



# **Les changements climatiques**

**Des évolutions du passé aux perspectives du futur**

---

Philippe BOISSEL

Prissac – 20 octobre 2021

# Sommaire

---

- **Introduction: les travaux du GIEC**
- **Retour sur un climat qui a bien changé**
- **A quels facteurs peut-on attribuer les changements climatiques ?**
- **Les climats du futur**
- **Quelques impacts**

# Sommaire

---

- **Introduction: les travaux du GIEC**
- **Retour sur un climat qui a bien changé**
- **A quels facteurs peut-on attribuer les changements climatiques ?**
- **Les climats du futur**
- **Quelques impacts**

# Des travaux à l'échelle internationale sous l'égide du GIEC



## Groupe d'Experts Inter-gouvernemental sur l'Évolution du Climat

Créé en 1988 par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM ou WMO) et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE ou UNEP).

6 Rapports d'Évaluation : 2021, 2013, 2007, 2001, 1995, 1990  
+ des rapports spéciaux (ex : sur les extrêmes en 2012)

Une expertise mise au service des décideurs  
(UNFCCC, COP)

## Le 6<sup>e</sup> Rapport d'Évaluation:

→ compilation de milliers d'études internationales



# Comment connaître le climat du passé ?

---

Les données météorologiques sont mesurées à l'aide d'instruments depuis 150 ans seulement...



Source : Météo France

... mais les éléments naturels fournissent des renseignements permettant de reconstituer les variations climatiques passées jusqu'à 700 000 années environ

## Carottages de glace



Photo : Pascal Doira, LSCE/CNRS-CEA

## Cernes des arbres

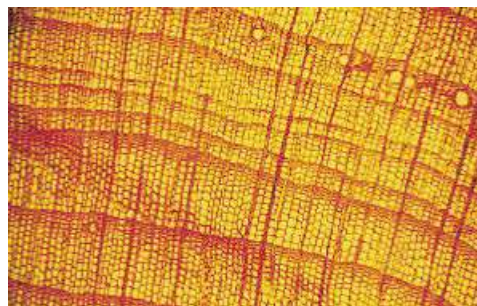


Photo : ACFAS

## Carottages de coraux



Photo : J. Orenpulle/IRD

# Comment connaître le climat du passé ?



Pingouin – grotte Cosquer  
(près de Marseille)

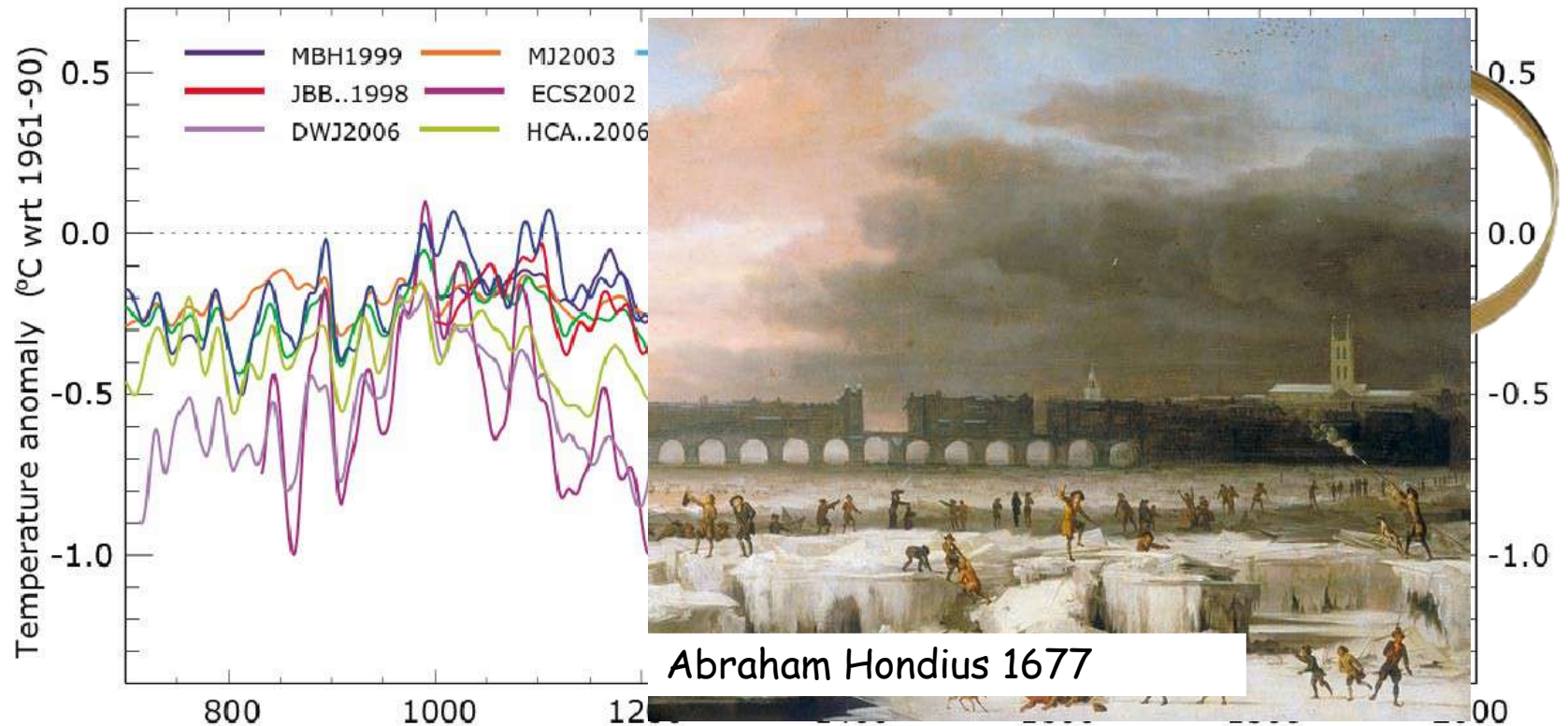


Mamouth-grotte de Rouffignac  
(Dordogne)

L'écart de température **moyenne à l'échelle planétaire** entre la dernière période glaciaire et aujourd'hui : **seulement 5 °C !**

# Comment connaître le climat du passé ?

Reconstruction de la température moyenne de l'hémisphère Nord (GIEC, 2007)



# Le constat: un réchauffement global

Par rapport à la période pré-industrielle :

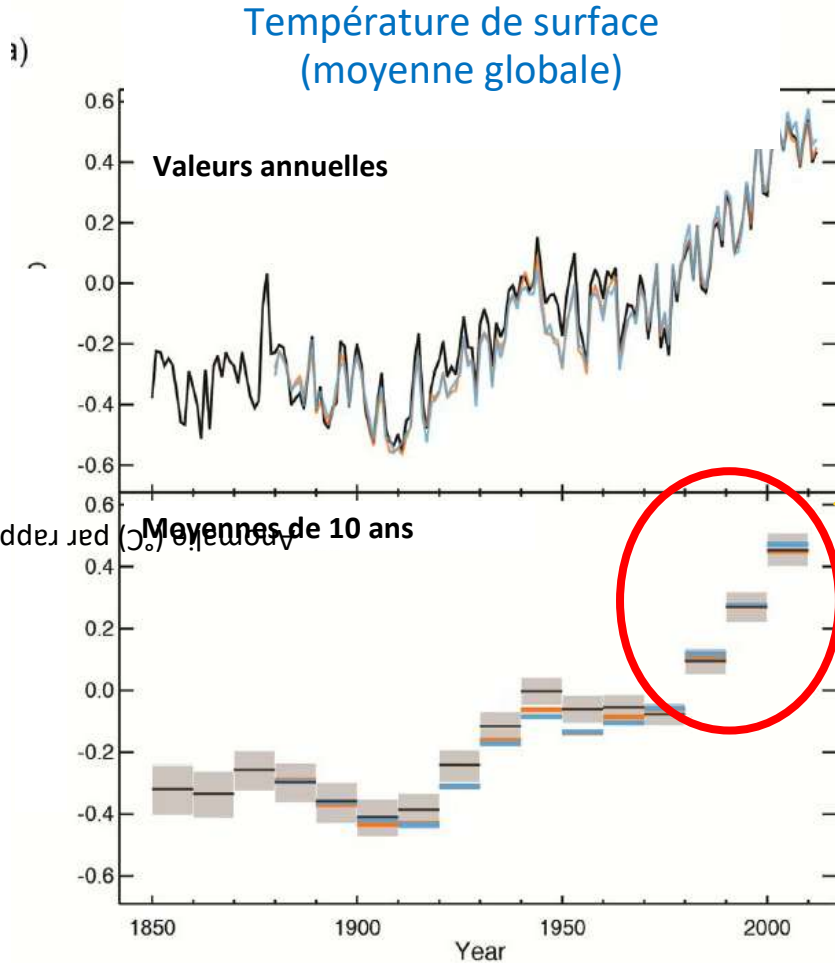
**+ 1,09 °C**

3 dernières décennies :  
**les plus chaudes jamais**  
**enregistrées depuis 1850.**

**Les 5 années les plus chaudes**  
**depuis le début des mesures :**

<b>2020</b>	<b>2020</b>	<b>2020</b>
<b>2016</b>	<b>2018</b>	<b>2018</b>
<b>2019</b>	<b>2014</b>	<b>2019</b>
<b>2017</b>	<b>2019</b>	<b>2011</b>
<b>2018</b>	<b>2011</b>	<b>2014</b>

