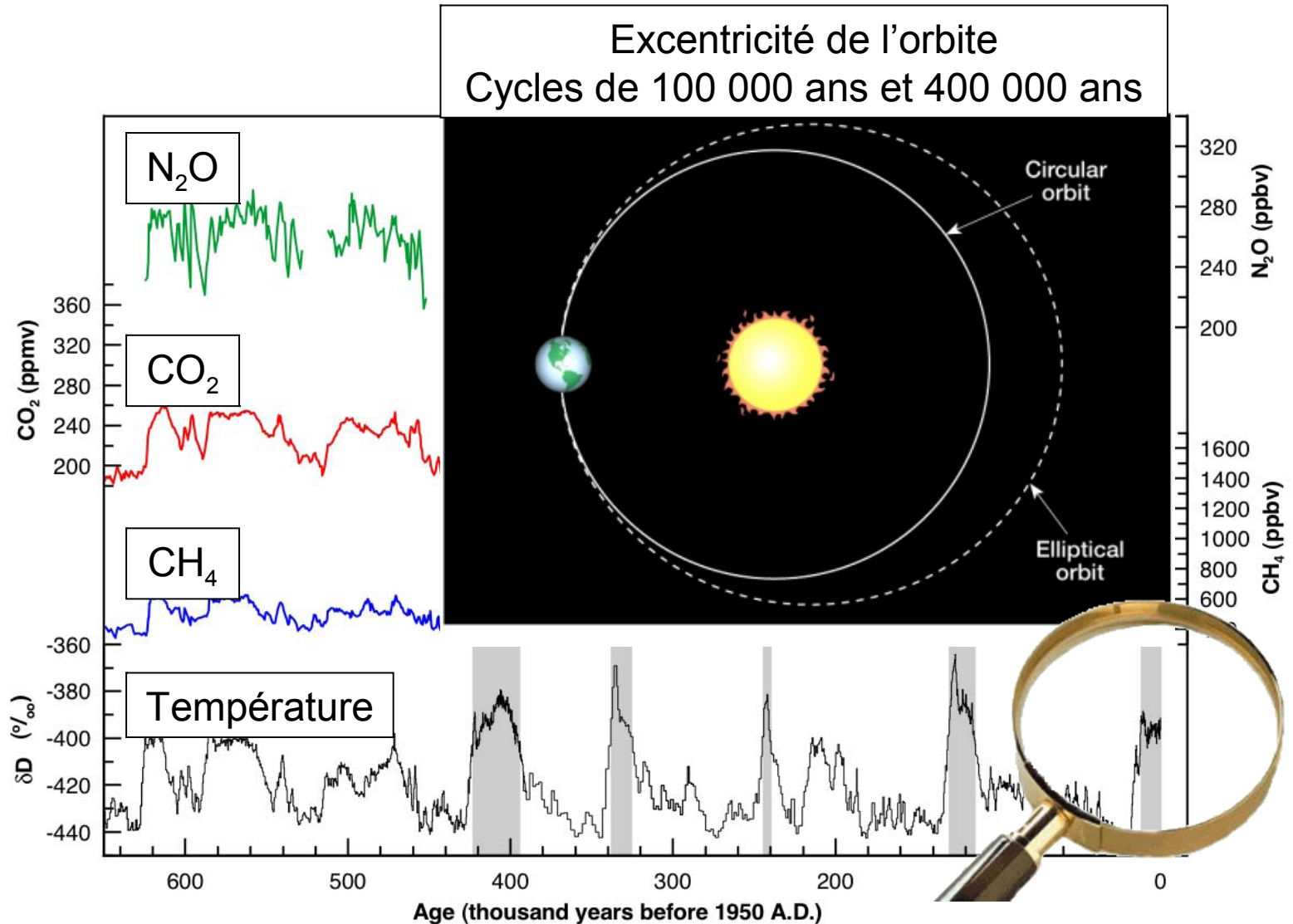


Le changement climatique : de la planète à la France

Serge Planton
Météo-France, CNRM

Observations du système climatique

Les derniers 650 000 ans (GIEC, 2007)



Les 1400 dernières années (GIEC, 2013)

Nombre de taches solaires

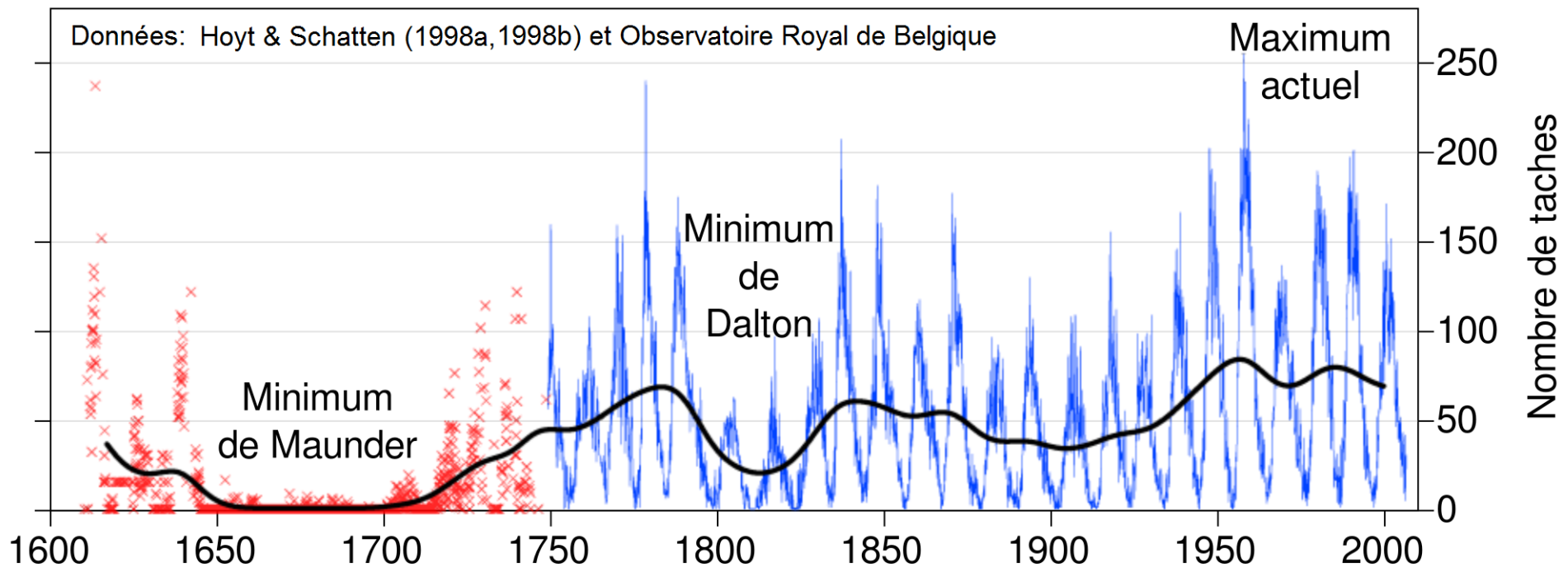
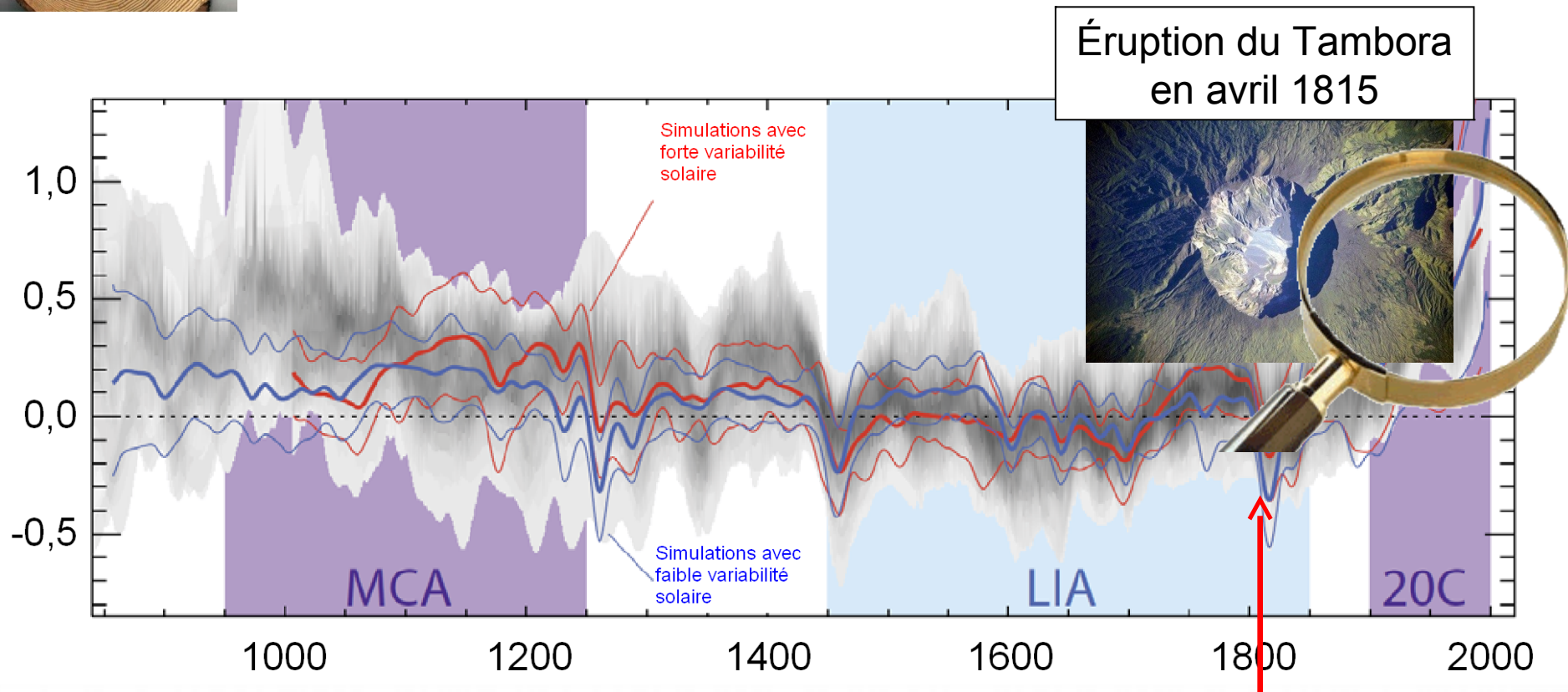


Figure de Robert A. Rhodes

Les 1400 dernières années (GIEC, 2013)



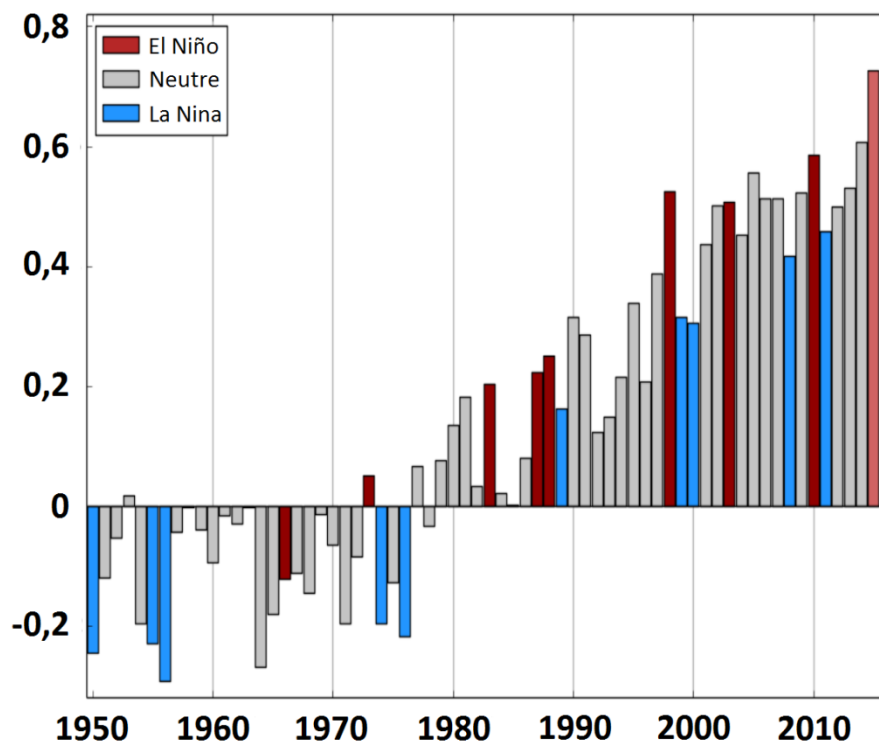
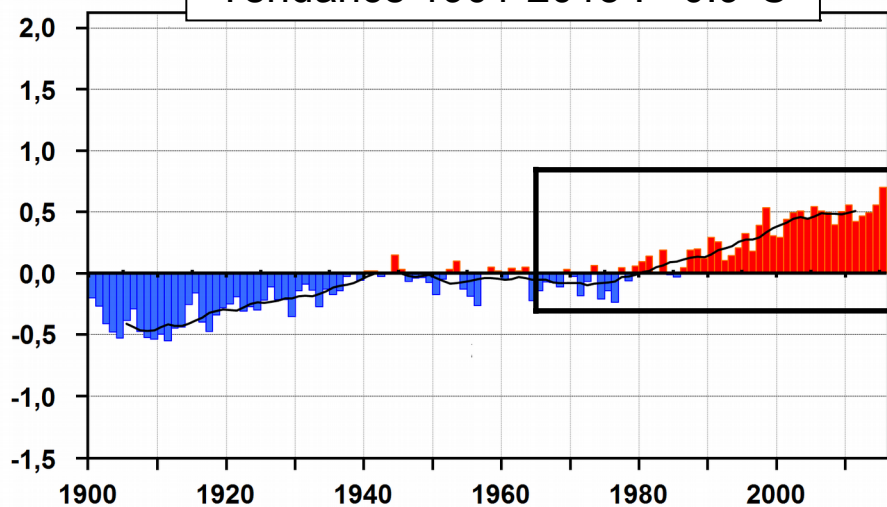
Reconstruction de la température moyenne de l'hémisphère nord: écart à la moyenne 1500-1850



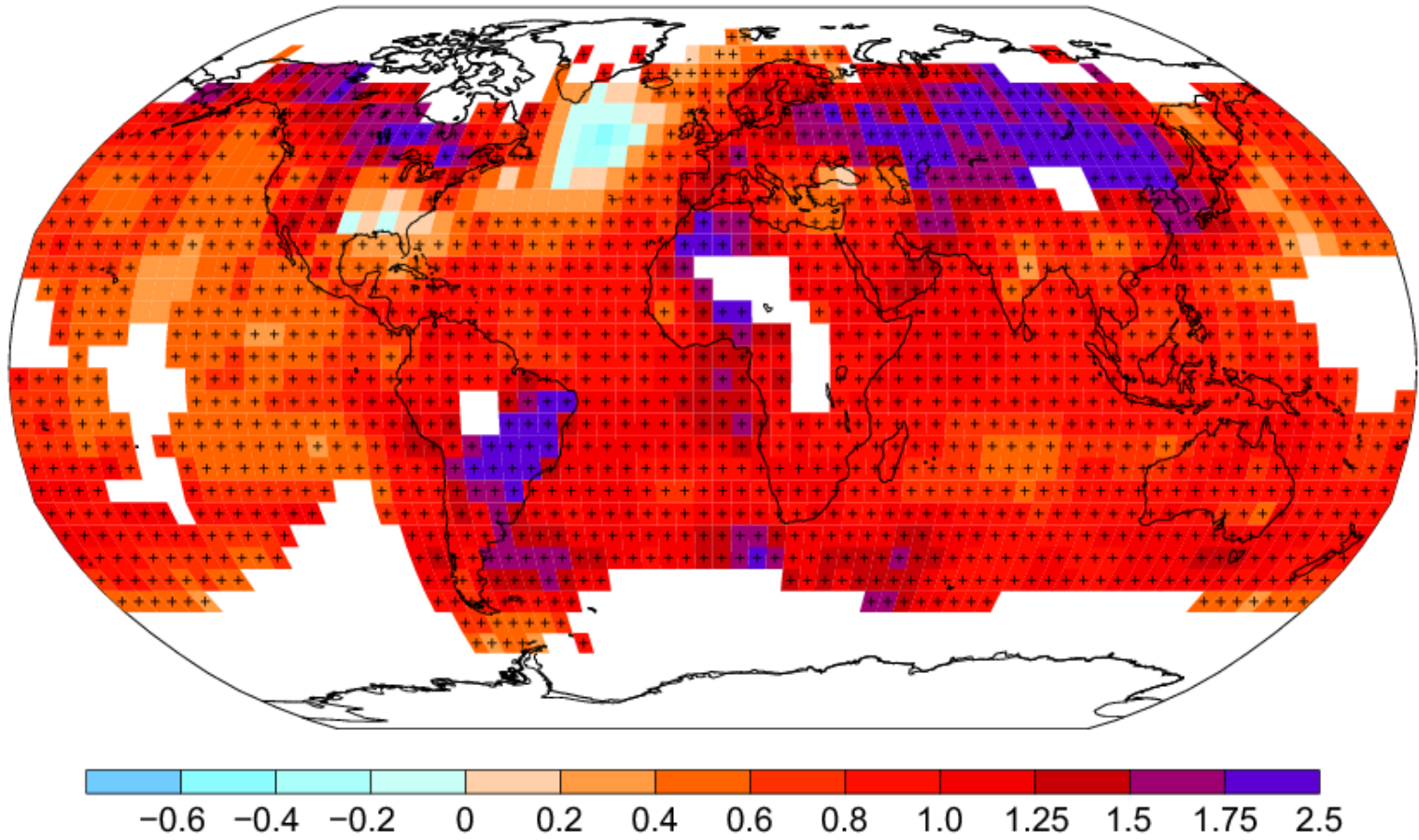
Température moyenne par rapport à 1961-1990

Sur la planète

Tendance 1901-2015 : $+0.9^{\circ}\text{C}$



Tendances de température en surface 1901-2012 (°C/période)



Observations du système climatique

Le réchauffement du système climatique est sans équivoque, et depuis les années 1950, beaucoup des changements observés sont sans précédent depuis des décennies jusqu'à des millénaires. L'atmosphère et l'océan se sont réchauffés, la quantité des neiges et glaces a diminué, le niveau des mers s'est élevé,

GIEC, 2013

Le rôle des activités humaines

Émissions moyennes de CO₂ pour 2005-2014 (Global Carbon Project, 2015)

