

*Comité régional de Veolia, 19 octobre 2022, Abbaye de Royaumont*

# Changement climatique et ressources en eau

## Pourquoi est-il urgent d'agir ?

Agnès Ducharne

Directrice de recherche CNRS

METIS-IPSL, Sorbonne Université, Paris, France

[agnes.ducharne@upmc.fr](mailto:agnes.ducharne@upmc.fr)



## Retour en 2002 – Premier projet d'impact du CC dans le bassin de la Seine

### Le bassin de la Seine : contexte actuel

#### Ressource en eau suffisante :

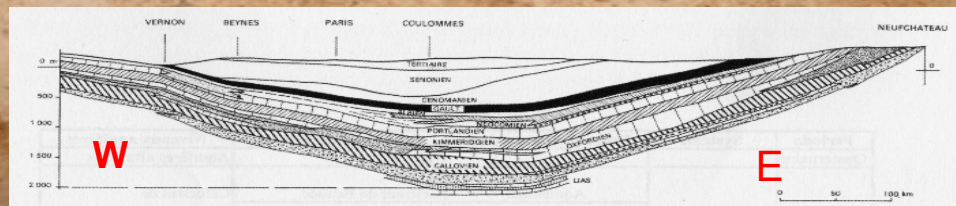
- Climat océanique avec pluviométrie bien répartie
- Sols à bonne réserve utile & aquifères importants

**Ce paradigme reste très prégnant**

**Enjeux de gestion de l'eau liés à l'anthropisation : 12% du territoire métropolitain, mais 30% de la population et 40% du potentiel industriel**

- Agriculture & pollution azotée diffuse
- Rejets ponctuels
- Gestion des crues et étiages

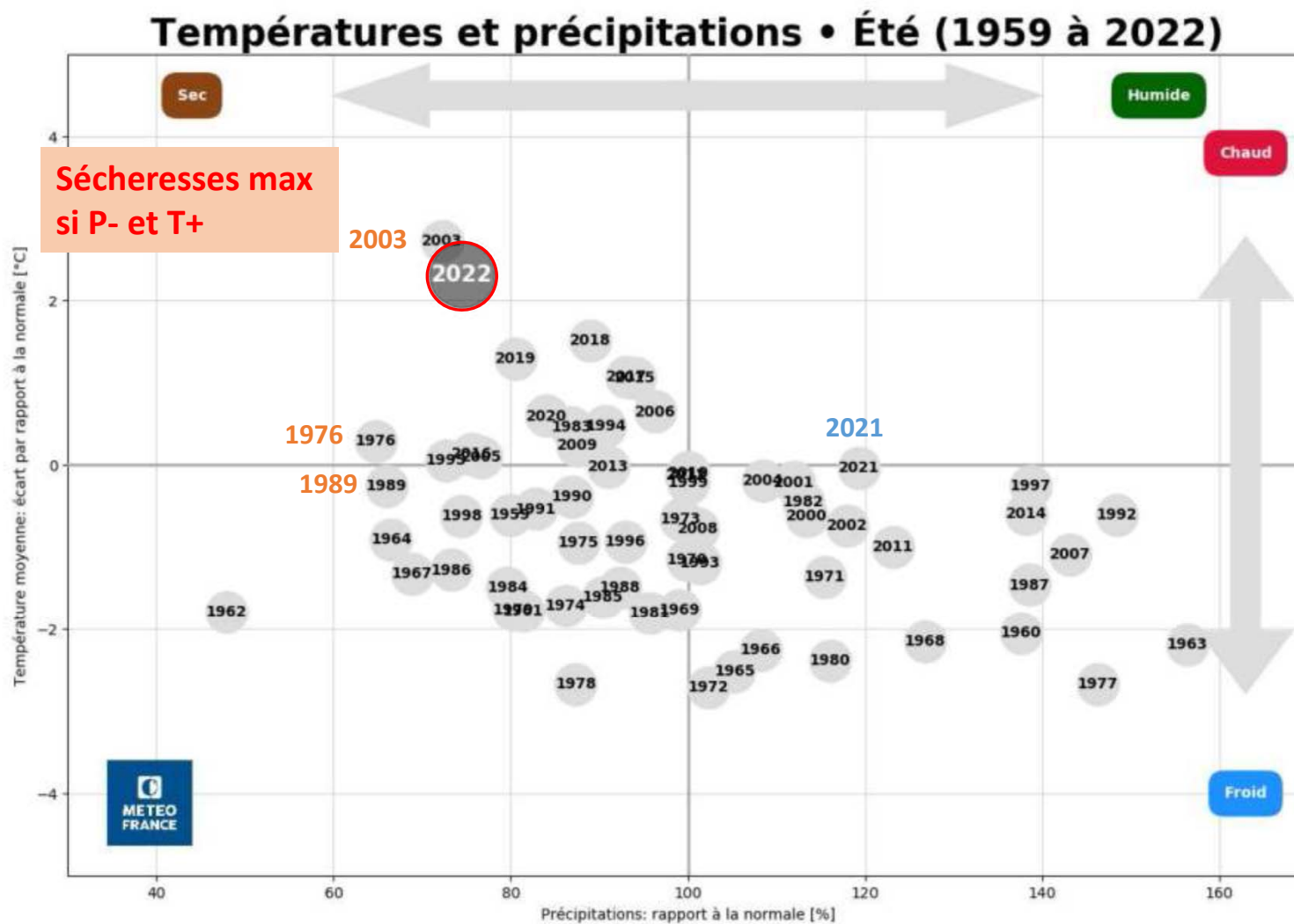
Coupe géologique



Occupation des sols (Corine)



## Evolution des sécheresses depuis 2002



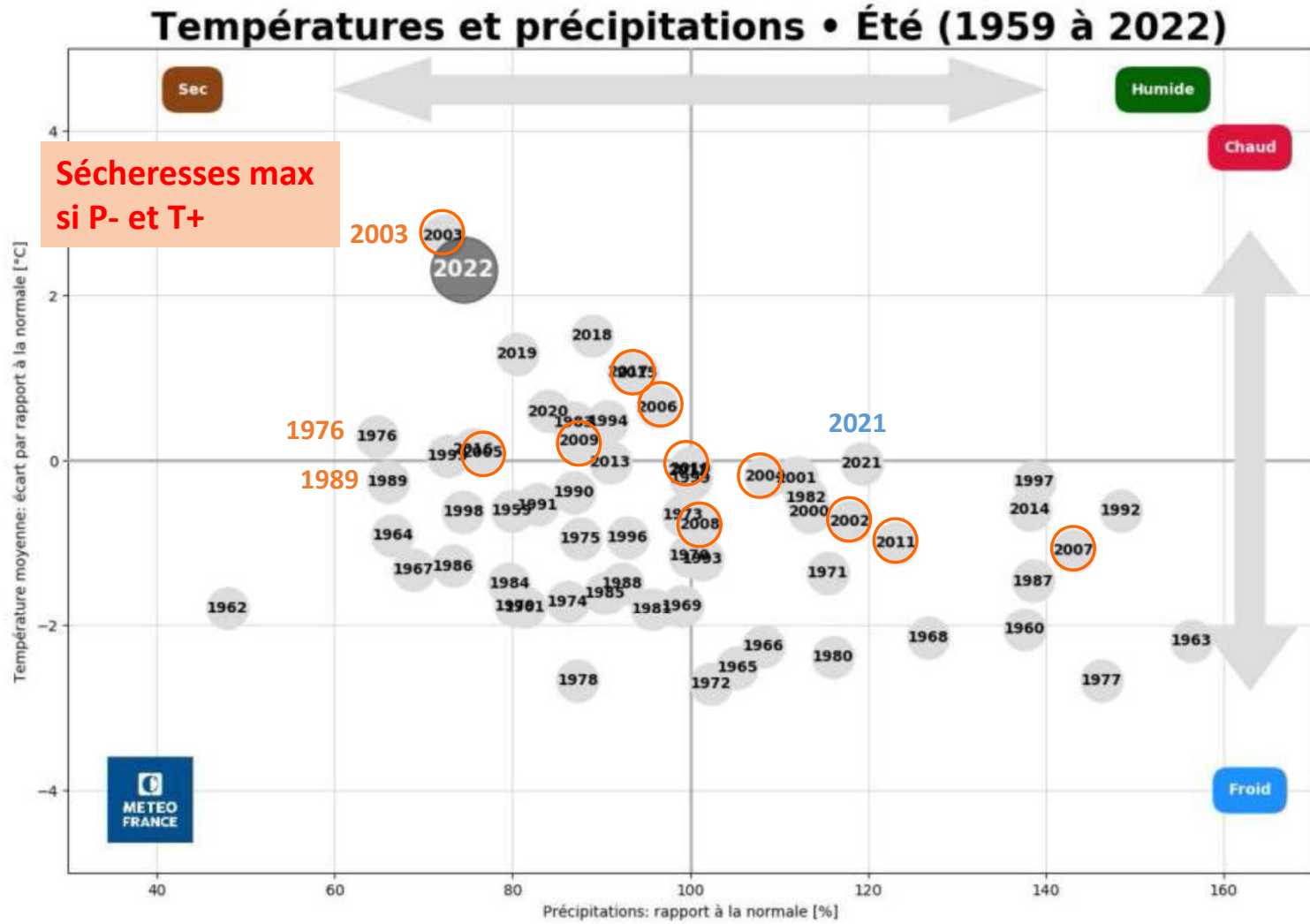
**+ Hiver 2021-2022**  
Très déficitaire en précipitations

