



Georges Lemaître Center for Earth and Climate Research
Formerly Institute of Astronomy and Geophysics George Lemaître
Chemin du Cyclotron 2
1348 Louvain-la-Neuve



LE CLIMAT PRÉSENT, PASSÉ et à VENIR

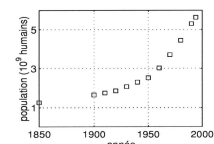
André Berger and Qiuzhen Yin

Conférence invitée à la Belgian Nuclear Society, Forum nucléaire,
Avenue des Arts, 56 à 1000 Bruxelles), 28 avril 2016

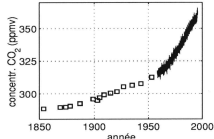
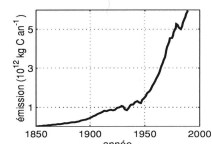
PLAN-RÉSUMÉ

1. Le réchauffement global est réel,
2. Les impacts sur l'environnement sont indubitables
3. Un ralentissement du RG a eu lieu de 2000 à 2012 parallèlement à une accélération de la fonte des glaces, mais la dernière décennie reste la plus chaude depuis mille ans au moins. 2015 a battu tous les records.
4. Atténuer le RG est la seule solution et le nucléaire est pour cela inévitable. Limiter le RG à moins de 2°C d'ici 2100 me semble eutopique.
5. S'adapter au changement est donc urgent.
6. Les variations climatiques du passé nous aident à mieux comprendre le fonctionnement du système climatique, à trouver des analogues pour le climat chaud futur et ainsi à mieux prévoir l'avenir.

7,381 milliards en 2016
Plus 227000 par an



32 GtCO₂ en 2012

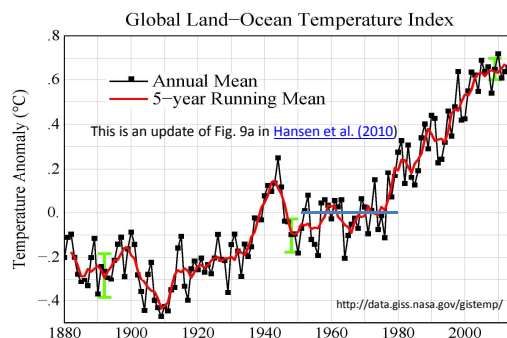


400,8 ppmv en 2015



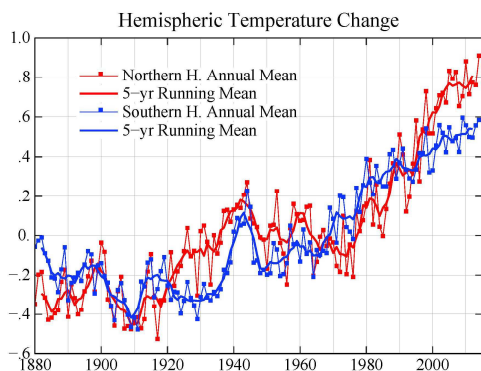
+1,13°C en 2015
Par rapport à 1880-1920

PLUS 1°C in 100 YEARS



1880 to present, with the base period 1951-1980. The dotted black line is the annual mean and the solid red line is the five-year mean. The green bars show uncertainty estimates

