

Changement climatique et conséquences en milieu urbain languedocien

État des connaissances

Florence Vaysse

Météo France / Référente pour l'Hérault

Montpellier, 03 juin 2022

1/ Qu'est ce que l'effet de serre ?

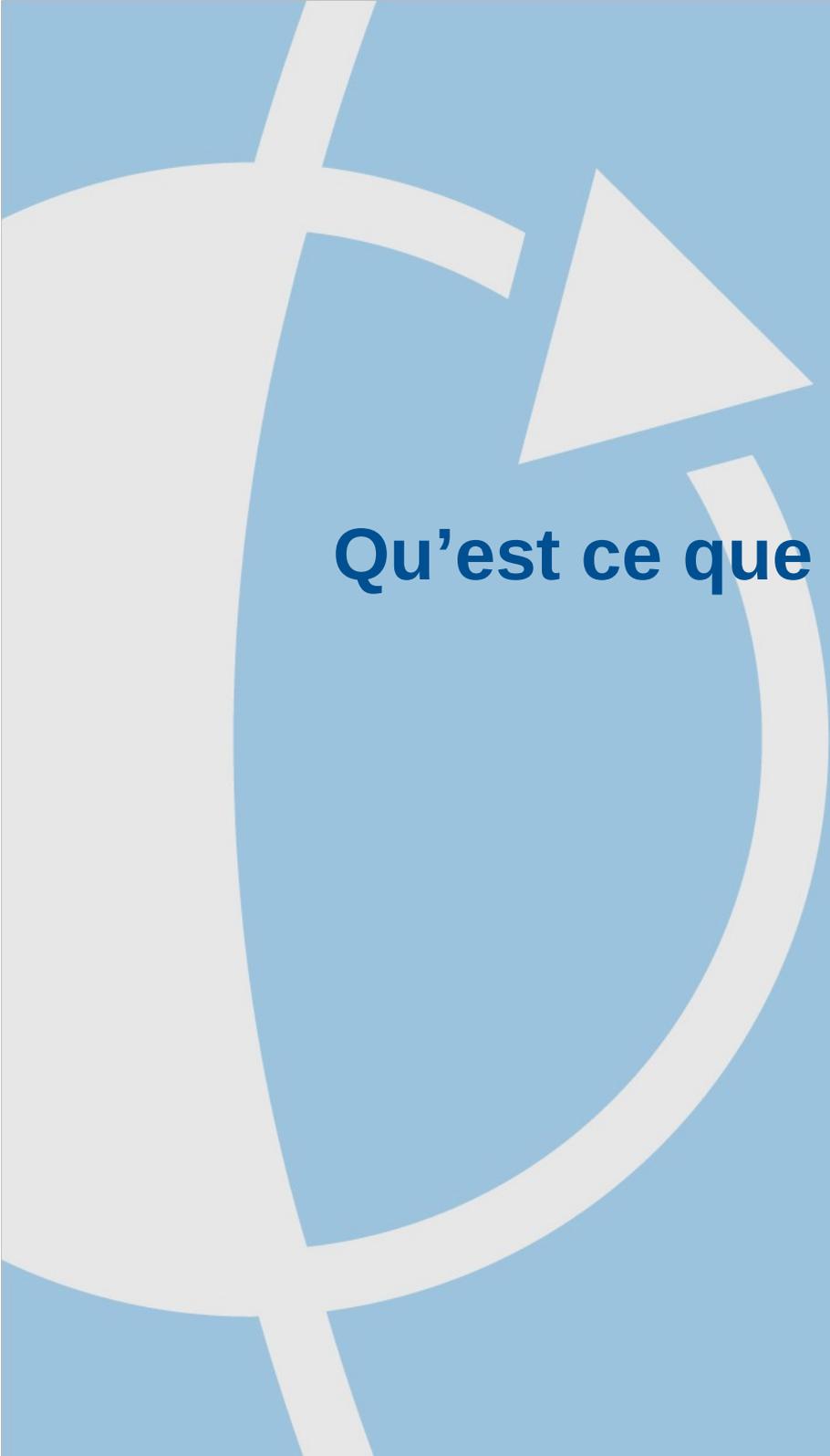
2/ Les constats

3/ Les impacts

- températures
- régimes de précipitations et sécheresse

Compléments :

- qu'est-ce que le GIEC ?
- comment connaît-on le climat passé ?
- autres facteurs des changements climatiques du passé ?



Qu'est ce que l'effet de serre ?

Qu'est ce que l'effet de serre ?



3/ une portion des IR s'échappe vers l'espace + une autre portion reste dans l'atmosphère par « effet de serre »

2/ puis restituée à l'atmosphère sous forme de rayonnement infra-rouge

1/ L'énergie solaire est absorbée par la planète

C'est l'effet de serre qui rend notre planète viable !

Sur la lune : sans atmosphère et sans effet de serre -150°C à l'ombre et 150°C au soleil ...

Les gaz à effet de serre

Augmentation de la concentration

CO₂ - gaz carbonique / dioxyde de carbone

- combustion des énergies fossiles => charbon, pétrole, gaz
- modification de l'occupation des sols => déforestation : arbres stockent du carbone

CH₄ – méthane

- Ruminants
- Rizières

N₂O - protoxyde d'azote :

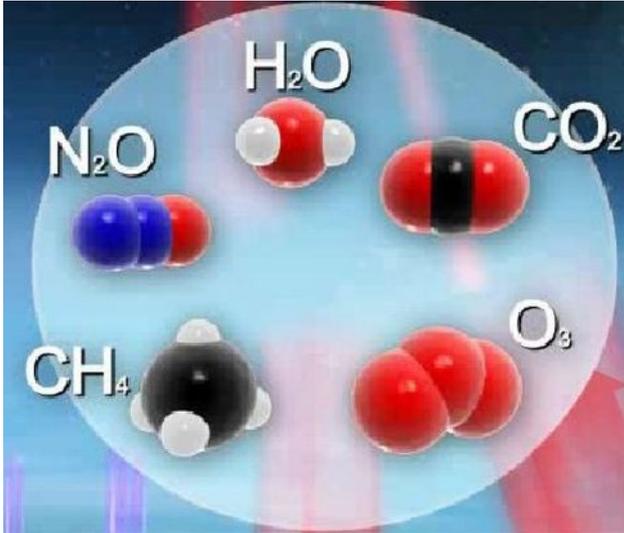
- utilisation intensive d'engrais azotés

O₃ – ozone :

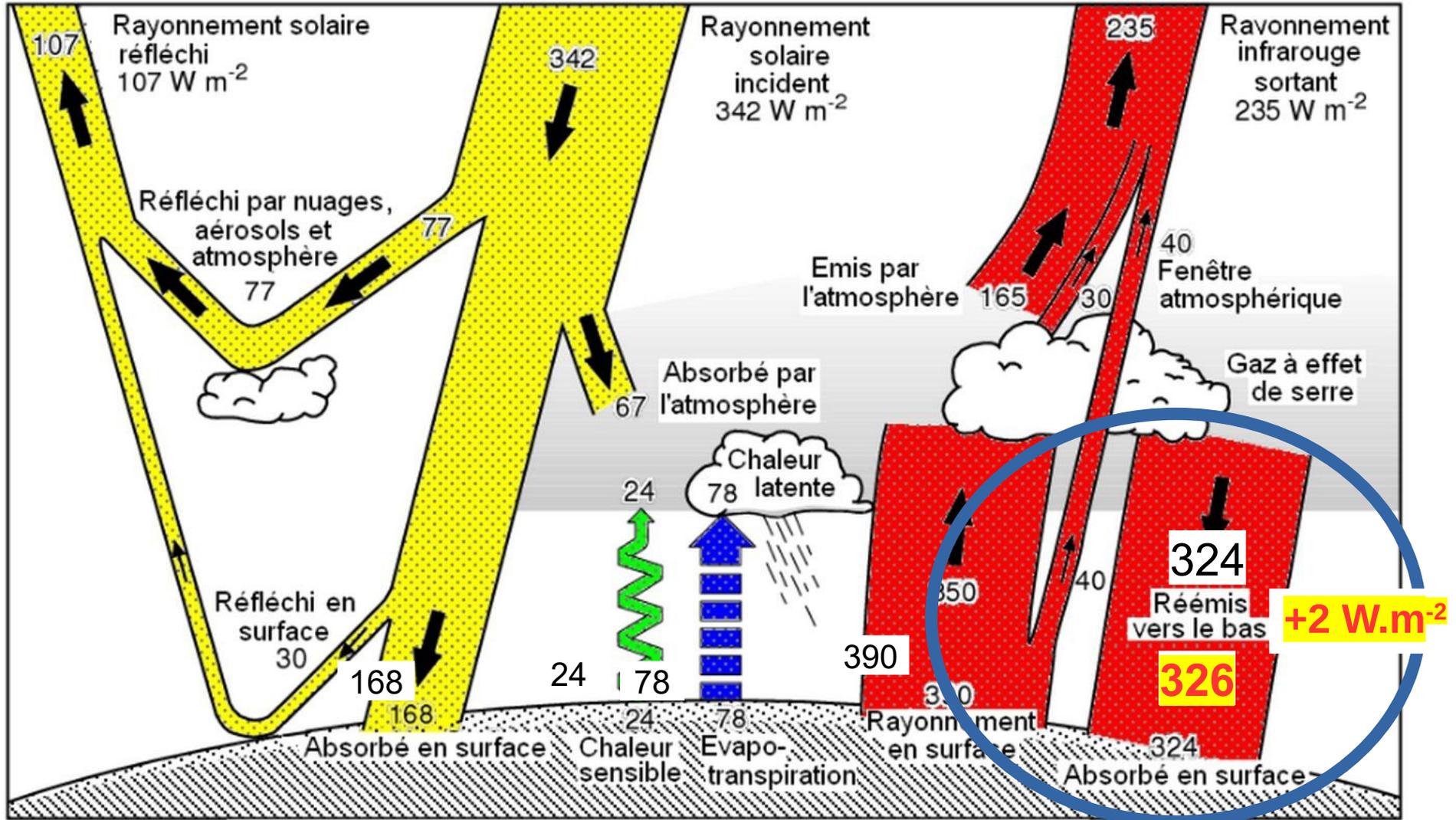
- certains polluants industriels
- polluants liés aux transports

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

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



Bilan d'énergie en fin de XX^e siècle (Kiehl et Trenberth, 1997)



Moyenne globale et annuelle du système Terre-Atmosphère

→ LE BILAN

N'EST PLUS EN ÉQUILIBRE !

Conclusions du GIEC

Citation du 1^{er} rapport du GIEC dès 1990

« *Nous sommes certains de ce qui suit :*

Il y a un effet de serre naturel qui garde déjà la Terre plus chaude qu'elle ne le serait autrement.

Les émissions résultant des activités humaines augmentent substantiellement les concentrations des gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, N₂O, CFC).

Ces augmentations accentueront l'effet de serre, avec pour résultat de provoquer un réchauffement additionnel à la surface de la Terre. Le principal gaz à effet de serre, la vapeur d'eau, augmentera en réponse au réchauffement global et l'amplifiera encore davantage. »

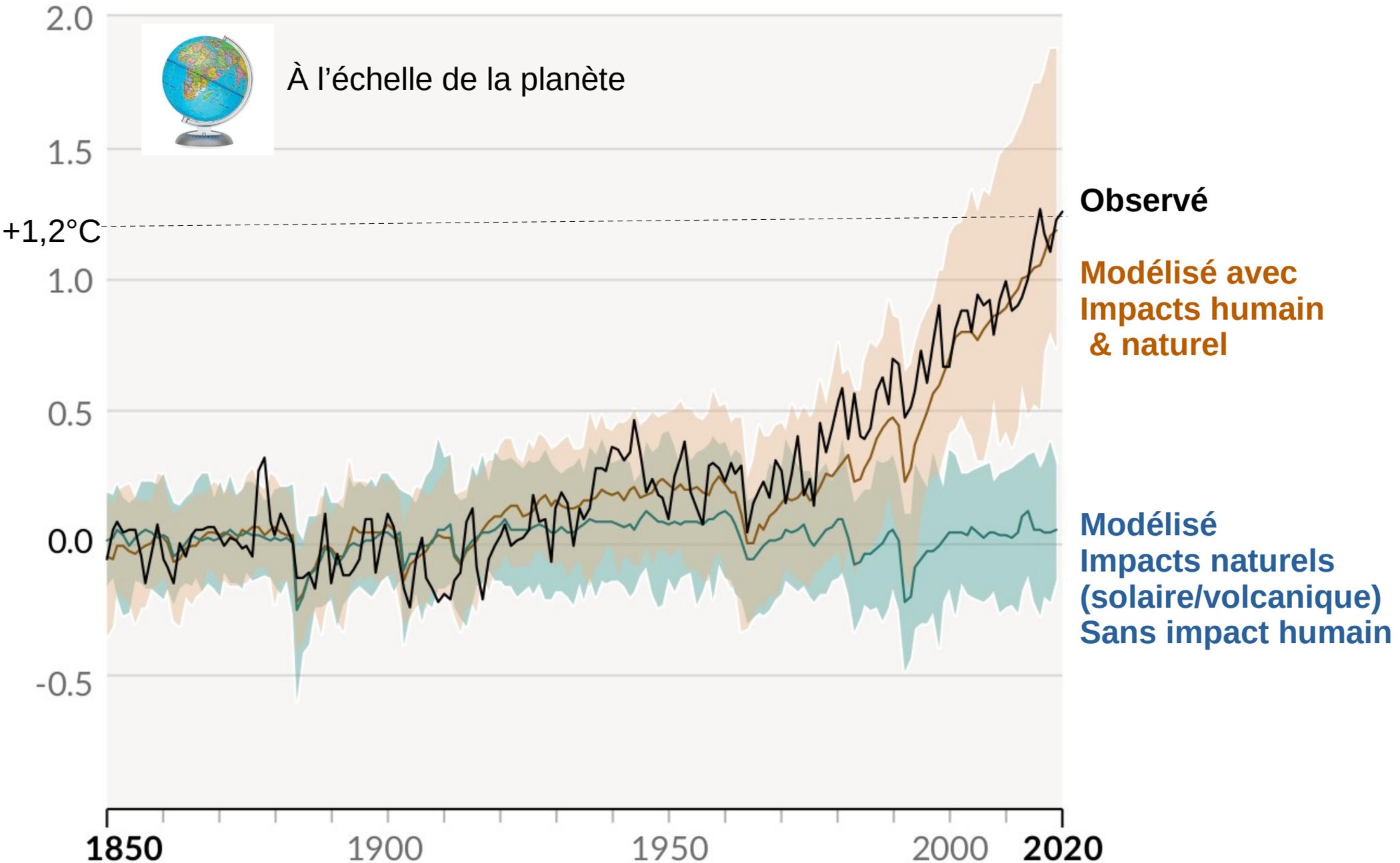


Les constats

Écarts de la température moyenne annuelle globale par rapport à 1850-2020 : observations et résultats de modèles (GIEC, AR6)

