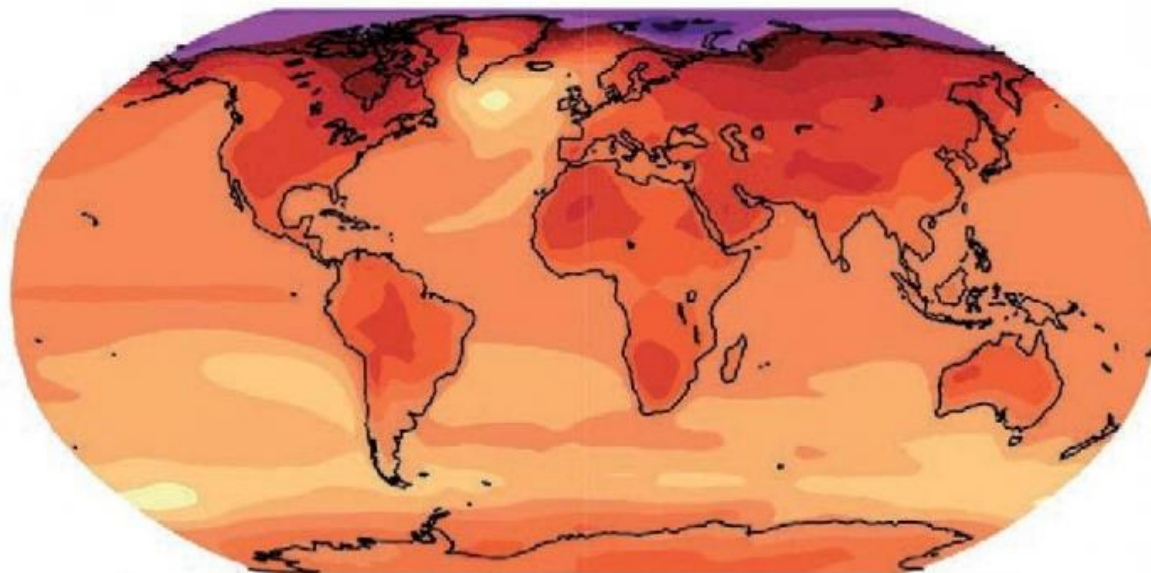


Les besoins en énergie propre, dans le contexte de l'urgence climatique

Luc Gagnon, M. Sc., Ph.D.

- Spécialiste en analyses de cycle de vie (ACV)
- 2013 à 2018: Chargé de cours, École de technologie supérieure
- 1992 à 2011 : Conseiller principal Changement climatique, Hydro-Québec
- Réviseur-expert du Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat
- 2023: Publication du livre *DOOMED UNLESS, How Climate Change and Political Correctness will Destroy Modern Civilization*

