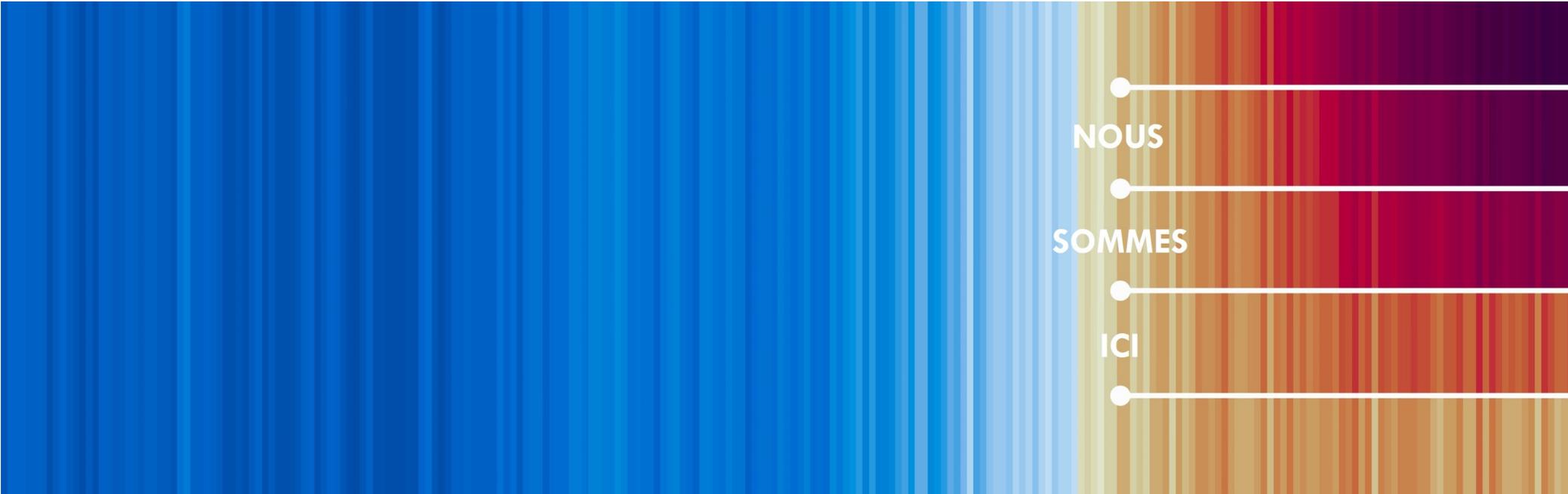


COMPRENDRE LE DÉRÈGLEMENT CLIMATIQUE : DU GLOBAL AU LOCAL



NOUS
SOMMES
ICI

Sources : rapports du GIEC (www.ipcc.ch) et du Haut Conseil pour le Climat (www.hautconseilclimat.fr)

David Marchal et Jean-Baptiste Collombat
Météo-France
Direction Interrégionale Centre-Est

Plan de la présentation

- Partie I : Les fondamentaux du Climat
- Partie II : Le Changement Climatique : déjà une réalité
- Partie III : Les évolutions possibles d'ici la fin du siècle

Plan de la présentation

- **Partie I : Les fondamentaux du Climat**
- Partie II : Le Changement Climatique : déjà une réalité
- Partie III : Les évolutions possibles d'ici la fin du siècle

Météo - Climat : quelles différences ?

MÉTÉO : C'EST L'ÉTUDE DES PHÉNOMÈNES ATMOSPHÉRIQUES POUR PRÉVOIR LE TEMPS.

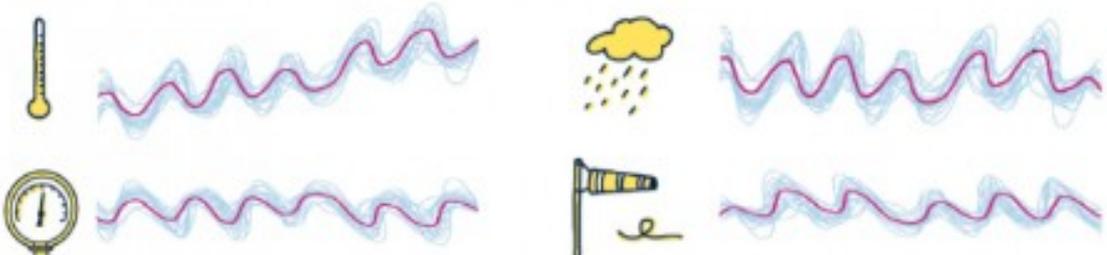


Température Pression atmosphérique Pluviométrie Vitesse du vent

➤ C'EST LE TEMPS QU'IL FAIT À UN MOMENT ET UN ENDROIT DONNÉS, SUCEPTIBLE DE CHANGER D'UNE HEURE OU D'UN JOUR À L'AUTRE.



CLIMAT : C'EST L'ÉTUDE DES STATISTIQUES DE VARIABLES ATMOSPHÉRIQUES SUR UNE LONGUE PÉRIODE DE TEMPS (30 ANS PAR CONVENTION).



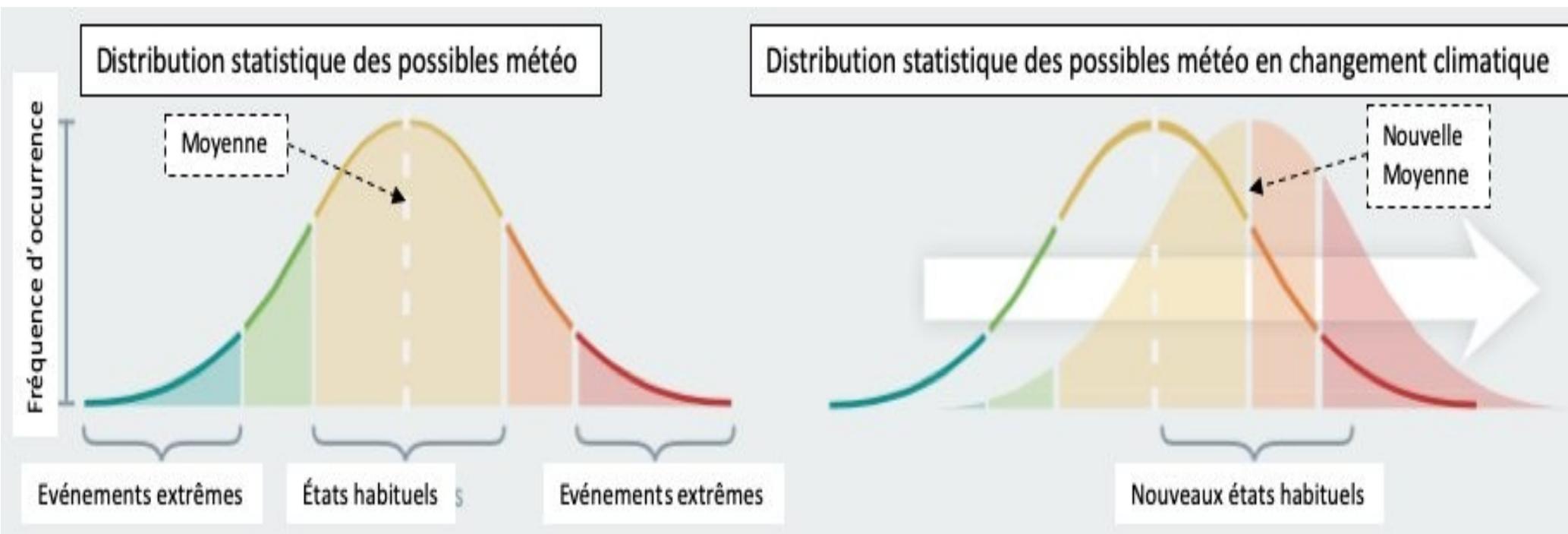
➤ C'EST LE TEMPS AUQUEL ON PEUT S'ATTENDRE, POUR UNE RÉGION DONNÉE.

Source : bonpote.com

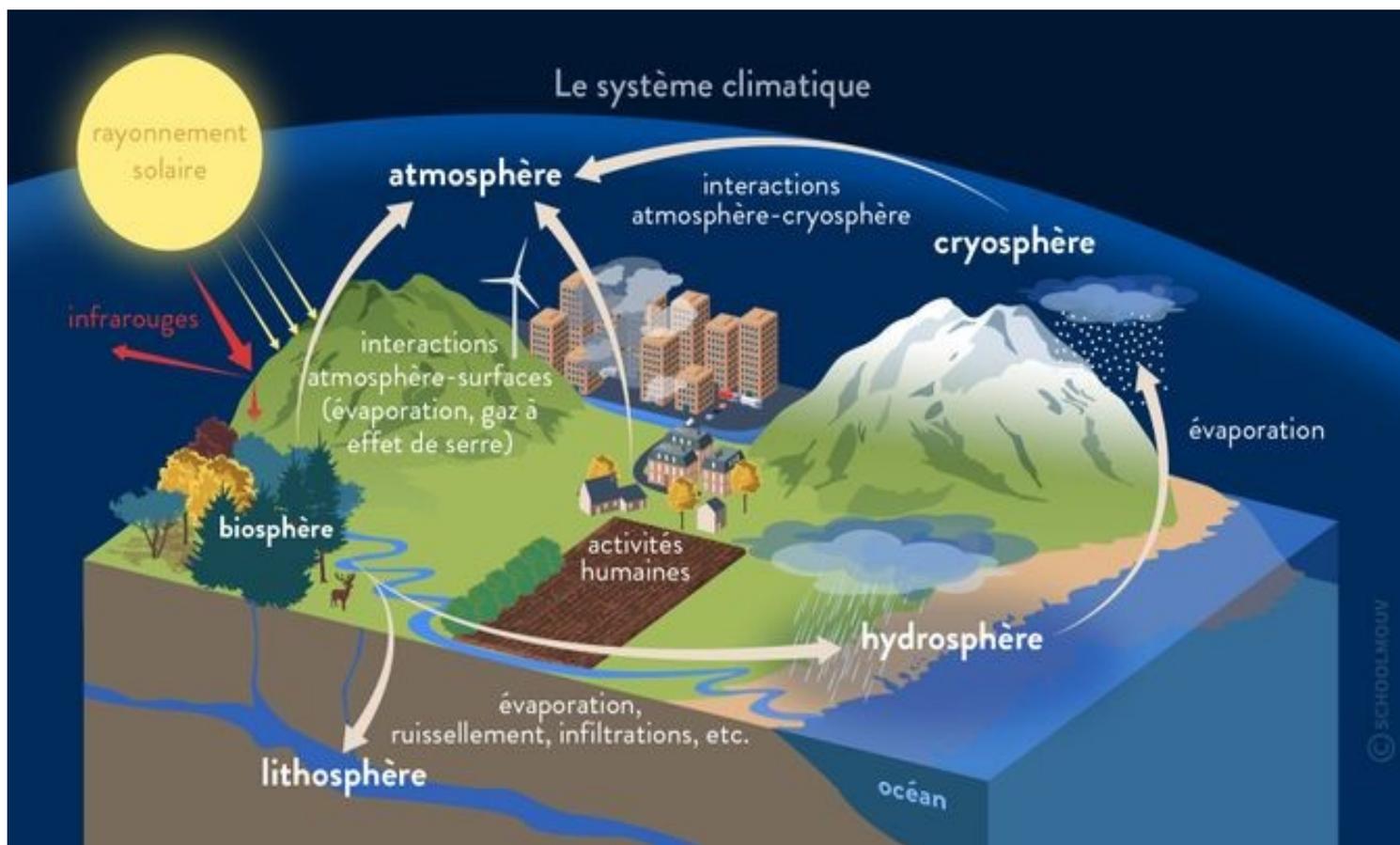
Météo - Climat : quelles différences ?

Climat = étude statistique de la distribution des « possibles météorologiques » calculée sur une période longue (généralement 30 ans)

⇒ Le **Changement Climatique** est la modification de cette statistique qui inclut le changement de la probabilité d'occurrence des événements extrêmes (comme les canicules), de leur intensité et de la saisonnalité.



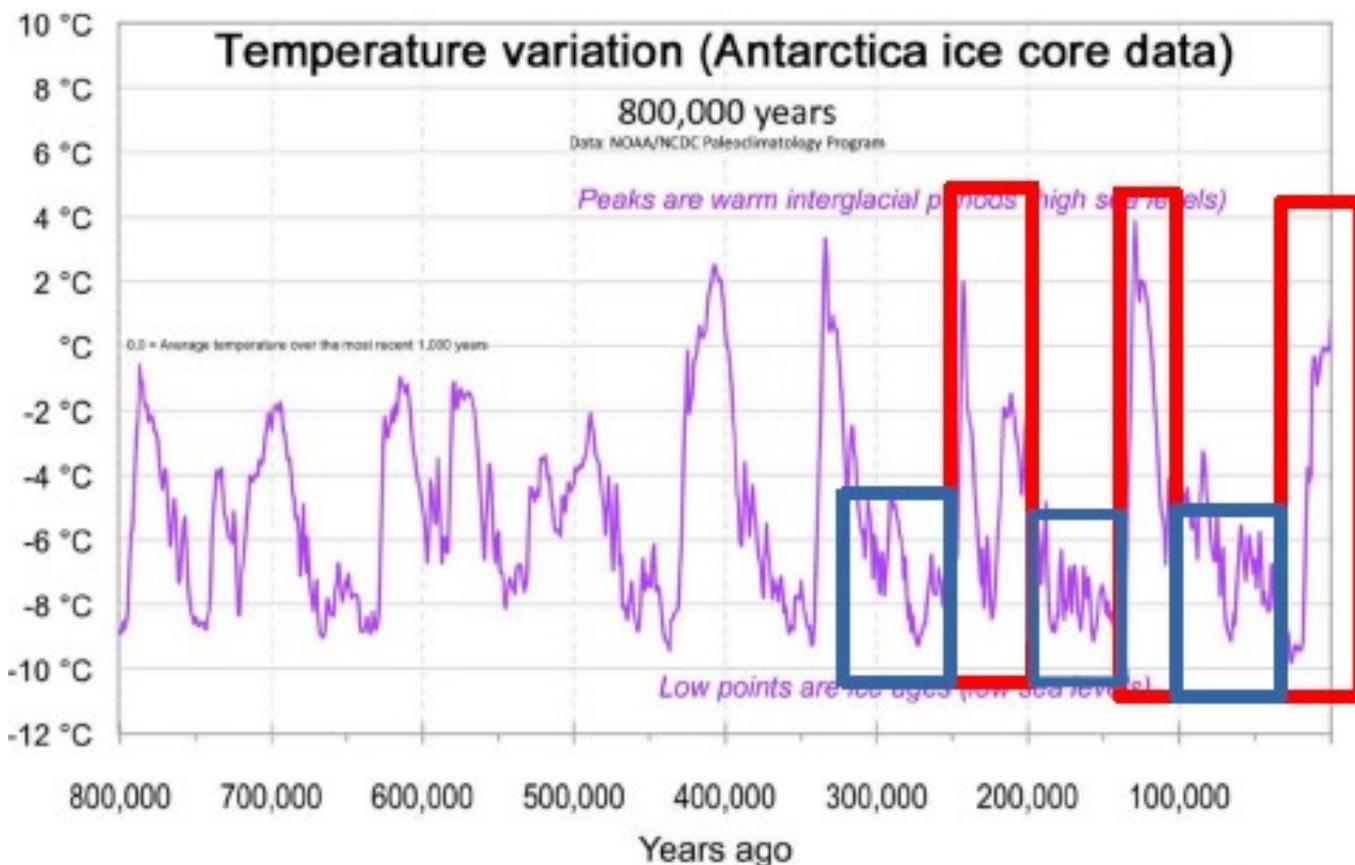
Qu'est ce que le système climatique ?