NH IS DIFFERENT FROM SH



<http://data.giss.nasa.gov/gistemp/>

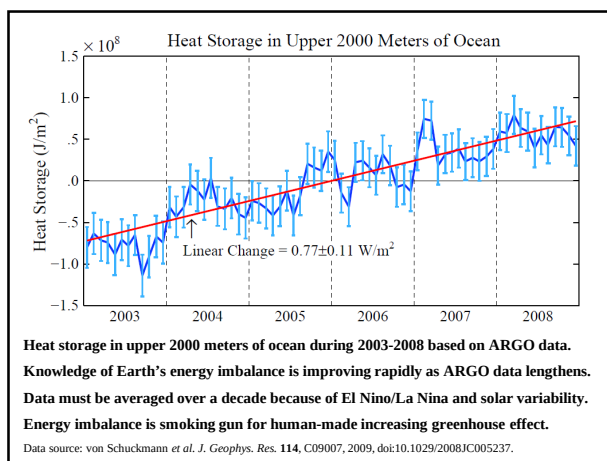
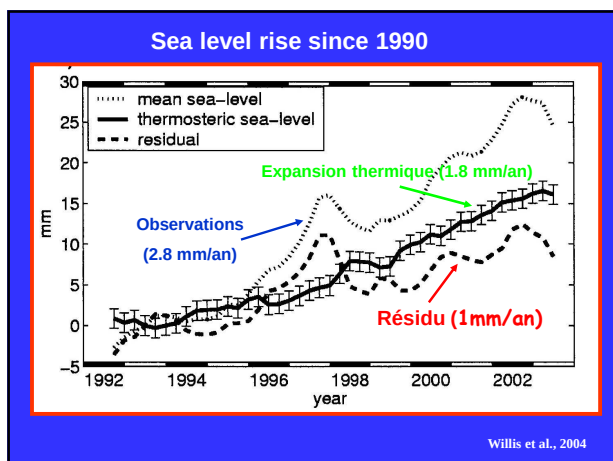
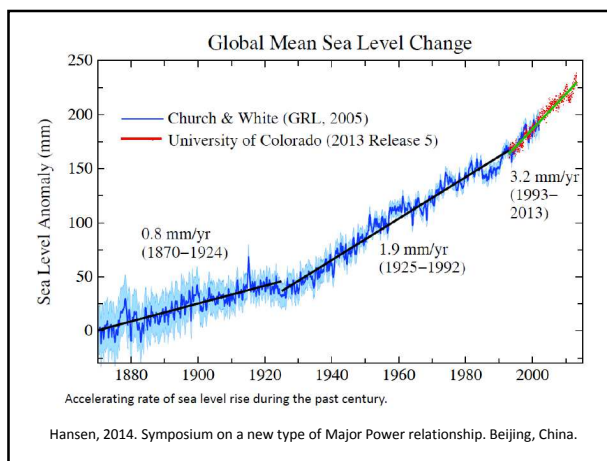
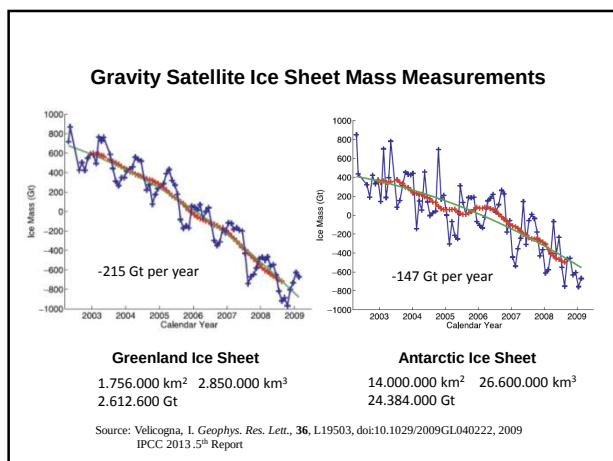
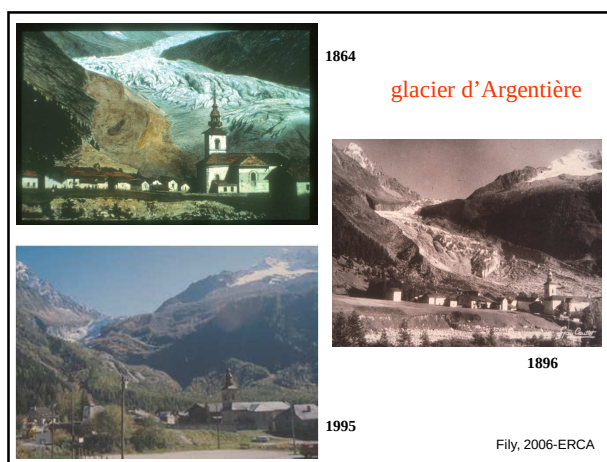
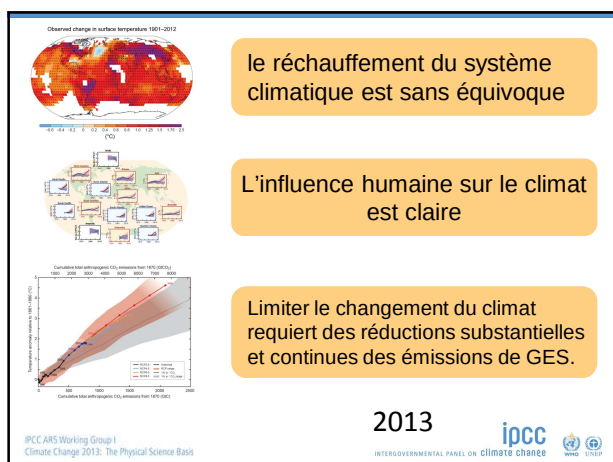
GIEC WG1 Historique des prises de position.....

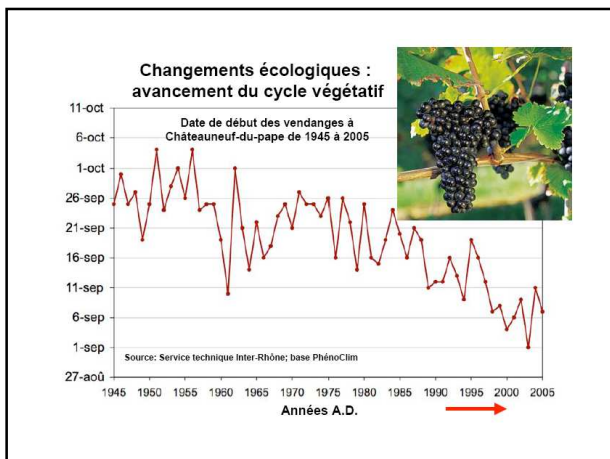
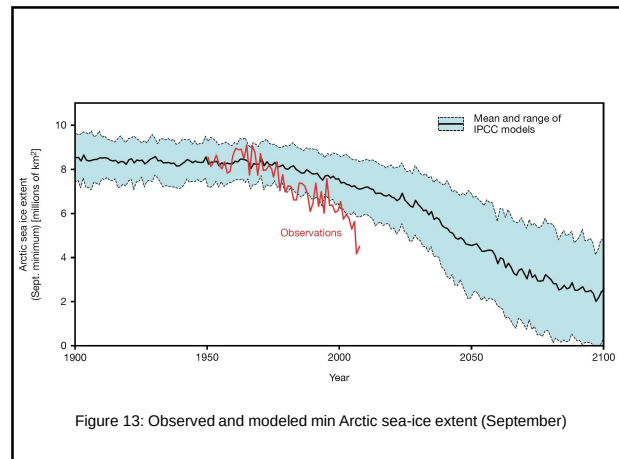
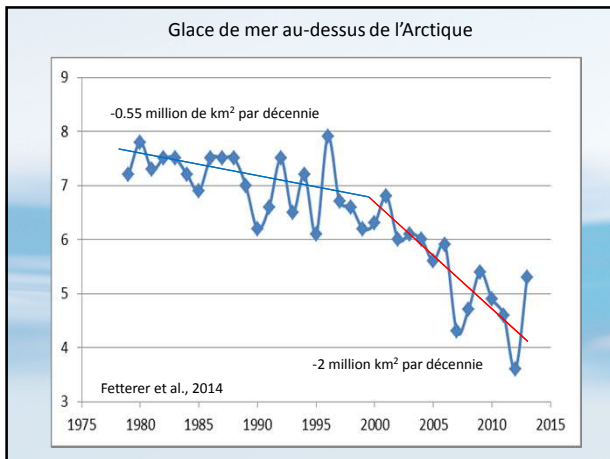
GIEC (1990) Revue générale de la science du climat, discussion des incertitudes et evidence du réchauffement.