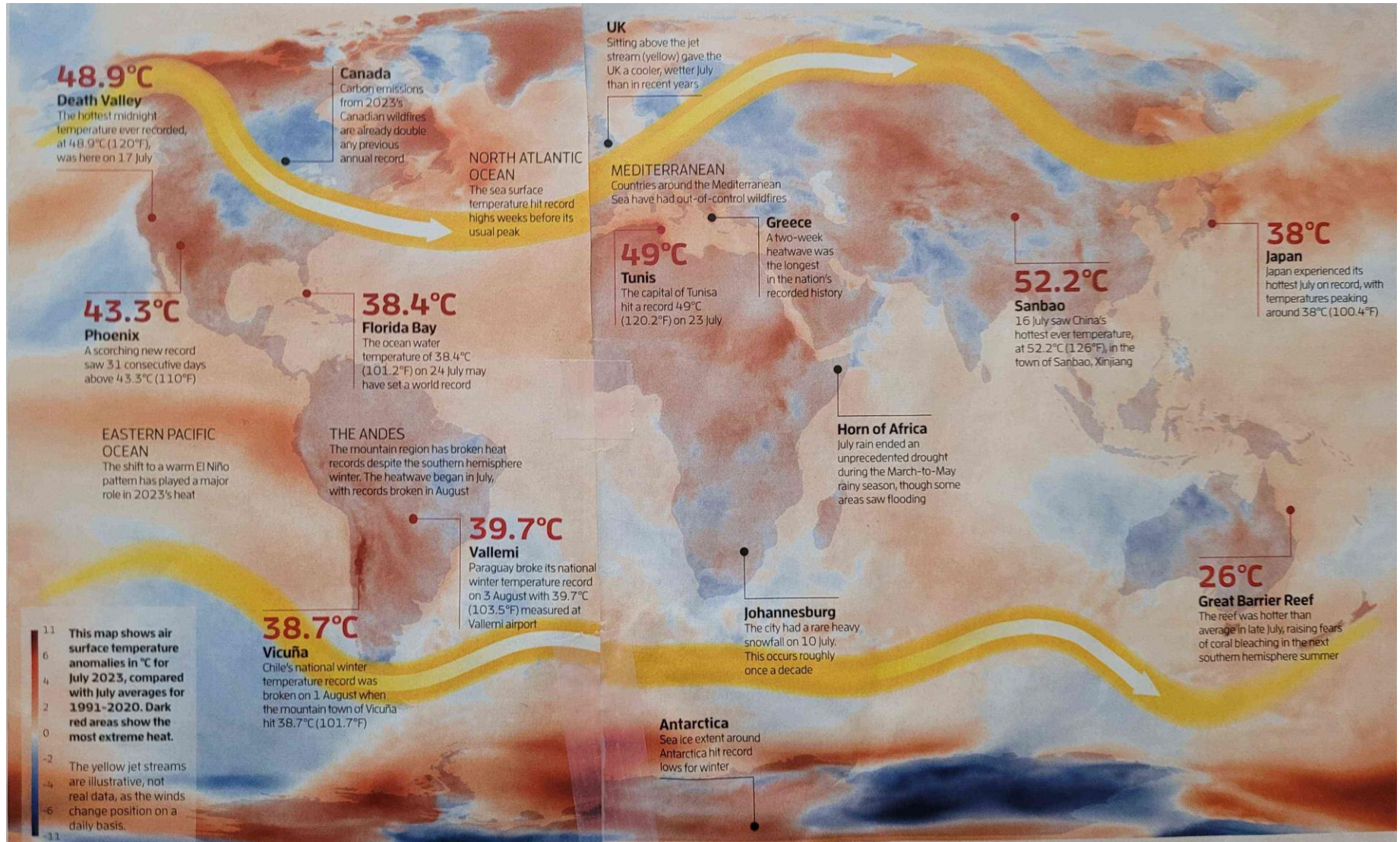


2023-10-22



2023 : records de températures, sécheresses, feux de forêts, tempêtes et inondations

What on Earth is going on? New Scientist, 19 August 2023



Est-ce que les institutions internationales sous-estiment les impacts climatiques ?

Explication : la *rectitude politique* ?

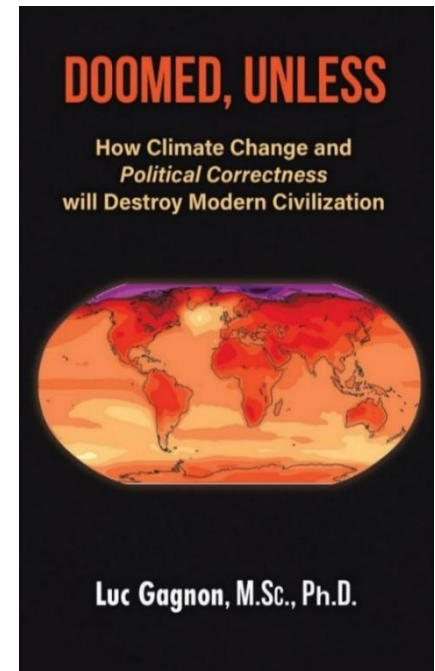
Processus social, où les gens doivent s'assurer que personne n'est offensé.

Inacceptable de dire qu'un groupe crée un problème ou qu'un mode de vie consomme beaucoup d'énergie.

Normal pour des politiciens.

Un chercheur de Yale a démontré que **le processus s'applique aussi aux experts qui donnent des conseils.** Pour recevoir des contrats, ils changent leur analyse pour s'adapter aux attentes des politiciens.

S. Morris, chercheur à Yale, Journal of Political Economy, 2001, *Political Correctness*



Groupe Intergouvernemental sur l'évolution du Climat

1. Dégel des glaces de l'Arctique

- Rapports du GIEC avant 1996
"les impacts deviendraient significatifs vers la fin du 21ème siècle".
- 3ième rapport (2001) : modélisations de la fonte
"les impacts deviendront significatifs entre 2040 et 2060"
- 4ième rapport (2007) : modélisations *versus* réalité.
La perte réelle de glace (2007) était au même niveau que la prédiction précédente pour 2050.

Entre 1996 et 2007,
les impacts se sont rapprochés de 90 ans.

2. Dégel de la calotte glaciaire de l'Antarctique = menace pour le relèvement des océans

- Conclusions des 4 premiers rapports du GIEC (sur 6), le -Le réchauffement climatique ne constitue pas une menace pour l'Antarctique
- 2001 (3ième rapport), le GIEC a même prédit que *"la calotte glaciaire de l'Antarctique est susceptible de gagner en masse en raison de précipitations plus importantes"*
- 2021 (6ième rapport)
Le GIEC renverse complètement ses conclusions concernant les effets sur les glaciers de l'Antarctique : *"...il existe un niveau de confiance très élevée à l'effet que la masse de la calotte glaciaire de l'Antarctique a été réduite entre 1992 et 2017"*.

Groupe Intergouvernemental sur l'évolution du Climat

Pourquoi le GIEC sous-estime les impacts ?

Pas toujours la faute des chercheurs

Le problème est causé par le processus de rédaction :

Groupe de chercheurs rédige un

➔ ***First order draft***

➔ Révision par experts indépendants

➔ **Second Order Draft**

➔ Révision par experts des gouvernements

➔ **Final Draft**

➔ Révision par les ministères des pays

Final Report

Les participants sont en théorie « indépendants ».

Mais les représentants des pays producteurs de charbon et de pétrole doivent tenir compte de leurs politiciens.

GIEC : processus qui impose la rectitude politique

3. Prédications concernant les récifs de corail

2005 ***First Order Draft*** :

Pour un scénario d'émissions élevées, le rapport prédit, avec un niveau de confiance élevé pour 2060, que

"la grande majorité des récifs de corail seront détruits".

