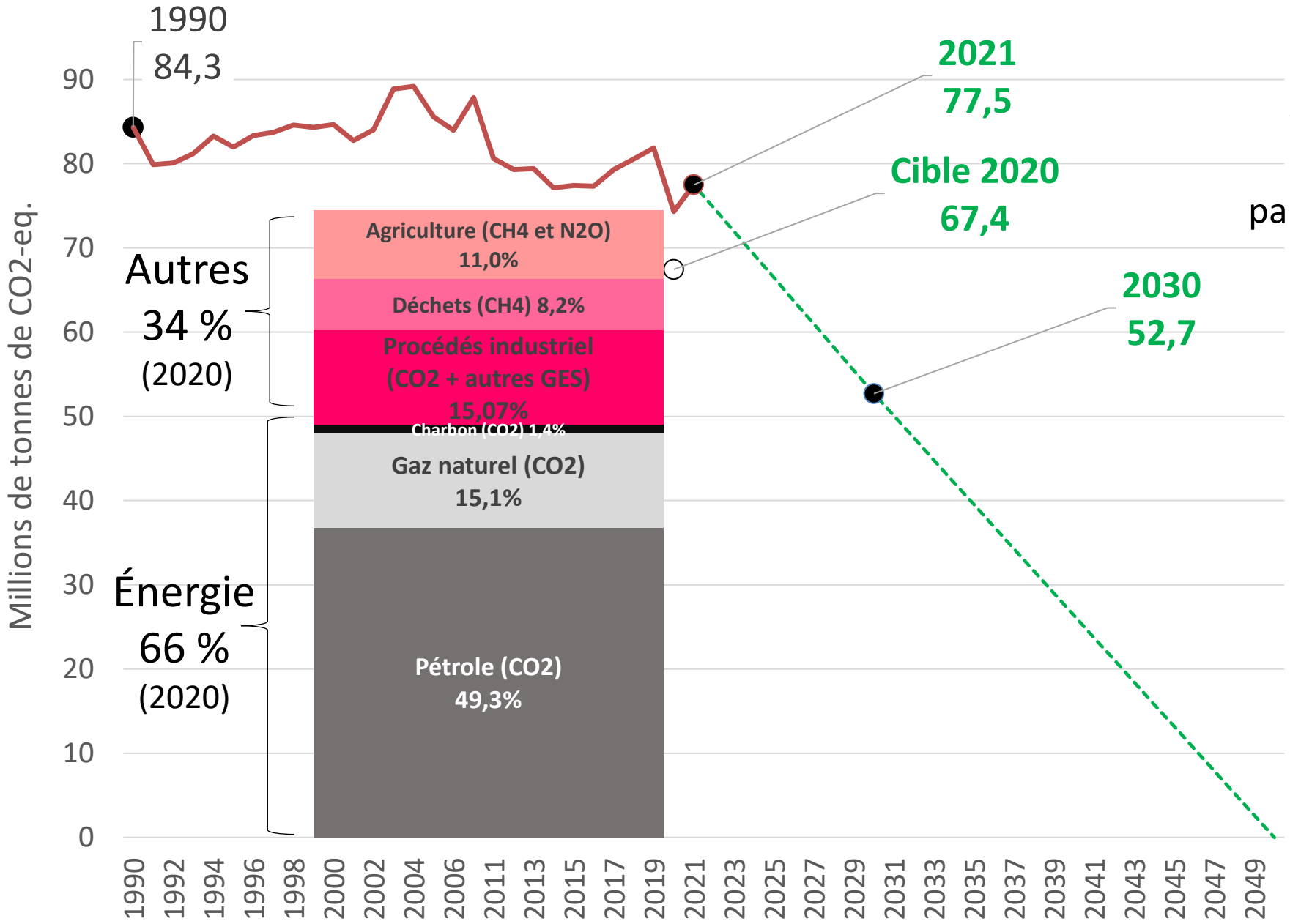
Pierre-Olivier Pineau

13 juin 2023 – 11.00 à 12.00

Webinaire de la Chaire de gestion du secteur de l'énergie

HEC Montréal

Émissions de GES au Québec – 1990-2021



2020: -11,9 %
2021: -8,1 %
par rapport à 1990

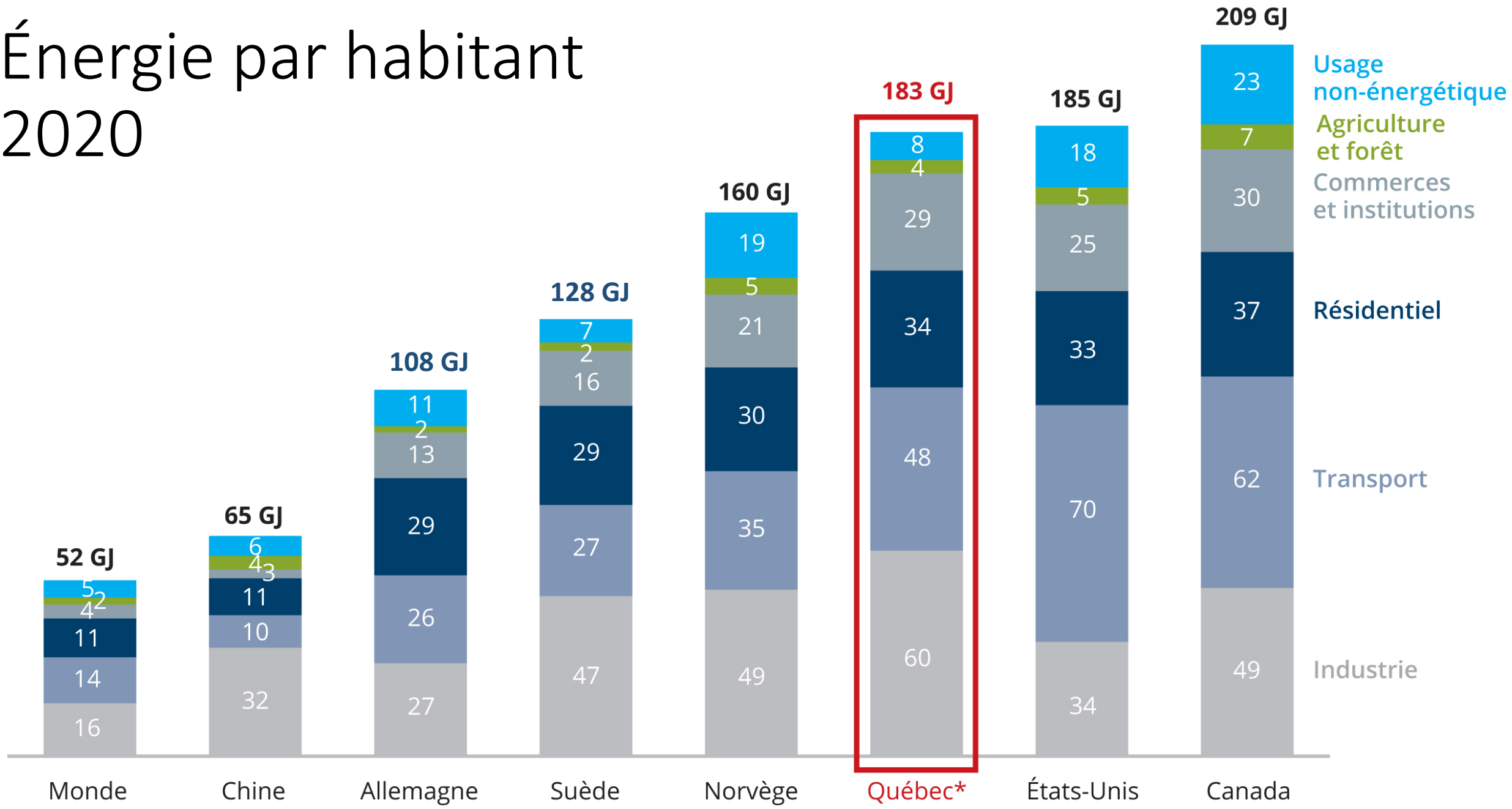
ECCC (2023)

Plan

1. Le Québec: un gros consommateur d’énergie et d’électricité
2. *Électrification* versus *efficacité & électrification*
3. Comment réaliser cette efficacité ?
4. Qui parle aussi de ça ?

