



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



LES FUTURS DU CLIMAT ET DE L'EAU EN FRANCE

NOUVELLES SIMULATIONS CLIMATIQUES DRIAS-2020

Jean-Michel SOUBEYROUX

Directeur Adjoint Scientifique de la Climatologie et des Services Climatiques,
Météo-France, Toulouse

Plan de la présentation

- Les messages clé du 6^e rapport du GIEC
- Le constat du changement climatique en France
- Les projections climatiques DRIAS 2020 : quels futurs du climat ?
- Les projections hydrologiques : quels futurs de l'eau ?

6^e rapport du GIEC : les messages clé



[Credit: NASA]

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

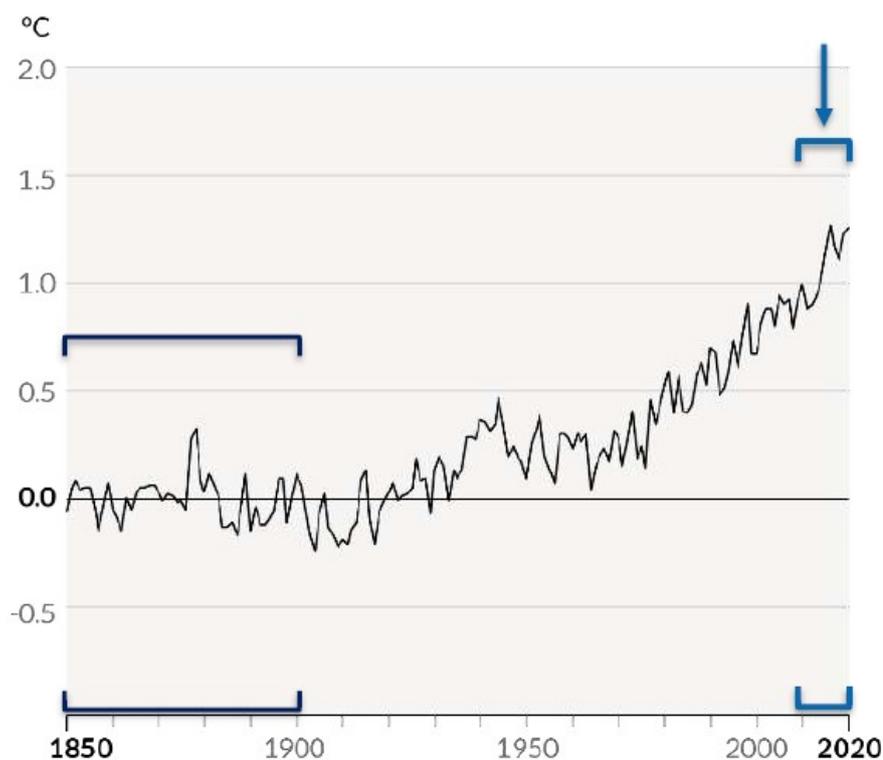
ipcc

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change

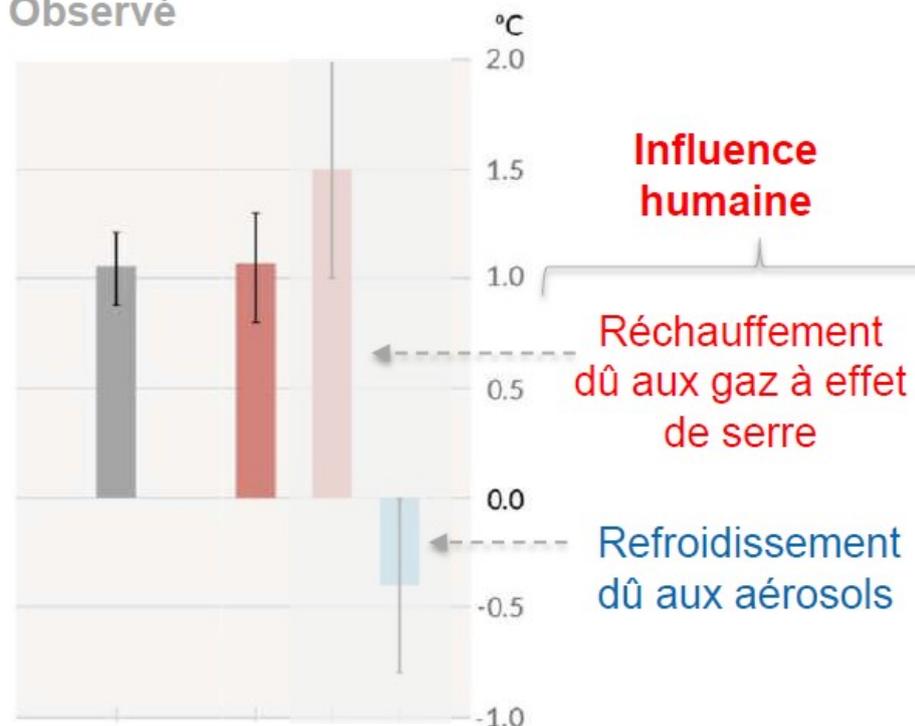


La concentration du CO₂ dans l'atmosphère dépassant aujourd'hui 410 ppm, en hausse de 50 % depuis l'ère pré-industrielle est inédite depuis au moins 800 000 ans

L'influence humaine a réchauffé le climat



Observé



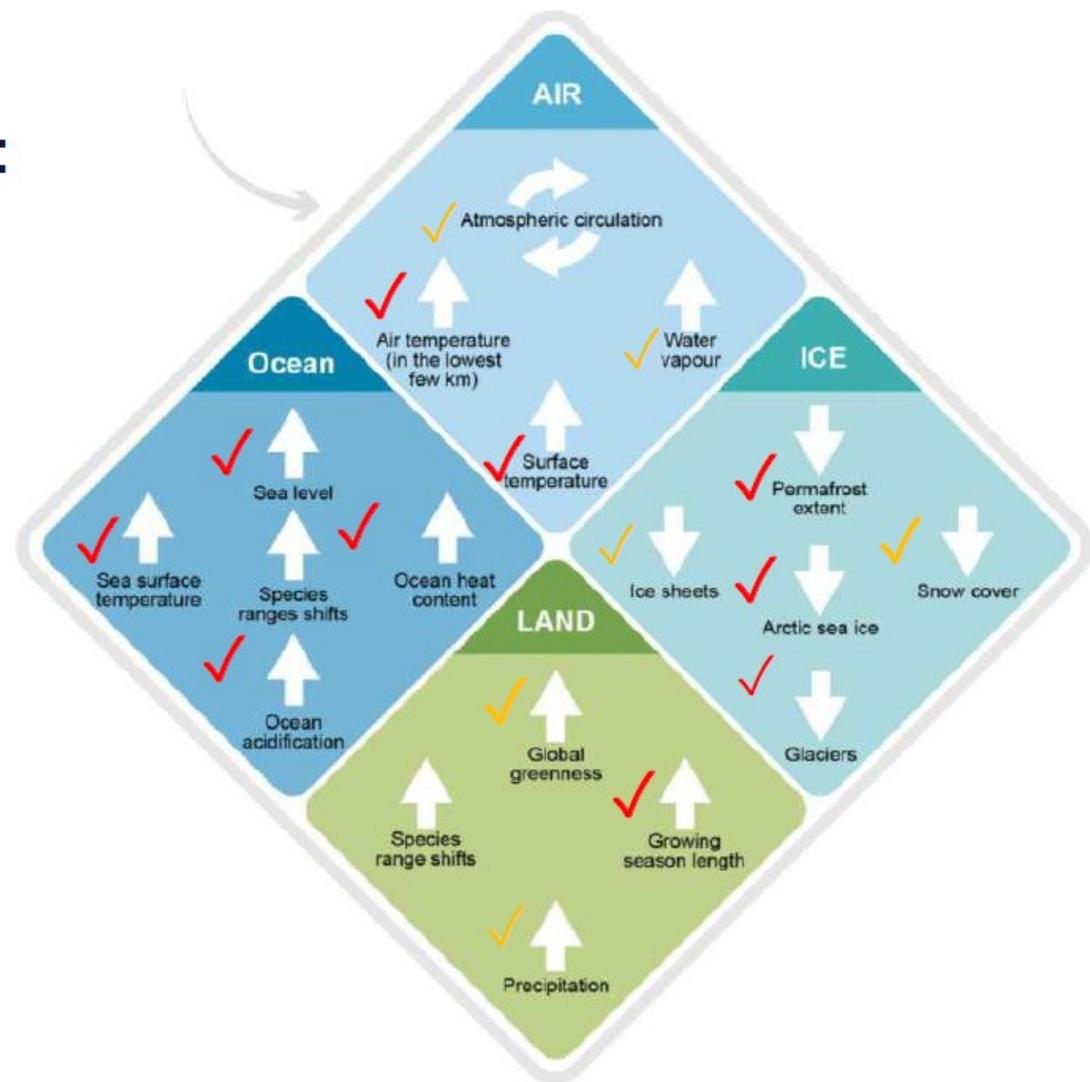
Le réchauffement climatique qui atteint +1,1°C au niveau planétaire et +1,6°C sur les continents (depuis l'ère pré-industrielle) est totalement imputable aux activités humaines

6^e rapport du GIEC : les messages clé

L'influence humaine sur le climat:

✓ facteur principal ...

✓ contribue à ...



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



Chaleur extrême
plus fréquente
plus intense



Fortes précipitations
plus fréquentes
plus intenses



Sécheresse
augmentation
dans certaines
régions



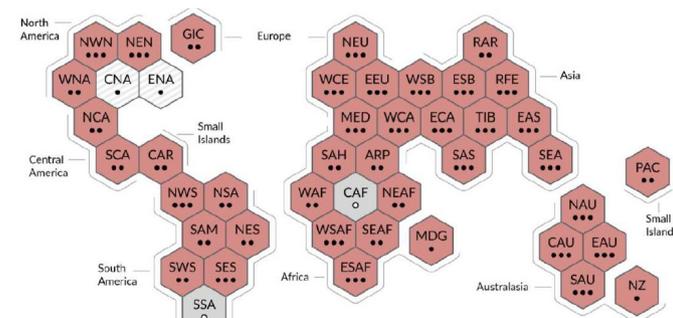
**Conditions
météorologiques
propices aux
incendies**
plus fréquentes



Océan
réchauffement
acidification
perte d'oxygène



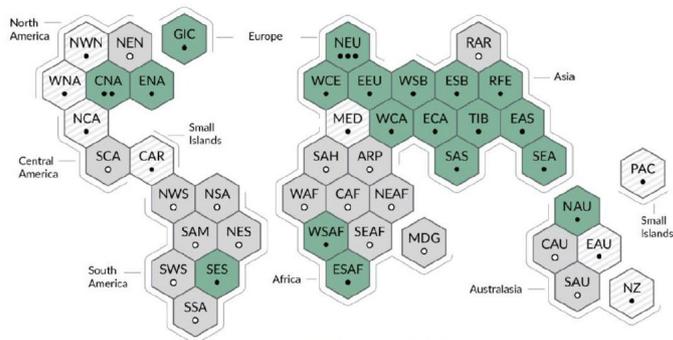
Chaleur extrême
plus fréquente
plus intense



Depuis les années 1950
Rouge : augmentation
Gris : données insuffisantes
Points : degré de confiance dans l'attribution



