



carboneboreal.uqac.ca

Évolution du climat à l'horizon 2050 Perspectives pour la forêt québécoise

Claude Villeneuve

Professeur associé

Département des sciences fondamentales

Université du Québec à Chicoutimi

Conférence Sommet sur les feux ORRFB

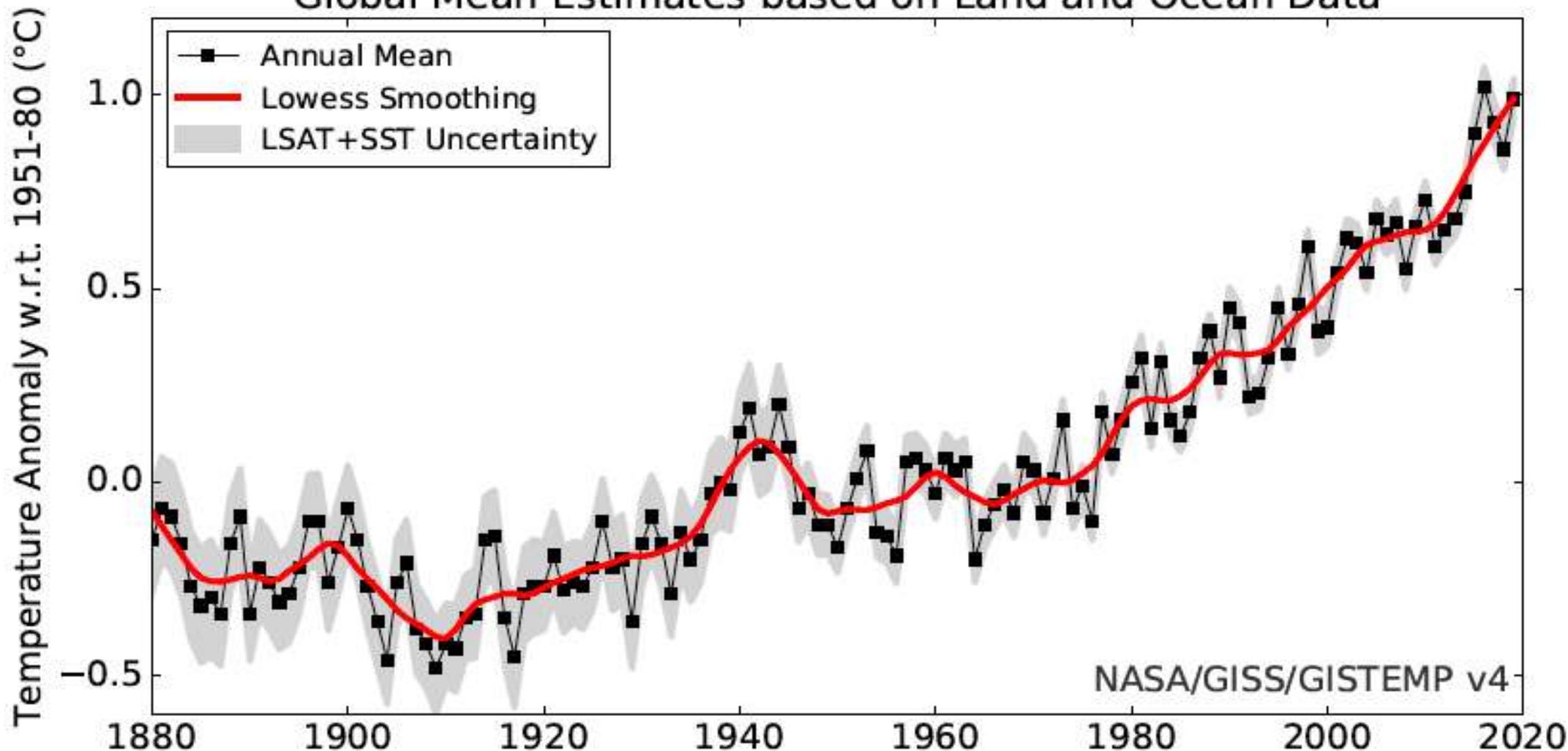
Le 7 novembre 2023

Les changements climatiques

- **Depuis 10 000 ans, le climat global planétaire a montré une stabilité remarquable (variations de $< 0,5^{\circ}\text{C}$)**
- **Nous assistons depuis 1980 à un réchauffement accéléré qui se traduit par des variations inhabituelles et des phénomènes climatiques inédits à l'échelle locale partout sur la planète.**
- **Ce réchauffement peut être attribué sans équivoque à l'activité humaine**

Un réchauffement de 1,2 degrés en 150 ans

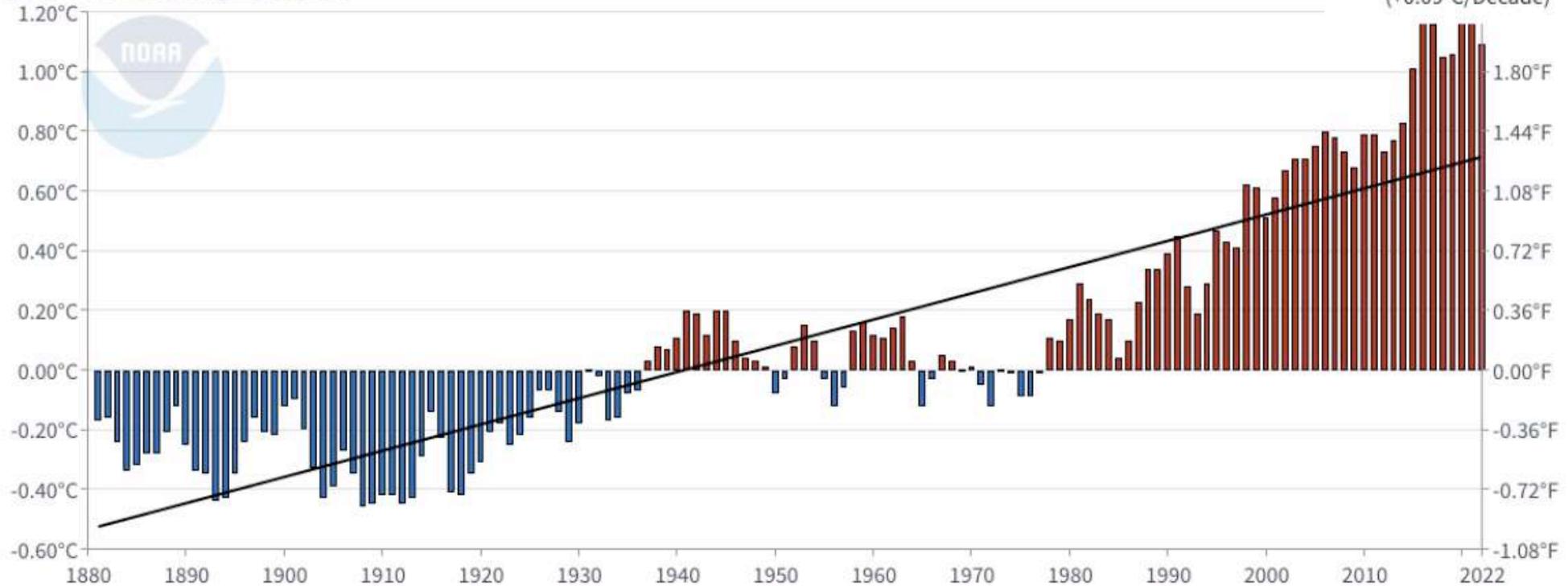
Global Mean Estimates based on Land and Ocean Data



Anomalies climatiques

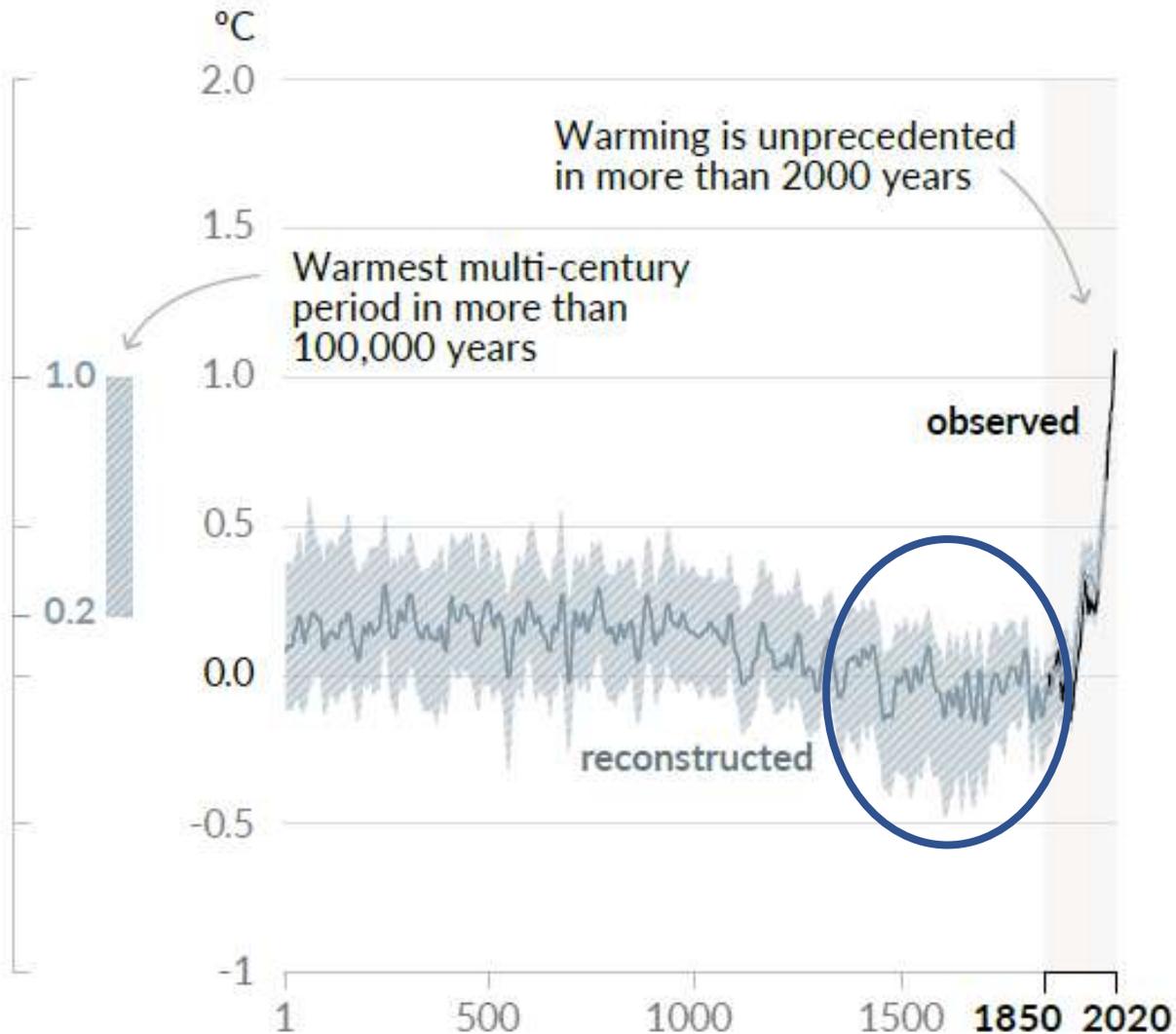
Northern Hemisphere Land and Ocean Temperature Anomalies

24-Month Period Ending in December



NOAA National Centers for Environmental information, Climate at a Glance: Global Time Series, published January 2023, retrieved on January 28, 2023 from <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/climate-at-a-glance/global/time-series>

a) Change in global surface temperature (decadal average) as **reconstructed** (1-2000) and **observed** (1850-2020)

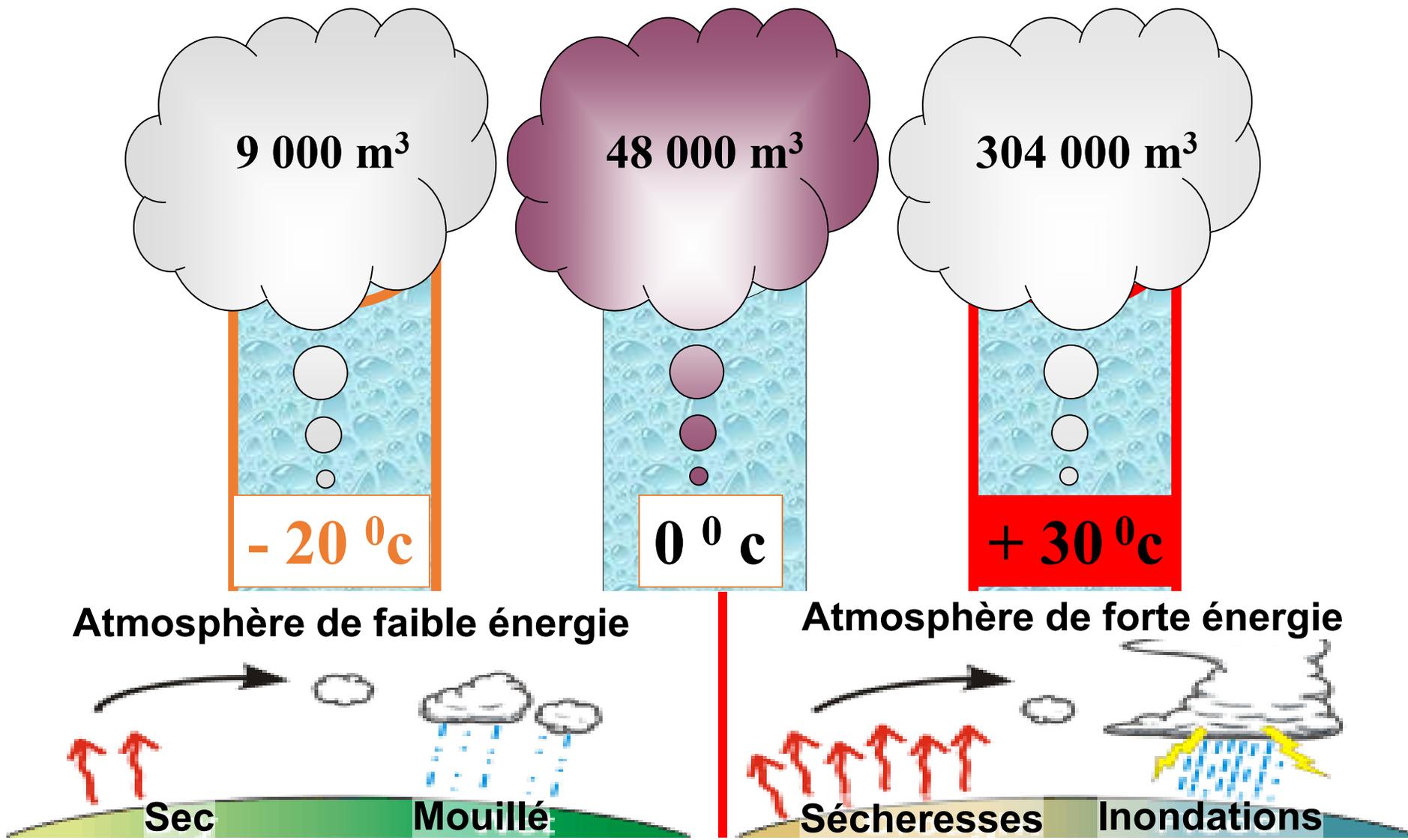


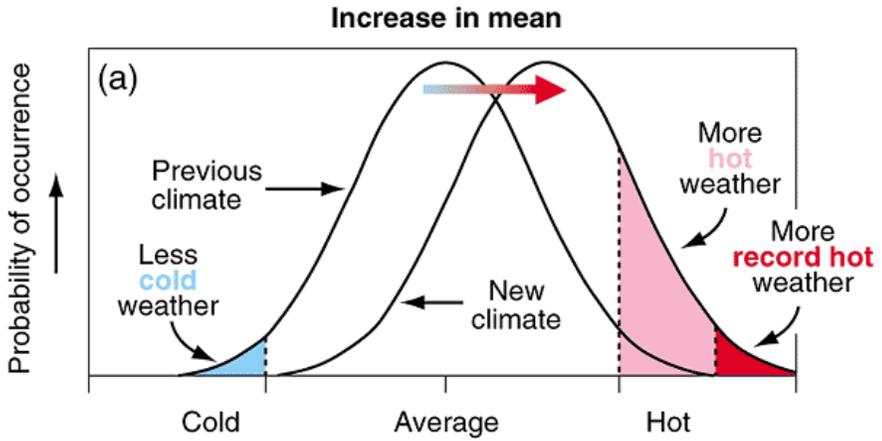
Le Petit âge glaciaire

Depuis 10 000 ans, le climat planétaire a été très stable avec des variations de moins de 0,5 degrés à l'échelle globale.

