

Energie, climat et carbone

Didier Swingedouw

Prix de l'énergie, climat : l'heure des choix

► La flambée du coût de l'énergie alimente les colères et inquiète l'exécutif, à six mois de la présidentielle

► Contre la hausse des prix des carburants, le gouvernement semble privilégier une baisse des taxes plutôt qu'un système de chèque

► Le président de la Commission de régulation de l'énergie prône une réflexion sur la fiscalité du gaz et de l'électricité

► L'association négaWatt présente son scénario pour une production électrique 100% issue des énergies renouvelables

PAGES 11 ET 17

Ekhi, 22 ans, mécanicien, dans une station Total au nord de Dijon, le 19 octobre : « Je roule 400 km par semaine, alors, la hausse des prix, je la sens passer ! »

RAPHÉL HELLE/SIGNATURES POUR « LE MONDE »



Réchauffement
Comment Total
et Elf ont choisi
le déni pendant
des décennies

UNE ÉTUDE, publiée par deux historiens et un sociologue dans une revue scientifique, révèle que les deux compagnies pétrolières françaises Elf et Total étaient parfaitement conscientes, dès 1971, bien avant que le grand public en ait connaissance, de l'impact « potentiellement catastrophique » de leur activité sur le changement climatique. Les deux groupes ont alors entrepris, durant de longues années, de semer le doute sur la réalité du réchauffement, d'attaquer le consensus scientifique et de retarder la lutte contre les dérèglements du climat.

PAGES 8-9

M ÉDITORIAL
UNE TRANSITION
À REPENSER

PAGE 37

Plan du cours

- ⇒ Objectif : comprendre les liens entre la consommation d'énergie, les émissions carbonées et le climat : comment on mesure tout cela, et comment résoudre l'équation difficile posée par ce trio.
 - a. Inventaire des émissions carbonées
 - b. Comment rester sous certains seuils ?
 - c. L'épineuse question des solutions (e.g. geo-engineering)

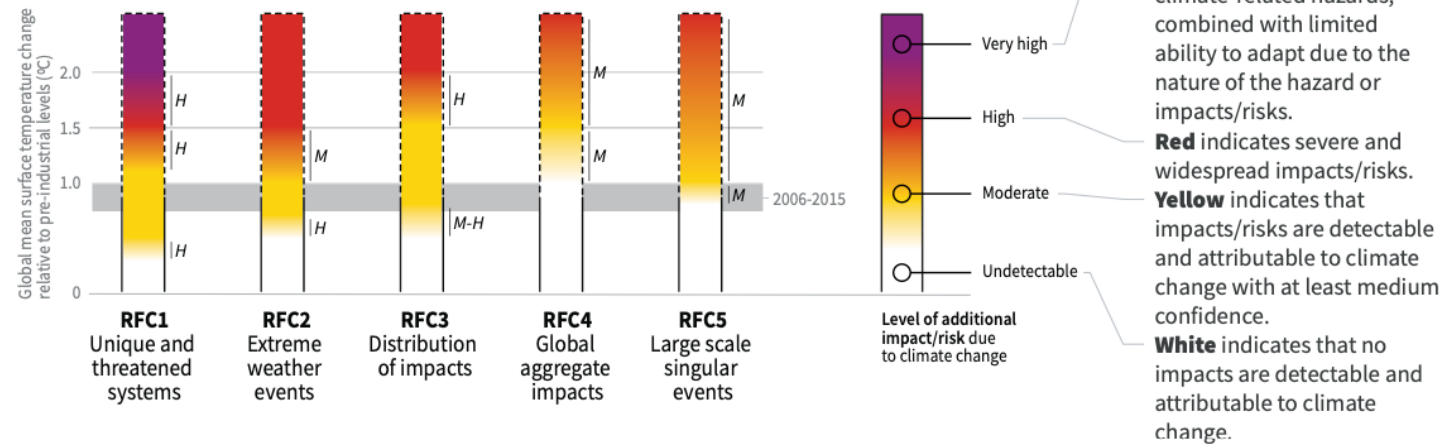
Chaque demi-degré compte

❖ cf. Rapport spécial SR15 pour atteindre les 1.5°C (2018)

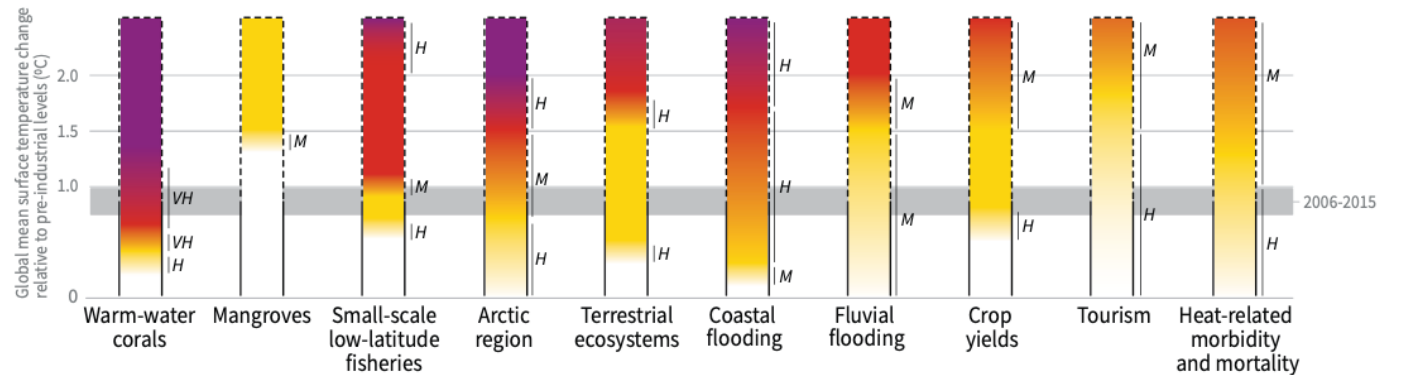
How the level of global warming affects impacts and/or risks associated with the Reasons for Concern (RFCs) and selected natural, managed and human systems

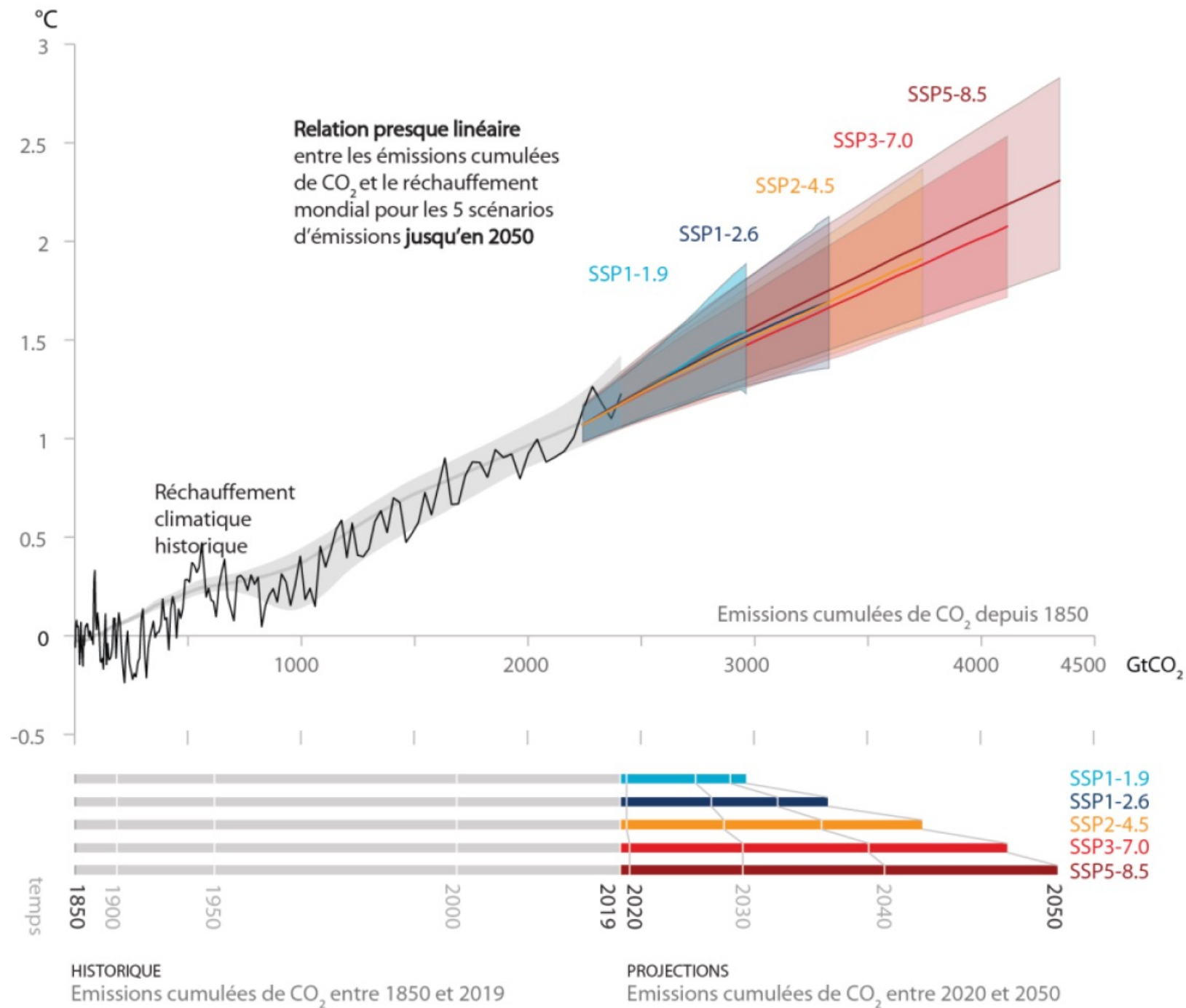
Five Reasons For Concern (RFCs) illustrate the impacts and risks of different levels of global warming for people, economies and ecosystems across sectors and regions.

Impacts and risks associated with the Reasons for Concern (RFCs)



Impacts and risks for selected natural, managed and human systems





Nota Bene
1 ppm = 2.12 GtCO₂

Les émissions futures diffèrent selon les scénarios, et déterminent le réchauffement que nous allons connaître

Plan du cours

⇒ Objectif : comprendre les liens entre la consommation d'énergie, les émissions carbonées et le climat : comment on mesure tout cela, et comment résoudre l'équation difficile posée par ce trio.

a. Inventaire des émissions carbonées

b. Comment rester sous certains seuils

c. L'épineuse question des solutions (e.g. geo-engineering)

Global net anthropogenic emissions have continued to rise across all major groups of greenhouse gases.

a. Global net anthropogenic GHG emissions 1990–2019⁽⁵⁾

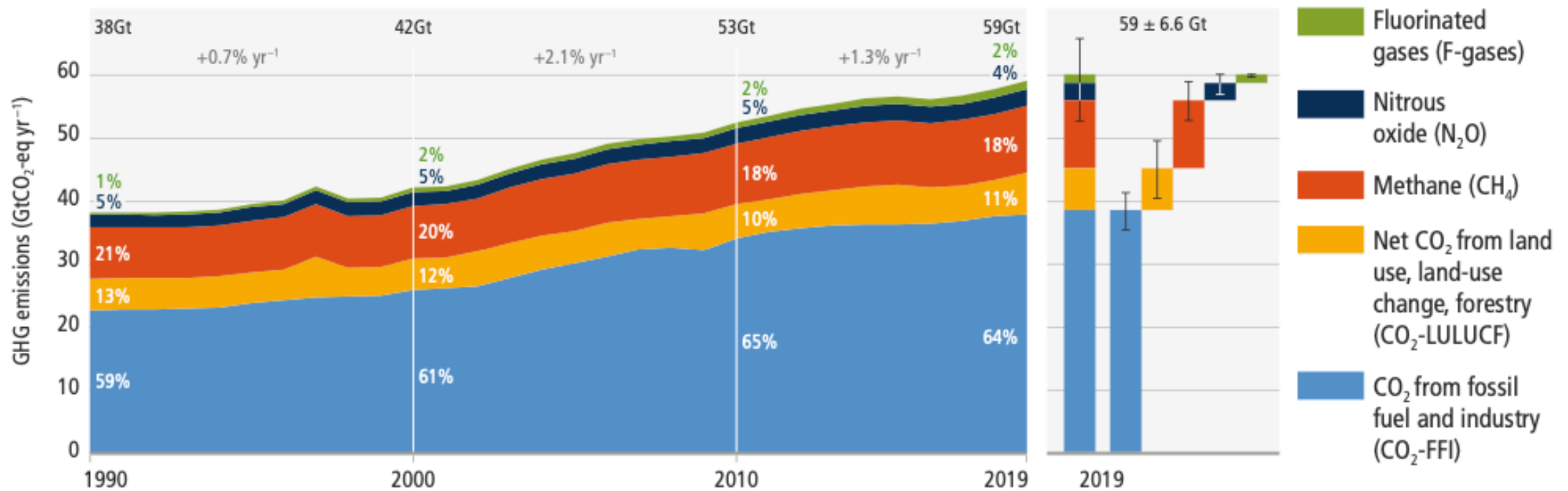


Fig. SPM.1 IPCC WG3

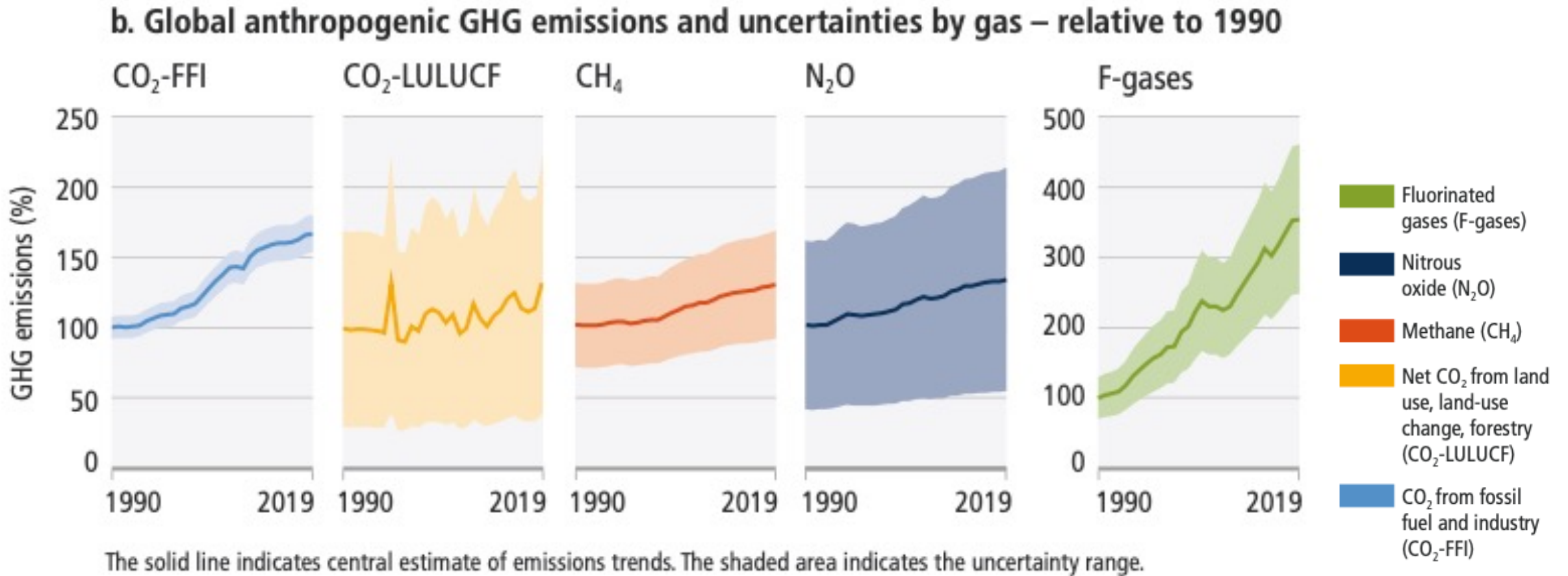
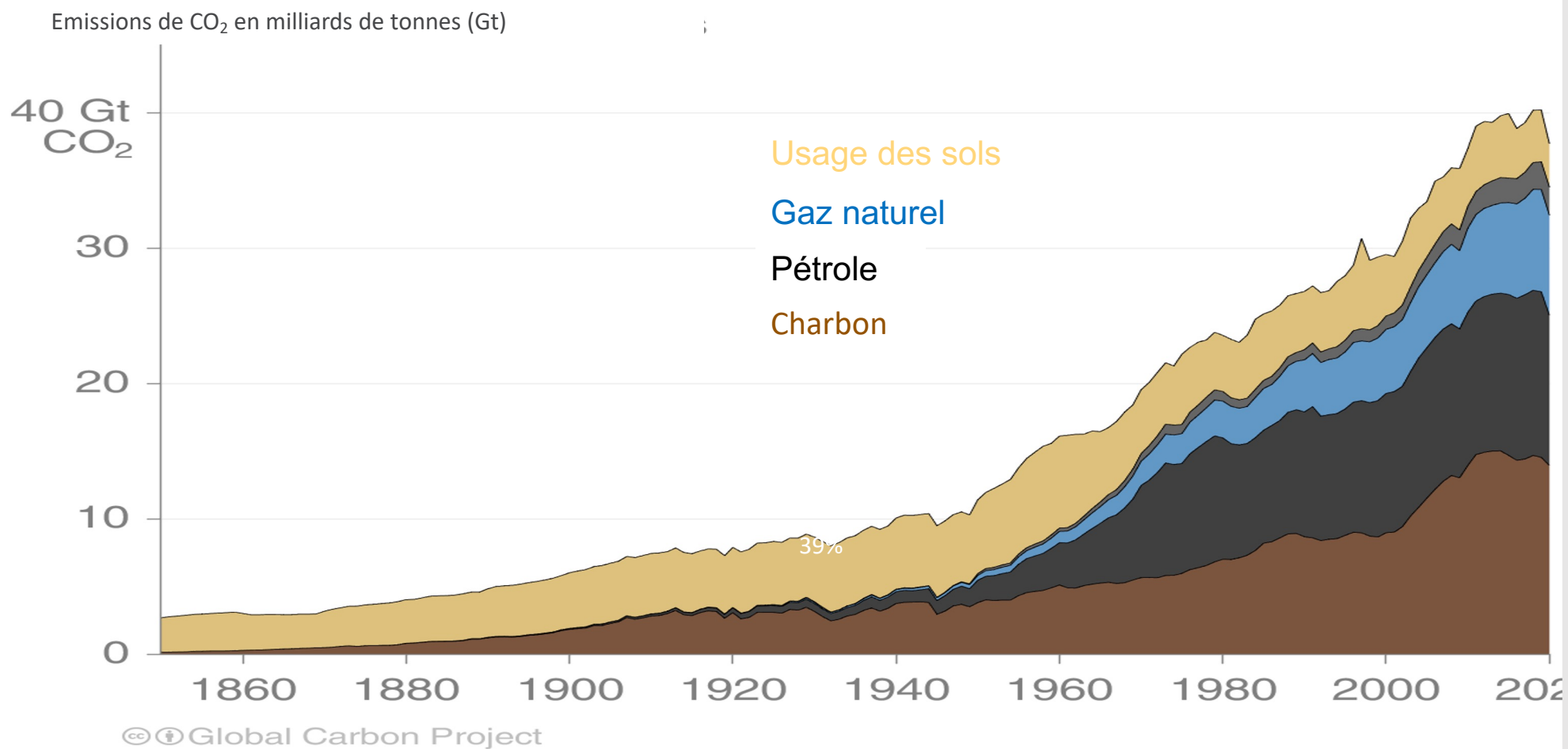
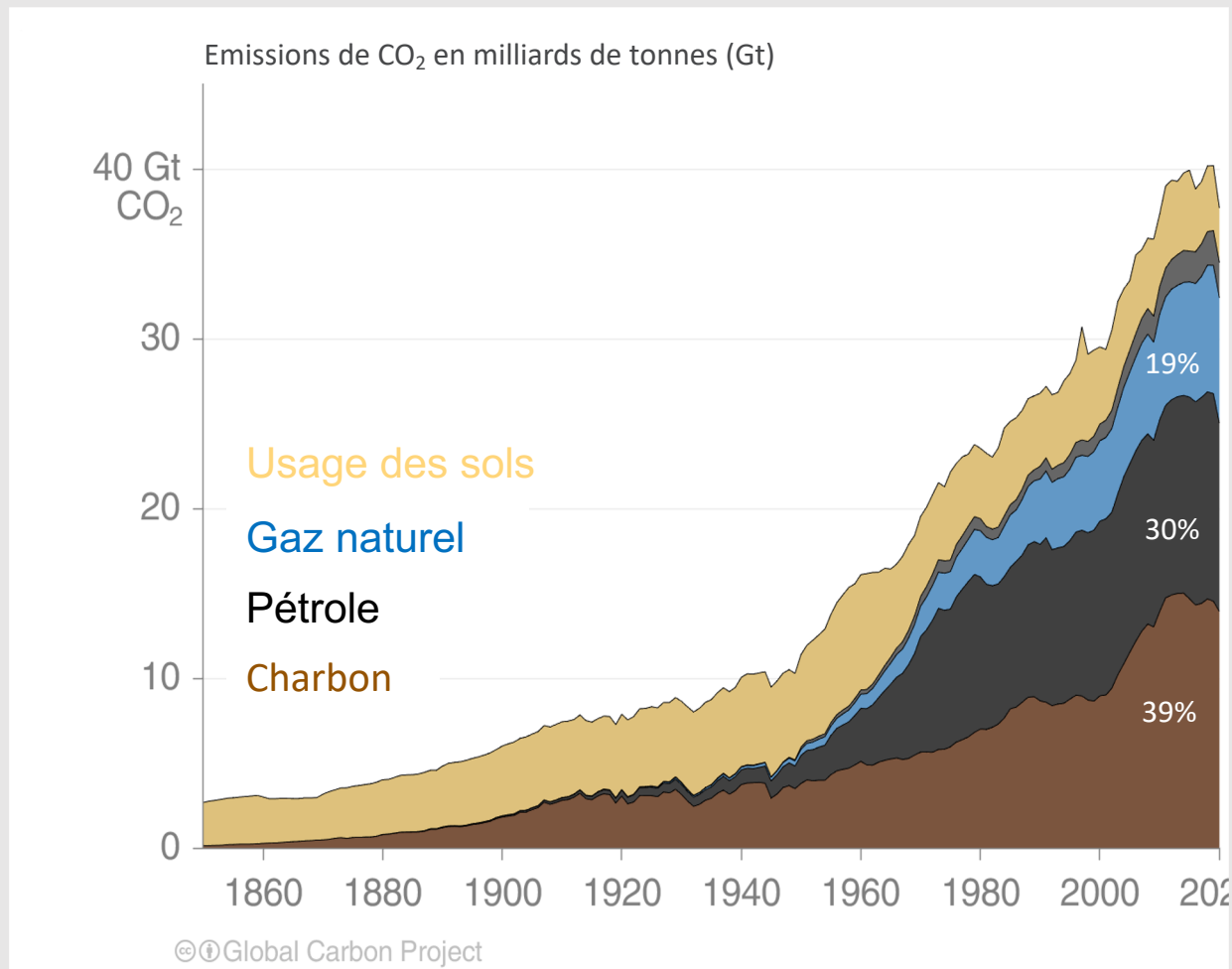


