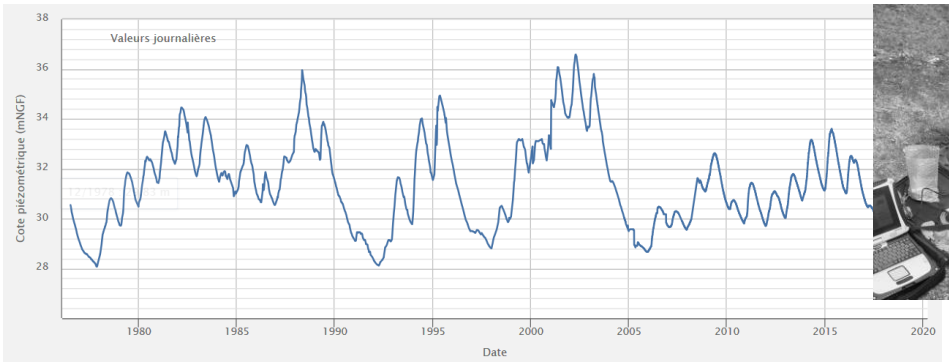
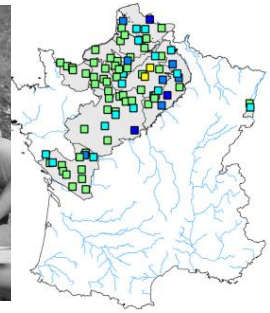
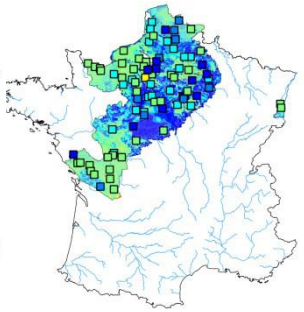






Observation *Modélisation*

ATELIER EAU ET CLIMAT – BASSIN VERSANT DE LA BRECHE

Fonctionnement/situation des eaux souterraines et perspectives

18 mai 2021

Adrien Manlay, hydrogéologue / a.manlay@brgm.fr

NOTIONS D'HYDROGÉOLOGIE

FONCTIONNEMENT DES EAUX SOUTERRAINES

Géosciences pour une Terre durable
brgm

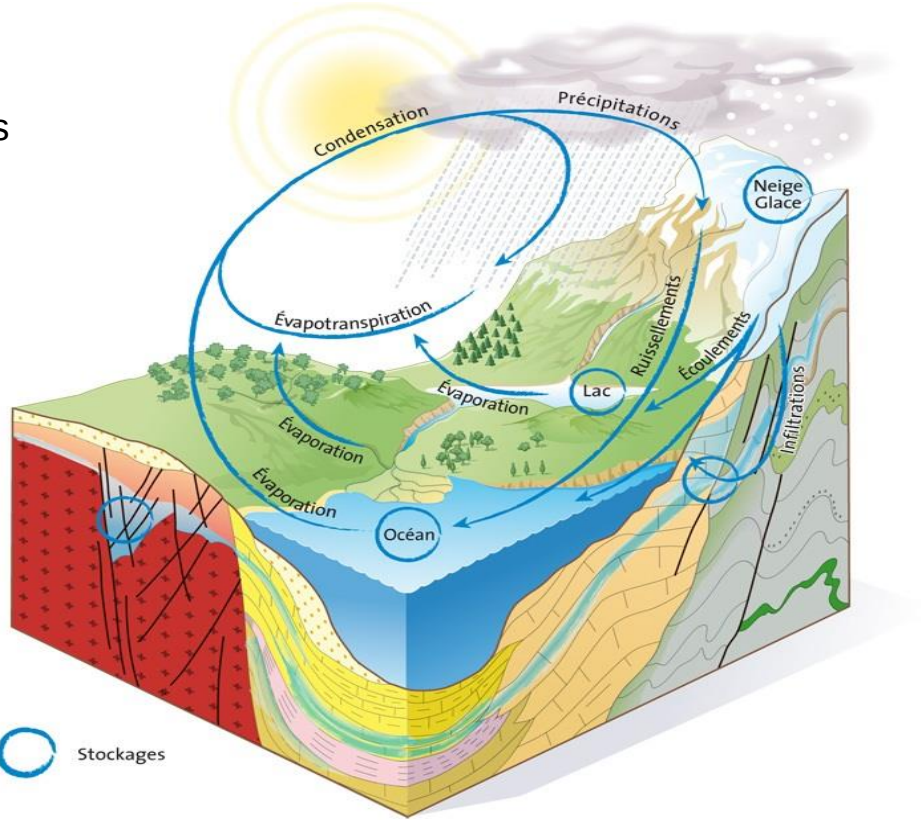
CONTEXTE GÉNÉRAL

De l'équilibre entre les usages à une gestion partagée de la ressource

Quels problèmes, quels enjeux ?

Augmentation des pressions sur les eaux souterraines liée :

- **Au fonctionnement de l'aquifère**
  - Recharge / vidange
- **Aux enjeux**
  - Sociétaux : AEP, Industrie, Irrigation
  - Ecologiques : Cours d'eau / Milieux humides
- **Aux tendances d'évolutions**
  - Changement climatique
  - Evolution des pressions



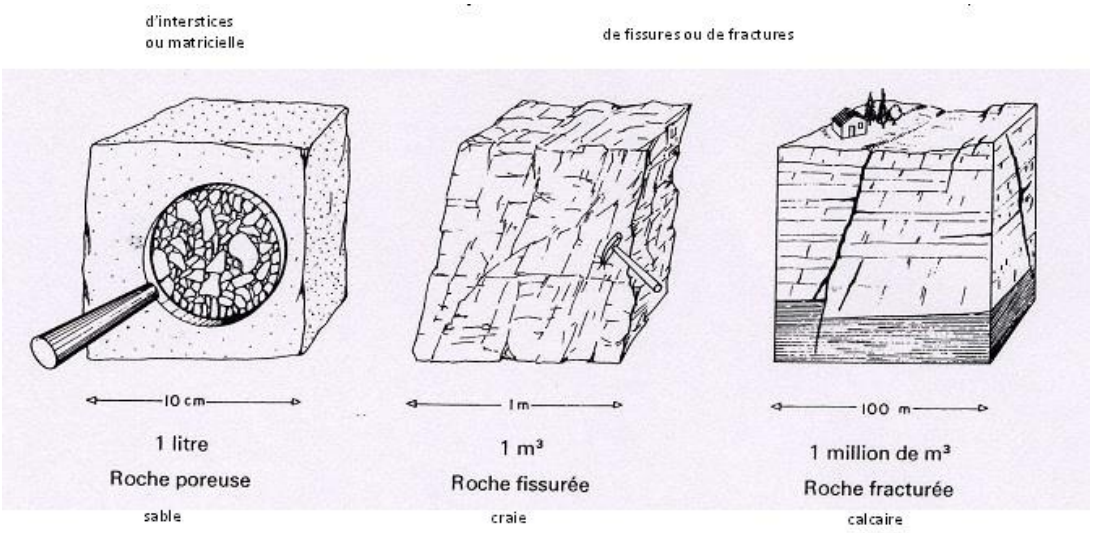
Cycle de l'eau. Source :
http://sigessn.brgm.fr/spip.php?article220

