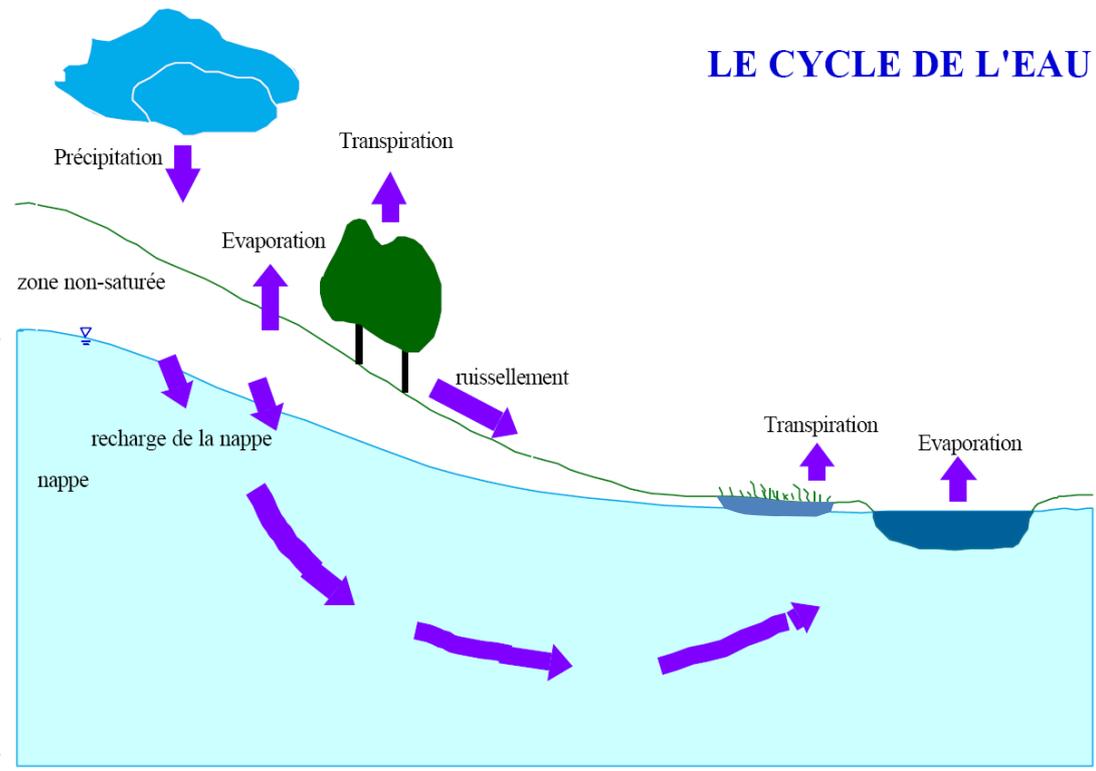
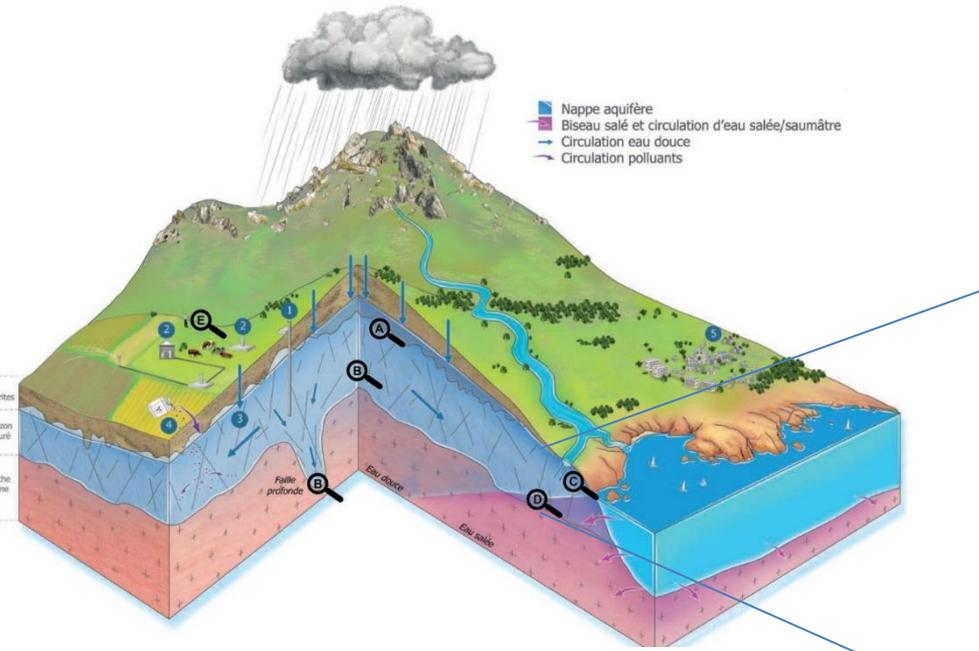


## 4. Impacts des forages sur les zones humides

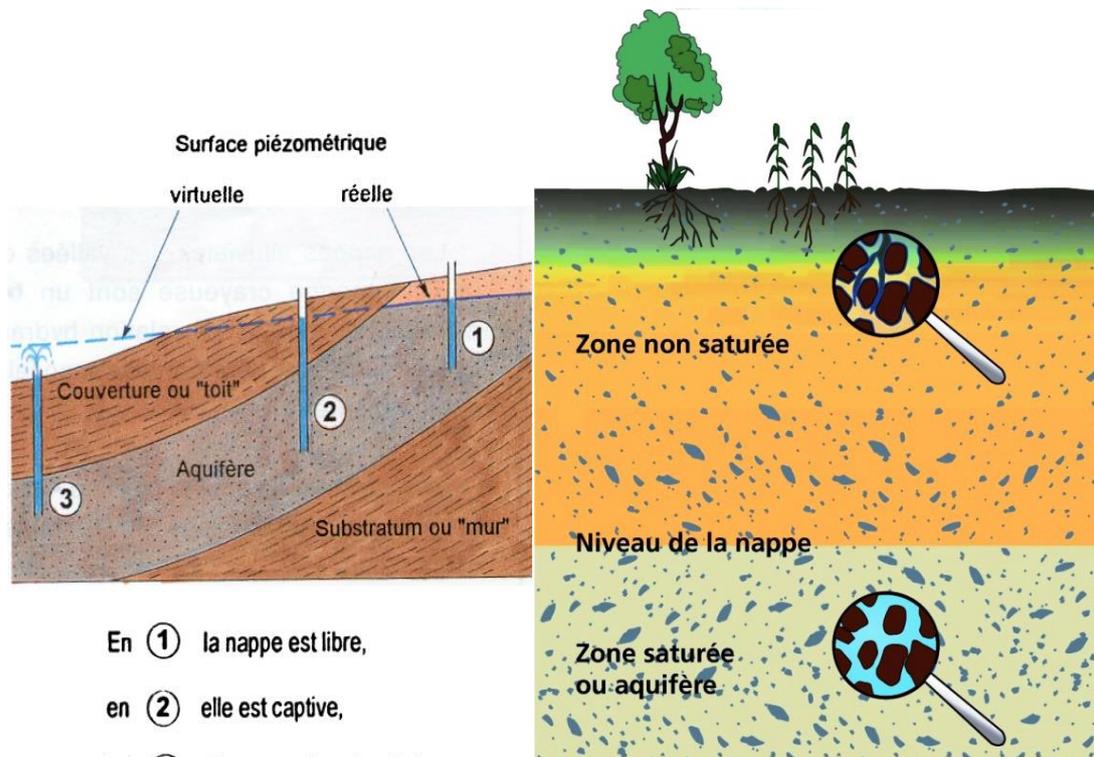
Bruno MOUGIN - BRGM  
Hélène ANQUETIL - OFB

# Cycle de l'eau

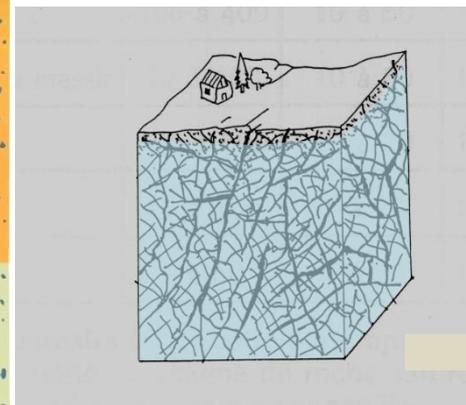


## LE CYCLE DE L'EAU

# La géologie particulière bretonne



- En ① la nappe est libre,
- en ② elle est captive,
- en ③ elle est captive et artésienne ( jaillissante)



# Paramètres hydrodynamiques d'une nappe

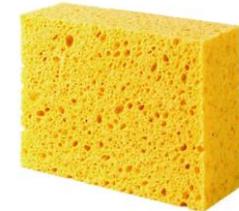
## Capacité d'écoulement

**PERMÉABILITÉ (K)** caractérise  
la **fonction conductrice** de l'aquifère [*en m/s*]



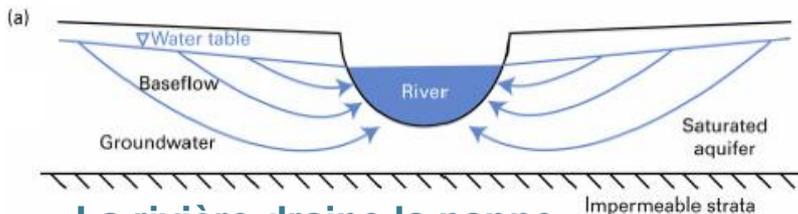
## Capacité de stockage

**COEFFICIENT D'EMMAGASINEMENT (S)** caractérise  
la **fonction réservoir** de l'aquifère  
(capacité à stocker et déstocker) [*sans unité, parfois en %*]

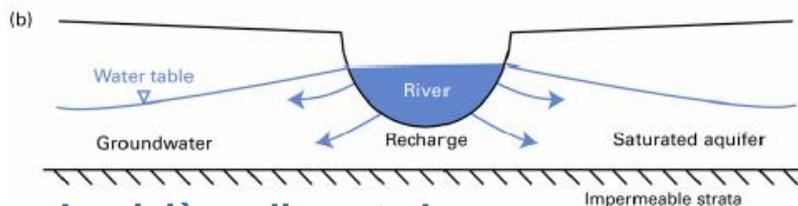


=> Aquifère : fonctions **réservoir** + **conductrice**

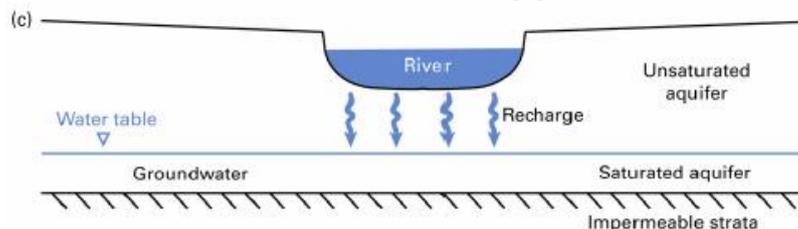
# Relations nappes-rivières



La rivière draine la nappe



La rivière alimente la nappe



Nappe et rivière sans connexion directe

**Mécanismes aussi applicables  
aux zones humides, lacs,  
étangs...**

Une zone humide,  
c'est quoi ?

