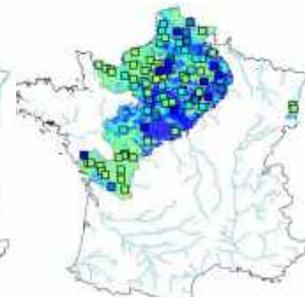


Observation



Modélisation

GESTION DES RESSOURCES EN EAU DANS LES DÉPARTEMENTS DU NORD ET DU PAS-DE-CALAIS

Fonctionnement/situation des eaux souterraines et perspectives

29 juin 2020

Marc Parmentier, hydrogéologue/géochimiste
Adrien Manlay, hydrogéologue



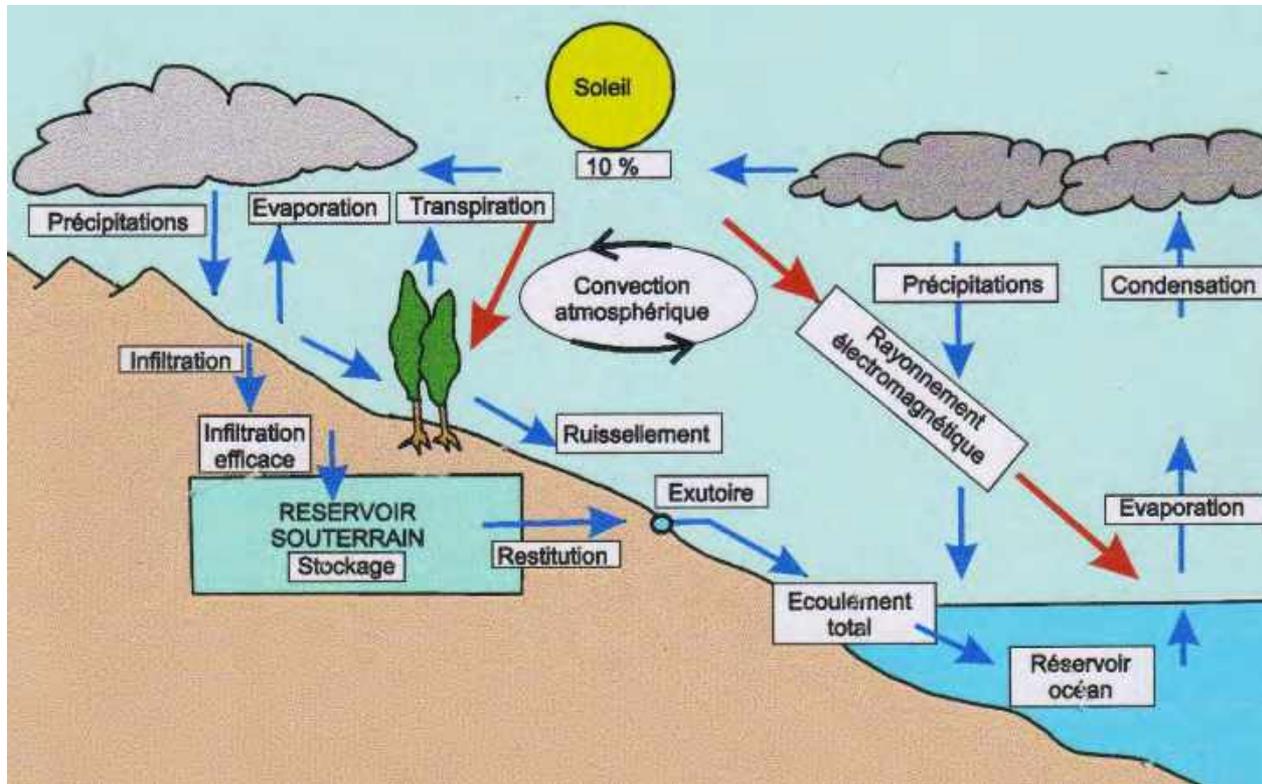


NOTIONS D'HYDROGÉOLOGIE

FONCTIONNEMENT DES EAUX SOUTERRAINES

NOTIONS D'HYDROGÉOLOGIE

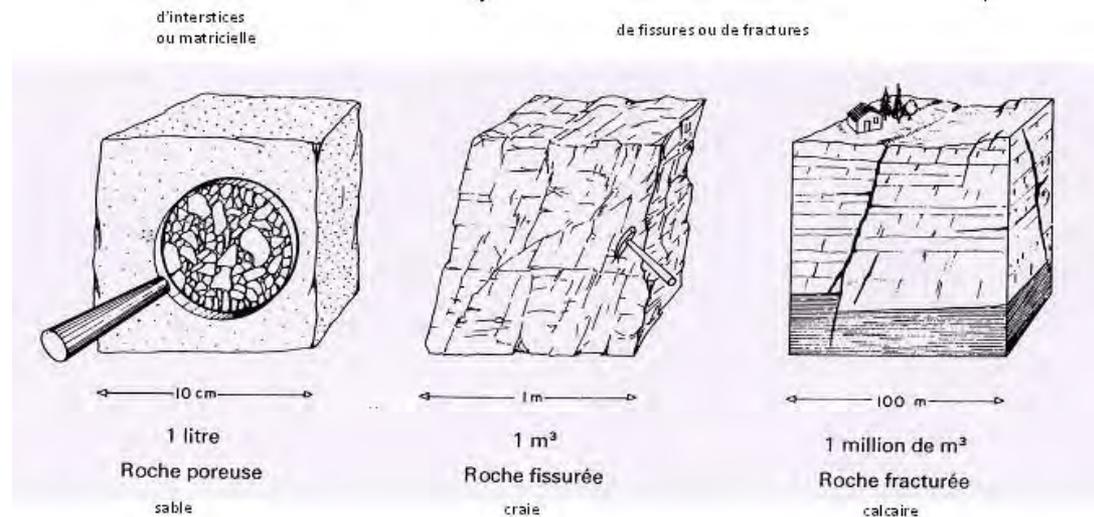
Fonctionnement global schématisé



