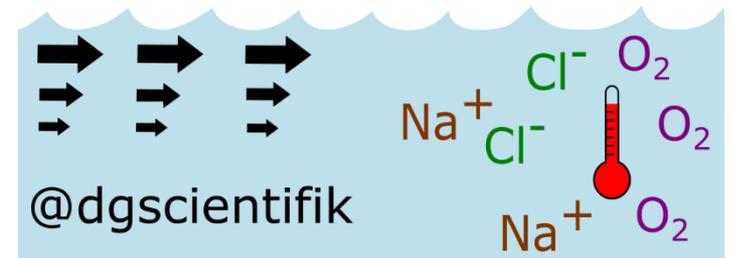




La science du réchauffement climatique

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



CÉGEP de Rimouski
8 mai 2015





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

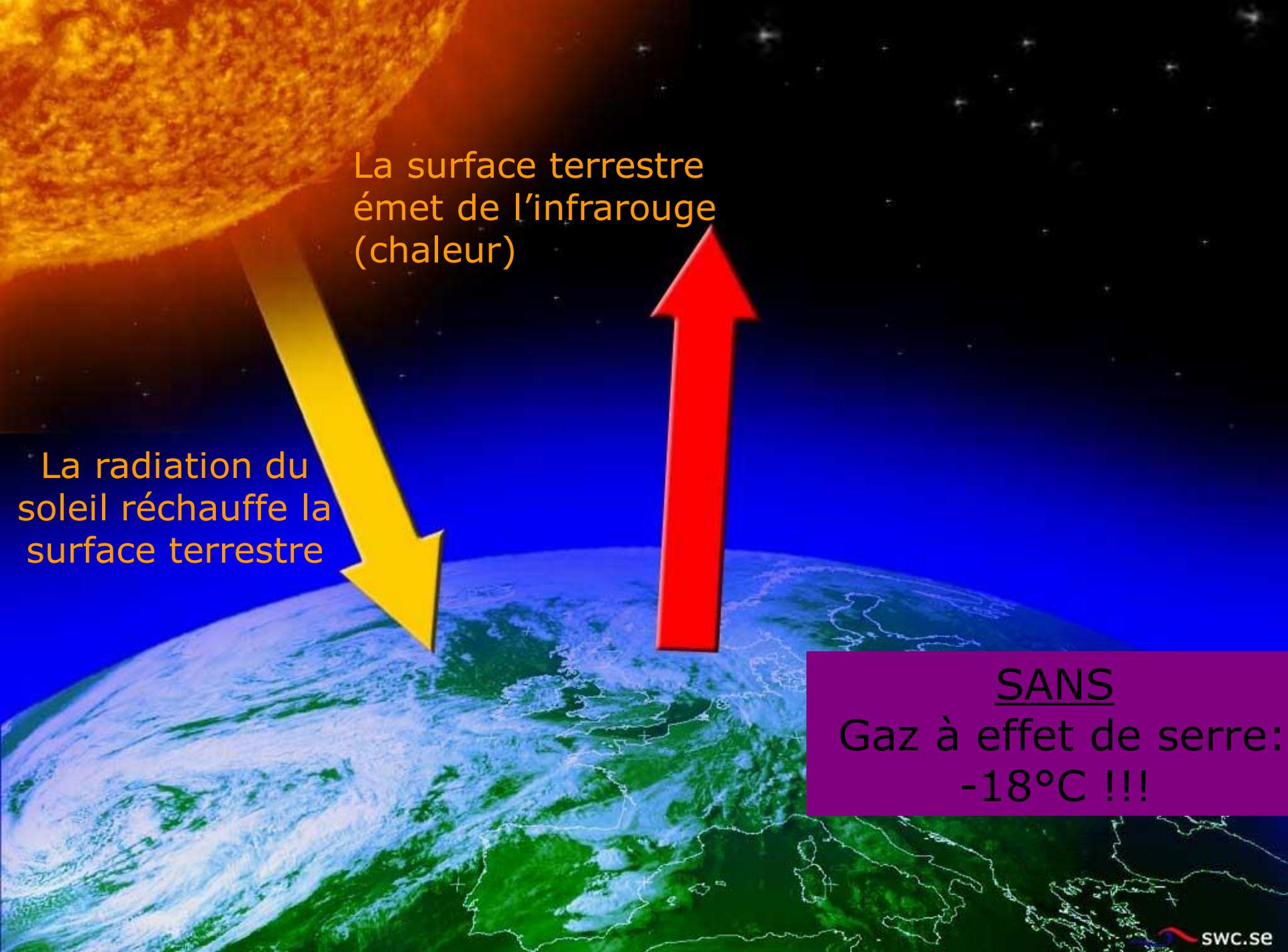
La météo (événements à court terme)

0 à 15 jours

précipitations, nuages, vents, humidité, température

Le climat: statistiques météorologiques

30 à 100 ans

The image shows a cross-section of Earth from space. The Sun is in the top left corner, emitting a large yellow arrow pointing towards the Earth's surface. A large red arrow points away from the Earth's surface towards the top right. The Earth's surface is shown with green land and blue oceans, with white clouds. The background is a dark blue space with white stars.

La surface terrestre émet de l'infrarouge (chaleur)

La radiation du soleil réchauffe la surface terrestre

SANS
Gaz à effet de serre:
-18°C !!!

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 !!!

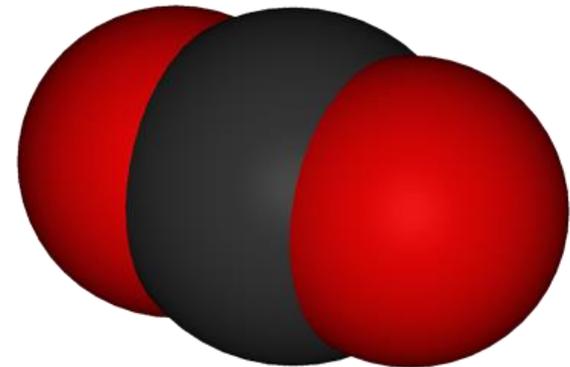
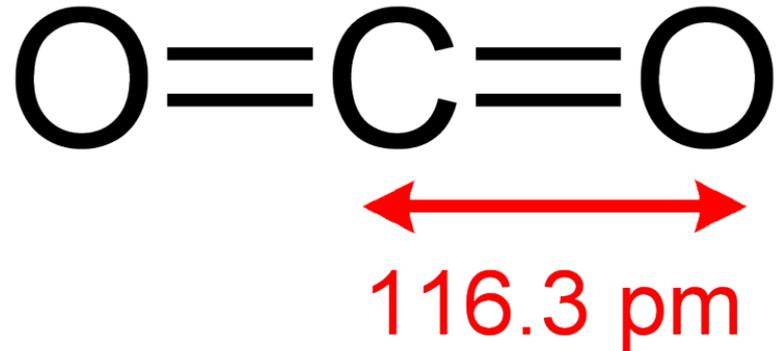
Svante Arrhenius (1859-1927)



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

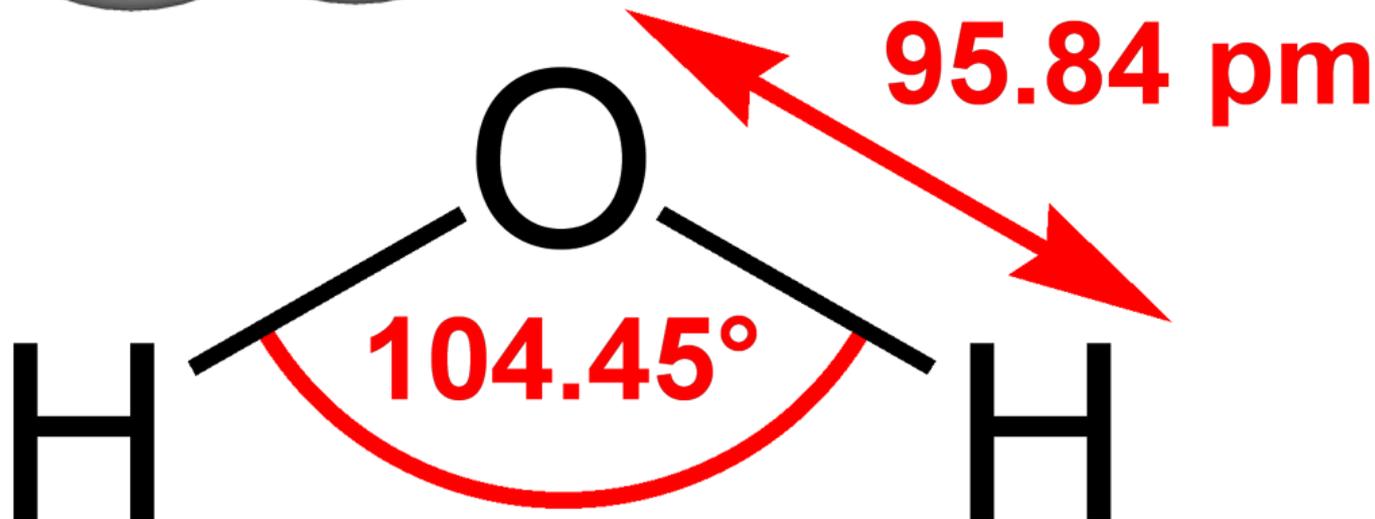
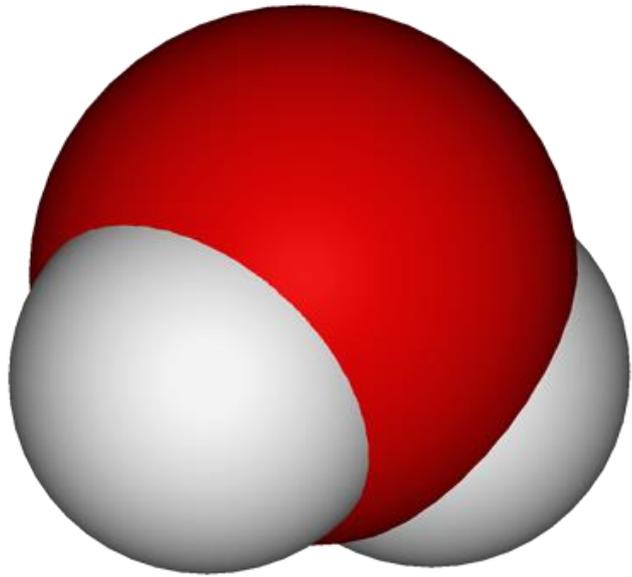
Dioxyde de carbone (CO₂)



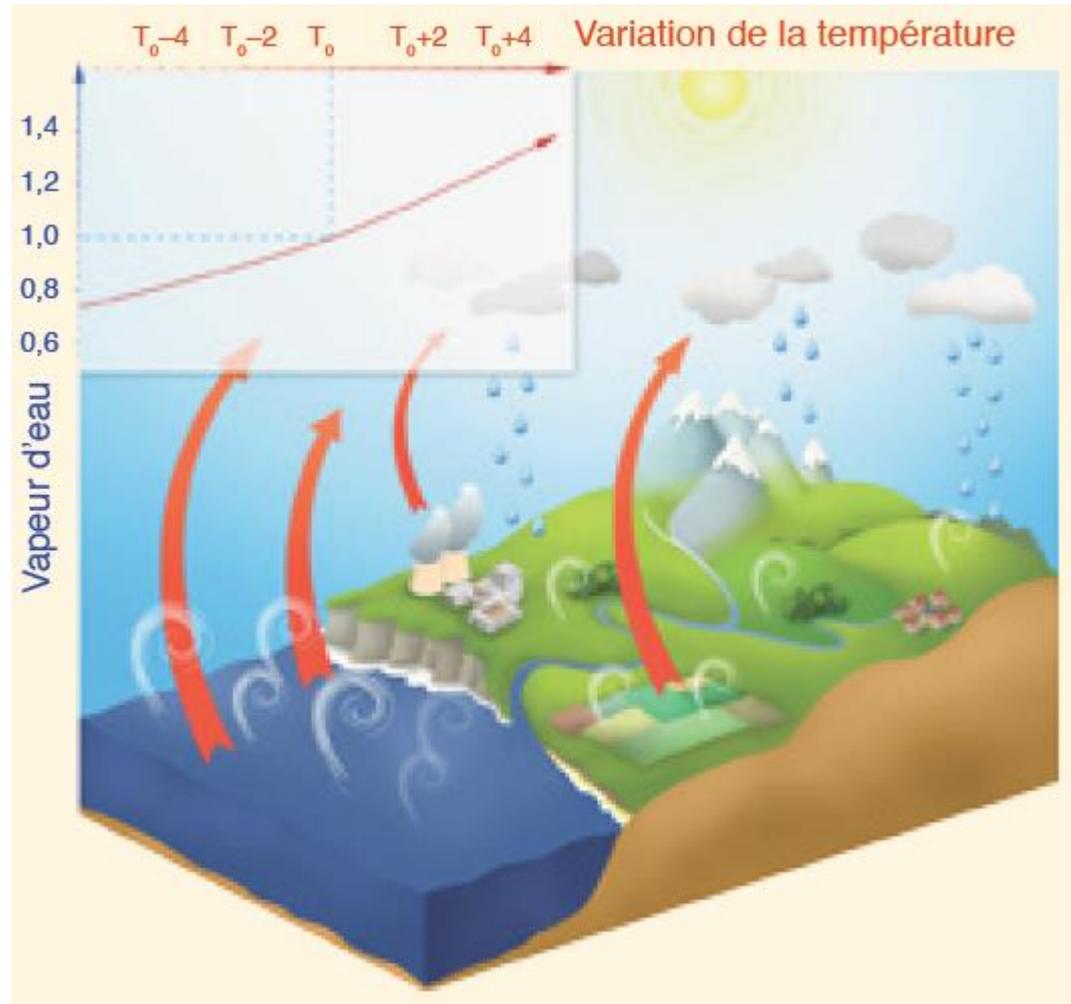
En 1896, Arrhenius s'est intéressé au rôle du dioxyde de carbone dans le climat terrestre.



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



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



Sensibilité climatique

La **sensibilité climatique à l'équilibre** est le réchauffement global résultant d'un doublement du CO₂ (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**.

