

Comprendre le dérèglement climatique

Quels impacts à attendre pour la VH en France ?

Météo-France

Sophie Tessier

Directrice adjointe au centre météorologique des Alpes du Nord

Chambéry, 27 septembre 2022

Le Climat de notre belle planète ...



©Triff/Shutterstock

<https://www.linfodurable.fr/environnement/ressources-de-la-planete-lue-vivra-credit-des-ce-10-mai-11042>

Météo - Climat : quelles différences ?

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



Température



Pression atmosphérique



Pluviométrie



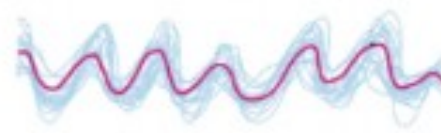
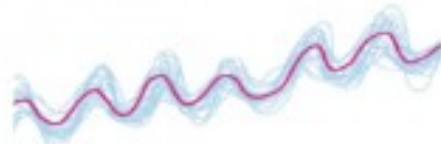
Vitesse du vent



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.



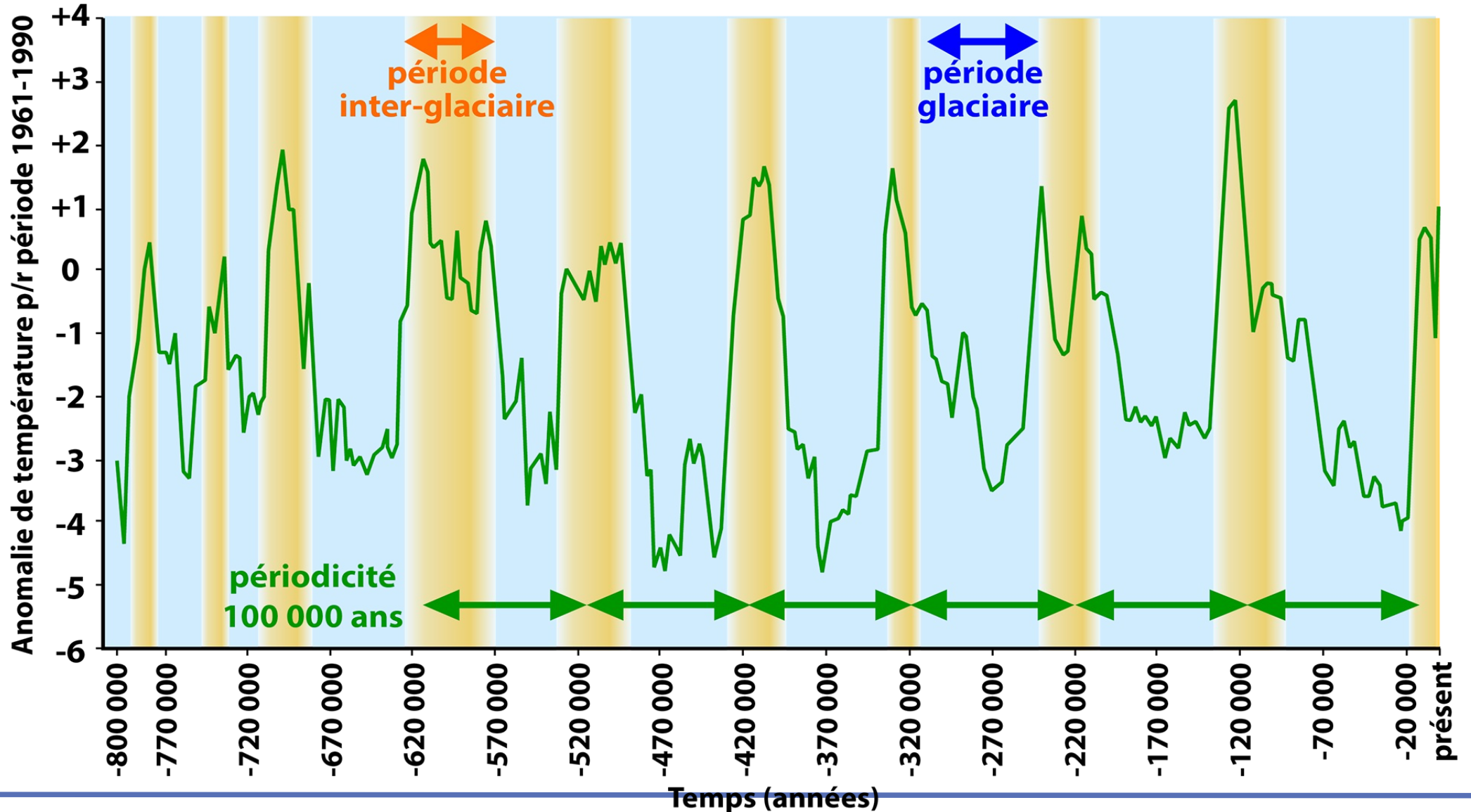
CLIMAT : C'EST L'ÉTUDE DES STATISTIQUES DE VARIABLES ATMOSPHÉRIQUES
SUR UNE LONGUE PÉRIODE DE TEMPS (30 ANS PAR CONVENTION).



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

Météo - Climat : quelles différences ?

Variations de la température moyenne de la Terre déduite du thermomètre isotopique depuis 800 000 ans



Météo - Climat : quelles différences ?

-20 000 ans : 4 à 5°C de moins seulement ! (échelle planétaire)



**Pingouin – grotte Cosquer
(près de Marseille)**

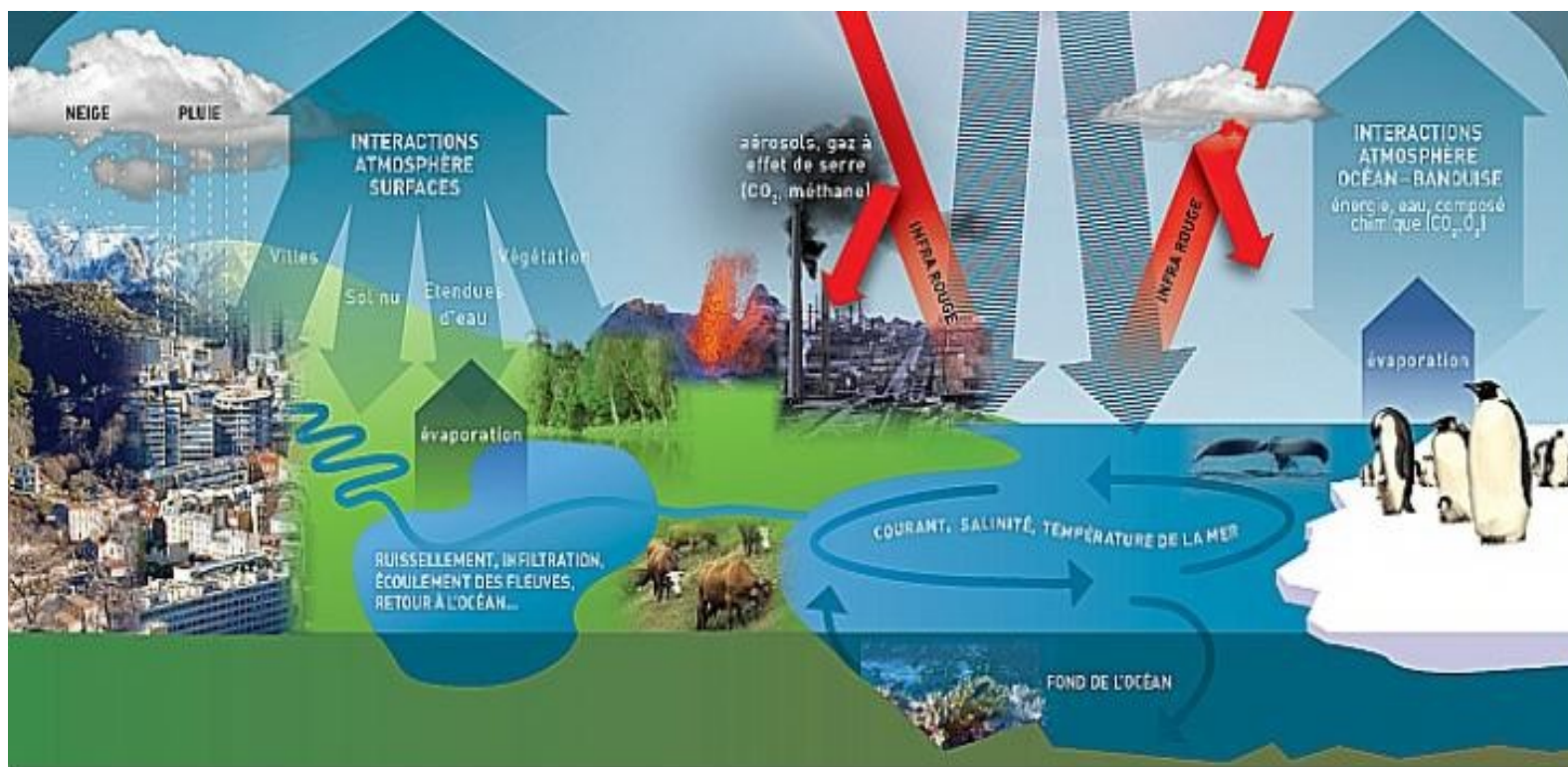


**Mamouth-grotte de Rouffignac
(Dordogne)**

Qu'est-ce qui régit le climat ?

■ **Soleil = seule source d'énergie** → réchauffe terre, mers et atmosphère.

- Grands courants aériens et marins → redistribuent cette énergie : tropiques → pôles
- Le cycle de l'eau → répartie l'eau de l'atmosphère à l'océan
- Neige et glace → limitent l'absorption de chaleur en surface
- Couvert végétal → stocke ou rejette \pm de chaleur, d'eau, de CO₂ et autres gaz ;



En tout point de la Terre, le climat est la résultante des interactions entre atmosphère, océan, glace, surfaces terrestres et cycle de l'eau .

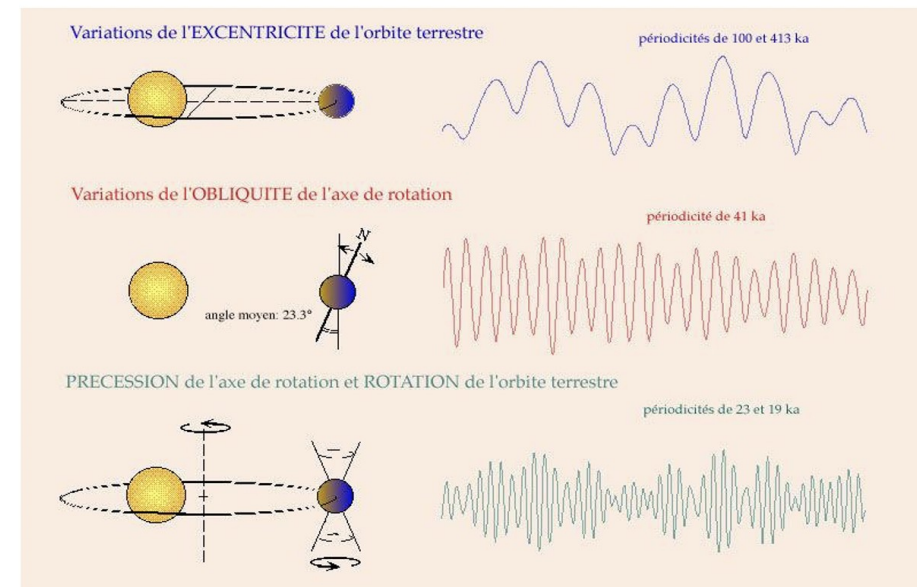
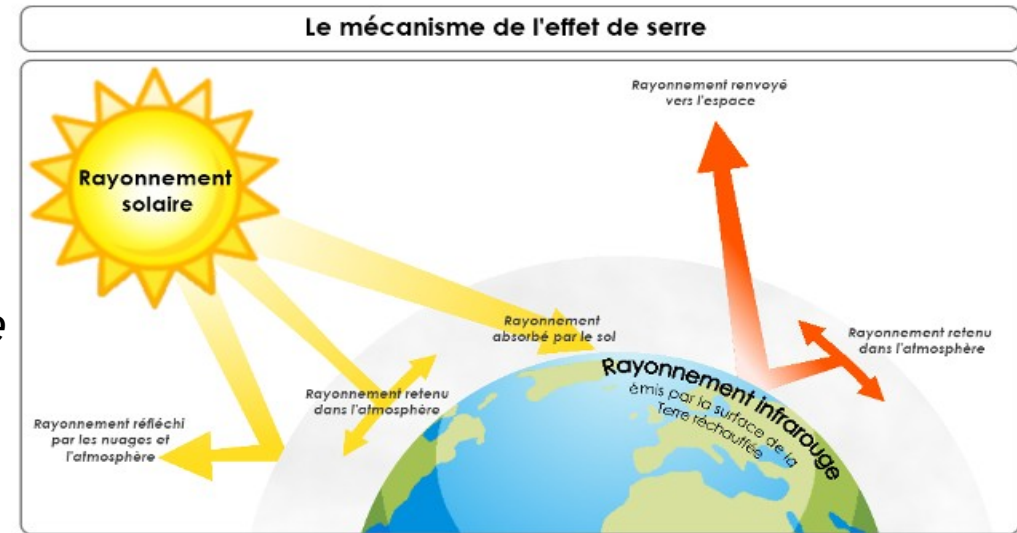
Qu'est-ce qui régit le climat ?

L'effet de serre :

- 2/3 de l'énergie du soleil absorbé
- Nuages et gaz à effet de serre piègent la chaleur, *un peu comme sous les vitres d'une serre.*

Le climat varie :

- en fonction de paramètres astronomiques, du volcanisme, de la composition chimique de l'atmosphère,
 - d'une année sur l'autre ou suivant des cycles pluriannuels (El Niño dans le Pacifique sud, oscillation Nord-Atlantique...).
- Variabilité interne (ou intrinsèque) du système climatique.



Qu' observons-nous déjà ?



