

Adapter les territoires* à +4°C

“The known, the known unknown and the unknown unknown”



NB : Cet exposé est une synthèse de connaissances scientifiques et de points de vue plus personnels dont Météo-France ne peut être tenu pour responsable.

Hervé Douville (AR6 WGI CLA)

herve.douville@meteo.fr

Adapter les territoires à +4°C



Le Monde



Le temps des villes et des territoires: tribune 2024, «an I» de l'adaptation au changement climatique

Climat : le nouveau plan pour adapter la France au réchauffement lancé sans grands moyens

Combien coûtera à la France son adaptation à un réchauffement de 4 °C ?

**Adapter la France à +4°C :
lubie politique ou nécessité
fondée sur la science ?**

Les multiples dimensions du risque



- Le caractère incertain des projections (...) devient une faiblesse sensible là où elles doivent jouer le rôle de pronostics, à savoir dans l'application pratique-politique (H. Jonas, 1979)
- L'incertitude ne doit plus être un prétexte à l'inaction mais, bien au contraire, un levier supplémentaire à l'action (H. Douville, 2025)



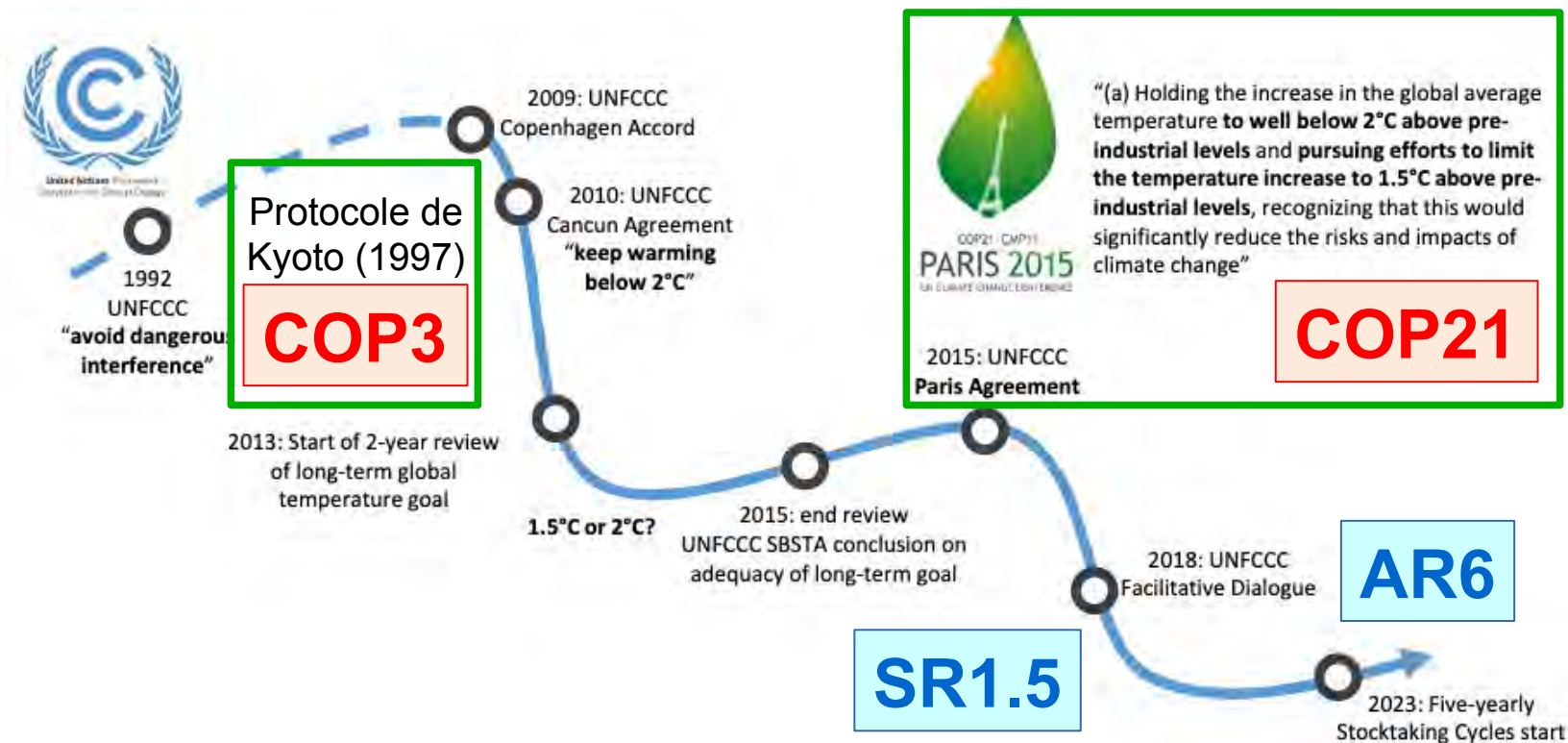
=> Il est plus difficile d'être « décideur » que climatologue

Plan de l'exposé

- **Introduction**
- **« The known »**: Messages clés du GIEC (IPCC AR6)
- **« The known unknown »**: Pourquoi les projections climatiques restent si incertaines ?
- **« The unknown unknown »**: Comment élaborer des stratégies d'adaptation « sans regret » ?
- **Conclusion**



Du protocole de Kyoto à l'accord de Paris



Du protocole de Kyoto à l'accord de Paris

KYOTO

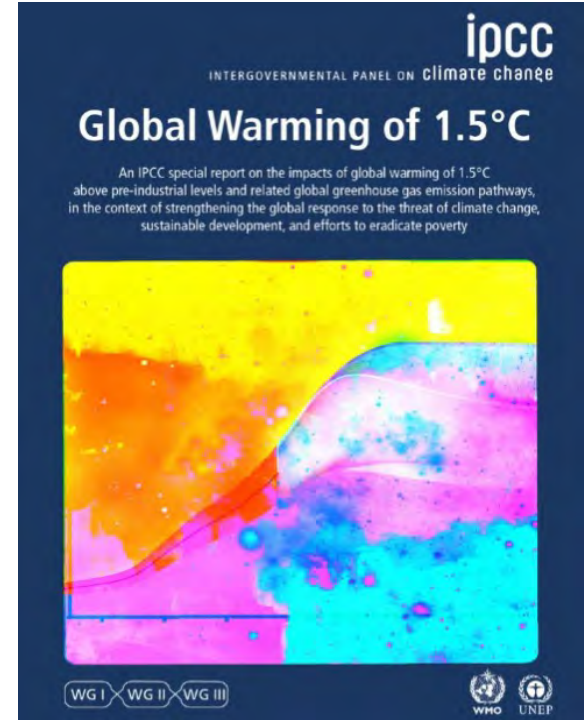
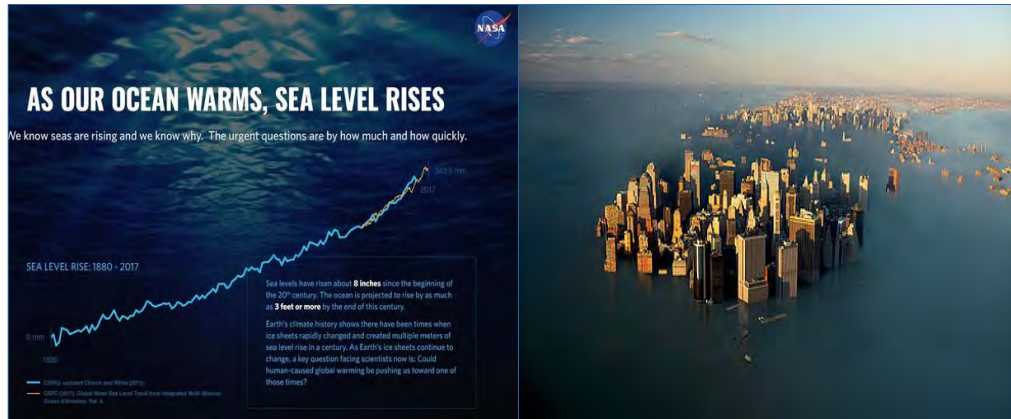
- Pacte **astreignant** adopté en 1997 (COP3) et ratifié en 2005 (COP11) par 55 États représentant 55 % des émissions.
- **L'objectif est de réduire de 5 % les émissions de GES entre 2008 et 2012** par rapport à 1990 par les 38 pays les plus développés en 1990.
- Aucun engagement de réduction des émissions de GES n'est imposé pour les autres pays et pas de sanctions.

PARIS

- Traité **juridiquement contraignant** adopté par 196 Parties en 2015 (COP21) et entré en vigueur le 4 novembre 2016.
- Prolongement du protocole de Kyoto à partir de 2020.
- **L'objectif est de maintenir le réchauffement climatique résolument en dessous de 2°C voire le limiter à 1,5°C** par rapport aux niveaux préindustriels, **d'ici 2100.**

Pour quelques (dixièmes de) degrés de plus

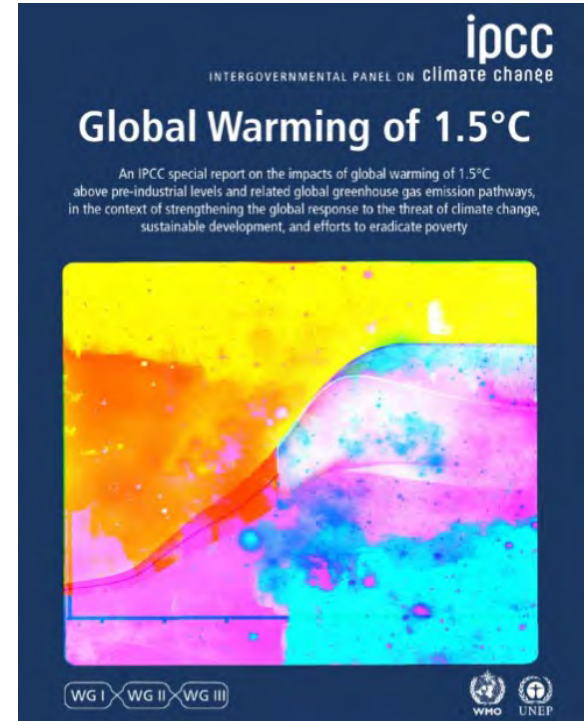
« B2. By 2100, global mean sea level rise is projected to be around **0.1m** lower with global warming of **1.5°C** compared to **2°C** (*medium confidence*).