1. Le Québec: un gros consommateur d’énergie et d’électricité

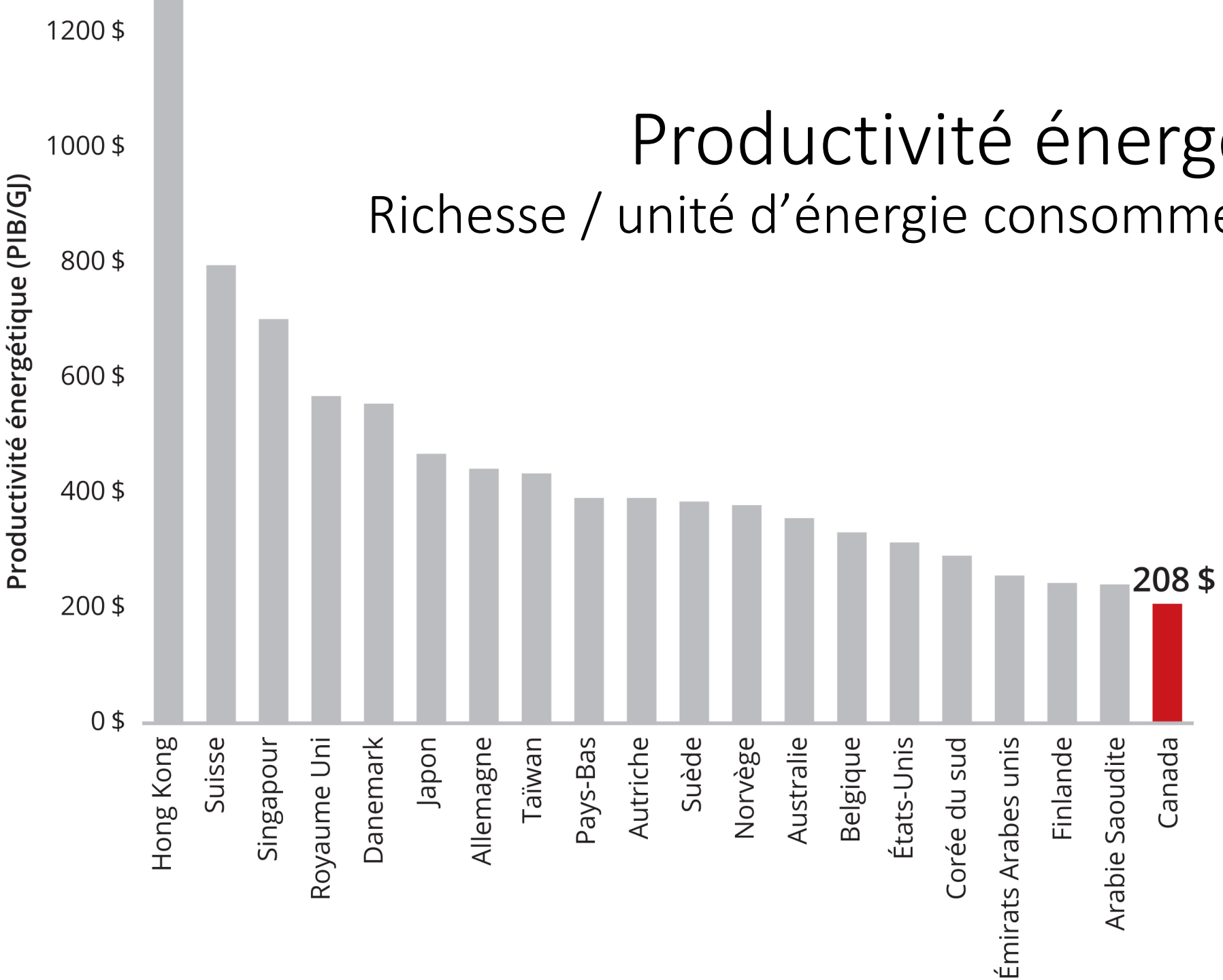
Énergie par habitant 2020



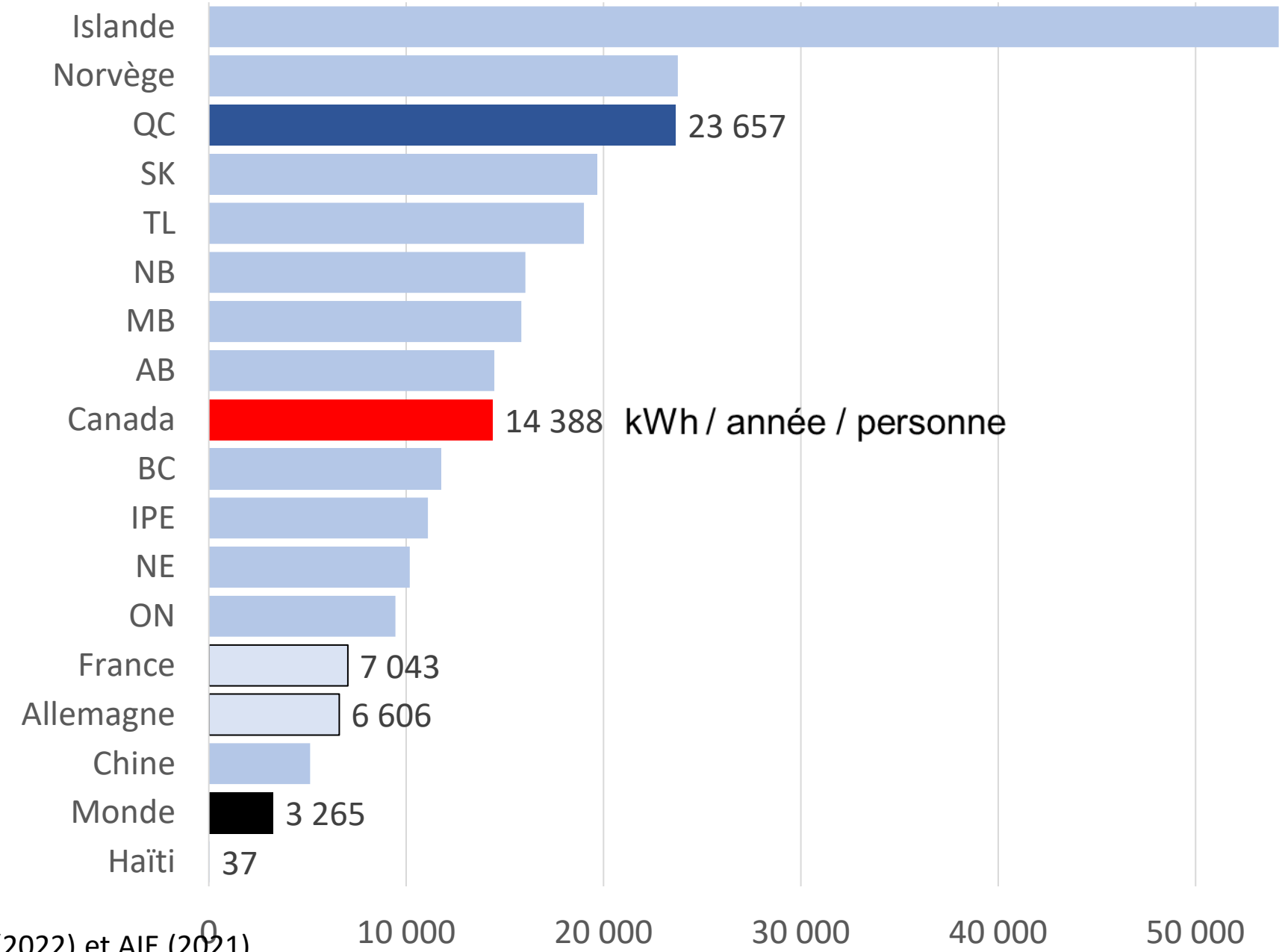
Productivité énergétique

Richesse / unité d'énergie consommée ($/GJ)

2020



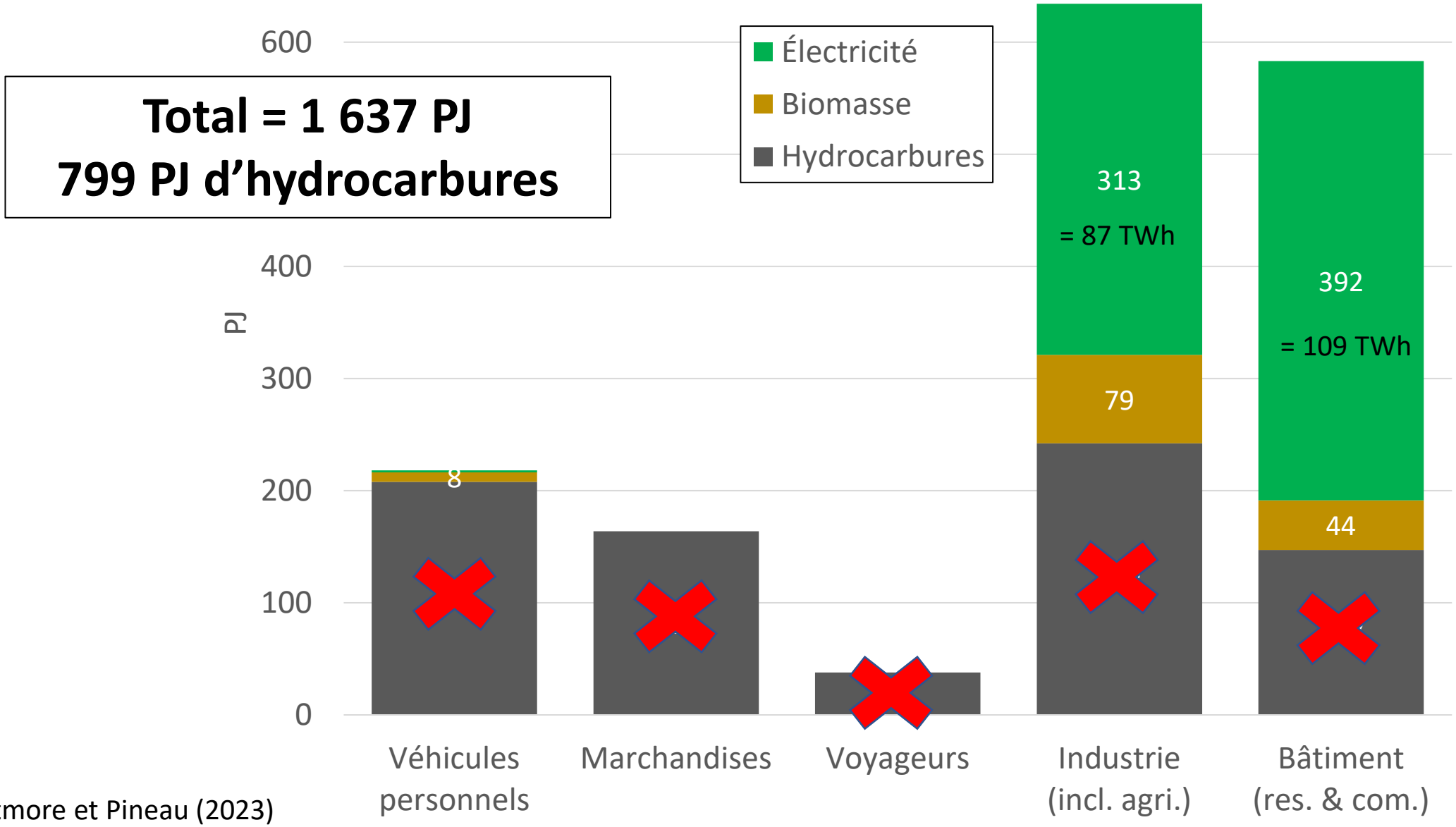
Consommation d'électricité (kWh/personne)



Statistique Canada (2022) et AIE (2021)

2. *Électrification* versus *efficacité & électrification*

Consommation d'énergie par secteur, Québec (2020)



Whitmore et Pineau (2023)

