

14 & 18
JANV. 2025

Séminaire **EAUX SOUTERRAINES**





La salinisation de la nappe de Grande-Terre

Le CAS DES CAPTAGES DU PLATEAU DU NORD GRANDE-TERRE



SOMMAIRE

★ Contexte de Grande-Terre

Cadre géologique et structural de la Grande-Terre;
Hydrogéologie de la Grande-Terre.

★ Phénomène de salinisation

Généralités ;
Cartographie ED/ES en Grande-Terre.

★ Qualité de l'eau des captages de Pelletan et Charopin

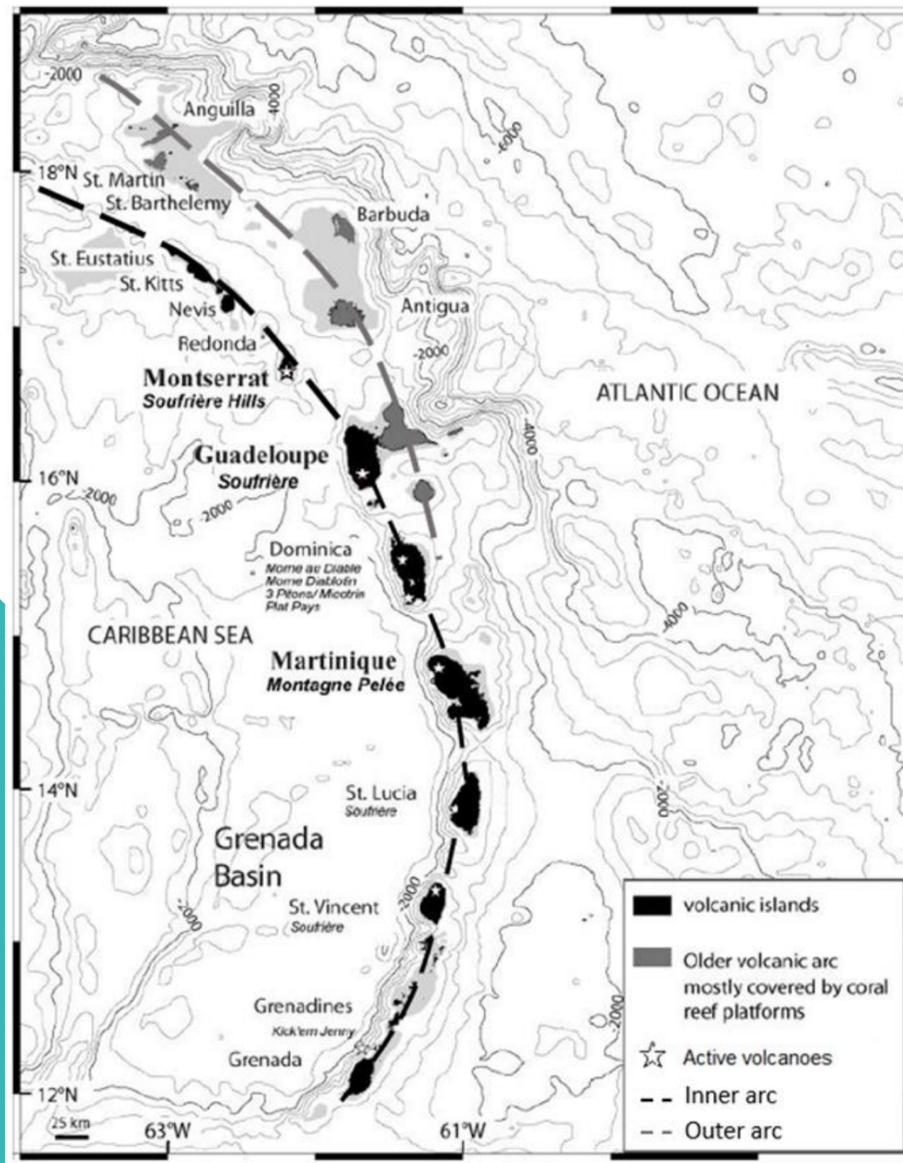
Evolution des paramètres physico-chimiques ;

★ Changement climatique

Géologie

★ Cadre géologique

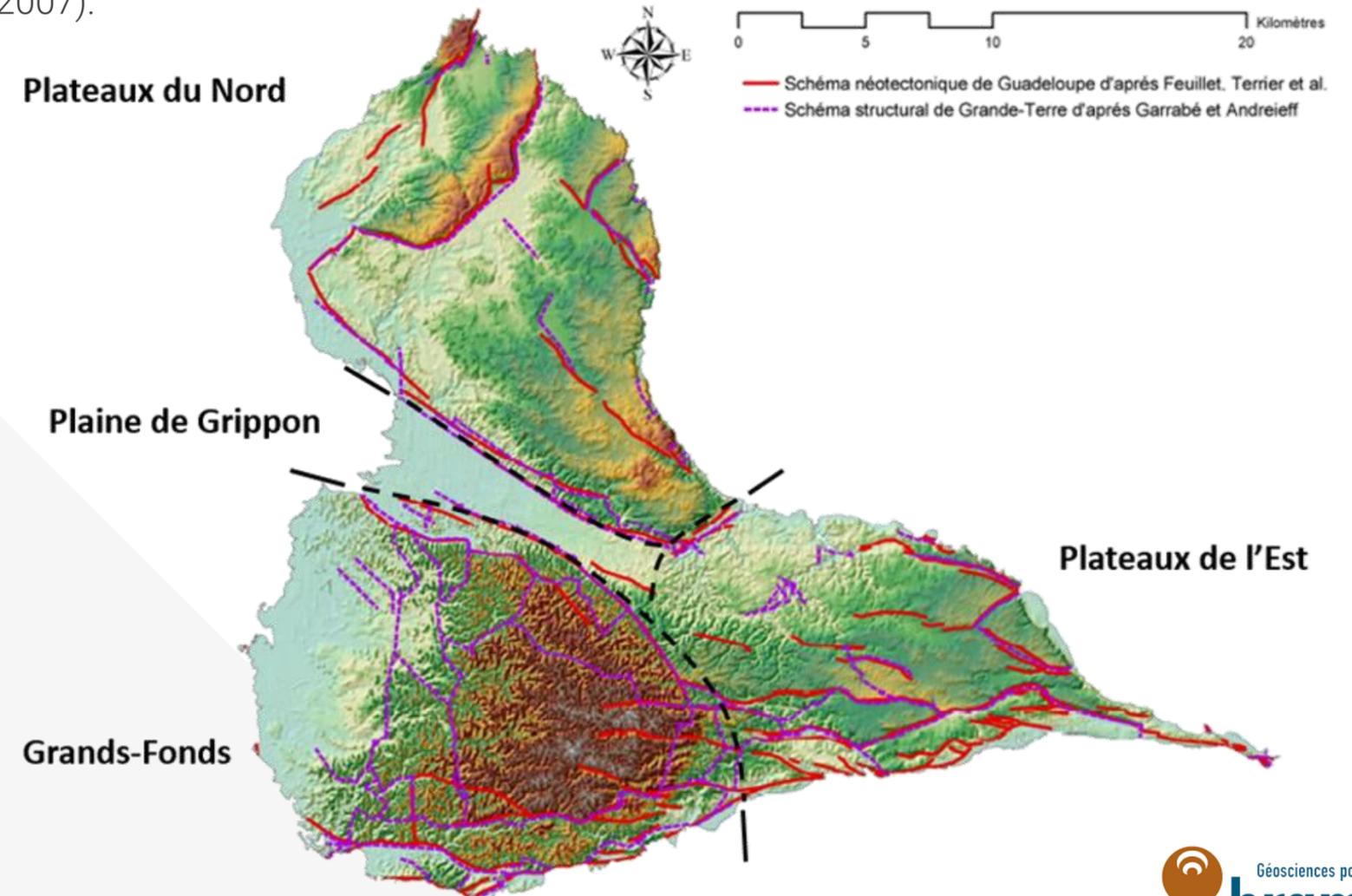
- Archipel guadeloupéen fait partie du double arc des Petites Antilles : arc externe (Grande-Terre et Marie-Galante) et arc interne actif (Les Saintes et la Basse-Terre).
- Grande-Terre :
 - Plateau calcaire soulevé de plusieurs dizaines ou centaines de mètres au-dessus du niveau de la mer.
 - Erosion → plateaux disséqués par des vallées et parsemés de dolines karstiques, très développées dans les Grands-Fonds (Bes de Berc et al., 2007).



Arc volcanique et géologie simplifiée des Petites Antilles (modifiée d'après Legendre, 2000 ; Le Friant et al., 2004 ; Boudon et al., 2007)

★ Structuralisme

- Contexte géodynamique régional (convergence oblique entre les plaques Amérique et Caraïbes) → contraintes structurales à l'origine d'une compartimentation de l'île (unités surélevées ou effondrées le long de failles majeures ;

