

Le projet Aqui-FR:

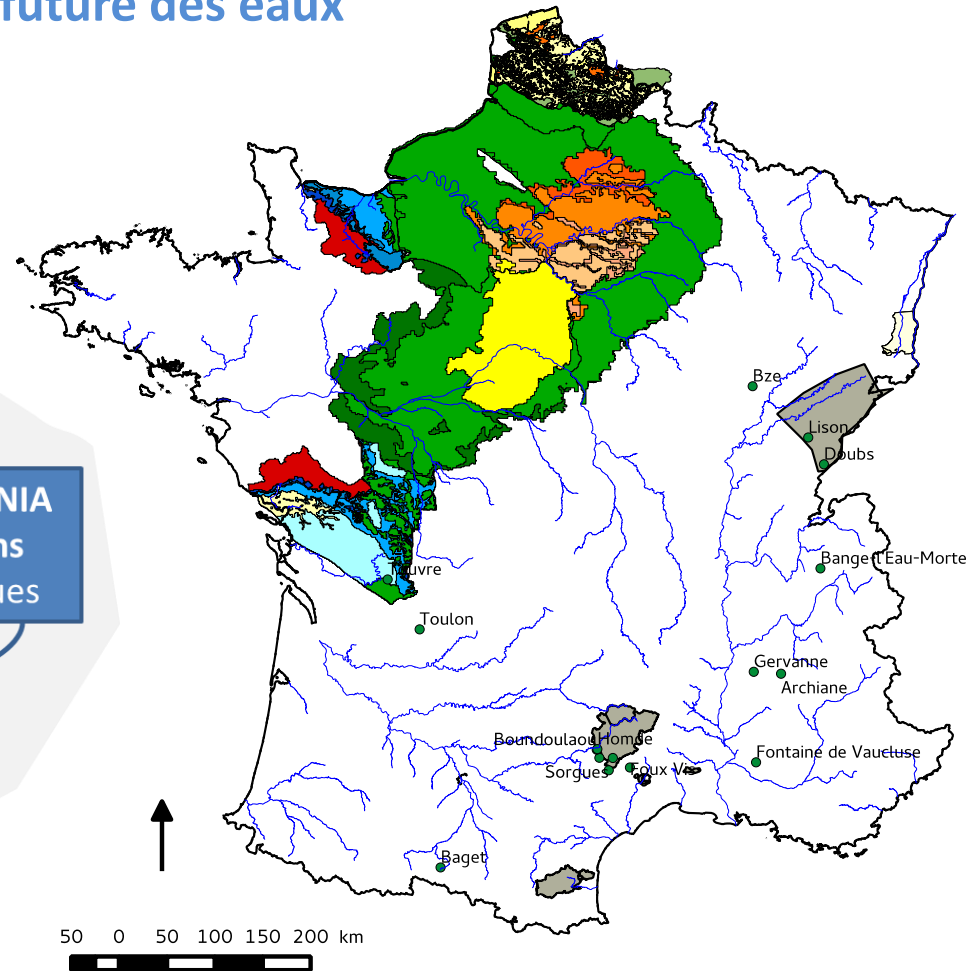
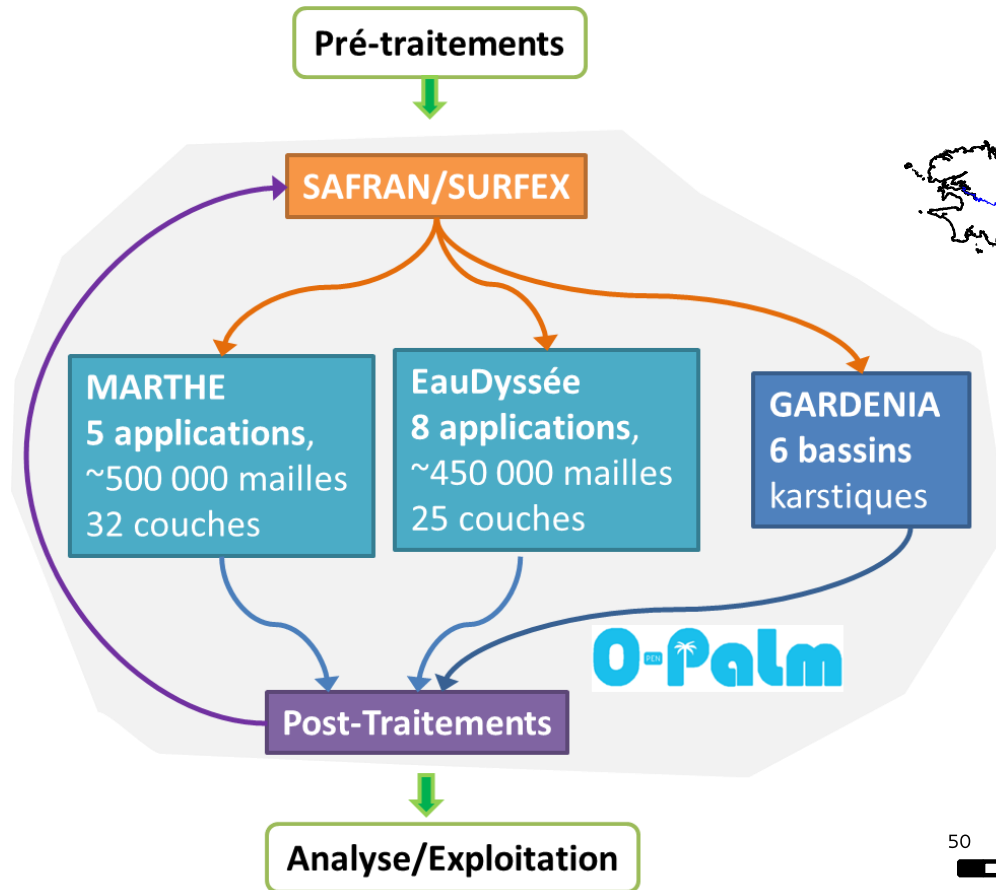
Un outil pour améliorer nos connaissances sur
l'évolution passée, présente et future des eaux
souterraines en France

F. Habets (Métis), N. Amraoui, Y. Caballero, D. Thiéry, J-P. Vergnes (BRGM), T. Morel (Cerfacs), P. Le Moigne, **N. Roux** (CNRM), Quentin Courtois, J-R. De Dreuzy, L. Longuevergne (Géosciences Rennes), P. Ackerer, F. Maina (Lhygès), F. Besson, P. Etchevers, F. Regimbeau (DCSC), N. Gallois, P. Viennot (Mines-Paristech)



Le projet Aqui-FR:

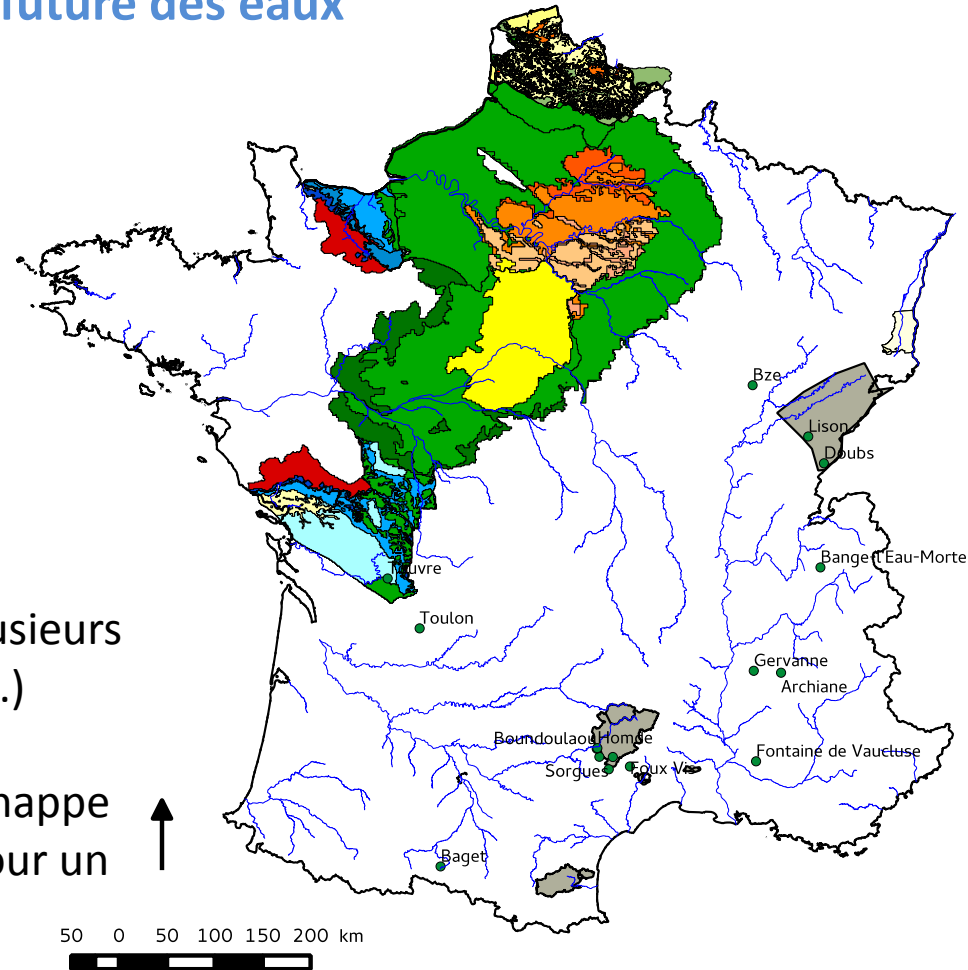
Un outil pour améliorer nos connaissances sur l'évolution passée, présente et future des eaux souterraines en France



Le projet Aqui-FR:

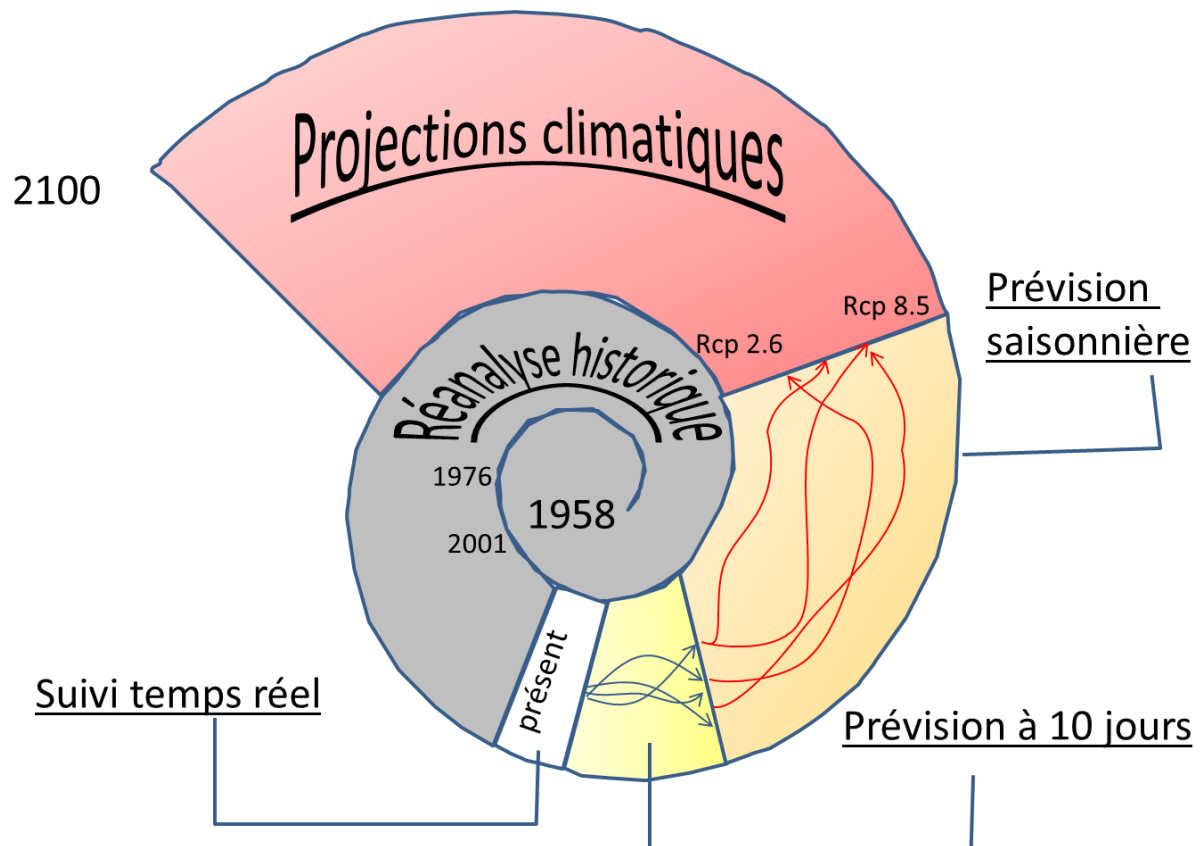
Un outil pour améliorer nos connaissances sur l'évolution passée, présente et future des eaux souterraines en France

- **13** applications distribuées sur des bassins sédimentaires
 - un total de **57** couches aquifères/aquitards/aquicludes,
 - environ **950 000** mailles
 - Quelques aquifères reproduits par plusieurs modèles (Somme, Basse-Normandie...)
- **20** systèmes karstiques
- Plus de **16000** points de prélèvements en nappe (rassemblé sur des mailles différentes), pour un volume de l'ordre de **2.4 Milliard** de m³
- **554** points de contrôle des débits
- **629** points d'observation piézométriques



Le projet Aquif-FR:

Un outil pour améliorer nos connaissances sur l'évolution passée, présente et future des eaux souterraines en France

