



 **Communauté
UNIVERSITÉ Grenoble Alpes**

Réchauffement climatique : connaître pour comprendre, comprendre pour agir.

Samuel Morin

Univ. Grenoble Alpes, Université de Toulouse,
Météo-France, CNRS, CNRM, Centre d'Etudes de la Neige, Grenoble, France

Documents repris de multiples sources, préparés par plusieurs collègues + figures GIEC AR5 (2013), SR15 (2018), SROCC (2019)



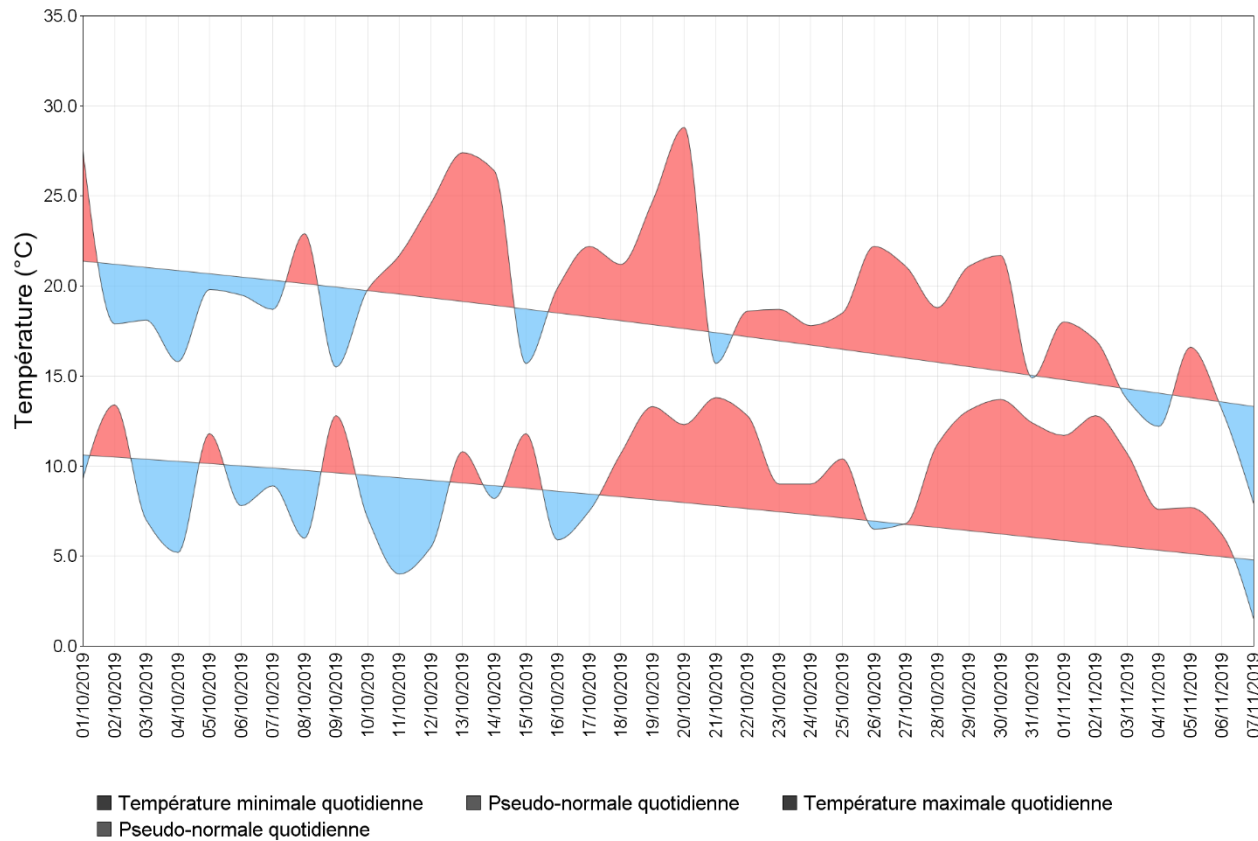
@smlmrn

Températures minimales et maximales quotidiennes GRENOBLE - LVD (38 538 002)



Communauté
UNIVERSITÉ Grenoble Alpes

1er octobre 2019 au 7 novembre 2019



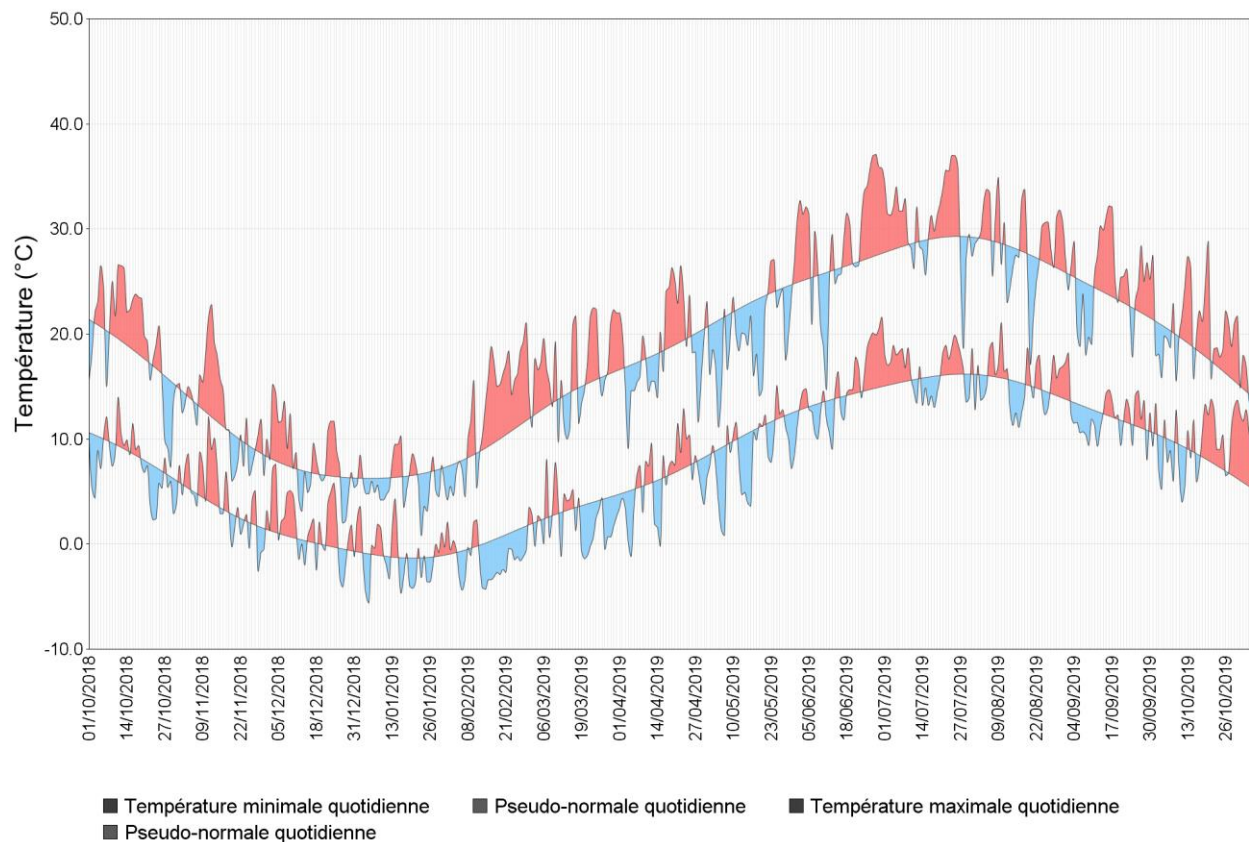
Qu'est-ce que le climat ?

Températures minimales et maximales quotidiennes GRENOBLE - LVD (38 538 002)



Communauté
UNIVERSITÉ Grenoble Alpes

1er octobre 2018 au 7 novembre 2019



Qu'est-ce que le climat ?

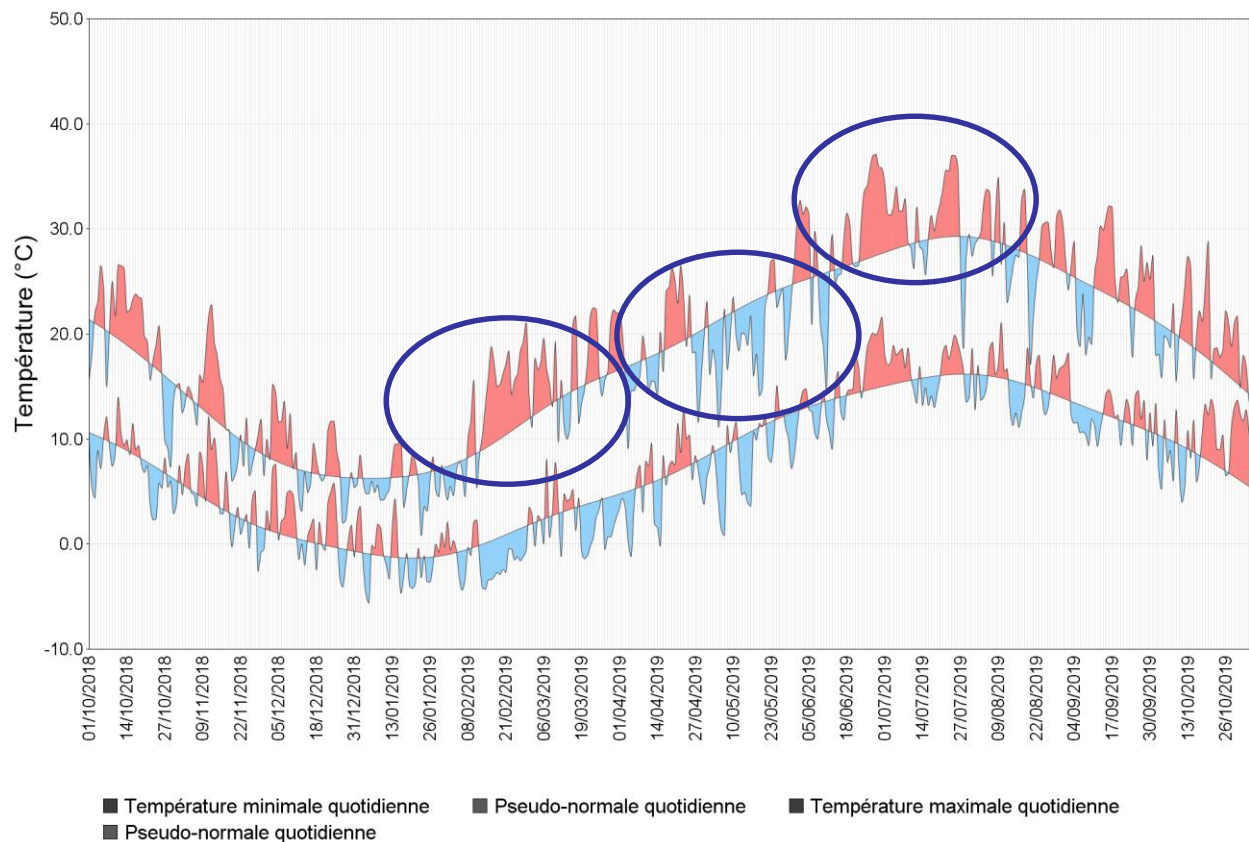
Edité le : 08/11/2019 - Données du : 08/11/2019 à 22:09 UTC

Températures minimales et maximales quotidiennes GRENOBLE - LVD (38 538 002)



Communauté
UNIVERSITÉ Grenoble Alpes

1er octobre 2018 au 7 novembre 2019



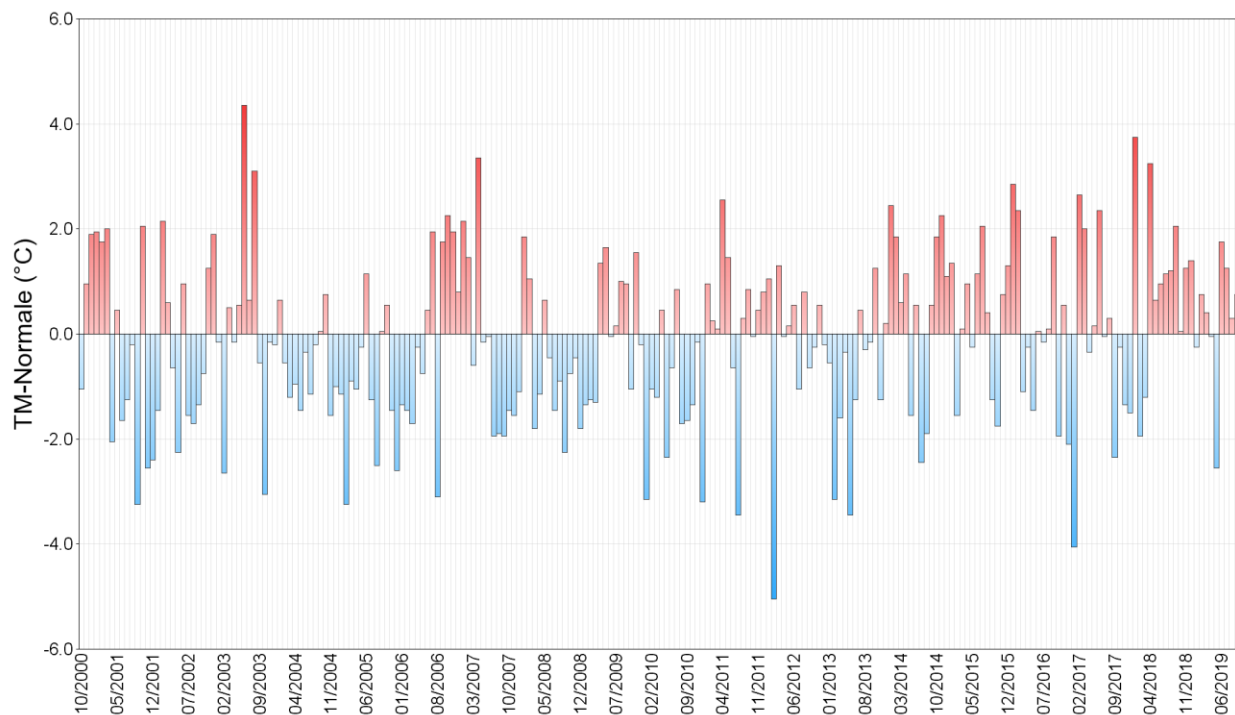
Qu'est-ce que le climat ?

Ecart à la moyenne mensuelle de référence 1981-2010 de la température moyenne GRENOBLE - LVD (38 538 002)

octobre 2000 à novembre 2019



Communauté
UNIVERSITÉ Grenoble Alpes



□ Ecart à la normale mensuelle

Qu'est-ce que le climat ?

! : période en cours

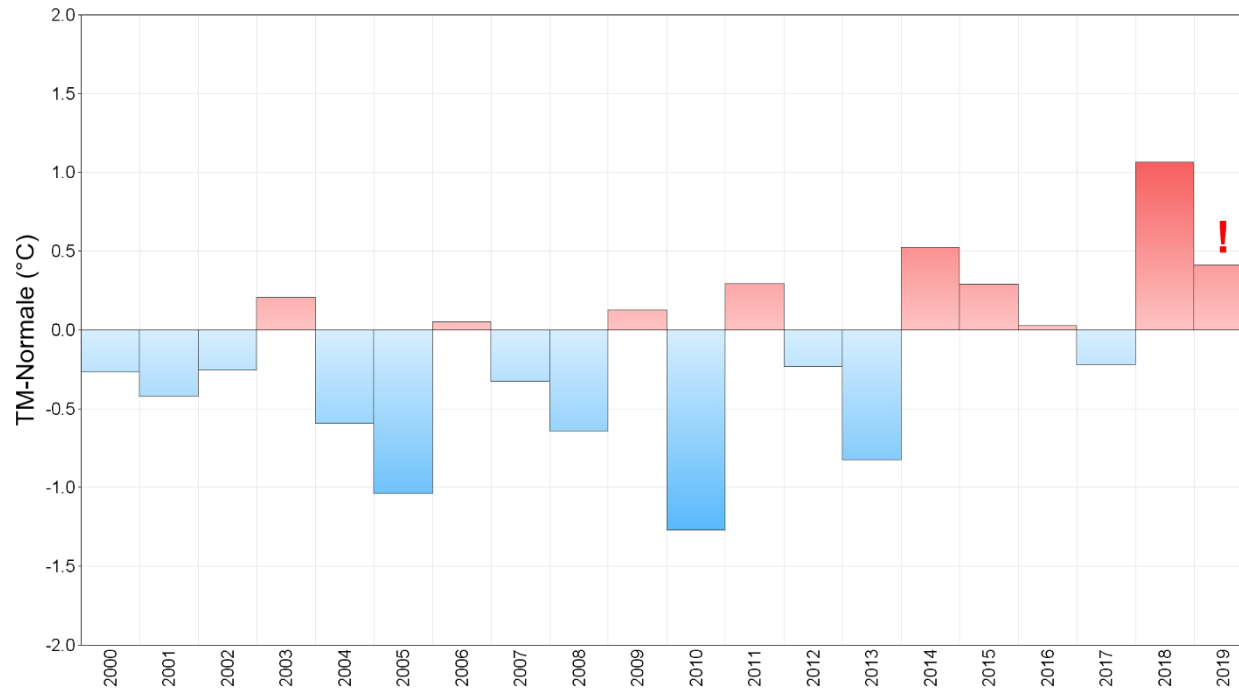
Edité le : 08/11/2019 - Données du : 08/11/2019 à 22:12 UTC

Ecart à la moyenne annuelle de référence 1981-2010 de la température moyenne GRENOBLE - LVD (38 538 002)



Communauté
UNIVERSITÉ Grenoble Alpes

2000 à 2019



□ Ecart à la normale annuelle

Qu'est-ce que le climat ?

