

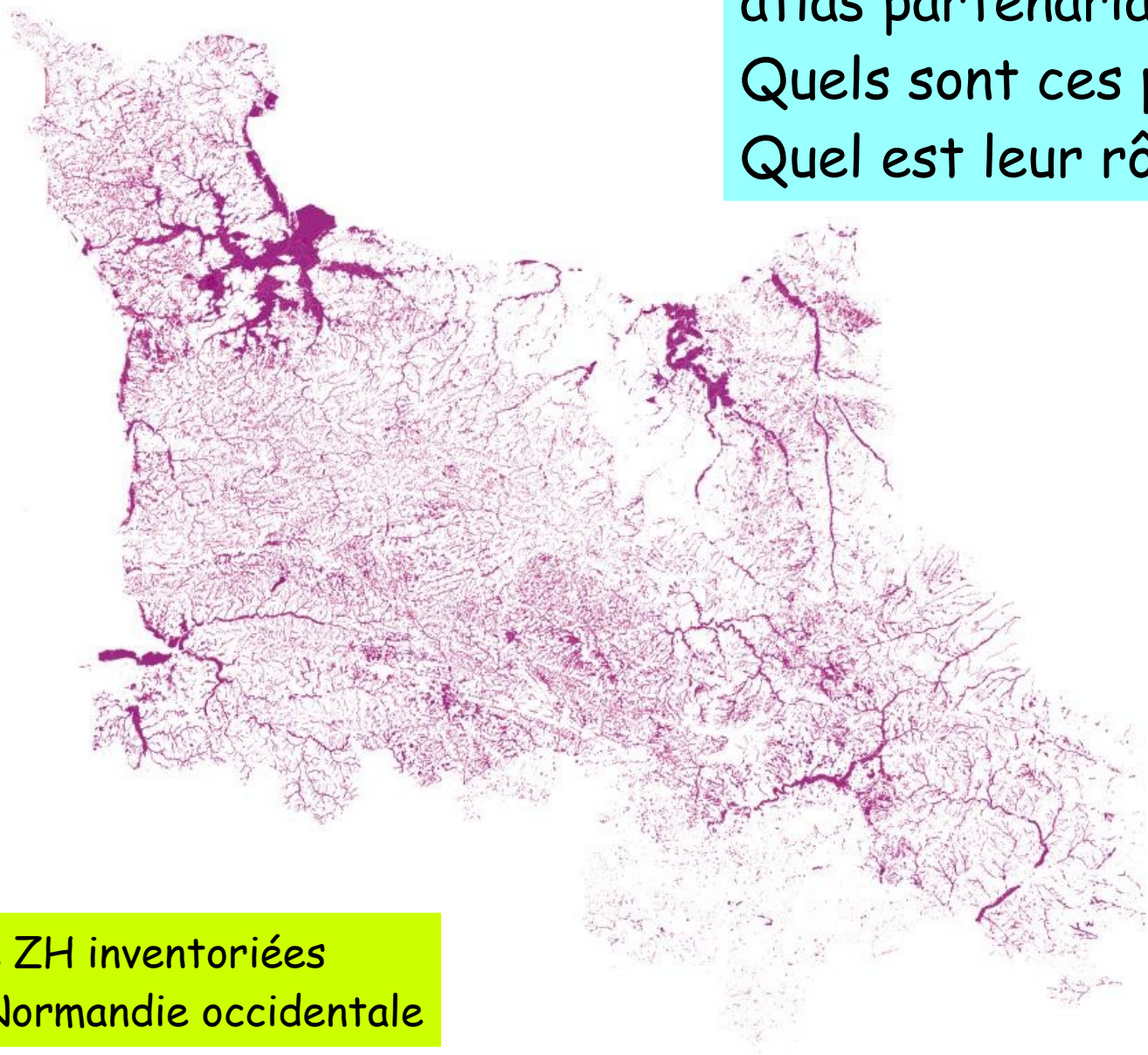
# Partie I : La cartographie des zones humides et des atlas associés

terrain + photo-interprétation = atlas des zones humides



# L'atlas des zones humides

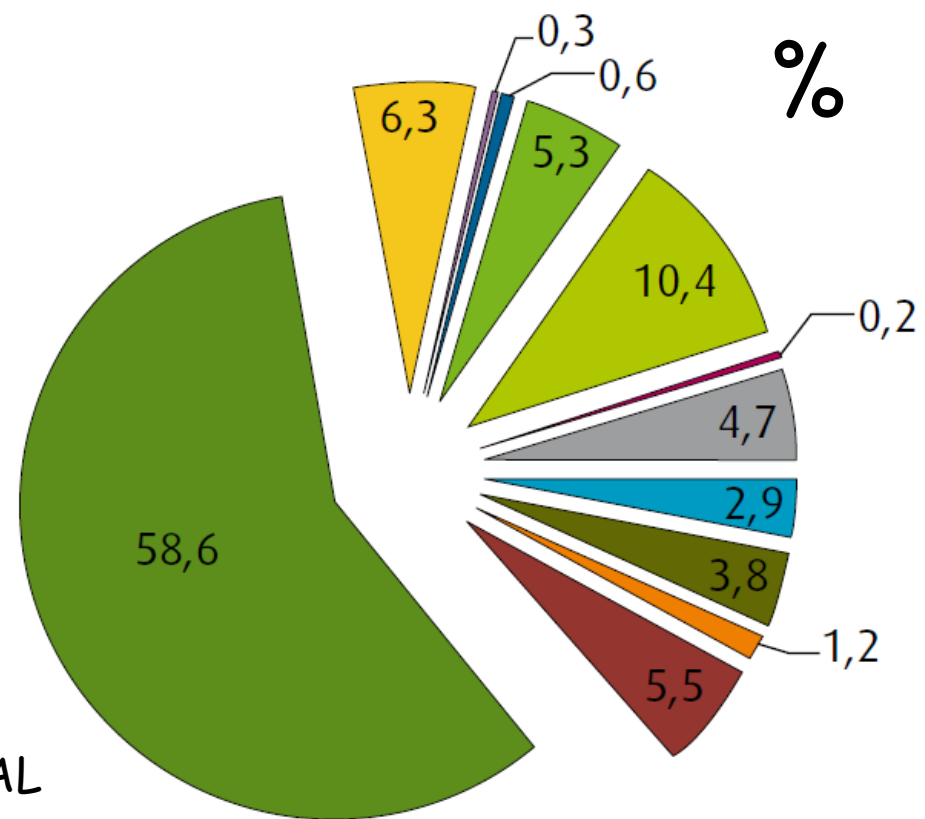
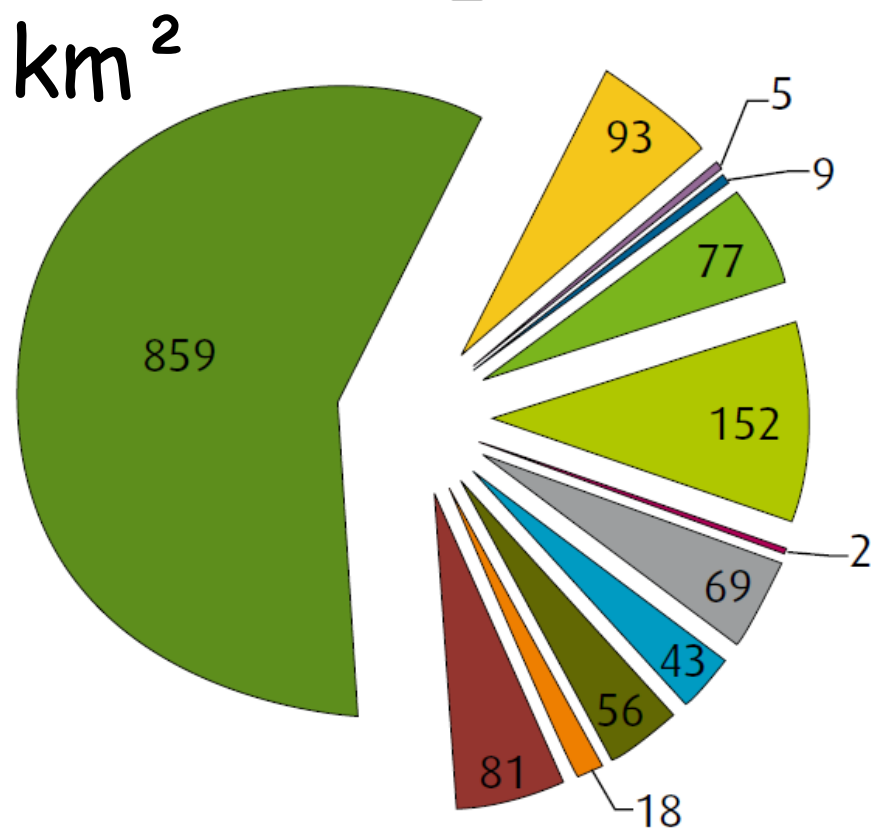
atlas partenarial  
Quels sont ces partenaires ?  
Quel est leur rôle ?



1543 km<sup>2</sup> de ZH inventoriées  
8,7 % de la Normandie occidentale

# L'atlas des zones humides en quelques chiffres

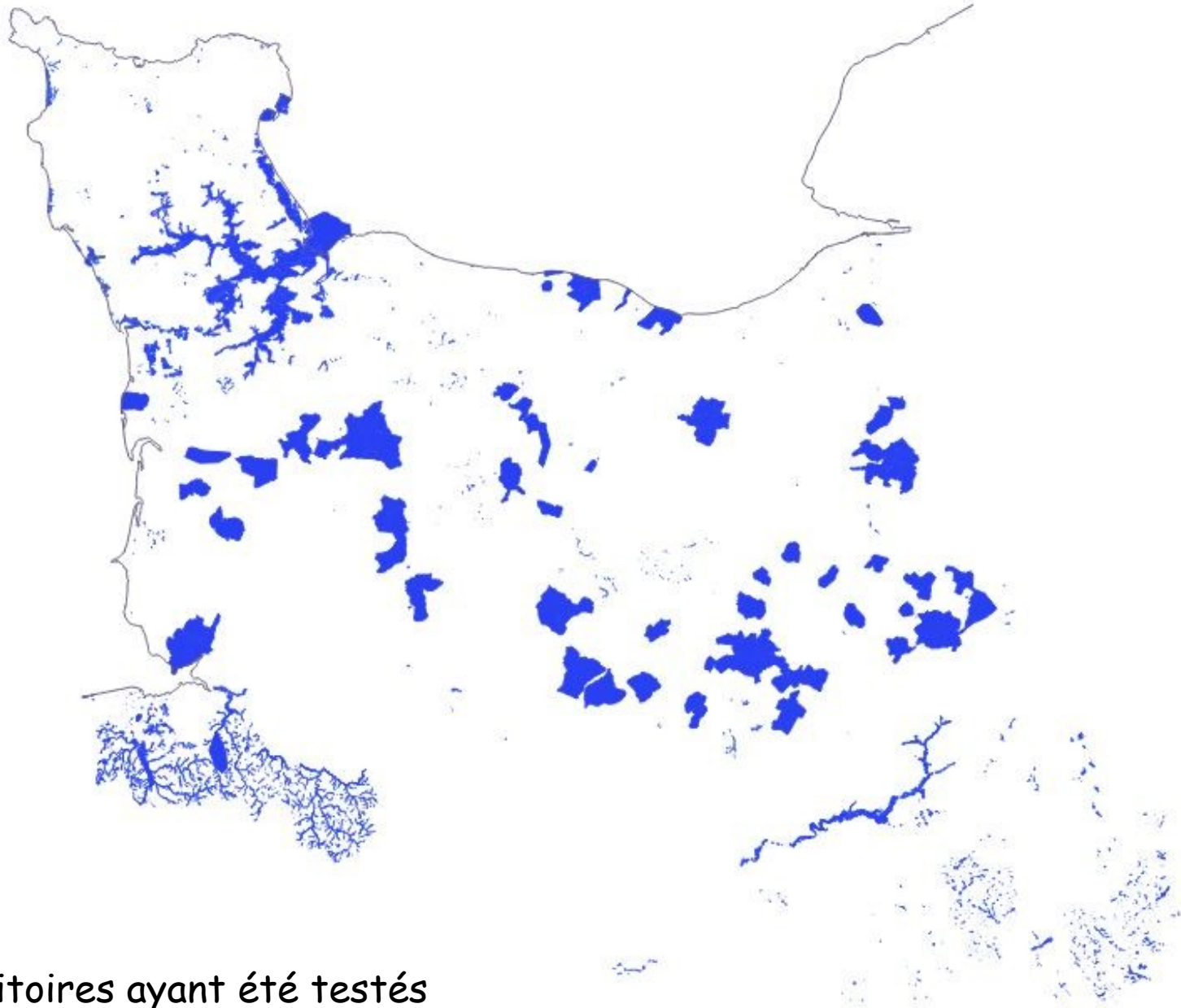
- mares ou plans d'eau
- bois, forêts et haies
- peupleraies et enrésinement
- cultures
- prairies et mégaphorbiaies
- friches naturelles
- remblais
- drainage
- Natura 2000
- Znieff inondables
- autres
- non défini



source DREAL



# Concepteurs et détracteurs en testent la fiabilité sur le terrain

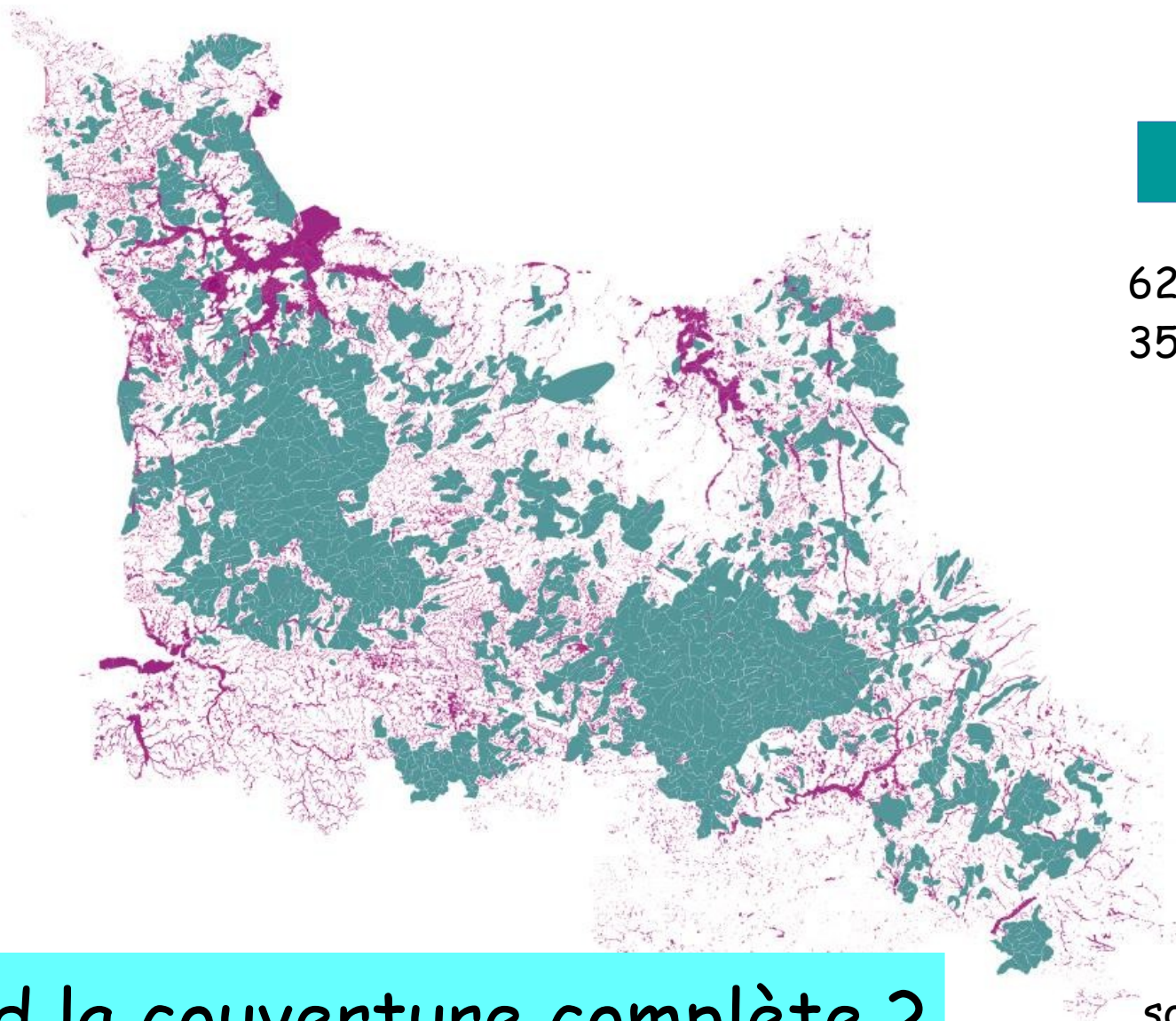


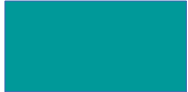
Territoires ayant été testés

source DREAL

# L'atlas des zones humides progresse

V1 publiée en 2007  
V2 au fil du temps



 V2 réalisée

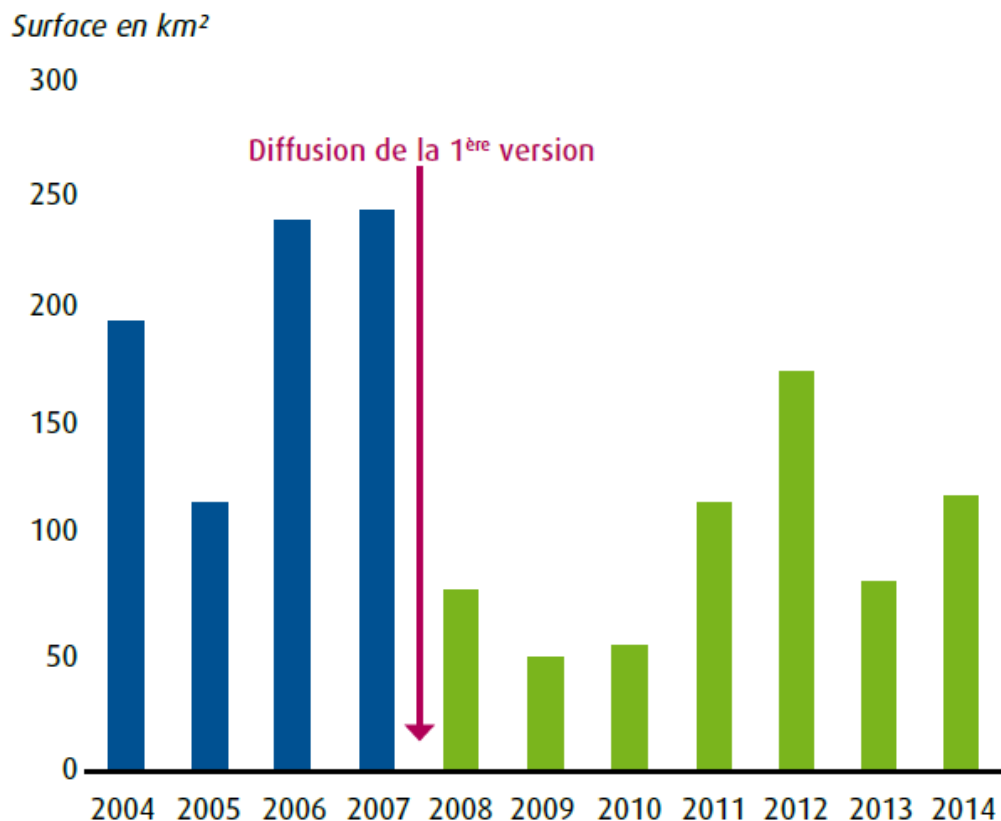
6250 km<sup>2</sup> en V2  
35 % de la région

source DREAL

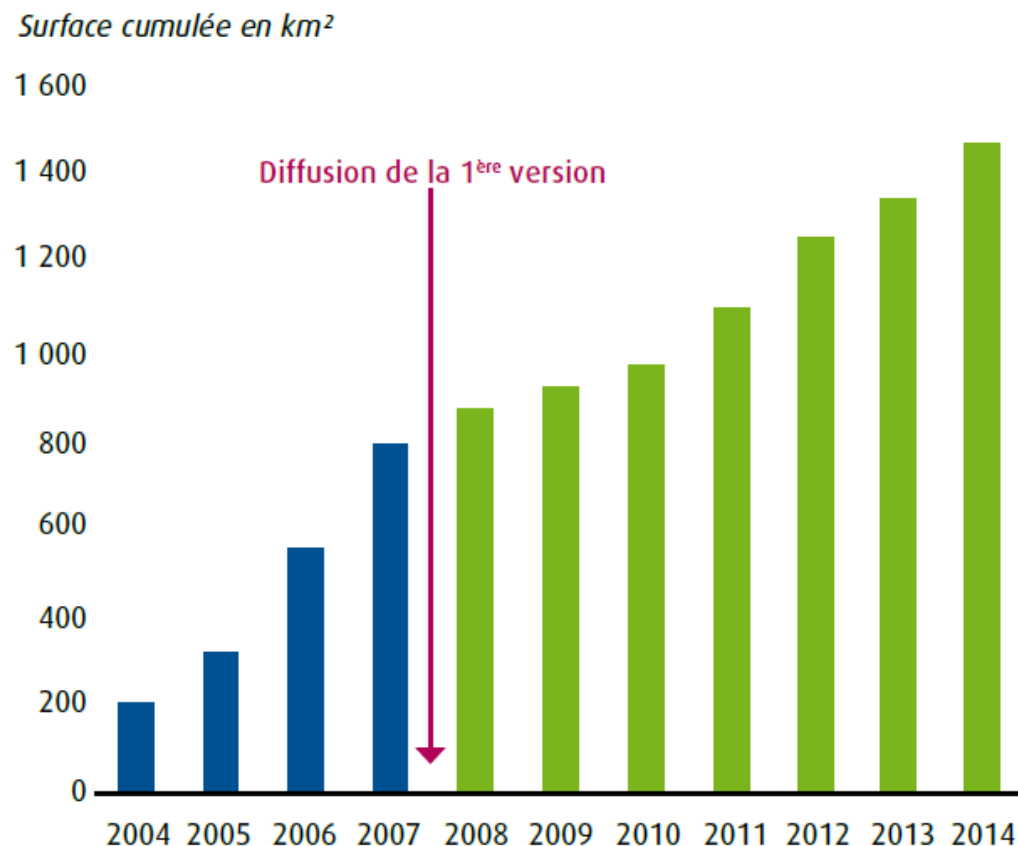
À quand la couverture complète ?

