

## Caractérisation de l'évolution long-terme des températures des eaux de surface dans le bassin de la Seine

*Guillaume Métayer, Agnès Rivière, Damien Corral, Valérie Roy et William Thomas*

# La température, un paramètre clé ...



Equilibres des  
écosystèmes



# La température, un paramètre clé ...



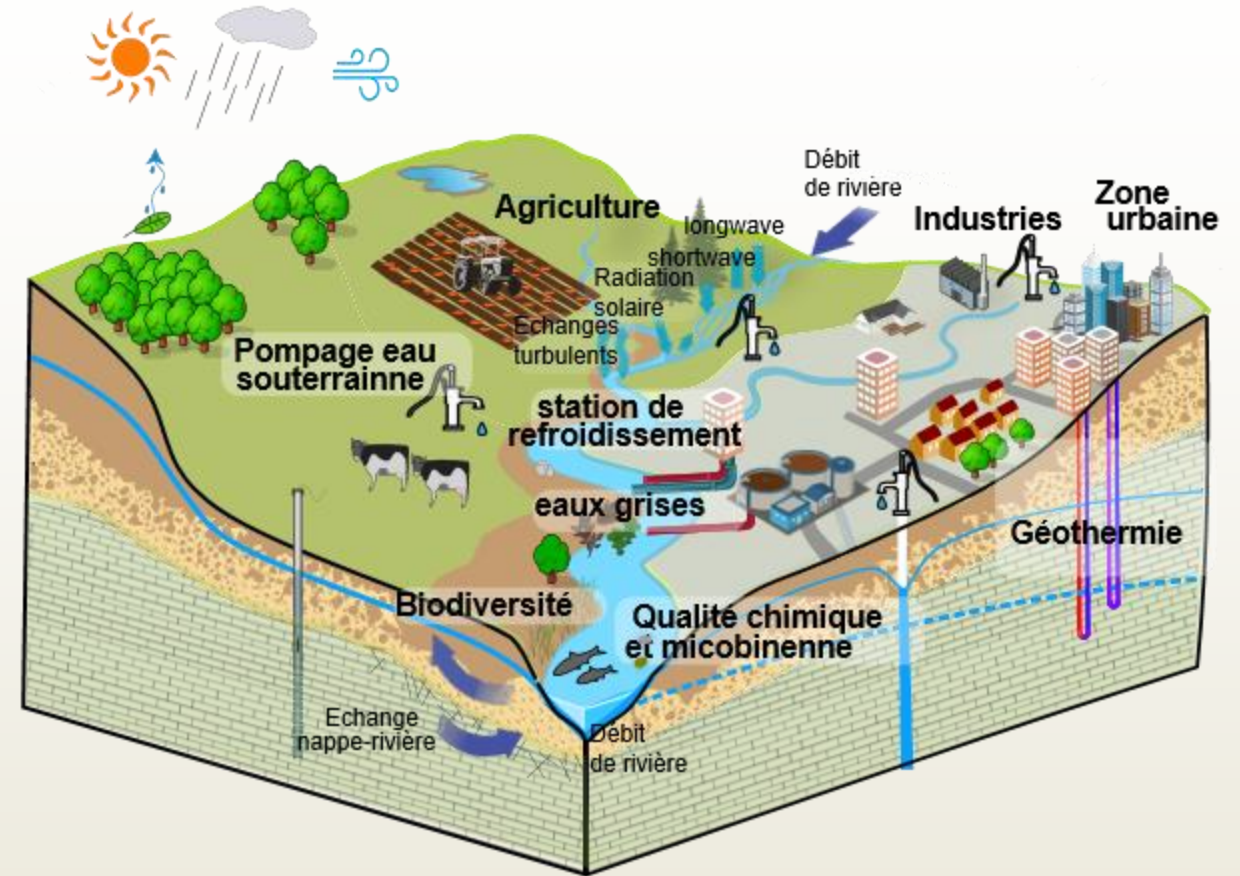
Equilibres des écosystèmes



Usages de l'eau



Usages thermiques



# La température, un paramètre clé ...



Equilibres des écosystèmes



Usages de l'eau



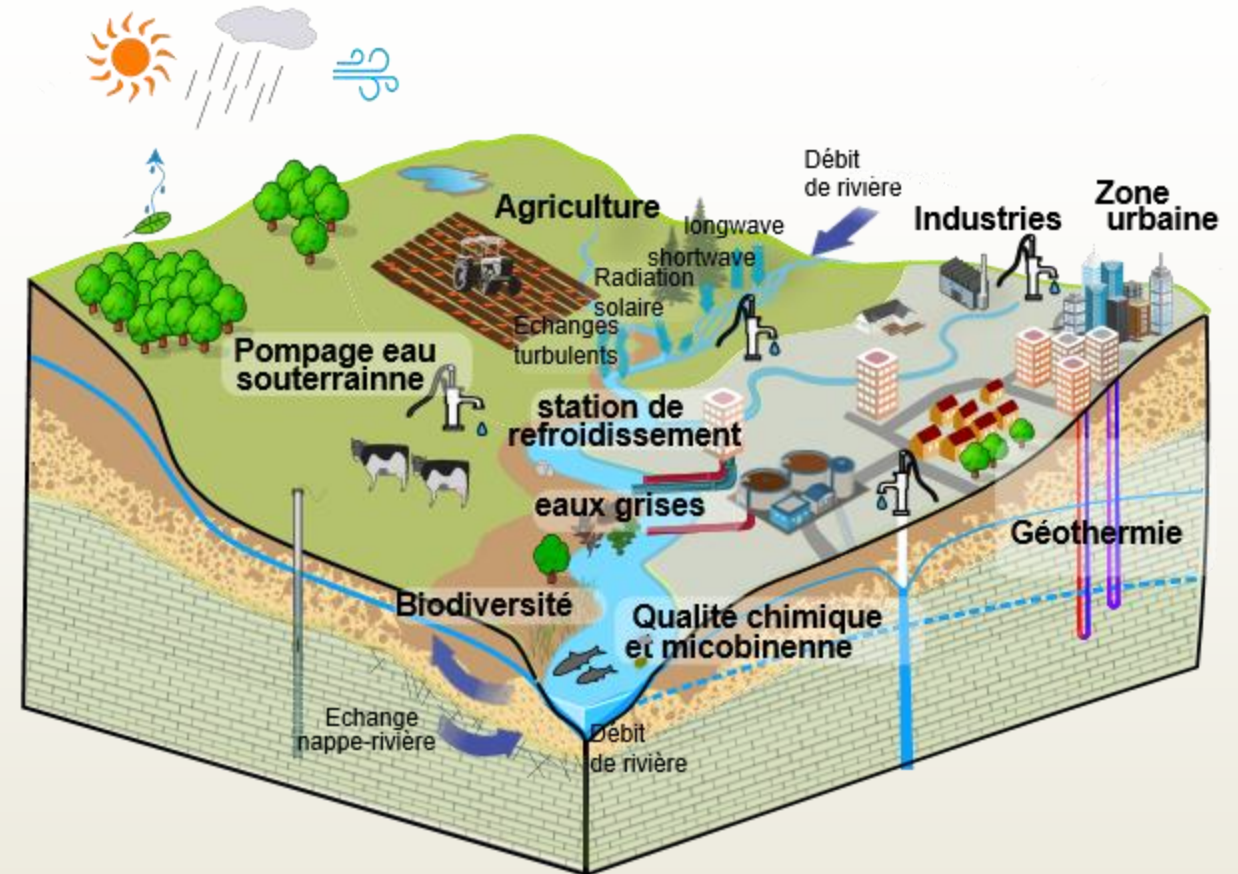
Usages thermiques



Nexus eau-énergie-alimentation

- Nécessité mutuelle des trois secteurs

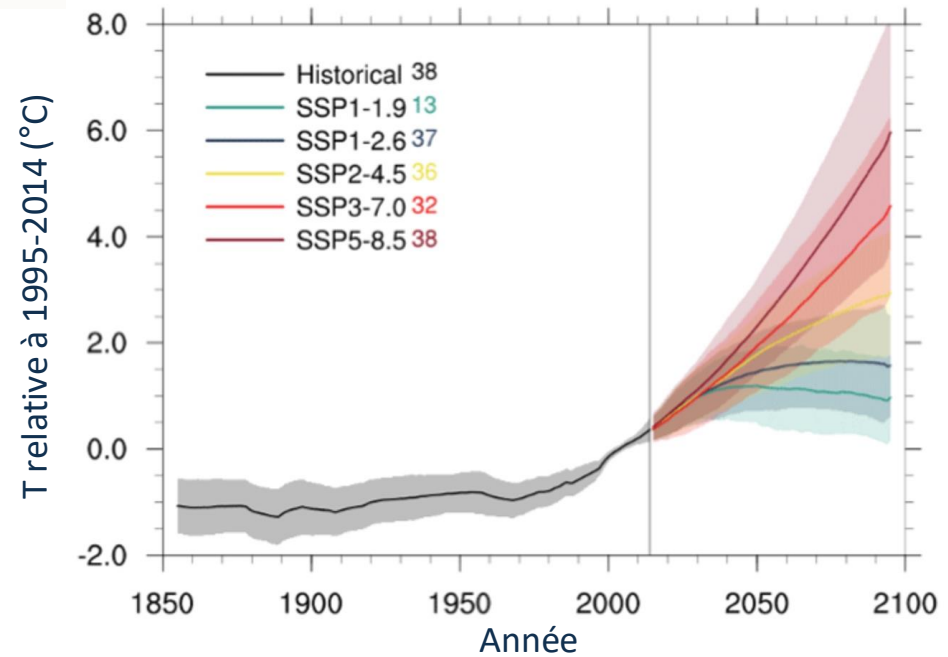
➡ Paramètre clé pour les acteurs de l'eau, de l'énergie et de l'alimentation



# ... Impacté par des facteurs variables

## Dans le temps

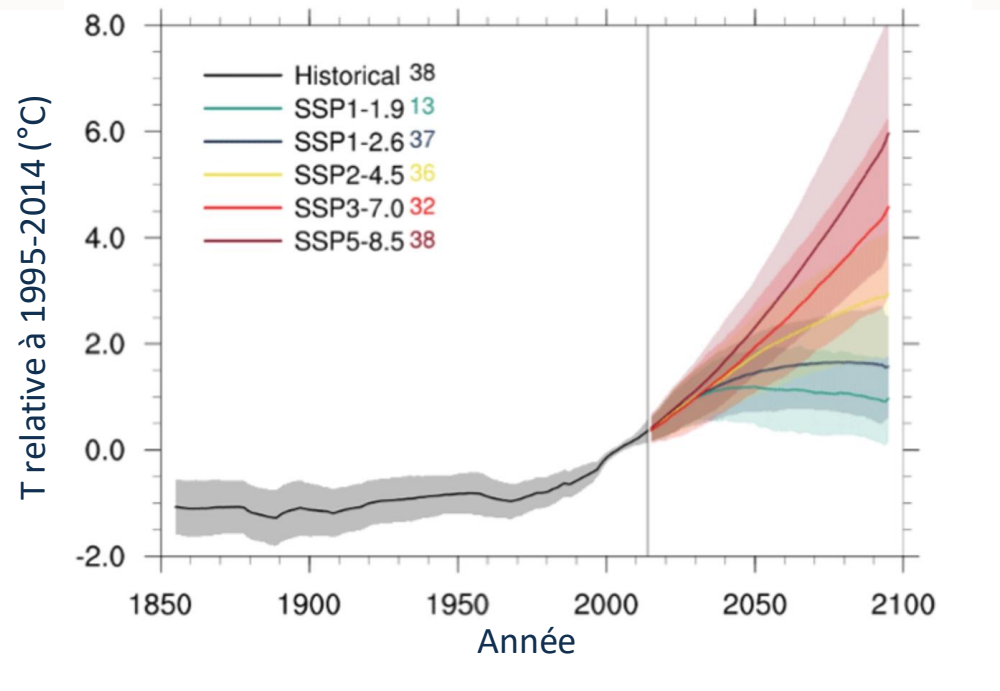
Température de l'air à la surface du globe, relative à la moyenne sur 1995-2014 (IPCC, AR6, C4 2021)