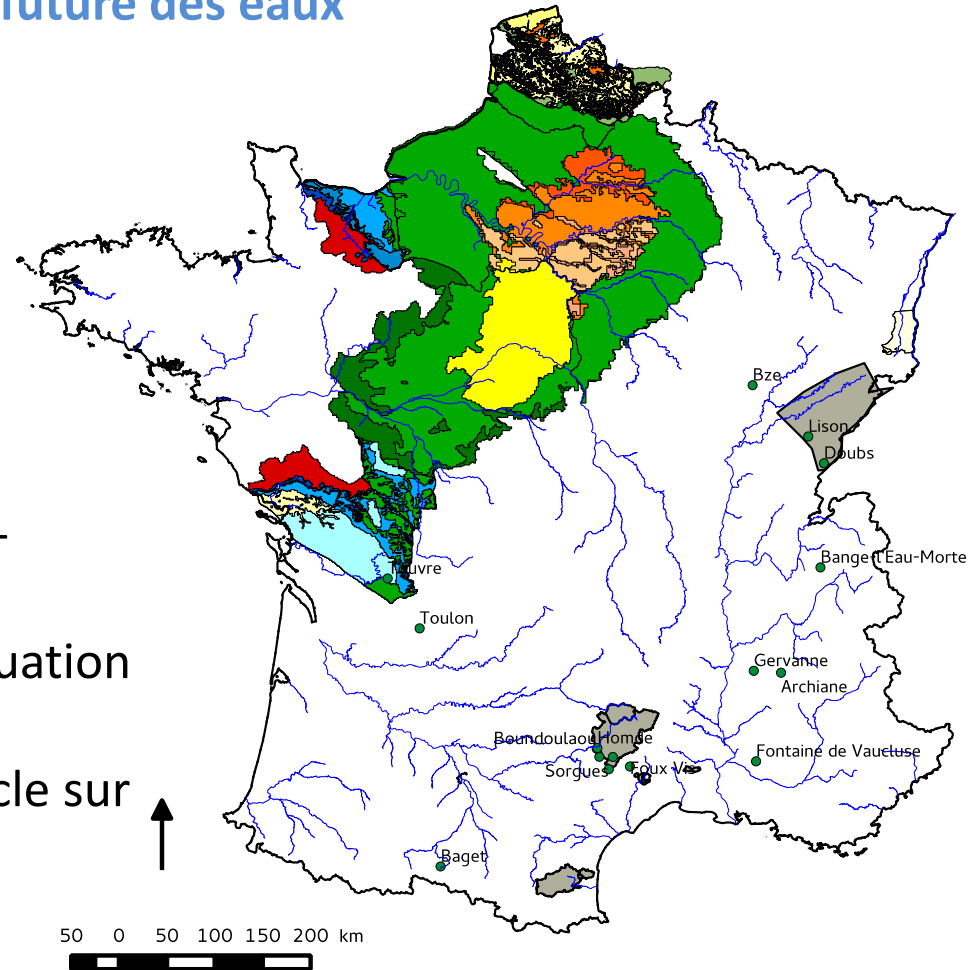


Le projet Aqui-FR:

Un outil pour améliorer nos connaissances sur l'évolution passée, présente et future des eaux souterraines en France

Etudes menées à ce jour

- Recalage des applications hydrogéologiques avec les flux Safran-Surfex
- Réanalyse 1958-2017 en cours d'évaluation
- Projections climatiques RCP 8.5 et réanalyse historique sur le XXème siècle sur la Seine



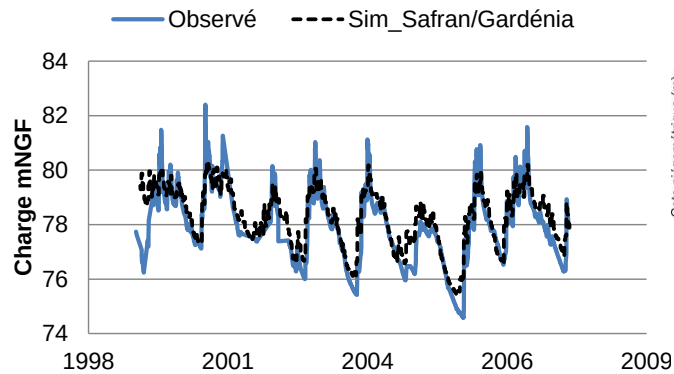
Aqui-FR: Mise en place des applications:

Recalage avec les flux Safran-Surfex

MARTHE

Poitou Charente

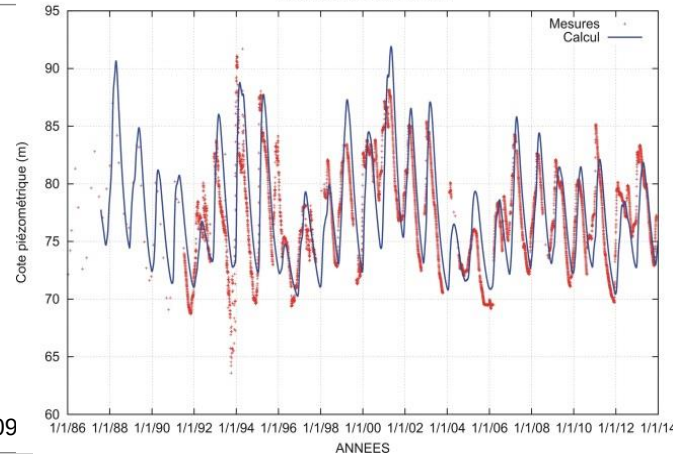
Saint Fraigne (Charente) Jurassique sup



Eau-dyssée

Marne Oise

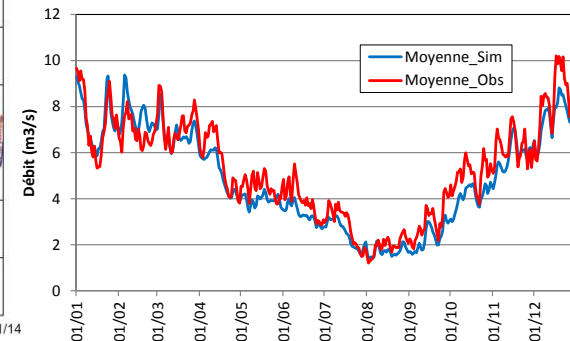
Piézomètre de SAINT ERME



Gardénia

Karst du Lison

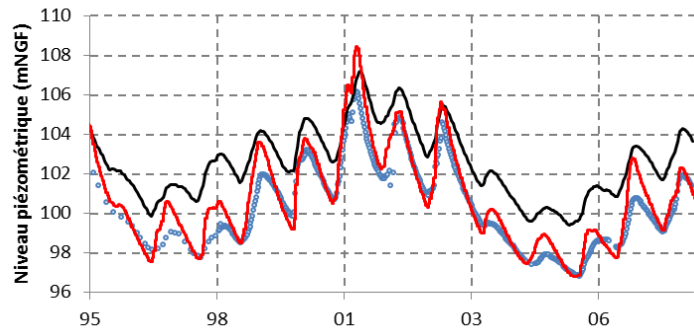
Débit Lison (seul) 1977-2013



Nord Pas de Calais

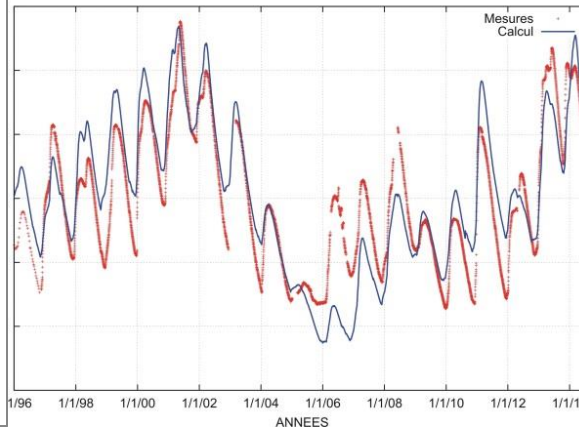
00491X0013/P

[OBS] NPC SURFEX



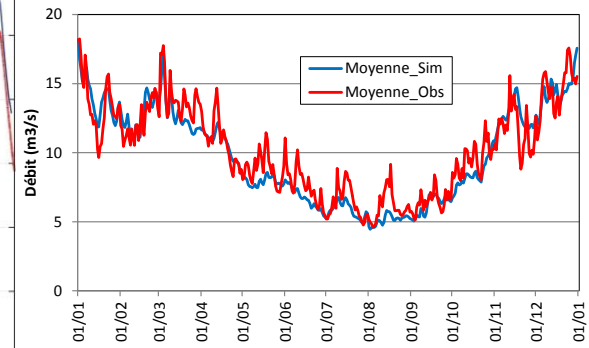
Marne Loing

VAILLY



Karst de la Loue

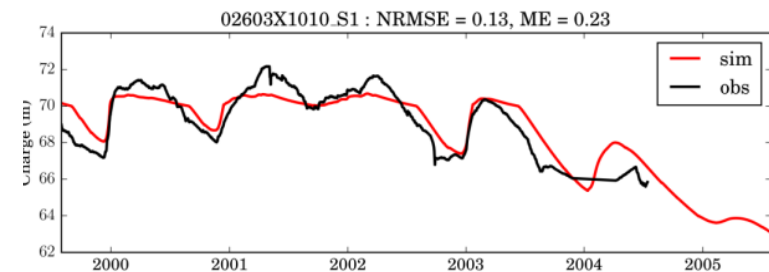
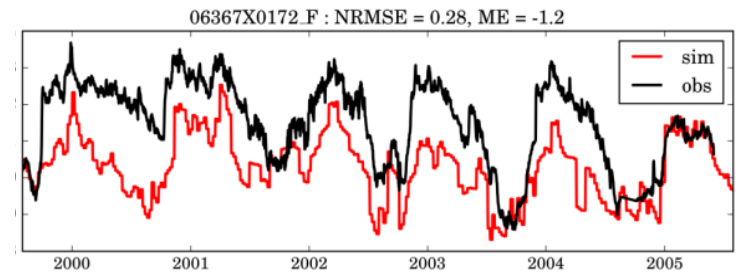
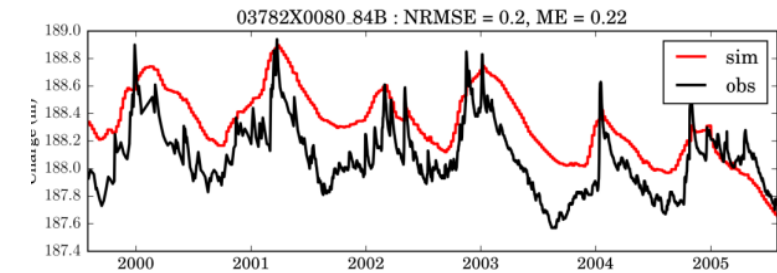
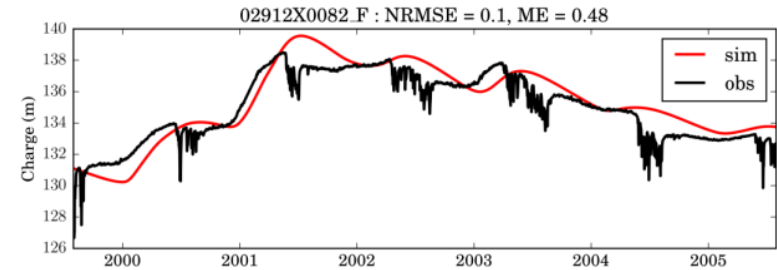
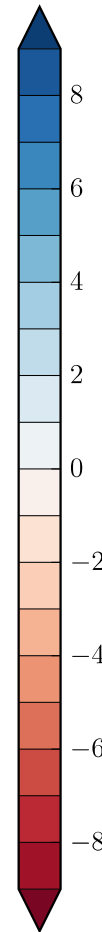
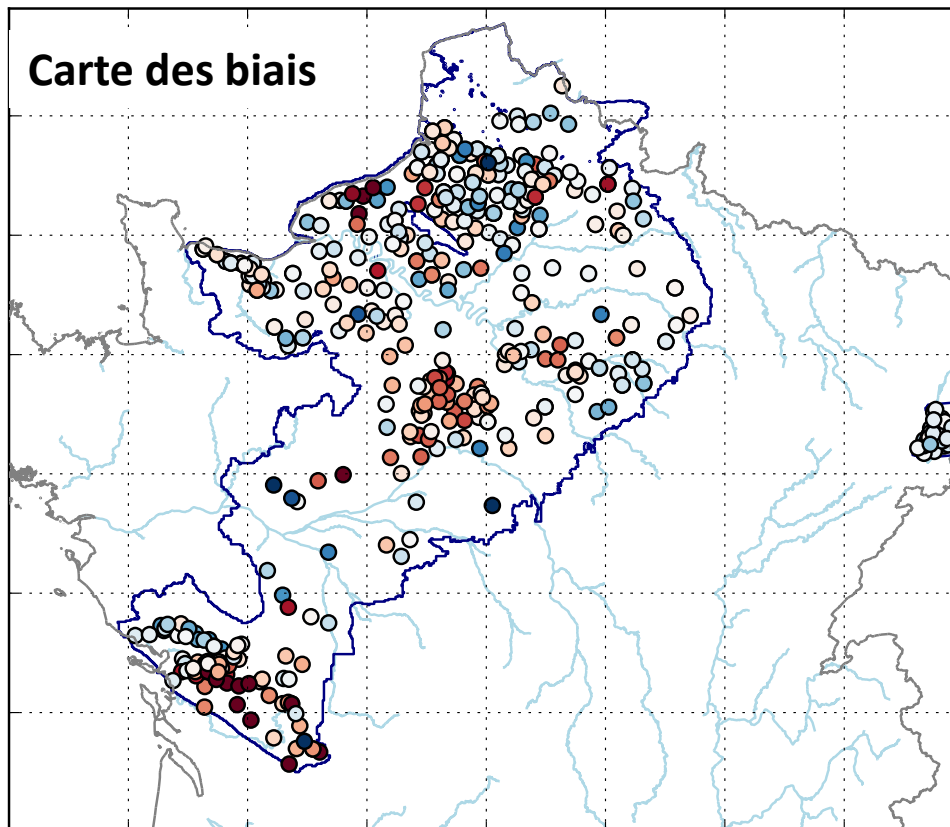
Débit Loue Mouthier (nat)