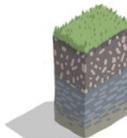
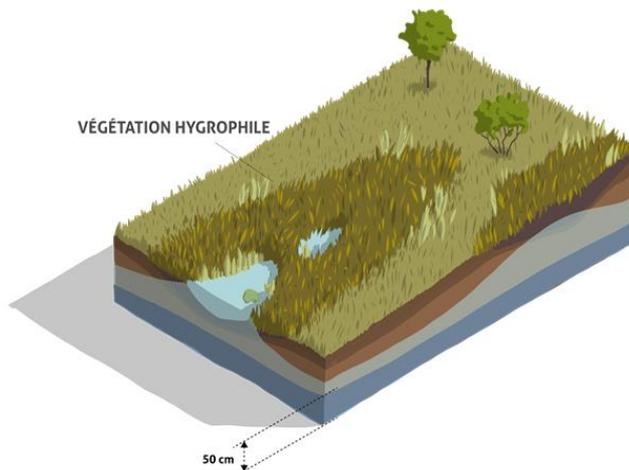
# Une zone humide, c'est quoi ?

## En France la loi sur l'eau de 1992 définit les zones humides :

L211-1 du Code de l'Environnement : « on entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire, ou dont la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année »

Et l'arrêté du 24 juin 2008 modifié et R211-108 précisent les critères de délimitation :

### 3 critères liés à :



- La morphologie des sols et à la hauteur de nappe,



- L'abondance de végétation hygrophile,



- La présence de communautés d'espèces végétales appelées « habitats » caractéristiques de zones humides.



### Traces d'hydromorphie



*Juncus inflexus*  
© P. Gourdain

*Iris pseudacorus*  
L.

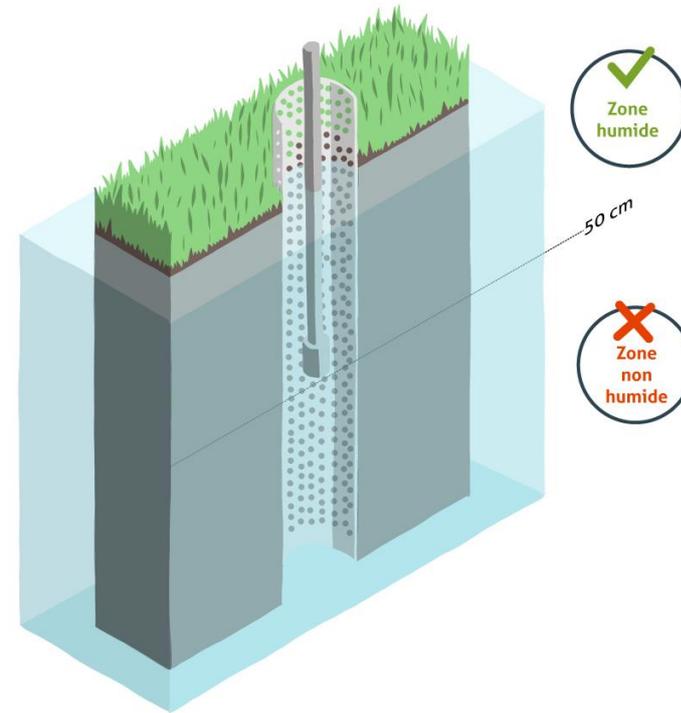
*Salix alba* L.

## Une zone humide, c'est quoi ?

Comment qualifier l'engorgement en eau du sol  
en l'absence de traces d'hydromorphie ?

Cas particulier des sols pauvres en fer, sols calcaires ou sableux,  
nappe d'eau circulante oxygénée.

- ➔ *Pas d'hydromorphie visible*
- ➔ **PROTOCOLE PIÉZOMETRIQUE**
- ➔ **Evaluation de la hauteur de nappe**



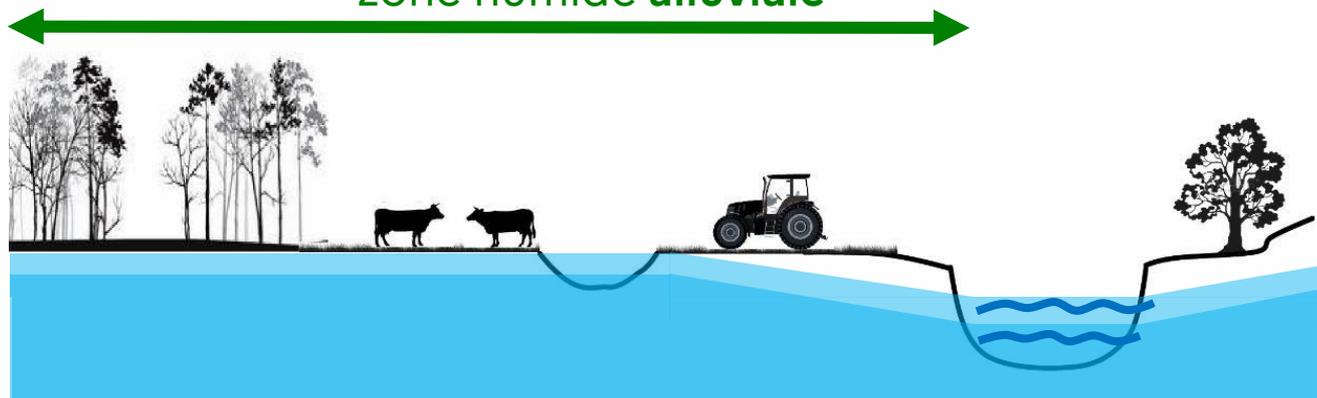
**Pourquoi certains secteurs  
sont-ils humides ?**

Pourquoi certains secteurs  
sont-ils humides ?

En raison de la nappe  
associée à une  
rivière,



zone humide alluviale



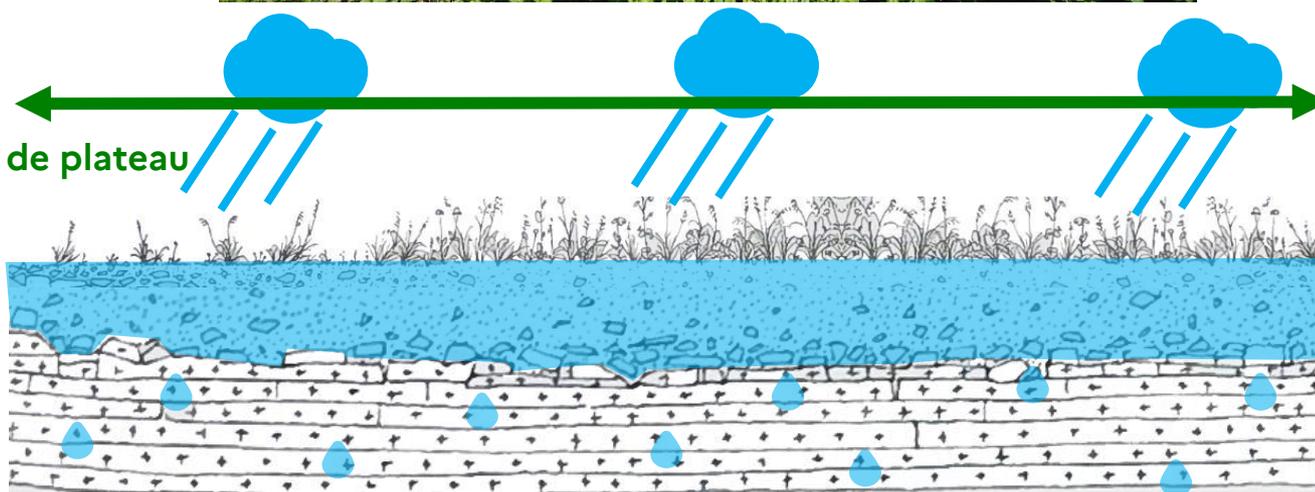
## Pourquoi certains secteurs sont-ils humides ?

