

Avec le soutien de :



COLLOQUE GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Du 15 au 17 février 2023
à l'ENSEGID - Bordeaux INP

Les eaux souterraines face au changement climatique
Comment anticiper pour s'adapter au choc hydrologique ?

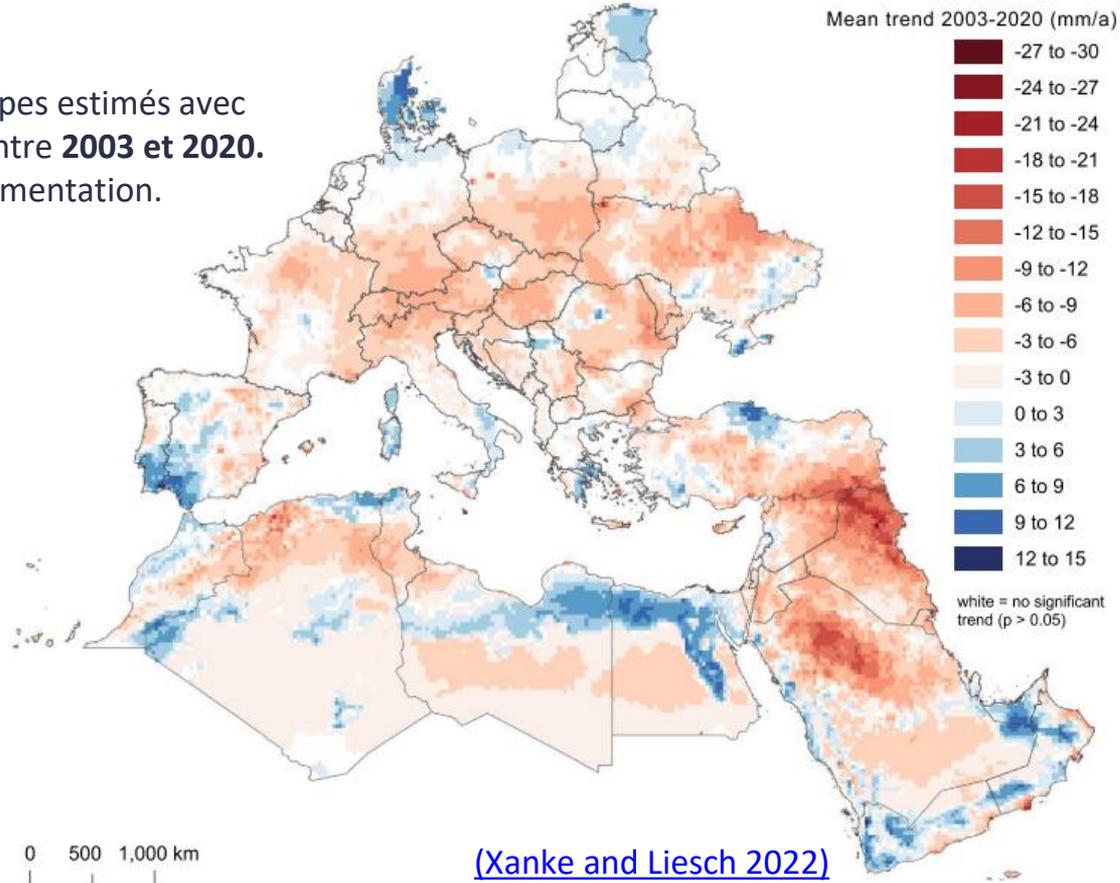
Florence Habets, DR CNRS, Laboratoire de Géologie de l'ENS

Florence.habets@ens.fr



Observation: Evolution du volume d'eau dans les nappes

Evolution des stocks dans les nappes estimés avec les données du satellite GRACE entre **2003 et 2020**.
en rouge diminution en bleu, augmentation.



Observation: Evolution de la recharge des nappes: lysimètres du site de Fagnières (INRAe)

Suivi des flux drainés d'abord pour la lixiviation de l'azote
Yin, Beaudoin, Ferchaud & al, 2020

Analyse quantitative : thèse Antoine Sobaga:
Forte tendance à la baisse de la recharge alors que les précipitations sont stables
Forte variabilité en fonction de la végétation
2022: cumul de drainage le plus faible mais pas cumul de précipitation le plus faible

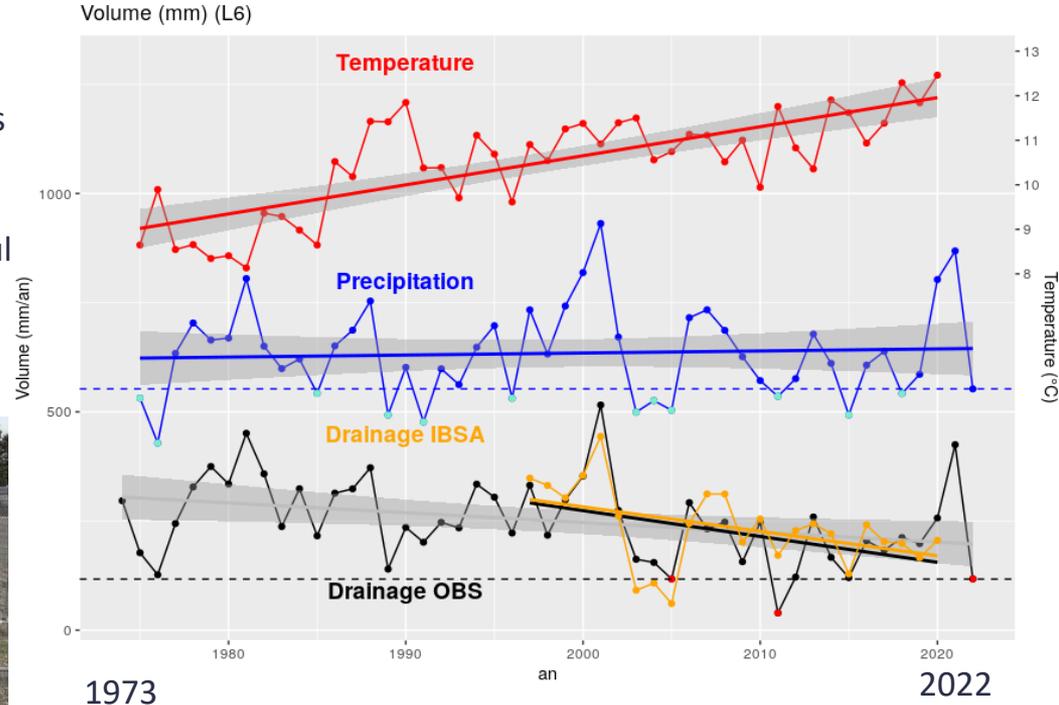
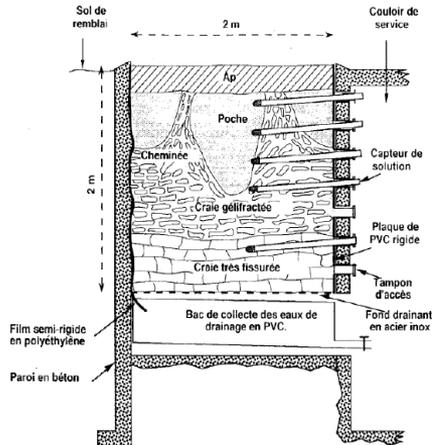
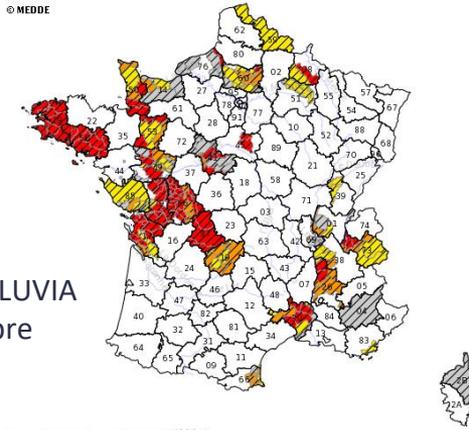


Figure 2 : Coupe transversale schématique d'un lysimètre ; d'après Ballif (1996).