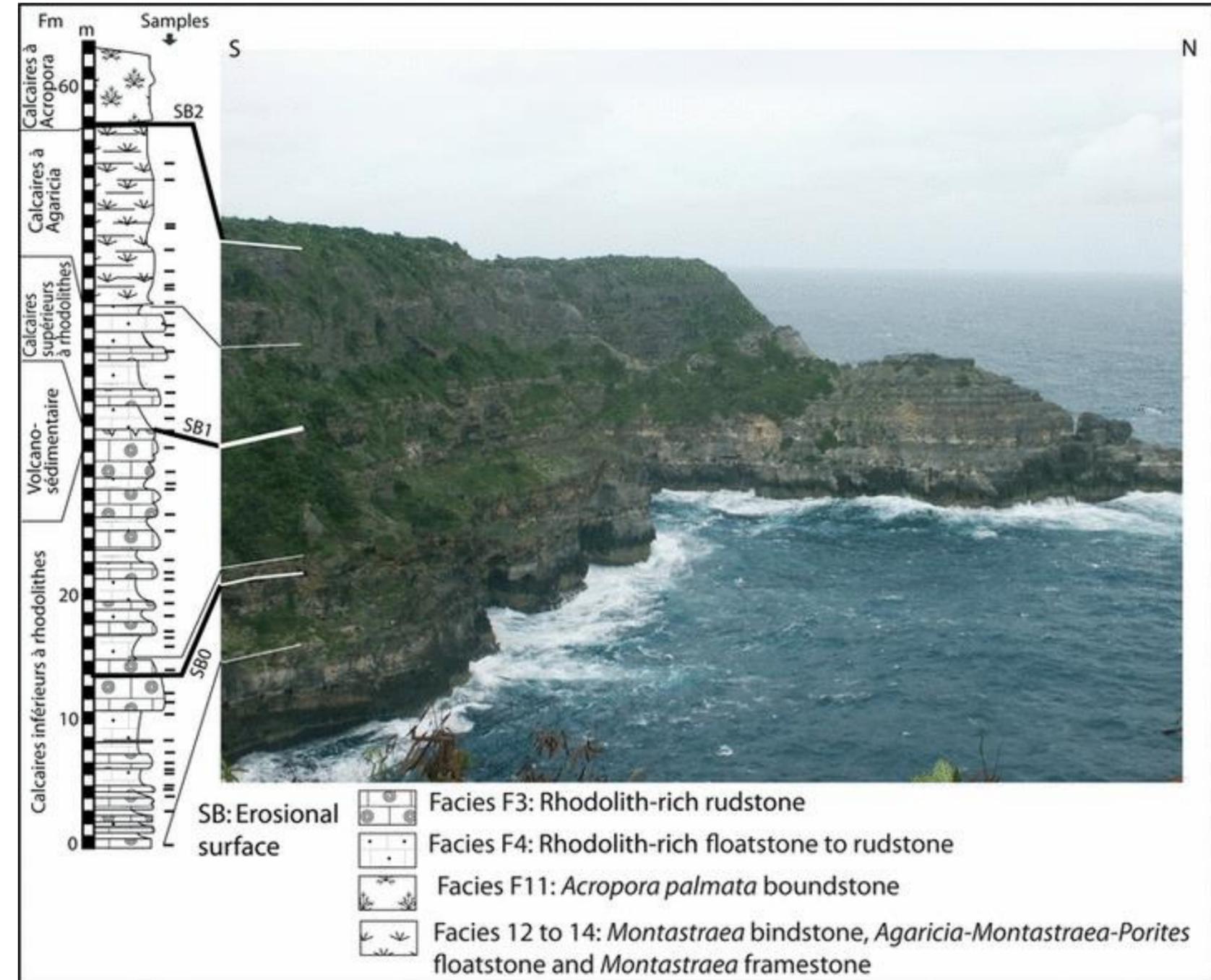


Cartographie structurale de l'île de Grande-Terre (modifiée de Bézègues et al., 2006)

Géologie

★ Lithologie

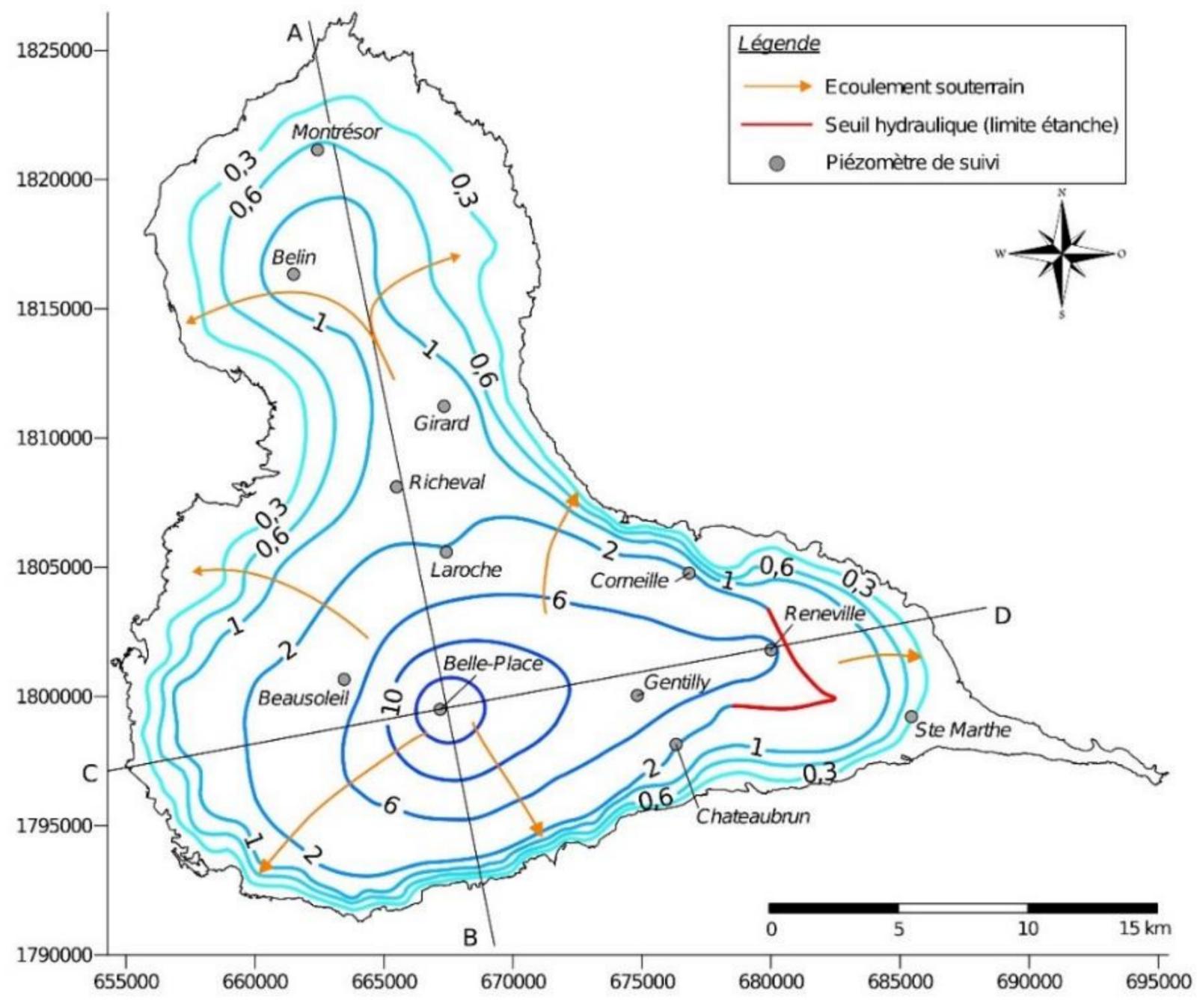
- 2 séries sédimentaires constituent la Grande-Terre. Elles sont intercalées d'un niveau volcano-sédimentaire et reposent sur un substratum volcanique d'âge miocène :
 - Calcaires inférieurs (Pliocène moyen au Pliocène supérieur) : calcaires biodétriques à nodules algaires et intercalations de niveaux volcano-sédimentaires ;
 - Niveau volcano-sédimentaire supérieur (Pliocène supérieur) : conglomérat polygénique à matrice argileuse et d'éléments volcaniques altérés. Épaisseur variable (s'amincit en direction du nord et de l'est pour disparaître dans le nord de l'île).
 - Les calcaires supérieurs : calcaires à polypiers mis en place du Pliocène supérieur au Pléistocène inférieur.



Vigie section, field of view is to the west. The section is the most complete of Grande-Terre, from the 'Calcaires inférieurs à rhodolithes' to the 'Calcaires à Acropora' (JJ Cornée et al, 2012)

Hydroéologie

Hydrogéologie



Carte piézométrique de Grande-Terre en période de hautes eaux (@BRGM)

★ Fonctionnement local

- **Unité des Grands Fonds** : calcaires inférieurs. Nappe globalement protégée par la présence de niveaux volcano-sédimentaires intercalés dans les calcaires. La nappe devient captive vers l'ouest (Plaine des Abymes) par recouvrement d'un niveau volcano-sédimentaire. Aquifère limité au sud et à l'ouest par la mer et par des accidents majeurs au nord et à l'est. Ecoulements radiaux en direction du littoral ;
- **Unité de la Plaine des Grippons** : aquifère des calcaires supérieurs reposant sur niveau volcano-sédimentaire dans le centre de l'unité. Equilibre avec les eaux marines en bordure littorale. Niveau d'eau souterraine proche de la surface topographique. Unité délimitée à l'ouest et au nord par la mer, à l'est au sud par des accidents majeurs. Axe de drainage majeur d'une partie des eaux des Grands Fonds et des Plateaux de l'Est par un long fossé tectonique ;
- **Unité des Plateaux de l'Est** : aquifère correspond de façon intermittente aux calcaires inf. et aux calcaires sup. La nappe repose sur le niveau volcano-sédimentaire au centre de l'unité et directement sur les eaux marines en bordure littorale. Seuil hydraulique présent (résulte affleurement d'une formation semi-perméable) ;
- **Unité des Plateaux du Nord** : aquifère des calcaires sup. Nappe en équilibre avec l'eau de mer avec une tranche d'eau douce peu épaisse. Limitée au nord, à l'est et à l'ouest par la mer, une faille majeure la sépare de la Plaine des Grippons au sud. Plaine piézométrique où le gradient d'écoulement est faible dont la piézométrie est relativement basse.