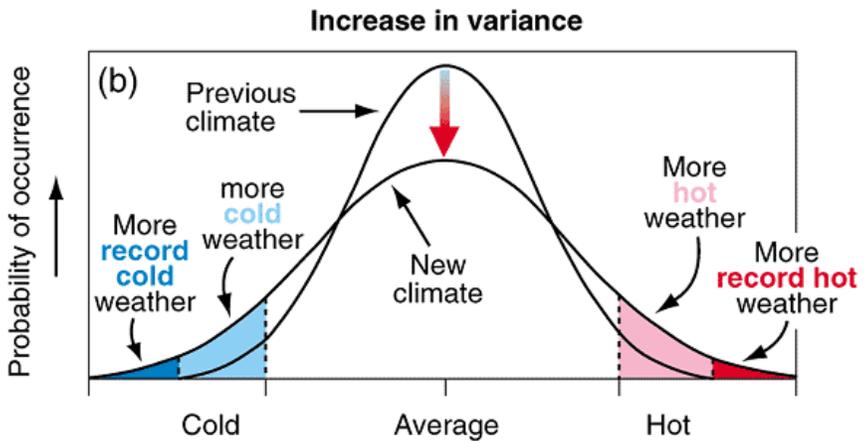
De 1300 à 1860, une période de refroidissement appelée le Petit âge glaciaire (PAG) a été observée dans l'hémisphère Nord en raison d'une succession d'éruptions volcaniques.

Le réchauffement observé depuis 1980 dépasse en amplitude toutes les variations enregistrées depuis 10 000 ans

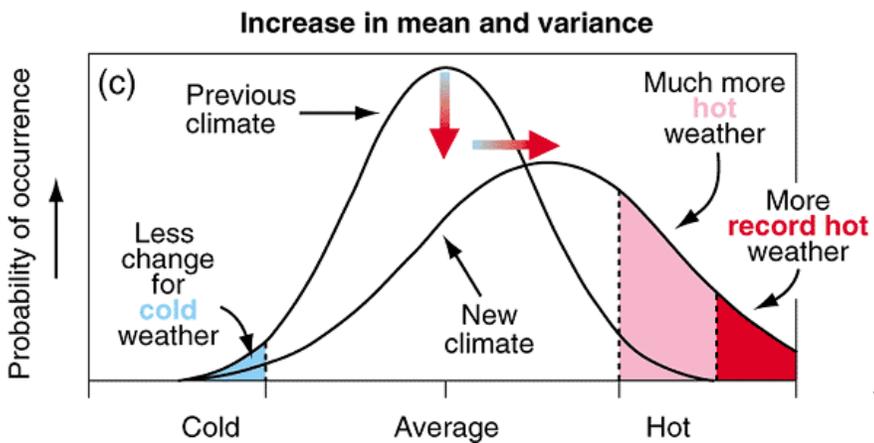




Un déplacement des moyennes, même modeste peut signifier des changements très importants dans l'intensité des extrêmes

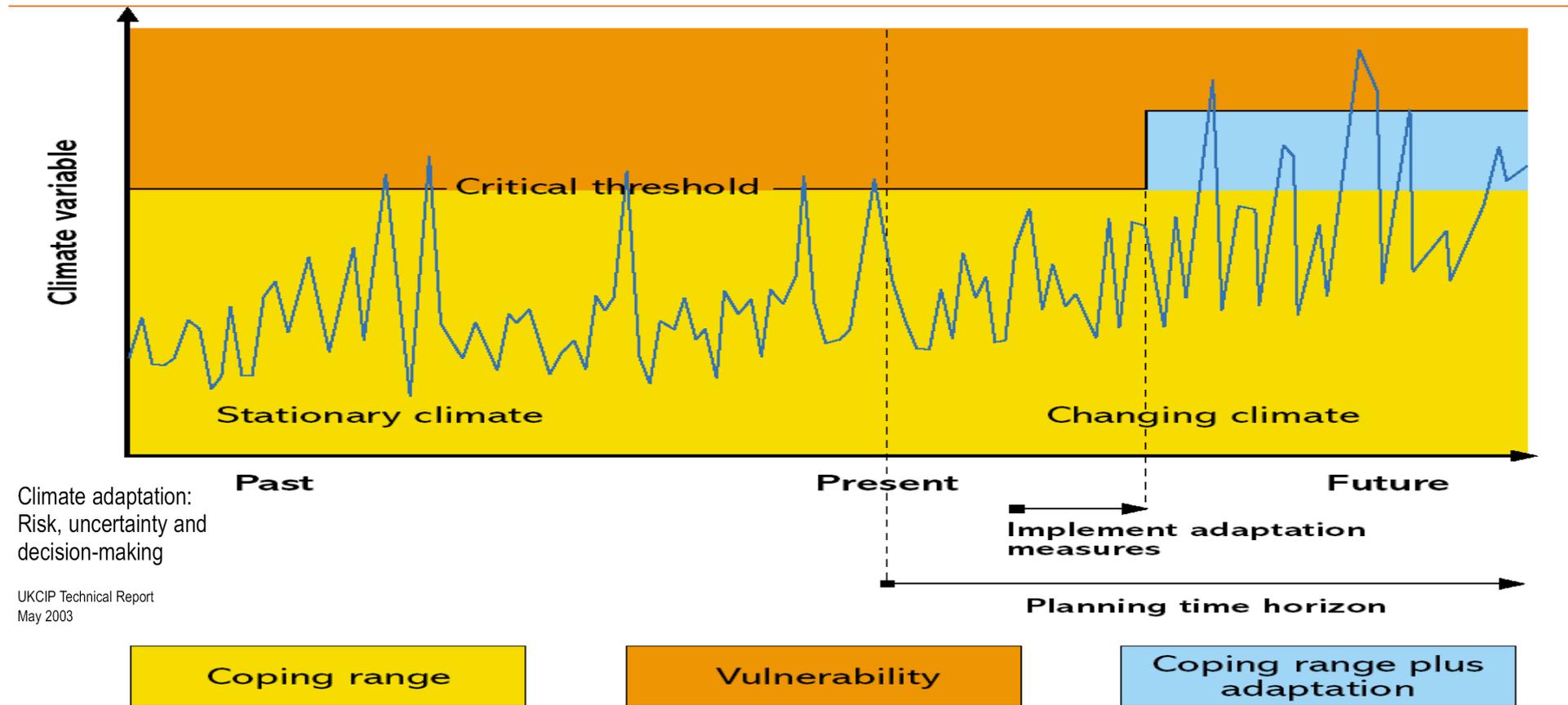


Une augmentation de la variabilité climatique présente aussi une occurrence accrue des extrêmes



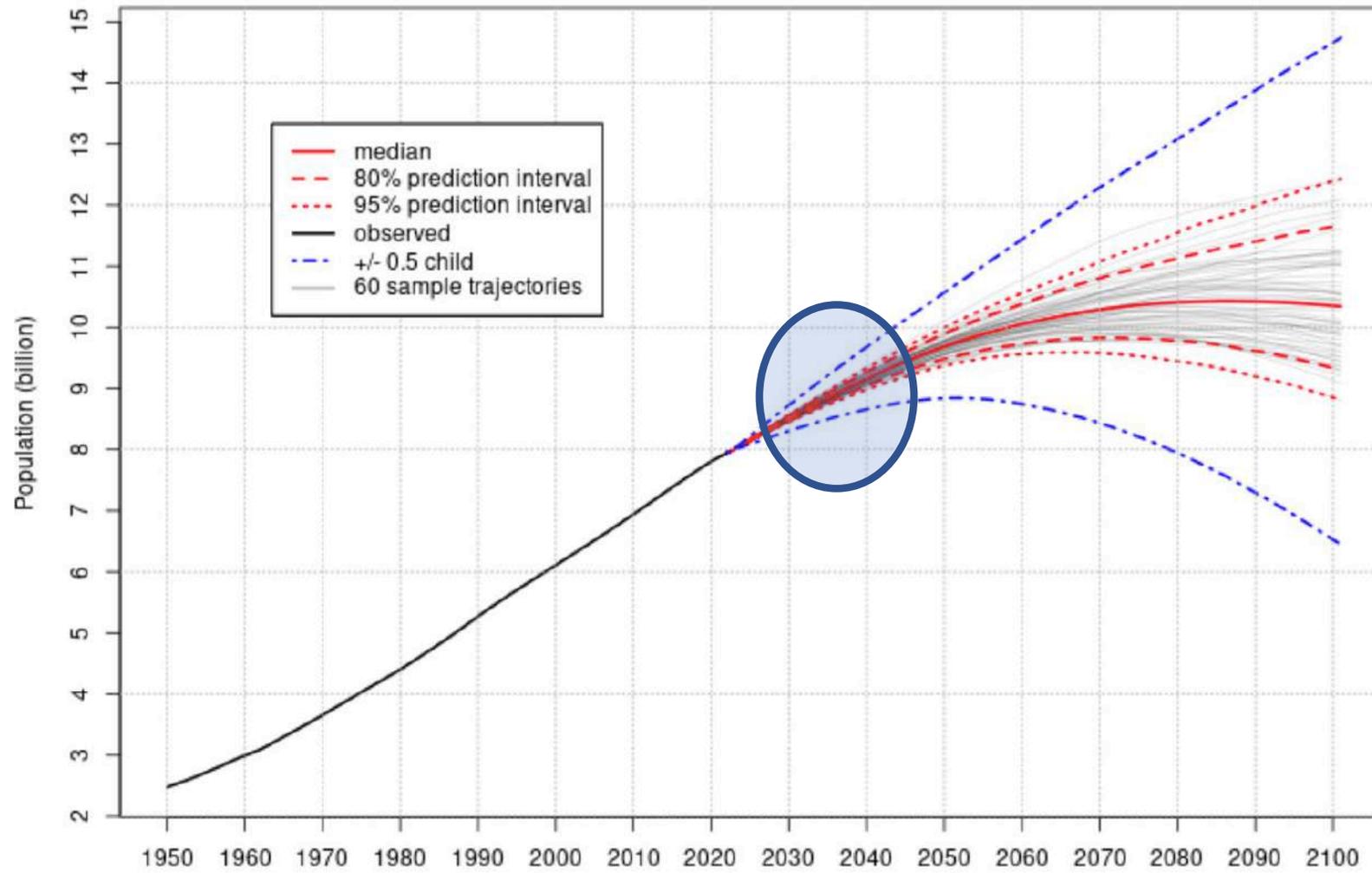
Le changement climatique actuel présente à la fois une augmentation de la moyenne et de la variabilité

Un nouveau portrait à court terme



Les forces motrices des changements climatiques

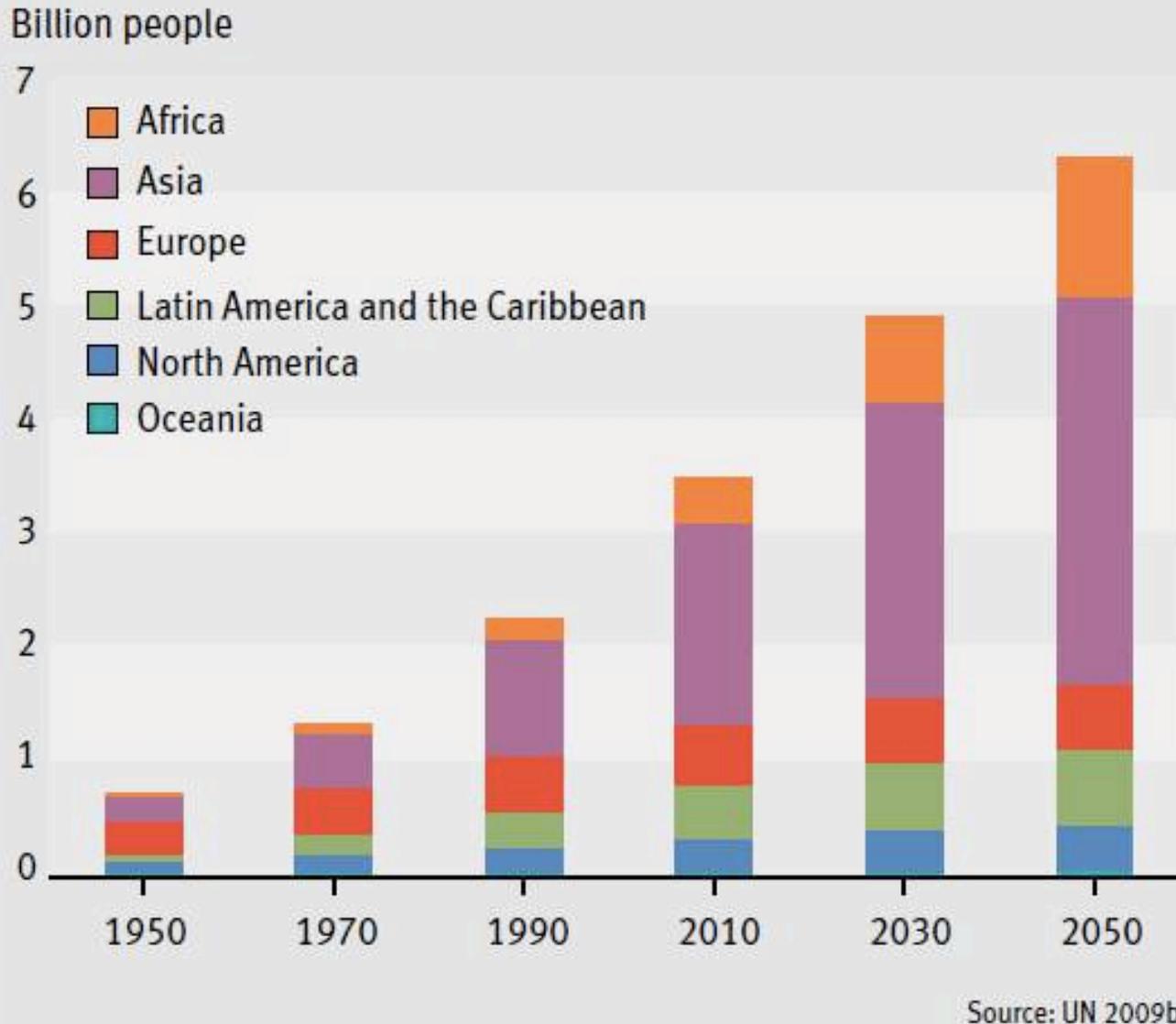
Évolution de la population mondiale



La population humaine atteindra entre 8,5 et 9,5 milliards de personnes dès la prochaine génération