# ... Impacté par des facteurs variables

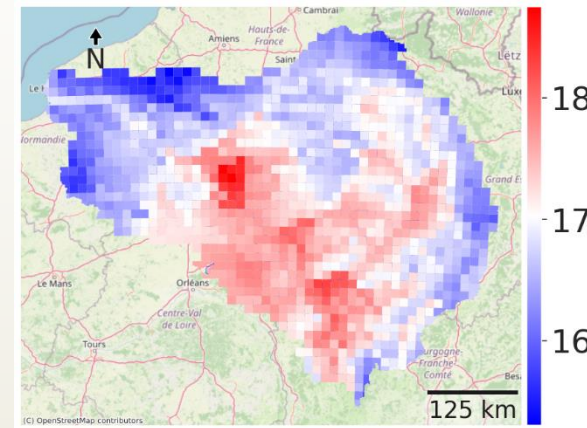
## Dans le temps

Température de l'air à la surface du globe, relative à la moyenne sur 1995-2014 (IPCC, AR6, C4 2021)

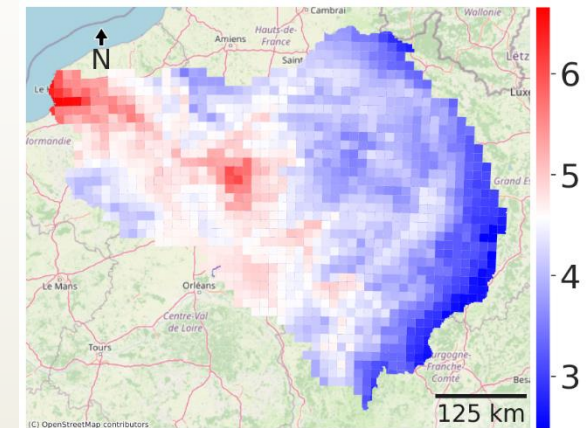


## Dans l'espace

Température moyenne estivale (°C)



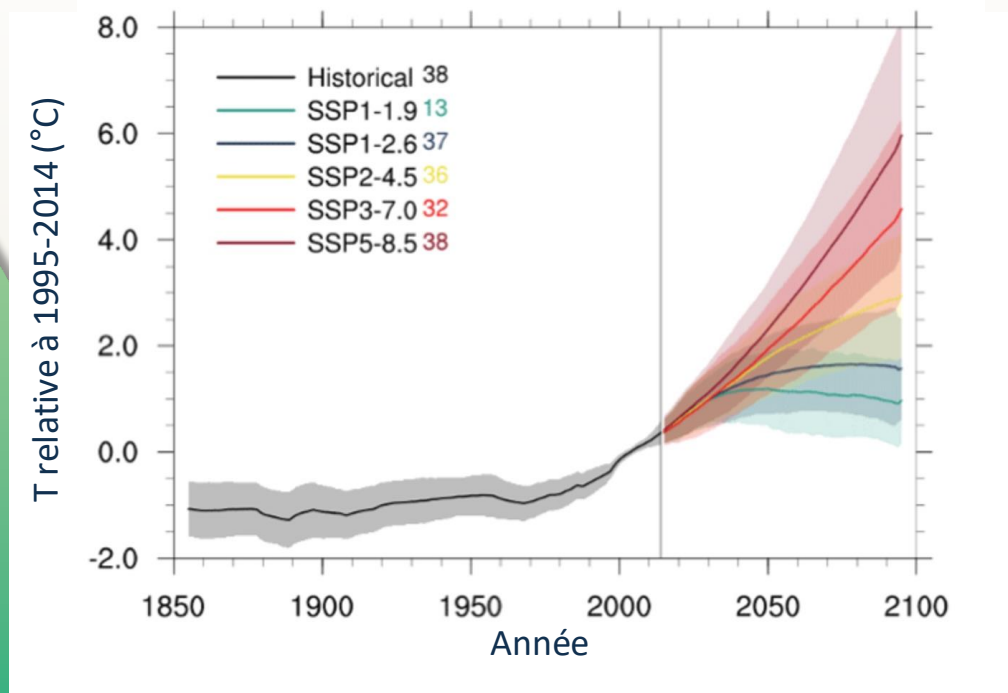
Température moyenne hivernale (°C)



# ... Impacté par des facteurs variables

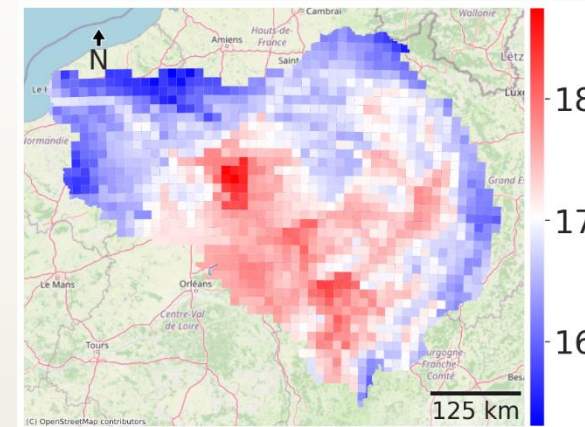
## Dans le temps

Température de l'air à la surface du globe, relative à la moyenne sur 1995-2014 (IPCC, AR6, C4 2021)

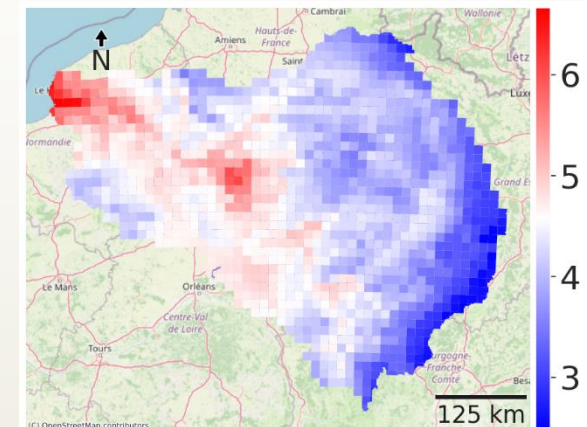


## Dans l'espace

Température moyenne estivale (°C)



Température moyenne hivernale (°C)



Nécessité de caractériser les évolutions long-terme à l'échelle du bassin de la Seine

# Des données pour caractériser les évolutions long-terme

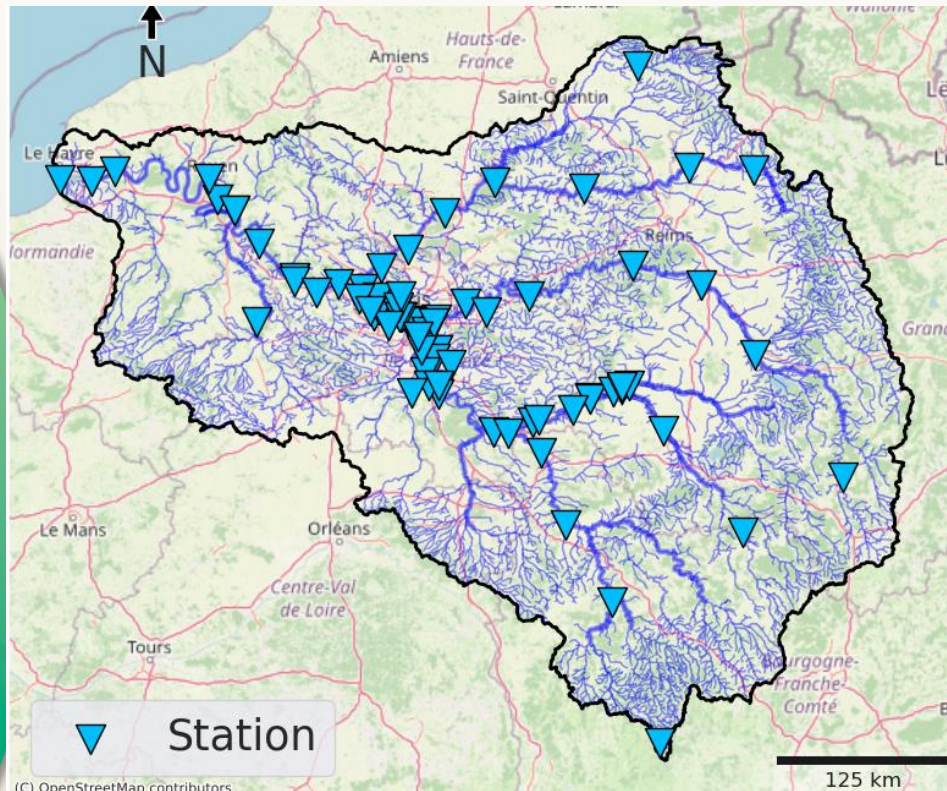
➔ **Besoin de données long-terme avec une large couverture spatiale**