NOTIONS D'HYDROGÉOLOGIE

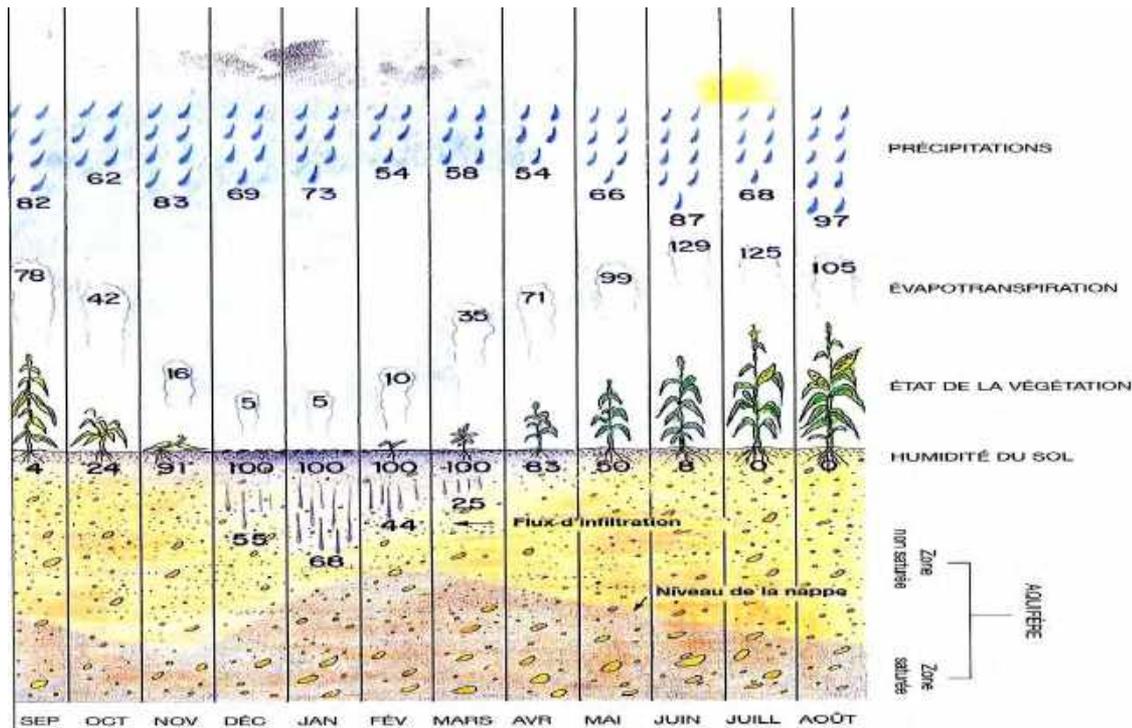
Les nappes d'eau souterraines (ou aquifères)

- 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'infiltré :

- **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 \neq sécheresse hydrologique \neq 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'assèchement 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'assèchement des sources pérennes ou l'assèchement des forages dû à l'abaissement des niveaux piézométriques

