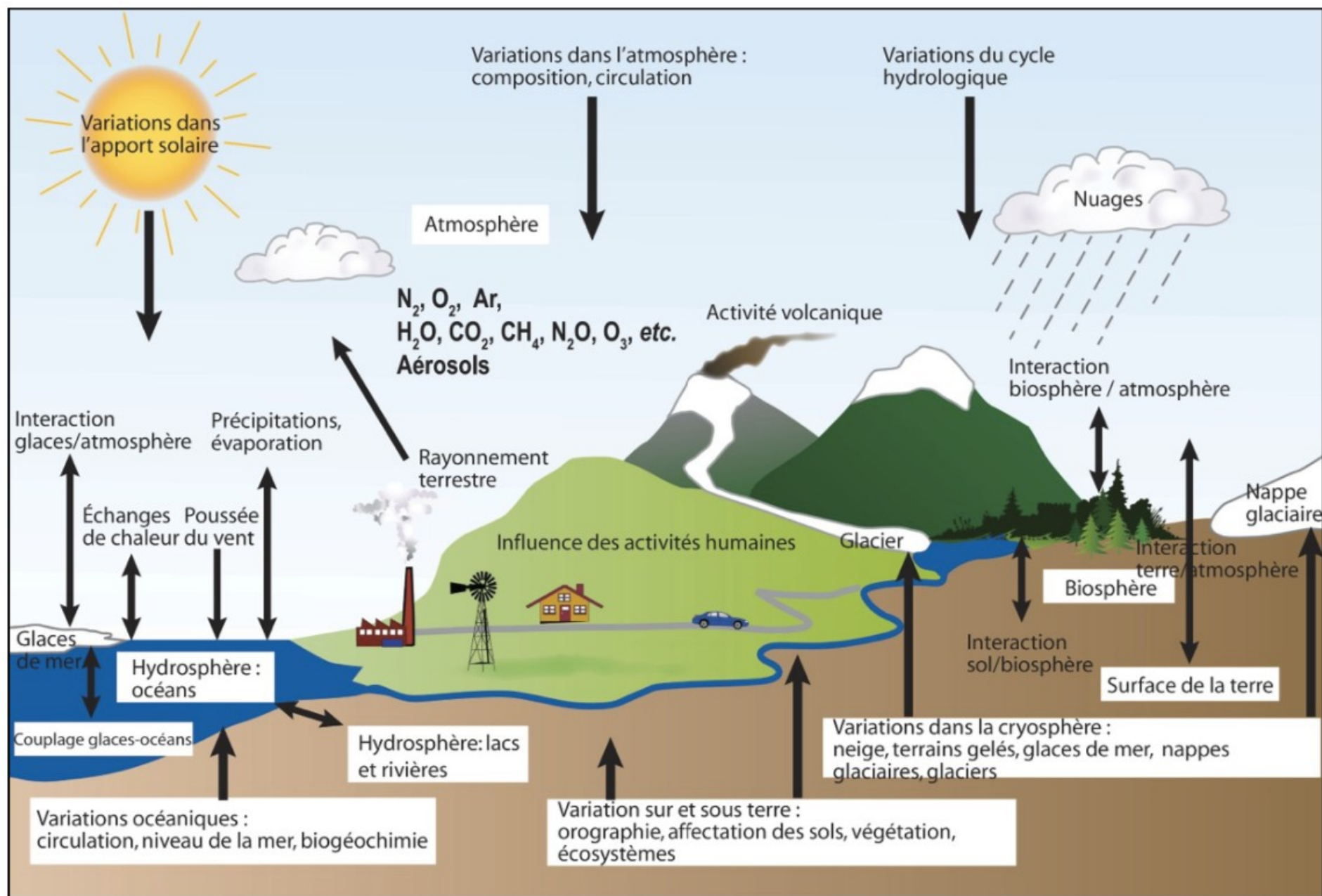


Les modèles climatiques d'échelle globale et régionale

David Salas y Mélia, CNRM (Météo-France & CNRS)

Webinaire #1 « L'adaptation, le GIEC et nous », 2 juillet 2024

Le système climatique terrestre (GIEC, 2007)

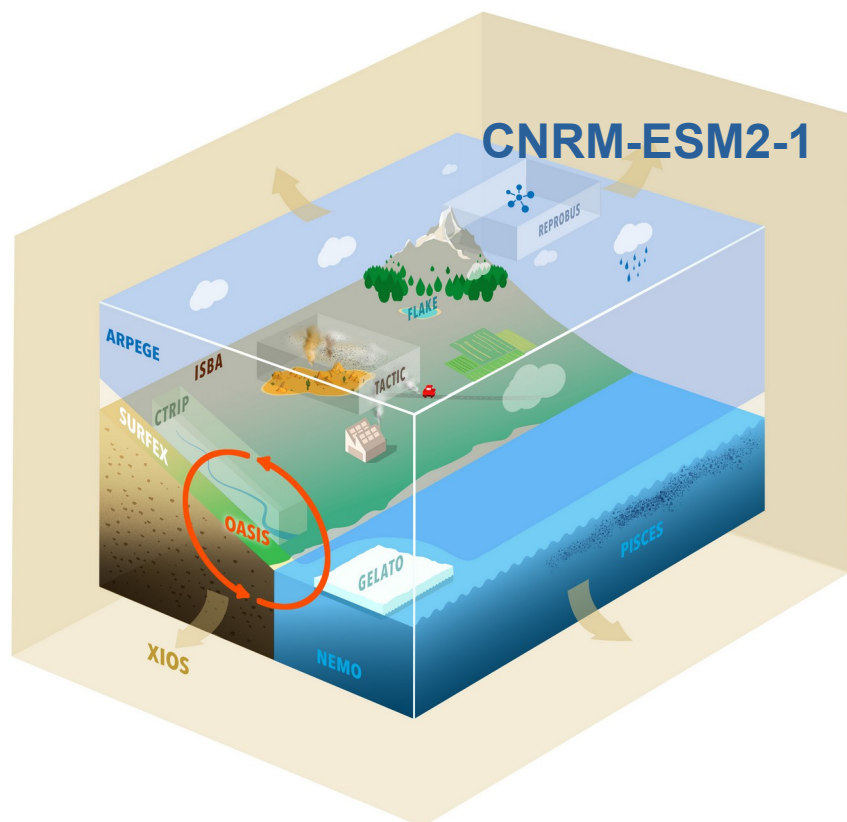


Les simulations climatiques d'échelle globale

Modèle

Forçages climatiques

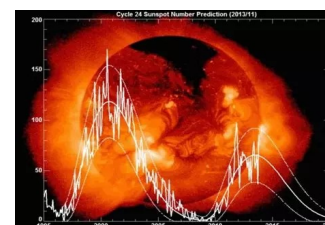
Simulations



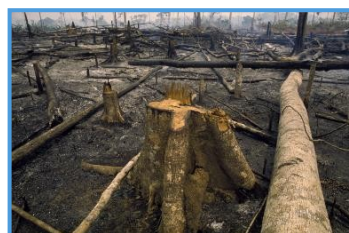
+



Gaz à effet de serre



Variations solaires



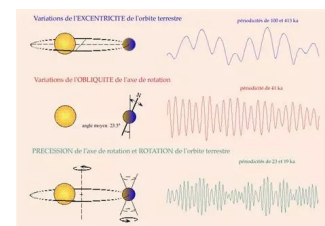
Changements
d'usage des terres



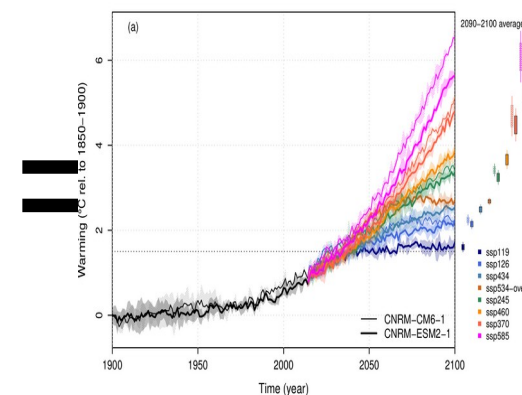
Eruptions
volcaniques



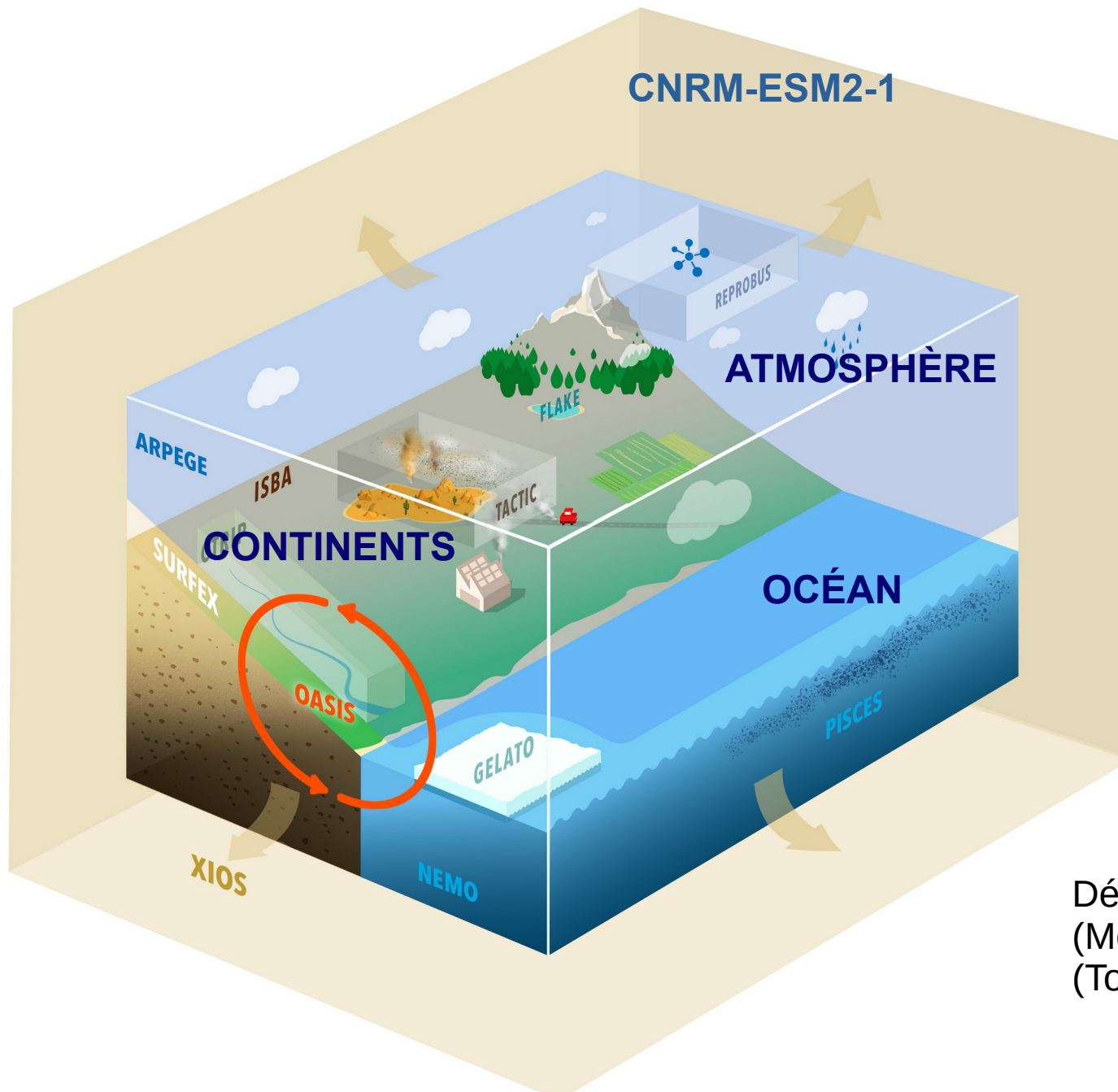
Aérosols
(particules)



(Paramètres
astronomiques)



Un modèle de « Système Terre » : CNRM-ESM2-1



Développements effectués par le CNRM
(Météo-France & CNRS) et le CERFACS
(Toulouse)

Modèle de circulation générale atmosphérique (AGCM)



Un modèle de circulation générale atmosphérique :

- fonctionne sur un **domaine spatial** donné, sur lequel un maillage est défini
- comporte un **coeur dynamique** (mécanique des fluides pour représenter l'écoulement atmosphérique, conservation de la masse, de l'énergie...)
- inclut **des paramétrisations** pour représenter les processus non-représentés explicitement dans le modèle
- inclut des **méthodes numériques** permettant de résoudre les équations

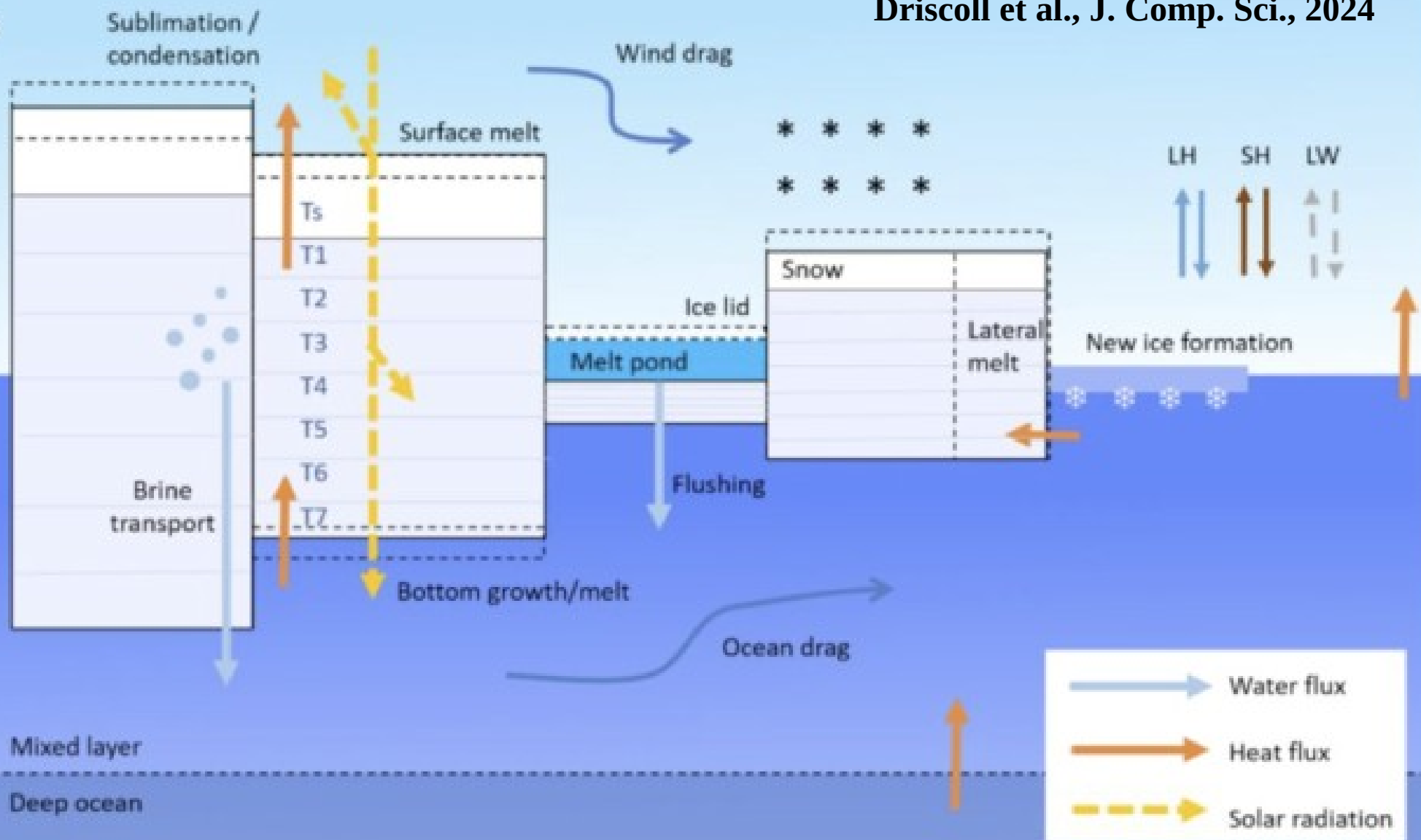
Exemple de modèle : la représentation de la banquise



Exemple de modèle : la représentation de la banquise

Driscoll et al., J. Comp. Sci., 2024

b

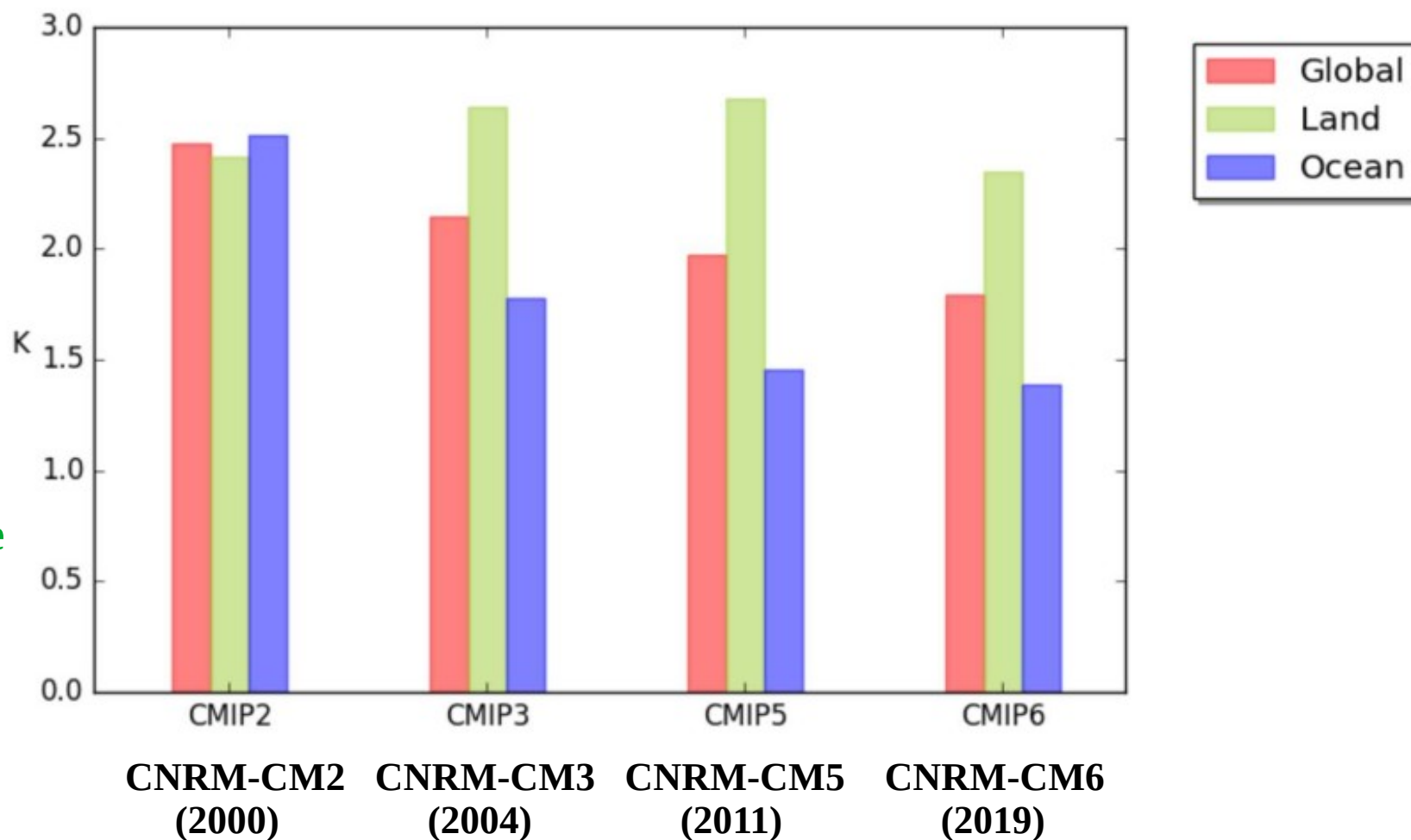


Évaluation des générations successives du modèle climatique couplé océan-atmosphère du CNRM

Estimation du biais de température à 2m simulée

Erreur forte

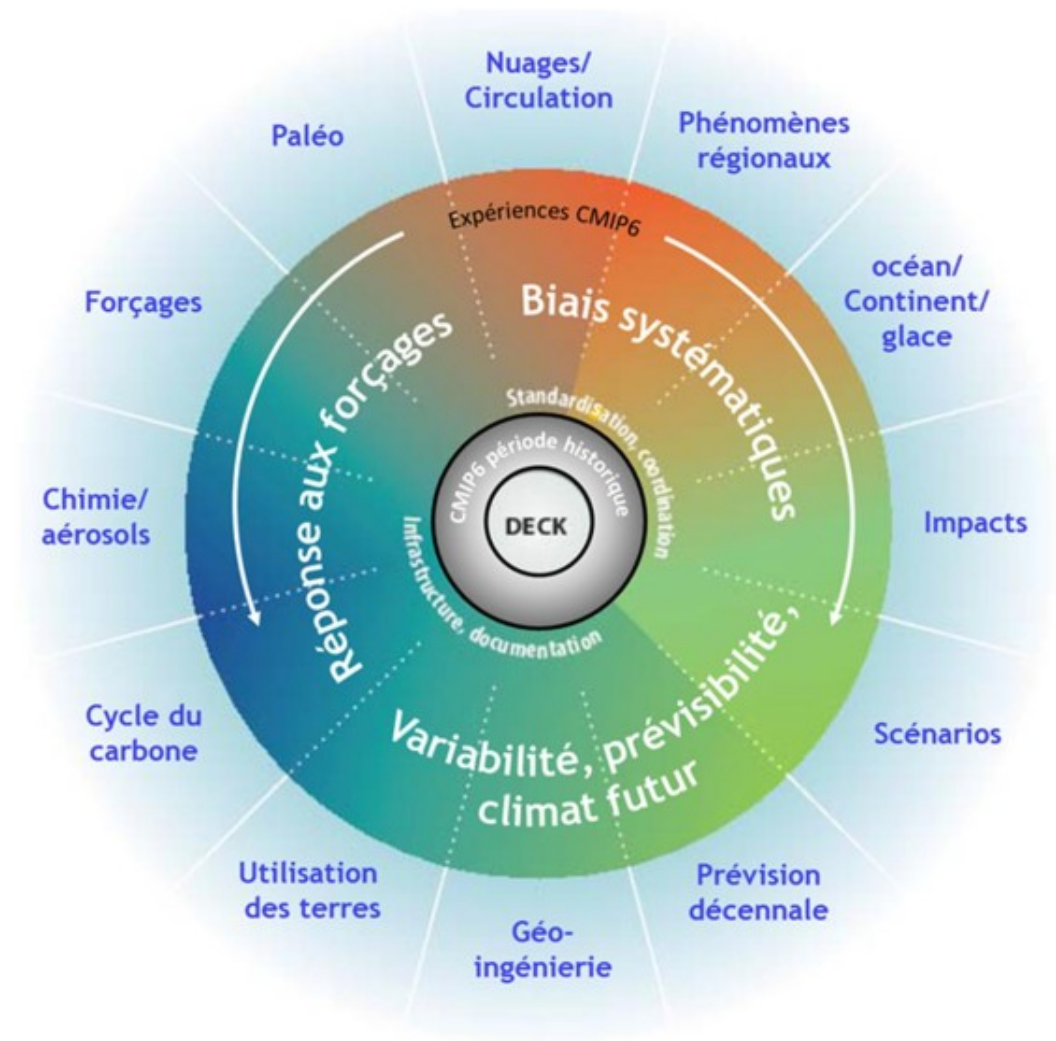
Erreur faible



... évaluation des modèles selon beaucoup d'autres métriques !