Le système climatique est tout simplement l'environnement dans lequel on vit, avec différentes composantes : **l'Atmosphère**, **l'Hydrosphère**, **la Cryosphère**, **la Biosphère** et les **surfaces continentales (Lithosphère)**

Le climat a toujours évolué

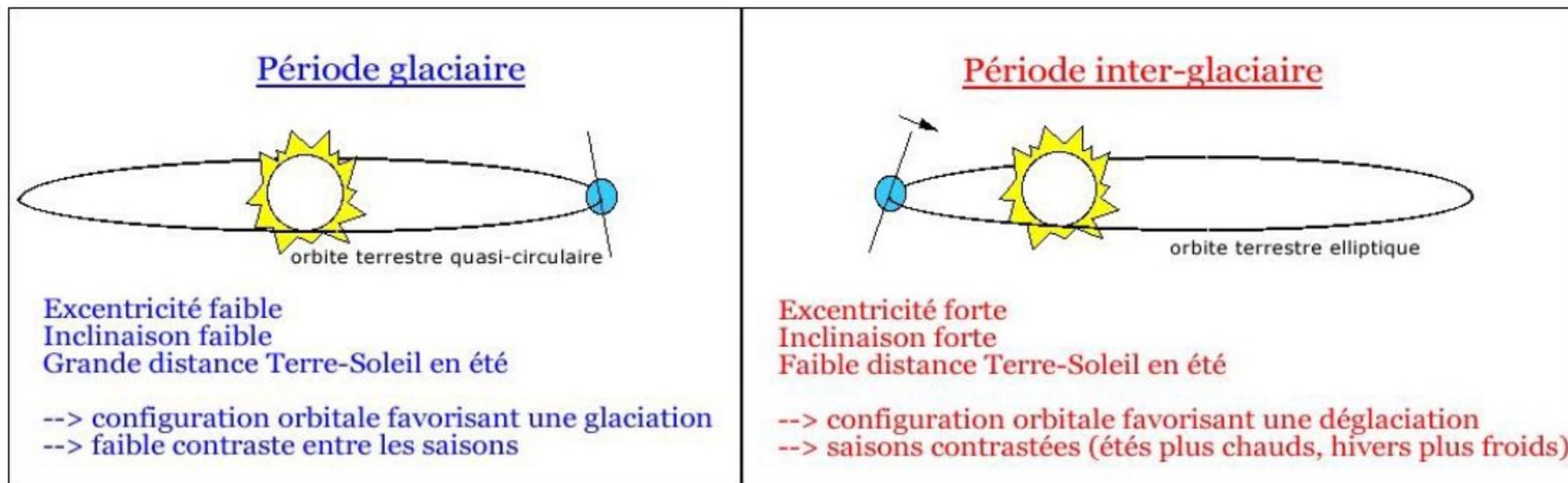
De longues séries instrumentales (data rescue), les travaux des historiens et des forages réalisés dans l'Antarctique ont permis de reconstituer **800 000 ans d'archive du climat**



- La Terre connaît une succession de périodes **glaciaires** (cadre bleu) et **inter glaciaires** (cadre rouge) de période d'environ 100 000 ans.
- L'écart de température entre une période glaciaire et interglaciaire est d'environ **5°C**.

Forçages naturels externes du système climatique

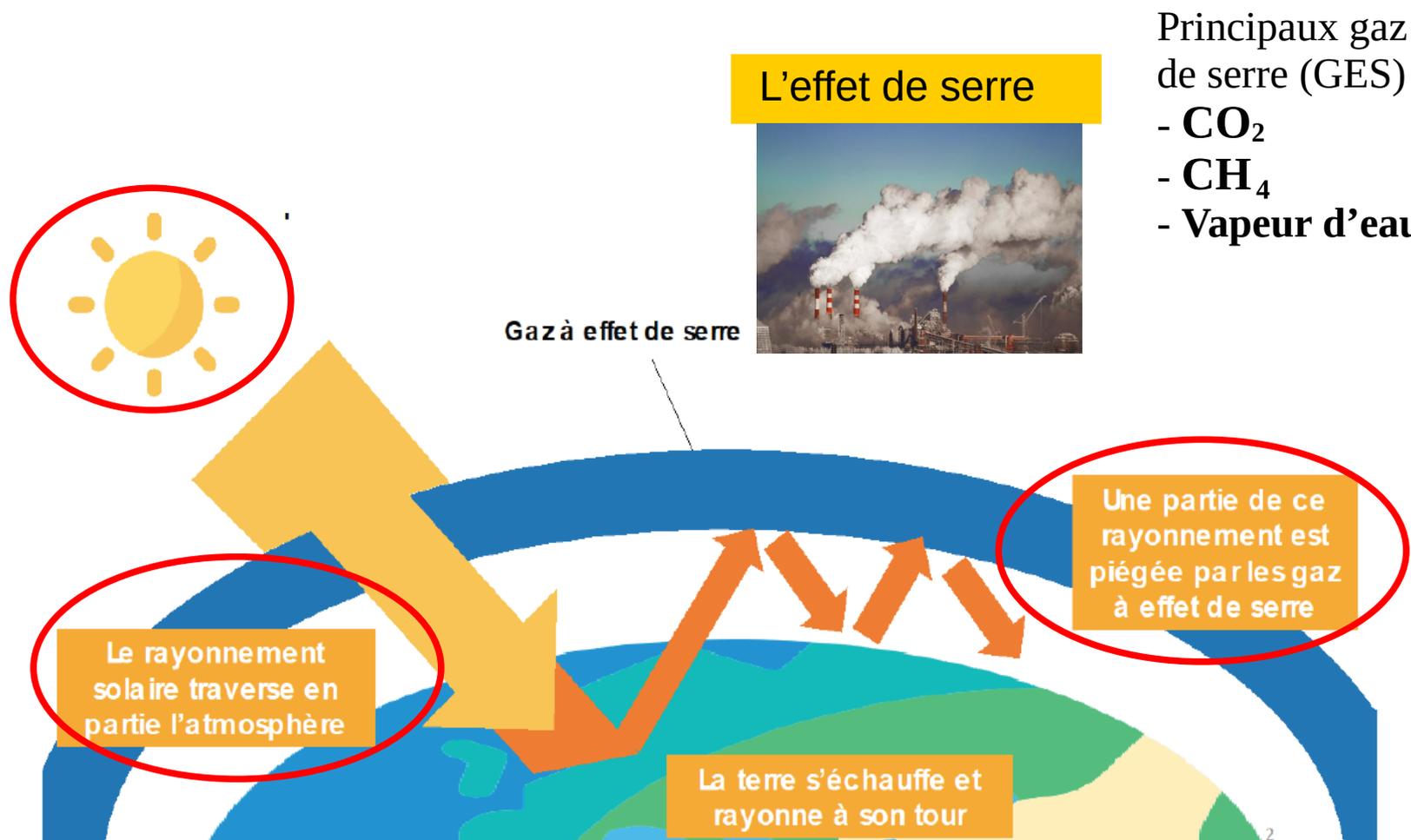
Les variations des paramètres orbitaux influencent le climat
à de **très grande échelle de temps**



La variation de l'activité
solaire et les éruptions
volcaniques influencent le climat
à des **échelles de temps plus
courtes**



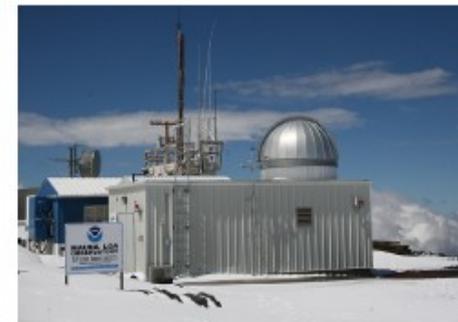
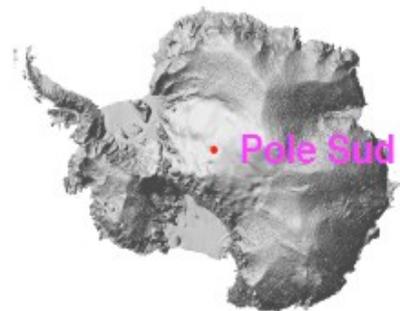
Autre source de variabilité du climat : l'effet de serre



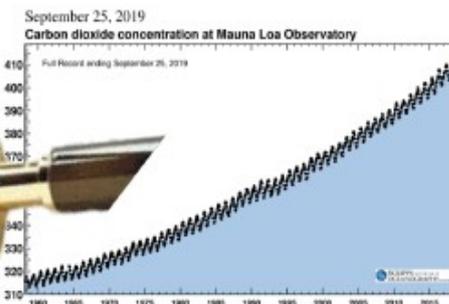
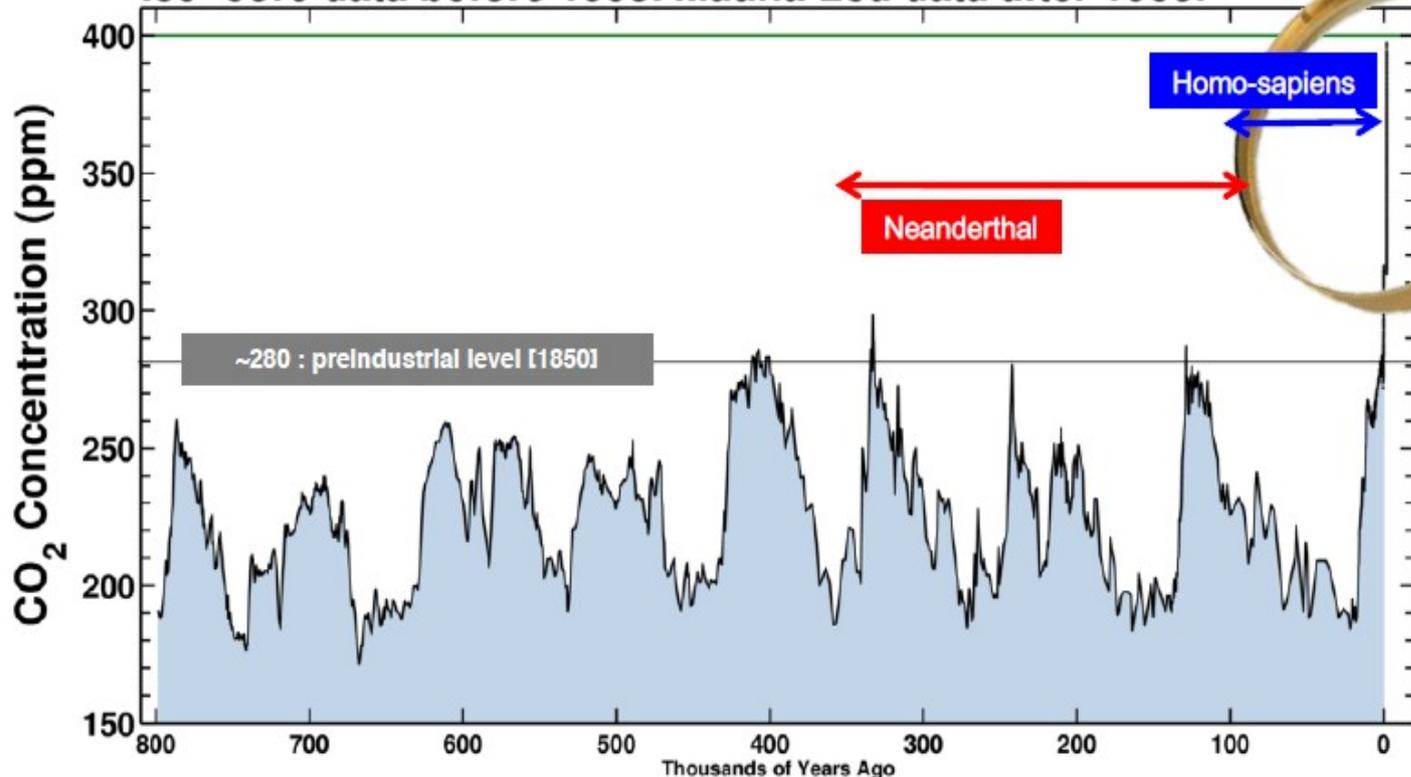
L'effet de serre permet d'avoir une température moyenne voisine de
+15°C, au lieu de **-18°C**

Donc sans effet de serre, pas de vie possible sur Terre

L'évolution de la concentration en CO₂ depuis 800 000 ans



Ice-core data before 1958. Mauna Loa data after 1958.