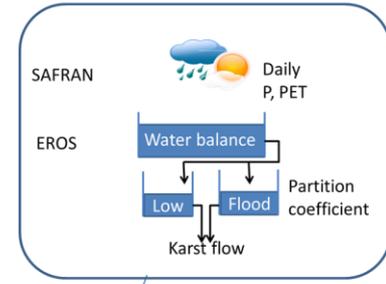
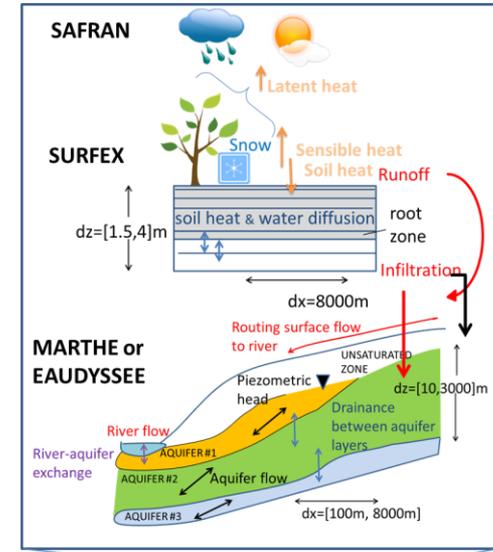
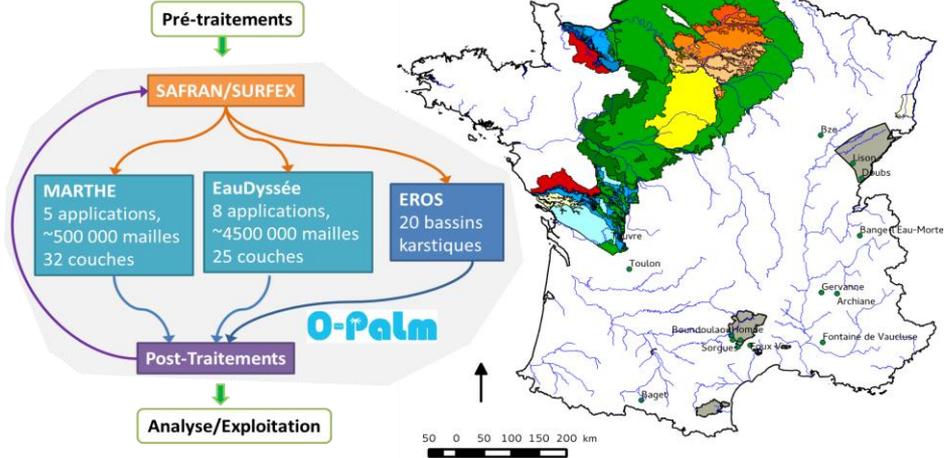
Extension des sécheresses en nappe 2022

© MEDDE

PROPLUVIA
Octobre
2022



Plateforme de modélisation hydrogéologique AQUI-FR



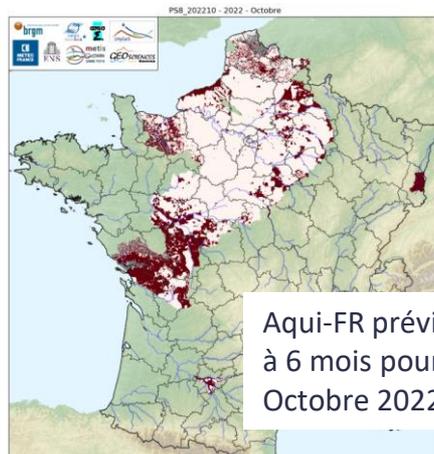
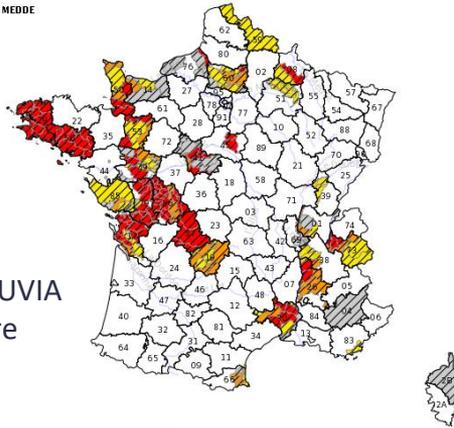
Utilisations:

- Analyse du passé (depuis 1959)
- Prévisions saisonnières
- Projections climatiques

Vergnes et al. HES 2020 The AQUIFR hydrometeorological modelling platform as a tool for improving groundwater resource monitoring over France: evaluation over a 60-year period

Extension des sécheresses en nappe 2022

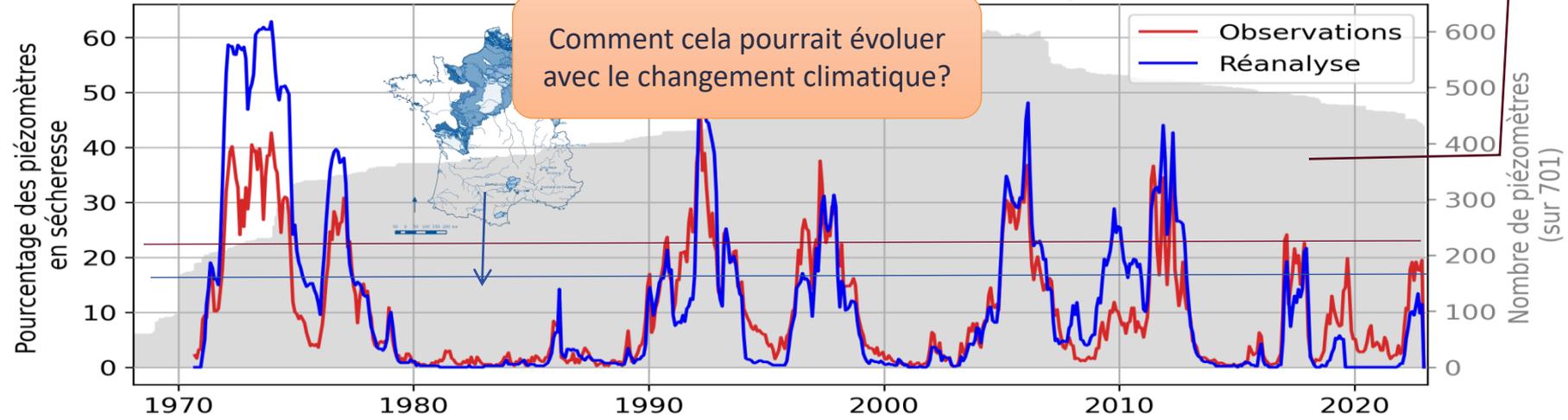
© MEDDE

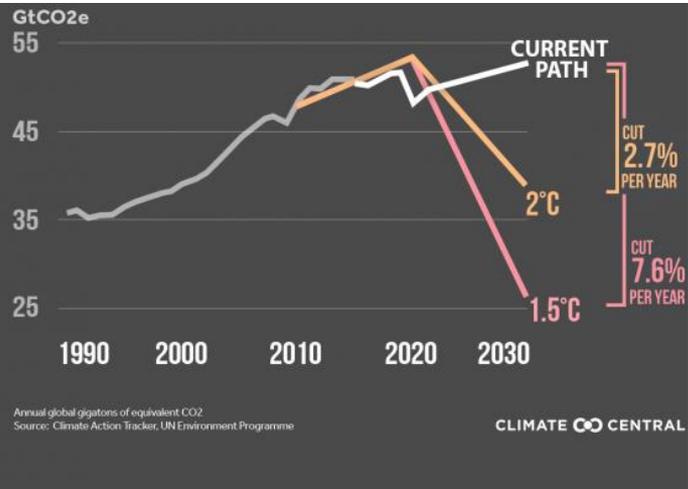


Bien que la sécheresse ait été marquée en 2022, la situation des nappes (dans la moitié Nord) n'était pas forcément dans la situation la plus critique grâce aux précipitations de 2021

Nombre de piézomètres disponibles

Évolution sur l'ensemble du domaine Aqui-FR

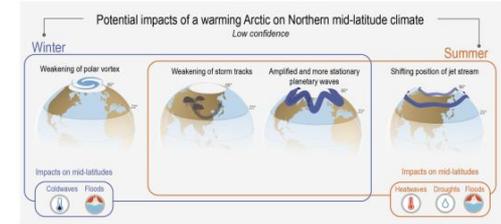
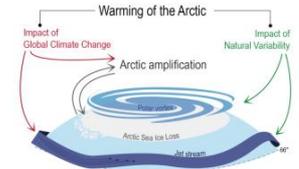