# Des données pour caractériser les évolutions long-terme

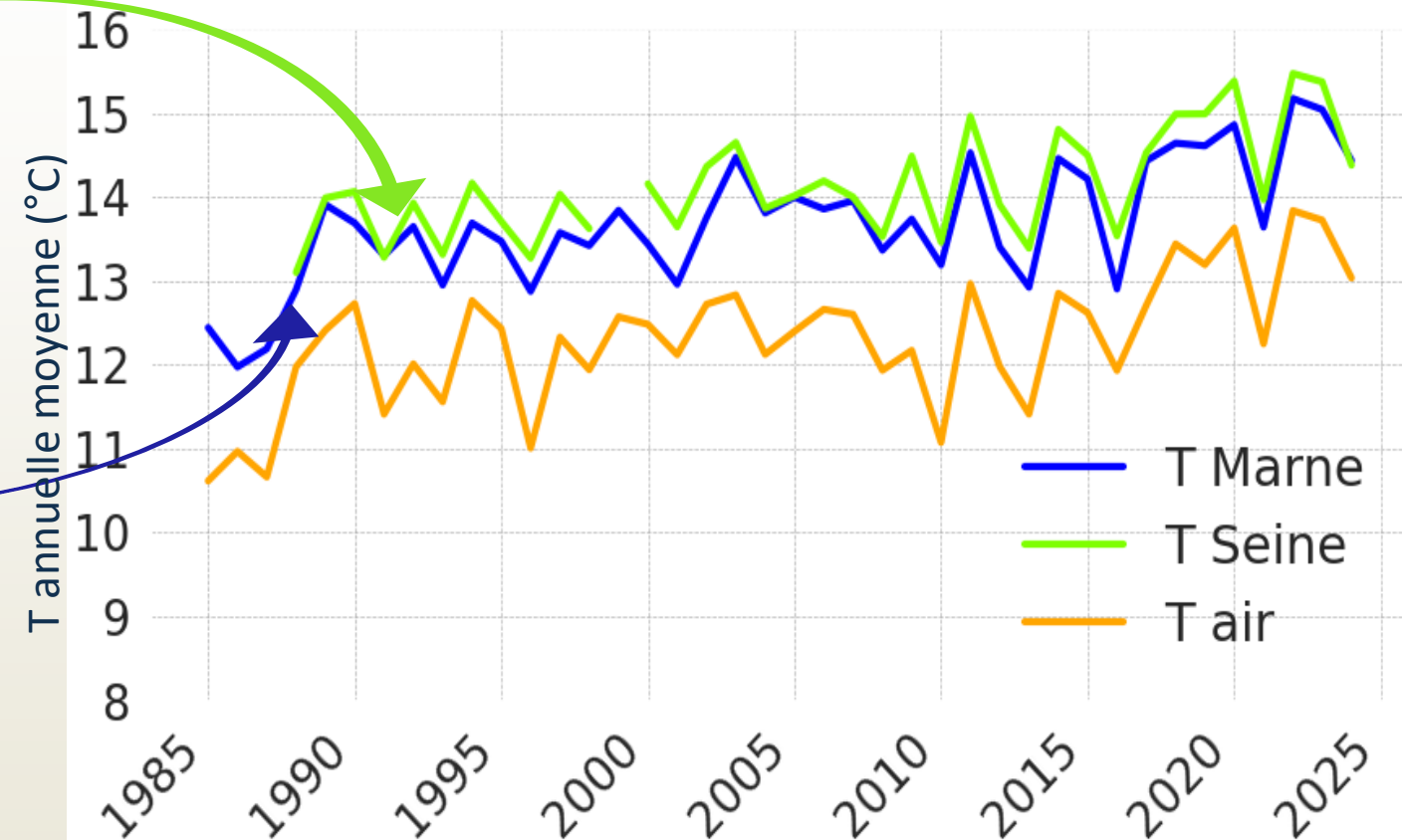
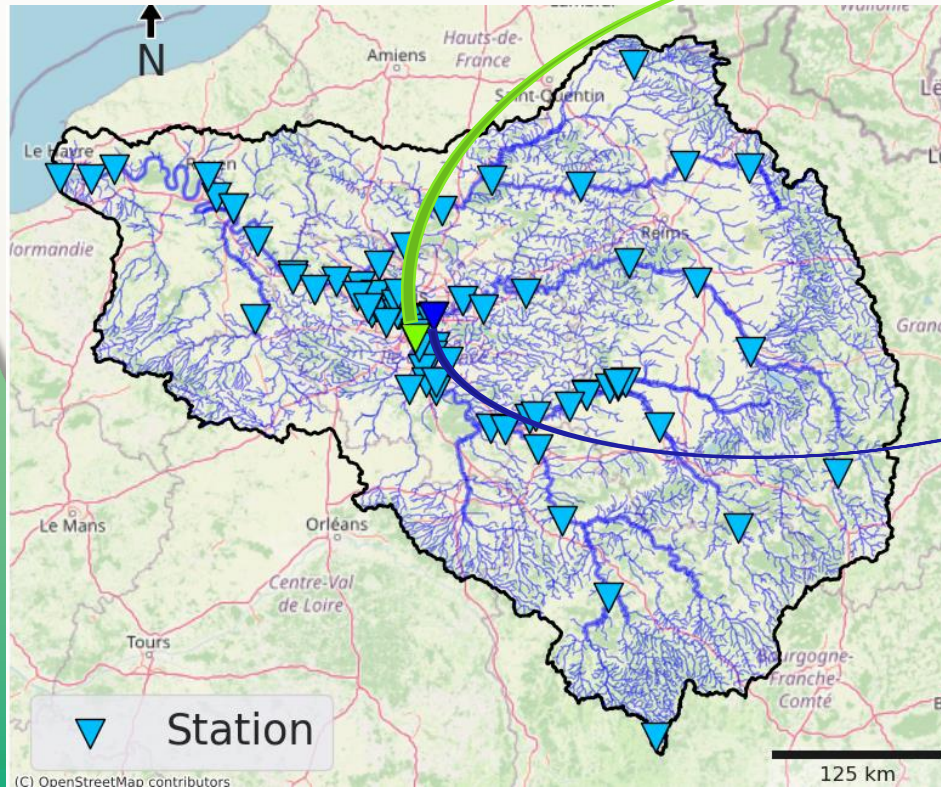
➔ Besoin de données long-terme avec une large couverture spatiale

➔ 16 contributeurs

➔ 80 sites

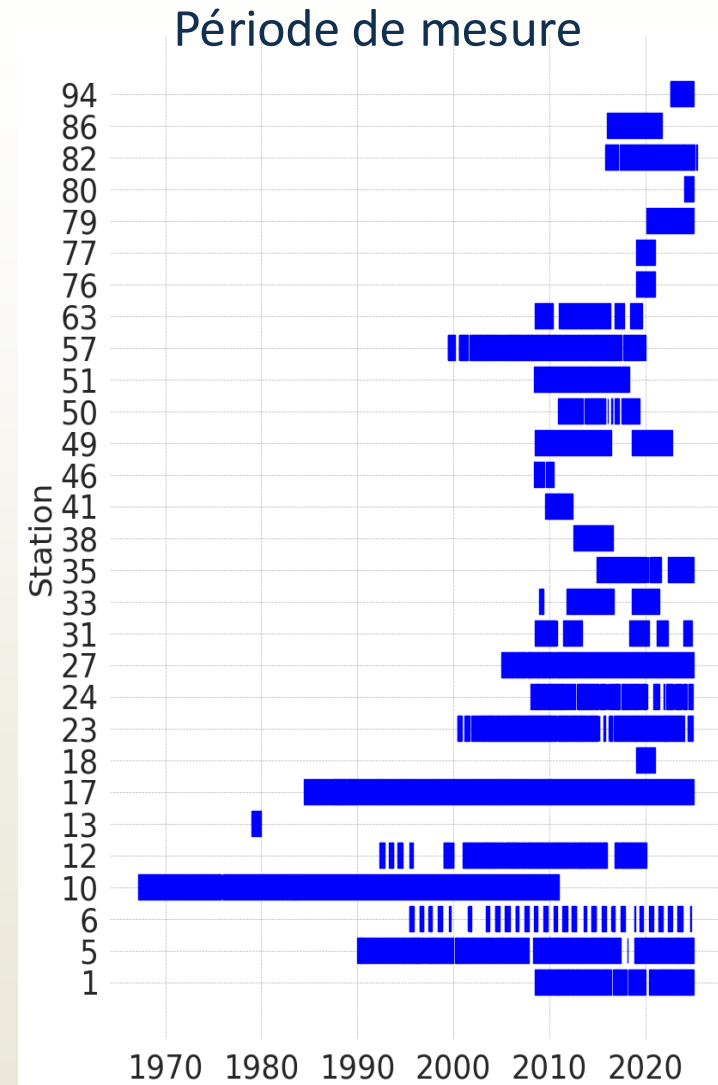
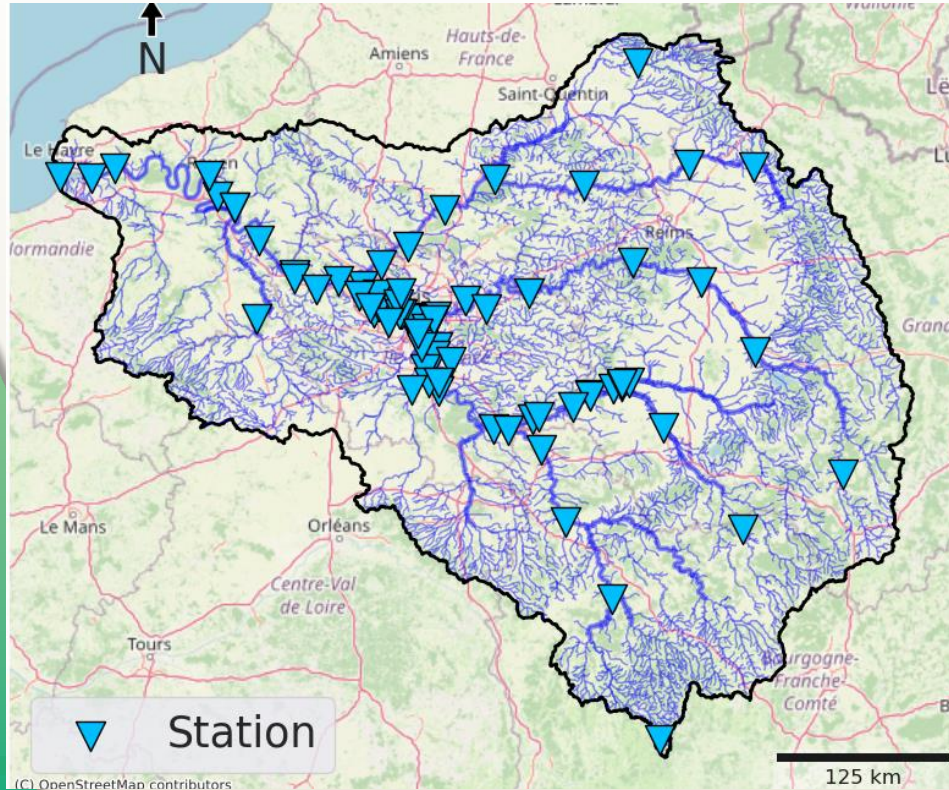


# Etat des lieux des données disponibles



De longues chroniques de données existent

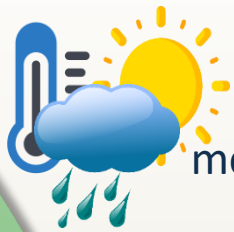
# Etat des lieux des données disponibles



➔ Mais la couverture temporelle des stations est très variable

# Reconstitution de séries journalières à partir d'autres séries mesurées

Classification des stations en fonction de facteurs qui influent sur la  $T_{\text{eau}}$  (méthode K-means)



Conditions météorologiques

e.g. Température moyenne estivale ( $^{\circ}\text{C}$ )