# De la V1 à la V2 en quelques chiffres

## Surface de territoires humides inventoriés par an (hors estrans)



## Surface cumulée de territoires humides inventoriés de 2004 à 2014

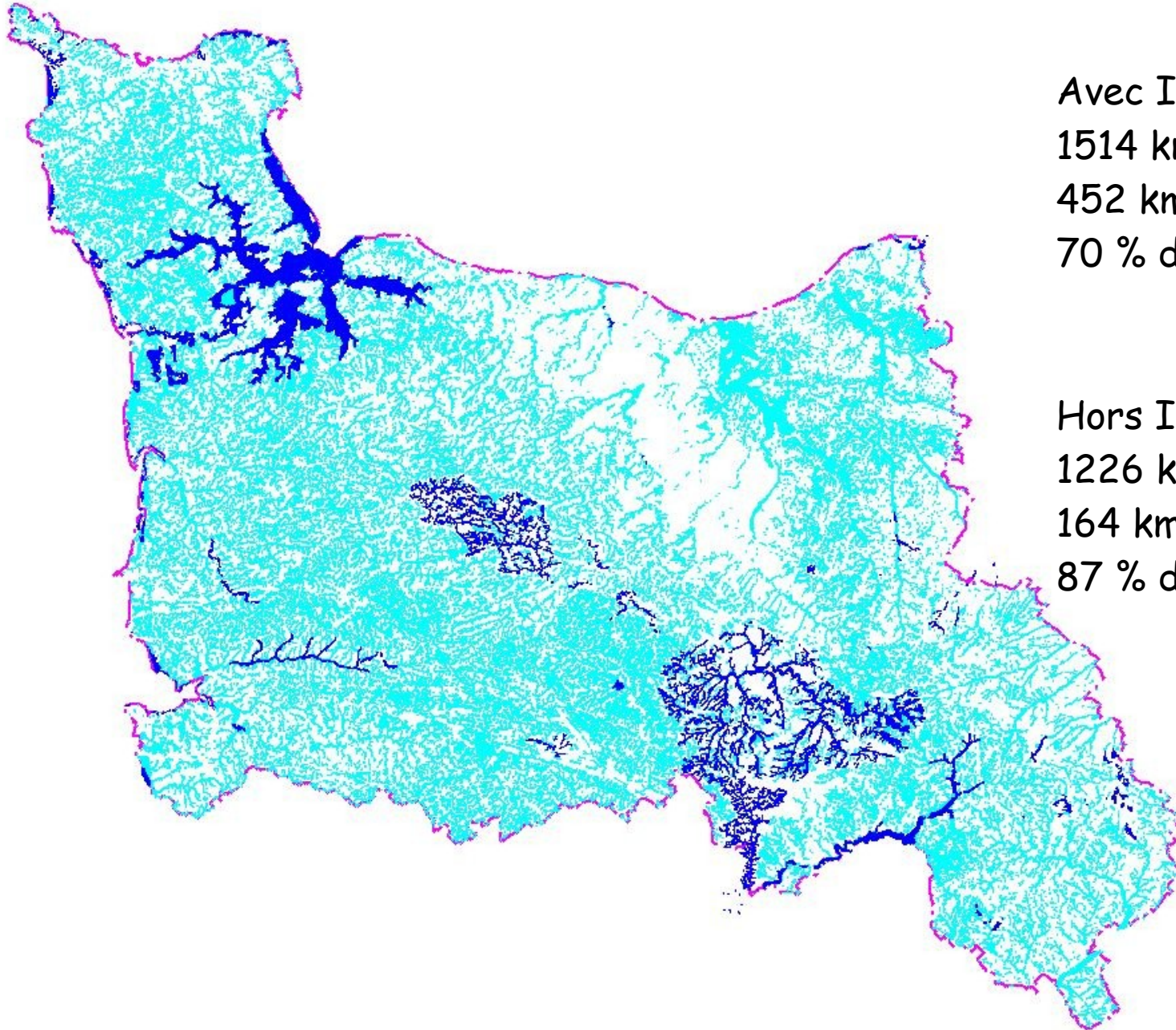


2014

1515 km<sup>2</sup> de ZH  
= 8,6 % de la BN

source DREAL

# Des sites considérés « remarquables ». D'autres le seraient-ils moins ?



Avec Isthme du Cotentin  
1514 km<sup>2</sup> de ZH  
452 km<sup>2</sup> de ZH en Natura 2000  
70 % de ZH hors Natura 2000

Hors Isthme du Cotentin  
1226 km<sup>2</sup> de ZH  
164 km<sup>2</sup> de ZH en Natura 2000  
87 % de ZH hors Natura 2000

source DREAL

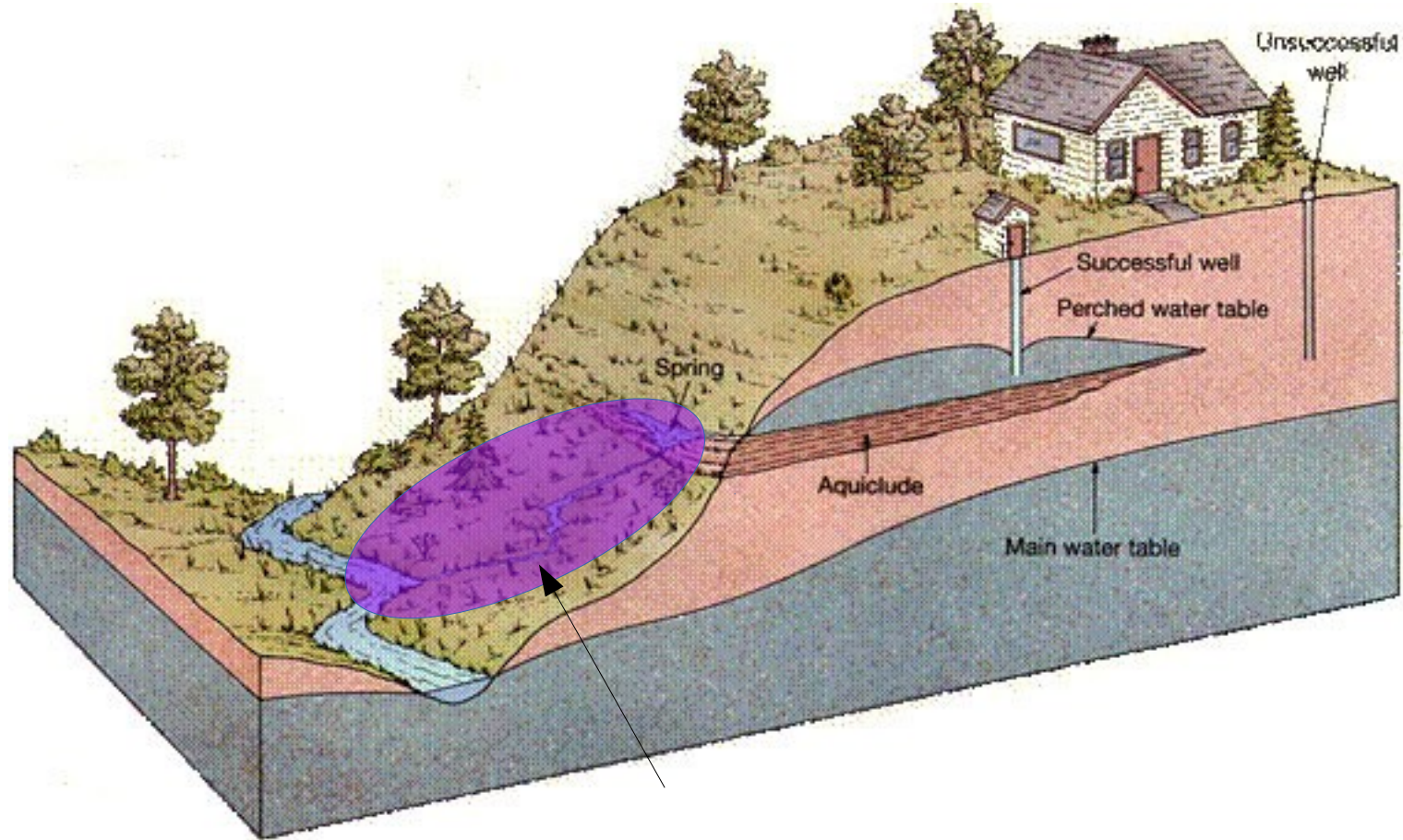


# Un outil complémentaire : l'atlas des territoires prédisposés à la présence de zones humides

*Définit par modélisation les espaces a priori humides*  
*Intégralement réalisé par la DREAL*



# Un outil précieux. Des imperfections néanmoins



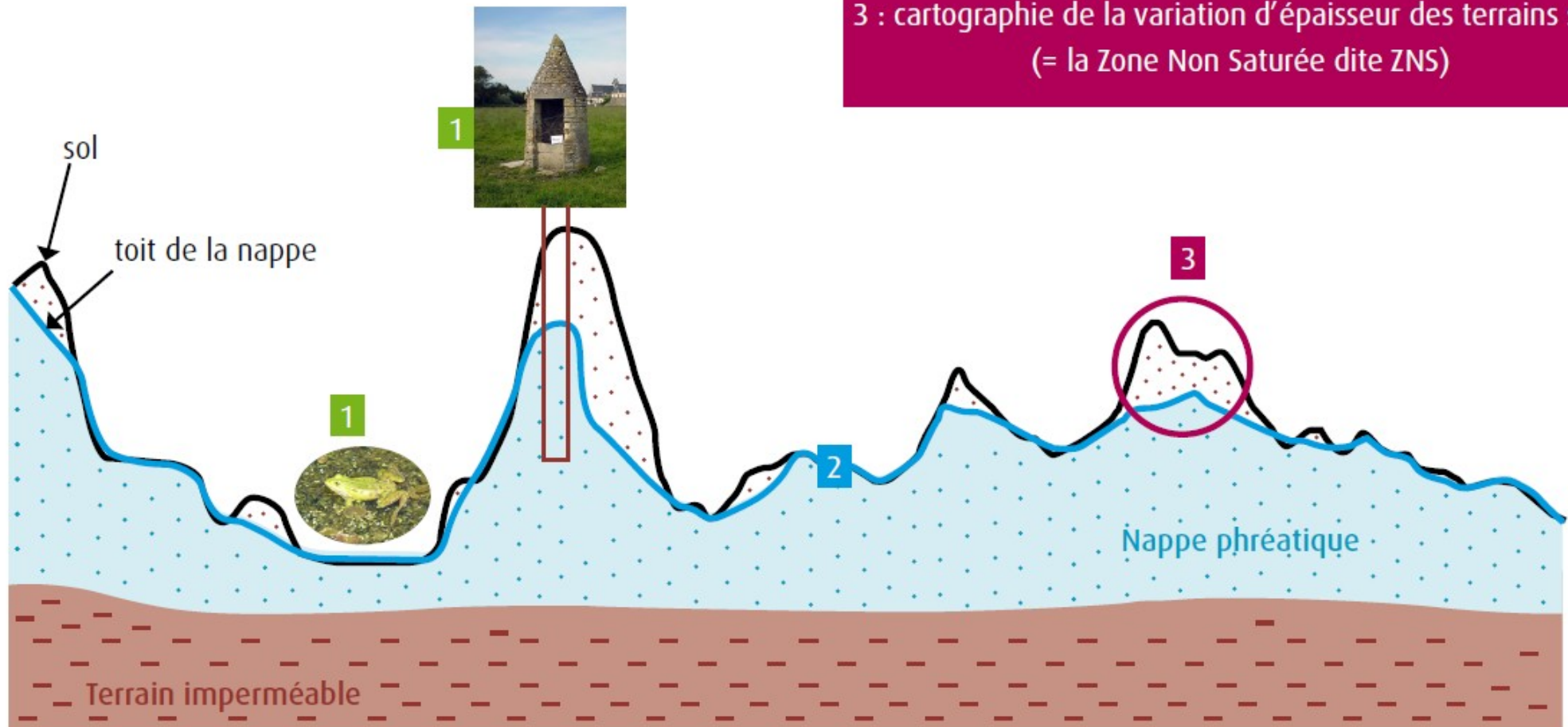
le modèle crée souvent un corridor humide  
entre une nappe perchée et une nappe alluviale  
Ce corridor n'existe pas toujours

# La méthodologie « corridors humides » en 3 étapes

1 : cartographie des zones humides et des mares ;  
mesures du niveau d'eau dans des puits

2 : cartographie de la piézométrie des nappes phréatiques.  
(= forme du toit de la nappe phréatique)

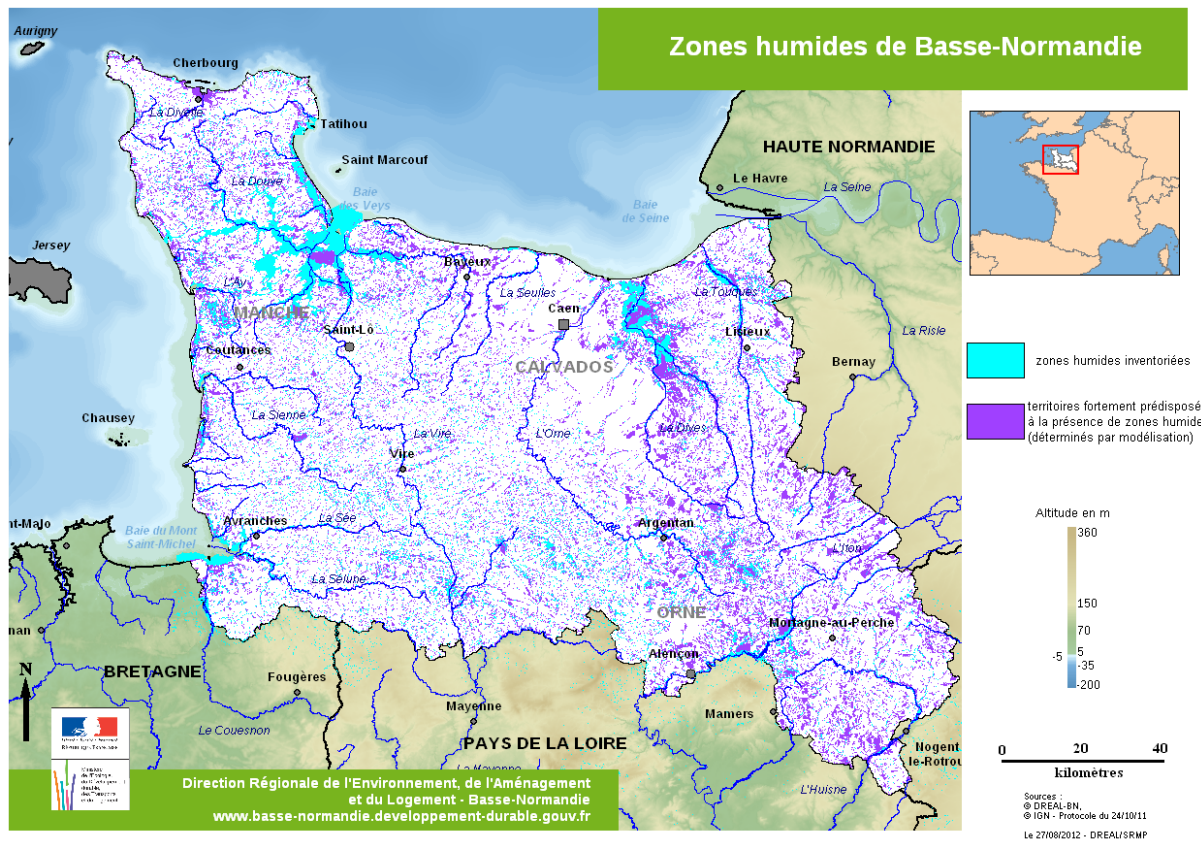
3 : cartographie de la variation d'épaisseur des terrains secs.  
(= la Zone Non Saturée dite ZNS)



Si la ZNS est inférieure à 50 cm, la probabilité de trouver des zones humides est très forte.