NOTIONS D'HYDROGÉOLOGIE

Les nappes d'eau souterraines / les aquifères

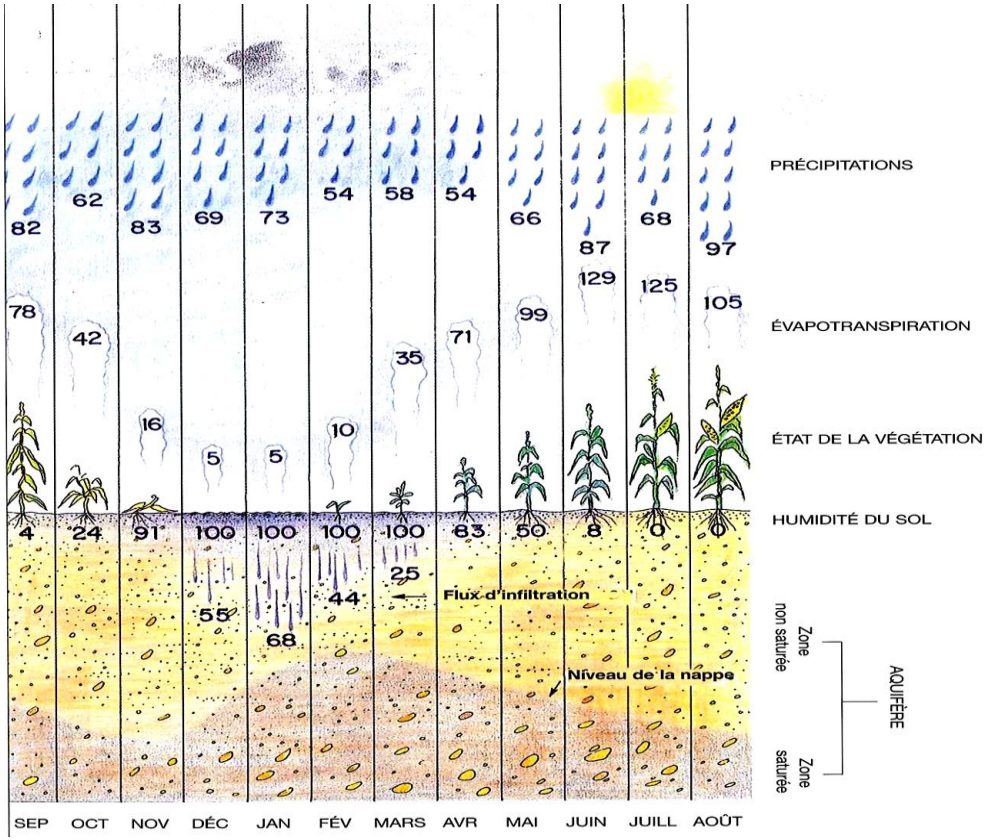
- **Eau stockée dans la porosité des roches**

- **Contenance/ Capacité des nappes à se remplir dépendent donc fortement de la géologie et de ses caractéristiques intrinsèques :**
  - Type de porosité
  - Fracturation
  - Lithologie



NOTIONS D'HYDROGÉOLOGIE

La recharge



Infiltration et humidité dans le sol, d'après Collin (2004)

De facteurs externes contrôlant le volume d'eau qui s'infiltre :

- **Précipitations**
- **Evapo-transpiration (ETP)**
- **Ruissellement**

→ Facteurs qui peuvent être dépendants d'évolutions climatiques et anthropiques

NOTIONS D'HYDROGÉOLOGIE

Quelques définitions

Notion de sécheresse

Sécheresse agricole ≠ sécheresse hydrologique ≠ sécheresse des eaux souterraines

- **Différents niveaux de sécheresse :**
  - Agricole : déficit pluviométrique local, accentué par des températures élevées durant la période de culture ;
  - Eaux de surfaces : déficit des débits des cours d'eau, allant jusqu'à l'asséchement des rivières, lié à un déficit pluviométrique local ou régional sur une durée saisonnière ;
  - Eaux souterraines : déficit de recharge qui se traduit sur le régime naturel des nappes, jusqu'au cas extrême de l'asséchement des sources pérennes ou l'asséchement des forages dû à l'abaissement des niveaux piézométriques

  → échelle saisonnière, annuelle ou pluriannuelle

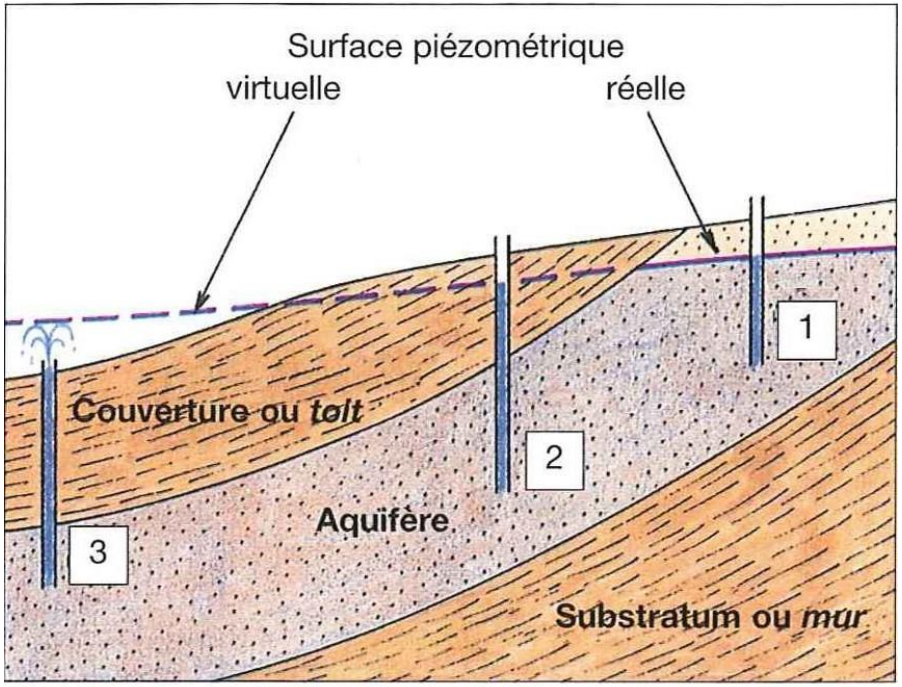
NOTIONS D'HYDROGÉOLOGIE

Quelques définitions : nappes libres / captives

Notion de sécheresse

Eaux souterraines : déficit de recharge qui se traduit sur le régime naturel des nappes, jusqu'au cas extrême de l'asséchement des sources pérennes ou l'asséchement des forages dû à l'abaissement des niveaux piézométriques → **échelle saisonnière, annuelle ou pluriannuelle**

- **Résistance des eaux souterraines à une « sécheresse » :**
  - Épaisseur/extension/volume
  - Nature de l'aquifère (libre, captif, …)
  - Temps de recharge
  - Relations nappes / rivières



Notions de captivité, d'après Collin (2004)

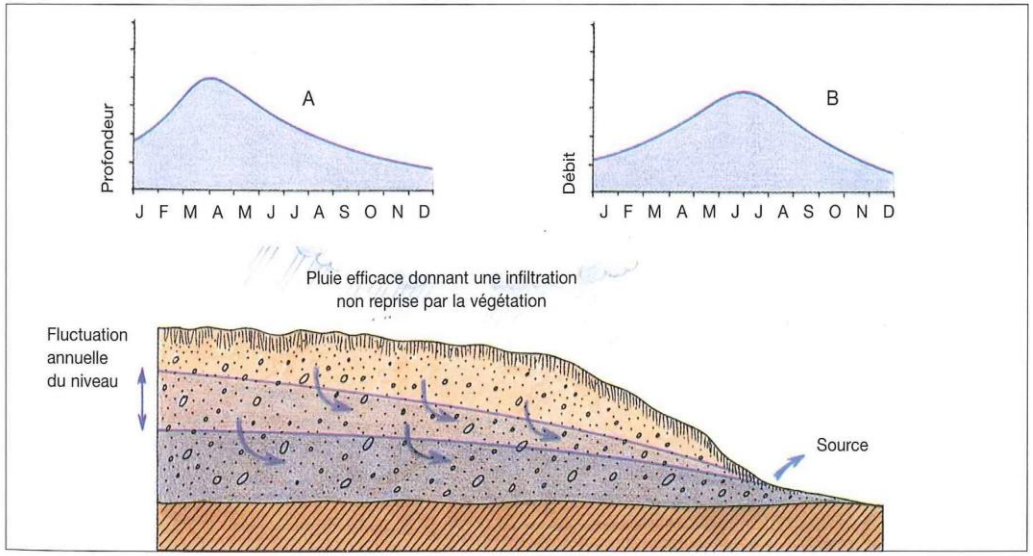
NOTIONS D'HYDROGÉOLOGIE

Quelques définitions : fonctionnement hydrogéologique

Notion de sécheresse

Eaux souterraines : déficit de recharge qui se traduit sur le régime naturel des nappes, jusqu'au cas extrême de l'asséchement des sources pérennes ou l'asséchement des forages dû à l'abaissement des niveaux piézométriques → **échelle saisonnière, annuelle ou pluriannuelle**

