

# **Climat et eau:**

## **De l'échelle du globe à celle de la Bretagne**

### **et les projections pour le futur**

**Dr Laurent Labeyrie**

Professeur honoraire à l'Institut Universitaire de France

Professeur invité à l'UBS Vannes

Membre du Groupe Intergouvernemental des Experts sur le Climat (GIEC) 2004-2008

Membre du Haut Conseil Breton pour le Climat

[ldlabeyrie@gmail.com](mailto:ldlabeyrie@gmail.com)

1400 w/m2 réparti sur la surface éclairée  $\pi R^2$

physique de l'effet de serre à l'équilibre

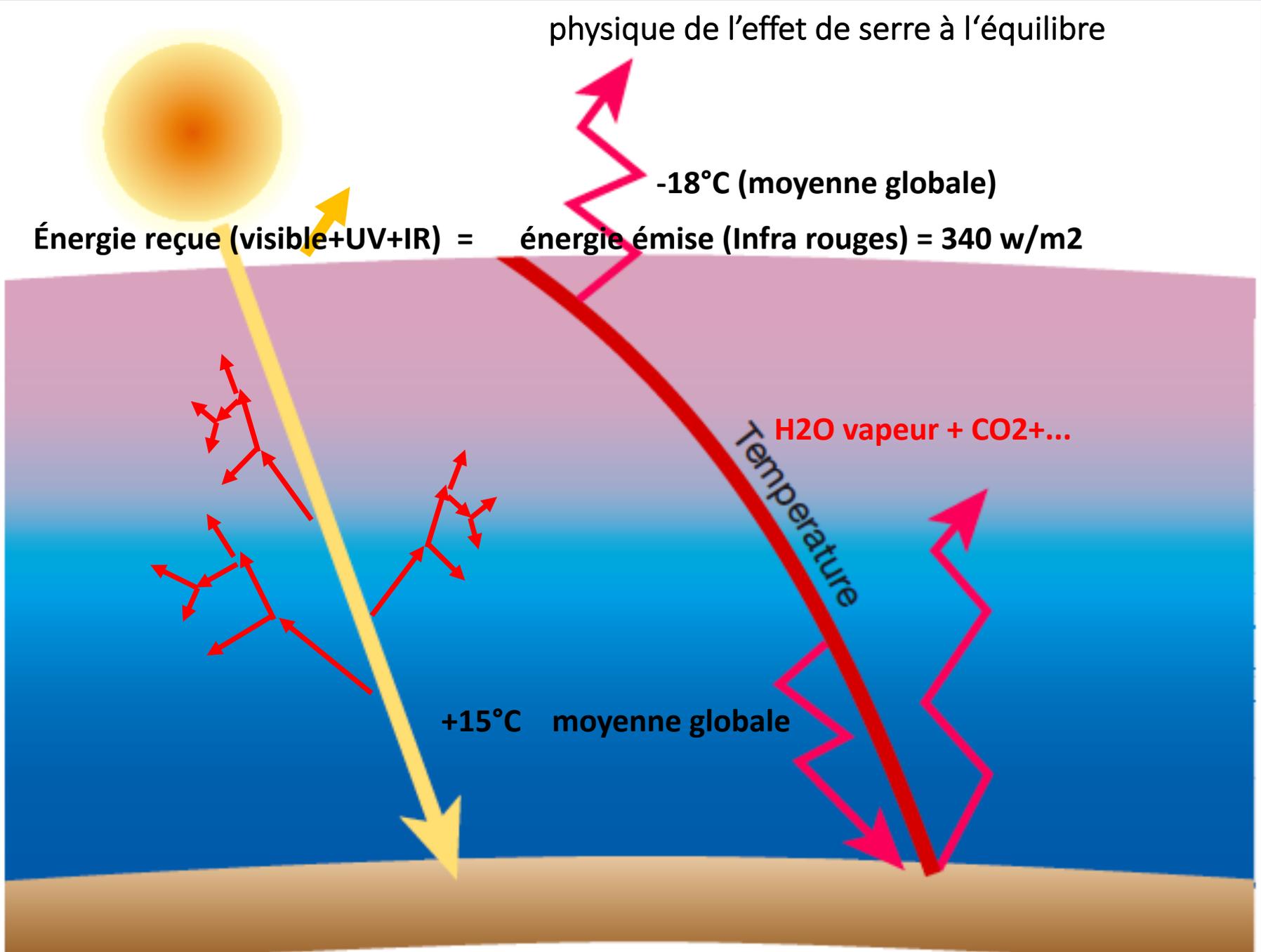
Énergie reçue (visible+UV+IR) = énergie émise (Infra rouges) = 340 w/m2

-18°C (moyenne globale)

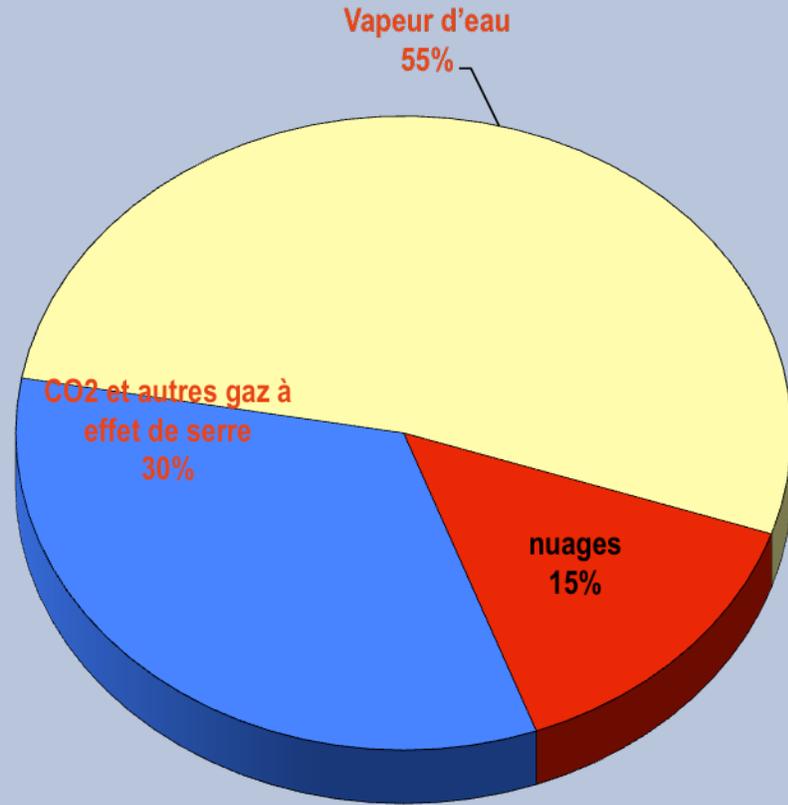
H2O vapeur + CO2+...

Temperature

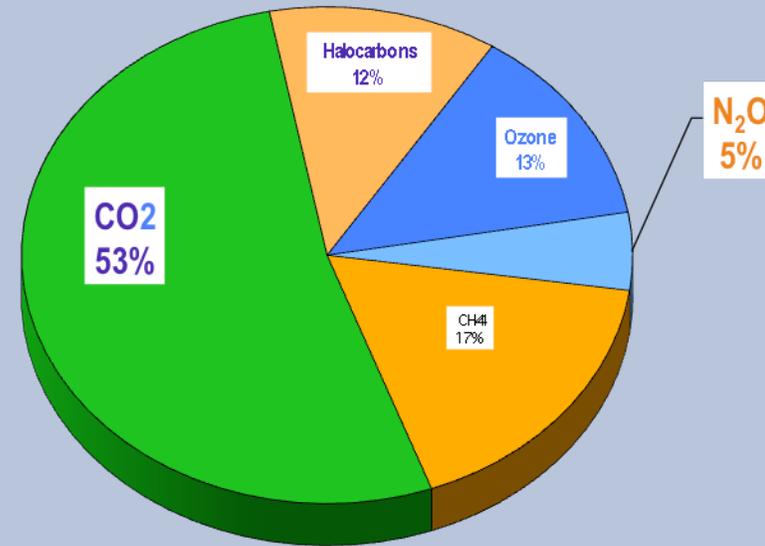
+15°C moyenne globale



# Principaux constituants atmosphériques contribuant à l'effet de serre



**Naturel**  
**(155 W/m<sup>2</sup>) -> +15° C**



**Additionnel**  
**(2.8 W/m<sup>2</sup>)**  
**Avec rétroactions sur l'eau -> 10W/m<sup>2</sup>-> +1° C**

# Quantité de vapeur d'eau à saturation

**En moyenne +7 %/°C**

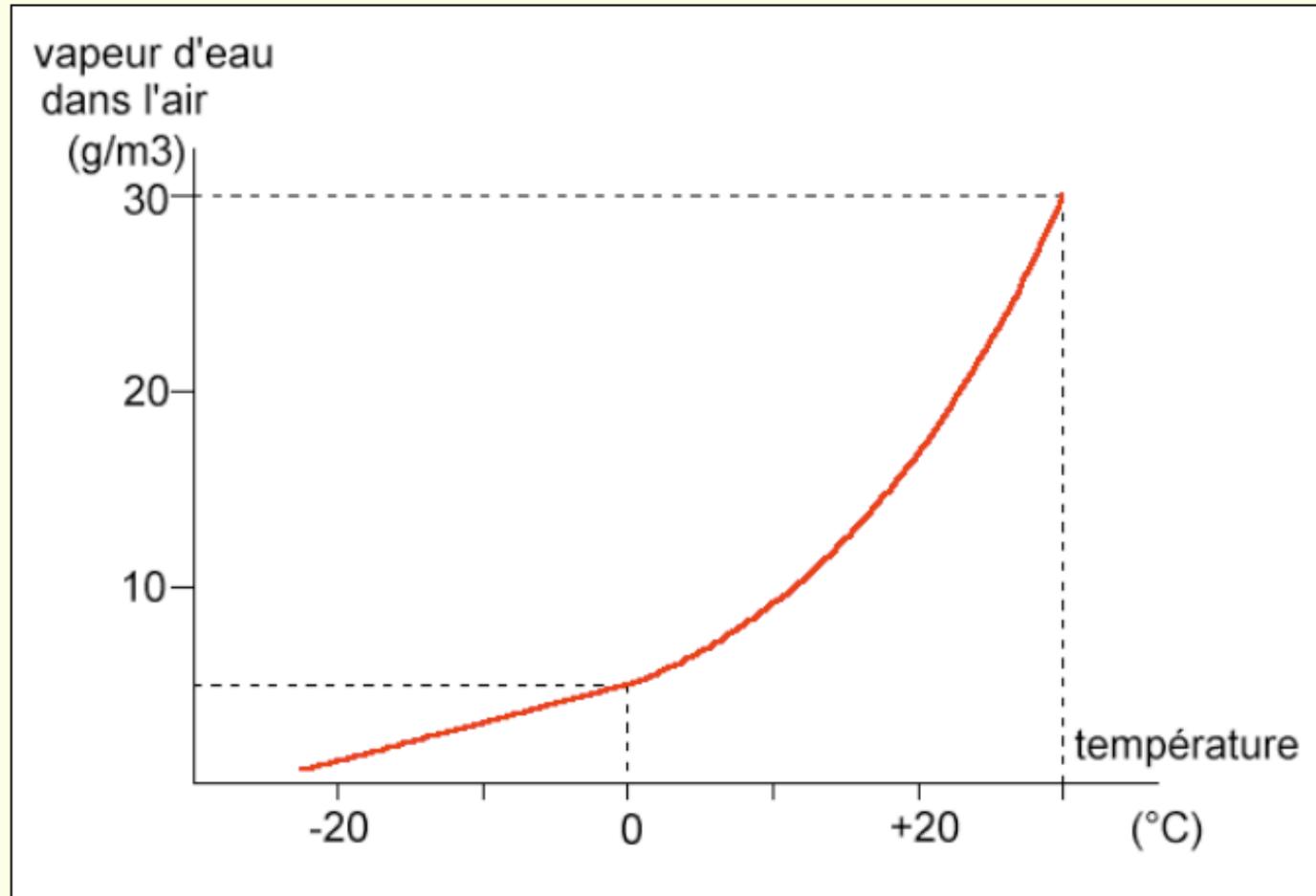


Figure 5b: quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air: elle augmente selon la température. Une masse d'air chaude peut contenir plus de vapeur qu'une masse froide.

