

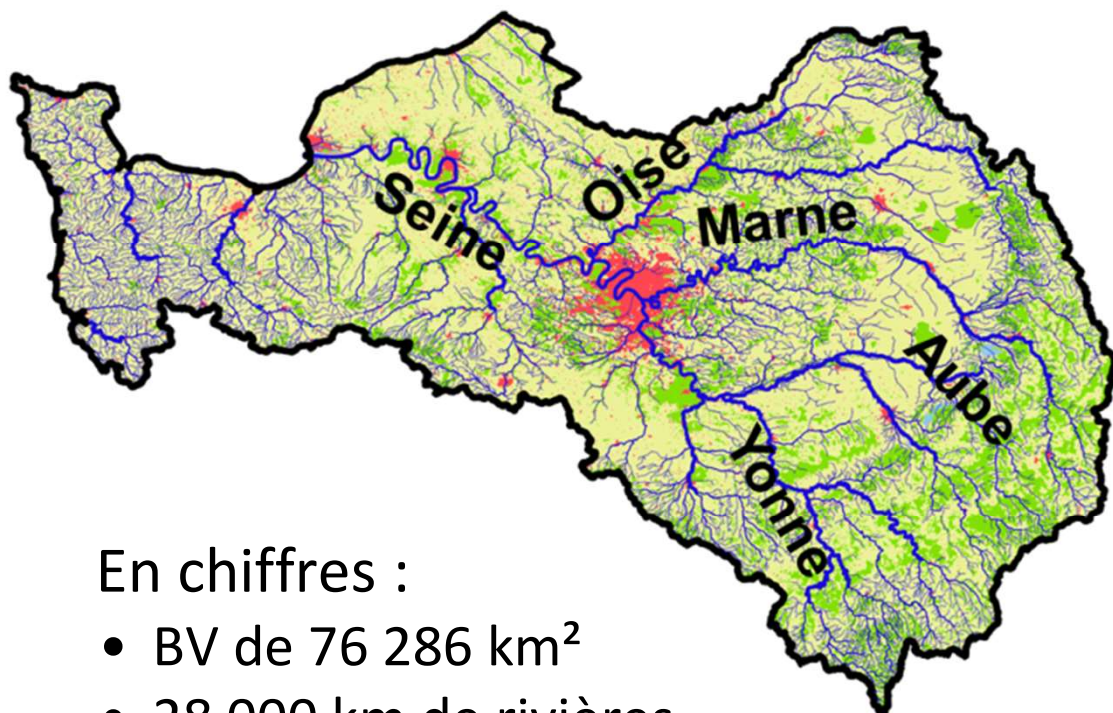


Fonctionnement hydrologique du bassin de Seine sous climat changeant

Nicolas Flipo¹, Nicolas Gallois¹, Julien Boé²

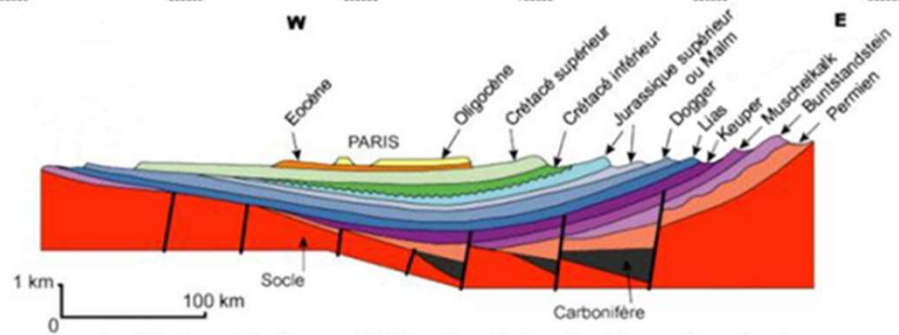
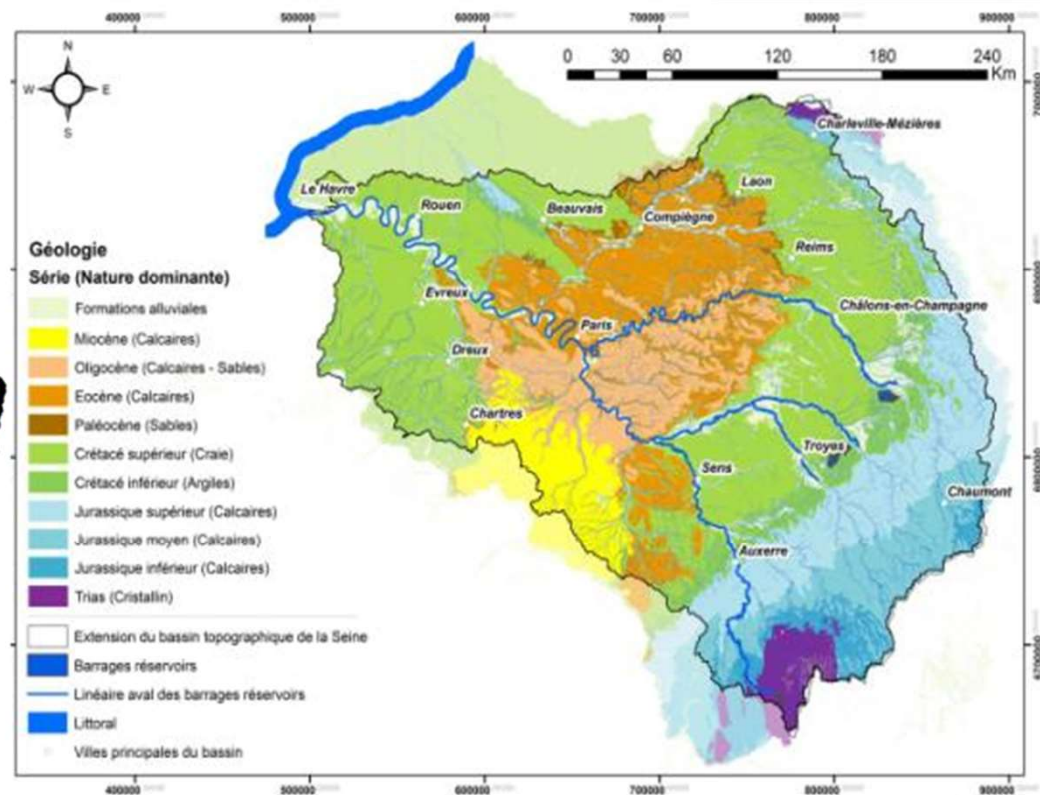
¹ Centre de Géosciences, Mines Paris - PSL