Le projet d'intercomparaison de modèles climatiques CMIP6

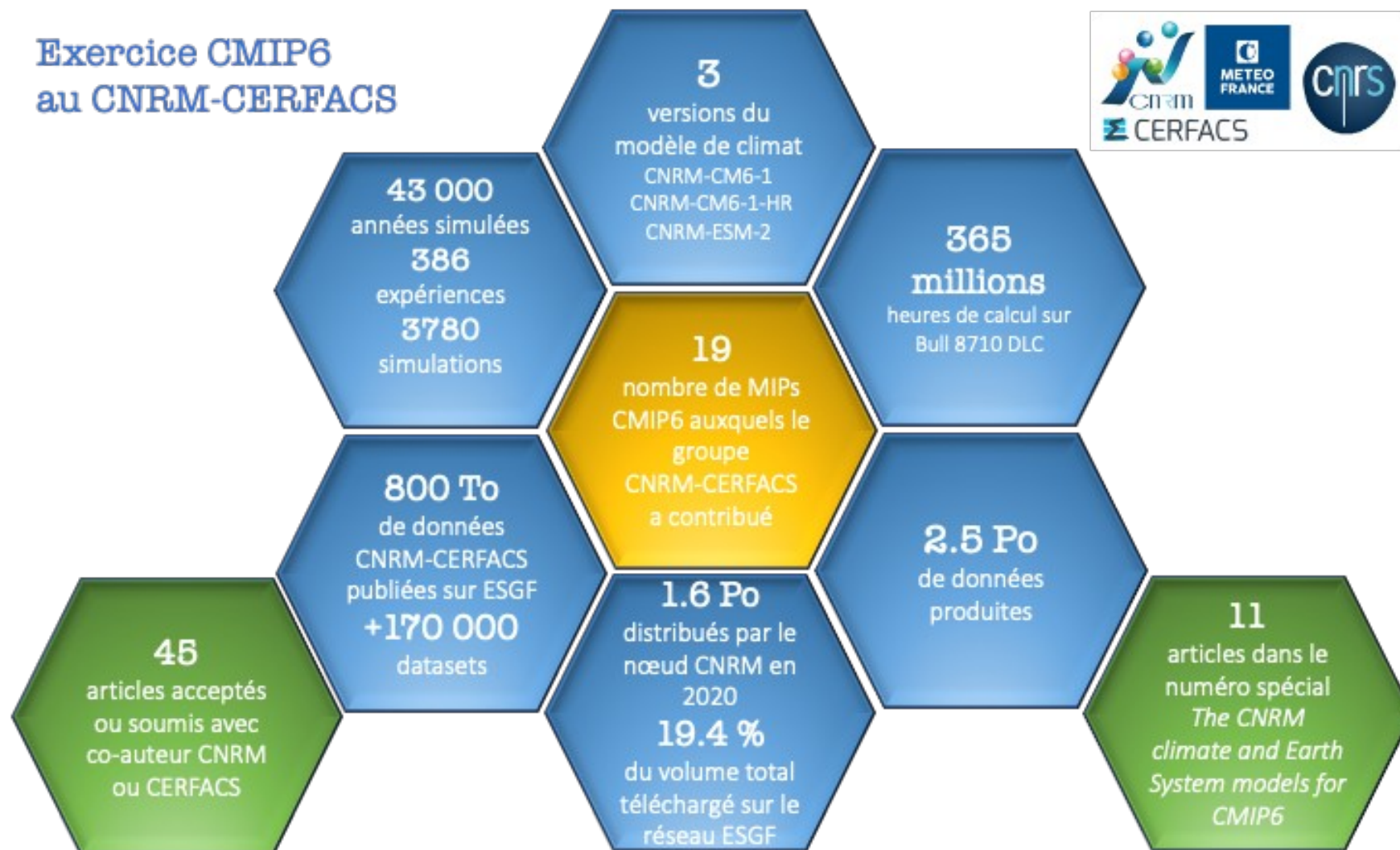
- Un projet du Programme mondial de recherche sur le climat
- Mobilisation d'une expertise scientifique très complète : 21 projets d'intercomparaison sur différents thèmes
- Trois questions scientifiques majeures
- Avec la participation de plus de 50 groupes de modélisation du climat dont CNRM-CERFACS et IPSL



Représentation schématique des thèmes scientifiques et de l'organisation de CMIP6. Adapté de Eyring et al. (2016)

L'exercice CMIP6 réalisé par le CNRM-CERFACS : Quelques chiffres

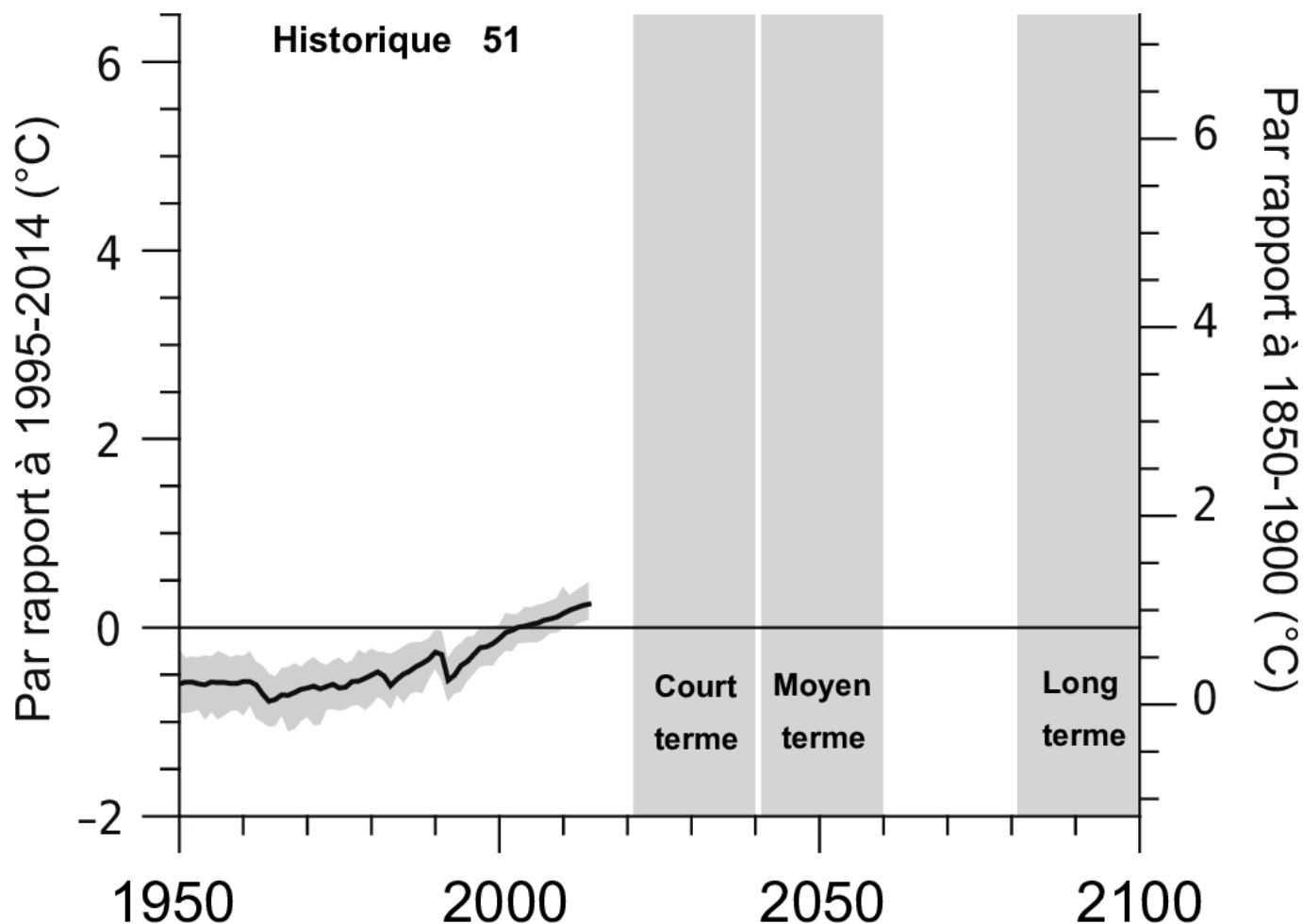
Exercice CMIP6 au CNRM-CERFACS



Projections : l'incertitude liée aux modèles et aux scénarios d'émissions

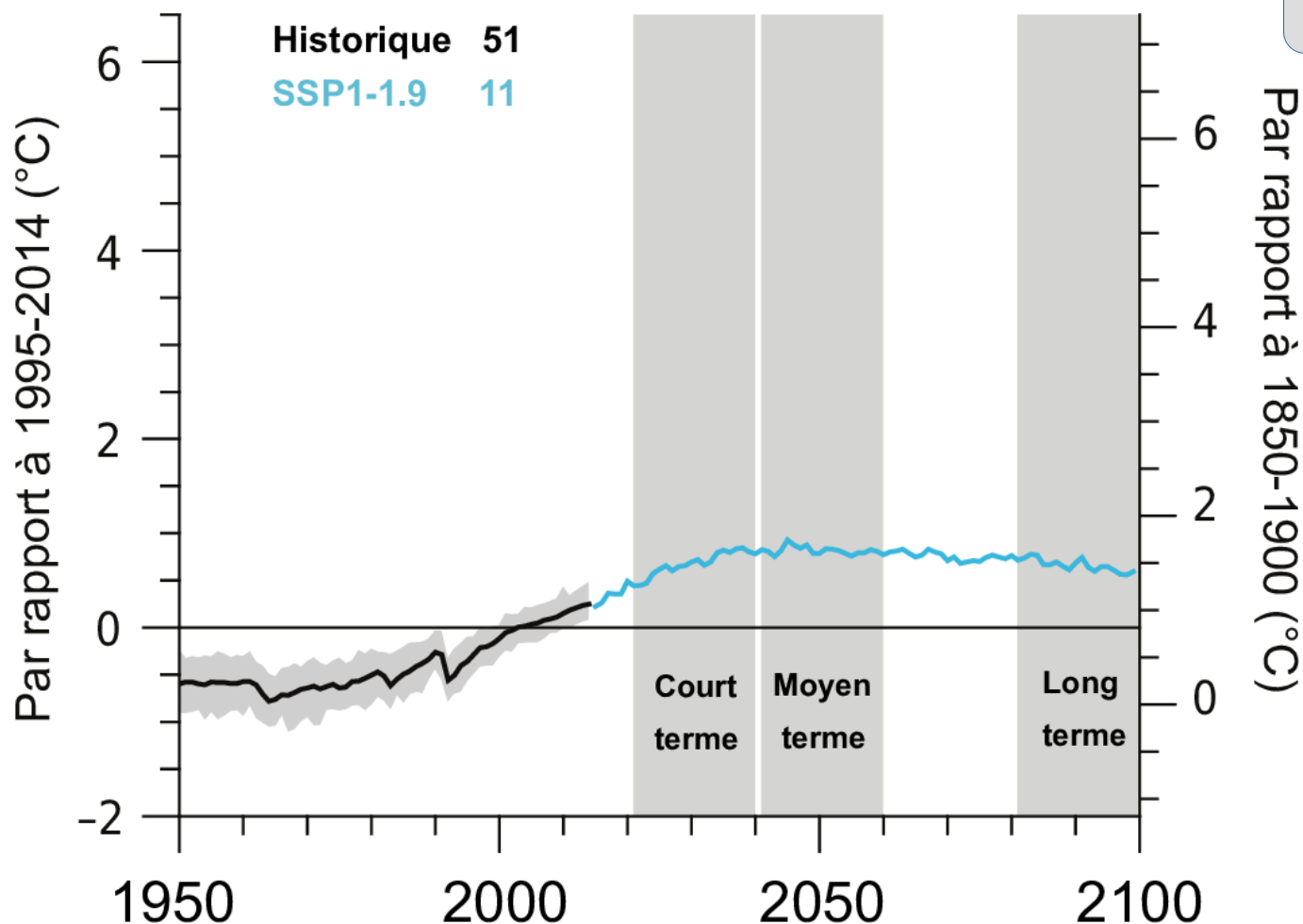
Changement de la température moyenne mondiale (1950-2100)

Simulation historique
(jusqu'en 2014)



Projections : l'incertitude liée aux modèles et aux scénarios d'émissions

Changement de la température moyenne mondiale (1950-2100)

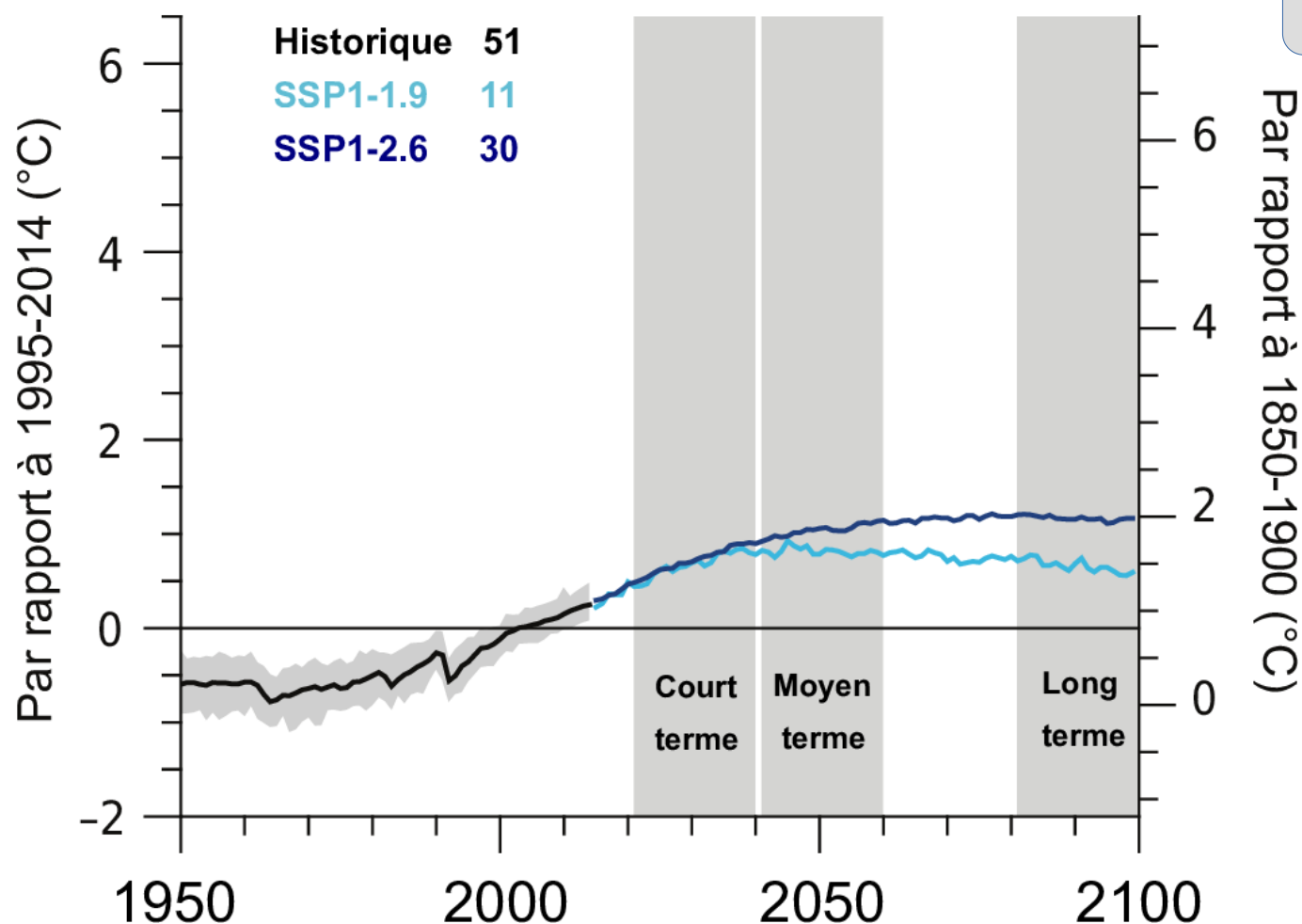


SSP1-1.9 : « développement durable », forte coopération internationale, très forte baisse des émissions de CO₂



Projections : l'incertitude liée aux modèles et aux scénarios d'émissions

Changement de la température moyenne mondiale (1950-2100)

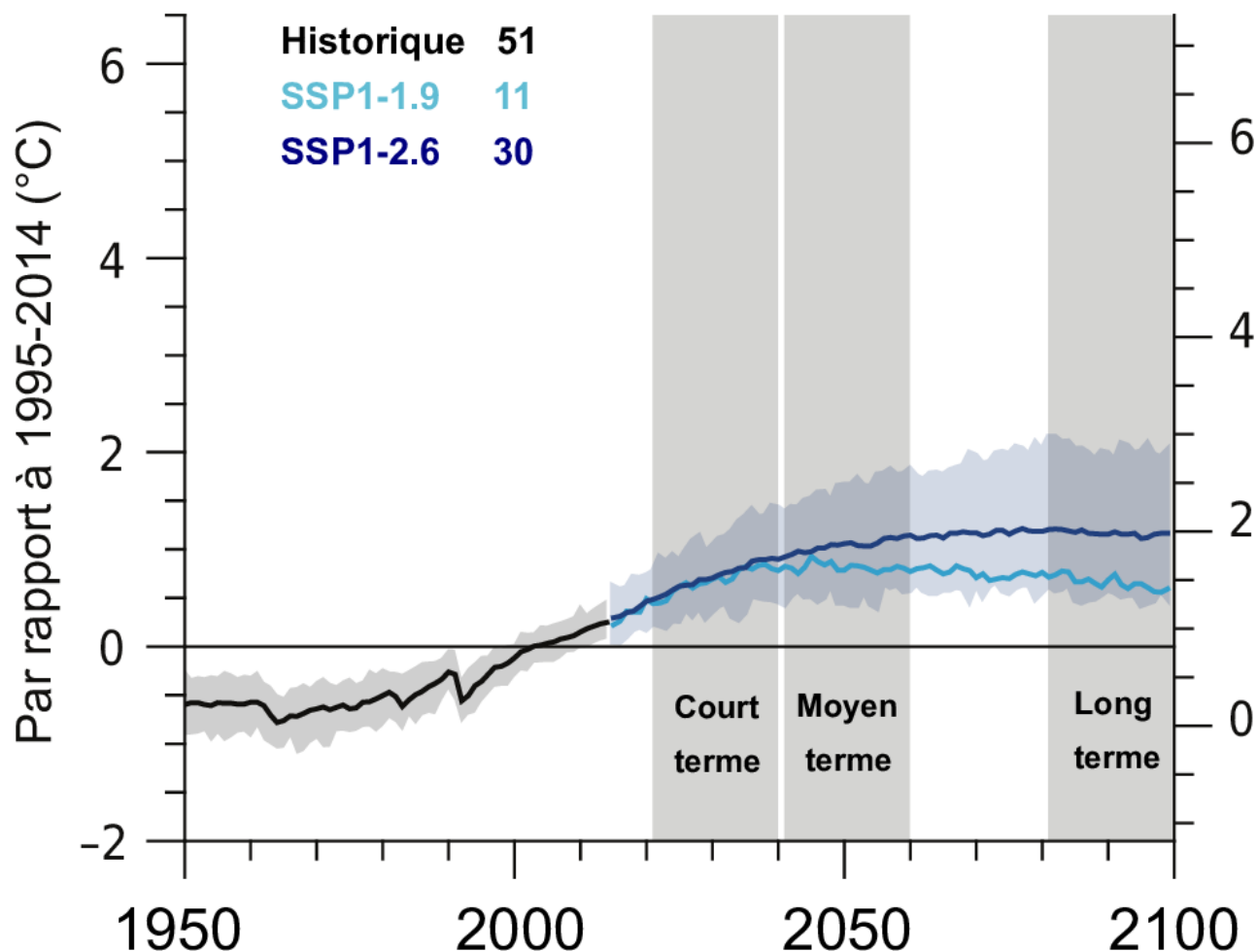


SSP1-2.6 : « développement durable », forte coopération internationale, forte baisse des émissions de CO₂



