

1) La qualité de l'air : « toxicité de l'air »

2) L'ozone stratosphérique : « trou d'ozone »

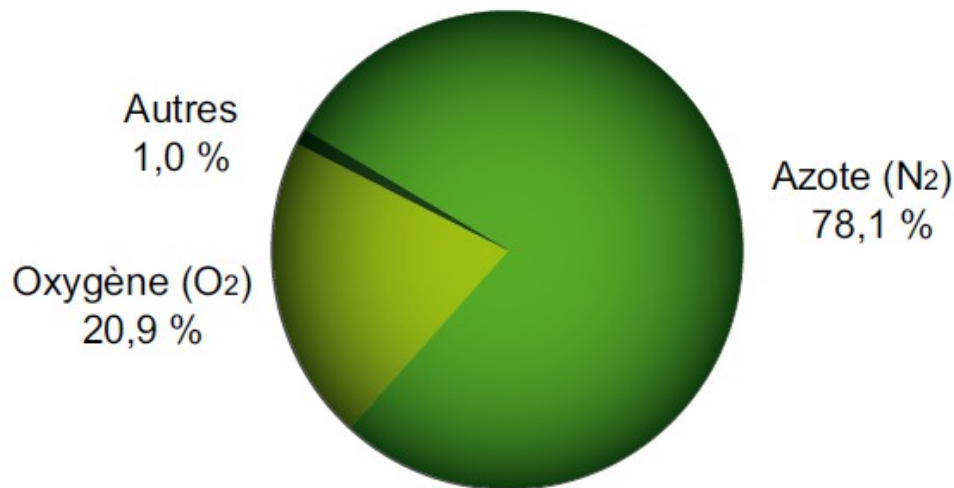
3) Effets radiatifs et changement climatique : « Gaz à effet de serre »

4) Pourquoi émet-on des GES ? Comment ? Qui en émet le plus ?

5) Les politiques d'atténuation : Kyoto et suites

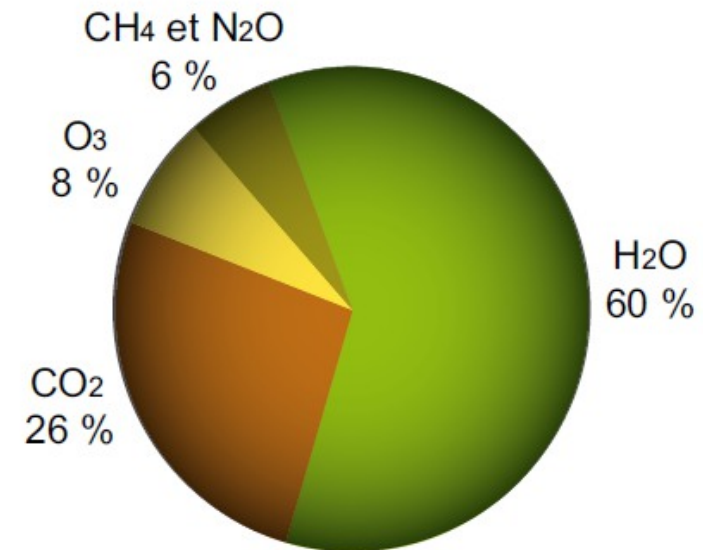
Répartition des contributions à l'effet de serre "naturel" des différents gaz présents dans l'atmosphère

Composition de l'atmosphère sèche
(% du volume hors H₂O)



Source : GIEC, 1^{er} groupe de travail, 2001.

Part des principaux gaz dans la réflexion des rayonnements vers la Terre (en W/m²)

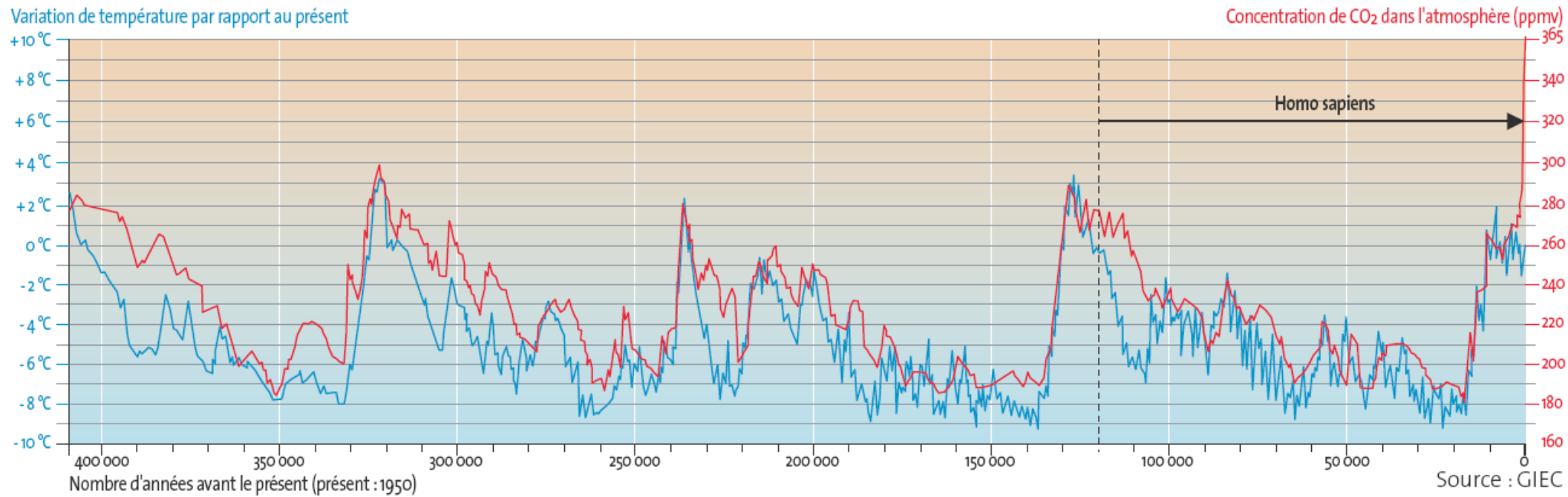


N.B. : proportions en l'absence de nuages.
Source : Kiehl & Trenberth 1996.

Les GES occupent **moins de 0,1 % du volume atmosphérique**, auxquels s'ajoute la vapeur d'eau (0,4 – 4 %). Celle-ci est le principal gaz à effet de serre, d'origine naturelle.

La température de l'atmosphère a augmenté au cours de l'ère industrielle du fait de **l'amplification de l'effet de serre naturel par les activités humaines qui émettent des GES dits anthropiques.**

Concentration en CO₂ et température planétaires depuis 400.000 ans



Les gaz à effet de serre "anthropiques"

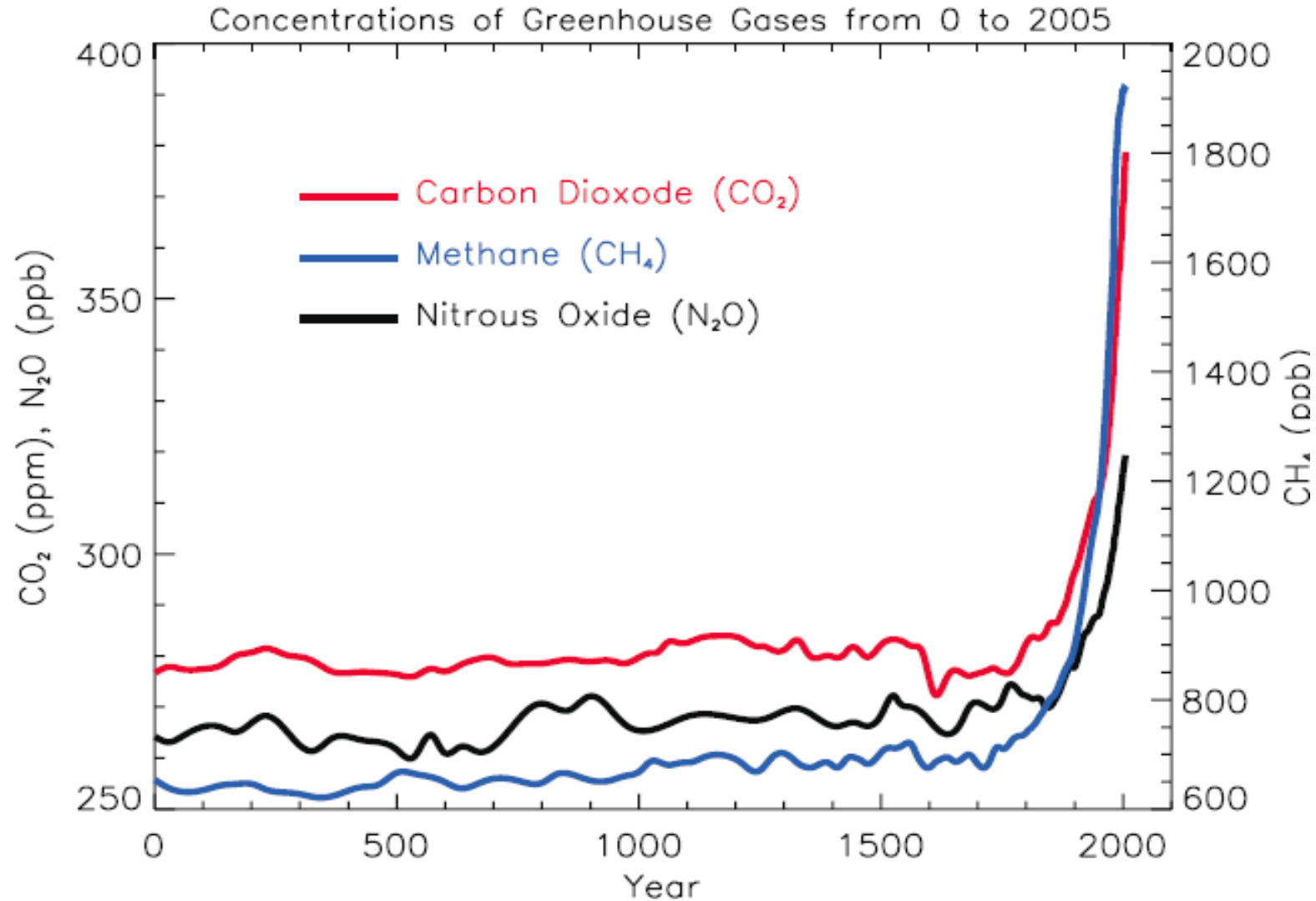
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆
Concentration atmosphérique 2005	379 ppm	1 774 ppb	319 ppb	60,6 ppt	76,9 ppt	5,6 ppt
Durée de séjour dans l'atmosphère	entre 2 ans et des milliers d'années	12 ans	114 ans	entre 1 et 260 ans	environ 10 000 ans	3 200 ans
Pouvoir de réchauffement global (cumulé sur 100 ans)	1	25	298	[124 ; 14 800]	[7 300 ; 12 200]	22 800
Origine des émissions anthropiques	combustion d'énergie fossile et déforestation tropicale	décharges, agriculture, élevage et procédés industriels	agriculture, procédés industriels, utilisation d'engrais	sprays, réfrigération, fonte d'aluminium		
Modification du forçage radiatif depuis 1750 par les émissions anthropiques (W/m²)	+ 1,66	+ 0,48	+ 0,16	+ 0,337		

Notes : ozone et vapeur d'eau non inclus du fait de leurs cycles complexes.
ppm = partie par million, ppb = partie par milliard, ppt = partie par trillion.

