

Colloque des 30 ans du PIREN-Seine

11, 12 & 13 décembre 2019

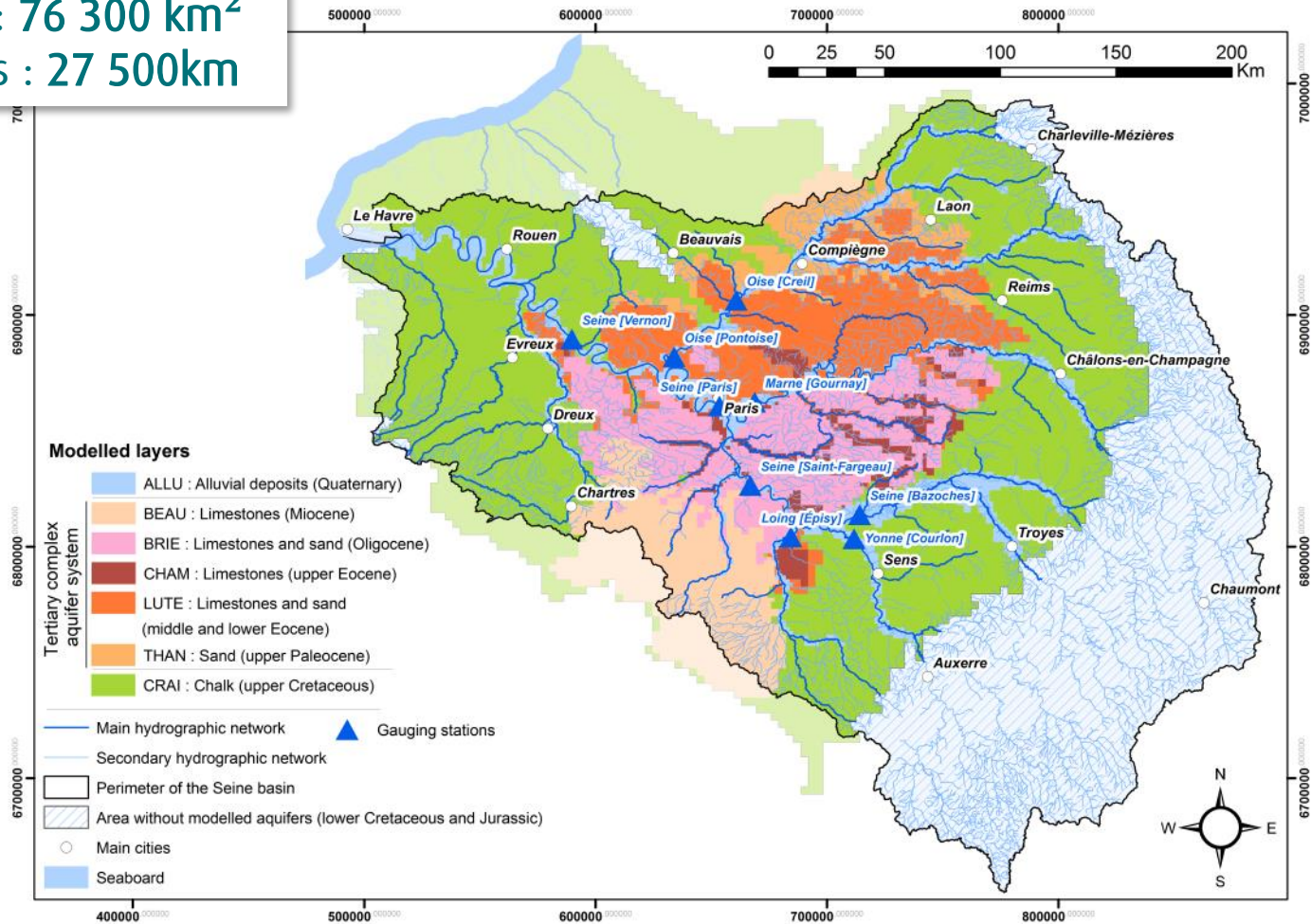
Évolution du bilan hydrique de la Seine aux XX^e et XXI^e siècles

N. Flipo, N. Gallois, B. Labarthe, F. Baratelli, P. Viennot, J. Schuite, A. Rivière
Centre de Géosciences, MINES ParisTech, PSL University