Pour quelques (dixièmes de) degrés de plus

« B2. By 2100, global mean sea level rise is projected to be around **0.1m** lower with global warming of **1.5°C** compared to **2°C**

B2.1. Model-based projections of global mean sea level rise (relative to 1986-2005) suggest an indicative range of **0.26 to 0.77m** by 2100 for 1.5°C global warming, (...) (*medium confidence*). »

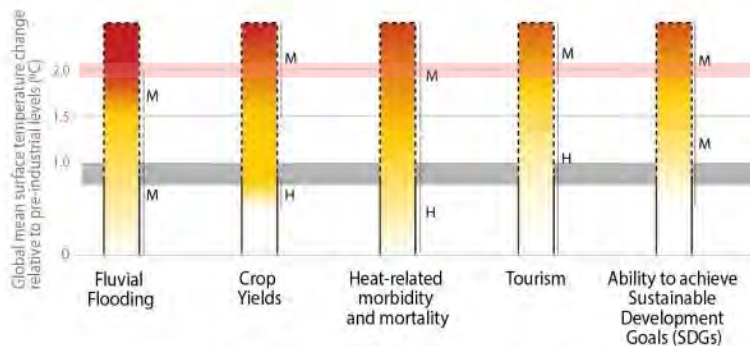


Pour quelques (dixièmes de) degrés de plus

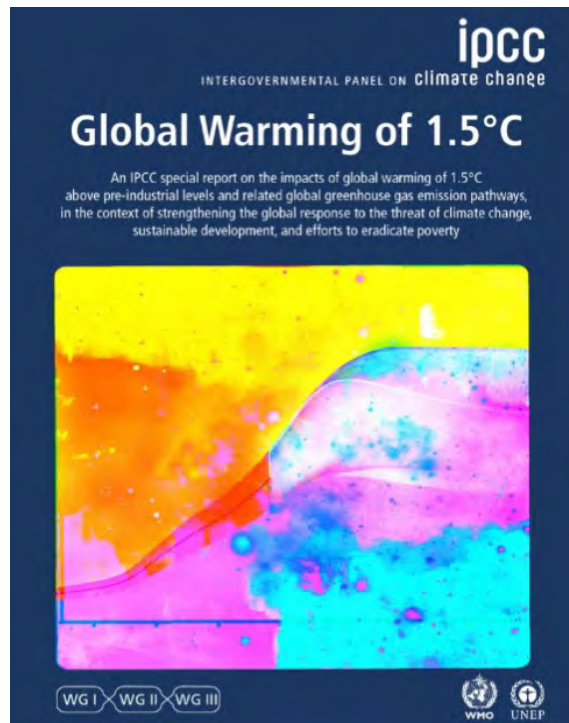


- Every bit of warming matters •
- Every year matters •
- Every choice matters •

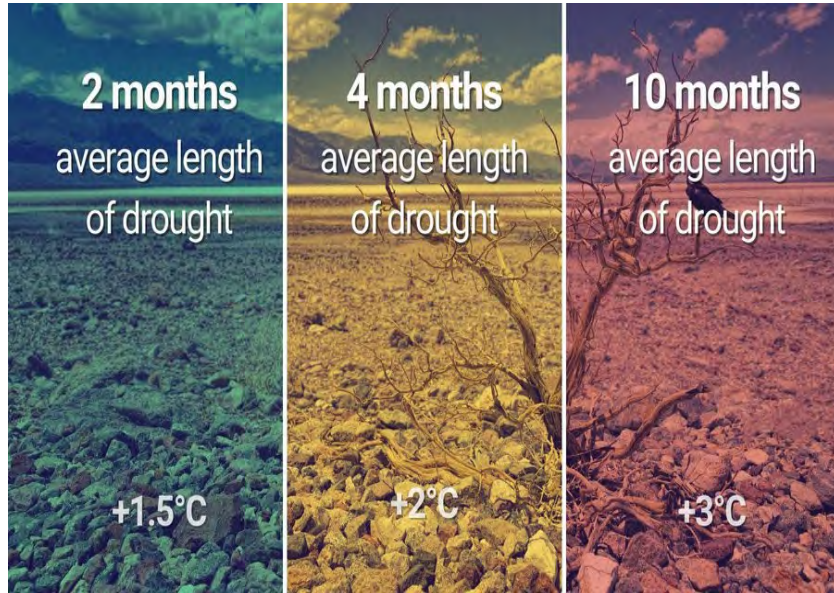
IPCC WGII
Burning
ember
diagrams



Confidence level for transition: L=Low, M=Medium, H=High and VH=Very high



Un nouveau narratif efficace ?



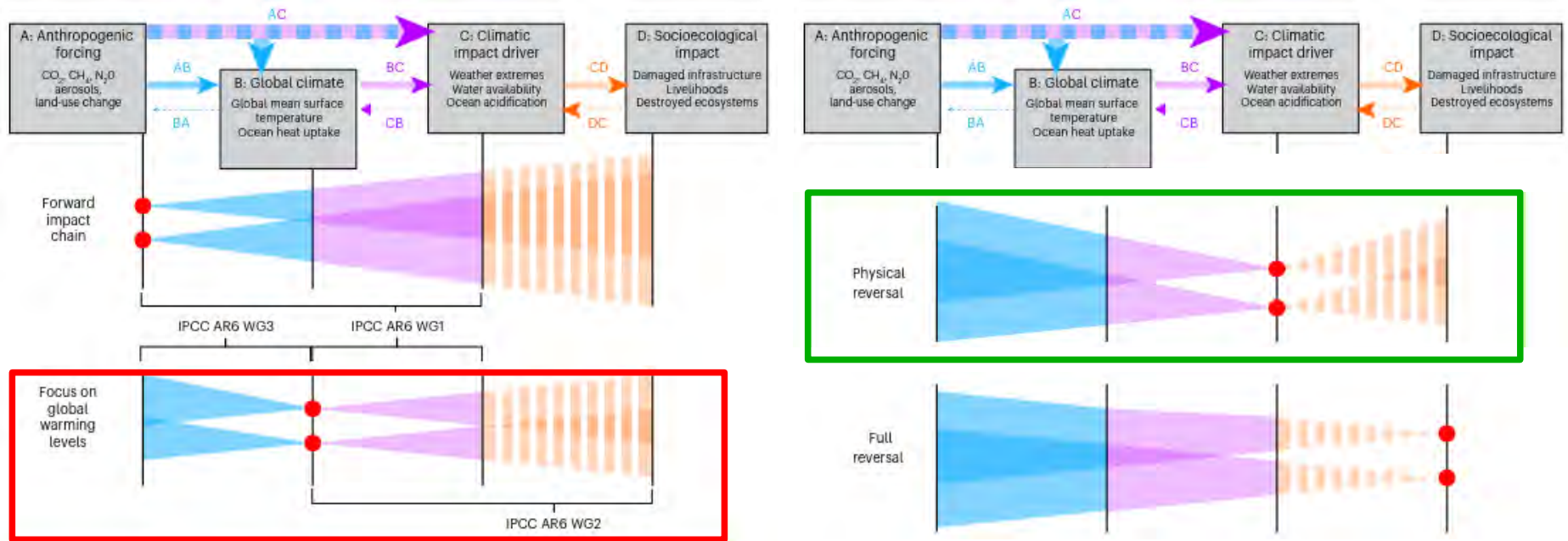
Projected length of drought with every 0.5°C temperature increase.

Source: UNFCCC



Ulysse Gry, titulaire d'un master 2
Journalisme à Sciences Po Toulouse
& dessinateur régulier pour Mediapart

Ce n'est pas le seul narratif possible



Reversal of the impact chain for actionable climate information

<https://doi.org/10.1038/s41561-024-01597-w>

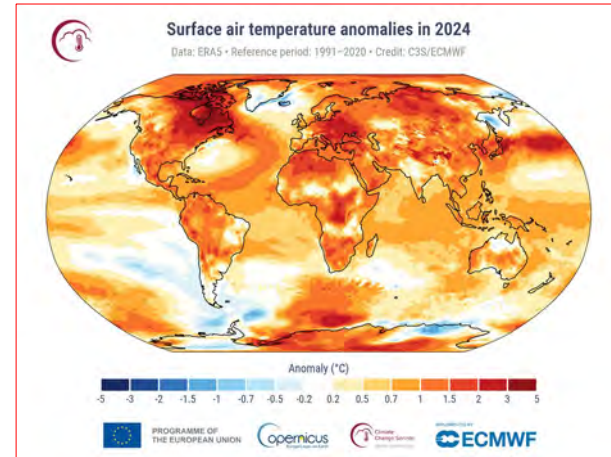
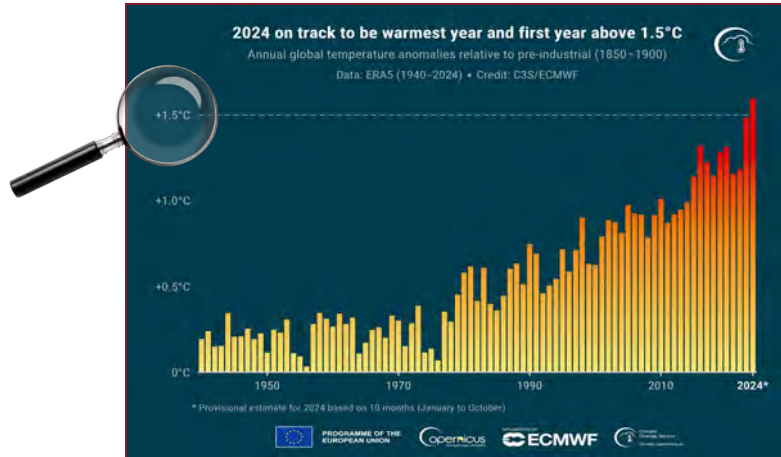
Plan de l'exposé

- Introduction
- « **The known** »: Messages clés du GIEC (IPCC AR6)
- « **The known unknown** »: Pourquoi les projections climatiques restent si incertaines ?
- « **The unknown unknown** »: Comment élaborer des stratégies d'adaptation « sans regret » ?
- Conclusion



Rappel : le pari de l'Accord

En **2024** la température moyenne du globe a excédé de **+1,5°C** le niveau moyen (1850-1900) des températures préindustrielles.