@Tryfonov /Stock.Adobe.com

<https://lejournal.cnrs.fr/articles/le-changement-climatique-nous-touche-deja-de-plein-fouet>

6^e rapport du GIEC sur les bases physiques

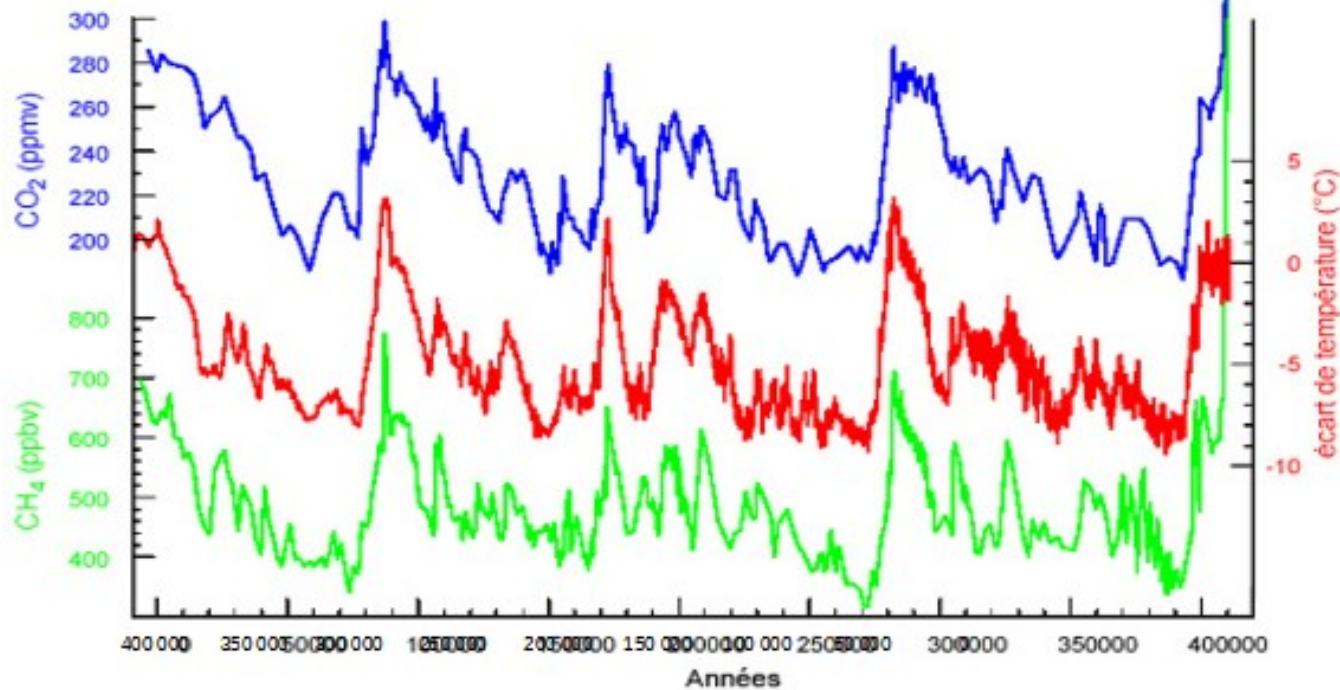
La concentration de CO₂ dans l'atmosphère, de l'ordre de 410 ppm en 2020, en hausse de 50 % depuis l'ère pré-industrielle est inédite depuis au moins 800 000 ans !



[Credit: NASA]

“ Les changements climatiques récents sont généralisés, rapides et s'intensifient. Ils sont sans précédent depuis des milliers d'années.

CAROTTAGE GLACIAIRE DE 3 500 m A VOSTOK (Antarctique) :
Climat et gaz à effet de serre au cours des 400.000 dernières années
L.G.G.E. /L.S.C.E. (d'après Petit et al., *Nature*, V. 399, Juin 1999).

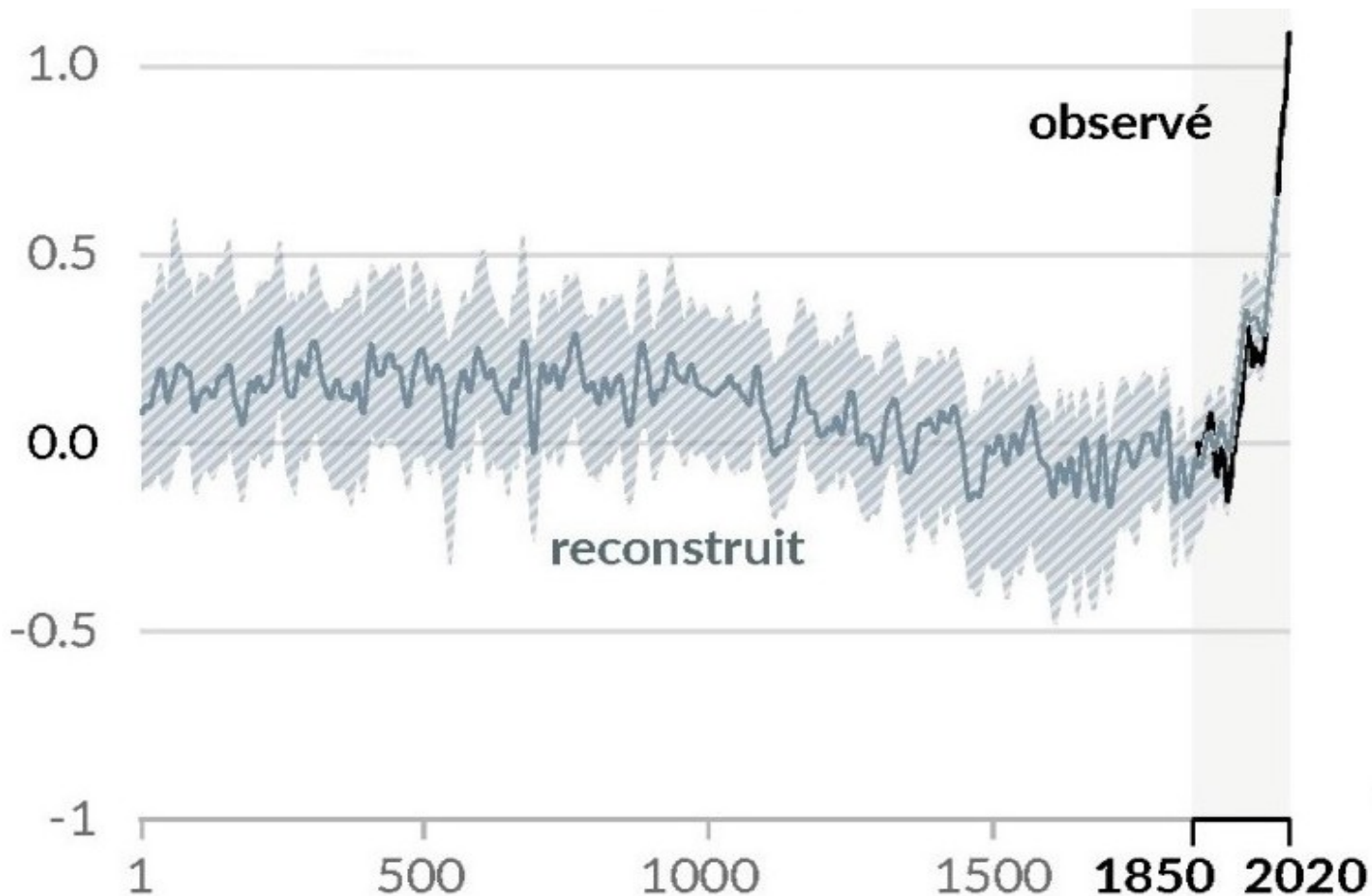


412 ppmv en 2020
Teneurs actuelles



6^e rapport du GIEC sur les bases physiques

Moyenne de la température MONDIALE depuis 2000 ans



Le rythme du réchauffement climatique que nous vivons est sans précédent depuis au moins 2000 ans, **et la décennie 2010-2019 est probablement la + chaude depuis au moins 100 000 ans** ».

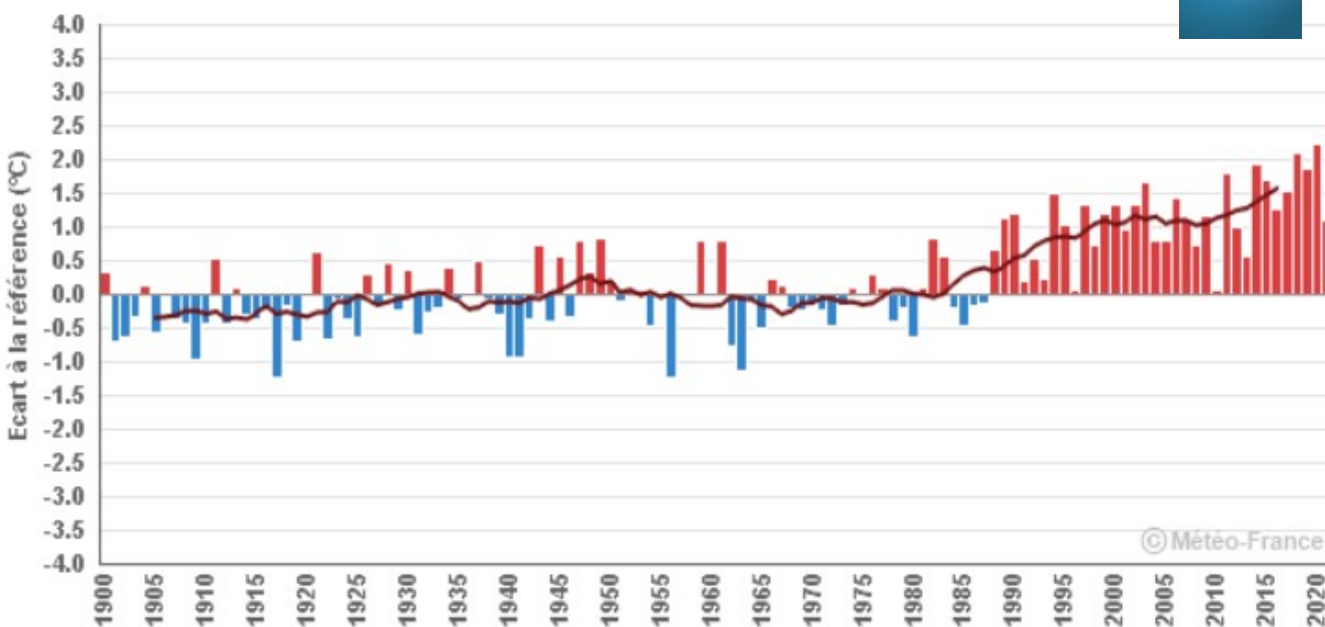
Le réchauffement climatique qui atteint +1,1°C au niveau planétaire et +1,6°C sur les continents (depuis l'ère pré-industrielle) est **totallement imputable aux activités humaines**

Qu' observons-nous déjà ?

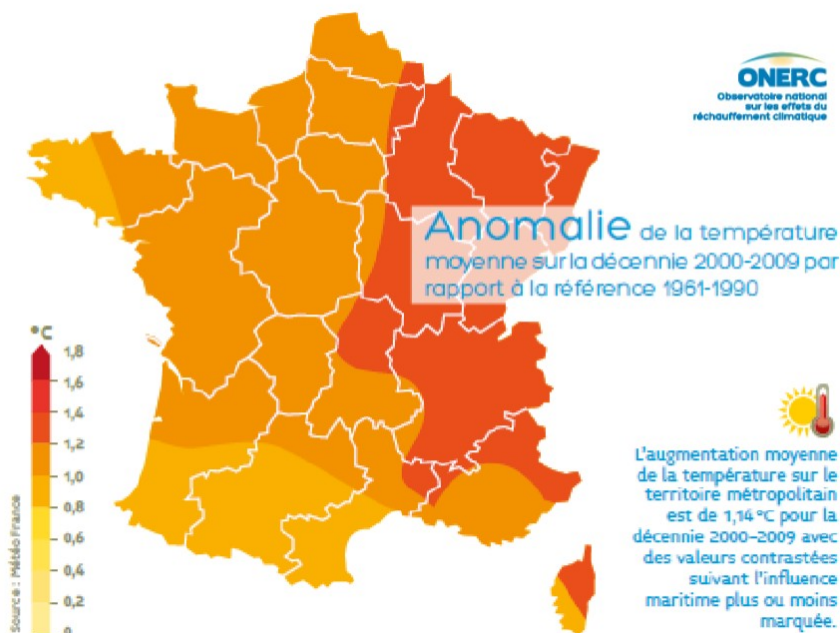
Températures - Moyenne annuelle en France -

Hausse des températures moyennes de + 1,7°C depuis 1900, et + 0,3 à +0,4°C / décennie depuis les années 1980

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



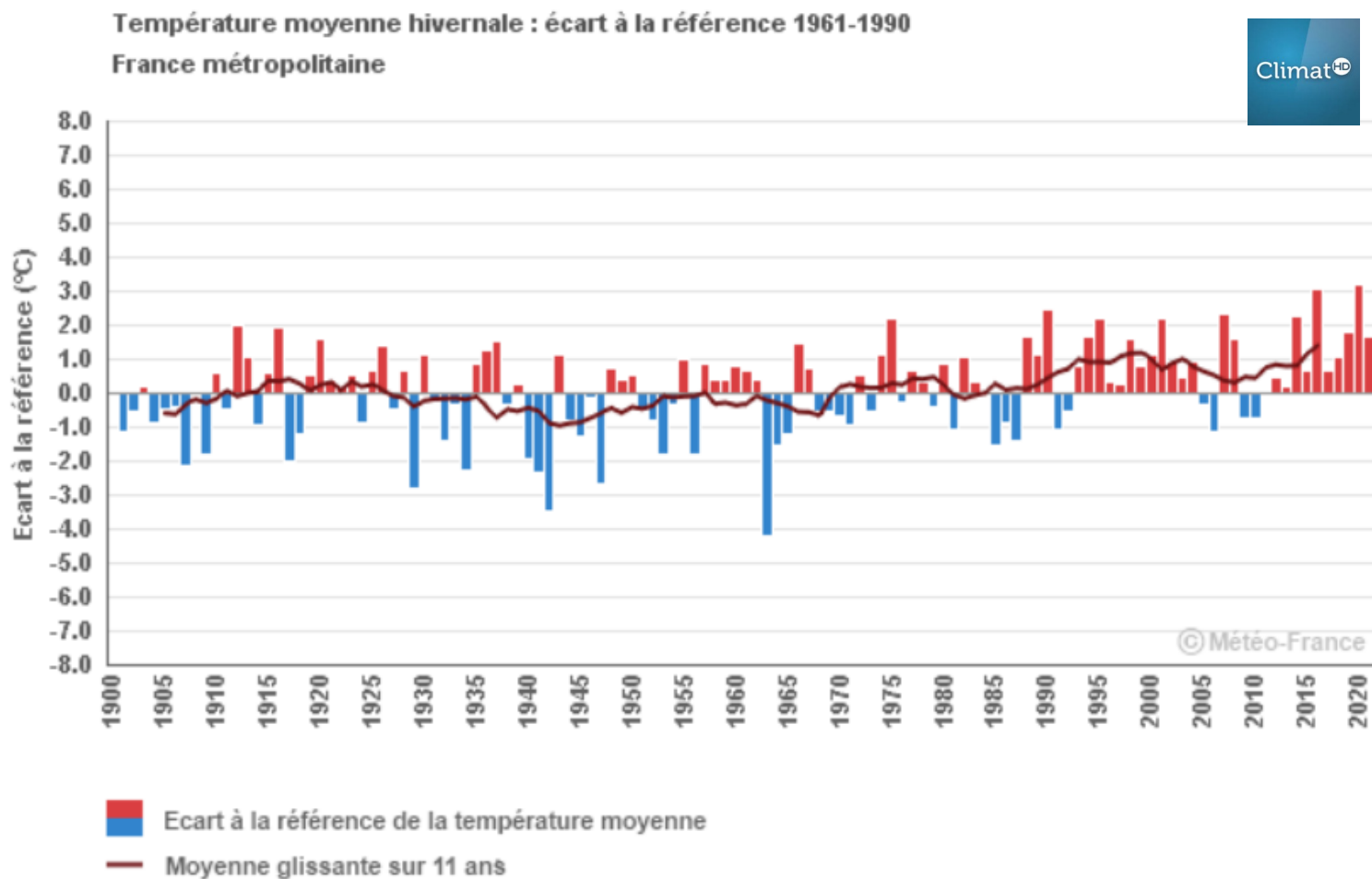
■ Ecart à la référence de la température moyenne
— Moyenne glissante sur 11 ans



Hausse plus sensible sur l'Est du Pays

Qu' observons-nous déjà ?

