



Le 8 juillet 2022 à 14h

Intervenant :

Alain CRAVE (CNRS Géosciences Rennes)

Temps d'échanges autour des résultats
du projet BERCEAU
Bilan, suivi et Evaluation des actions de
Restauration des Cours d'EAU bretons





Observatoire
des Sciences de l'Univers
de Rennes

Terre, Écosystèmes et Sociétés

BERCEAU

2017 – 2021 et plus....

Bilan, suivi et Evaluation des actions de Restauration des Cours d'EAU bretons:
focus sur les avancées du projet

Les échanges nappe-rivière

(Alain CRAVE , *CNRS Géosciences Rennes*)



Les contributeurs...



Échanges nappe/rivière Romy DAVID/ Coralie DODE/ Oliver BOUR

Hydrogéomorphologie Alain CRAVE /Marie SEHEDIC



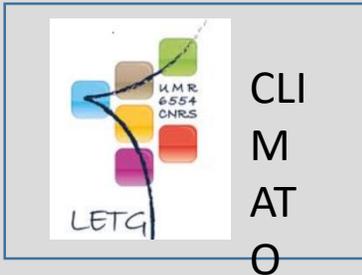
Poissons Dominique OMBREDANE

Plantes aquatiques Julie COUDREUSE

Ripisylve, écologie des berges Yann LAURENT/ Ivan BERNEZ

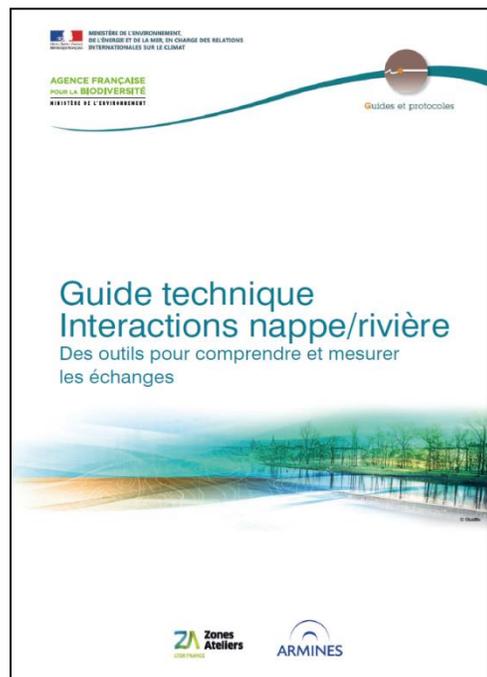


Macro-ivonvertébrés Christophe PISCART/Laura PELLAN



Bancarisation des données Simon DUFOUR/Florian GUYARD

Hydrogéomorphologie Anne-Julia ROLLET



+

Demandes des organismes de gestion de BV:

- Comment utiliser la piézométrie pour étudier la dynamique de la nappe?
- Quelle stratégie pour l'implantation de piézomètres (combien, où, comment) ?
- Quels aspects pratiques sont à considérer?

Moyens mis en œuvre pour l'étude de ces échanges:

- 2 sites d'études équipés de **réseaux de piézomètres**
- Suivi des **débits et hauteurs d'eau en rivière**



→ Obtention de données pédagogiques

→ Impact des restaurations de cours d'eau

Plan de l'intervention:

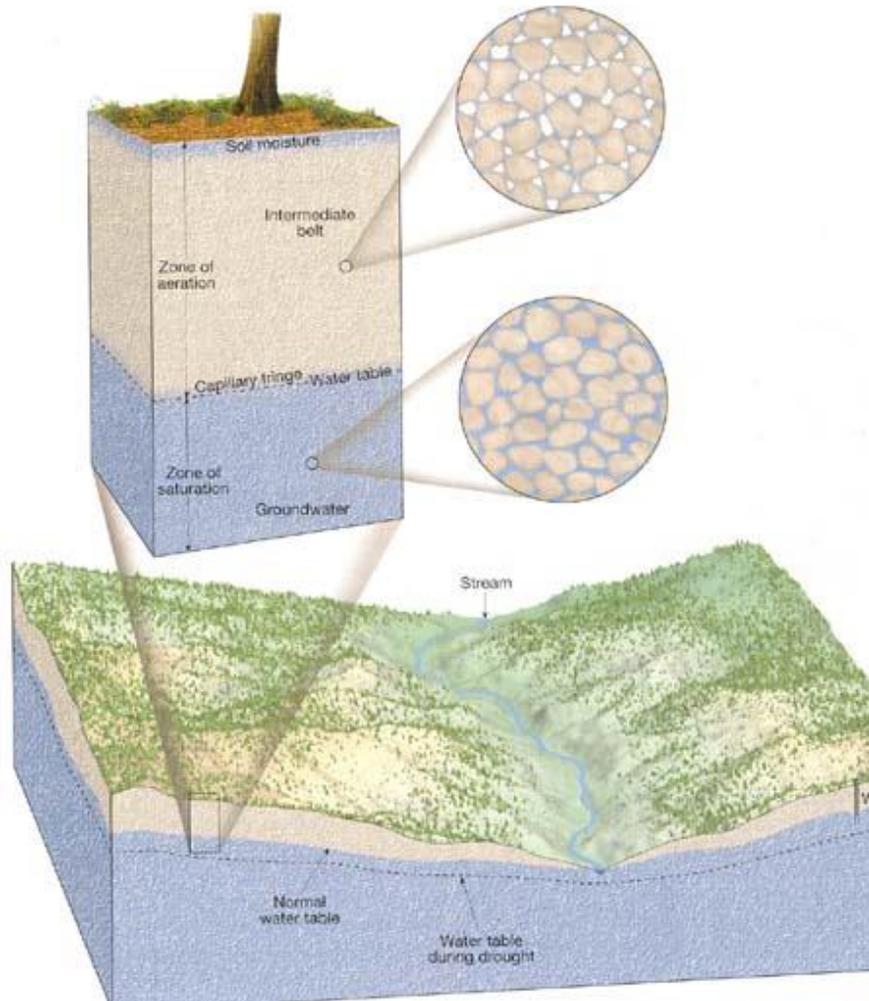
- Rappel des objectifs de la tâche 2 de BERCEAU

Point sur les échanges nappe-rivière et l'apport de la piézométrie

- Notions d'hydrogéologie: variables physiques importantes
- Circulation d'eau à l'échelle du bas fond
- Impact d'une recharge granulaire
- Impact de l'emplacement du cours d'eau dans le bas-fond

