La science du réchauffement climatique

Denis Gilbert
Institut Maurice-Lamontagne
Mont-Joli, Québec, Canada

@DenisGilbertPhD

twitter

CÉGEP de Rimouski
8 mai 2015

Canada

Plan de la présentation

- Notions de base sur le climat
- GIEC = Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (www.ipcc.ch)
- Bonnes nouvelles de la Chine
- Énergies renouvelables
- Véhicules électriques

La météo (événements à court terme)

0 à 15 jours

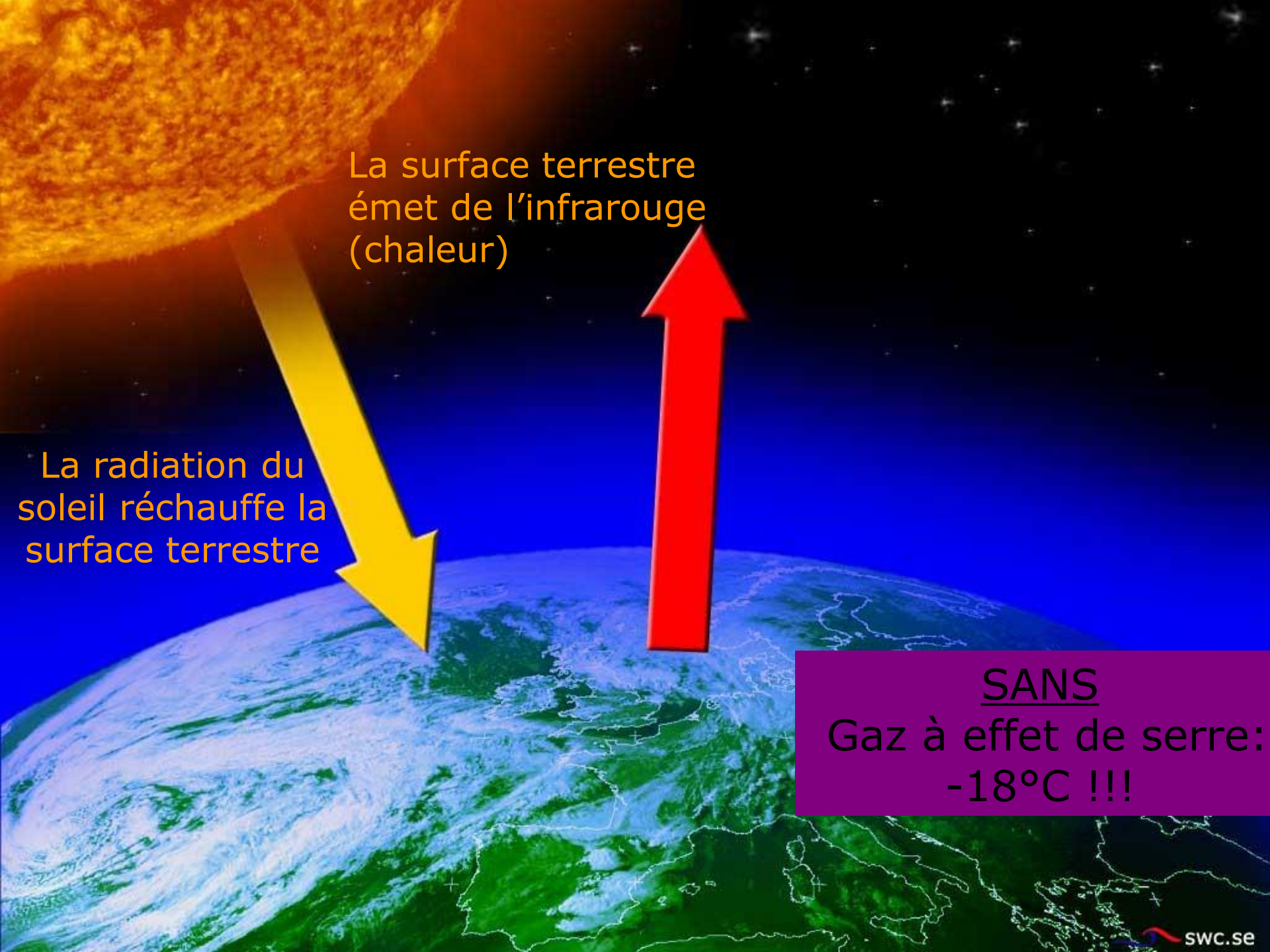
précipitations, nuages, vents, humidité, température

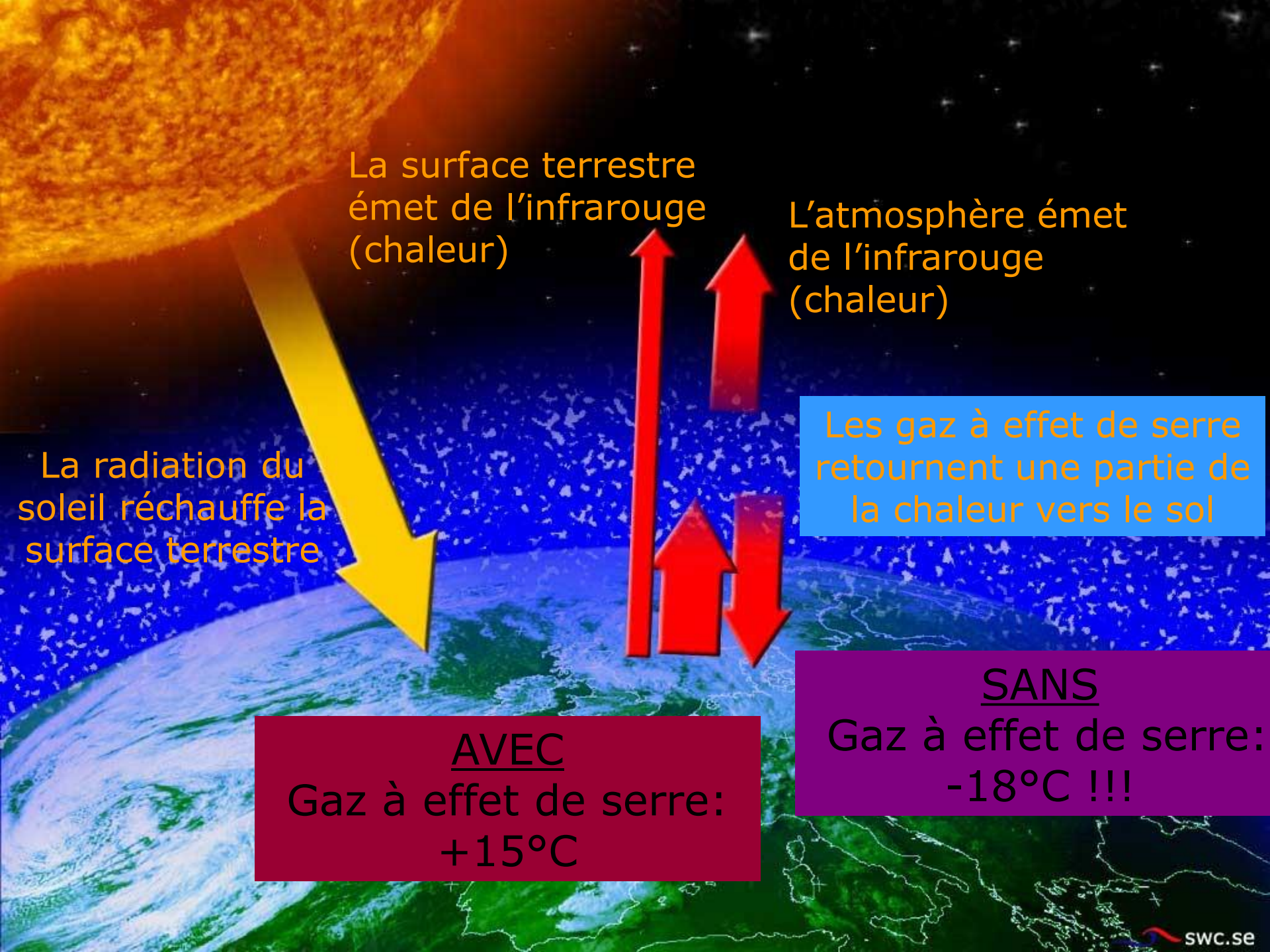
Le climat: statistiques météorologiques

30 à 100 ans

Denis Gilbert

2015-05-08


La surface terrestre émet de l'infrarouge (chaleur)
La radiation du soleil réchauffe la surface terrestre
SANS
Gaz à effet de serre:
-18°C !!!
swc.se

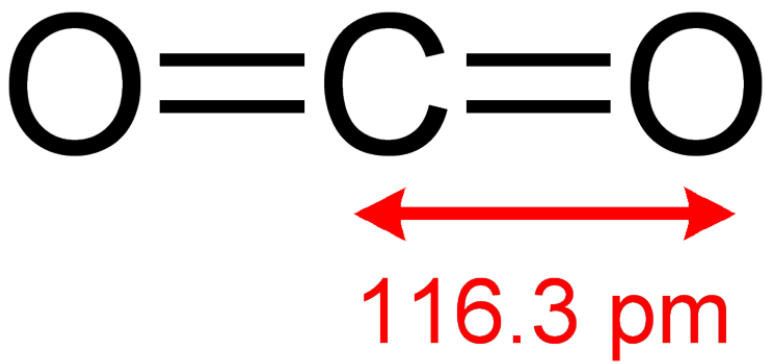

La surface terrestre émet de l'infrarouge (chaleur)
L'atmosphère émet de l'infrarouge (chaleur)
La radiation du soleil réchauffe la surface terrestre
Les gaz à effet de serre retournent une partie de la chaleur vers le sol
AVEC
Gaz à effet de serre:
+15°C
SANS
Gaz à effet de serre:
-18°C !!!
swc.se

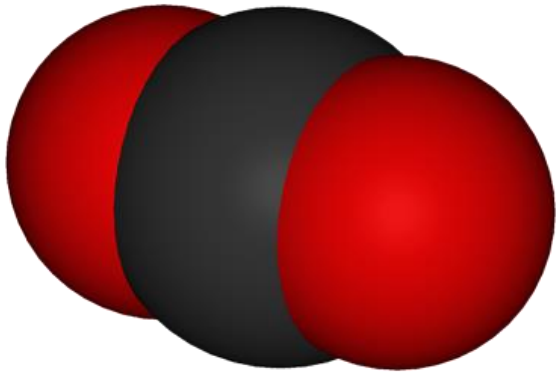
Svante Arrhenius (1859-1927)

Arrhenius, S., **1896**. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. The London, Edinburg and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, Series 5, 41: 237-276.

Denis Gilbert
2015-05-08

Dioxyde de carbone (CO_2)

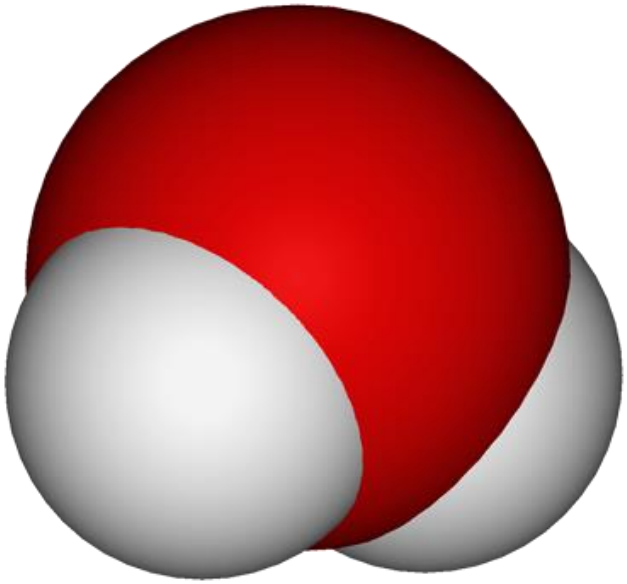




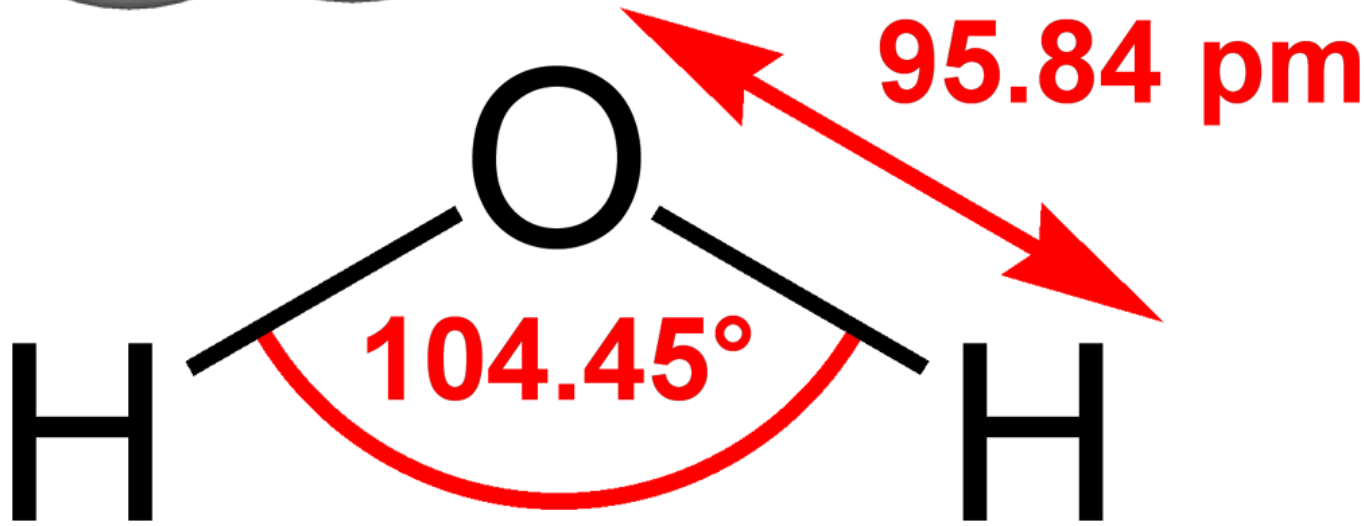
En 1896, Arrhenius s'est intéressé au rôle du dioxyde de carbone dans le climat terrestre.

Denis Gilbert
2015-05-08

Eau = H_2O

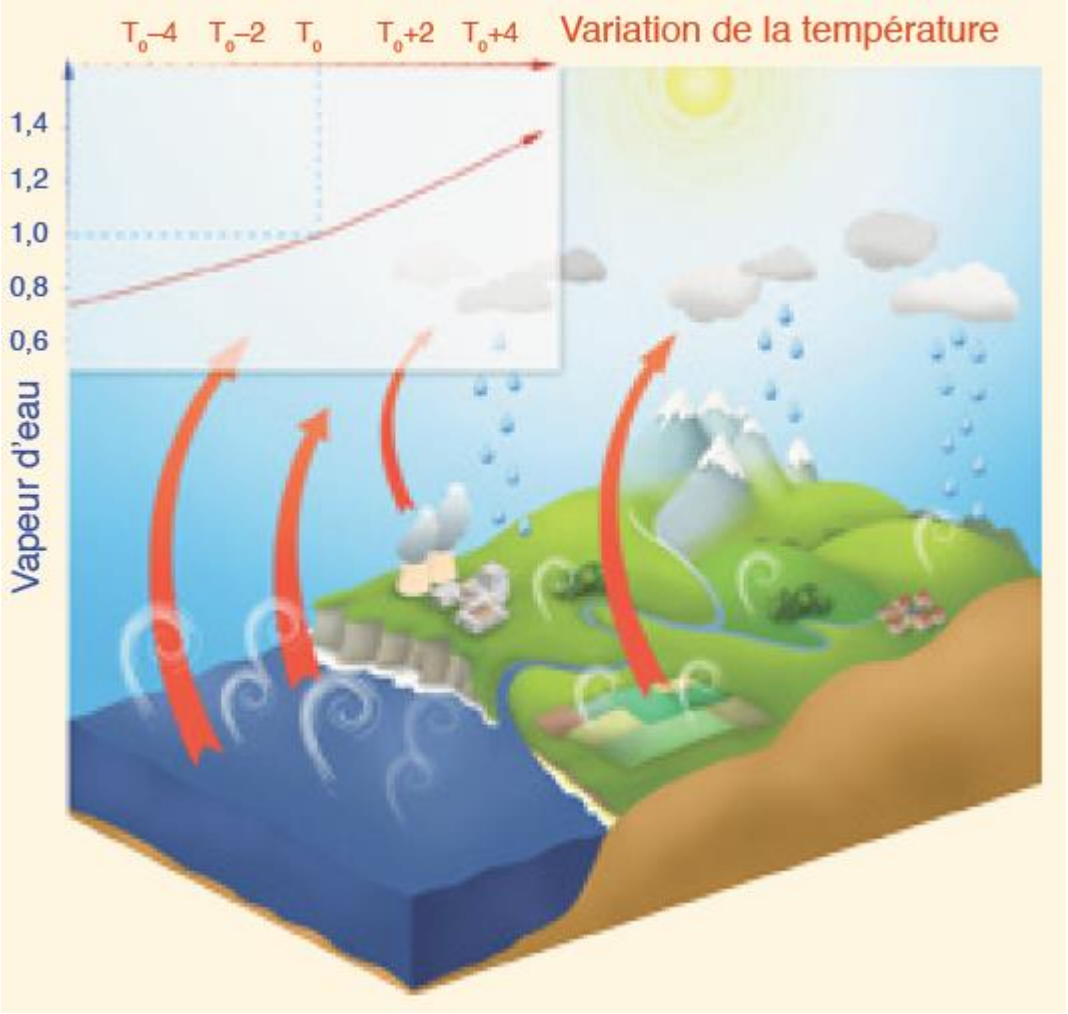


La vapeur d'eau est le plus important gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère terrestre



Denis Gilbert
2015-05-08

Rétroaction de la vapeur d'eau: augmente de 7% pour chaque °C



IPCC AR5, FigFAQ8.1-1

Sensibilité climatique

La sensibilité climatique à l'équilibre est le réchauffement global résultant d'un doublement du CO_2 (ou gaz à effet de serre équivalents du point de vue radiatif)

Selon le GIEC (AR5), il est extrêmement improbable que la sensibilité climatique à l'équilibre soit moins que 1°C. Elle se situe plutôt entre 1.5°C et 4.5°C.