Températures - Moyenne Hivernale -



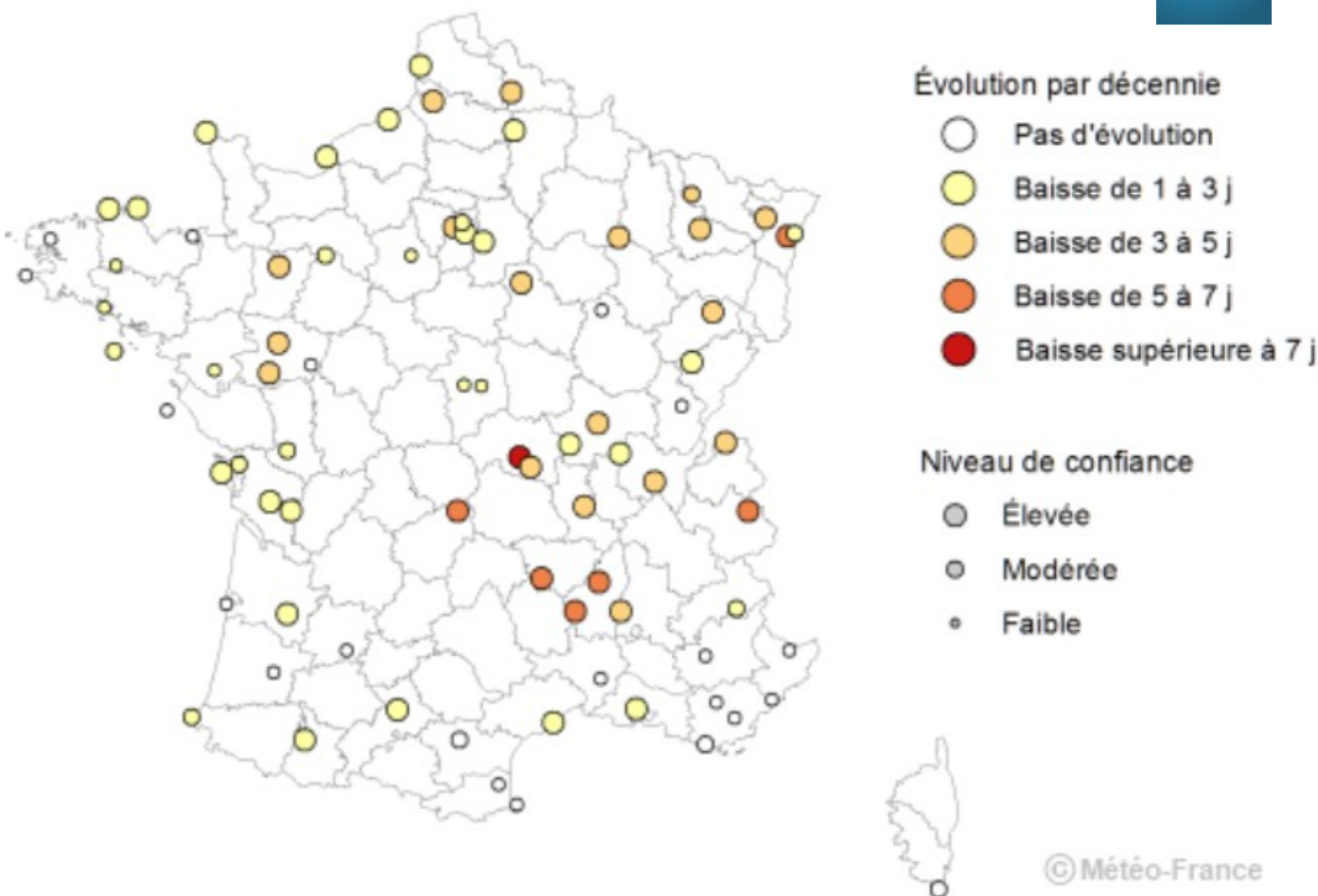
Mais ...

- **Importantes variations d'un hiver à un autre**
- **Réchauffement moins marqué en hiver**
(+0,2 +0,3 °C par décennie)

Qu' observons-nous déjà ?

Evolution du nombre de jours de gel (période 1961-2010)

Climat[®]

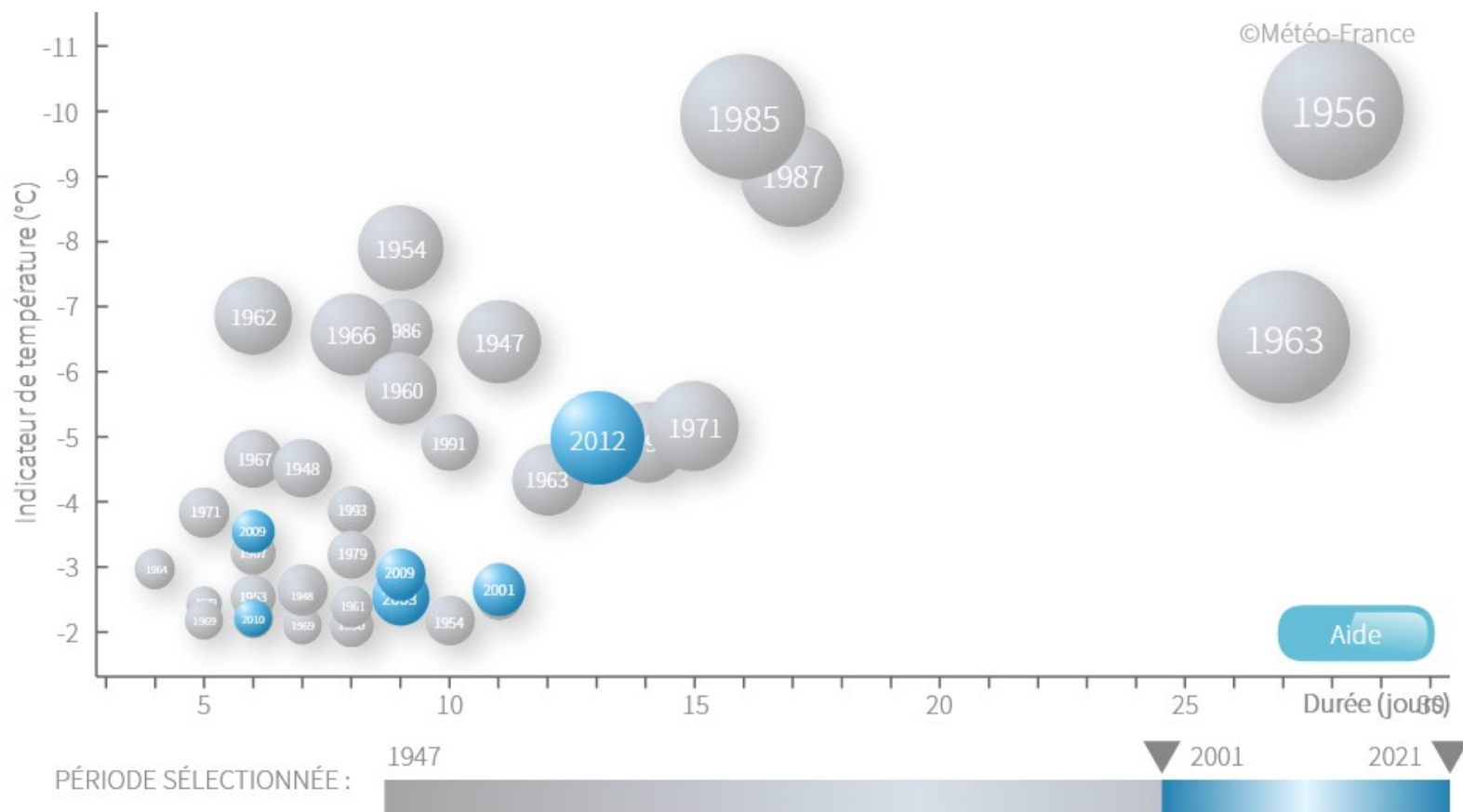


Baisse sur toutes les régions :

- **baisse + forte dans les territoires « dits acclimatés », du Nord-Est au Centre-Est**
- baisse moins marquée sur les zones côtières où le nombre annuel de jours de gel est statistiquement faible
- ailleurs, baisse entre 2 et 4 jours / décennie.

Qu' observons-nous déjà ?

Vagues de froid en France depuis 1947

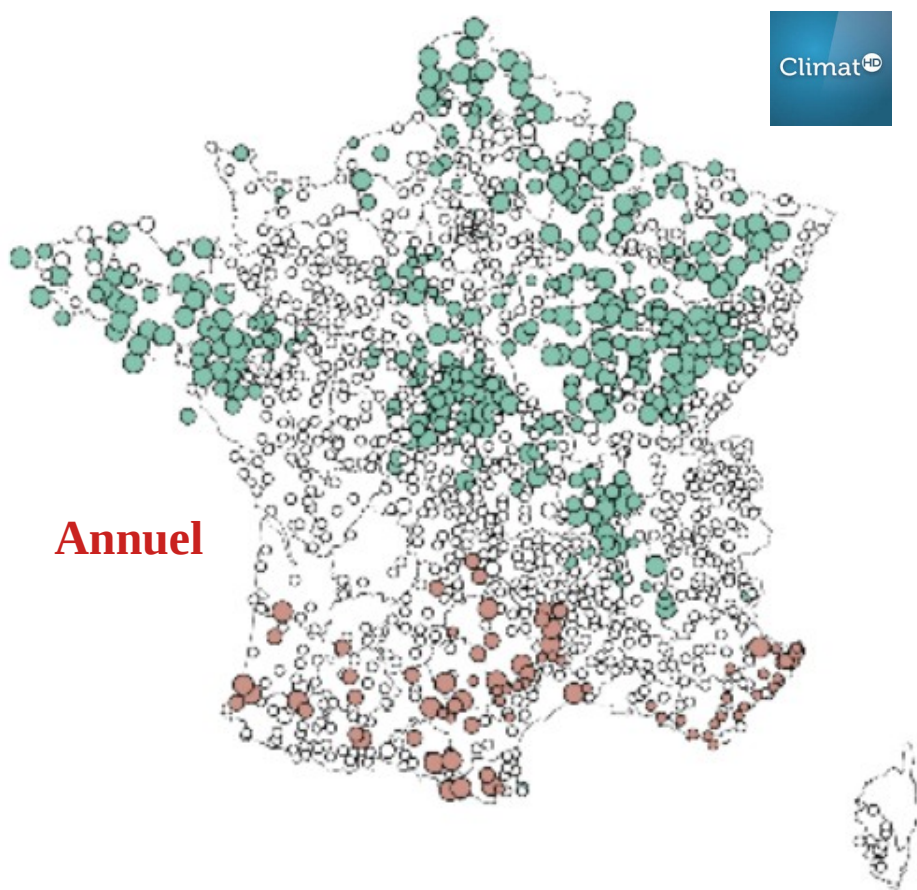


- **Nette diminution des vagues de froid** (moins nombreuses et moins intenses)
- **Dernière vague de froid sévère : 2012**
- **Les plus importantes** sont : **1956, 1963, 1985 et 1987**

Qu' observons-nous déjà ?

Précipitations cumulées

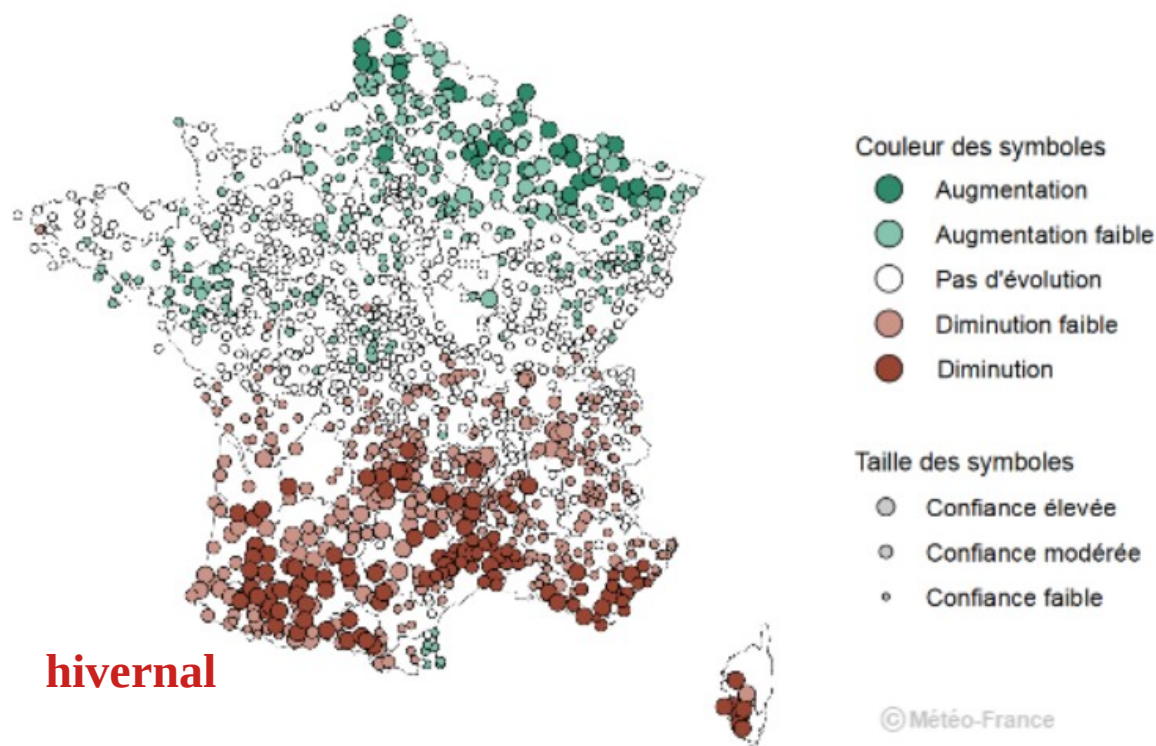
Evolution observée du cumul annuel sur la période 1961-2012



Une modification de la répartition spatio-temporelle avec :

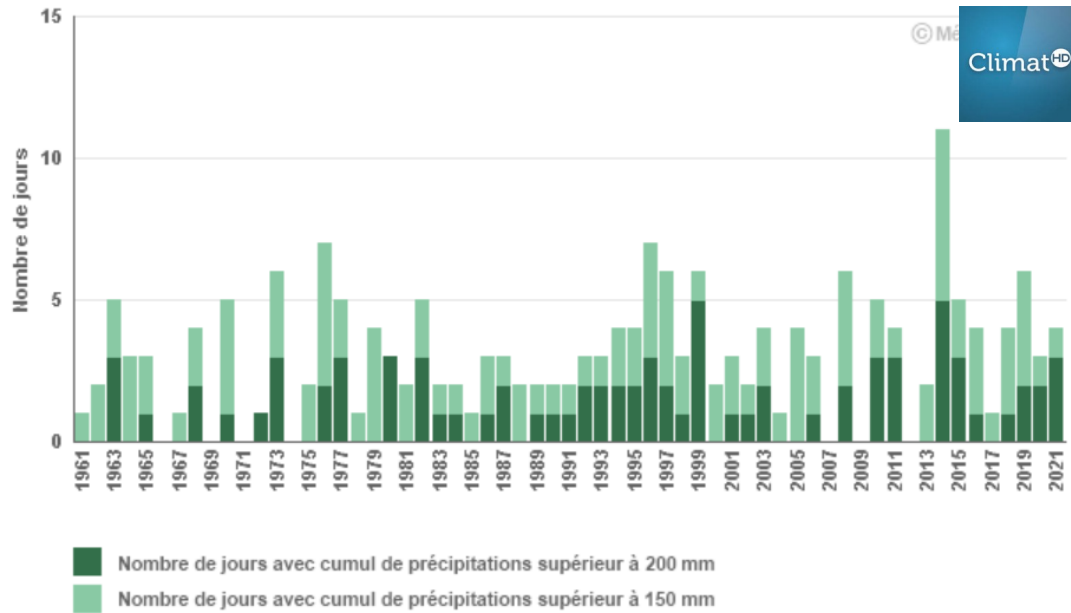
- **Augmentation** au Nord, **surtout NE** et **surtout en automne et hiver**
- **Baisse** au Sud **surtout en hiver**

Evolution observée du cumul hivernal sur la période 1961-2012



Qu' observons-nous déjà ?