GIEC (1995) "Un ensemble de preuves suggèrent une influence humaine discernable sur le climat global."

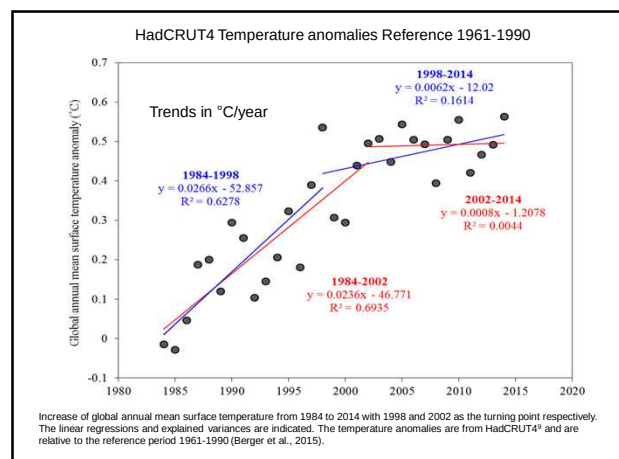
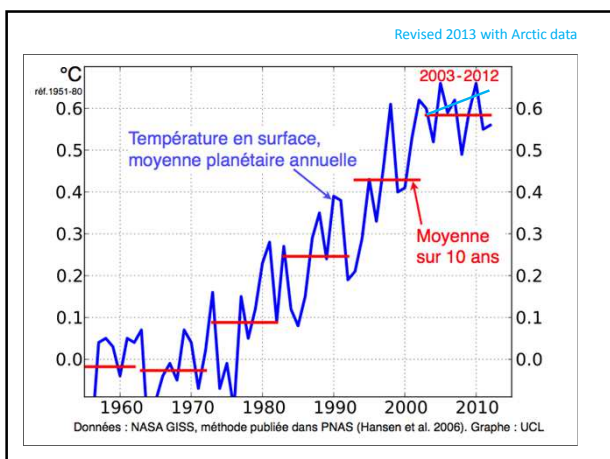
GIEC (2001) "Une grande partie du réchauffement des 50 dernières années est vraisemblablement (>66%) due aux activités humaines."

GIEC (2007) "Le réchauffement est irréfutable, et la plus grande partie en est très vraisemblablement (90%) due à l'accroissement des gaz à effet de serre."



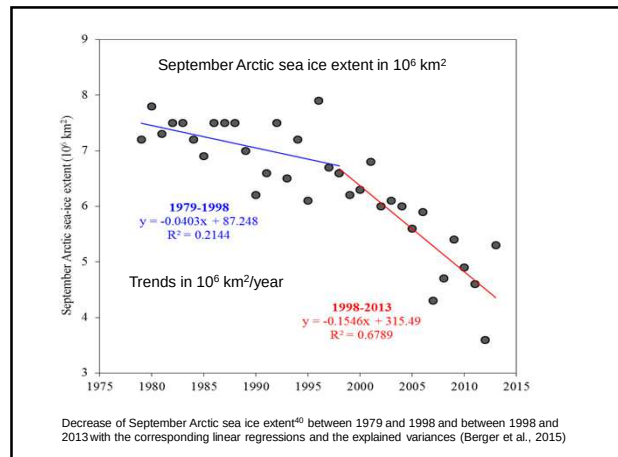


**SLOW DOWN
OF GLOBAL
WARMING
2000-2013**



Selon le GIEC, le hiatus pourrait être dû :

- à une lacune dans les observations de température dans l'Arctique
- à une absorption plus grande de chaleur par l'océan, voir à un transfert accru de chaleur vers l'océan profond
- à une activité volcanique accrue ou à une activité solaire faible
- à la variabilité naturelle liée ou non aux interactions atmosphère-océan (El-niño)
- à la décroissance de la vapeur d'eau stratosphérique ou des émissions de CHCs et du méthane