Notions d'hydrogéologie: variables physiques importantes

- # Notion de nappe libre



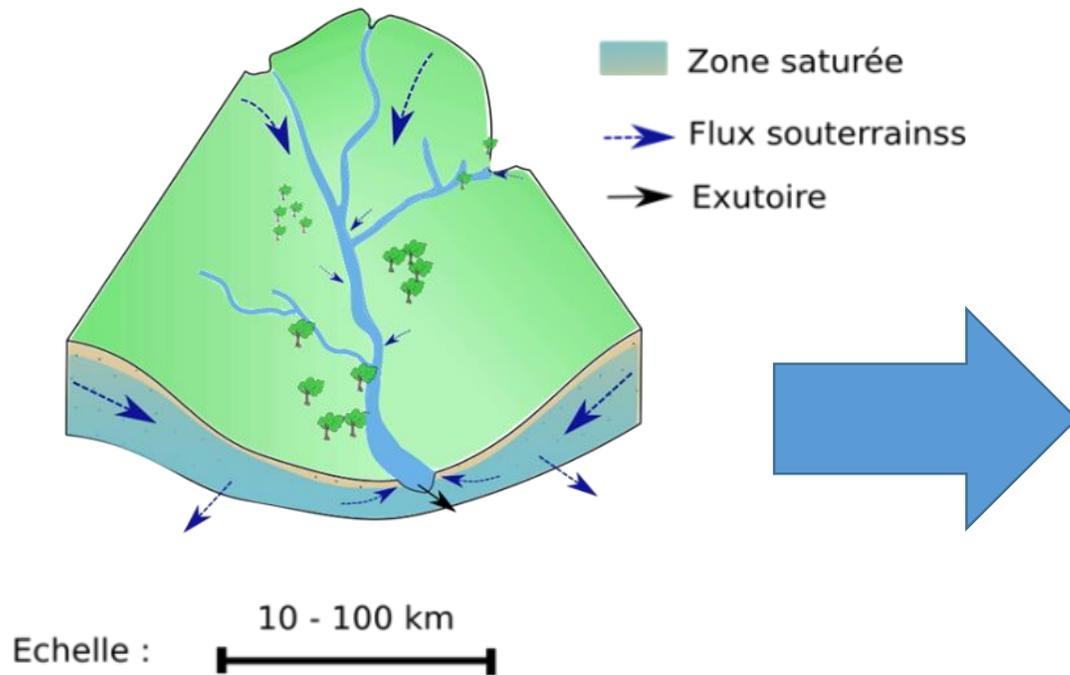
Nappe d'eau souterraine ?

c'est l'ensemble des eaux comprises dans la zone saturée d'un aquifère, dont toutes les parties sont en liaison hydraulique

Un aquifère ?

c'est un "corps" (couche, massif) de roches perméables comportant une zone saturée (ensemble du milieu solide et de l'eau contenue) suffisamment conducteur d'eau souterraine pour permettre l'écoulement significatif d'une nappe et le captage de quantités d'eau appréciables. un aquifère peut comporter une zone non saturée

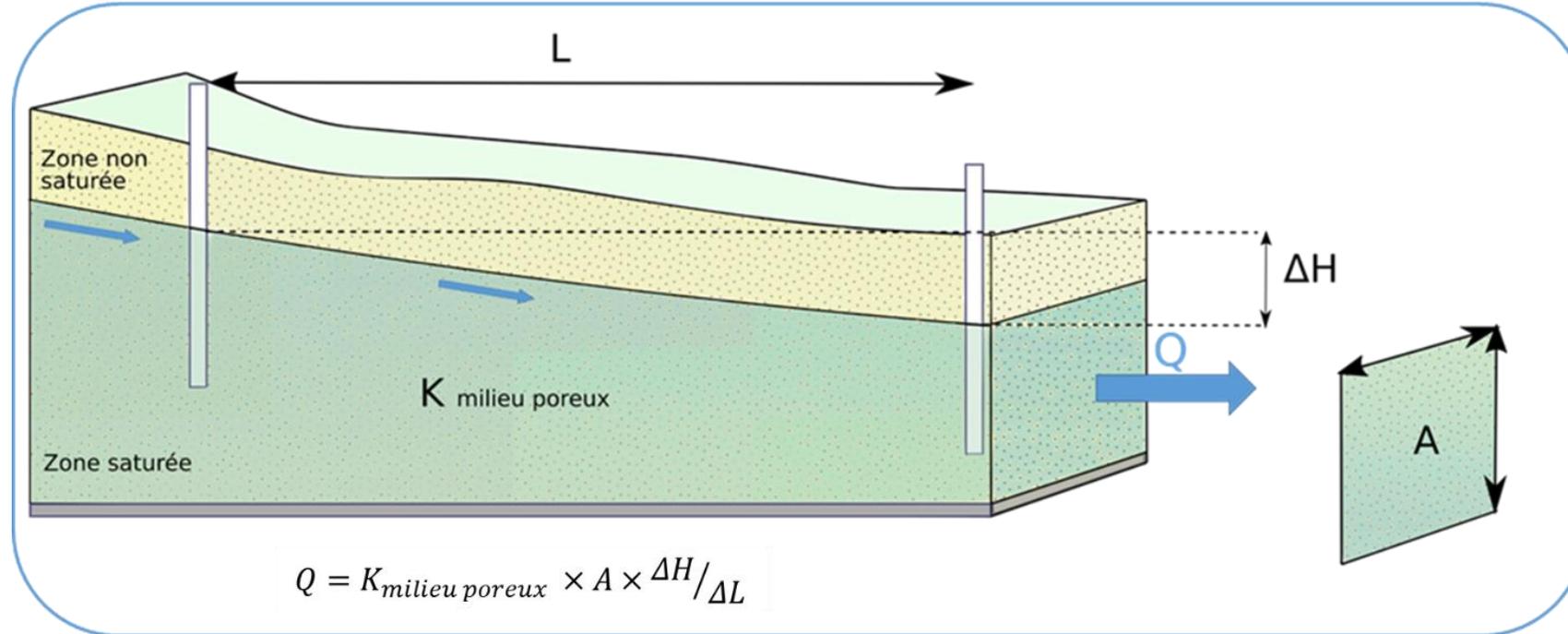
- Echanges nappe rivière: échelle du versant



Bas fond (Breton)

- Variables physiques importantes

Application de la Loi de Darcy à travers une section d'aquifère



$$Q = K_{\text{milieu poreux}} \times A \times \frac{\Delta H}{\Delta L}$$

$$Q = K \cdot A \cdot \frac{\Delta h}{L}$$

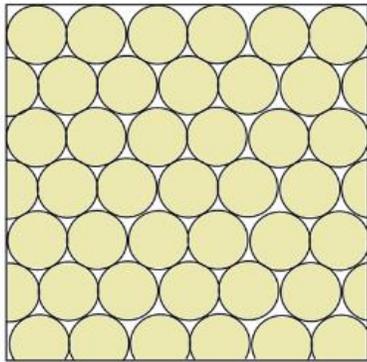
Gradient hydraulique

Perméabilité



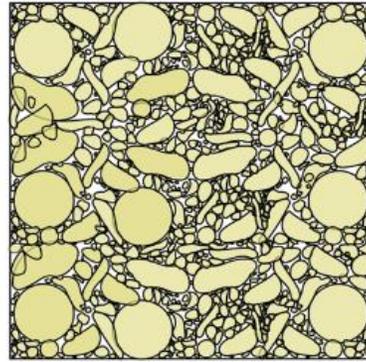
Porosité et perméabilité

Porosité et perméabilité



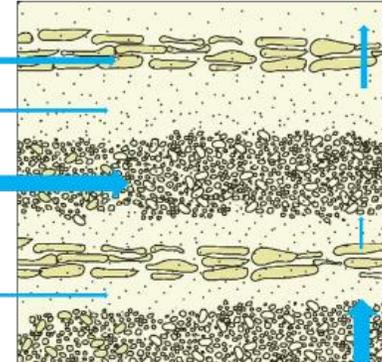
Grains sphériques de taille unique

- Porosité élevée (non dépendante de la taille des grains)
- Perméabilité homogène et isotrope