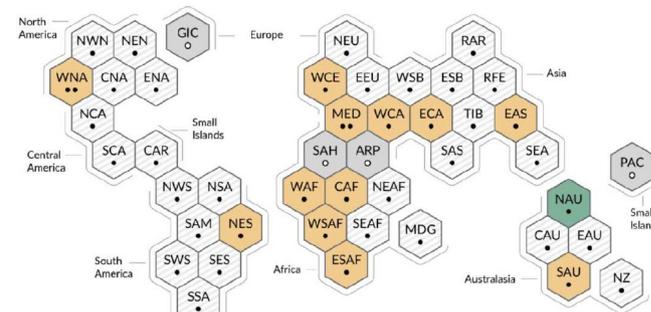
Fortes précipitations
plus fréquentes
plus intenses



Depuis les années 1950
Vert : augmentation
Gris : données insuffisantes
Points : degré de confiance dans l'attribution

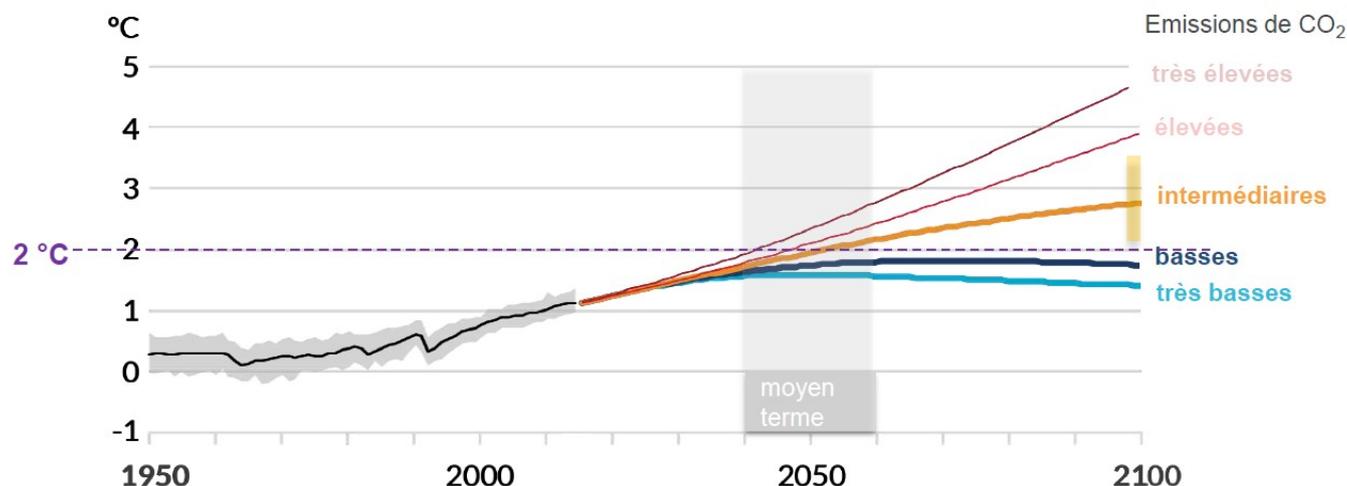


Sécheresse
augmentation
dans certaines
régions

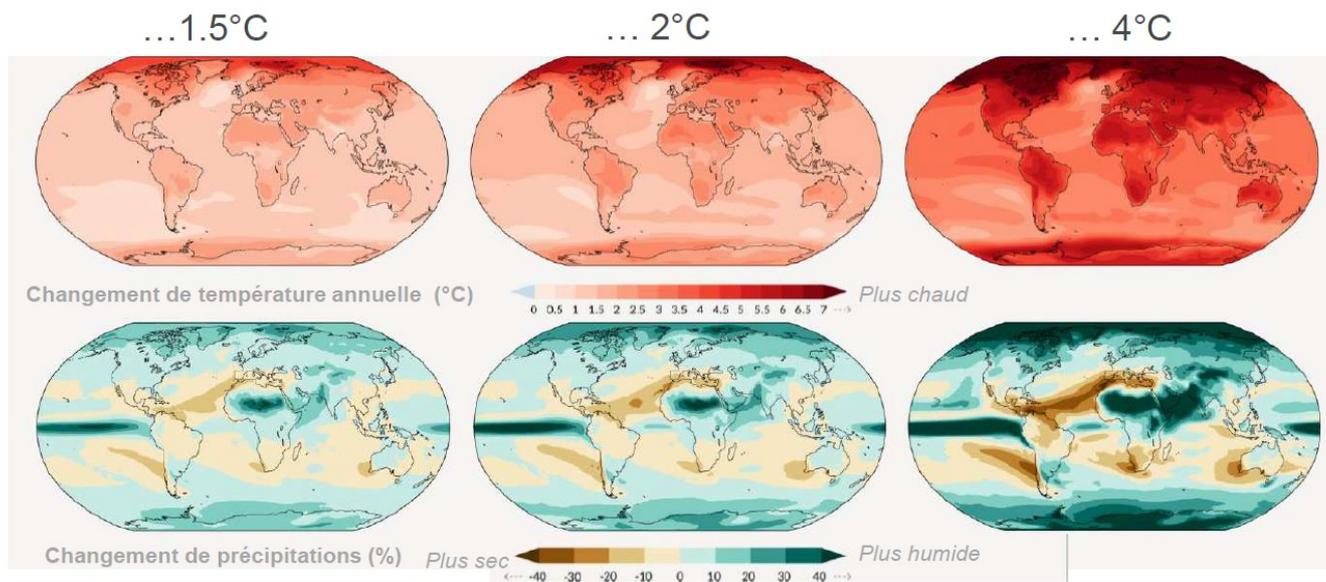


Depuis les années 1950
Jaune : augmentation
Gris : données insuffisantes
Points : degré de confiance dans l'attribution

Les émissions futures entraîneront un réchauffement supplémentaire



Pour chaque fraction de réchauffement planétaire supplémentaire, les changements sont amplifiés dans chaque région



**La hausse du réchauffement intensifie le cycle de l'eau global,
sa variabilité, et renforce la sévérité des saisons et des événements
très humides ou très secs**



Pour en savoir plus ...

SUMMARY FOR POLICYMAKERS (SPM)

INTERACTIVE ATLAS

TECHNICAL SUMMARY (TS)

FREQUENTLY ASKED QUESTIONS (FAQs)

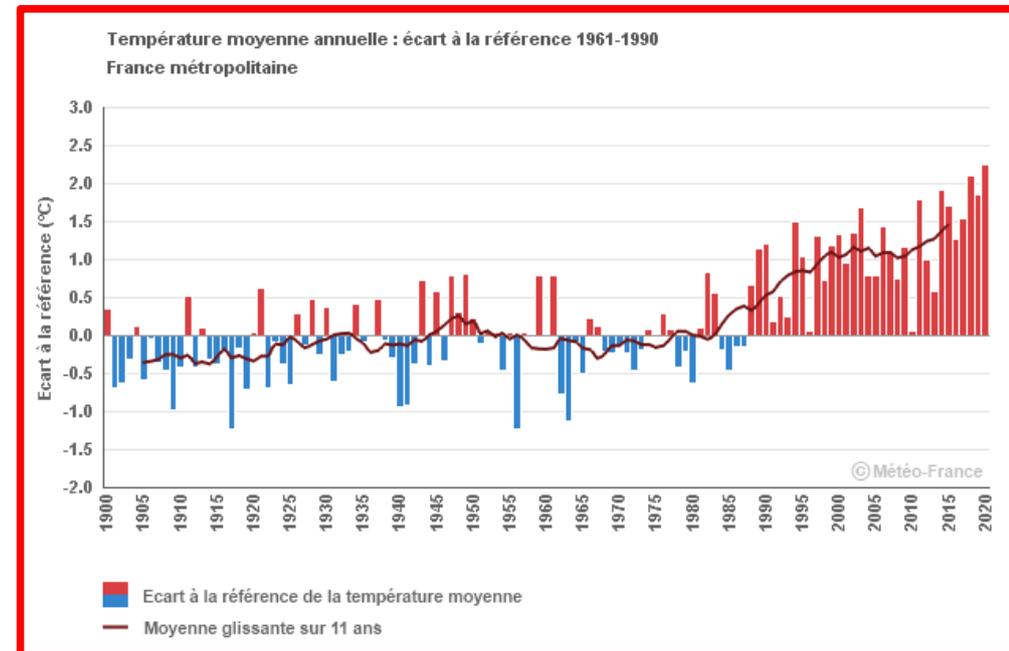
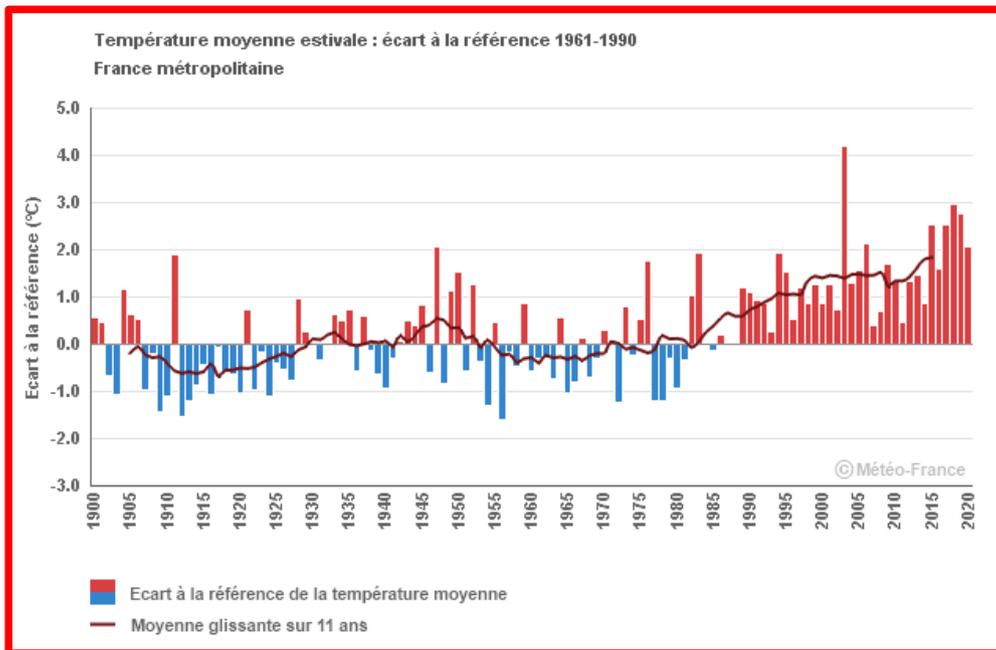
FULL REPORT

REGIONAL FACT SHEETS

Constat du changement climatique en France

Les températures

- Un réchauffement de l'ordre de $+1,8^{\circ}\text{C}$ depuis 1900 et de l'ordre de $+1,5^{\circ}\text{C}$ depuis les années 1960
- Une hausse plus forte l'été