2007 ***Rapport final*** : Pour 2060

"une probabilité que de nombreux récifs soient détruits".

2020 : 50 % des récifs sont morts

2021 Article *New Scientist* sur la biodiversité :

"La Grande Barrière de Corail est déjà dans un état critique. L'augmentation des températures de la mer tue les coraux plus vite qu'ils ne peuvent se rétablir."

GIEC: 4. Pas de prise en compte des mécanismes de rétroaction qui amplifient le réchauffement

- Méthane émis par le pergélisol qui dégèle
- Pertes de forêts dues aux feux ou au réchauffement

- Pas d'analyse d'enjeu comme la croissance la population

Il faut donc s'attendre à des années encore pires que 2023

= URGENCE de réduire les émissions

2007: Le GIEC a le mérite de faire la différence entre les pays

Réduction des émissions requises en 2050

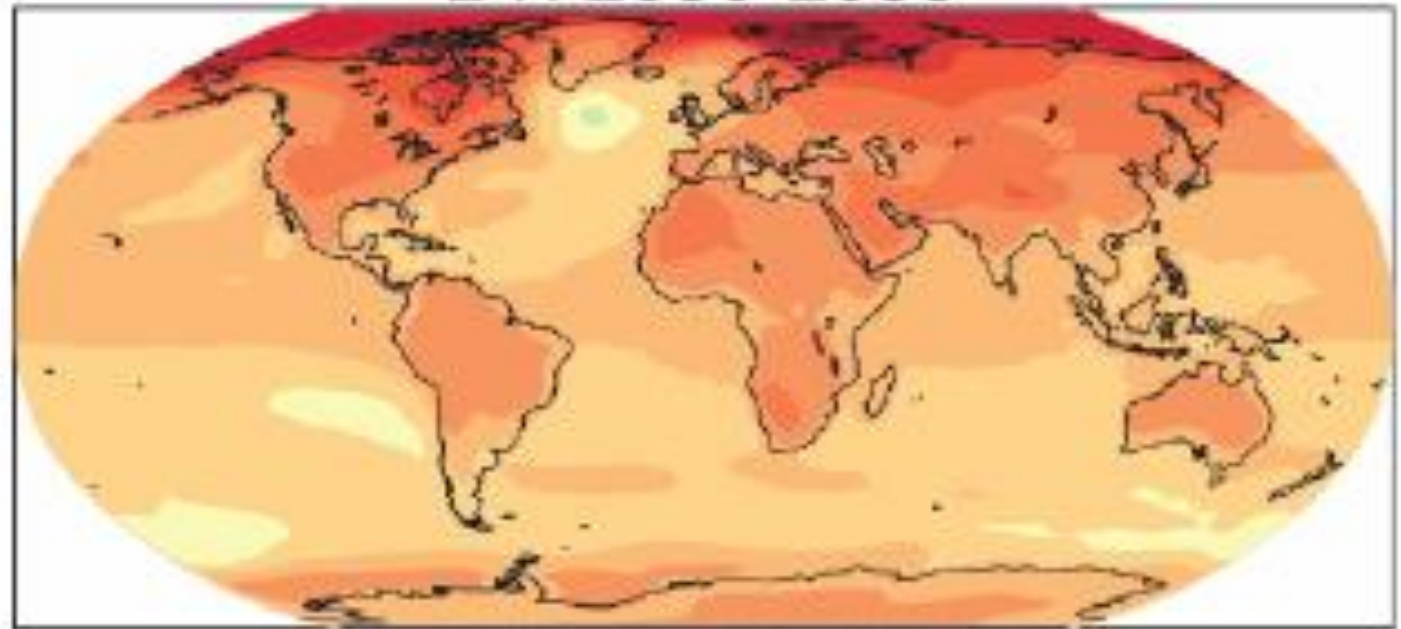
Pays en développement

Pays riches

Réductions
par rapport aux tendances

Environ **85%**
Par rapport à 1990

B1: 2090-2099



0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 7.5

**Scénario
du GIEC
+2° C
(2007)**

Québec = pays riche, énergivore, avec un grand nombre d'options de réduction peu coûteuses

Ce n'est pas aux pays pauvres de prendre le leadership.

Nous n'avons aucune excuse d'être négligents

Deux grandes sources d'émissions :

- Le gaz naturel en chauffage et en industrie
- Les transports

Première action efficace, remplacer le gaz

| | Électricité de centrales au gaz | Chauffage |
|---------------------------------|---------------------------------|-----------|
| Efficacité selon les promoteurs | 50% | 85% |
| Efficacité du cycle de vie | 40% | 65% |

- Le gaz naturel est composé à 95% de méthane, un puissant gaz à effet de serre
- Consommation d'énergie et émissions fugitives dans le cycle de vie : extraction, pompage vers une usine de traitement, traitement, pompage sur 4000 ou 5000 km...
- Pour le gaz de schiste, les émissions de GES du cycle de vie sont élevées

Les promoteurs du gaz dramatisent l'enjeu de la puissance de pointe du chauffage électrique : 10 000 MW

Pour remplacer 79% du gaz, un rapport conclut en des besoins supplémentaires de 10 000 MW et 43 TWh

"Électrification des usages du gaz naturel au Québec : analyse des impacts économiques" par Alexandre Paradis Michaud, HEC Montréal

Le rapport oublie l'option des pompes à chaleur géothermiques qui exigent moins d'électricité et 2 fois moins de puissance

Beaucoup d'usagers du gaz sont des gros consommateurs industriels ou institutionnels (ex. écoles).