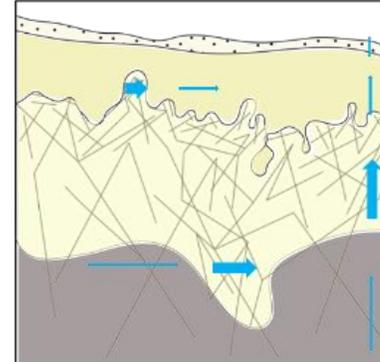
Grains de taille polydispense et d'arrangement aléatoire

- Distribution granulométrique large
- Porosité dépendante de l'arrangement des grains
- Les grains fins qui obstruent les pores diminuent la porosité et donc la perméabilité



Grains de taille polydispense et d'arrangement organisé

- Perméabilité hétérogène et anisotrope
- Variations verticales et horizontales de perméabilité



Alternance de roche typique d'un aquifère de socle à base fissurée (courant en Bretagne)

- Perméabilité hétérogène et anisotrope
- Variations verticales et horizontales de perméabilité

LEGENDE

- Sédiments grossiers arrondis (ex: graviers)
- Sédiments allongés (ex: coquilles)
- Sédiments fins (ex: argiles)
- Roche saine
- Horizon fracturé
- Altérites
- Largeur proportionnelle à K

• Perméabilité: les ordres de grandeur

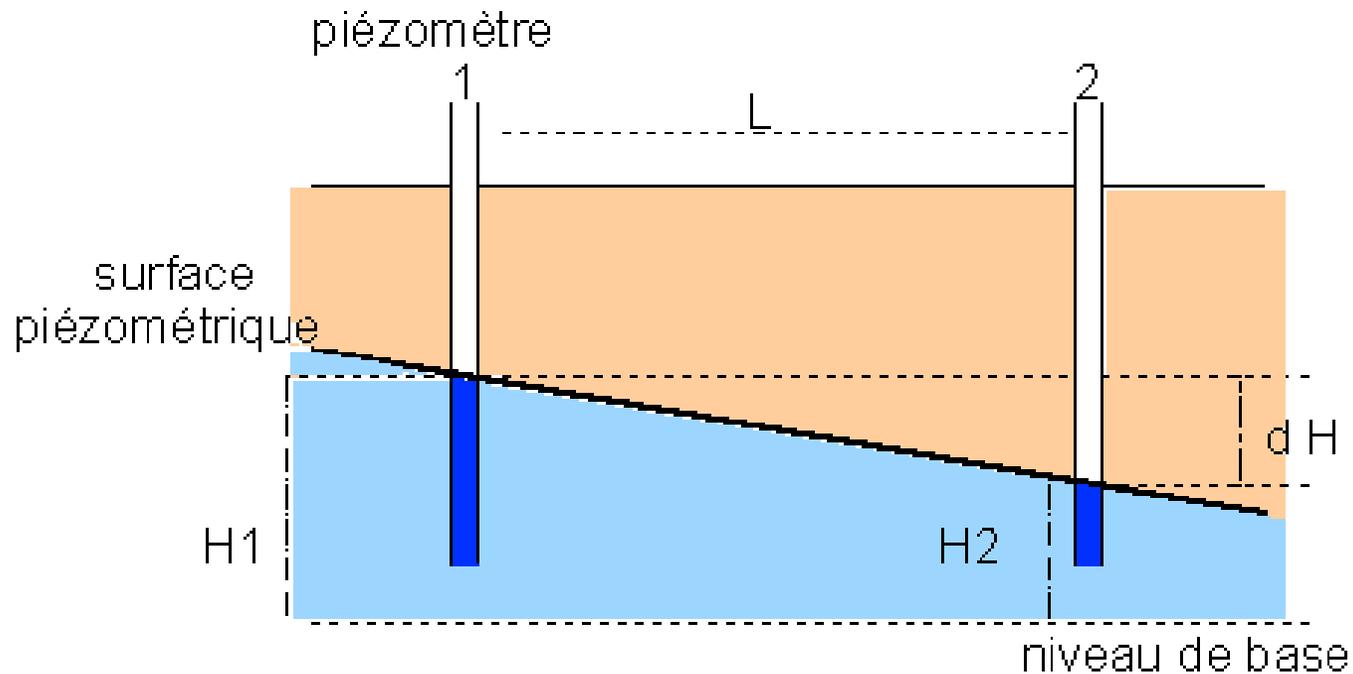
Degrés de perméabilité

K (m/s)		10^1	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
GRANULOMETRIE	homogène	Gravier pur		Sable pur	Sable très fin	Silt		Argile						
	variée	Gravier gros et moyen	Gravier et sable		Sable et argile-Limons									
DEGRES DE PERMEABILITE		TRES BONNE				BONNE			MAUVAISE				NULLE	
TYPES DE FORMATIONS		PERMEABLES				SEMI-PERMEABLES				IMPER.				

limites conventionnelles

- Paramètres qui régissent l'écoulement

Gradient hydraulique (i ou $\Delta H/L$)



gradient hydraulique: $\frac{H1 - H2}{L}$

Bas fonds (zones humides)

- Pentes topographiques très faibles
- Gradients hydrauliques souvent faibles (autour de 10^{-3})

- Contexte zone humide

Débit $Q = K \cdot A \cdot \Delta h/L$ Gradient hydraulique

Perméabilité : K

- Argiles ($10^{-9} \text{ m/s} - 10^{-12} \text{ m/s}$)
- Limon ($10^{-6} \text{ m/s} - 10^{-9} \text{ m/s}$)
- Alluvions ($10^{-2} \text{ m/s} - 10^{-5} \text{ m/s}$)

Bas fonds (zones humides)

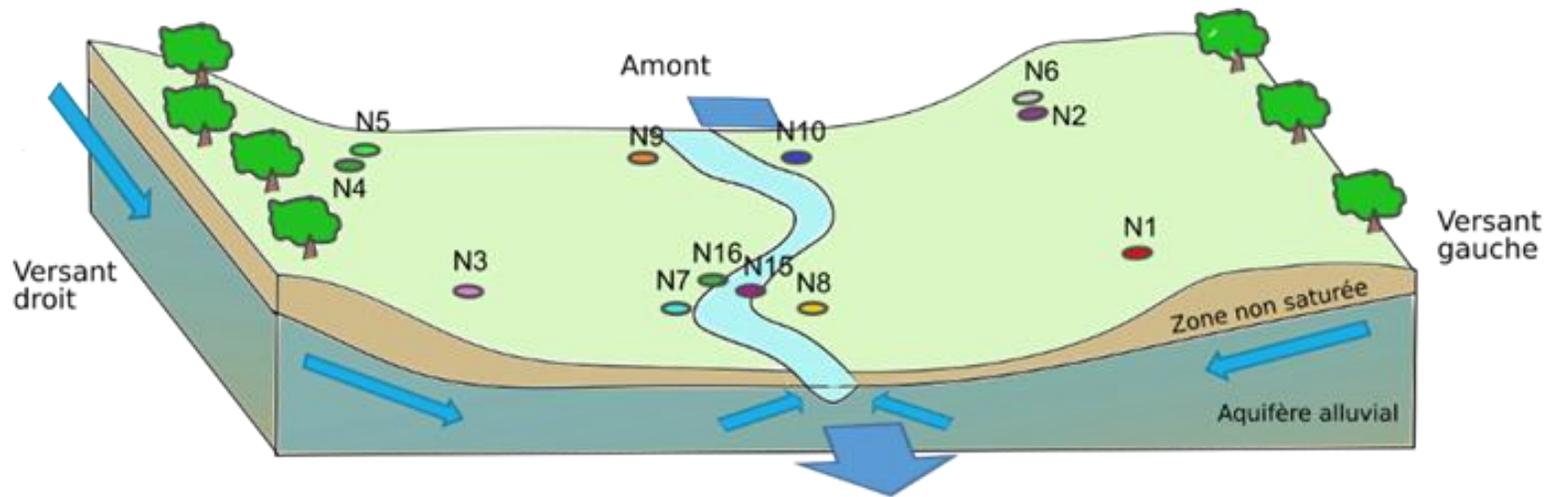
- Pentés topographiques très faibles
- Gradients hydrauliques souvent faibles (autour de $10^{-2} - 10^{-3}$)

