



LSCE

LABORATOIRE DES SCIENCES DU CLIMAT
& DE L'ENVIRONNEMENT



université
PARIS-SACLAY

Quel climat pour demain?



Valérie Masson-Delmotte & Marc Delmotte

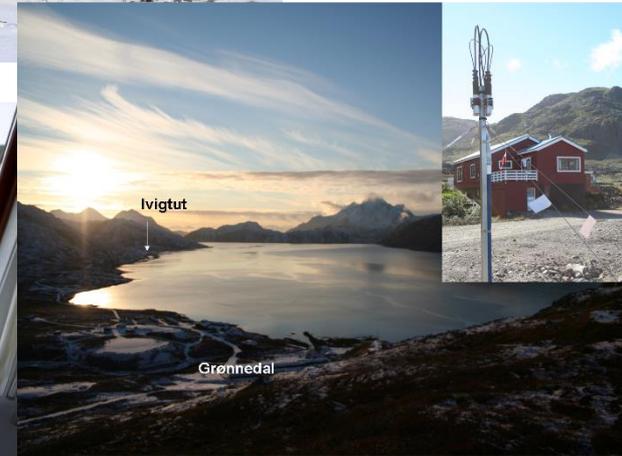
**Comment observe-t-on
l'évolution de la composition
de l'atmosphère?**



LSCE

LABORATOIRE DES SCIENCES DU CLIMAT
& DE L'ENVIRONNEMENT

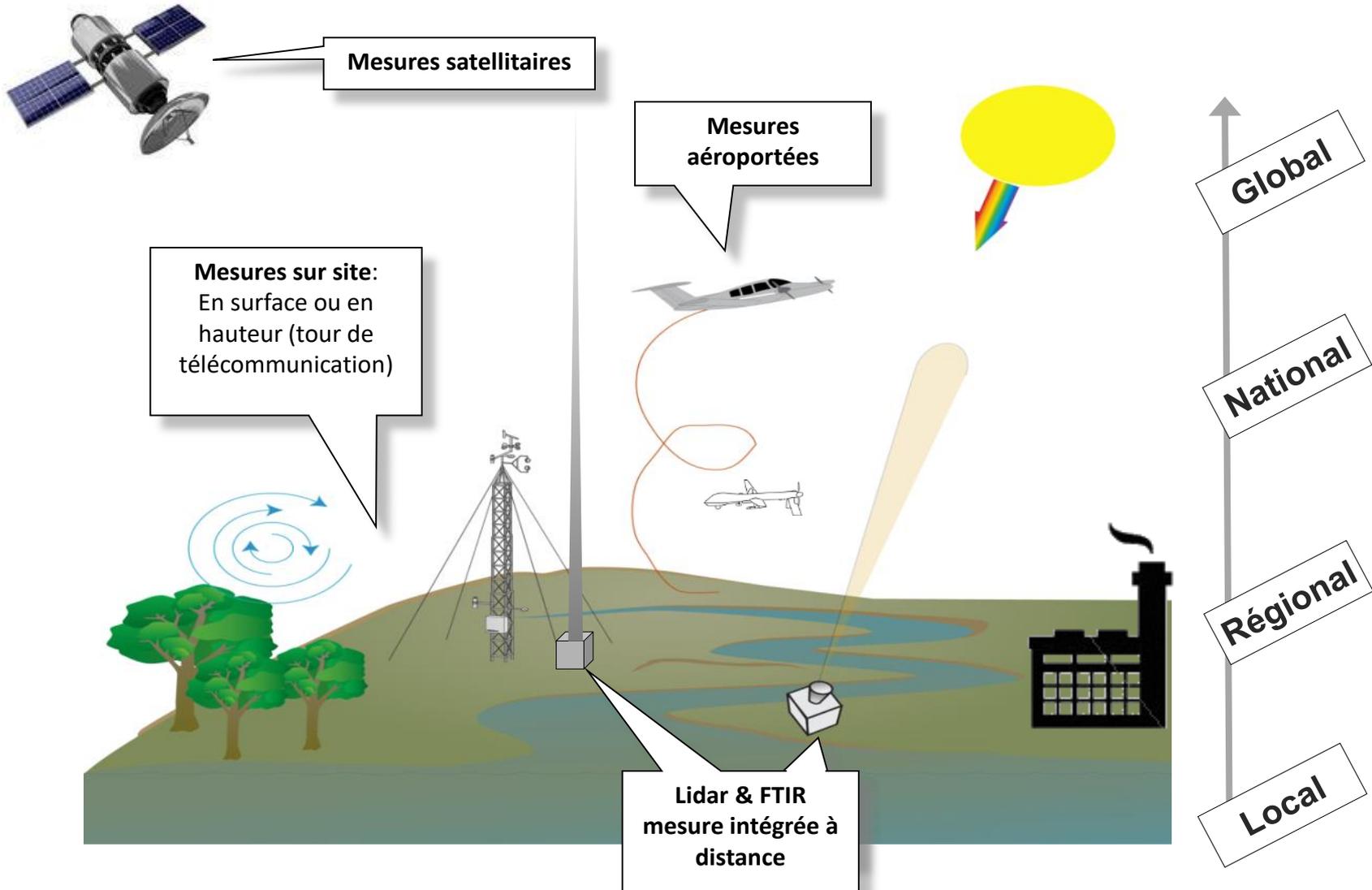
Des stations de suivi de l'atmosphère



Ile Amsterdam (TAAF)

IVITTUUT, Groënland

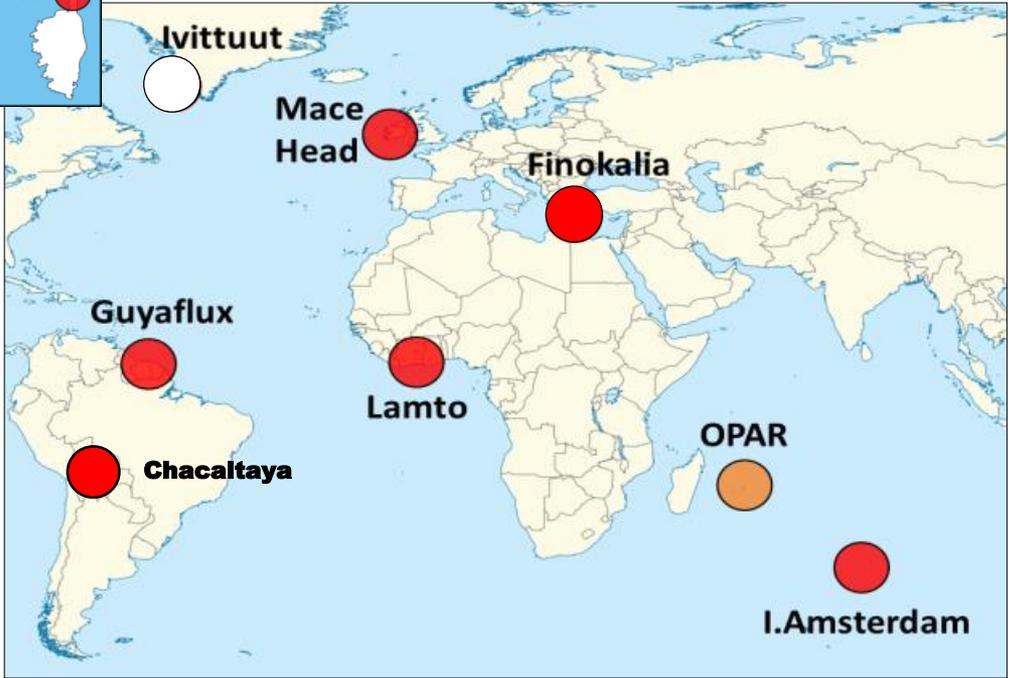
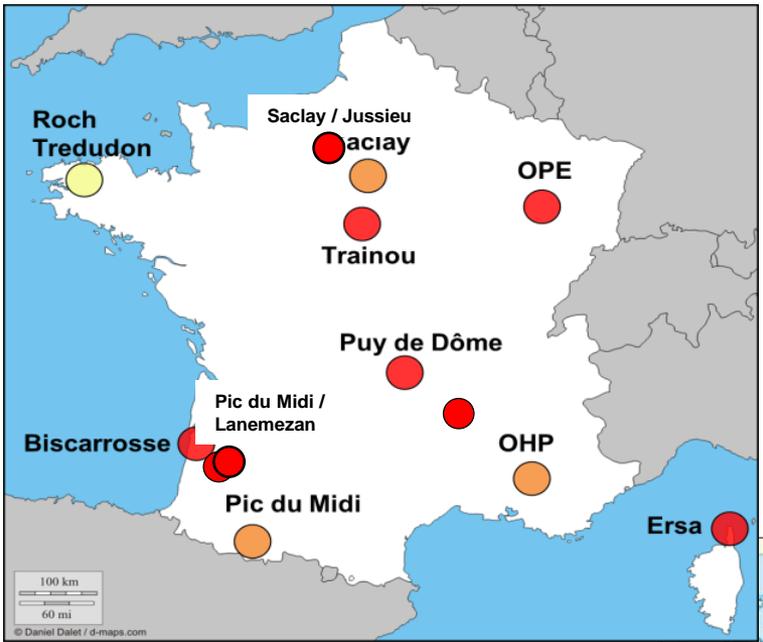


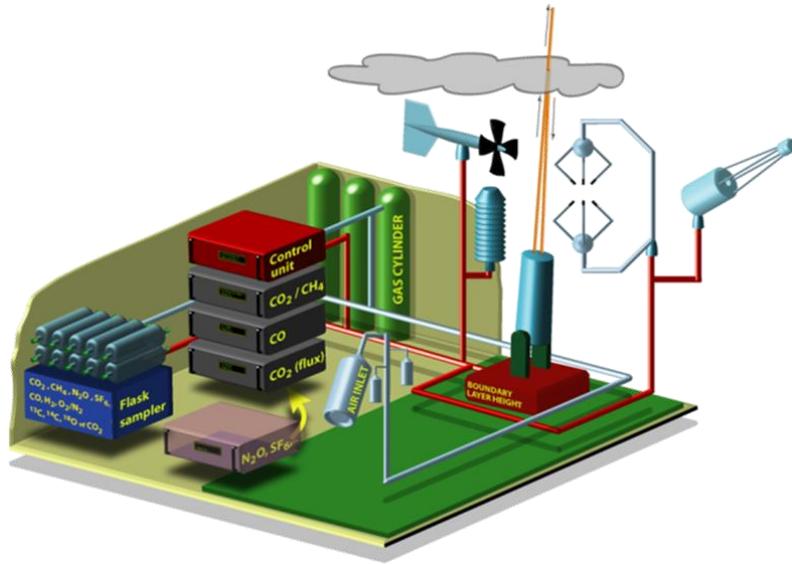


SNO ICOS-France



18 observatoires dont 11 en métropole





Measurements

- CO₂
- Meteo (Wind, P, T, H)