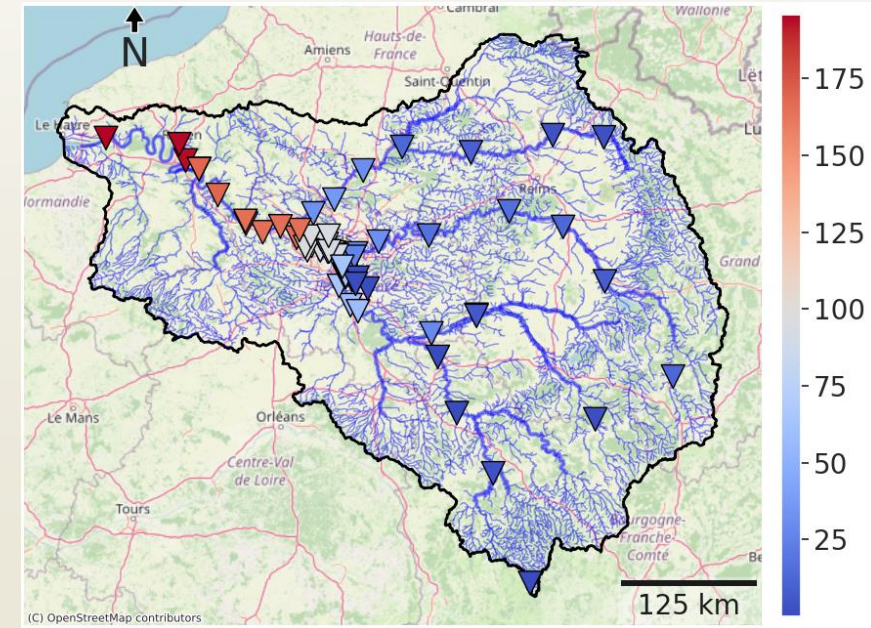
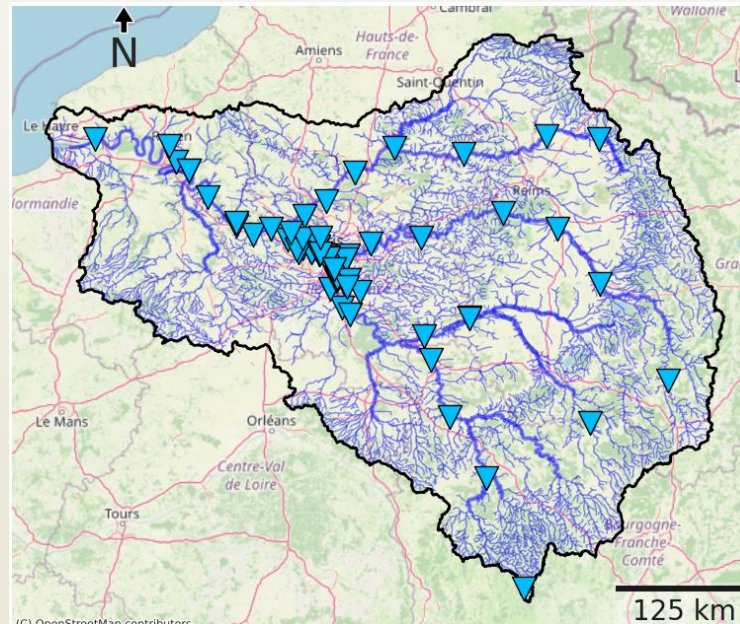
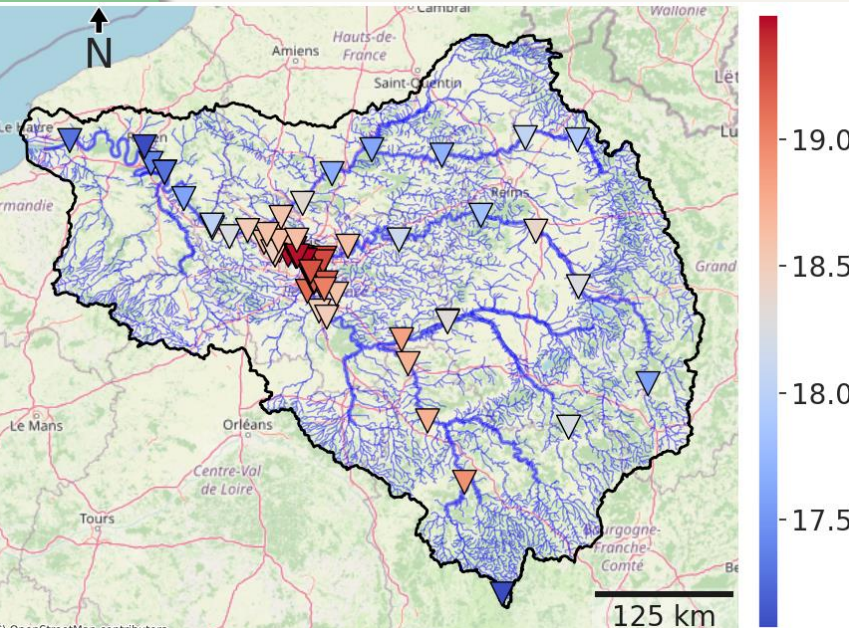


Position géographique

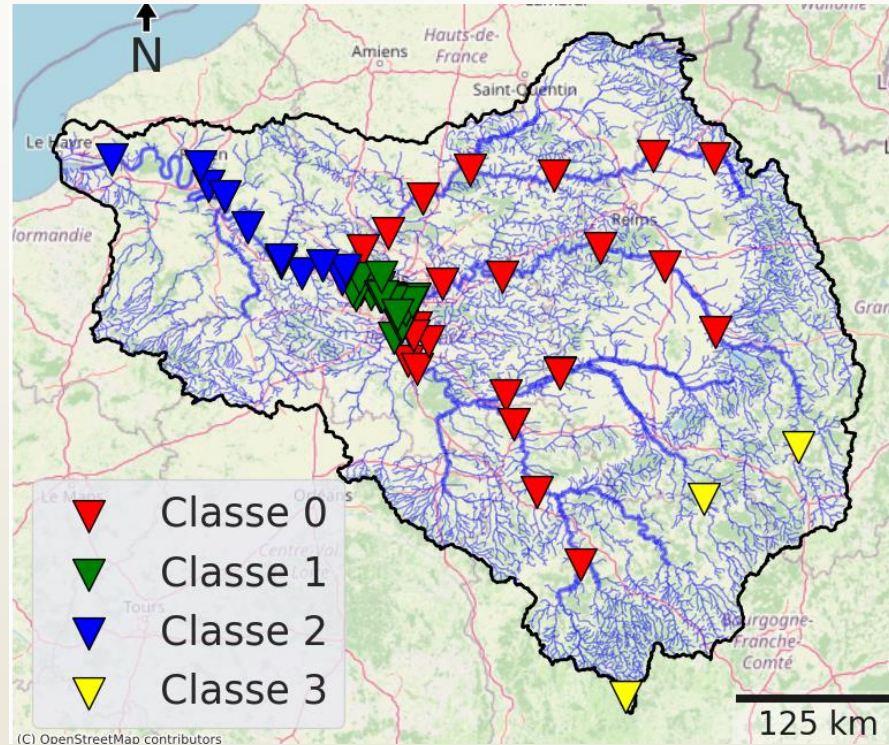


Débit

e.g. Débit étiage ( $Q_{\text{mna5}}$ ,  $\text{m}^3/\text{s}$ )

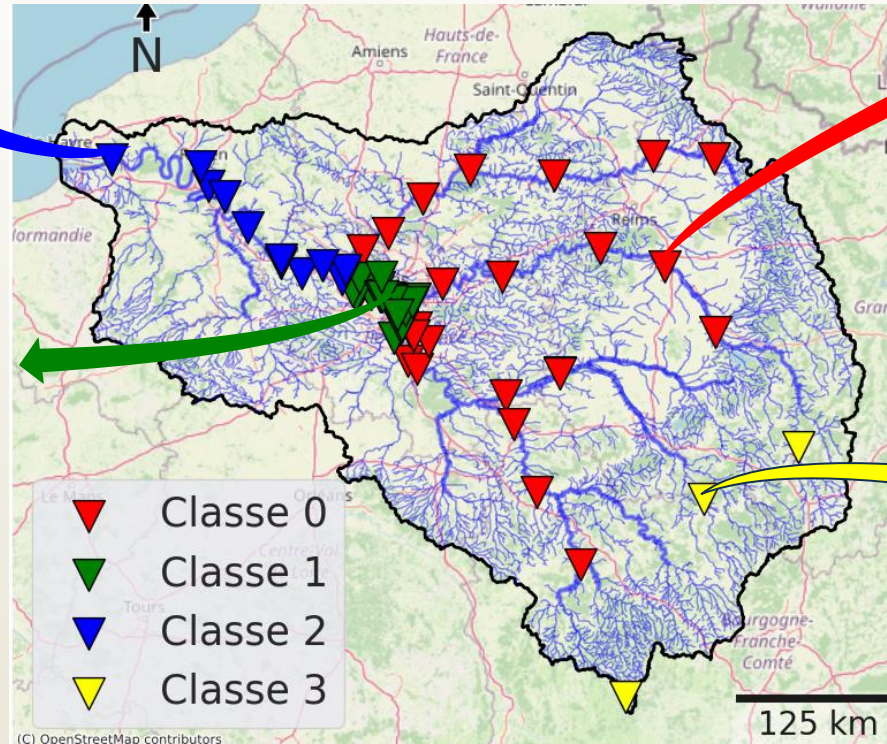
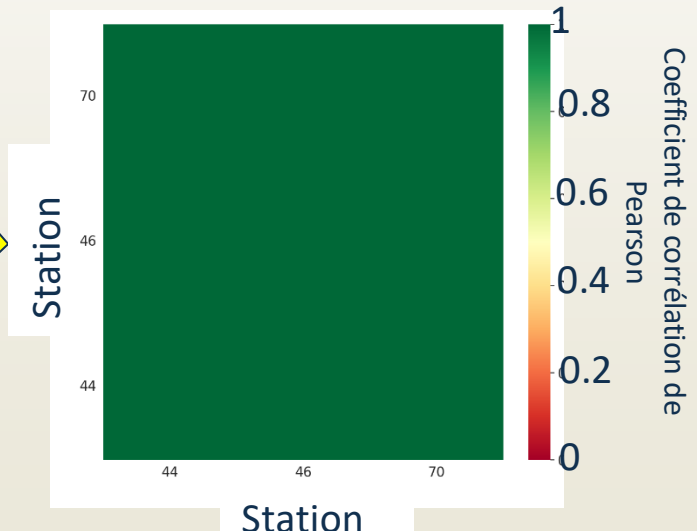
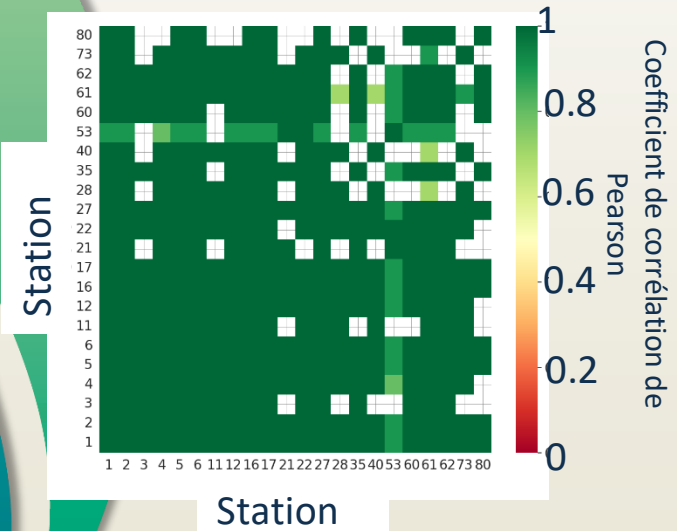
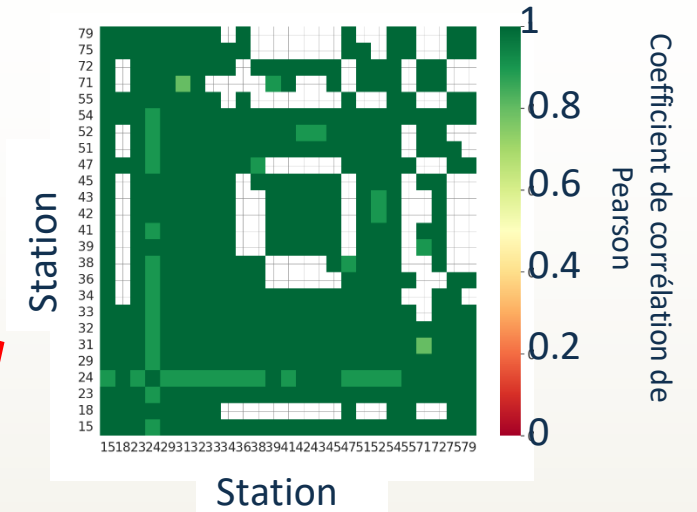
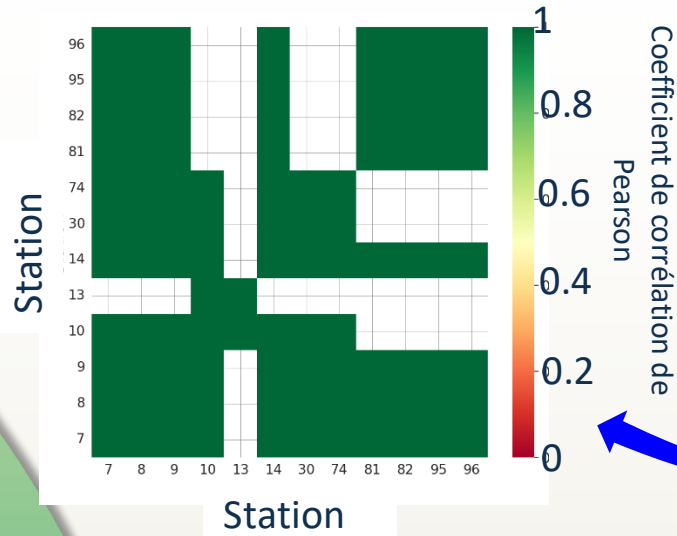