Gains énergétiques par l'électrification

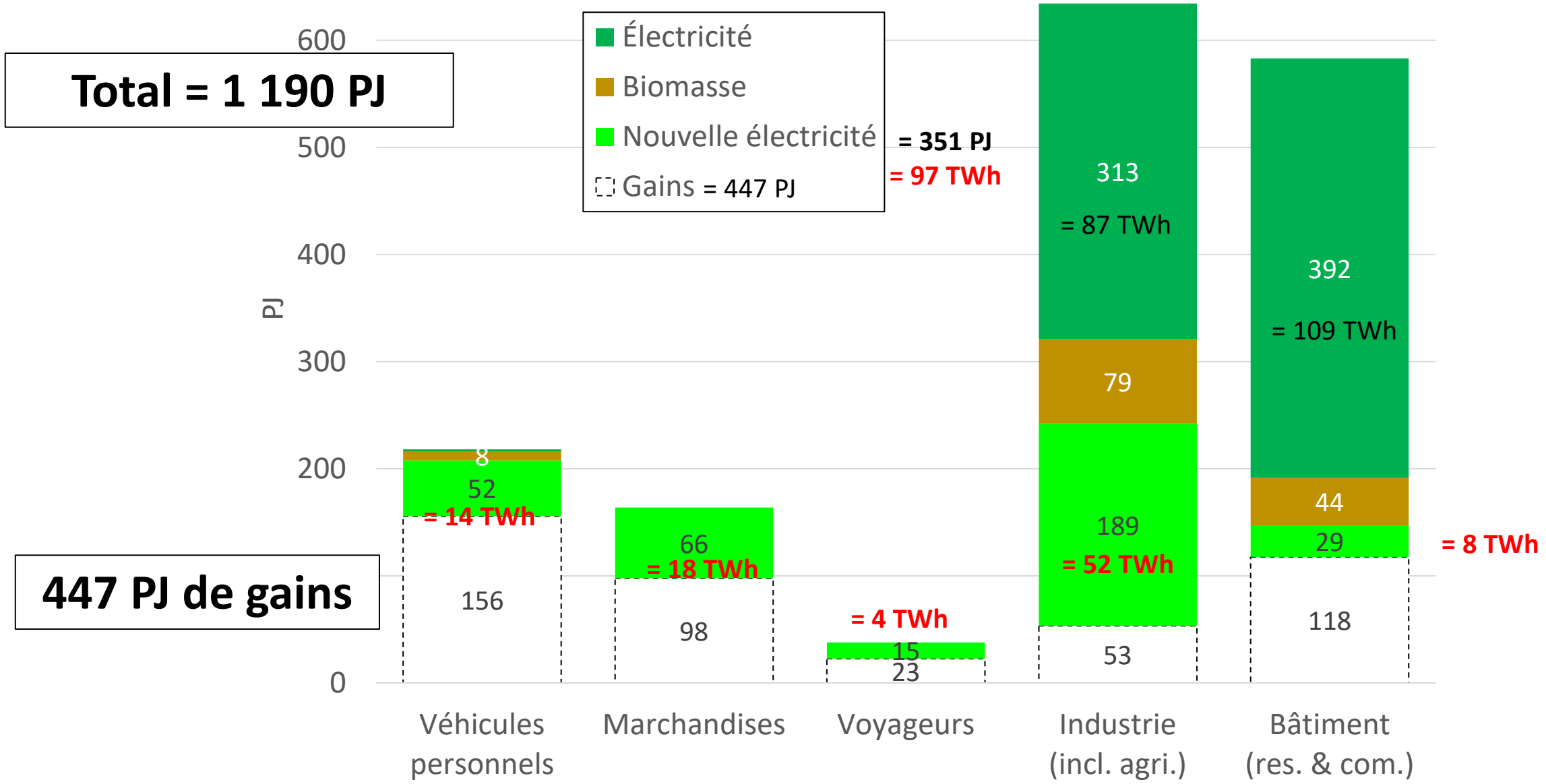
	Electricity-to-Fuel ratio
Véhicules personnels	*0,25*
Marchandises	*0,4*
Voyageurs	*0,4*
Industrie (incl. agri.)	*0,78*
Bâtiment (res. & com.)	*0,2*

Exemple:

1 PJ hydrocarbure => **0,25 PJ** électrique (véhicules électriques)

Jacobson (2022) *No Miracles Needed*

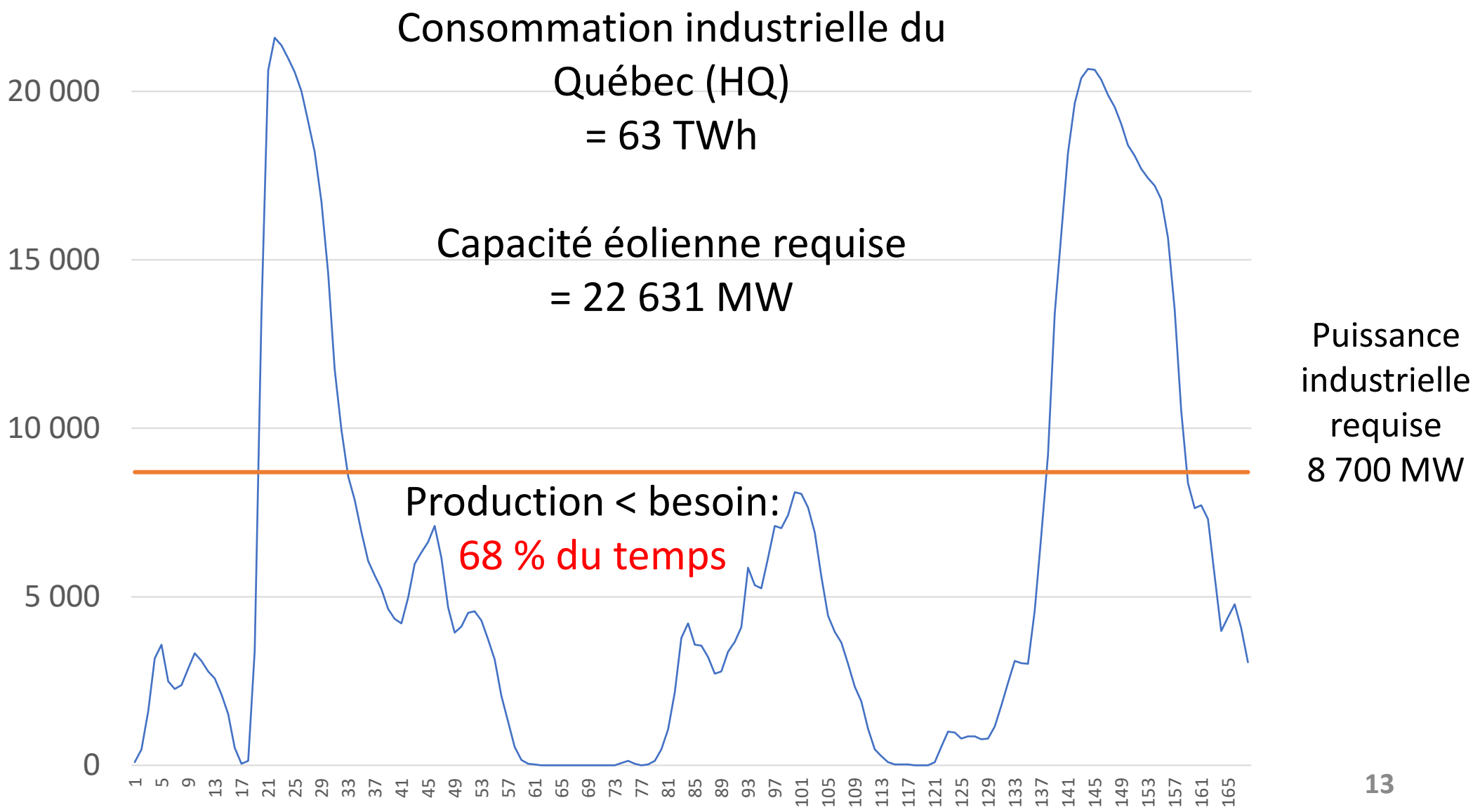
Consommation d'énergie par secteur, Québec (2020) après électrification

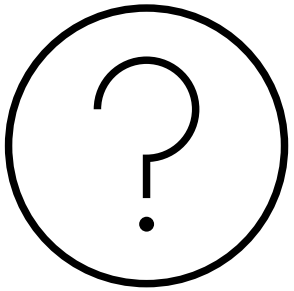


Impact électrique (énergie seulement)

2020	**Ajout dû à l'électrification**
Capacité installée	Capacité supplémentaire
≈ 45 000 MW	≈ **32 000 MW**
(FU 50%)	(FU 35%)
Énergie consommée	Énergie supplémentaire
≈ 200 TWh	≈ **100 TWh**
(700 PJ)	(350 PJ)

Défi: Production éolienne vs. Besoin industriel (1 semaine)



