

ECHANGES

Interaction entre les différentes masses d'eau estuariennes et
bilan hydrique de l'estuaire

Coordonnateur : Jean-Paul Dupont

Composition du Consortium :

UMR 6143 M2C

BRGM

ARMINES

Université de Rouen

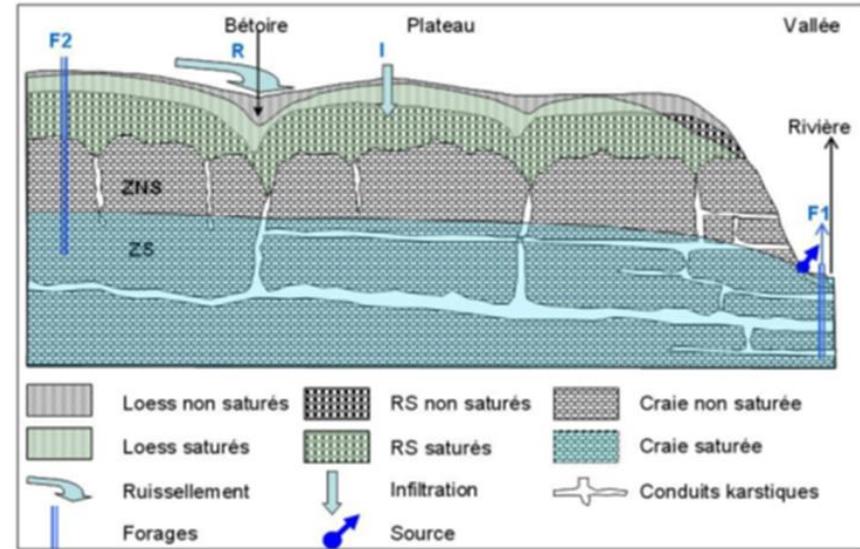
Direction Régionale de Haute Normandie

Mines ParisTECH

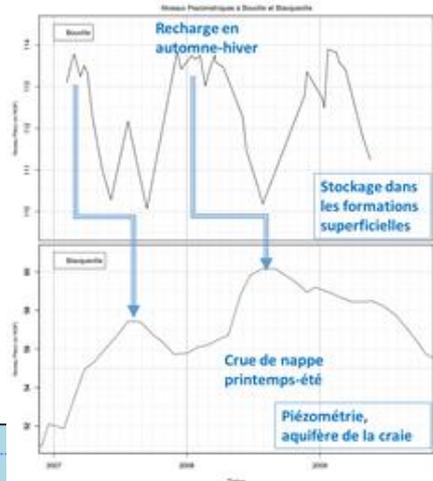
Dans l'Appel à projet SA5-2013 lancé en 2013 par le GIP Seine-aval, le questionnement sur les interactions entre les masses d'eau de la Seine aval, et en particulier celui sur les échanges de flux entre la nappe et la Seine aval constitue un enjeu majeur puisque les modifications amont-aval du débit sont susceptibles d'agir sur les mécanismes hydrosédimentaires et biogéochimiques dans la Seine aval. Bien que les conditions en matière de modélisation et de données disponibles ne soient pas réunies pour quantifier réellement les fluctuations spatio-temporelles des apports souterrains à la Seine, un consortium rassemblant l'ensemble des compétences a été constitué pour tester une approche de modélisation distribuée à base physique permettant de fournir une première évaluation des apports souterrains moyens dans le système de la Seine aval comme cela a pu être appliqué au bassin versant de la Seine amont.

Les hétérogénéités du contexte hydrogéologique régional, difficiles à prendre en compte dans le modèle à grande échelle MODCOU

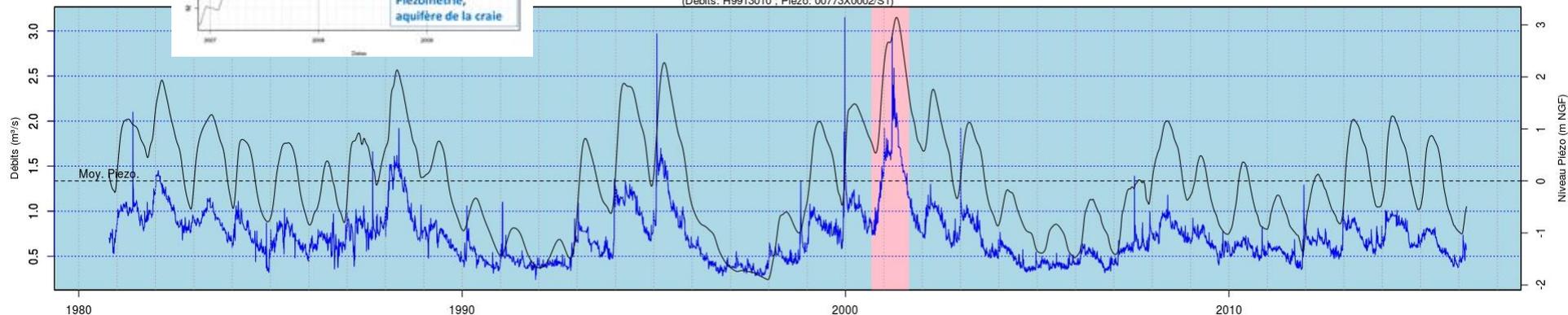
- Comment, à partir d'une distribution des conductivités hydrauliques, simuler des hétérogénéités mal connues?
- Les bétouires et l'infiltration principalement concentrée par opposition à la notion d'infiltration diffuse utilisée dans le modèle par défaut d'informations
- Le rôle de stockage temporaire dans les formations superficielles des plateaux : la nécessité d'intégrer ce réservoir temporaire dans la recharge de l'aquifère de la craie ? mais une insuffisance de données en particulier hydrologiques
- **La Figure illustre le retard entre les recharges en surface et dans la craie**



- Des processus complexes de recharge, mal corrélés avec les chroniques climatiques, avec des retards de plusieurs mois...
- Et, conformément au schéma conceptuel du drainage karstique vers les vallées, les débits des sources et des rivières qui enregistrent mieux les événements pluvieux tout en répondant aux fluctuations du forçage de la nappe.



Le Cailly à Fontaine-le-Bourg [Grand-Tendos]
(Débits: H9913010 ; Piézo: 00773X0002/S1)



Estimation de la recharge dans 5 sous bassins versants de la Seine aval et premières estimations de la recharge et des contributions souterraines - Modélisations GARDENIA

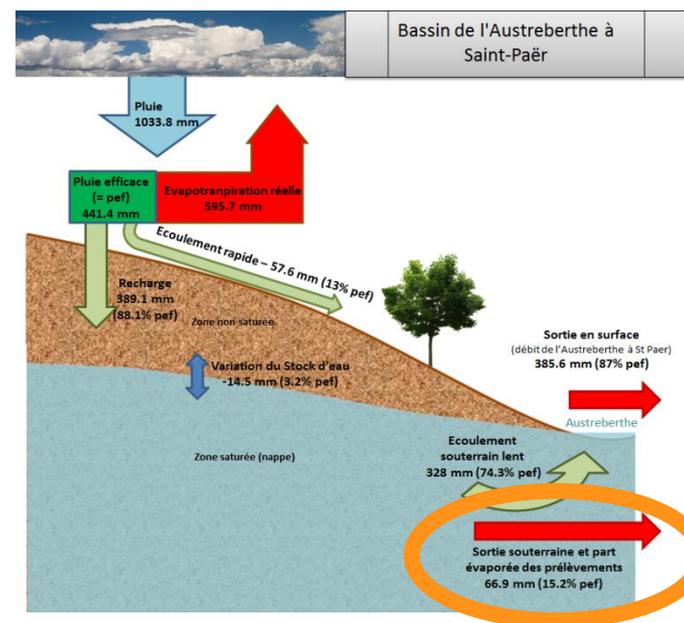
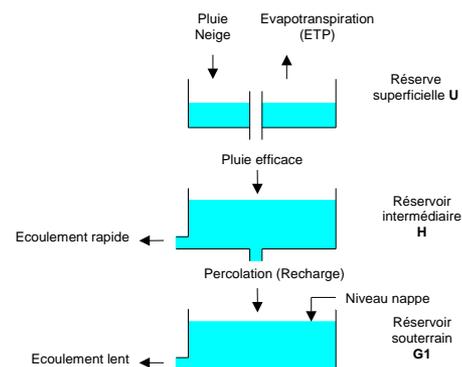
> Calcul par modélisation globale (réservoirs emboîtés – GARDENIA) de la recharge et des contributions souterraines au niveau de 5 sous-bassins versants suffisamment renseignés.