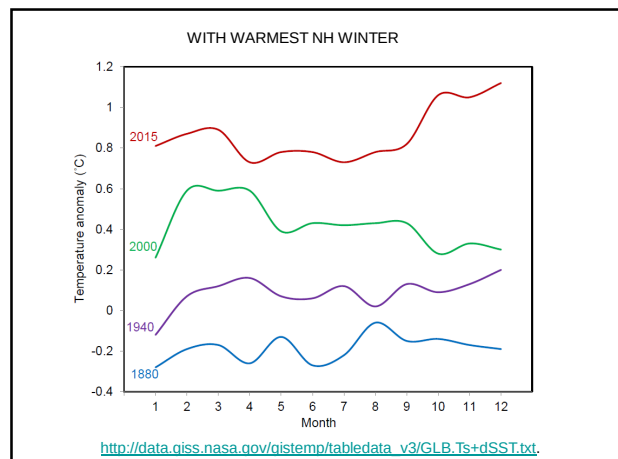
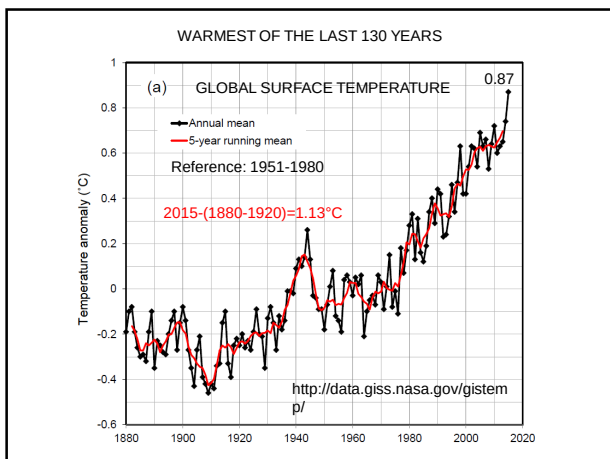


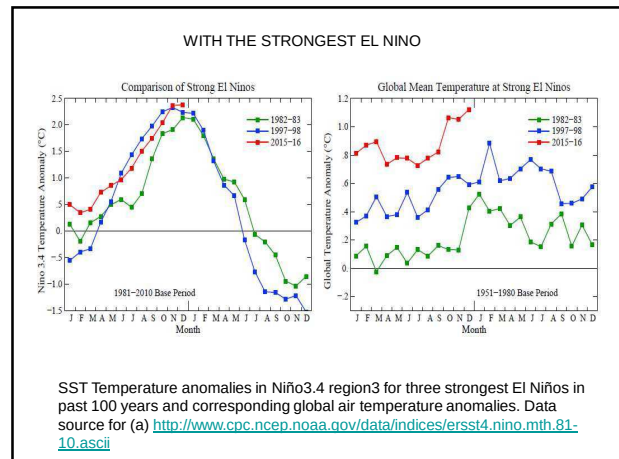
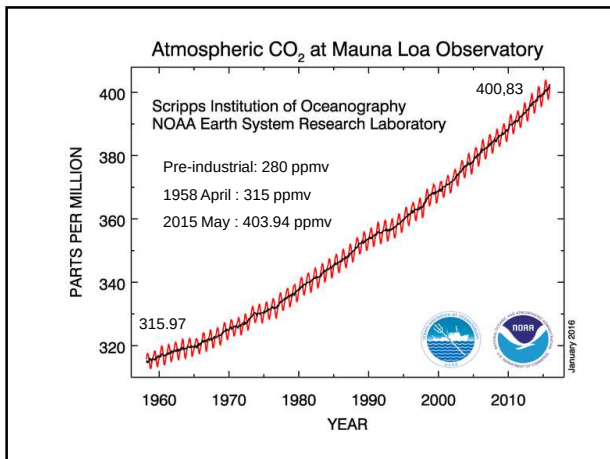
MAIS:

- le **ralentissement du réchauffement** allant de 0.26°C par décennie de 1984 à 1998 à 0.05 de 1998 à 2012 correspond à une enthalpie de 10^{20} J par an qui a pu être utilisée à d'autres fins que celle de réchauffer l'air
- en particulier cela correspond à la **fonte due à l'atmosphère des 300 Gt de glace de plus** qui ont disparu sur la même période par rapport à la période précédente
- dans ces conditions l'accélération de la fonte des glaces serait à la base de l'hiatus avec comme conséquence une continuation de ce ralentissement du réchauffement tant que la glace pourra fondre, en particulier les glaciers et la glace de mer dans l'Océan Arctique

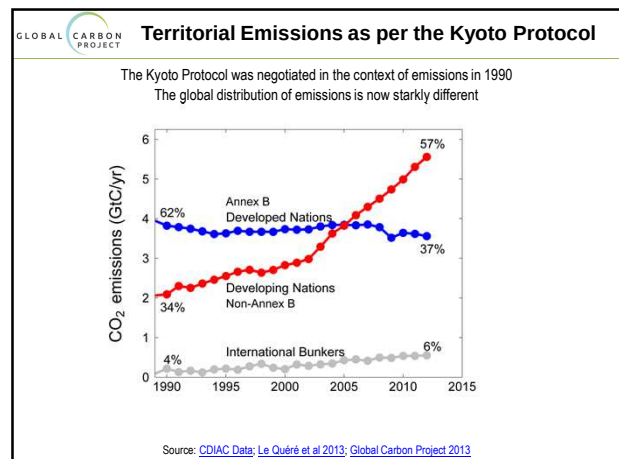
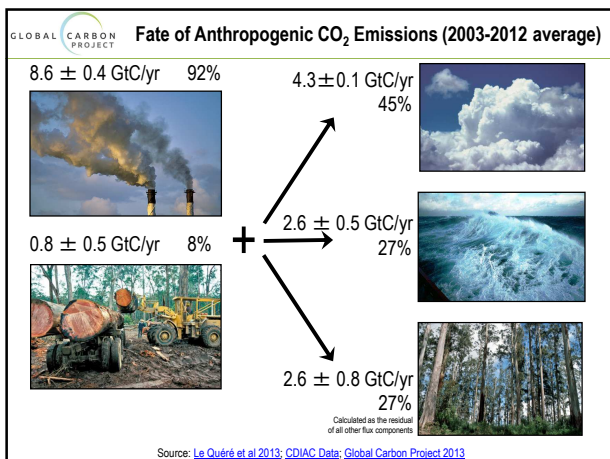
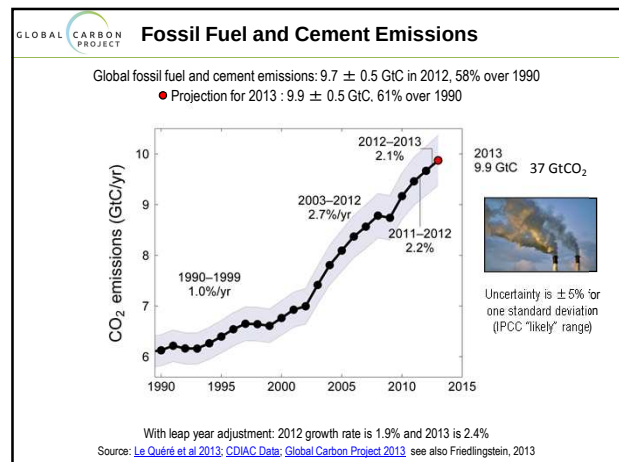
Berger, Nifenecker, Poitou, Yin, 2014