! : période en cours

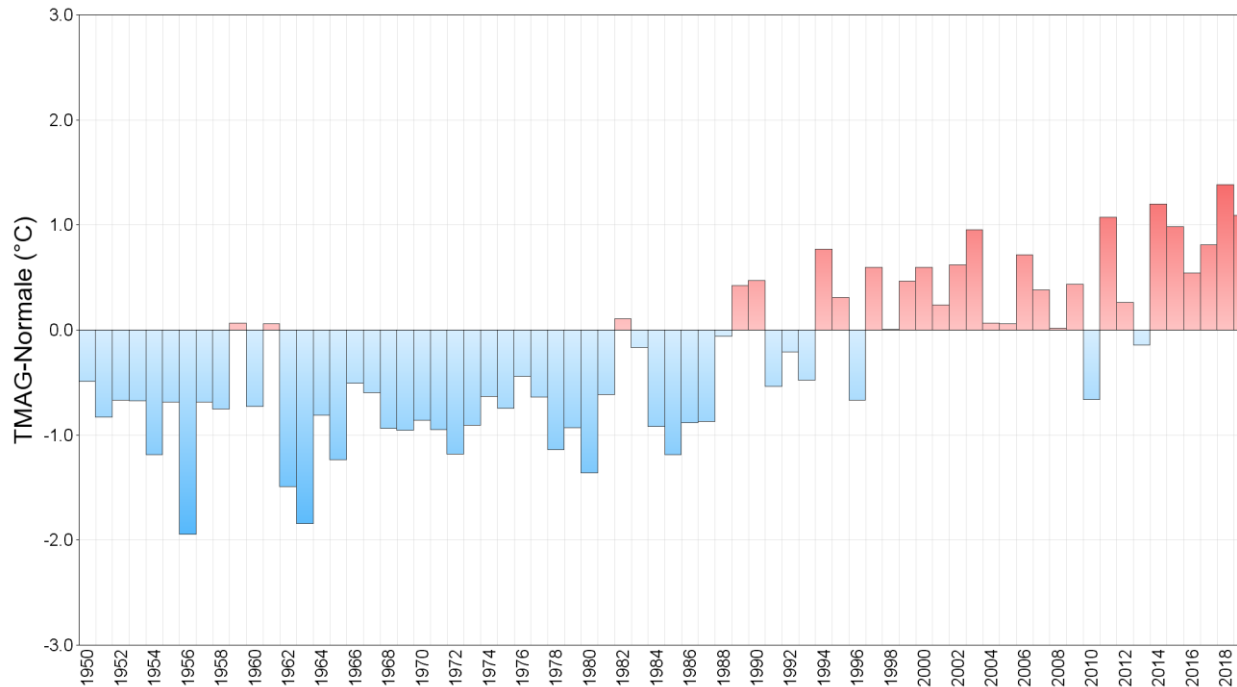
Edité le : 08/11/2019 - Données du : 08/11/2019 à 22:13 UTC

Ecart à la moyenne annuelle de référence 1981-2010 de la
température moyenne agrégée
Zone climatique : France



Communauté
UNIVERSITÉ Grenoble Alpes

1950 à 2019



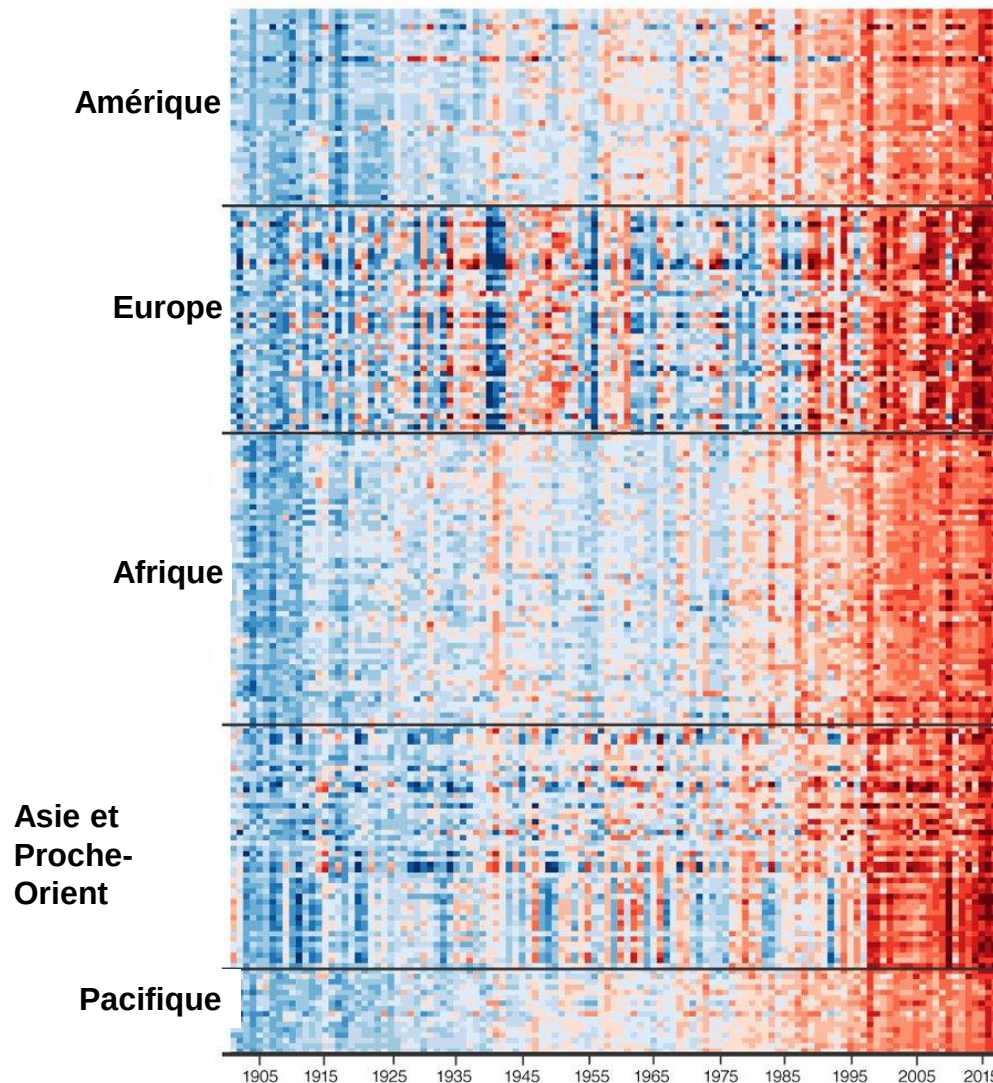
□ Ecart à la normale annuelle

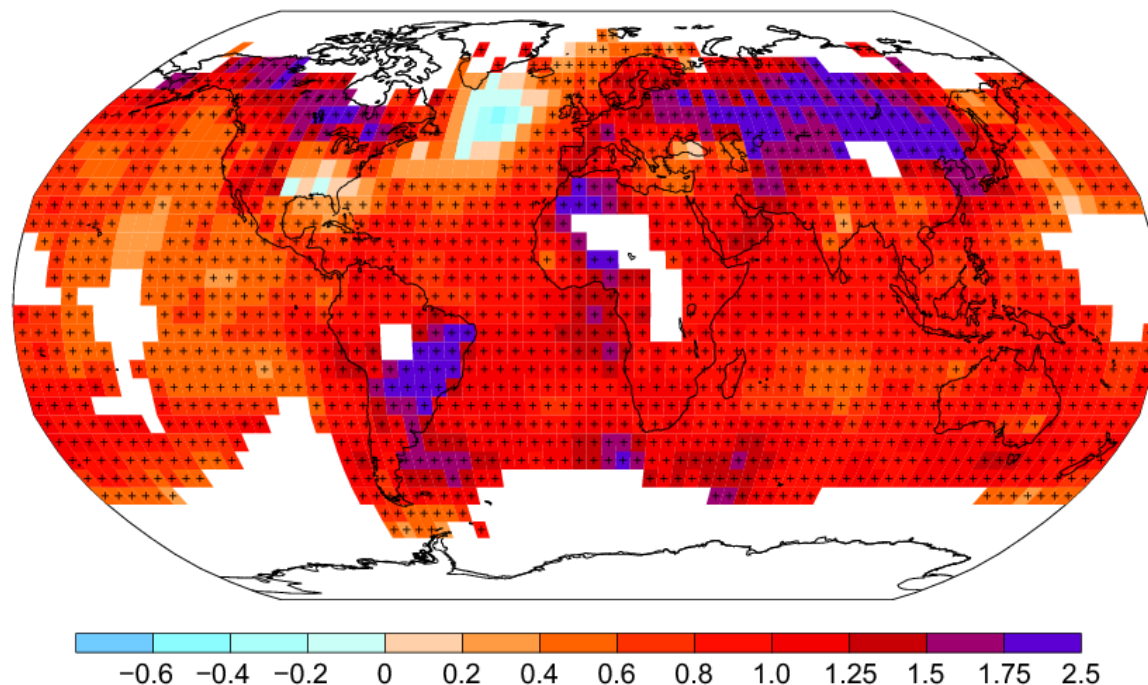
Qu'est-ce que le climat ?

!: période en cours

Edité le : 08/11/2019 - Données du : 08/11/2019 à 22:15 UTC

Communauté
UNIVERSITÉ Grenoble Alpes





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

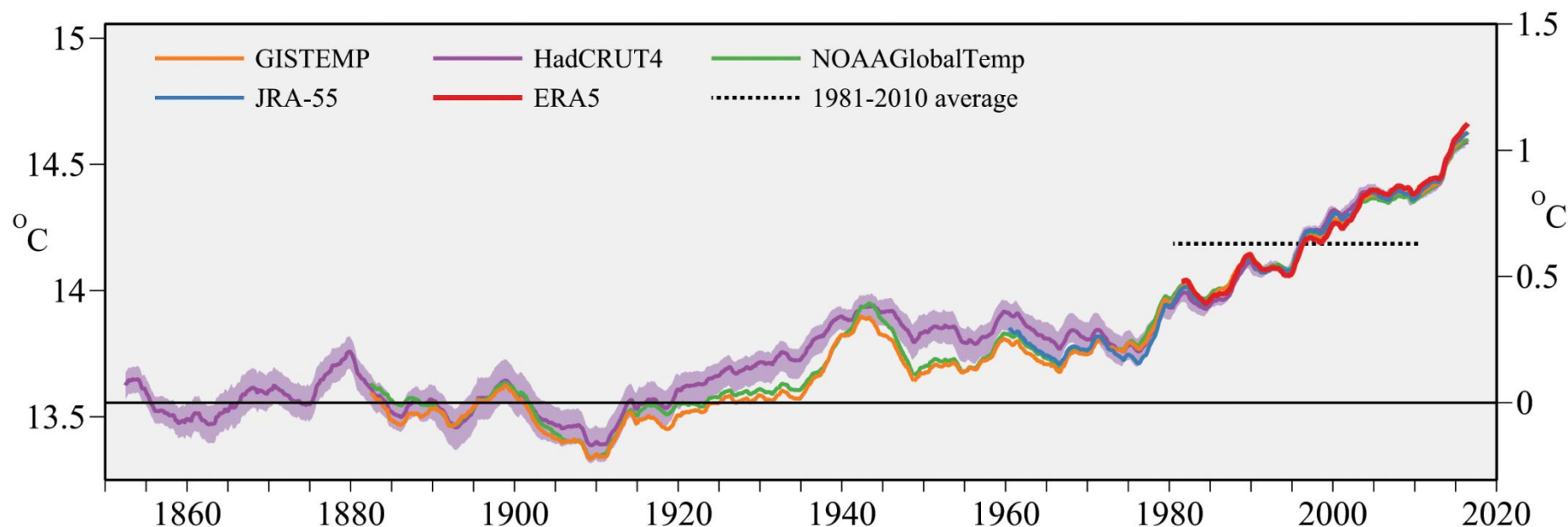
Le réchauffement du système climatique est sans équivoque, et depuis les années 1950, beaucoup des changements observés sont sans précédent depuis des décennies jusqu'à des millénaires. L'atmosphère et l'océan se sont réchauffés, la quantité des neiges et glaces a diminué, le niveau des mers s'est élevé,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

Evolutions de la température moyenne globale en surface

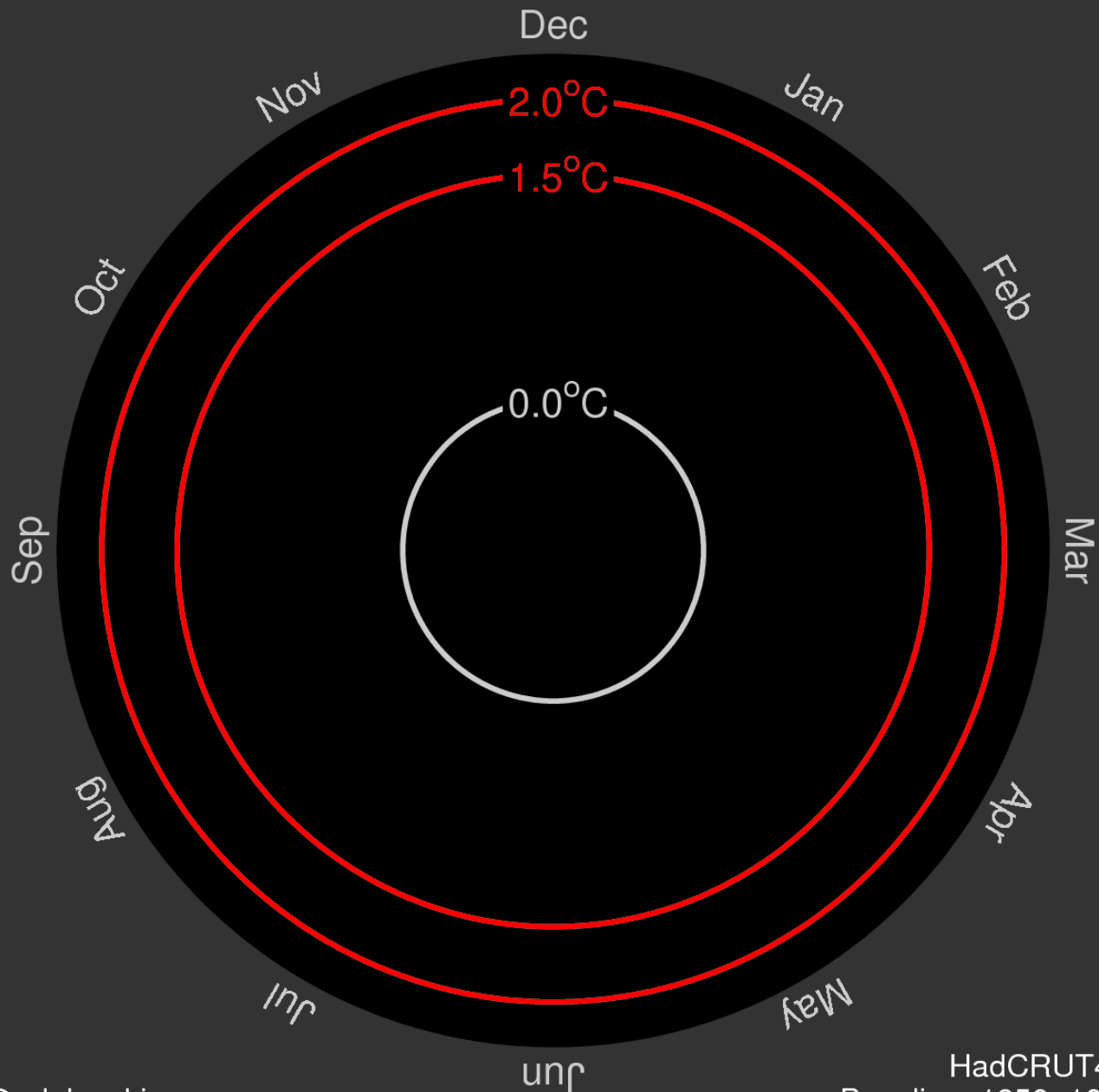
Réchauffement de 1°C depuis le milieu du 19^{ème} siècle.

Global 60-month average
temperature

Increase above
pre-industrial level



Global temperature change (1850–2017)

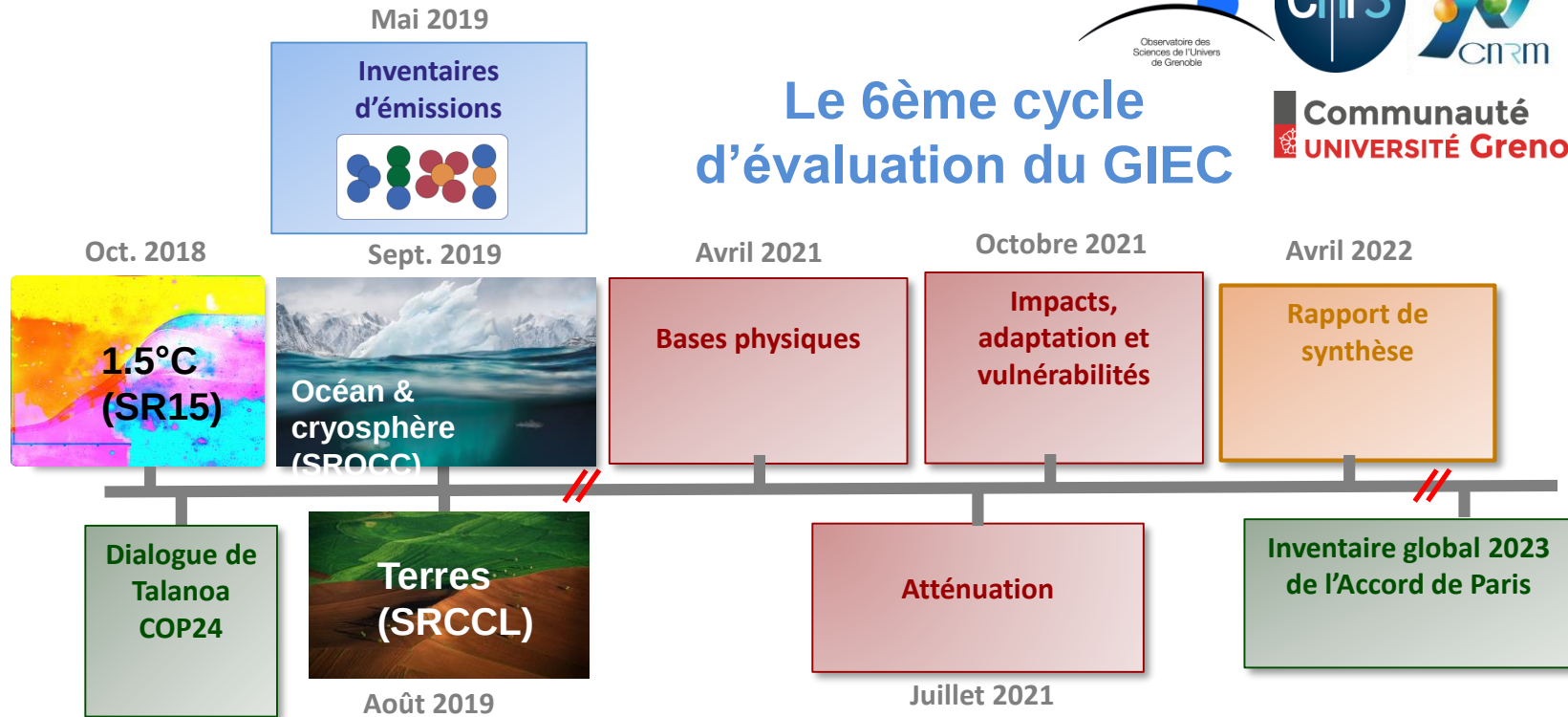


Communauté
UNIVERSITÉ Grenoble Alpes

HadCRUT4.6
Baseline: 1850–1900

Le 6ème cycle d'évaluation du GIEC

Communauté
UNIVERSITÉ Grenoble Alpes



Adaptation des rapports pour l'utilisation en classe :
Office for Climate Education
www.oce.global

www.ipcc.ch
@IPCC_CH

Rapport GIEC SROCC



104 auteurs



31% des
auteurs sont
des femmes



36 pays



6981 articles
cités



31176
commentaires
traités

ipcc

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change

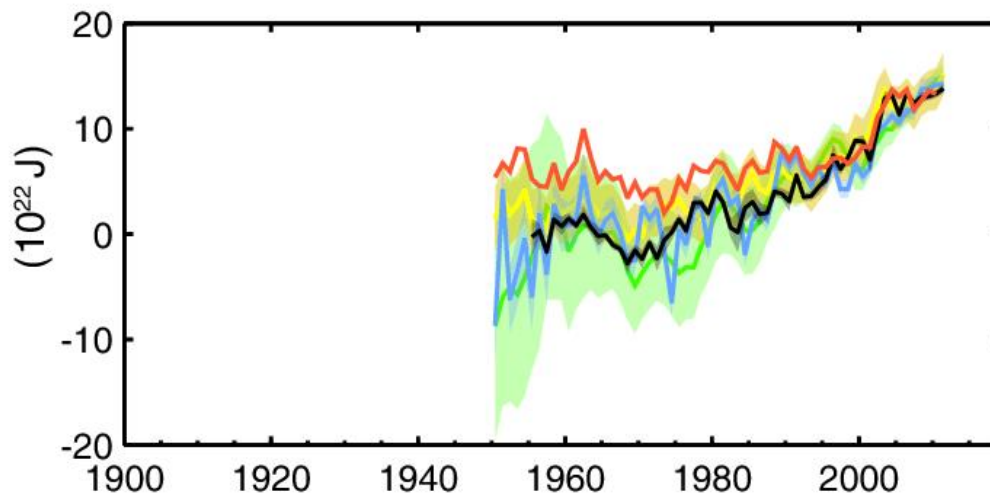
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change



