

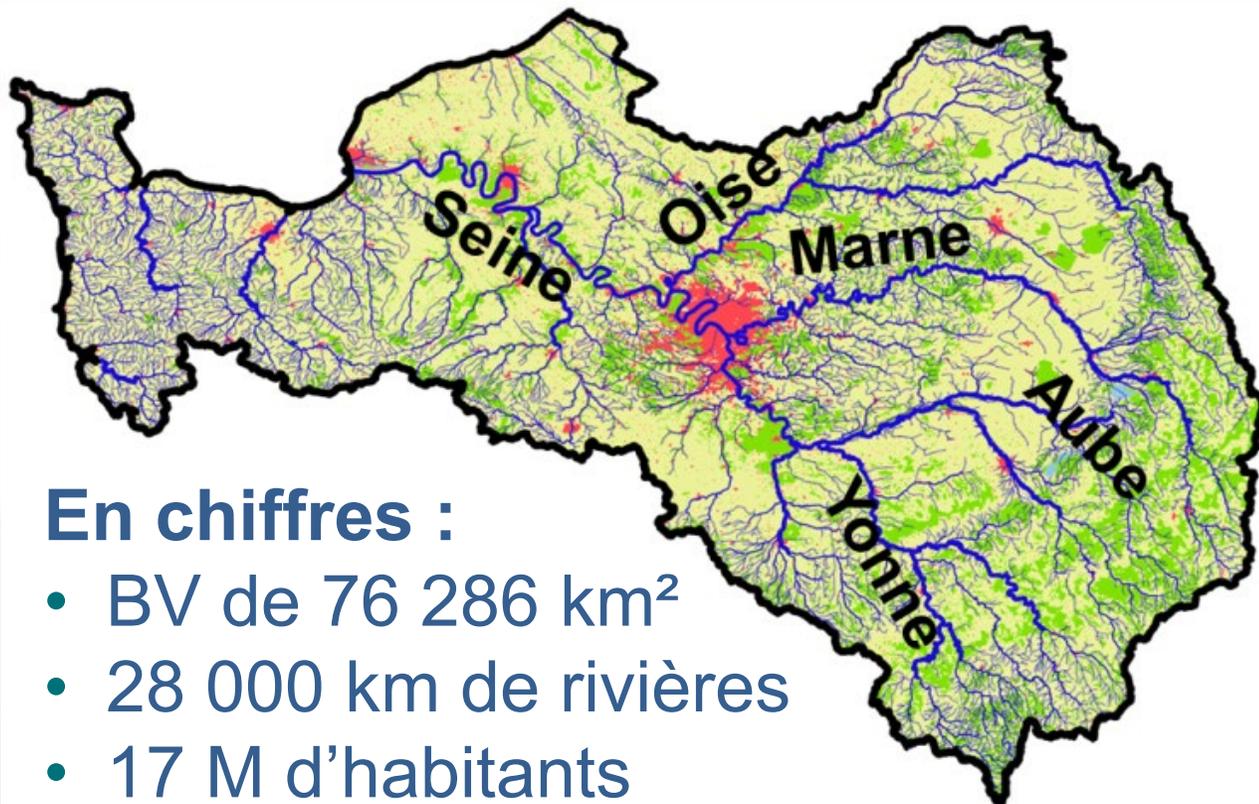
## Bilan hydrologique du bassin de la Seine et fonctionnement du réseau hydrographique sous changement climatique

Flipo, N.<sup>1</sup>, Gallois, N.<sup>1</sup>, Boé, J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centre de Géosciences, Mines Paris - PSL

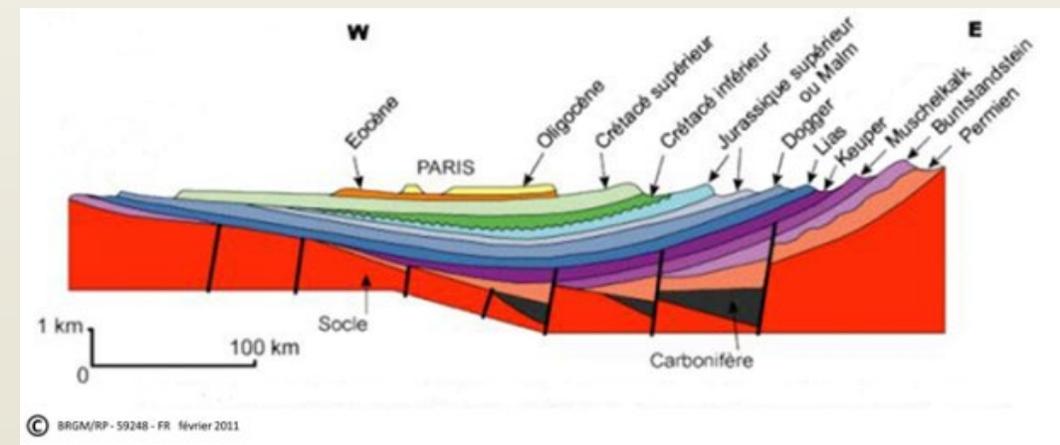
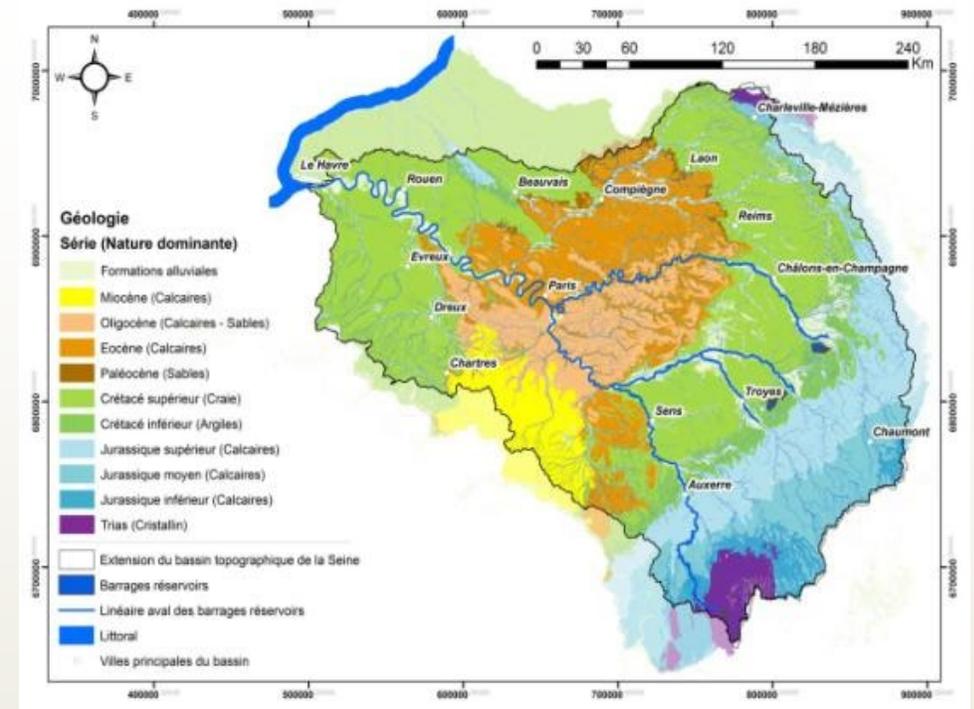
<sup>2</sup> UMR CECI