Fig. SPM.1 IPCC WG3

L'usage des énergies fossiles et le changement d'affectation des terres (principalement déforestation) émettent des milliards de tonnes de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et sont responsables de l'excès d'énergie dans le système climatique



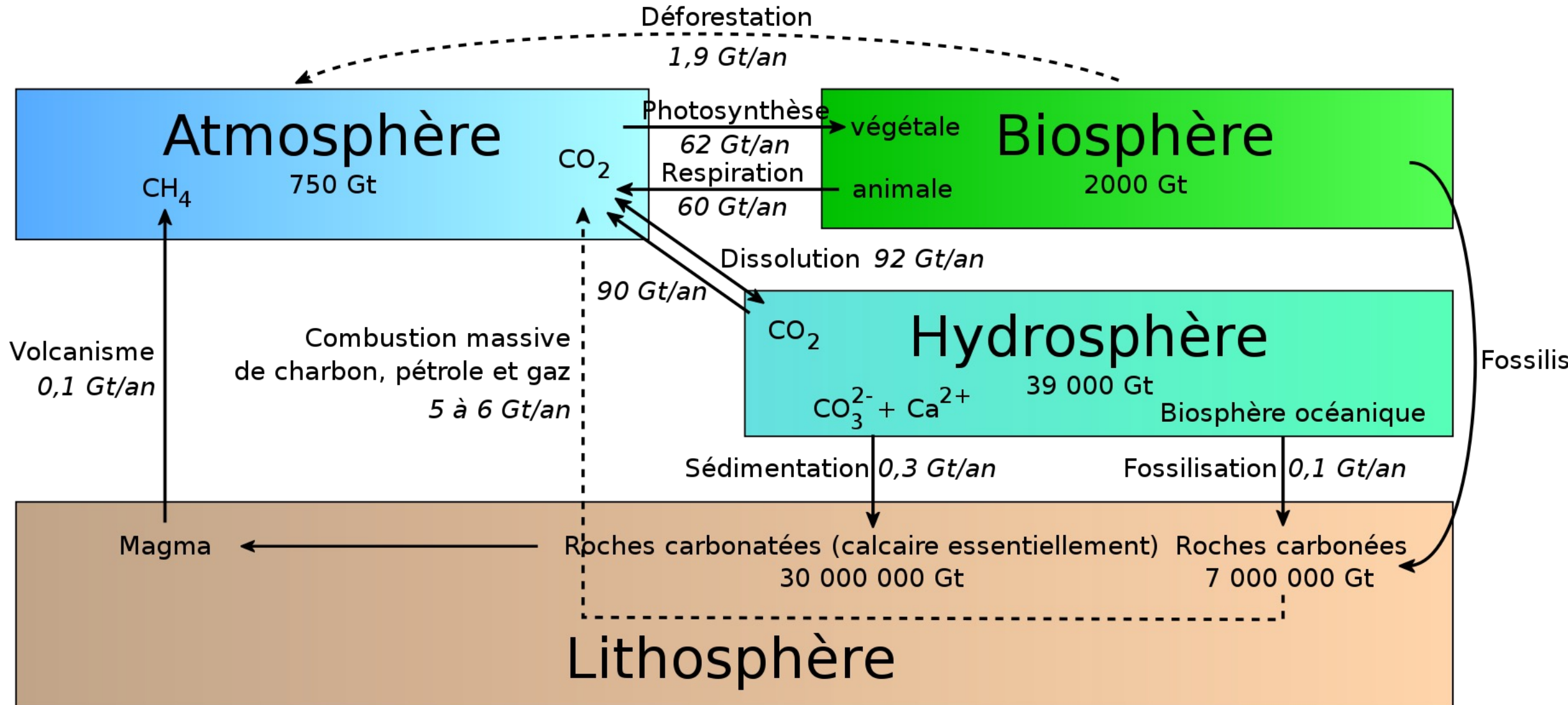
L'usage des énergies fossiles et le changement d'affectation des terres (principalement déforestation) émettent des milliards de tonnes de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et sont responsables de l'excès d'énergie dans le système climatique



L'océan et la végétation sont des puits de carbone efficaces: absorption de 23% et 31% des émissions anthropiques, respectivement

L'océan a intégré/accumulé/stocké ~90% de l'excès d'énergie induite par les activités humaines

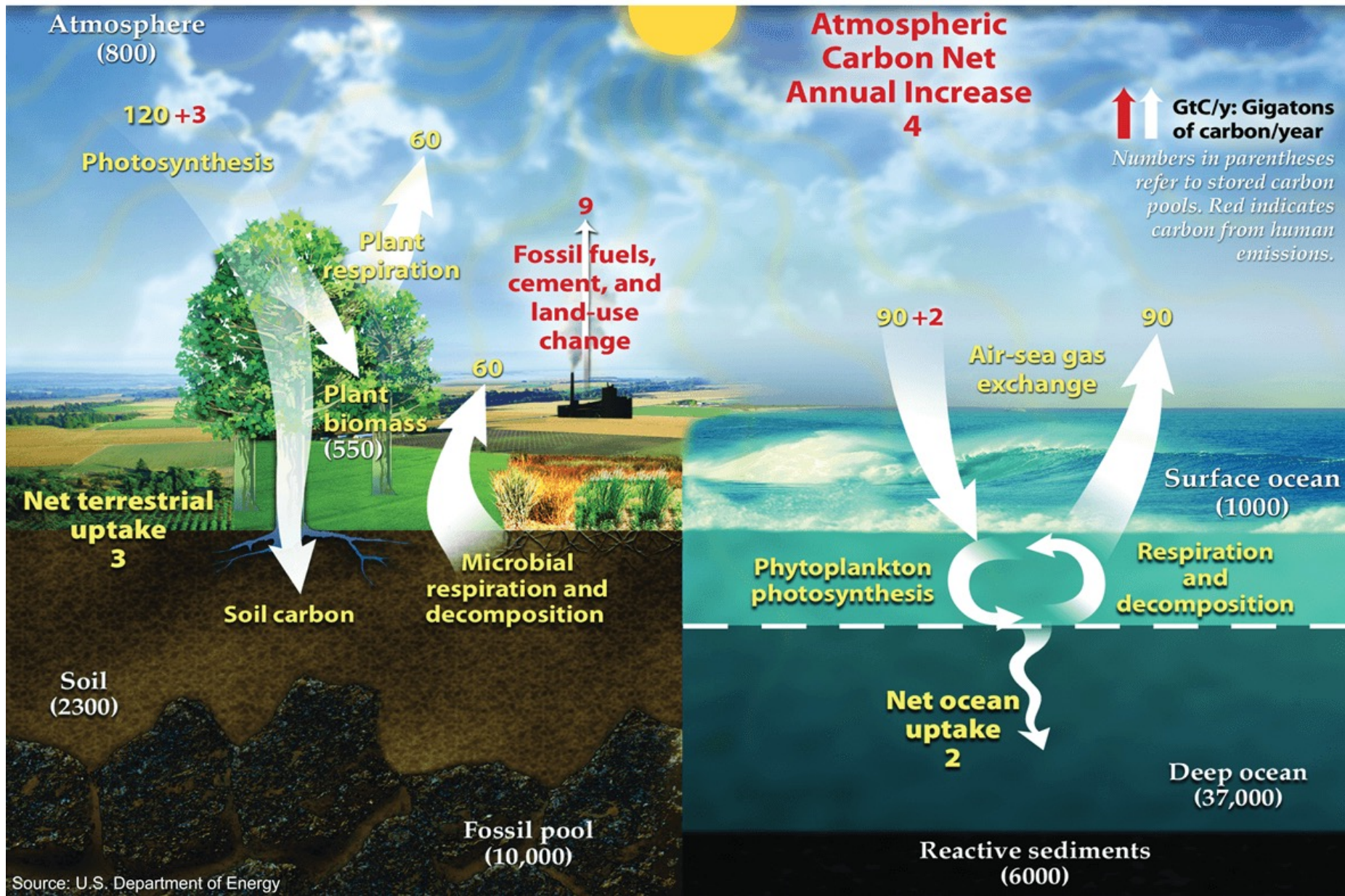
Cycle du carbone



-----> Intervention humaine

Global Carbon Cycle circa 2007

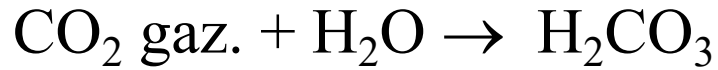
Yellow numbers are the natural emissions per year. Red numbers indicate emissions from human activities per year. White numbers indicate stored carbon. The unit is petagrams (Pg), which is equivalent to gigatons (Gt).



Océan

Pompe physique de solubilité

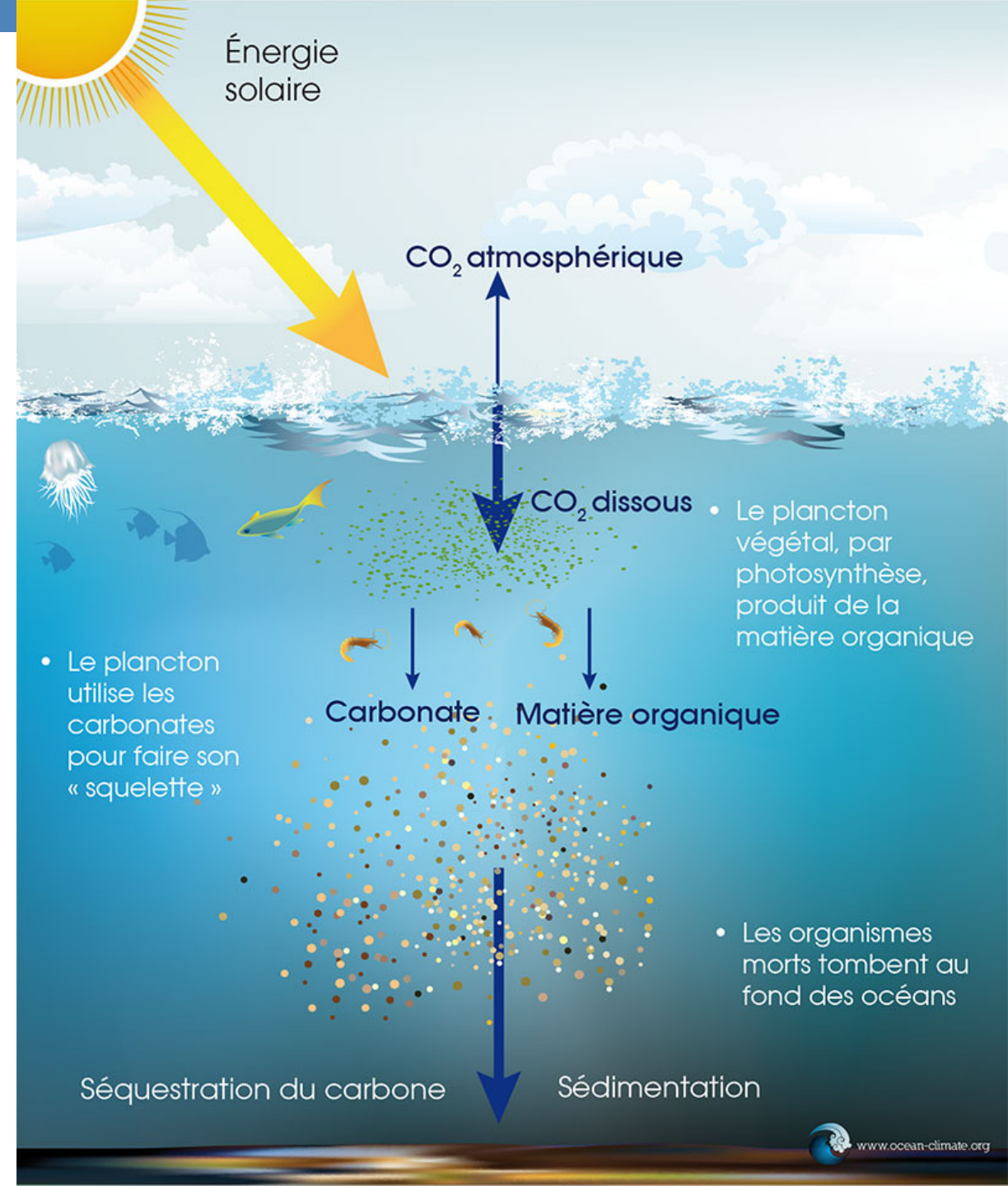
Dissolution :



Réactions acido-basiques



Pompe biologique



Surface terrestre

❖ D'où vient le puit ?

- Fertilisation par le CO₂
- Apport en azote

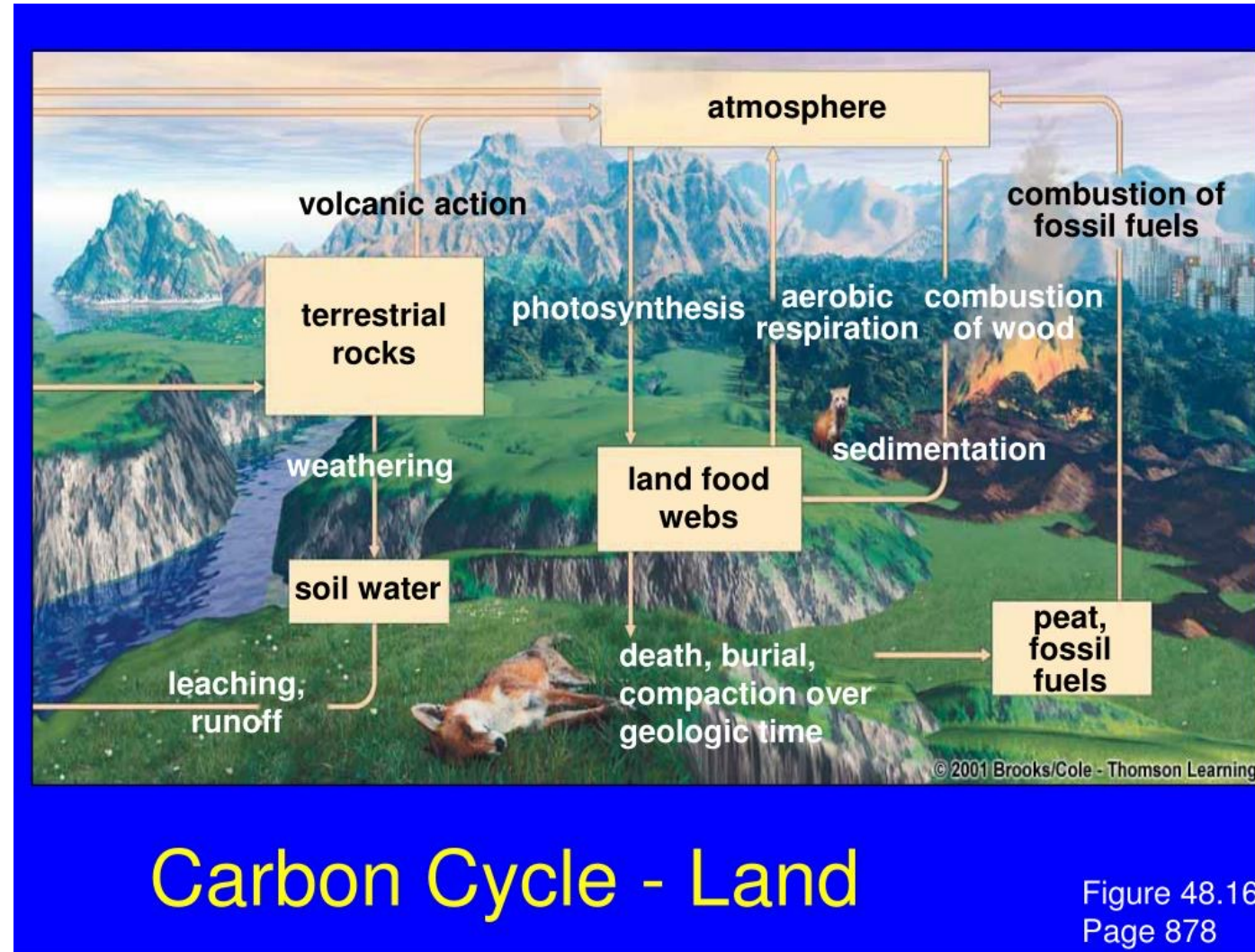
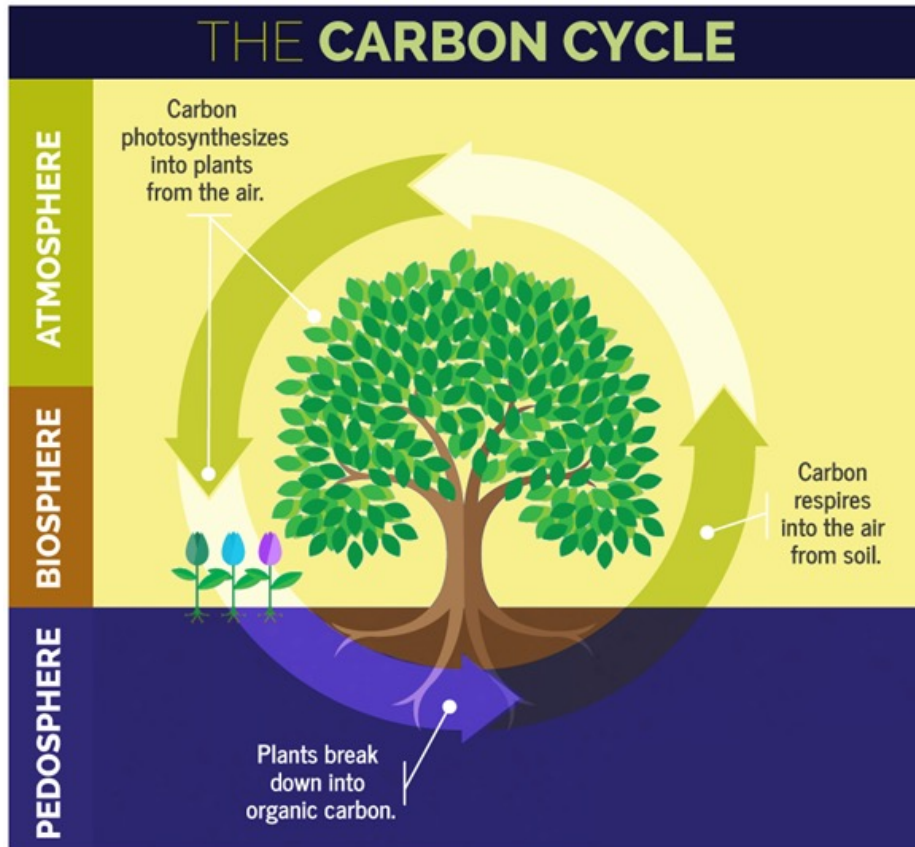
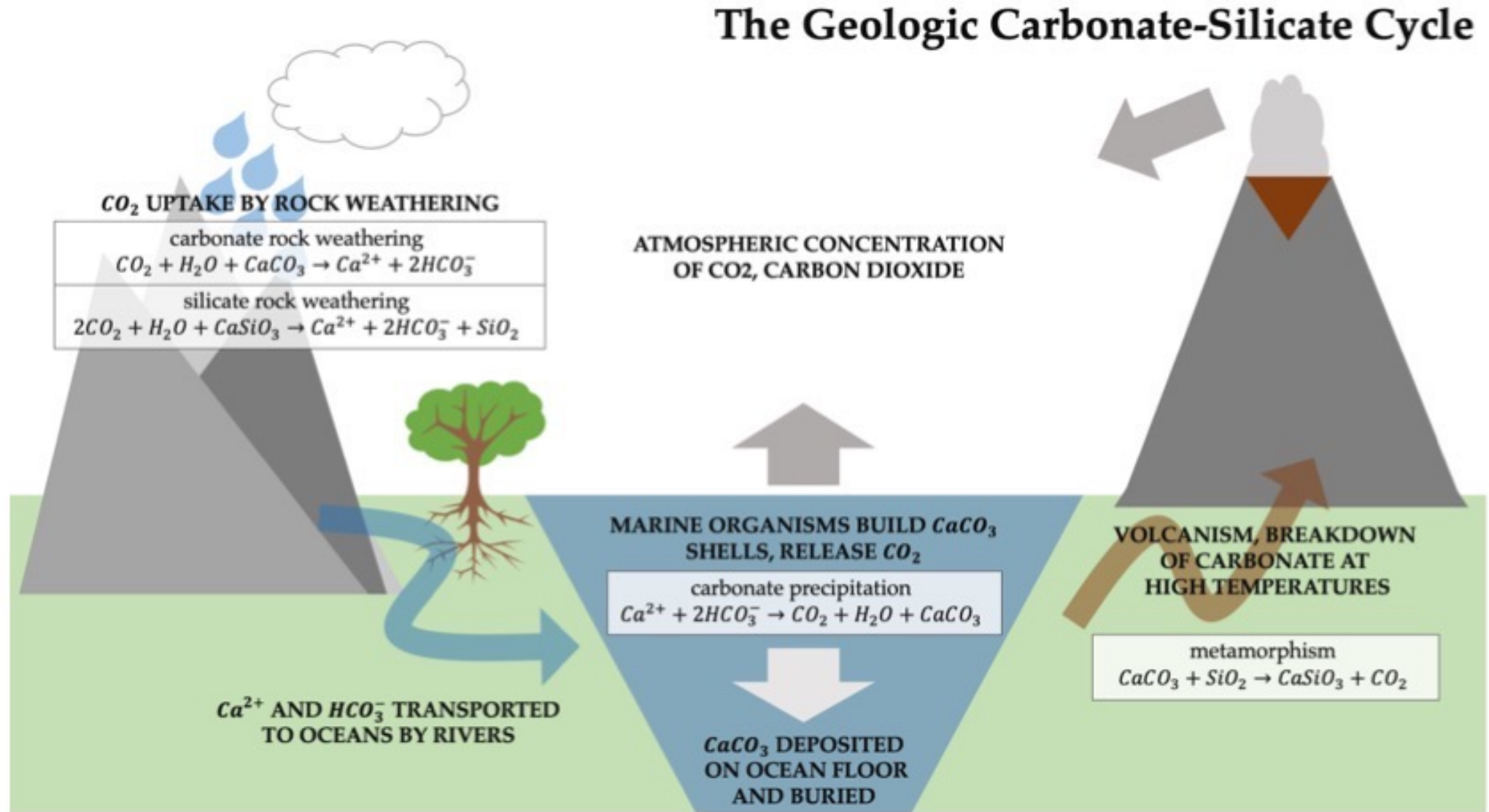