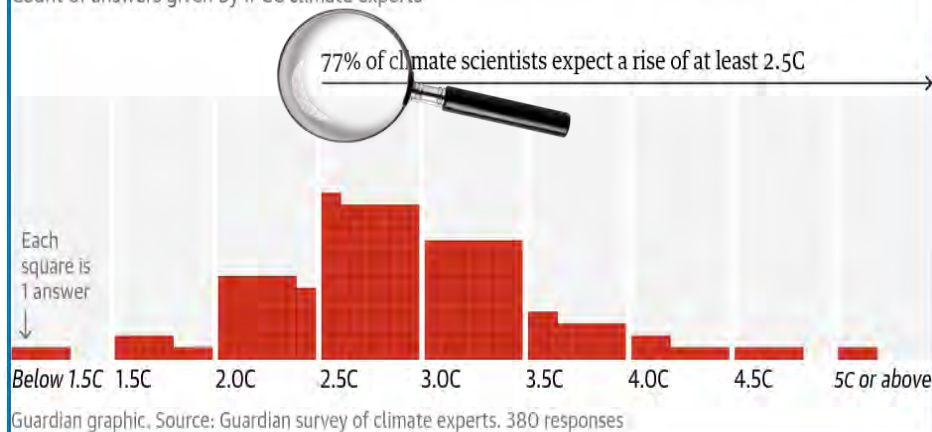
Le réchauffement global observé de 2014 à 2023 est de **+1,19°C** par rapport à 1850-1900, entièrement d'origine anthropique, et à un rythme (**+0,26°C /déc.**) sans précédent dans les relevés instrumentaux.

Encore combien de degrés en plus ?

How high will global heating go?

How high above pre-industrial levels do you think average global temperature will rise between now and 2100?

Count of answers given by IPCC climate experts



- **77 %** des 380 scientifiques interrogés estiment que **le réchauffement global va encore augmenter d'au moins 2.5°C d'ici la fin du siècle.**
- Ce sont parfois les mêmes qui n'ont pas rechargé à contribuer au rapport spécial du GIEC SR1.5 publié en 2018.

Quelques messages clés de l'AR6 WGI

- It is **unequivocal** that human influence has warmed all components of the climate system (troposphere, ocean and land).
- Global surface temperature will continue to increase until at least mid-century **under all emissions scenarios** considered.
- **Many changes in the climate system become larger in direct relation to increasing global warming.**
- **Natural drivers** (e.g. major volcanic eruptions) **and internal variability** will modulate human-caused changes, especially in the near term.
- **Low-likelihood outcomes** (ice-sheet collapse, abrupt ocean circulation changes, warming much larger than assessed) cannot be ruled out.

Déclinaison au niveau national : la TRACC

- Pour avancer de manière coordonnée sur le sujet de l'adaptation au changement climatique, la France se dote d'une **Trajectoire de réchauffement de Référence pour l'Adaptation au Changement Climatique**.
- Définie à partir du scénario tendanciel selon les scientifiques du GIEC, la TRACC doit servir de référence à toutes les actions d'adaptation menées en France.



<https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/trajectoire-rechauffement-reference-ladaptation-changement-climatique-tracc>

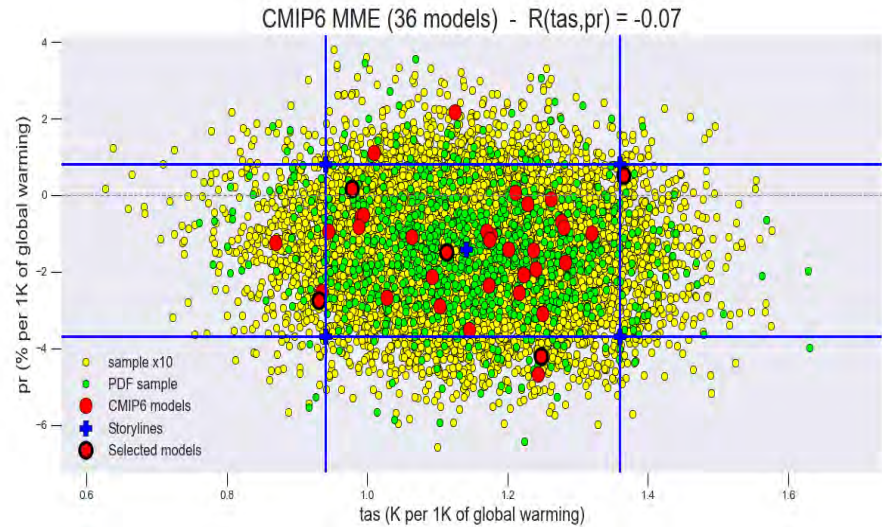
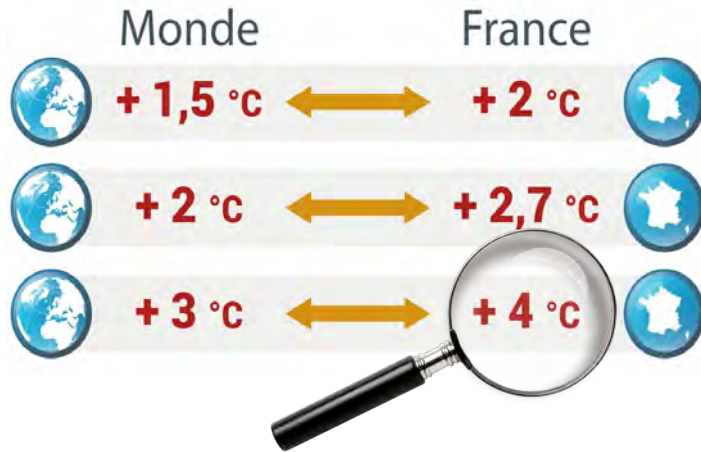
Déclinaison au niveau national : la TRACC



L'objectif de la **TRACC** est de doter le pays d'une **référence commune** pour l'élaboration des stratégies d'adaptation. Autrement dit de faire en sorte que tous les acteurs prennent les mêmes hypothèses pour répondre à la question: **« À quel climat futur dois-je m'adapter ? »**

<https://meteofrance.com/sites/meteofrance.com/files/files/editorial/rapport-trajectoire-rechauffement-adaptation-changement-climatique-partie-1.pdf>

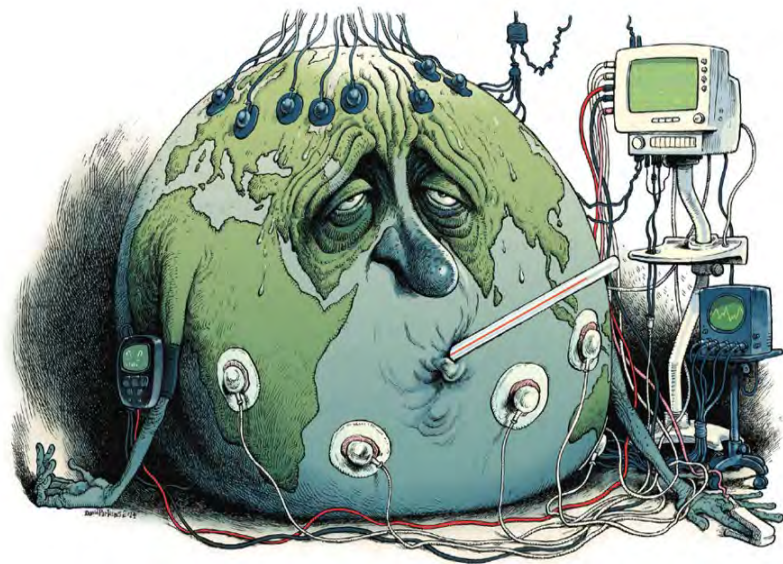
Des choix en partie arbitraires...



Des choix en partie arbitraires :

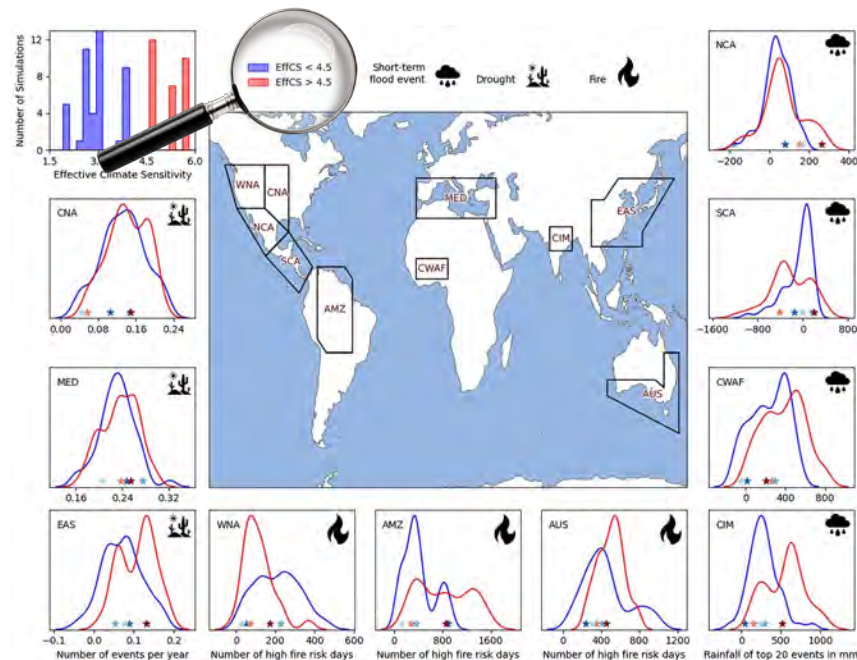
- Environ **+ 30 %** de réchauffement sur la France hexagonale par rapport à la moyenne annuelle planétaire.
- **+3°C** en moyenne globale, souvent présenté comme le « pire » des scénarios.