Evolution du nombre de jours avec cumul de précipitations > 150 et 200 mm en zone méditerranéenne (période 1961-2021)

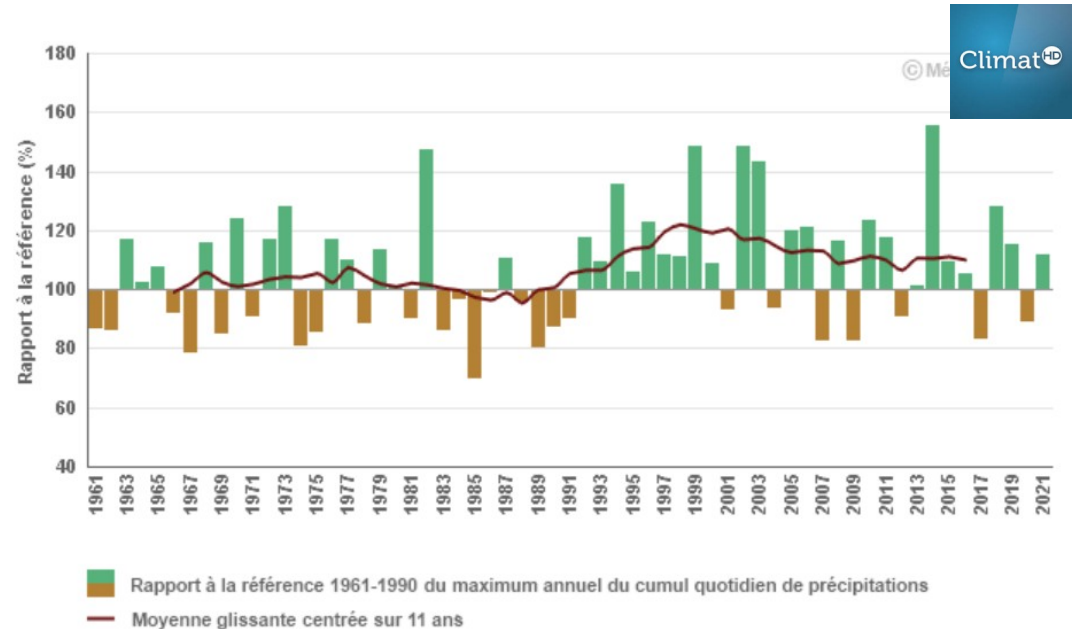


Si plus d'épisodes méditerranéens extrêmes + intenses

=> remontée + nord des fortes précipitations

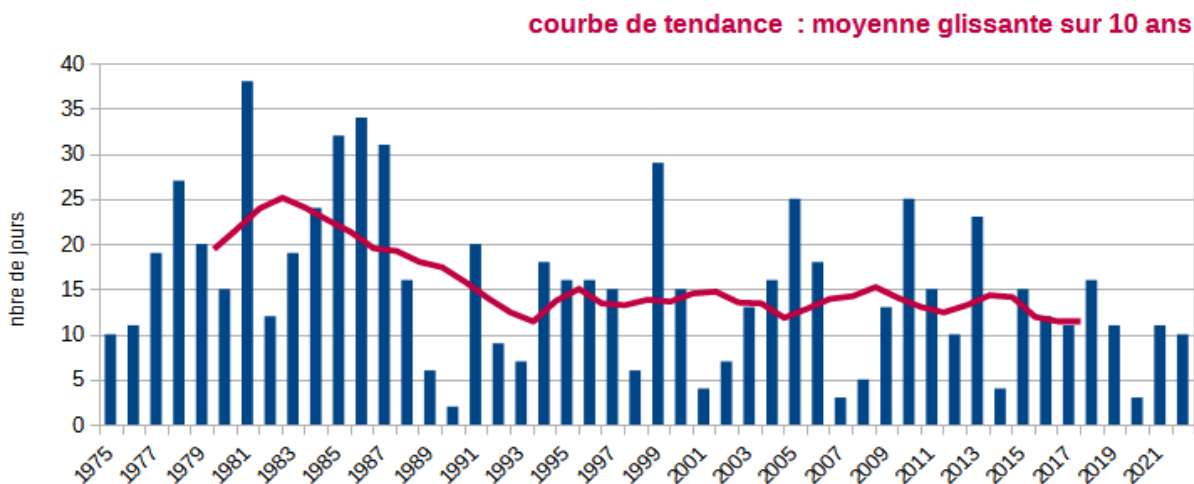
- Fortes variations d'1 année / autre
- Évènements les + extrêmes légèrement + fréquents et + intenses

Evolution de l'intensité quotidienne des précipitations en zone méditerranéenne (période 1961-2021)

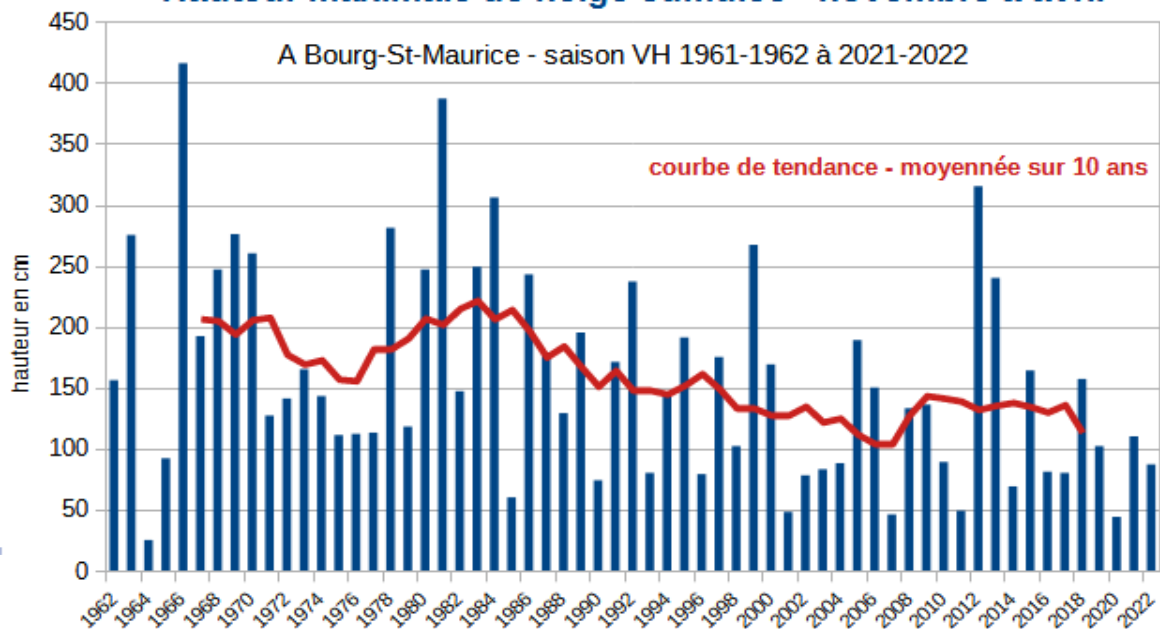


Qu' observons-nous déjà ?

Nombre de jours de neige - de novembre à avril -
à l'aéroport de Chambéry-Aix - période 1975 à 2022 -



Hauteur maximale de neige cumulée - novembre à avril



- Forte variabilité d'1 année à une autre

- **Moins de neige** en plaine, vallées et aux basses altitudes

- Chambéry-Aix : **perte de 5 jours de neige, par saison VH**, entre période 1975-2000 et 1991-2020

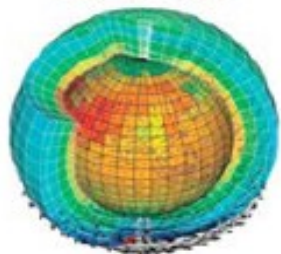
- Bourg-St Maurice : **baisse de plus de 50 cm du cumul de neige** sur la saison VH, entre la période 1961-1990 et la période 1991-2020

Quels climats pour demain ?



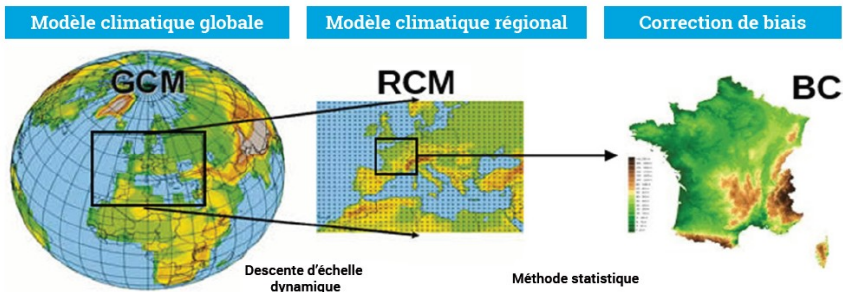
Comment prévoit-on le climat futur ?

Une sélection de plusieurs sorties de modèles numériques



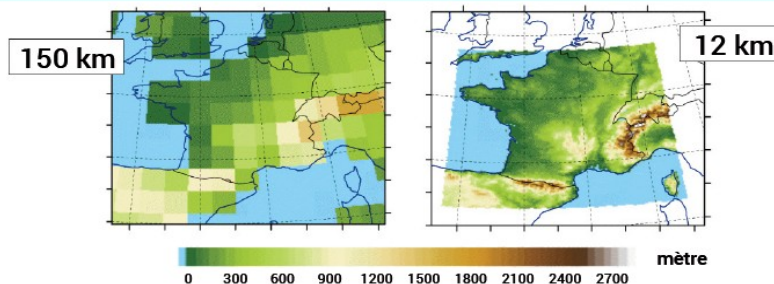
Mieux représenter le champ des possibles

Des simulations régionalisées à 12 km



+ 1 outil de correction statistique appliquée avec les observations de référence

Relief et trait de côte pour la France

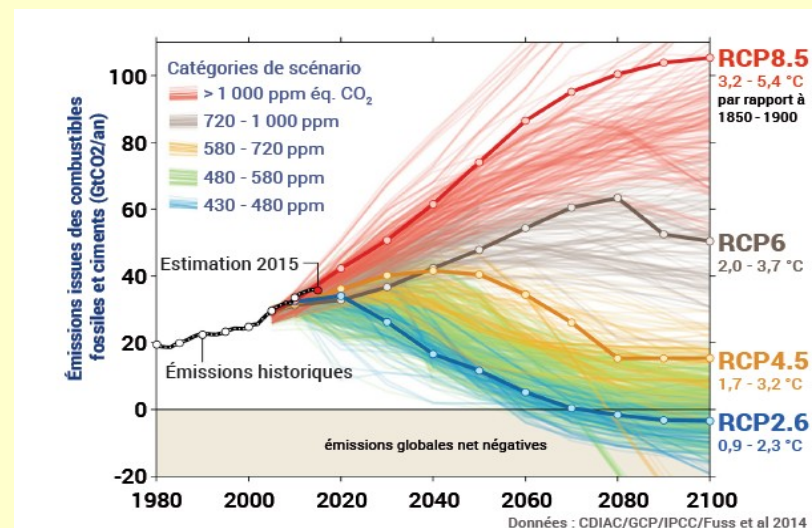


3 scénarios d'hypothèse d'émission de GES en fonction de scénario socio-économiques

RCP 2,6 : baisse des émissions

RCP 4,5 : émissions modérées puis en baisse

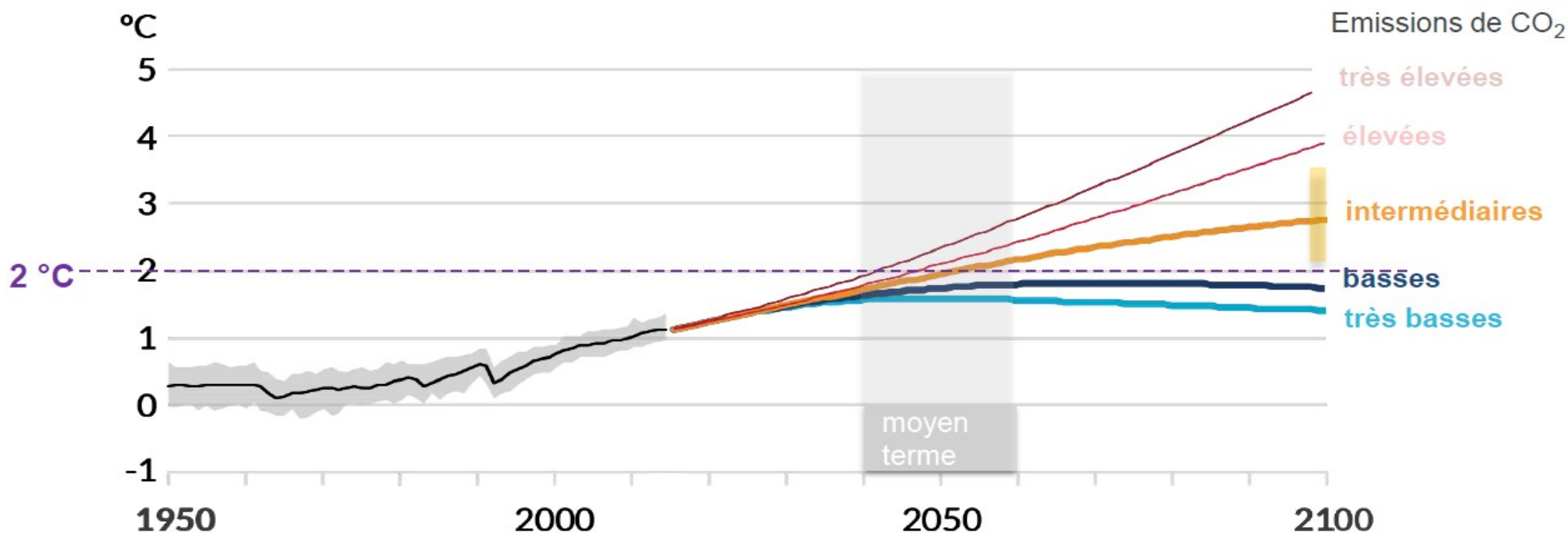
RCP 8,5 : poursuite de la hausse des émissions