Figure 48.16
Page 878

Altération des silicates



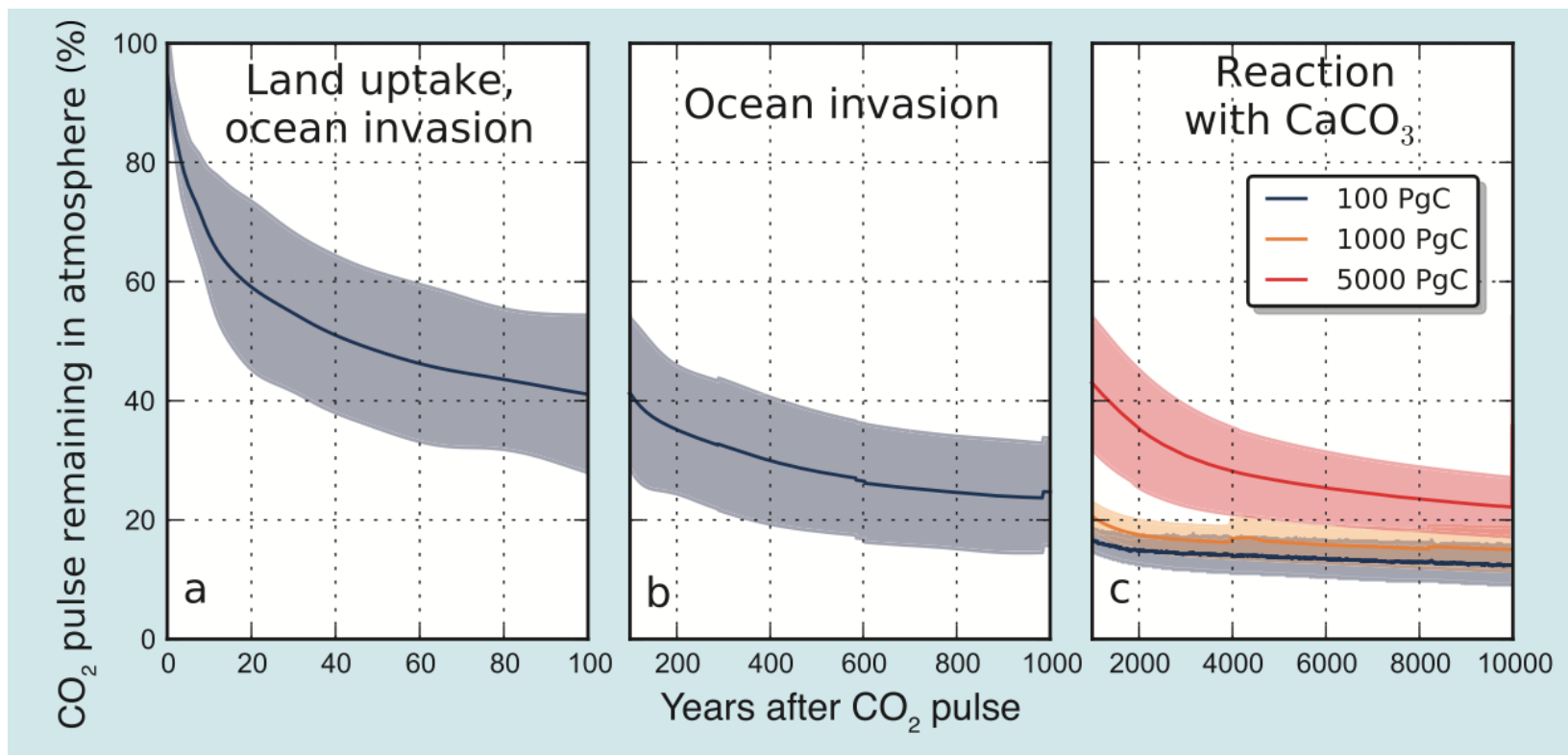
Séquestration du CO₂ et retour à l'équilibre dans l'atmosphère

La diminution du CO₂ atmosphérique est contrôlée par différents processus et différentes échelles de temps longues :

Processes	Time scale (years)	Reactions
Land uptake: Photosynthesis–respiration	1–10 ²	$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{photons} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{heat}$
Ocean invasion: Seawater buffer	10–10 ³	$\text{CO}_2 + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HCO}_3^-$
Reaction with calcium carbonate	10 ³ –10 ⁴	$\text{CO}_2 + \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$
Silicate weathering	10 ⁴ –10 ⁶	$\text{CO}_2 + \text{CaSiO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2$

Séquestration du CO₂ et retour à l'équilibre dans l'atmosphère

La diminution du CO₂ atmosphérique est contrôlée par différents processus et différentes échelles de temps longues :



Cycle du carbone global

Emission Fossile + Utilisation des sols = Stock Atmosphère + Stock terrestre + Stock océan + Résidu



Données économiques

- Production et achat de pétrole, charbon, gaz...
- Emission directs pour la préparation de la poudre de ciment (chauffage à 1 450 ° C d'un mélange de calcaire, d'argile et de sable).

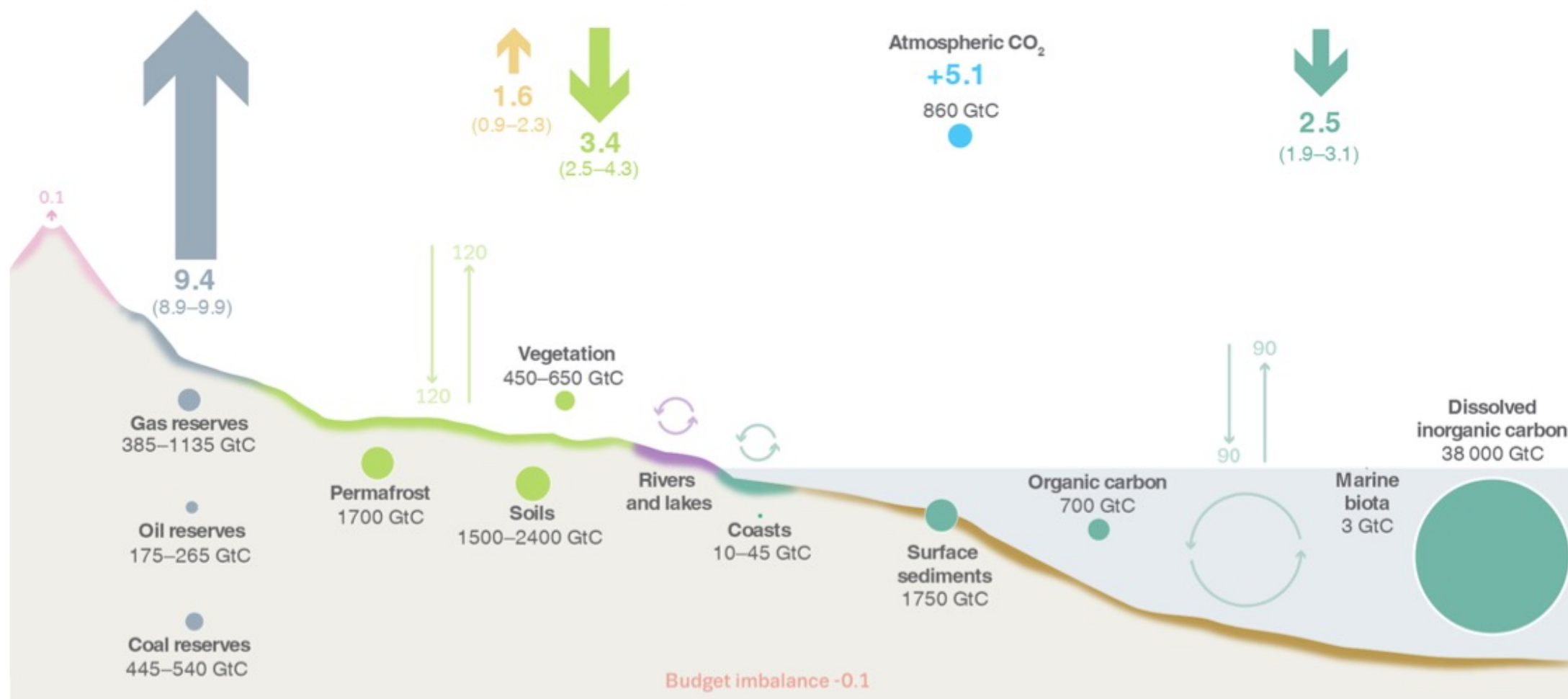
Inventaires nationaux de déforestation, reboisement, cultures (e.g. FAO) et modèles de carbone terrestre

Observation évolution de la concentration CO₂, CH₄,... dans l'atmosphère

Modèles du cycle du carbone terrestre et océanique

Erreur modèles de stocks et données émissions vs. observations directe du stock atmosphère.

The global carbon cycle



Anthropogenic fluxes 2010–2019 average GtC per year



Fossil CO₂ E_{FOS}



Land-use change E_{LUC}



Land uptake S_{LAND}



Ocean uptake S_{OCEAN}

+ Atmospheric increase G_{ATM}

■ Budget Imbalance B_M

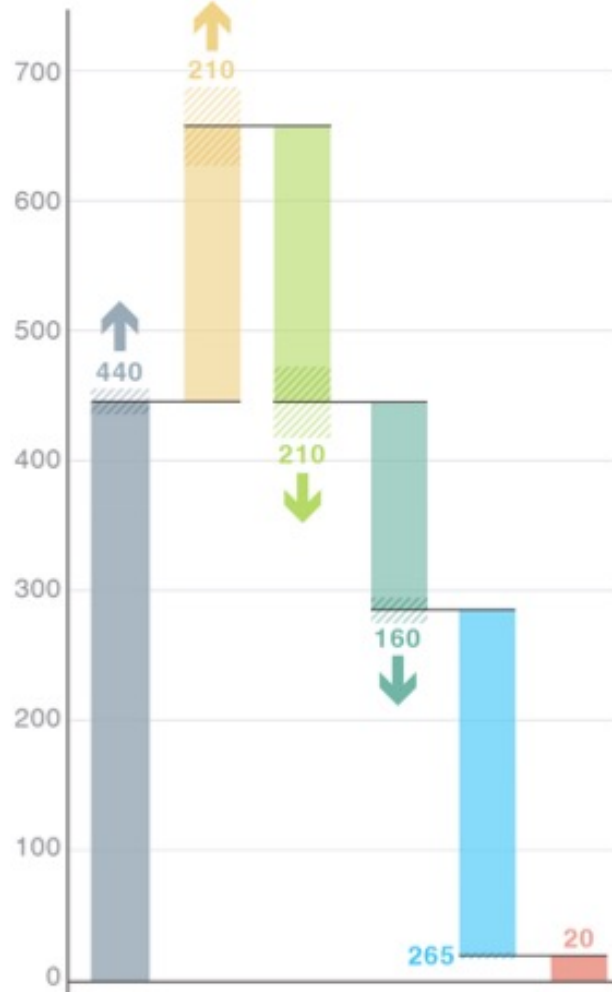
↑ Carbon cycling GtC per year

● Stocks GtC

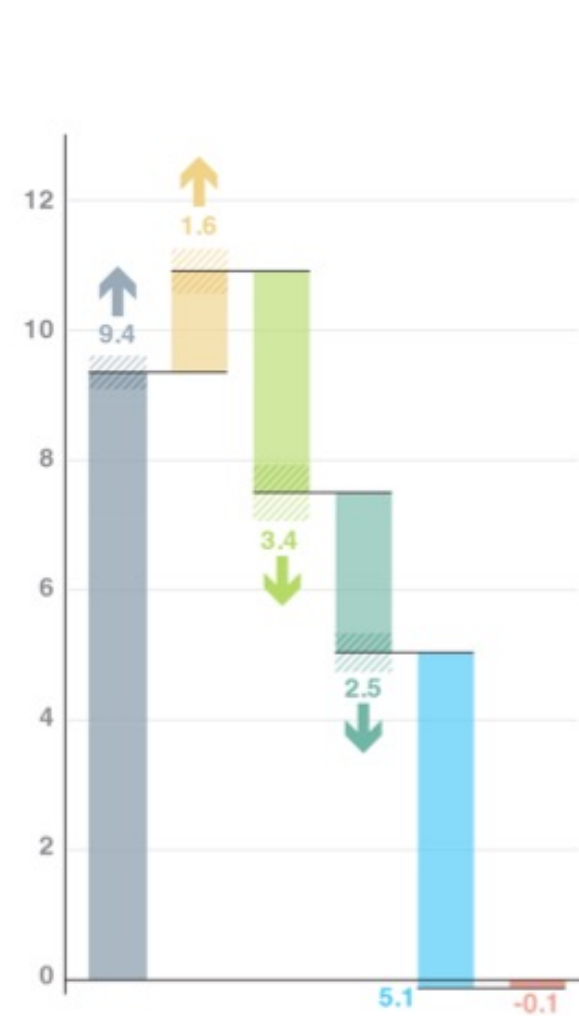
Total

Anthropogenic carbon flows

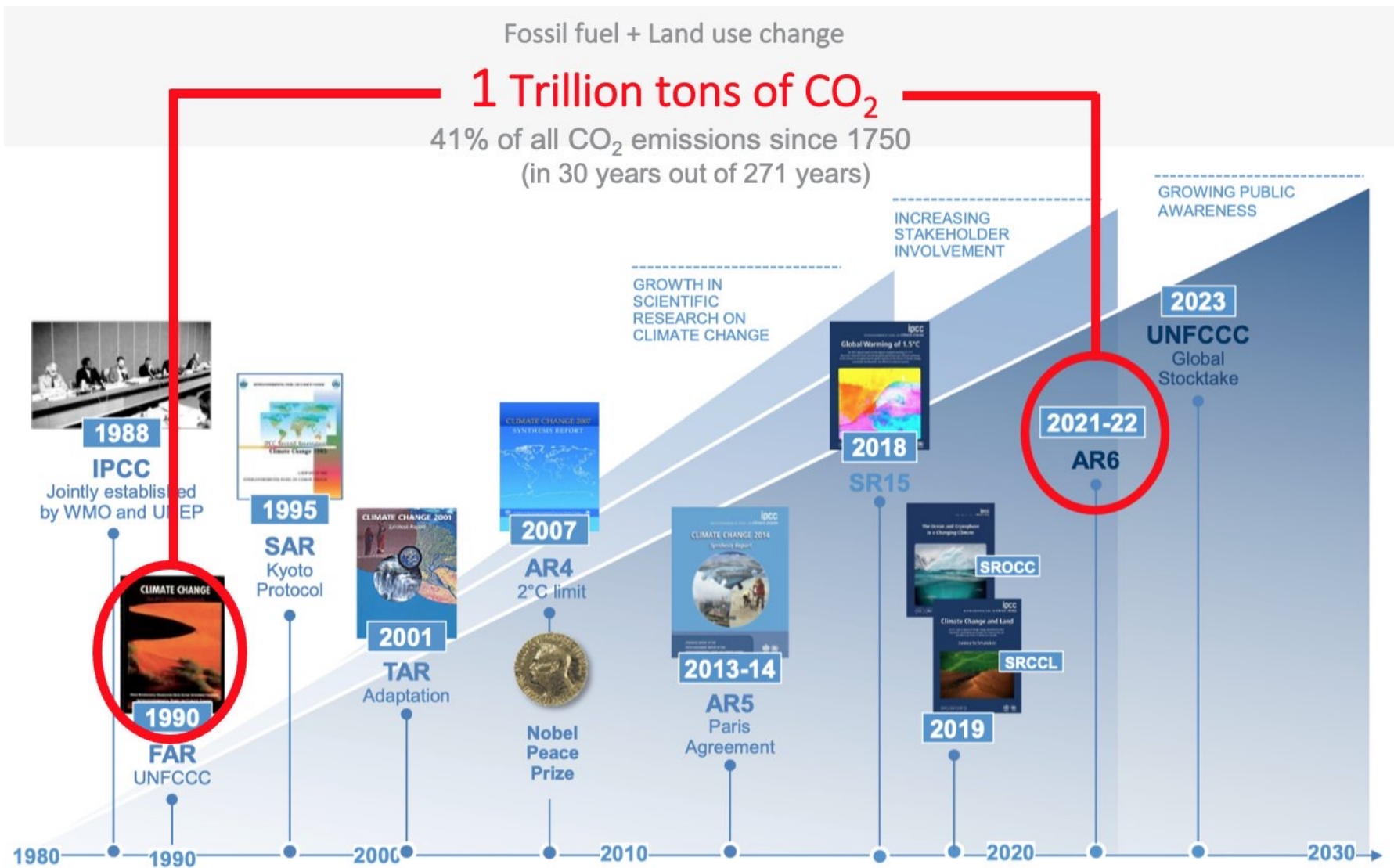
Cumulative changes 1850–2019
GtC



Mean fluxes 2010–2019
GtC per year

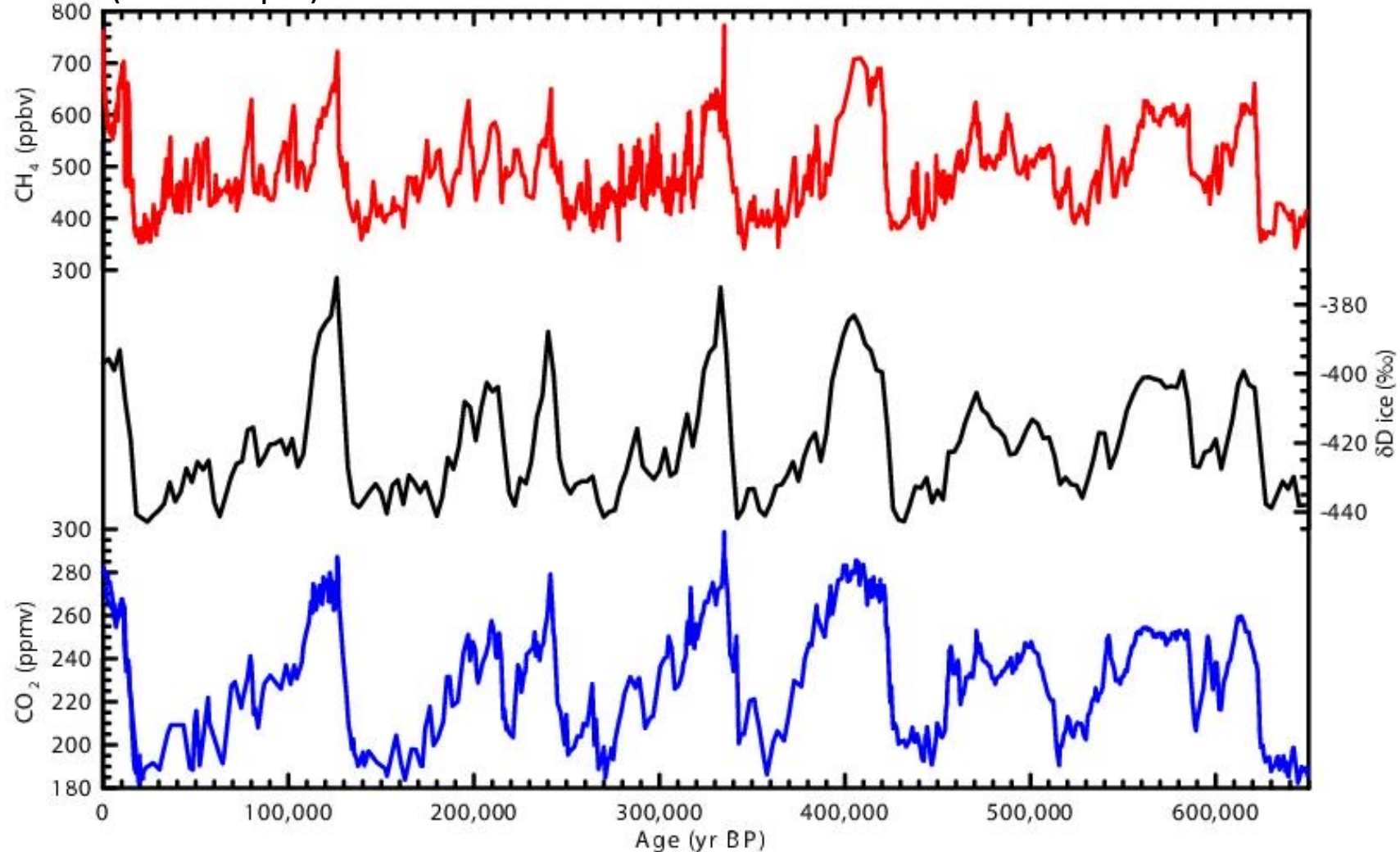


- ↑ Fossil CO₂ E_{FOS}
↓ Land uptake S_{LAND}
+ Atmospheric increase G_{ATM}
- ↑ Land-use change E_{LUC}
↓ Ocean uptake S_{OCEAN}
 Uncertainty values
- Budget Imbalance B_M



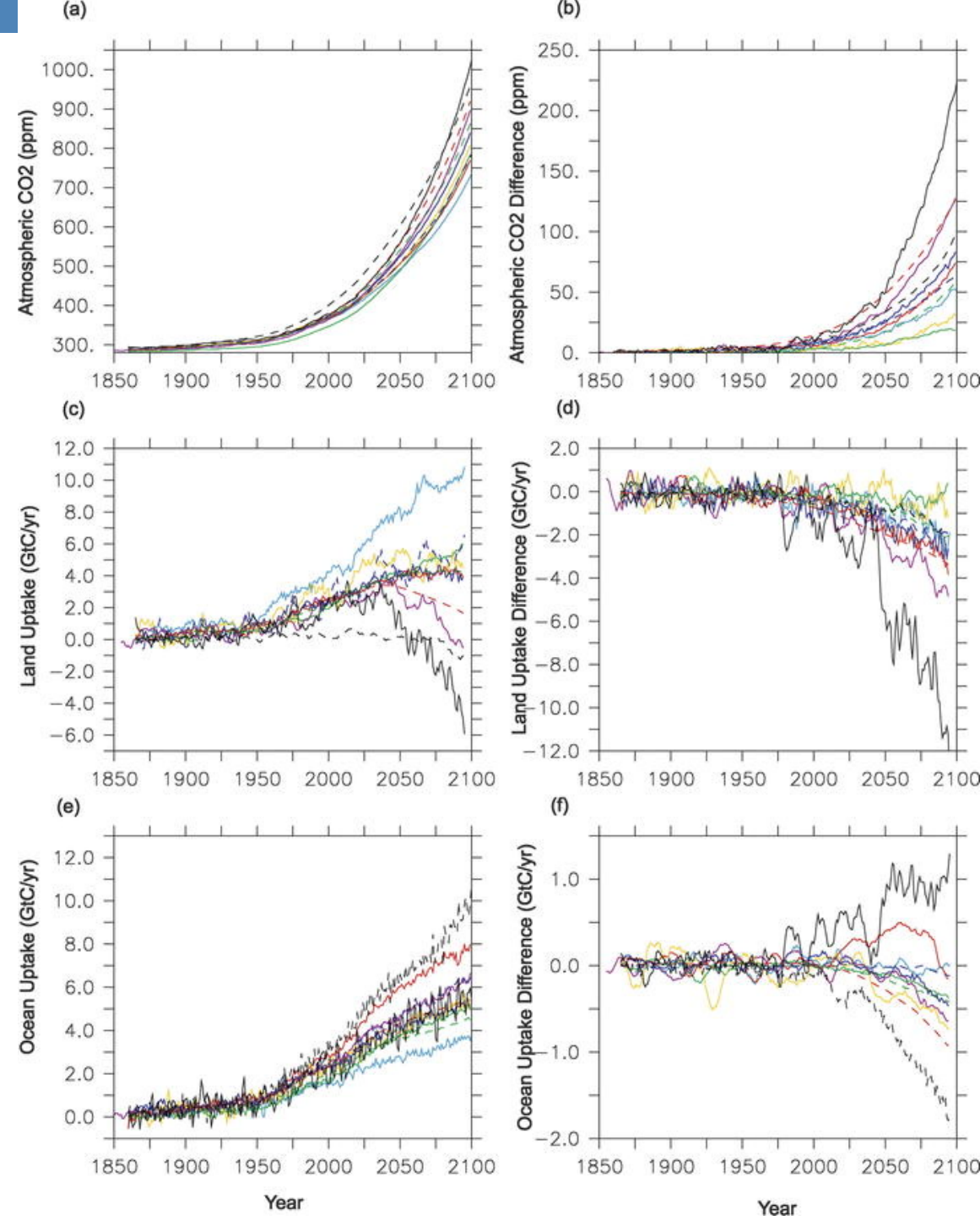
Une rétroaction positive du cycle du carbone ?