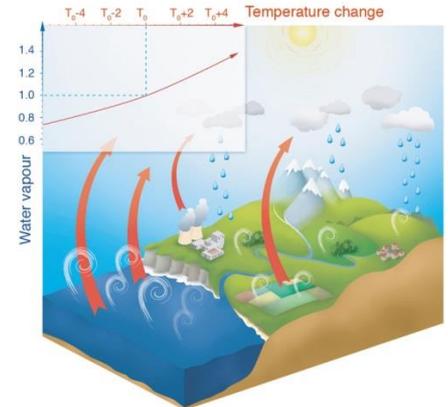
“ À moins d'une réduction immédiate, rapide et à grande échelle des émissions de gaz à effet de serre, limiter le réchauffement à 1,5°C sera hors de portée.

la ressource en eau est impactée d'au moins 3 façons par le changement climatique

1. Changement de la circulation dynamique

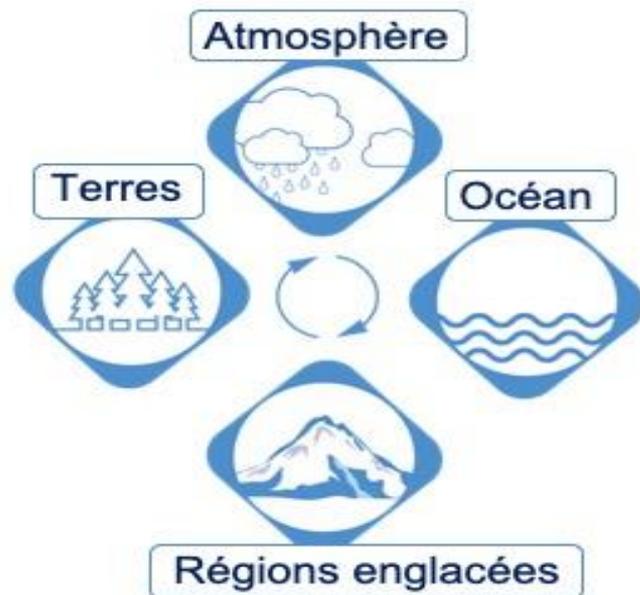


2. Augmentation de la quantité d'eau dans l'atmosphère



3. Augmentation de la demande évaporative

Modifications du cycle de l'eau

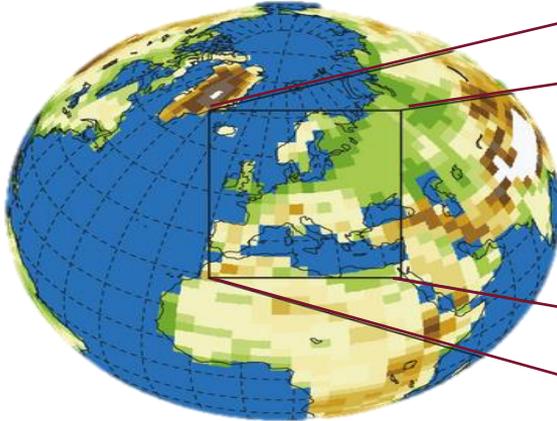


▼ **Quand le réchauffement augmente**

- Intensification des précipitations
- Intensification des saisons sèches et des sécheresses

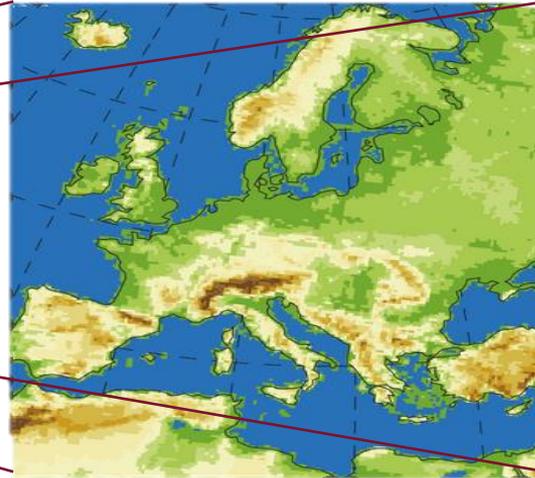
Projections climatiques en France

Modèle de climat globaux
GCM



Explore 2070

Modèle de climat régionaux
RCM



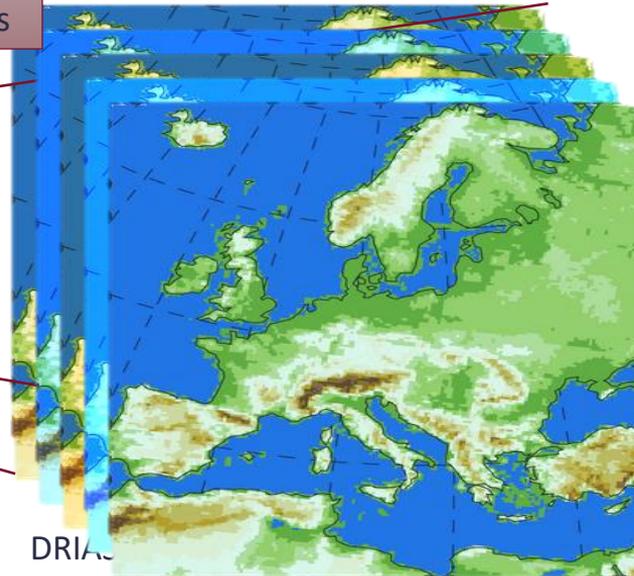
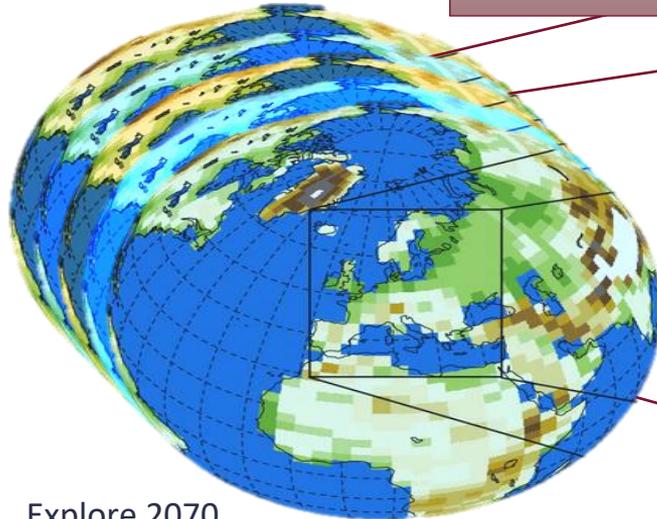
DRIAS, Explore 2....