Contenu calorifique océan superficiel (0-700m)



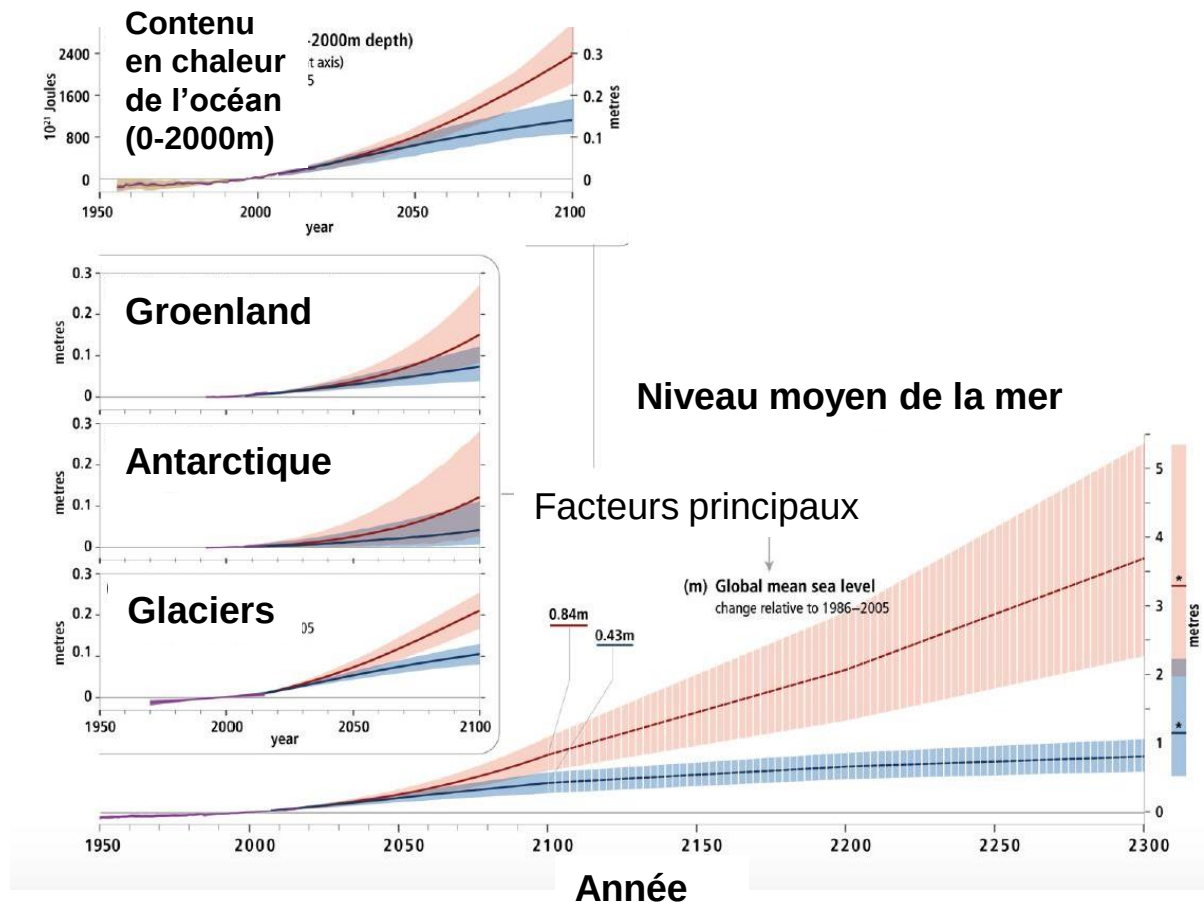
Communauté
UNIVERSITÉ Grenoble Alpes



Le réchauffement océanique constitue l'essentiel de l'augmentation de la quantité d'énergie emmagasinée au sein du système climatique et représente plus de 90% de l'énergie accumulée entre 1971 et 2010 (*degré de confiance élevé*).

Changements historiques (observés et/ou simulés) et projections selon les scénarios RCP2.6 et RCP8.5

■ Historique (observé)
 ■ Historique (simulé)
 ■ Projections RCP2.6
 ■ Projections RCP8.5

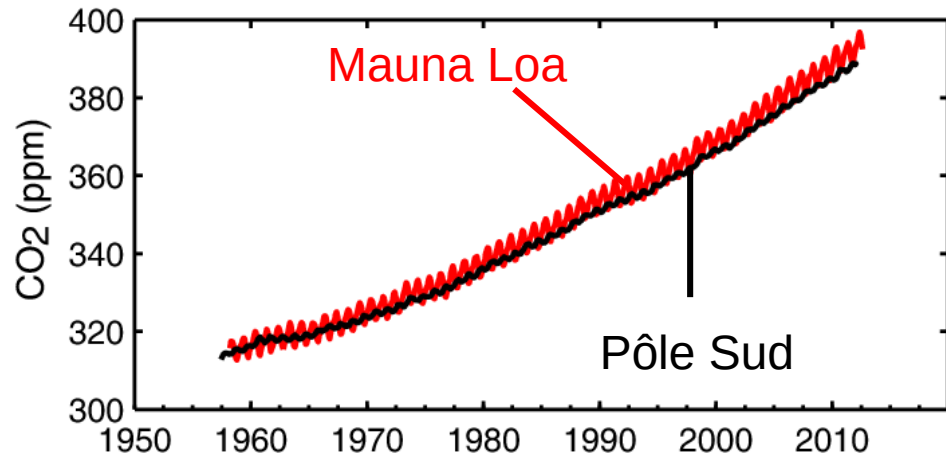


Au cours du XXe siècle, le niveau moyen global de la mer a augmenté d'environ 15 cm.

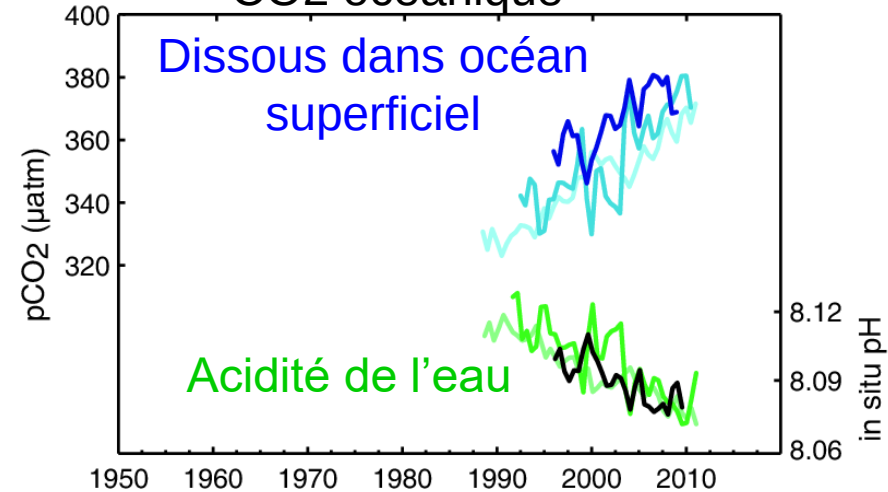
Le niveau de la mer augmente actuellement plus de deux fois plus rapidement qu'au cours du XXème siècle

Cela va s'accélérer pour atteindre jusqu'à 1,10 m en 2100 si les émissions ne sont pas fortement réduites.

CO₂ atmosphérique

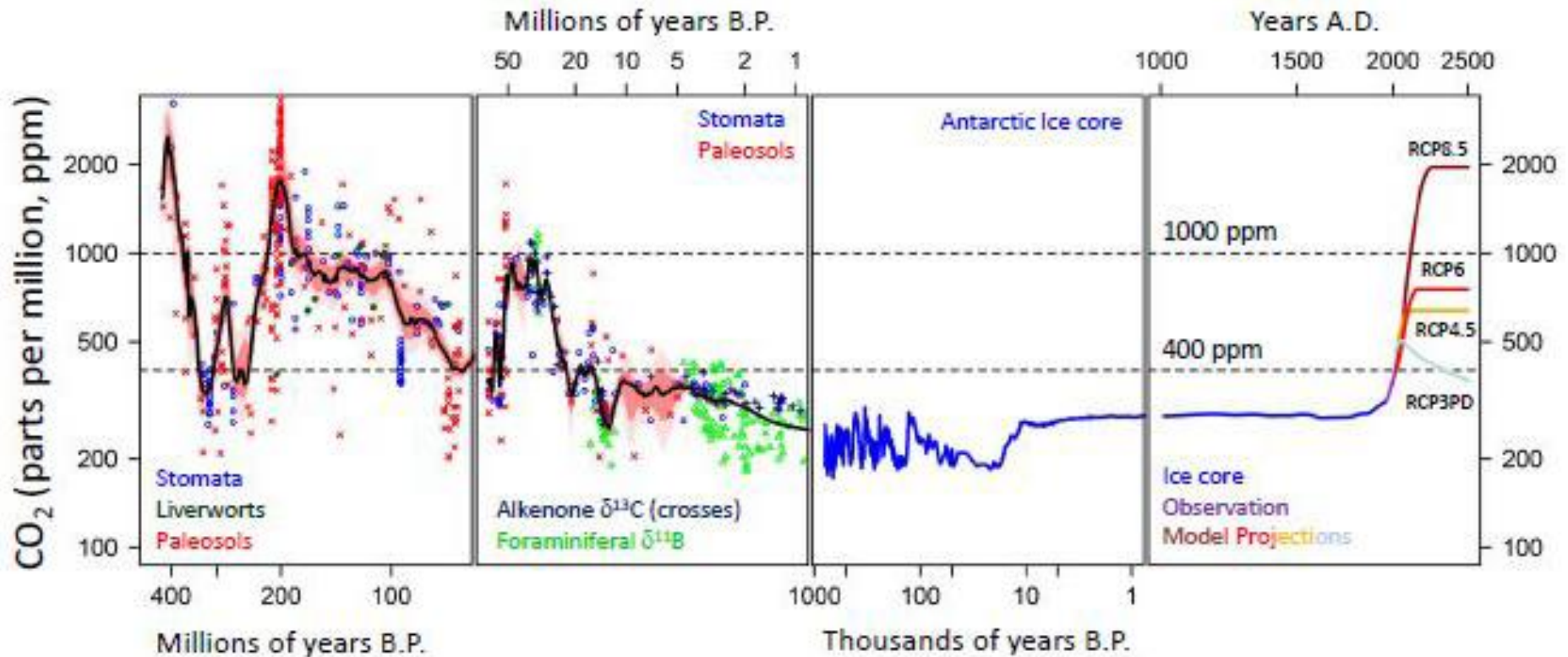


CO₂ océanique



Les concentrations atmosphériques du dioxyde de carbone (CO₂), du méthane et de l'oxyde nitreux ont augmenté pour atteindre des niveaux sans précédent depuis au moins 800 000 ans.

L'océan a absorbé environ 30% des émissions anthropiques de dioxyde de carbone, entraînant une acidification des océans.



CO₂ levels over the last 400 million years. The last time CO₂ levels were as high as today's was about 3 million years ago. Foster et al/Descent into the Icehouse

Emissions moyennes de CO₂ pour 2003-2012 (Global Carbon Project, 2011)

8,6 ± 0,4 GtC y⁻¹



+

0,8 ± 0,5 GtC y⁻¹



4,3 ± 0,1 GtC y⁻¹
45%



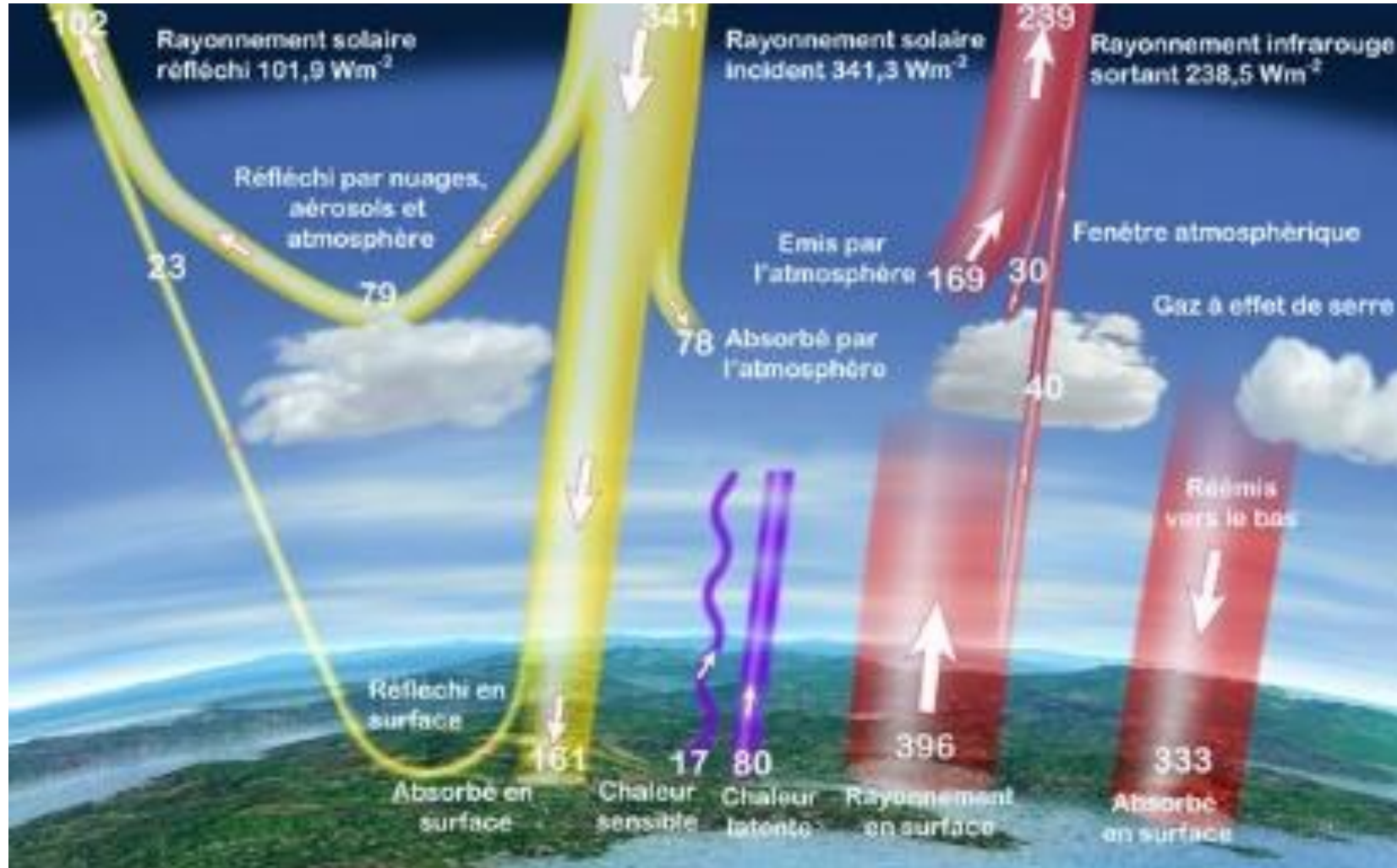
2,6 ± 0,5 GtC y⁻¹
27%



2,6 ± 0,8 PgC y⁻¹
27%

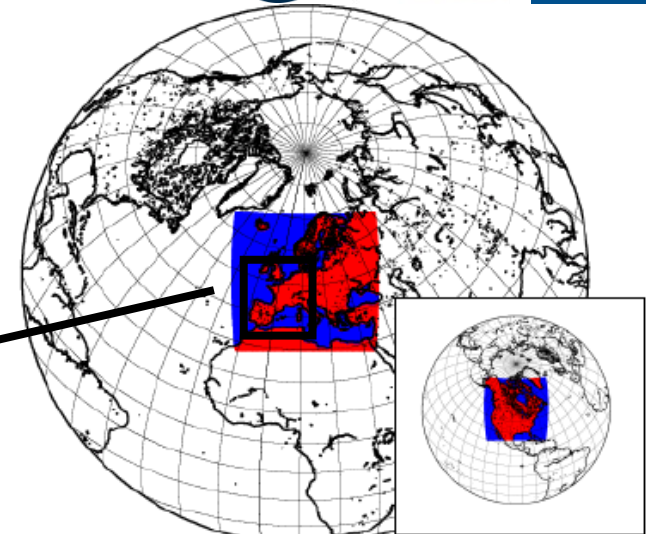


L'effet de serre



Modèles de climat : planétaire et régional

- Cascade de modèles et ajustements pour exploiter les projections climatiques à échelle mondiale et les appliquer en France et dans les territoires de montagne