# Reconstitution de séries journalières à partir d'autres séries mesurées



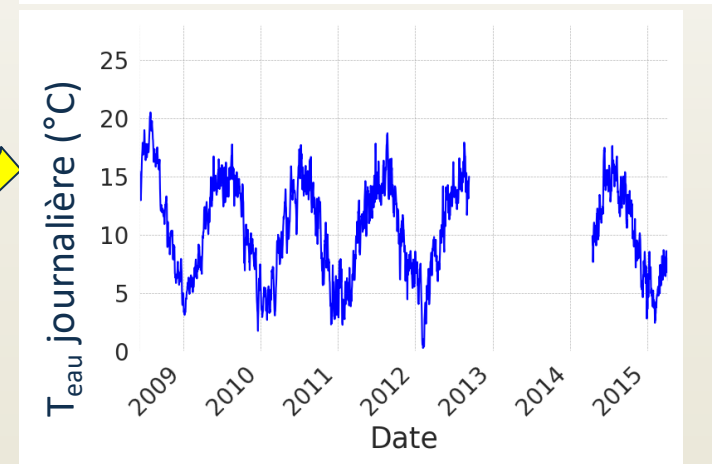
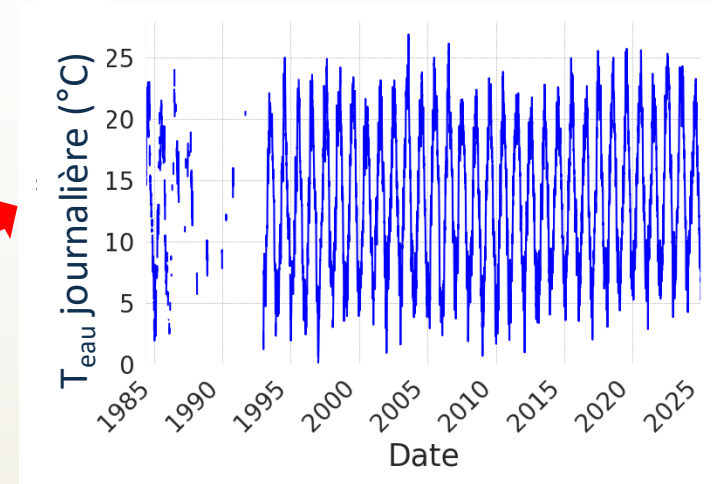
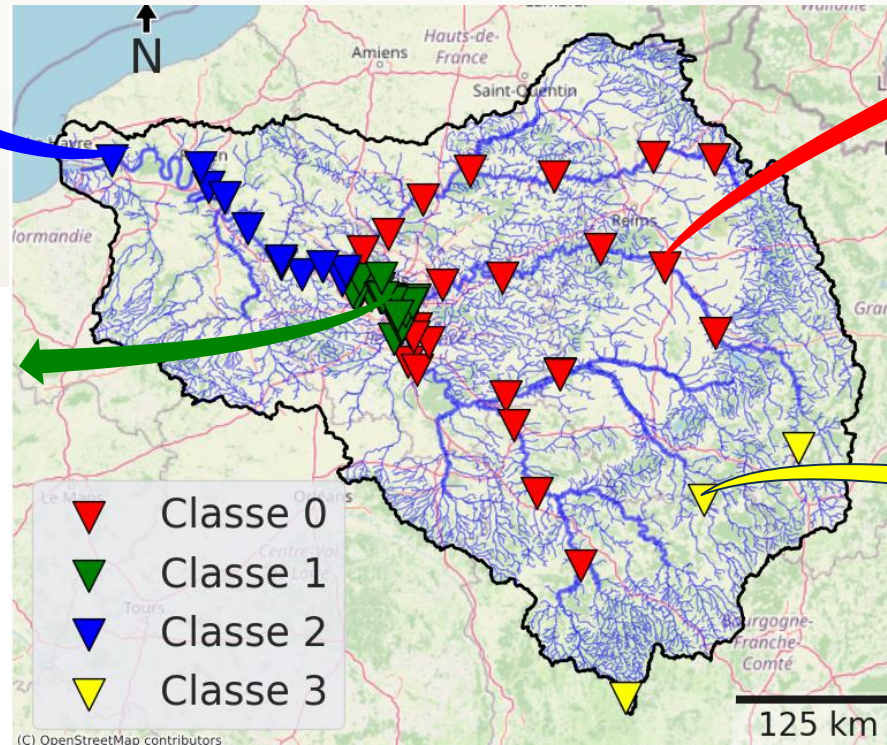
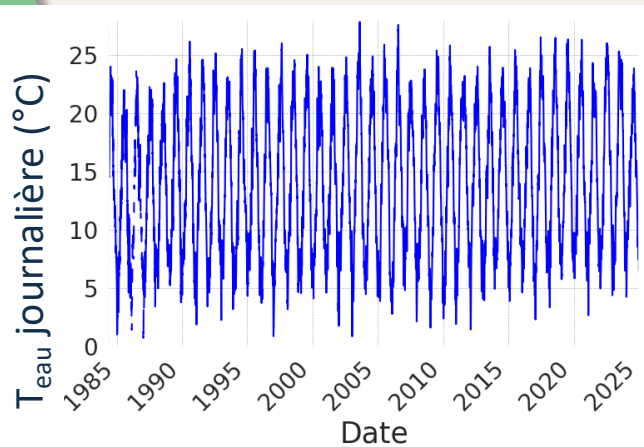
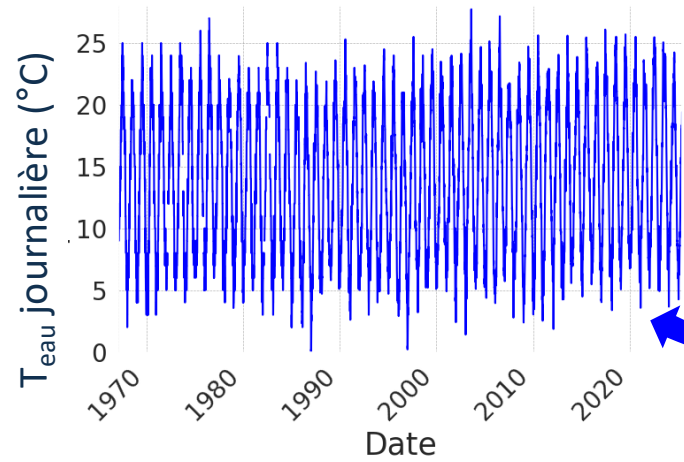
➔ 4 classes obtenues

# Reconstitution de séries journalières à partir d'autres séries mesurées



➡ 4 classes obtenues, validées par analyse de la corrélation des dynamiques de  $T_{\text{eau}}$

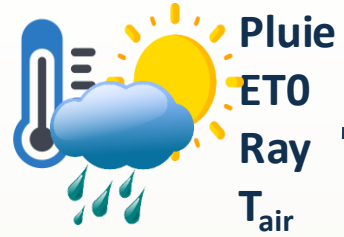
# Estimation d'un profil moyen par classe de station



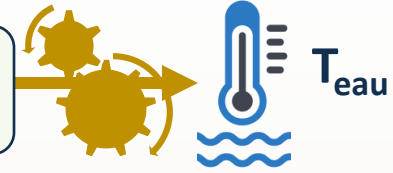
➔ Longues séries obtenues en tirant parti de l'ensemble de stations pour chaque classe  
Application possible de modèles statistiques