En 2022, la **concentration en CO₂** atteint **418 ppm**, quasiment 50 % de hausse en 150 ans !
 => **Forçage radiatif** d'origine entropique
 => **Excès d'énergie** toujours plus grand accumulé dans le système climatique

Source: Scripps institution of oceanography

Plan de la présentation

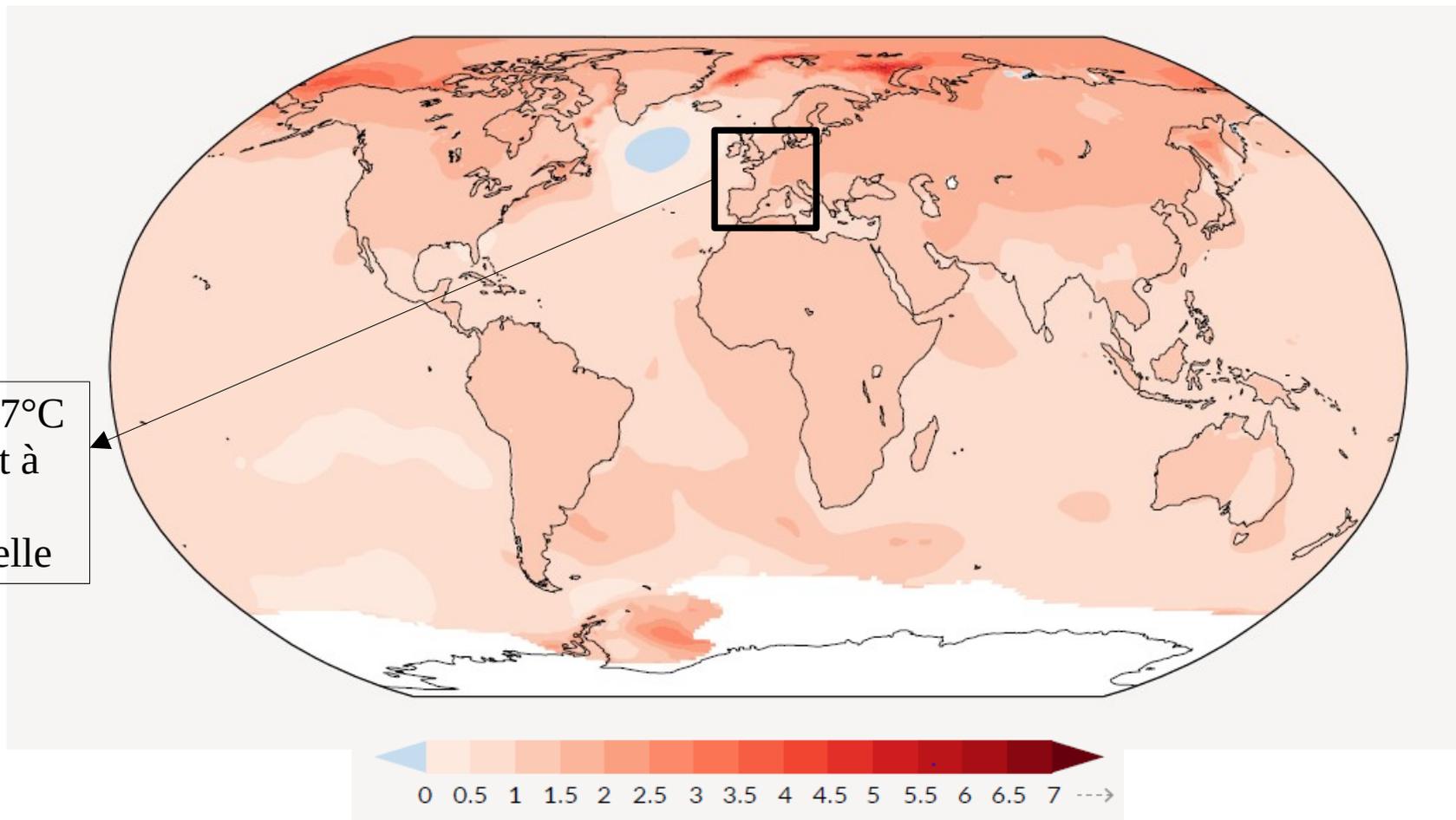
- Partie I : Les fondamentaux du Climat
- **Partie II : Le Changement Climatique : déjà une réalité**
- Partie III : Les évolutions possibles d'ici la fin du siècle

Le changement climatique : déjà une réalité

1 - Les températures



Une réalité au niveau mondial



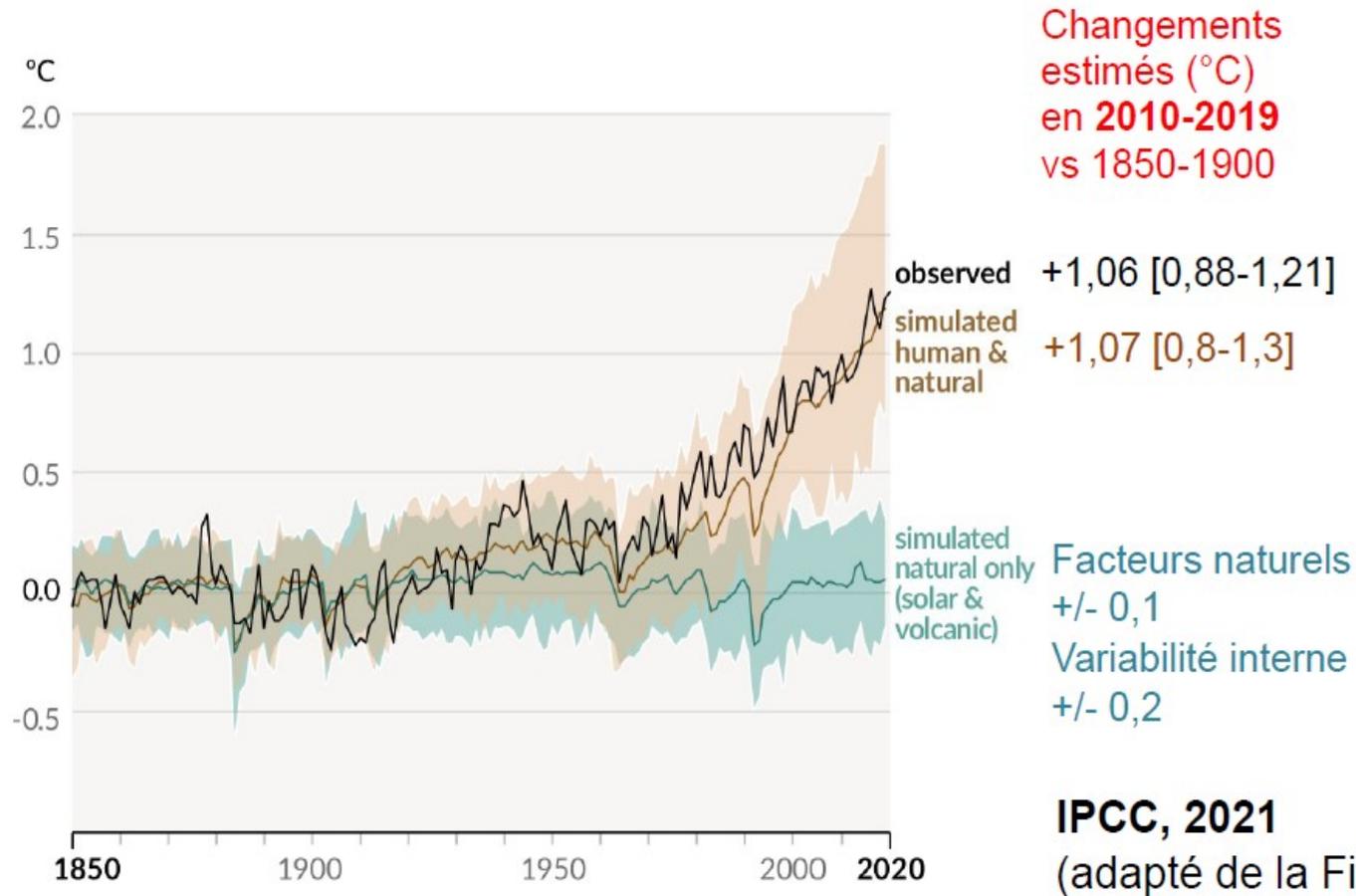
Répartition des anomalies des températures moyennes pour un réchauffement planétaire de +1,1°C par rapport à la période 1850-1900
(source : GIEC - 2021)

Un réchauffement global observé ... entièrement dû à l'activité humaine

L'influence humaine a réchauffé le climat à un rythme sans précédent depuis au moins 2000 ans
source : 6^e rapport GIEC

Changements de la température moyenne mondiale en surface (1850-2020) :

Observations et simulations prenant en compte les facteurs humains et naturels ou seulement les facteurs naturels

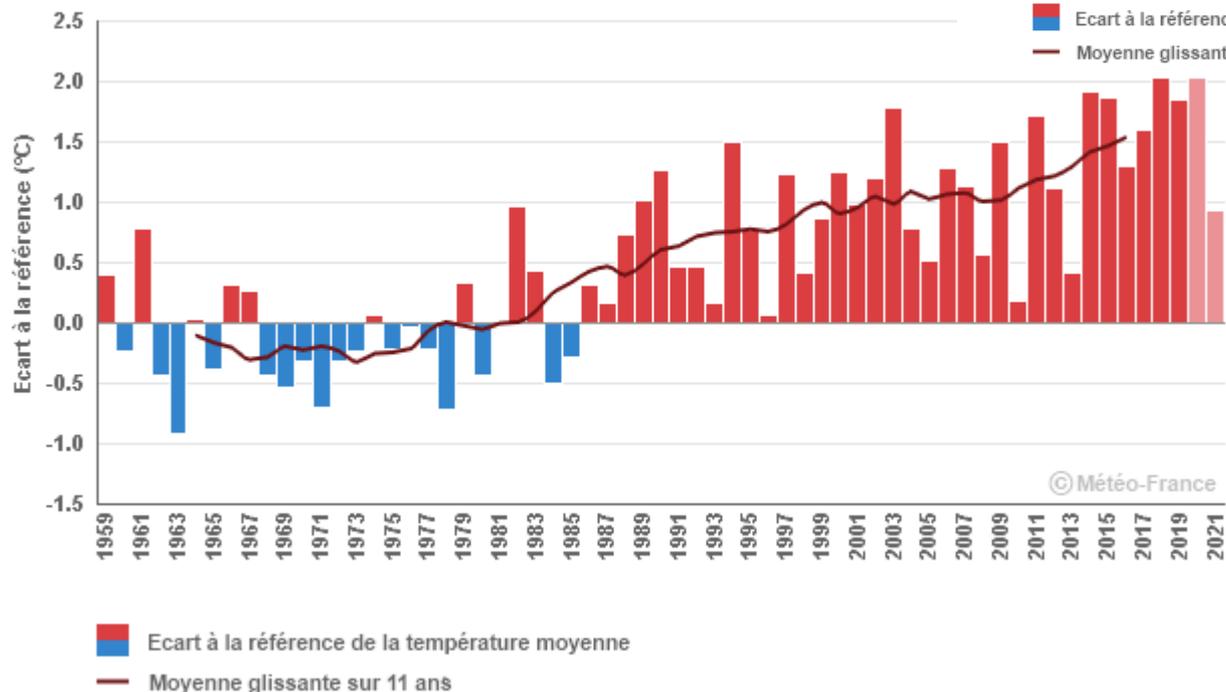


Une réalité en France et en Drôme

Evolution de l'écart à la moyenne (1961-1990) des températures moyennes

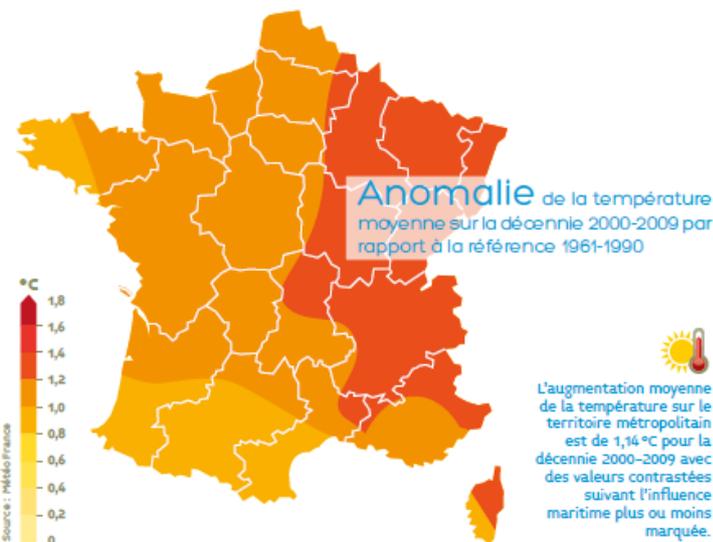
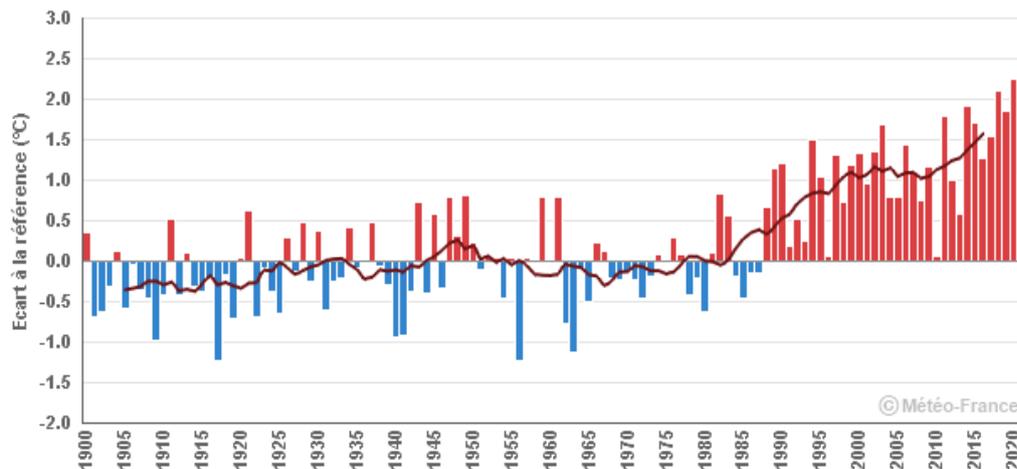
Montélimar 1959-2021