Faible recharge des sols et nappes

Pire sécheresse des sols depuis 1958, et ce dès mi-juillet

Ecart aux normales 1990-2020

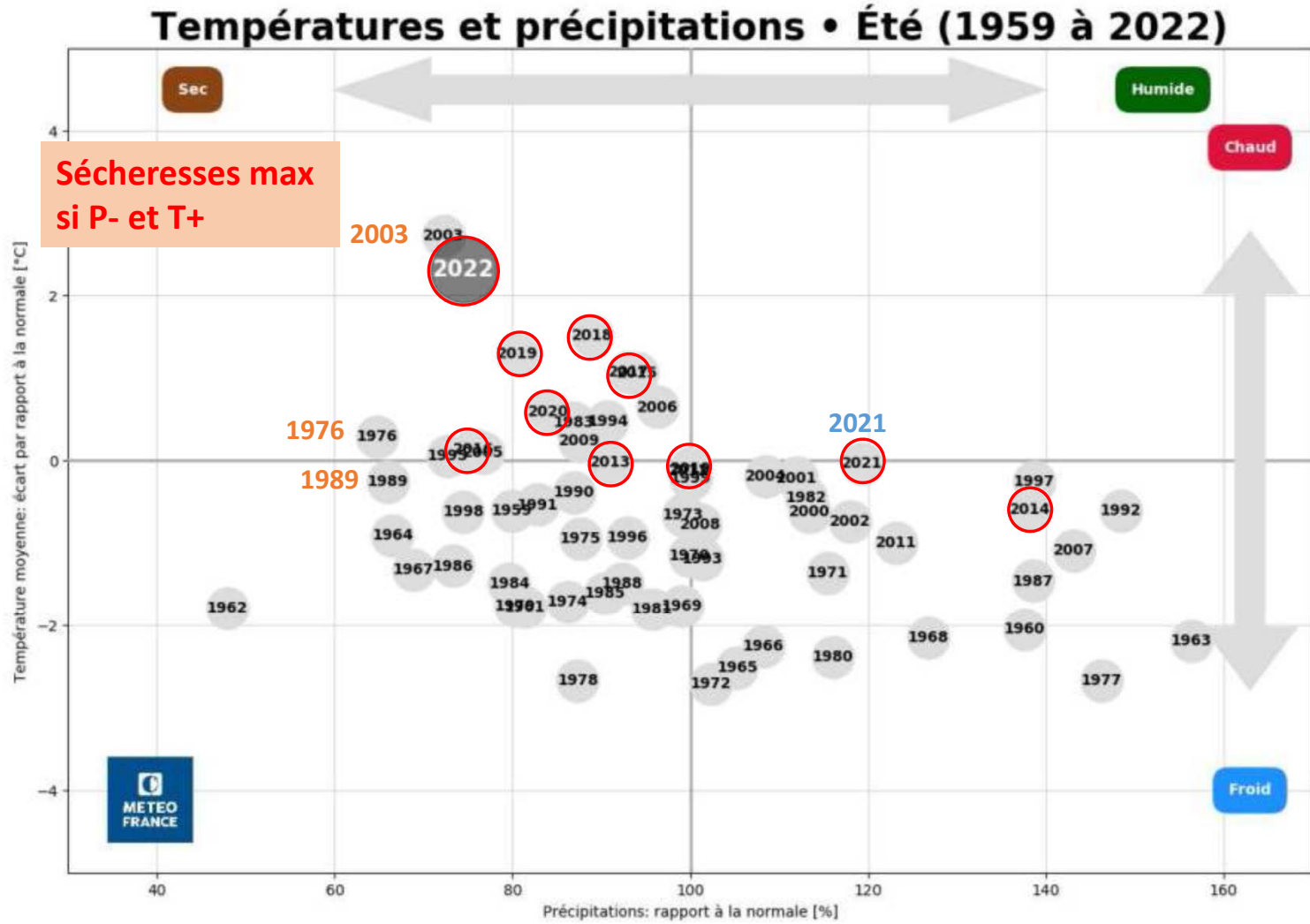
# Evolution des sécheresses depuis 2002



Les étés 2002-2011

Ecart aux normales 1990-2020

# Evolution des sécheresses depuis 2002



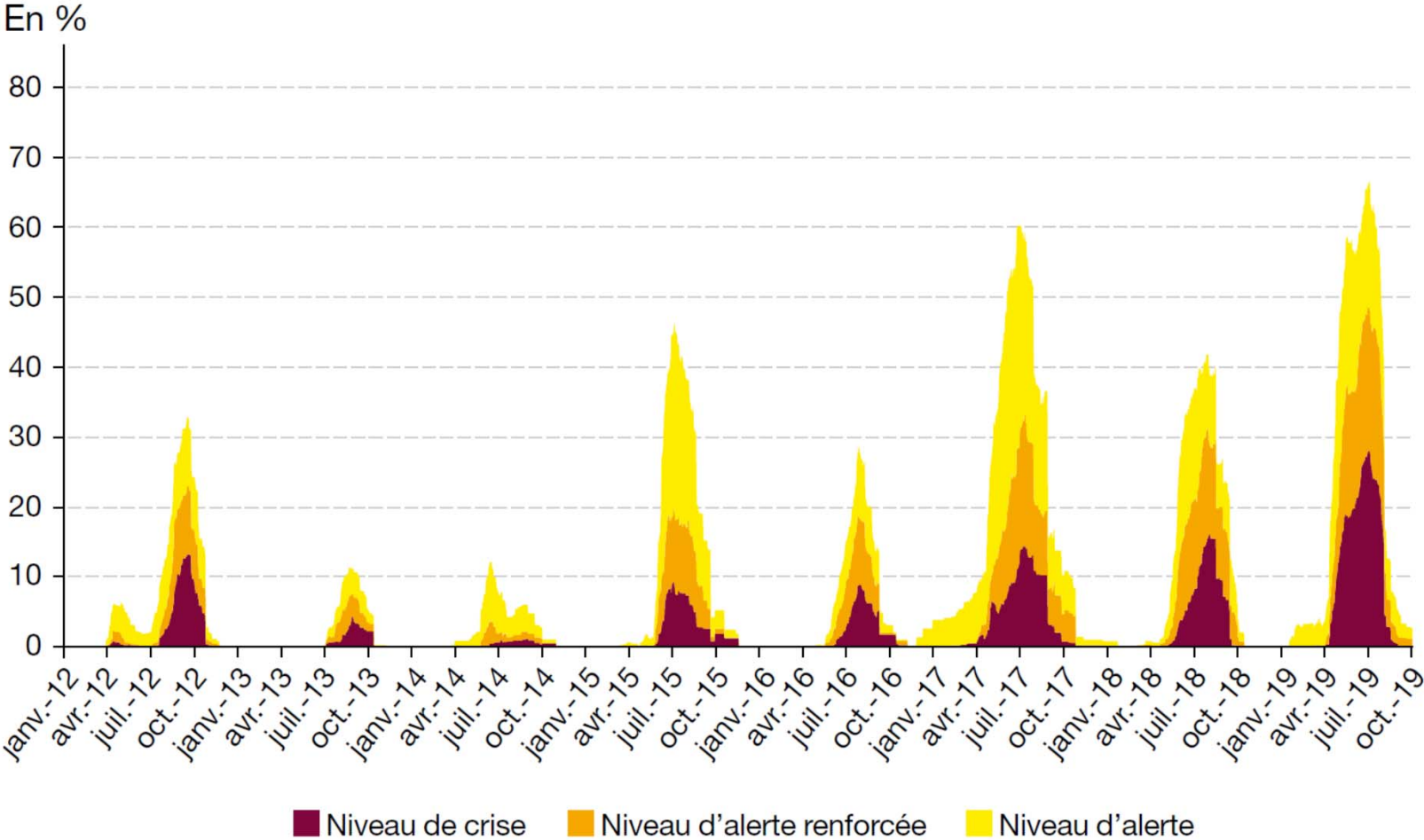
**Les étés 2012-2022**  
7/11 dans le quart chaud et sec

**Les étés 2002-2011**

Ecart aux normales 1990-2020

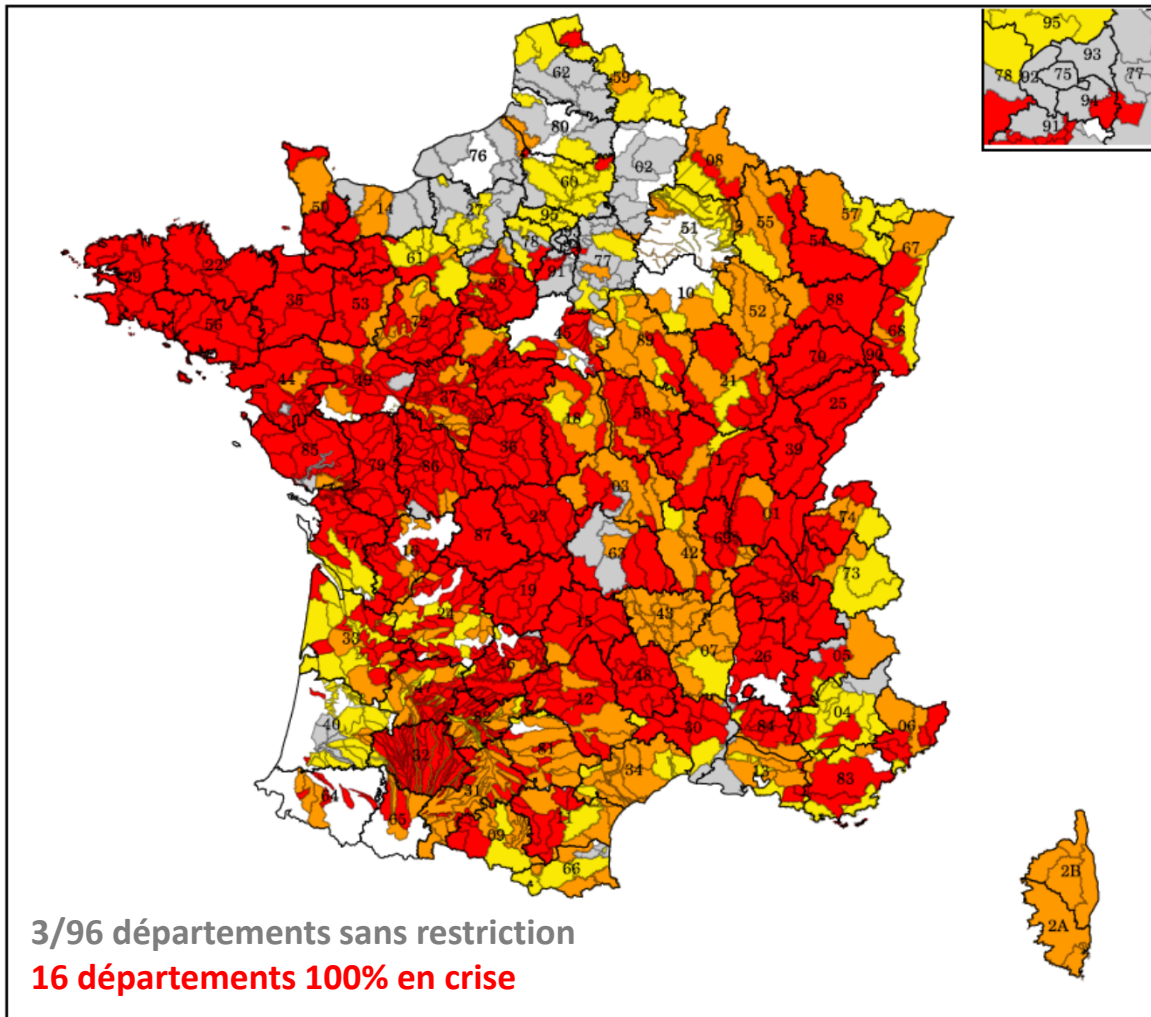
# Evolution des sécheresses depuis 2002 ?

## ÉVOLUTION JOURNALIÈRE DE LA PART DU TERRITOIRE MÉTROPOLITAIN CONCERNÉE PAR DES MESURES DE RESTRICTION DES EAUX SUPERFICIELLES



## Le cas de l'été 2022

Carte des arrêtés de restriction du 25/08 au 15/09 2022



### Quelques exemples de « défaillances »

- Début août, Gérardmer boit l'eau de son lac
- 117 communes sans eau potable le 23 août
- Niveaux très bas de nombreux lacs artificiels (dont Serre-Ponçon sur la Durance, Sainte-Croix sur le Verdon, Naussac et Villerest sur la Loire)
- Baisse de la production hydroélectrique par EDF de 23% au premier semestre 2022 par rapport à l'année précédente
- Fortes inquiétudes sur les rendements agricoles et l'élevage (fourrage, abreuvement, production laitière)

Mais aussi la source de la Tamise, navigation sur le Rhin, plaine du Pô...