C'est le contexte idéal pour les pompes géothermiques

Remplacement massif du gaz à l'horizon 2050

Combien d'énergie et de puissance ?

10 000 MW et 43 TWh ?

C'est plutôt **6 000 MW et 30 TWh**

**Un projet hydro de 5000 MW
produit normalement 30 TWh**

Le manque en puissance est donc de 1000 MW

**Pas vraiment un problème de puissance
Plutôt un manque de projet hydro**

- Programme de puissance interruptible à rétablir
- Futurs projets hydro avec suréquipement
(Ex. LG2A : suréquipement de 2100 MW)

Deuxième action, peu efficace, politiquement facile : Subventionner les autos électriques

Plan québécois pour une Économie Verte, 2030
Objectif de 2 millions d'autos électriques en 2030
Réaliste ??

- Consensus dans les analyses de cycle de vie :
si l'électricité est produite avec du charbon,
les autos électriques ne réduisent pas les émissions
- De nombreux pays soutiennent le concept de
zero-emission vehicles
même si leur électricité provient du charbon et du gaz

Si l'électricité est produite avec du gaz
ou de l'hydroélectricité ?

Analyses de cycle de vie des batteries Lithium

Controverses:

comparaison des résultats des nombreuses ACV

→ Émissions de CO₂ éq.

Facteurs utilisés pour l'Europe, « Science & Vie » **2018**

= 150 à 200 kg CO₂ par kWh de batteries

Étude chinoise 2017

= 95 à 107 kg CO₂ par kWh de batteries

Étude américaine, 2021

= 73 kg CO₂ par kWh de batteries produites aux États-Unis

Mais la Chine continue à dominer la production

Combien d'années pour effacer les émissions de GES de la fabrication des batteries?

| Véhicule électrique | Fabrication des batteries 100 kg CO2 /kWh de batteries | Délais avant de commencer une réduction nette | |
|---|---|---|----------------------------------|
| | | Électricité hydro | Électricité de gaz naturel |
| Chevrolet Bolt remplace une Honda Civic | 65 kWh = 6,5 tonnes CO2 | 2,5 ans 40 000 km | 6 ans 90 000 km |
| Autobus électrique vs bus hybride | 466 kWh = 47 tonnes CO2 | 9 mois | 1,5 ans |

Distances typiques par année : 15 000 km pour une automobile
50 000 km pour un autobus

Récemment, aucun projet majeur de production d'électricité propre

- Depuis 25 ans, HQ affirme que ses exportations remplacent des combustibles fossiles chez nos voisins, avec de grandes réductions des émissions
- Si les autos électriques consomment un million de kWh, il y a un million de kWh qui ne peuvent plus être exportés.
- À cause de la consommation des autos électriques, les centrales américaines (gaz naturel) devront produire un million de kWh supplémentaires.

Performance actuelle de l'auto électrique au Québec

| Véhicule électrique | Fabrication des batteries | Délais avant une réduction nette | |
|--|----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| | | Électricité hydro | Électricité de gaz naturel |
| Chevrolet Bolt remplace une Honda Civic | 65 kWh = 6,5 tonnes CO2 | 2,5 ans 40 000 km | 6 ans 90 000 km |

- Pour effacer les émissions de la fabrication des batteries, une auto électrique commence à réduire les émissions au début de sa 7^{ième} année
- **Pour confirmer les avantages environnementaux des autos électriques, il faut construire des projets d'énergie propre pour les alimenter**

Consommation des autos électriques 2050

- Actuellement 5,2 millions de véhicules de promenade, incluant véhicules d'entreprises et taxi
- Besoins pour 4 millions **d'autos** électriques qui font 20 000 km/an = **23 TWh**

Consommation typique été: 21 kWh/100 km

-pertes de 10% dans les lignes de transmission

-pertes à la recharge

-grosesse des véhicules à la hausse

-pertes dues au froid (30%) et au chauffage

Consommation réelle: 29 kWh/100 km

4 millions d'autos x 29 kWh /100 km x 20000 km/an= 23 TWh

Consommation des autres véhicules électriques 2050

- 150 000 camions lourds parcourant 100 000 km/an
(Environ 140 kWh/100 km)
- 8000 autobus urbains et interurbains parcourant 100 000 km/an
- 12 000 autobus scolaires parcourant 30 000 km/an
- 230 000 motoneiges
- 450 000 véhicules tout-terrain

Environ **15 TWh requis** (en proportion des GES)

Électrification des transports = 38 TWh

Les besoins en électricité propre

Production actuelle d'électricité: 200 TWh

- Remplacement du gaz 30 TWh

- Transport électrique : 38 TWh

- **Réfection Churchill Falls** 32-35 TWh

perdus pendant 5 ans

(5428 MW; 1971-2041 : 70 ans)

Ces besoins ne tiennent pas compte des **exportations**

Plusieurs groupes présumant

zéro exportations à moyen terme ?!