Gaz à effet de serre : sources principales

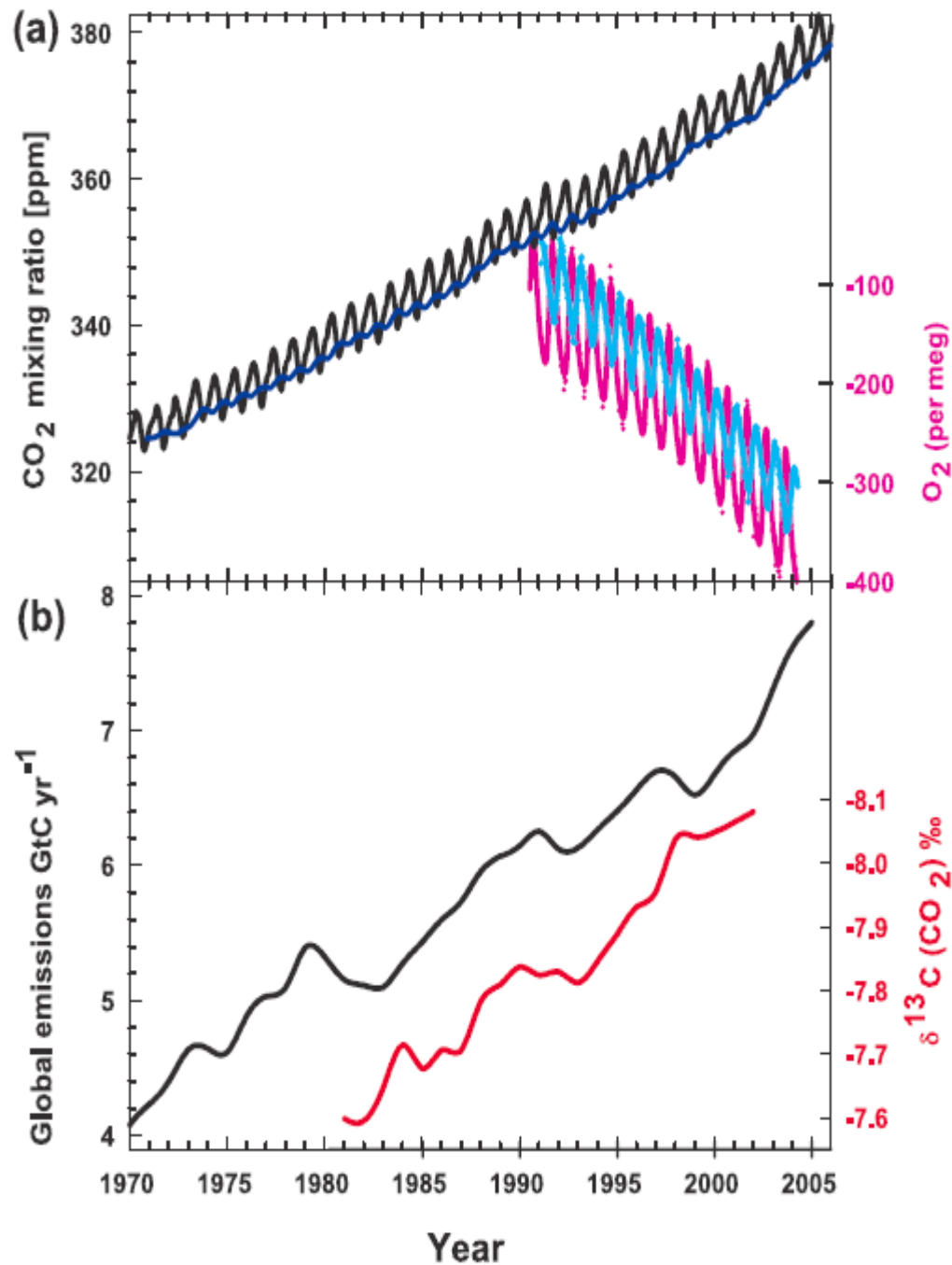
PRINCIPAUX GAZ A EFFET DE SERRE	SOURCES PRINCIPALES
Le dioxyde de carbone CO ₂	Combustions de pétrole, charbon, gaz (industrie, transports , bâtiments, production d'énergie) et déforestation
Les chlorofluorocarbones	Climatisation, réfrigération, utilisation de solvants
Le méthane CH ₄	agriculture
Le protoxyde d'azote N ₂ O	Industrie et agriculture
Hexafluorure de soufre SF ₆	Gaz isolant dans les transformateurs
Ozone O ₃	Issu de réactions photochimiques mettant en jeu COV et NO _x

Concentrations observées de trois gaz à effet de serre de 0 à 2005



Atmospheric concentrations of important long-lived greenhouse gases over the last 2,000 years. Increases since about 1750 are attributed to human activities in the industrial era. Concentration units are parts per million (ppm) or parts per billion (ppb), indicating the number of molecules of the greenhouse gas per million or billion air molecules, respectively, in an atmospheric sample.

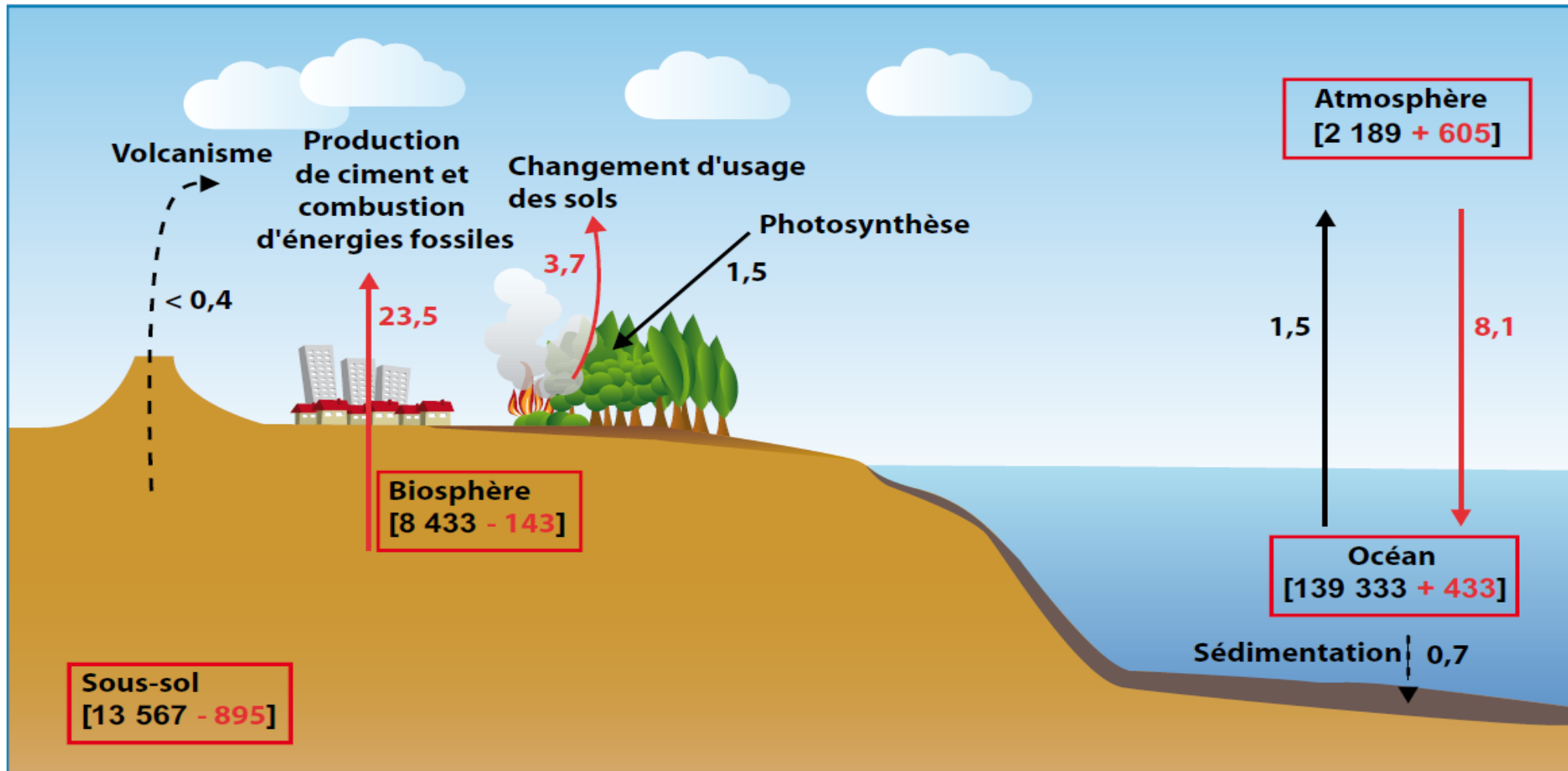
Évolution récente des émissions et des concentrations de CO₂



Recent CO₂ concentrations and emissions. (a) CO₂ concentrations (monthly averages) measured by continuous analysers over the period 1970 to 2005 from Mauna Loa, Hawaii (19°N, black; Keeling and Whorf, 2005) and Baring Head, New Zealand (41°S, blue; following techniques by Manning et al., 1997). Due to the larger amount of terrestrial biosphere in the NH, seasonal cycles in CO₂ are larger there than in the SH. In the lower right of the panel, atmospheric oxygen (O₂) measurements from flask samples are shown from Alert, Canada (82°N, pink) and Cape Grim, Australia (41°S, cyan) (Manning and Keeling, 2006). The O₂ concentration is measured as 'per meg' deviations in the O₂/N₂ ratio from an arbitrary reference, analogous to the 'per mil' unit typically used in stable isotope work, but where the ratio is multiplied by 106 instead of 103 because much smaller changes are measured. (b) Annual global CO₂ emissions from fossil fuel burning and cement manufacture in GtC yr⁻¹ (black) through 2005, using data from the CDIAC website (Marland et al, 2006) to 2003. Emissions data for 2004 and 2005 are extrapolated from CDIAC using data from the BP Statistical Review of World Energy (BP, 2006). Land use emissions are not shown; these are estimated to be between 0.5 and 2.7 GtC yr⁻¹ for the 1990s (Table 7.2). Annual averages of the ¹³C/¹²C ratio measured in atmospheric CO₂ at Mauna Loa from 1981 to 2002 (red) are also shown (Keeling et al, 2005). The isotope data are expressed as δ¹³C(CO₂) ‰ (per mil) deviation from a calibration standard. Note that this scale is inverted to improve clarity.