## Le cas de l'été 2022

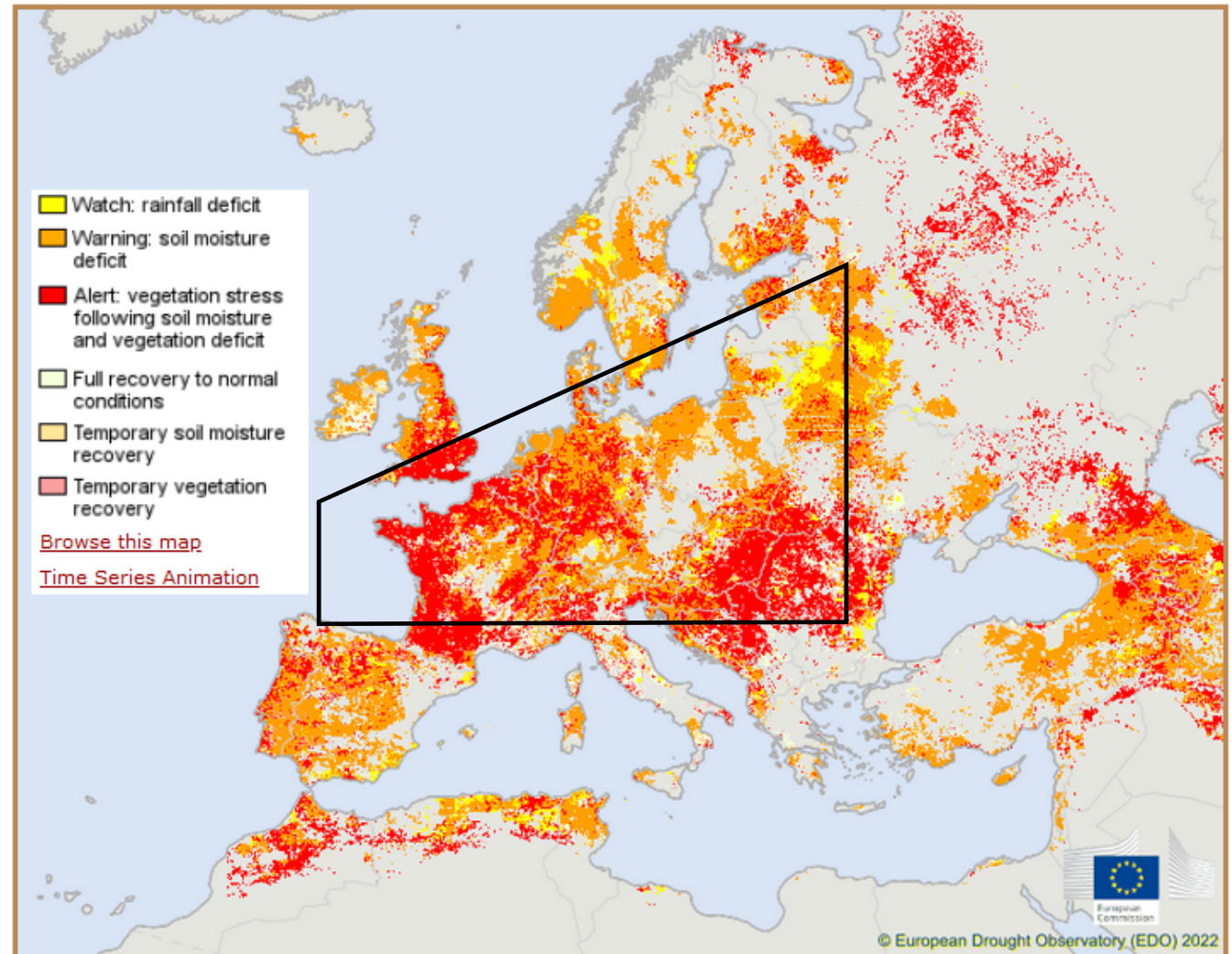
→ Situation of Combined Drought Indicator in Europe - 1<sup>st</sup> ten-day period of September 2022

According to the latest map of the **Combined Drought Indicator**  
33% of the EU territory is in **Warning** conditions and 26% is in **Alert** conditions

En Europe de l'Ouest et Centre,  
si on s'intéresse à l'humidité des sols :

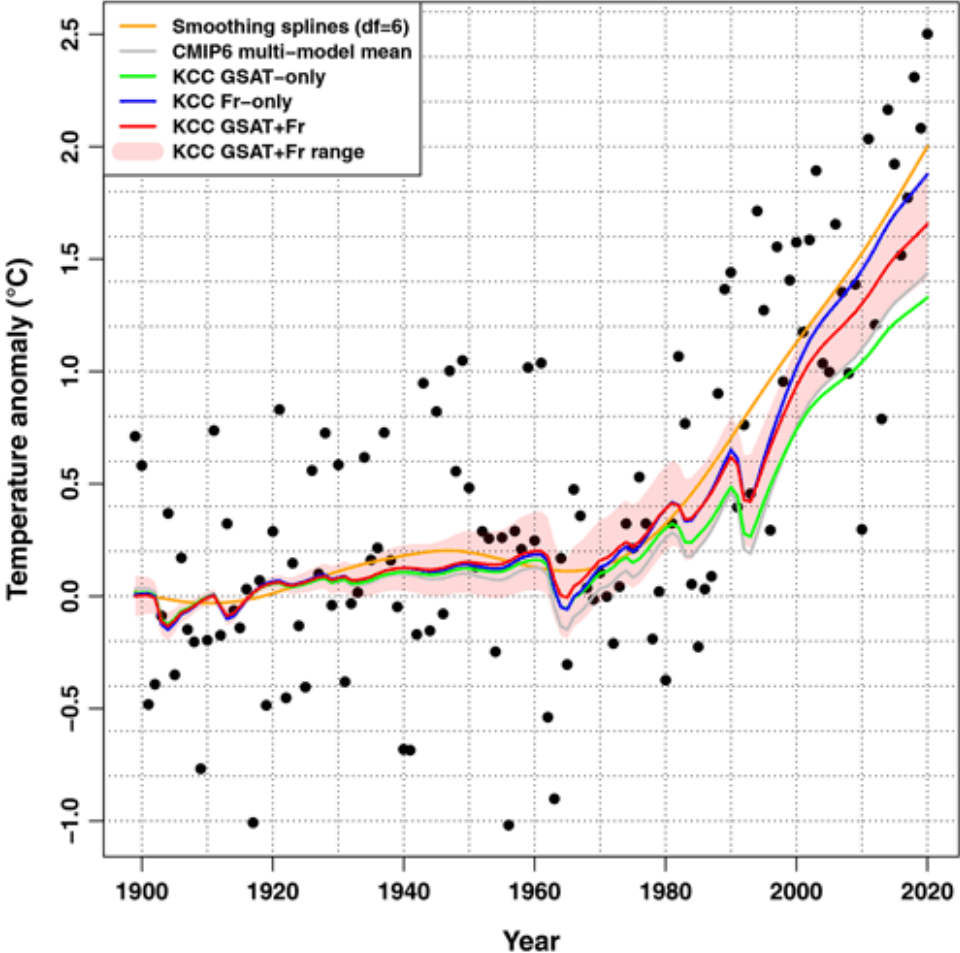
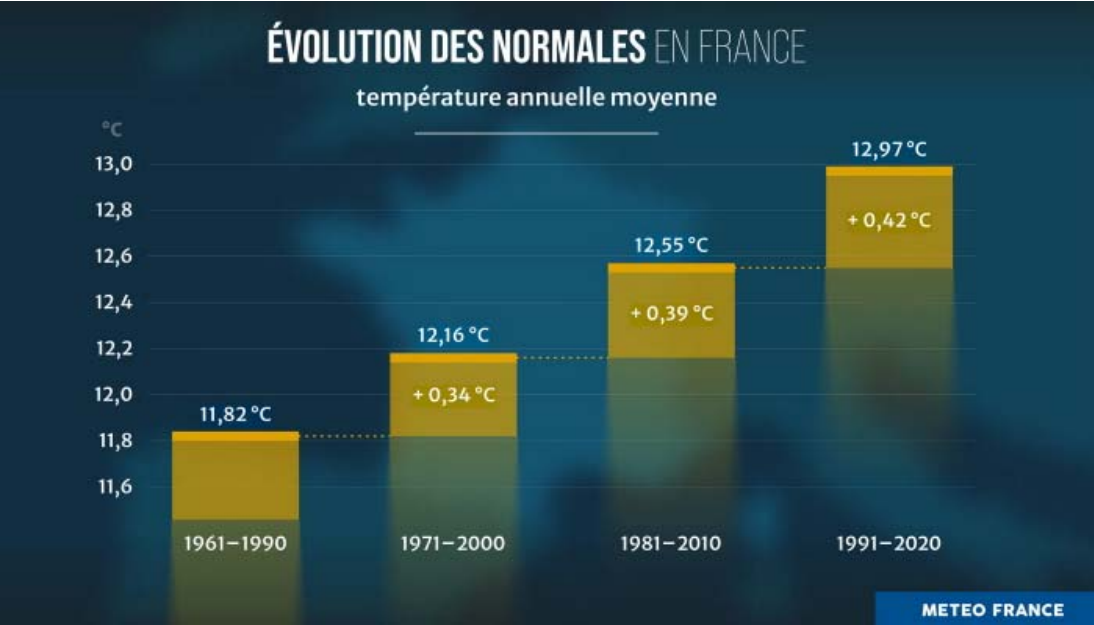
la sécheresse 2022 a une période de retour  
**de 20 ans en climat récent**  
**mais d'environ 100 ans**  
**avec le climat du début du 20ème siècle**

Schumacher et al. (5 oct 2022)





# Tendances passées en France



**+1.66°C en 2020 comparé à 1900-1930**  
Ribes et al 2022, ESD

Depuis 150 ans, 100 % du réchauffement est dû aux activités humaines



+ 140 ppm  
i.e. + 50 %  
en 150 ans  
↓  
+ 1.1°C  
en moyenne  
globale

\*données recueillies à partir d'analyses de glace issue de forages aux pôles.

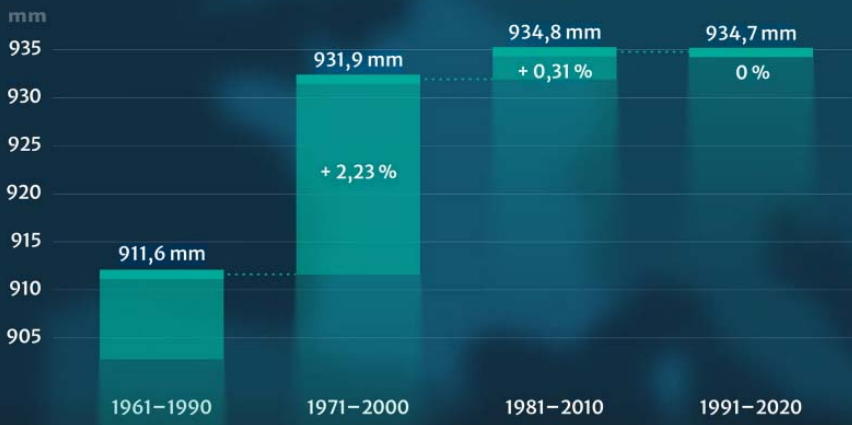
Sources : Rapport de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), NOAA, NASA et Mauna Loa Observatory (Hawaï).



# Tendances passées en France

## ÉVOLUTION DES NORMALES EN FRANCE

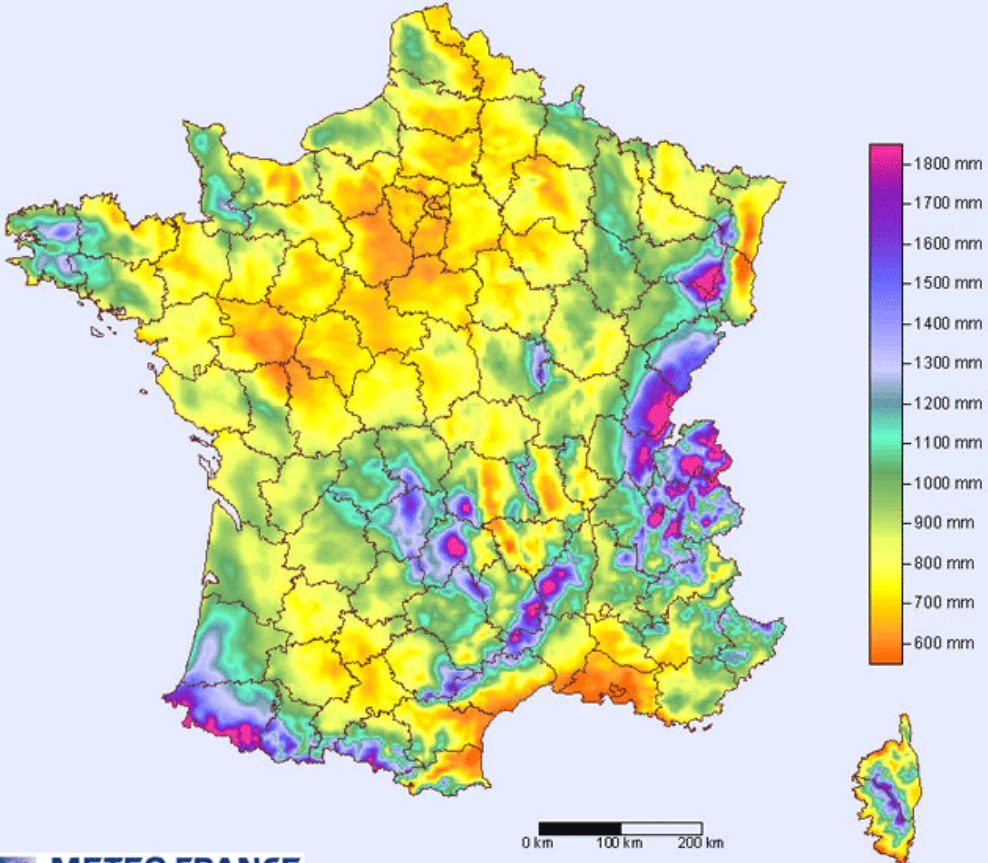
cumul annuel de précipitation



METEO FRANCE

Normales de précipitation  $\approx$  930 mm/an  
depuis 50 ans  
en moyenne sur toute la France