R. Bonnet, J. Boé
CECI, Université de Toulouse, CNRS, CERFACS

Bassin hydrogéologique

Bassin : 76 300 km²
Rivières : 27 500km

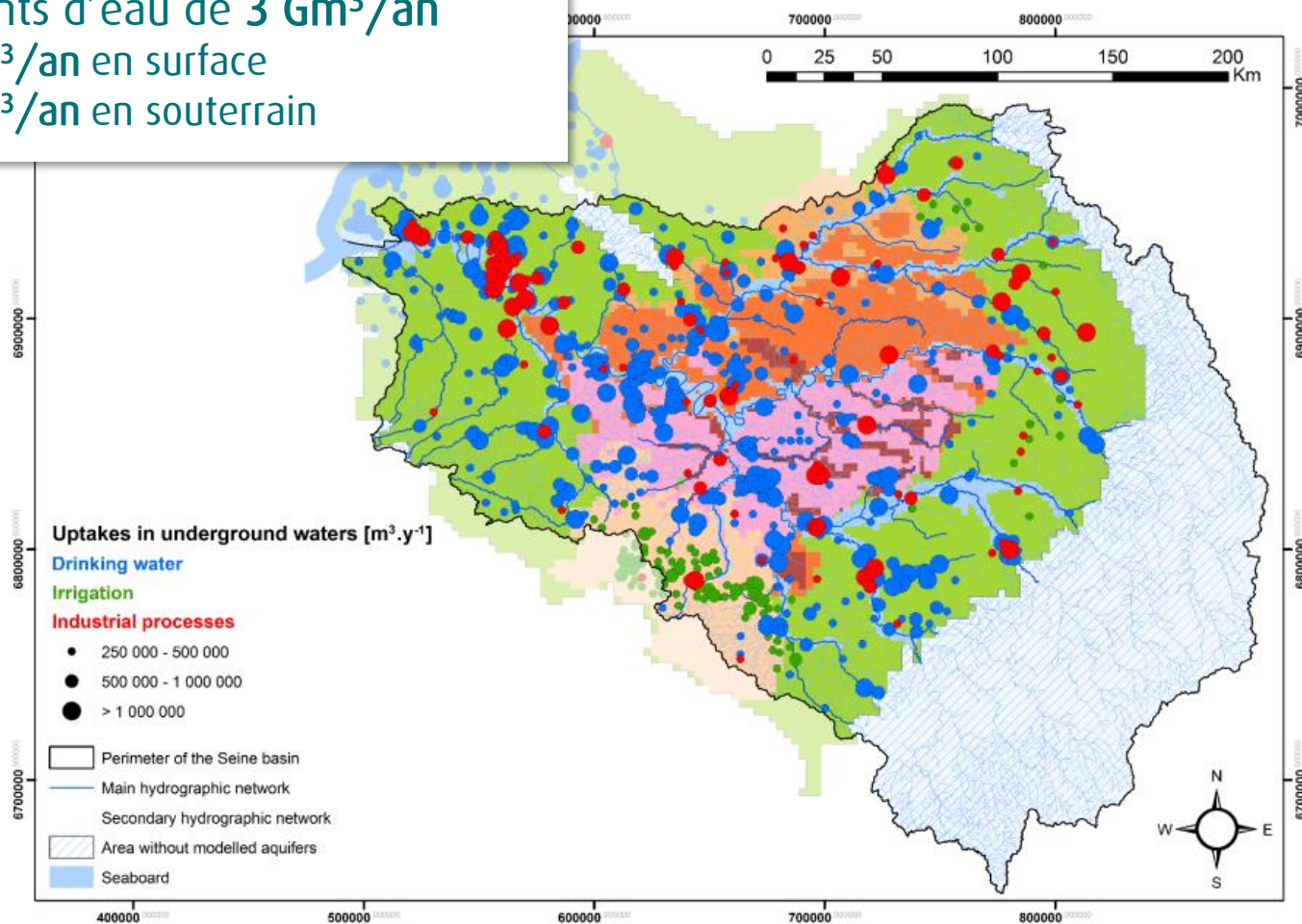


Fortement anthropisé

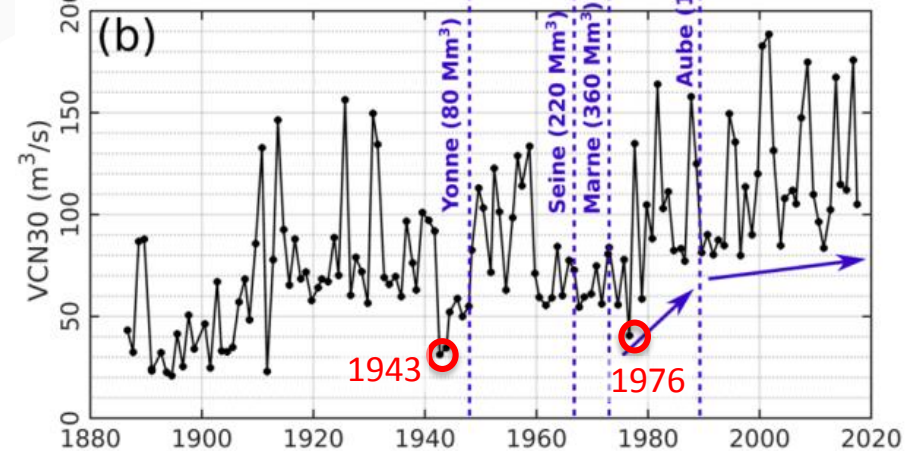
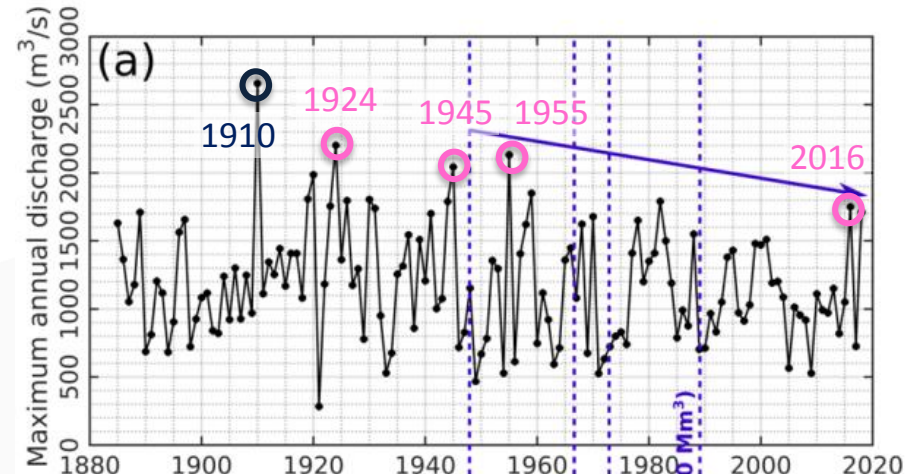
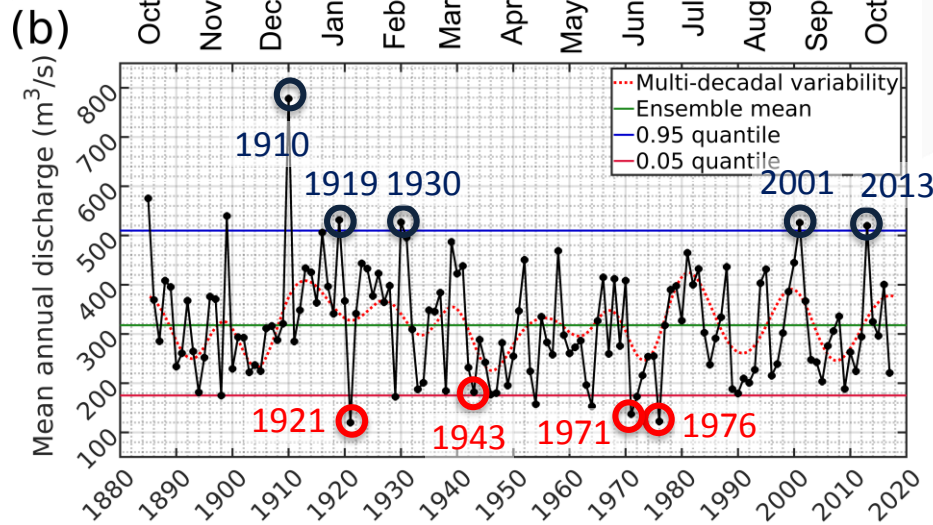
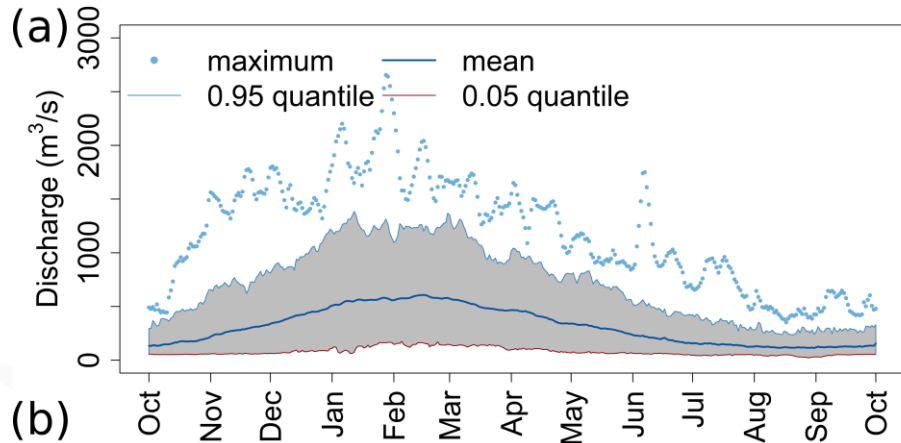
Prélèvements d'eau de 3 Gm³/an

→ 2 Gm³/an en surface

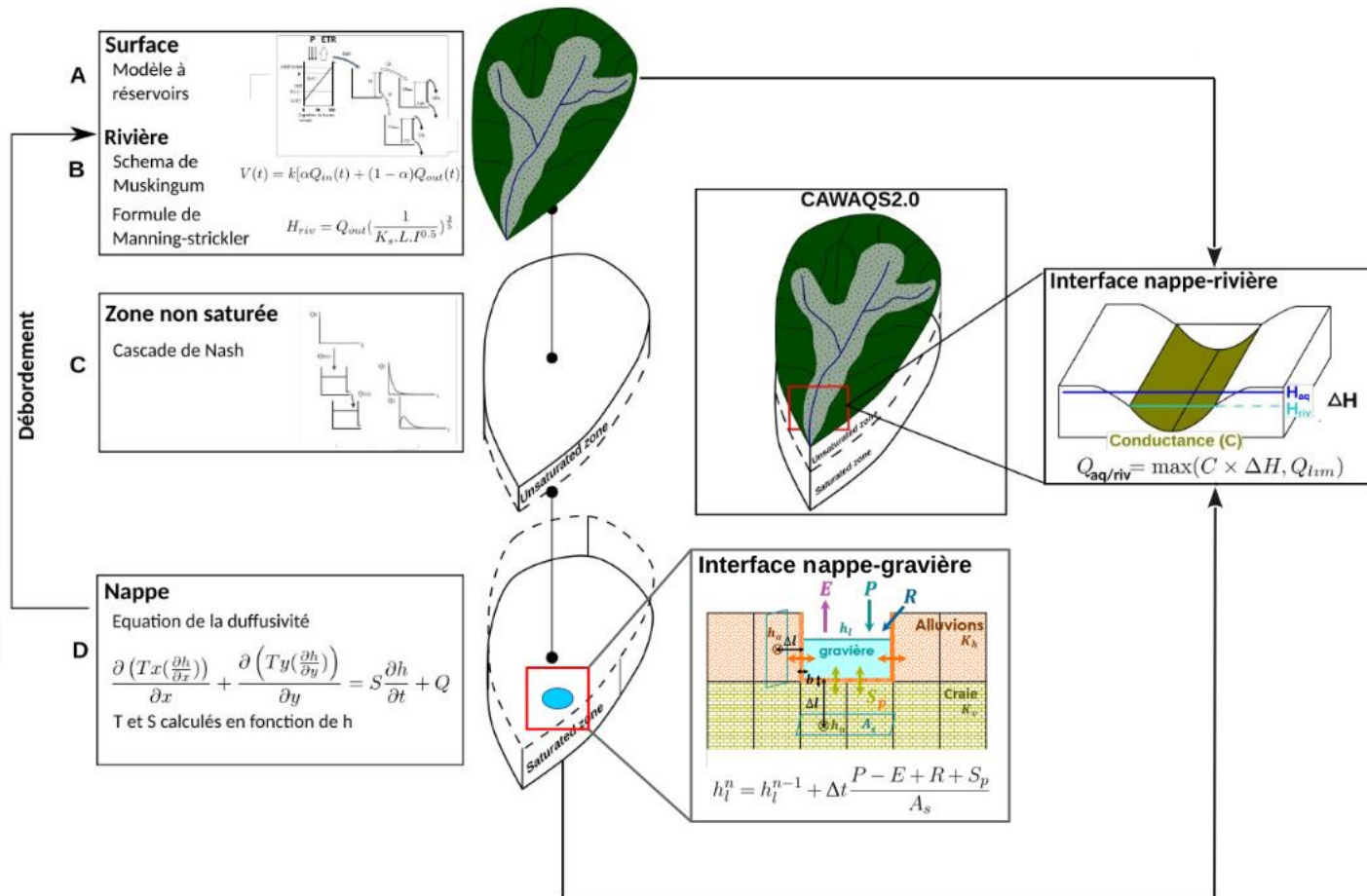
→ 1 Gm³/an en souterrain



L'anthropisation perturbe les tendances climatiques (Pont d'Austerlitz)