Réservoirs et flux de CO₂

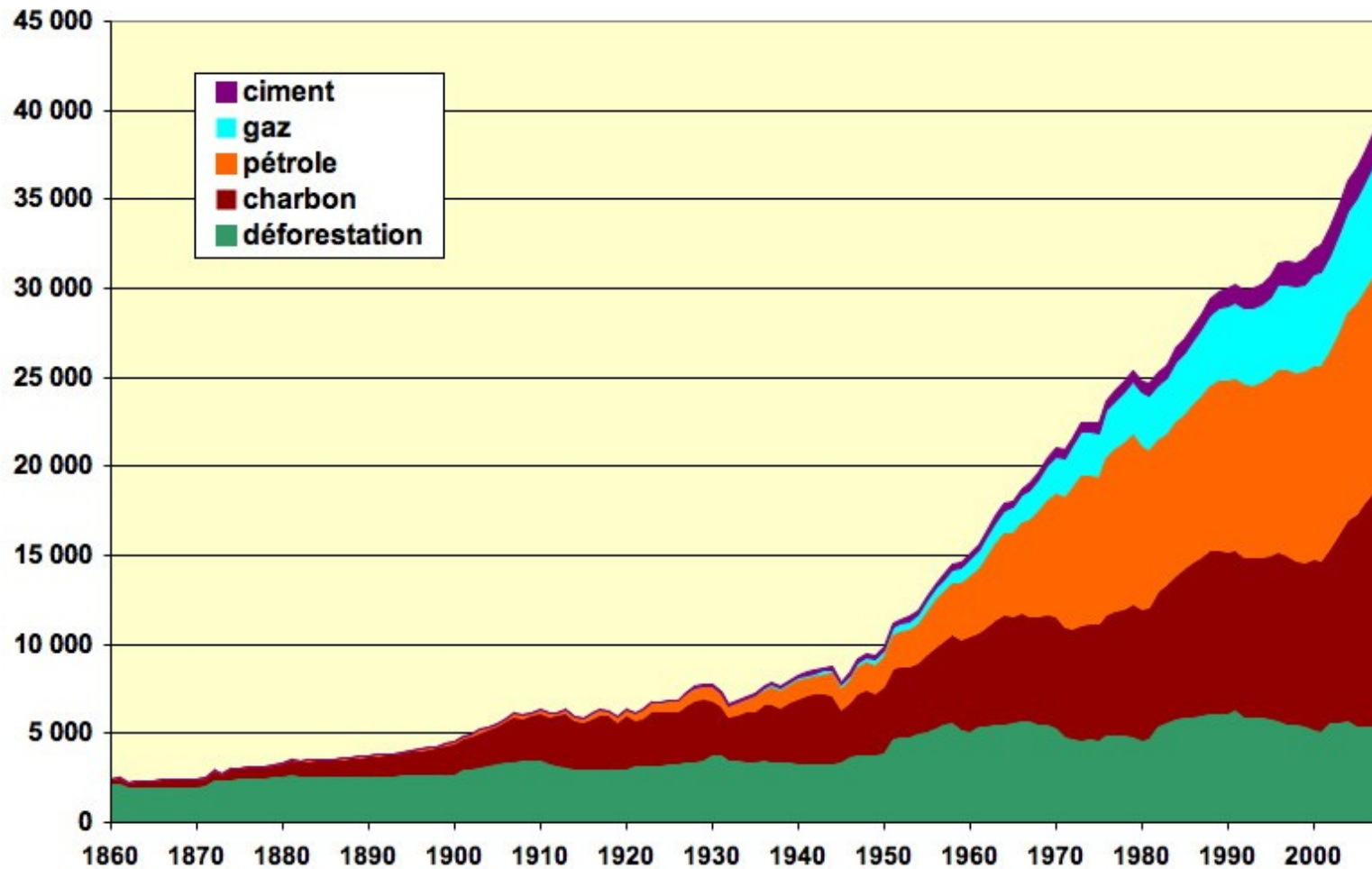
Cycle simplifié du CO₂ au cours des années 1990



Ce graphique présente : (i) sous forme de flèches, les flux de carbone entre les réservoirs sur la période 1990-1999 en milliards de tonnes d'équivalent CO₂ par an ; (ii) entre crochets, la taille des réservoirs en milliards de tonnes d'équivalent CO₂ et leur variation sur la période 1750-1994. Réservoirs et flux pré-industriels sont en noir. Ceux qui sont liés au développement des activités anthropiques à partir de 1750 sont en rouge.

Source : d'après GIEC, 1^{er} groupe de travail, 2007.

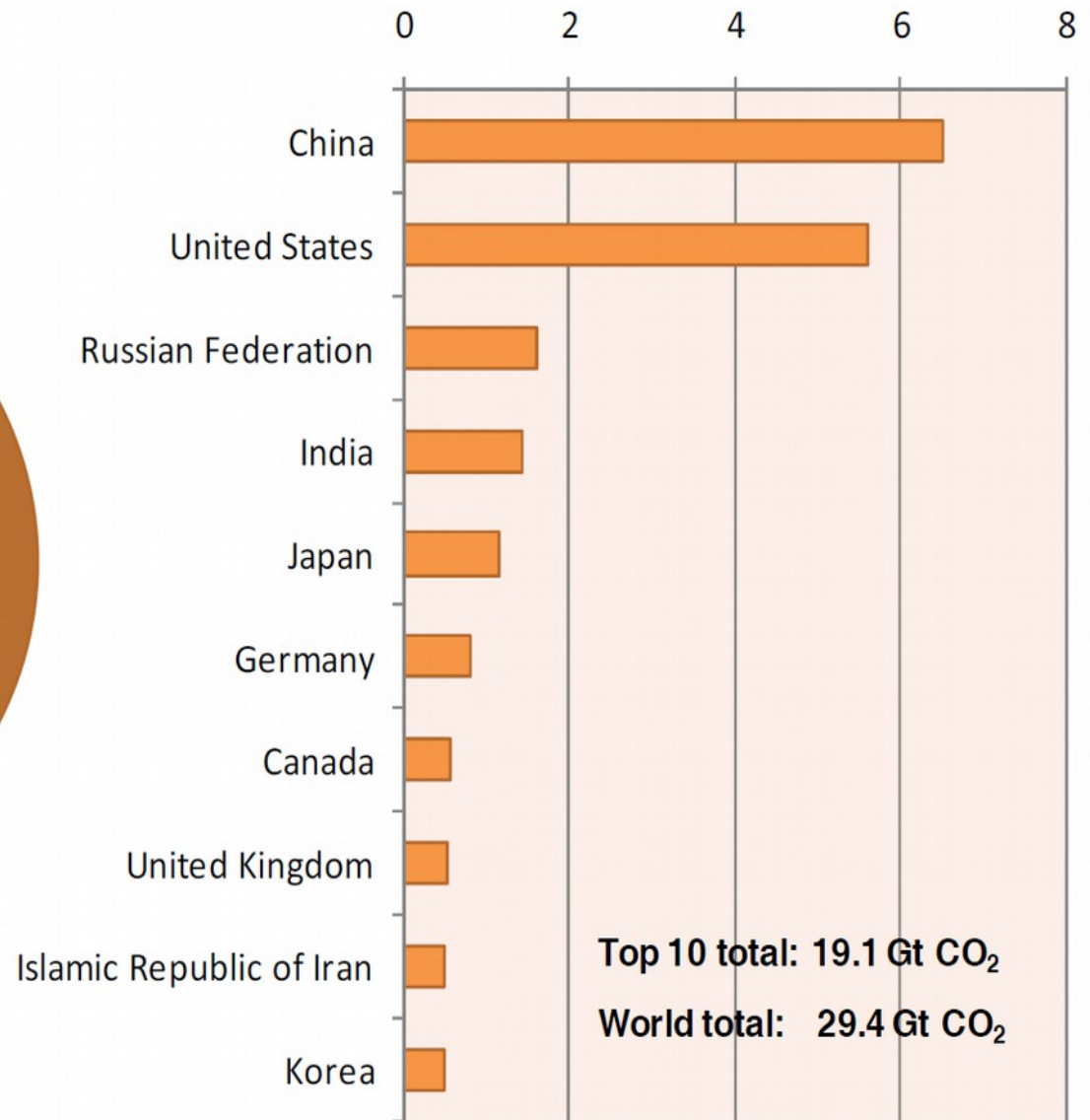
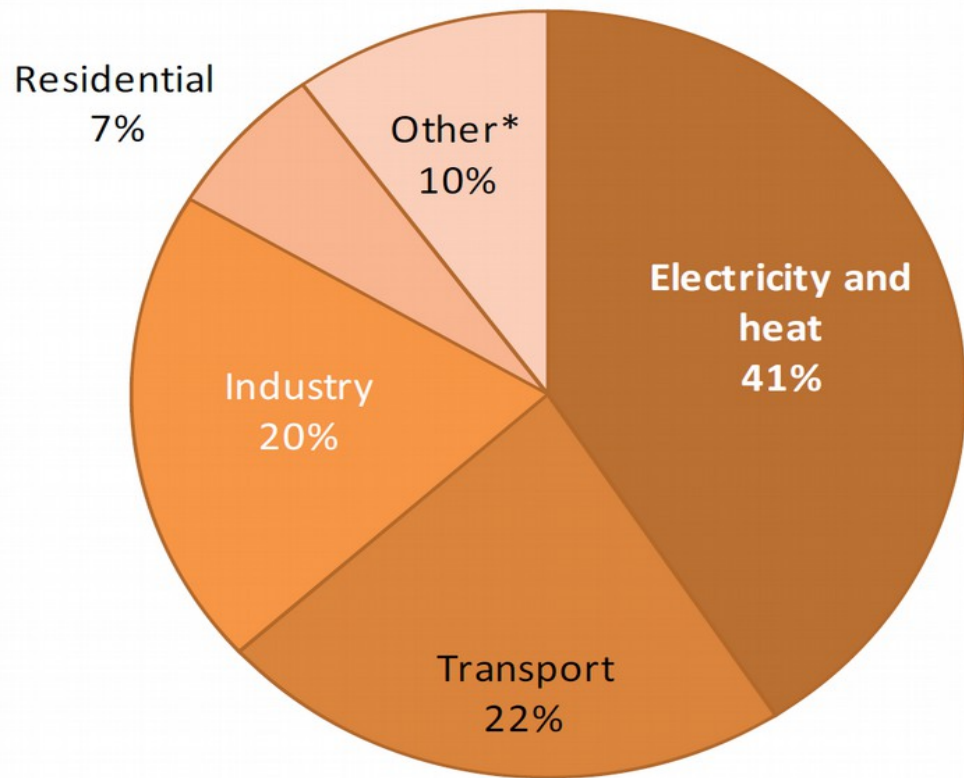
Évolution des émissions mondiales de CO₂ de 1860 à 2008



1/ Les émissions dues à la déforestation ont longtemps dominé l'ensemble, jusque vers 1930, et depuis 1960 elles sont à peu près stables

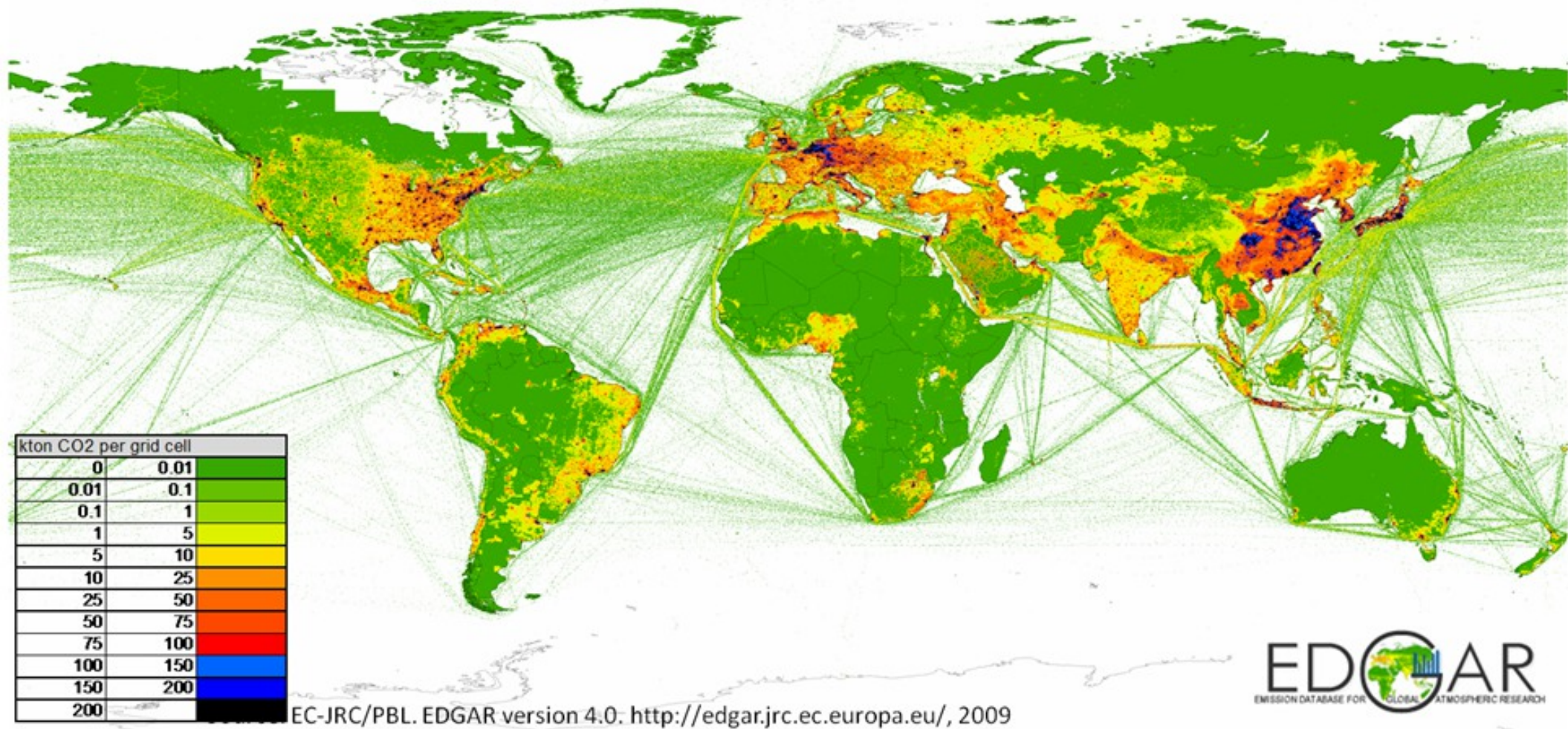
2/ De 2000 à 2008, c'est le charbon qui a engendré la plus forte hausse des émissions, et de très loin.