Source : <https://population.un.org/wpp/Graphs/Probabilistic/POP/TOT/900>

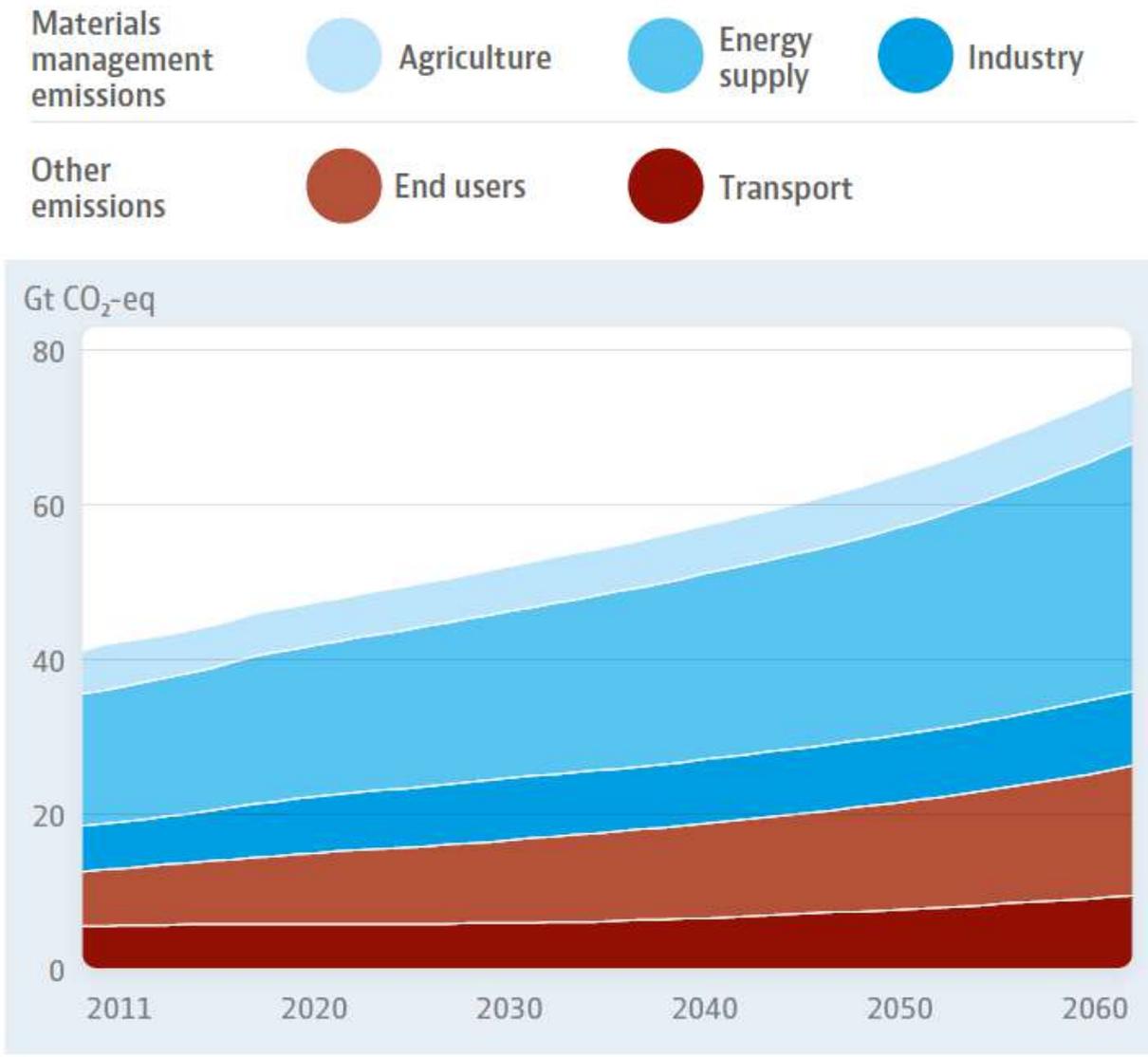
Figure 1.2 Urban population, 1950–2050



En 1950 moins de 25 % de la population vivait dans les villes.

En 2050 au moins 75 % de la population sera urbanisée.

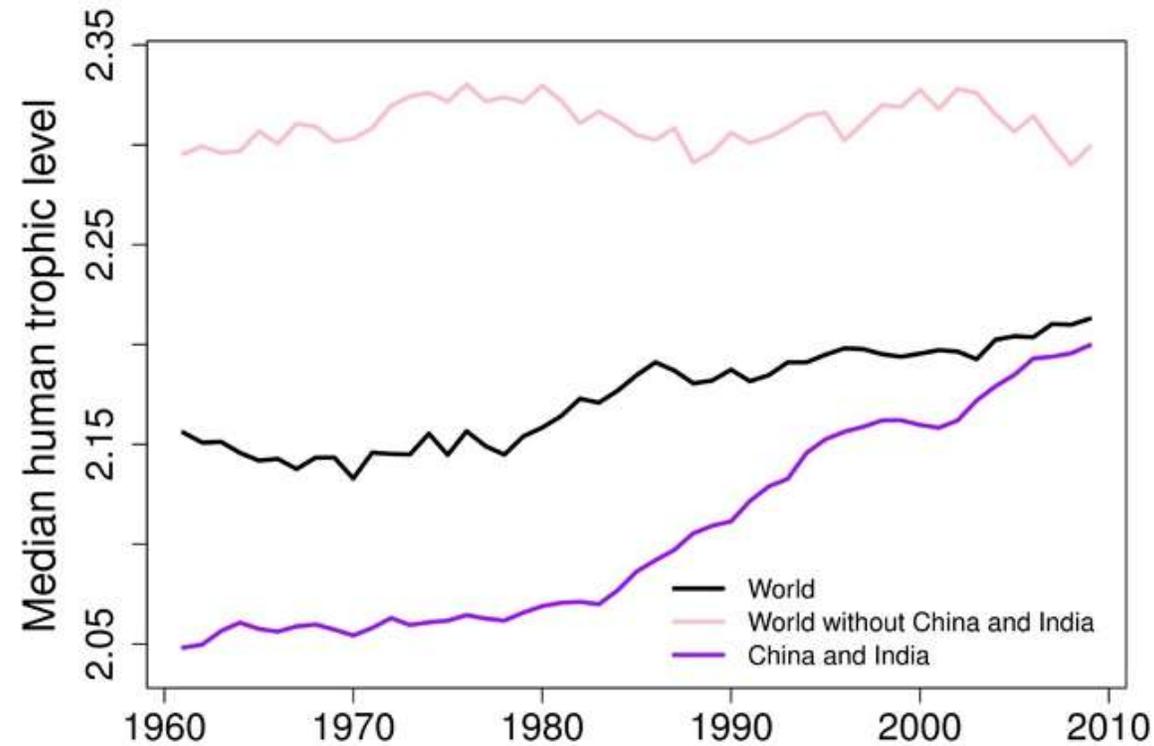
Figure 11. **Materials management is a key driver of the increase in GHG emissions**



Même avec les engagements prévus à l'accord de Paris les émissions doubleront en moins de 40 ans.

Source : OCDE, 2018, Global Material Resources Outlook to 2060

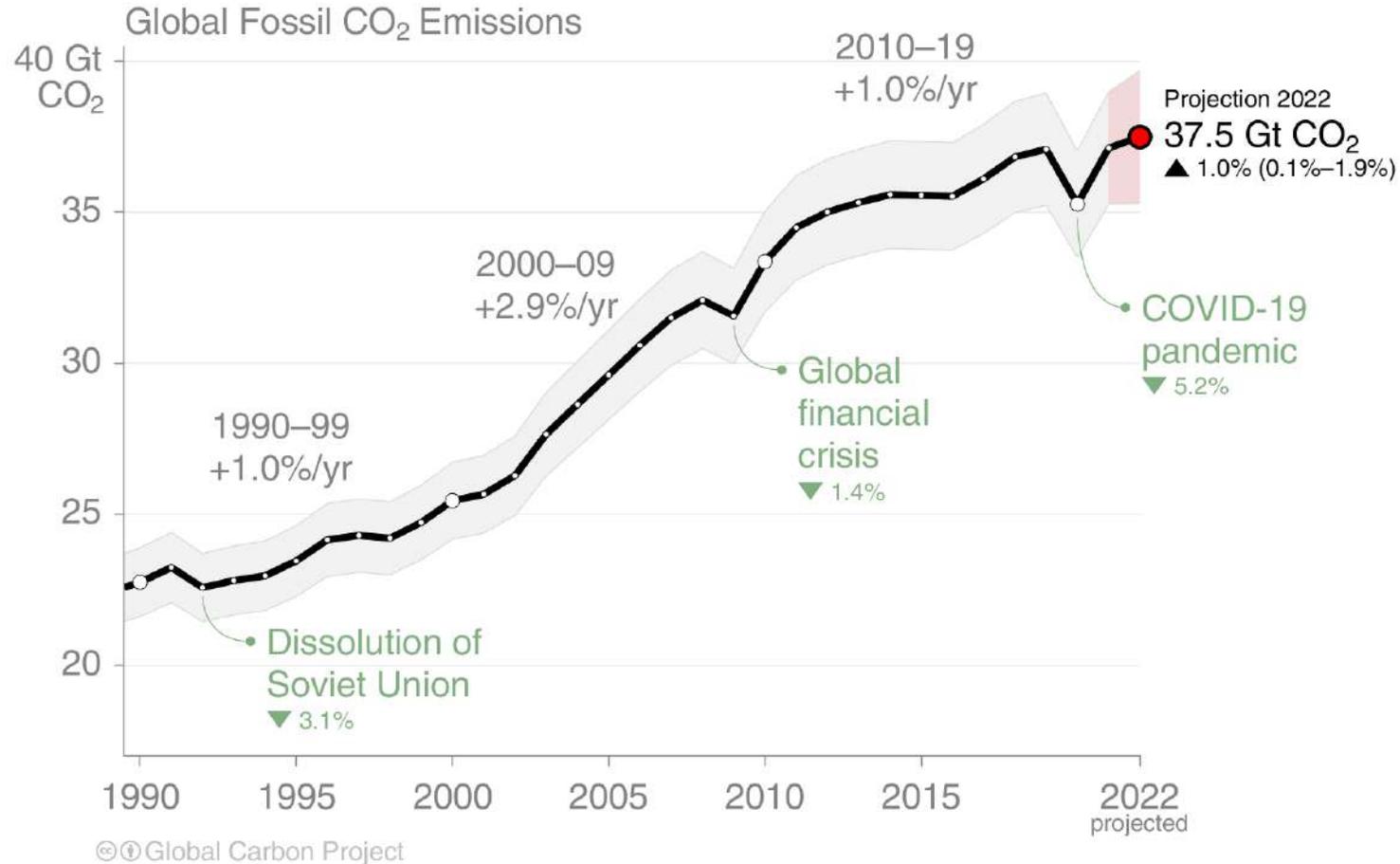
Évolution du niveau trophique de l'humanité



Source: Bonhommeau, S. et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA

<http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1305827110> (2013).

Le résultat?

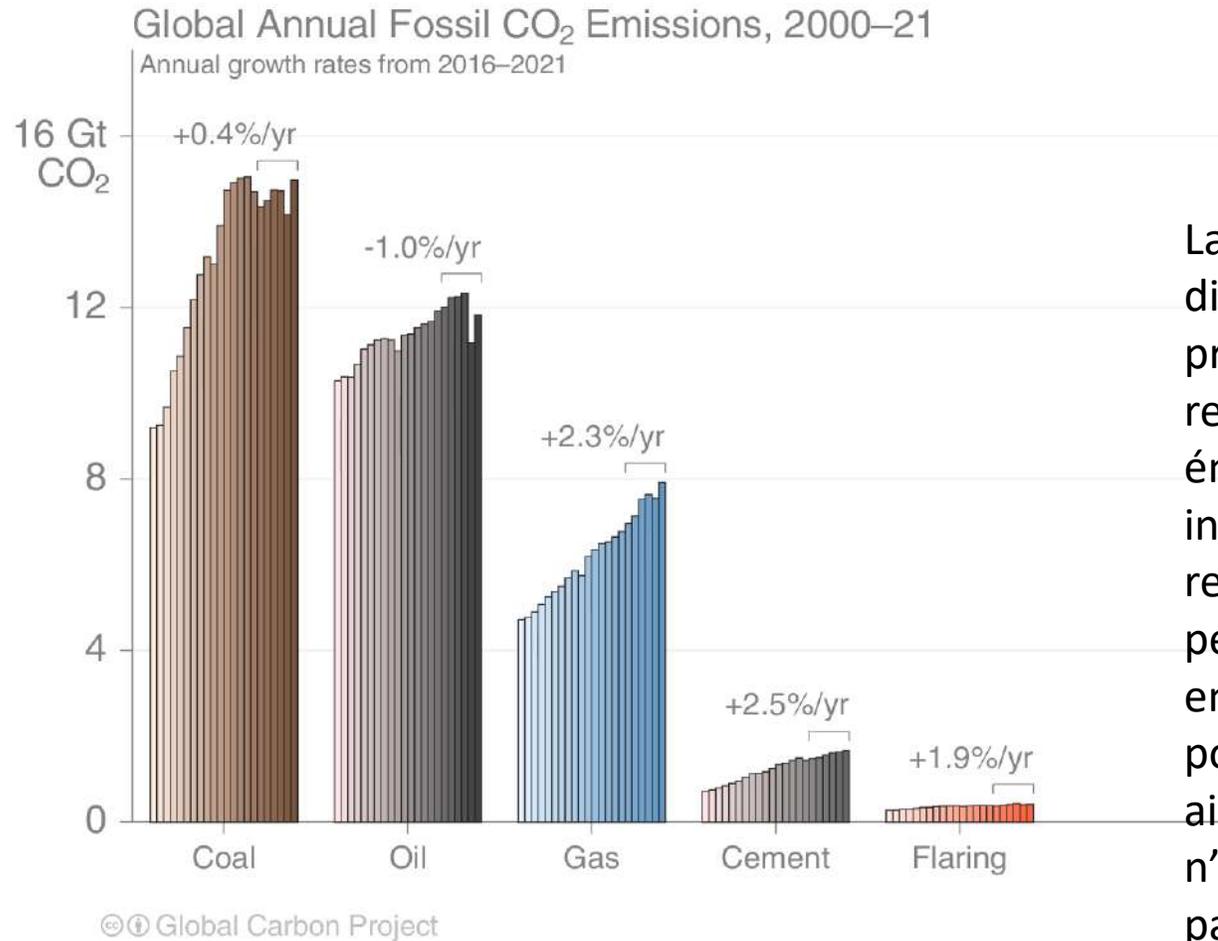


Les émissions de CO₂ d'origine fossile causées par les activités humaines ont augmenté de 62% depuis 1990. Les premiers indices montrent que le niveau des émissions de 2022 dépassera celui de 2019