> **Données de sortie GARDENIA : chroniques d'évolution dans le temps à l'échelle de chaque bassin versant modélisé:**

- Pluie efficace,
- Recharge
- Flux souterrains sortant du BV

> Exemple du bassin de l'Austreberthe : bilan hydrique calculé avec GARDENIA : en moyenne 67mm sortent en souterrain de ce bassin, représentant 15 % de la pluie efficace

> **En résumé, un réseau de données insuffisant pour contraindre au mieux le modèle testé à l'échelle de l'ensemble du bassin Seine aval...**



Estimation des flux d'eau échangés entre la Seine aval et l'aquifère régional

Projet ECHANGES
17/05/2017

Fulvia Baratelli, Nicolas Flipo

Centre de Géosciences - MINES ParisTech

fulvia.baratelli@mines-paristech.fr, nicolas.flipo@mines-paristech.fr



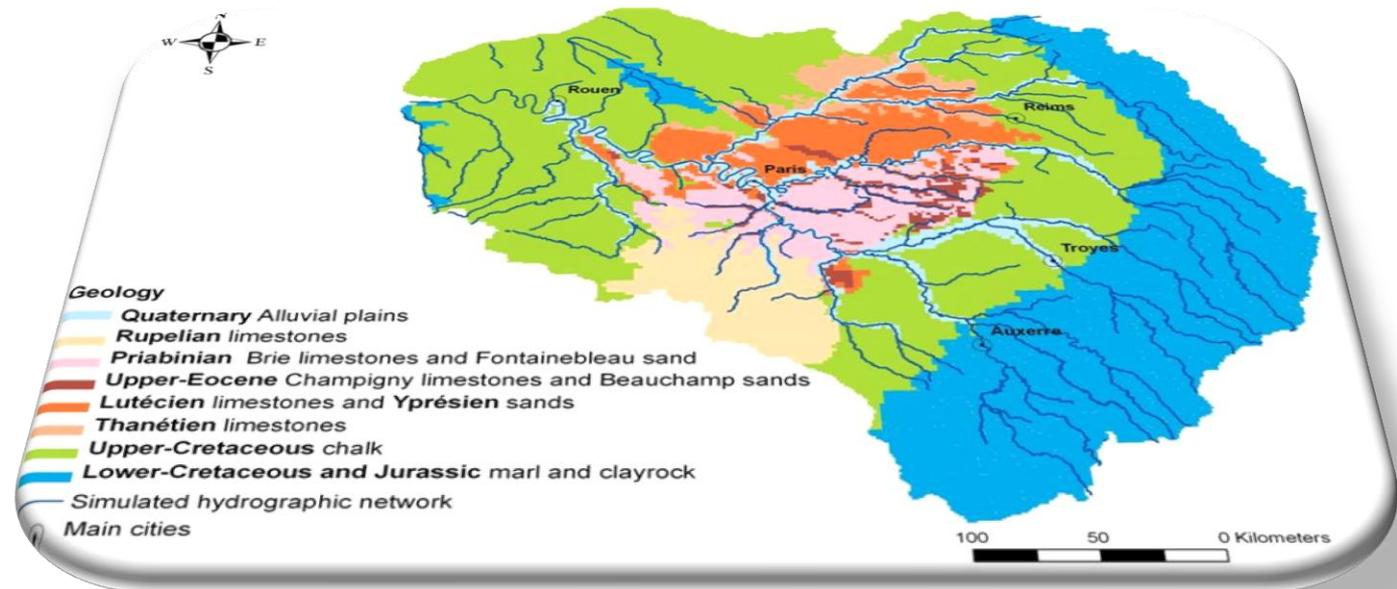
Modèle régional bassin de la Seine

CaWaQS

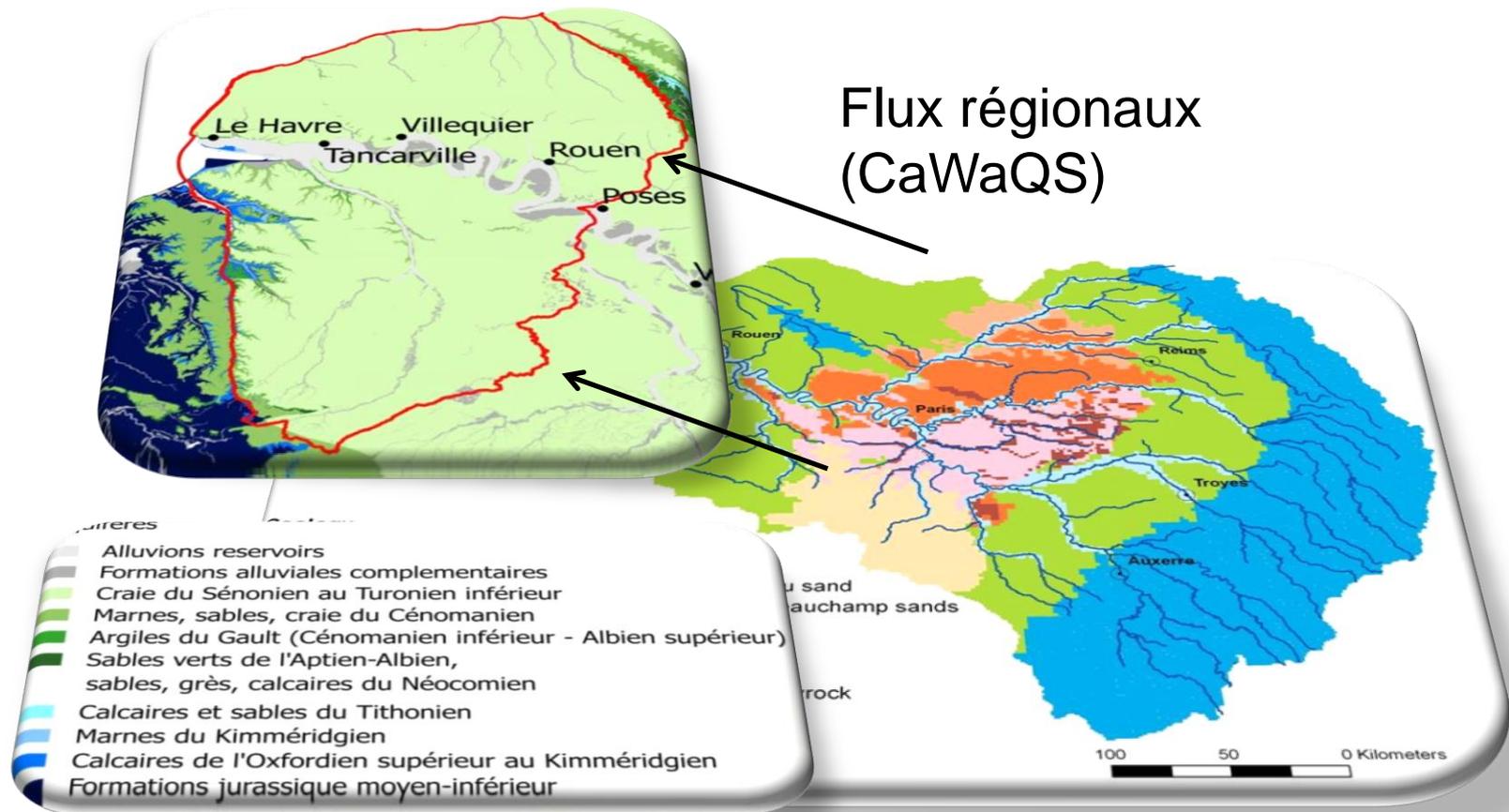
- hydrosystème locale
- échanges estuaire - aquifère