33,0 ± 1,8 GtCO₂/an



3,4 ± 1,8 GtCO₂/an

+



16,0 ± 0,4 GtCO₂/an

44%



10,9 ± 2,9 GtCO₂/an

30%

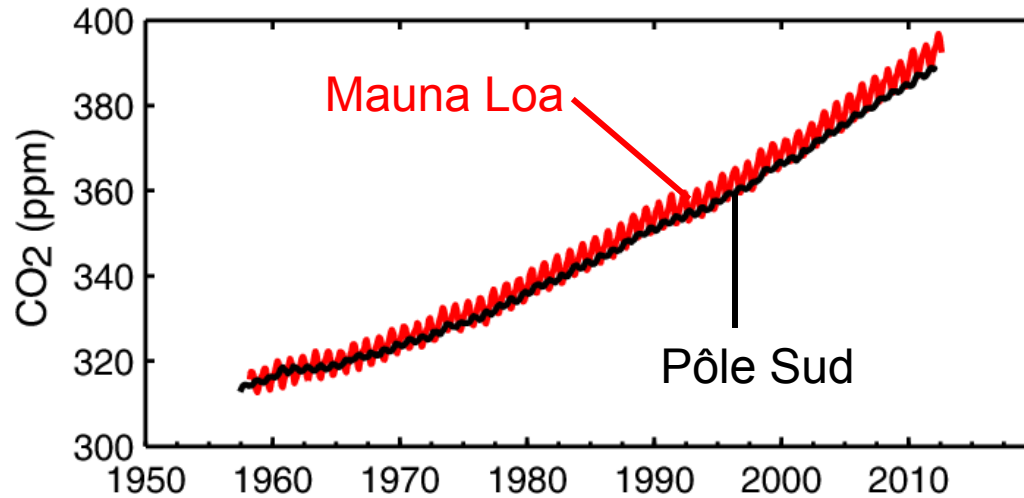


26%

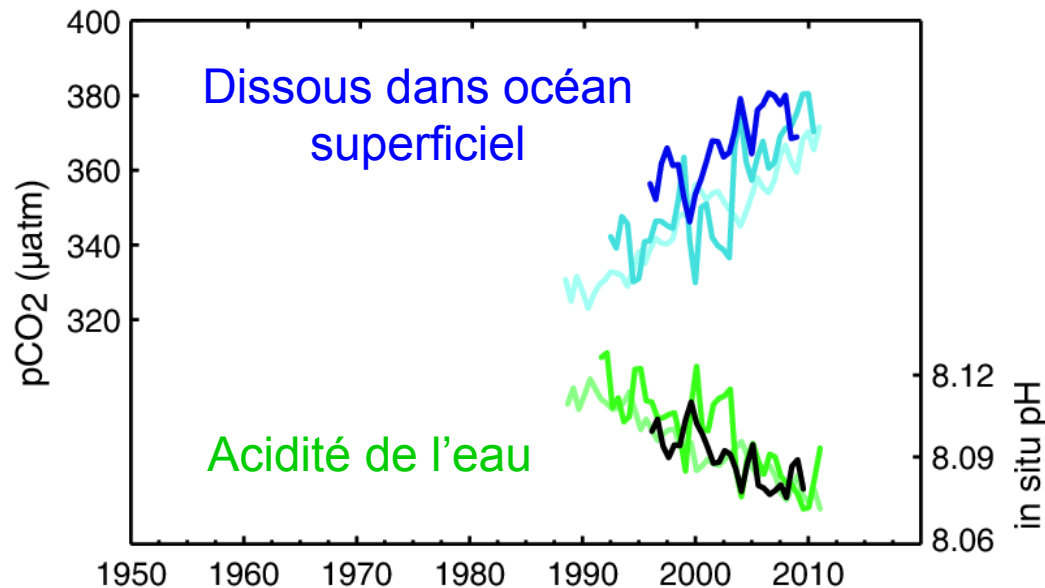
9,5 ± 1,8 PgC y⁻¹



Concentration de CO₂ dans l'atmosphère et l'océan (GIEC, 2013)



CO₂ atmosphérique



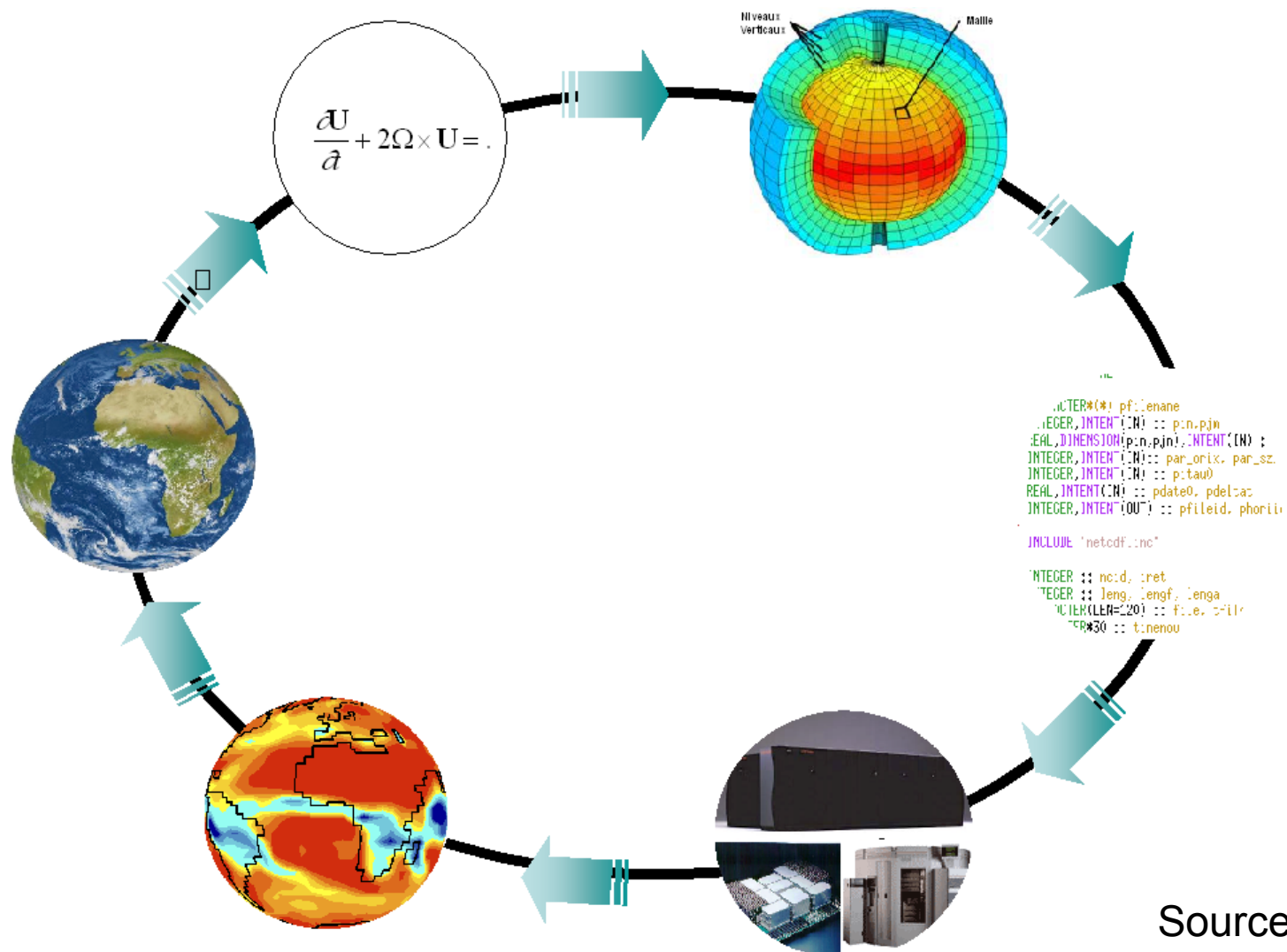
CO₂ océanique

Observations du système climatique

Les concentrations atmosphériques du dioxyde de carbone (CO_2), du méthane et de l'oxyde nitreux ont augmenté pour atteindre des niveaux sans précédent depuis au moins 800000 ans. Les concentrations de CO_2 ont augmenté de 40% depuis la période préindustrielle. Cette augmentation s'explique en premier lieu par l'utilisation de combustibles fossiles, et en second lieu par des émissions nettes dues à des changements d'utilisation des sols.

GIEC, 2013

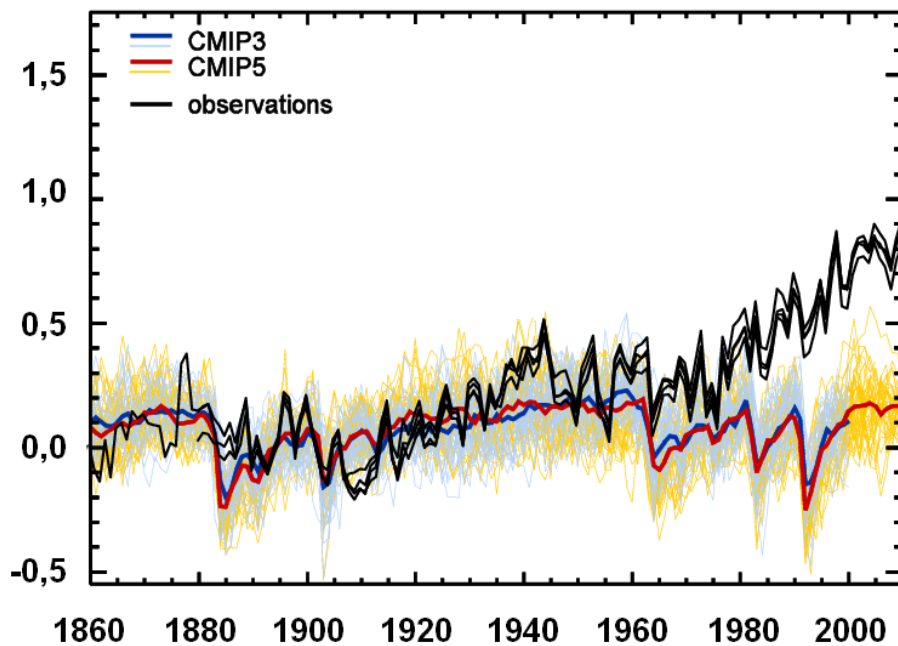
Principes de la modélisation (météorologique et) climatique



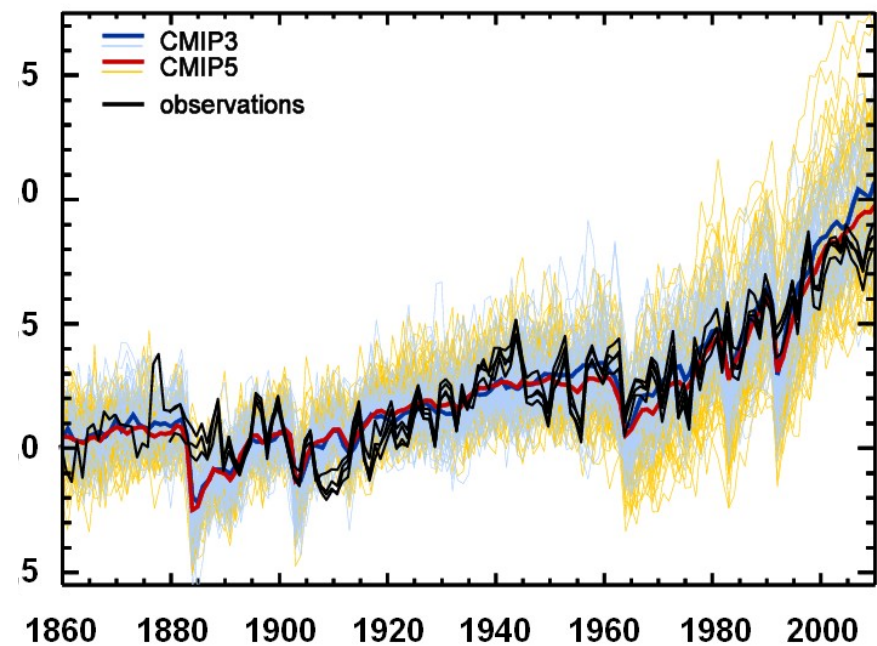
Source: IPSL

Variations de la température moyenne globale en surface simulées et observées au XX^e siècle (GIEC, 2013)

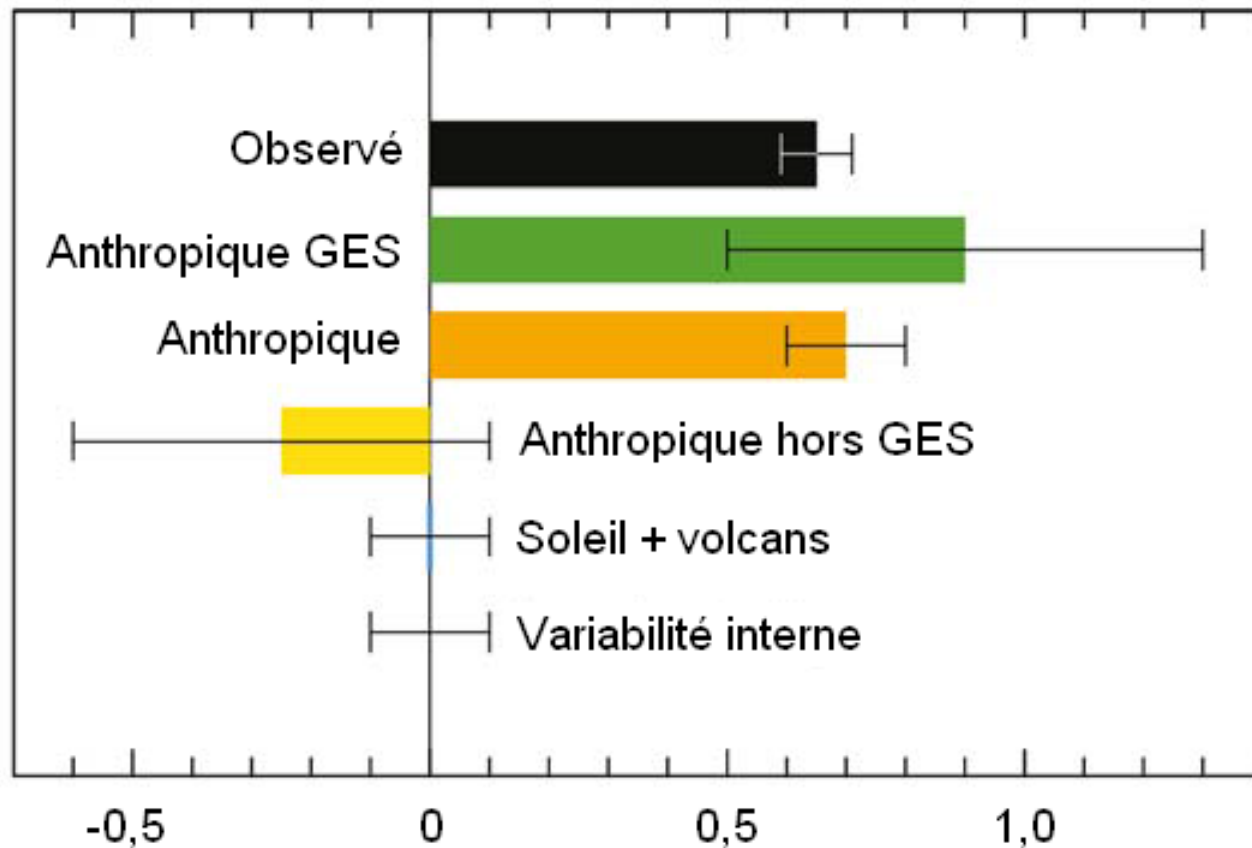
Simulations avec facteurs naturels seulement (variabilité solaire, volcans, variabilité « interne »)



Simulations avec facteurs naturels et facteurs anthropiques (gaz à effet de serre, particules d'aérosols)



Attribution des tendances sur 1951-2010 de la température moyenne globale en surface (GIEC, 2013)



Source : Gillett et al., 2013; Jones et al., 2013; Ribes et Terray, 2013

Le rôle des activités humaines

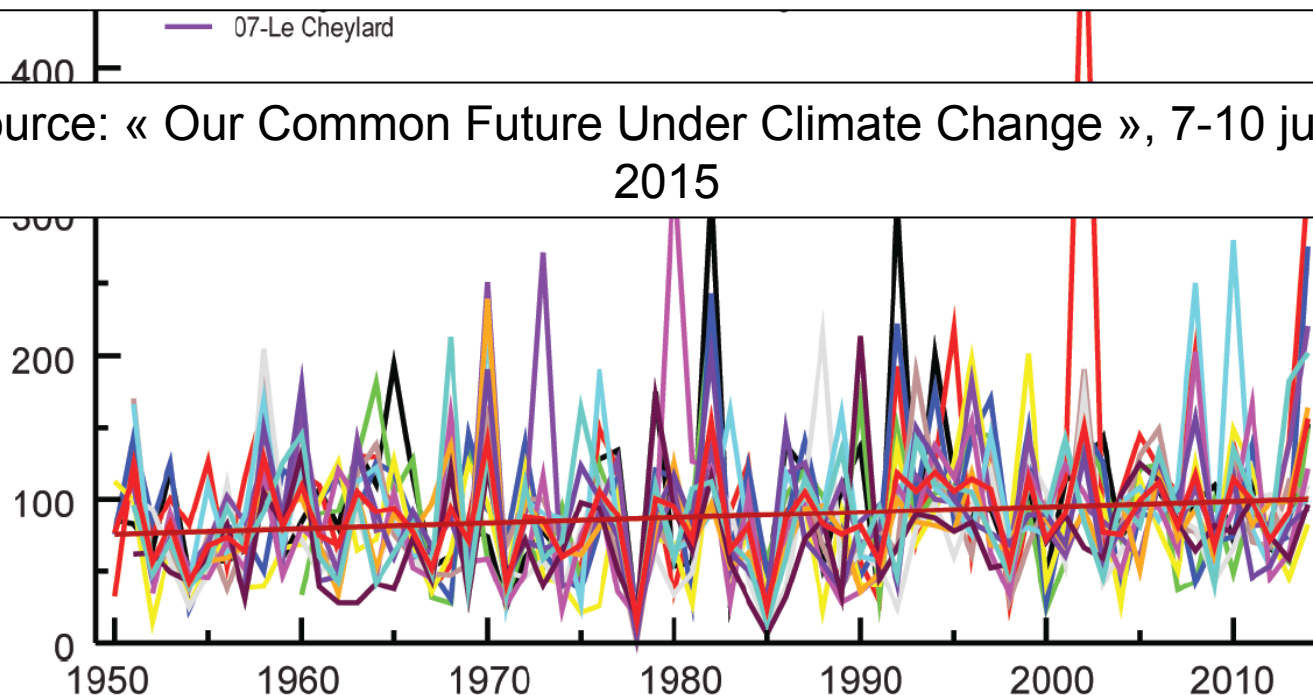
L'influence humaine sur le système climatique est claire. Il est *extrêmement probable* que l'influence humaine a été la cause principale du réchauffement observé depuis le milieu du XX^e siècle.