Projections climatiques en France

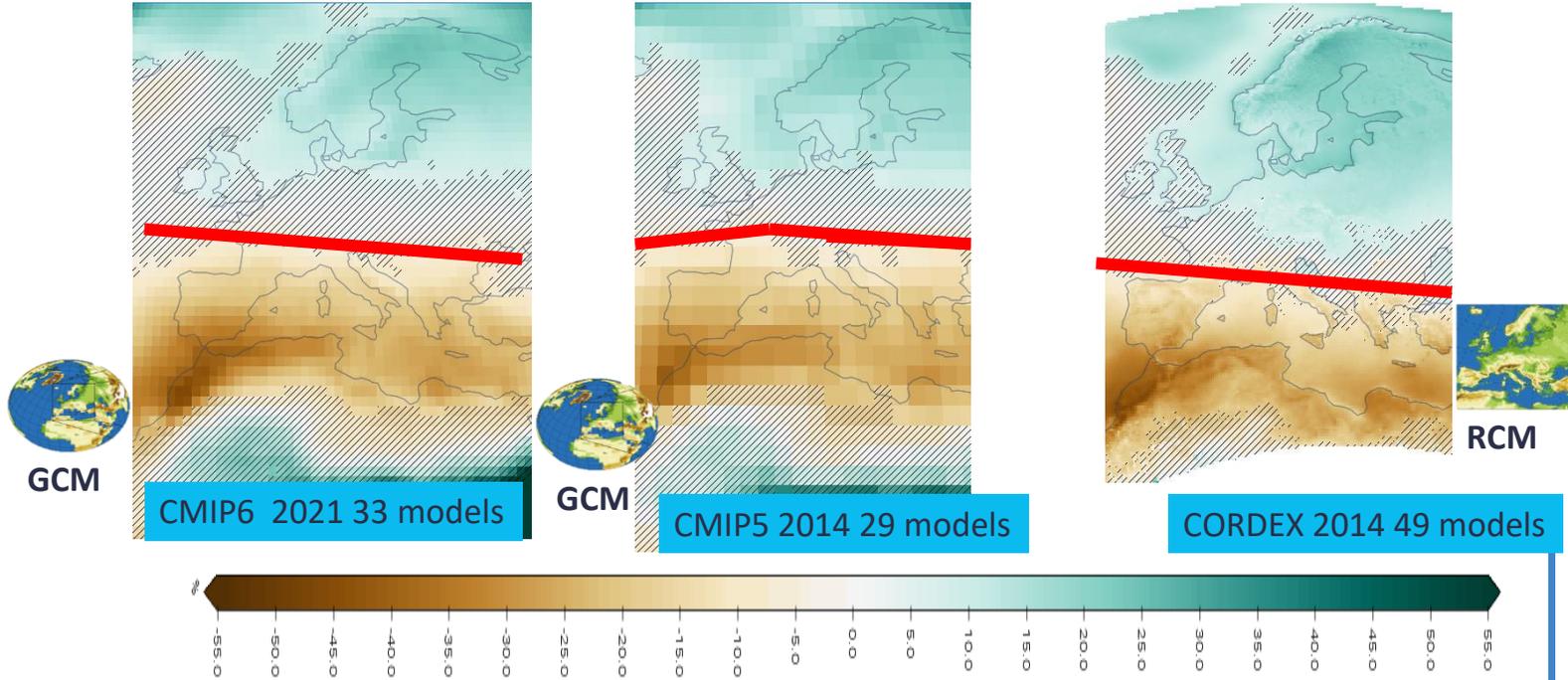
Modèle de climat globaux
GCM

Modèle de climat régionaux
RCM

Analyse d'un
ensemble de modèles



Projection de l'évolution des précipitations annuelles sur l'Europe en fin de siècle, scénario d'émission émetteur RCP8.5



Accord sur + de précipitation au Nord de l'Europe - au Sud

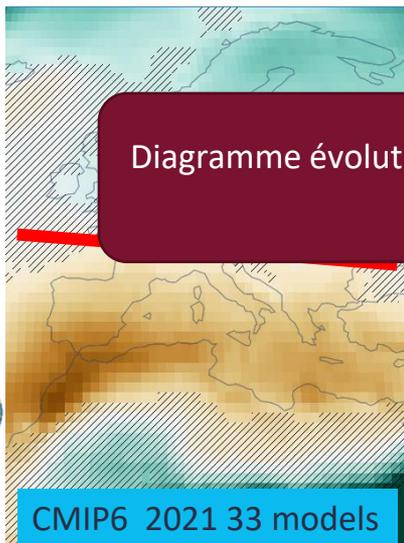
Position de la frontière très variable d'un exercice à l'autre

Projection de l'évolution des précipitations annuelles sur l'Europe en fin de siècle, scénario d'émission émetteur RCP8.5

Diagramme évolution des températures en fonction de celles des précipitations très différentes



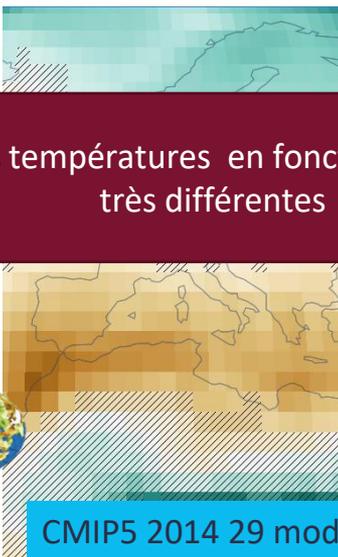
GCM



CMIP6 2021 33 models



GCM



CMIP5 2014 29 models



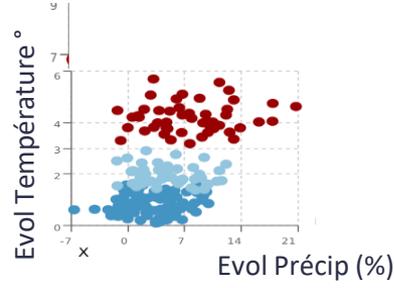
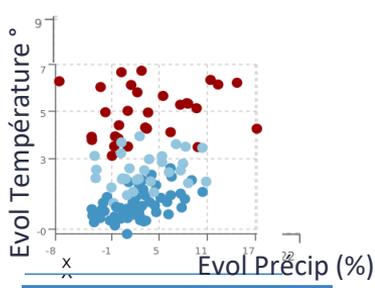
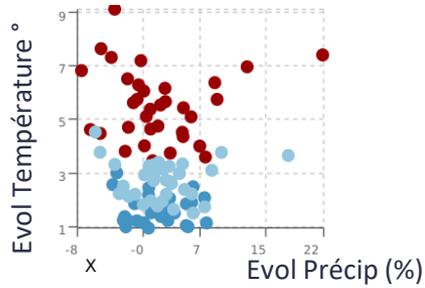
CORDEX 2014 49 models



RCM

+ chaud

-chaud
+ humide



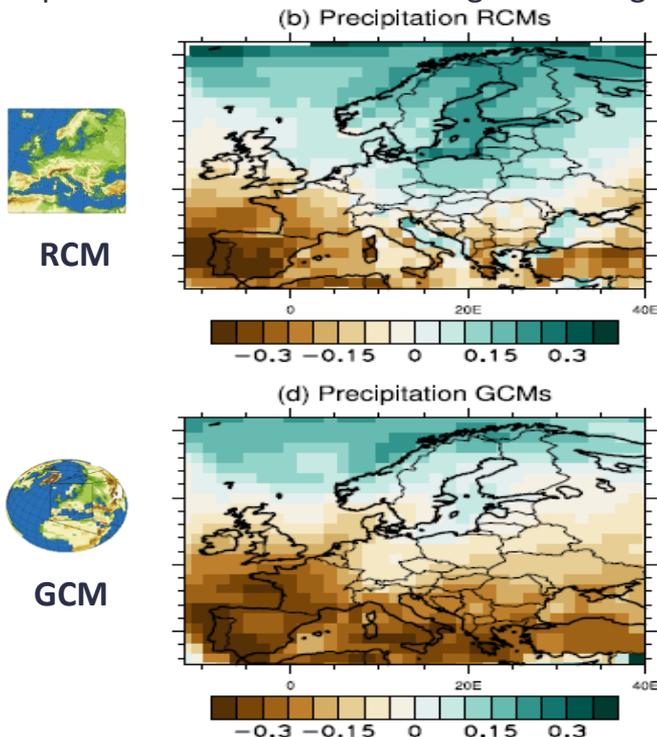
Projection de l'évolution des précipitations en été sur l'Europe en fin de siècle, scénario d'émission émetteur RCP8.5

Scénario d'émission tendanciel

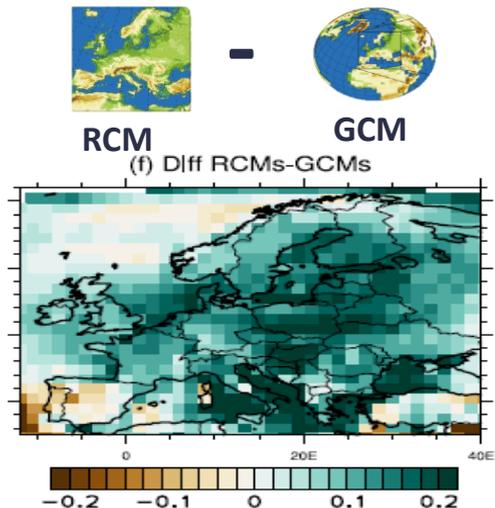
Les modèles de climat régionaux EuroCordex ont un biais froid et un biais pluvieux par rapport aux modèles de climat globaux du GIEC. Plusieurs problèmes ont été relevés.