**Bourges**

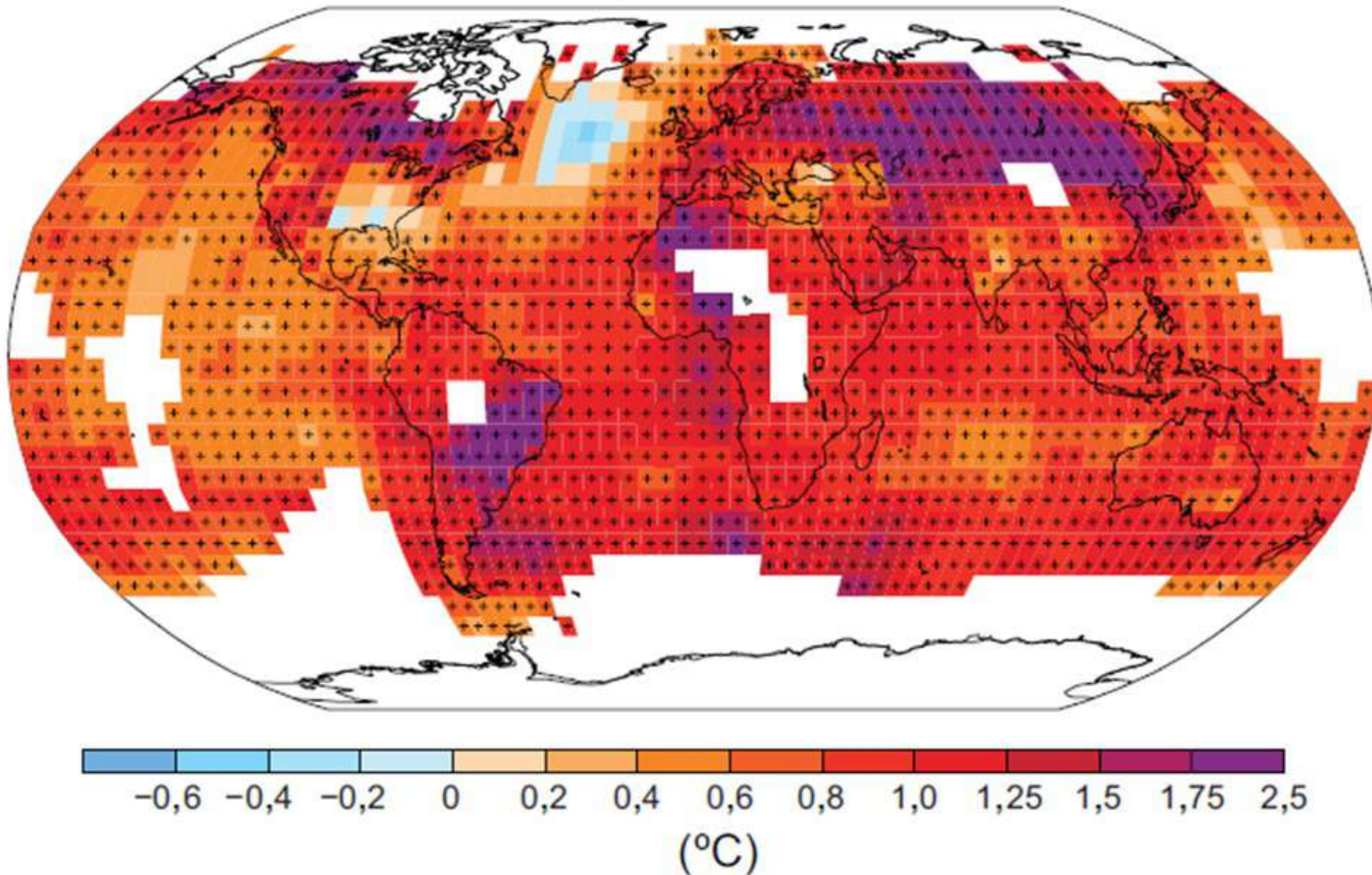




# Le constat: un réchauffement global

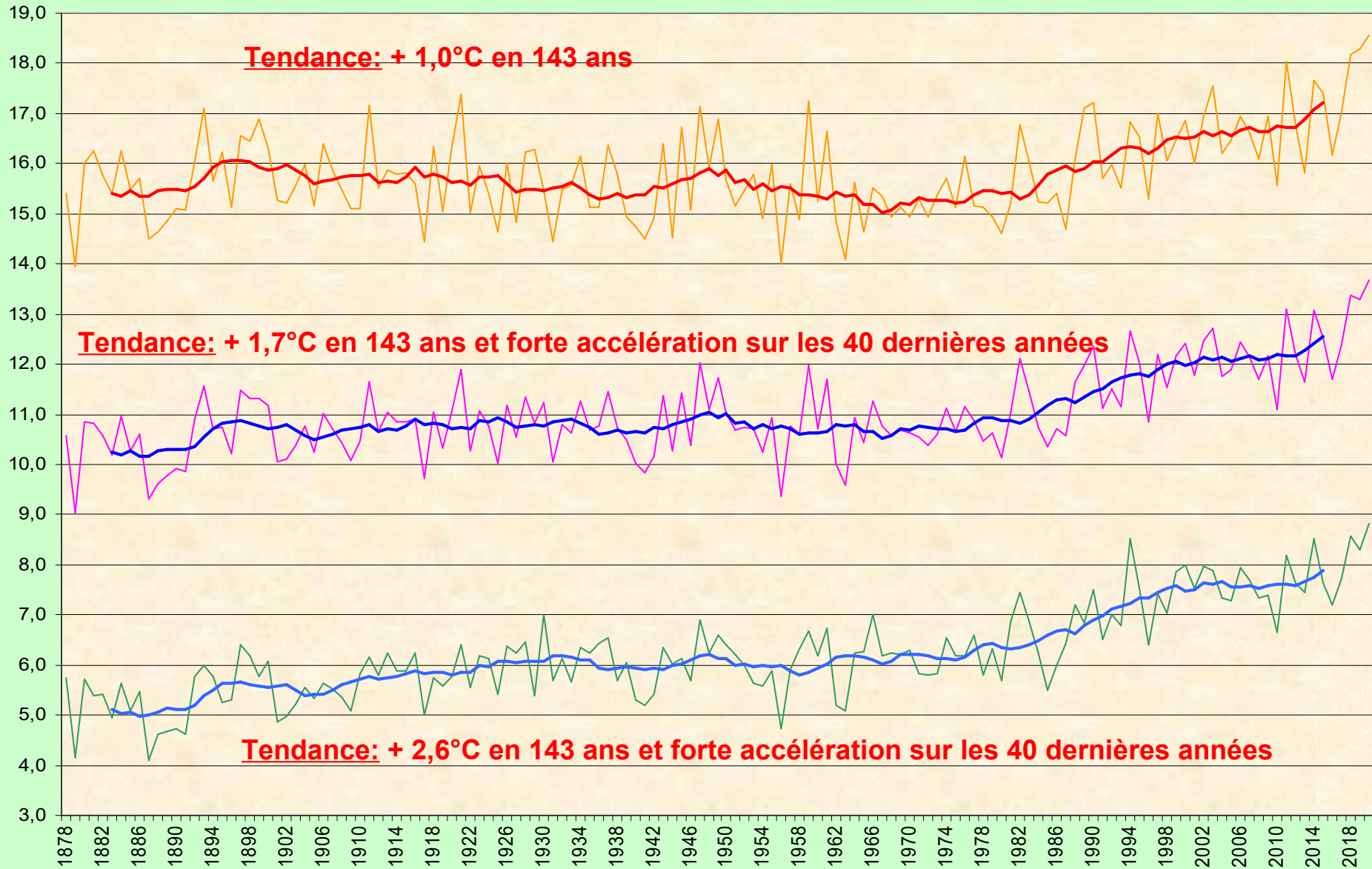
---

Évolution de la température en surface observée entre 1901 et 2012



# Et plus près de chez nous ?

Evolution des températures homogénéisées à Bourges de 1878 à 2020



# La nécessité d'homogénéiser les mesures

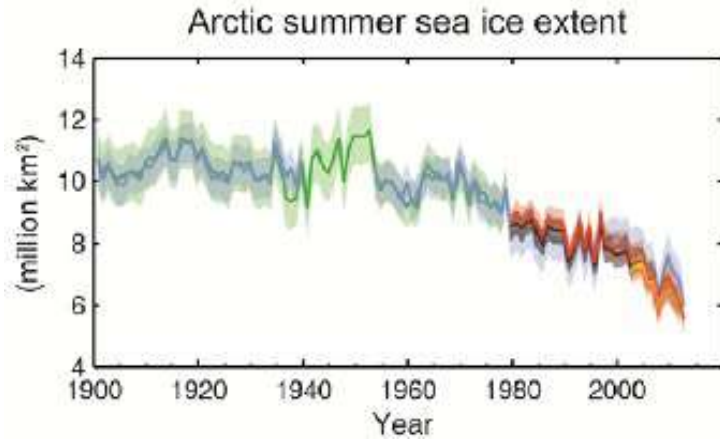


ser de  
e temps.  
étés:  
on actuelle)



# Un réchauffement aux conséquences visibles

## Réduction de la glace de mer en été en Arctique



Source : GIEC 2013

— Limite de la banquise le 18 septembre 2012  
— Été 2007    - - - Médiane 1979-2000



Photographie : Pierre Thomas

# Un réchauffement aux conséquences visibles

**96 %** des glaciers de montagnes régressent dans le monde.



13 août 1941



31 août 2004

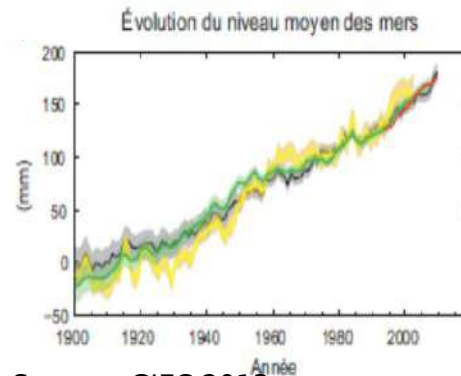
Le glacier Muir (Alaska)

Le niveau moyen de la mer augmente en moyenne de **3,7 mm** par an.



Source : Météo France

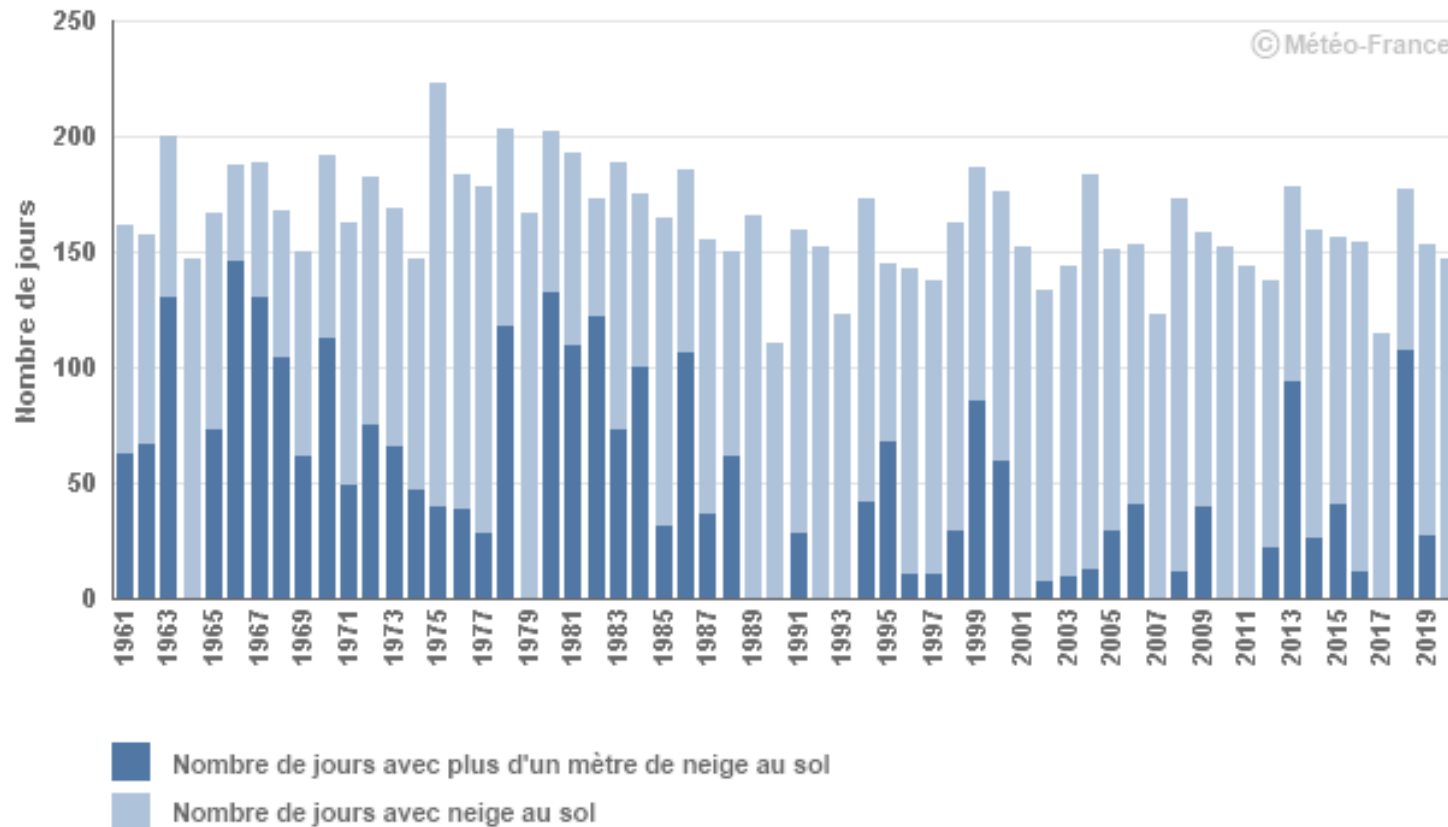
**Élévation de 20 cm entre 1901 et 2018**



Source : GIEC 2013

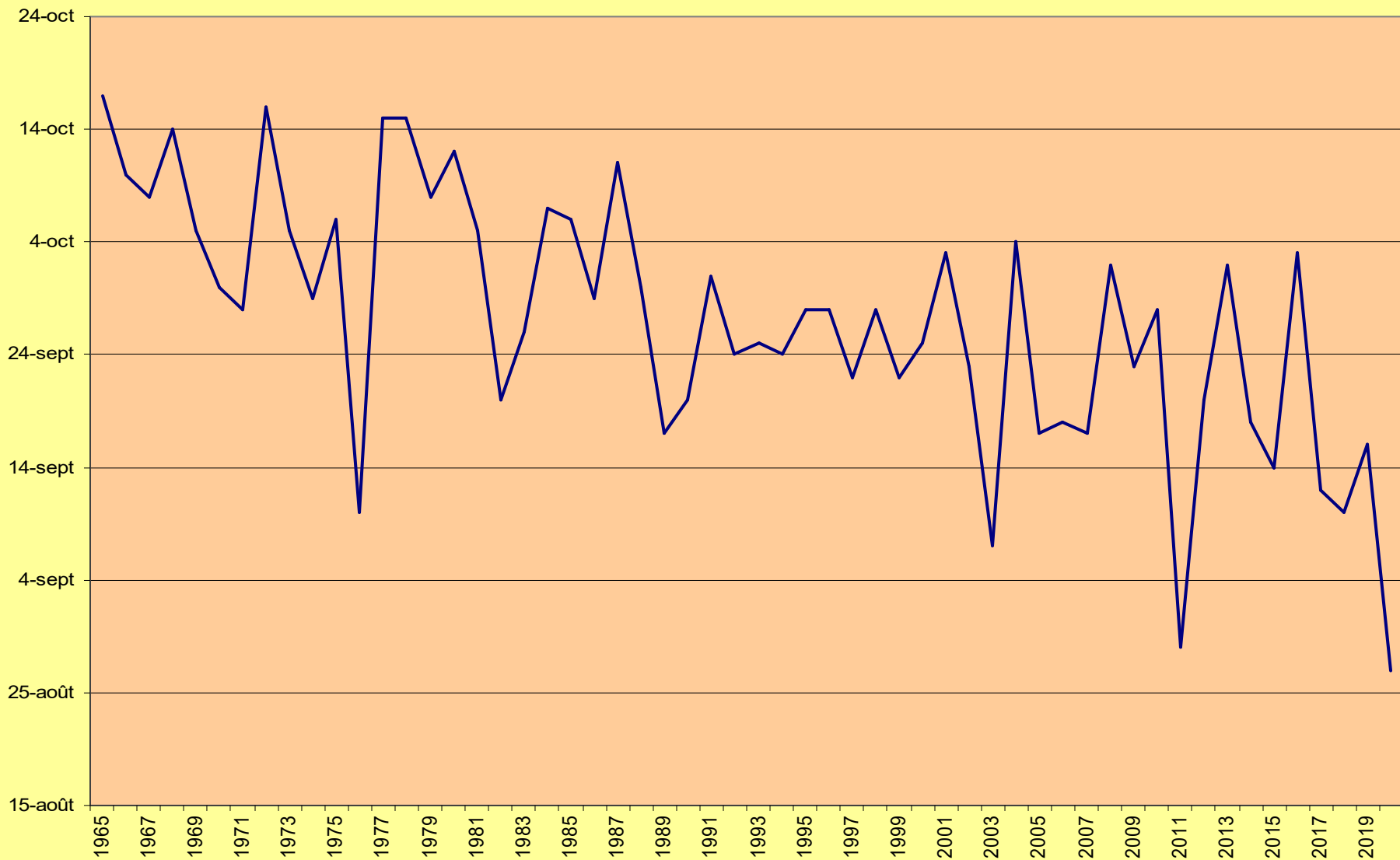
# Un réchauffement aux conséquences visibles

Enneigement annuel au col de Porte



# Des indices culturels témoignent de cette évolution

Dates du début des vendanges à Sancerre (cépage sauvignon) de 1965 à 2020



# Les principales manifestations du changement climatique observées à travers le monde

---

- **l'atmosphère s'est réchauffée** (les 3 dernières décennies sont plus chaudes depuis 1850 ; 1983-2012 probablement la période de 30 ans la plus chaude des 1400 dernières années dans l'hémisphère Nord. Les années les plus chaudes se situent dans la décennie 2011-2020.
- **l'océan s'est réchauffé** (l'énergie supplémentaire générée ces dernières décennies dans le système climatique a été en très grande partie absorbée par les océans, jusqu'à représenter près de 90% de l'énergie totale supplémentaire accumulée entre 1971 et 2000 )
- **la quantité de neige et de glace a diminué**
- **le niveau de la mer s'est élevé** (à un rythme supérieur au rythme moyen des deux derniers millénaires: + 20 cm entre 1901 et 2018)
- **et le taux de carbone (et autres GES) augmente** (atteignant des niveaux sans précédent depuis 800 000 ans....+40% depuis l'époque préindustrielle... dont 30% absorbés par les océans => acidification)



# Sommaire

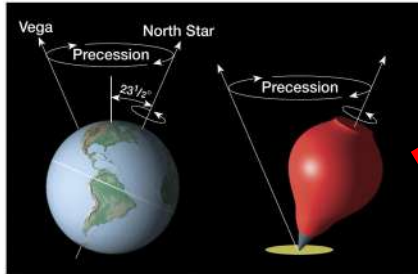
---

- **Introduction: les travaux du GIEC**
- **Retour sur un climat qui a bien changé**
- **A quels facteurs peut-on attribuer les changements climatiques ?**
- **Les climats du futur**
- **Quelques impacts**

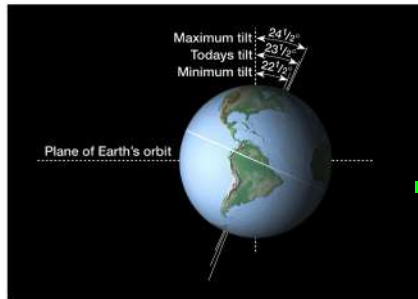
# Forçage naturel: les paramètres orbitaux (Milankovitch, 1920)