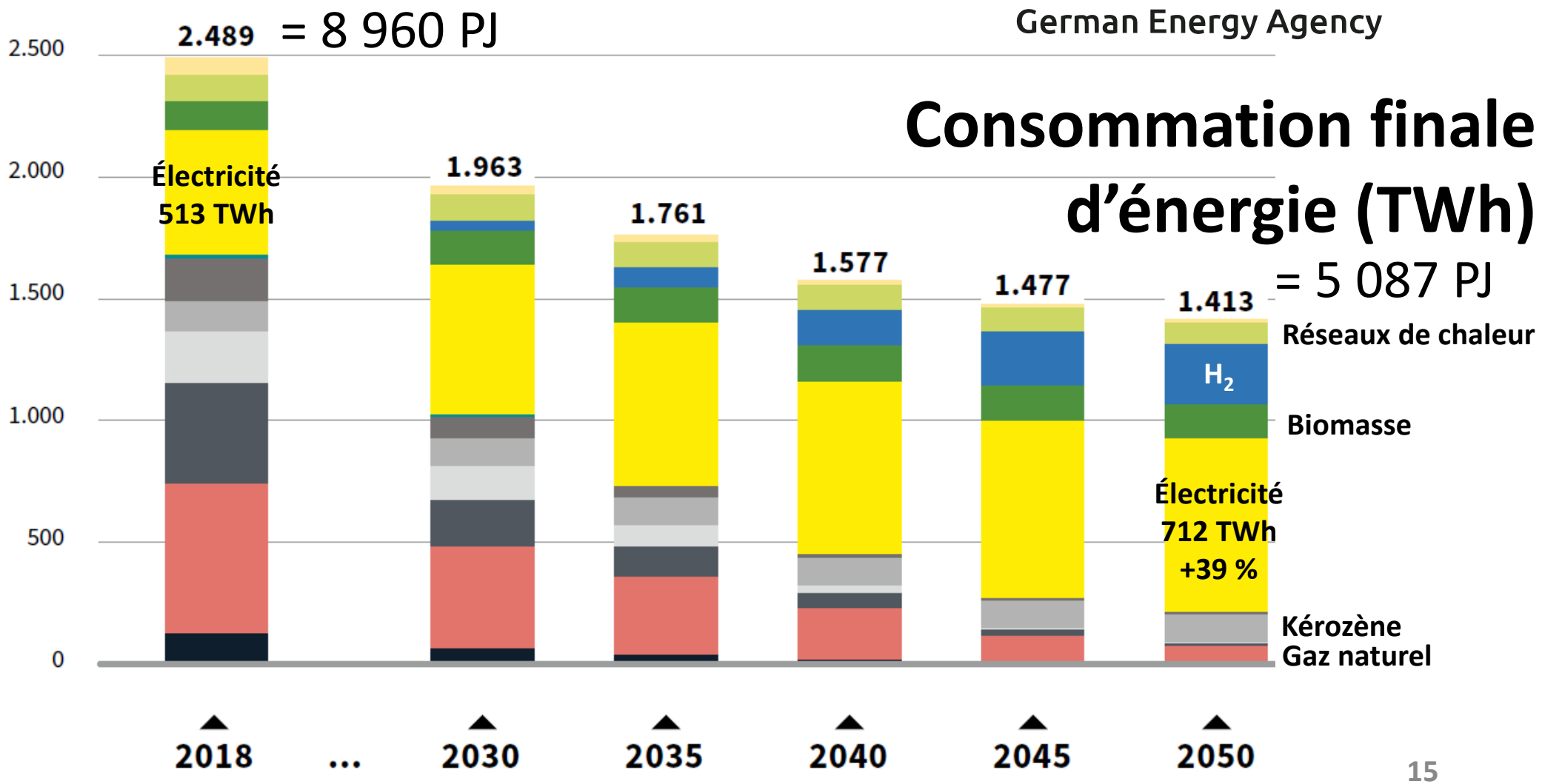


Peut-on imaginer autre chose que l’ajout de capacité de production ?

Cas de l'Allemagne [Pop. 83 M]

dena
German Energy Agency

Consommation finale d'énergie (TWh)



Dena (2021)

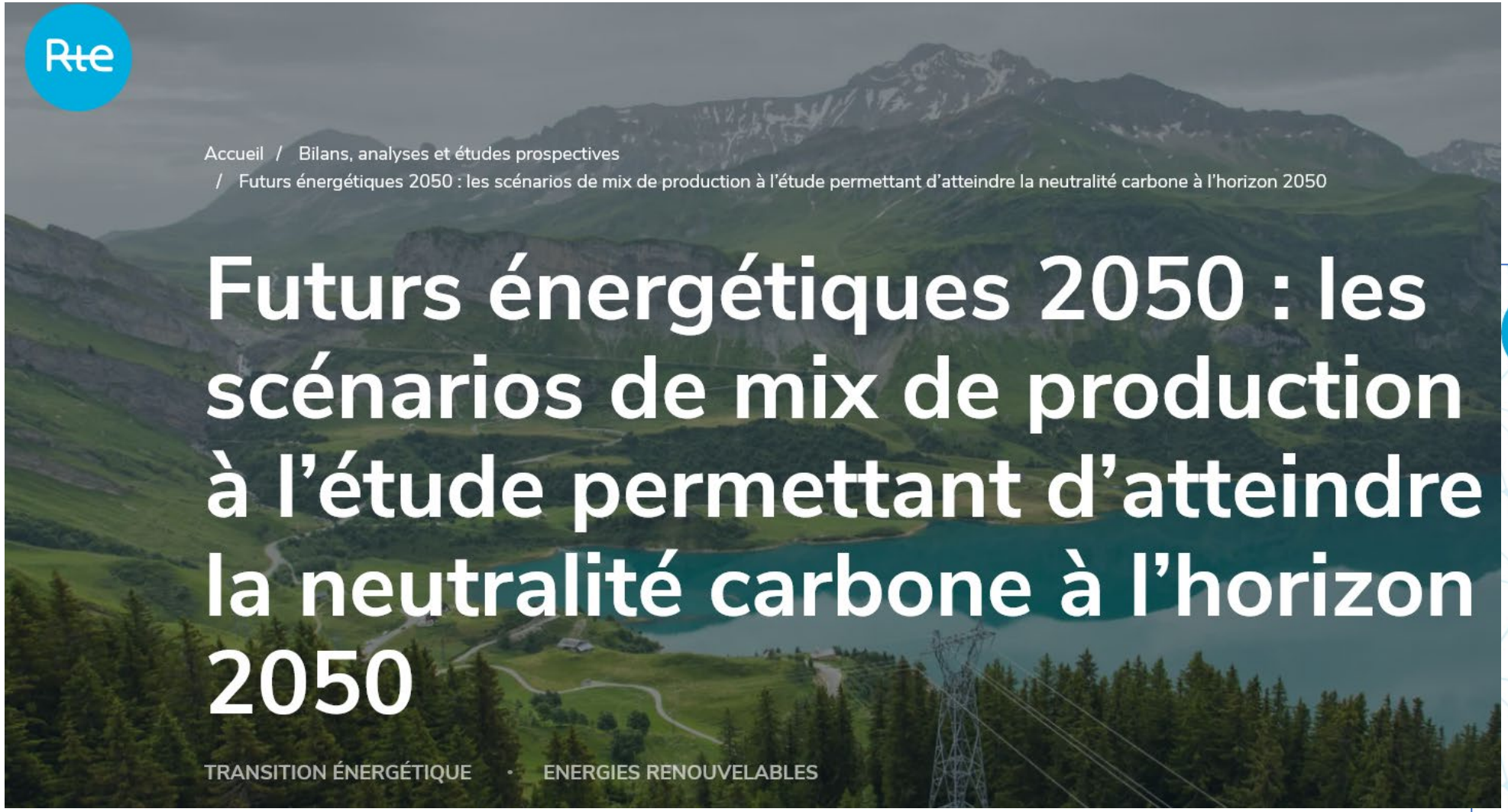
Cas de l'Allemagne

Consommation d'énergie par secteur (TWh)

	2018	2045	
Bâtiment	1 005	571	-43%
Industrie	722	578	-20%
Transport	762	328	-57%

Dena (2021)

Cas de la France [Pop. 67 M]



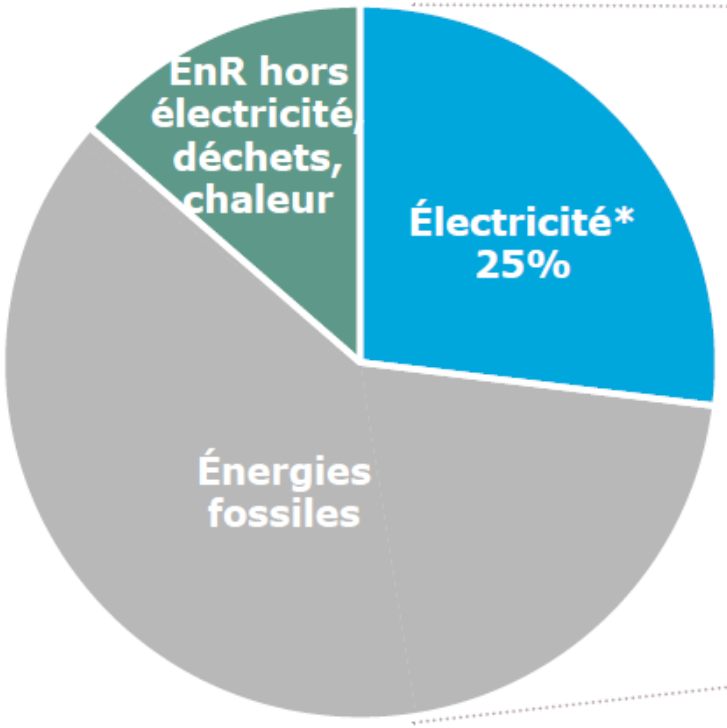
RTE = réseau de transport d'électricité français

RTE (2022)

Consommation d'énergie finale en France 2020 et 2050 (Stratégie nationale bas-carbone)

Aujourd'hui

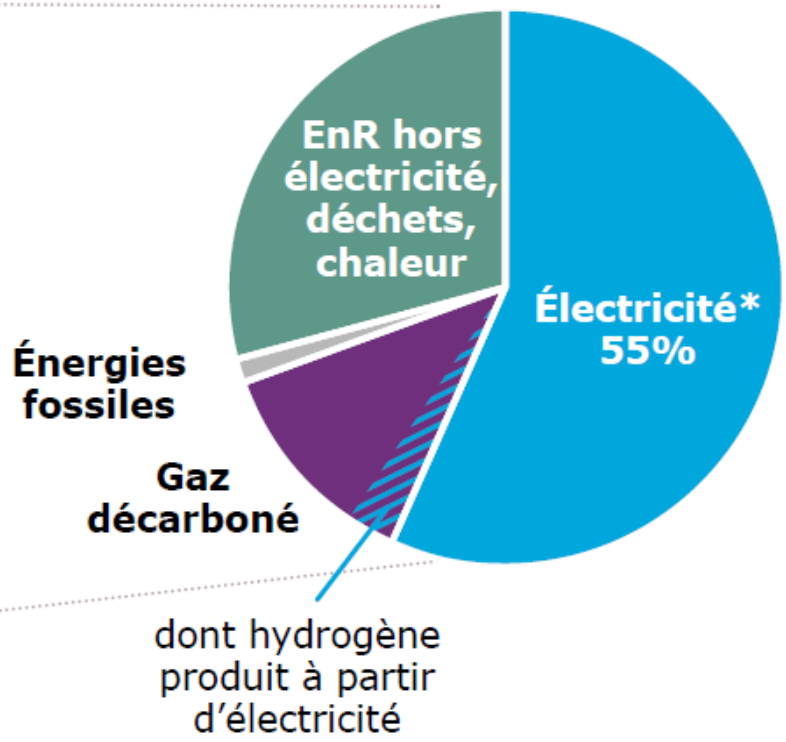
1 600 TWh = 5 760 PJ
d'énergie consommée