Mieux représenter les conséquences locales

6^e rapport du GIEC sur les bases physiques

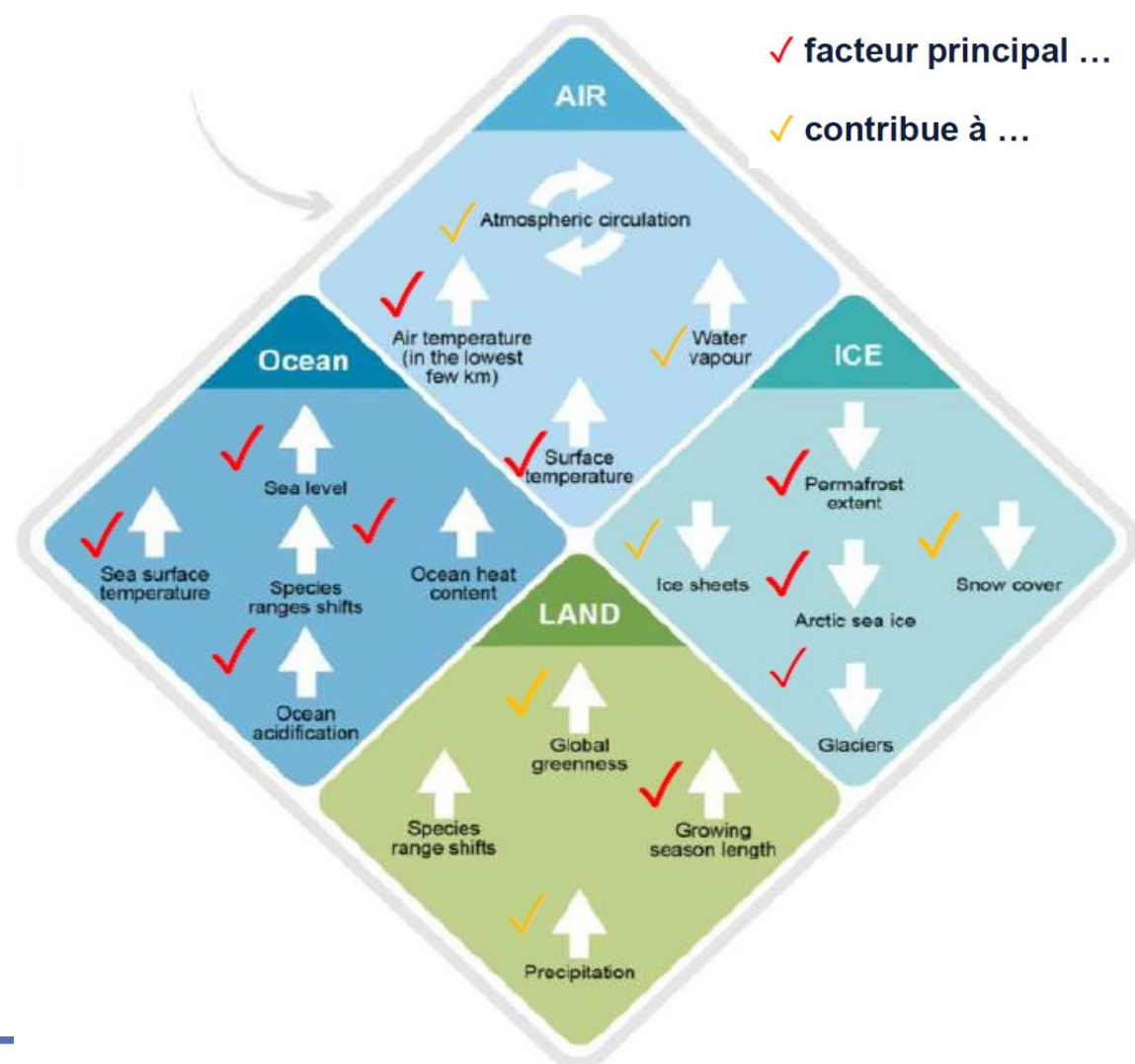
Les émissions futures entraîneront un réchauffement supplémentaire



6^e rapport du GIEC sur les bases physiques

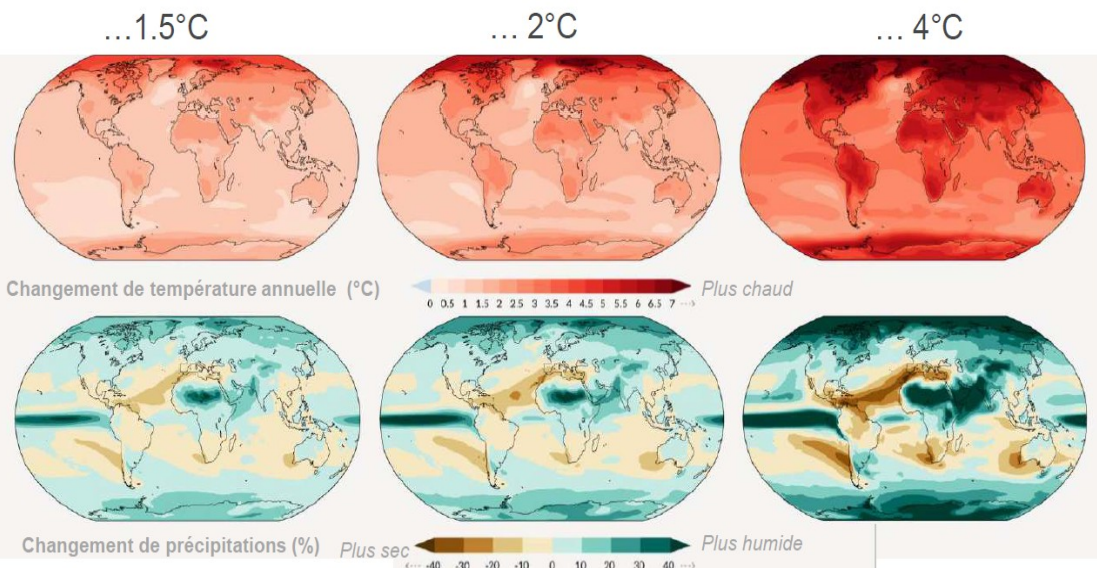
L'influence humaine sur le climat :

- **contribue à l'élévation du niveau de la mer**, au réchauffement et à l'acidification des océans
- **intensifie le cycle de l'eau** et sa variabilité, contribue à l'augmentation de la température de surface et de l'air
- **renforce la sévérité des saisons et les événements** très secs et très humides, augmente la durée de croissance des végétaux
- **diminue la surface** des glaciers, enneigées, **de la banquise et du permafrost**



6^e rapport du GIEC sur les bases physiques

Chaque fraction de réchauffement planétaire supplémentaire amplifie les changements dans chaque région



Le changement climatique rend les événements extrêmes plus fréquents et plus graves

Température

Journée la plus chaude par décennie (+°C).

Sécheresse

Une sécheresse qui se produisait une fois par décennie se produira x fois plus.

Précipitations

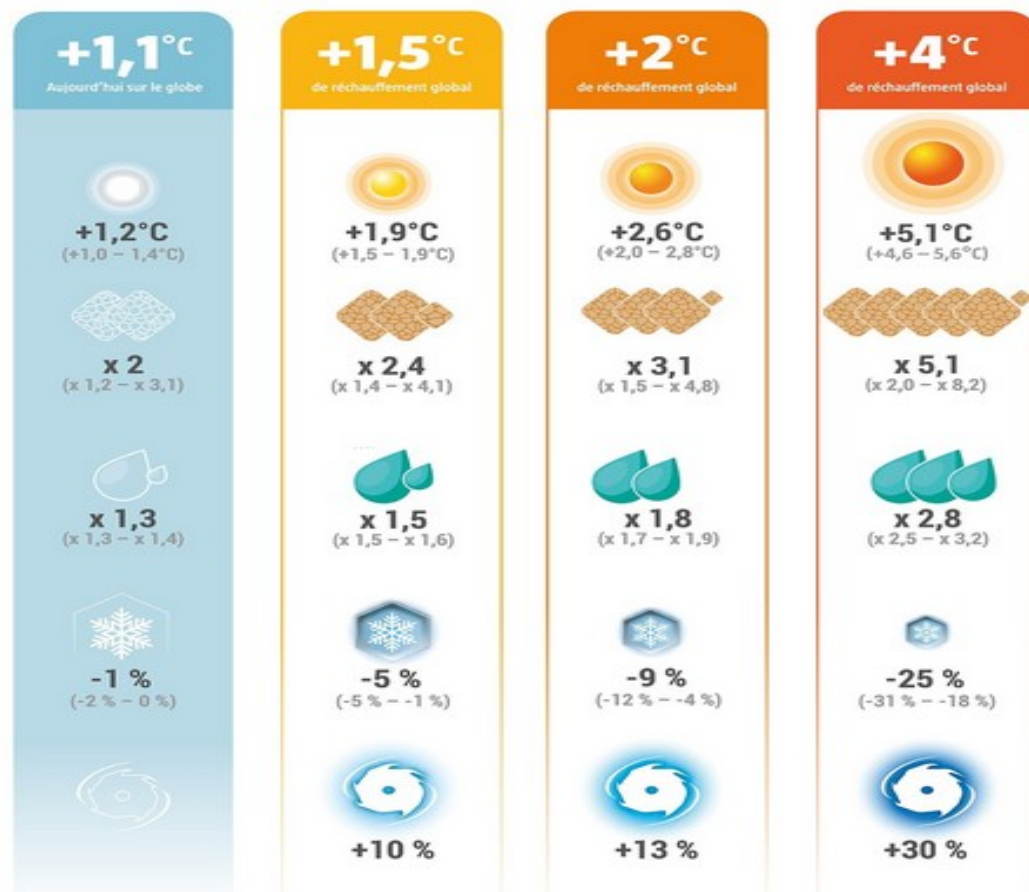
Une précipitation extrême qui se produisait une fois par décennie se produira x fois plus.

Enneigement

Évolution de la couverture neigeuse (%).

Cyclones tropicaux

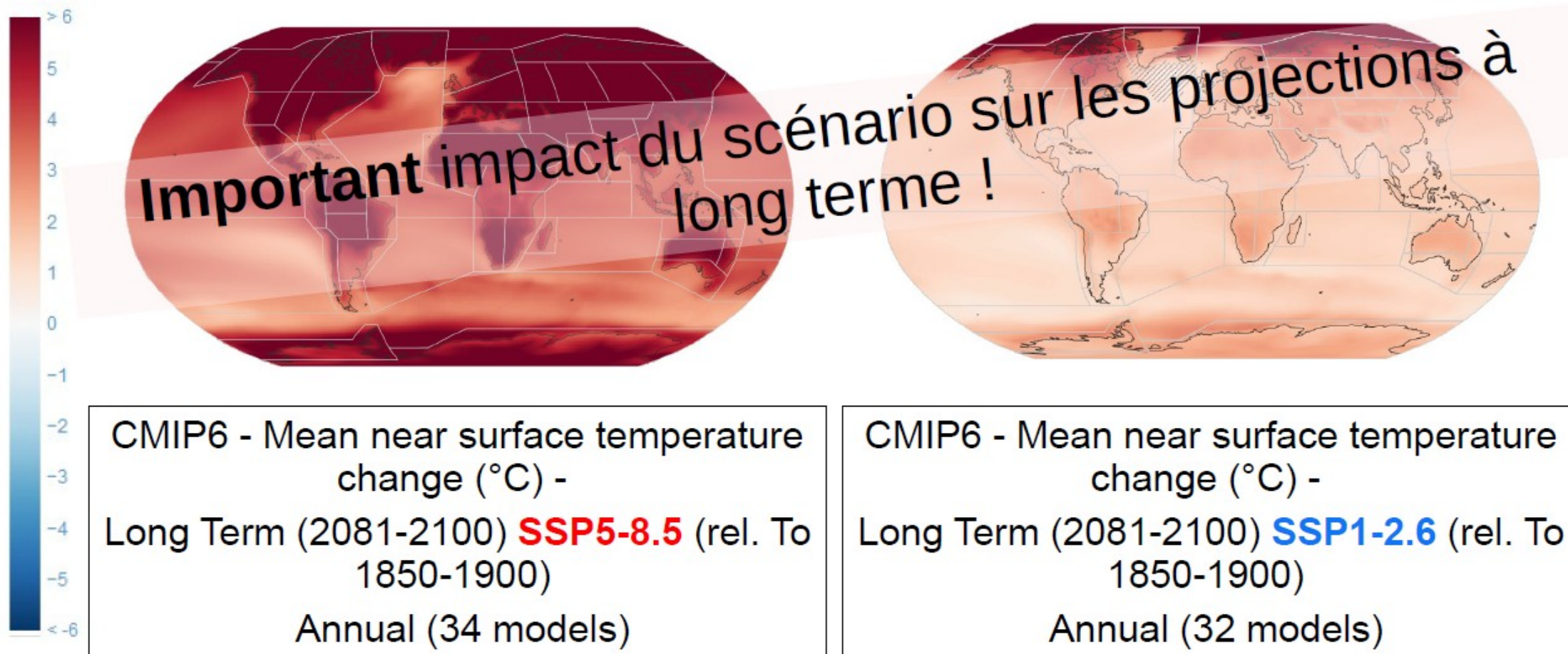
Proportion de cyclones tropicaux intenses (%).