Et pas cautionnés par tous les scientifiques



Ditch the 2°C warming goal (Nature, 2014)

Average global temperature is not a good indicator of planetary health. Track a range of vital signs instead, urge [David G. Victor and Charles F. Kennel](#)



Regional Impacts Poorly Constrained by Climate Sensitivity

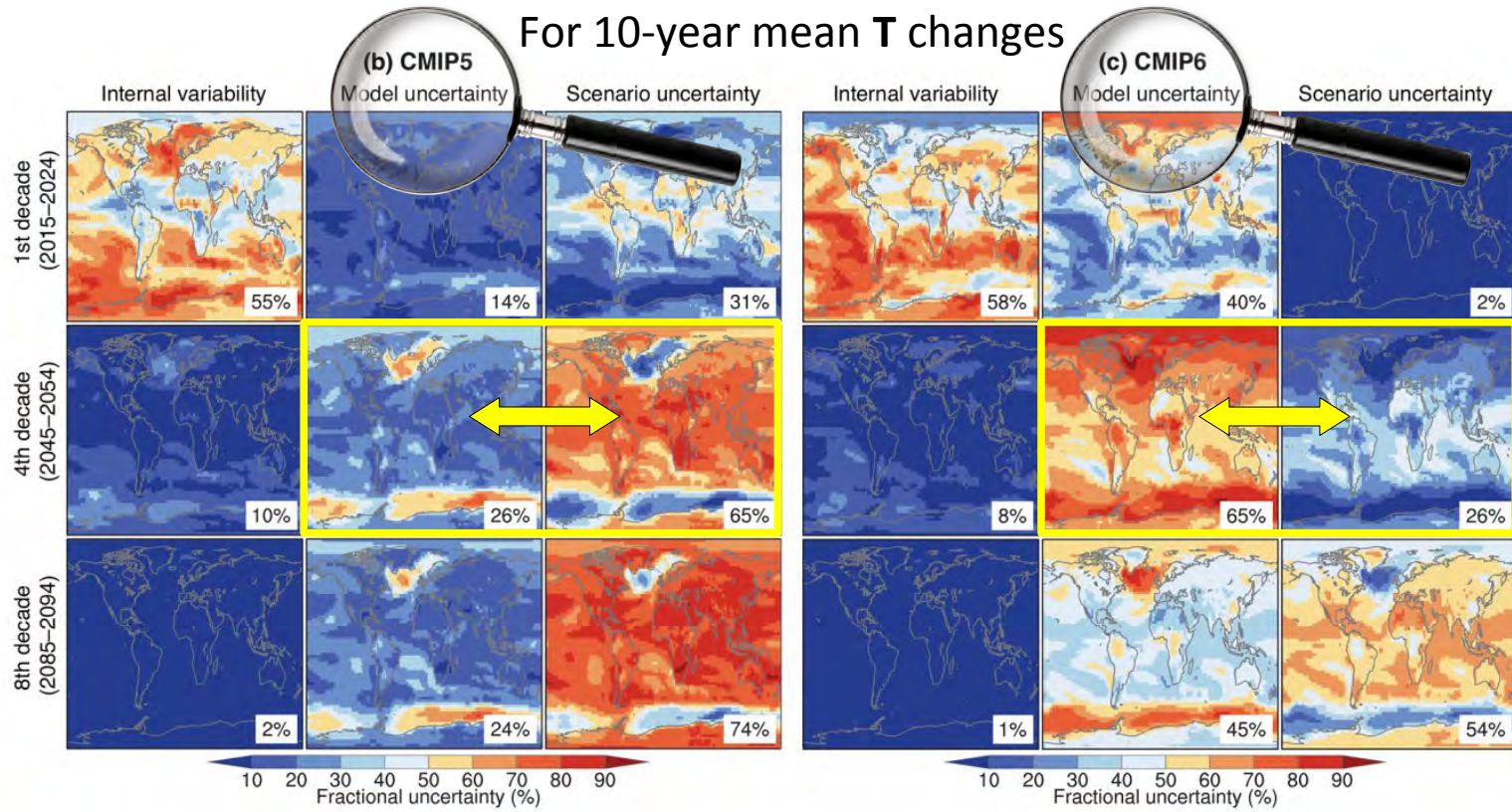
Ranjini Swaminathan¹, Jacob Schewe², Jere² Walton³, Klaus Zimmermann⁴, Colin Jones⁵, Richard A. Betts^{3,6}, Chantelle Burton³, Chris D. Jones^{3,7}, Matthias Mengel², Christopher P. O. Reyer², Andrew G. Turner⁸, and Katja Weigel^{9,10}

Plan de l'exposé

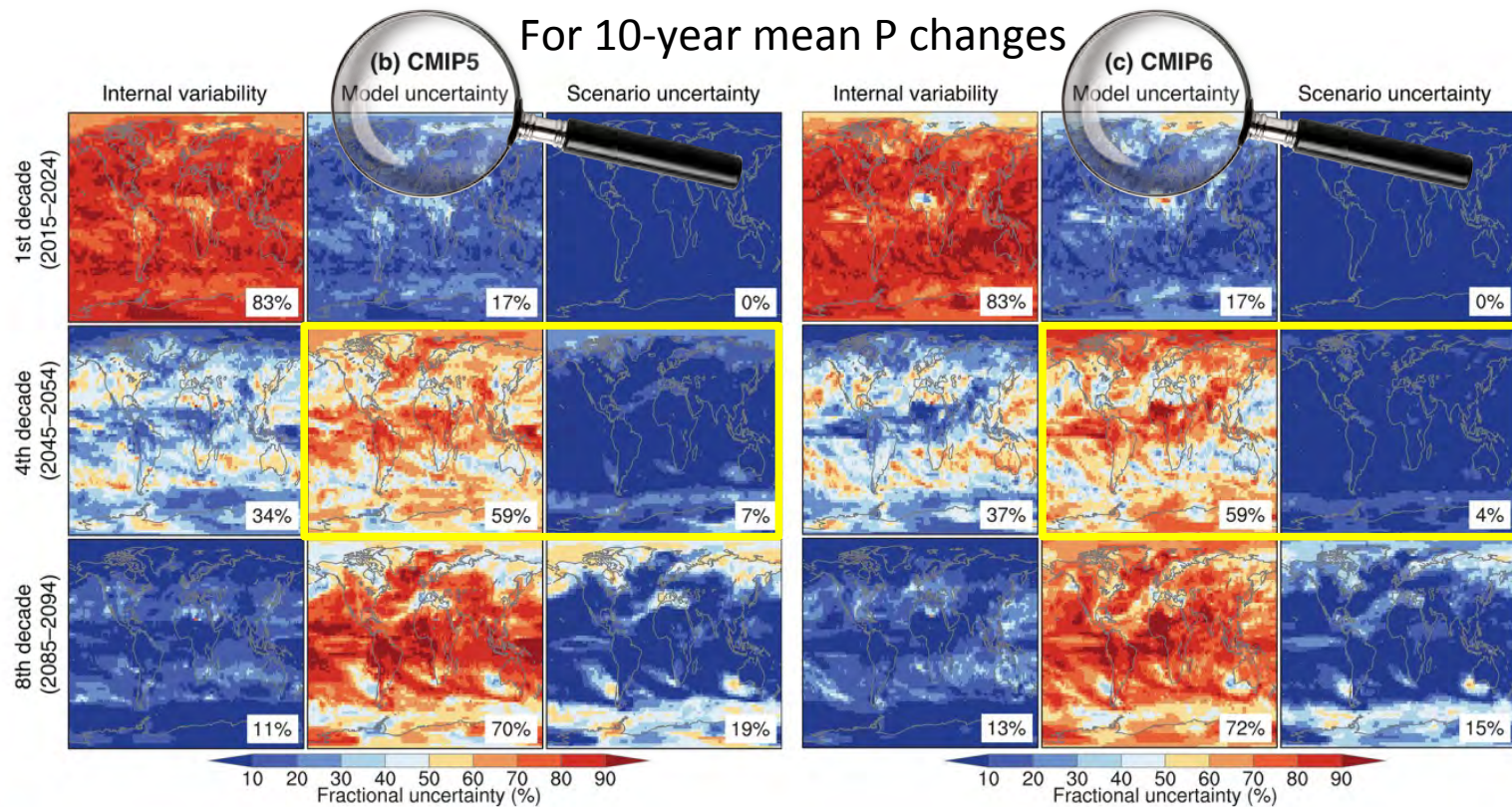
- **Introduction**
- **« The known »**: Messages clés du GIEC (IPCC AR6)
- **« The known unknown »**: Pourquoi les projections climatiques restent si incertaines ?
- **« The unknown unknown »**: Comment élaborer des stratégies d'adaptation « sans regret » ?
- **Conclusion**



Trois sources d'incertitudes évolutives : T

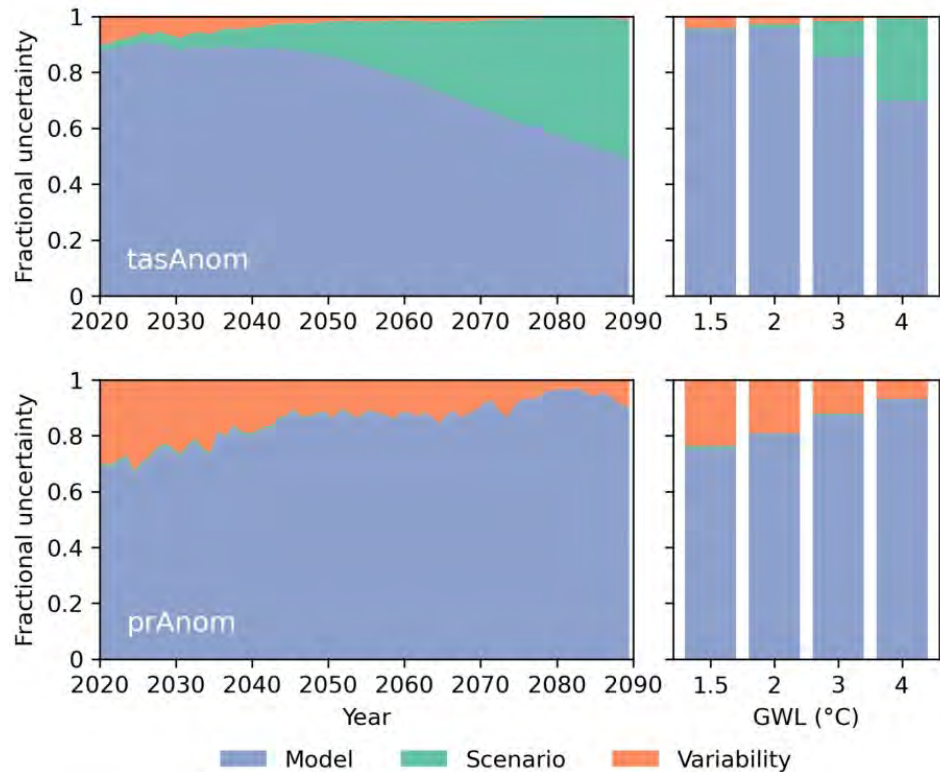


Trois sources d'incertitudes évolutives : P



Du global au national : Royaume-Uni

- Probabilistic climate projections of **T** (top) and **P** (bottom) over the UK as a function of time or GWLs across four RCP (CMIP5).
- Modelling uncertainty (in blue) dominates at all GWLs.
- Scenario uncertainty still exists at a given GWL for **T** but seems negligible given the huge other two contributions for **P**.