Source: Global Carbon Budget, 2022

Émissions de CO₂ fossile 2000-2021

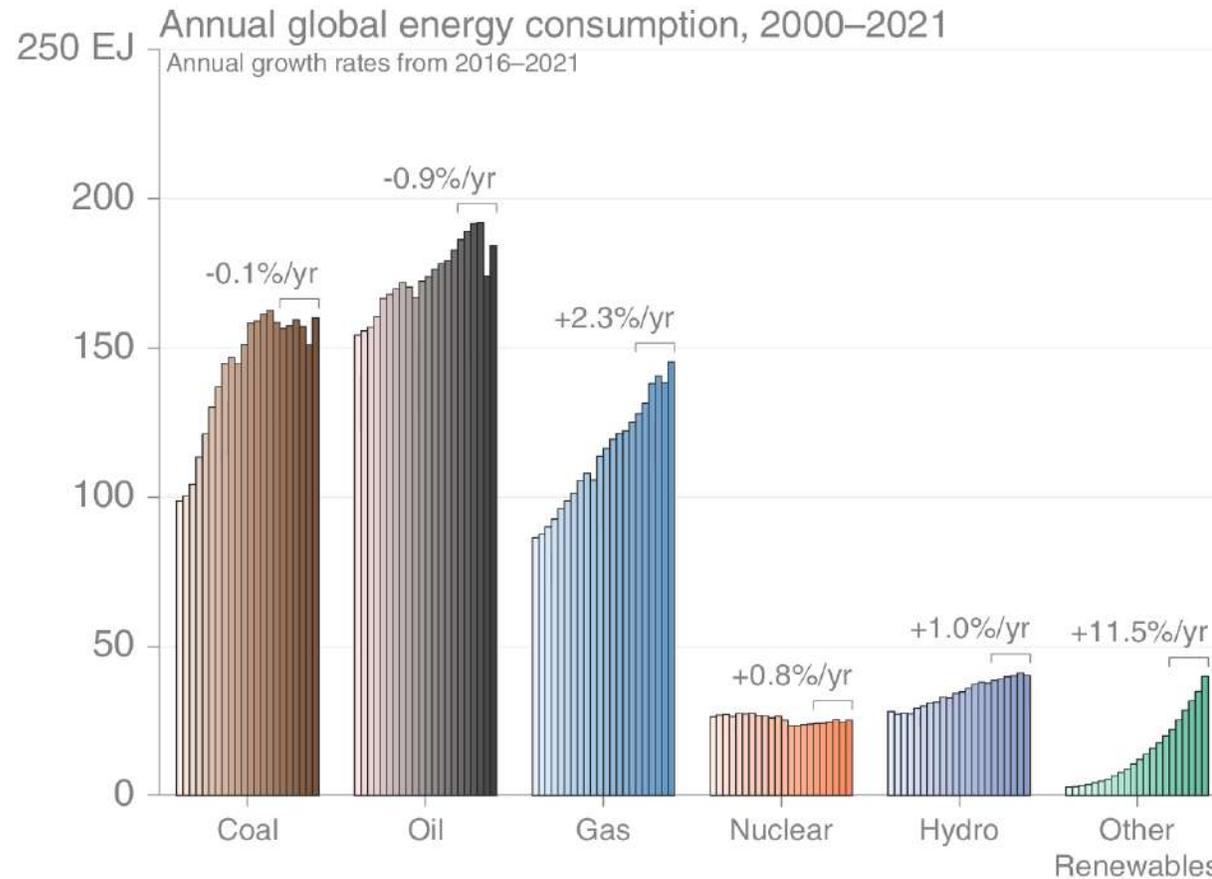
Emissions by category from 2000 to 2021, with growth rates indicated for the more recent period of 2016 to 2021
 Coal use has declined since 2014, and both coal and oil declined sharply in the pandemic year 2020



La pandémie s’est traduite par une diminution des transports et de la production industrielle, mais la reprise a rétabli le niveau des émissions dans le domaine industriel alors qu’on anticipe un retour de la consommation de pétrole avec la reprise du tourisme en 2022. La consommation de gaz pour l’électricité et le chauffage ainsi que la production de ciment n’ont pas été affectées par la pandémie et continuent de croître

Consommation d'énergie par source

Energy consumption by fuel source from 2000 to 2021, with growth rates indicated for the more recent period of 2016 to 2021



© Global Carbon Project • Data: BP

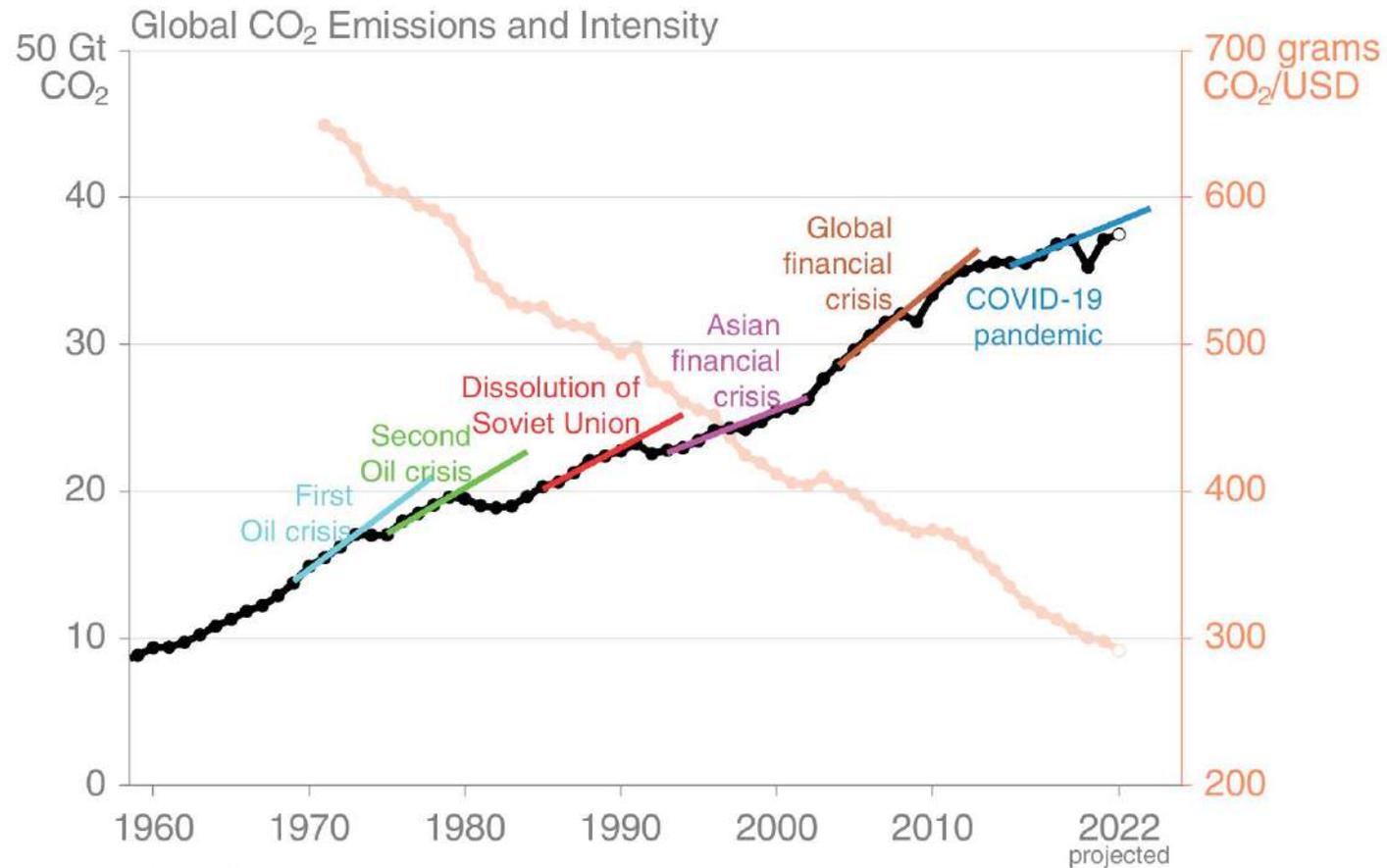
This figure shows “primary energy” using the BP substitution method (non-fossil sources are scaled up by an assumed fossil efficiency of approximately 0.38)

Source: [BP 2022](#); [Global Carbon Project 2022](#)

La part de l'énergie de sources renouvelables, malgré la croissance rapide des filières éolienne, solaire, biomasse et géothermie représente moins de 25% de la consommation. Au rythme actuel cette proportion devrait être atteinte seulement entre 2035 et 2040 sans réduction du niveau d'émissions totales

Intensité de l'économie en CO₂ fossile

Même si la quantité de CO₂ emise par dollar du PMB s'est réduite de la moitié depuis 60 ans, cela n'a pas empêché la croissance des émissions globales.

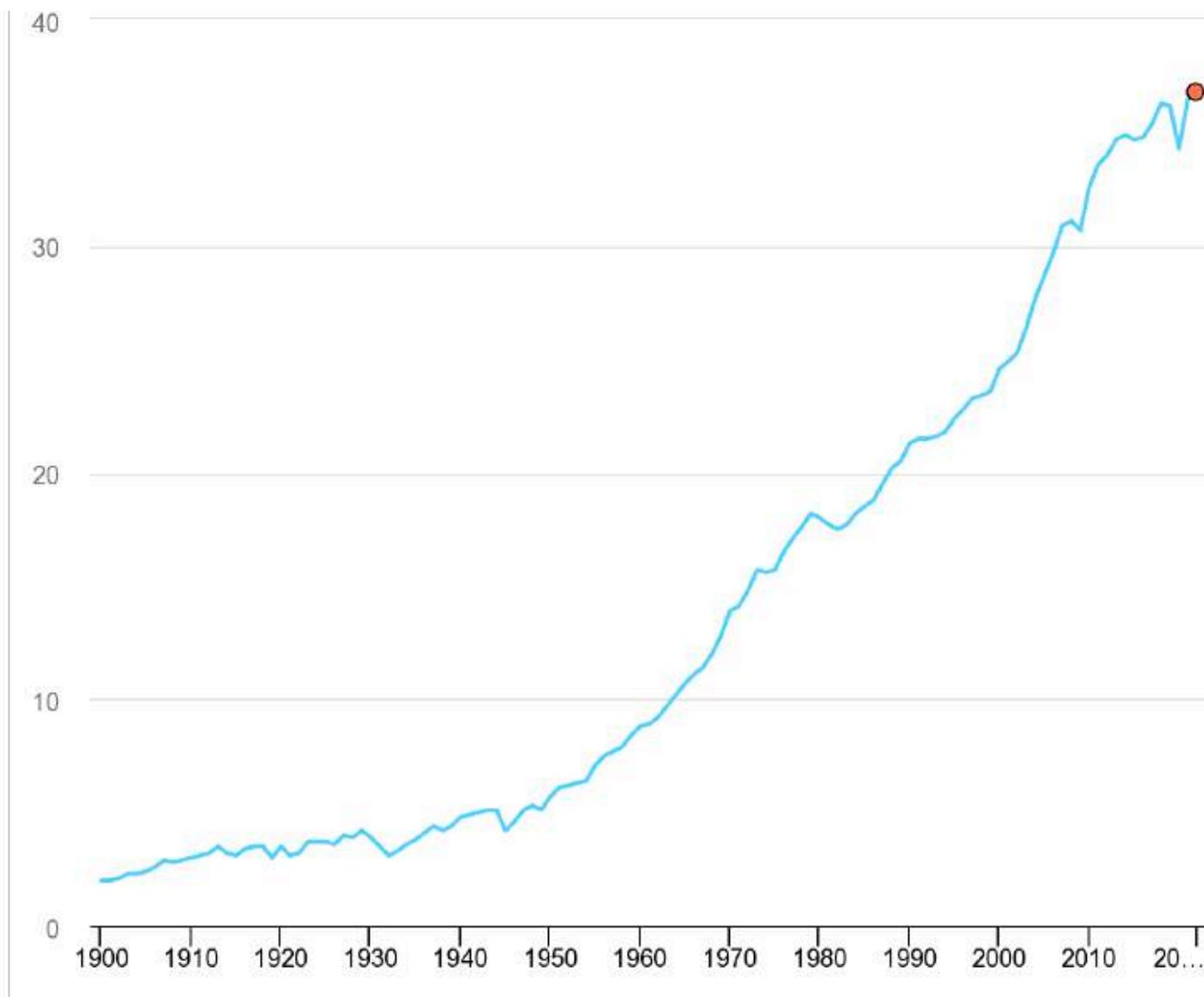


© Global Carbon Project

Each trend line is based on the five years before the crisis and extended to five years after. Economic activity is measured in purchasing power parity (PPP) terms in 2010 US dollars.

Source: [Friedlingstein et al 2022](#); [Global Carbon Project 2022](#)

Évolution des émissions de CO₂ fossile 1900-2022

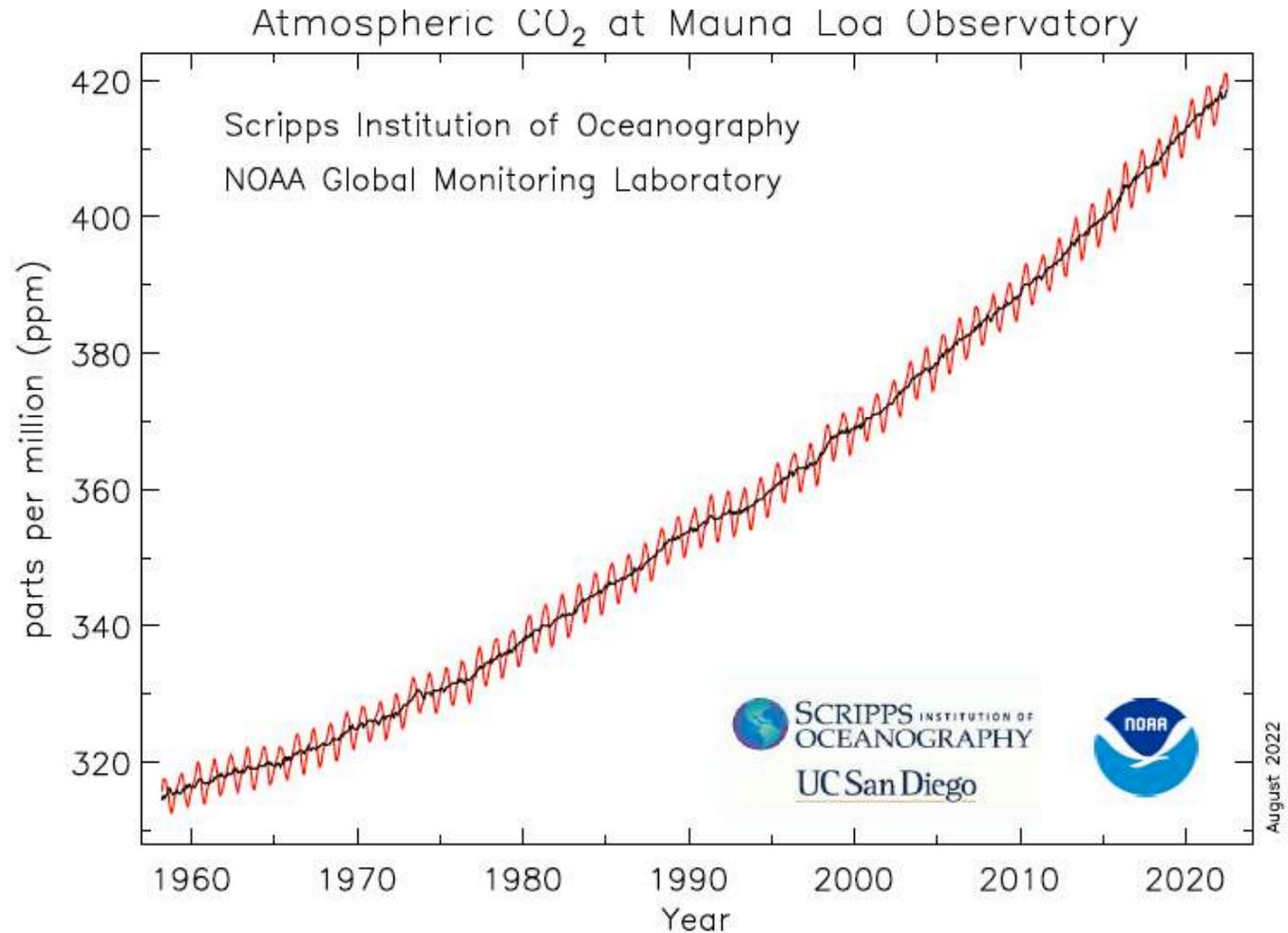


Depuis 1950, la population s'est multipliée par 3 mais les émissions de CO₂ se sont multipliées par 10