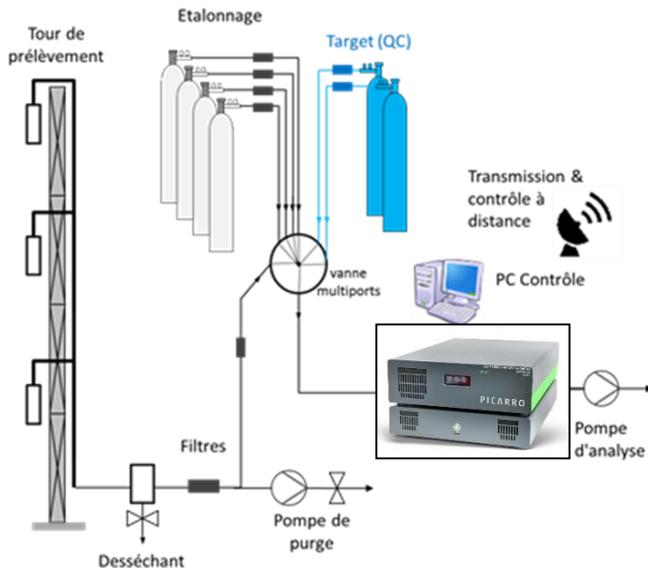
Level 2

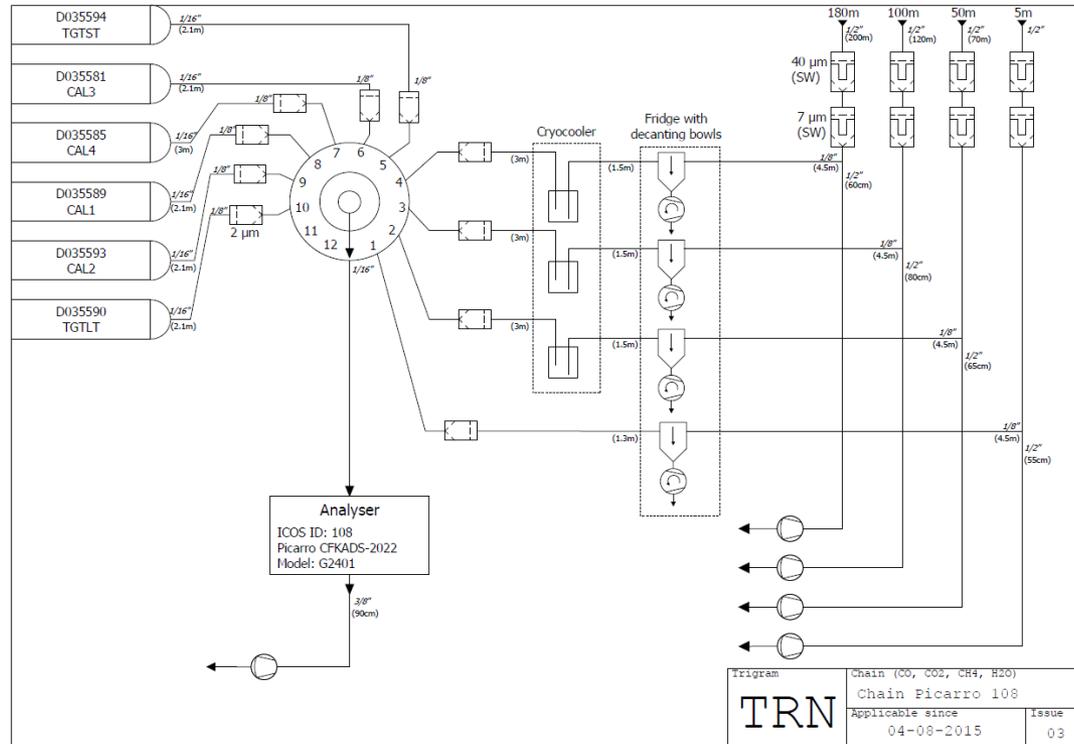
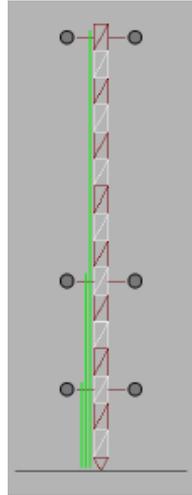
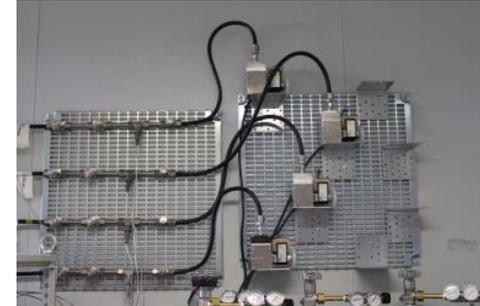
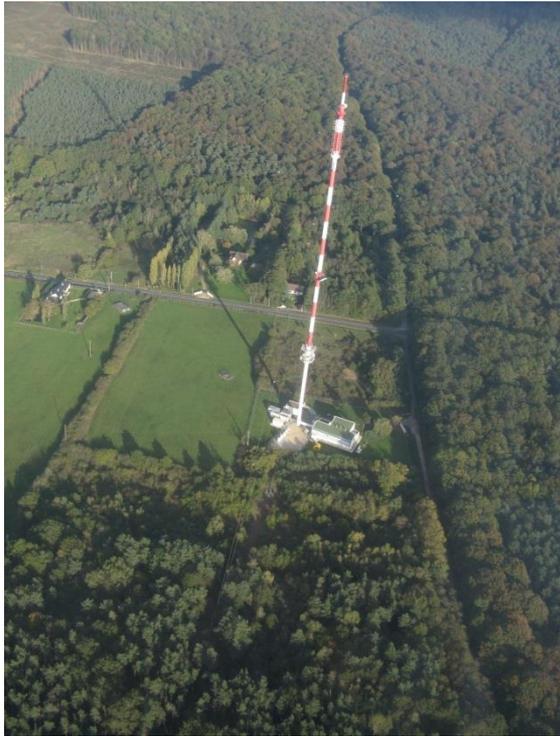
- CH₄
- CO
- PBL height
- Weekly air samples (CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, CO, H₂, isotopes)

Level 1

- Radon
- N₂O
- Flux CO₂

Options





Trainou:
« super site »
ICOS-France

Les observations historiques effectuées par notre laboratoire



LSCE Saclay (Ile de France)



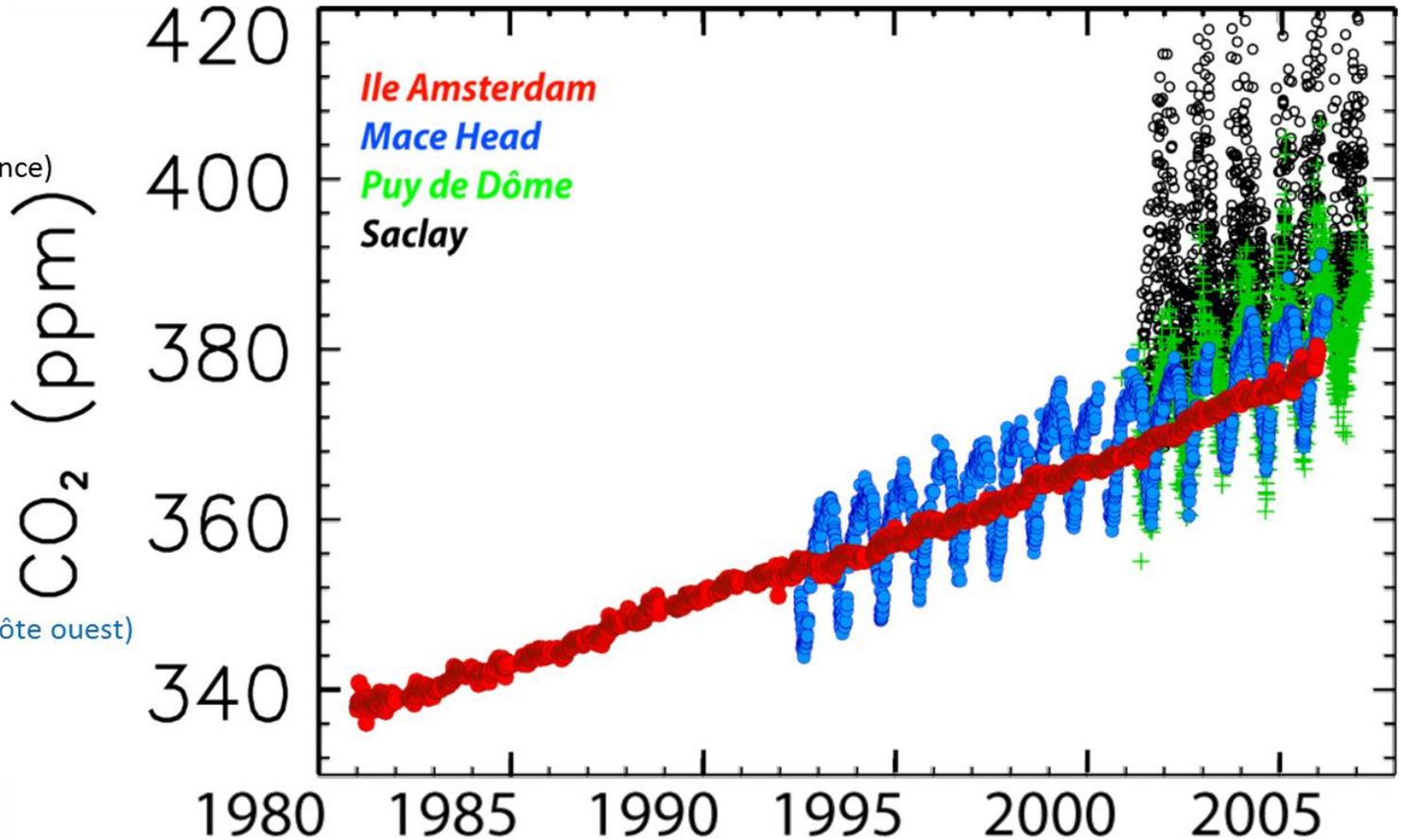
Puy de Dôme (Centre)



Mace Head (Irlande, côte ouest)



Ile Amsterdam
(Terres Australes et Antarctique Française)
Océan Indien Sud.