Température moyenne annuelle : écart à la référence 1961-1990
Montélimar

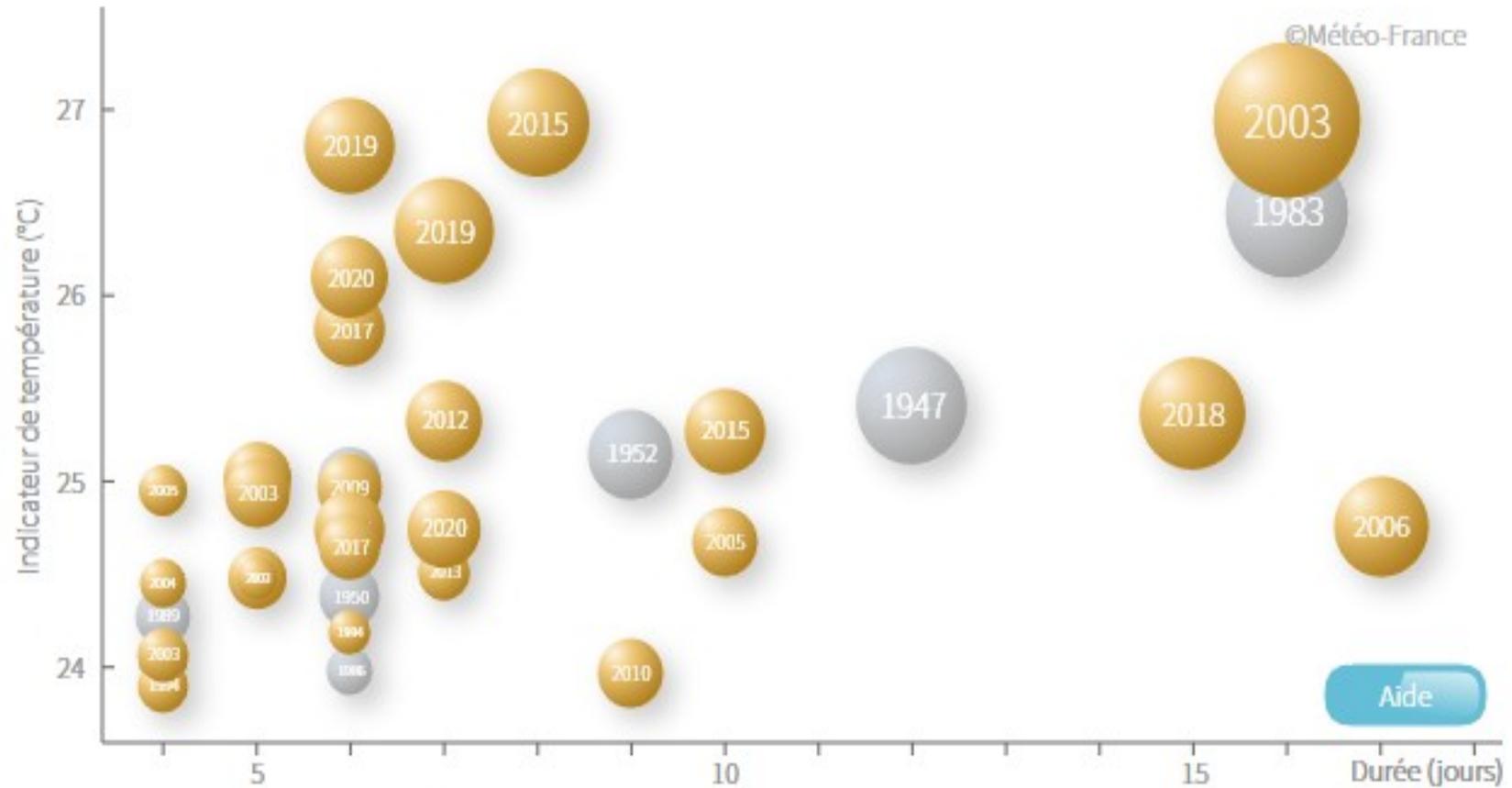


France (métropole) 1900-2021

Température moyenne annuelle : écart à la référence 1961-1990
France métropolitaine



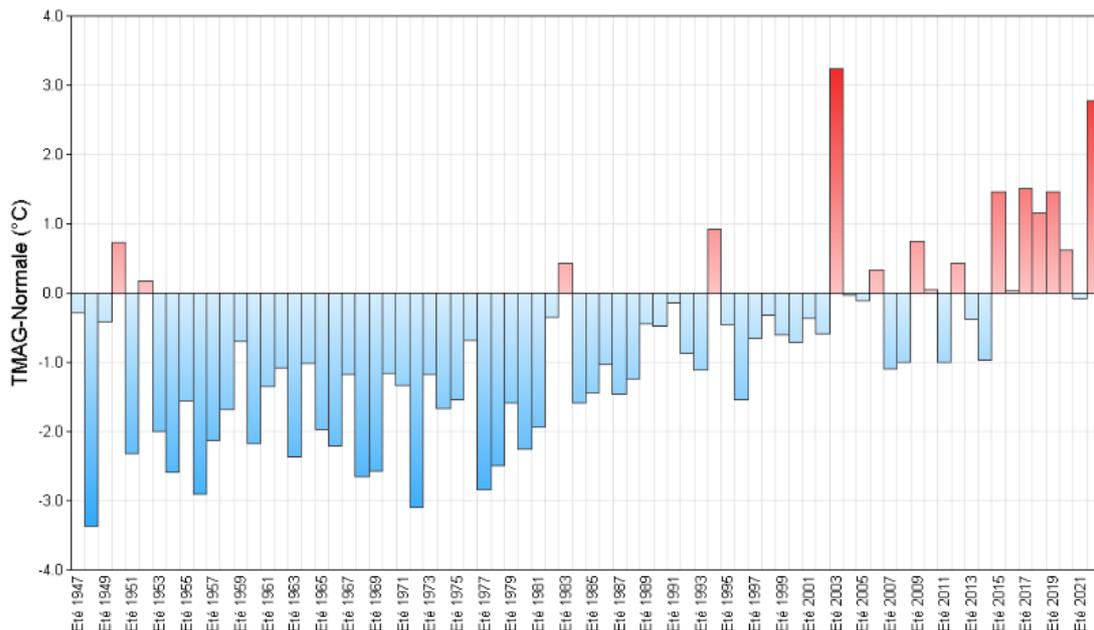
Les vagues de chaleur en Rhône-Alpes



Vagues de chaleur recensées entre 1990 et 2020
en Rhône-Alpes

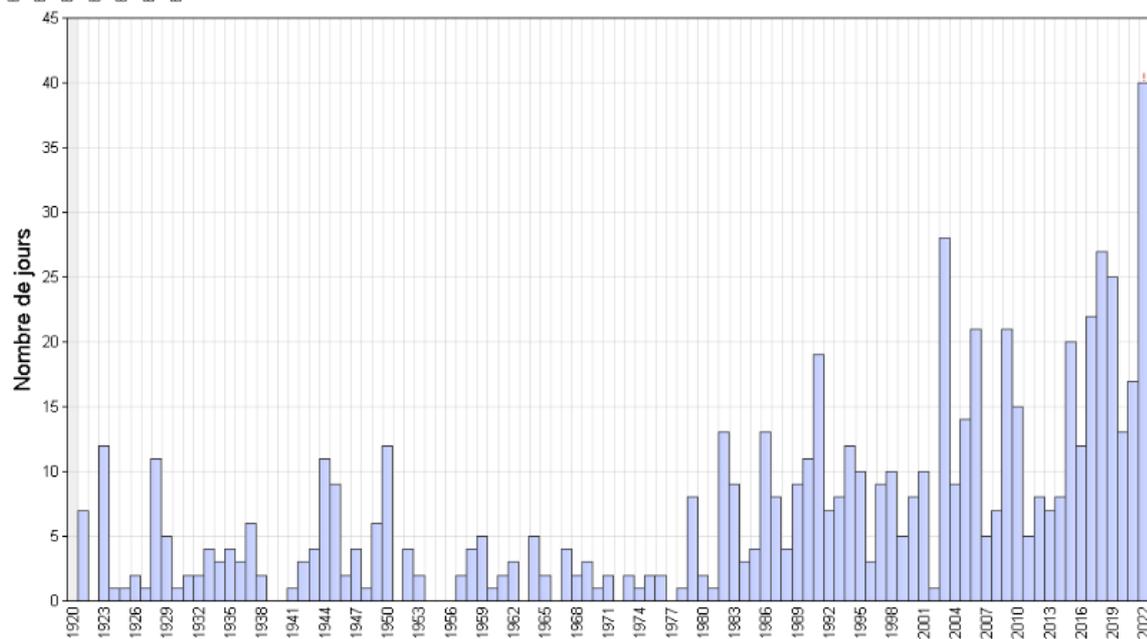
(source : Météo-France / Climat HD)

Et dans la Drôme ?



Écart à la moyenne saisonnière (1991-2020)
de la température moyenne estivale sur le
département de la Drôme
Entre 1947 et 2022
(source : Météo-France)

Nombre annuel de nuits tropicales (TN $\geq 20^{\circ}\text{C}$)
À Montélimar entre 1920 et 2022
(source : Météo-France)



Le changement climatique : déjà une réalité

1 – Les précipitations et le cycle de l'eau

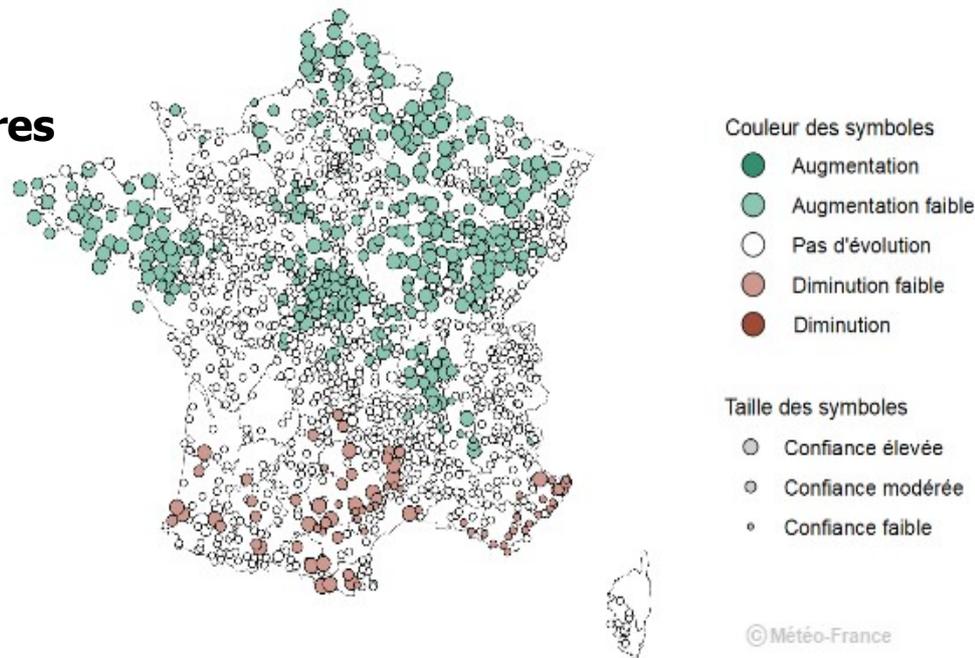


Une réalité en France et en Drôme

Evolution observée du cumul annuel sur la période 1961-2012

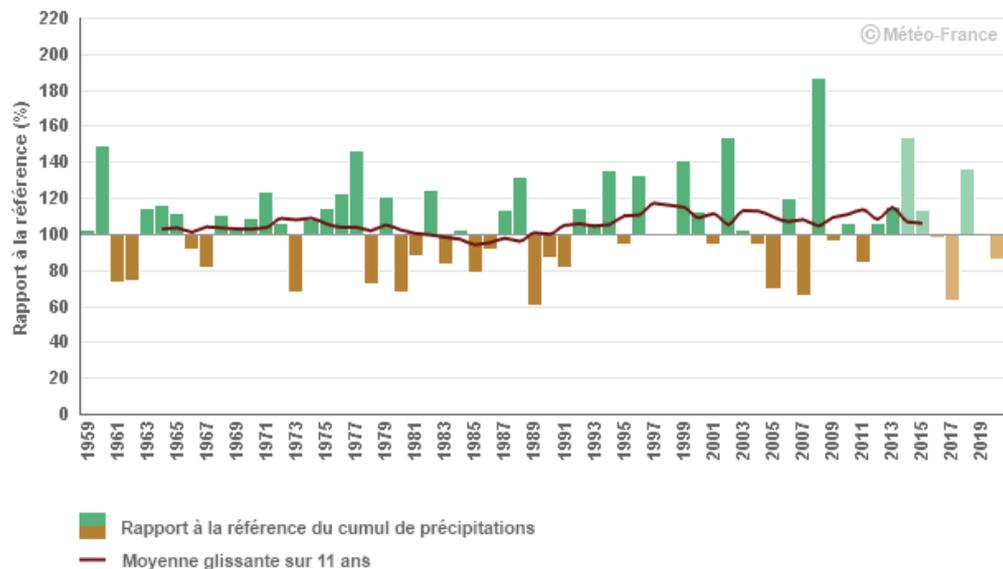
Evolution des précipitations en métropole

- **Un signal moins clair que pour les températures**
- Une légère augmentation au nord et diminution au sud
- Des **précipitations extrêmes plus intenses et plus fréquentes** sur le pourtour méditerranéen



Cumul annuel de précipitations : rapport à la référence 1961-1990

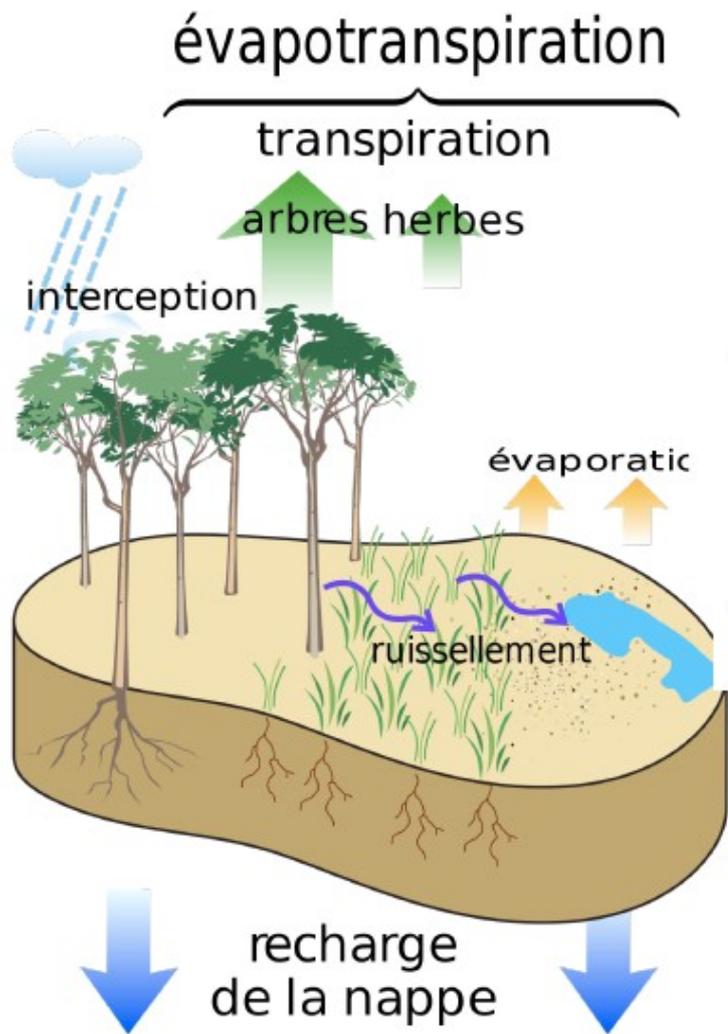
Montélimar



Evolution du cumul annuel des précipitations annuelles de 1959 à 2020 à la station de Montélimar

