

Chapitre 9

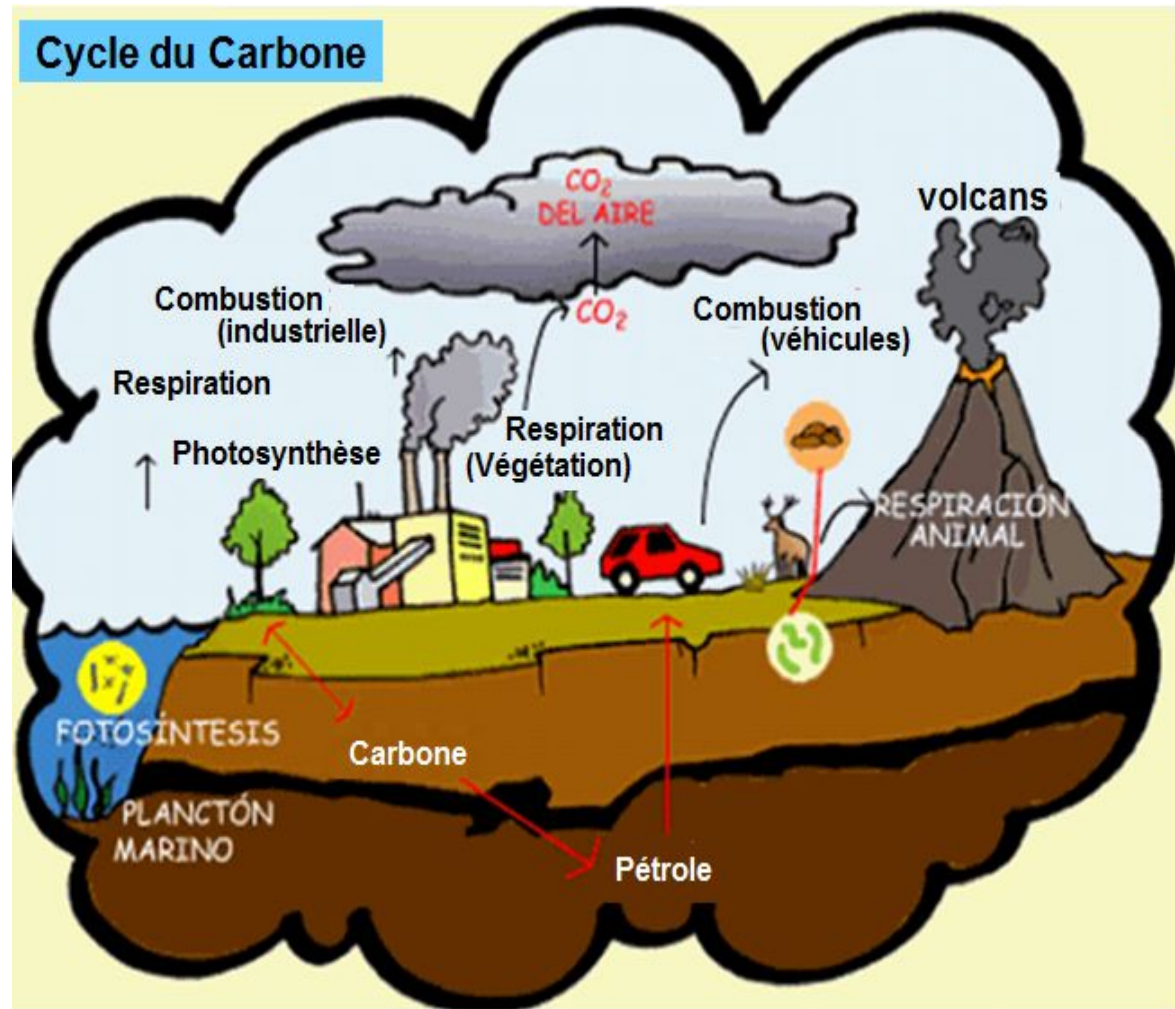
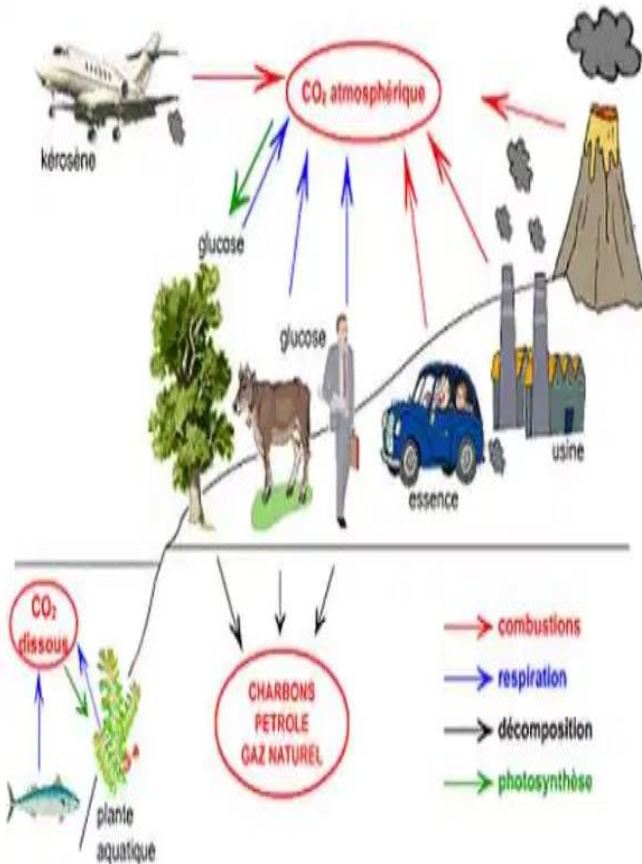


Cycle du carbone, agriculture et changement climatique

Pr. Zahidi

Activité précédente

Décrire et quantifier les dépôts de carbone sur la planète.



Cycle biogéochimique du carbone. Dépôts

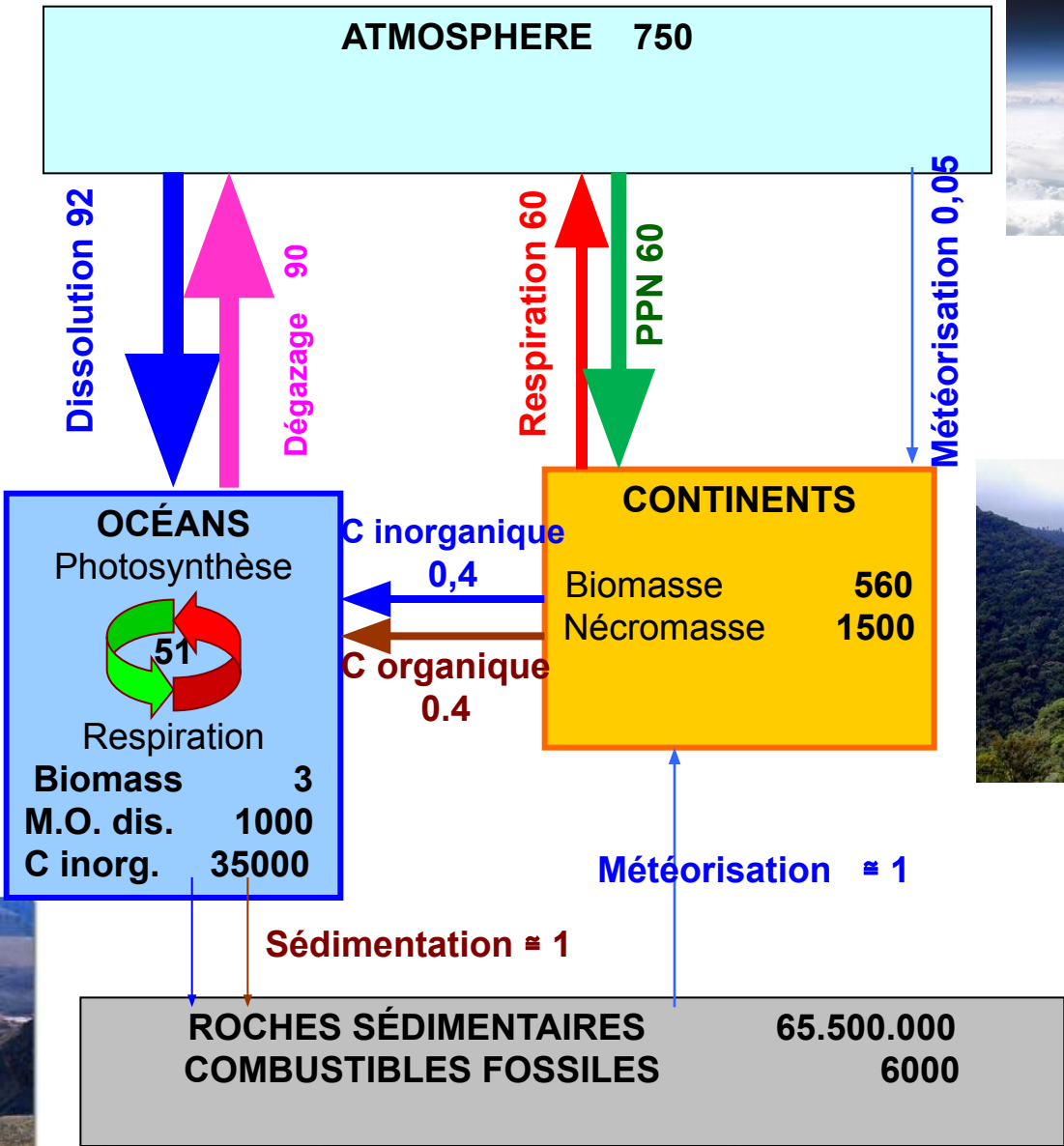
-DÉPÔTS:

- La grande majorité du carbone se trouve dans les roches sédimentaires, sous forme organique (kérogène, combustibles fossiles) et inorganique (carbonates).
- Dans l'atmosphère, il y a très peu de carbone.
- Et encore moins dans la biosphère.

Dépôts	Carbone (10 ¹² Tm)
Carbonates de Ca et Mg dans les roches sédimentaires	60.000
Matière organique dans les roches sédimentaires (kérogène)	15.000
Carbonate et bicarbonate dissous dans l'océan	42
Matière organique sédimentaire formant des combustibles fossiles	4
Matière organique et carbonate de calcium dans le sol	3
CO ₂ dans l'atmosphère	0,72
Biomasse vivant dans les continents et les océans	0,56

Cycle du carbone

Le cycle du C à la surface de la planète. Données de Schlesinger (2000). Les dépôts sont en 10^{15} g C et les flux sont en 10^{15} g C/an.



Nécromasse désigne la masse de matière organique morte présente dans une parcelle, un volume ou un écosystème donné.

Cycle biogéochimique du carbone

-FLUX:

-L'atmosphère échange constamment du carbone avec:

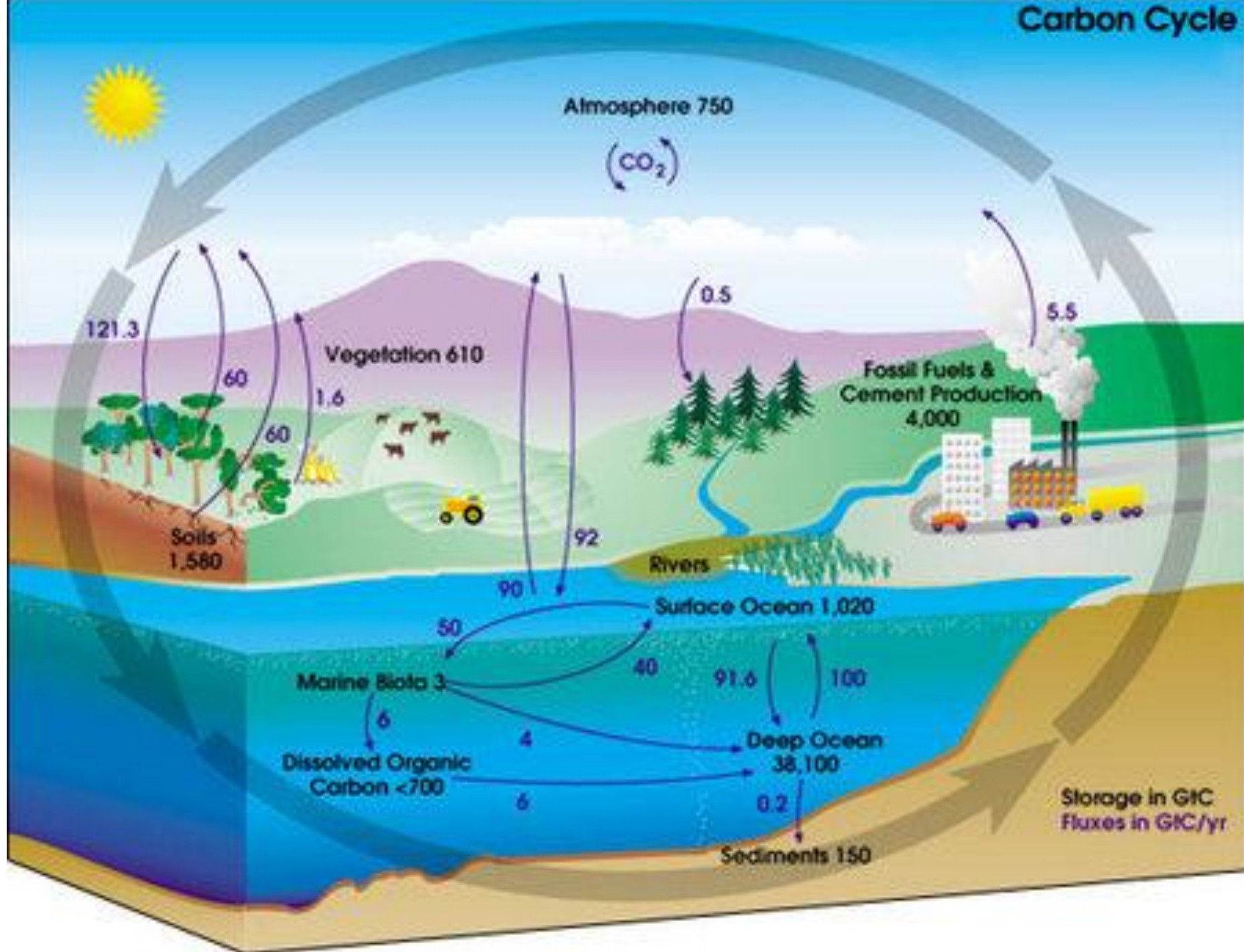
-+ La biosphère, par **photosynthèse** et **respiration**.

-+ Le sol, par la **météorisation**.

-+ Les océans, par **dissolution**. Le CO_2 atmosphérique se dissout dans l'océan en formant de l'acide carbonique qui peut retourner dans l'atmosphère par **dégazage**. Mais il y'a plus de gaz qui se dissout que de gaz qui retourne, car une partie est absorbée par les algues pour produire de la matière organique, elles finissent par **sédimenter**, et une autre partie se transforme en carbonates insolubles qui **précipitent**. De cette façon, 2×10^{15} g C / an de C sont fixés.