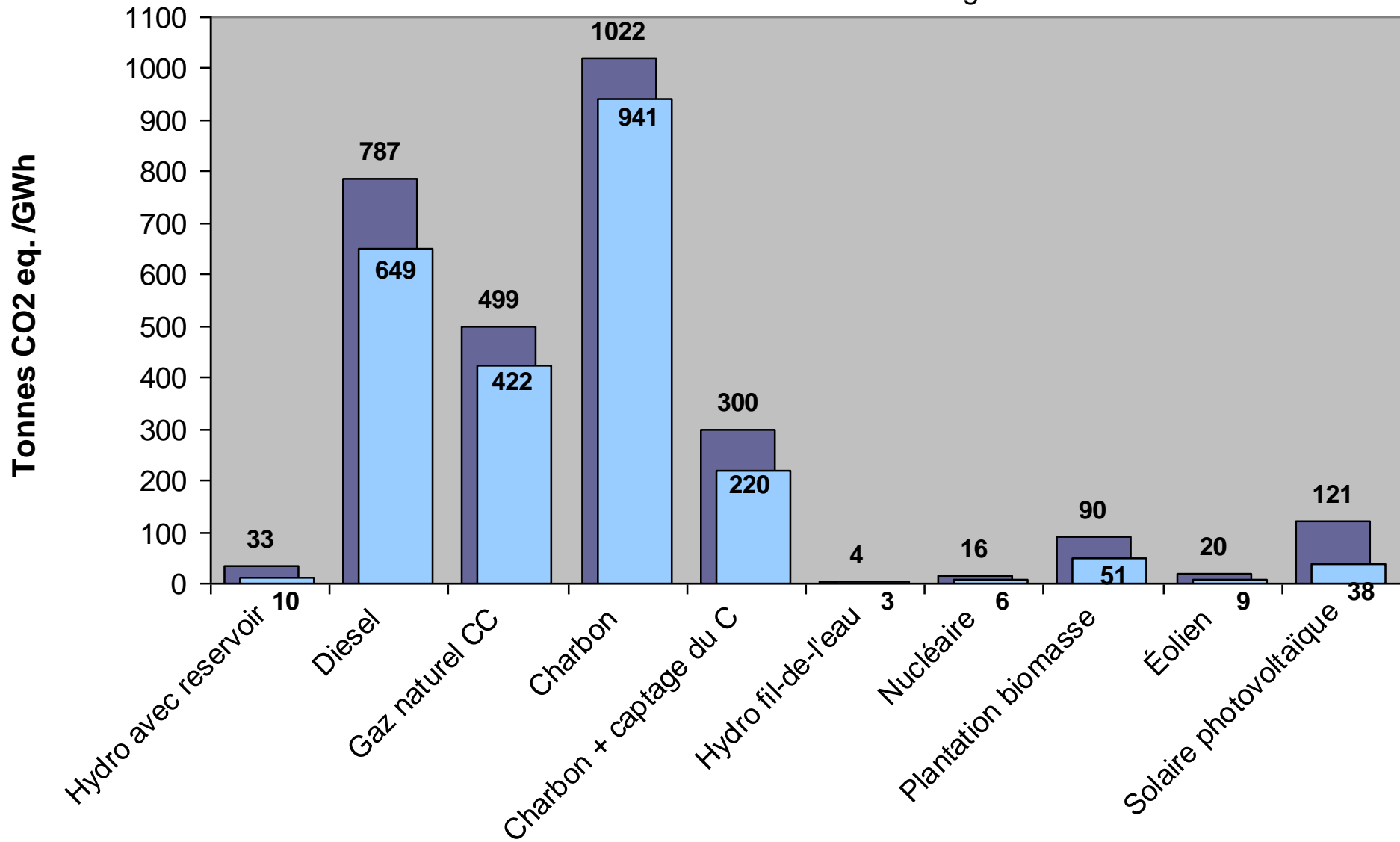
OK d'importer de l'énergie polluante,

mais inacceptable d'exporter de l'énergie propre

Émissions des GES, par unité d'électricité (cycle de vie)

Évaluation élevée: Sites et technologies existantes

Évaluation basse: Meilleurs sites et technologies



Quelles sources d'électricité propre ?