# Le bassin de la Seine



## En chiffres :

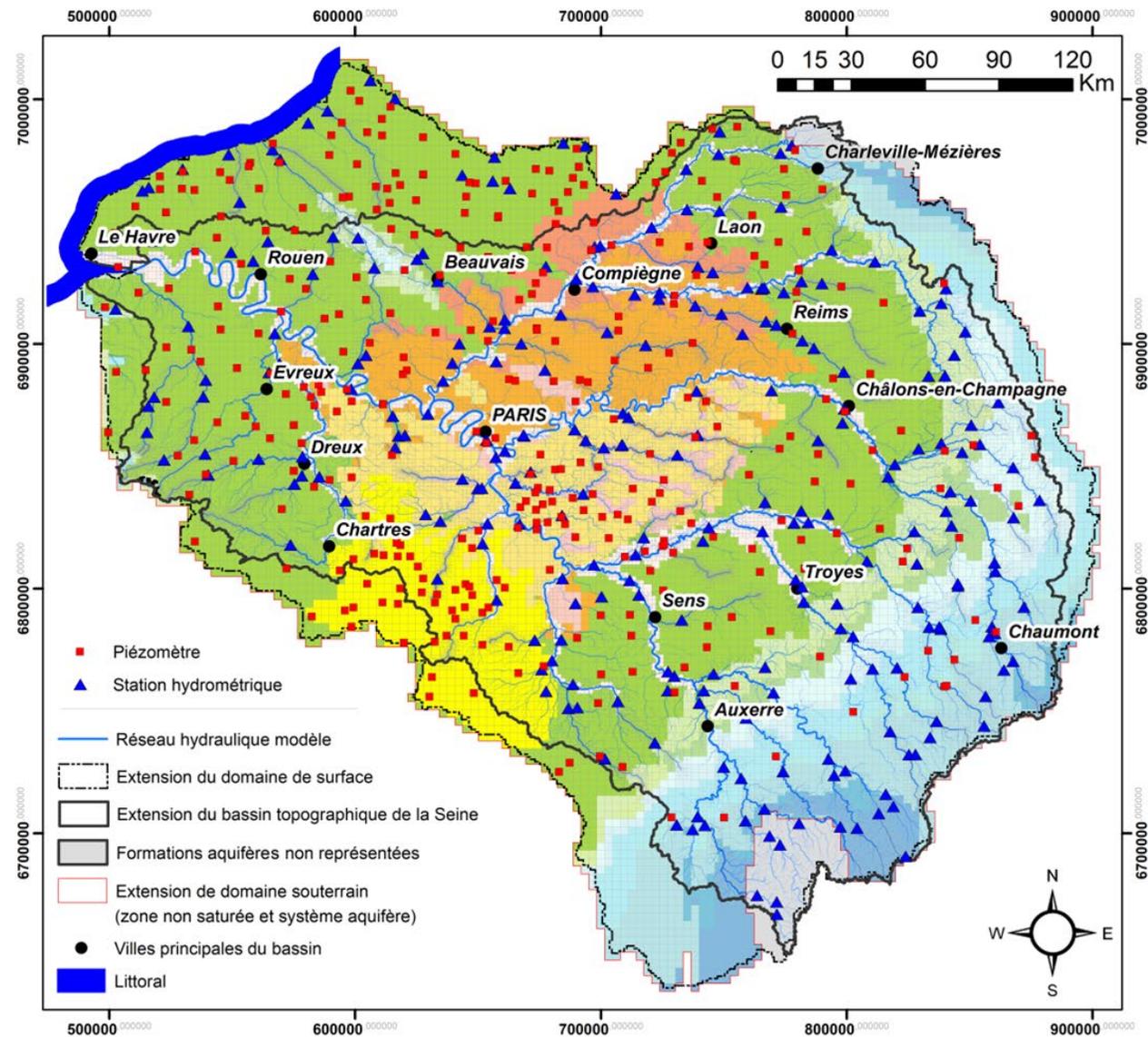
- BV de 76 286 km<sup>2</sup>
- 28 000 km de rivières
- 17 M d'habitants
- Premier réservoir d'eau souterraine d'Europe
- des barrages réservoirs (840 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>)
- 3 Md m<sup>3</sup> prélevés par an



# Un modèle CaWaQS-Seine étendu ...

## Premier modèle complet des principaux aquifères du bassin de la Seine<sup>1</sup> :

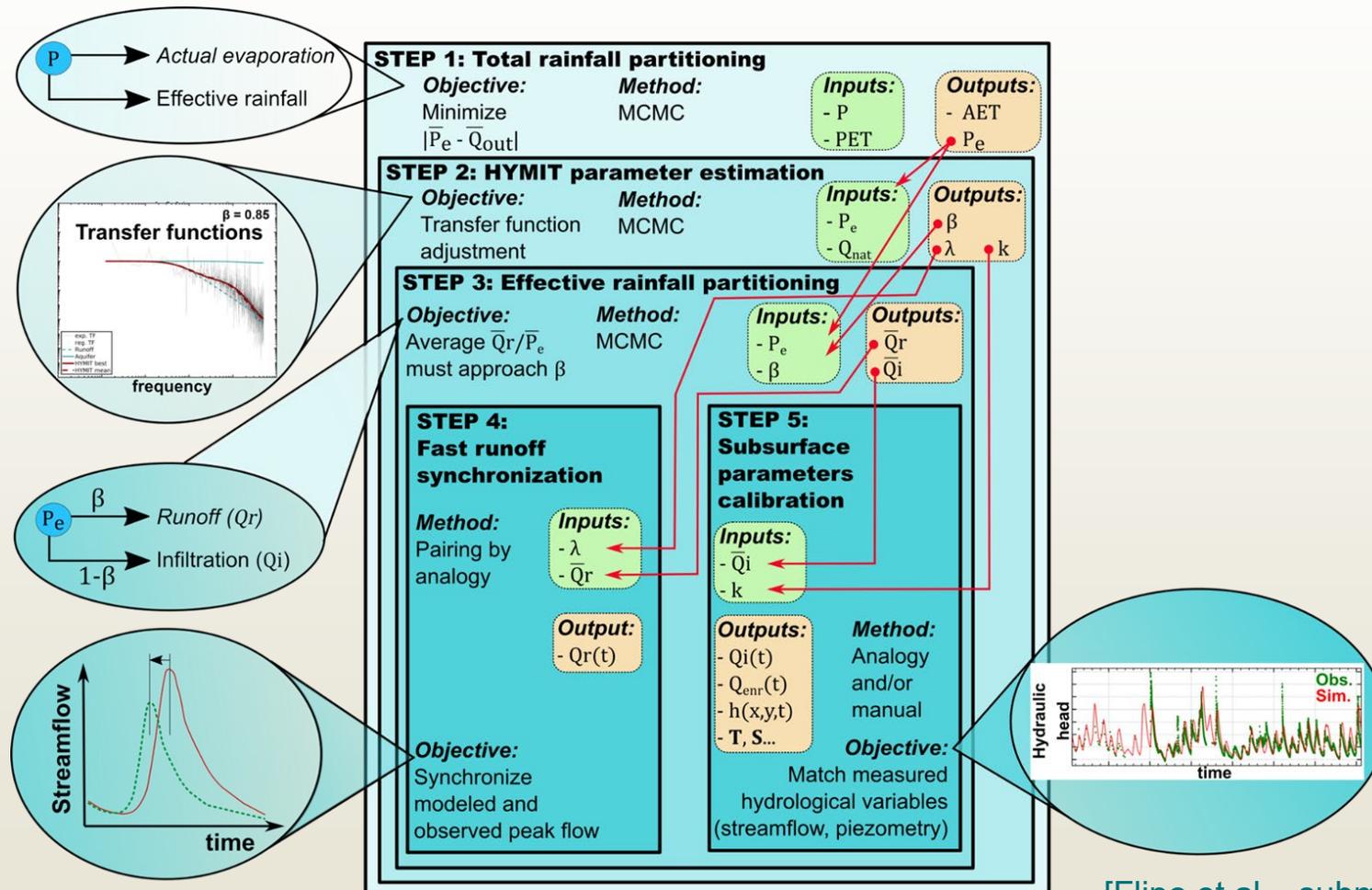
- ✓ 96 200 km<sup>2</sup> à l'affleurement
- ✓ 28 400 km de réseau hydrographique dont 6 830 explicitement couplés avec le système aquifère
- ✓ 20 horizons lithologiques
- ✓ Résolution variable (100 m □ 3200 m)
- ✓ 221 stations hydrométriques
- ✓ 269 piézomètres