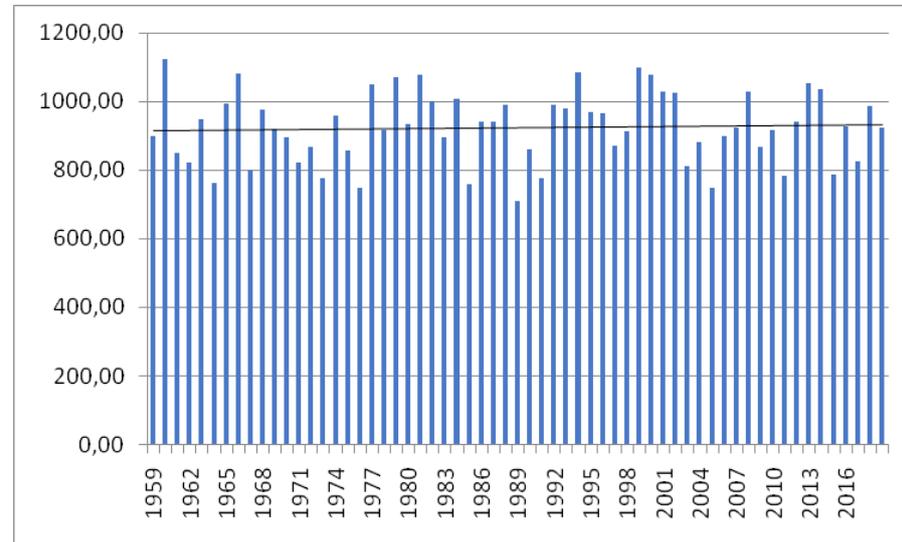
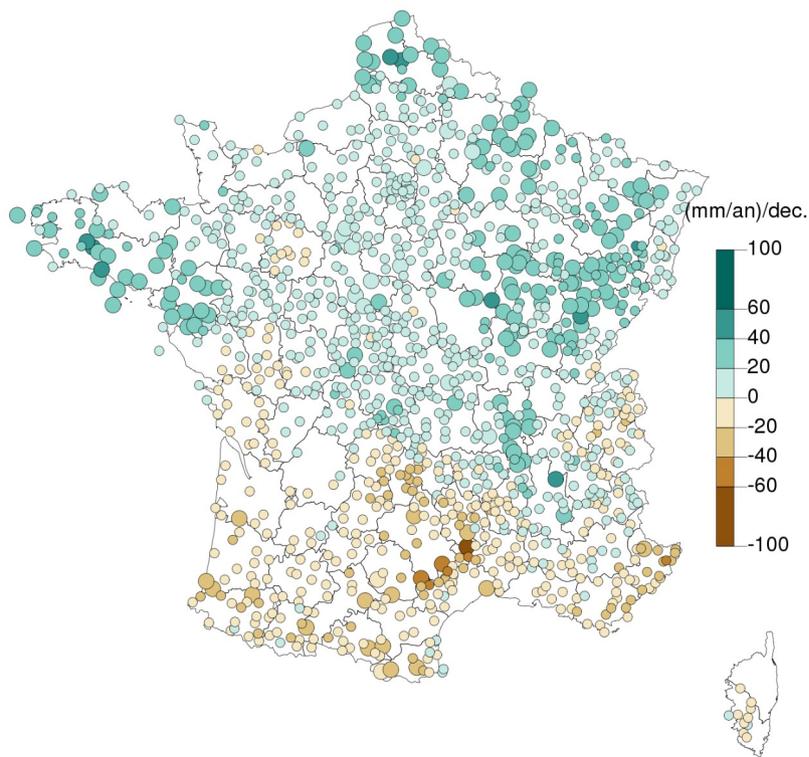


Constat du changement climatique en France

Les précipitations

- Stabilité du cumul annuel moyen de précipitation en France depuis 1960 mais avec des différences nord/sud

Evolution de Cumuls RR sur ANN



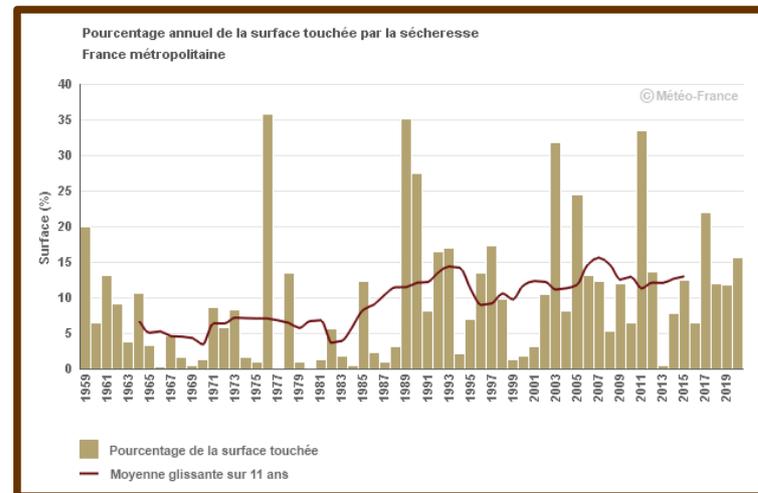
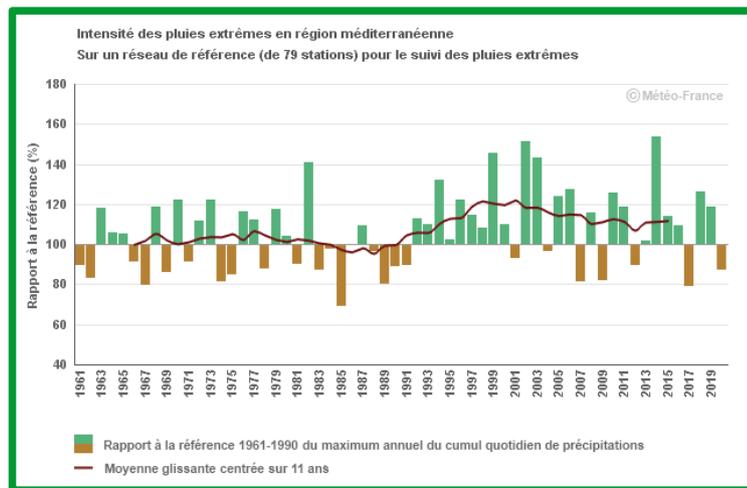
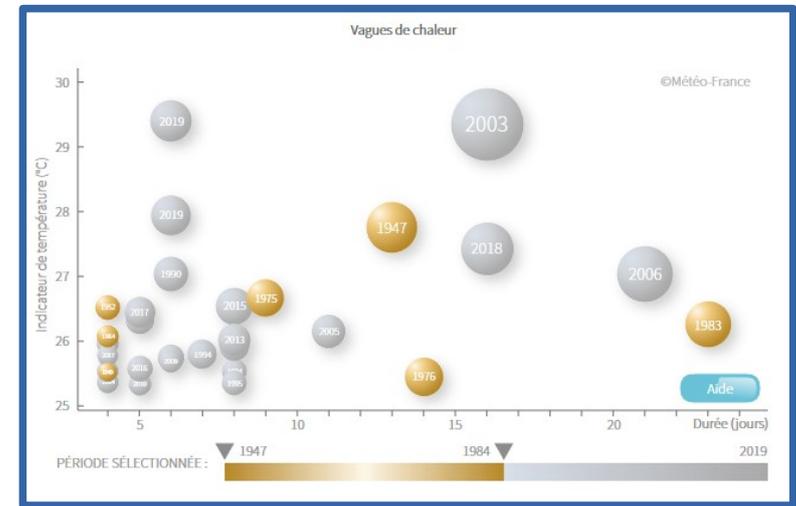
Evolution du cumul annuel moyen de précipitation en France



Constat du changement climatique en France

Accentuation de la fréquence et l'intensité des événements extrêmes

- Plus de vagues de chaleur (X3)
- Pluies extrêmes plus intenses (+15 %)
- Plus de sécheresse des sols (X2)

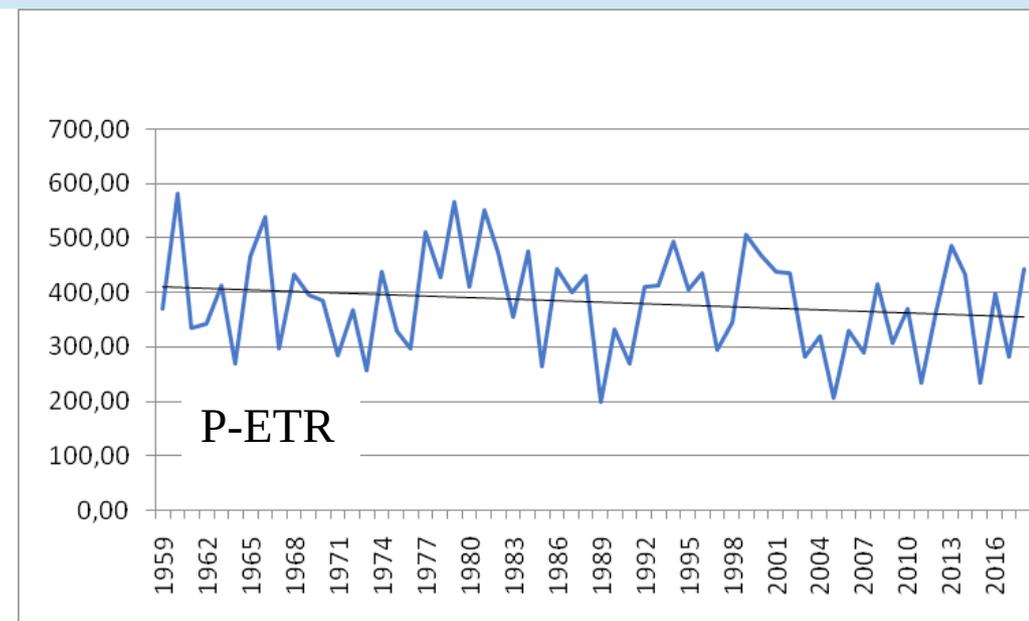
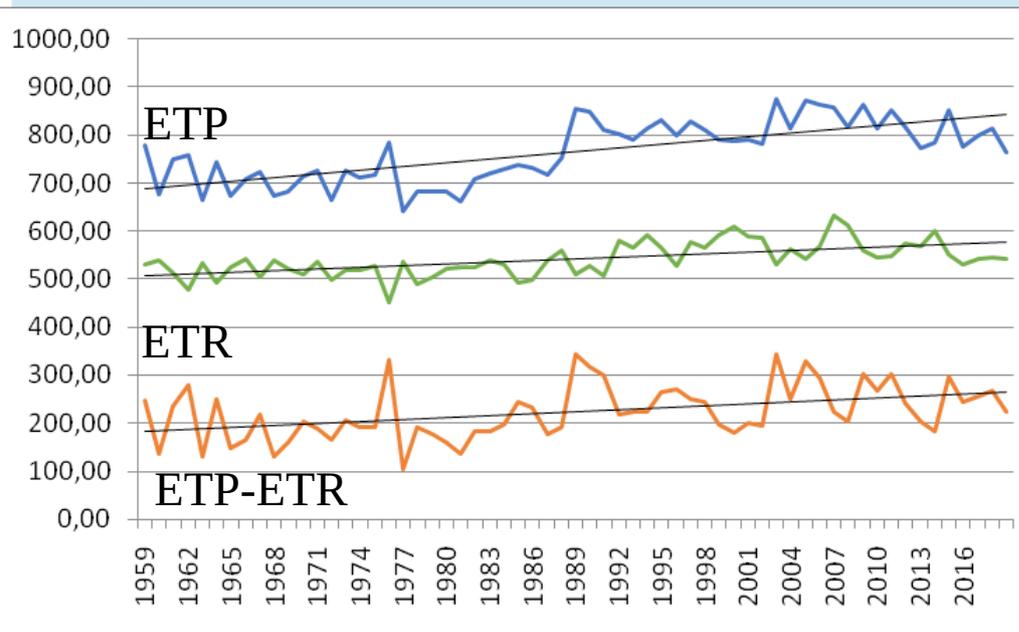