Débit théorique pour $A = 1 \text{ m}^2$

- Argiles : $Q \sim 10^{-14} \text{ m}^3/\text{s}$ ($10^{-9} \text{ m}^3/\text{jour}$)
- Limon : $\sim 10^{-11} \text{ m}^3/\text{s}$ ($10^{-6} \text{ m}^3/\text{jour}$)
- Alluvions: $\sim 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}$ ($10^{-2} \text{ m}^3/\text{jour}$)

Circulation d'eau à l'échelle du bas fond

- Chemins de l'eau à l'échelle du bas fond

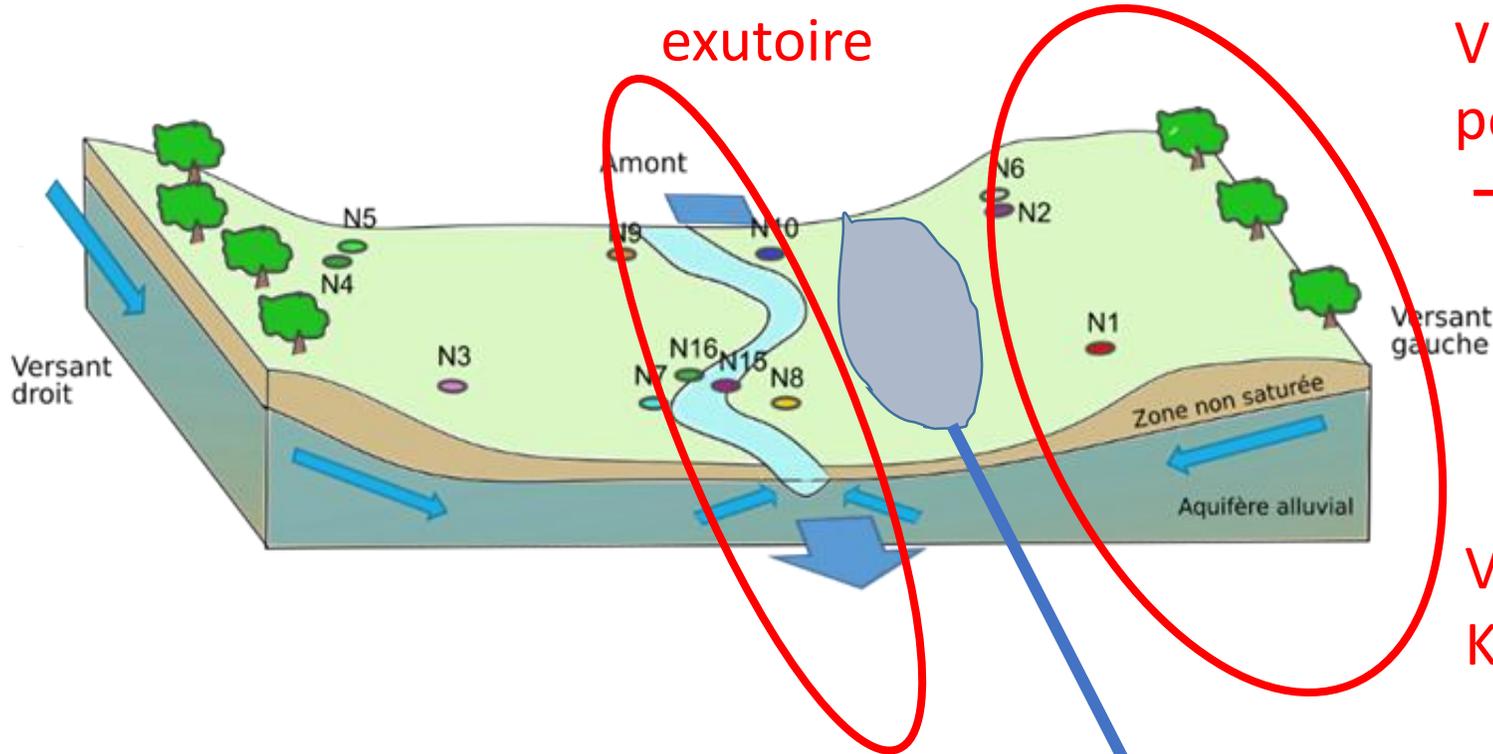


Apport latéraux et longitudinaux

- Conditions limites des écoulements

Rivière : point bas
exutoire

VERSANT :
point haut, aire drainée
→ « château d'eau »



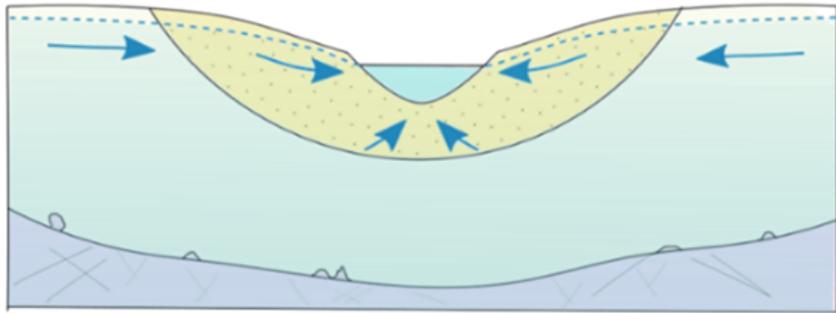
VERSANT :
K sol et altérites

Rivière : K alluvions

Zone humide: zone tampon
K argiles, limon

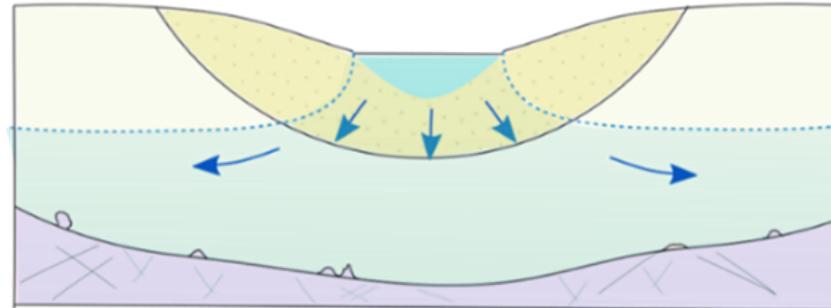
• Typologie des échanges nappe - rivière