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

giec

GRUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT

CHANGEMENTS CLIMATIQUES 2013

Les éléments scientifiques

Résumé à l'intention des décideurs

GT I

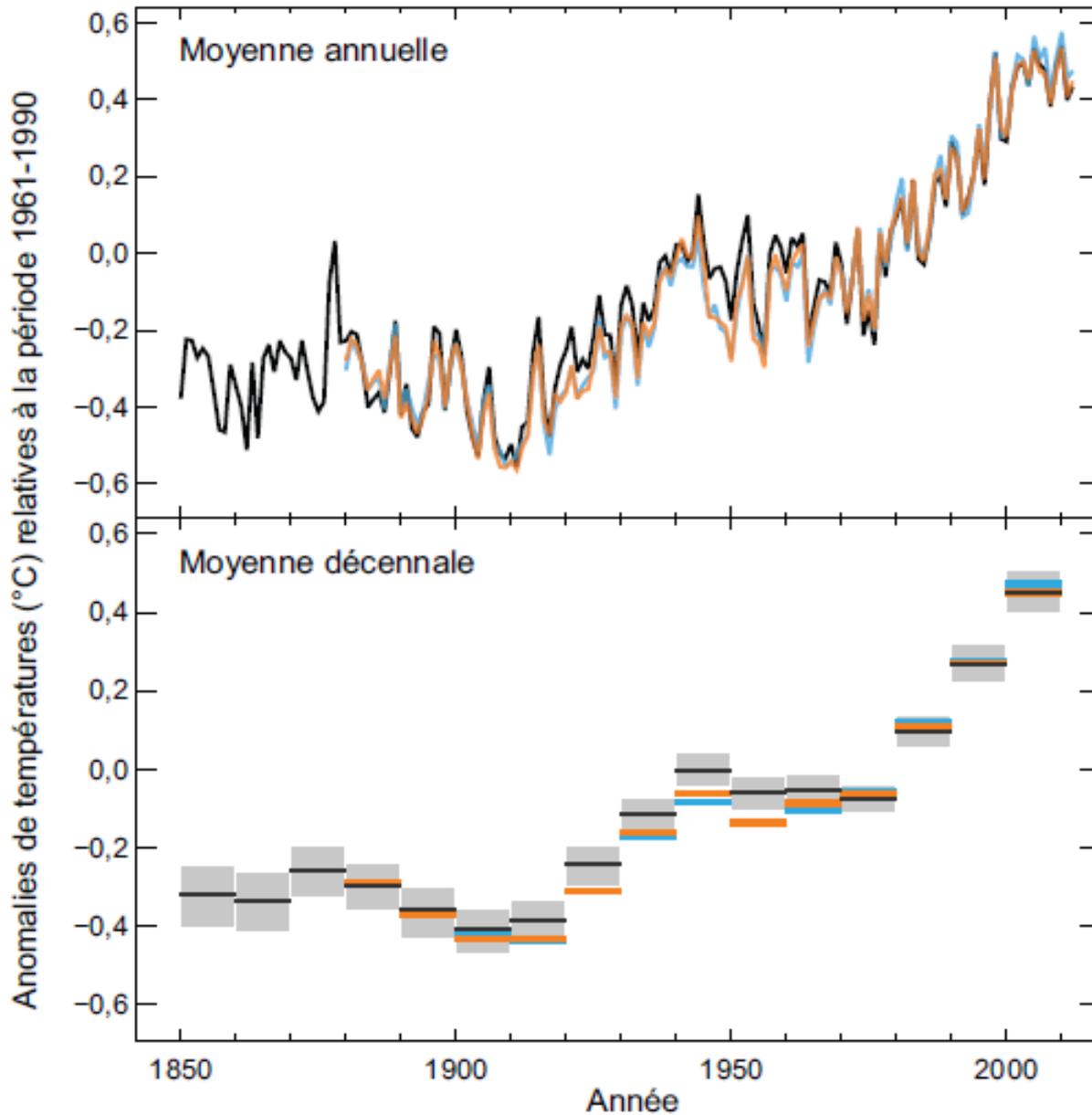
CONTRIBUTION DU GROUPE DE TRAVAIL I
AU CINQUIÈME RAPPORT D'ÉVALUATION
DU GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL
SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT



Denis Gilbert
2015-05-08

Anomalies observées de températures moyennes en surface, combinant les terres émergées et les océans, de 1850 à 2012

a)



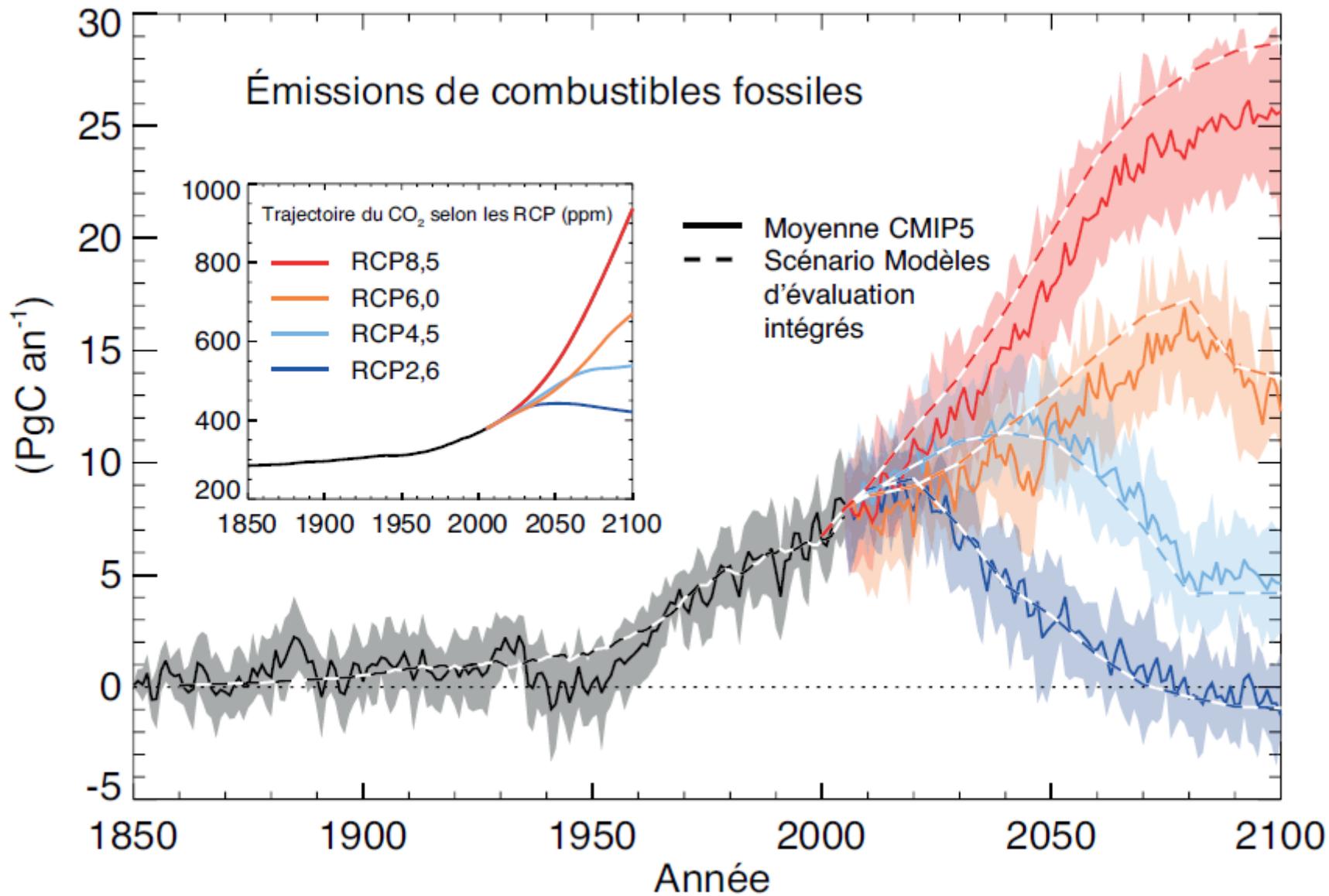
Température de l'air en surface

D.3 Détection et attribution des changements climatiques

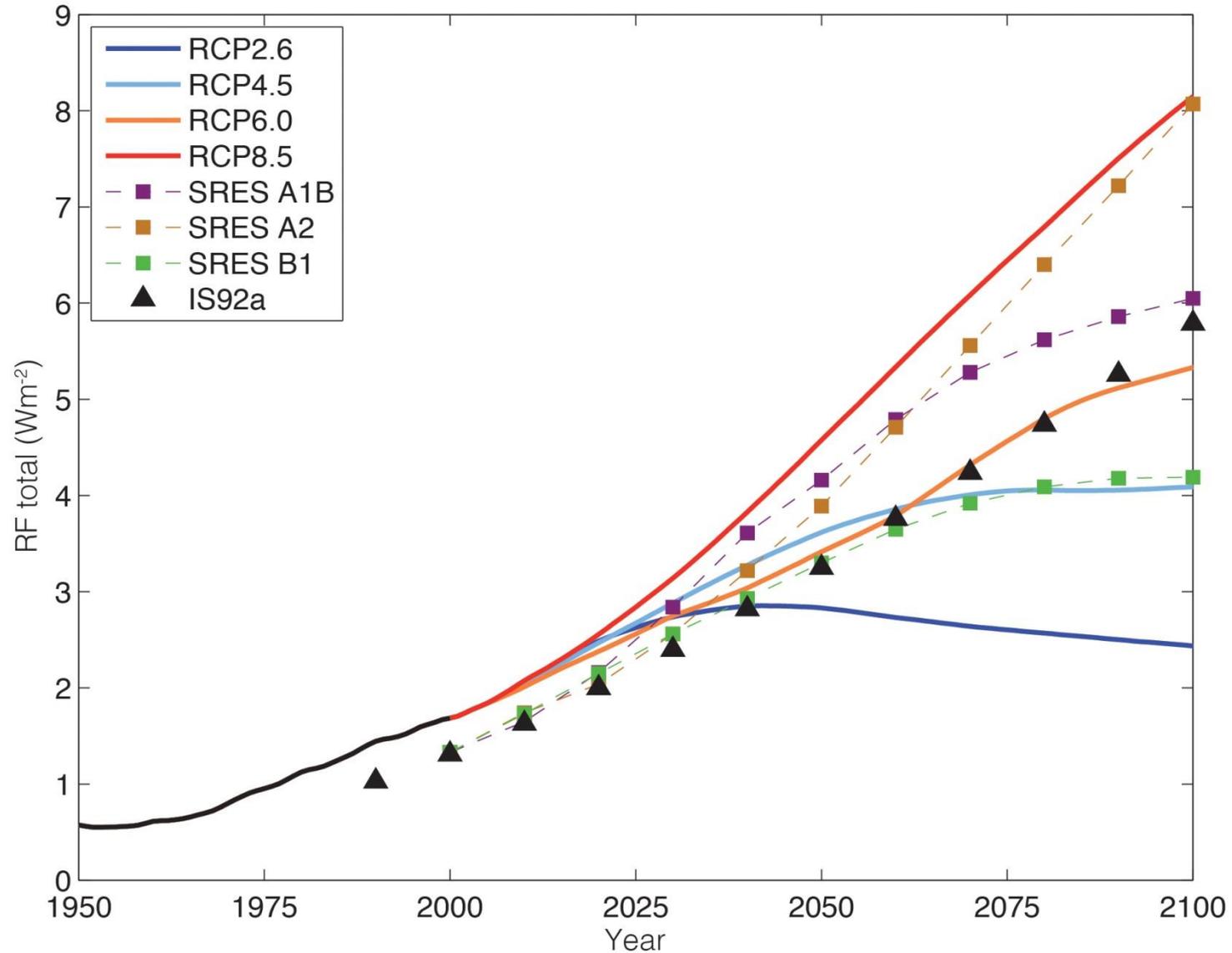
On détecte l'influence des activités humaines dans le réchauffement de l'atmosphère et de l'océan, dans les changements du cycle global de l'eau, dans le recul des neiges et des glaces, dans l'élévation du niveau moyen mondial des mers et dans la modification de certains extrêmes climatiques (voir figure 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 XX^e siècle. {10.3–10.6, 10.9}

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



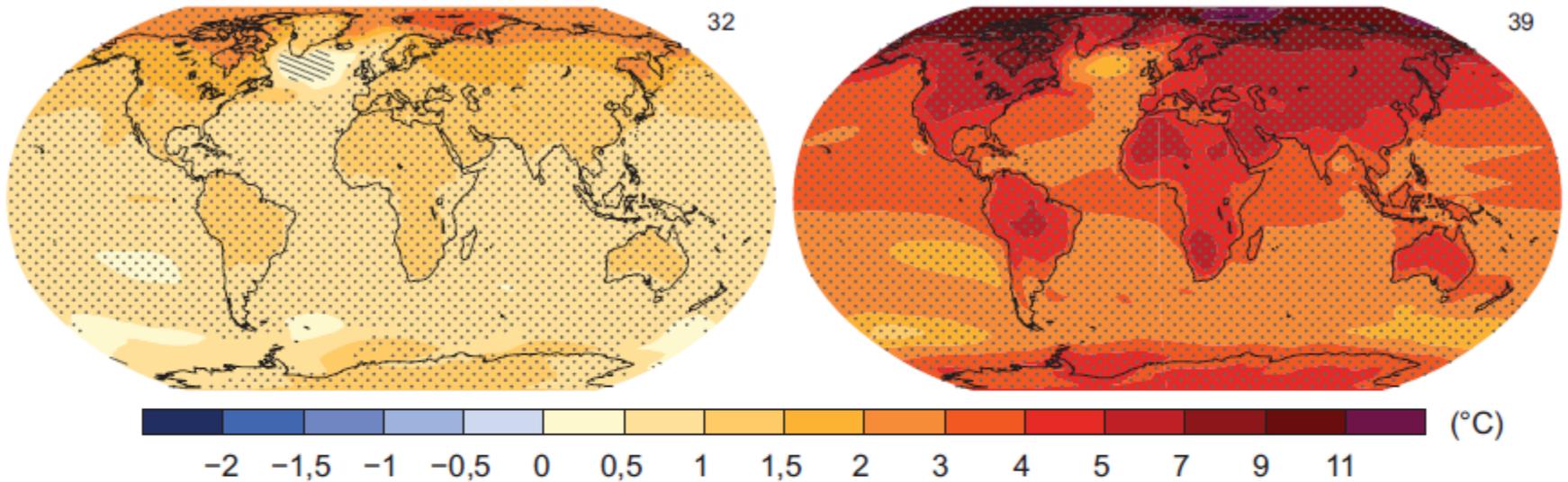
Scénarios d'émissions de gas à effet de serre



RCP 2,6

RCP 8,5

a) Évolution de la température moyenne en surface (entre 1986-2005 et 2081-2100)



b) Évolution des précipitations moyennes (entre 1986-2005 et 2081-2100)