→ échelle saisonnière, annuelle ou pluriannuelle

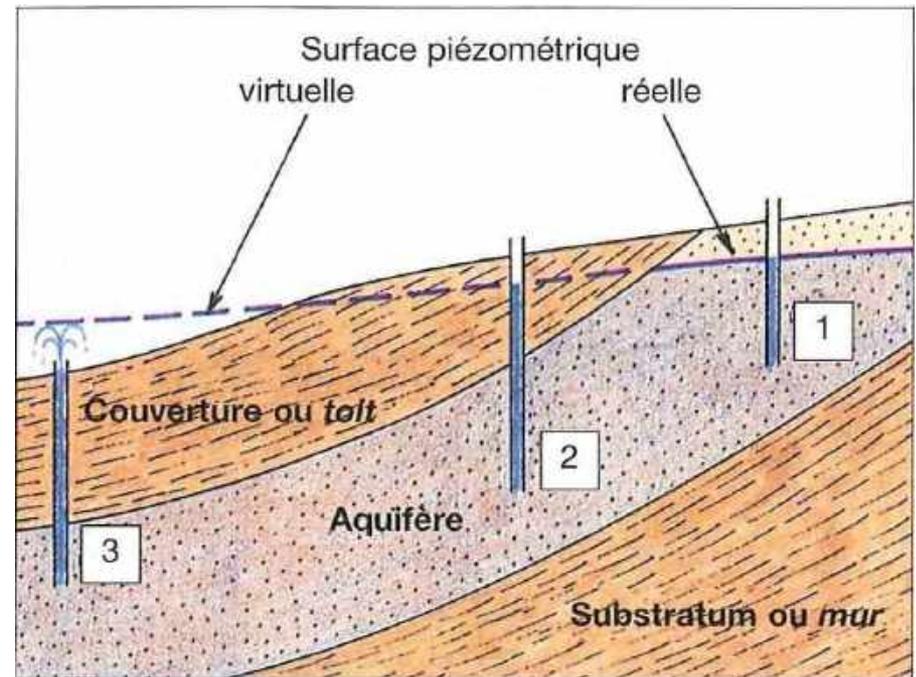
NOTIONS D'HYDROGÉOLOGIE

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'assèchement des sources pérennes ou l'assèchement 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

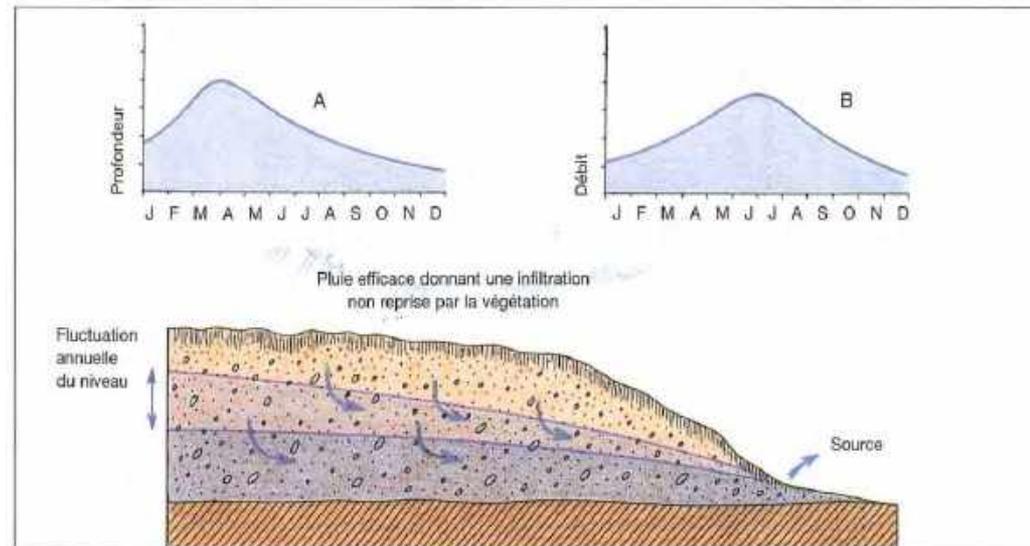
Quelques définitions : fonctionnement hydrogéologique

Notion de sécheresse

Eaux souterraines : déficit de recharge qui se traduit sur le régime naturel des nappes, jusqu'au cas extrême de l'assèchement des sources pérennes ou l'assèchement 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

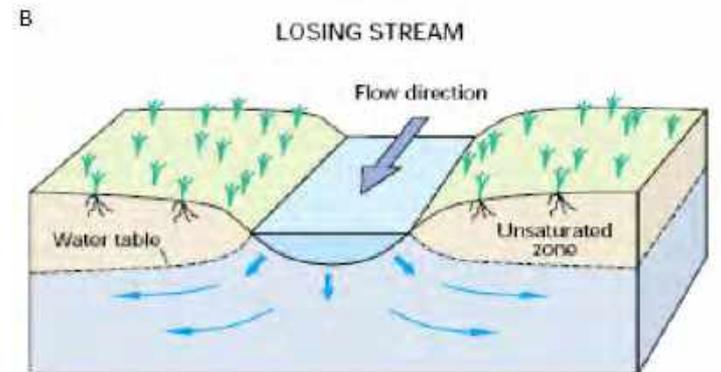
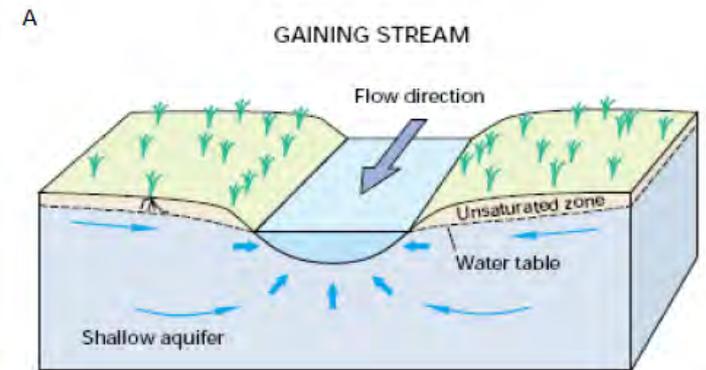
Notion de sécheresse