[Gallois et al., 2021]

# ... entièrement réajusté

grâce à l'évaluation des flux internes au système (ruissellement, infiltration) à l'aide de l'analyse fréquentielle HYMIT (HYdrological MInimalist Transfer function) [Schuite et al., 2019]

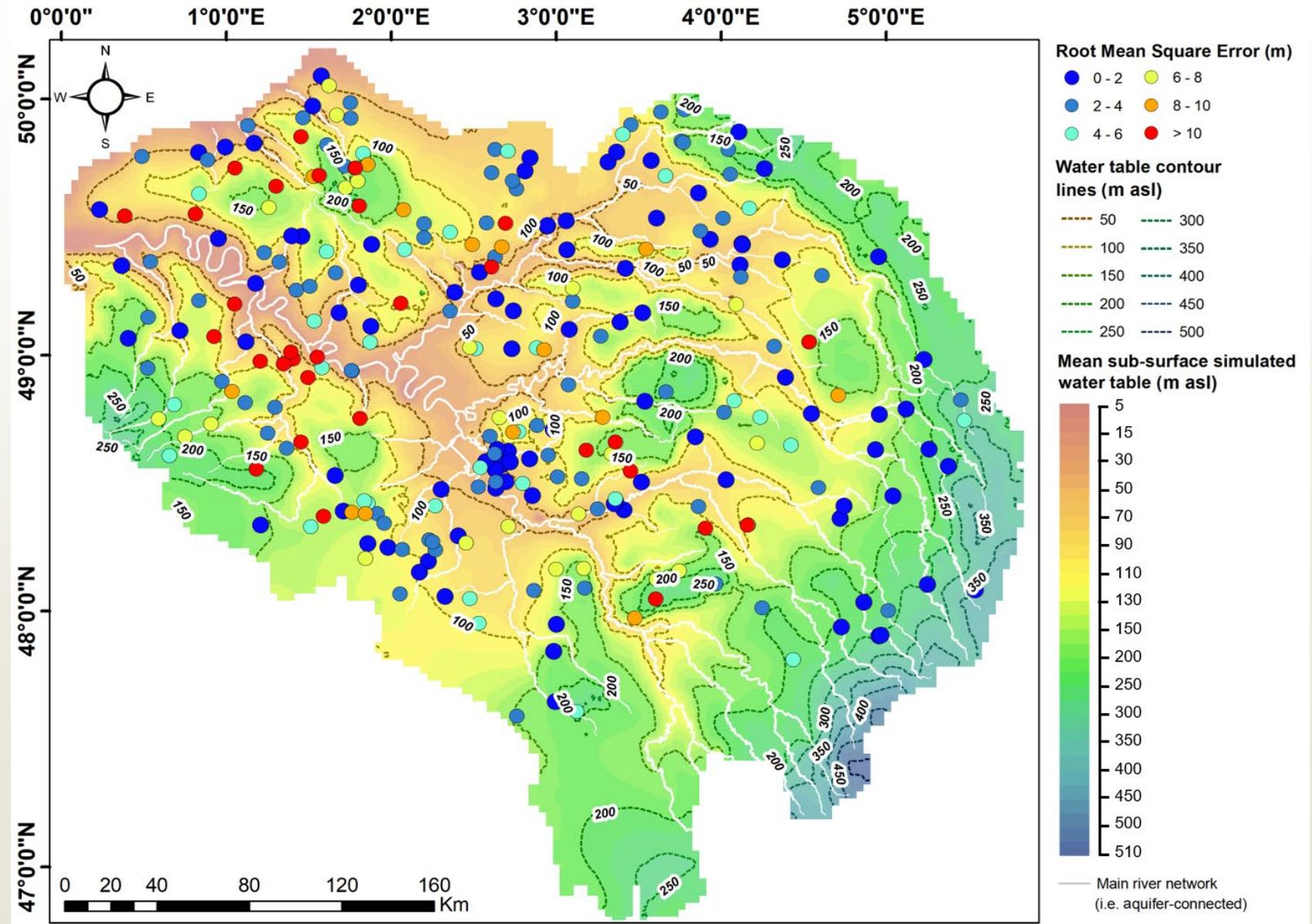


[Flipo et al., subm]