→ Prudence si vous utilisez des projections DRIAS, une sous sélection des RCMs est nécessaire...

Evolution de l'évolution des précipitations estivales par des modèles de climat régionaux et globaux



Différence entre les évolutions des modèles régionaux et globaux

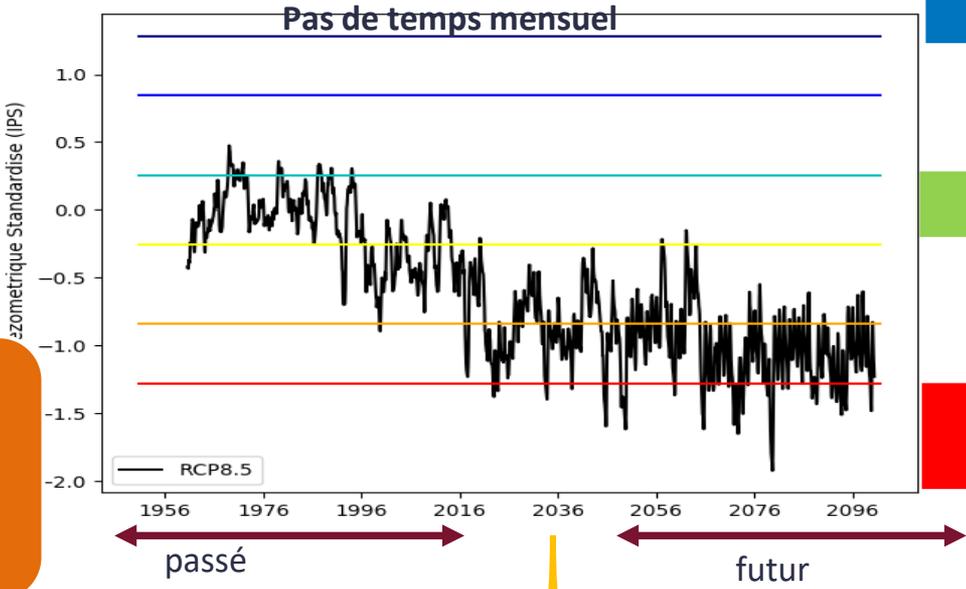


Quelles Projections pour les Aquifères métropolitains: Résultats issus d'Aqui-FR forcés par des GCMs CMIP5

les nappes Moyenne Spatiale et sur l'Ensemble des projections

Moyenne
14 projections
RCP8.5

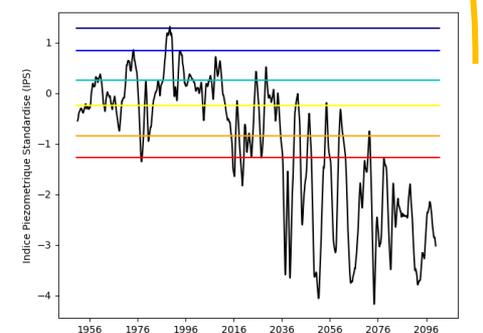
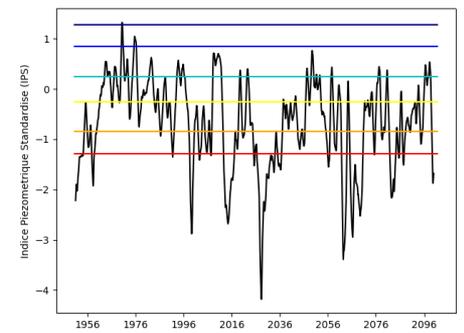
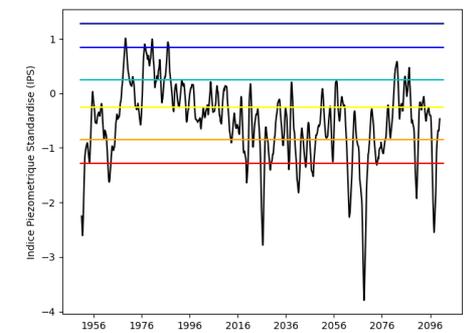
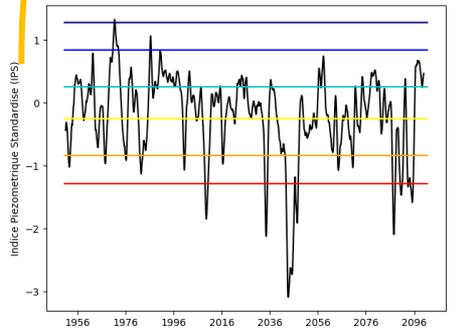
Attention : la synthèse
(médiane/moyenne)
lisse les variabilités
interannuelles



> décennale humide

Niveau moyen

> décennale sèche

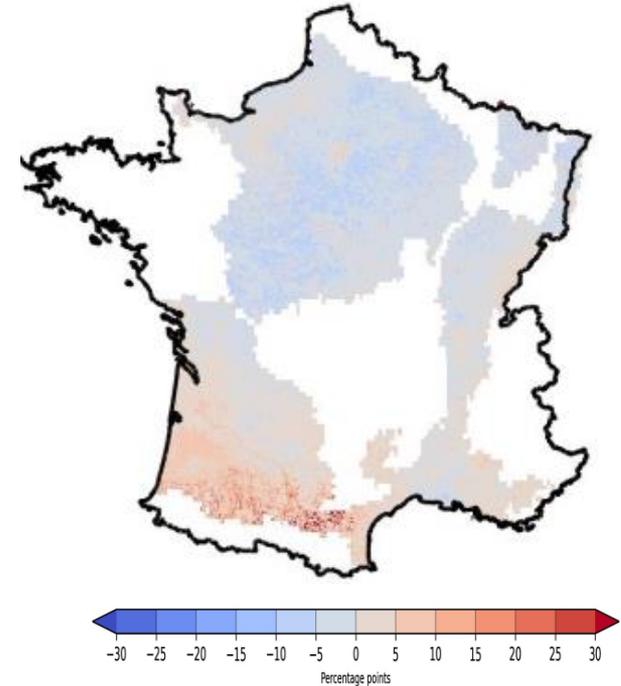
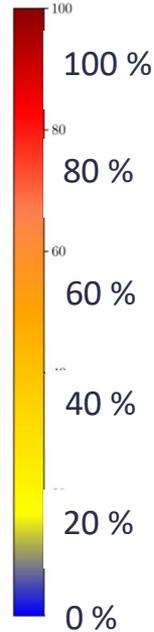
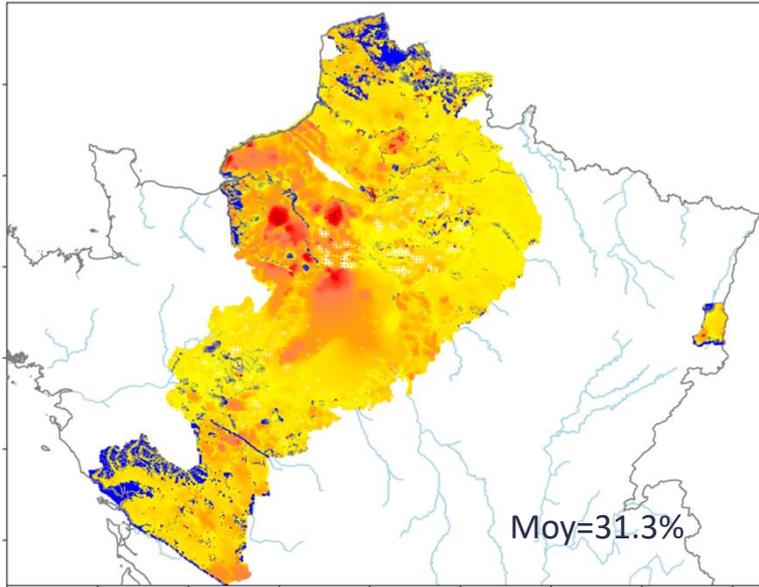


Indicateur : Occurrence des sécheresses hydrogéologiques

En moyenne sur les projections par scénario d'émission

fin de siècle (2070-2100)

Occurrence decennale seche moy CC RCP8.5 31.309895



Projections **CMIP5 AQUI-FR**
→ Forte augmentation des durées des sécheresses
→ Impact visible des zones à forts prélèvements (non soutenable)