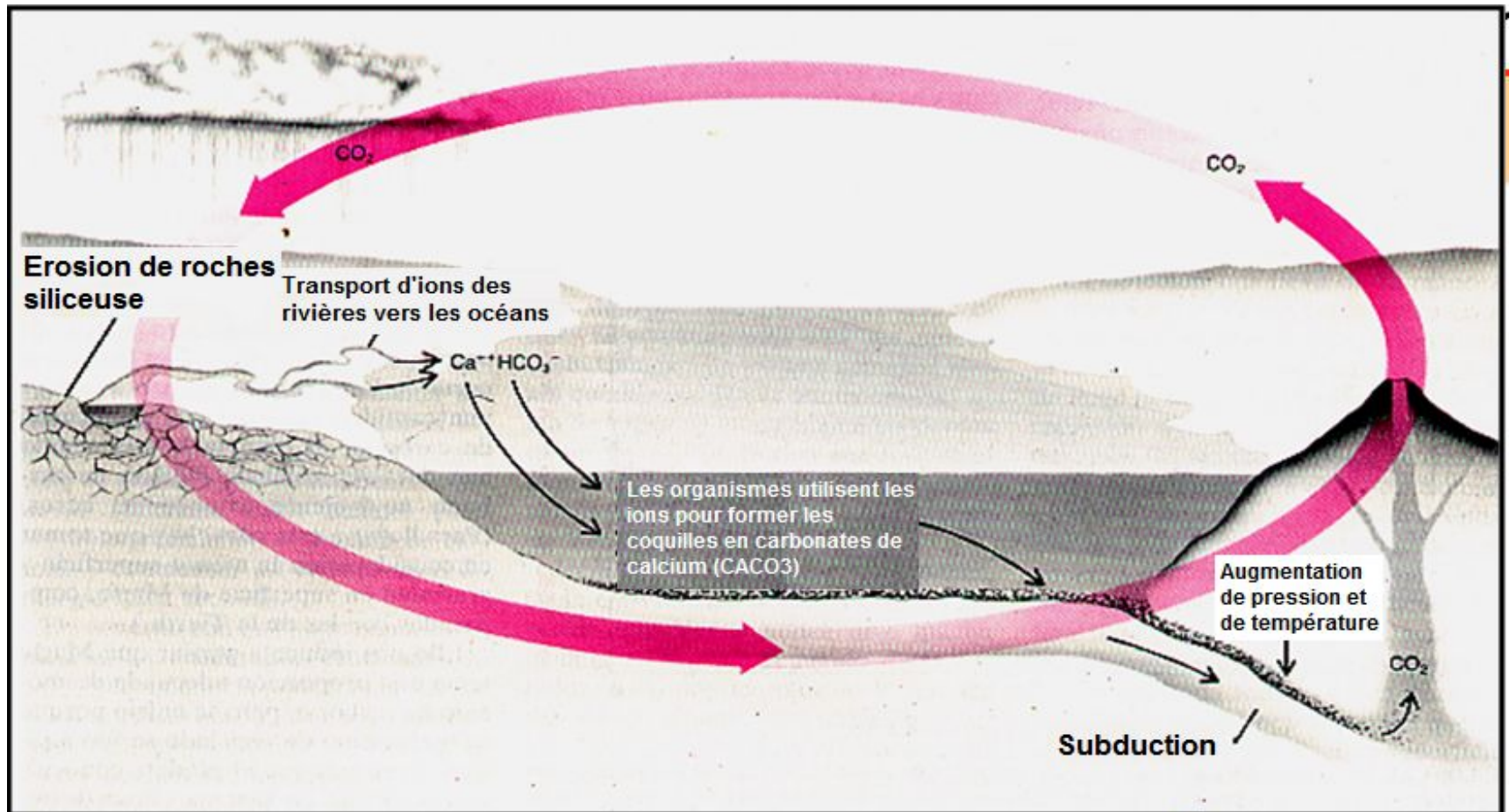
-Les immenses dépôts de carbone provenant des sédiments ne sont pas totalement isolés, car ils reçoivent la matière organique et les carbonates par **sédimentation**, et rejettent le CO_2 dans l'atmosphère à travers le **vulcanisme**.

Carbon Cycle

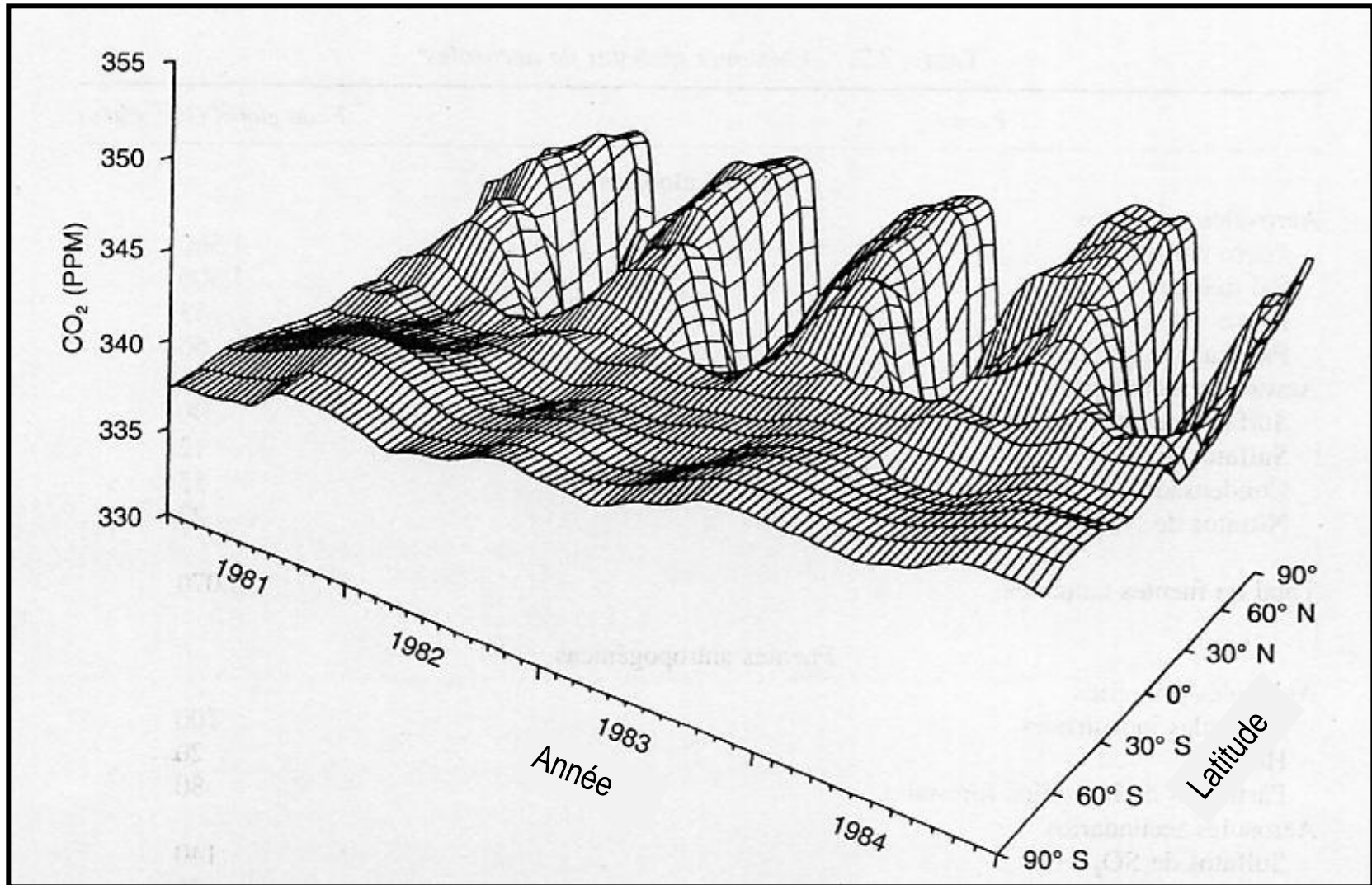


Cycle géologique du carbone

Le CO_2 est éliminé de l'atmosphère par la météorisation: réaction avec les roches siliceuses de la croûte. Le C finit dans les sédiments qui s'enfoncent dans la croûte terrestre. Lorsque les roches fondent sous l'effet de la chaleur, la réaction inverse à la météorisation se produit: des roches siliceuses se forment et du CO_2 est libéré, lequel retourne dans l'atmosphère à travers les volcans.

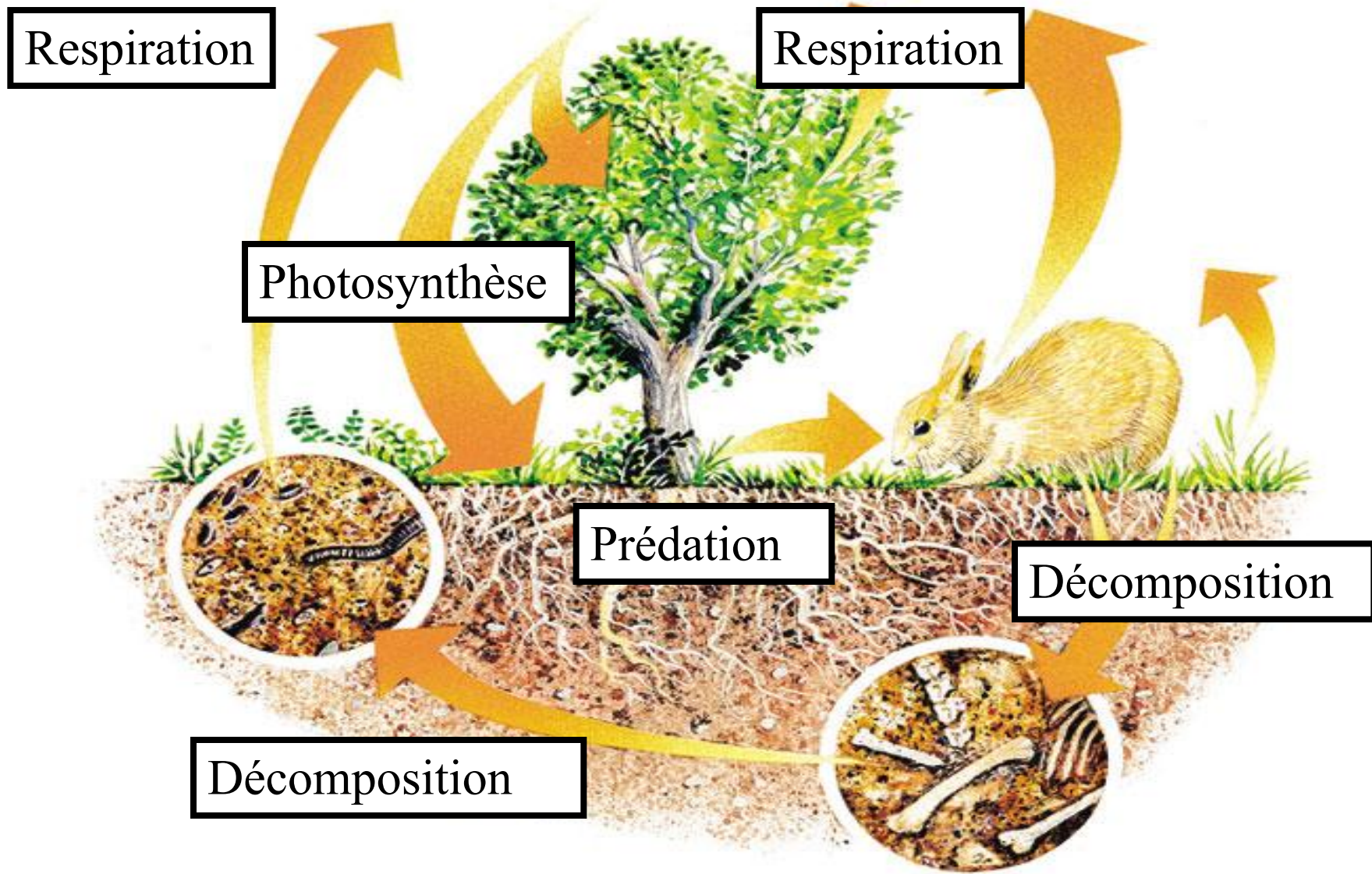


A quoi sont dues ces variations?



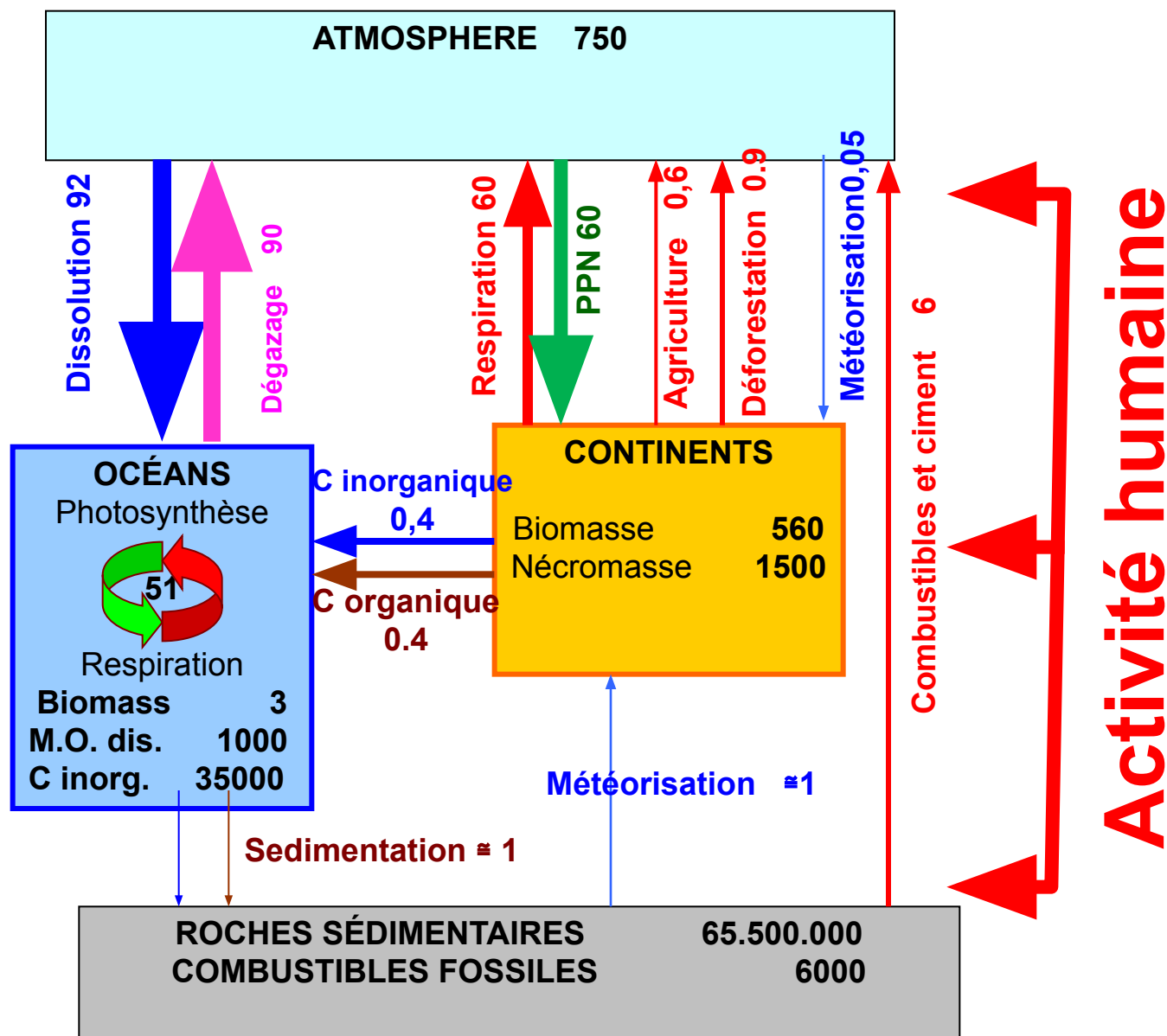
Fluctuations annuelles de la concentration de CO₂ atmosphérique (1981-1984) mesurées en ceintures latitudinales de 10°.