# Carte piézométrique moyenne actuelle (2003-2020)

un pendage est-ouest

interrompu par les vallées incisées des principales rivières

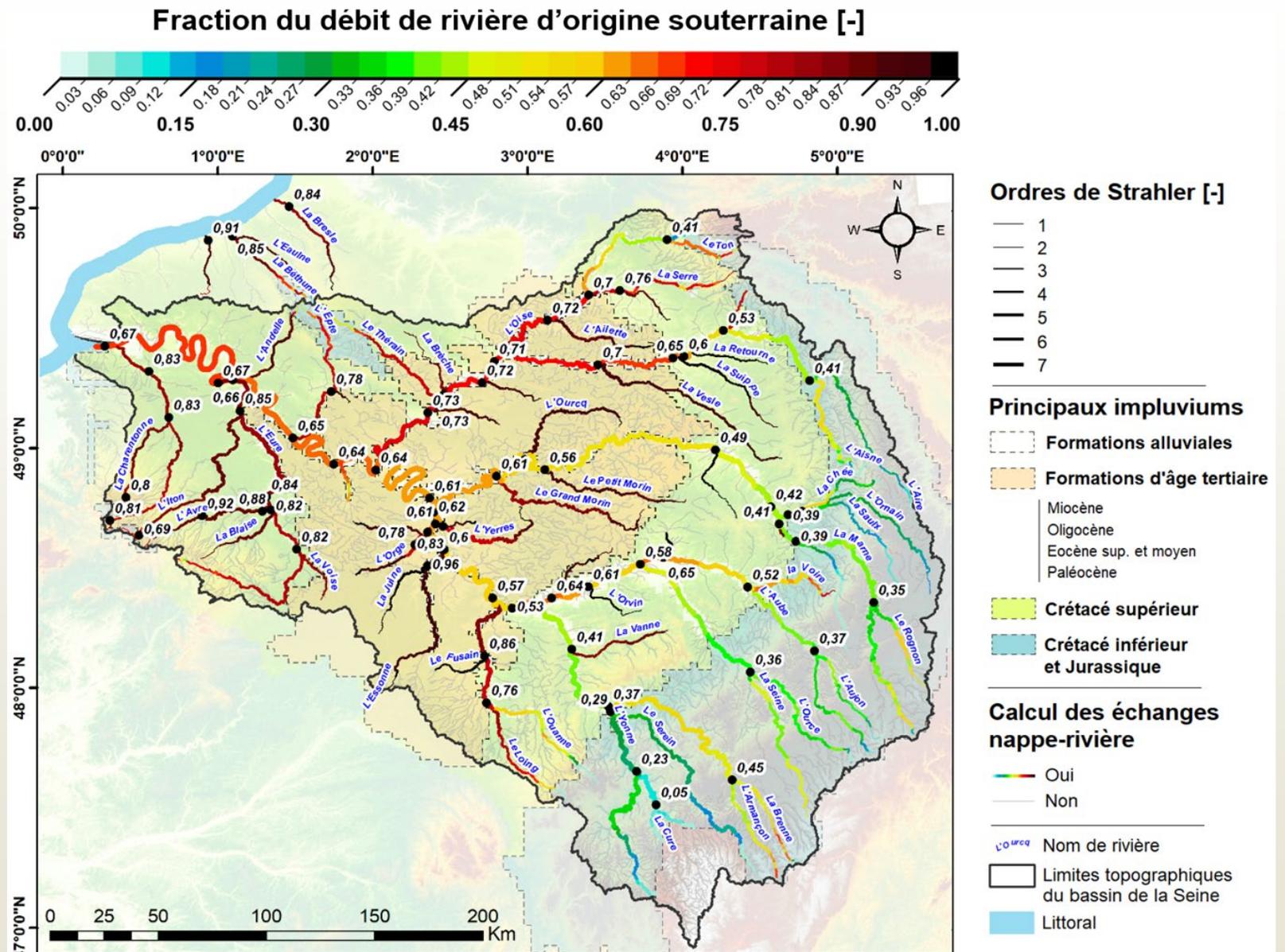


# Décomposition des débits des rivières (2003-2020)

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



# Reconstitution des trajectoires

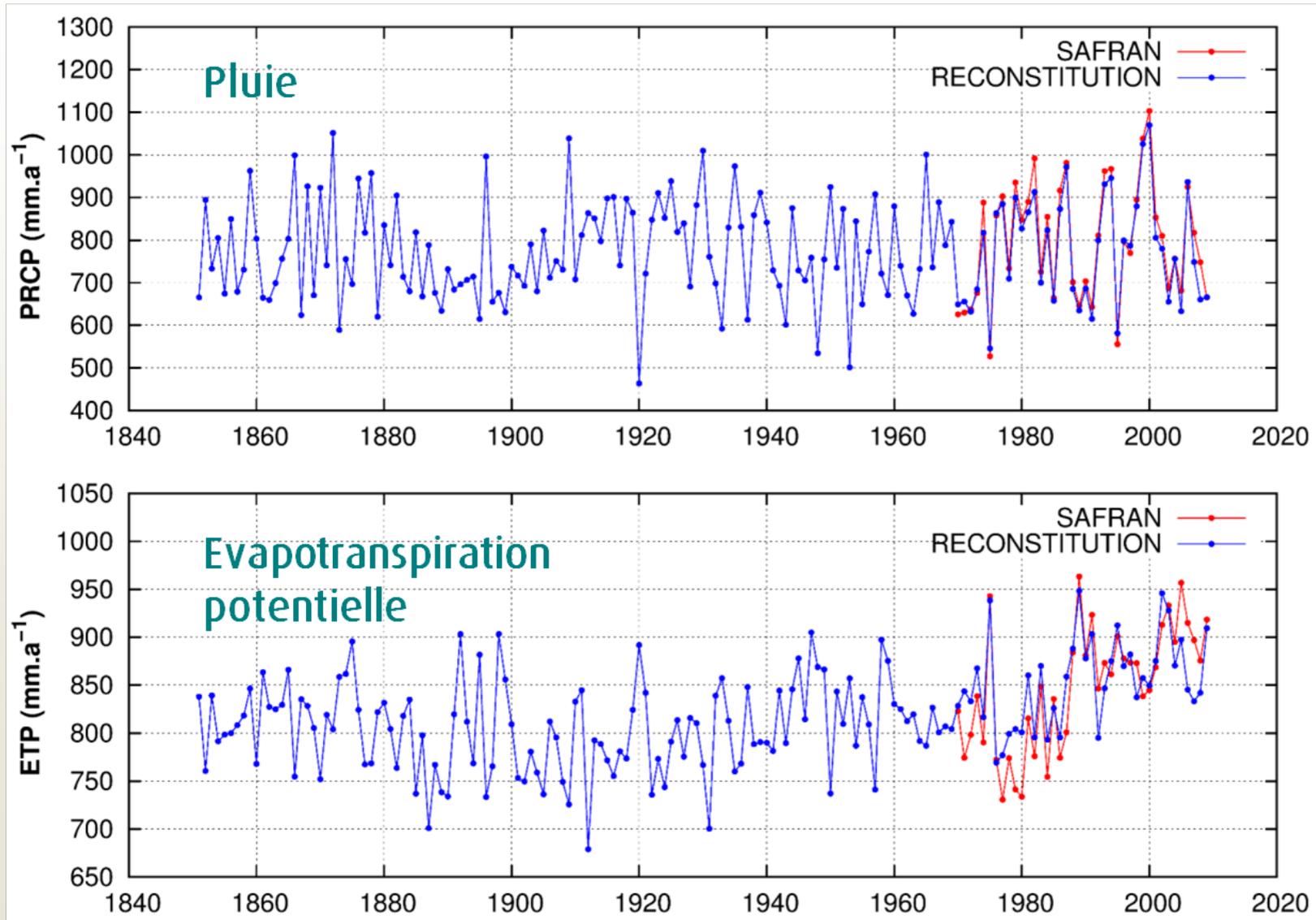
- Passées (début XXe s) et anticipées (fin XXIe s)
- Forçages climatiques
- L'occupation des sols
- Les usages de l'eau



[https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F698\\_2019\\_392.pdf](https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F698_2019_392.pdf)