Données de Vostok (Antarctique)



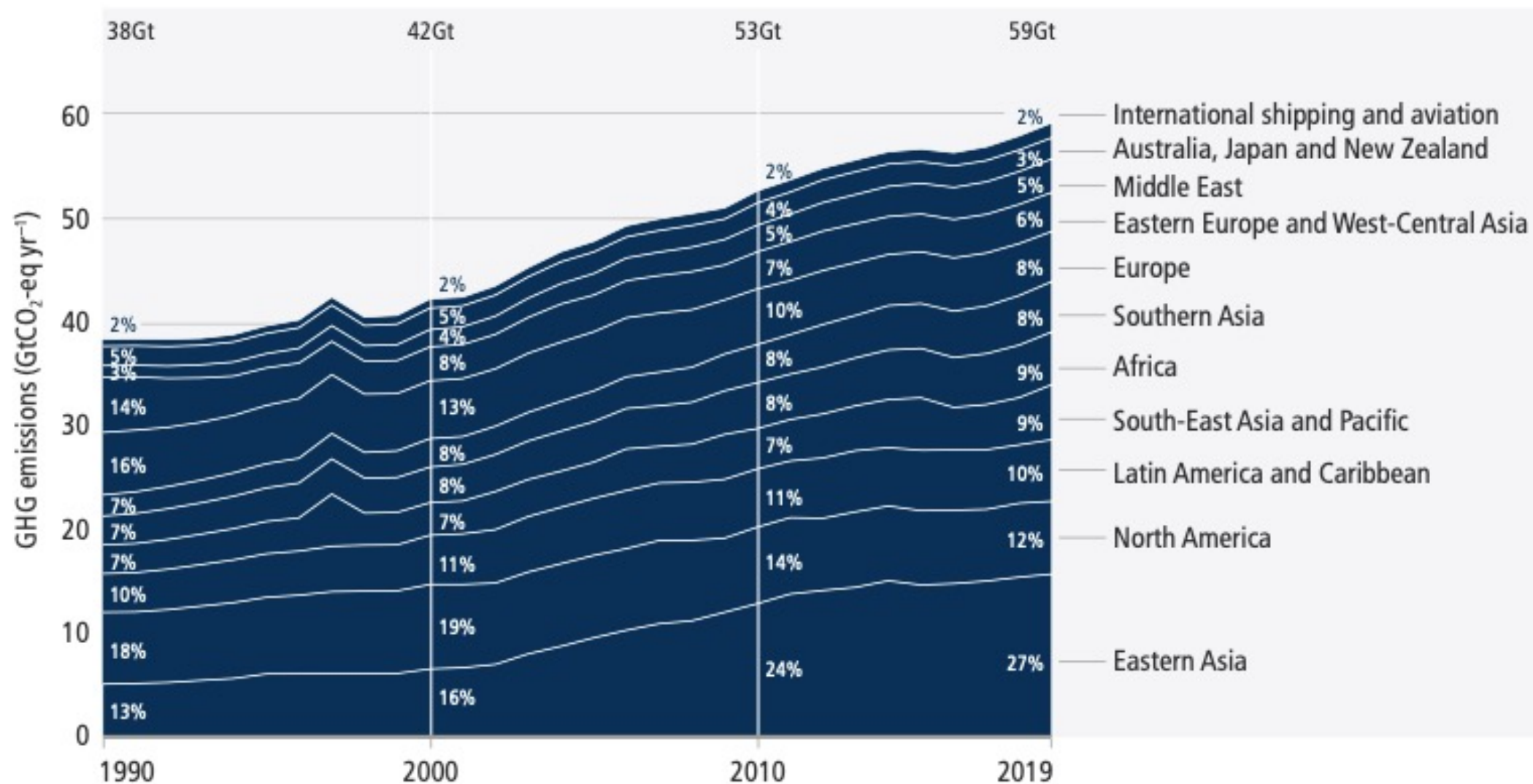
Rétroaction positive du cycle du carbone

- ❖ Quantification à l'aide de modèle de climat intégrant le cycle du carbone
- ❖ Encore beaucoup d'incertitudes
- ❖ Pas pris en compte dans les projections classiques utilisées par le GIEC.



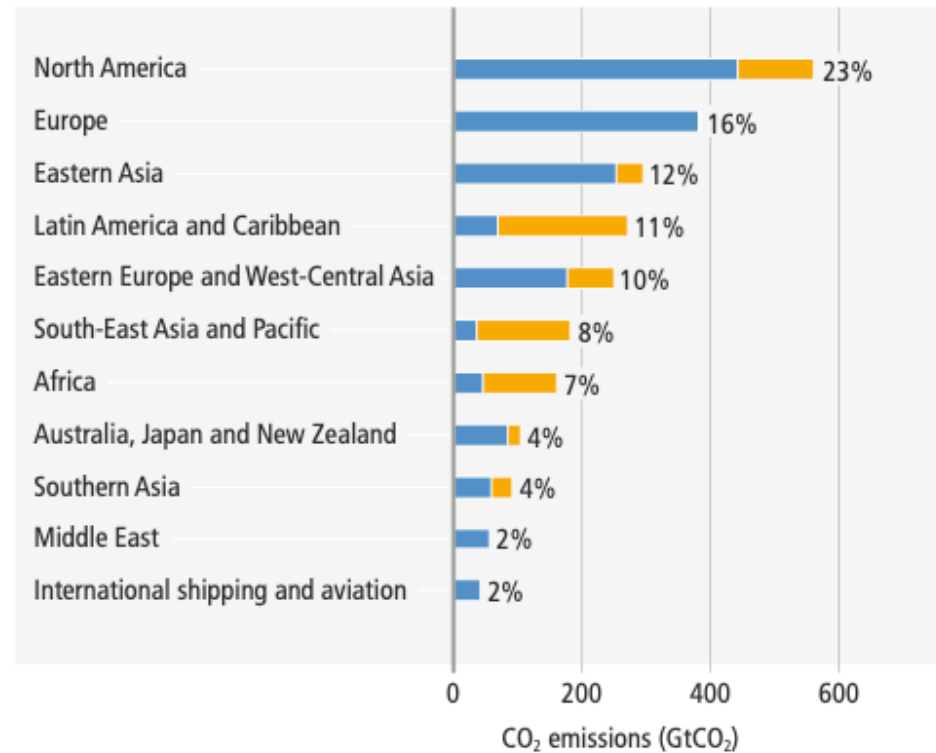
Geographie des émissions

a. Global net anthropogenic GHG emissions by region (1990–2019)



Geographie des émissions

b. Historical cumulative net anthropogenic CO₂ emissions per region (1850–2019)



c. Net anthropogenic GHG emissions per capita and for total population, per region (2019)

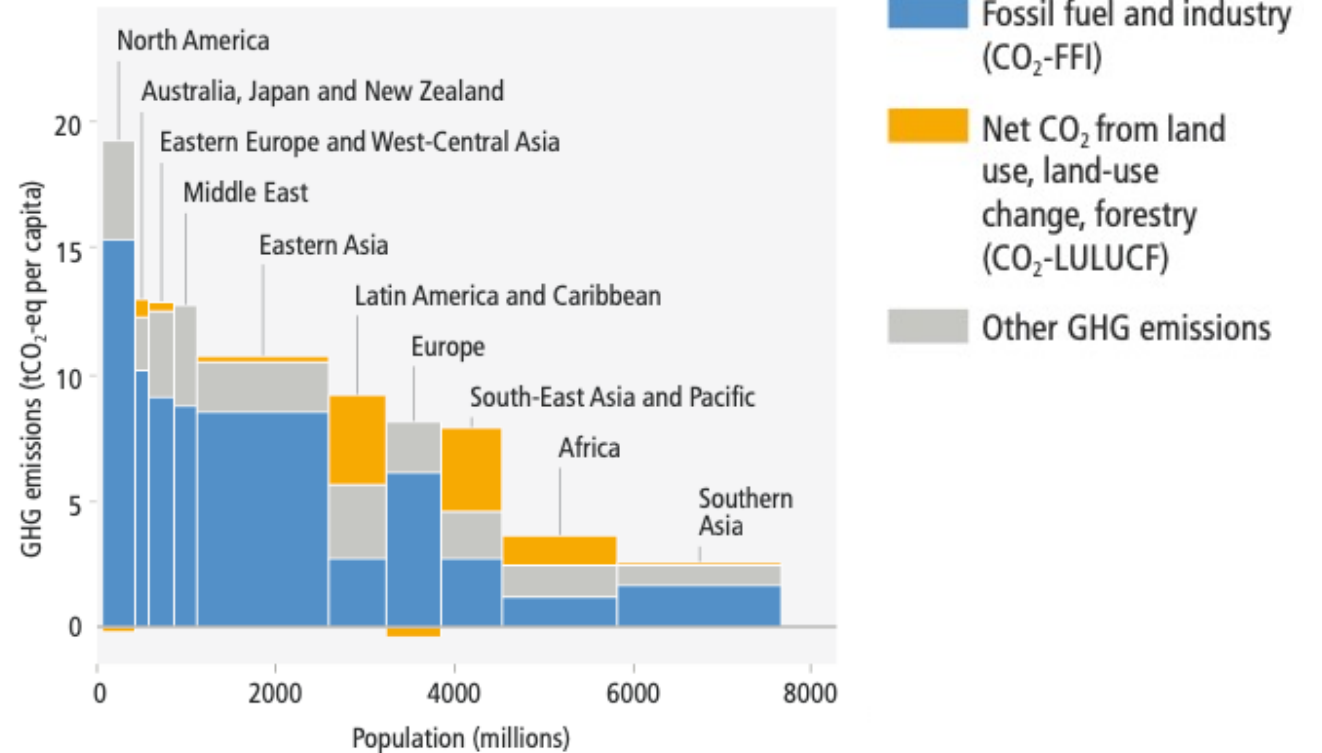
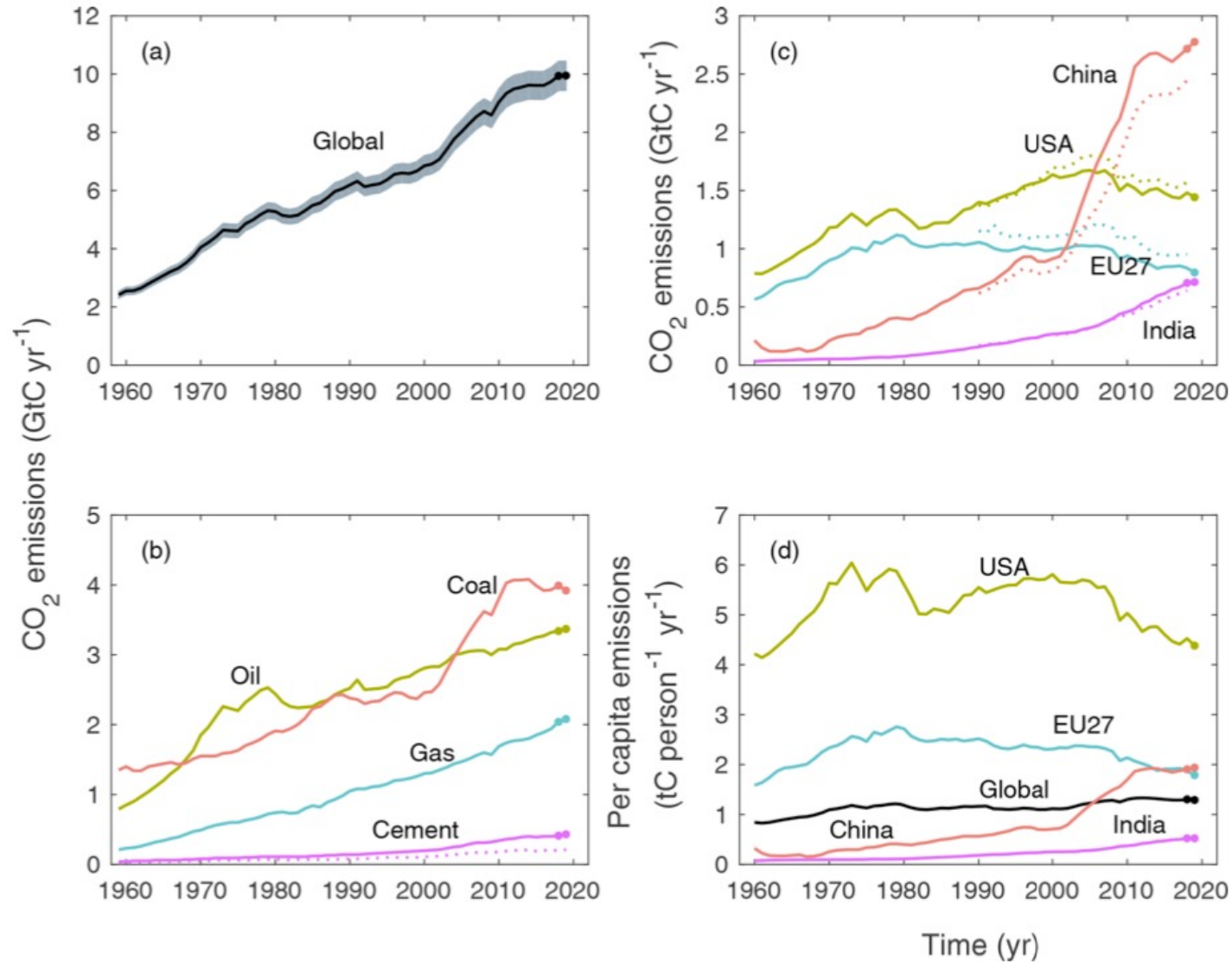


Fig. SPM.2 IPCC WG3

Evolution



Calcul de l'empreinte carbone basé sur la consommation

- ❖ Le calcul en tableau entrée-sortie (TES) en économie est issu des travaux d'analyse interindustrielle de l'économiste Wassily Leontief qui en fut l'inventeur dans les années 1930/40
- ❖ Étendue aux variables environnementales dans les années 1970
- ❖ Offre = production intérieure + importation = demande (consommation intermédiaire et demande finale)
- ❖ On décompose ceci en fonction de différentes branches de l'économie, pour lesquels on évalue une intensité émettrice également.
- ❖ Ceci, *in fine*, permet d'avoir accès au bilan carbone d'un pays.
- ❖ **En France l'empreinte carbone est 1.4 fois plus élevée que les émissions sur le territoire**

Plan du cours

- ⇒ Objectif : comprendre les liens entre la consommation d'énergie, les émissions carbonées et le climat, comment on mesure tout cela, et comment résoudre l'équation difficile posée par ce trio.

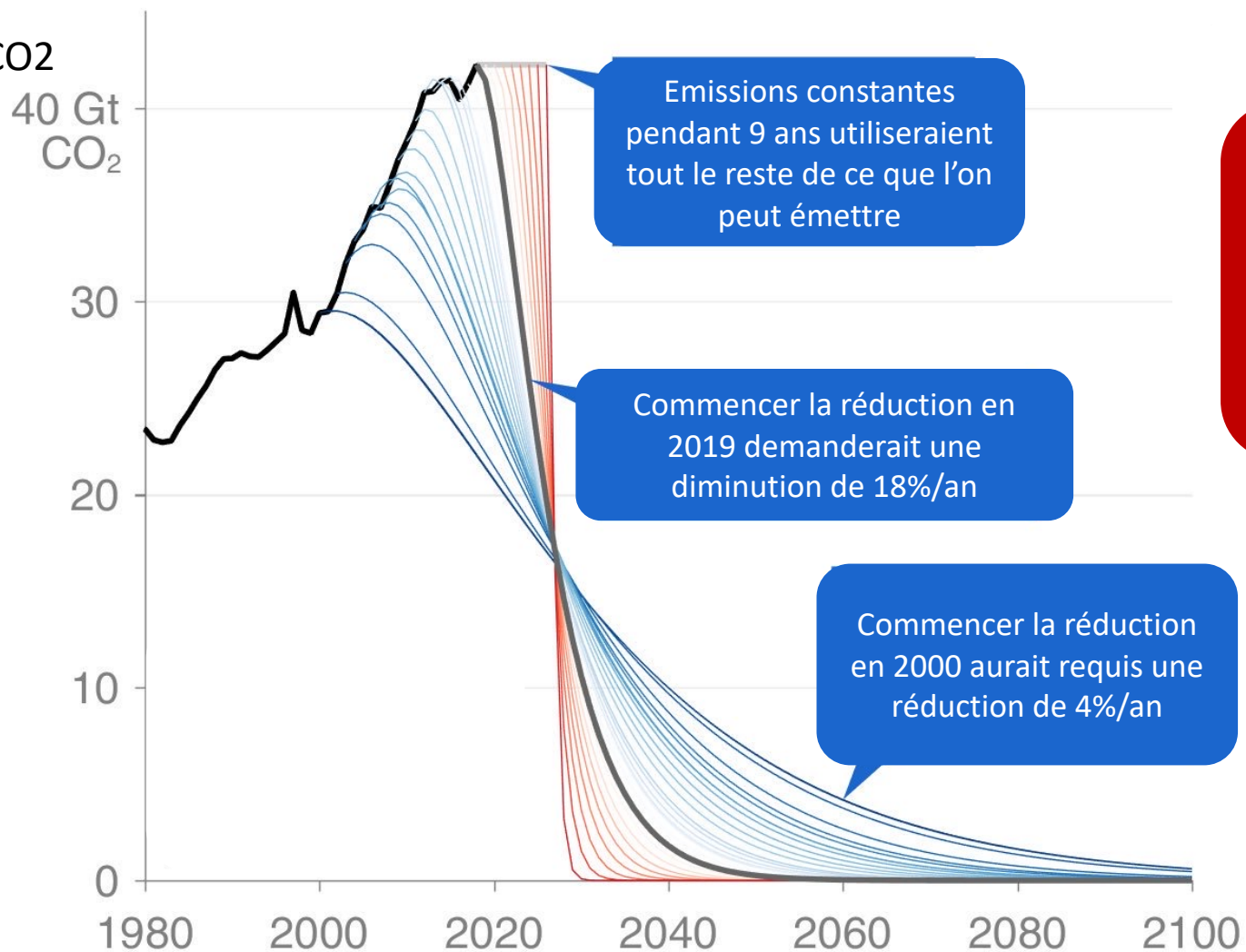
- a. Inventaire des émissions carbonées
- b. Comment rester sous certains seuils**
- c. L'épineuse question des solutions (e.g. geo-engineering)

limiter le changement climatique futur



Comment atteindre les objectifs de l'accord de Paris sur 1.5°C ?

Emission en équivalent CO₂



Le changement c'est maintenant !

Projected global GHG emissions from NDCs announced prior to COP26 would make it *likely* that warming will exceed 1.5°C and also make it harder after 2030 to limit warming to below 2°C.

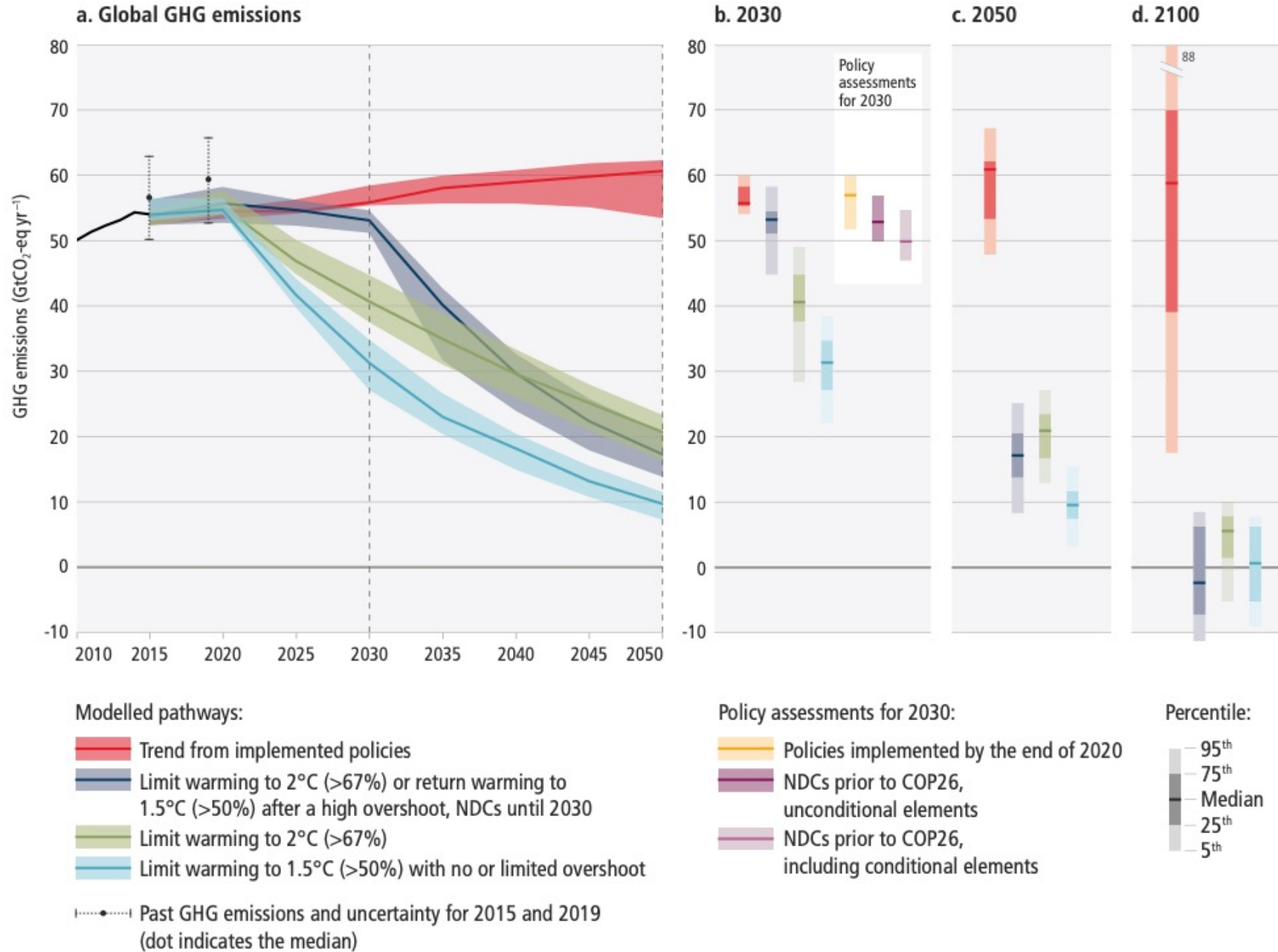
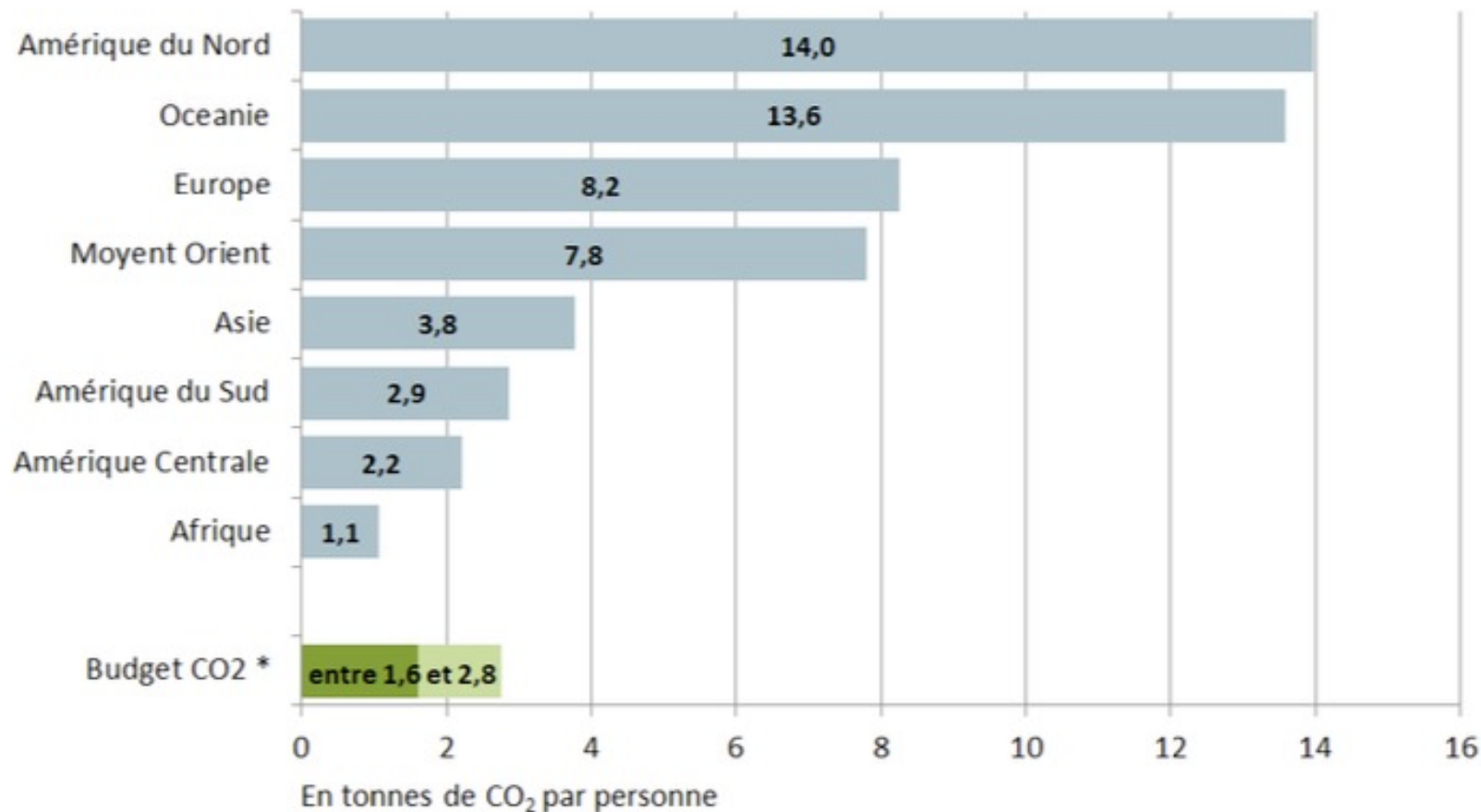