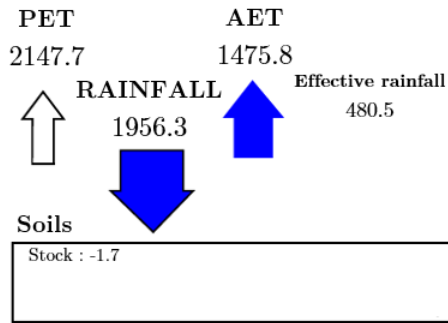


Modélisation hydrologique couplée CaWaQS



- Simulation journalière CaWaQS 2.62 [Labarthe, 2016] sous forçages Climat (SAFRAN); Prélèvements souterrains données AESN
- Flux moyens annuels calculés sur 17 ans (1993-2010) [Massei et al., 2010 ; Flipo et al., 2012]

Bilan hydrologique actuel

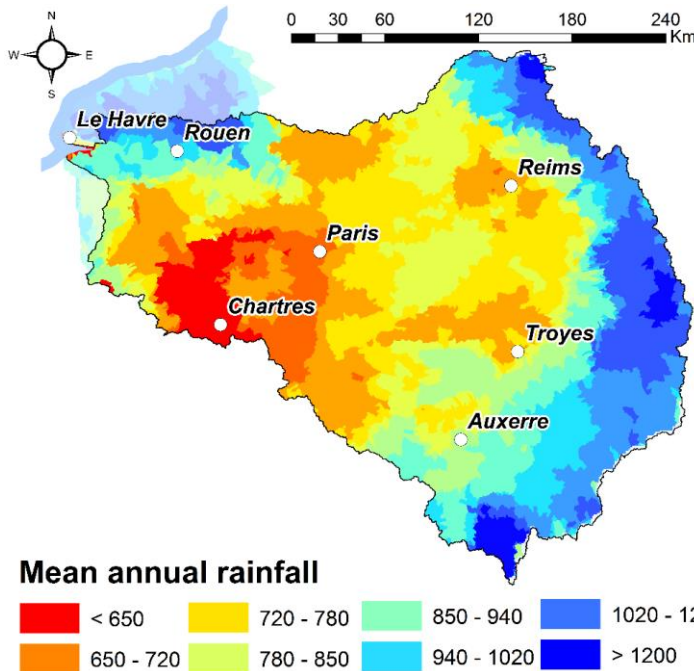


Forte variabilité spatiale

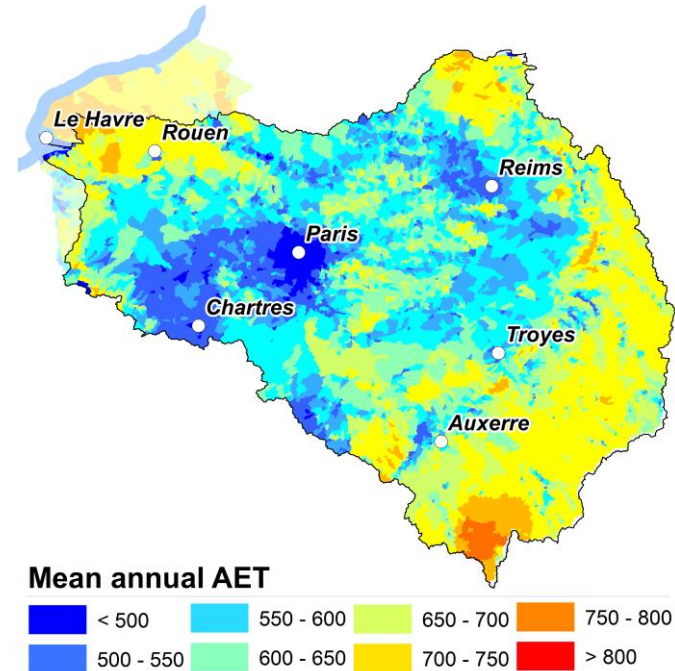
Précipitations : 810 mm.an⁻¹
 (600 à 1 370 mm.an⁻¹)

Pluie efficace : 200 mm.an⁻¹

Period : 1993 - 2010
 UNIT = m³.s⁻¹

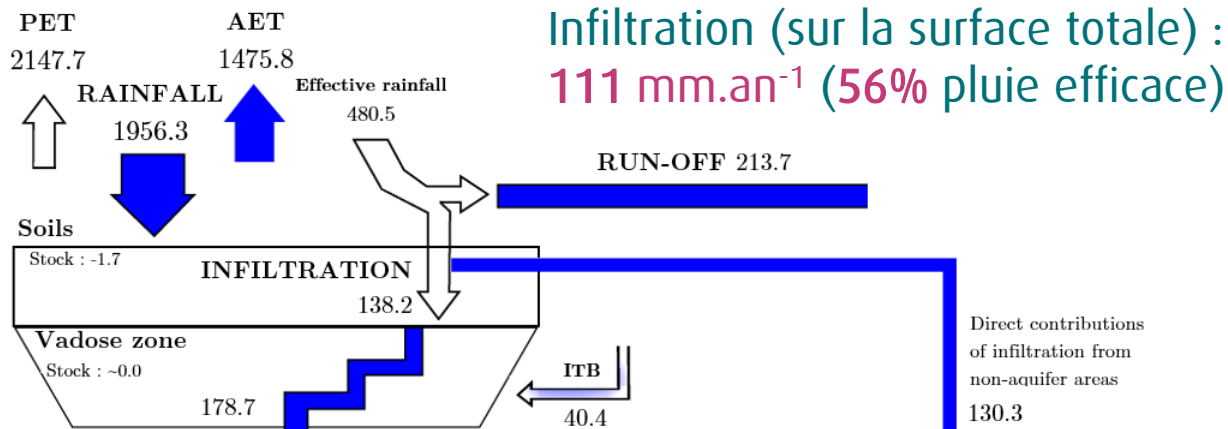


Précipitations



Evapotranspiration réelle

Bilan hydrologique actuel

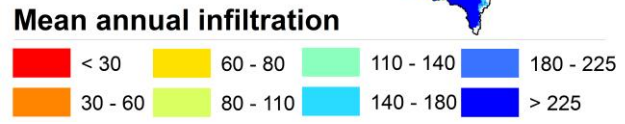
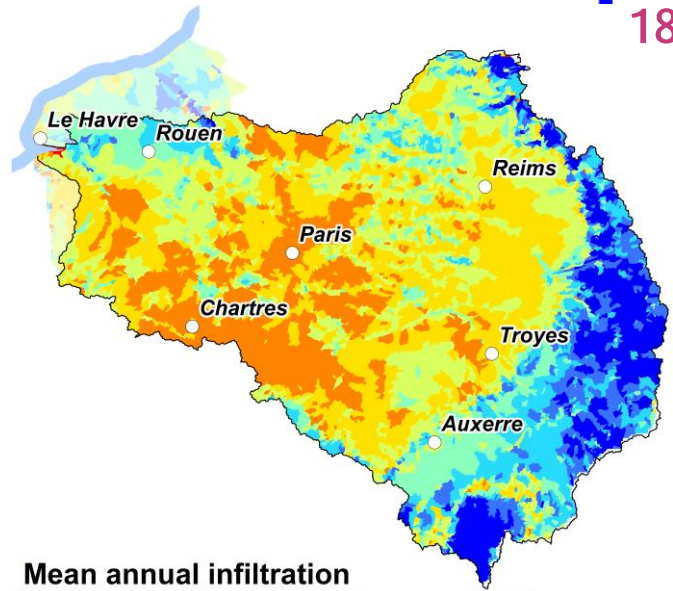


Infiltration (sur la surface totale) : **111 mm.an⁻¹** (56% pluie efficace)