Eaux souterraines : déficit de recharge qui se traduit sur le régime naturel des nappes, jusqu'au cas extrême de l'assèchement des sources pérennes ou l'assèchement 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)

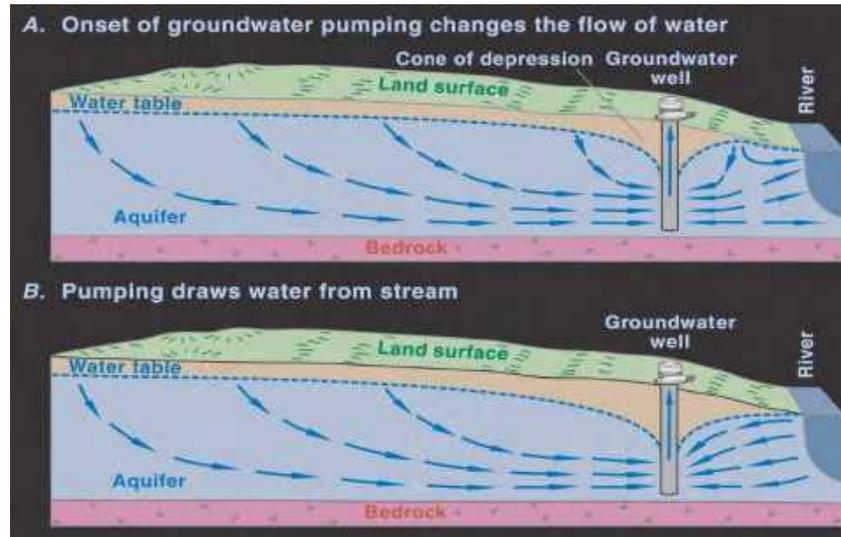


NOTIONS D'HYDROGÉOLOGIE

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 NORD-PAS-DE-CALAIS



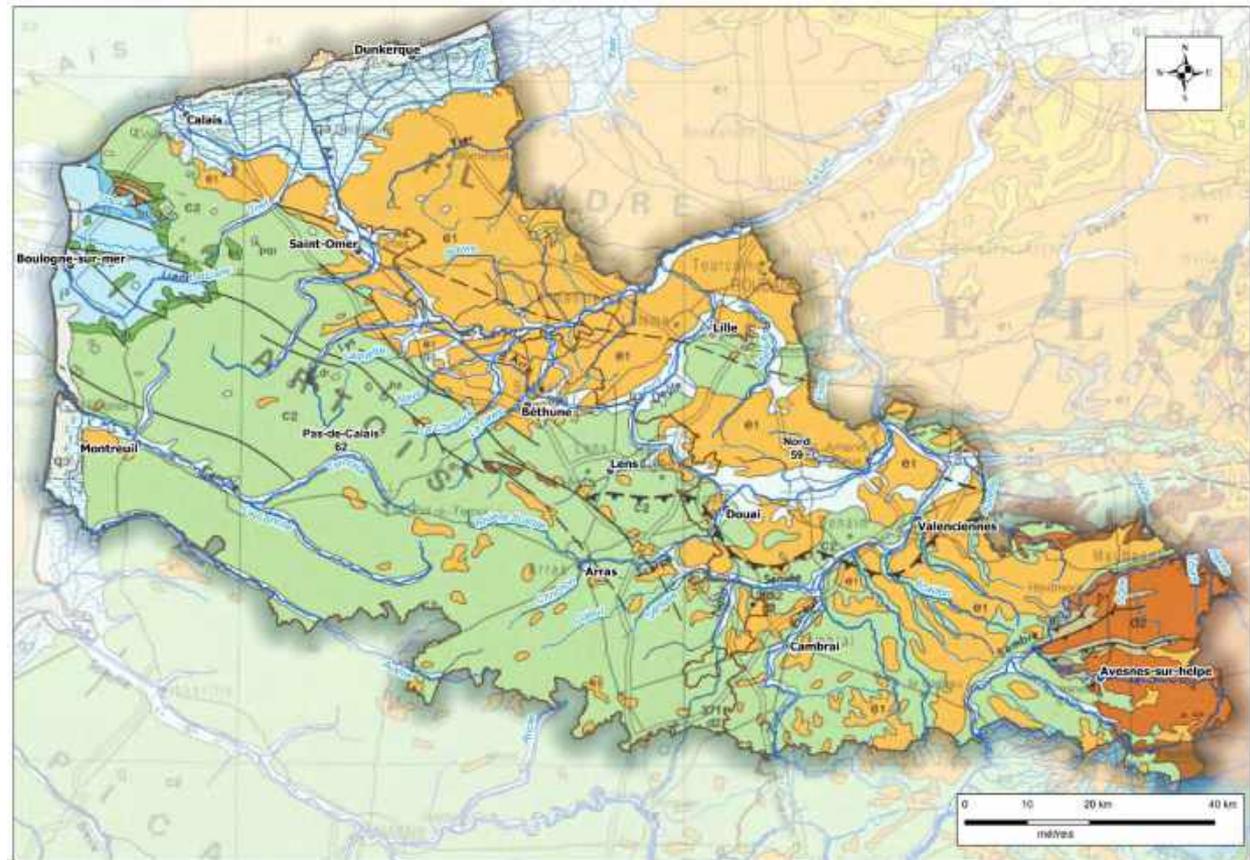
Geosciences pour une Terre durable

brgm

LES AQUIFÈRES DU NORD-PAS-DE-CALAIS

Différents contextes géologiques =
différents comportements
hydrogéologiques

- La nappe des calcaires paléozoïques dans l'Avesnois et la région lilloise