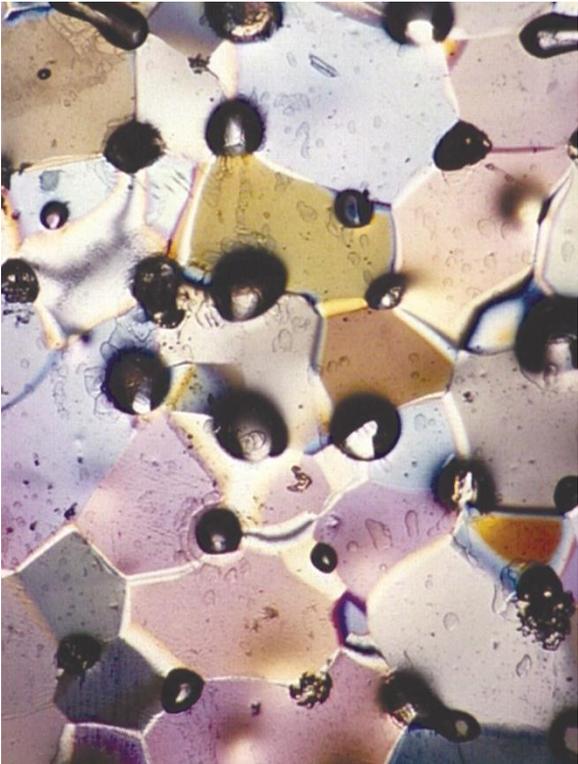




LSCE

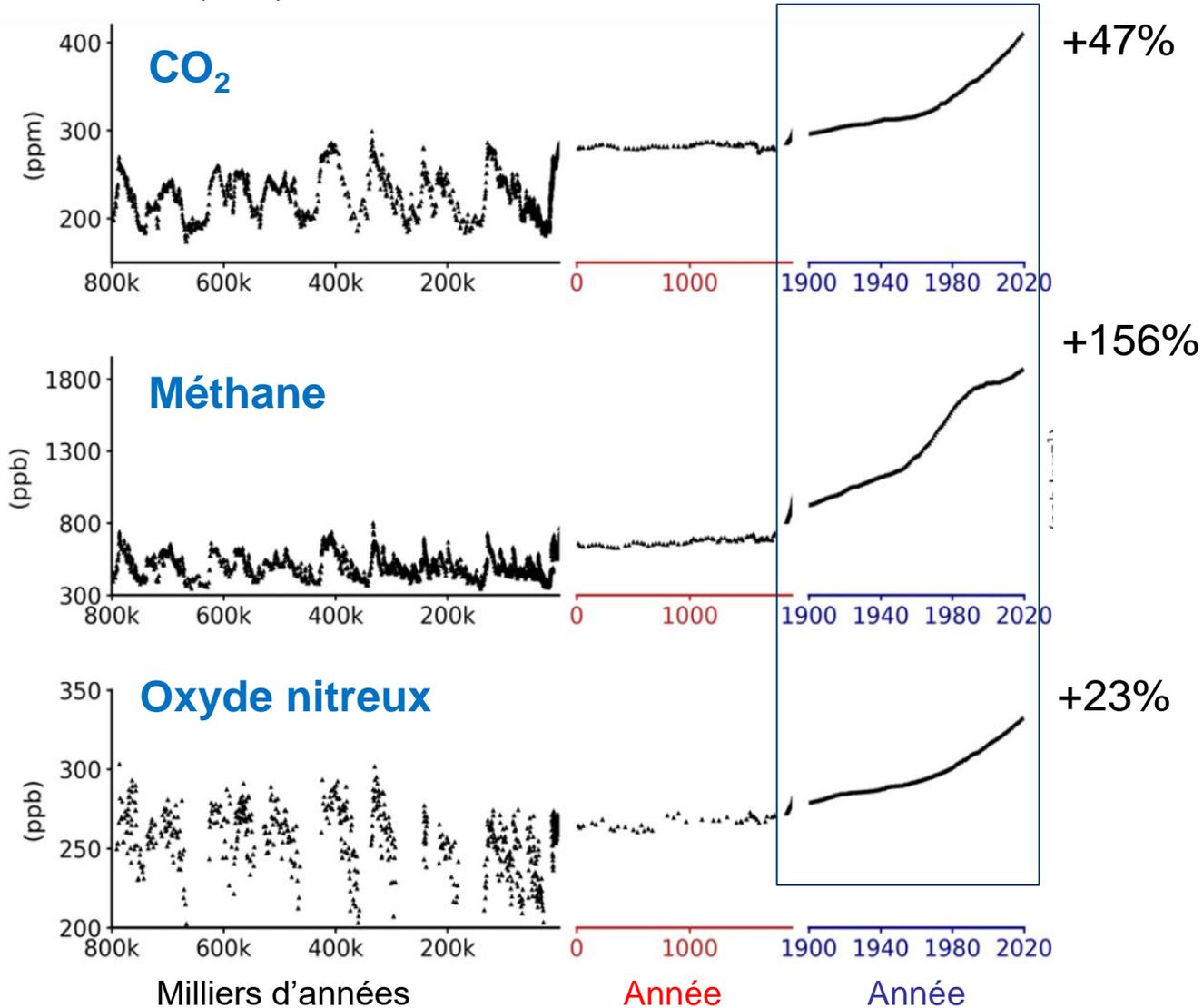
LABORATOIRE DES SCIENCES DU CLIMAT
& DE L'ENVIRONNEMENT

Remonter plus loin vers le passé : l'air piégé dans les glaces de l'Antarctique



Nous modifions la composition de l'atmosphère planétaire

Concentrations atmosphériques



**Quel est l'état du climat
aujourd'hui?**

Cela conduit à une accumulation de chaleur

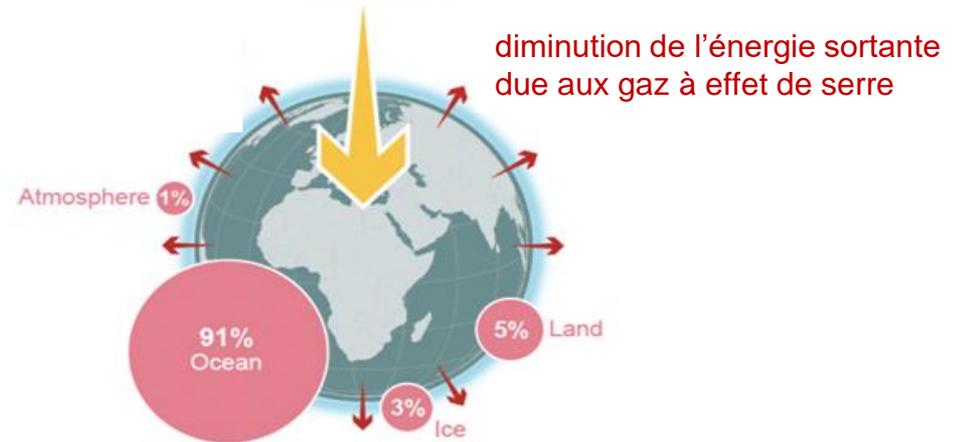
Climat stable : équilibre

énergie solaire entrante



Aujourd'hui : déséquilibre

énergie solaire entrante



Excès d'énergie qui s'accumule

Le réchauffement de surface observé atteint 1,1°C

Il est inédit sur plus de 2 000 ans

Changements de température de surface globale par rapport à 1850-1900

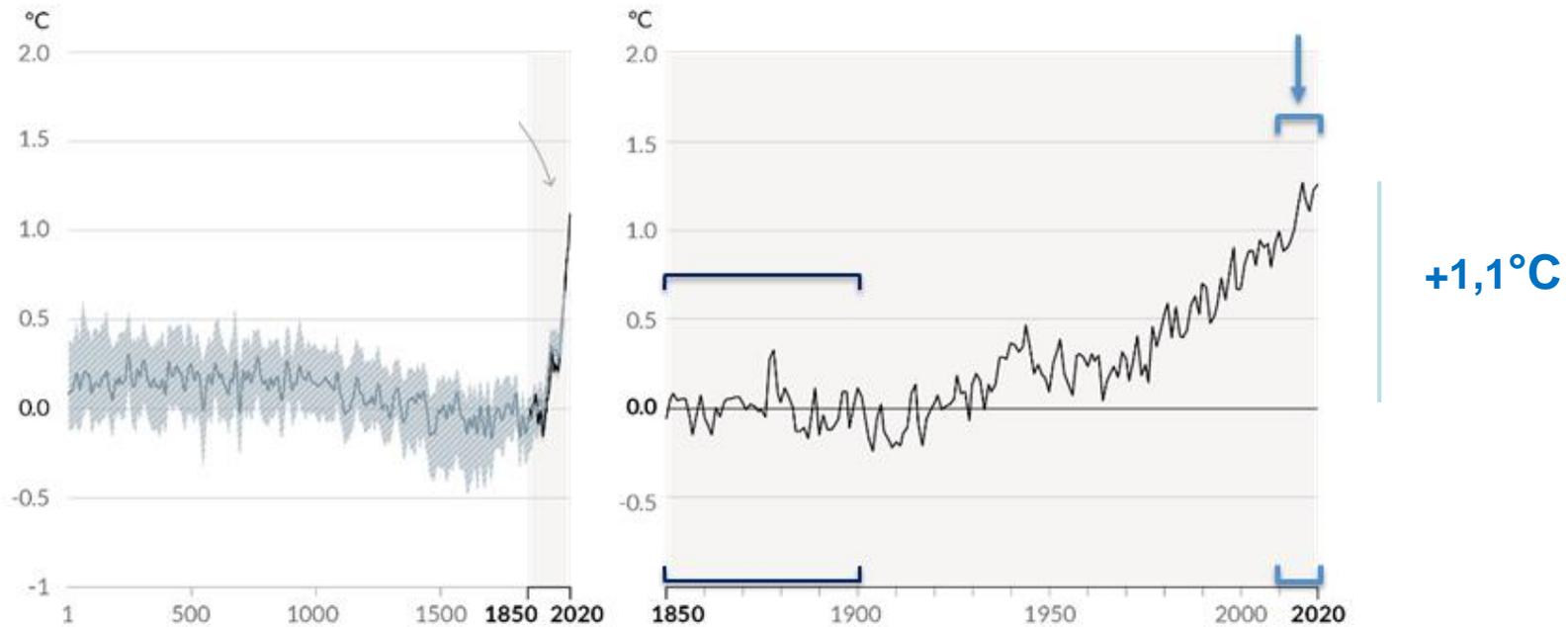
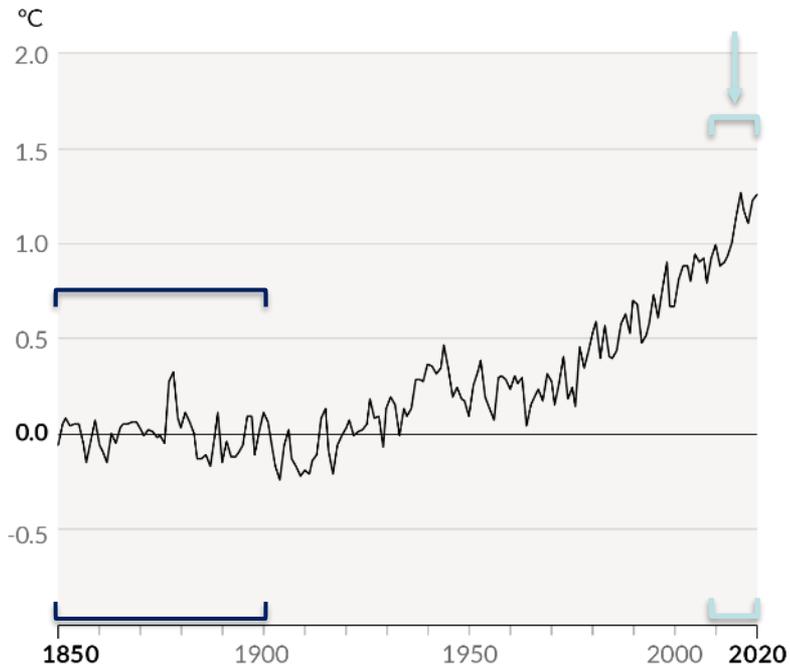
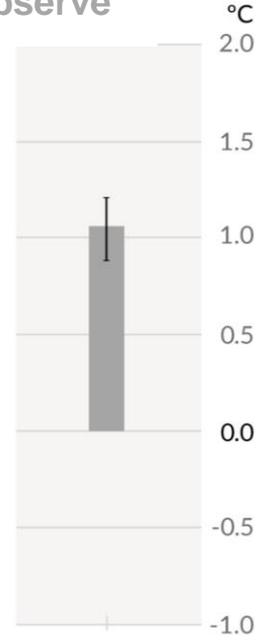


Figure SPM.1

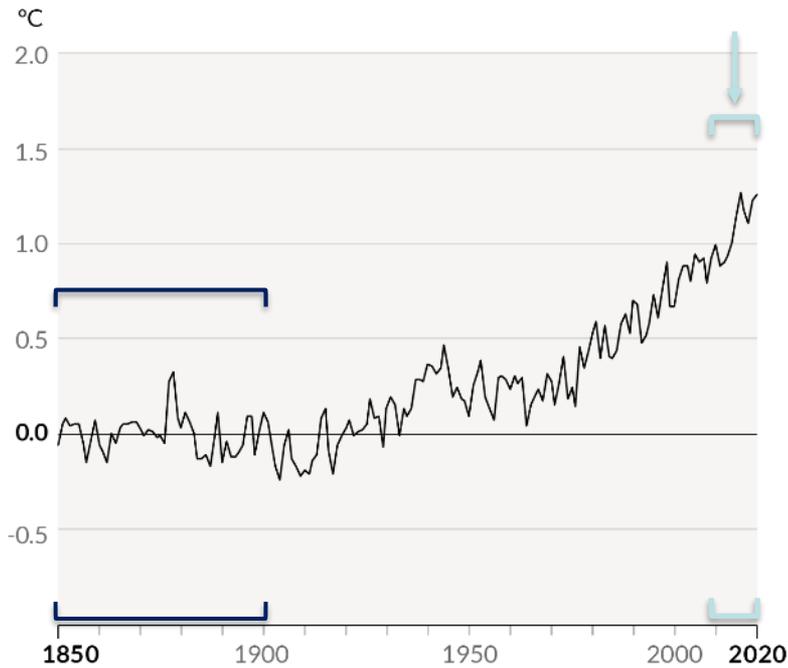
L'influence humaine a réchauffé le climat



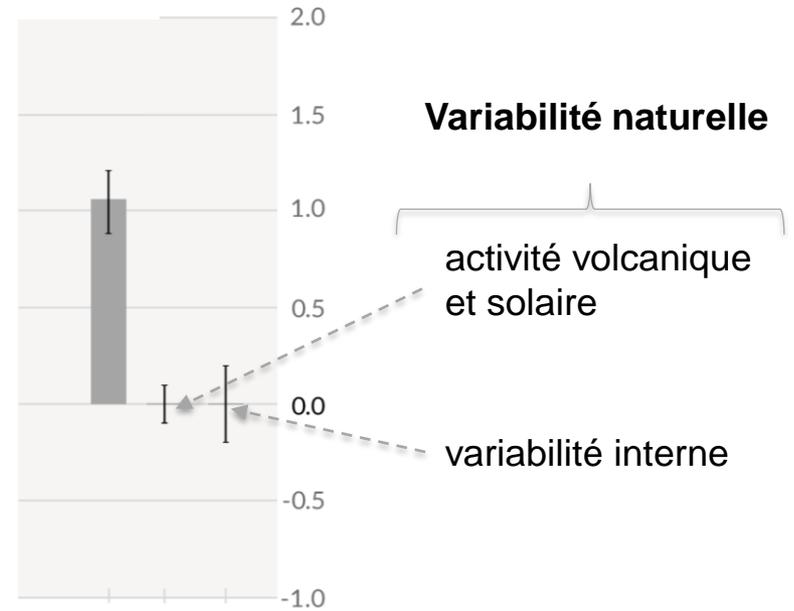
Observé



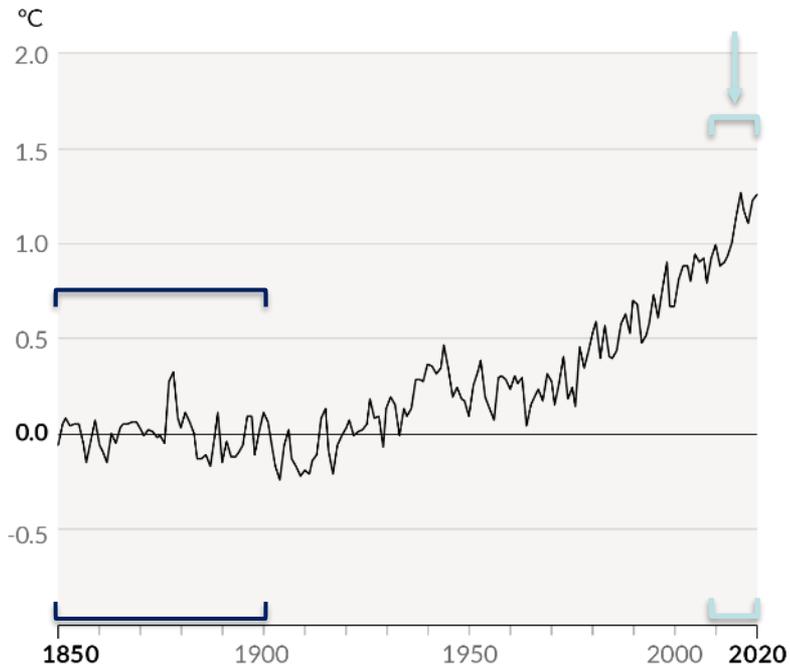
L'influence humaine a réchauffé le climat