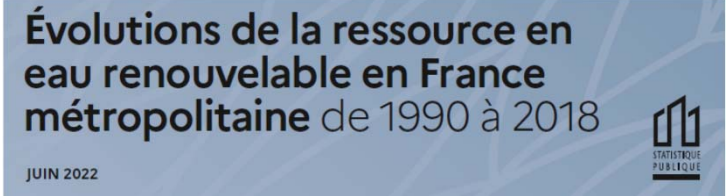
## Cumul annuel des précipitations Normales 1971-2000



METEO FRANCE  
Toujours un temps d'avance



# Tendances passées en France



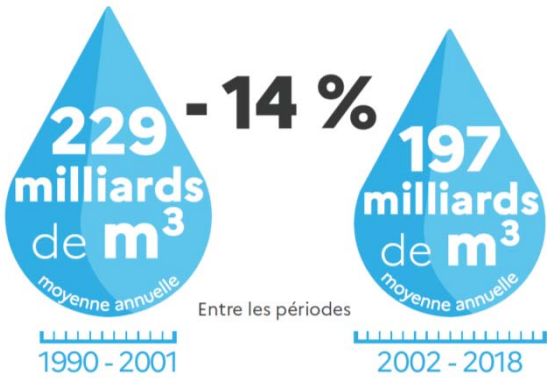
## Ressources en eau moyennes en France (1990-2018)

Précipitations  $\approx$  930 mm/an

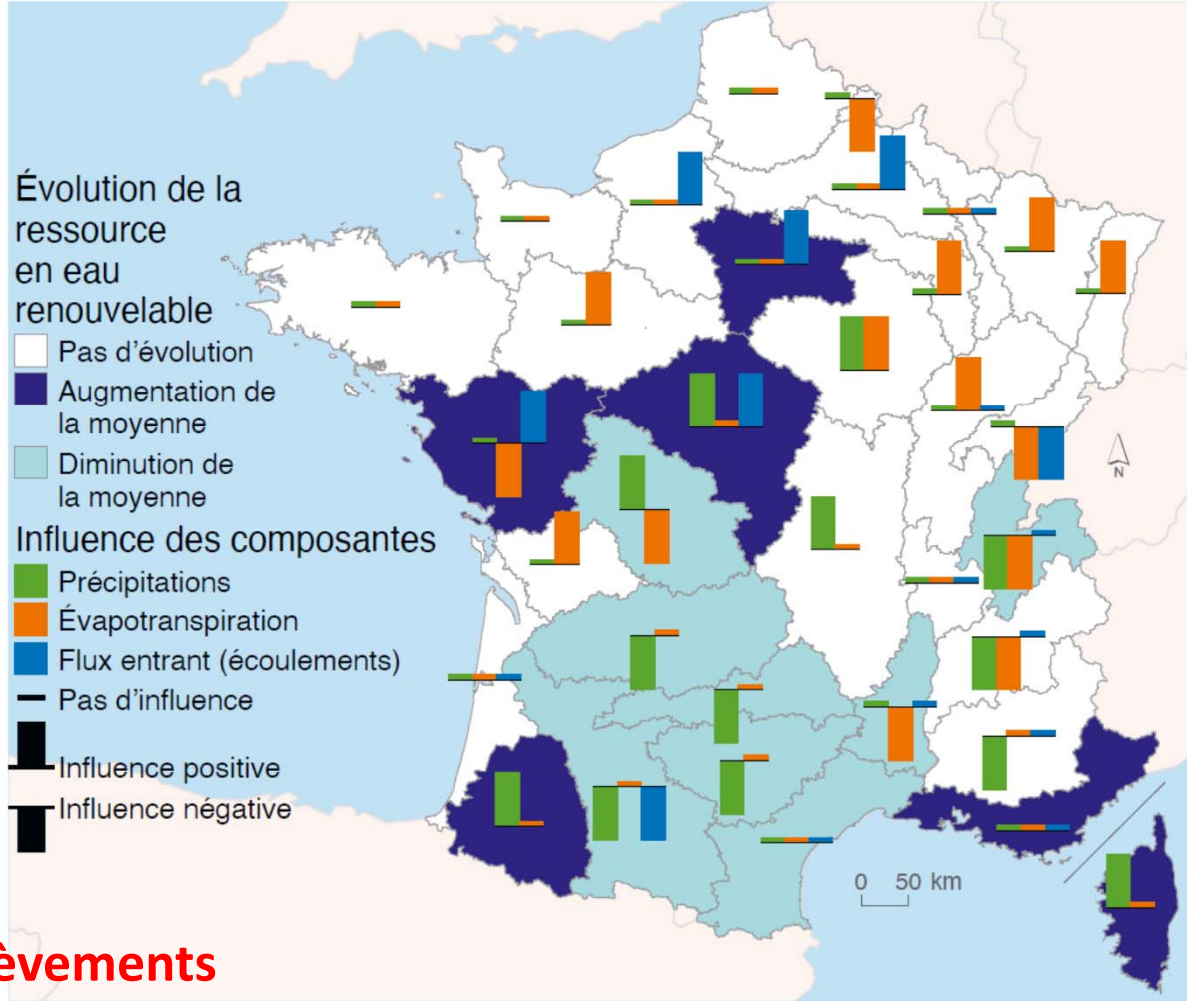
Evaporation  $\approx$  550 mm/an (60 % de P)

Ressources renouvelables  $\approx$  380 mm/an (40% de P)

La **ressource en eau renouvelable a diminué.**

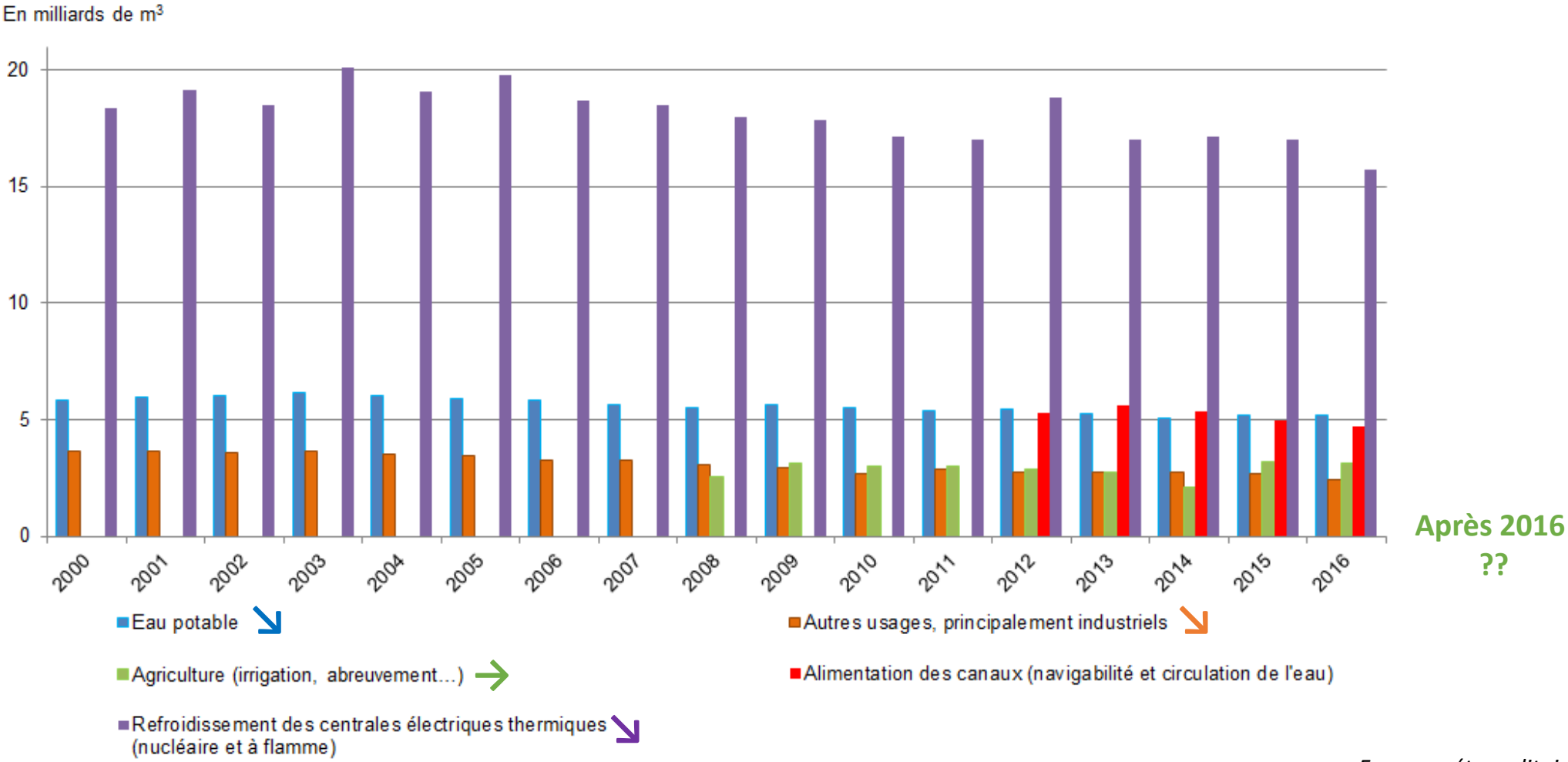


## Carte 4 : évolution de la ressource en eau renouvelable annuelle et influence de chaque composante, par sous-bassin DCE\* administratif, de 1990 à 2018