Du global au national : la TRACC



GWL
+2°C

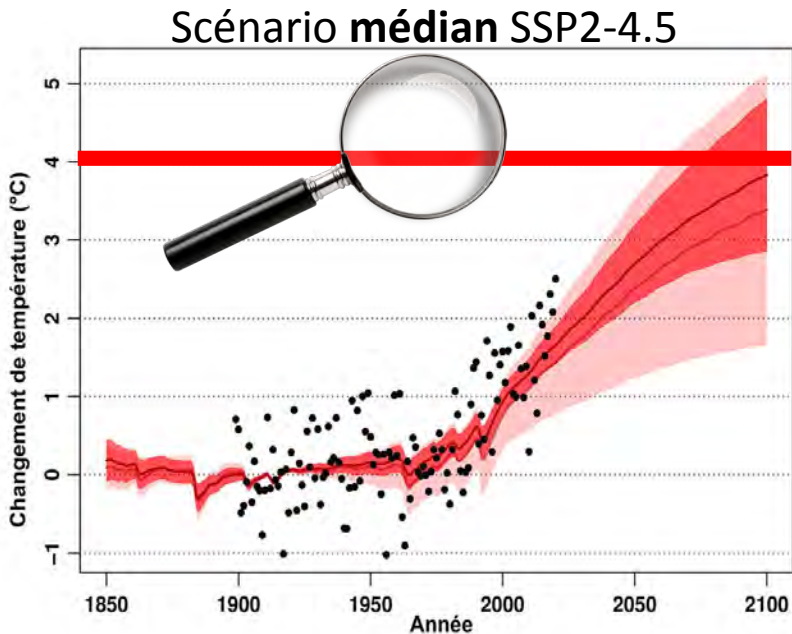
+3°C

+4°C

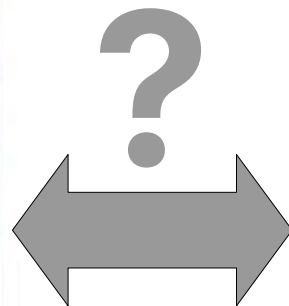


« L'adaptation nécessaire au changement climatique à venir fait l'objet d'un nouveau cap gouvernemental : se préparer à une hausse de 4 °C de la température. **Une décision courageuse, mais qui implique de discuter collectivement des questions les plus difficiles.** » (A. Garric, 2023)

Du global au national : la TRACC



Constrained vs unconstrained
annual mean warming over France



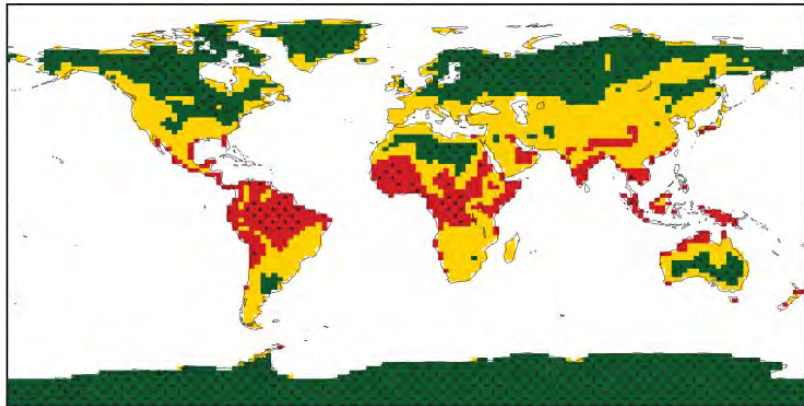
=> Many models **underestimate** the recent and future warming over France

Du global au national : la TRACC

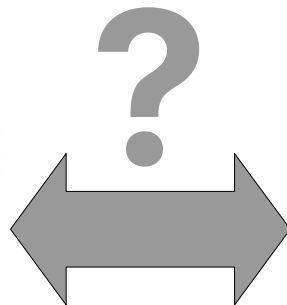
LETTER • OPEN ACCESS

Future local climate unlike currently observed anywhere

To cite this article: Fabienne Dahinden et al 2017 *Environ. Res. Lett.* **12** 084004



Does the future climate already exist somewhere?

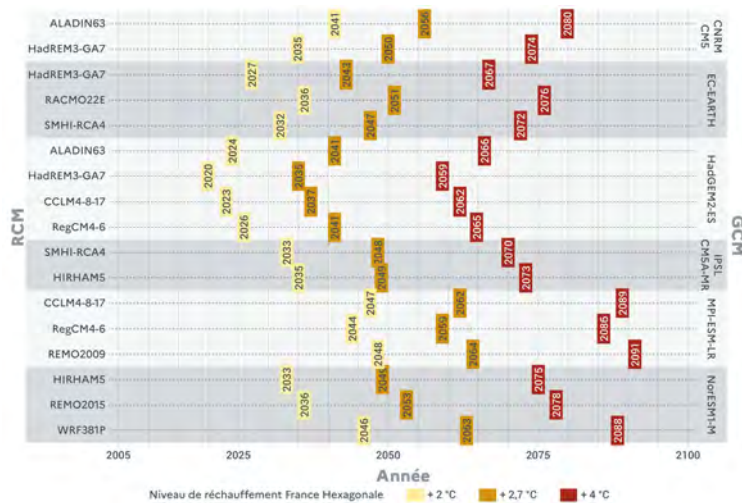


Du global au national : la TRACC

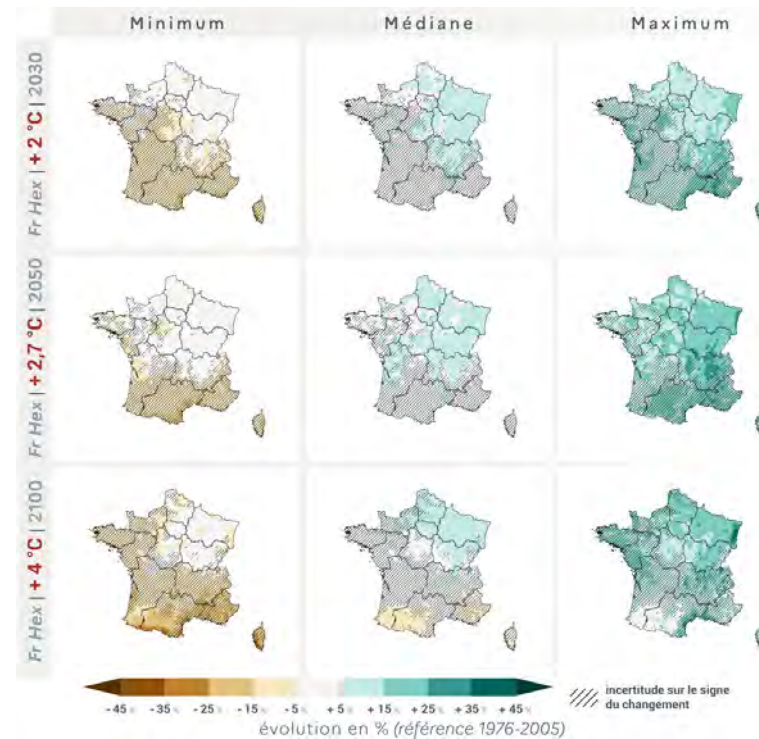
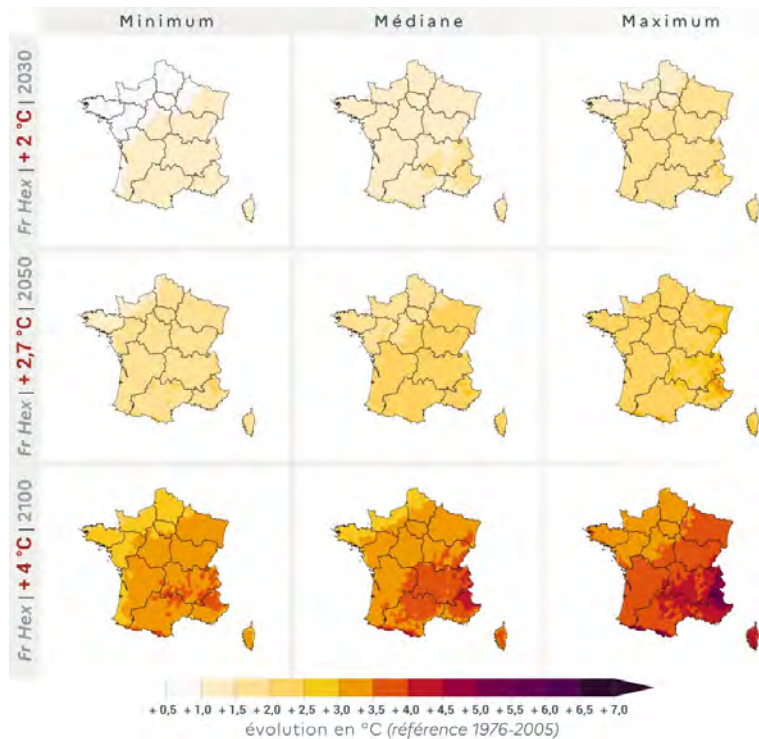
GCM/RCM	ALADIN63	Had-REM3-GA7-05	RACMO22E	RCA4	HIRHAM5	CCLM4-8-17	RegCM4-6	REMO	WRF381P
CNRM-CM5	✓	✓							
EC-EARTH		✓	✓	✓					
IPSL-CM5A-MR				✓	✓				
Had-GEM2-ES	✓	✓				✓	✓		
MPI-ESM-LR						✓	✓	✓	
NorESM1-M					✓				✓

Limites méthodologiques:

- Faible échantillonnage des modèles globaux et régionaux;
- Valeur ajoutée des modèles régionaux pas toujours évidente;
- Variabilité interne ignorée.