Source:

[energy-combustion-and-industrial-processes-1900-2022](#) (mars 2023)

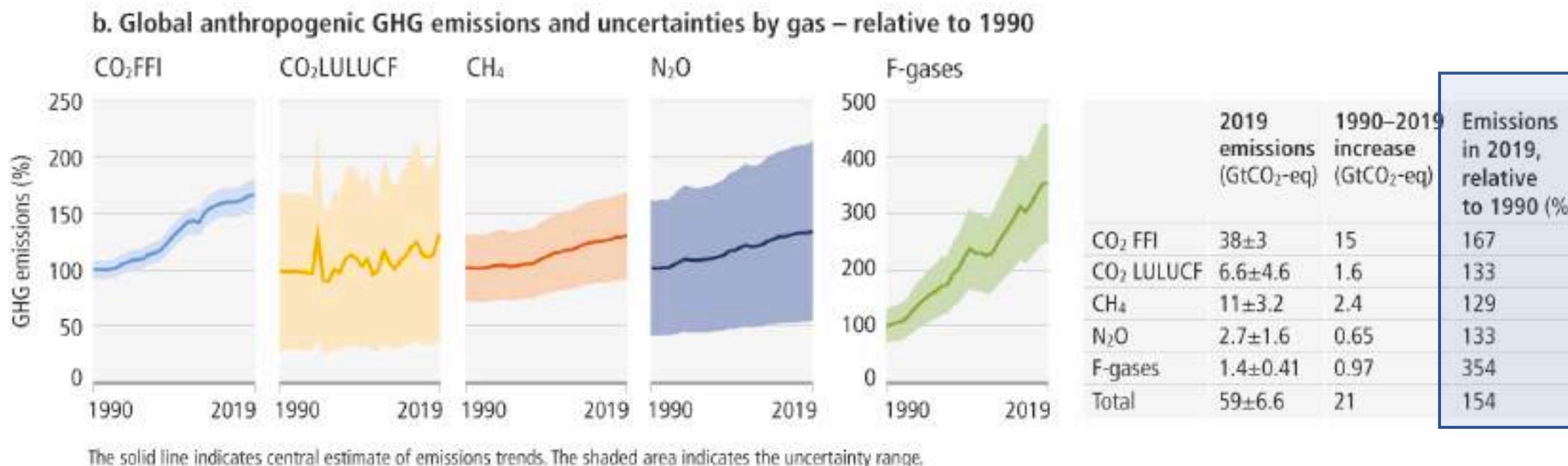
Une tendance forte



Chaque année, le CO₂ fossile est émis en plus grande quantité que ce que les forêts et les océans peuvent capter dans le cycle du carbone

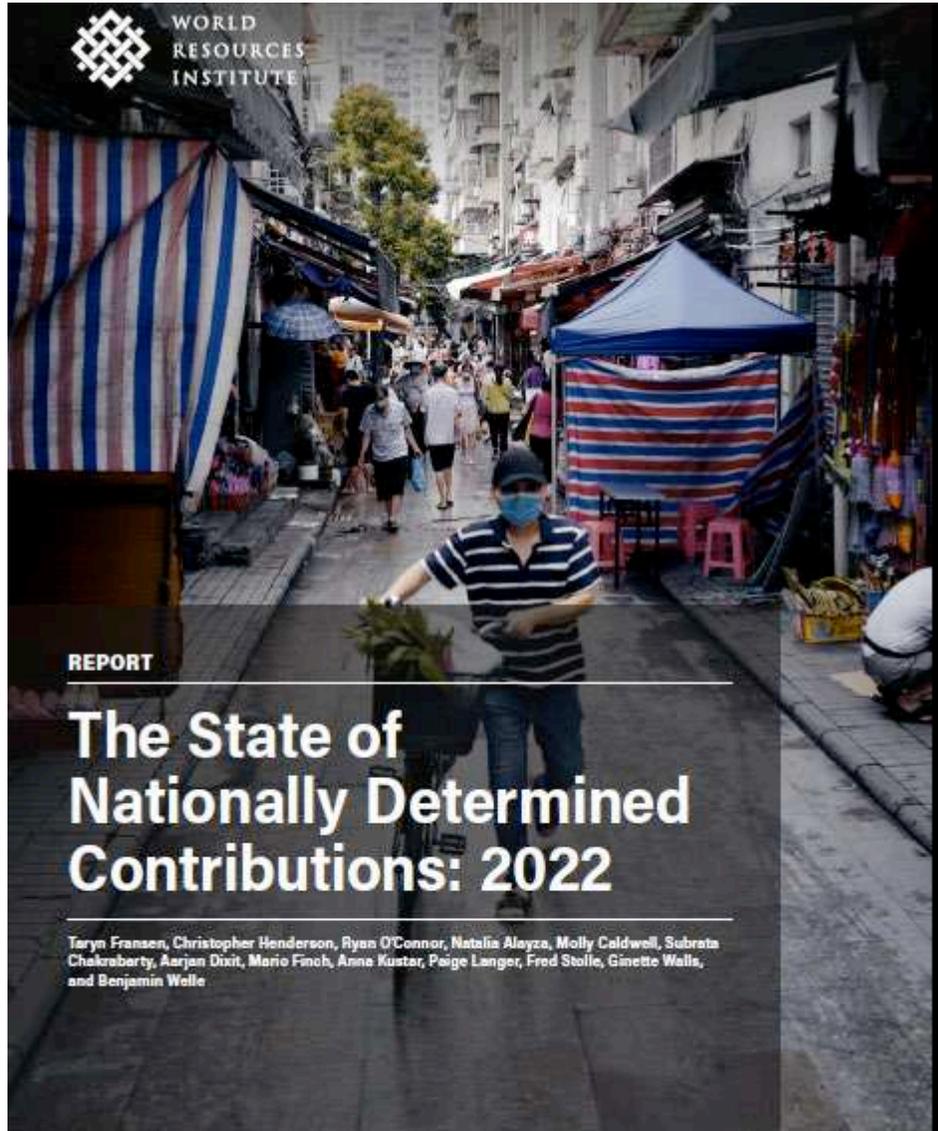
Évolution probable à l'horizon
2050

Des résultats décevants



Depuis 1992, la CCNUCC indique la ferme intention des états de réduire le niveau des émissions de gaz à effet de serre par rapport à 1990. Le résultat des « efforts » mis en œuvre en 30 ans n'a rien donné de probant. Pire, aucune transformation structurelle ne laisse présager une inversion de la tendance avant 2030.

Désolant



Les engagements des pays signataires de l'Accord de Paris déposés en septembre 2022 représentent –s'ils sont appliqués- une réduction en 2030 de 7% de celles de 2019 alors qu'il faudrait selon le dernier rapport du GIEC une réduction minimale de 43% pour espérer stabiliser le climat à +1,5 à la fin du siècle

La majorité des engagements n'ont pas été réalisés jusqu'à maintenant.

On attend mieux à Dubaï...

L'exemple ne vient pas du Canada

La cible du Canada en 2030 est de 440 Mt. Pour y arriver, il faudrait une réduction annuelle de 5,4% successivement à partir de 2023 or il n'y a aucun signe que cela se produise cette année.

- Source: 3/10/2023

<https://440megatonnes.ca/fr/insight/emissions-secteur-petrogazier-et-secteur-batiment-sapent-progres-climatiques-canada/>



Des analyses basées sur des données de l'Institut climatique du Canada.

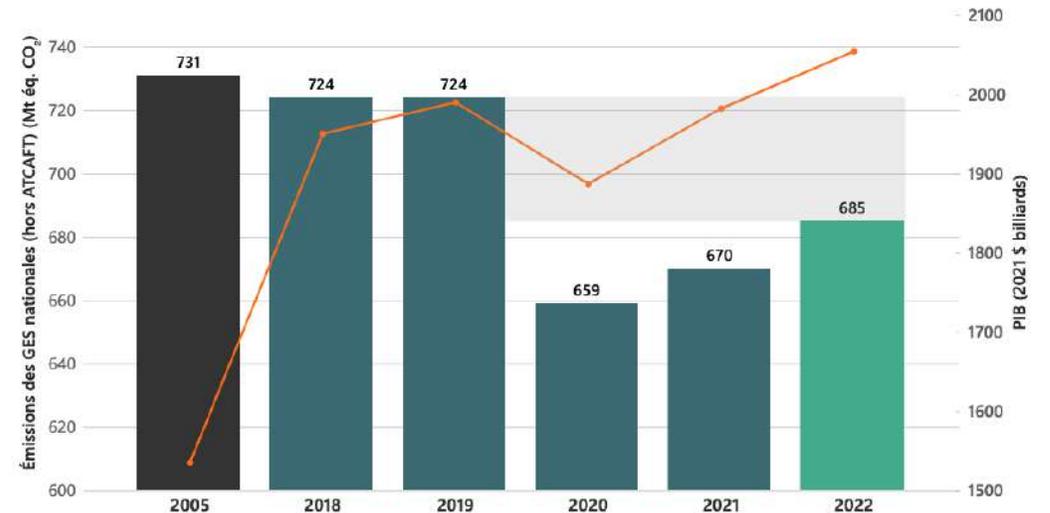
SUIVI DES PROGRÈS

ANALYSES

DONNÉES

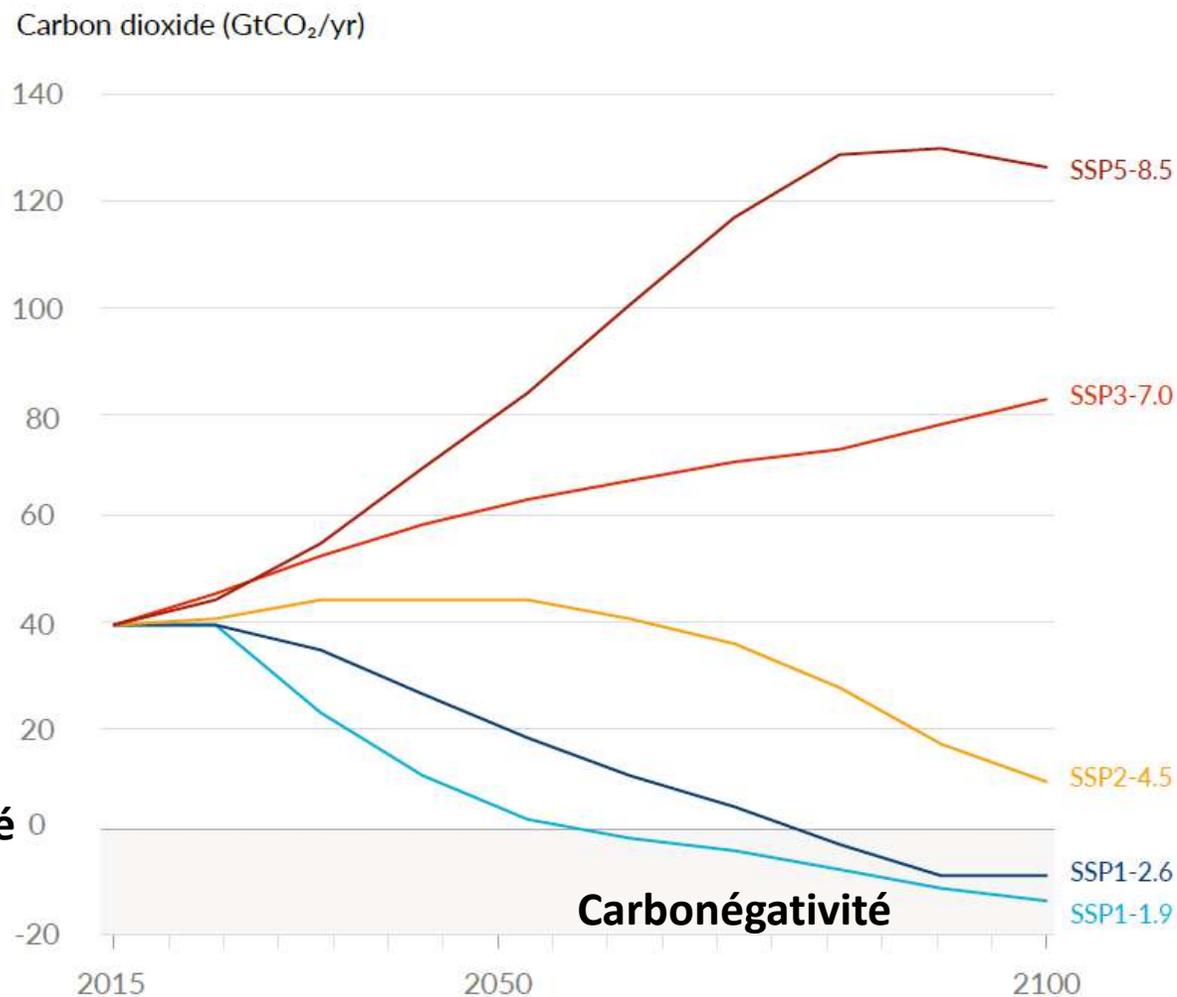
À PROPOS

Figure 1 : Une économie en plein essor et des émissions en baisse



56 %

En bref (IPCC, AR6, WG1, SPM, 2021)