Sous-cycle organique du cycle du carbone

Cycle du carbone



Cycle du carbone et activités anthropiques

- Les activités anthropiques émettent dans l'atmosphère c. $7,0 \times 10^{15}$ g C / an (combustion de combustibles fossiles, fabrication de ciment, agriculture et déforestation), 10% de sa teneur totale en C.



- De ces émissions, $3,2 \times 10^{15}$ g C / an restent dans l'atmosphère, le reste est éliminé par les océans et les continents, une petite partie ($0,05 \times 10^{15}$ g C / an) est éliminée inorganiquement par météorisation sur les continents.

CICLO DEL CARBONO

ATMÓSFERA

CO_2 - Contribuye al efecto invernadero y es un factor básico en la determinación de la temperatura de la superficie terrestre

6000 Mton/año son emitidas
3000 Mton/año se quedan en la atmósfera

procesos químicos y biológicos

procesos químicos y biológicos

deforestación

incendios forestales

industria

combustibles fósiles

océanos

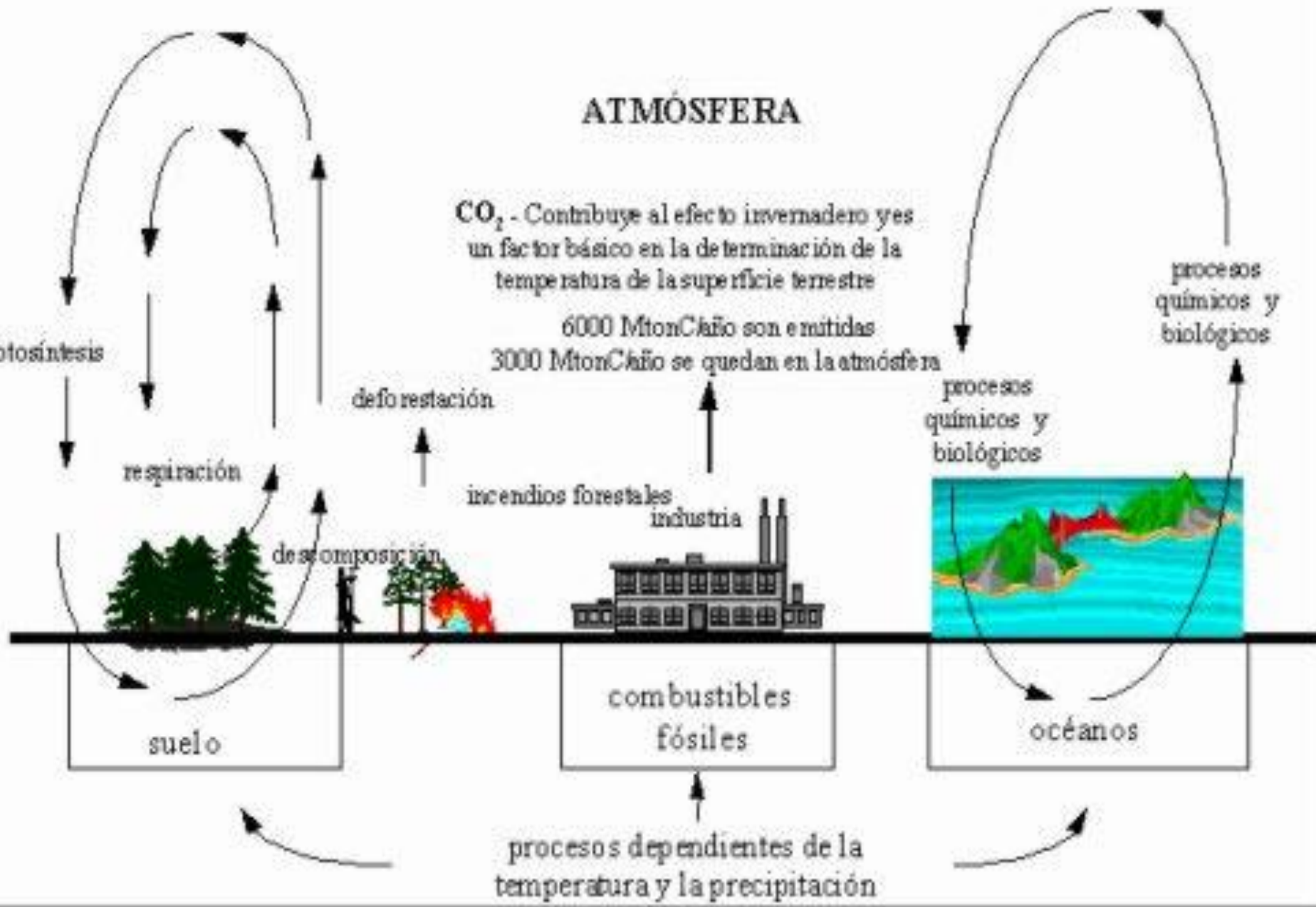
suelo

procesos dependientes de la temperatura y la precipitación

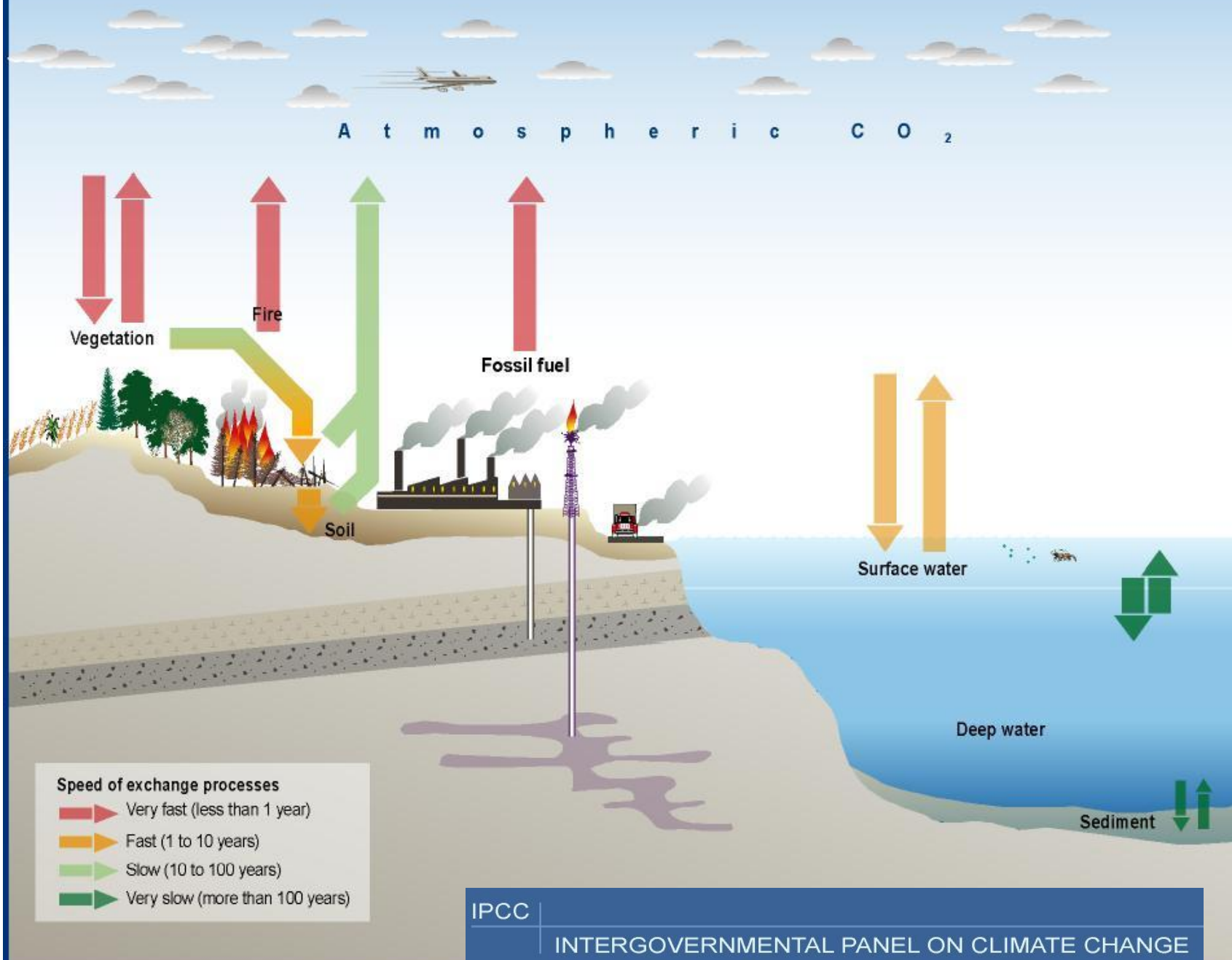
fotosíntesis

respiración

descomposición



Fast and slow processes in the carbon cycle



Influence anthropique sur le changement climatique actuel

La destruction des forêts tropicales.

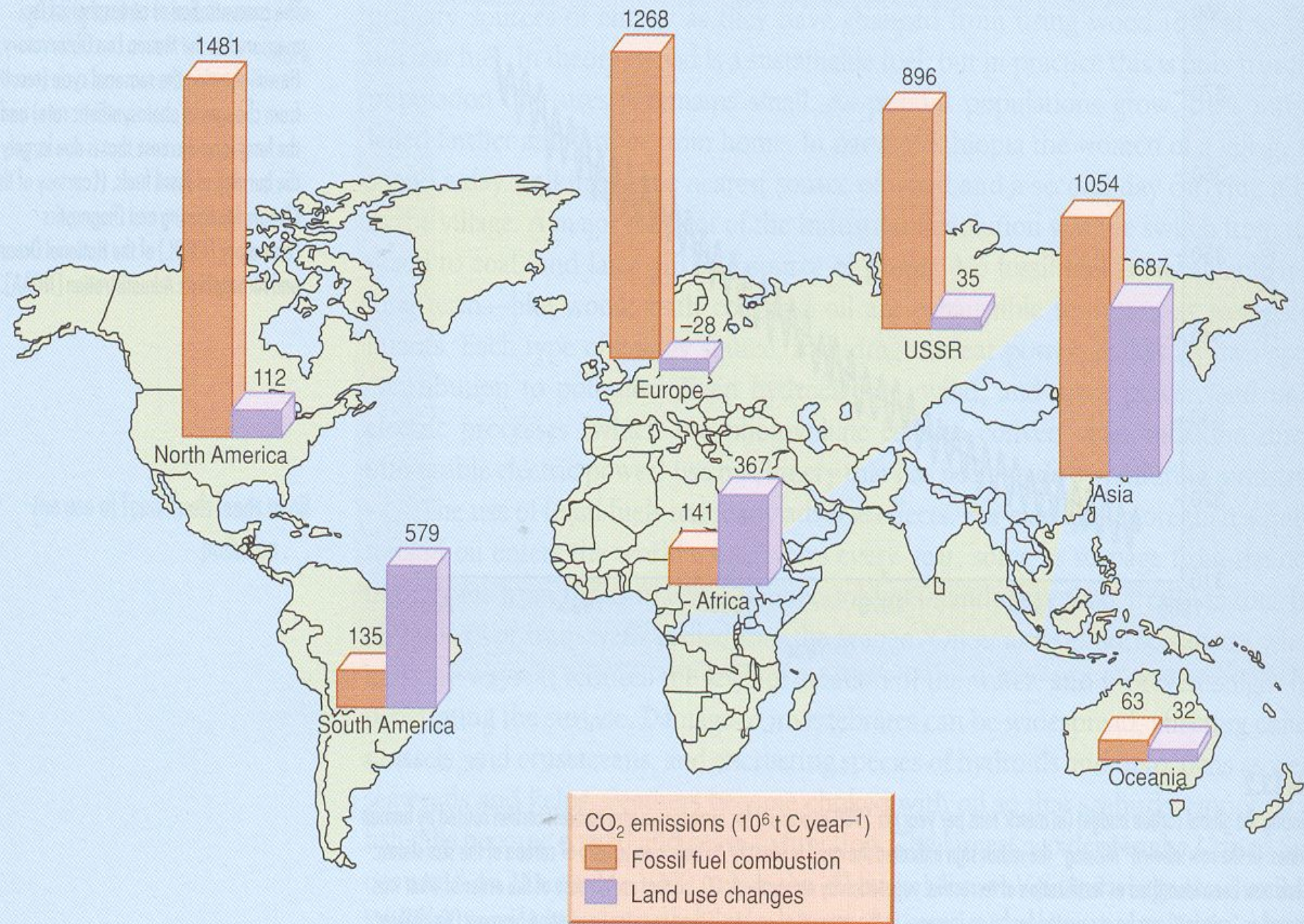
Chaque année, 100 000 km² de forêt tropicale sont déboisés. Sur une superficie totale de 9 millions de km², cela représente une perte de 0,5 à 1,1% par an.

La destruction de toutes les forêts tropicales entraînerait une augmentation de la température moyenne mondiale de 0,3 °C.

Effets:

- 1.- Augmentation de l'effet de serre (destruction du puits et transformation des forêts en source).
- 2.- Diminution des précipitations (diminution de l'évapotranspiration).
- 3.- Augmentation de l'albédo (formation d'anticyclones).