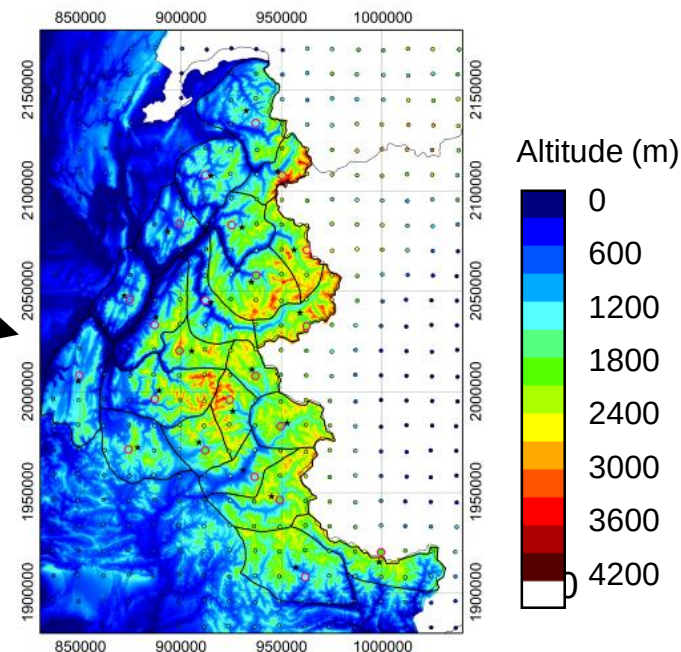
GCM,
150 km

EUROCORDEX

RCM,
12 km

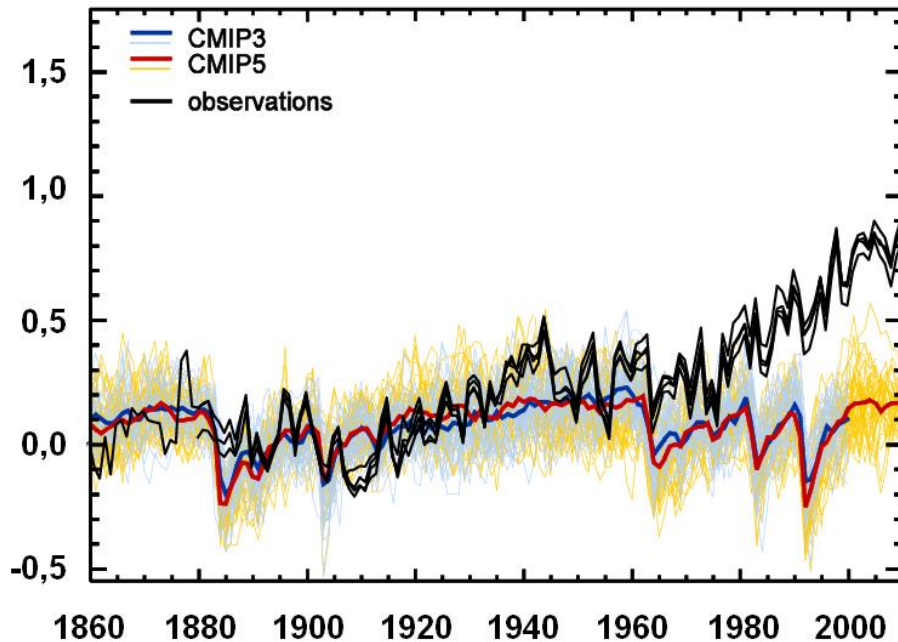
Modèle de climat
régional (RCM)

Ajustements
statistiques,
ADAMONT

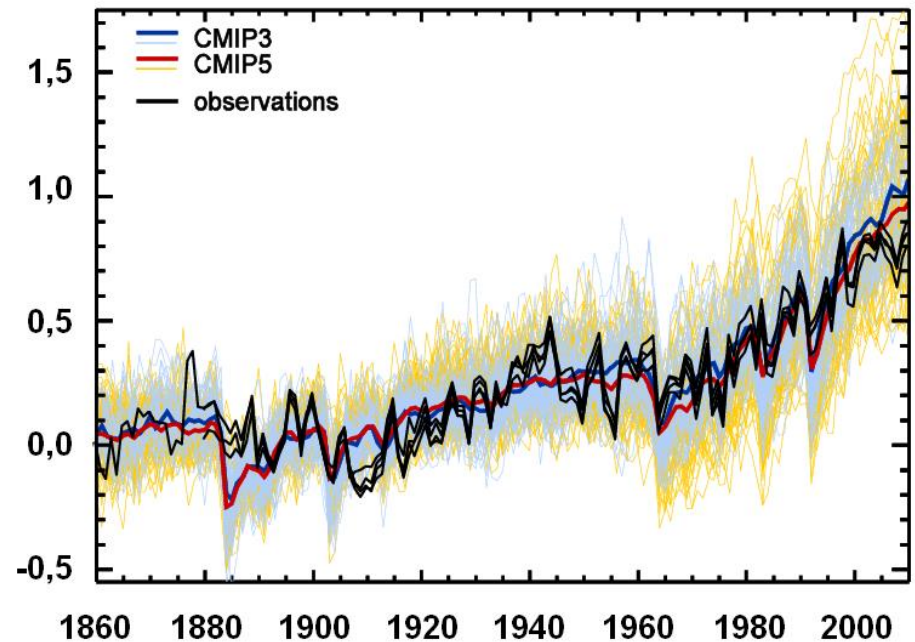


L'influence humaine sur le système climatique est claire. Elle est évidente en ce qui concerne l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, le forçage radiatif positif, le réchauffement observé, et la compréhension du système climatique.

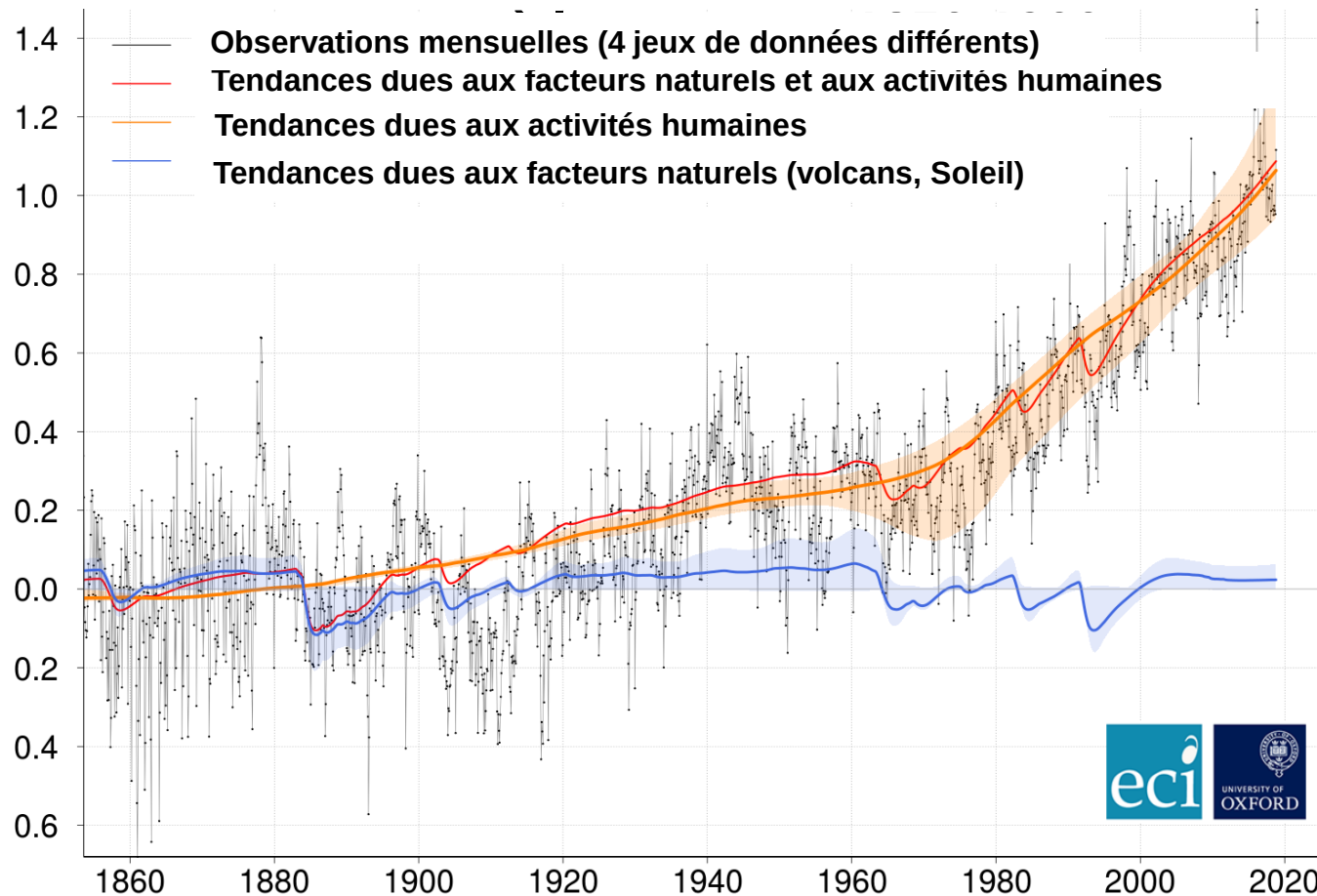
Simulations avec forçages naturels
seulement



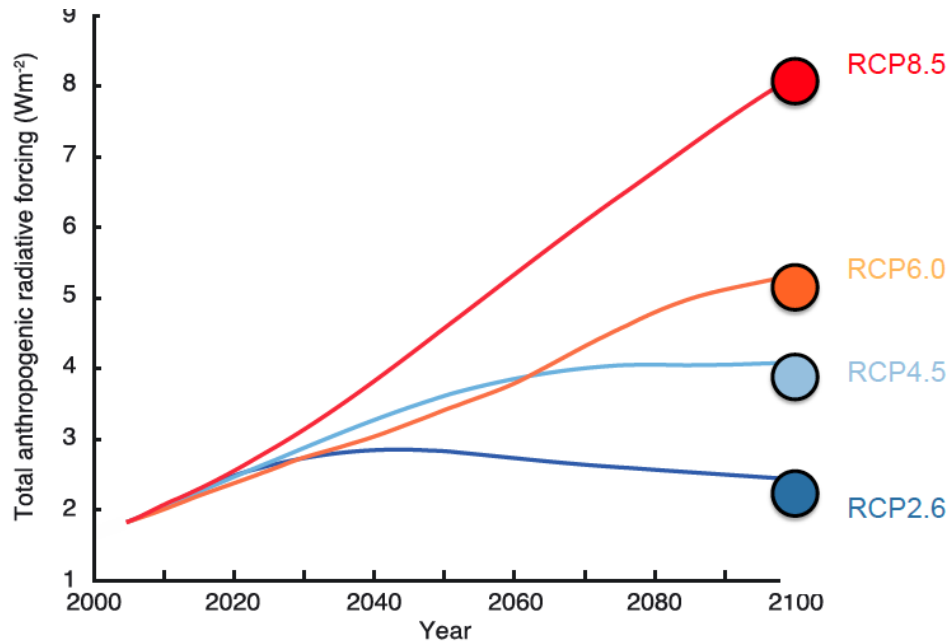
Simulations avec forçages naturels
et anthropiques



Réchauffement mesuré à la surface de la Terre (continents et océans)



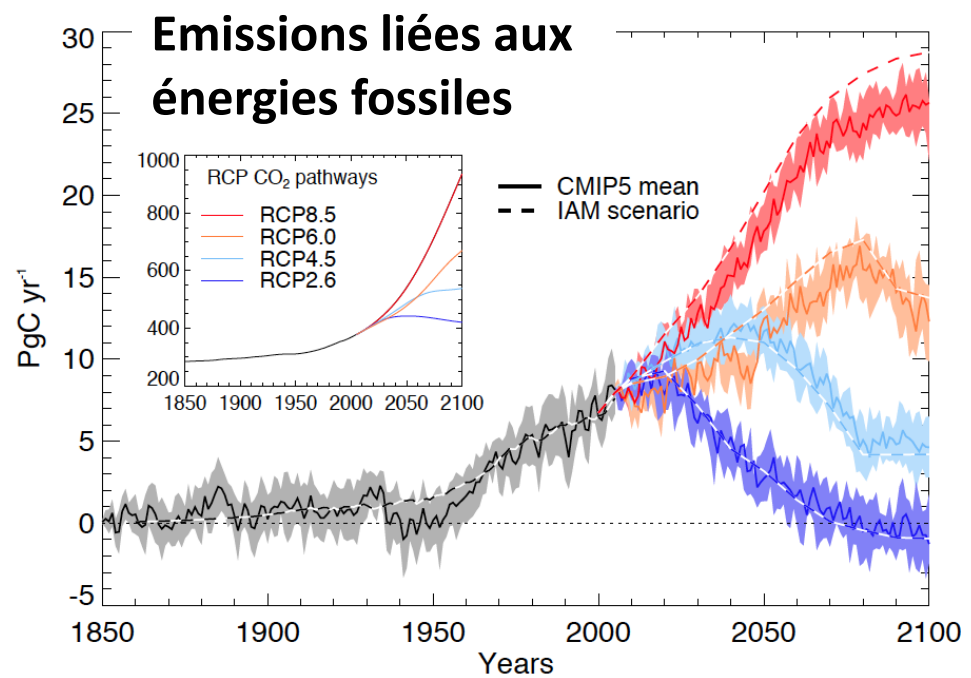
RCP : « Representative concentration pathways » (en W/m²)



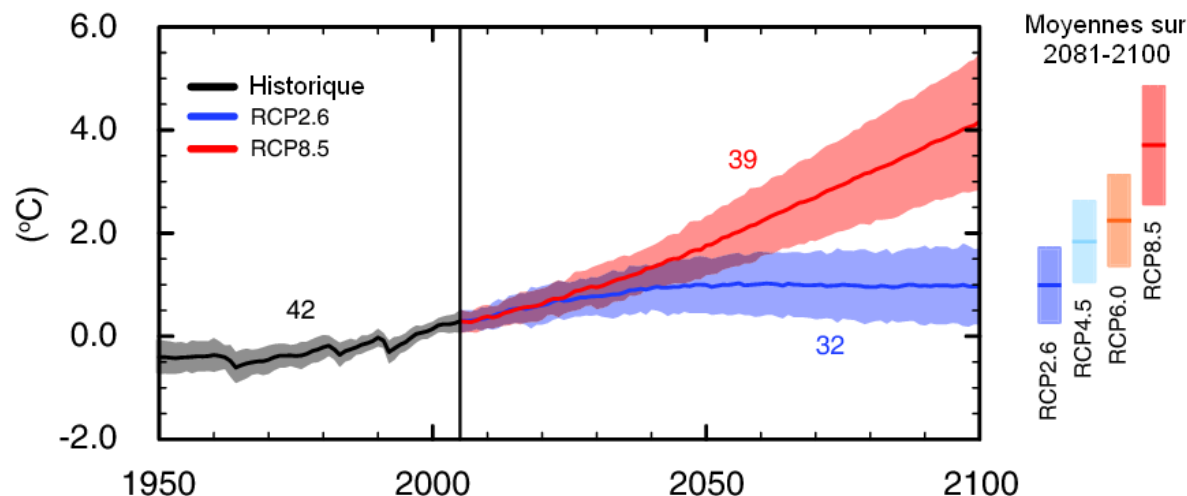
*Fortes
émissions*

Stabilisation

*Forte réduction des
émissions*



Moyennes multimodèles du réchauffement global en surface relativement à 1986-2005



Le changement de la température moyenne du globe en surface pour la fin du XXI^e siècle dépassera *probablement* 1,5°C par rapport à 1850-1900 pour tous les scénarios RCP, sauf pour le scénario RCP2.6. Il est *probable* qu'il dépassera 2°C pour les scénarios RCP6.0 et RCP8.5.

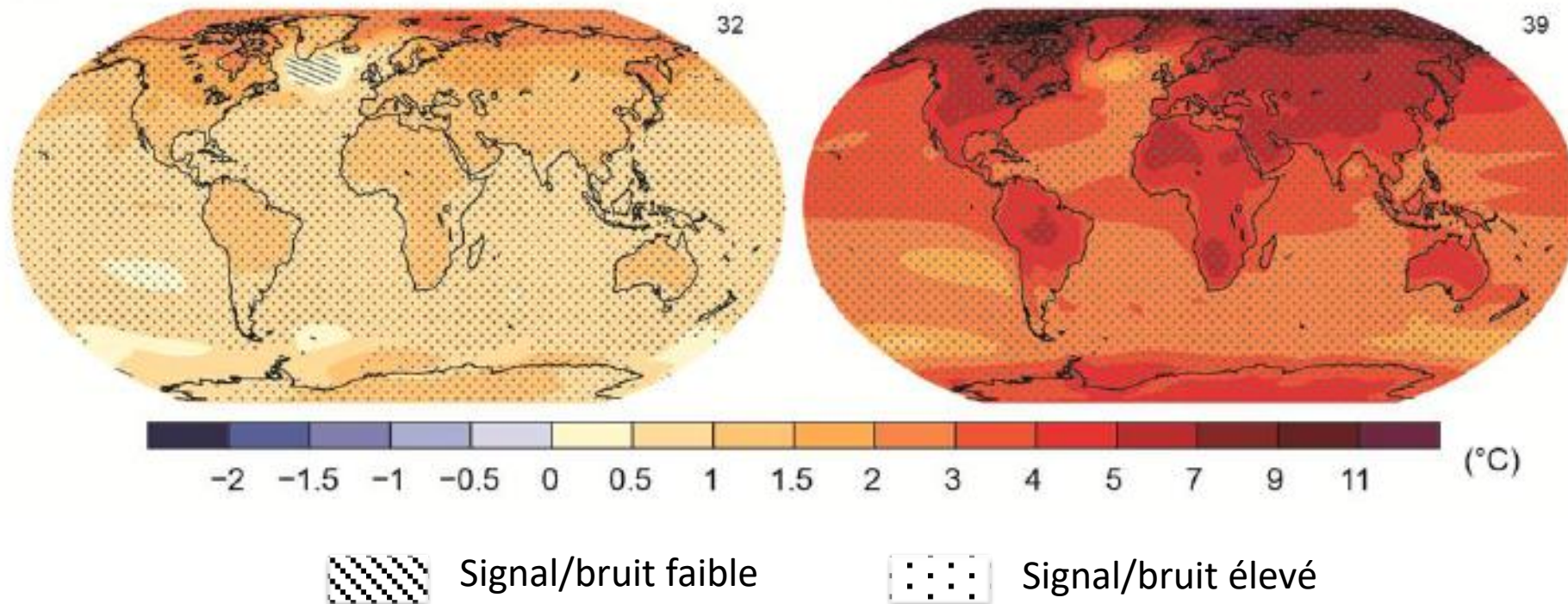
Le réchauffement se poursuivra au-delà de 2100 pour tous les scénarios RCP à l'exception du RCP2.6.