CO₂ : sources principales

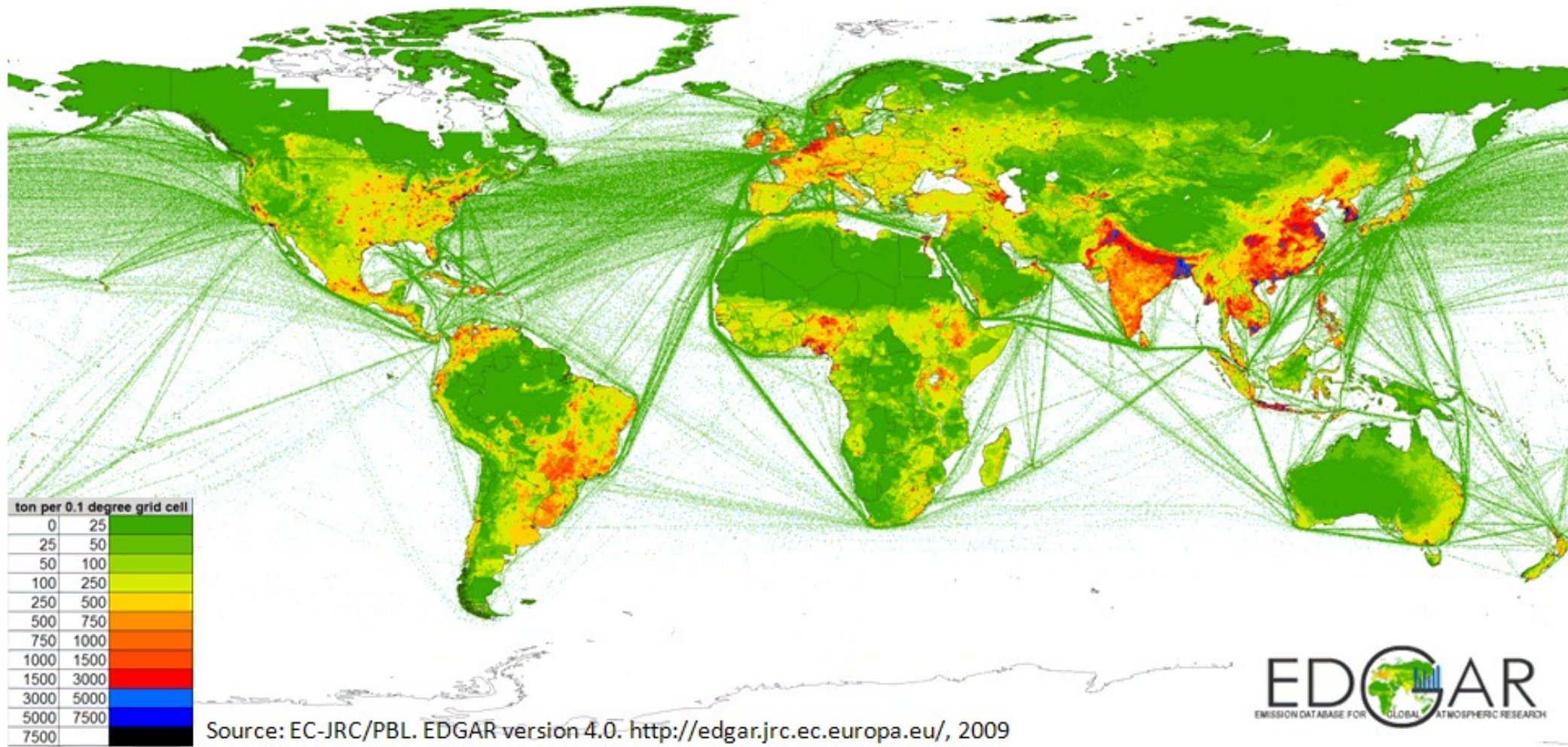


Key point: The top 10 emitting countries account for about two-thirds of the world CO₂ emissions.