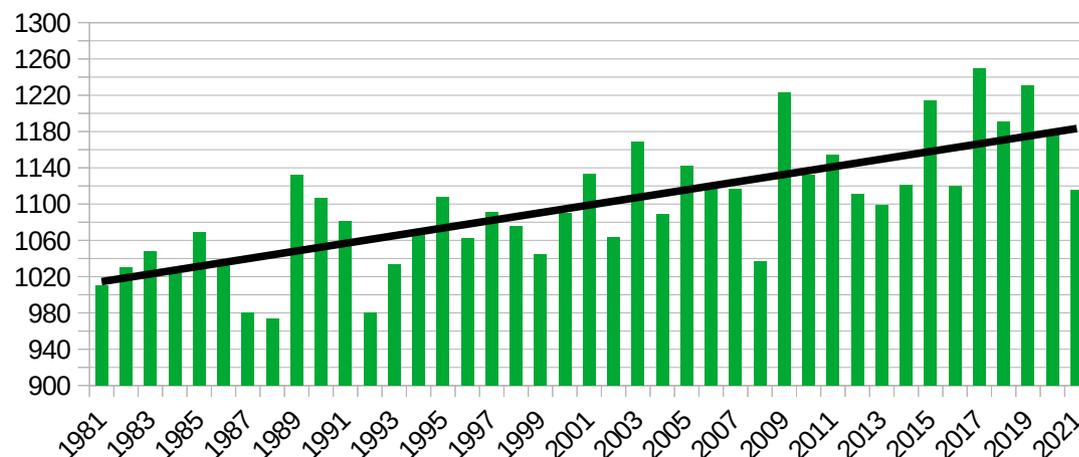
⇒ **Forte variabilité interannuelle**

Modification du cycle de l'eau sous l'effet des températures



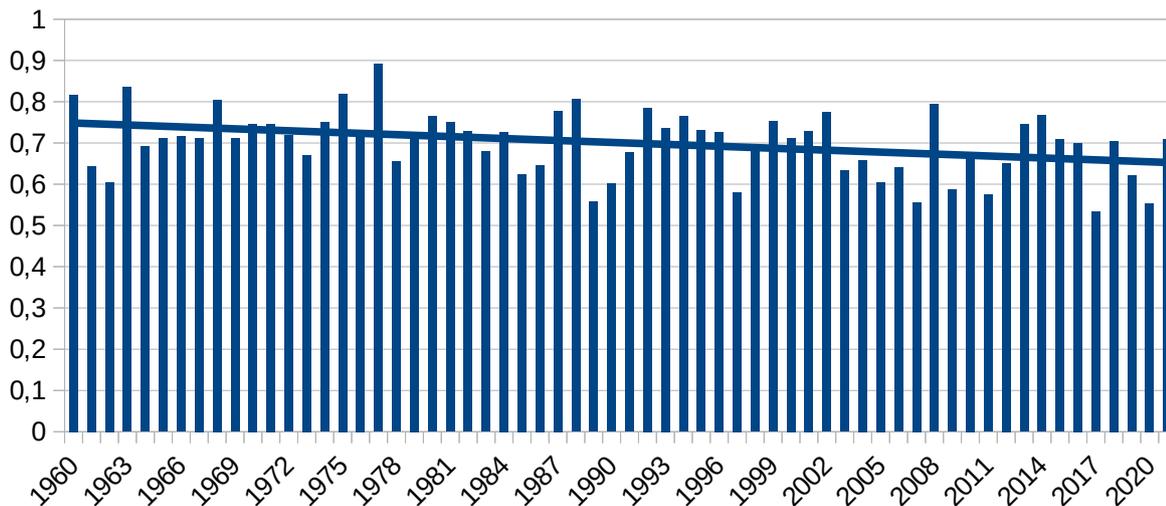
Cumul annuel des ETP Penman

Montélimar 1981-2021



Evolution du SWI

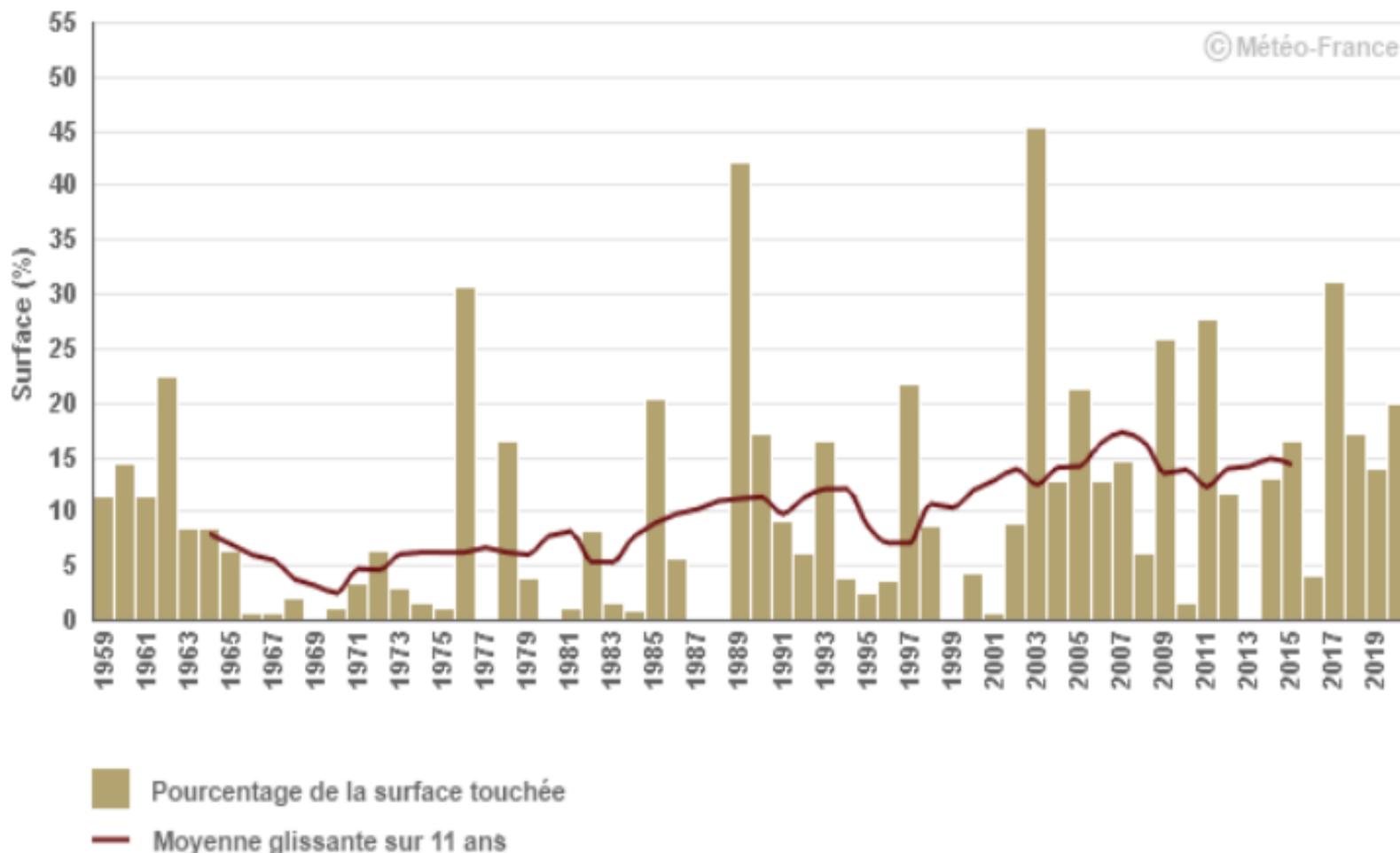
Valence 1960-2021



- Hausse de l'ETP annuelle à Montélimar depuis 1981
- Diminution du contenu en eau du sol moyen annuel (SWI)

Evolution de la sécheresse agricole en Rhône-Alpes

Augmentation de la sécheresse (durée et extension spatiale) ⇒ conséquences sur l'agriculture

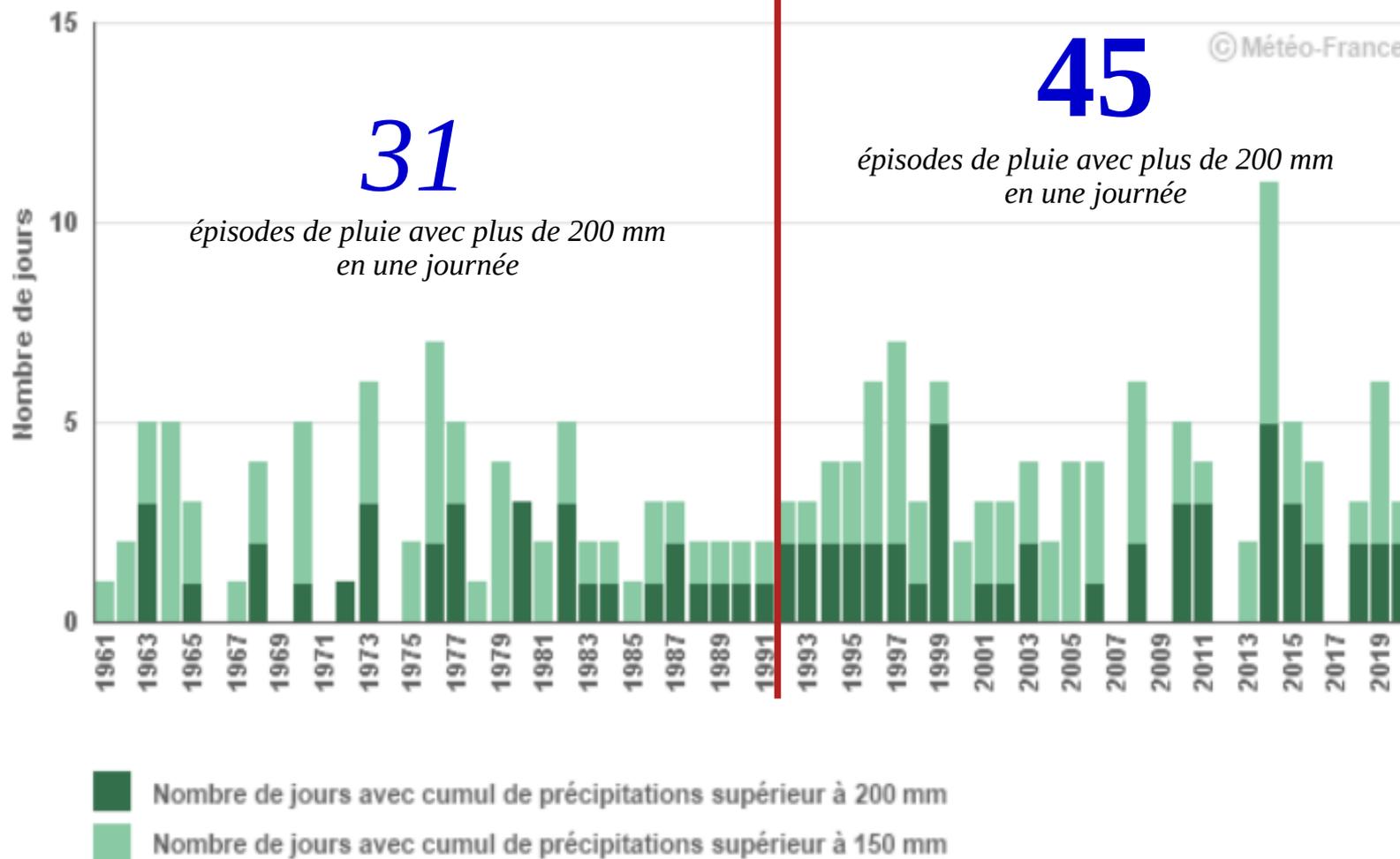


Pourcentage annuel de la surface touchée par la sécheresse en Rhône-Alpes

(source : Météo-France – Climat HD)

Evolution des pluies extrêmes en région méditerranéenne

Sur un réseau de référence (de 79 stations) pour le suivi des pluies extrêmes



Pluies Extrêmes en région méditerranéenne entre 1961 et 2020

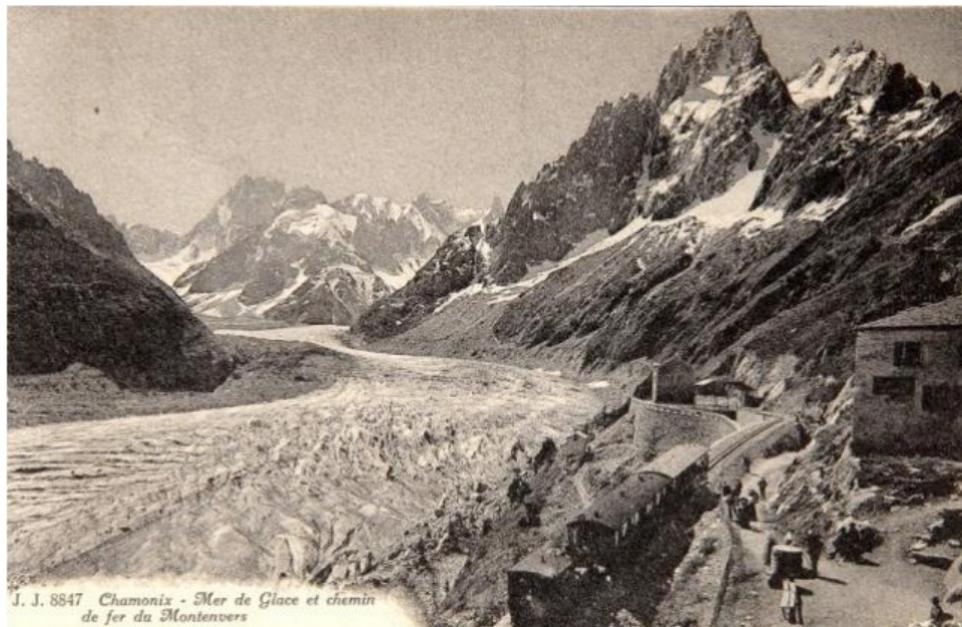
(source : Météo-France – Climat HD)

Le changement climatique : déjà une réalité

1 – les glaciers, la neige...