ZNS = différence entre la cote du sol et celle du toit de la nappe

# La piézométrie de la nappe phréatique. L'étape clef d'un diagnostic plein d'embûches



- La BSS manque globalement de précision
- Nombre restreint de données (moins de 7000)
- Elles sont diachrones
- L'aquifère intercepté n'est pas toujours connu
- Incertitude encore trop élevée pour les MNT de l'IGN, lidar exclu
- Le lidar 1 m nécessite un temps de calcul trop élevé
- idem pour MNT au pas de 5m de la région (en cours traitement)
- La cartographie des zones humides est-elle même imparfaite

# La piézométrie de la nappe phréatique : cartographier les zones humides mais aussi...



Les affleurements  
de la nappe phréatique

# Emergence temporaire d'une nappe



2001

# Cartographie des sols humides



2001

# drainage de zones humides





# drainage de zones humides

1947

2001

source : IGN & DREAL

Cartographie des  
plans d'eau  
si ex  
zones humides

1947



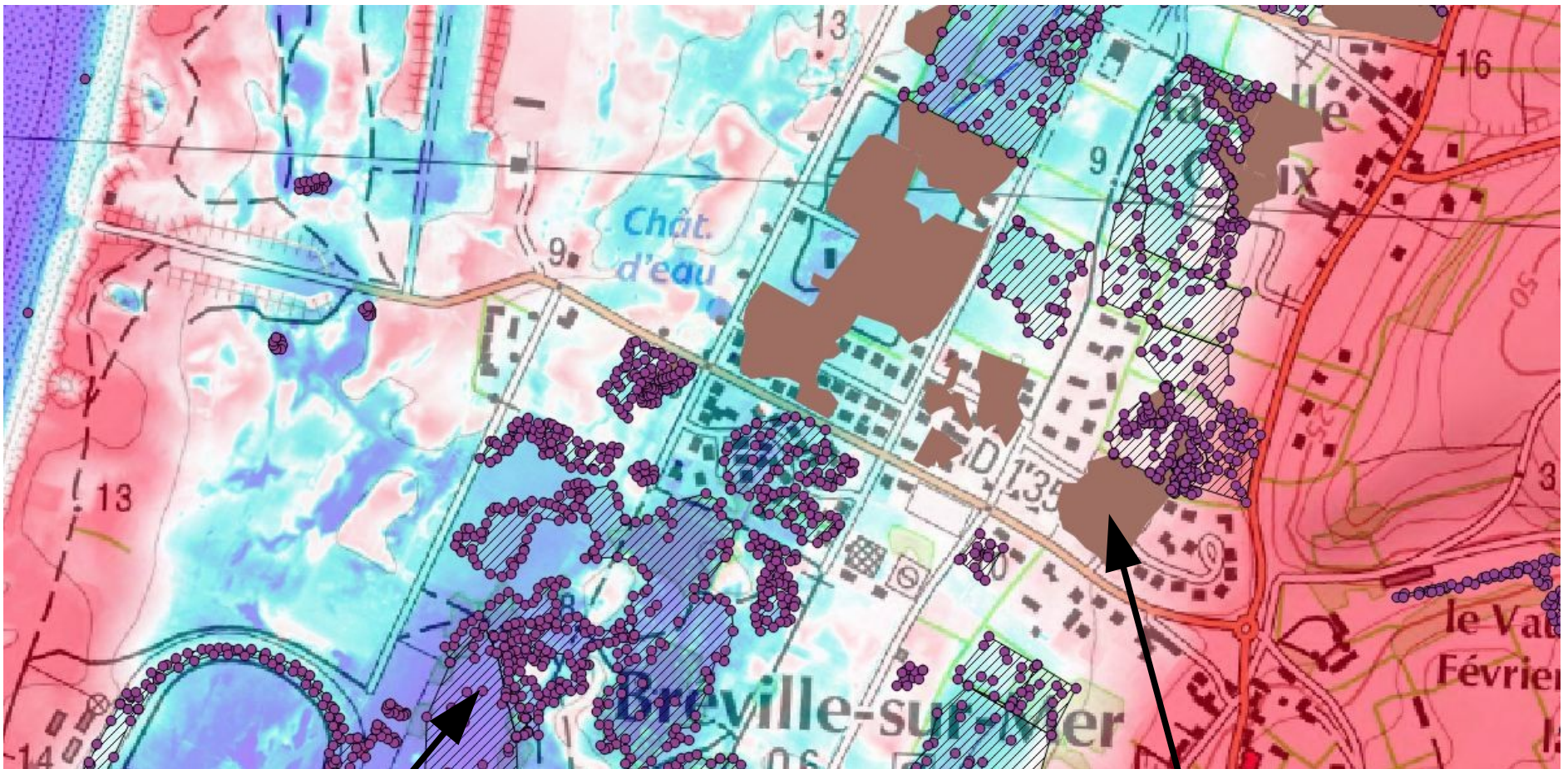
2010



source : IGN & DREAL

Selon les territoires la donnée topographique entrant dans le calcul de la piézométrie est plus ou moins précise

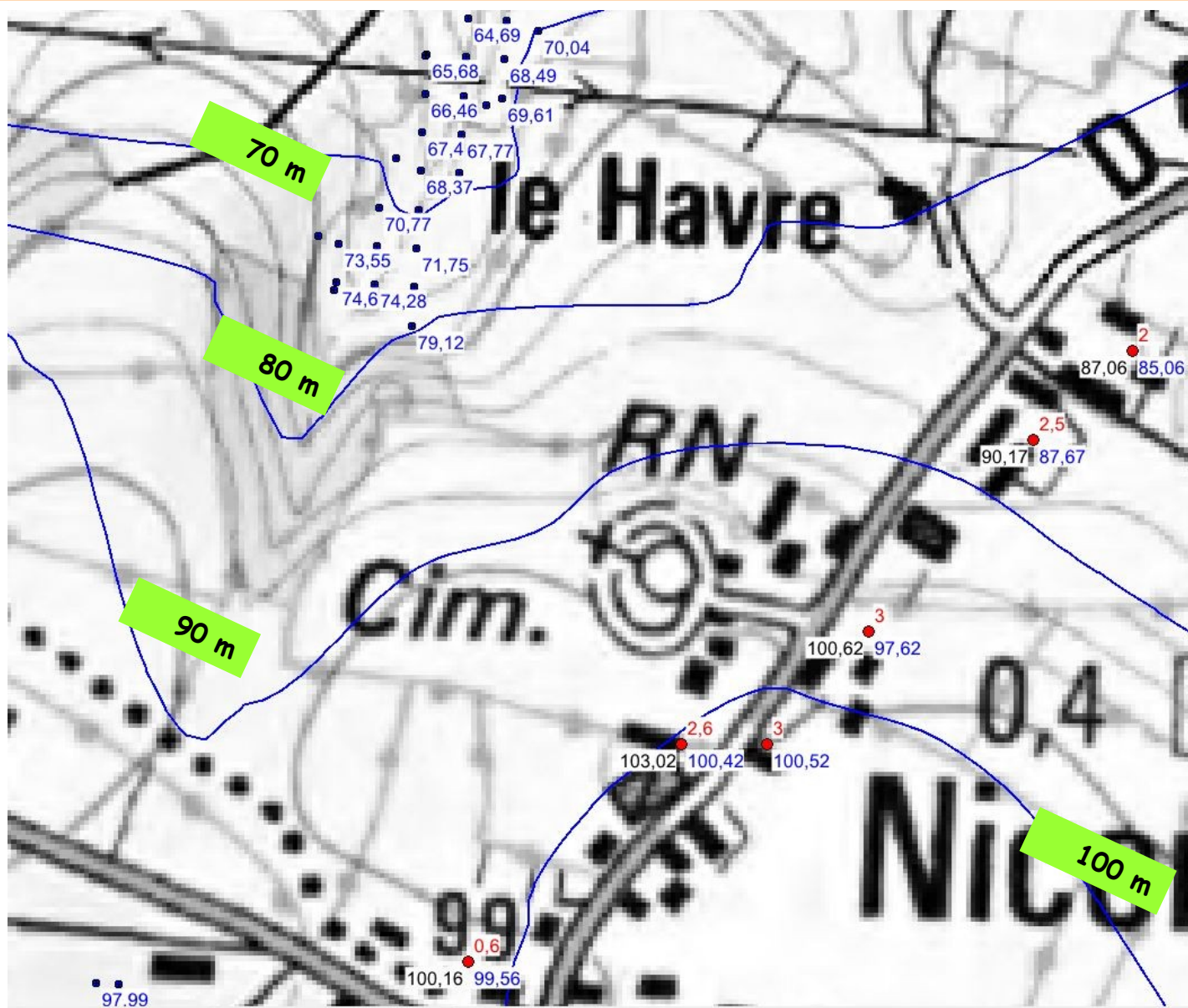
source : IGN DREAL



zone humide et cortège de points associés à partir desquels est exercé le calcul de l'altimétrie du toit de la nappe

remblai en zone humide (non pris en considération dans le calcul de la piézométrie)

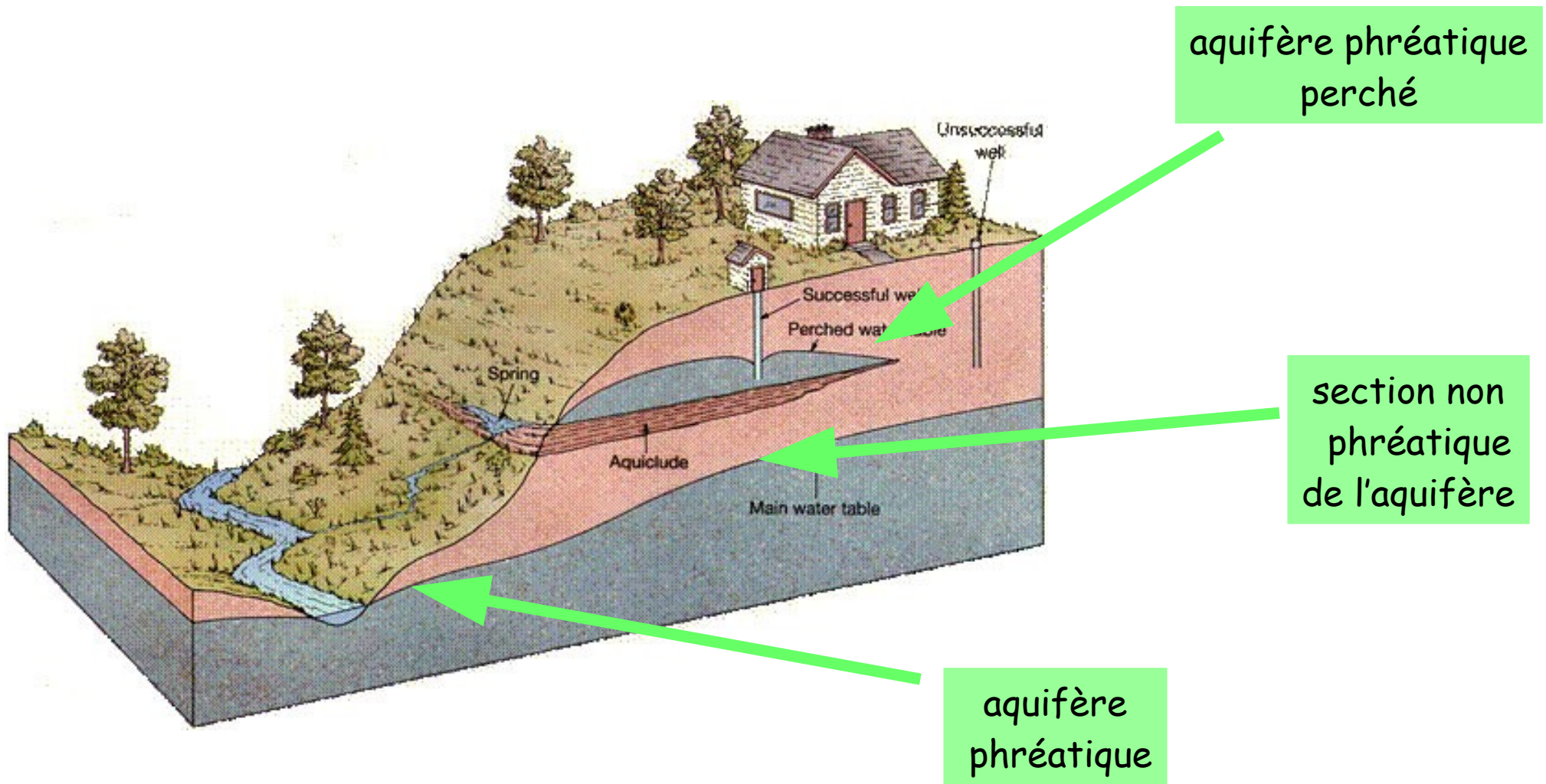
# Construction d'une carte piézométrique



- donnée piézométrique provenant d'un puits ou d'un forage
- donnée piézométrique provenant d'une zone humide
- profondeur à laquelle l'eau se trouve sous le sol (en mètres)
- 100,62 97,62
- 3 \*
- cote altimétrique du sol (en mètres)
- cote altimétrique du toit de la nappe phréatique (en mètres) = cote piézométrique de la nappe phréatique
- courbe piézométrique et sa valeur en mètre

\* Pour les zones humides, la profondeur est égale à 0 m et la cote piézométrique est égale à la cote altimétrique du sol  
 source : IGN & DREAL

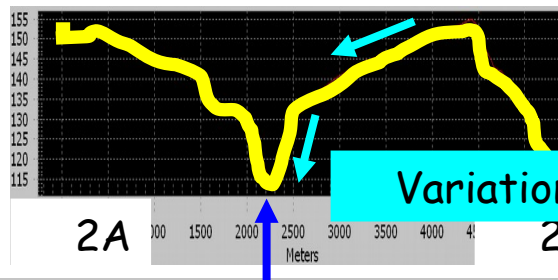
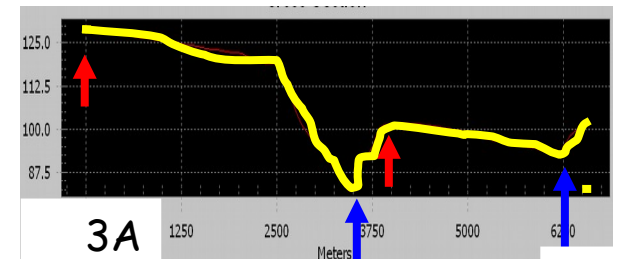
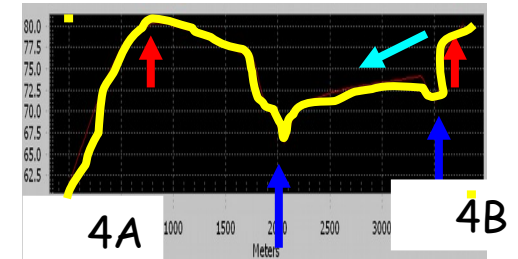
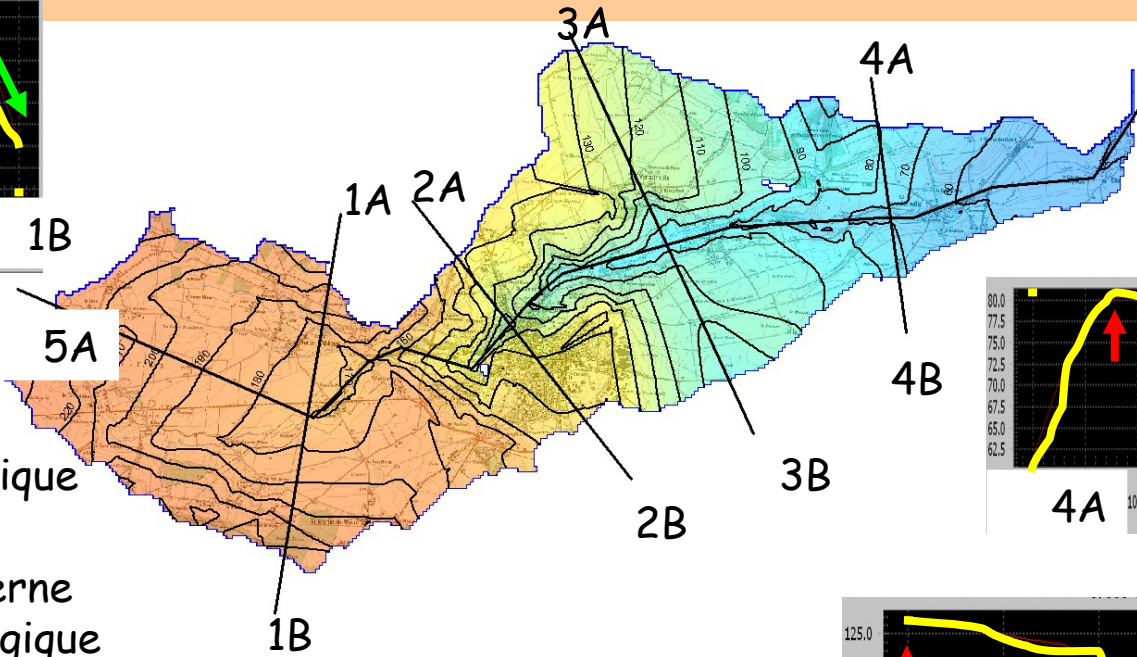
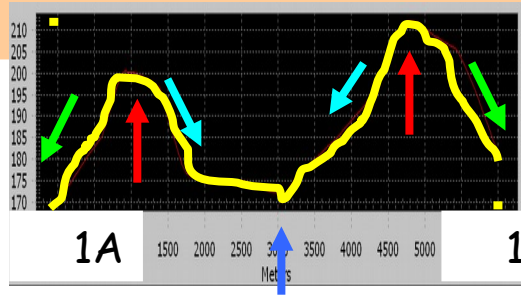
# La piézométrie modélisée est celle des nappes phréatiques



Où sont les nappes perchées dans la région ?

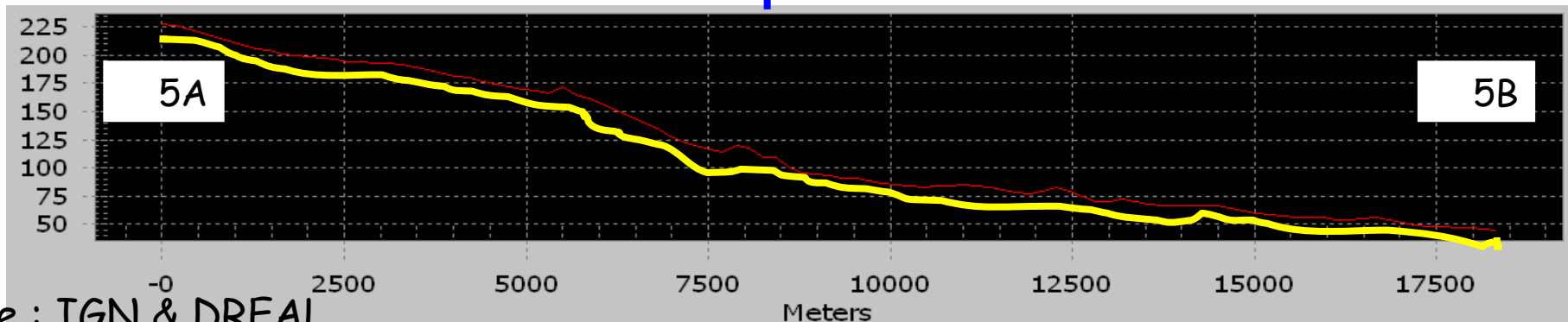
Source : water in crisis

# La piézométrie des nappes : se lit comme une information topographique

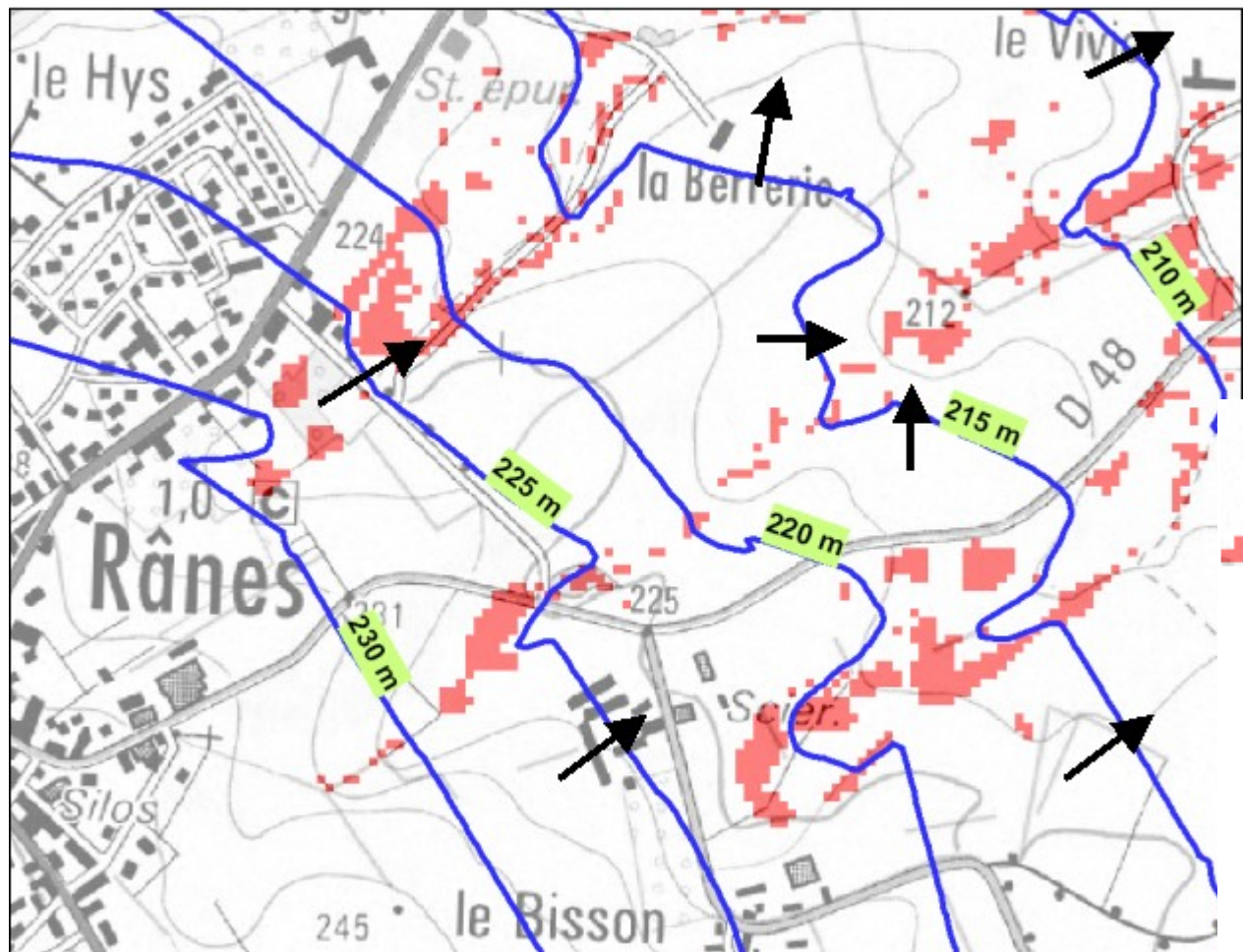


Variation de vitesse d'écoulement

- ↑ = crête piézométrique
- ↔ = écoulement interne au BV hydrogéologique de l'Ante
- ↔ = écoulement externe au BV hydrogéologique de l'Ante
- ↑ = drainage par rivière