- **Résistance des eaux souterraines à une « sécheresse » :**
  - Épaisseur/extension/volume
  - Nature de l'aquifère (libre, captif, …)
  - Temps de recharge
  - Relations nappes / rivières



Notions de recharge, d'après Collin (2004)

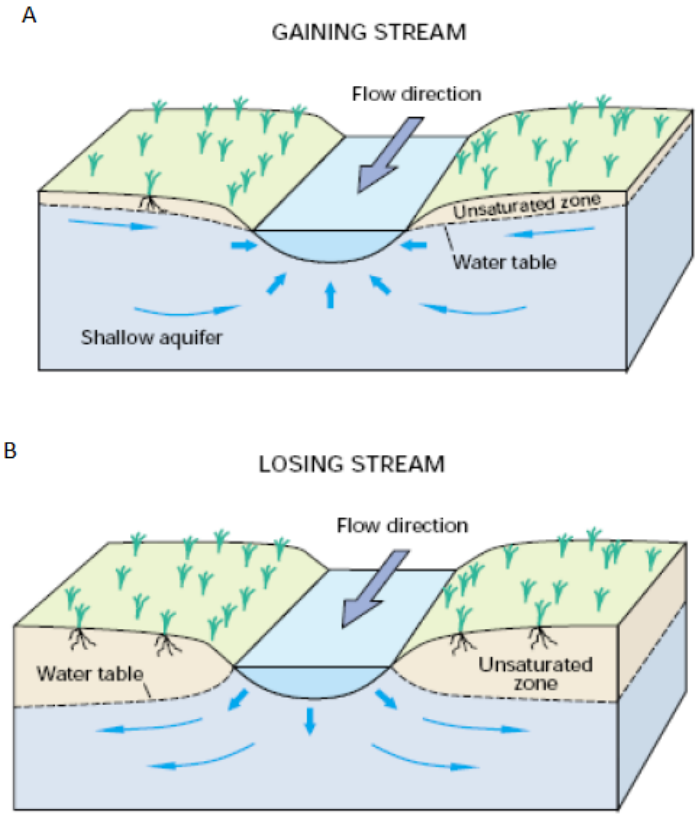
NOTIONS D'HYDROGÉOLOGIE

Quelques définitions : relations nappes-rivières

Notion de sécheresse

Eaux souterraines : déficit de recharge qui se traduit sur le régime naturel des nappes, jusqu'au cas extrême de l'asséchement des sources pérennes ou l'asséchement des forages dû à l'abaissement des niveaux piézométriques → **échelle saisonnière, annuelle ou pluriannuelle**

- **Résistance des eaux souterraines à une « sécheresse » :**
  - Épaisseur/extension/volume
  - Nature de l'aquifère (libre, captif, …)
  - Temps de recharge
  - Relations nappes / rivières



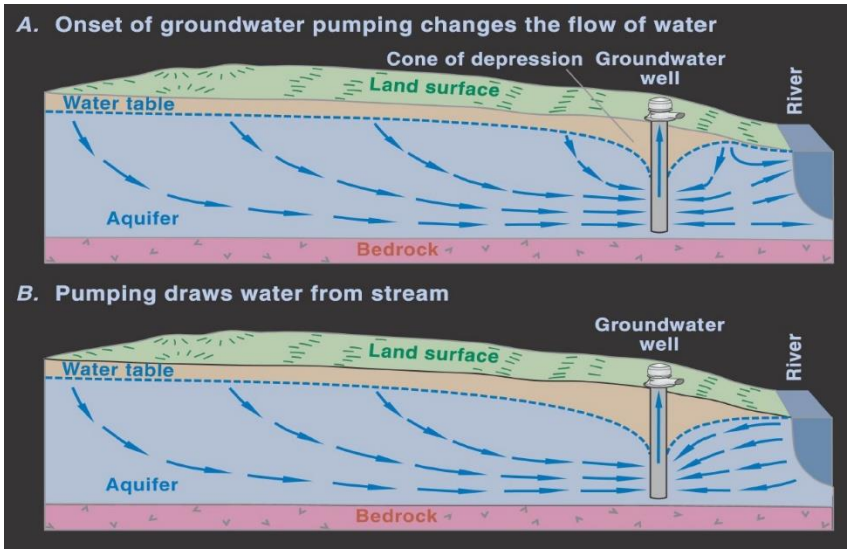
Echanges nappe-rivière, d'après Winter et al. (1998)

NOTIONS D'HYDROGÉOLOGIE

Quelques définitions : notion d'impact des pompages

Les types d'impacts potentiels :

- **Prélèvement indirect du débit dans les rivières et par pompage à « proximité » des cours d'eau**
- **Abaissement du niveau de la nappe (niveau piézométrique) :**
  - Assèchement du cours d'eau par diminution de l'apport de la nappe
  - Impact potentiel plus général sur les zones humides et les sols dépendant d'un fonctionnement du niveau de la nappe proche de la surface
  - assèchement des ouvrages, nécessité de forer ou pomper plus profond etc…



