

Cours 4 (17/12/2007)

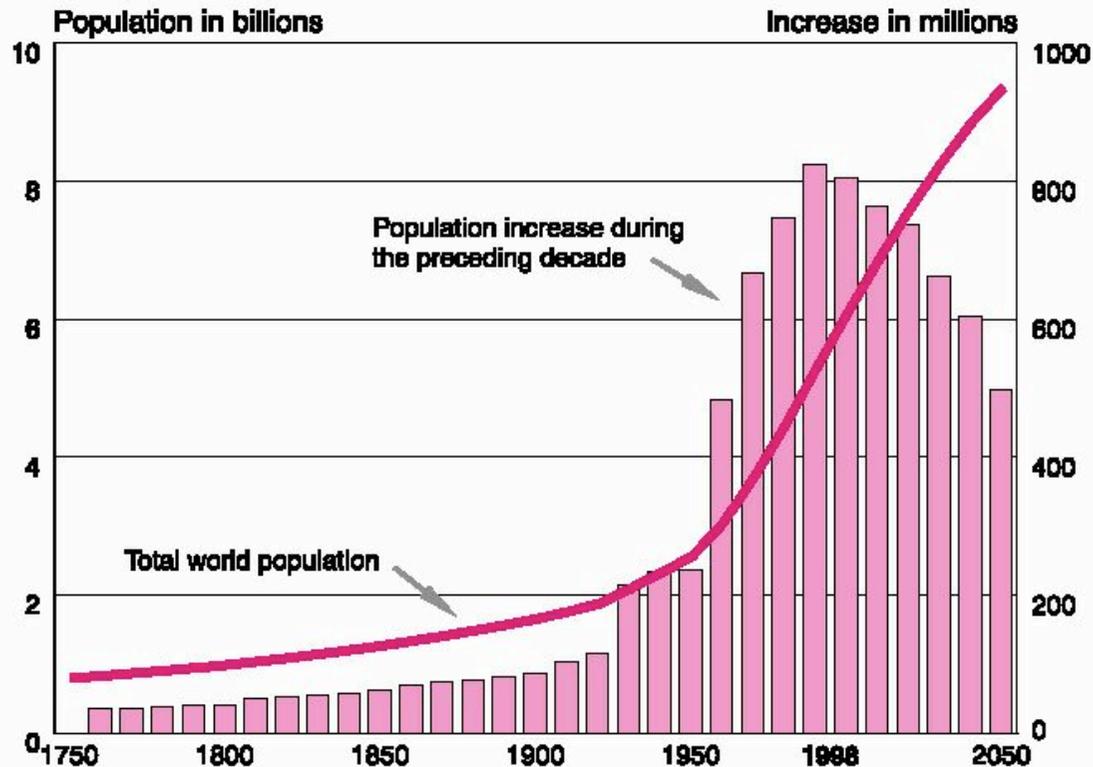
Peut-on prévoir l'évolution du climat sur le
prochain siècle?

Plan

- Qu'est ce qu'un modèle climatique?
- La fin du pétrole pour quand ?
- Que faire ? La séquestration géologique du CO₂.

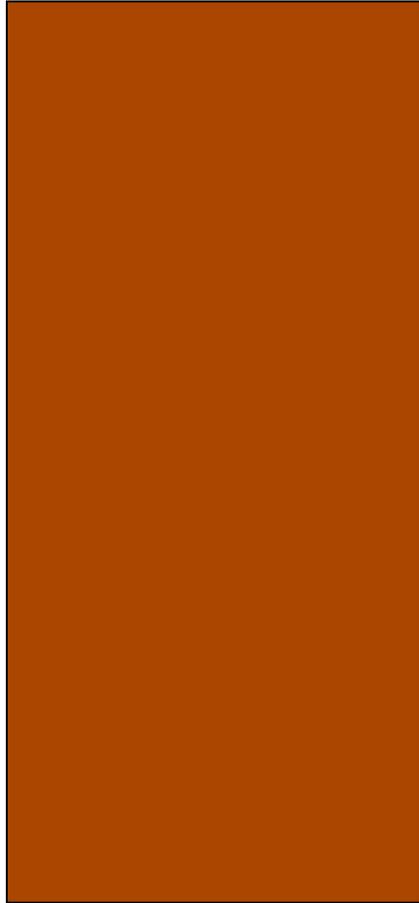
6 milliards d'êtres humains

Figure 1.
**World Population Still Far
From Stabilizing**

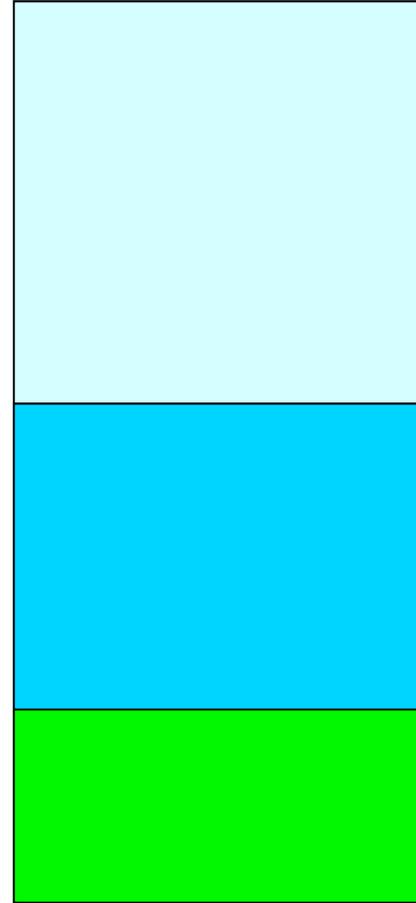


Source: United Nations (1995:97) and U.S. Bureau of the Census, International Data Base.

injetés



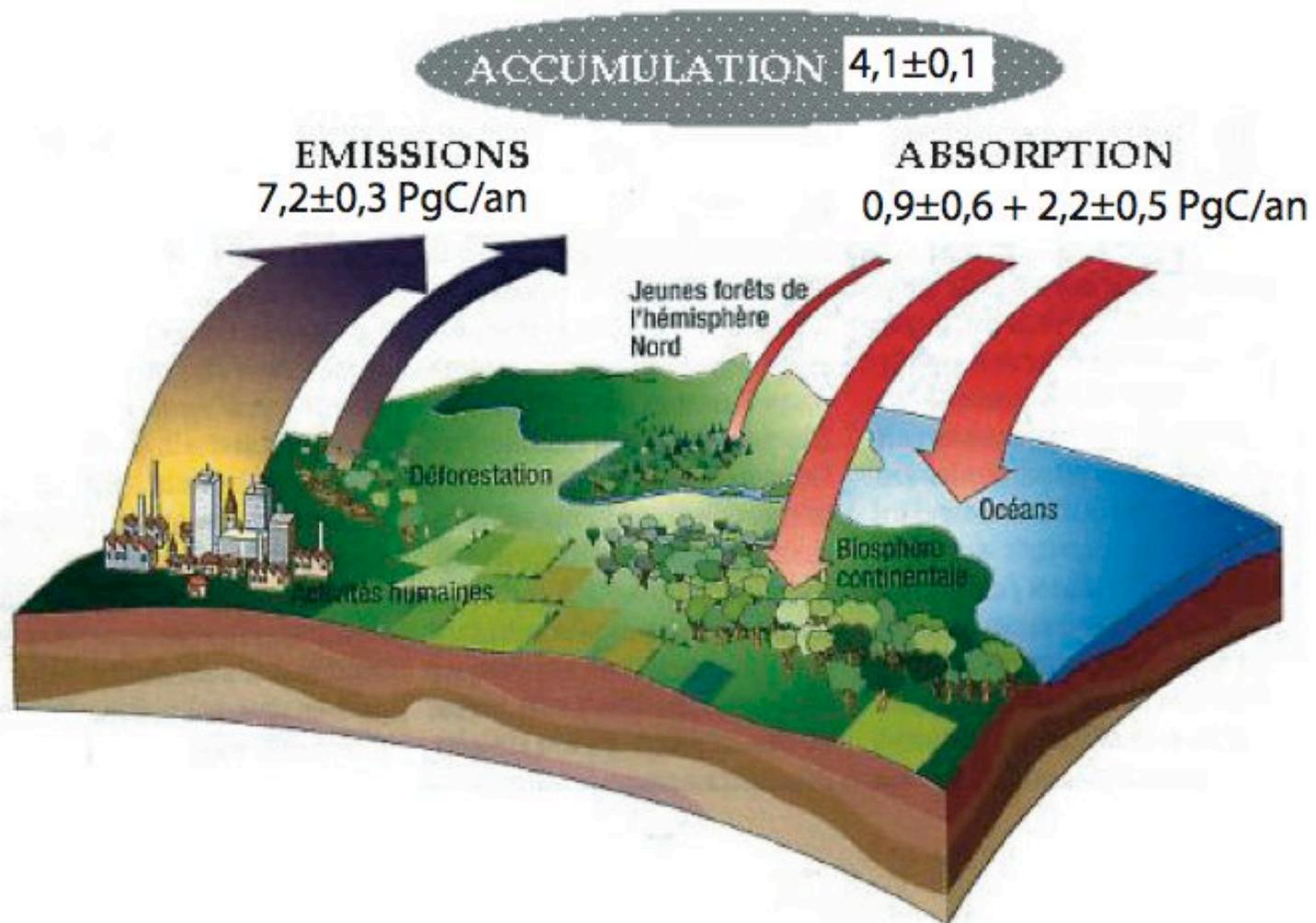
répartis



Atm.

océan

M.O.