Typologie des échange nappe-rivière dans un bas-fond de vallée



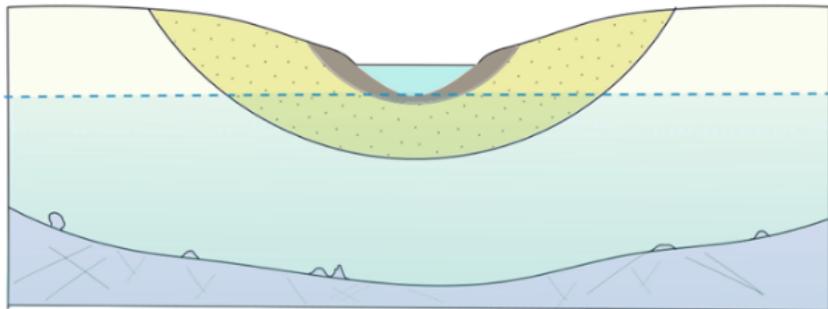
1 La nappe alimente le cours d'eau

Le niveau piézométrique est supérieur au niveau dans le cours d'eau. **La rivière draine l'aquifère.**



2 Le cours d'eau alimente la nappe

Le niveau dans le cours d'eau est supérieur au niveau piézométrique. **L'aquifère draine la rivière.**

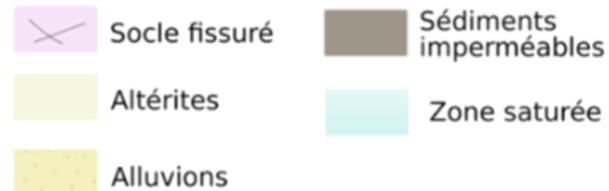


3 Absence d'échanges

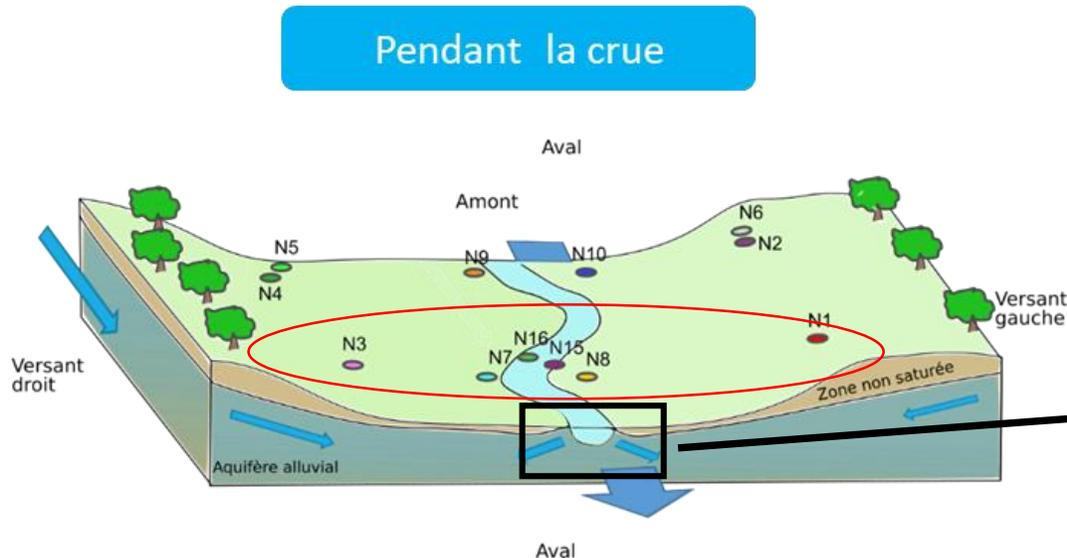
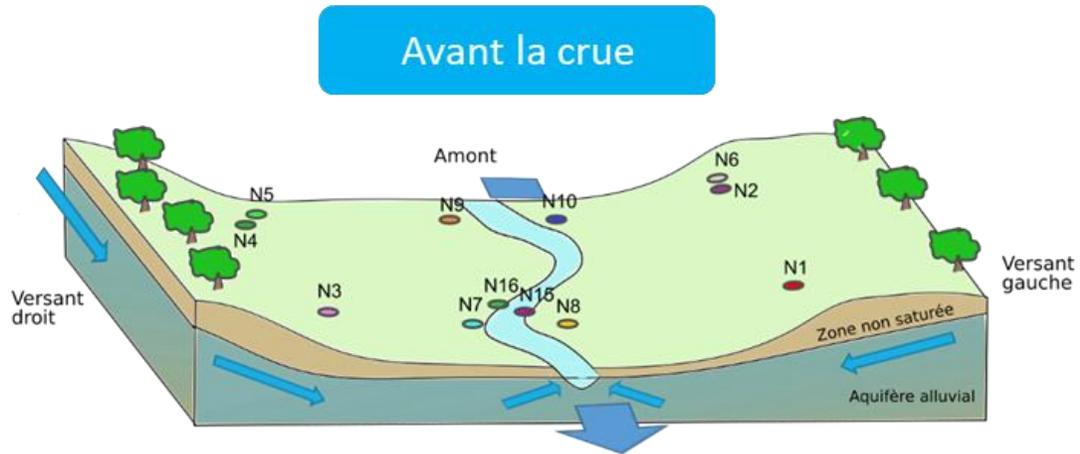
Le lit du cours d'eau est recouvert d'une couche imperméable dû au colmatage du lit la rivière. **Il n'y a pas d'échanges entre la nappe et le cours d'eau.**

8 juillet 2022

LÉGENDE:



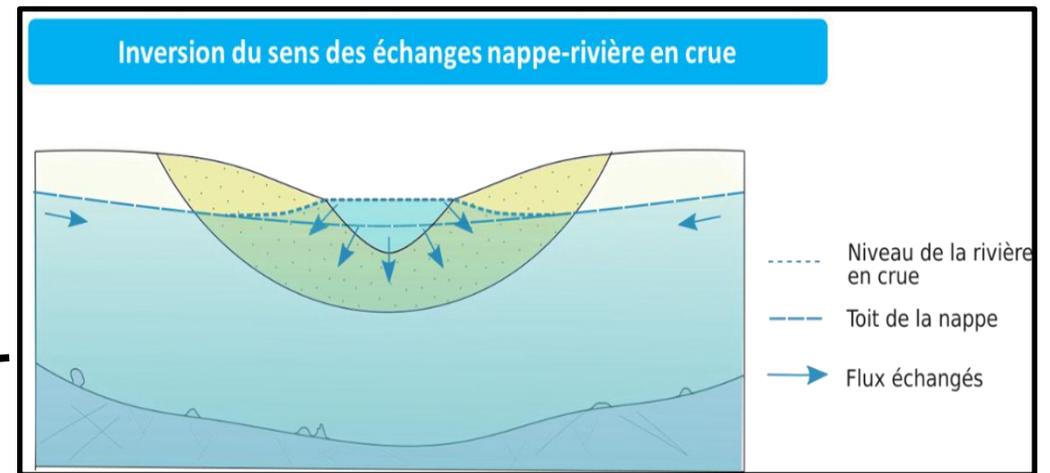
- Echanges nappe rivière : dynamique échanges lors de certaines crues



- Variations des échanges (amplitude et sens)**

Un cours d'eau peut drainer la nappe en hiver, et inversement en été.