Regroupement de promoteurs

International Renewable Energy Agency, Internet site, 2021

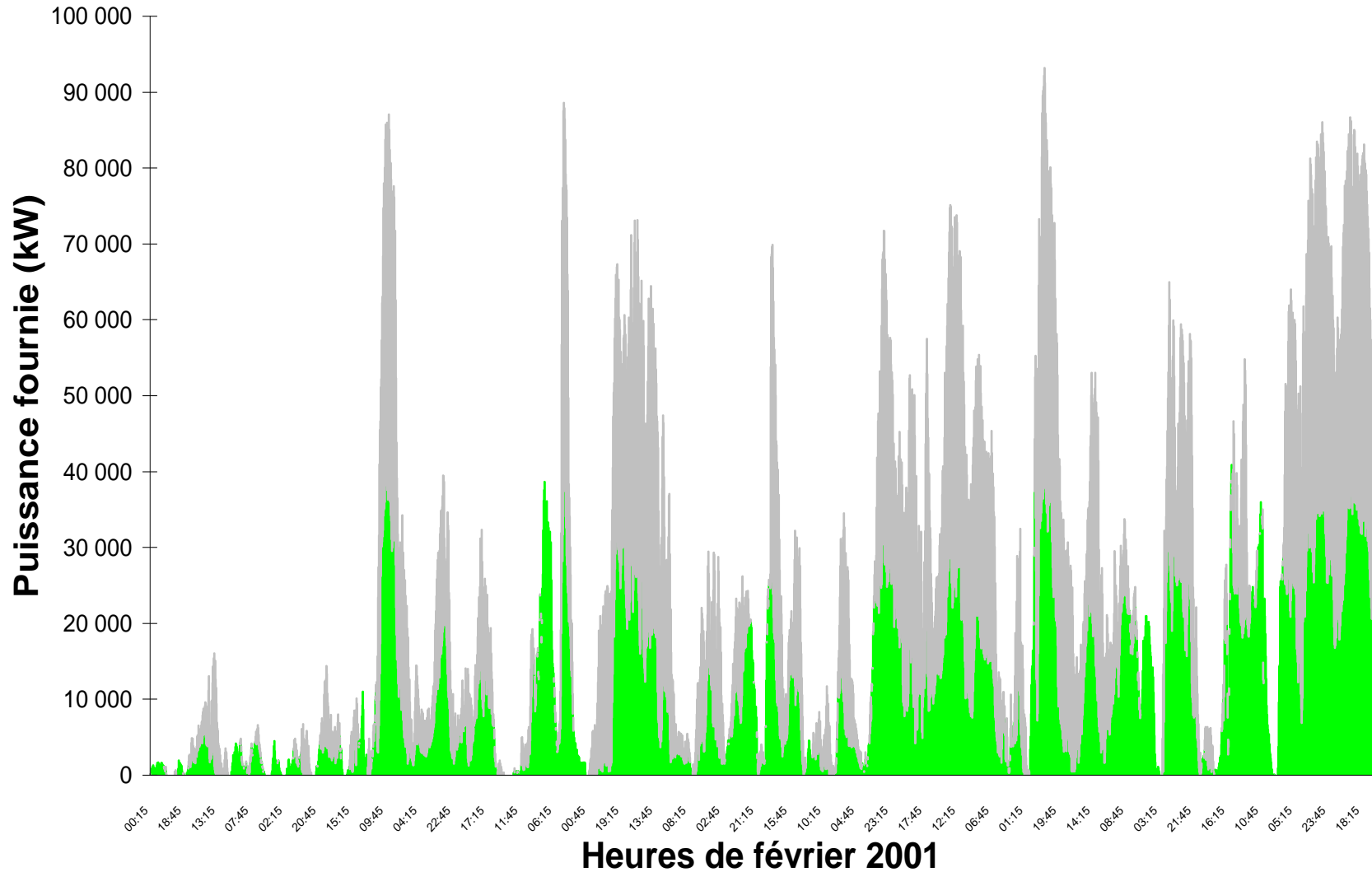
« Les énergies éolienne et solaire, associées aux gains d'efficacité énergétique, peuvent fournir 90 % des réductions d'émissions nécessaires d'ici à 2050 »

Ma critique de l'éolien vise à démontrer que cette affirmation est totalement irréaliste.

L'éolien, une source propre, doit faire une contribution.
Mais plusieurs enjeux.

Énergie intermittente, avec fortes fluctuations

Addition de Cap Chat + Matane



Puissance *versus* électricité : Des statistiques éoliennes qui exagèrent sa contribution par un facteur de 3

- Puissance maximale instantanée d'une centrale exprimée en mégawatt (MW)
- Électricité produite exprimée en MWh /an.
- Concurrent à l'éolien aux États-Unis: **Centrale au gaz**
Facteur d'utilisation est de 80%
7000 heures par année (sur 8760 heures /an)
Centrale de 1 MW = 7000 MWh d'électricité.
- Typiquement, à cause des fluctuations du vent,
une éolienne a un facteur d'utilisation de 25%
1 MW d'éolien = 2200 MWh
- Si on compare l'éolien avec le gaz, les données en puissance exagèrent la contribution de l'éolien par un facteur de 3

États-Unis: Des statistiques en puissance qui exagèrent la contribution de l'éolien

Le American Public Power utilise les données en puissance pour donner **l'impression que tout va bien.**

65% de la nouvelle capacité est renouvelable

Nouvelle production d'électricité 2015-2022

| | Puissance MW | Électricité 2014 TWh | Électricité 2022 TWh | Hausse en TWh |
|---------|-----------------|-------------------------|-------------------------|------------------|
| Gaz | 80 072 | 1 126 | 1 689 | 563 |
| Éolien | 80 017 | 182 | 434 | 252 |
| Solaire | 69 823 | 18 | 146 | 128 |

En réalité,

60% de la nouvelle électricité provient du gaz de schiste

Allemagne: Statistiques de production d'électricité

| 2021 | Puissance MW | Énergie TWh | % de la puissance | % de l'énergie |
|---------------------|-----------------|----------------|----------------------|-------------------|
| Lignite, charbon | 116 000 | 376 | | |
| Nucléaire, Biomasse | | | | |
| Hydro | 4 700 | 19 | | |
| Éolien | 64 000 | 114 | 26% | 20% |
| Solaire PV | 59 000 | 50 | 24% | 9% |

Contexte de développement éolien /solaire :
prix de l'électricité résidentielle **73¢ /kWh**,
soit 10 fois plus cher qu'au Québec

Données US Energy Information Administration

Allemagne: Éolien et nucléaire ?

| | Électricité 2009 TWh | Électricité 2021 TWh | Différence |
|------------|----------------------------|----------------------------|-------------|
| Fossile | 331 | 261 | |
| Nucléaire | 128 | 0 (2023) | -128 |
| Éolien | 39 | 114 | +75 |
| Solaire PV | 7 | 50 | +43 |

Les développements éolien et solaire ont uniquement servi à remplacer le nucléaire.