Modèles climatiques

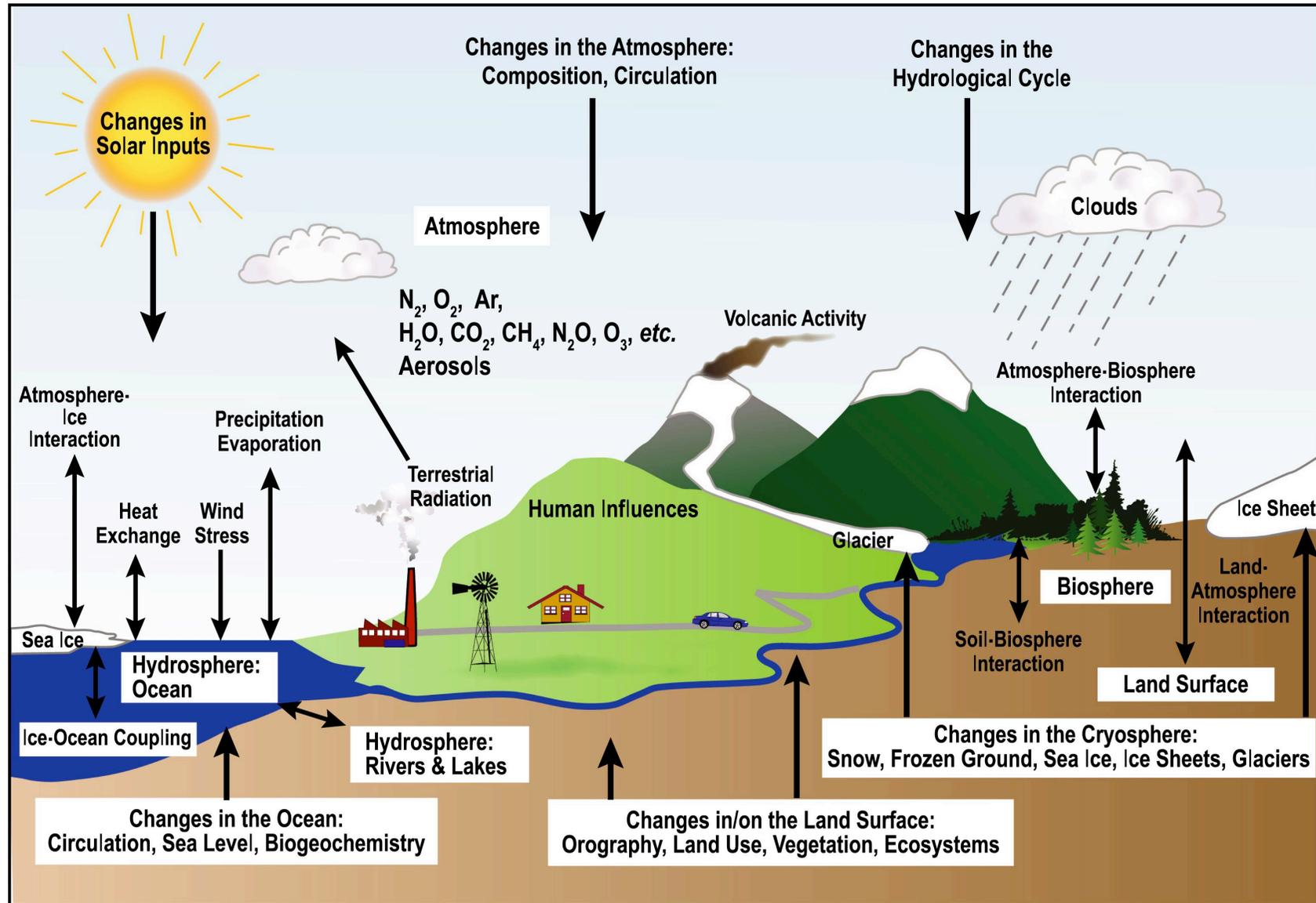
- Ce sont des représentations mathématiques du système climatique. Ils reposent sur les lois de la physique, conservation de la masse, de l'énergie et du moment cinétique. Les équations sont résolues par des ordinateurs puissants, la discrétisation géographique et temporelle demande beaucoup de temps de calcul.
- Qu'est ce le système climatique? C'est un ensemble de composants interactifs: atm, surface des continents, neige, glaces, océans, nuages, océan, végétation et animaux.
- Difference climate et weather. Le climat c'est le temps moyenné sur 30 ans.
- Le climat évolue en fonction de paramètres externe (forcages externes) et internes.

- Les facteurs forçant ext sont par exemple le soleil, les éruptions volcaniques qui injectent des aérosols, l'activité humaine. Le système réagit aussi à des mécanismes internes de feedback (
- Il y a trois facons d'agir sur bilan énergétique : l'énergie recue du soleil (soit du soleil directement soit en changeant les paramètres orbitaux de la Terre), en changeant l'albédo de la Terre (nuages, aérosols, végétation), en changeant la composition de l'atmosphère.

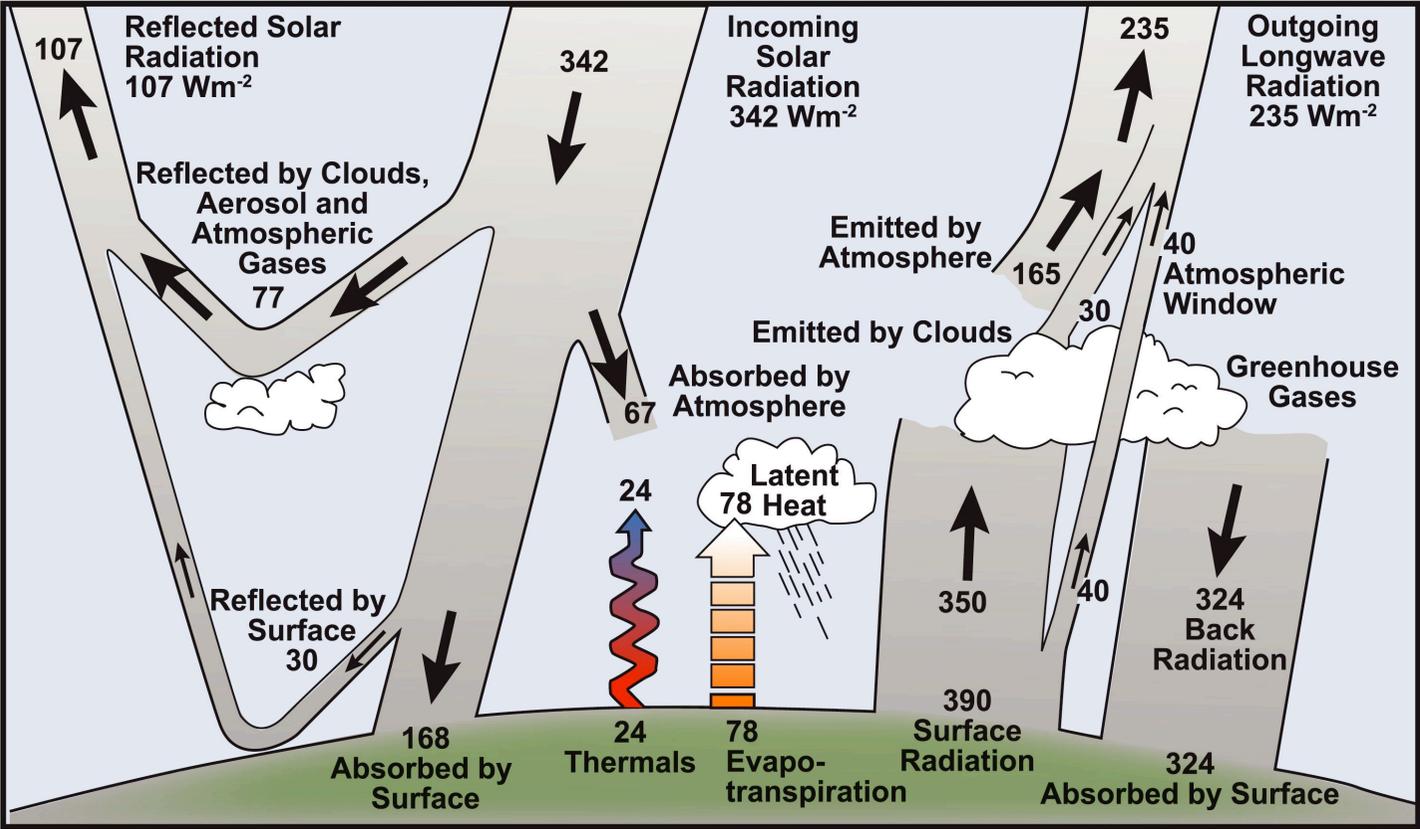
- Le bilan énergétique de la Terre montre que l'énergie est recue par les tropiques et qu'elle est redistribuée à travers les circulation atm. Et océanique vers les pôles. La circulation atmosphérique est principalement conduite par la chaleur latente (il faut de l'énergie pour évaporer et la condensation relache cette énergie).
- La circulation océanique est due aux vents et aux différences de T et de salinité des océans.
- A cause de la sphéricité de la Terre, les transferts d'énergie ne sont pas Sud-Nord, mais Ouest -Est.
- Les reliefs influencent le climat en modifiant les vents, les pluies, les moussons.