Denis Gilbert
2015-05-08

Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC)

http://www.ipcc.ch/

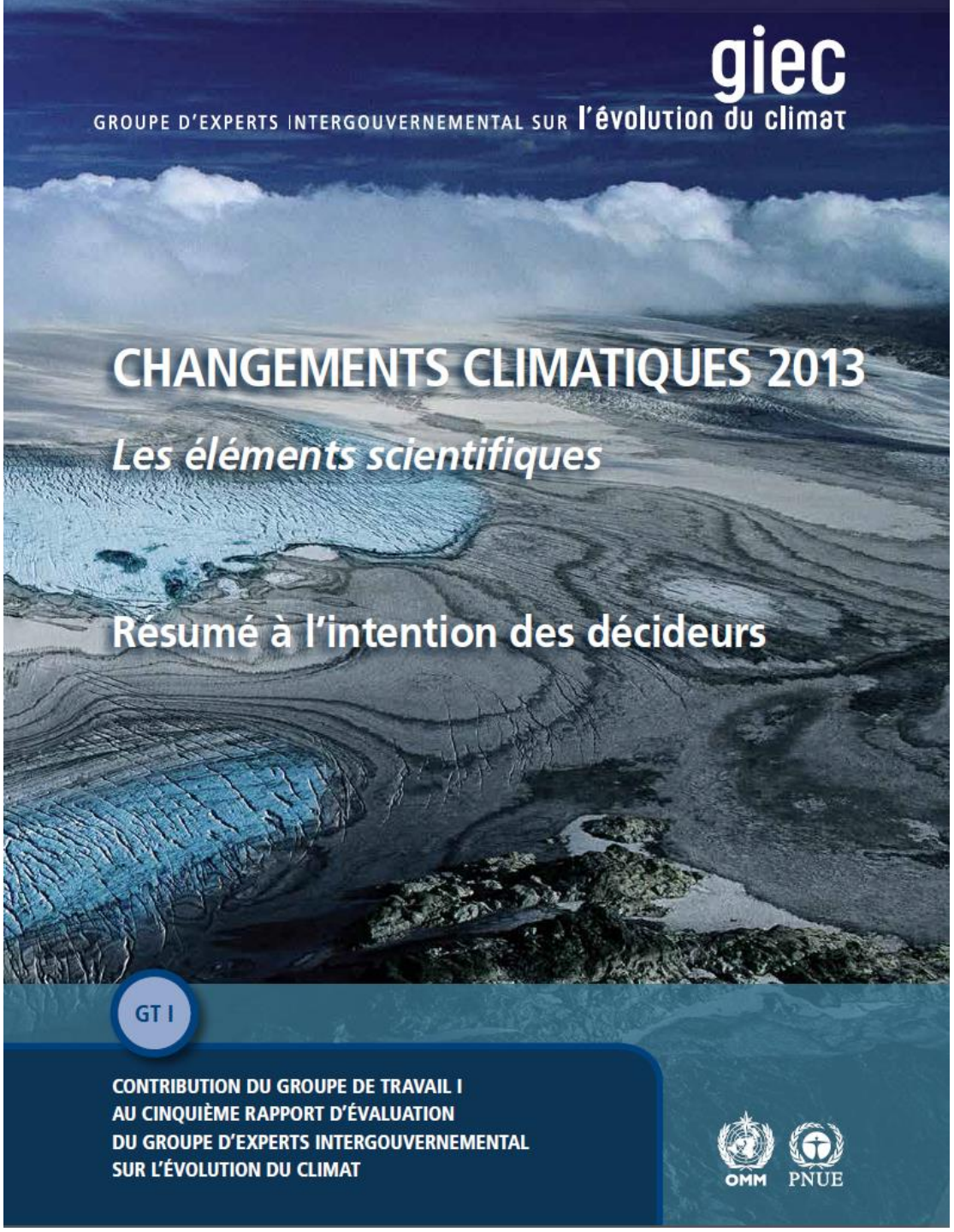
Dans le GIEC, il y a 3 groupes de travail

I – Science

II – Impacts

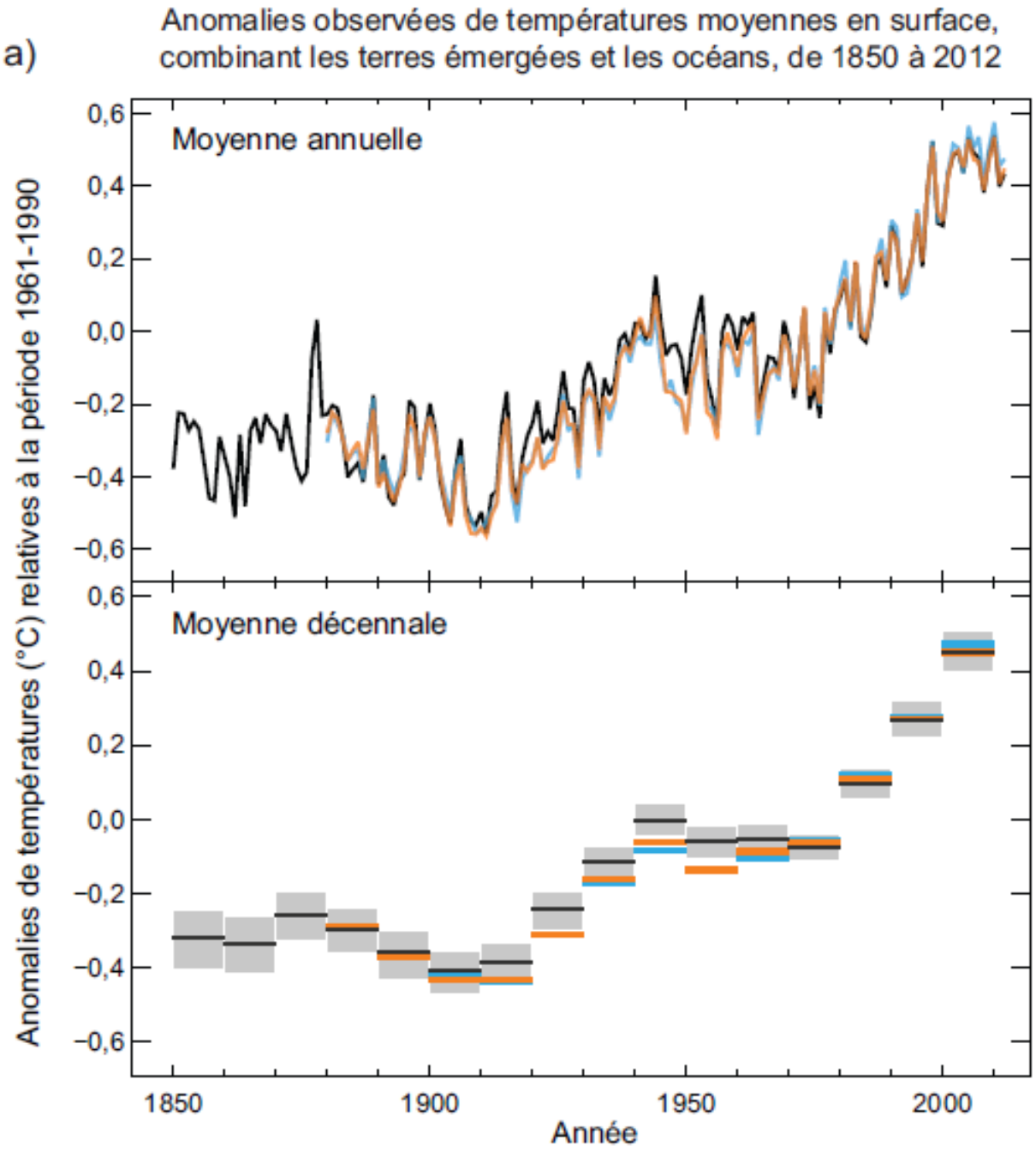
III – Atténuation

Denis Gilbert
2015-05-08



Denis Gilbert
2015-05-08

Température de l'air en surface



WGI_AR5_FigRID.1

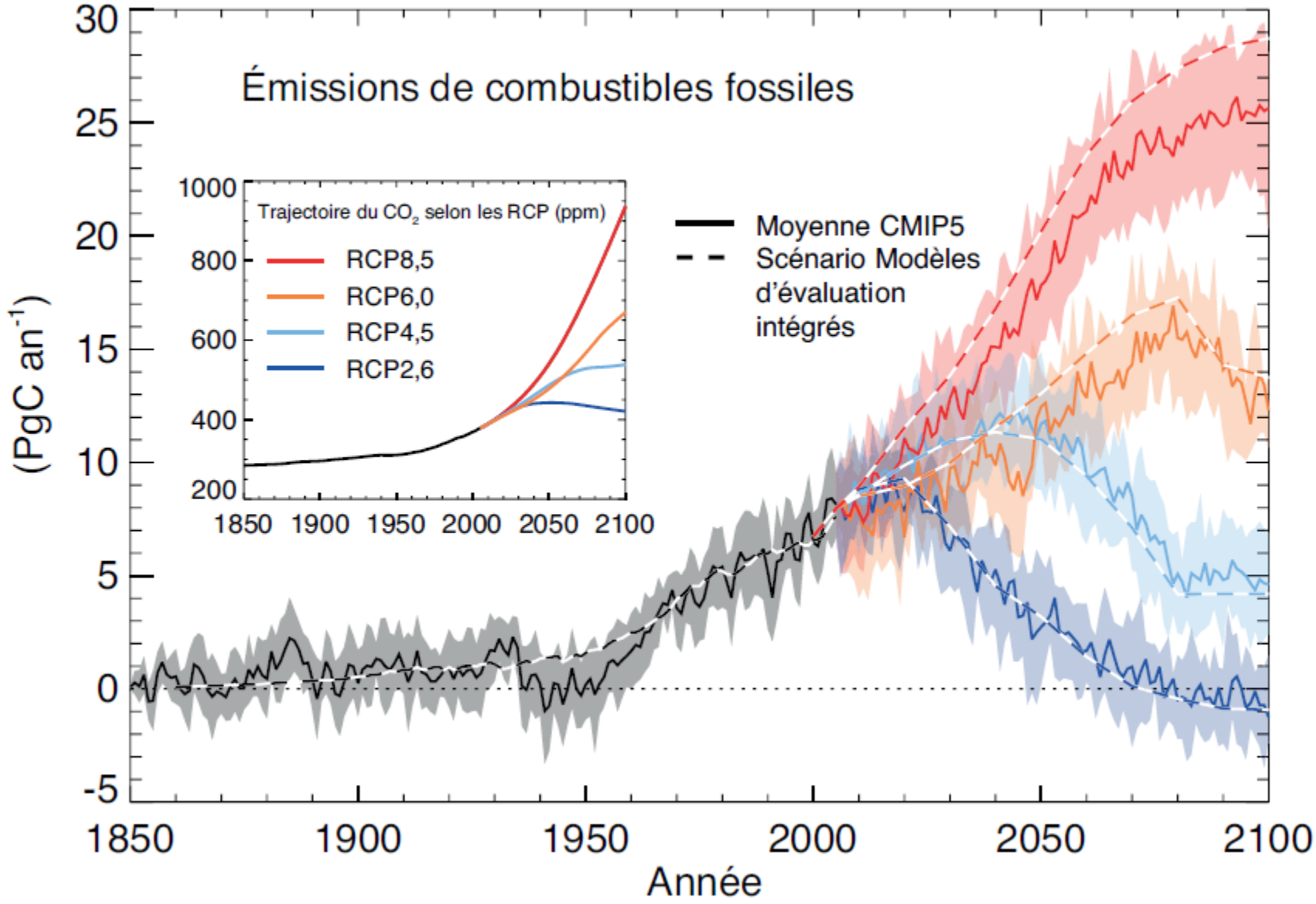
D.3 Détection et attribution des changements climatiques

On détecte l'influence des activités humaines dans le réchauffement de l'atmosphère et de l'océan, dans les changements du cycle global de l'eau, dans le recul des neiges et des glaces, dans l'élévation du niveau moyen mondial des mers et dans la modification de certains extrêmes climatiques (voir figure RID.6 et tableau RID.1). On a gagné en certitude à ce sujet depuis le quatrième Rapport d'évaluation. Il est *extrêmement probable* que l'influence de l'homme est la cause principale du réchauffement observé depuis le milieu du XXe siècle. {10.3–10.6, 10.9}

Terme*	Probabilité
Quasiment certain	99–100 %
Très probable	90–100 %
Probable	66–100 %
À peu près aussi probable qu'improbable	33–66 %
Improbable	0–33 %
Très improbable	0–10 %
Exceptionnellement improbable	0–1 %

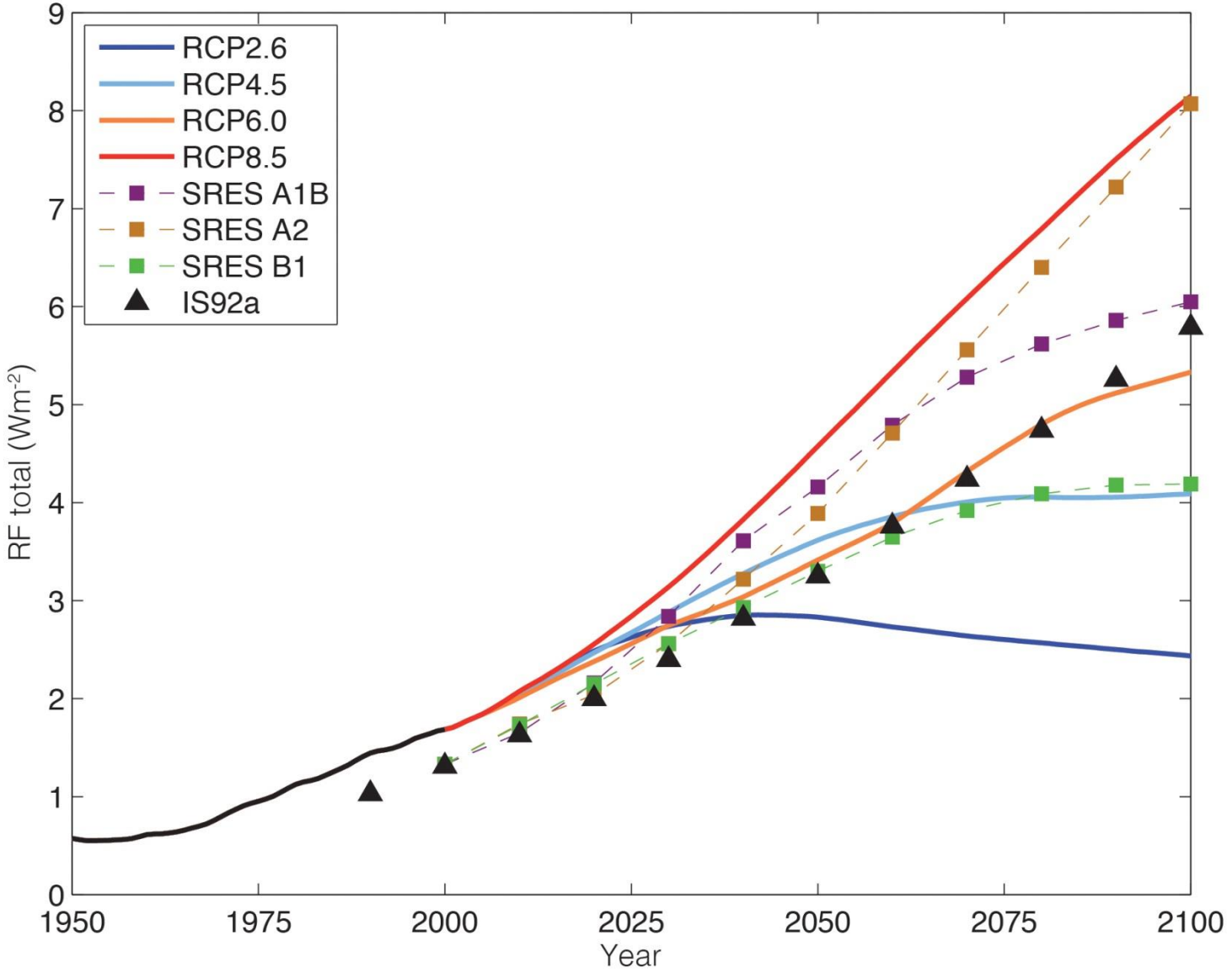
* Des termes supplémentaires (*extrêmement probable*: probabilité de 95–100 %, *plus probable qu'improbable*: probabilité > 50–100 %, et *extrêmement improbable*: probabilité de 0–5 %) peuvent également être utilisés au besoin.