Dans l'atmosphère, le bi-cycle énergie-eau

Rayonnement solaire visible

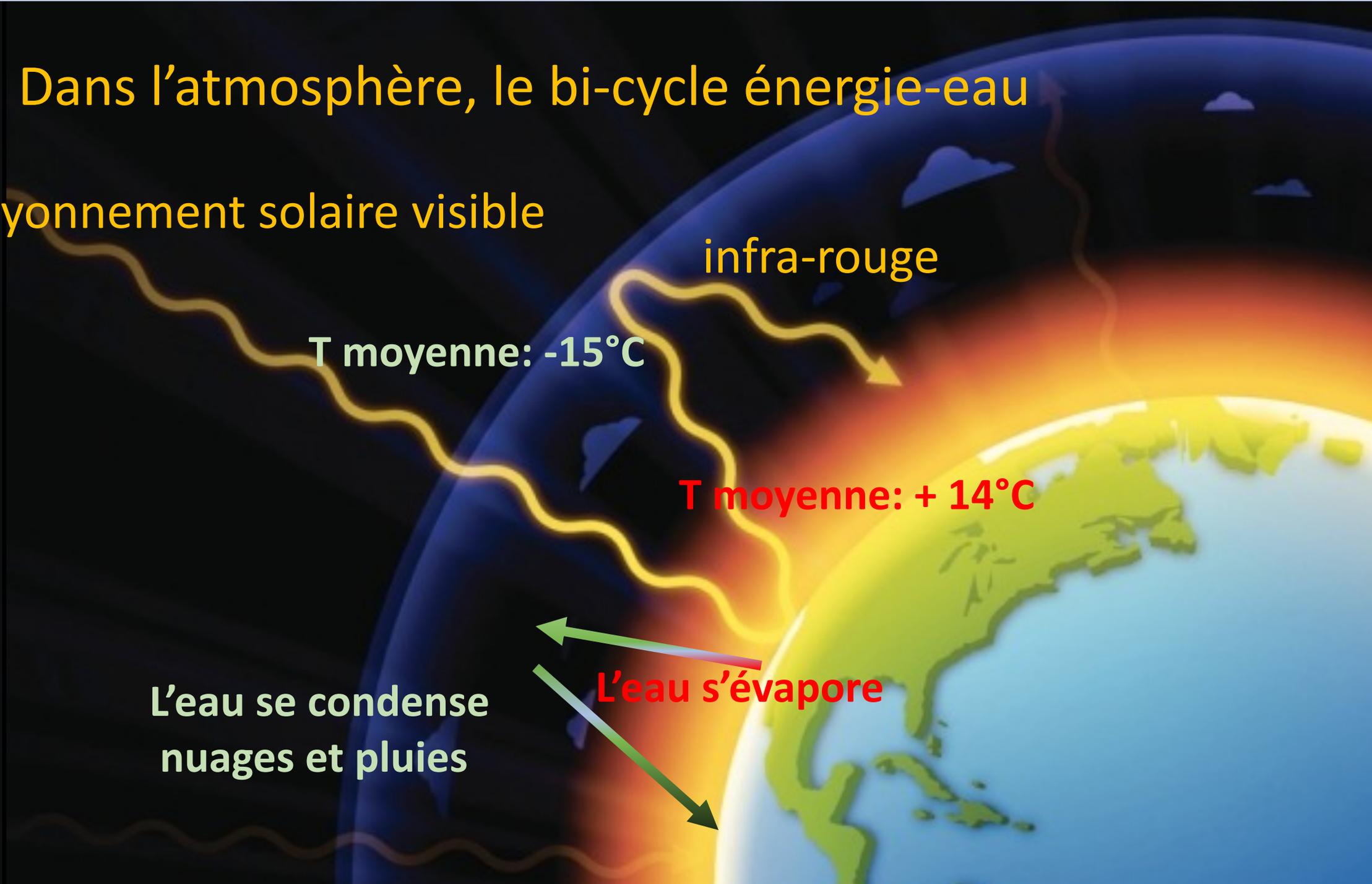
infra-rouge

T moyenne:  $-15^{\circ}\text{C}$

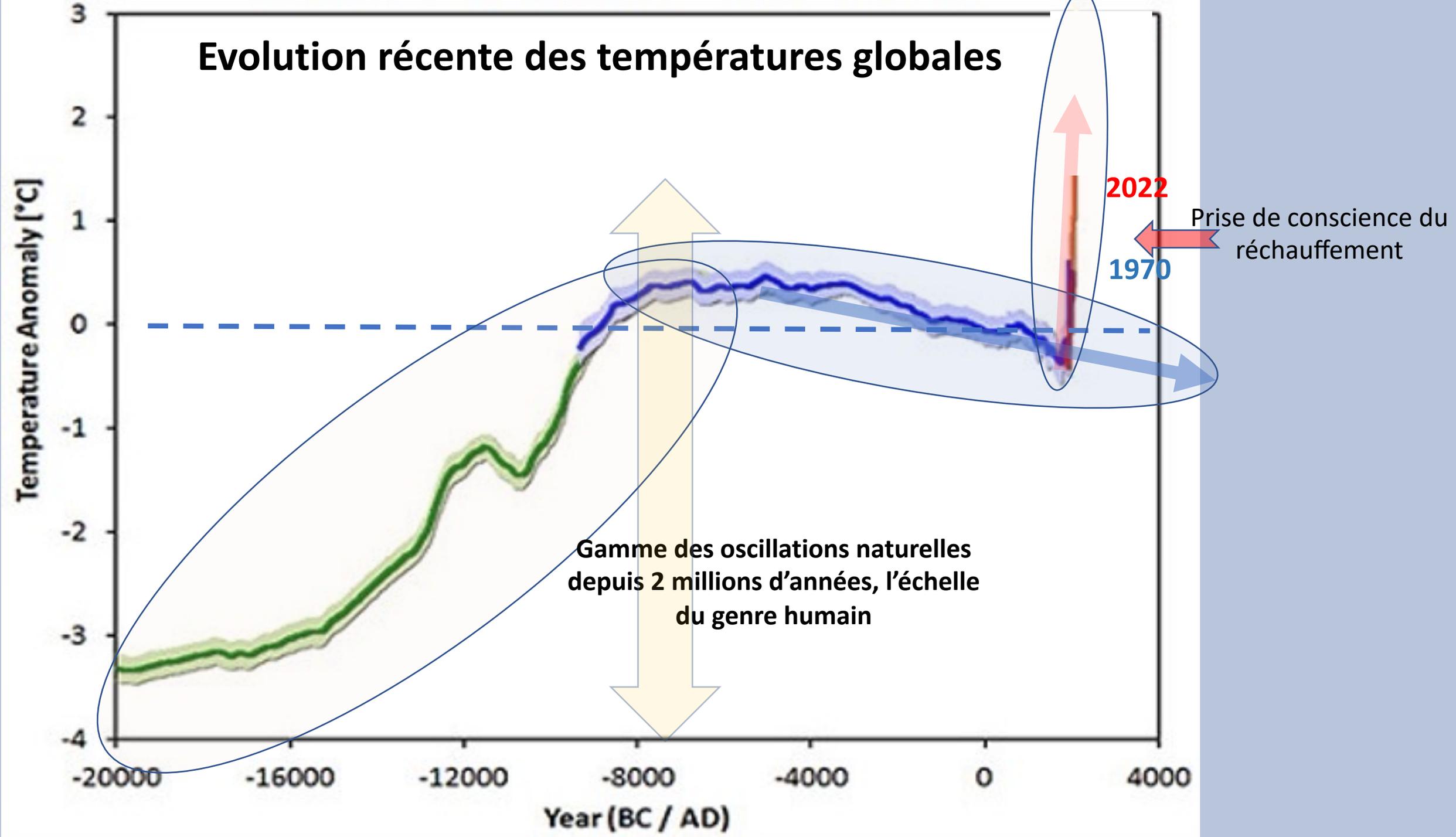
T moyenne:  $+14^{\circ}\text{C}$

L'eau se condense  
nuages et pluies

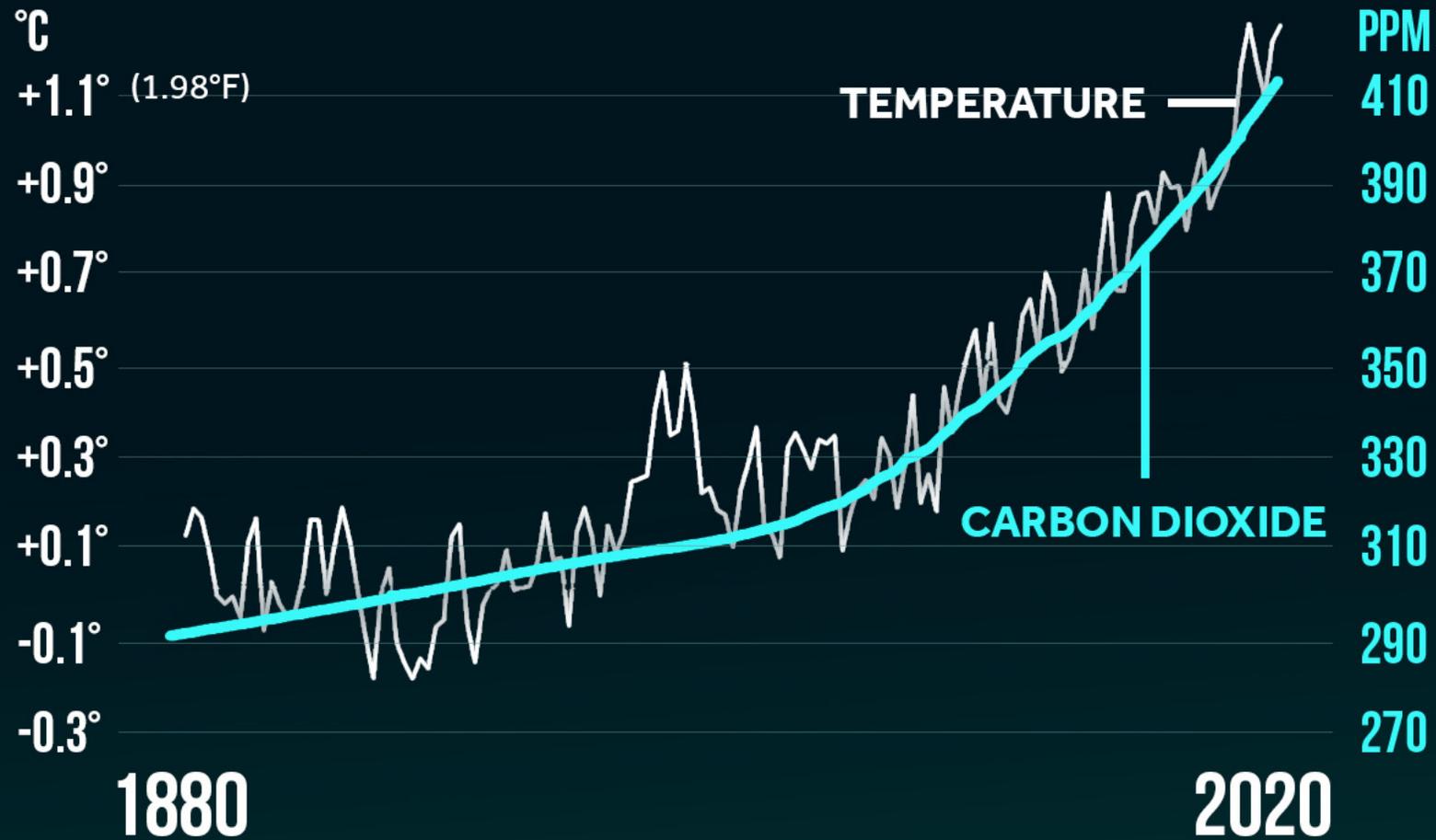
L'eau s'évapore



# Evolution récente des températures globales



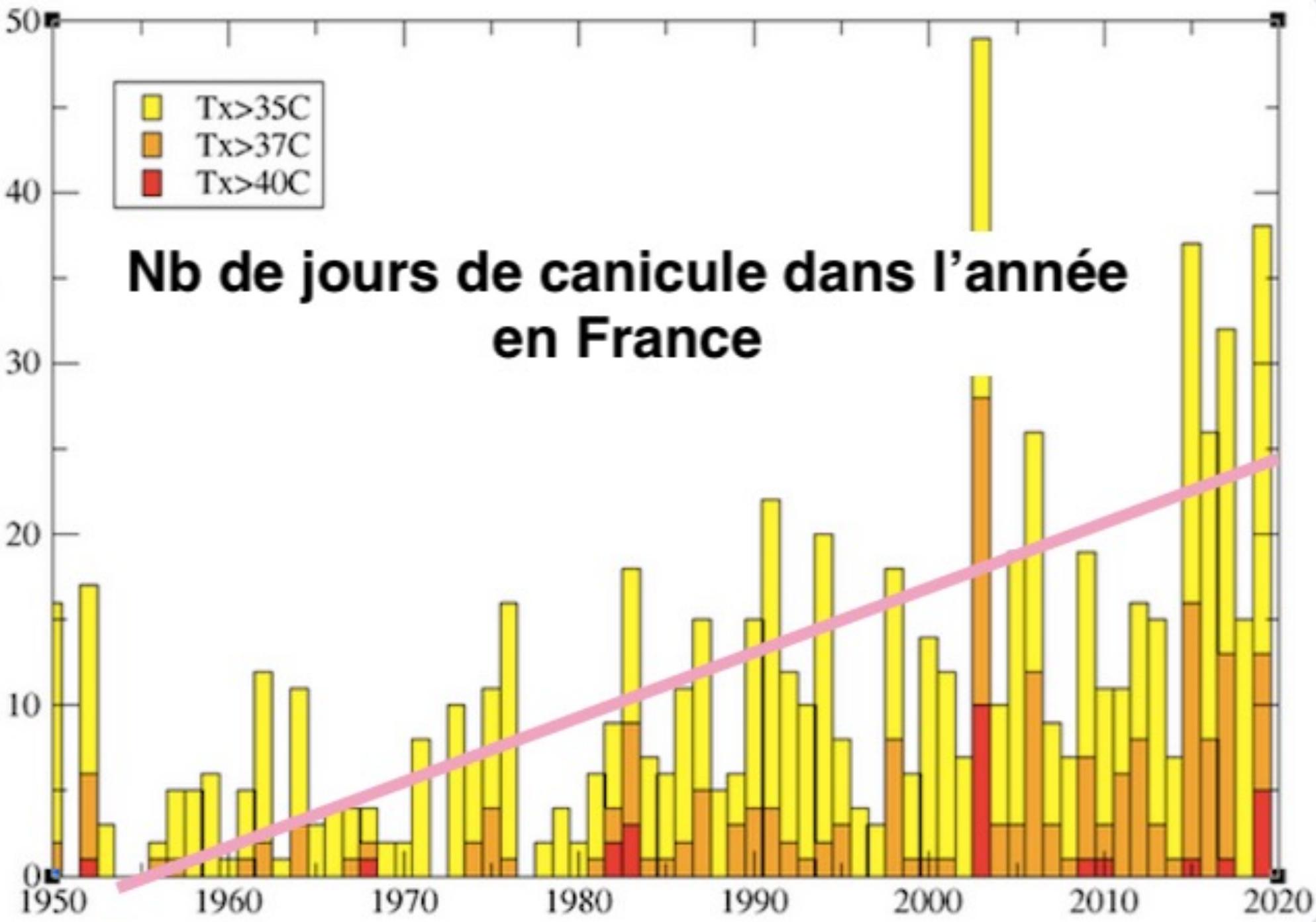
# GLOBAL TEMPERATURE & CO<sub>2</sub>



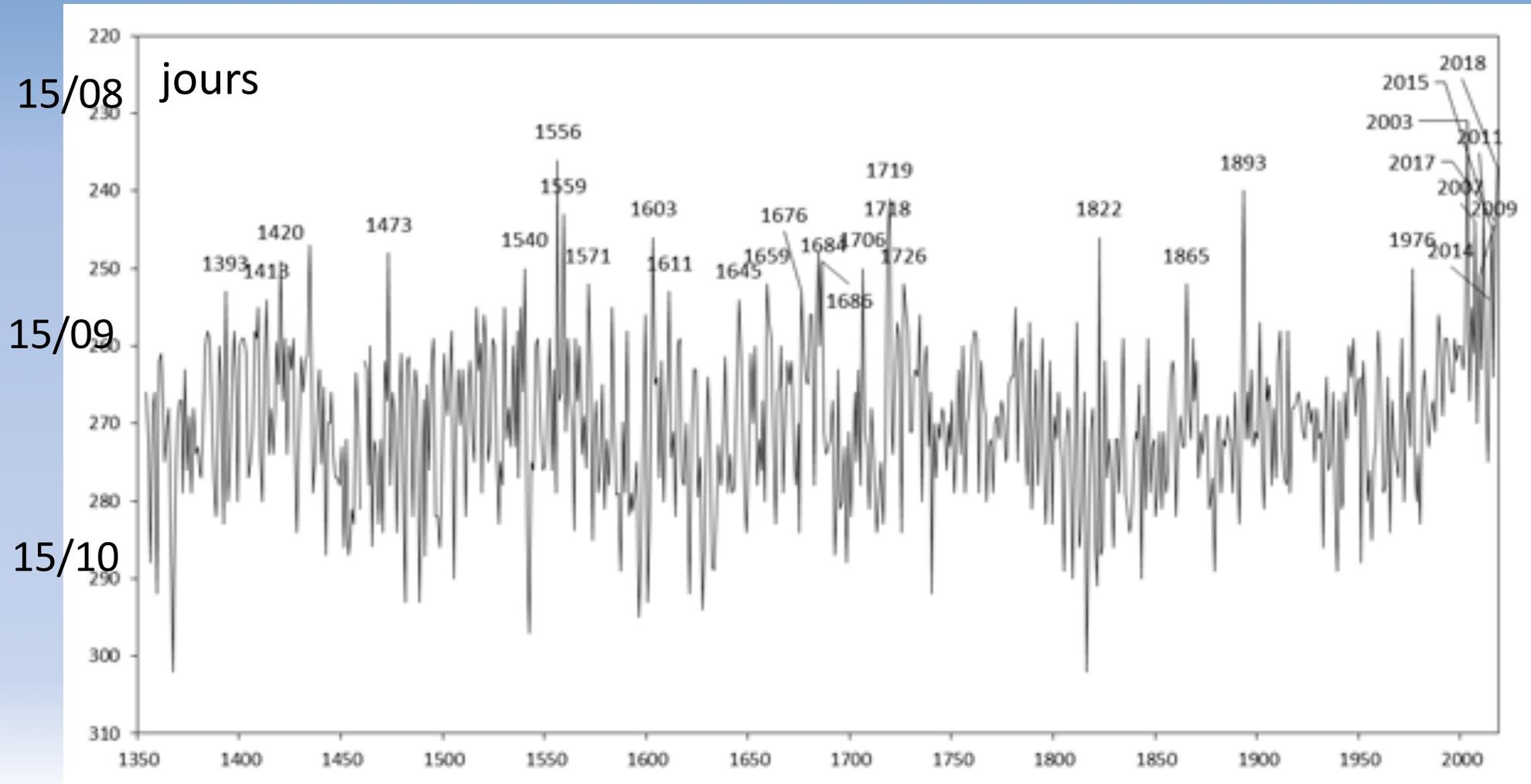
Global temperature anomalies averaged and adjusted to early industrial baseline (1881-1910)