- La nappe de la craie = principal aquifère de la région
- La nappe des sables Landéniens des Flandres et du Bassin d'Orchies
- Les aquifères quaternaires (alluvions récentes, dunes littorales et sables « pissards »)
- Les aquifères de la Boutonnière du Boulonnais

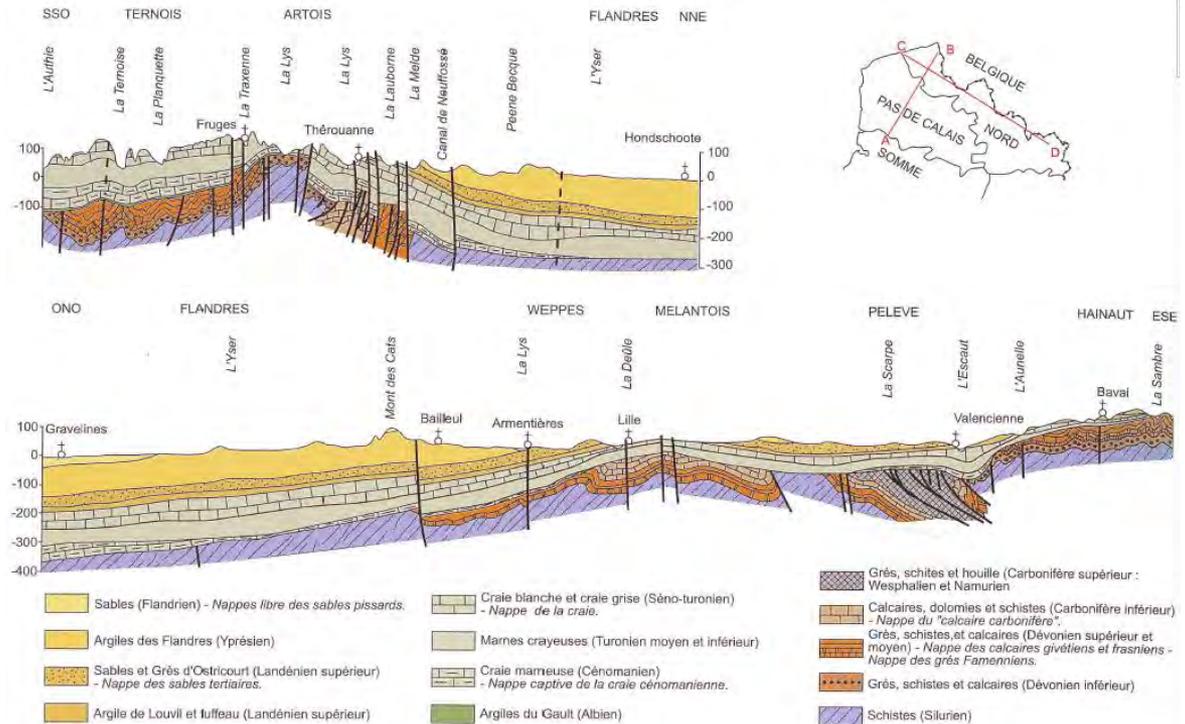


LES AQUIFÈRES DU NORD-PAS-DE-CALAIS

Différents contextes géologiques =
différents comportements
hydrogéologiques

Dans les départements 59 et 62, le
crétacé supérieur affleure sur 60 %
du territoire et les formations
tertiaires 30 %

Le crétacé supérieur plonge sous
le tertiaire de Flandre et du bassin
d'Orchies, séparés par un
anticlinal