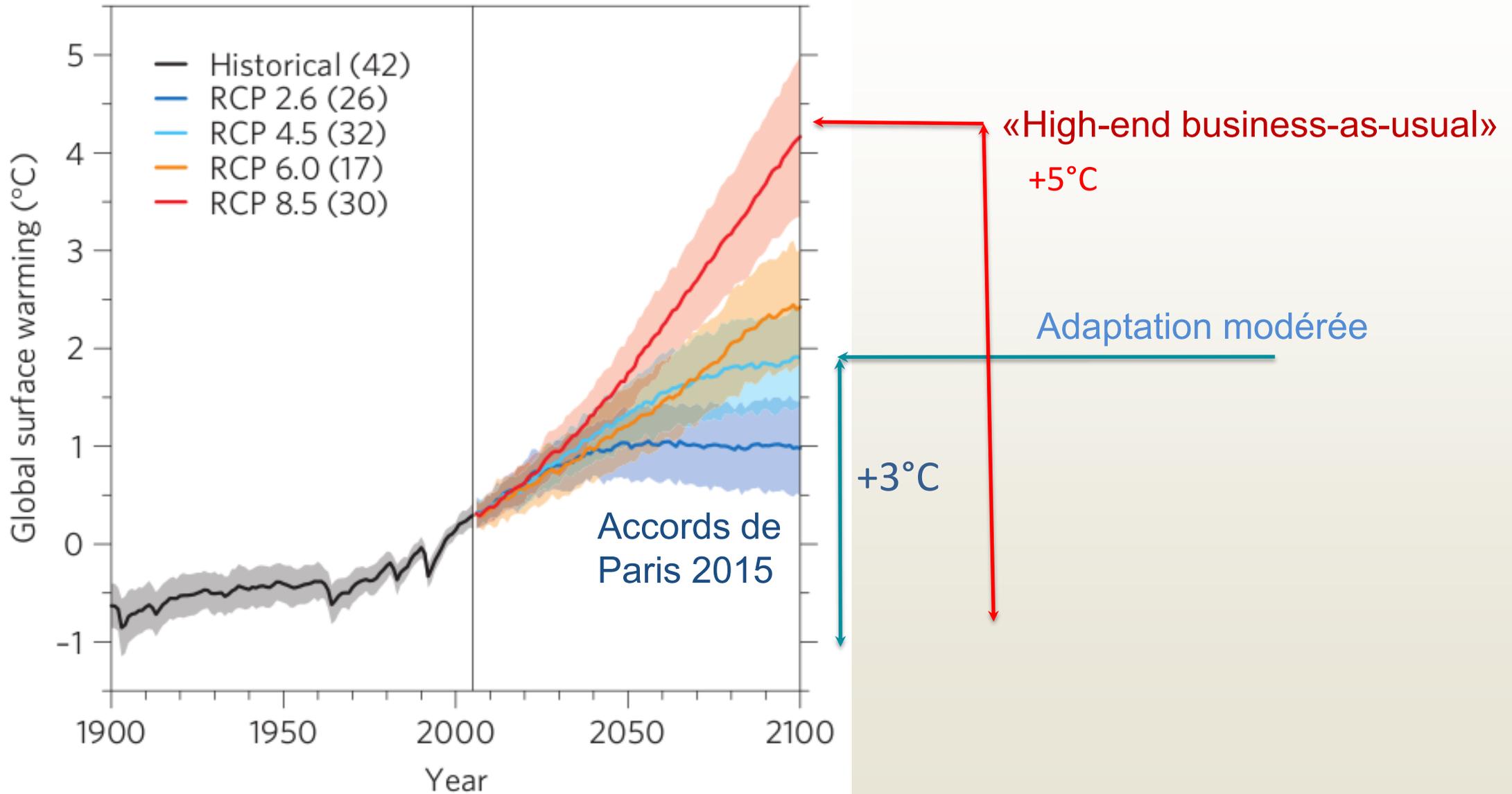
# Reconstitutions hydroclimatiques passées

[Bonnet, 2018]

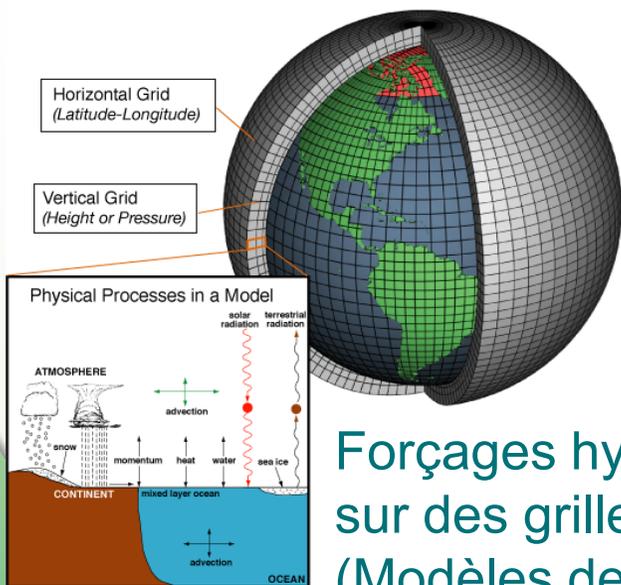


# Scénarios et réchauffement climatique

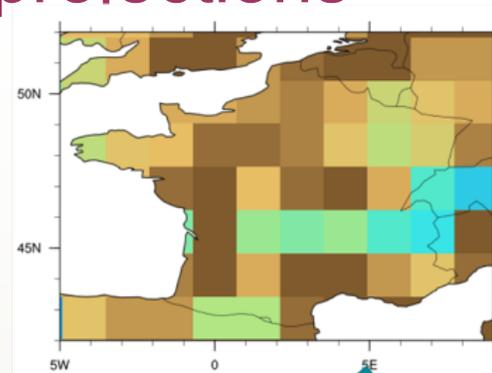
CMIP5 models, RCP scenarios



# Un modèle sélectionné pour les projections



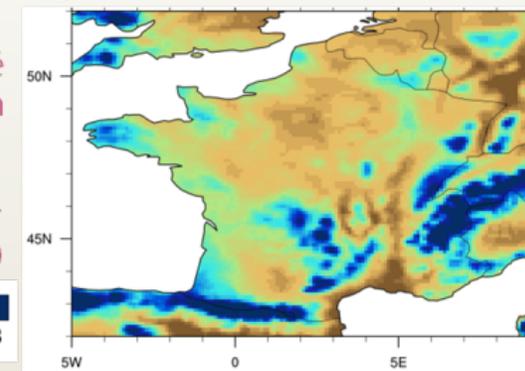
Forçages hydrométéorologiques obtenus sur des grilles grossières par GCM (Modèles de circulation générale)



Projection climatique globale sélectionnée  
Résolution ≈ 150 km

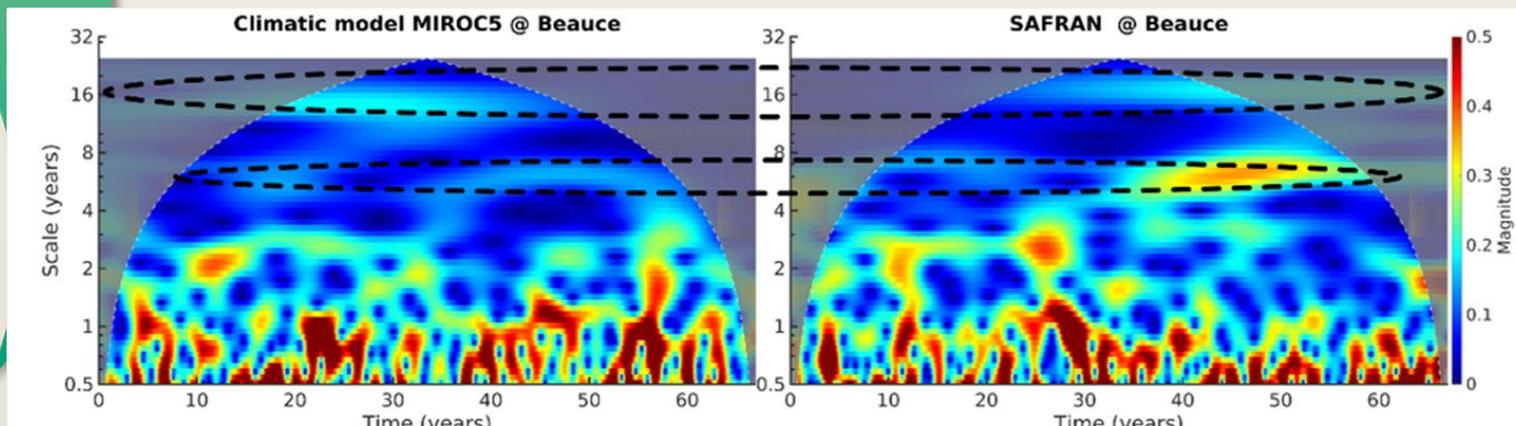
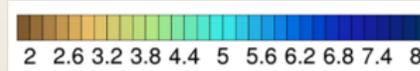
Mis à l'échelle des territoires par régionalisation