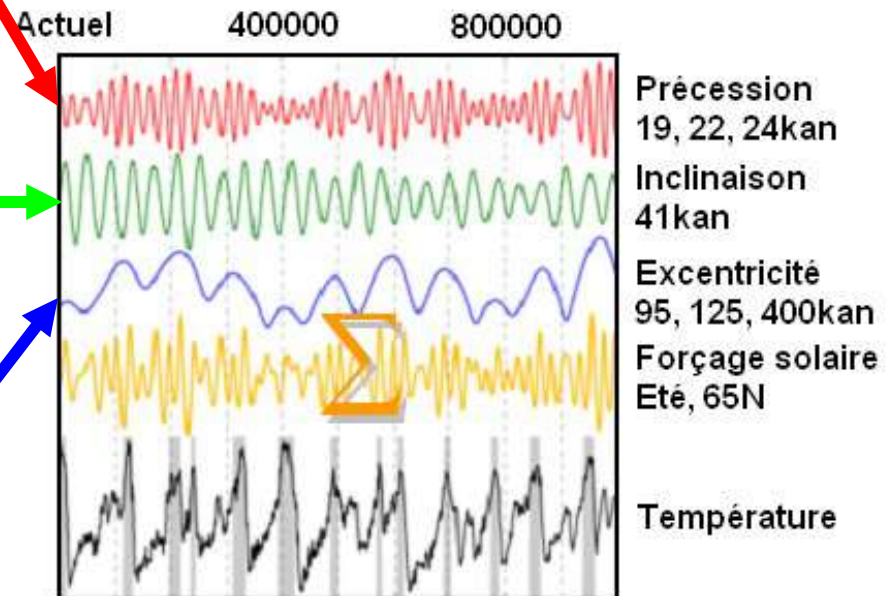
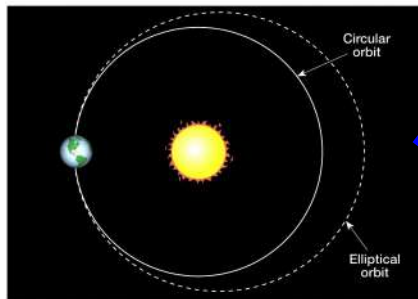
## Précession



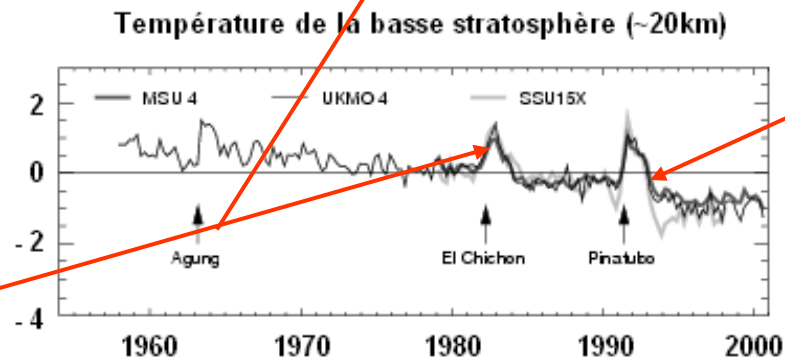
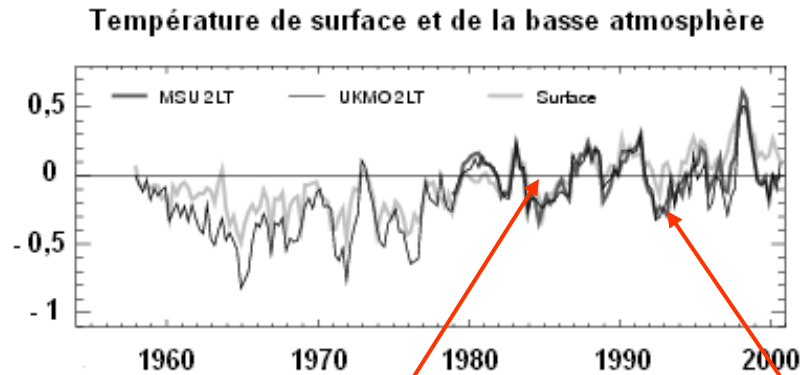
## Inclinaison



## Excentricité

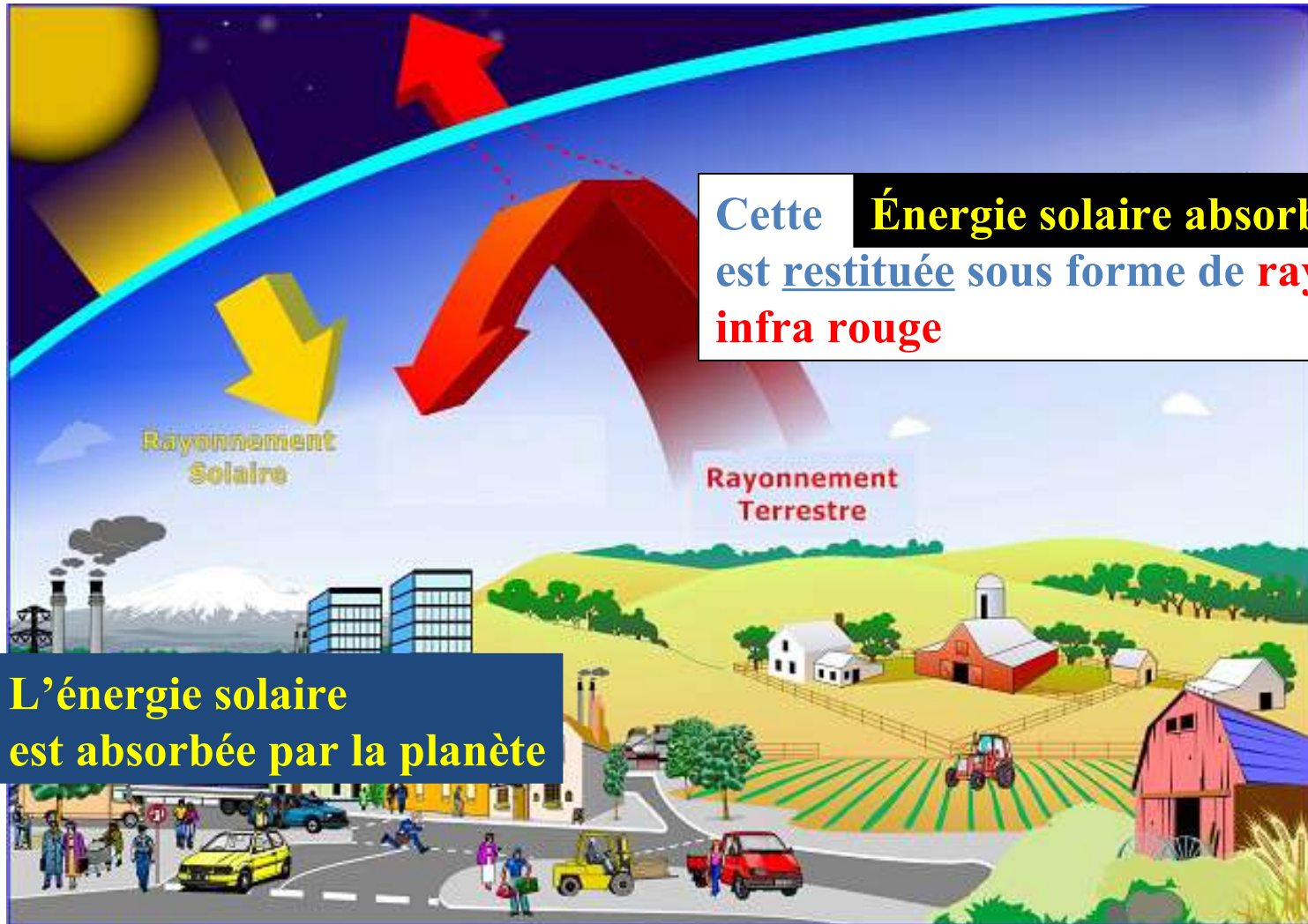


# Forçage naturel: l'influence du volcanisme



Refroidissement en surface :  
entre  $0,2^{\circ}$  et  $0,4^{\circ}$  pendant 1 à 2 ans

# Forçage naturel + anthropique: l'effet de serre

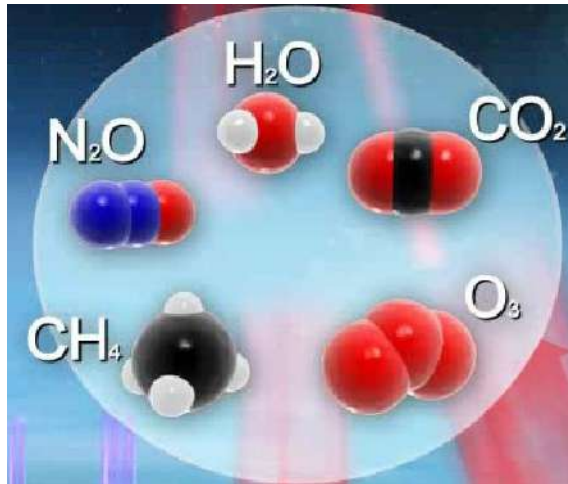


Cette **Énergie solaire absorbée** est restituée sous forme de **rayonnement infra rouge**

Source: Météo-France

# Effet de serre naturel et additionnel

---



## Augmentation de la concentration en gaz carbonique CO<sub>2</sub> :

- combustion des énergies fossiles (charbon, pétrole)
- modification de l'occupation des sols (déforestation)

## Augmentation de la concentration en méthane CH<sub>4</sub> :

- rizières
- ruminants

## Augmentation de la concentration en protoxyde d'azote N<sub>2</sub>O :

- utilisation intensive d'engrais azotés

## Augmentation de la concentration en ozone O<sub>3</sub> :

- certains polluants industriels
- polluants liés aux transports

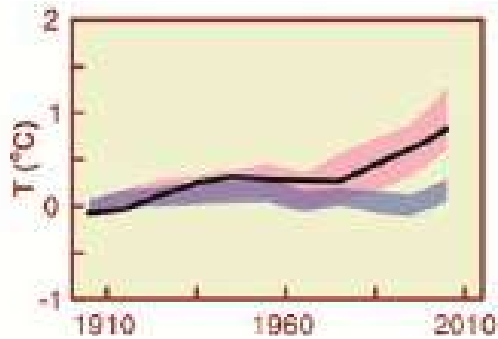
## Apparition de gaz n'existant pas à l'état naturel dans l'atmosphère :

- Chlorofluorocarbones (CFC) provenant de la réfrigération ou de certains gaz propulseurs



# Ces changements sont liés à l'activité humaine

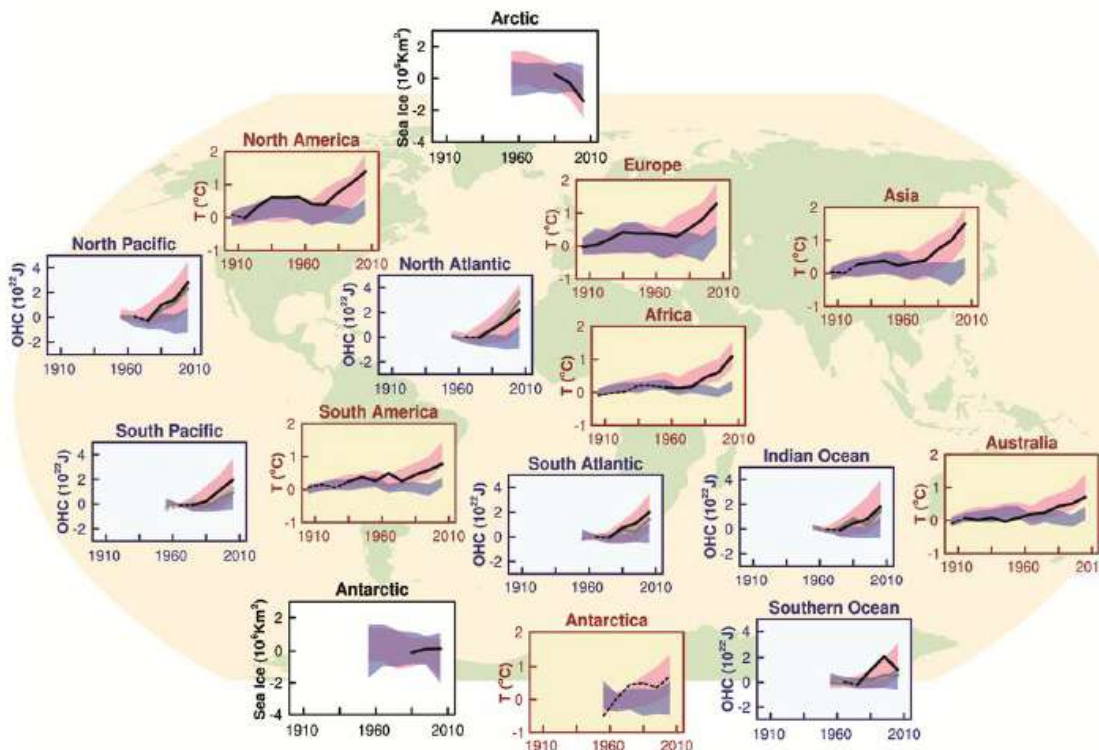
## Moyenne globale



## Observations

Modèles tenant compte des **facteurs naturels et humains**

Modèles tenant compte des **facteurs naturels uniquement**



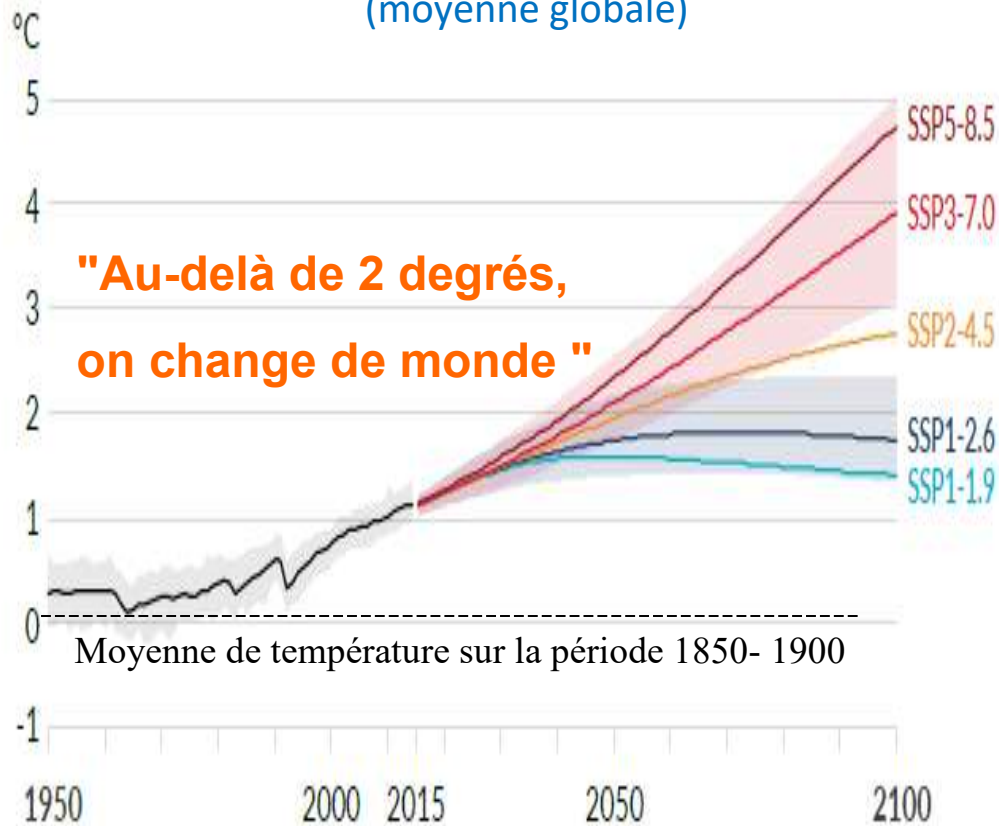
# Sommaire

---

- **Introduction: les travaux du GIEC**
- **Retour sur un climat qui a bien changé**
- **A quels facteurs peut-on attribuer les changements climatiques ?**
- **Les climats du futur**
- **Quelques impacts**