Projections : l'incertitude liée aux modèles et aux scénarios d'émissions

Changement de la température moyenne mondiale (1950-2100)



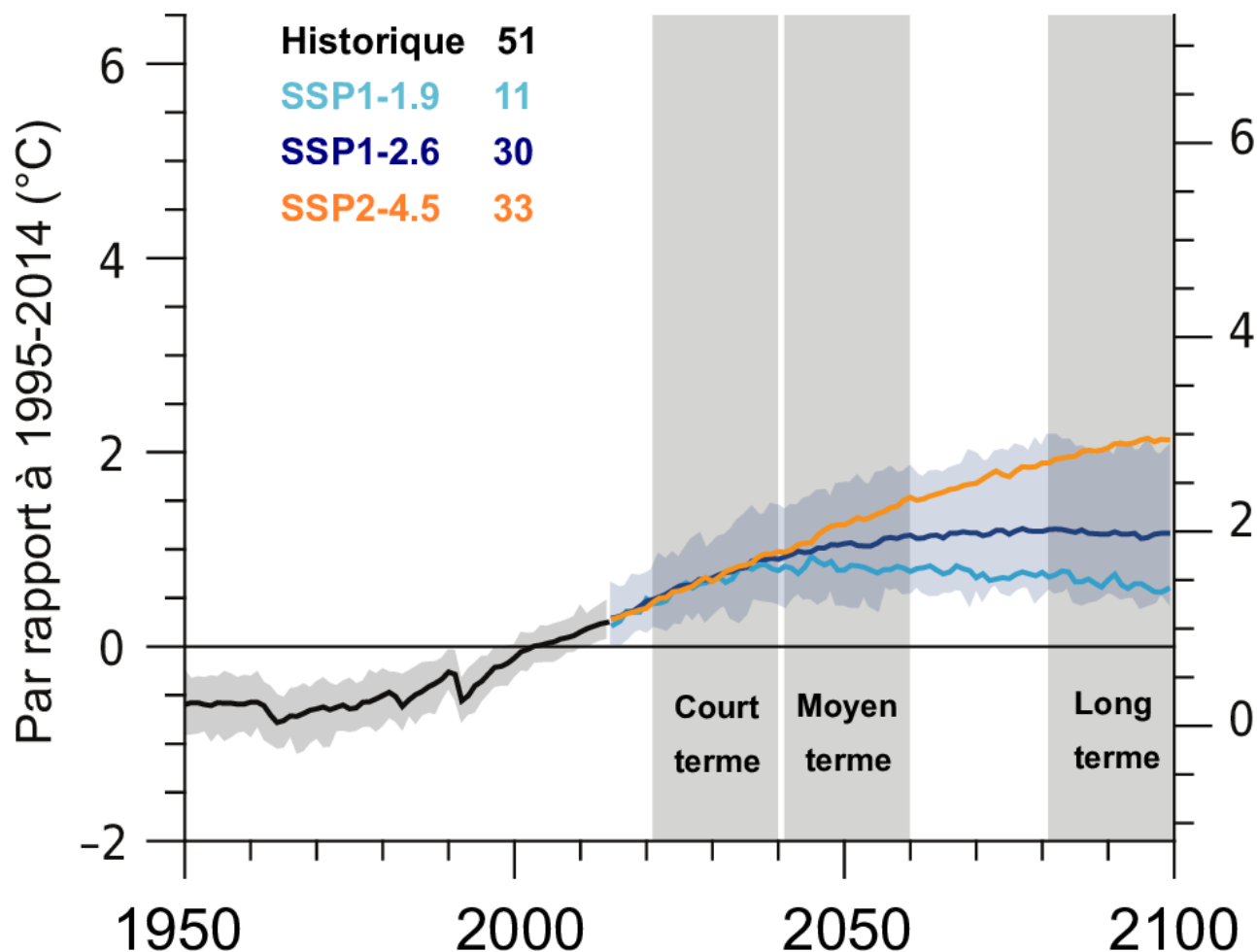
SSP1-2.6 : « développement durable », forte coopération internationale, forte baisse des émissions de CO₂

↑
Incertitude modèle
(SSP1-2.6)
↓



Projections : l'incertitude liée aux modèles et aux scénarios d'émissions

Changement de la température moyenne mondiale (1950-2100)



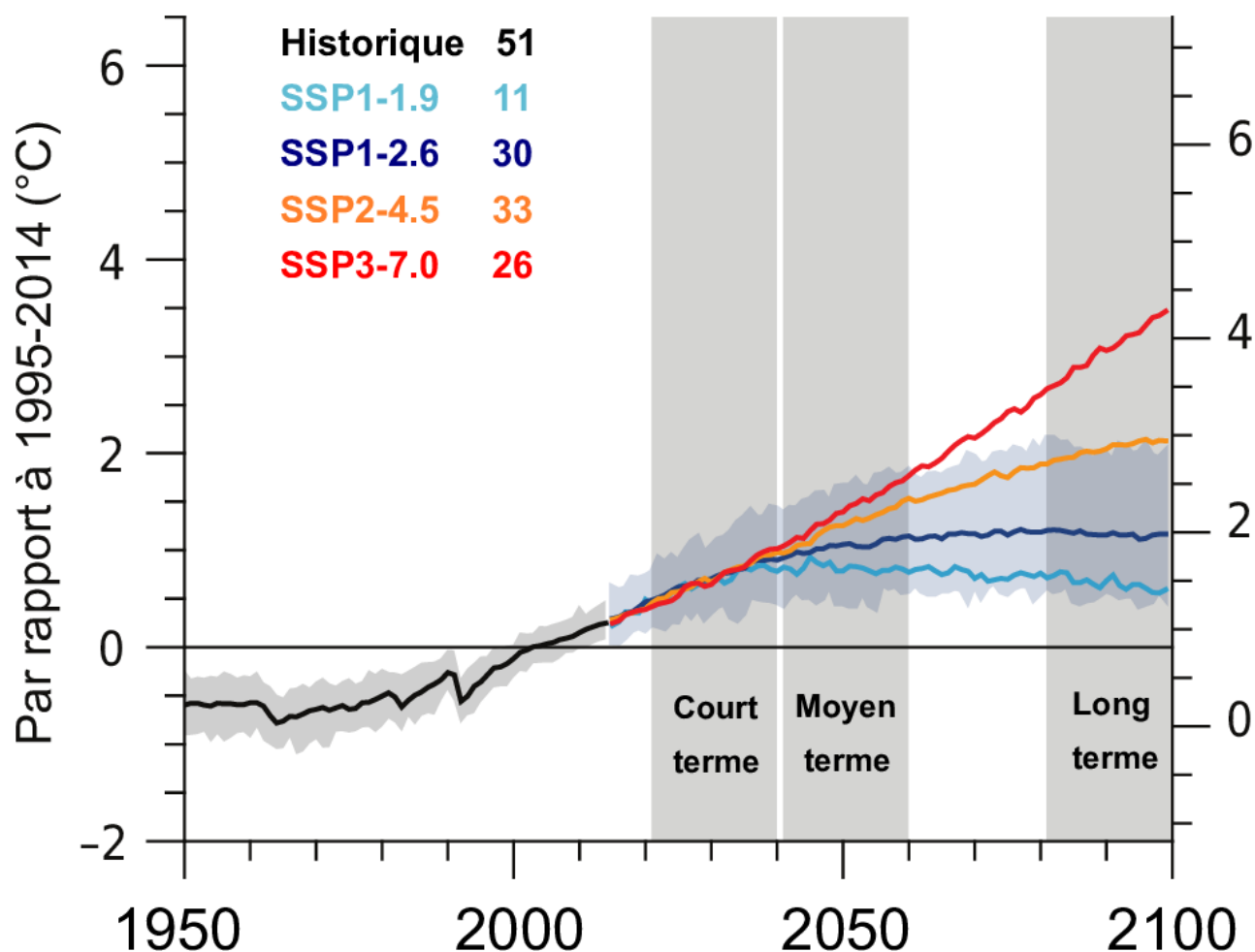
SSP2-4.5 : poursuite des tendances actuelles, stabilisation des émissions de CO₂ d'ici à 2050 puis diminution

↑ Incertitude modèle (SSP1-2.6) ↓



Projections : l'incertitude liée aux modèles et aux scénarios d'émissions

Changement de la température moyenne mondiale (1950-2100)



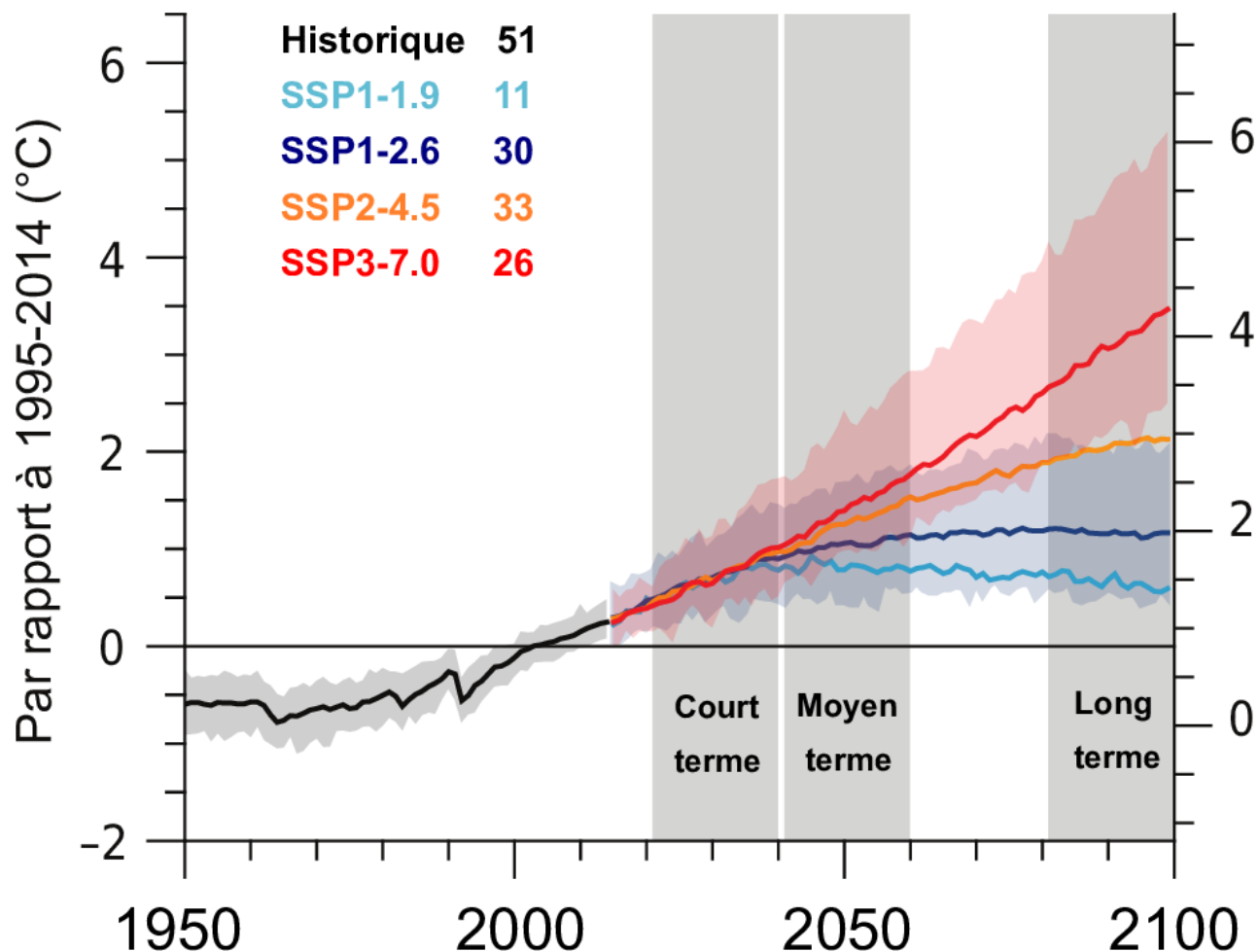
SSP3-7.0 : monde fragmenté, faible croissance économique, peu d'efforts pour l'environnement, forte augmentation des émissions de CO₂

↑
Incertitude modèle
(SSP1-2.6)
↓



Projections : l'incertitude liée aux modèles et aux scénarios d'émissions

Changement de la température moyenne mondiale (1950-2100)



SSP3-7.0 : monde fragmenté, faible croissance économique, peu d'efforts pour l'environnement, forte augmentation des émissions de CO₂

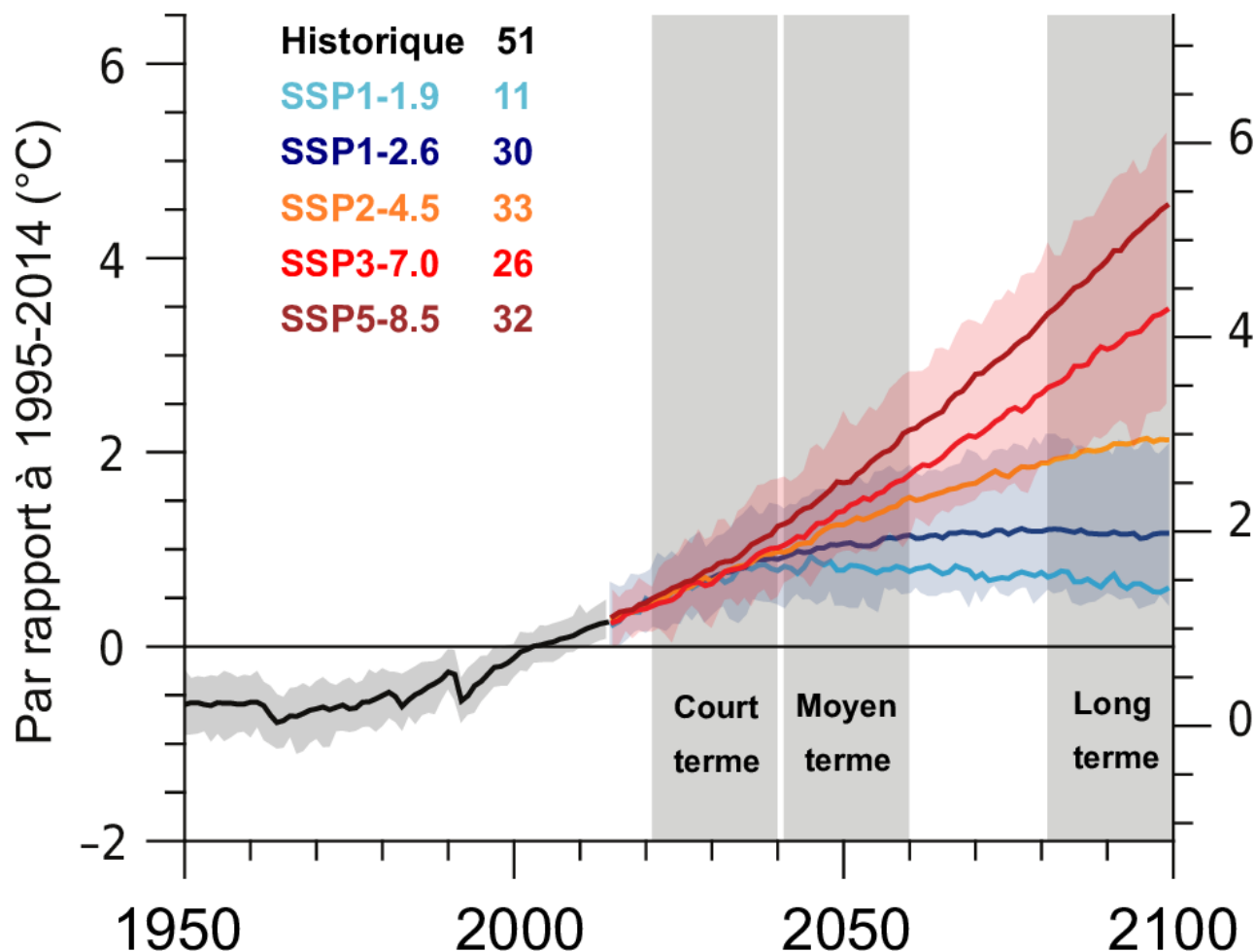
Incertitude modèle (SSP3-7.0)

Incertitude modèle (SSP1-2.6)



Projections : l'incertitude liée aux modèles et aux scénarios d'émissions

Changement de la température moyenne mondiale (1950-2100)



SSP5-8.5 : croissance économique rapide mais forte dépendance aux énergies fossiles ; très forte augmentation des émissions de CO₂

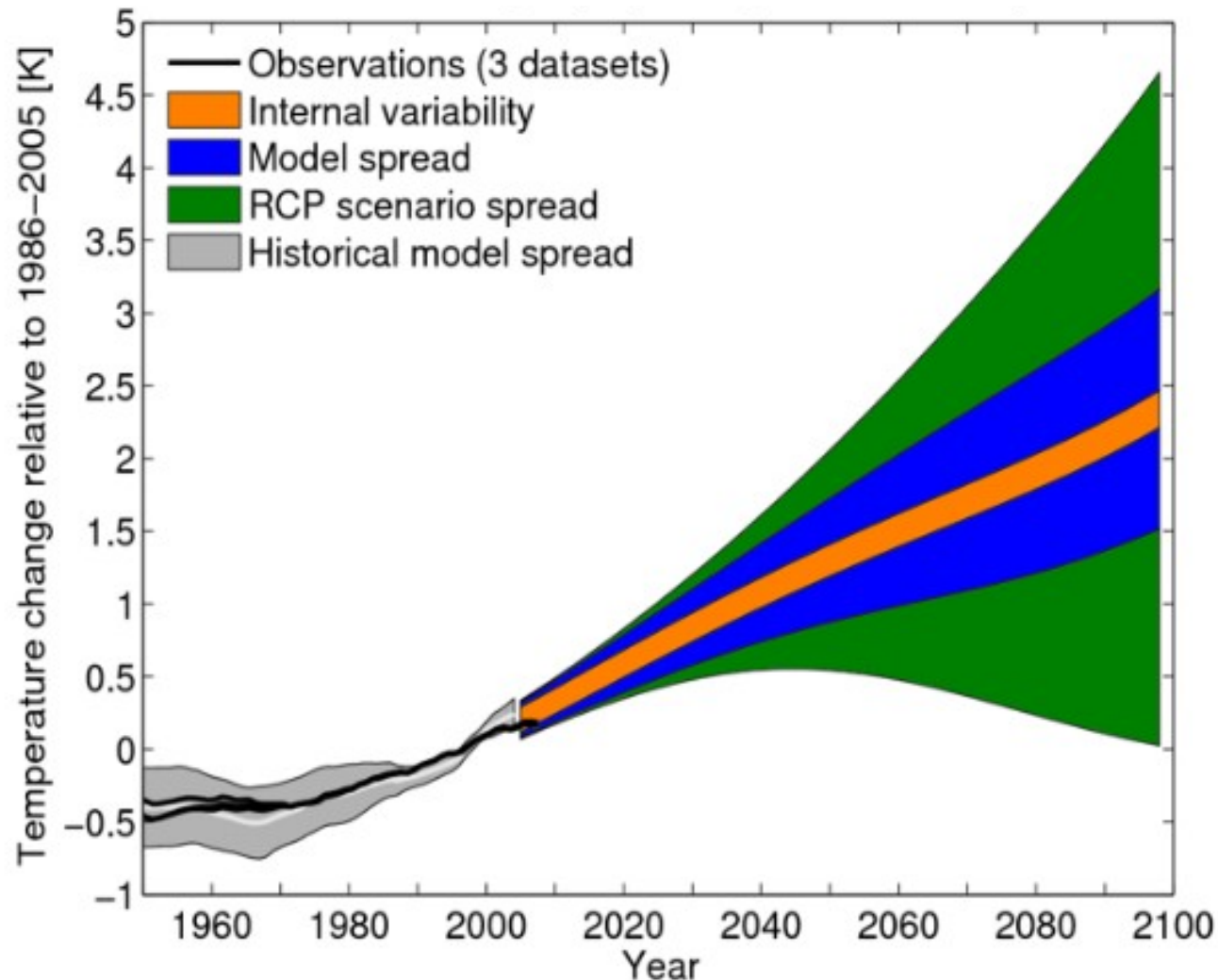
**Incertitude modèle
(SSP3-7.0)**

**Incertitude modèle
(SSP1-2.6)**



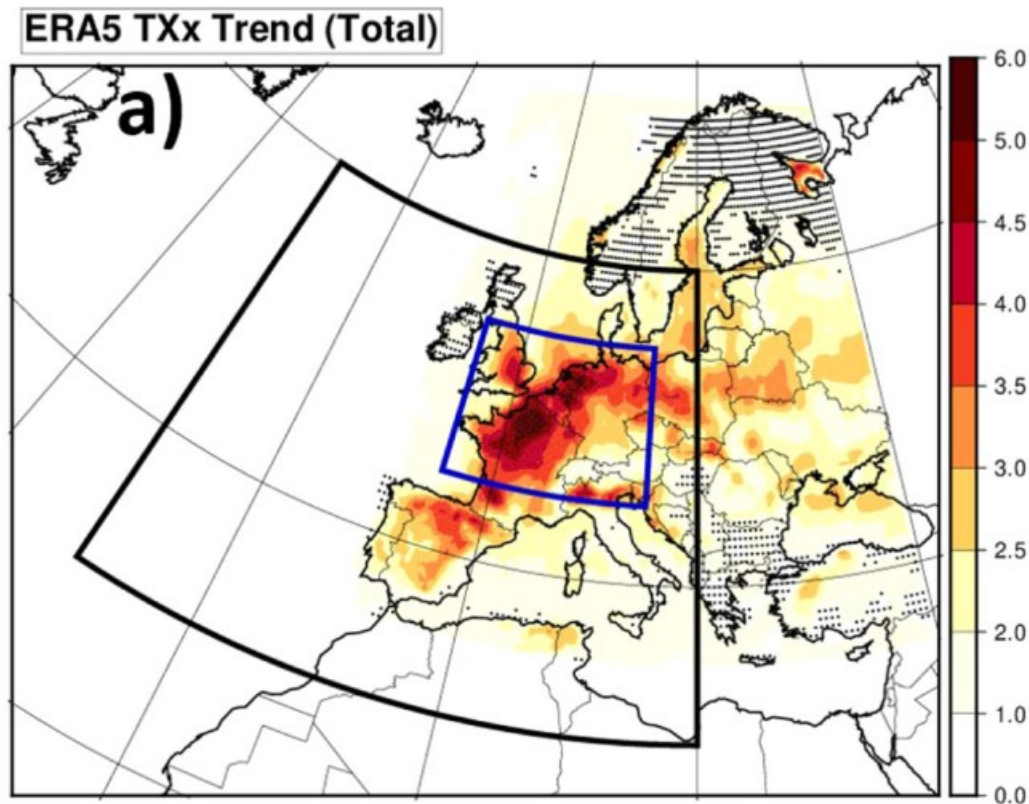
Projections : importance relative des différentes sources d'incertitudes