Global annual average carbon dioxide

Source: NASA GISS, NOAA NCEI, ESRL



# Date des vendanges en Bourgogne depuis 1350





**Extreme heat**

More frequent

More intense



**Heavy rainfall**

More frequent

More intense



**Drought**

Increase in some  
regions



**Fire weather**

More frequent

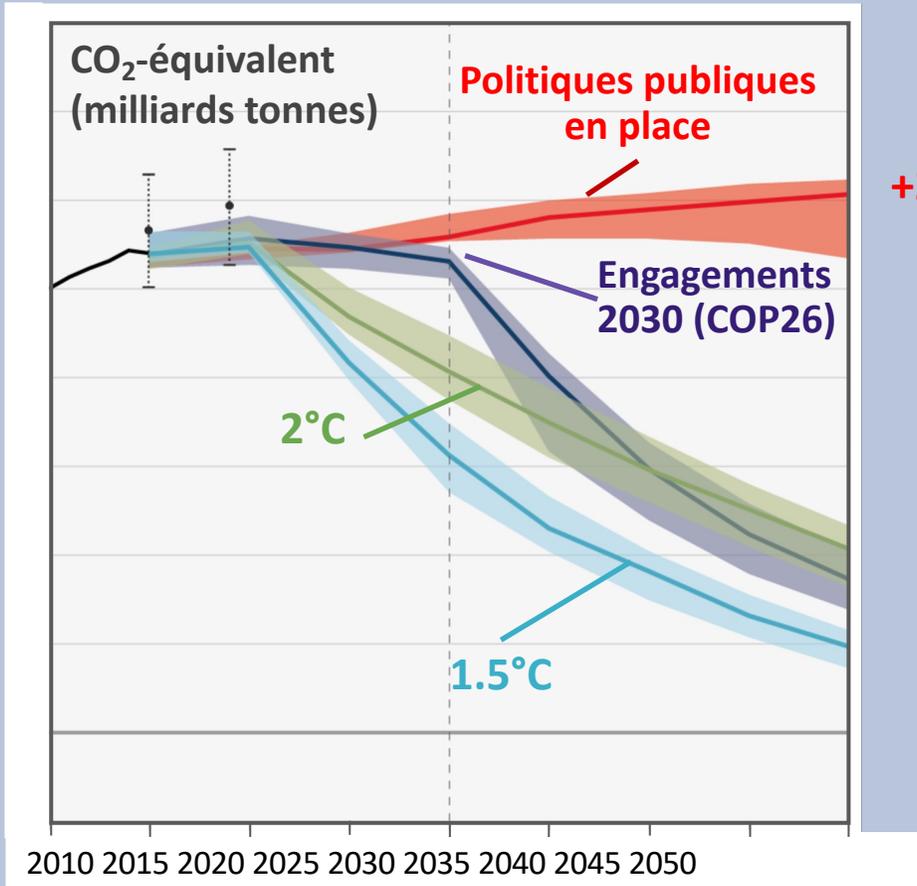


**Ocean**

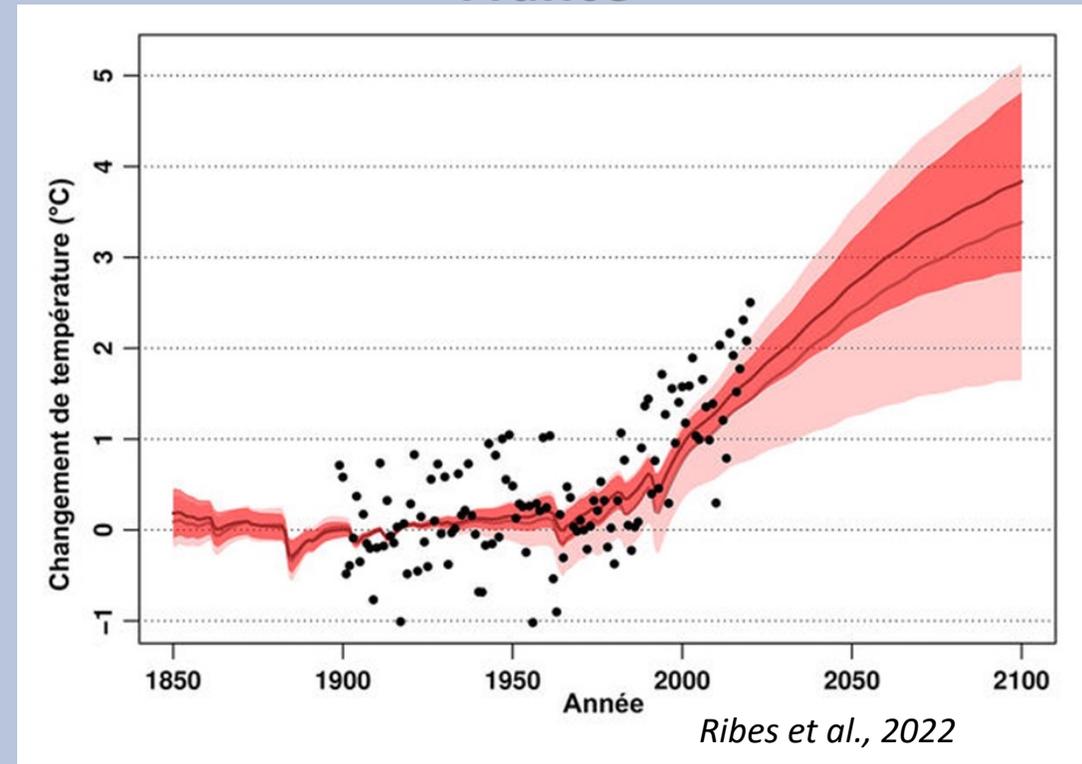
Warming  
Acidifying  
Losing oxygen

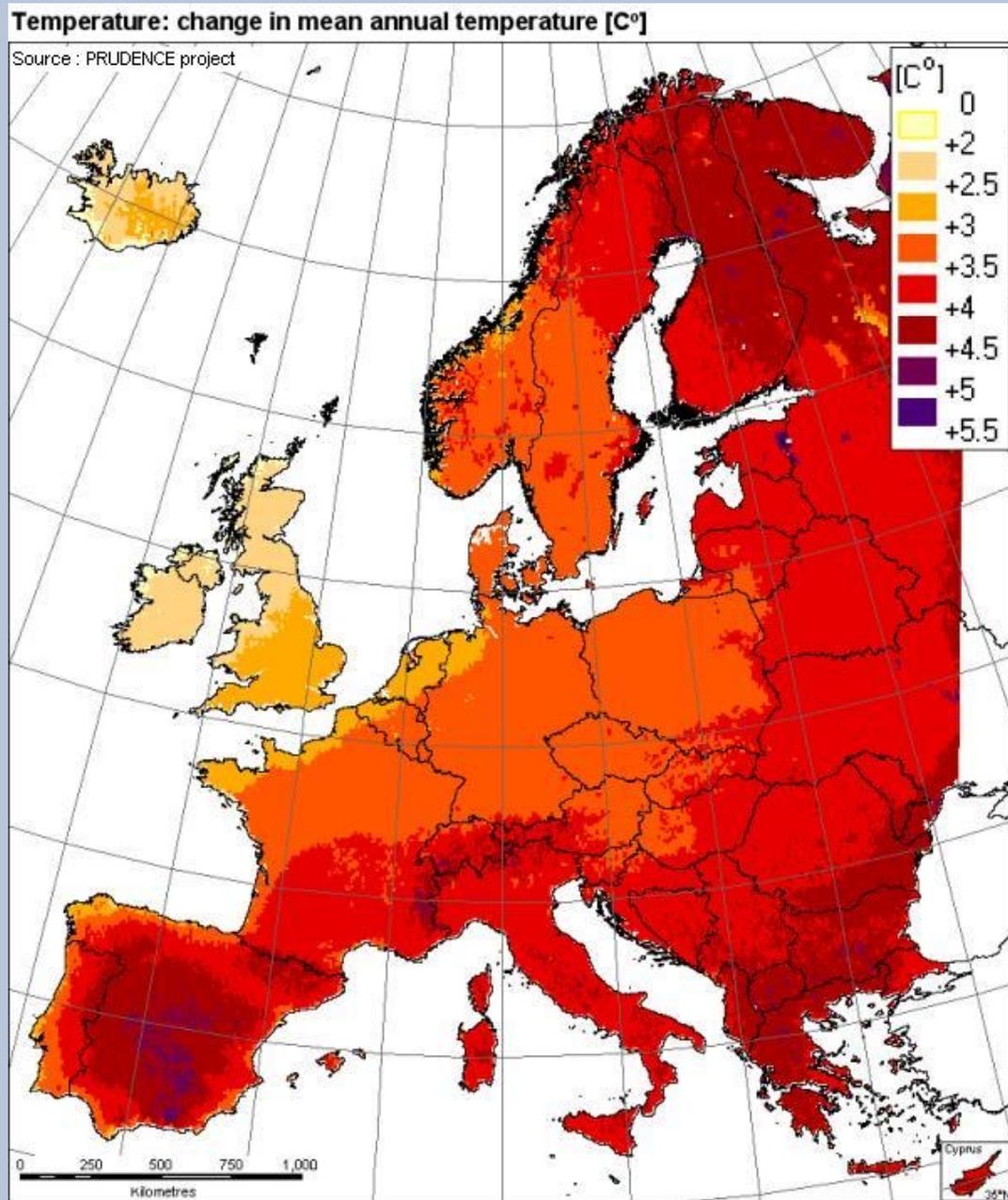
# On est sur une trajectoire à + 3°C en moyenne pour la France en 2050 (+4°C en 2100)

## Planète

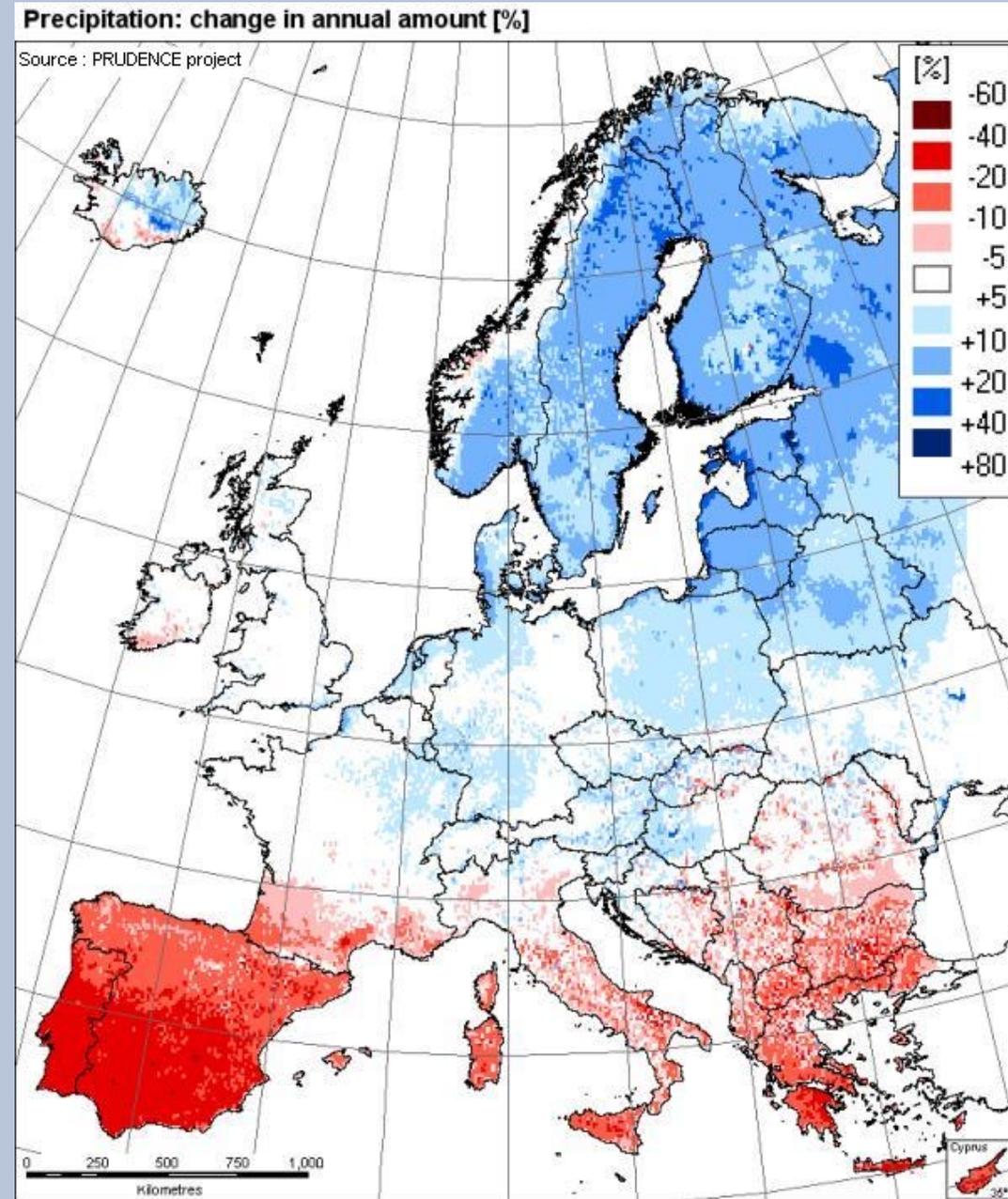


## France



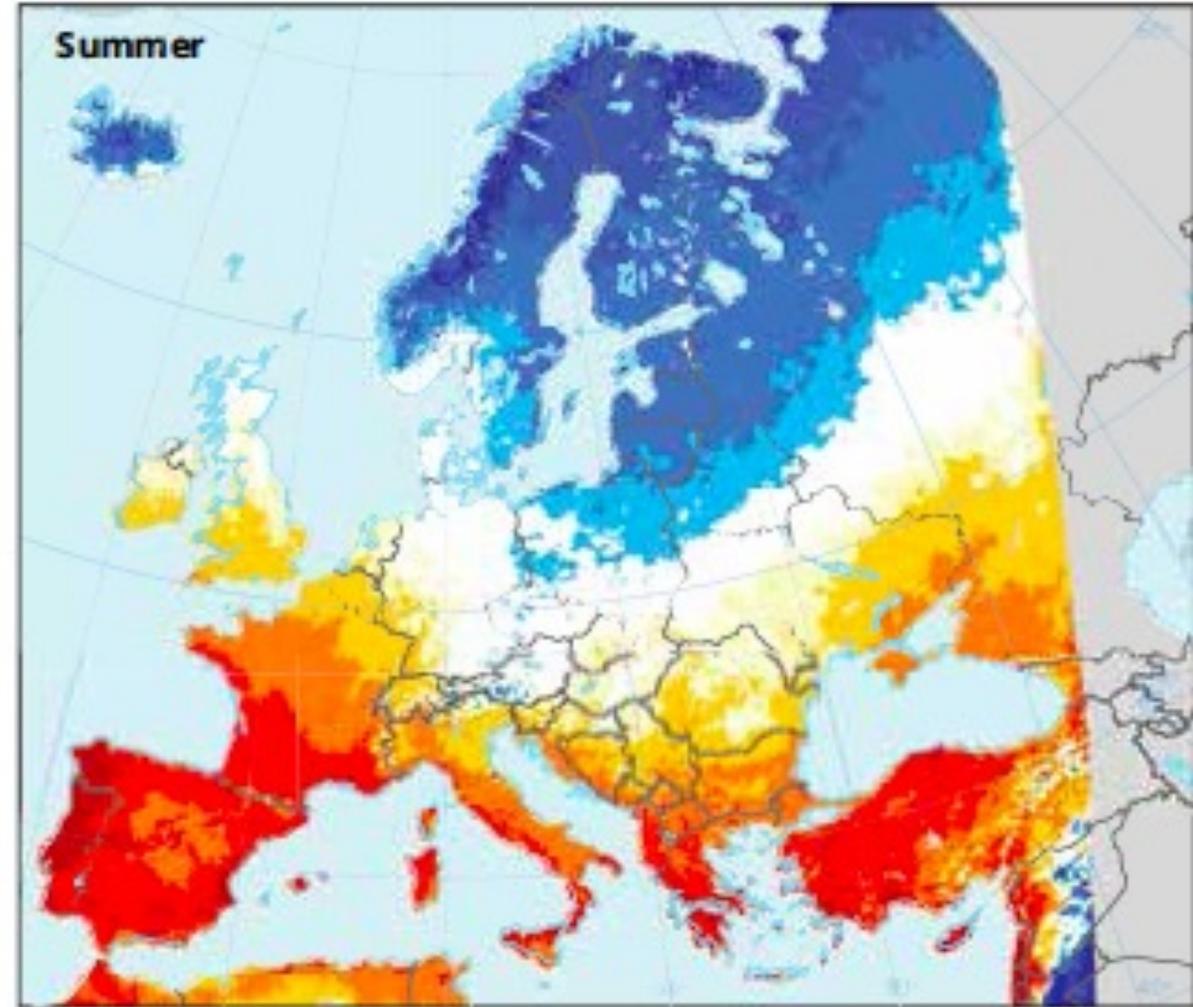
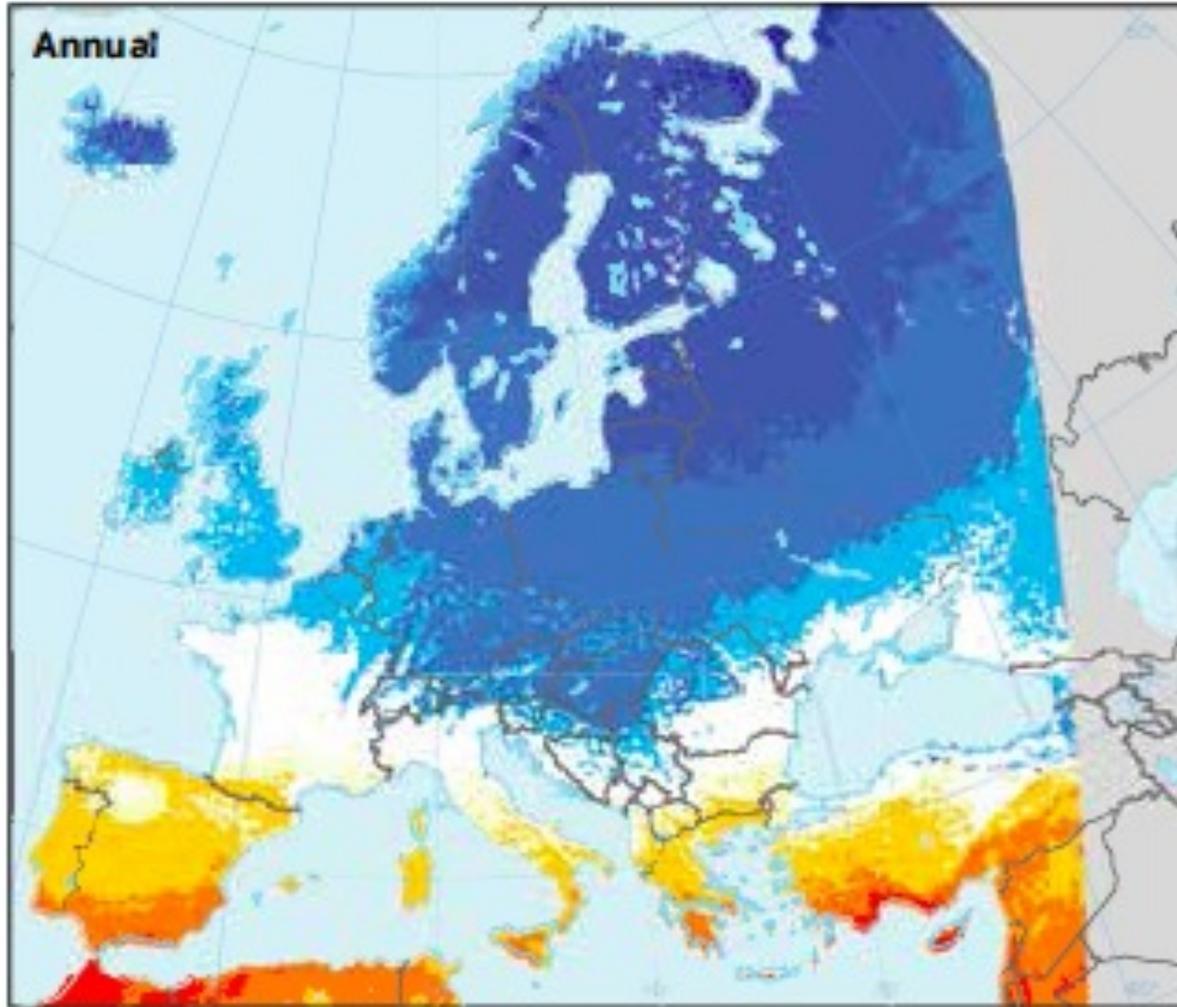