# Les scénarios de changement climatique au XXIème siècle

Température de surface  
(moyenne globale)



**"Au-delà de 2 degrés,  
on change de monde "**



**Réchauffement de + 5 °C  
environ par rapport au début du  
XXème siècle**  
si nous continuons à émettre des  
gaz à effet de serre au rythme actuel

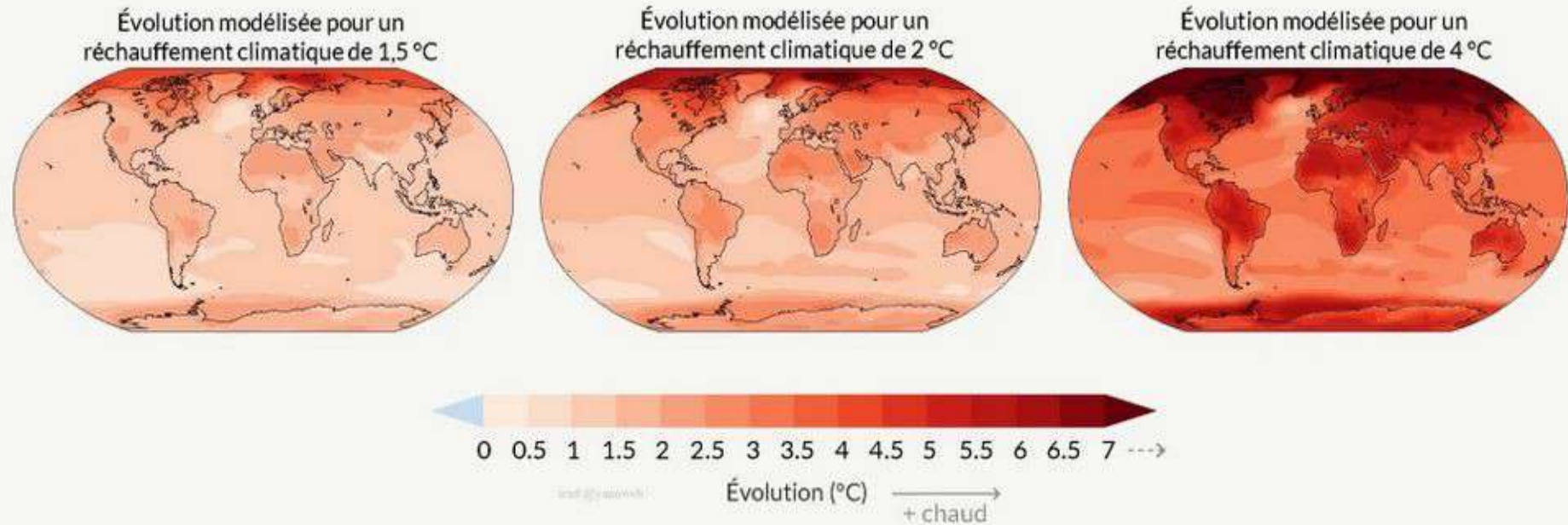


**Réchauffement limité à +2 °C  
environ par rapport au début du  
XXème siècle**  
si nous parvenons à maîtriser nos  
émissions de gaz à effet de serre.

**La température à la surface du globe continuera d'augmenter au moins jusqu'au milieu du siècle, dans tous les scénarios d'émissions envisagés. GIEC 2021**

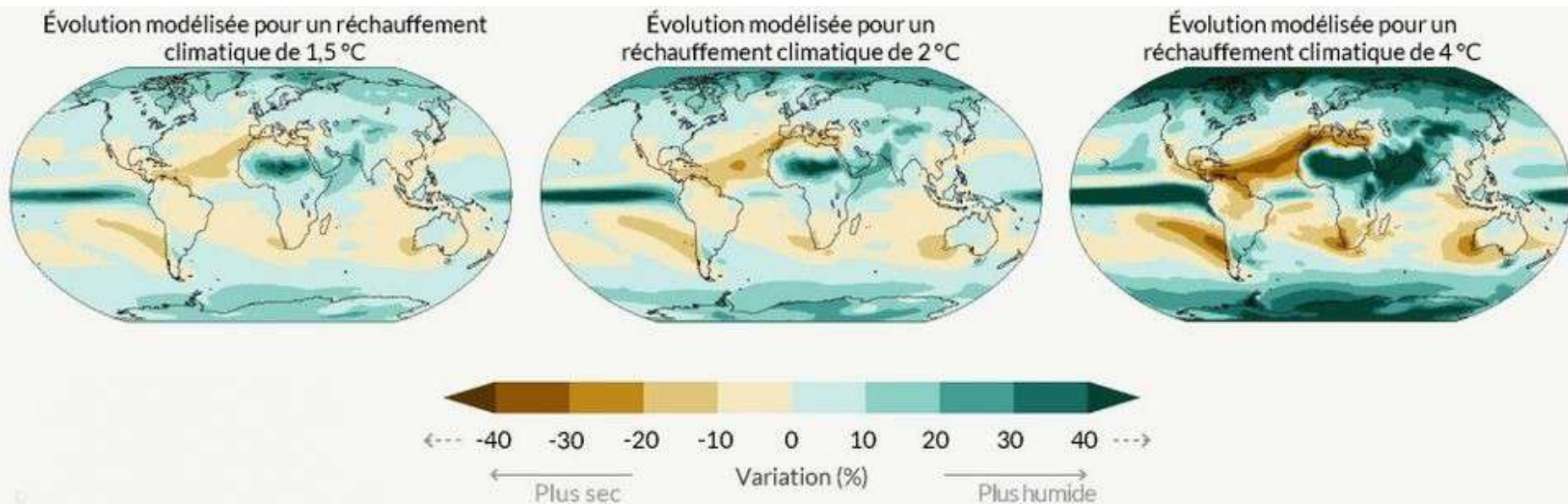


# Les scénarios de changement climatique au XXIème siècle



Référence : température moyenne annuelle(°C) sur la période 1850-1900

# Les scénarios de changement climatique au XXIème siècle

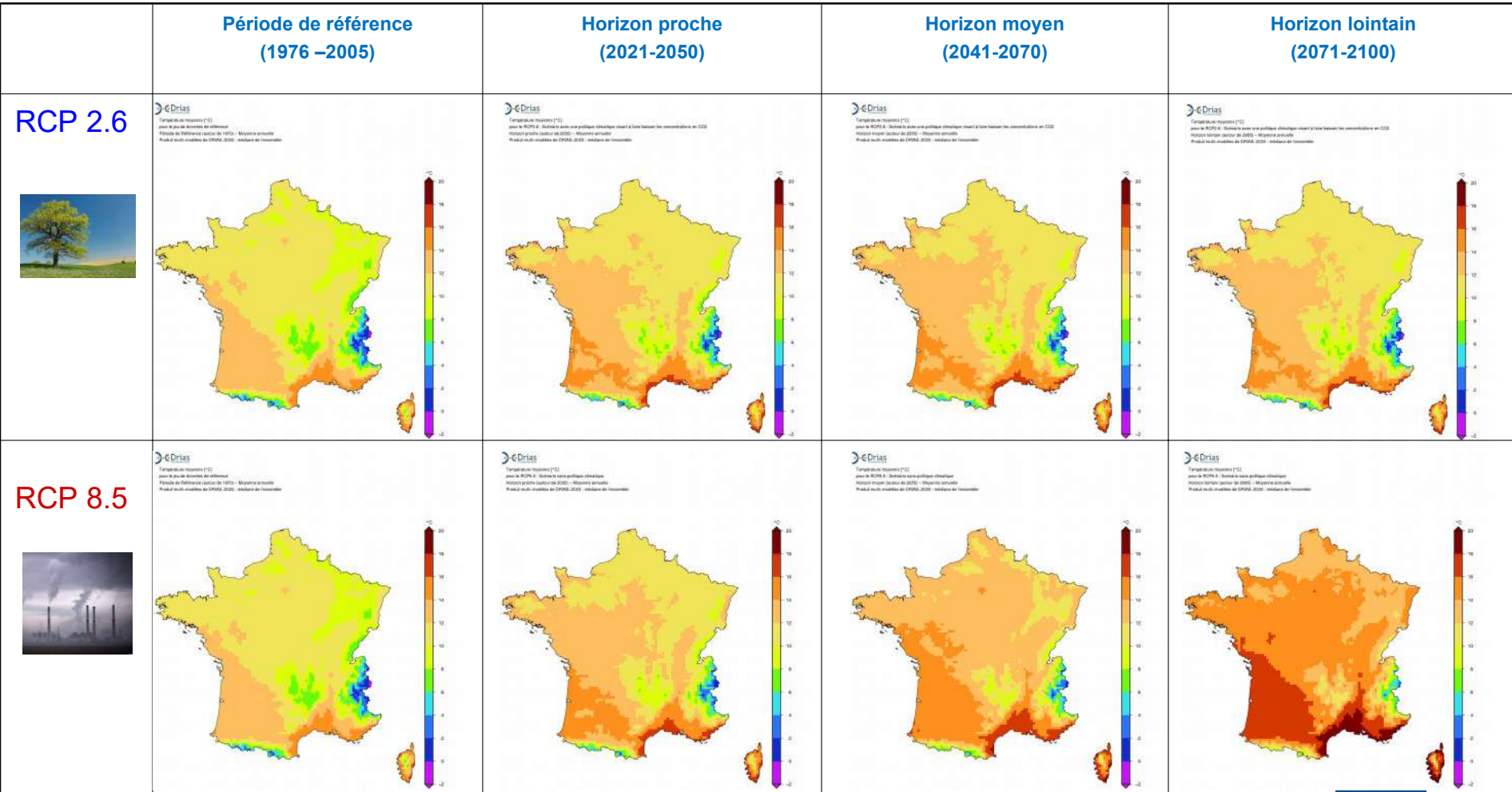


Les précipitations devraient **augmenter** sur les **hautes latitudes**, le **Pacifique équatorial** et **certaines parties des régions à mousson**.

Les précipitations devraient **diminuer** sur **certaines parties des régions subtropicales** et dans des **zones limitées des tropiques**.

# Quelques simulations sur la France

Disponibles sur le portail DRIAS: [www.drias-climat.fr](http://www.drias-climat.fr)



Température moyenne annuelle



# Quelques simulations sur la France

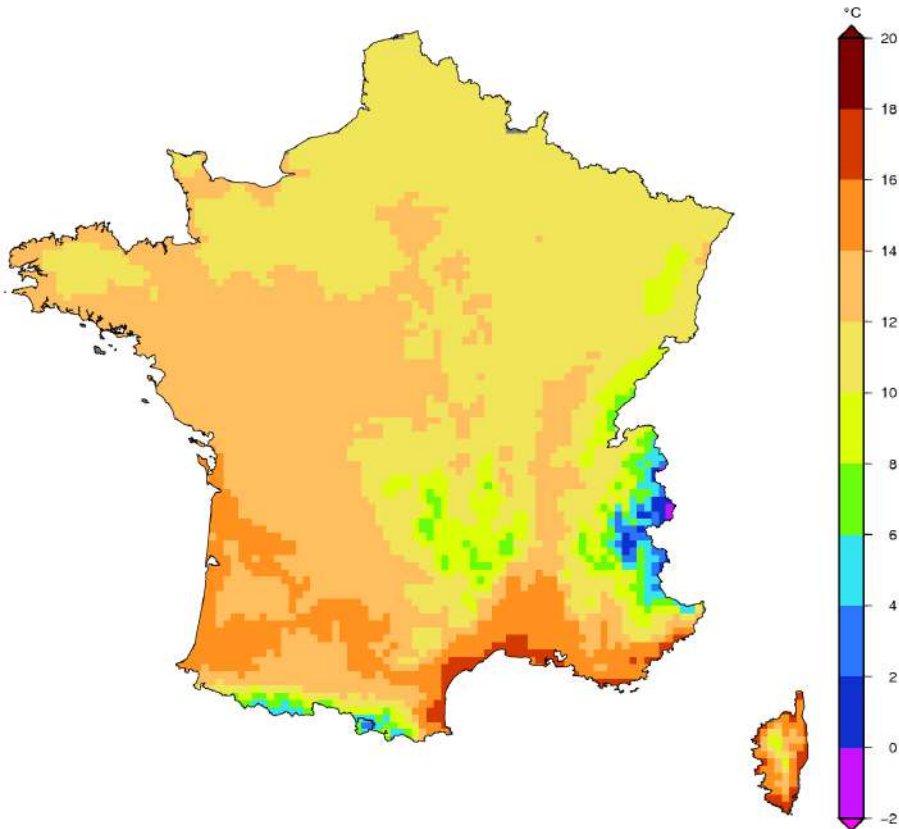
Disponibles sur le portail DRIAS: [www.drias-climat.fr](http://www.drias-climat.fr)

## Température moyenne annuelle

### RCP 2.6 – Horizon lointain (2071 – 2100)



Température moyenne [°C]  
pour le RCP2.6 : Scénario avec une politique climatique visant à faire baisser les concentrations en CO2  
Horizon lointain (autour de 2085) – Moyenne annuelle  
Produit multi-modèles de DRIAS-2020 : médiane de l'ensemble