GIEC, 2013

Maxima d'automne des précipitations journalières dans les Cévennes: une tendance à la hausse émergente

Les preuves que l'influence humaine exacerbe les extrêmes de température ont continué à se renforcer, et la confiance dans le fait que ce soit aussi le cas pour les extrêmes de précipitation augmente.

Source: « Our Common Future Under Climate Change », 7-10 juillet 2015

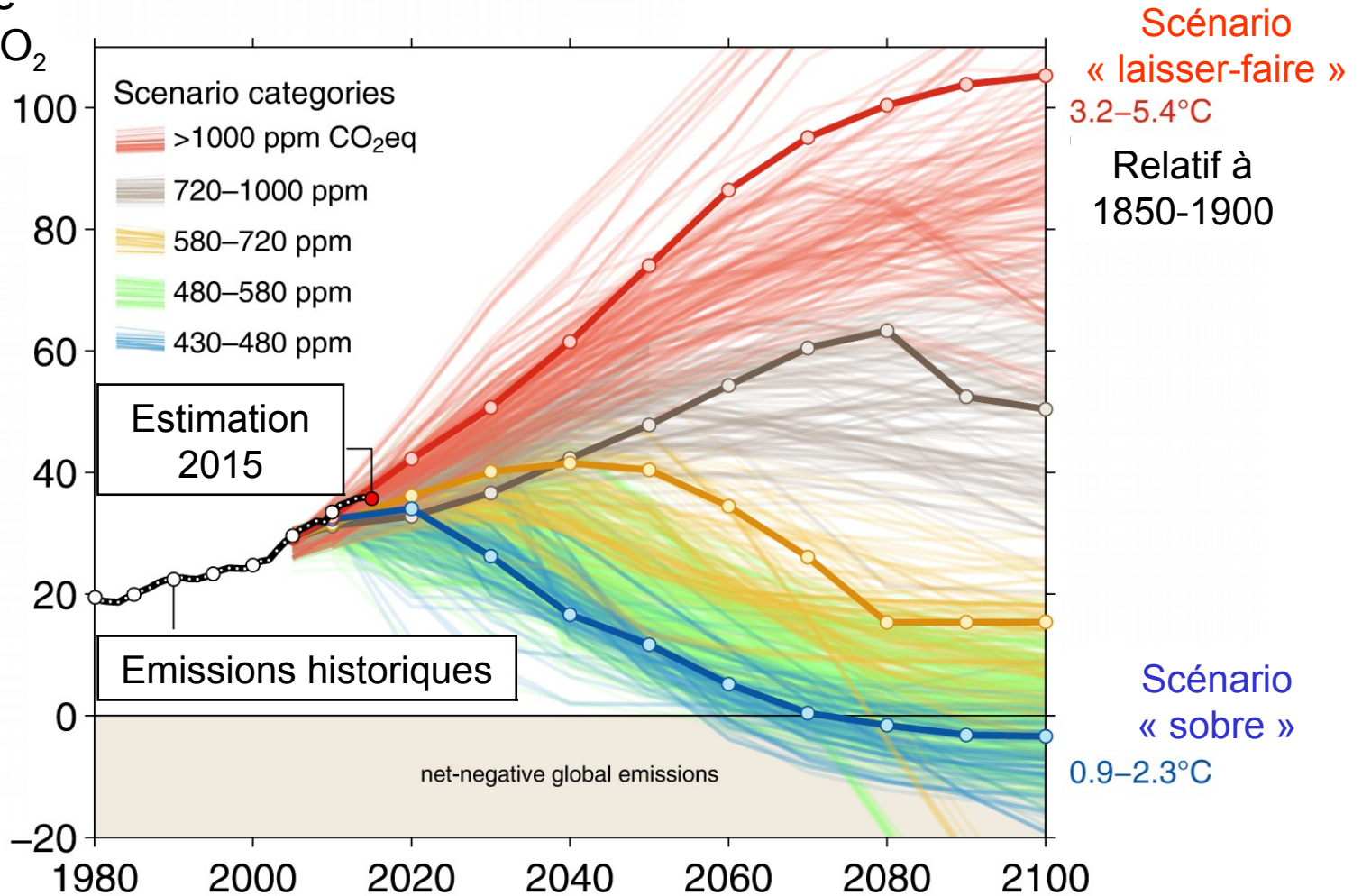


Source: Vautard et al, BAMS 2015

Les simulations du climat futur

Émissions globales de CO₂ dues aux combustibles fossiles et à la production de ciment

Milliards de tonnes de CO₂ par an

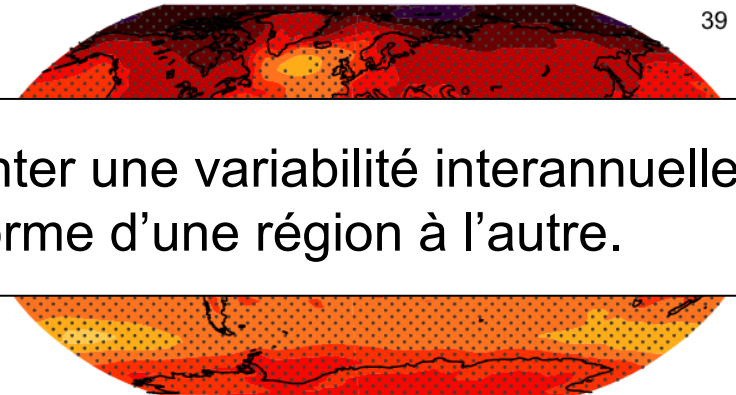
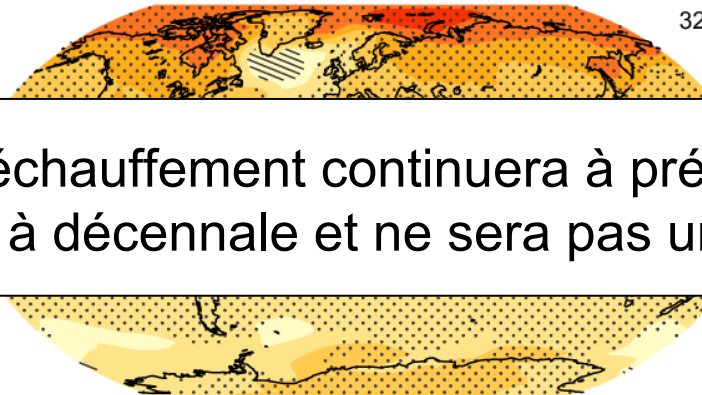


Changements moyens en 2081-2100 par rapport à 1986-2005 (GIEC, 2013)

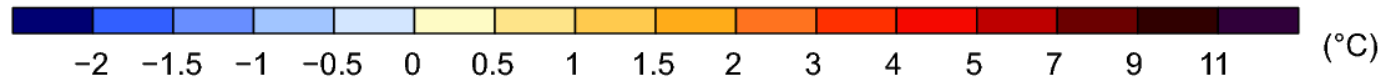
Scénario « sobre »

Scénario « laisser-faire »

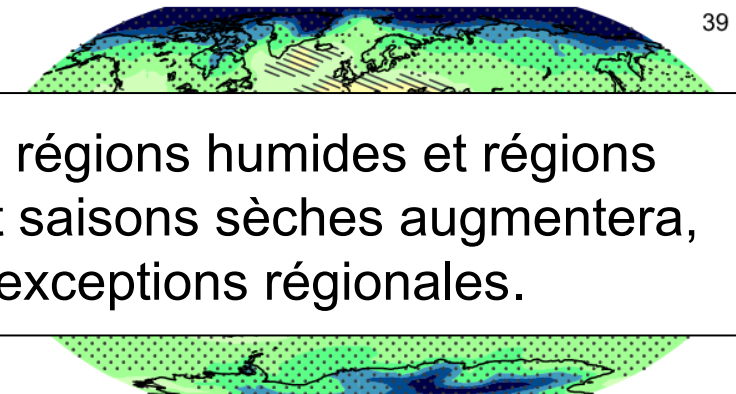
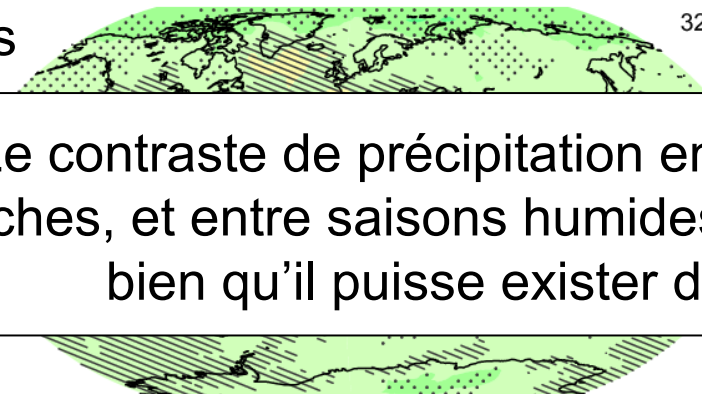
Température



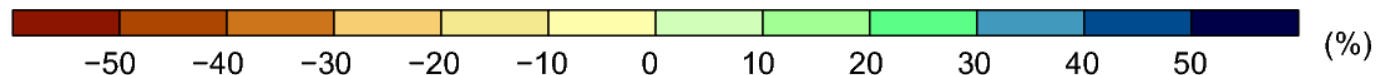
Le réchauffement continuera à présenter une variabilité interannuelle à décennale et ne sera pas uniforme d'une région à l'autre.



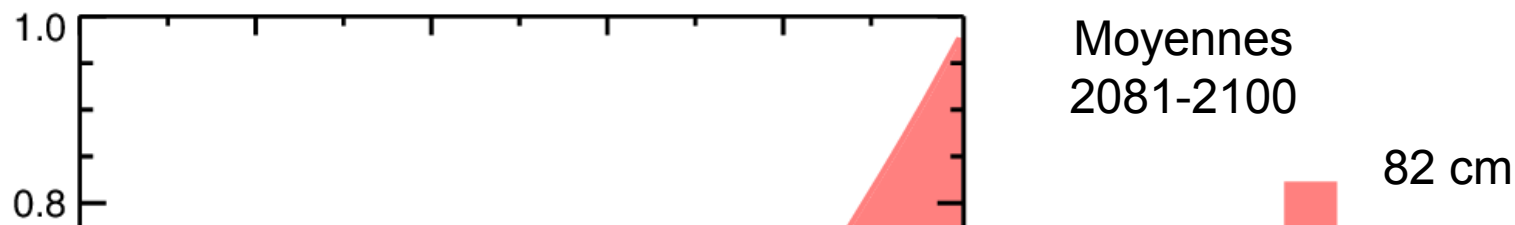
Précipitations



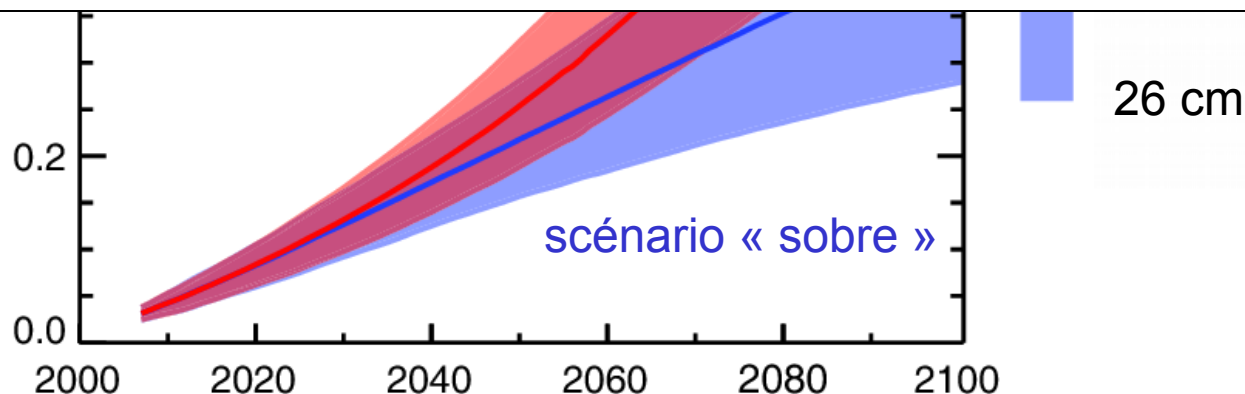
Le contraste de précipitation entre régions humides et régions sèches, et entre saisons humides et saisons sèches augmentera, bien qu'il puisse exister des exceptions régionales.



Changement du niveau moyen des mers au cours du XXI^e siècle par rapport à 1986-2005

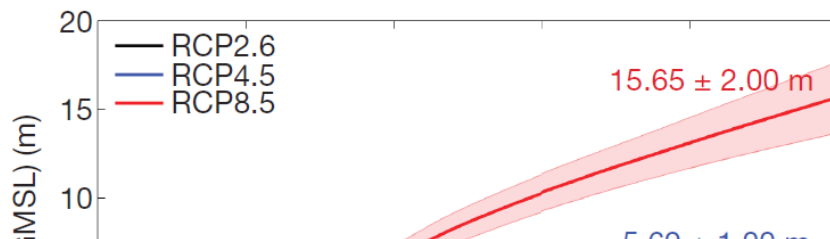


Le niveau moyen des mers continuera à s'élever au cours du XXI^e siècle. La vitesse d'élévation du niveau des mers dépassera *très probablement* la vitesse observée sur la période 1971–2010 pour tous les scénarios, en raison du réchauffement accru des océans et de l'augmentation de la perte de masse des glaciers et des calottes.

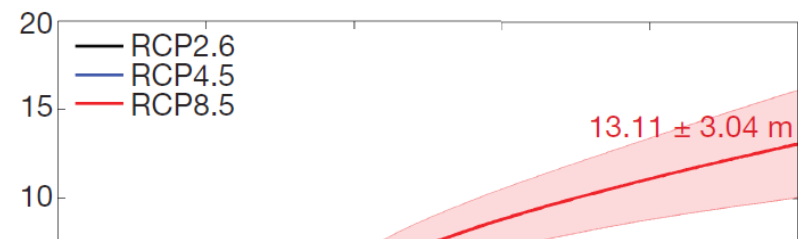


Les nouveaux calculs de Deconto et Pollard (2016)

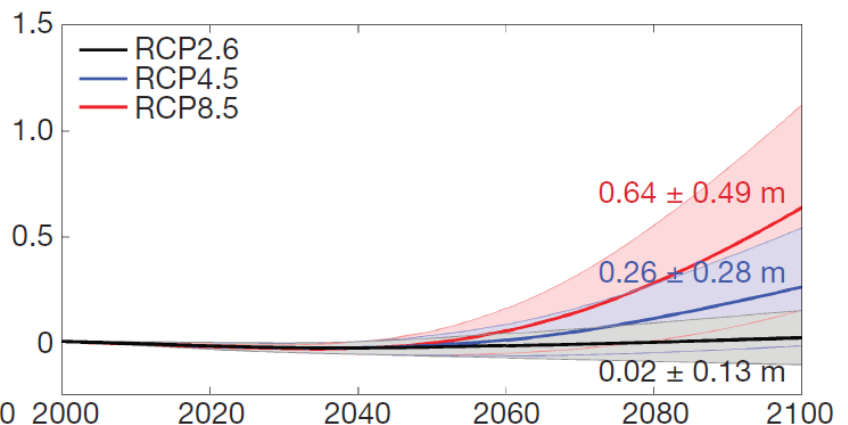
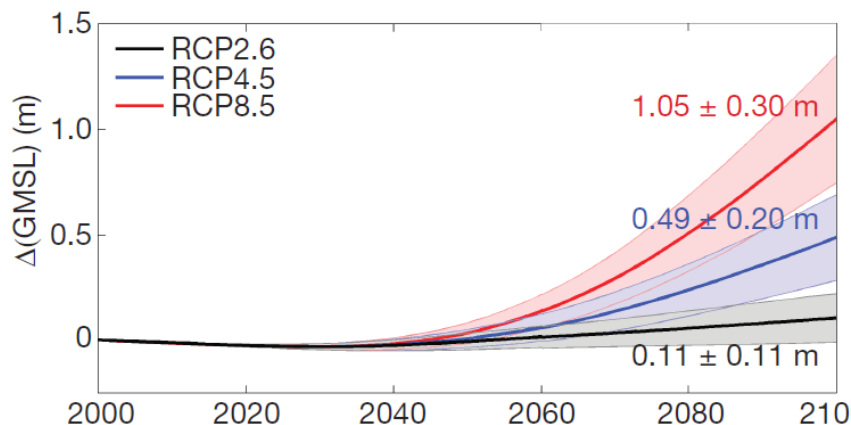
10-20m au Pliocène



5-15m au Pliocène



L'Antarctique a le potentiel pour contribuer de plus d'un mètre de hausse de niveau de la mer avant 2100 et de plus de 15 mètres en 2500, si les émissions restent inchangé.



Les simulations du climat futur

Le total des émissions de CO₂ cumulées détermine dans une large mesure la moyenne globale du réchauffement en surface vers la fin du XXI^e siècle et au-delà. **Pour limiter l'ampleur des changements climatiques, il faudrait réduire fortement et durablement les émissions de gaz à effet de serre.**

GIEC, 2013

Le changement climatique futur en France

Le climat de la France au XXI^e siècle

Site internet DRIAS les futurs du
climat
www.drias-climat.fr



4^e volume de la mission Jouzel

Disponible sur le site du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie :

www.developpement-durable.gouv.fr/-Le-climat-de-la-France-au-XXIe-.html

Application ClimatHD disponible depuis septembre 2015 : Données passées et projections futures dans les régions

Accueil Actualités Prévoir le temps **Climat passé et futur** Activités de recherche Galeries photos Vidéos Publications Nous connaître Espace presse

Accueil > Climat passé et futur > ClimatHD - Le climat d'hier et de demain

METEO FRANCE

Climat^{HD}

Depuis plusieurs décennies, le changement climatique est en marche. Il va encore s'accroître.