-40 %

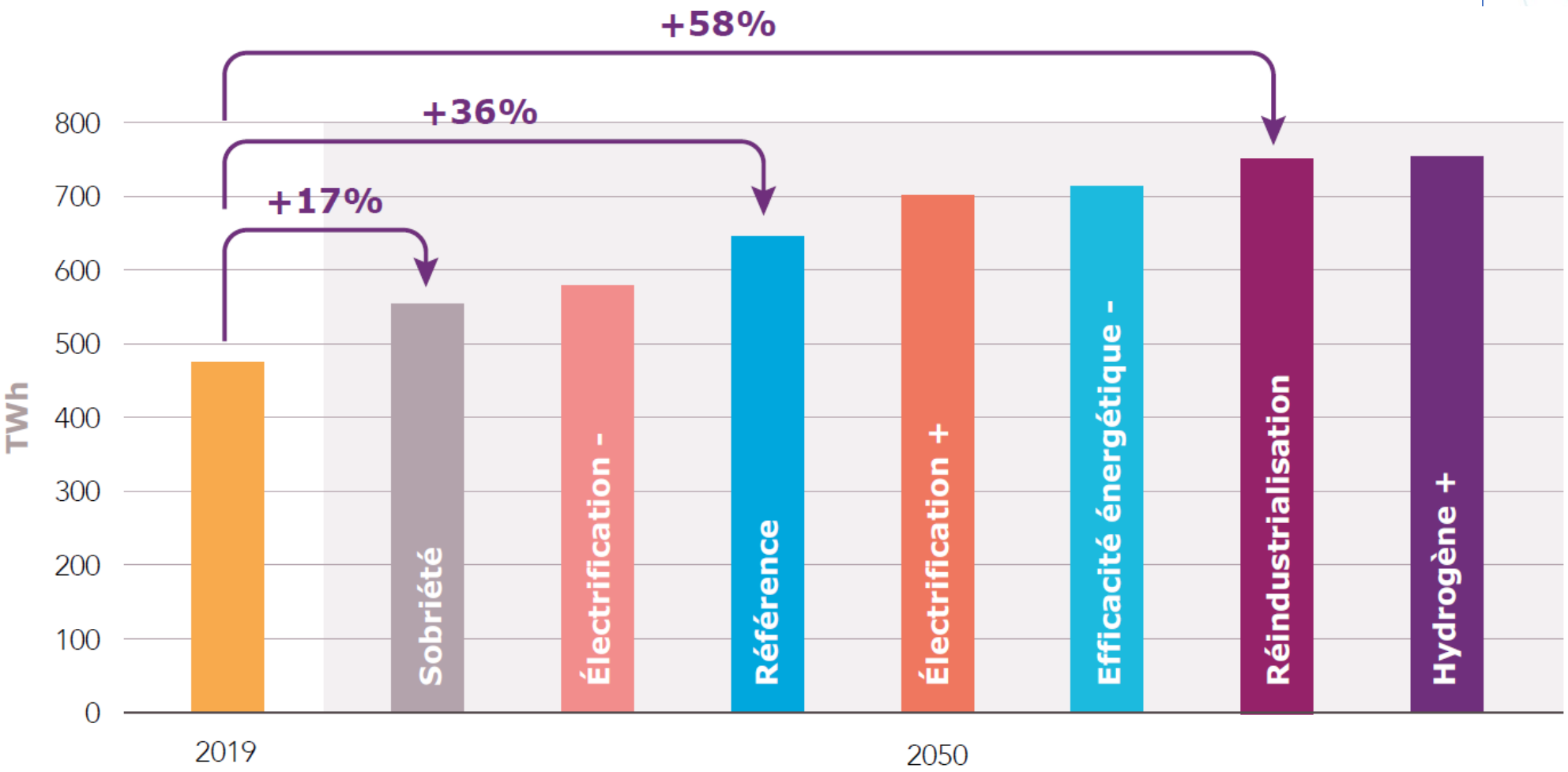
2050

930 TWh = 3 348 PJ
d'énergie consommée



RTE (2022)

Cas de la France: Trajectoires de consommation électrique



RTE (2022)

Cas de la France

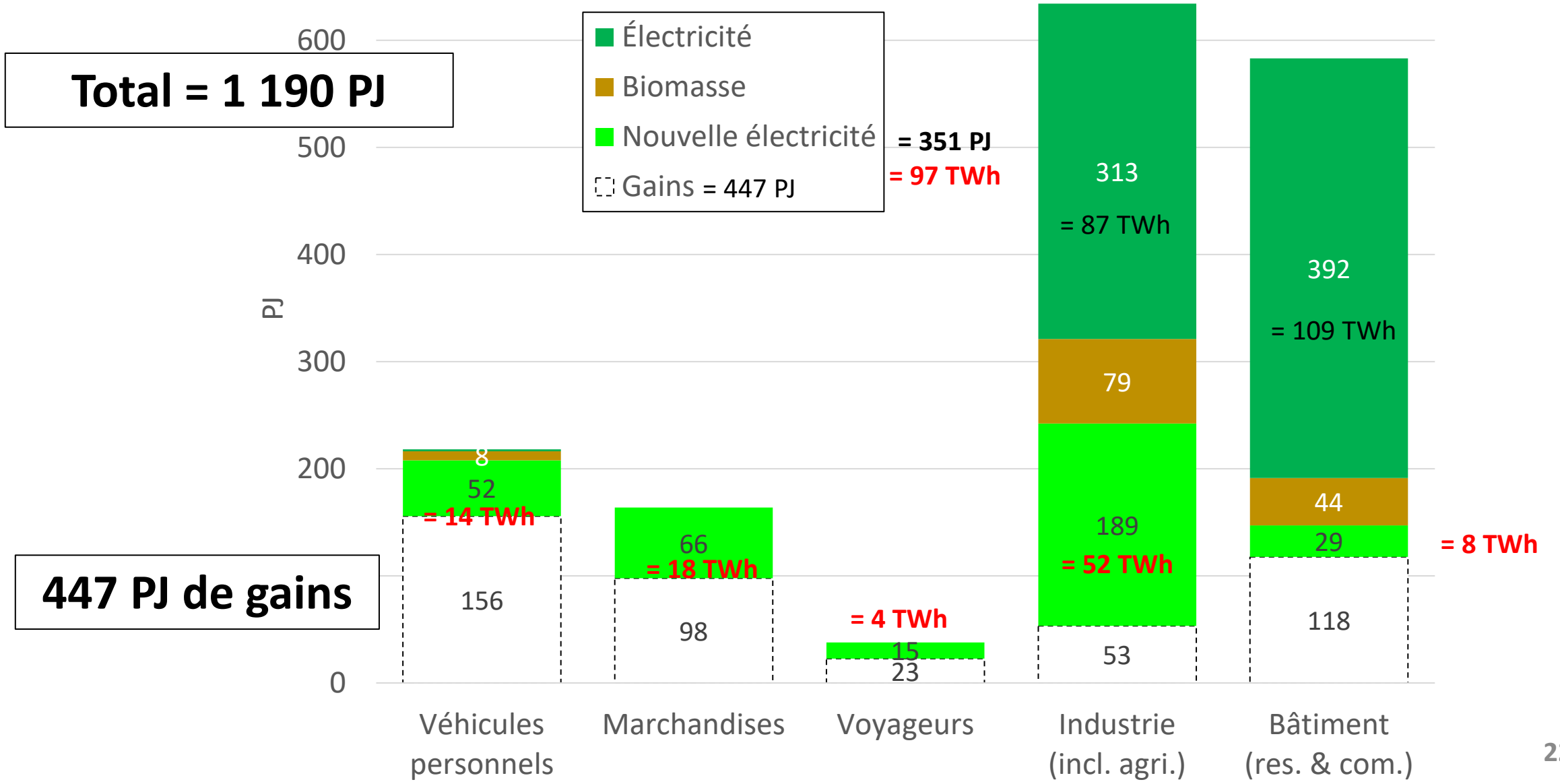
Variante efficacité énergétique moindre		2019	2030	2040	2050
Consommation	Consommation intérieure d'électricité	475 TWh	527 TWh *(508 TWh)*	610 TWh *(567 TWh)*	714 TWh *(645 TWh)*
Efficacité énergétique	Rénovations dans le résidentiel *(moyenne sur dix ans)*	400000 par an	470000 *(680000 par an)*	680000 *(830000 par an)*	700000 *(830000 par an)*
	Gains d'une rénovation dans le résidentiel *(moyenne sur dix ans)*	30%	45% *(50%)*	45% *(50%)*	40% *(40%)*
	Pompes à chaleur dans les logements existants *(moyenne sur dix ans)*	+40000 par an	+180000 par an *(+270000 par an)*	+220000 par an *(+330000 par an)*	+230000 par an *(+350000 par an)*
	Rénovations dans le tertiaire *(moyenne sur dix ans)*	1,5% du parc par an	1,8% du parc par an *(2% du parc par an)*	2% du parc par an *(2,5% du parc par an)*	2% du parc par an *(2,5% du parc par an)*
	Gains d'une rénovation dans le tertiaire *(moyenne sur dix ans)*	15%	20% *(25%)*	30% *(40%)*	30% *(50%)*
	Consommation kilométrique des véhicules légers	18,6 kWh/ 100 km	17,4 kWh/ 100 km *(17,1 kWh/100 km)*	16,3 kWh/ 100 km *(15,6 kWh/100 km)*	15,2 kWh/ 100 km *(14,1 kWh/100 km)*
	Taux d'atteinte des gisements d'efficacité énergétique	-	20% *(30%)*	40% *(50%)*	50% *(70%)*

RTE (2022)