Period : 1993 - 2010
 UNIT = m³.s⁻¹

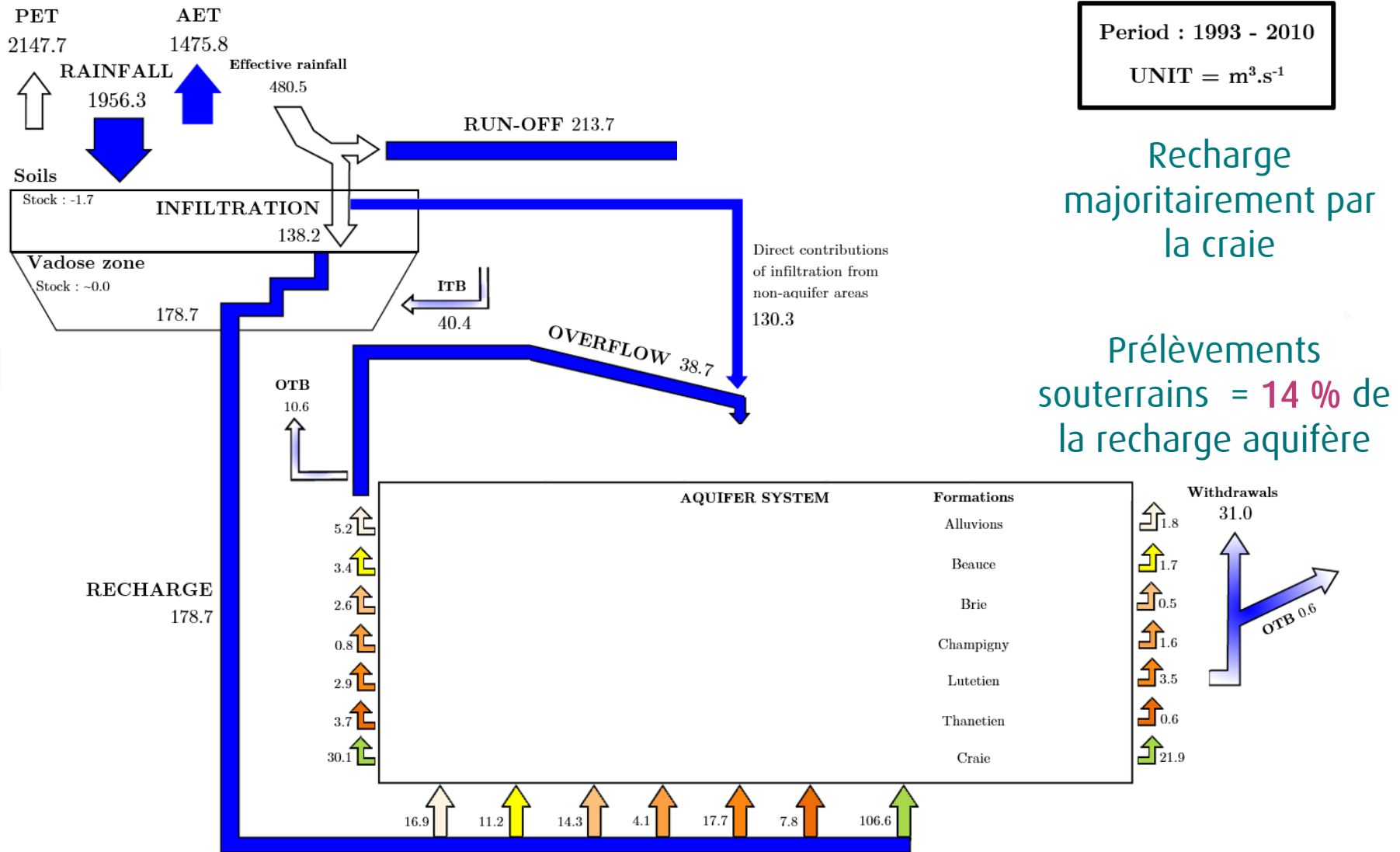
Direct contributions
 of infiltration from
 non-aquifer areas
 130.3