Allemagne: Besoins futurs pour remplacer le gaz et le charbon

| | 2021 TWh |
|---|-------------|
| Lignite | 114 |
| Charbon importé | 147 |
| Électricité requise pour remplacer le gaz importé (Chauffage et industries) | 975 |
| Éolien / solaire | 164 |

Il faudrait multiplier par 7,5 tous les développements solaires et éoliens des 20 dernières années

Gaz importé = 5009 PJ = 1400 TWh (à 100%)

Si l'efficacité moyenne du gaz est de 70%, il faut 975 TWh pour le remplacer

Potentiel éolien : attention aux besoins en lignes

Exemple théorique de 3000 MW d'éolien sur la Côte-Nord

Comparaison entre éolien et hydro

- 3000 MW d'éolien, f.u. 25% = 6,6 TWh
- 1000 MW d'hydro, f.u. 75% = 6,6 TWh

Besoin en lignes de transmission vers Québec

- Éolien: ligne d'une capacité de 3000 MW,
autrement pertes d'énergie par grand vent
- Hydro : ligne d'une capacité de 1000 MW (3 fois moins)

Une bonne localisation des parcs éoliens réduit l'intensité de ce problème

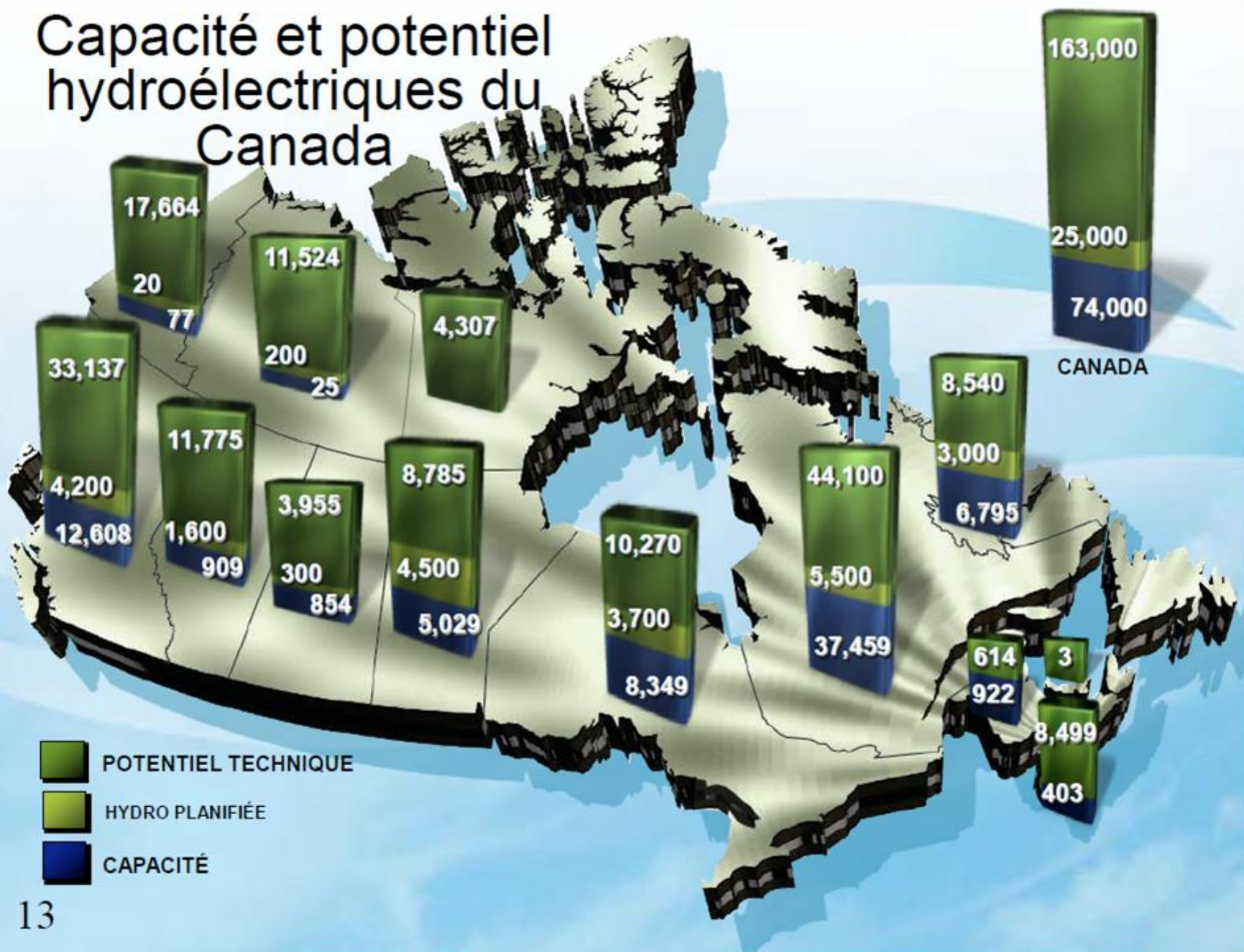
Mais de toute façon, faible contribution en pointe d'hiver

OK pour 10 000 MW d'éolien au Québec

Gestion des sites en fonction des lignes et de la capacité des réservoirs à compenser les fluctuations de l'éolien

- 10 000 MW d'éolien produira 22 TWh (F.U. de 25%)
- Si la transition énergétique exige 100 TWh, l'éolien contribue seulement 22% des besoins
- Question :
Les centrales hydro actuelles peuvent-elles compenser pour les journées de faible vent ?