En raison de la nappe  
associée à une rivière,

l'imperméabilité du sol,



zone humide de plateau

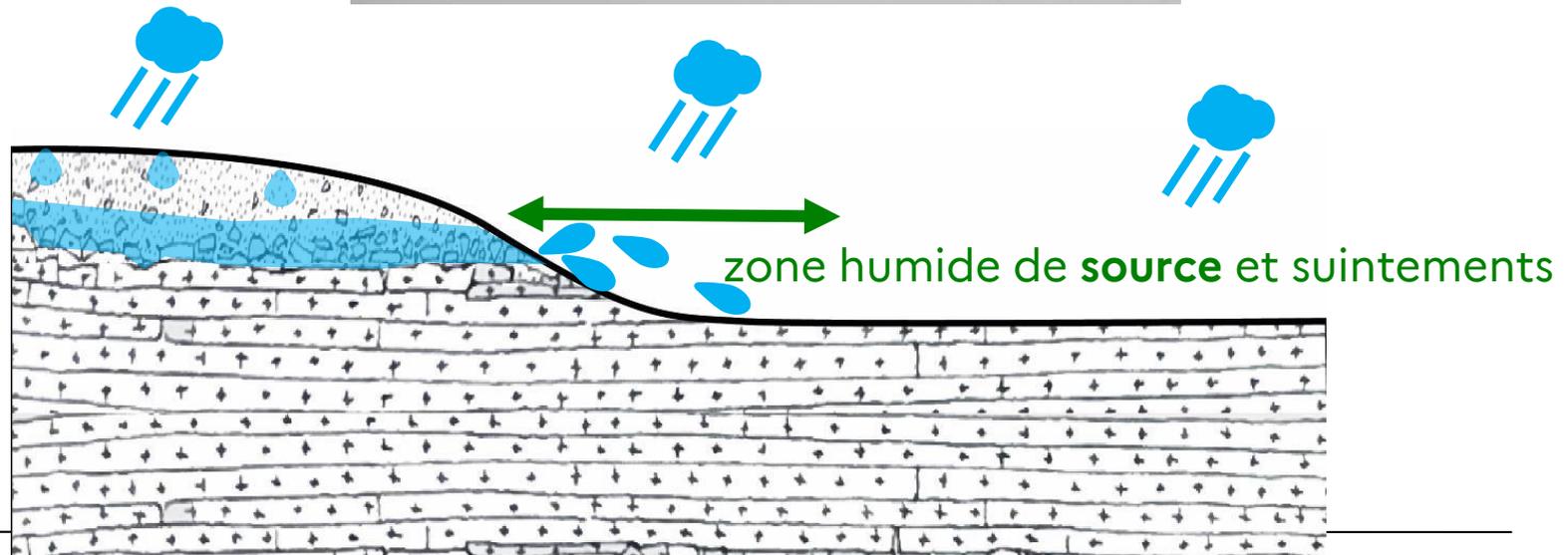


## Pourquoi certains secteurs sont-ils humides ?

En raison de la nappe  
associée à une rivière,

l'imperméabilité du sol,

la présence de source,



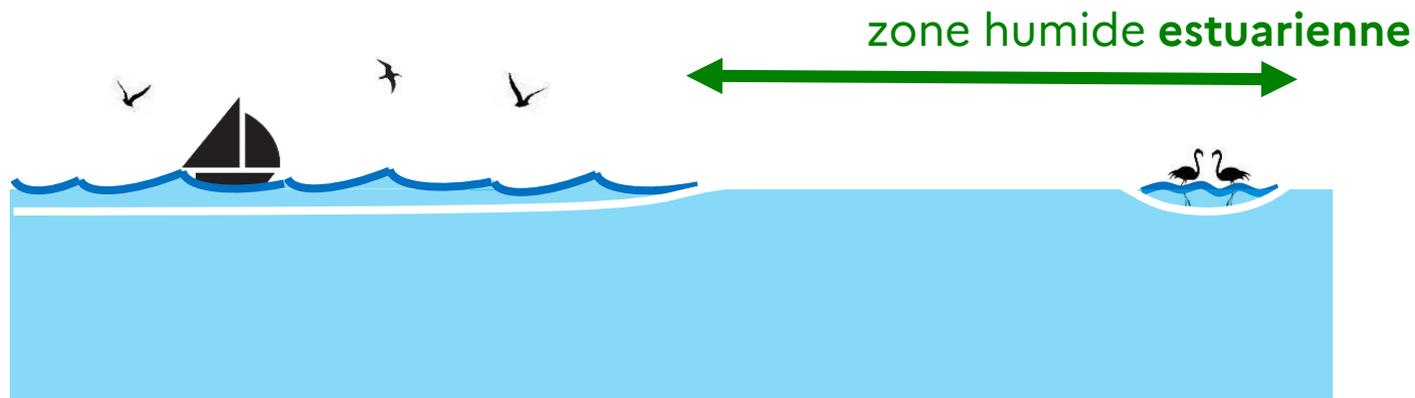
## Pourquoi certains secteurs sont-ils humides ?

En raison de la nappe associée à une rivière,

l'imperméabilité du sol,

la présence de source,

l'influence marine, ...

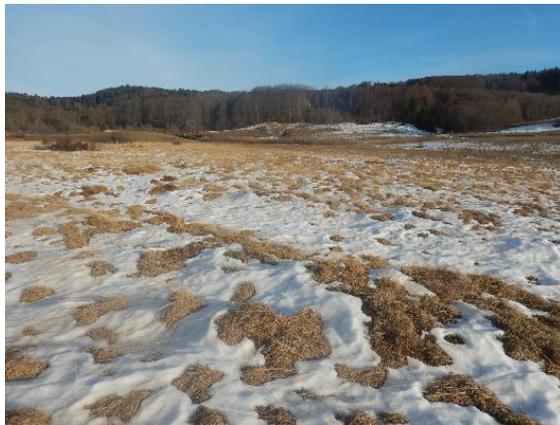


**Pourquoi certains secteurs  
sont-ils humides ?**

**En conclusion, les zones humides sont pour la plupart alimentées  
par des nappes de surface ou de subsurface**

Est-ce qu'il y a différents types de zones humides ?

Oui, les zones humides constituent un patrimoine diversifié,



Est-ce qu'il y a différents types de zones humides ?

Oui, les zones humides constituent un patrimoine diversifié,

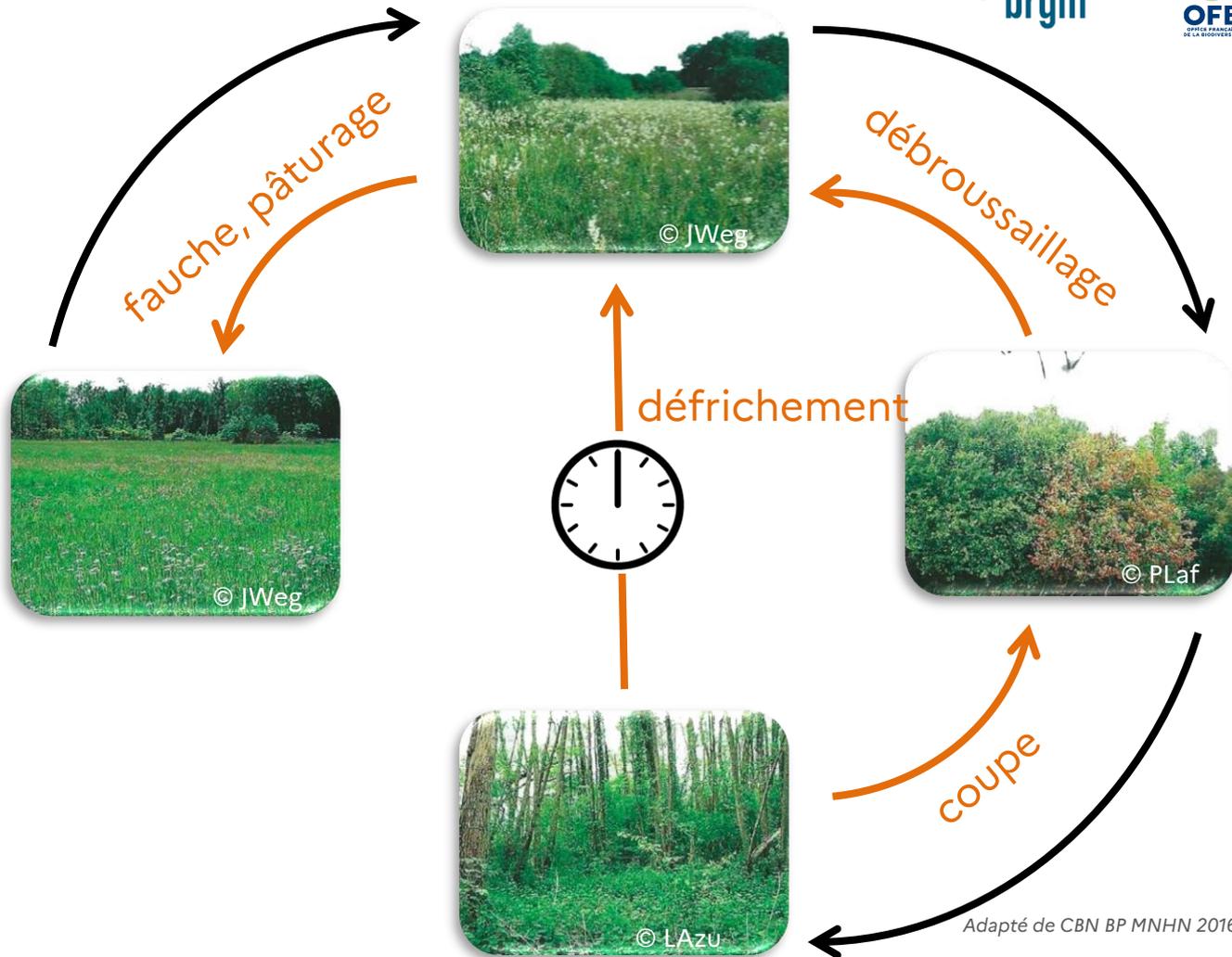
qui n'inclut pas que des milieux très naturels