Changement de la température moyenne mondiale (1950-2100)

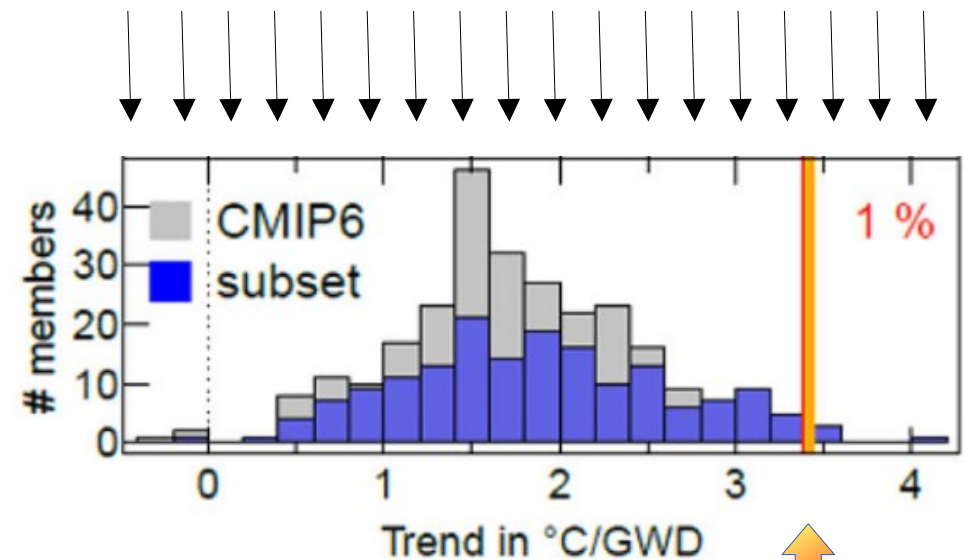


Réchauffement des températures maximales annuelles sur l'Europe de l'ouest : observations et simulations

Évolution de la température la plus élevée atteinte au cours de l'été (TXx) : tendance sur 1950-2022 par °C de réchauffement mondial.



Répartition des tendances d'évolution de la TXx (273 simulations climatiques CMIP6 analysées)



Observations

Vautard et al., Nature Comm., 2023

L'enrichissement des modèles de climat : Quelles nouvelles composantes ?

La contribution des calottes du Groenland et de l'Antarctique sera dominante parmi les causes de la hausse future du niveau marin

(d) Changement du niveau de la mer à l'échelle globale par rapport à 1900

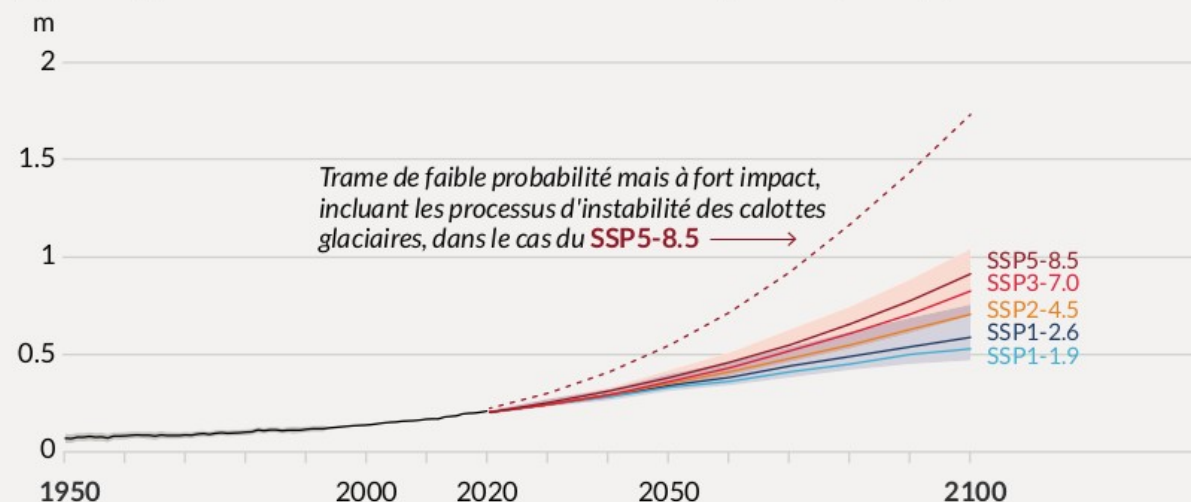
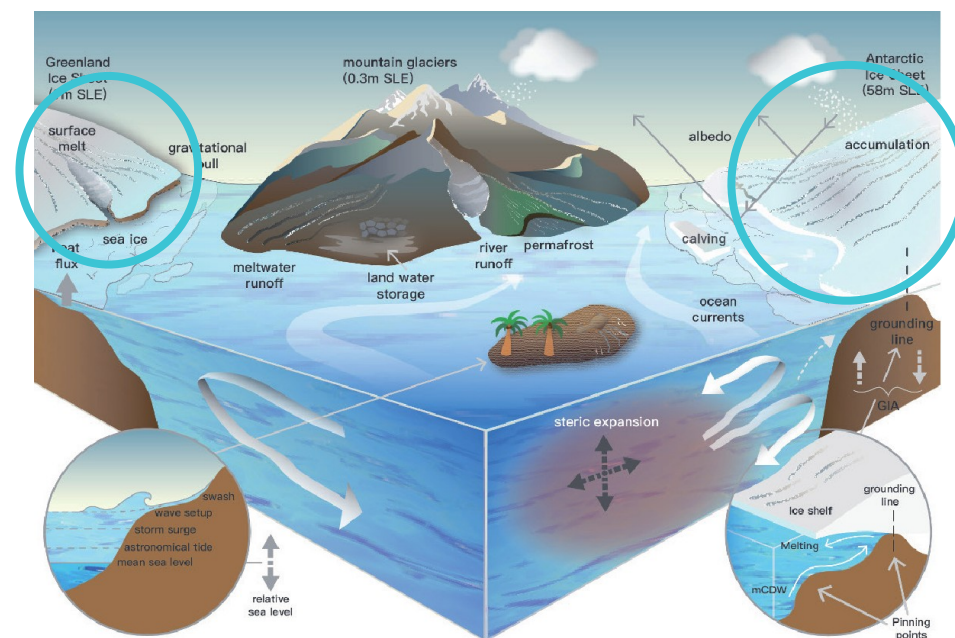


Fig. SPM.8 GIEC AR6 WG1



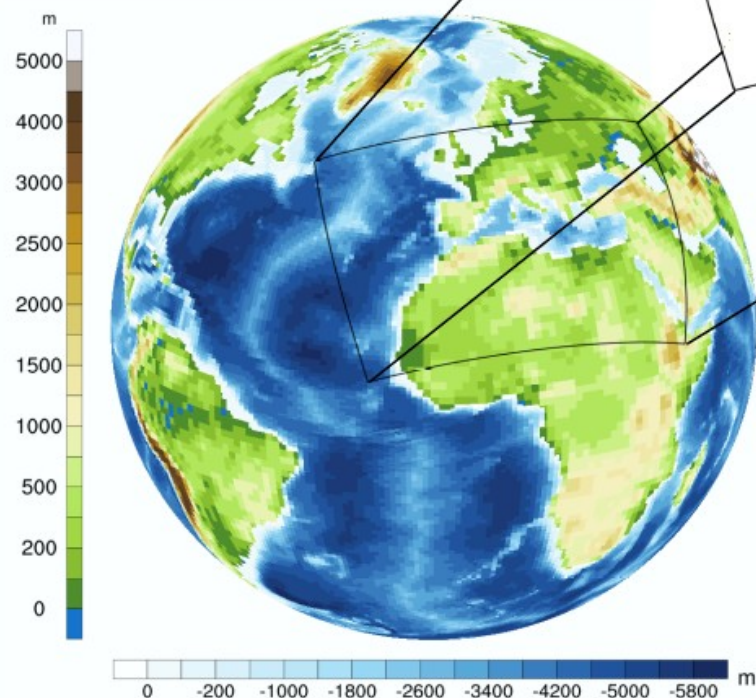
AR6 WG1

Mais aussi :

- **Prise en compte des permafrosts, des zones humides, des feux de biomasse..**
- **Cycle du méthane, de l'azote, du phosphore, du fer..**

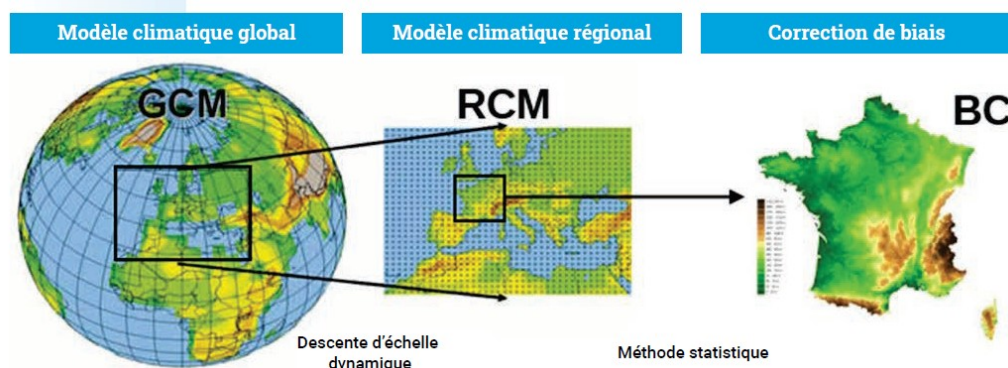
La modélisation climatique régionale

Modèles globaux de climat
(GCM) type CMIP
(maille de ~100-200 km)



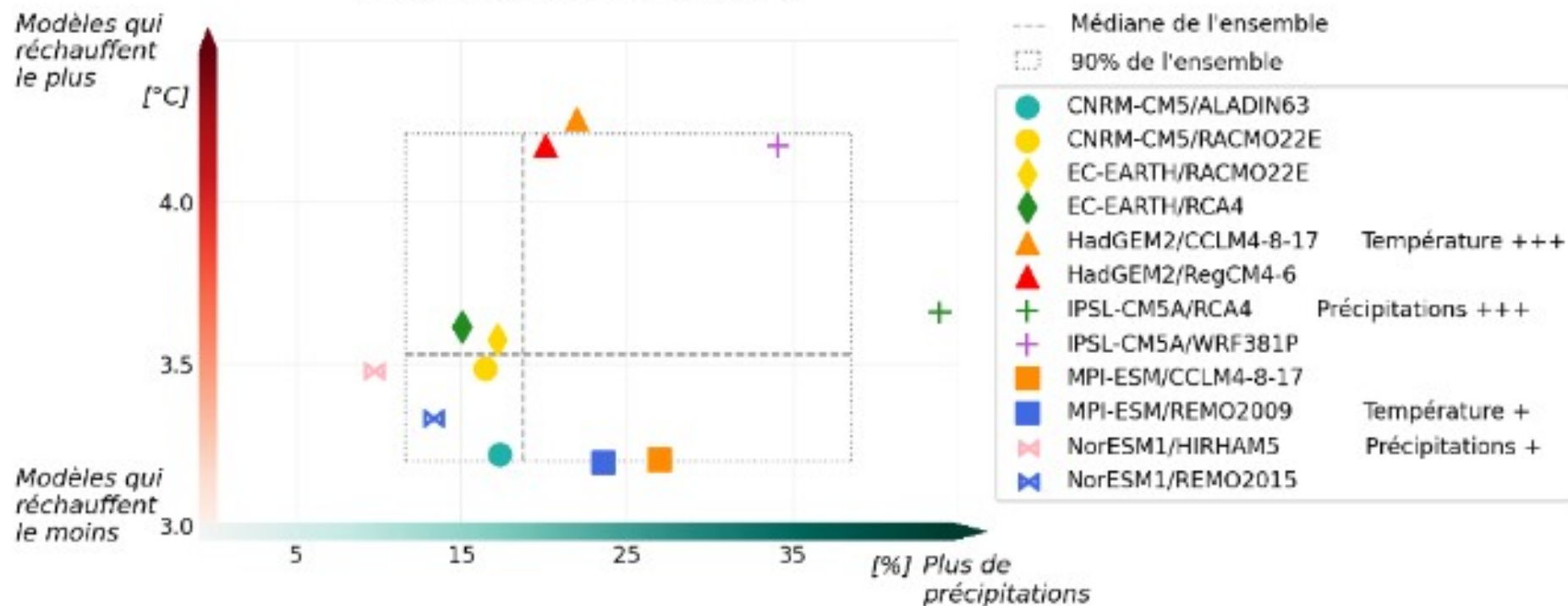
Les **modèles régionaux de climat** (RCM) permettent de représenter le climat à une **échelle spatiale** de l'ordre de **10 km**, apportant des informations plus précises à l'échelle des territoires.

Le jeu de données DRIAS-2020 : sélection et correction de modèles régionaux



www.drias-climat.fr

Ecarts hiver 2071-2100 - RCP8.5



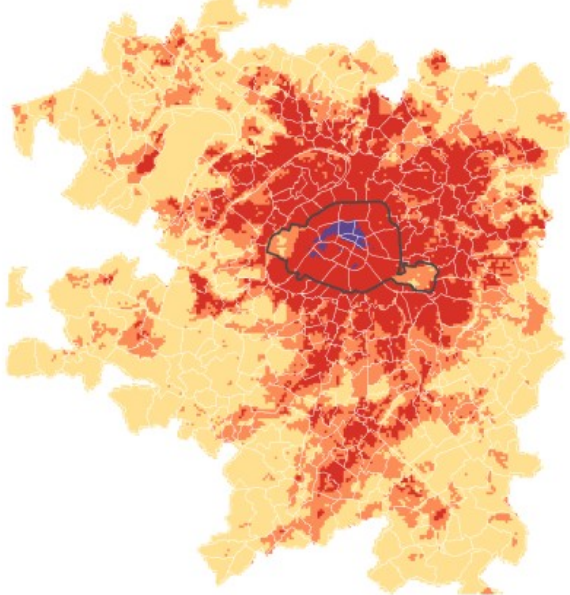
La modélisation climatique régionale à échelle fine

Représentation explicite de phénomènes ou processus

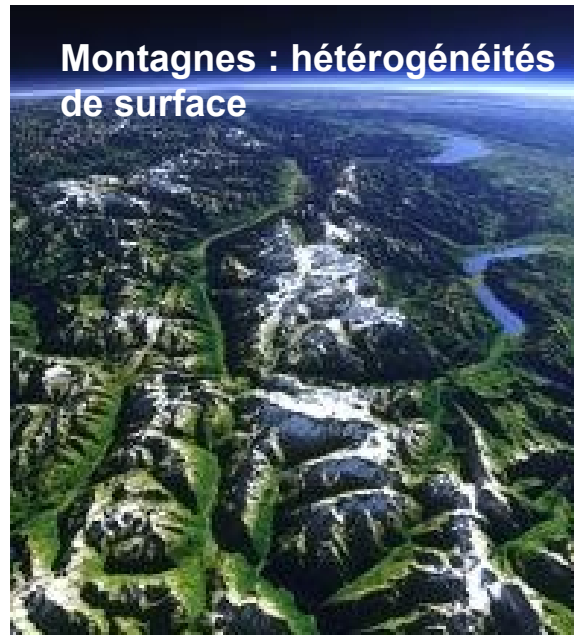
Certains **phénomènes ou processus d'échelle fine** nécessitent d'utiliser des modèles à maille fine (de l'ordre du **kilomètre** ou de l'**hectomètre**)...



Paris : îlot de chaleur urbain



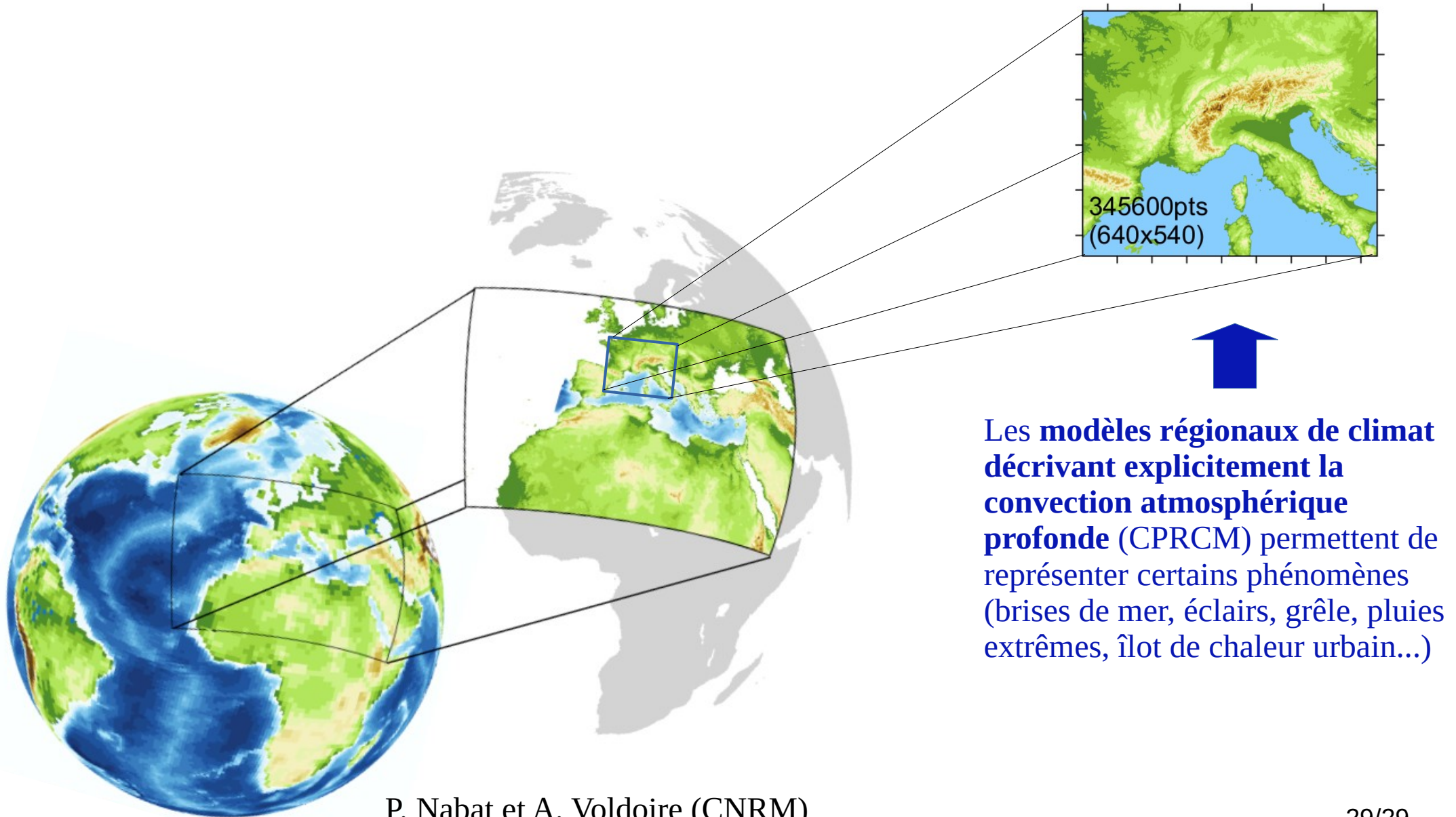
Montagnes : hétérogénéités de surface



Événement méditerranéen
Alpes Maritimes, 2020

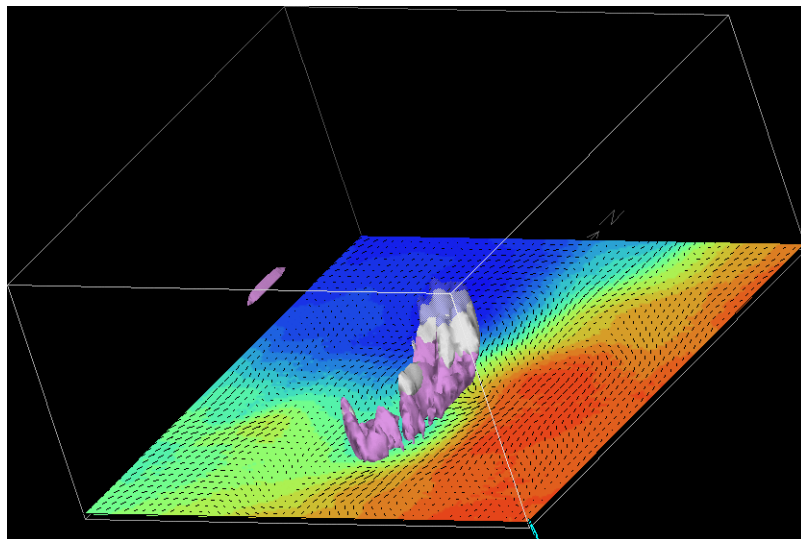
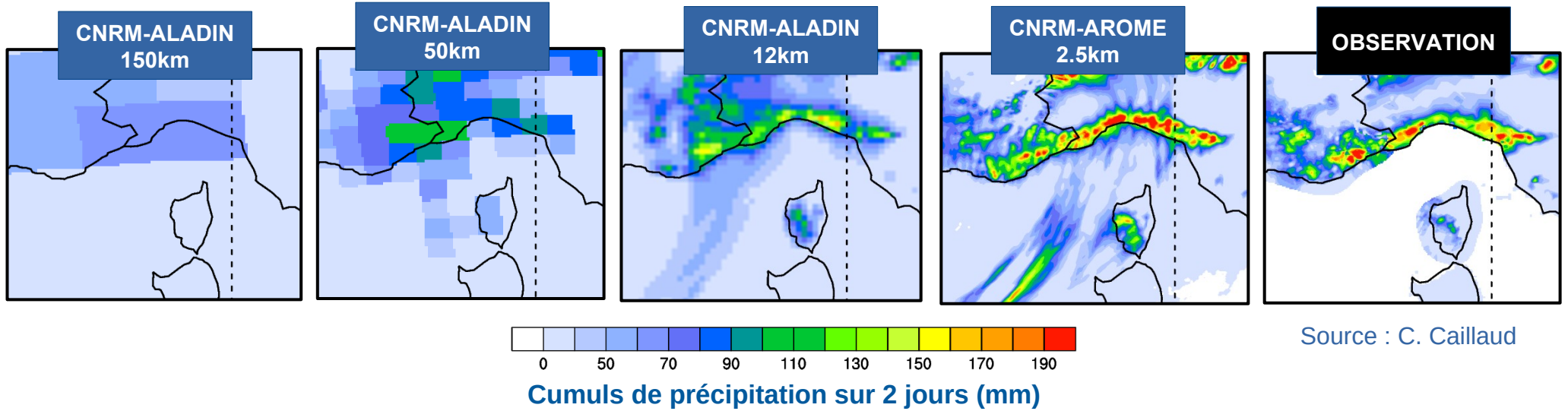