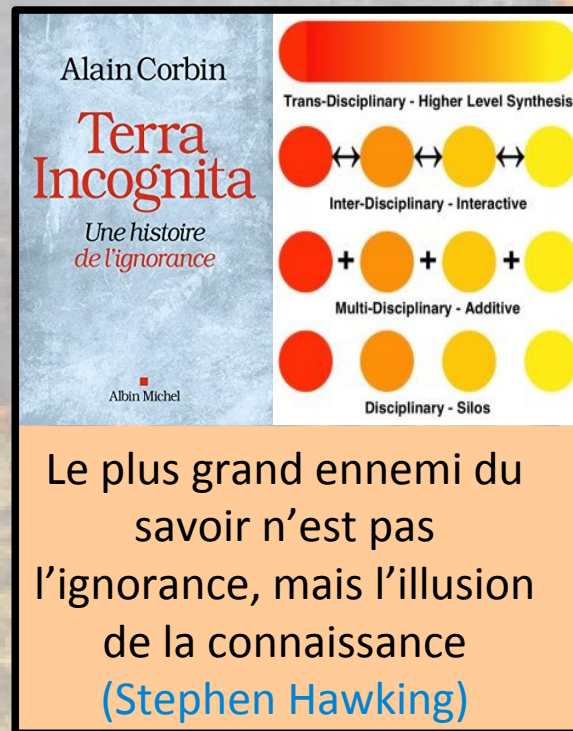
Du global au national : la TRACC



Changements en moyenne annuel des températures (°C) et des précipitations (%)

Plan de l'exposé

- **Introduction**
- « **The known** »: Messages clés du GIEC (IPCC AR6)
- « **The known unknown** »: Pourquoi les projections climatiques restent si incertaines ?
- « **The unknown unknown** »: Comment élaborer des stratégies d'adaptation « sans regret » ?
- **Conclusion**



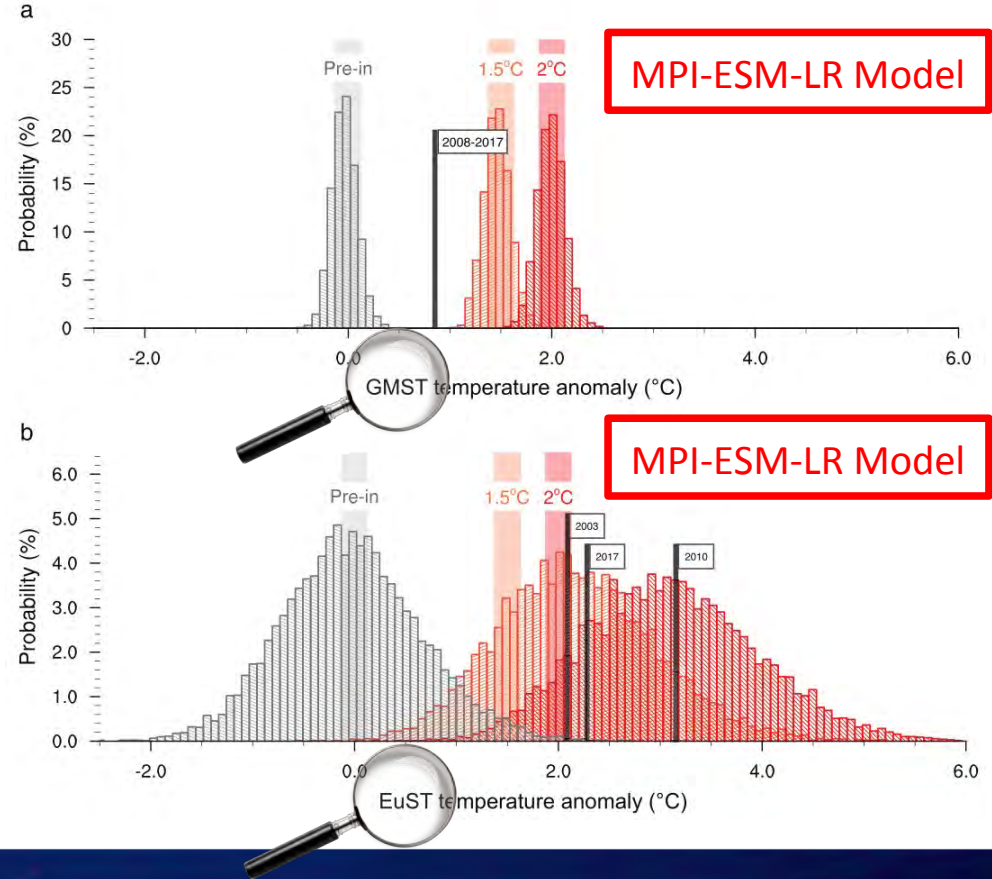
The image shows the cover of the book 'Terra Incognita: Une histoire de l'ignorance' by Alain Corbin, published by Albin Michel. To the right of the cover is a diagram illustrating four levels of interdisciplinary collaboration, represented by colored circles (red, orange, yellow, light yellow) and their interactions:

- Trans-Disciplinary - Higher Level Synthesis:** A horizontal bar with a gradient from red to yellow.
- Inter-Disciplinary - Interactive:** Four circles (red, orange, yellow, light yellow) connected by double-headed arrows.
- Multi-Disciplinary - Additive:** Four separate circles (red, orange, yellow, light yellow) with plus signs between them.
- Disciplinary - Silos:** Four separate, isolated circles (red, orange, yellow, light yellow).

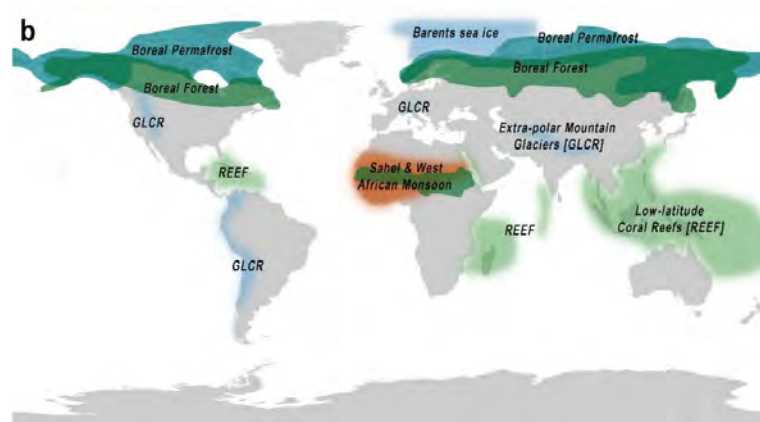
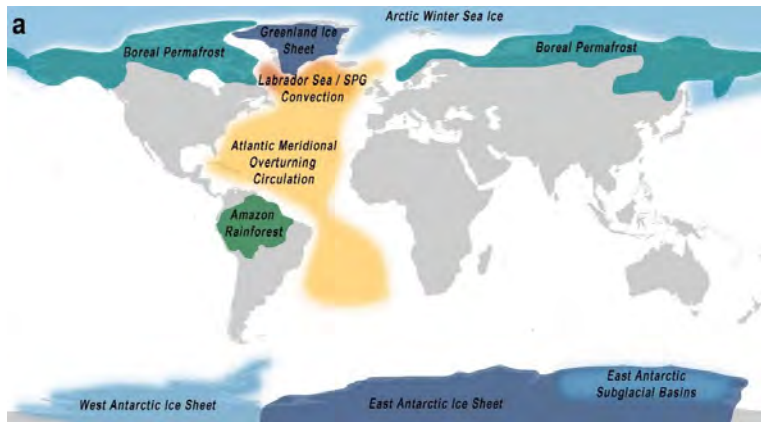
Le plus grand ennemi du savoir n'est pas l'ignorance, mais l'illusion de la connaissance
(Stephen Hawking)

La variabilité interne du climat

- (a) PDF of **annual GMST** anomalies at three GWLs: 0°C (gray), +1.5°C (orange) and +2°C (red)
- (b) PDF of **monthly EuST** anomalies (each PDF is based on 9000 months)
- Shaded areas indicate the range of ± 1 stdev around the mean state.