## Est-ce qu'il y a différents types de zones humides ?

Ce patrimoine évolue naturellement au cours du temps

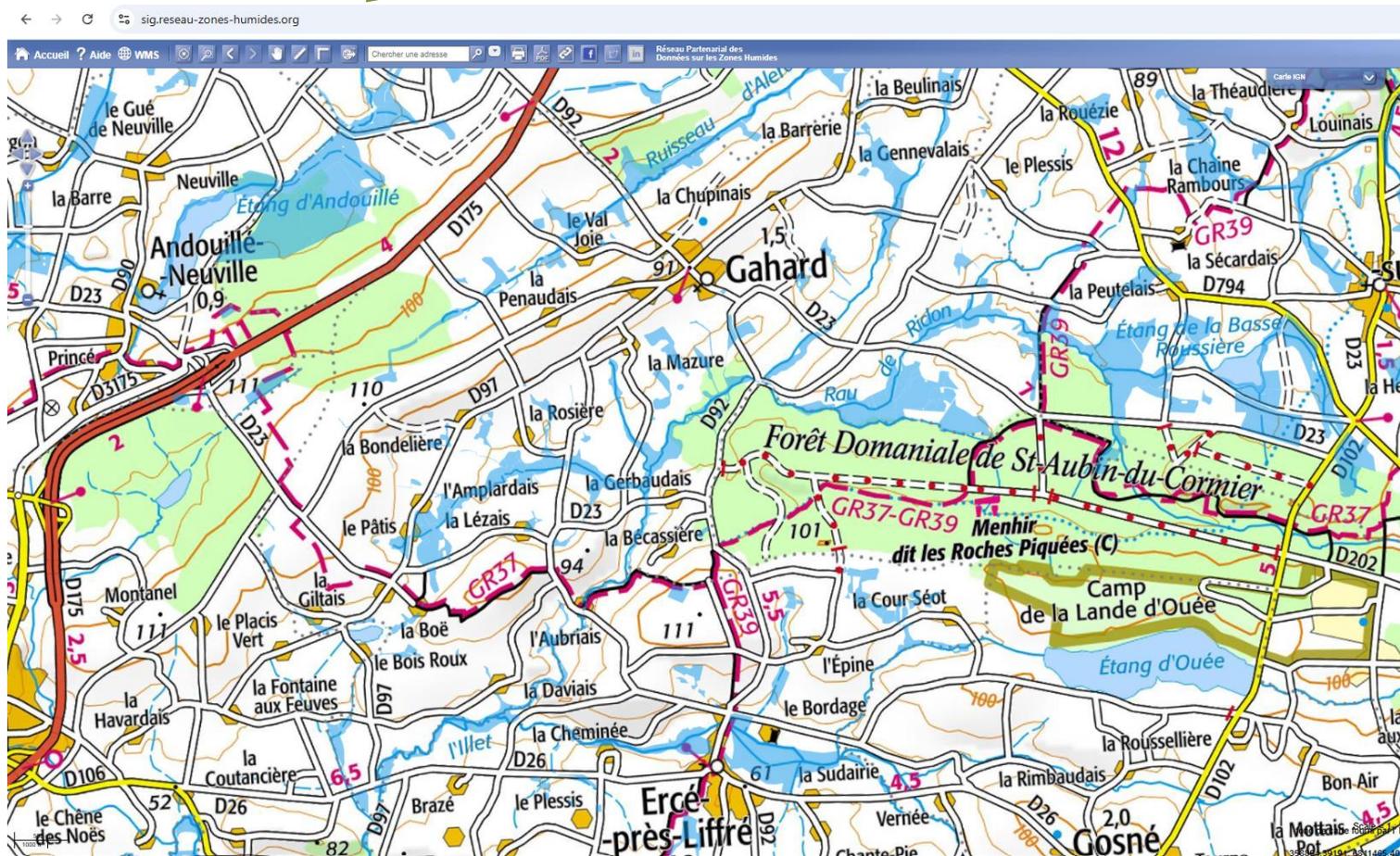
et selon l'activité humaine



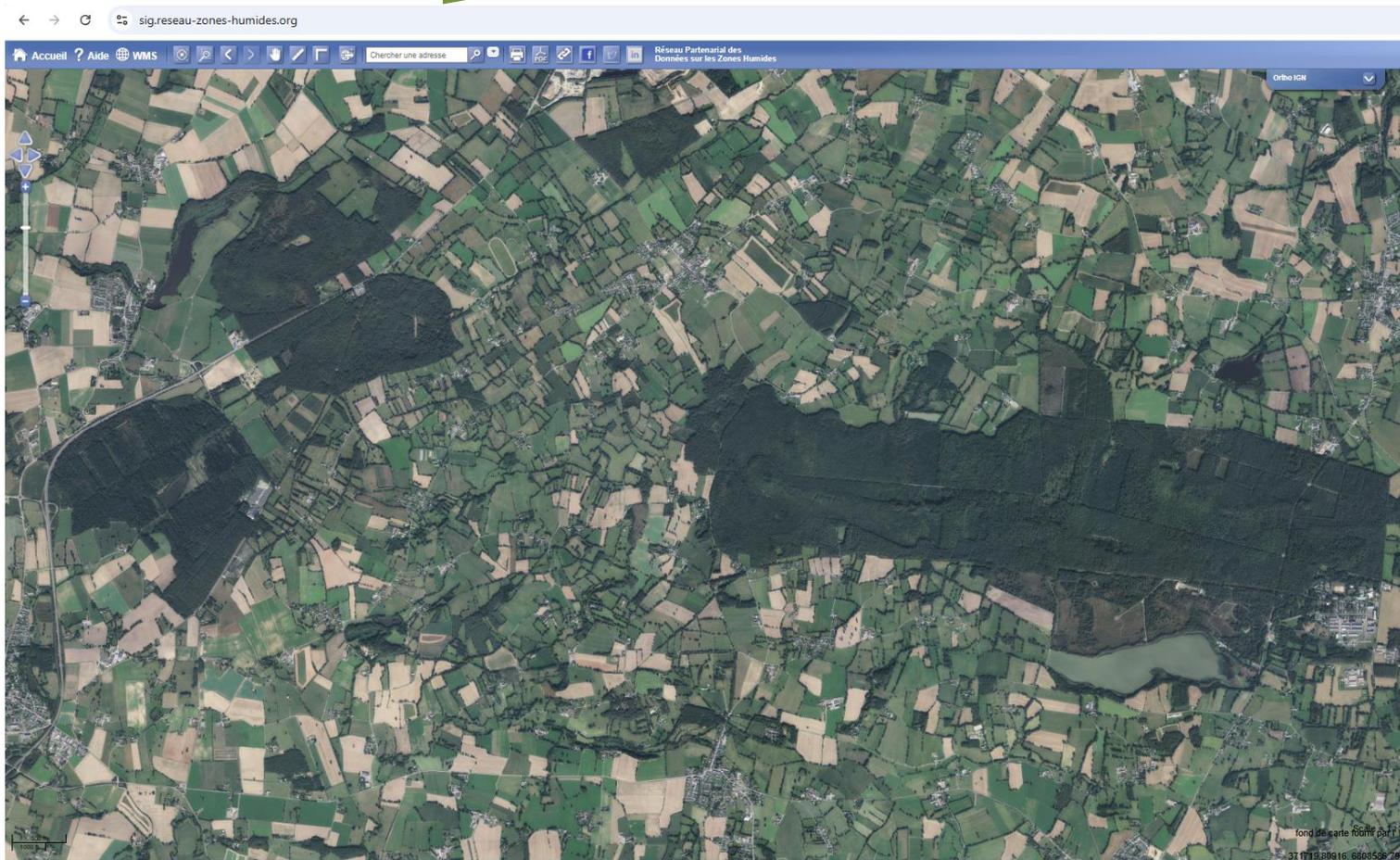
Adapté de CBN BP MNHN 2016

Où se trouvent les  
zones humides ?