La modélisation climatique régionale



Simulation d'un cas de pluies extrêmes à différentes résolutions

Cas de l'épisode méditerranéen du 30 au 31 octobre 2010

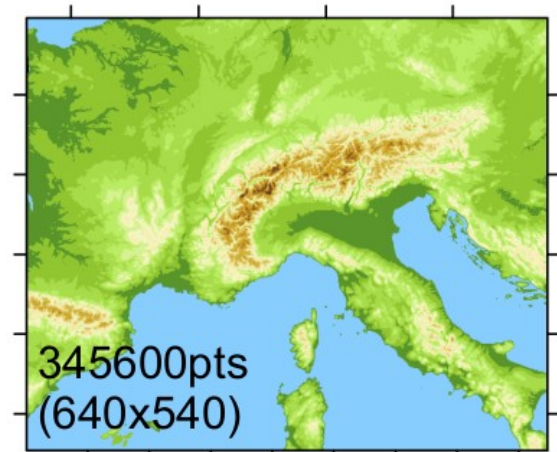
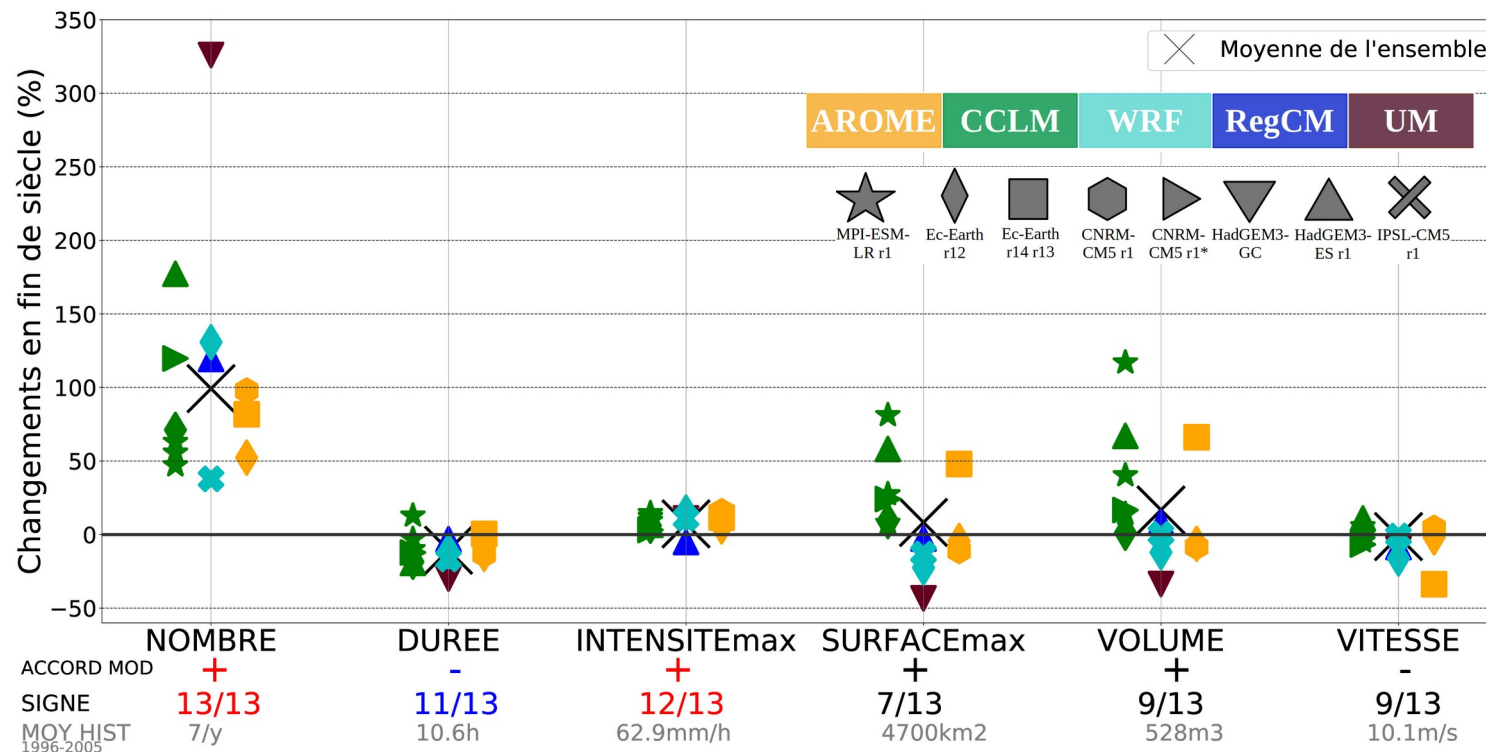


Un orage en 3D dans AROME
Source : S. Malardel

évolution future des événements précipitants intenses méditerranéens

- Un ensemble de **13 simulations climatiques kilométriques** (RCP8.5, fin de siècle, domaine Alpin)
- Une **approche objet** par détection/suivi lagrangien des événements précipitants en automne
- Pour **l'ensemble des événements (toutes intensités confondues)** : augmentation robuste de leur intensité, surface impactée et volume, pas de signal net pour la fréquence, durée, vitesse, sévérité
- Pour les **événements les plus intenses** : augmentation robuste de leur fréquence et intensité, diminution de leur durée

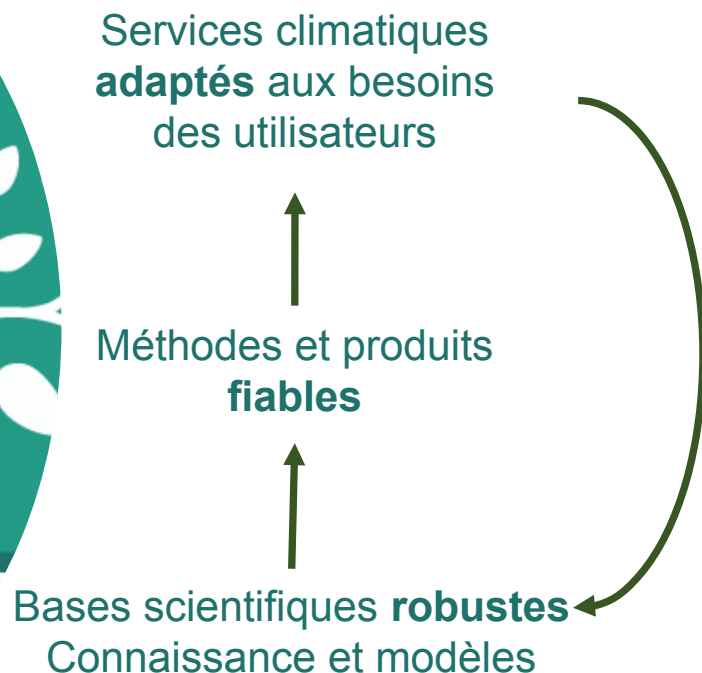
Évolution future des caractéristiques des épisodes méditerranéens les plus intenses



Caillaud et al. 2024 GRL
<https://doi.org/10.1029/2023GL105143>

⇒ Diversité des réponses quantitatives, même avec des modèles à convection résolue

Le programme national TRACCS



TRACCS :

- un programme de 8 ans (financement 51 M€, dont 10 M€ d'appels à projets)
- Un effort sans précédent des organismes français impliqués dans les recherches sur le climat pour développer en commun **une stratégie pour transformer la modélisation climatique et stimuler le développement des services climatiques.**
- Un **PEPR** en interaction avec d'autres PEPR (OneWater, FAIRCarbon, IRiMa) et des initiatives opérationnelles et de recherche nécessitant de l'information climatique fiable et adaptée aux besoins.

Pertinent pour différents cadres nationaux (SNBC, PNACC) et **institutions** (ONERC, Haut Conseil pour le Climat, ministères et agences)

Forte dimension internationale (connexions et complémentarités avec Copernicus C3S, DestinE, OMM/PMRC).

Appel à projets en cours: <https://anr.fr/PEPR-TRACCS-AAP-2024> (clôture le 17/09/2024)

Merci de votre attention !

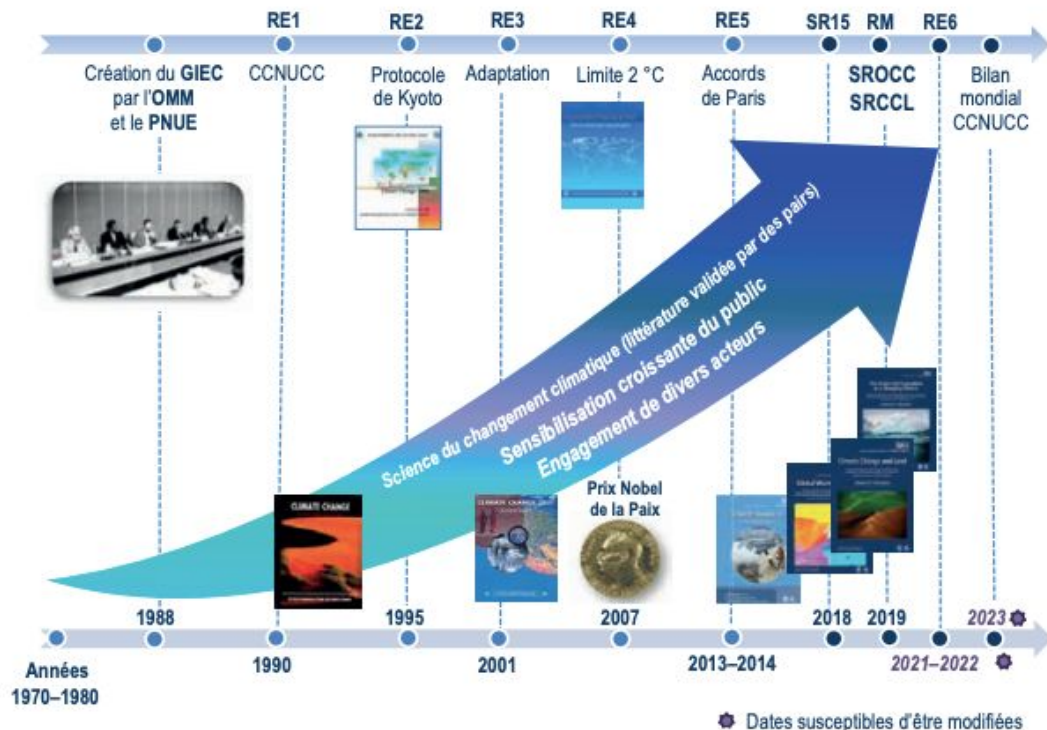
David Salas y Mélia, CNRM (Météo-France & CNRS)
david.salas@meteo.fr

Les enjeux climatiques pour l'adaptation

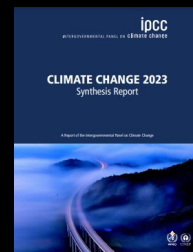
Robert Vautard

- Qui : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)
- Quand : Depuis 1988
- Pourquoi : Fournir aux décideurs une évaluation commune et consensuelle de l'état des connaissances sur le changement climatique basée sur la littérature scientifique publié
- Base acceptée des négociations internationales

La contribution du GIEC à la science du changement climatique et à l'élaboration des politiques climatiques



The State of Knowledge about Climate Change



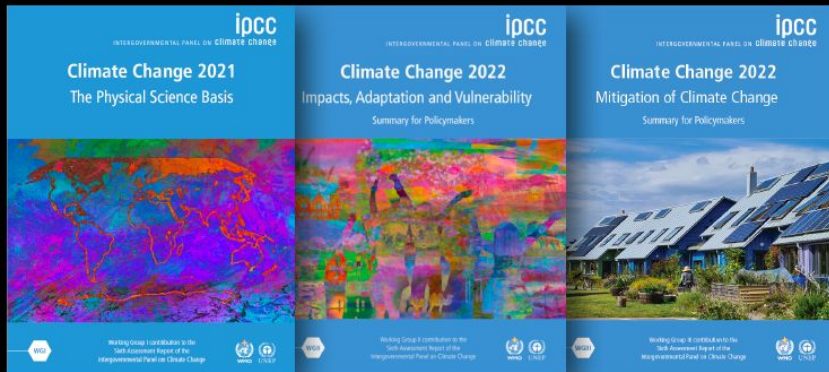
Synthesis Report

WGI

WGII

WGIII

Special Report



AR6 Climate Change 2021:
The Physical Science Basis

Climate Change 2022:
Impacts, Adaptation and
Vulnerability

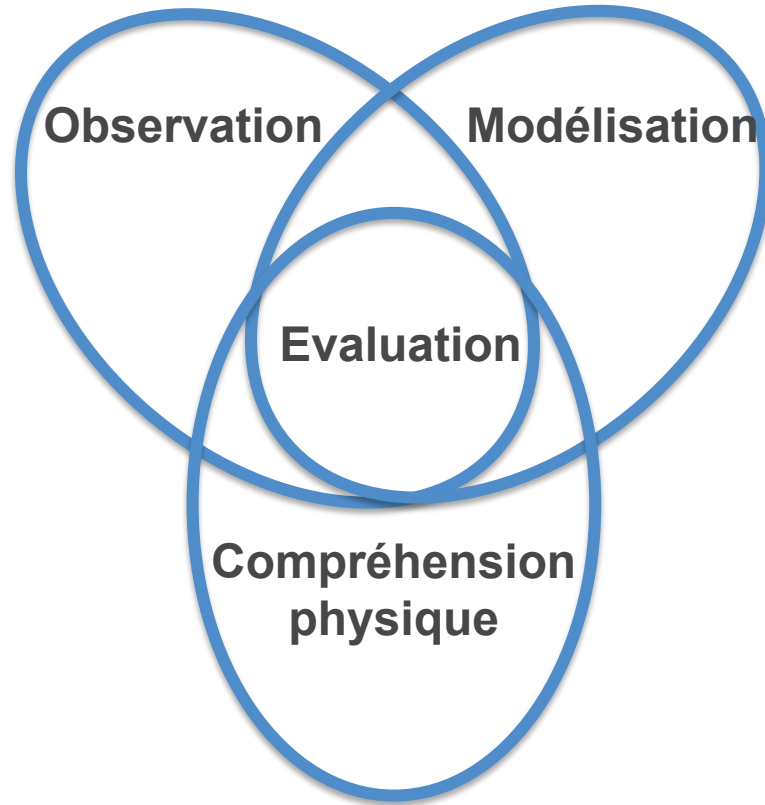
Climate Change 2022:
Mitigation of Climate Change



Ocean and Cryosphere in a
Changing Climate

Climate Change and Land

Global Warming of 1.5 °C



Evaluation de l'incertitude

- Qualité/quantité des éléments
 - Accord entre les éléments
- ☐ « low confidence »,
« medium confidence »,
« high confidence »

D'autres produits du 6èmes cycle, dédiés

SIXTH ASSESSMENT REPORT

Working Group II – Impacts, Adaptation and Vulnerability

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE



Fact sheet - Health

Climate Change Impacts and Risks

Since AR5, new evidence and awareness of current impacts and projected risks of climate change on health, well-being, migration and conflict have emerged, including greater evidence of the detrimental impacts of climate change on mental health (very high confidence). (ES-Ch7) Climate change impacts on health are mediated through natural and human systems, including economic and social conditions and disruptions (high confidence). (SPM.B.1.4) Observed societal impacts of climate change, such as mortality due to floods, droughts and storms are much greater for regions with high vulnerability compared to regions with low vulnerability, which reveals the different starting points that regions have in their move towards climate resilient development (high confidence). (ES-Ch8) Cascading and compounding risks affecting health due to extreme weather events have been observed in all inhabited regions, and risks are expected to increase with further warming (very high confidence). (ES-Ch7) A wide range of risks across scales, sectors and regions could become severe under particular conditions of hazards, exposure, and vulnerability. (16.5.2.1) Severe health impacts are projected to occur for particular sub-populations and regions where vulnerability is currently high and is assumed to persist into the future. (ES-Ch16) With proactive, timely and effective adaptation, many risks for human health and well-being could be reduced and some potentially avoided (very high confidence). (ES-Ch7)



Observed impacts to health

Climate change has adversely affected physical health of people globally (very high confidence) and mental health of people in the assessed regions (very high confidence). (SPM.B.1.4) Climate-related illnesses, premature deaths, malnutrition in all its forms, and threats to mental health and well-being are increasing (very high confidence). The net impacts are largely negative at all scales (very high confidence), and there are very few examples of beneficial outcomes from climate change at any scale (high confidence). (ES-Ch7) Hot extremes including heatwaves have intensified in cities (high confidence), where they have also aggravated air pollution events (medium confidence). (SPM.B.1.5) Climate change has increased observed heat-related mortality (medium confidence) and contributed to the observed latitudinal or altitudinal range expansion of vector-borne diseases into previously colder areas (medium to high confidence). (ES-Ch16) Climate variability and change contribute to food insecurity, which can lead to malnutrition, including undernutrition, overweight and obesity, and to disease susceptibility in low- and middle-income countries (high confidence). (ES-Ch7)



Projected risks

Climate change and related extreme events will significantly increase ill health and premature deaths from the near- to long-term (very high confidence) (SPM.B.4.4). An excess of 250,000 deaths per year by 2050 attributable to climate change is projected due to heat, undernutrition, malaria and diarrheal disease, with more than half of this excess mortality projected for Africa (compared to a 1961-1991 baseline period for a mid-range emissions scenario) (high confidence). The burdens of several climate-sensitive food-borne, water-borne, and vector-borne diseases are projected to increase under climate change, assuming no additional adaptation (very high confidence). (ES-Ch7) Mental health impacts are expected to arise from exposure to extreme weather events, displacement, migration, famine, malnutrition, degradation or destruction of health and social care systems, and climate-related economic and social losses and anxiety and distress associated with worry about climate change (very high confidence). (TS.C.6.2)

Adaptation Options and Barriers

With proactive, timely and effective adaptation, many risks for human health and well-being could be reduced and some potentially avoided (very high confidence). Targeted investments in health and other systems, including multi-sectoral, integrated approaches, to protect against key health risks can effectively increase resilience (high confidence). Investments in other sectors and systems that improve upon the social determinants of health have the potential to reduce vulnerability to climate-related health risks (high confidence). (ES-Ch7) Considering climate change impacts and risks in the design and planning of urban and rural settlements and infrastructure is critical for resilience and enhancing human well-being. (SPM.C.2.6) Heat Health Action Plans that include early warning and response systems are effective adaptation options for extreme heat (high confidence). (SPM.C.2.11)

Early warning systems based on targeted climate services can be effective for disaster risk reduction, social protection programmes, and managing risks to health and food systems (e.g. vector-borne disease and crops) (high confidence). (ES-Ch9) Since AR5, the value of cross-sectoral collaboration to advance sustainable development has been more widely recognised, but despite acknowledgement of the importance of health adaptation as a key component, action has been slow (high confidence). A significant adaptation gap exists for human health and well-being and for responses to disaster risks (very high confidence). Globally, health systems are poorly resourced in general, and their capacity to respond to climate change is weak, with mental health support being particularly inadequate (very high confidence). (ES-Ch7)