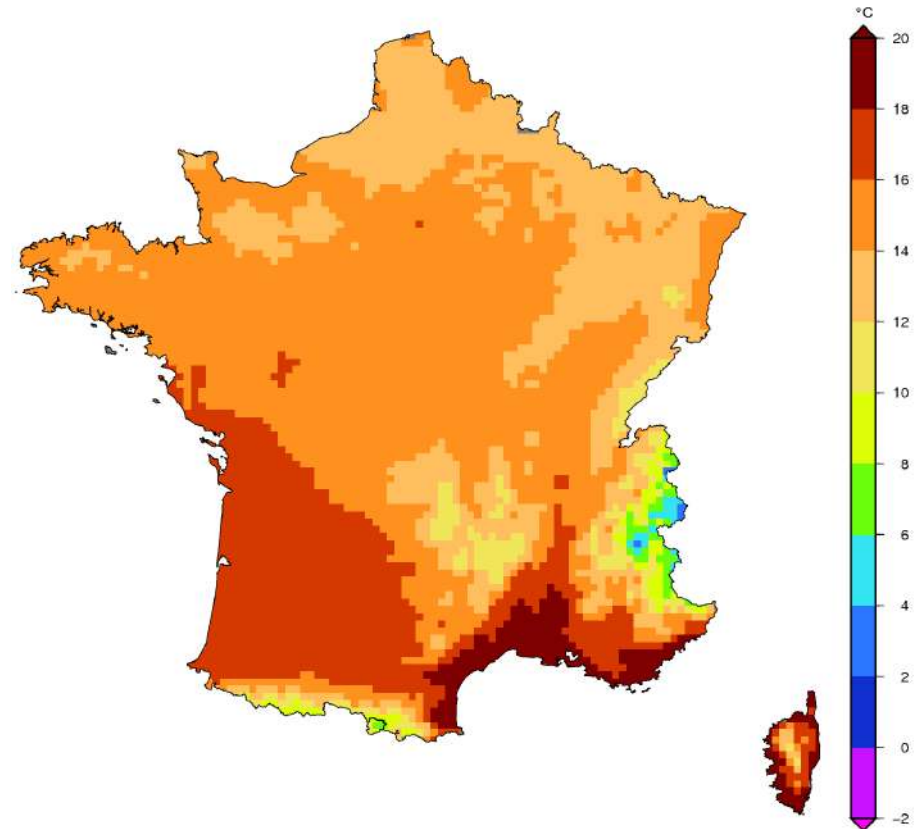


## Température moyenne annuelle

### RCP 8.5 – Horizon lointain (2071 – 2100)



Température moyenne [°C]  
pour le RCP8.5 : Scénario sans politique climatique  
Horizon lointain (autour de 2085) – Moyenne annuelle  
Produit multi-modèles de DRIAS-2020 : médiane de l'ensemble



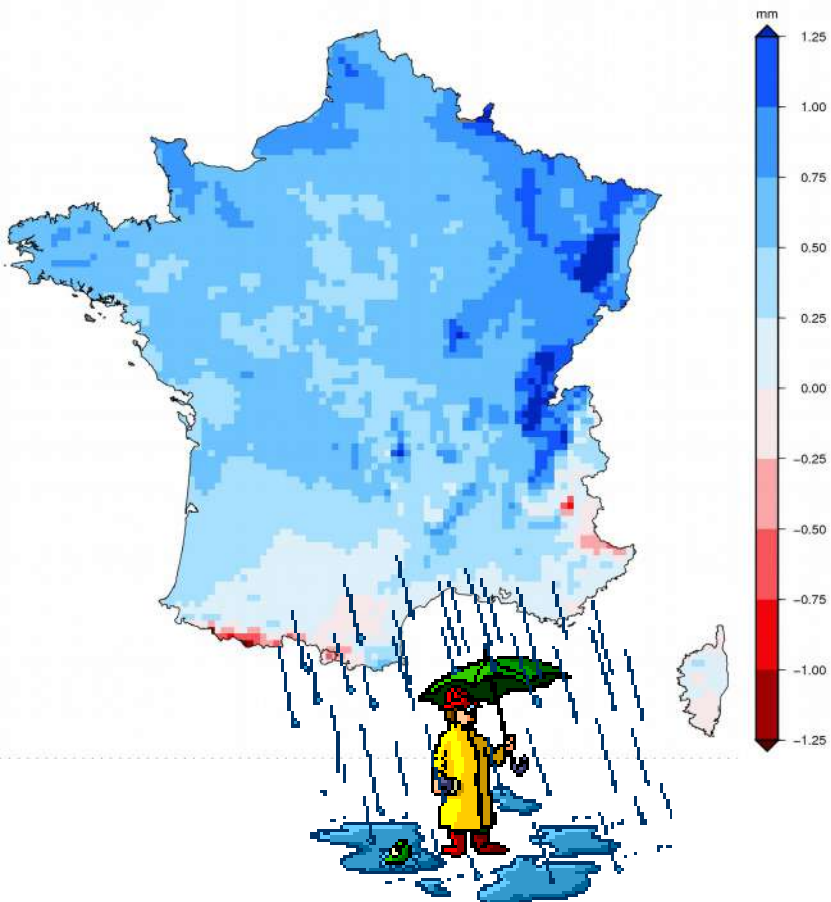
# Quelques simulations sur la France

Disponibles sur le portail DRIAS: [www.drias-climat.fr](http://www.drias-climat.fr)

## RCP8.5 (2071-2100) en hiver



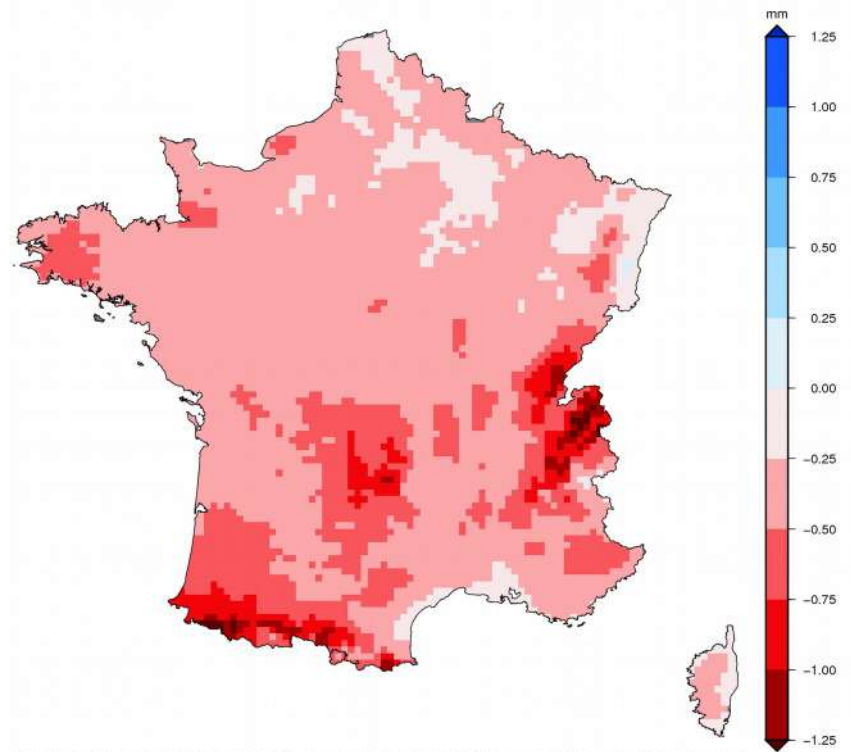
Ecart de précipitations moyennes [mm] : différence entre la période considérée et la période de référence pour le RCP8.5 : Scénario sans politique climatique  
Horizon lointain (autour de 2085) – Moyenne hivernale  
Produit multi-modèles de DRIAS-2020 : médiane de l'ensemble



## RCP8.5 (2071-2100) en



Ecart de précipitations moyennes [mm] : différence entre la période considérée et la période de référence pour le RCP8.5 : Scénario sans politique climatique  
Horizon lointain (autour de 2085) – Moyenne estivale  
Produit multi-modèles de DRIAS-2020 : médiane de l'ensemble



# En résumé, à quoi peut-on s'attendre en France ?

---

- Une **augmentation des températures** variable selon les scénarios.
  - augmentation « limitée » pour un scénario optimiste.
  - forte augmentation pour le scénario pessimiste, pouvant dépasser 5°C en été.
- Une **forte augmentation du nombre de jours de vagues de chaleur**.
  - le seuil des 20 jours pourrait être dépassé pour le scénario pessimiste.
- Une **poursuite de la diminution des vagues de froid**.
- Une **augmentation des pluies hivernales** et une **diminution en été** pour le scénario pessimiste.
- Un **renforcement du taux de précipitations extrêmes**.
- Une **augmentation des épisodes de sécheresse**, surtout dans le sud du pays.
- Les **cyclones ne seraient pas plus nombreux**, mais **probablement plus forts**.

# Sommaire

---

- **Introduction: les travaux du GIEC**
- **Retour sur un climat qui a bien changé**
- **A quels facteurs peut-on attribuer les changements climatiques ?**
- **Les climats du futur**
- **Quelques impacts**

# Introduction aux impacts



Agriculture



Energie  
(offre et demande)



Eau



Risques « naturels »  
et assurances



Tourisme

+ impacts globaux:  
acidification des océans,  
niveau des mers, littoraux...



Infrastructures



Ecosystèmes



Santé



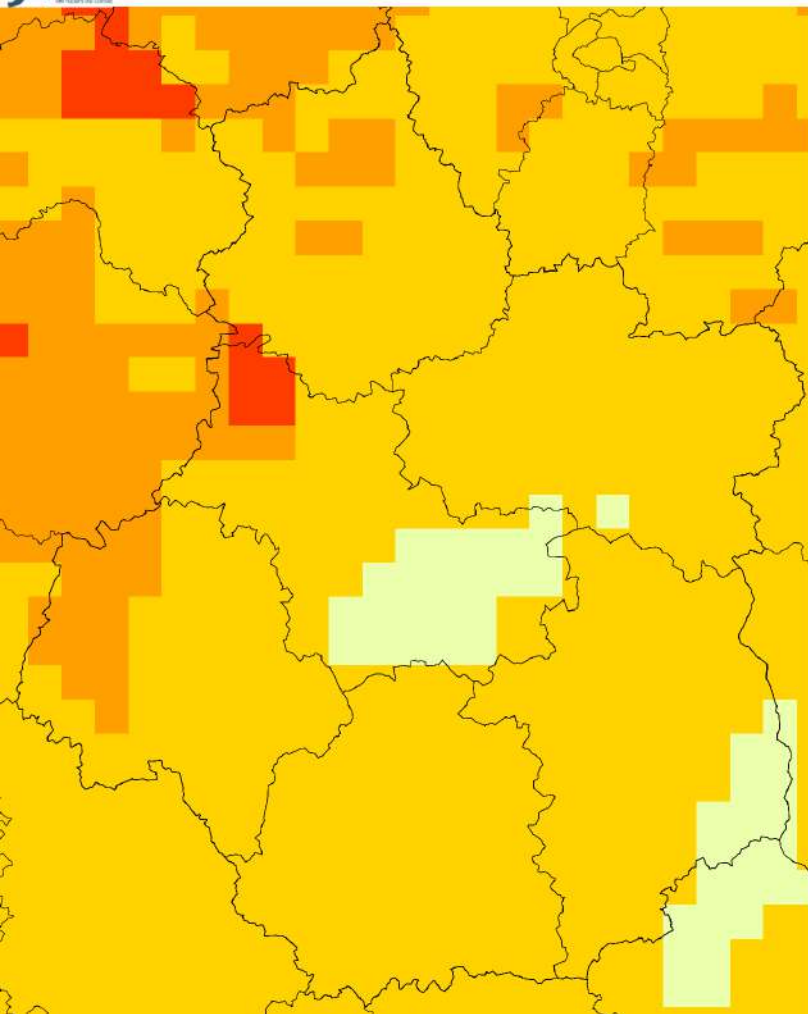
Qualité de l'air  
Villes



# Les indices de sécheresse des sols

Simulation du Indicateur sécheresse d'humidité des sols (SSWI) du modèle ISBA  
pour le Scénario d'évolution socio-économique optimiste (B1)  
Horizon lointain (autour de 2085) – Moyenne hivernale

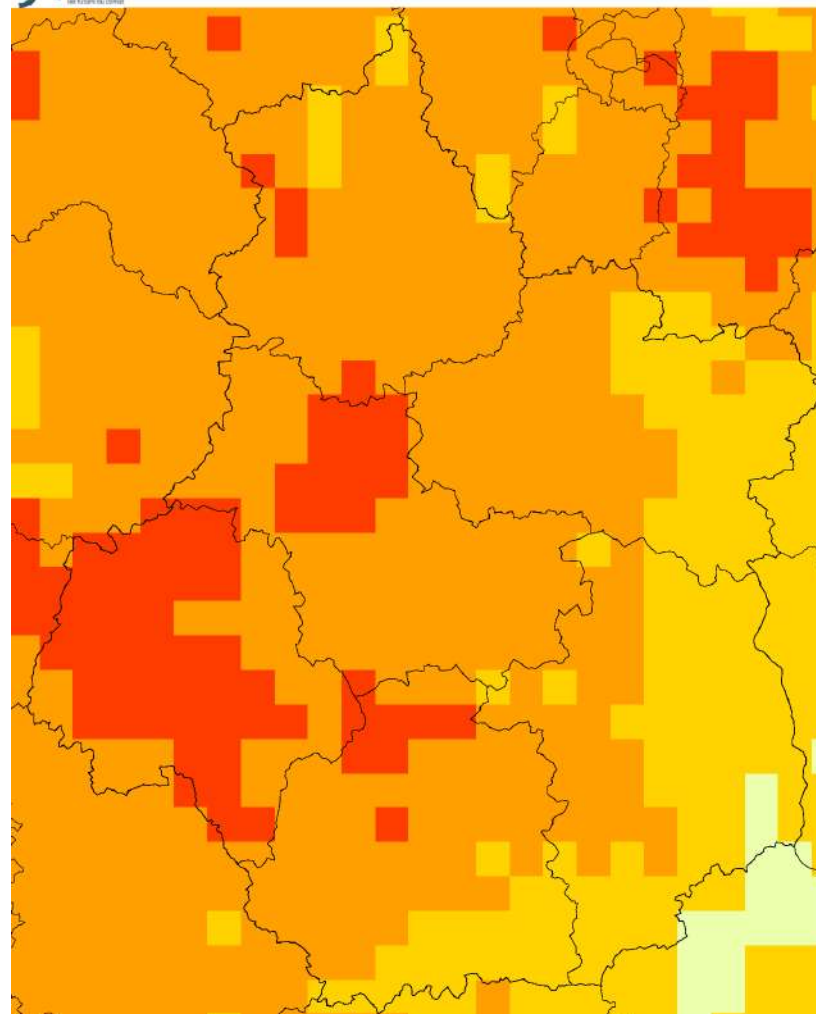
Expérience : Météo-France/CLIMSEC – CERFACS/SCRATCH08 : modèle Arpege-V4.6 étiré de Météo-France