# La piézométrie permet de visualiser le sens de circulation des eaux souterraines au toit de la nappe



Zone de débordement de la nappe calculé par modélisation

Cote altimétrique du toit de la nappe, exprimé en m (= cote piézométrique)

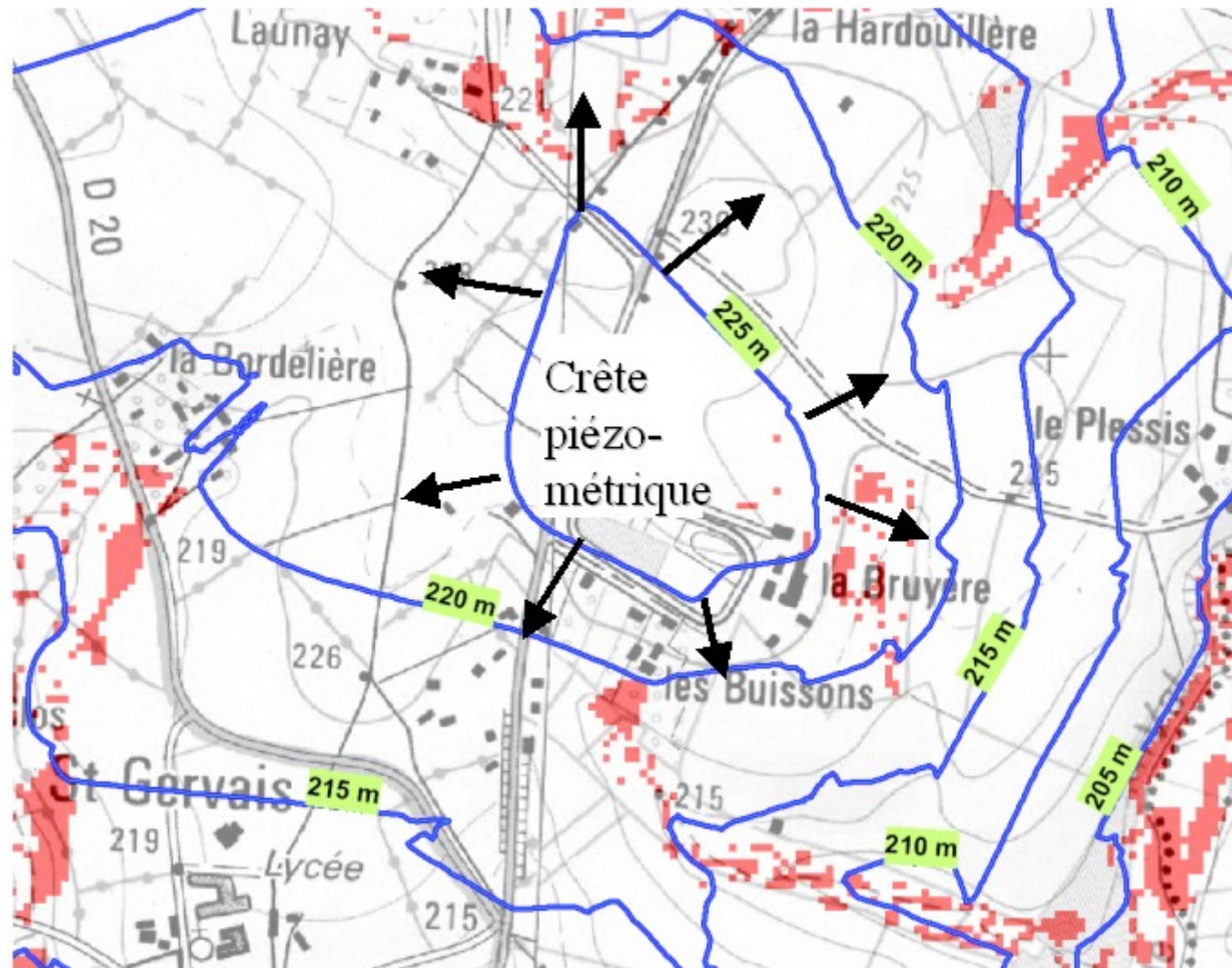
215 m

Sens d'écoulement de la nappe

Courbe isopièze ou piézométrique

source : IGN DREAL

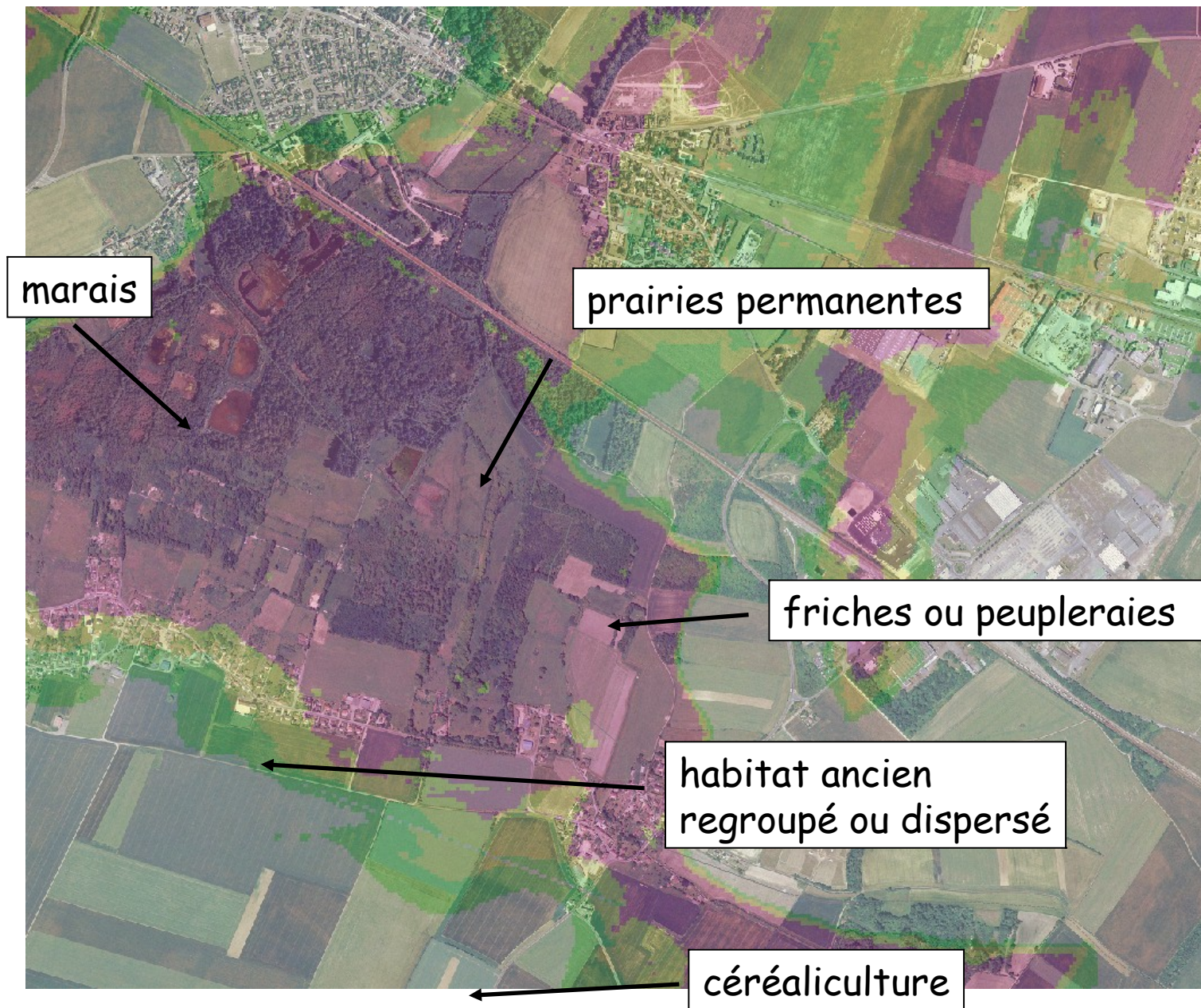
# De localiser les crêtes piézométriques et donc les bassins hydrogéologiques phréatiques



source : IGN & DREAL



# De mieux comprendre la mise en perspective des territoires

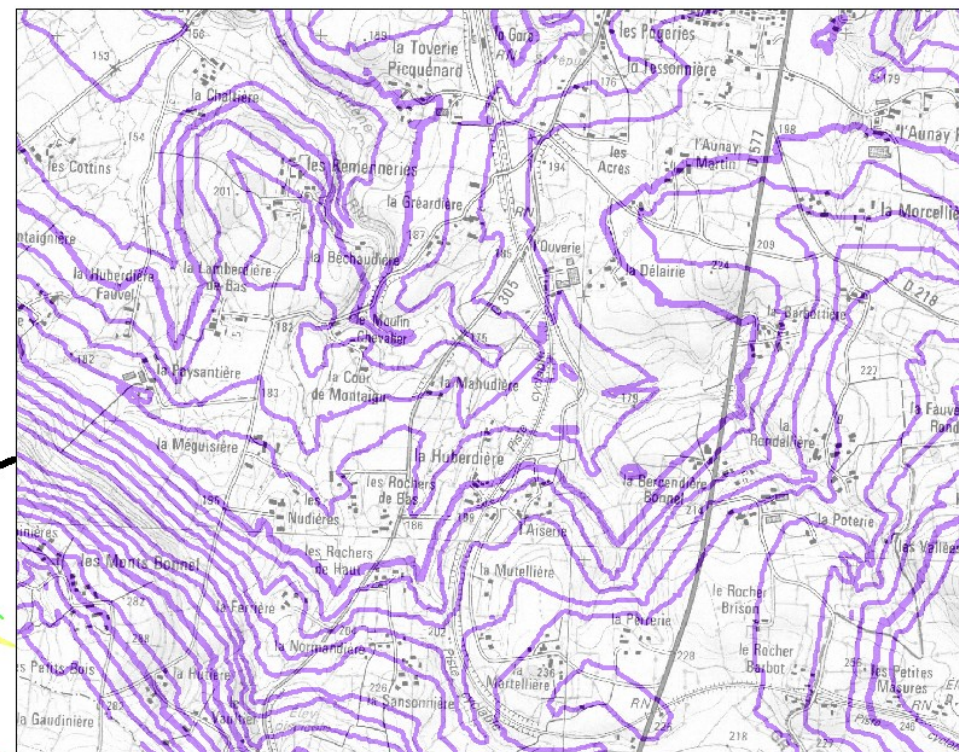
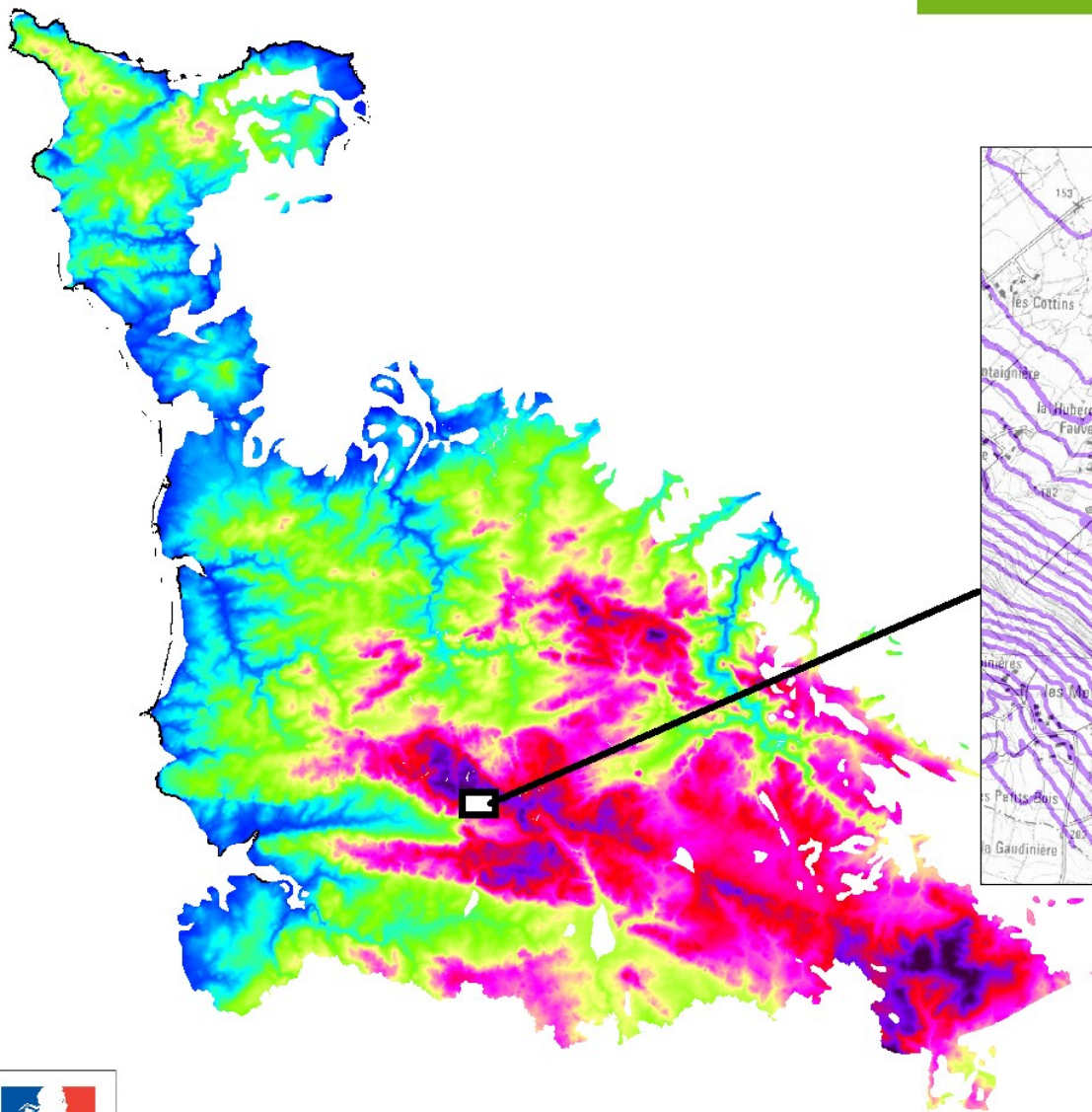


# De mieux caractériser les échanges terre / mer



Où trouver l'info  
site internet DREAL Normandie

## Piézométrie détaillée du socle armoricain en Basse-Normandie

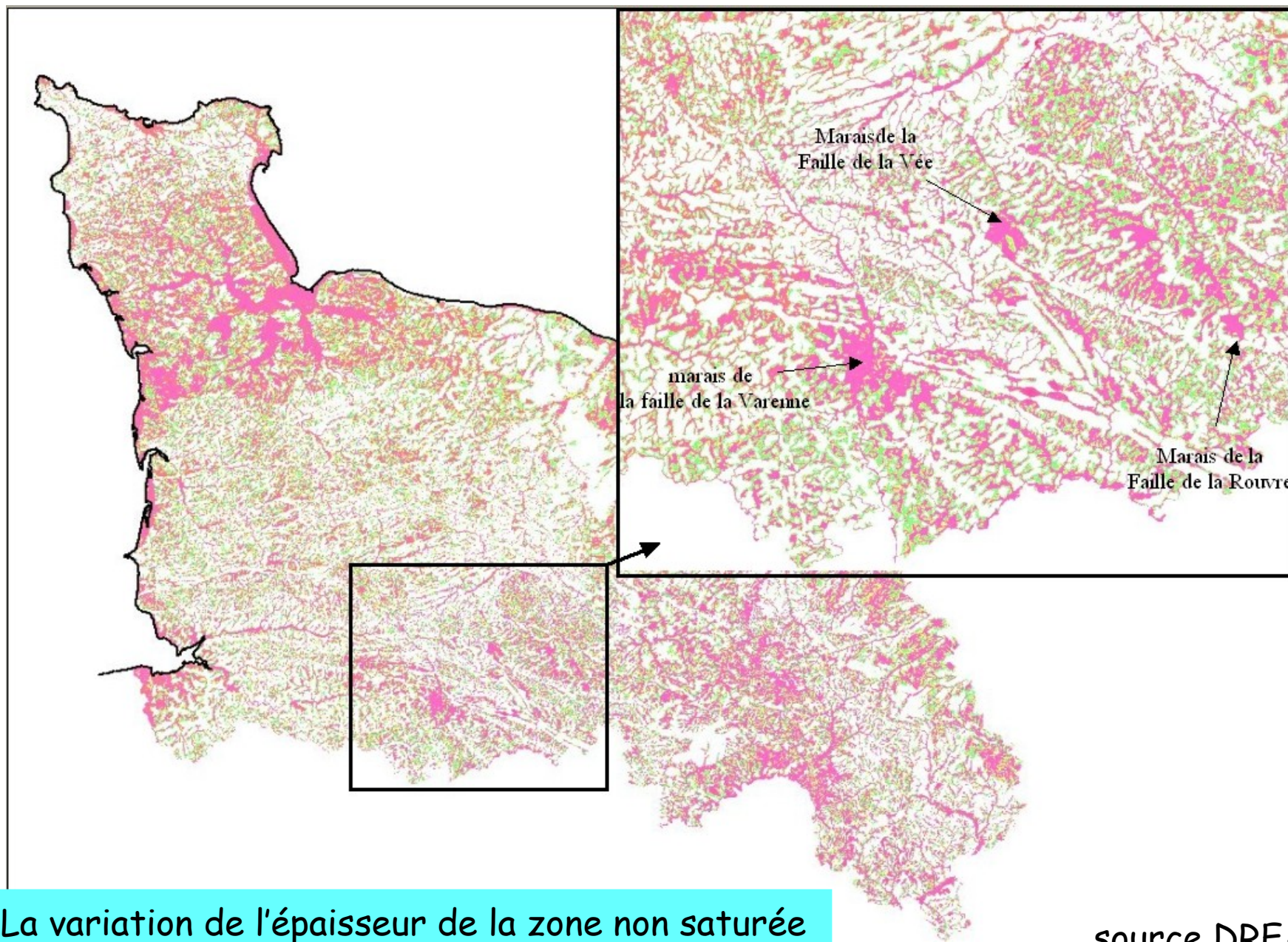


Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement  
et du Logement - Basse-Normandie  
[www.basse-normandie.developpement-durable.gouv.fr](http://www.basse-normandie.developpement-durable.gouv.fr)