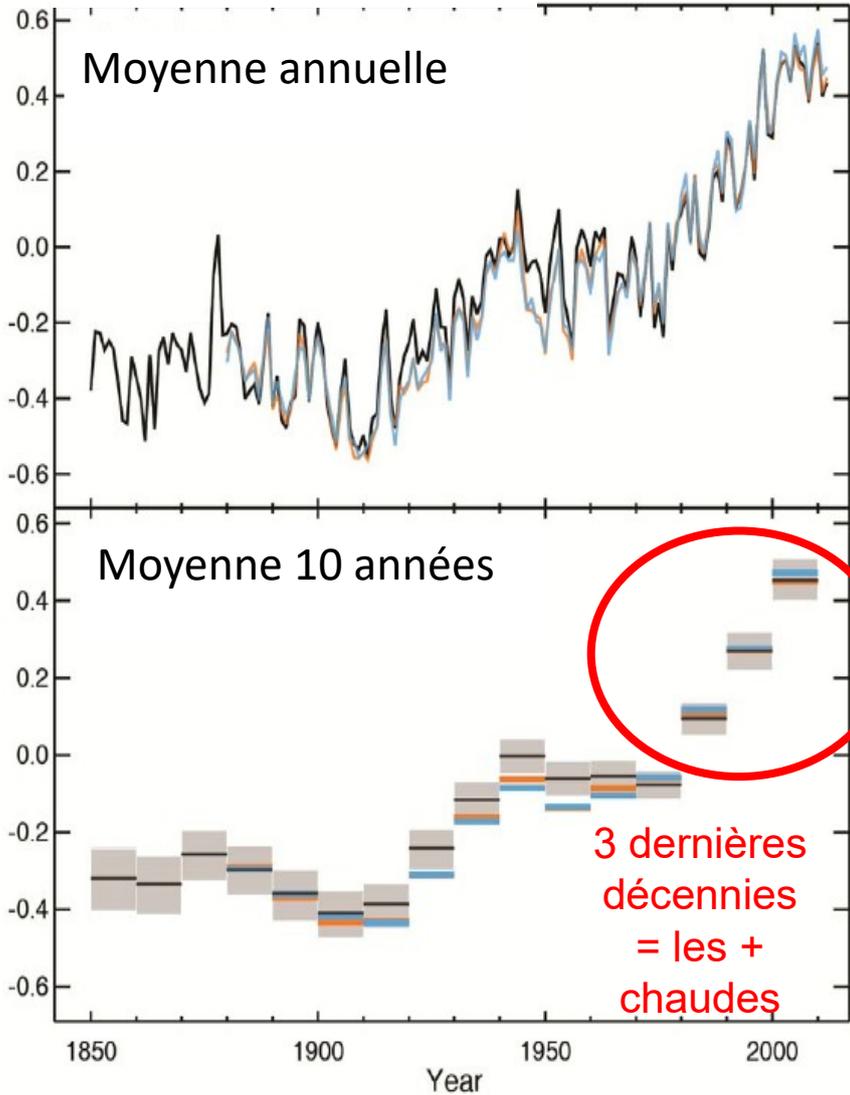


À l'échelle de la planète



Un réchauffement global depuis quelques décennies

Échelle mondiale : anomalie de température de surface terre + océan



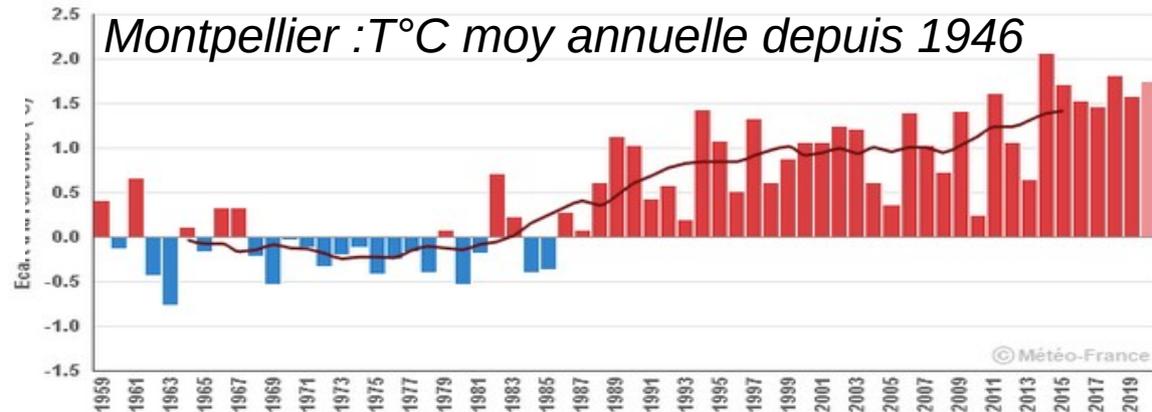
Les 5 années les plus chaudes depuis le début des mesures

=> toutes après 2010 !

2020	2020	2014
2016	2018	2018
2019	2014	2020
2017	2019	2015
2018	2011	2011



Montpellier
Fréjorgues (1946)



Les impacts

cartes issues du site

<https://météofrance.com/climathd>

Onglets : Climat passé et Climat futur

=> « Languedoc-Roussillon »

Site Climat-HD : <https://météofrance.com/climathd>

Tendances climatiques à trois mois

Tendances climatiques à trois mois

Comprendre le Climat

- Le Climat Mondial
- Le Climat en France
- Etudier le Climat Passé

Le Changement Climatique

- Observer le Changement Climatique
- Quel Climat Futur ?

Climat HD

Climat HD

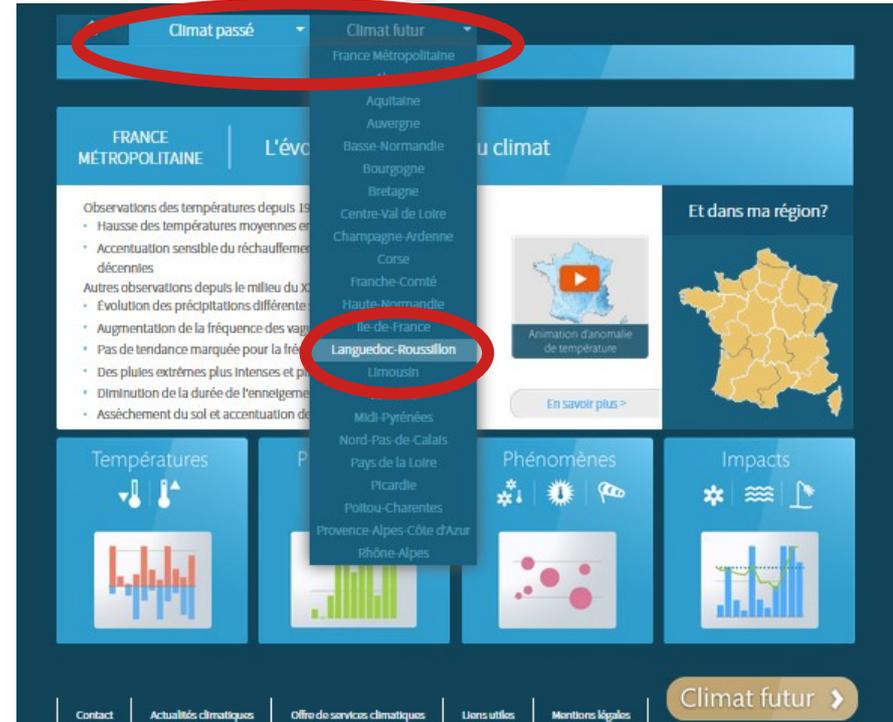
Normales et Relevés

- Normales et Records
- Relevés Météorologiques
- Bulletins Climatologiques



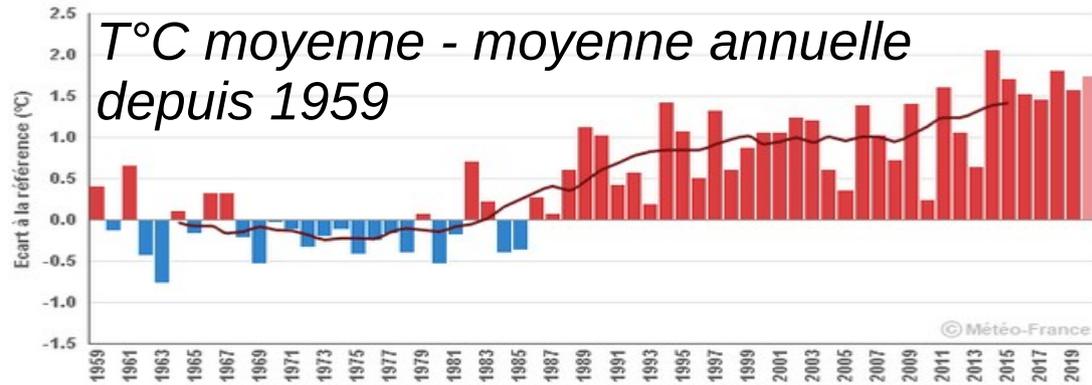
Temps doux cette fin de semaine, encore humide dans le Sud

Le temps doux se maintient cette fin de semaine, mais aussi humide avec un épisode pluvieux dans le Sud.



Les températures

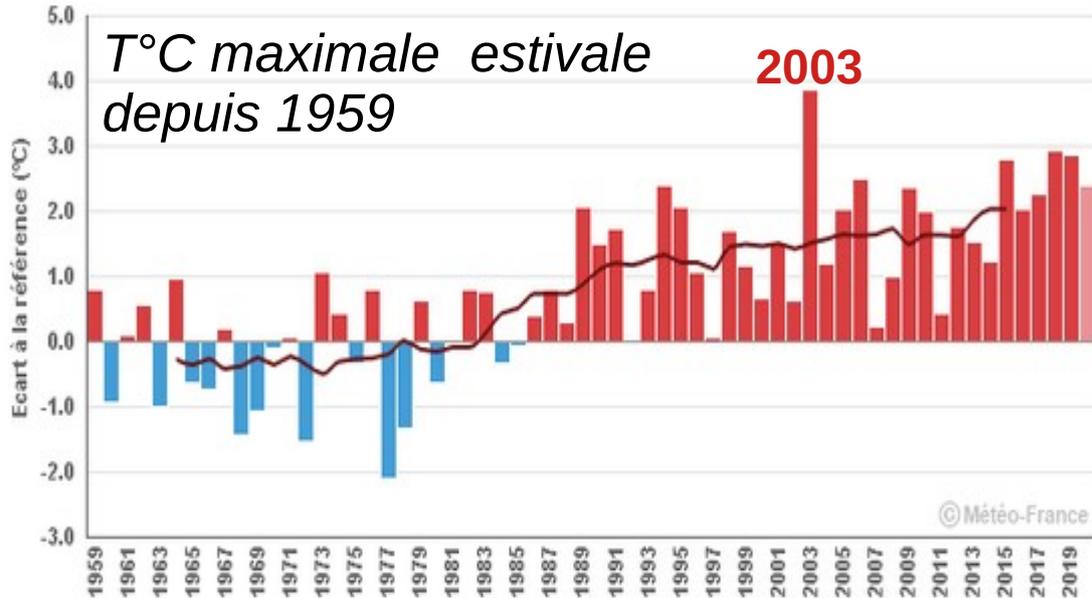
Températures moyennes Montpellier-Fréjorgues



Année 1959-2009 sur tout Languedoc-Roussillon : tendance observée sur les températures moyennes annuelles = + 0,3 °C par décennie.

=> Montpellier : +1,5°C depuis années 80

Cette augmentation moyenne annuelle masque des disparités saisonnières



Été 1959-2009 sur tout LR : tendance observée sur les **T°C maximales estivales** = +0,4 °C et +0,6 °C par décennie.