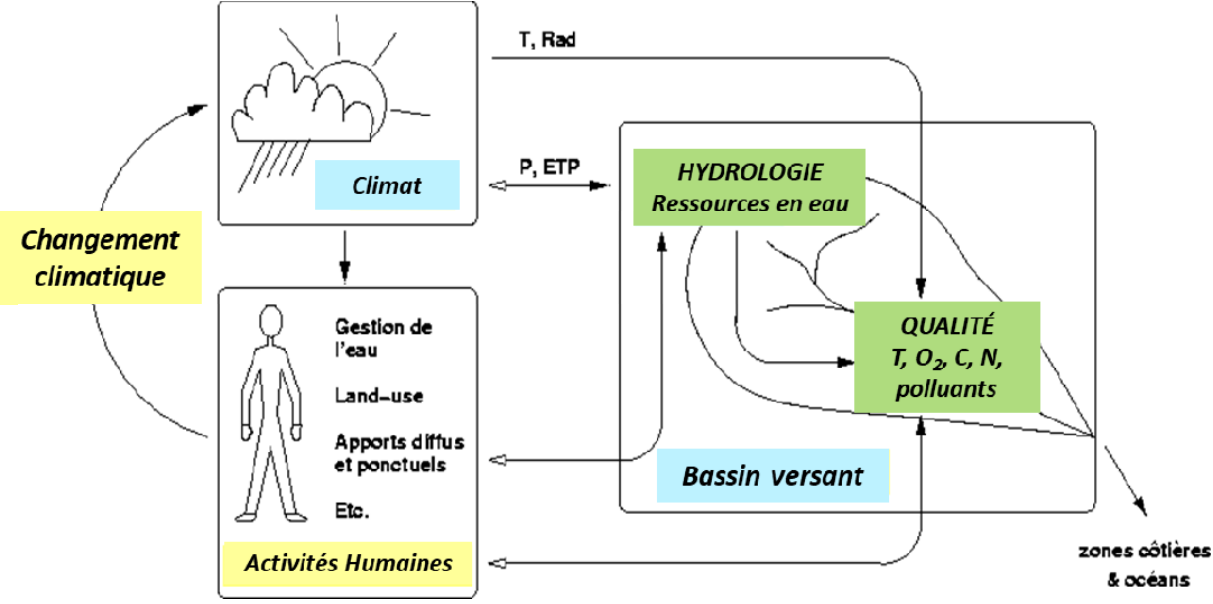
**Hors prélèvements**

# Evolution des prélèvements

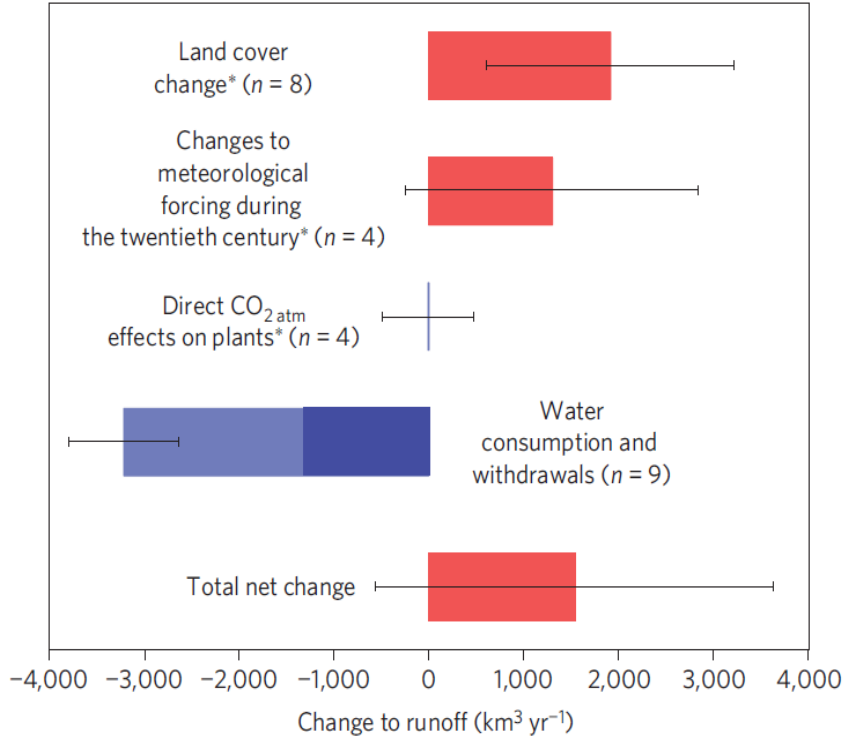


France métropolitaine  
 Source : Agences de l'Eau ; Onema, BNPE depuis 2012  
 Traitement : SDES, 2019

# Climat et ressources en eau sont impactées par les activités humaines (et réciproquement)



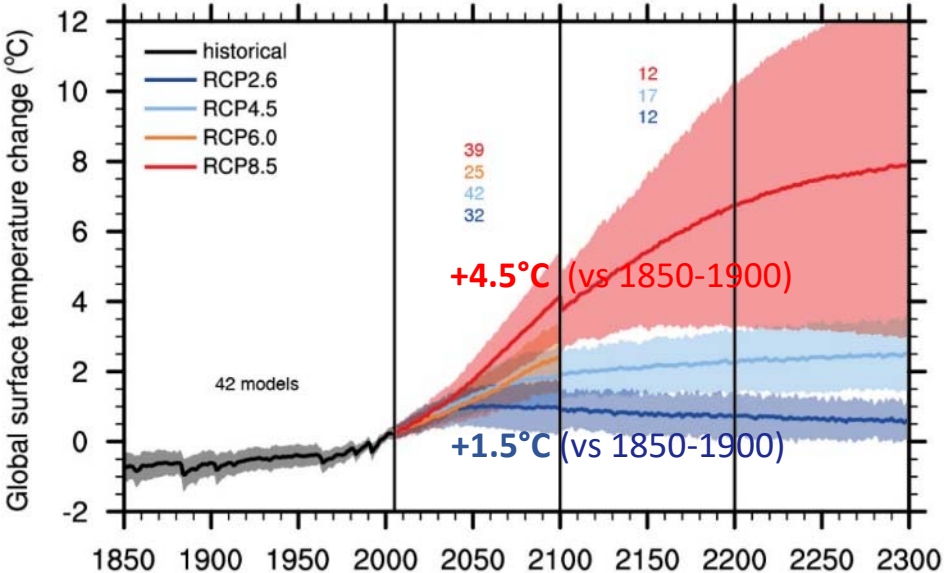
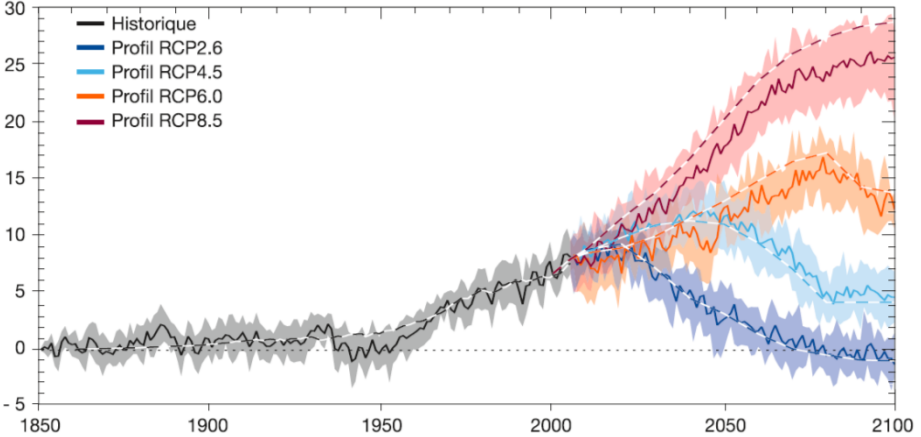
## Synthèse des études de changements globaux par modélisation au 20ème siècle



*Sterling, Ducharme et al., 2013*

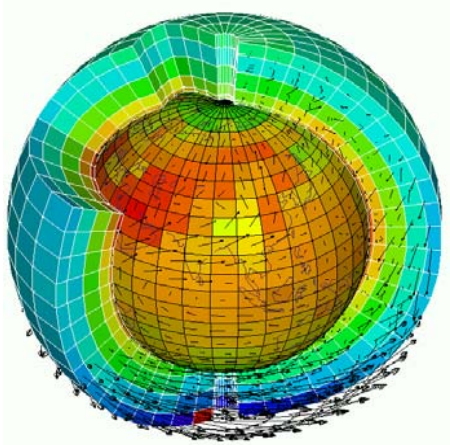
# Que nous réserve le futur ?

Scénarios d'émissions futures (en GtC/an)

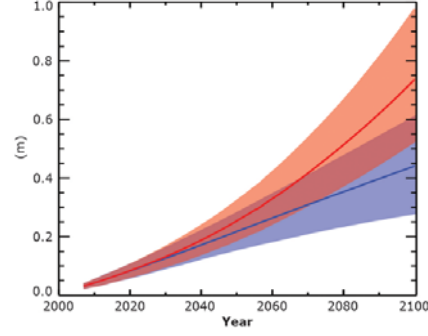


Avec aussi des scénarios d'aérosols et occupation des terres

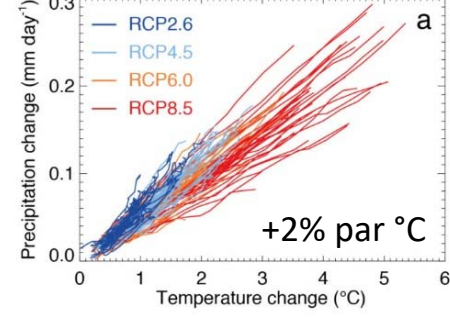
Modèles climatique



Niveau de la mer



Précipitations



Basé sur AR5 WG1

# Que nous réserve le futur ?

## Accroissement des inégalités de précipitation

Attention, fortes incertitudes sur l'évolution des précipitations :

- dispersion importante entre modèles climatiques
- ces modèles ne capturent pas parfaitement les précipitations actuelles

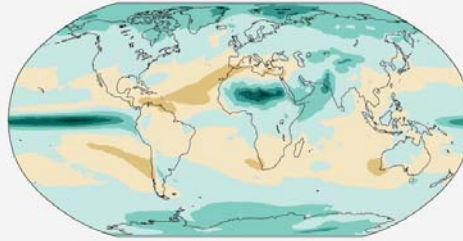
La quantification reste difficile !

Mais nombreuses régions continentales marquées par l'aridification

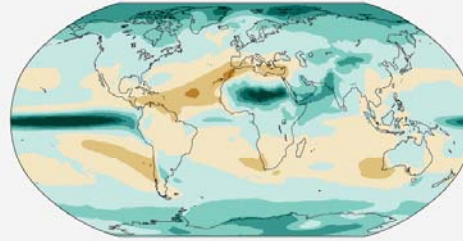
(c) Annual mean precipitation change (%) relative to 1850-1900

Precipitation is projected to increase over high latitudes, the equatorial Pacific and parts of the monsoon regions, but decrease over parts of the subtropics and in limited areas of the tropics.

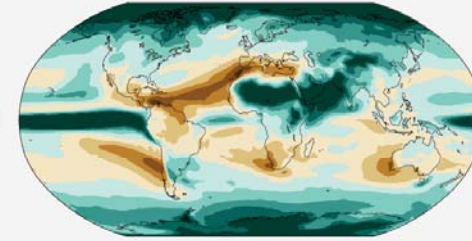
Simulated change at 1.5°C global warming



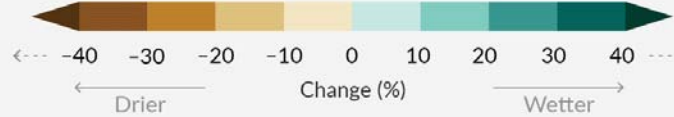
Simulated change at 2°C global warming



Simulated change at 4°C global warming



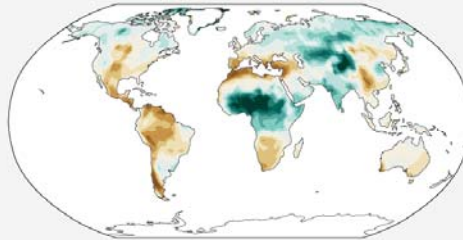
Relatively small absolute changes may appear as large % changes in regions with dry baseline conditions



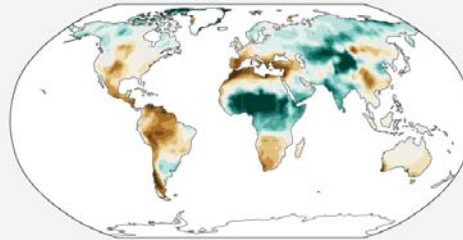
(d) Annual mean total column soil moisture change (standard deviation)

Across warming levels, changes in soil moisture largely follow changes in precipitation but also show some differences due to the influence of evapotranspiration.