Sources :  
© DREAL-BN,  
© IGN - Protocole du 24/07/07

Le 09/02/2012 - DREAL/SRMP

Où trouver l'info  
site internet DREAL Normandie

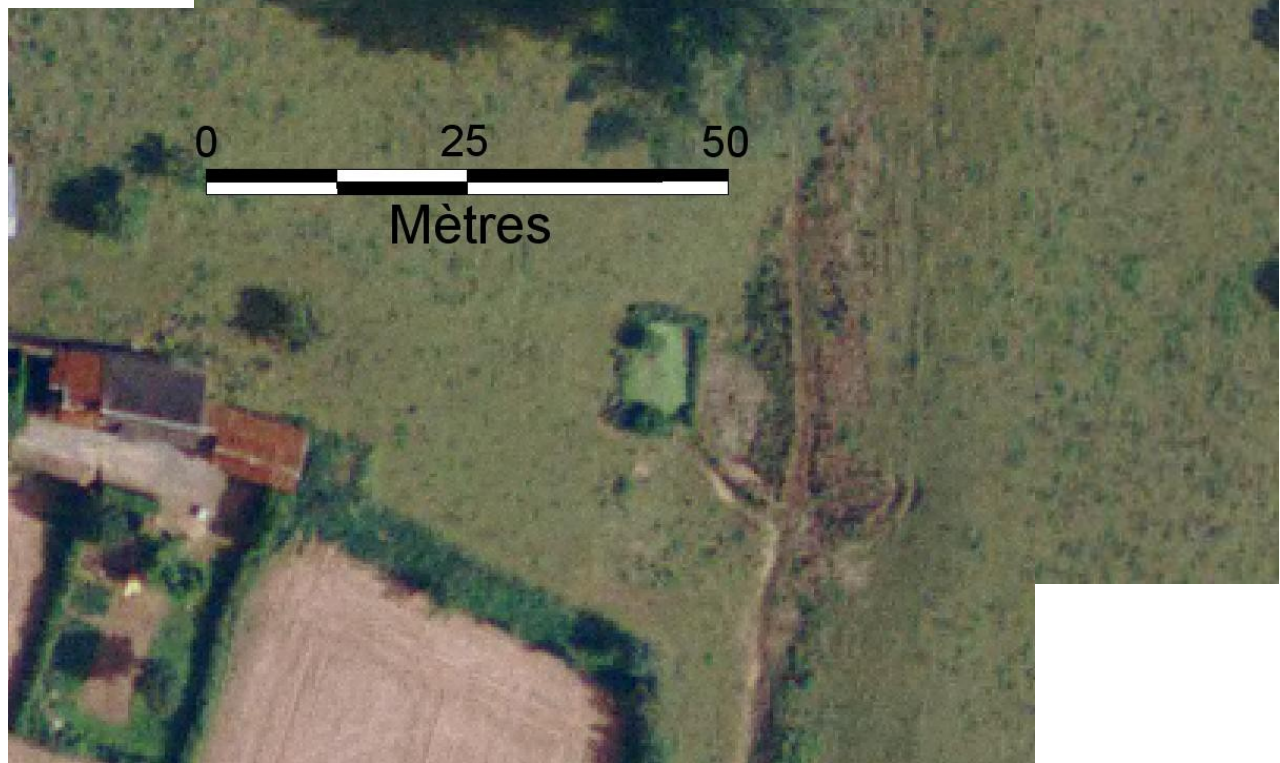


La variation de l'épaisseur de la zone non saturée

source DREAL

# L'échelle de numérisation

Une telle précision n'est-elle pas une perte d'argent public ?





230 000 euros +

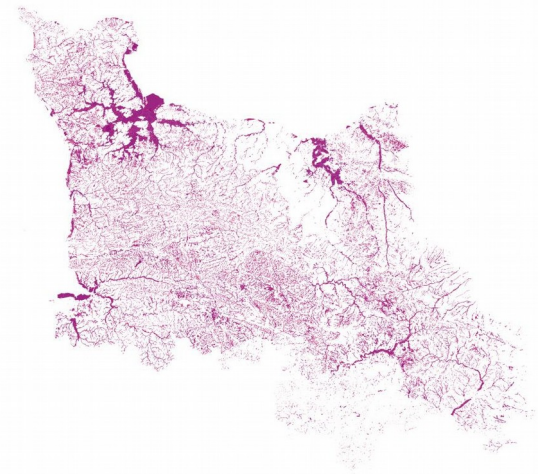


40 000 euros +

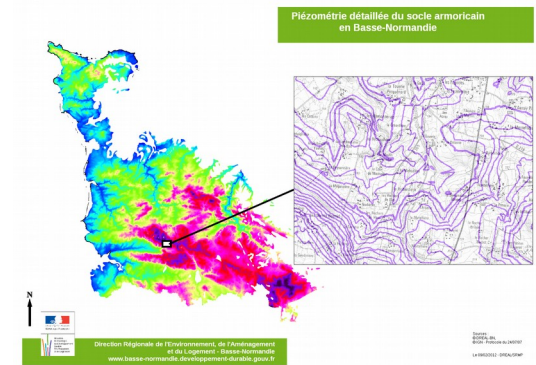


100 000 euros

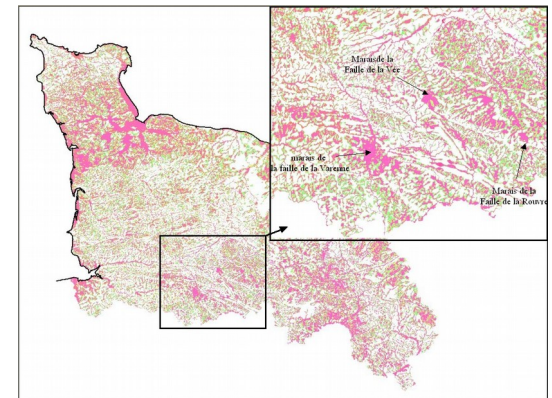
=



+




+



source DREAL

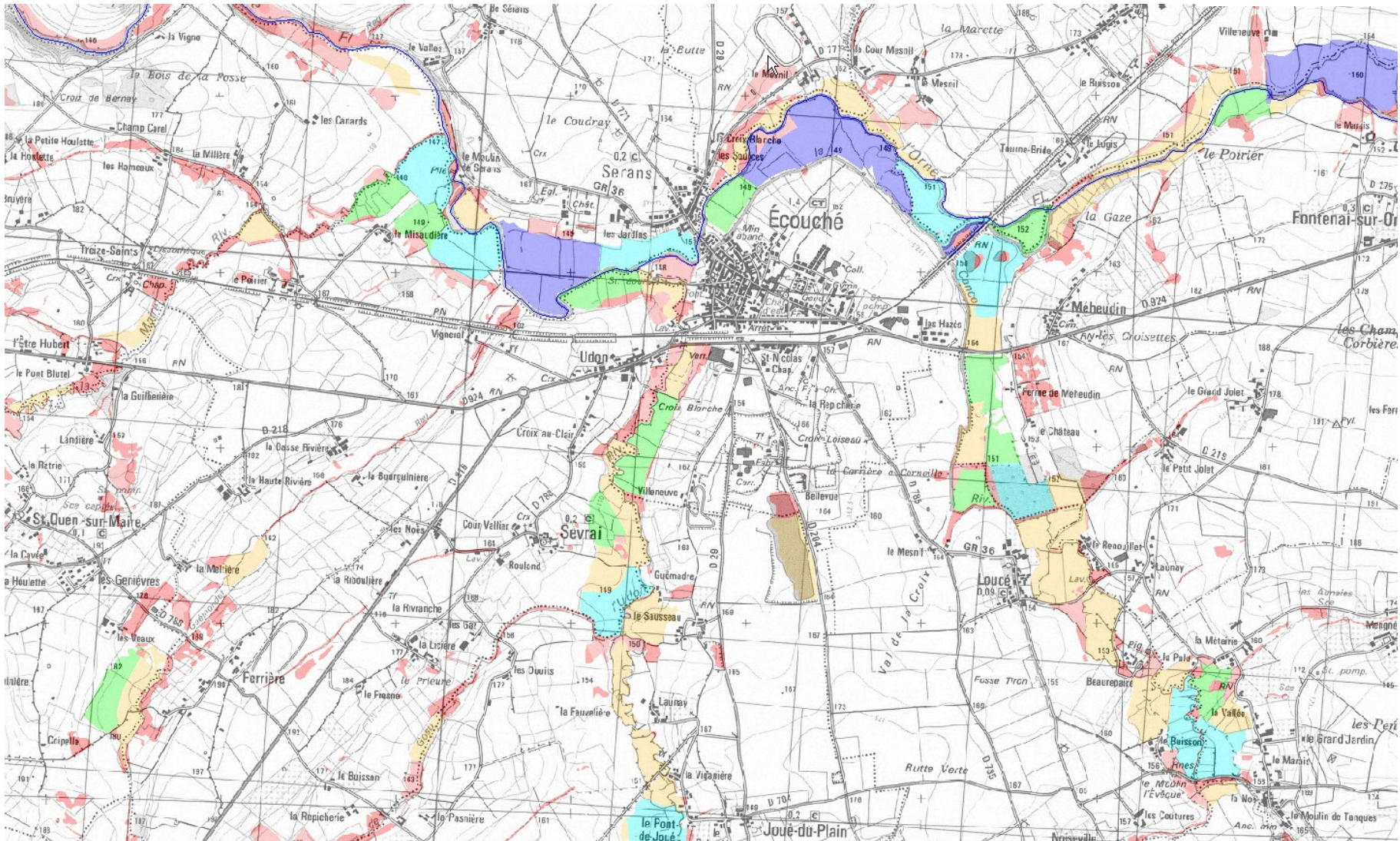
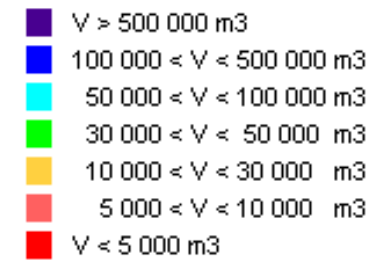
## Partie II : Les services rendus par les zones humides



Écrêtement des crues  
Épuration physico-chimique  
Soutien d'étiage des cours d'eau  
Conservation de la biodiversité  
Agriculture  
Loisirs...

# Écrêtement des crues Comment quantifier cette fonction ?

Volume stockable en ZH



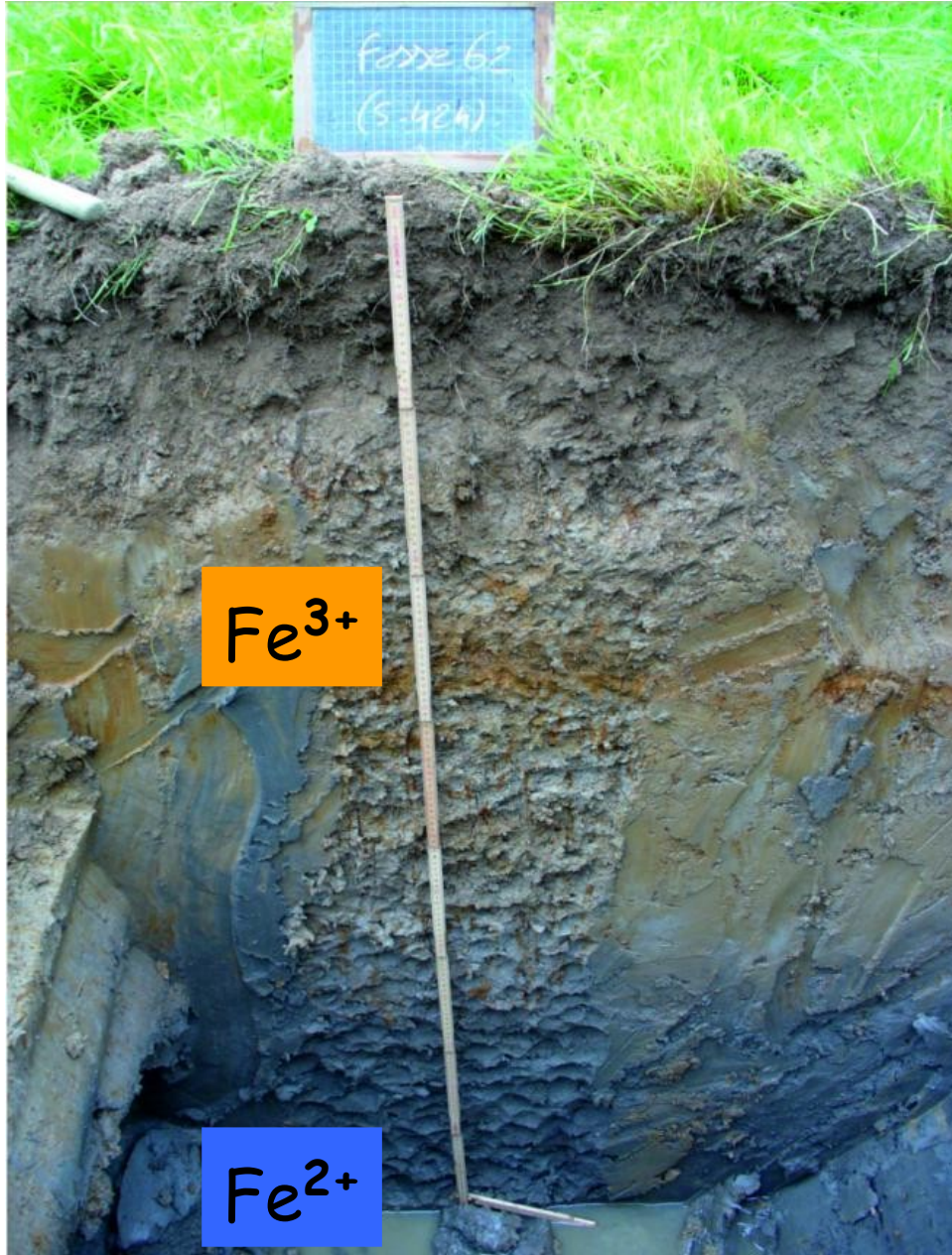


# L'épuration de l'eau en milieu anoxique et piégeage de sédiments



Élimination, dénaturation, stockage temporaire ou permanent, recyclage, relargage...  
La zone humide n'est pas non plus la panacée

# Les réactions biochimiques interviennent en surface et dans le sol humide



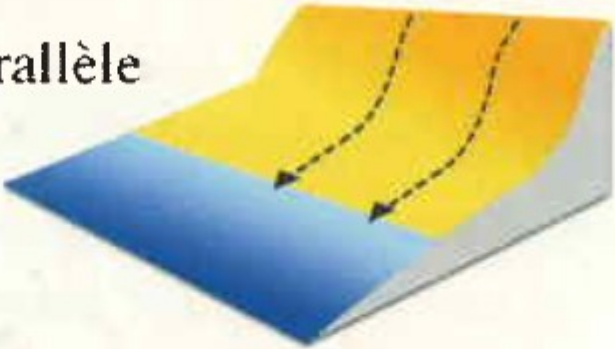
Un sol de zone humide

Milieu oxydant

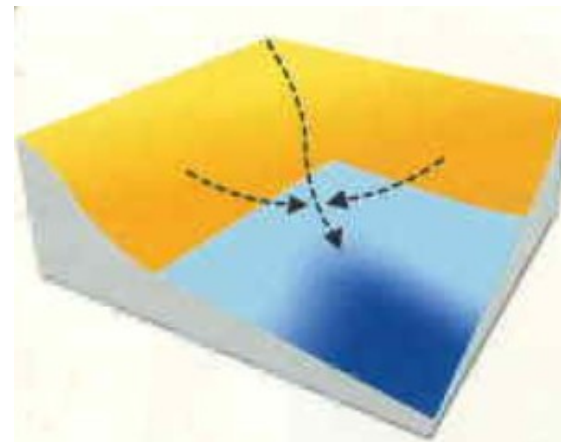
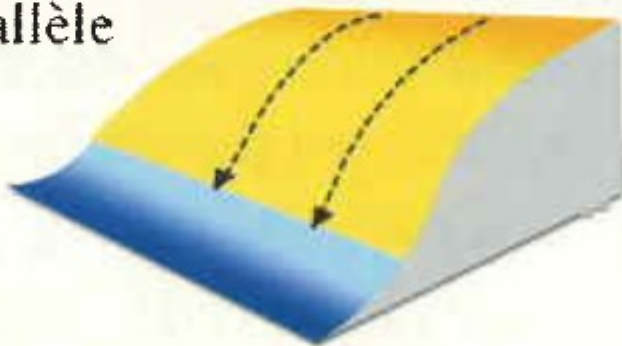
Milieu réducteur : consommation des nitrates

Les conditions de dénitrification varient selon la configuration de l'interface nappe / zone humide (source G. Barnaud)