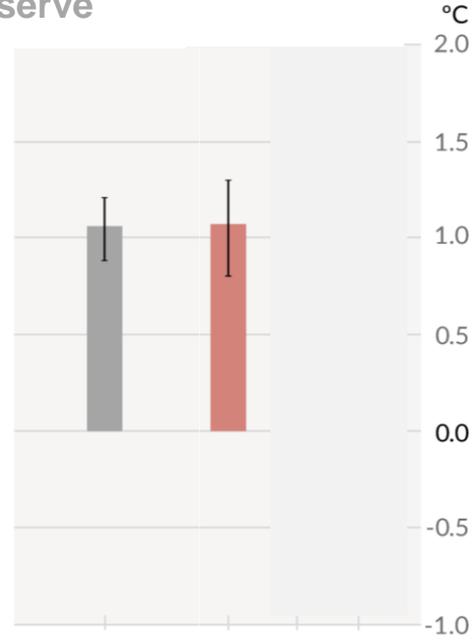
Observé



L'influence humaine a réchauffé le climat

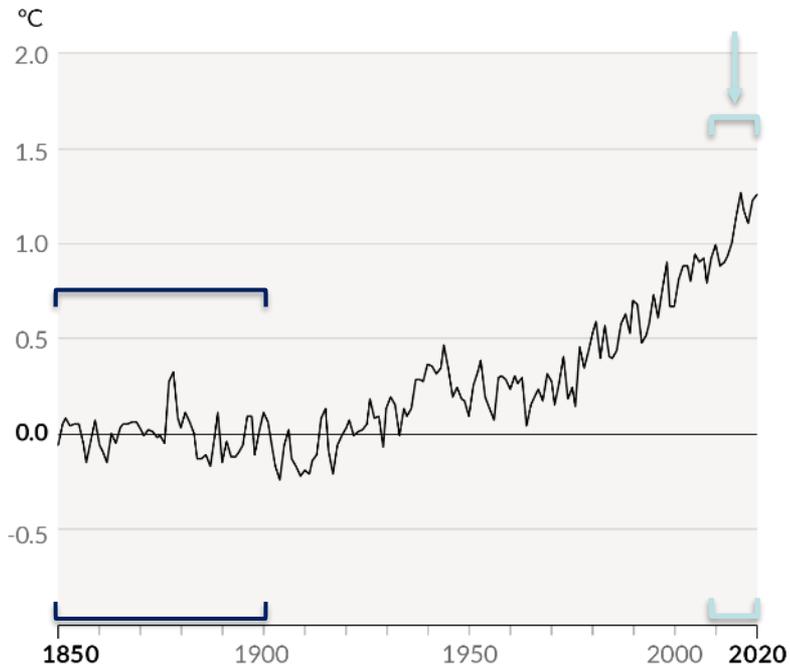


Observé

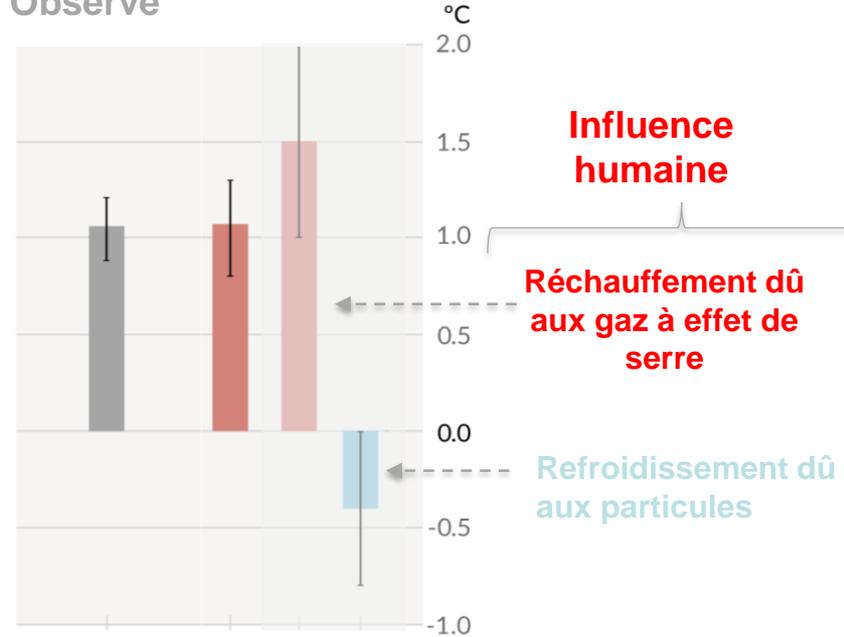


Influence humaine

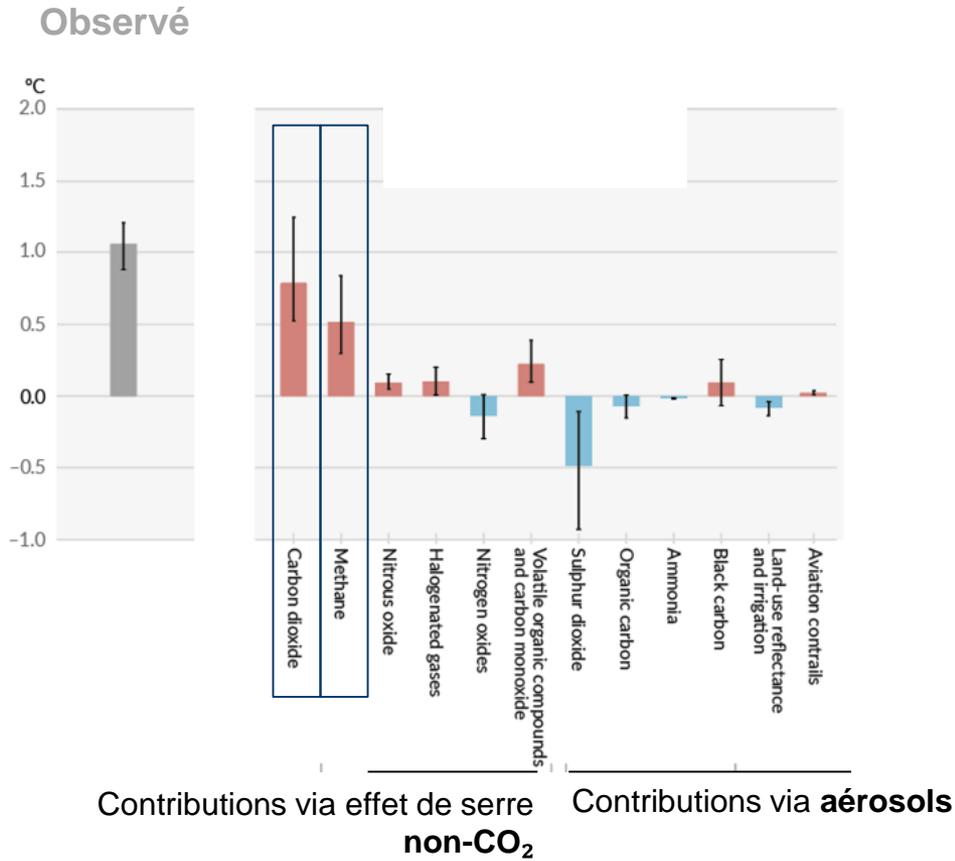
L'influence humaine a réchauffé le climat



Observé



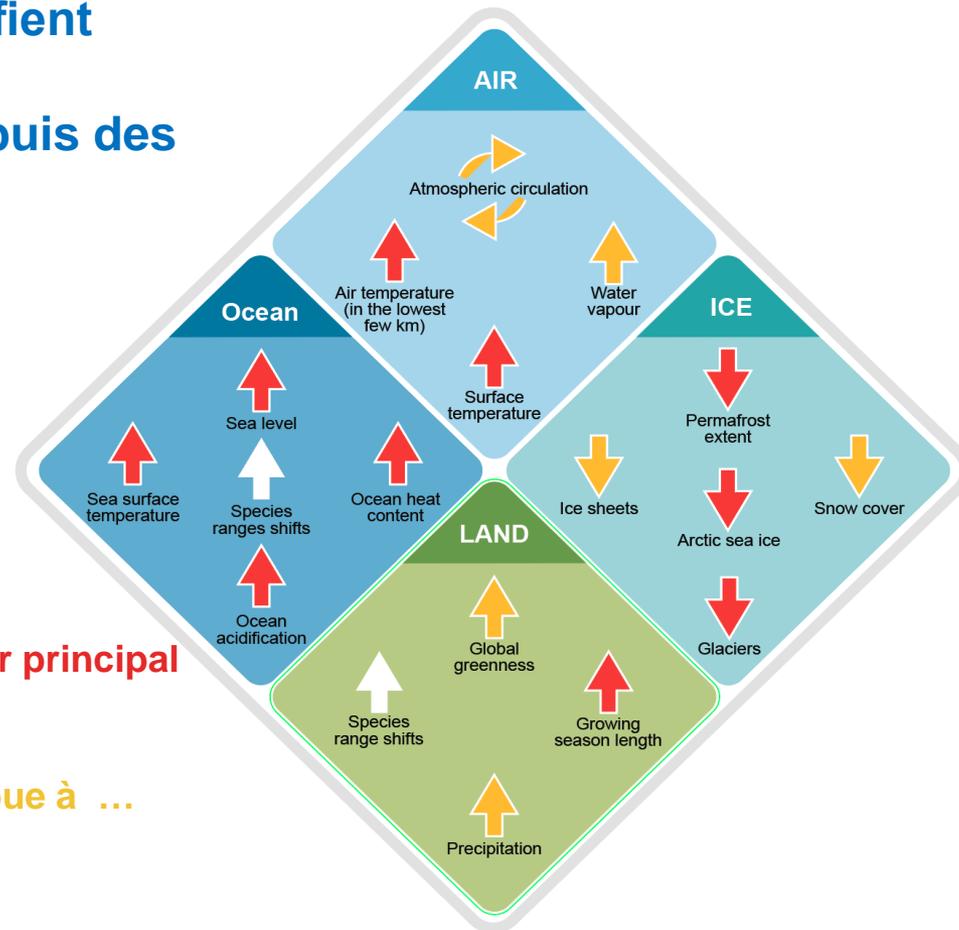
Ce qui pèse le plus sont les rejets de dioxyde de carbone et de méthane



L'influence humaine sur le climat est sans équivoque

Les changements sont rapides, généralisés et s'intensifient

Ils sont sans précédent depuis des milliers d'années



Factor principal

Contribue à ...

...

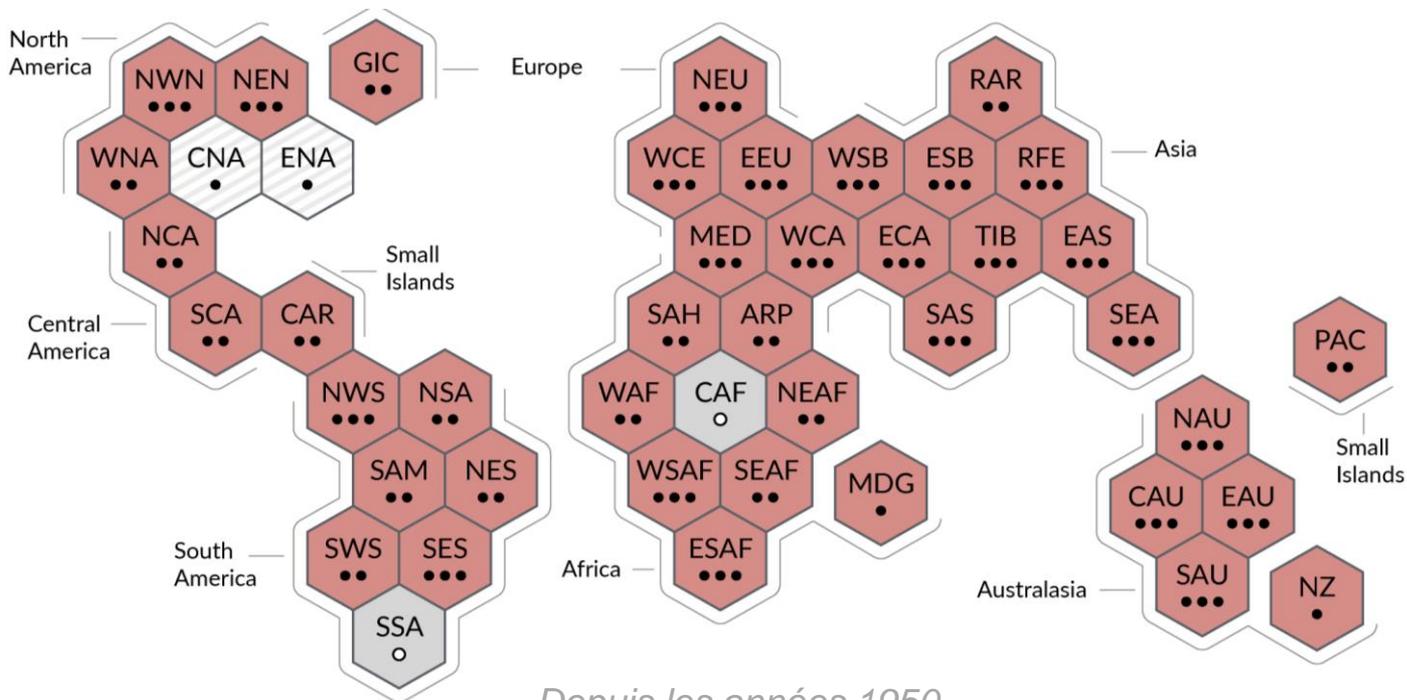
Le changement climatique dû aux activités humaines intensifie les extrêmes chauds



Extrêmes chauds

plus fréquents

plus intenses



Depuis les années 1950

Rouge : augmentation

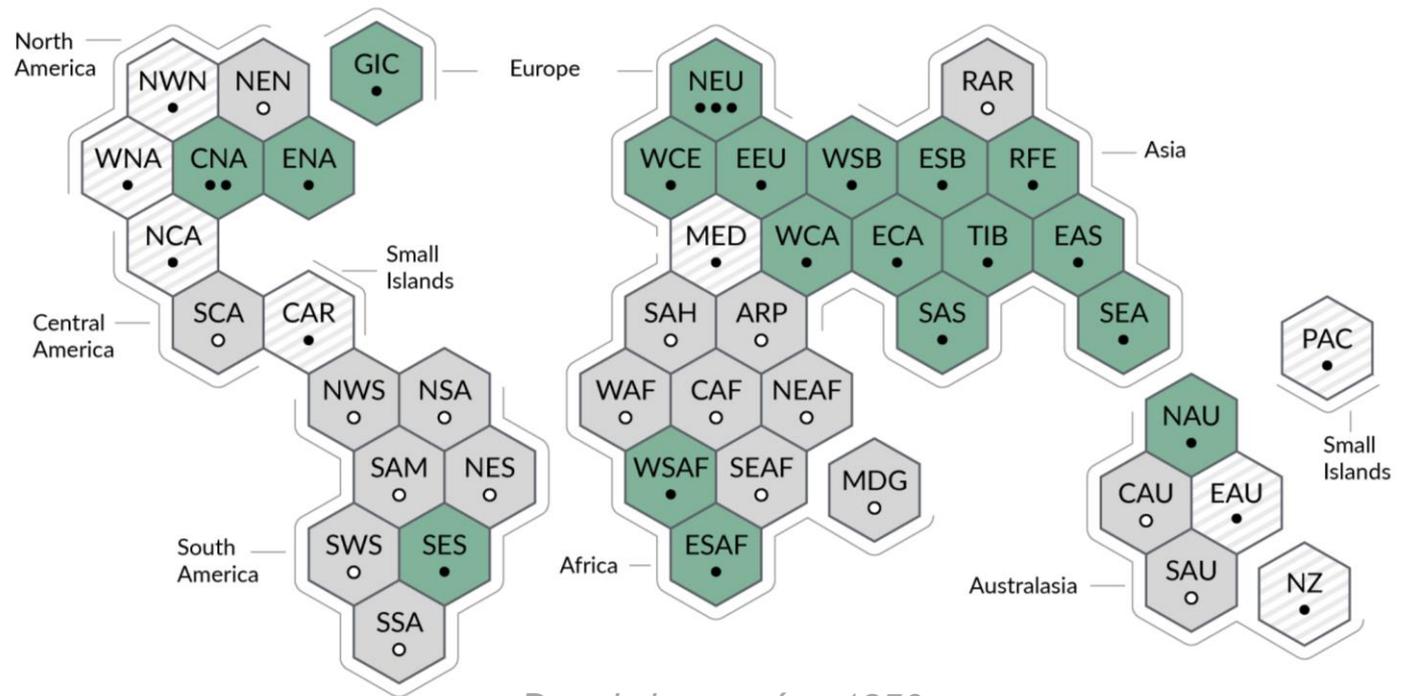
Gris : données insuffisantes

Points : degré de confiance dans l'attribution

Le changement climatique dû aux activités humaines intensifie les pluies extrêmes



Pluies extrêmes
plus fréquentes
plus intenses



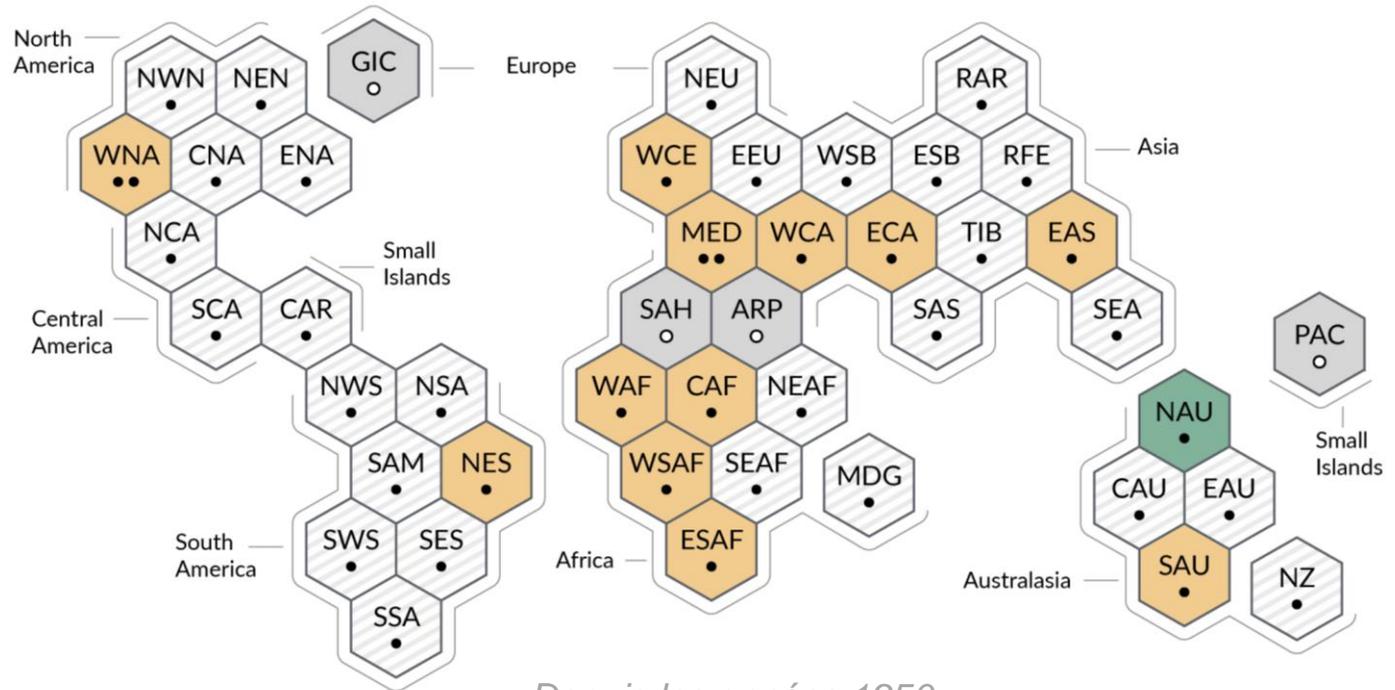
Depuis les années 1950
Vert : augmentation
Gris : données insuffisantes
Points : degré de confiance dans l'attribution