Aqui-FR: Evaluation temps présent

Evaluation 1999-2005, prélèvements connus

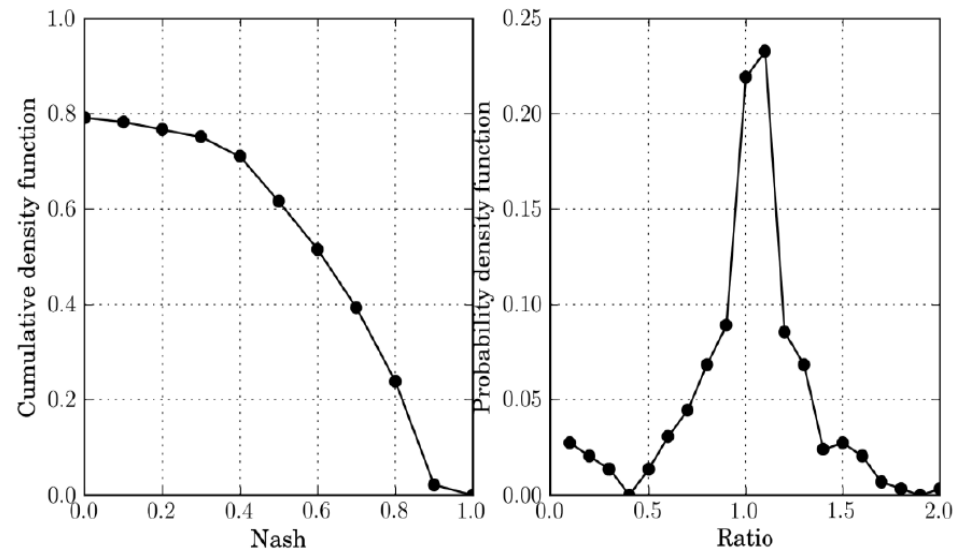
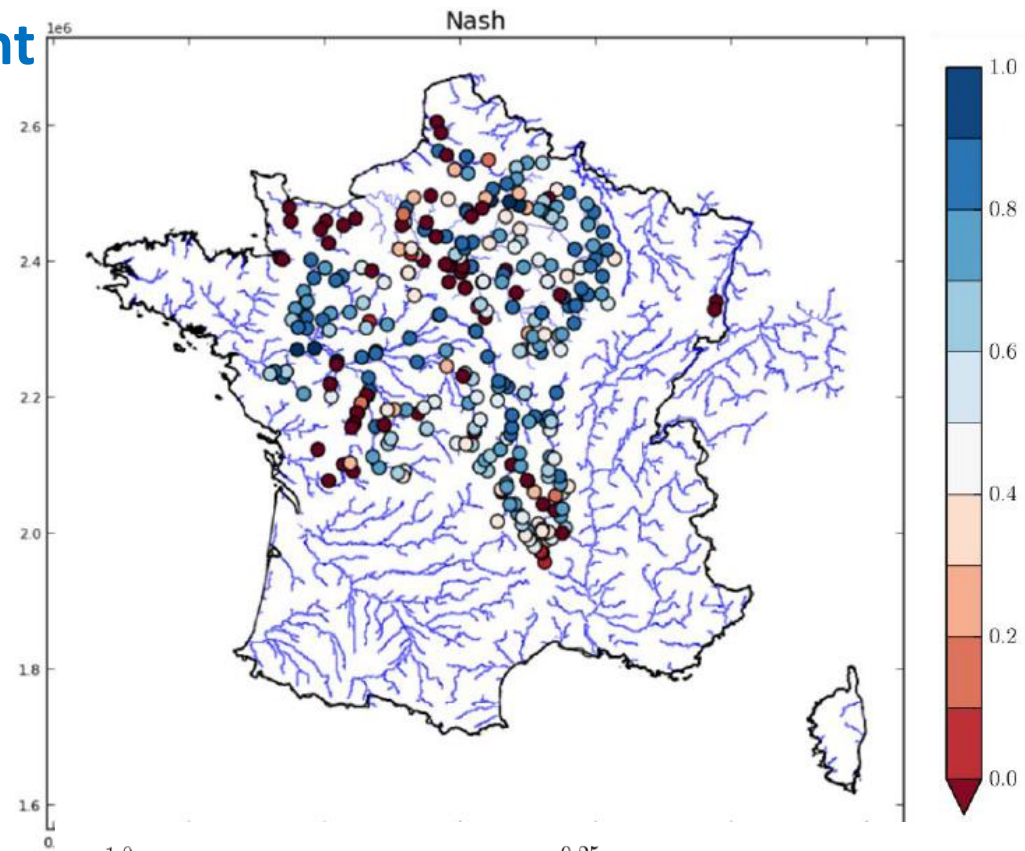
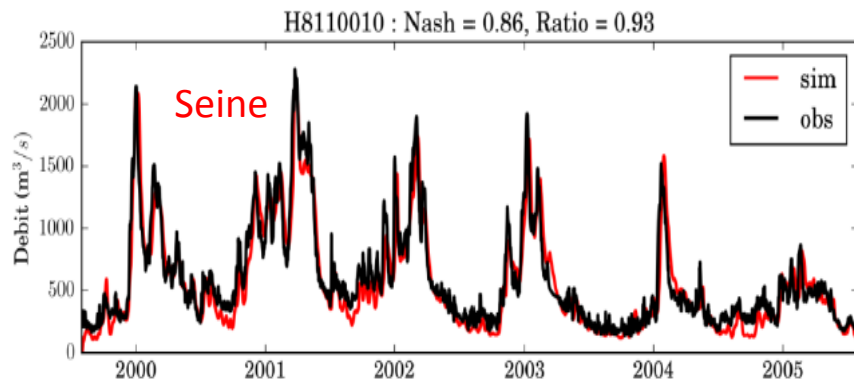
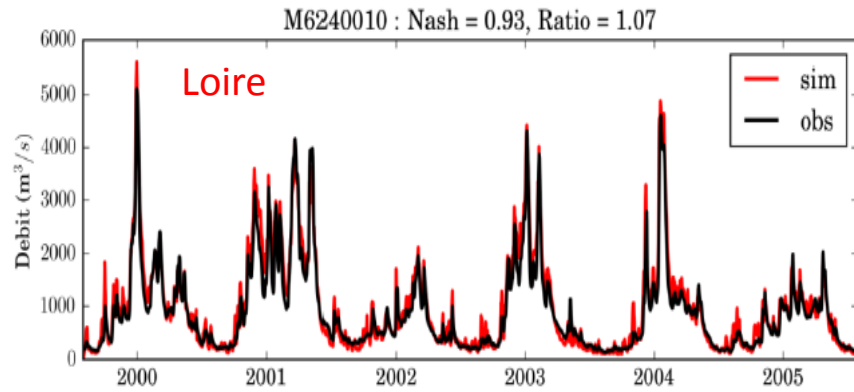
➤ piézométrie



Aqui-FR: Evaluation temps présent

Evaluation 1999-2005

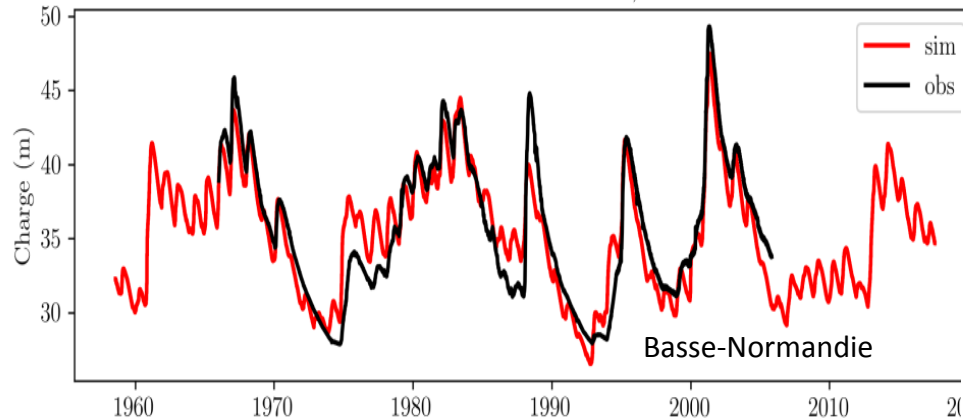
➤ débits



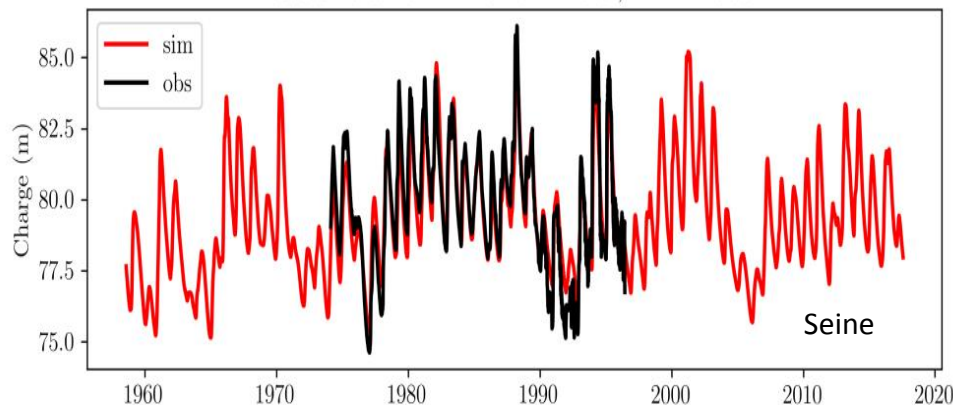
Extension sur la période 1958-2017

➤ piézométrie

01198X0002.S1 : NRMSE = 0.08, ME = -0.81

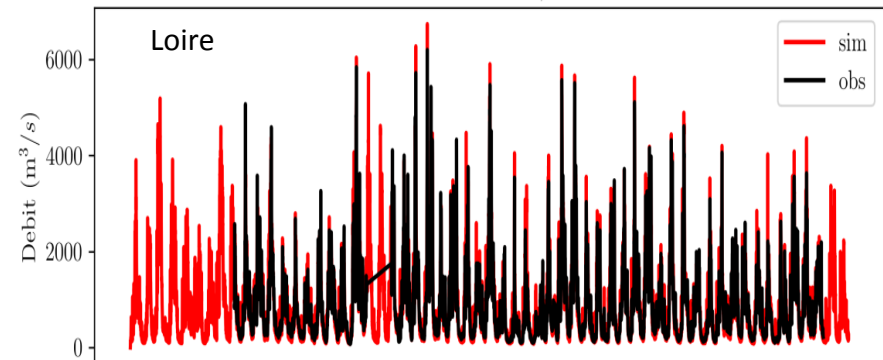


00855X0001.S1 : NRMSE = 0.09, ME = -0.05

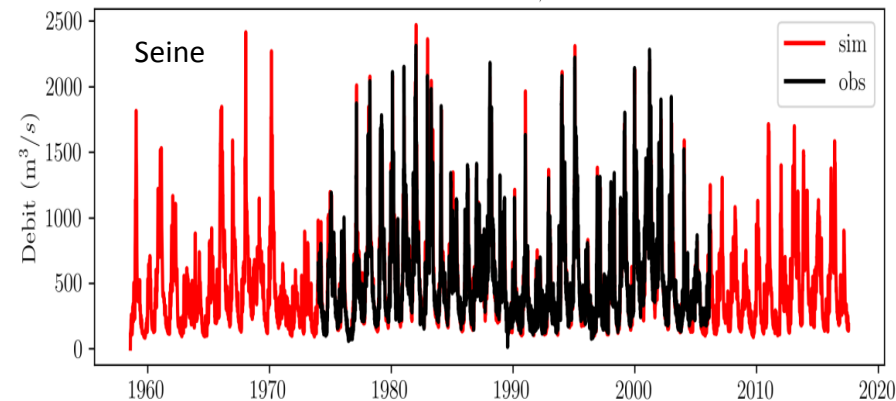


➤ débits

M6240010 : Nash = 0.92, Ratio = 1.06



H8110010 : Nash = 0.86, Ratio = 1.01

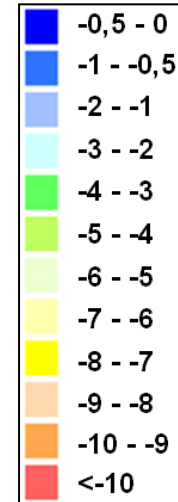
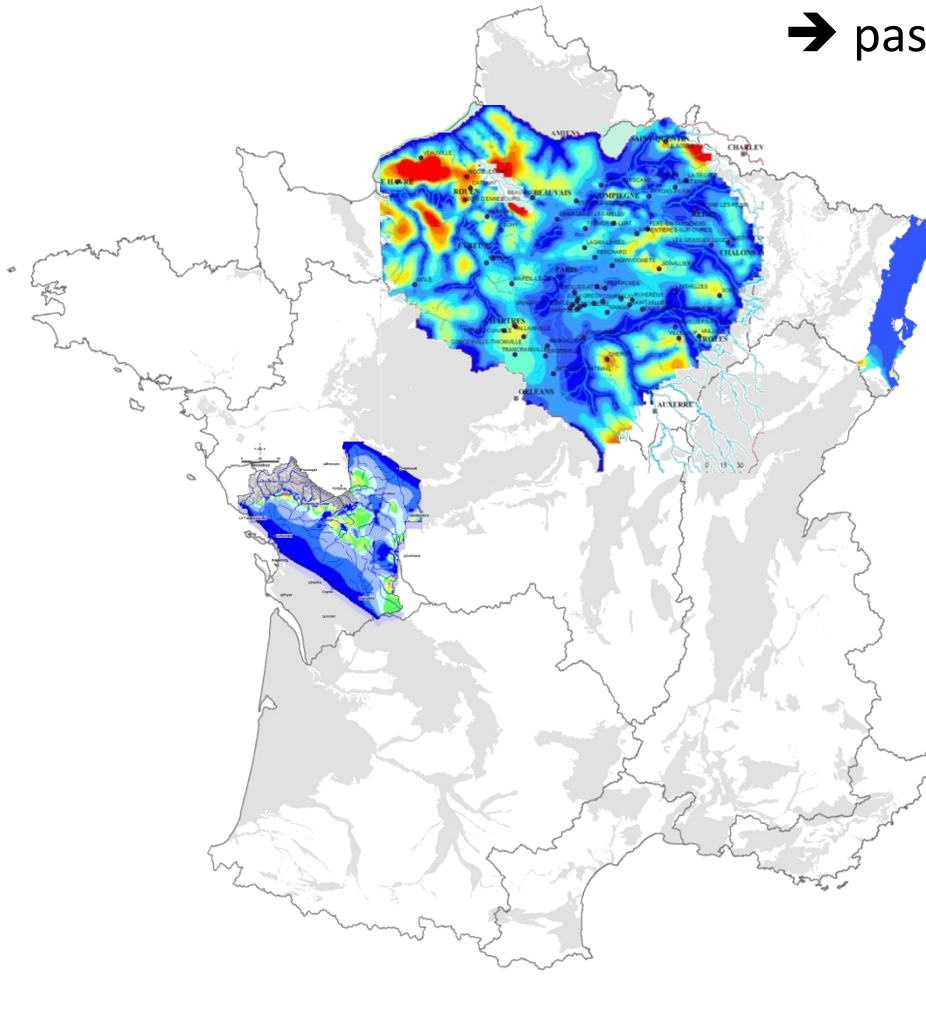


**Longue durée nécessaire pour avoir un état des normales de référence,
Mais, incertitudes sur l'état initial et les prélèvements...**

Représentation cartographique

Niveau piézométrique en m, ou évolution en m

→ pas facile à interpréter



*C'est grave
docteur ?*

→ Ponctuellement, diminution du niveau de plus de 10m

Représentation cartographique

Niveau piézométrique en m, ou évolution en m
→ pas facile à interpréter

Utilisation de l'indice piézométrique standardisé

C'est grave docteur ?