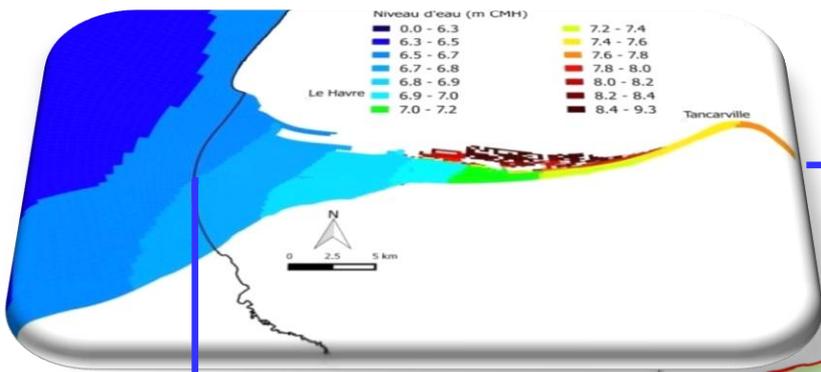
- hydrosystèmes continentaux
- échanges rivières - aquifères



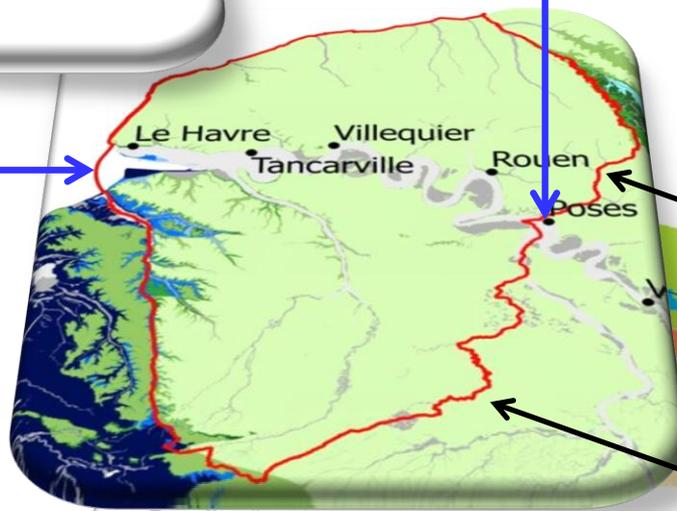
Modèle locale estuaire (CaWaQS)



Plateforme ECHANGES

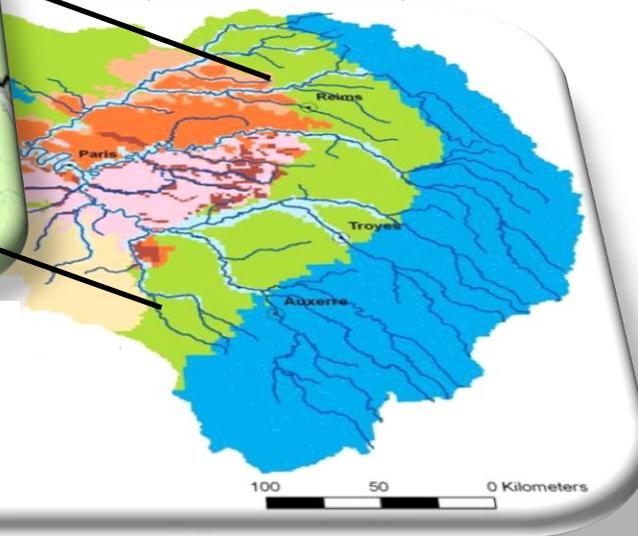


Niveaux d'eau estuaire
(MARS)

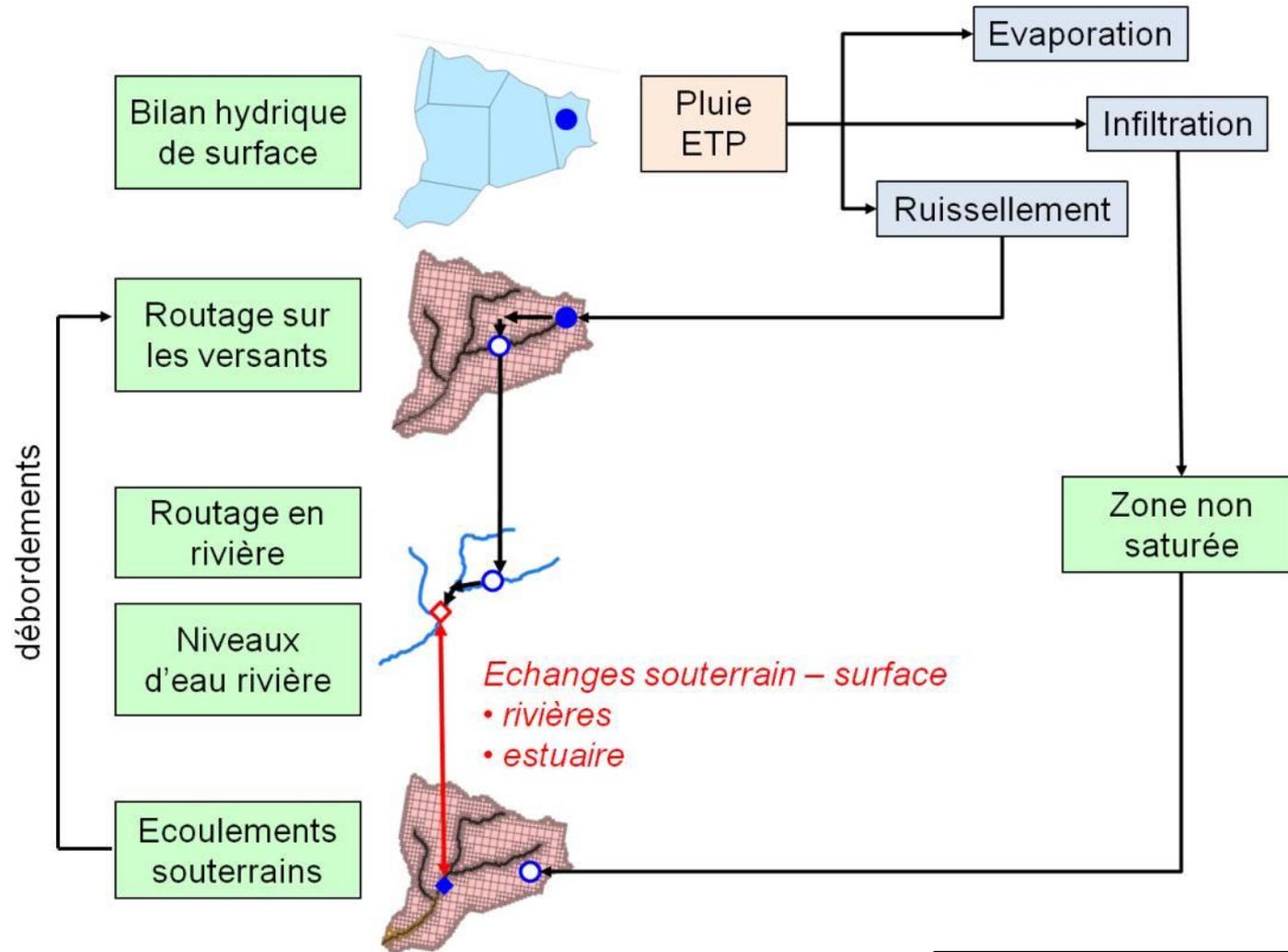


Modèle régional
(CaWaQS)