La Mer de Glace



1915

L'épaisseur du glacier atteignait presque 250 mètres sous la gare de Montenvers.

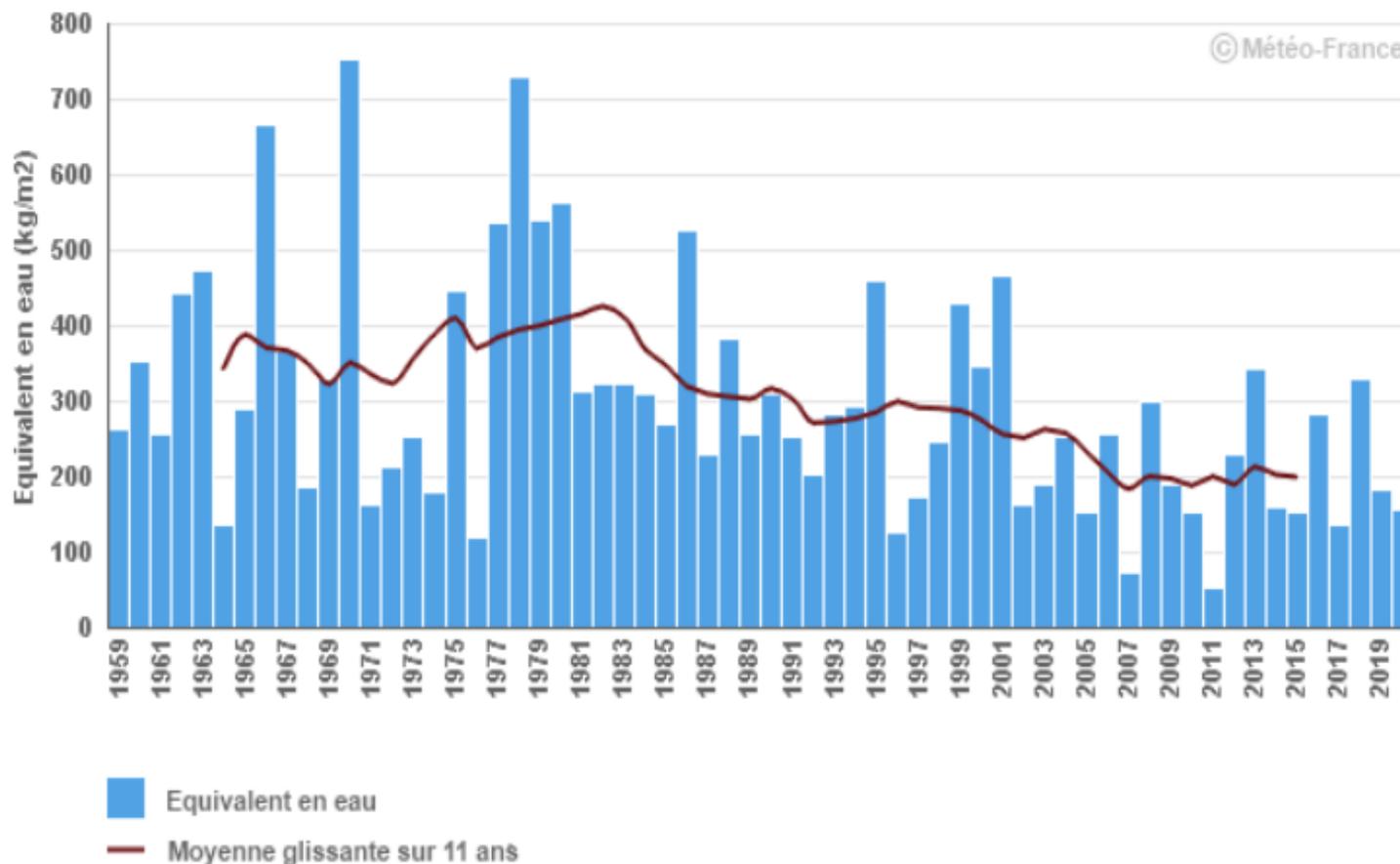


2011

L'épaisseur du glacier n'est plus que de 90 mètres au centre sous le Montanvers.

Evolution de l'enneigement dans les Alpes du Nord

Diminution du nombre de jours d'enneigement \Rightarrow conséquences sur l'économie de montagne



Équivalent en eau du manteau neigeux au 1^{er} mai dans les Alpes du Nord
(source : Météo-France – Climat HD)

Une nouvelle ère : l'Anthropocène !



L'espèce humaine a déjà profondément modifié le système climatique.

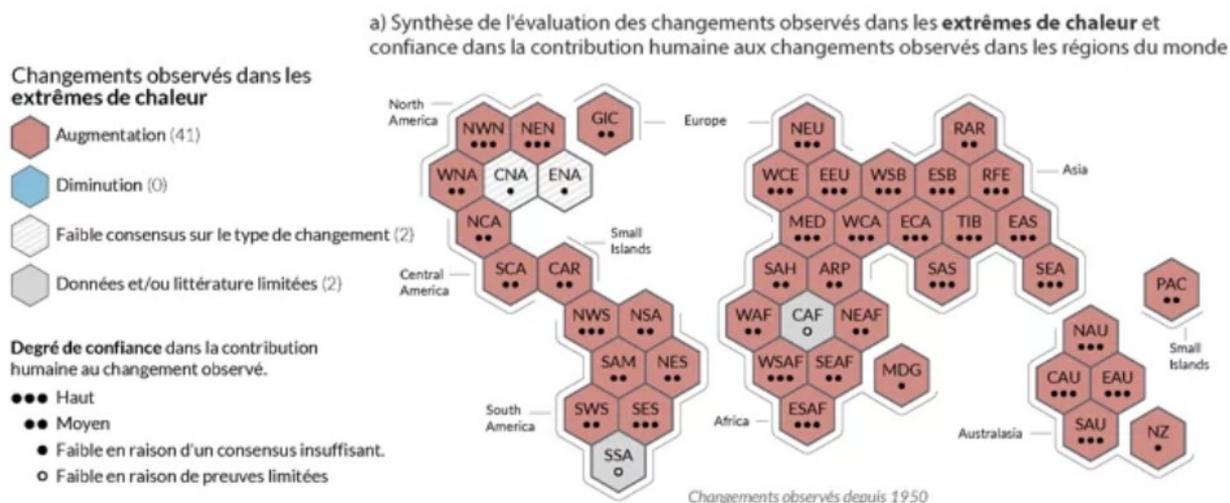
Nous sommes ainsi entrés dans une nouvelle ère géologique appelée
Anthropocène.

Plan de la présentation

- Partie I : Les fondamentaux du Climat
- Partie II : Le Changement Climatique : déjà une réalité
- **Partie III : Les évolutions possibles d'ici la fin du siècle**

Quelles évolutions possibles jusqu'à la fin du siècle ?

Les projections climatiques



Le GIEC : c'est quoi ?

GIEC = **G**roupe d'experts **I**ntergouvernemental sur l'**É**volution du **C**limat (créé en 1988)

But : fournir des évaluations détaillées de l'état des connaissances scientifiques, techniques et socio-économiques sur les changements climatiques (A déjà produit 6 rapports d'évaluation dont le 6 ème en 2021-2022)



- La **transparence** du GIEC est **totale**, tout est sur le site Internet



- Le GIEC **n'est pas un laboratoire de recherche**. C'est un organisme qui effectue une évaluation et une synthèse des travaux de recherche menés dans les laboratoires du monde entier.



- Le GIEC ne fait **pas de recommandations**, mais **des projections**.

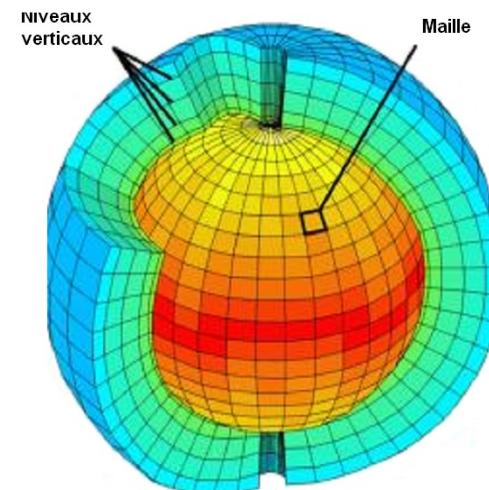


- Le GIEC fait **une synthèse de tous les articles scientifiques**, à condition que ces travaux aient été validés par les pairs (peer reviewed) dans une revue scientifique.



- Chaque ligne du résumé pour les décideurs est validée par un délégué, qui représente un pays

Comment « prévoir l'évolution du climat »



■ Modélisation du système terre

— Un système complet et complexe

■ Nécessité de faire des hypothèses sur l'évolution des émissions de GES

— Dans le cadre du GIEC plusieurs scénarios d'évolution '**socio-économiques**' ont été définis (modèle économique, évolution de la production d'énergie, de la démographie, des technologies,...)

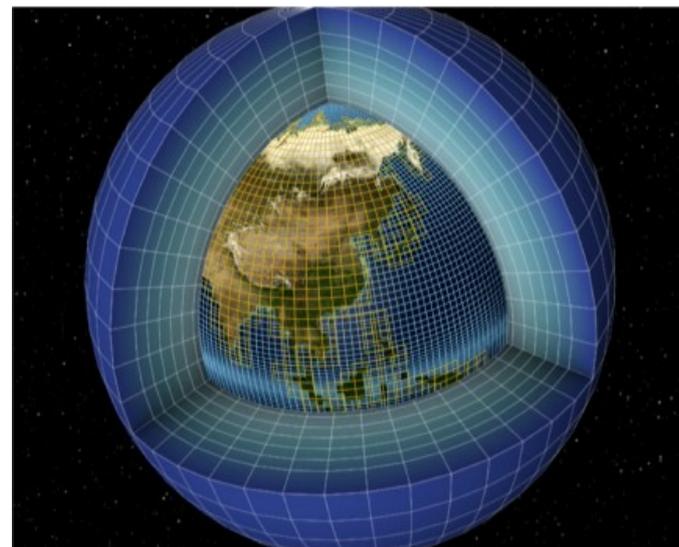
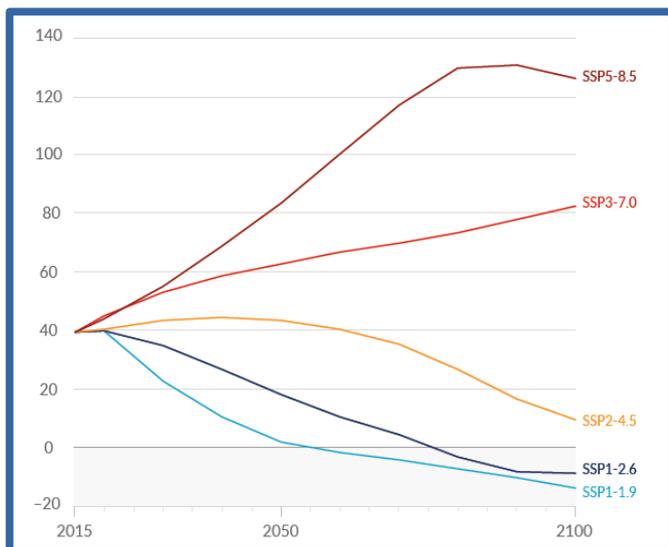
- Émission faible
- Émission modérée
- Émission forte

— Ces scénarios sont ensuite pris en compte dans les modèles pour décrire les différents climats futurs possibles

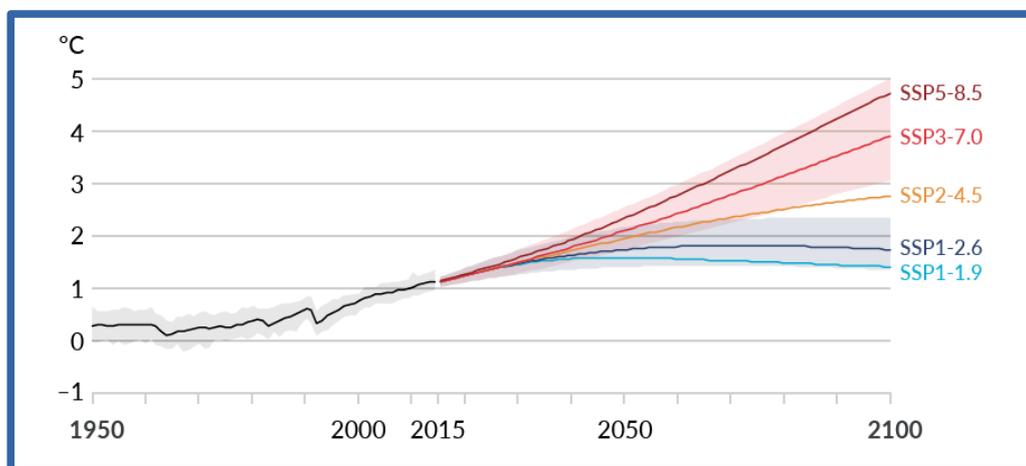
Table des probabilités	
Quasiment certain	99-100%
Très probable	90-100%
Probable	66-100%
A peu près aussi probable qu'improbable	33-66%
Improbable	0-33%
Très improbable	0-10%
exceptionnellement improbable	0-1%