Le changement climatique dû aux activités humaines intensifie les sécheresses dans certaines régions



Sécheresse

augmentation dans certaines régions



Depuis les années 1950

Jaune : augmentation

Gris : données insuffisantes

Points : degré de confiance dans l'attribution

Le changement climatique affecte déjà chaque region de la Terre, de multiples façons

**Evènements
composites**



**Conditions
météorologiques
propices aux
incendies**

plus fréquentes



Littoral

submersion marine et
inondation

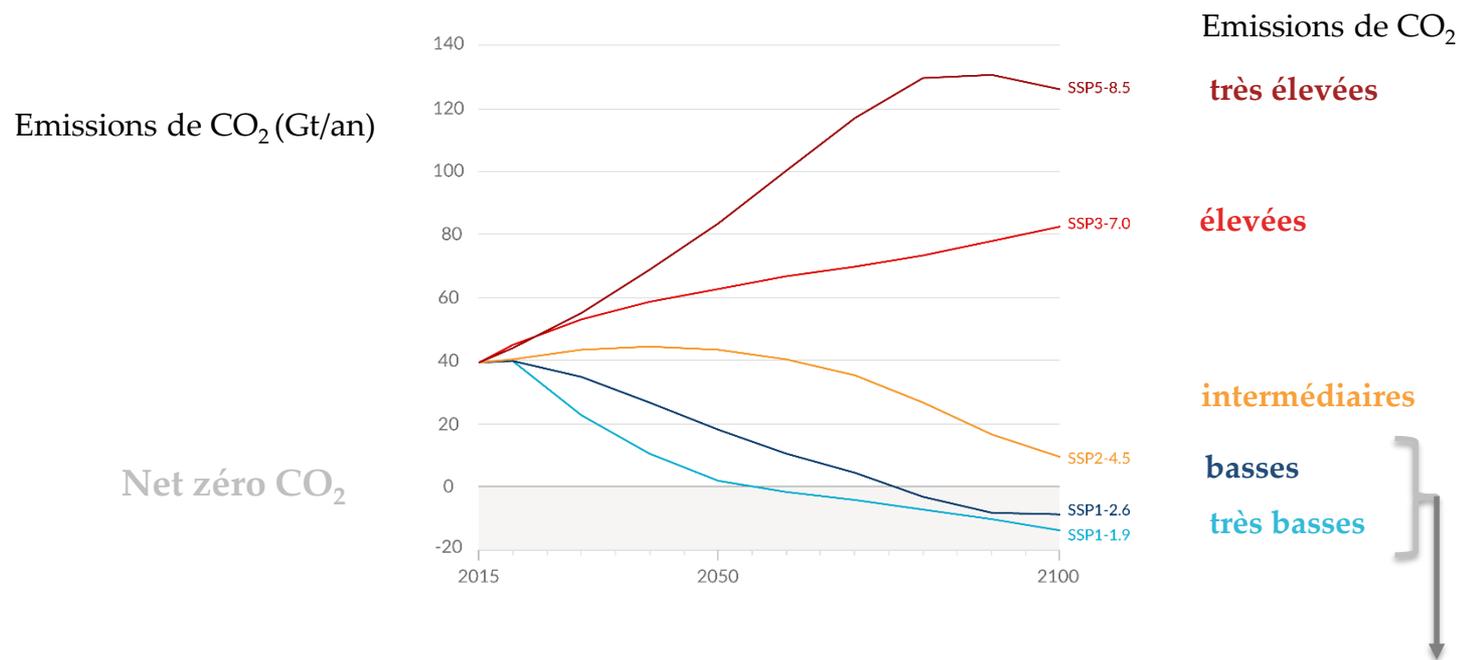


Océan

vagues de chaleur
acidification
perte d'oxygène

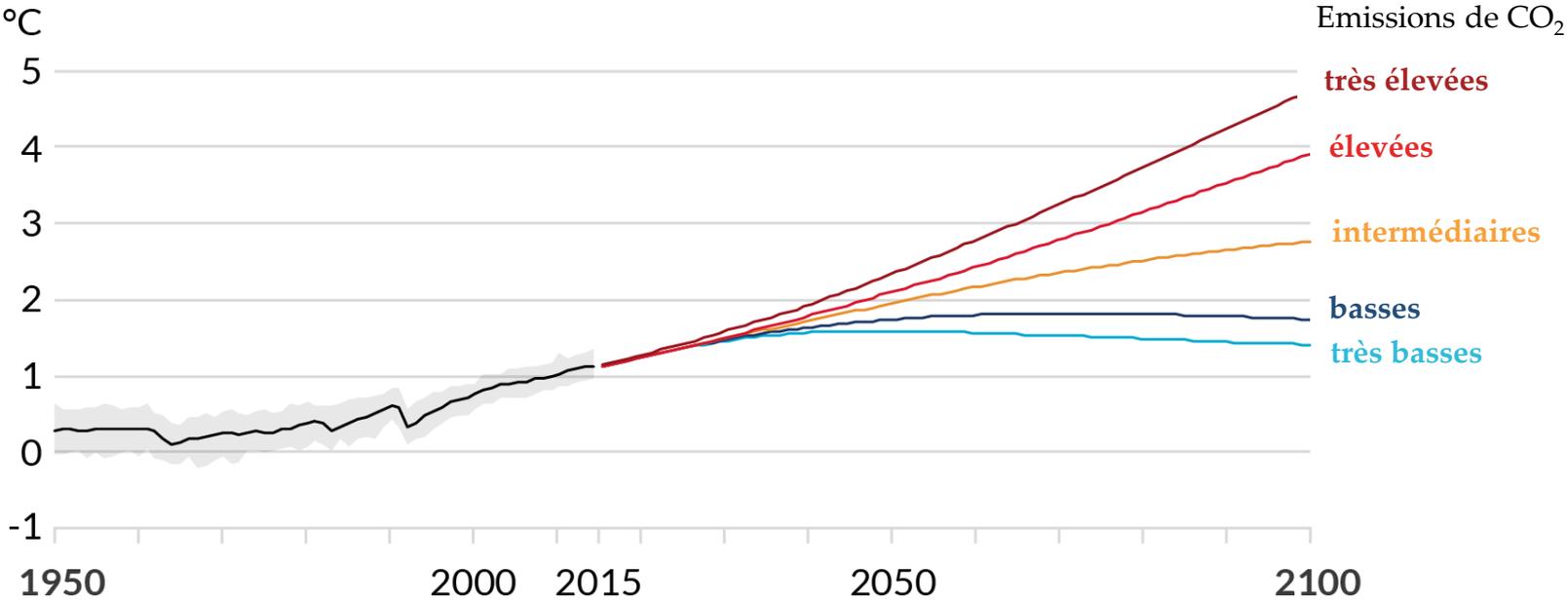
**Quelles sont les évolutions
futures possibles?**

Différents scénarios très contrastés d'émissions de gaz à effet de serre



Transitions majeures : énergie, usage des terres et système alimentaire, industrie, systèmes urbains, infrastructures, finance

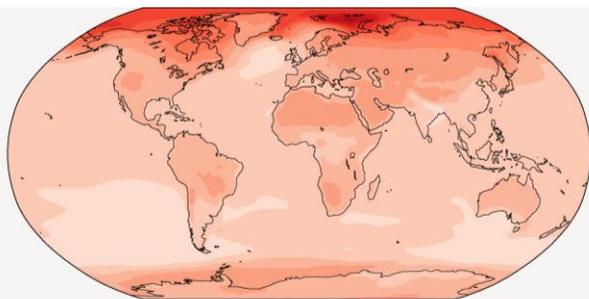
Les émissions futures entraîneront un réchauffement supplémentaire



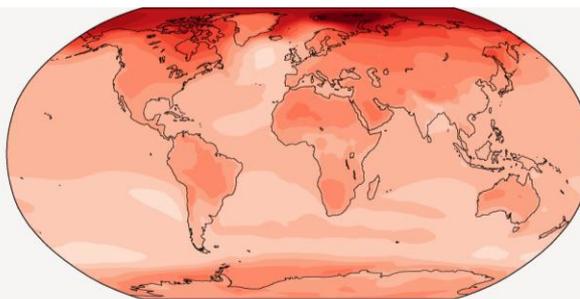
Pour chaque fraction de réchauffement planétaire supplémentaire, les changements sont amplifiés dans chaque région

Changements de température moyenne annuelle ...

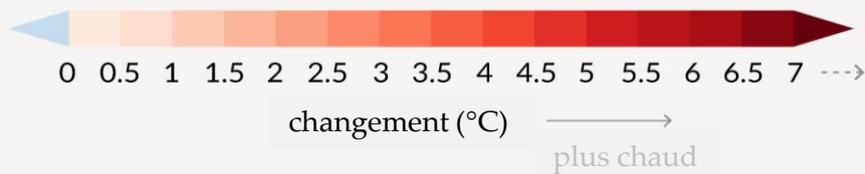
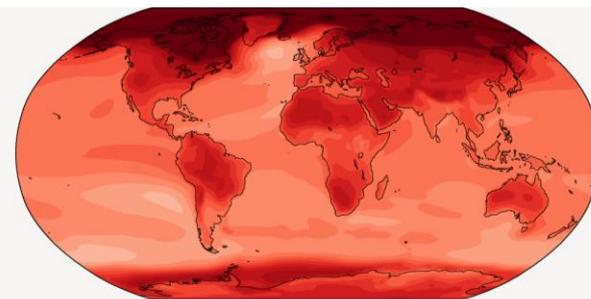
... pour 1,5°C



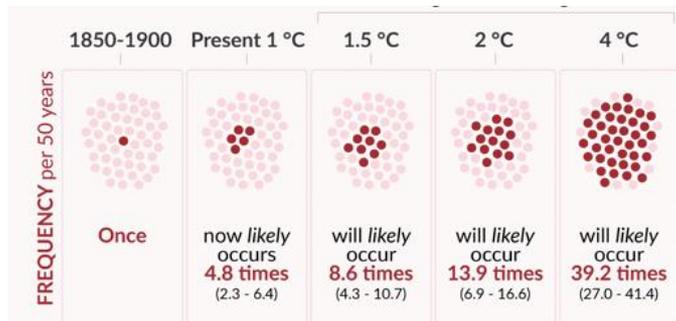
... pour 2°C



... pour 4°C



Pour chaque fraction de réchauffement planétaire supplémentaire, les changements sont amplifiés dans chaque région

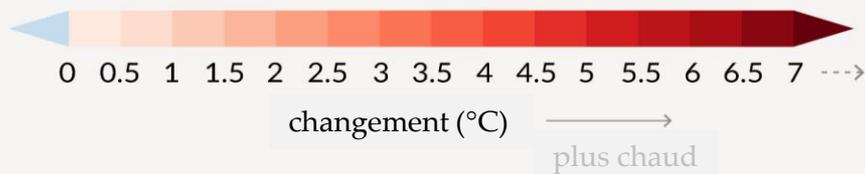
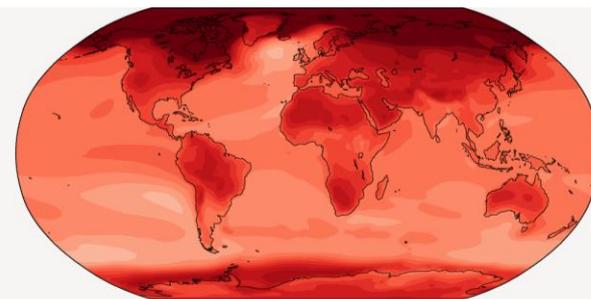
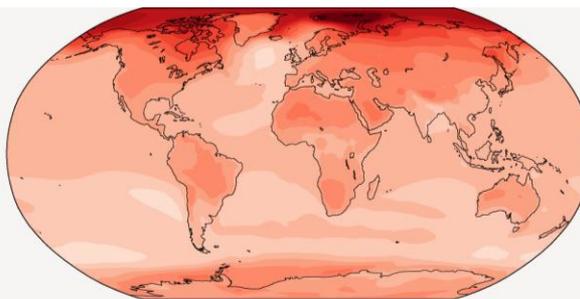
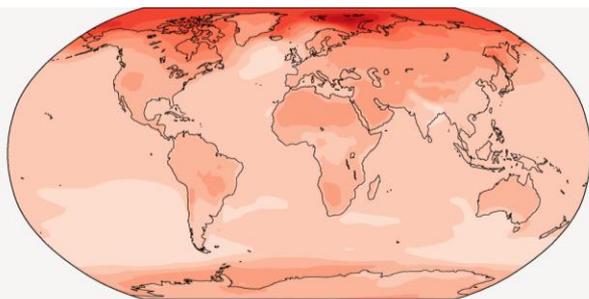


Changements de température moyenne annuelle ...