- Exemples de feedback climatiques
- >0 : fonte des glaces, qui augmente l'albédo de la Terre.
- <0 : température élevée : végétation qui croît plus, donc moins de CO₂.
- Prédire le climat ne se limite pas à modéliser le cycle du carbone... On sait prévoir le climat à 30 ans, mais le temps à pas plus que 4 jours.
- La différence entre prévoir le temps et le climat est comme la mort d'un être humain ; on ne peut pas prévoir la date de la mort d'un être humain, mais on sait que statistiquement, un homme vivra 75 ans. L'effet papillon limite la prédiction du temps, mais prévoir le climat est un exercice plus simple et plus robuste, statistiquement. De plus, on travaille sur le système planétaire en entier.

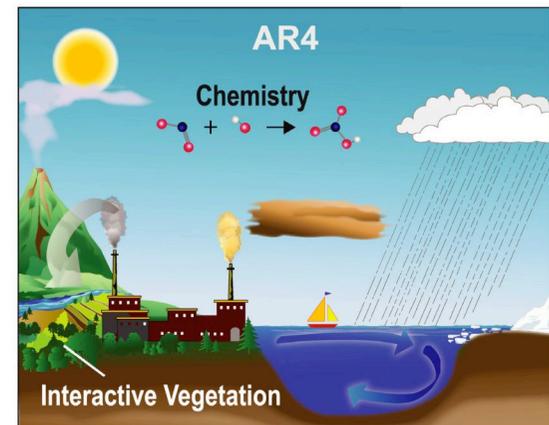
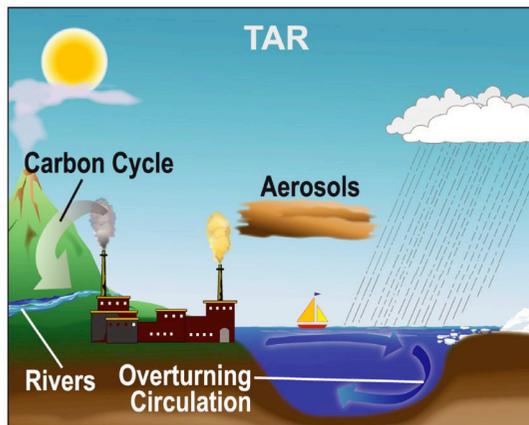
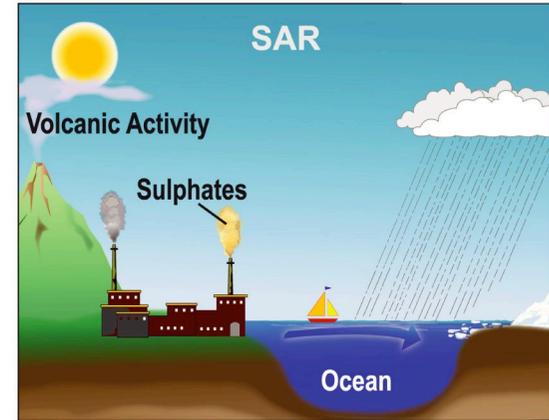
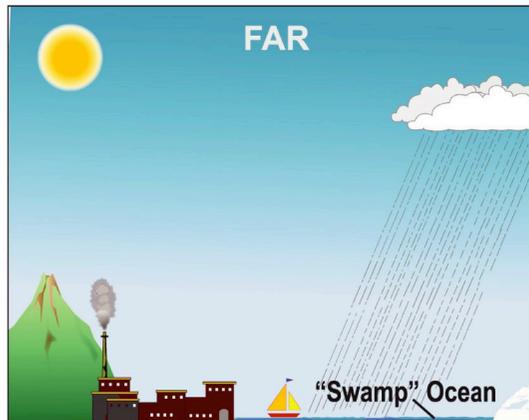
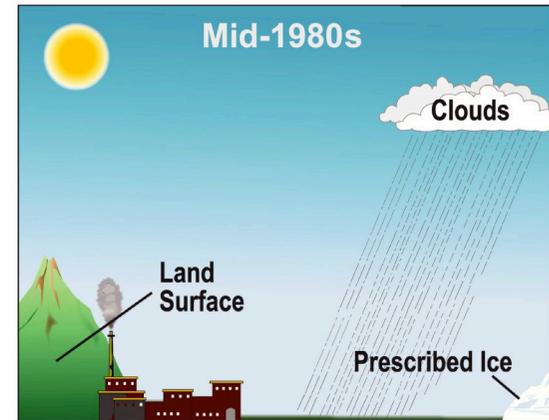
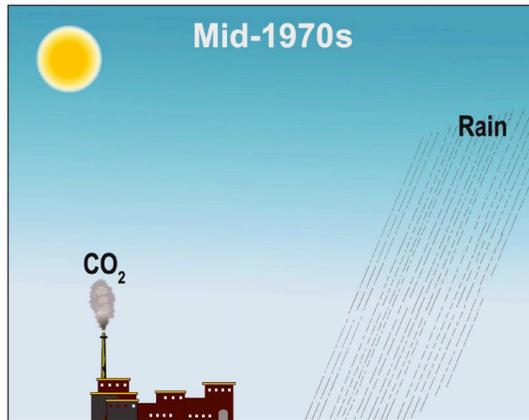
Le système climatique



FAQ 1.2, Figure 1. Schematic view of the components of the climate system, their processes and interactions.



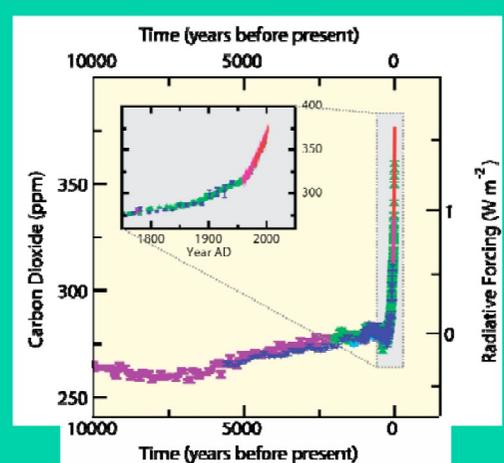
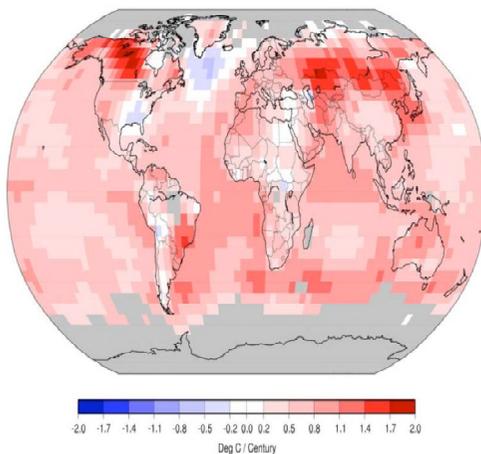
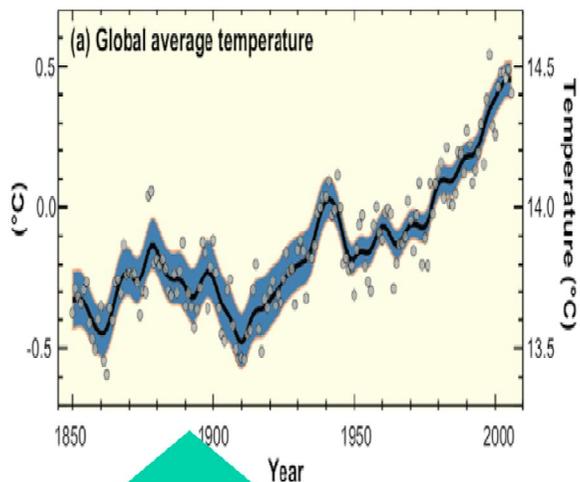
Evolution des modèles climatiques



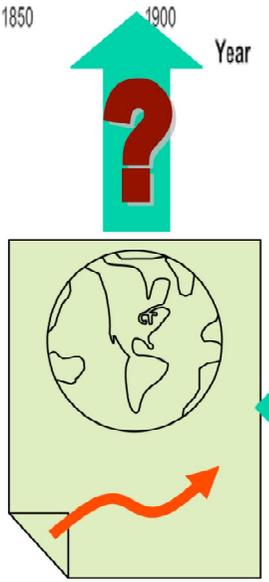
- Les modèles actuelles sont de plus en plus capables de reproduire la réalité du système climatique, comme par exemple les effets des éruptions volcaniques sur les températures. Les projections sur les deux dernières décades sont en accord avec les observations selon le rapport du GIEC.
- Il reste des incertitudes notables, comme la difficulté de prendre en compte les nuages, la réponse des nuages au changement climatique, certains feedbacks ne sont pas bien compris, El Nino et le temps de calcul des ordinateurs.

Attribution Process

SPM-1



- other GHGs
- aerosols
- volcanic
- solar
- natural internal



Model

$$\frac{du}{dt} = \frac{\tan\phi}{R}uv - \frac{uw}{R} + fv - fw - \frac{1}{\rho R \cos\phi} \frac{\partial p}{\partial \lambda} + F_x$$

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{\tan\phi}{R}u^2 - \frac{vw}{R} - fu - \frac{1}{\rho R} \frac{\partial p}{\partial \phi} + F_y$$

$$\frac{dw}{dt} = \frac{u^2}{R} + \frac{v^2}{R} + fu - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g + F_z$$

$$\frac{dp}{dt} = -\rho \text{div} \vec{v}; \quad \vec{\zeta} = \vec{\Omega} \times \vec{r}$$

$$\frac{dT}{dt} = Q + \alpha \frac{dp}{dt}$$

$$\frac{dq}{dt} = s(q) + D$$

$$p = \rho R_a T (1 - 0.61q)$$


GCM

- Processus atmosphériques
- Processus Océaniques
- Processus terrestres: cycle du carbone, humidité des sols.
- Processus cryogéniques

THE EMISSION SCENARIOS OF THE IPCC SPECIAL REPORT ON EMISSION SCENARIOS (SRES)¹⁷

A1. The A1 storyline and scenario family describes a future world of very rapid economic growth, global population that peaks in mid-century and declines thereafter, and the rapid introduction of new and more efficient technologies. Major underlying themes are convergence among regions, capacity building and increased cultural and social interactions, with a substantial reduction in regional differences in per capita income. The A1 scenario family develops into three groups that describe alternative directions of technological change in the energy system. The three A1 groups are distinguished by their technological emphasis: fossil-intensive (A1FI), non-fossil energy sources (A1T) or a balance across all sources (A1B) (where balanced is defined as not relying too heavily on one particular energy source, on the assumption that similar improvement rates apply to all energy supply and end use technologies).