RCP 2.6

RCP 8.5

(a)

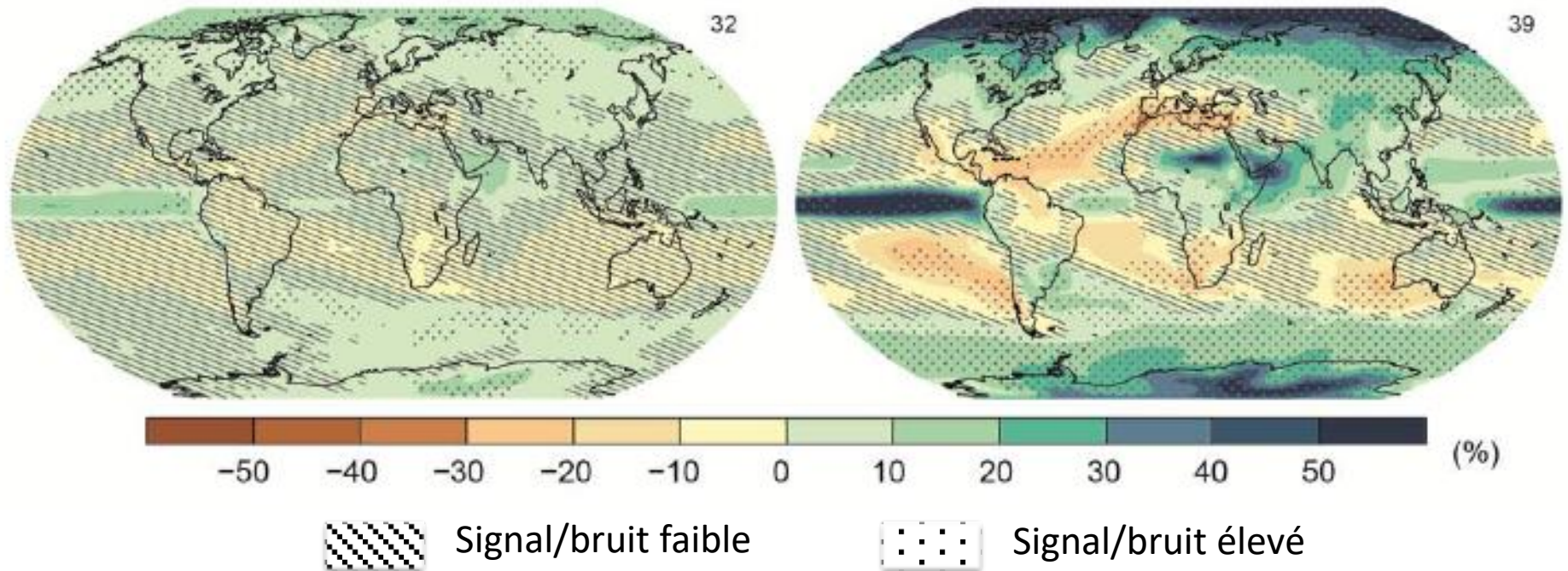
Change in average surface temperature (1986–2005 to 2081–2100)



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

(b)

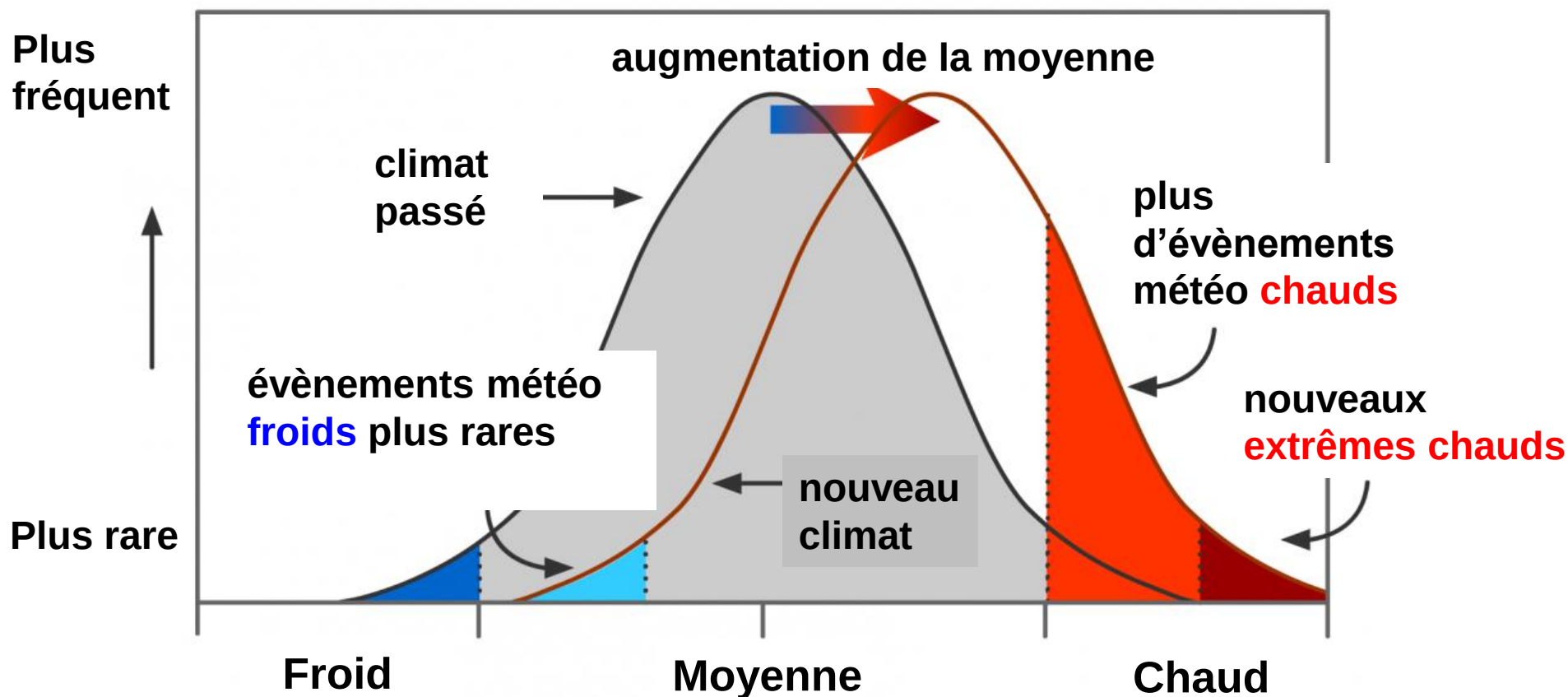
Change in average precipitation (1986–2005 to 2081–2100)

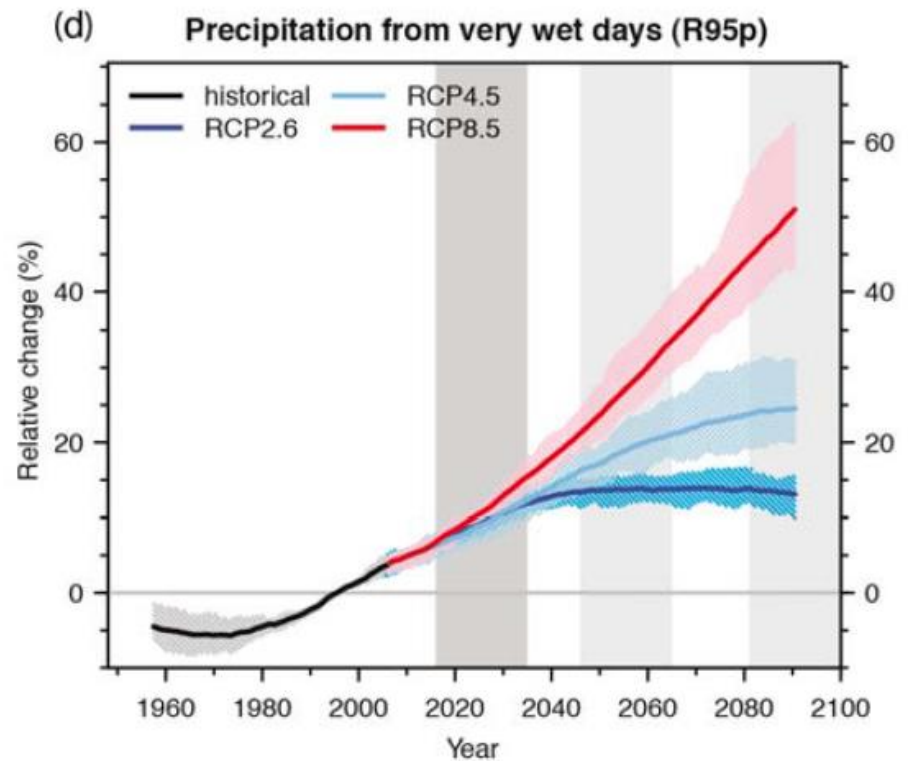
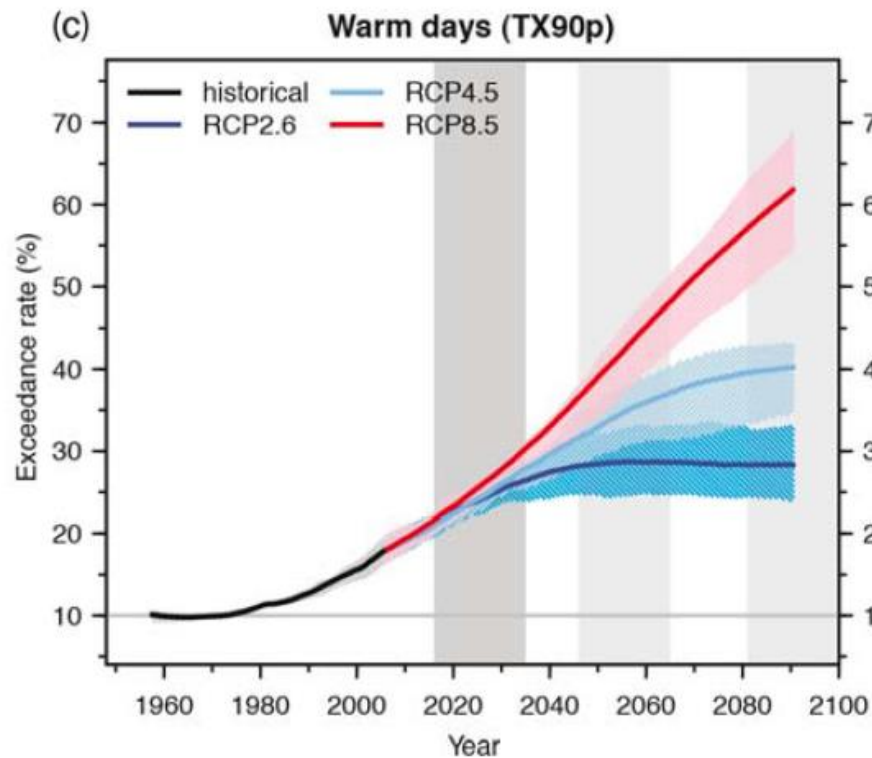


Le contraste de précipitation entre régions humides et régions sèches, et entre saisons humides et saisons sèches augmentera, bien qu'il puisse exister des exceptions régionales (*degré de confiance élevé*).

Il est *probable* que les surfaces concernées par les systèmes de moussons s'étendent, que les circulations de moussons s'affaiblissent mais que les précipitations de mousson et la durée de la saison de mousson s'allongent.

Quand le climat change, la météo change



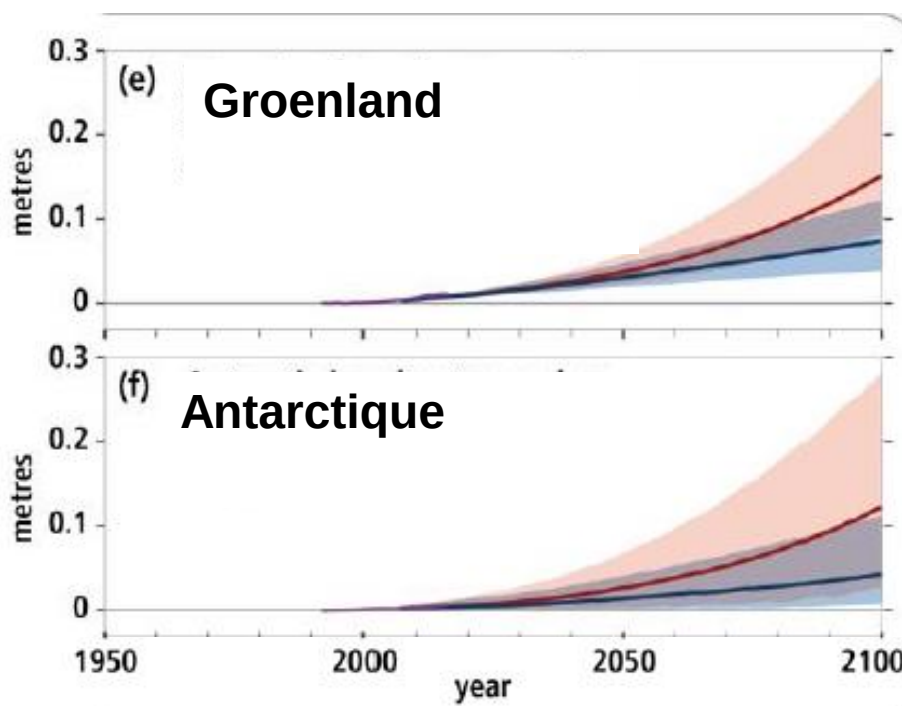


Il est *très probable* que les vagues de chaleur seront plus fréquentes et dureront plus longtemps.

Les événements de précipitations extrêmes deviendront *probablement* plus intenses et fréquents sur les continents des moyennes latitudes et les régions tropicales humides d'ici la fin de ce siècle.



Changements dans les régions polaires

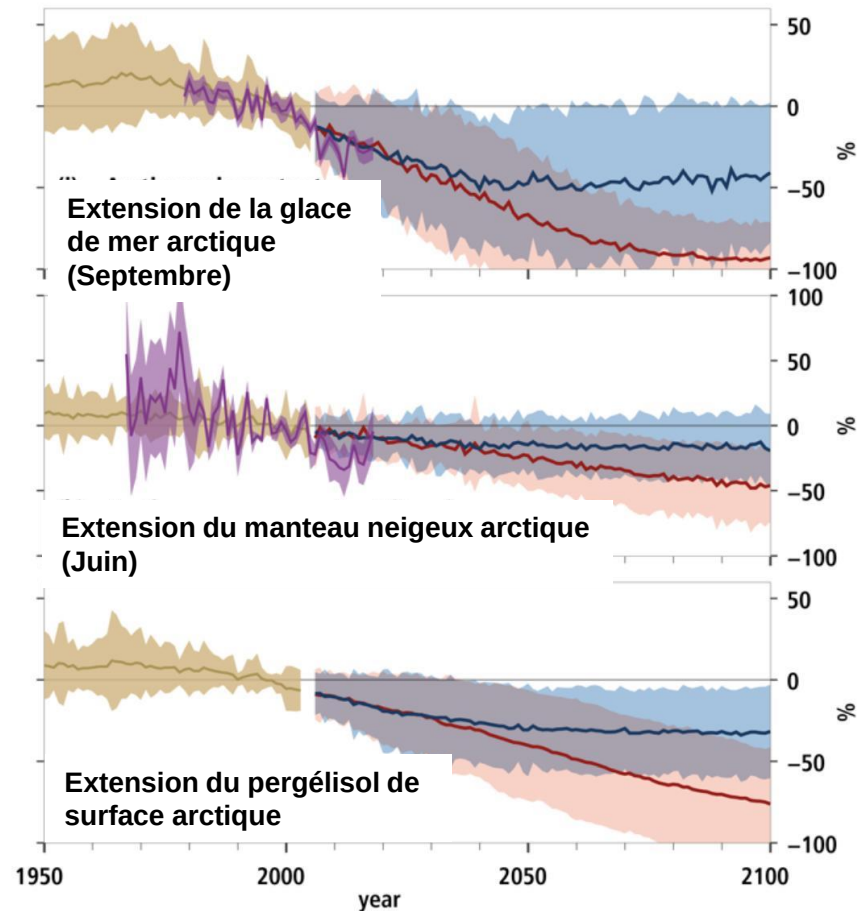


- Les calottes de glace du Groenland et en Antarctique **perdent de la masse**, et augmentent la hausse du niveau des mers. Elles vont continuer à fondre, conduisant à une hausse de long terme du niveau des mers.



Changements dans les régions polaires

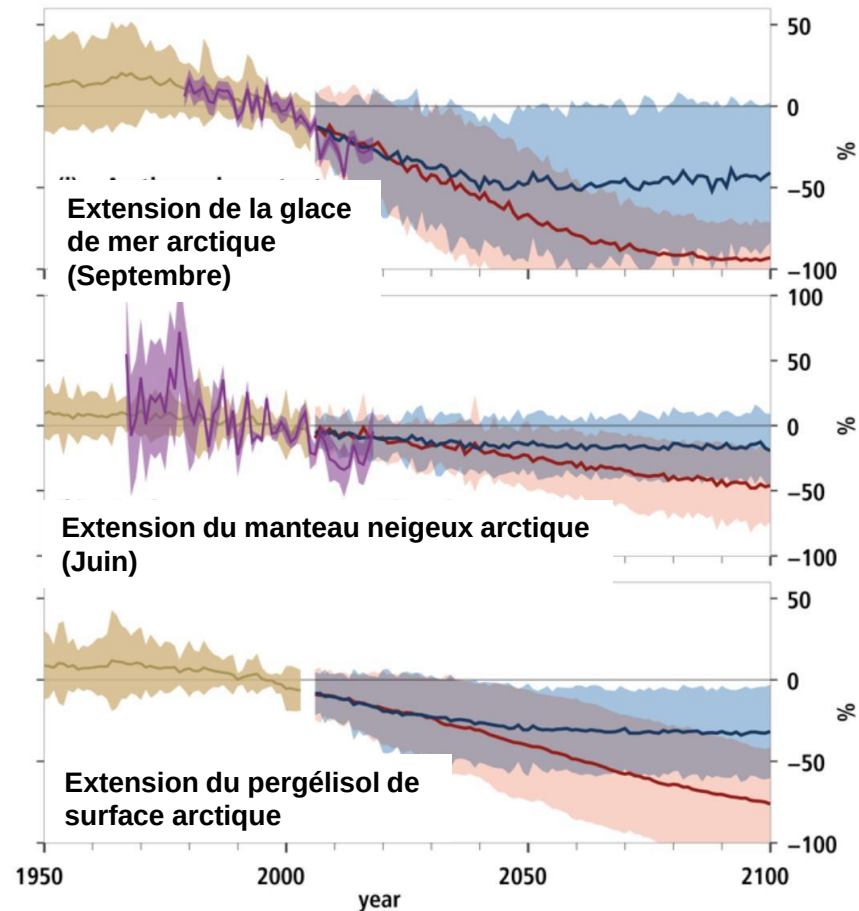
- La couverture de **glace de mer** (banquise) Arctique décroît pour tous les mois de l'année, et s'amincit.
- Pour un réchauffement planétaire de 1.5°C , l'Océan Arctique sera **rarement entièrement déglacé**. Pour un réchauffement de 2°C , l'absence de glace de mer sera rencontrée **jusqu'à une année sur trois**.