Modèle locale estuaire
(CaWaQS)



Modélisation des hydrosystèmes - CaWaQS



Equation de diffusivité

$$\nabla \cdot (T \cdot \nabla h_g) = S \frac{\partial h_g}{\partial t} + Q_{AS} + F$$

Pas de temps journalier

Modèle de surface

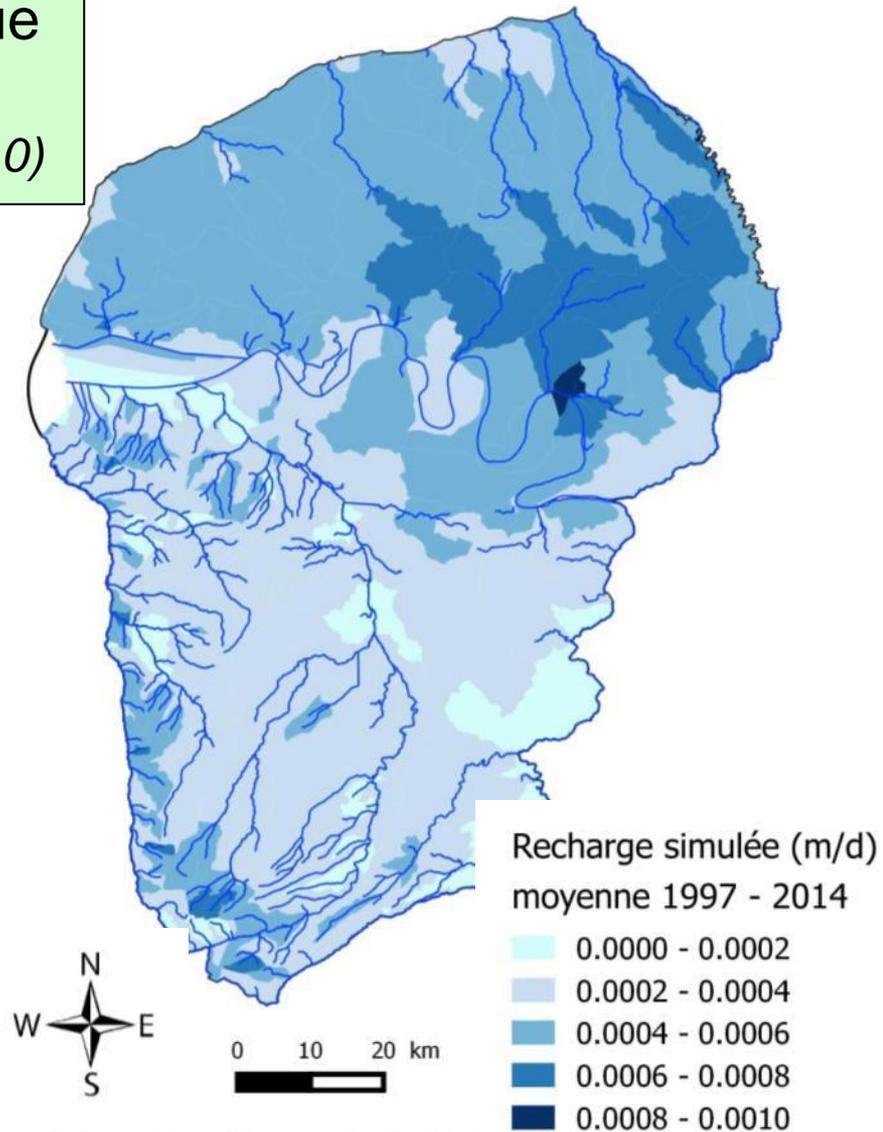
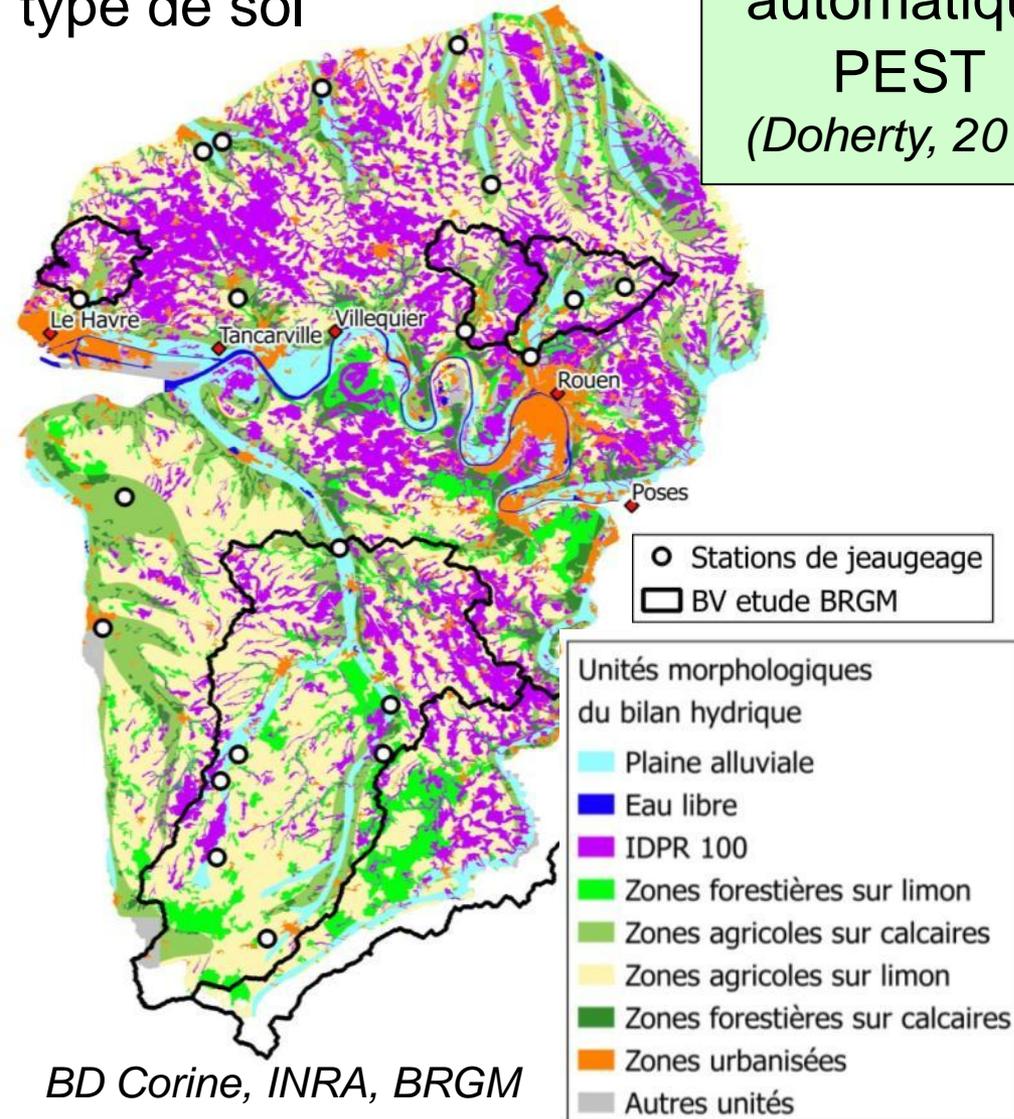
Occupation et
type de sol