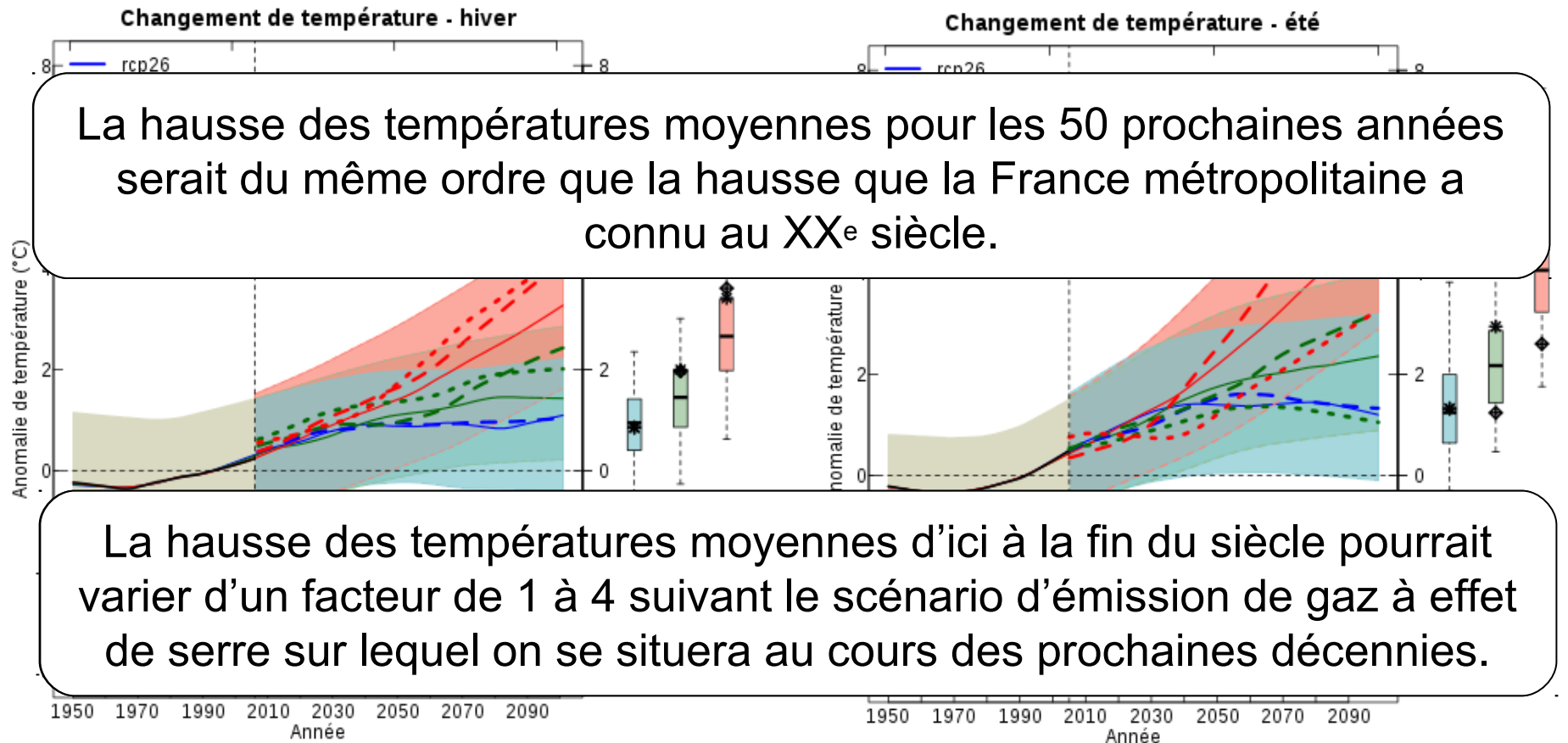
ClimatHD vous propose des données, des cartes, des vidéos, des plans nationaux, des outils de simulation, des clés et des graphiques pour mieux appréhender le changement climatique et ses impacts.

www.meteo.fr

1900 1920 1940 1960 1980 2000 2020 2040 2060 2080 2100

Démarez

Evolution de la température moyenne sur la France en hiver et en été (référence 1976-2005)

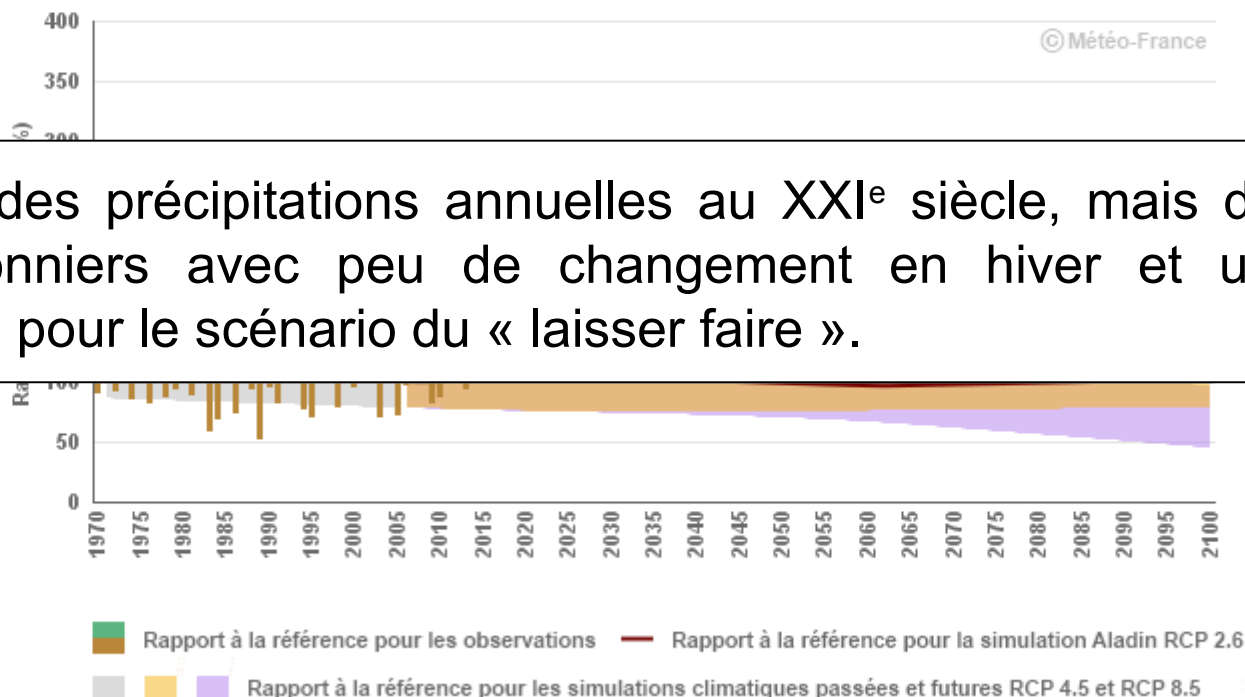


Évolution des précipitations en Rhône-Alpes par rapport à 1976-2005

RHÔNE-ALPES

Pas de changement notable des précipitations estivales

Cumul estival de précipitations en Rhône-Alpes : rapport à la référence 1976-2005
Observations et simulations climatiques pour trois scénarios d'évolution RCP 2.6, 4.5 et 8.5



Peu d'évolution des précipitations annuelles au XXI^e siècle, mais des contrastes saisonniers avec peu de changement en hiver et une diminution en été pour le scénario du « laisser faire ».



Exemple d'indicateur d'extrêmes: Evénements extrêmes

Vagues de chaleur en France à différentes échelles spatiales

Diminution du nombre de jours de gel et augmentation du nombre de journées chaudes, quel que soit le scénario.

Assèchement des sols de plus en plus marqué au cours du XXI^e siècle en toute saison.

Augmentation de la variabilité des pluies.

Pas de changement notable concernant la fréquence et l'intensité des tempêtes.

Questions ?

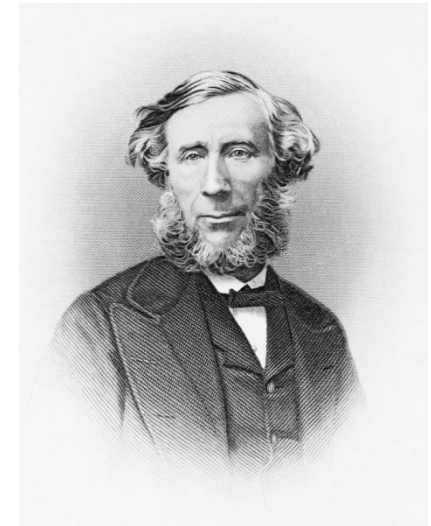
L'effet de serre

Utiliser les observations pour analyser les phénomènes : l'effet de serre



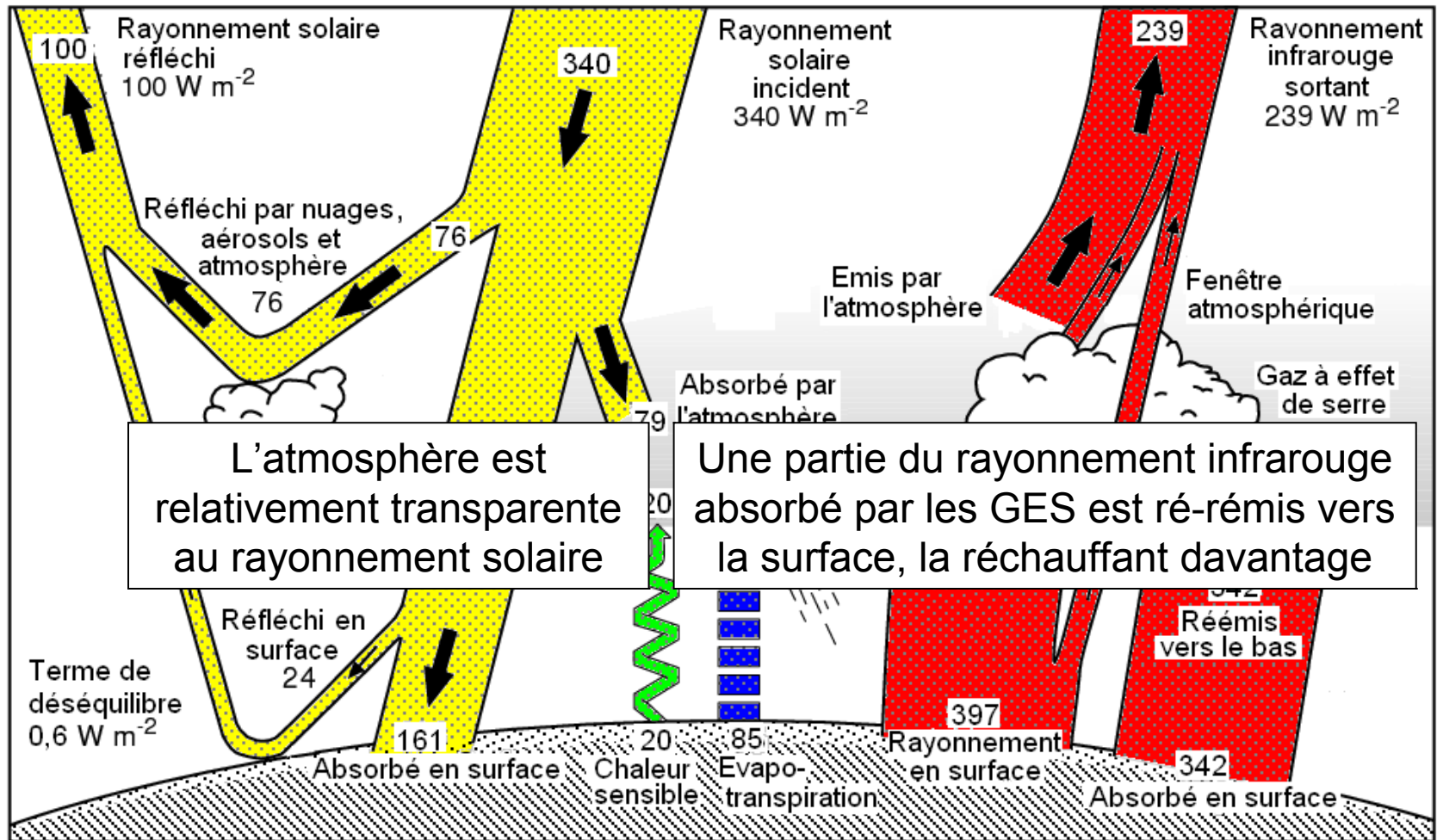
Premières explications de
l'effet de serre et du rôle
l'atmosphère sur le
réchauffement terrestre
(Fourier, 1824)

Effet de serre de la
vapeur d'eau et du CO_2
atmosphériques
(Tyndall, 1861)



Estimation du réchauffement
de la planète induit par la
combustion du charbon
(Arrhénus, 1896)

Bilan d'énergie au début du XXI^e siècle



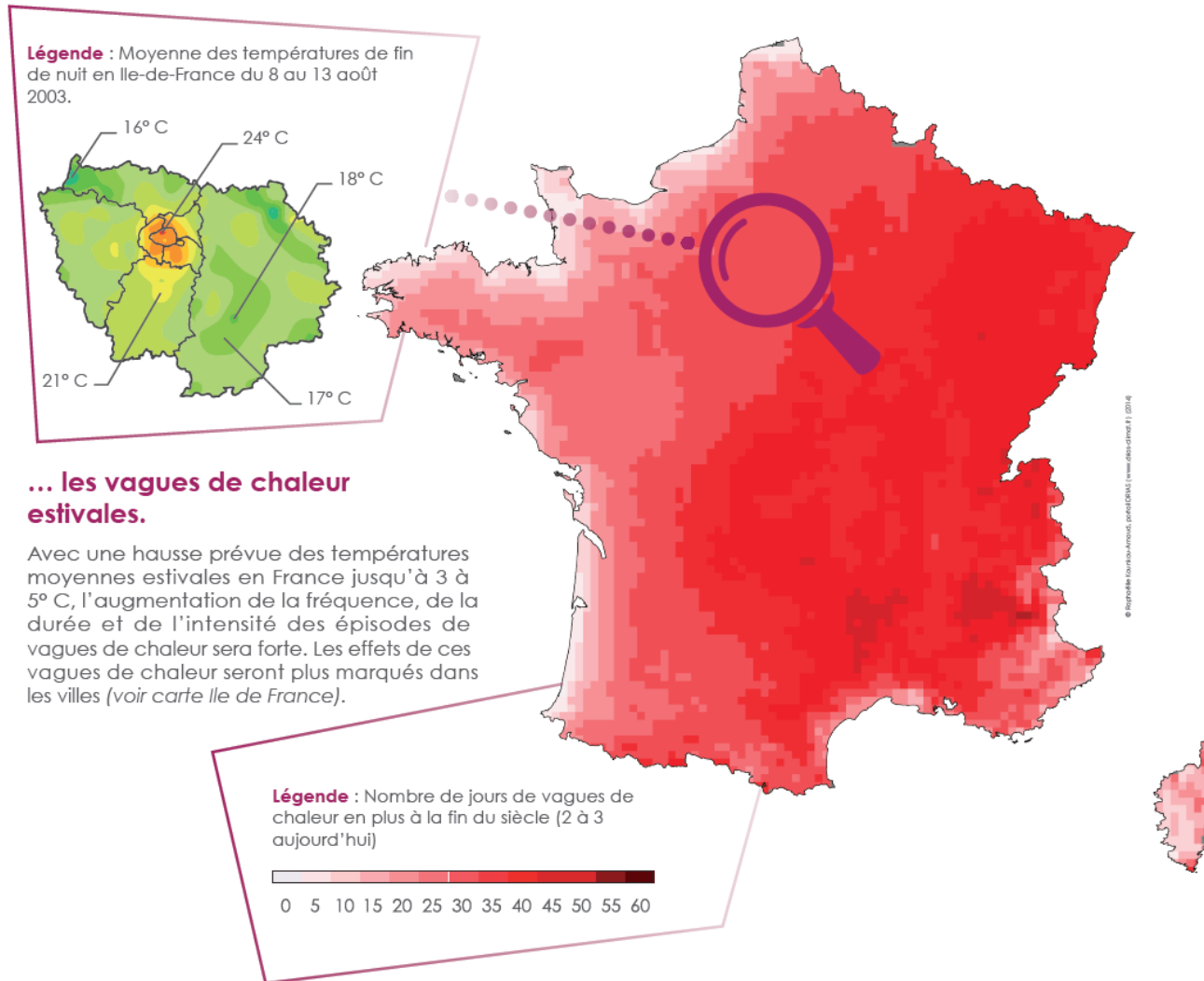
Impacts en France

Impacts potentiels du changement climatique en France

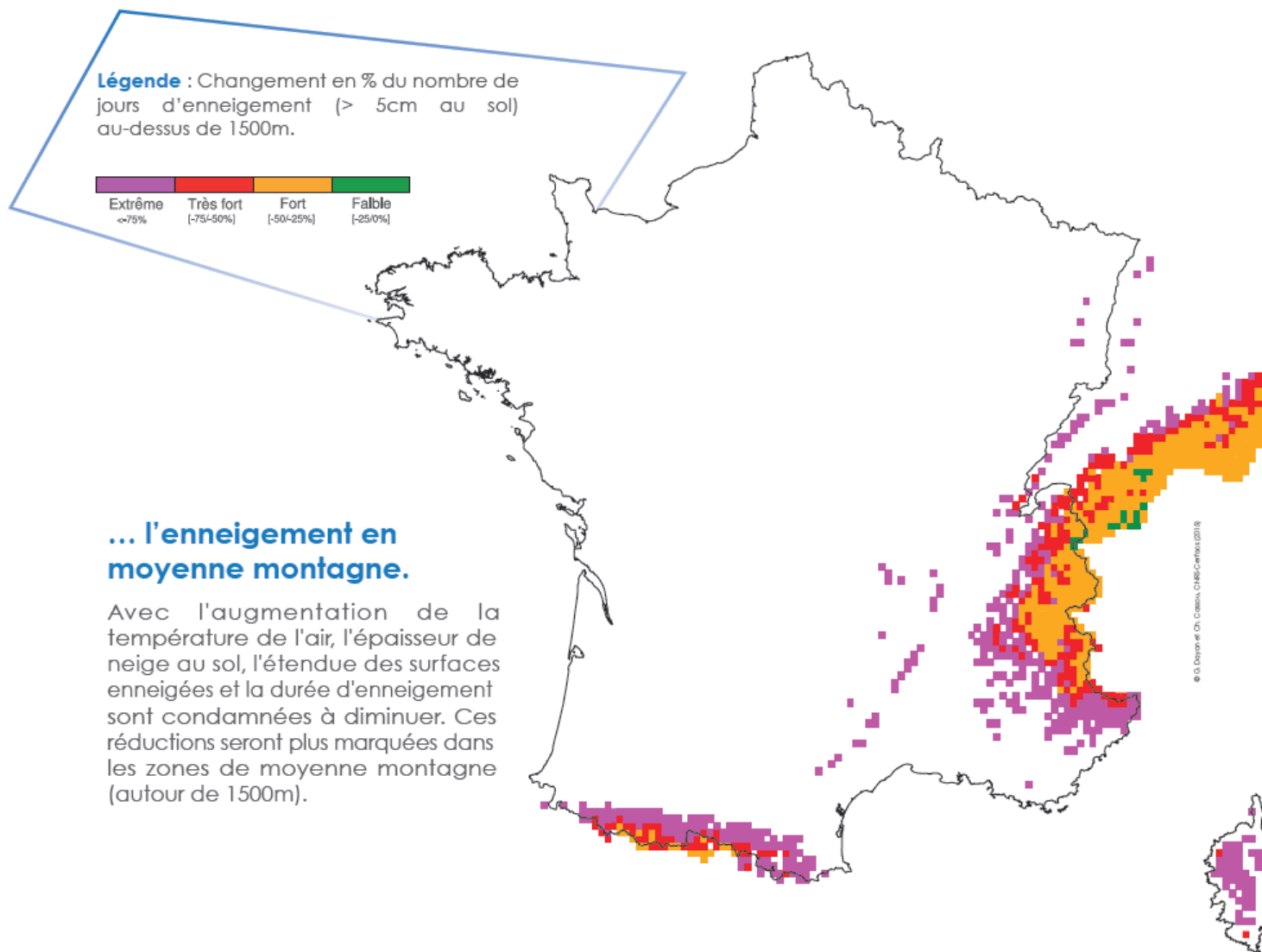


Source: CDC-Climat, Onerc, Météo France, OCDE, Conservatoire du Littoral

Nombre de jours de vagues de chaleur en plus à la fin du siècle (2 à 3 aujourd'hui)