Les points de bascule ("tipping points")

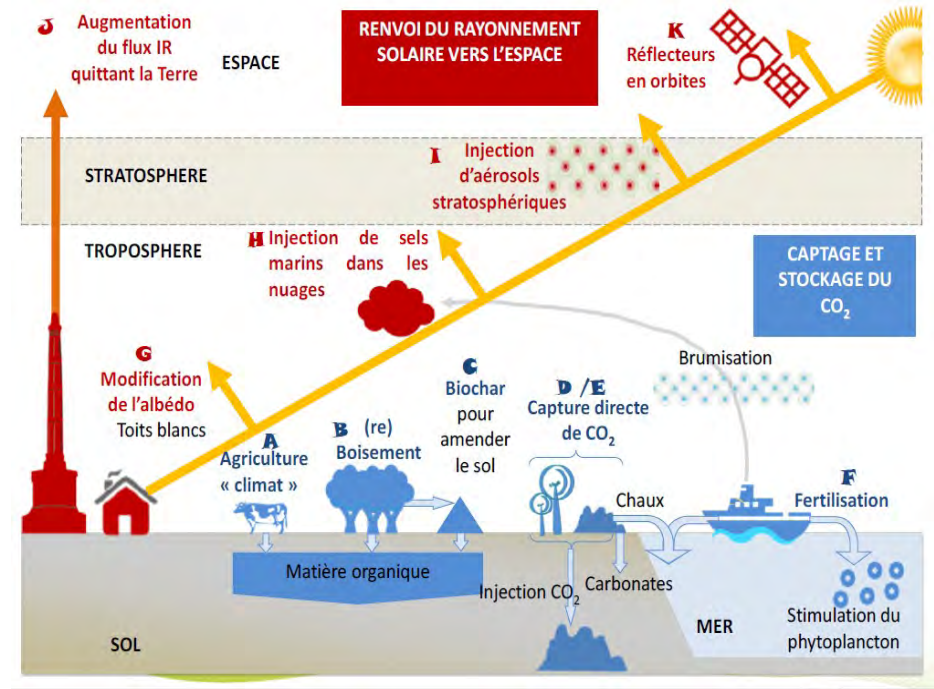
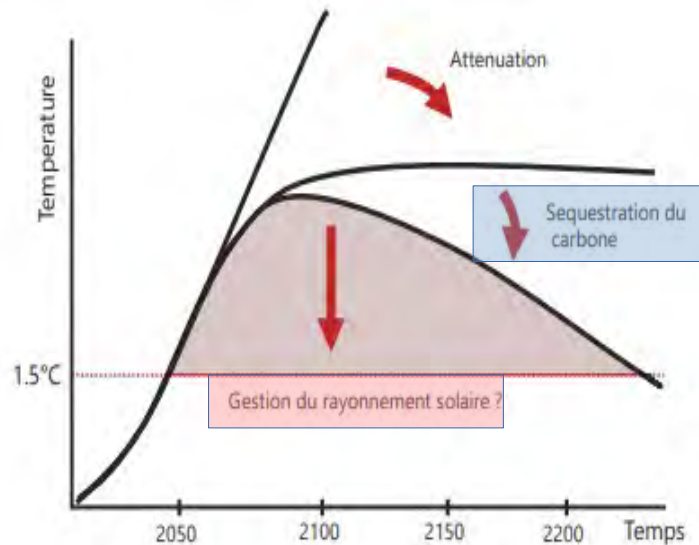


Maps showing the (a) global "core" and (b) regional "impact" climate tipping elements.

Current global warming already lies within the lower end of some tipping point uncertainty ranges. Several more tipping points may be triggered in the Paris Agreement range of 1.5-2°C global warming, with many more likely at the 2-3°C of warming expected on current policy trajectories.

La géo-ingénierie : CDR et SRM

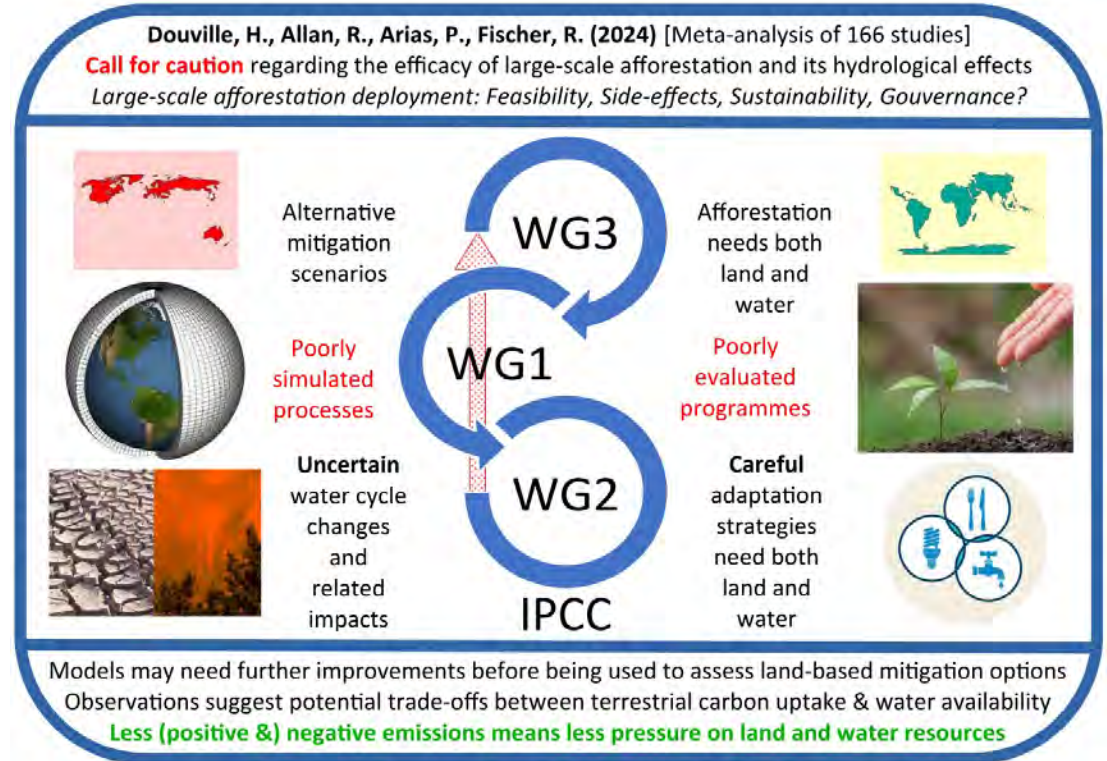
La géo-ingénierie peut-elle sauver « le climat » ?



<https://anr.fr/fileadmin/documents/2016/ARP-REAGIR-avril-2014.pdf>

Le nexus eau-carbone

- Water remains a blind spot in climate change policies (Douveille et al., 2022)
- Call for caution regarding the efficacy of large-scale afforestation and its hydrological effects (Douveille et al., 2024)

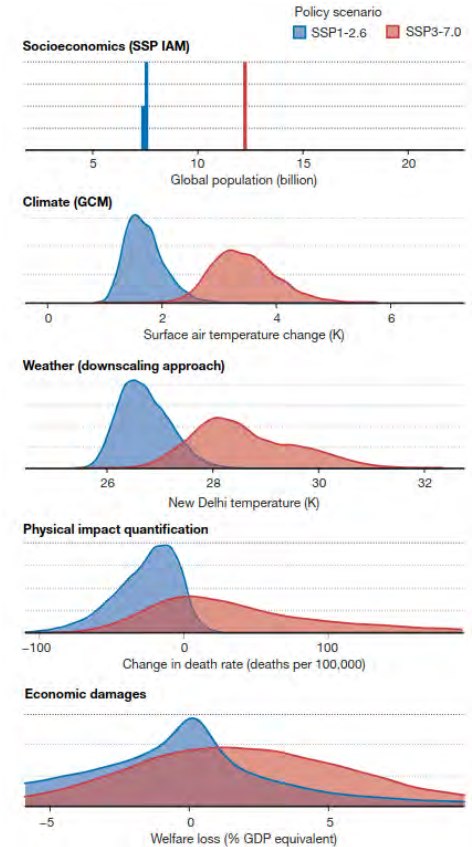
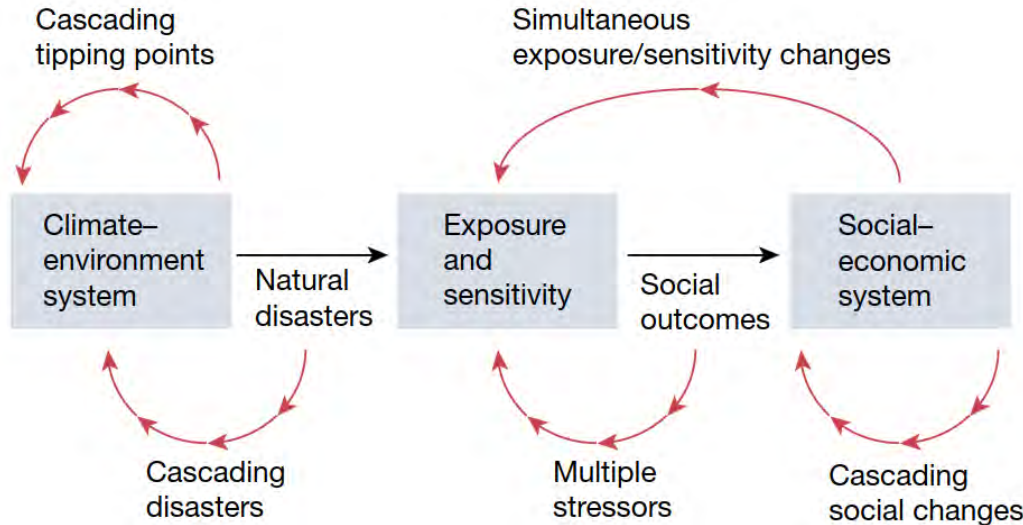


Les systèmes socio-économiques

Perspective

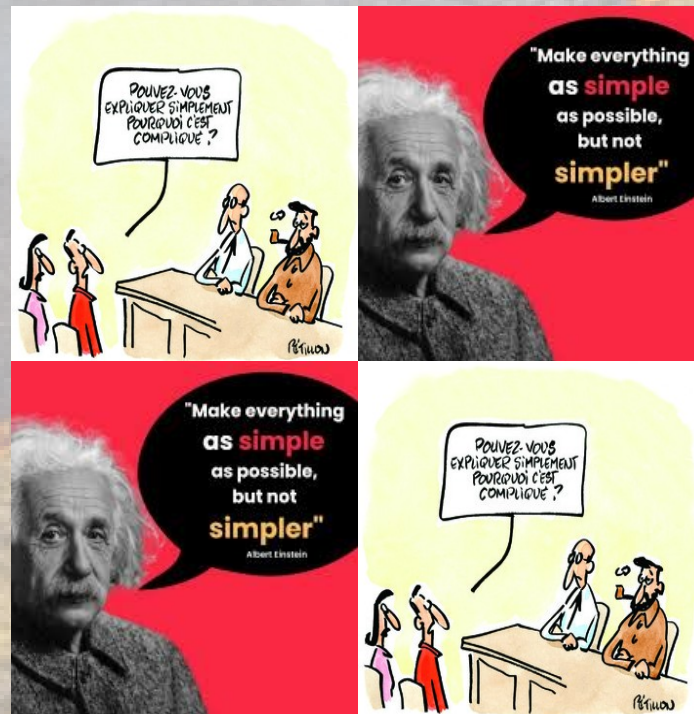
The missing risks of climate change

<https://doi.org/10.1038/s41586-022-05243-6> James Rising¹, Marco Tedesco², Franziska Piontek³ & David A. Stainforth^{4,5}