Scénario élevé

Scénario probable

Scénario modéré

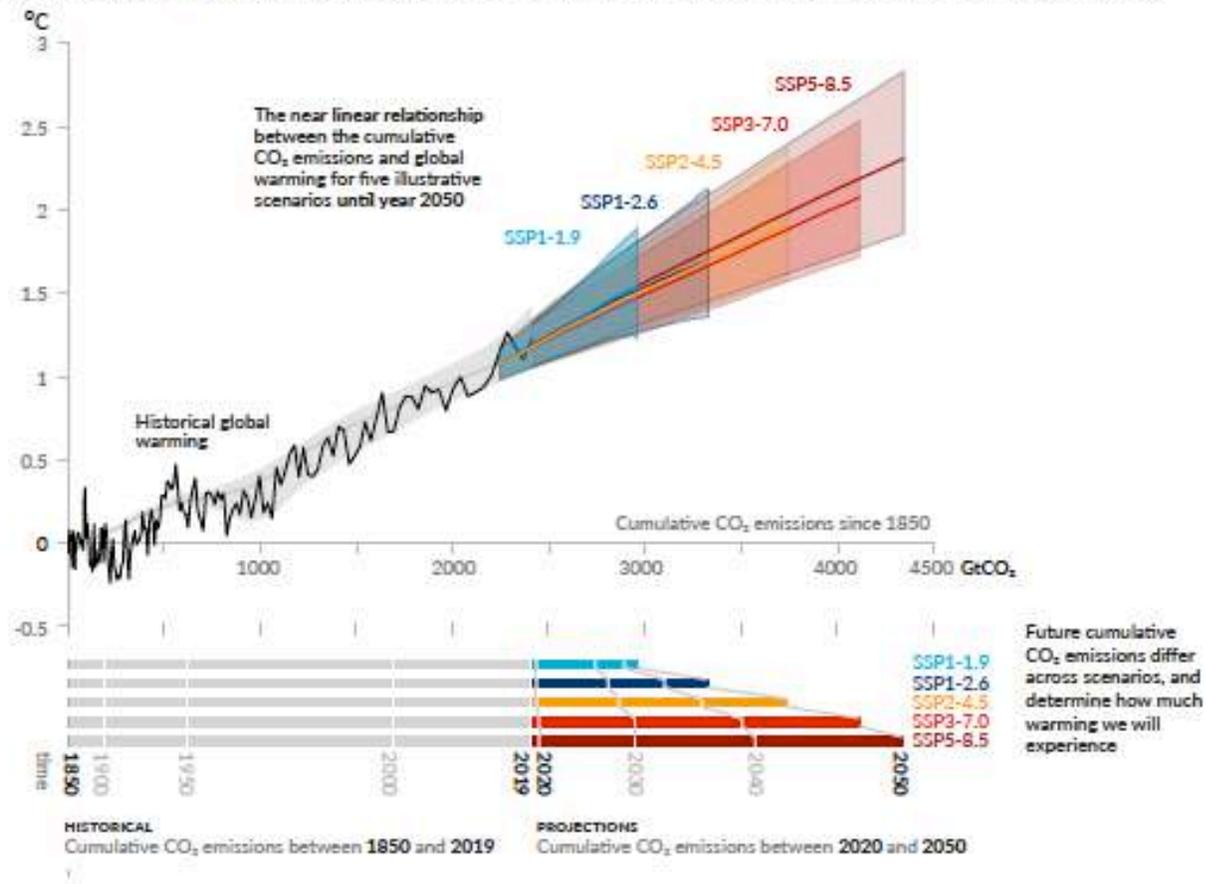
Scénarios désirés

Les scénarios d'émissions sont basés sur des hypothèses prenant en considération les facteurs politico-économiques, démographiques et technologiques et intègrent les engagements des pays dans la CCNUCC

Chaque tonne compte

Every tonne of CO₂ emissions adds to global warming

Global surface temperature increase since 1850-1900 (°C) as a function of cumulative CO₂ emissions (GtCO₂)

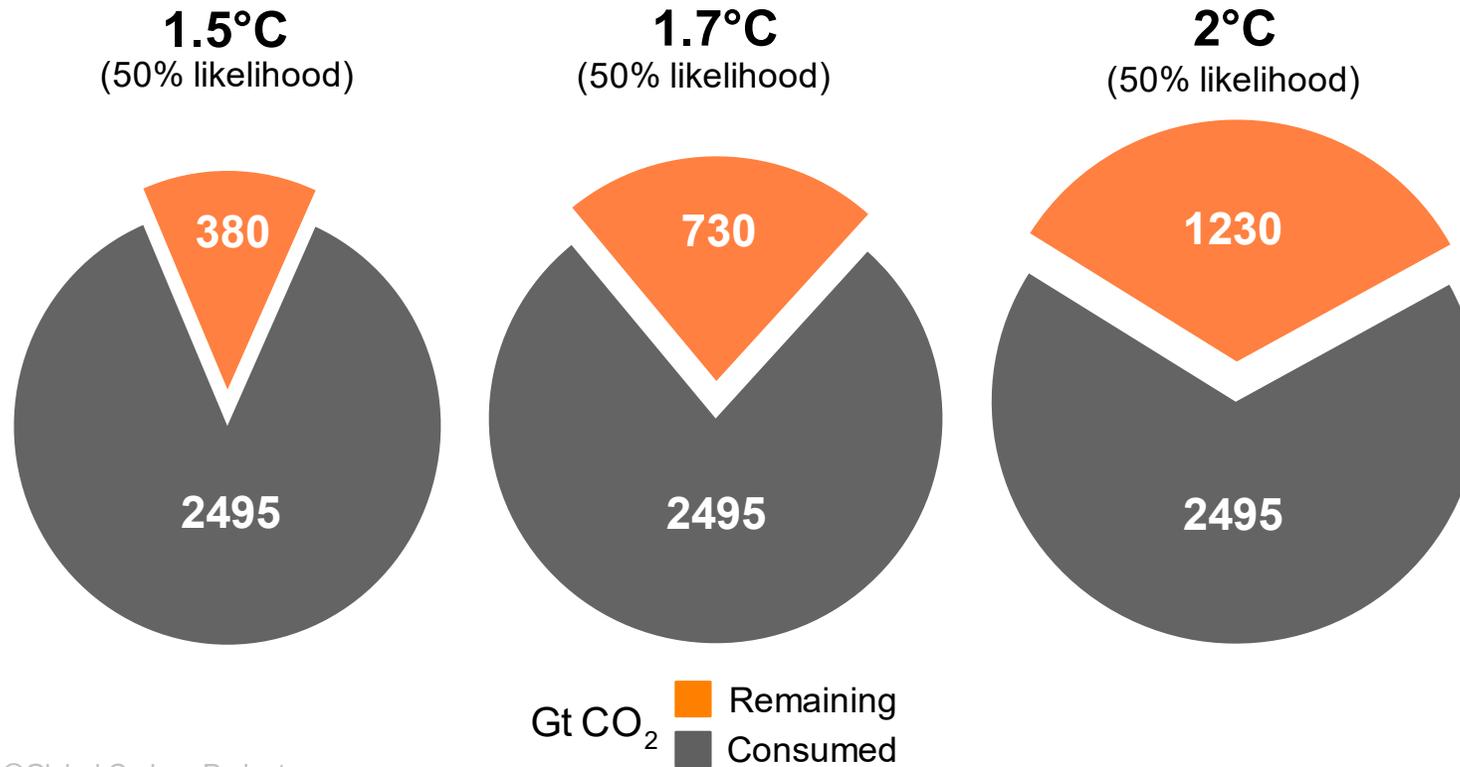


Pour atteindre la cible de limiter le réchauffement sous les 2 degrés, toute nouvelle source d'émissions doit être carboneutre avant 2025

Chaque tonne additionnelle diminue la marge de manœuvre, donc on ne peut pas se permettre d'ajouter de nouvelles sources

L'échéance approche à grand pas

Le seuil de dépassement du réchauffement au rythme actuel représente respectivement 9, 17 et 30 ans



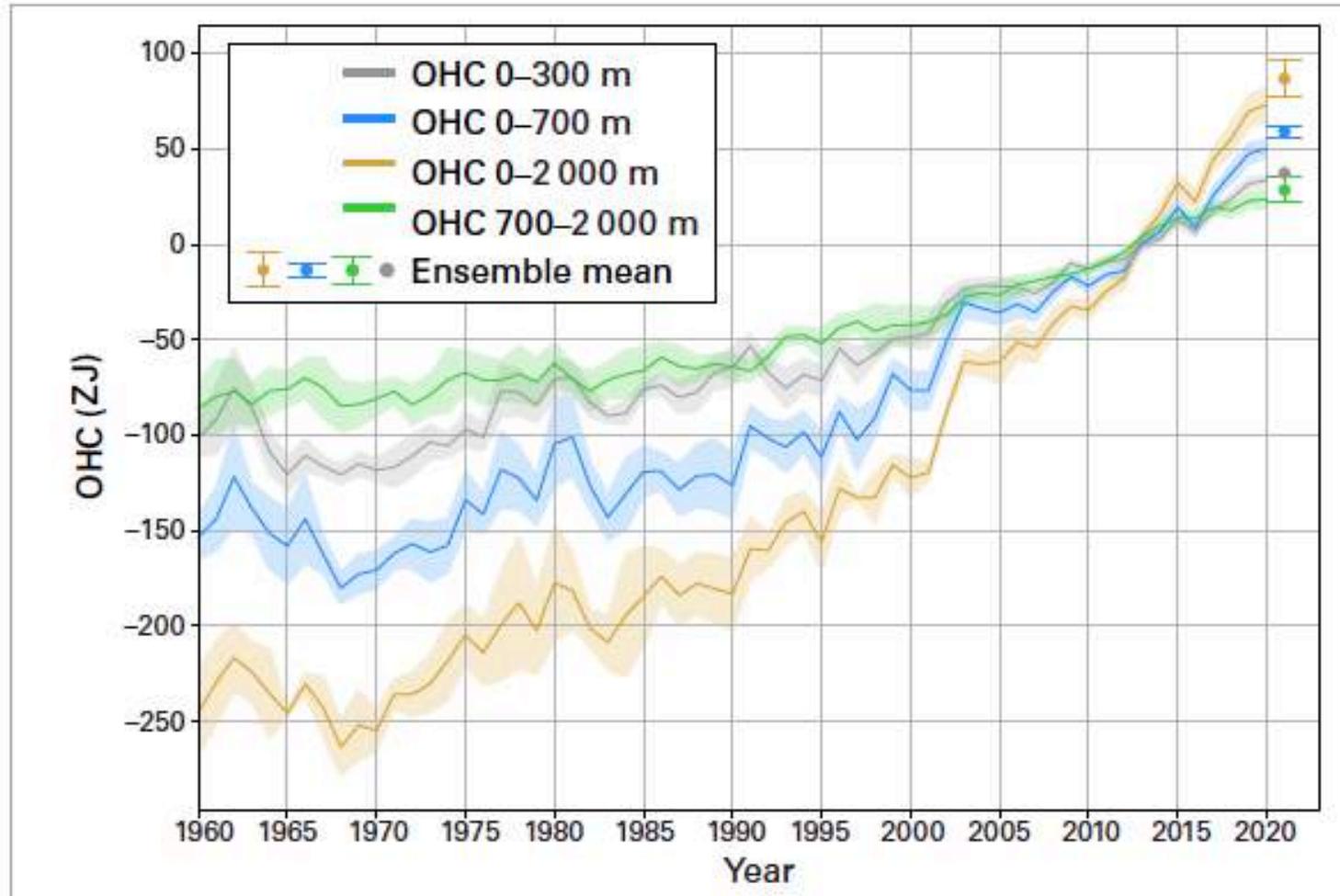
©©Global Carbon Project

The remaining carbon budgets are updated from IPCC AR6 WG1 Chapter 5 by removing additional historical emissions since 1 January 2020.

Quantities are subject to additional uncertainties e.g., future mitigation choices of non-CO₂ emissions

Source: [IPCC AR6 WG1](#); [Friedlingstein et al 2022](#); [Global Carbon Budget 2022](#)

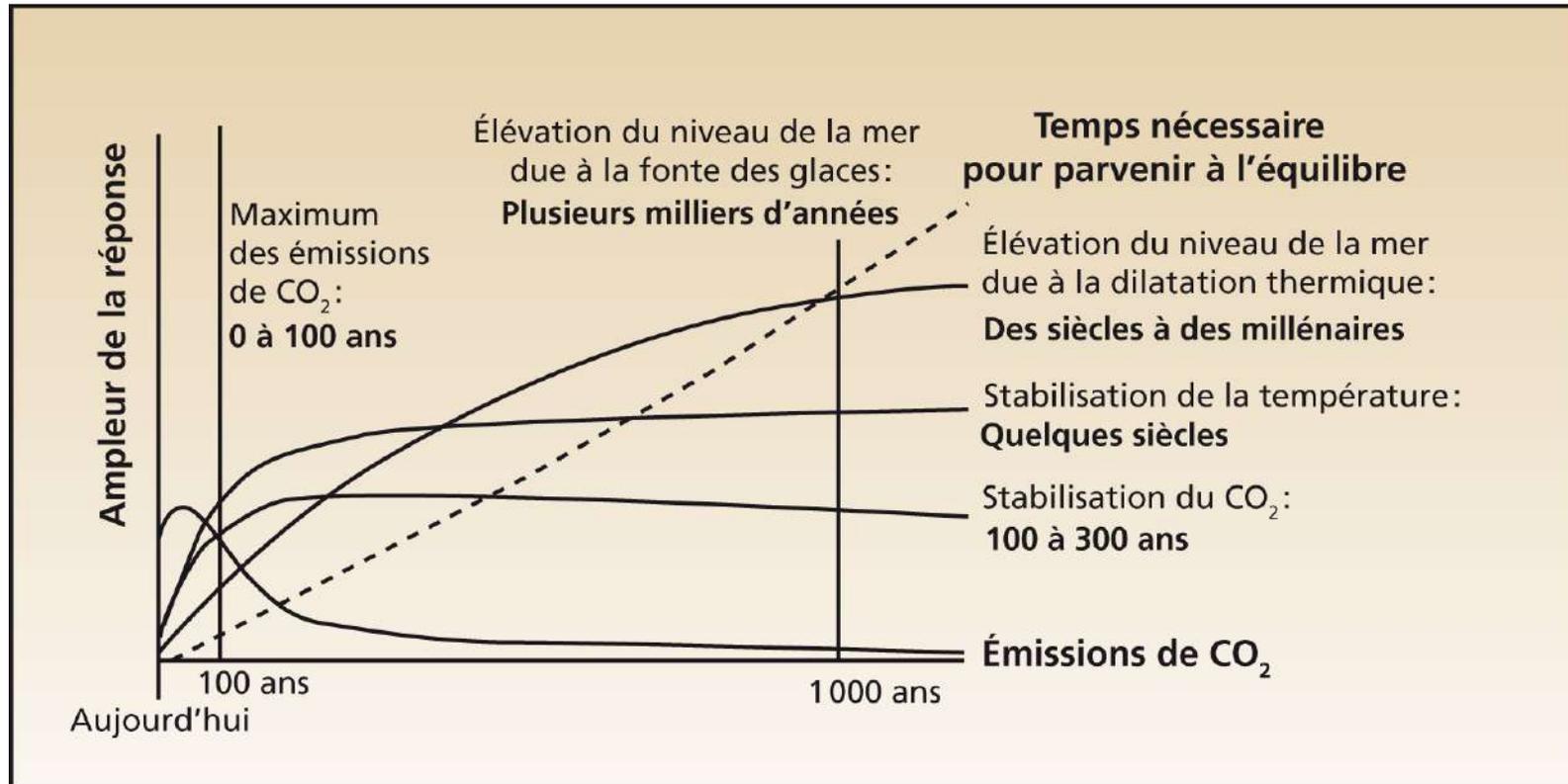
Chaleur latente des océans



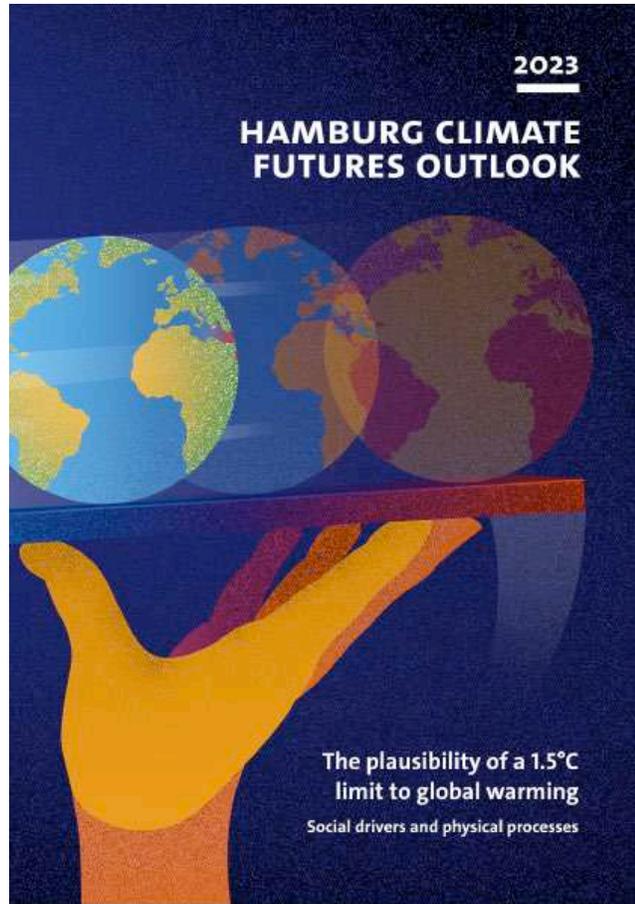
L'accumulation de chaleur latente provoque des épisodes de temps violent, retarde la prise des glaces et provoque la dilatation thermique de l'eau
Source OMM, 2022