GIEC 2013, Résumé à l'intention des décideurs


Émissions de combustibles fossiles
(PgC an-1)
Année
Moyenne CMIP5
Scénario Modèles d'évaluation intégrés
Trajectoire du CO2 selon les RCP (ppm)
RCP8,5
RCP6,0
RCP4,5
RCP2,6

GT1, Fig. RT.19

Scénarios d'émissions de gas à effet de serre



WGI_AR5_Fig1-15

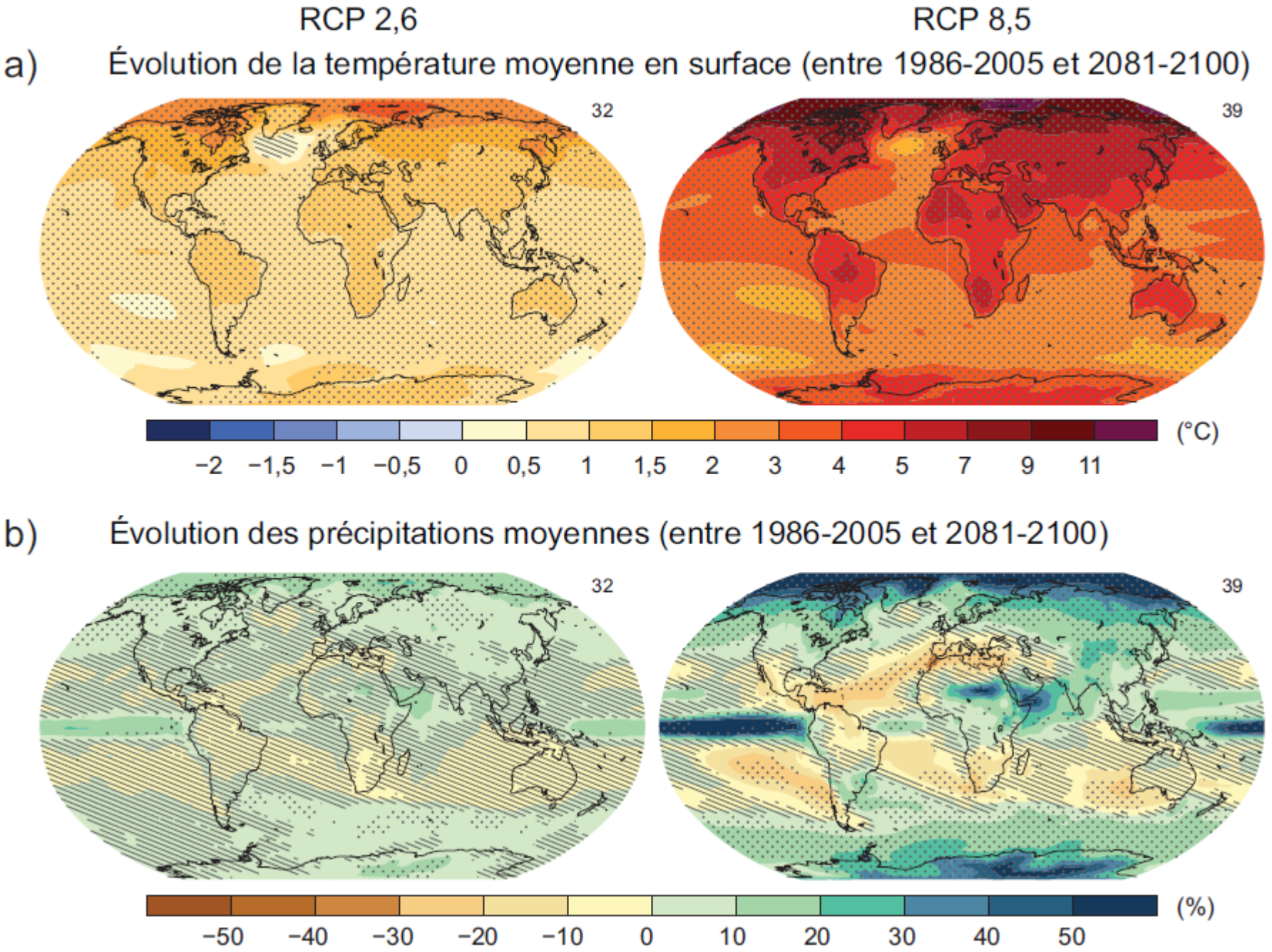
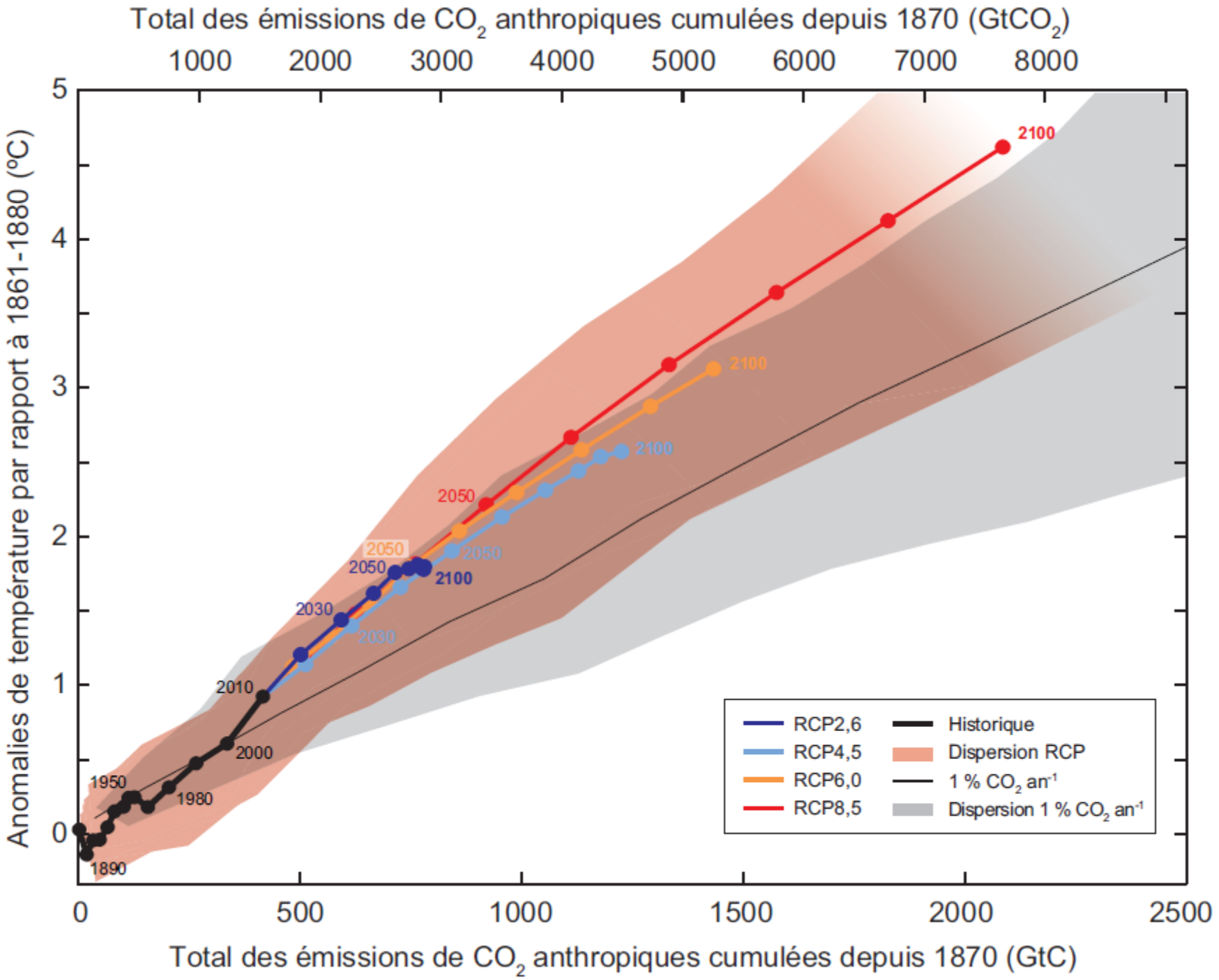
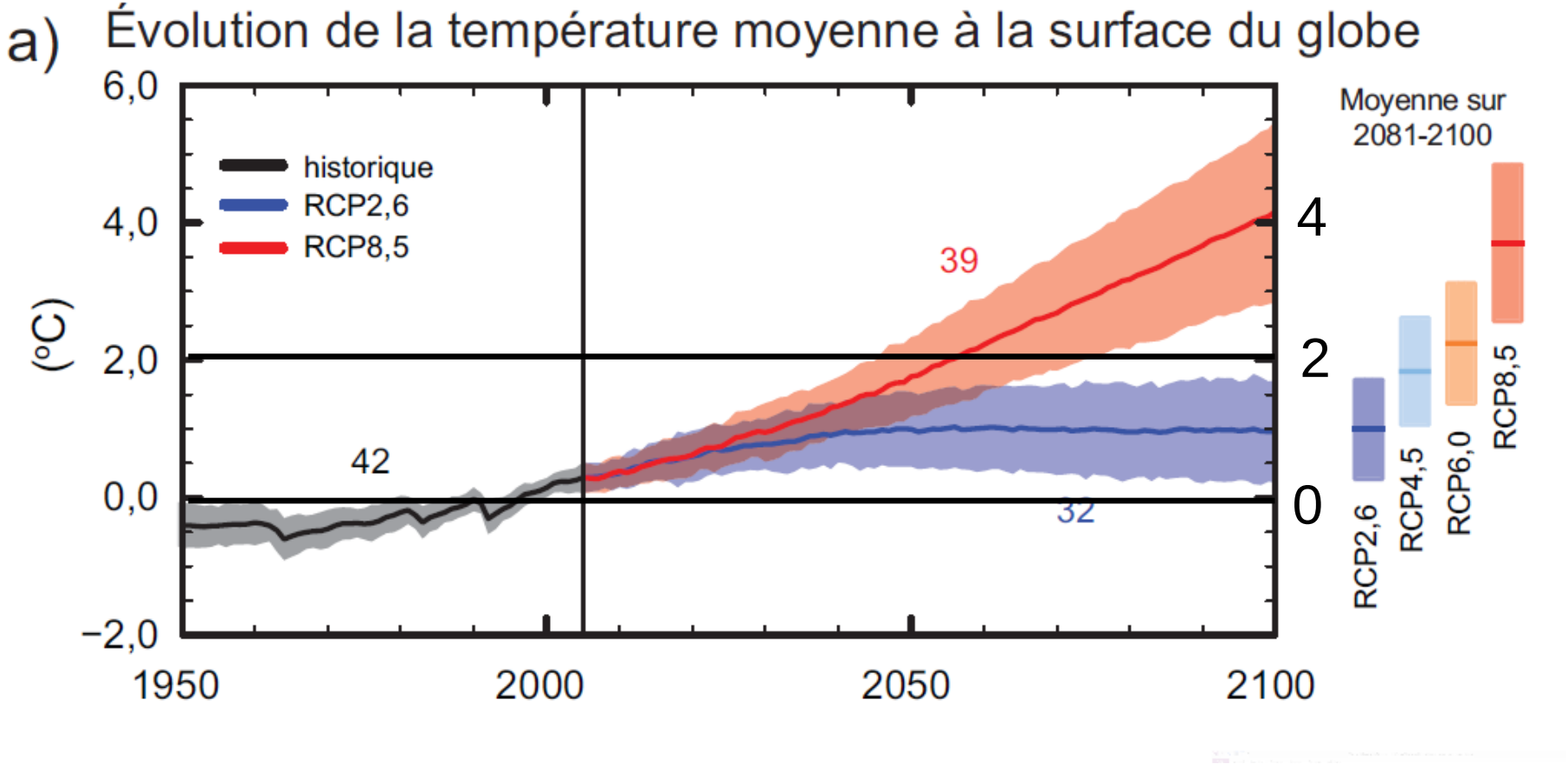

RCP 2,6
RCP 8,5
a) Évolution de la température moyenne en surface (entre 1986-2005 et 2081-2100)
32
39
(°C)
−2 −1,5 −1 −0,5 0 0,5 1 1,5 2 3 4 5 7 9 11
b) Évolution des précipitations moyennes (entre 1986-2005 et 2081-2100)
32
39
(%)
−50 −40 −30 −20 −10 0 10 20 30 40 50

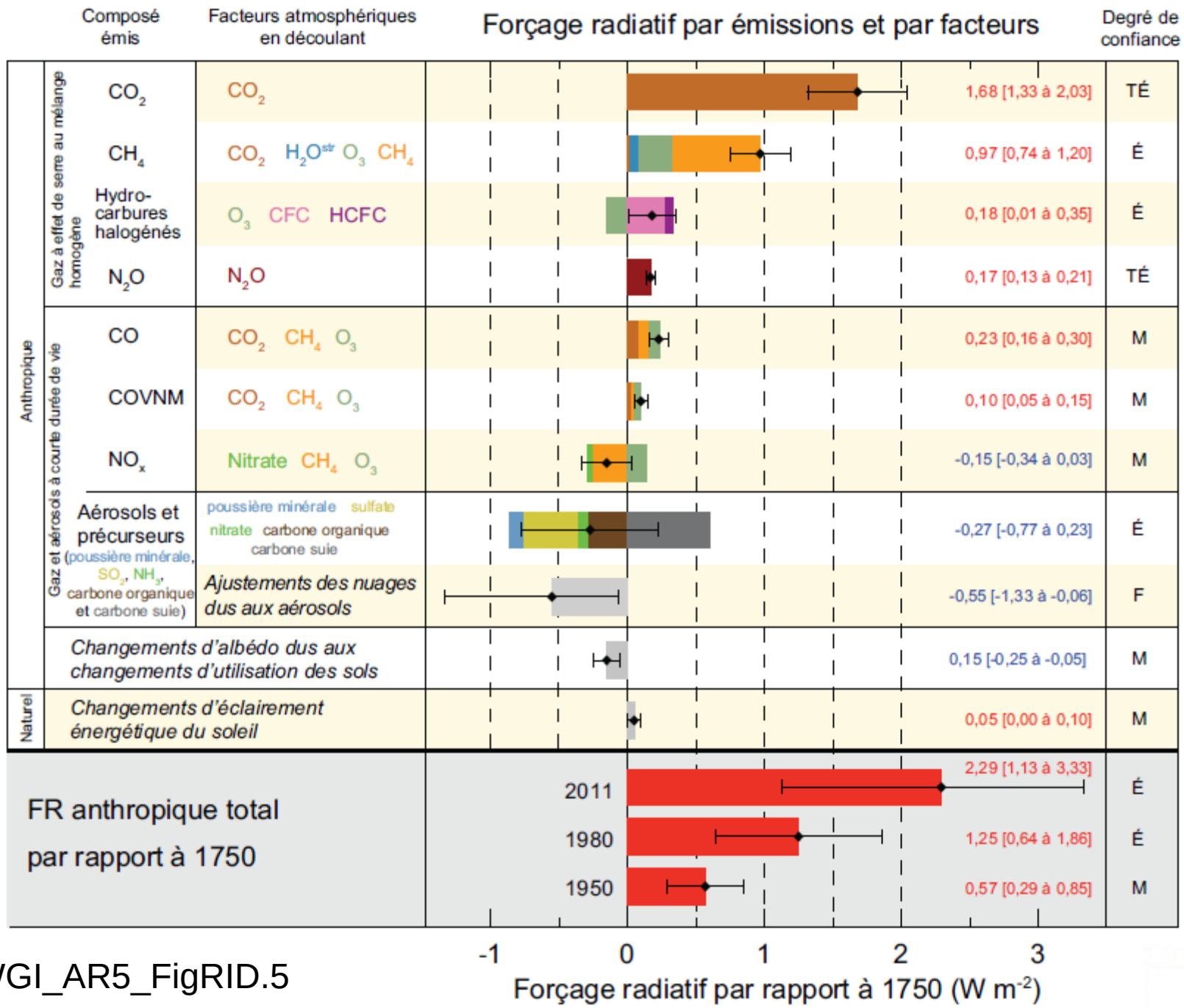
Figure RID.8


Total des émissions de CO_2 anthropiques cumulées depuis 1870 ($GtCO_2$)
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
Anomalies de température par rapport à 1861-1880 (°C)
5
4
3
2
1
0
2100
2100
2100
2050
2050
2050
2050
2030
2030
2010
2000
1980
1950
1890
RCP2,6
RCP4,5
RCP6,0
RCP8,5
Historique
Dispersion RCP
1 % CO_2 an^{-1}
Dispersion 1 % CO_2 an^{-1}
0
500
1000
1500
2000
2500
Total des émissions de CO_2 anthropiques cumulées depuis 1870 (GtC)