**Changements de température en 2100**



**Changements moyenne annuelle des précipitations (en %)**

# Changement des régimes de pluie en 2050



Projected change in annual (left) and summer (right) precipitation



Outside coverage



# Changement climatique et ressources en eau : ne nous cachons pas derrière des moyennes



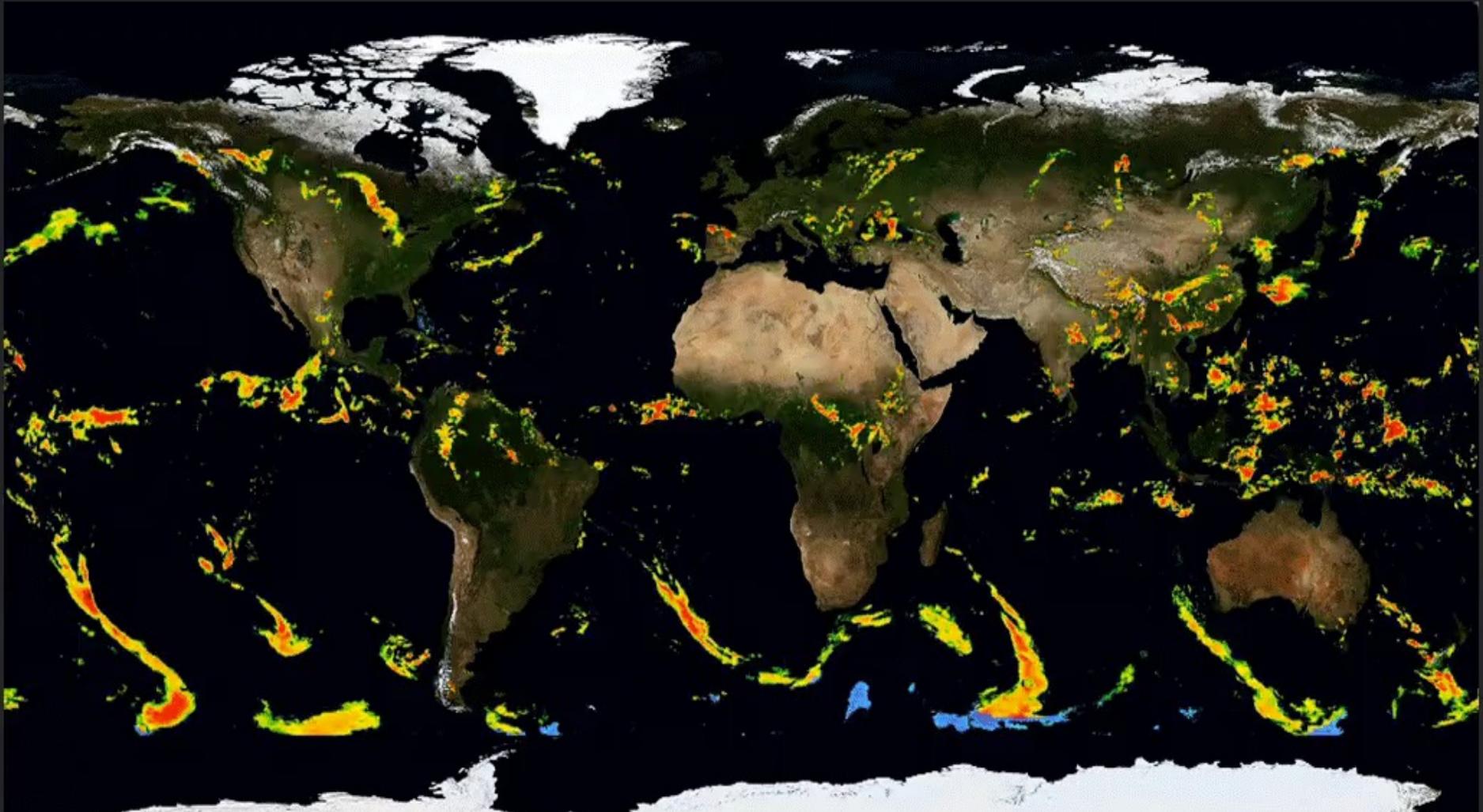
Luc Aquilina, C. Roques, JR. de Dreuzy, L. Longuevergne, R. Abhervé (mai 2023)

THE CONVERSATION

Poisson-chat mort sur le lit asséché de la rivière Agly à Rivesaltes, dans le sud-ouest de la France le 27 avril 2023. Raymond Roig / AFP

## A l'échelle de quelques jours,

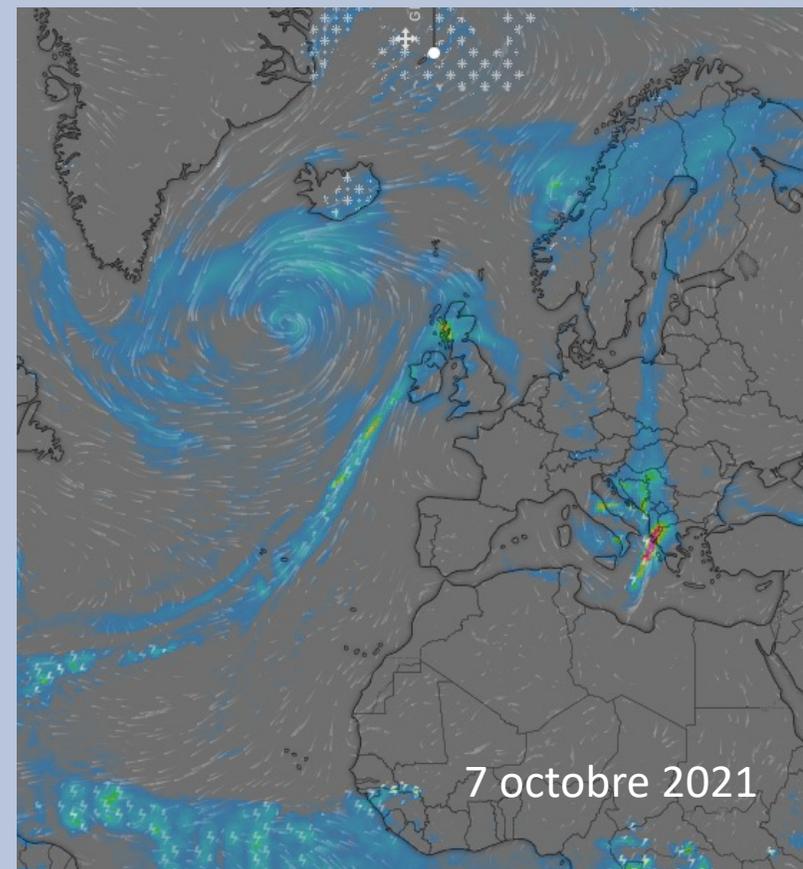
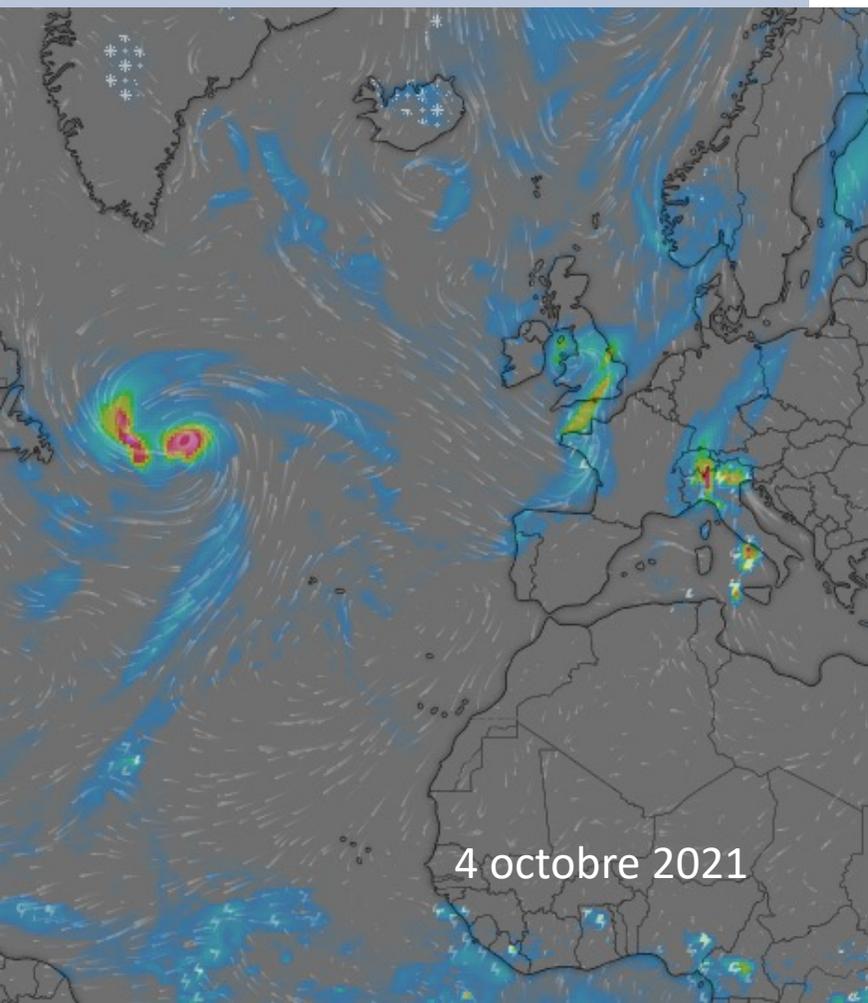
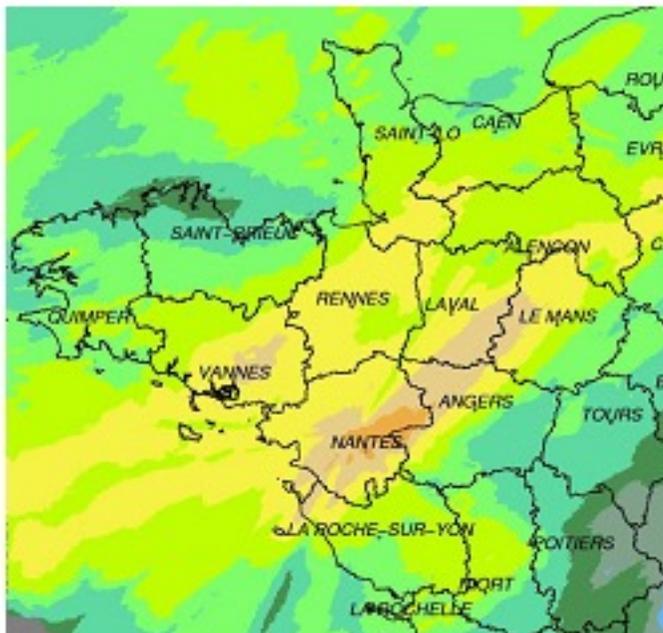
La circulation atmosphérique transporte l'air humide et les nuages chargés de pluie loin des zones tropicales



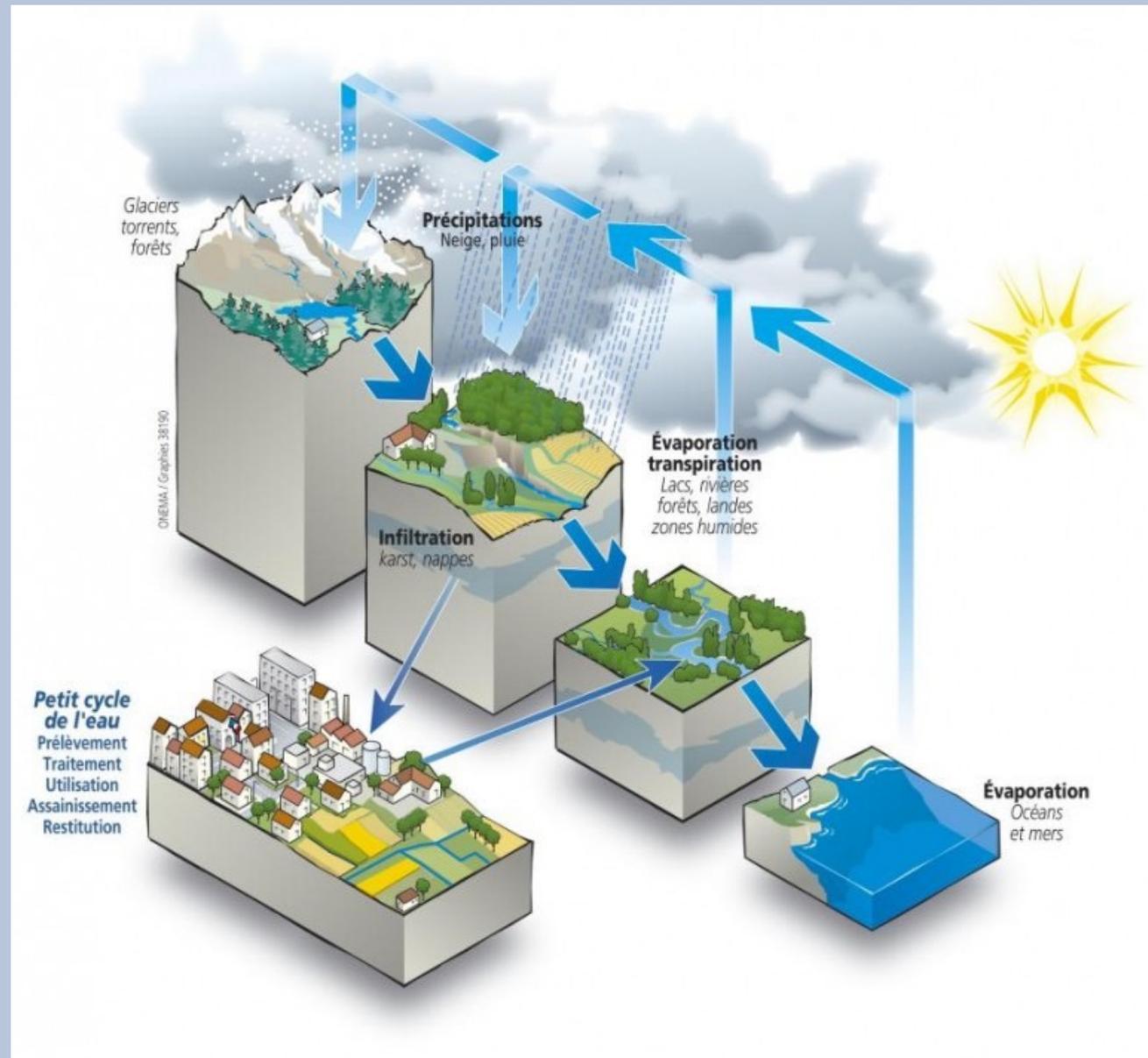
# 2021 en Bretagne : pluies 60 à 100 l/m<sup>2</sup> le 2 octobre

Développement de  
« rivières atmosphériques »