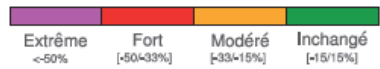


Changement en % du nombre de jours d'enneigement (> 5cm au sol) au-dessus de 1500m



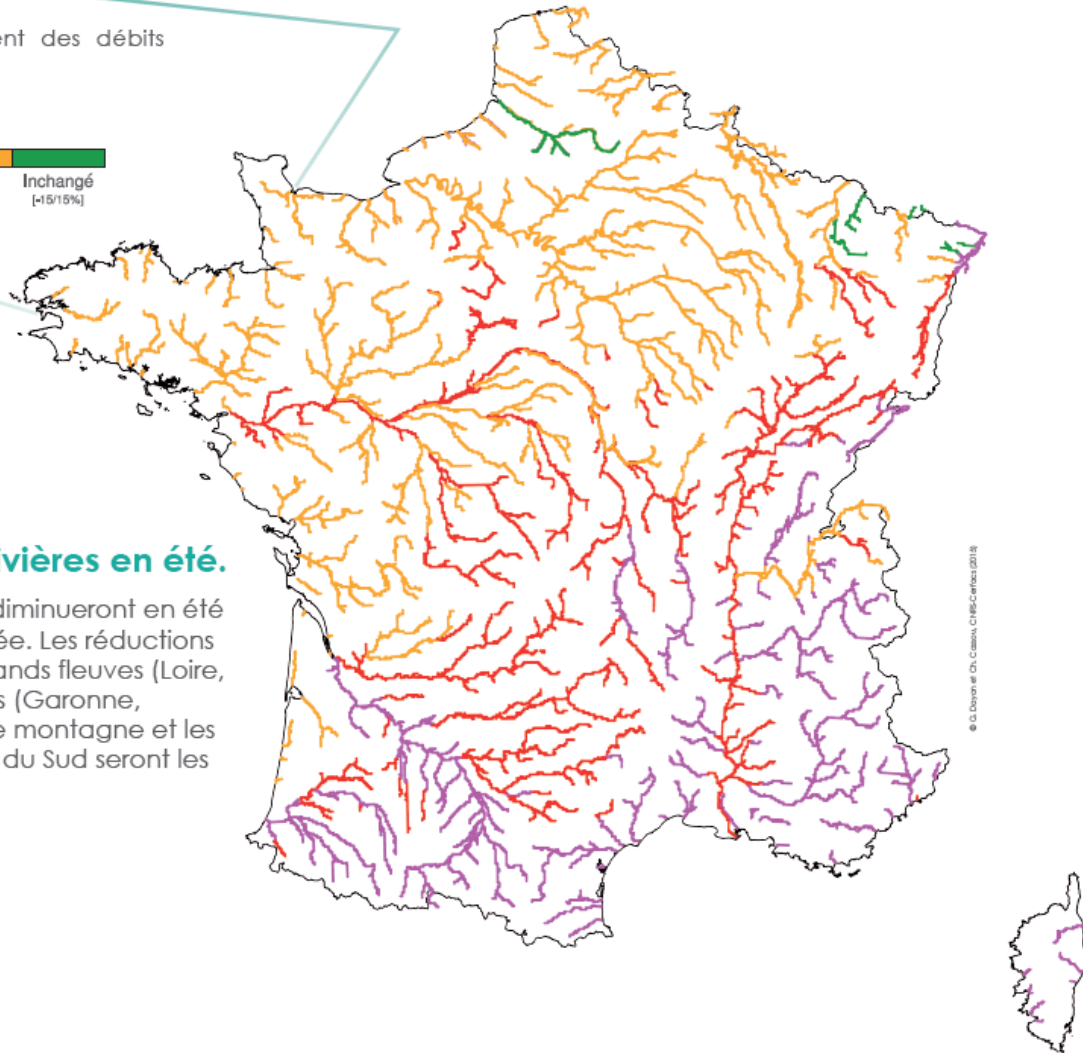
Changement des débits estivaux

Légende : Changement des débits des rivières en %.



... le débit des rivières en été.

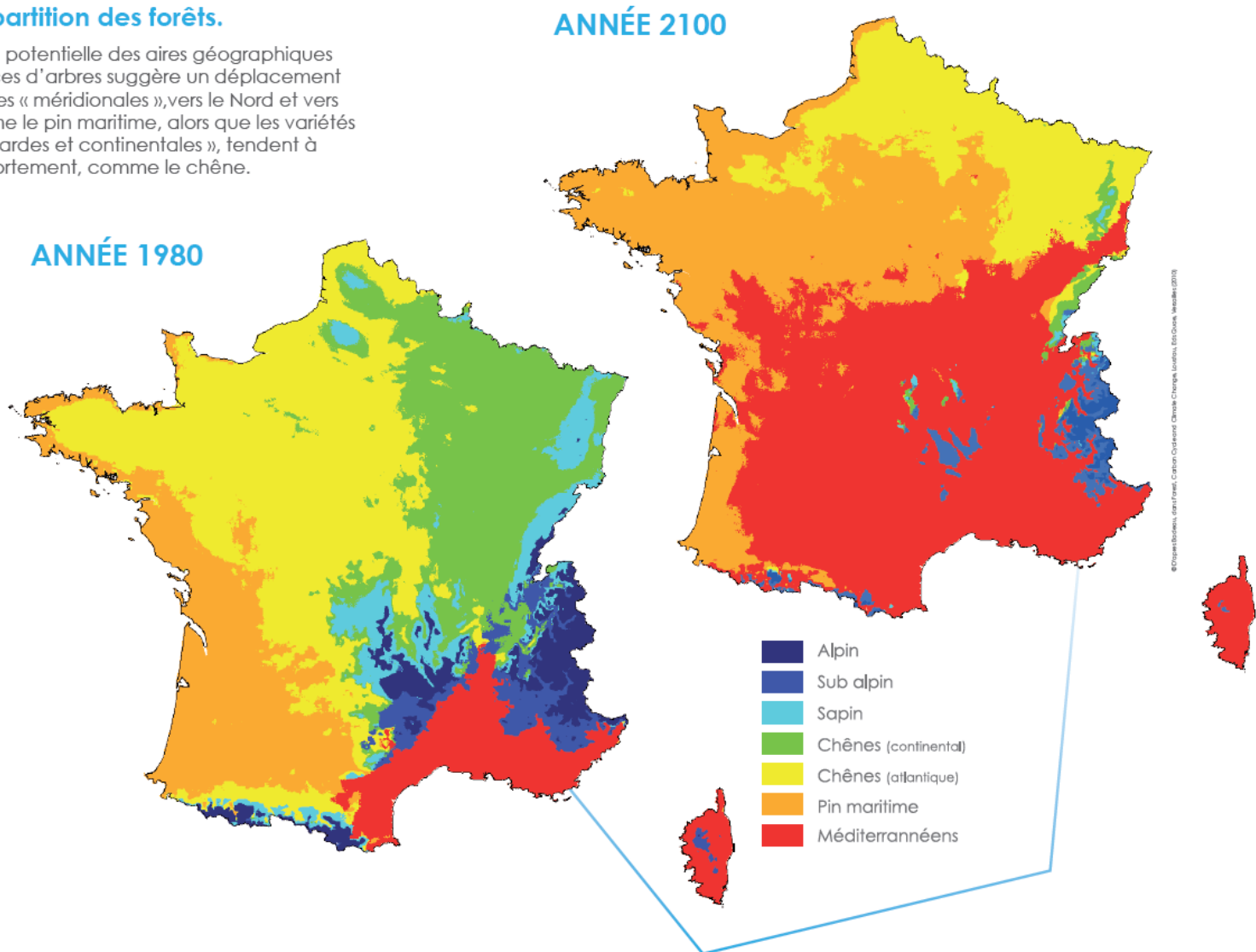
Les débits de rivières diminueront en été de manière généralisée. Les réductions seront fortes sur les grands fleuves (Loire, Rhône) voire extrêmes (Garonne, Adour). Les rivières de montagne et les petits bassins versants du Sud seront les plus affectés.



Répartition des forêts en 1980 et 2100

... la répartition des forêts.

L'évolution potentielle des aires géographiques des essences d'arbres suggère un déplacement des espèces « méridionales », vers le Nord et vers l'Est, comme le pin maritime, alors que les variétés « montagnardes et continentales », tendent à régresser fortement, comme le chêne.



Rendement des vignobles tous cépages et faisabilité de la culture du merlot

... sur les vignobles

La culture du Merlot (carte de droite), aujourd'hui limitée au Sud de la France, pourra s'étendre vers le Nord. Les rendements, tous cépages confondus, (carte de gauche) augmentent sauf dans les vignobles les plus au Sud. Sans adaptation des cultures, des modifications importantes des conditions de maturation et de la qualité du raisin sont attendus dans tous les sites de tradition viticole.

Région Viticole tous cépages confondus

Rendement :



Époque :

Actuel
Futur

Culture du Merlot :

Actuel
Futur

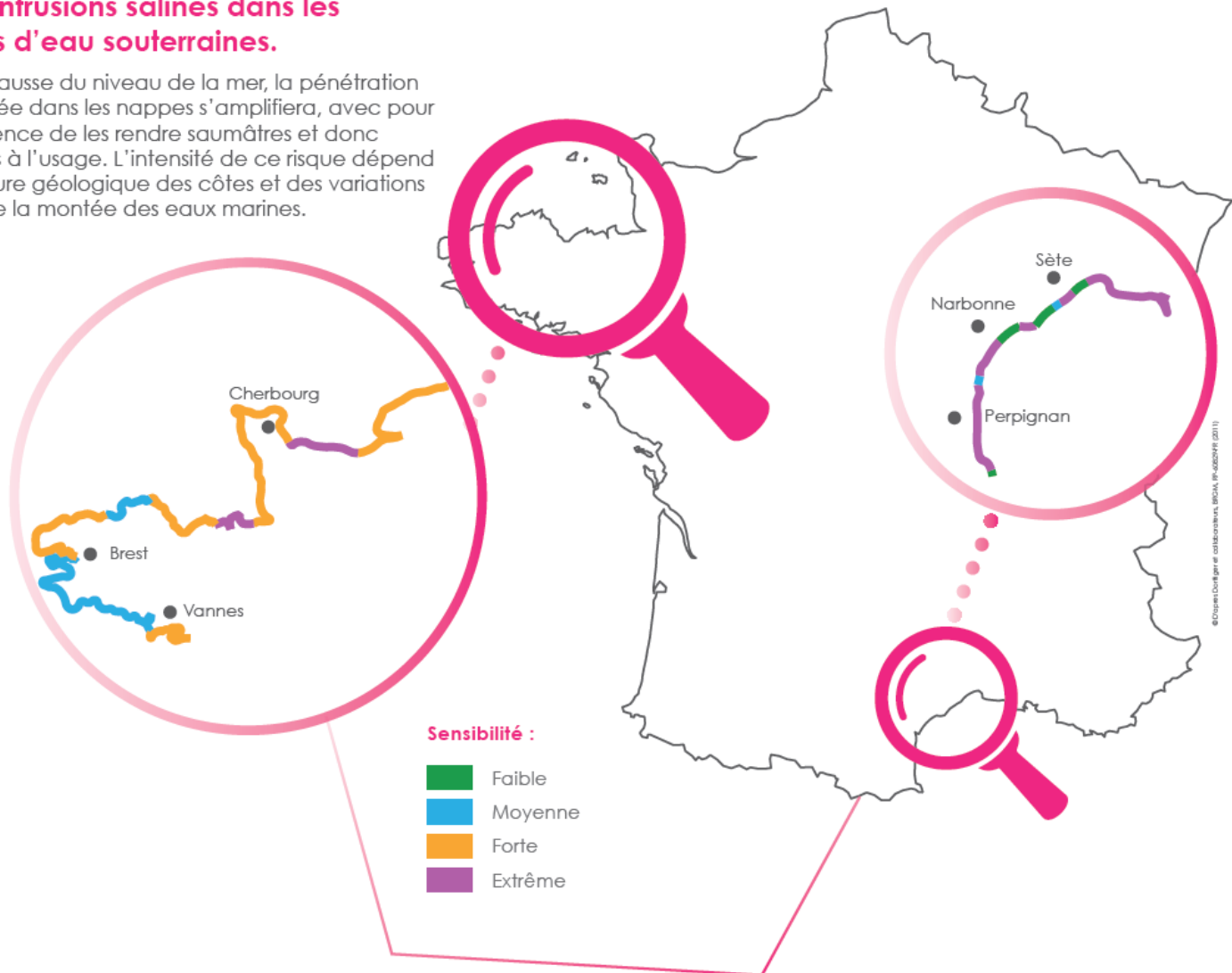
Faisabilité de la culture :

Oui
Incertain
Faible

Sensibilité aux intrusions salines dans les nappes d'eau souterraines

... les intrusions salines dans les nappes d'eau souterraines.

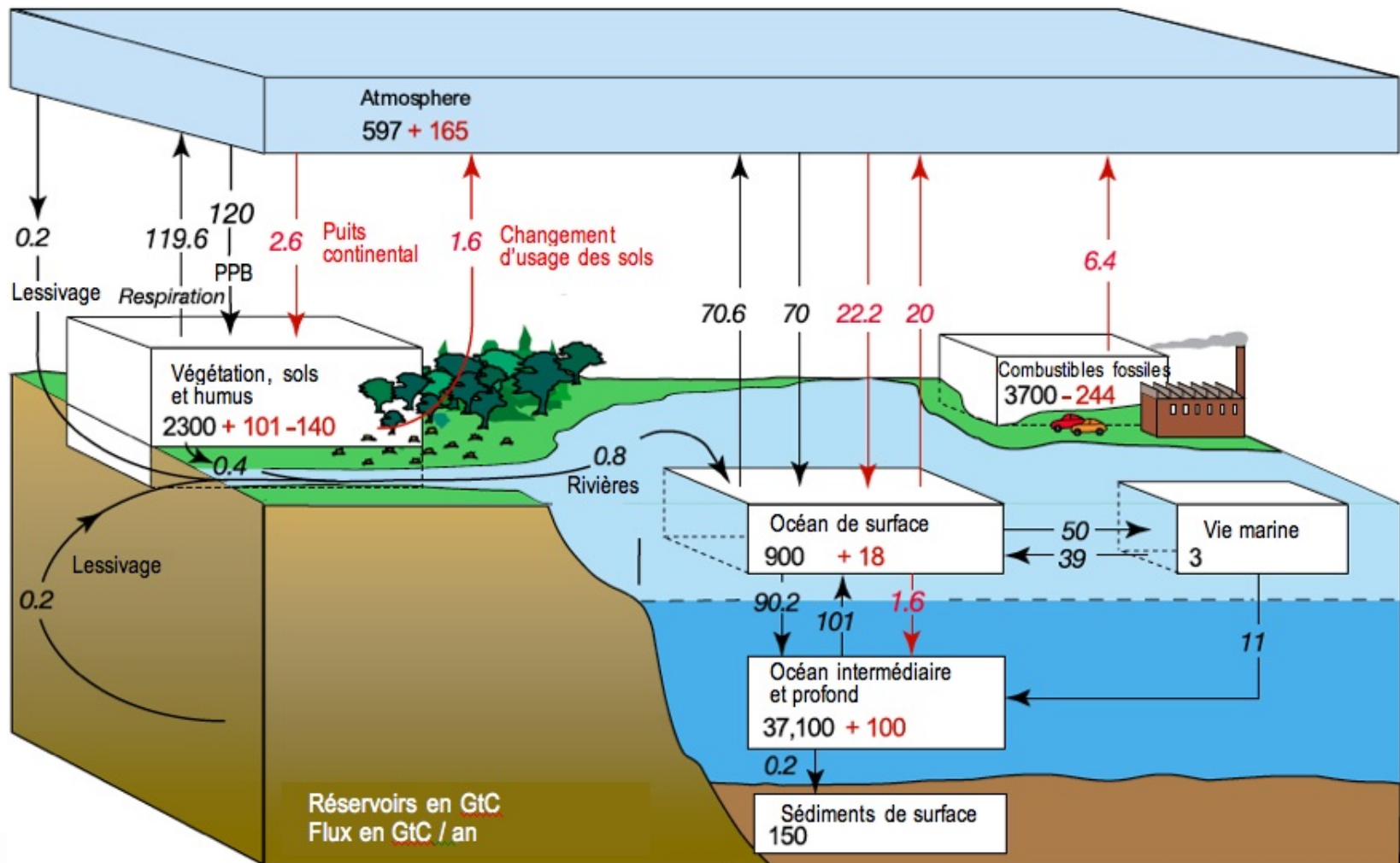
Avec la hausse du niveau de la mer, la pénétration d'eau salée dans les nappes s'amplifiera, avec pour conséquence de les rendre saumâtres et donc impropres à l'usage. L'intensité de ce risque dépend de la nature géologique des côtes et des variations locales de la montée des eaux marines.