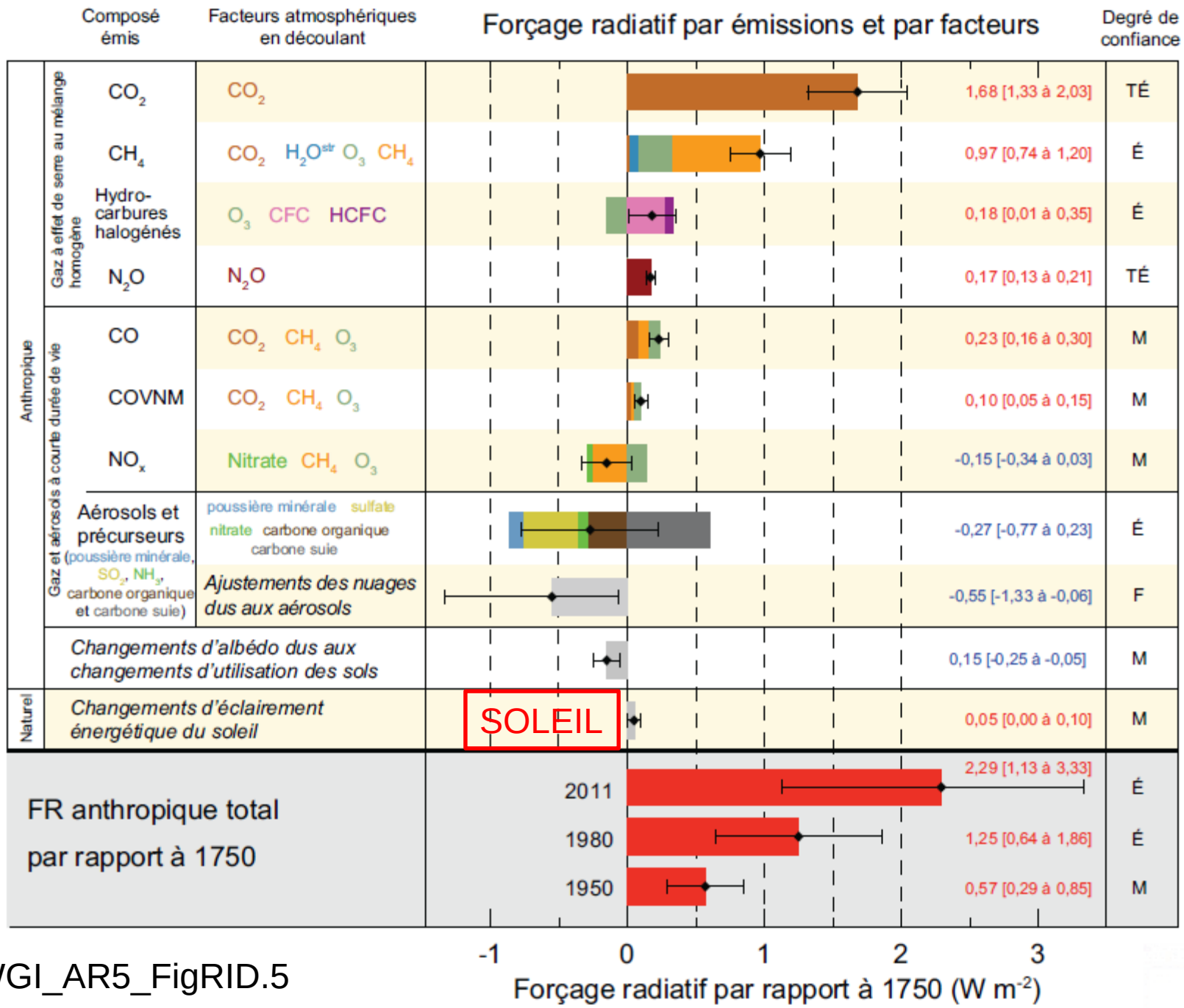
Comment limiter le réchauffement à moins de 2°Celsius?



WGI_AR5_FigRID.7

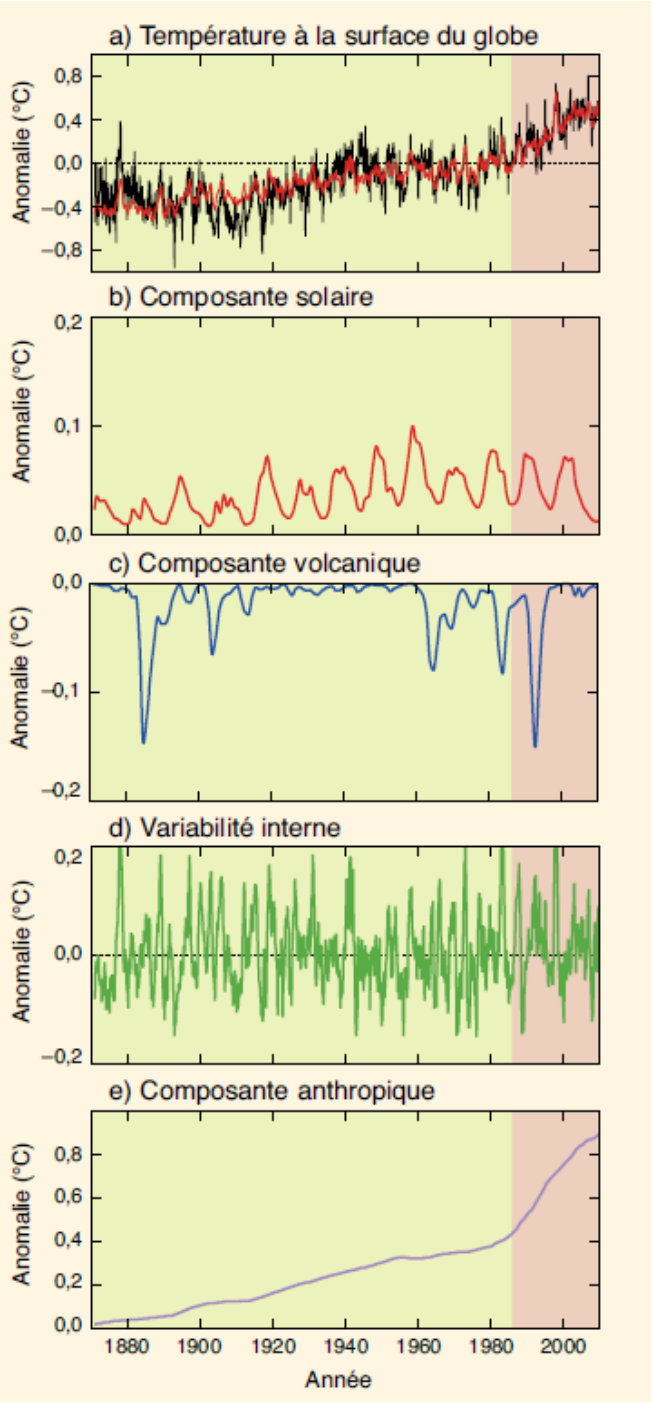


WGI_AR5_FigRID.5

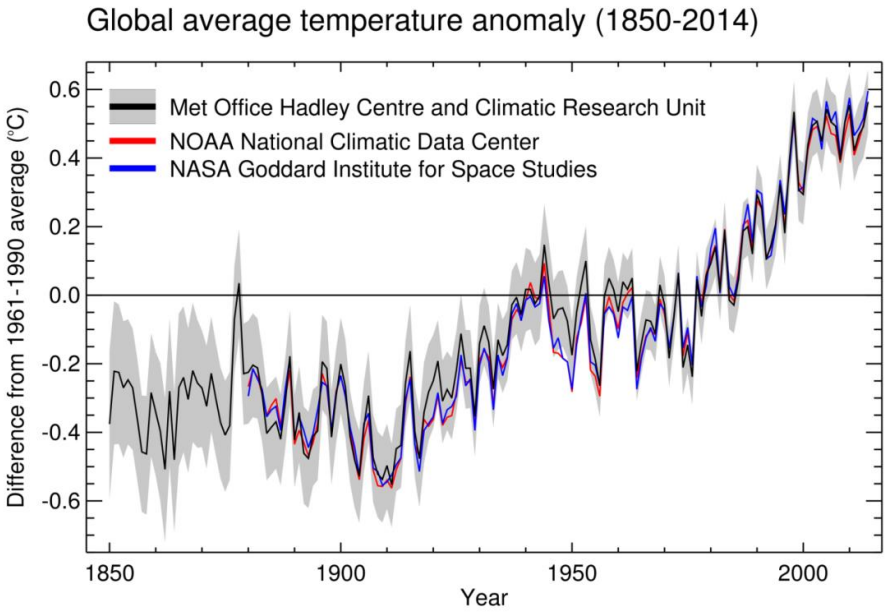


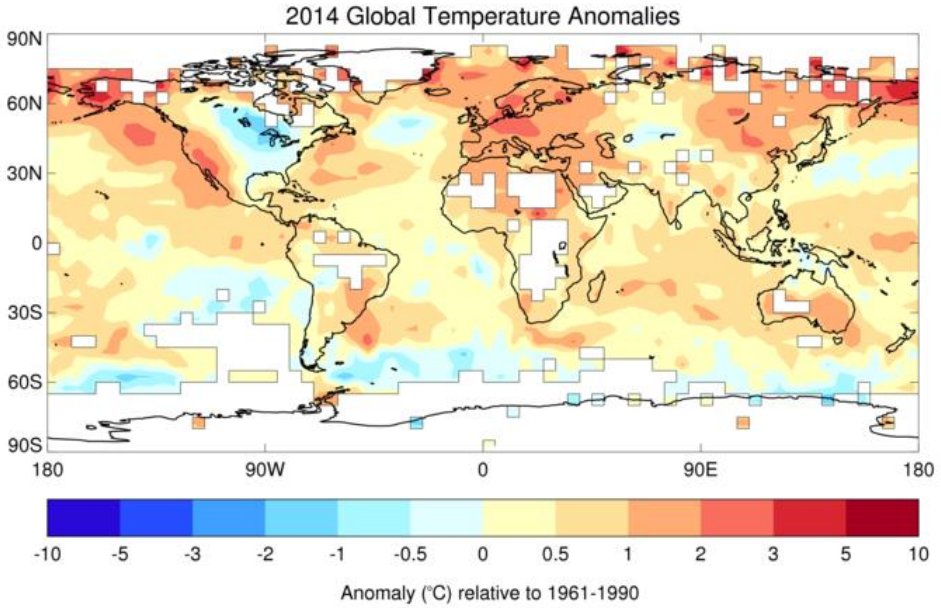
WGI_AR5_FigRID.5

FAQ 5.1, Le Soleil est-il un facteur déterminant des récents changements climatiques?



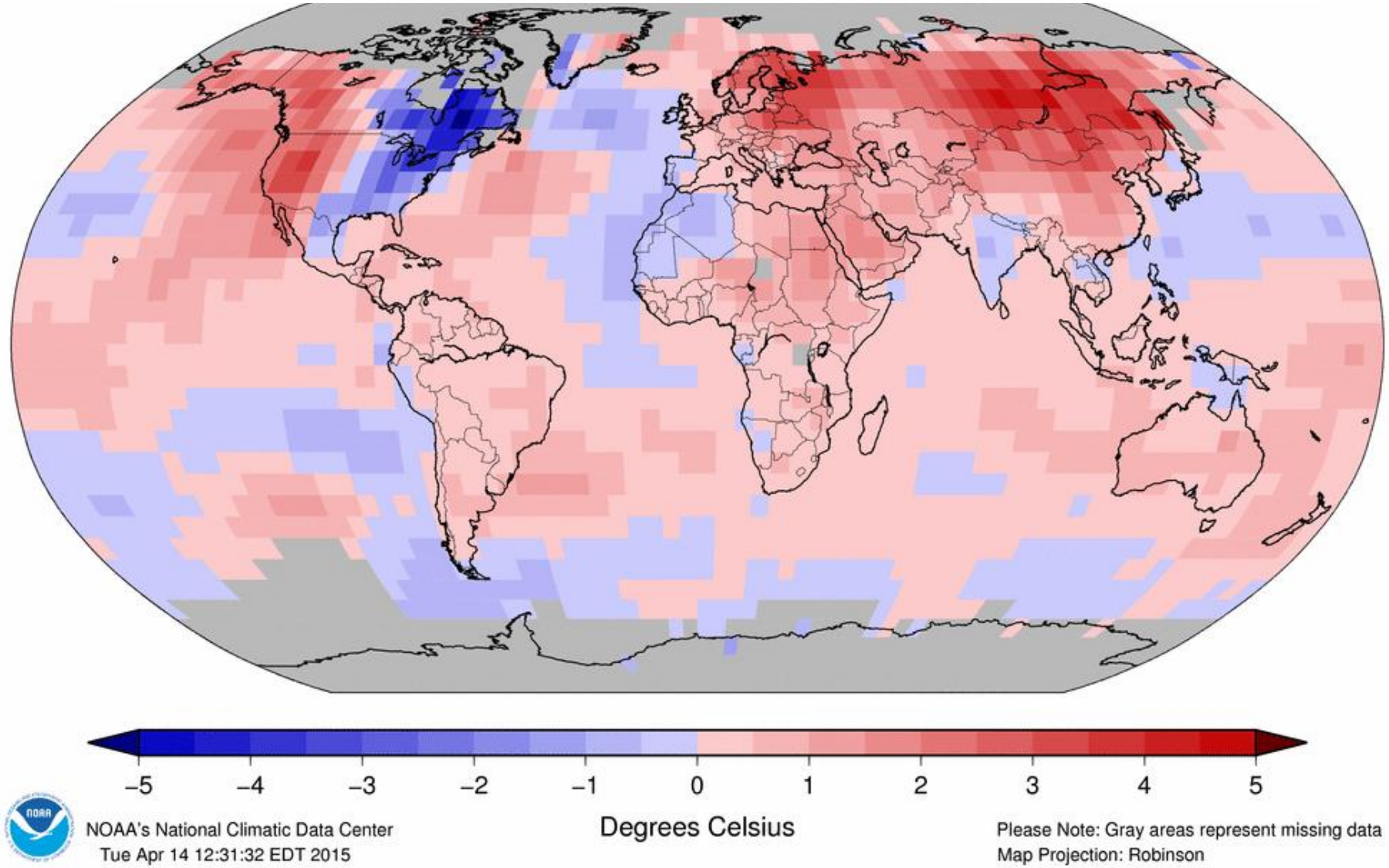
2014: Nouveau record de température moyenne mondiale