CO₂ : géographie des émissions



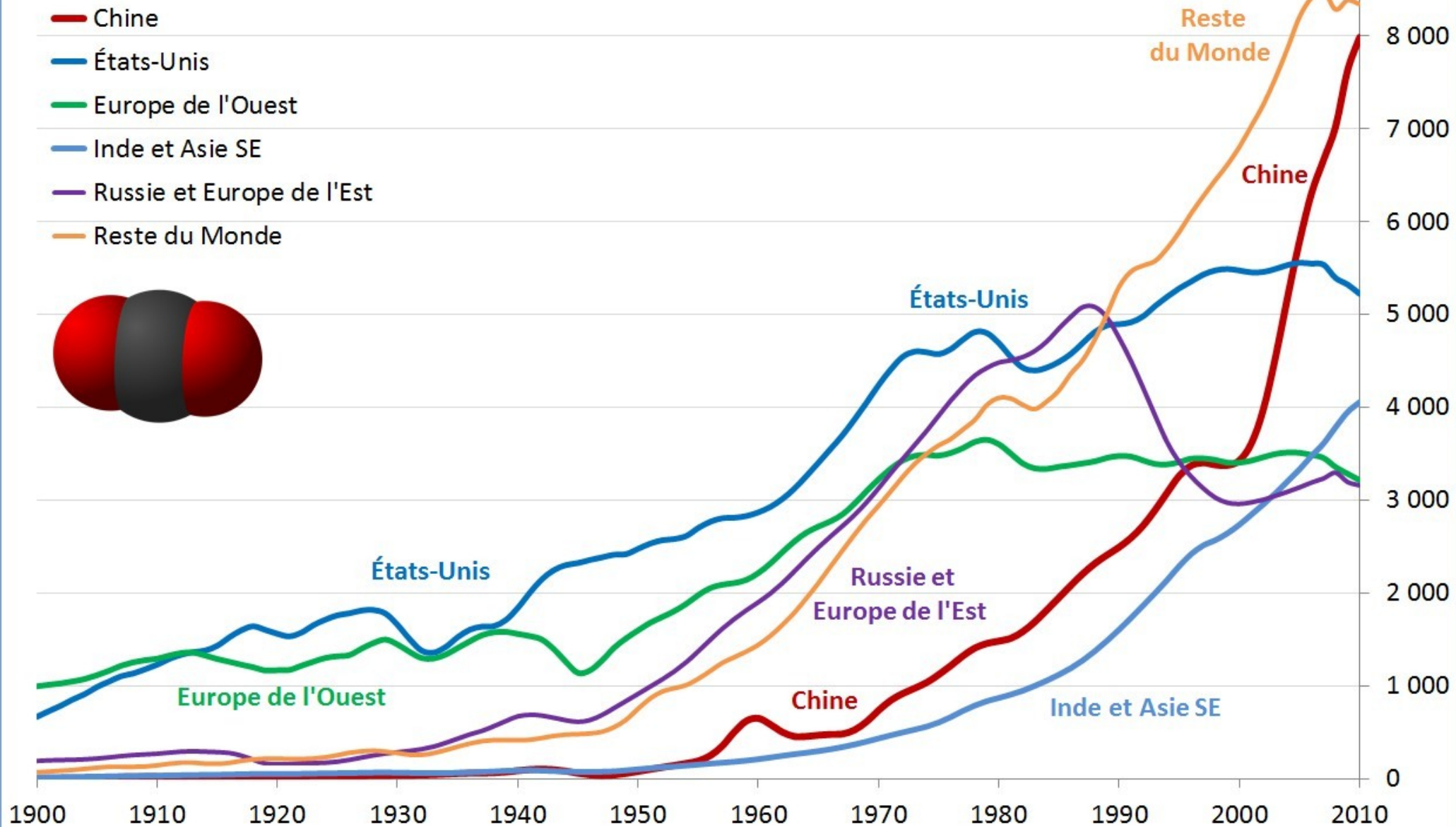
CH₄ : géographie des émissions



Évolution des émissions de CO₂ par combustion d'hydrocarbures par pays

Émissions de CO₂ par combustion d'hydrocarbures de plusieurs régions, 1900-2010

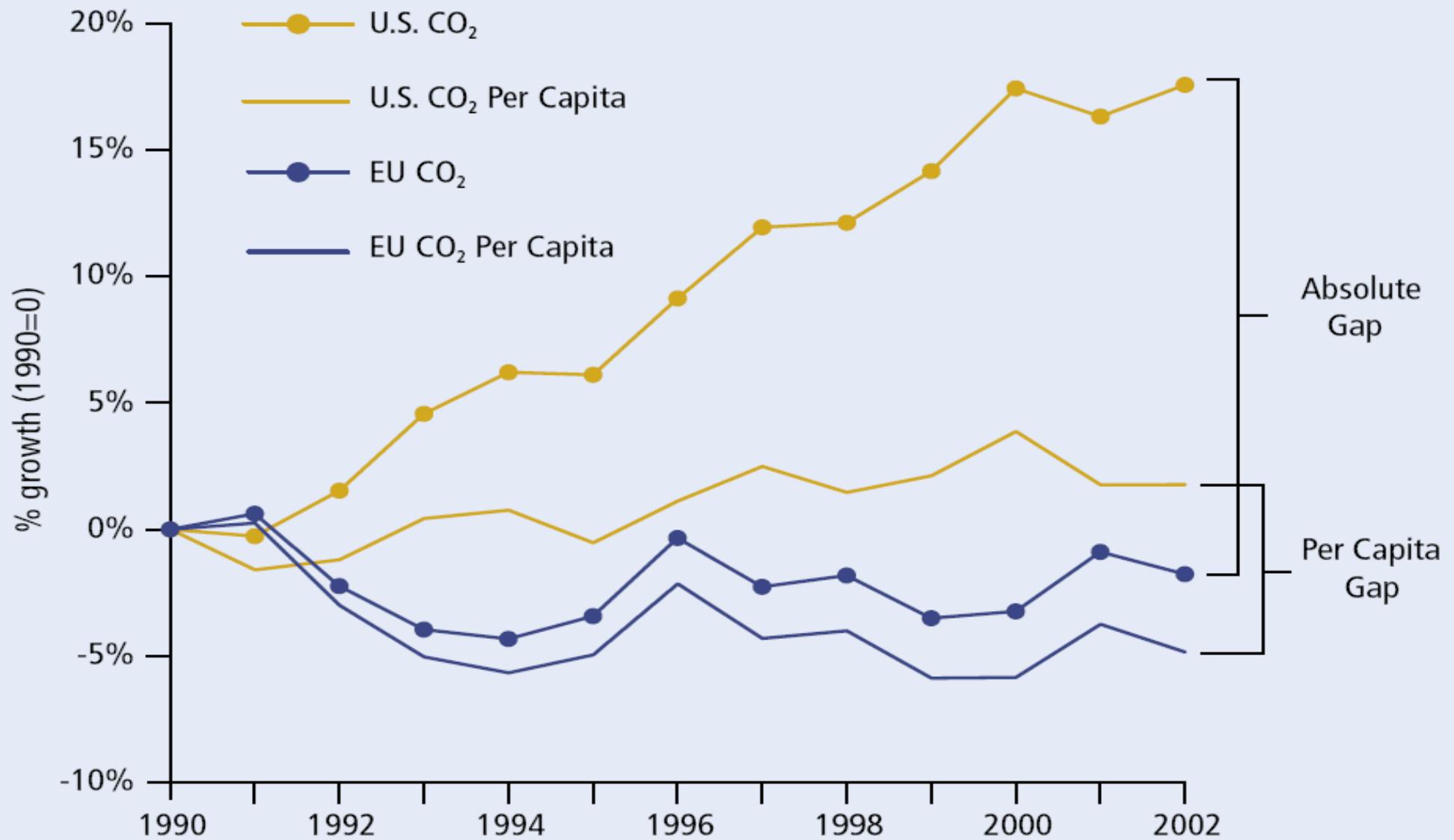
(en millions de tonnes par an) (Sources : CDIAC puis EIA)



© Olivier Berruyer, www.les-crises.fr

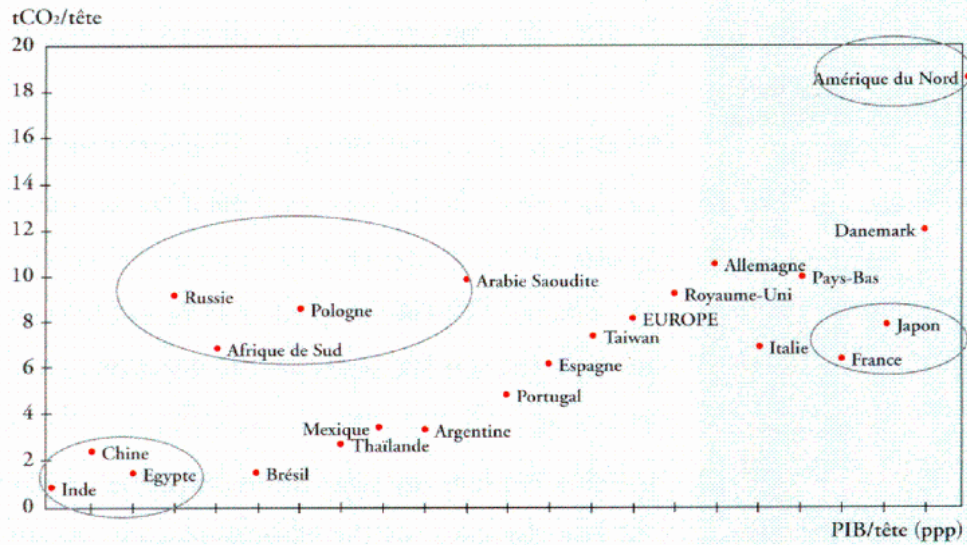
Évolution de la population et des émissions de CO₂

Figure 4.3. Influence of Population in CO₂ Trends, 1990–2002
EU-25 v. United States



Source: WRI, CAIT.

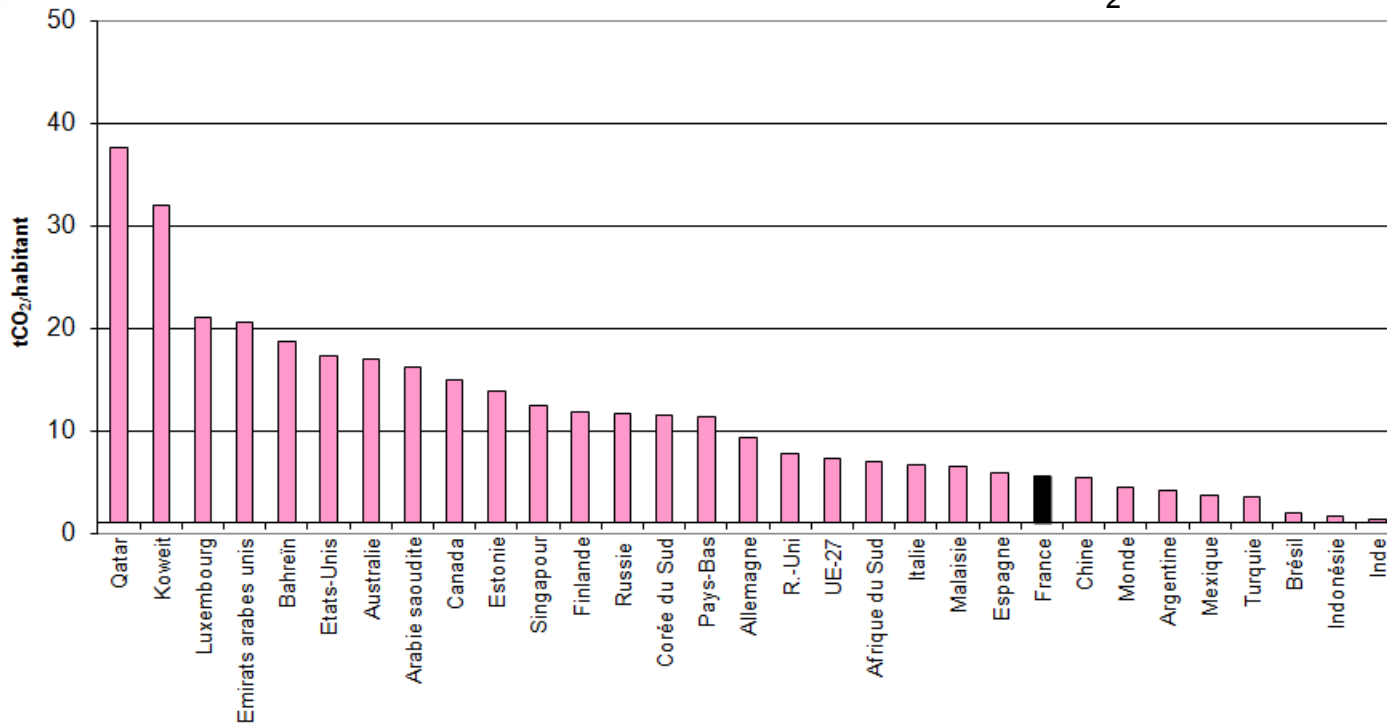
Émissions de CO₂ et PIB par habitant en 1995



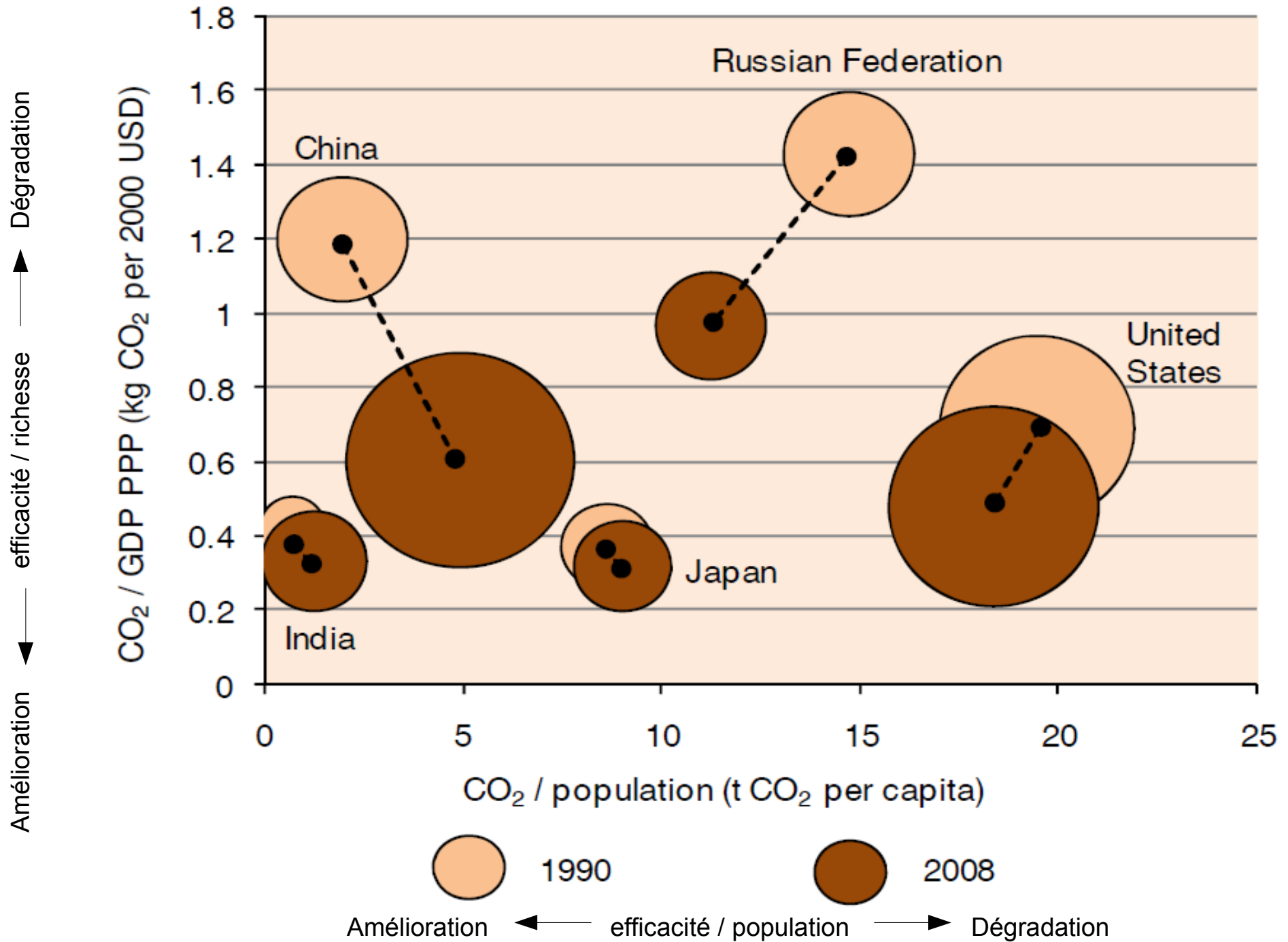
Source : Changement climatique : un défi majeur. ADEME, 2000, p13