En hiver

Simulation du Indicateur sécheresse d'humidité des sols (SSWI) du modèle ISBA  
pour le Scénario d'évolution socio-économique optimiste (B1)  
Horizon lointain (autour de 2085) – Moyenne estivale

Expérience : Météo-France/CLIMSEC – CERFACS/SCRATCH08 : modèle Arpege-V4.6 étiré de Météo-France



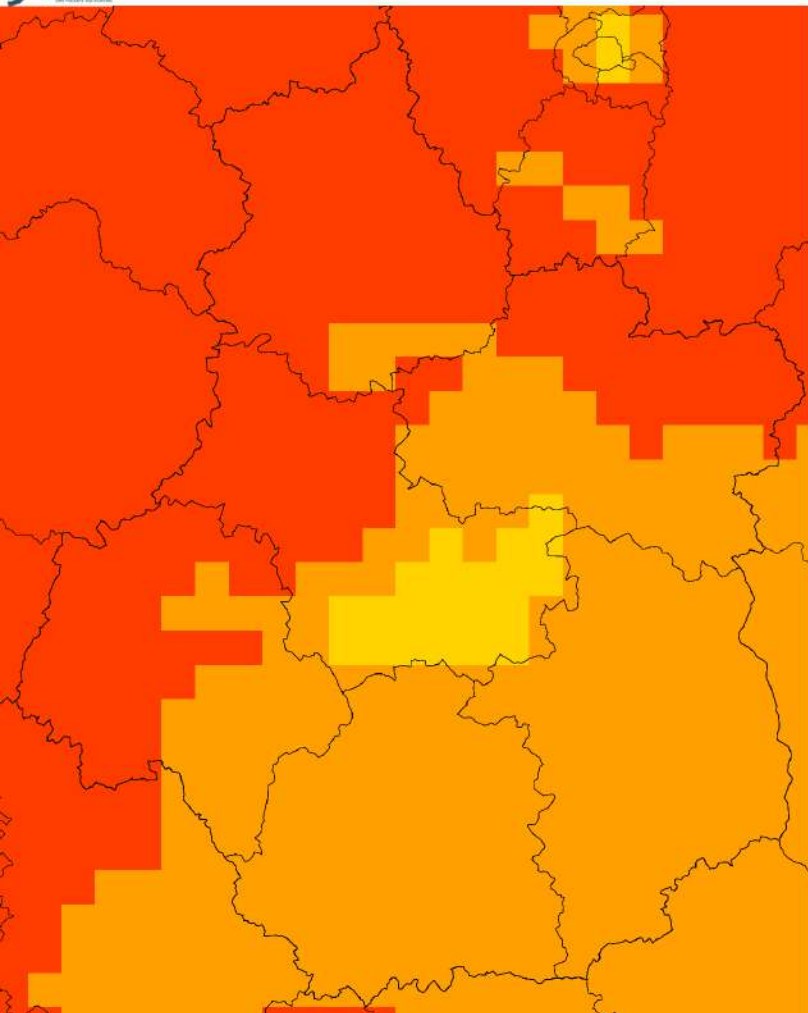
En été

FRANCE

# Les indices de sécheresse des sols

Simulation du Indicateur sécheresse d'humidité des sols (SSWI) du modèle ISBA  
pour le Scénario d'évolution socio-économique pessimiste (A2)  
Horizon lointain (autour de 2085) – Moyenne hivernale

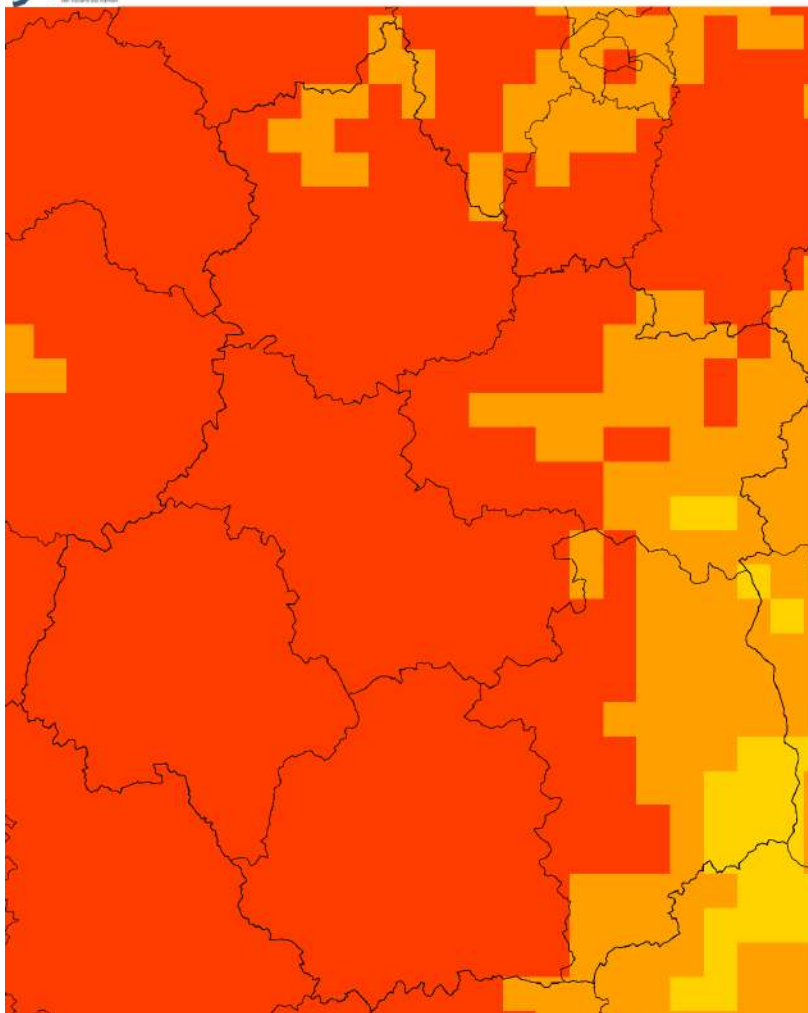
Expérience : Météo-France/CLIMSEC – CERFACS/SCRATCH08 : modèle Arpege-V4.6 étiré de Météo-France



En hiver

Simulation du Indicateur sécheresse d'humidité des sols (SSWI) du modèle ISBA  
pour le Scénario d'évolution socio-économique pessimiste (A2)  
Horizon lointain (autour de 2085) – Moyenne estivale

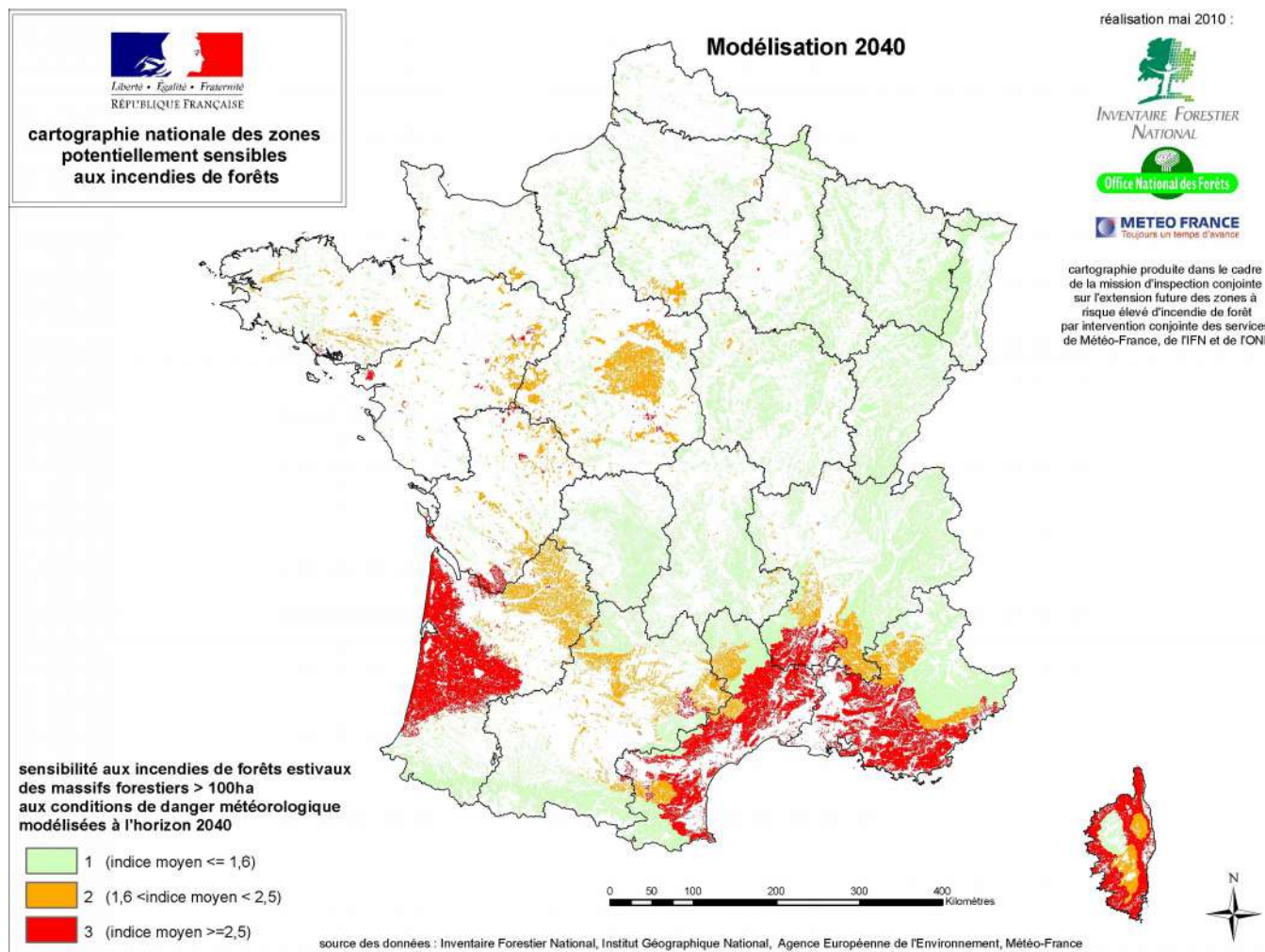
Expérience : Météo-France/CLIMSEC – CERFACS/SCRATCH08 : modèle Arpege-V4.6 étiré de Météo-France



En été







# La sensibilité aux feux de forêts



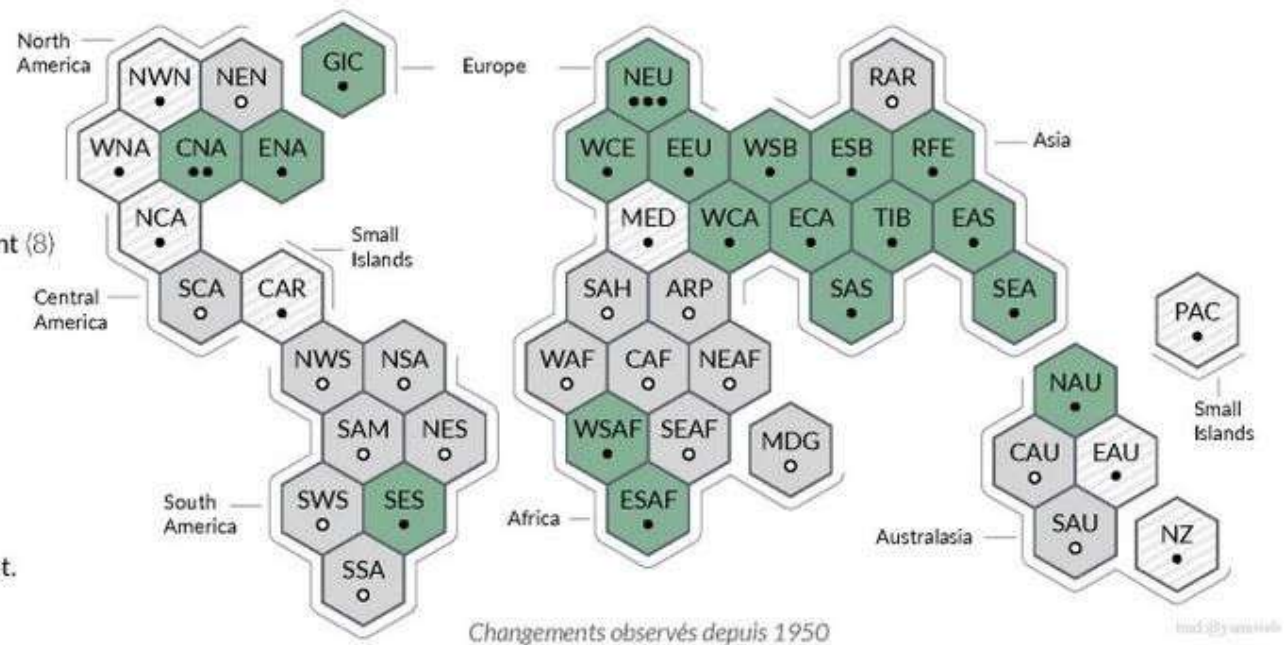
# Évolution des précipitations intenses et contribution humaine

## Changements observés dans les précipitations intenses

-  Augmentation (19)
-  Diminution (0)
-  Faible consensus sur le type de changement (8)
-  Données et/ou littérature limitées (18)

## Degré de confiance dans la contribution humaine au changement observé.

- Haut
- Moyen
- Faible en raison d'un consensus insuffisant.
- Faible en raison de preuves limitées



meteo@byuu.edu

# Évolution des extrêmes de chaleur et la contribution humaine

## Changements observés dans les extrêmes de chaleur

Augmentation (41)

Diminution (0)

Faible consensus sur le type de changement (2)

Données et/ou littérature limitées (2)

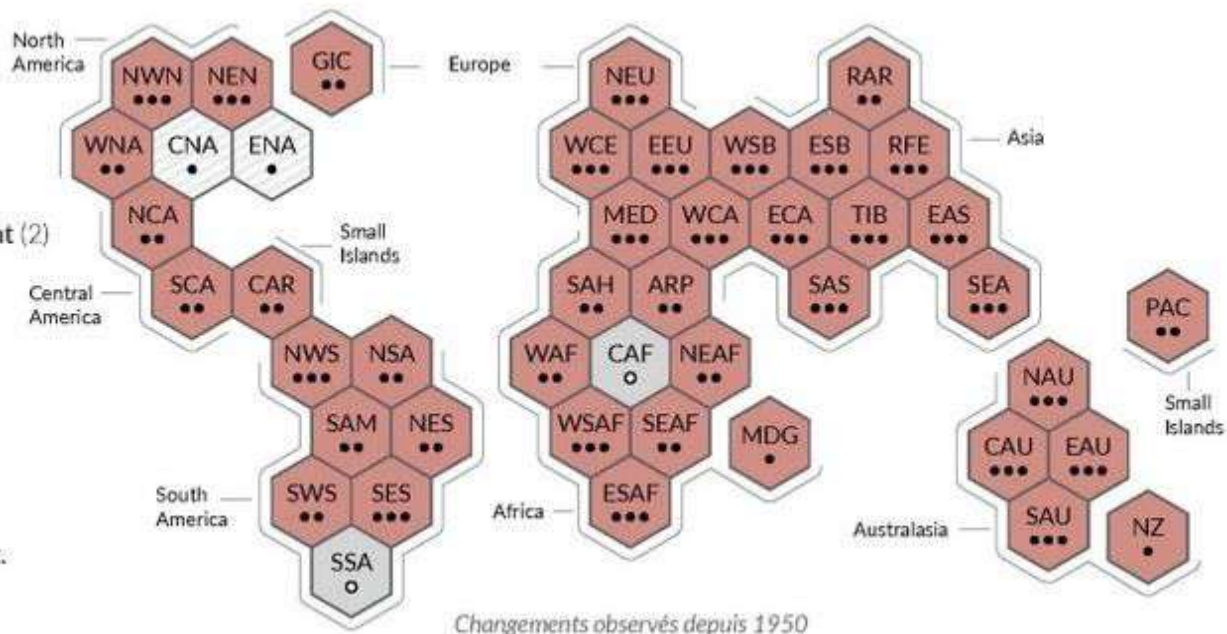
## Degré de confiance dans la contribution humaine au changement observé.