181 mm.an⁻¹

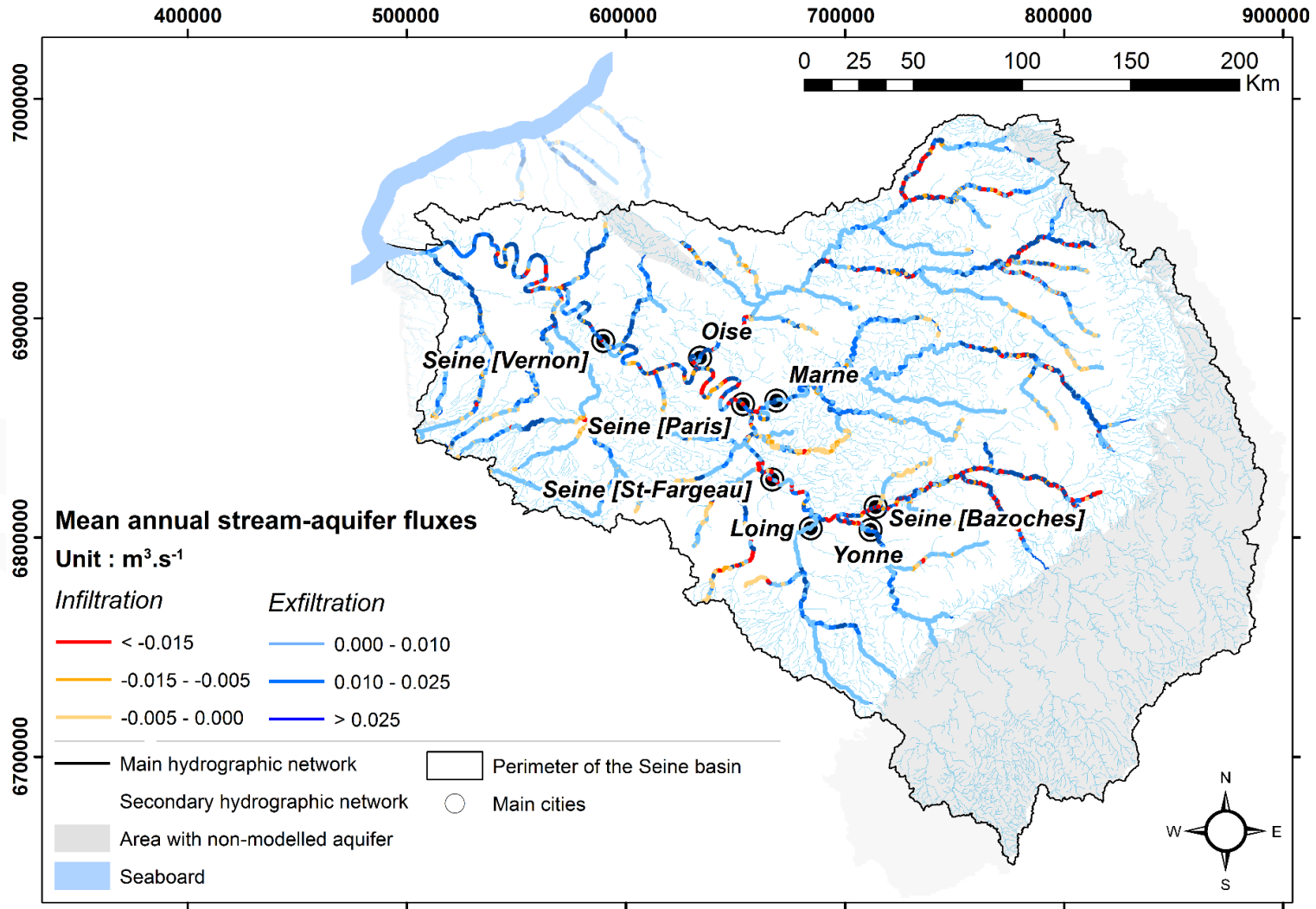


82 mm.an⁻¹

Bilan hydrologique actuel



Spatialisation des échanges nappe-rivière actuels



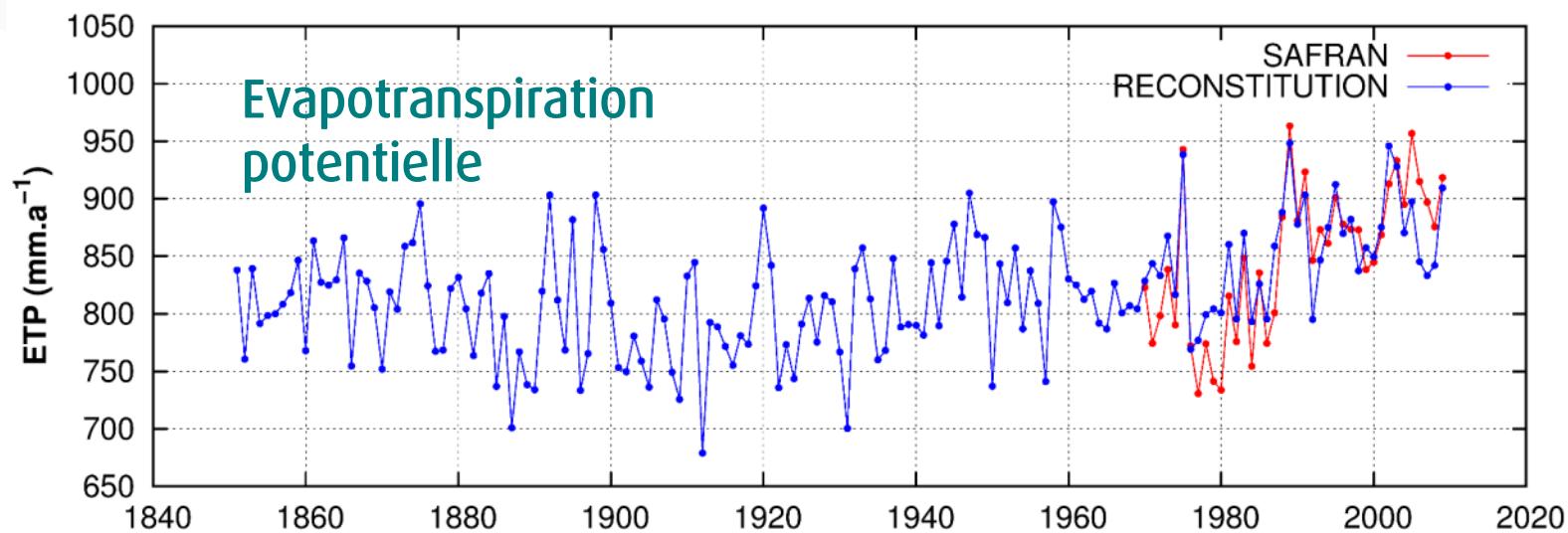
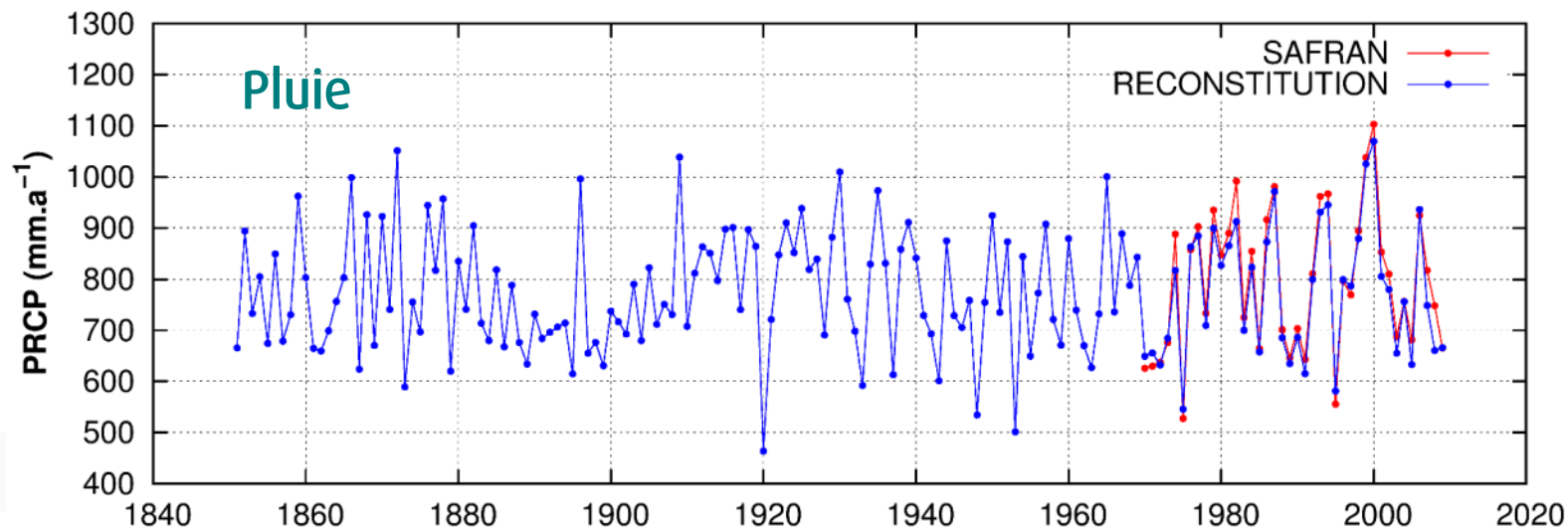
- 82 % du linéaire hydrographique ($S > 3$) alimenté par les nappes

Construire les trajectoires

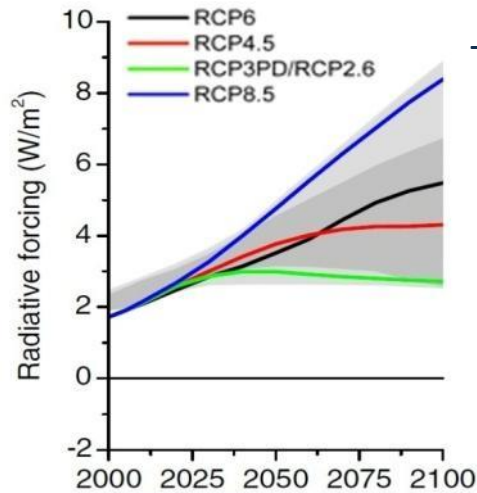
- Passées (début XXe s) et anticipées (fin XXIe s)
- Forçages climatiques
- L'occupation des sols
- Les usages de l'eau

Reconstitutions climatiques retrospectives

[Bonnet, 2018]

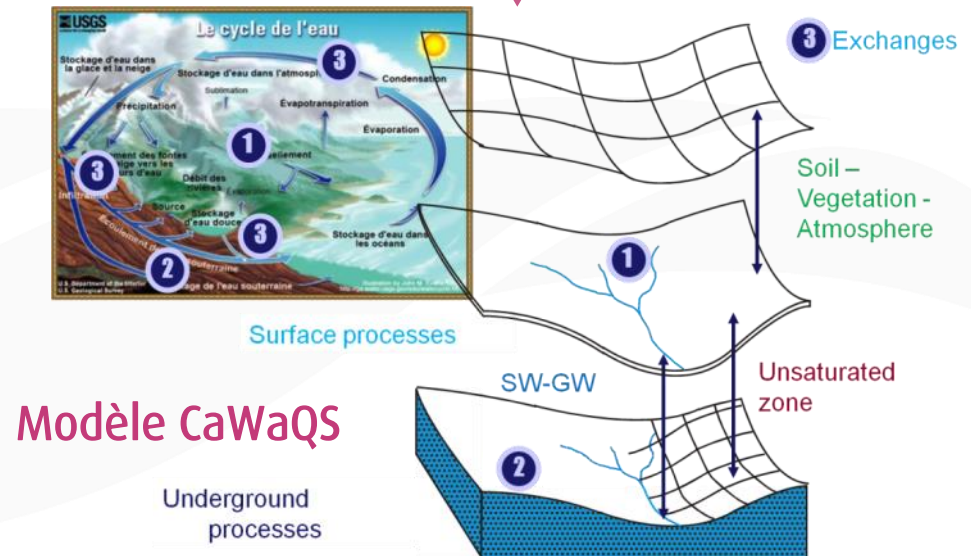


Simulation des effets du changement climatique



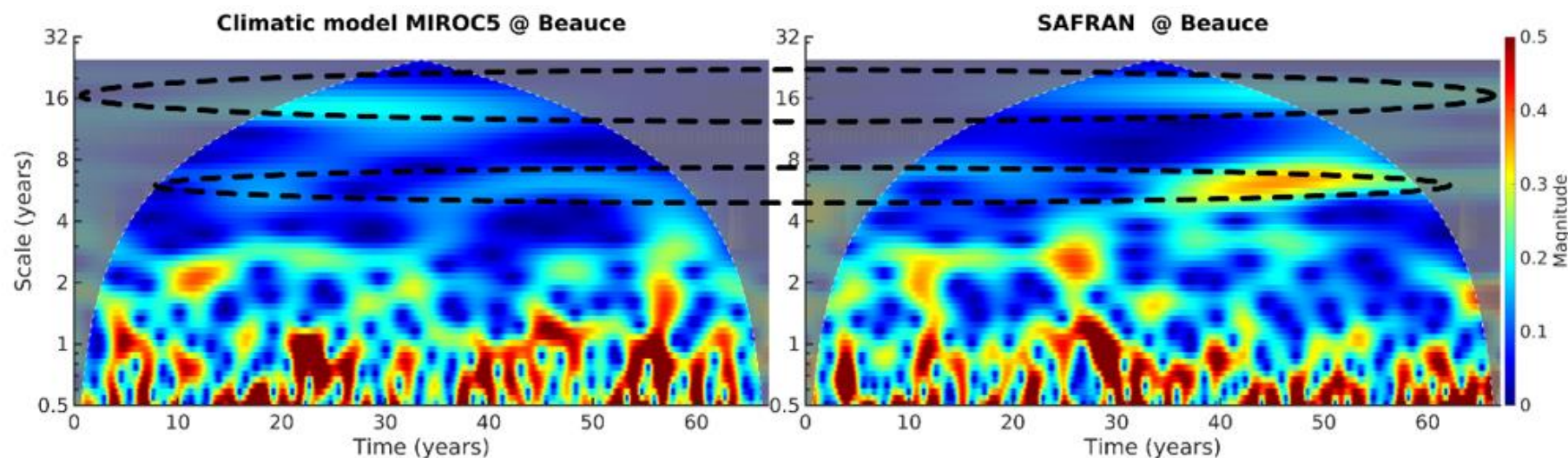
+3.7°C

Forçage climatique du bassin de la Seine



- A partir des modélisations CMIP 5 RCP 8.5 régionalisées
- Quelle modélisation pour la prospective ?