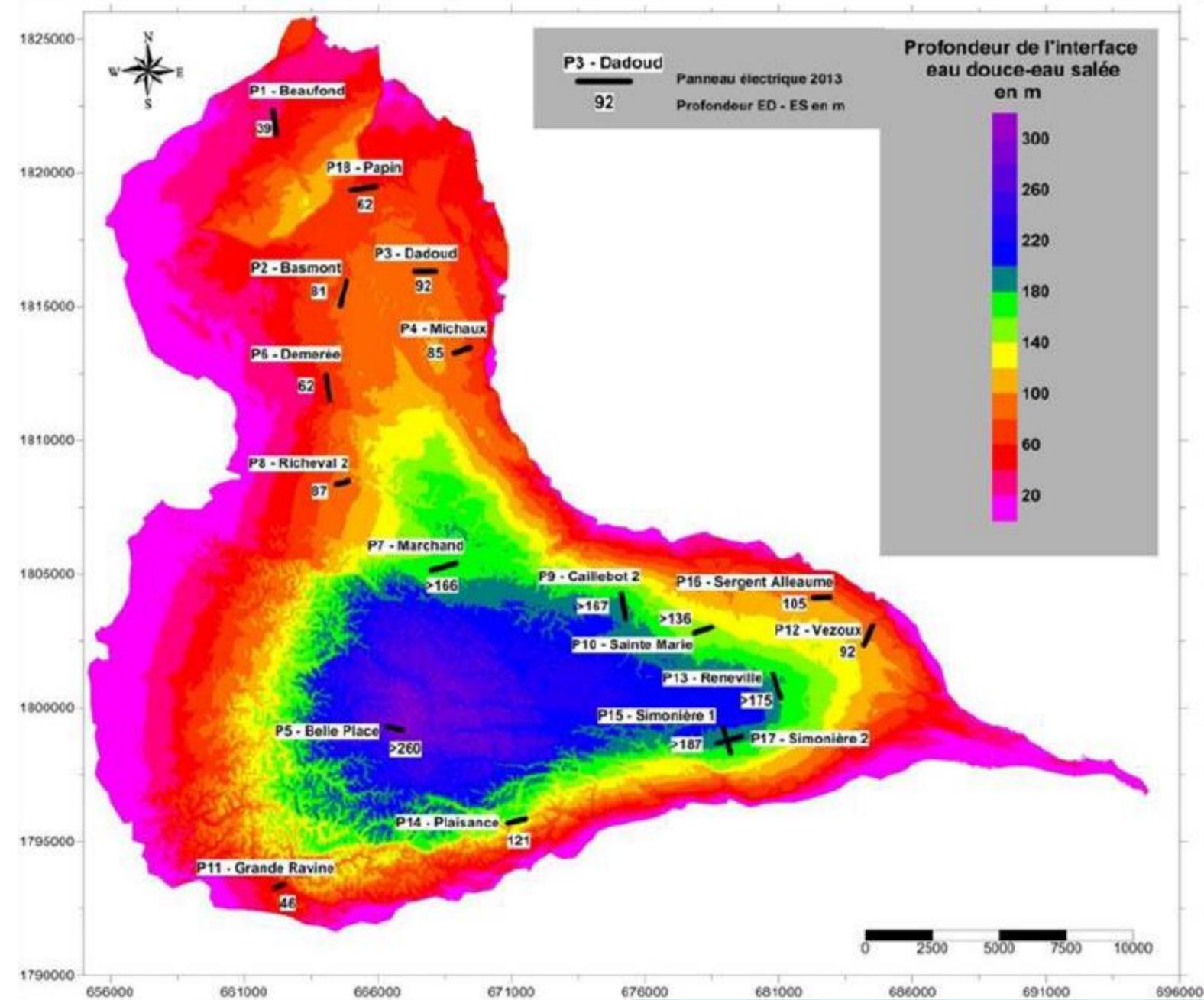
Hydrogéologie

★ Fonctionnement local

- Aquifère côtier : eaux douces issues de l'infiltration verticale des eaux météoritiques entrent en contact avec des eaux salines issues de l'infiltration latérale d'eau de mer. Cette surface de contact prend la forme d'un biseau dit « biseau salé ».
- Plus l'épaisseur de la nappe d'eau douce est importante, plus l'interface eau douce-eau salée est repoussée en profondeur et inversement (Ducreux et al., 2014).

★ Exploitation

- L'exploitation de la nappe par des captages impacte la hauteur de la tranche d'eau douce. Il est donc important de prélever de façon raisonnable pour prévenir l'invasion du forage par la remontée du biseau salé.



Profondeur de l'interface eau douce - eau salée (source : Ducreux et al., 2014)

L'île de Grande-Terre constitue donc un **système aquifère carbonaté continu** dans lequel les deux ensembles calcaires superposés décrits plus haut forment des réservoirs de type poreux et fissuré, en continuité hydraulique. Des **indices de karstification** existent en surface tels que les dolines, les cavités et l'absence d'écoulements pérennes. Cependant, leurs existences **en profondeur sont rares** (quelques cavités connues : grotte de Rousseau, Grotte de Courcelle...), leurs extensions en profondeur et leurs **rôles vis-à-vis des eaux souterraines ne sont actuellement pas connus**.



La salinisation aquifère

La salinisation en contexte insulaire

★ Généralités

- En contexte littoral, présence d'eau de mer, une zone de contact se forme entre l'eau douce et l'eau de mer (différence de densité) : c'est l'interface ED-ES.

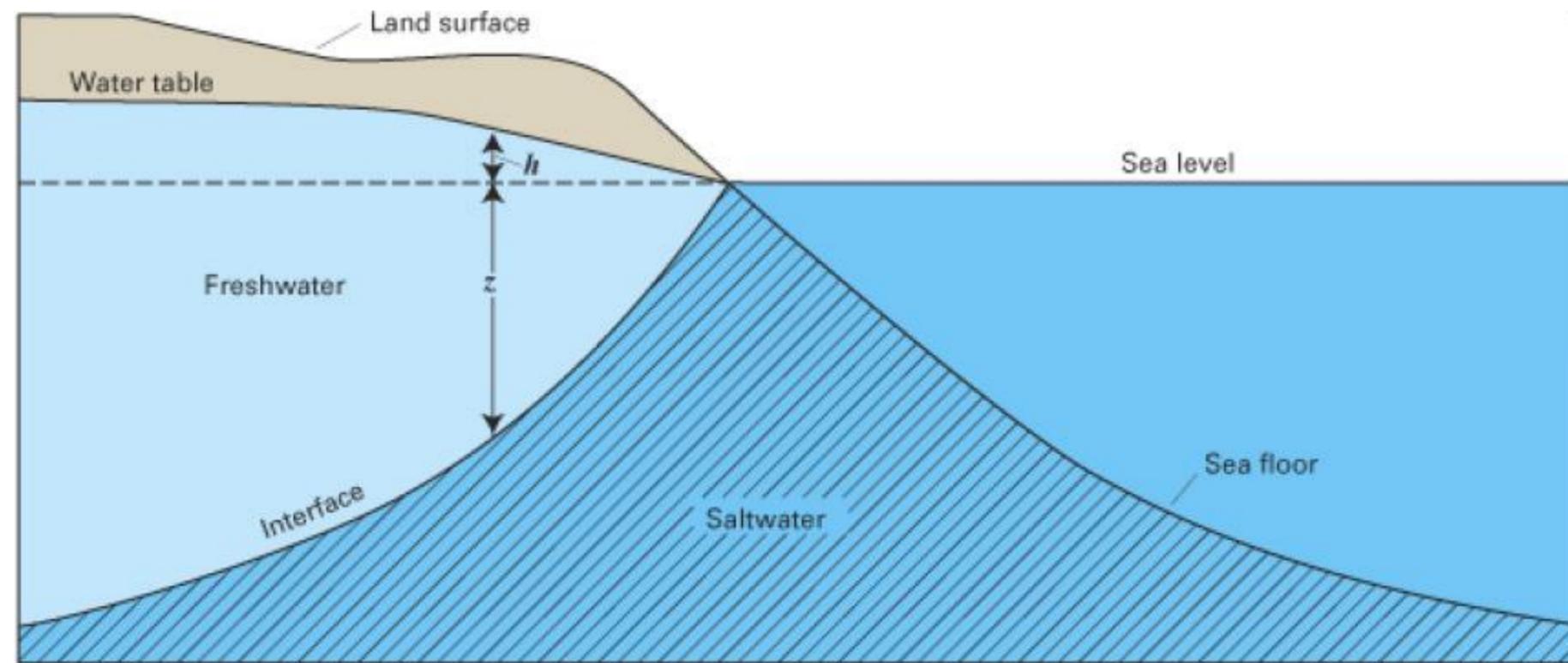


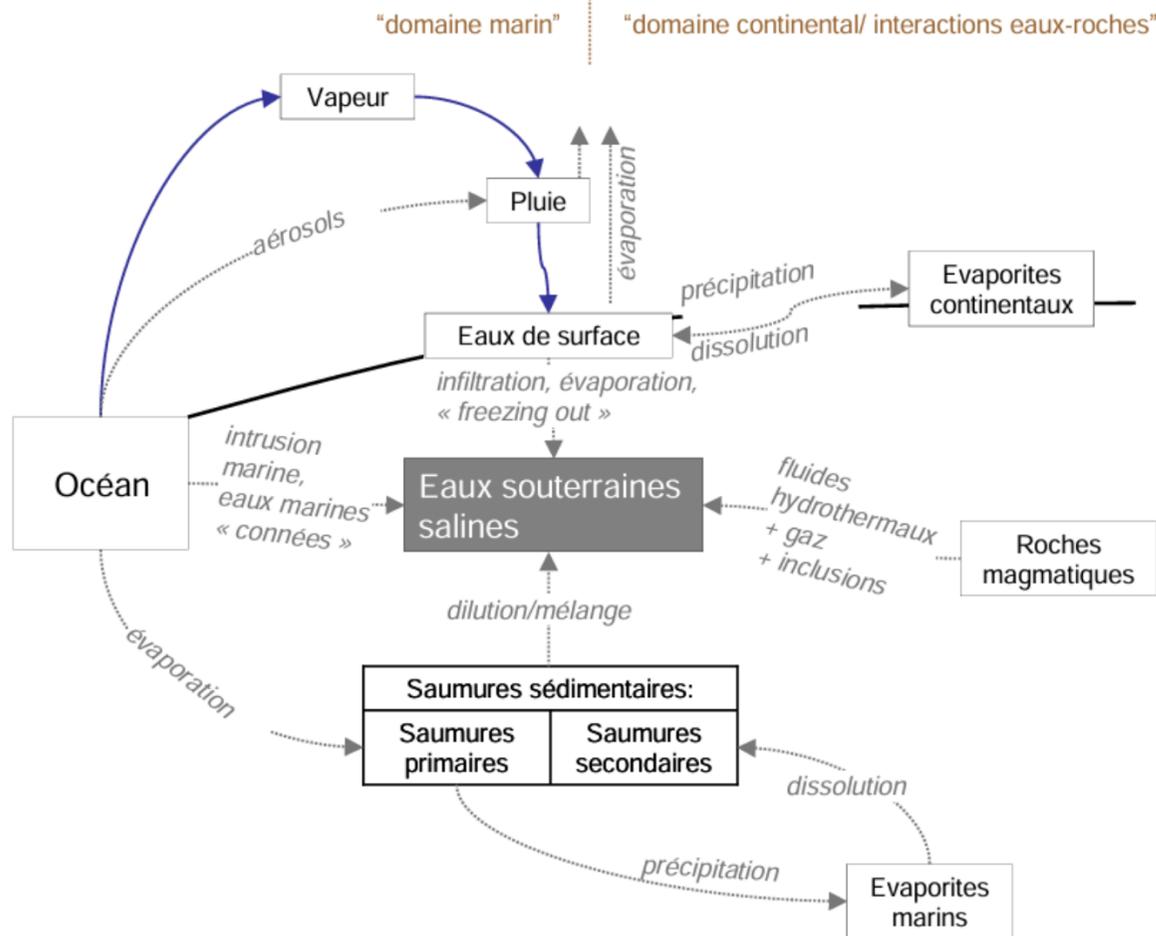
Schéma conceptuel de l'interface eau douce-eau salée (Ghyben-Herzberg)

- Sous l'action du gradient de densité et en considérant que le niveau piézométrique s'élève vers l'intérieur des terres, l'eau salée pénètre vers l'intérieur des terres sous la forme d'un « biseau » sous l'eau douce : le biseau salé ;
- La distribution spatiale de la perméabilité, les conditions aux limites et l'altération peuvent impacter significativement la position du biseau salé et son évolution au cours du temps ;
- L'intrusion saline est un phénomène naturel pouvant être influencés et accentués par l'intervention humaine ;
- La salinisation est une des principales causes de dégradation de la qualité de l'eau dans le monde.