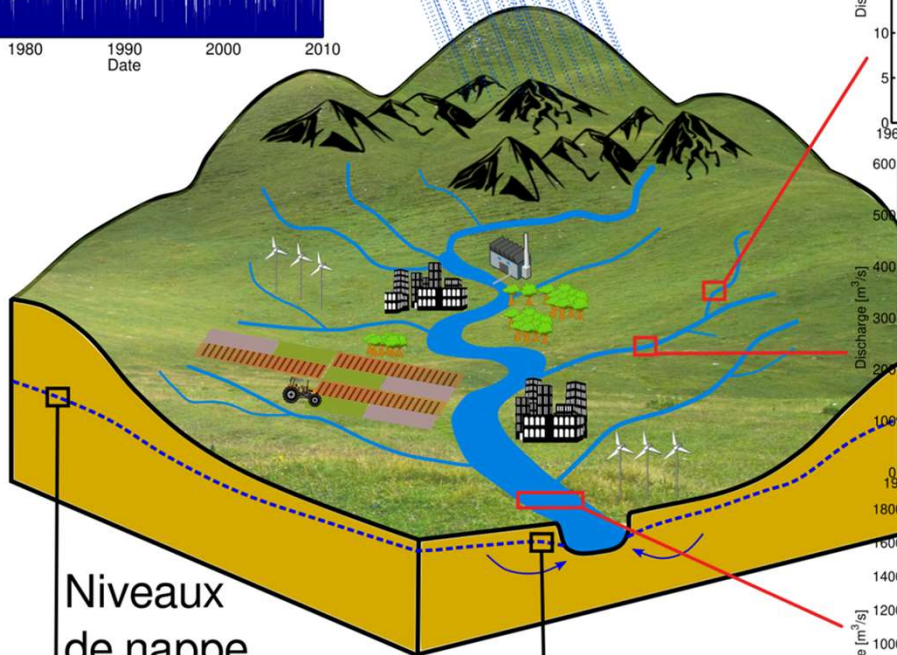
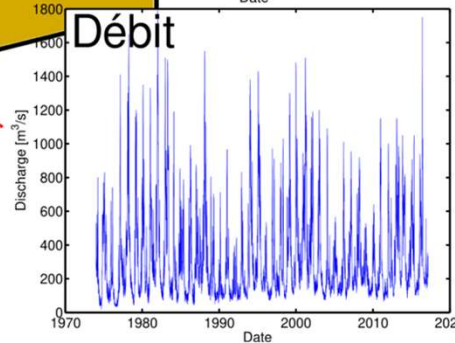
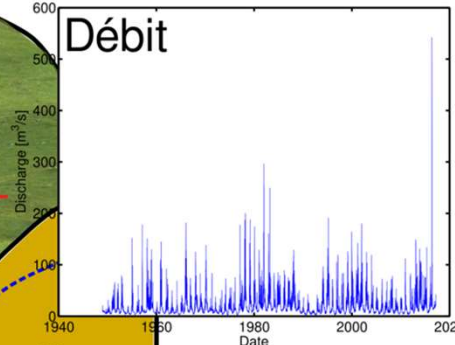
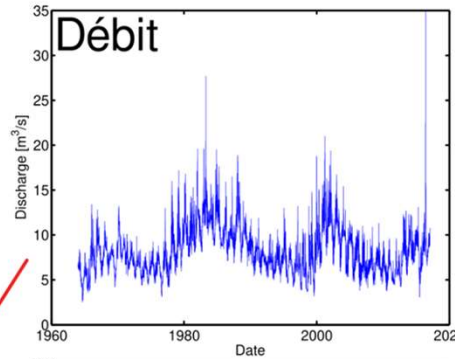
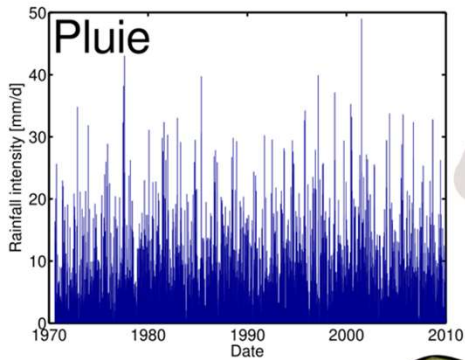
² UMR CECI



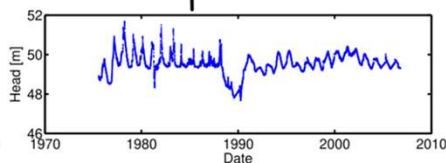
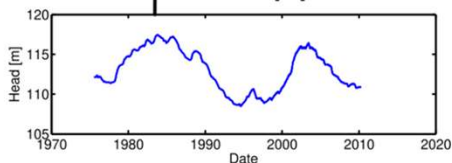
En chiffres :

- BV de 76 286 km²
- 28 000 km de rivières
- 17 M d'habitants
- Premier réservoir d'eau souterraine d'Europe
- des barrages réservoirs (840 10⁶ m³)
- 3 Md m³ prélevés par an





Niveaux de nappe

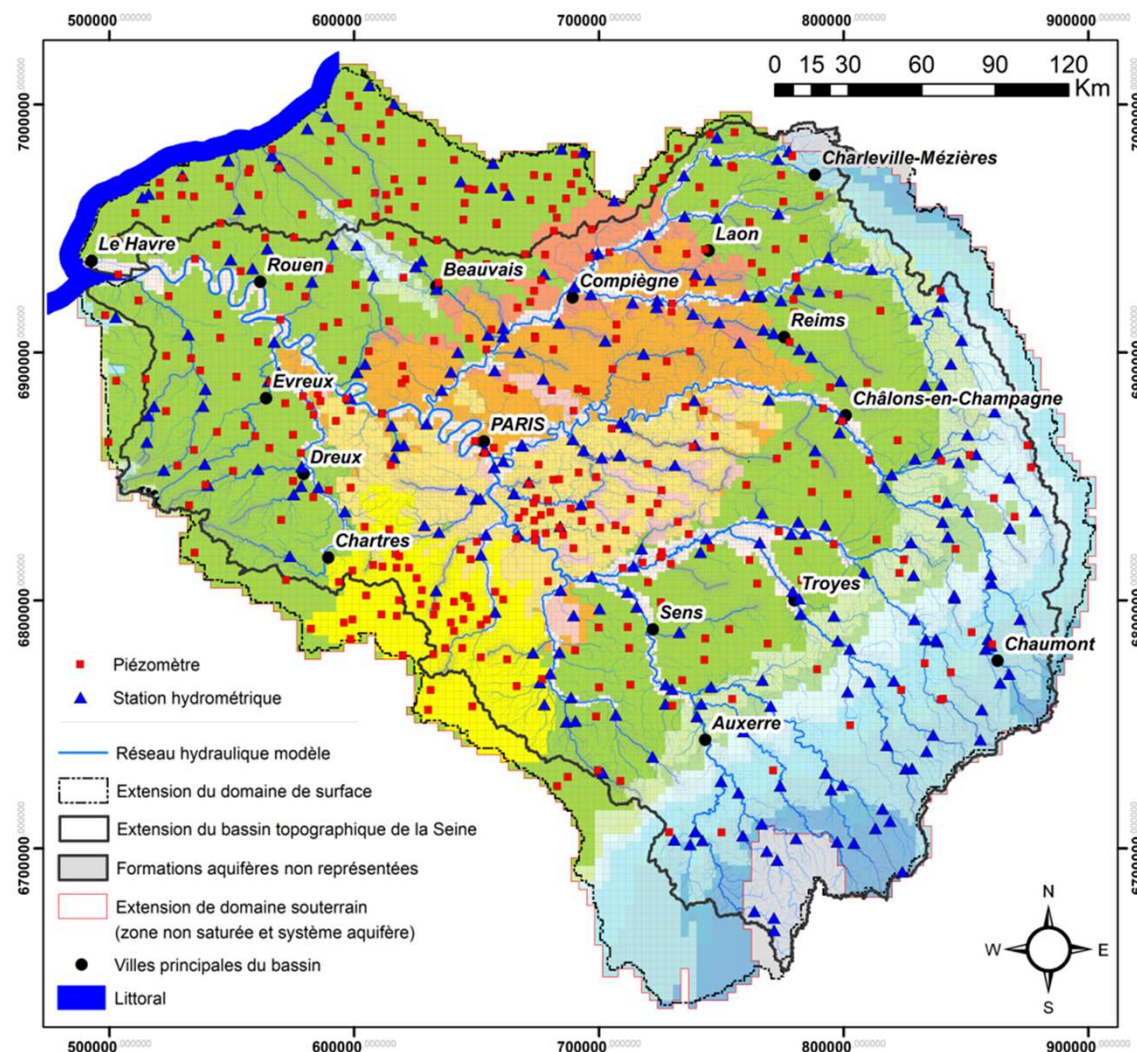


modulation du signal de pluie en intensité et déphasage pour générer des signaux de débit et de variation de niveau en aquifère (piézométrie)

cette modulation est spatialisée en fonction des propriétés physiques des territoires

Premier modèle complet des principaux aquifères du bassin de la Seine¹ :

- 96 200 km² à l’affleurement
- 28 400 km de réseau hydrographique dont 6 830 explicitement couplés avec le système aquifère
- 20 horizons lithologiques
- Résolution variable (100 m à 3200 m)
- 221 stations hydrométriques
- 269 piézomètres