# Où se trouvent les zones humides ?

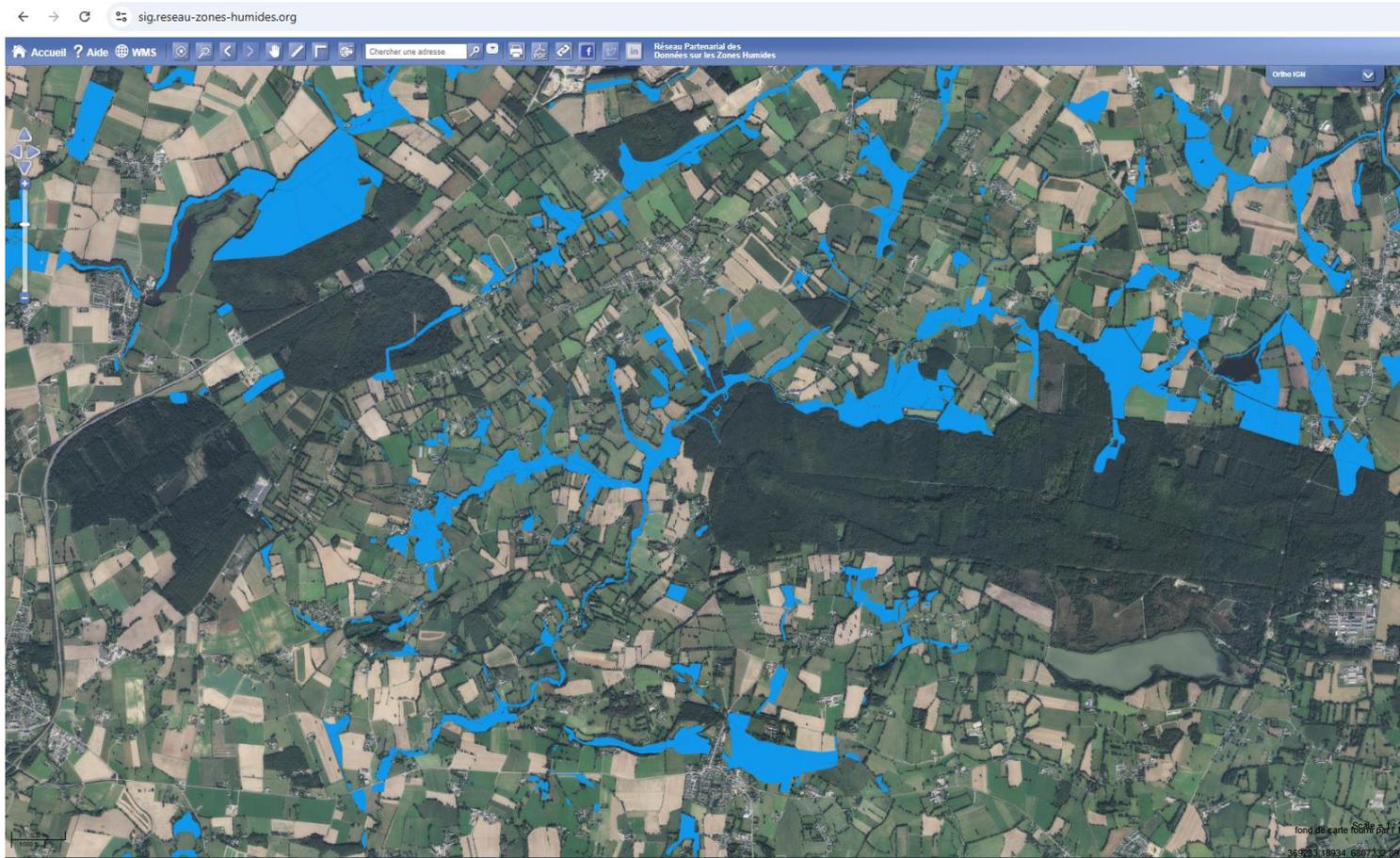


# Où se trouvent les zones humides ?



# Où se trouvent les zones humides ?

Données zones humides :  
<https://sig.reseau-zones-humides.org/>

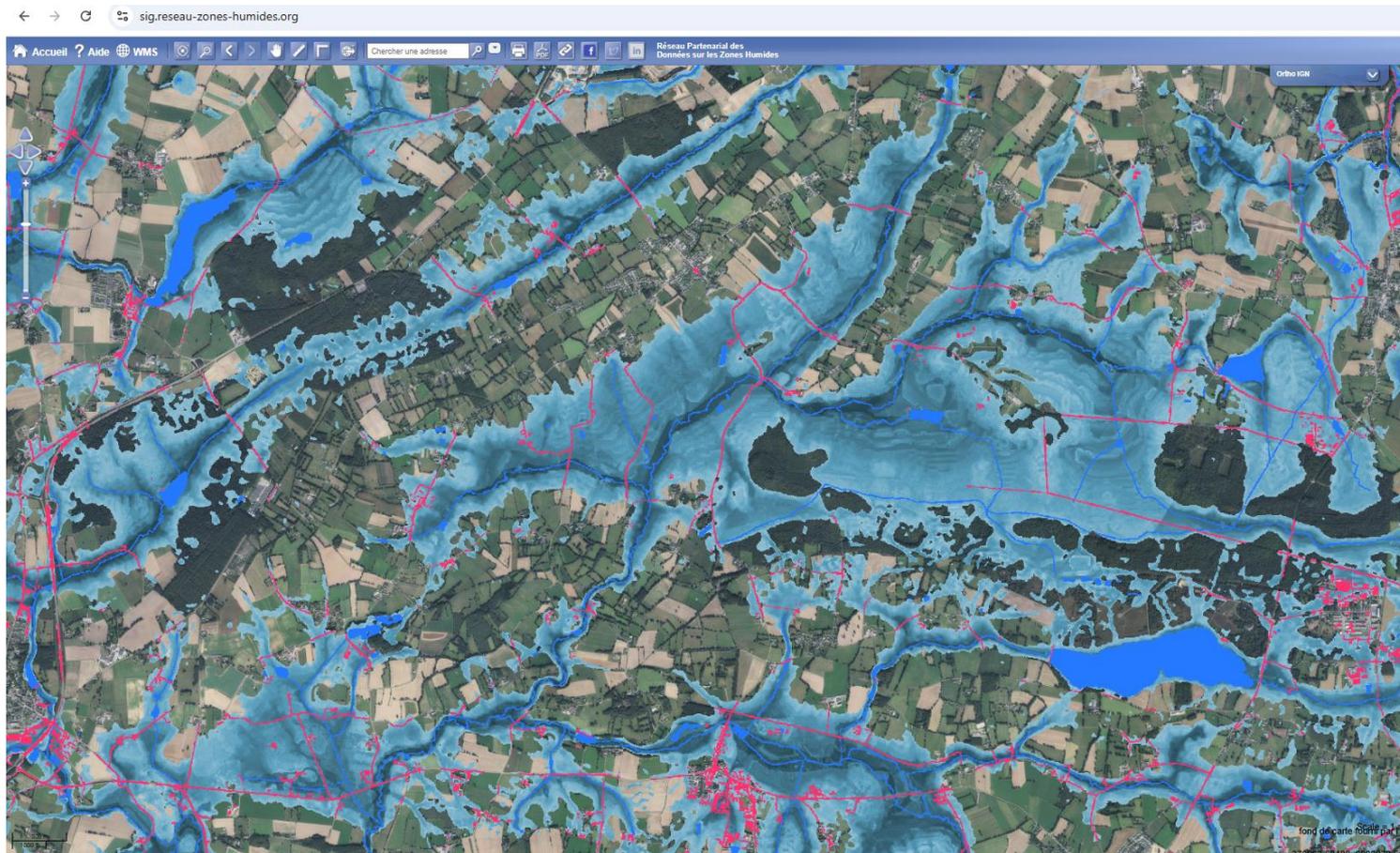


Inventaires de  
porter-à-connaissance :

■ Zones humides

# Où se trouvent les zones humides ?

Données zones humides :  
<https://sig.reseau-zones-humides.org/>

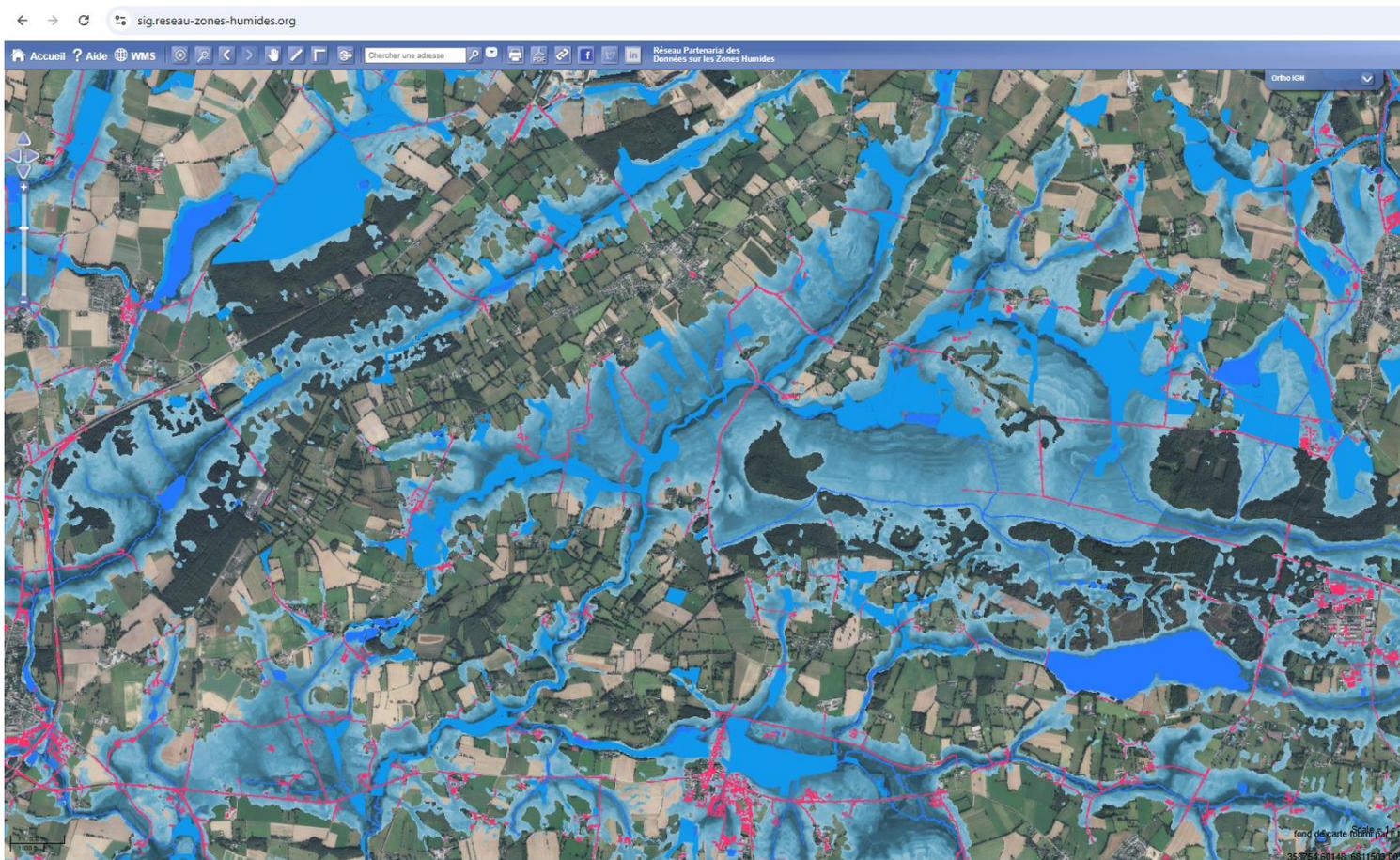


Modélisation des zones  
humides probables (2023,  
MNHN) :

- Proba\_seuillee\_ZH\_metrop
- Milieu probablement non humide
  - Milieu probablement humide (probabilité assez forte)
  - Milieu probablement humide (probabilité très forte)
  - Zone en eau
  - Milieu probablement humide artificialisé

# Où se trouvent les zones humides ?

Données zones humides :  
<https://sig.reseau-zones-humides.org/>



Inventaires de  
porter-à-connaissance :

■ Zones humides

Modélisation des zones  
humides probables :

Proba\_seuillee\_ZH\_metrop

- Milieu probablement non humide
- Milieu probablement humide (probabilité assez forte)
- Milieu probablement humide (probabilité très forte)
- Zone en eau
- Milieu probablement humide artificialisé



La pré-localisation ne suffit  
pas dans les dossiers loi sur  
l'eau : nécessité  
réglementaire de procéder à  
des inventaires via le  
protocole de l'arrêté de  
délimitation de juin 2008

Ça sert à quoi une zone  
humide ?