A2. The A2 storyline and scenario family describes a very heterogeneous world. The underlying theme is self-reliance and preservation of local identities. Fertility patterns across regions converge very slowly, which results in continuously increasing population. Economic development is primarily regionally oriented and per capita economic growth and technological change more fragmented and slower than other storylines.

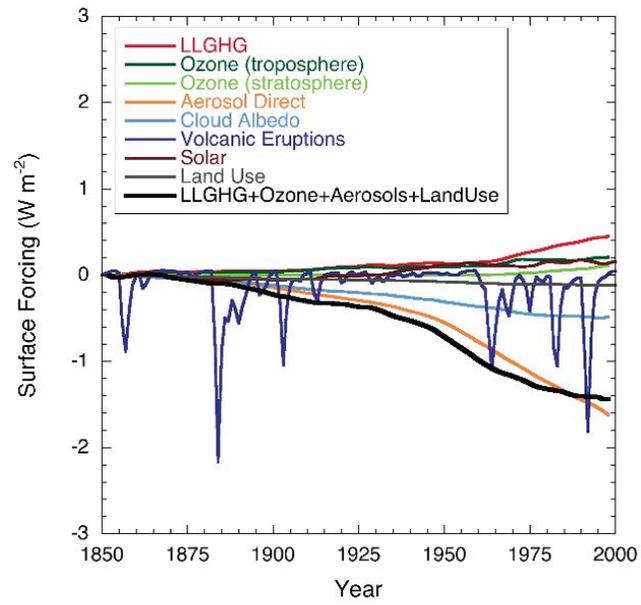
B1. The B1 storyline and scenario family describes a convergent world with the same global population, that peaks in mid-century and declines thereafter, as in the A1 storyline, but with rapid change in economic structures toward a service and information economy, with reductions in material intensity and the introduction of clean and resource-efficient technologies. The emphasis is on global solutions to economic, social and environmental sustainability, including improved equity, but without additional climate initiatives.

B2. The B2 storyline and scenario family describes a world in which the emphasis is on local solutions to economic, social and environmental sustainability. It is a world with continuously increasing global population, at a rate lower than A2, intermediate levels of economic development, and less rapid and more diverse technological change than in the B1 and A1 storylines. While the scenario is also oriented towards environmental protection and social equity, it focuses on local and regional levels.

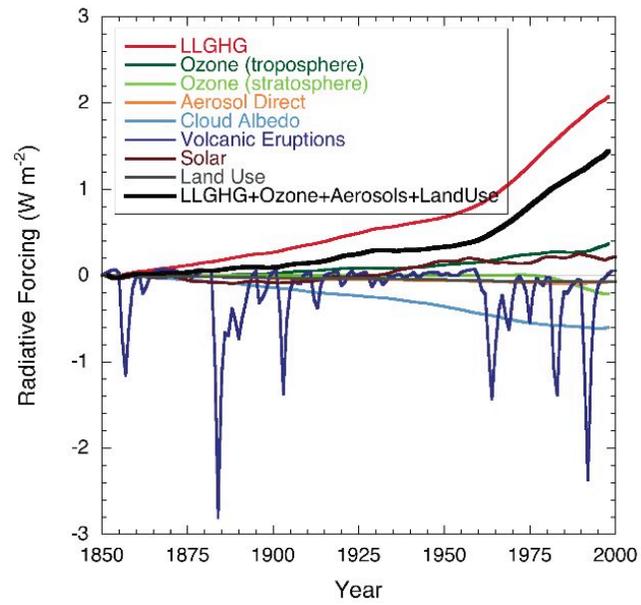
An illustrative scenario was chosen for each of the six scenario groups A1B, A1FI, A1T, A2, B1 and B2. All should be considered equally sound.

The SRES scenarios do not include additional climate initiatives, which means that no scenarios are included that explicitly assume implementation of the United Nations Framework Convention on Climate Change or the emissions targets of the Kyoto Protocol.