Ecoulement parallèle  
concave  
14,8 kg/ha/an

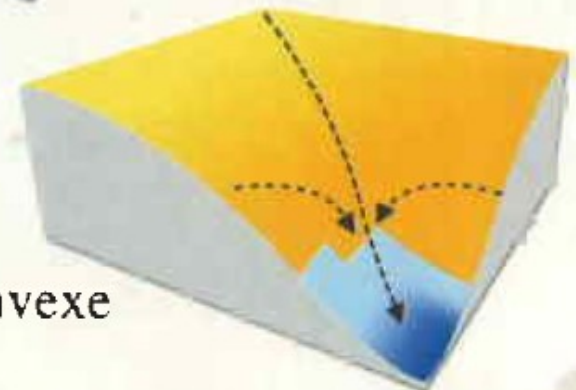


Ecoulement parallèle  
convexe  
14,8 kg/ha/an



Ecoulement  
convergent concave  
2,0 kg/ha/an

Ecoulement  
convergent convexe  
2,1 kg/ha/an

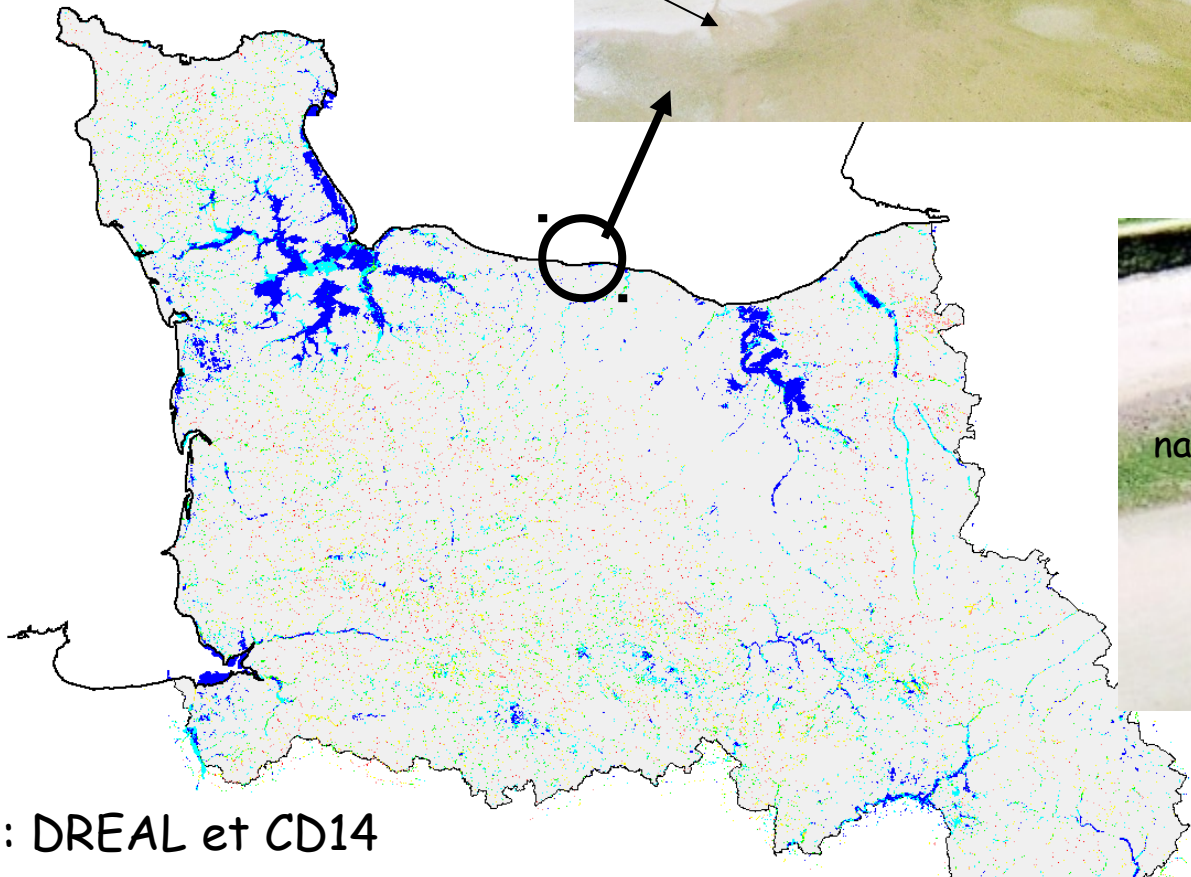


# Une capacité épuratrice insuffisamment dimensionnée pour enrayer tout dysfonctionnement

Apports nitrates

Épuration =  
zone humide

Excédent =  
dystrophisation



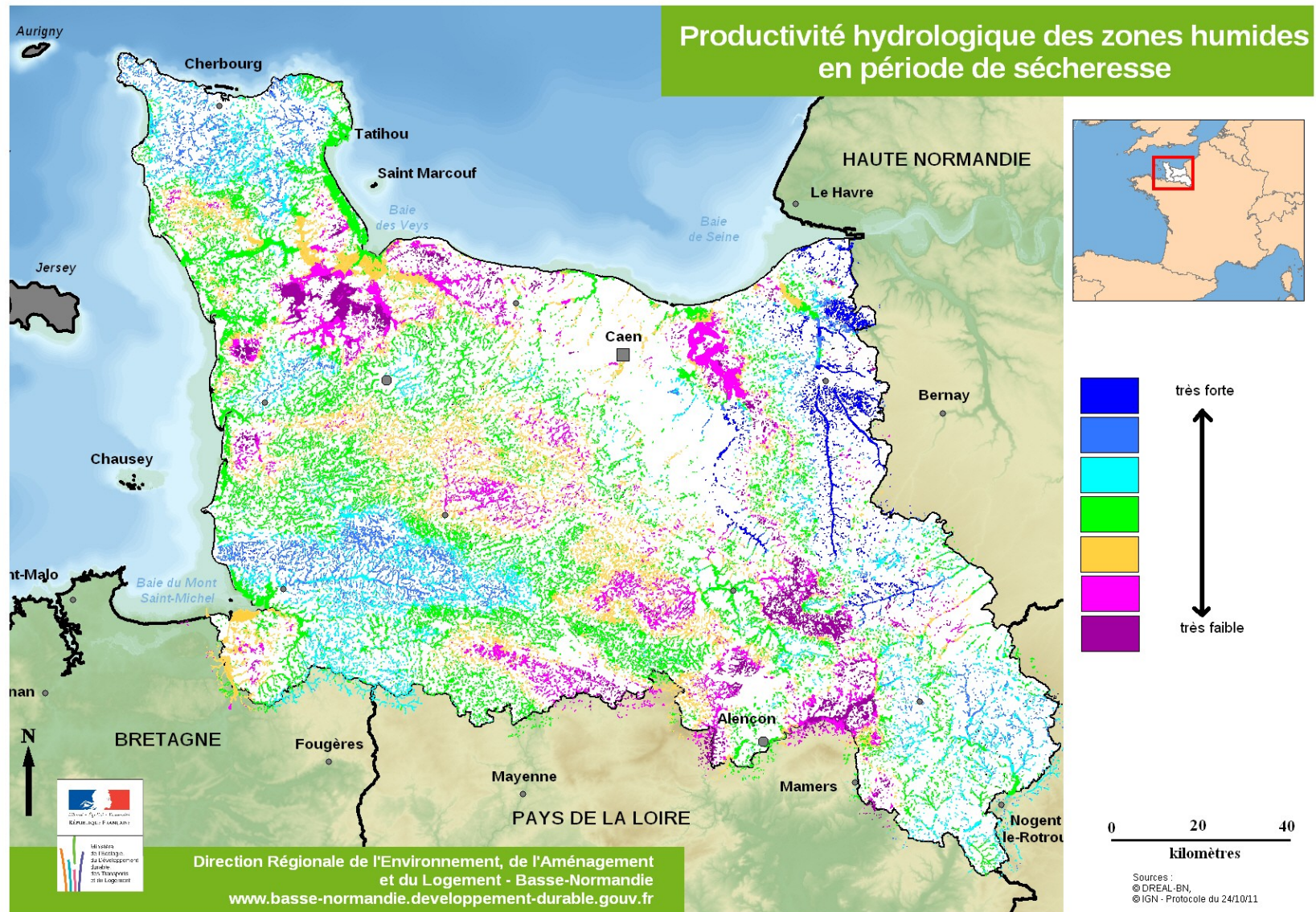
# Pas d'eutrophisation marine sur nos côtes ?



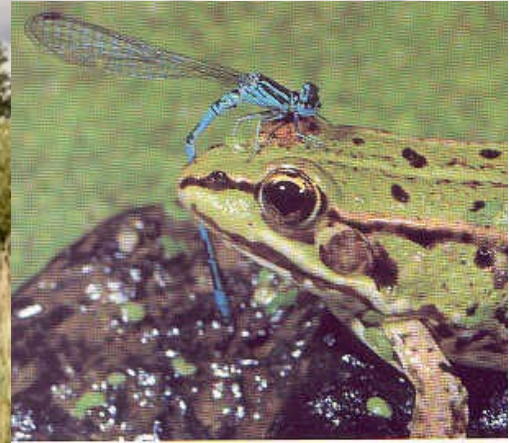
Meuvaines, 2016

source F Gresselin

# La régulation des étiages



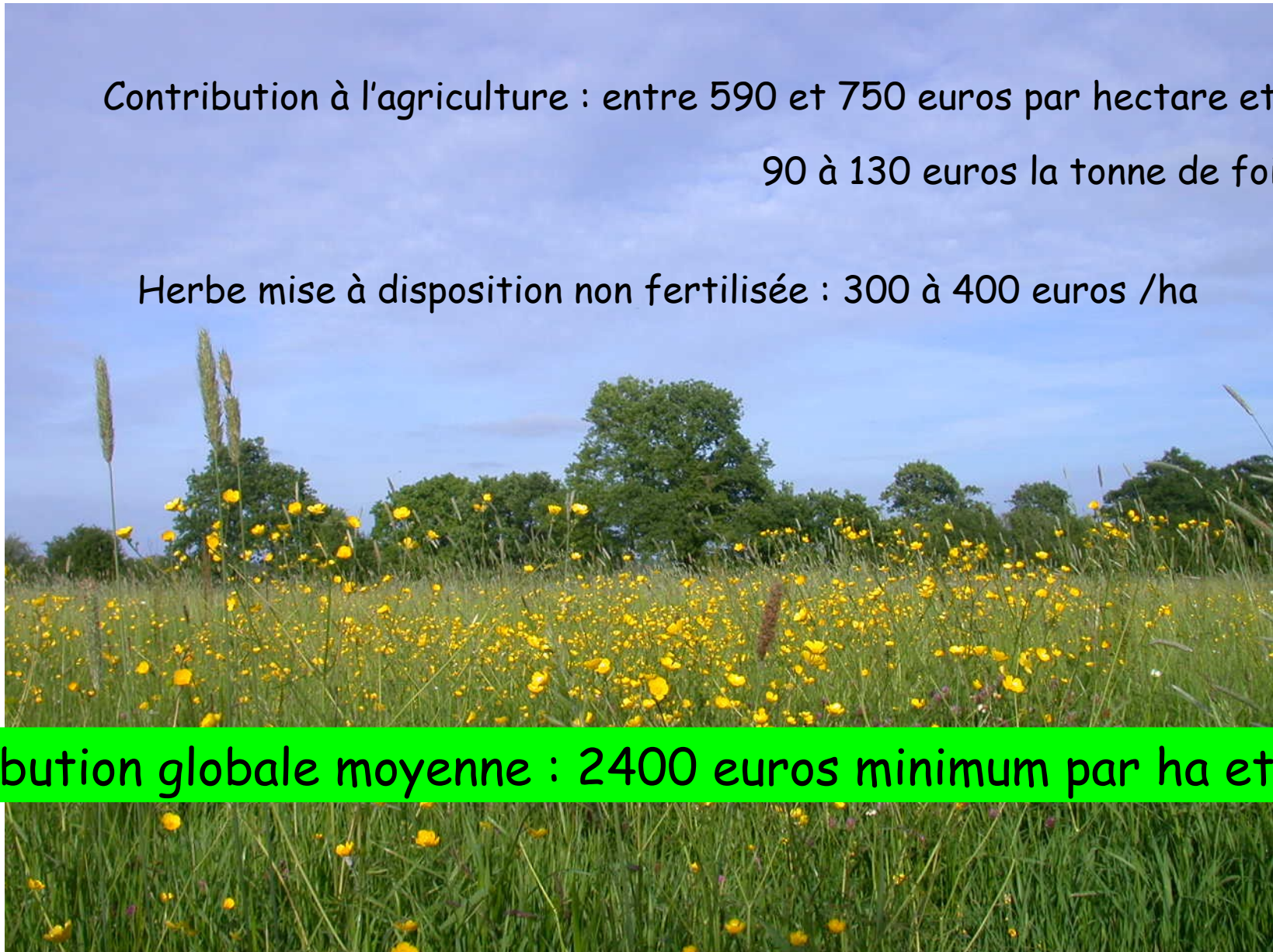
# Des écosystèmes, une chaîne alimentaire, une économie de loisir



# Un rôle majeur pour l'agriculture traditionnelle et l'image d'excellence des filières lait / viande de Basse-Normandie

Contribution à l'agriculture : entre 590 et 750 euros par hectare et par an  
90 à 130 euros la tonne de foin

Herbe mise à disposition non fertilisée : 300 à 400 euros /ha



**Contribution globale moyenne : 2400 euros minimum par ha et par an**

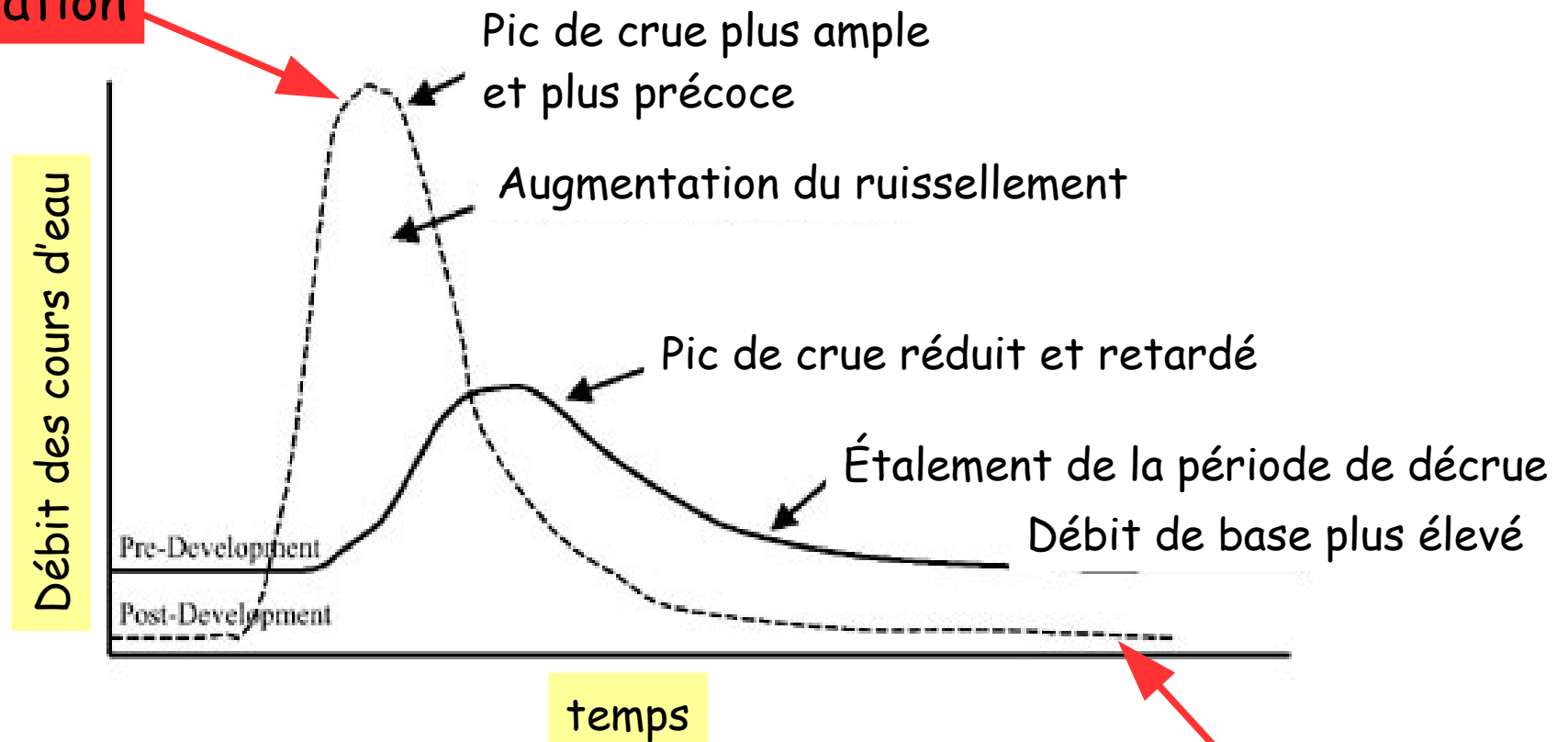


## Partie III : les zones humides au coeur de la tourmente



# L'impact du développement économique sur l'hydrosystème

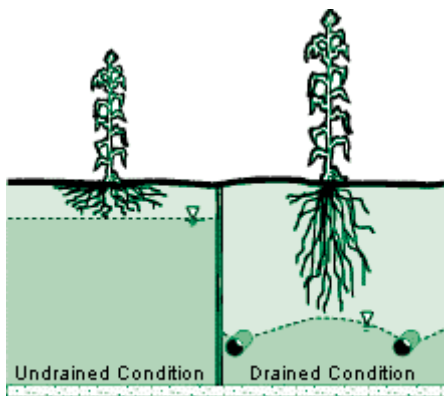
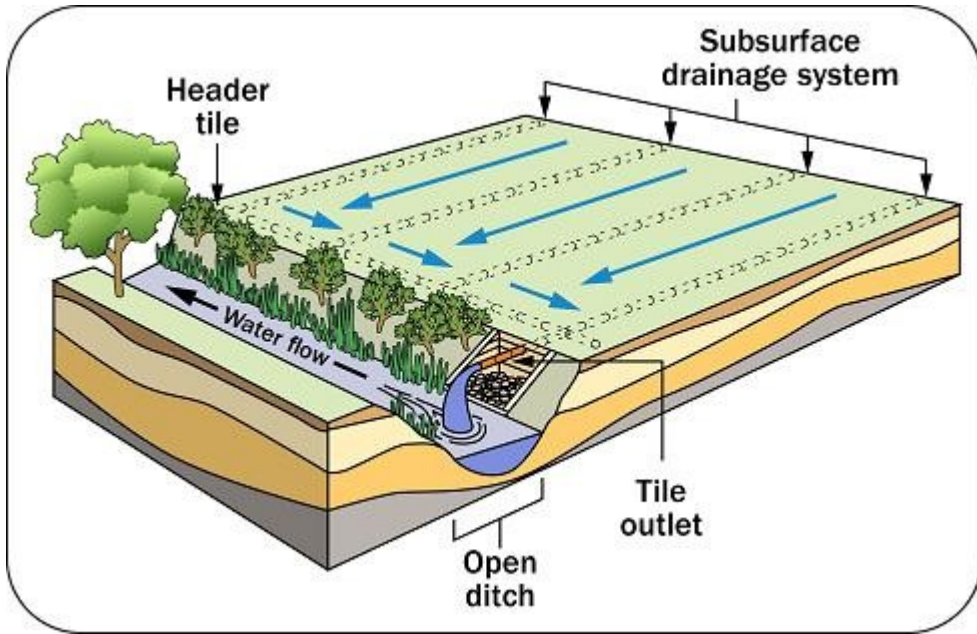
risque inondation



Source : nap.edu

risque sécheresse

# La pression agricole ne diminue pas



Sources : Ontario, Ministry of agriculture, food and rural affairs, Maven's photoblog & University of Minesota

# Les bénéfiques demeurent supérieurs aux pertes

40 000 euros de perte par exploitation en 2001  
pour 70 exploitations de la côte ouest de la Manche



# Bâtir en zone humide : les prémices d'une prise de conscience ?

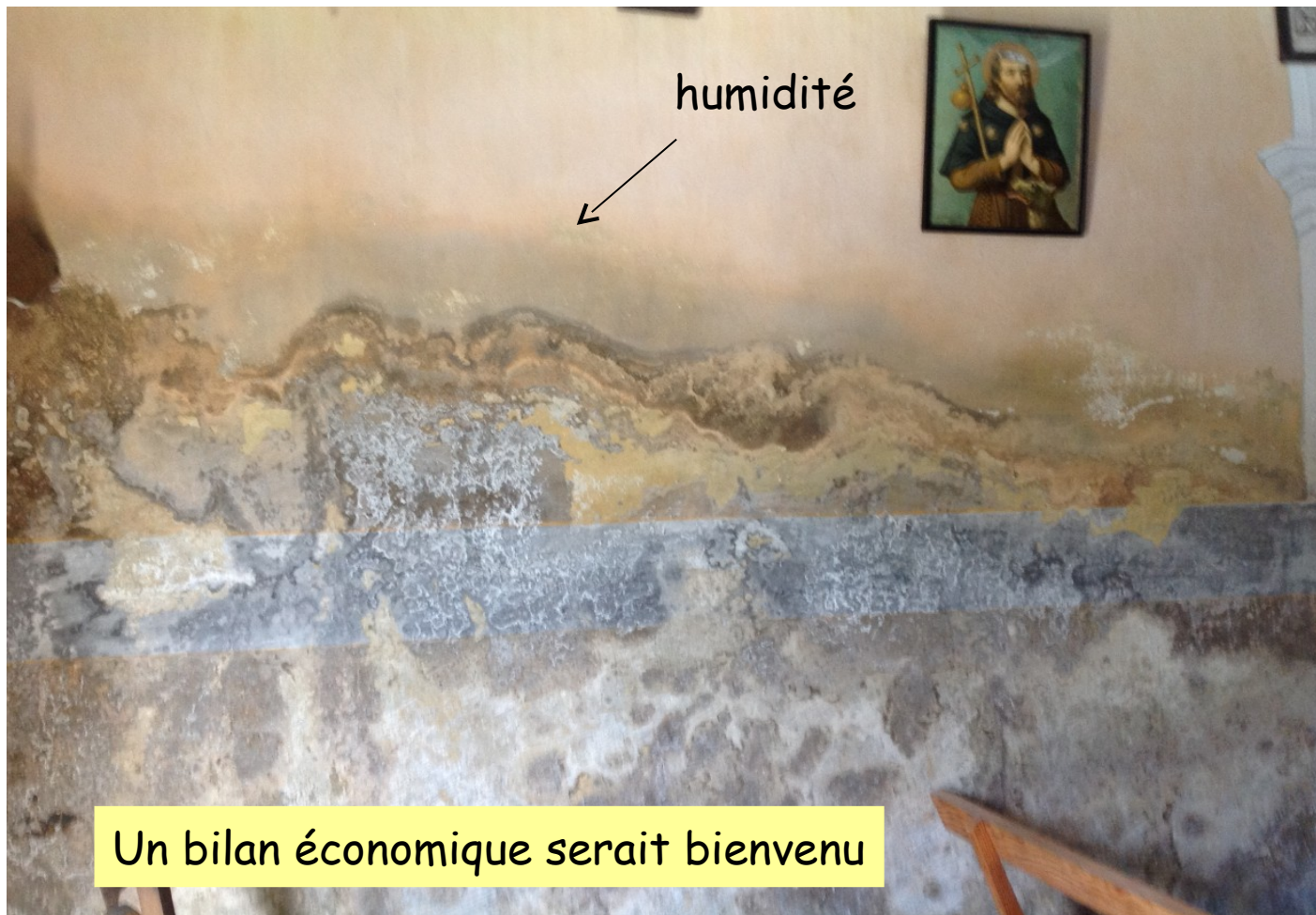
**Inondation durable et déformation des bâtiments**

**27 000 E de dommage par sinistre en 2001 à Saint-Sylvain**



## L'urbanisation en zone humide

Les impacts sanitaires ne sont jamais abordés dans les politiques d'aménagement



# Les réseaux collectifs en zone humide

**INFRASTRUCTURES  
SAINT-SYLVAIN 2001 :  
580 000 E de dégâts aux voiries et réseaux**



Une étude pour chiffrer les dépenses publiques en la matière ?