SIXTH ASSESSMENT REPORT

Working Group II – Impacts, Adaptation and Vulnerability

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE



Climate change and human health and wellbeing: Risks and responses

CLIMATE HAZARDS, VULNERABILITY AND EXPOSURE		IMPACT AND RISKS		SOLUTIONS SPACE AND CLIMATE RESILIENT DEVELOPMENT PATHWAYS	
Vulnerability and upstream determinants of health outcomes	Exposure pathway	Example health outcomes	Health System Solution Space	Climate Resilient Development Pathways	
Environmental factors	Social factors	Physical and mental health risks, displacement, forced migration, other context-specific risks	Environmentally sustainable and resilient technologies and infrastructure	Fully implementing climate-resilient health systems	
Air pollution Biodiversity loss Deforestation Land degradation Land-use change Water pollution	Vector distribution and ecology	Chikungunya, dengue, hantavirus, Lyme disease, malaria, Rift Valley, West Nile, Zika	Health information systems (including integrated risk monitoring and early warning and response systems, vulnerability, capacity, and adaptation assessments, health components of national adaptation plans, health and climate research)		
Socioeconomic factors	Nutrient dense diets and food safety	Malnutrition, salmonella, foodborne diseases	Service delivery (including climate-smart health programs, management of environmental determinants of health, disaster risk reduction)		
Growing inequality Demographic change Migration and land inequity Urbanisation Science and tech investment	Water quality and quantity	Diarrhoeal diseases, campylobacter infections, cholera, cryptosporidiosis, algal blooms	Collaborations with other sectors, agencies, and civil society		
Susceptibility	Air quality	Exacerbated respiratory diseases, allergies, cardiovascular disease	Leadership and governance Coherent policies and strategies Sufficient health workforce	Achieving the Sustainable Development Goals	
Political commitment Social infrastructure Socioeconomic conditions Population health status Individual factors	Heat stress	Heat-related illness and death, adverse pregnancy outcomes, lost worker productivity	Health authorities Strengthening health delivery and system resilience Leveraging climate change specific funding streams		
	Extreme weather events	Injuries, fatalities, mental health effects			

Figure 1: Multiple socio-economic environmental factors interact with climate risks to shape human health and well-being. Achieving climate resilient development requires leveraging opportunities in the solution space within health systems and across other sectors. (Figure TS.8)

Climate Resilient Development

Climate resilient development has a strong potential to generate substantial co-benefits for health and well-being and to reduce risks of involuntary displacement and conflict (very high confidence). Sustainable and climate resilient development that decreases exposure, vulnerability, and societal inequality, and that increases timely and effective adaptation and mitigation more broadly, has the potential to reduce but not necessarily eliminate climate change impacts on health, well-being, involuntary migration and conflict (high confidence). A key pathway towards climate resilience in the health sector is universal access to primary health care, including mental health care (high confidence). Building climate resilient health systems will require multi-sectoral, multi-system and collaborative efforts at all governance scales (very high confidence). (ES-Ch7)



Health co-benefits of mitigation policies

Substantial co-benefits from climate action can result from investing in health systems, infrastructure, water and sanitation, clean energy, affordable healthy diets, low-carbon housing, public transport, improved air quality, and social protection. These benefits are in addition to the avoided health impacts associated with climate change. (7.4.6.5) Achieving the Paris Agreement and SDGs can result in low-carbon, healthy, resilient and equitable societies with high well-being for all (very high confidence). (CCB HEALTH-Ch7) Given the overlap in sources of greenhouse gases and co-pollutants in energy systems, strategies that pursue green house gas emission reductions and improvements in energy efficiency hold significant potential health co-benefits through air

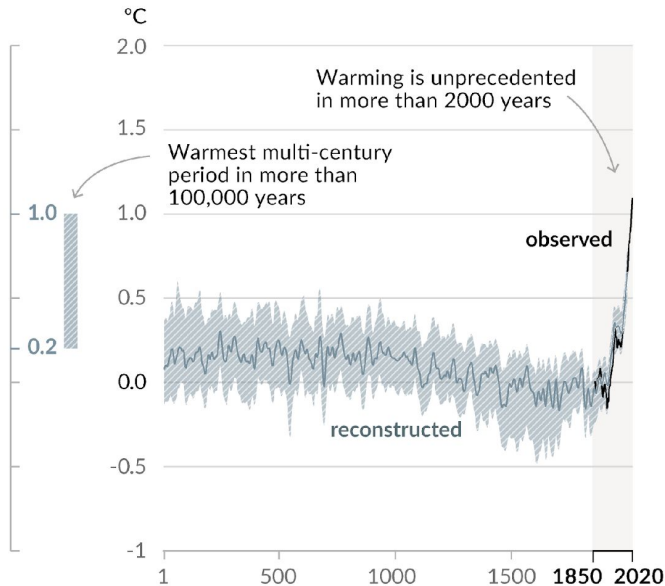
pollution emission reductions (high confidence). (CCB HEALTH-Ch7) Urban systems are critical, interconnected sites for enabling climate resilient development. (SPM.D.3.3) Urban planning that combines clean, affordable public transportation, shared clean vehicles and accessible active transportation modes can improve air quality and contribute to healthy, equitable societies and higher well-being for all. Stimulating active mobility (walking and bicycling) can bring physical and mental health benefits (high confidence). Urban green and blue spaces contribute to climate change adaptation and mitigation and improve physical and mental health and well-being (high confidence). (CCB HEALTH-Ch7)

Changement climatique - Etat des lieux AR6

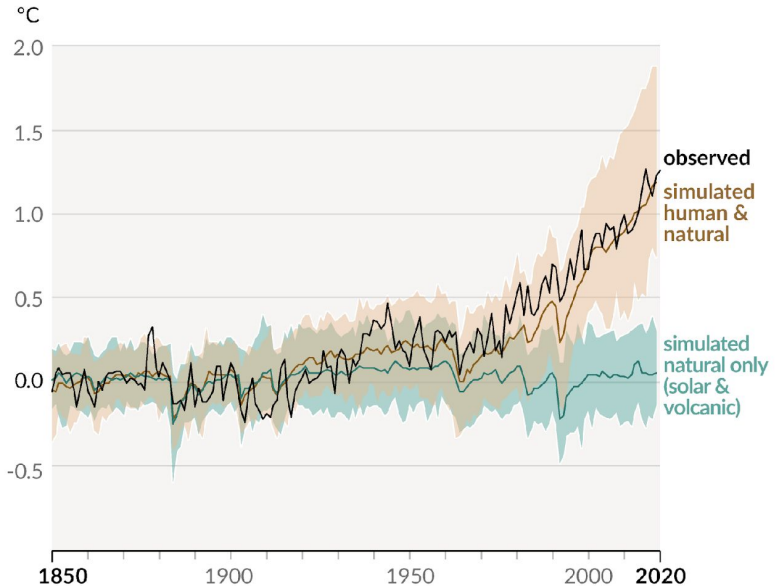
Les activités humaines ont modifié le climat global à un rythme sans précédent durant les 2000 dernières années

Changes in global surface temperature relative to 1850-1900

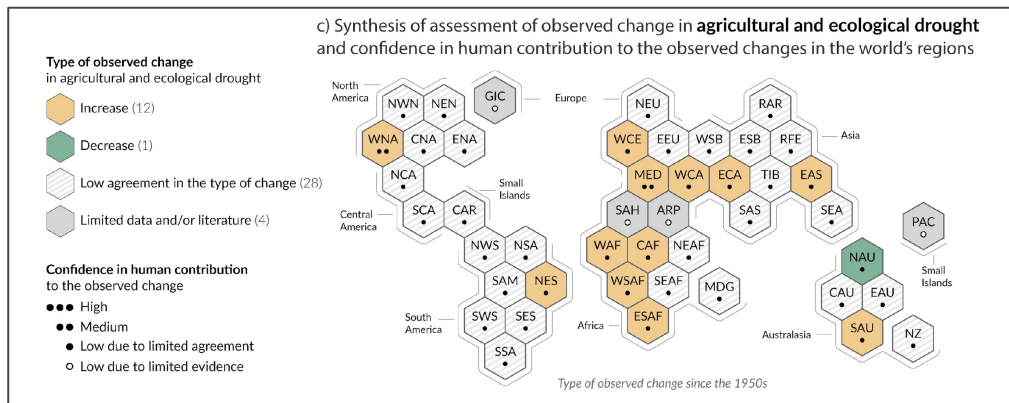
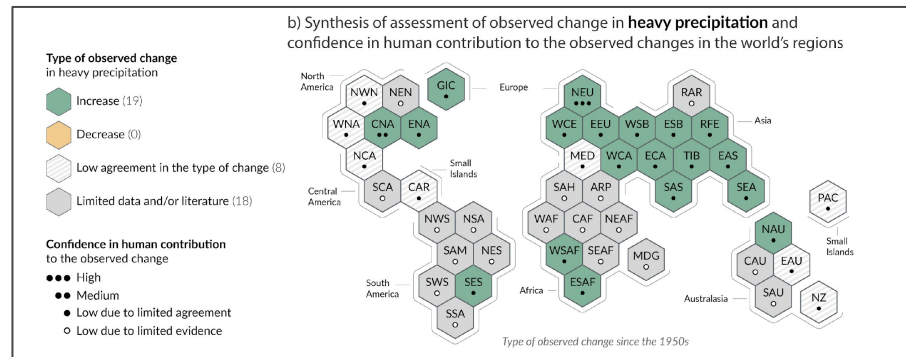
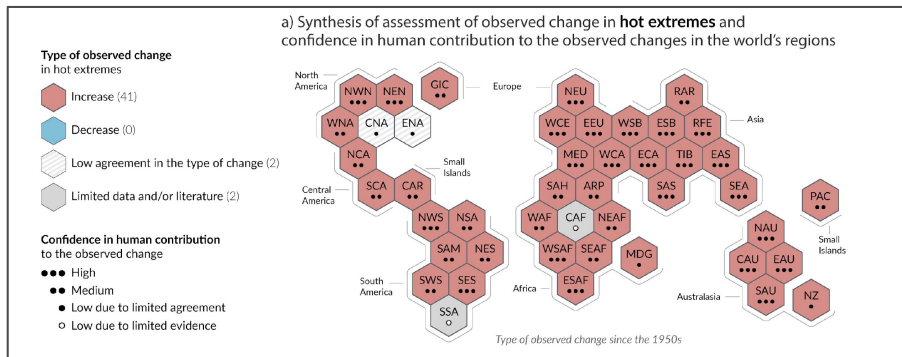
a) Change in global surface temperature (decadal average) as **reconstructed** (1-2000) and **observed** (1850-2020)



b) Change in global surface temperature (annual average) as **observed** and simulated using **human & natural** and **only natural** factors (both 1850-2020)



Le changement climatique affecte aujourd'hui toutes les régions habitées de la terre (en particulier via les extrêmes chauds)



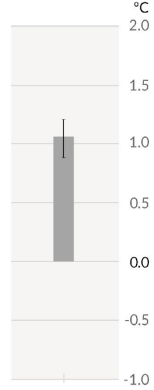
IPCC, AR6 WG1

Ces cartes pourraient déjà aujourd'hui être largement complétées!

Le réchauffement global est entièrement dû aux activités humaines

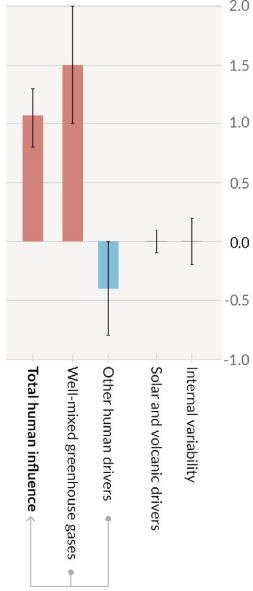
Observed warming

a) Observed warming 2010–2019 relative to 1850–1900

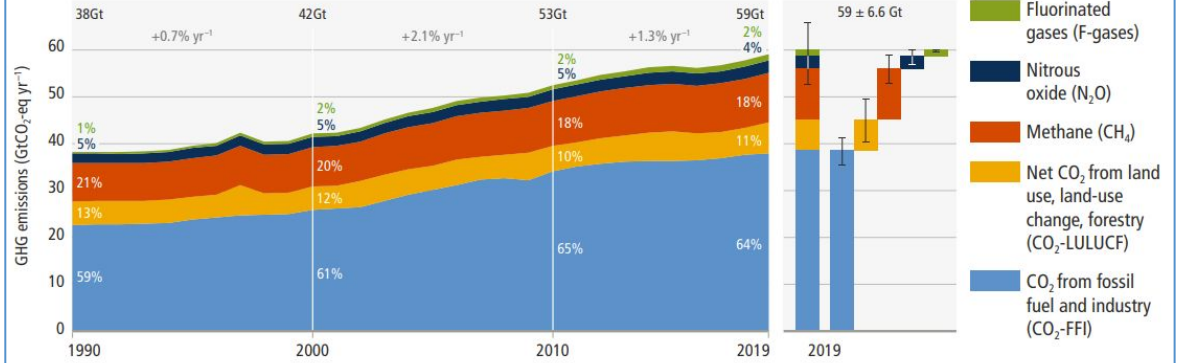


Contributions to warming base

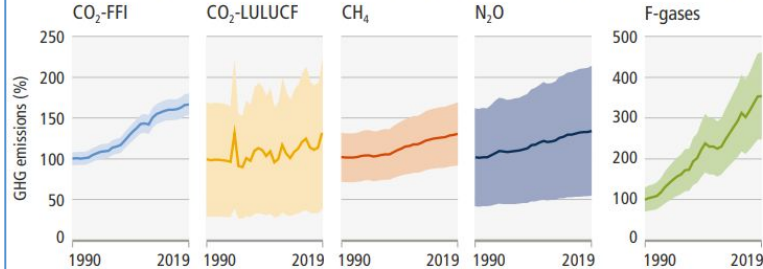
b) Aggregated contributions to 2010–2019 warming relative to 1850–1900, assessed from attribution studies



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



b. Global anthropogenic GHG emissions and uncertainties by gas – relative to 1990



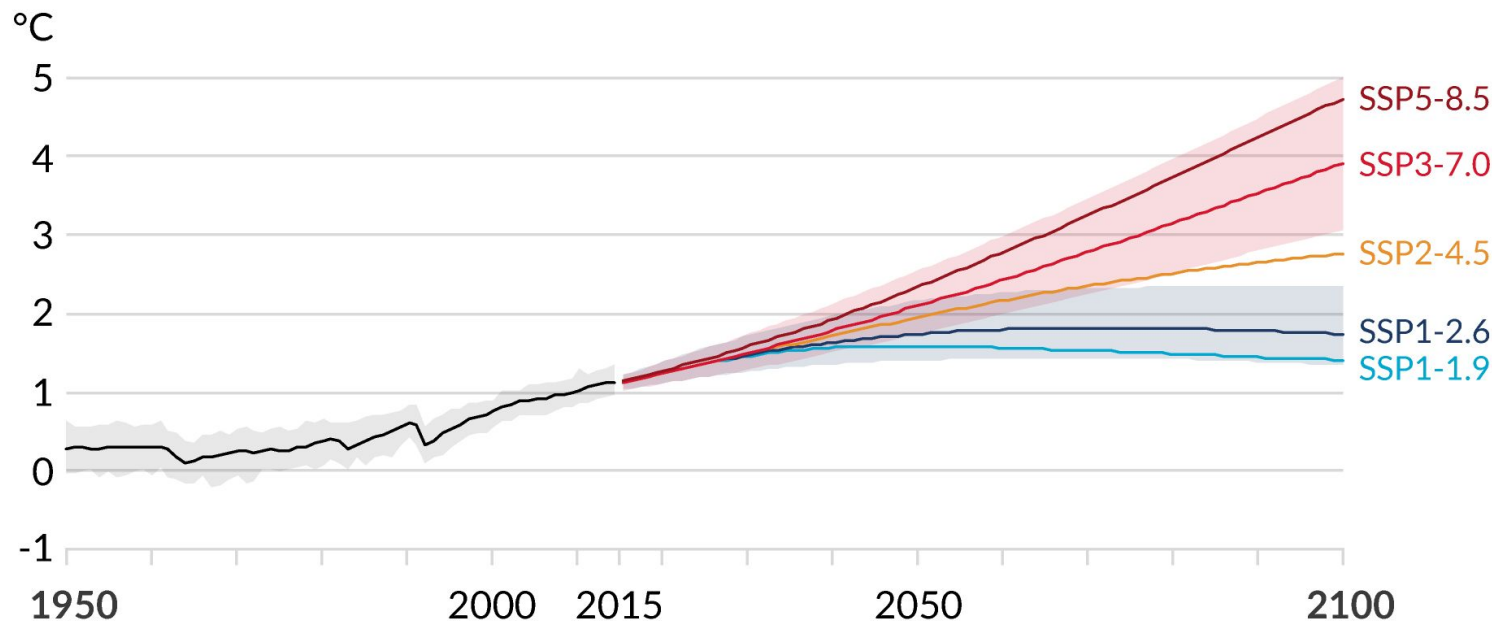
The solid line indicates central estimate of emissions trends. The shaded area indicates the uncertainty range.

	2019 emissions (GtCO ₂ -eq)	1990–2019 increase (GtCO ₂ -eq)	Emissions in 2019, relative to 1990 (%)
CO ₂ -FFI	38 ± 3	15	167
CO ₂ -LULUCF	6.6 ± 4.6	1.6	133
CH ₄	11 ± 3.2	2.4	129
N ₂ O	2.7 ± 1.6	0.65	133
F-gases	1.4 ± 0.41	0.97	354
Total	59 ± 6.6	21	154

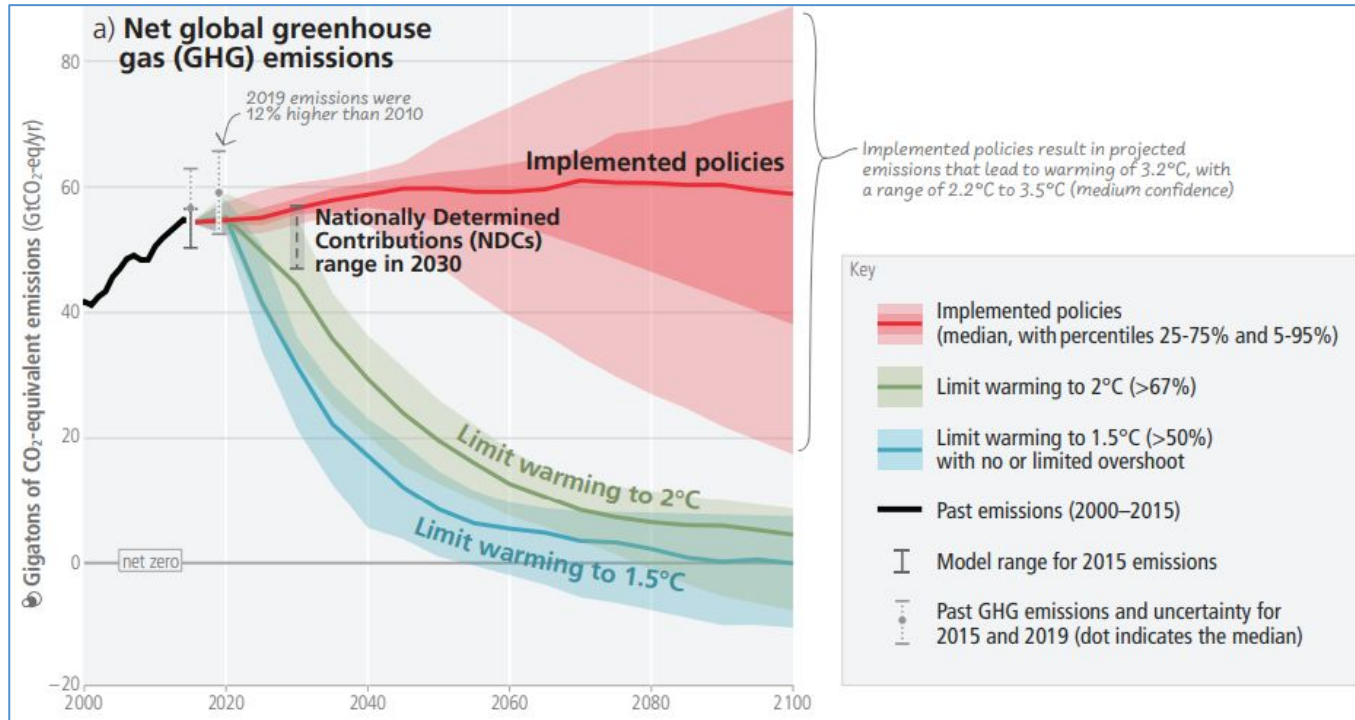
Les émissions futures détermineront le réchauffement futur

Dépassement 1,5°C attendu 2030-2040, “overshoot” nécessaire pour stabilisation un peu au dessus de 1,5°C dans ce cas

a) Global surface temperature change relative to 1850-1900



Multiple lines of evidence suggest that mitigation policies have led to several Gt CO₂-eq yr⁻¹ of avoided global emissions (medium confidence). At least 18 countries have sustained absolute production-based GHG and consumption-based CO₂ reductions for longer than 10 years. These reductions have only partly offset global emissions growth (high confidence)



□ Question de l'équité des scénarios centrale (et la faisabilité)