Le Futur climatique dépend de nos choix

Scénarios d'émission de CO2



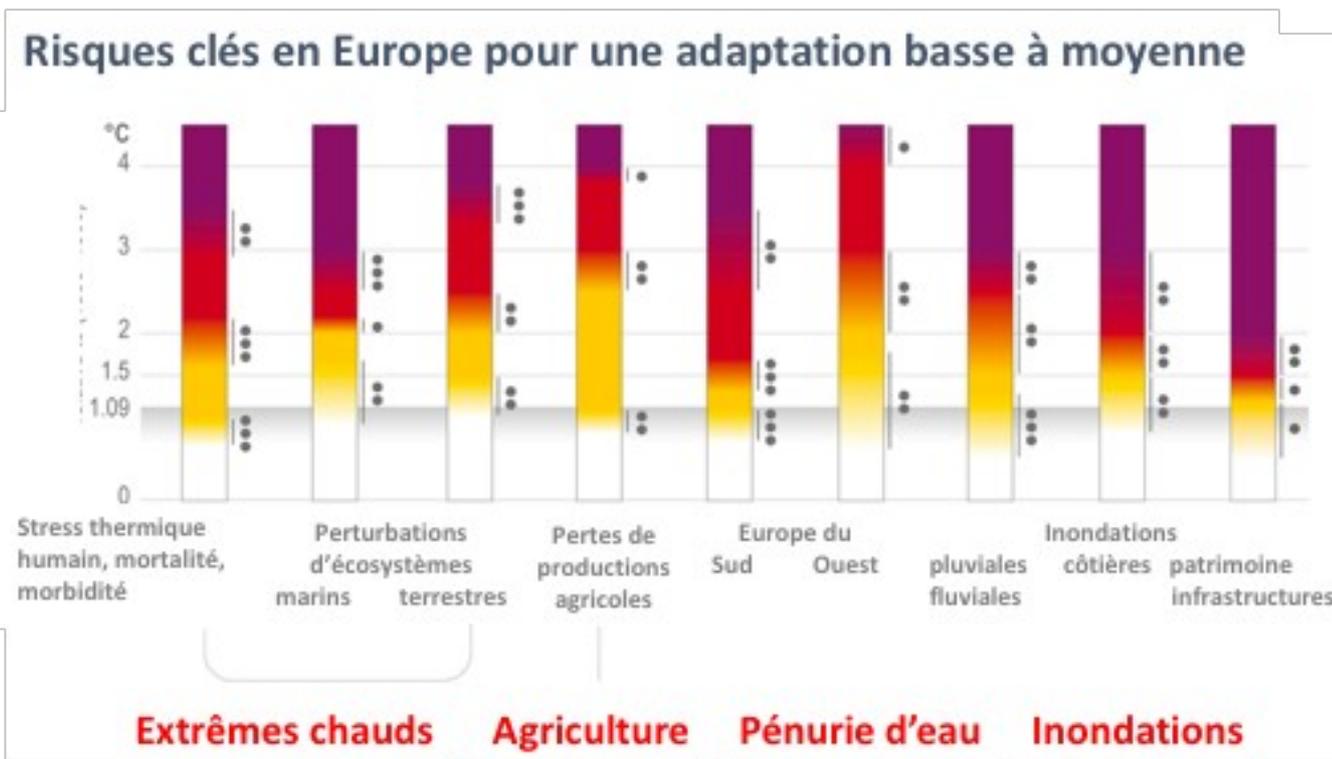
Evolution de la température globale



Inertie importante du système climatique
Poursuite du réchauffement jusqu'à 2040-2050

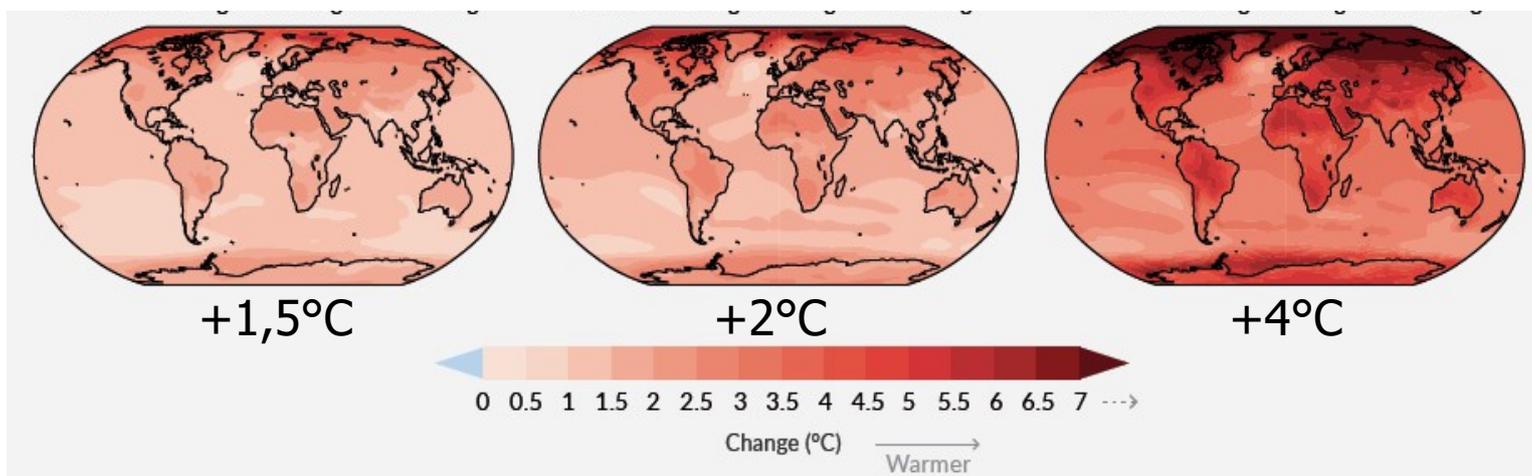
Ensuite, suivant le scénario :
Émission faible : stabilisation à 1,5°C (SSP1)
Émission forte : poursuite réchauffement jusqu'à 5°C (SSP5)

Chaque incrément de réchauffement supplémentaire intensifie des risques majeurs, dans chaque région du monde



Températures : projections à l'échelle mondiale

Evolution de la température moyenne annuelle par rapport à la période 1850-1900



Réchauffement plus important sur les continents que sur les océans
Réchauffement plus important à hautes latitudes (particulièrement Arctique) que sous les tropiques

Évolution de la température en France et en Rhône-Alpes

■ Température en métropole

- Hausse des températures jusque 2040-2050 quel que soit le scénario
- Au-delà
 - Émission faible , stabilisation
 - Émission modérée et forte : hausse continue jusqu'à la fin du siècle
- Hausse plus forte l'été
- Réchauffement plus marqué en montagne

■ Température en Rhône-Alpes

- Hausse des températures jusque 2040-2050 quel que soit le scénario
- Au-delà
 - Émission faible , stabilisation
 - Émission forte : la hausse pourrait dépasser 4°C à la fin du siècle

métropole

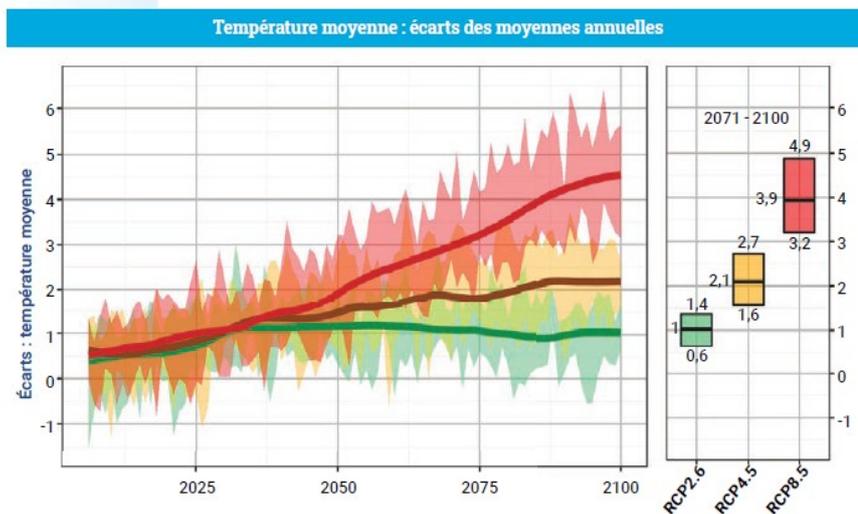
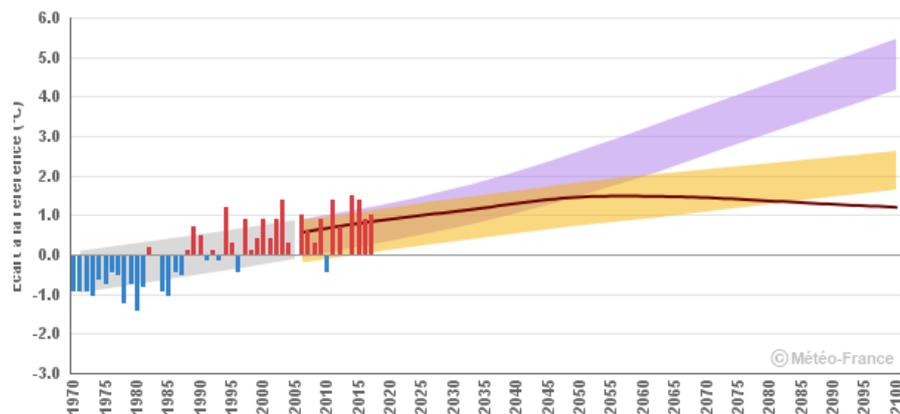


Figure 12 : Évolution de l'écart de température moyenne annuelle au cours du XXI^e siècle (par rapport à la référence 1976-2005) pour les trois scénarios RCP2.6 en vert, RCP4.5 en orange et RCP8.5 en rouge. Le trait continu correspond à la médiane lissée (moyenne glissante sur 20 ans). L'enveloppe de couleur illustre l'intervalle entre les centiles 5 et 95 de la distribution de l'ensemble des simulations. La boxplot de droite représente les écarts de température sur le dernier horizon temporel (2071-2100).

Température moyenne annuelle en Rhône-Alpes : écart à la référence 1976-2005

Observations et simulations climatiques pour trois scénarios d'évolution RCP 2.6, 4.5 et 8.5



■ Ecart à la référence pour les observations — Ecart à la référence pour la simulation Aladin RCP 2.6
 ■ ■ ■ Ecart à la référence pour les simulations climatiques passées et futures RCP 4.5 et RCP 8.5

Températures extrêmes : à Lyon...

Niveau de réchauffement
global en **2070-2100** par
rapport à la fin du XIX^e siècle

4 fois plus de jours
de **vagues de chaleur**

+ 3 °C

2 fois moins de jours
de **gelées**

10 fois plus de jours
de **vagues de chaleur**

+ 5 °C

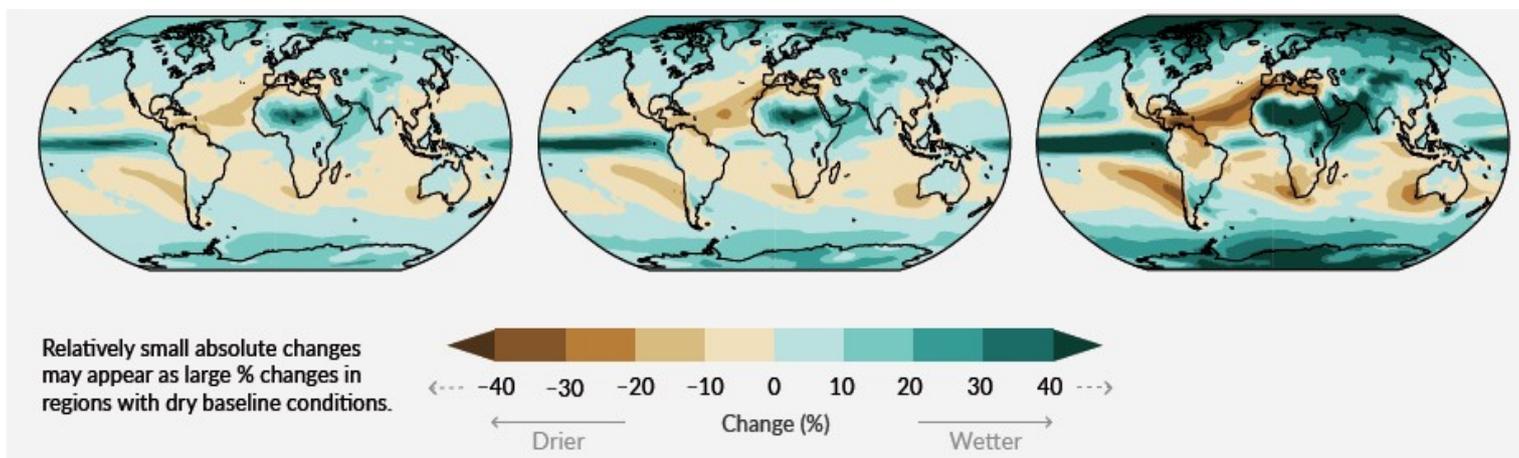
5 fois moins de jours
de **gelées**

Températures : un aperçu de l'avenir des maximales à Montélimar

20270801	42,03	20840721	43,16	20900808	43,42	20940814	43,4
20270807	45,25	20840722	42,17	20900809	42,68	20950808	41,21
20270808	43,2	20840723	41,75	20900810	42	20950809	42,14
20270817	41,11	20840724	41,28	20910722	41,5	20960714	42,24
20390712	41,21	20850722	41,2	20910723	43,27	20960715	41,33
20650715	41,37	20860730	41,84	20910724	43,19	20960725	41,44
20650717	41,59	20860731	42,34	20910725	43,17	20960816	41,98
20650718	41,9	20860801	43,23	20910726	45,86	20960817	43,74
20650719	44,38	20860802	42,16	20910727	45,65	20960818	42,13
20650805	42,9	20880714	41,67	20910728	43,96	20970727	43,64
20650806	42,62	20880802	41,24	20910729	44,71	20970728	42,75
20650807	42,38	20880804	42,59	20910730	43,52	20970802	43,06
20650808	41,64	20890724	42,65	20930713	43,01	20970803	42,43
20680725	41,43	20890725	43,21	20930724	42,57	20970814	42,43
20750714	41,57	20890815	46,52	20930810	41,17	20970815	42,29
20750803	43,45	20900720	42,75	20930811	42,25	20990713	41,1
20750804	44,87	20900721	43,36	20930812	43,93	20990714	43,29
20750805	43,09	20900722	41,24	20930813	42,91	21000724	41,22
20750808	42,74	20900723	43,62	20930814	42,88	21000801	41,49
20770703	41,43	20900724	43,43	20930815	42,72	21000802	42,36
20800811	41,55	20900725	42,71	20930816	43,83	21000803	43,24
20800813	41,16	20900726	41,44	20930817	41,45	21000804	43,37
20840716	42,06	20900727	41,29	20940722	41,21	21000805	42,08
20840719	41,26	20900806	43,76	20940723	41,75	21000806	42,44
20840720	43,22	20900807	44,02	20940813	43,56		

Précipitations : projections à l'échelle mondiale

Evolution des précipitations moyennes annuelles par rapport à la période 1850-1900



Source : GIEC 2021

Contrastes entre les régions, de plus en plus forts selon le niveau de réchauffement :