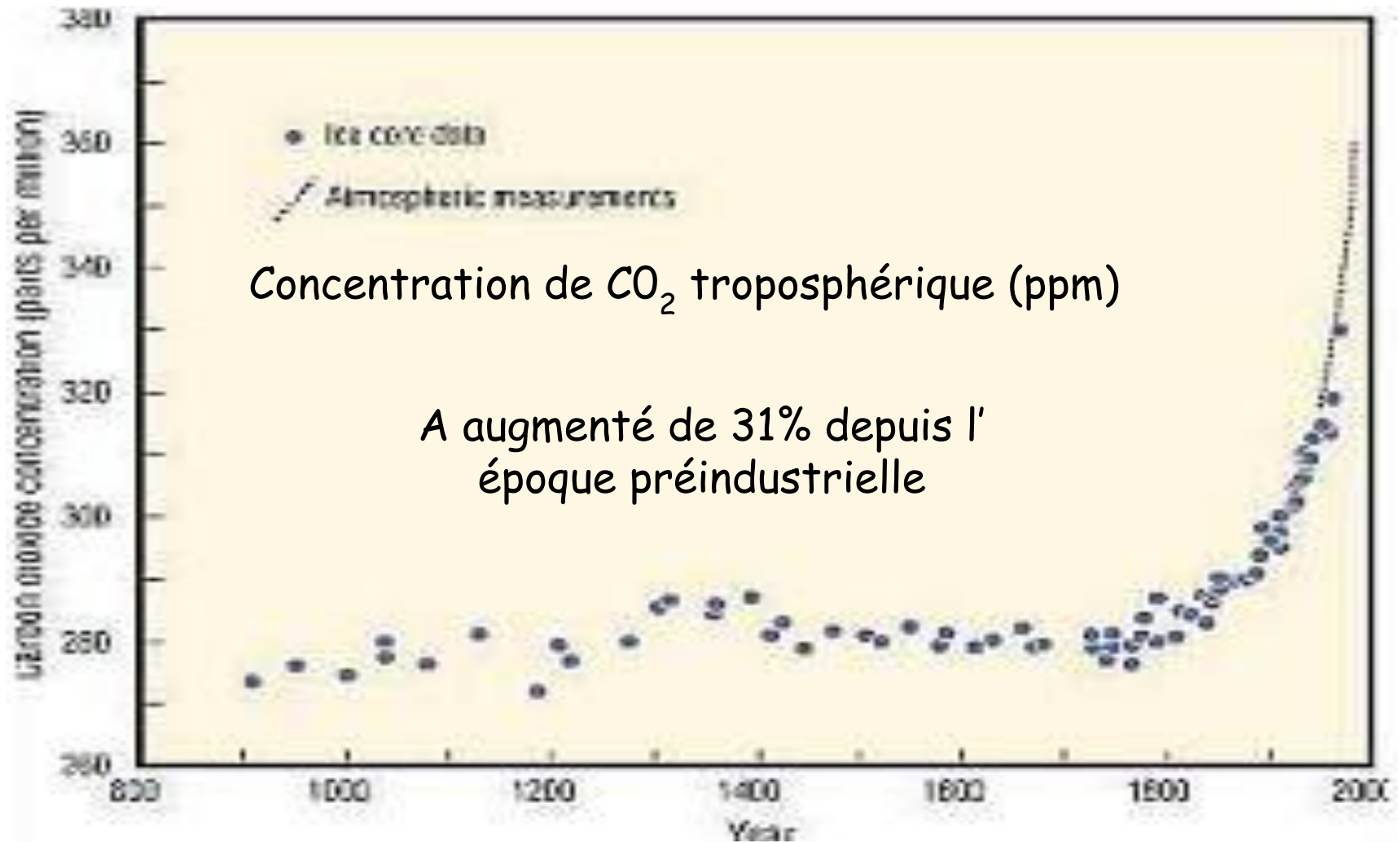




-Sources de CO_2 : respiration, volcans et combustion (y compris les actions anthropiques).

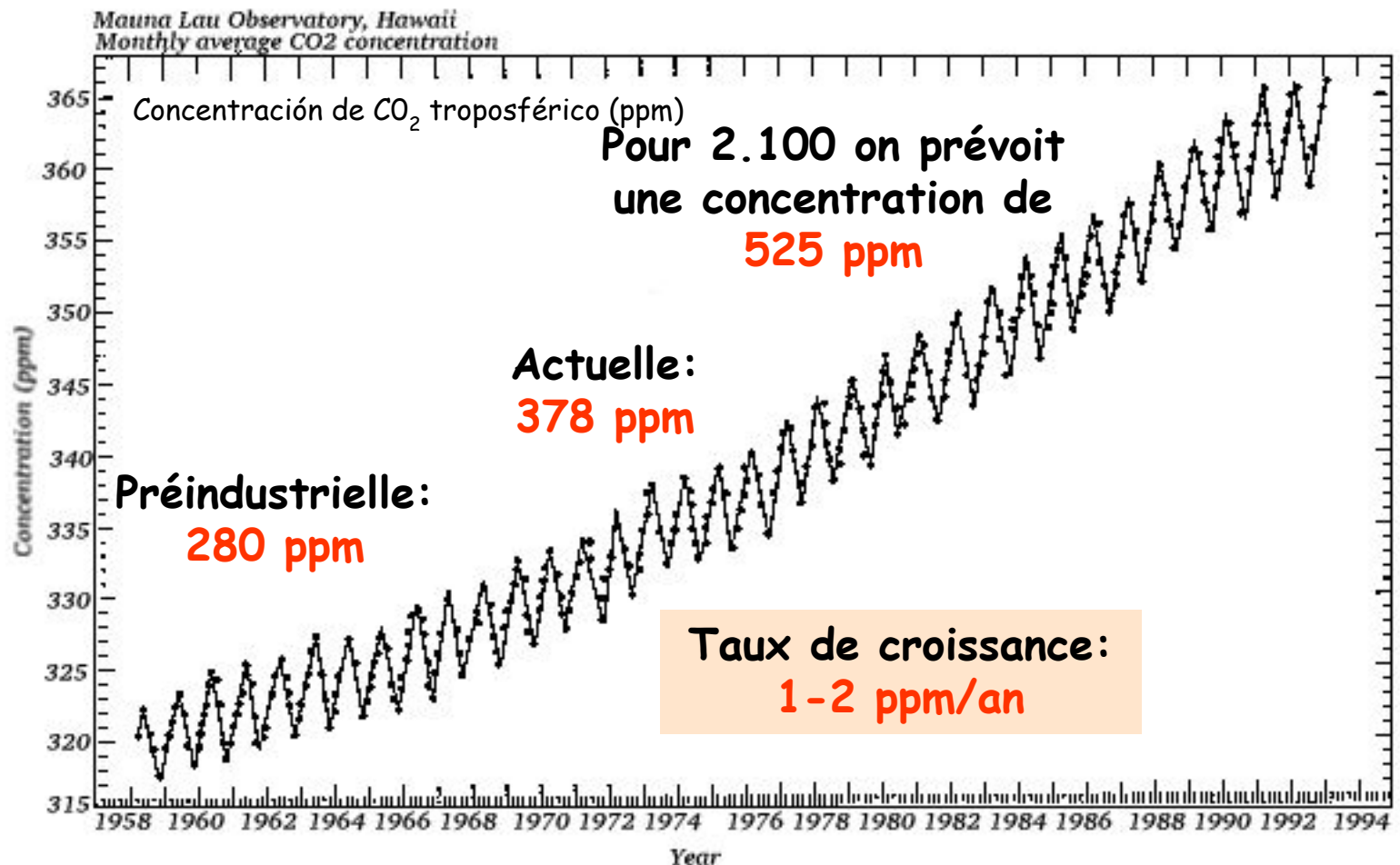
-Puits de CO_2 : océans et photosynthèse.

-**Actuellement, la concentration de CO_2 augmente de 0,5% par an (1 ppm) et les émissions augmentent de 4%.**

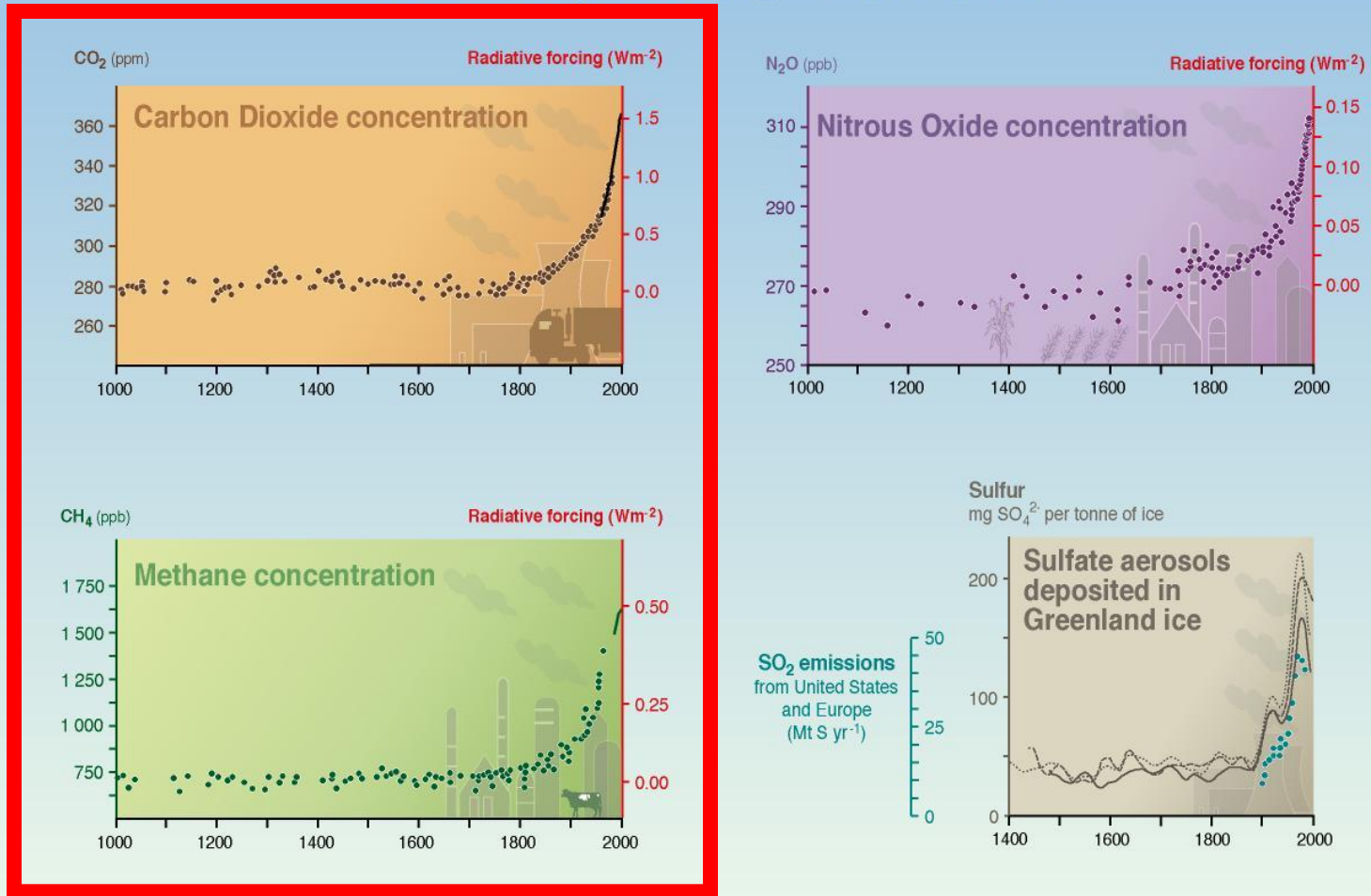


Concentration de CO_2 troposphérique (ppm)

- Les émissions de CO_2 se sont multipliées par 13 au cours du 20ème siècle, elles contribuent à 60% de l'augmentation de l'effet de serre.
- 80% des émissions de CO_2 proviennent de la combustion de combustibles fossiles, et 20% de la déforestation tropicale (GIEC 1.996).
- 55% du CO_2 émis est absorbé par la végétation et les océans (GIEC, 2001).



Indicators of the human influence on the atmosphere during the Industrial era



SYR - FIGURE
WG1 FIGURE

Les principaux gaz à effet de serre sont: la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O), les chlorofluorocarbones (CFC) et l'ozone (O₃).

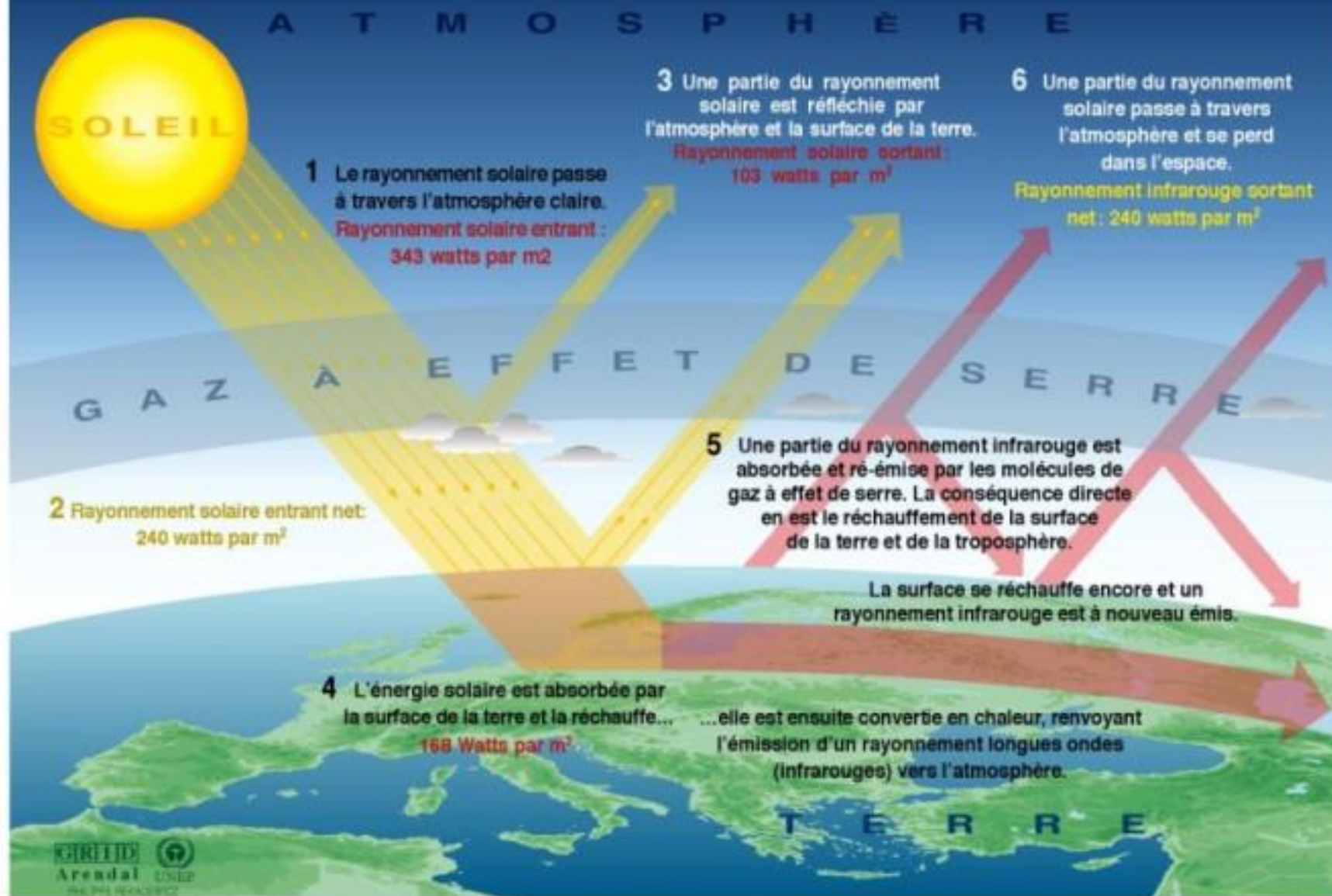
Le GIEC est le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat



WMO

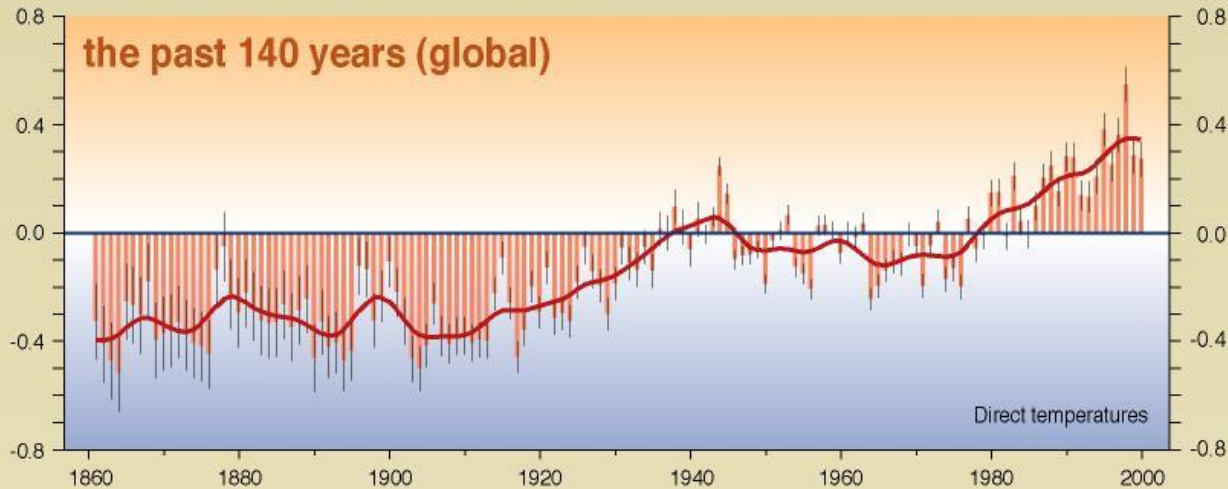
UNEP

L'effet de serre

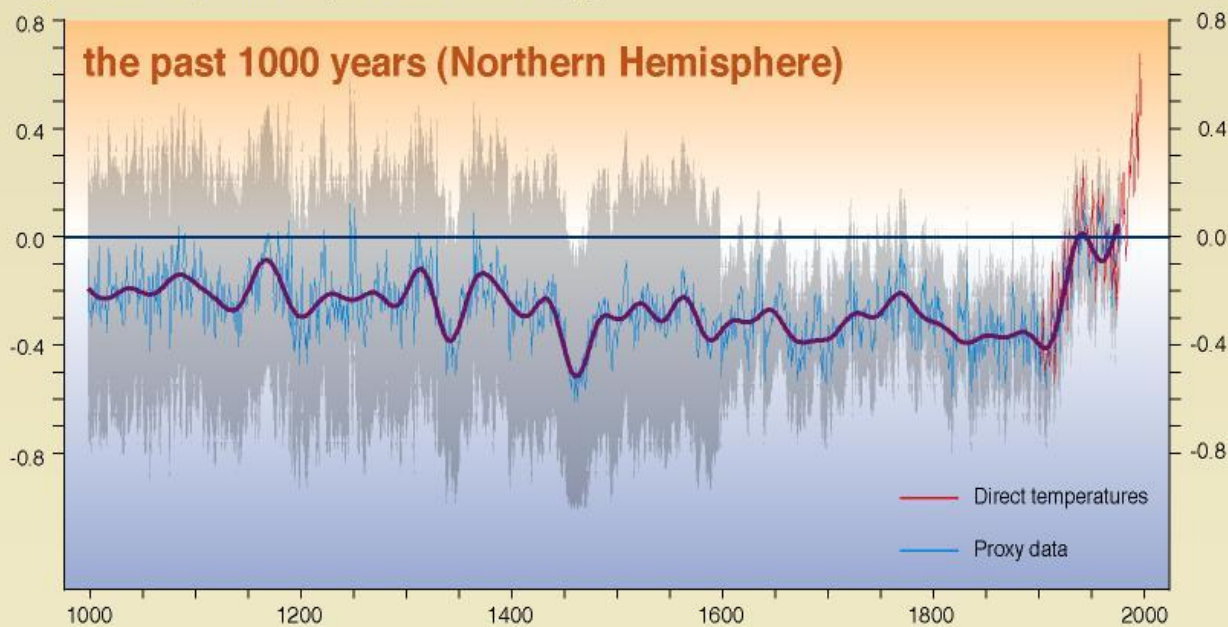


Variations of the Earth's surface temperature for...

Departures in temperature in °C (from the 1961-1990 average)



Departures in temperature in °C (from the 1961-1990 average)



L'effet de serre a pour conséquence le réchauffement climatique

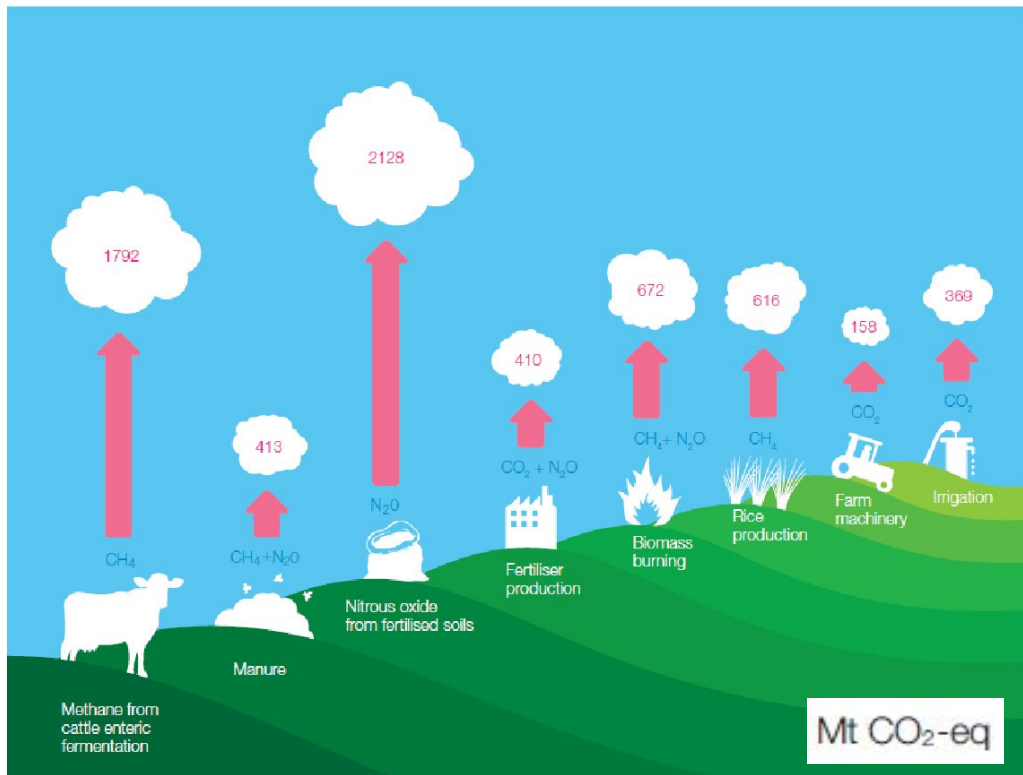


Contribution de l'agriculture à la production de gaz à effet de serre

Gaz	CO ₂	CH ₄	NO ₂
Index de l'effet de serre	1	11	320
Source agricole (% contribution aux émissions mondiales)	Changement dans l'utilisation des terres. Principalement la déforestation.	Ruminants (15) Champs de riz (11) Combustion de la biomasse (7)	Bétail (y compris l'épandage de fumier)(17) Combustion de la biomasse (3)
Émissions agricoles % du total anthropique	15	49	66
Changements estimés	Stable ou diminuant	Stable ou diminuant aux champs de riz Augmentation due à l'augmentation du bétail (60%)	Augmentation 35-60%

Contribution de l'agriculture à l'émission des GES (Gaz à Effect de Serre)

Figure 1. Global contribution of agriculture to greenhouse gas emissions.



Méthane de la fermentation entérique du bétail

Fumier

Oxide nitrique de l'application au sol d'engrais chimiques

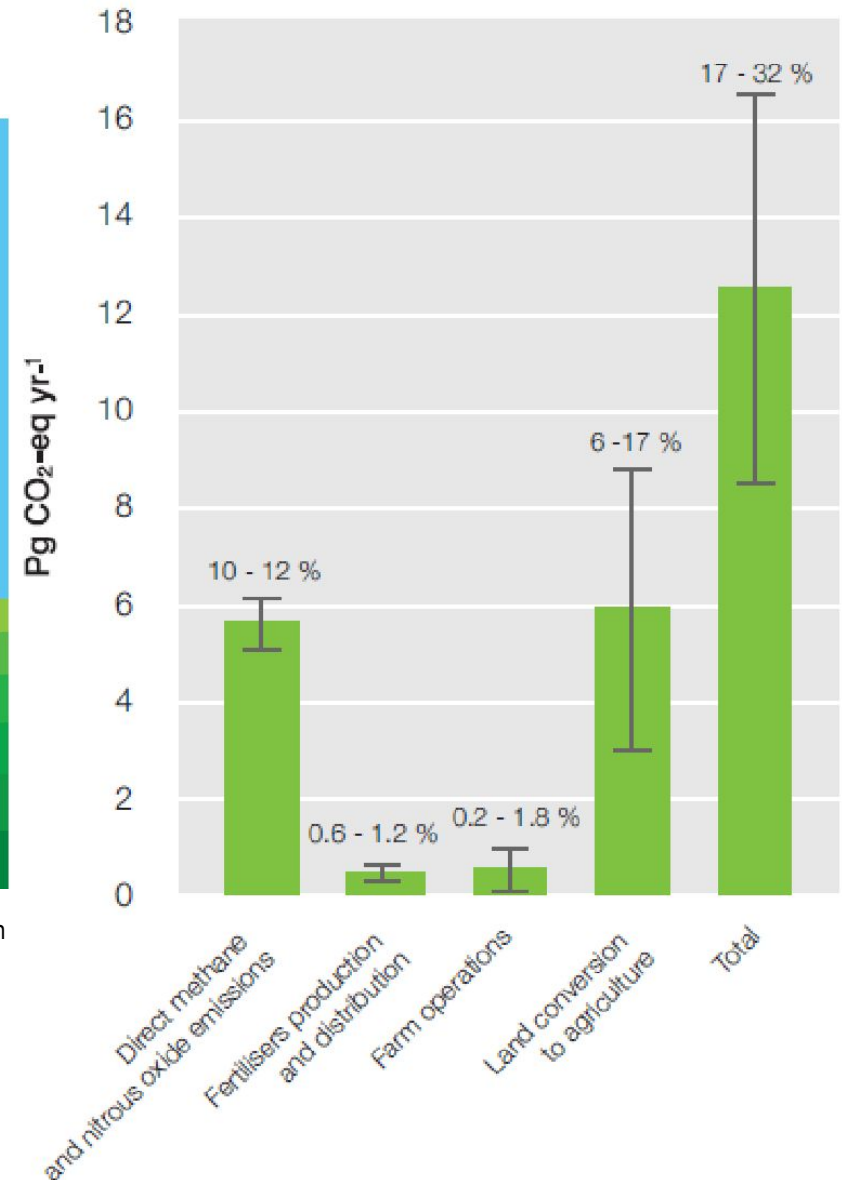
Production d'engrais chimiques

Combustion de biomasse

Champs de riz

Machines agricoles

Irrigation





Emissions de Méthane CH₄

Estimations des émissions naturelles et anthropiques de méthane à niveau global (millions de tonnes par an, 10⁶ t/an)

Naturel		Énergie / déchets		Agriculture	
Zones humides	115	Gaz et pétrole	50	Champs de riz	60
Océans	15	Charbon minéral	40	Bétail	80
Termites	20	Charbon de bois	10	Engrais organiques	10
Combustion	10	Enfouissements	30	Combustion	5
		Eaux résiduelles	25		
TOTAL	160		155		155

Source: Johnson and Johnson

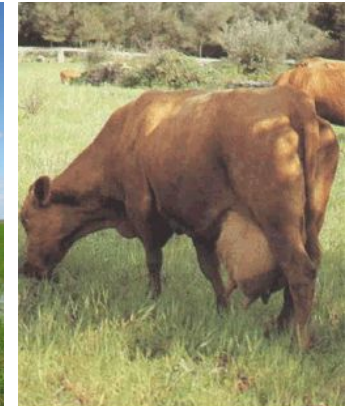
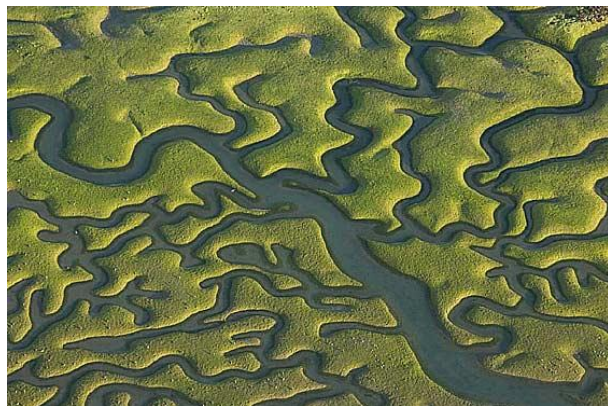


Table 12.1 Agriculture's contribution to global greenhouse gas

Gas	Carbon dioxide	Methane	Nitrous oxide
Main effects	Climate change	Climate change	Climate change
Agricultural source	Land use change, especially deforestation	Ruminants (15)	Livestock (including manure applied to farmland) (17)
(estimated % contribution to total global emissions)		Rice production (11)	Mineral fertilizers (8)
		Biomass burning (7)	Biomass burning (3)
Agricultural emissions as % of total anthropogenic sources	15	49	66
Expected changes in agricultural emissions to 2030	Stable or declining	From rice: stable or declining From livestock: rising by 60%	35-60% increase



laobumpkin.blogspot.com

L'agriculture contribue à l'émission de C dans l'atmosphère à travers:

- Le labour. sols agricoles: 20 à 50% moins de carbone que les sols non cultivés (oxydation de la matière organique).
- La substitution des forêts aux cultures. Entre 0,5 et 1,0% des forêts tropicales sont détruites chaque année depuis 1830 (Source: FAO). La déforestation est responsable de 34% des émissions anthropiques de carbone dans l'atmosphère depuis la révolution industrielle.
- L'incinération des restes de taille et de chaume.
- L'utilisation de combustibles fossiles comme énergie auxiliaire (machines, engrais, pesticides, plastiques, transport, etc.)