Source : Enerdata, 1998

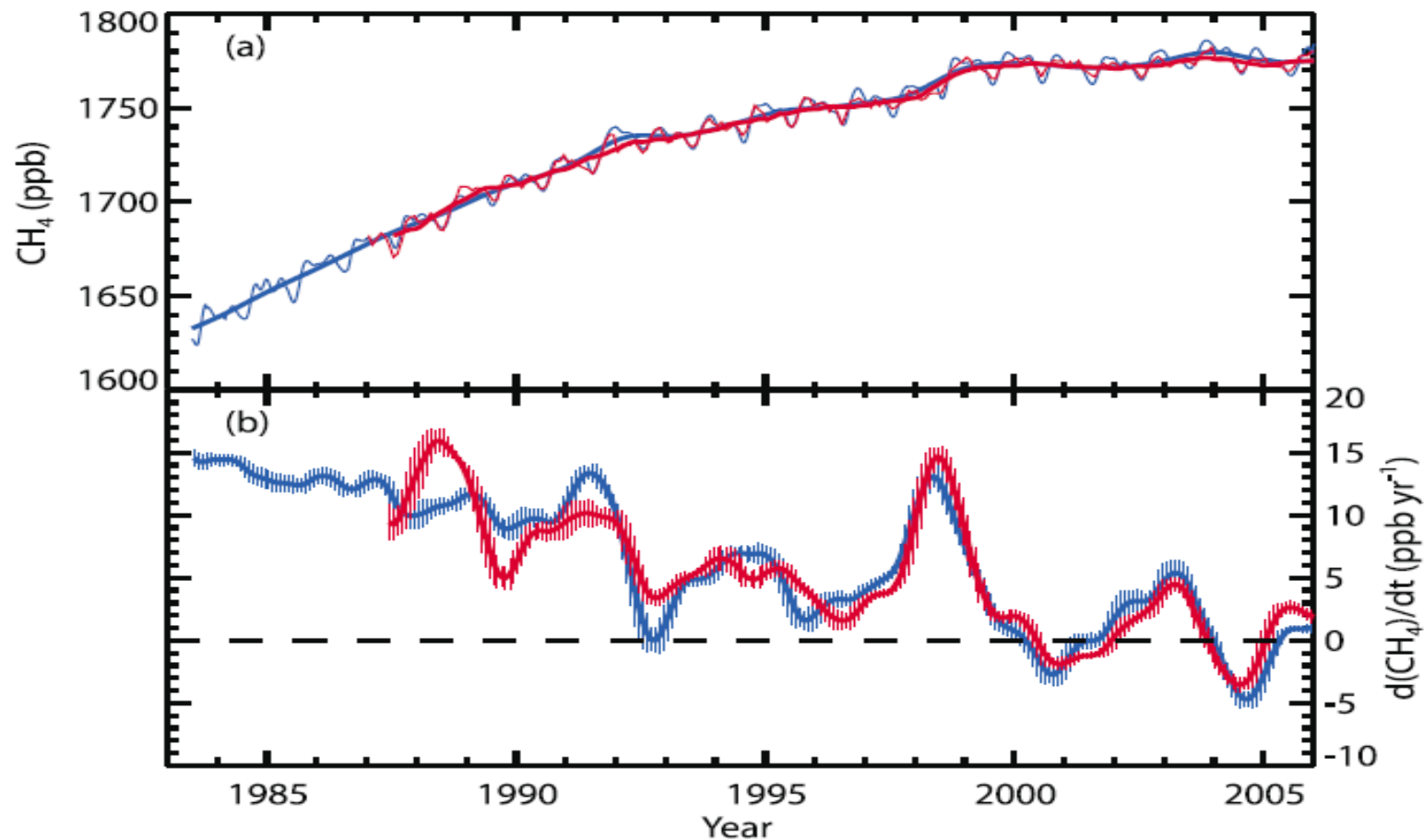
Émissions de CO₂/habitant pour certains pays (2010)



Évolution 1990-2008 par pays des intensités CO₂

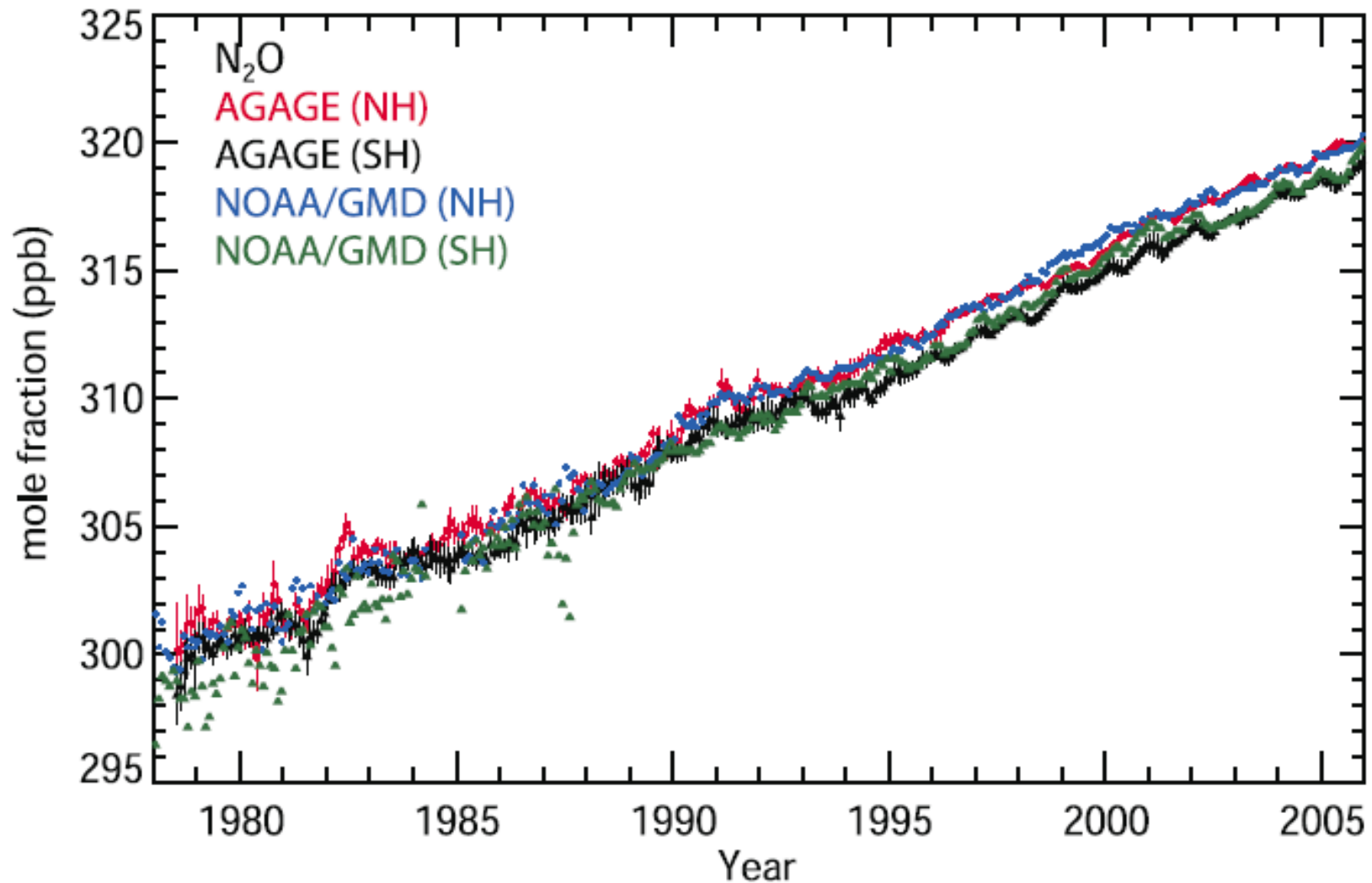


Évolution récente des émissions et des concentrations de CH₄



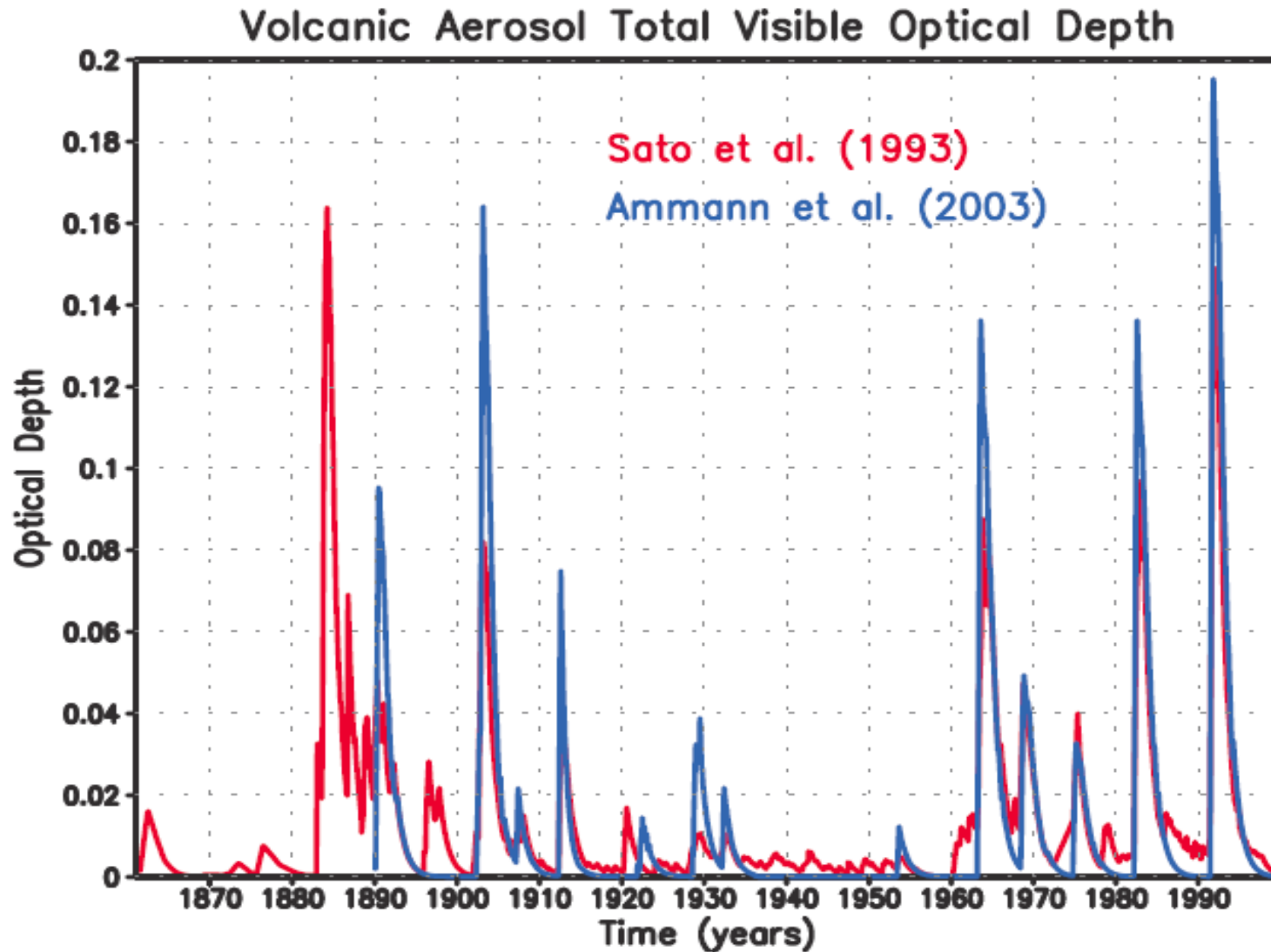
Recent CH₄ concentrations and trends. (a) Time series of global CH₄ abundance mole fraction (in ppb) derived from surface sites operated by NOAA/GMD (blue lines) and AGAGE (red lines). The thinner lines show the CH₄ global averages and the thicker lines are the de-seasonalized global average trends from both networks. (b) Annual growth rate (ppb yr⁻¹) in global atmospheric CH₄ abundance from 1984 through the end of 2005 (NOAA/GMD, blue), and from 1988 to the end of 2005 (AGAGE, red). To derive the growth rates and their uncertainties for each month, a linear least squares method that takes account of the autocorrelation of residuals is used. This follows the methods of Wang et al. (2002) and is applied to the de-seasonalized global mean mole fractions from (a) for values six months before and after the current month. The vertical lines indicate ±2 standard deviation uncertainties (95% confidence interval), and 1 standard deviation uncertainties are between 0.1 and 1.4 ppb yr⁻¹ for both AGAGE and NOAA/GMD. Note that the differences between AGAGE and NOAA/GMD calibration scales are determined through occasional intercomparisons.