- Représentation du signal en période de retour (décennale sèche, humide...)
- Fait le lien avec les indices standardisés de précipitations (SPI) et de l'humidité des sols (SSWI) utilisés dans le BSH
- En place depuis 2017 dans le bulletin hydrogéologique (basé sur les observation) – instantané

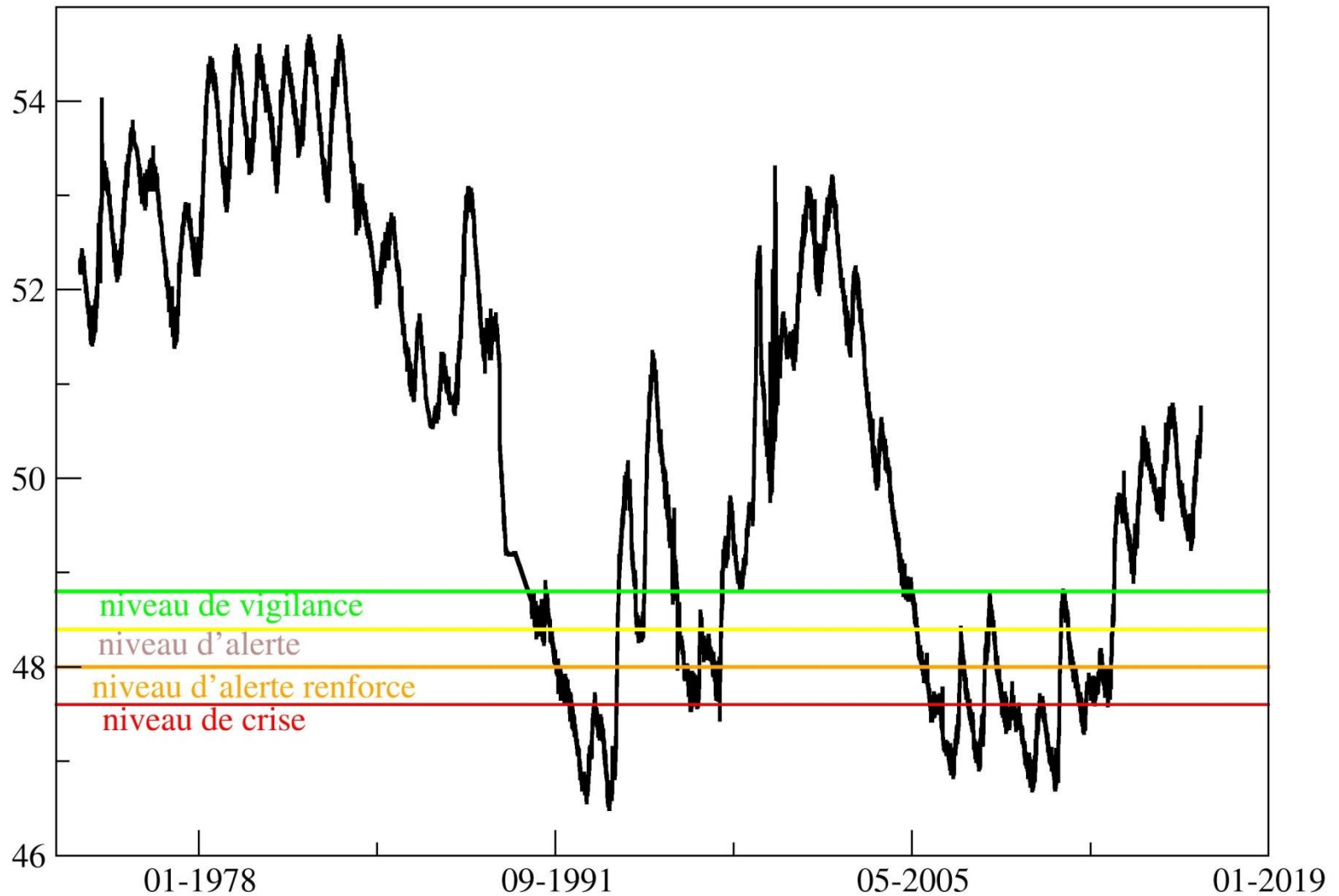
Question: Comment cela se compare aux outils de gestion ?

→ Ponctuellement, diminution du niveau de plus de 10m



Utilisation de l'indice piézométrique standardisé

Montereau-sur-Jard



Utilisation de l'indice piézométrique standardisé

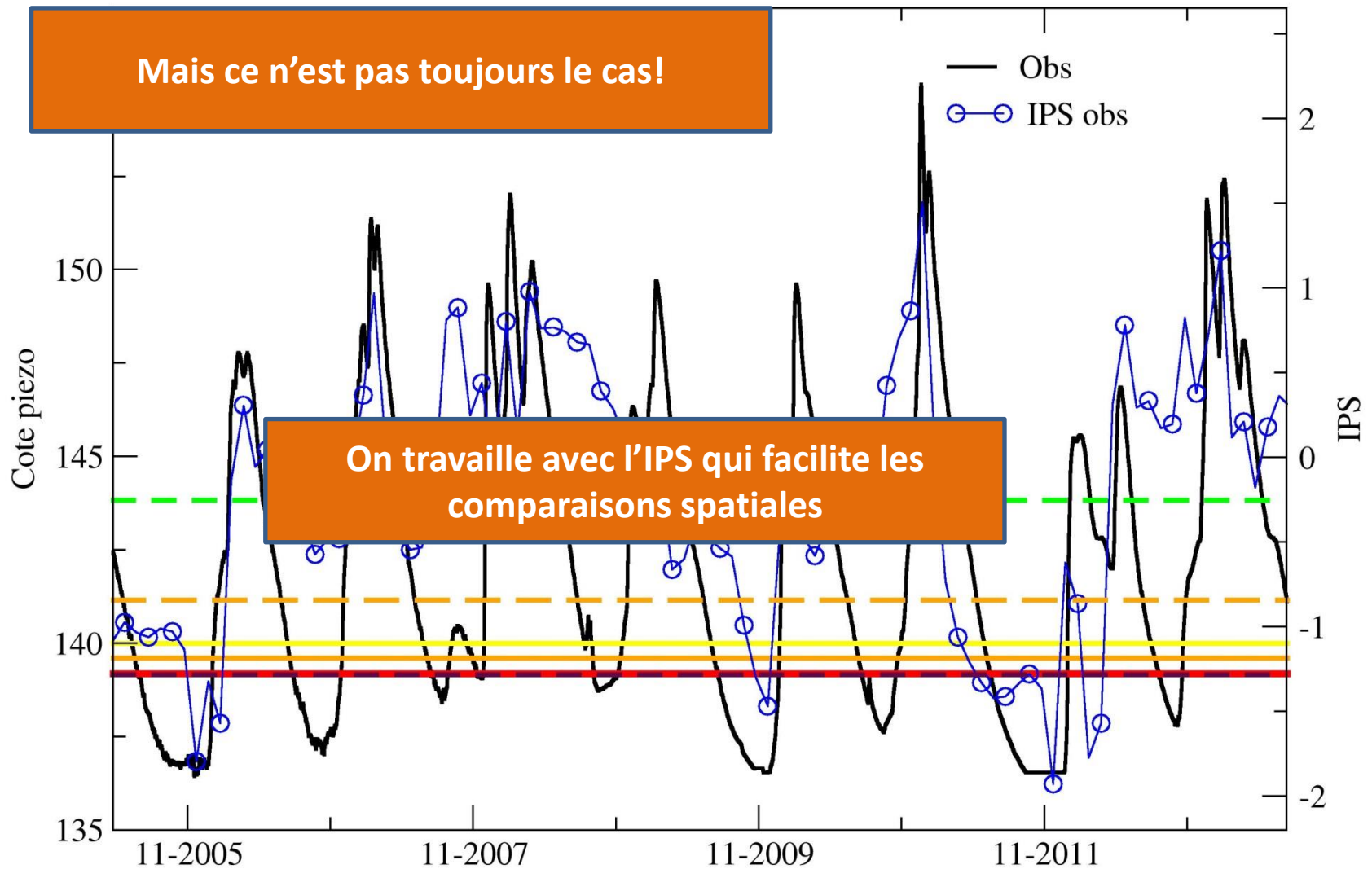
Montereau-sur-Jard

Bonne cohérence entre niveau de crise et
IPS très bas (>10 ans sec)



Utilisation de l'indice piézométrique standardisé

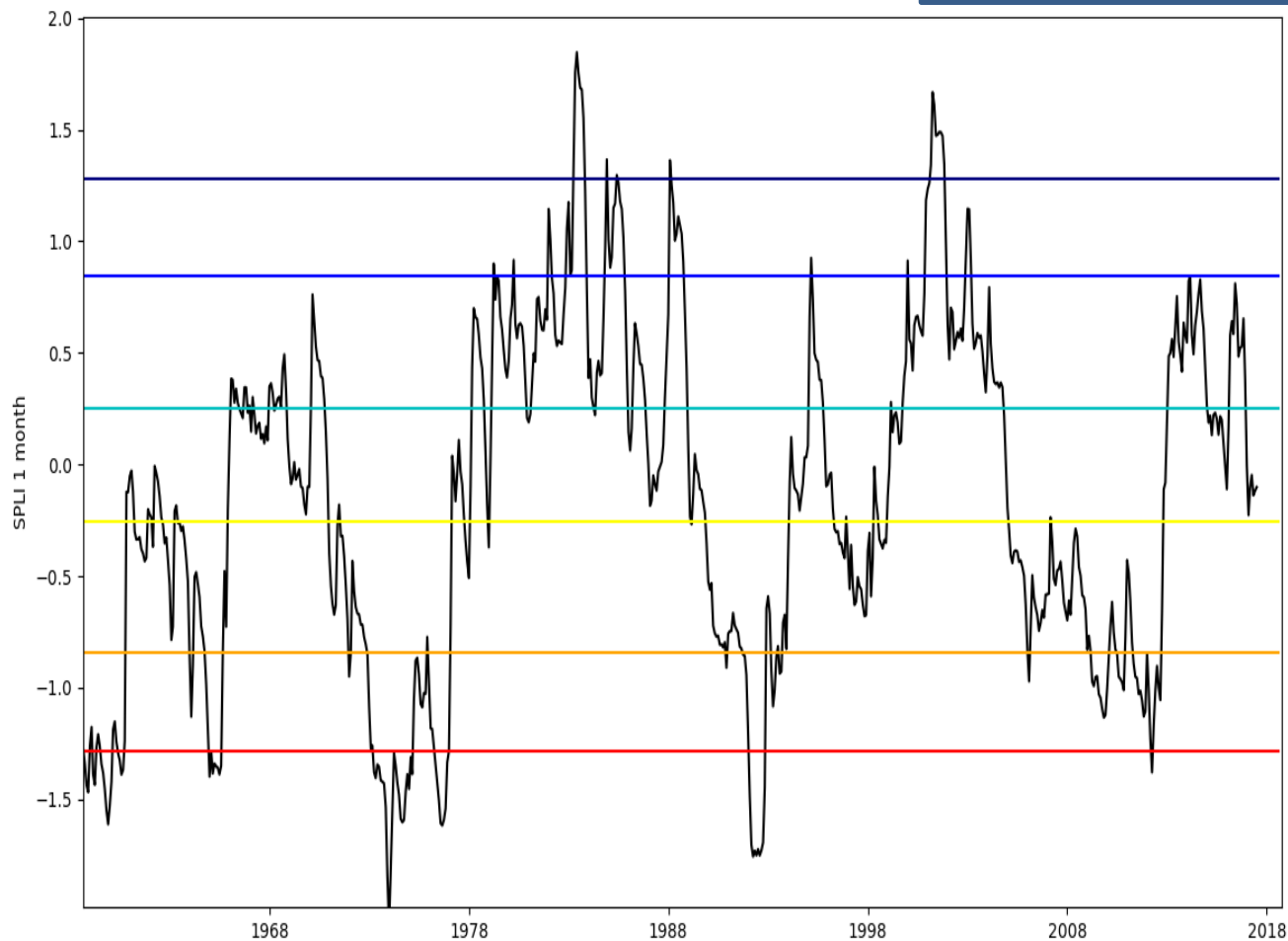
Vanault



Premiers résultats longue durée 1958-2017

- IPS moyen sur tout le domaine Aquitaine-FR
 - Période de référence de 1981 to 2010