Calibration
automatique
PEST
(Doherty, 2010)



Recharge spatialisée



Modèle hydrogéologique

Couches aquifères modélisées :

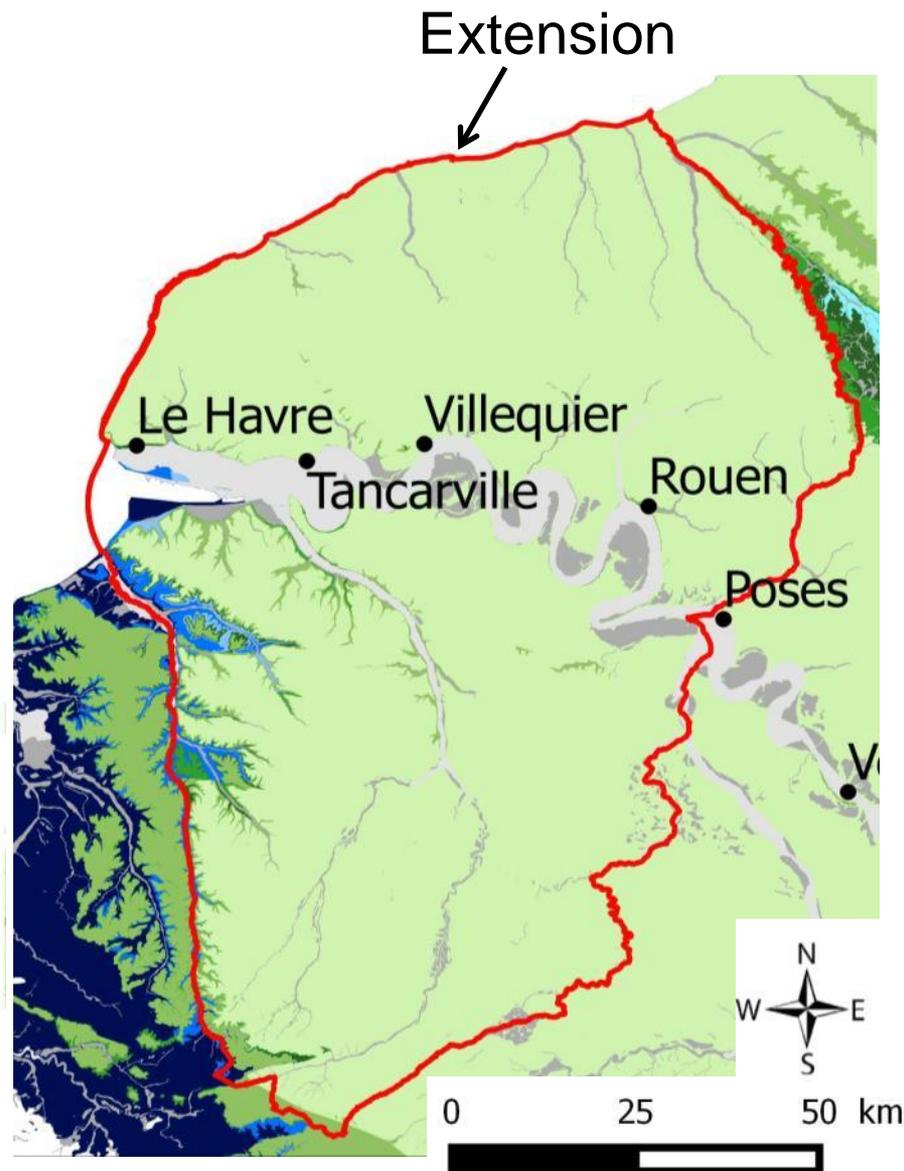
1. Plaine alluviale

2. Craie

Aquifères

-  Alluvions reservoirs
-  Formations alluviales complémentaires
-  Craie du Sénonien au Turonien inférieur
-  Marnes, sables, craie du Cénomanién
-  Argiles du Gault (Cénomanién inférieur - Albien supérieur)
-  Sables verts de l'Aptien-Albien, sables, grès, calcaires du Néocomien
-  Calcaires et sables du Tithonien
-  Marnes du Kimméridgien
-  Calcaires de l'Oxfordien supérieur au Kimméridgien
-  Formations jurassique moyen-inférieur

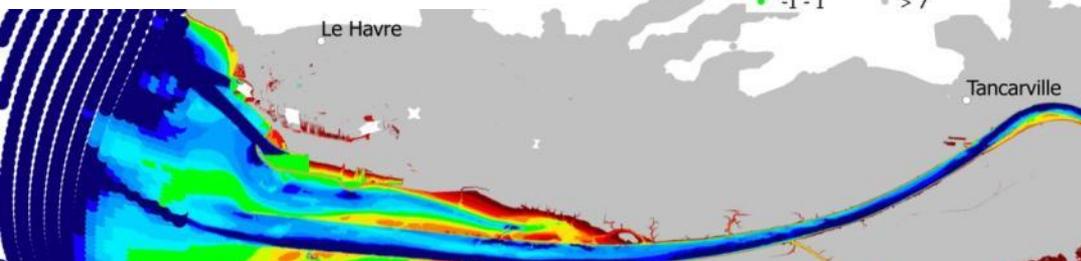
(d'après *BD LISA - BRGM*)



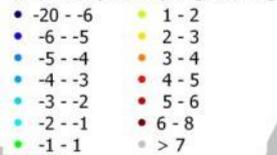
Géométrie de la plaine alluviale

Bathymétrie

(données : GIP Seine Aval -
MNT bathymétrique 10 m)