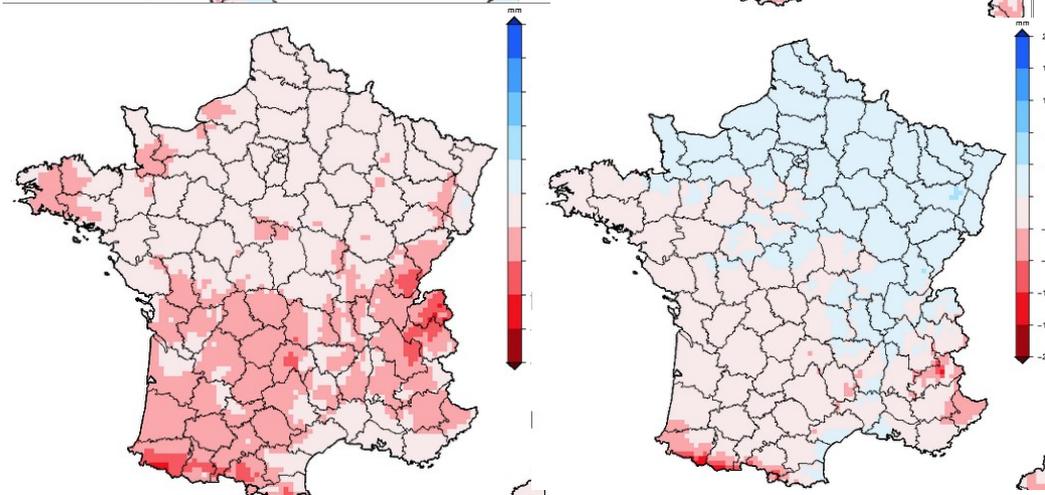
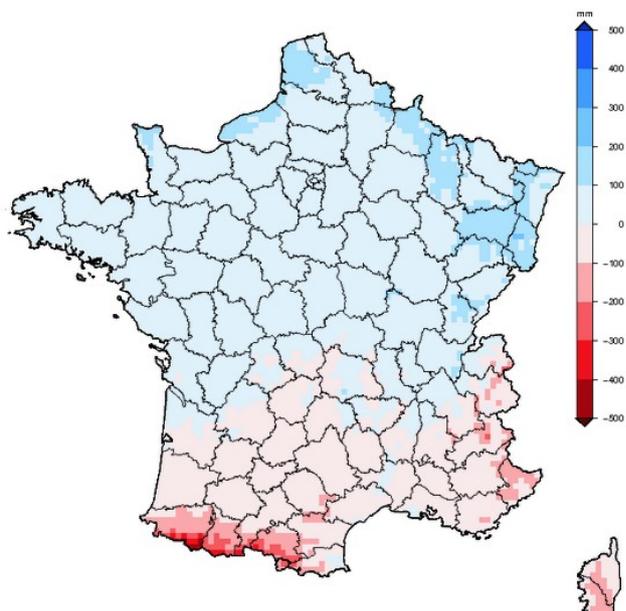
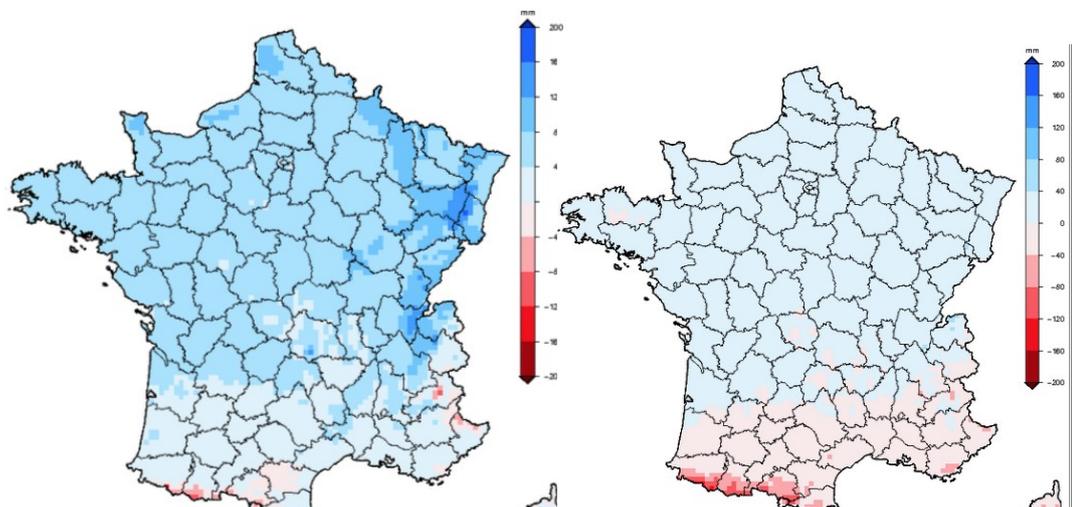
- **Assèchement** du bassin méditerranéen
- **plus de précipitations** sur les régions polaires et équatoriales
- La France Métropolitaine est dans une zone de transition (Drôme plutôt sous influence méditerranéenne).
- La hausse du réchauffement modifie le cycle de l'eau, intensifie sa variabilité et renforce la sévérité des saisons et les événements extrêmes (très humides ou très secs)

Évolutions possibles d'ici la fin du siècle

Précipitations - Niveau national

Précipitations en métropole

- Pas d'évolution très nette, sur le cumul de précipitation annuel (incertitude importante)
- Cependant une disparité saisonnière :
 - Plus de précipitation en hiver (>10%)
 - Moins de précipitation en été
- Gradient spatial nord-sud
- Augmentation des pluies extrêmes (plus intenses et plus fréquentes)

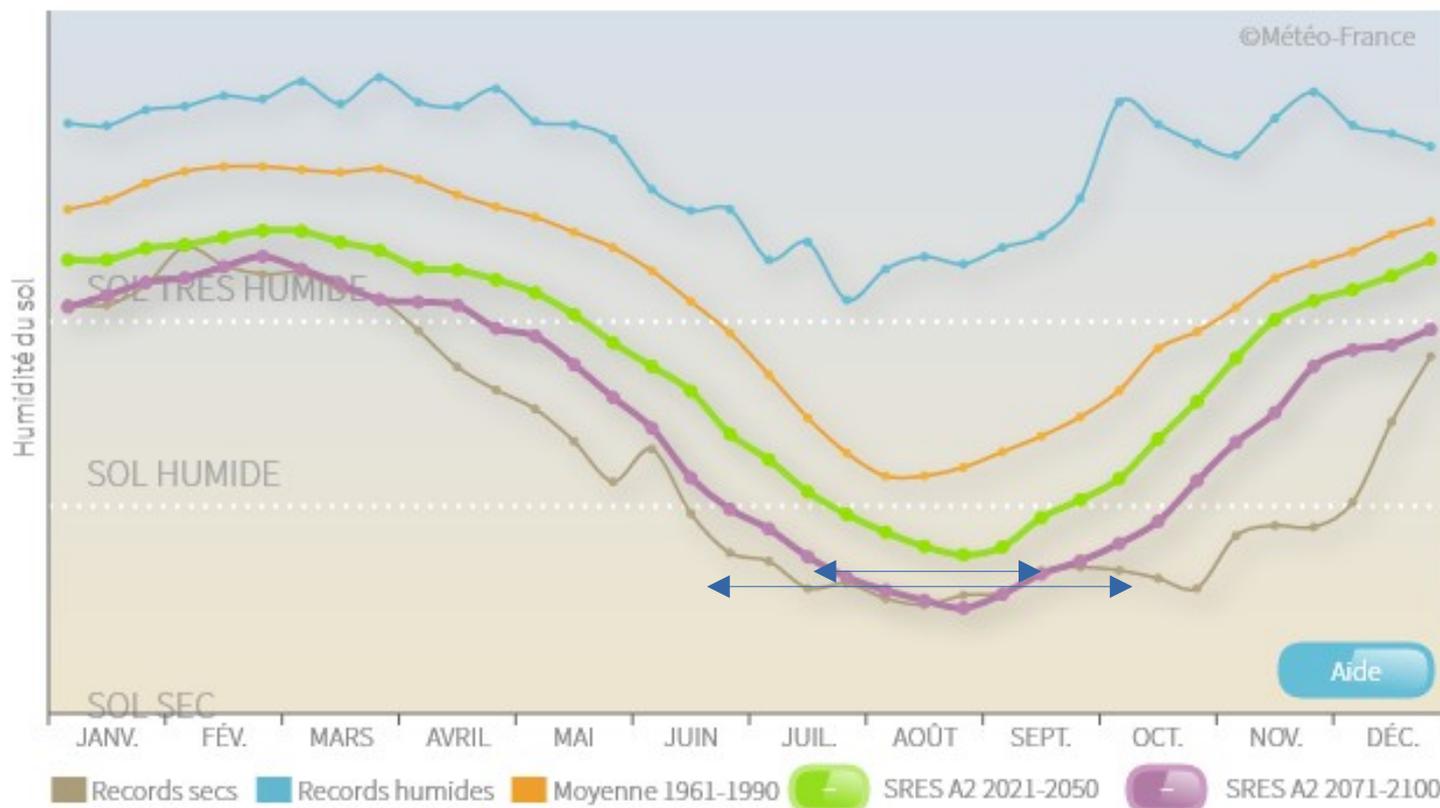


Année	-75/+30mm
Hiver	+30/+60mm
Printemps	-10/+20mm
Été	-30/-50mm
Automne	-10/+10mm

Évolutions possibles d'ici la fin du siècle Sécheresse en Rhône Alpes

Cycle annuel d'humidité du sol

Moyenne 1961-1990, records et simulations climatiques pour deux horizons temporels (scénario d'évolution SRES A2)



Assèchement des
sols en toute saison
(scénario SRES A2)

Allongement moyen de la période de sol sec (SWI inférieur à 0,5) de l'ordre de 2 à 4 mois tandis que la période très humide (SWI supérieur à 0,9) se réduit dans les mêmes proportions.

⇒ fort impact pour la végétation et les cultures non irriguées,

Conclusion

- **Le changement climatique est déjà une réalité** (l'été 2022 en est une belle manifestation)
 - Il est généralisé
 - Il est rapide
 - Il s'est amplifié ces dernières décennies et continue de s'amplifier en relation directe avec chaque incrément de réchauffement planétaire supplémentaire

- **Son origine humaine ne fait aucun doute** : c'est scientifiquement prouvé

- On ne négocie pas avec la physique. Les lois de la physique et donc **nos émissions de gaz à effet de serre conditionnent le climat futur** . .

- Nos choix conditionnent le niveau de réchauffement et donc le niveau de risque pour nos sociétés. **Chaque tonne de carbone** supplémentaire émise compte et **toute fraction de** degré est punitive car conduisant à des risques/souffrances supplémentaires

- le système climatique serait réactif à la fois dans sa réponse aux perturbations d'origine humaine mais aussi aux actions prises maintenant. **L'inertie est davantage sociétale que physique**. Concrètement, si les émissions de gaz à effet de serre tombaient demain à 0, la température mondiale se stabiliserait rapidement.

Merci de votre attention !



Jean-Baptiste Collombat

David Marchal

Évolutions possibles d'ici la fin du siècle indice feux de forêts – Scénario intermédiaire (A1B)

eDrias

Indice feu météorologique (IFM)
pour le Jeu de données de référence
Période de Référence (1989-2008) – Moyenne estivale
IFM-2009 : modèle Arpege-V4.6 étiré de Météo-France

eDrias

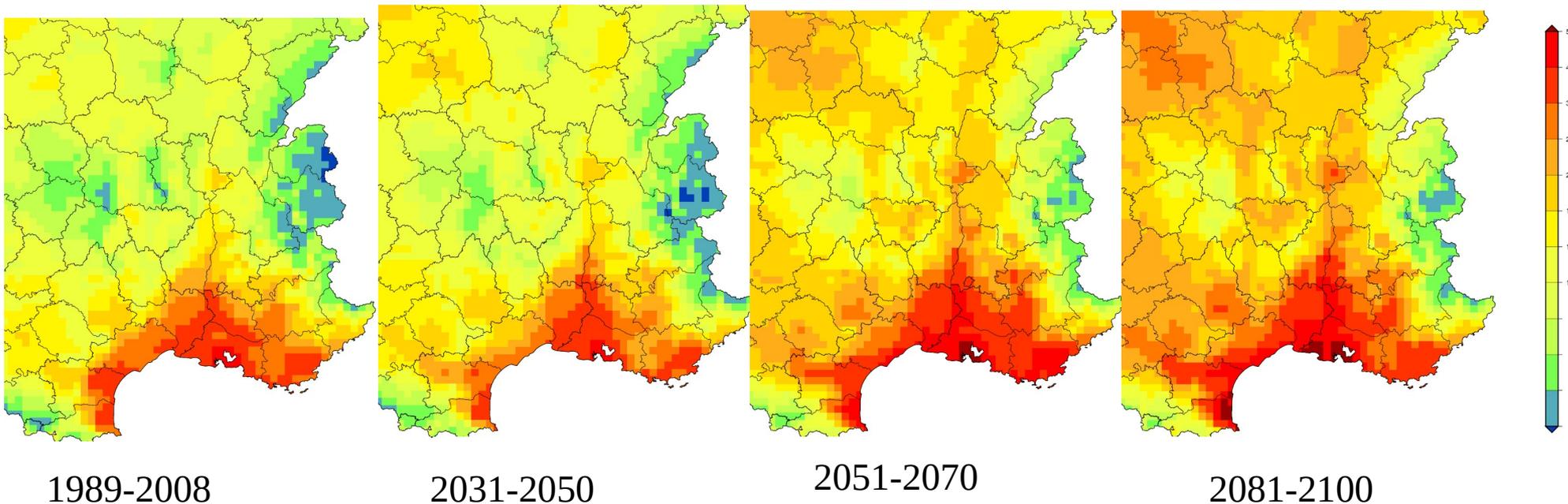
Indice feu météorologique (IFM)
pour le Scénario d'évolution socio-économique intermédiaire (A1B)
Horizon proche (2031-2050) – Moyenne estivale
IFM-2009 : modèle Arpege-V4.6 étiré de Météo-France

eDrias

Indice feu météorologique (IFM)
pour le Scénario d'évolution socio-économique intermédiaire (A1B)
Horizon moyen (2051-2070) – Moyenne estivale
IFM-2009 : modèle Arpege-V4.6 étiré de Météo-France

eDrias

Indice feu météorologique (IFM)
pour le Scénario d'évolution socio-économique intermédiaire (A1B)
Horizon lointain (2081-2100) – Moyenne estivale
IFM-2009 : modèle Arpege-V4.6 étiré de Météo-France



Le risque feux de forêts remonte progressivement vers le nord