Régionalisation



Scénario régionalisé  
Résolution ≈ 10 km

Précipitations moyennes hiver (mm/jour) 1971-2000



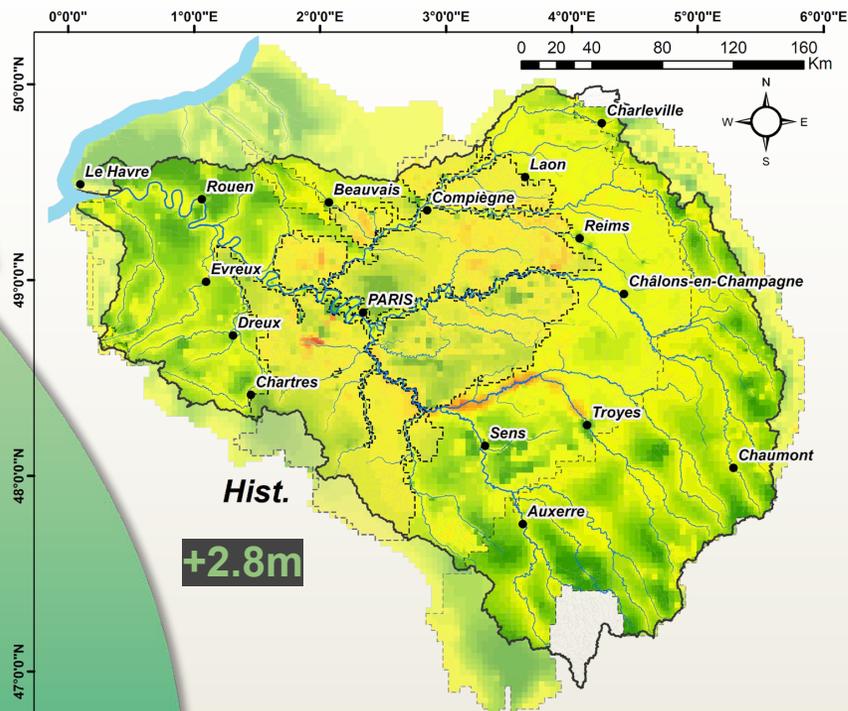
Sélectionné sur les signaux basse fréquence

[Flipo et al., 2020]

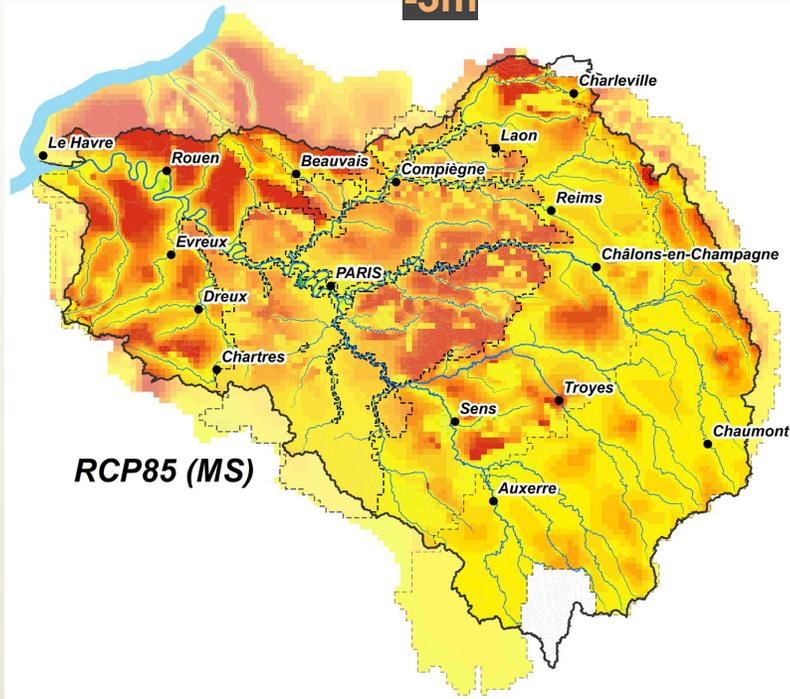
# Une crise de l'eau à mi-siècle

Diminution drastique de la ressource en eau souterraine dans 30 ans

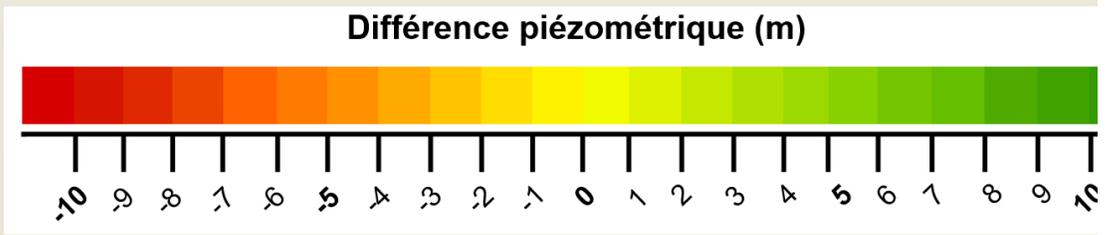
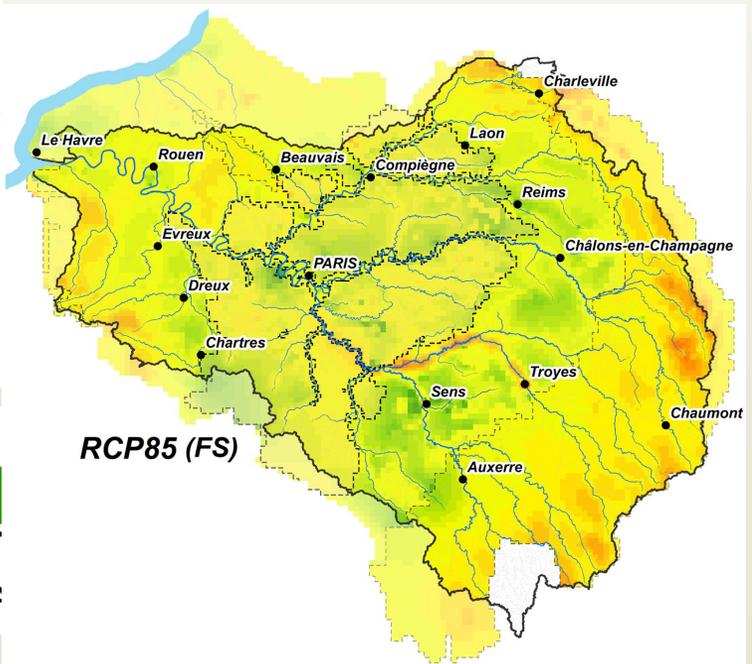
critique pour les cours d'eau amont en contact avec les formations tertiaires