LES AQUIFÈRES DU NORD-PAS-DE-CALAIS

La craie du Crétacé supérieur

Différents contextes géologiques =
différents comportements
hydrogéologiques

Craie

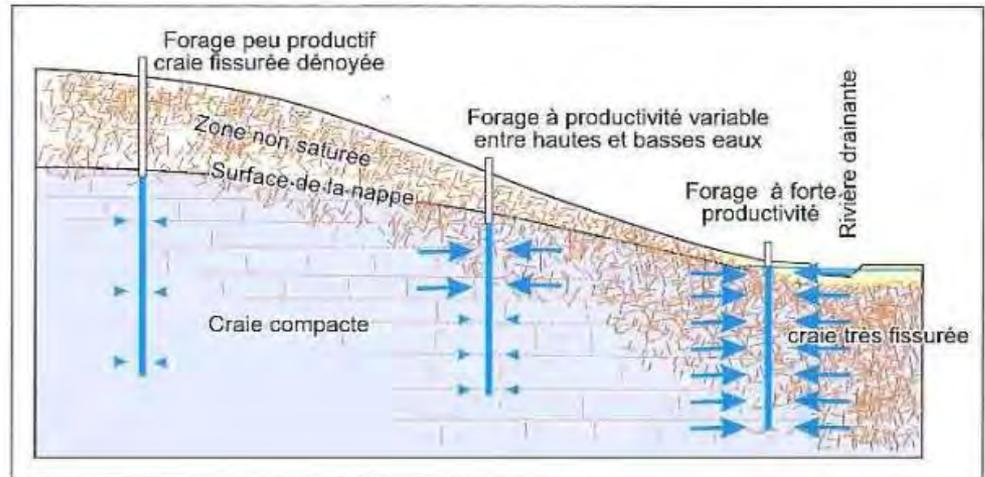
1^{ère} Ressource en eau des
départements 59 et 62 (80 % libre
et 20 % en captivité)

Plus d '1 forage sur 3 a un débit Q
 $\geq 100 \text{ m}^3/\text{h}$

Perméabilité de fissures productive

Dans la zone de transition (frange
captive) , la productivité est encore
intéressante

En captivité la craie perd de sa
productivité par diminution de la
perméabilité de fissures.



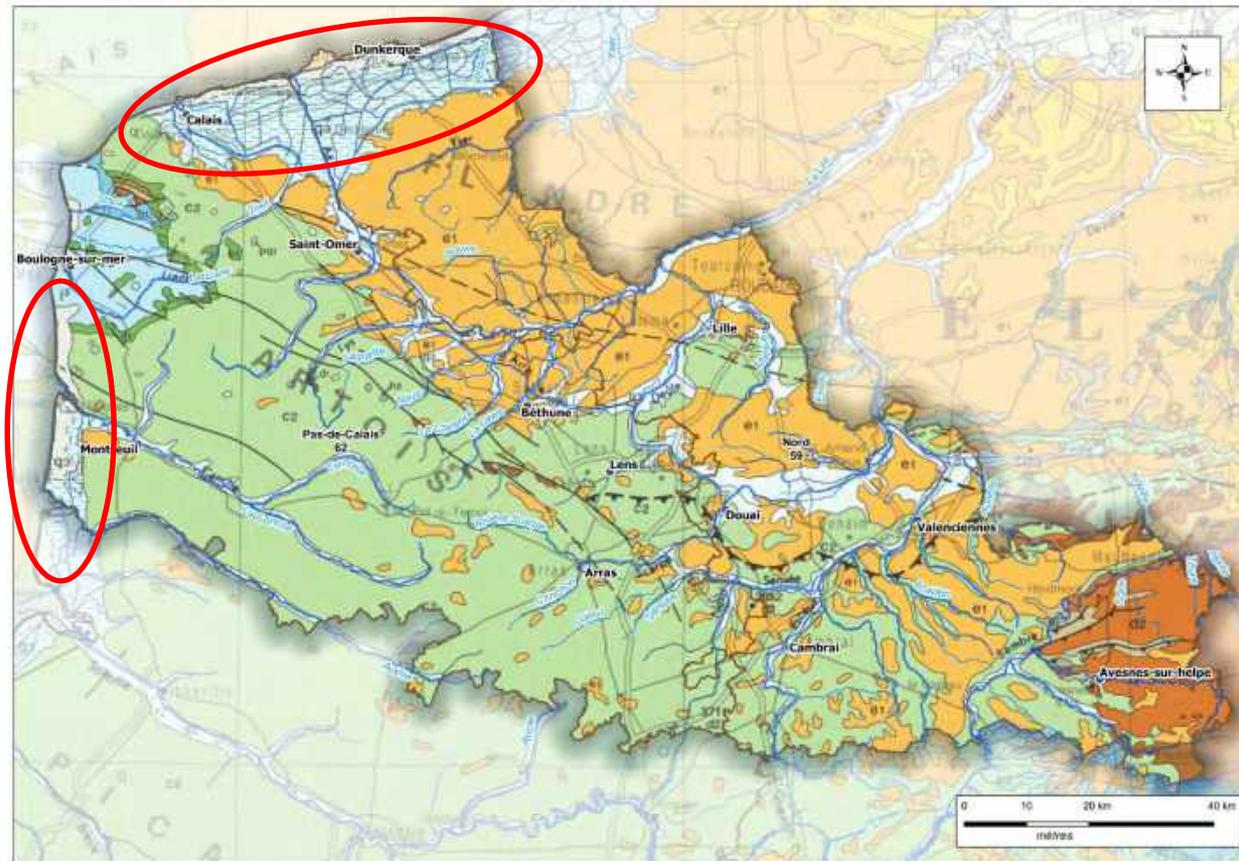
Sénonien		Craie blanche
Turonien	supérieur	Craie à silex cornus
	moyen	Craie marneuse
	inférieur	Marnes argileuses
Cénomanién		Conglomérats, faciès crayeux à l'ouest et faciès marneux à l'est