Lame d'eau Antilope le 2 octobre 2021 sur l'ouest de la France

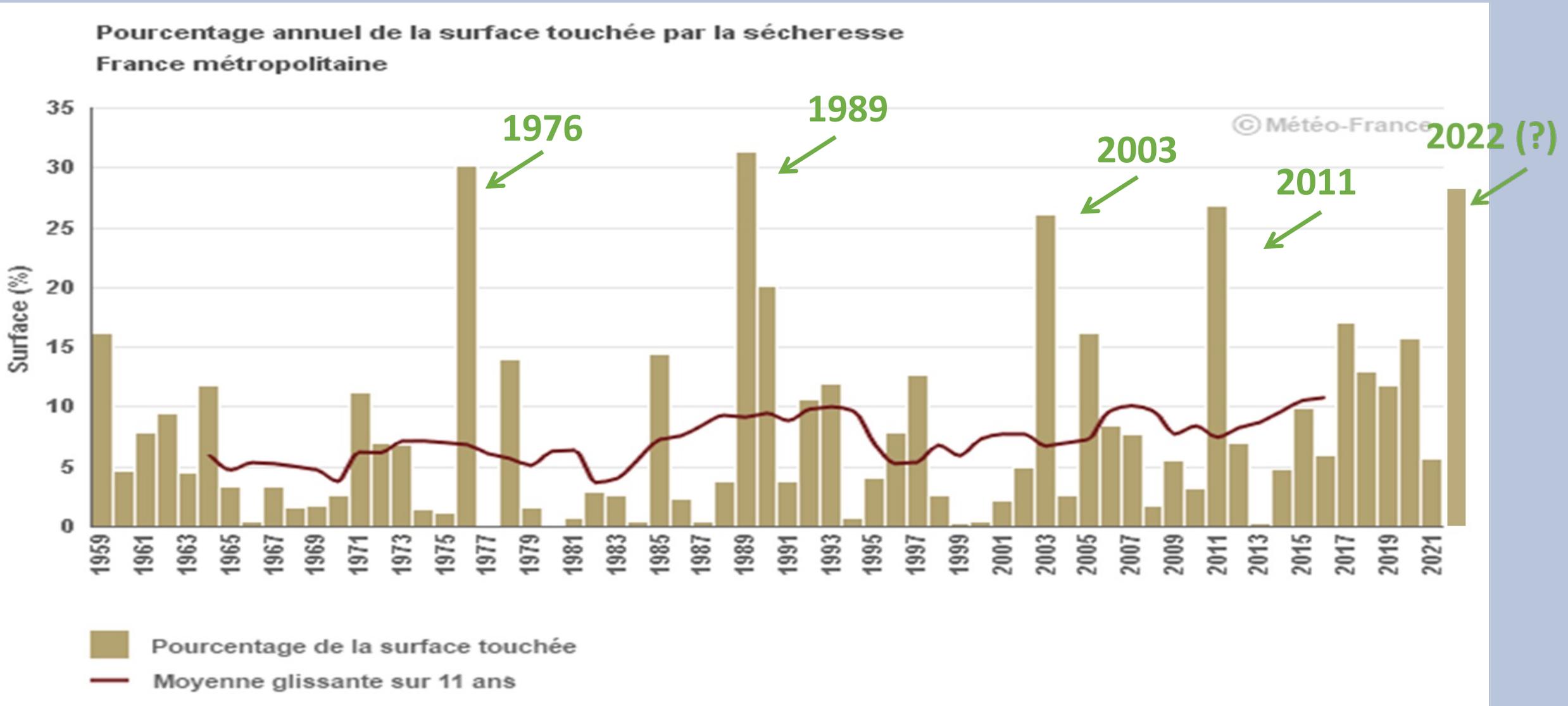


La température de l'atmosphère est le moteur du grand cycle de l'eau

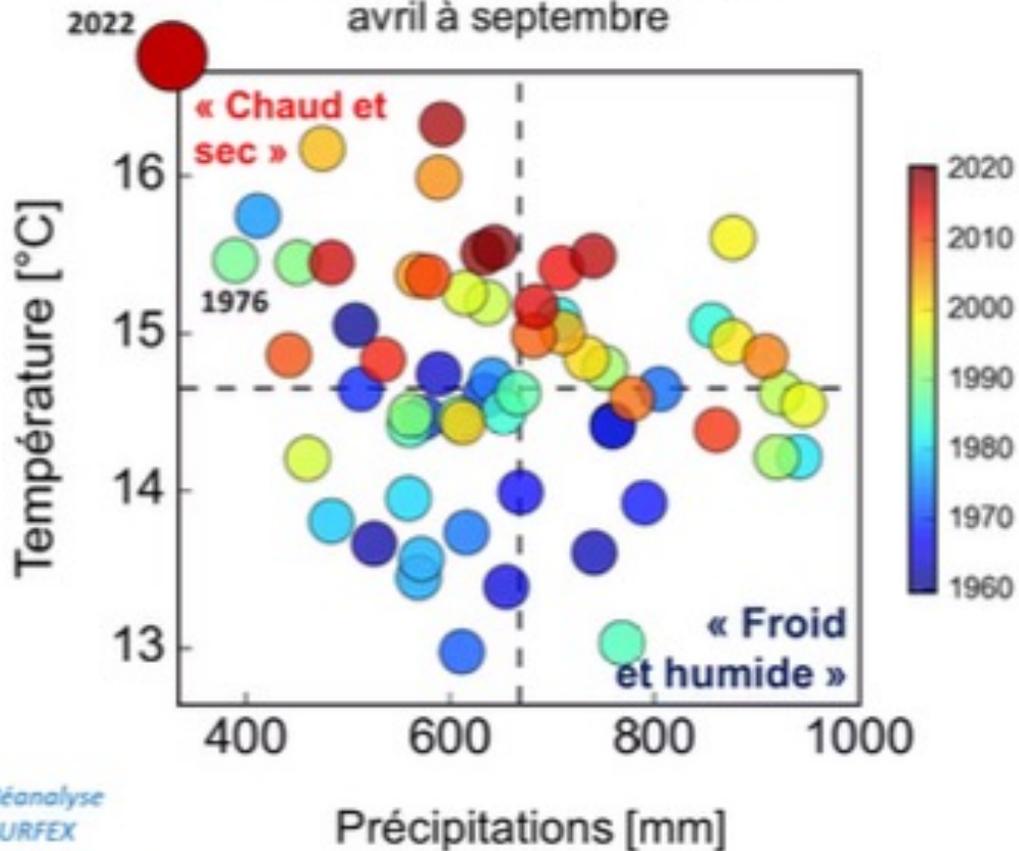


Plus chaud => plus d'évaporation => **risque de sécheresse accru**

# Extension des sécheresses agronomiques en France depuis 1958



Période de « basses eaux »  
avril à septembre

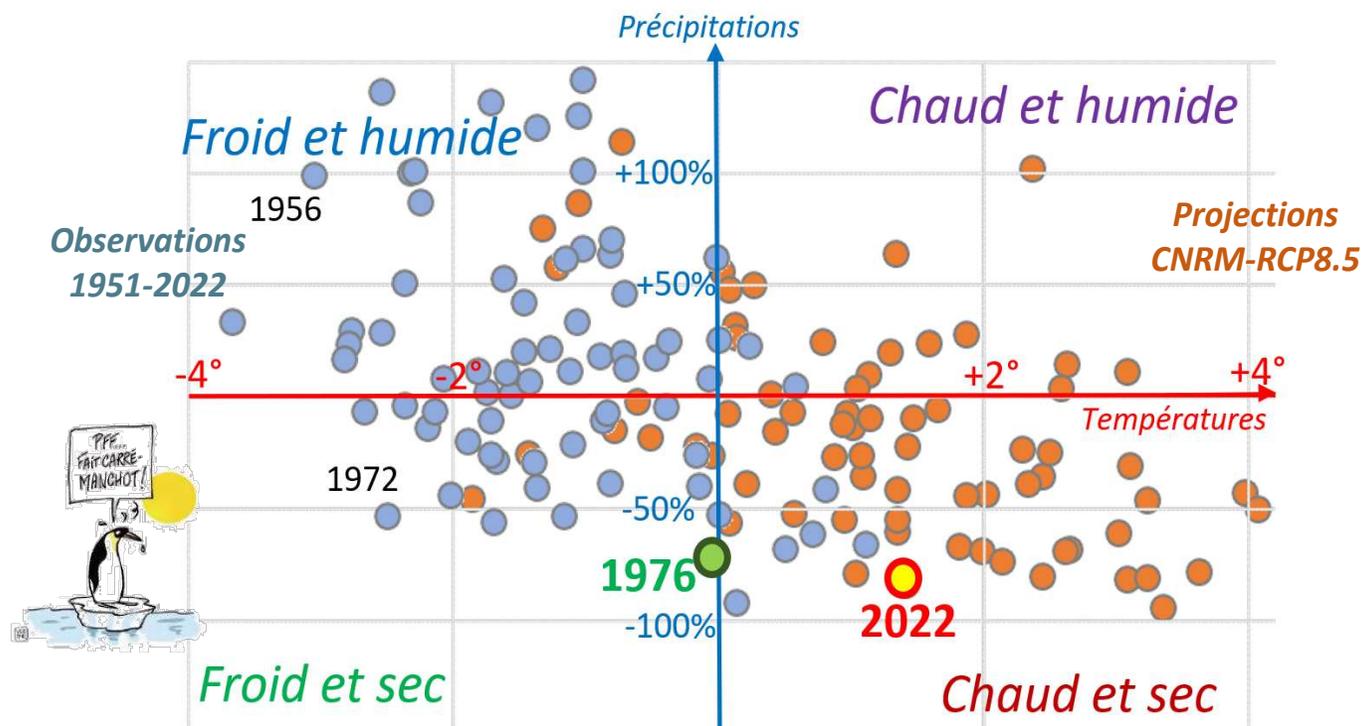


Réanalyse  
SURFEX  
Météo-France

# Evolution des précipitations estivales

À Brest, de 1950 à 2022 pour les observations en bleu  
Et projections 2020-2100 en orange

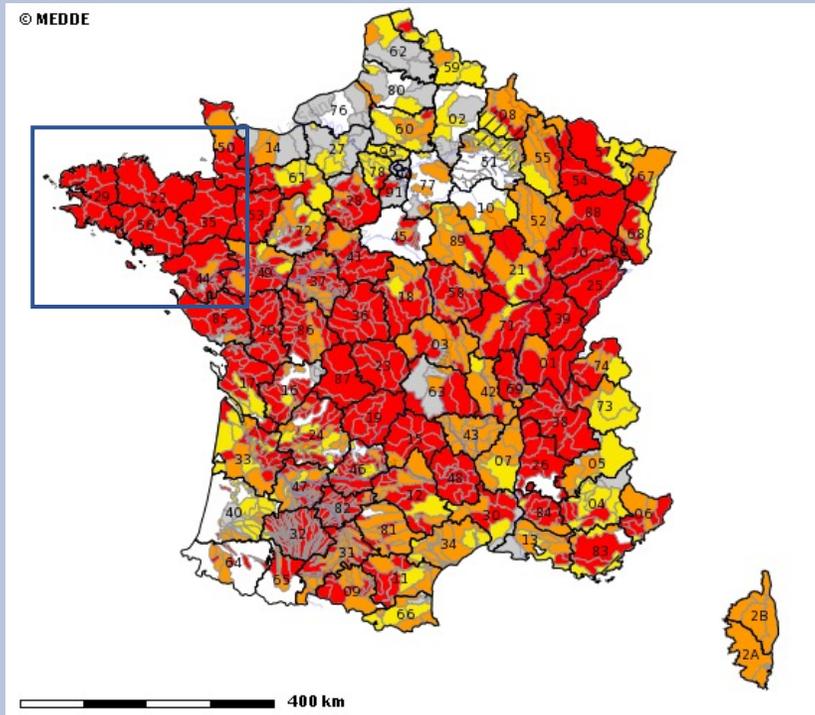
En Bretagne, observations période 1960-2020



Caractéristiques des étés à Brest en fonction de la température  
(axe horizontal) et des précipitations (axe vertical)

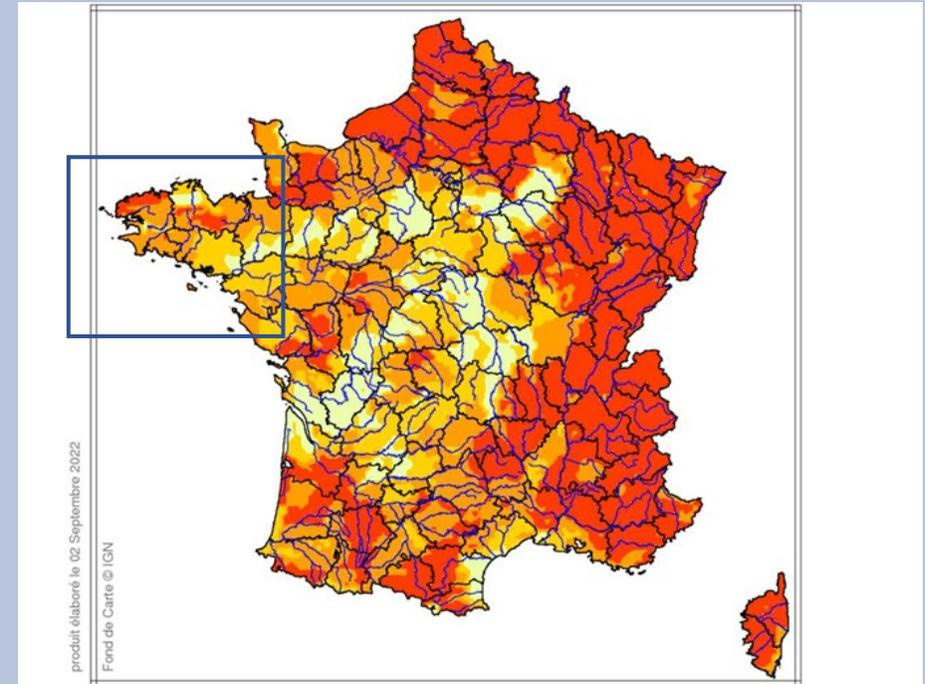
# Sécheresse 2022

## Restriction d'usage



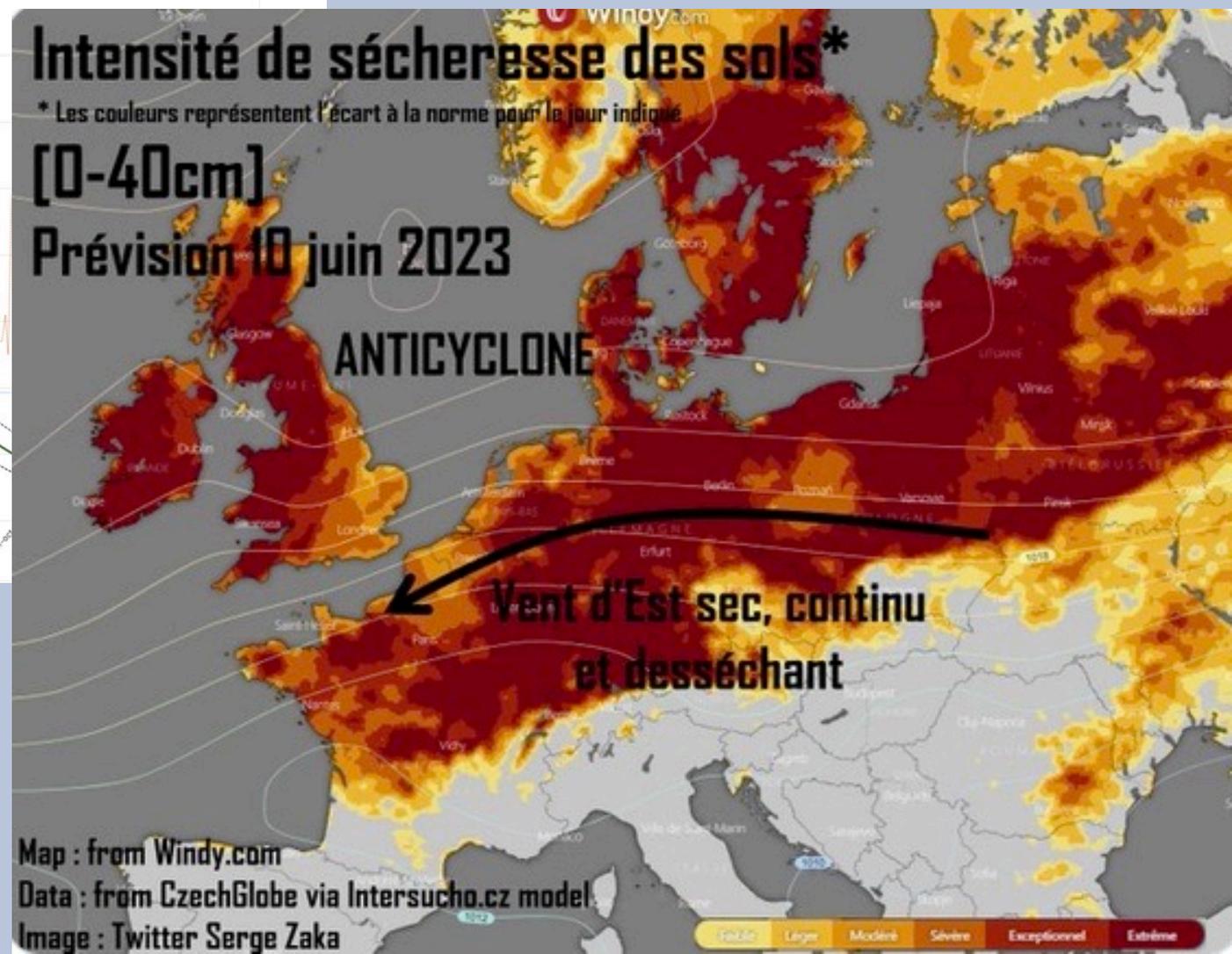
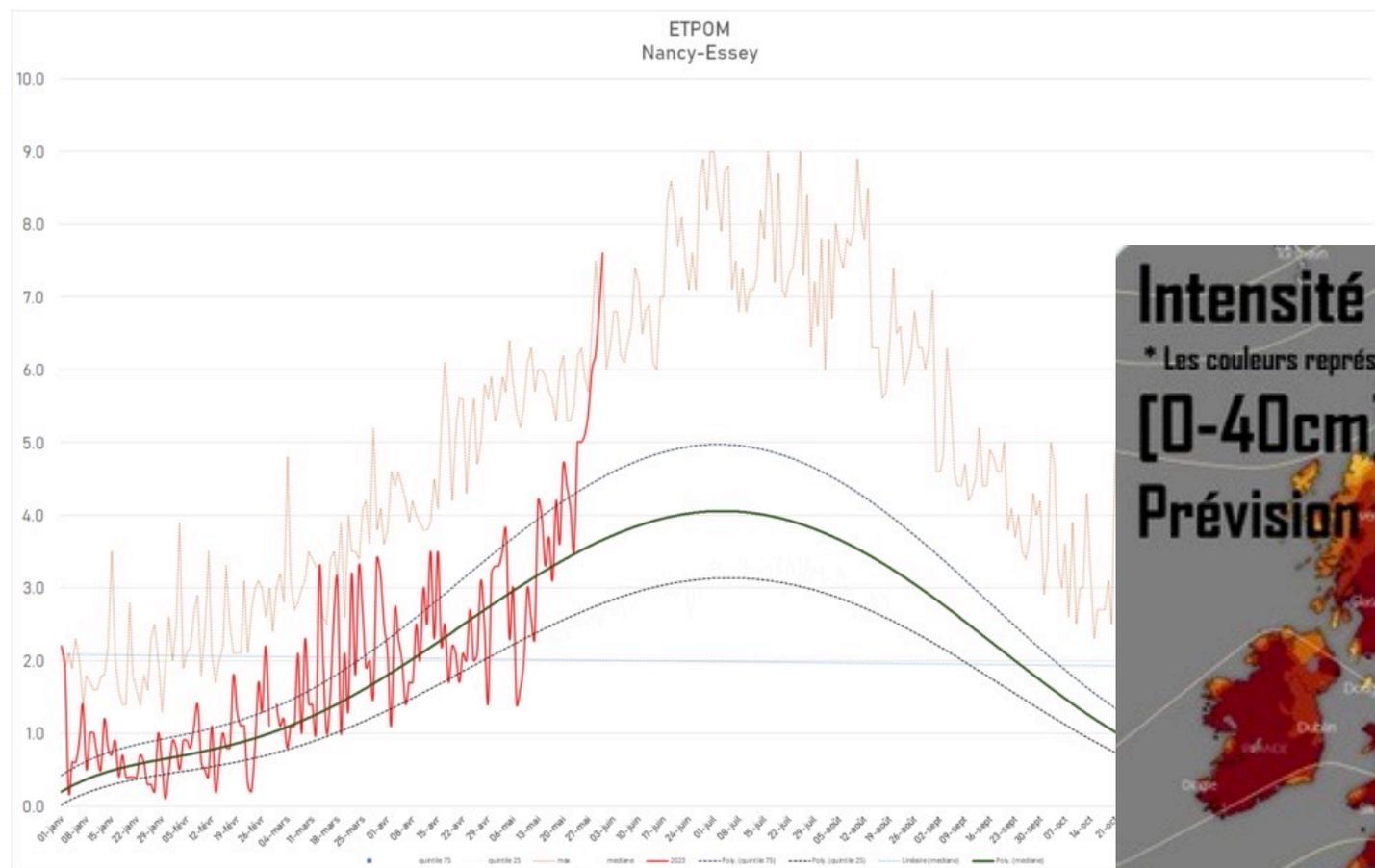
**80/96 départements avec  
des restrictions d'eau  
fin août 2022**

## Etat de sécheresse des sols



10 Juin 2023

Sur les 7 derniers jours ce n'est pas moins de 47mm d'eau qui se sont potentiellement transférés vers l'atmosphère.



# Évolution de la circulation atmosphérique à grande échelle

## 5 au 20 Juin 2023

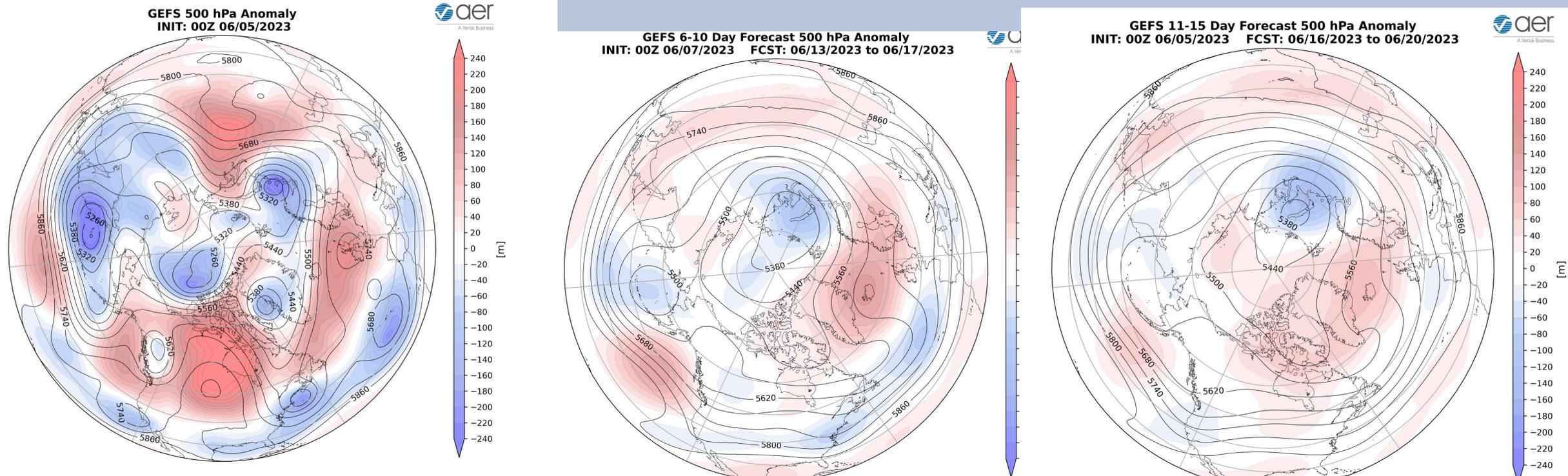


Figure i. Initialized average 500 mb geopotential heights (dam; contours) and geopotential height anomalies (m; shading) across Northern Hemisphere for the 00z 5 June 2023 GFS ensemble.