●●● Haut

●● Moyen

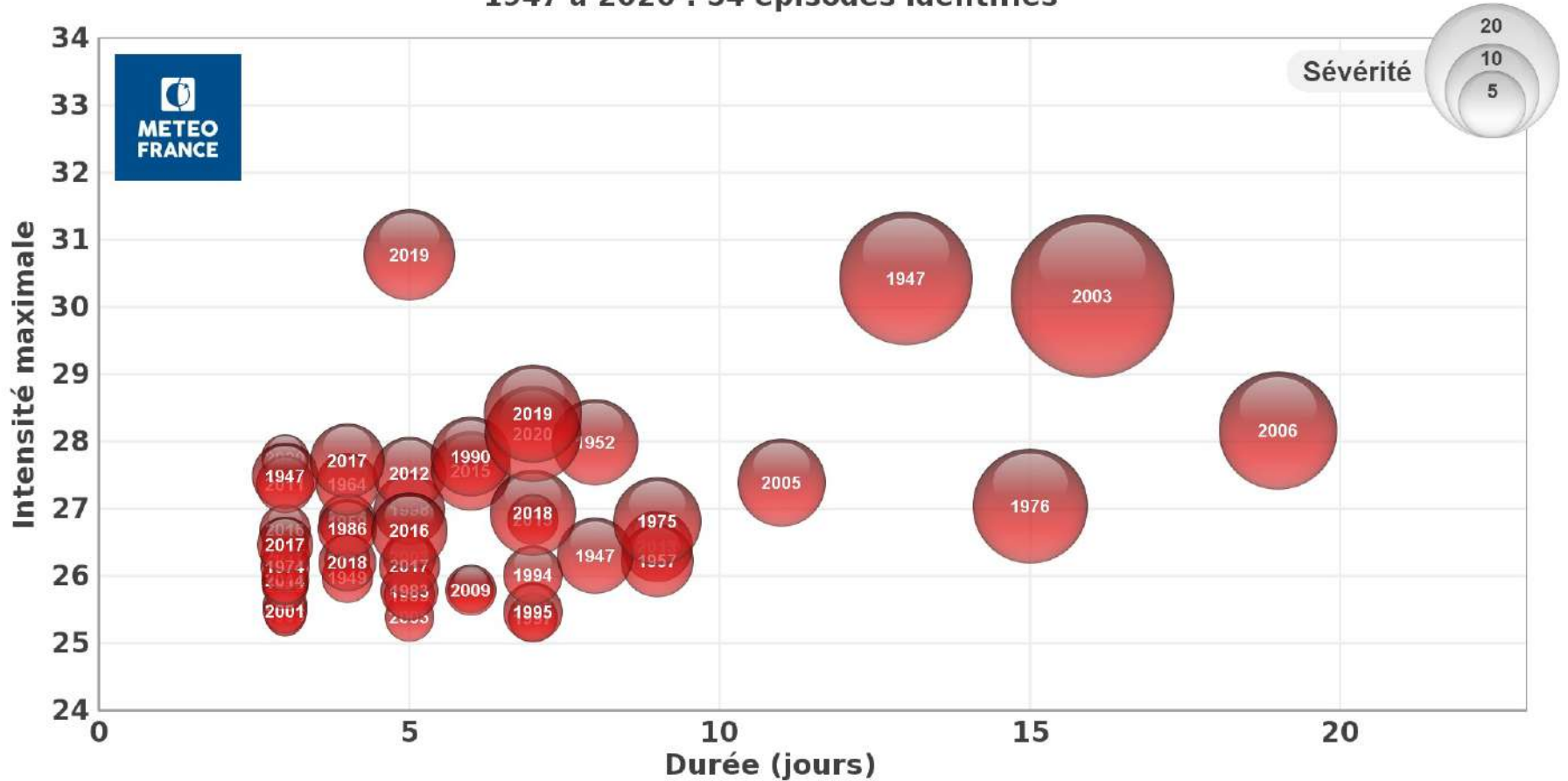
● Faible en raison d'un consensus insuffisant.

○ Faible en raison de preuves limitées



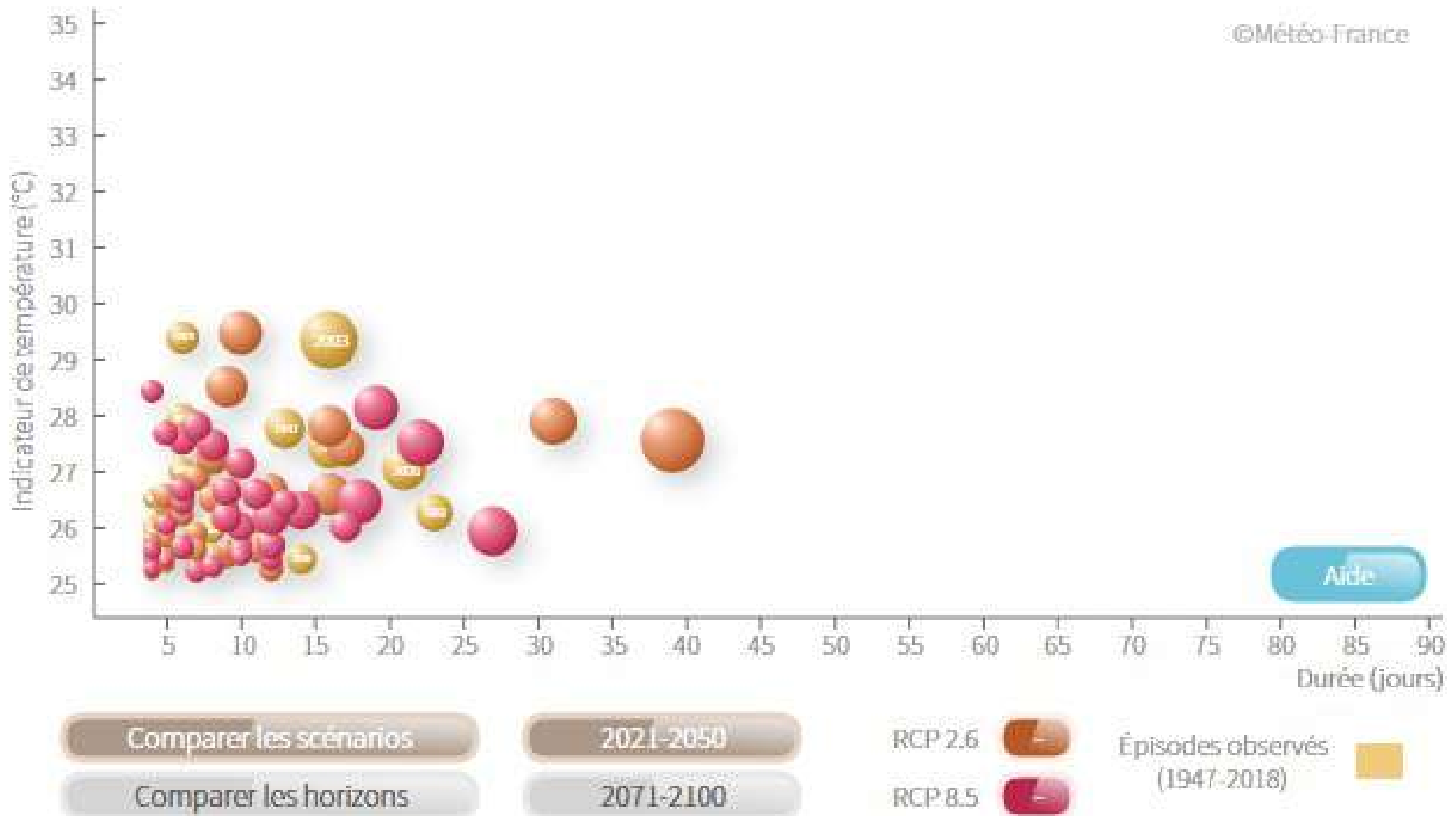
# Evolution des extrêmes: exemple des vagues de chaleur

## Vagues de chaleur observées sur la région Centre-Val de Loire 1947 à 2020 : 54 épisodes identifiés



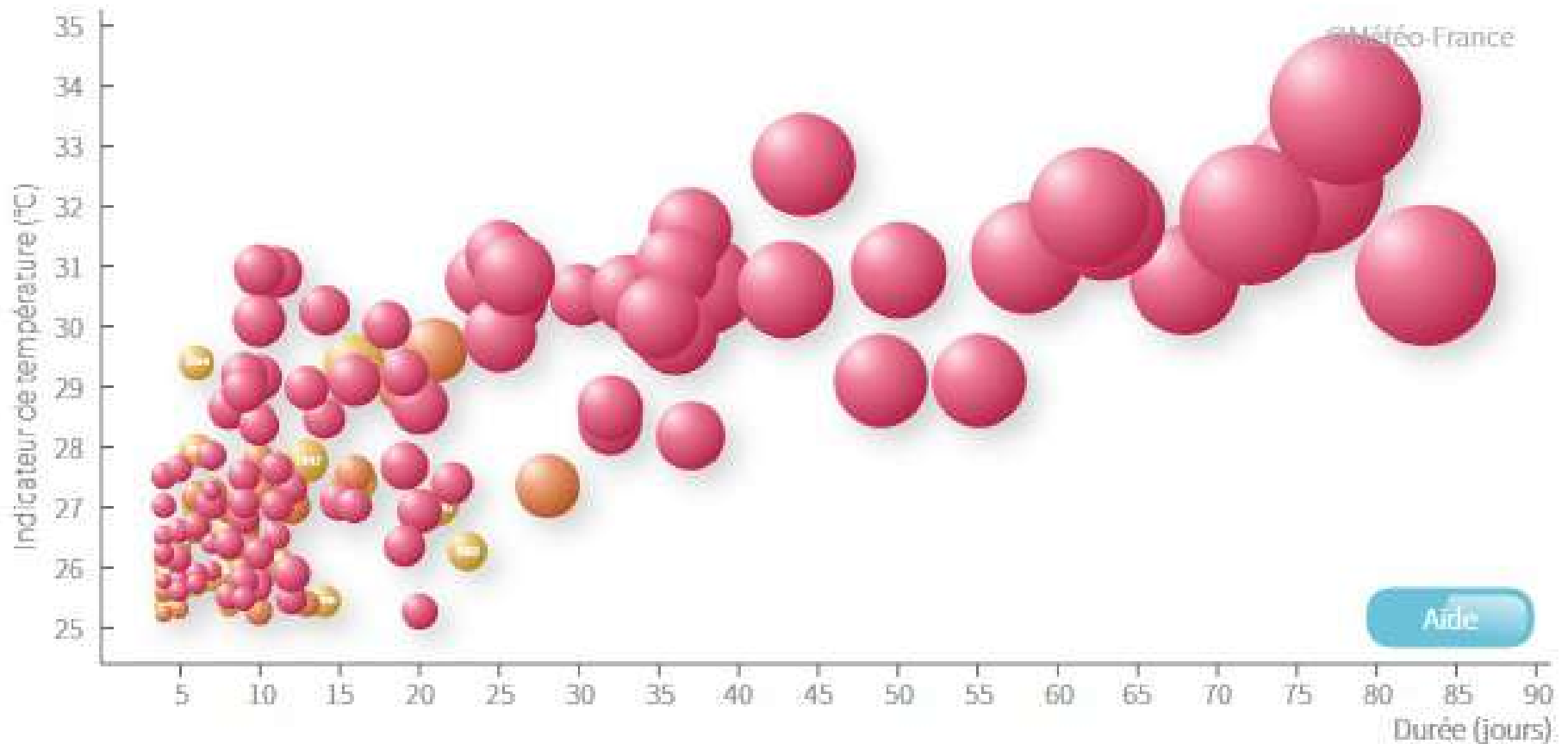
# Evolution des extrêmes: exemple des vagues de chaleur

Vagues de chaleur : simulations pour différents scénarios et différents horizons



# Evolution des extrêmes: exemple des vagues de chaleur

Vagues de chaleur : simulations pour différents scénarios et différents horizons



Comparer les scénarios

2021-2050

RCP 2.6

Épisodes observés  
(1947-2018)