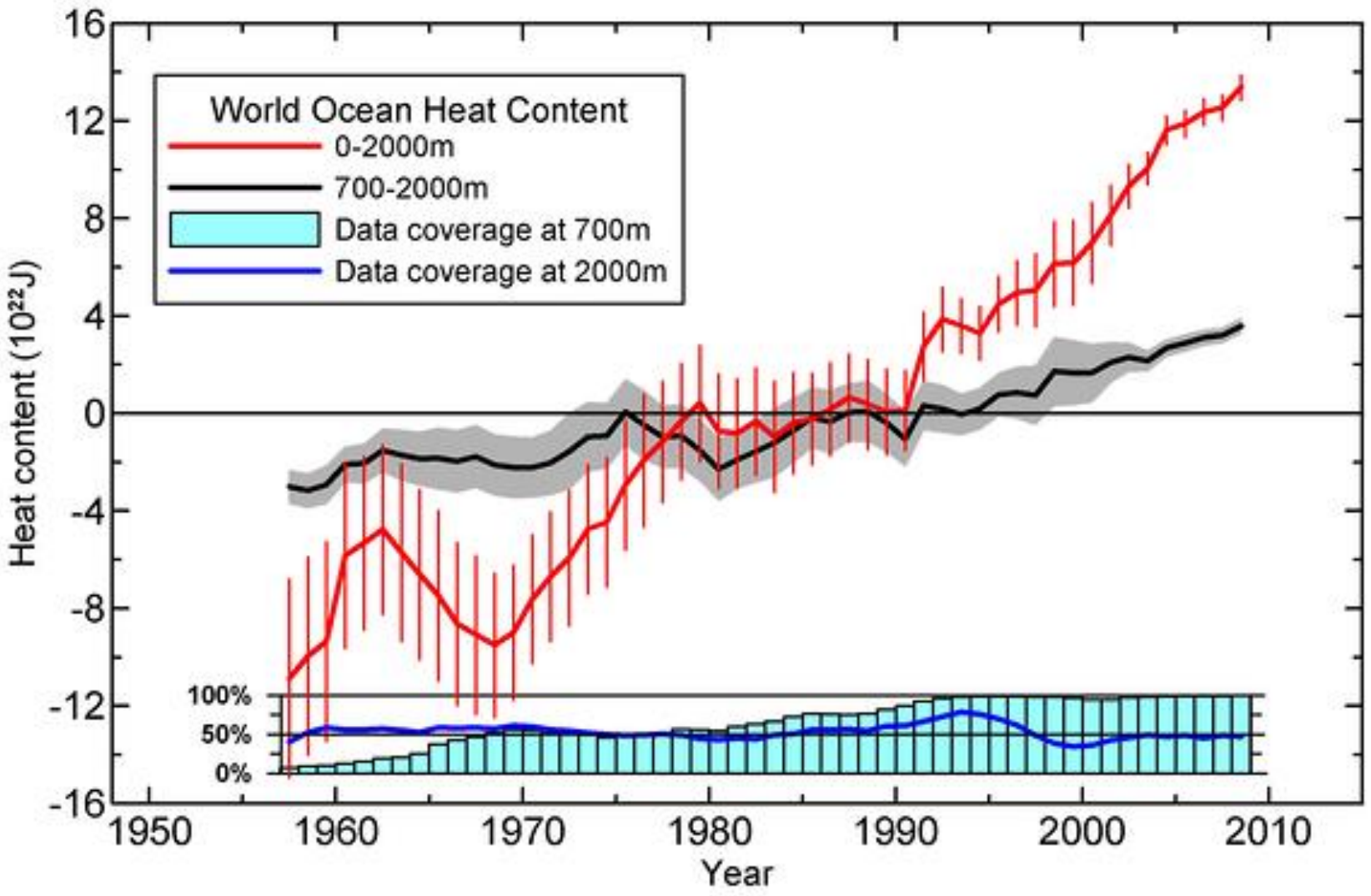
Température de l'hiver 2015

Janvier à mars 2015, Écarts par rapport à la moyenne de 1981 à 2010

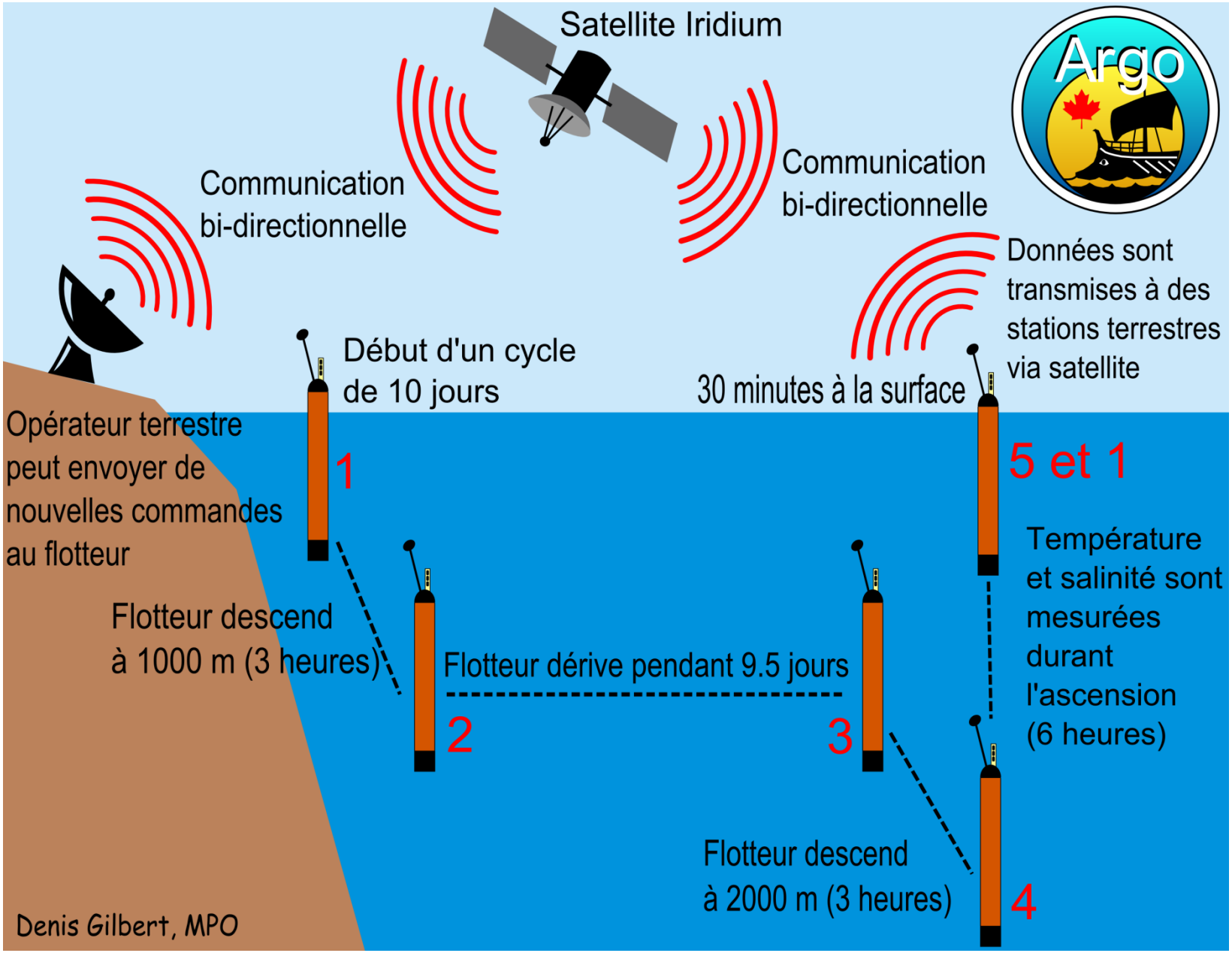


http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2015/3

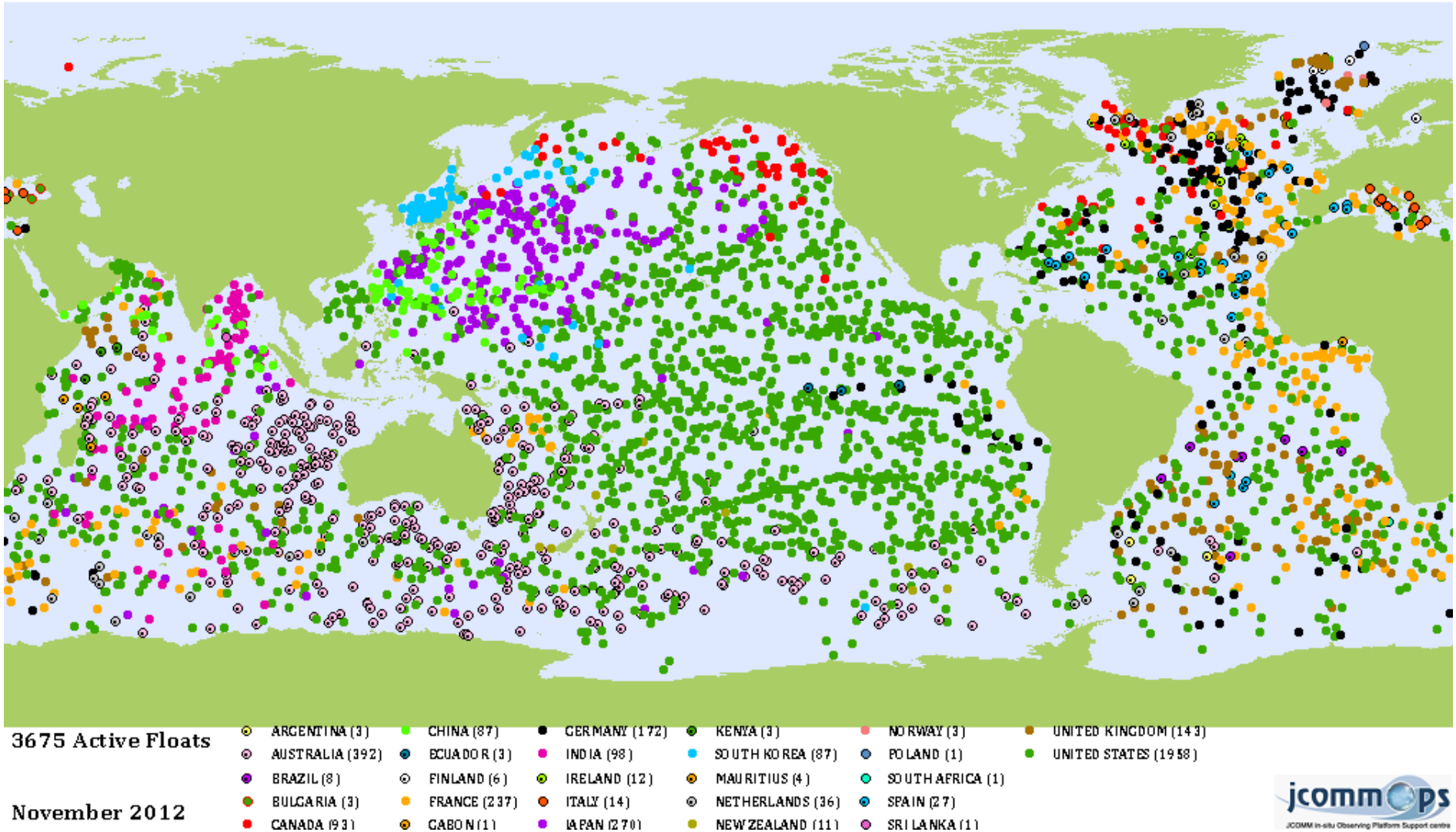
Contenu en chaleur des océans



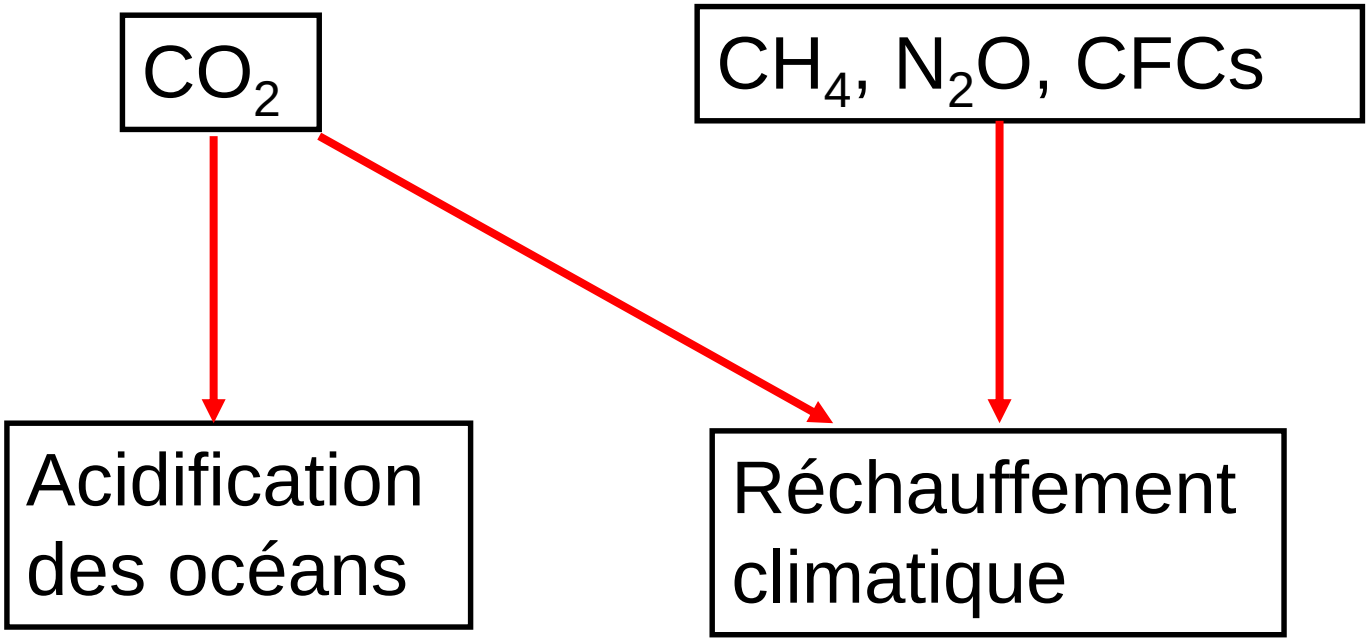
Levitus et al. (2012, Geophysical Research Letters)


Satellite Iridium
Argo
Communication
bi-directionnelle
Communication
bi-directionnelle
Données sont
transmises à des
stations terrestres
via satellite
Début d'un cycle
de 10 jours
30 minutes à la surface
Opérateur terrestre
peut envoyer de
nouvelles commandes
au flotteur
1
5 et 1
Température
et salinité sont
mesurées
durant
l'ascension
(6 heures)
Flotteur descend
à 1000 m (3 heures)
Flotteur dérive pendant 9.5 jours
2
3
Flotteur descend
à 2000 m (3 heures)
4
Denis Gilbert, MPO

Argo - contributions par pays

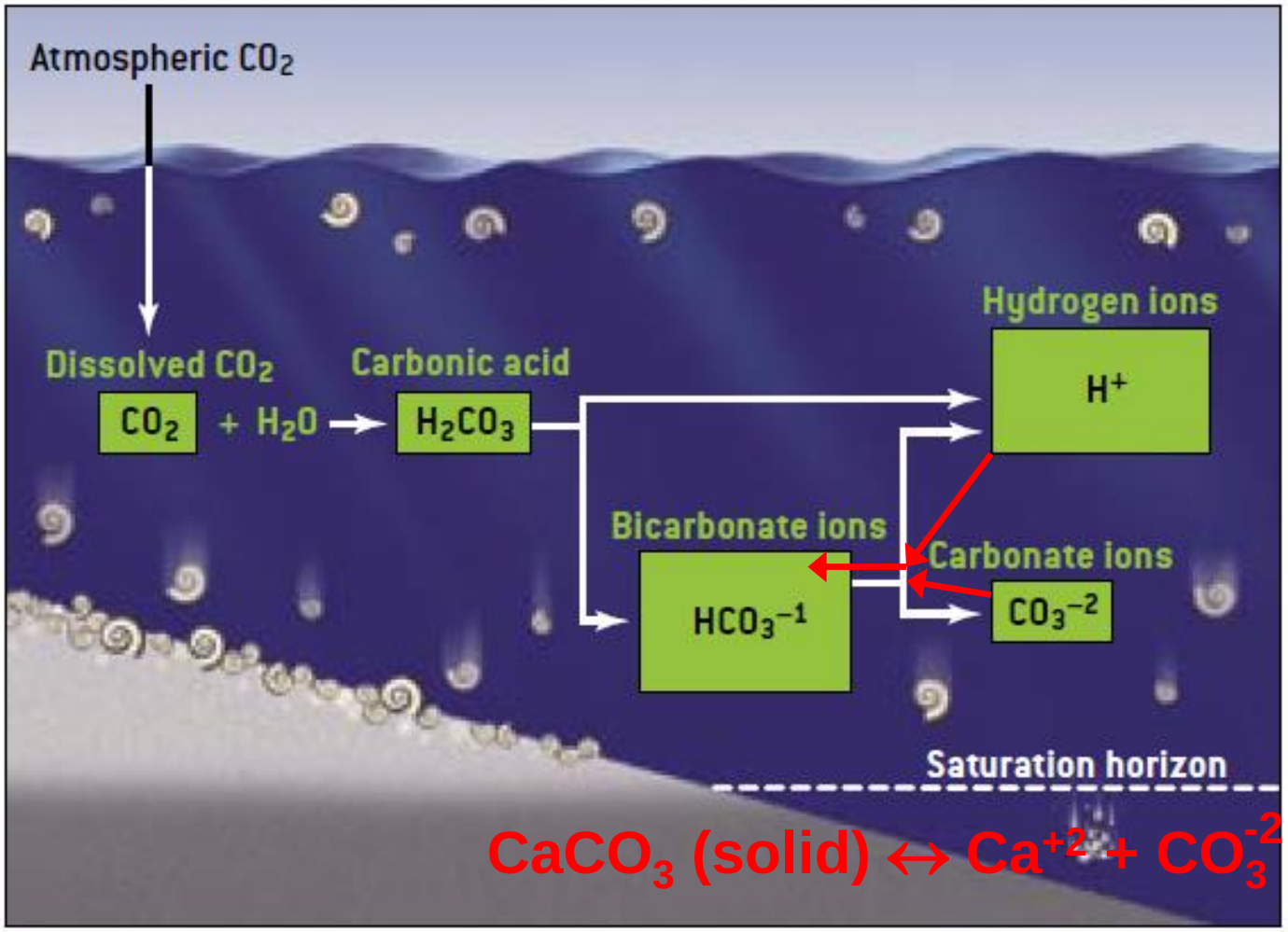


CO_2 versus autres gaz à effet de serre



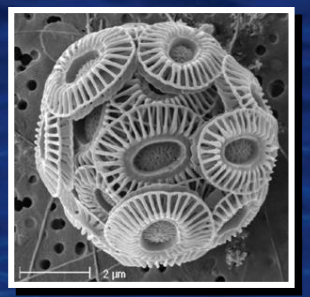
Le CO_2 réagit chimiquement avec l'eau

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$



Doney (2006, Scientific American)

Une baisse du pH entrave la capacité de certains organismes marins de former des coquilles de carbonate de calcium et des structures squelettiques parce qu'une acidité accrue favorise la solubilité du $CaCO_3$



Phytoplancton
Cocolithophore

Zooplancton
Ptéropode
(gastéropode volant)