Zones humides = écosystème multifonctions



Ça sert à quoi une zone humide ?



## FONCTIONS HYDROLOGIQUES

Les milieux humides sont des « éponges naturelles » qui reçoivent, stockent et restituent l'eau.



ralentissement  
des ruissellements



recharge  
des nappes



réten-  
tion  
des sédiments



## Autres sous fonctions

atténuation du débit  
de crue à l'aval

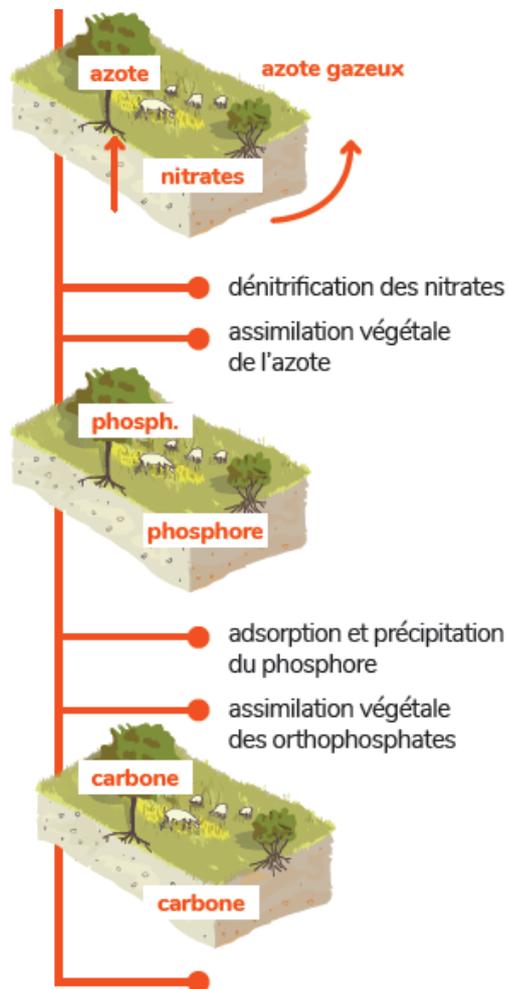
soutien au débit  
d'étiage à l'aval

Ça sert à quoi une zone humide ?



## FONCTIONS BIOGÉOCHIMIQUES

Elles sont aussi des « filtres naturels », les « reins » des bassins versants qui reçoivent des matières minérales et organiques, les emmagasinent, les transforment et/ou les retournent à l'environnement.



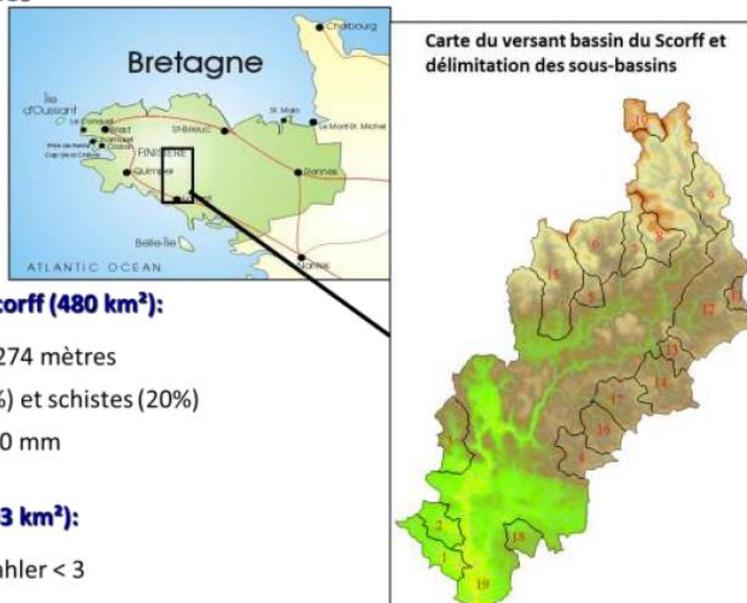
## Autres sous fonctions

- séquestration des métaux lourds
- séquestration des produits phytopharmaceutiques

## Ça sert à quoi une zone humide ?

### Exemple

Évaluation du rôle épurateur des zones humides par comparaison de différents bassins versant avec des caractéristiques hydrologiques et agricoles contrastées



#### - Bassin versant du Scorff (480 km<sup>2</sup>):

- Altitude: 0 à 274 mètres
- Granites (80%) et schistes (20%)
- Pe = 250 à 450 mm

#### - Sous-bassins (18, 193 km<sup>2</sup>):

- Ordre de Strahler < 3
- Diversité des caractéristiques hydrochimiques, hydrologiques et agricoles

### Conclusion de ce travail

Abattement de 1 mg/L de nitrates par % de bassin versant occupé par des zones humides fonctionnelles

soit 10 à 15 mg/L

Montreuil et Mérot, 2006

Ça sert à quoi une zone humide ?

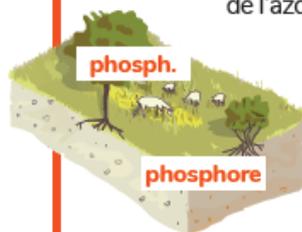


## FONCTIONS BIOGÉOCHIMIQUES

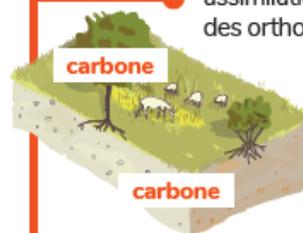
Elles sont aussi des « filtres naturels », les « reins » des bassins versants qui reçoivent des matières minérales et organiques, les emmagasinent, les transforment et/ou les retournent à l'environnement.



- dénitrification des nitrates
- assimilation végétale de l'azote



- adsorption et précipitation du phosphore
- assimilation végétale des orthophosphates



Le savais-tu ?

Malgré leur surface limitée à 3% de la superficie de la Terre, les tourbières stockent **plus du double** de carbone que toutes les forêts de la planète

<https://bassinversant.org/wp-content/uploads/2020/01/DP-JMZH-2020-def.pdf>



## Autres sous fonctions

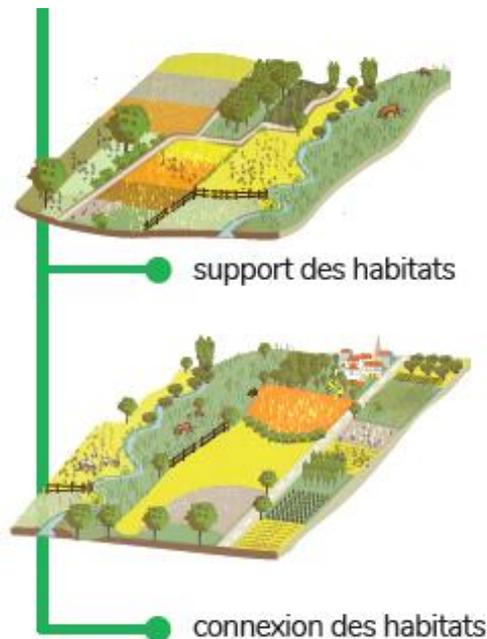
- séquestration des métaux lourds
- séquestration des produits phytopharmaceutiques

## Ça sert à quoi une zone humide ?



### FONCTION ACCOMPLISSEMENT DU CYCLE BIOLOGIQUE

Les conditions hydrologiques et chimiques permettent un développement de la vie dans les milieux humides, véritable réservoir de biodiversité.



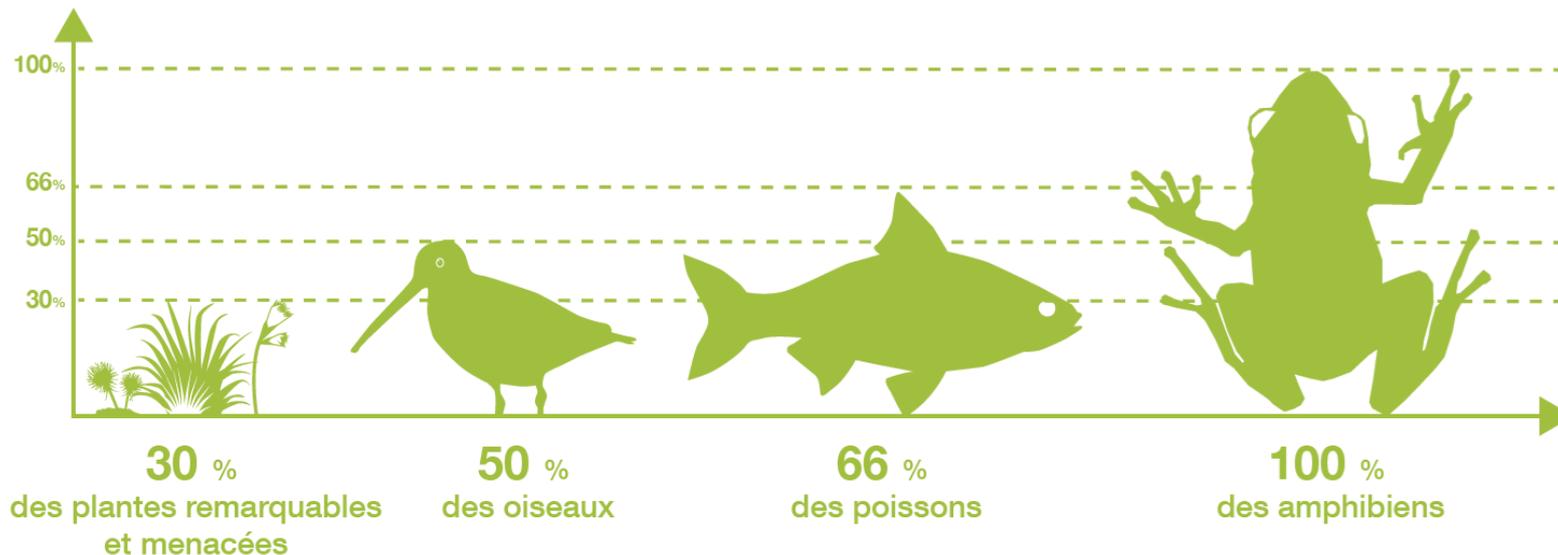
### Autres sous fonctions

maintien dans un état de conservation favorable d'une espèce

# Hot spot de Biodiversité

Ça sert à quoi une zone humide ?