=> Montpellier : +2,0°C depuis années 80

Hiver 1959-2009 sur tout LR : tendance observée sur les températures hivernales

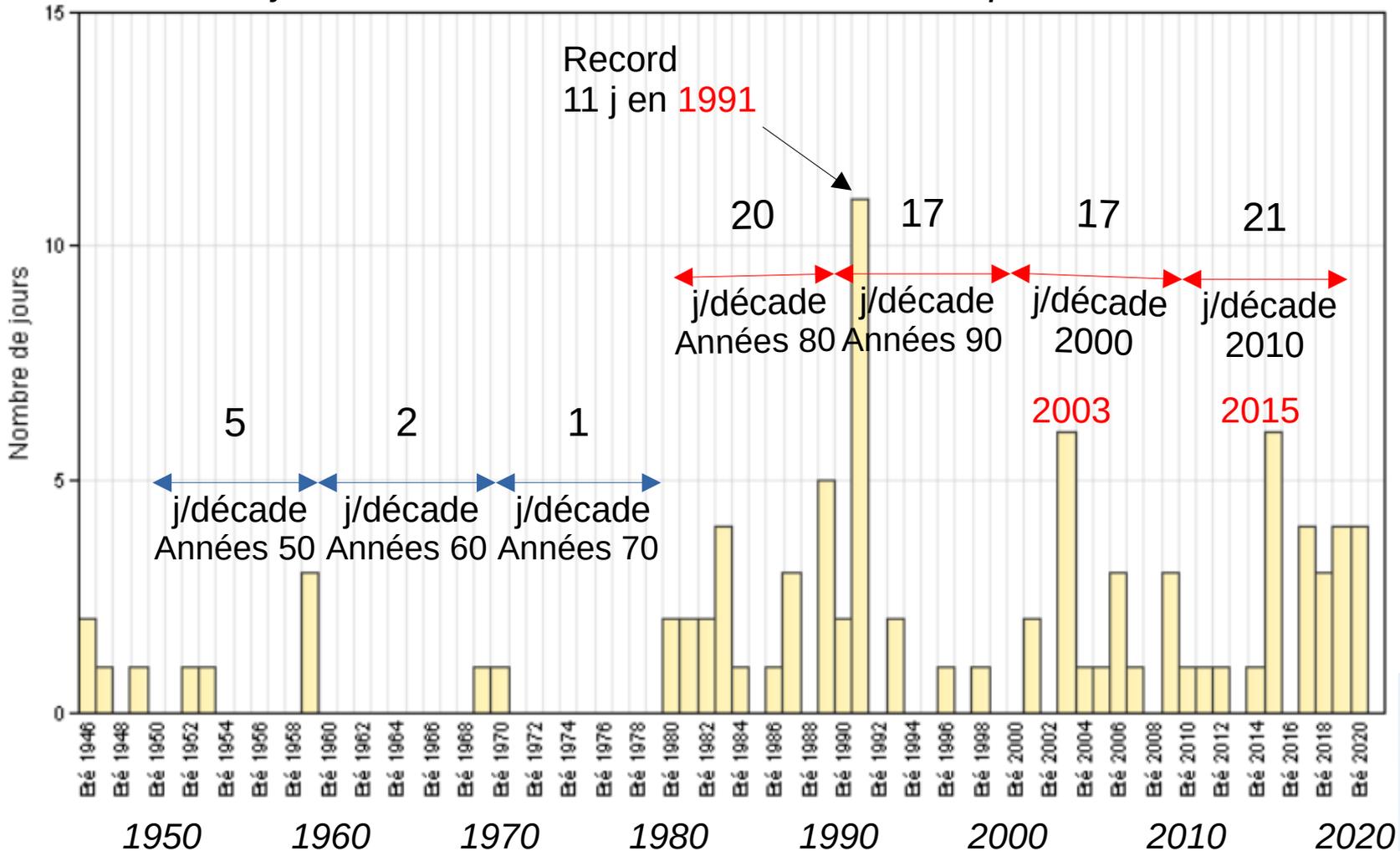
=> +0,2 °C par décennie.

=> Montpellier : +1,0° depuis années 80

Les trois étés les plus chauds depuis 1946 à Montpellier-Fréjorgues : 2003, 2018 et 2019, ont été observés au XXIe siècle.

Nombre de jours très chauds $\geq 35^{\circ}\text{C}$ Montpellier-Fréjorgues

Nombre de jours Très chauds avec $T_{\text{max}} \geq 35^{\circ}\text{C}$ depuis 1946



1946-1979 :
on relève quelques jours très chauds par décade
=> 1 à 5 j tous les 10 ans

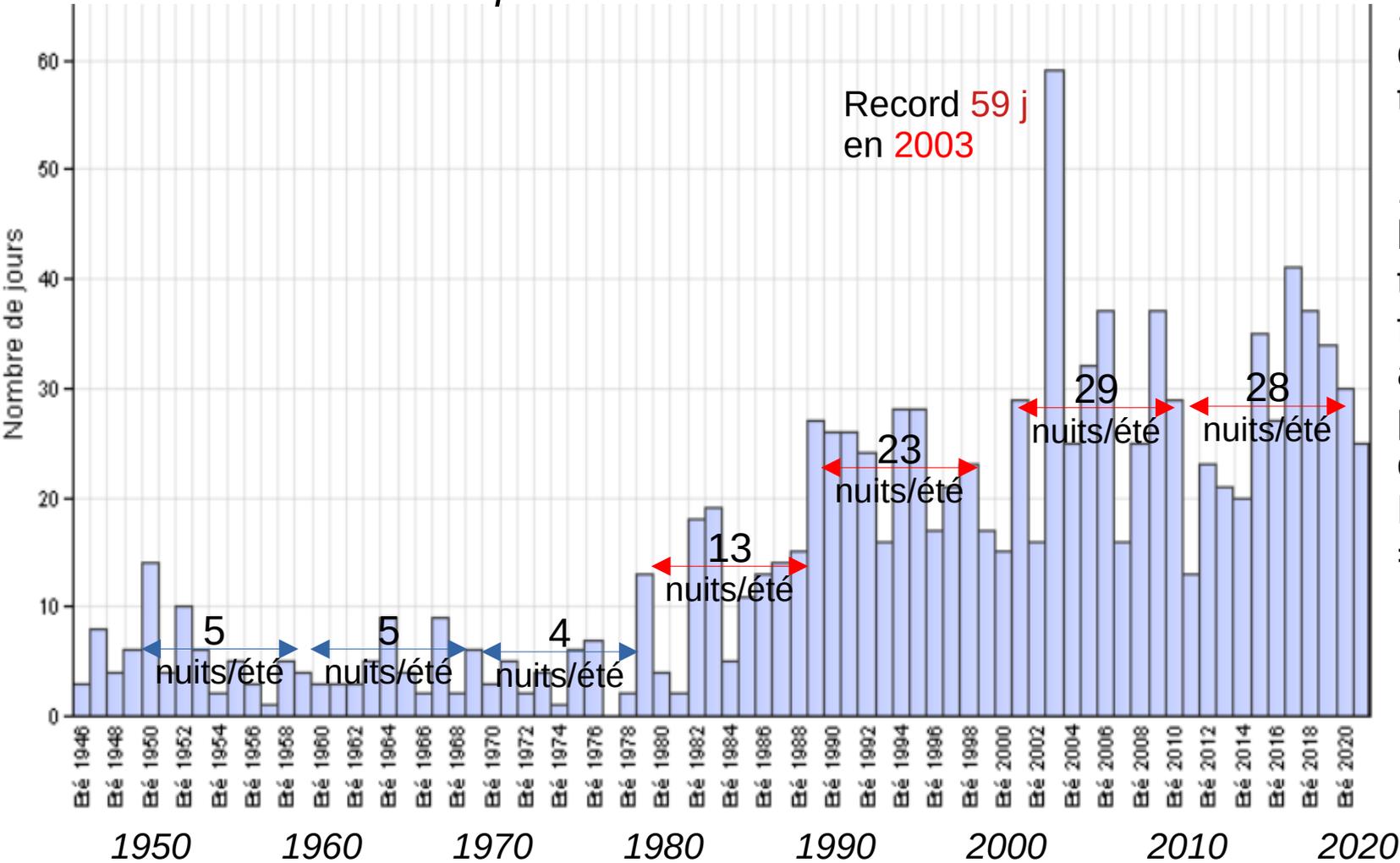
1980-2021 :
on relève une vingtaine de jours très chauds par décade
=> 17 à 20 j tous les 10 ans

Tmax records

rang	TXAB MAX ABS TX
1	43.5°C le 28/06/2019
2	37.7°C le 04/08/2017
3	37.6°C le 01/08/2020
4	37.5°C le 17/07/1990
5	37.4°C le 19/07/1991
6	37.2°C le 21/06/2003

Nombre de nuits « tropicales » Montpellier-Fréjorgues

Nombre de nuits « tropicales » avec $T_{min} \geq 20^{\circ}C$



1946-1979 :
on relève 4 à 5 nuits
tropicales par été

1980-2021 :
le nombre de nuits
tropicales augmente
fortement pour
atteindre 28/29 nuits
par été en moyenne
entre 2000 et 2020.
Record 2003
= 59 nuits

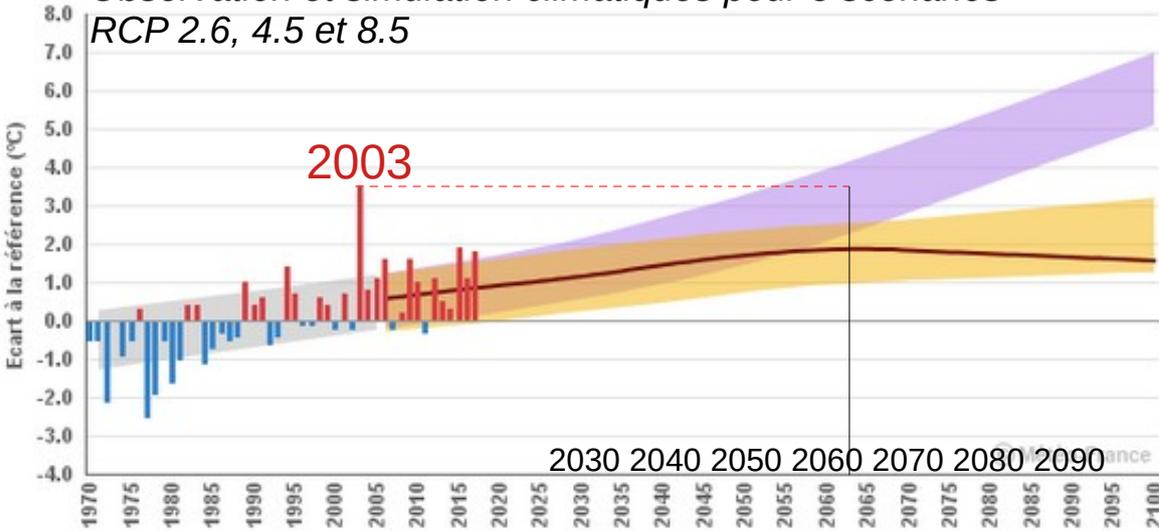
Tmin records max

rang	TNMAX MAX ABS TN
1	26.1°C le 10/08/1994
2	25.7°C le 21/07/2015
3	25.7°C le 28/07/2013
4	25.3°C le 24/08/2012
5	25.3°C le 24/07/2006
6	25.1°C le 16/06/2017
7	24.9°C le 27/07/2003

LR : projection des températures moyennes

Température moyenne estivale LR : écart à la réf. 1976-2005
Observation et simulation climatiques pour 3 scénarios

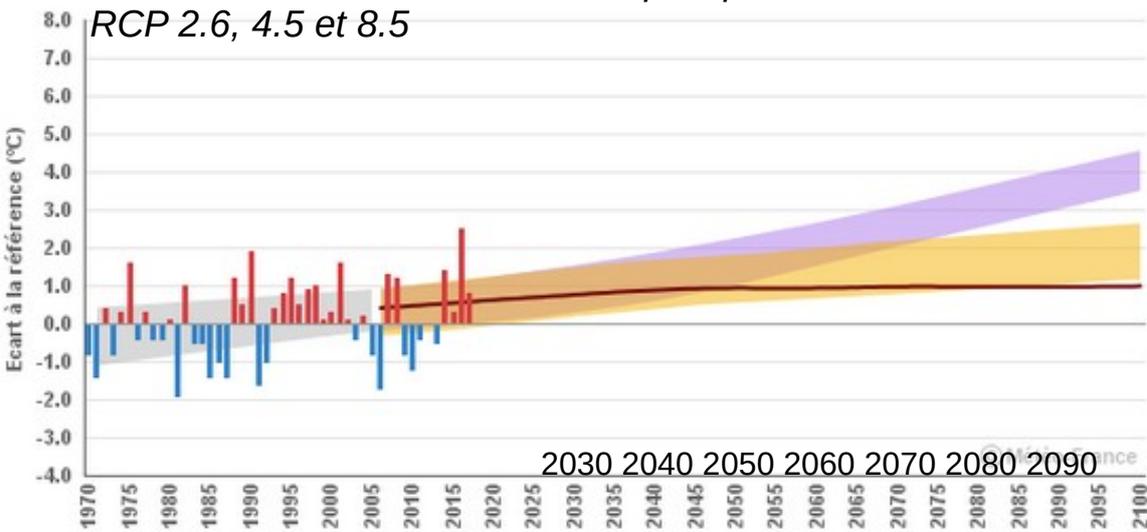
RCP 2.6, 4.5 et 8.5



■ 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

Température moyenne hivernale LR : écart à la réf. 1976-2005
Observation et simulation climatiques pour 3 scénarios

RCP 2.6, 4.5 et 8.5



En Languedoc-Roussillon :

les projections climatiques montrent une poursuite du réchauffement **jusqu'aux années 2050, quel que soit le scénario.**

Le seul scénario qui **stabilise le réchauffement** est celui qui intègre une politique climatique visant à faire baisser les concentrations en CO₂.