NOTIONS D'HYDROGÉOLOGIE

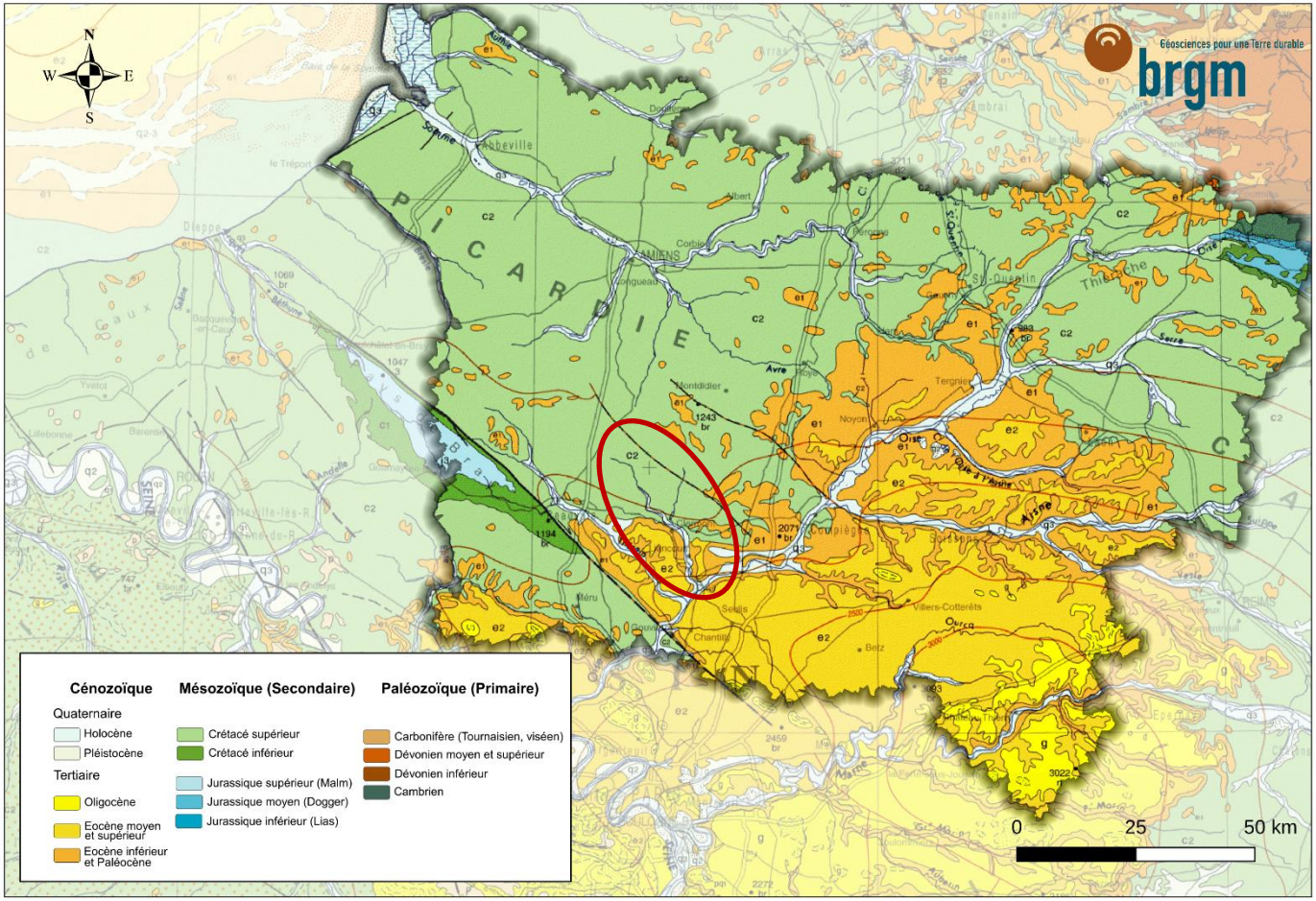
LES AQUIFÈRES DU BV DE LA BRECHE

Géosciences pour une Terre durable
brgm

LES AQUIFÈRES DE PICARDIE

Différents contextes géologiques = différents comportements hydrogéologiques

- La nappe de la craie
- Les aquifères du tertiaire du Bassin Parisien
- Les aquifères littoraux (Bas-Champs, Baie de Somme)
- Les aquifères du Jurassique (pays de Bray et Ardennes)
- Les aquifères profonds (nappe des sables verts de l'Albien ; du Jurassique)



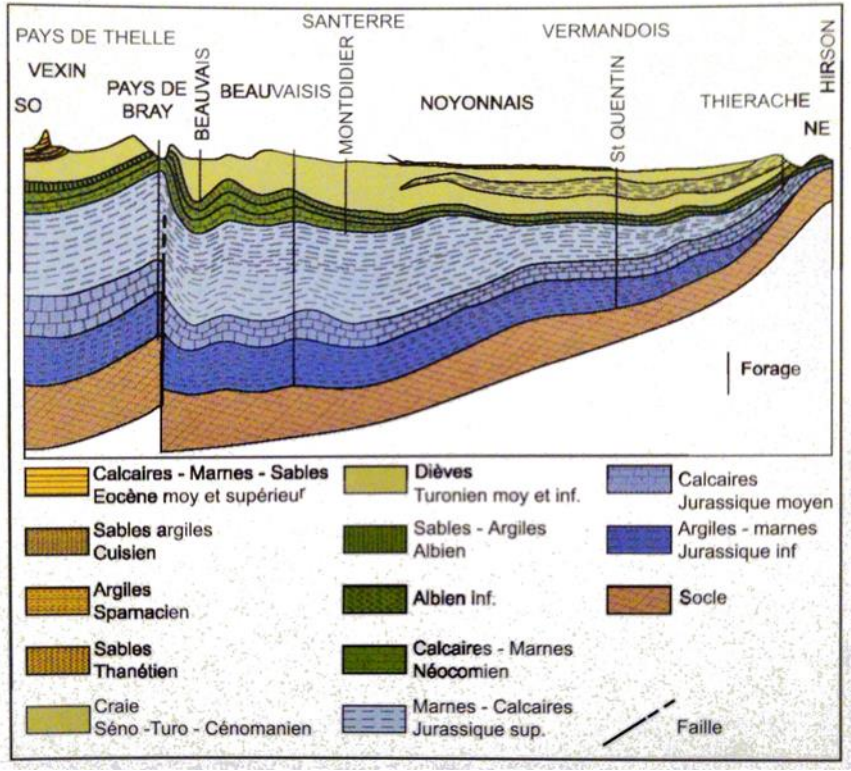
LES AQUIFÈRES DE PICARDIE

Différents contextes géologiques = différents comportements hydrogéologiques

Dans les départements picards, le crétacé supérieur (craie et marnes) affleure sur 60 % du territoire et les formations tertiaires (argiles, marnes, grès et calcaires) 30 %

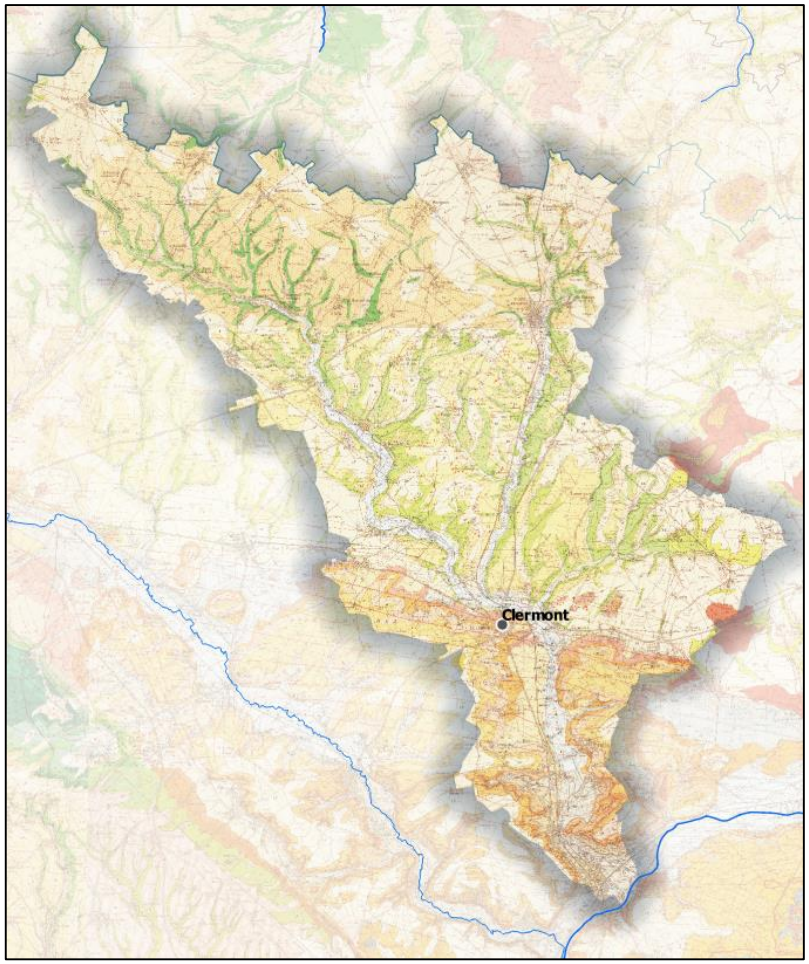
La boutonnière de Bray constitue un anticlinal faillé (marqué par le passage de la faille de Bray-Vittel) qui met à l'affleurement les formations du Jurassique (marnes et calcaires principalement) et du crétacé inférieur (sables verts et argile du Gault).

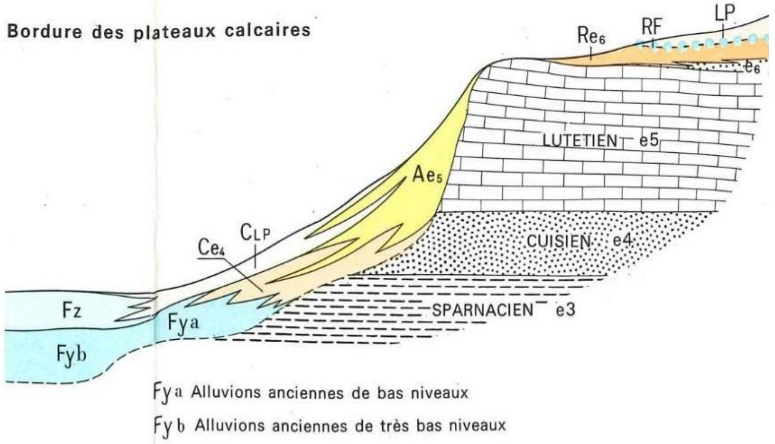
Les formations du Jurassique et le socle, recouvertes sur le reste du territoire affleurent également dans le massif ardennais (nord-est de l'Aisne)



CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

Dans le BV de la BRECHE





Coupe schématique des plateaux calcaires au droit de Cauffry, d'après Cavelier et al. (1967)

LES AQUIFÈRES DE PICARDIE

La craie du Crétacé supérieur

Différents contextes géologiques = différents comportements hydrogéologiques

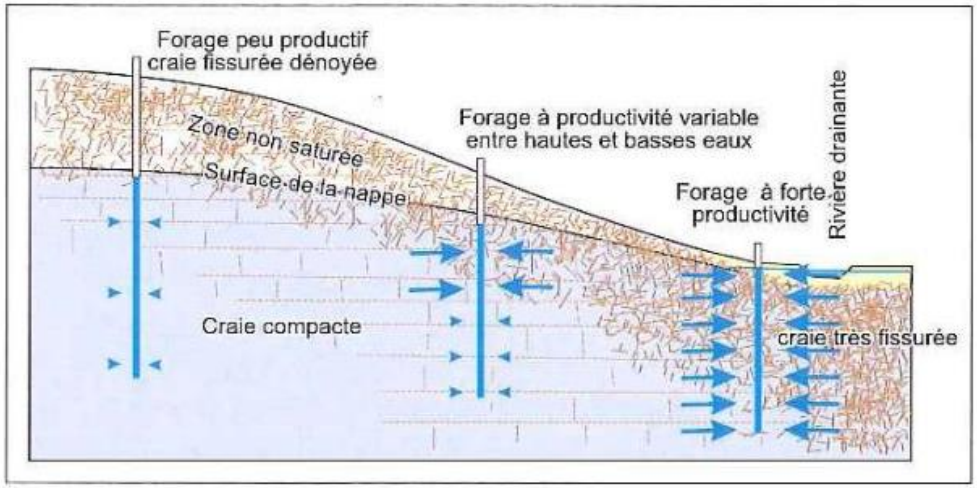
Craie

Libre à l'affleurement ;

Captive sous le tertiaire, sauf en rive droite de l'Oise, connexion hydraulique avec les sables du Thanétien qui forment alors un aquifère bicouche.

Profondeur de nappe et productivité variable entre plateau/vallées (T de 10-4 à 10-1 m²/s)

Variations saisonnière (HE printemps ; BE automne) et pluriannuelles (inertie de nappe)



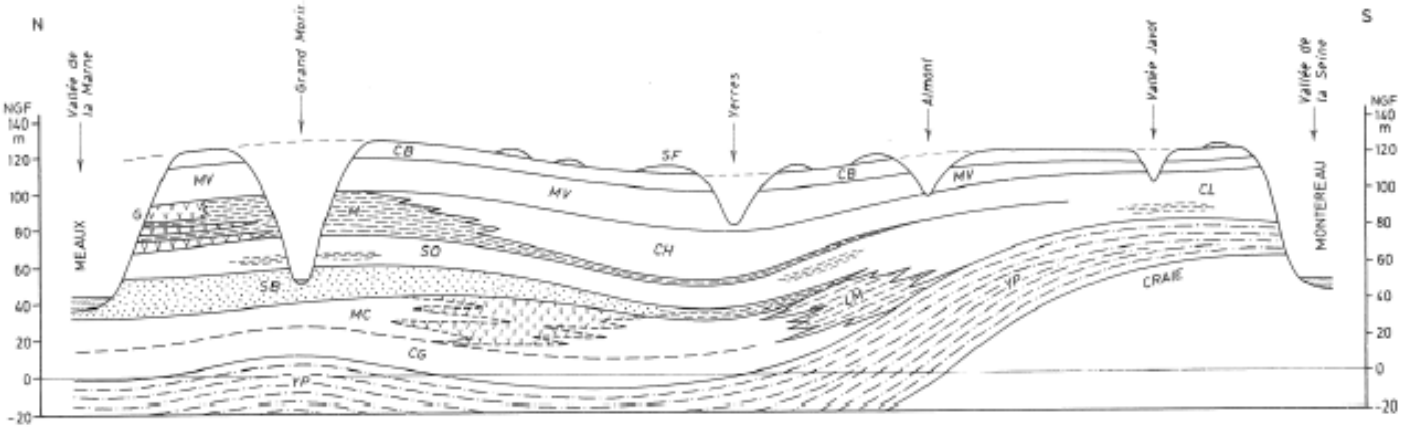
Sénonien		Craie blanche
Turonien	supérieur	Craie à silex cornus
	moyen	Craie marneuse
	inférieur	Marnes argileuses
Cénomanien		Conglomérats, faciès crayeux à l'ouest et faciès marneux à l'est

CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

Hétérogénéités des dépôts dans le Bassin Parisien

- Dans le Bassin Parisien : dépôts discontinus, présentant des variations latérales de faciès, couches biseautées, etc.

- Superposition de formations perméables, semi-perméables et imperméables, constituant des aquifères multi-couches



SF : Sables de Fontainebleau - CB : Calcaires de Brie - MV : Marnes vertes et supragypseuses - G : Gypse ludien - M : Marnes ludiennes - CH : Calcaire de Champigny - SO : Calcaire de Saint-Ouen - SB : Sables de Beauchamp - MC : Marnes et caillasses - CG : Calcaire grossier - LM : Lutétien indifférencié marneux - CL : Calcaire lacustre indifférencié (CH + SO + Lutétien) - YP : Yprésien.

Source : C. Mégnien, 1970 (p202)

Illustration 6 - Coupe schématique de la Brie selon un profil nord-sud.

CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

Pile stratigraphique

- Superposition de nombreuses formations perméables, semi-perméables et imperméables ;

➔ Constitutions d'aquifères dits multicouches

- L'absence de formations imperméables les séparant ne permet pas de distinguer hydrauliquement deux couches aquifères (continuité hydraulique, effet de drainance);

- Les systèmes multicouches principaux sont ceux de l'Éocène moyen/inférieur et de l'Éocène supérieur;

	Unité lithostratigraphique	Etage	Serie/Epoque	Unité hydrogéologique
Fz	Alluvions : graviers et sables (récentes)	Quaternaire	Holocène	Aquifères alluviaux
Fy	Alluvions : graviers et sables (récentes)		Pléistocène	
LP	Limons des plateaux			
m_1	Sables de Lozère, Sables de Sologne	Burdigalien	Miocène	
g_{3a}	Calcaire de Beauce	Chattien	Oligocène	Aquifère multi-couche de l'Oligocène
g_{2b}	Sables et grès de Fontainebleau	Stampien		
g_{2a}	Marnes à huîtres			
g_{1b}	Calcaire de Brie	Sannoisien		
g_{1a}	Marnes vertes			
e_{2b}	Marnes supragypseuse, Marnes de Pantin	Priabonien (Ludien)	Eocène	
e_{2b}	Marnes supragypseuse, Marnes d'Argenteuil			
e_{2a}	Masses et marnes du gypse ou Calcaire de Champigny			Aquifère multi-couche de l'Eocène supérieur
e_{6a}	Calcaires de Saint-Ouen	Bartonien sup. (Marinésien)		
e_{6b}	Sables de Beauchamp, Sables d'Auvers	Bartonien inf. (Auversien)		
	Marnes et Caillasses	Lutétien supérieur		
e_{5c}	Calcaire grossier, sables glauconieux (var. latérales)	Lutétien inférieur		Aquifère multi-couche de l'Eocène moyen et inférieur
e_{5b}	Argiles de Laon	Cuisien (Yprésien sup.)		
e_4	Sables de Cuise			
e_{4d}	Sables du Soissonnais, Sables supérieure			
e_{4c}	Fausse glaises du Vexin	Sparnacien (Yprésien inférieur)		
e_{4b}	Sables d'Auteuil			
e_{4a}	Argile plastique			
e_{3d}	Sables de Bracheux, Grès de Ganne (sommet), marnes de Sinceny, sables du Quesnoy	Thanétien	Paléocène	
e_{2b}	Conglomérat de Meudon	Montien		
e_{2a}	Calcaire pisolithique et marnes de Meudon			
$c_{1\text{-}6}$	Craie, craie marneuse, etc.	Cénomanien, Turonien et Sénonien (Coniacien à Campanien)	Crétacé sup.	Aquifère de la Craie
n_6	Argile du gault	Albien	Crétacé inf.	Aquifère multicouche de l'Albien-Néocomien
	Sables verts			
n_5	Marnes	Aptien		
$n_{1\text{-}4}$	Argiles, grès, sables	Barrémien Néocomien		