- L'agriculture représente 2 à 3% de la consommation énergétique mondiale (World Resources 2000). Toutefois, si l'ensemble du système agroalimentaire était pris en compte, l'agriculture représenterait 10% de la consommation totale de combustibles fossiles ($0,6 \times 10^{15}$ g C / an).

-Si l'on rajoute la déforestation et la décomposition de l'humus, favorisée par la préparation du sol pour le labour, l'agriculture serait responsable de 28% des émissions anthropiques de carbone dans l'atmosphère.

-Le méthane (CH_4) (ses émissions augmentent de 5% par an) provient principalement:

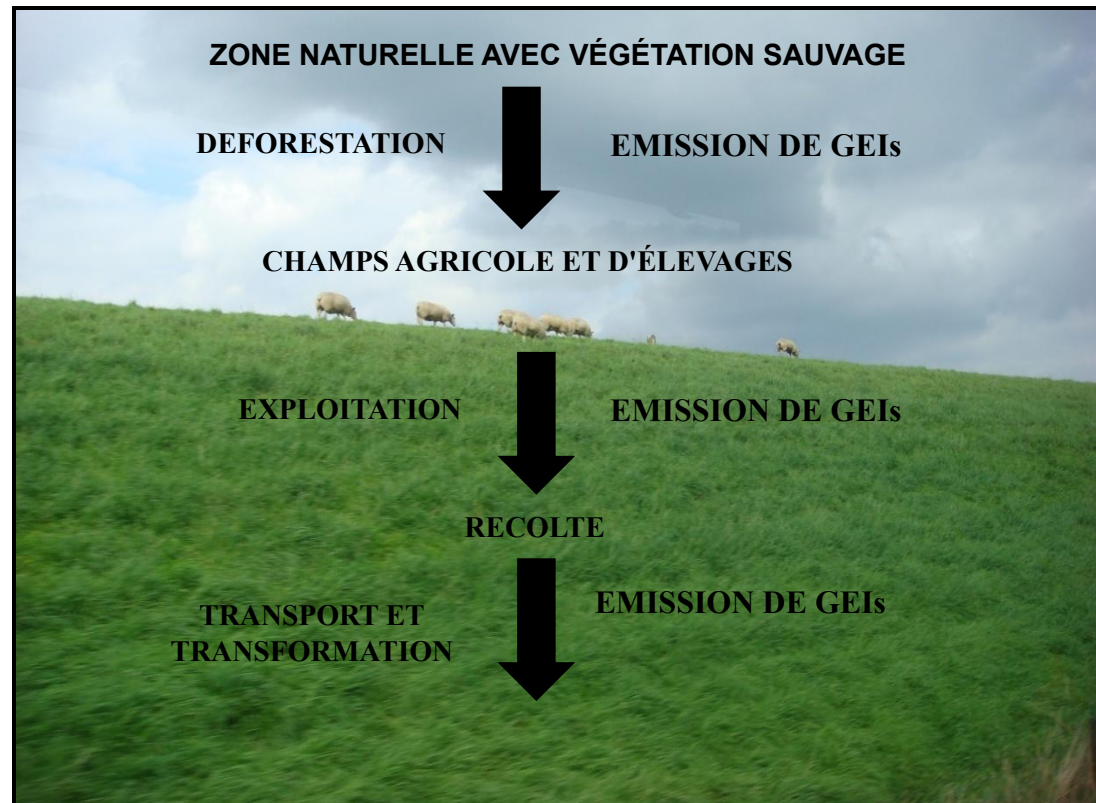
-Des rizières (20%).

-Des fermes d'élevage (25%)
par fermentation entérique et
anoxie dans les déchets organiques.

-Des fermes intensives émettent plus
que les grandes exploitations agricoles
À cause de l'accumulation de grandes
quantités de fumier et de lisier.

-En 2030, la production de fumier
aura augmenté de 60%.

-Chaque kilo de bœuf en intensif
émet 13 kg de carbone dans l'atmosphère.



A photograph showing a man in a white shirt and blue cap holding a young child in a yellow shirt. They are standing in a vast, dry field with cracked, parched earth in the foreground and green crops in the background. A text box is overlaid on the image.

La progression du changement climatique est
inévitable -> les molécules de CO_2 restent dans
l'atmosphère quelques 200 ans

LE NIVEAU DE LA MER AUGMENTERA de 50 cm AU XXIE SIECLE



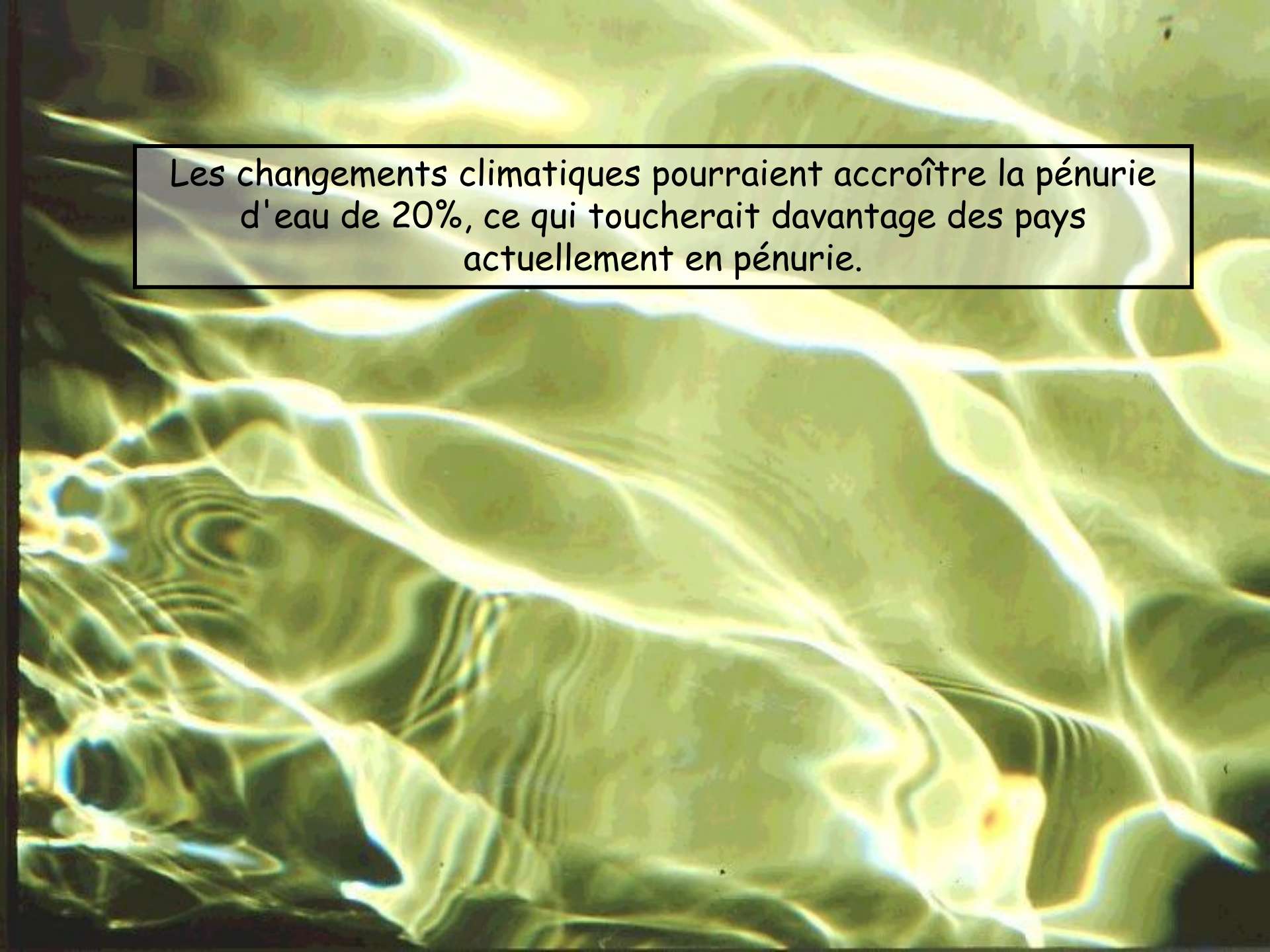
LA MANGA DEL MAR MENOR (MURCIA)

Les marais envahiront des terres agricoles ...



Marécage de Odiel (Huelva)

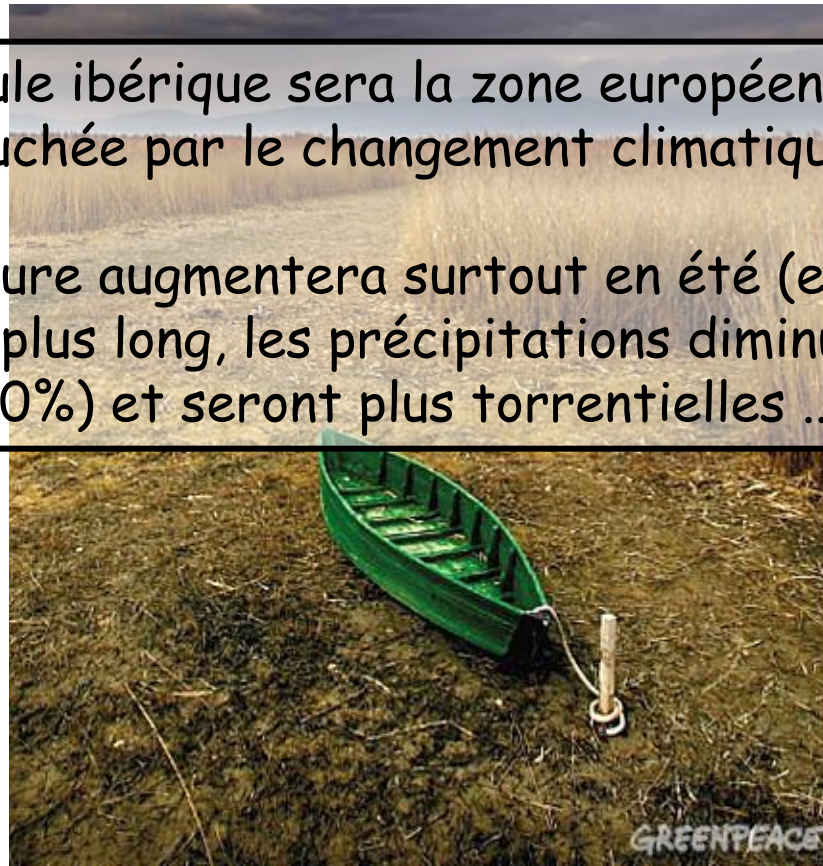
GREENPEACE



Les changements climatiques pourraient accroître la pénurie d'eau de 20%, ce qui toucherait davantage des pays actuellement en pénurie.

La péninsule ibérique sera la zone européenne la plus touchée par le changement climatique:

La température augmentera surtout en été (environ 10%) celui-ci sera plus long, les précipitations diminueront (20 à 40%) et seront plus torrentielles ...



Sierra de los Alcornoques (Cádiz)

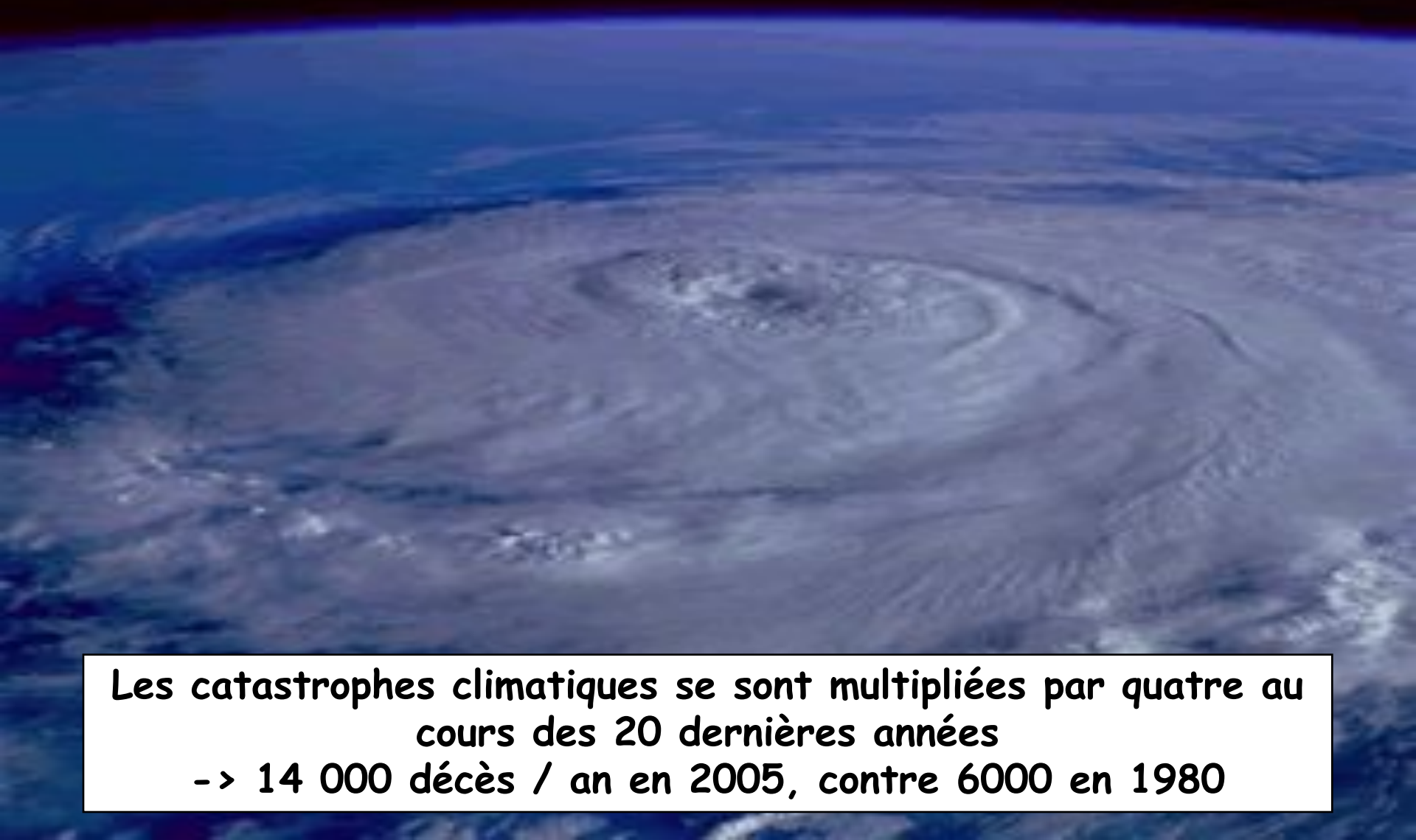


Les glaciers des Pyrénées ont diminué de 80% ces dernières années.
et disparaîtront entre 2015 et 2020.