Lors d'une crue, une montée rapide des niveaux d'eau dans la rivière induit une inversion localisée et temporaire des échanges



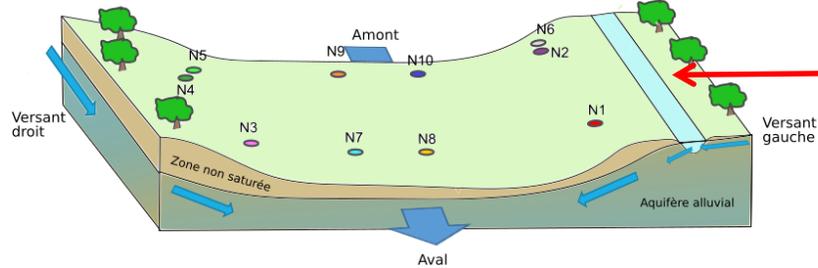
Site du Côté-Malville à Ploërmel (56)



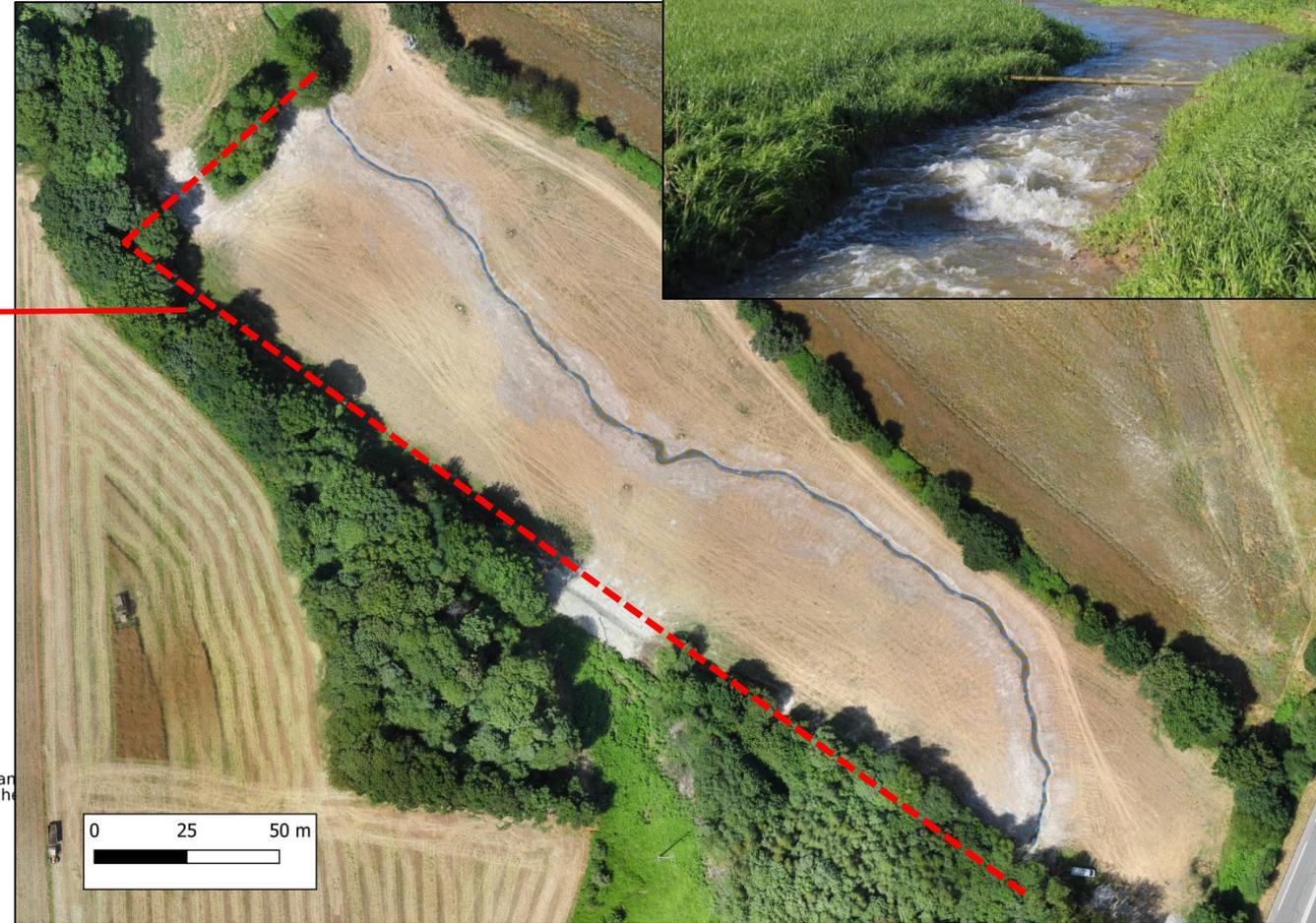
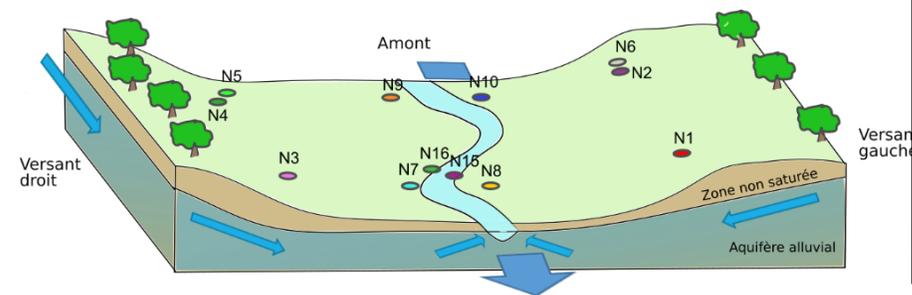
Projet réalisé par:
Sébastien Noblet (SMGBO)



1 AVANT RESTAURATION: cours d'eau perché sur un versant



2 APRES RESTAURATION: cours dans le thalweg

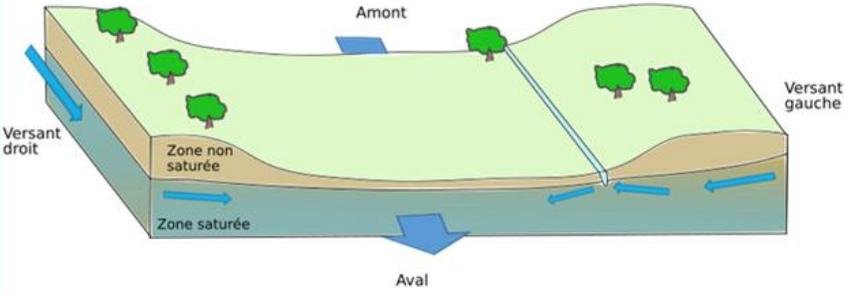




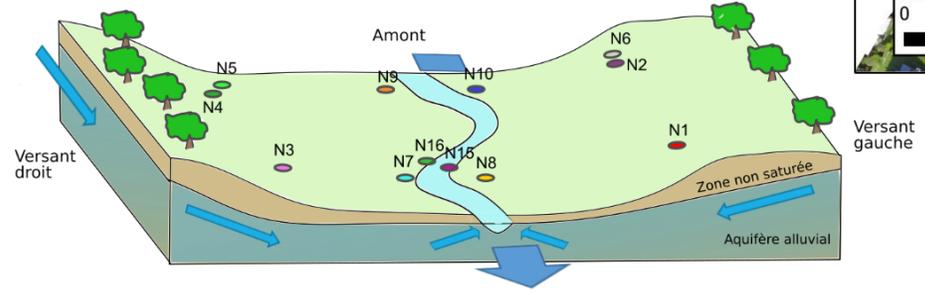
- Site du **Pas de l'Âne** à Vignoc (35)