Modifié de Schomburgk et al., 2004

Géosciences pour une Terre durable
brgm

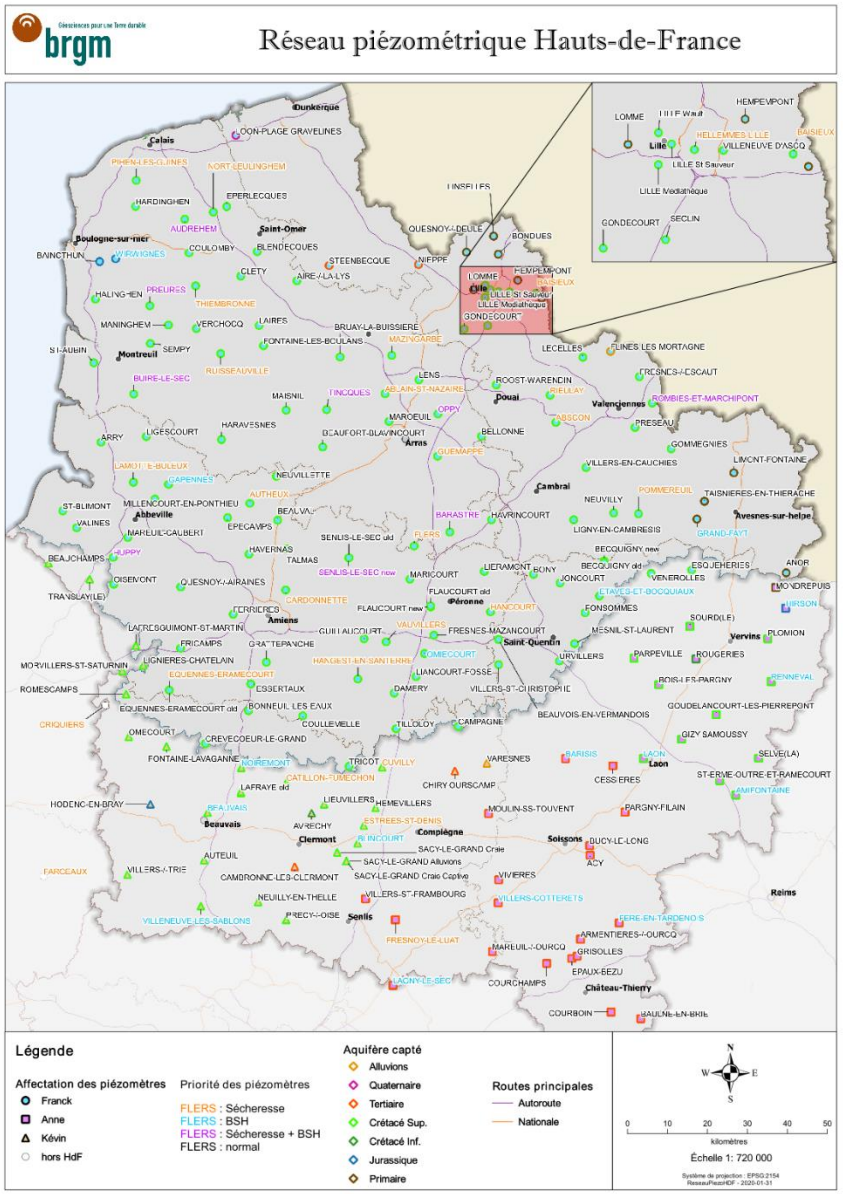
NOTIONS D'HYDROGÉOLOGIE

SUIVI PIÉZOMÉTRIQUE

Géosciences pour une Terre durable
brgm

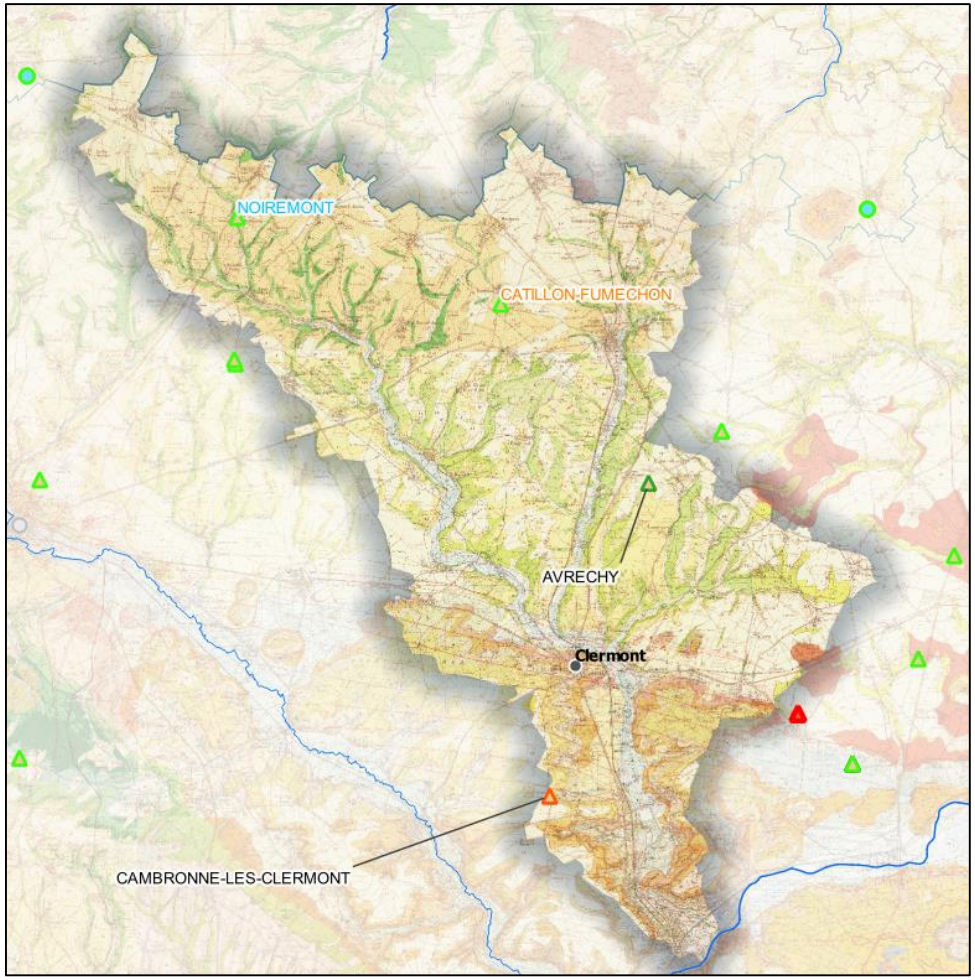
SUIVI PIÉZOMÉTRIQUE

- Suivi au quotidien par un réseau piézométrique qui suit chaque masse d'eau
- Définit des seuils d'alerte et de crise
- Outil permettant aux préfets de prendre des mesures d'urgence (restriction)