Évolution récente des concentrations de N₂O



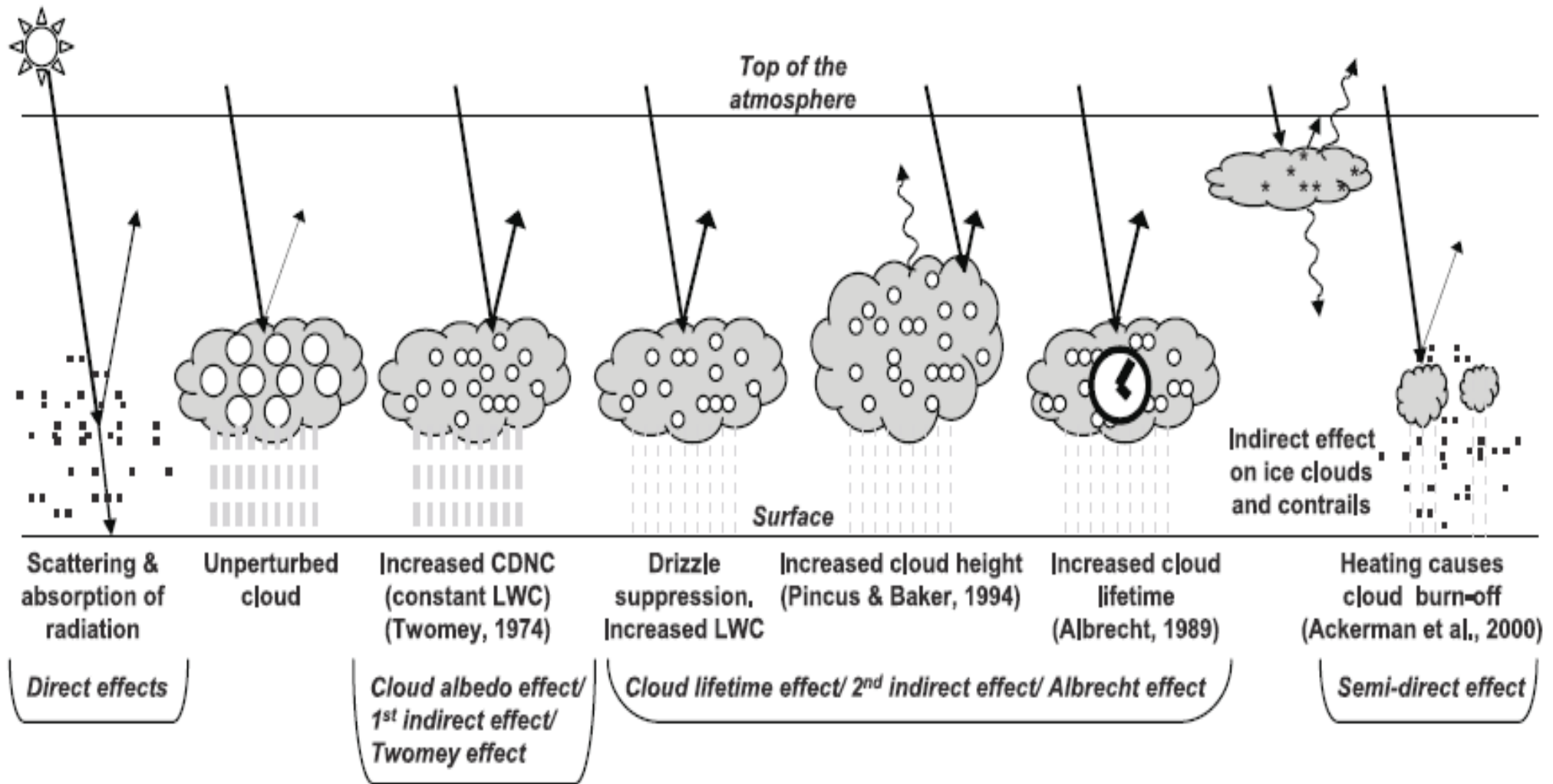
Hemispheric monthly mean N₂O mole fractions (ppb) (crosses for the NH and triangles for the SH). Observations (in situ) of N₂O from the Atmospheric Lifetime Experiment (ALE) and GAGE (through the mid-1990s) and AGAGE (since the mid-1990s) networks (Prinn et al., 2000, 2005b) are shown with monthly standard deviations. Data from NOAA/GMD are shown without these standard deviations (Thompson et al., 2004). The general decrease in the variability of the measurements over time is due mainly to improved instrumental precision. The real signal emerges only in the last decade.

Les aérosols volcaniques ou « pollutions » naturelles



Visible (wavelength $0.55 \mu\text{m}$) optical depth estimates of stratospheric sulphate aerosols formed in the aftermath of explosive volcanic eruptions that occurred between 1860 and 2000. Results are shown from two different data sets that have been used in recent climate model integrations. Note that the Ammann et al. (2003) data begins in 1890.

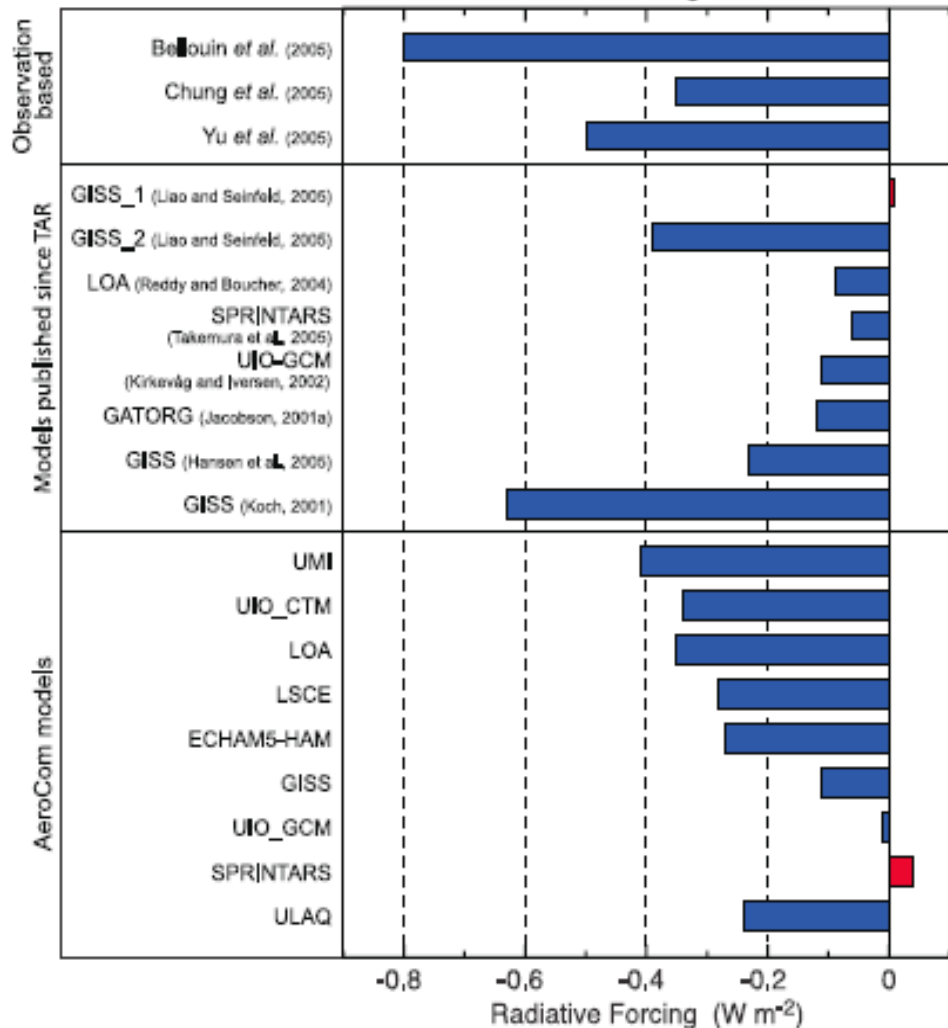
Les aérosols et leurs effets



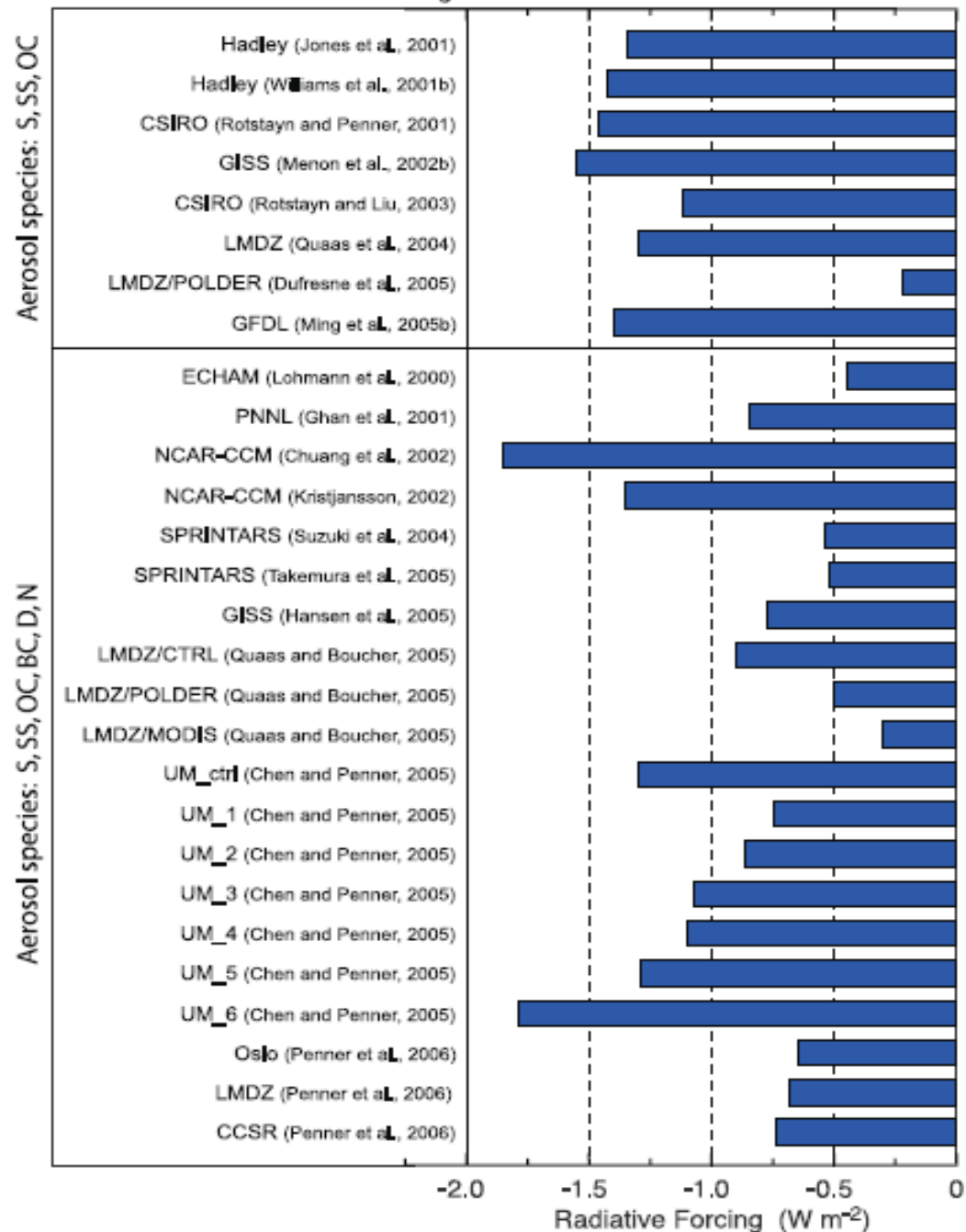
Schematic diagram showing the various radiative mechanisms associated with cloud effects that have been identified as significant in relation to aerosols (modified from Haywood and Boucher, 2000). The small black dots represent aerosol particles; the larger open circles cloud droplets. Straight lines represent the incident and reflected solar radiation, and wavy lines represent terrestrial radiation. The filled white circles indicate cloud droplet number concentration (CDNC). The unperturbed cloud contains larger cloud drops as only natural aerosols are available as cloud condensation nuclei, while the perturbed cloud contains a greater number of smaller cloud drops as both natural and anthropogenic aerosols are available as cloud condensation nuclei (CCN). The vertical grey dashes represent rainfall, and LWC refers to the liquid water content.