... pour 1,5°C

... pour 2°C

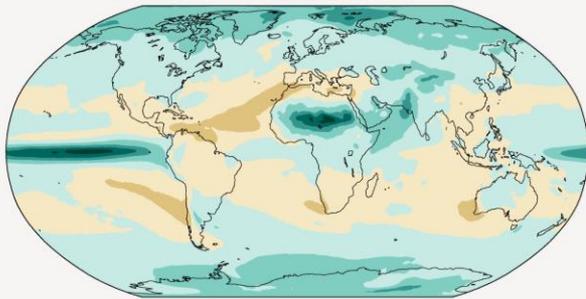
... pour 4°C



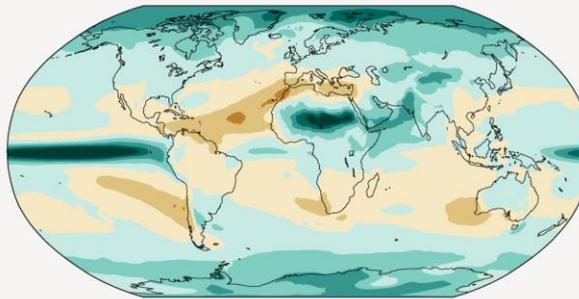
Le réchauffement intensifie le cycle de l'eau global, sa variabilité, et renforce la sévérité des saisons et des évènements très humides ou très secs

Changements de précipitations en moyenne annuelle ...

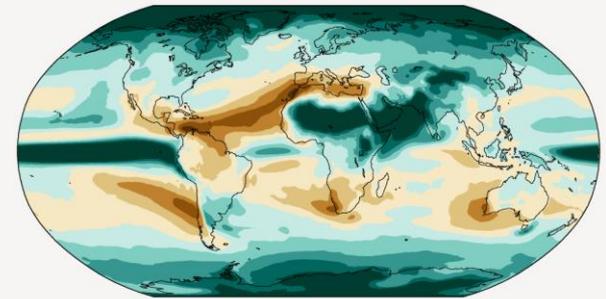
... pour 1,5°C



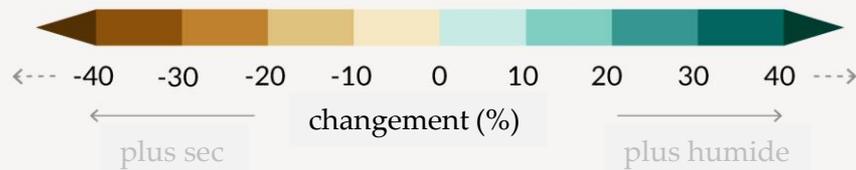
... pour 2°C



... pour 4°C



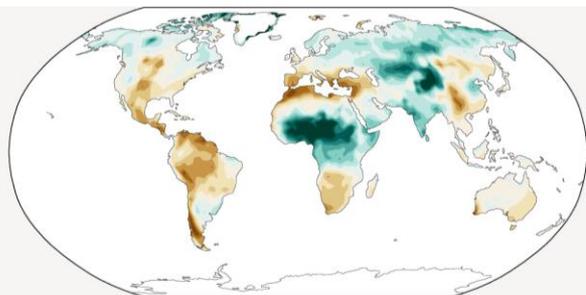
Certains changements sont faibles en valeur absolue mais apparaissent larges en % dans les régions sèches



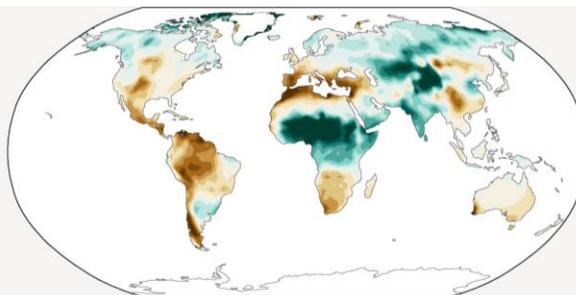
Le réchauffement intensifie le cycle de l'eau global, sa variabilité, et renforce la sévérité des saisons et des évènements très humides ou très secs

Humidité des sols moyenne annuelle ...

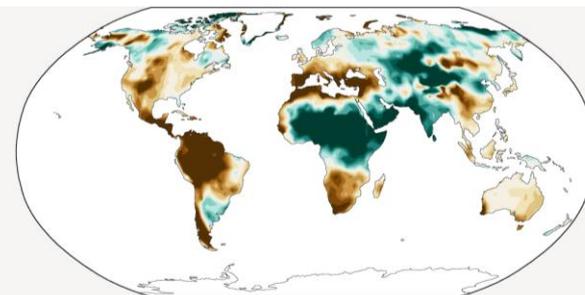
... pour 1,5°C



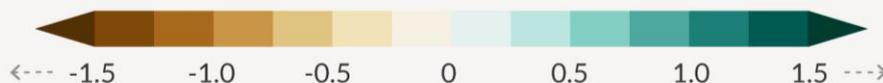
... pour 2°C



... pour 4°C



Certains changements sont faibles en valeur absolue mais apparaissent larges en % dans les régions sèches avec peu de variabilité



← plus sec

Changement
(écart-type de la variabilité
interannuelle)

plus humide →

De nombreux changements dans le système climatique s'amplifient avec chaque incrément de réchauffement planétaire supplémentaire

↑ fréquence et ↑ intensité

- *extrêmes chauds*
- *fortes précipitations* +7% par °C
- *sécheresse*
- *proportion de cyclones tropicaux intenses*
- *événements extrêmes composites*

↓ glace de mer arctique, couverture neigeuse, sols gelés



intensité plus forte



fréquence en hausse



nouvelles localisations

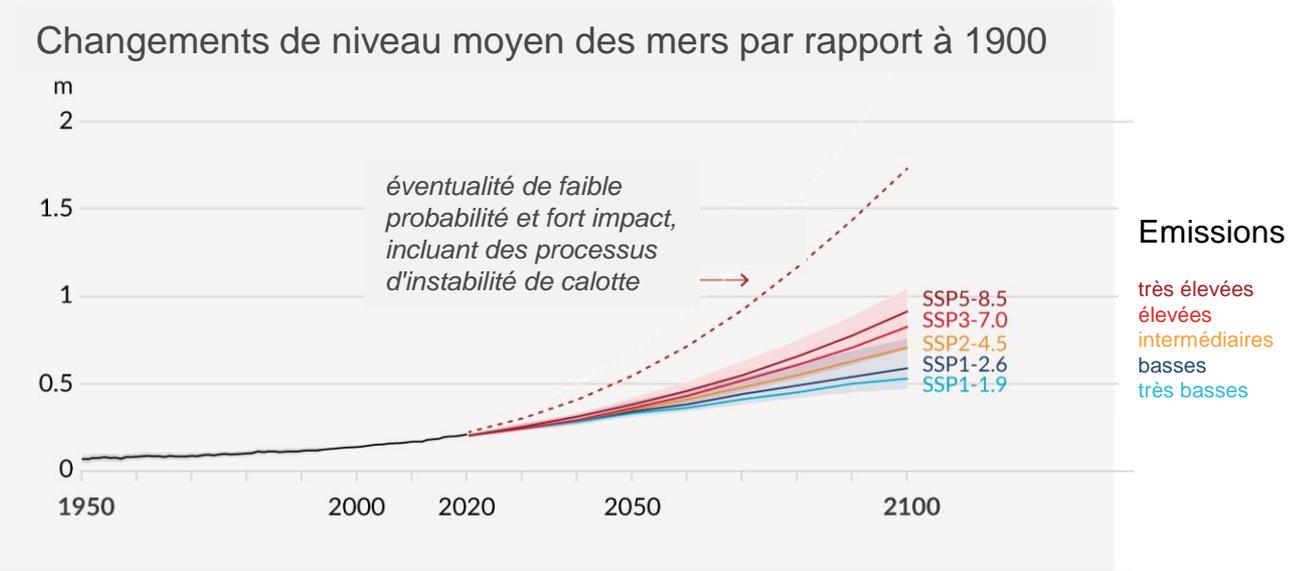


timing différent



nouvelles combinaisons

Réduire les émissions de gaz à effet de serre permettrait de limiter l'ampleur et la vitesse de la montée inéluctable du niveau de la mer



Facteurs climatiques générateurs d'impacts



chaleur
&
froid



pluie
&
sécheresse



neige
&
glace



vent



littoral
&
océan côtier



autres



océan
ouvert

Seuils

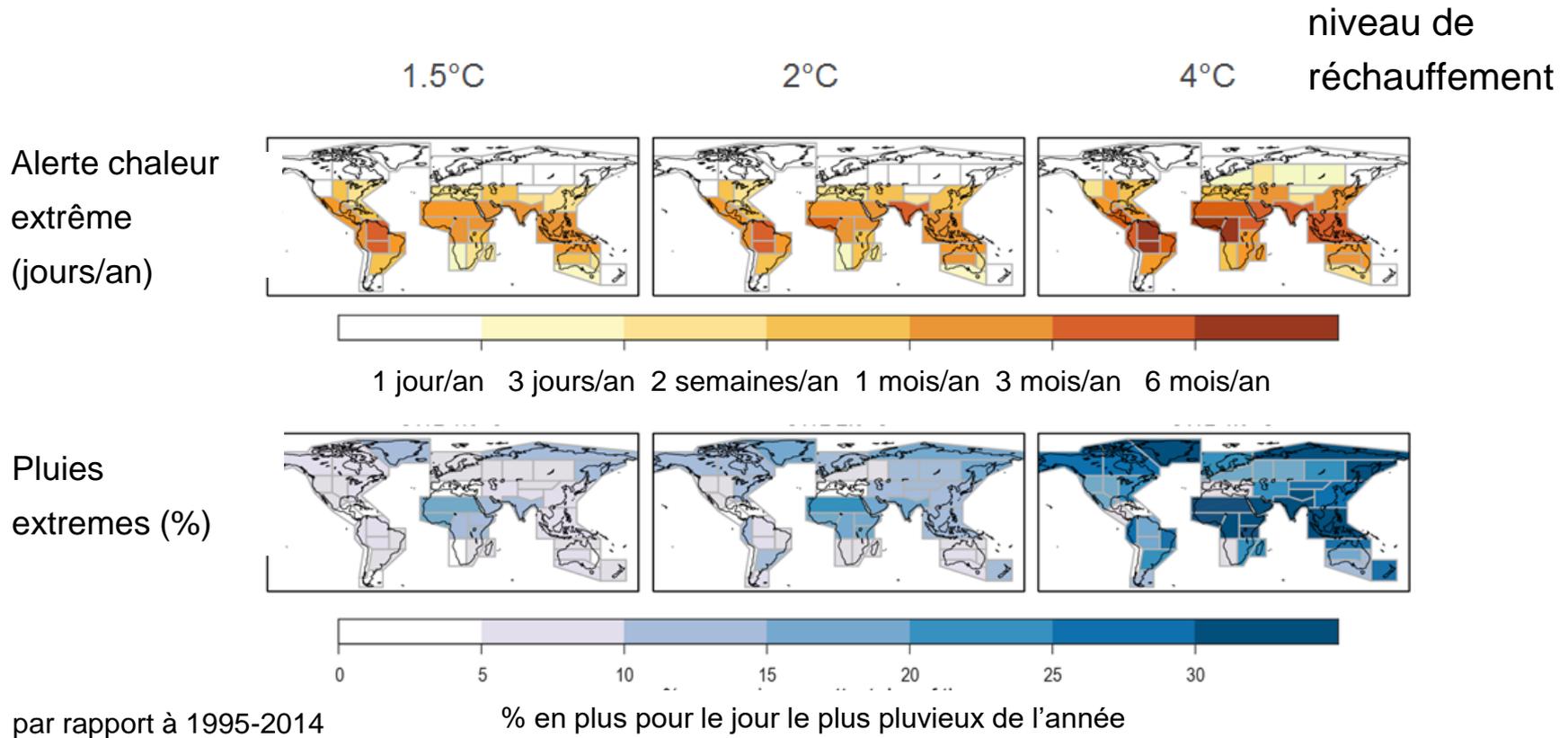


Pour +2°C en 2050

96% des régions : 10 facteurs ou +

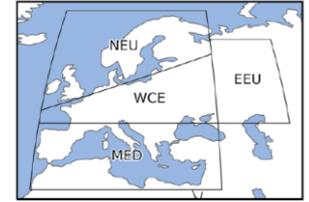
50% des régions : 15 facteurs ou +

Intensification des changements avec le réchauffement



Quels changements en Europe?

Fiches de synthèse régionales



Introduction

Africa

Asia

Australasia

Central and South America

Europe

Mountains

North and Central America

Ocean

Polar regions

Small Islands

Urban areas



Réchauffement à un rythme > moyenne mondiale

Dépassement de **seuils de chaleur critiques** pour un réchauffement global > 2°C

↑ **précipitations hivernales** en Europe du Nord



↓ **précipitations estivales** méditerranéennes s'étendant vers le nord.