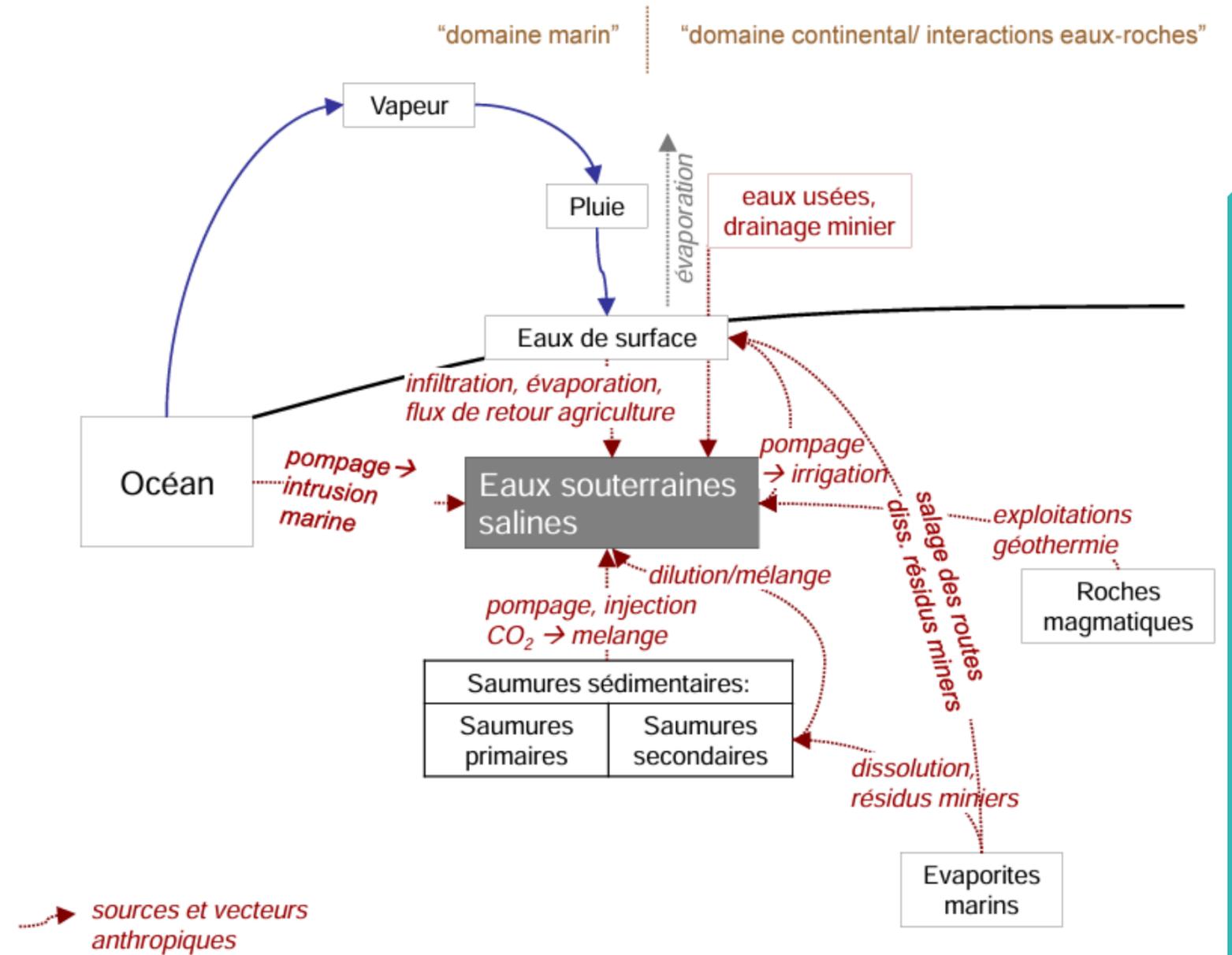
Mécanismes

- Les mécanismes à l'origine de la salinité d'un système hydrologique sont divers et complexes.
- Le mode de salinisation dépend du contexte géographique (côtier, continental, etc.), géologique (nature de l'aquifère, minéralogie des sédiments, etc.) et climatique.
- Principaux vecteurs :

- Intrusion marine ;
- Mélange de saumures anciennes ;
- Dissolution de formations évaporitiques ;
- Sources anthropiques.



Mécanismes naturels de salinisation des eaux de surface et souterraines (Kloppmann et al., 2013)



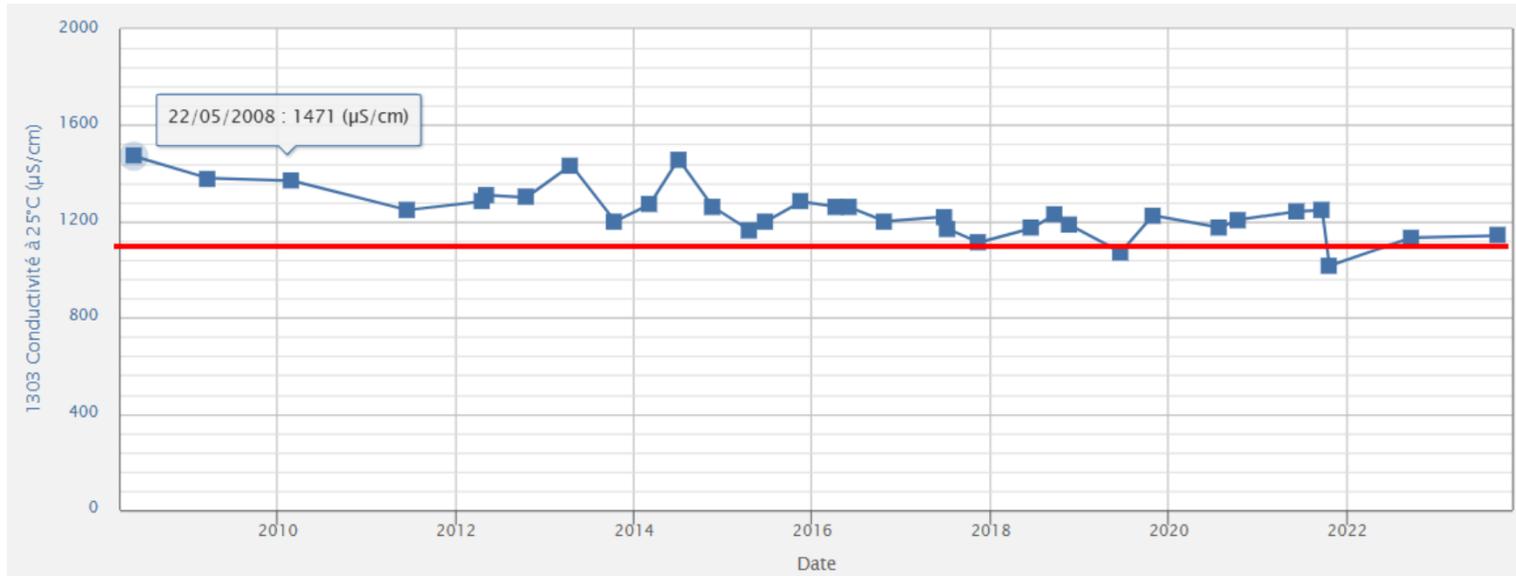
Représentation schématique des mécanismes anthropogéniques de salinisation (Kloppmann et al., 2013)