Fig. SPM.4 IPCC WG3

Par personne

Figure 3 : empreinte CO₂ par personne en 2017 et budget CO₂ compatible avec un réchauffement limité à 2°C d'ici 2100

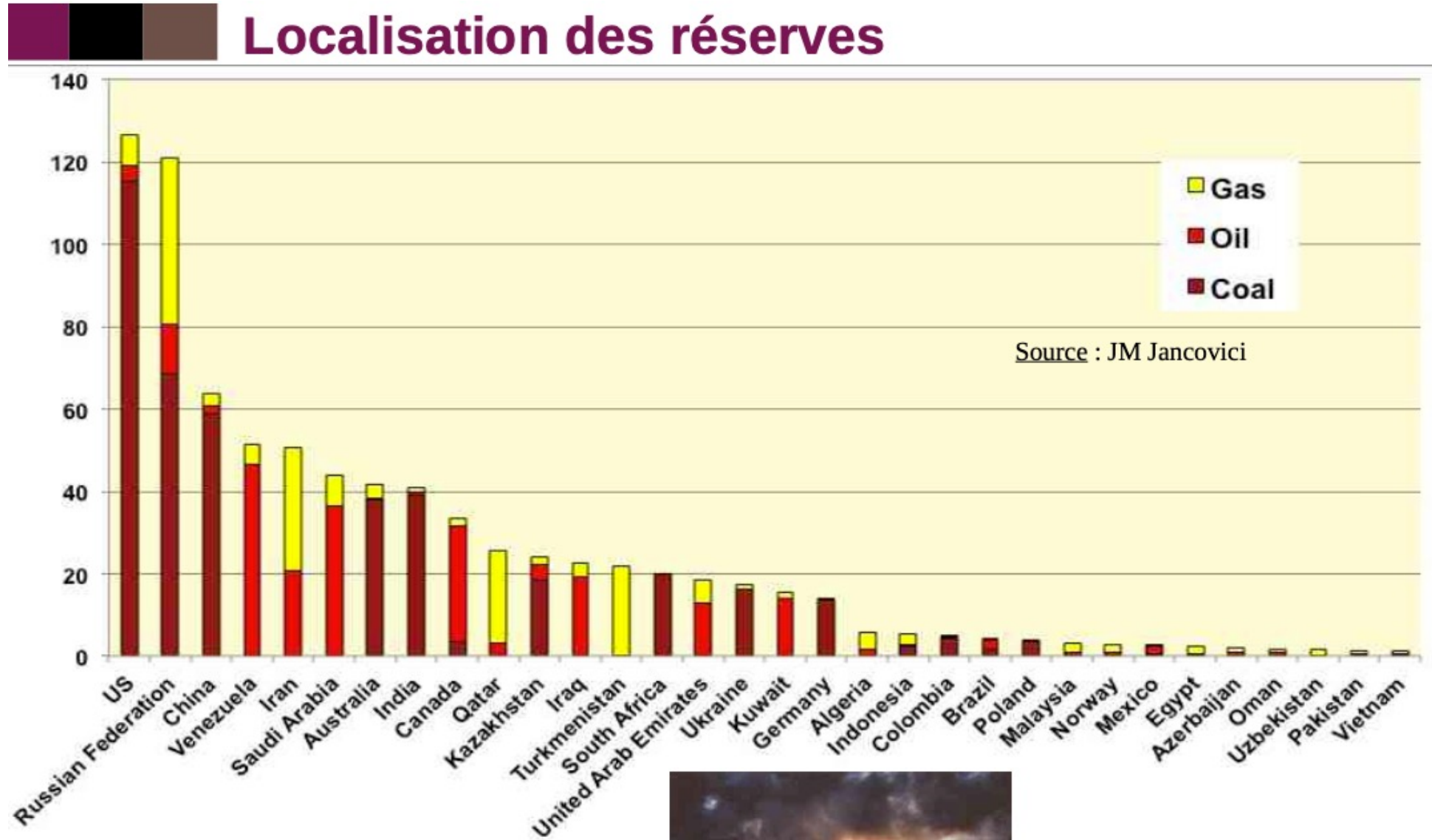
En tonnes de CO₂ par personne



* : le budget carbone correspond à l'empreinte de CO₂ par personne compatible avec l'objectif d'un réchauffement limité à + 2°C en 2100. Ce budget tient compte de la masse totale de CO₂ qu'il est encore possible d'émettre pour limiter le réchauffement à 2°C (estimée par le GIEC), des projections d'évolution de la population d'ici 2100, et d'une répartition strictement égalitaire par personne des émissions.

Source: ministère de la transition écologique

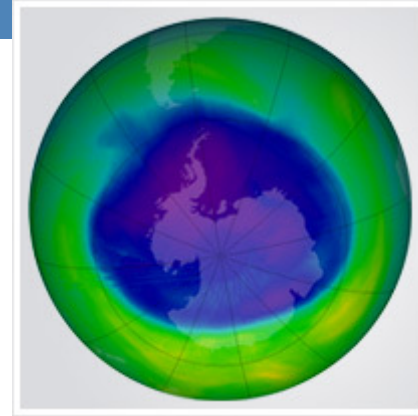
Il va falloir laisser des énergies fossiles dans le sol...



Comment en est on arrivé là ?

- ❖ Malgré la mise en place du GIEC dès 1988, les projections (qui se sont avérées correctes) de James Hansen, l'évaluation des risques variées du changement climatique, y compris économique, il y a eu peu d'actions
- ❖ Pourtant dès 1988, les discours politiques se sont multipliés sur le sujet.
- ❖ Les causes de l'inaction :
 - 1) La **complexité du problème** : analogie avec le trou de la couche d'ozone ?
 - 2) les lobbies (dont pétrolier) et **la fabrique du doute**
 - 3) **l'importance de l'énergie** dans notre vie moderne

1) un problème complexe : Analogie avec le trou de la couche d'ozone



- ❖ Dans les années 1970, les scientifiques se sont aperçus que les composés chlorés rejetés par les hommes détruisaient l'ozone notamment stratosphérique qui absorbe certain rayonnement UV dangereux pour beaucoup d'êtres vivants.
- ❖ Ces chlorofluorocarbures (CFC) sont des molécules de synthèse qui étaient utilisées notamment dans les bombes aérosols, les extincteurs ou encore les dispositifs de réfrigération et de climatisation, donc les CFC étaient présents partout.
- ❖ La communauté internationale se mobilisa, dans les années 1980, très fortement pour réduire les émissions de CFC si bien qu'aujourd'hui le « trou » est en cours de « guérison ». Le taux normal d'ozone devrait revenir autour des années 2030.
- ❖ Pourquoi on ne peut pas faire de même avec les gaz à effet de serre ?

2) Le lobby de l'industrie pétrolière

❖ Les archives des grands groupes pétroliers américains et même français (Total !) ont révélé des pratiques de lobbying consistant à créer de toute pièce **"la fabrique du doute"** dans l'opinion public en subventionnant des scientifiques pour qu'ils instillent le doute en mettant en exergue les limites de nos connaissances sur le système climatique

❖ Méthode similaire à l'industrie du tabac

❖ Voir le documentaire sur Arte : "Le lobby climatosceptique", absolument accablant, basé sur des faits et des archives d'Exxon, etc.

ARTICLE IN PRESS

Global Environmental Change xxx (xxxx) xxx

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Global Environmental Change

journal homepage: www.elsevier.com/locate/gloenvcha



Early warnings and emerging accountability: Total's responses to global warming, 1971–2021

Christophe Bonneuil ^{a,1,*}, Pierre-Louis Choquet ^{b,1}, Benjamin Franta ^{c,1}

^a Centre de Recherches Historiques, CNRS & EHESS, Paris Sciences et Lettres, Paris, France

^b Centre de Sociologie des Organisations, SciencesPo, Paris, France

^c Department of History, Stanford University, Stanford, CA, United States

ARTICLE INFO

Keywords:
Oil industry
Climate change
Global warming
Agnotology
Denial
Public relations

ABSTRACT

Building upon recent work on other major fossil fuel companies, we report new archival research and primary source interviews describing how Total responded to evolving climate science and policy in the last 50 years. We show that Total personnel received warnings of the potential for catastrophic global warming from its products by 1971, became more fully informed of the issue in the 1980s, began promoting doubt regarding the scientific basis for global warming by the late 1980s, and ultimately settled on a position in the late 1990s of publicly accepting climate science while promoting policy delay or policies peripheral to fossil fuel control. Additionally, we find that Exxon, through the International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (IPIECA), coordinated an international campaign to dispute climate science and weaken international climate policy, beginning in the 1980s. This represents one of the first longitudinal studies of a major fossil fuel company's responses to global warming to the present, describing historical stages of awareness, preparation, denial, and delay.

3) Effet de serre, énergie et confort matériel

- ❖ La révolution industrielle, à l'origine des rejets massifs de gaz à effet de serre, a totalement bouleversé la vie des humains, souvent pour le meilleur (*a priori*, ce n'était pas mieux avant...)
- ❖ Cette révolution industrielle a démultiplié l'énergie disponible pour les être humains, et se retrouvent dans quasi TOUTES NOS ACTIVITES
- ❖ C'est donc un problème techniquement beaucoup plus complexe que les CFC des bombes aerosols, qui a pu être résolu par des améliorations techniques
- ❖ Pour ce qui concerne l'effet de serre, la technique risque de ne pas suffir

100% énergie renouvelable, c'est possible !



Il fut un temps où nous étions renouvelables et durables...



Il fut un temps où nous étions renouvelables et durables...



Il fut un temps où nous étions renouvelables et durables...



**Il fut un temps où nous étions
renouvelables et durables...**



Il fut un temps où nous étions renouvelables et durables...



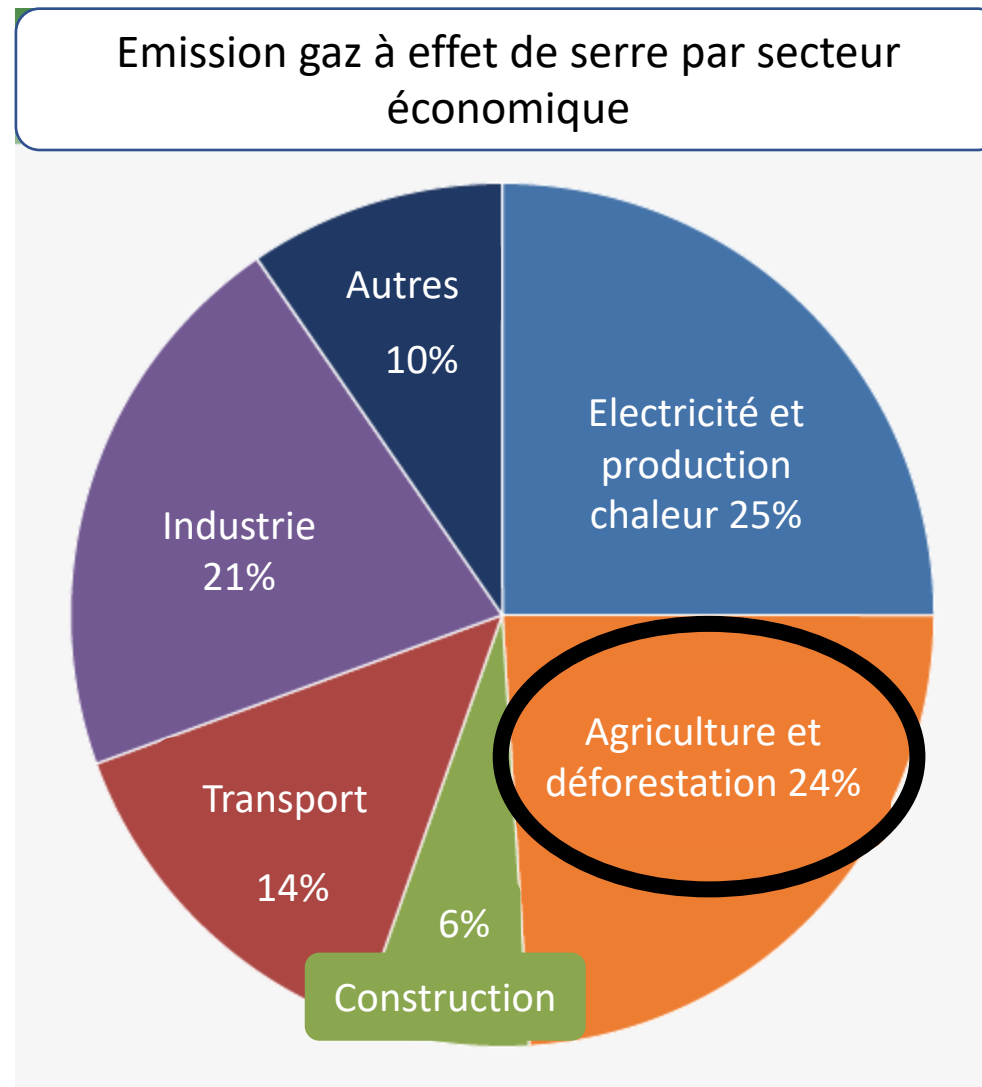
Compréhension physique de l'énergie

- ❖ Ordre de grandeur des besoins d'énergie pour :
 - Griller une tartine : un champion du monde de velo piste
 - Faire un trajet en voiture : 180 champions du monde de vélo
 - Prendre l'avion : 43 000 champions du monde de vélo

<https://www.youtube.com/watch?v=S4O5voOCqAQ&t=187s>

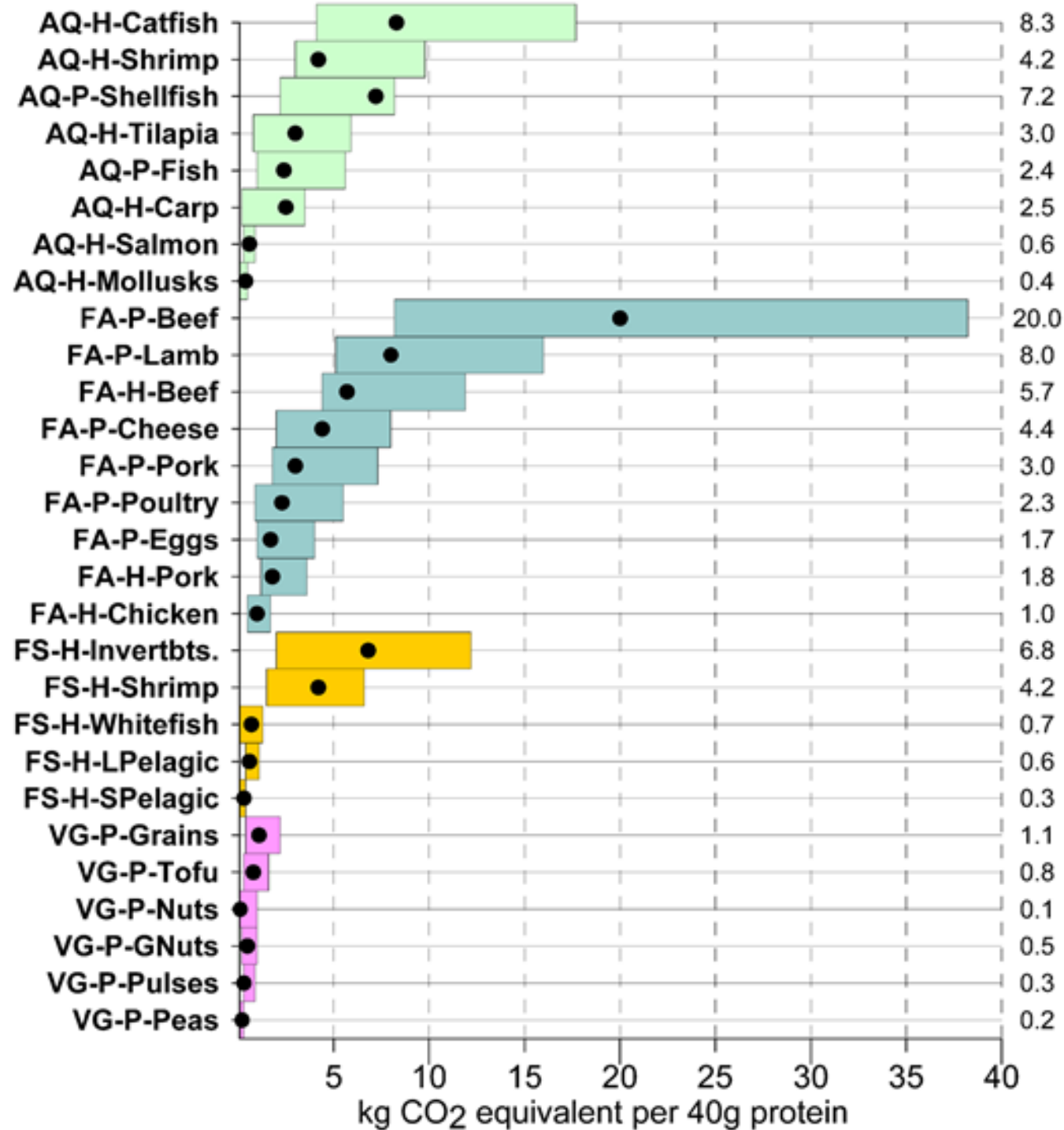


Source de gaz à effet de serre à l'échelle globale



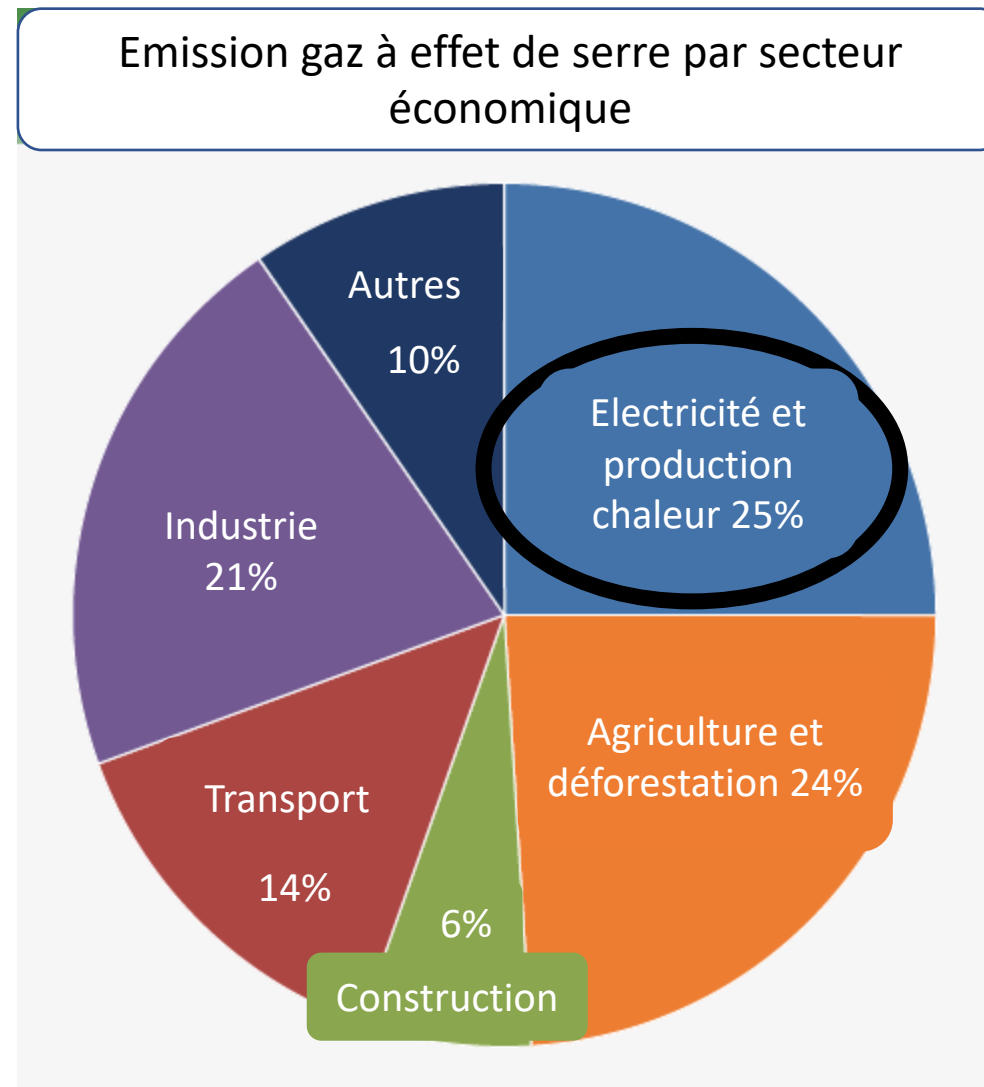
Manger moins ou pas de viande pourrait faire décroître de moitié ces 24% d'émission...