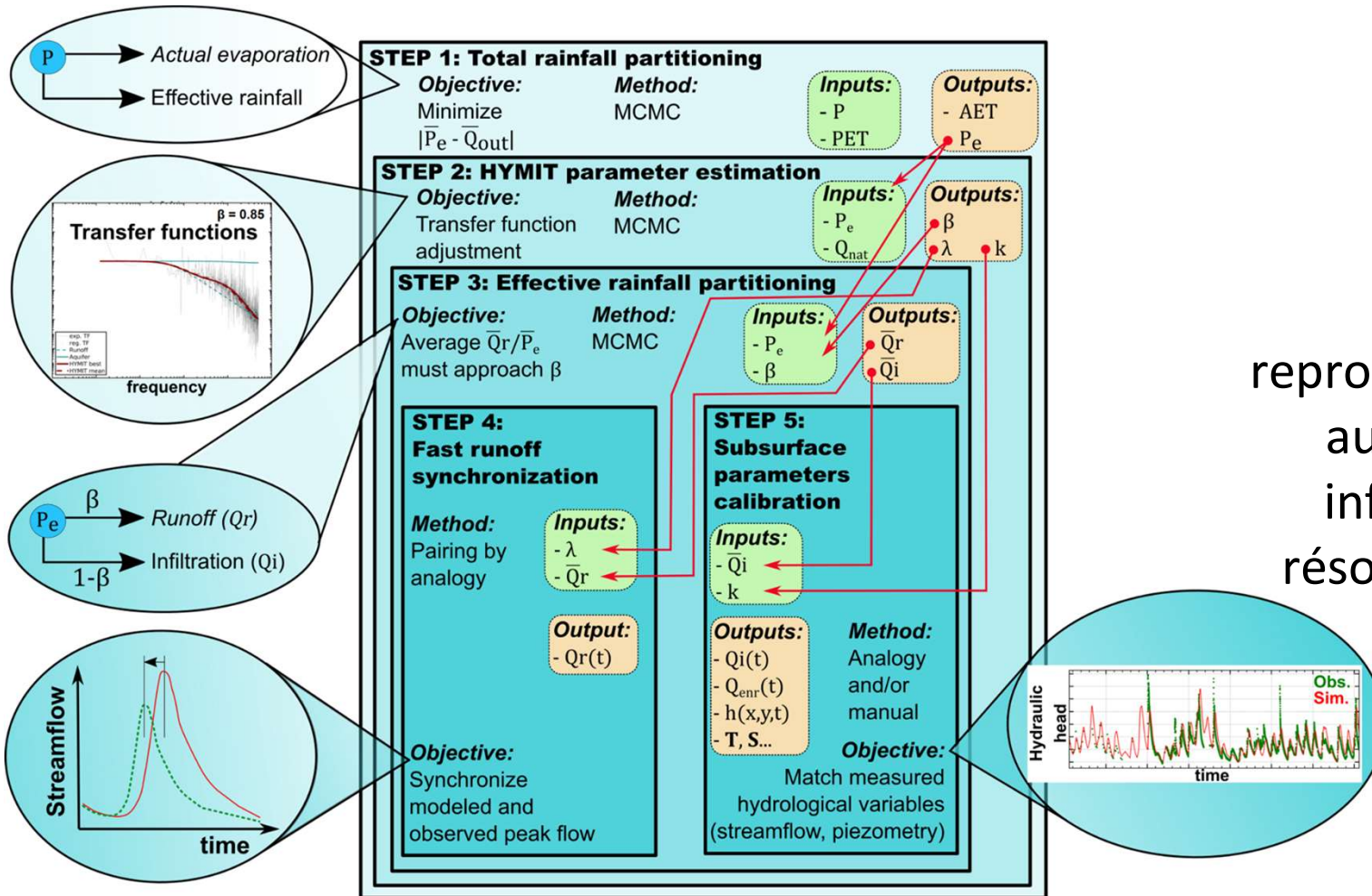


[Gallois et al., 2021]

¹ Modèle développé dans le cadre du projet AQUIVAR+ qui bénéficie du soutien financier de l’AESN

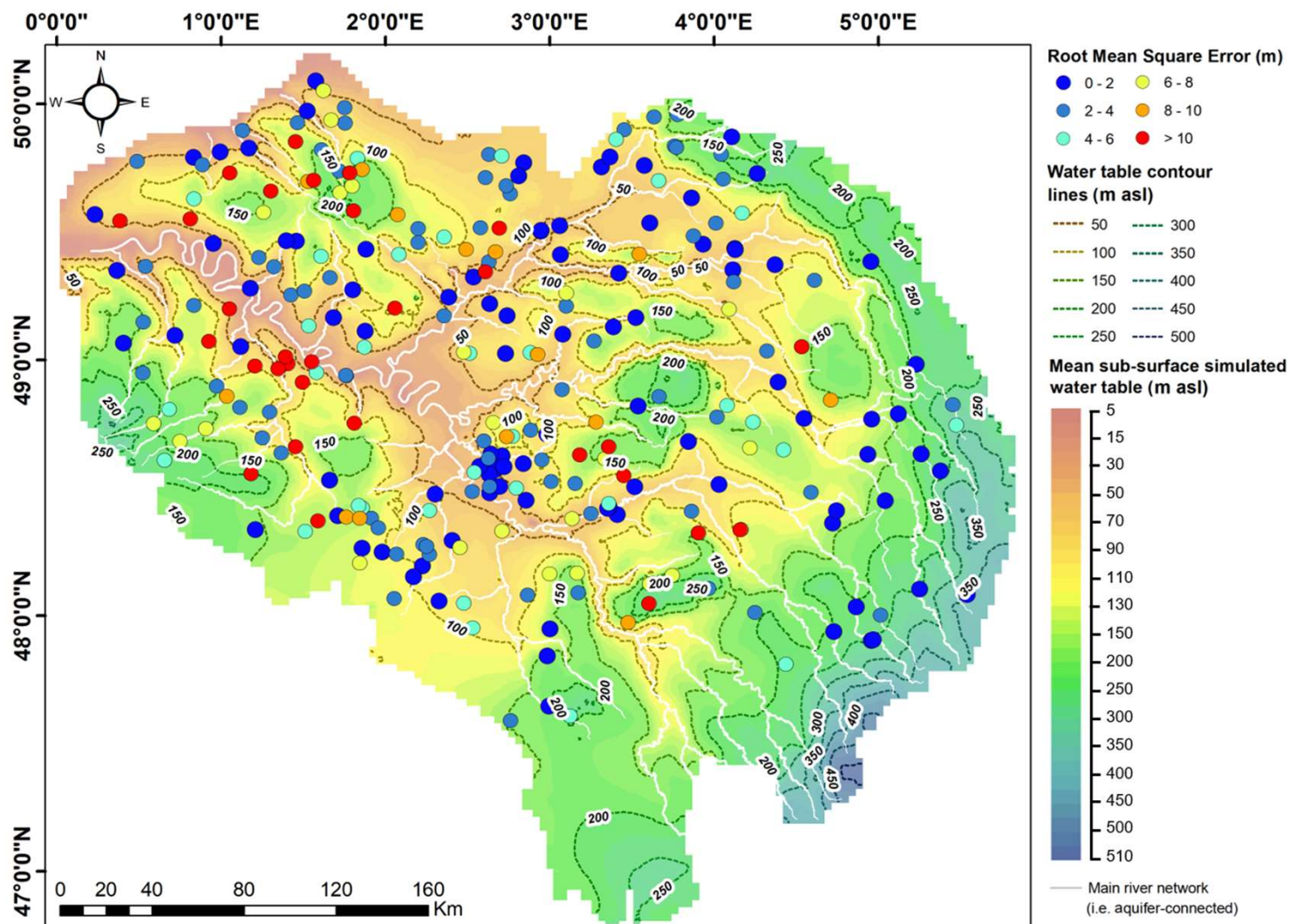
Procédures classiques :
 minimisation des écarts aux
 débits et niveaux
 piézométriques

Nouvelle méthodologie:
 procédures classiques +
 reproduction des flux internes
 au système (ruissellement,
 infiltration) spatialisés à la
 résolution du réseau de suivi