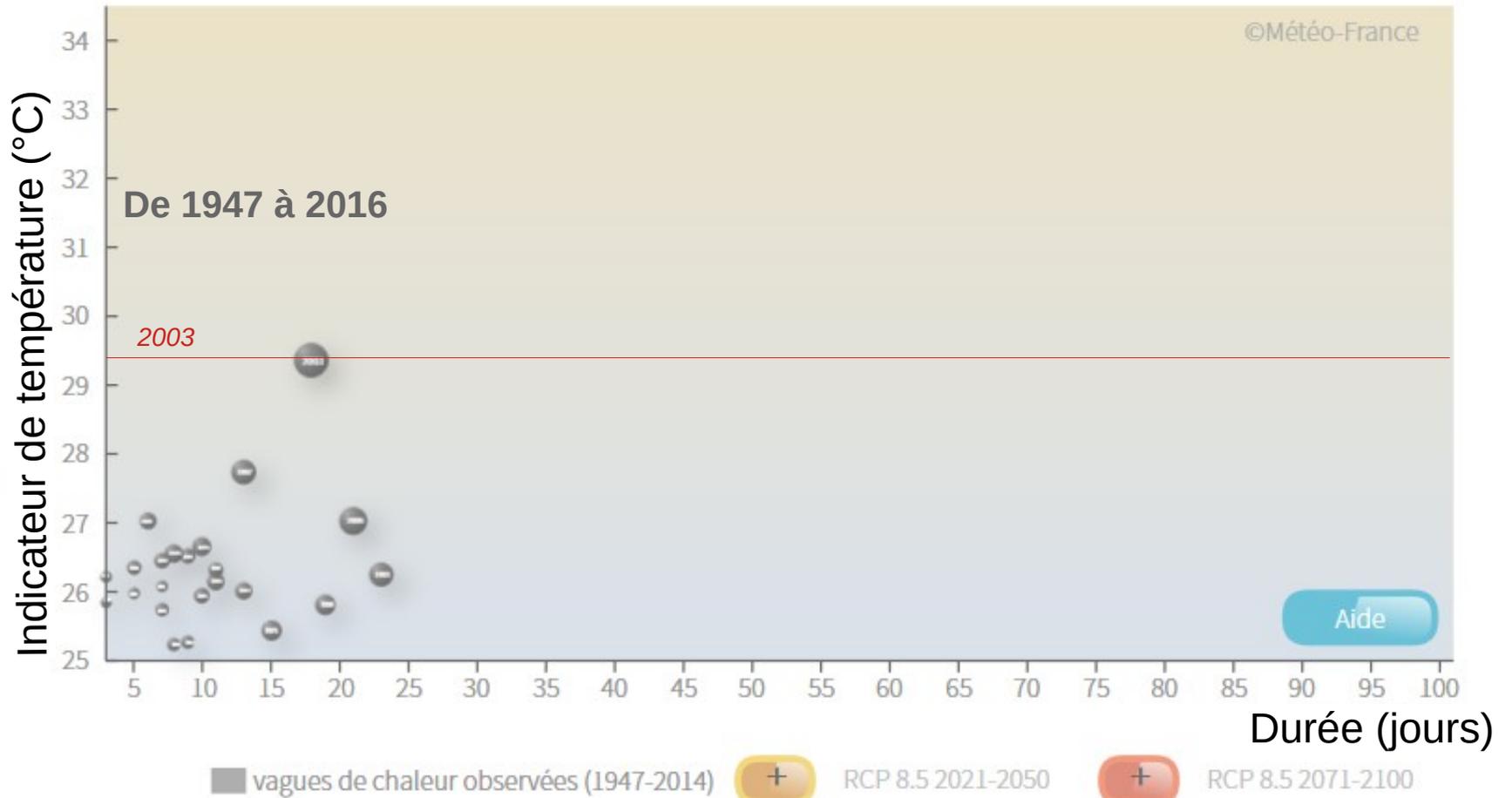
Selon le scénario sans politique climatique, la hausse des T°c pourrait atteindre à l'horizon 2071-2100 :

- l'été : près de 6°C
=> l'année 2003 correspondrait à une année moyenne vers 2060-2070

- l'hiver : près de 4°C

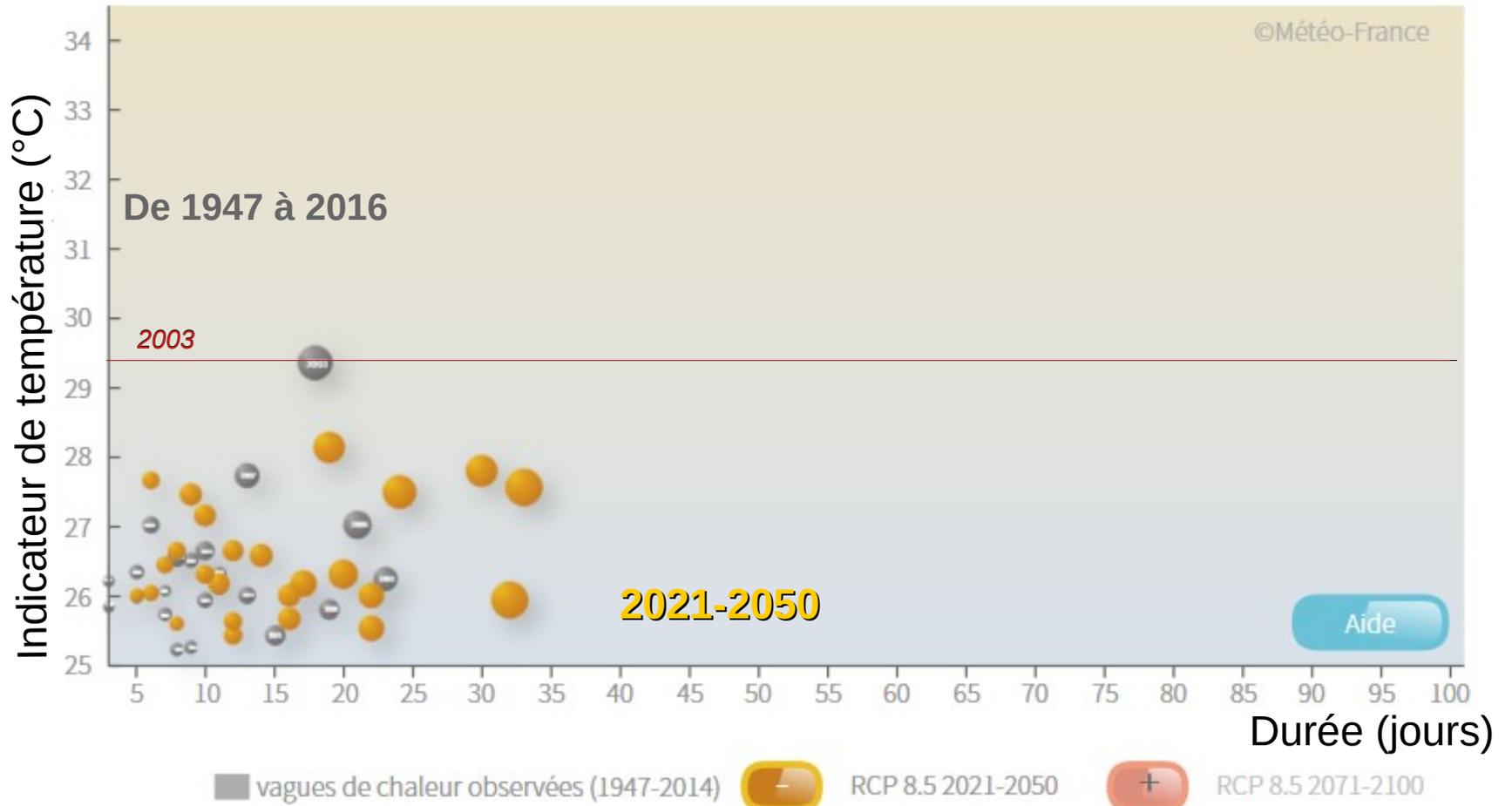
Vagues de chaleur

Vagues de chaleur : observations et simulations climatiques pour deux horizons temporels (scénario d'évolution RCP 8.5)



Vagues de chaleur

Vagues de chaleur : observations et simulations climatiques pour deux horizons temporels (scénario d'évolution RCP 8.5)

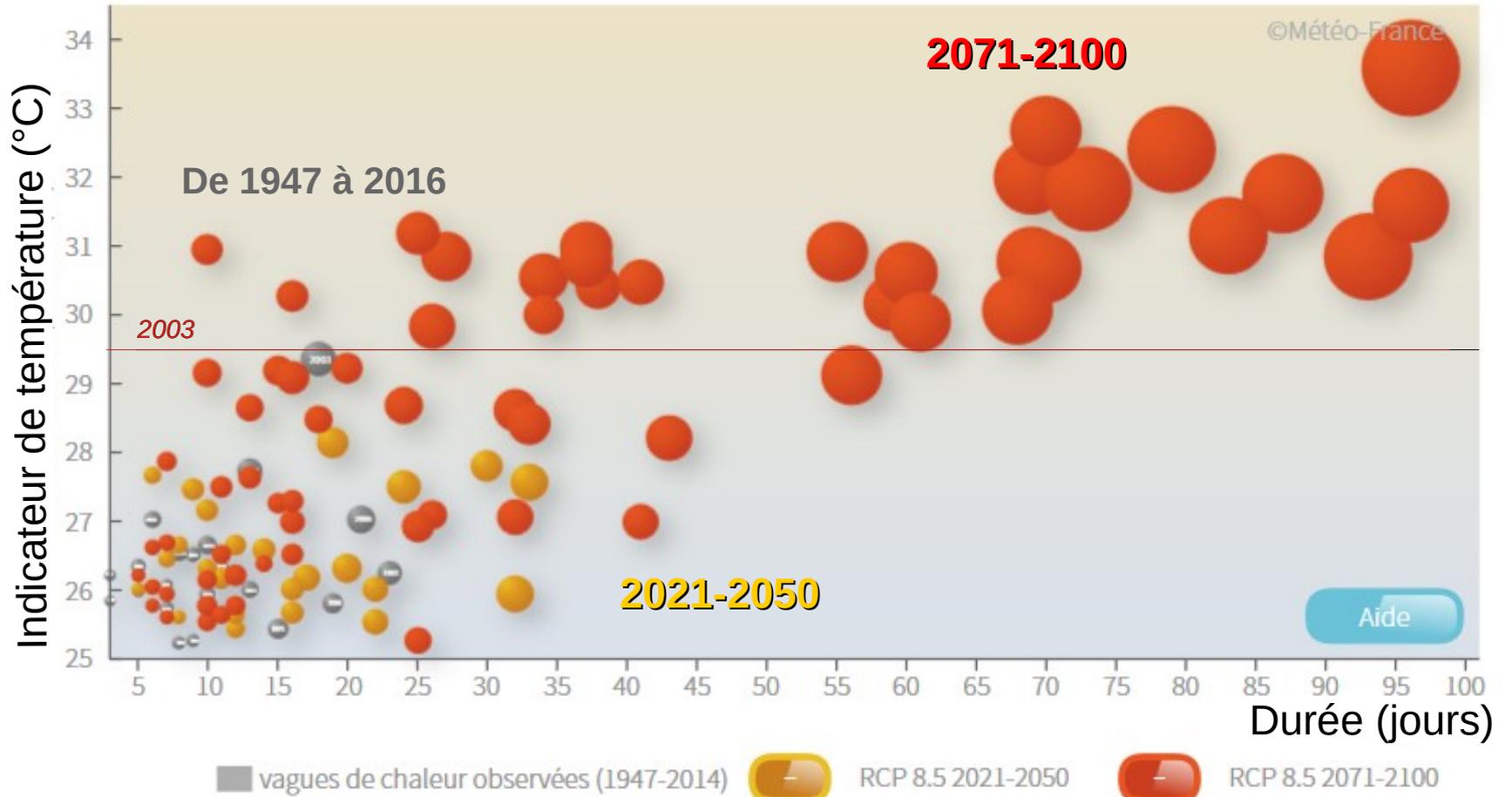


Scénario
« business as usual »