Paramètres physico-chimiques

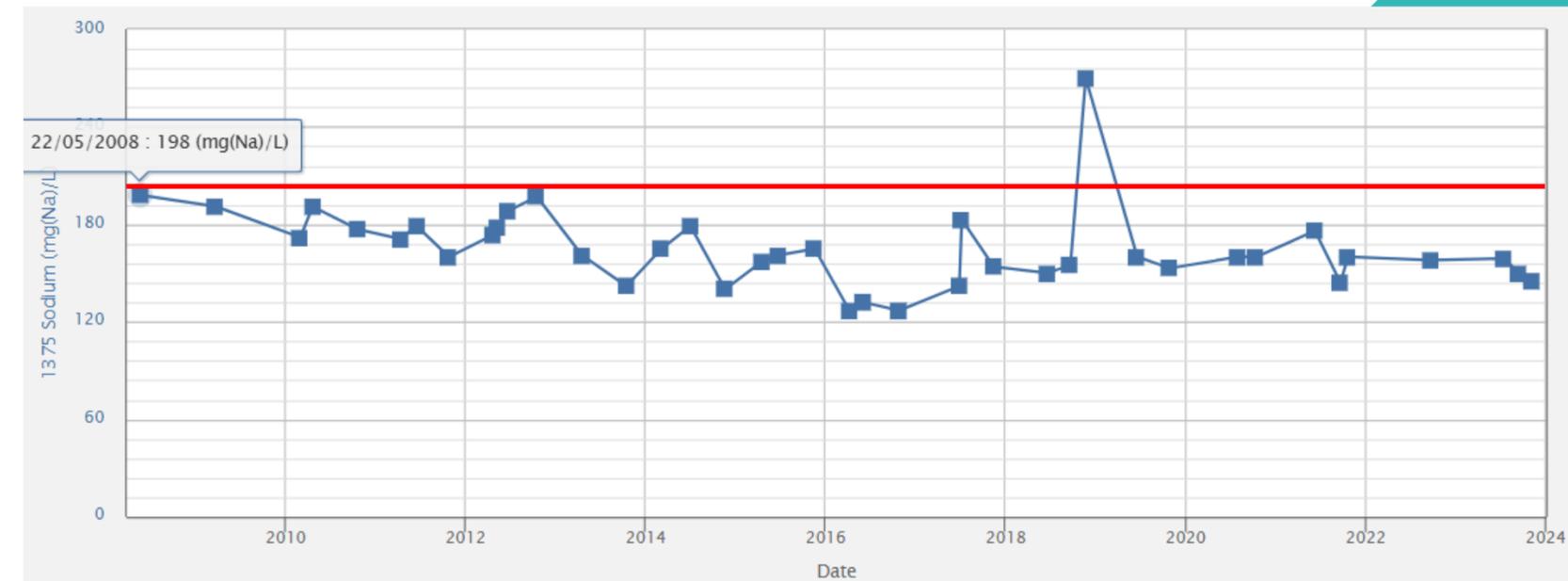


Pelletan

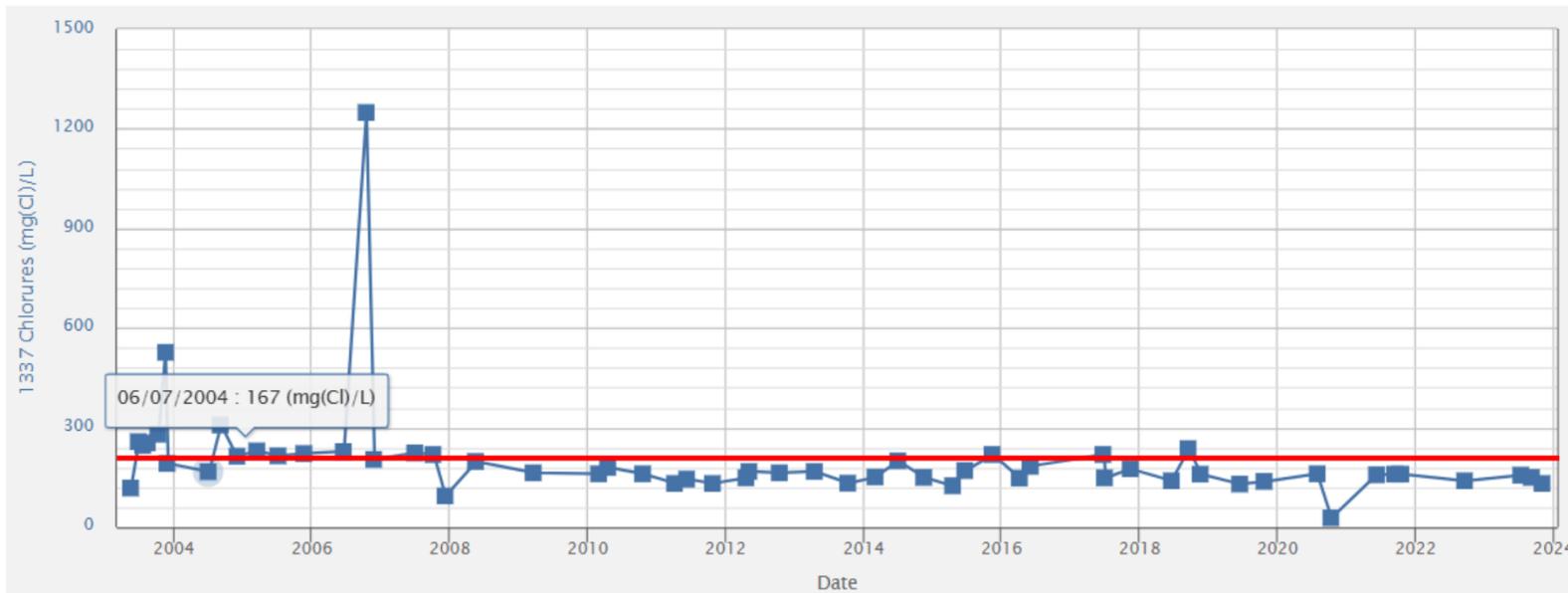
- Chlorures : moyenne de 200,54 mg/L pour une limite de qualité de 200 mg/L ;
- Sodium : moyenne de 163,55 pour une limite de qualité de 200 mg/L ;
- Conductivité : moyenne de 1239,02 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour une référence de qualité de 1100 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Chronique de conductivité



Chronique de la teneur en sodium



Chronique de la teneur en chlorure

Paramètres physico-chimiques



Charropin

- Chlorures : moyenne de 305,44 mg/L pour une limite de qualité de 200 mg/L ;
- Sodium : moyenne de 144,37 pour une limite de qualité de 200 mg/L ;
- Conductivité : moyenne de 1428,14 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour une référence de qualité de 1100 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Chronique de conductivité



Chronique de la teneur en sodium

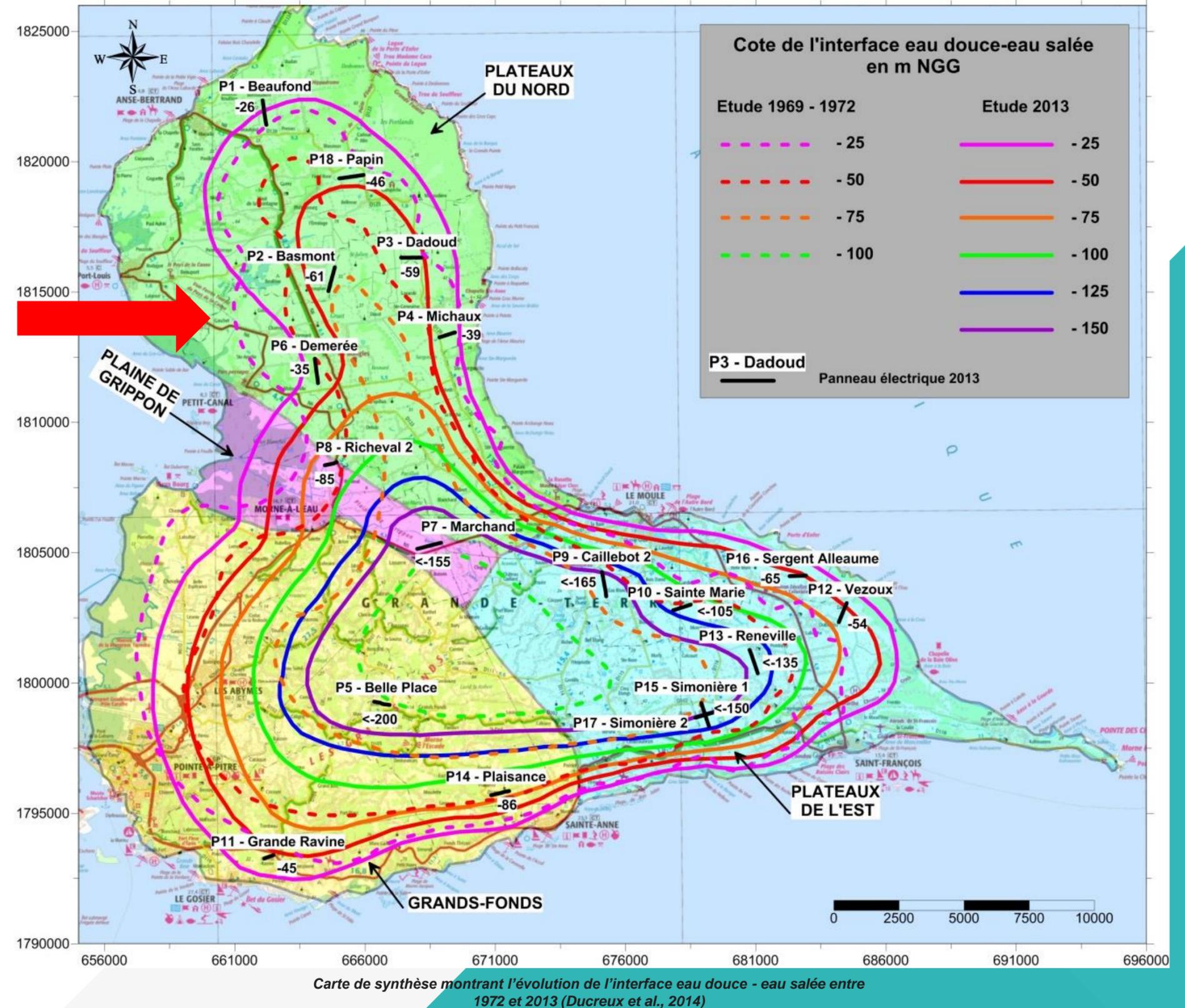
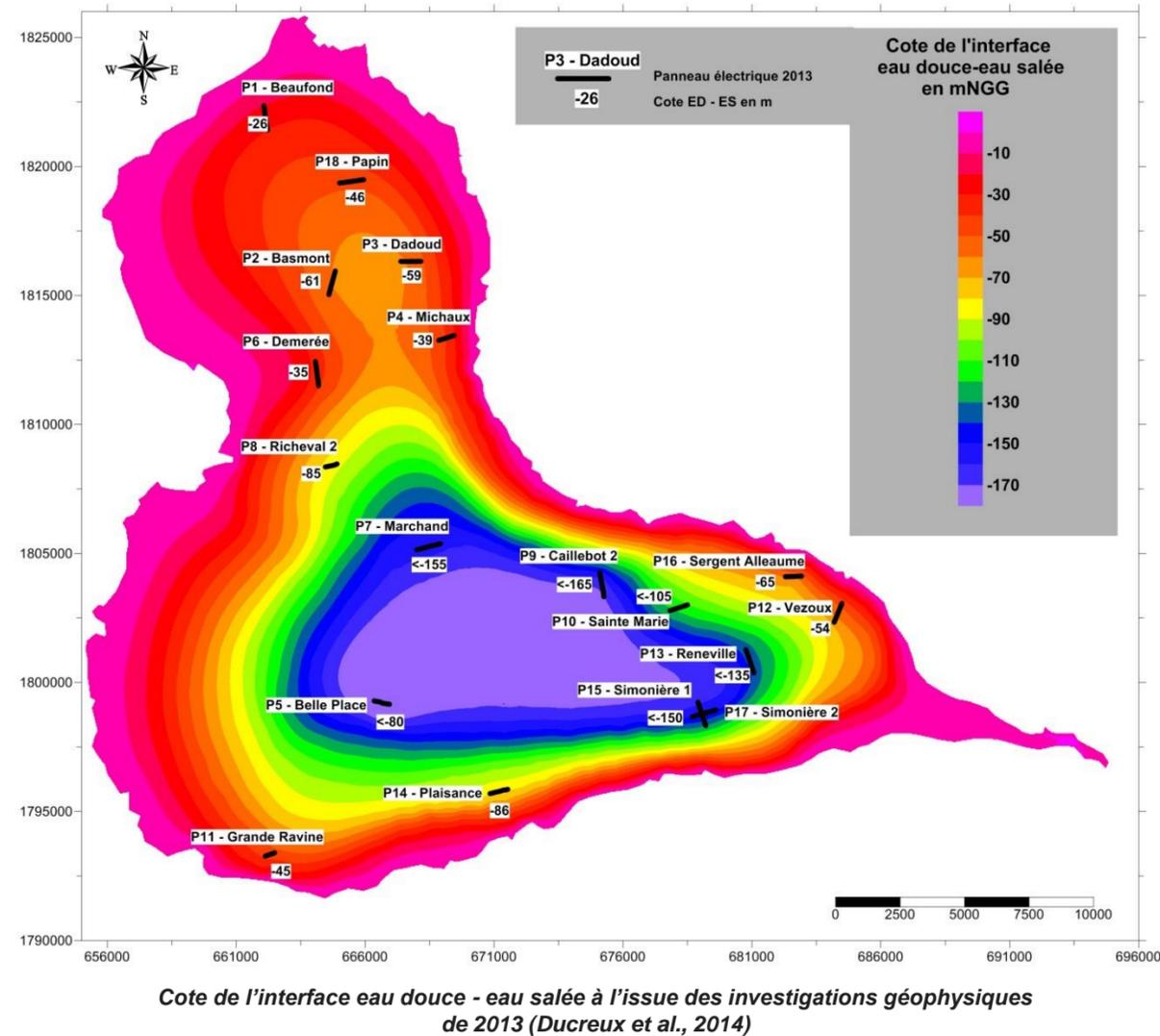