LES AQUIFÈRES DU NORD-PAS-DE-CALAIS

Différents contextes géologiques =
différents comportements
hydrogéologiques

Formations du Quaternaires

- Alluvions récentes, dunes littorales, sables « pissarts » sont des aquifères généralement peu productifs et d'intérêt très local. Les alluvions peuvent toutefois présenter une forte productivité
- sectorielle et avoir un impact (contamination) important sur l'aquifère crayeux sous-jacent.



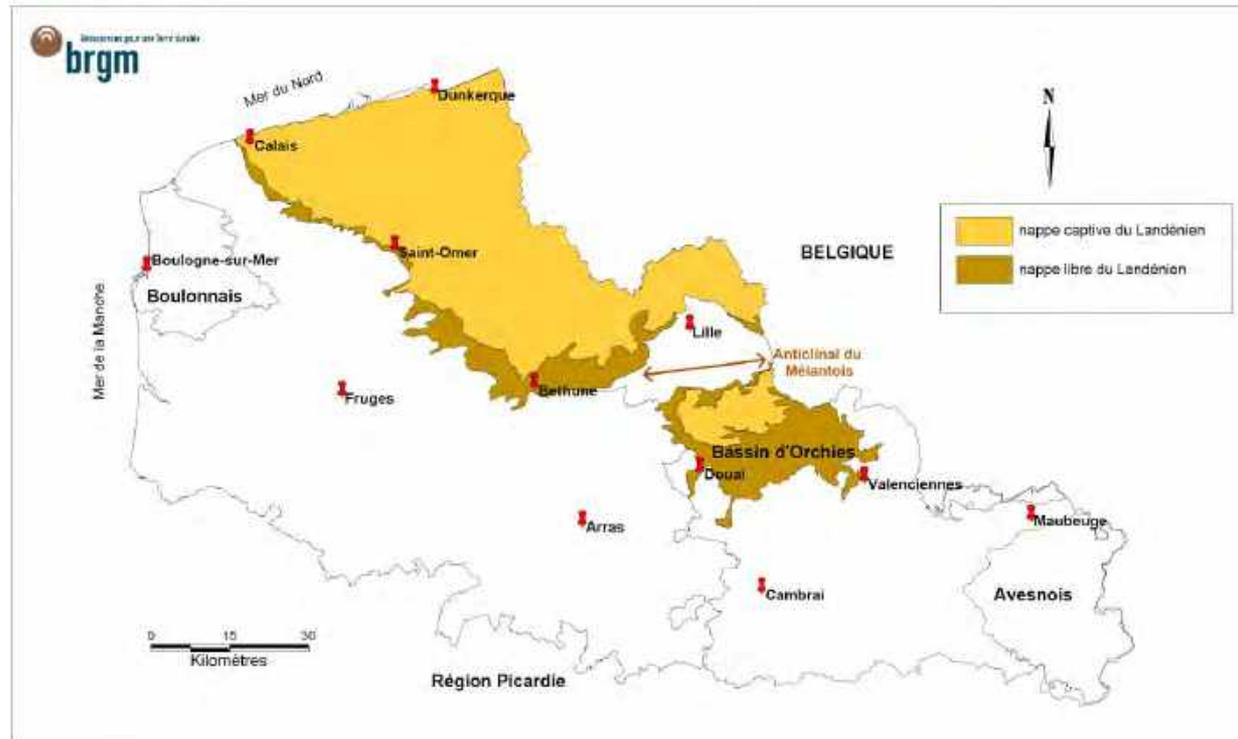
LES AQUIFÈRES DU NORD-PAS-DE-CALAIS

Différents contextes géologiques =
différents comportements
hydrogéologiques

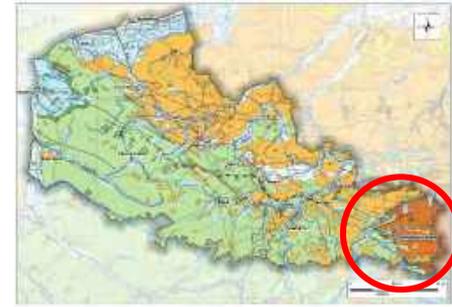
La nappe des sables du Landénien des Flandres et du Bassin d'Orchies