ClimatHD



Constat du changement climatique en France

- L'évapotranspiration potentielle (ETP), celle d'un gazon irrigué, et l'évapotranspiration réelle (intégrant la végétation et son état hydrique) sont en hausse sensible (près de 20 % pour l'ETP depuis 1960)
- La hausse de l'ETP plus forte que celle de l'ETR caractérise l'assèchement moyen du sol (années max 2003 devant 1989, 1976 et 2005)
- La ressource en eau (précipitation efficace) est en baisse (d'environ 10 % depuis 1960)

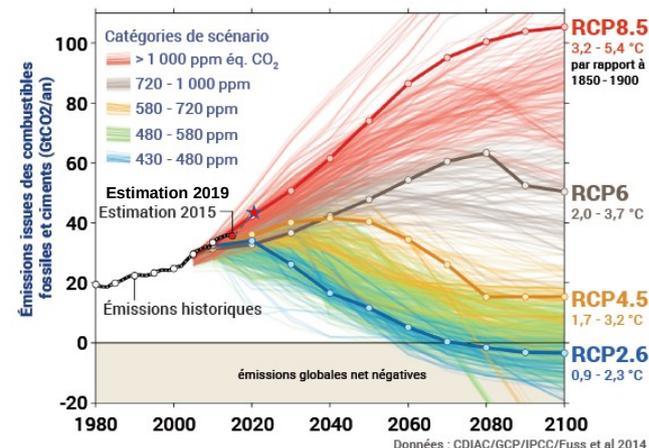


Evolution de la ressource en eau en France de 1960 à 2020 : à gauche l'évaporation (ETP et ETR), à droite la pluie efficace (P-ETR)

Le nouveau jeu de référence DRIAS-2020

Trois scénarios climatiques définis par le GIEC : RCP2.6, RCP4.5 et RCP8.5

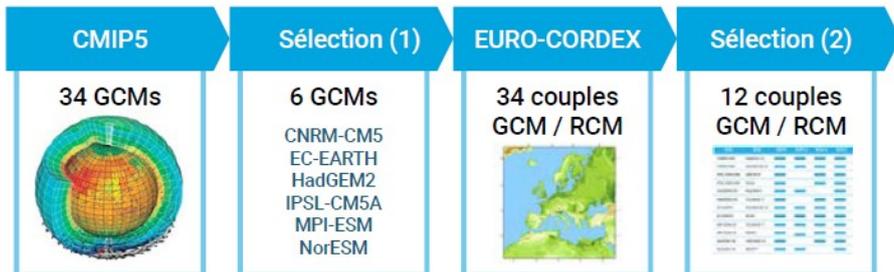
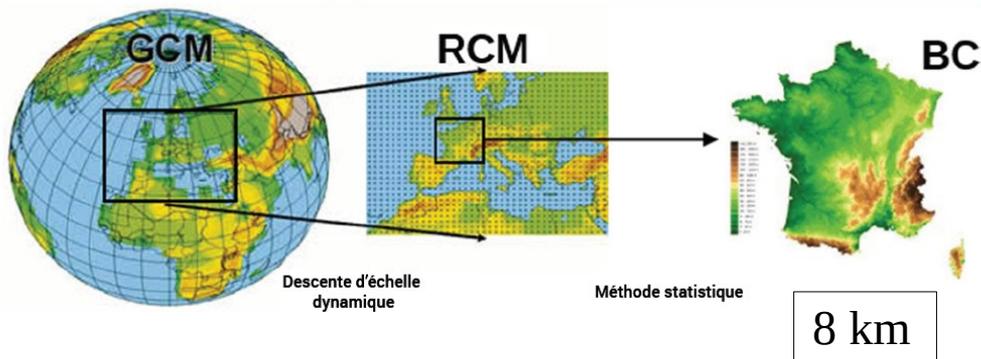
Une sélection de 12 simulations climatiques régionalisées ajustées à la résolution de 8 km représentatives des évolutions en température et précipitation sur la France



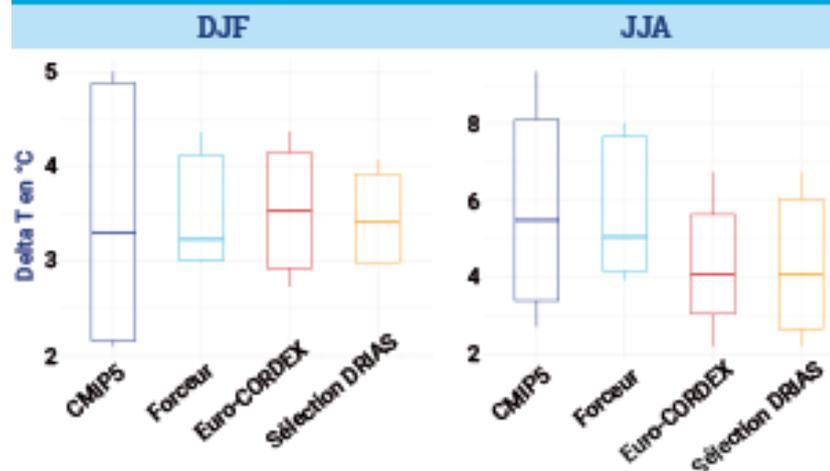
Modèle climatique globale

Modèle climatique régional

Correction de biais



Évolution de la température - RCP8.5 entre les périodes 2071 - 2100 et 1976 - 2005

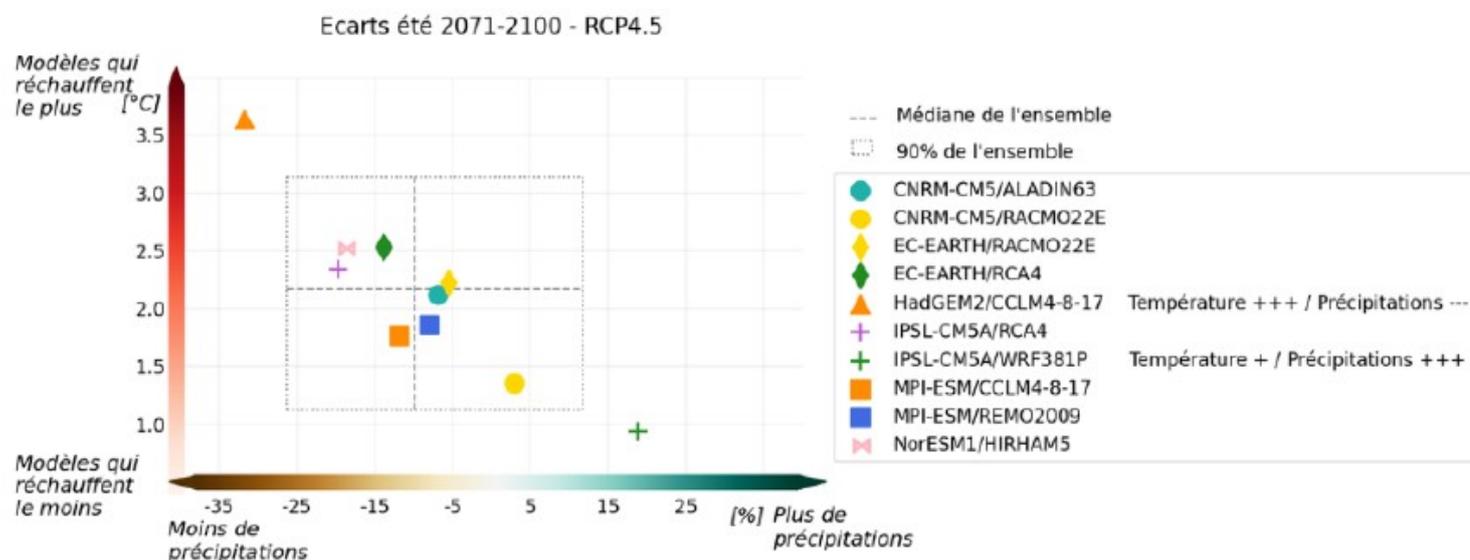


Le nouveau jeu de référence DRIAS-2020

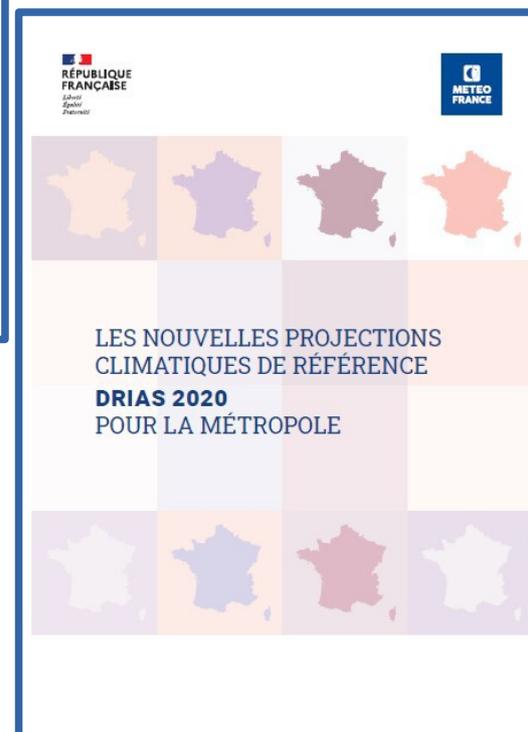
Caractériser les incertitudes et l'identification de scénario extrême

>> Saison estivale (JJA) :

Diagramme $\Delta T / \Delta P$:



Un rapport pour décrire les changements attendus



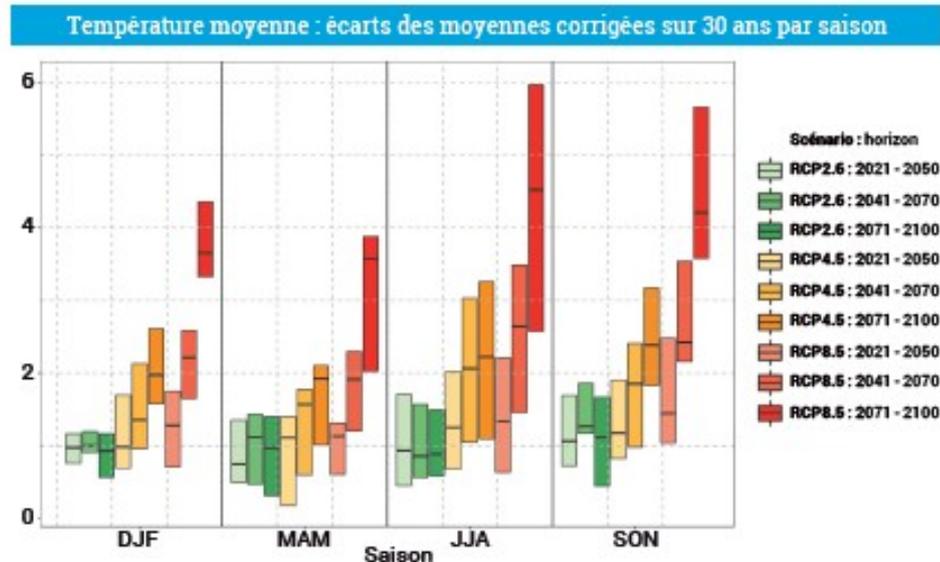
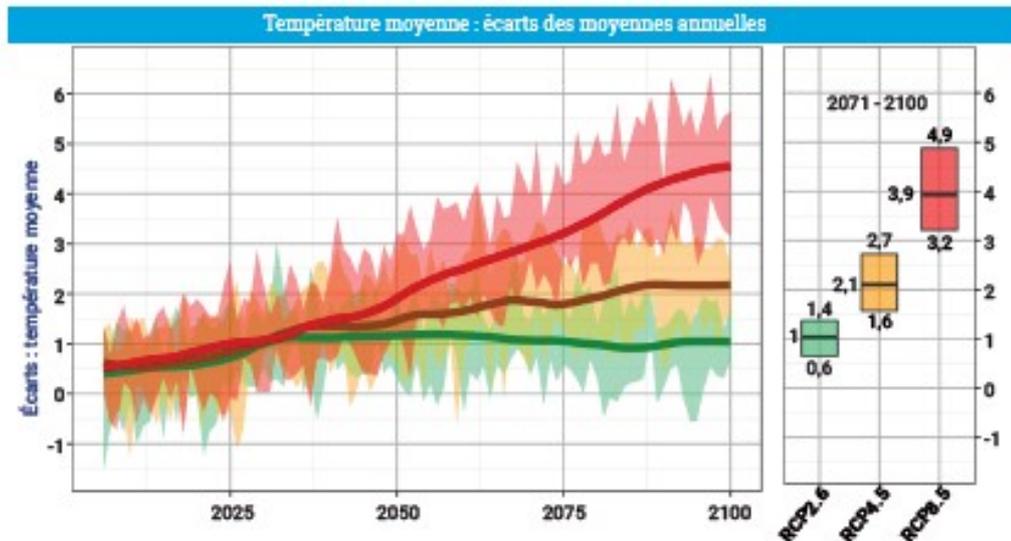
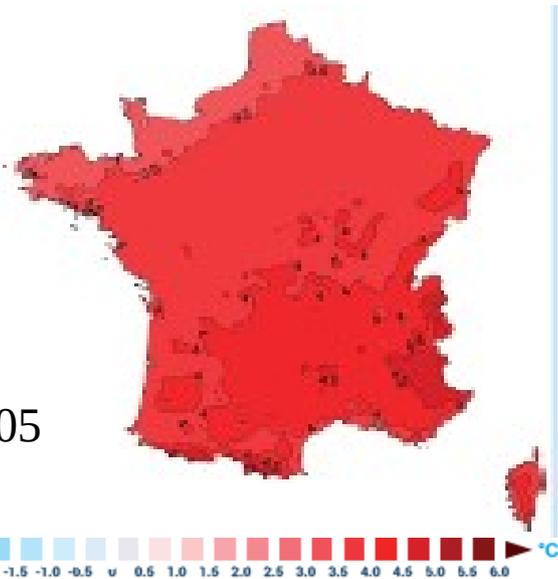
Quels enseignements de DRIAS-2020 pour l'eau ?

1) Hausse continue des températures

> Hausse continue des températures annuelles atteignant 2,1°C* (RCP4.5) à +3,9°C* (RCP 8.5) dans l'ensemble mais jusqu'à +4,9°C dans les simulations extrêmes

> hausse plus forte l'été (+4,5°C en RCP 8.5) que l'hiver (+3,7°C en RCP 8.5)

> Hausse plus forte sur le Sud Est que le Nord Ouest (écart +1°C), en montagne (+1°C)

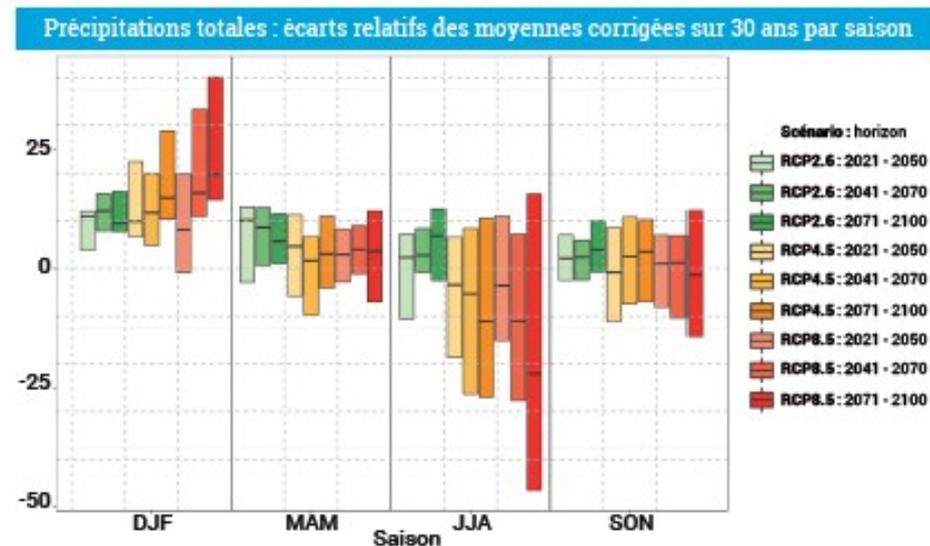
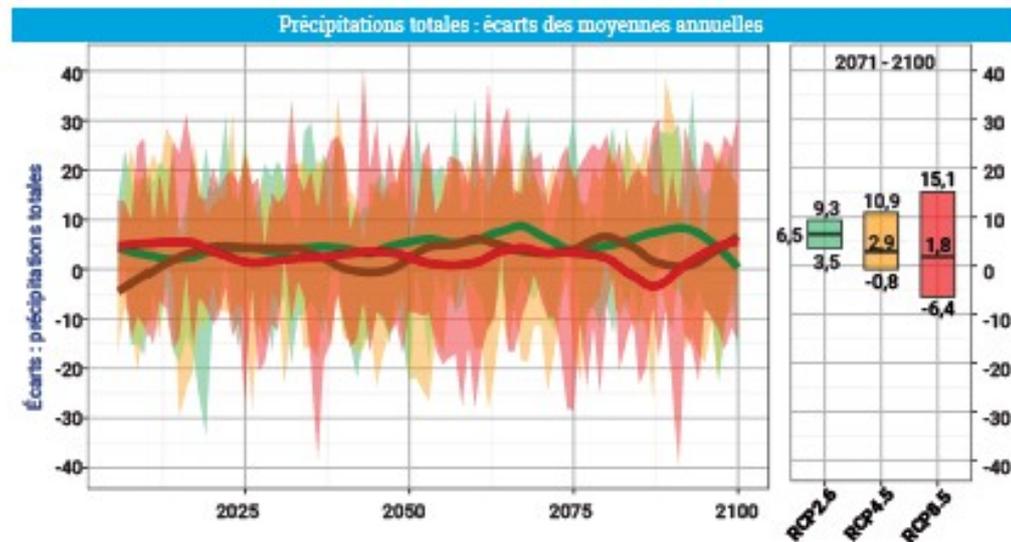
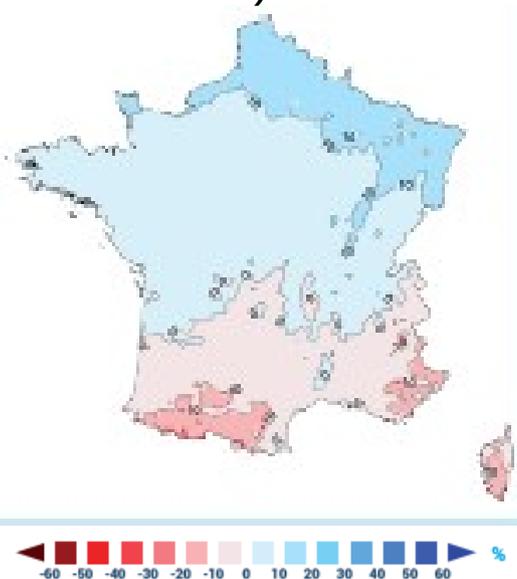


* ref : 1976-2005

Quels enseignements de DRIAS-2020 pour l'eau ?

2) Evolution contrastée du cumul de précipitation

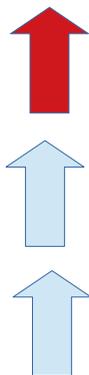
- > Pas de signal clair pour l'évolution du cumul annuel des précipitations (ref 1976-2005)
- > Contraste saisonnier : hausse en hiver (+20 % en RCP8.5, jusqu'à +40 %), baisse en été (-20 % en RCP8.5, jusqu'à -47 %)
- > contraste géographique avec plus de pluie au nord, moins de pluie au sud (cf médiane du RCP8.5 en fin de siècle)



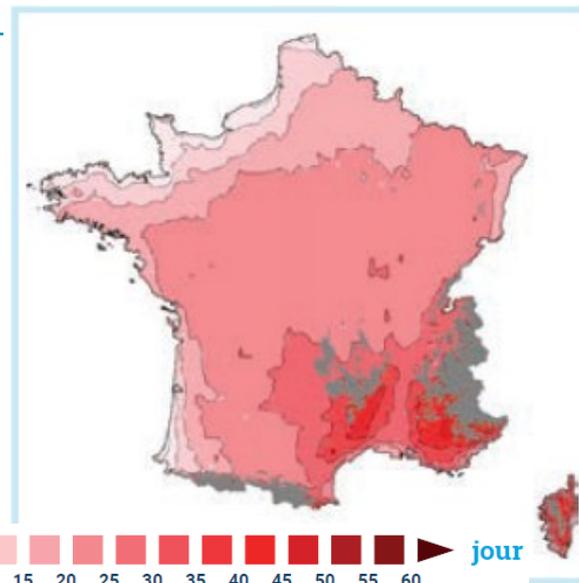
Quels enseignements de DRIAS-2020 pour l'eau ?