↑ **précipitations extrêmes** dans la plupart des régions



↑ **niveau relatif de la mer** (hors Baltique) >= moyenne mondiale

↑ fréquence & intensité des **événements extrêmes liés au niveau de la mer**

Recul du **littoral** le long des côtes sableuses

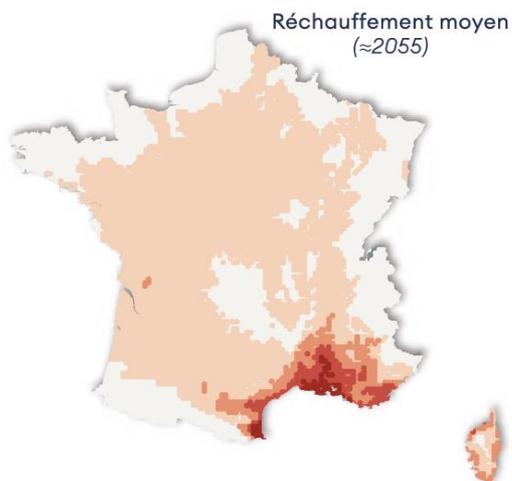


Fort recul des **glaciers**, du **pergélisol**, de l'étendue & durée de la couverture **neiguse**



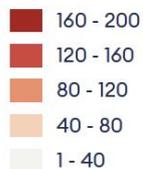
↑ nombre de changements dans les **facteurs climatiques générateurs d'impacts** avec le réchauffement

Conditions météorologiques propices aux incendies



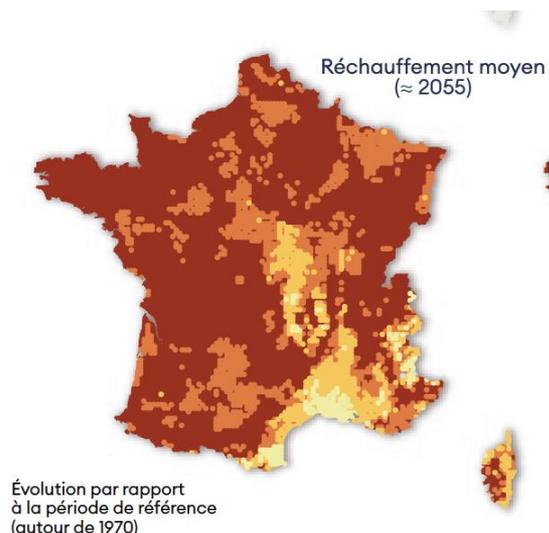
**si +2°C
vers 2055**

Indice > 20
Nombre de jours



hautconseilclimat.fr/

Humidité des sols



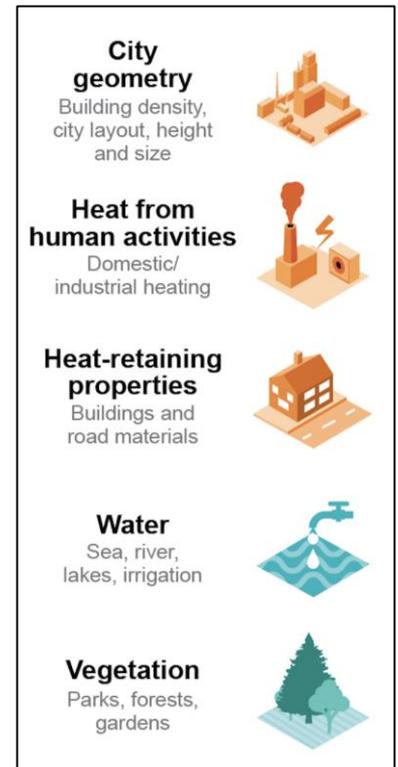
Évolution par rapport
à la période de référence
(autour de 1970)



Niveau de sécheresse
des sols de l'horizon
de référence (≈ 1970)

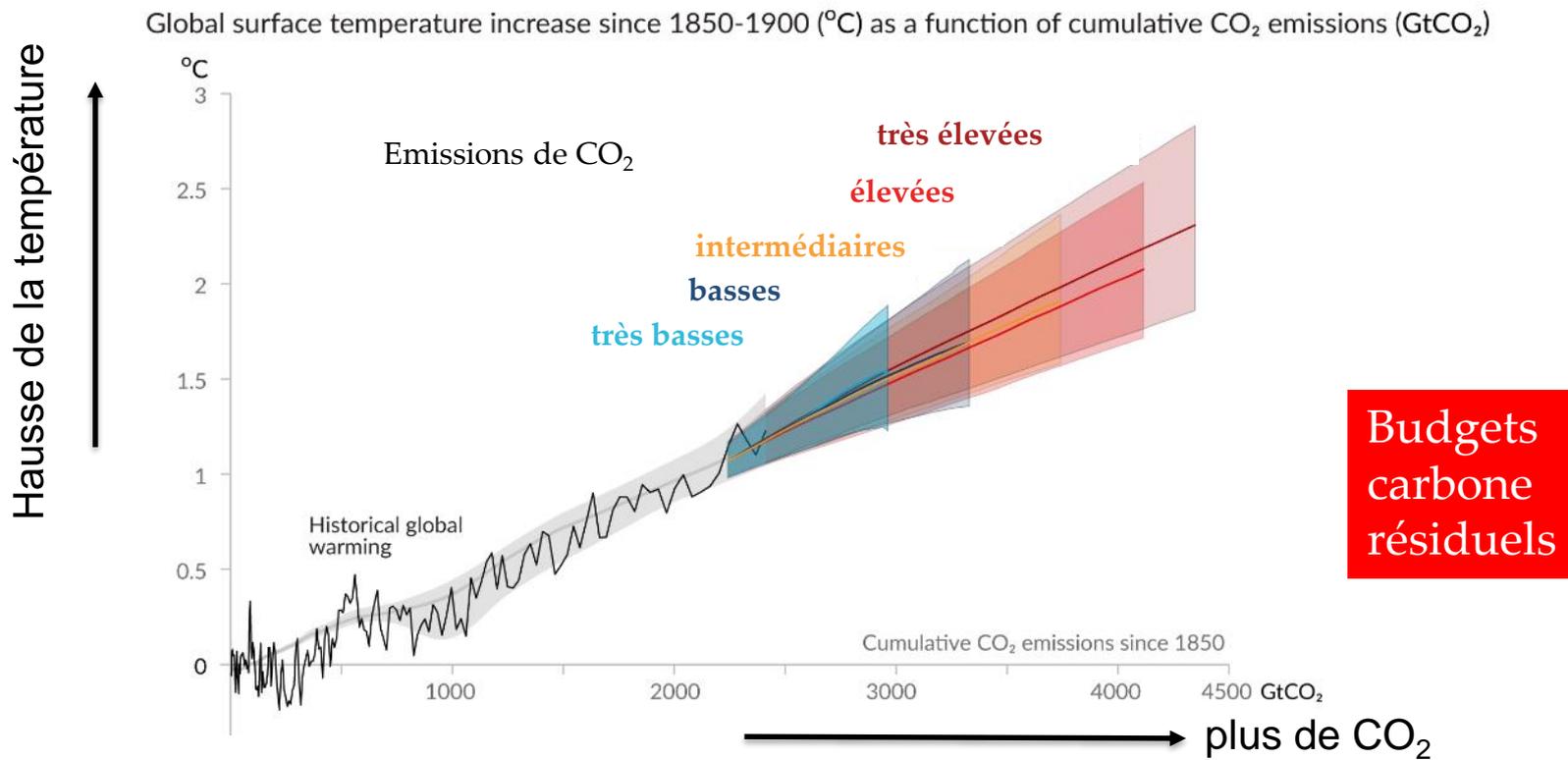
L'urbanisation

- augmente la sévérité des vagues de chaleur
- renforce l'intensité du ruissellement
- expose les villes côtières à une probabilité croissante d'inondations composites



Comment limiter le réchauffement?

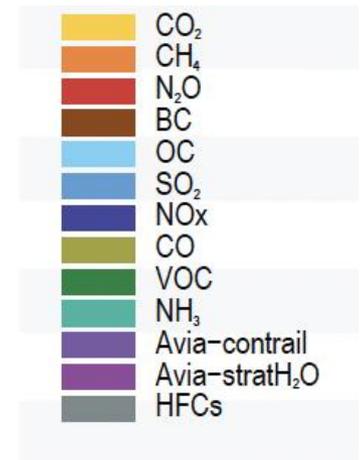
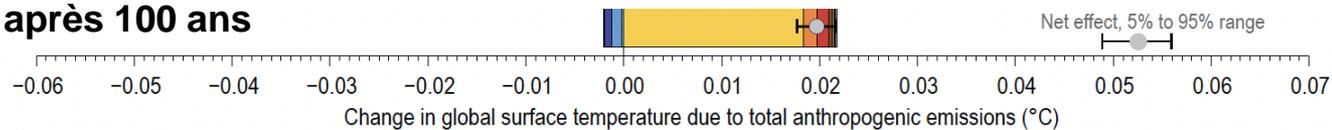
Chaque tonne de CO₂ émise contribue au réchauffement global



Atteindre des émissions de CO₂ à net zéro est indispensable pour limiter le réchauffement à long terme

Effet d'un an d'émissions actuelles sur la température de surface globale

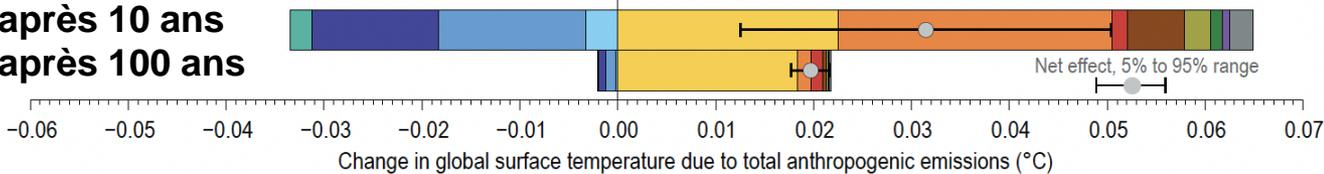
après 100 ans



Réduire les émissions de méthane est essentiel pour limiter le réchauffement à court terme (et améliorer la qualité de l'air)

Effet d'un an d'émissions actuelles sur la température de surface globale

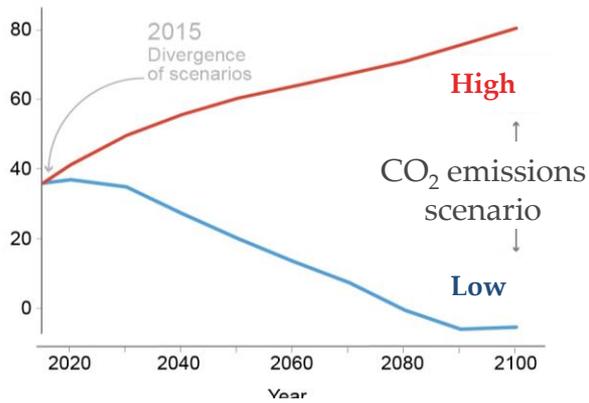
après 10 ans
après 100 ans



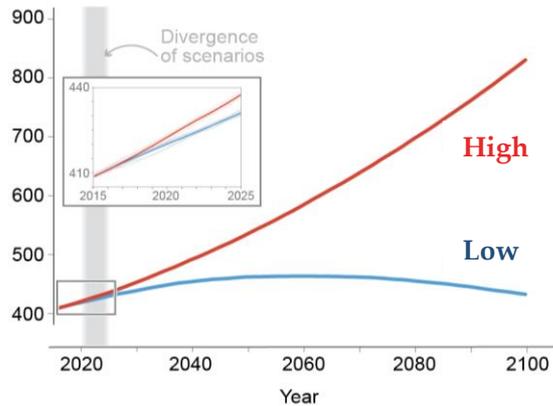
- CO₂
- CH₄
- N₂O
- BC
- OC
- SO₂
- NO_x
- CO
- VOC
- NH₃
- Avia-contrail
- Avia-stratH₂O
- HFCs

Les effets d'une baisse importante des émissions seraient visibles en quelques années pour la qualité de l'air, et d'ici 20 ans pour la température

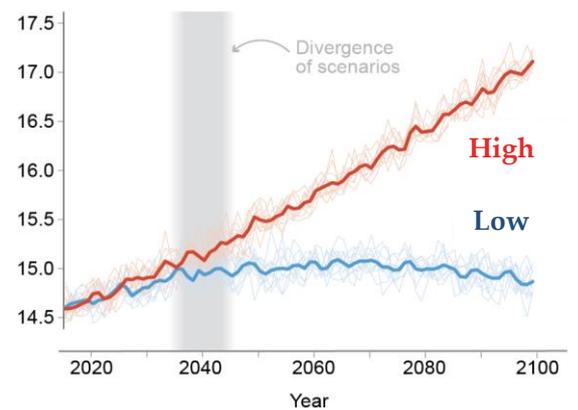
Emissions de CO₂ (milliards de tonnes / an)



Concentration de CO₂ (ppm)



Température de surface globale (°C)

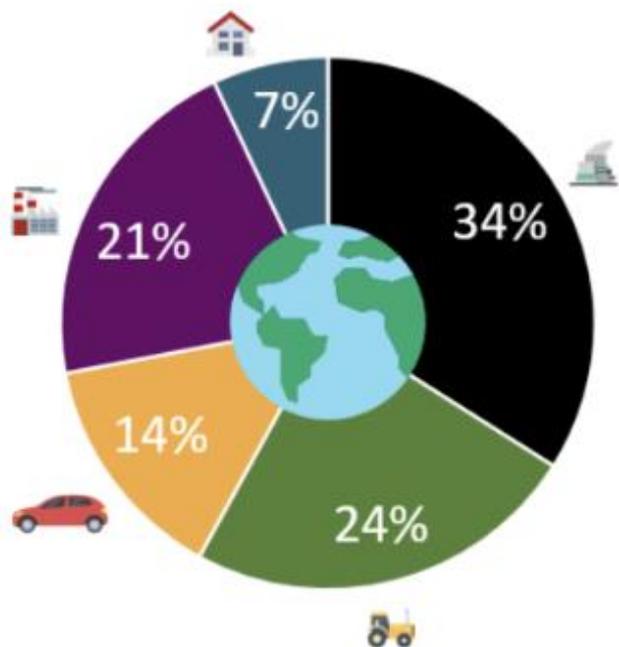




Le climat et les risques liés au climat que nous connaissons à l'avenir dépendent des décisions que nous prenons maintenant

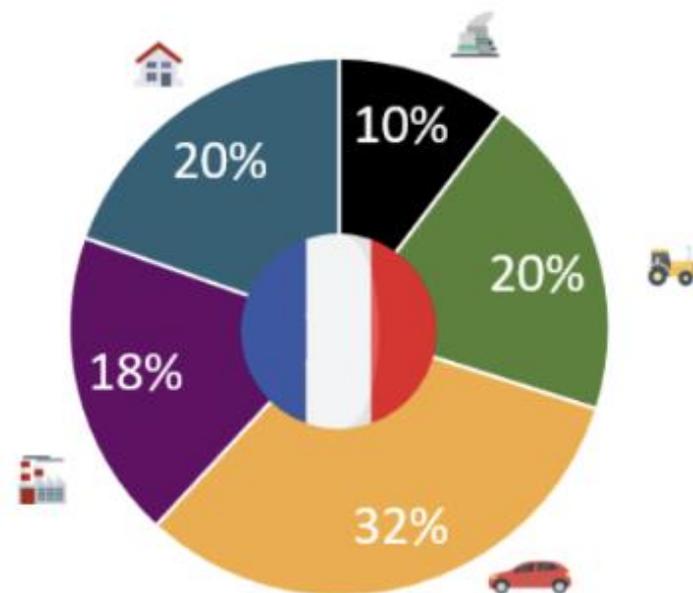
Et en France?