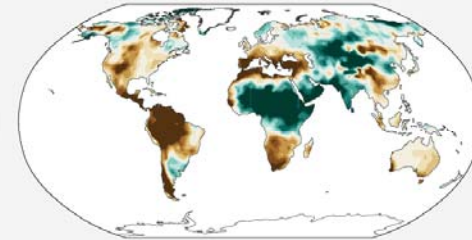
Simulated change at 1.5°C global warming



Simulated change at 2°C global warming



Simulated change at 4°C global warming



Relatively small absolute changes may appear large when expressed in units of standard deviation in dry regions with little interannual variability in baseline conditions

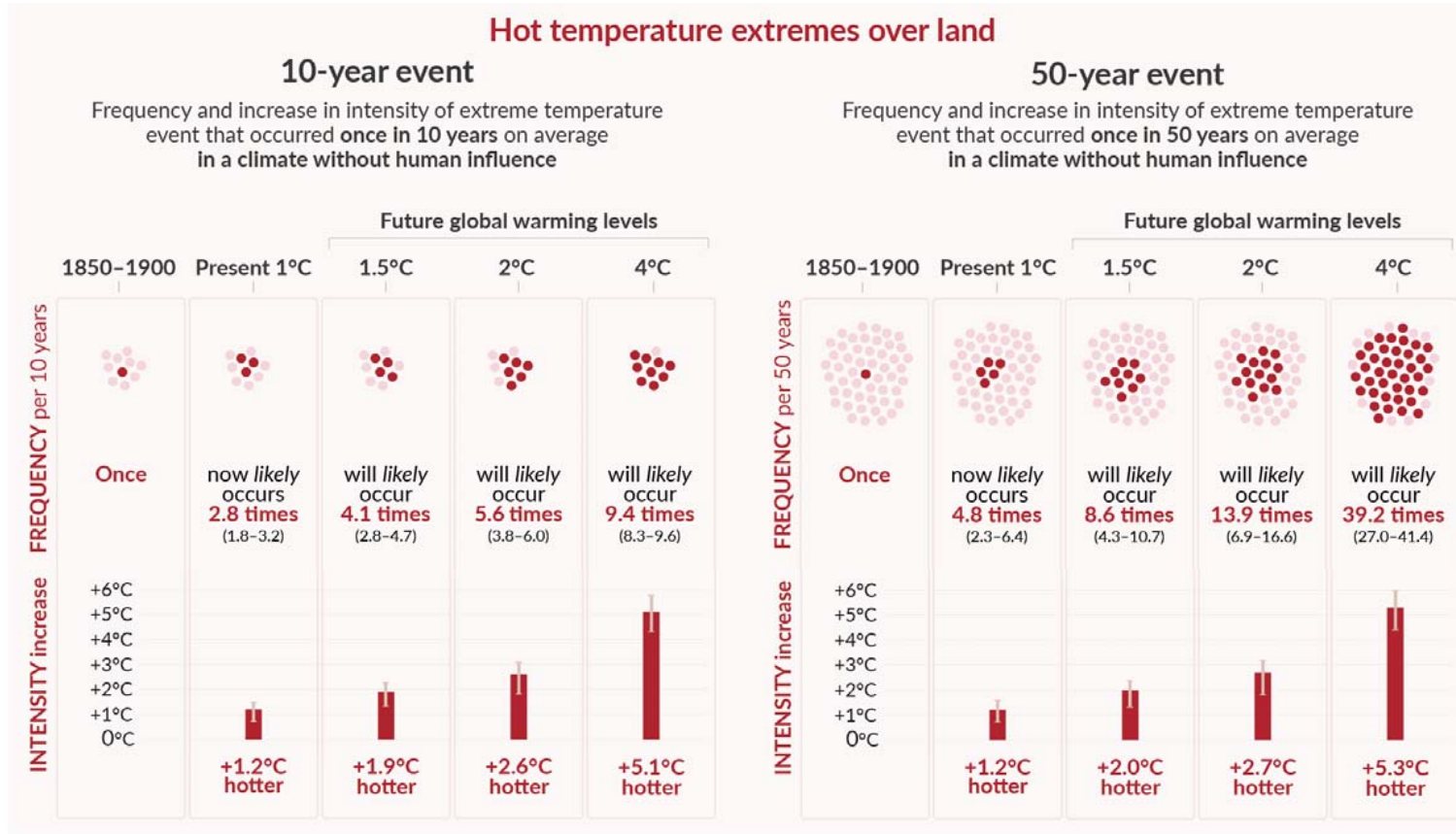




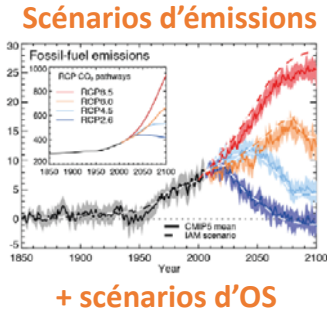
# Que nous réserve le futur ?

## Intensification des évènements extrêmes

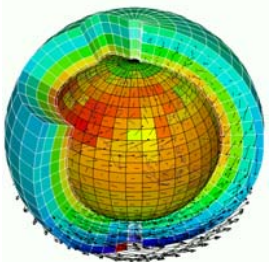
Et ce d'autant plus que le réchauffement moyen est prononcé



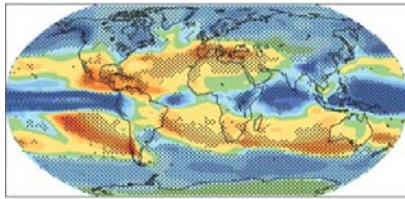
# Et en France ?