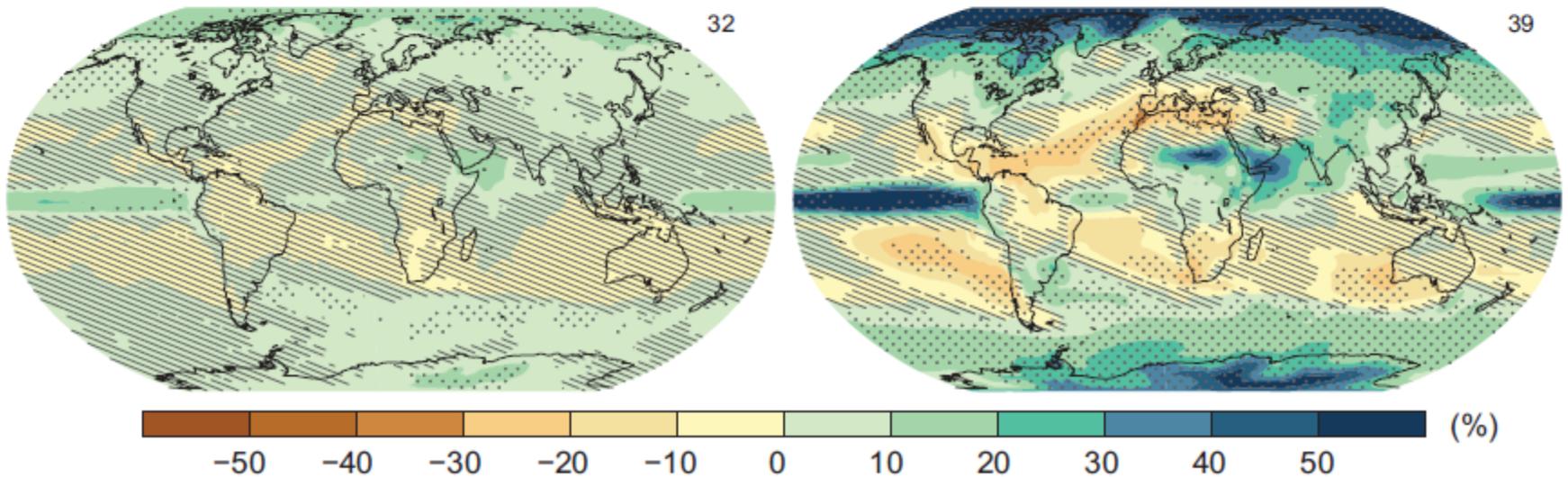
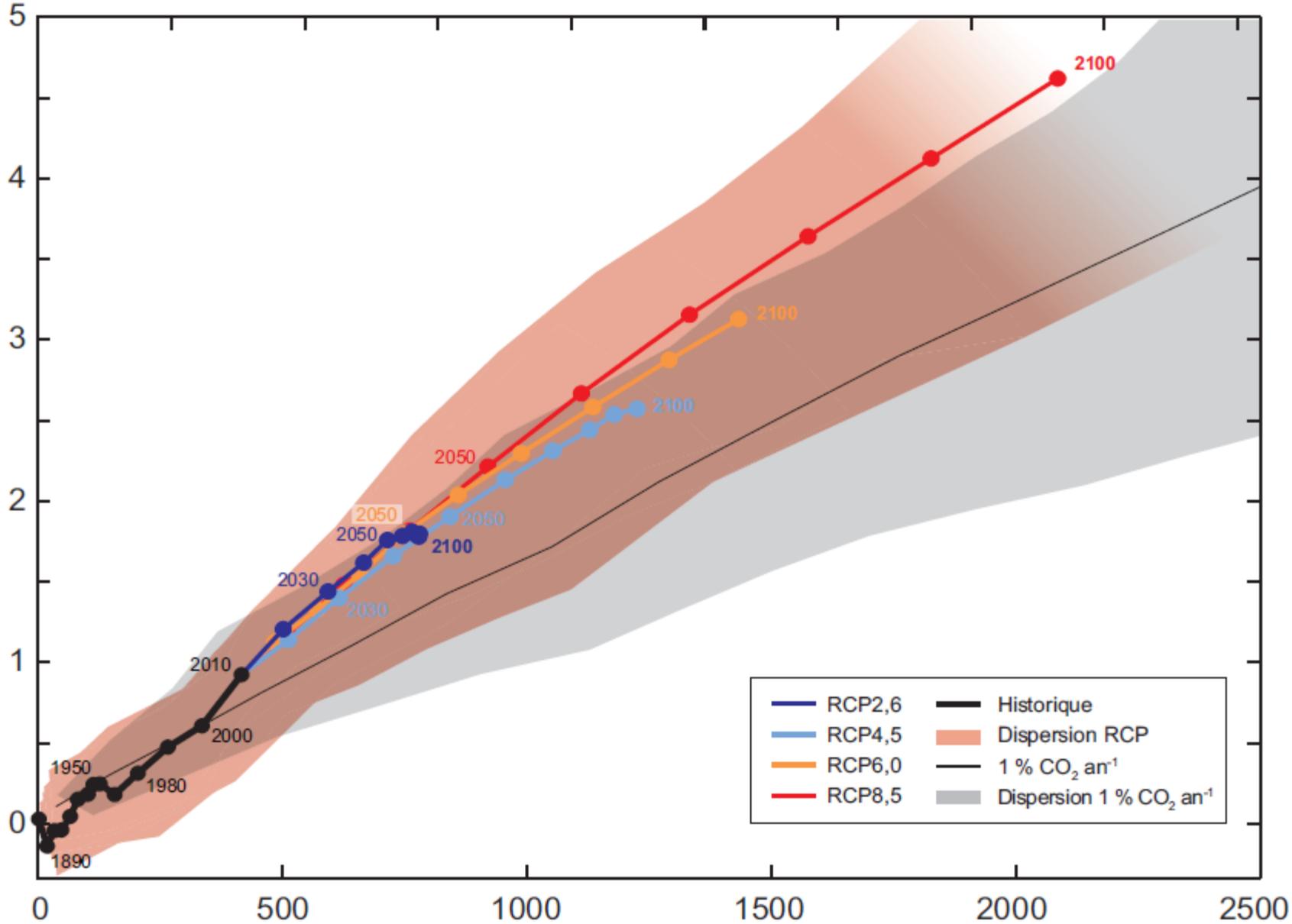


Figure RID.8

Total des émissions de CO₂ anthropiques cumulées depuis 1870 (GtCO₂)

1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000

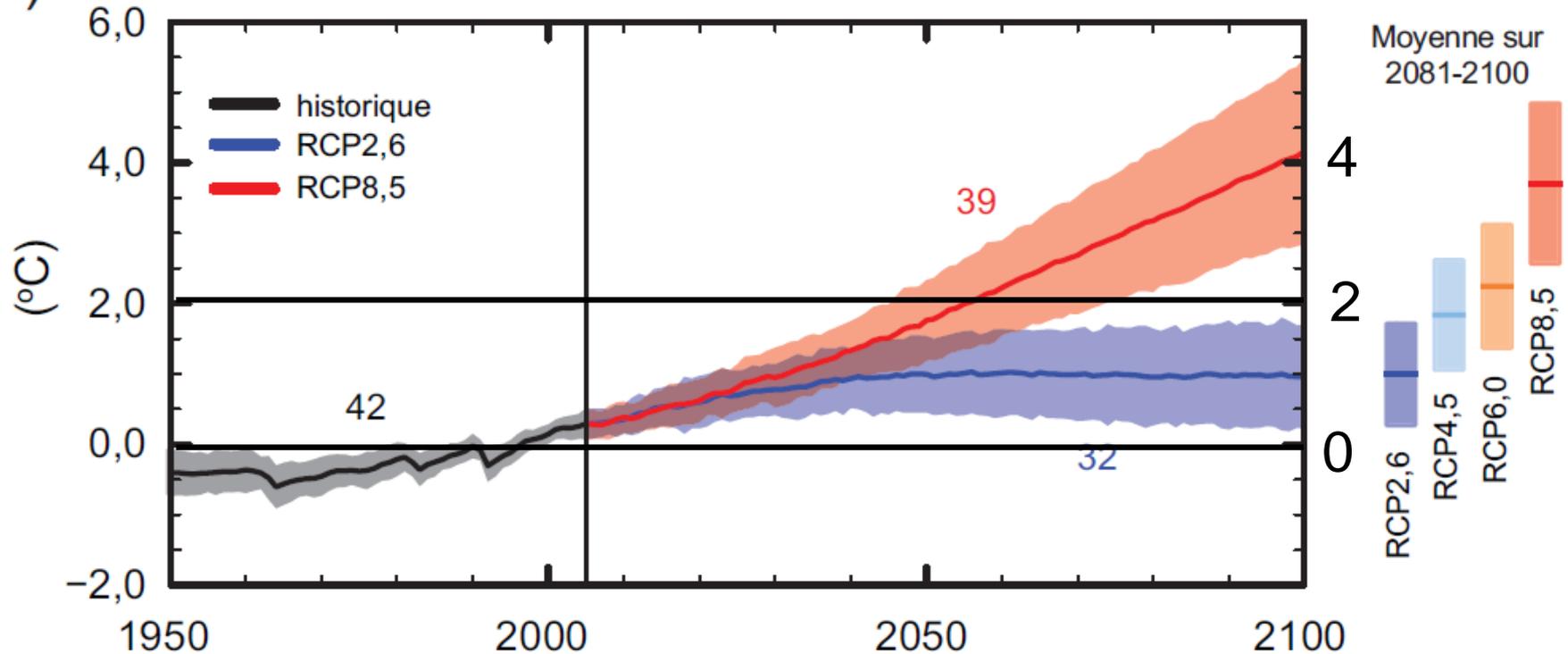
Anomalies de température par rapport à 1861-1880 (°C)

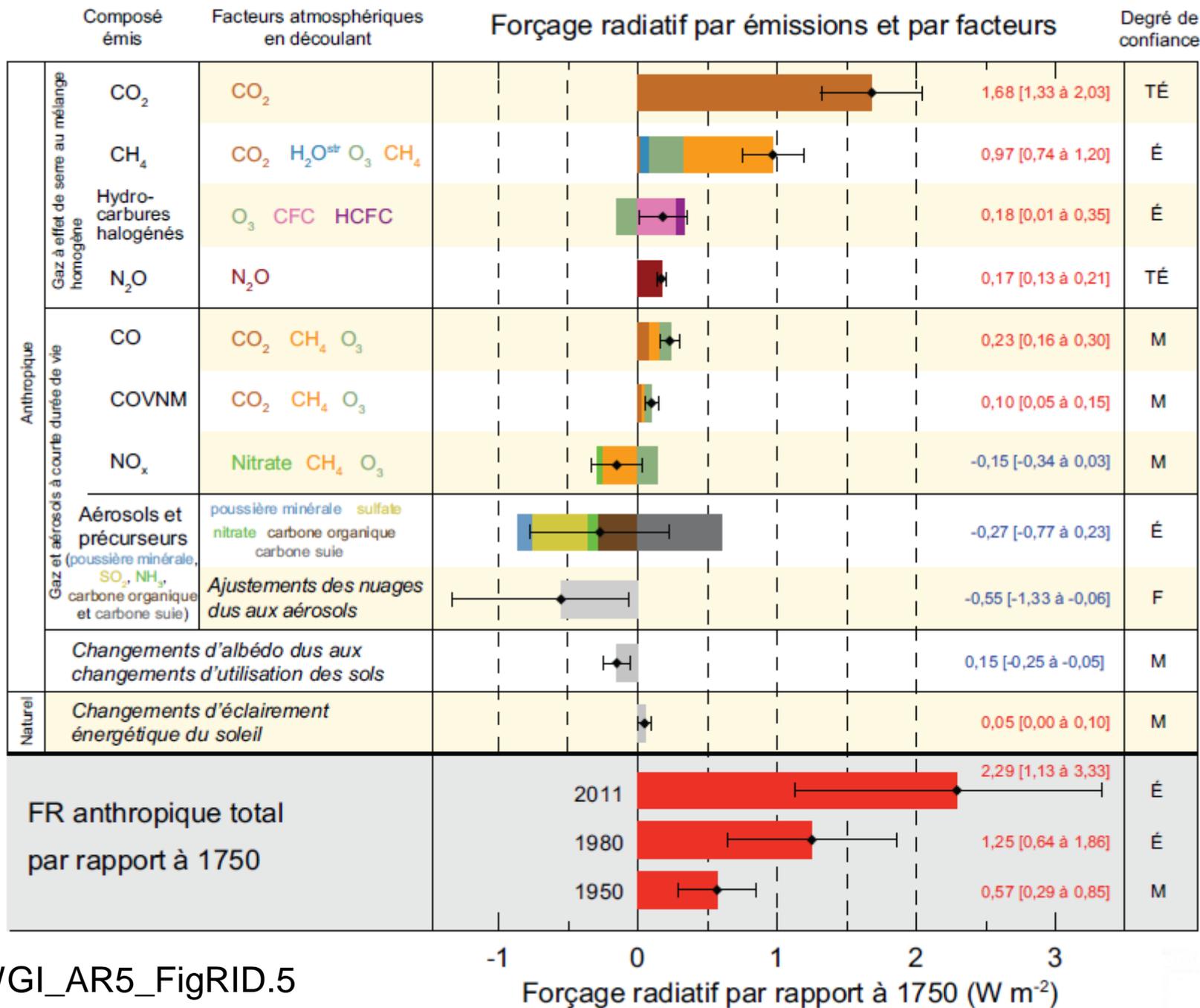


Total des émissions de CO₂ anthropiques cumulées depuis 1870 (GtC)

Comment limiter le réchauffement à moins de 2°Celsius?