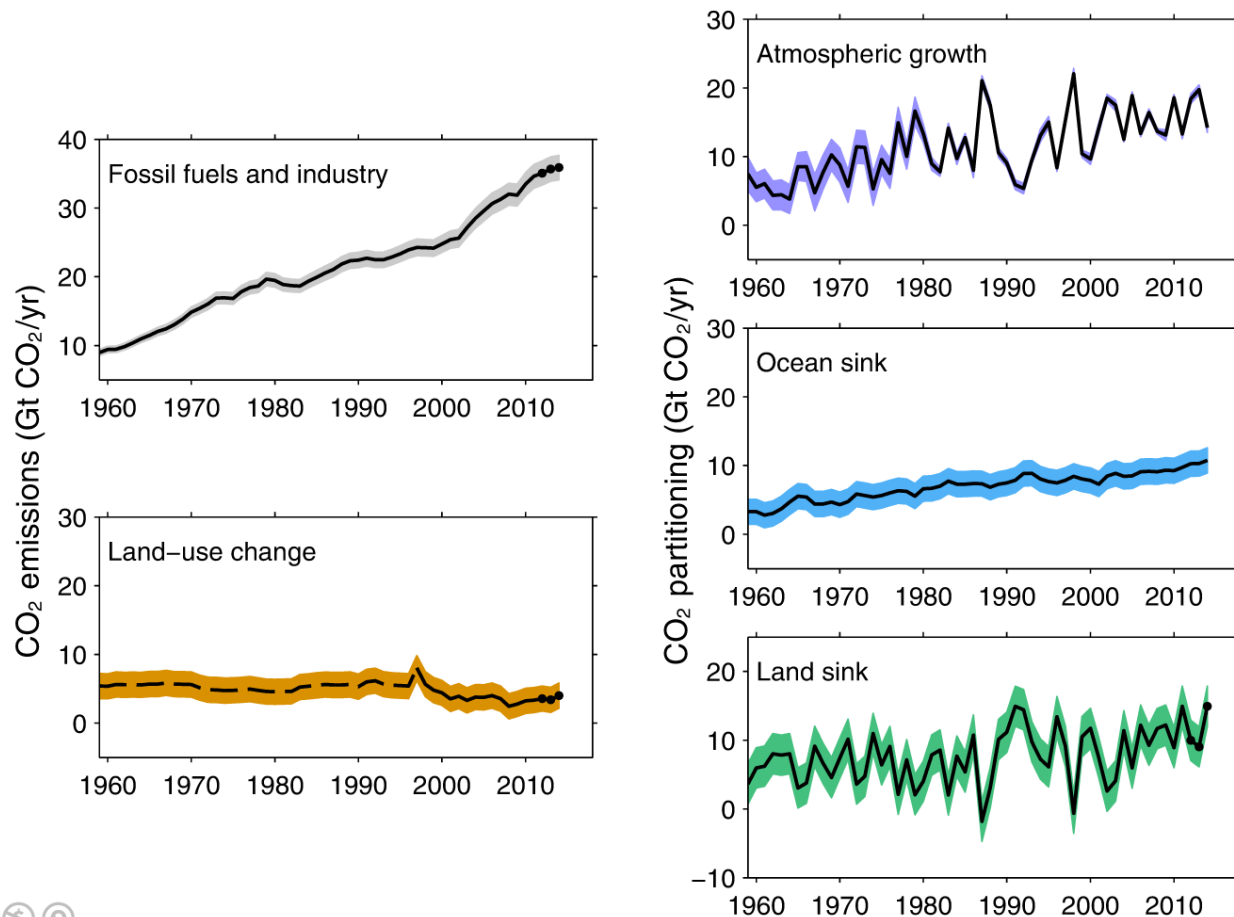
Le cycle du carbone

Le cycle du carbone

(Sarmiento et Gruber, 2006)

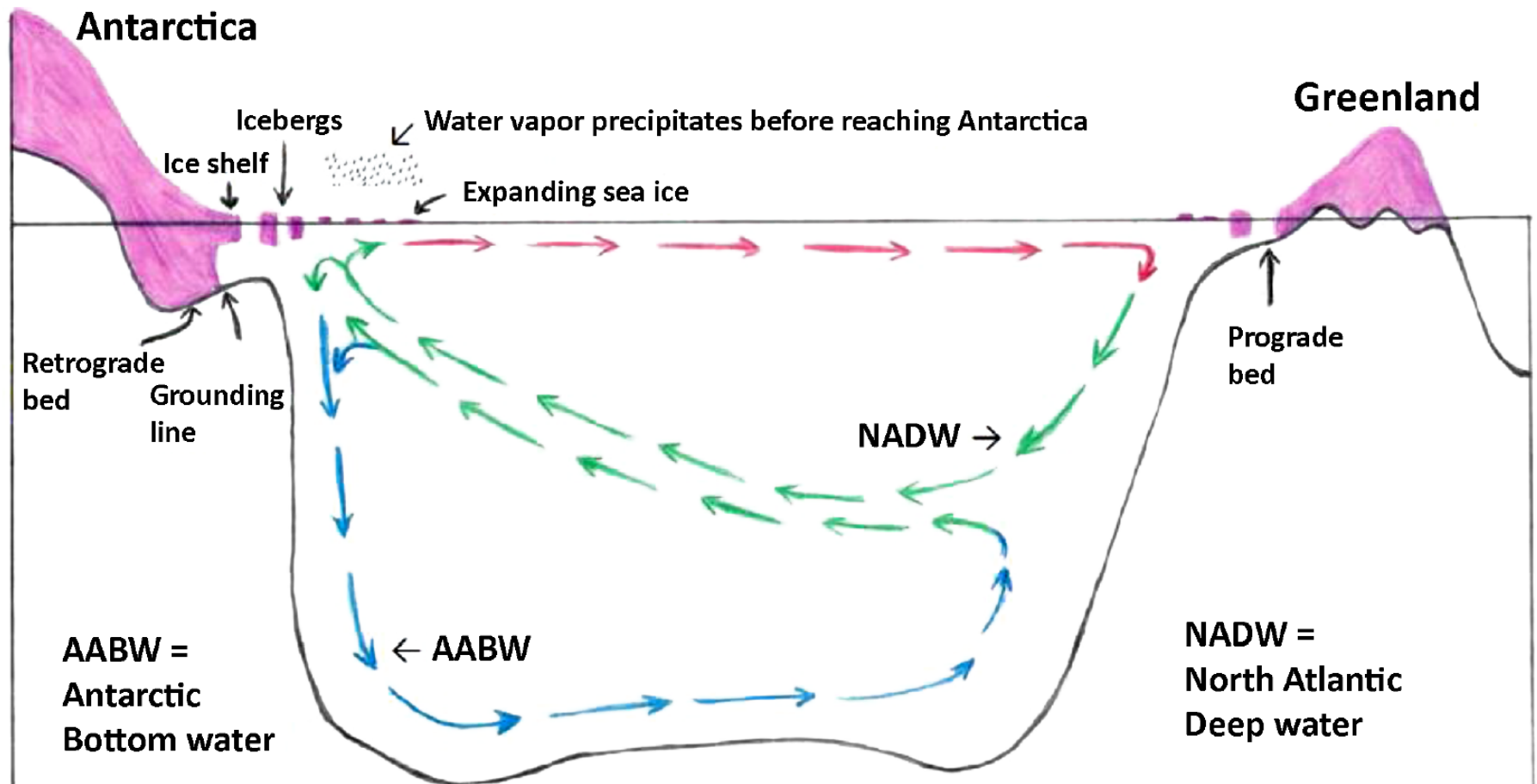


Changement des termes du bilan au cours du temps

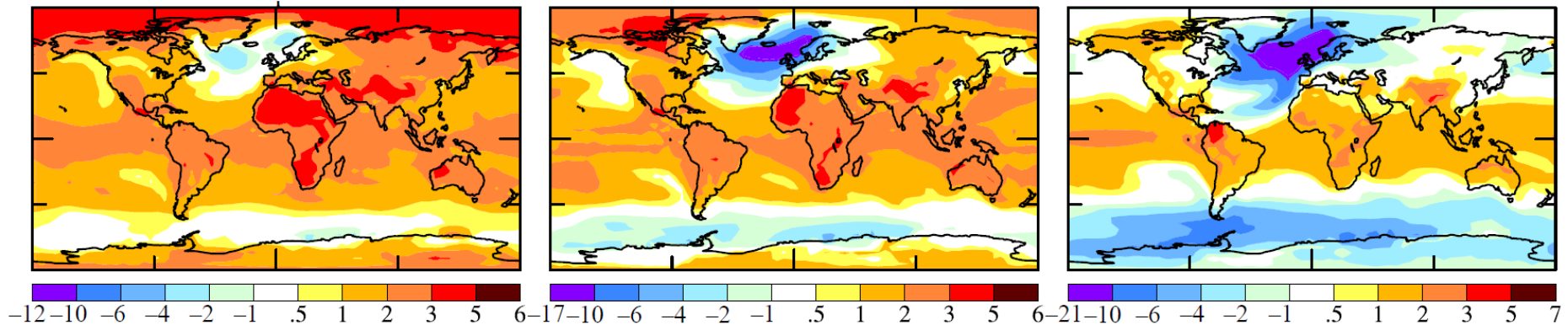
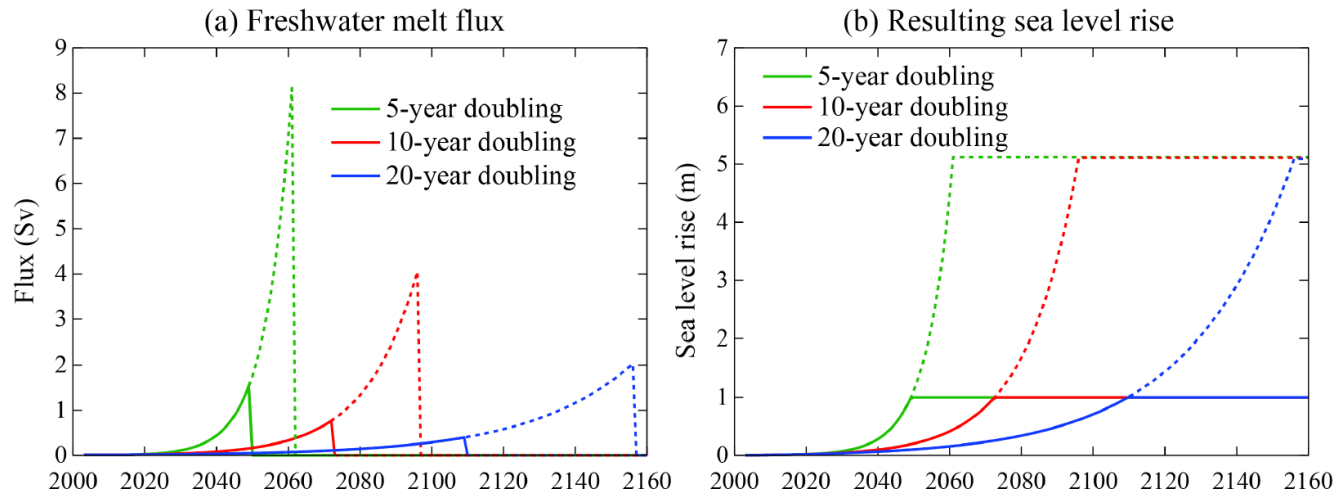


Le niveau des océans

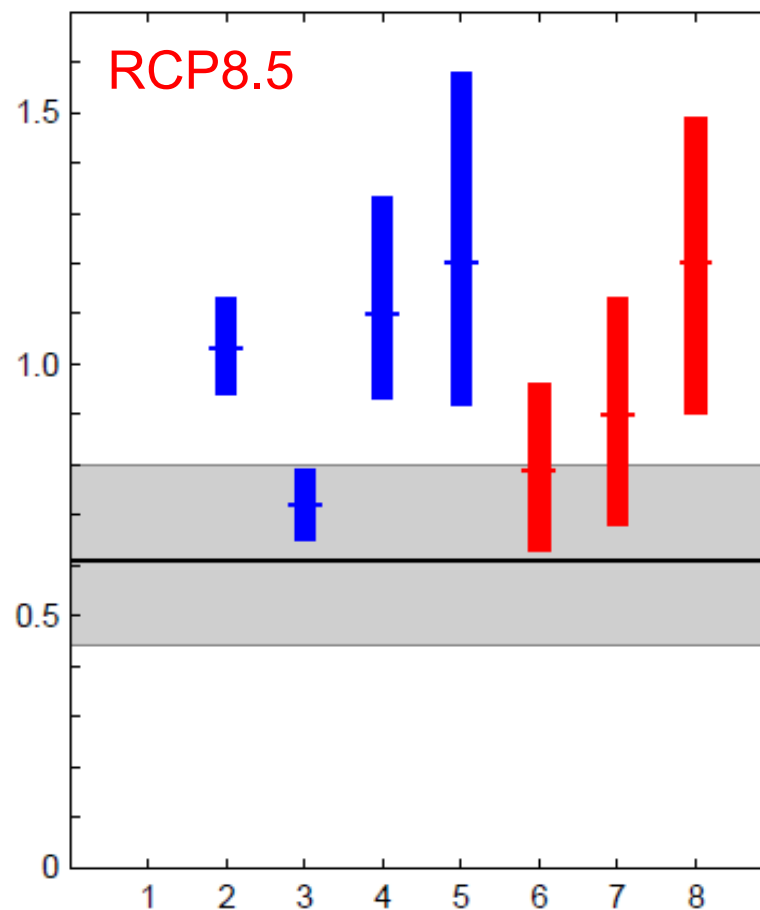
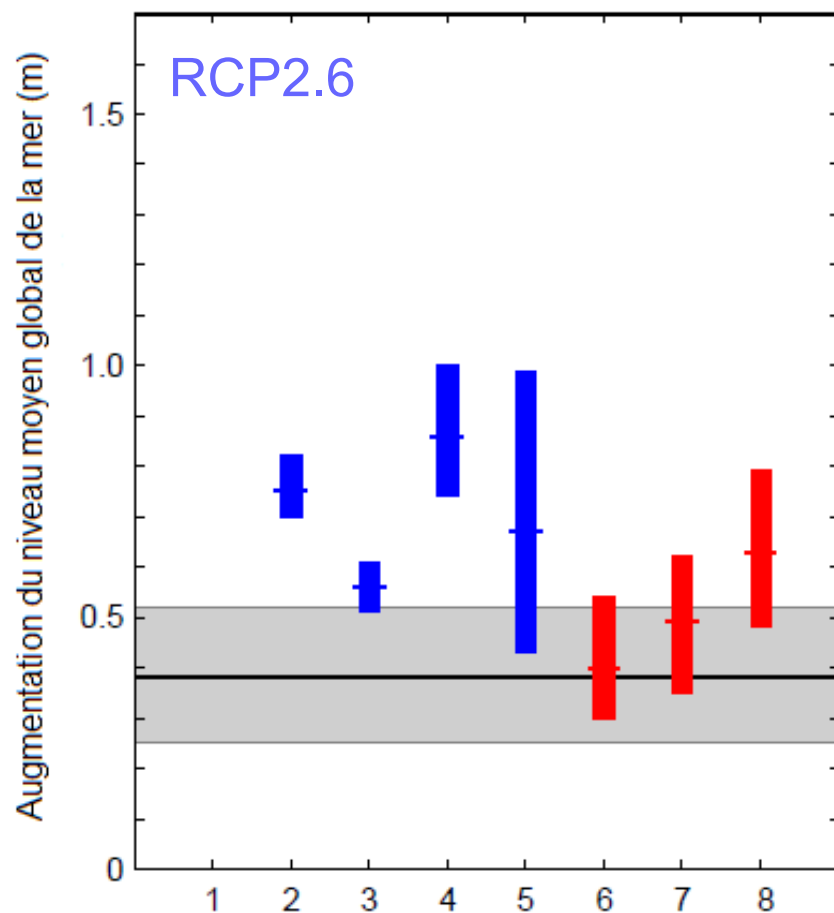
Les nouvelles hypothèses de Hansen et al. (2016)



Les nouvelles hypothèses de Hansen et al. (2016)



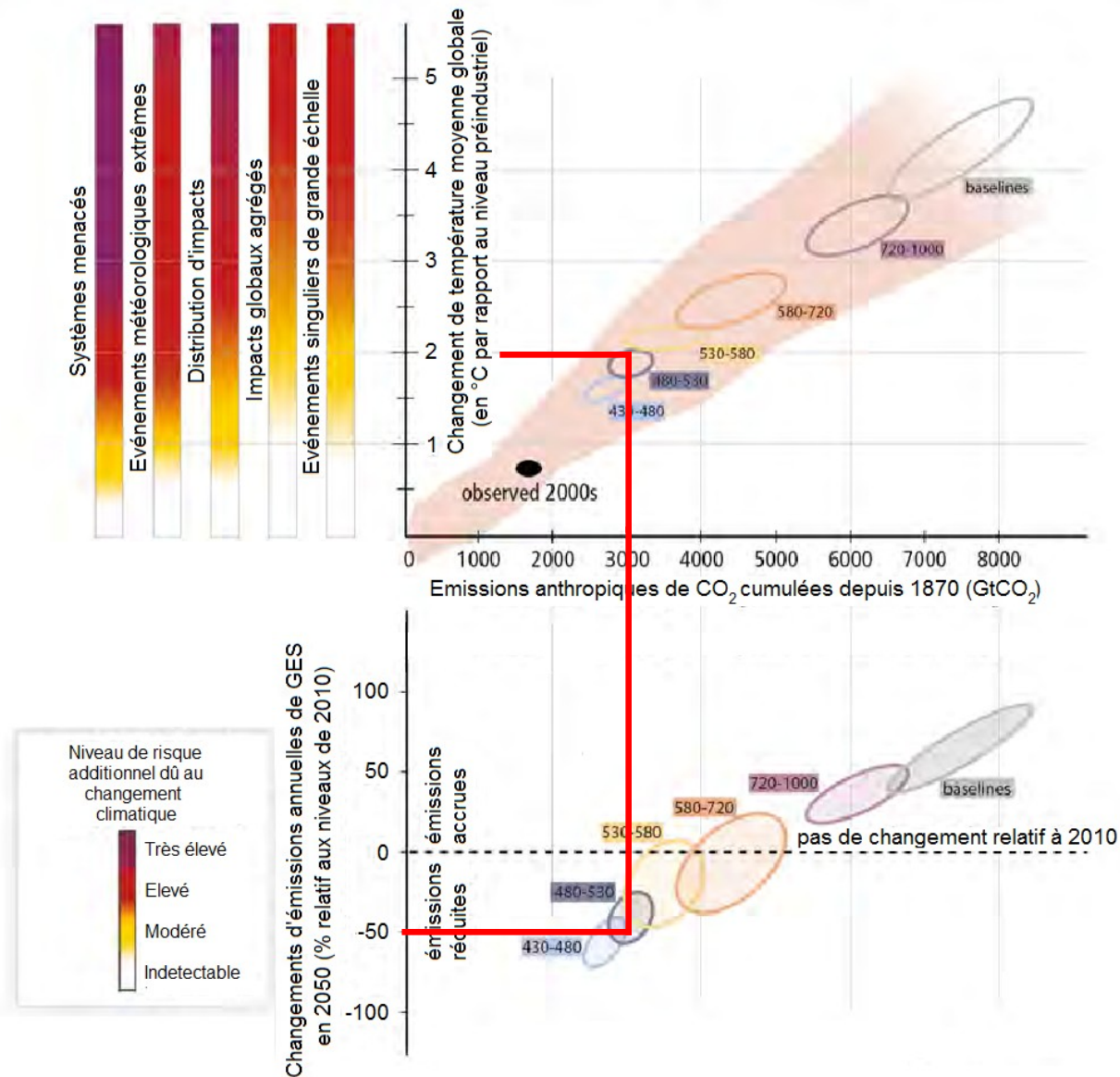
Les résultats des modèles « semi-empiriques »