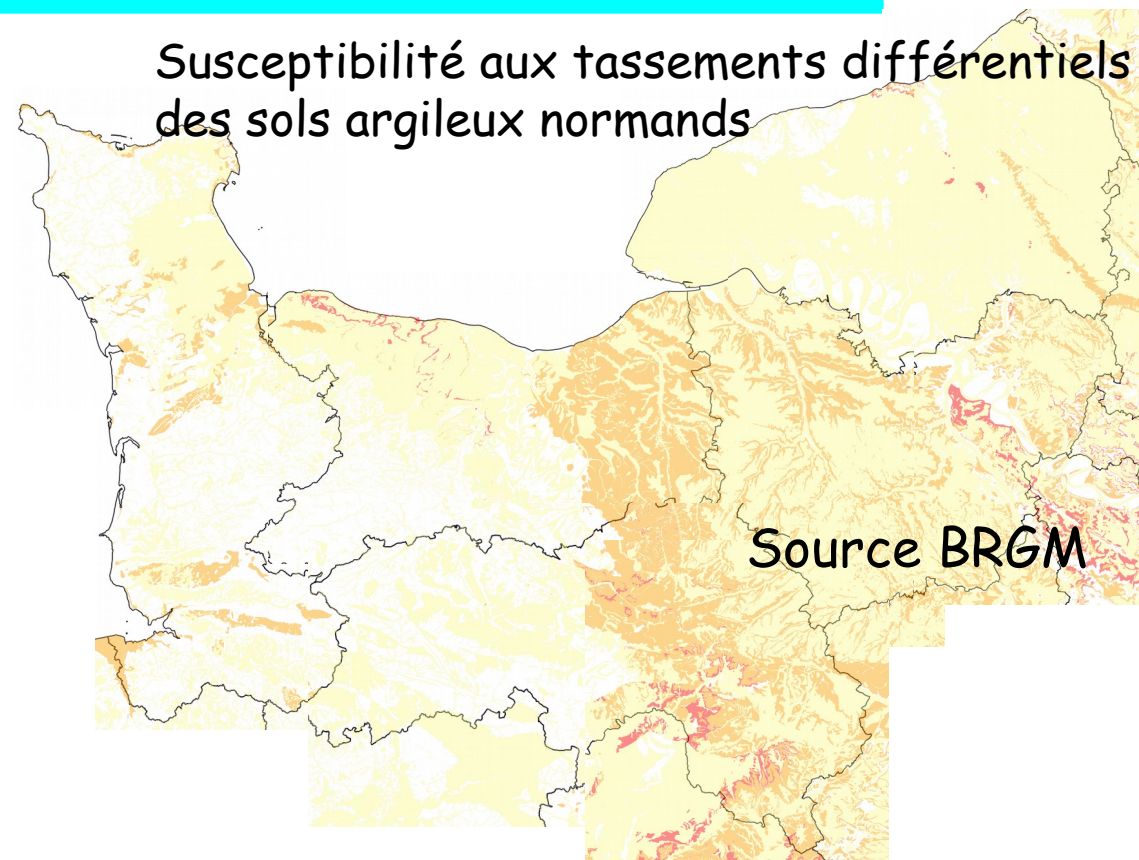
# Les remblais : est-ce la panacée ?





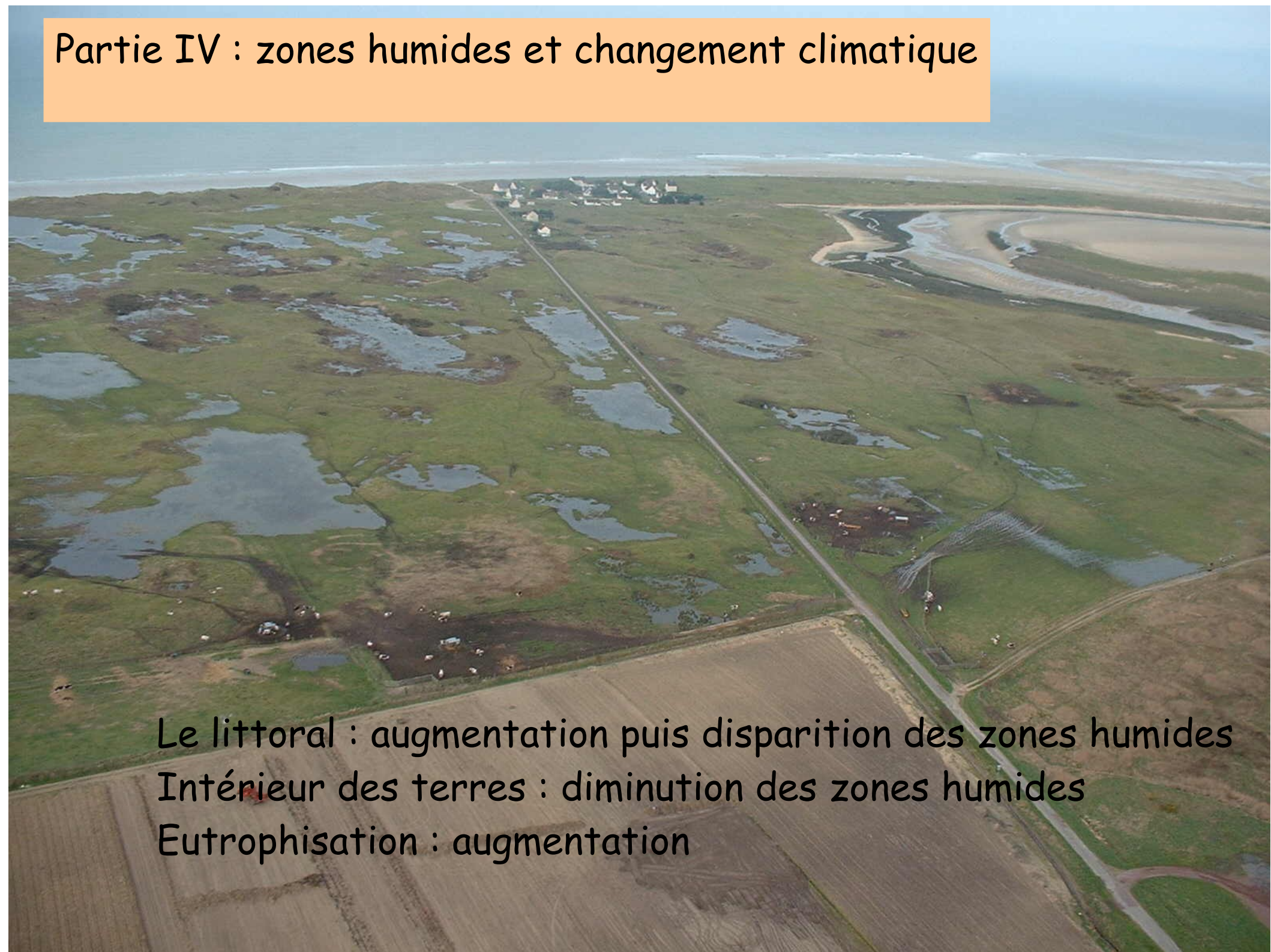
Bâtir en zone humide :  
un risque de vieillissement précoce des bâtiments  
dû aux « battements » des sols argileux entre l'hiver et l'été

En hiver, les argiles s'humidifient : les sols gonflent  
En été, les argiles s'assèchent : les sols se rétractent



*coût moyen des sinistres en France : 11700 euros*  
*coût moyen en reprise sous-œuvre en région parisienne : 60 000 euros*

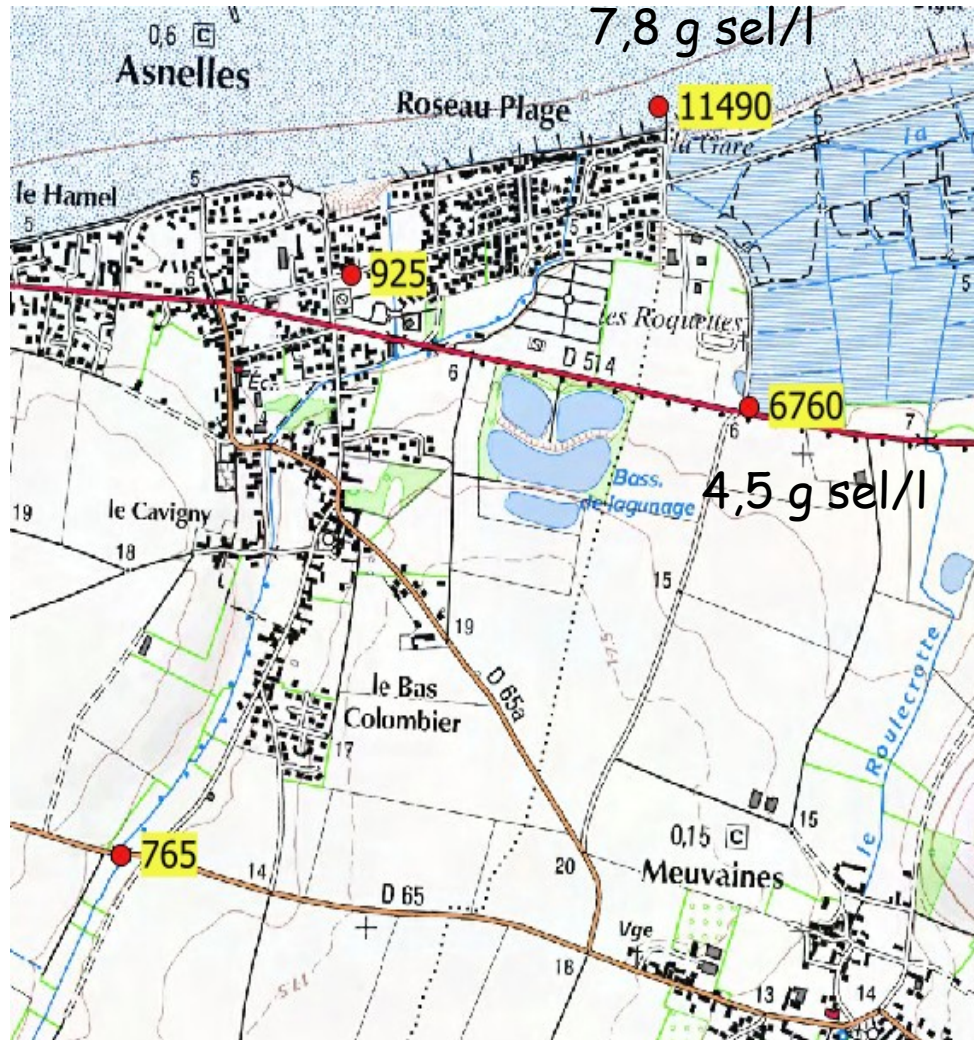
## Partie IV : zones humides et changement climatique

An aerial photograph of a coastal wetland area. A long, straight road runs diagonally from the bottom center towards the top center. To the left of the road, there are several irregularly shaped water bodies of varying sizes, surrounded by green vegetation. To the right of the road, there is a large, winding water channel or lagoon. In the distance, a small cluster of white buildings is visible on a slight rise. The foreground shows a large, flat, brownish area, possibly a field or a dry wetland. The sky is a pale blue, and the overall scene depicts a coastal landscape with significant water features.

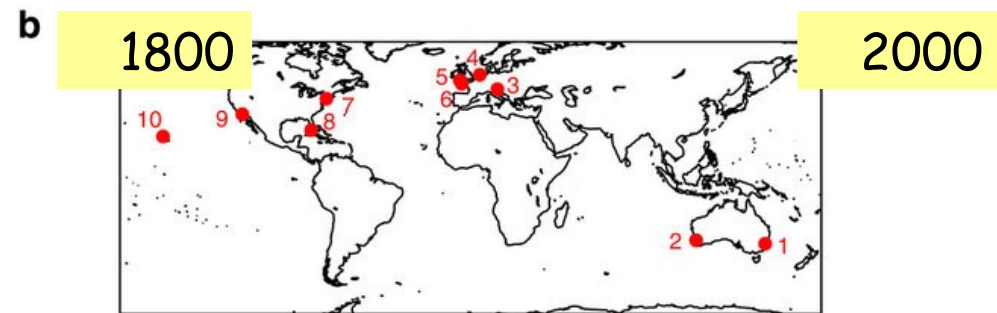
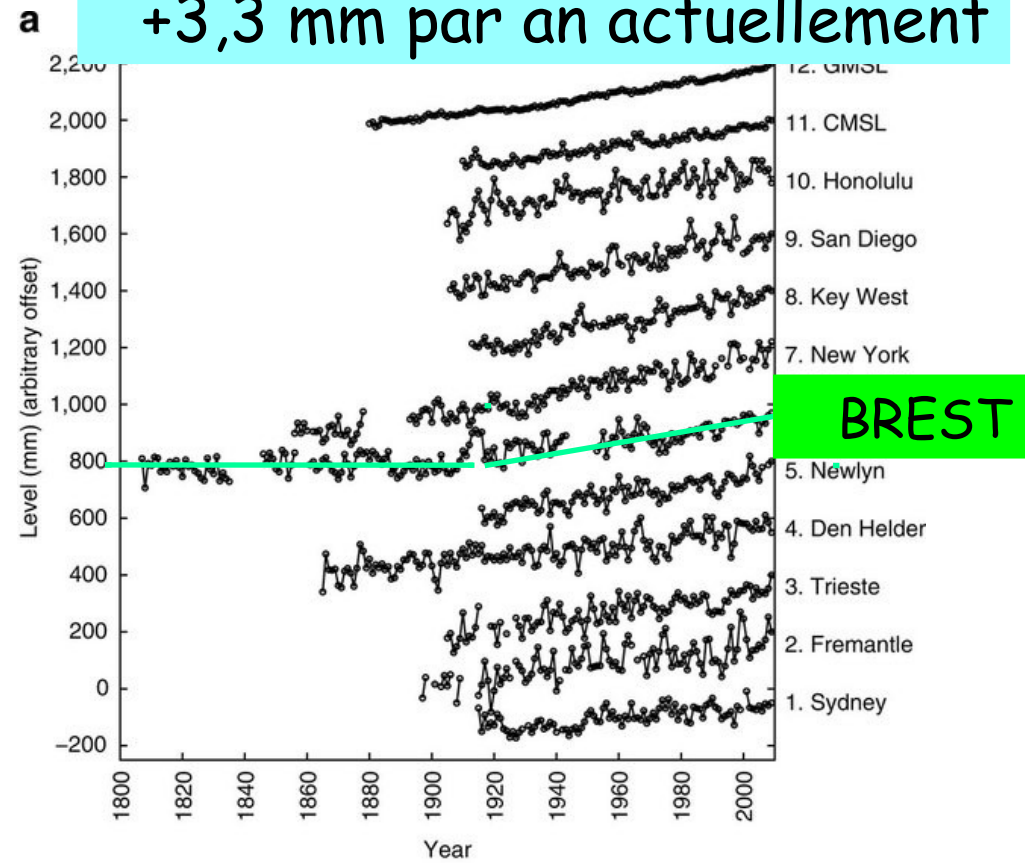
Le littoral : augmentation puis disparition des zones humides  
Intérieur des terres : diminution des zones humides  
Eutrophisation : augmentation