Zooplancton
Foraminifère

Échinoderme
Oursin

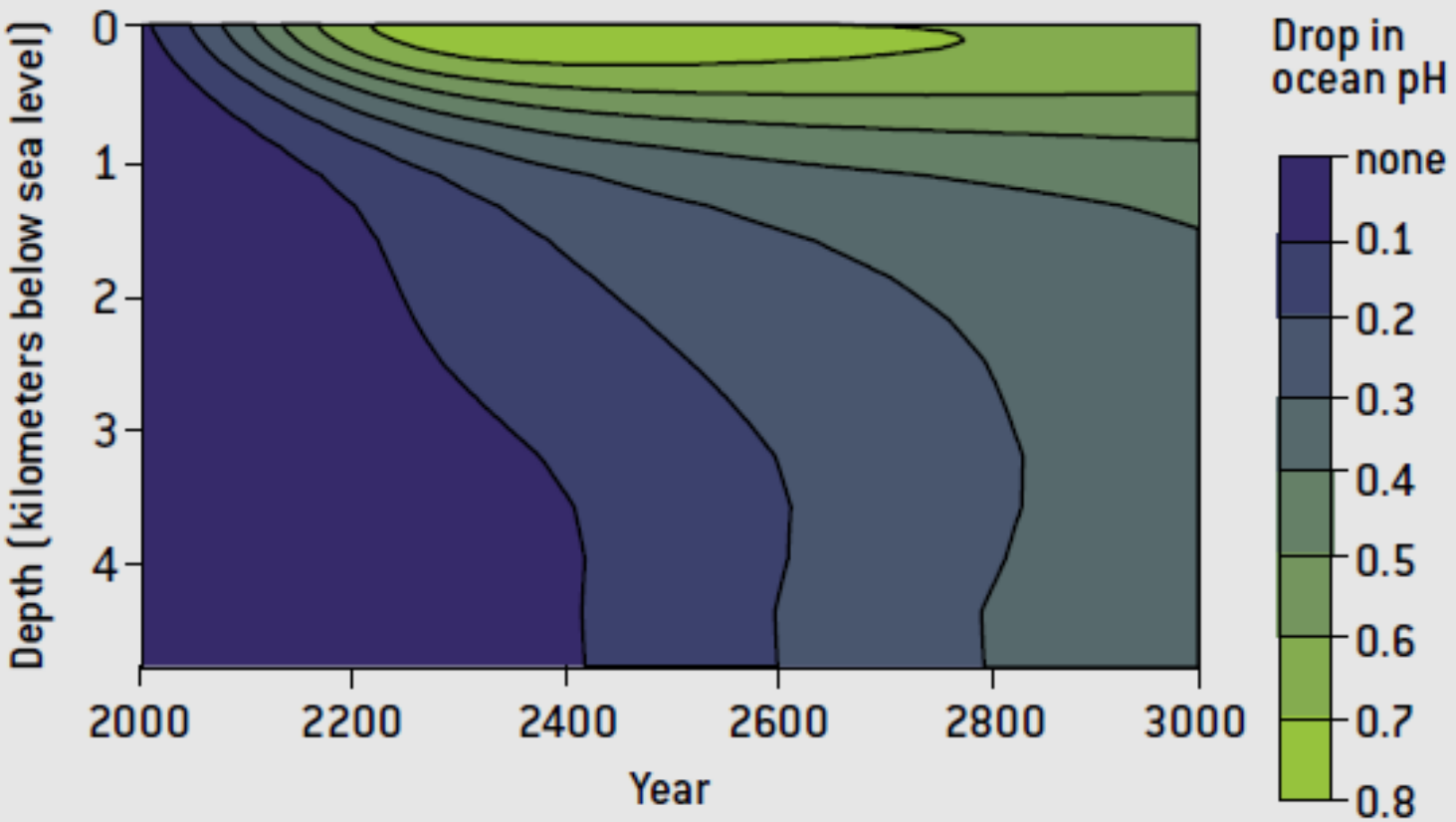
Crustacé
Homard

Échinoderme
Ophiure

Corail abyssal

Mollusque
Pétoncle
Huître
Moule

Projected change in pH



Although acidification of the sea (as measured by the drop in pH) has so far been small, scientists expect larger shifts in the future. The greatest changes will take place near the surface, but over time the full depth of the ocean will feel these effects.

Doney (2006, Scientific American)

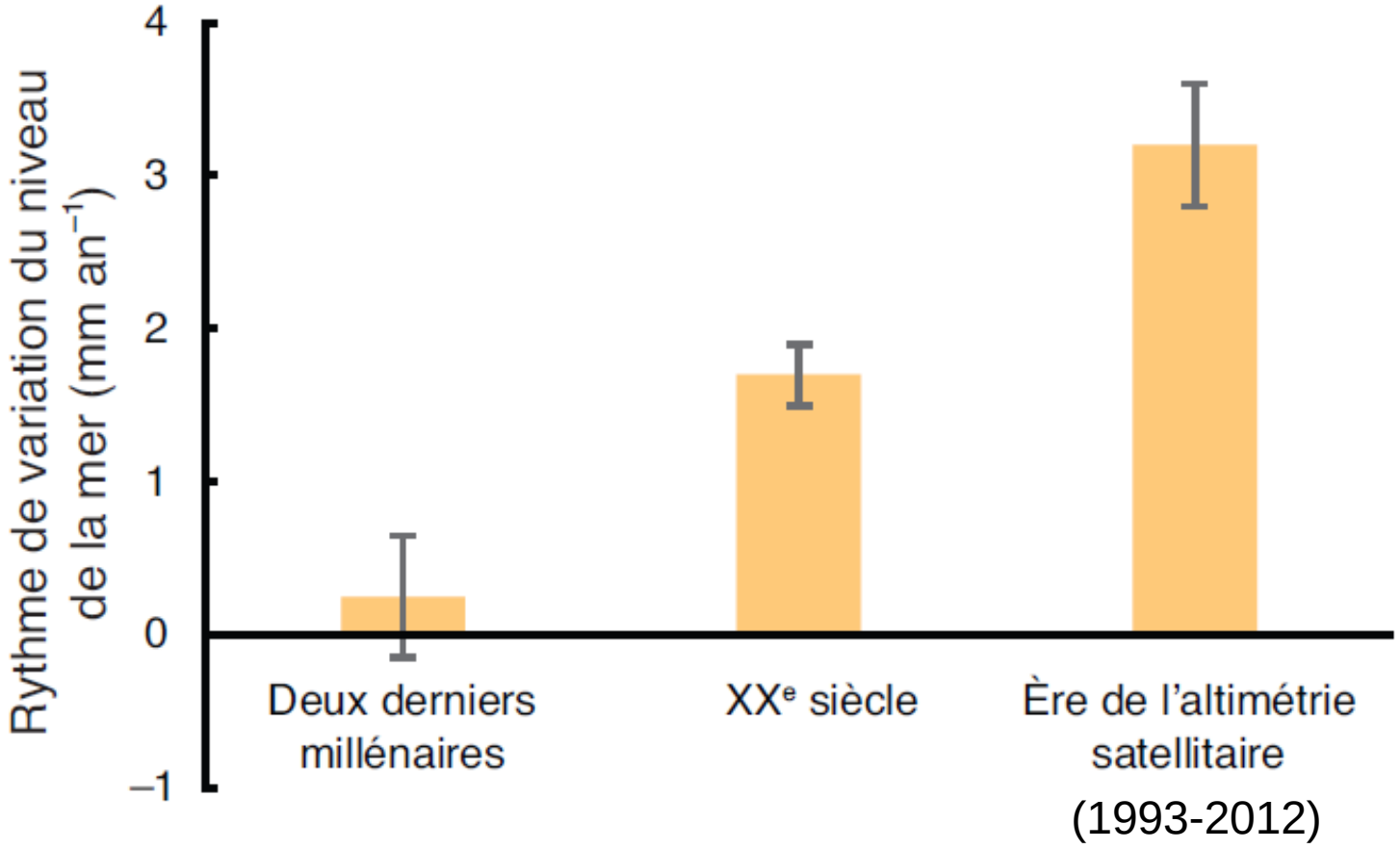
E.8 Stabilisation du climat, inertie du changement climatique et irréversibilité

Le cumul des émissions de CO_2 détermine dans une large mesure la moyenne mondiale du réchauffement en surface vers la fin du XXIe siècle et au-delà (voir figure RID.10). La plupart des caractéristiques du changement climatique persisteront pendant de nombreux siècles même si les émissions de CO_2 sont arrêtées. L'inertie du changement climatique est considérable, de l'ordre de plusieurs siècles, et elle est due aux émissions de CO_2 passées, actuelles et futures. {12.5}

GIEC 2013, Résumé à l'intention des décideurs

swc.se

Accélération de la hausse du niveau de la mer

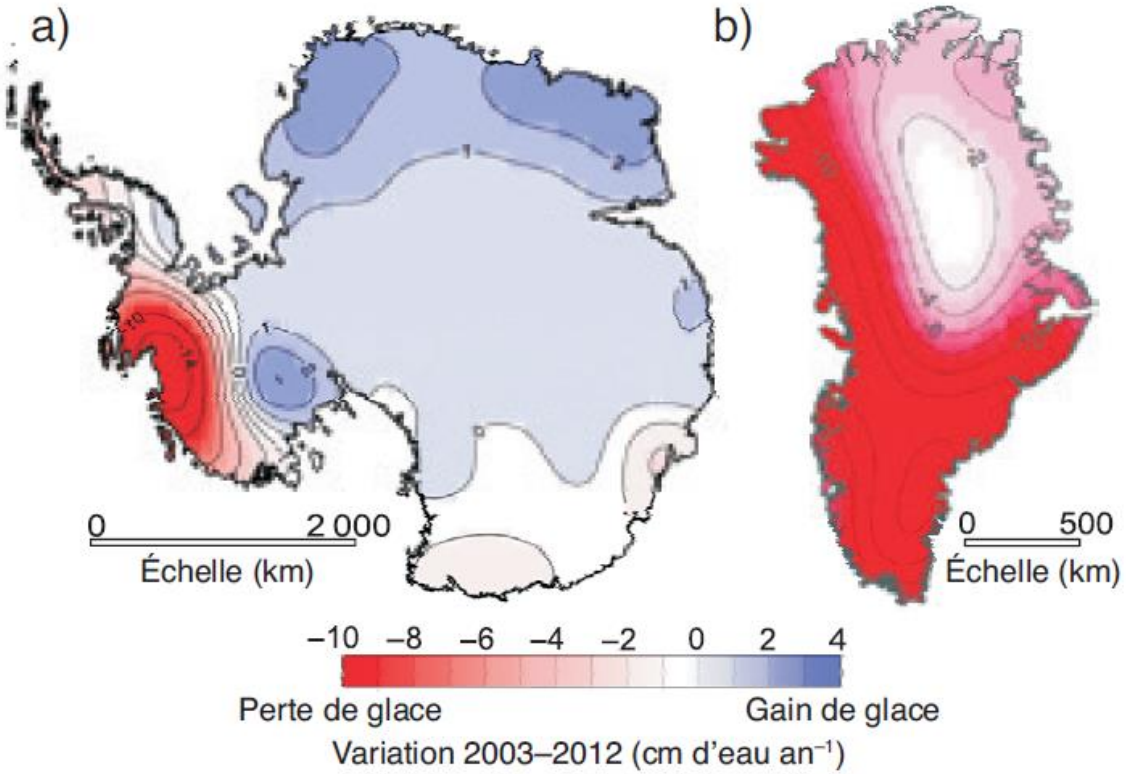


E.6 Le niveau des mers

Le niveau moyen mondial des mers continuera à s'élever au cours du XXIe siècle (voir figure RID.9). Selon tous les RCP, il est *très probable* que cette élévation se produira à un rythme plus rapide que celui observé entre 1971 et 2010, en raison du réchauffement accru de l'océan et de l'augmentation de perte de masse des glaciers et des nappes glaciaires. {13.3–13.5}

Terme*	Probabilité
Quasiment certain	99–100 %
Très probable	90–100 %
Probable	66–100 %
À peu près aussi probable qu'improbable	33–66 %
Improbable	0–33 %
Très improbable	0–10 %
Exceptionnellement improbable	0–1 %

Fonte des glaciers et calottes polaires



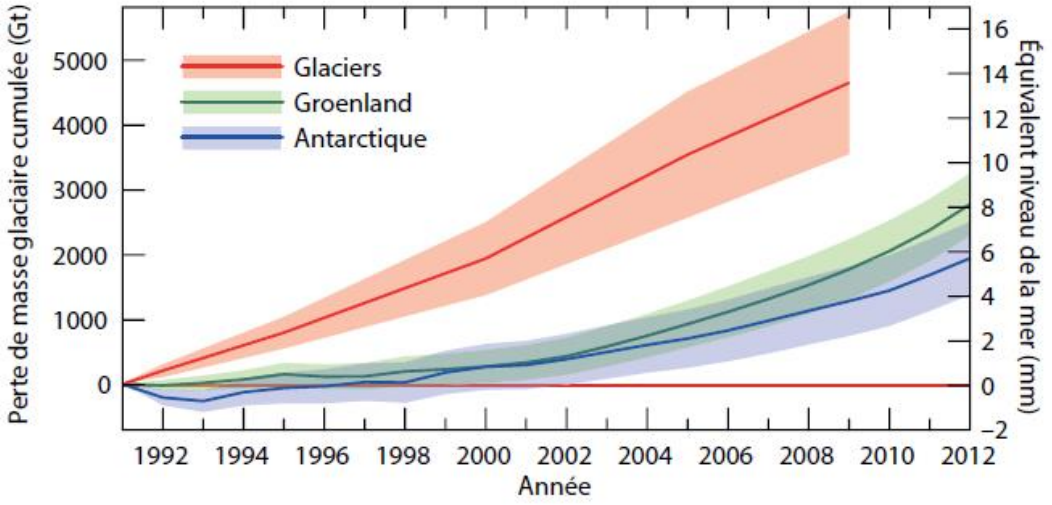
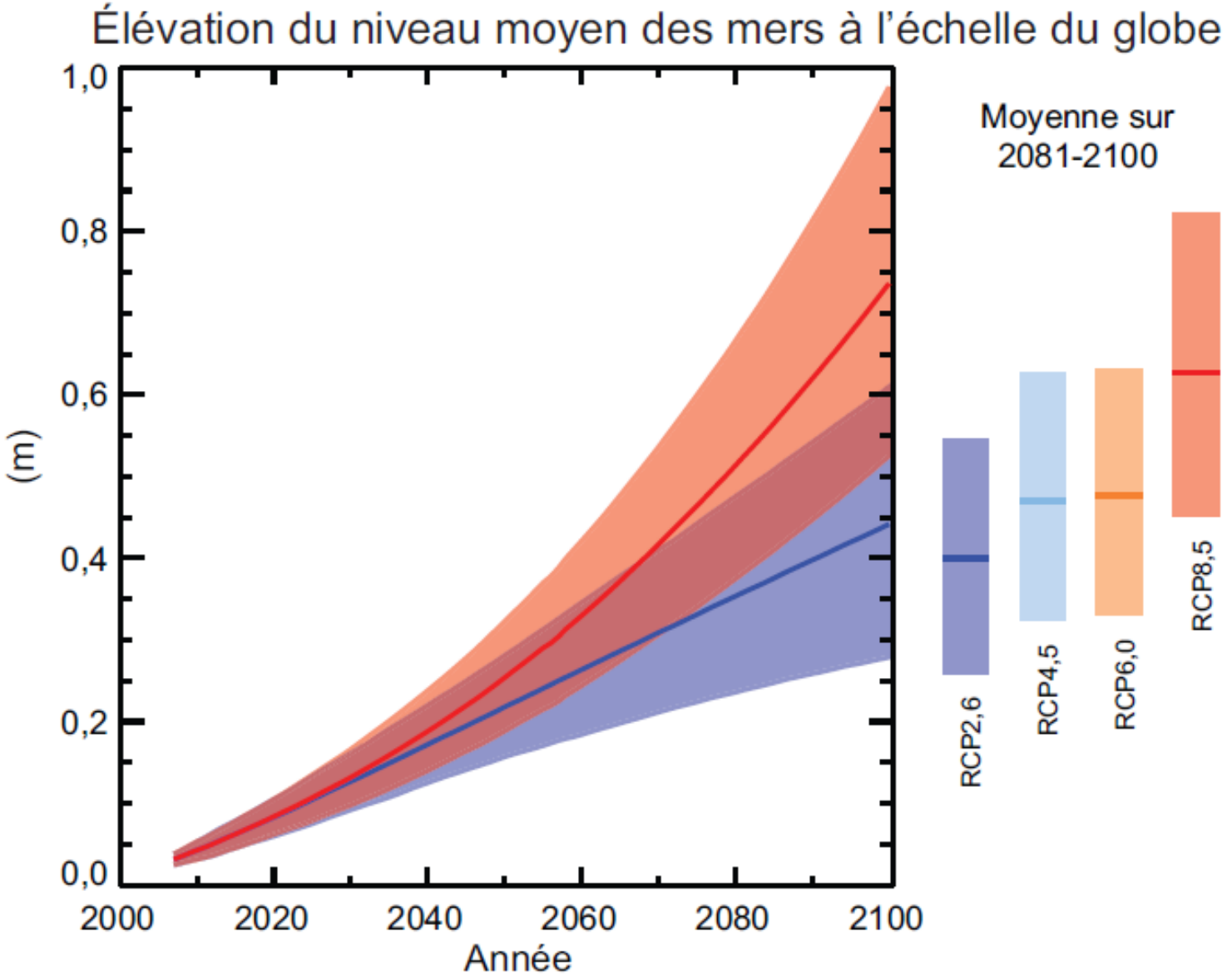