Gains énergétiques par l'efficacité pour l'analyse d'aujourd'hui

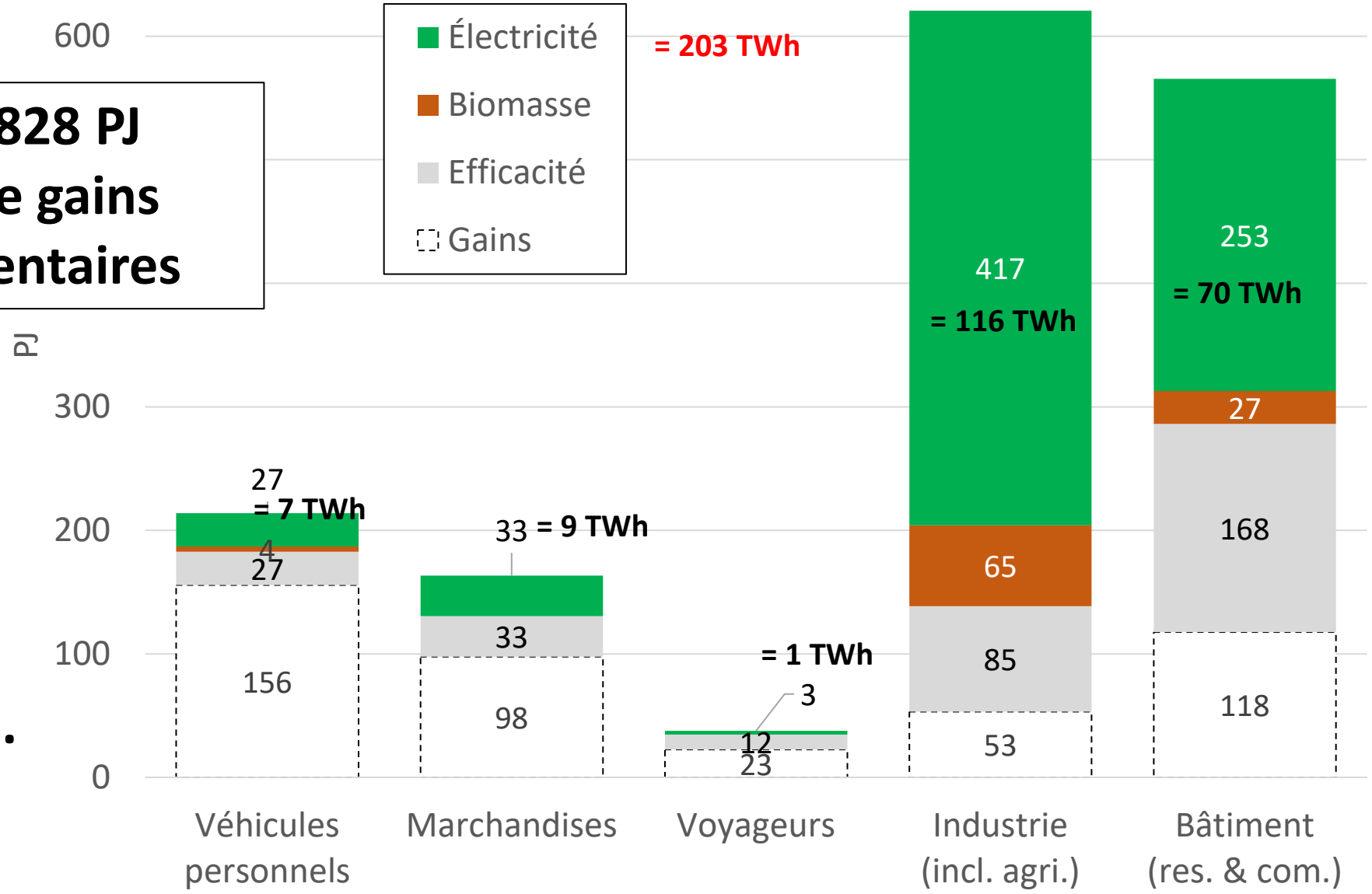
	Réduction réalisable
Véhicules personnels	-50%
Marchandises	-50%
Voyageurs	-80%
Industrie (incl. agri.)	-17%
Bâtiments (res. & com.)	-40%

Consommation d'énergie par secteur, Québec (2020) après électrification



Consommation d'énergie par secteur, Québec (2020) après efficacité énergétique

Total = 828 PJ
326 PJ de gains supplémentaires



96 GJ/hab.

Impact électrique

2020	**Électrification + Efficacité énergétique**
Capacité installée ≈ 45 000 MW (FU 50%)	
Énergie consommée ≈ 200 TWh (700 PJ)	Énergie *totale* requise ≈ **203 TWh** (732 PJ)

3. Comment réaliser cette efficacité ?

(Revenir à la base)

Intensité énergétique par mode de transport des personnes

Mode de transport	Consommation d'énergie (MJ/pkm)
Bicyclette	0,105
Métro	0,1584
Marche	0,218
Train (moyenne OCDE)	0,25
Autobus électrique	0,29
Voiture électrique	0,67
Autobus (moyenne OCDE)	0,7
Avion (vol international)	1,1
Petite voiture (essence)	1,3
Véhicule automobile (moyenne OCDE)	1,9
Avion (vol domestique)	2,45
Autobus (États-Unis)	2,99

-86 %

Pineau (2023)

Intensité énergétique de différents modes de transport de marchandise

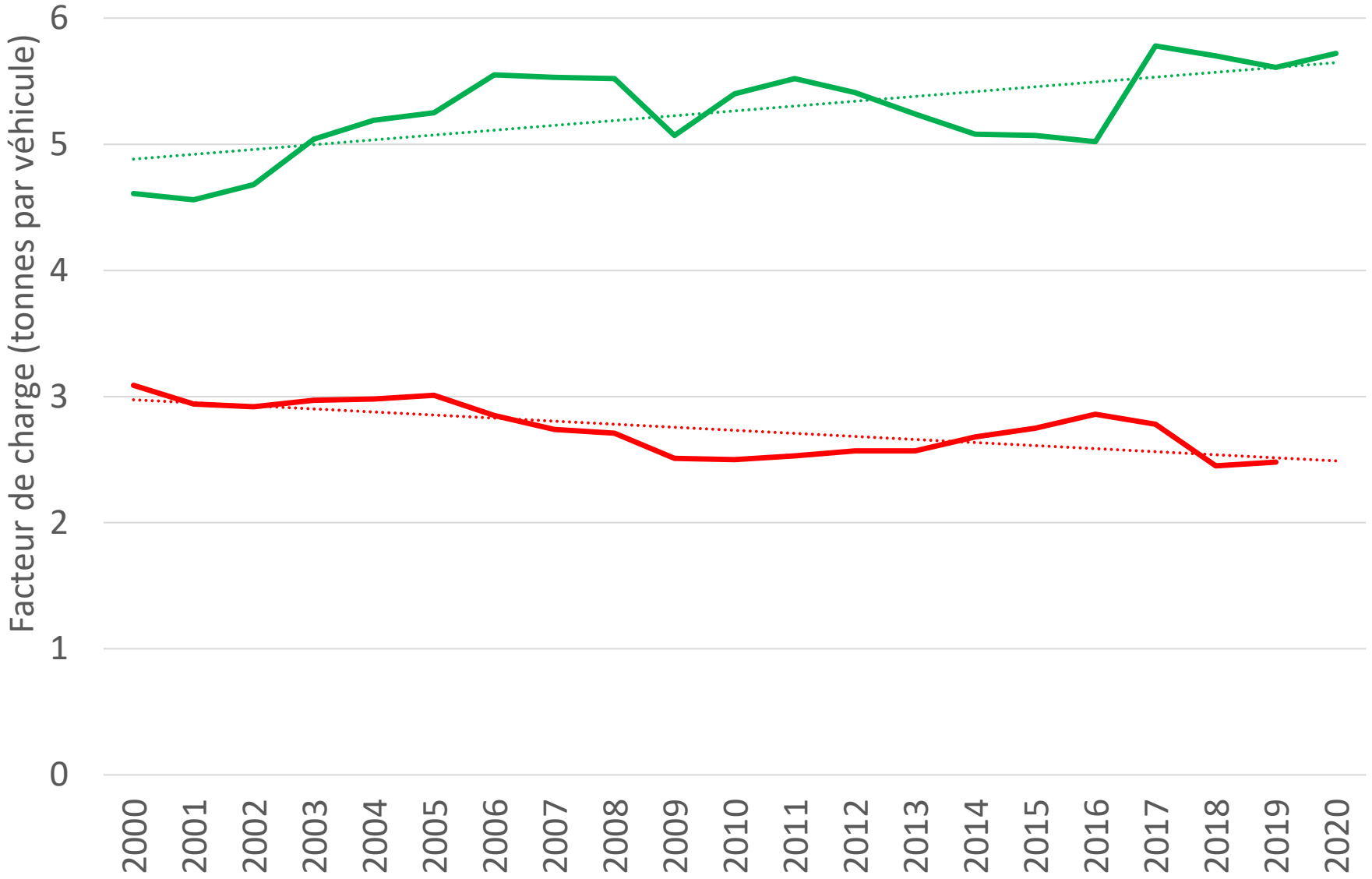
Données de 26 pays en 2019
MJ par tonne-km

	Camion	Train	Bateau
Min	*0,51*	*0,11*	*0,04*
Canada		0,20	0,38
Moyenne	**2,43**	**0,29**	**0,61**
Canada	2,66		
Max	*4,23*	*0,64*	*1,48*

-88 % **-75 %**

IEA (2022)

Transport routier des marchandises: Évolution du facteur de charge (2000-2020)