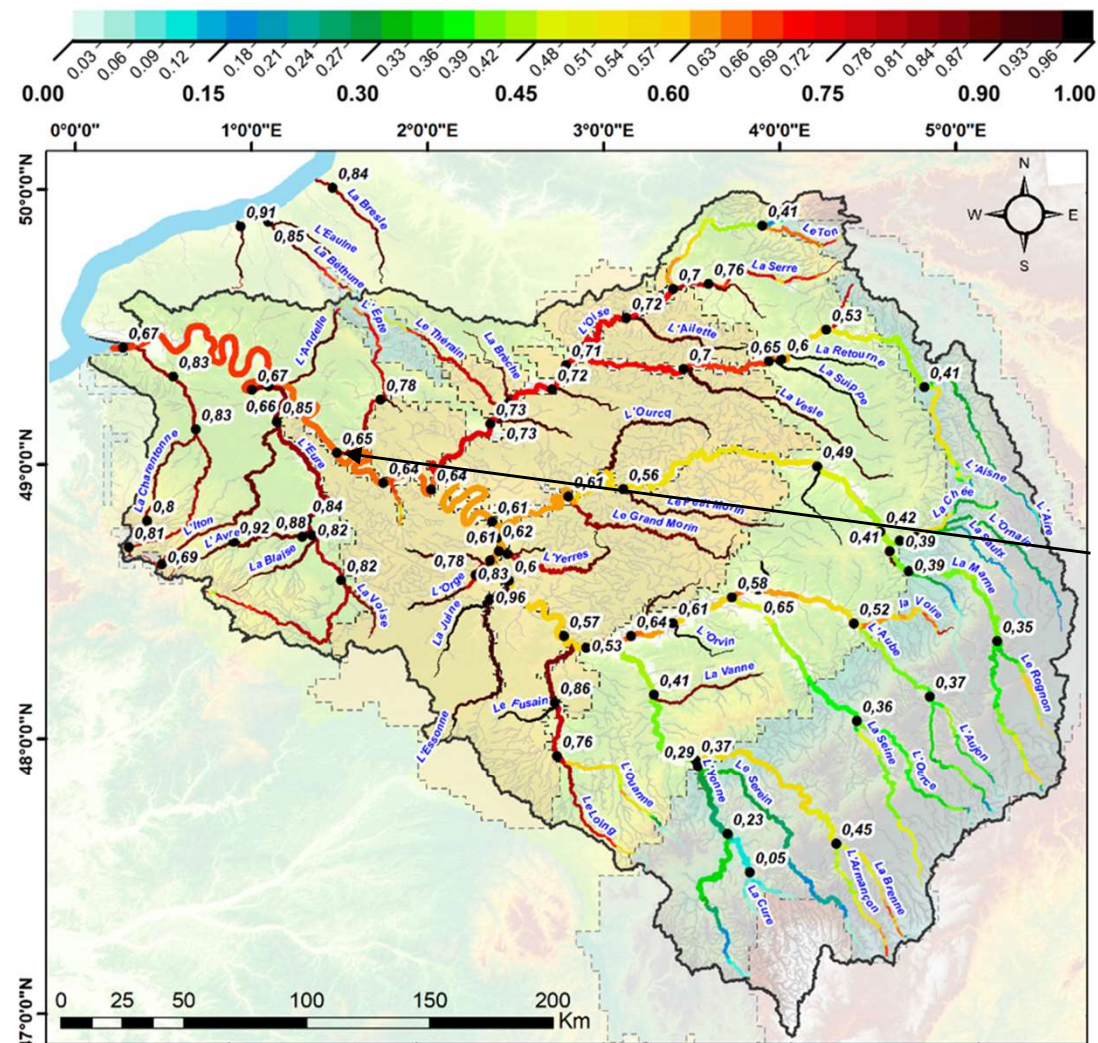


un pendage est-ouest
interrompu par les
vallées incisées des
principales rivières

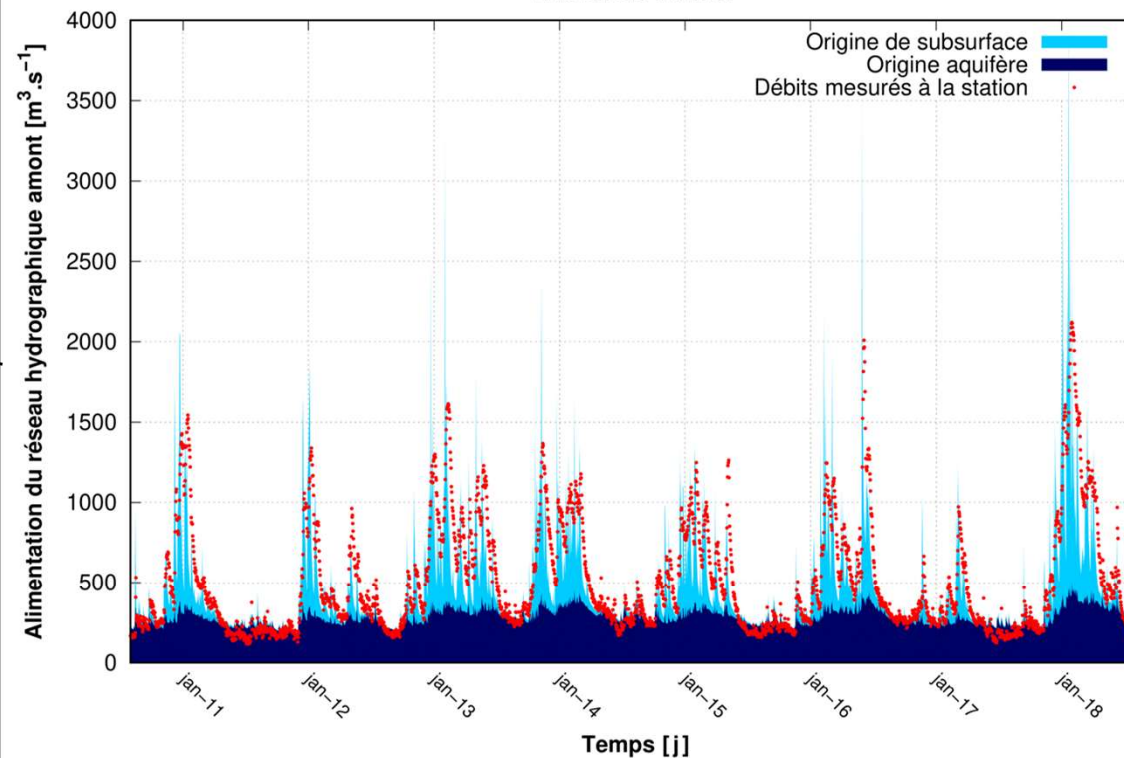
[Flipo et al., 2022]



Fraction du débit de rivière d'origine souterraine [-]



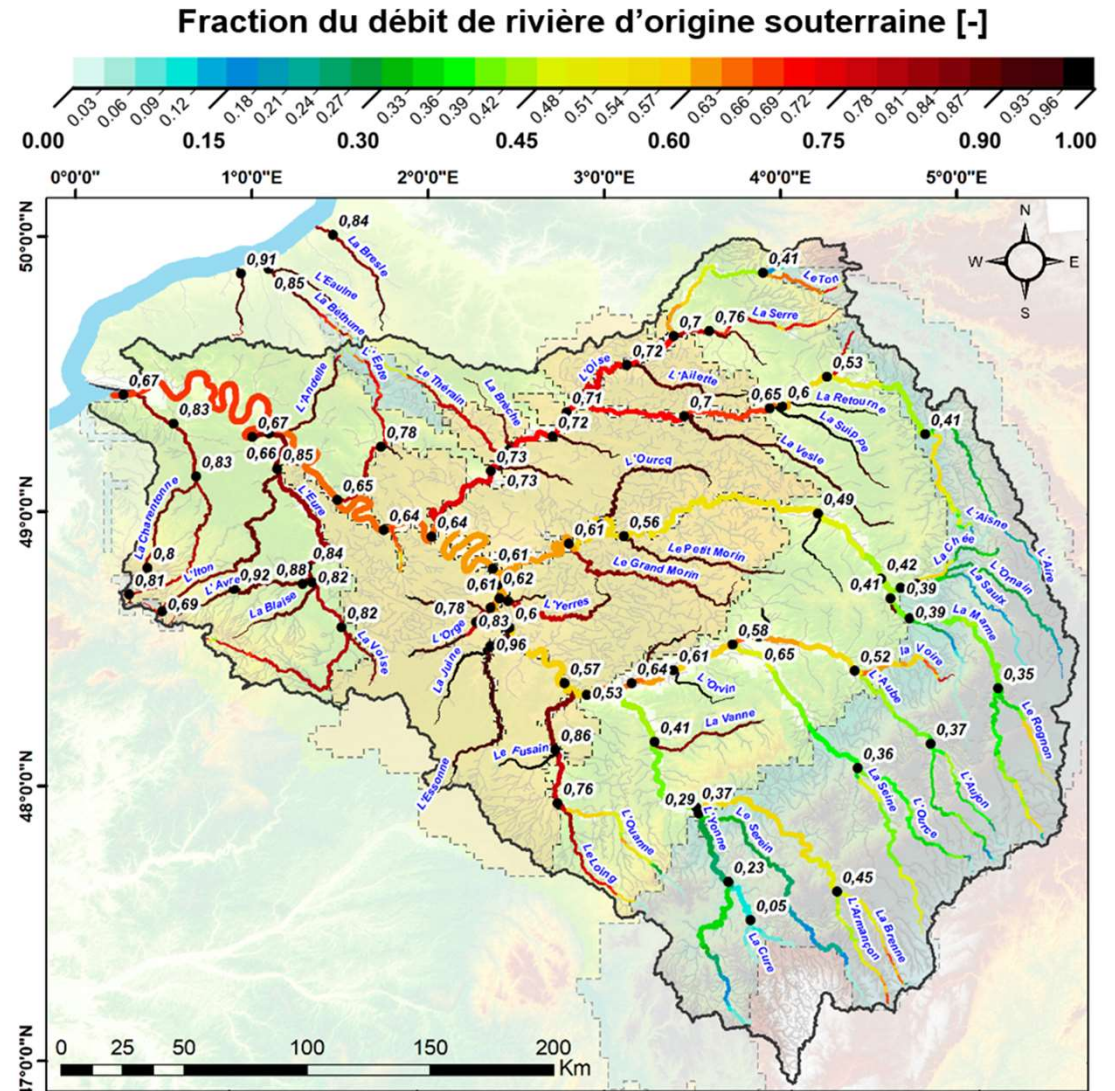
La Seine à Vernon



à l'exutoire, $\frac{2}{3}$ de l'eau provient du système aquifère

contribution des eaux souterraines au débit des rivières augmente d'amont en aval depuis la frange orientale du bassin