Surface Forcing



Radiative Forcing



MULTI-MODEL AVERAGES AND ASSESSED RANGES FOR SURFACE WARMING

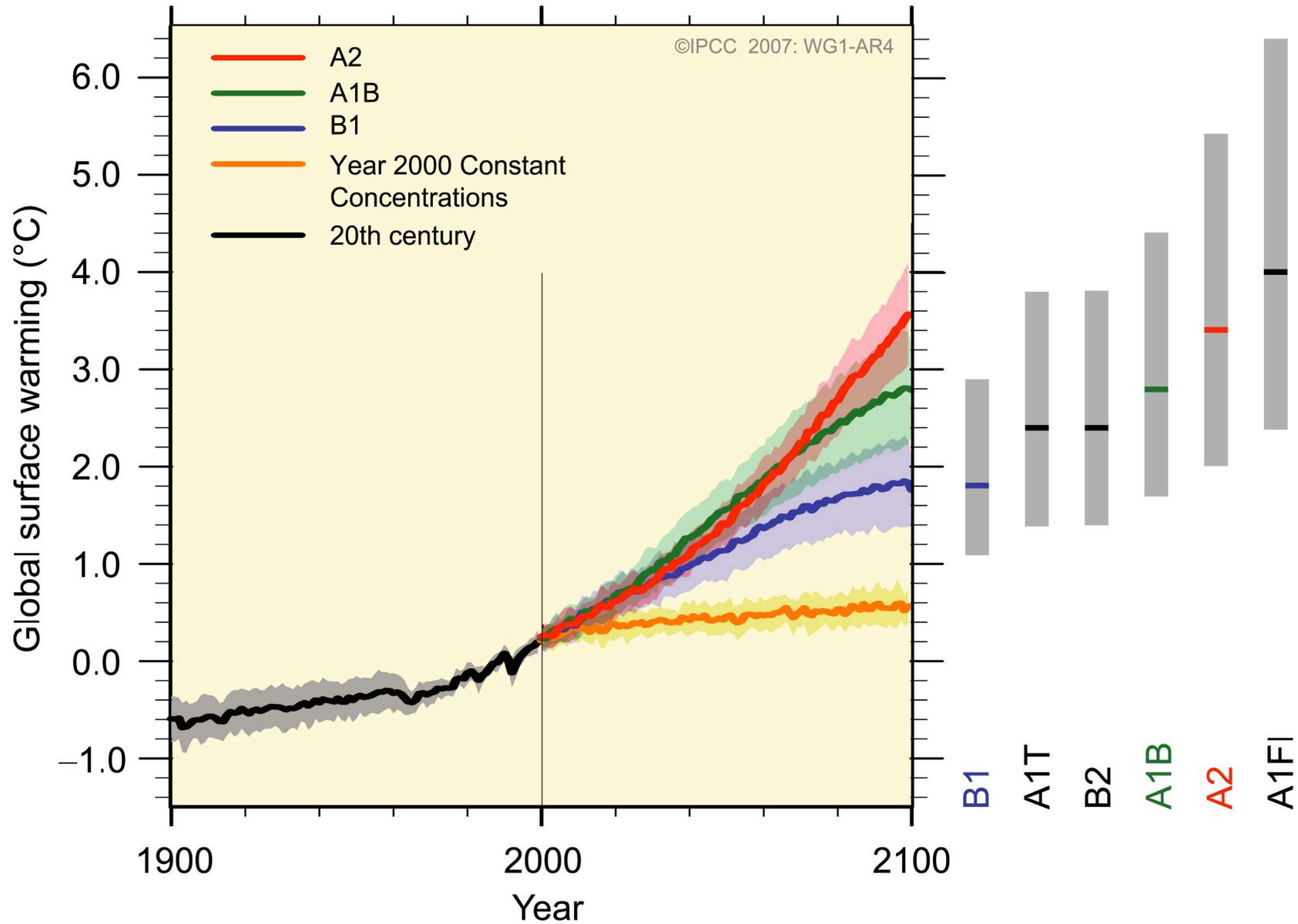
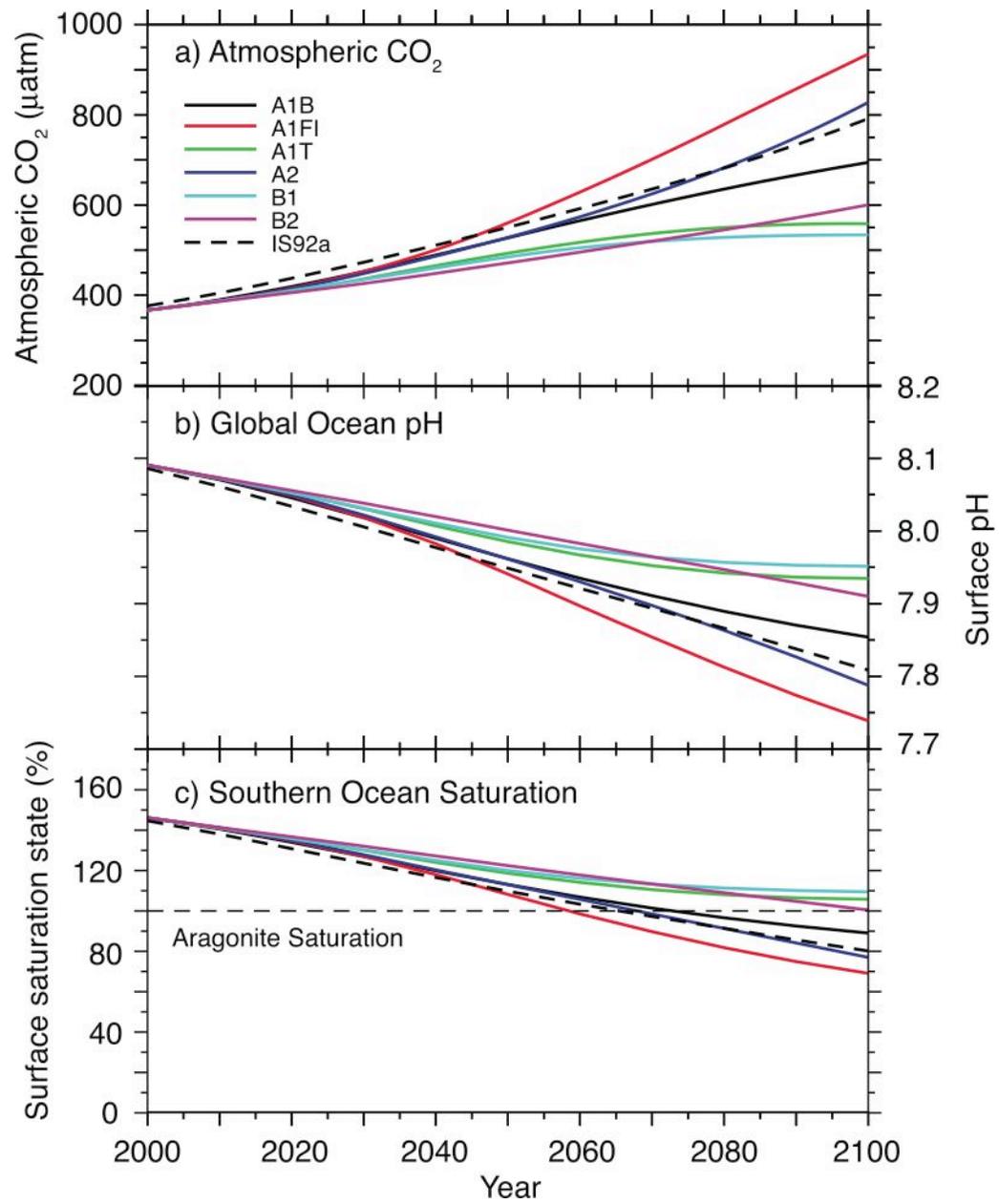
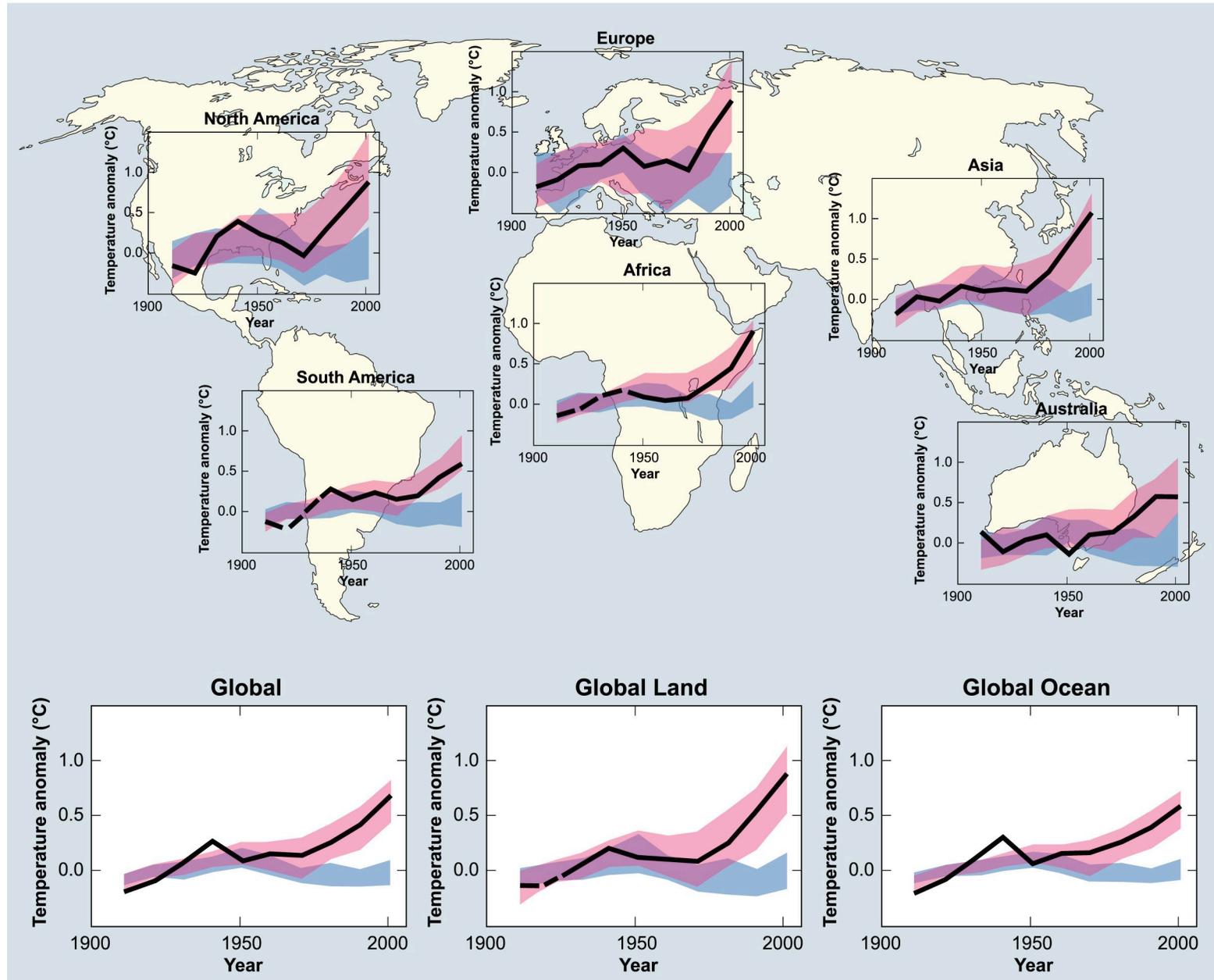


Figure SPM.5. Solid lines are multi-model global averages of surface warming (relative to 1980–1999) for the scenarios A2, A1B and B1, shown as continuations of the 20th century simulations. Shading denotes the ± 1 standard deviation range of individual model annual averages. The orange line is for the experiment where concentrations were held constant at year 2000 values. The grey bars at right



GLOBAL AND CONTINENTAL TEMPERATURE CHANGE

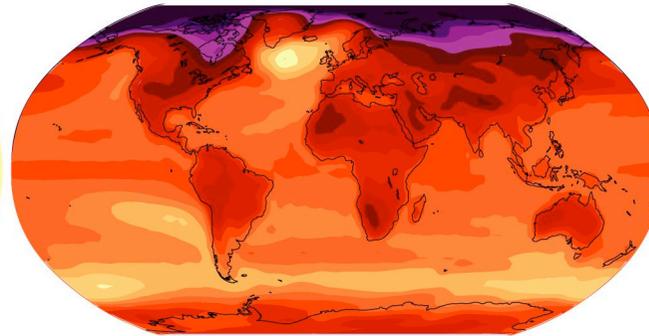
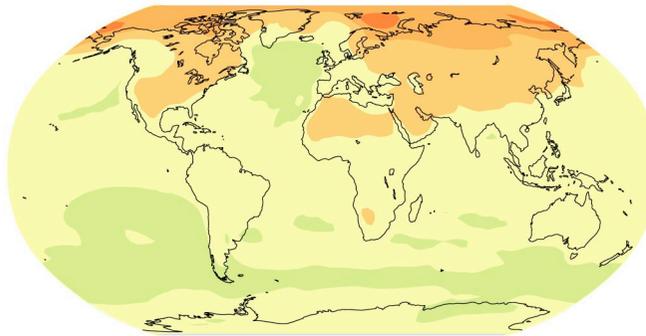
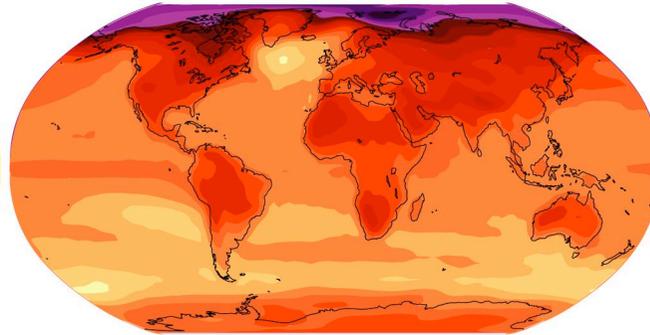
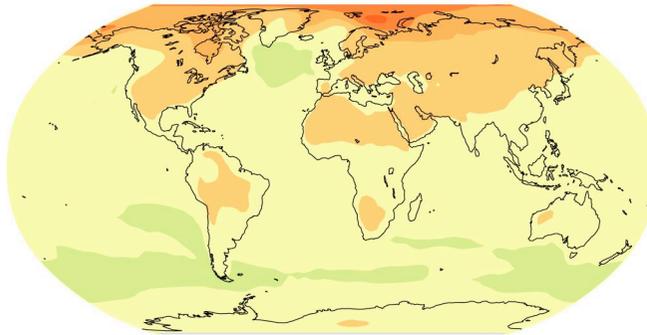
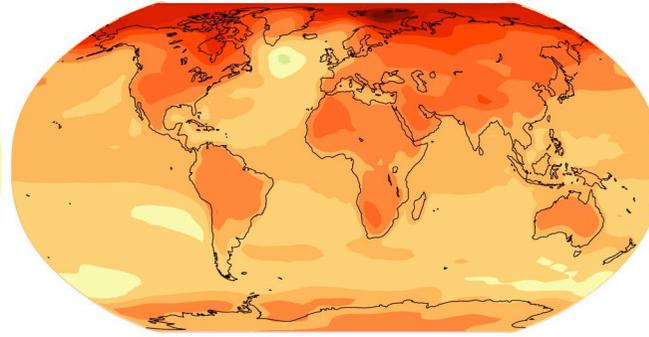
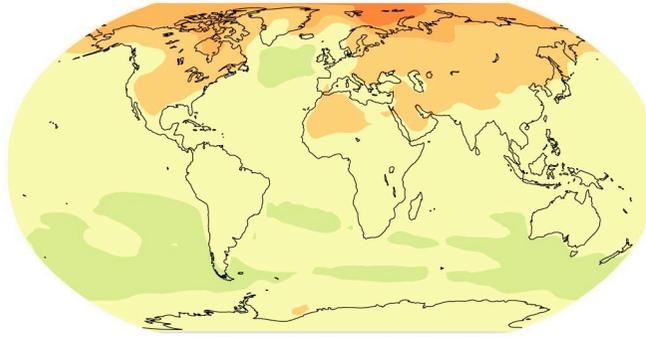