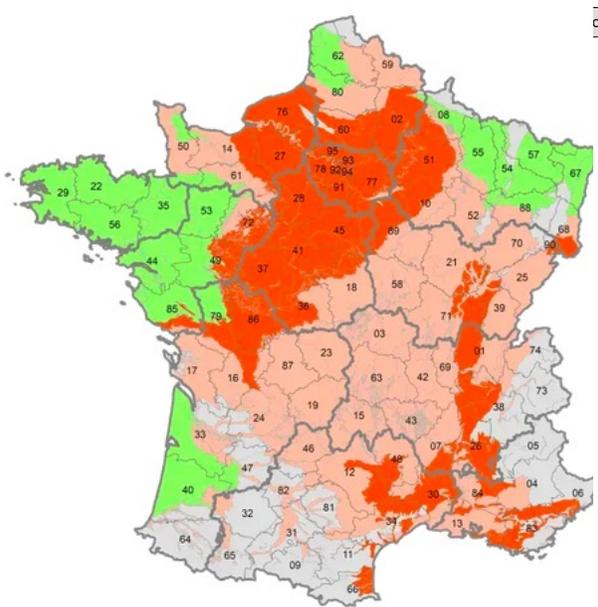
# Le Monde 15 Juin: Sécheresse : des sols asséchés dans la moitié nord du pays, deux tiers des nappes sous les normales en mai

## Risque de sécheresse pour les nappes à enjeux en 2023

Risque de sécheresse



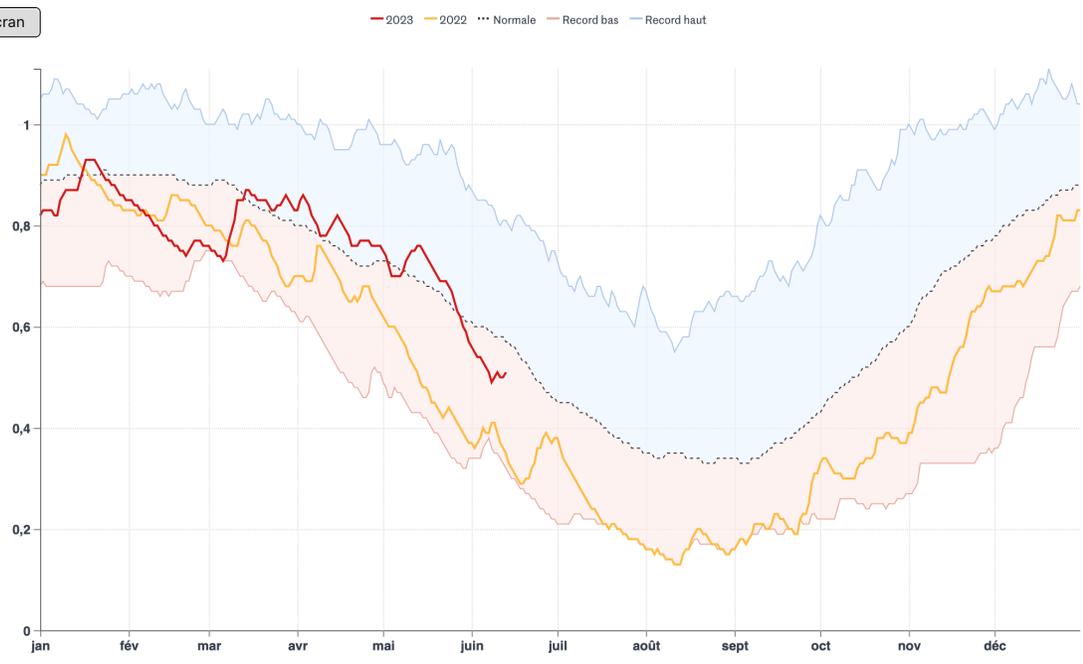
Très faible Faible Fort Très fort



Source : BRGM

## Les sols français se sont nettement asséchés depuis la mi-mai

Indice d'humidité des sols quotidien agrégé pour la France métropolitaine depuis janvier 2022



Le Monde

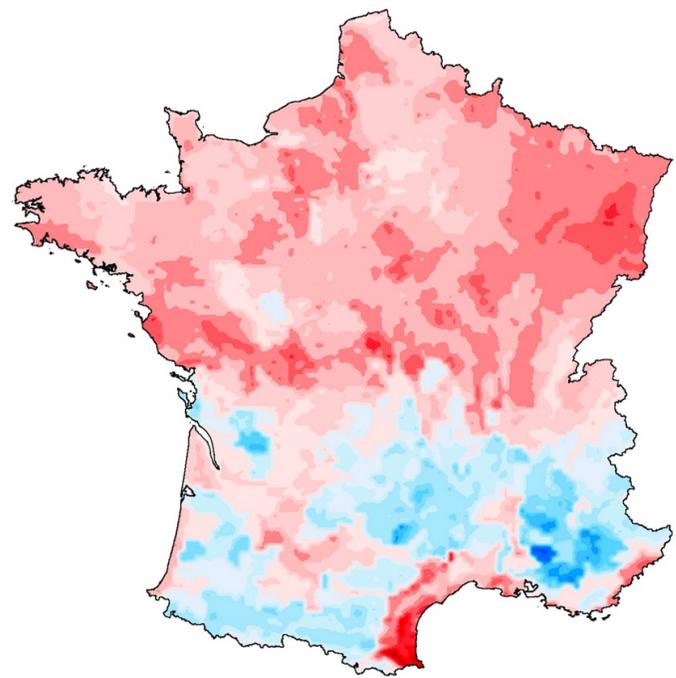
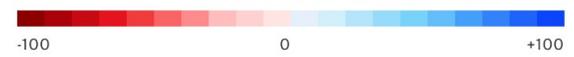
ACTUALITÉS ÉCONOMIE VIDÉOS DÉBATS CULTURE LE GOÛT DU MONDE SERVICE

## La moitié nord de la France asséchée, amélioration dans le Sud

Evolution de l'écart à la moyenne (1991-2020) de l'indice d'humidité des sols en France



Ecart à la moyenne (en %)

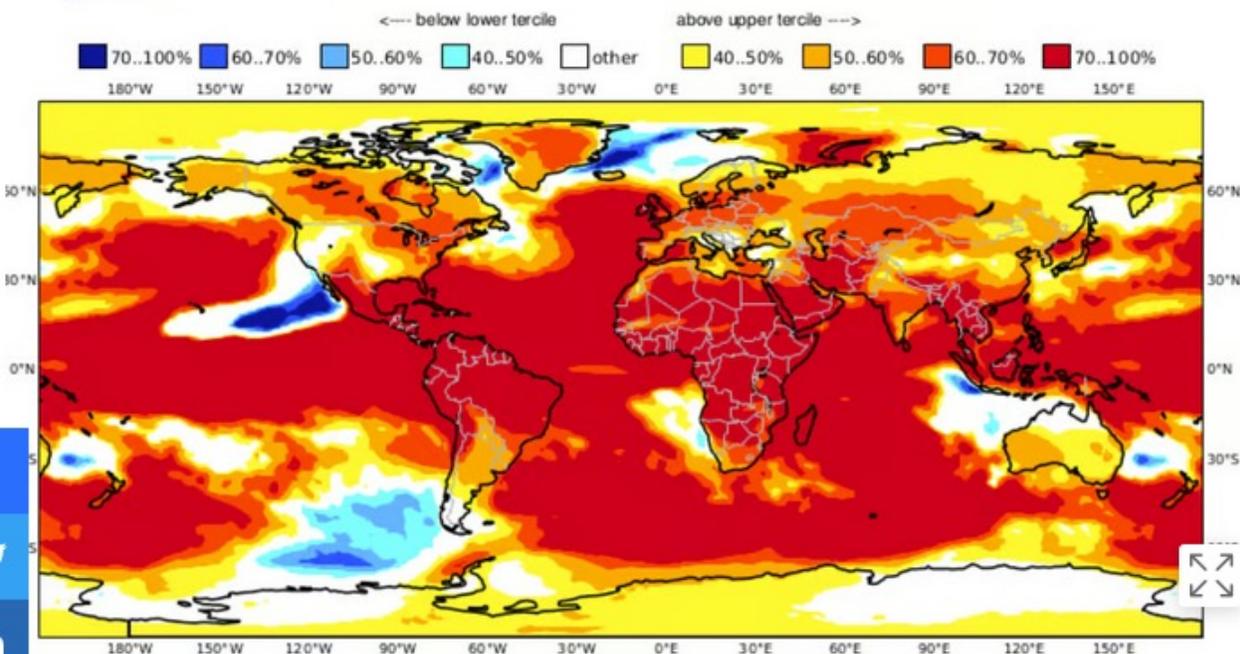


Index humidité des sols

# Et pour cet été (juillet) : modèle européen (copernicus)

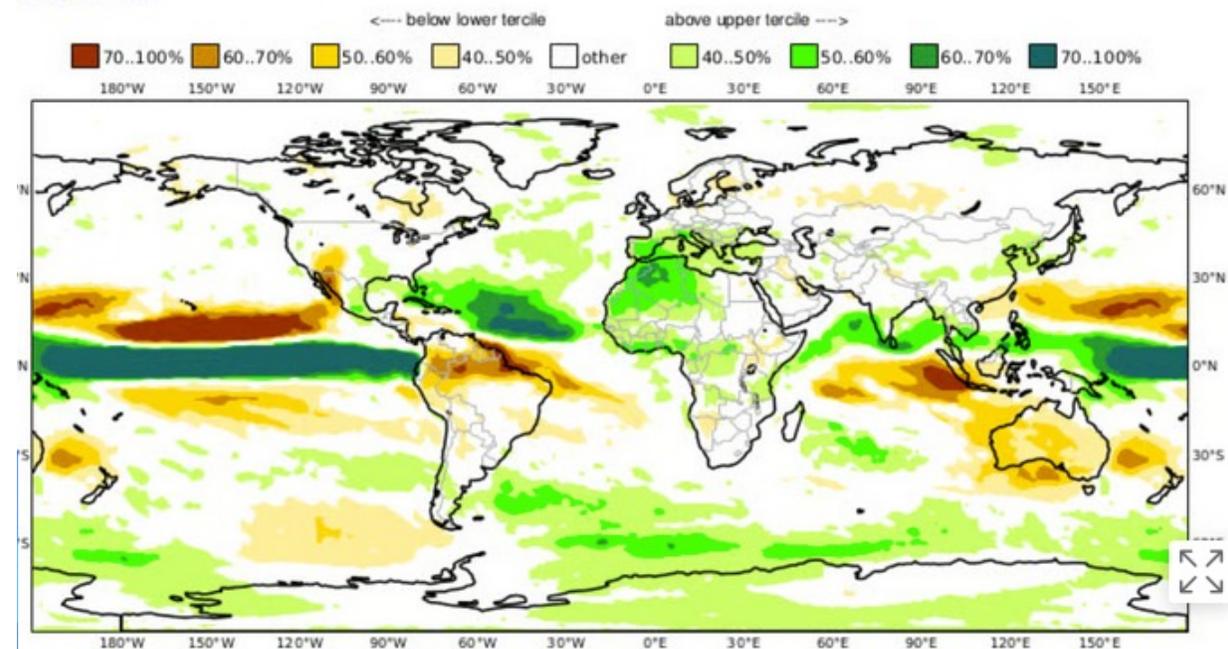
Très chaud et précipitations « moyennes » dans le nord-ouest, températures moins extrêmes et précipitations plus marquées (orages?) dans le sud/méditerranée

C3S multi-system seasonal forecast ECMWF/Met Office/Météo-France/CMCC/DWD/NCEP/JMA/ECCC  
Prob(most likely category of 2m temperature)  
Nominal forecast start: 01/06/23  
Unweighted mean



LES ANOMALIES DE TEMPÉRATURES PRÉVUES EN JUILLET DANS LE MONDE. PLUS LES COULEURS ORANGE ET ROUGE SONT FONCÉES, PLUS LA CHALEUR SERA EXCÉDENTAIRE. © COPERNICUS

C3S multi-system seasonal forecast ECMWF/Met Office/Météo-France/CMCC/DWD/NCEP/JMA/ECCC  
Prob(most likely category of precipitation)  
Nominal forecast start: 01/06/23  
Unweighted mean



LES ANOMALIES DE PRÉCIPITATIONS PRÉVUES EN JUILLET DANS LE MONDE. PLUS LES COULEURS VERT OU BLEU SONT FONCÉES, PLUS LES PLUIES SERONT IMPORTANTES. PLUS LES COULEURS JAUNE ET MARRON SONT FONCÉES, PLUS LE TEMPS SERA SEC. © COPERNICUS

# **A long terme**

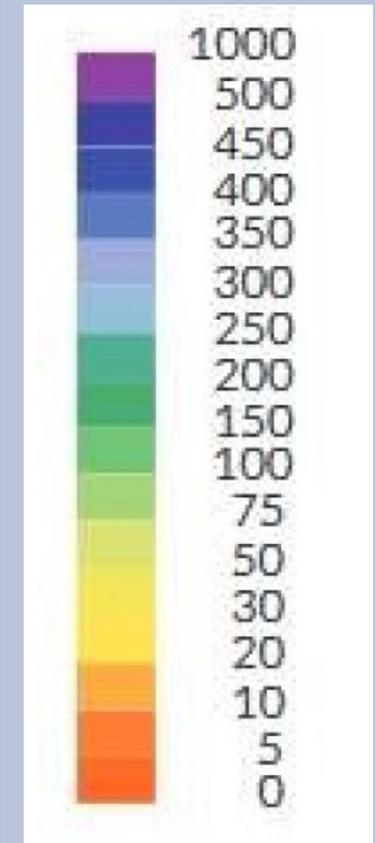
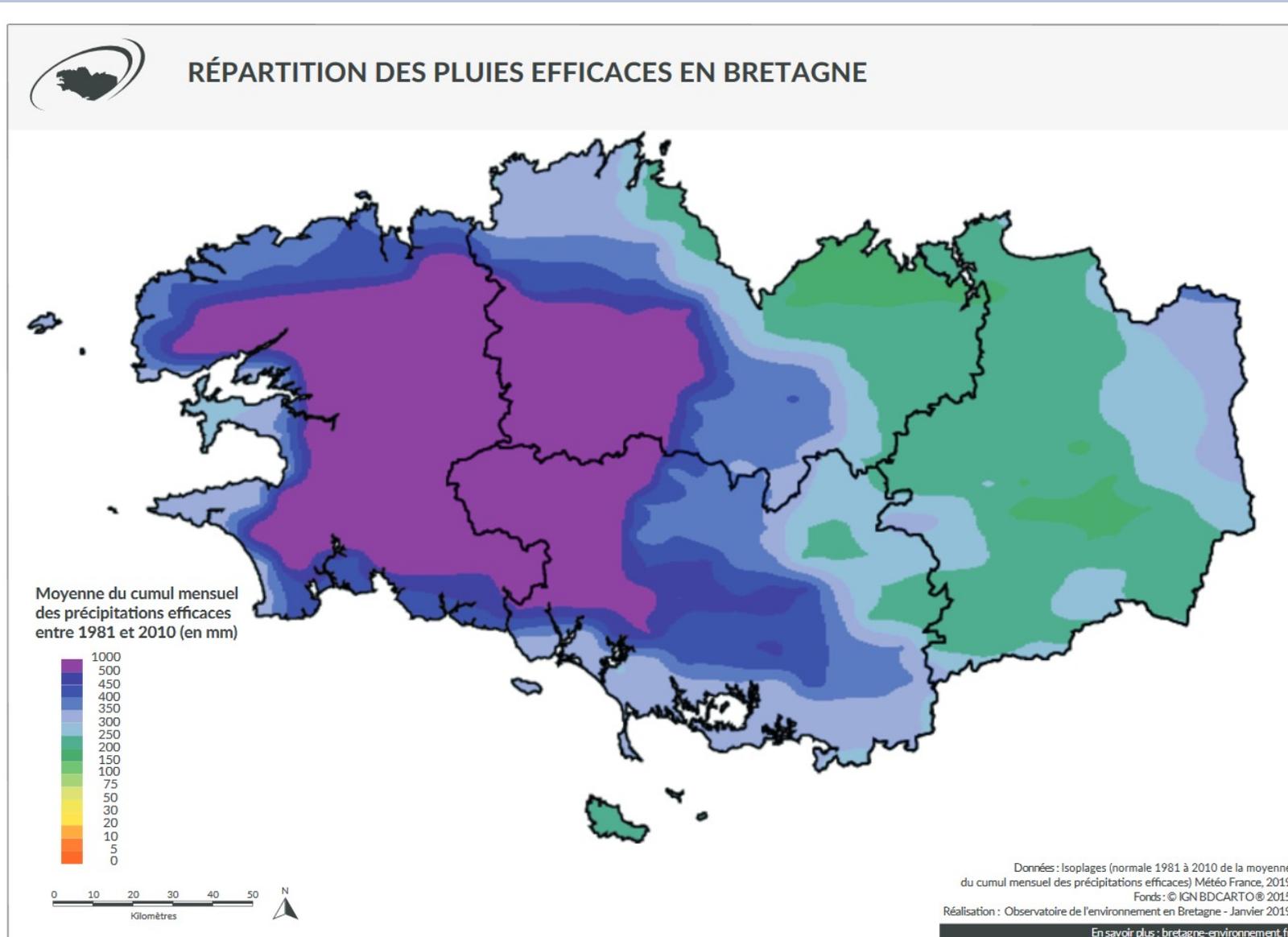
**Les pluies deviennent plus fortes et plus irrégulières**