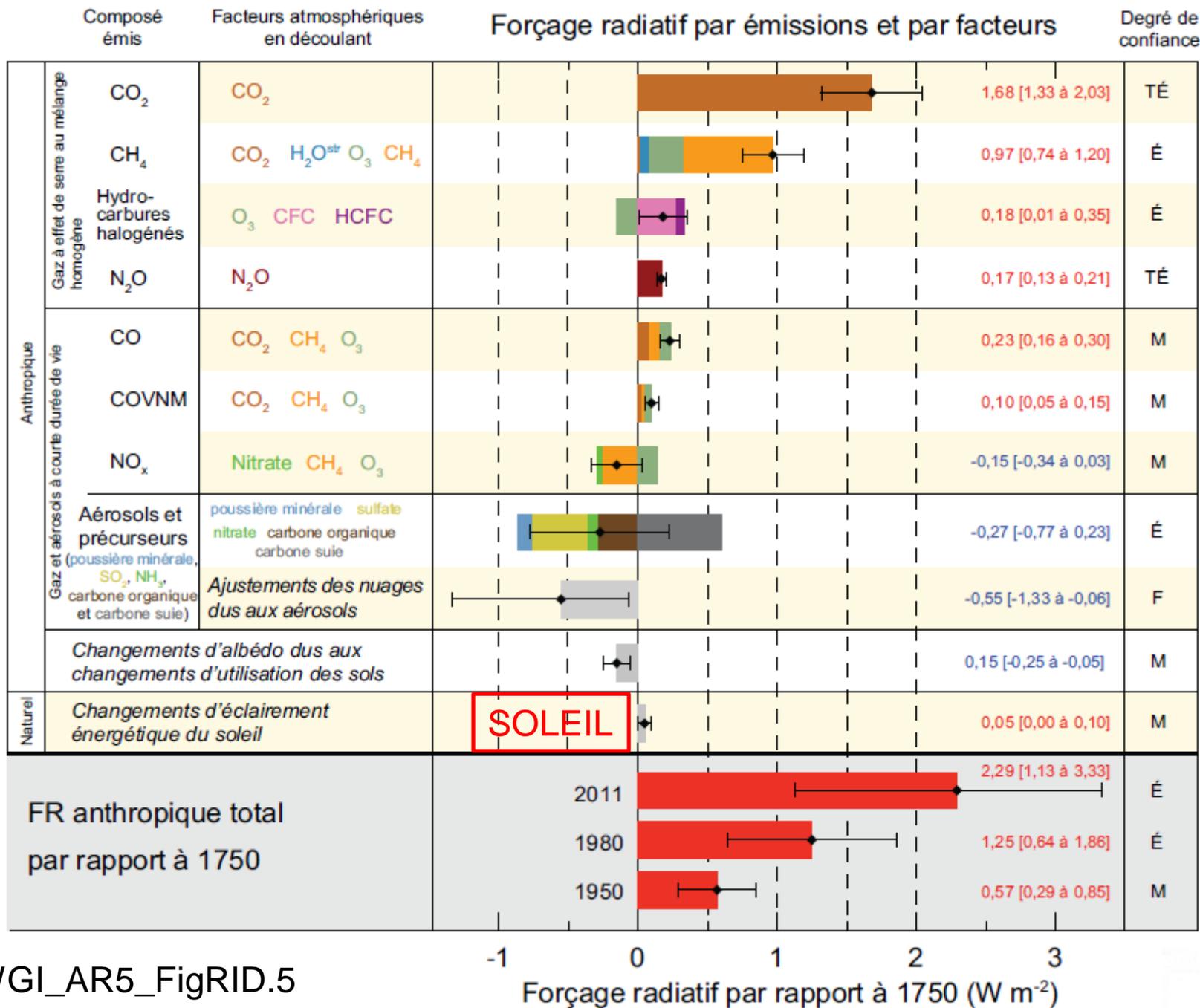
a) Évolution de la température moyenne à la surface du globe





WGI_AR5_FigRID.5

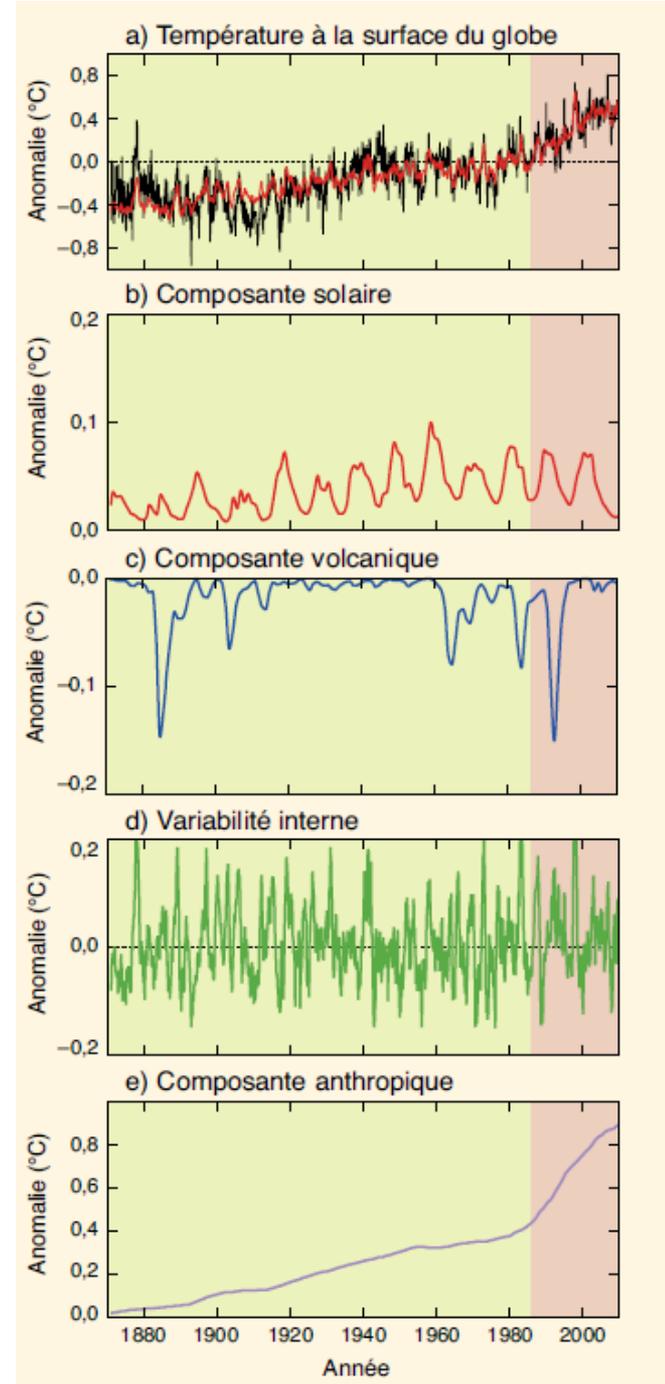
Forçage radiatif par rapport à 1750 (W m⁻²)



WGI_AR5_FigRID.5

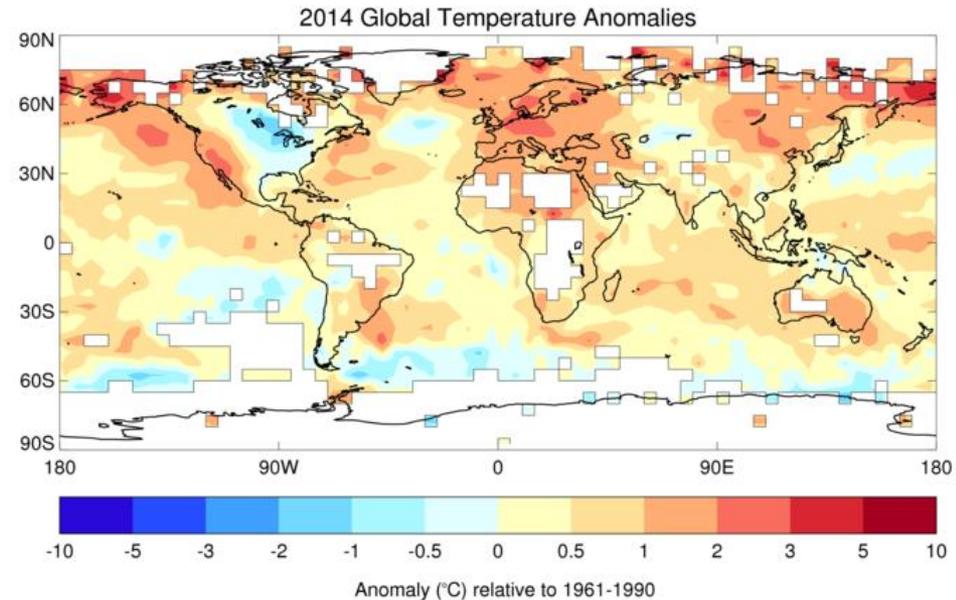
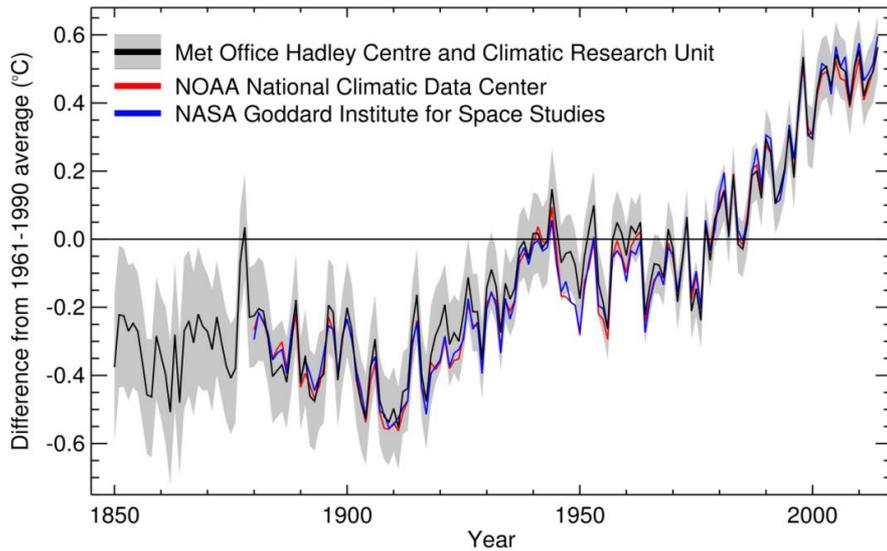
Forçage radiatif par rapport à 1750 (W m⁻²)

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



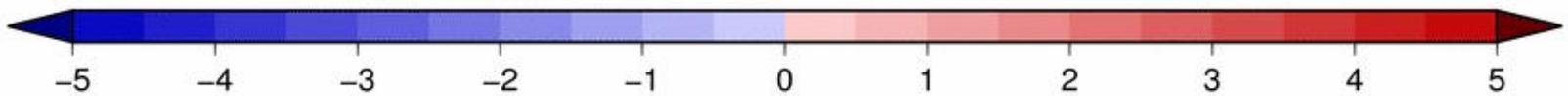
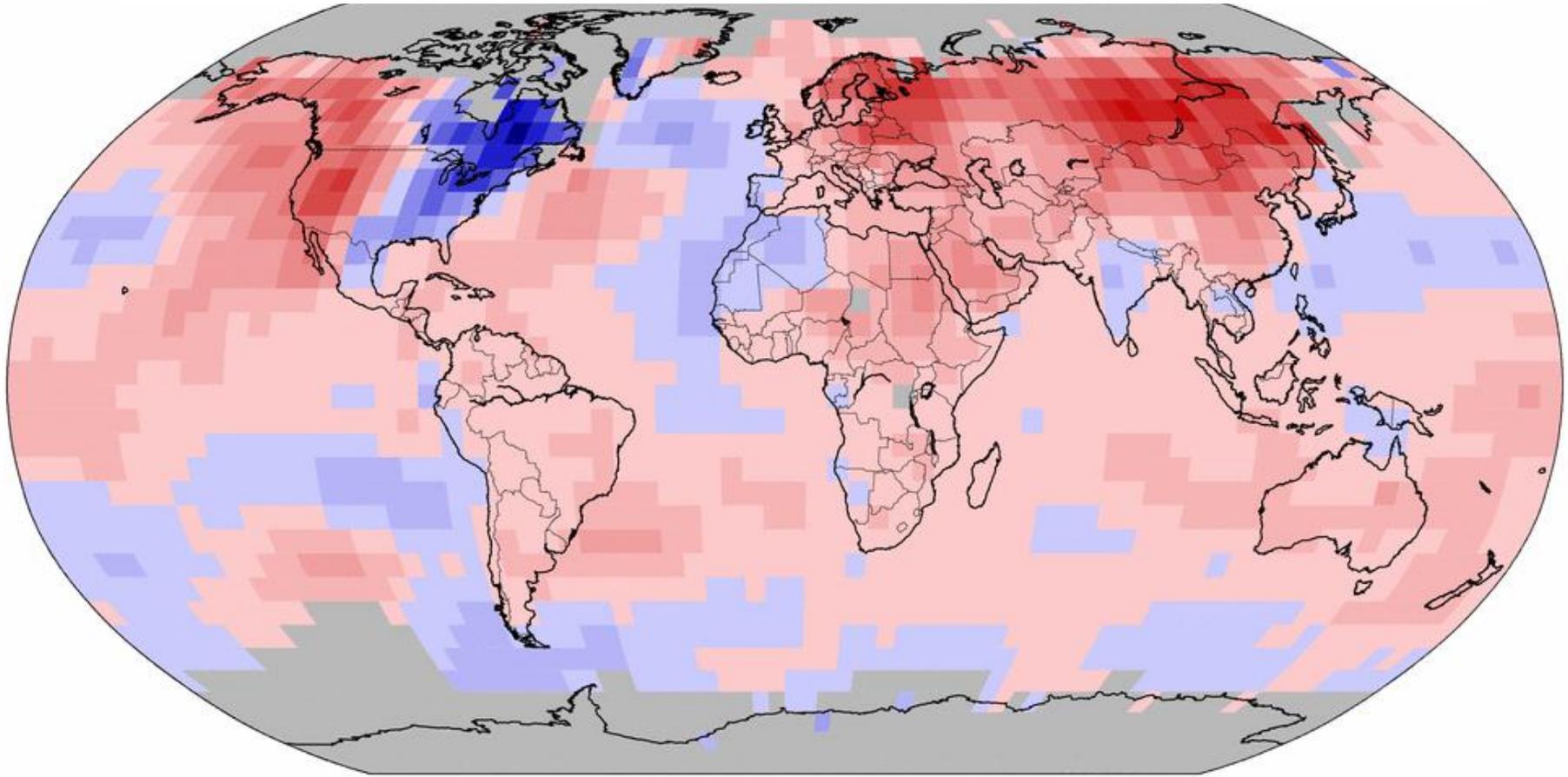
2014: Nouveau record de température moyenne mondiale

Global average temperature anomaly (1850-2014)