models using only natural forcings
 models using both natural and anthropogenic forcings

observations

2020 - 2029

2090 - 2099



0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 7.5

(°C)

PROJECTED PATTERNS OF PRECIPITATION CHANGES

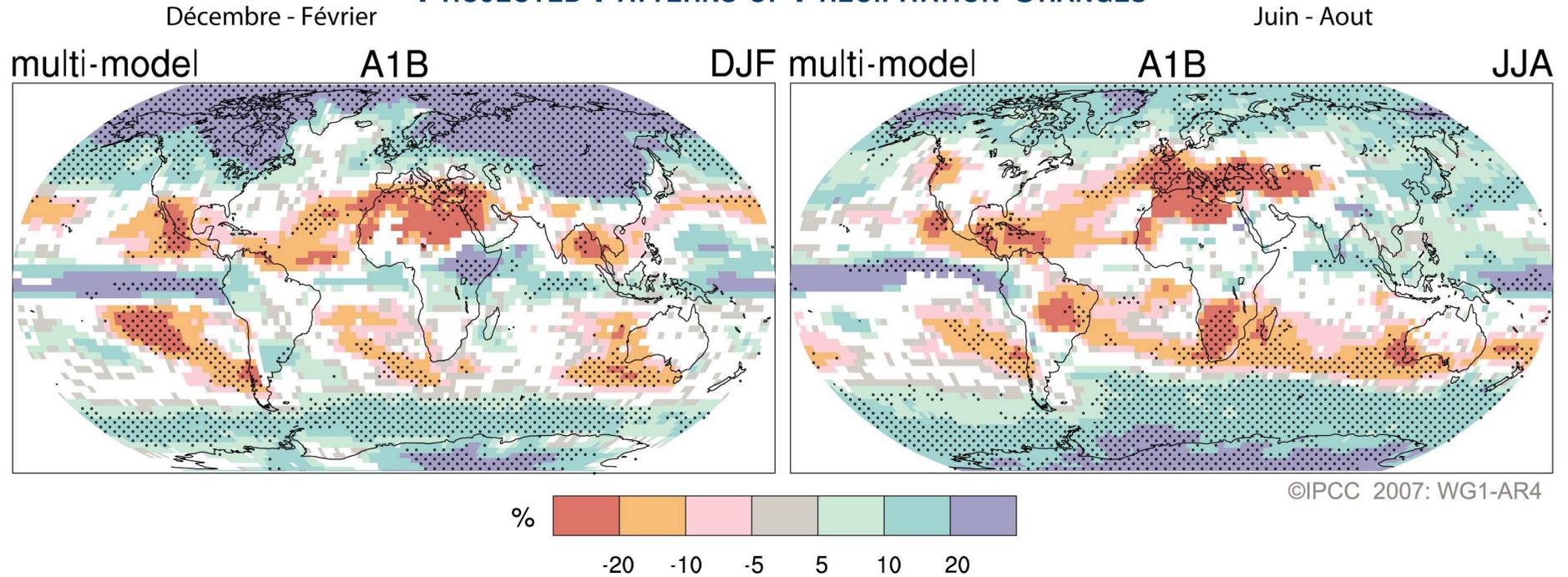
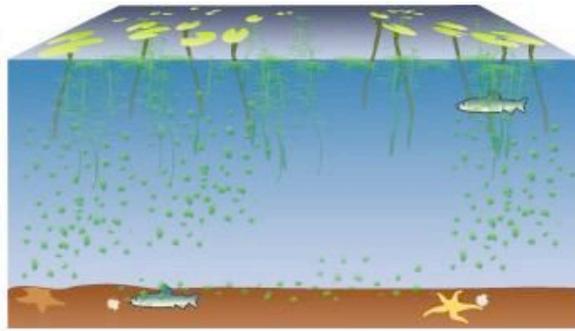
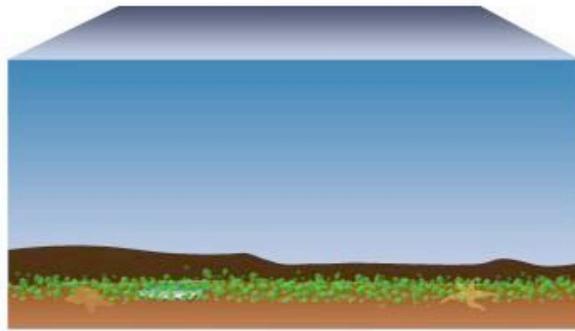


Figure SPM.7. Relative changes in precipitation (in percent) for the period 2090–2099, relative to 1980–1999. Values are multi-model averages based on the SRES A1B scenario for December to February (left) and June to August (right). White areas are where less than 66% of the models agree in the sign of the change and stippled areas are where more than 90% of the models agree in the sign of the change. {Figure 10.9}

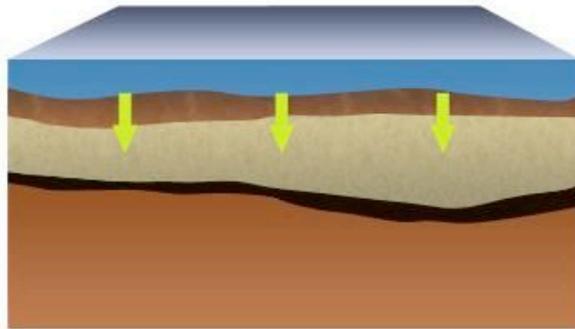
La fin du pétrole?



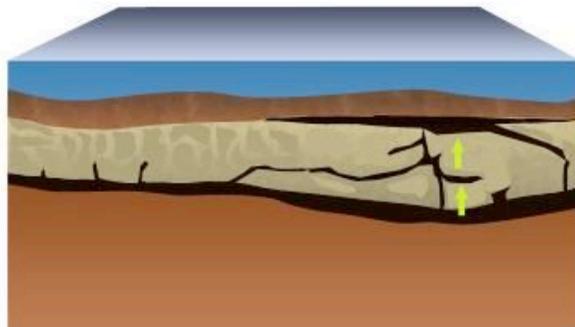
1. Les plantes et les animaux marins meurent et coulent au fond de l'océan



2. La vase recouvre la couche de plantes et d'animaux morts

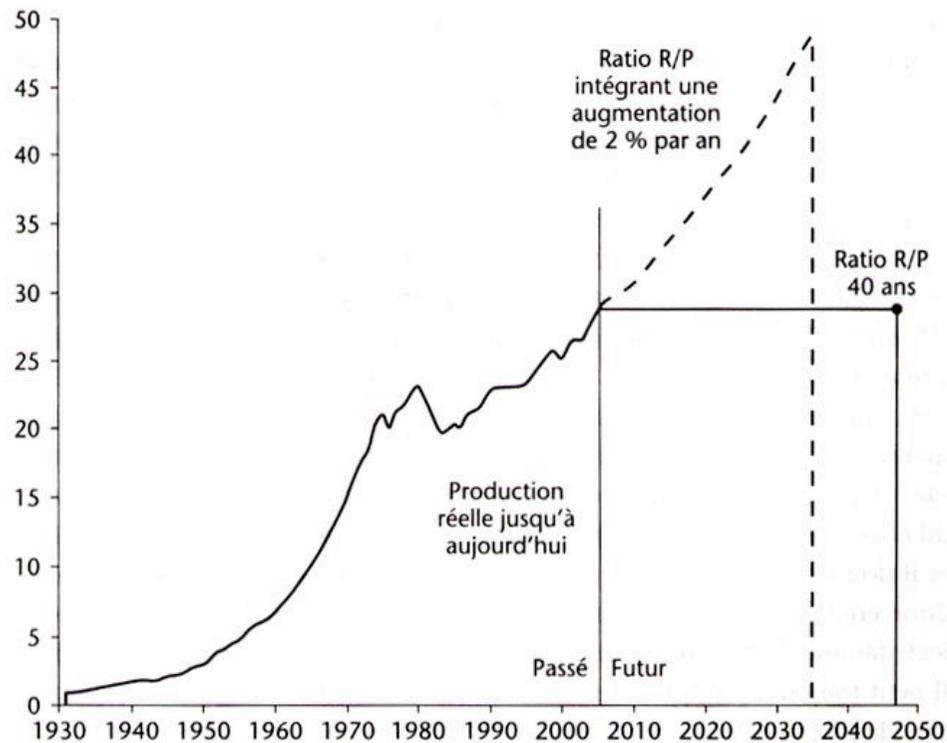


3. Avec le temps, les sédiments s'accumulent et compriment les plantes et les animaux jusqu'à ce qu'ils se transforment en pétrole.