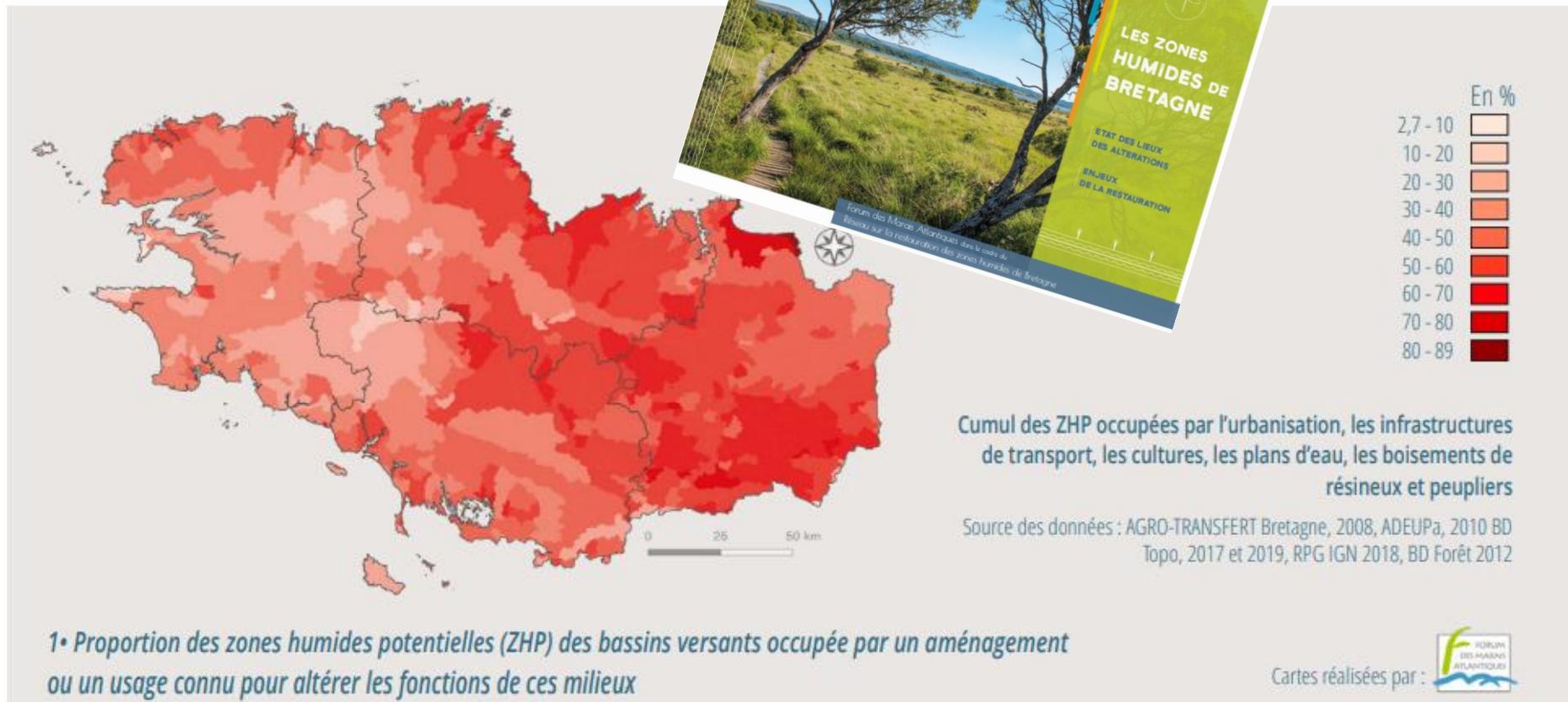
A la fois « réservoir de biodiversité » et « corridor écologique » entre milieux terrestres & aquatiques



dépendent des milieux humides en France

Source : EauFrance

# Zones humides – Zones menacées



# Zones humides – Zones utiles

Cela coûte 5 fois moins cher de protéger les zones humides que de compenser la perte des services qu'elles nous rendent gratuitement

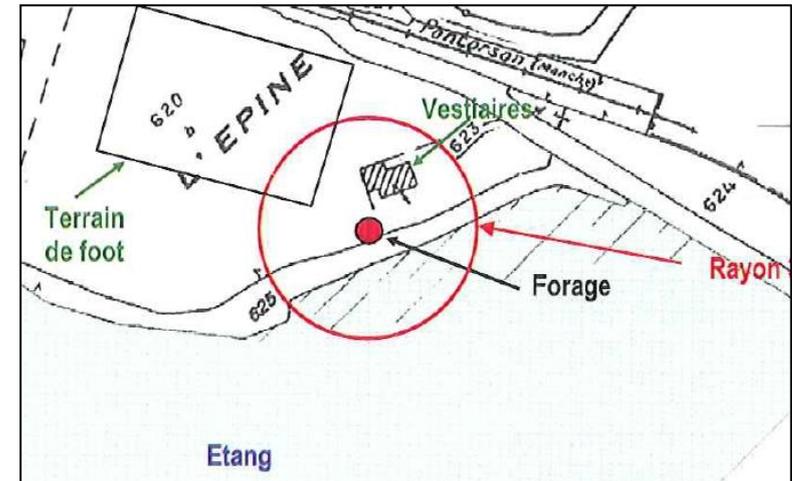
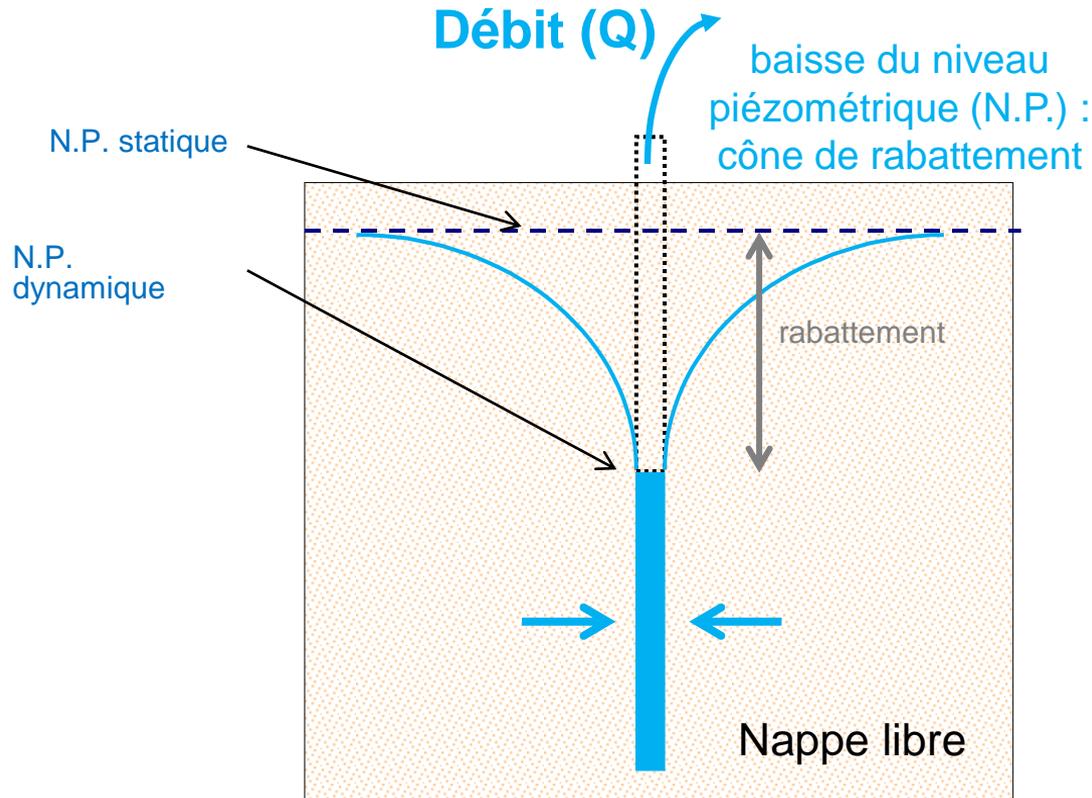


Crédit : Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse  
-Big Bang Création©

Quels impacts des  
forages sur les zones  
humides ?