(Source: Département de géographie - Université de Saragosse)



PLUS D'ÉVÉNEMENTS MÉTÉOROLOGIQUES EXTRÊMES ...



Les catastrophes climatiques se sont multipliées par quatre au cours des 20 dernières années
-> 14 000 décès / an en 2005, contre 6000 en 1980

Nouvelle Orléans après le passage de l'ouragan
Katrina
(Août 2005)



Les catastrophes naturelles de 2018, l'année la plus chaude jamais enregistrée en France

Paris Match | Publié le 25/12/2018 à 08h00

Camille Hazard



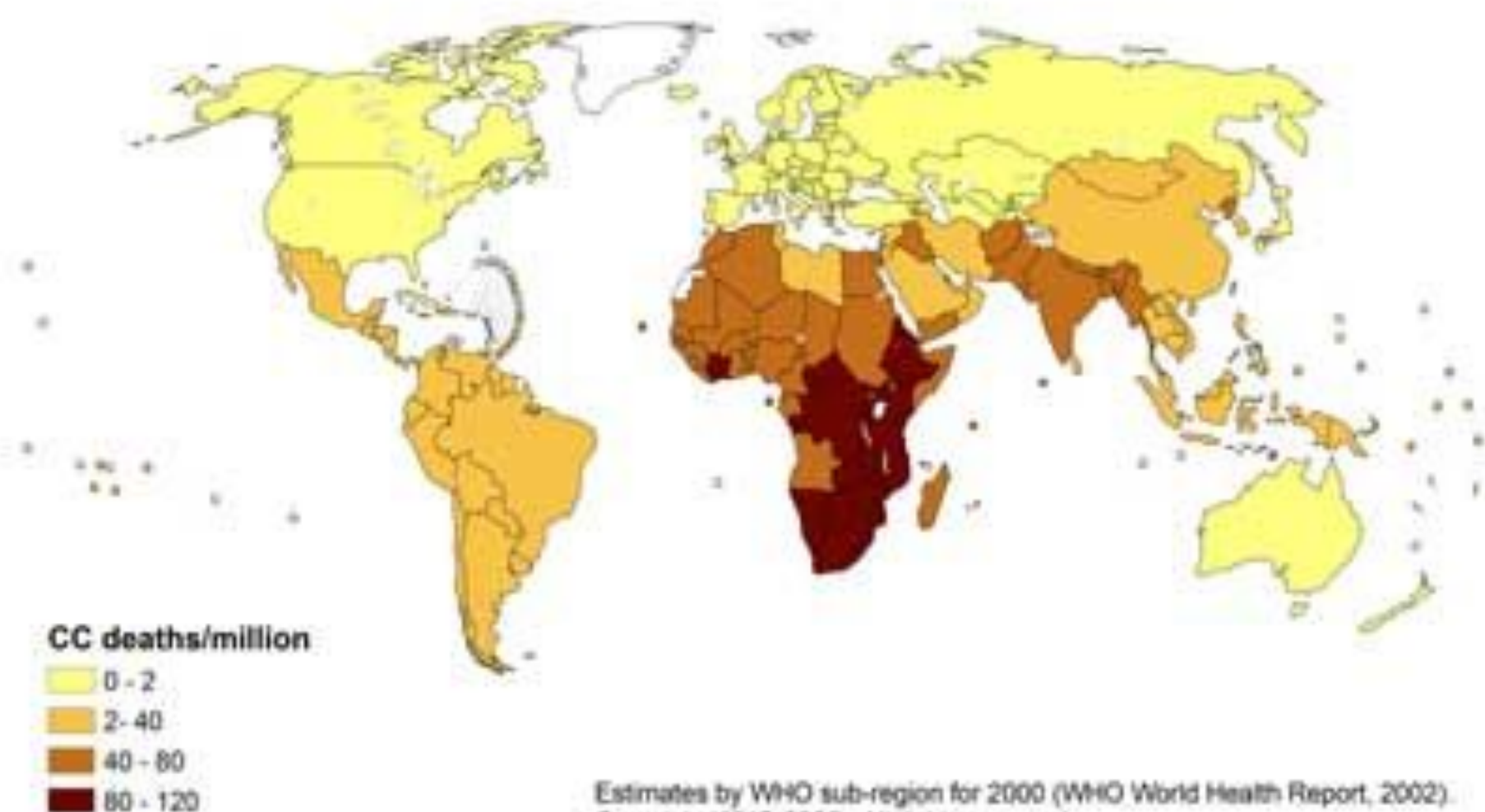
Aspire 5: CÔMPRALO
Fino diseño premium de aluminio

MAKEYOURMARK

Windows 10

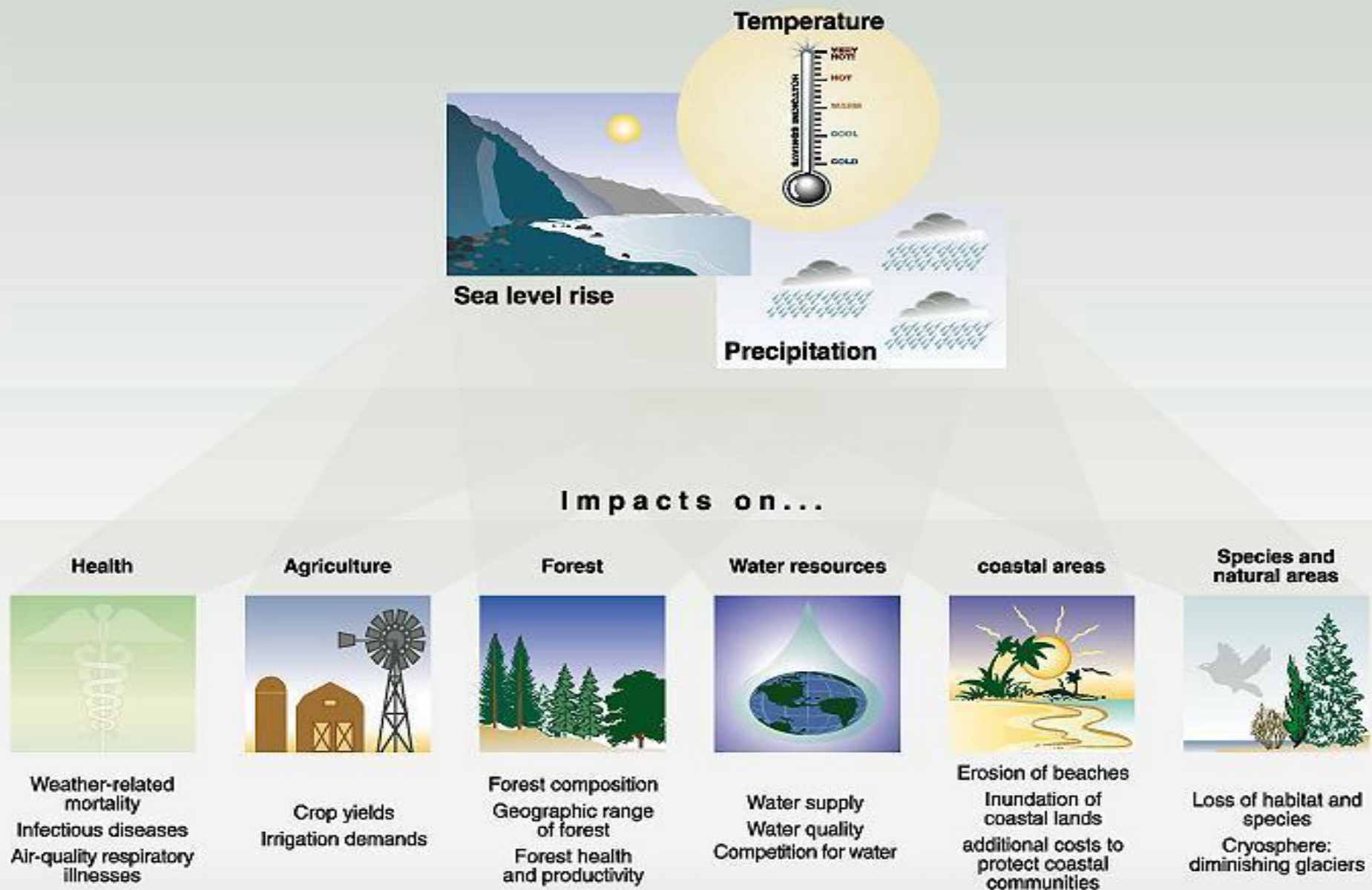


Deaths from climate change



Estimates by WHO sub-region for 2000 (WHO World Health Report, 2002).
Copyright WHO 2005. All rights reserved.

Potential climate changes impact



Impact du changement climatique sur l'agriculture

Impact direct dû au changement de régime de précipitations /
température,...

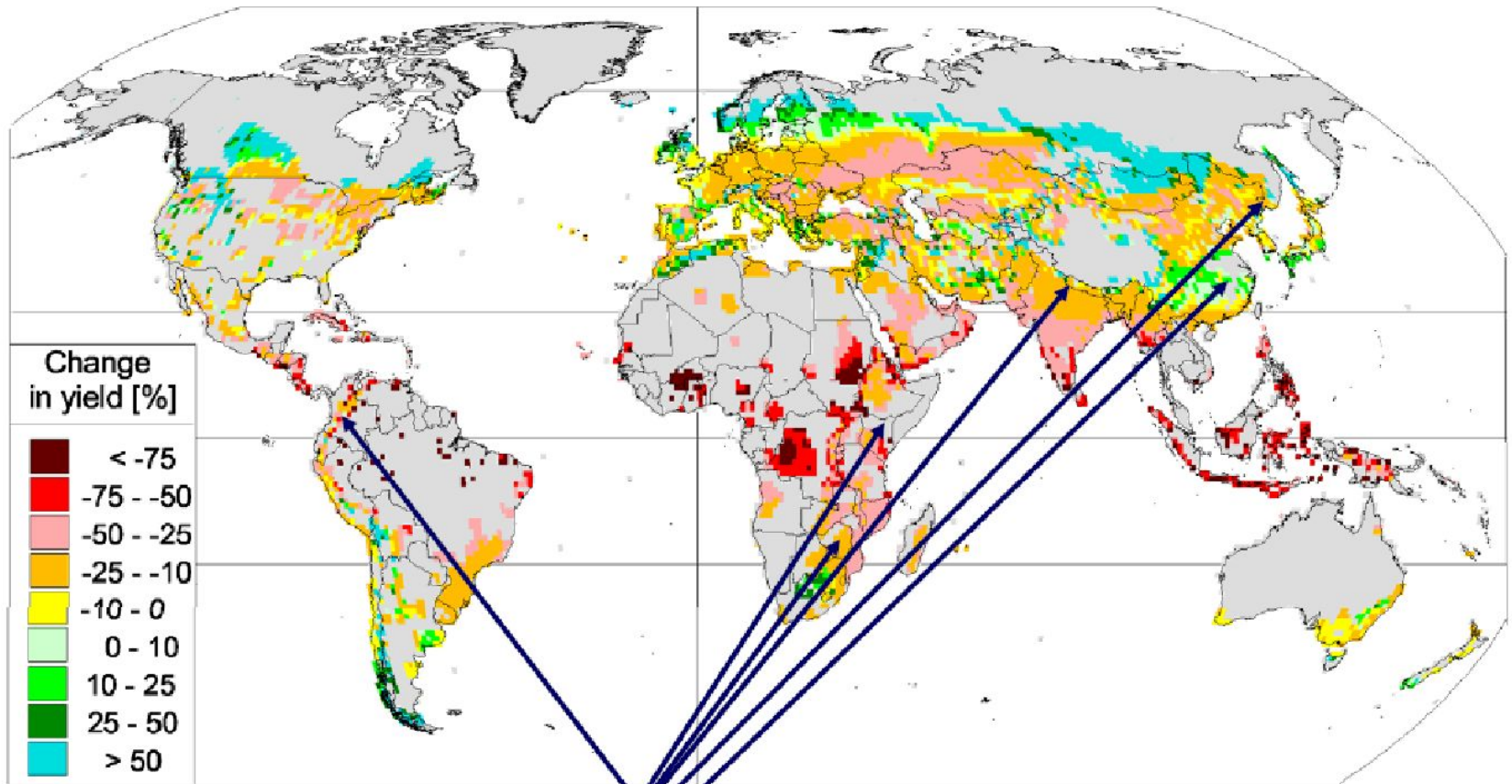
... plus:

- Augmentation de la variabilité du temps
- Conditions extrêmes
- Élévation du niveau de la mer et inondation des zones côtières
- Fertilisation au CO₂

(FAO 2003, IPCC 2008)

□ Changements dans la production
□ Changements des techniques
□ Changement des espèces

Effet du changement climatique sur la production de pommes de terre en 2050



Impact négatif là où la pomme de terre est l'aliment de base

Impact du changement climatique sur l'agriculture

Impacts indirects:

- **Changement dans la dynamique de compétition entre les mauvaises herbes et les cultures.**
- **Changement d'organismes nuisibles et pathogènes**
 - Extension du spectre attendu pour de nombreux agents pathogènes.
 - Les hivers moins froids augmentent les risques de parasites.
 - Moins de contrôle naturel des parasites et des agents pathogènes.
- **Baisse de la biodiversité dans les écosystèmes naturels**

(Patterson et al. 1999, FAO 2003, IPCC 2008)

Séquestration géologique du C

a le potentiel de parvenir à
une réduction profonde des
émissions de gaz à effet de
serre

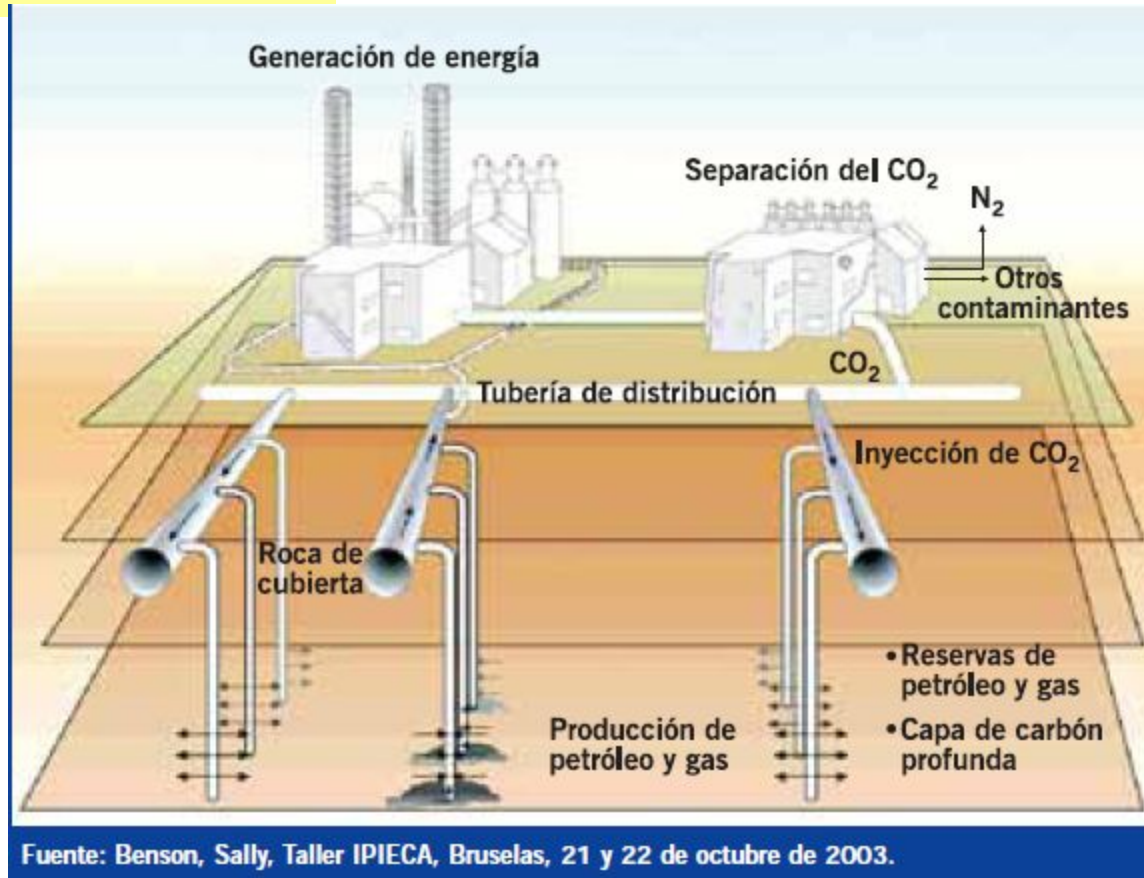
Où?