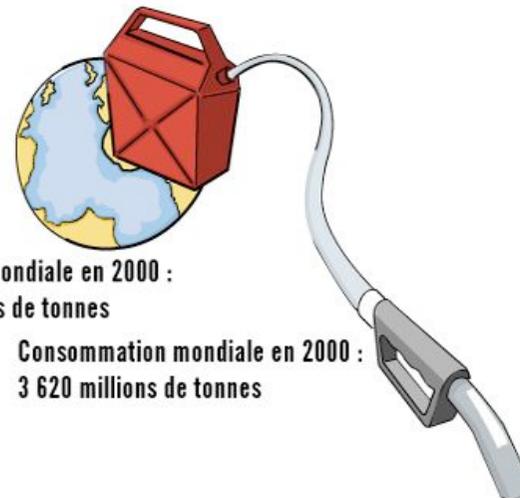


4. Le pétrole remonte à travers la roche poreuse et forme un réservoir.

Figure 2.2 : Production annuelle de pétrole au niveau mondial et représentation du ratio R/P simple et R/P avec 2 % d'augmentation.



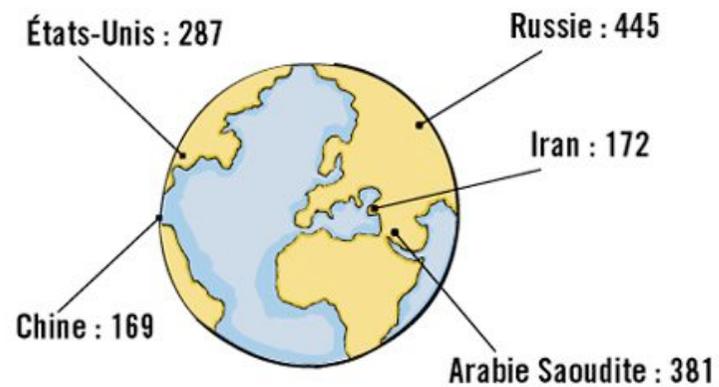
Réserves :
140 milliards de tonnes,
soit 40 à 50 ans



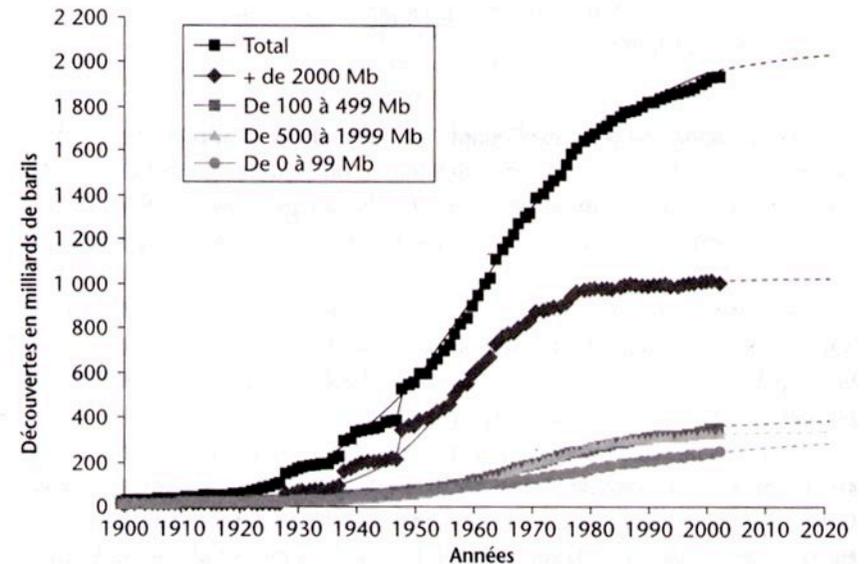
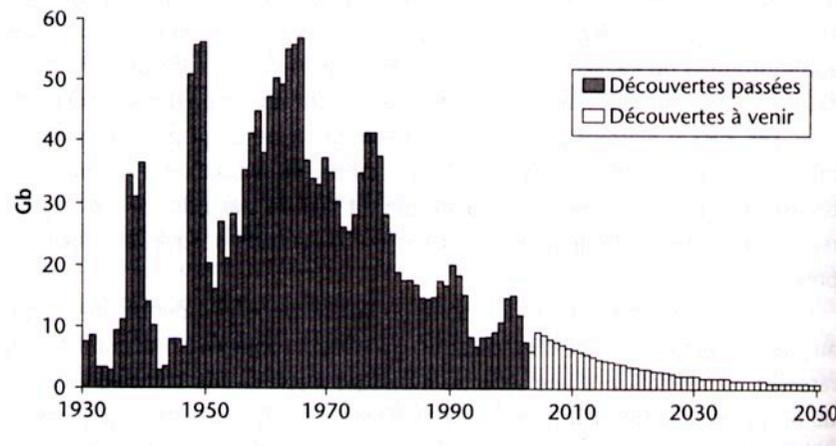
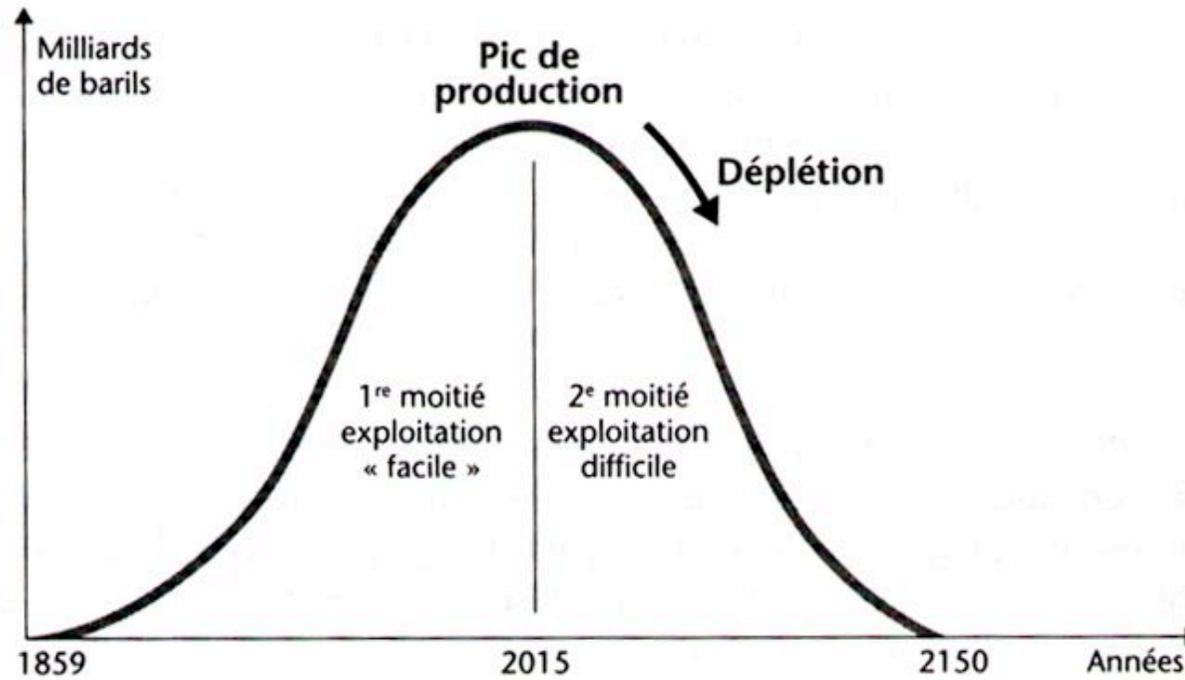
Production mondiale en 2000 :
3 657 millions de tonnes