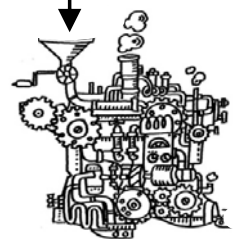
Modèles climatique globaux



Projections climatiques de grande échelle

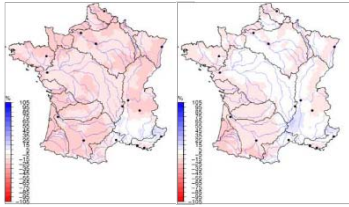


CMIP6 & GIEC  
avec atlas interactif

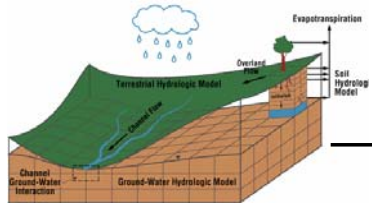


Descente d'échelle  
+ correction de biais

Projections climatiques régionalisées

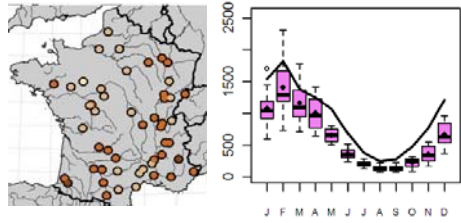


Exemple : site DRIAS  
<http://www.drias-climat.fr/>



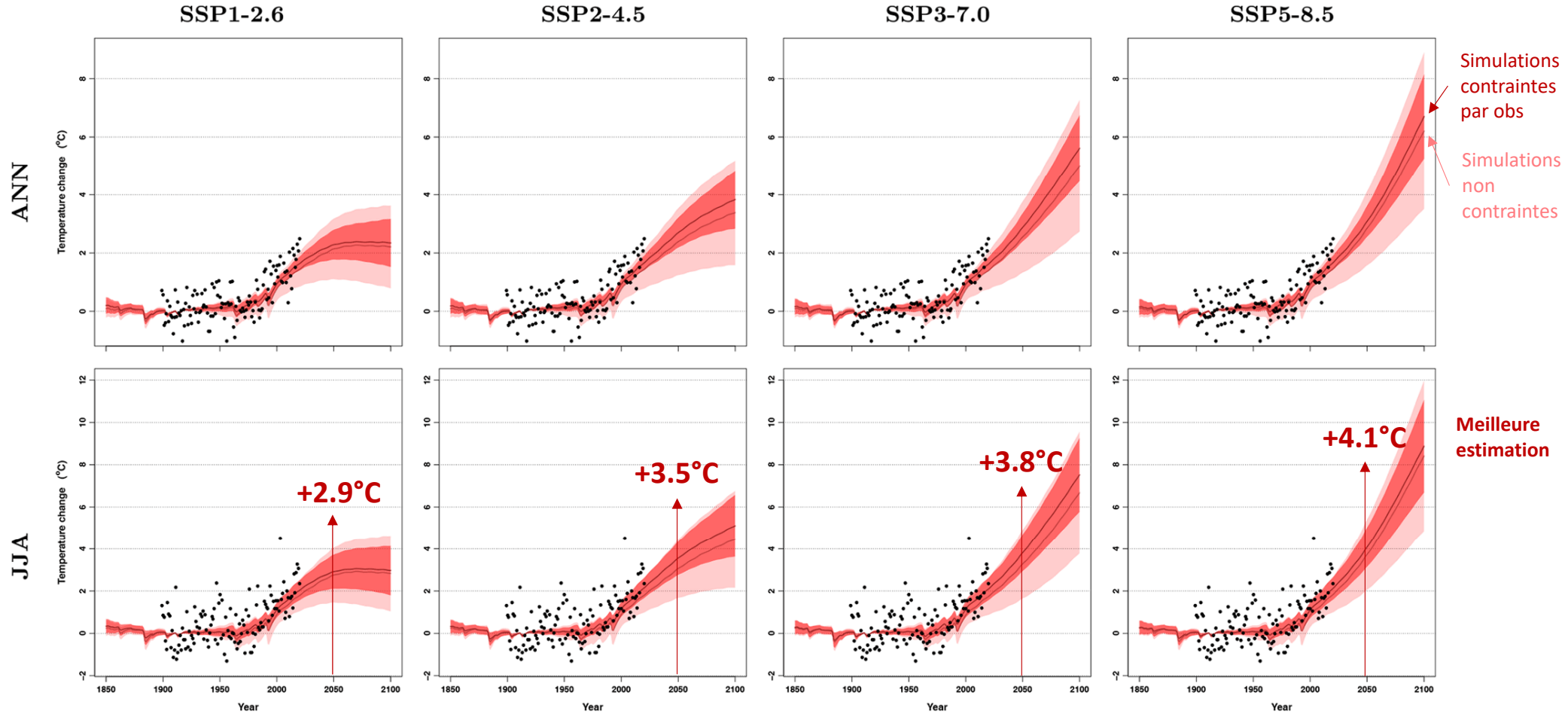
Modèles d'impact

Projections hydrologiques régionalisées



**Mais attention aux incertitudes :  
à tous les niveaux !!**

# Et en France ?



Projections de la température en France sous différents scénarios d'émissions

Ribes et al 2022, ESD

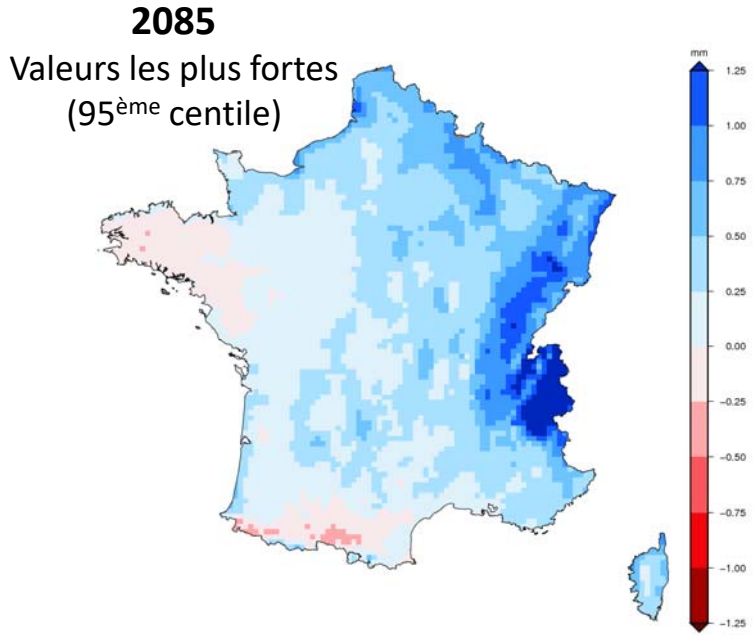
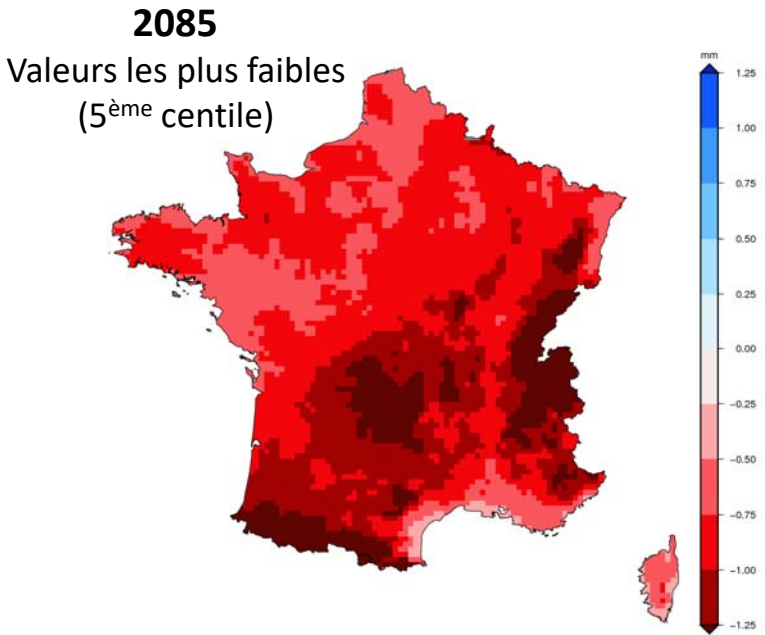
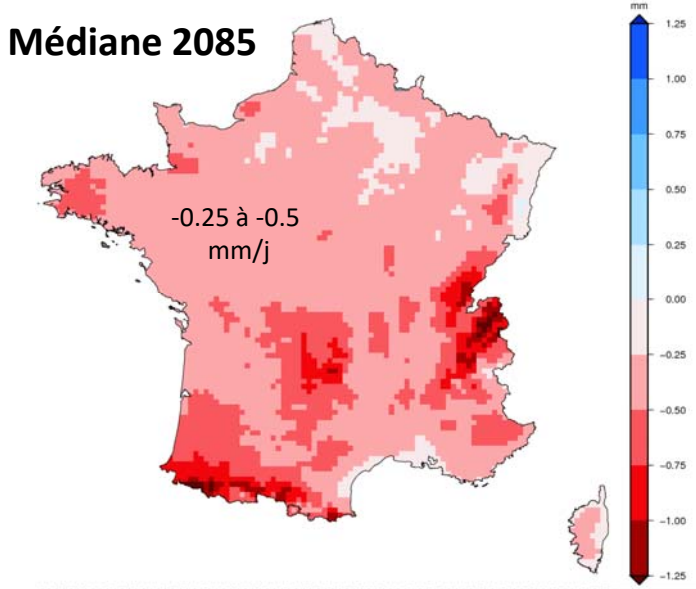
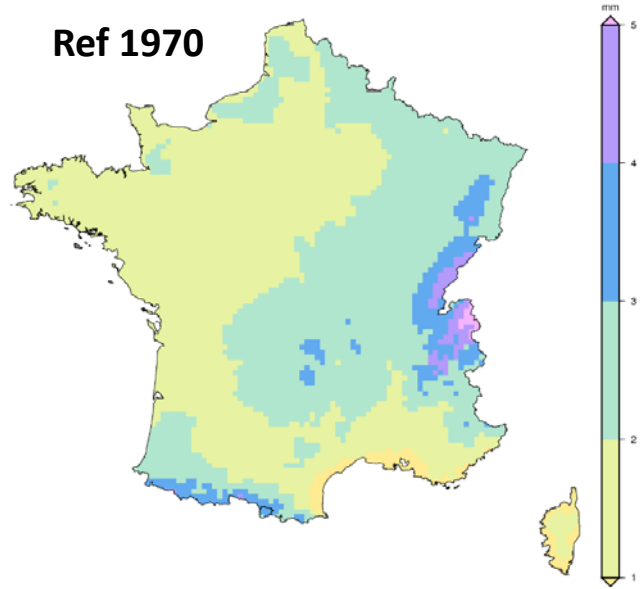
**Et en France ?**

**Précipitations estivales**

A partir de 30 projections climatiques régionalisées

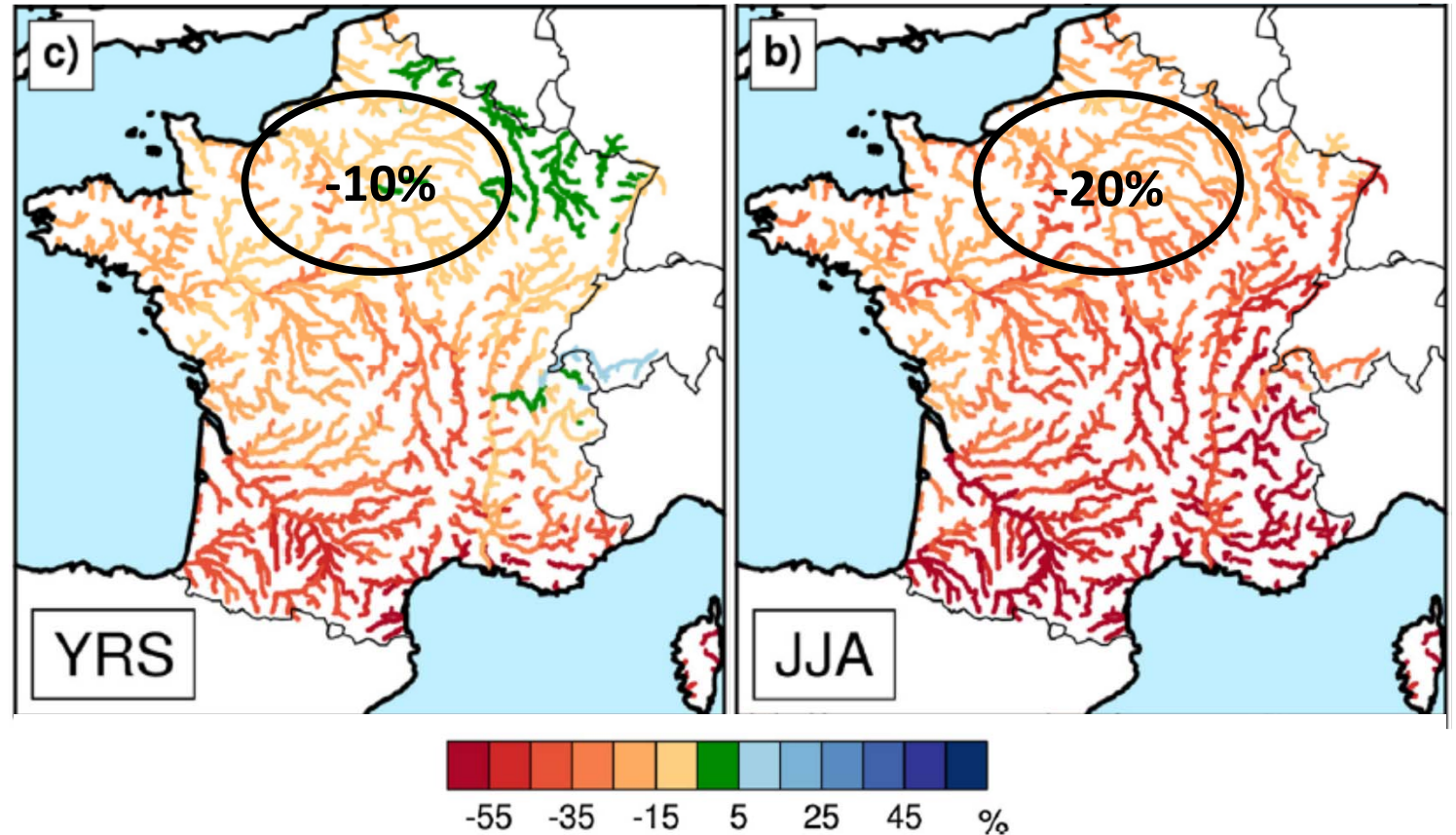
**RCP8.5**

<http://www.drias-climat.fr/>



## Exemple de projection hydrologique

**Dayon et al. 2018**  
Changements entre  
2070-2100 et 1960-1990  
Basés sur projections CMIP5  
sous RCP8.5 régionalisées  
Modèle hydrologique SIM  
Pas de correction de biais



**Résultat majeur : baisse des ressources en eau sur tout le territoire français à l'horizon 2070**

## Exemple de projection hydrologique

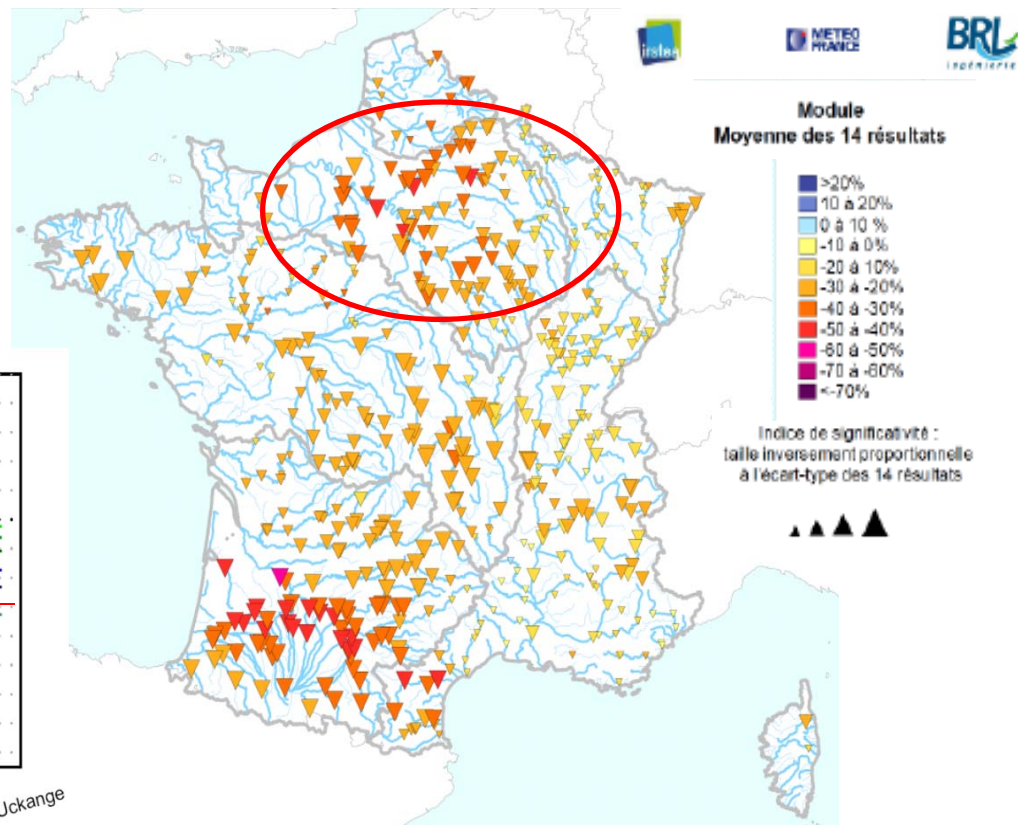
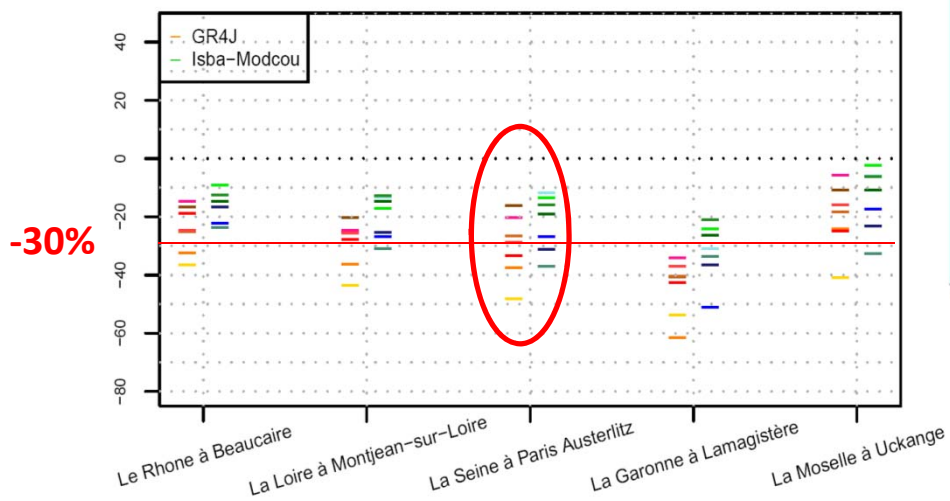
Projet Explore 2070, piloté par le MEDDE de juin 2010 à octobre 2012

pour évaluer les impacts du changement climatique sur les milieux aquatiques et la ressource en eau à échéance 2070

A la base :