Source: GIEC, 2013

La réduction des émissions de gaz à effet de serre

Relations émissions cumulées, changement climatique, risques et réduction des émissions (GIEC-SYR, 2014)

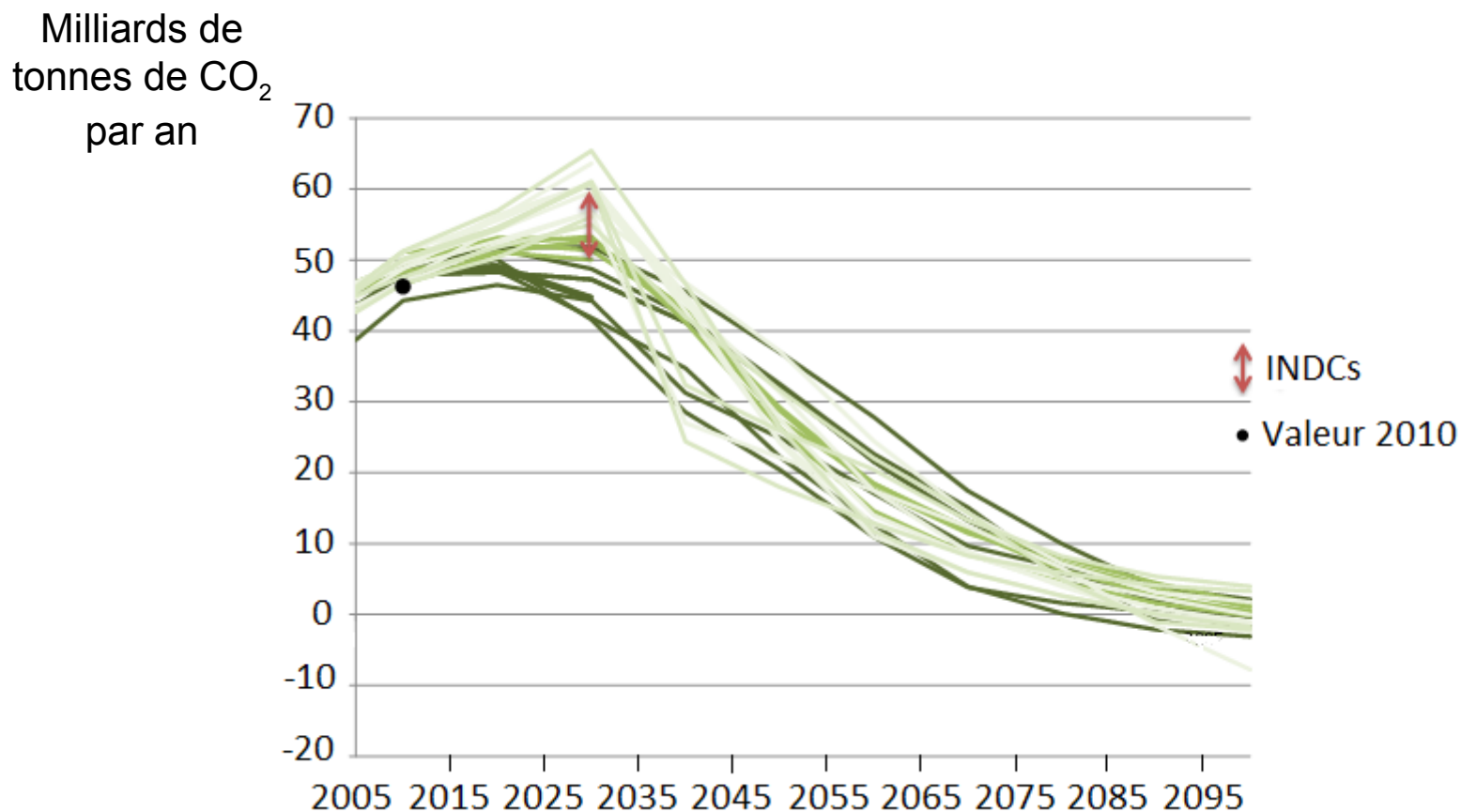


Une conclusion en lien avec la COP21

Les scénarios d'émission conduisant ... à maintenir le réchauffement climatique en dessous de 2°C au XXI^e siècle ... sont caractérisés par une réduction des gaz à effet de serre de **40 à 70 %** en **2050** comparé à **2010**, et à des niveaux d'émission proches ou inférieurs à **zéro en 2100**.

GIEC, 2013

Mise en regard des INDC avec les émissions de CO₂



Les contributions volontaires sont insuffisantes pour respecter l'objectif 2°C (et a fortiori 1,5°C) avec une probabilité importante

Le changement climatique en France

Évolution de la température moyenne par rapport à 1976-2005

La hausse des températures moyennes pour les 50 prochaines années serait du même ordre que la hausse que la région a connue au XX^e siècle.



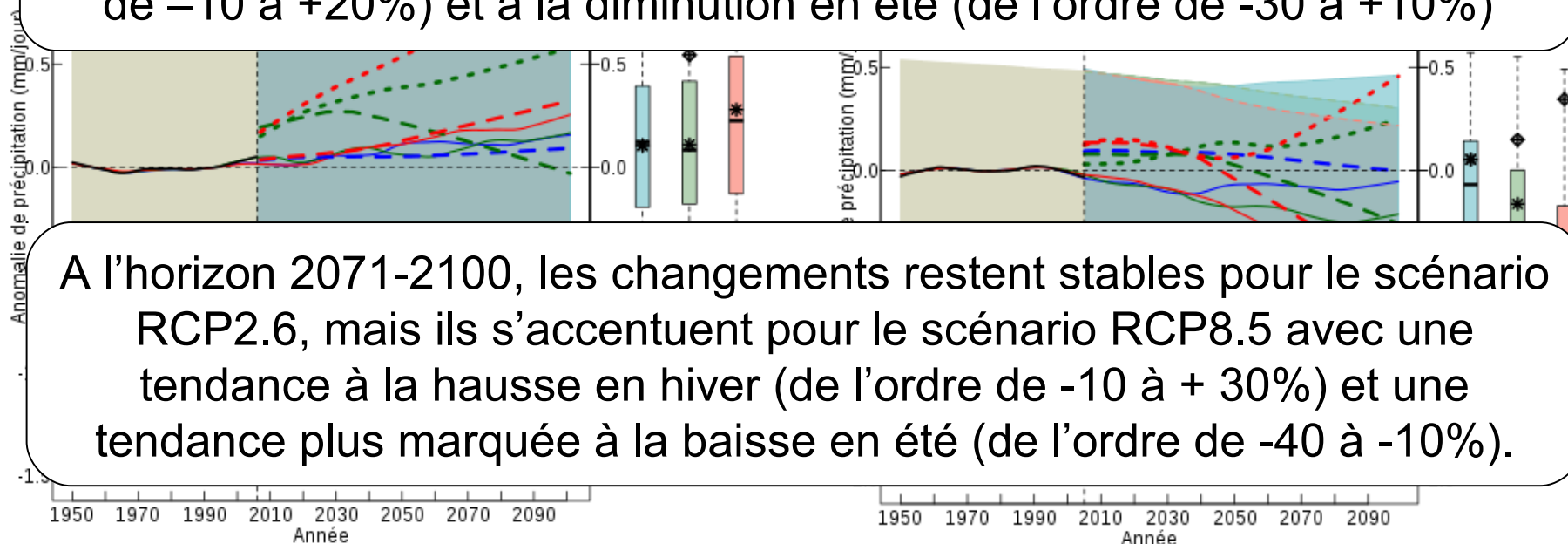
La hausse des températures moyennes d'ici à la fin du siècle pourrait varier d'un facteur de 1 à 4 suivant le scénario d'émission de gaz à effet de serre sur lequel on se situera au cours des prochaines décennies.

Evolution des précipitations moyennes sur la France en hiver et en été (référence 1976-2005)

Changement de précipitations - hiver

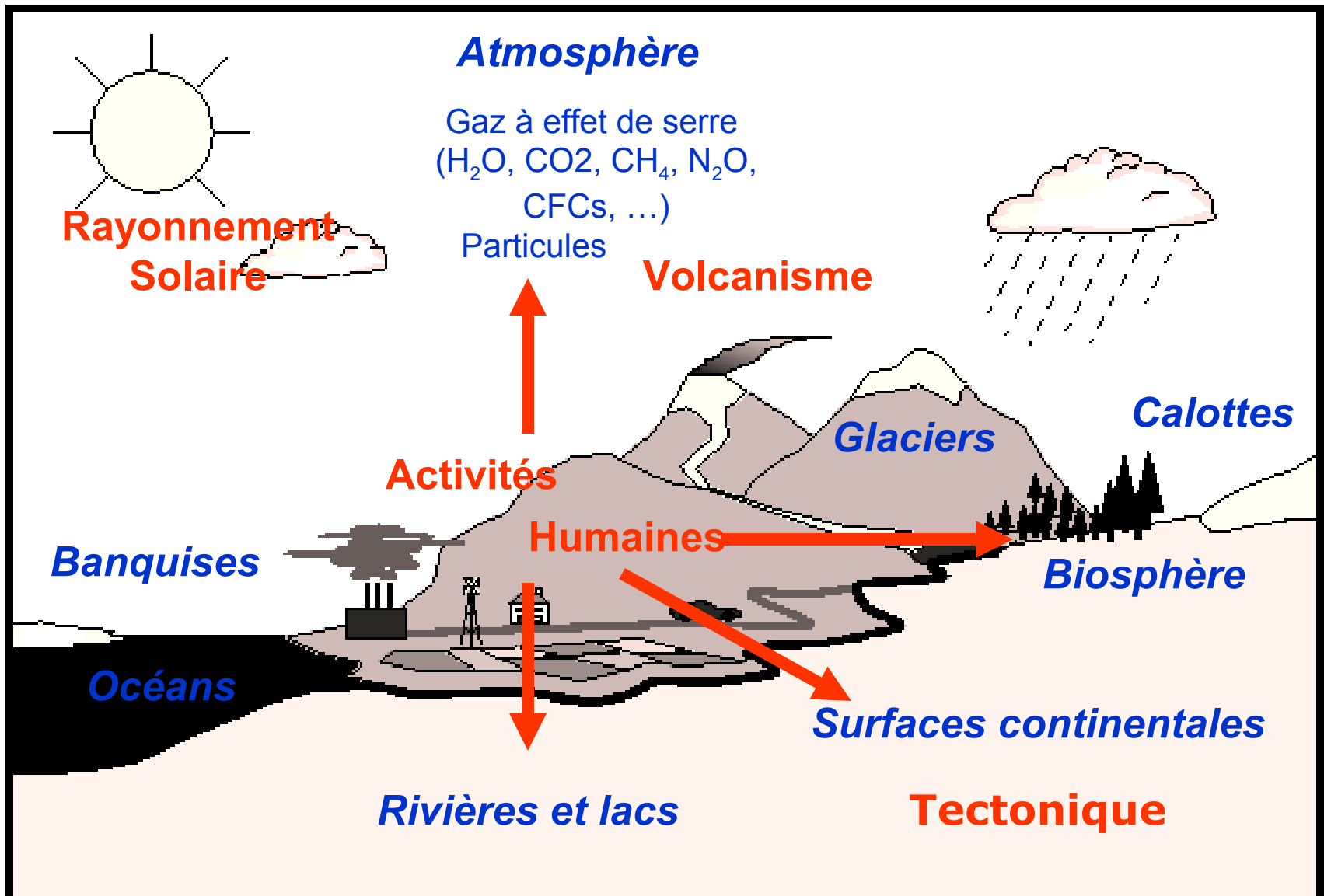
Changement de précipitations - été

A l'horizon 2021-2050, les changements de précipitations moyennes sont incertains avec une tendance à l'augmentation en hiver (de l'ordre de -10 à +20%) et à la diminution en été (de l'ordre de -30 à +10%)

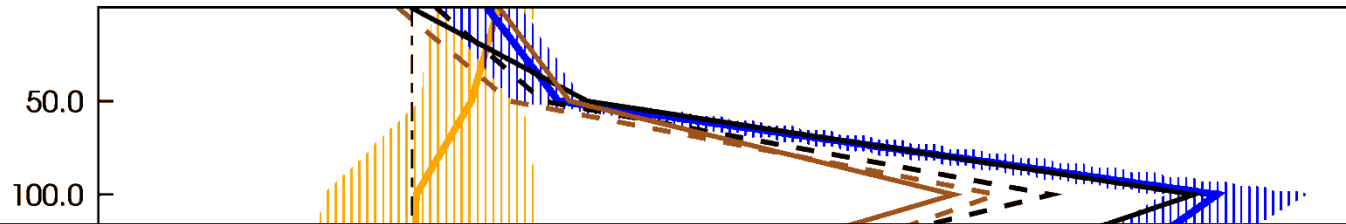


A l'horizon 2071-2100, les changements restent stables pour le scénario RCP2.6, mais ils s'accroissent pour le scénario RCP8.5 avec une tendance à la hausse en hiver (de l'ordre de -10 à + 30%) et une tendance plus marquée à la baisse en été (de l'ordre de -40 à -10%).

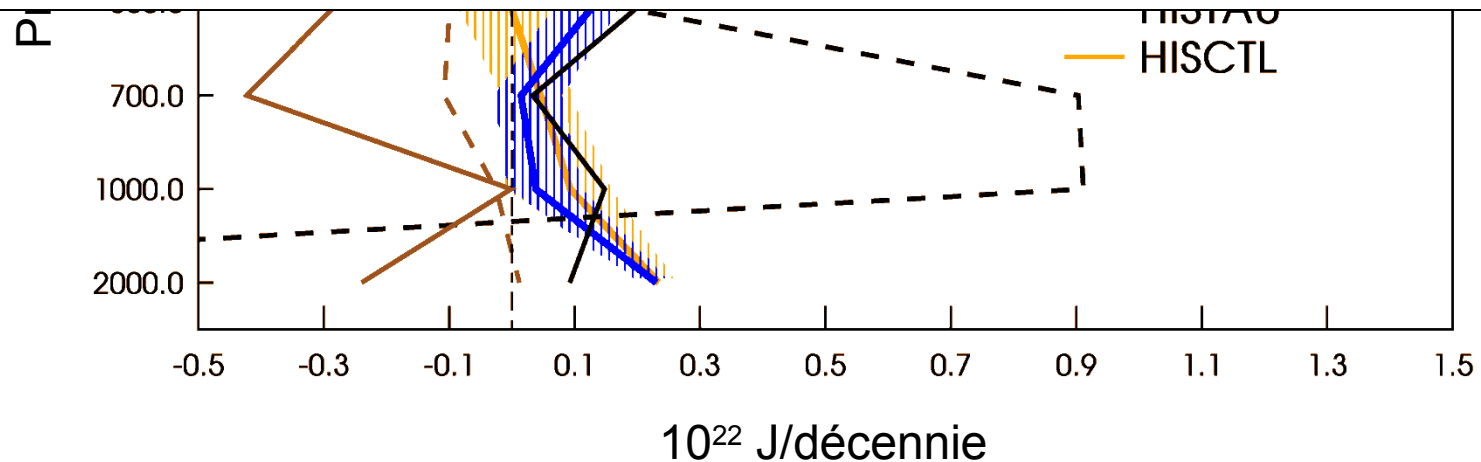
Le système climatique et les facteurs de forçage du climat



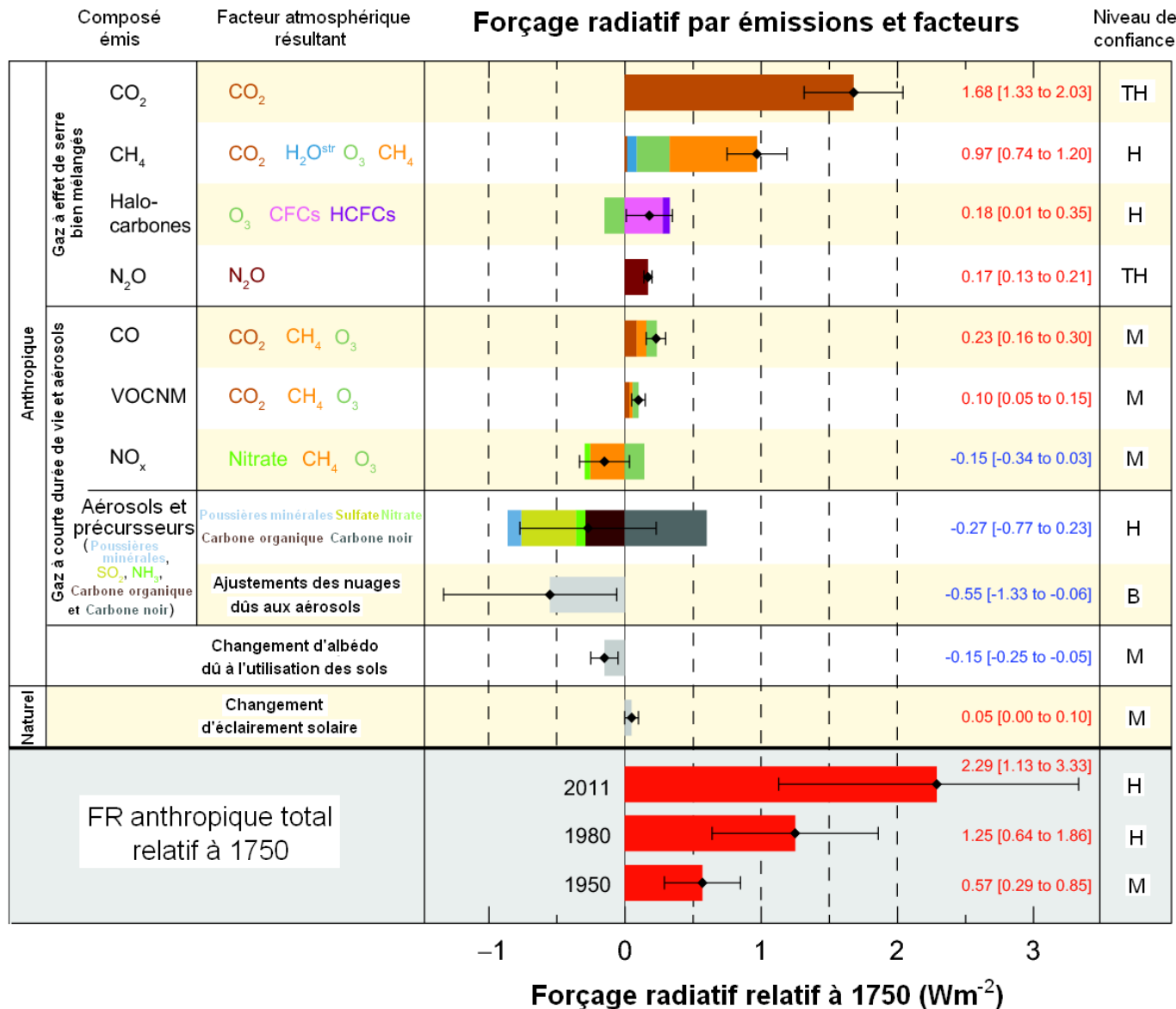
Tendance du contenu en chaleur océanique dans l'Ouest du Pacifique tropical