Consommation mondiale en 2000 :
3 620 millions de tonnes

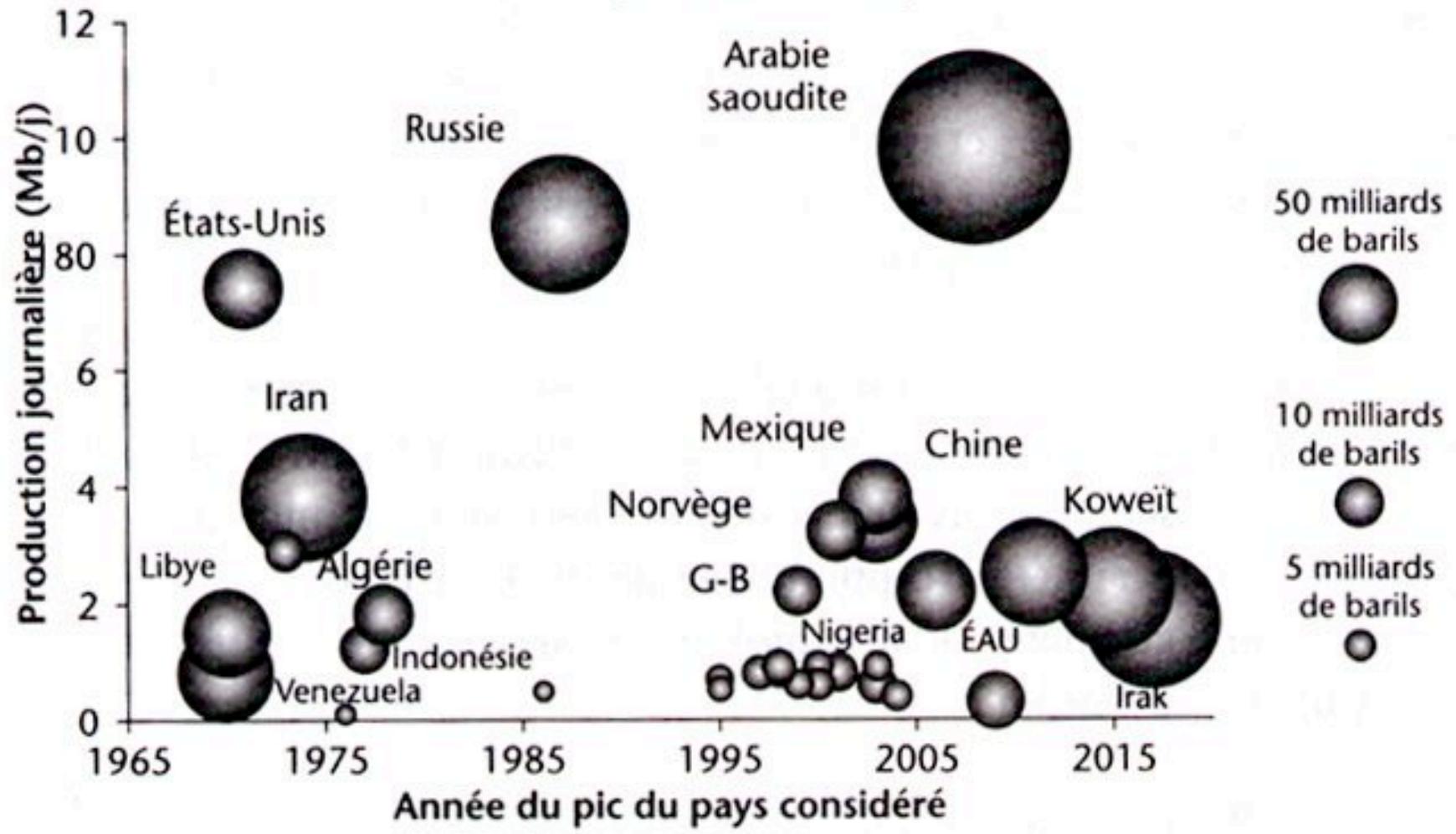
Les 5 principaux producteurs de pétrole
Production 2001 en millions de tonnes



Une approche plus réaliste, la courbe de Hubbert

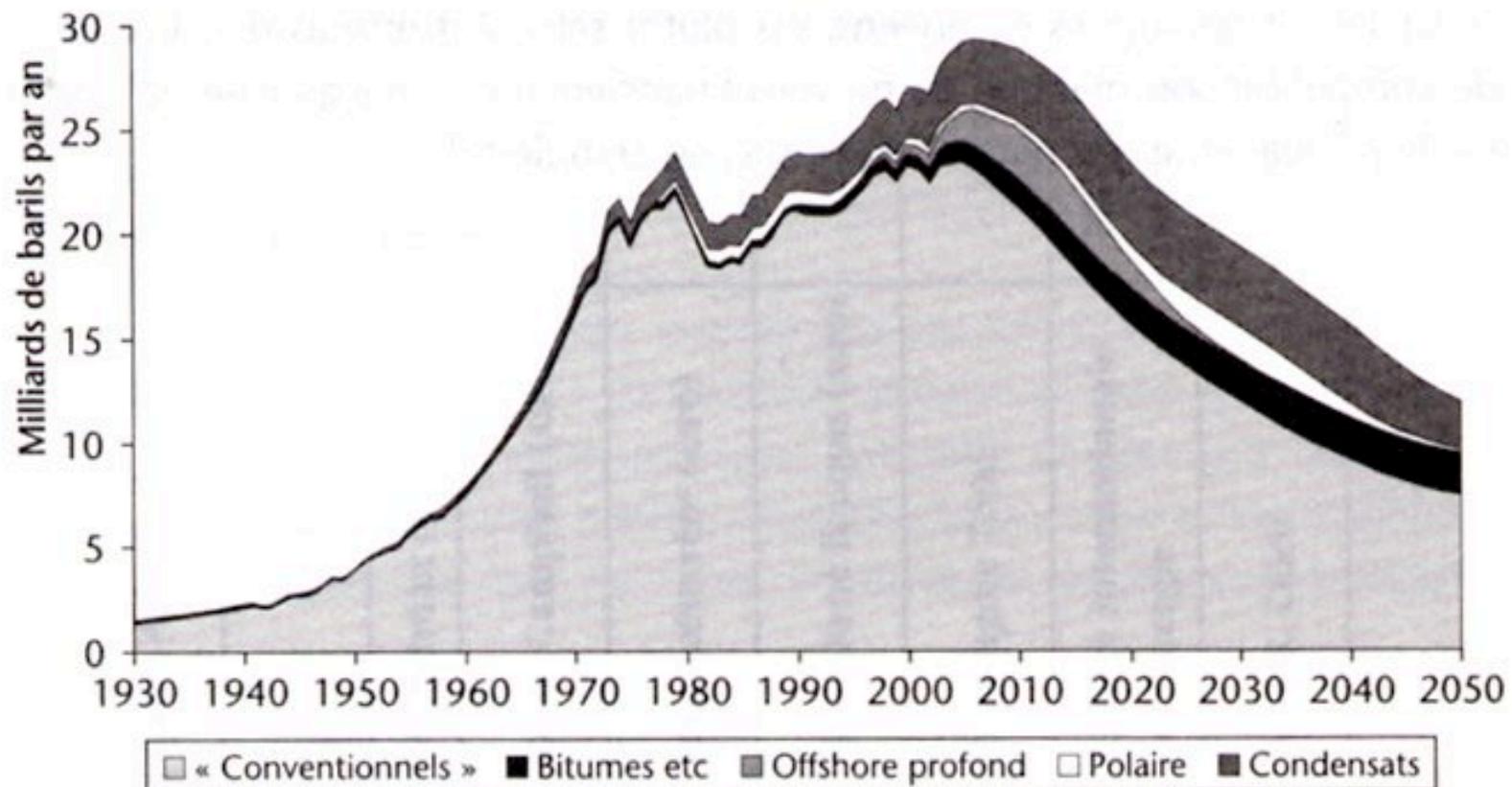


Réserves, production et pic



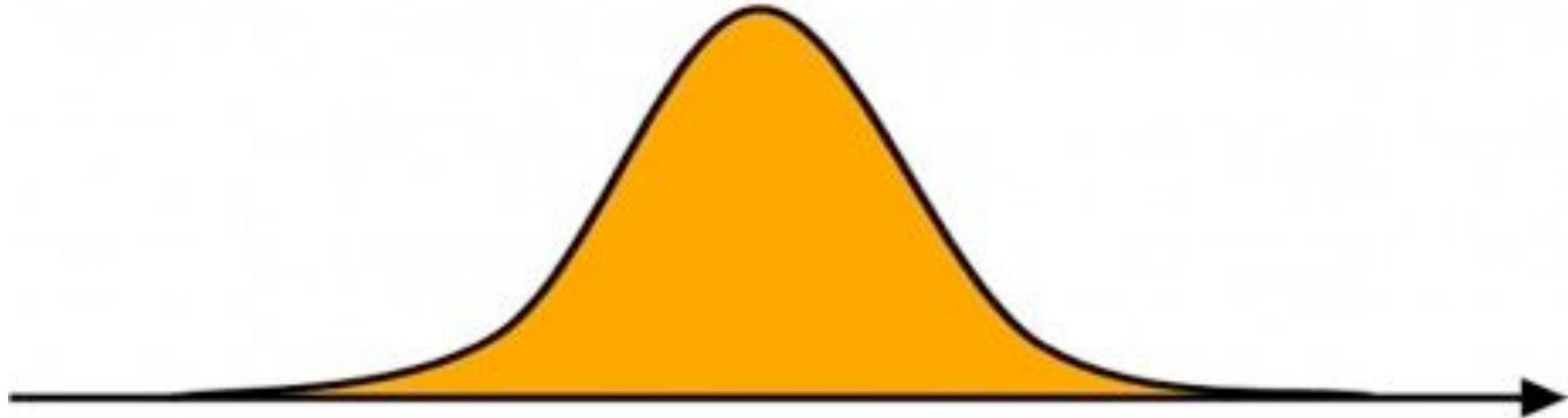
- Découvertes à venir basées sur la prospection géologique.
- Les plus grands gisements ont plus de trente ans (Arabie, Mexique, Koweït et Chine), les plus récents sont petits.
- Les réserves seraient de 2050 Gb et on en a consommé 950 en 2005.
- Le pic est donc proche pour l'ensemble du monde.
- Les estimations pour le pic varient entre 2007 et 2025 (Campbell et Total resp.)
- Campbell prend en compte le pétrole non conventionnel

Figure 4.2 : Le modèle de simulation de Colin Campbell avec un pic mondial en 2007.



Wake up!!!

We are here



Peak Oil