Projections **DRIS MARTHE** →
Augmentation de l'occurrence des sécheresses limitée au Sud de la France (Vergnes, Caballero, Lanini, 2022)

Constats:

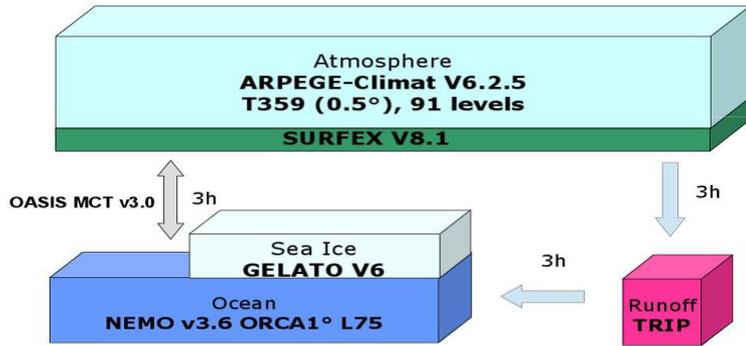
- De nombreux signaux que la situation des nappes va se dégrader
- (baisse de la ressource + rapide que la baisse des prélèvements)
- Signaux climatiques globalement convergents, mais qui dans le détails peuvent être très dispersés

Comment faire pour anticiper la trajectoire ?

➔ Les prévisions saisonnières peuvent donner des points d'étapes

Prévisions saisonnières: origines de la prévisibilité météo

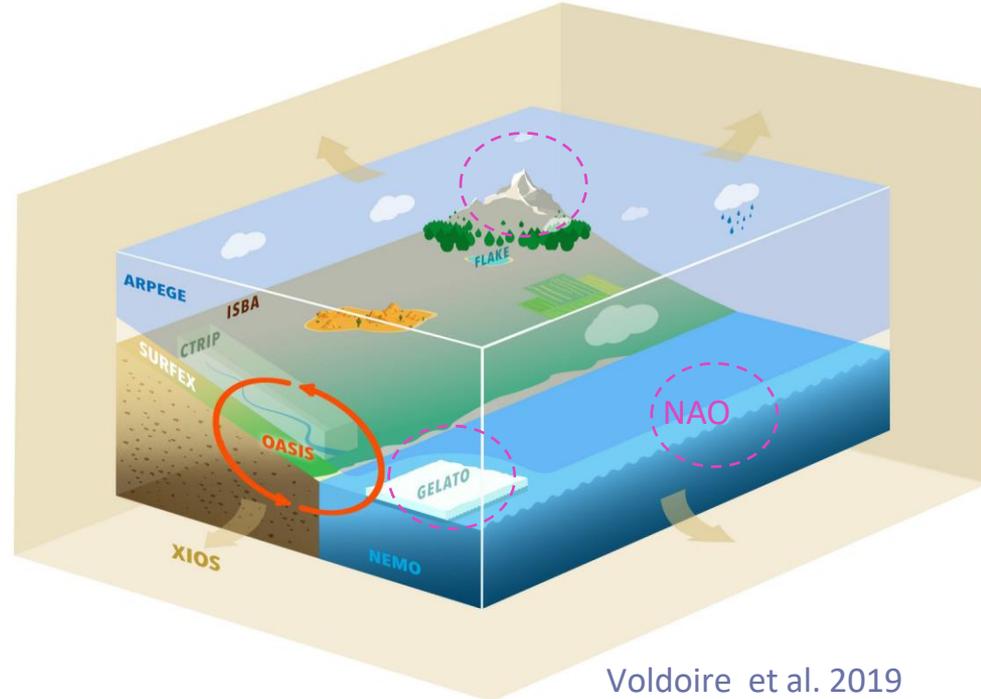
Modèle de prévision météo : Modèle climatique couplé océan-glace de mer-surface continentale-atmosphère



Batté et al. 2019

Sources de prévisibilités:

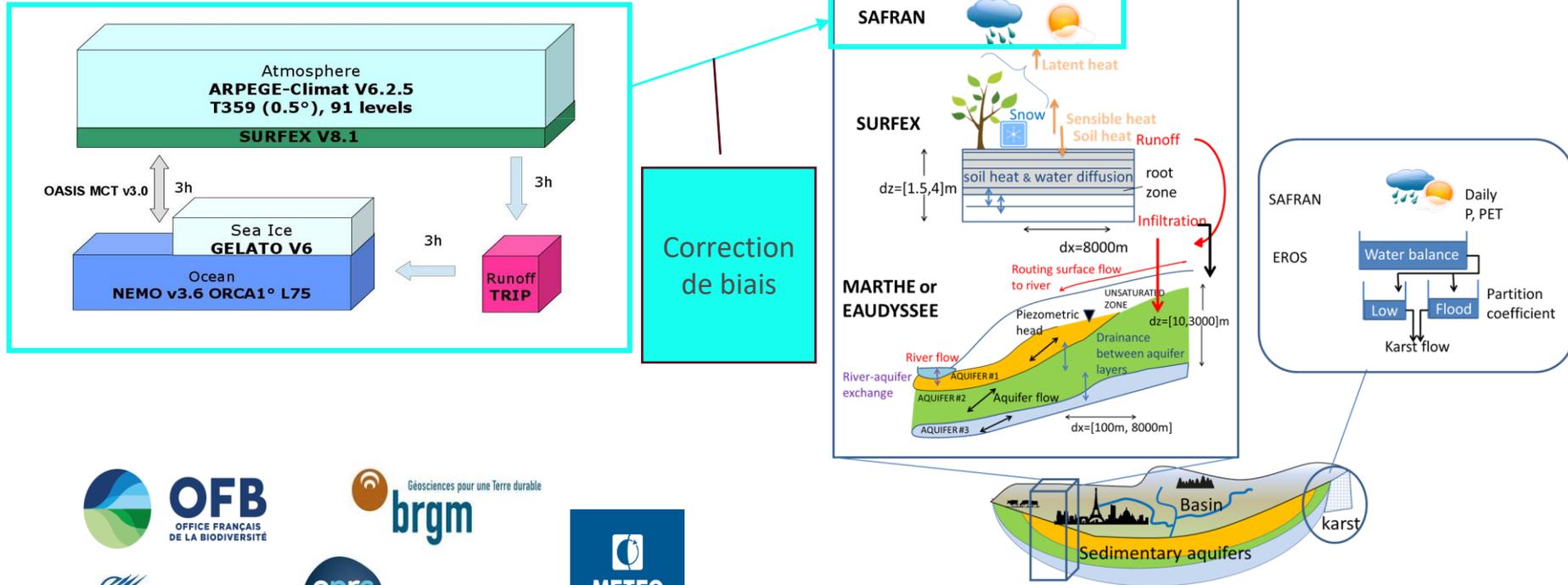
T° des océans, extension des glaces de mer,
extension du manteau neigeux



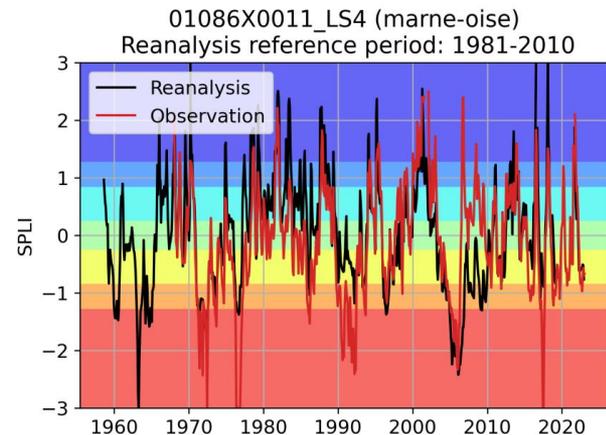
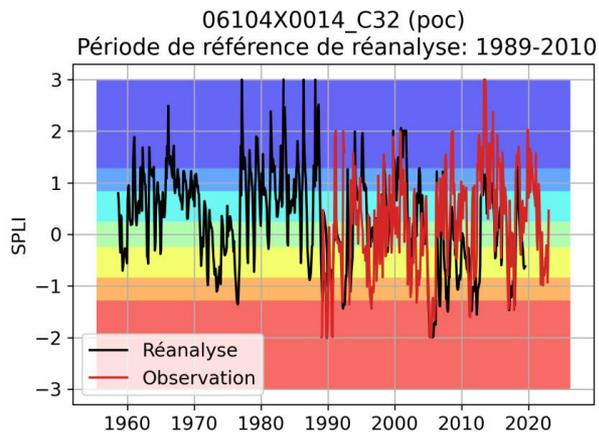
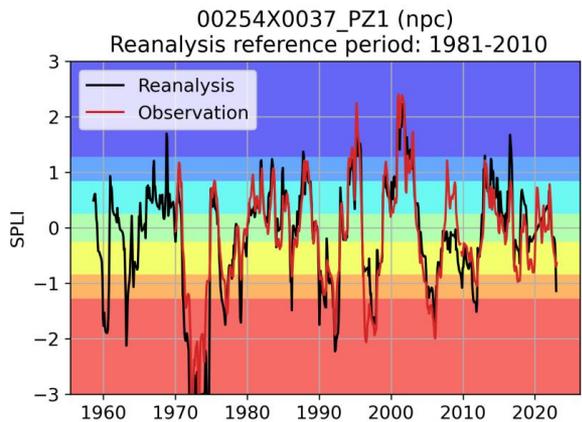
Voltaire et al. 2019