Projection sur les températures

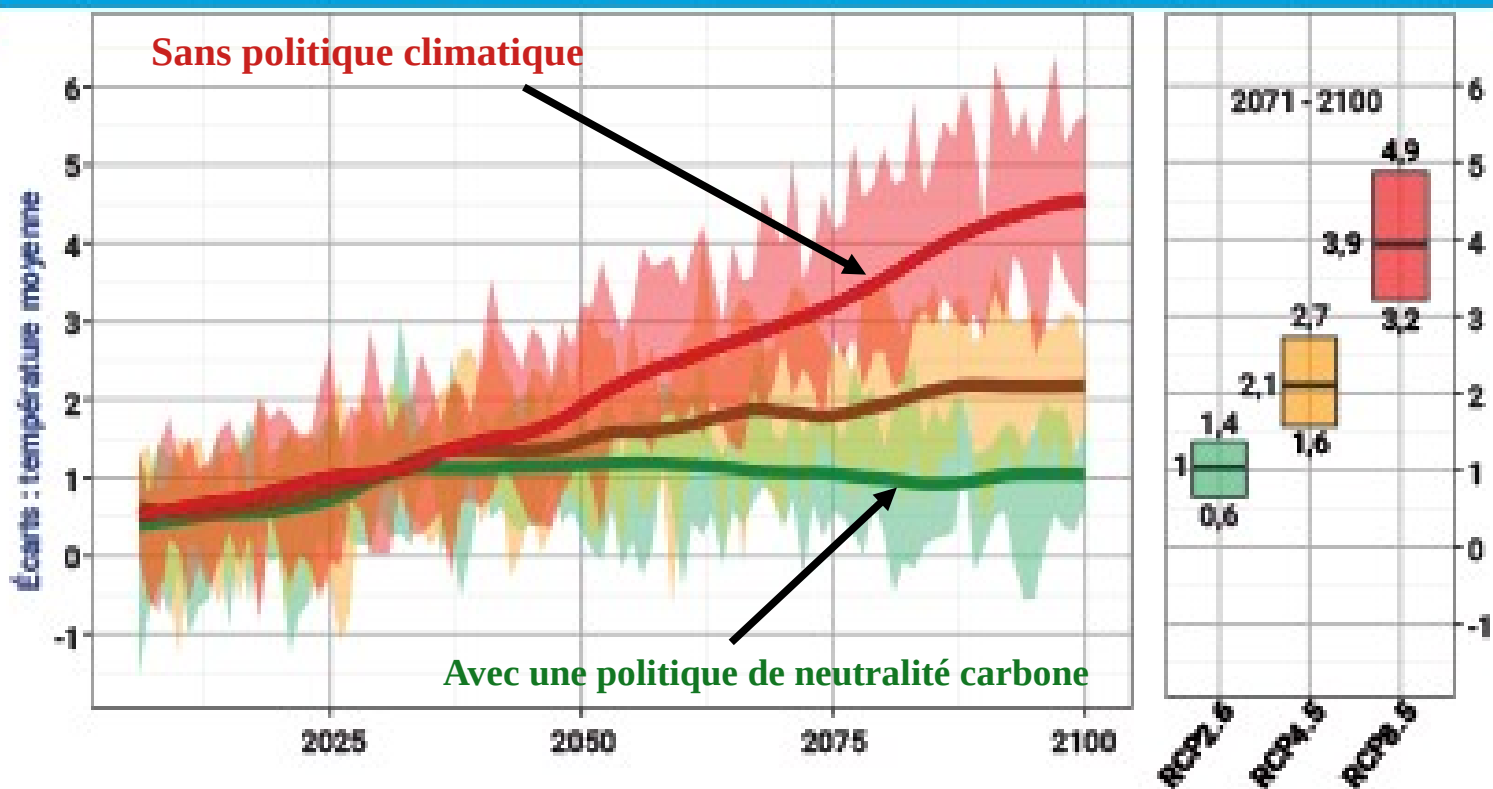
Température à l'échelle globale

Projections à long terme (2081-2100), par rapport à la période 1850-1900



Températures en France d'ici 2100

Température moyenne : écarts des moyennes annuelles

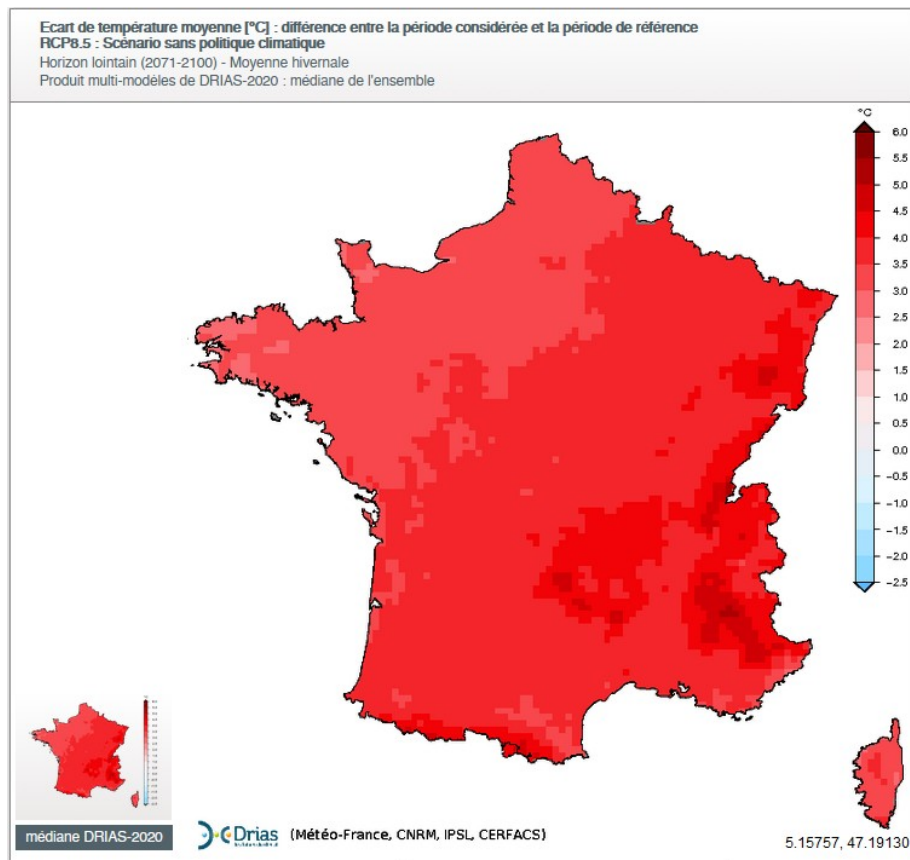


- Jusqu'en 2040 : quel que soit le scénario : +1 à +1,5°C / référence 1976-2005
- Pour 2100 : tout dépendra de notre politique climatique :
 - +3,2 à +4,9°C avec RCP 8.5
 - mais limité à +1°C si neutralité carbone

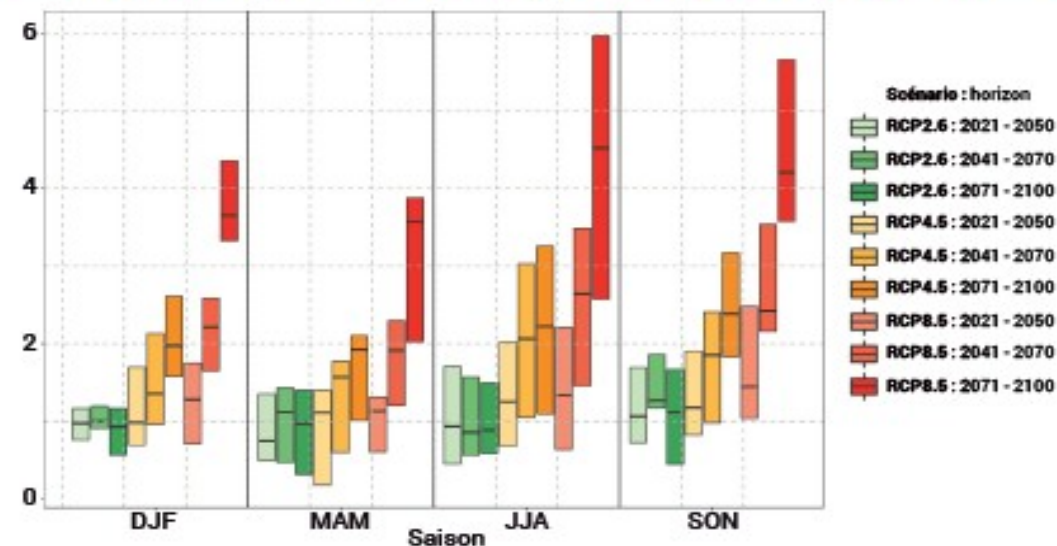
Projection sur les températures

Températures en France d'ici 2100

Sans politique climatique :
Réchauffement de +4 à 5°C en fin
de siècle, en hiver sur les régions les
plus continentales et la montagne.



Température moyenne : écarts des moyennes corrigées sur 30 ans par saison



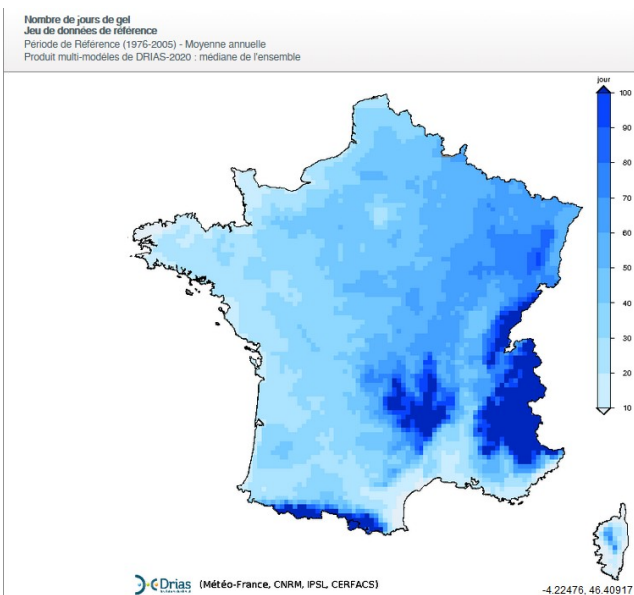
- **Réchauffement moins marqué en hiver**
- **Seul le scénario de faibles émissions stabilise le réchauffement d'ici 2100**

Projection sur les températures

Scenario RCP4,5 « moyen »

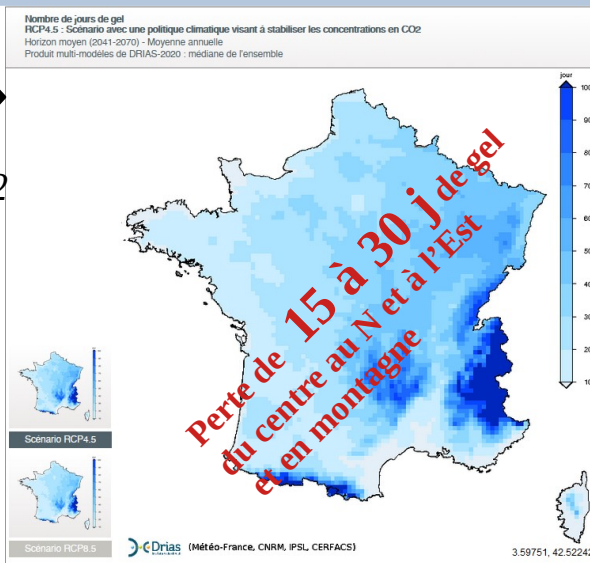
avec une politique climatique

visant à stabiliser les concentrations en CO2

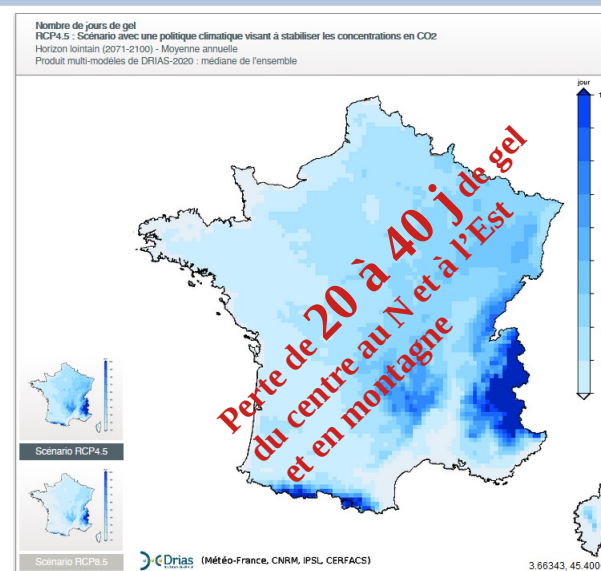
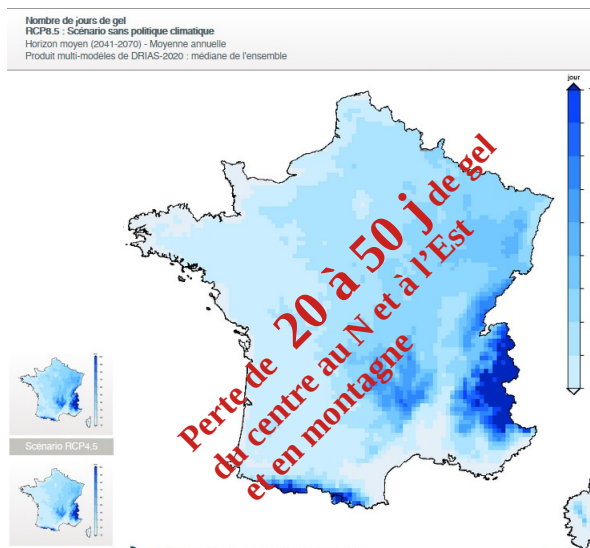


Référence : > 100 à 200j en montagne
50 à 60j en Alsace
40 à 60j en région Lyonnaise
20 à 40j en île de France

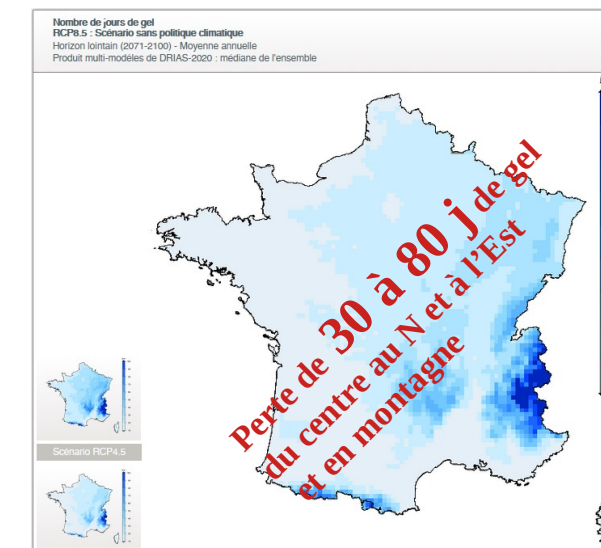
Scenario RCP8,5 « du pire »
sans politique climatique