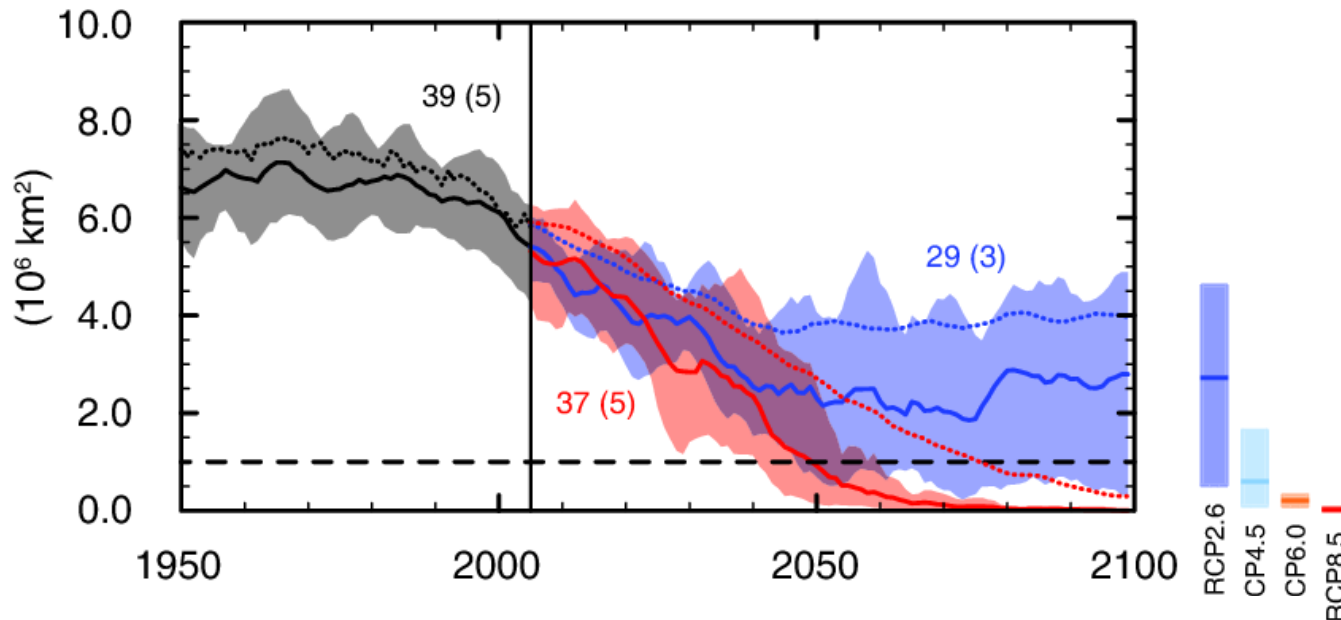
Le réchauffement global observé de 1998 à 2012 a été limité par un transfert de chaleur de l'atmosphère vers l'océan, en lien avec un renforcement des alizés et l'absence d'événements ENSO de forte amplitude.



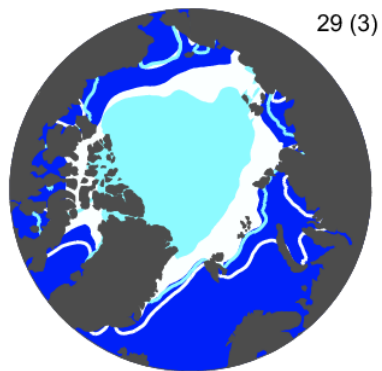
Composantes du forçage radiatif entre 1750 et 2011 (GIEC-WGI, 2013)



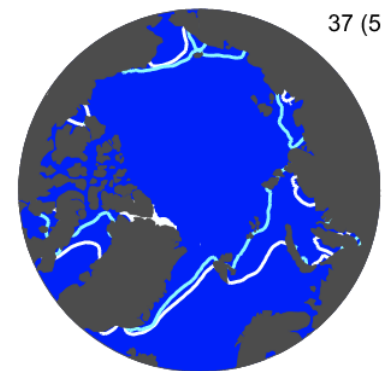
Changements d'extension de la banquise de l'hémisphère nord en septembre au cours du XXI^e siècle (GIEC, 2013)



RCP2.6

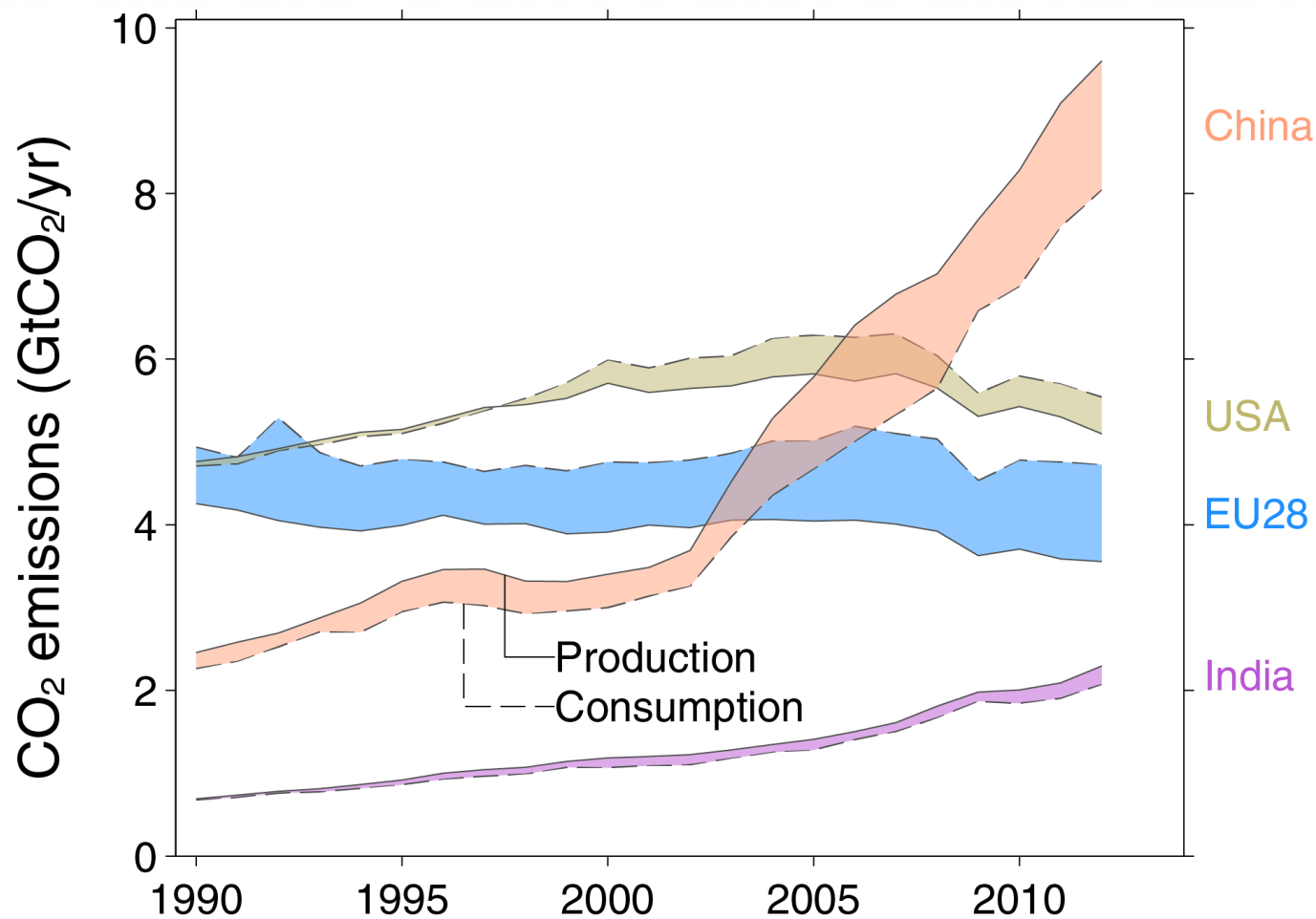


- CMIP5 multi-model average 1986–2005
- CMIP5 multi-model average 2081–2100
- CMIP5 subset average 1986–2005
- CMIP5 subset average 2081–2100



RCP8.5

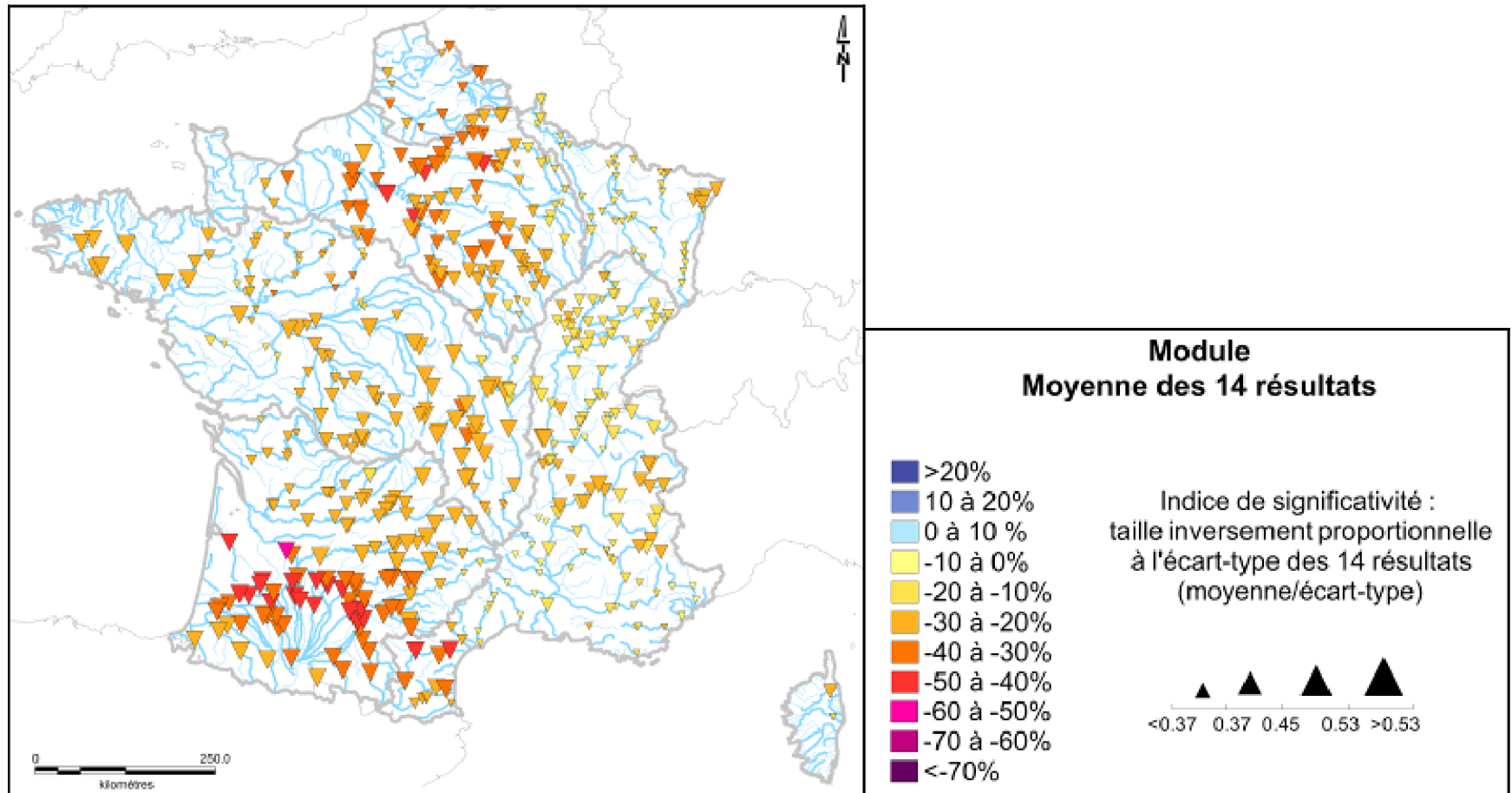
Émissions de CO₂ dues à la production/consommation de biens et services



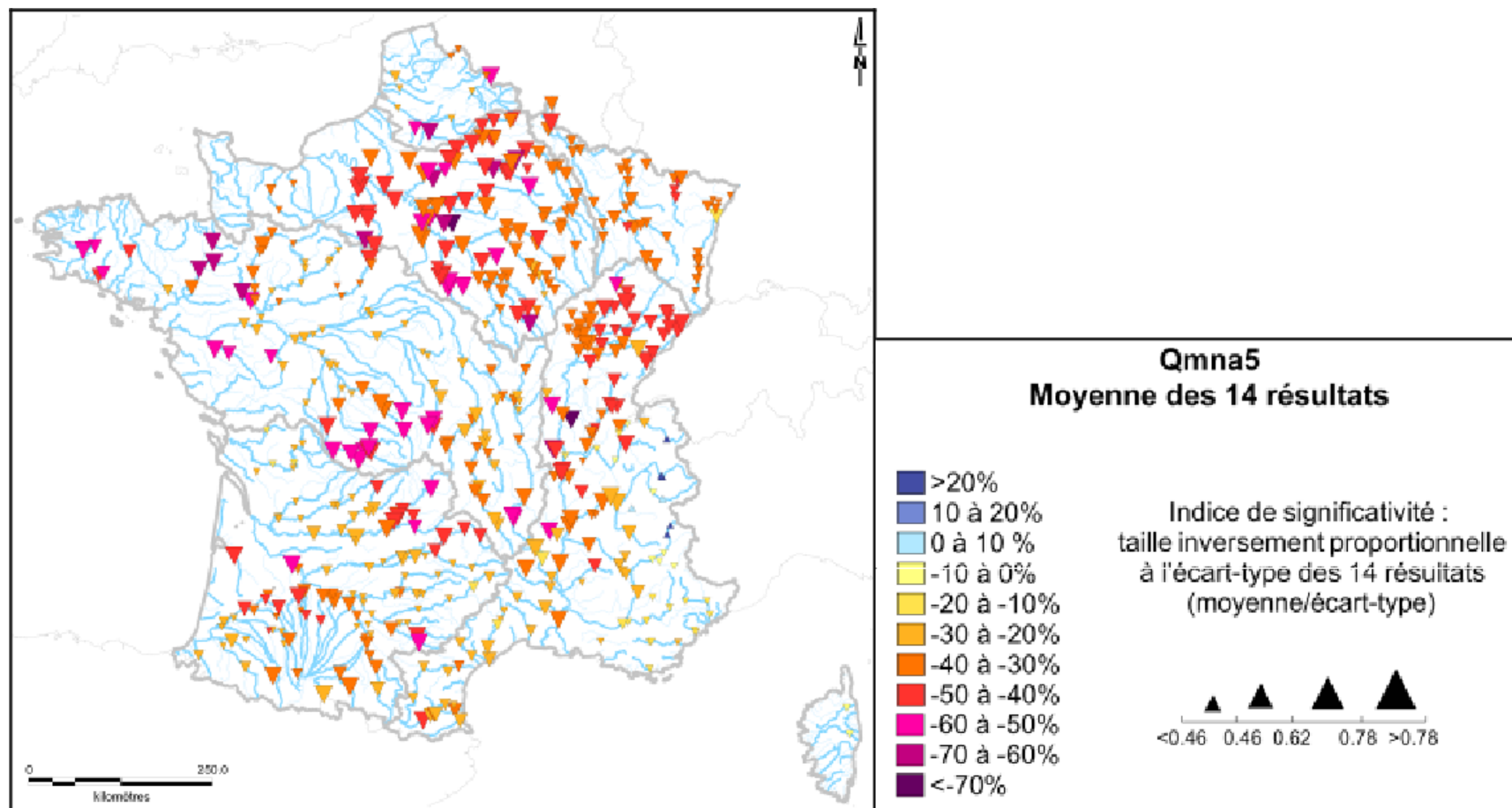
Source: Le Quéré et al., 2014; Peters et al., 2011; Global Carbon Budget 2014

<http://www.globalcarbonproject.org>

Evolution du débit moyen annuel entre 1961-90 et 2046-65 (EXPLORE 2070, 2012)



Evolution du débit minimum mensuel quinquennal entre 1961-90 et 2046-65 (EXPLORE 2070, 2012)



Evolution du débit de crues journalières décennales 1961-90 et 2046-65 (EXPLORE 2070, 2012)

A l'horizon 2046-2065 :

- Les modèles projettent une diminution particulièrement marquée du débit moyen annuel pour les cours d'eau des contreforts pyrénéens et en Seine-Normandie avec des changements simulés compris entre -10 et -60%.
- Tous les modèles projettent des étiages plus sévères sur les exutoires des grands bassins versants, avec des résultats cependant très hétérogènes.
- Concernant les crues, on ne peut pas déceler de tendance significative sur la majeure partie du territoire.

A l'horizon 2021-2050 :

- Augmentation du nombre de jours de vagues de chaleur en été, plus importante dans des régions du quart Sud-Est.
- Diminution des jours anormalement froids en hiver sur l'ensemble de la France métropolitaine, plus importante au Nord-Est du pays.

A l'horizon 2071-2100 :

- Forte augmentation du nombre de jours de vagues de chaleur en été,
- Diminution des extrêmes froids se poursuit.
- Renforcement du taux de précipitations extrêmes sur une large part du territoire, mais avec une forte variabilité des zones concernées.
- Augmentation des épisodes de sécheresse dans une large partie Sud du pays, mais pouvant s'étendre à l'ensemble du pays.

Évolution de la superficie de la France en sécheresse (CLIMSEC, 2011)

A l'horizon 2050 :

- Malgré une évolution encore limitée du régime pluviométrique, des évolutions majeures commencent à concerner les sécheresses agricoles.
- Des sécheresses inhabituelles en termes d'expansion spatiale ou d'intensité sont simulées dans l'ensemble des projections climatiques.
- Les projections indiquent également que certaines régions, et notamment les zones montagneuses, du fait de probables modifications du régime nival, pourraient connaître les évolutions les plus marquées en matière d'assèchement des sols .