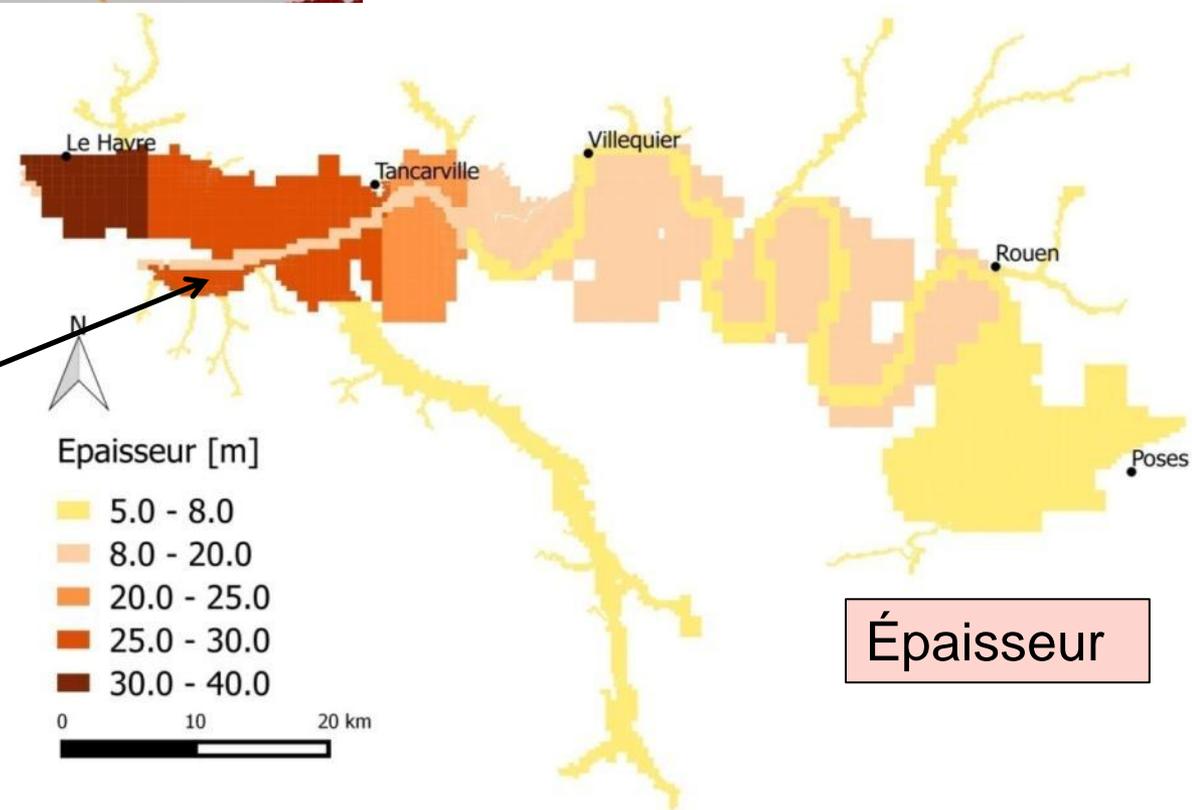
Cote bathymétrique [m CMH]



Plaine alluviale :

- alluvions **fines** modernes (Holocène)
- alluvions **grossières** anciennes (Pléistocène)

Chenal de navigation
(alluvions fines supprimées)

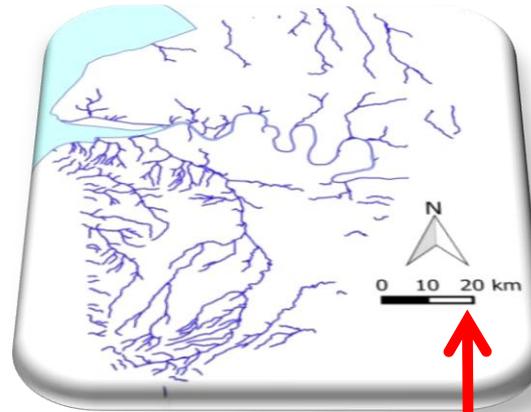


Épaisseur [m]



Épaisseur

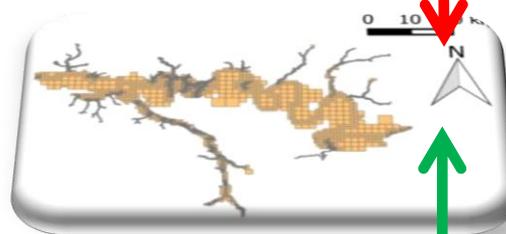
Définition des propriétés hydrodynamiques