Utilisation de la Plateforme de modélisation hydrogéologique Aqui-FR

➔ Prévisions à 6 mois en mode pré-opérationnel depuis 2020



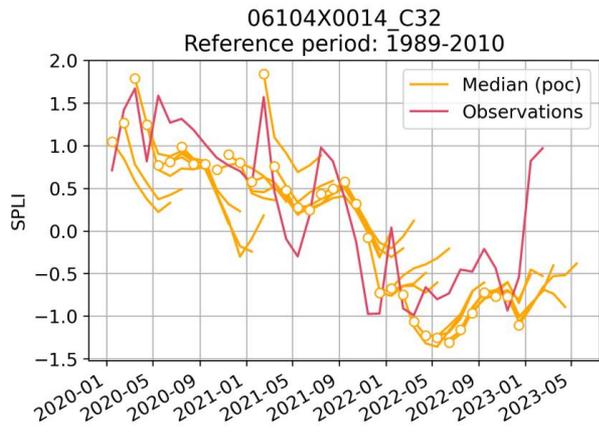
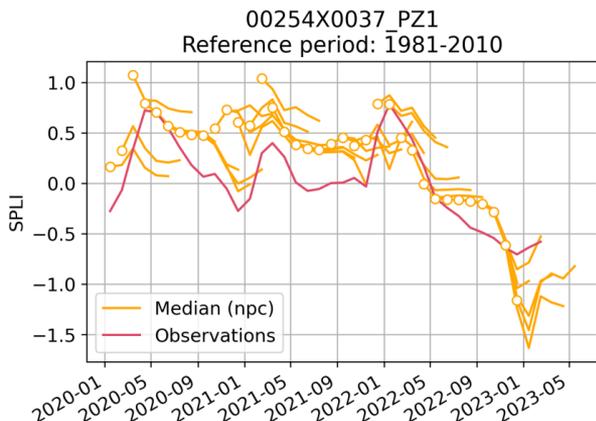
Quelques éléments de comparaison observations/analyse/prévisions



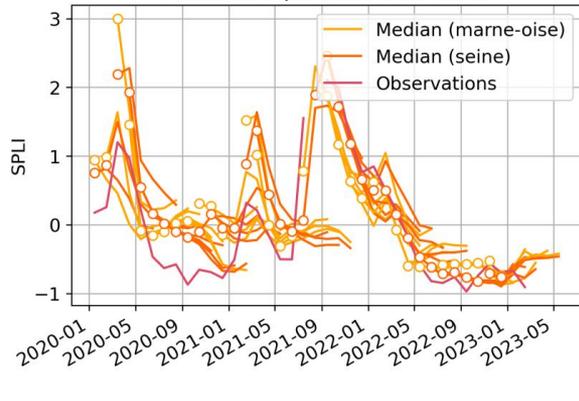
Tincques (Pas de Calais, Marthe)

St-Gelais (Poitou Charente, Marthe)

Frèsnes les Reims (Marne Oise-Eaudyssée)



Frèsnes les Reims (Marne Oise-Eaudyssée)