Source:
IPCC 2014



Turrell, Journal of
Marine Science
2019

Source de gaz à effet de serre à l'échelle globale



Source:
IPCC 2014

Cost of renewal

The unit costs of some forms of renewable energy and of batteries for passenger EVs have fallen, and their use continues to rise.

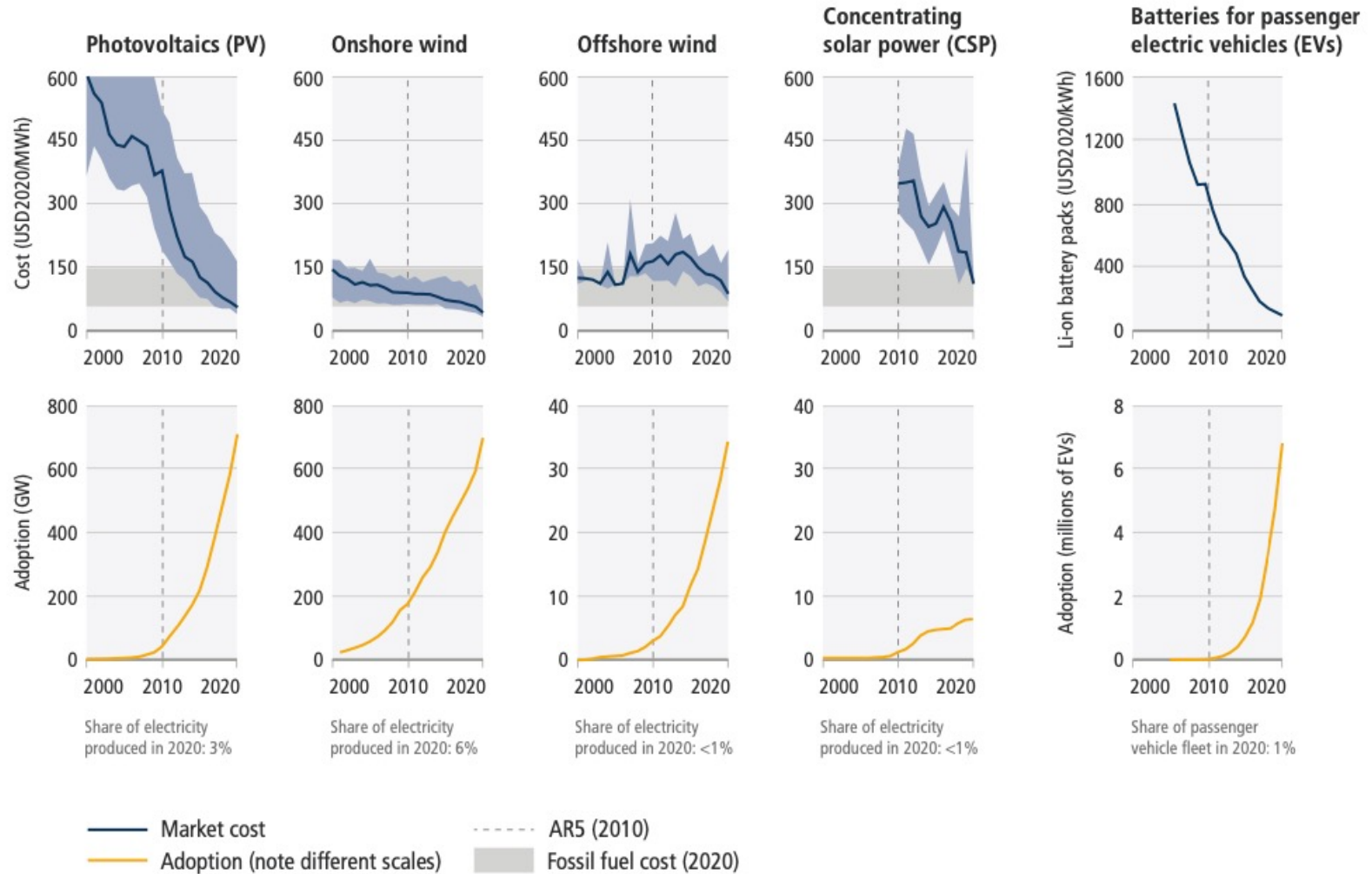


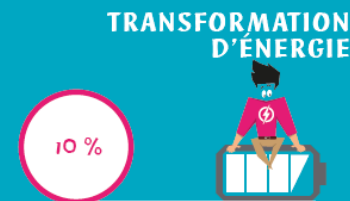
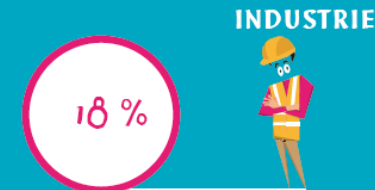
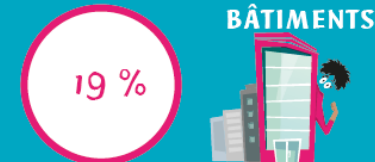
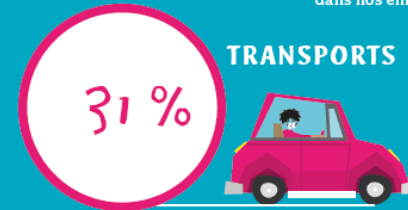
Fig. SPM.3 IPCC WG3

A l'échelle individuel ?

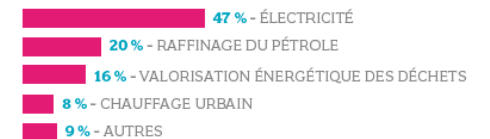
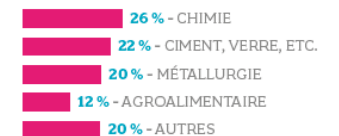
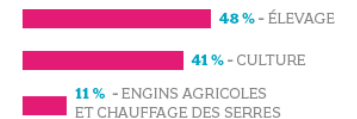
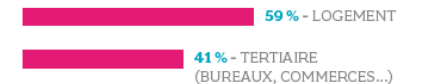
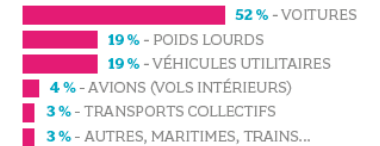
- Les principales sources d'émissions françaises => voir rapport Haut conseil pour le climat
- Evolution récente des émissions à la baisse en France, mais en deçà de l'objectif des accords de Paris
- Un exemple d'incohérence : le développement des SUV...

4 D'OÙ VIENNENT LES ÉMISSIONS FRANÇAISES AUJOURD'HUI ?

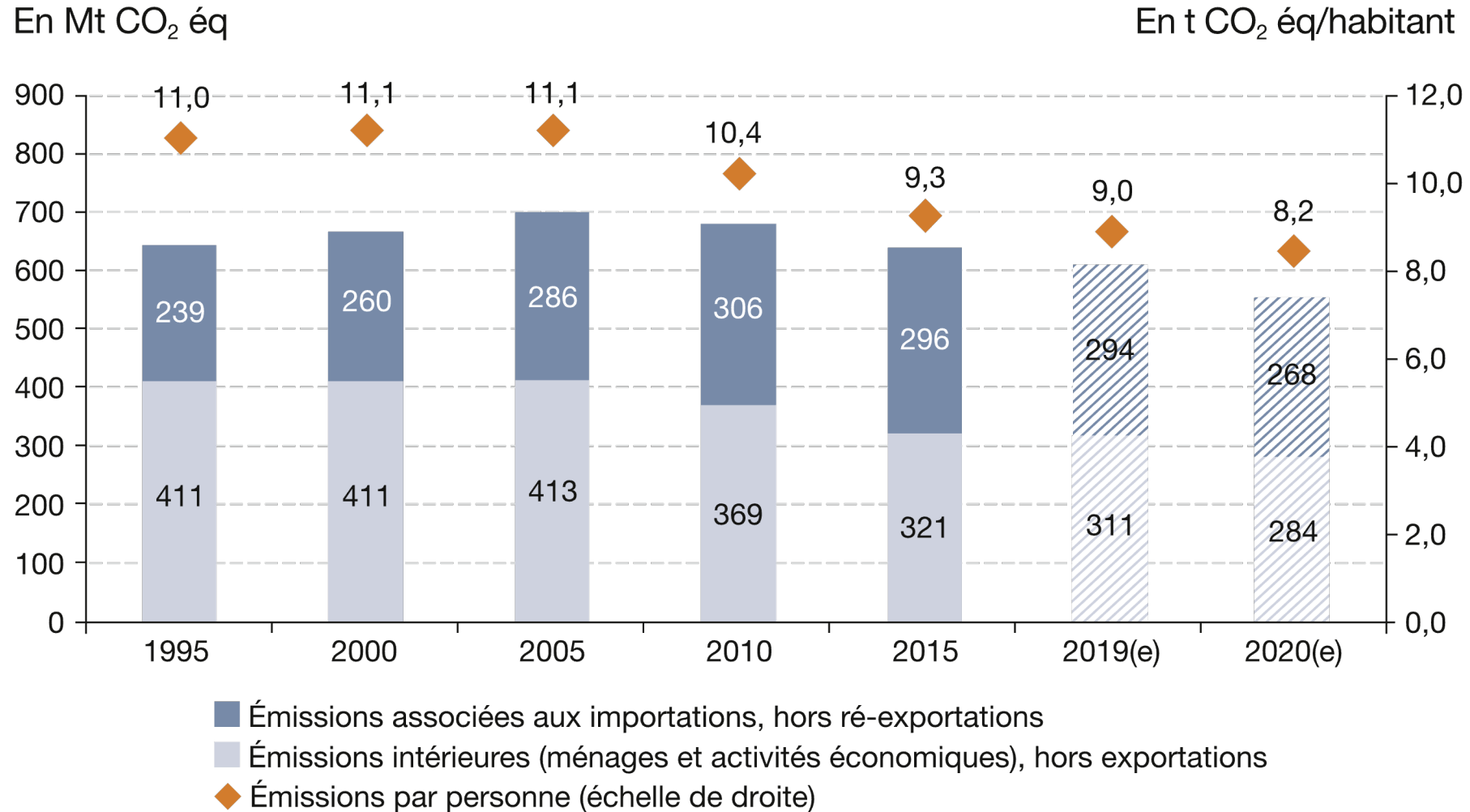
Quel poids de chaque secteur dans nos émissions ?



De quelles activités proviennent ces émissions ?

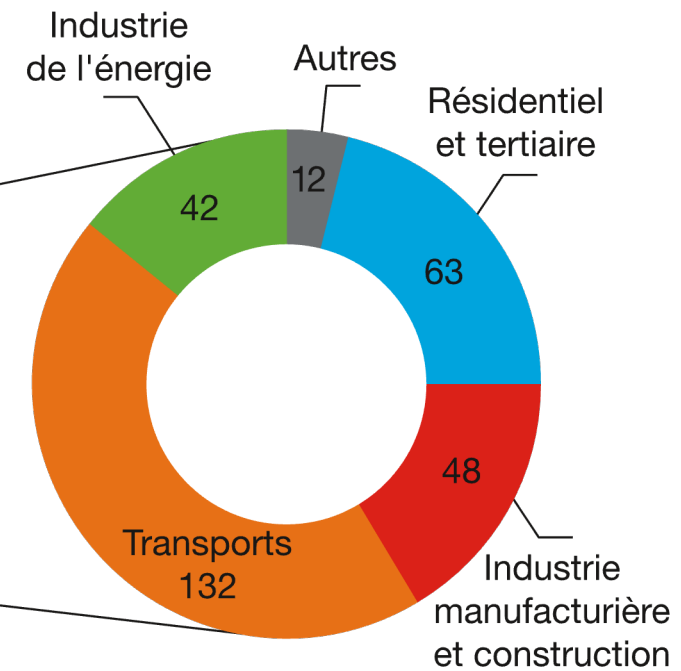
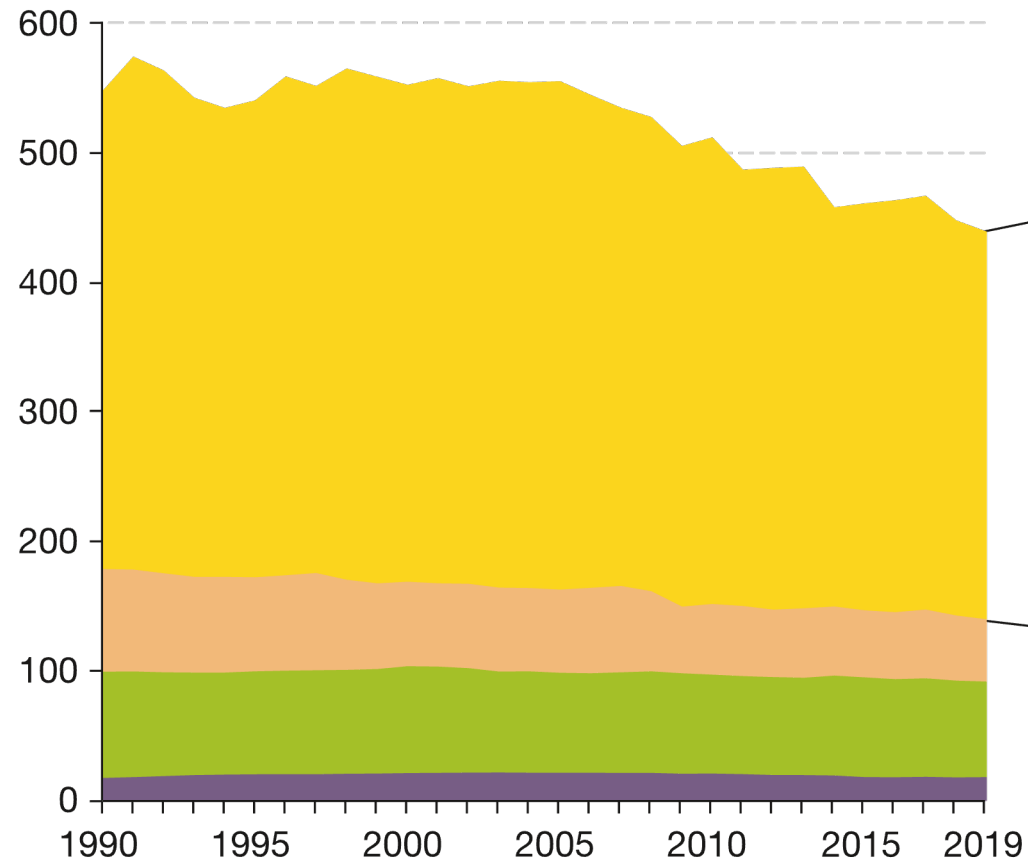


Evolution en France



Evolution en France

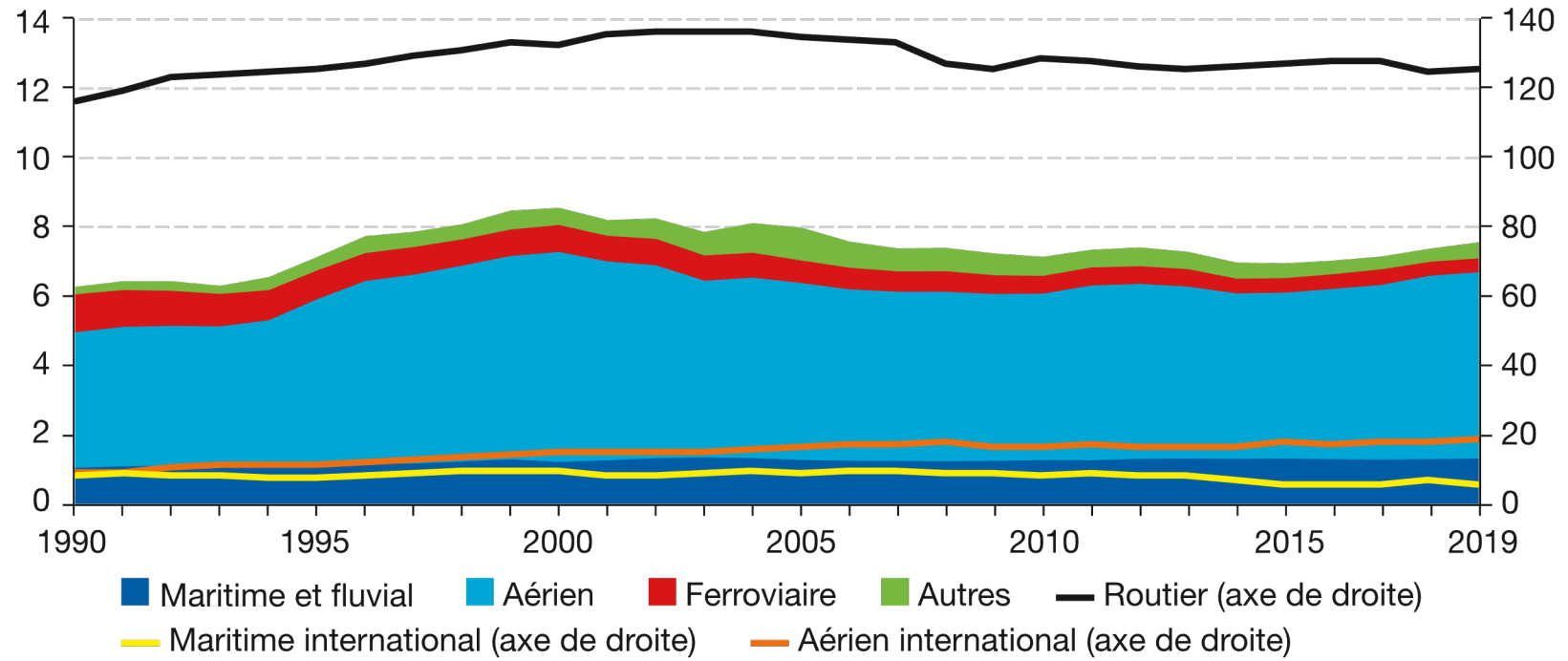
En Mt CO₂ éq



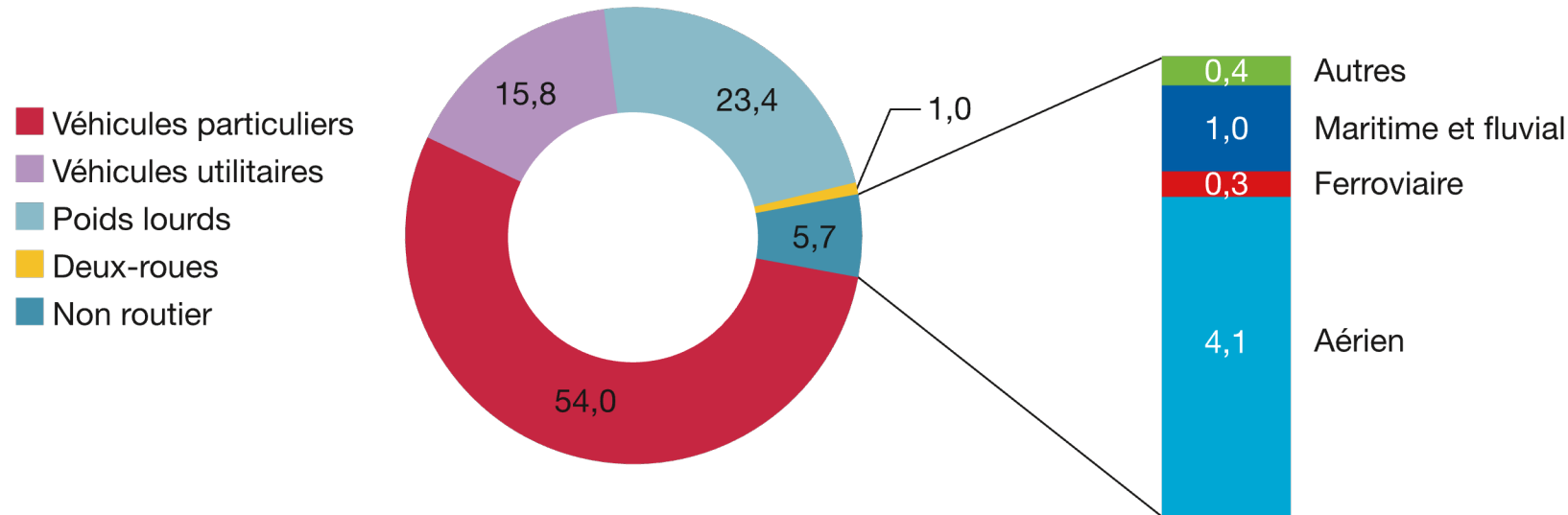
■ Déchets ■ Procédés industriels
■ Agriculture ■ Utilisation d'énergie

Transport

En Mt CO₂ éq



En %



Haut conseil pour le climat

- ❖ Le **Haut Conseil pour le climat** (HCC) est une instance consultative indépendante française, créée en novembre 2018, placée auprès du Premier ministre et composée au plus de douze membres experts nommés par décret.
- ❖ La France s'est dotée en 2015 d'une feuille de route pour réduire ses émissions : la **Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC)**, qui **fixe des objectifs détaillés pour chacun des grands secteurs émetteurs ainsi que pour les puits de carbone**.
- ❖ **2015-2018 : Le premier budget carbone (2015-2018) a été dépassé. Le secteur des transports et celui des bâtiments en particulier n'ont pas vu leurs émissions se réduire suffisamment rapidement.**
- ❖ **2019-2023 : Le second budget carbone (2019-2023) est à ce jour respecté sur la période 2019-2021, principalement du fait de l'impact des mesures prises pour lutter contre la Covid-19, ainsi que du relèvement du deuxième budget carbone lors de la révision de la SNBC faite en 2020.**



Présidente : Corinne le Quéré, climatologue franco-canadienne

Haut conseil pour le climat

TRANSPORTS

Les transports restent le premier secteur émetteur en France, avec 30 % des émissions territoriales. C'est le seul secteur où les émissions étaient plus élevées en 2019 qu'en 1990. La baisse récente des émissions des transports reste à consolider.

ÉNERGIE

Les émissions liées à l'énergie représentent 10 % des émissions territoriales. C'est le seul secteur qui voit ses émissions diminuer plus vite que la trajectoire fixée par la SNBC jusqu'à présent.

BÂTIMENTS

Les émissions du secteur du bâtiment représentent 18 % des émissions territoriales et continuent de baisser, surtout depuis 2015. Cette baisse s'explique par une réduction structurelle de l'usage du fioul domestique (utilisée principalement pour le chauffage) et par l'amélioration de l'isolation thermique des bâtiments.