Forte variabilité pluriannuelle



> 10 ans humide

> 5 ans humide

> 2.5 ans humide

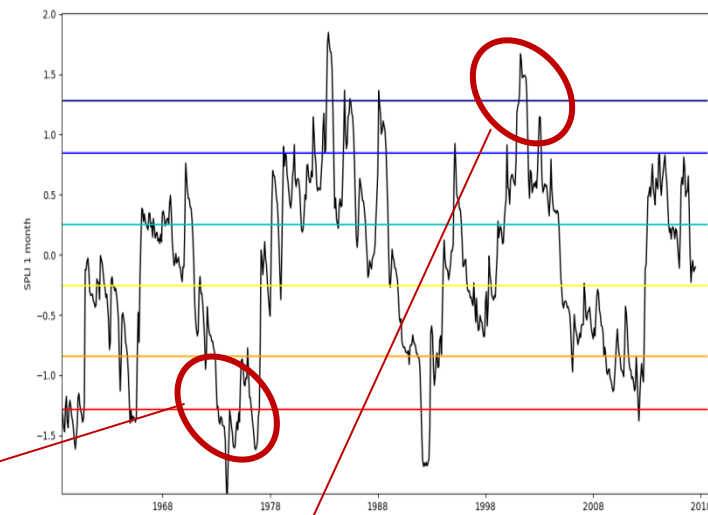
> 2.5 ans sec

> 5 ans sec

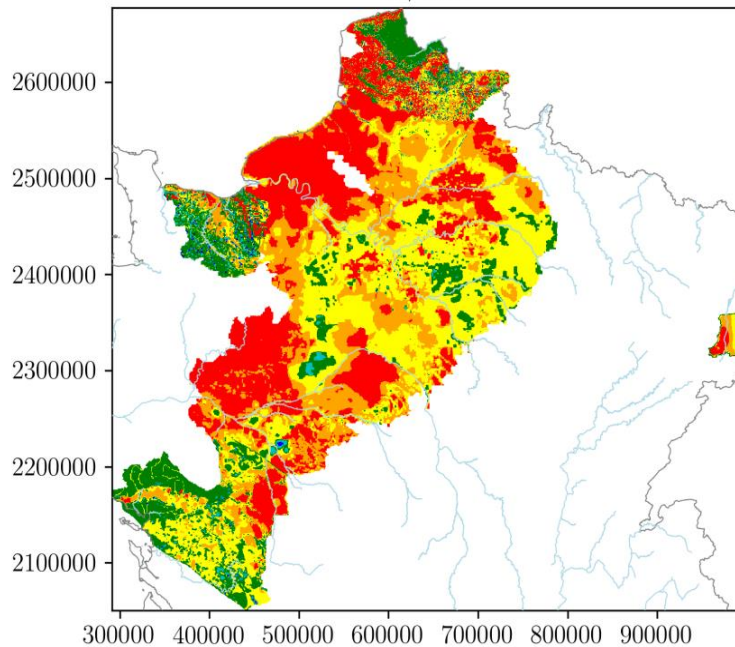
> 10 ans sec

Premiers résultats longue durée

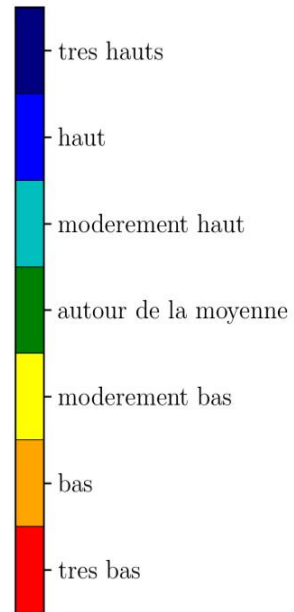
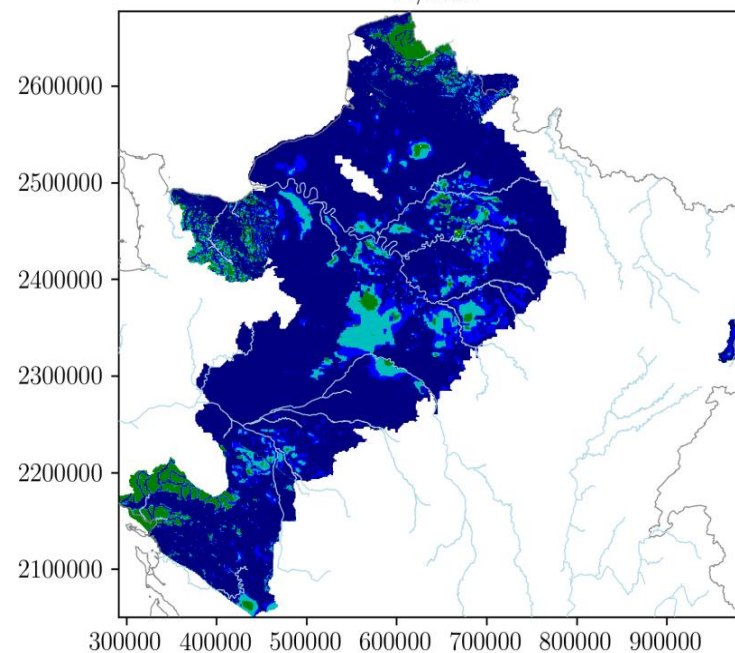
- IPS moyen sur tout le domaine Aquif-FR
 - Situation sur deux extrêmes



03/1973

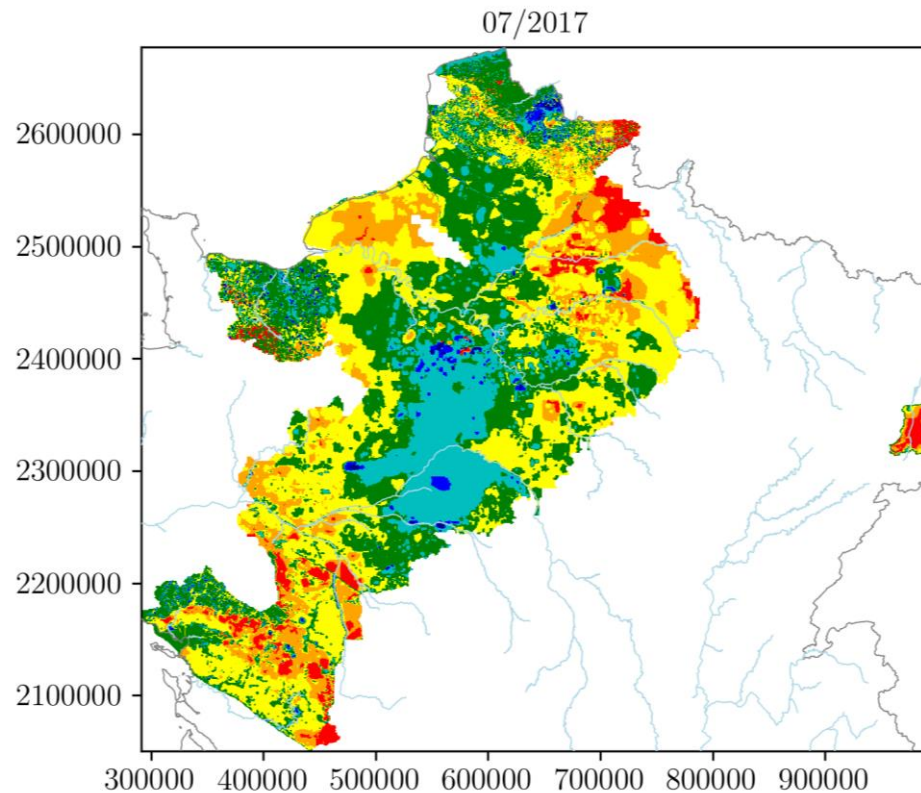
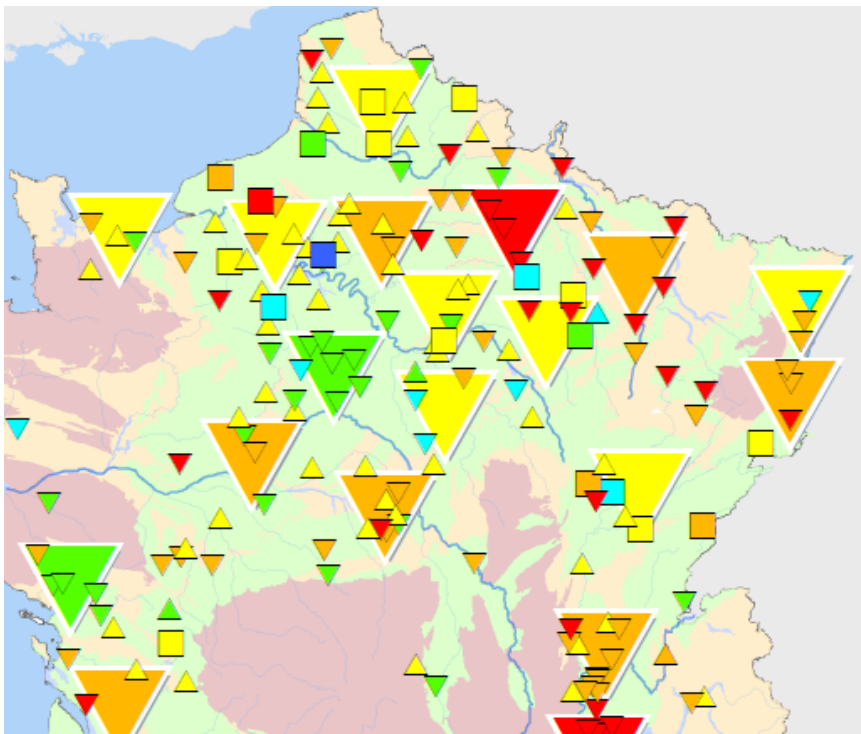


04/2001



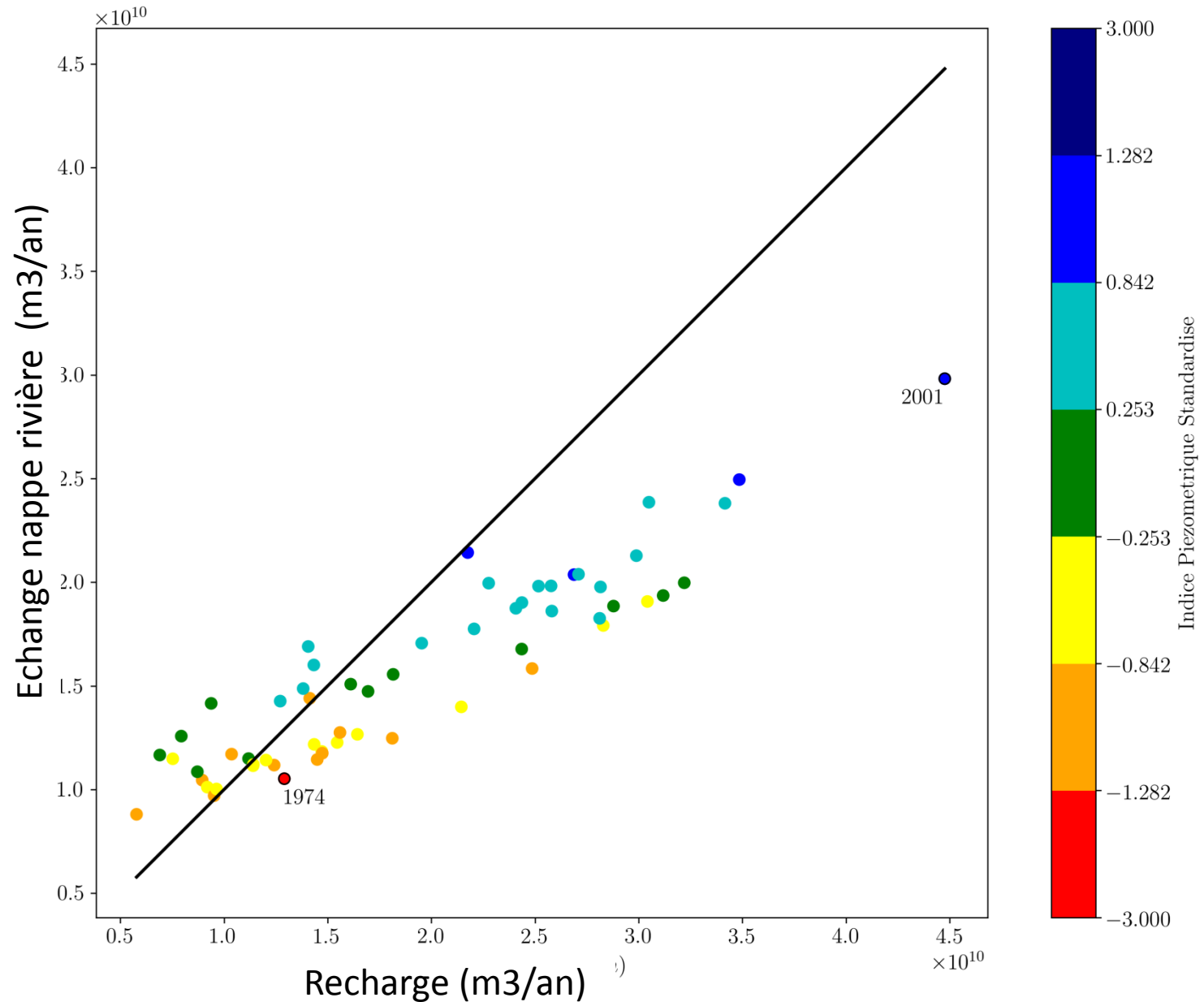
Premiers résultats longue durée 1958-2017

■ Situation en juillet 2017



Premiers résultats longue durée 1958-2017

Analyse Recharge, Echange Nappe-Rivière, IPS

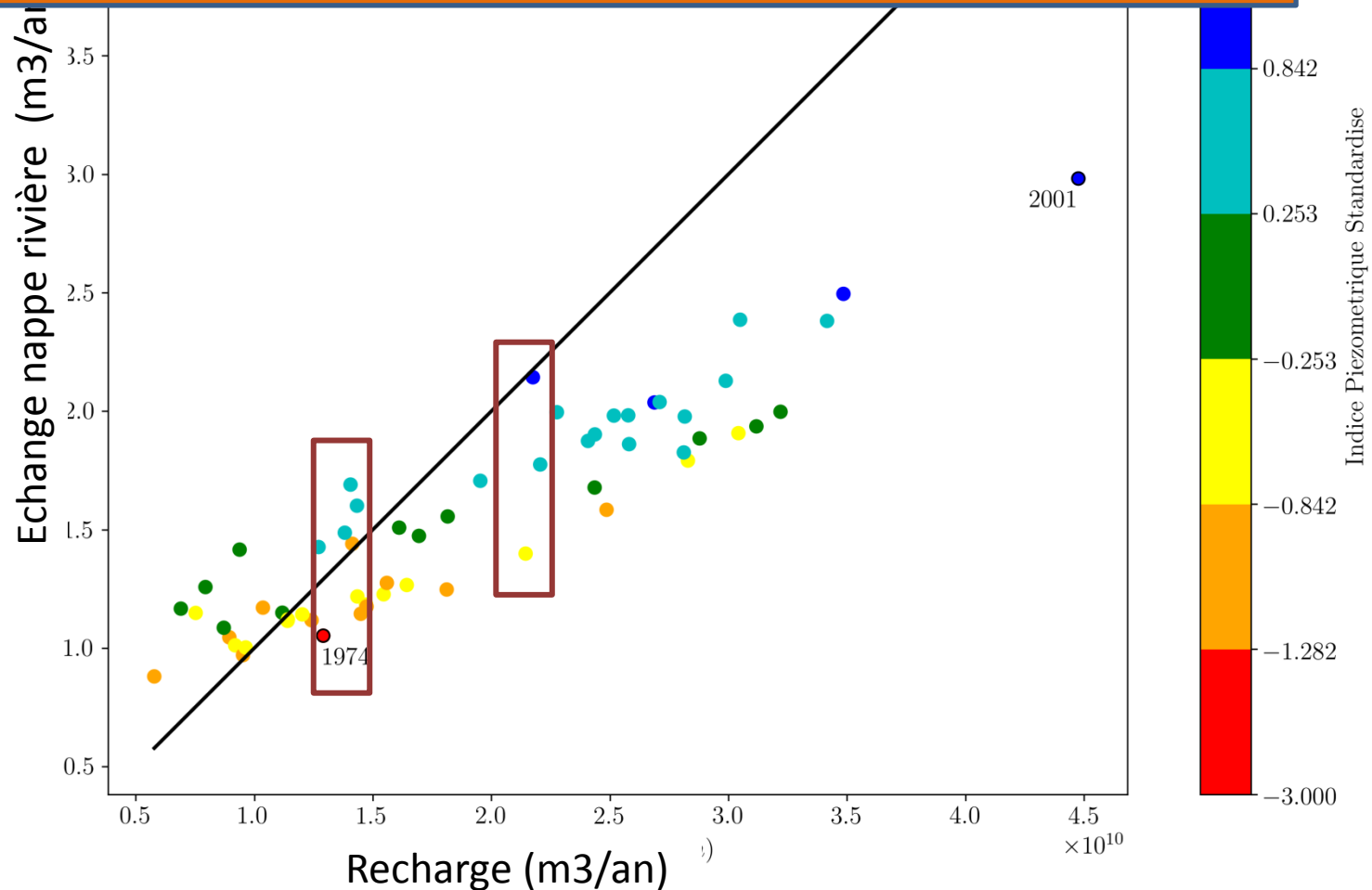


Premiers résultats longue durée 1958-2017

Analyse Recharge, Echange Nappe-Rivière, IPS

Pour une même valeur de recharge

- les échanges nappes rivières peuvent varier de plus de 60%
 - L'IPS varie de très sec à humide
- lié à la dynamique de la nappe