Horizon 2041-2070



Horizon 2071-2100



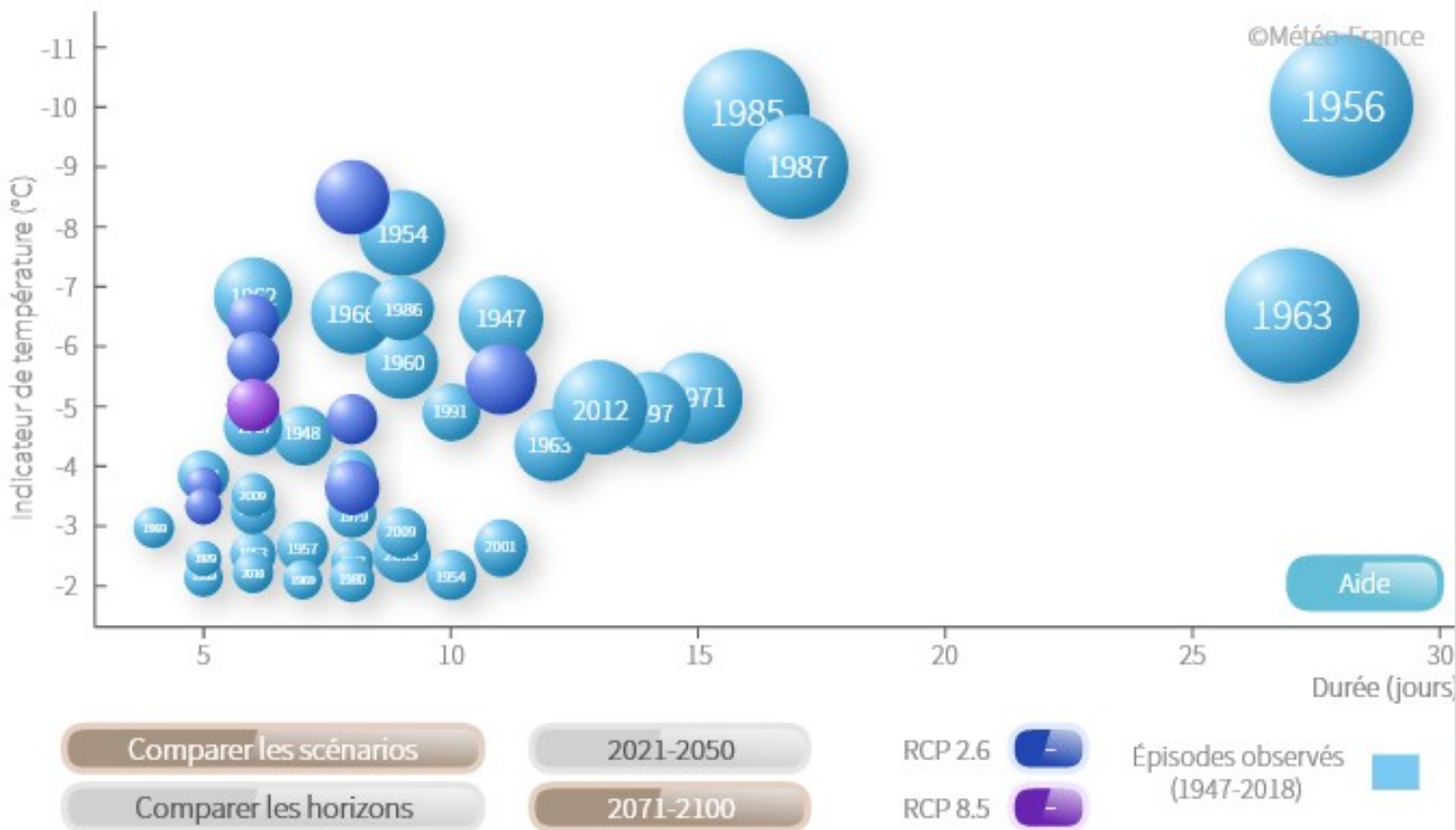
Baisse notable du nombre de jours de gel

- Sans politique climatique d'ici 2100 :
restera 15 jours à Strasbourg, 10 j à Lyon et 5 j à Paris

Projection sur les températures

ClimatHD

Vagues de froid en France depuis 1947



- **Diminution de la fréquence et la sévérité des vagues de froid quel que soit le scénario considéré.**
- **À la fin du siècle** : au mieux, fréquence divisée par deux (RCP2.6), pics de froid un peu moins intenses.

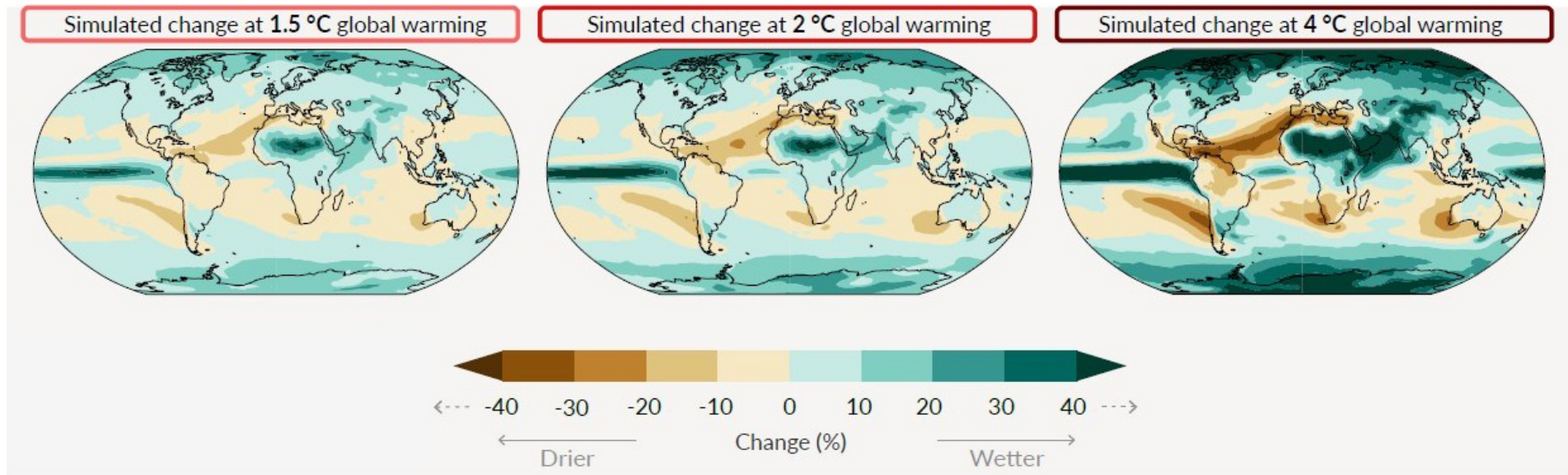
Mais **en RCP8.5, les vagues de froid pourraient devenir extrêmement rares.**

Pour en savoir plus : l'appli ClimatHD :

<http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd>

Projection sur les précipitations

Variation des précipitations moyennes annuelles (%)
par rapport à 1850-1900

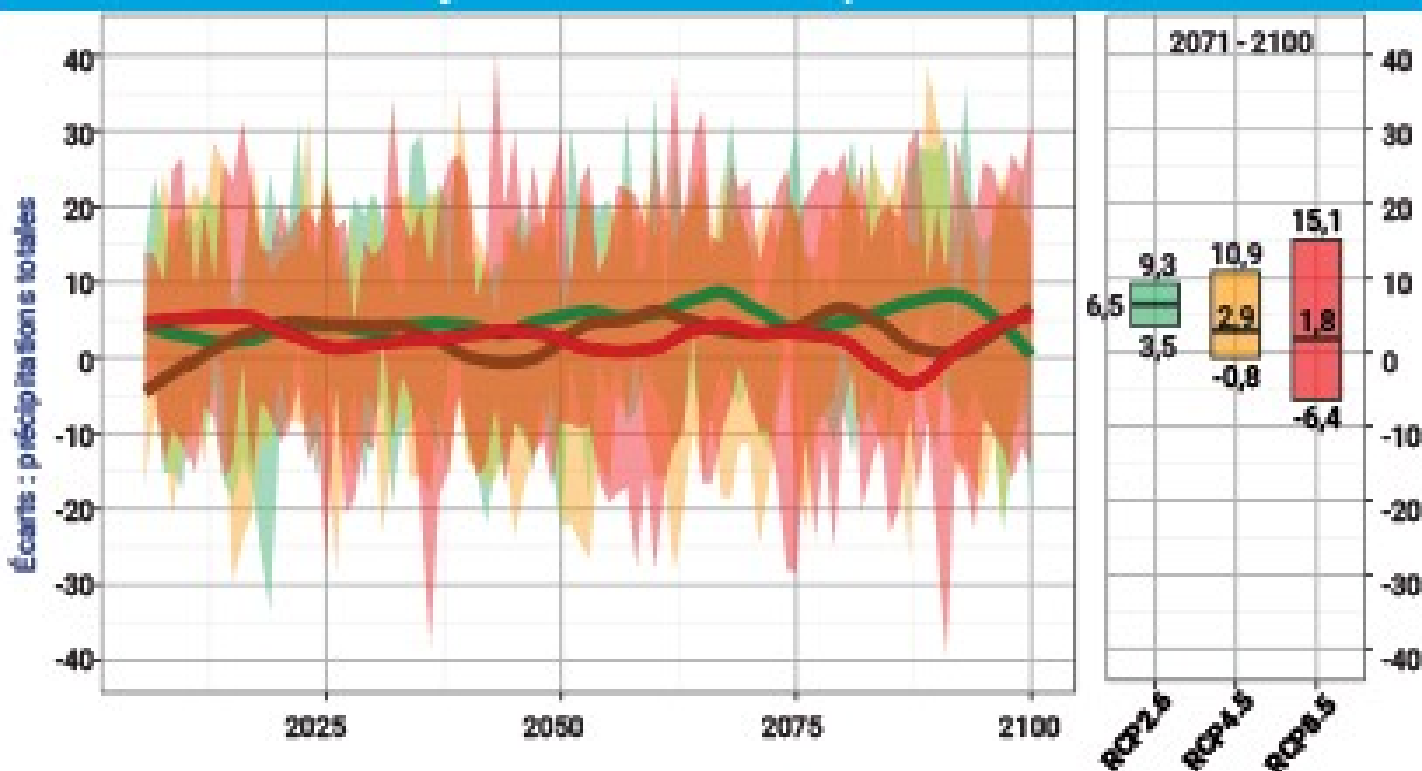


https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf

- **Impact important et exponentiel, du scénario sur les projections !**
- Augmentation aux hautes latitudes, dans le Pacifique équatorial et dans certaines parties des régions de mousson
- Diminution sur certaines parties des régions subtropicales et dans des zones limitées des tropiques.

Précipitations en France d'ici 2100

Précipitations totales : écarts des moyennes annuelles



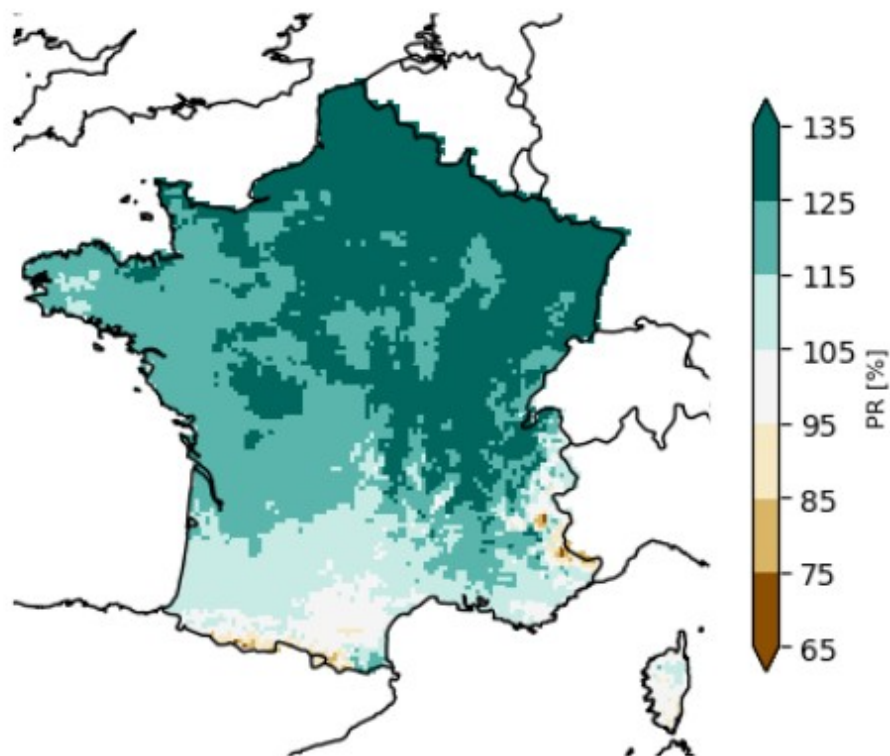
- **Forte variabilité d'une année à l'autre**
- **D'ici la fin du siècle : peu d'évolution du cumul annuel en moyenne sur la France métropolitaine.**
- **Mais des tendances se dessinent à l'échelle des régions et plus encore à l'échelle des saisons.**

Projection sur les précipitations

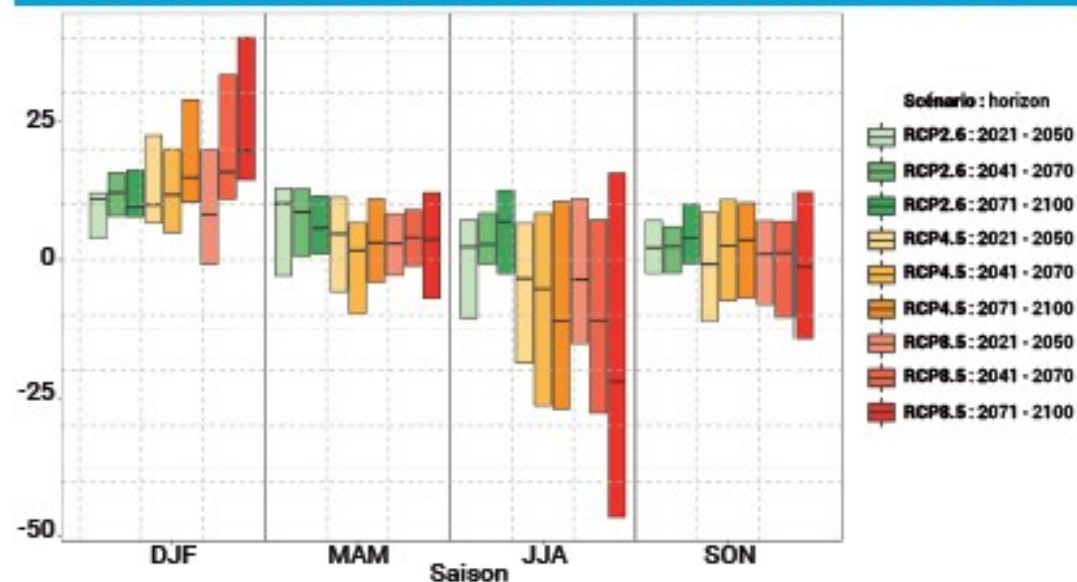
- **Hausse plus marquée sur le nord et l'est du pays**
- **et particulièrement dans le scénario de fortes émissions (RCP8.5).**