**Développement des « rivières atmosphériques »  
qui nourrissent les orages**

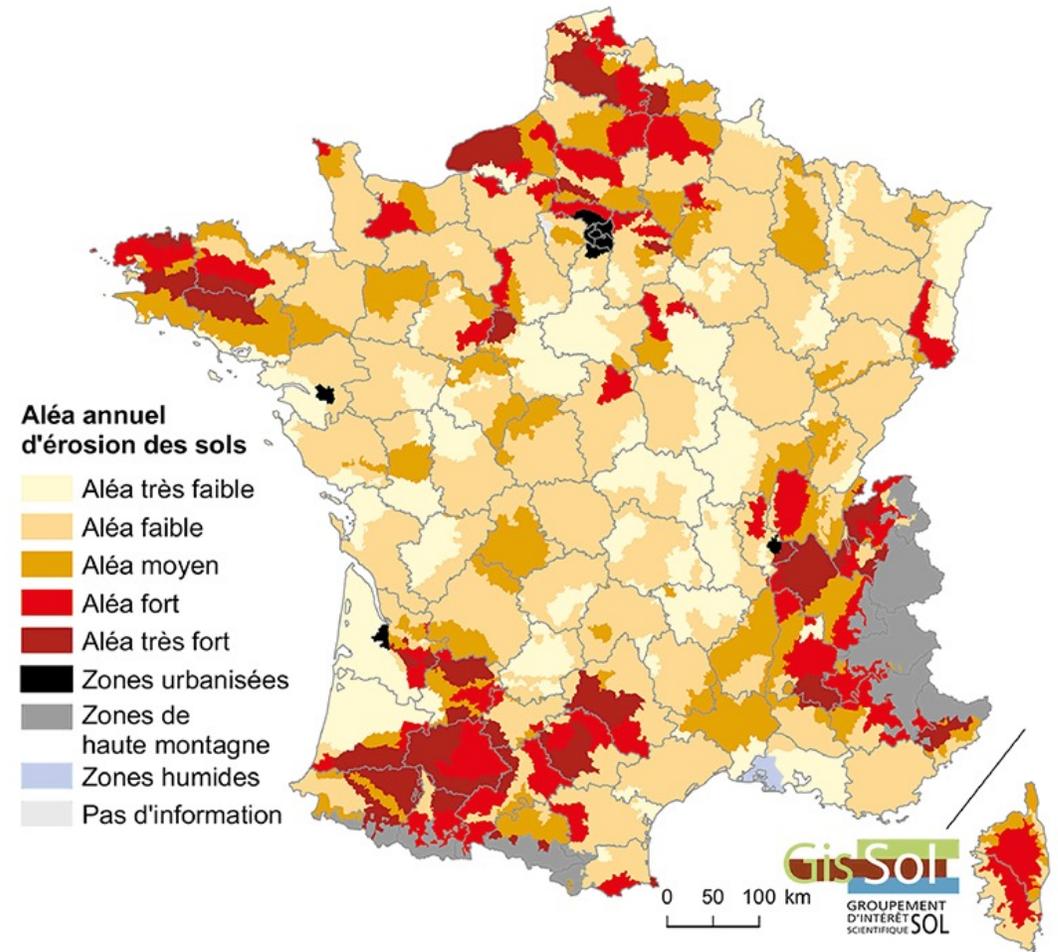
**Développement de larges cellules anticycloniques (air sec)  
peu mobiles**

# Contexte géologique et hydrologique breton

# Particularité 1: des pluies efficaces inégalement réparties, et surtout très faibles à l'est



# Particularité 2 : des sols propices à la battance et au ruissellement



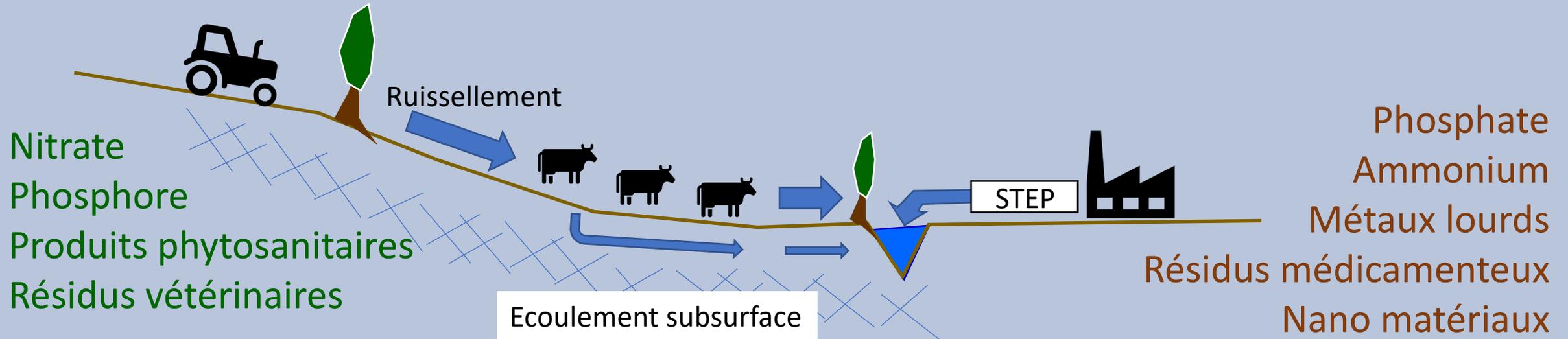
Source : Gis Sol-Inra-SOeS, 2011.

# Conséquence: une région sensible à des crues brutales lors d'évènements de précipitation intense

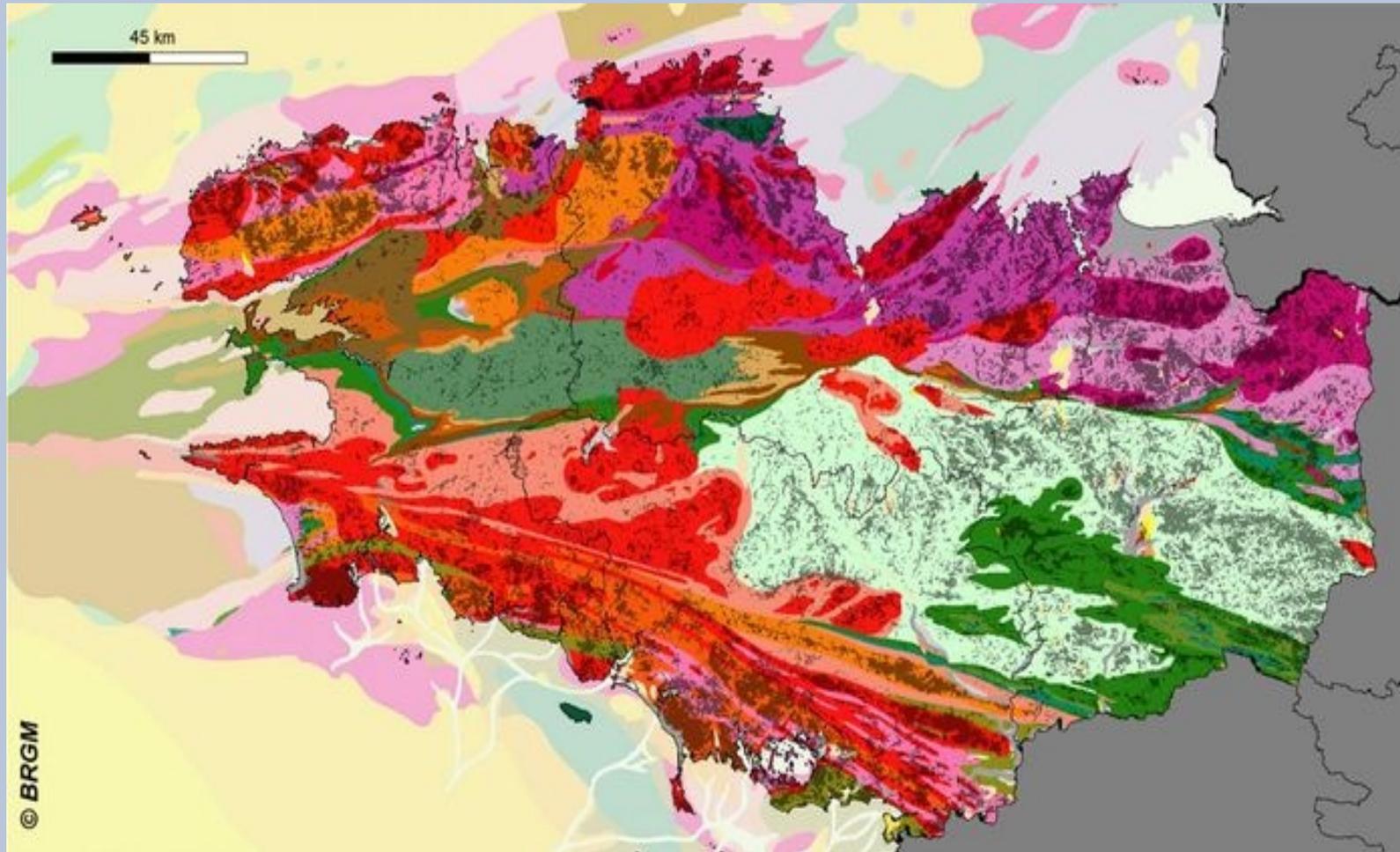


**Orages de juin 2018**

# Conséquence: une ressource en eau très sensible aux pollutions



## Particularité 3 : un substrat imperméable limitant l'infiltration

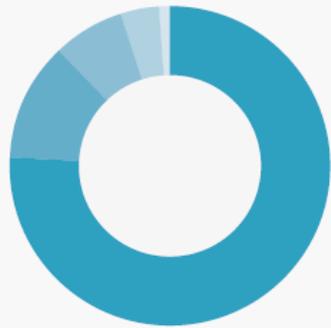


- Granite
- Micaschiste
- Grès
- Schistes

# Conséquence : une ressource en eau essentiellement superficielle

## Les prélèvements d'eau brute en Bretagne

**315 millions**  
de m<sup>3</sup> d'eau sont prélevés en Bretagne

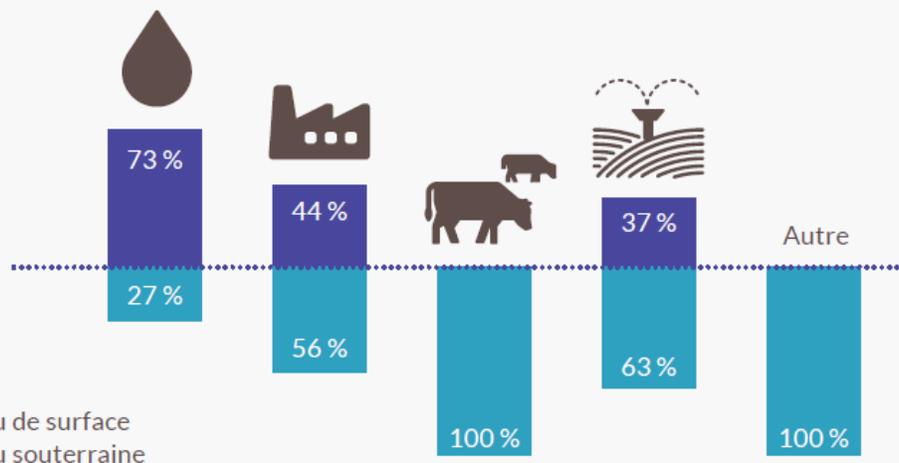


- Eau potable : 76 %
- Industrie : 12 %
- Élevage : 7 %
- Irrigation : 4 %
- Autre : 1 %



**62 %**  
eau de surface

**38 %**  
eau souterraine



● Eau de surface  
● Eau souterraine

## Remplissage des retenues en hiver



Tensions en été-automne si hiver sec  
et si printemps-été chaud et sec

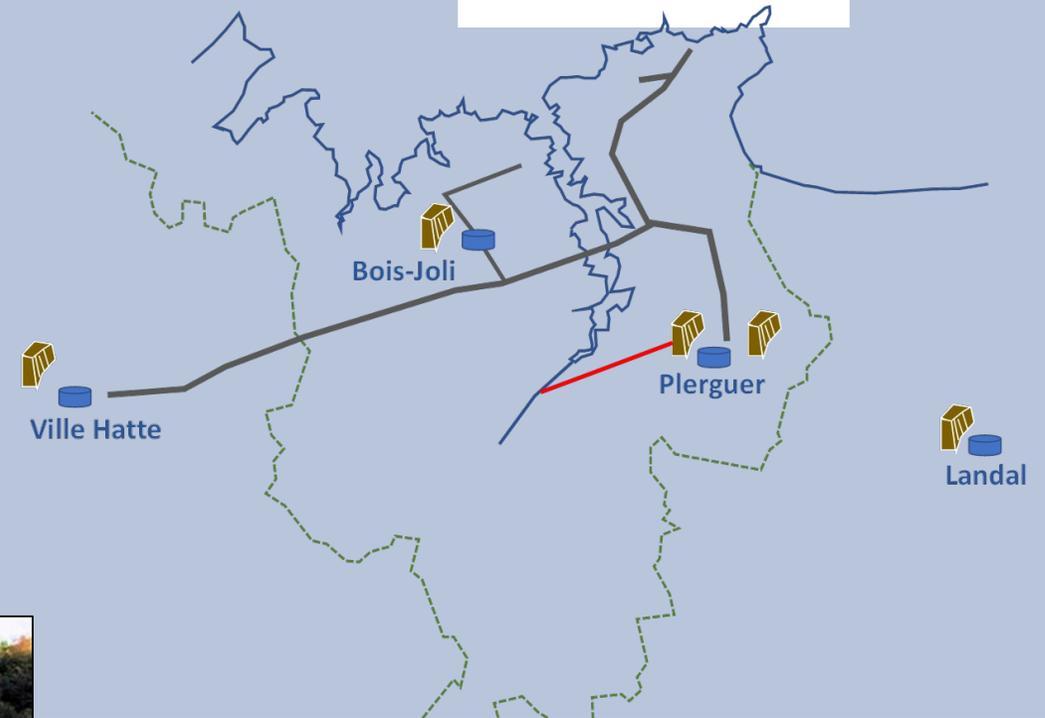
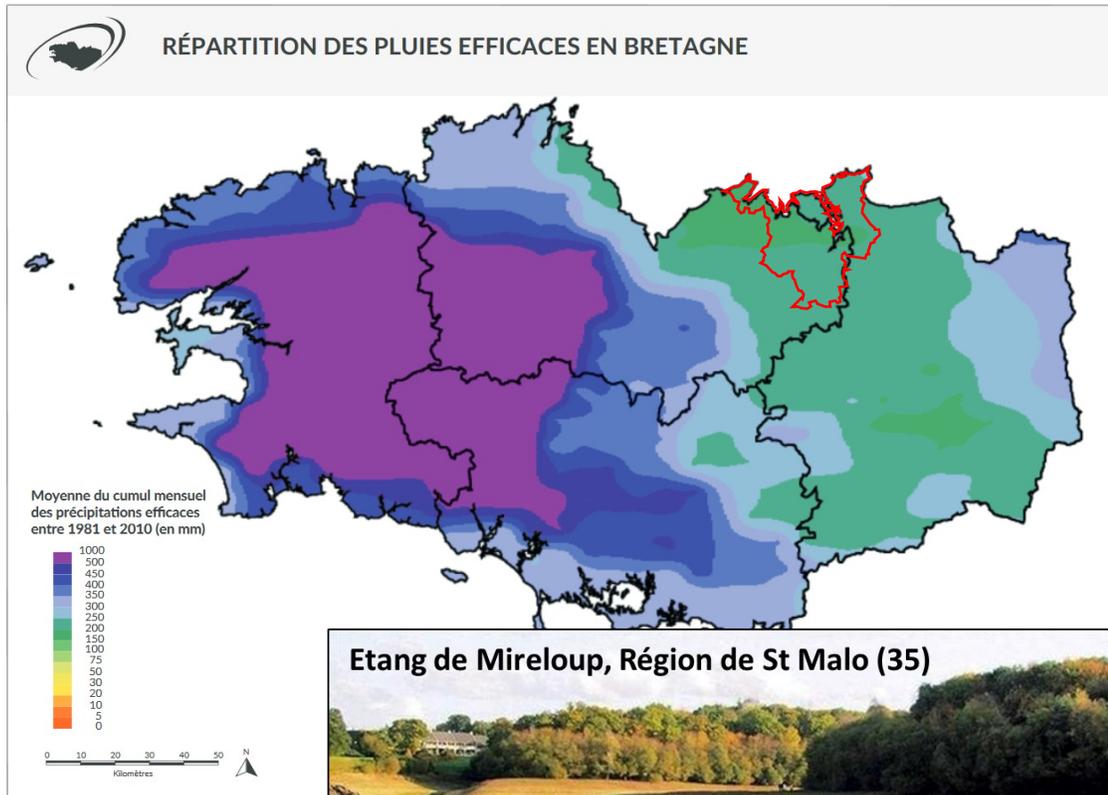
# Quel futur pour la ressource en eau en Bretagne?