# Compléter les séries de données par modélisation LSTM

Données SAFRAN



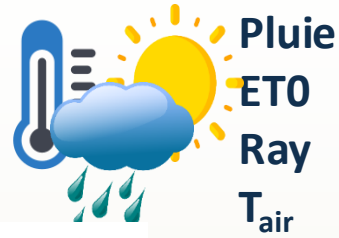
Modèle statistique



Ajustement par comparaison  
avec données mesurées

# Compléter les séries de données par modélisation LSTM

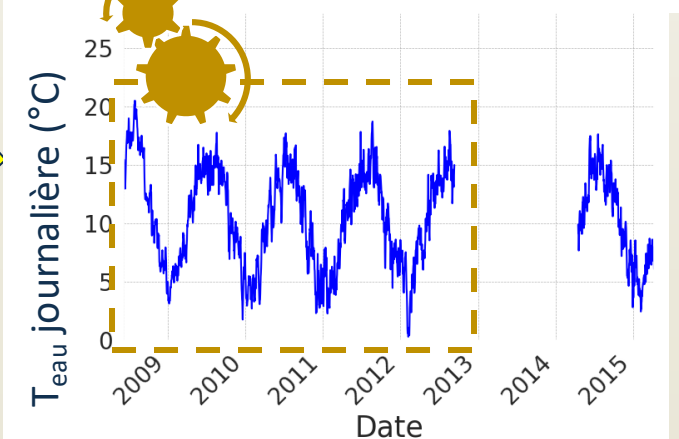
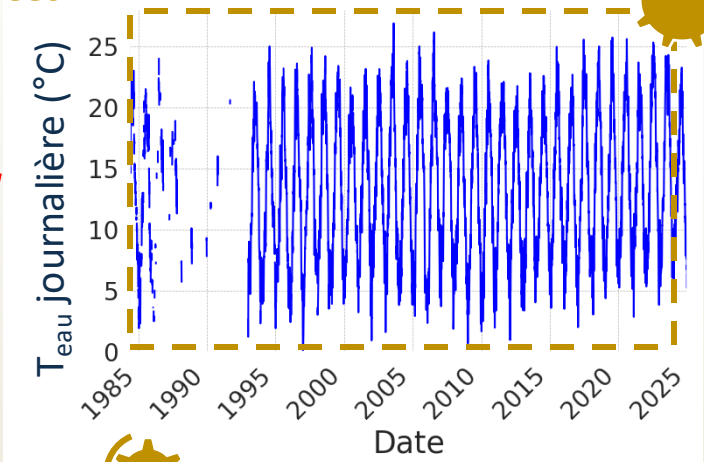
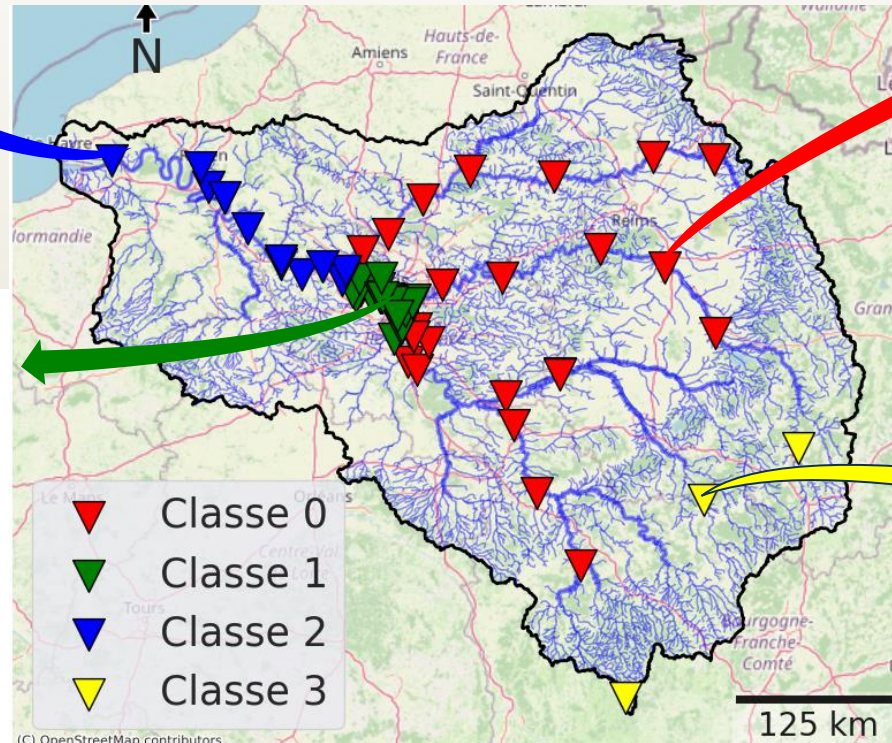
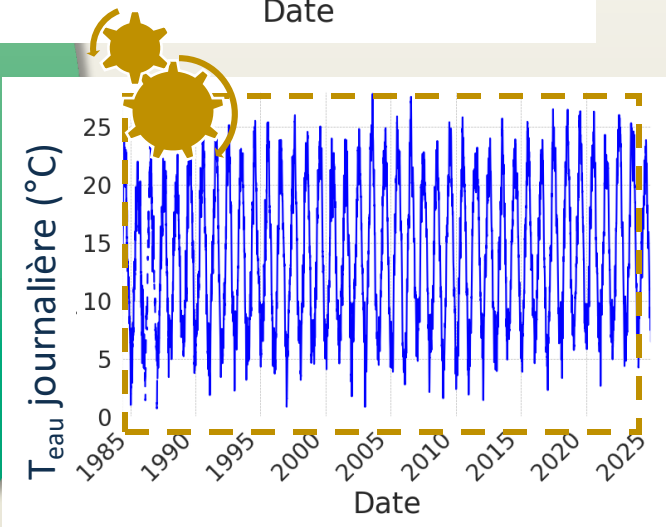
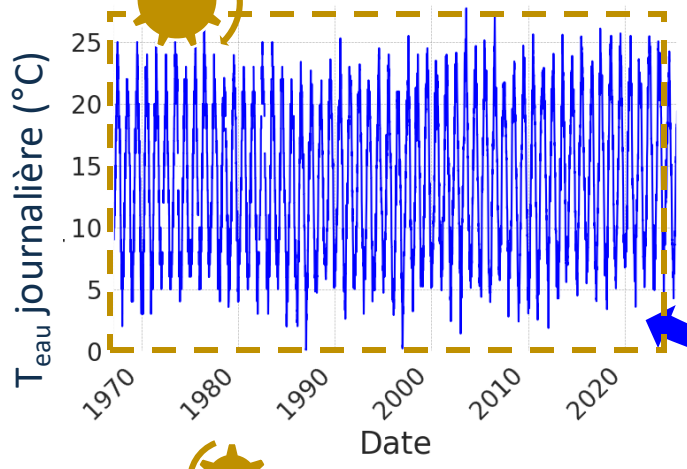
Données SAFRAN



Long short-term memory (LSTM)

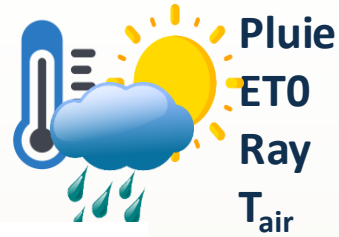


Ajustement par comparaison avec données mesurées



# Compléter les séries de données par modélisation LSTM

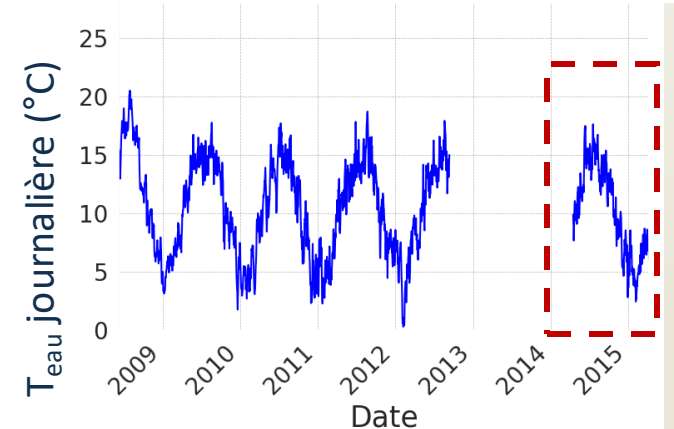
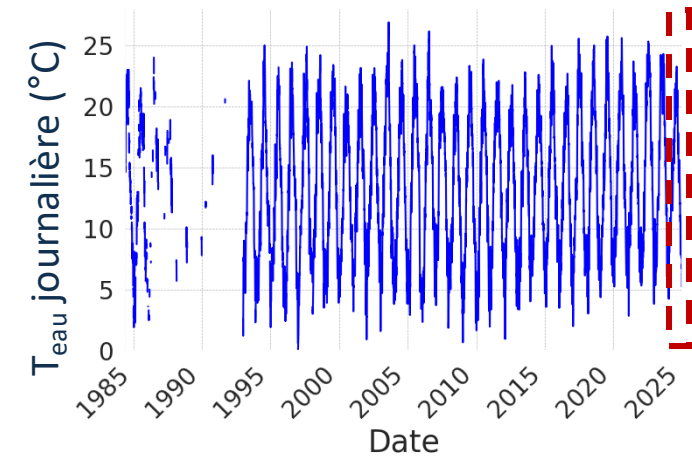
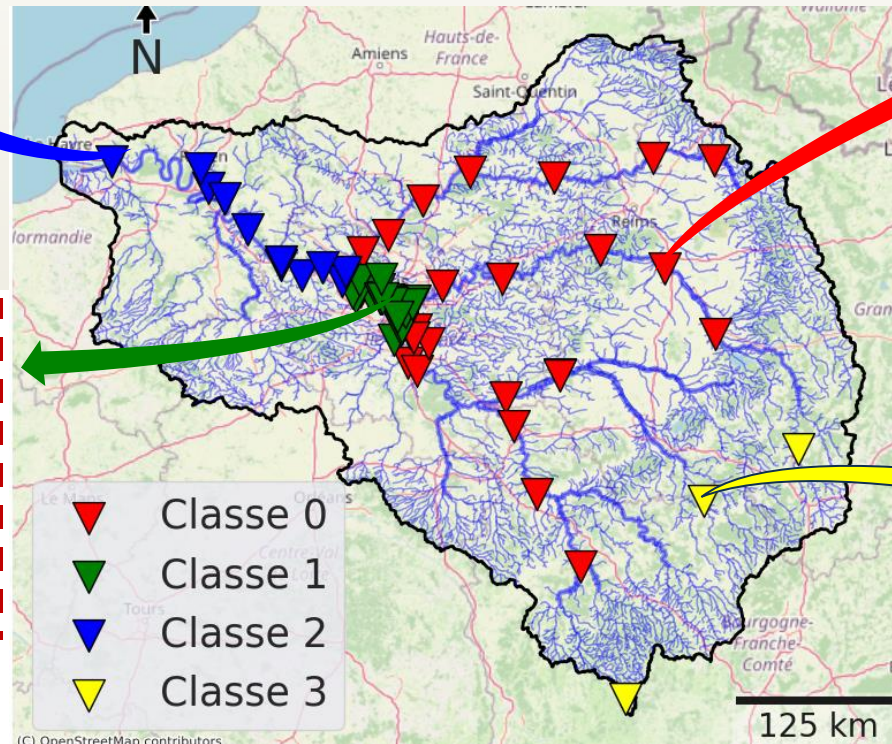
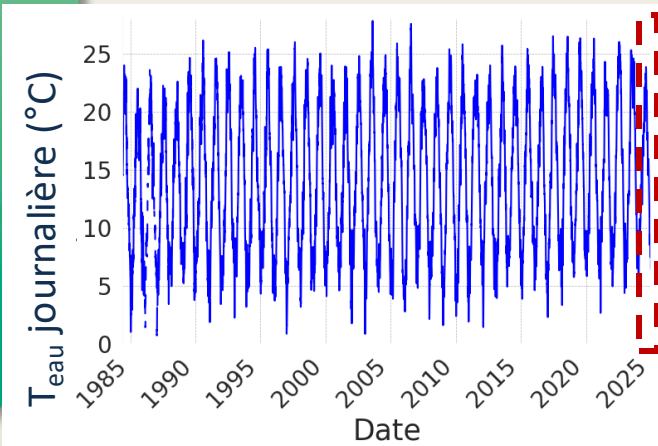
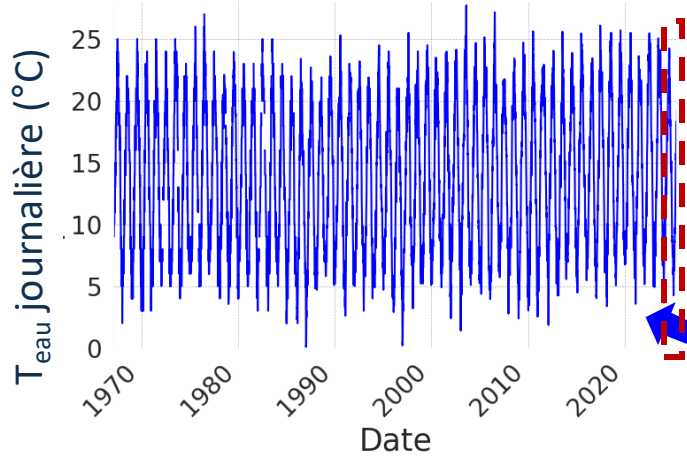
Données SAFRAN



Long short-term  
memory (LSTM)