Simulation des effets du changement climatique

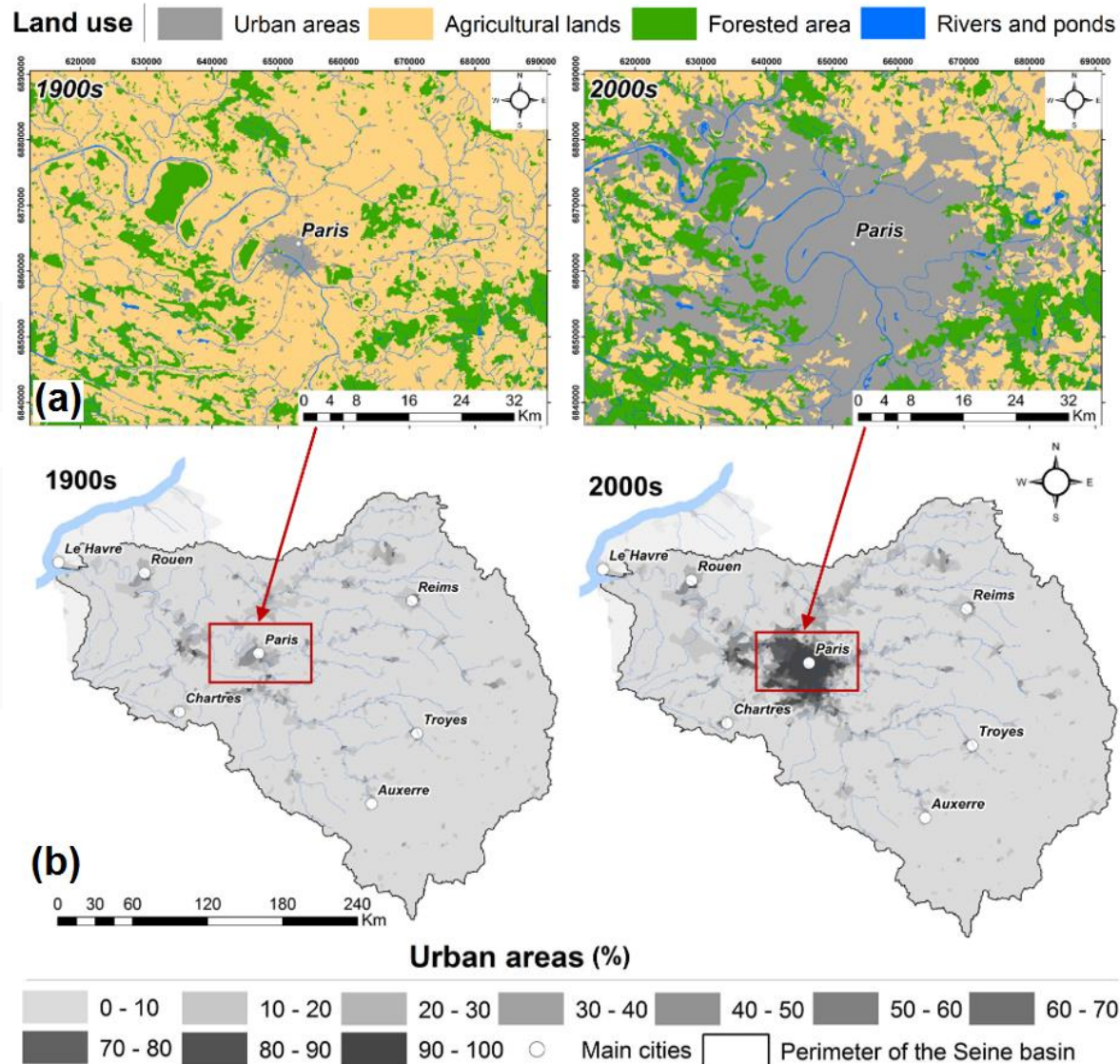


Analyse en ondelette (méthode CWT) menée:

- ✓ sur 4 zones du bassin contrastées climatiquement (Champagne, Picardie, Pays de Caux, Beauce),
- ✓ sur le paramètre 'précipitation' uniquement,
- ✓ sur les données des modèles à disposition : CanESM2 (Canada), MIROC5 (Japon), BCC-CSM-1-1-m (Chine), CSIRO-Mk3-6-0 (Australie) and Aladin-Climat (France).

Reconstitution de l'occupation des sols

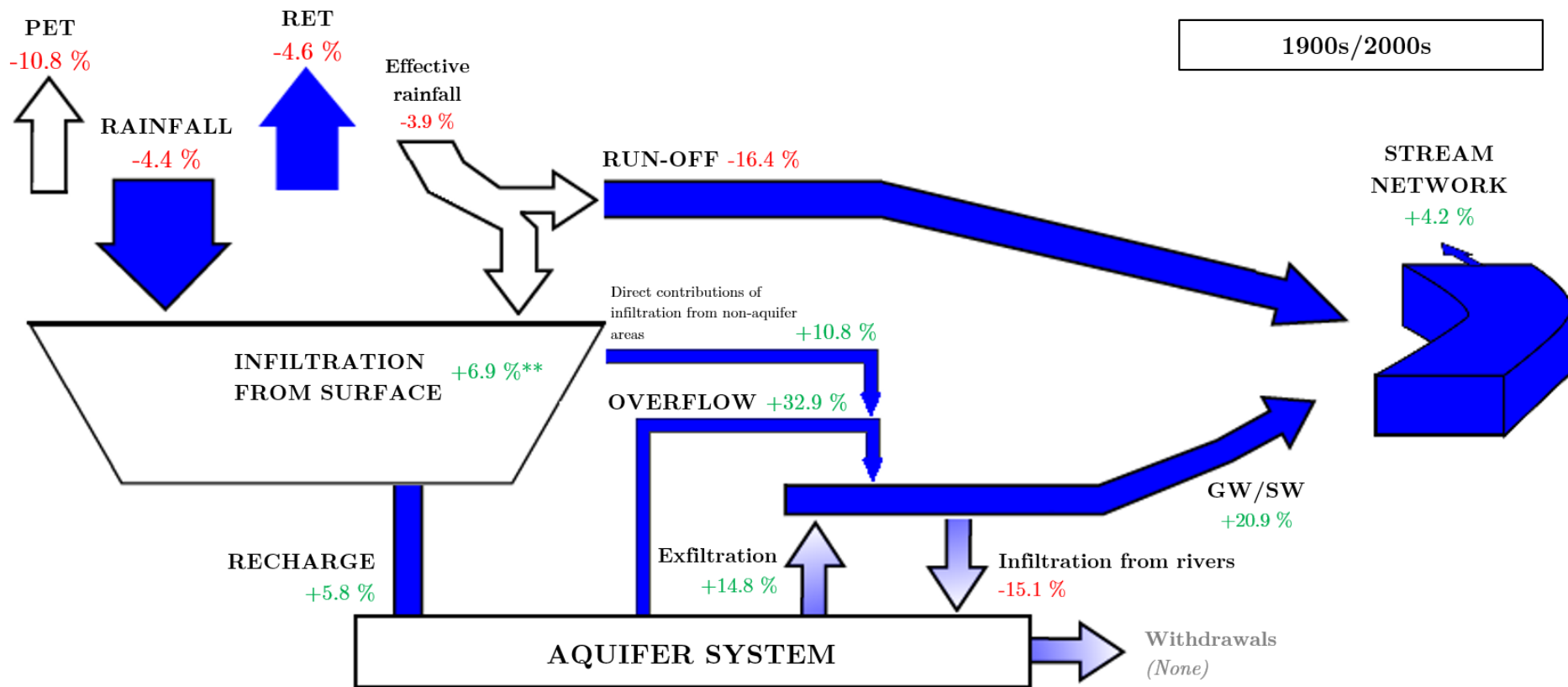
- Zones urbaines :
 - recensement INSEE (1901 et 2009)
 - Relation surface, densité population
 - Données spatialisées locales IAU
- Zones forestières :
 - Statistiques agricoles AGRESTE
 - Implémentations au détriment des surfaces agricoles