Effets radiatifs directs et indirects des aérosols

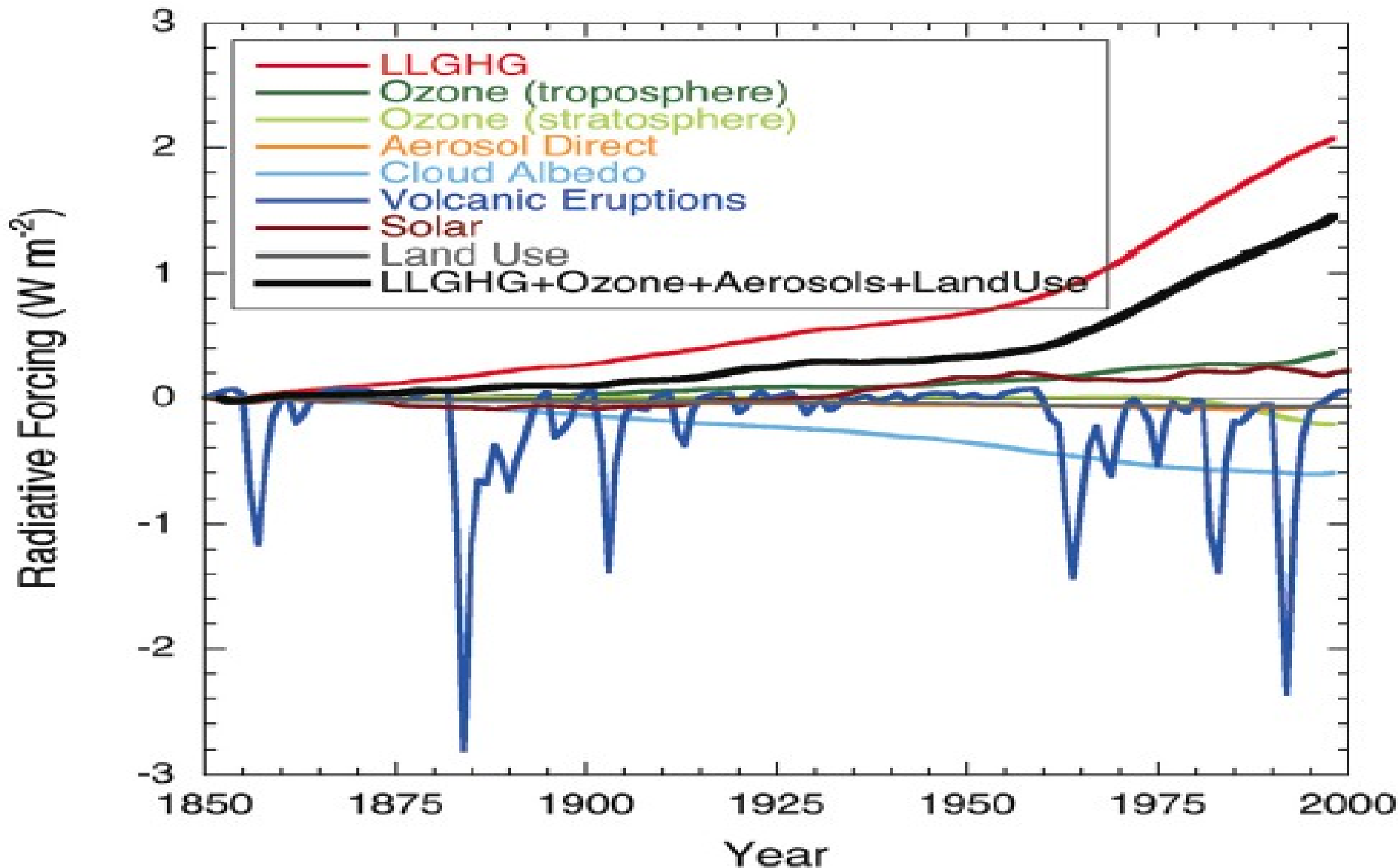
Aerosol Direct Radiative Forcing



Radiative Forcing from Cloud Albedo Effect



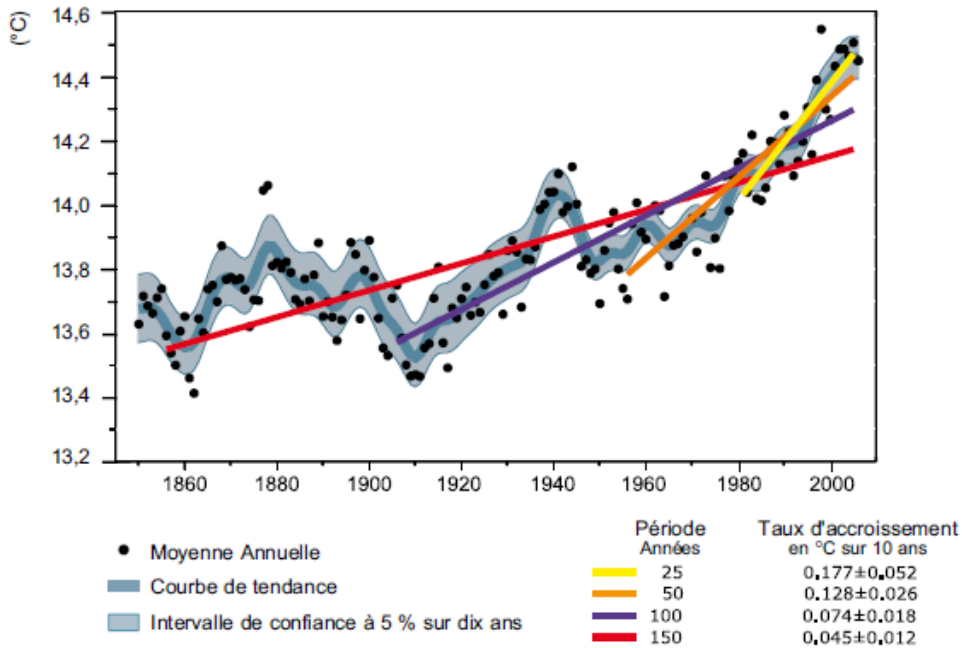
Bilan des forçages radiatifs



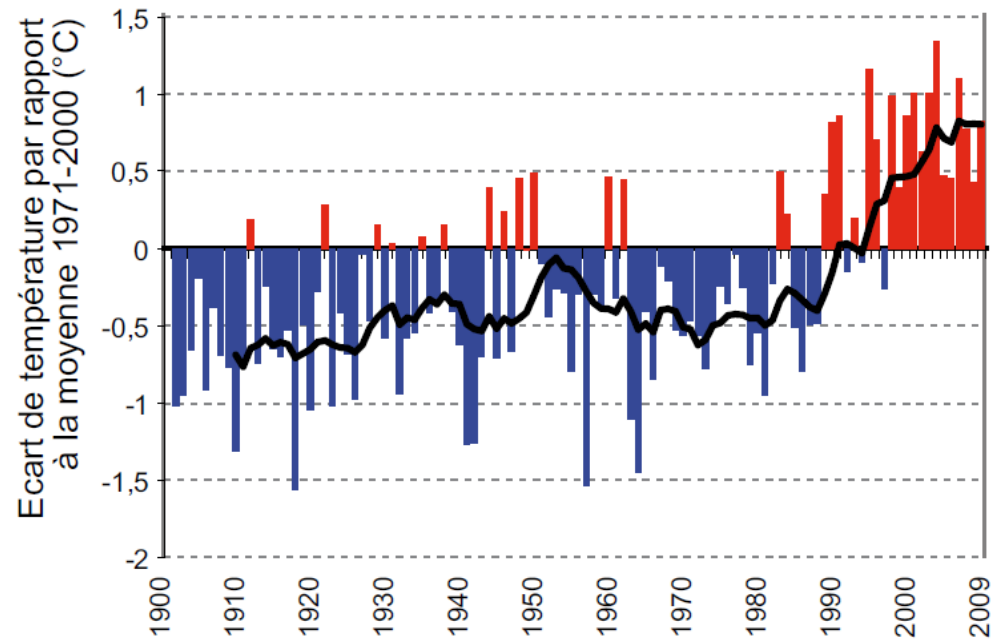
Globally and annually averaged temporal evolution of the instantaneous all-sky RF (top panel) and surface forcing (bottom panel) due to various agents, as simulated in the MIROC+SPRINTARS model (Nozawa et al., 2005; Takemura et al., 2005). This is an illustrative example of the forcings as implemented and computed in one of the climate models participating in the AR4. Note that there could be differences in the RFs.

Et conséquences en termes de température

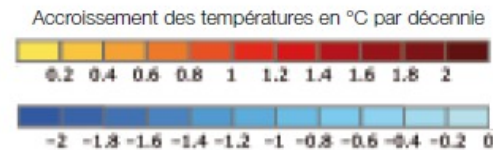
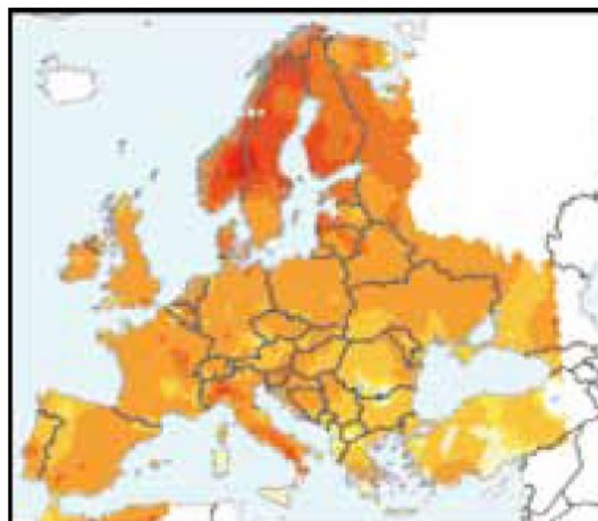
Température globale moyenne estimée (°C)



France



Évolution des températures moyennes observées en Europe entre 1976 et 2006



Source : Agence européenne de l'environnement, 2008, à partir de données du projet EU-FP6 ENSEMBLES et du projet ECA&D.