SUIVI PIÉZOMÉTRIQUE

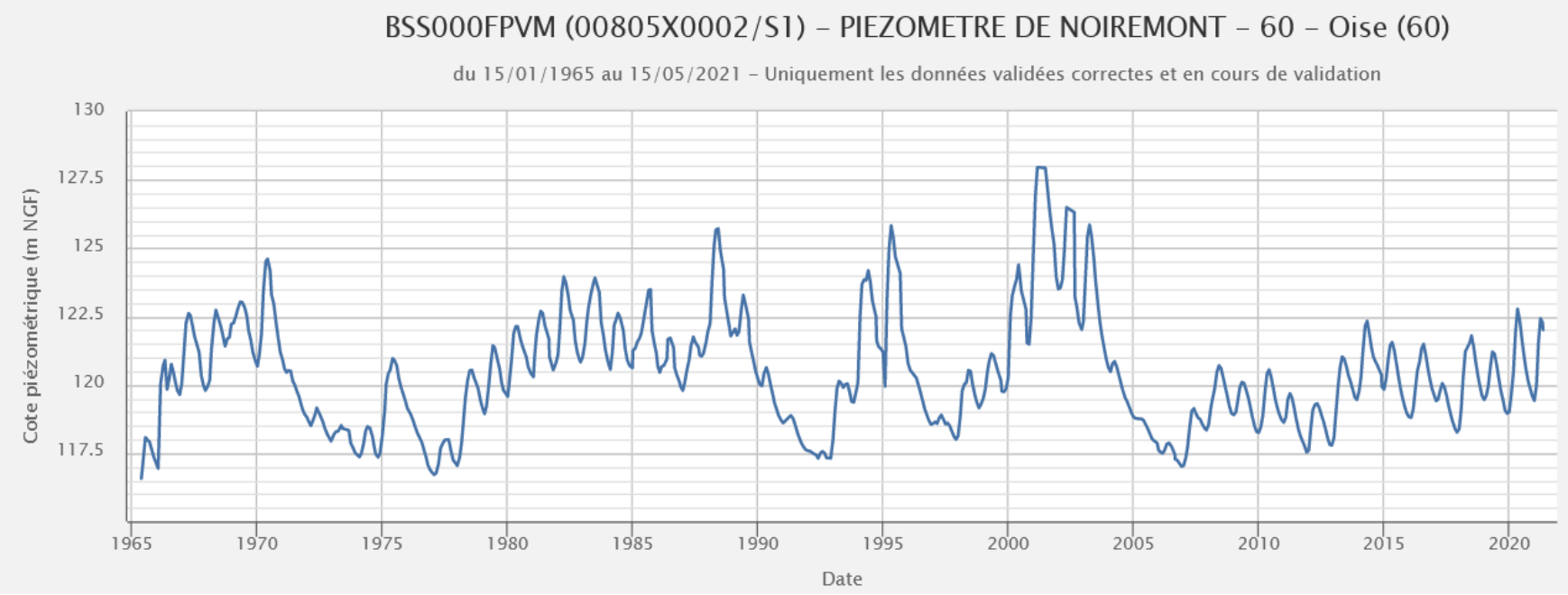
- Suivi au quotidien par un réseau piézométrique qui suit chaque masse d'eau
- Définit des seuils d'alerte et de crise
- Outil permettant aux préfets de prendre des mesures d'urgence (restriction)



EVOLUTION DES NIVEAUX PIÉZOMÉTRIQUES

lien ADES

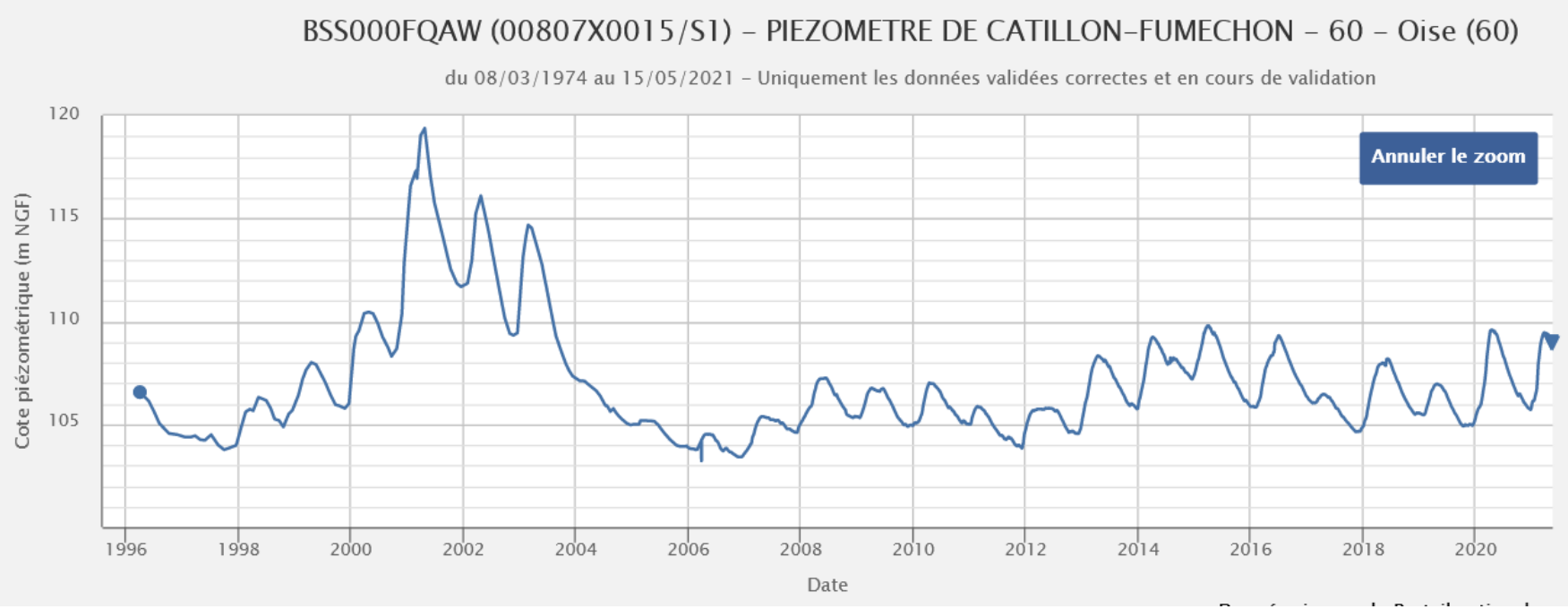
Aquifère de la craie



EVOLUTION DES NIVEAUX PIÉZOMÉTRIQUES

lien ADES

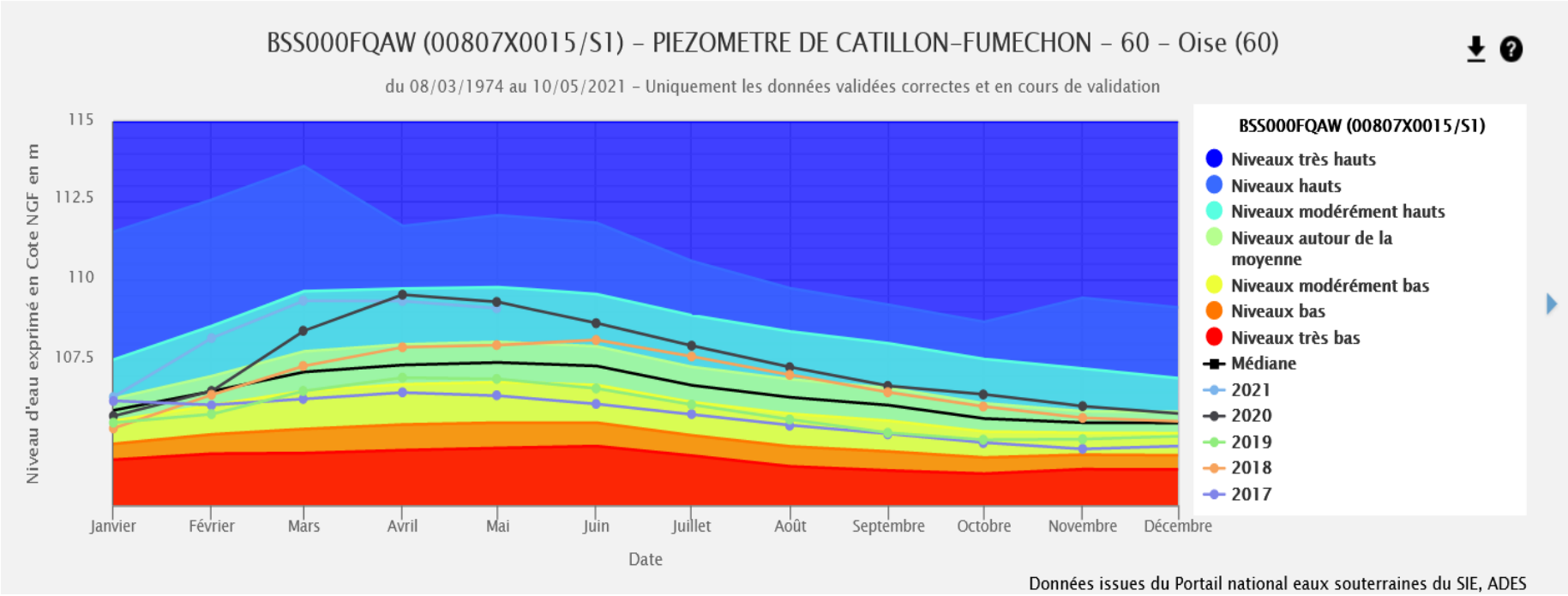
Aquifère de la craie



EVOLUTION DES NIVEAUX PIÉZOMÉTRIQUES

lien ADES

Aquifère de la craie



GESTION DES RESSOURCES EN EAU

QUELLES PERSPECTIVES ?