Synthèse des scénarios

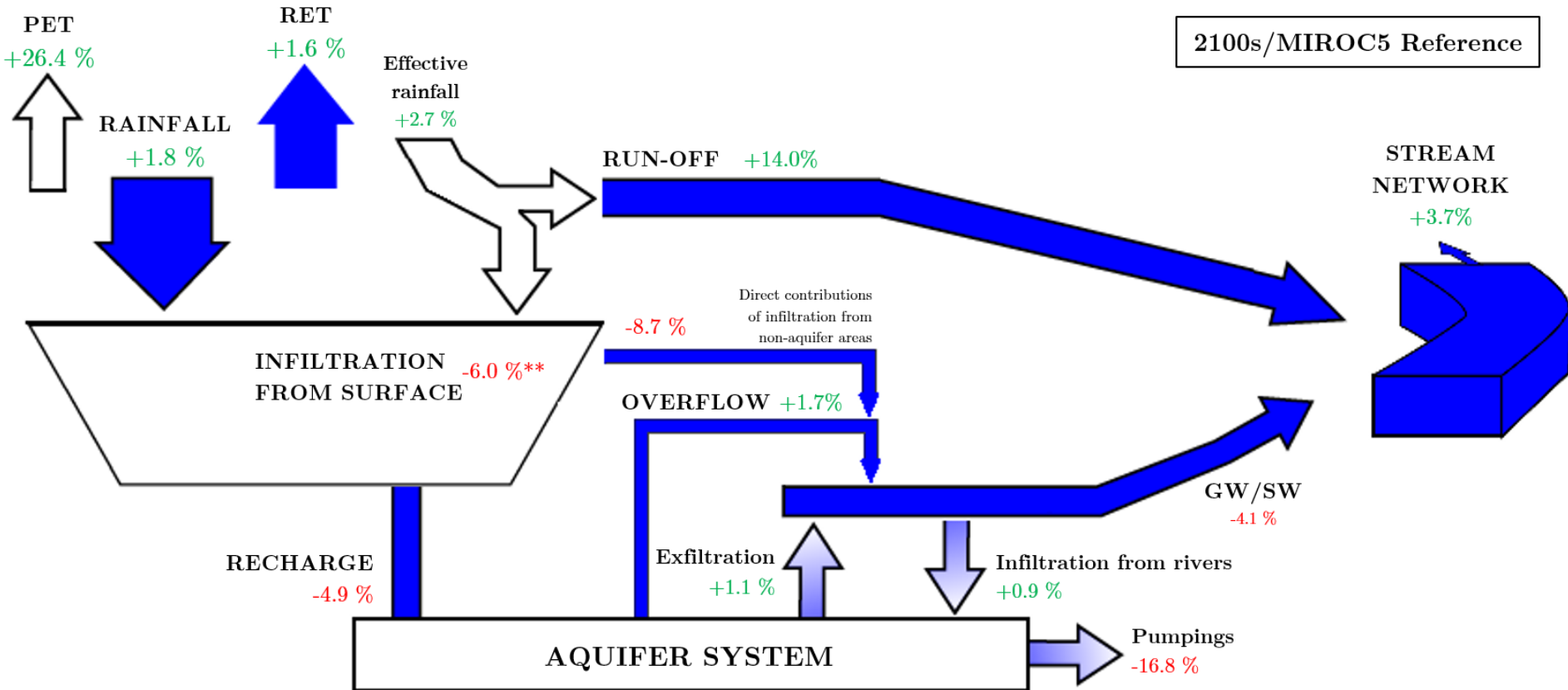
Scenario	1900s	2000s	2100s
Withdrawal types (in Mm³.a⁻¹)			
Drinking water	-100%	731	-12.9%
Industrial processes	-100%	169	-52.6%
Irrigation	-100%	96	-2.5%
Total	-100%	996	-16.7%
Land use (in % of the surface domain)			
Urban areas	-3.3%	7.9	+0.1%
Forested lands	-2.7%	23.2	0%
Agricultural lands	+6.0%	68.9	-0.1%
Demography (in 10⁶ inhabitants)			
Population rate	-47%	16.7	+26%

Bilan hydrologique début XX^e s



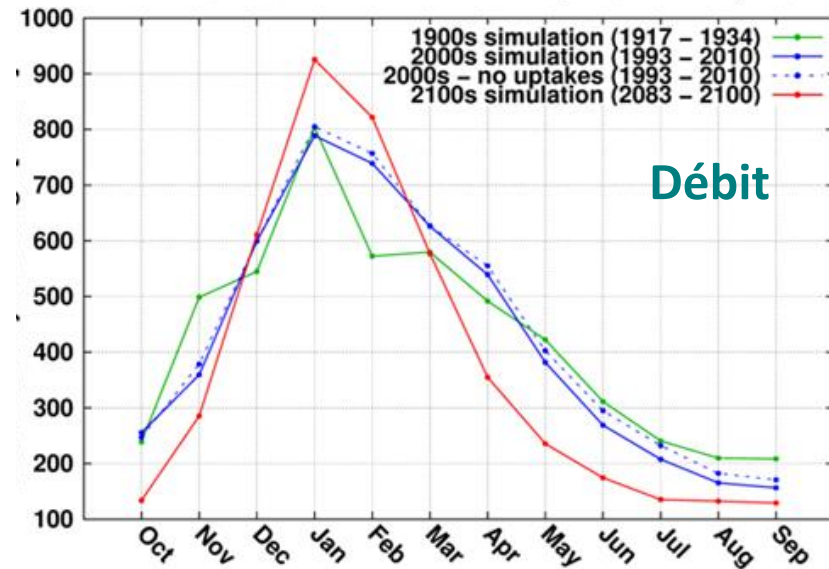
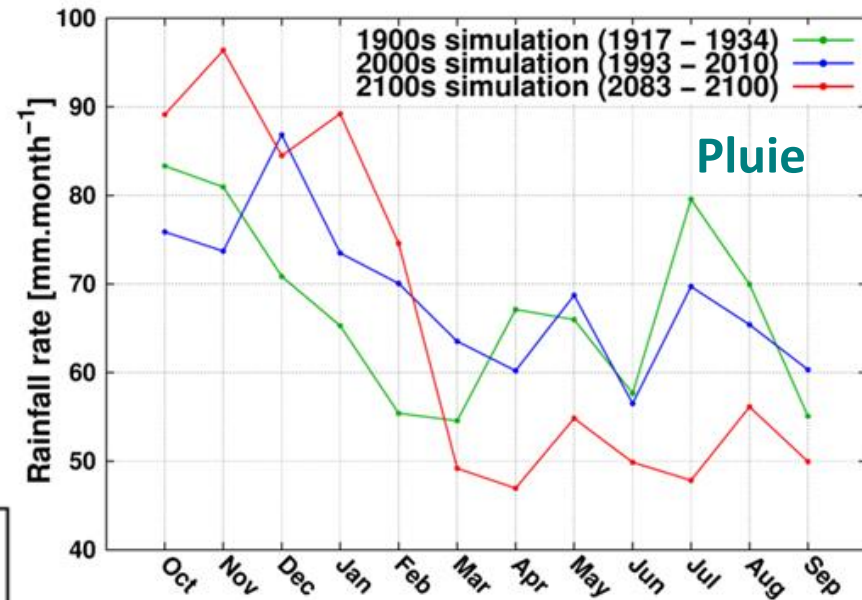
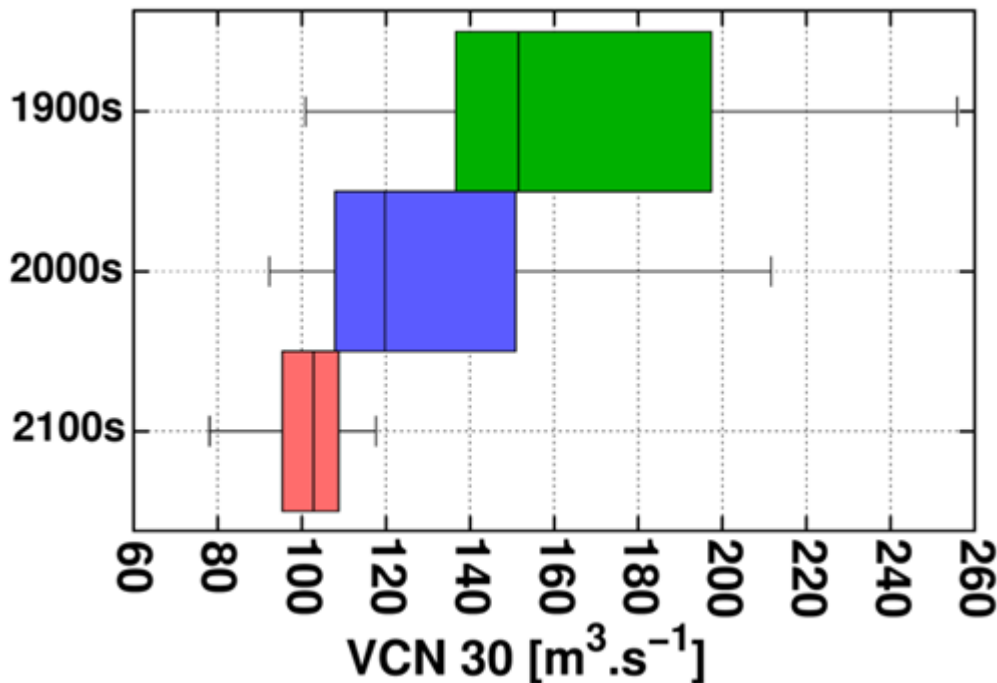
Bilan hydrologique début XXI^e s