Température de l'hiver 2015

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



Degrees Celsius

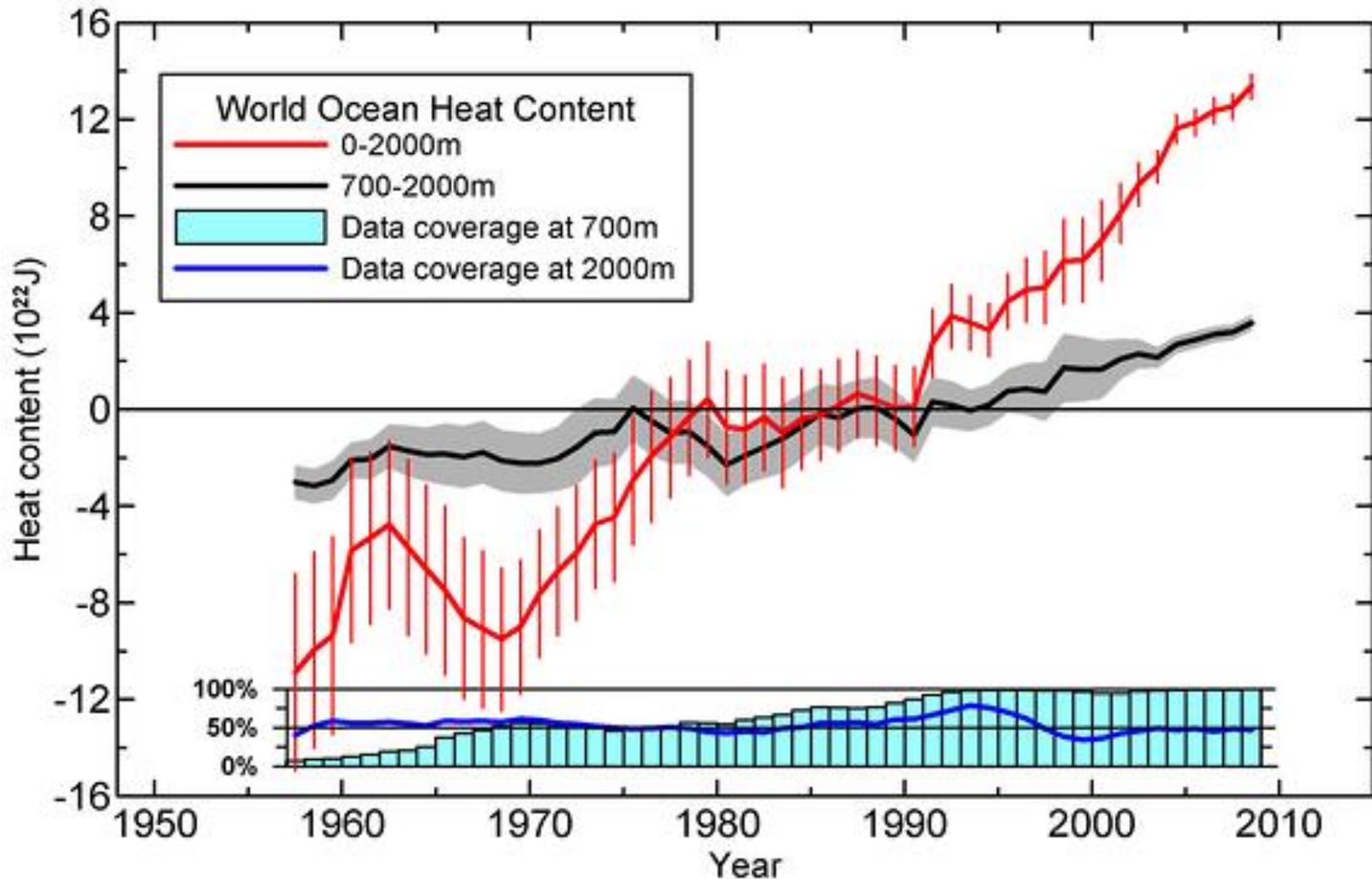


NOAA's National Climatic Data Center
Tue Apr 14 12:31:32 EDT 2015

Please Note: Gray areas represent missing data
Map Projection: Robinson

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

Contenu en chaleur des océans



Levitus et al. (2012, Geophysical Research Letters)

Denis Gilbert
25
2015-05-08



Satellite Iridium

Communication bi-directionnelle

Communication bi-directionnelle

Données sont transmises à des stations terrestres via satellite

30 minutes à la surface

Opérateur terrestre peut envoyer de nouvelles commandes au flotteur

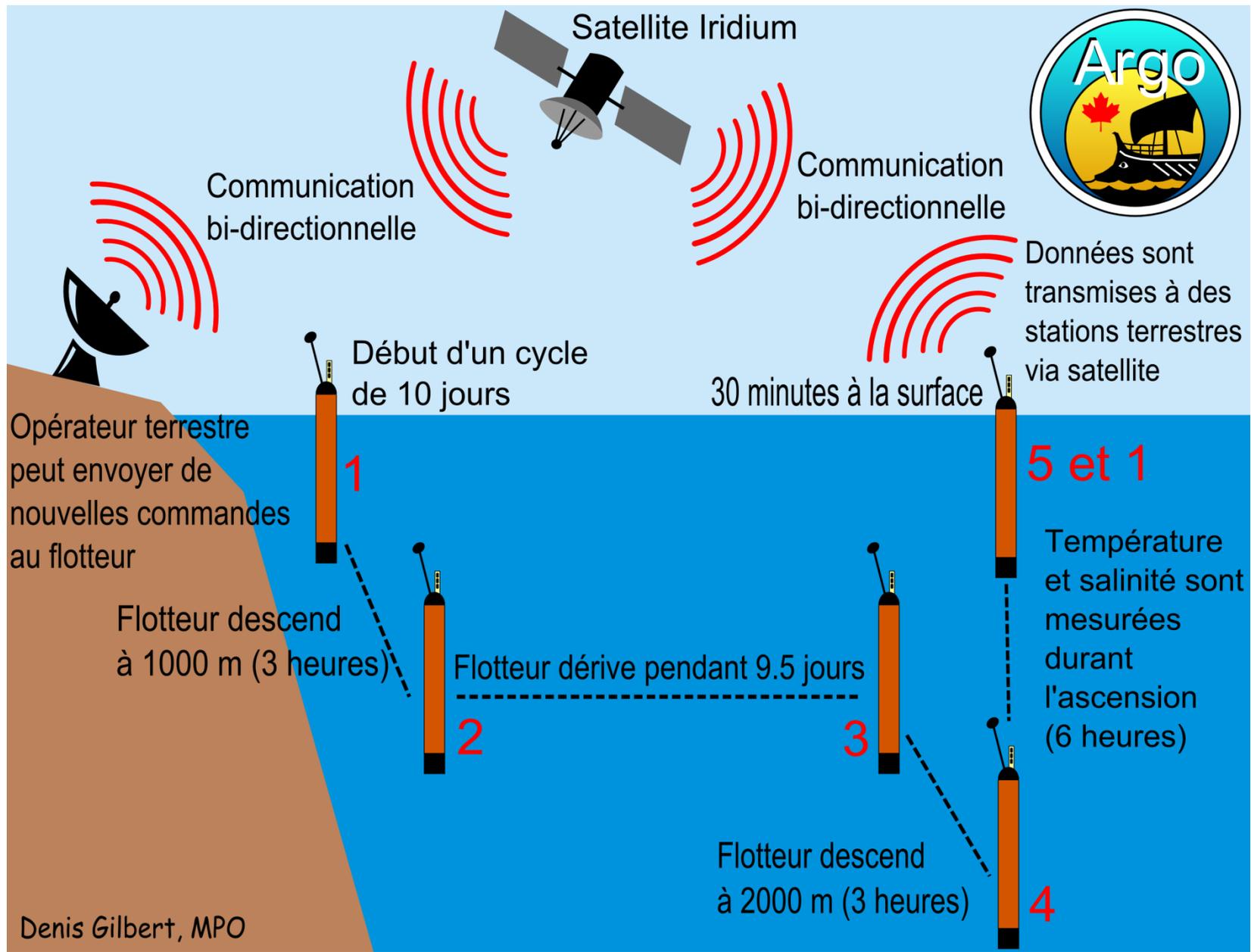
Flotteur descend à 1000 m (3 heures)

Flotteur dérive pendant 9.5 jours

Température et salinité sont mesurées durant l'ascension (6 heures)

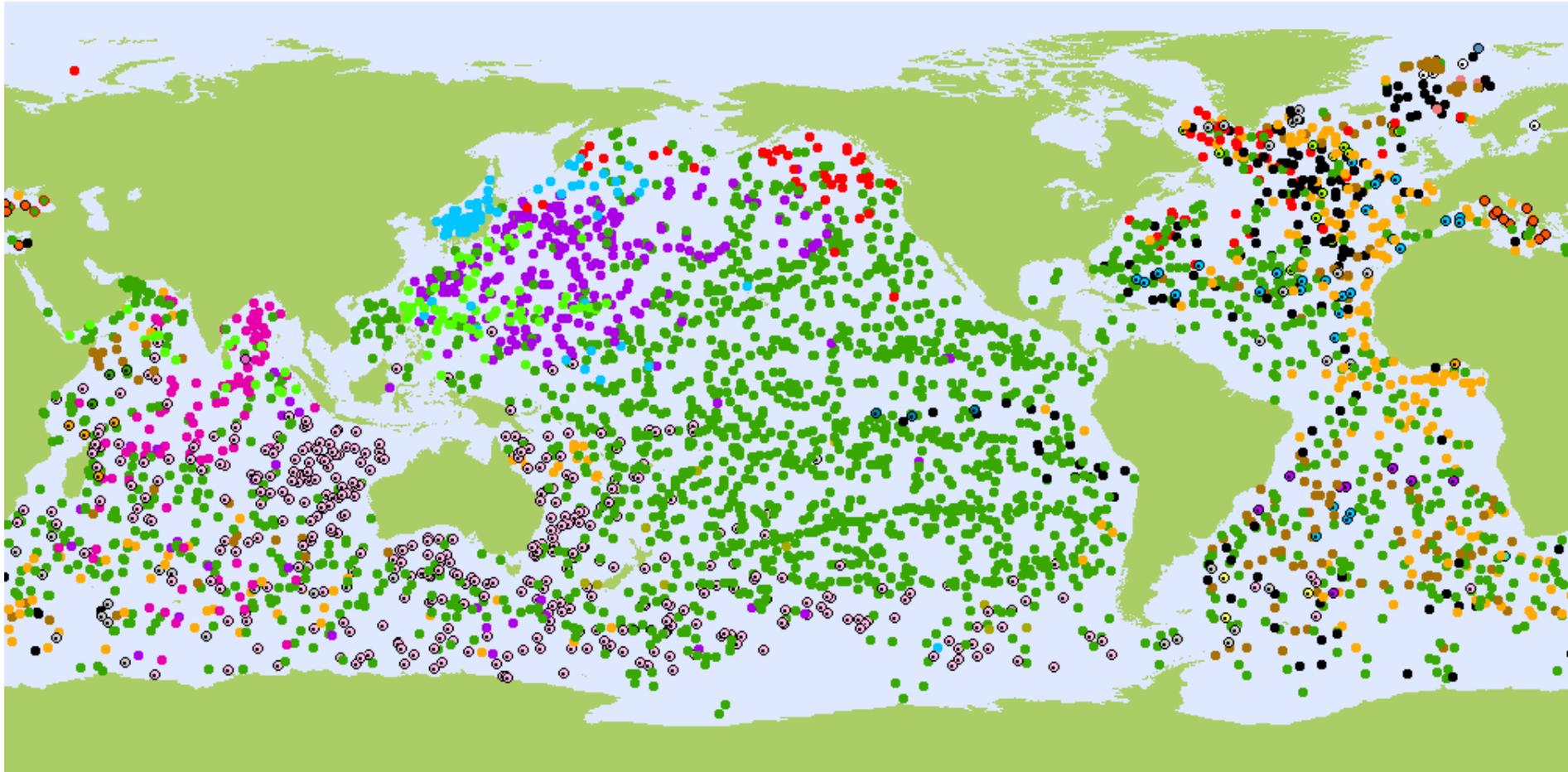
Flotteur descend à 2000 m (3 heures)

Denis Gilbert, MPO





Argo - contributions par pays



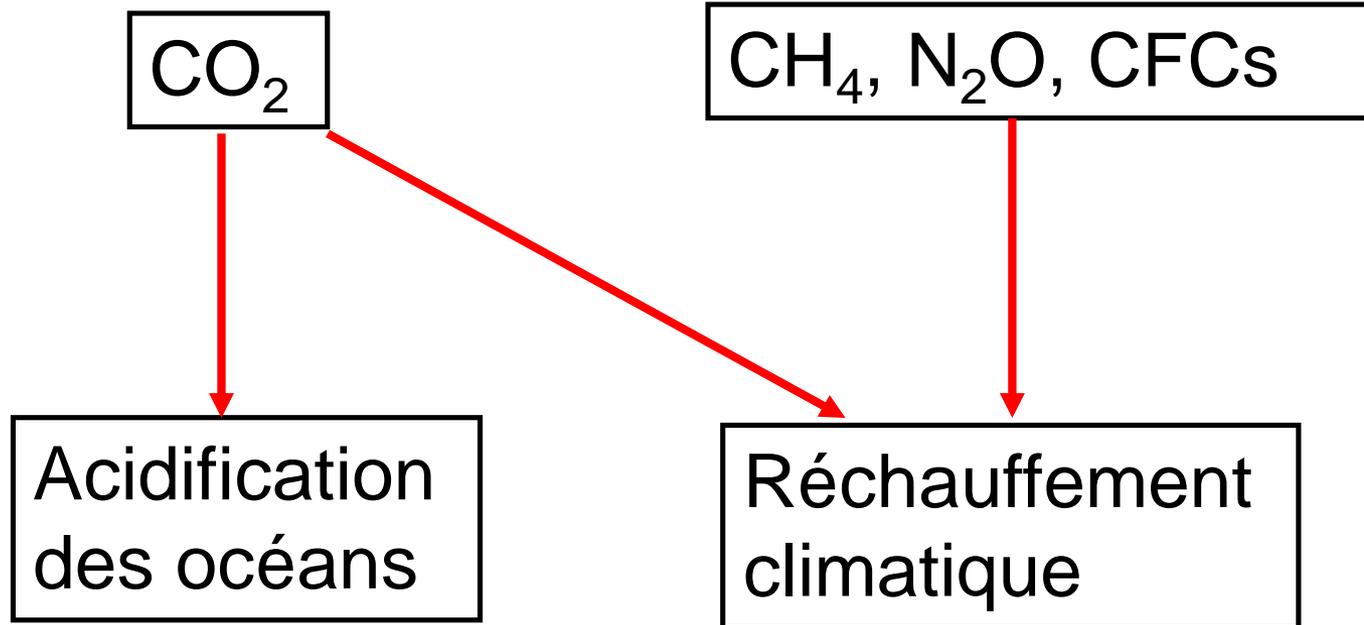
3675 Active Floats

● ARGENTINA (3)	● CHINA (87)	● GERMANY (172)	● KENYA (3)	● NORWAY (3)	● UNITED KINGDOM (143)
● AUSTRALIA (392)	● ECUADOR (3)	● INDIA (98)	● SOUTH KOREA (87)	● POLAND (1)	● UNITED STATES (1958)
● BRAZIL (8)	● FINLAND (6)	● IRELAND (12)	● MAURITIUS (4)	● SOUTH AFRICA (1)	
● BULGARIA (3)	● FRANCE (237)	● ITALY (14)	● NETHERLANDS (36)	● SPAIN (27)	
● CANADA (93)	● GABON (1)	● JAPAN (270)	● NEW ZEALAND (11)	● SRI LANKA (1)	