Chronique de la teneur en chlorure

Cas des Plateaux du Nord

★ Evolution de l'interface ED/ES

- Focus sur le secteur des Plateaux du Nord : le biseau salé serait plutôt en retrait sur la côte orientale alors que sur la côte occidentale on serait plutôt en présence d'une remontée de l'interface ED-ES notamment dans la zone Basmont (P2) – Demerée (P6). Cette zone Basmont-Demerée correspond à un secteur à forte pression de prélèvements (Bézègues et al ; 2007).



The image features a world map in a light teal color, centered on the Atlantic Ocean. A darker teal rectangular overlay is positioned in the center of the map. Overlaid on this rectangle is the text 'Changement climatique' in a bold, yellow, sans-serif font. The text is arranged in two lines: 'Changement' on the top line and 'climatique' on the bottom line.

Changement climatique

Changement climatique

★ Des données pour mieux anticiper

- Le changement climatique impacte le cycle de l'eau et les réserves en eau principalement au travers :
 - d'une augmentation de la température et donc de l'évaporation ;
 - D'une modification des régimes de précipitation (intensité, fréquence, saisonnalité) ;
 - Et d'une élévation du niveau marin.
- Les périodes de sécheresse créent des tensions entre usagers et elles sont appelées à s'aggraver avec le changement climatique. Anticiper les conséquences sur l'hydrogéologie, sur l'hydrologique, sur les milieux aquatiques et l'évolution des usages qui leur sont associés permettra d'élaborer des stratégies d'adaptation dans le domaine de l'eau.
 - Cette situation amène les acteurs à s'adapter et à planifier. Pour cela, il est nécessaire de s'appuyer sur des données qui caractérisent les impacts possibles du changement climatique sur la ressource en eau (nappe et cours d'eau).

Changement climatique

★ Modélisation hydrodynamique (C3AF)

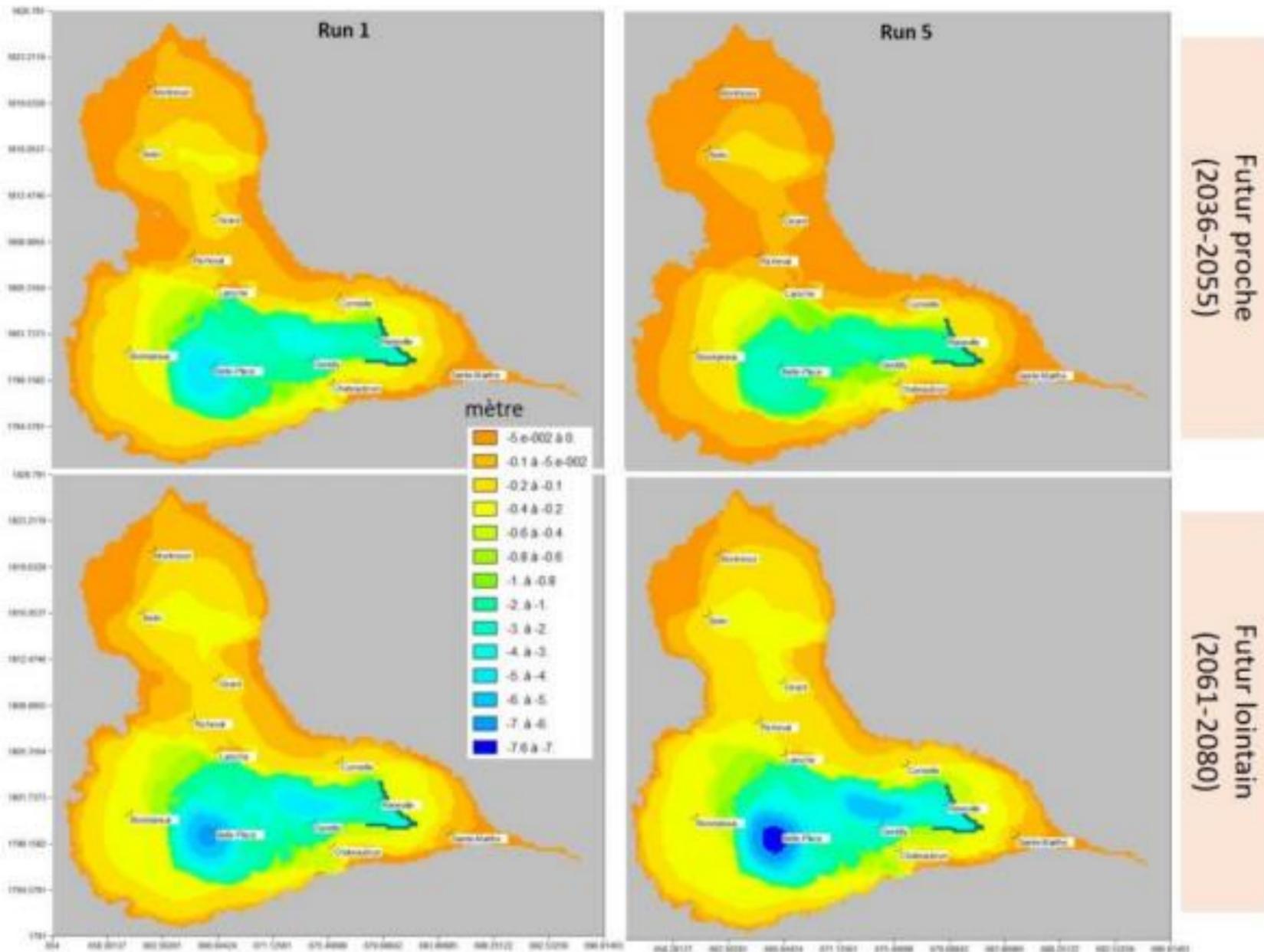


Figure 16 : Ecart (en m) entre la piézométrie moyenne annuelle calculée sur les périodes futures (2036-2055) et (2061-2080) et sur la période historique (1991-2010) [exemples des runs 1 et 5 ARPEGE].

- Baisse de la recharge et piézométrie :
- Diminution de la recharge moyenne annuelle qui entraîne inexorablement une baisse des niveaux piézométriques futurs (selon les modèles ARPEGE considérés).

Changement climatique

★ Recommandations et perspectives pour la Grande-Terre

- Inverser la tendance actuelle :
 - L'objectif devrait être dans un premier temps de réduire les volumes pompés au droit des captages existants afin de stopper les processus de salinisation observés et dans un second temps, de répartir le volume nécessaire pour répondre aux besoins de la population via l'installation de nouveaux captages d'exploitation localisés au sein de zones favorables d'un point de vue hydrogéologique. Ces actions permettraient de répartir de manière plus homogène la charge s'exerçant sur la masse d'eau et liée aux prélèvements.
- Un suivi adapté du biseau salé:
 - Instaurer un suivi adapté des zones montrant une avancée du front salé : implanter des piézomètres de contrôle suffisamment profonds
 - Instrumenter de nouveaux piézomètres pour assurer un suivi physico-chimique continu.

Séminaire **EAUX SOUTERRAINES**

MERCI
DE VOTRE ATTENTION

SOUS TEXTE



Hydrogéologie

★ Quelques notions

- Aquifère : roche réservoir contenant de l'eau ;
- Nappe libre : qui est en lien direct avec la surface ;
- Biseau salé : limite de séparation entre l'eau douce et l'eau salée.