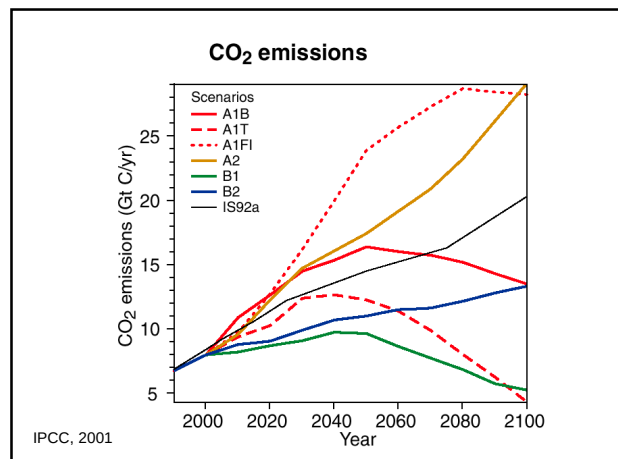
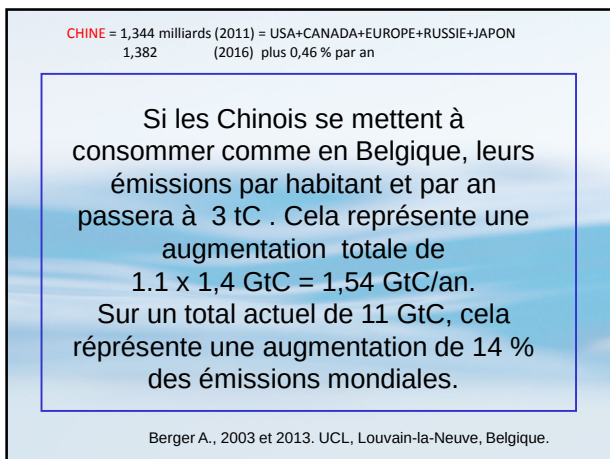
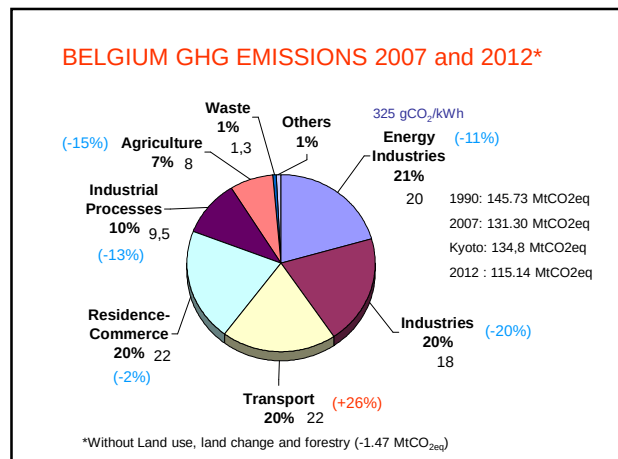
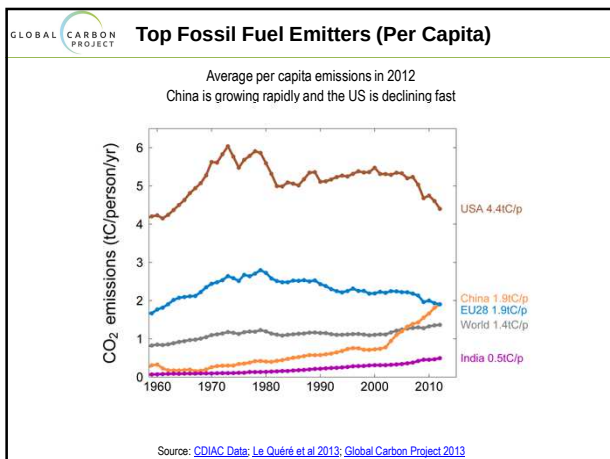
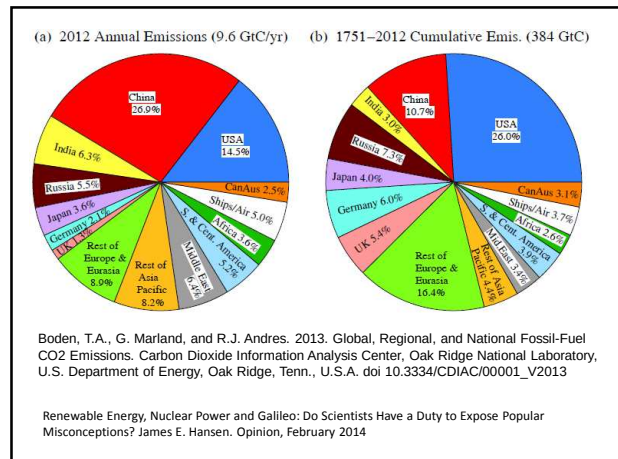
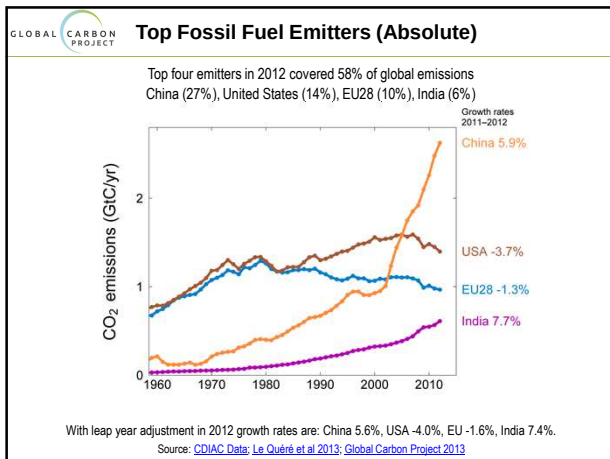
HISTORICAL EXCEPTIONAL 2015