Conductance

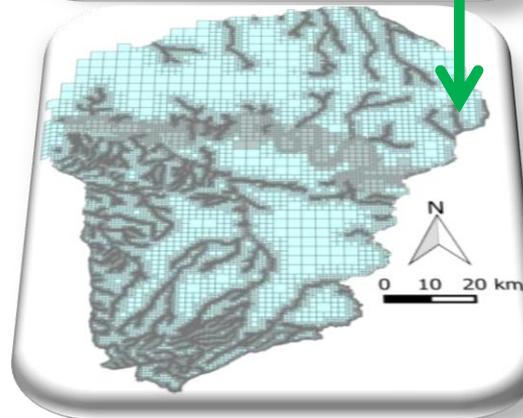
Échanges surface – souterrain

- rivières
- estuaire



Drainance

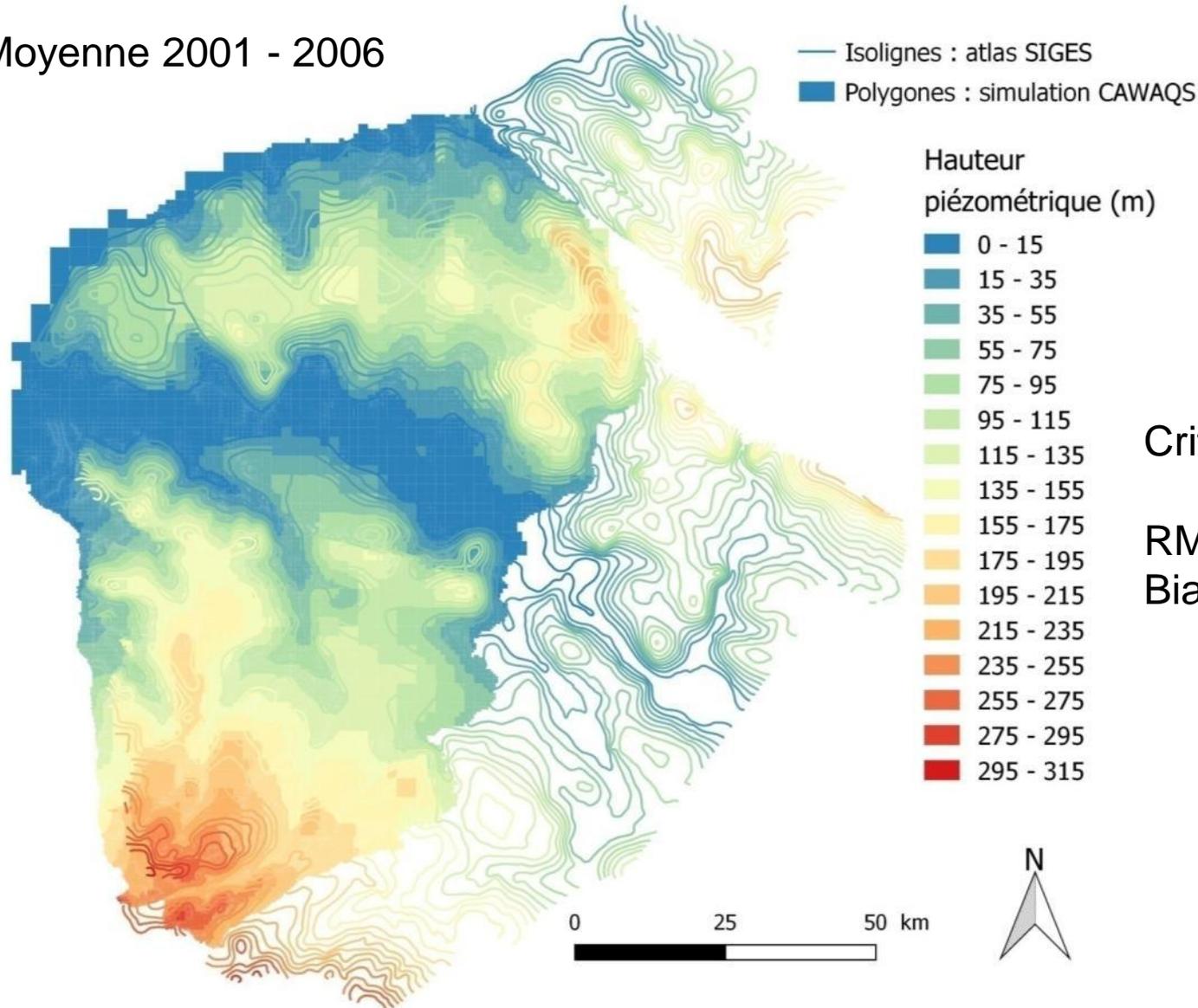
Échanges alluvions – craie



- Transmissivité
- Emmagasinement

Simulation de la piézométrie moyenne

Moyenne 2001 - 2006

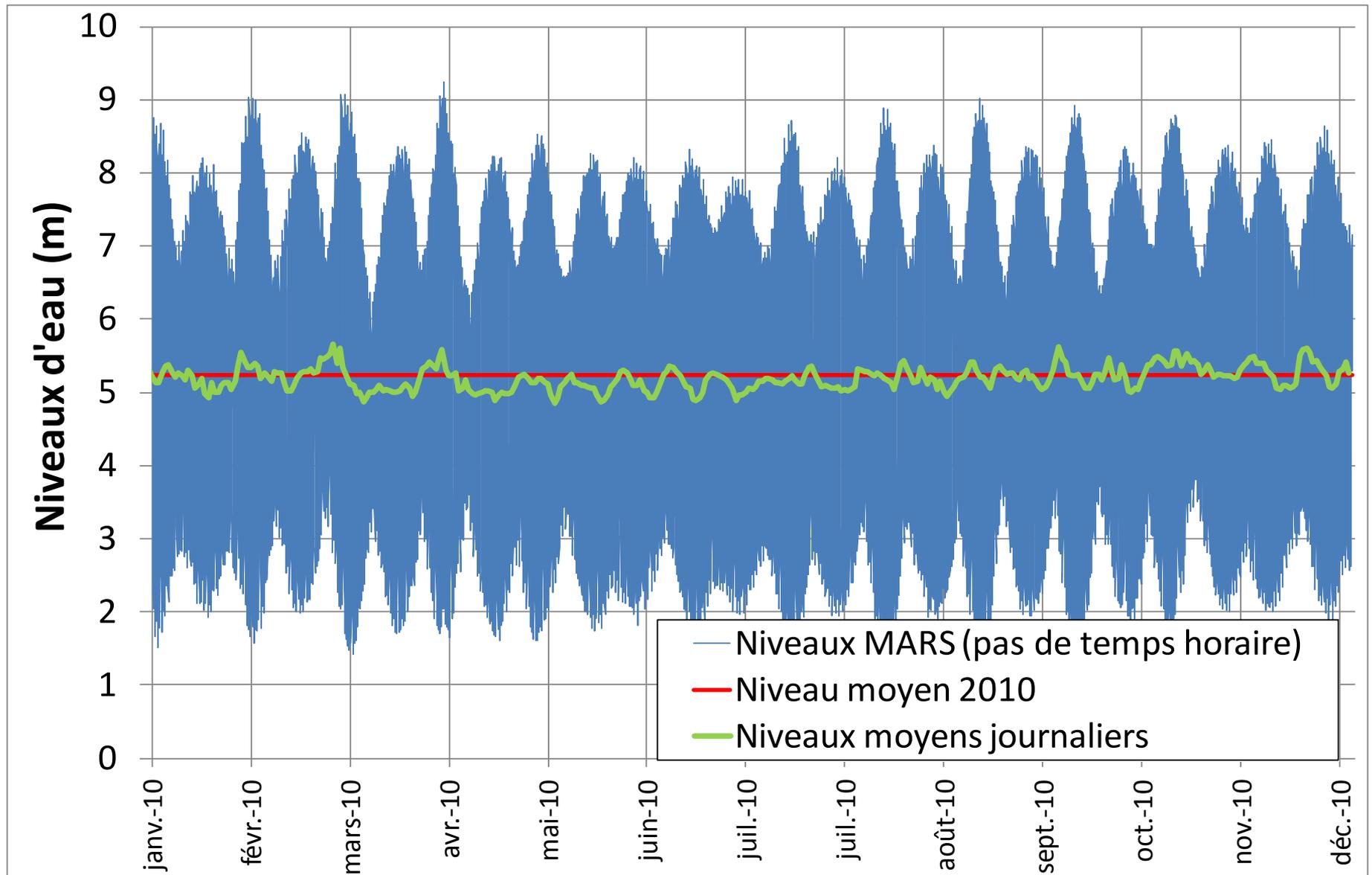


Critères (1997-2014)