November 2012

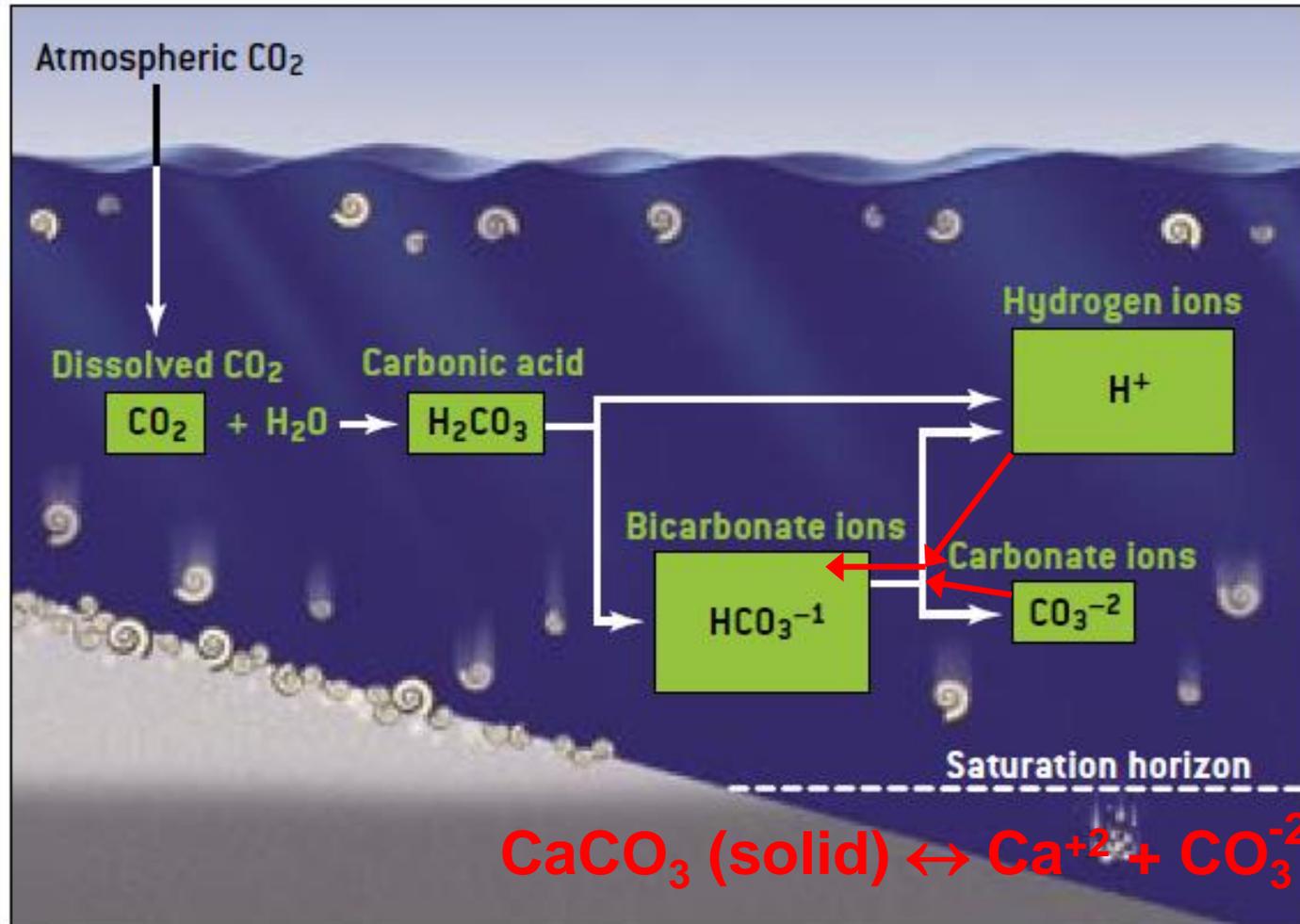


CO₂ versus autres gaz à effet de serre



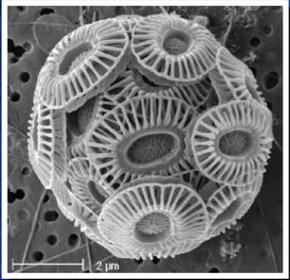
Le CO₂ réagit chimiquement avec l'eau

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



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

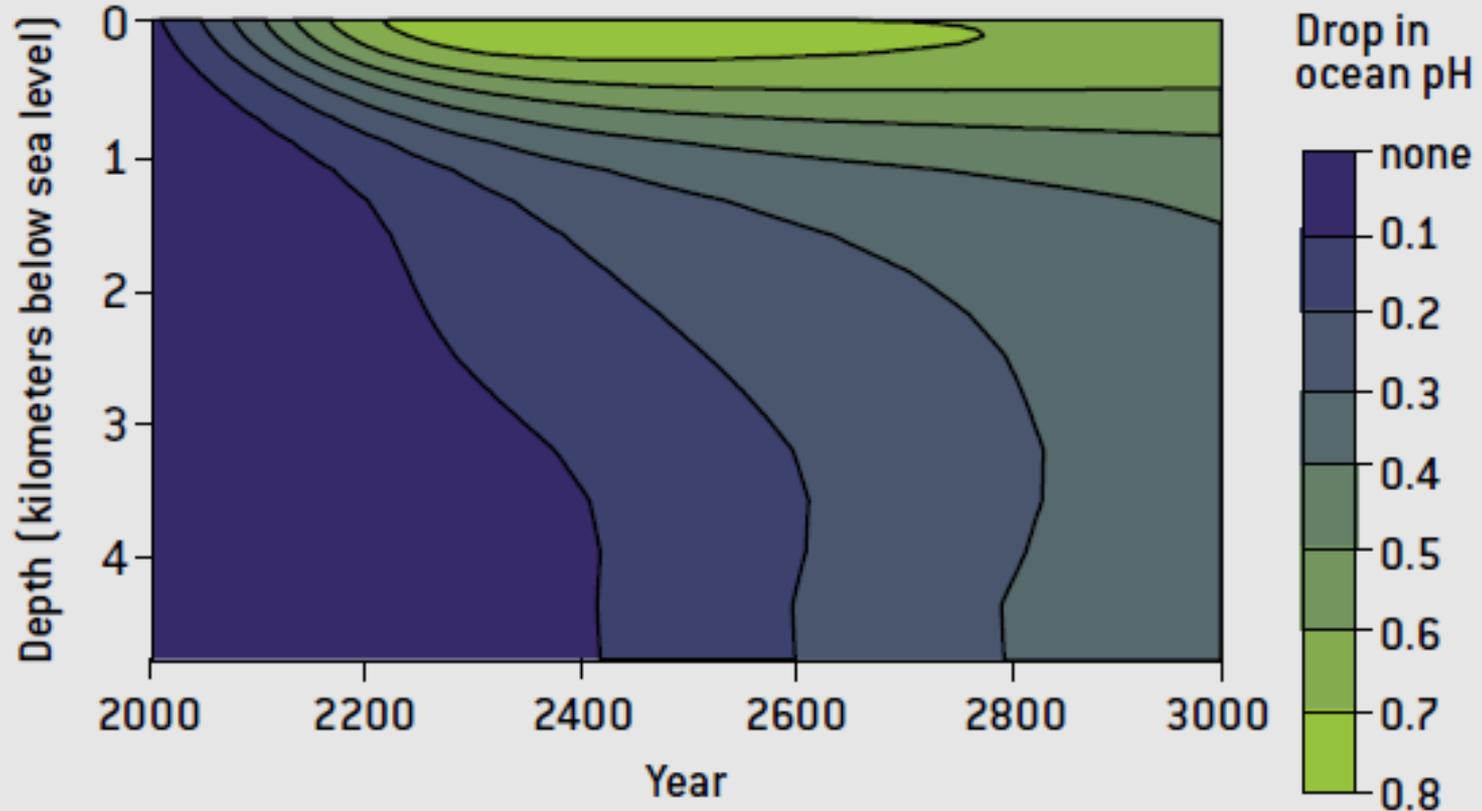


Corail abyssal



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)

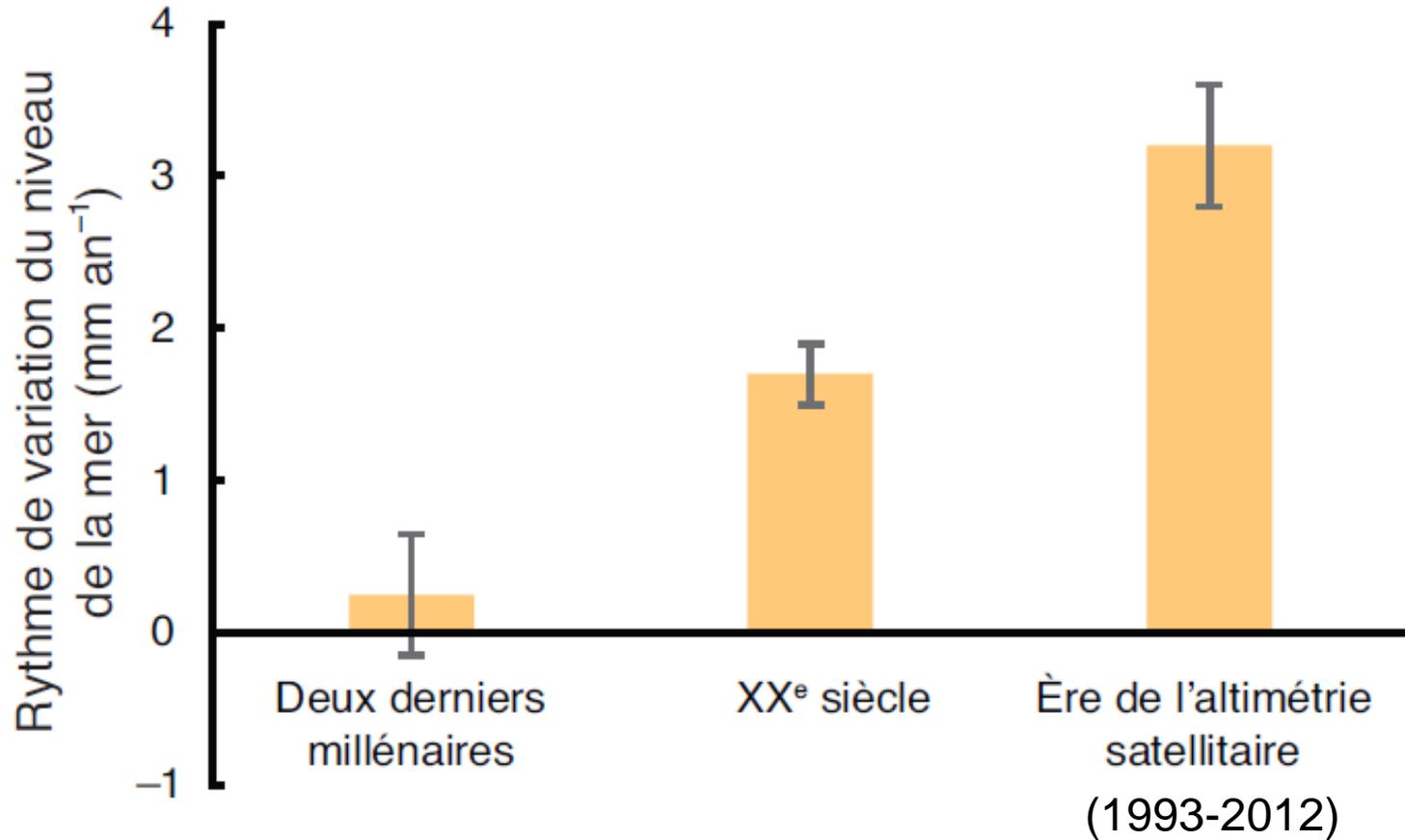
E.8 Stabilisation du climat, inertie du changement climatique et irréversibilité

Le cumul des émissions de CO₂ détermine dans une large mesure la moyenne mondiale du réchauffement en surface vers la fin du XXI^e 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 CO₂ sont arrêtées. L'inertie du changement climatique est considérable, de l'ordre de plusieurs siècles, et elle est due aux émissions de CO₂ passées, actuelles et futures. {12.5}

GIEC 2013, Résumé à l'intention des décideurs



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 XXI^e 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
<i>Quasiment certain</i>	99–100 %
<i>Très probable</i>	90–100 %
<i>Probable</i>	66–100 %
<i>À peu près aussi probable qu'improbable</i>	33–66 %
<i>Improbable</i>	0–33 %
<i>Très improbable</i>	0–10 %
<i>Exceptionnellement improbable</i>	0–1 %