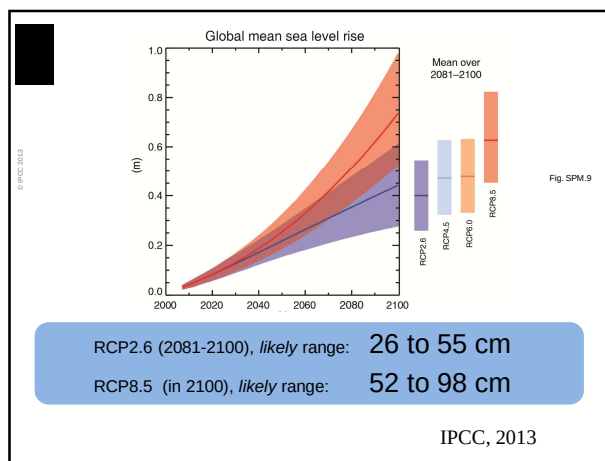
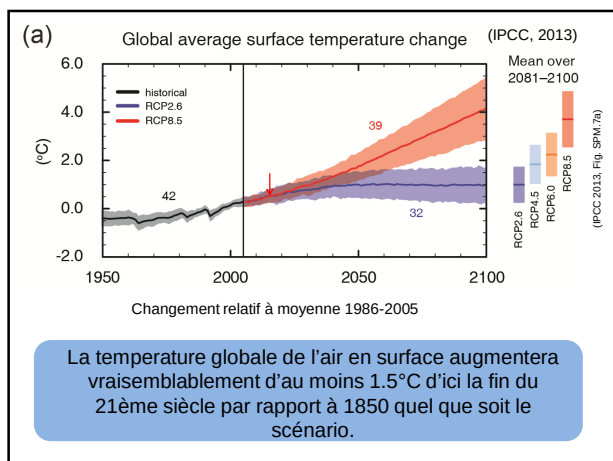
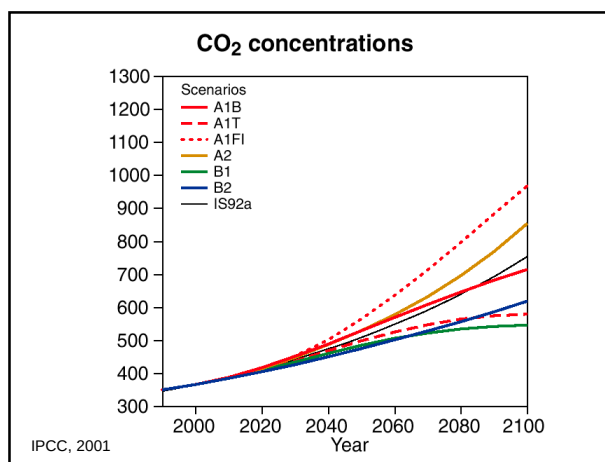
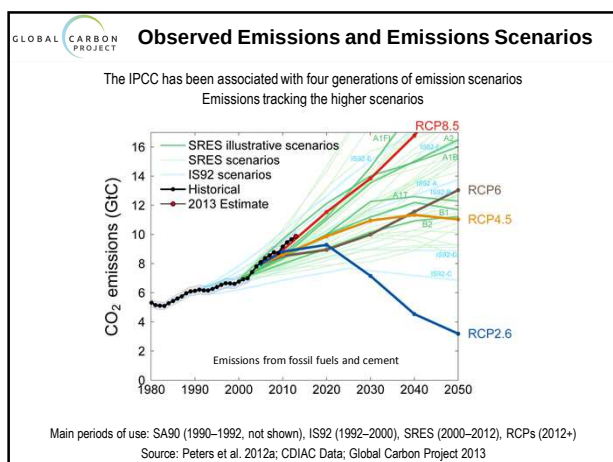




ORIGINE DES ÉMISSIONS DE CO₂







**LES
ÉOLIENNES
SONT-ELLES
UNE SOLUTION**

Éoliennes, nucléaire et CO_{2eq} 2013

Pays	gCO ₂ /kWh	% nucléaire (renouvelables)	Pays	gCO ₂ /kWh	% nucléaire (renouvelables)
EU-28	423	27 (24)			
France	93	74 (18)	Danemark	554	0 (46)
Suède	66	43 (54)	Allemagne	571	15 (25)
Belgique	256	51 (16)	Pays-Bas	601	3 (12)