1 AVANT RESTAURATION: cours d'eau en pied de versant



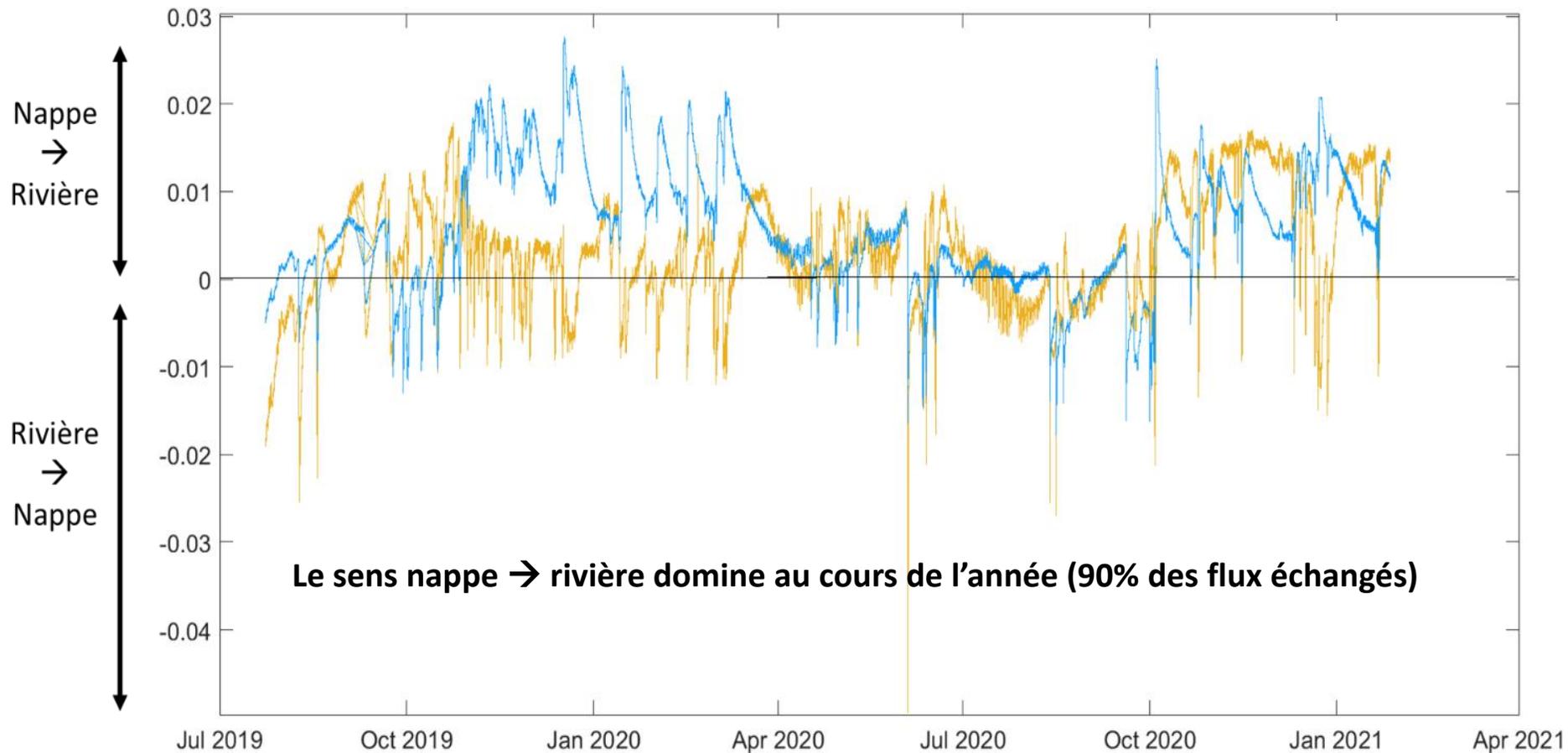
2 APRES RESTAURATION: cours dans le thalweg



Projet réalisé par:
Laëtitia CITEAU (Eaux et Vilaine)



- Echanges nappe rivière : dynamique échanges lors de certaines crues



- Piézomètres au abords du cours d'eau : inversions plus fréquentes
- Inversion **niveau versant/rivière** seulement lors de crues en **été** (niveau de nappe très bas sur les versants)

Soutien à l'étiage

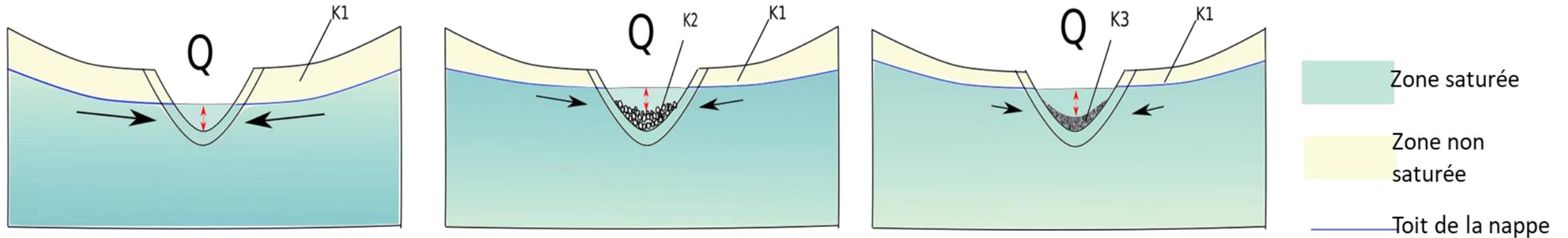
La pérennité des débits d'étiage et des zones sources dépend des infiltrations d'eau dans les sous-sols des versants et de l'alimentation de la nappe à l'échelle du bassin versant.

La pérennité de la zone humide connexe au cours d'eau dépend principalement du maintien de l'alimentation de la nappe par les apports amonts et ceux des versants.