Cumul hivernal de précipitations : rapport (%) à référence 1976-2005 pour l'horizon lointain (2071-2100)

Scénario de fortes émissions (RCP8.5)



Précipitations totales : écarts relatifs des moyennes corrigées sur 30 ans par saison



- **Hausse des cumuls hivernaux sur la plupart des régions.**
- *A contrario forte baisse en été avec le scénario RCP8.5*

Projection sur les précipitations

Nombre de jours avec épaisseur de neige > 5 cm – période novembre à avril

Scénario « du pire » RCP 8.5 – horizon lointain

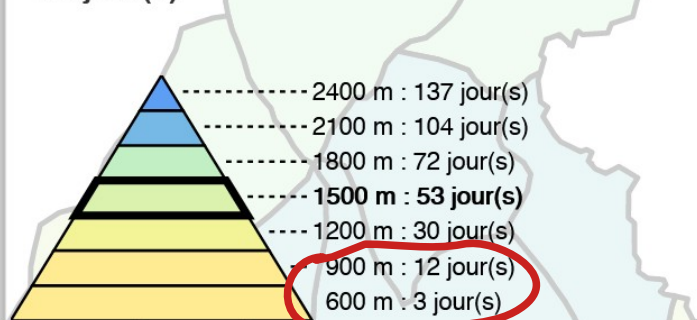
**Sans politique
climatique, en 2100 :**

**Presque plus de
couche de neige en
dessous de :**

**6-800 m (Alpes du
Nord),
1000 m (Pyrénées) et
1200 m (Alpes du
Sud)**

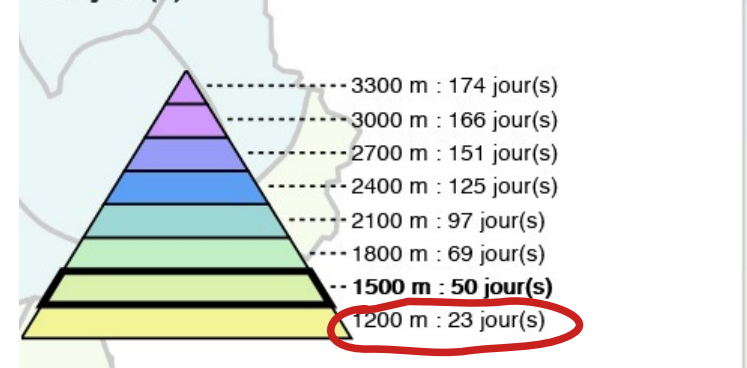
Vercors - 1500 mètres

Nombre de jours avec épaisseur de neige > 5 cm :
53 jour(s)



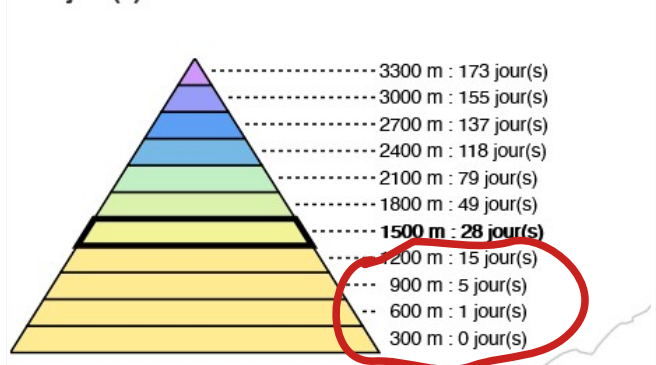
Champsaur - 1500 mètres

Nombre de jours avec épaisseur de neige > 5 cm :
50 jour(s)



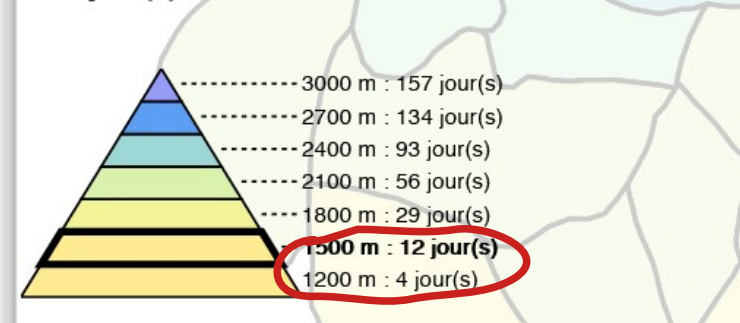
Haute-Bigorre - 1500 mètres

Nombre de jours avec épaisseur de neige > 5 cm :
28 jour(s)



Mercantour - 1500 mètres

Nombre de jours avec épaisseur de neige > 5 cm :
12 jour(s)



Résumé des impact en France en 2100 sans politique climatique

Impacts en 2100

Ce que l'on projette pour la fin du siècle, si nous ne faisons rien :

+ 3,3°C à +5,7°C

C'est la hausse de la température moyenne annuelle que pourrait connaître la France si nous ne faisons rien. Le réchauffement sera plus marqué sur la moitié sud du pays et en montagne : Alpes et Pyrénées notamment.

50 jours de chaleur

C'est le nombre de jours de vagues de chaleur que la France future pourrait connaître si nous n'agissons pas. Le quart sud-est serait le plus concerné et pourrait subir jusqu'à 10 fois plus de jours de vagues de chaleur qu'actuellement. Les nuits dites tropicales pourraient atteindre 30 à 50 jours par an, jusqu'à 90 jours sur les régions méditerranéennes.

+ 10 jours secs en été

Les épisodes de sécheresses estivales liés au manque de précipitation s'allongeront de 10 jours en moyenne en fin de siècle, soit une augmentation de 50 % par rapport au climat actuel. Les régions les plus concernées par ces évolutions sont celles de la moitié sud ouest du pays, et notamment le pourtour méditerranéen, le bassin aquitain et l'Ouest de la France (Bretagne et Pays de la Loire).

- 50 % de pluie l'été

La France pourrait connaître jusqu'à deux fois moins de pluie en été qu'aujourd'hui.

29 cm à 1,10 m

C'est l'élévation moyenne que pourrait connaître le niveau des mers à l'horizon 2100 par rapport à 1986-2005. Cette montée des eaux aura un impact sur les îles, les deltas et les zones côtières très basses, comme au Bangladesh, aux Pays-Bas ou en France (Languedoc-Roussillon).

1 jour de froid

C'est le nombre de jour de froid par an dans la France future, voire moins.

- 90 % de neige

C'est la réduction de l'épaisseur moyenne hivernale qui pourrait survenir en moyenne montagne, avec une durée d'enneigement très limitée.

Températures

Vagues de chaleur plus fréquentes, îlots de chaleur urbains plus importants

Océans

Hausse du niveau global

Eau

Mutation des régimes de précipitations et du cycle de l'eau

Agriculture

Problèmes d'approvisionnement en eau pour les cultures, de sécurité alimentaire

Phénomènes extrêmes

Multiplication et intensification des phénomènes météorologiques et climatiques

Quels impacts pour la gestion de la VH en France ?



@ Boule à neige avec bonhomme de neige — Image de Elena Schweitzer

Quels impacts pour la gestion de la VH en France ?

*Peu d'études dédiées aux impacts du réchauffement climatique
sur la Viabilité Hivernale en France*

... mais ...

Ce qu'on sait et qui va influencer la gestion de la VH en France :

- **diminution des vagues de froid** (plutôt que disparition)
 - **augmentation de la température moyenne hivernale**
 - **augmentation des précipitations et des épisodes intenses**
 - **impact plus significatif sur moyenne montagne et zones continentales**
-

Quels impacts pour la gestion de la VH en France ?



Début 2019, vague de froid remarquable aux États-Unis

Réchauffement climatique : OUI

Disparition des vagues de froid : NON

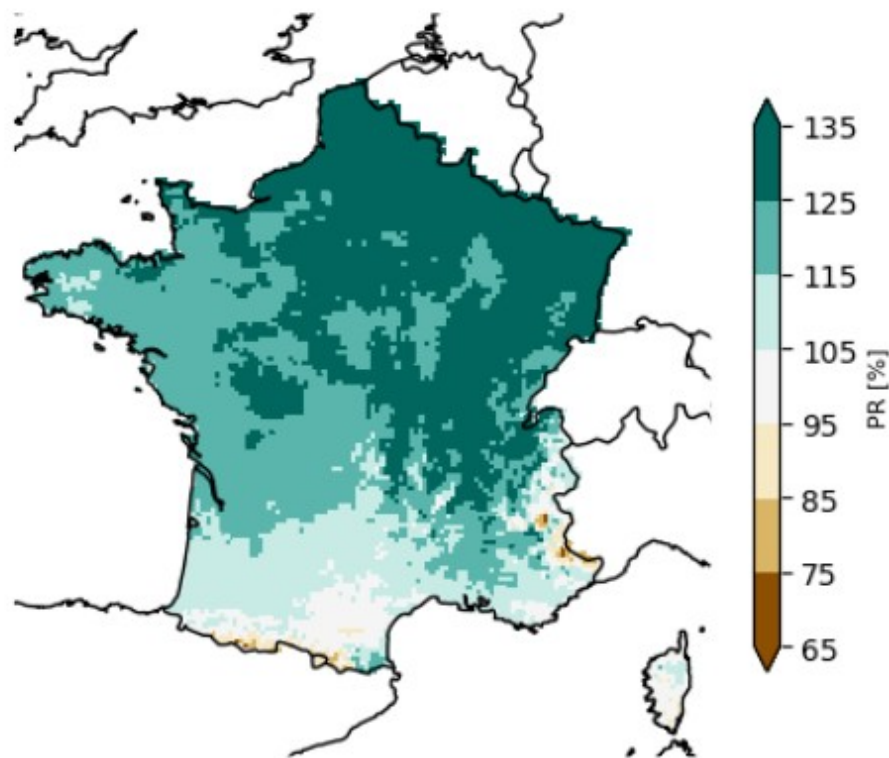
Vagues de froids bien moins fréquentes mais toujours possibles

Quels impacts pour la gestion de la VH en France ?

- **Des précipitations hivernales probablement + importantes dans les régions « dites acclimatées » aux conditions hivernales**

Cumul hivernal de précipitations : rapport (%) à référence 1976-2005 pour l'horizon lointain (2071-2100)

Scénario de fortes émissions (RCP8.5)



Synthèse de ce qu'on peut attendre comme impact pour la VH en France ...



- Pour certaines régions : **hivers + chauds mais + humides**
 - **pluie plus fréquente que la neige aux basses altitudes**
 - **possiblement plus de neige en haute altitude**
 - **plus de risque de verglas (gel/dégel)**



- Pour d'autres régions : + de précipitations remontant du sud
 - **brusques redoux humides + intenses, + fréquents ?**
 - **des épisodes de neige humide + intenses (isothermie)**
 - **de nouvelles régions concernées ?**

Synthèse de ce qu'on peut attendre comme impact pour la VH en France ...



En plaine et basses altitudes : Phénomènes VH moins fréquents

- diminution des interventions, des moyens alloués
- **perte d'expérience** des agents

Mais possibilité d'épisodes rares mais violents

=> **comment s'adapter ?** (résilience, communication ...)



En montagne : apparition de phénomènes nouveaux ou + fréquents

- * potentiellement plus de quantité de neige aux altitudes les + hautes
- * apparition de verglas dans les zones peu habituées
- * augmentation du risque d'avalanche de neige humide, de coulées de neige de talus sur les routes
- * augmentation du risque de crues torrentielles (fortes pluies + fonte nivale)

=> **nouvelles méthodes à mettre en place**

Synthèse de ce qu'on peut attendre comme impact pour la VH en France ...



**=> baisse globale de la surface
des zones acclimatées aux hivers rigoureux ?**

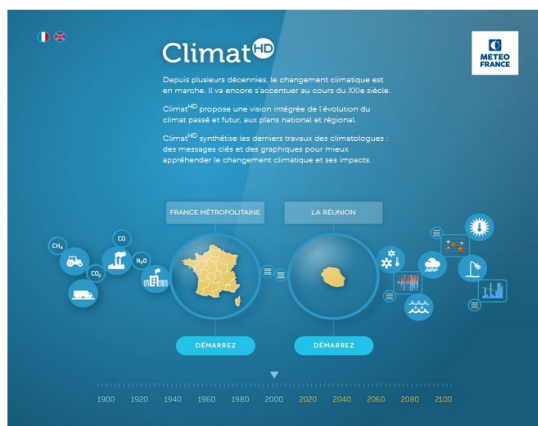
=> augmentation de notre vulnérabilité ?

Mais probable diminution de la quantité moyenne de fondants utilisés

Pour aller plus loin ...

l'appli Climat^{HD}

<http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/limathd>



DRIAS les futurs du climat

ACCUEIL ACCOMPAGNEMENT DÉCOUVERTE DONNÉES ET PRODUITS

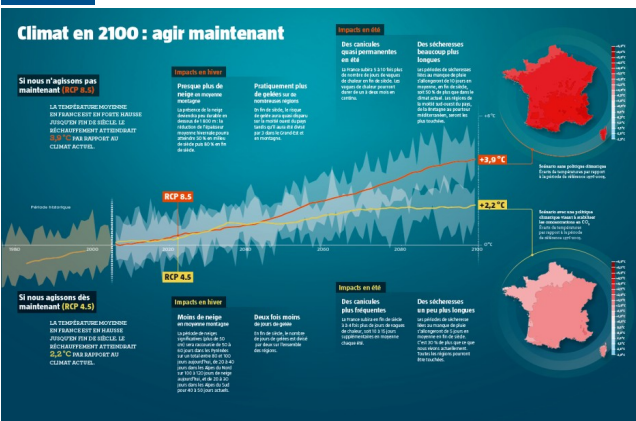


l'appli Drias les futurs du climat <http://www.drias-climat.fr/>

L'observatoire ORECC : <http://orecc.auvergnerhonealpes.fr/fr/thematiques/climat.html>

Observatoire régional climat air énergie
Auvergne-Rhône-Alpes

Les nombreuses publications du site www.meteofrance.fr rubrique climat



SUIVEZ L'ÉVOLUTION DU CLIMAT EN FRANCE SUR CLIMATHD
04/03/2020

La planète se réchauffe. L'ensemble de la communauté scientifique internationale

VIRGINIE SCHWARZ : « MÉTÉO-FRANCE INFORME SUR L'ÉVOLUTION POSSIBLE
01/02/2021

Météo-France livre de nouvelles projections climatiques de référence pour la France,

CLIMAT : L'ÉVOLUTION CONSTATÉE EN FRANCE
28/02/2020

En France métropolitaine, le climat a évolué depuis le milieu du XXe siècle sous l'effet du



MERCI DE VOTRE ATTENTION

sophie.tessier@meteo.fr