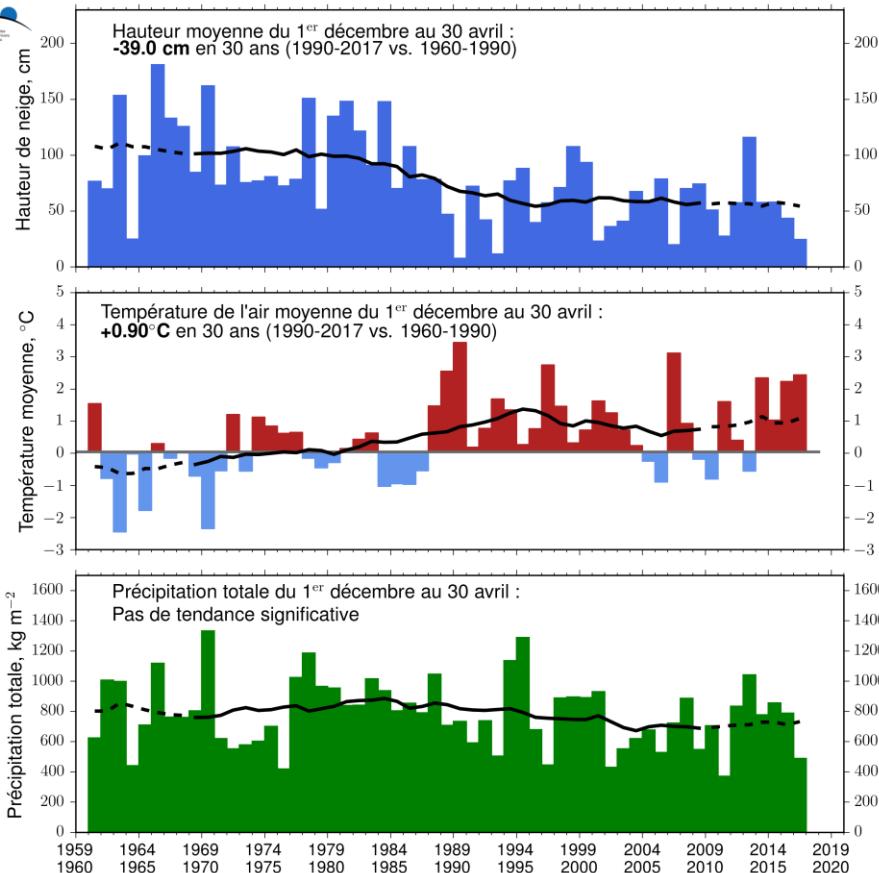
Changements dans les régions polaires

- Le permafrost/ pergélisol **fond et se dégrade**, avec le potentiel **d'ajouter des gaz à effet de serre** dans l'atmosphère.
- Dans le cas d'un réchauffement planétaire largement inférieur à 2°C, environ un quart du permafrost de surface fondra d'ici 2100. Si les émissions continuent à croître, environ 70% du permafrost de surface pourra être perdu.

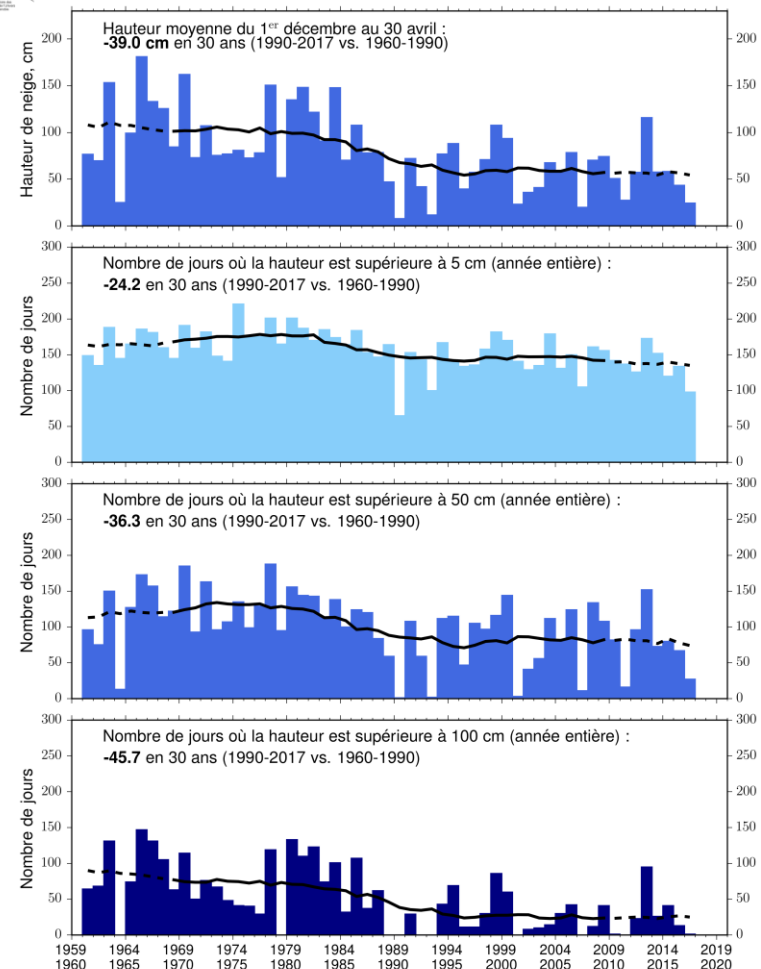


Exemple de tendances en montagne Col de Porte, 1325 m

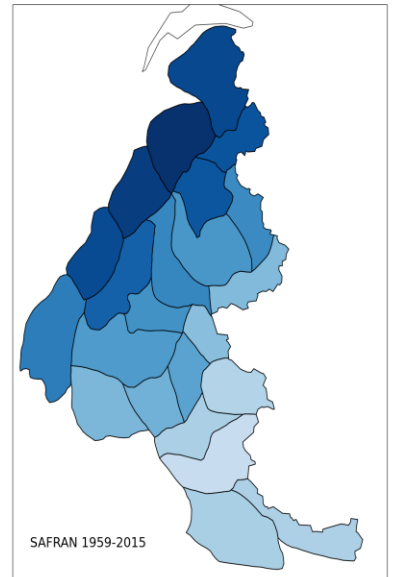
Enneigement, température et précipitations hivernales
Col de Porte (1325 m, Chartreuse)
Valeurs annuelles et moyennes glissantes sur 15 ans



Enneigement au Col de Porte (1325 m, Chartreuse)
Valeurs annuelles et moyennes glissantes sur 15 ans

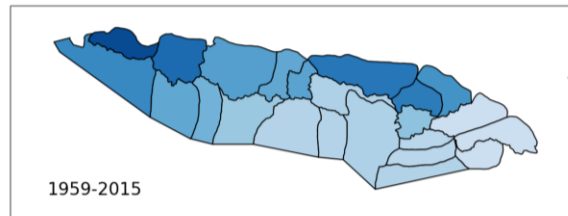


Analyse historiques des fluctuations et tendances de l'enneigement dans les montagnes françaises

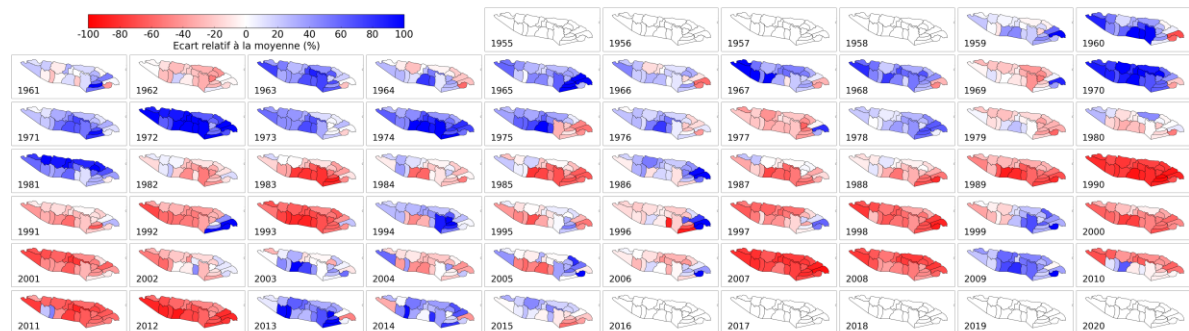
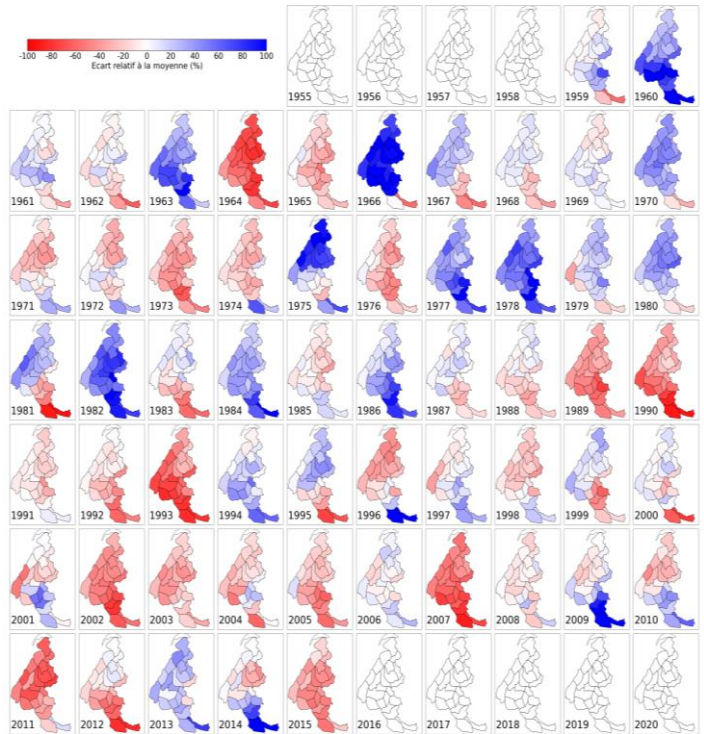


0 15 30 45 60 75 90 105 120
Hauteur de neige moyenne novembre-avril à 1800 m (cm)

Épaisseur de neige moyenne,
écart à la climatologie à 1800 m
d'altitude, 1959-2016



0 15 30 45 60 75 90 105 120
Hauteur de neige moyenne novembre-avril à 1800 m (cm)