les rivières en contact avec les formations tertiaires sont principalement alimentées par les eaux souterraines



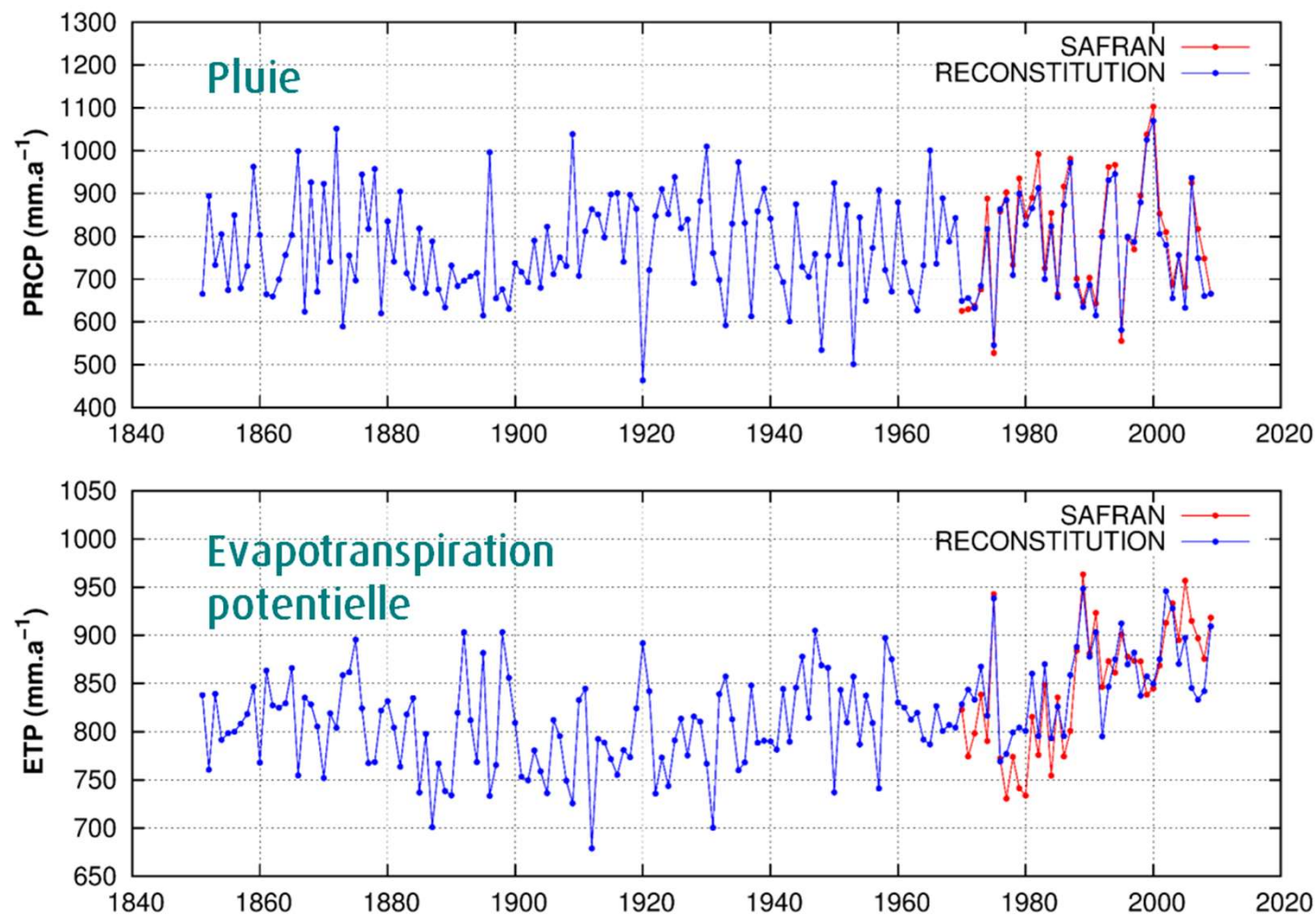
- Passées (début XXe s) et anticipées (fin XXIe s)
- Forçages climatiques
- L'occupation des sols
- Les usages de l'eau