90% de l'énergie retenue dans le système s'accumule dans les océans sous forme de chaleur latente (NOAA 2022)

L'inertie du système



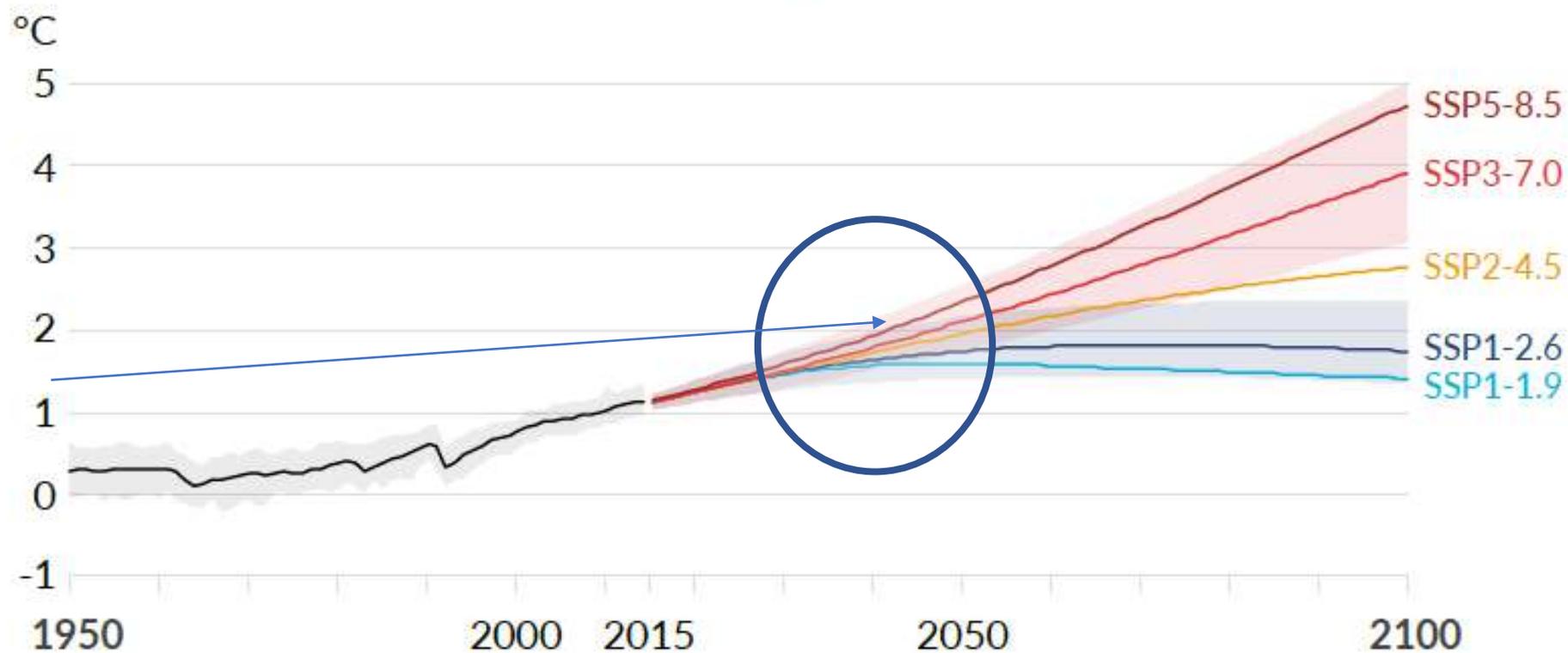
Plausible?



- *« In light of these findings, we conclude that reaching worldwide deep decarbonization by 2050 is currently not plausible, given the observable trajectories of social drivers. The select physical processes of public interest only moderately, if at all, inhibit the plausibility of attaining the Paris Agreement temperature goals, although they can substantially modify the physical boundary conditions for society. Meeting the 1.5°C Paris Agreement temperature goal is not plausible, but limiting the global temperature rise to well below 2°C can become plausible if ambition, implementation, and knowledge gaps are closed. »*
- https://www.fdr.uni-hamburg.de/record/11230#.Y9z_rHbMLIW

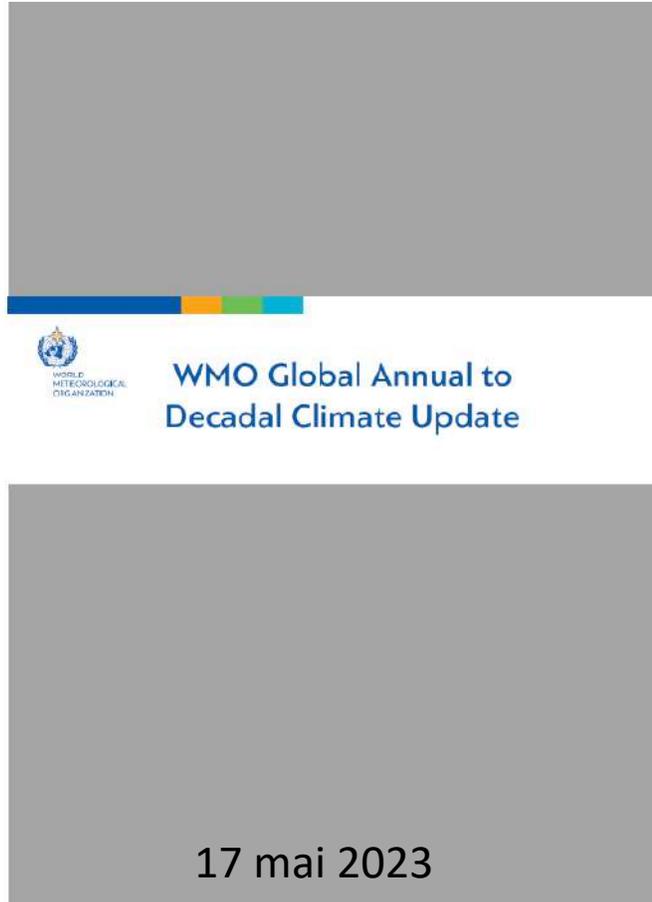
Donc dépassement probable de +1,5 degrés avant 2030

a) Global surface temperature change relative to 1850-1900



En moins d'un siècle nous connaissons un réchauffement comparable à celui qui s'est produit depuis le dernier maximum glaciaire. À l'horizon 2050 il sera à peu près impossible d'éviter de dépasser le 1,5°C

La preuve?



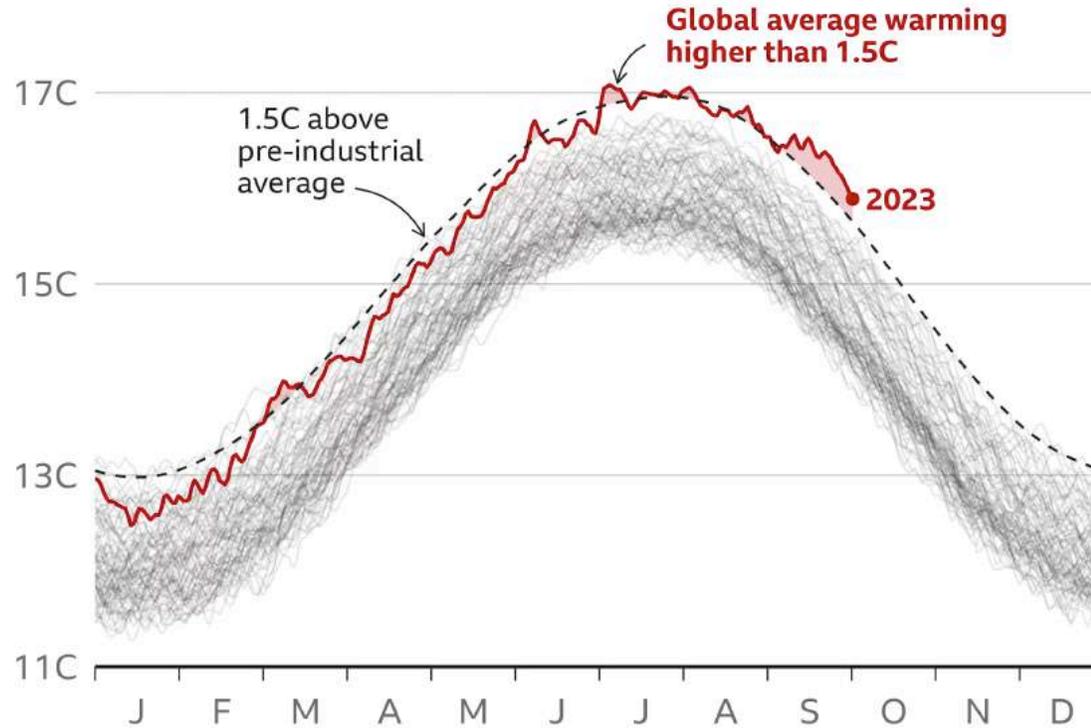
- Dans sa mise à jour sur l'évolution du climat dans la période 2023-2027 l'OMM a annoncé que la barre du +1,5°C serait dépassée au moins dans une des cinq années à venir

https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11629

Dangereusement près!

Record number of days breaking 1.5C in 2023

Daily global average air temperature, 1940-2023



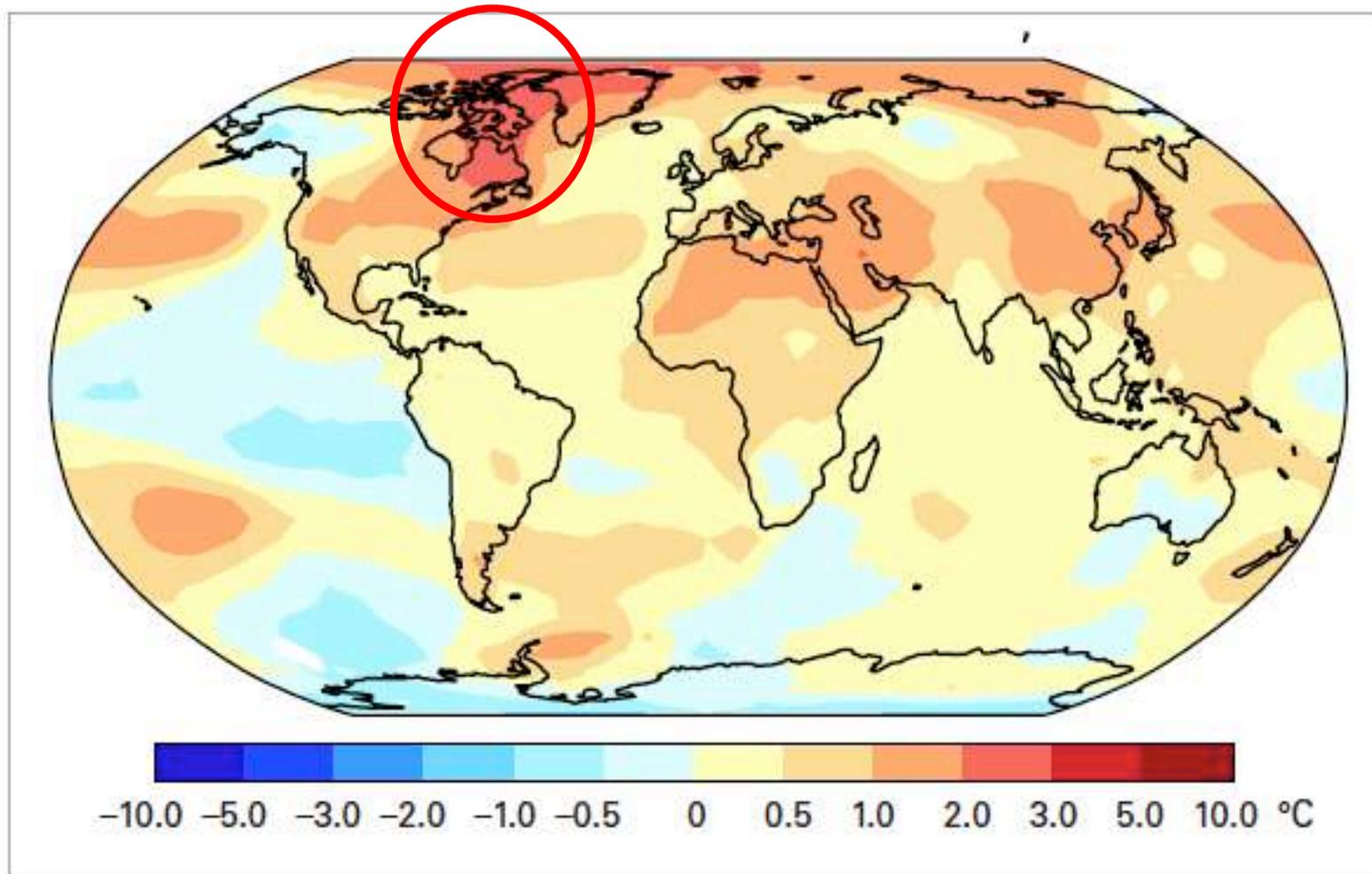
Note: Temperature data for 2 October 2023 is preliminary. Each line represents a year. Pre-industrial average calculated from 1850-1900 levels.

Source: ERA5, C3S/ECMWF

BBC

Quels effets dans les régions
forestières du Québec?