Les évolutions certaines d'ici 2050

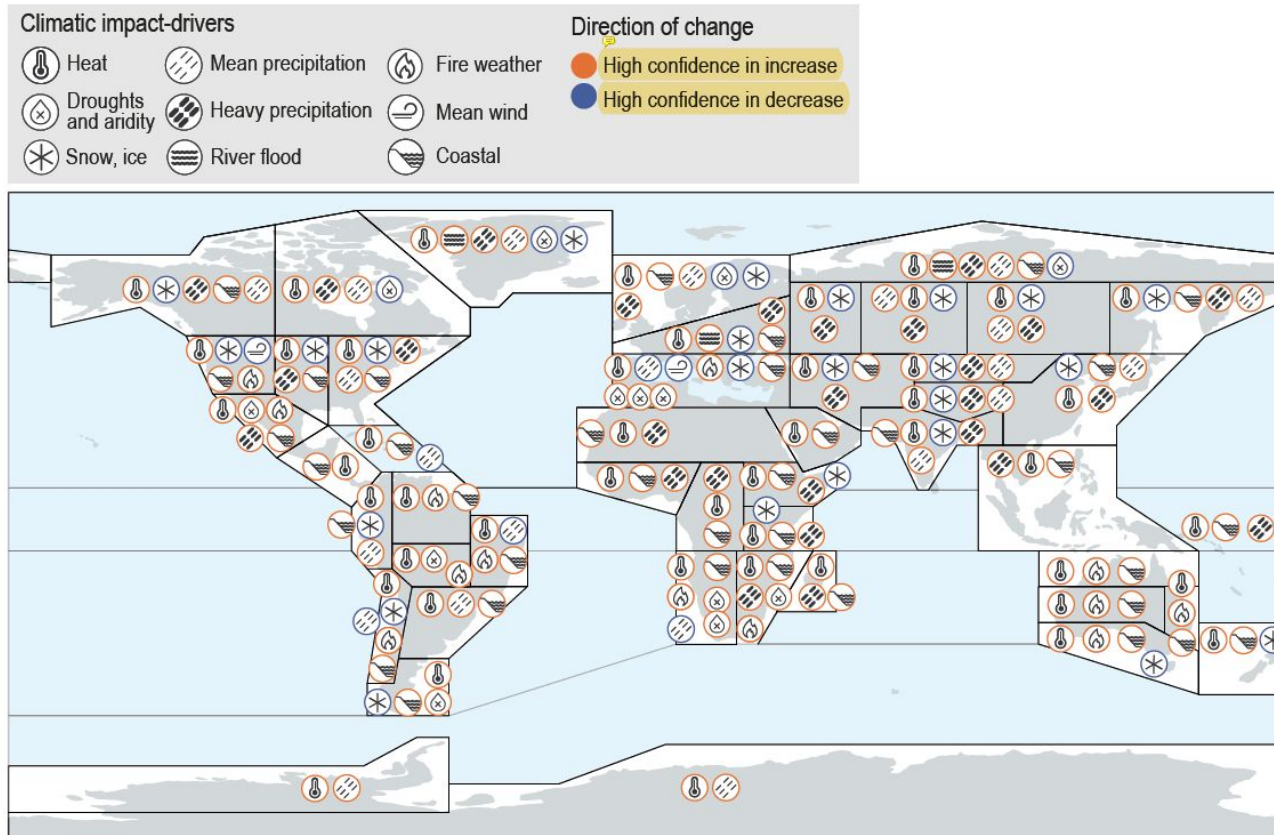
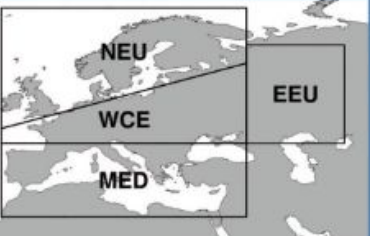


Figure 12.11 | Synthesis of the climatic impact-driver (CID) changes projected by 2050 (2041–2060) with *high confidence*, relative to reference period 1995–2014), together with the sign (direction) of change. Information is taken from the CID tables in Section 12.4. Some CIDs are grouped in order to streamline the

Les facteurs climatiques générateurs d'impacts en Europe d'ici 2050

 Region	Heat and Cold			Wet and Dry								Wind			Snow and Ice					Coastal and Oceanic			Other							
	Mean air temperature	Extreme heat	Cold spell	Frost	Mean precipitation	River flood	Heavy precipitation and pluvial flood	Landslide	Aridity	Hydrological drought	Agricultural and ecological drought	Fire weather	Mean wind speed	Severe wind storm	Tropical cyclone	Sand and dust storm	Snow, glacier and ice sheet	Permafrost	Lake, river and sea ice	Heavy snowfall and ice storm	Hail	Snow avalanche	Relative sea level	Coastal flood	Coastal erosion	Marine heatwave	Ocean acidity	Air pollution weather	Atmospheric CO ₂ at surface	Radiation at surface
Mediterranean (MED)	●	●	●		●	●	5						6	7			●	●					●	2			●		●	
Western and Central Europe (WCE)	●	●	●			●		4									●	●					●	2			●		●	
Eastern Europe (EEU)	●	●	●	●		●											●		●									●		
Northern Europe (NEU)	●	●	●		●	1			●				●				●	●	●				●	8	2,3	●		●		●

1. Excluding southern UK.

2. Along sandy coasts and in the absence of additional sediment sinks/sources or any physical barriers to shoreline retreat.

3. The Baltic Sea shoreline is projected to prograde if present-day ambient shoreline change rates continue.

4. For the Alps, conditions conducive to landslides are expected to increase.

5. Low confidence of decrease in the southernmost part of the region.

6. General decrease except in Aegean Sea.

7. Medium confidence of decrease in frequency and increase in intensities.

8. Except in the northern Baltic Sea region.

● Already emerged in the historical period (medium to high confidence)

● Emerging by 2050 at least in scenarios RCP8.5/SSP5-8.5 (medium to high confidence)

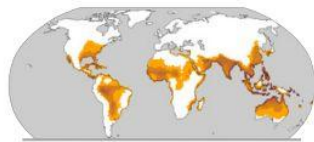
● Emerging after 2050 and by 2100 at least in scenarios RCP8.5/SSP5-8.5 (medium to high confidence)

High confidence of decrease	Medium confidence of decrease	Low confidence in direction of change	Medium confidence of increase	High confidence of increase	Not broadly relevant
High confidence of decrease	Medium confidence of decrease	Low confidence in direction of change	Medium confidence of increase	High confidence of increase	Not broadly relevant

Des risques très importants pour la santé

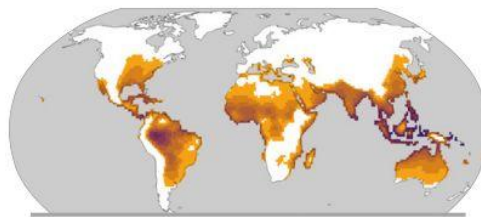


b) Heat-humidity risks to human health

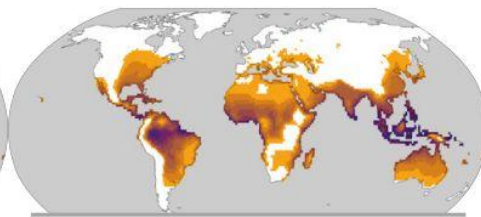


Historical 1991–2005

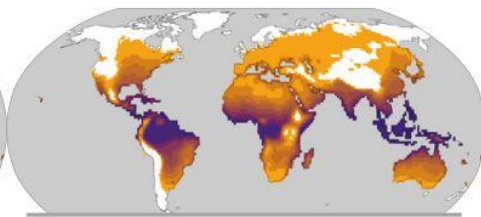
Days per year where combined temperature and humidity conditions pose a risk of mortality to individuals³



1.7 – 2.3°C



2.4 – 3.1°C

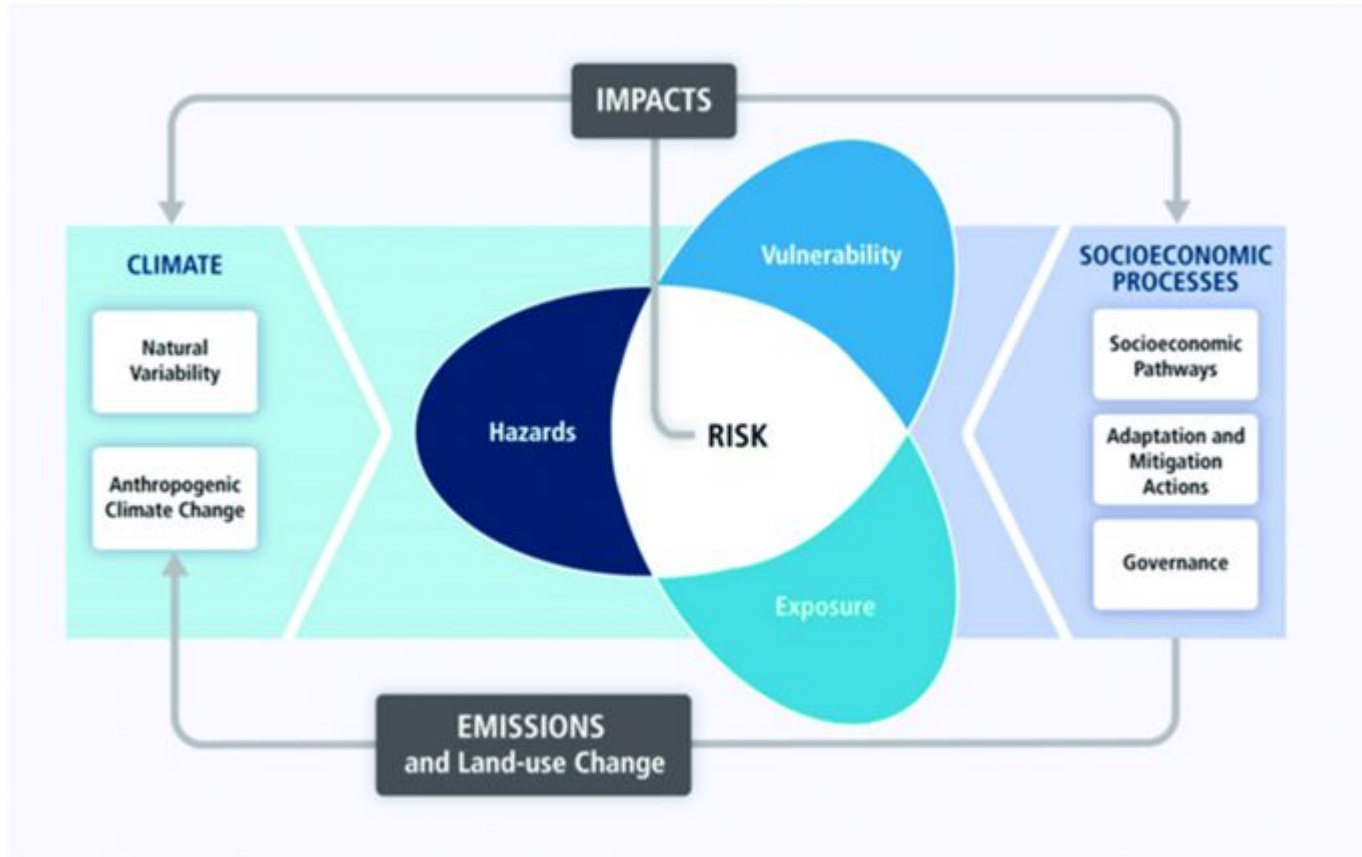


4.2 – 5.4°C

³Projected regional impacts utilize a global threshold beyond which daily mean surface air temperature and relative humidity may induce hyperthermia that poses a risk of mortality. The duration and intensity of heatwaves are not presented here. Heat-related health outcomes vary by location and are highly moderated by socio-economic, occupational and other non-climatic determinants of individual health and socio-economic vulnerability. The threshold used in these maps is based on a single study that synthesized data from 783 cases to determine the relationship between heat-humidity conditions and mortality drawn largely from observations in temperate climates.

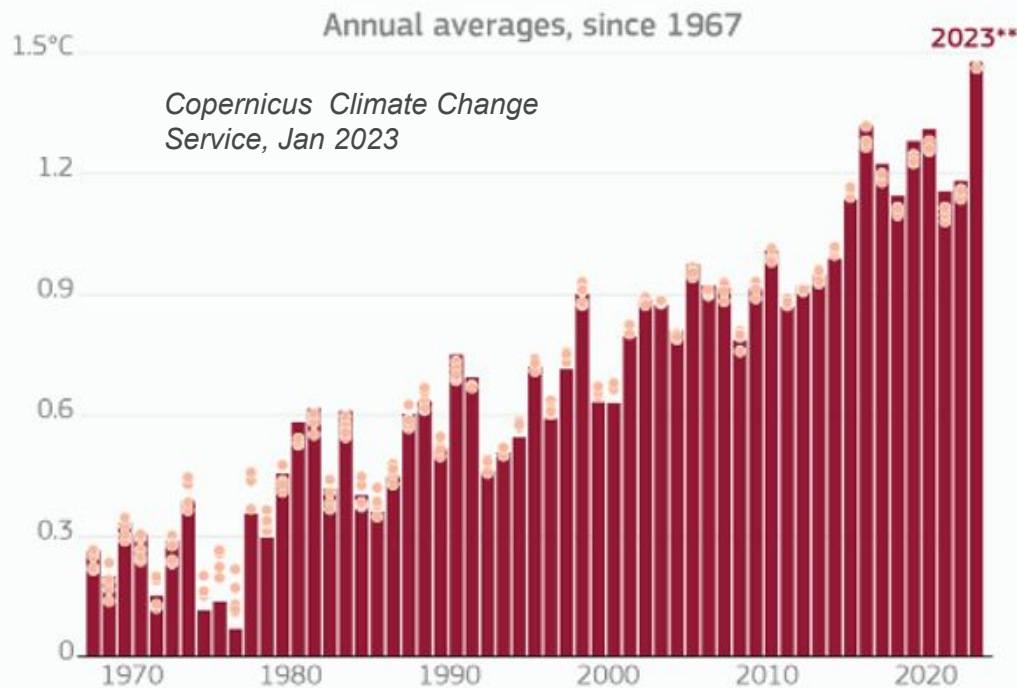
IPCC, AR6 SYR

L'approche conceptuelle pour les risques



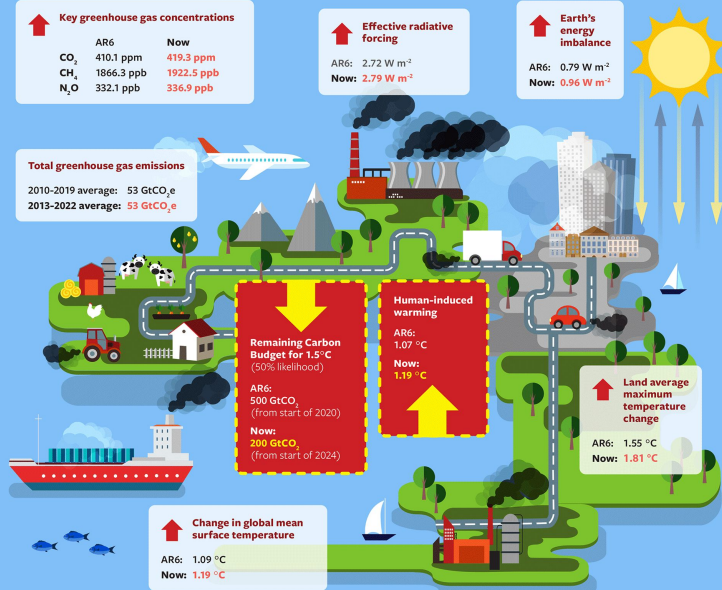
Où nous en sommes aujourd'hui

Evolution des indicateurs globaux



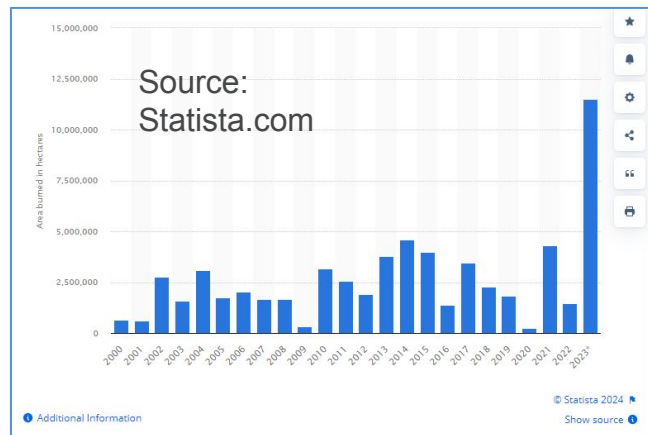
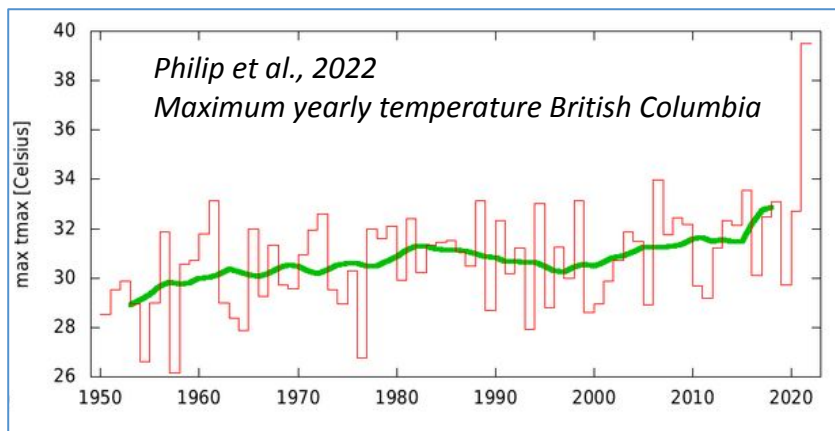
Key indicators of global climate change 2023: What's changed since AR6?

Human-induced warming is increasing at the **unprecedented rate** of over 0.2°C per decade, the result of greenhouse gas emissions being at an all-time high over the last decade, as well as reductions in the strength of aerosol cooling.



Forster et al., 2024

Depuis ~5 ans, de nombreux événements sans précédent



2023 Fires: Surfaces brûlées au Canada (ha)

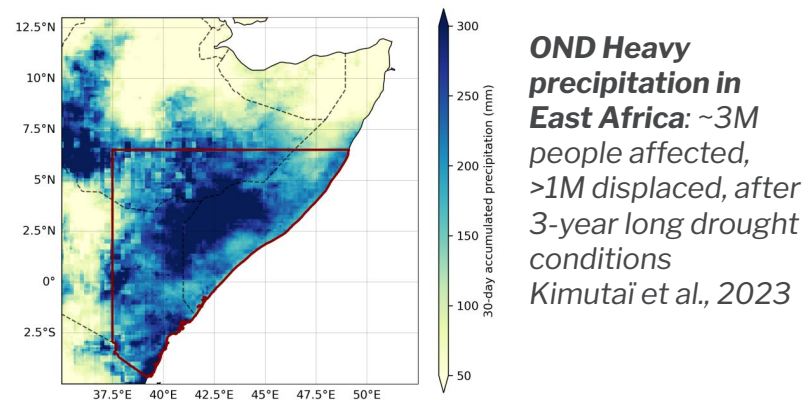
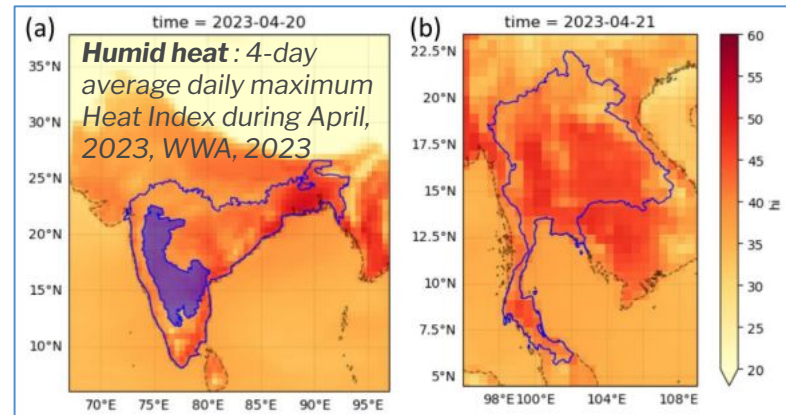


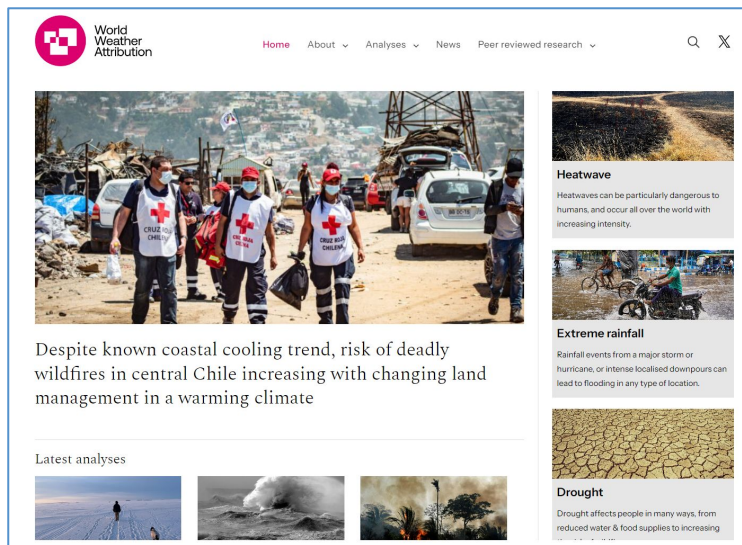
Figure 1. October–November 30-day rainfall accumulation over the Horn of Africa. Shows the maximum of 30-day cumulative rainfall on the 20th of November 2023 over the region that experienced highest flood-induced impacts. Source: MSWEP data.