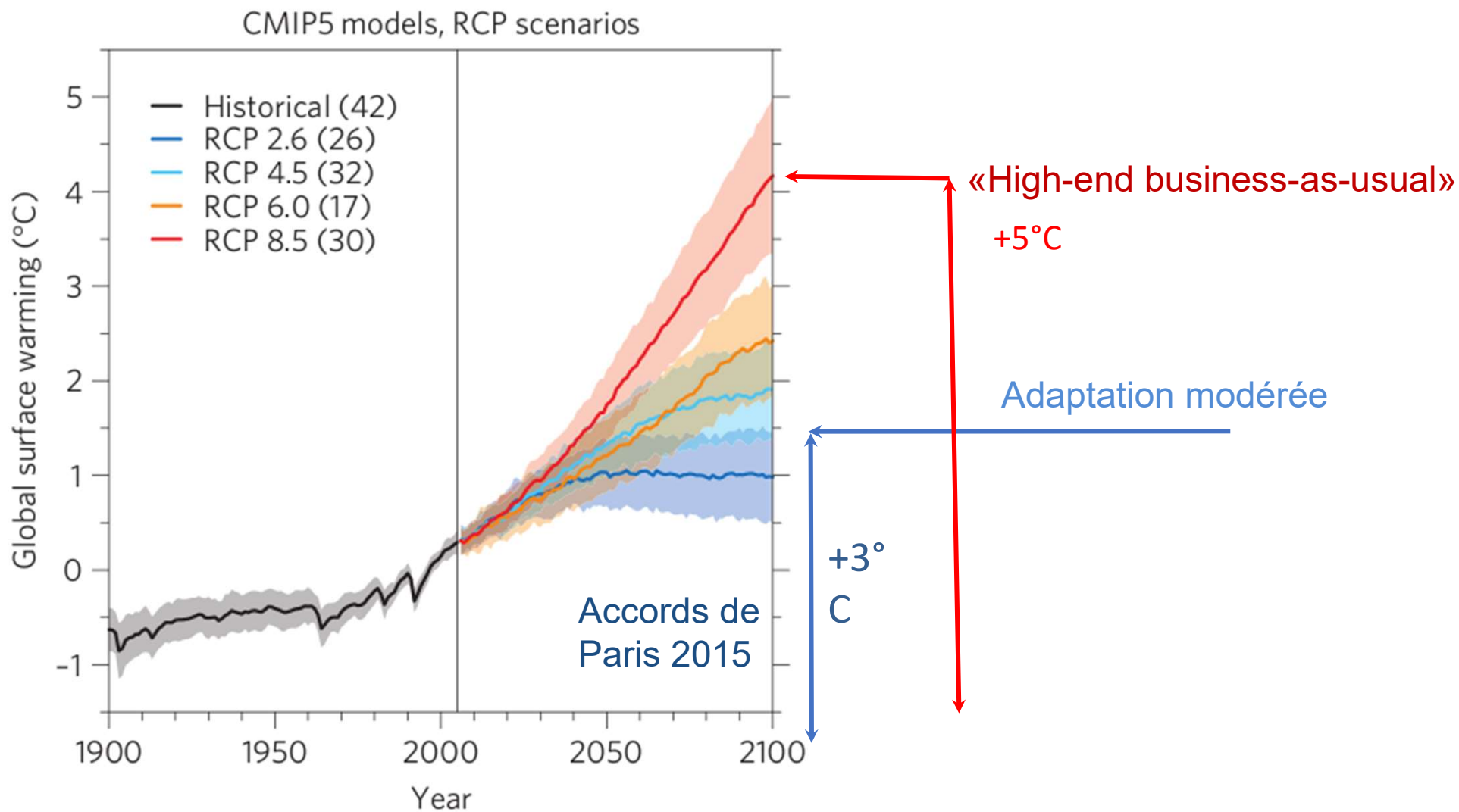


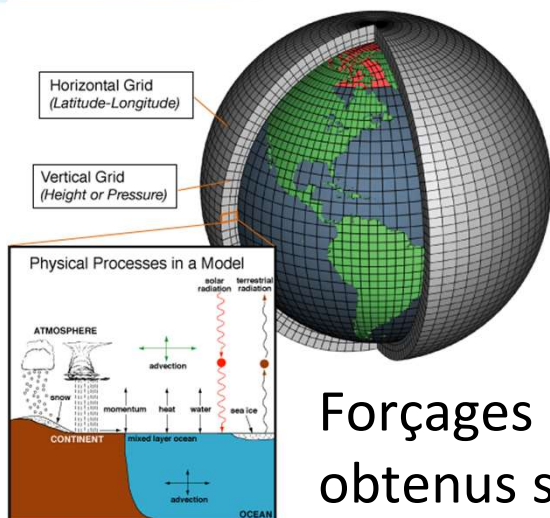
https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F698_2019_392.pdf

bon accord
entre
reconstitutions
et réanalyses
SAFRAN

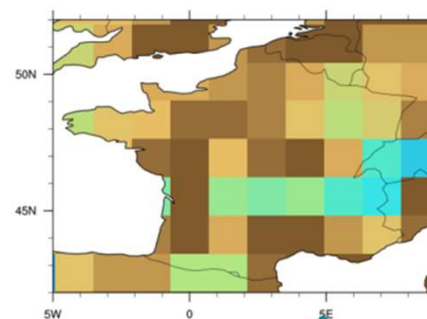
[Bonnet, 2018]







Forçages hydrométéorologiques obtenus sur des grilles grossières par GCM (Modèles de circulation générale)

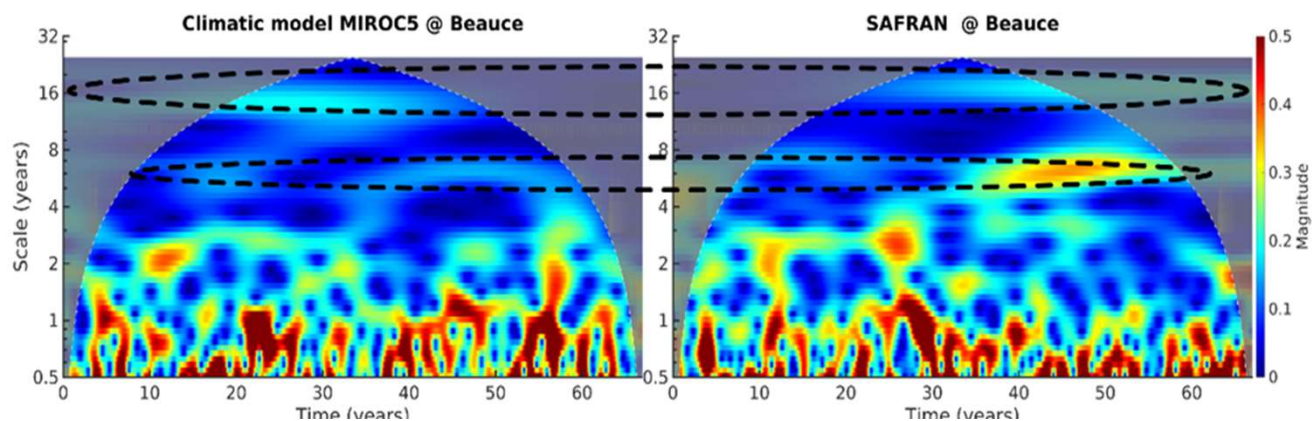
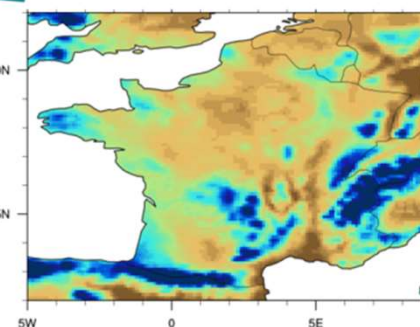
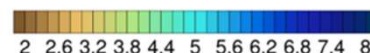


Mis à l'échelle des territoires par régionalisation

Régionalisation

Scénario régionalisé
Résolution \approx 10 km

Précipitations moyennes hiver (mm/jour) 1971-2000

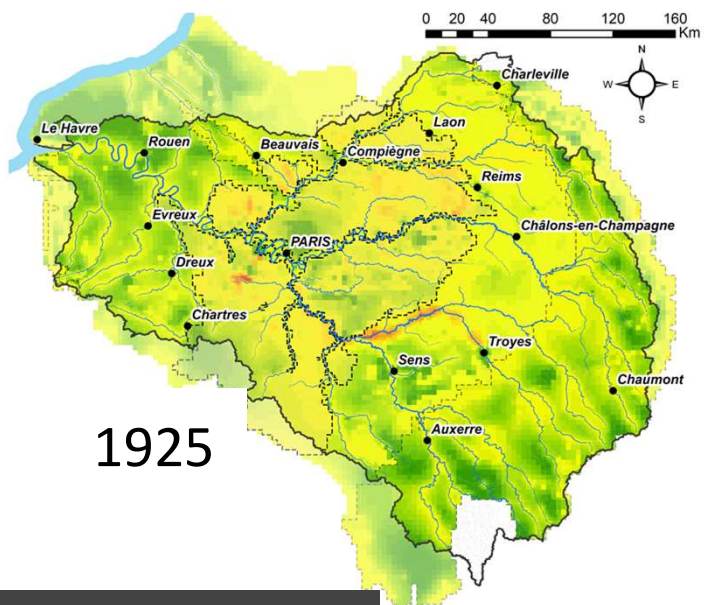


Sélectionné sur les signaux basse fréquence

Référence Carte piézométrique 2003-2020

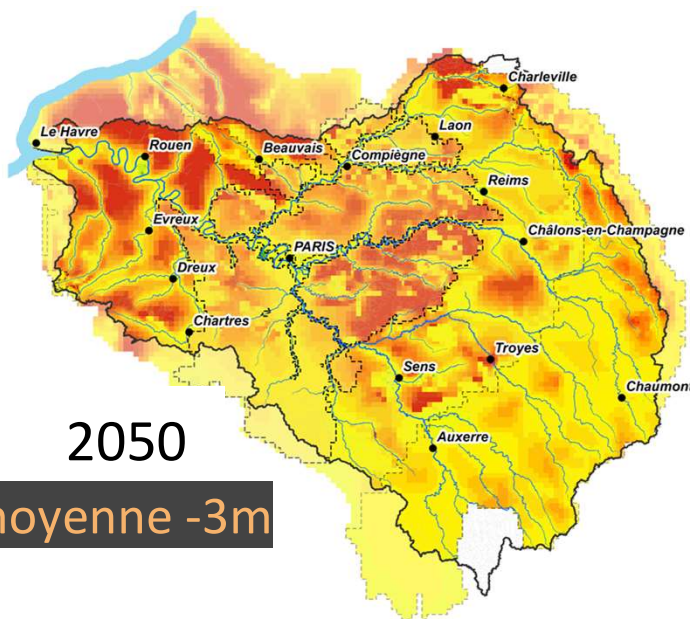
Diminution drastique de la ressource en eau souterraine dans 30 ans

Critique pour les cours d'eau amont en contact avec certaines formations tertiaires qui s'assèchent