Impact d'une recharge granulaire

• Recharge granulaire

Constat: le gabarit d'un chenal (largeur, profondeur) → niveau d'eau rivière → niveau nappe adjacente



1 Sans recharge granulaire, niveau de nappe haut: la

2 Avec recharge granulaire par sédiments grossiers (K élevé): La

3 Avec recharge granulaire par sédiments fins (K faible): Les

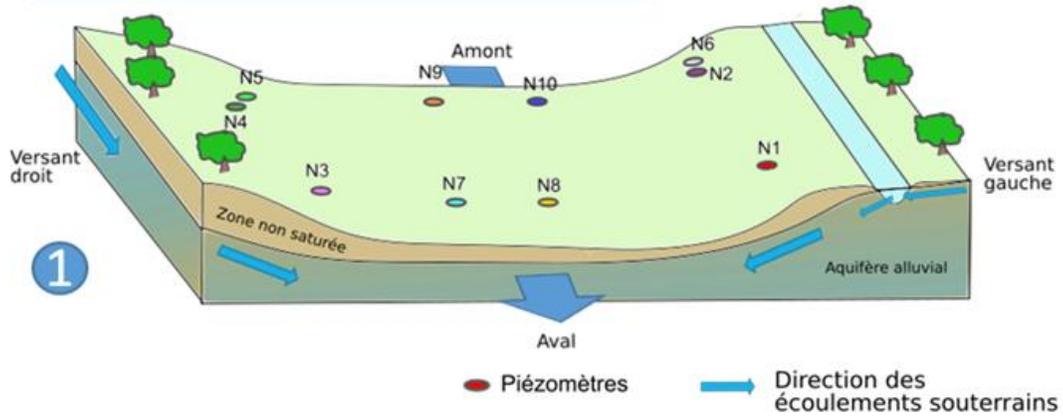
→ Flux échangés

Impacts: - augmentation du niveau d'eau dans la rivière → augmentation **locale** du niveau de nappe
 - si Q petit, risque de disparition du niveau d'eau libre
 - effet limité dans le temps si divagation latérale du chenal

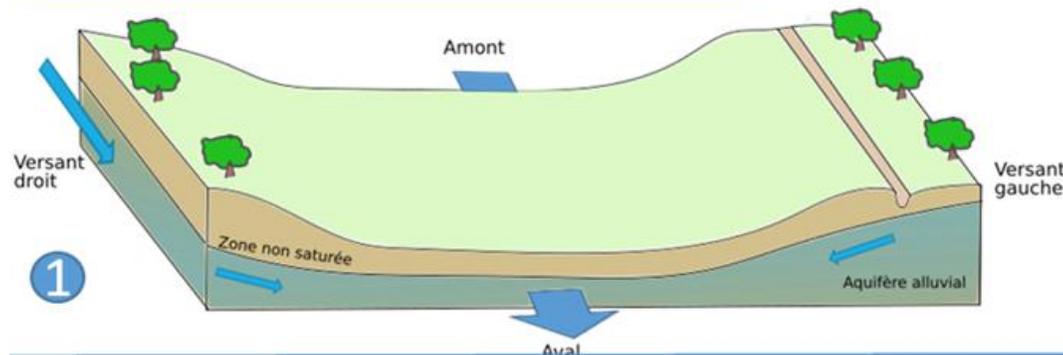
Impact de l'emplacement du cours d'eau dans le thalweg

Cours d'eau à flanc de versant

Apports d'eau amonts dans le cours d'eau

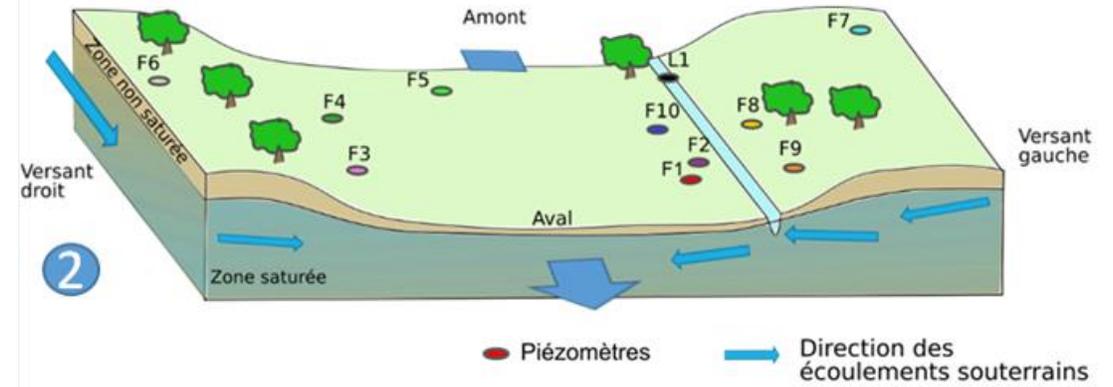


Pas d'apports d'eau amonts dans le cours d'eau

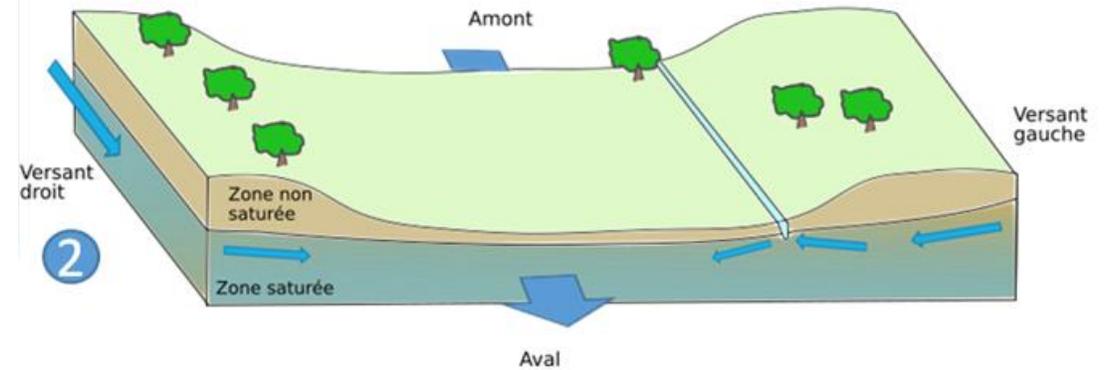


Cours d'eau en pied de versant

Apports d'eau amonts dans le cours d'eau



Pas d'apports d'eau amonts dans le cours d'eau



- ⇒ Les principales grandeurs physiques qui contrôlent les interactions nappe rivière sont : **les gradients hydrauliques de nappe et la conductivité hydraulique (K) des substrats.**
- ⇒ Les échanges entre la nappe et la rivière varient au cours de l'année **en fonction de l'état de saturation du bassin versant.**
- ⇒ La dynamique des **zones humides** est principalement **contrôlée par les variations de hauteur de nappe.**
- ⇒ Les **modifications sur les cours d'eau** peuvent **modifier le sens, l'amplitude des échanges nappe-rivière.**
- ⇒ **Toute implantation** sur un versant ou dans le fond de la vallée **de drains** (enterrés /à ciel ouvert) **ou de pompage accélère le transfert de l'eau en aval et diminue le stockage dans la nappe.**
- ⇒ **La pérennité des débits d'étiage et des zones sources** dépend des infiltrations d'eau dans les sous-sol des versants et **de l'alimentation de la nappe à l'échelle du bassin versant.**



Place aux échanges



Merci
de votre attention

www.creseb.fr



Quoi de neuf ?

Abonnez-vous à notre Newsletter afin de rester informé sur l'avancée des travaux du Creseb et sur les parutions et actualités dans le domaine de l'eau.

RESTEZ CONNECTÉ

 twitter.com/Creseb_Bretagne

 CRESEB Vidéotheque



283 avenue du Général Patton
CS 21101 - 35711 RENNES Cedex 7

• Contact Cellule d'animation

Tél. : 02 99 27 11 62
Email : creseb@bretagne.bzh