3) Evolution des événements extrêmes

- > Vagues de chaleur
- > Sécheresses estivales
- > Pluies extrêmes

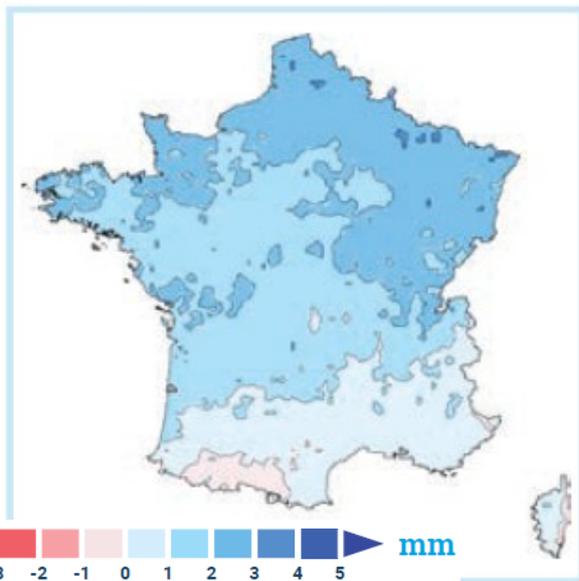


Hausse du nombre de jours de vagues de chaleur en fin de siècle : x2 en RCP2.6, x10 en RCP8.5

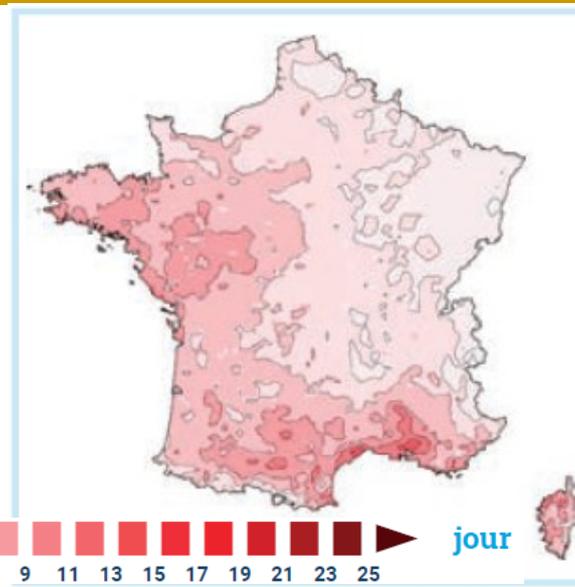


Des pluies intenses plus fortes sur l'ensemble du pays jusqu'à +10 % en moyenne mais +20 % dans les simulations extrêmes

Des sécheresses estivales plus longues de 5 à 10 j en RCP4.5 et RCP8.5, plus fortes sur l'ouest et le sud



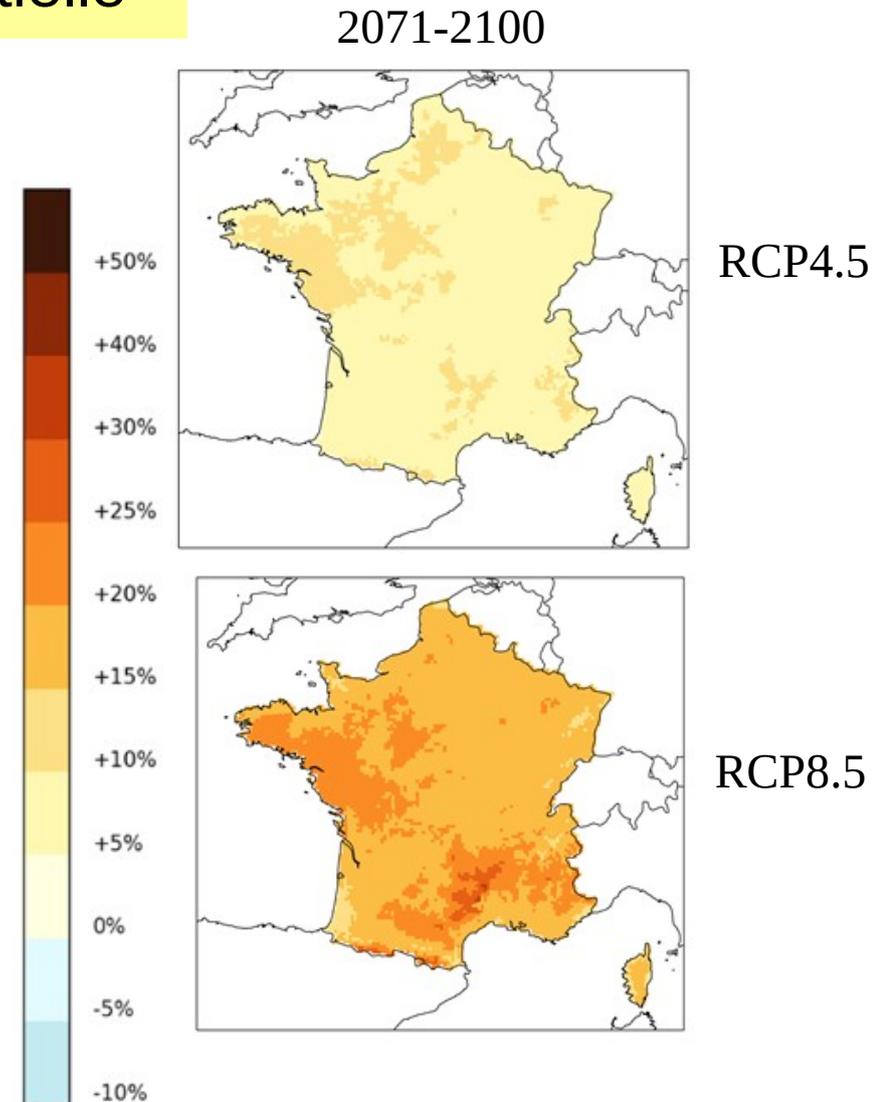
RCP8.5
Horizon 2071-2100
Médiane DRIAS
2020



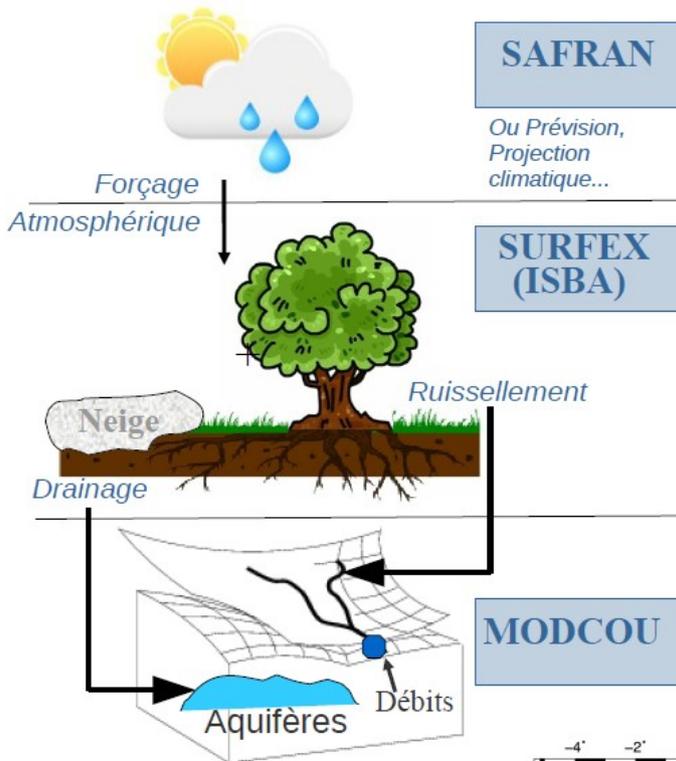
Quels enseignements de DRIAS-2020 pour l'eau ?

4) Evolution de l'évapotranspiration potentielle

- L'évapotranspiration potentielle (ETP) calculée en climat futur à partir de la formule Penman Monteith (FAO) avec rayonnement extrapolé par la formule Hargreaves
- L'ETP augmente au XXI^e siècle en cohérence avec la hausse des températures :
 - * En RCP4.5, la hausse de l'ETP est voisine de +10 % en fin de siècle
 - * En RCP8.5, la hausse de l'ETP est voisine de +20 % et dépasse +25 % sur certaines zones.



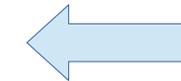
Les nouvelles projections hydrologiques SIM2



SIM 2 :

Chaîne de modélisation SIM version 2,
Composée de :

- SAFRAN : module d'analyse du forçage atmosphérique
- SURFEX (contenant le code ISBA) : schéma de surface, calcule les flux d'eau et d'énergie au niveau du sol, simule l'évolution du manteau neigeux
- MODCOU : modèle hydro-géologique de Mines-ParisTech, calcule les débits des rivières, les niveaux des nappes et les interactions nappes-rivières



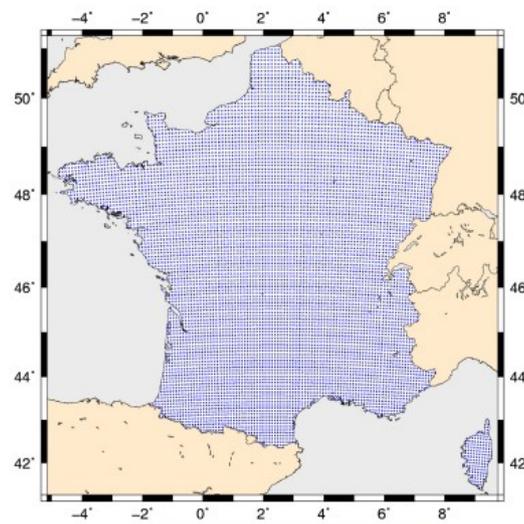
DRIAS-2020



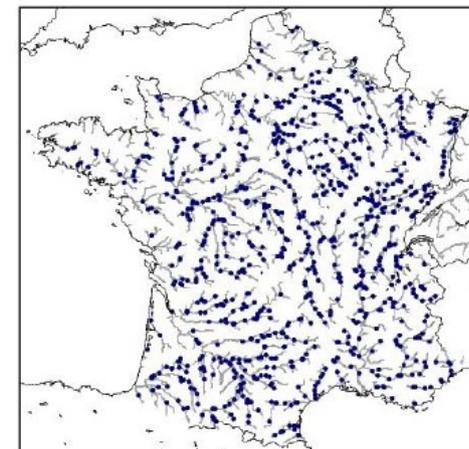
Usol, ETR,
Neige, drainage,
ruissellement



Débits sur 853
stations



La grille 8kmx8km du modèle SIM



Stations de débit
MODCOU

Les nouvelles projections hydrologiques SIM2

Humidité du sol (SWI)

SWI : Soil Wetness Index / Indice d'humidité du sol

$$\text{Formule : } \text{SWI} = \frac{W - W_{\text{wilt}}}{W_{\text{fc}} - W_{\text{wilt}}}$$