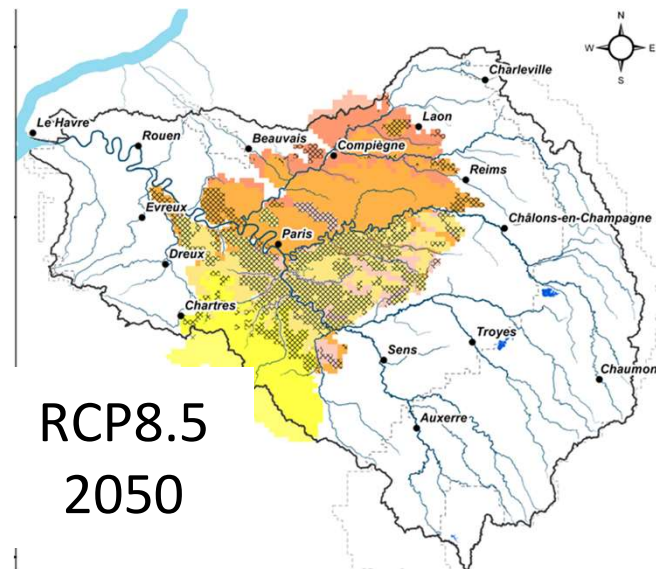
1925

en moyenne +2.8m



2050

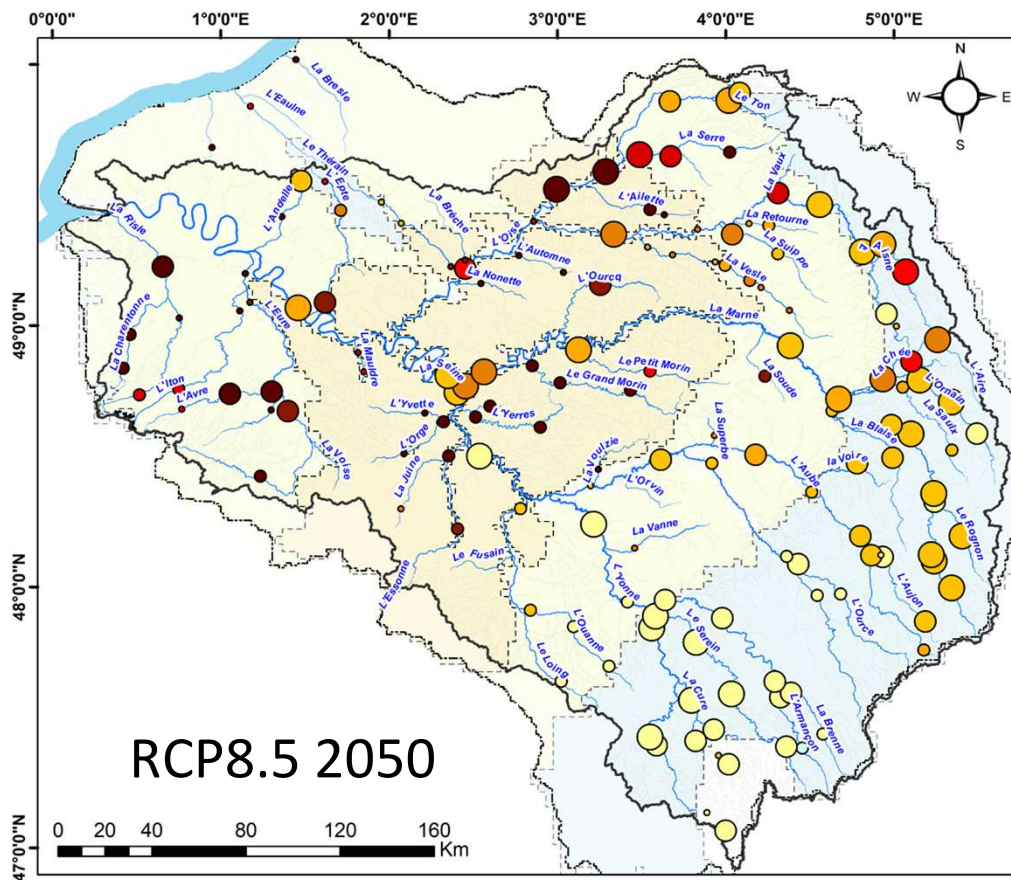
en moyenne -3m



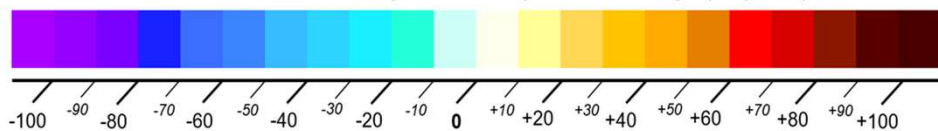
RCP8.5
2050

Différence piézométrique (m)

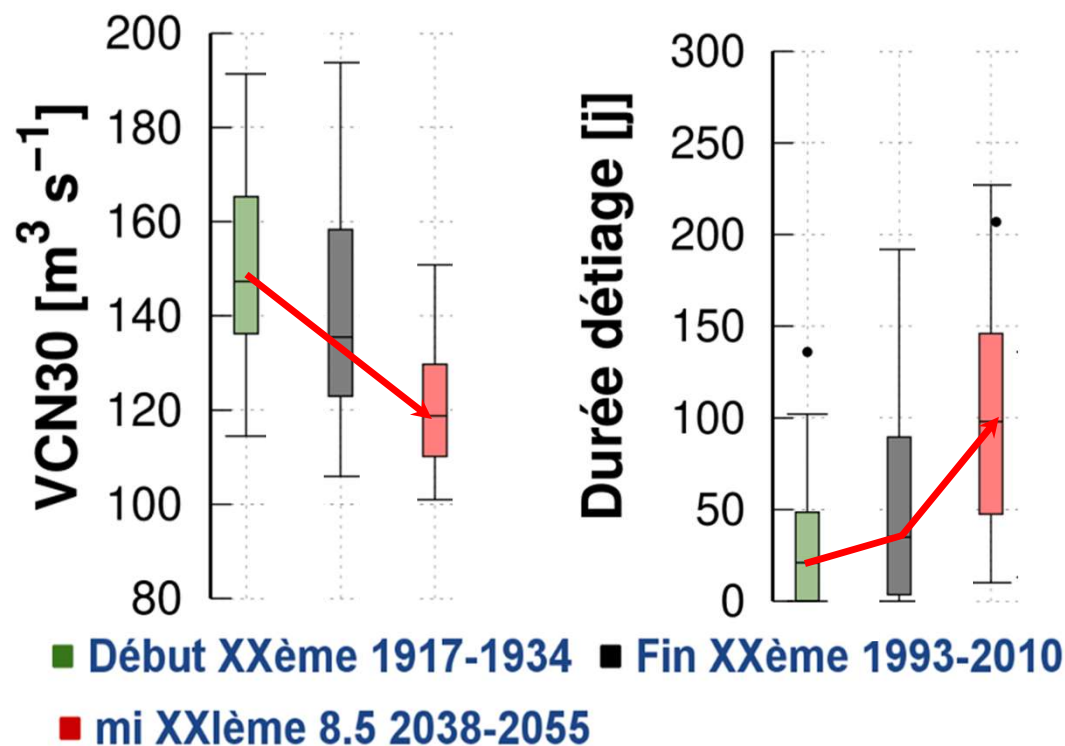




Variation de durée moyenne de la période d'étiage (en jours)

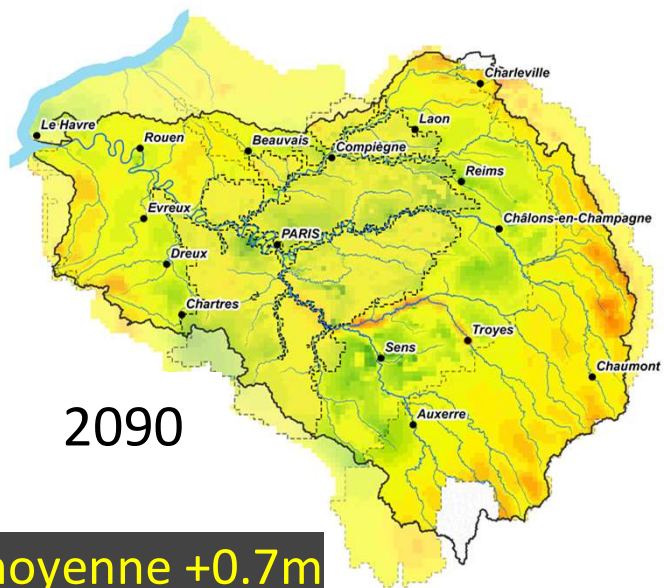


Des étiages plus longs et plus sévères dans 30 ans



Référence 2003-2020

En moyenne retour à un état similaire au début du siècle
 Mais un déficit d'alimentation des rivières persiste en