Ce que prédisent les modèles climatiques



# Tensions à prévoir sur la production d'eau potable

*Cas de la Région de Saint-Malo (100 000 habitants)*



Etang de Mireloup, Région de St Malo (35)



Origine	Volume (par an)	Répartition (%)
Bois - Joli	3 millions m <sup>3</sup>	79
Beaufort + Mireloup	2.5 millions m <sup>3</sup>	
Landal	200 000 m <sup>3</sup>	
<b>Achat Arguenon</b>	<b>1.5 millions de m<sup>3</sup></b>	<b>21</b>
<b>Projet Pompage Rance</b>	<b>1 million m<sup>3</sup></b>	

# Tensions à prévoir sur les milieux aquatiques

*Augmentation de l'intensité des étiages*



Evolution par rapport au Q<sub>95</sub> de la période historique

	Arguenon (Schiste)	Nançon (Granite)
RCP 2.6		
2030-50	-13,8%	-1,9%
2080-100	-14,0%	5,9%
RCP 8.5		
2030-50	-16,6%	-5,0%
2080-100	-20,7%	1,9%

$$\text{Ecart relatif} = \frac{Q_{\text{Futur}} - Q_{\text{historique}}}{Q_{\text{historique}}}$$



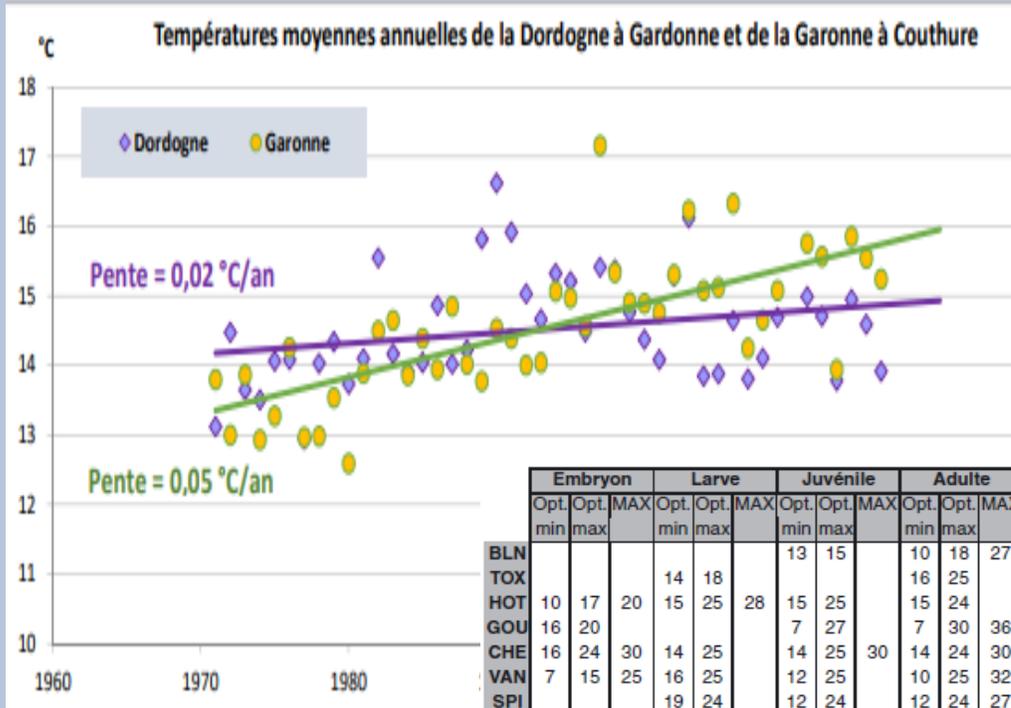
Diminution significative du Q<sub>95</sub>  
**Intensification de la sévérité des étiages**



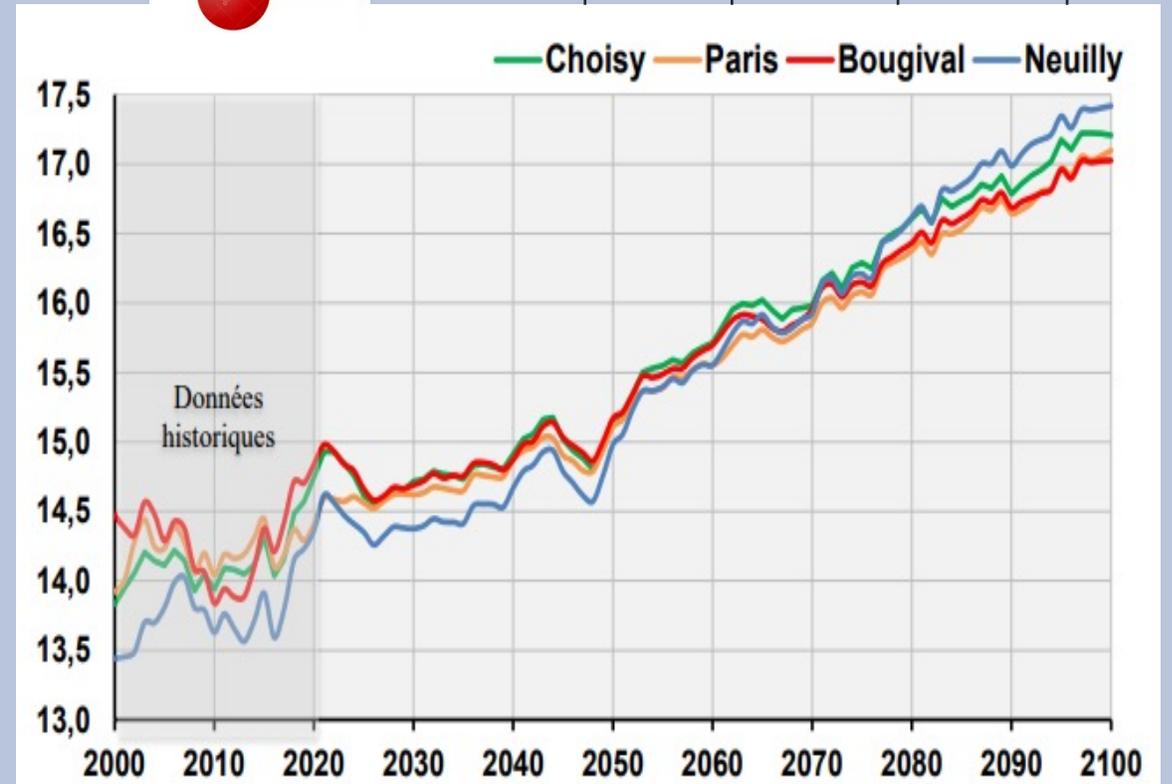
Pas d'évolution significative de la sévérité  
des étiages

# Tensions à prévoir sur les milieux aquatiques

Augmentation marquée de la température des masses d'eau avec des risques sur la vie aquatique



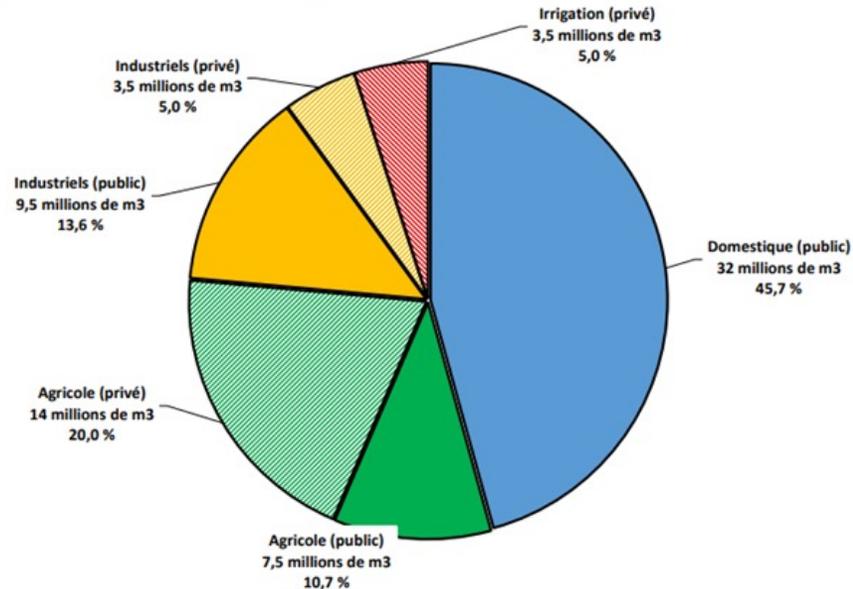
	Embryon			Larve			Juvénile			Adulte			Reproduction	
	Opt. min	Opt. max	MAX	Opt. min	MAX									
BLN							13	15		10	18	27	12	15
TOX				14	18					16	25		9	14
HOT	10	17	20	15	25	28	15	25		15	24		8	14
GOU	16	20						7	27		7	30	36	12
CHE	16	24	30	14	25		14	25	30	14	24	30	15	20
VAN	7	15	25	16	25		12	25		10	25	32	7	12
SPI				19	24		12	24		12	24	27	14	21
BAF	16	21		15	19	24	13	24	32	10	24	32	13	20
BOU										12	30	37	15	21
GAR	12	24	26				7	21	30	12	25	31	10	18
ABL	21	27	31							20	30	35	15	28
BRE	12	23	28				14	28	34	10	26	35	12	20
BRB										16	25		15	25
PER	12	18	21	12	25	34	10	25	32	16	27	33	8	15
GRE	9	21	24	25	30		7	25	30	15	25	31	6	18
SAN	12	20	25	14	23	31	27	30	34	27	30	35	6	20
BRO	8	14	23	12	21	28	19	21	31	10	24	31	8	15
PES							13	28	30	12	30	35	13	25
SIL										12	28	32	20	25



# Tensions à prévoir sur l'agriculture



Estimation de la répartition des prélèvements d'eau pour les Côtes d'Armor (70 millions de m<sup>3</sup>)



# Les stratégies d'adaptation

- Connaissance précise des prélèvements (forages privés) et de leur évolution
- Sélection et diversification végétale pour une meilleure résistance au manque d'eau (prairies à base de mélanges de dactyle, fétuque élevée et luzerne)
- Récupération des eaux de pluie (toits des bâtiments d'élevage)
- Rétention de l'eau au niveau du sol via des solutions fondées sur la nature (implantation de haies, restauration des zones humides, techniques de labour simplifié, etc.)
- Création de retenue d'eau (retenues collinaires)

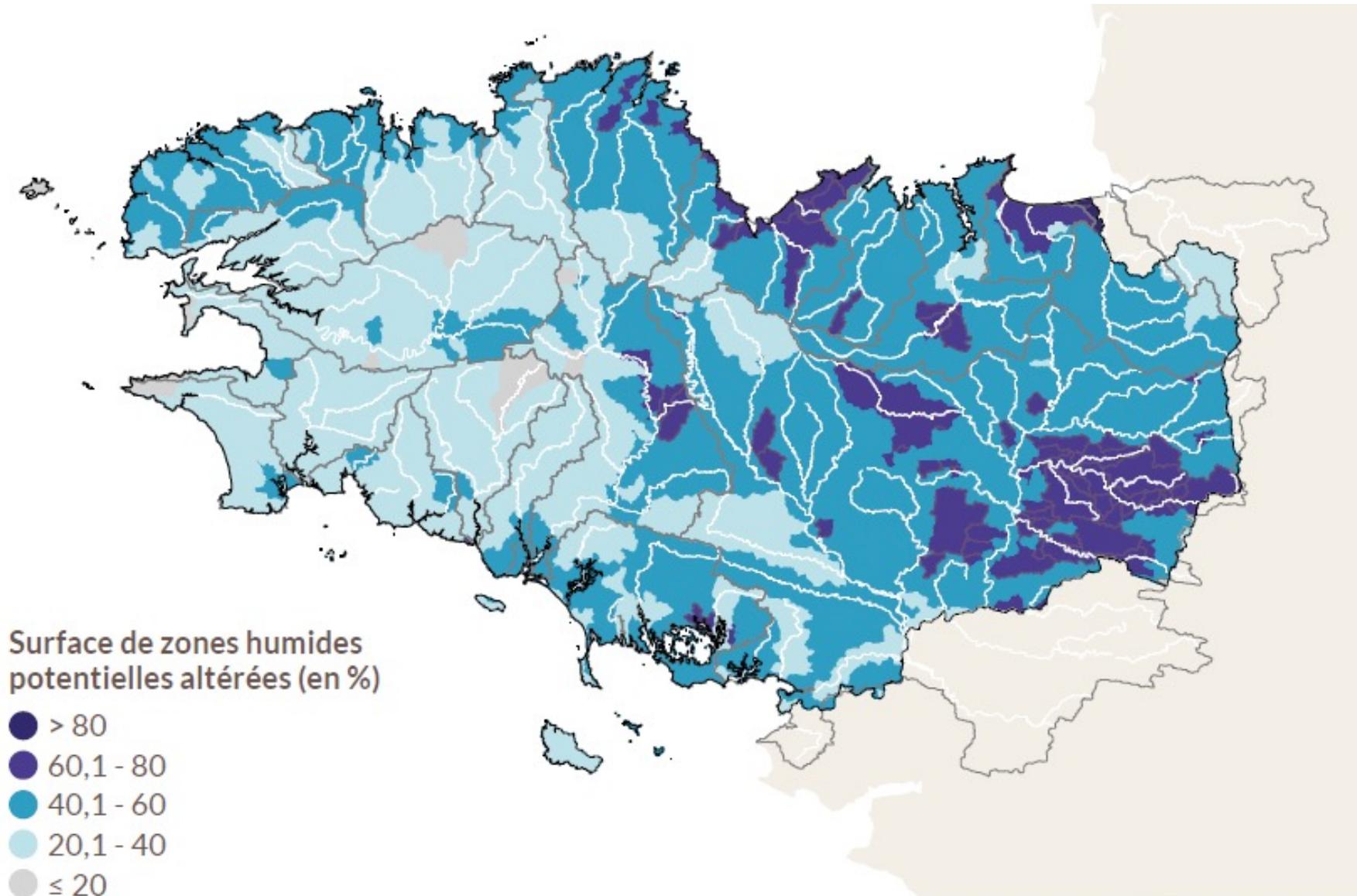


## Fermadapt et ClimatVeg

Deux programmes de recherche-action pour permettre l'adaptation de l'agriculture bretonne au changement climatique

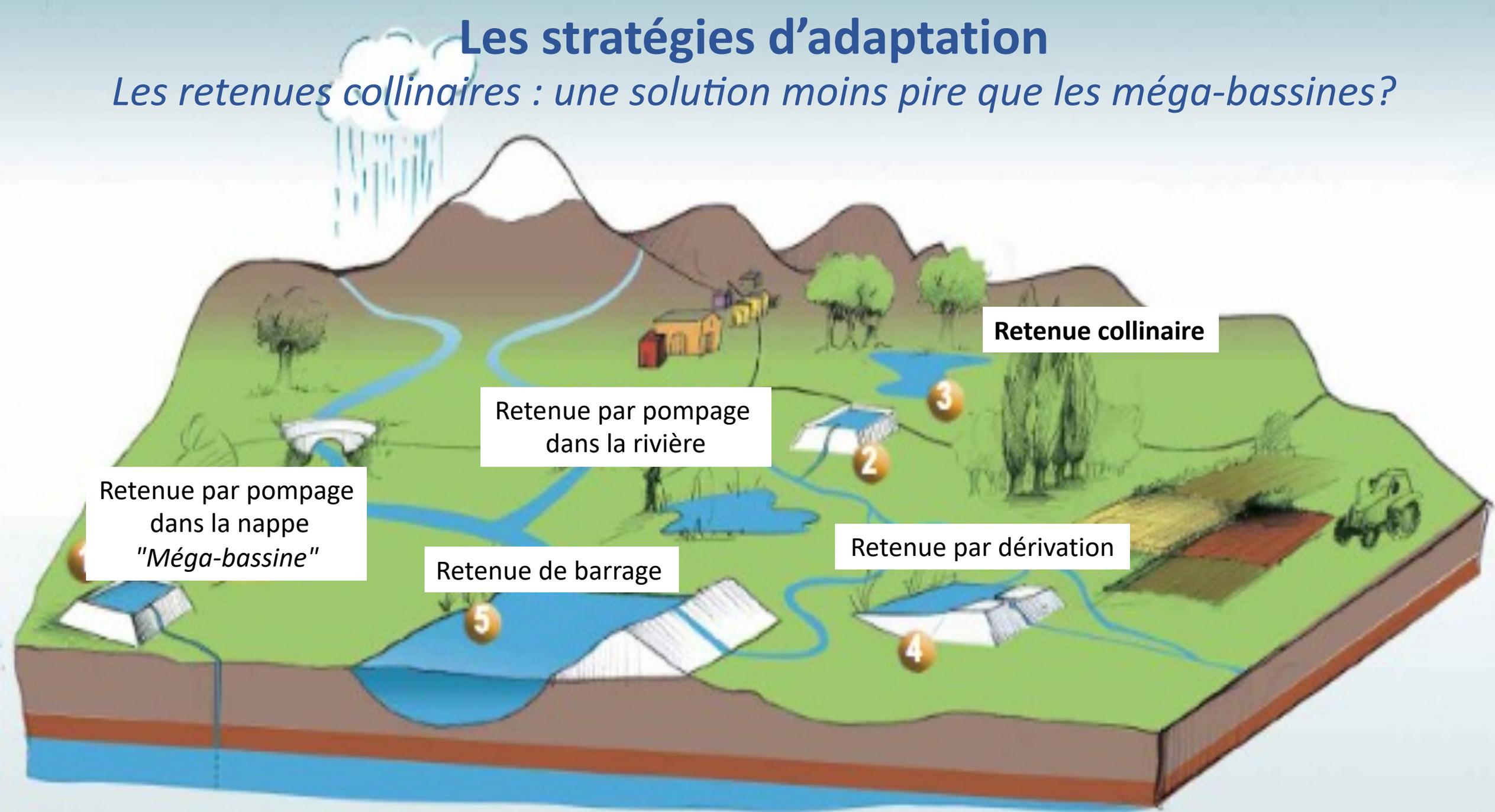
# Les stratégies d'adaptation

*Revenir en arrière sur le drainage systématique des zones humides*



# Les stratégies d'adaptation

*Les retenues collinaires : une solution moins pire que les méga-bassines?*



## Conclusion

**Oui les climats ont toujours changé....**

**Ils bouleversent en permanence**

**la totalité des espèces terrestres, et la vie humaine ..**

**La dépendance à l'eau en est un élément critique**

**Le problème n'est pas le changement climatique,  
c'est la possibilité pour l'homme et la biosphère de s'y adapter!**

**Impératifs urgents : limiter l'amplitude du changement**

**Préciser les impacts sur les territoires**

**Se donner les moyens d'agir**

# Des outils d'aide à l'ingénierie locale

- **DRIAS Les futurs du climat** <https://drias-climat.fr/>
- **À quoi ma commune devra-t-elle s'adapter en 2050 ?**  
<https://meteofrance.com/climadiag-commune>