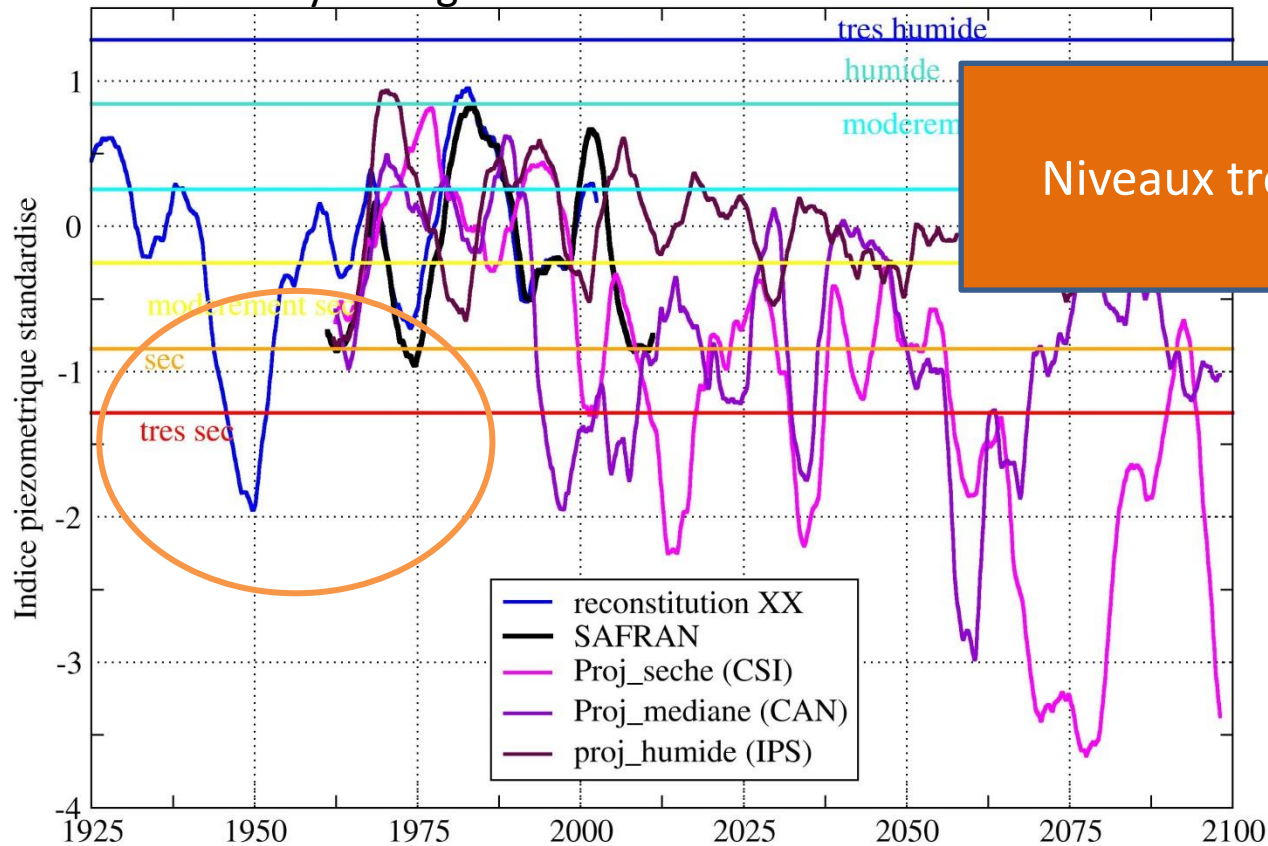


Reconstitution longue durée : du XX au XXI siècle

1^{er} travaux préliminaires (M2 Ryma Aissat et M1 Audrey Gervereau)

Indice piezo standardise Seine. XX au XXI eme

Moyenne glissante sur 5 ans

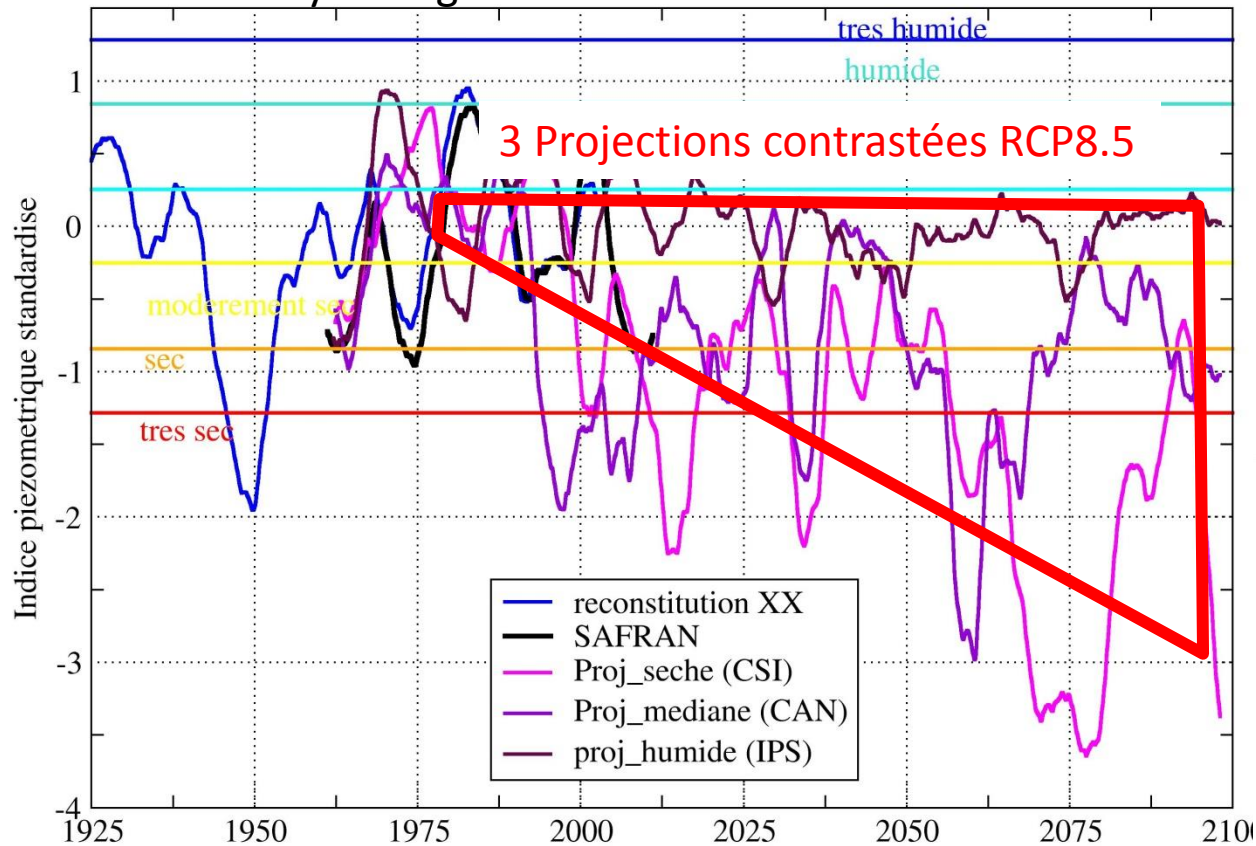


Reconstitution longue durée : du XX au XXI siècle

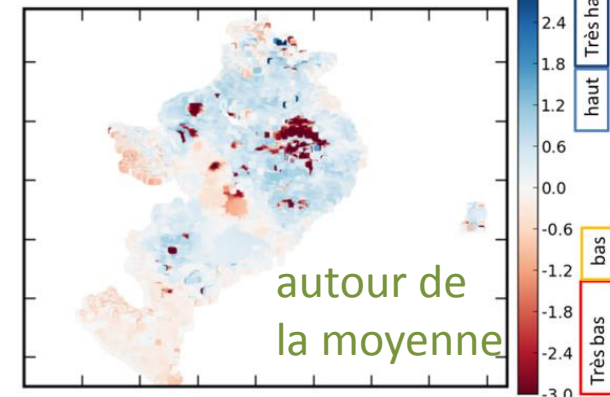
1^{er} travaux préliminaires (M2 Ryma Aissat et M1 Audrey Gervereau)

Indice piezo standardise Seine. XX au XXI eme

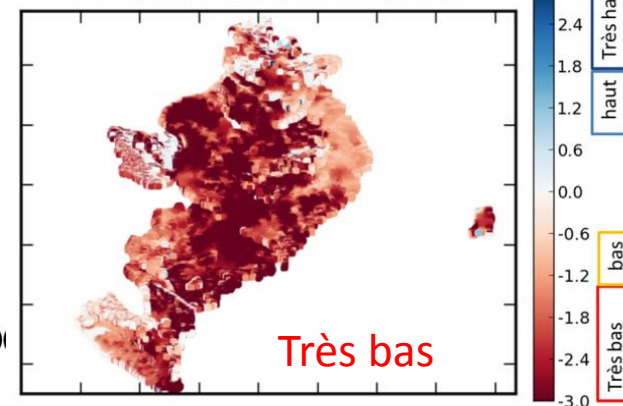
Moyenne glissante sur 5 ans



CC IPS1 0.191950047741



CC CSI1 -2.17754831499



Poursuite des travaux

- Mise en place en temps réel à Météo-France/DCSC
- Prévision saisonnière
 - ➔ assimilation de données (Lhygès)
- Extension à d'autres aquifères
 - ➔ aquifères de socle (Géosciences Rennes)

Prévision saisonnière des eaux souterraines:

Les nappes aquifères sont caractérisées par :

- Un effet mémoire pouvant dépasser plusieurs mois
- Un effet filtre (toutes les précipitations n'impactent pas les nappes)

➔ Fort potentiel de la prévision saisonnière

➔ Fort intérêt pour les étiages, mais, aussi pour qualifier le risque de certaines inondations

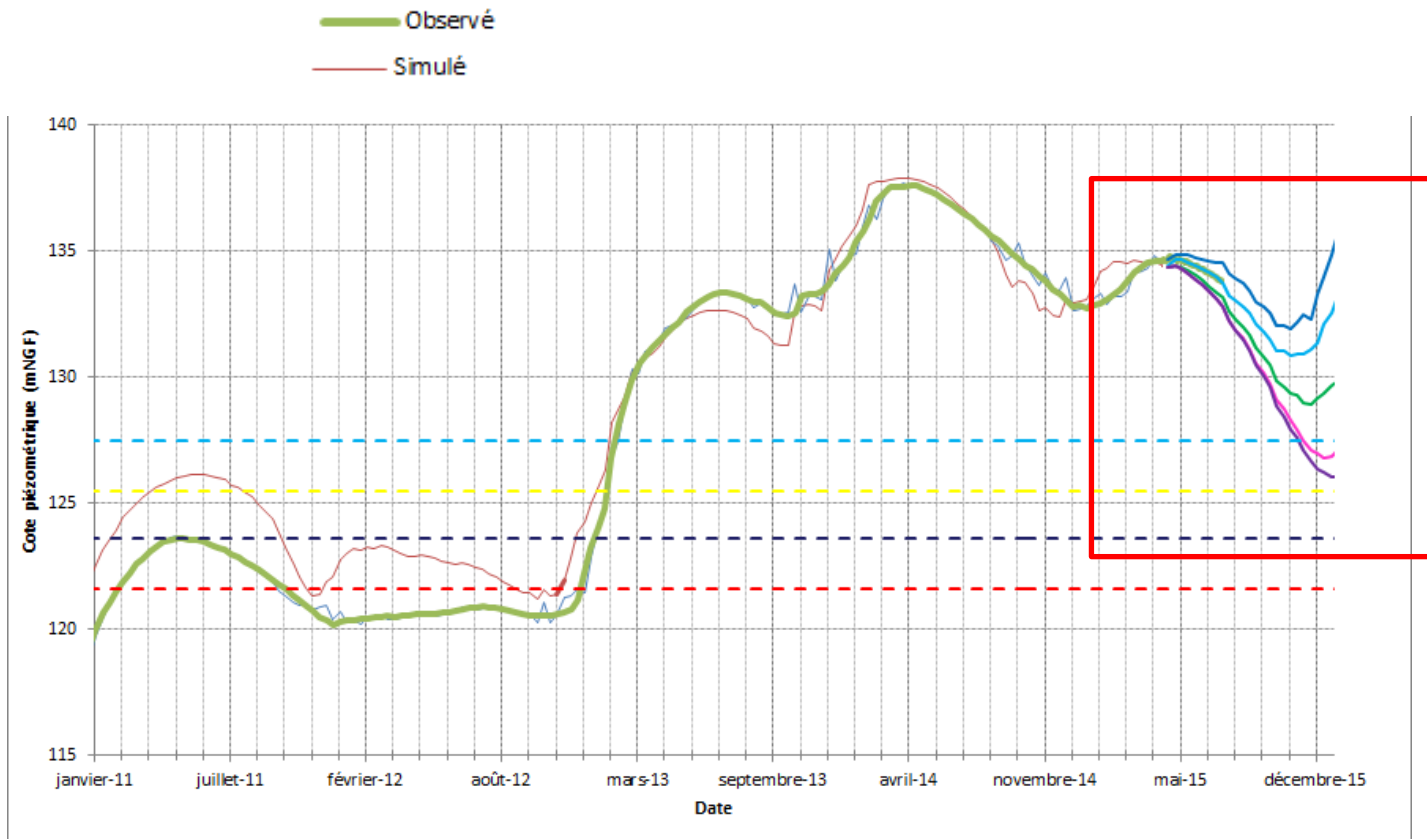
Aujourd'hui, les prévisions saisonnières sont basées sur le re-jeu d'années passées:

Prévision saisonnière des eaux souterraines:

Prévisions du BRGM à partir des années historiques

Année sèche

St Martin Chennetron, 77, Aquifère de Brie

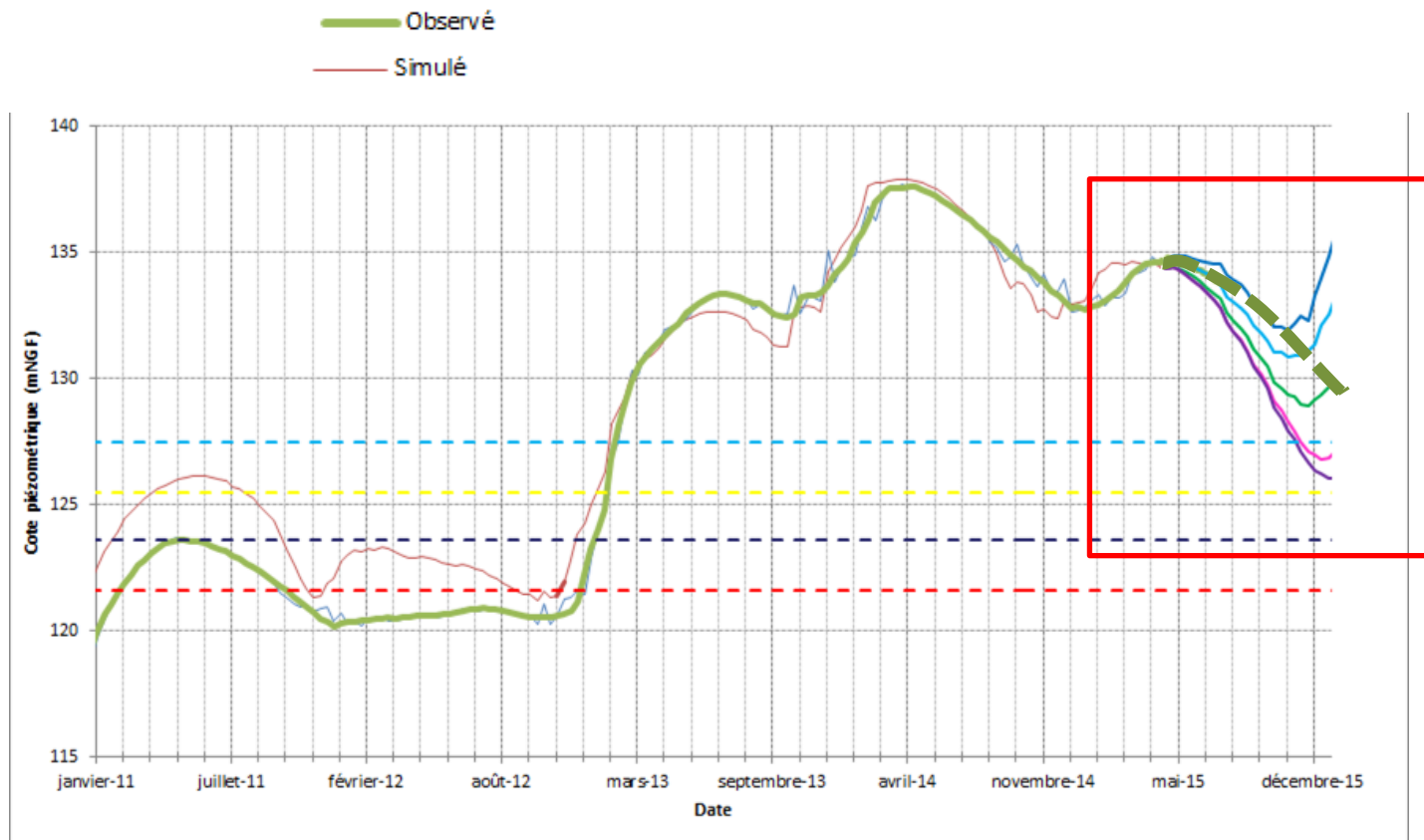


Prévision saisonnière des eaux souterraines:

Prévisions du BRGM à partir des années historiques

Année sèche

St Martin Chennetron, 77, Aquifère de Brie



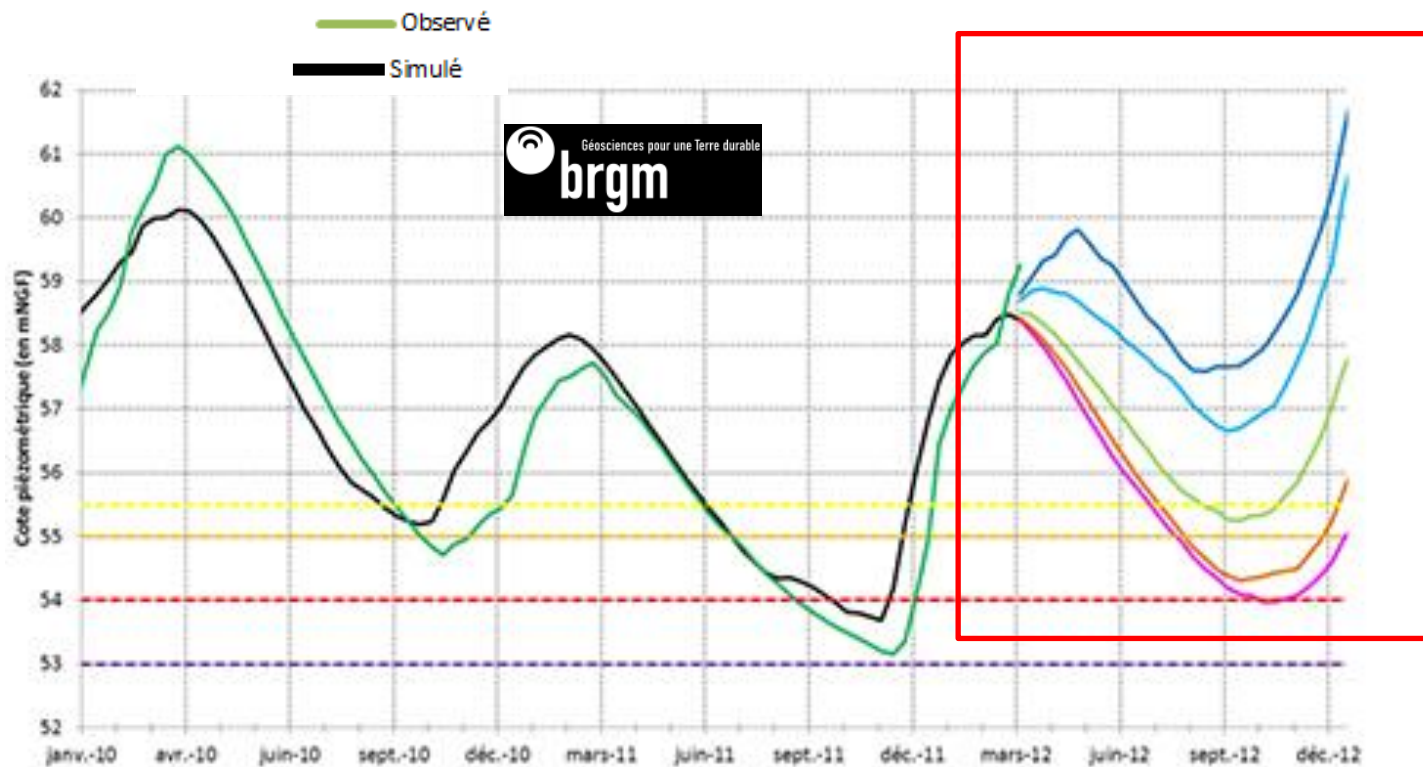
Prévision saisonnière des eaux souterraines:

Prévisions du BRGM à partir des années historiques

Année humide

Haravesnes, 62, Craie

Prévision à 7 mois du niveau piézométrique à Haravesnes (Picardie) à partir de chroniques de précipitations passées



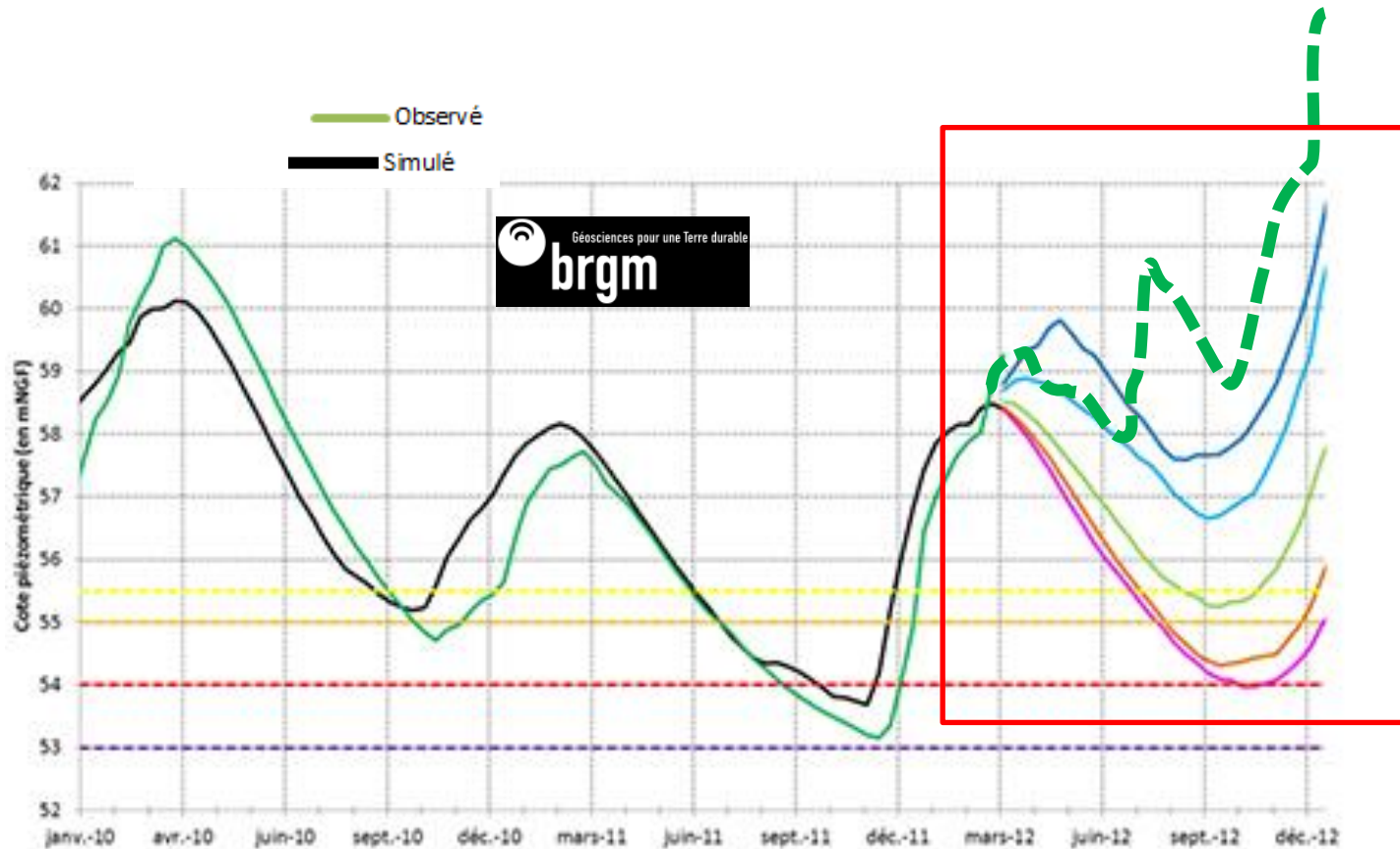
Prévision saisonnière des eaux souterraines:

Prévisions du BRGM à partir des années historiques

Année humide

Haravesnes, 62, Craie

Prévision à 7 mois du niveau piézométrique à Haravesnes (Picardie) à partir de chroniques de précipitations passées



Prévision saisonnière des eaux souterraines:

Prév
Ann

Quid du potentiel des prévisions saisonnières ?
Utilisation des prévisions ARPEGE-Système 5

Début des prévisions passées (Hindcast) en 2018
→ Choix des épisodes et échéances à venir

Prévision à

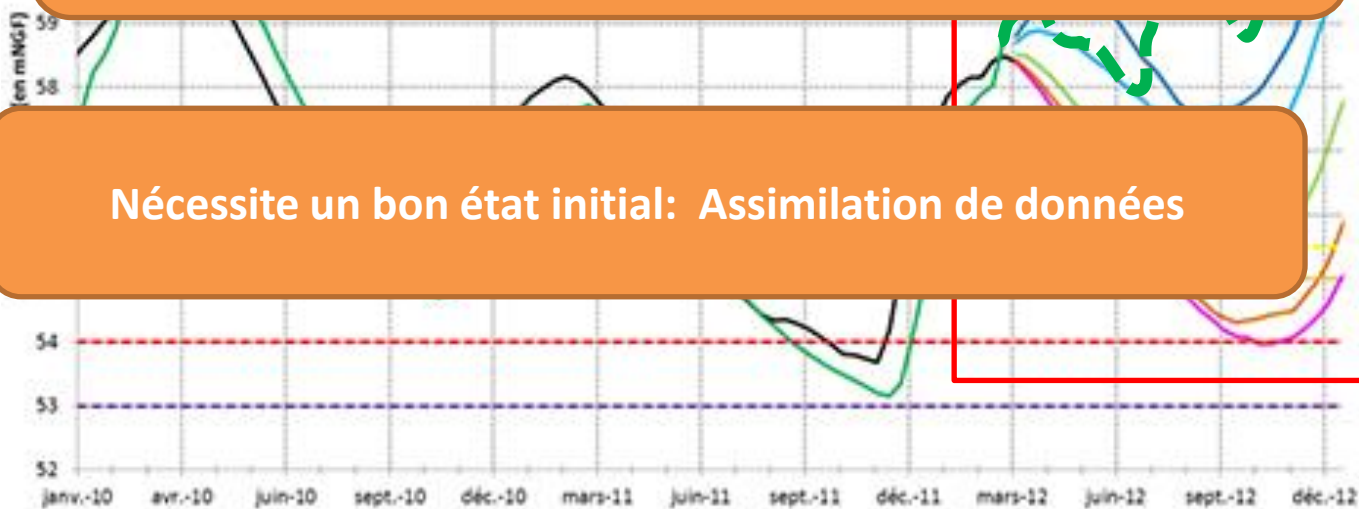
de

chroniques de précipitations passées

— Observé

L'objectif est ici de démontrer l'intérêt et la faisabilité
Il faudra trouver des indicateurs adaptés