Formation géologique sûre:

Réserves de pétrole et de
gaz épuisées,

Aquifères salins

Couches de charbon non
exploitables.



En décembre 2003, pendant 42 jours, environ 2 200 tonnes de CO₂ ont été injectées dans un réservoir de pétrole à West Pearl, au Nouveau-Mexique.

En 2004, 1600 tonnes de CO₂ ont été injectées dans des grès à saumure à haute perméabilité

Séquestration biologique du C: sylviculture et agriculture

Rapport de la FAO sur la capture du C dans les sols

- Les pratiques **agroforestières** peuvent absorber 20 à 30% des émissions excédentaires
- Les forêts = 29% de la surface terrestre, accumulent 60% du C de la végétation et 36% du C du sol mondial.
- Les **forêts** sont les écosystèmes qui enregistrent la plus grande quantité de carbone par unité de surface. **REBOISER = SÉQUESTRE C**
- Les **Prairies** ont une capacité de séquestration du C élevée: $3,2 * 10^9$ ha ont accumulé 200 à 420 Pg de C stable.
- **L'agroforesterie** est une alternative durable avec un fort potentiel de séquestration du C, en particulier sur des terres non productives.
- Agriculture: Labour réduit à zéro, couvertures végétales, engrais verts, agriculture de conservation, ne pas brûler les déchets, maintenir le sol couvert (pas d'érosion), laisser les déchets (paillis) à la surface.

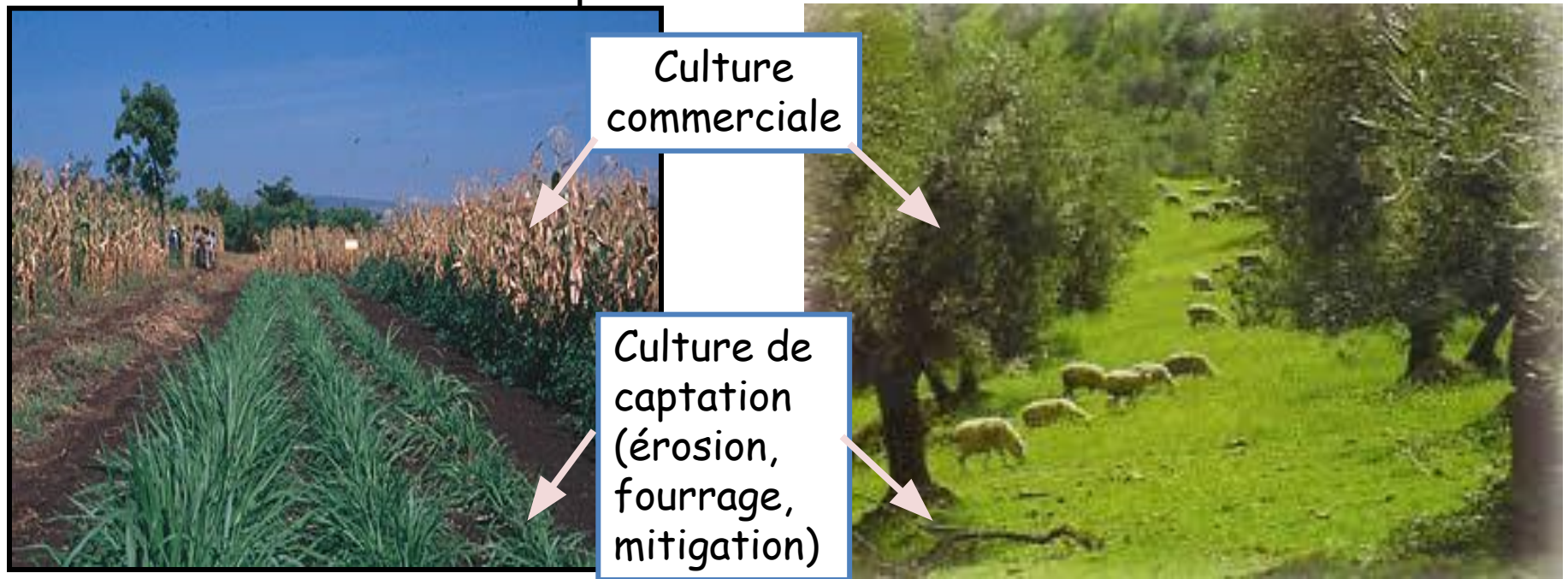
L'agriculture comme partie de la solution?

Augmenter la séquestration du carbone avec une gestion du territoire dirigée:

- **Agroforesterie**
- **Rotation avec cultures de couverture, gestion du fumier**
- **Labour zéro:** peut réduire les émissions mondiales de CO₂ de 5 à 15%
- **Agriculture biologique:** avantages limités, elle aide à l'accumulation de carbone dans le sol
- **Des digesteurs de biogaz?**

(Gomiero et al. 2008, FAO 2003, Niles et al. 2002)

Cultures auxiliaires de captation



Agro-forestation: introduction d'arbres dans les agrosystèmes



Palmiers dattiers et
orge (Maroc)



Arganiers et blé
(Maroc)



Chênes verts et blé
(Espane)

AGRICULTURE DE CONSERVATION

Agriculture durable et rentable à travers trois principes:

1. COUVERTURE PERMANENTE DU SOL

2. SEMIS SANS TRAVAIL DU SOL

3. DIVERSITE ET ROTATION DES CULTURES



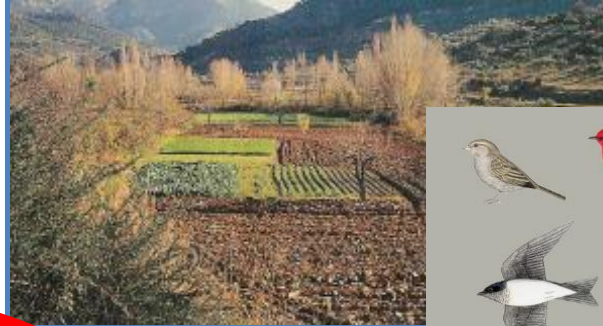
AGRICULTURE BIOLOGIQUE

Système de production alimentaire avec les meilleures pratiques environnementales

N'utilise pas de produits de synthèse chimique



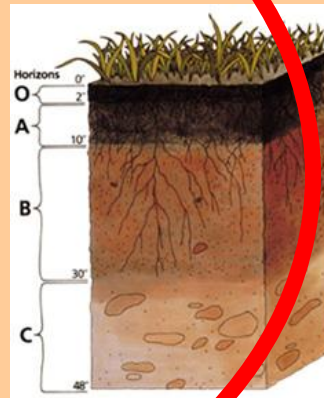
Biodiversité = stabilité



**Sol = système vivant,
Patrimoine paysan**

La fertilisation

- Compost / fumier
- Déchets végétaux
- Engrais verts
- Autres engrais organiques



- TECHNIQUES DE CULTURE
 - Rotation des cultures
 - Association de cultures
- GESTION DE LA STRATE HERBACÉE
- HAIES

Autres solutions et adaptations

Changement des entrées

- Biocarburants?
- Réduction des produits agrochimiques (par exemple, les engrais azotés)
- Réduction du pompage dans l'irrigation
- Réduction de la contribution des aliments riches en énergie au bétail

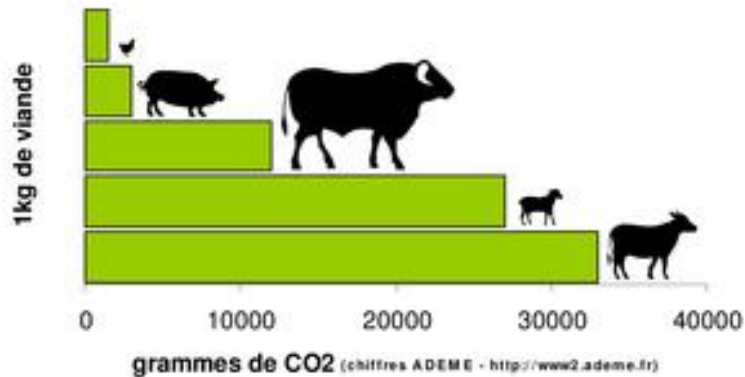


(Gomiero et al. 2008, FAO 2003, Niles et al. 2002)

Autres solutions et adaptations

Changer la demande ...

Emissions de CO2 liées à la production
d'1 kg de viande



**MANGER 2 FOIS
MOINS DE VIANDE**



**C'EST COMME SUPPRIMER
800 millions
VOITURES SUR LA TERRE**



2017

25 BILLION ANIMALS RAISED FOR CONSUMPTION



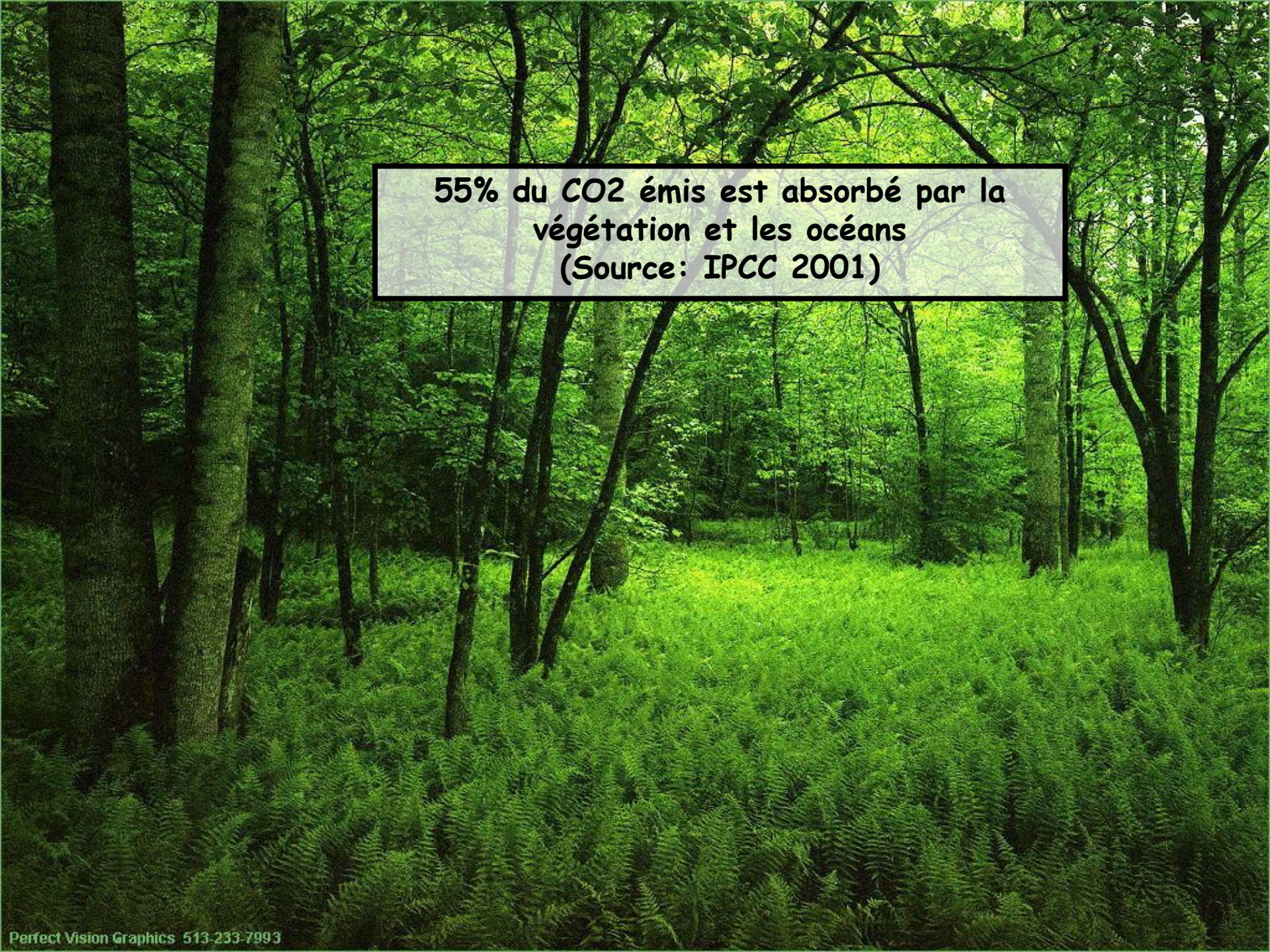
Donc, à vous de décider!

Comment réduire les émissions de Carbone par les activités agricoles?

Les émissions de CO₂ dans l'atmosphère causées par l'agriculture peuvent être réduites en utilisant des techniques agricoles qui consomment moins de carburant et réduisent les labours:

- Ne pas travailler le sol.
- Recyclage interne des nutriments (agriculture + élevage) / (engrais prod)
- Remplacement de l'élevage intensif par l'élevage extensif (fabrication d'aliments pour animaux)
- Arrêtez le défrichement et la destruction des forêts
- Réorganisation du système agroalimentaire (mondialisation)

Certaines de ces méthodes sont déjà utilisées, mais leur application aurait un impact socio-économique important, en particulier dans les pays développés, qui dépensent le plus d'énergie dans leur agriculture.



55% du CO₂ émis est absorbé par la
végétation et les océans
(Source: IPCC 2001)

Fin du cours d'Agro-écologie

**Merci de votre
attention**