Références:
EC, 2015. EU Energy and Transport Figures. Office UE Publications. Luxembourg.
http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/5270.php

Nuclear, Wind Turbines and CO₂

Scénario 1998-2005 1 nuclear powerplant 0,83 GW → eol :

0,83 GW = 553 eol x 1,5 MW = 1,97 TWh (6,5 h per day)
 0,83 GW = 1 centr. Therm. = 5,30 TWh = 4,46 MtCO₂ (842 gCO₂/kWh)
 (17,5 h/day)

Total (2 X 0,83 GW) = 7,27 TWh Plus 4,46 MtCO₂

This gives 613 gCO₂/kWh or 1,8 x émission 1998-2005

ALLEMAGNE

Fermeture des 17 centrales nucléaires entre 2008 et 2020 (20,34 MW)

Remplacement par 30 centrales thermiques (26,37 MW)

Production d'électricité par TPP = 211,75 TWh/an (à 22h/jour)
 de CO₂ = 169,4 MtCO₂/an (à 800 gCO₂/kWh)

Ceci est plus que les émissions totales annuelles de Belgique

16,7% des émissions totales de l'Allemagne en 2012 (973)

46,3% des émissions "énergie" de l'Allemagne en 2012 (365)

3,5 % des émissions totales de EU-28 en 2012 (4824)

Avec un maximum possible "sécurité approvisionnement" de
 12.086 éoliennes de 2 MW, cette politique conduirait encore à

123,5 MtCO₂/an ou 13% des émissions totales de Allemagne

2.5% de EU-28

Berger A., 2008. Germany: Coal minus Nuclear equals CO₂. Inst of Astronomy and Geophysics, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique

QUE NOUS
APPREND LE PASSÉ?

BECAUSE THE PROJECTED WARMING HAS
NO EQUIVALENT OVER THE
INSTRUMENTAL PERIOD, WE NEED
PALEOCLIMATES TO :

1. TO VALIDATE THE MODELS OVER A
WIDER RANGE OF CLIMATIC SITUATIONS
2. TO FIND ANALOGS FOR DESCRIBING
WHAT MIGHT HAPPEN IN THE FUTURE