Validation sur des données hors  
période d'ajustement



# Compléter les séries de données par modélisation LSTM

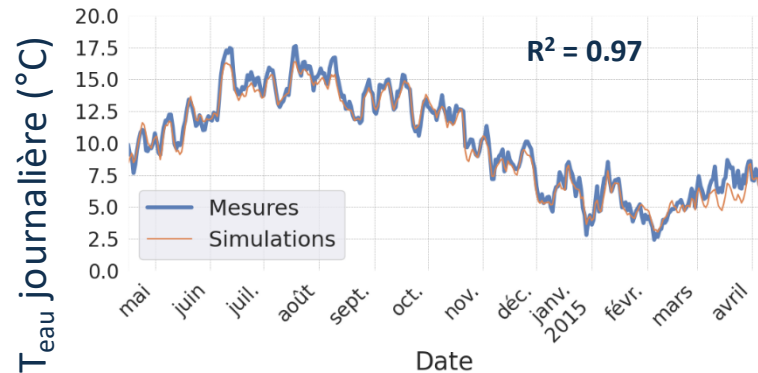
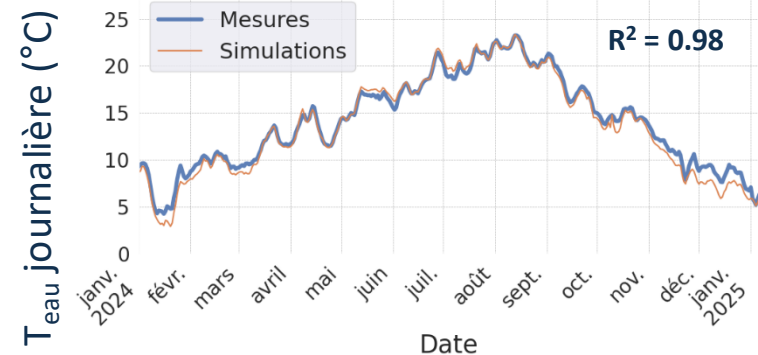
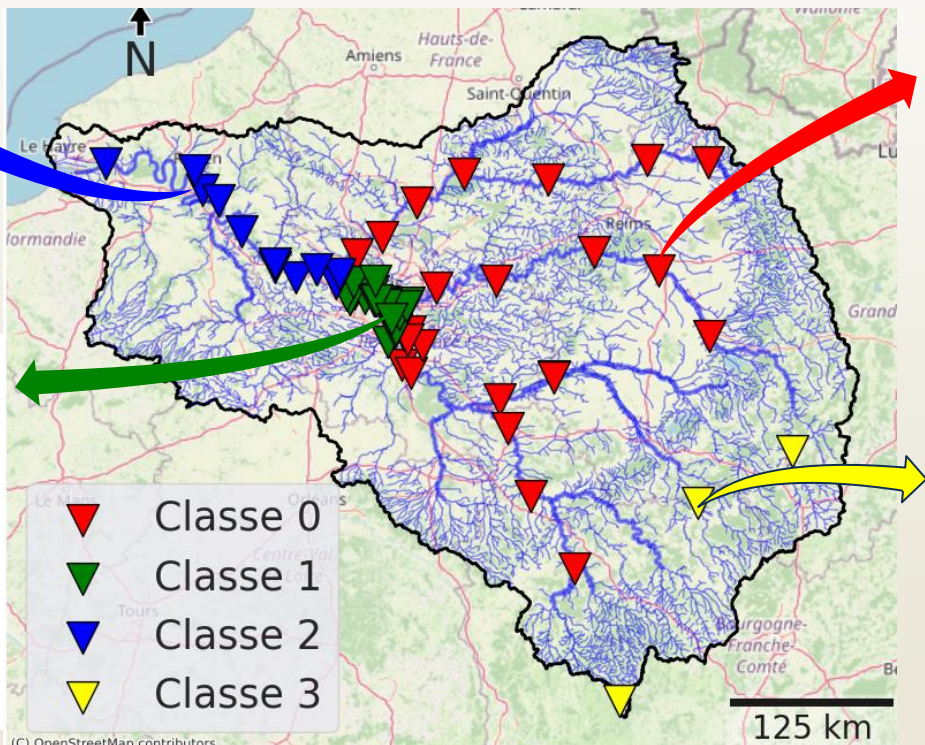
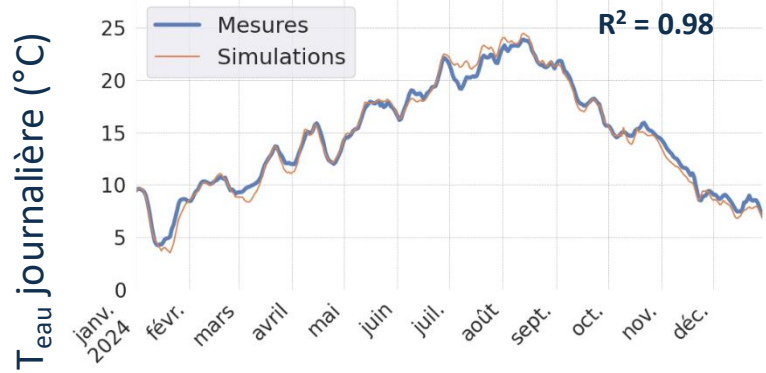
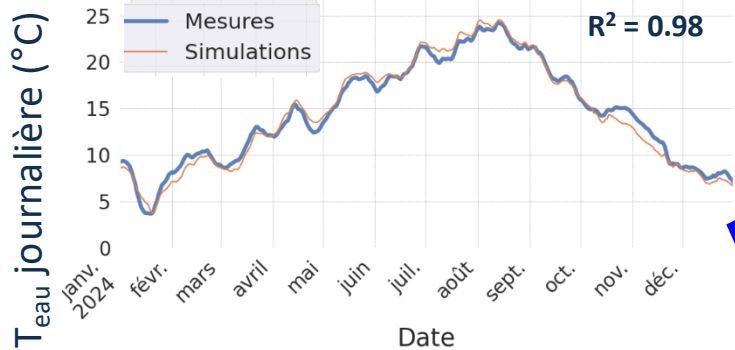
Données SAFRAN



Long short-term memory (LSTM)

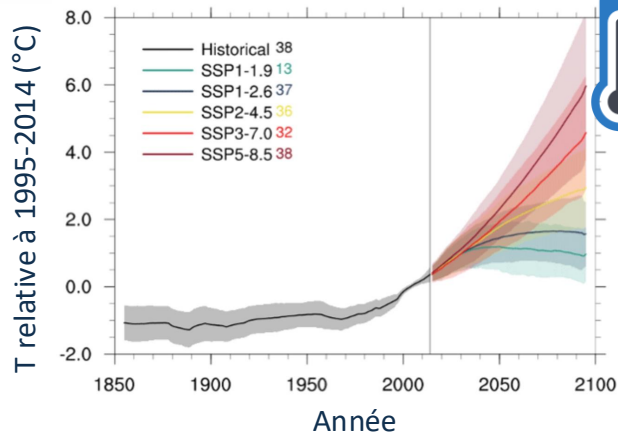


Validation sur des données hors période d'ajustement

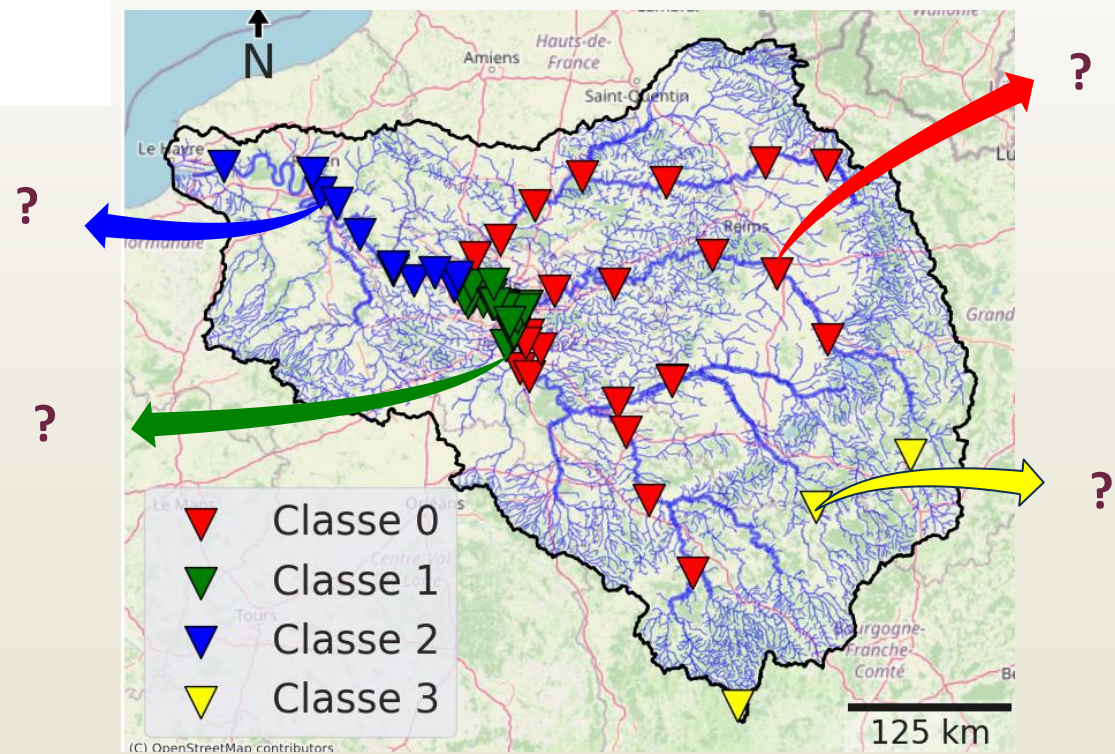


➡ Modèles LSTM performants pour simuler les dynamiques journalières de T<sub>eau</sub>

# Compléter les séries de données par modélisation LSTM



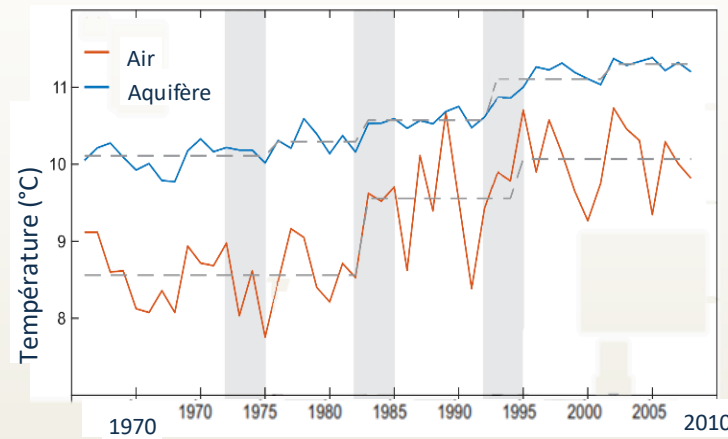
Long short-term memory (LSTM)



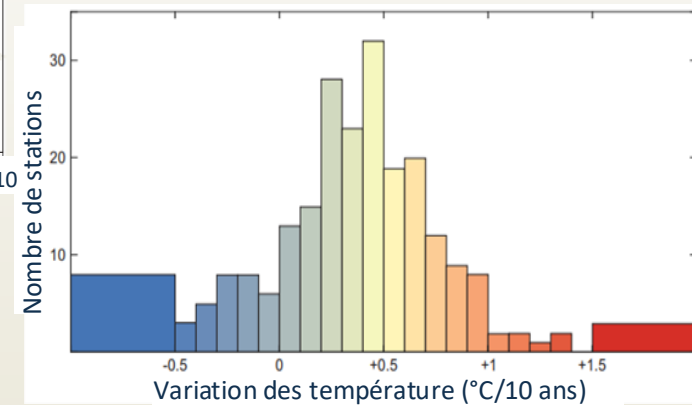
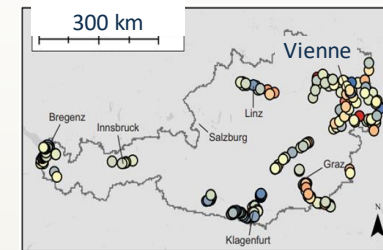
➡ Simulation possible des  $T_{\text{eau}}$  journalières passées et futures

# Et la température du souterrain ?

- Les échanges nappe-rivière **impactent les températures des eaux souterraines**
- Les conditions météorologiques également