2100s/MIROC5 Reference

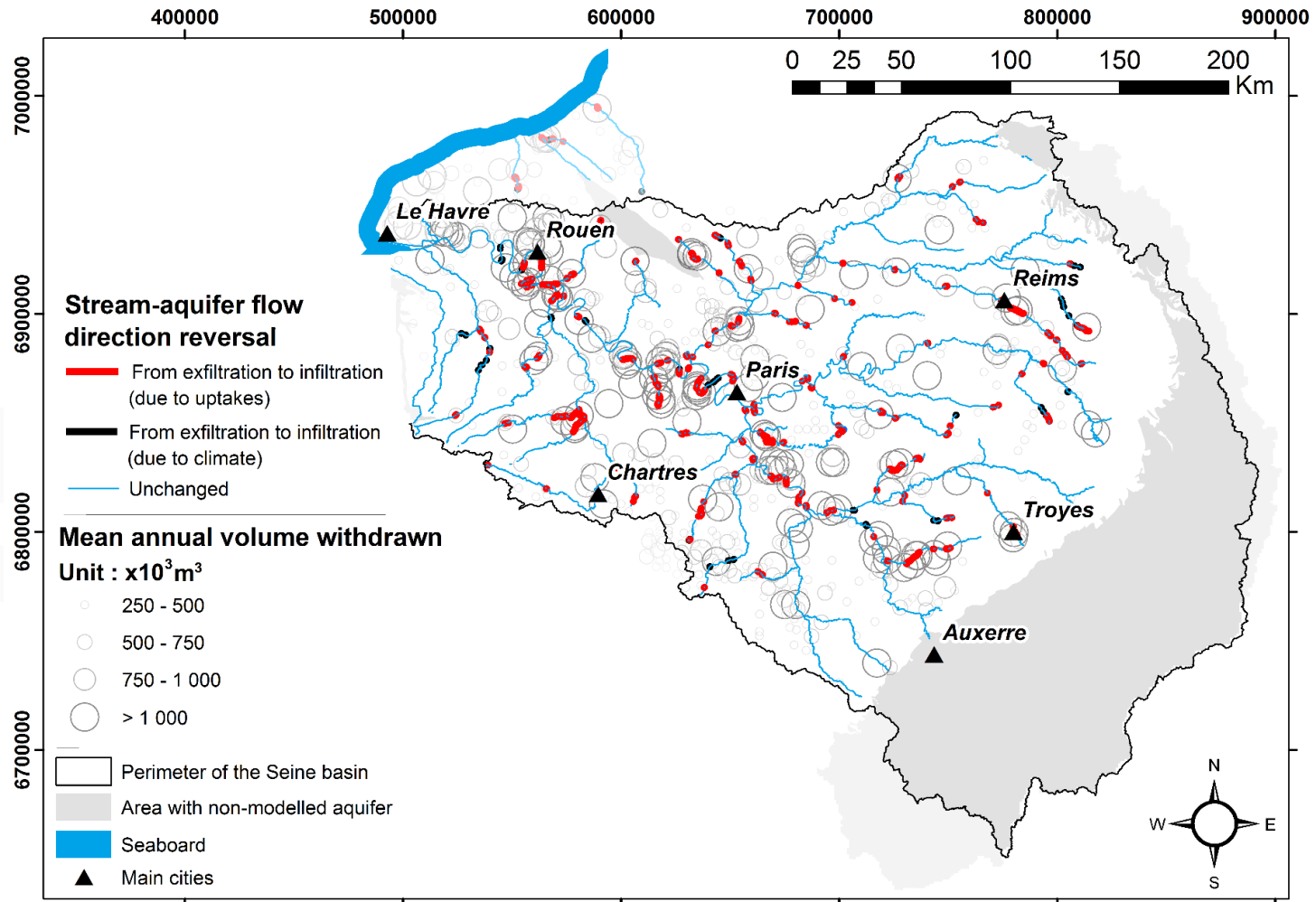


Régimes hydrologiques

- Saisonnalité plus marquée au cours du temps
- Etiages plus sévères en intensité en fréquence en durée



Impact des prélèvements anthropiques sur les échanges nappe-rivière

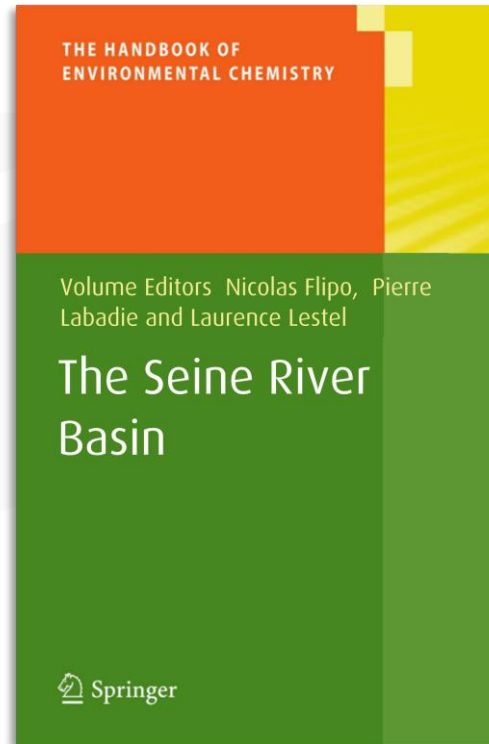


- 179 km de réseau avec changement de régime dominant
- 158 km liés aux prélèvements

Conclusions

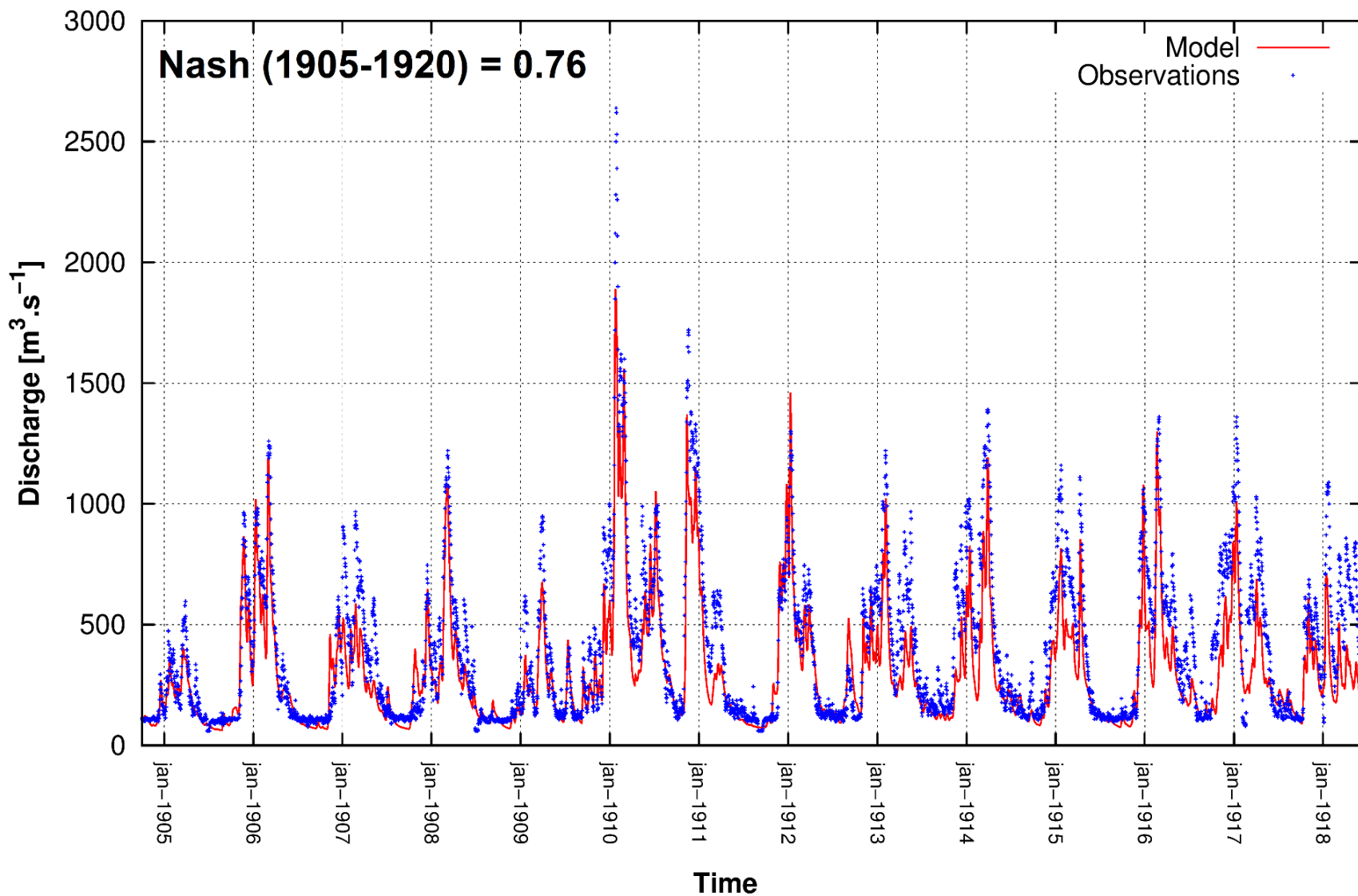
- Grâce à la scénarisation et à la modélisation, il commence à être possible de discriminer l'influence des facteurs de changement sur la ressource en eau
- A débit moyen à peu près constant, le régime des débits évolue vers un étiage plus long, plus sévère, et plus fréquent
- CaWaQS est disponible pour aider à penser la gestion de l'eau en anticipant l'évolution du régime des débits, et en quantifiant les incertitudes associées aux différents scénarios

Merci de votre attention



www.piren-seine.fr

Reconstitution des débits début XX^e s



Evolution démographique :

- Résultats de prospective socio-économique issue du projet **Explore 2070** (basée sur des projections INSEE) [MEDDE,2012]

Pression anthropique:

- Différenciation régionalisée et différenciée selon le type de pompage (AEP, Industries, Irrigation)