Nécessite un bon état initial: Assimilation de données



Prévision saisonnière des eaux souterraines: Et Assimilation de données

Principe: réduire les erreurs aux points d'observations

Méthode numérique développée au LHYGES

un code adjoint + spatialisation adaptative

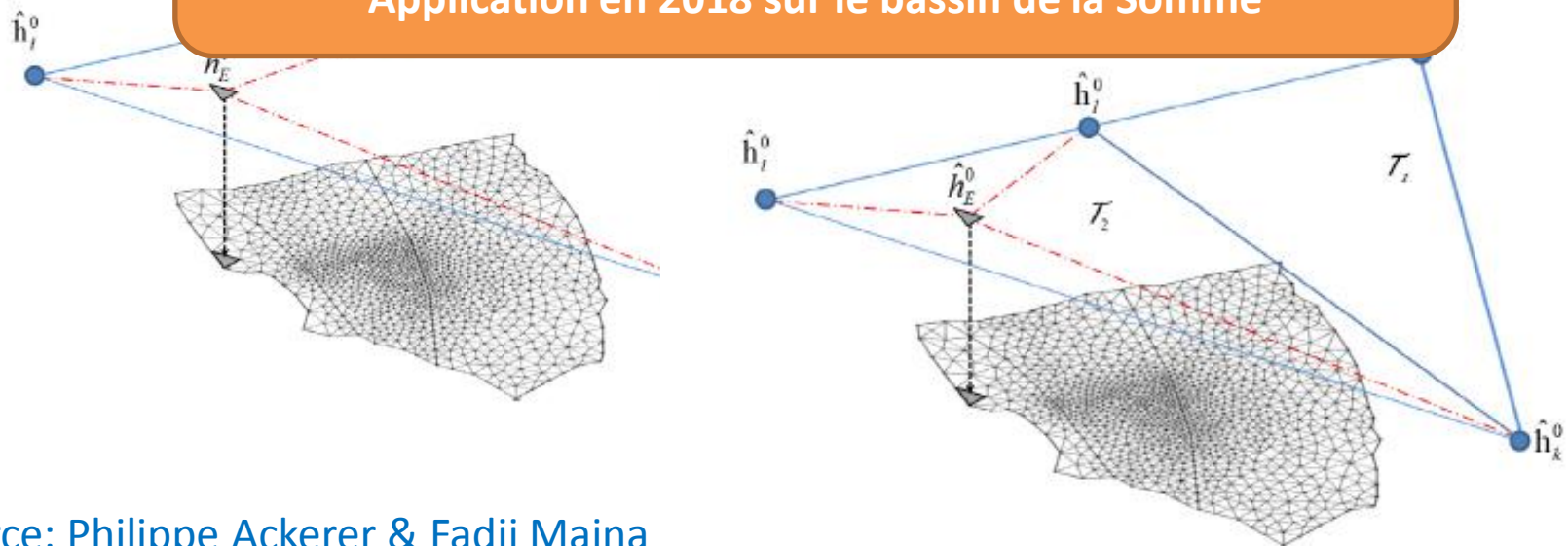
Fonction objectif pour conditions initiales

$$J(\mathbf{h}_0) = (\mathbf{h} - \hat{\mathbf{h}})^T (\mathbf{h} - \hat{\mathbf{h}}) + \mu (\mathbf{h}_0 - \hat{\mathbf{h}}_0)^T (\mathbf{h}_0 - \hat{\mathbf{h}}_0)$$

Paramétrisation adaptative et optimisée par raffinement/déraffinement

Méthode implémentée sur la nappe multicouche de
Cadarache,

Application en 2018 sur le bassin de la Somme



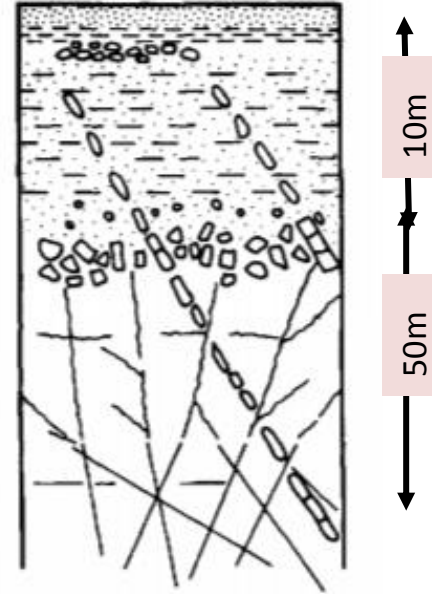
Extension aux aquifères de socle

Aquifères peu profonds(0-60 m)



**Zone
altérée**

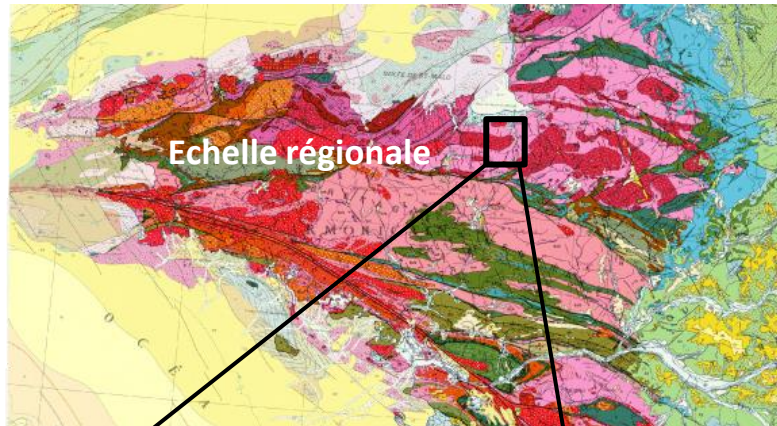
**Zone
fracturée**



Wright, E. P. (1992), The hydrogeology of crystalline basement aquifers in Africa, *Geological Society, London, Special Publications*, 66, 1-27.

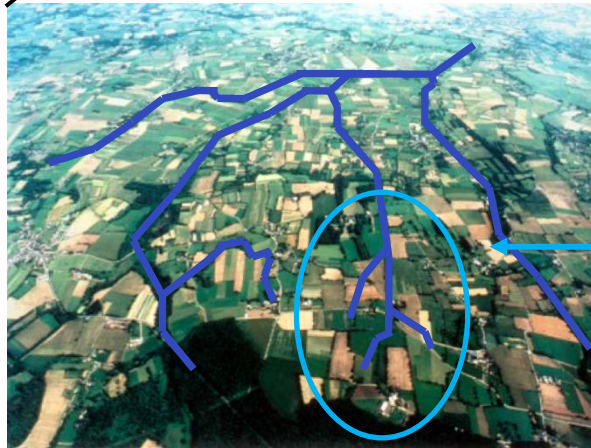
Extension aux aquifères de socle

Stratégie de modélisation

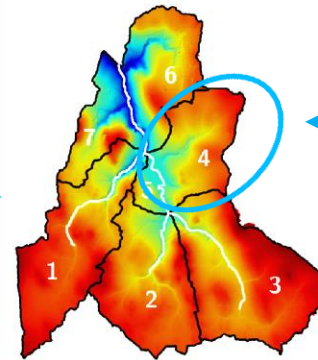


Echelle régionale

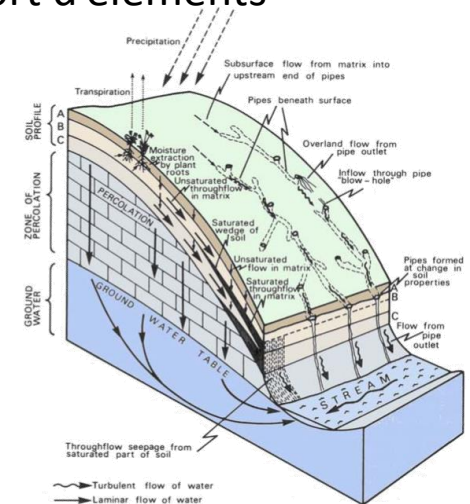
Carte géologique de la Bretagne
(extracted from info-terre)



Echelle des bassins versants
20-200 km²



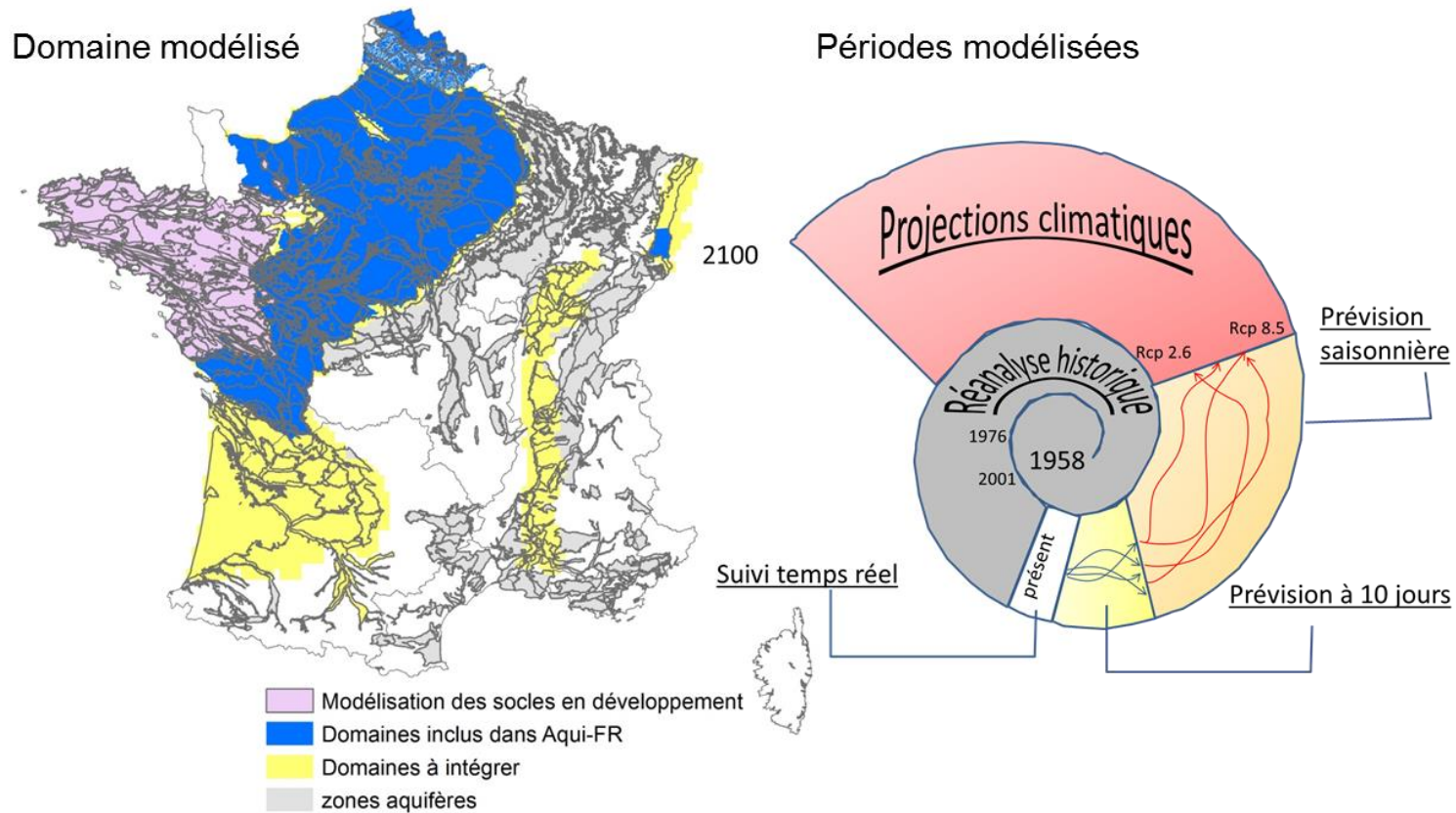
Décomposition en versants



Echelle des versants
1-10 km²

Kirkby, M.J. (1978). Hillslope Hydrology.

Objectifs à court terme pour AQUI-FR: Extensions spatiale et temporelle

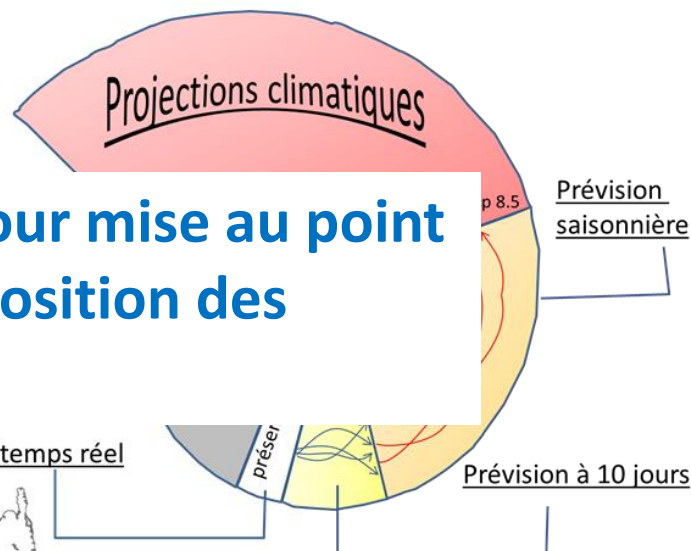


Pour conclure

Objectifs à court terme pour AQUI-FR: Extensions spatiale et temporelle



Périodes modélisées



Echanges avec les gestionnaires pour mise au point
des produits qui seront mis à disposition des
services de l'état