Vagues de chaleur

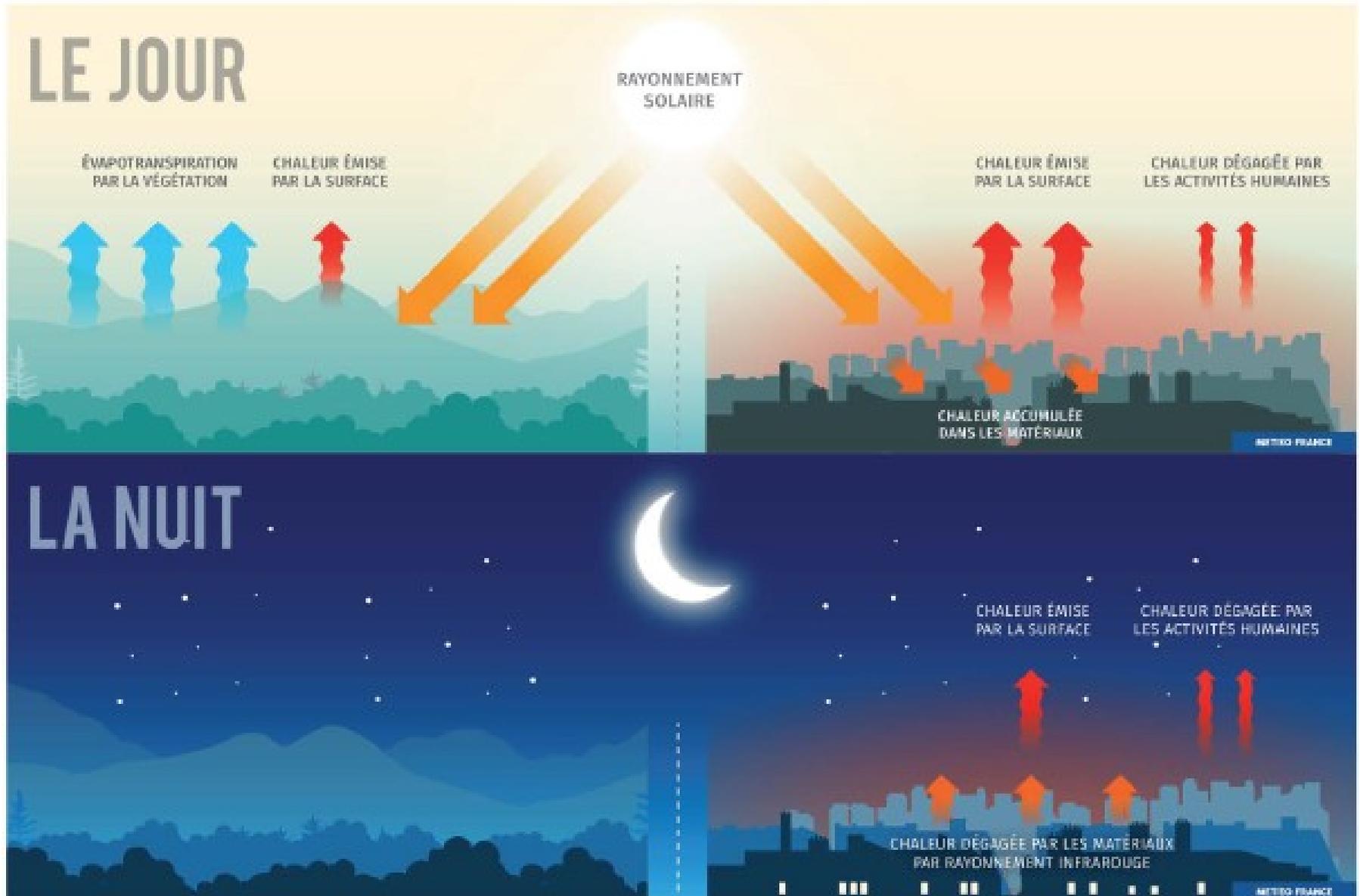


Vagues de chaleur : observations et simulations climatiques pour deux horizons temporels (scénario d'évolution RCP 8.5)



Scénario
« business as usual »

Effet Îlot Chaleur Urbain



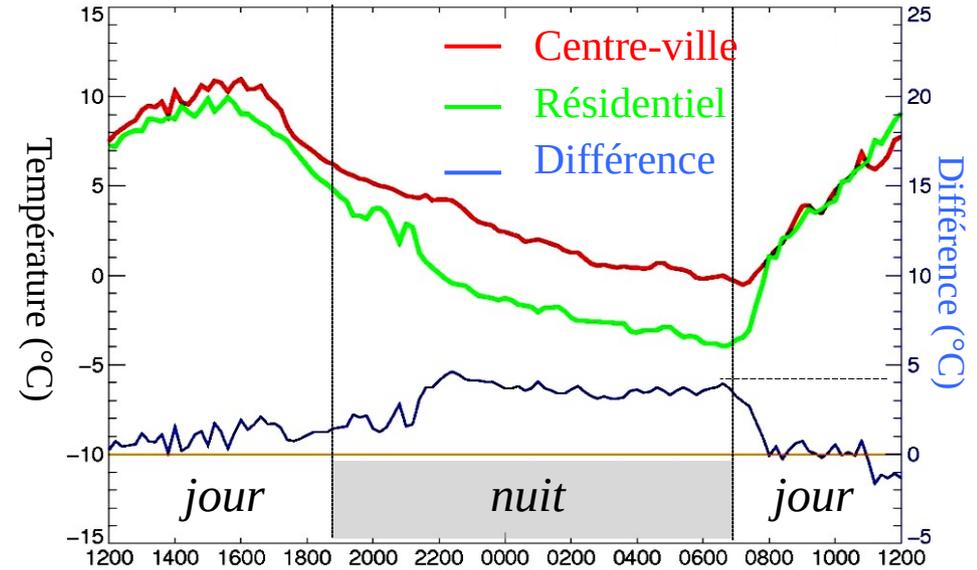
Effet Îlot Chaleur Urbain

Îlot de chaleur urbain

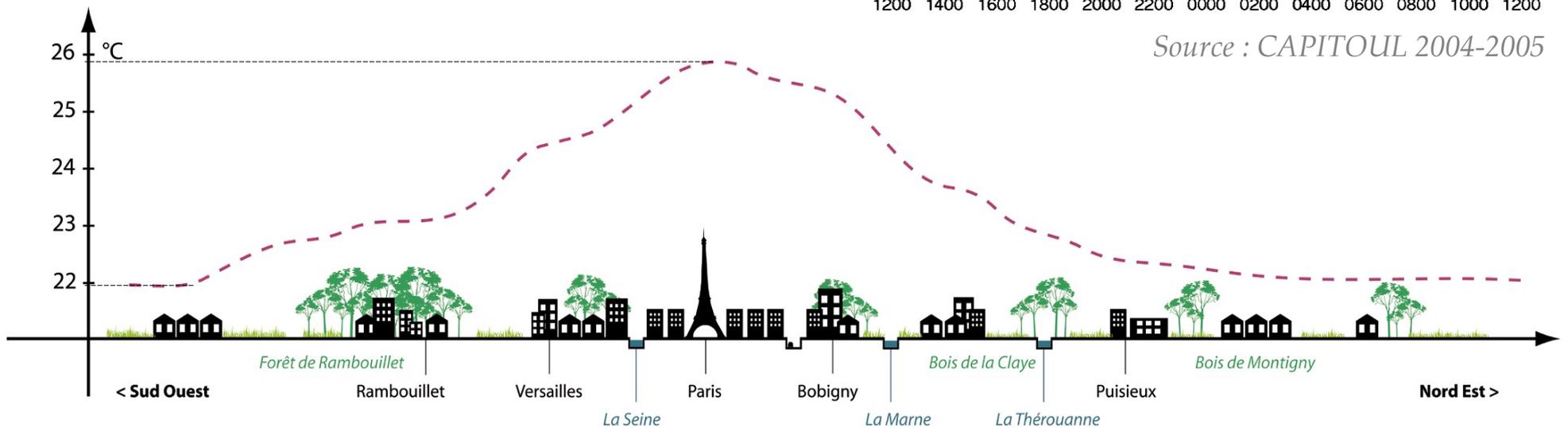
= anomalie positive de température entre ville et campagne

→ Effet maximal la nuit

→ Fonction du degré d'urbanisation



Source : CAPITOU 2004-2005



Source : Grand Pari de l'Agglomération parisienne, Groupe Descartes

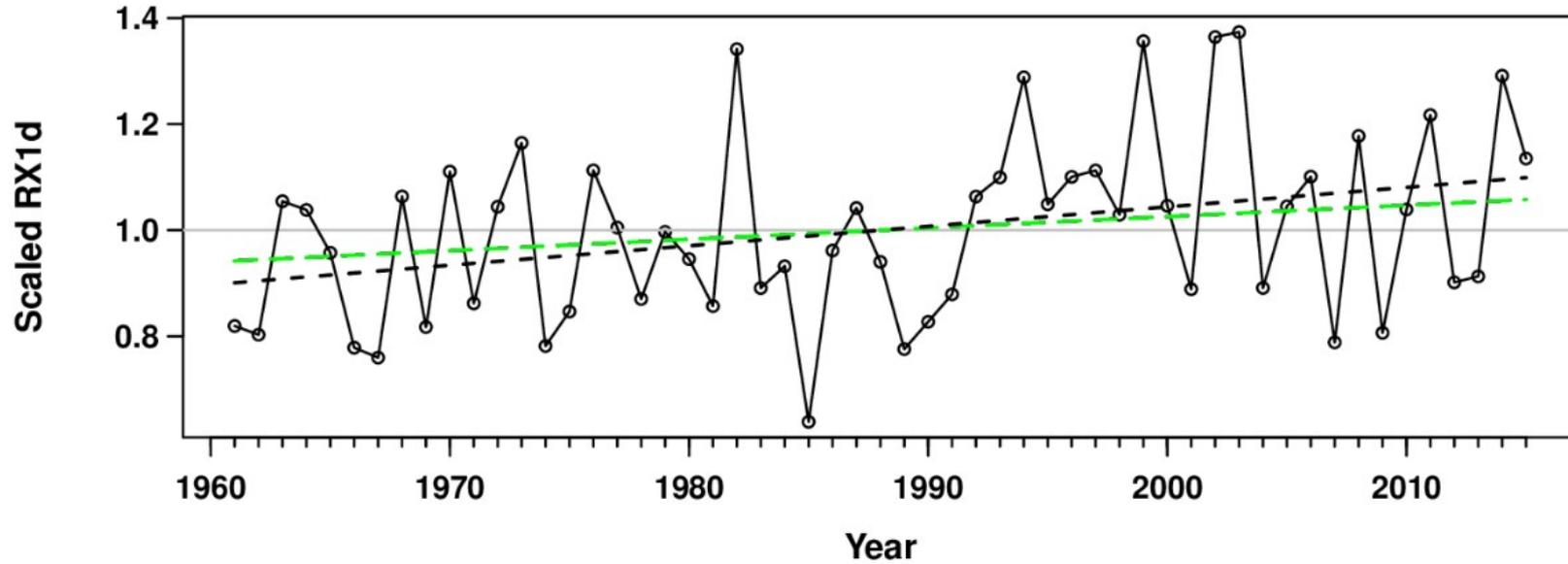


**METEO
FRANCE**

Les précipitations

- épisodes méditerranéens**
- et**
- sécheresses**

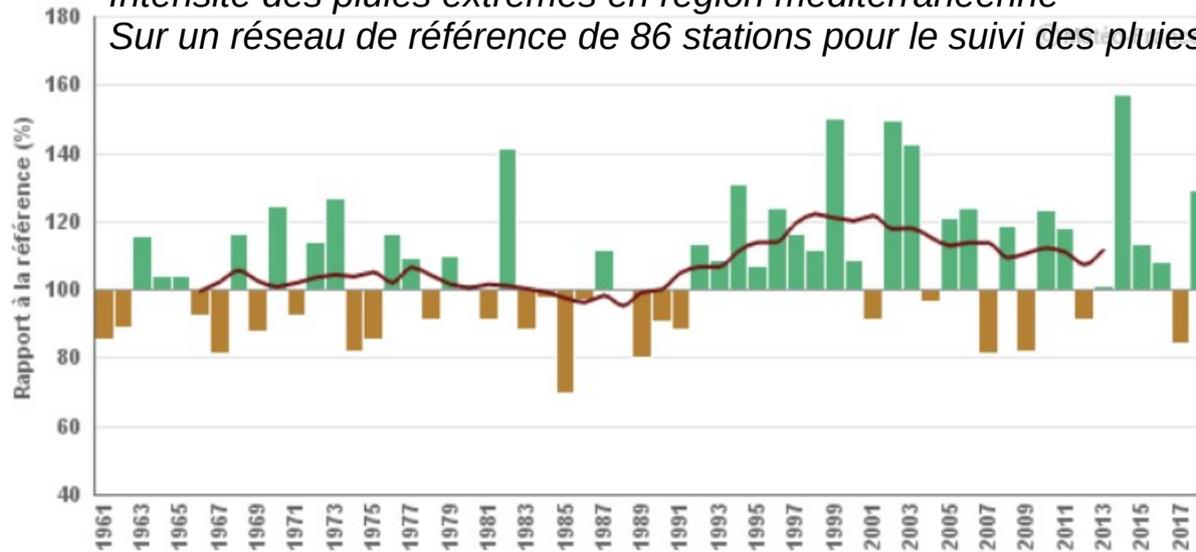
Pluies extrêmes : analyse statistiques depuis 1960



Arc méditerranéen :
intensité moyenne
des précipitations
maxi annuelles :
+22 % [7-39]
sur 1961-2015