AGRICULTURE

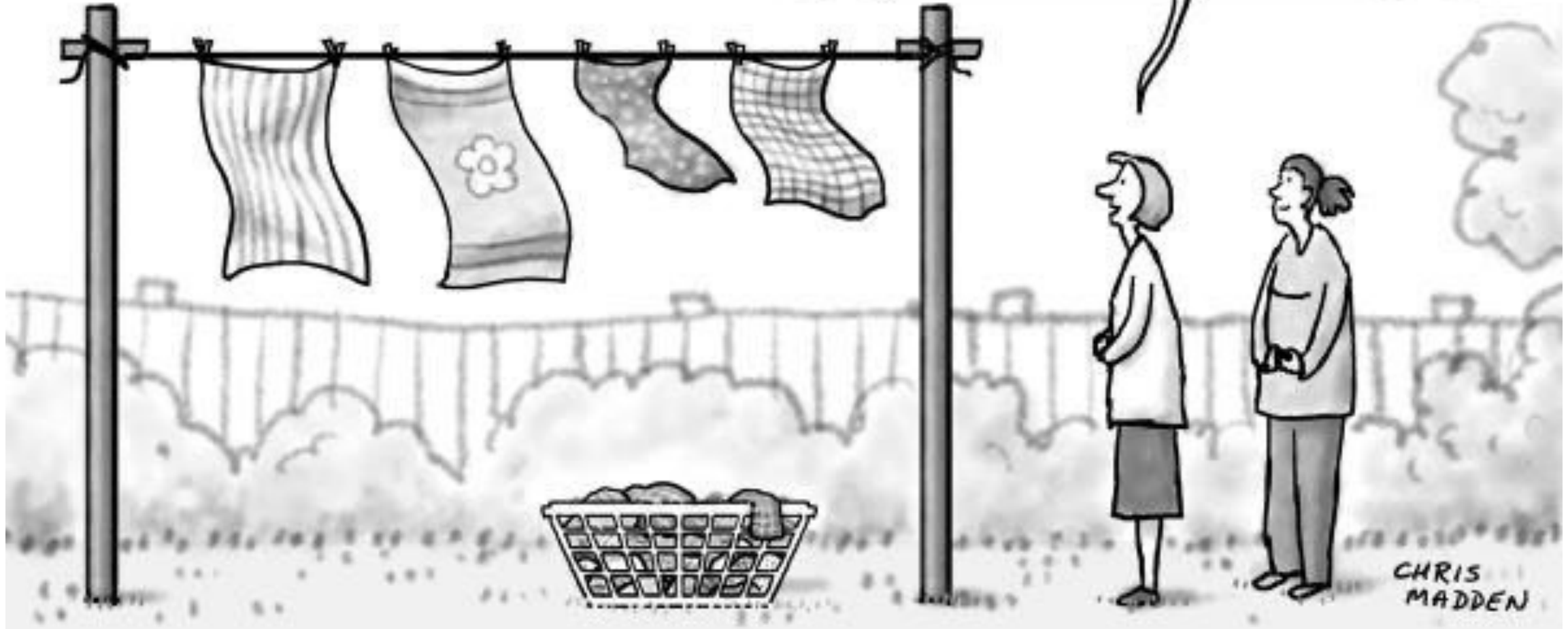
Les émissions du secteur de l'agriculture représentent 19 % des émissions territoriales. Elles diminuent de manière continue depuis au moins 2018, principalement grâce à la diminution de la taille du cheptel bovin qui émet du méthane (CH₄), et à une diminution des engrais minéraux épandus qui se transforment en protoxyde d'azote (N₂O). Le CH₄ et N₂O sont les deux principaux GES du secteur. La baisse récente des émissions de l'agriculture reste à consolider.

Plan du cours

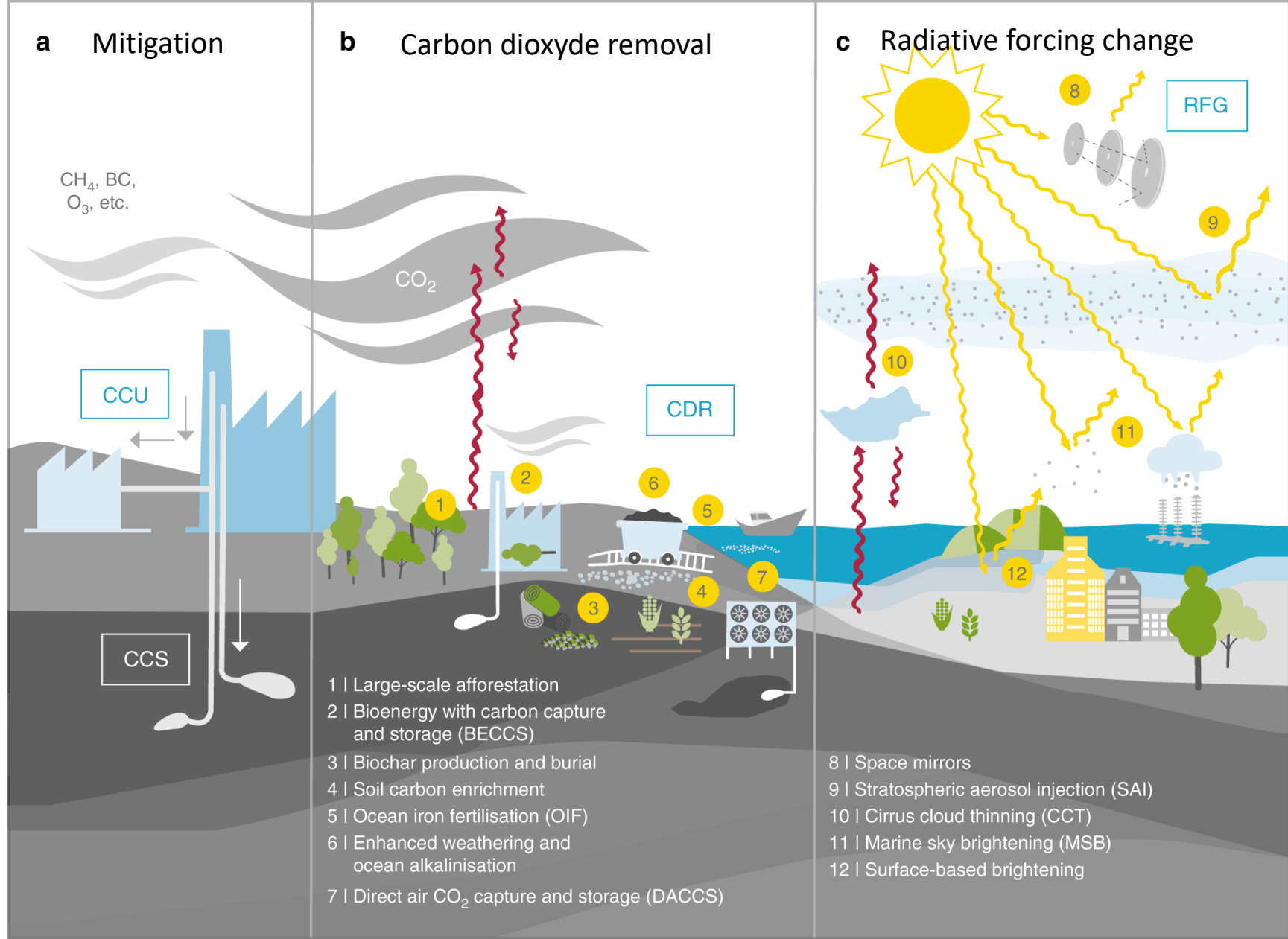
- ⇒ Objectif : comprendre les liens entre la consommation d'énergie, les émissions carbonées et le climat, comment on mesure tout cela, et comment résoudre l'équation difficile posée par ce trio.

- a. Inventaire des émissions carbonées
- b. Comment rester sous certains seuils
- c. L'épineuse question des solutions (e.g. geo-engineering)

Ca sèche le linge en utilisant les dernières technologies – une combinaison de solaire et d'éolien

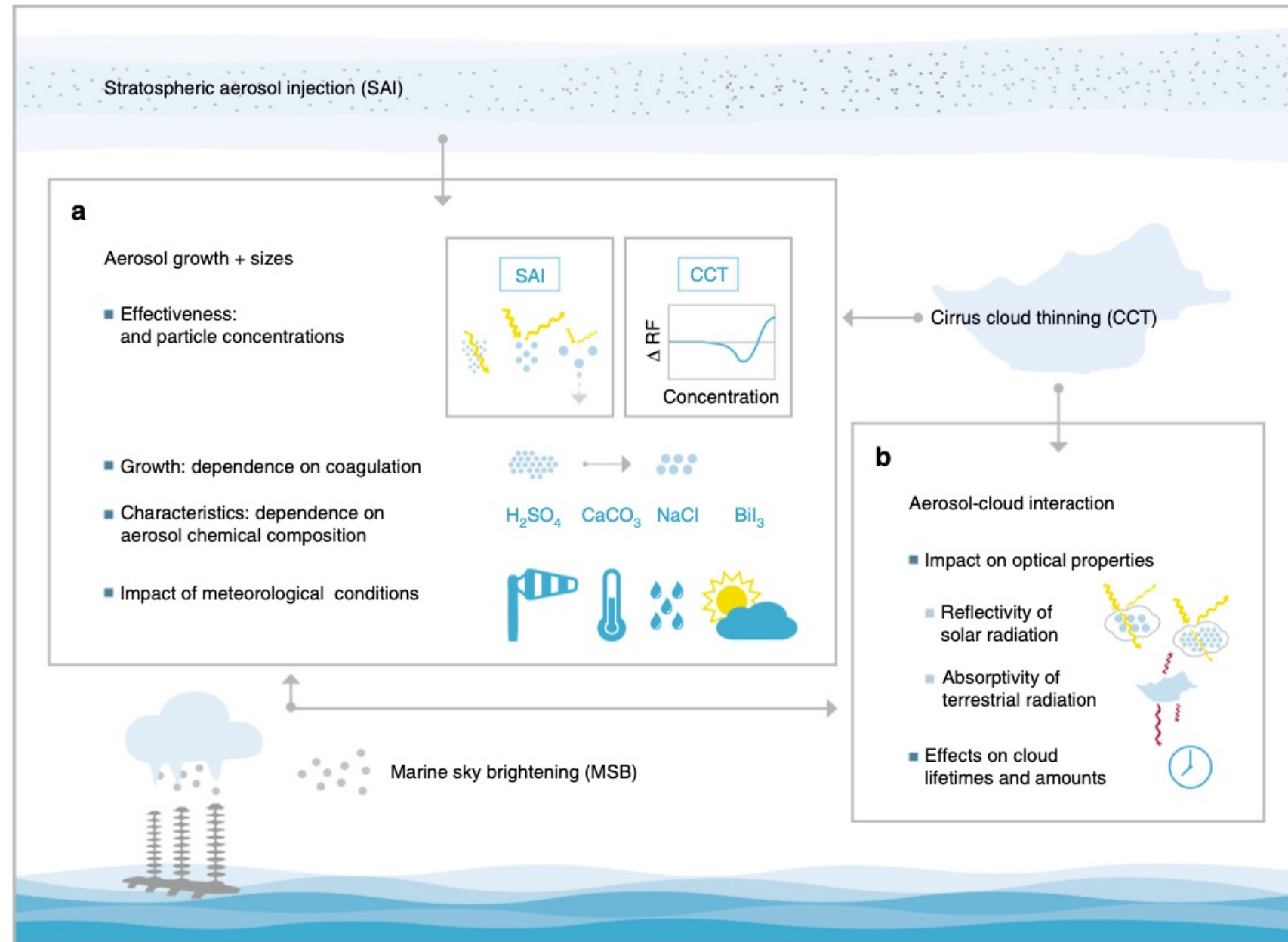


Geo-engineering



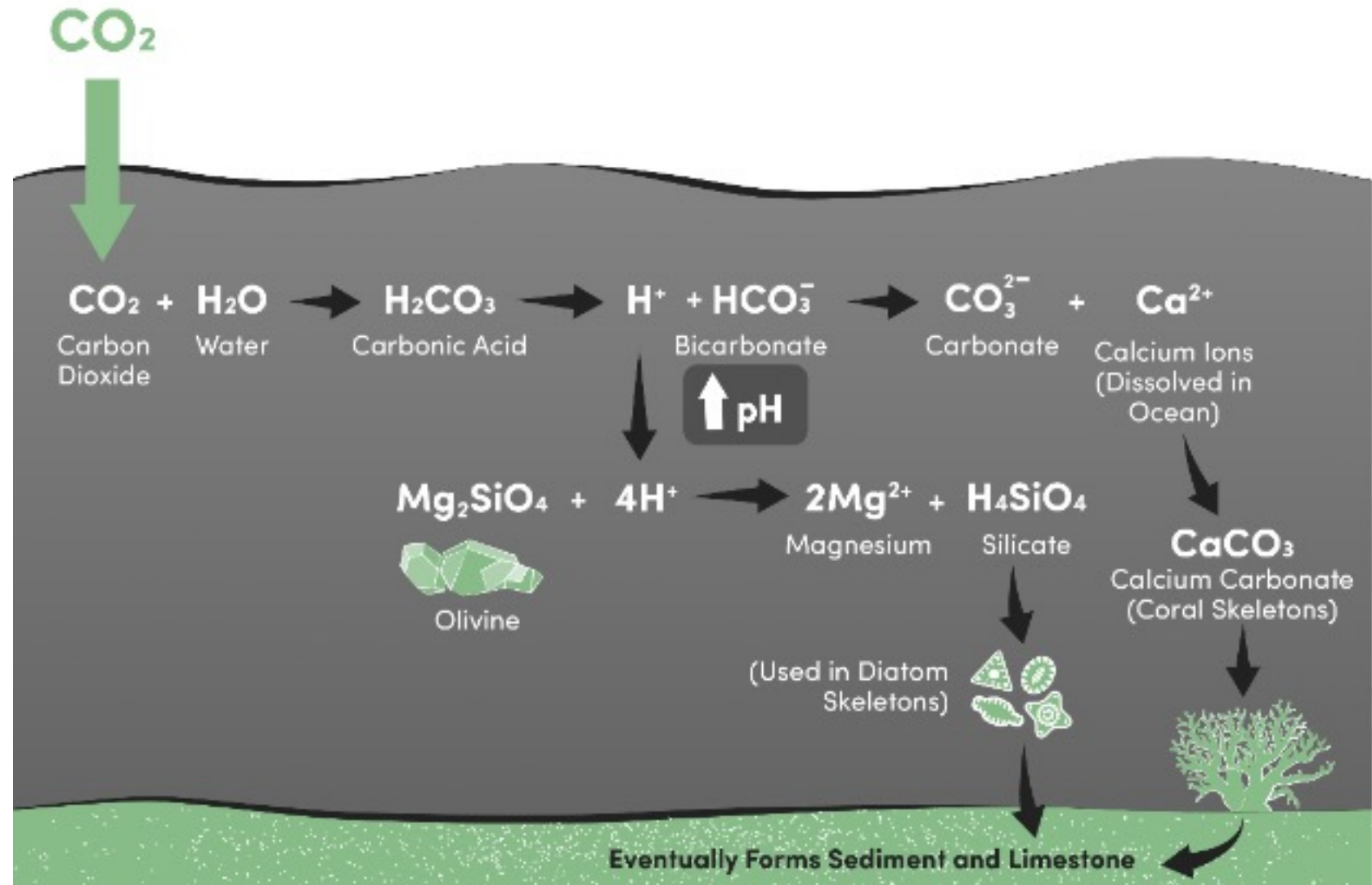
Ciel marin réfléchissant

- ❖ Les nuages “marins” sont sous-saturés en noyau de nucléation
- ❖ L'idée est de leur en donner en produisant des aersols de sel au dessus de mers
- ❖ Par exemple au sein des bateaux passant sur l'océan



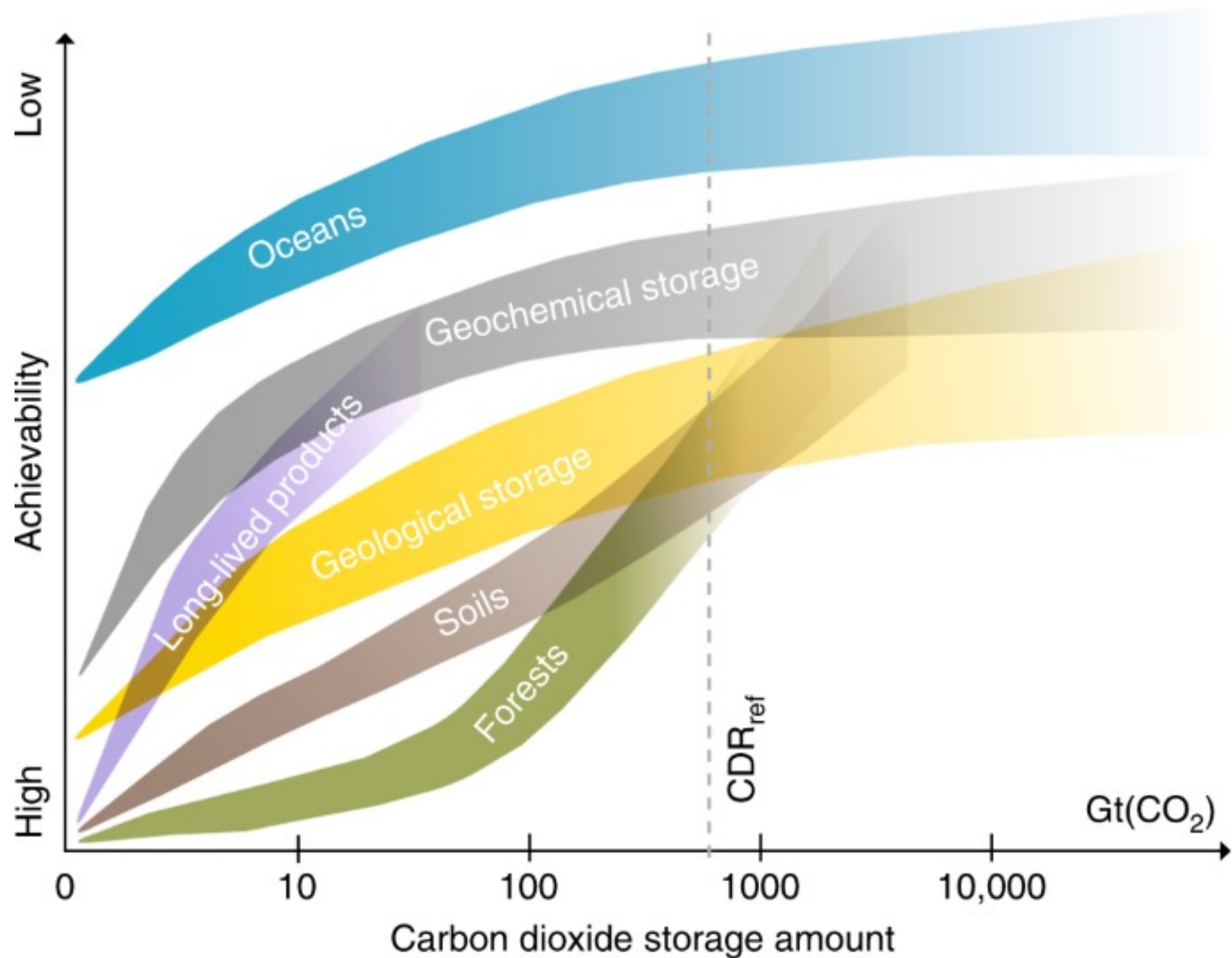
Altération de l'Olivine

- ❖ L'idée est d'accélérer l'altération de roche en mettant de l'olivine dans des zones de vagues
- ❖ Cela résoud également le souci de l'acidification des océans
- ❖ Problème d'échelle pour que ce soit la solution miracle...



Geo-engineering

- ❖ Il existe un grand nombre de techniques proposées, mais leur mise en place et leur efficacité diffère
- ❖ Planter des arbres restent la solution la plus efficace, mais elle n'est pas une panacée, car elle induit des concurrences d'utilisation des sols.



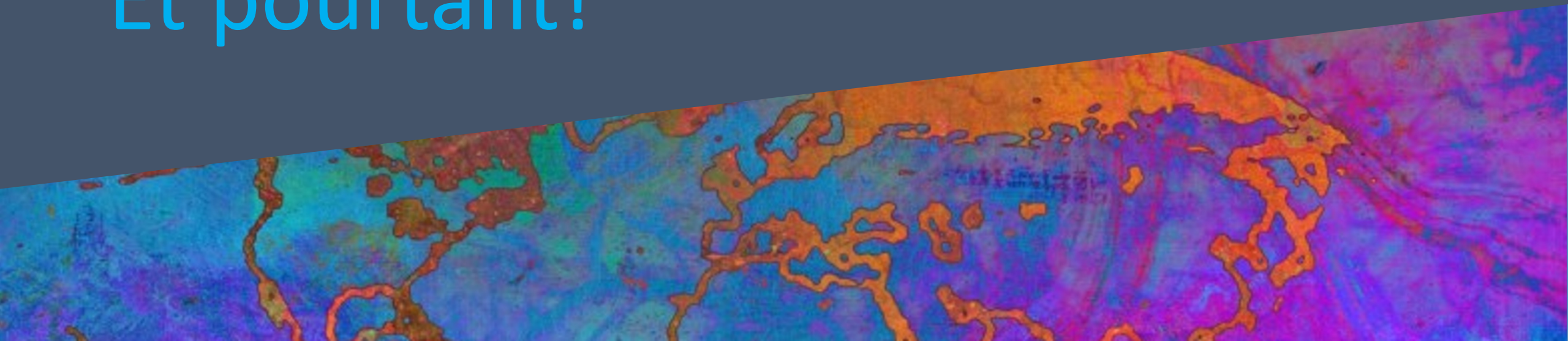
Geoengineering

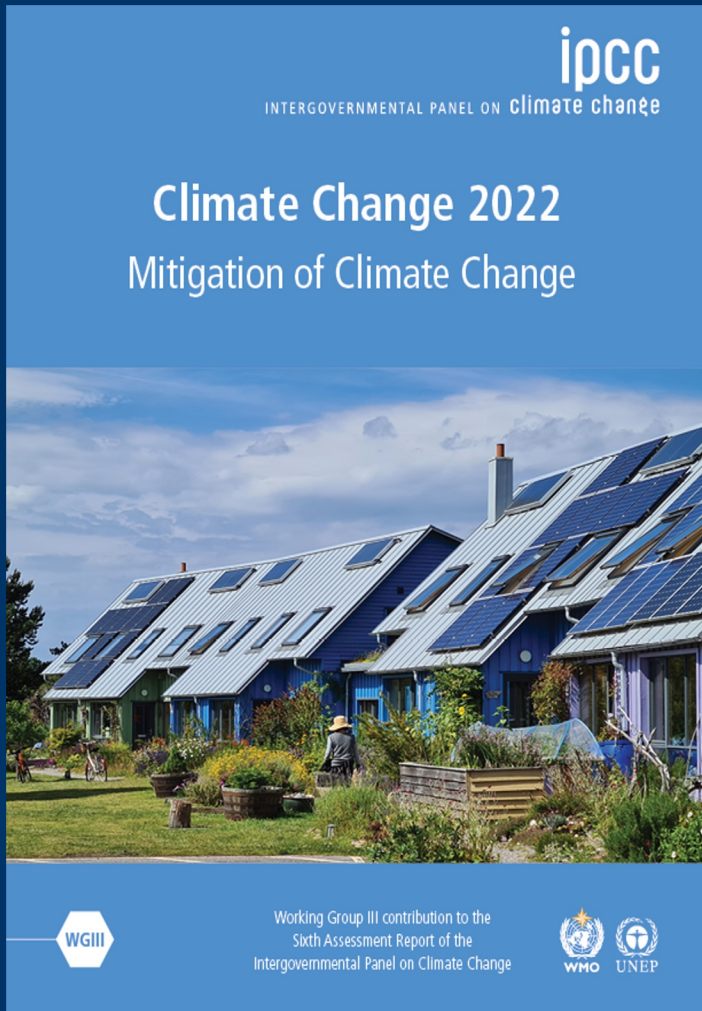
Laurence et al. *Nature Communications* (2018)

Abstract:

Current mitigation efforts and existing future commitments are inadequate to accomplish the Paris Agreement temperature goals. In light of this, research and debate are intensifying on the possibilities of additionally employing proposed climate geoengineering technologies, either through atmospheric carbon dioxide removal or farther-reaching interventions altering the Earth's radiative energy budget. Although research indicates that several techniques may eventually have the physical potential to contribute to limiting climate change, all are in early stages of development, involve substantial uncertainties and risks, and raise ethical and governance dilemmas. Based on present knowledge, climate geoengineering techniques cannot be relied on to significantly contribute to meeting the Paris Agreement temperature goals.