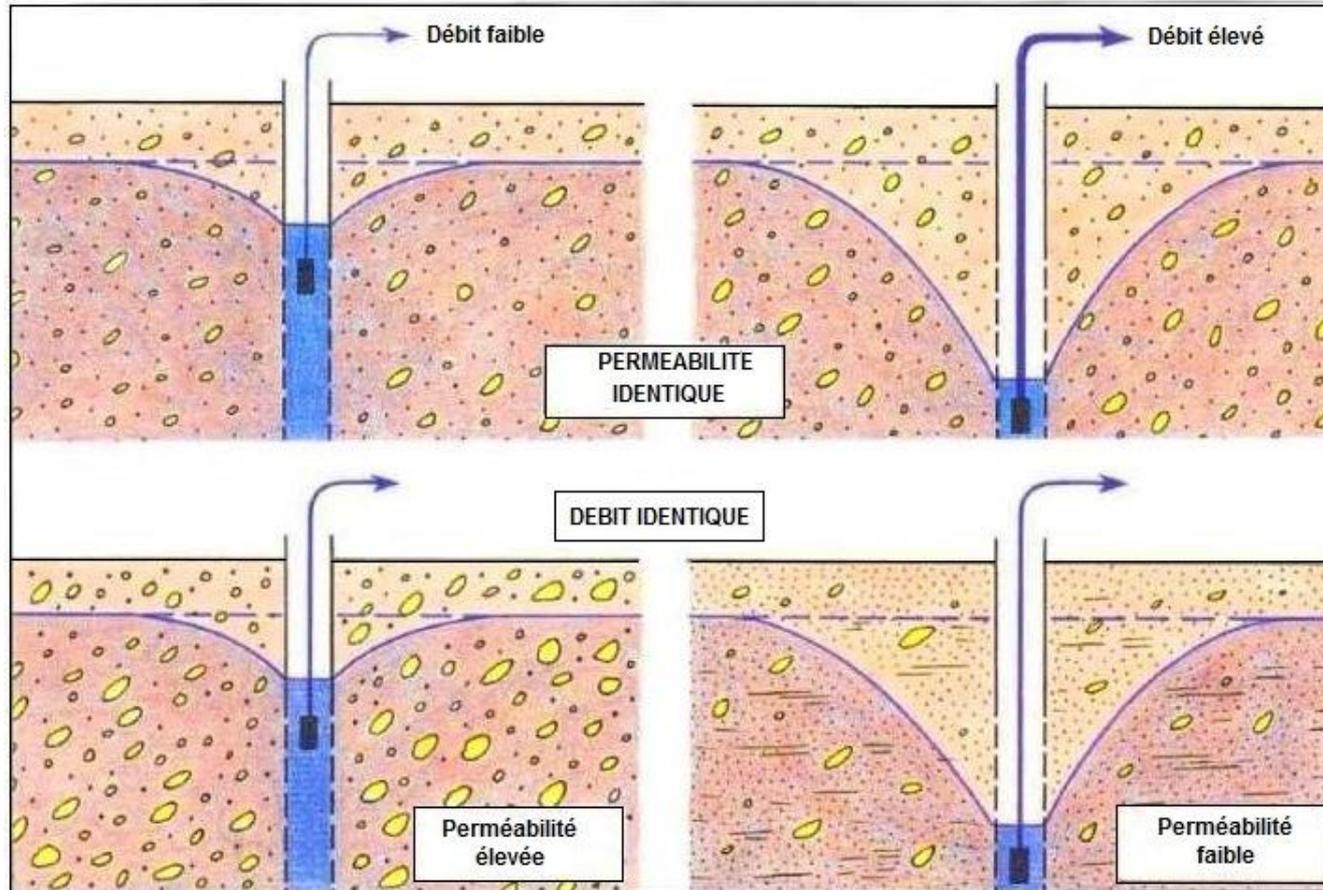
# Que se passe-t-il quand on pompe ?

Le prélèvement produit une baisse du niveau piézométrique : cône de rabattement



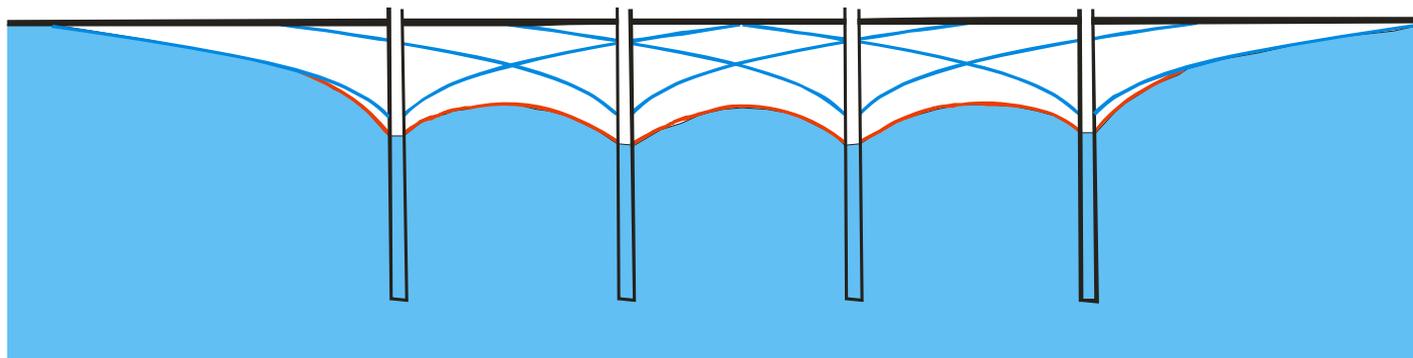
Les ressources en eau situées dans le rayon d'influence du pompage subissent une baisse de niveau

# Cône de rabattement en fonction de perméabilité, débit

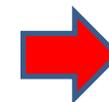
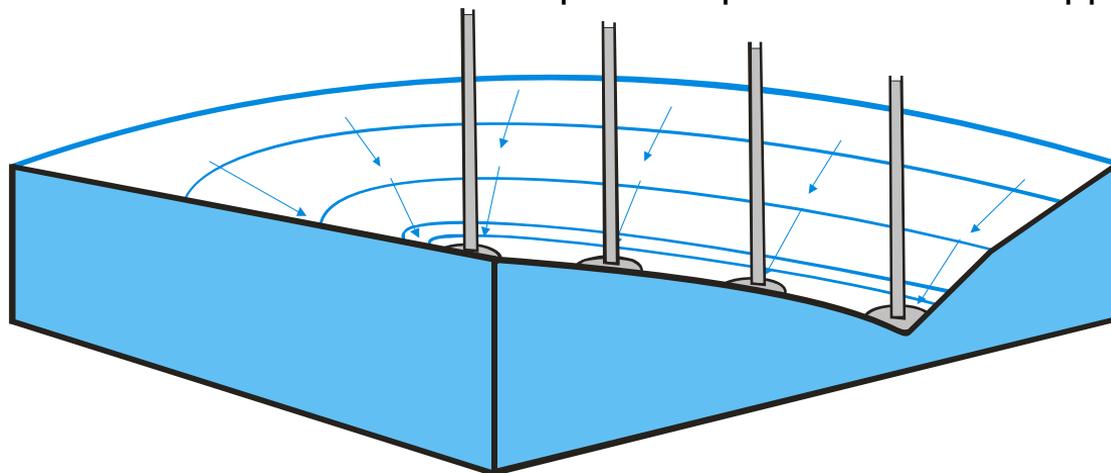


## Plusieurs prélèvements : superposition

Les effets de plusieurs pompages peuvent s'ajouter...



et de vastes zones déprimées peuvent se développer.



**Possible impact  
sur les cours d'eau,  
les zones humides...**

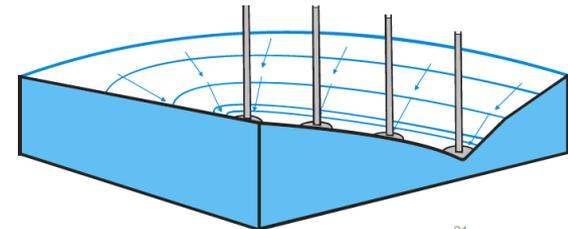
## Quels impacts des forages ?

L'alimentation en **EAU** est le **MOTEUR** de la zone humide



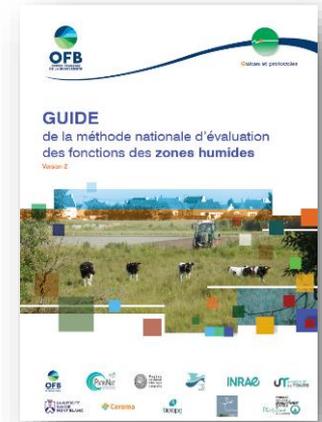
Or les zones humides sont majoritairement alimentées par les nappes

→ Importance de mesurer l'impact des rabattements de nappe induits par les forages sur les niveaux des nappes superficielles



## Comment prévenir les impacts des forages sur les zones humides ?

- Prospection ZH :
  - Inventaire ZH effectives + inventaires Terrain (+ cours d'eau)
  - Dans le cône de rabattement pressenti voire au-delà
  - Caractérisation des ZH (toit et battements de nappe, engorgement)
  
- Équipement piézométrique d'une ou plusieurs ZH :
  - Etat initial (période sèche + période humide)
  - Essai de pompage (période sèche + période humide)
  - En phase exploitation (continu)
  - Si ZH alluviale : suivi limnimétrique du cours d'eau
  
- Si impact :
  - Séquence EVITER - REDUIRE – COMPENSER
  - Pour la compensation : appliquer la Méthode nationale d'évaluation des fonctions des ZH
  - Obligation de résultats : prescriptions complémentaires en cas d'échec



## Pour aller plus loin :

Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides Version 2 - 2024

<https://www.zones-humides.org/methode-nationale-d-evaluation-des-fonctions-des-zones-humides>

Suivis  
piézo- et limni-  
métriques

Protocole destiné à vérifier le lien entre le forage et les nappes souterraines contribuant à l'alimentation des cours d'eau ou des zones humides – DDTM 44 et DDT 49 - 2022

<https://www.loire-atlantique.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Environnement/Eaux-et-milieux-aquatiques/Eau-et-agriculture/Forage-et-prelevements/Protocole-Forage>

Guide technique Interactions nappe/rivière – Comprendre pour agir - 2017

<https://professionnels.ofb.fr/fr/doc-guides-protocoles/interactions-napperiviere-outils-comprendre-mesurer-echanges>

Projet BERCEAU en Bretagne / Tache 2 - Apports des techniques de suivi spécifiques de la piézométrie sur les échanges nappe-rivière - 2022

[https://www.creseb.fr/voy\\_content/uploads/2022/07/Berceau\\_rapport-Tach2-2022.pdf](https://www.creseb.fr/voy_content/uploads/2022/07/Berceau_rapport-Tach2-2022.pdf)

Guide méthodologique Hydrindic - Suivi et évaluation de la restauration/création de zones humides avec un indicateur hydrologique

[https://www.zones-humides.org/sites/default/files/guide\\_hydrindic\\_v1.pdf](https://www.zones-humides.org/sites/default/files/guide_hydrindic_v1.pdf)

Chiffres clés sur l'eau souterraine en Bretagne – Observatoire de l'environnement en Bretagne

<https://bretagne-environnement.fr/article/ressource-eau-surface-souterraine-bretagne>

Généralités illustrées sur les eaux souterraines – Eau France

<https://www.eaufrance.fr/les-eaux-souterraines-des-systemes-dynamiques>



© Hélène Anquetil OFB

# Temps d'échanges