Un réchauffement inégal

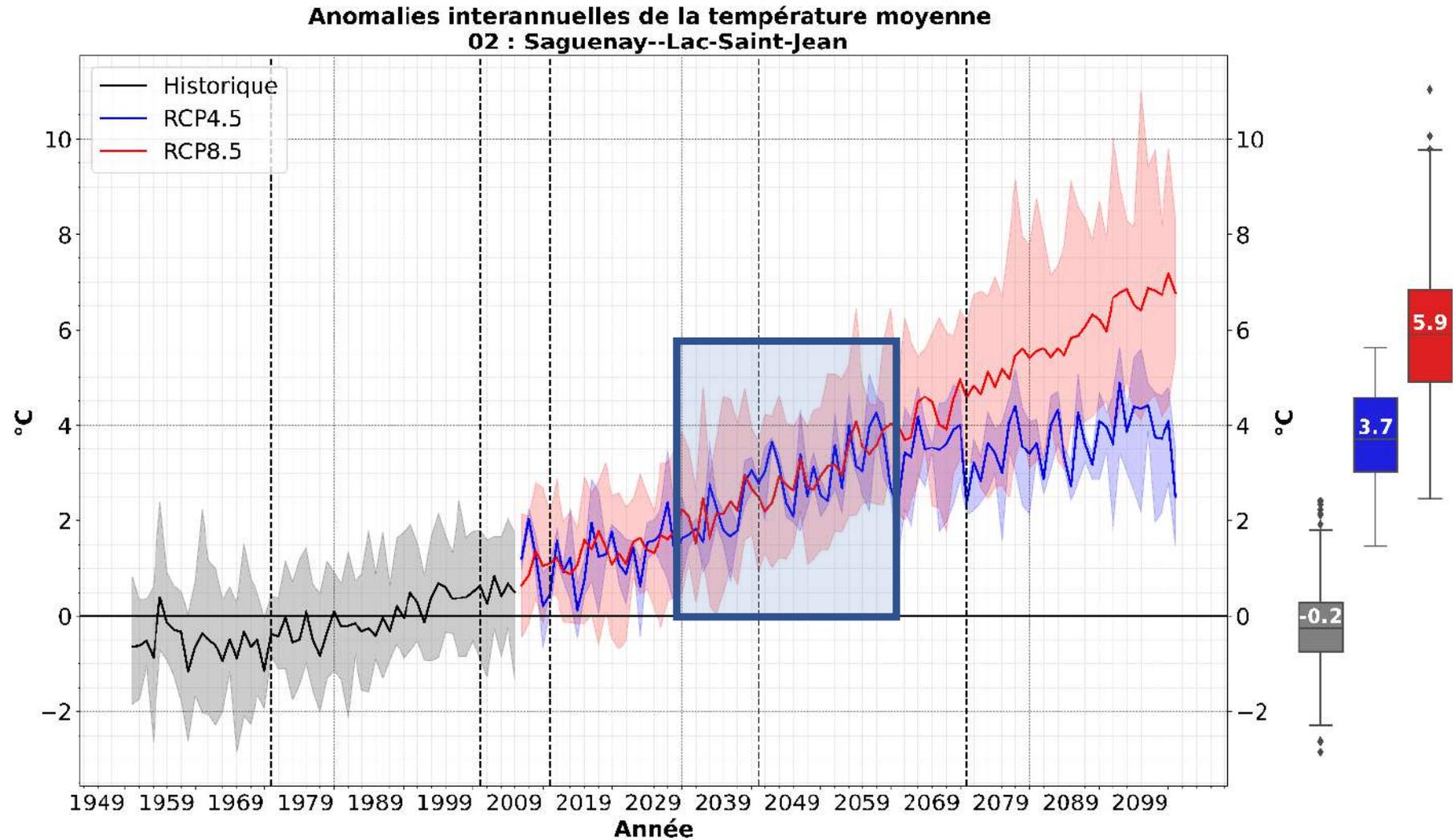


**Anomalies
observées en 2021
par rapport aux
moyennes 1981-
2010**

**Le nord du Québec
est un des secteurs
qui se réchauffe le
plus rapidement**

Source OMM, 2022

Évolution du climat régional



Tendances climatiques prévues

Saisons	Indicateurs
Hiver	<ul style="list-style-type: none">↑ de la température↑ des précipitations totales (moins de neige et plus de pluie)↑ des cycles de gel de dégel↓ des froids extrêmes (la fréquence, la durée et l'intensité)
Printemps	<ul style="list-style-type: none">↑ des températures moyennes annuelles↑ des crues printanières hâtives↑ des précipitations totales (moins de neige et plus de pluie)
Été	<ul style="list-style-type: none">↑ des températures moyennes annuelles↑ des chaleurs extrêmes (fréquence, durée, intensité)↑ des pluies extrêmes (fréquence, intensité)↑ des périodes d'étiage (durée, sévérité)
Automne	<ul style="list-style-type: none">↑ des températures moyennes↑ des pluies extrêmes (fréquence, intensité)↑ des périodes d'étiage (durée, sévérité)

Évolution des températures 2041-2070 dans le scénario le plus probable (RCP 8,5) (2022)

Région	Moyenne annuelle 1971-2000	Moyenne annuelle 1991-2020	Prévision 2041-2070 annuel	Anomalie Hiver	Anomalie printemps	Anomalie été	Anomalie automne
Côte-Nord	-1,6	-0,8	3,7	+5,1 -17,3 => -12,2	+3,4 -3,1 => 0,3	+3 12,7 => 15,7	+3.1 1,1 => 4,2
Abitibi-Témiscamingue	1,9	2,6	6	+4,5 -12,7 => -8,2	+3 1,6 => 4,6	+3,4 16,6 => 20,0	+5.1 4,1 => 9,2
Saguenay-Lac-Saint-Jean	0	0,7	4,3	+4,9 -15,2 => -10,3	+3,2 0,7 => 3,9	+2,9 15,1 => 18	+3,2 3,3 => 6,5
Jamesie	-2,2	-1,4	2,5	+5,8 -18 => -12,2	+3,6 -3,7 => -0,1	+3,0 13,8 => 16,8	+3,4 2,2 => 5,6
Outaouais	3,7	4,3	7,6	+4,1 -11,2 => -7,1	+2,9 3 => 5,9	+3 17,3 => 20,3	+3,1 6,4 => 9,5

Pas beaucoup d'espoir que ça n'arrive pas!

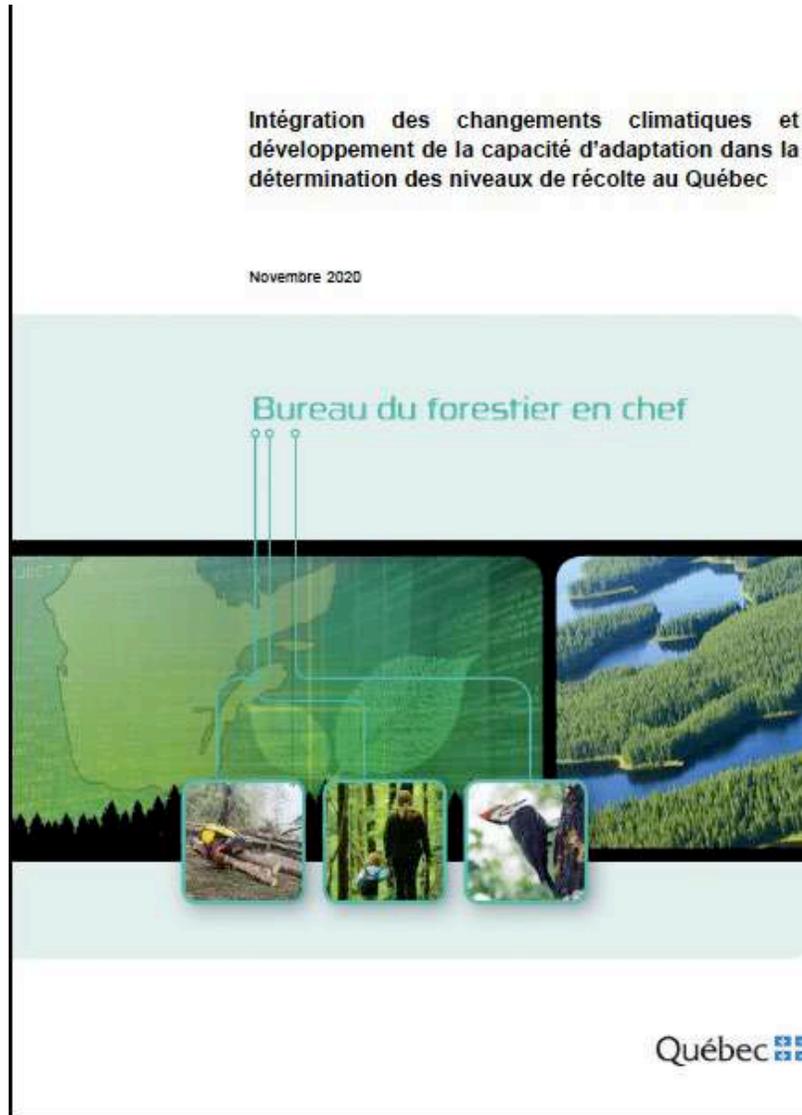
- Les prévisions des modèles régionaux montrent qu'avec le scénario modéré (RCP 4.5) on atteindrait le même résultat qu'avec le scénario élevé (RCP 8,5) trente ans plus tard (période 2071-2100 au lieu de 2041-2070)
- Les scénarios désirés comportent un dépassement probable de +1,5°C avant de revenir à la stabilisation, donc les conditions climatiques prévues dans le RCP 8,5 affecteront la région avant la fin de ce siècle.
- **Donc le nouveau climat va nous affecter au plus tard en 2050**

Quels effets sur la forêt et les feux?

Effet saisonniers

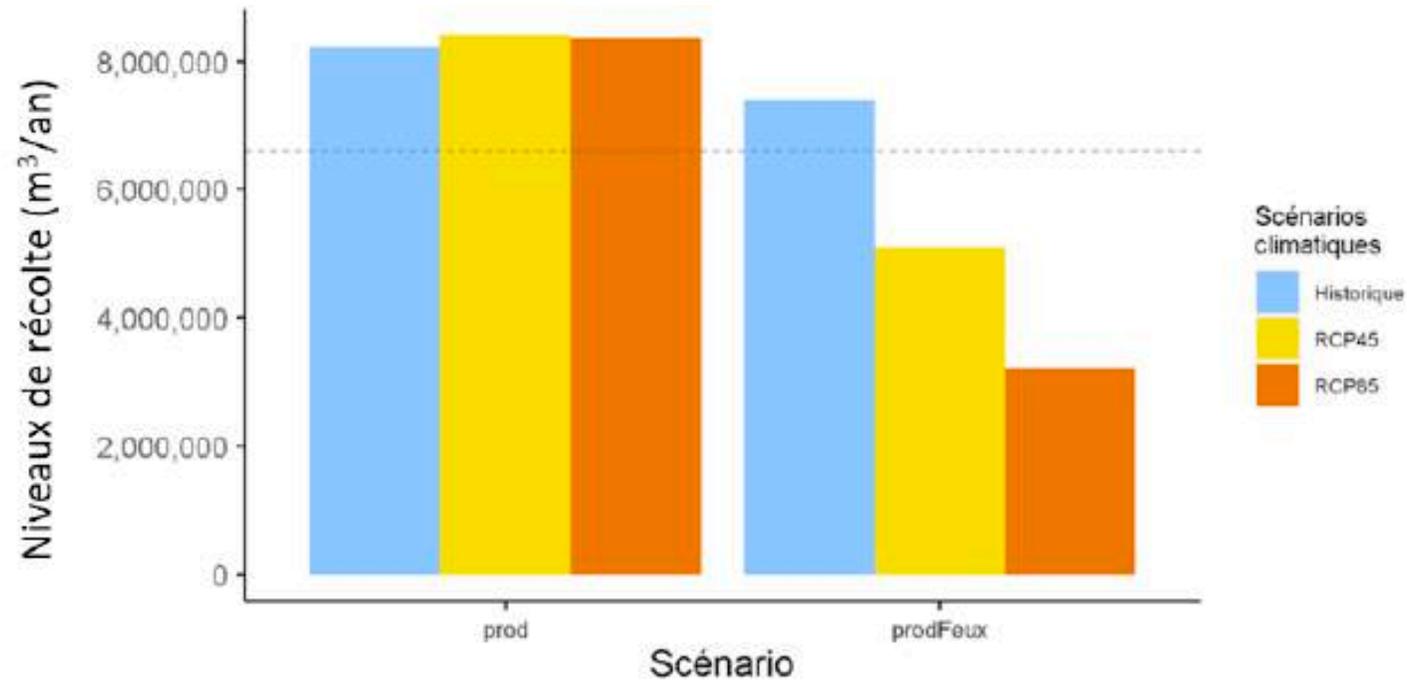
- Hiver
 - Couvert nival plus contrasté (redoux, verglas)
- Printemps
 - La **fonte des neiges** sera **devancée**
 - Les années sèches, les conditions favorables aux feu seront exacerbées.
- Été
 - Les changements dans les régimes hydriques et l'augmentation des températures accentueront les **possibilités de sécheresse et de feux**.
- Automne
 - Les **événements extrêmes finiront plus tard** dans l'année créant plus de risques de mortalité (ex : chablis) et accumulation de combustible au sol..

Un rapport pertinent



- L'étude publiée par le bureau du forestier-en chef du Québec en novembre 2020 intègre des modélisations de différents scénarios climatiques et leurs effets sur la forêt du Saguenay-Lac-Saint-Jean

Productivité vs feux



D'ici 50 ans, un faible gain en productivité lié à un climat plus chaud ne sera pas capable de couvrir les pertes liées à l'augmentation des feux

Source: Forestier-en chef, 2020

Figure 15. Niveaux de récolte sous le scénario *statu quo* estimés en intégrant uniquement l'effet des changements climatiques sur la productivité (à gauche) et en intégrant aussi l'effet des feux (à droite). Aucune autre perturbation n'a été intégrée à ces simulations. Ces niveaux de récolte représentent, dans chaque cas, le rendement maximal soutenu étant donné les suppositions fournies au modèle.

Un monde incertain

- Un incendie n'est pas une fatalité
 - Plusieurs facteurs doivent être réunis pour déclencher un incendie,
 - On peut prévenir les feux d'origine humaine
 - On peut limiter les superficies affectées par une veille et des interventions efficaces
- Les modèles tendent à simplifier la réalité et notre interprétation des prédictions est souvent déterministe.
- Beaucoup de recherches seront nécessaires dans les 10 prochaines années pour trouver des mesures d'adaptation dont l'efficacité se mesurera seulement après 2060 si on les met en œuvre dès 2030.

Conclusion

Conclusion

- Le climat planétaire va connaître des changements accélérés dans les prochaines décennies en raison des activités humaines;
- Cela aura d'importantes répercussions sur la forêt dans son ensemble
- Les années de type 2023 seront de plus en plus fréquentes;
- L'avenir n'est pas écrit, chaque année est unique;
- En matière d'incendies, la prévention reste la meilleure solution.



carbone
boréal^{MD}



UQAC

**Observatoire régional de recherche
sur la forêt boréale**
Université du Québec à Chicoutimi

Questions ?