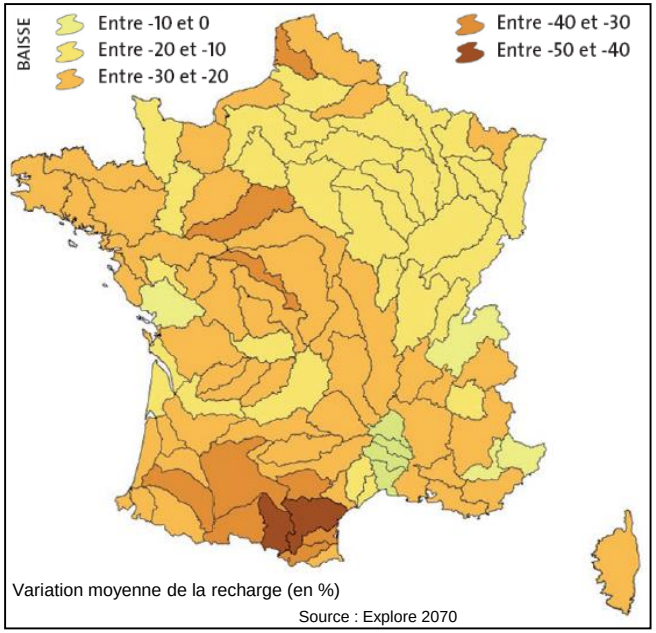
Crédits photo : A. Selles, BRGM

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Quelles conséquences ?

Sur la recharge des nappes

- **Baisse** moyenne de la recharge en France : de 10 à 25%
- départements du Nord et du Pas-de-Calais : -20 à -40%



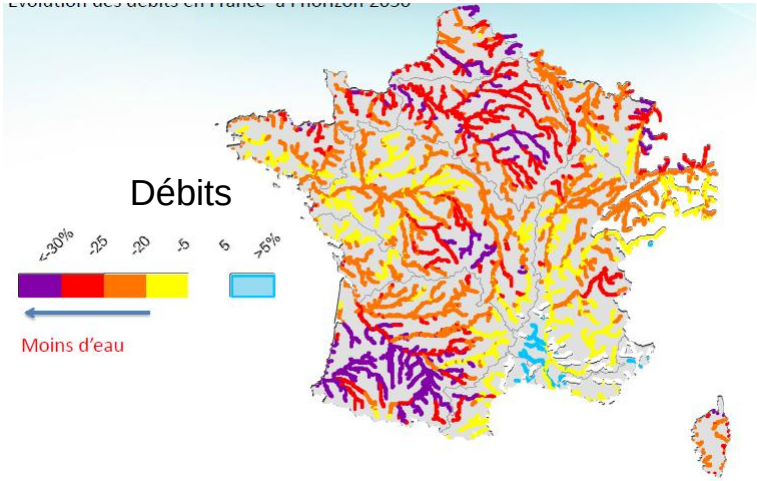
Variation moyenne de la recharge (en %)

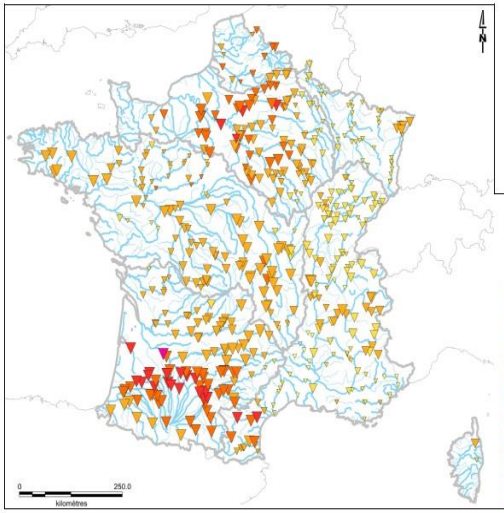
Source : Explore 2070

La diminution des précipitations et l'augmentation de l'évapotranspiration devraient conduire à une baisse significative de la recharge des nappes.

(peut entraîner des baisses de niveau de nappe pouvant approcher 10 m)

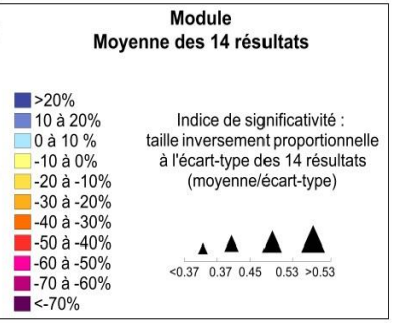
Sur le débit des cours d'eau





(↘ éventuelle pluies + ↗ évapotranspiration potentielle)

- 30 à -50 % en 2050, accru en été

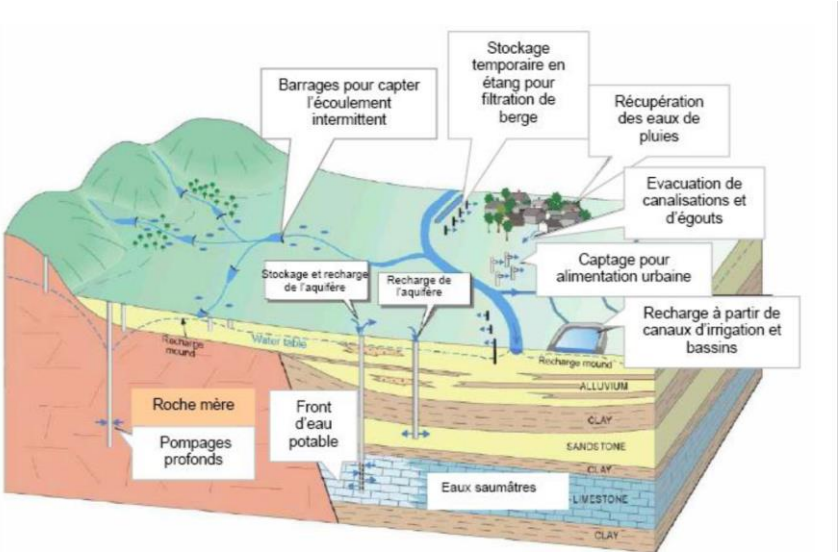


Géosciences pour une Terre durable
brgm

Des eaux non conventionnelles

Nombreuses ressources en eaux :

- Eaux du réseaux de distribution (eau potable)
- Eaux de surface
- Eaux souterraine des nappes libres
- Eaux souterraines des nappes profondes
- Récupération des eaux pluviales
- Récupération des eaux usées traitées
- Etc.



D'après Gale et al., 2002 ; modifié de Pettenati, 2007

Objectifs:

- réduire la consommation énergétique et des produits chimiques en adaptant la ressource et le traitement des eaux à l'usage
- Assurer une pérennité d'approvisionnement en diversifiant ces ressources
- S'adapter aux effets du changement climatique

SUIVI DE LA SÉCHERESSE ET ANTICIPATION

Développement

MétéEAU Nappes

MERCI DE VOTRE ATTENTION

Géosciences pour une Terre durable

brgm

Crédits photo : www.calais-cotedopale.com