Capacité et potentiel hydroélectriques du Canada



Encore un grand potentiel hydroélectrique Québec et Labrador

Projets étudiés et oubliés ?

- **Petit Mecatina 1200 MW, 7 TWh**
- **Grande Baleine 3000 MW 12 TWh net**
- **Magpie 42 MW actuel; Potentiel de 800 MW et 4,8 TWh**
- **NBR: (sans la Rupert ?): 6000 MW**

Dans la négociation pour Churchill Falls

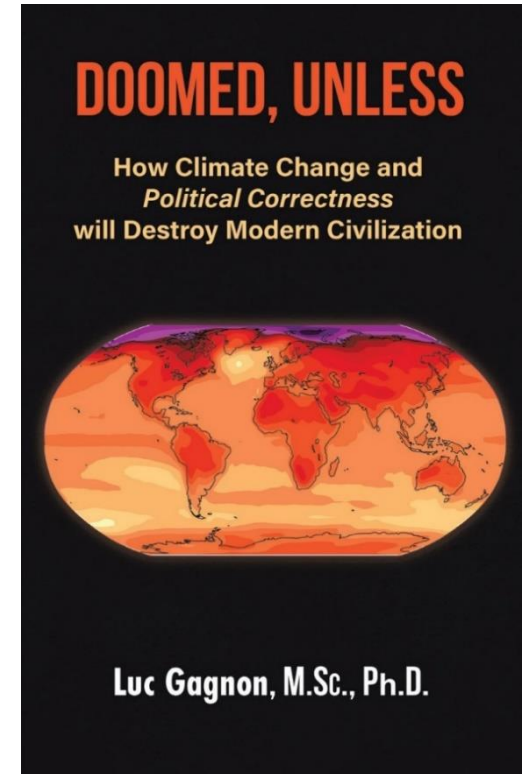
- **Gull island 2250 MW 12 TWh (F.U. 62%)**

Constat: un grand besoin d'évaluation environnementale de qualité

- **Acceptabilité sociale dépendra**
 - **de la qualité des évaluations environnementales**
 - **des mesures d'atténuation**
 - **des ententes avec les communautés autochtones**
- **Illusion de croire qu'un mega-développement éolien serait plus facile à faire accepter.**
- **Partout dans le monde, les projets éoliens sont annulés ou difficiles à faire accepter.**

L'étalement urbain, multiplicateur de consommation d'énergie

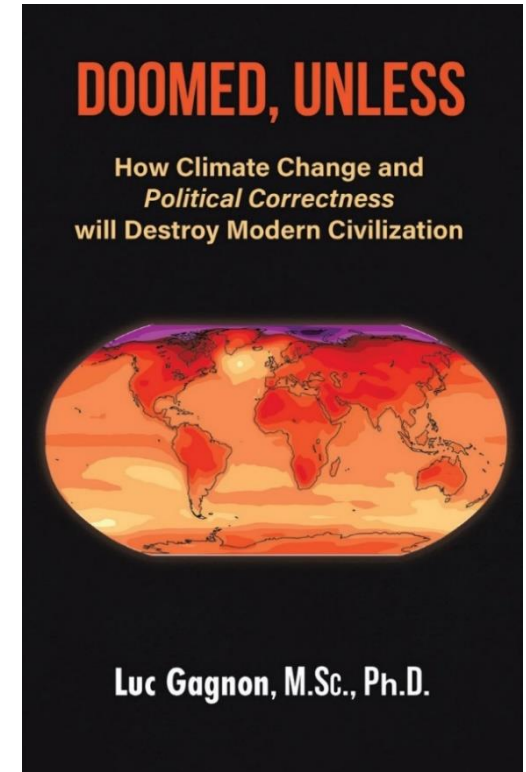
- Routes
- Égouts et aqueducs
- Éclairage des rues
- Enlèvement des ordures
- Infrastructures de distribution d'électricité et de gaz
- Livraisons (courrier ou autres)
- Transport public, transport scolaire



Énergie: l'étalement urbain peut multiplier la consommation par un facteur de 5 à 10

Le tramway, essentiel pour réduire l'étalement urbain

- Réseau permanent
- Silencieux
- Pas de pollution urbaine
- Fiable, notamment en hiver
- Capacité équivalente à 3-5 autobus = moins de congestion dans les quartiers denses
- Accessibilité universelle



Réforme écologique de la fiscalité

Une Réforme écologique de la fiscalité vise à remplacer des taxes inutiles par des taxes vertes, sans augmenter le fardeau fiscal global