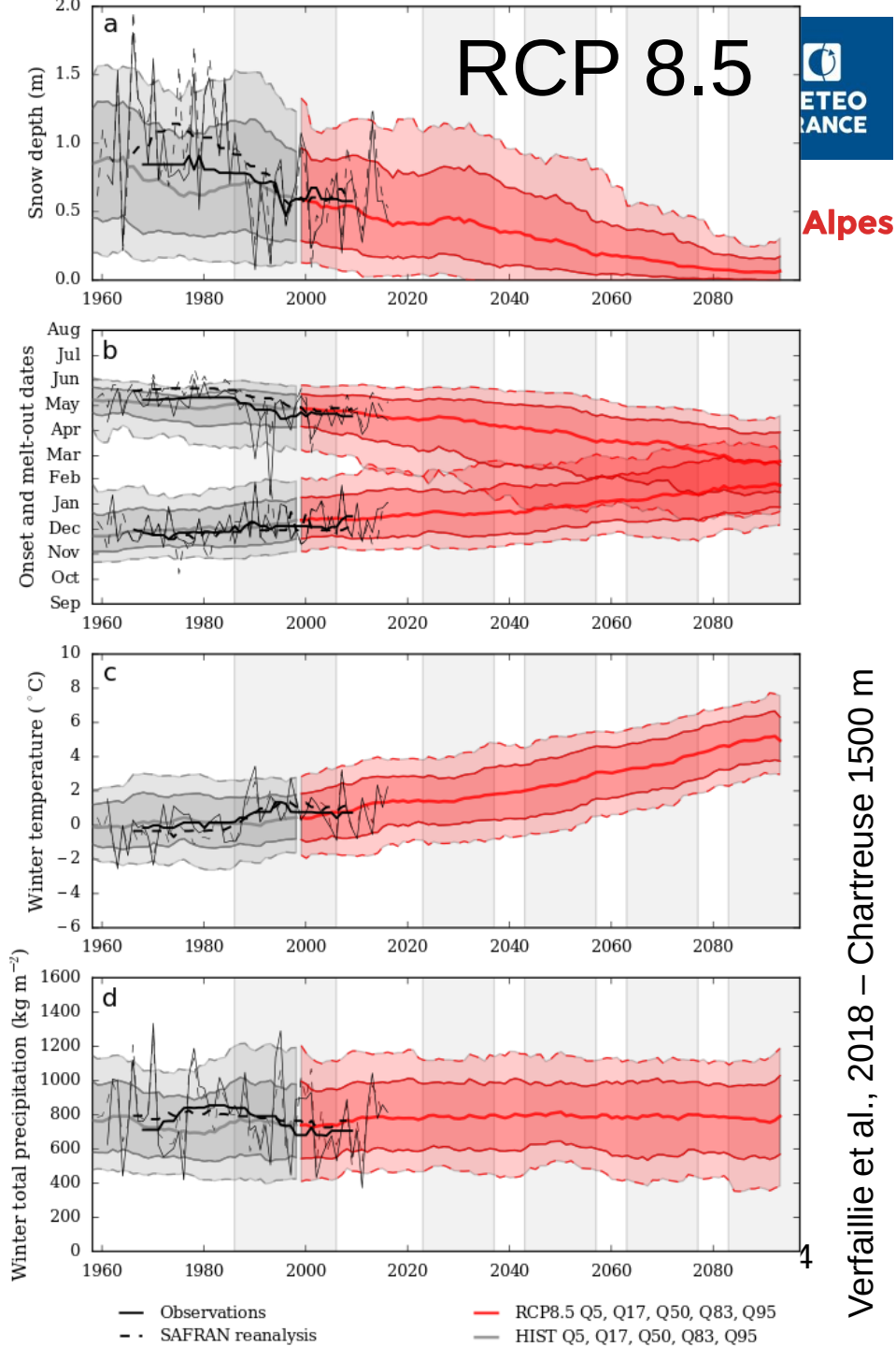


Projections climatiques pour la neige naturelle

Maintien d'une
variabilité
interannuelle

Raréfaction de
l'enneigement

Effet du scénario

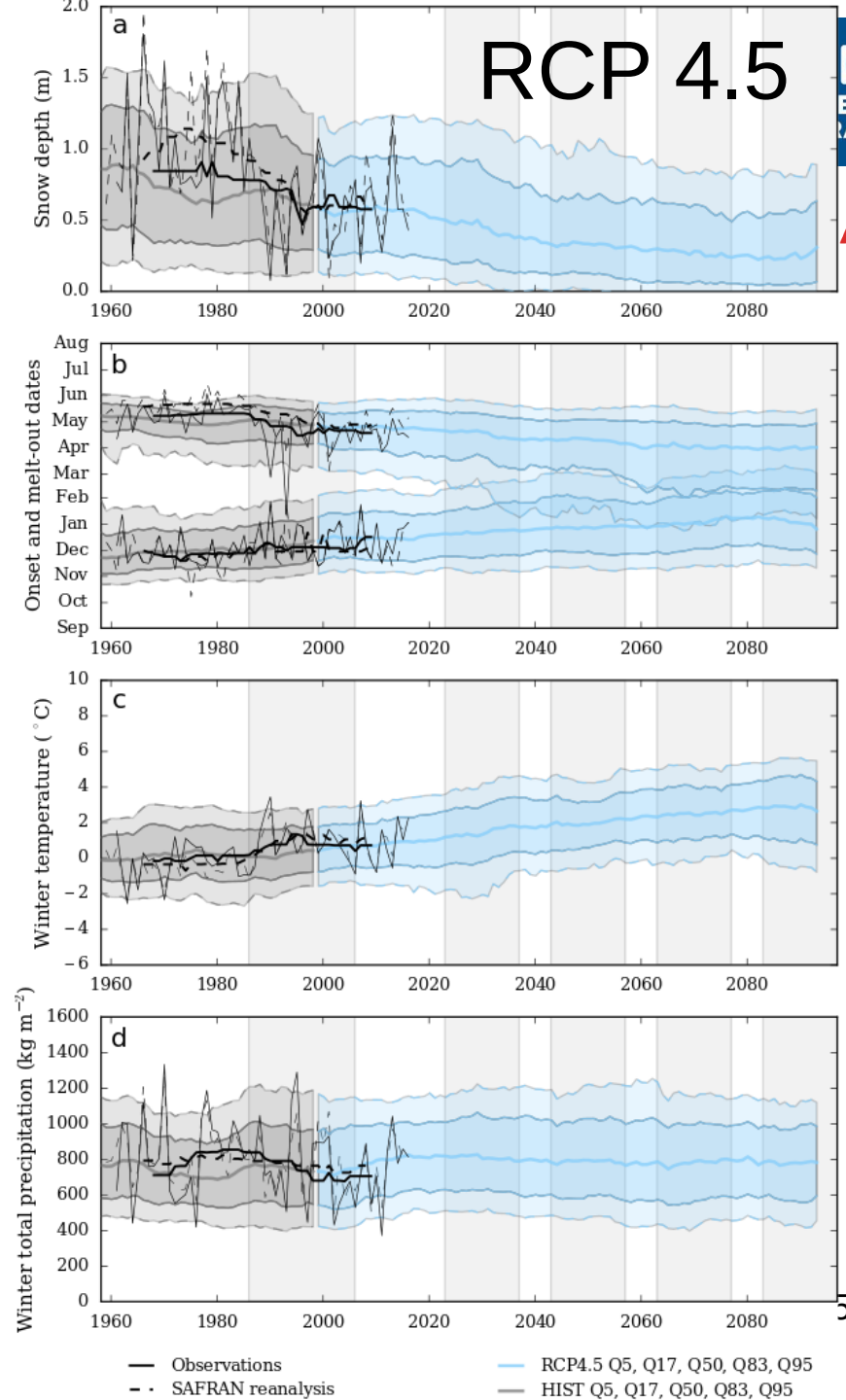


Projections climatiques pour la neige naturelle

Maintien d'une
variabilité
interannuelle

Raréfaction de
l'enneigement

Effet du scénario

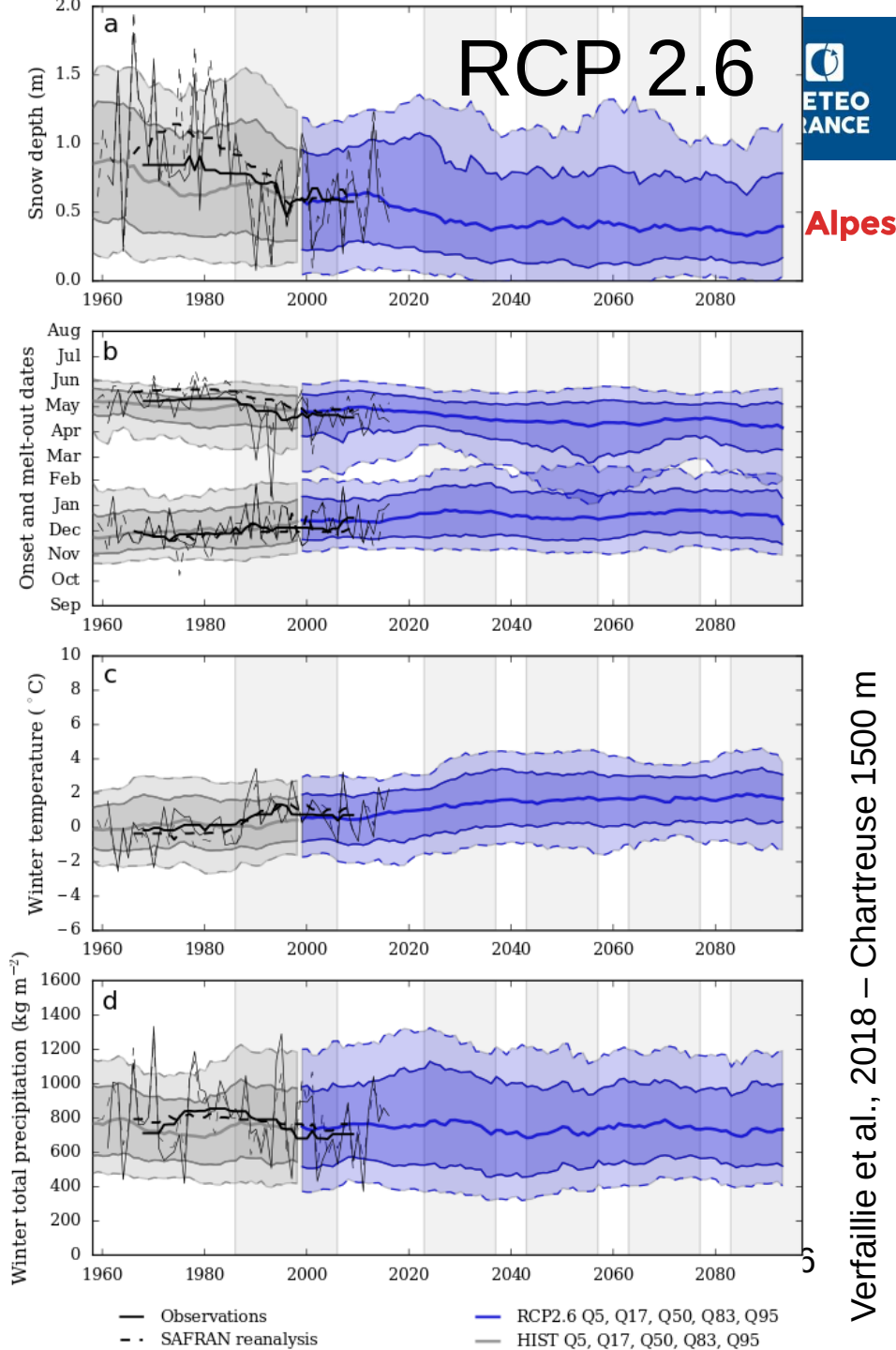


Projections climatiques pour la neige naturelle

Maintien d'une
variabilité
interannuelle

Raréfaction de
l'enneigement

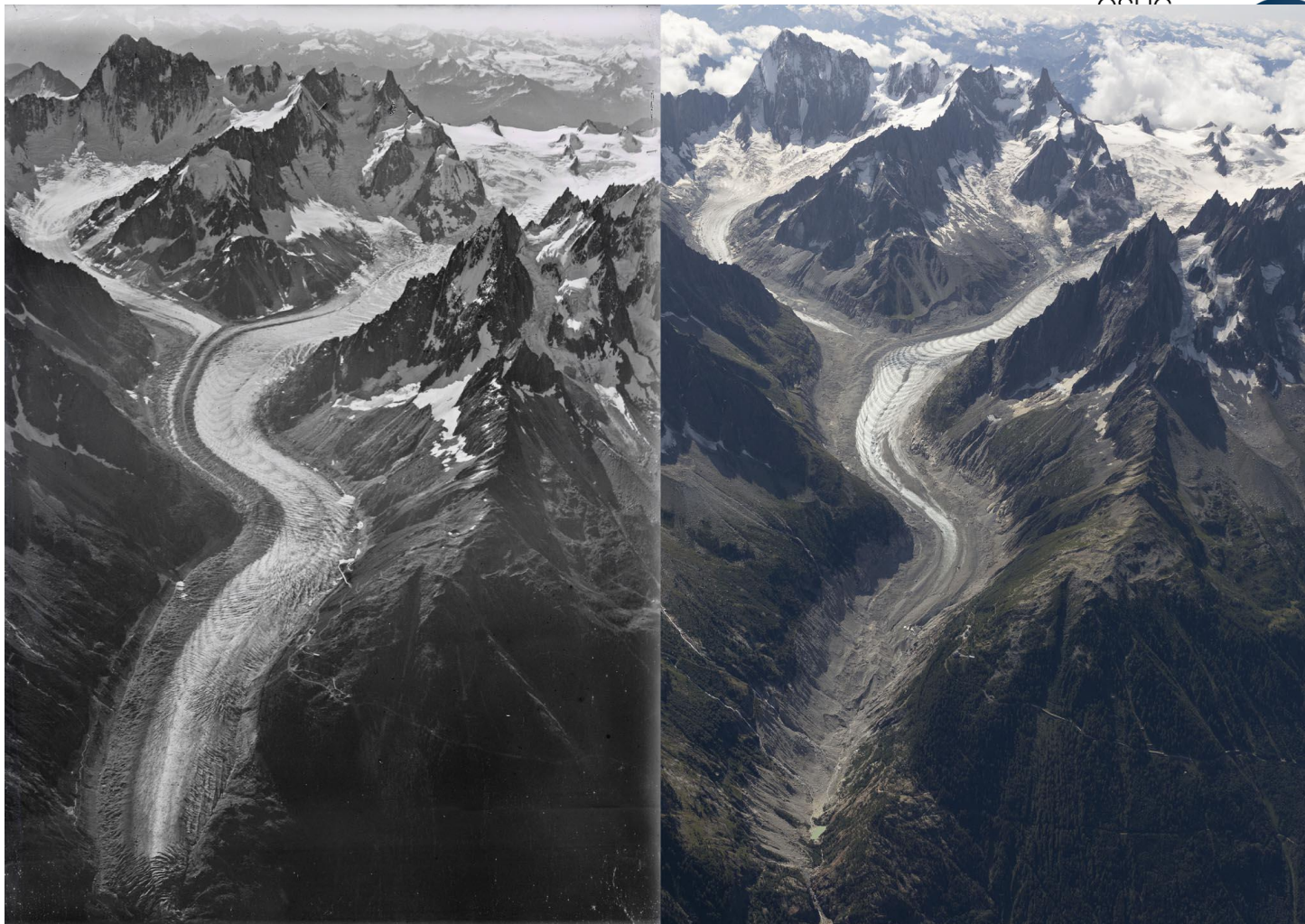
Effet du scénario



Evolution des glaciers

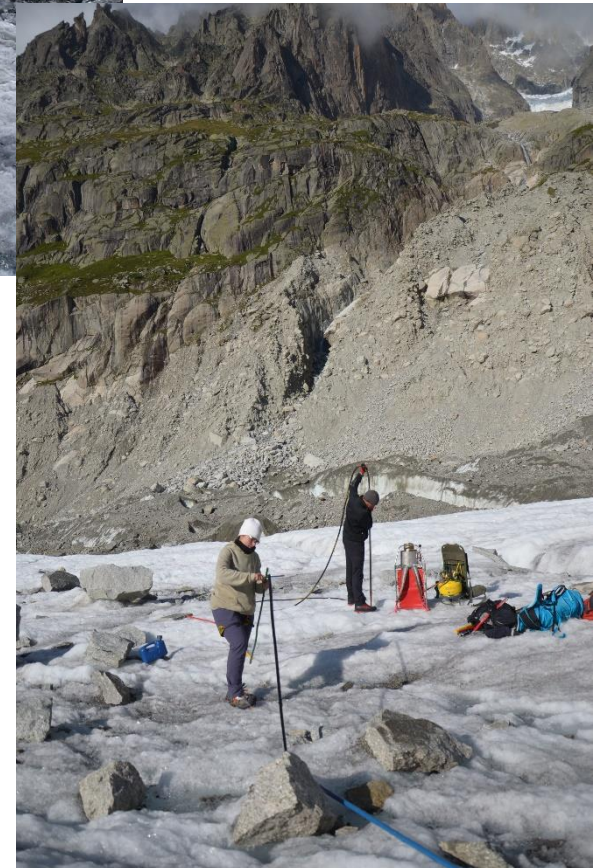
Delphine SIX





- 1° - Observer les glaciers (instrumentation, mesures)***
- 2° - Comprendre le lien Glaciers-Climat (analyse de données, modèles simples)***
- 3° - Quel avenir pour les glaciers de montagne ? (modèles, données climatiques, scénarii...)***







**vitesse
longueurs
épaisseurs
lits rocheux**

DGPS, RADAR, LiDAR





Rayonnement (solaire, IR)

Température, humidité, vent

Précipitations, hauteurs de neige





Mer de Glace et Argentière : début du siècle

Sareennes, Saint-Sorlin et Gébroulaz : milieu du siècle

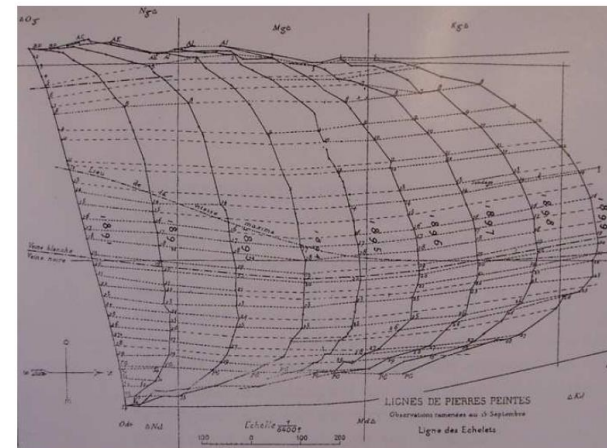
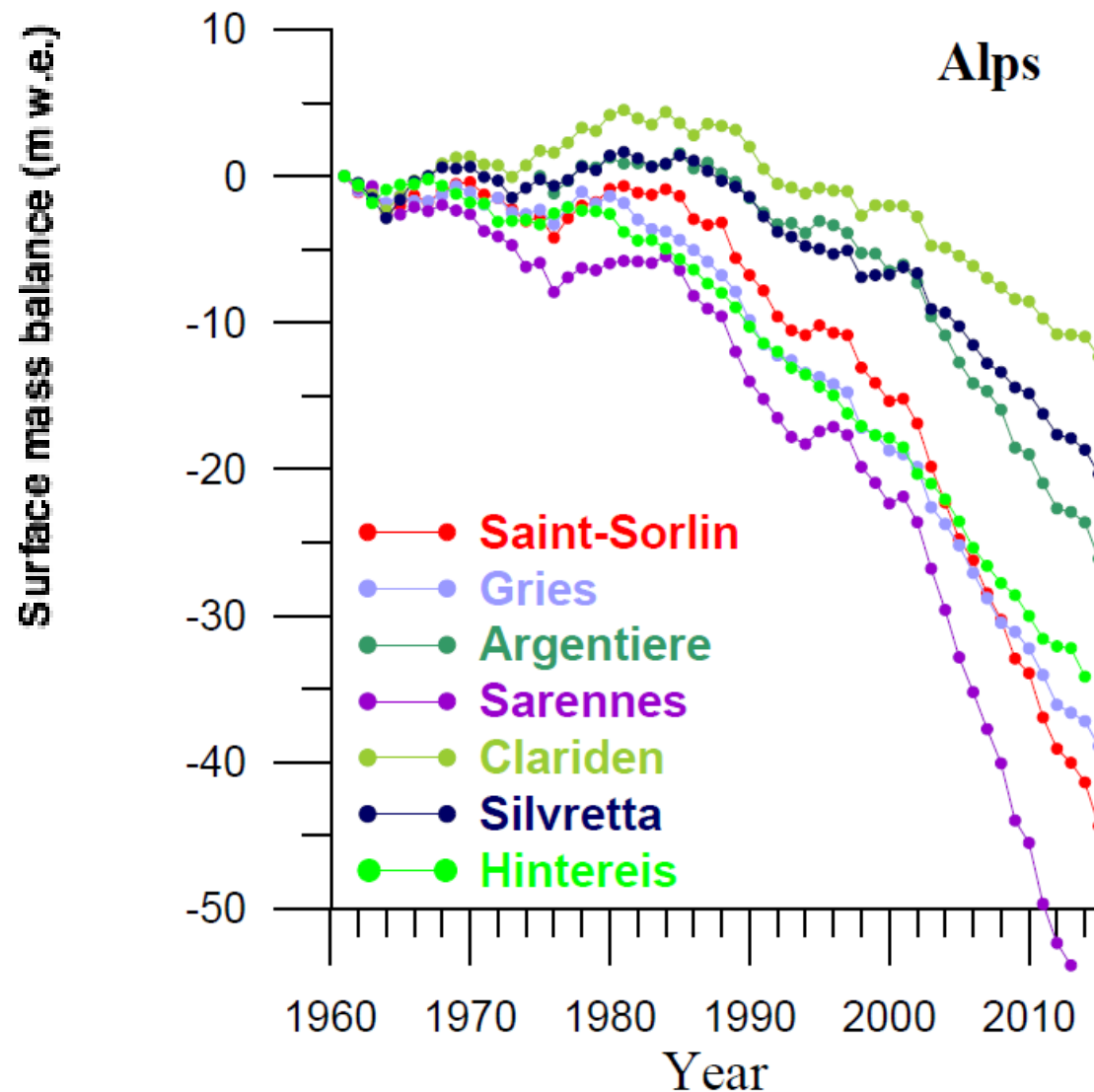


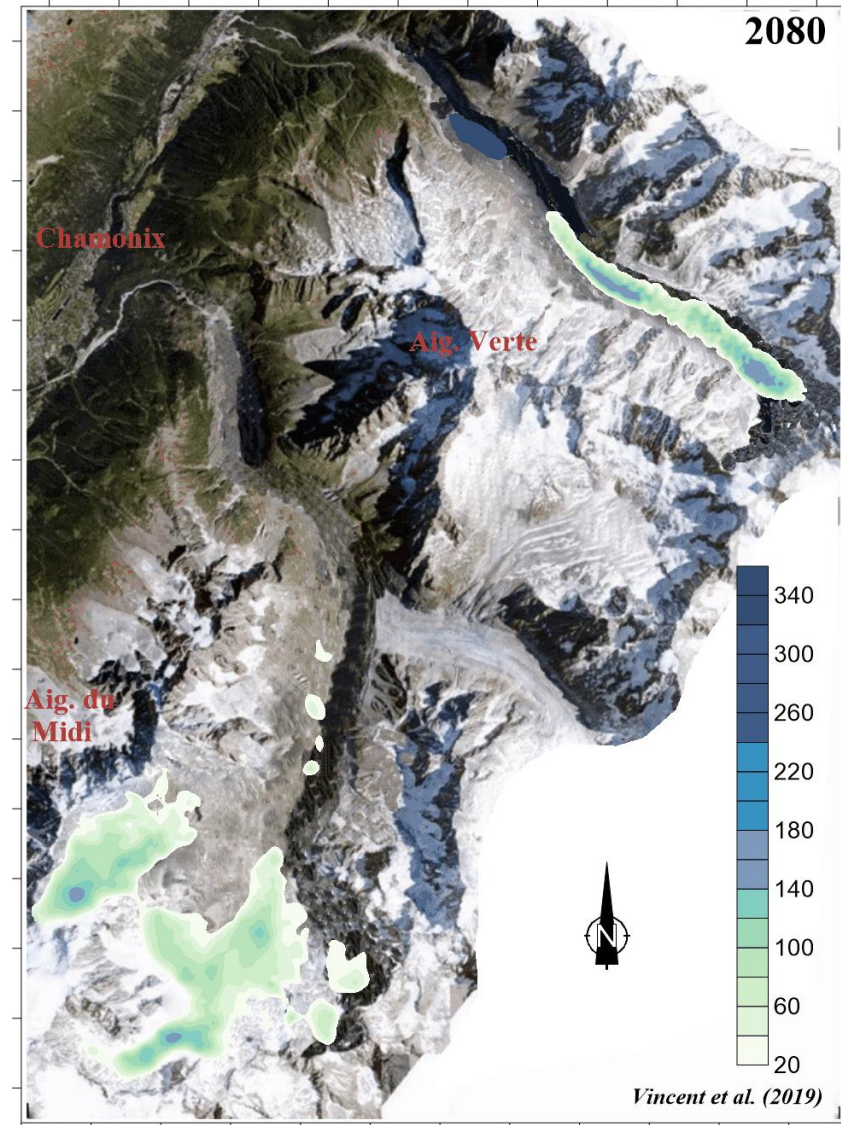
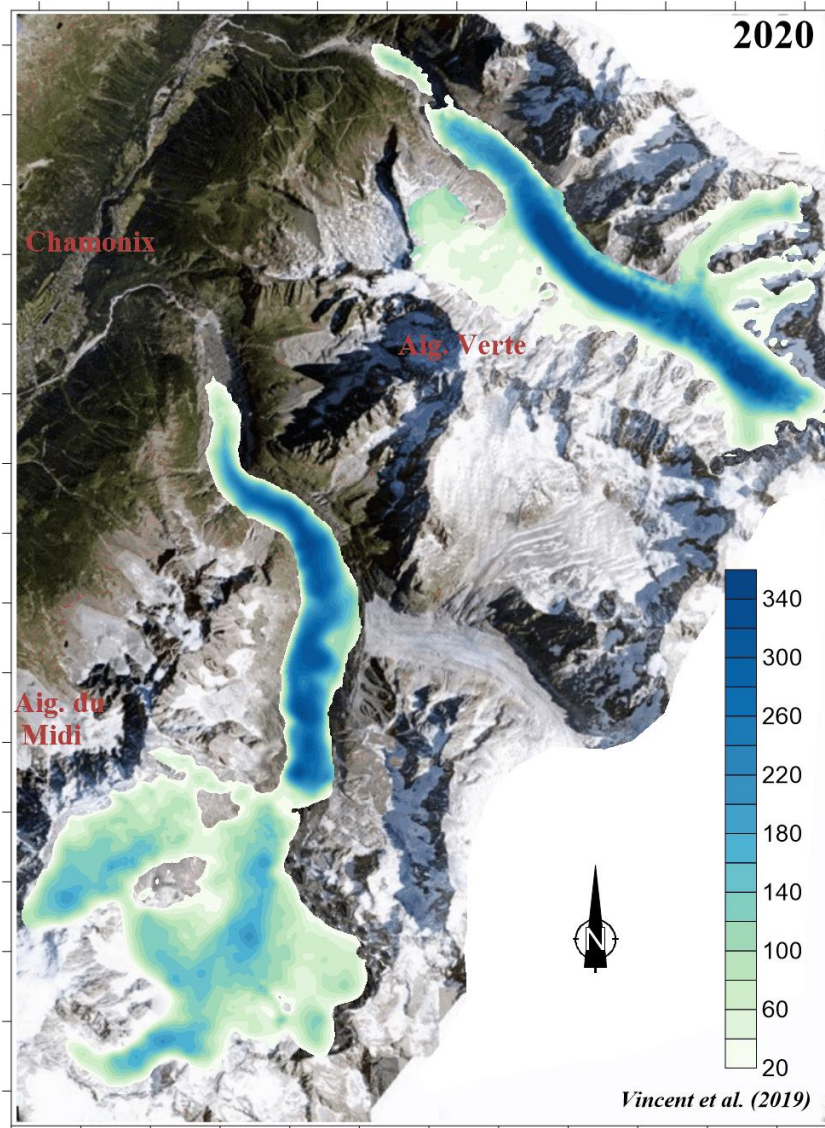
FIG. 1.4 – Premières mesures systématiques des vitesses de surface des glaciers par Vallot entre 1891 et 1899. Des pierres sont disposées à la surface de la Mer de Glace, sous les séracs du Géant, le long d'une droite en 1891. Mais les vitesses sont plus rapides (environ deux fois plus) au centre que sur les bords et l'alignement de pierres prend une forme arquée. Cette figure est extraite de Vivian (2001).