Comparer les horizons

2071-2100

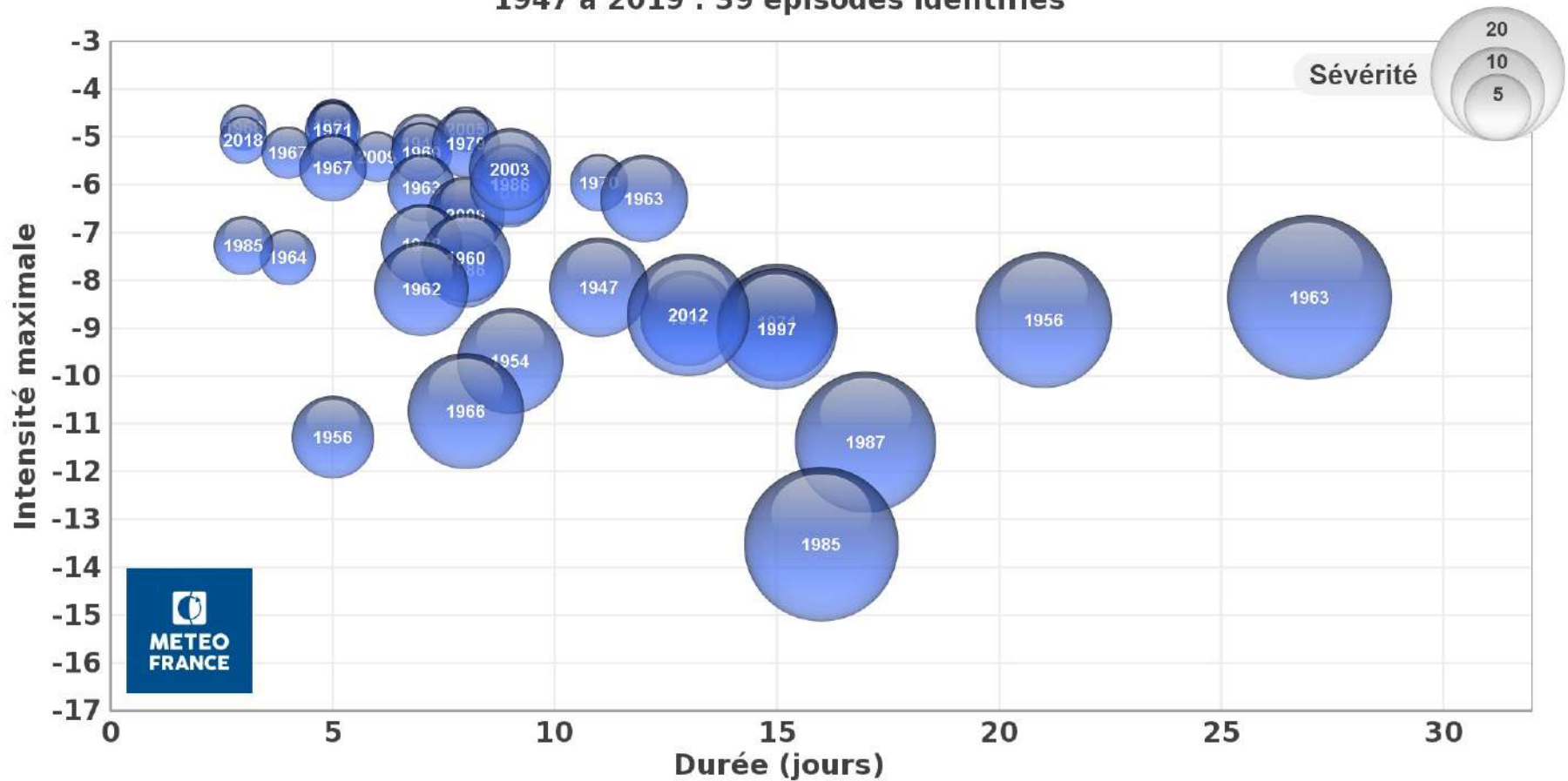
RCP 8.5

Aide



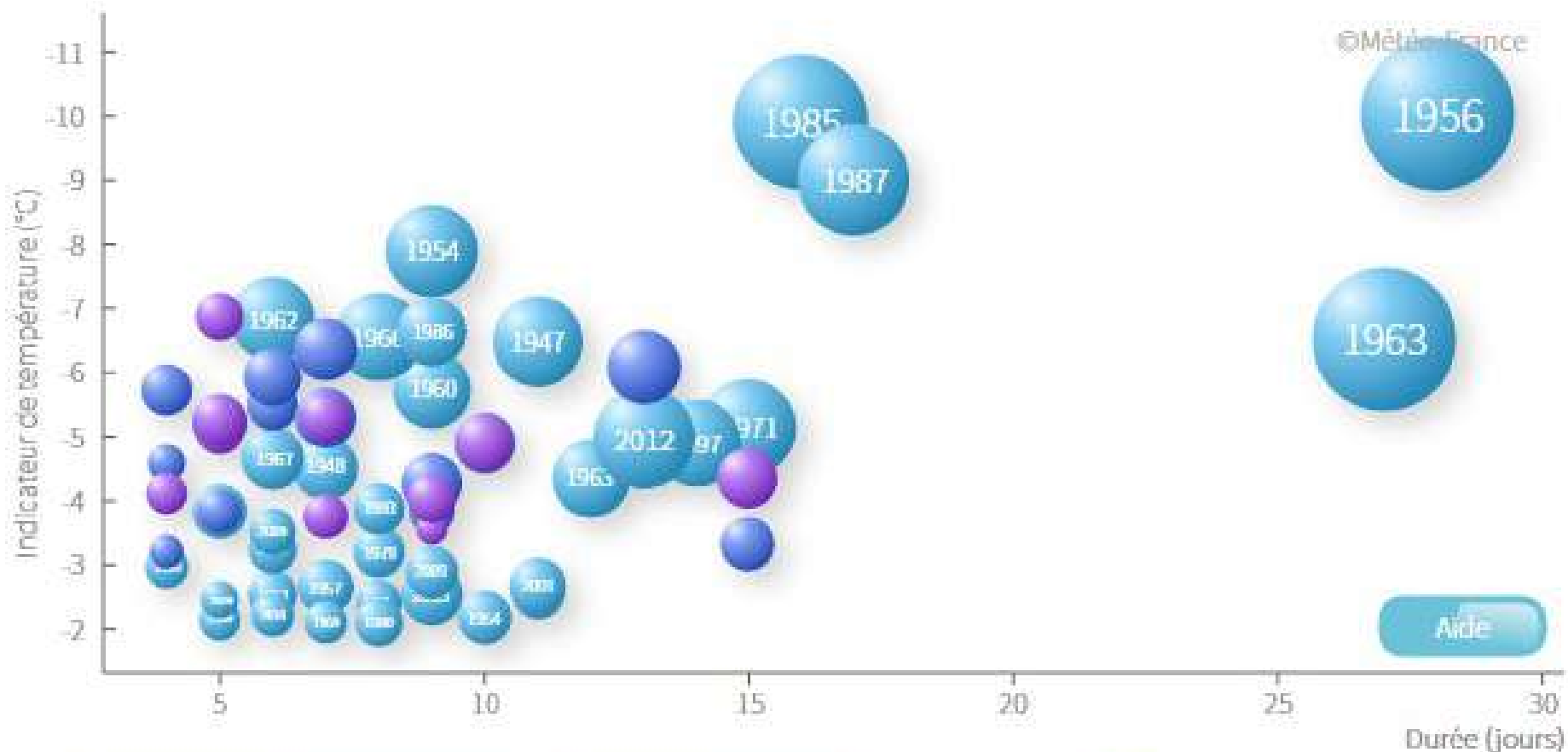
# Evolution des extrêmes: exemple des vagues de froid

**Vagues de froid observées sur la région Centre-Val de Loire**  
1947 à 2019 : 39 épisodes identifiés



# Evolution des extrêmes: exemple des vagues de froid

Vagues de froid : simulations pour différents scénarios et différents horizons



Comparer les scénarios

2021-2050

RCP 2.6



Épisodes observés  
(1947-2018)



Comparer les horizons

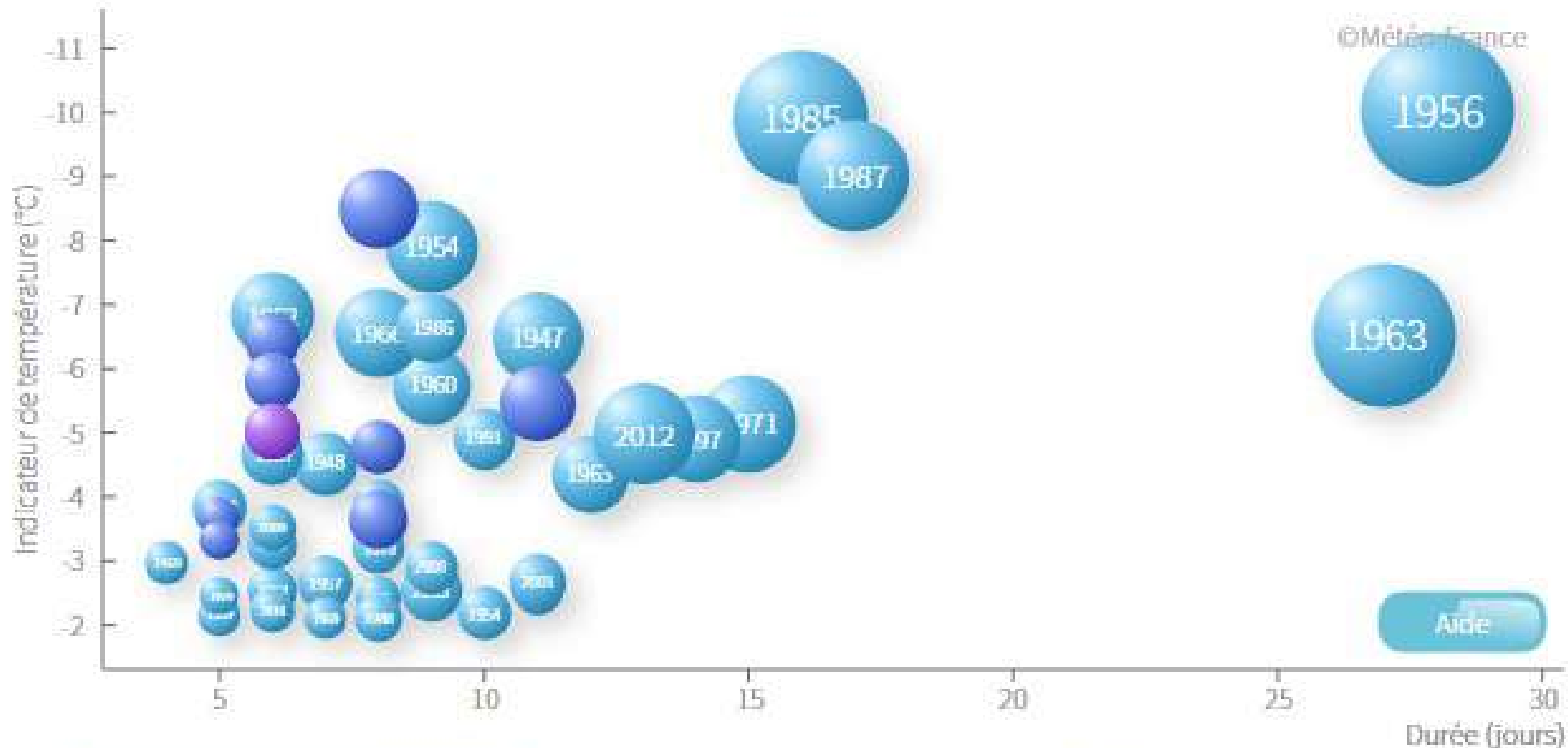
2071-2100

RCP 8.5



# Evolution des extrêmes: exemple des vagues de froid

Vagues de froid : simulations pour différents scénarios et différents horizons



Comparer les scénarios

2021-2050

RCP 2.6



Épisodes observés  
(1947-2018)



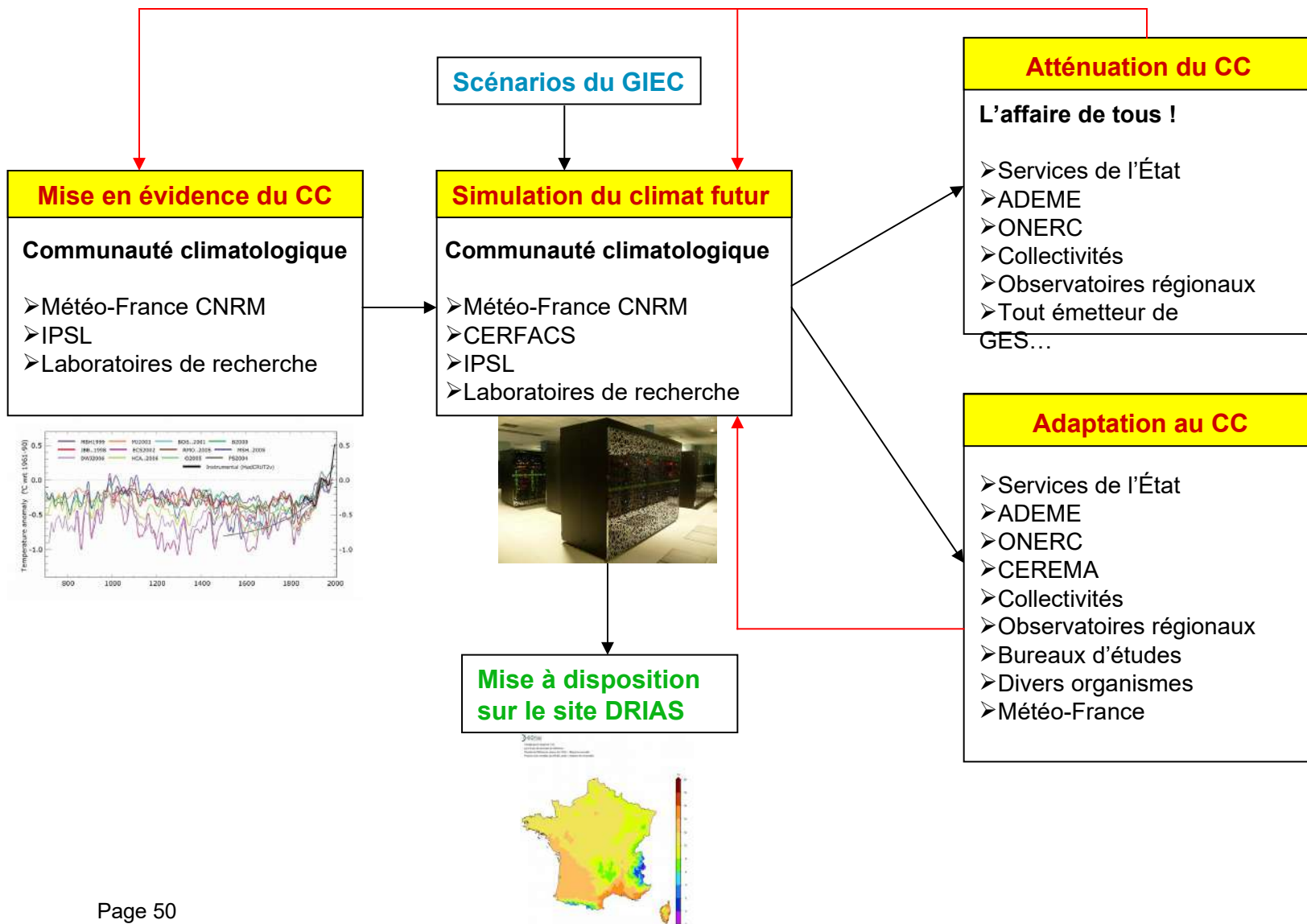
Comparer les horizons

2071-2100

RCP 8.5



# Les acteurs du changement climatique en France







**Merci de votre attention !**

---