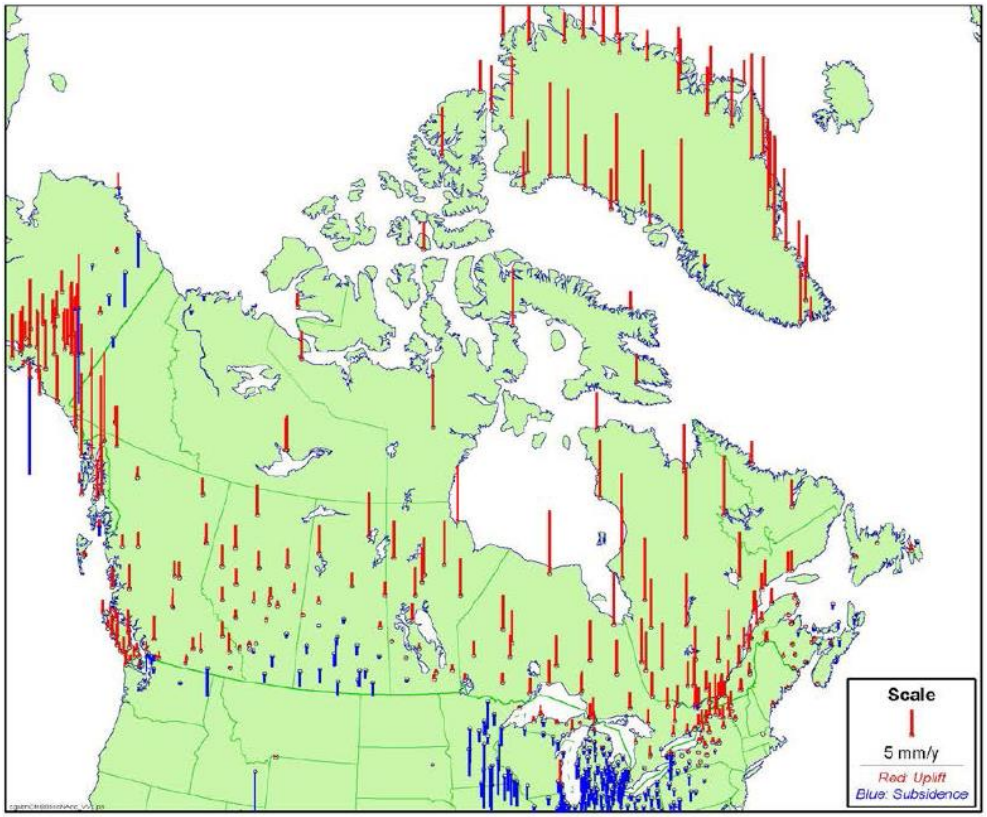
Fig. GT1, RT.3

Hausse prévue du niveau de la mer



WGI_AR5_FigRID.9

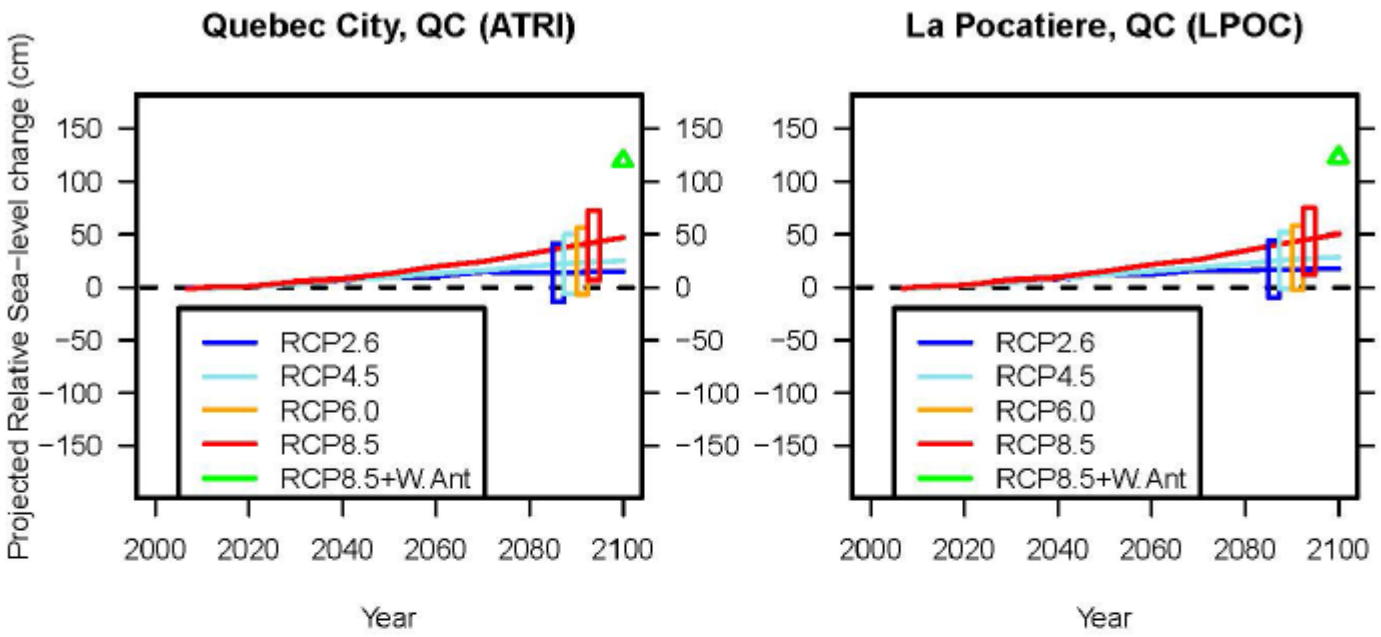
Rebondissement post-glaciaire
(mesures GPS)

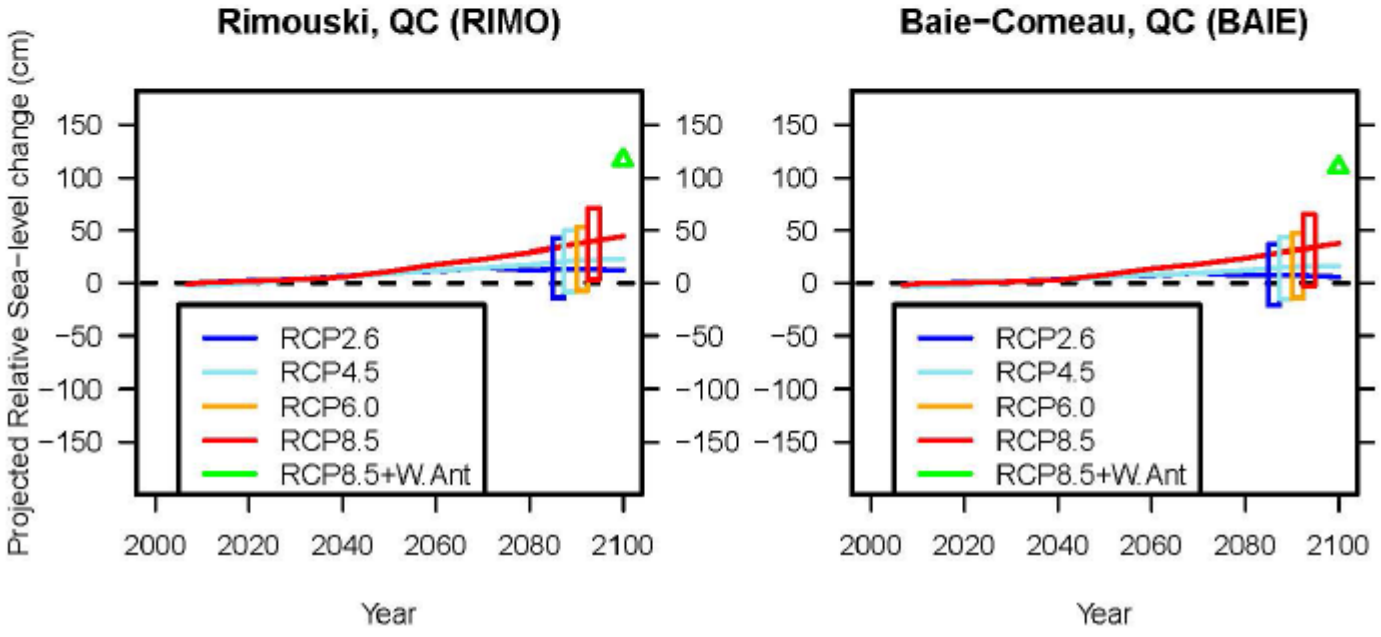


3.2 mm par année =
32 cm par siècle

Il y a de cela 10 000 ans, une ère glaciaire se terminait par la fonte d'une calotte glaciaire de plus de 4 km d'épaisseur. Encore aujourd'hui, la croûte terrestre continue de réagir à cette fonte d'une masse énorme en « rebondissant ». La vitesse de ce rebondissement post-glaciaire peut masquer localement le taux moyen de hausse du niveau de la mer de 32 cm par siècle.

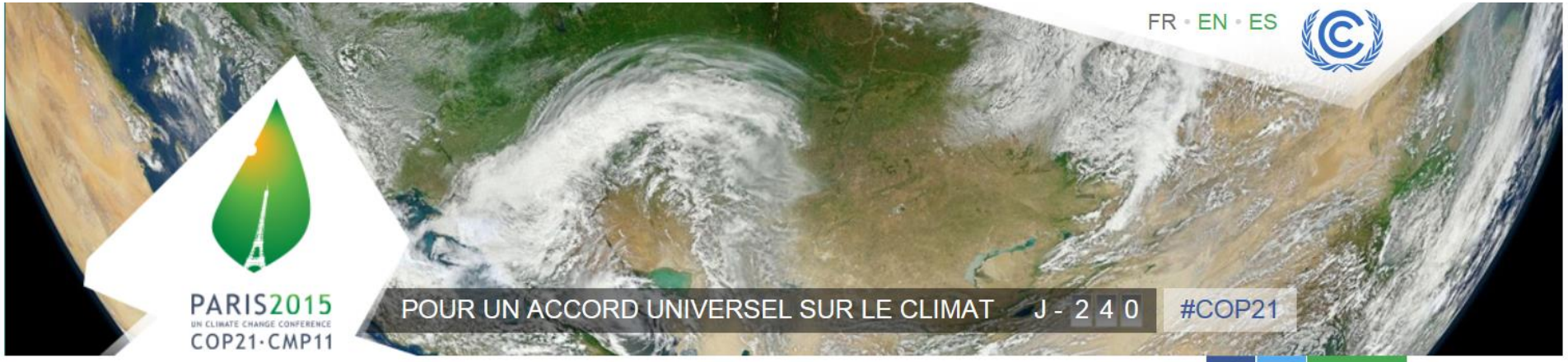
James et al. (2014, Geological Survey of Canada Open file 7737)





James et al. (2014, Geological Survey of Canada Open file 7737)

Paris 2015 – Intenses négociations



COP21/ CMP11 | PARIS 2015 PRATIQUE | SOCIÉTÉ CIVILE | NOS PARTENAIRES | MOBILISONS-NOUS | ESPACE MÉDIAS

Enjeux | Organisateurs | Changements climatiques et décisions | Objectifs de la Conférence de Paris

Accueil > **COP21/CMP11**

Tweeter 6 | J'aime Partager 88

COP21/CMP11

La France va accueillir et présider la vingt-et-unième Conférence des parties de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques de 2015 (COP21/CMP11), aussi appelée « Paris 2015 » du 30 novembre au 11 décembre 2015. C'est une échéance cruciale, puisqu'elle doit aboutir à un nouvel accord international sur le climat, applicable à tous les pays, dans

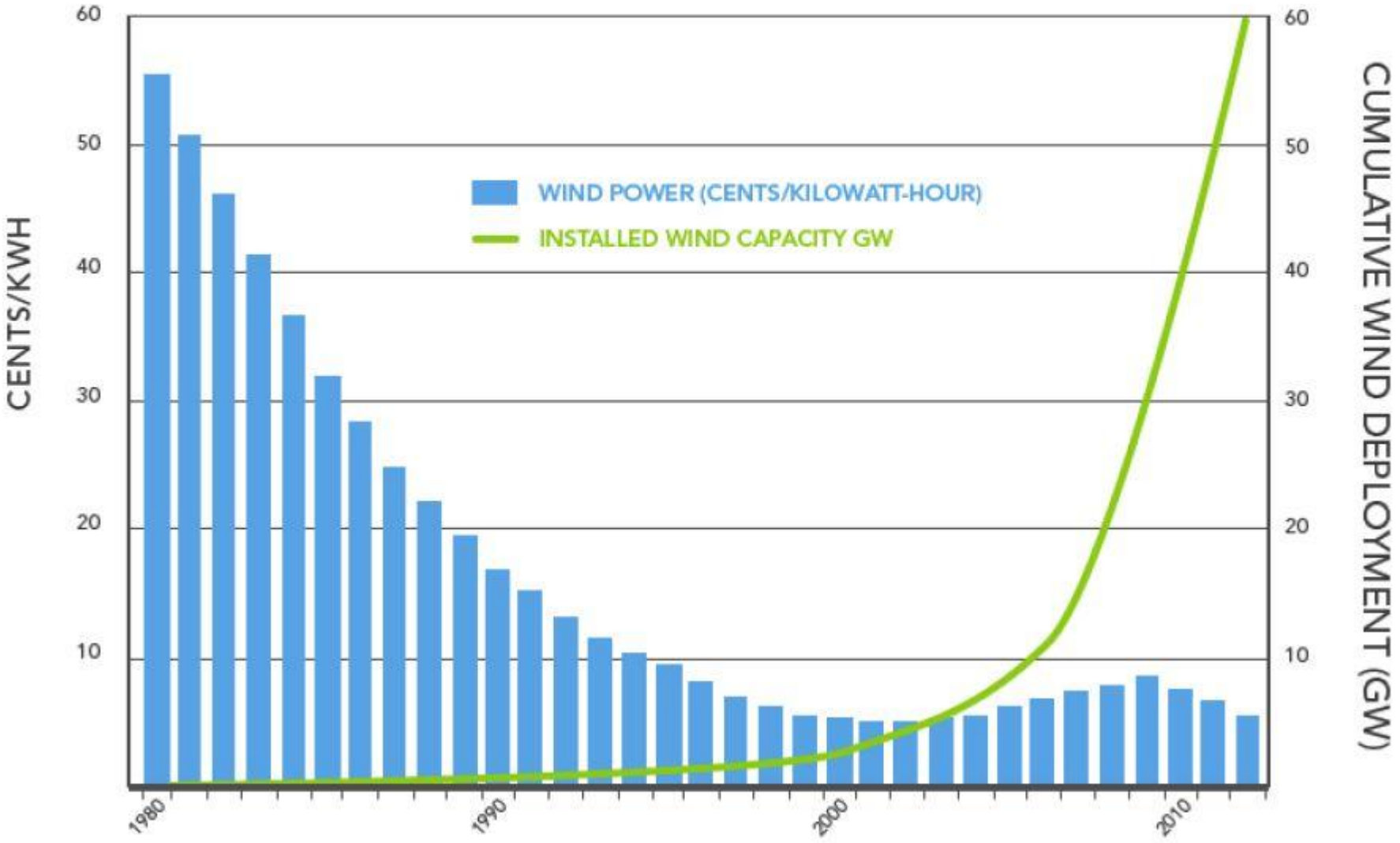
Bonnes nouvelles de la Chine

12 novembre 2014

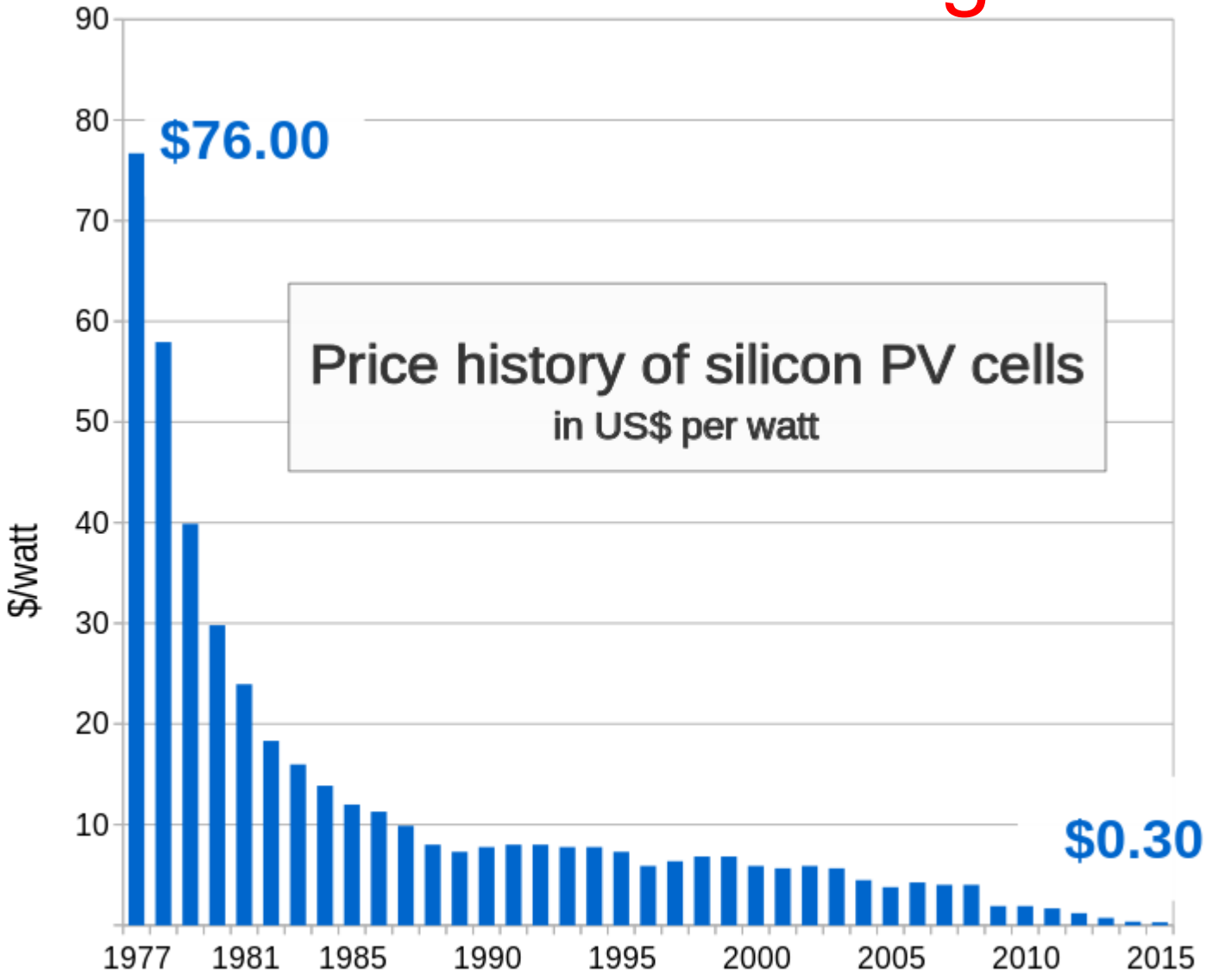
Premier émetteur mondial, la Chine s'est fixé l'objectif d'un pic de ses émissions de gaz à effet de serre, responsables de la hausse des températures, «autour de 2030», avec l'intention d'«essayer d'y arriver plus tôt».