Intensité des pluies extrêmes en région méditerranéenne

Sur un réseau de référence de 86 stations pour le suivi des pluies extrêmes

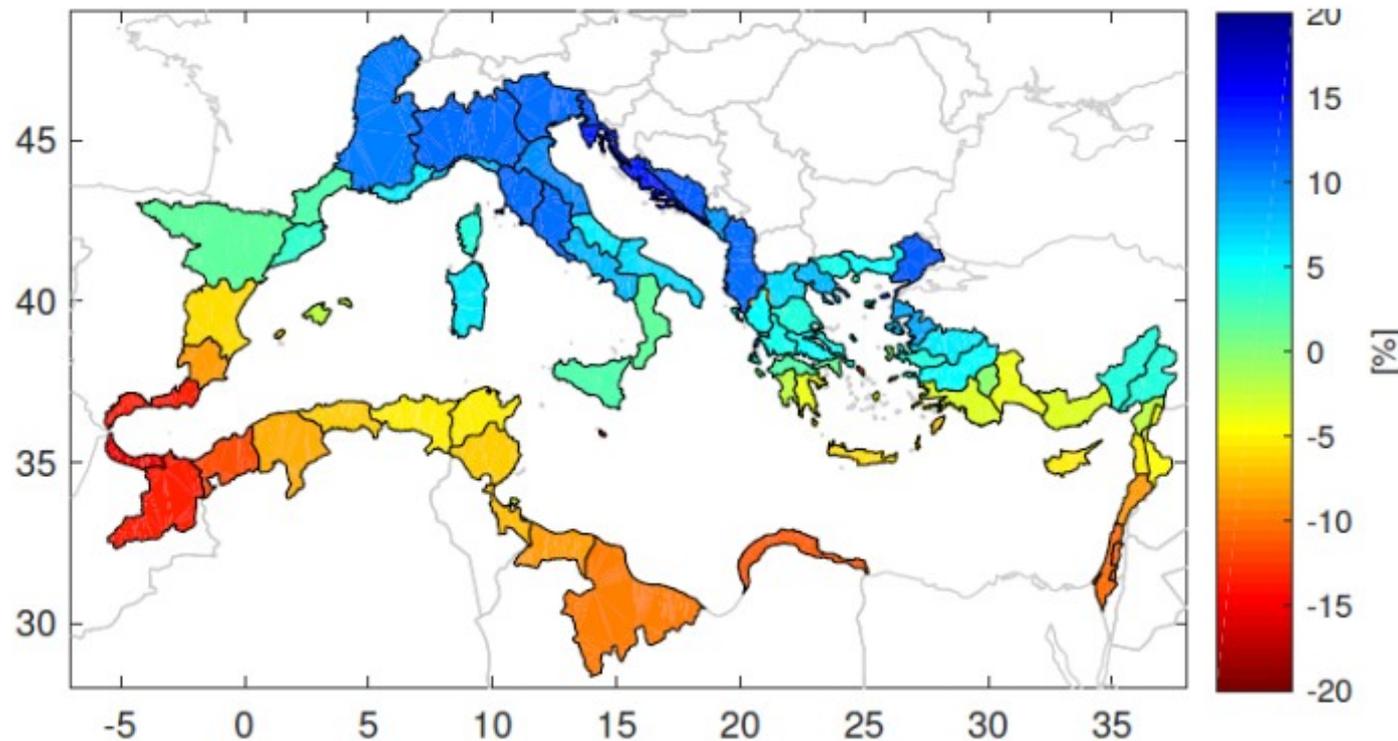


■ Rapport à la référence 1961-1990 du maximum annuel du cumul quotidien de précipitations
— Moyenne glissante centrée sur 11 ans

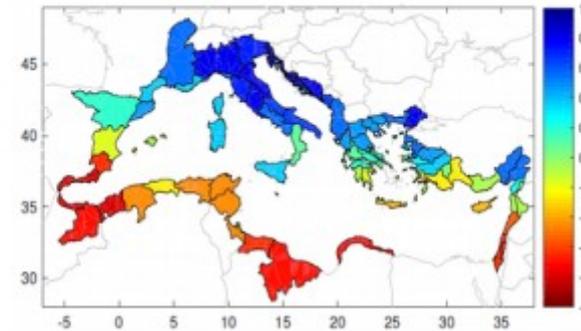
Pluies extrêmes : scénario « fort » RCP8.5, Horizon 2100 - modélisation ~12 km

Changement de précipitations pour des
événements d'une durée de retour de 20 ans

(%, bassin versant des rivières, ref : période avant tendance significative)



Indice d'accord entre
les modèles

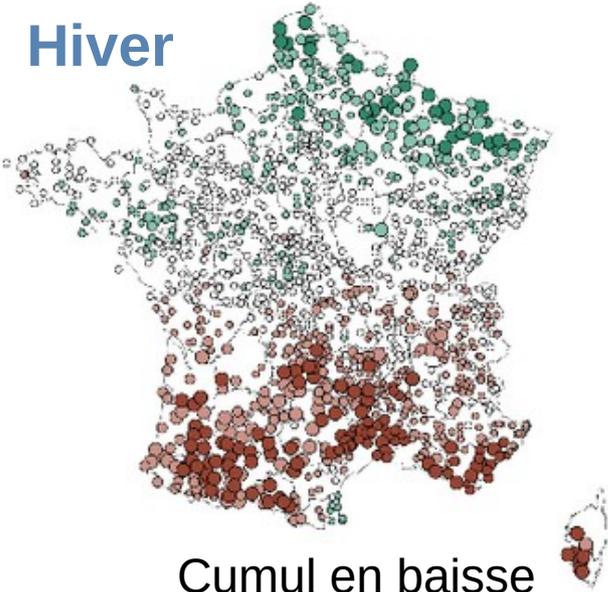


- Sous-échantillonnage de l'ensemble Euro-CORDEX, 12km « à la McSweeney »
- Approche paramétrique par un fit GEV sur le maximum annuel de la précipitation quotidienne
- Détermination de la date d'émergence du signal du changement climatique

Cumuls précipitations 1961-2012 : forte baisse en hiver et en été

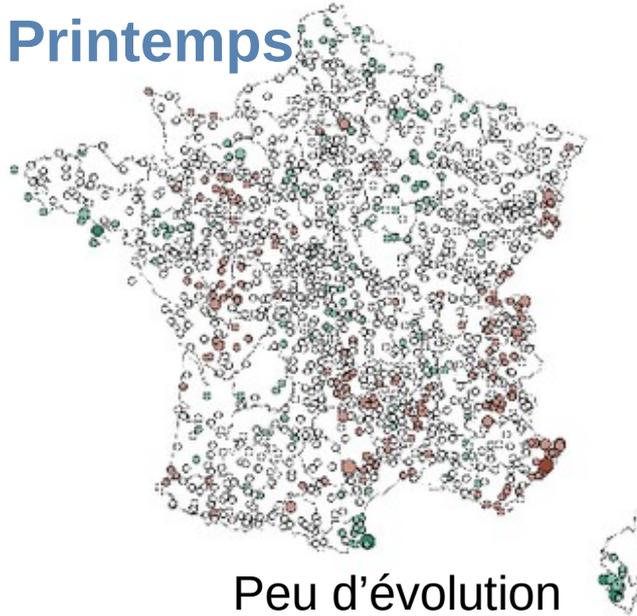
Evolution observée du cumul **annuel**
Sur la période 1961-2012

Hiver



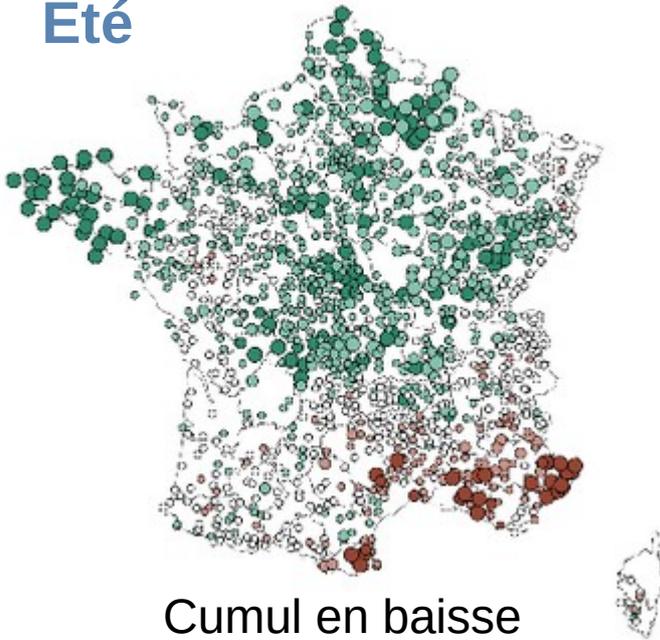
Cumul en baisse

Printemps



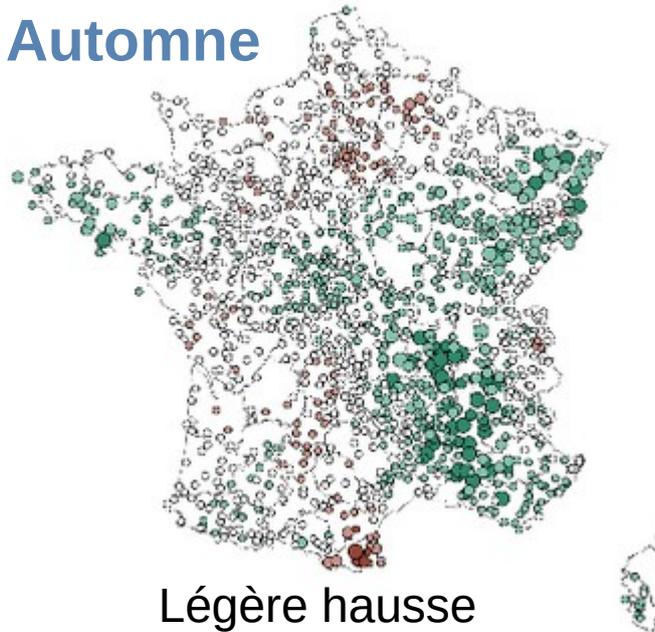
Peu d'évolution

Eté

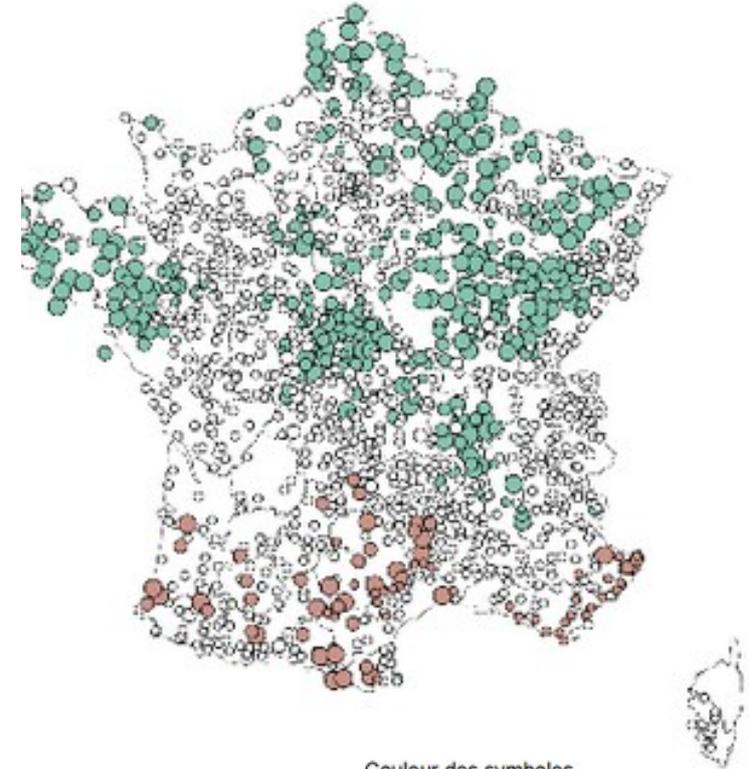


Cumul en baisse

Automne



Légère hausse



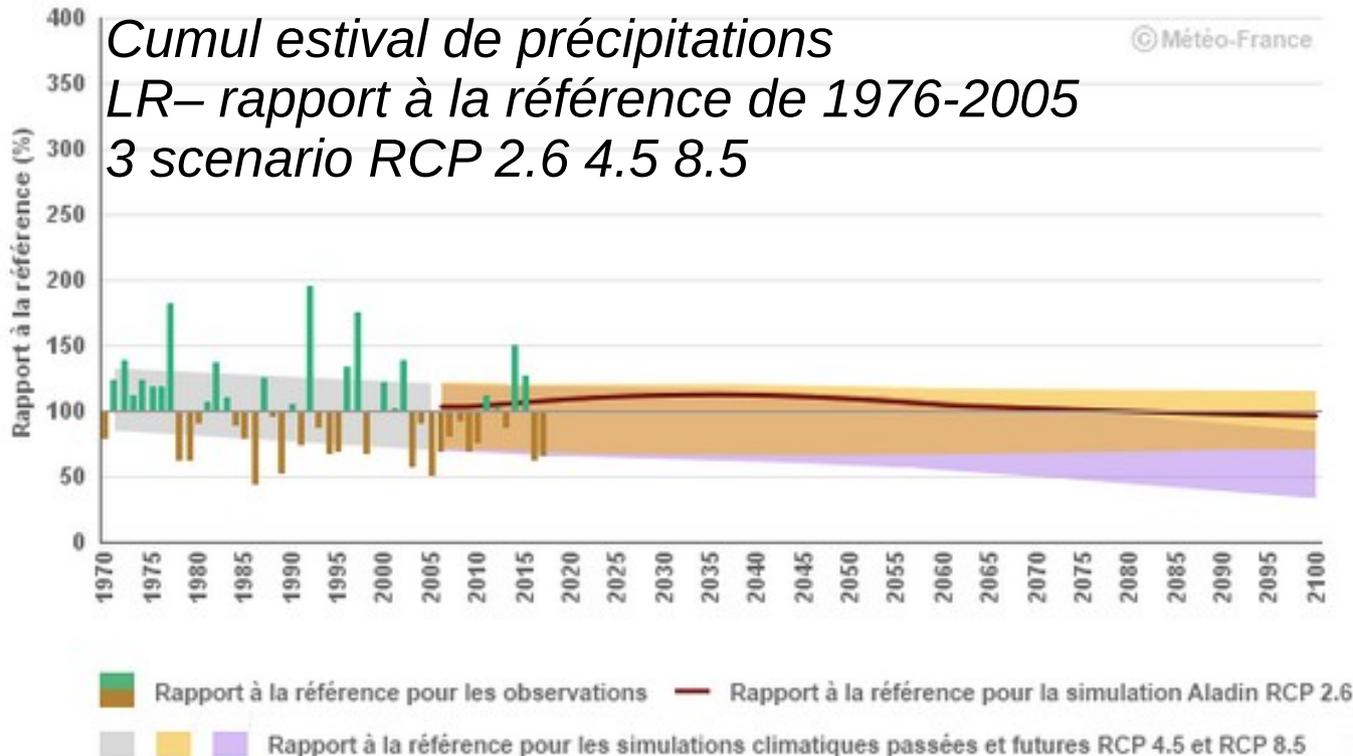
Couleur des symboles

- Augmentation
- Augmentation faible
- Pas d'évolution
- Diminution faible
- Diminution