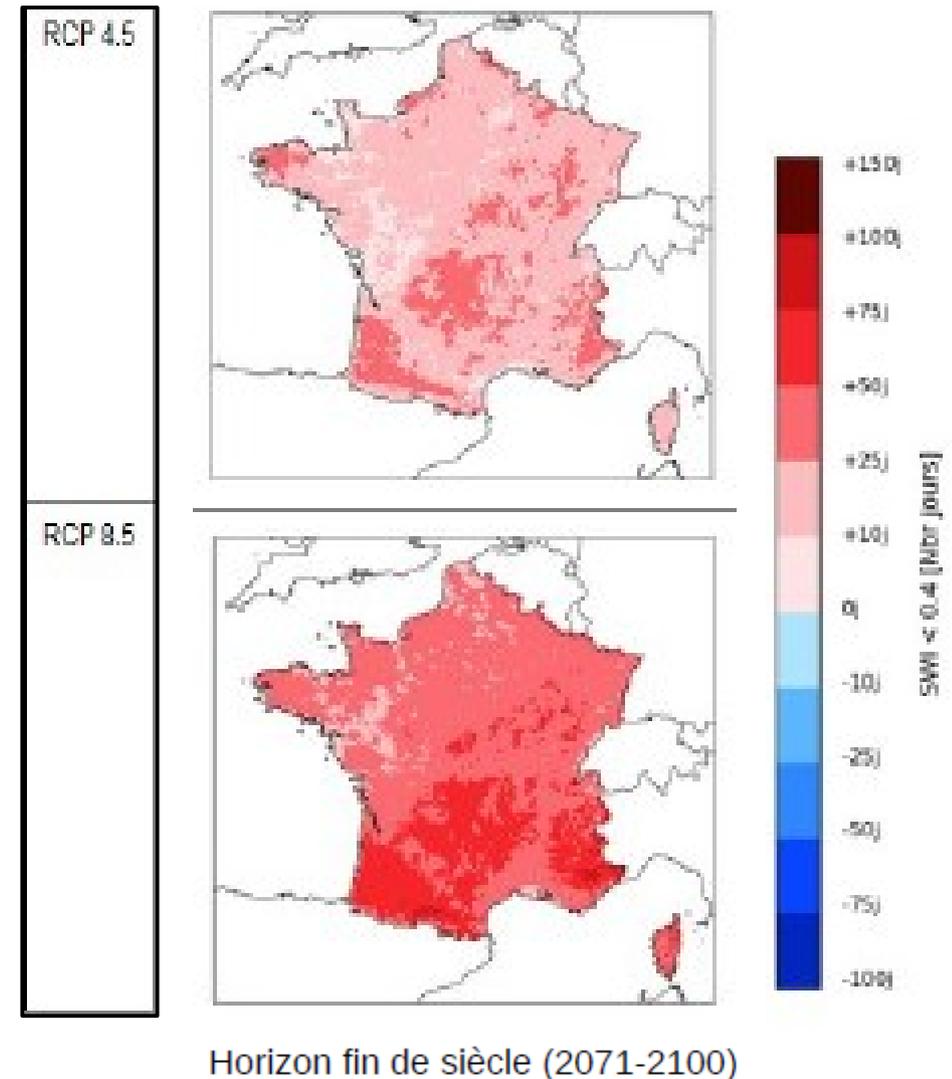
W = contenu en eau du sol courant (variable modèle)
(en m³ d'eau par m³ de sol)

W_{wilt} = contenu en eau au point de flétrissement

W_{fc} = contenu en eau à capacité au champ

- Indicateur sol sec : SWI < 0,4
- Augmentation importante du nombre de jours de sol sec en fin de siècle en RCP4.5 et RCP8.5 :
- RCP4.5 : +15 à +30j (soit +25 à +50%)
- RCP 8.5: +30 à +60j (soit +50 à +100%)

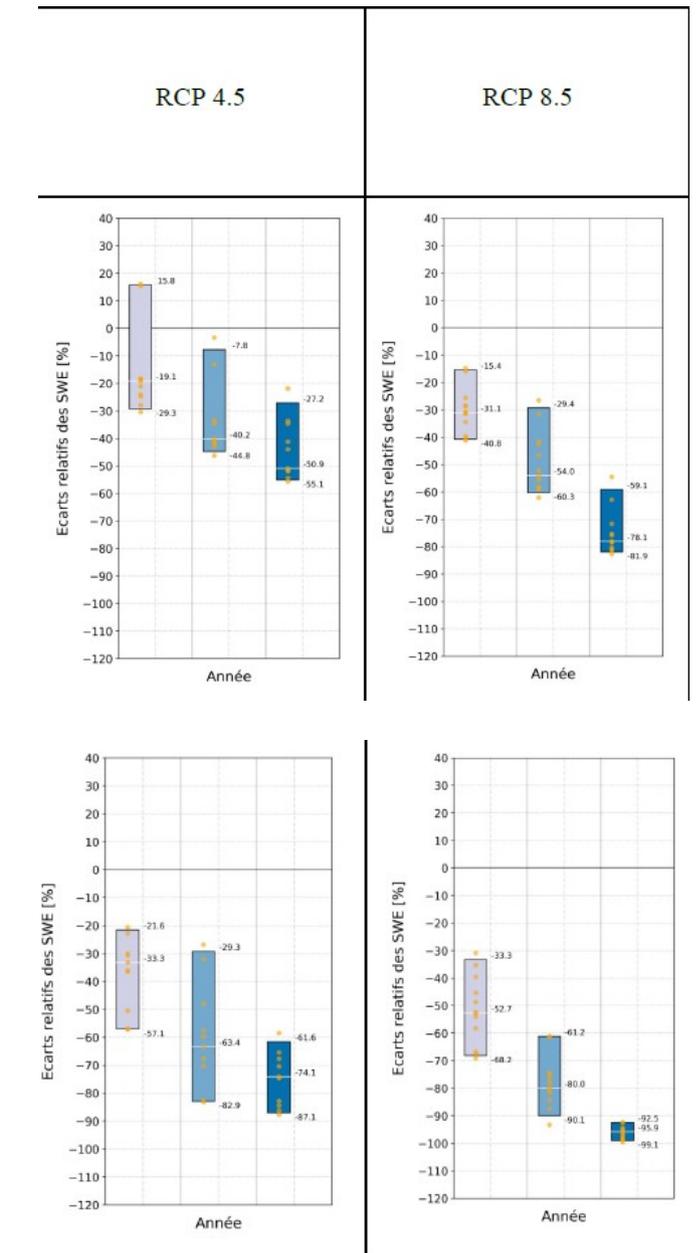
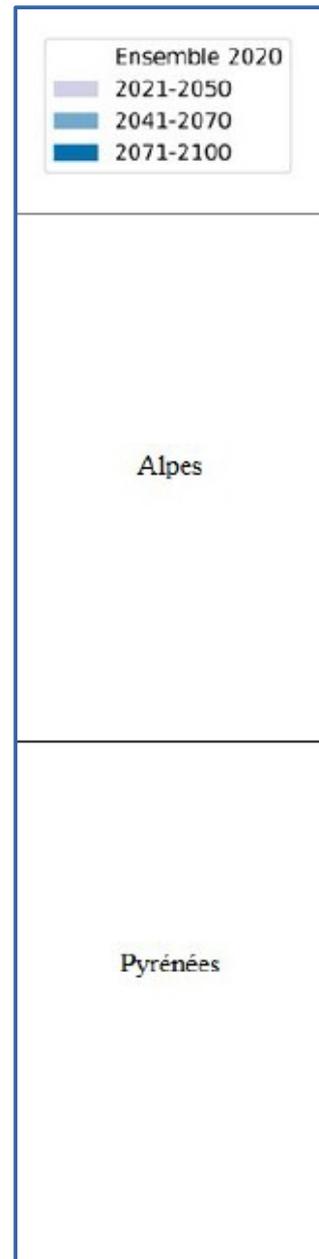
Médiane (DRIAS 2020)



Les nouvelles projections hydrologiques SIM2

Stock nival pour le soutien d'étiage

- Indicateur équivalent en eau du manteau neigeux (SWE) au 1^{er} mai
- Baisse du stock nival très importante tant sur les Alpes du Nord que les Pyrénées
- RCP4.5 : -50 % (AN) à -75 % (PYR) et déjà -40 à -60 % en 2050
- RCP 8.5 : -80 % (AN) à -95 % (PYR) et déjà -50 % à -80 % en 2050

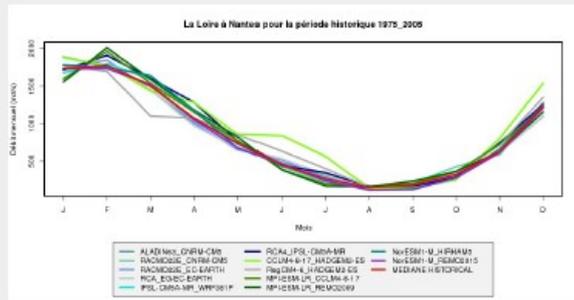


Les nouvelles projections hydrologiques SIM2

Evolution des débits : horizon 2050

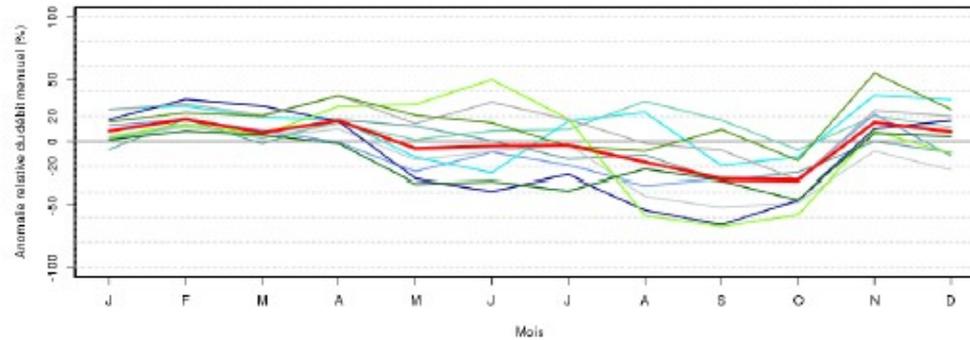
La Loire à Nantes

Simulation
Période historique
(1976-2005)



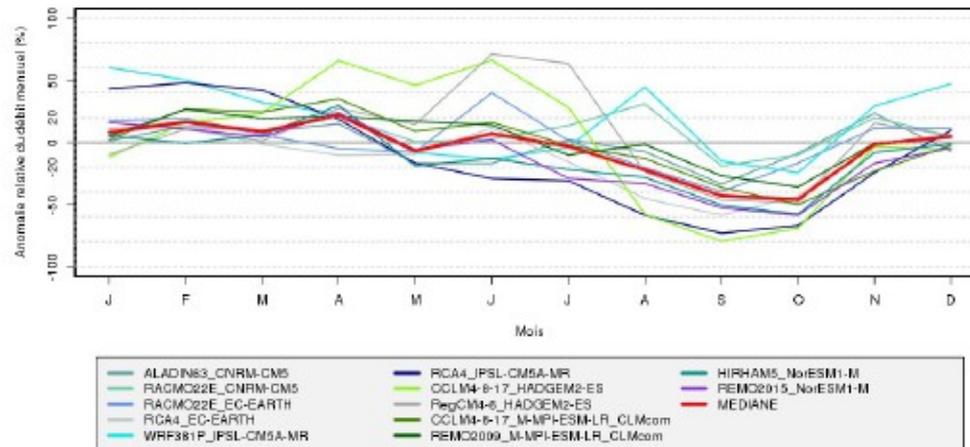
- Evolution des débits annuels globalement stable ou en légère hausse
- légère hausse en hiver et au printemps
- baisse en été et automne, plus marquée en RCP8.5