D'ici à 2030, la Chine s'engage à ce que les énergies renouvelables comptent pour 20% de sa consommation d'énergie totale.

Coût décroissant de l'énergie éolienne

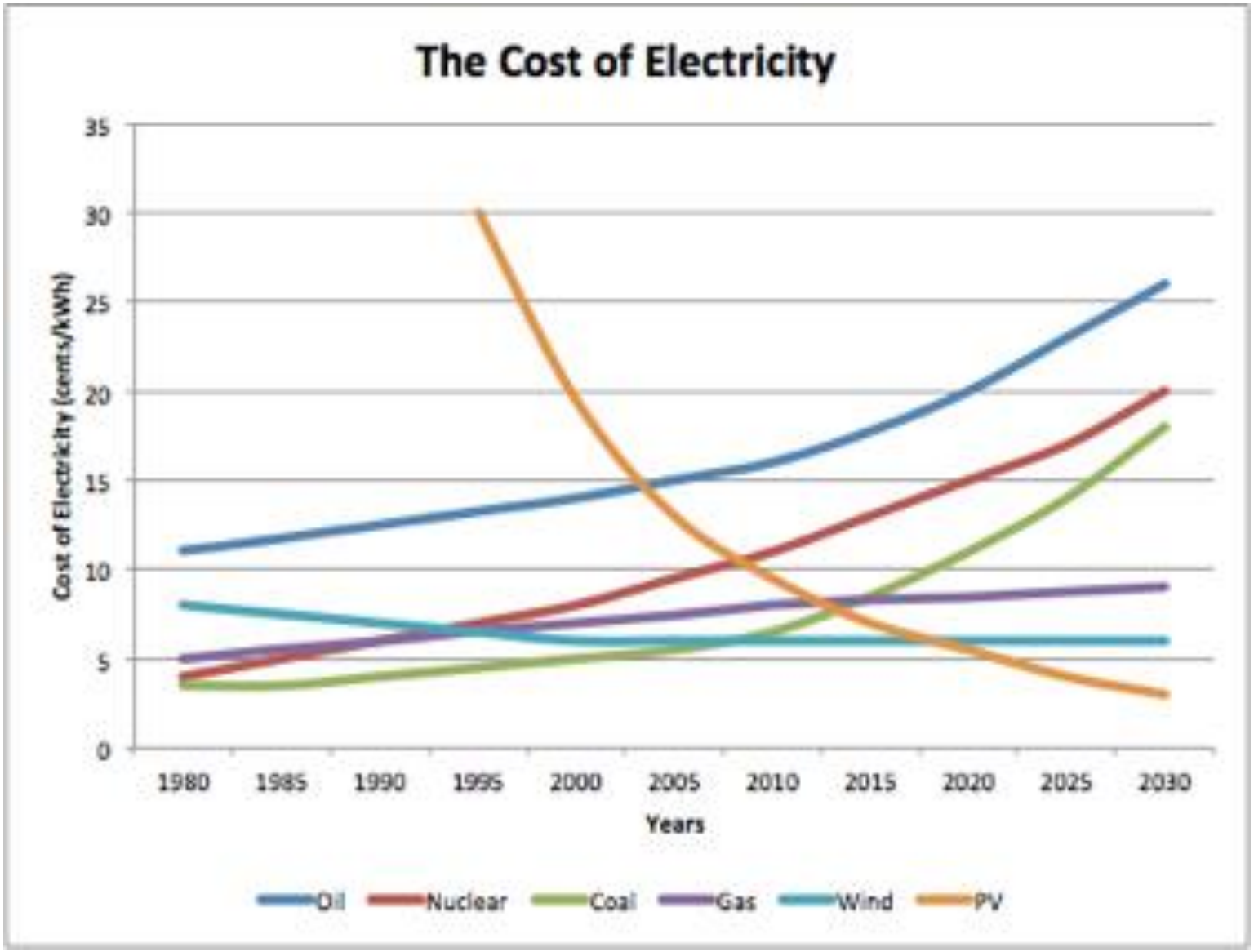


Coût décroissant de l'énergie solaire



Source: Bloomberg New Energy Finance & pv.energytrend.com

Évolution du coût de l'électricité



Appel d’offres à Dubai, janvier 2015

- Besoin: 200 MW
- Solaire: 6.0 cents du kilowatt-heure
- Gas naturel: 6.4 cents du kilowatt-heure
- Charbon: 9.6 cents du kilowatt-heure

Tesla S

Nissan Leaf

Chevrolet Volt

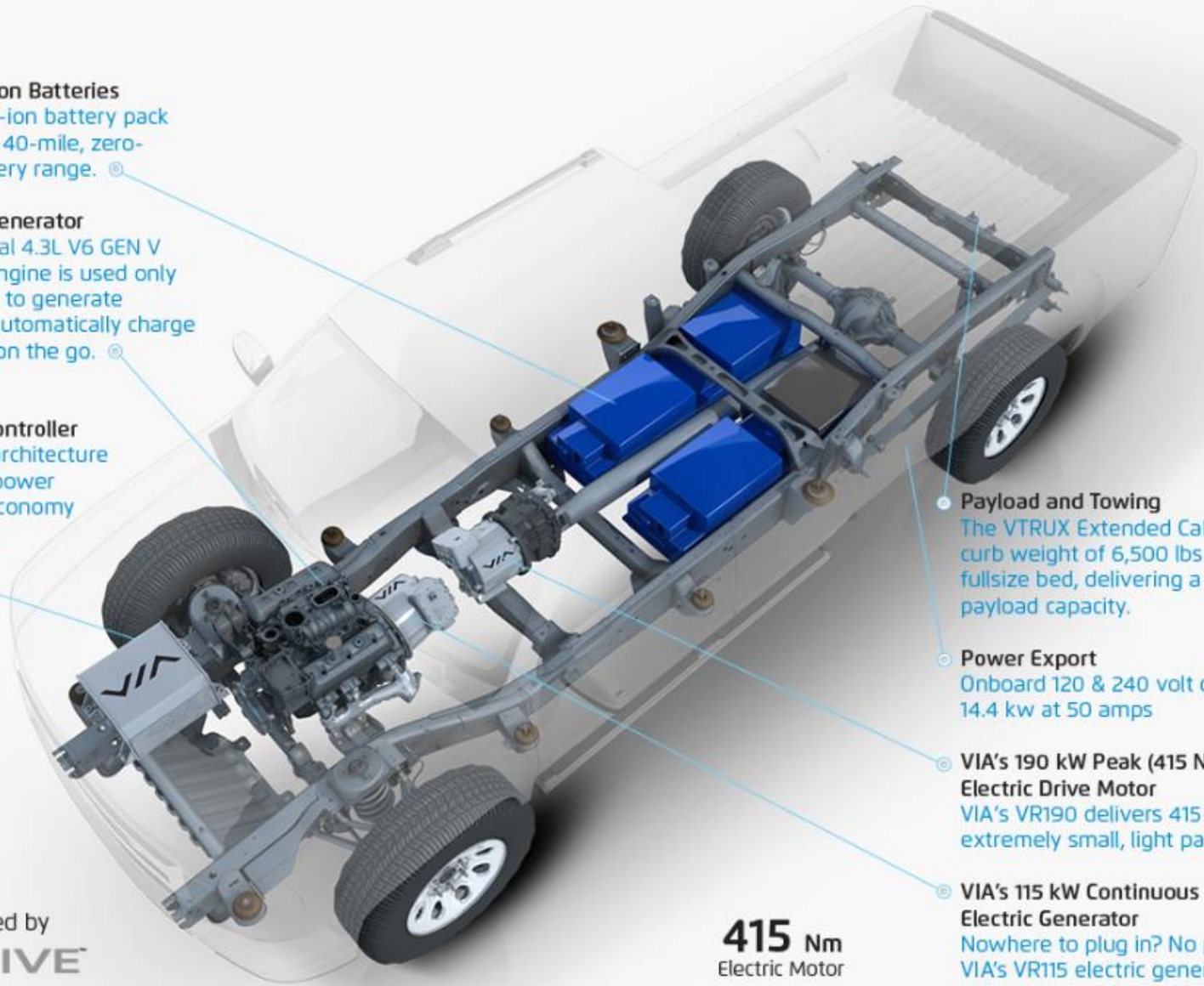
Auto legend Bob Lutz announces production launch of electric trucks and vans

Chevrolet Silverado

Marketwired Commercial Photo

Conventional Chevy Silverados being transformed into electric pickup trucks at VIA Motors' high volume assembly plant in Mexico located near GM's Silverado assembly line in Silao. VIA's production line has the capacity of 10,000 trucks and vans per year. Marketwired

The New eREV Powertrain from VIA Motors



Advanced Li-Ion Batteries
The 23 kWh Li-ion battery pack delivers up to 40-mile, zero-emission battery range.

Gas/Electric Generator
The economical 4.3L V6 GEN V combustion engine is used only when needed to generate electricity to automatically charge the batteries on the go.

VIA's Motor Controller
The 350 volt architecture provides the power density and economy required for a wide variety of trucks.

Payload and Towing
The VTRUX Extended Cab has a curb weight of 6,500 lbs and a fullsize bed, delivering a 1,000 lb payload capacity.

Power Export
Onboard 120 & 240 volt outlets
14.4 kw at 50 amps

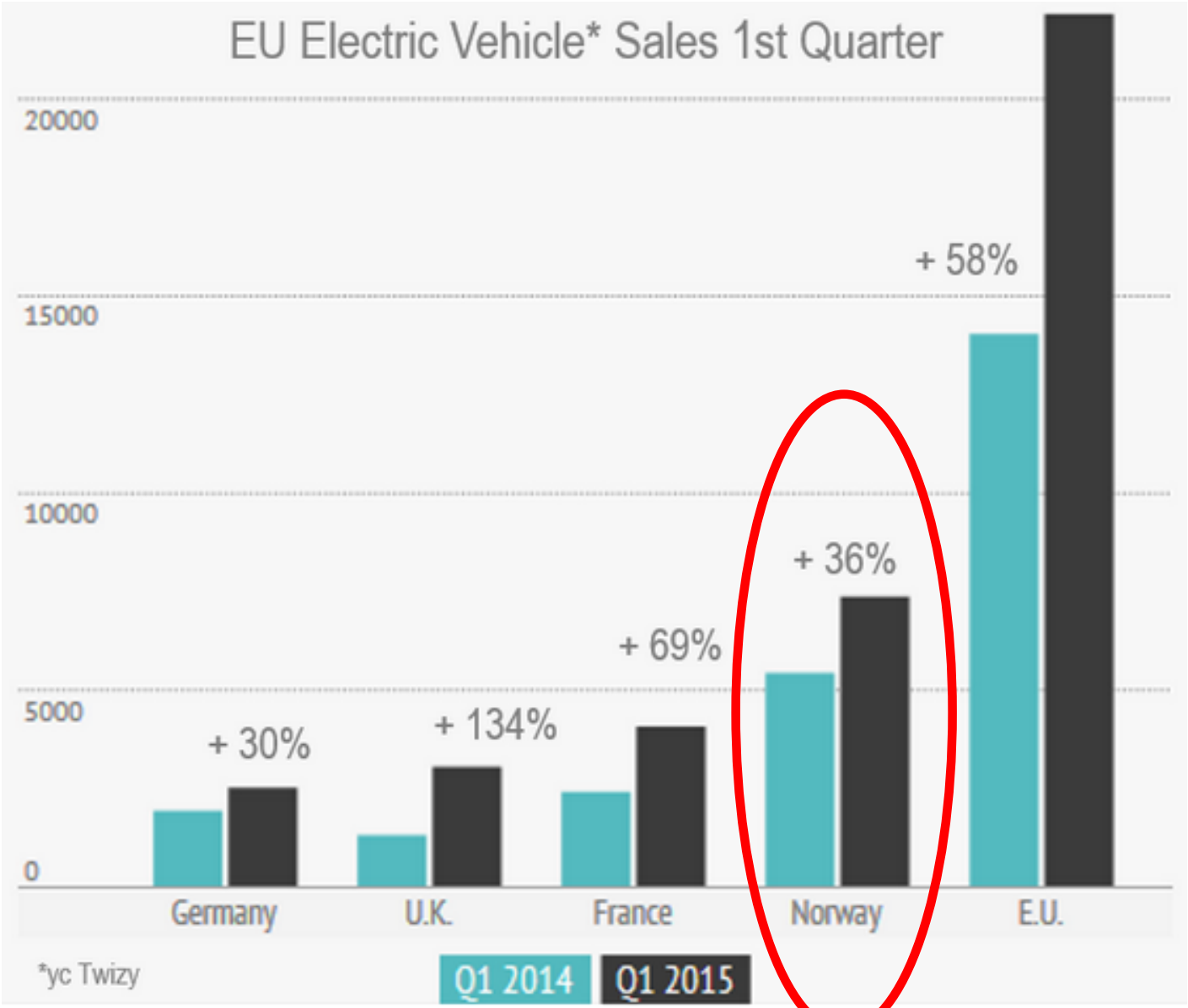
VIA's 190 kW Peak (415 Nm) Electric Drive Motor
VIA's VR190 delivers 415 Nm in an extremely small, light package.

VIA's 115 kW Continuous Electric Generator
Nowhere to plug in? No problem. VIA's VR115 electric generator delivers enough power to recharge batteries quickly and efficiently while driving.

Powered by VDRIVE

415 Nm
Electric Motor

Ventes de V.É. en Europe



Incitatifs financiers en Norvège

- Subventions généreuses à l'achat de V.É.
- Surtaxes à l'achat de voitures gourmandes en essence
- Quota global pré-fixé à 50,000 V.É. donnant droit aux subventions
- Atteinte de ce quota en avril 2015
- Québec: la subvention maximale de $8000 pour achat de V.É. se termine le 31 déc. 2016 ou avant si le quota est atteint.

Électrification des transports au Québec

- $8000 pour Nissan Leaf, Chevrolet Volt, BMW i3, etc. Montant réduit vers fin 2015?
- Pierre Arcand (Gouv. Québec) annonce que le Québec vise 25% de V.É. le plus rapidement possible.
- En 2014, sur 425,000 véhicules vendus, seulement 2,000 étaient des V.É. (1:200)
- Parc automobile actuel: 1:2000 est V.É.

Résumé

- Le GIEC fut créé par l'ONU et l'OMM en 1988 pour analyser la science, les impacts et les mesures d'atténuation du changement climatique
- Dans son cinquième rapport, publié de septembre 2013 (Science, groupe 1) à octobre 2014 (Synthèse des 3 groupes), les conclusions des rapports précédents se sont renforcées.
- D'importantes mesures d'atténuation des gaz à effet de serre ont été annoncées par la Chine et les États-Unis ☺