Taille des symboles

- Confiance élevée
- Confiance modérée
- Confiance faible

Projections Languedoc-Roussillon



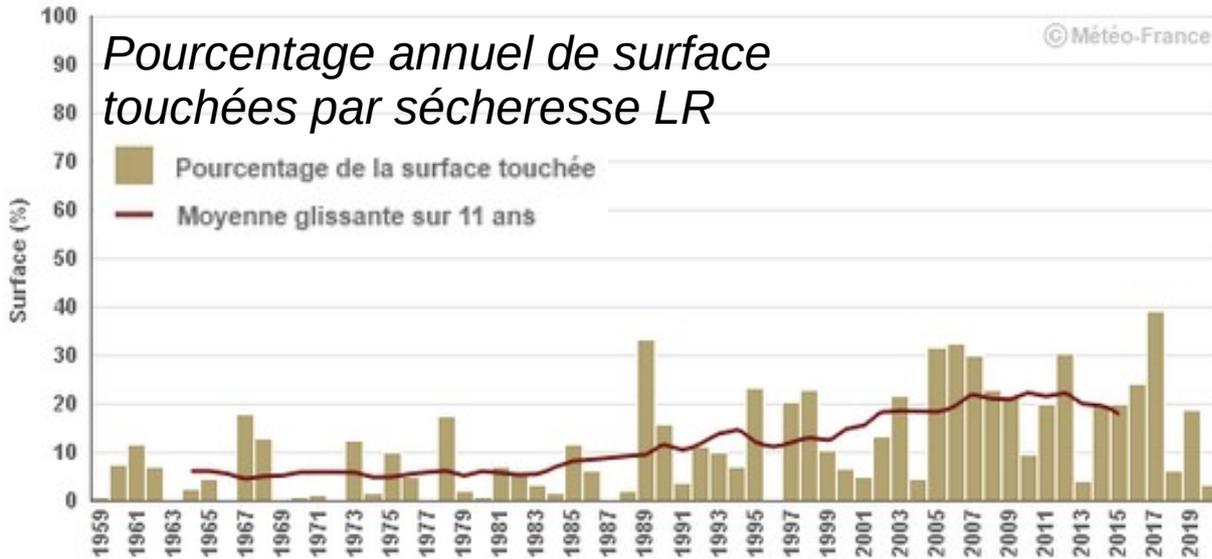
En Languedoc-Roussillon, quel que soit le scénario considéré, les projections climatiques montrent peu d'évolution des précipitations estivales jusqu'aux années 2050.

Sur la seconde moitié du XXI^e siècle, selon le scénario RCP8.5 (sans politique climatique), les projections indiquent une diminution des précipitations estivales.

=> peu d'évolution des précipitations hivernales

Sécheresse des sols Languedoc-Roussillon

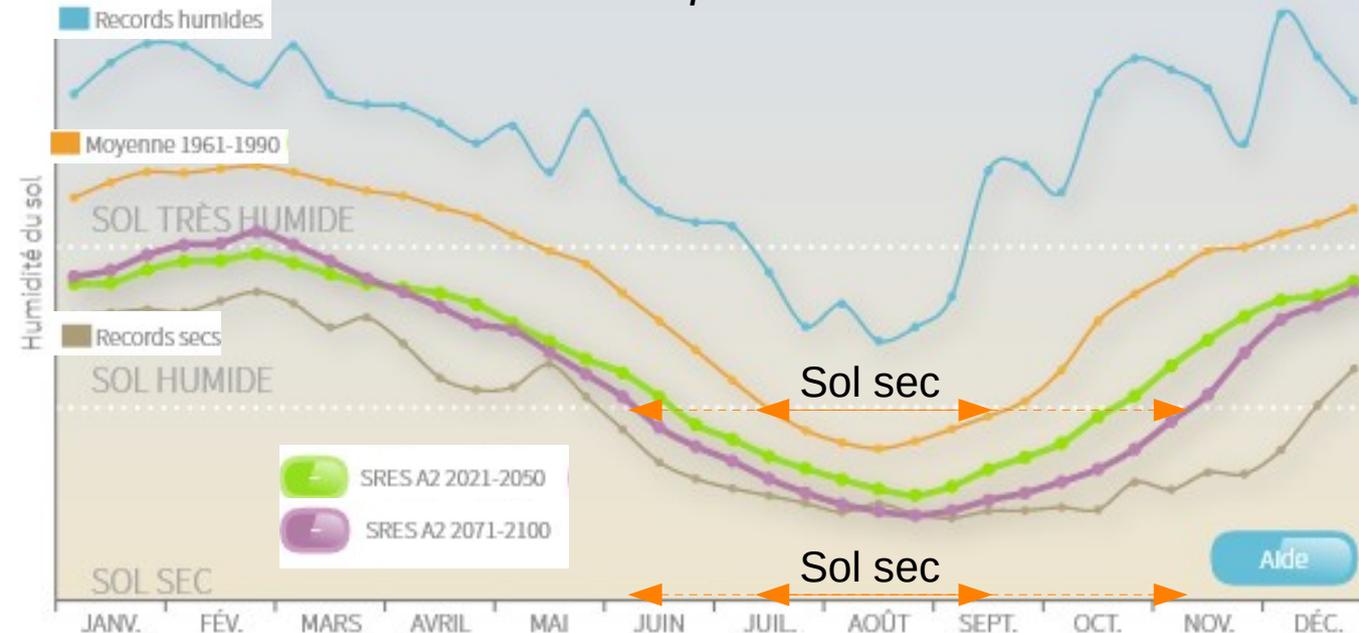
Pourcentage annuel de surface touchées par sécheresse LR



L'analyse du pourcentage annuel de la surface touchée par la sécheresse des sols depuis 1959 :

- permet d'identifier les années avec les événements les plus sévères => 2017 et 1989
- montre la forte augmentation de la surface des sécheresses => années 60 de l'ordre de 5 % => de nos jours plus de 20 %

Cycle annuel d'humidité du sol : moyenne 1961-1990, records et simulations climatiques



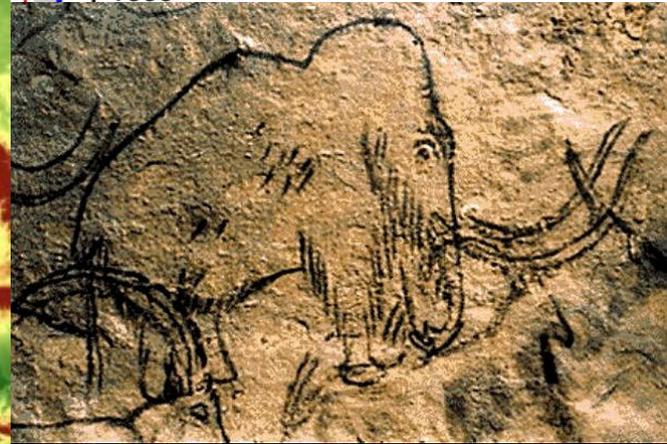
Période de référence climatique **1961-1990** et horizons temporels proches (**2021-2050**) ou lointains (**2071-2100**) selon un scénario SRES A2 montre un assèchement important en toute saison.

- allongement moyen de la période de sol sec (SWI inférieur à 0,5) de l'ordre de 2 à 4 mois
- en été fin de siècle : niveau moyen du SWI correspond au niveau record de la période 1961-1990

Quelques degrés...



Pingouin – grotte Cosquer
(près de Marseille)

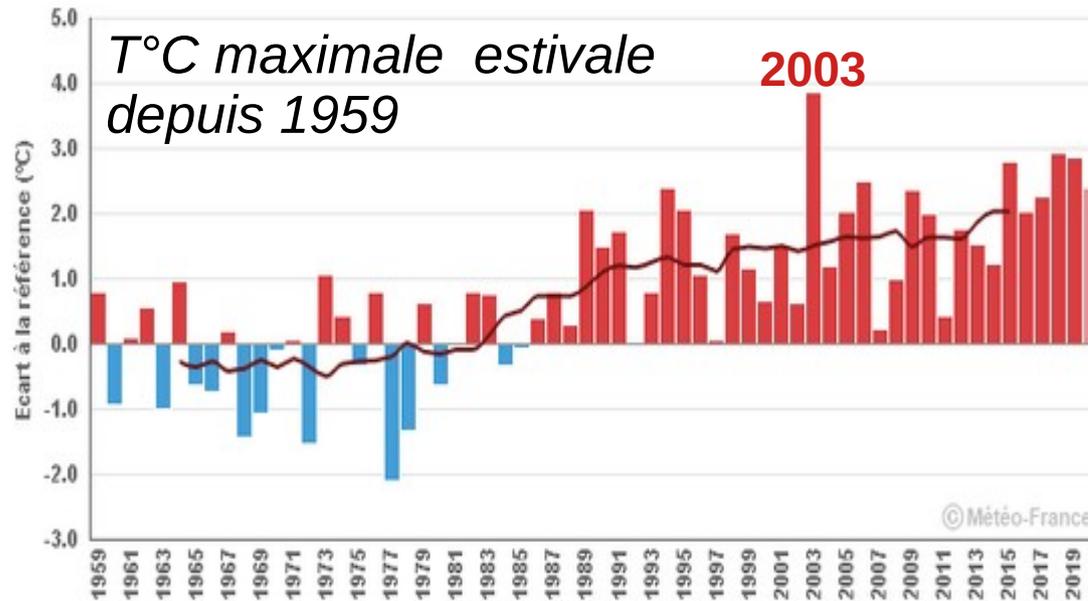


Mamouth-grotte de Rouffignac
(Dordogne)

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

(Würm, 115 000 à 11 000 ans)

Conclusions



Les effets du changement climatique sont multiples avec des évolutions dans :

- les températures (moyennées, occurrence et intensité des vagues de chaleur, de froid, etc...)
- les régimes de précipitations (occurrence, quantité annuelle, saisonnière, intensité...)
- la sécheresse des sols,
- les océans,
- etc...

Ils sont déjà « visibles » et objectivement mesurables, et vont se poursuivre.

- Quelque soit le scénario, l'évolution continue sur la même lancée jusque vers 2050
- Après le milieu du siècle, selon le scénario, liés à l'évolution des activités humaines, l'évolution peut s'accélérer, ralentir ou se stabiliser...

Quelques compléments pour questions sur

- qu'est-ce que le GIEC ?**
- comment connaissons nous les T°C dans le passé ?**
- autres facteurs de changements climatiques ?**

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

Groupe d'Experts **I**nter-gouvernemental sur l'**É**volution du **C**limat
Créé en 1988 par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM ou WMO)
et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE ou UNEP).

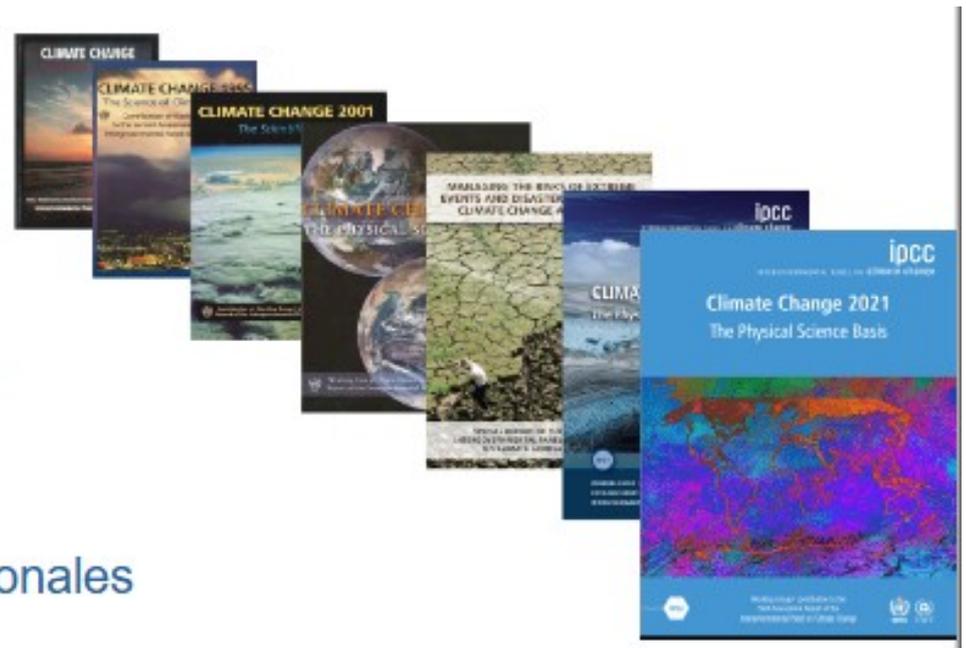
Le GIEC a pour mission d'évaluer et synthétiser les différentes études sur le changement climatique publiées à travers le monde.

Météo-France participe activement
à l'élaboration des différents rapports du GIEC.