Des solutions (autres que le geo-
engineering) existent...
Et pourtant!





Les **solutions** existent et des options sont **disponibles des maintenant** et dans chaque secteur; elles peuvent permettre de diviser par 2 les émissions d'ici 2030



Energie



Usages des
sols



Industries



Villes



Batiments



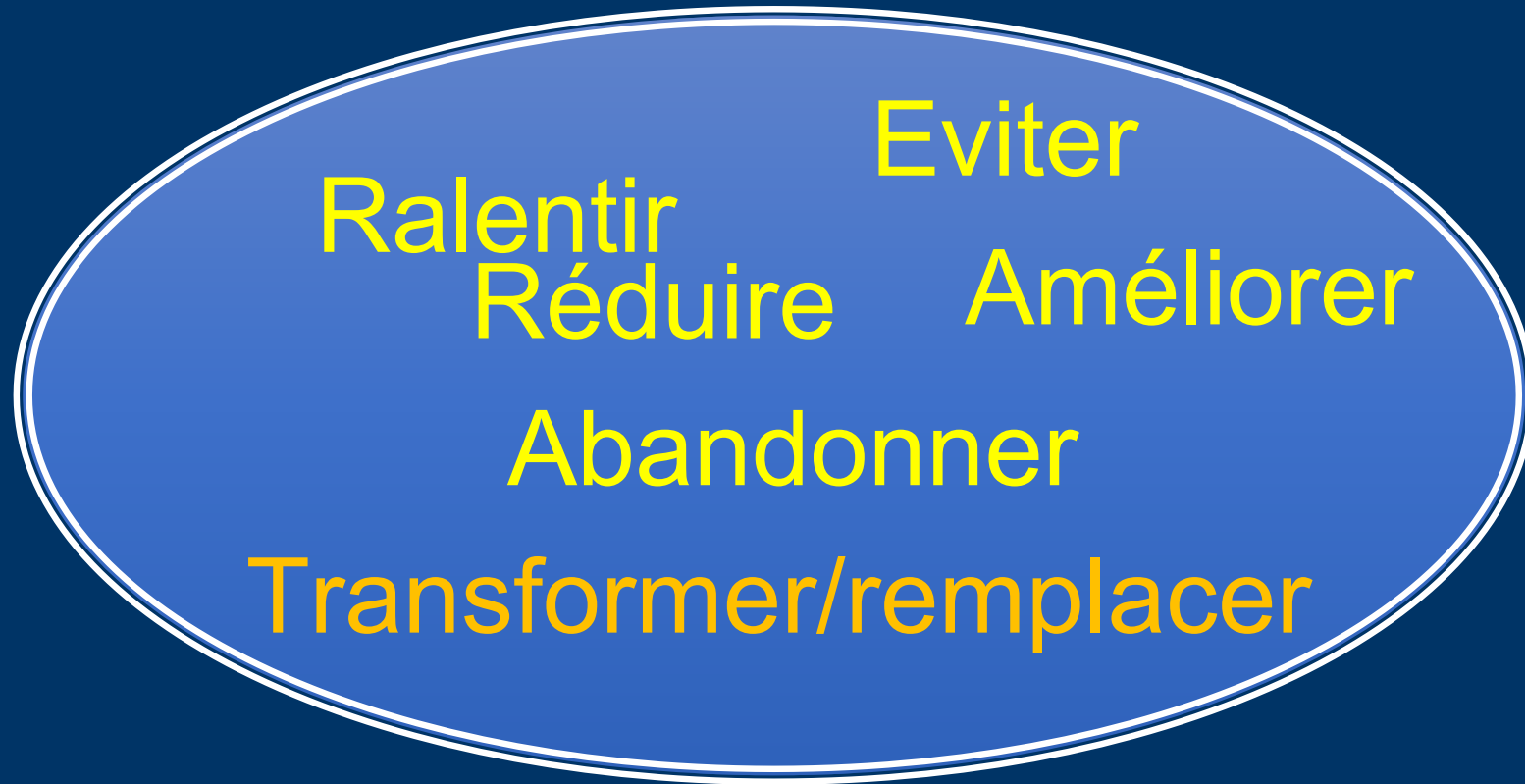
Transport



Demande
et services



Questionnement indispensable des usages et des services:
inventaire nécessaire de nos activités/pratiques passées



Dans tous les secteurs, les prochaines années vont être critiques pour les stratégies favorisant des styles de vie bas carbone



Jouer sur la **demande et les services** a un potentiel de réduction des émissions de GES de 40 à 70% d'ici 2050: indispensable **sobriété.**

Sobriété ≠ ~~petits gestes qui font porter la seule responsabilité au consommateur final, à l'individu~~



Sobriété ≠ ~~politiques d'austérité subie et rendue nécessaire par la pénurie des ressources sans viser une transformation systémique~~



Sobriété = "ensemble de politiques, mesures et pratiques quotidiennes qui évitent des demandes d'énergie, de matières premières, de terres et d'eau, tout en assurant le bien-être de tous dans les limites planétaires » [définition GIEC]



- ✓ Sobriété **dimensionnelle** (ex. mise sur le marché de produits qui correspondent aux besoins des citoyens –poids des voitures, etc.)
- ✓ Sobriété **coopérative** (ex. mise en œuvre d'une organisation collective de l'espace pour favoriser la mutualisation des services essentiels, etc.)
- ✓ Sobriété **d'usage** (ex. élimination de l'obsolescence programmée, passage de 130 à 110km/h sur autoroute, etc.)



- ✓ Enjeux de **transformation** de nos infrastructures collectives, de nos institutions, de changements socio-culturels pour *in fine* **transiter** vers des modes de vie bas-carbone (changements systémiques dans les transports, les bâtiments, l'industrie, l'énergie, les régimes alimentaires etc.)
- ✓ Accompagnement des transformations nécessaires par des politiques **d'urbanisme**, des politiques collectives **d'investissements** dans les infrastructures, des politiques **fiscales**, des nouvelles **normes** techniques et sociales etc.
- ✓ **Technologies et innovation** sont indispensables; elles aideront mais **seules, elles ne suffisent pas.**



Des cobénéfices partout à limiter le réchauffement climatique

✓ Des effets bénéfiques rapides en matière de **santé publique**

- Amélioration de la **qualité de l'air** via la réduction de l'usage des combustibles fossiles et la modification des pratiques agricoles en vue d'une décarbonation.

(Ex: Limiter les émissions de **méthane** permet non seulement de limiter le réchauffement à court terme mais aussi l'**ozone** de surface, un polluant atmosphérique et d'améliorer les **rendements agricoles**)

- Réduction des **maladies cardio-vasculaires**, des problèmes de sédentarité, etc. par l'adoption de modes de mobilité active

OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE



✓ Des synergies entre **leviers environnementaux et sociaux** qui favorisent les **objectifs de développement durable (ONU)**

- Réduction de la pauvreté, de la faim, des inégalités, des pertes de biodiversité et accès à une énergie décarbonée.

Comprendre les obstacles à l'action et les surmonter

- Déficit de **littéracie climatique** (fait d'être conscient du changement climatique, des ses causes et de ses implications globales au sens systémique du terme) : **enjeux d'éducation et de formation.**
- Perception de l'urgence à agir, absence **d'anticipation et de planification** (objectifs sans jalons, compétences absentes, etc.) avec méconnaissance des leviers d'action et de leurs effets systémiques (raisonnement souvent en silo, maladaptation, etc.)
- Effets de **verrouillages** par des choix antérieurs (ressources financières, infrastructures, etc.)
- Faible **volonté politique** et **leadership** des institutions
- **Rapports de force** entre intérêts particuliers et intérêt général (poids des lobbys)

Comprendre les obstacles à l'action et les surmonter

- Déficit de littéracie climatique (fait d'être conscient du changement climatique, des ses causes et de ses implications globales au sens systémique du terme) : enjeux d'éducation et de formation.
- Perception de l'urgence à agir, absence d'anticipation et de planification (objectifs sans jalons, compétences absentes, etc.) avec méconnaissance des leviers d'action et de leurs effets systémiques (raisonnement souvent en silo, maladaptation, etc.)
- Effets de verrouillages par des choix antérieurs (ressources financières, infrastructures, etc.)
- Faible volonté politique et leadership des institutions
- Rapports de force entre intérêts particuliers et intérêt général (poids des lobbys)
- **Désinformation** liée au climat qui s'intègre dans sphère post-vérité (rôle des média, RS etc), et greenwashing de certains spots publicitaires (cf. tribune dans le monde à propos de Total)
- Emergence du « **climato-rassurisme** » : le problème n'est plus nié mais il est minimisé, en pensant qu'il se résoudra par l'innovation technique seule ou que ce n'est pas si grave parce que l'homme s'est toujours adapté.
- **Poids** des habitudes, aversion aux changements, à l'émergence de nouveaux narratifs, évolution des normes culturelles et sociales (rôle des médias...)

Energie-climat, une question cruciale

- L'énergie est vitale pour notre vie quotidienne (cf. gilets jaunes)
- Elle est cependant en quantité limitée sur la Terre
- Les chocs pétroliers de 1974 et 1979 ont montré notre extrême vulnérabilité aux sources d'approvisionnement comme le pétrole
- Energie et croissance sont intimement liées
- Pas de solutions triviales, mais besoin d'un mixte énergétique optimale (et résolu), d'économie d'énergie, et de **modération** et de **transformation sociétale** pour respecter les accords de Paris

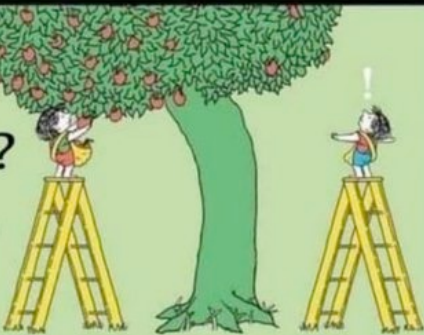
Inégalité

Un accès inégal
aux opportunités



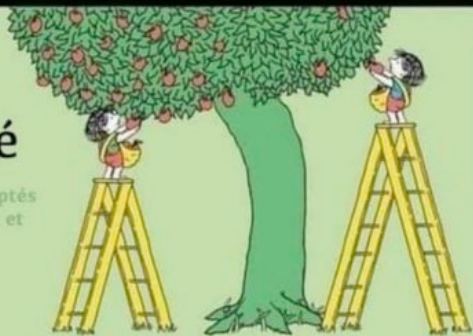
Égalité ?

Des outils et une
aide égale pour tous



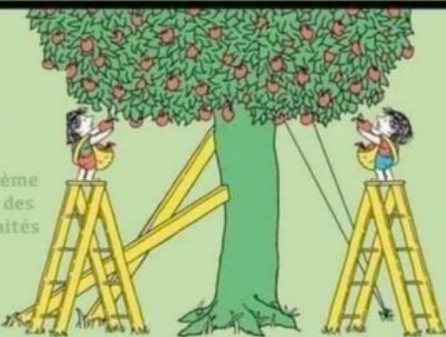
Équité

Des outils adaptés
qui identifient et
résolvent les
inégalités



Justice

Résoudre le problème
pour offrir à tous des
outils et opportunités
égales



- Ce n'est pas la lutte contre le changement climatique qui est « **punitive** » mais bien les effets du changement climatique qui le sont.
- Une transition vers un développement résilient face au changement climatique ne peut être que **systemique** et **inclusive**, mais aussi, et surtout, **juste et équitable**.

Merci !

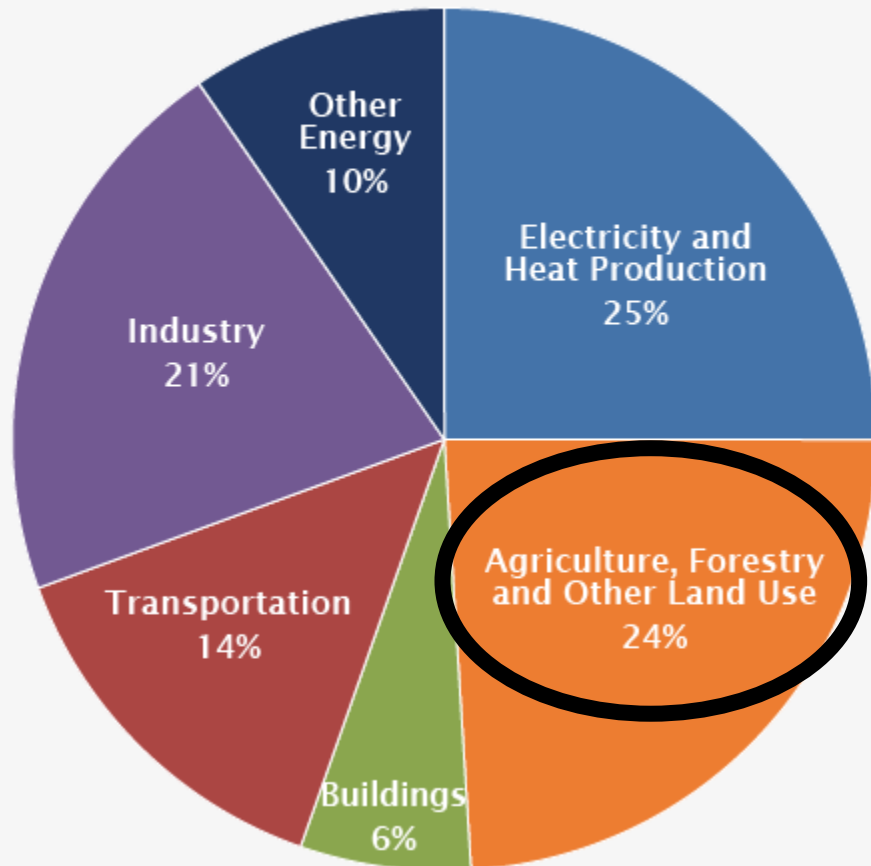


CLIMAT

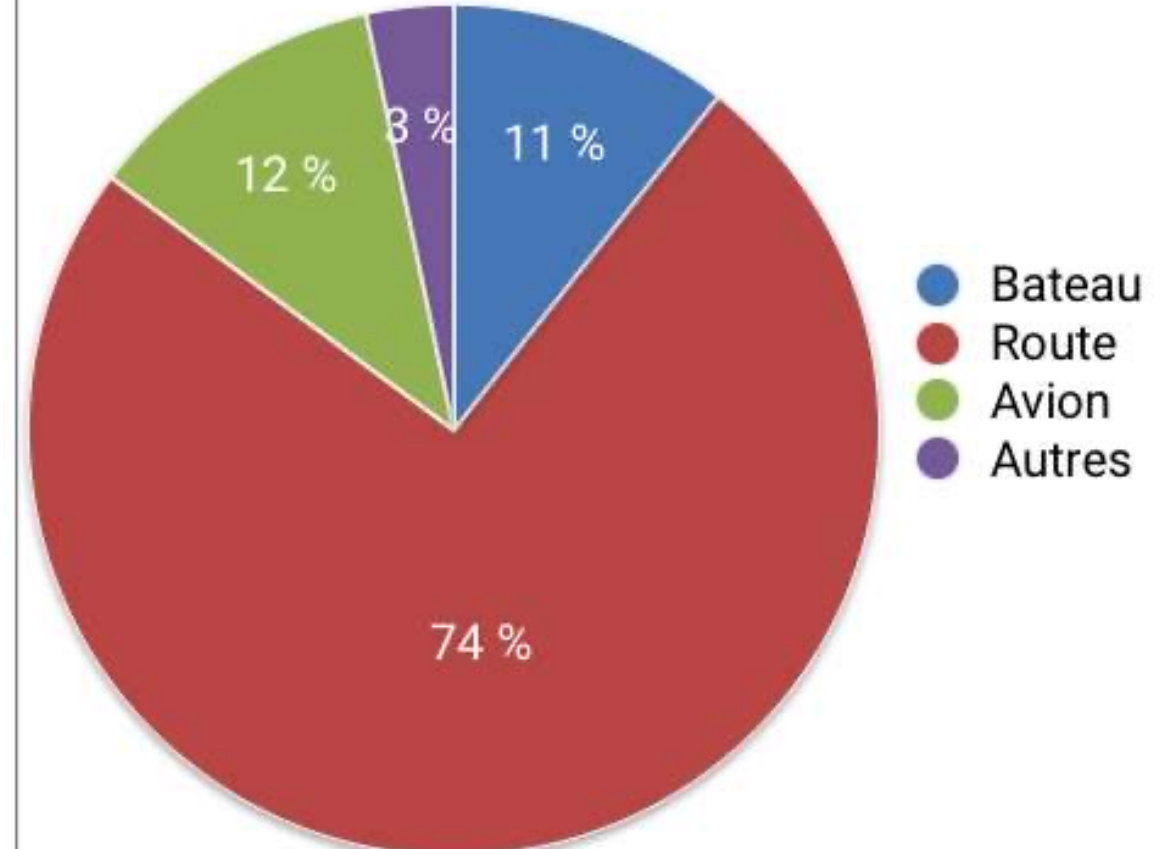
Modéliser pour comprendre et anticiper

Source gaz à effet de serre à l'échelle globale

Emission gaz à effet de serre par secteur économique

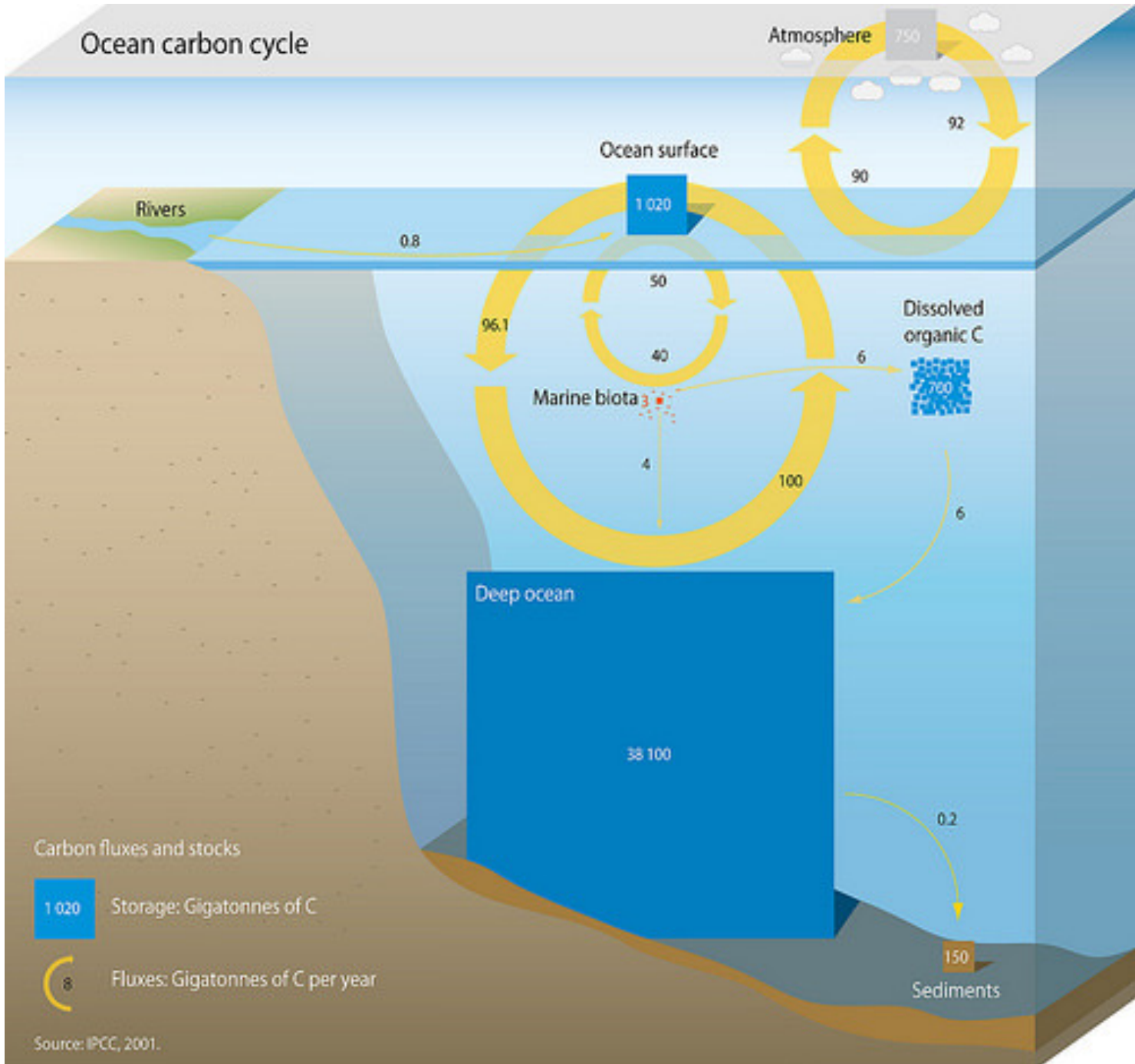


Part des émissions de CO2 par type de transport



Source:
IPCC 2014

Ocean carbon cycle



Séquestration du CO₂ et retour à l'équilibre dans l'atmosphère

La diminution du CO₂ atmosphérique est contrôlée par différents processus et différentes échelles de temps longues :

$$atmCO_{2,t} = atmCO_{2,initial} + 3000 \text{ GtC} \left[\begin{array}{l} \text{Dissolution} \\ \text{dans l'océan} \\ 0.75 \cdot e^{\frac{-t}{365 \text{ yr}}} \\ + 0.135 \cdot e^{\frac{-t}{5.5 \text{ kyr}}} \\ + 0.035 \cdot e^{\frac{-t}{8.2 \text{ kyr}}} \\ + 0.08 \cdot e^{\frac{-t}{200 \text{ kyr}}} \end{array} \right]$$

Neutralisation au fond des océans Neutralisation terrestre Altération des silicates