Plan de l'exposé

- **Introduction**
- **« The known »**: Messages clés du GIEC (IPCC AR6)
- **« The known unknown »**: Pourquoi les projections climatiques restent si incertaines ?
- **« The unknown unknown »**: Comment élaborer des stratégies d'adaptation « sans regret » ?
- **Conclusion**

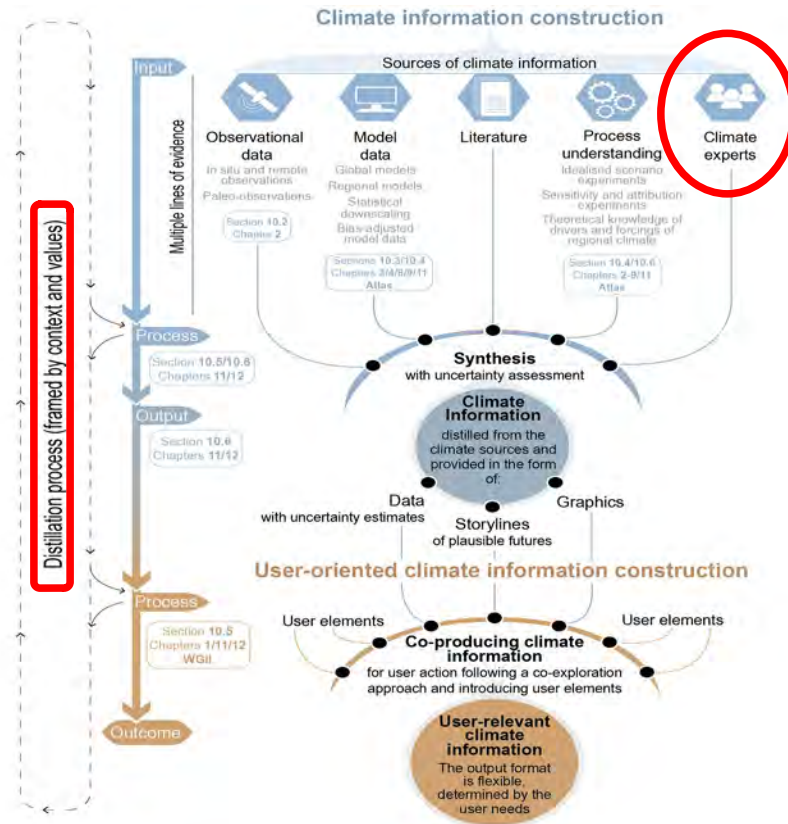


Ce qu'il faut retenir

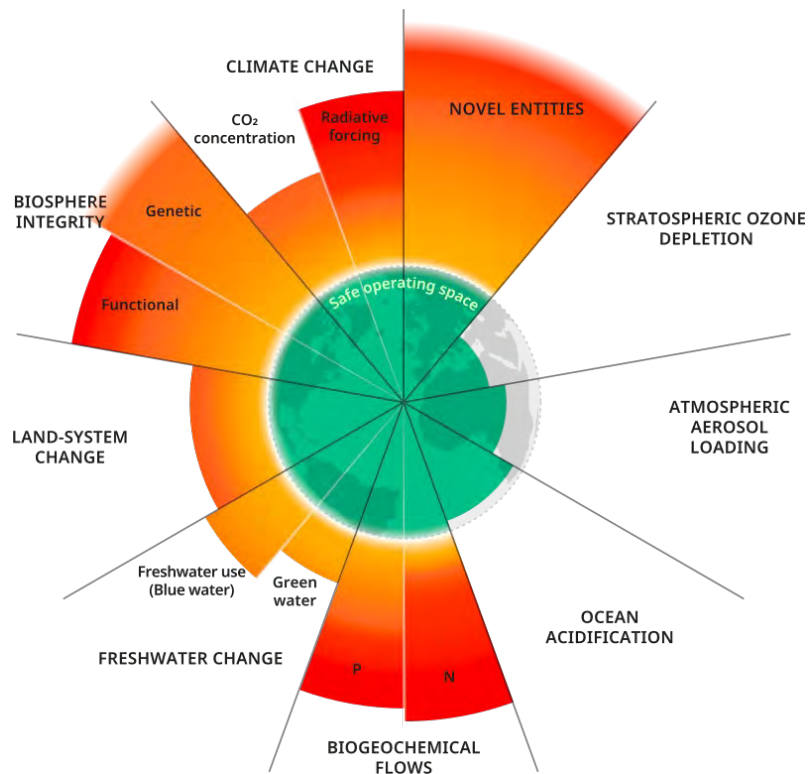
- Le réchauffement global va se poursuivre pendant plusieurs décennies et il est urgent de s'y préparer alors même que la plupart des pays (y compris dans le l'hémisphère Nord) sont d'ores et déjà vulnérables à l'aléa climatique.
- Des mesures d'**adaptation** ont déjà été mises en place, mais elles ne sont pas suffisamment évaluées ([Douville et al., 2022](#)) et il existe des limites physiques et financières à l'adaptation (cf. [AR6 WG2](#)).
- De nombreux événements extrêmes et impacts associés (ex : sécheresses, feux de forêt) ne sont pas suffisamment pris en compte dans les scénarios d'**atténuation** basés sur la nature ([Douville et al., 2024](#)).
- Une approche encore plus interdisciplinaire semble nécessaire pour lever les facteurs limitants à l'action comme à la connaissance ([Douville, 2025](#)).

De la connaissance aux services climatiques

- Diagramme des processus menant à la construction d'informations climatiques régionales pertinentes pour l'utilisateur.
- « Il existe souvent un **décalage** entre les connaissances et les besoins des citoyens, des **décideurs** politiques et des autres parties prenantes. »
- La connaissance et les sciences du climat au service de la société: oui, mais pas n'importe comment !

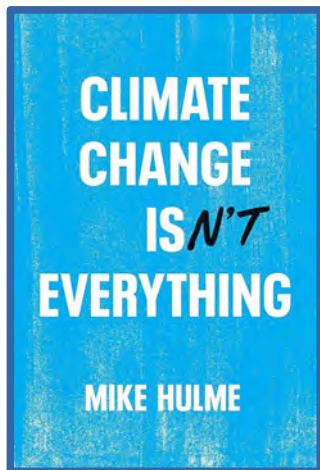


Limites planétaires et plancher social



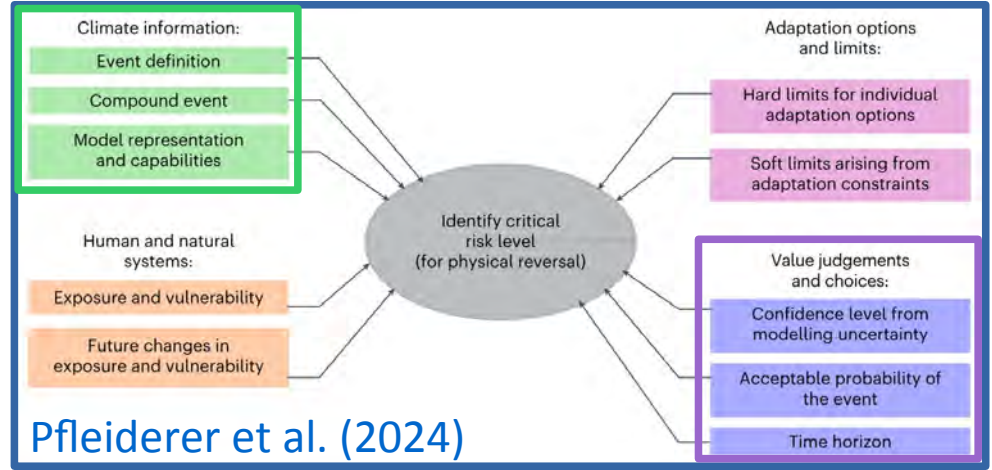
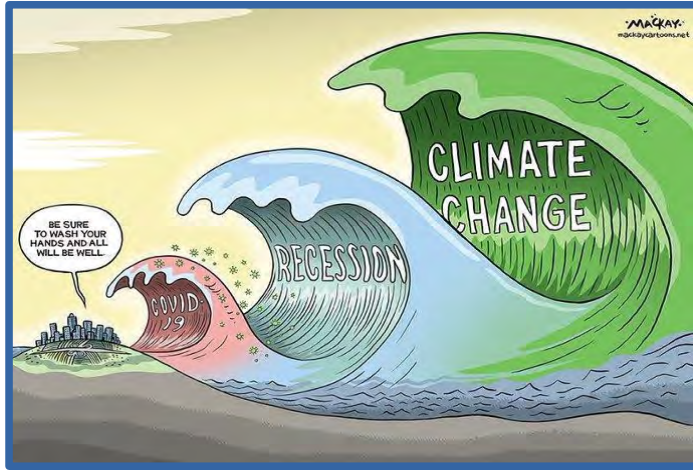
Source : CGDD (2019) L'environnement en France – Ed. 2019 | Rapport de synthèse

Le rôle des sciences de la nature



*« **Le rôle des sciences de la nature** n'est pas de dire ce qu'il faut faire, ni comment le faire, ni si on peut le faire, mais de dire, avec un niveau d'incertitude aussi réduit que possible, ce qui se passera si on fait telle ou telle chose. »*

Le rôle des sciences de la nature



« **Le rôle des sciences de la nature n'est pas de dire ce qu'il faut faire, ni comment le faire, ni si on peut le faire, mais de dire, avec un niveau d'incertitude aussi réduit que possible, ce qui se passera si on fait telle ou telle chose, *mais aussi à questionner le bienfondé de ces décisions.*** »