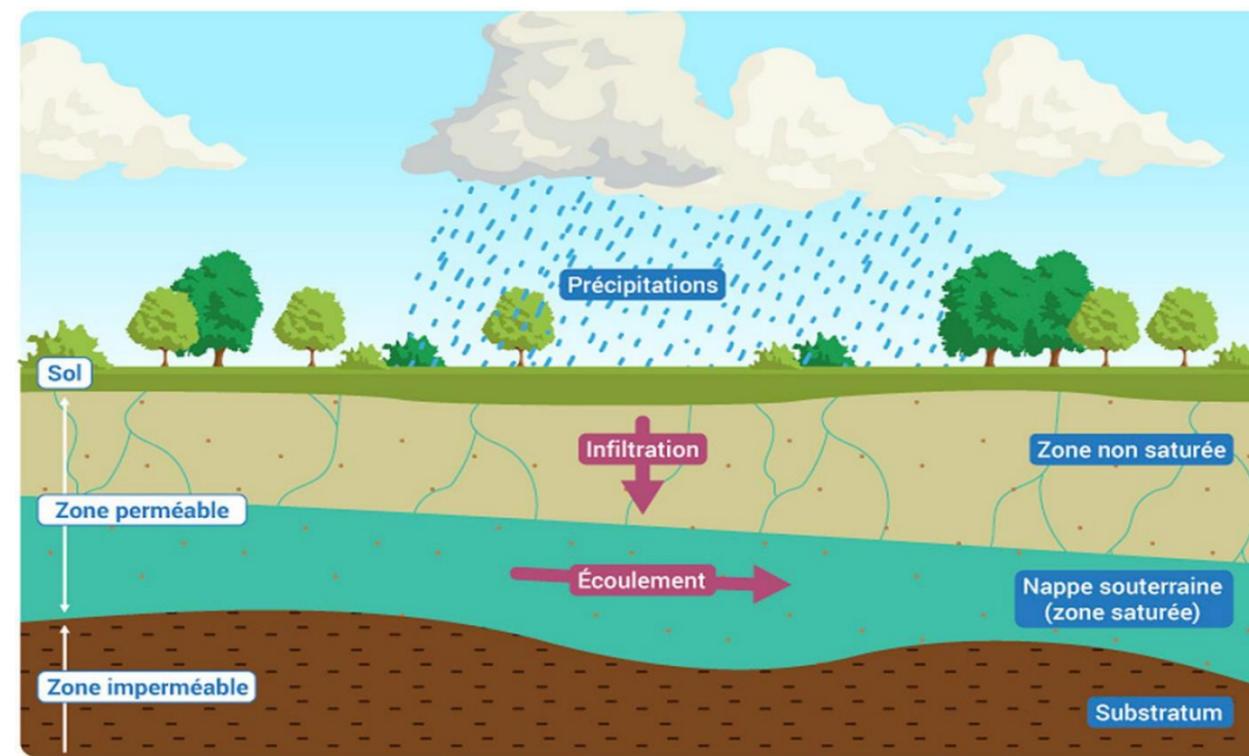


Schéma aquifère (@EauFrance)

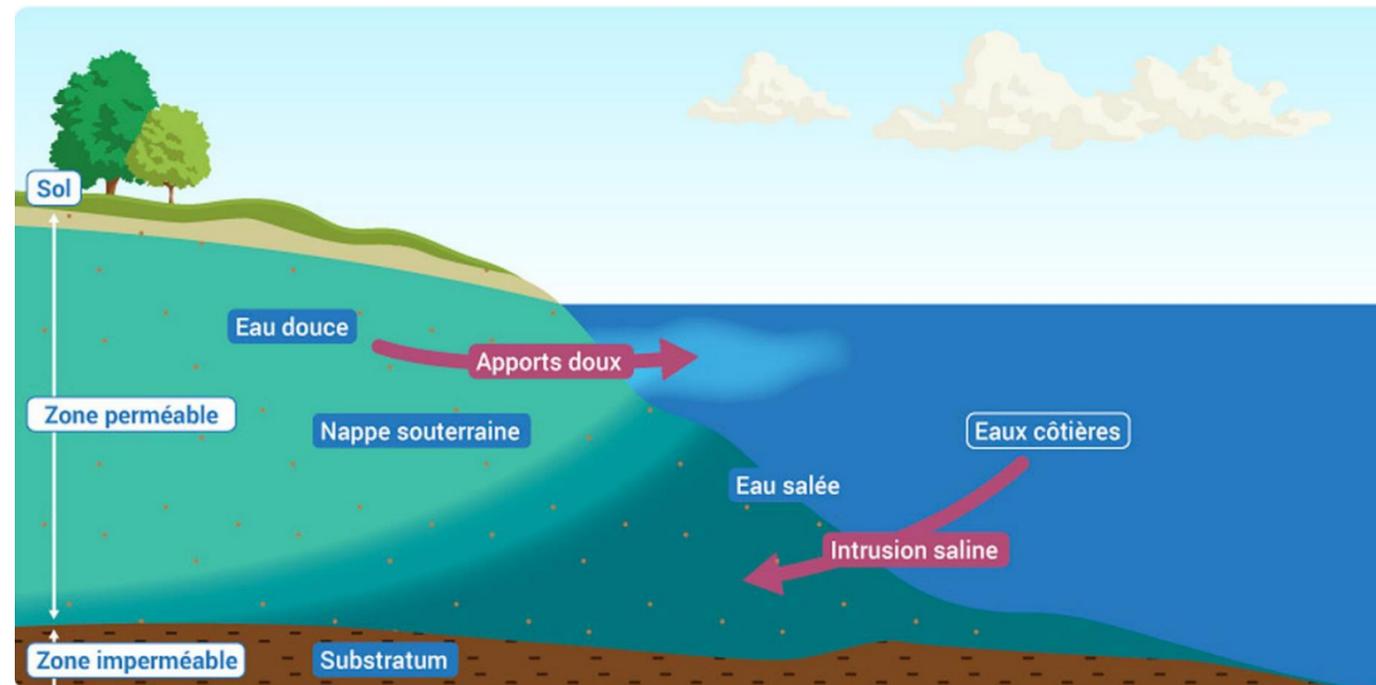


Schéma eau douce/ eau salé (@EauFrance)

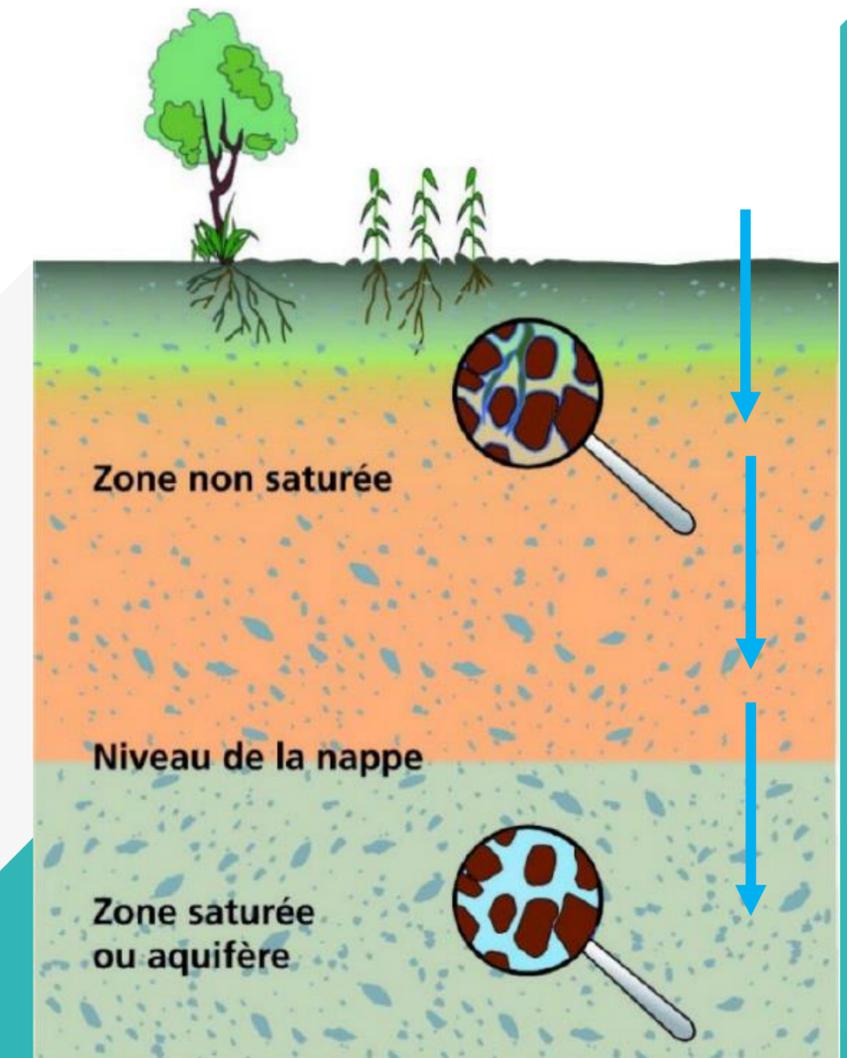


Schéma des zones non saturée et saturée d'un aquifère (@BRGM)