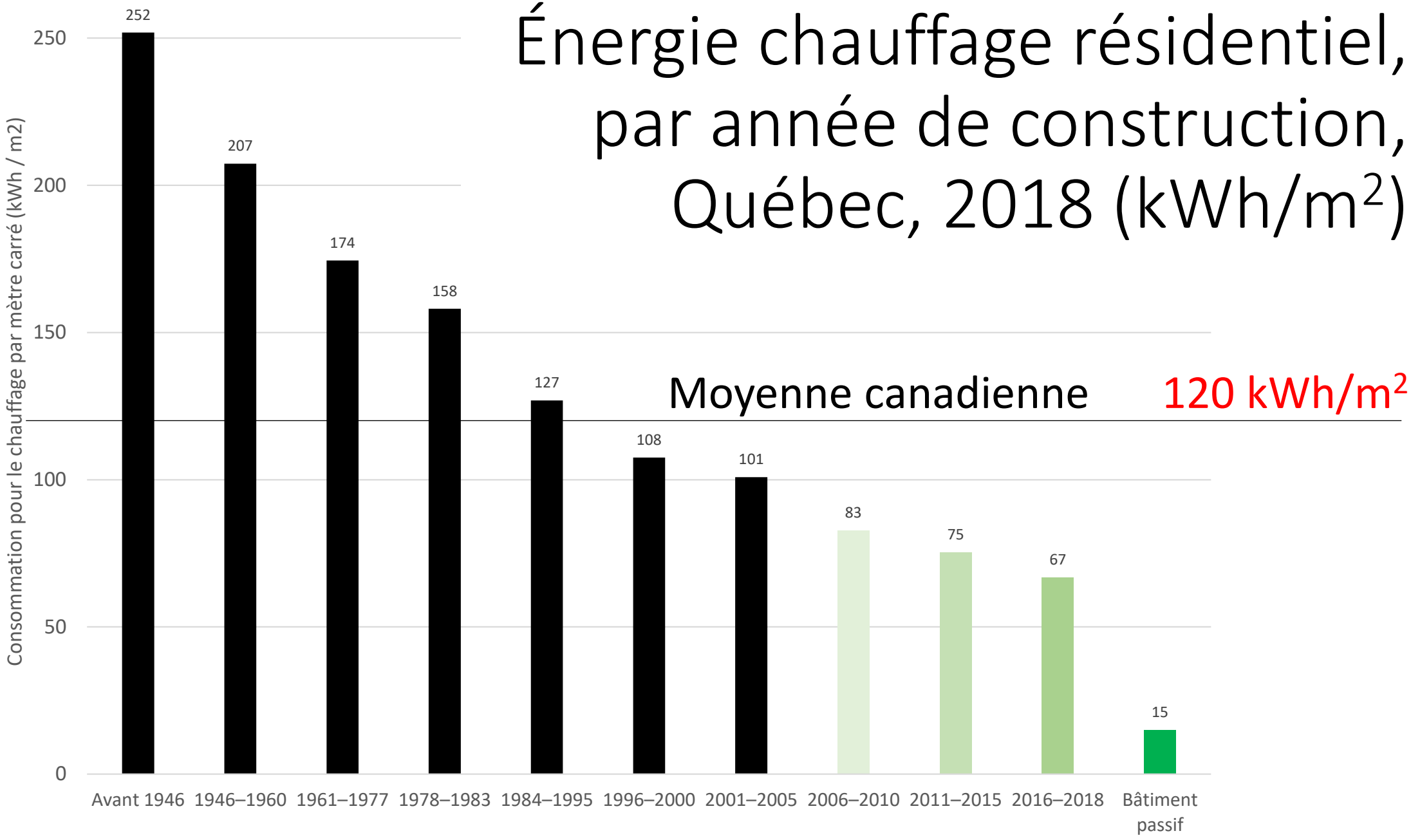


Allemagne
+22 %

Canada
-20 %

IEA (2022)

Énergie chauffage résidentiel, par année de construction, Québec, 2018 (kWh/m²)



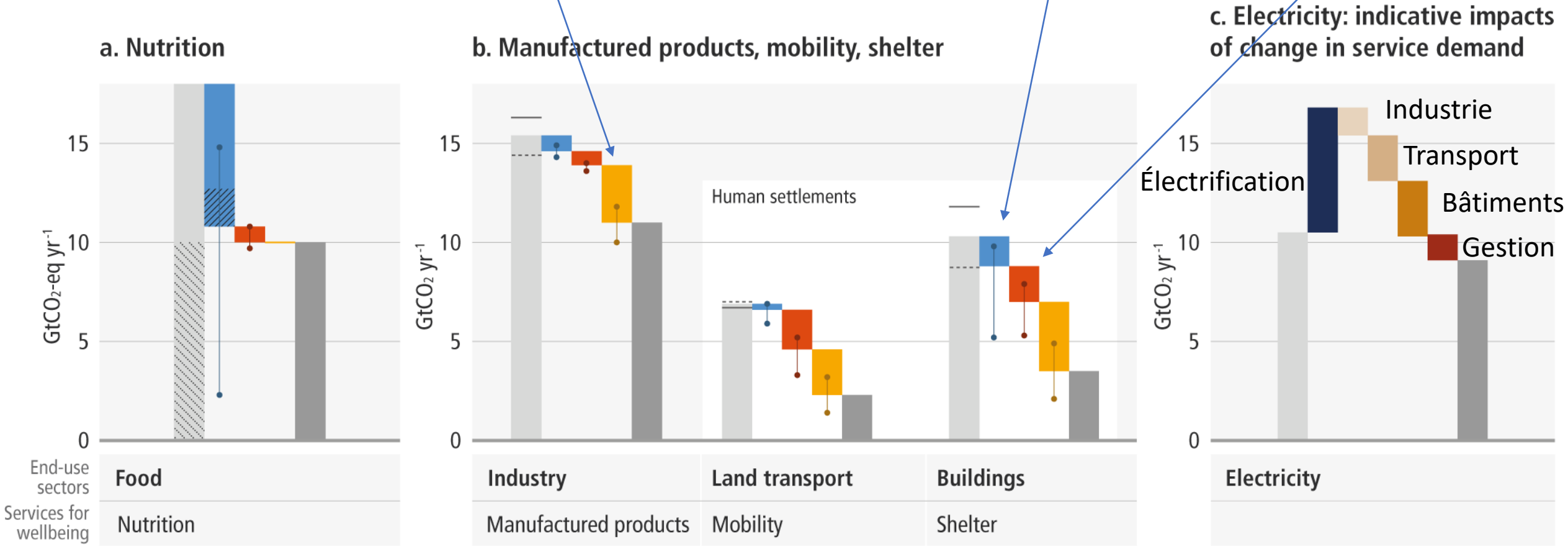
RNCan (2021)

4. Qui parle aussi de ça ?

(Pas juste Pineau)

Le GIEC !

Demand-side mitigation can be achieved through changes in socio-cultural factors, infrastructure design and use, and end-use technology adoption by 2050.



IPCC Sixth Assessment Report (2022)

Normand Mousseau

« modifier substantiellement les habitudes des citoyens et des entreprises »

« Les mesures structurantes doivent être élaborées et déployées de manière large […] [pour pérenniser] les changements de comportement.»

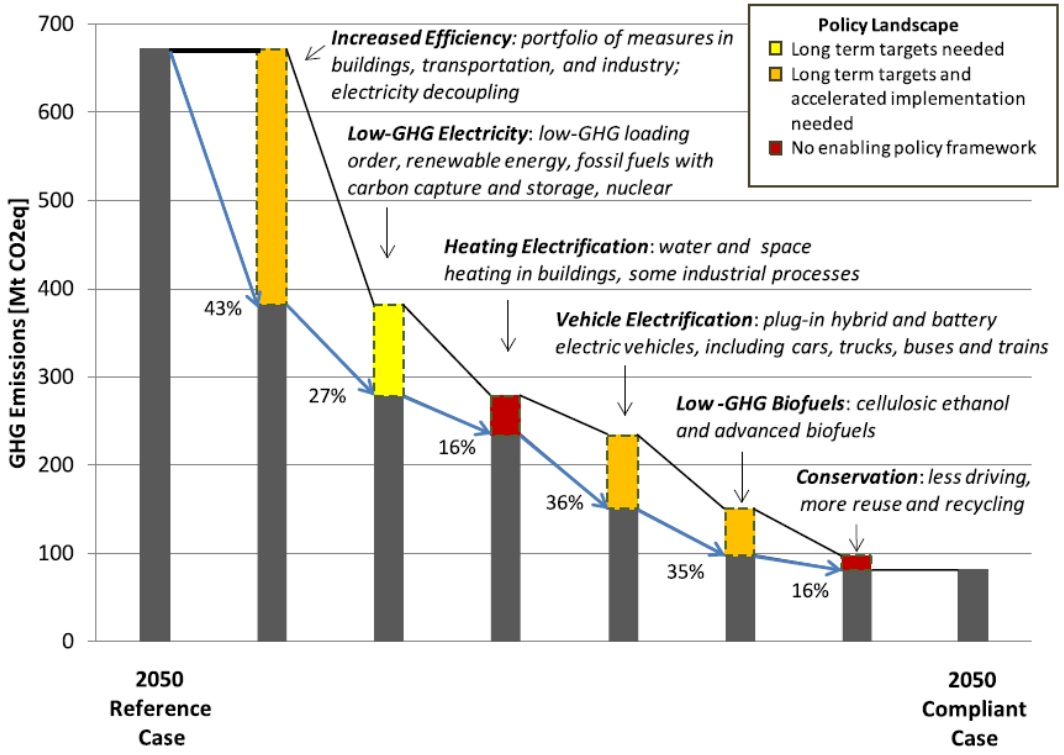
Mousseau (2023) dans *L'État du Québec* (p. 64-70)

Le ministère des transports du Québec !