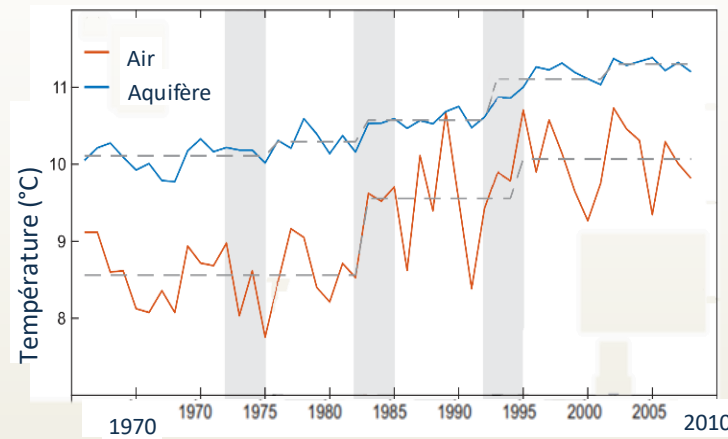
Evolution de la température des aquifères en Autriche  
(Benz et al., 2018)



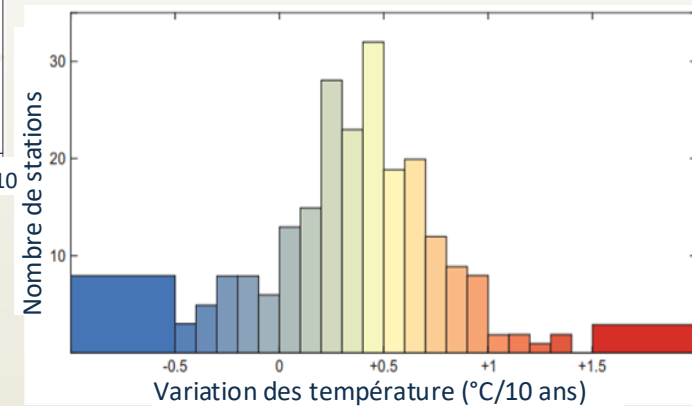
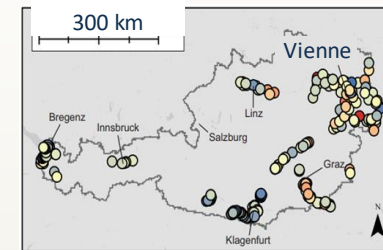
- Les activités humaines, urbanisation, usages de l'eau, usages thermiques

# Et la température du souterrain ?

- Les échanges nappe-rivière **impactent les températures des eaux souterraines**
- Les conditions météorologiques également



Evolution de la température des aquifères en Autriche  
(Benz et al., 2018)



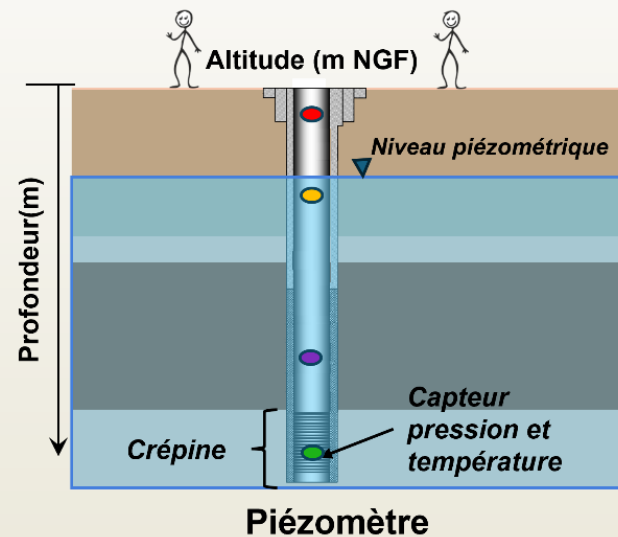
- Les activités humaines, urbanisation, usages de l'eau, usages thermiques

➔ **Manque d'une base de données dédiée à la température de l'eau souterraine (+ usages)**

# Et la température du souterrain ?

**Des mesures existent !**

- Une diversité d'acteurs (de l'eau, de l'énergie, de l'aménagement du territoire) disposent de données de niveaux piézométriques et de températures, et d'usages du sous-sol

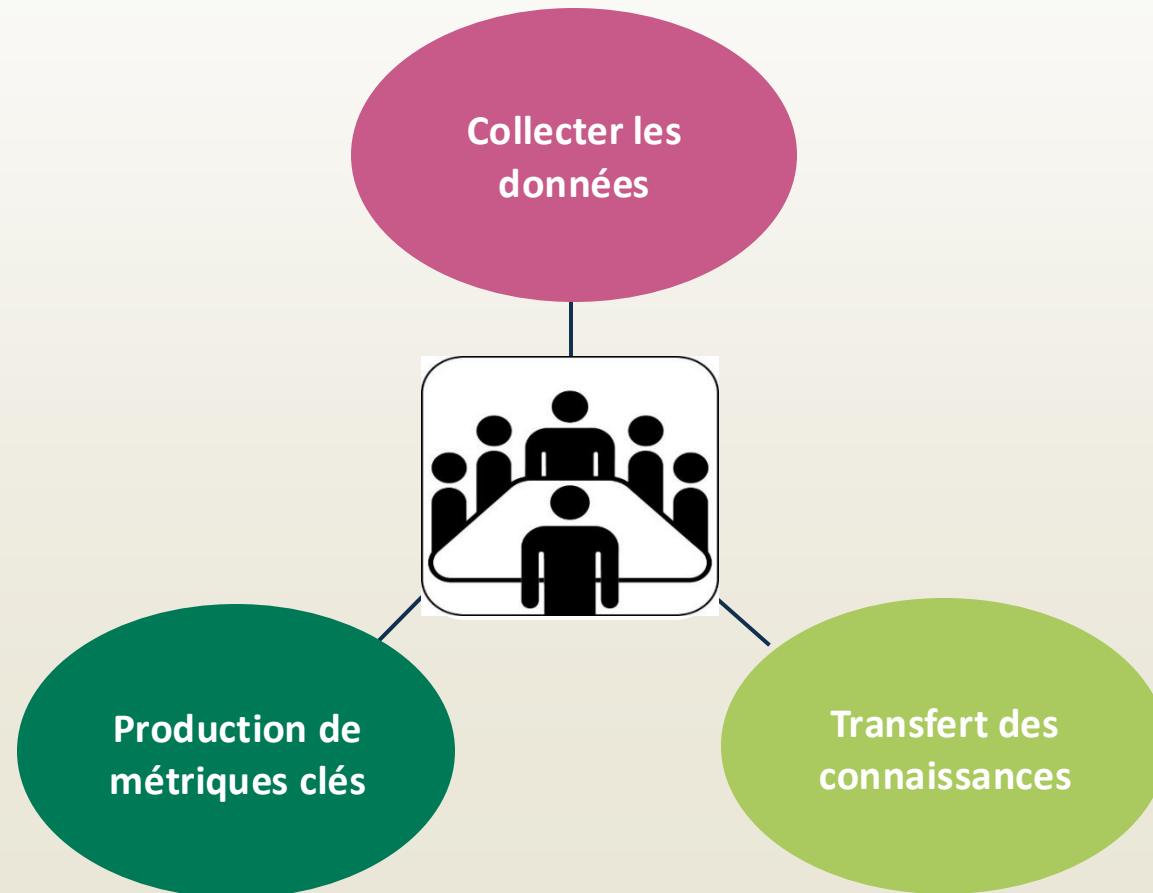


➔ **Nécessité de bancariser ces données**

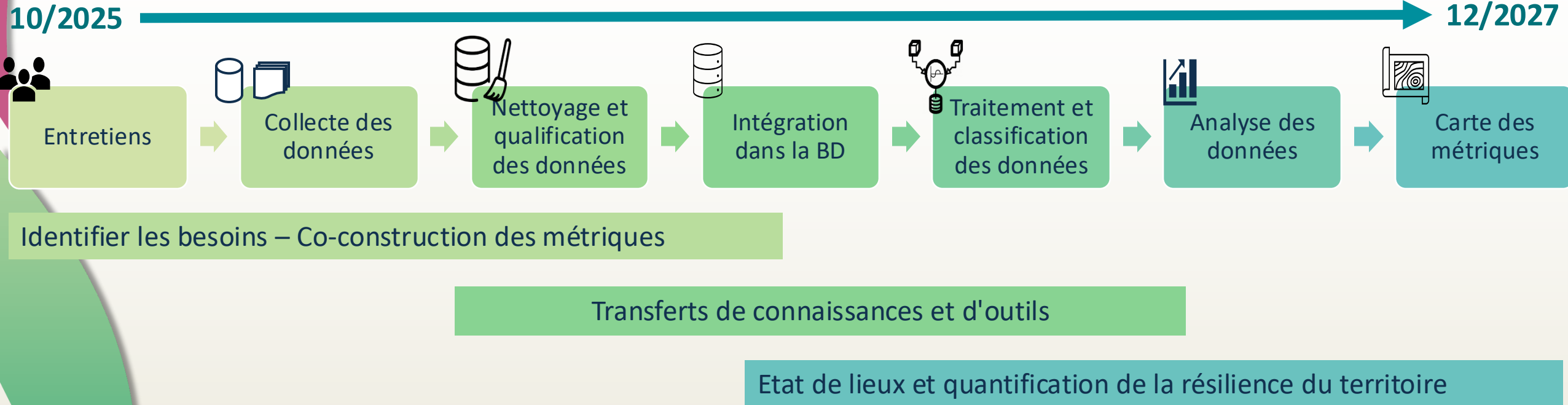
# Projet AquaThermie, une collaboration entre acteurs opérationnels et chercheurs

➔ **Fédérer les acteurs de l'eau et de l'énergie autour d'un objectif commun :**

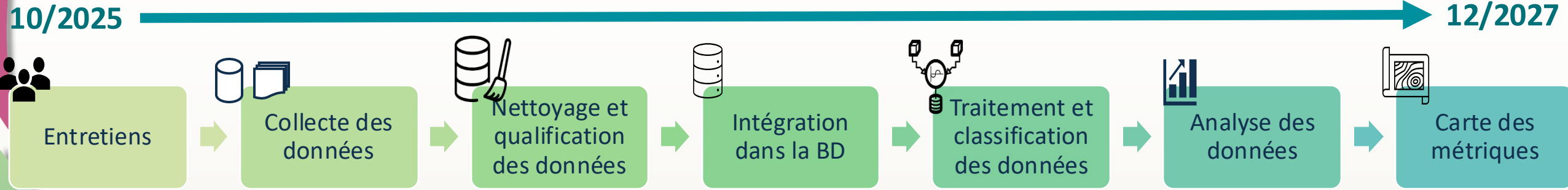
Constituer une base de données et comprendre les évolutions long-terme des températures à l'échelle du bassin de la Seine



# Démarche générale du projet

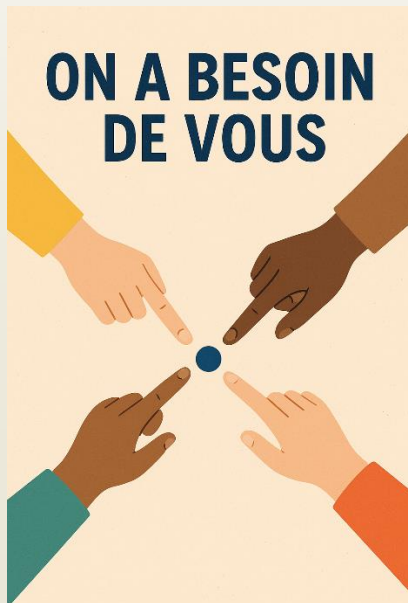


# Démarche générale du projet



Identifier les besoins – Co-construction des métriques

Transferts de connaissances et d'outils



Etat de lieux et quantification de la résilience du territoire

Réunion d'information prévue en janvier !



Merci pour votre attention !