Émissions de gaz à effet de serre par secteurs dans le MONDE



Source : IPCC AR5

Émissions de gaz à effet de serre par secteurs en FRANCE



Source : Haut Conseil pour le Climat Rapport 2019



LSCE

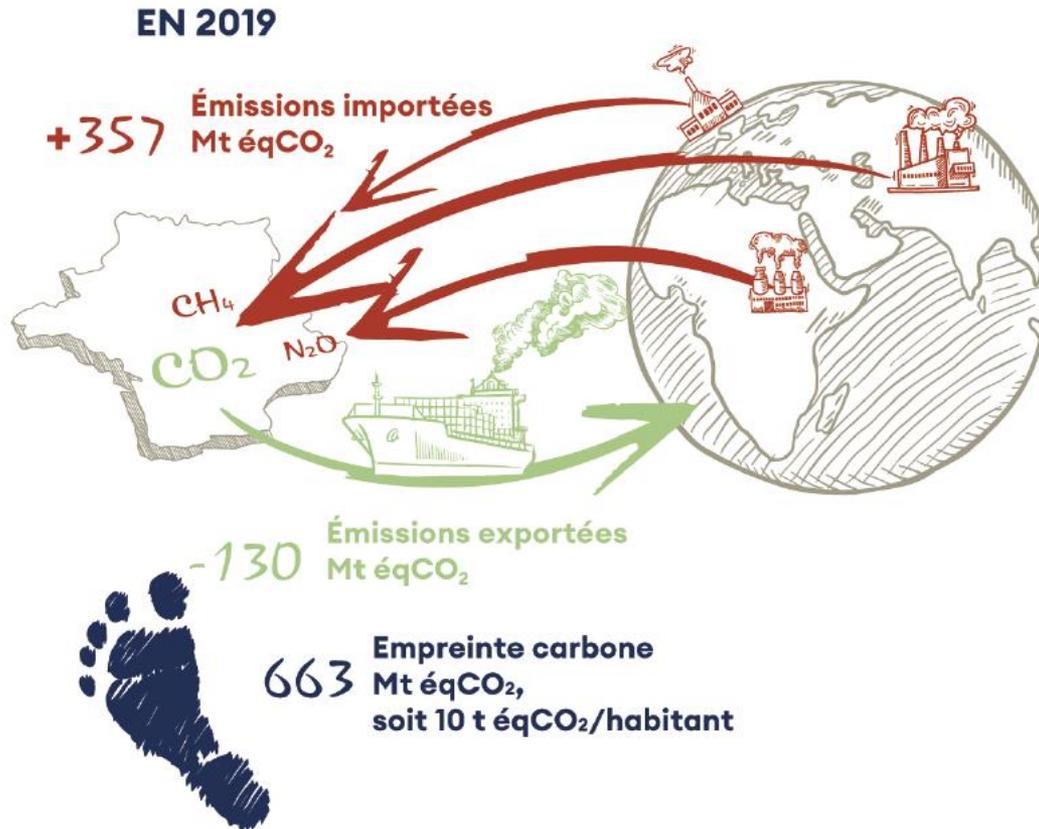
LABORATOIRE DES SCIENCES DU CLIMAT
& DE L'ENVIRONNEMENT

Un poids important des importations

Sur le territoire national :

436 millions de tonnes équivalent CO₂ soit **6,4 tonnes** eqCO₂/habitant

Avec les échanges internationaux : **10 tonnes** eqCO₂/habitant

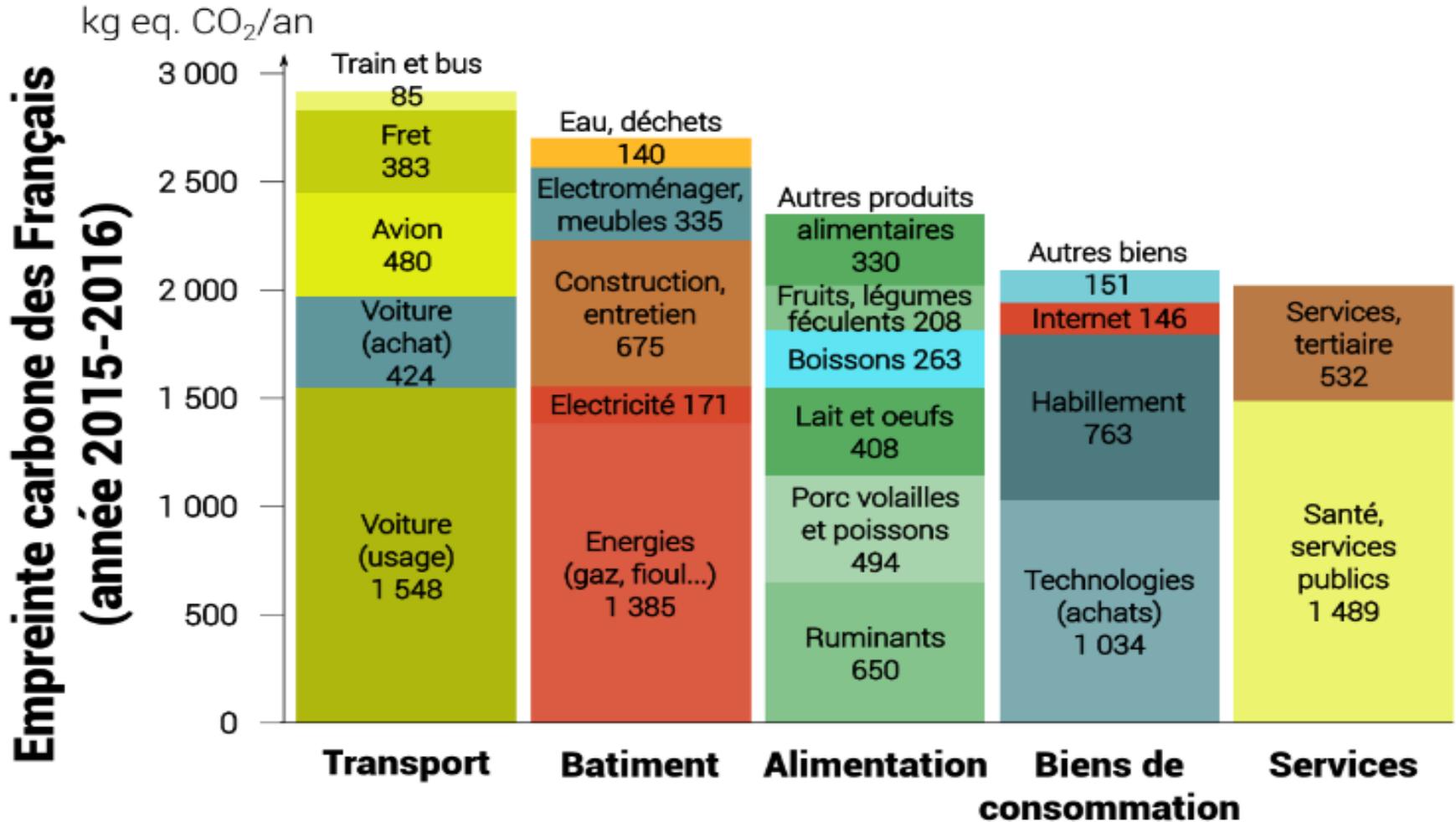




LSCE

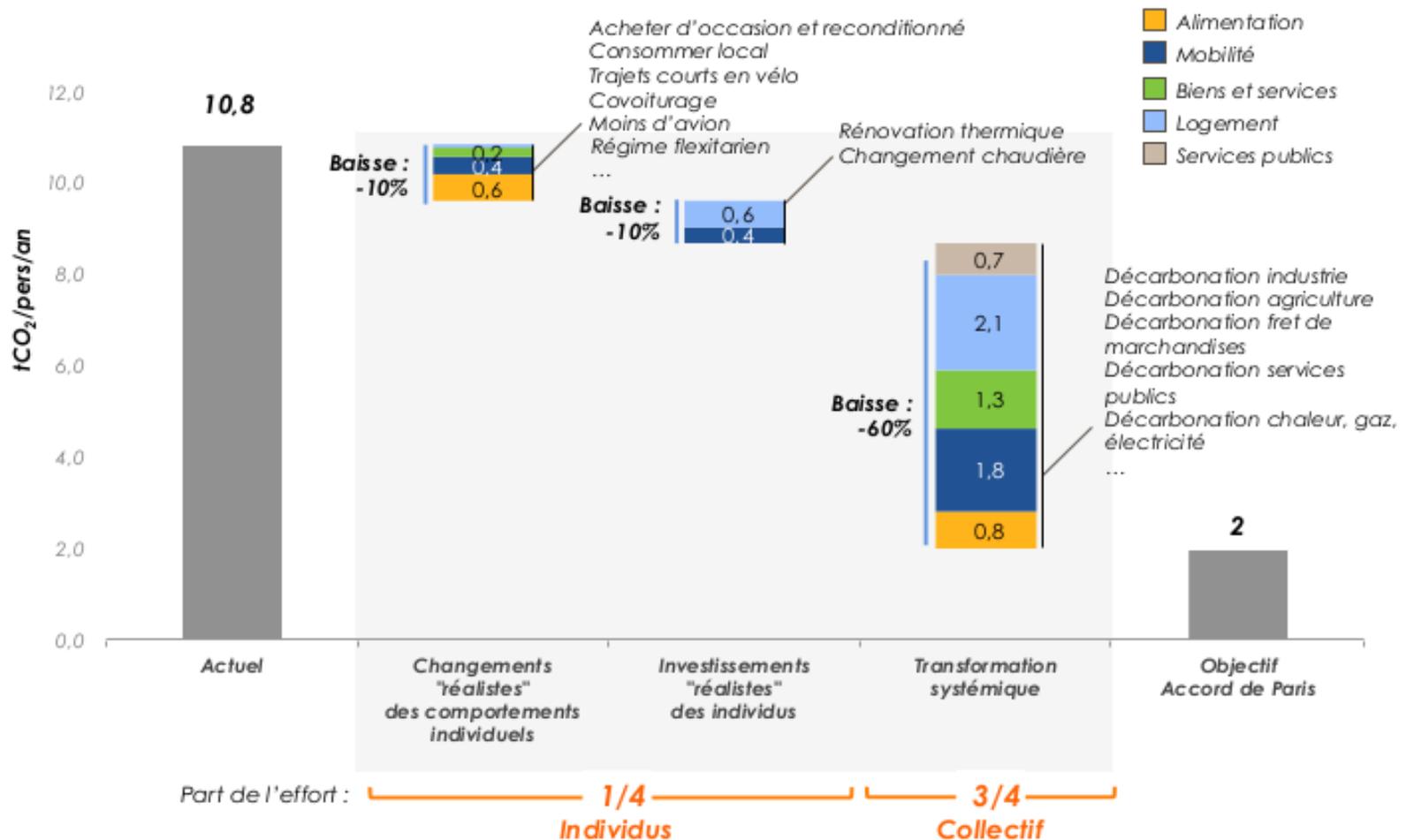
LABORATOIRE DES SCIENCES DU CLIMAT & DE L'ENVIRONNEMENT

Empreinte carbone moyenne des Français



Source : statistiques.developpement-durable.gouv.fr ; Carbone 4 ; Agreste , INSEE, Traitement ravijen.fr

Leviers de réduction de l'empreinte carbone moyenne Engagement personnel « réaliste » des individus*



Source : Carbone 4 * – [Etude « Faire sa part ? Pouvoir et responsabilité des individus, des entreprises de de l'État face à l'urgence climatique »](#) – juin 2019

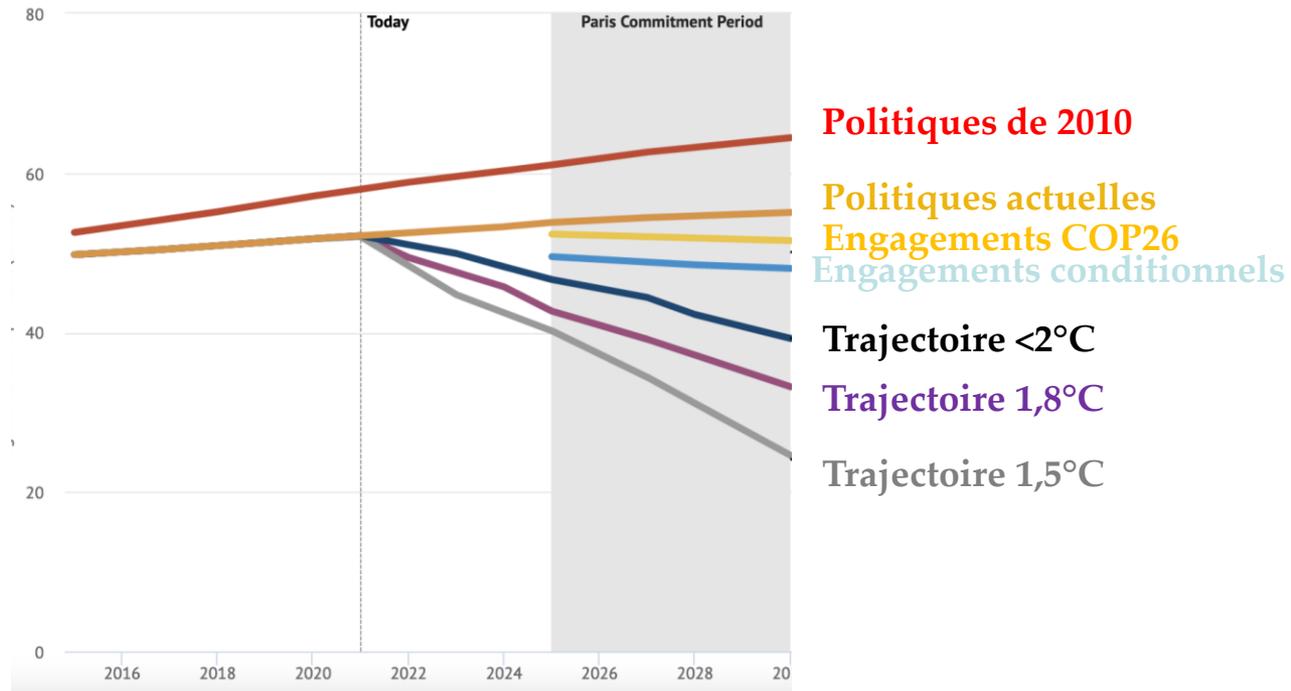


**UN CLIMATE
CHANGE
CONFERENCE
UK 2021**

IN PARTNERSHIP WITH ITALY

Emissions mondiales
(CO₂-équivalent/an)

Décalage entre les engagements récents (COP26) et les objectifs de l'accord de Paris



<https://www.carbonbrief.org/analysis-do-cop26-promises-keep-global-warming-below-2c>

Cinq enjeux majeurs :

- **Agir sur la cause du réchauffement**
(net zéro CO₂, ↓ méthane et autres gaz à effet de serre)
- **Limiter les risques, intégrer les évolutions futures dans les décisions d'aujourd'hui (prévention, adaptation, résilience)**
- **Renforcer les écosystèmes (puits de carbone, biodiversité, solutions fondées sur la nature)**
- **Aider les plus vulnérables**
- **Construire des transitions et transformations justes : enjeux sociaux, économiques, démocratiques**



Merci de votre attention