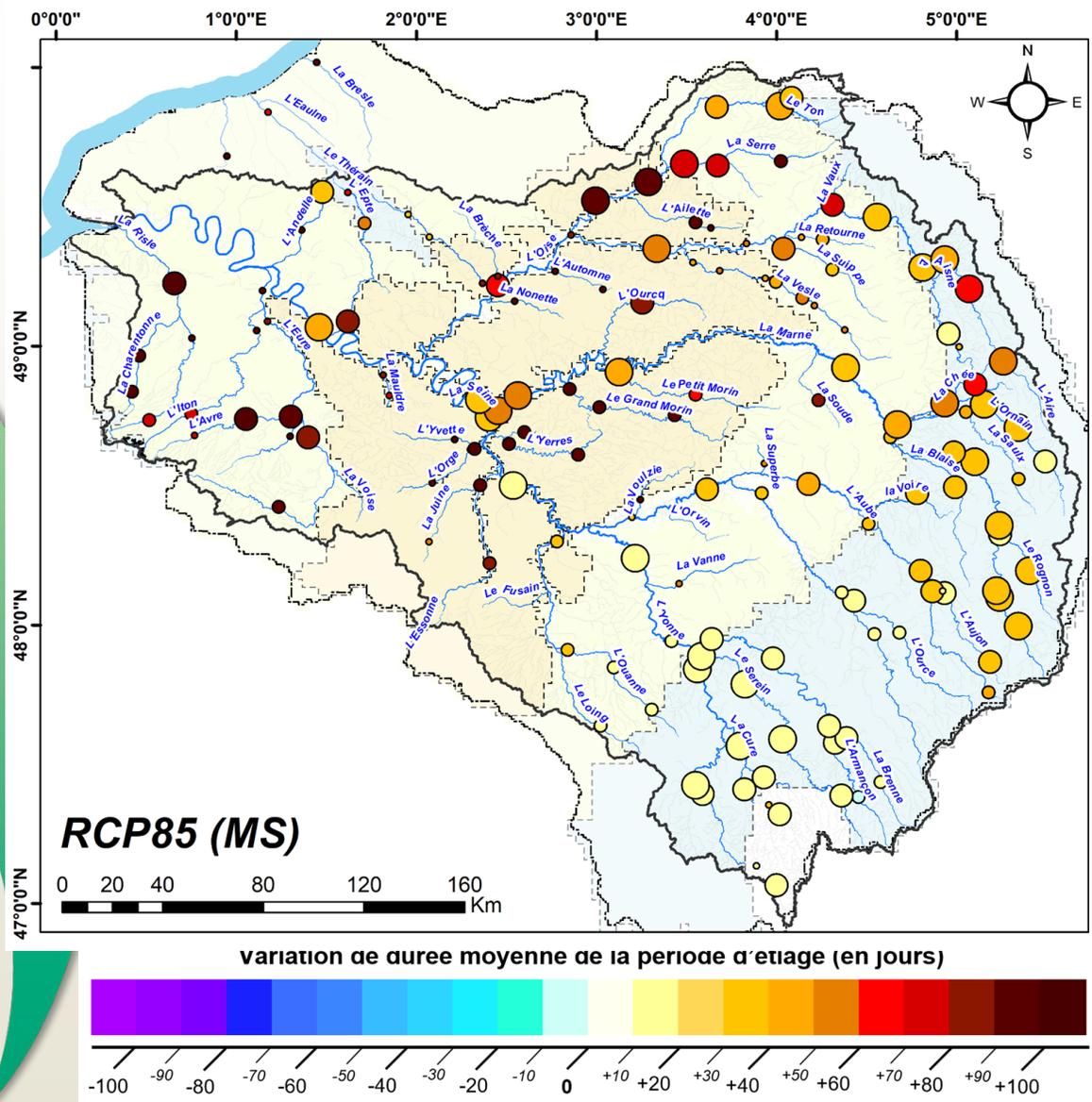
2050  
**-3m**



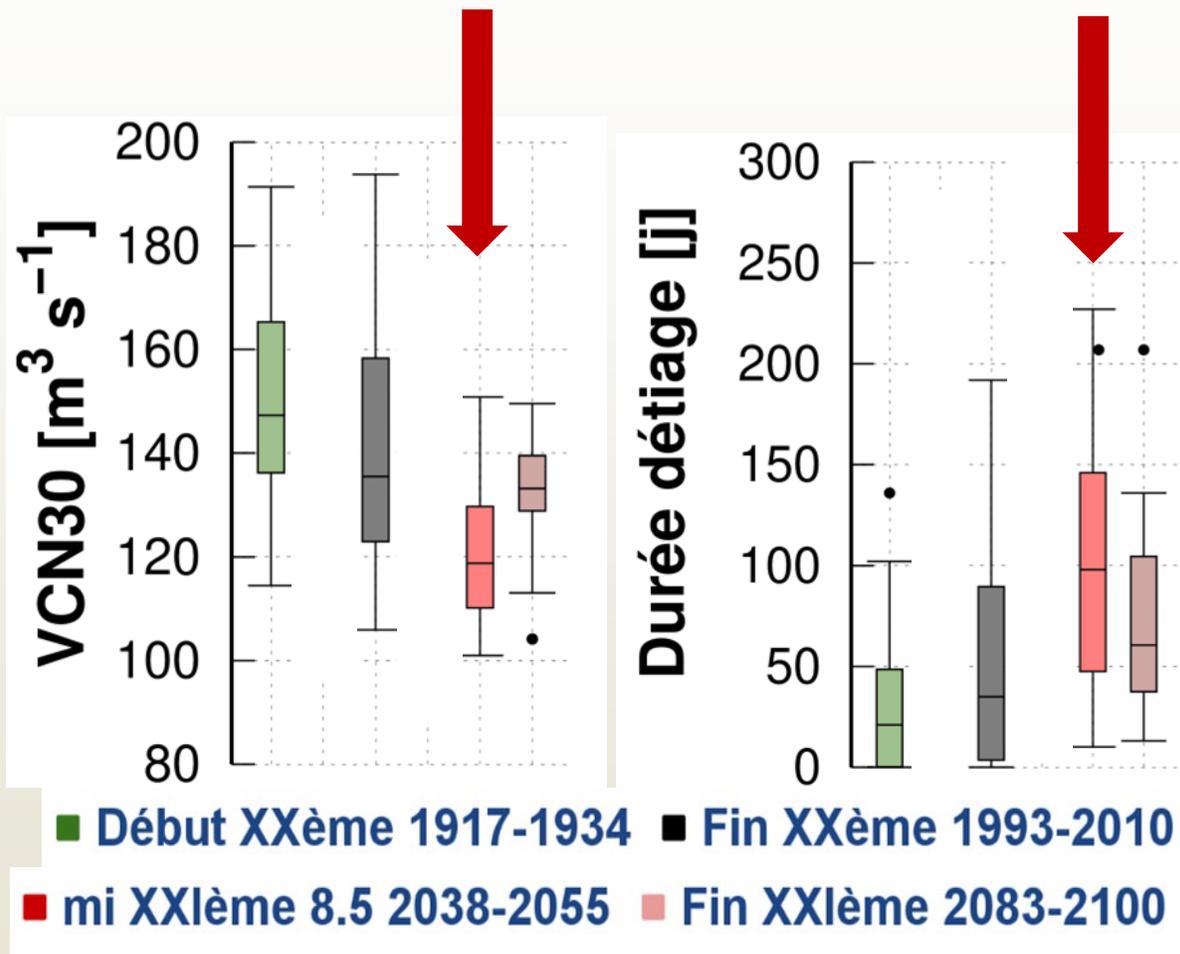
**+0.7m**  
2090



# Impact sur les débits d'étiage à Paris Austerlitz

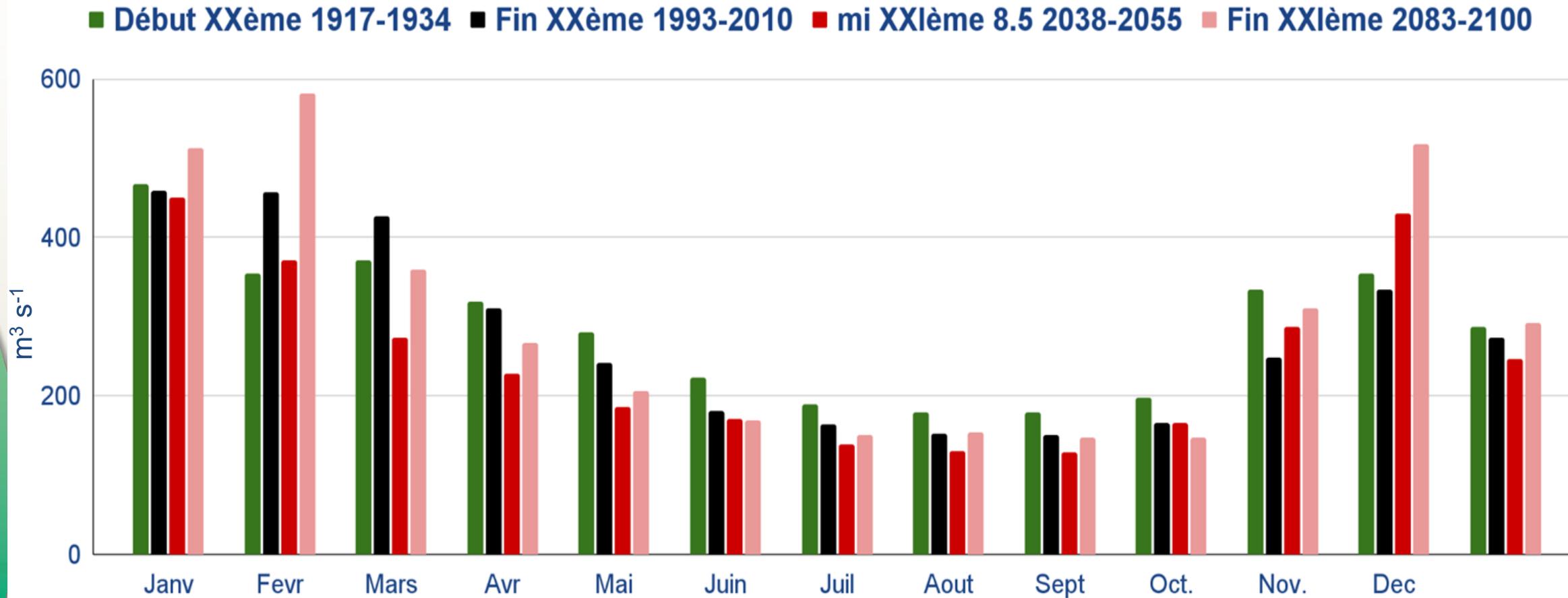


Des étiages plus longs et plus sévères dans 30 ans



# Régime hydrologique du bassin en sévère évolution

## Régime hydrologique Paris Austerlitz



### Des adaptations successives nécessaires pour le RCP8.5:

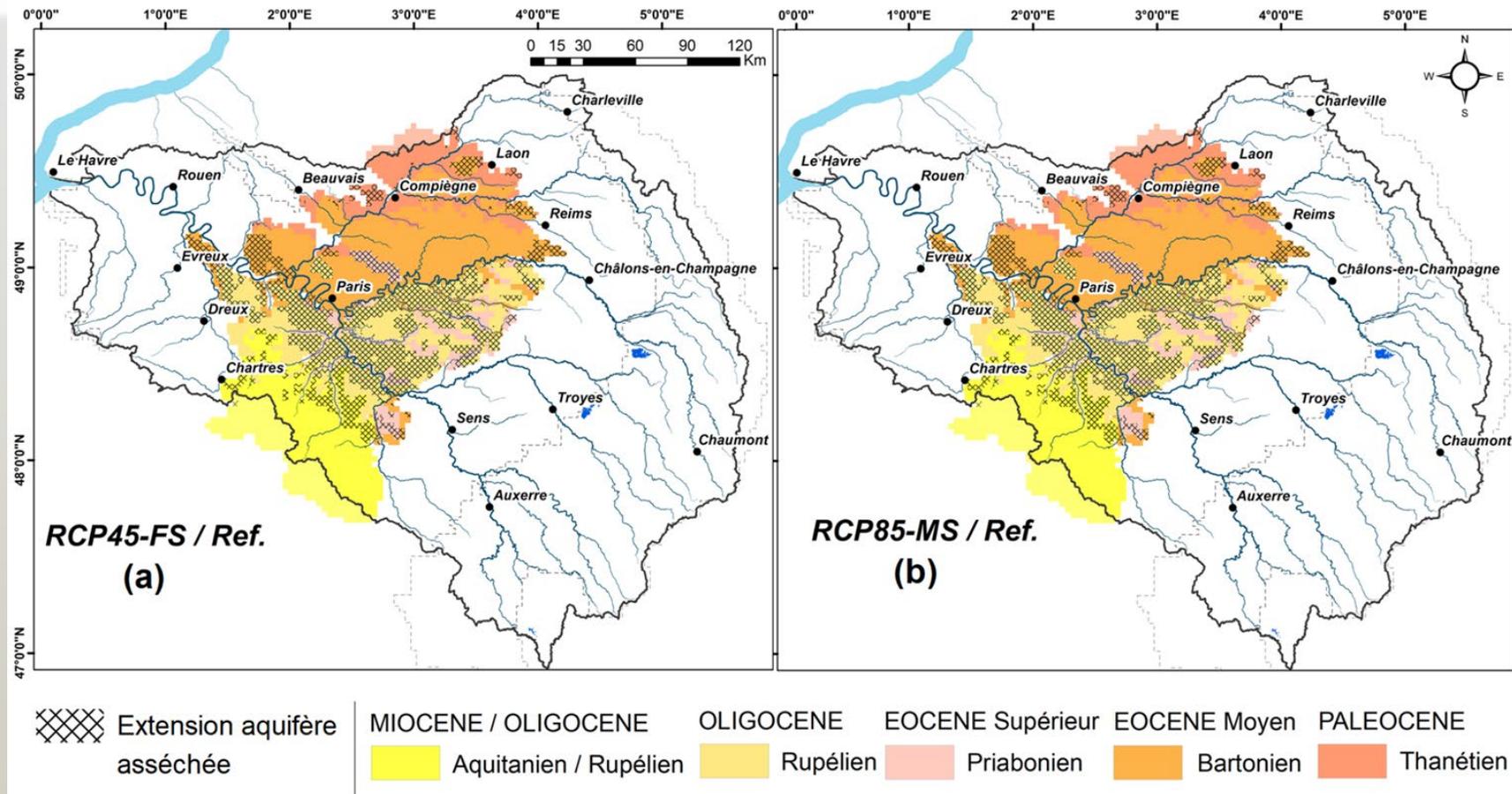
- Rareté de l'eau dans 30 ans
- Débits hivernaux accrus en fin de siècle

# 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 XXIIème 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 nécessaires 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

# Prochaines étapes de l'évaluation

- Reproduire l'étude 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 (accords Paris), ssp2-4.5 (scénario médian), et ssp2-8.5 (scénario extrême)
  - identifier des trajectoires possibles