- **Réduire** les besoins de déplacements (aménagement du territoire, logistique optimisée, etc.)
- **Transférer** vers des modes de transport moins énergivores
- **Améliorer** les véhicules

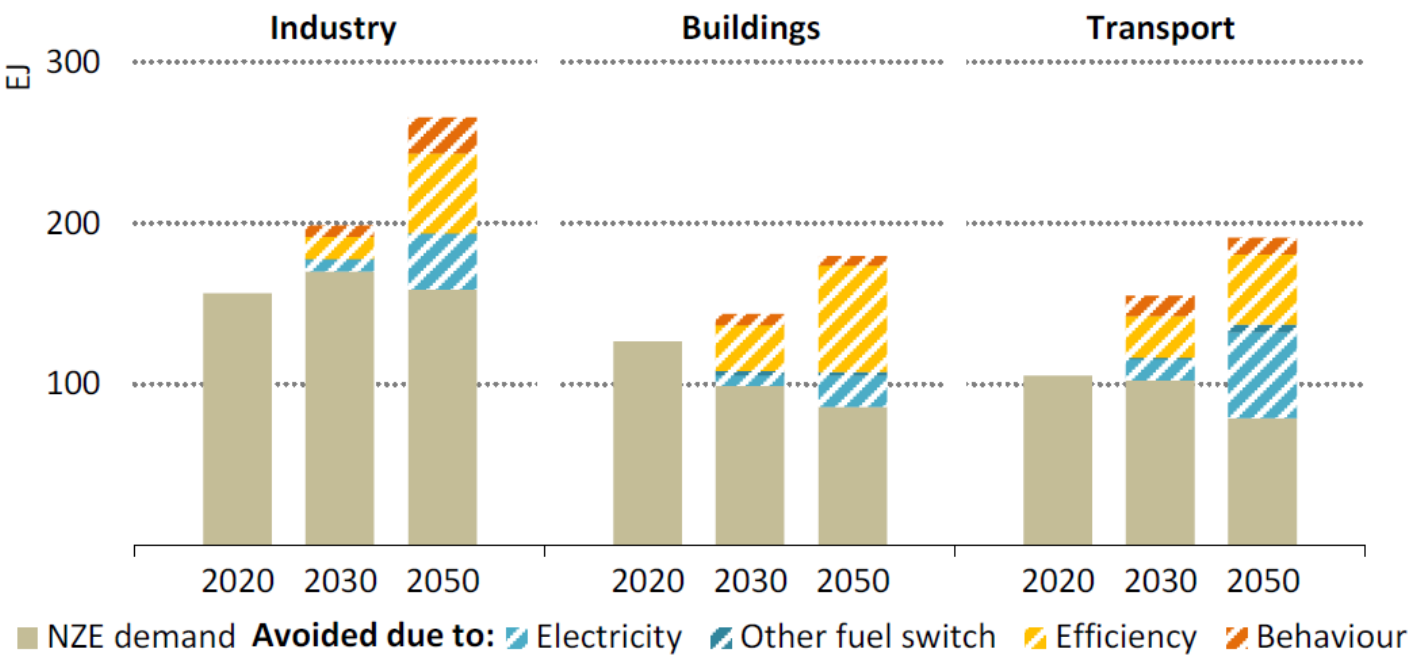
Des Californiens et l'Agence international de l'énergie !

Californie



Wei et al. (2013)

Monde

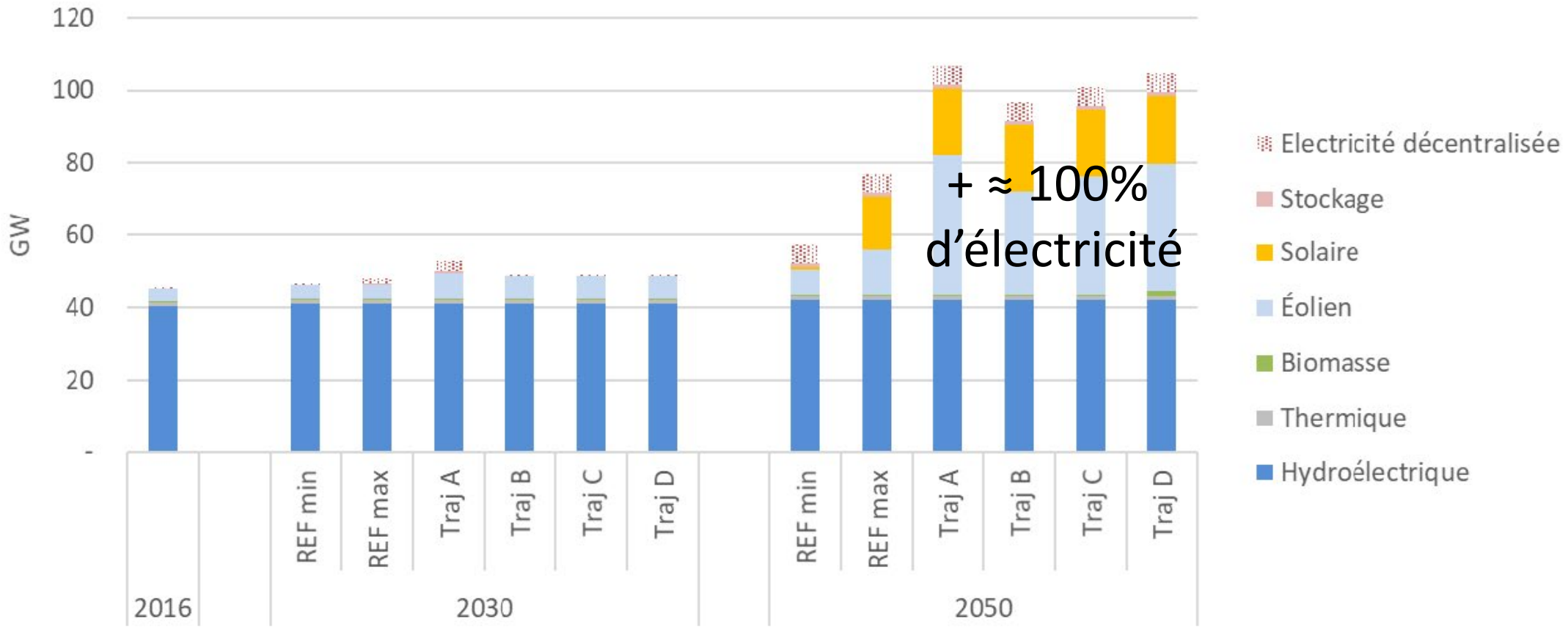


IEA (2021)

Pas Dunsky et ESMIA !

Total 2016 ≈ Total 2050 ≈ 1 600 PJ

Capacité installée pour la production d'électricité au Québec



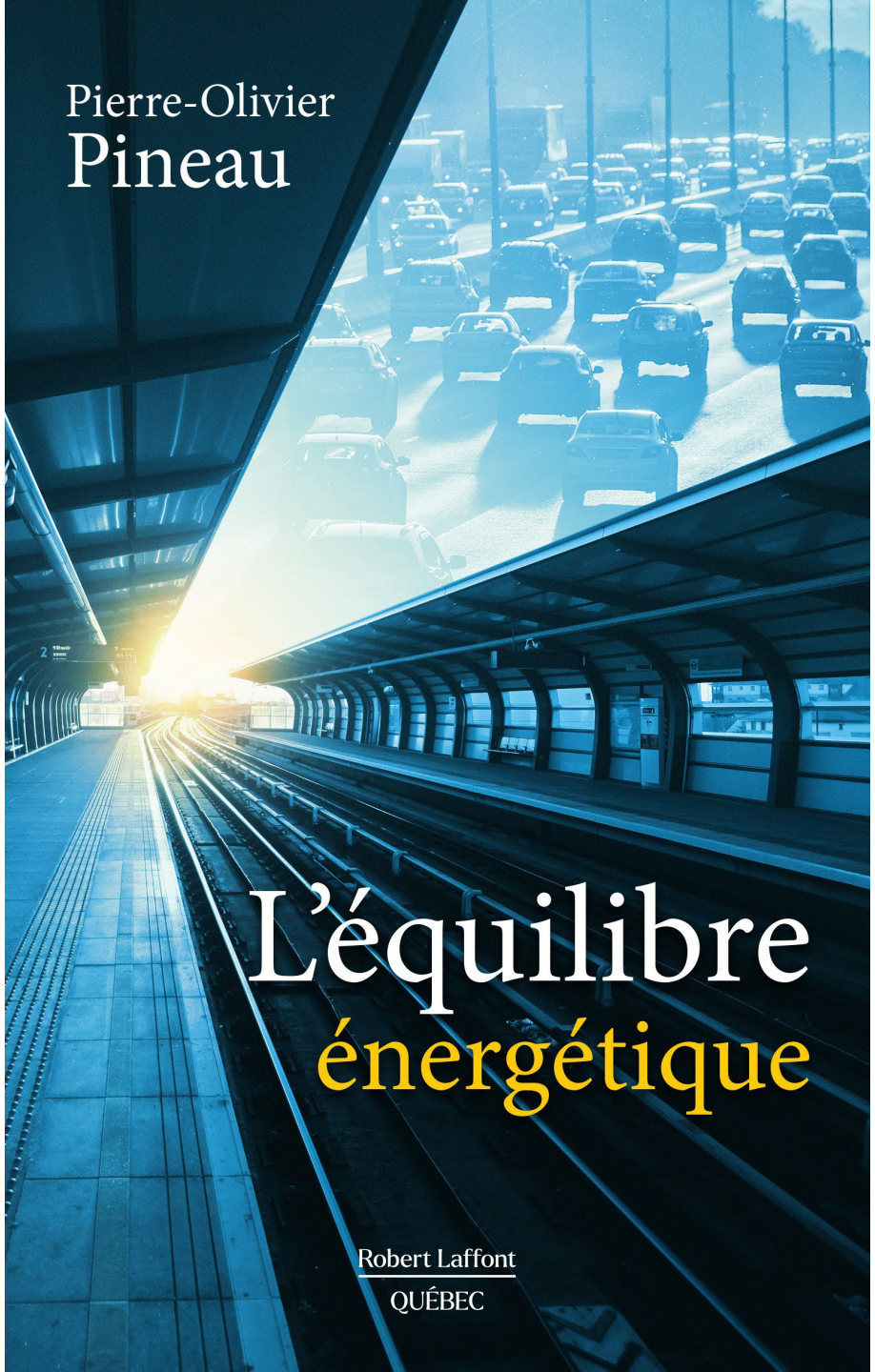
Dunsky et ESMIA (2021)

Conclusion

Nous avons le choix:

1. Le Québec peut consolider sa place dans le trio de tête des plus gros consommateurs d'électricité au monde, de 23 000 kWh à > 30 000 kWh par an par personne.
2. Le Québec peut devenir efficace et se réorganiser pour consommer moins d'énergie.

Toutes les options entre 1 et 2 sont ouvertes. Mais pourquoi ne parle-t-on essentiellement que de 1 ?


Pierre-Olivier
Pineau
L'équilibre
énergétique
Robert Laffont
QUÉBEC

Chaire de gestion
du secteur de l'énergie
HEC MONTRÉAL

Internet **energie.hec.ca**
LinkedIn **Chaire énergie-HEC Montréal**
Courriel **energie@hec.ca**

MERCI !

Partenaires de la Chaire de gestion du secteur de l'énergie:

BORALEX
ENBRIDGE
energir
Evolugen
GREENFIELD GLOBAL
Hydro Québec
Québec
Schneider Electric
Valero
wsp