Comprendre les risques actuels au travers des E. Extrêmes

Attribution des événements extrêmes: permet de dire si les risques sont liés au changement climatique, donc se poursuivre et s'amplifier

Plusieurs « services quasi-opérationnels »



<https://www.worldweatherattribution.org>

a



<https://www.climameter.org>

a

France : besoin d'adaptation pour les vagues de chaleur et sécheresses

1	IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET BESOINS D'ADAPTATION	
	MESSAGES CLÉS RECOMMANDATIONS : CONNAÎTRE ET ANTICIPER LES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE	P27 P29
1.1	IMPACTS EMBLÉMATIQUES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE	P30
	1.1.1 ACCROISSEMENT DU STRESS CLIMATIQUE ET DES ÉVÉNEMENTS EXTRÊMES AU COURS DES DERNIÈRES ANNÉES	P30
	1.1.2 CONSÉQUENCES DES PERTURBATIONS DU CYCLE DE L'EAU EN FRANCE	P36
1.2	VULNÉRABILITÉS CLÉS ET BESOINS D'ADAPTATION	P37
	1.2.1 ÉVALUER LES BESOINS D'ADAPTATION D'UNE FRANCE À 4 °C	P37
	1.2.2 VULNÉRABILITÉS ET BESOINS D'ADAPTATION DES POPULATIONS	P39
	1.2.3 LEVIERS TRANSVERSAUX POUR L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	P46
1.3	NOTES ET RÉFÉRENCES DU CHAPITRE 1	P48

26 - RAPPORT ANNUEL 2024

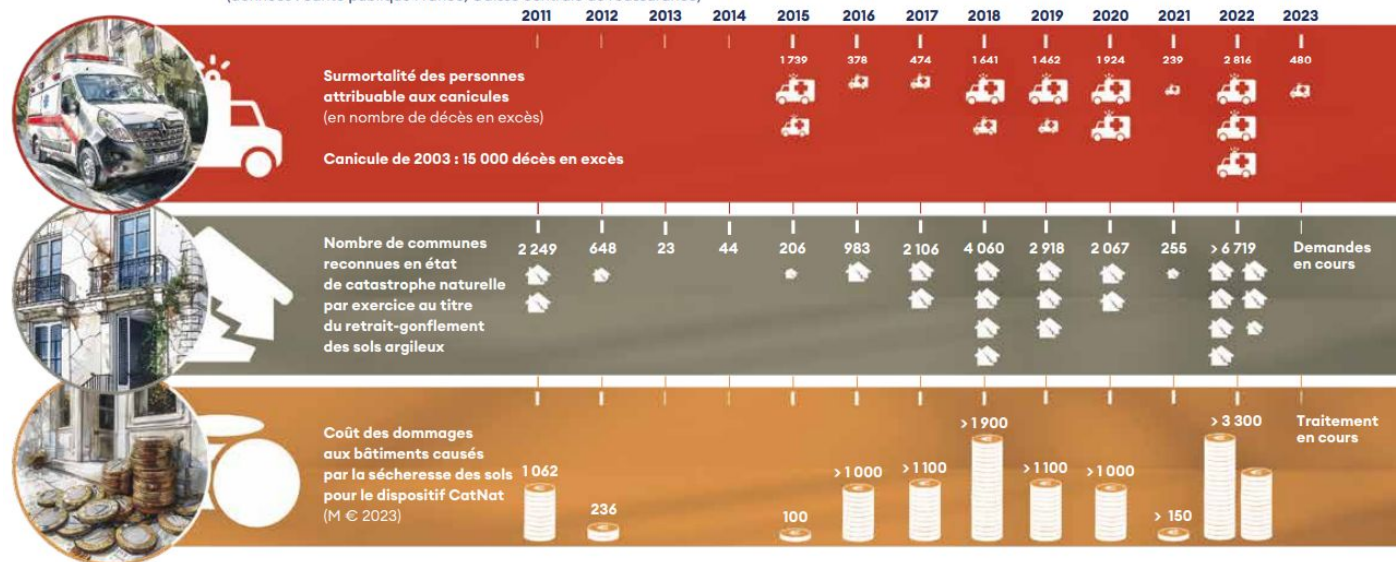
- **La France connaît les principaux impacts du changement climatique auxquels elle doit faire face** puisqu'elle y a été confrontée au cours de la dernière décennie, mais ces impacts se multiplient, s'intensifient et se cumulent en France, comme en Europe et dans le monde, et leurs conséquences pour la société s'aggravent.
- **Les besoins d'adaptation s'accroissent avec les niveaux de réchauffement** et seront d'autant plus importants et coûteux qu'ils seront traités tardivement. Les options d'adaptation disponibles se réduisent à mesure que le climat se réchauffe et présentent un ensemble de limites.
- **L'exposition et les vulnérabilités** disproportionnées de certaines catégories de la population et de certaines activités face au changement climatique risquent de s'aggraver si leurs besoins spécifiques d'adaptation ne sont pas pris en compte.
- **Le développement d'une trajectoire de référence constitue une avancée importante** pour définir les besoins d'adaptation à l'échelle de la France, en anticipant un réchauffement en France de 4 °C d'ici 2100 [...]
- **Le décalage se creuse entre les mesures prises pour réduire l'exposition et les vulnérabilités et limiter les impacts du changement climatique** et les besoins d'adaptation actuels et futurs car les impacts du changement climatique augmentent plus vite que les moyens mis en œuvre pour les limiter.

France : besoin d'adaptation pour les vagues de chaleur et sécheresses

Figure 1.1c – Représentation de l'accroissement de besoins d'adaptation depuis 2011 en France

LES CONSÉQUENCES SANITAIRES, SOCIALES ET ÉCONOMIQUES DES CANICULES ET DES SÉCHERESSES

(données : Santé publique France, Caisse centrale de réassurance)



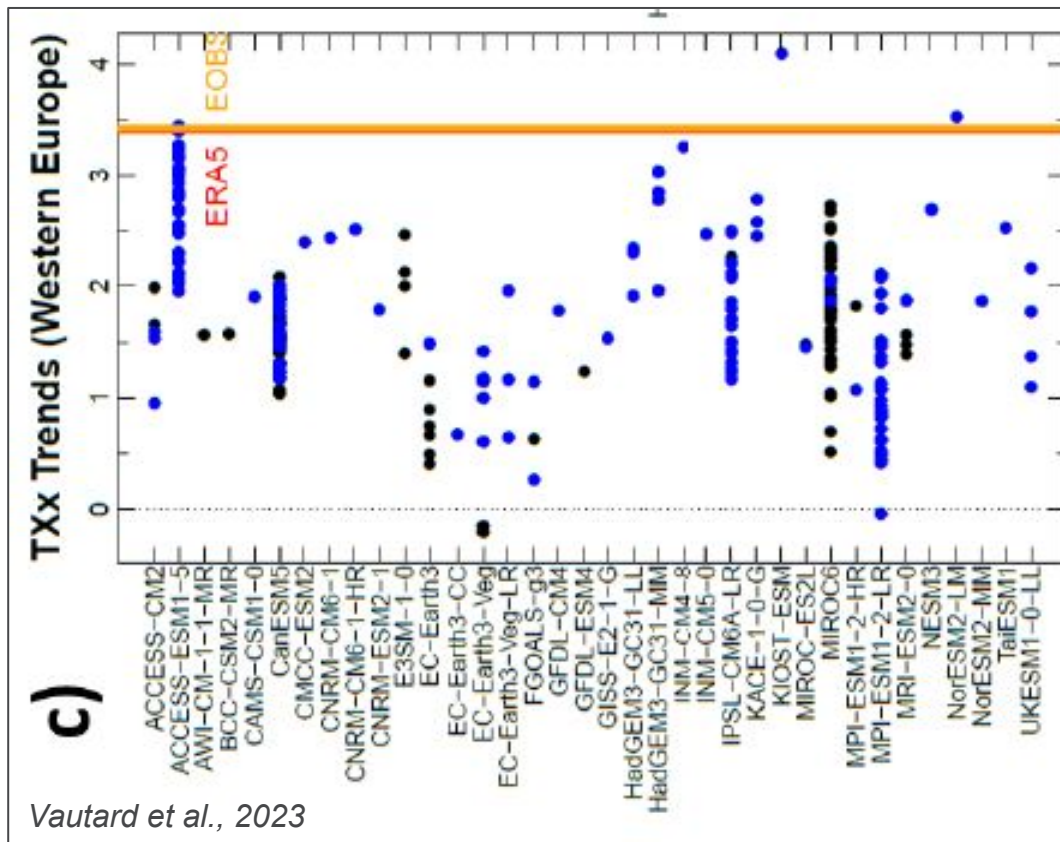
LES STRATÉGIES ET PLANS MIS EN ŒUVRE DANS LE TEMPS POUR RÉPONDRE À CES CONSÉQUENCES



Rapport du
HCC, 2024

Des interrogations

Les simulations climatiques actuelles simulent le réchauffement global, mais pas l'évolution rapide des extrêmes chauds en Europe de l'Ouest



← Tendance observée ($\sim 3,5^{\circ}\text{C}$)



Tendances simulées
possibles dans les
simulations climatiques
(CMIP6)

□ Incertitude très forte sur
les évolutions futures (p
ex d'ici 2050)

Préparation à une situation “du pire”



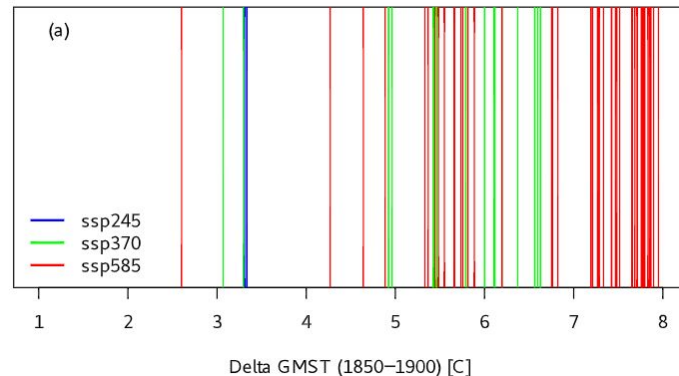
MISSION D'INFORMATION
ET D'ÉVALUATION
DU CONSEIL DE PARIS

PARIS À 50°C

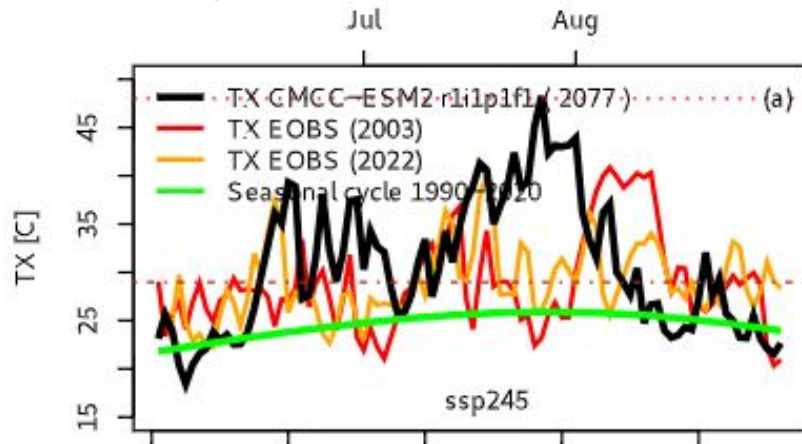
LE RAPPORT



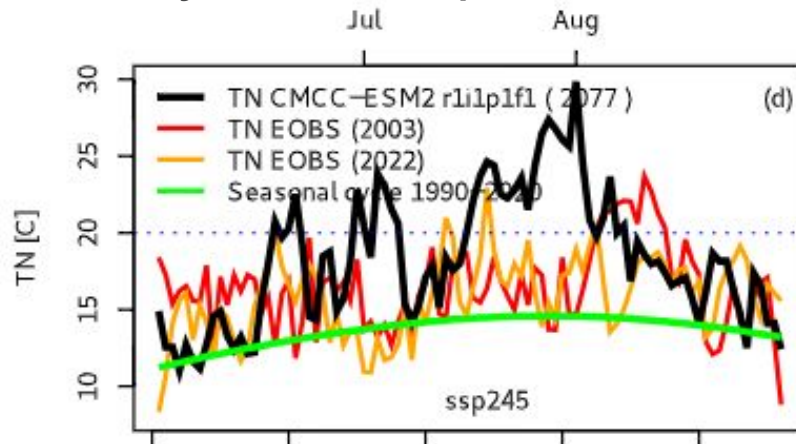
Est-ce possible?
Quel déroulé de la saison?
Quelles conséquences?
Quelle préparation?



Daily Maximum Temperatures

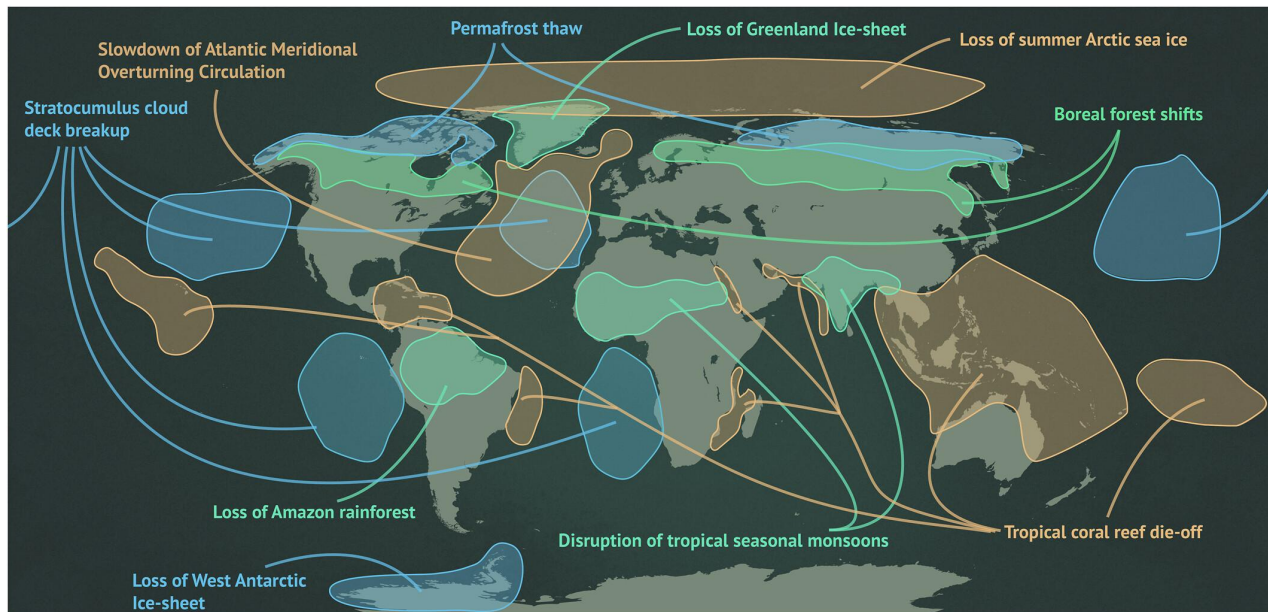


Daily Minimum Temperatures



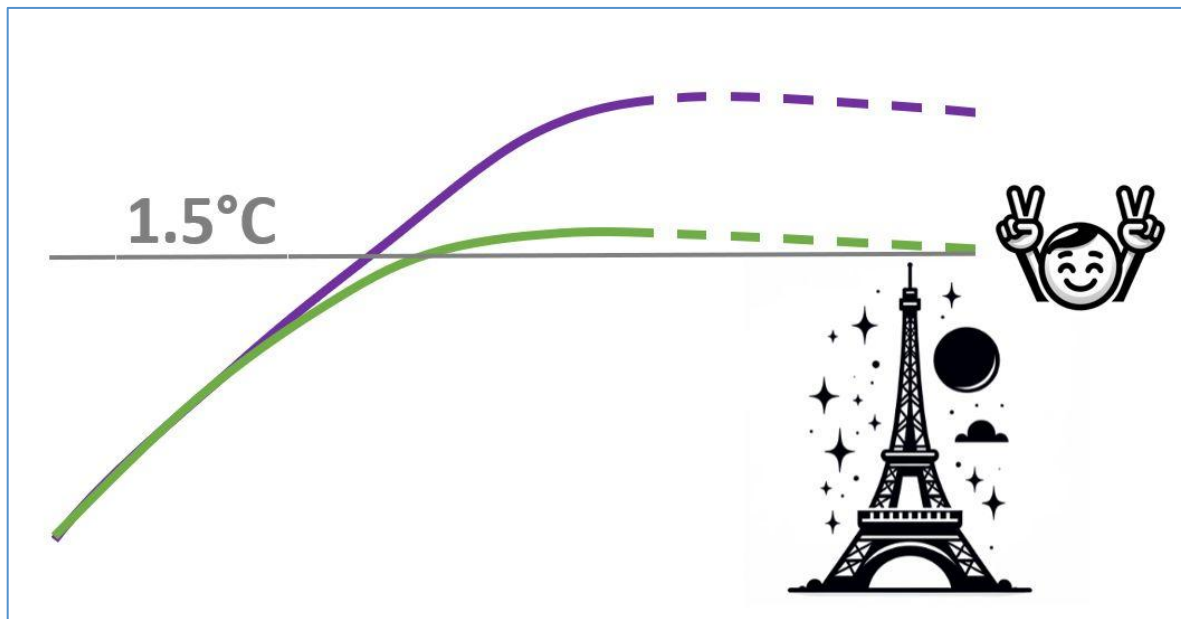
Comprendre les événements à forts impacts, les points de bascule

*Mechanisms and Impacts of Earth System Tipping elements,
Wang et al., 2023*

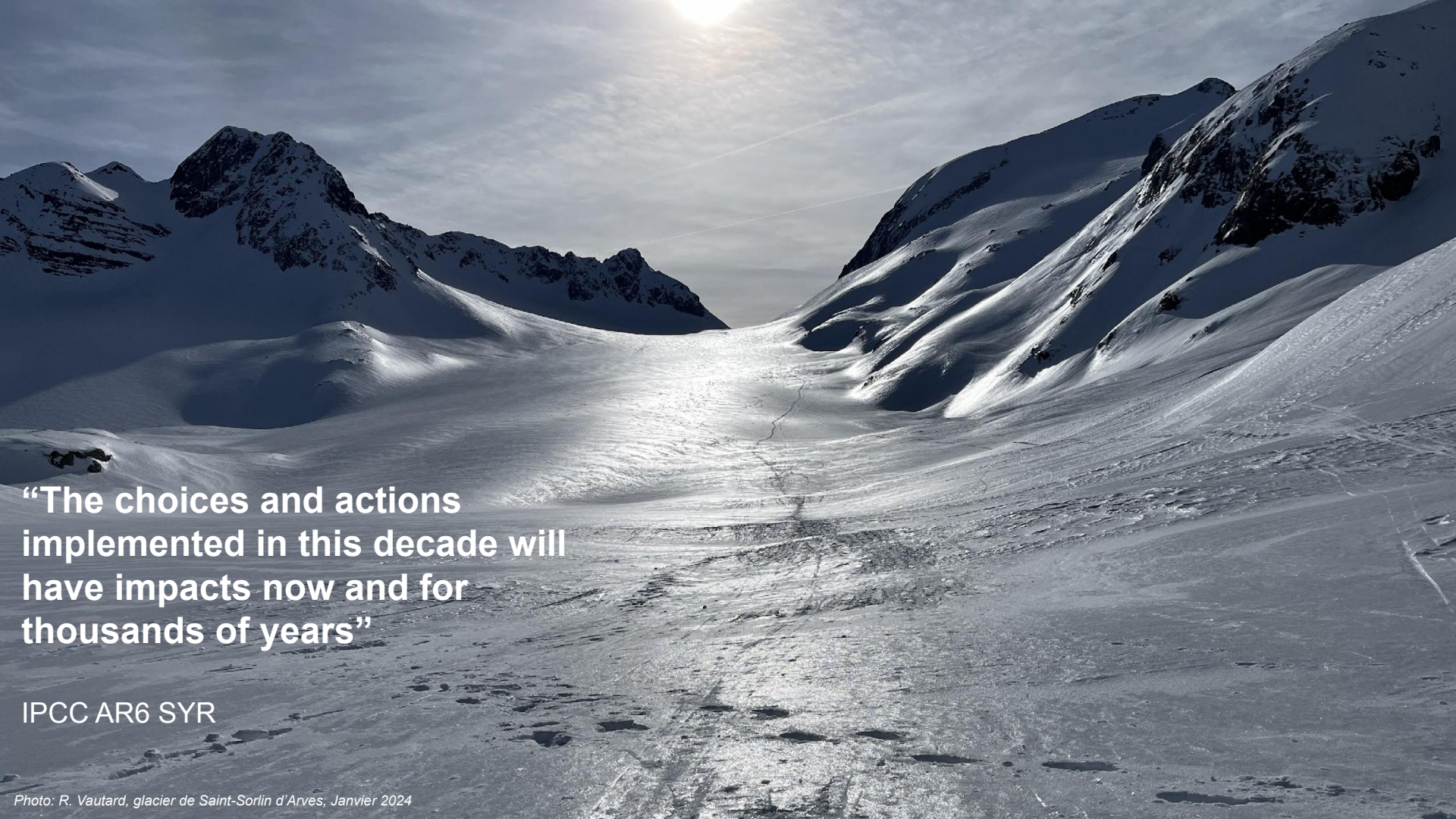


- De nombreuses nouvelles études
- Réduire l'incertitude sur les seuils critiques
- Cascade de risques à comprendre et quantifier jusqu'à l'échelle régionale

Attention, le futur nous regarde!



- Dépend des actions de court terme pour la réduction et de la « hauteur du dépassement », potentiellement rattrappable par les « émissions négatives »
- Un dépassement aura des conséquences irréversibles et difficiles encore à estimer, sauf glaces, océans. Cycle du carbone et puits?



**“The choices and actions
implemented in this decade will
have impacts now and for
thousands of years”**

IPCC AR6 SYR

Photo: R. Vautard, glacier de Saint-Sorlin d'Arves, Janvier 2024

Merci de votre attention

Toutes mes presentations disponibles à partir de:

<https://cloud.ipsl.fr/index.php/s/XbjHgTAMt2pxXt5>