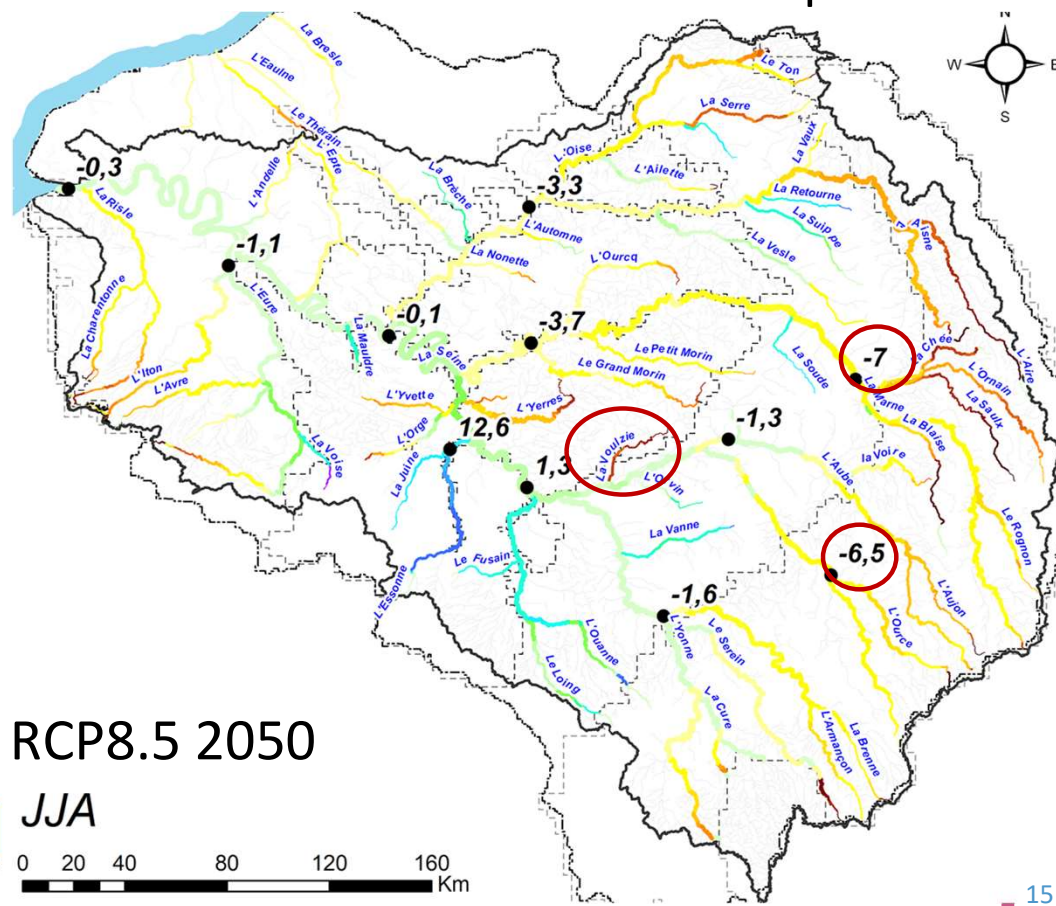
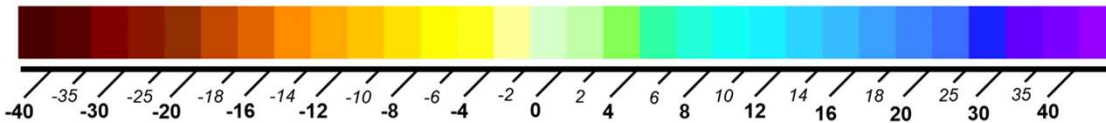


2090
 en moyenne +0.7m

Différence piézométrique (m)



Variation relative de débit d'alimentation du réseau hydrographique par le système aquifère (%)



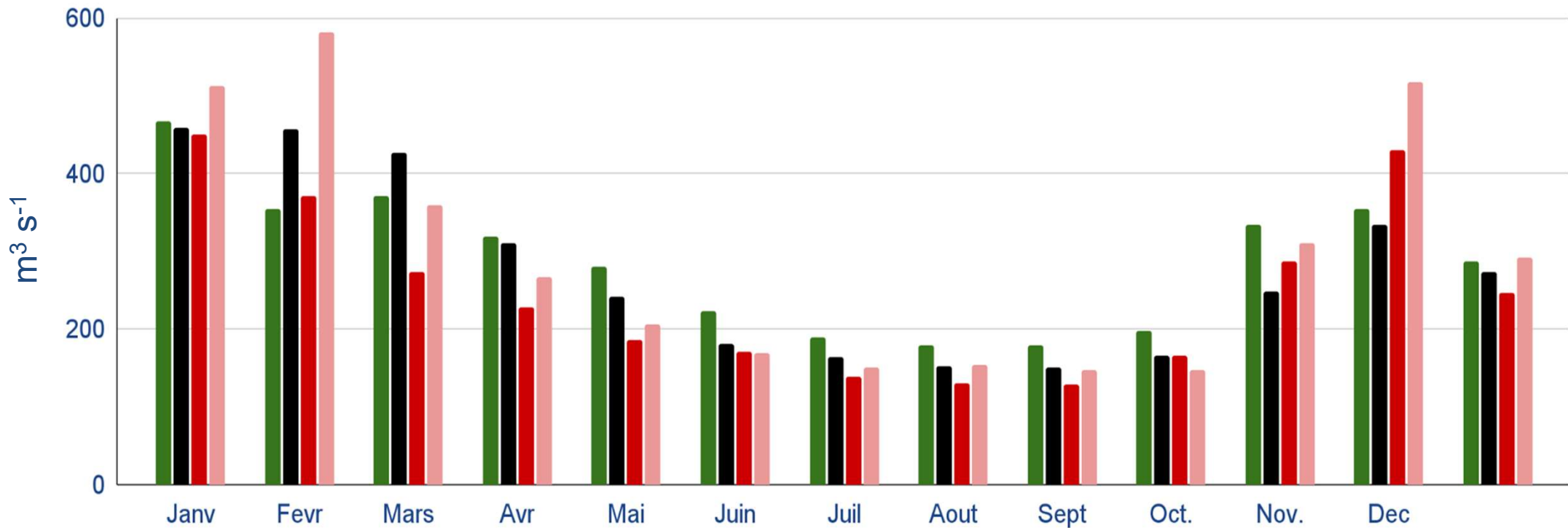
RCP8.5 2050

JJA



Régime hydrologique Paris Austerlitz

■ Début XXème 1917-1934 ■ Fin XXème 1993-2010 ■ mi XXIème 8.5 2038-2055 ■ Fin XXIème 2083-2100



Des adaptations successives nécessaires pour le RCP8.5:

- Rareté de l'eau dans 30 ans
- Des étiages sévères qui perdurent dans de nombreux territoires et des débits hivernaux sensiblement accrus en fin de siècle



Quid d'un scénario plus volontariste ?



Le RCP 4.5 fin de siècle est similaire à l'état du système sous RCP 8.5 mi-siècle

Une adaptation à une crise de l'eau en fin de siècle devrait être envisagée, mais le régime thermique semble alors stabilisé

Ce qui n'est pas le cas pour le RCP8.5 qui nécessite à même horizon temporel deux stratégies d'adaptation successives, et certainement davantage à horizon XXIème siècle...



Conclusions de l'étude des trajectoires projetées par MIROC 5 dans le cadre CMIP5



- Une adaptation à une crise de l'eau et des milieux aquatiques est nécessaire quelques soient nos efforts de réduction des émissions
- Les efforts ne sont pas vains car ils permettent de nous donner le temps et les moyens de cette adaptation
- Alors que le laisser faire risque de mener à une succession de situations critiques génération après génération ne permettant pas d'adaptation



- Reconstituer des trajectoires projetées par plusieurs modèles en s'appuyant sur le dernier exercice CMIP6 :
 - sélection de 5 modèles parmi 22 en se basant sur leur capacité à représenter les moyennes et variabilités actuelles, les tendances pluri-annuelles, ainsi que les changements de températures plus élevés mis en lumière par Ribes et al. (2022)
 - mettre à l'échelle du bassin ces projections des scénarios ssp1-2.6 (au delà des accords de Paris), ssp2-4.5 (scénario médian), et ssp2-8.5 (scénario extrême)
 - identifier des trajectoires possibles