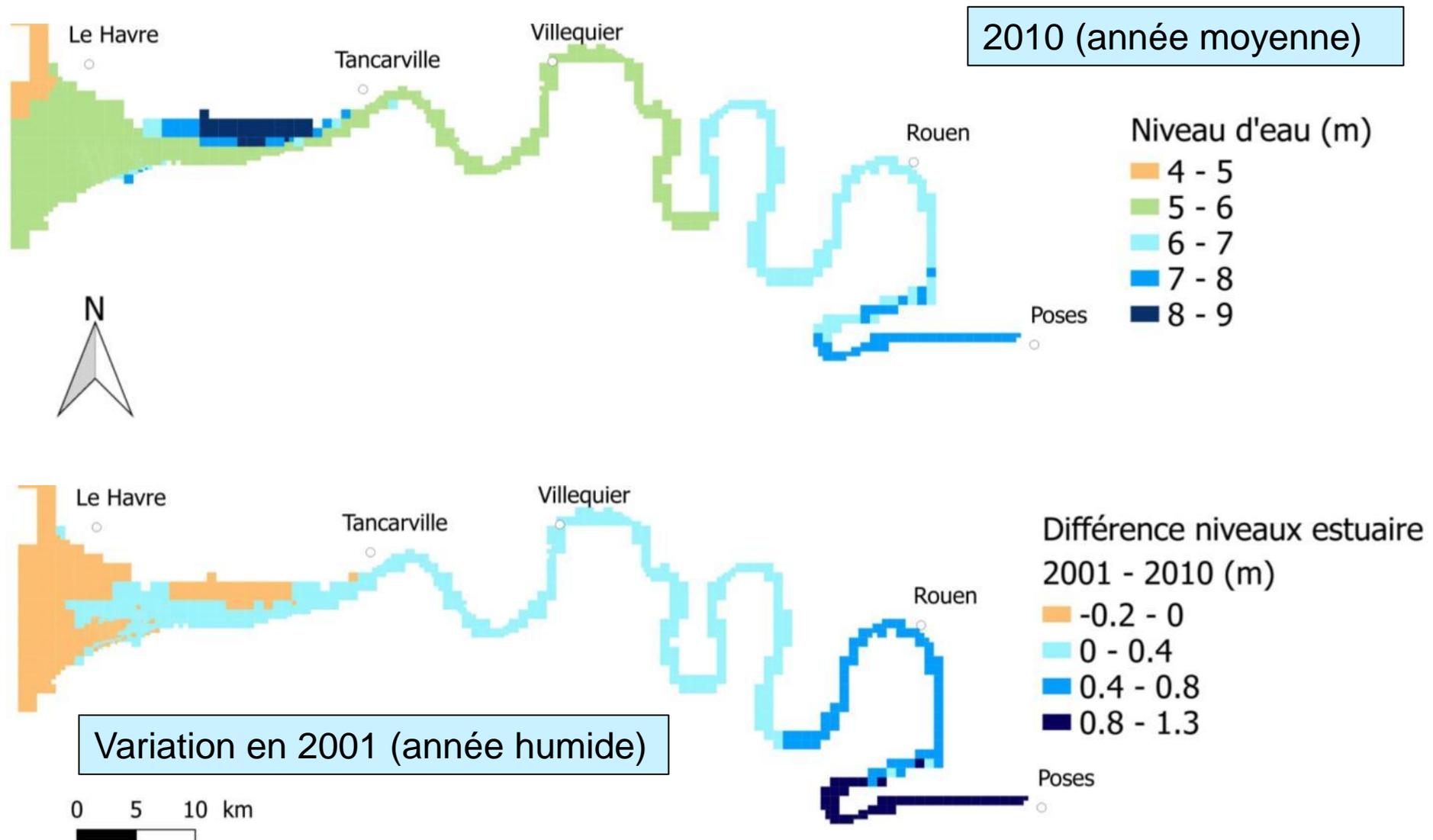
RMSE = 15 m

Biais = 1 m

Variabilité des niveaux d'eau estuariens



Niveaux d'eau moyens annuels dans l'estuaire

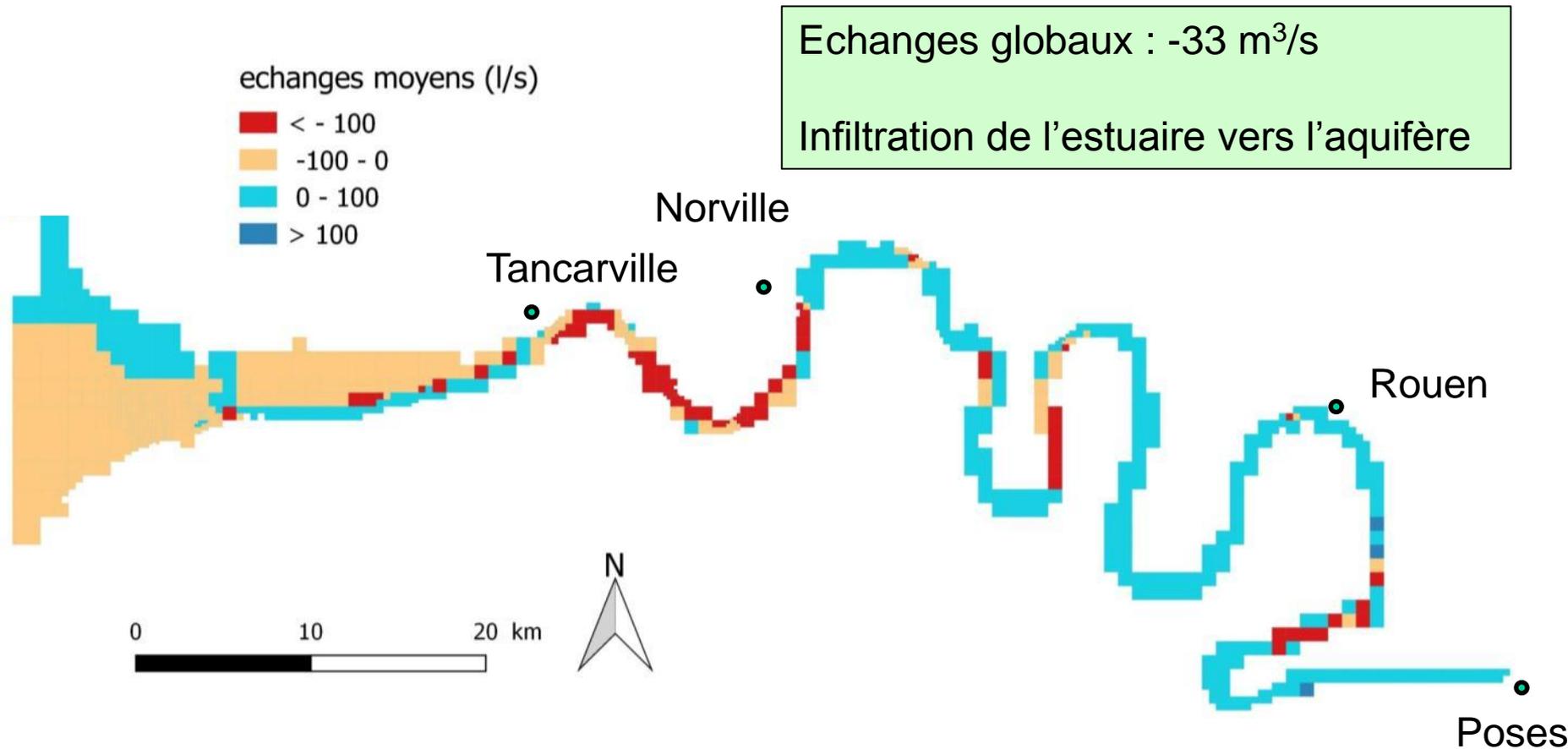


Résultats : flux échangés aquifère – Seine aval

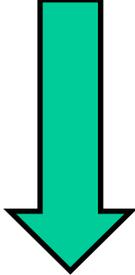
Distribution spatiale

Moyenne

Attention : résultats préliminaires affectés par de fortes incertitudes en raison des incertitudes sur la piézométrie



41 m³/s



Apports latéraux

Attention : résultats préliminaires affectés par de fortes incertitudes en raison des incertitudes sur la piézométrie

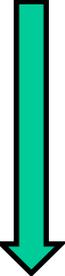
ESTUAIRE

Poses



540 m³/s

33 m³/s

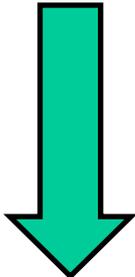


Pertes vers l'aquifère

Infiltration → 5.7 % des apports (amont + latéraux)

Pseudo-équilibre (légère infiltration)

88 m³/s



Apports latéraux

Attention : résultats préliminaires affectés par de fortes incertitudes en raison des incertitudes sur la piézométrie

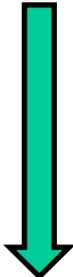
ESTUAIRE

Poses



914 m³/s

174 m³/s



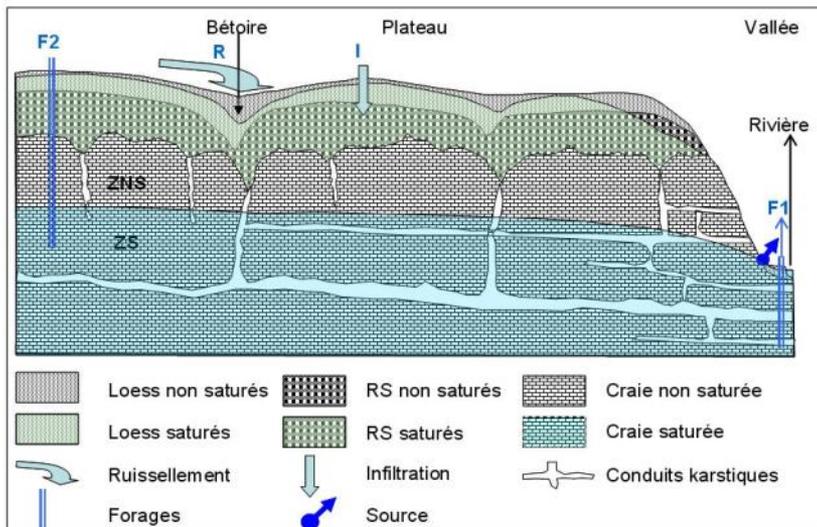
Pertes vers l'aquifère

Infiltration → 17 % des apports (amont + latéraux)

Forte infiltration Seine (amont Norville)

➤ Calibration du modèle

- Meilleure estimation de la distribution de la recharge (zones karstiques) par la prise en compte des bêtoures visibles ou non



- Paramètres souterrains

➤ Développer systèmes de mesure