Fonte des glaciers et calottes polaires

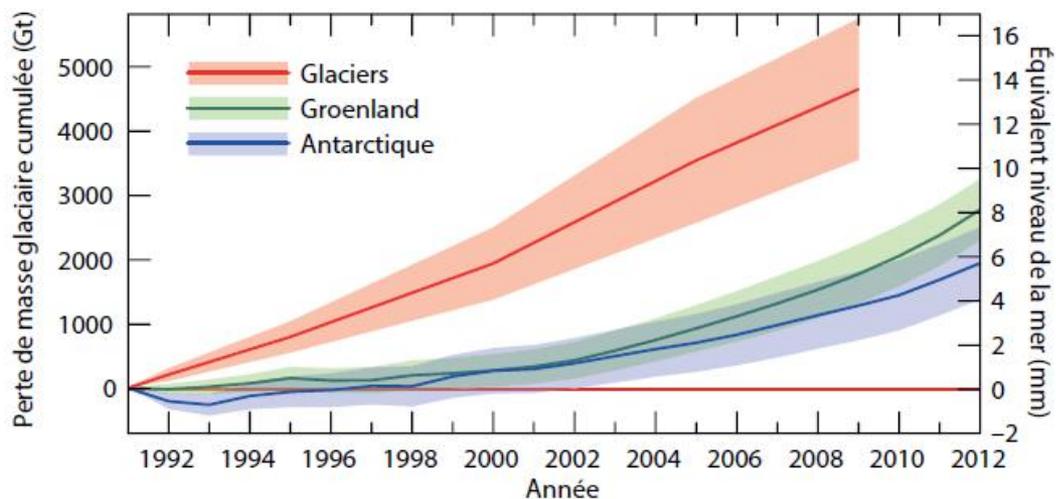
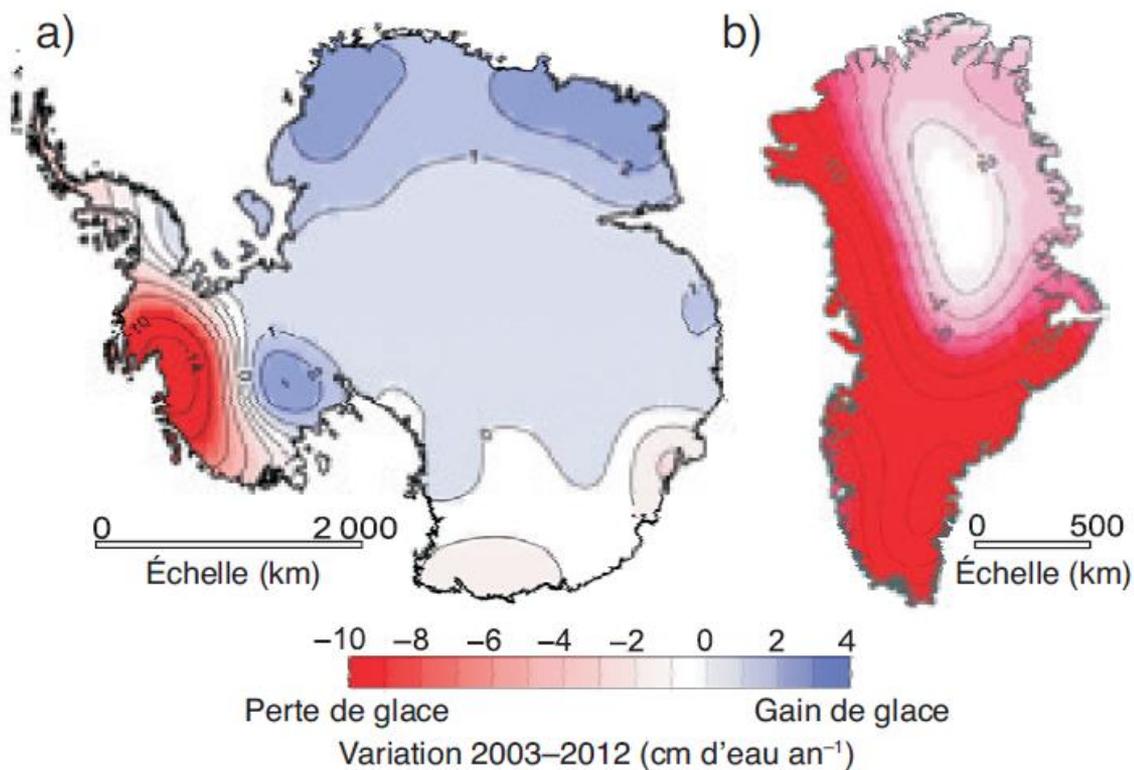
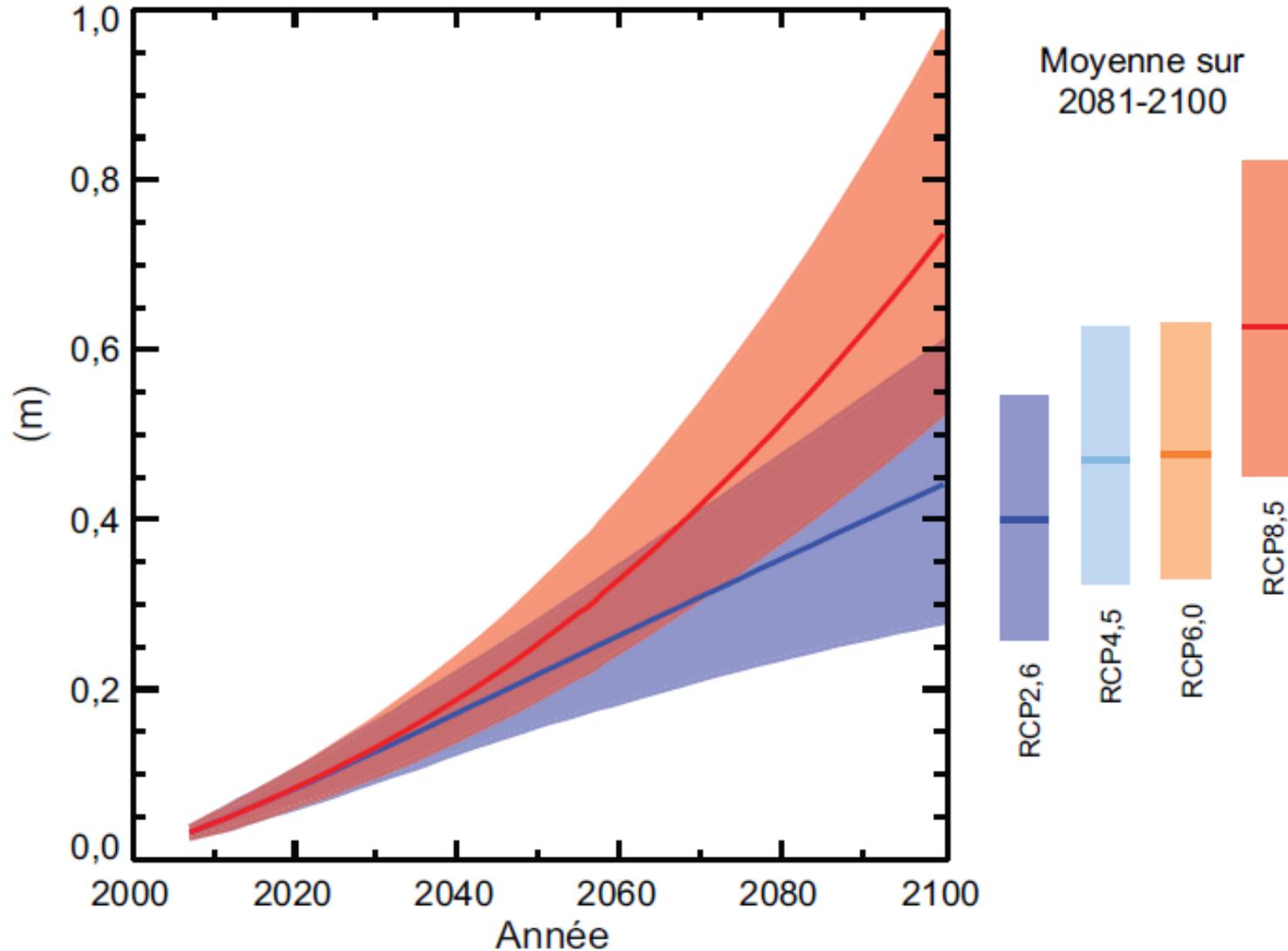


Fig. GT1, RT.3

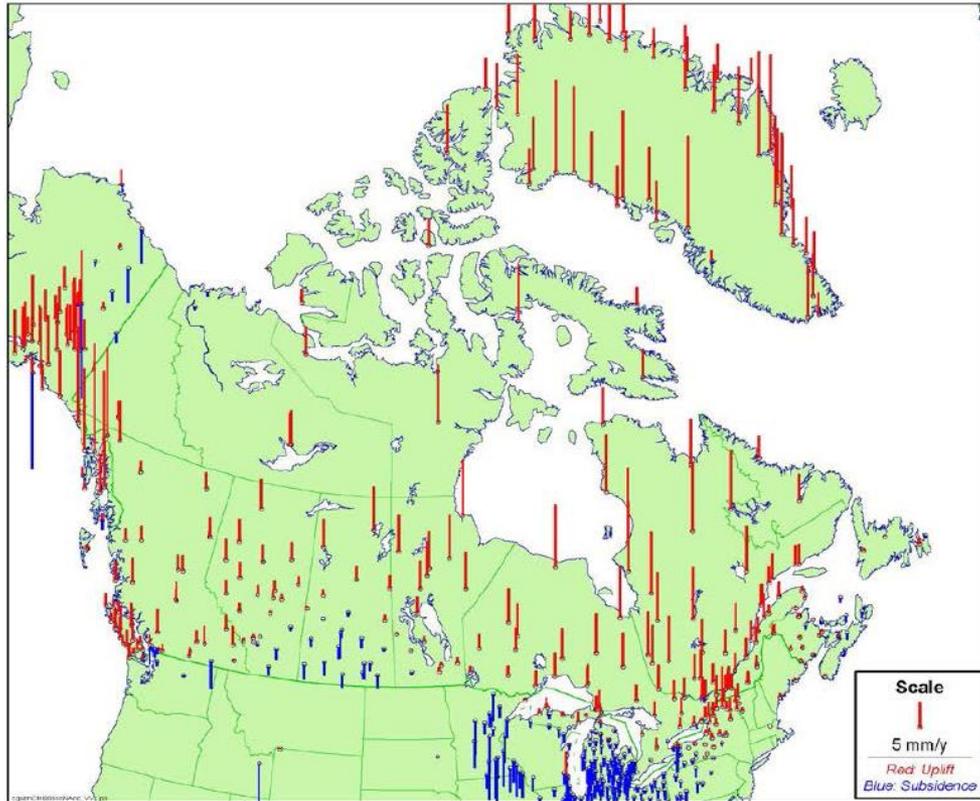
Hausse prévue du niveau de la mer

Élévation du niveau moyen des mers à l'échelle du globe



Rebondissement post-glaciaire

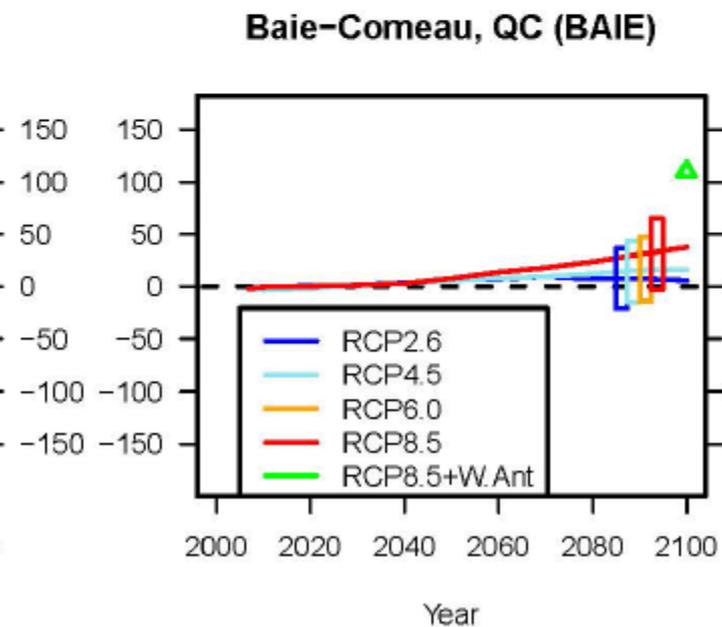
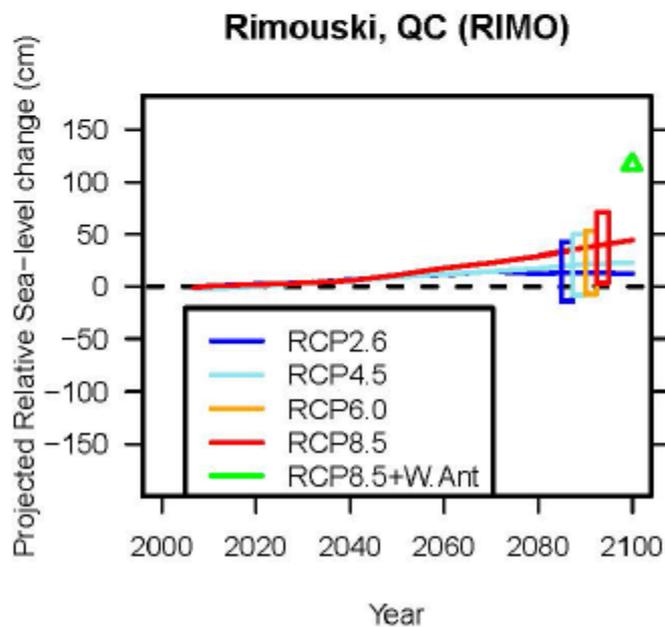
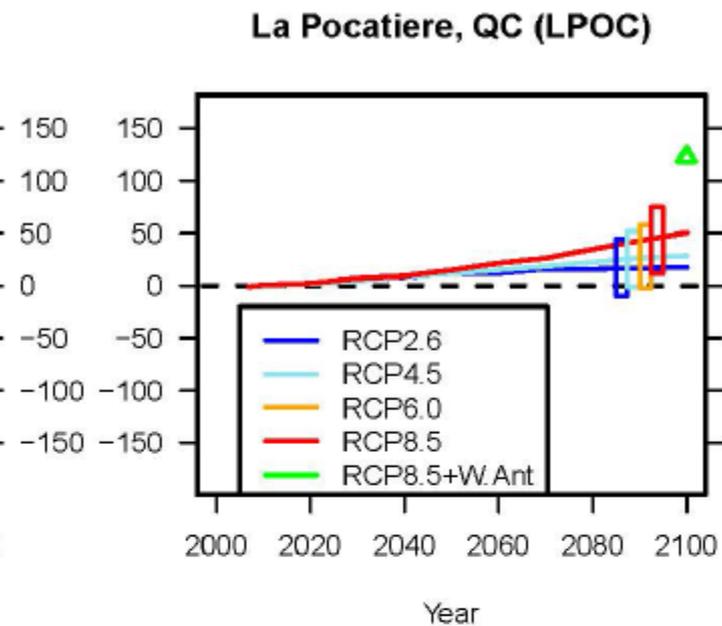
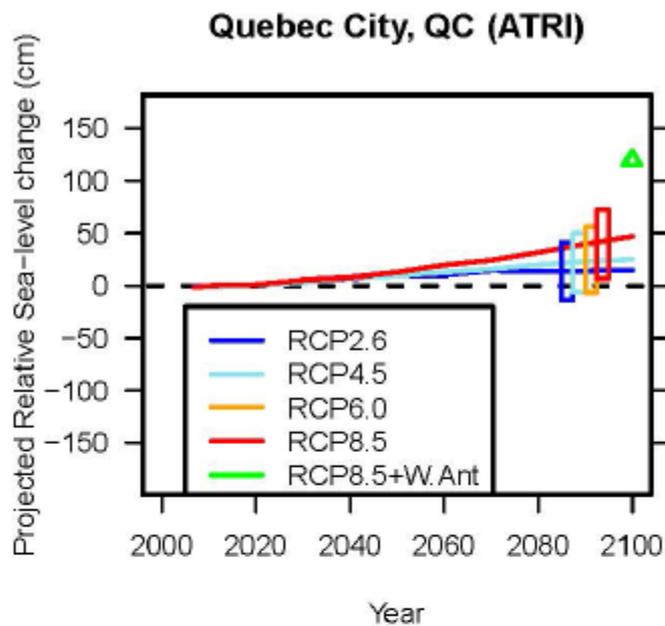
(mesures GPS)



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)



Paris 2015 – Intenses négociations

FR · EN · ES



POUR UN ACCORD UNIVERSEL SUR LE CLIMAT

J - 2 4 0

#COP21

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](#)