7 projections régionalisées  
2 modèles hydrologiques

Changement de débit moyen (%)  
à l'aval des grands fleuves

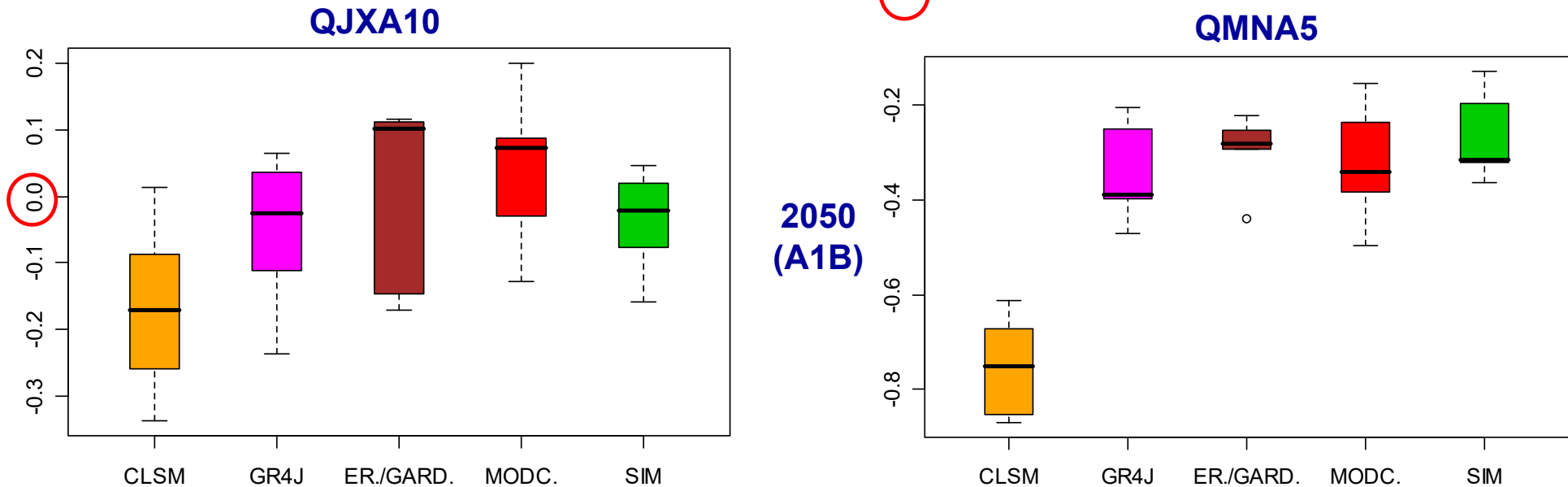


Résultat majeur : baisse des ressources en eau sur tout le territoire français à l'horizon 2070

## Evolution des extrêmes hydrologiques

### Toutes les stations simulées dans les bassins Seine et Somme

12 projections régionalisées sous scénario d'émissions A1B (+3.4°C global en 2100) x 5 modèles hydrologiques  
Changements relatifs entre 2040-2060 et 1980-2000

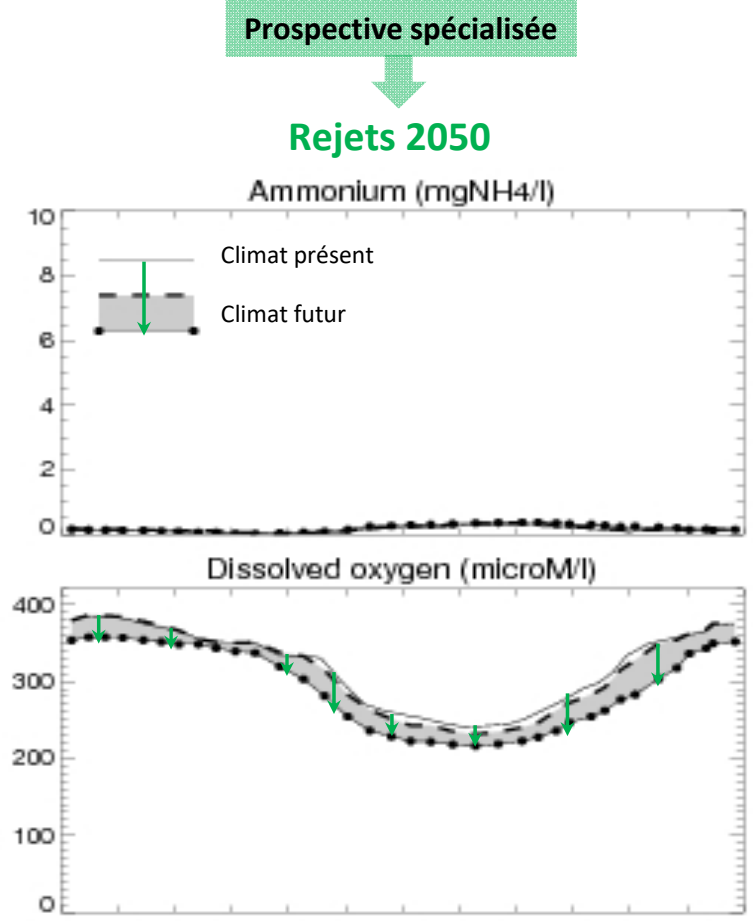
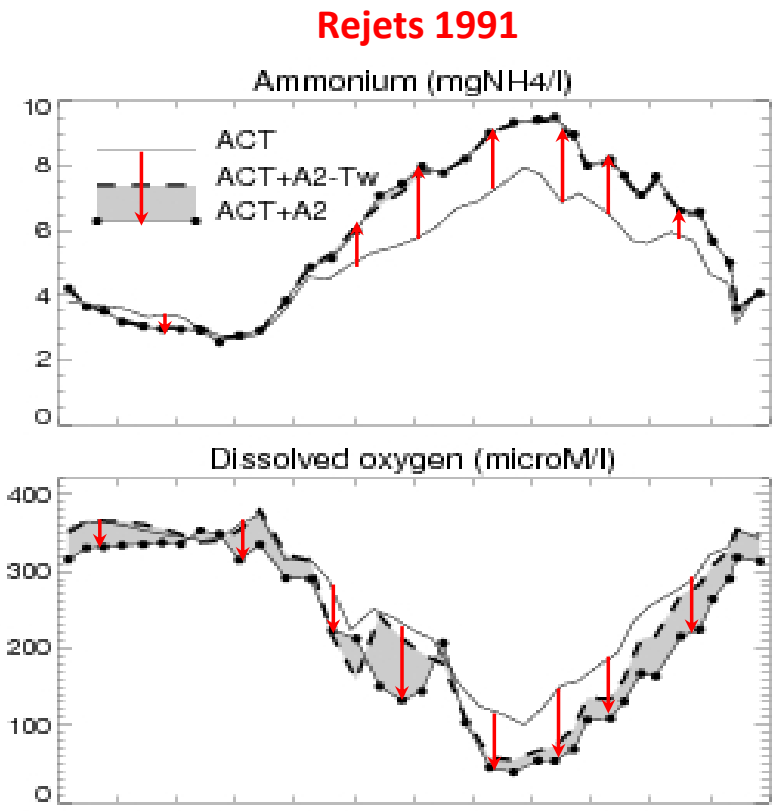


- ➔ Baisses systématiques des étiages moyennement sévères (QMNA5)
- ➔ Réponse incertaine des pointes de crue (QJXA10)

# La qualité de l'eau va aussi changer

**Débits** ↘  
donc concentrations ↗  
**Température** ↗  
effet sur O<sub>2</sub> et cinétiques  
biologiques & chimiques  
**Et forte dépendance  
aux apports futurs**

*Cycles annuels moyens  
à Conflans/Seine  
Aval STEP Achères*



Si les rejets ponctuels ne baissent pas (reviennent aux valeurs de 1991),  
l'impact du changement climatique sur la qualité  
devient beaucoup plus négatif



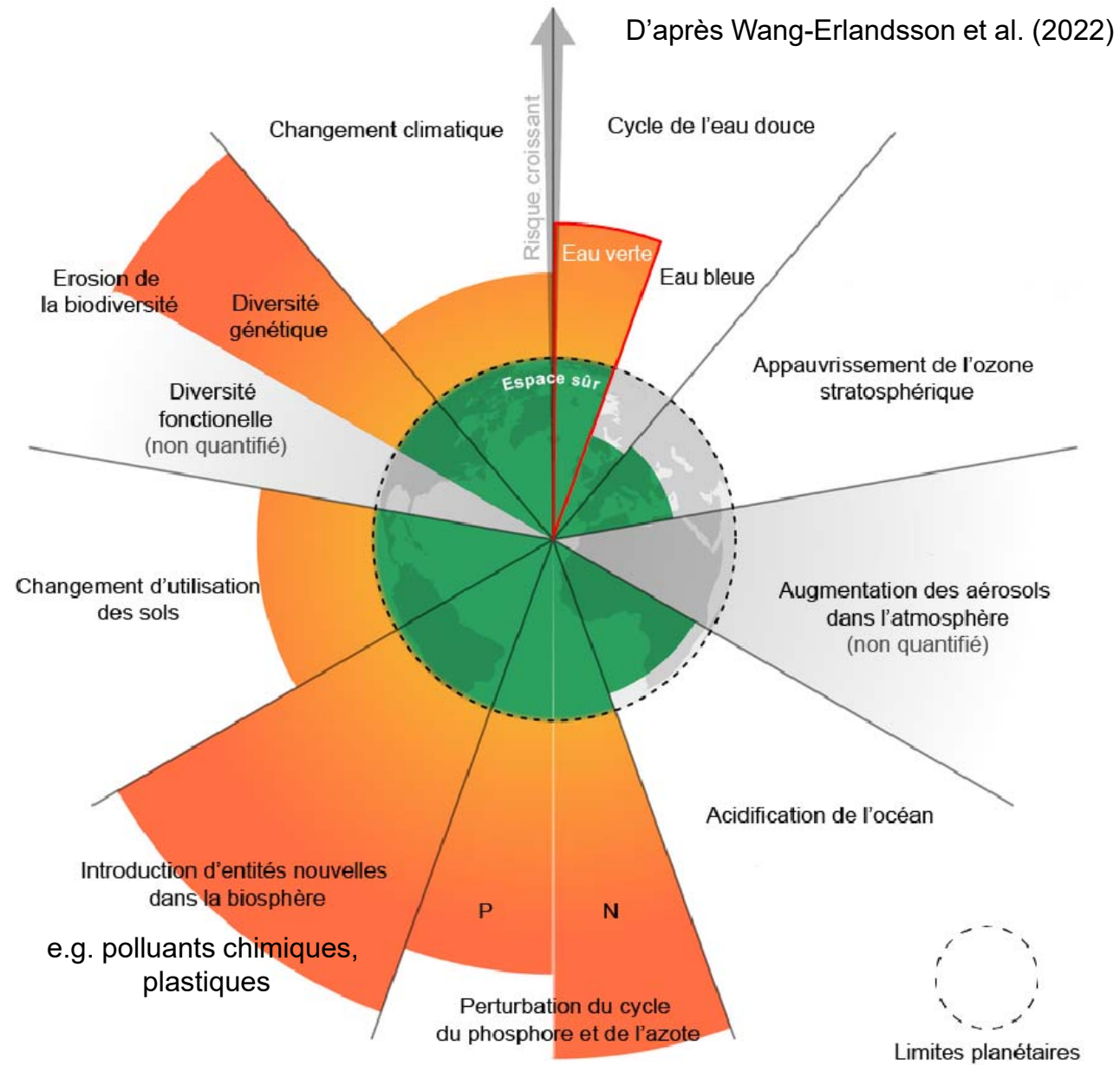
## Éléments de conclusion

**Les ressources en eau baissent et continueront très probablement de baisser en France, surtout l'été :**

- Fin du paradigme de l'abondance en France du Nord
- Il faut économiser l'eau pour mieux la partager (stratégie d'adaptation efficace et sans regret)

**Le changement climatique n'est pas le seul problème :**

- Eviter les solutions partielles qui dégradent ailleurs
- Y compris pour **l'atténuation**



**Merci de votre attention**