≈ **30** séries de plus de **40 ans** dans le monde (/250 000 glaciers recensés)

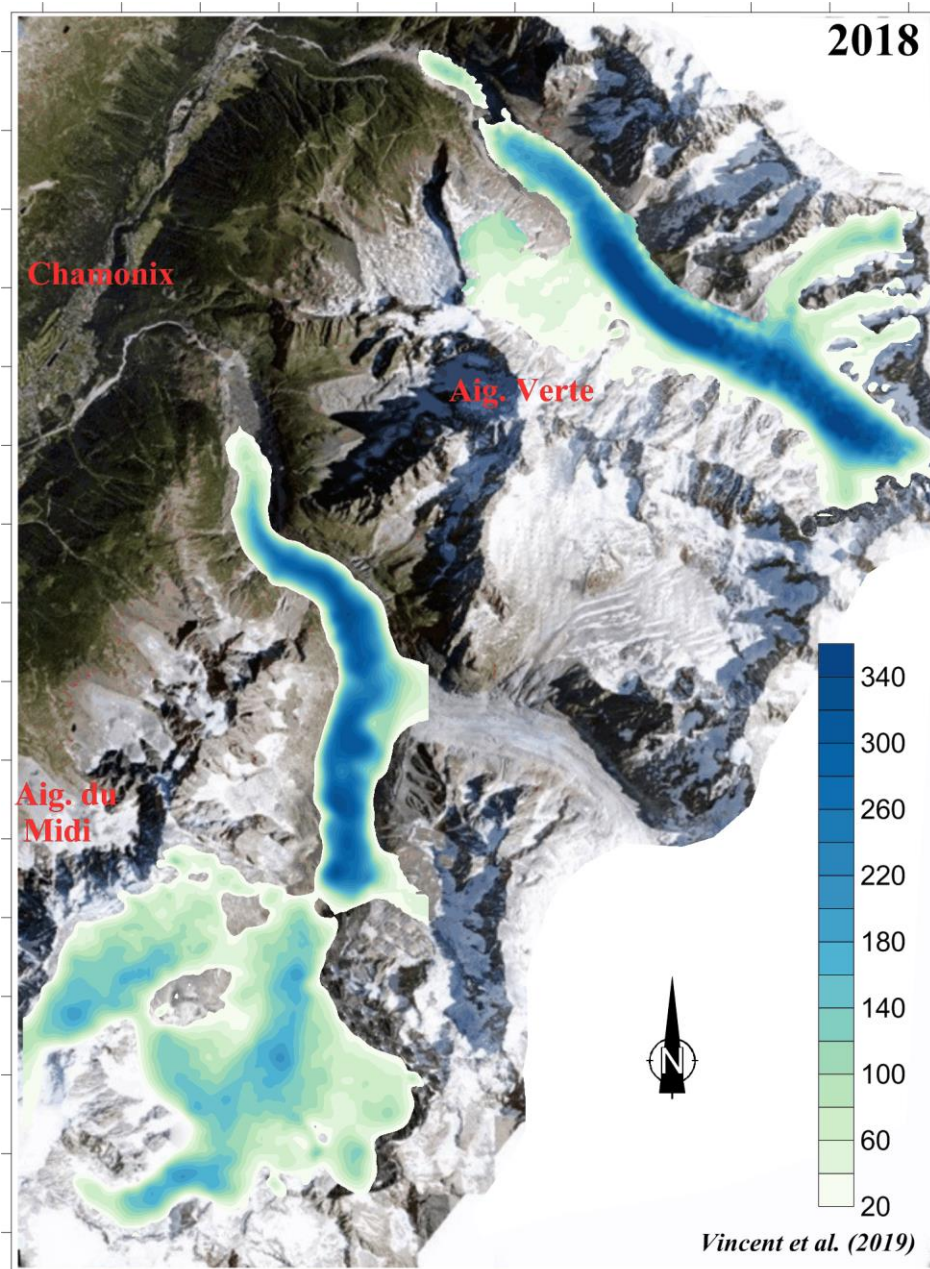


Le bilan de
masse glaciaire

Comparaison des
longues séries



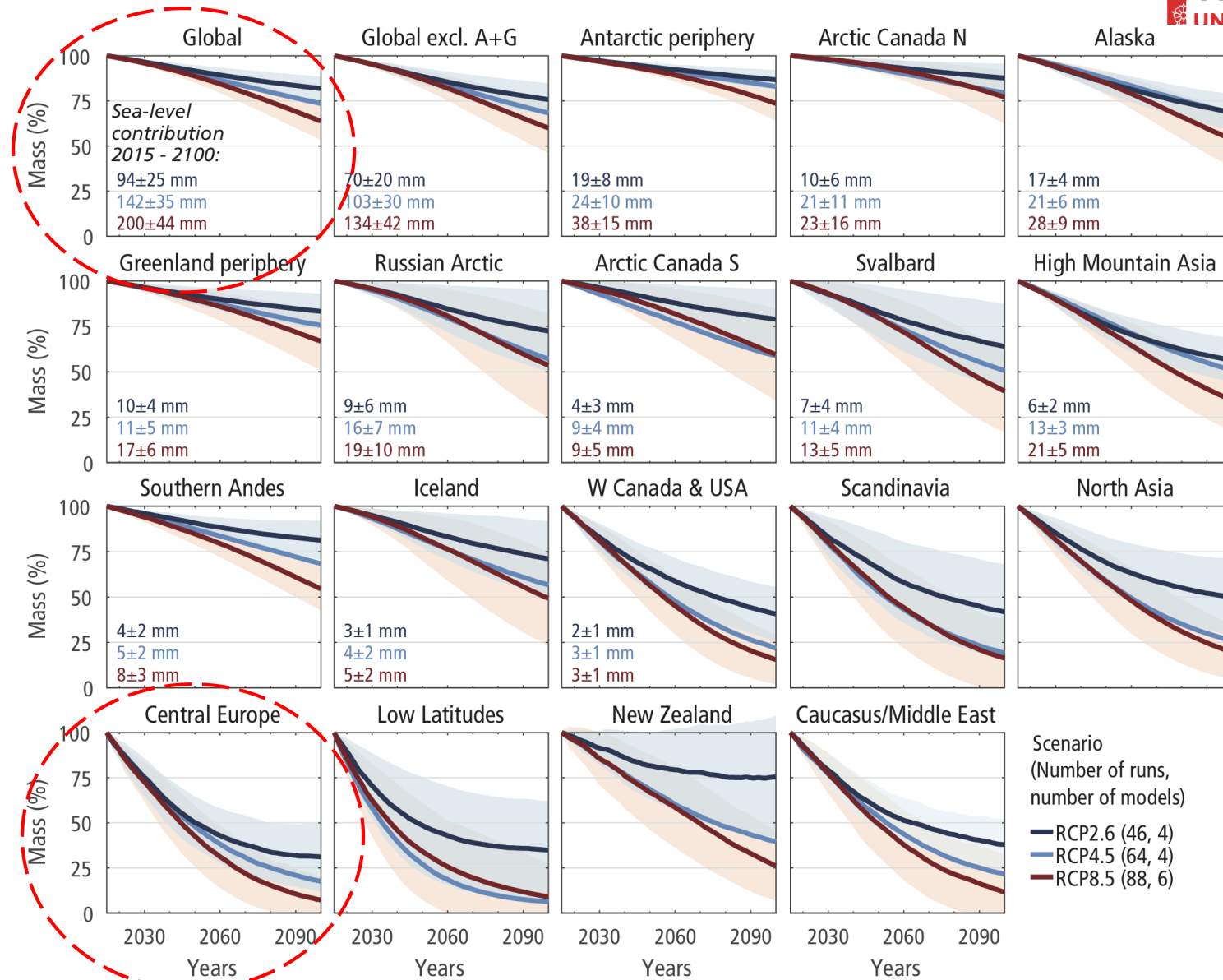
RCP4.5



Bouleversement du paysage, des pratiques touristiques et récréatives, du lien culturel qui nous lie aux montagnes.

Changements pour l'approvisionnement en eau (variables selon la saison et la distance aux glaciers)

RCP4.5



SROCC

Résumé



- **Le climat de la France et du monde change, avec des effets visibles partout**
- **C'est dû aux rejets mondiaux de gaz à effet de serre**
- **Certains changements futurs sont inéluctables (horizon 2050) et il faut s'y préparer (adaptation) pour réduire les risques**
- **L'évolution à long terme (après 2050) va fortement dépendre des émissions de gaz à effet de serre à venir (atténuation)**
- **Il y a de nombreuses options pour agir**
- **L'éducation et la formation sont essentielles : apprendre pour comprendre, apprendre à agir**

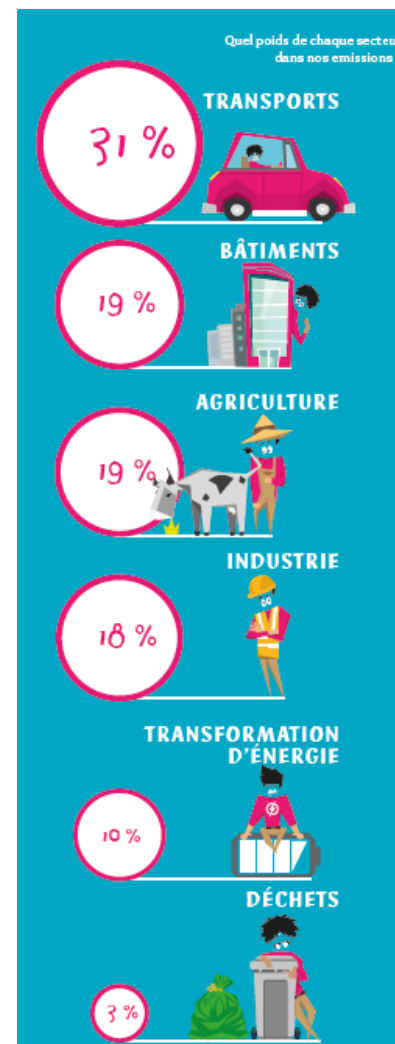
Emissions de gaz à effet de serre de la France



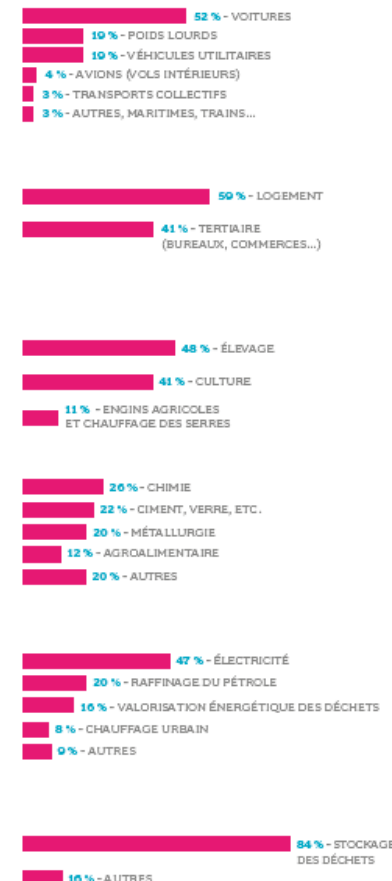
Emissions nationales :
6,6 tonnes équivalent- CO_2 / personne / an

Empreinte carbone des Français :
11 tonnes équivalent- CO_2 / personne/an

<https://www.hautconseilclimat.fr/>

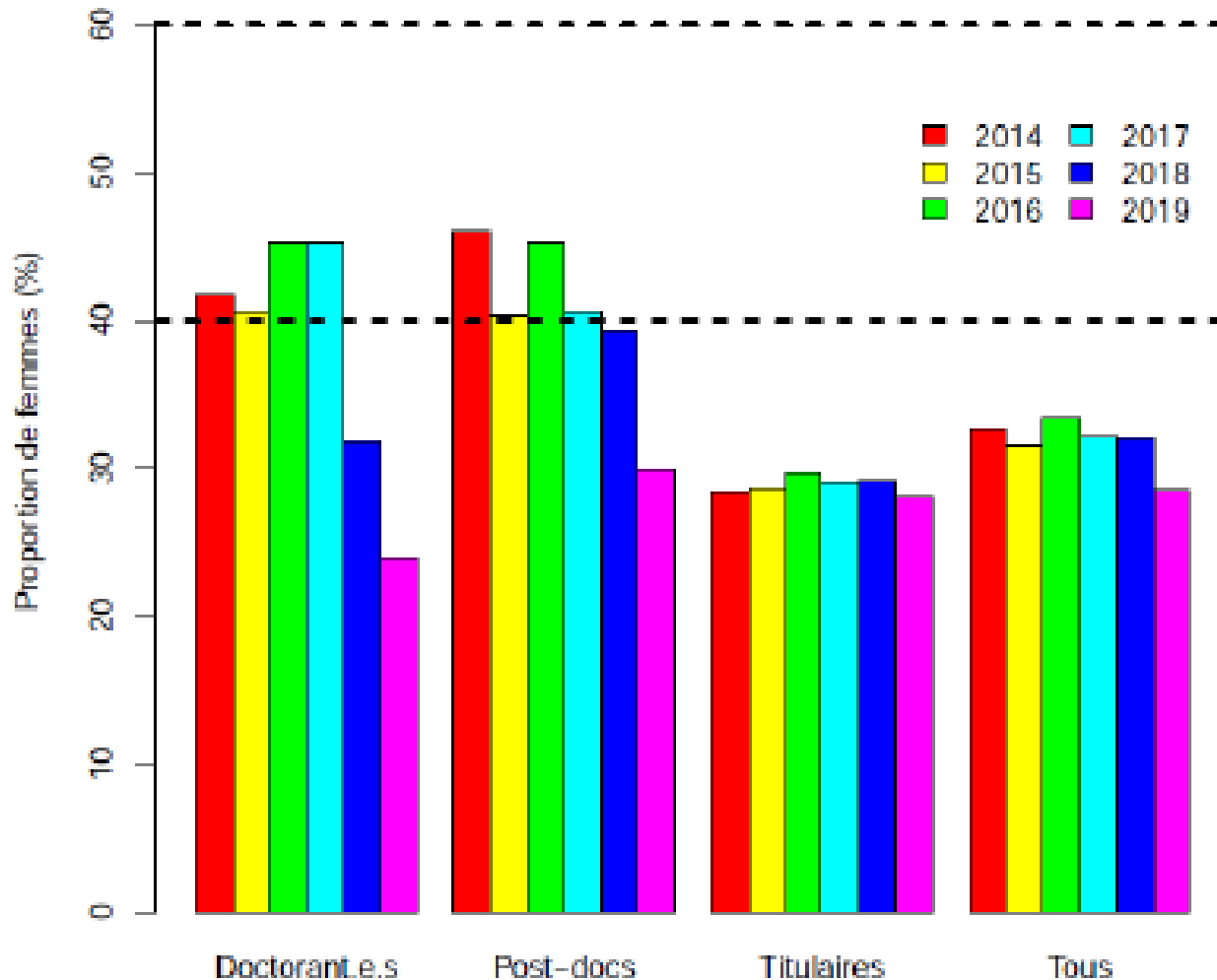


De quelles activités
proviennent ces émissions ?

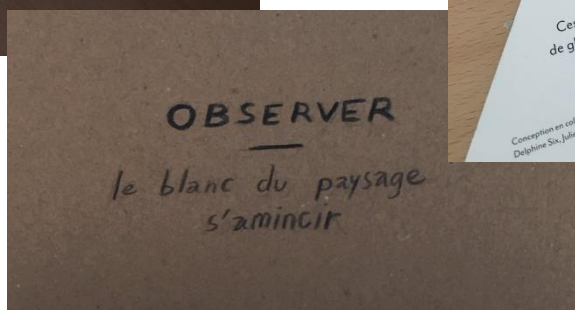


Ratios H/F au CNRM

(total 350 personnes environ)



Merci de votre attention !



Catherine Gauthier
@CGauthier123

Découverte des travaux de visualisation du [#réchauffement](#) climatique en [#design](#) de l'école d'art du Rhin en collaboration avec les chercheurs de [@OSUG_fr](#) [@u_grenoblealpes](#) [@CultureUGA](#) [@AuraOuranos](#) [@dio2_cst](#) à la lagnigique MACI du campus

Samuel Morin

Univ. Grenoble Alpes, Université de Toulouse,
Météo-France, CNRS, CNRM, Centre d'Etudes de la Neige, Grenoble, France



@smlmrn