La Loire à Nantes pour la période 2041_2070 RCP45



RCP 4.5

La Loire à Nantes pour la période 2041_2070 RCP85



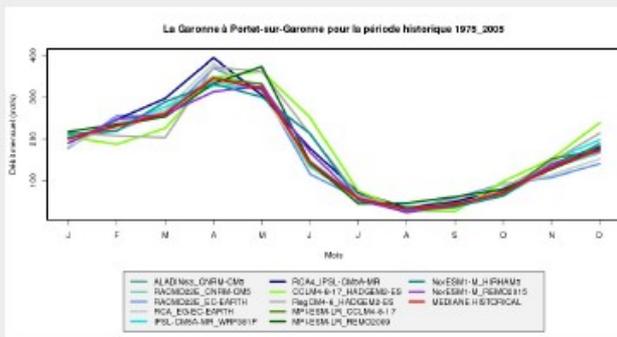
RCP 8.5

Les nouvelles projections hydrologiques SIM2

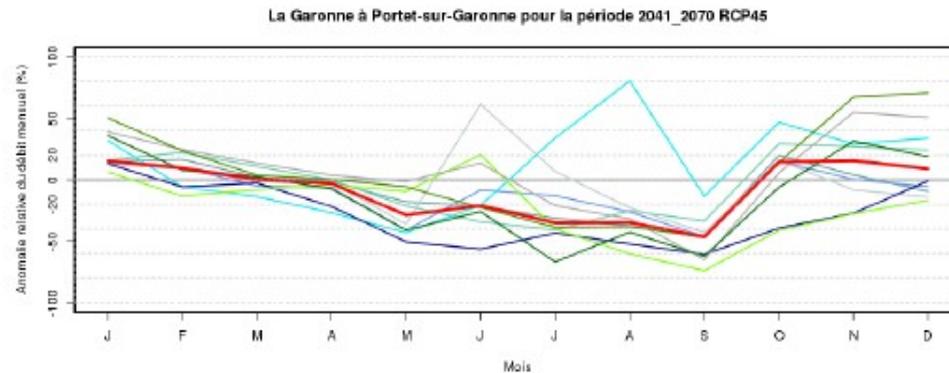
Evolution des débits : horizon 2050

La Garonne à Portet

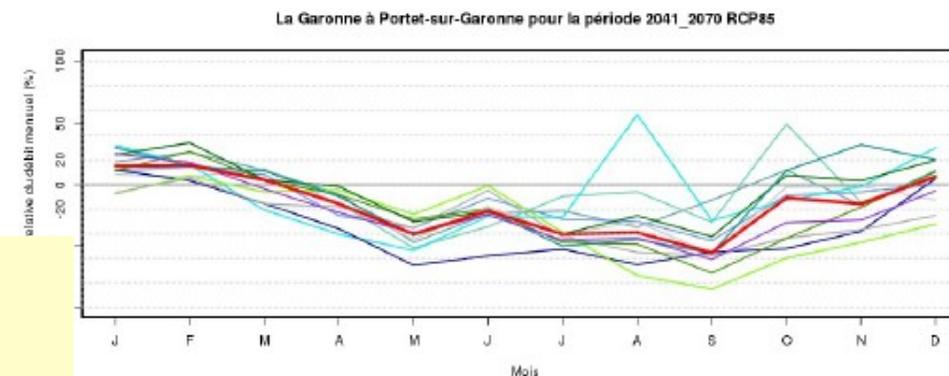
Simulation Période historique (1976-2005)



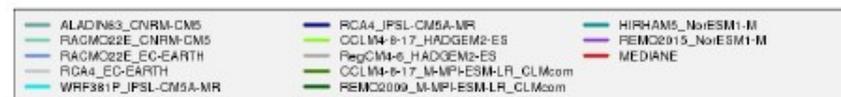
- Evolution des débits annuels en baisse sensible (-10 à -15%)
- légère hausse en hiver
- baisse au printemps (pic de fonte), en été et automne, plus marquée en RCP8.5 jusqu'à -50 %



RCP 4.5



RCP 8.5

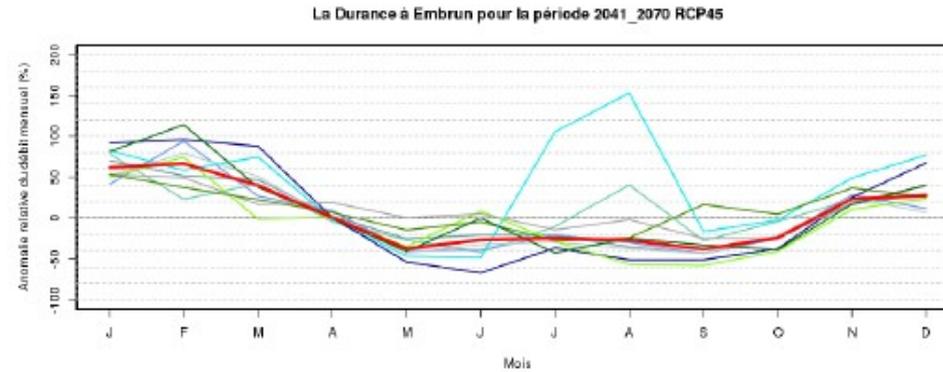
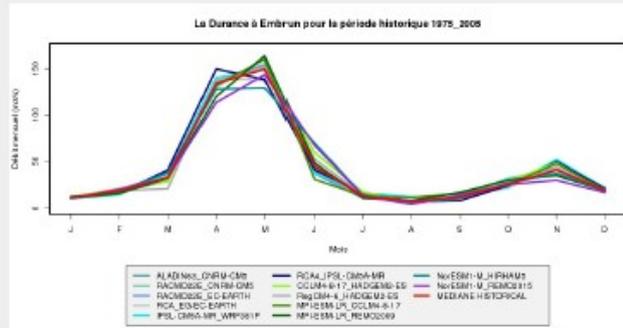


Les nouvelles projections hydrologiques SIM2

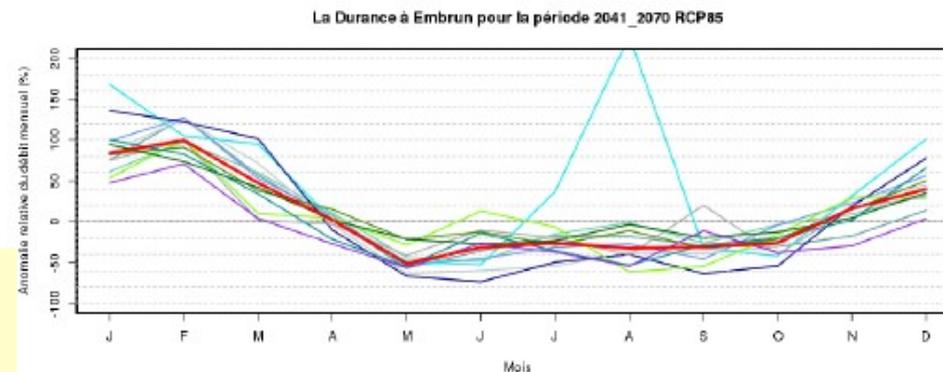
Evolution des débits : horizon 2050

La Durance à Embrun

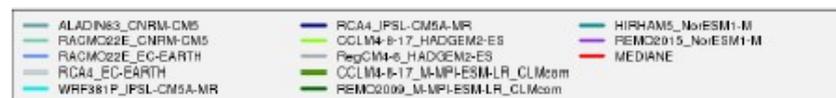
Simulation Période historique (1976-2005)



RCP 4.5



RCP 8.5



- Evolution des débits annuels en baisse sensible (-5 à -10%)
- contraste saisonnier marqué avec forte hausse en hiver : +50 à +100 % et forte baisse à la fin du printemps et en été (-50%)

Extension eau de DRIAS



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

Liberté
Égalité
Fraternité

DRIAS les **futurs** du **climat**

ACCUEIL

ACCOMPAGNEMENT

DÉCOUVERTE

DONNÉES ET PRODUITS

Démonstrateur DRIAS-Eau

DRIAS-Eau

Projet Life Eau et Climat
Projet EXPLORE2

Les projections hydrologiques

Les principes des projections hydrologiques
Les incertitudes
Les modèles hydrologiques de surface
Le modèle de surface : SIM2

Les données disponibles

Les simulations SIM2-DRIAS2020
Variables de surface
Indicateurs hydro

Diagnostiques issus des projections hydrologiques

L'analyse des simulations hydrologiques
SIM2-DRIAS2020

Eléments méthodologiques
Evolution des composantes météorologiques :
précipitation et évapotranspiration potentielle
Evolution des composantes du bilan hydrique
Evolution des débits
Synthèse des résultats des simulations SIM2-
DRIAS2020



<http://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/325>

Les services d'accès aux données : DRIAS et bientôt DRIAS_Eau

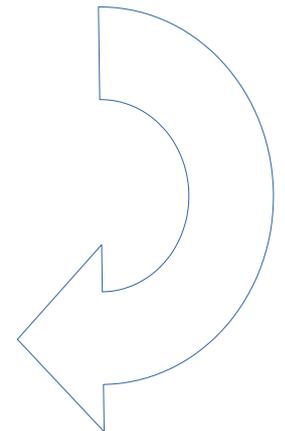
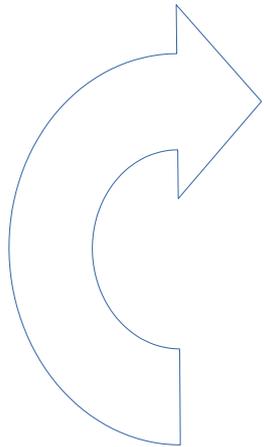
DRIAS les **futurs** du climat

ACCUEIL

ACCOMPAGNEMENT

DÉCOUVERTE

DONNÉES ET PRODUITS



DRIAS-Eau les **futurs** de l'Eau

ACCUEIL

ACCOMPAGNEMENT

DÉCOUVERTE

DONNÉES ET PRODUITS



Ouverture en décembre 2022

Conclusion

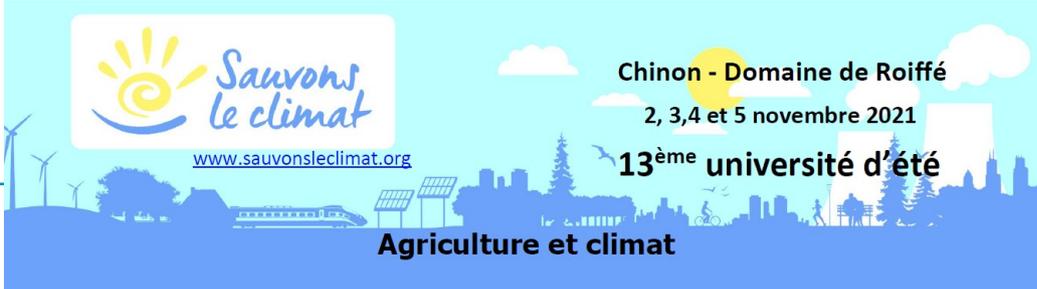
- Messages très clairs et analyses régionales précises produites par le 6^e rapport du GIEC (bases physiques) en appui aux réflexions sur l'adaptation, complétées en 2022 par les travaux des groupes 2 et 3
- Constat du changement climatique en France mesurable avec des impacts déjà forts sur la ressource en eau
- Le nouveau jeu de référence DRIAS_2020 éclaire les futurs climatiques de la France avec de nombreuses données et diagnostics sur les niveaux de réchauffement et d'événements extrêmes auquel nous allons devoir nous adapter.
- De nouvelles projections hydrologiques produites par le projet Explore2 commencent à préciser les futurs de l'eau pour un meilleur partage d'une ressource, moins abondante et plus irrégulièrement répartie tant géographiquement que temporellement.

 Sauvons le climat
www.sauvonsleclimat.org

Chinon - Domaine de Roiffé
2, 3,4 et 5 novembre 2021

13^{ème} université d'été

Agriculture et climat



MERCI DE VOTRE ATTENTION

Jean-michel.soubeyroux@meteo.fr