Prévisions saisonnières de l'état des nappes AQUI-FR

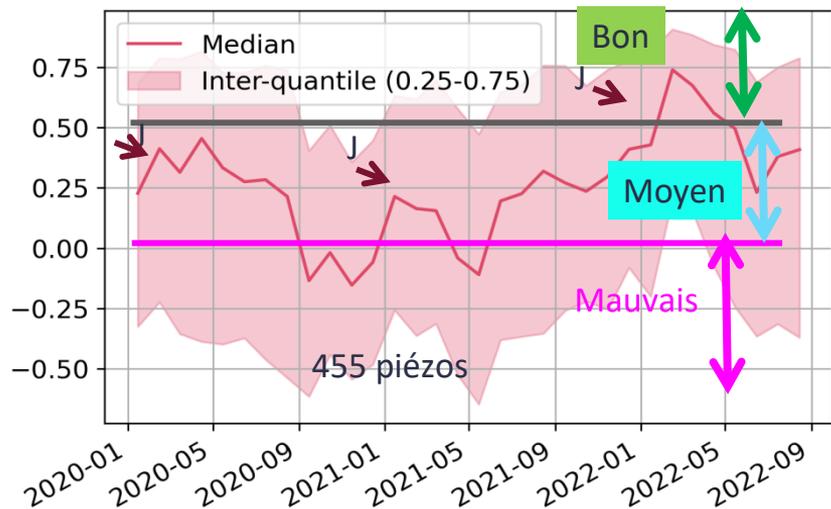
Evaluation des prévisions en 2022



Comparaison des évolutions prévues avec les observations

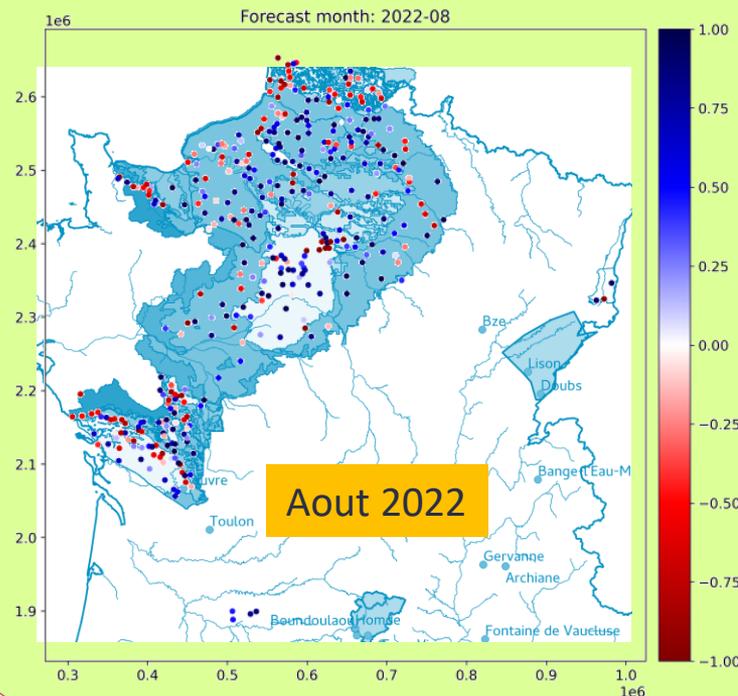
→ bons résultats obtenus en 2022

Correlation between observations and forecasts



En 2022, les prévisions étaient bonnes dès le mois de Janvier

Carte des corrélations sur les 6 mois de prévisions pour Aout 2022



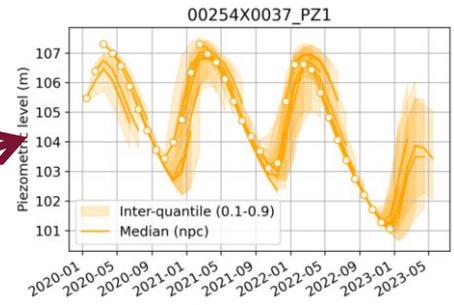
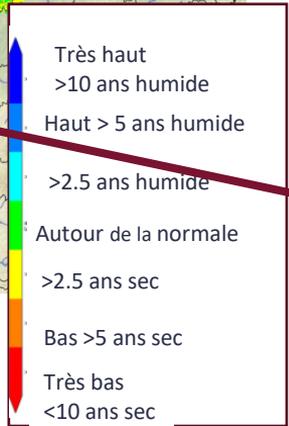
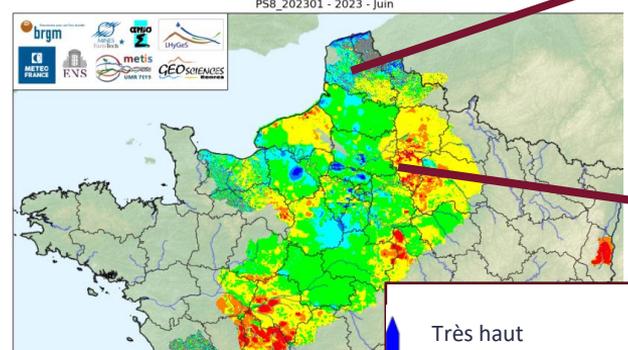
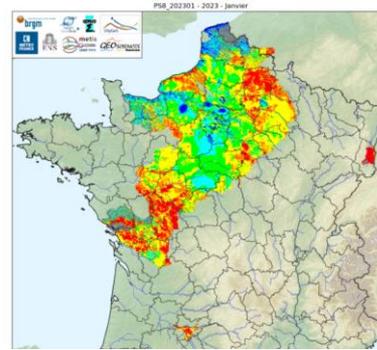
Prévisions saisonnières de l'état des nappes AQUI-FR



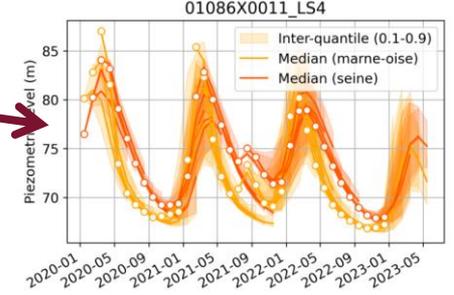
Comparaison de l'état estimé des nappes en Janvier
 → Janvier 2023 est le plus sec

Etat initial Janvier 2023
 → Plus sec que Janvier 2022

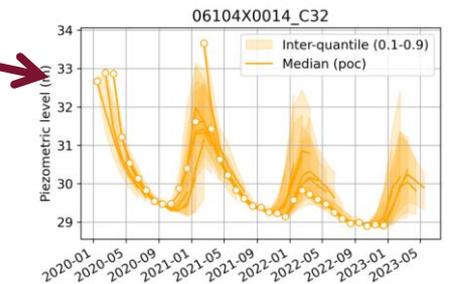
Prévisions pour Juin 2023
 (initialisation mi Janvier 2023)



Tincques
 Pas de Calais



Frères les Reims
 Marne

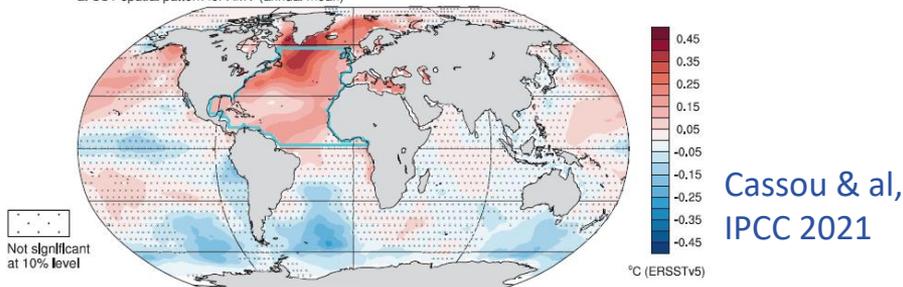


Saint Gelais
 Deux Sèvres

Peut on aller plus loin qu'une prévision des 6 prochains mois ?

The Atlantic Multidecadal Variability (AMV)

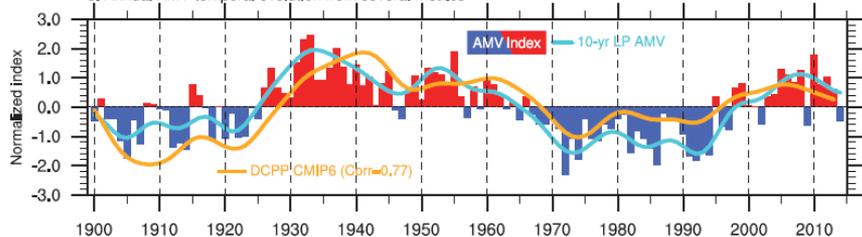
a. SST spatial pattern for AMV (annual mean)



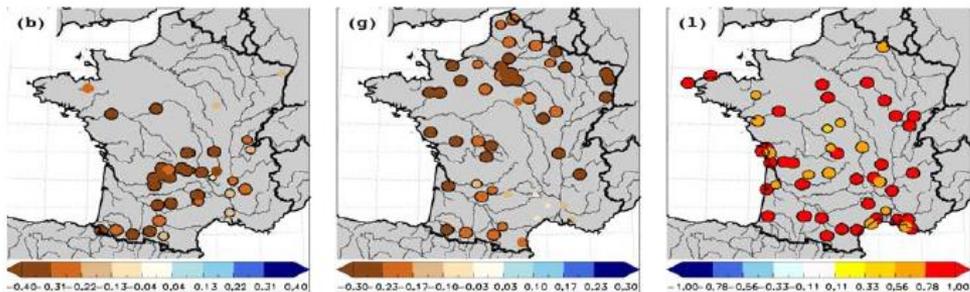
Cassou & al,
IPCC 2021

- Il y a un potentiel d'étendre les prévisions avec les prévisions décennales sur la base de variabilités naturelles telles que l'AMV
- Potentiel d'autant plus grand sur les aquifères inertiels

b. Annual AMV temporal evolution from several metrics



Impact de l'AMO sur les débits, précips & T° au printemps



Boé & Habets, 2014

OneWater

Eau Bien Commun

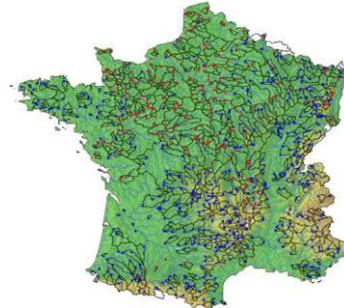
Projet PEPR financé pour ~10 ans, ~50M€ co-porteurs CNRS –BRGM – INRAe (A. Euzen, D. Darmendrail, T. Datry)
Le projet ciblé #2 concerne l'anticipation (F. Habets, S. Munier)

1/ Mise en réseau et déploiement des sites lysimétriques

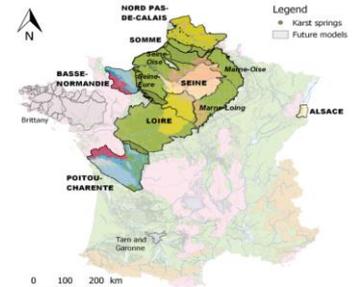


2/ Amélioration des analyses passées volet météo + anthropisation très ouvert

3/ Développement des plateformes de prévisions Prémhyce pour les débits d'étiage Aqui-FR pour les nappes



Tilmant et al., 2021



Vergnes et al., 2020

Conclusions

- ❑ On va vers des situations de plus en plus compliquées en termes de ressource en eau: le risque de sécheresse pluri-annuelle est quasi certain: en Europe selon Samaniego et al 2018, jusqu'à
 - ❖ 5 ans pour un monde à 2°
 - ❖ 7 ans pour un monde à 2.5°
 - ❖ 9 ans pour un monde à 3°C
- ❑ Il faut continuer à avancer dans un monde incertain, car les projections ne permettront pas d'avoir une vision précise des impacts: variabilité temporelle, incertitude
- ❑ Il est possible d'anticiper à plusieurs mois: pour améliorer l'anticipation: on cherche à étendre l'extension d'Aqui-FR /Prémhyce: soutien possible avec OneWater

Quelles adaptations?

→ Privilégier les solutions économes en énergie, favorable à la qualité de l'eau et à la préservation de la biodiversité