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



ionales

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

Le 6^e Rapport d'Évaluation : → compilation de milliers d'études internationales

AOÛT 2021 : constat

- réchauffement attribué sans équivoque aux activités humaines (les facteurs naturels éruptions volcaniques, changements dans l'orbite de la Terre ... ont une contribution qui avoisine le zéro).
- montée du niveau de la mer => depuis 1900, le niveau de la mer a déjà augmenté de 20 cm et pourrait connaître une autre augmentation de 20 cm en plus d'ici 2050, voire d'un mètre d'ici 2100.
- forte augmentation des émissions de Méthane
- baisse efficacité des puits de carbone

FÉVRIER 2022 : les effets

AVRIL 2022 : des solutions ?

- remplacer les énergies fossiles
- diminution émission méthane
- puits de carbone
- réduction de la demande énergétique

Comment connaissons-nous le climat du passé ?

Les données quotidiennes les plus anciennes présentes dans la base nationale datent de 1688 (Observatoire de Paris) mais la plupart des données disponibles sont postérieures à 1960

=> trop court pour porter un diagnostic sur l'évolution du climat en France.

=> les climatologues travaillent à réunir des données plus anciennes, consignées dans des documents d'archives : données instrumentées disponibles depuis le milieu du XVIIIe siècle



Source : Météo France

extrait des
Observations météorologiques faites à l'Observatoire royal de Paris
Mois de Novembre 1816

Jours	Thermom. à midi	Baromètre à midi	hygro à midi	Vents	Variations de l'atmosphère		
					Le matin	à midi	Le soir
1	+ 11,25	742,40	92	S	Pluie, brouillard	Pluie ab. fa. inter.	nuage ?
2	+ 11,35	747,16	85	S	br. nuage ? br. nu.	couvert	Pluie dans la nuit
3	+ 12,75	748,40	82	S	couvert lig. br.	idem, lig. br.	Pluie abond.
4	+ 9,00	749,80	90	E	brouil. épais, et hum.	Pluie	idem
5	+ 10,35	753,88	86	S	nuage ? brouil.	couvert	couvert
6	+ 10,00	744,94	91	S-O	pluie, brouil. épais	Pluie, lég. br.	nuage ?
7	+ 8,75	745,16	86	O	couvert, br. nu.	couv. br.	quelq. goutt. d'eau
8	+ 4,35	748,42	81	S	nuage ? br. nu.	idem	couvert
9	+ 10,75	738,84	82	S-O fort	couv. br. nu.	Pluie ab. dur à 10 h.	6. ciel éclair. au 11.0
10	+ 6,85	745,84	80	O	nuage ép.	couv. br.	Pluie
11	+ 2,75	757,26	67	O. fort	id. br. nuage av. l. j.	beau ciel	Pluie, neige
12	+ 8,10	746,08	86	O. fort	Pluie lég. br.	Pluie	Pluie fa. inter. et
13	+ 11,85	757,60	92	O	Pluie ép. br.	couvert	couvert
14	+ 11,85	756,48	77	O-N-O	Pluie ab. br.	nuage ?	Pluie

Relevé d'observations météorologiques novembre 1816 à l'Observatoire Royal de Paris - © Archives nationales - Météo-France

Carottages de glace



Photo : Pascal Doira, LSCE/CNRS-CEA

Cernes des arbres

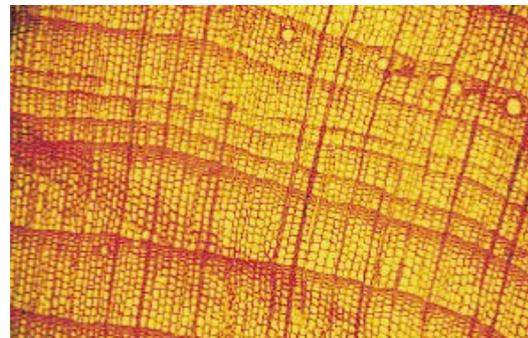


Photo : ACFAS

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

Les moteurs des variations de température du passé => phénomènes astronomiques



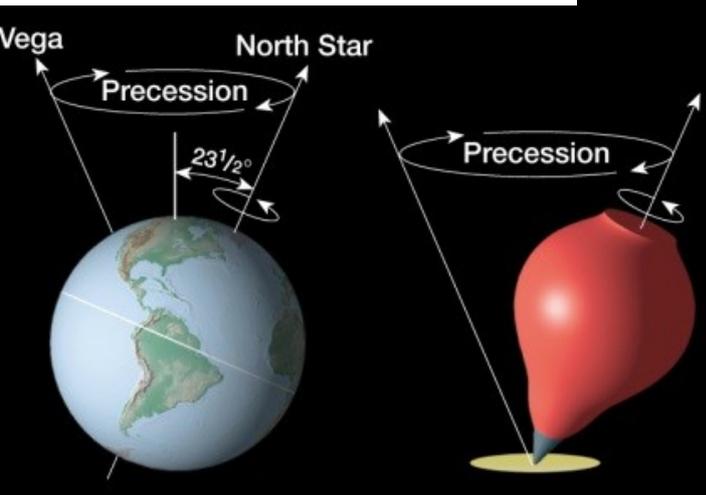
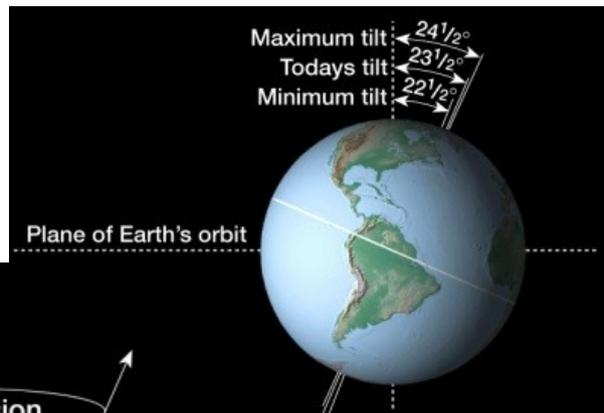
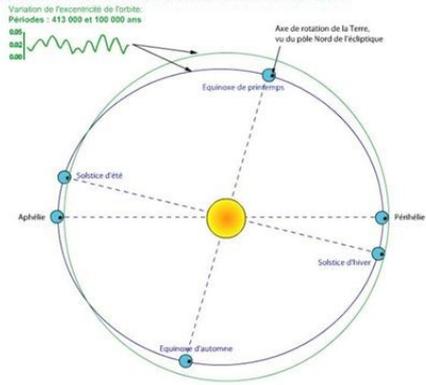
Milutin Milanković,
1879-1958 ingénieur,
astronome, géophysicien
et climatologue serbe.

- centaines de milliers d'années passées : **alternance de périodes glaciaires et interglaciaires**

=> moteur de cette alternance = **phénomènes astronomiques**
(variations des paramètres de l'orbite terrestre)

=> modifient l'ensoleillement = donc la température sur notre planète – le tout très lentement.

VARIATION DE L'EXCENTRICITÉ DE L'ORBITE



- **Excentricité** de l'orbite terrestre
(ellipse)

période : 413 000 ans

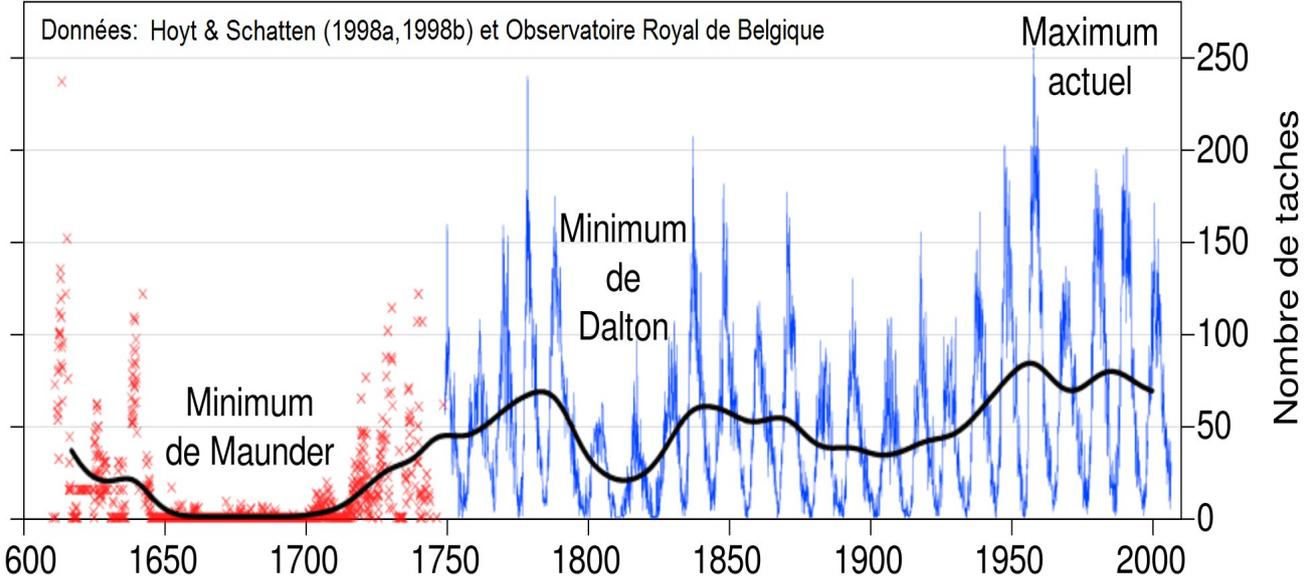
- **Obliquité terrestre**
(inclinaison de la planète variant
entre 22,1 ° et 24,5 °)

période : 41 000 ans

- **Précession** (effet toupie)
tour complet en 25 760 ans

Les moteurs des variations de température du passé => activité solaire

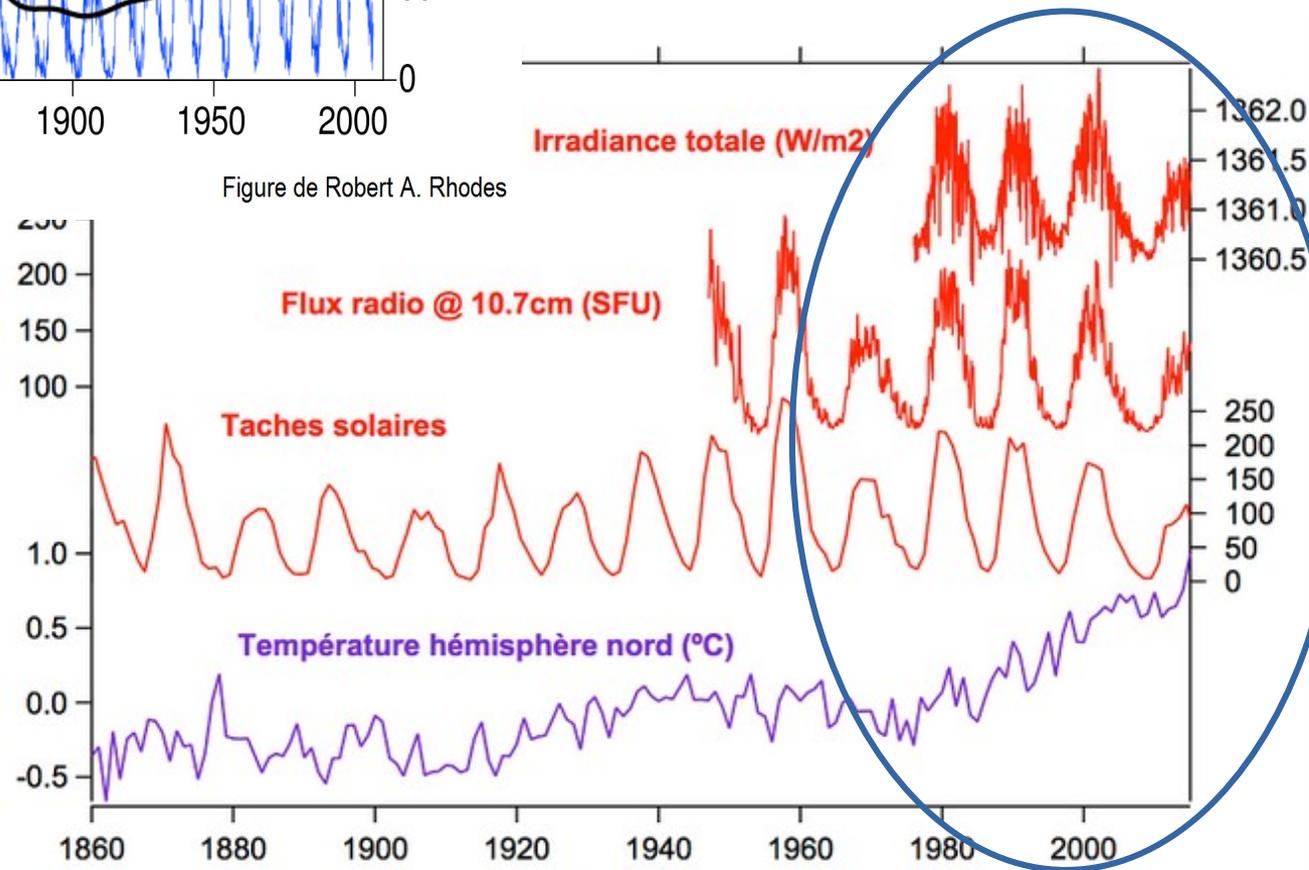
Données: Hoyt & Schatten (1998a, 1998b) et Observatoire Royal de Belgique



Cycles de + ou - forte activité solaire => environ 11 ans

(associé à la variation du nombre des tâches solaires)

Figure de Robert A. Rhodes



Les moteurs des variations de température du passé => forçage naturel interne = volcanisme