Last Glacial Maximum 21kyr BP



Today

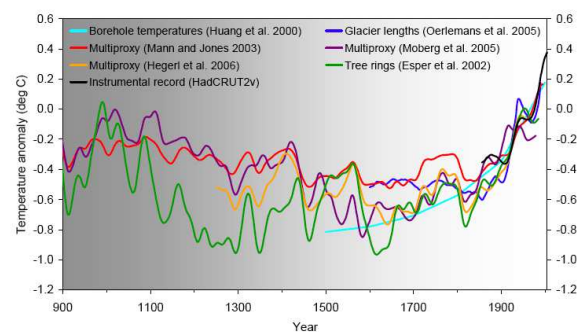


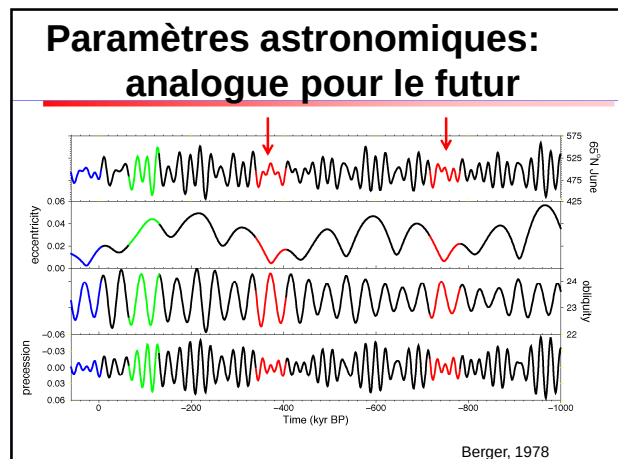
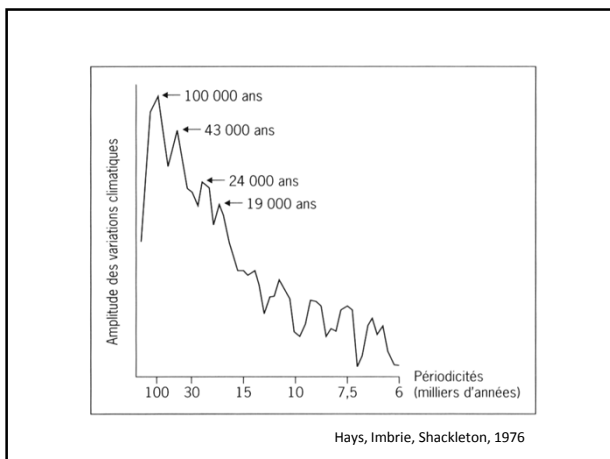
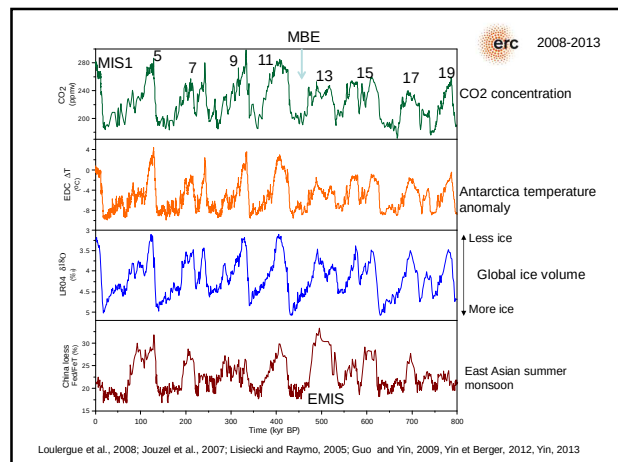
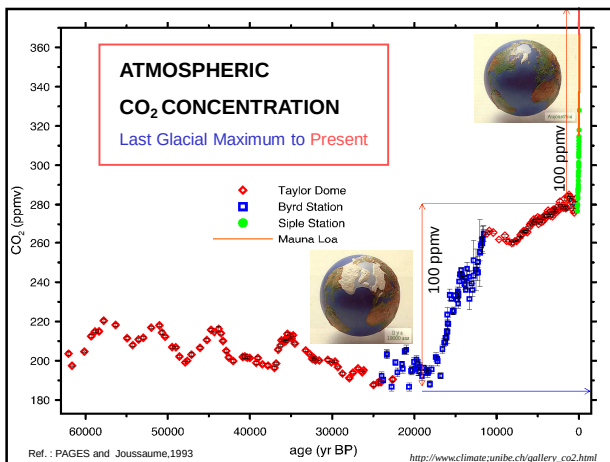
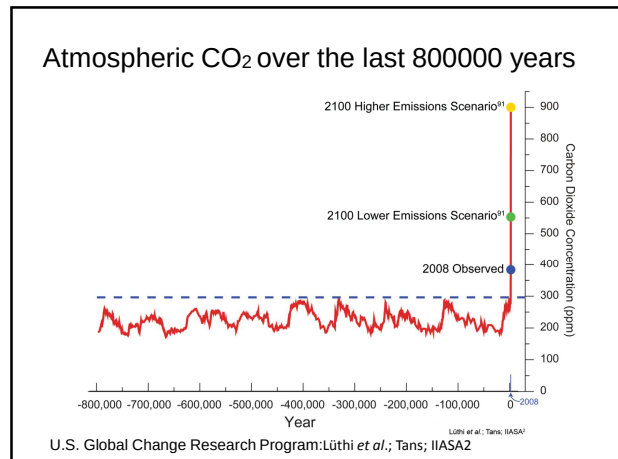
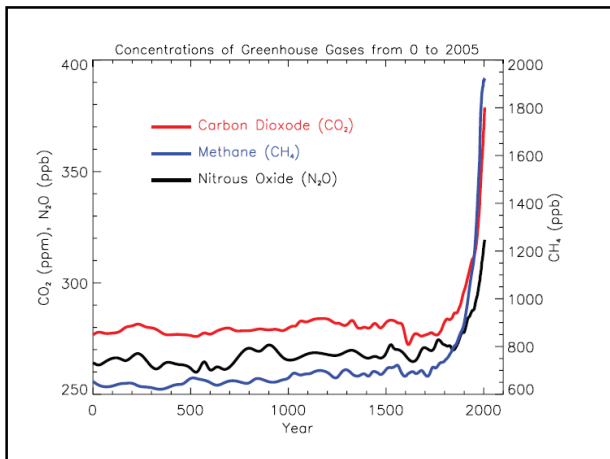
LGM

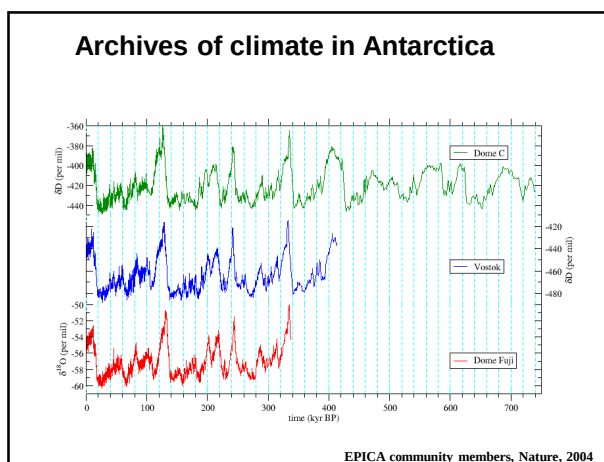
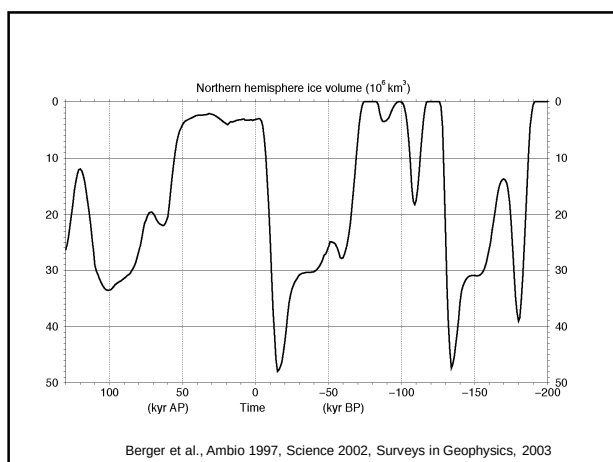
Pre-industrial CO₂ = 280 ppmv
 2000 AD CO₂ = 370 ppmv
 2014 AD CO₂ = 400 ppmv

ΔT = -5°C
 Δsea level = -130m
 Δice volume = +52 10⁶ km³
 CO₂ = 200 ppmv

(Joussauze, 1993)







The present interglacial, how and when will it end?

Department of Geological Sciences, Brown University,
Providence, Rhode Island

January 26-27, 1972.

Previous warm intervals resembling the present one have all been sufficiently **short live**. It seems therefore likely that the **present-day warm epoch will terminate relatively soon** if man does not intervene.

Is our interglacial going to be exceptionally long? XV^{èmes} rencontres de Blois, 23-28 May 2004