# L'élévation de la mer

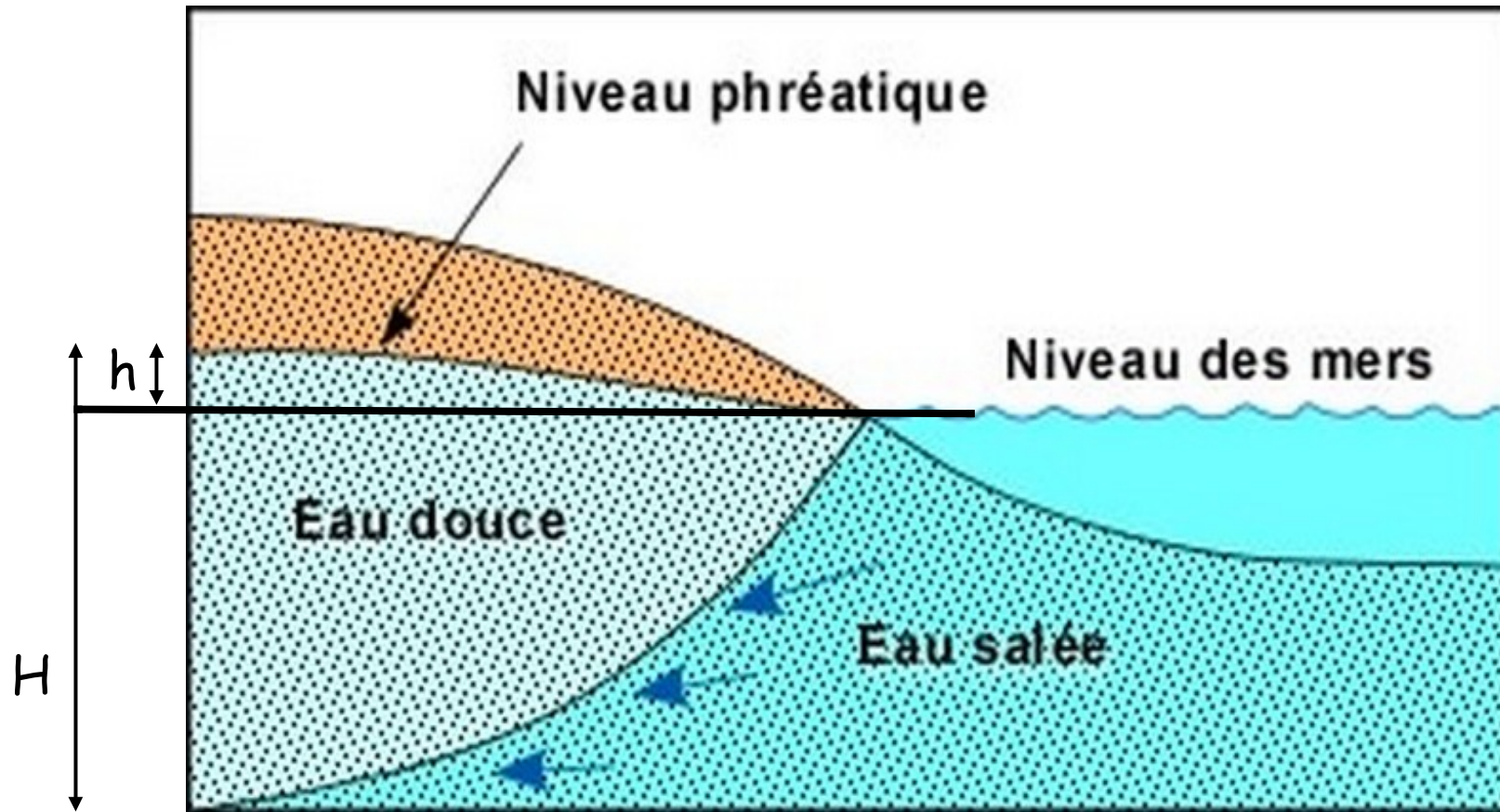
Conductivité de l'eau dans la région d'Asnelles



La Manche  
+3,3 mm par an actuellement



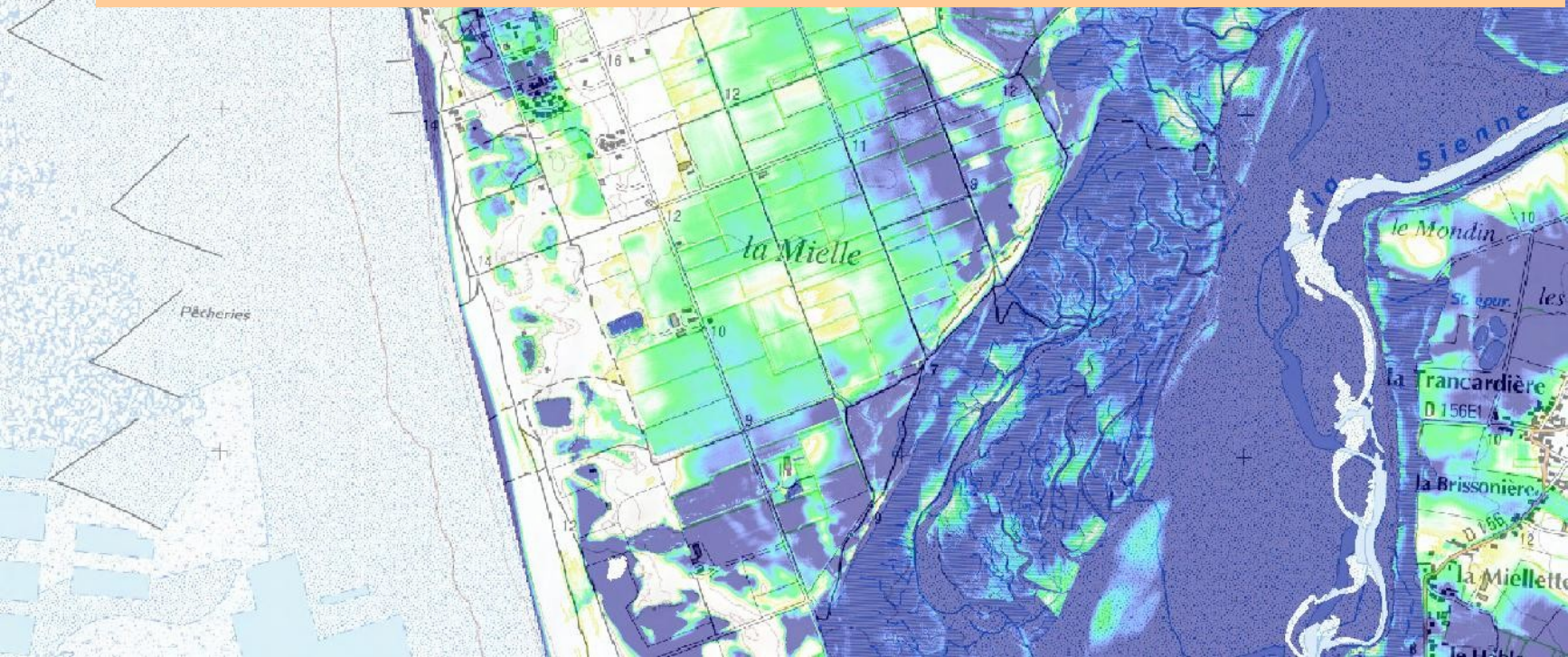
# L'eau salée pénètre le continent



$$H = 40 \times h$$

Si  $h = 2,5 \text{ m}$  → le biseau salé est à 100 m de profondeur

# Le maraîchage en sursis dans les marais littoraux



source : IGN & DREAL



# BILAN CLIMATOLOGIQUE STATION DE CARPIQUET(CAEN MN)

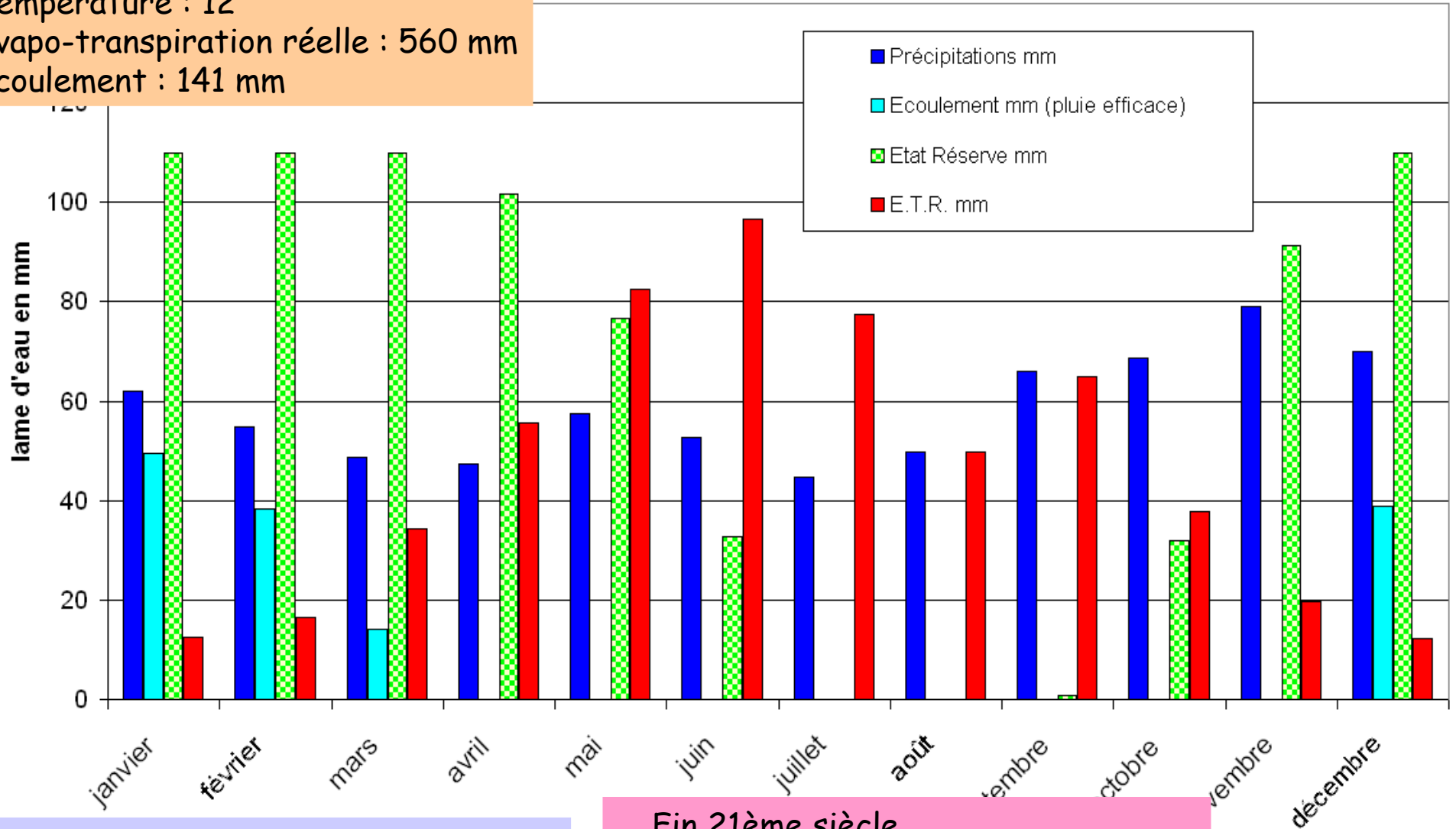
Fin 20ème siècle

Pluie 701 mm

Température : 12°

Evapo-transpiration réelle : 560 mm

Ecoulement : 141 mm



Fin 19ème siècle

- Pluie 701 mm

Température : 11°

Evapo-transpiration réelle : 545 mm

Ecoulement : 156 mm

Fin 21ème siècle

- Hypothèse +2°C

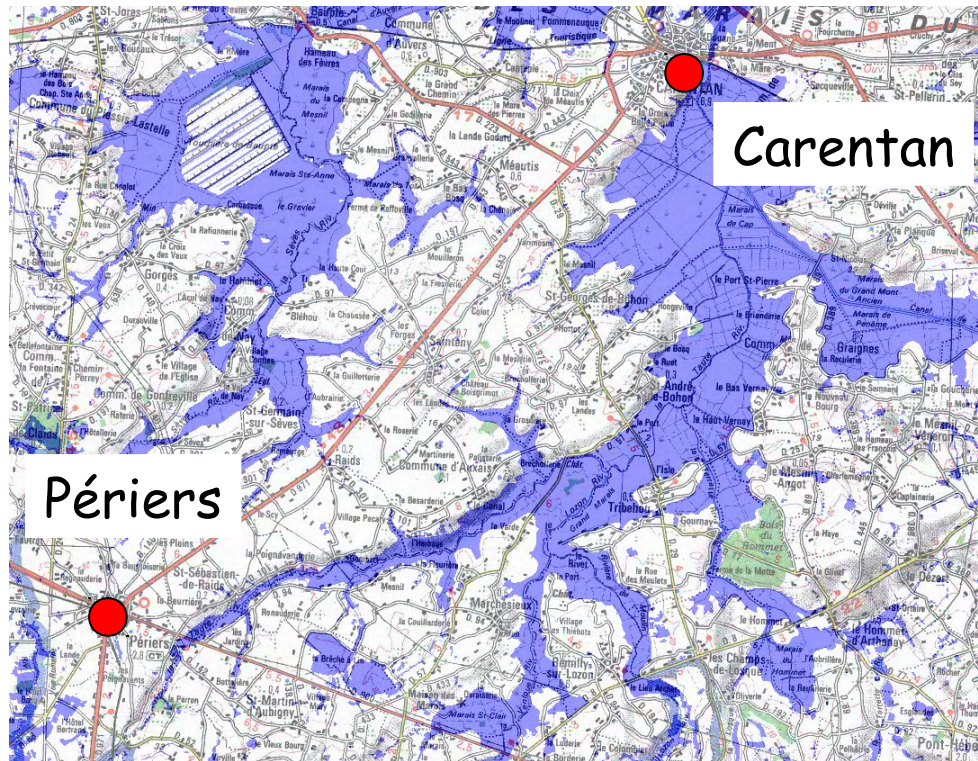
- Pluie 701 mm

Température : 14°

Evapo-transpiration réelle : 584 mm

Ecoulement : 117 mm

# Un nouveau danger pour les zones humides



Une modélisation récente  
Dans l'Isthme du Cotentin  
(Université de Rennes, PNRMCB,  
CG50, AESN)

Scénario A : +2,5°C et +5% de précipitation (Recharge -8%)

Scénario B : +2,5°C (Recharge -24%)

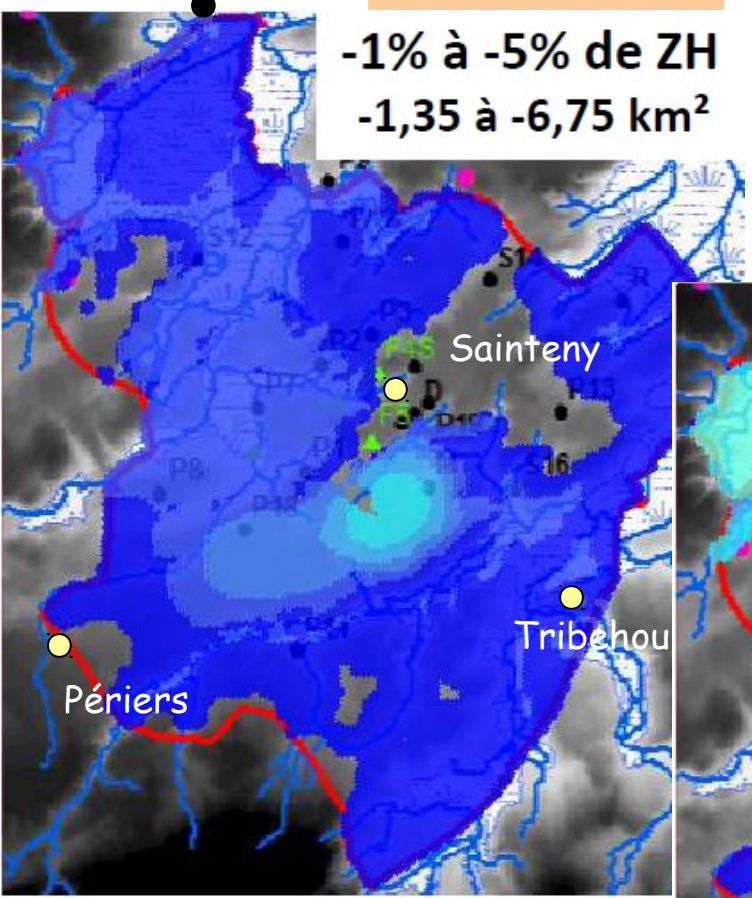
Scénario C : +2,5°C et -5% de précipitation (Recharge -40%)



Baupte

### Scénario A

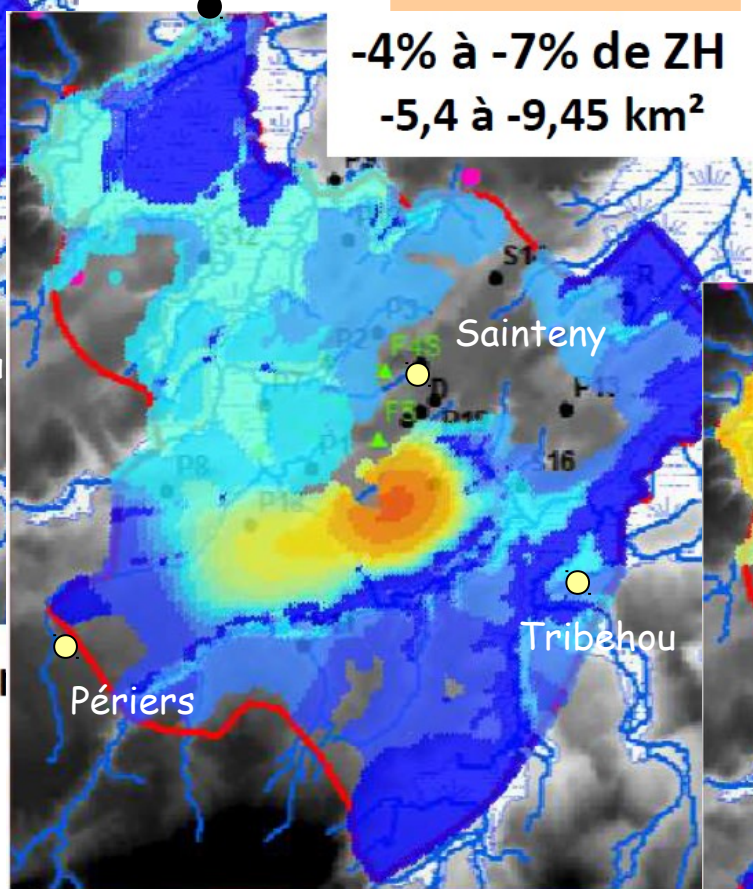
-1% à -5% de ZH  
-1,35 à -6,75 km<sup>2</sup>



Baupte

### Scénario B

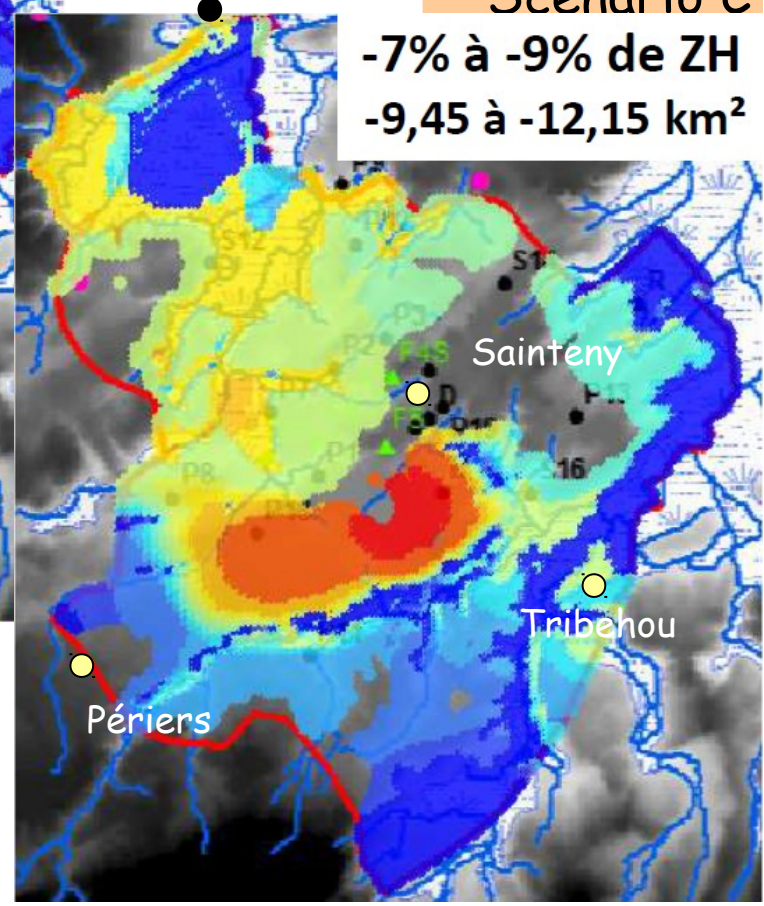
-4% à -7% de ZH  
-5,4 à -9,45 km<sup>2</sup>



Baupte

### Scénario C

-7% à -9% de ZH  
-9,45 à -12,15 km<sup>2</sup>



+2,5°C et +5% précipitation



0 -0.25 -0.5 -0.75 -1 -1.5 -2.7 [m]

Baisse de la nappe en m





# Zones humides et changement climatique

## Est-il trop tôt pour dresser un premier constat