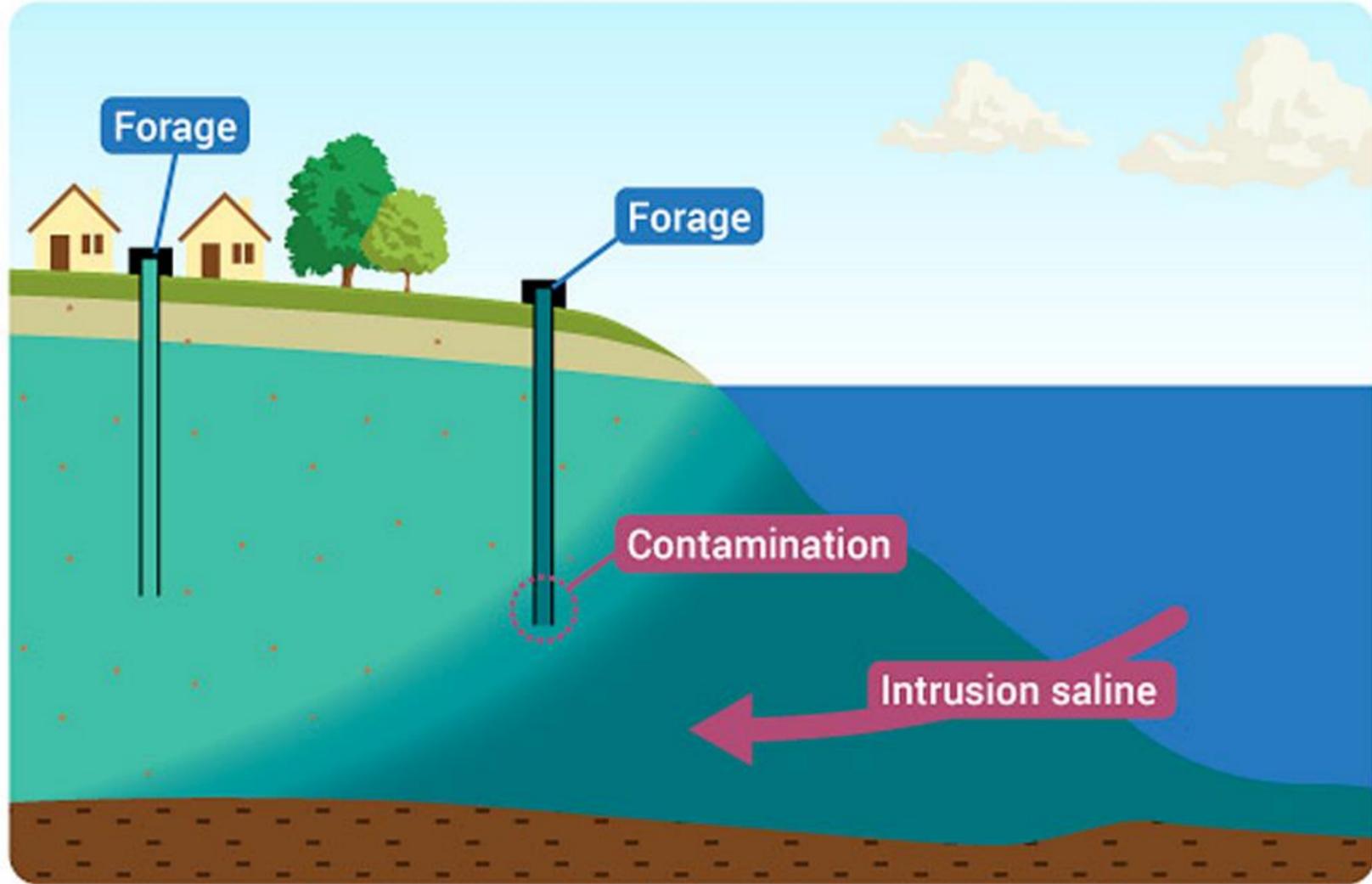
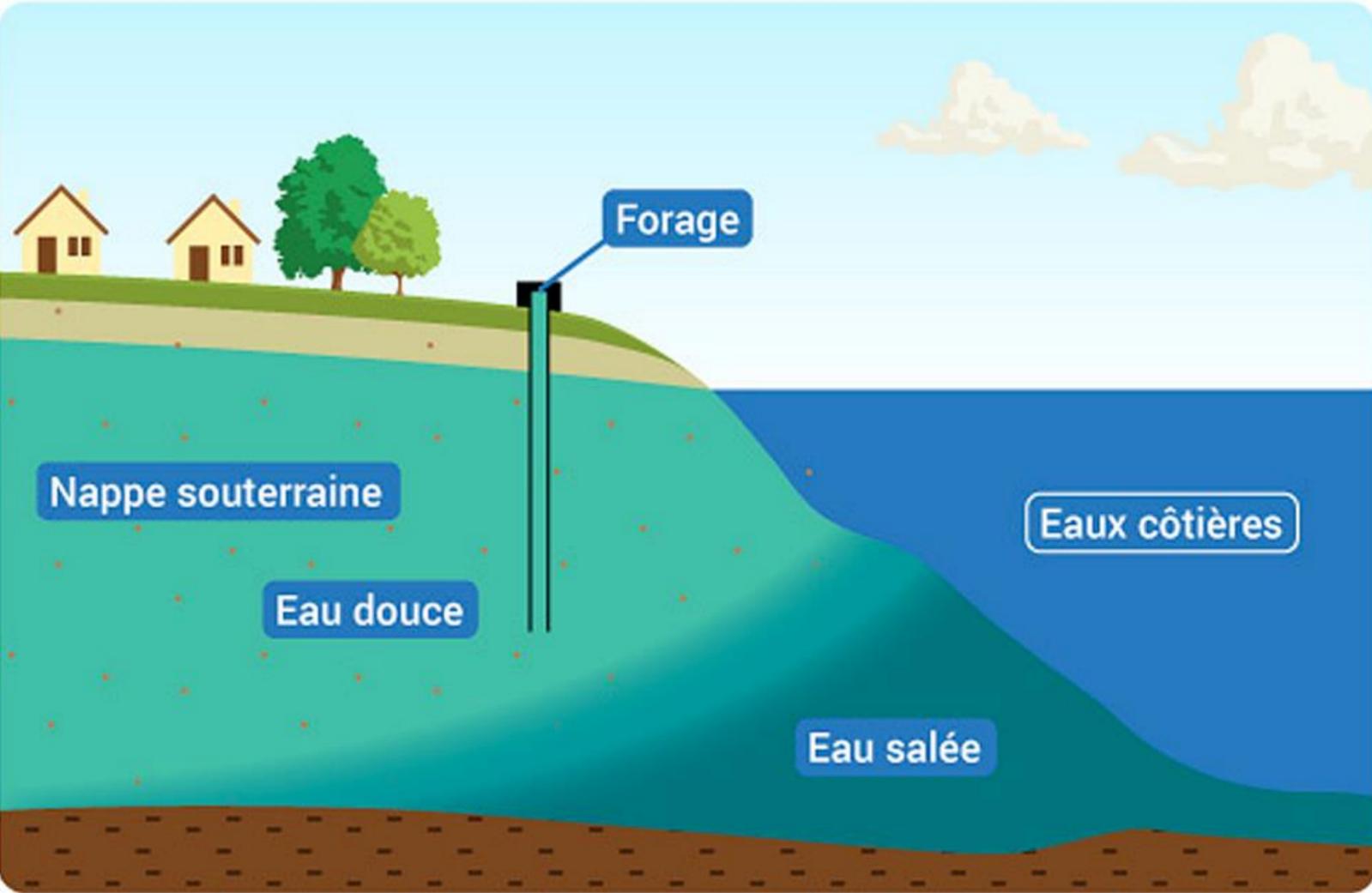
Le grand cycle de l'eau

★ Cycle de l'eau

- Evaporation ;
- Précipitations ;
- Ruissellement ;
- Infiltration.



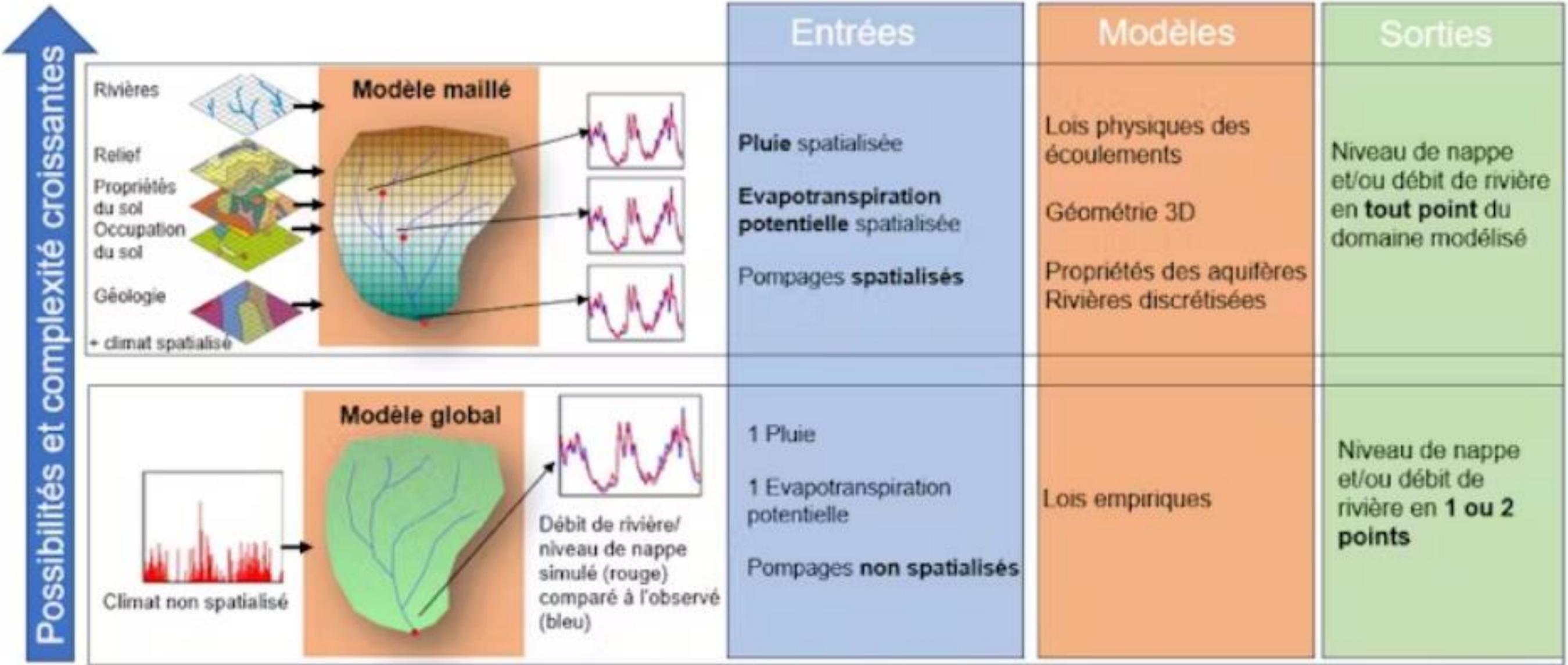
Risque de salinisation de la nappe par surexploitation



Impact exploitation forage littoral sur contamination MESO (@EauFrance)

Modélisation hydrogéologique

★ Les différents modèles



Conceptualisation, données en entrée et en sortie des différents modèles utilisés (d'après P-Y. David et E. Idee, BRGM)