[Twitter](#) 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

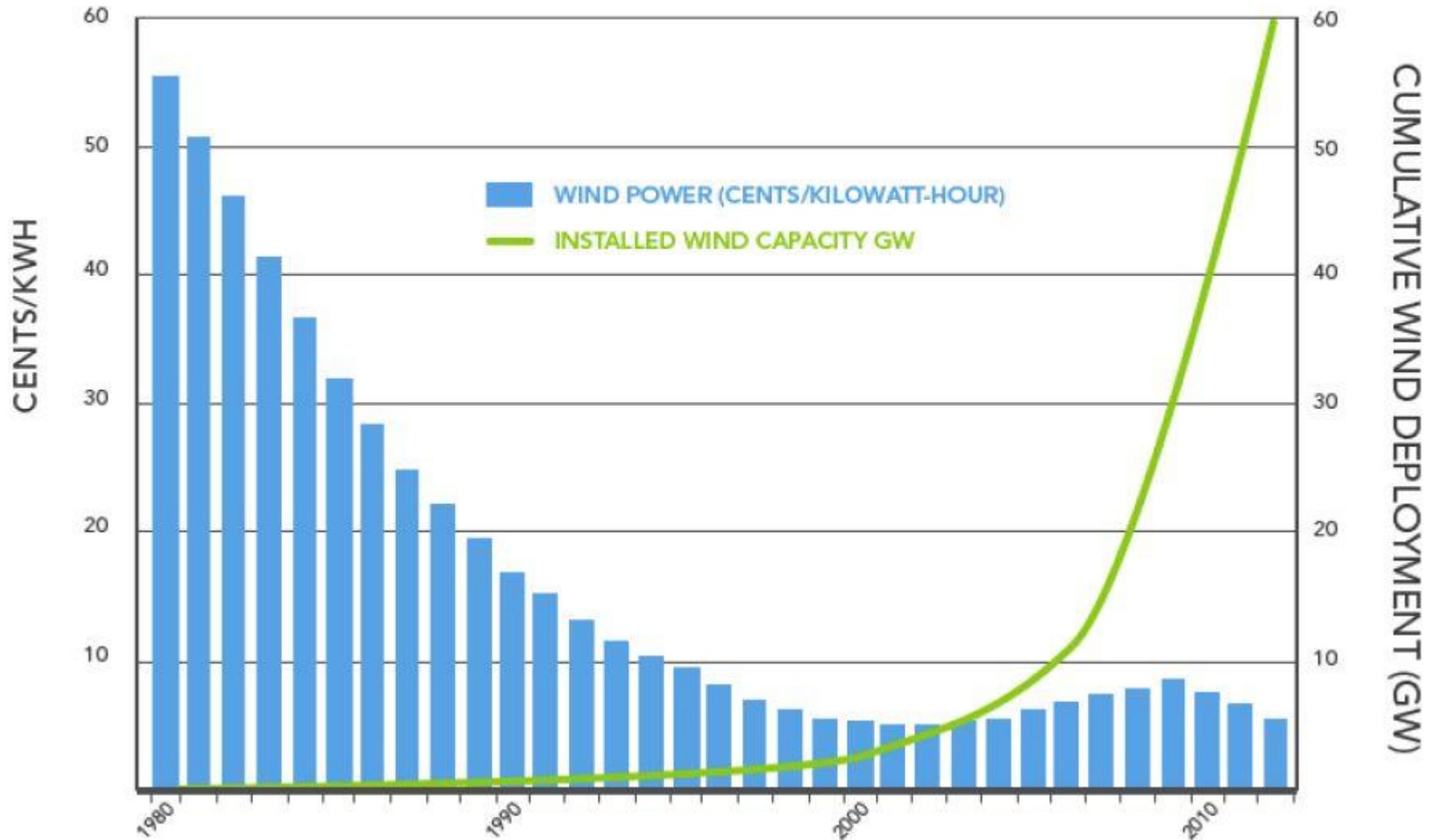
Bonnes nouvelles de la Chine

12 novembre 2014

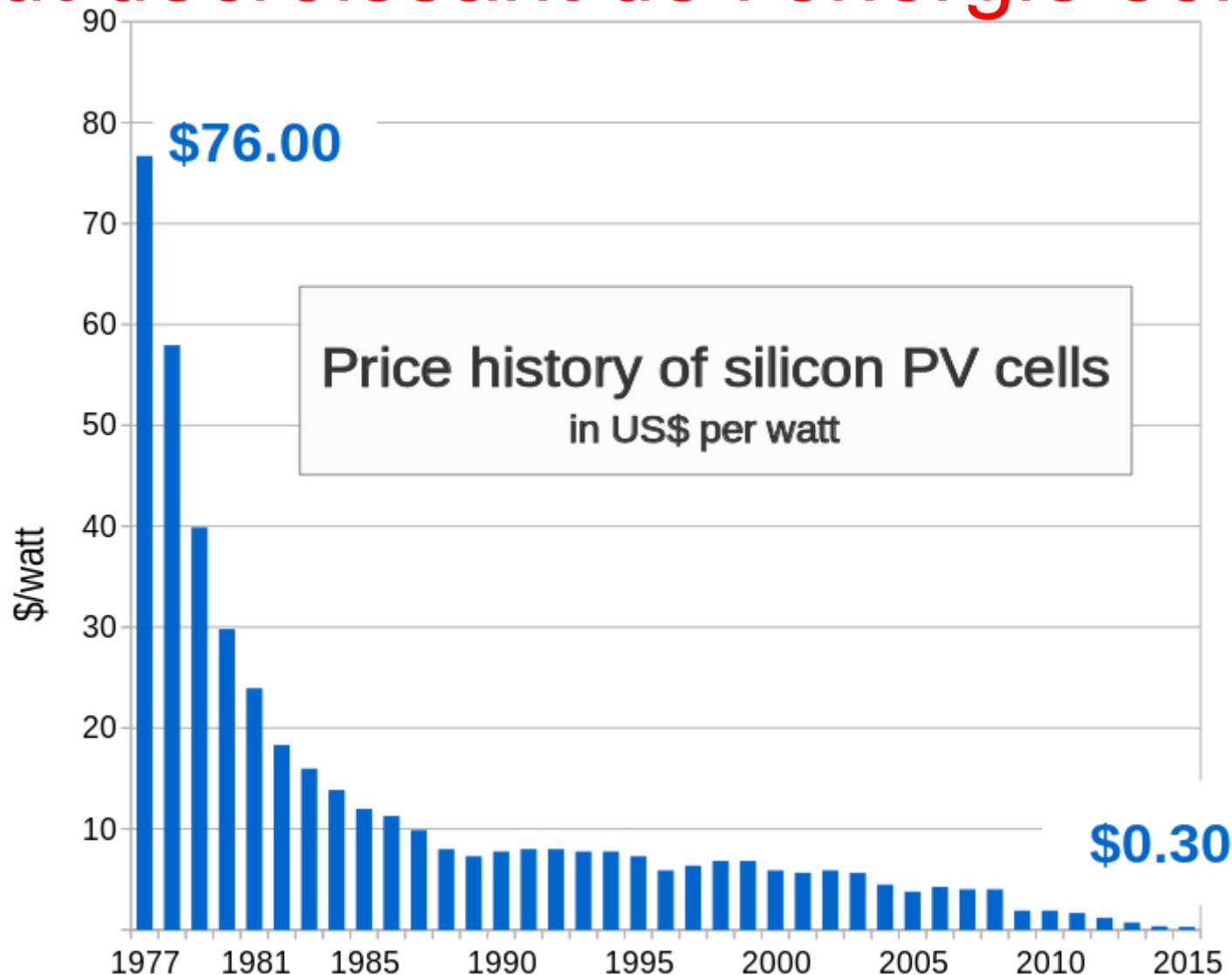
Premier émetteur mondial, la Chine s'est fixé l'objectif d'un pic de ses émissions de gaz à effet de serre, responsables de la hausse des températures, «autour de 2030», avec l'intention d'«essayer d'y arriver plus tôt».

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

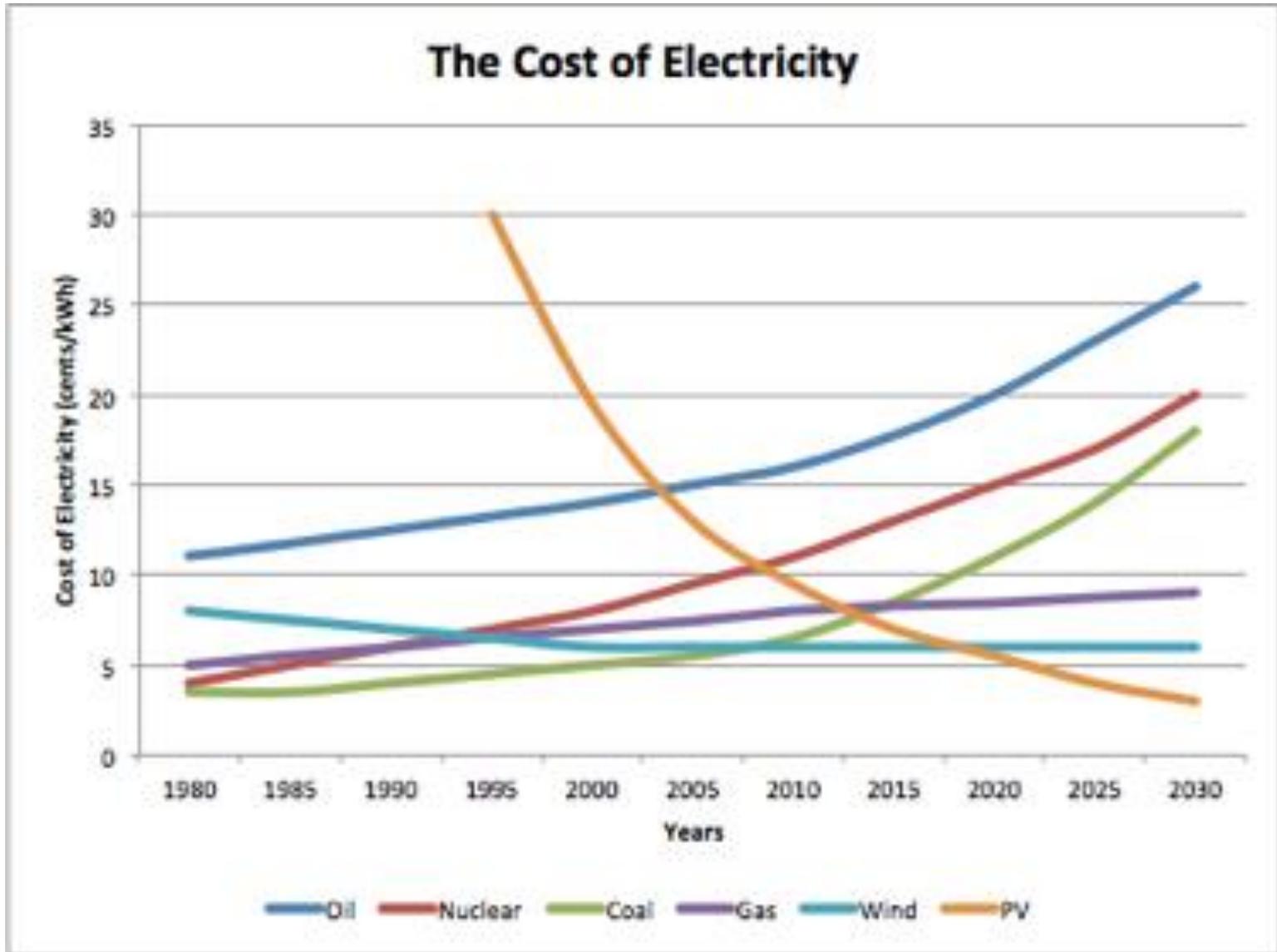


Coût décroissant de l'énergie solaire



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

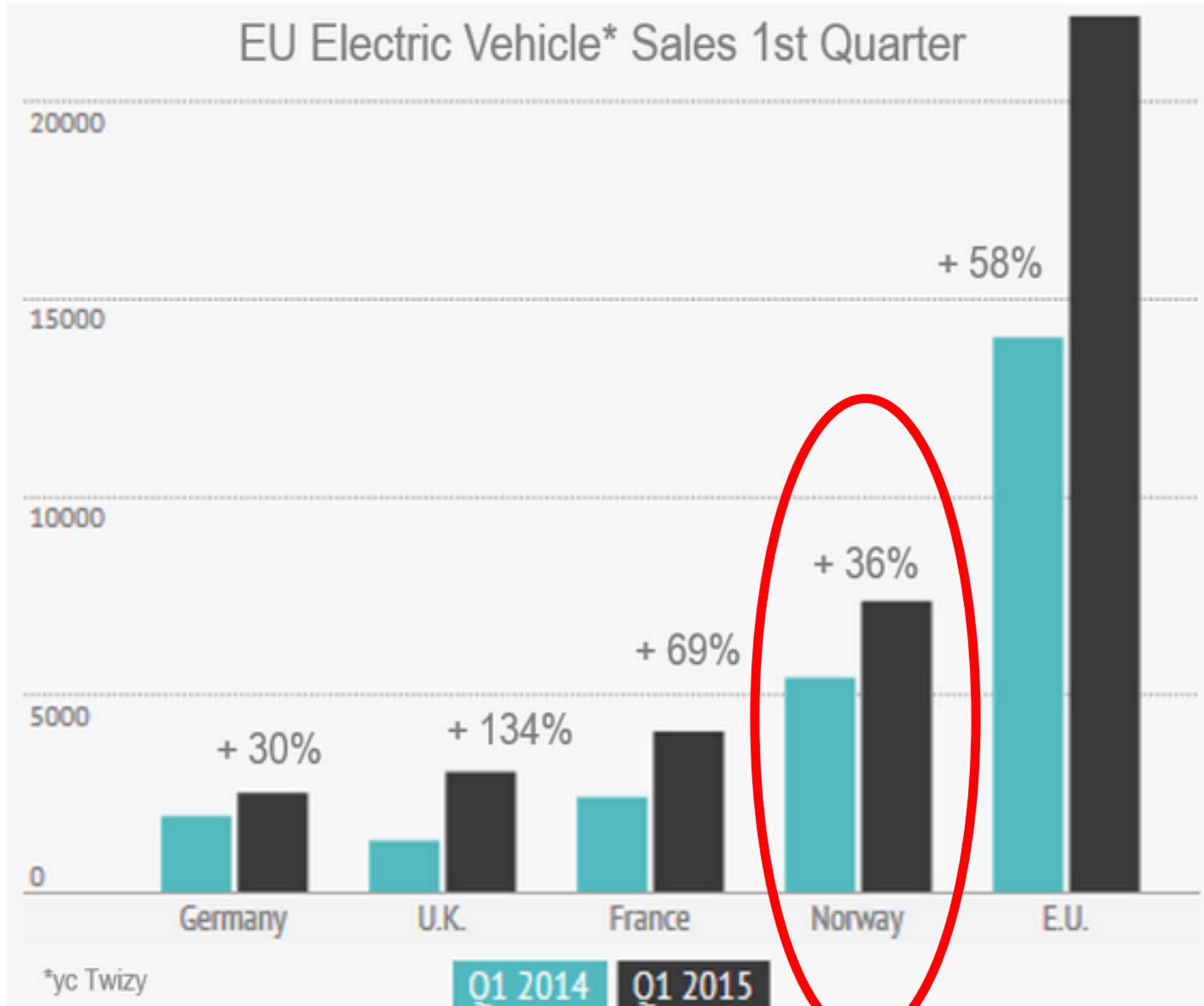
The 350 volt architecture provides the power density and economy required for a wide variety of trucks.

- 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 😊