Perméabilité d'interstices

- Débits < à 10 m³/h
- réserve importante du à une porosité efficace élevée de 20 % mais perméabilité et productivité sont faibles
- Libre dans zone d'affleurement
- Captive principalement dans le bassin des Flandres

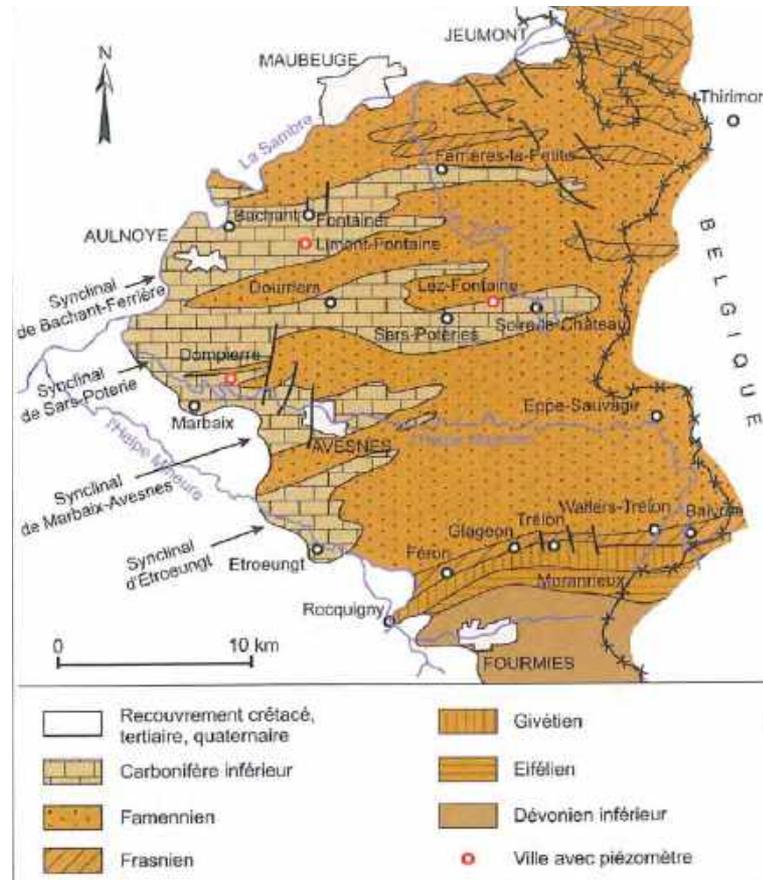


LES AQUIFÈRES DU NORD-PAS-DE-CALAIS

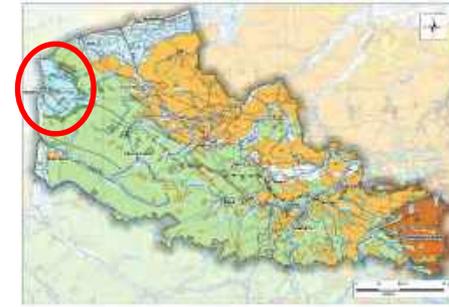


Aquifères des calcaires paléozoïques dans l'Avesnois

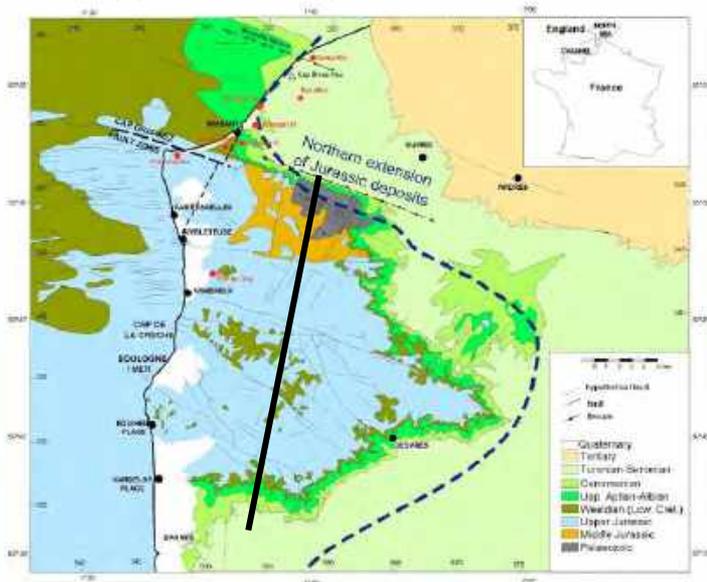
- Calcaires, dolomies et schistes du Tournaisien et Viséen
- Succession de plis (synclinaux) faillés
- Zones d'affleurement et drainage des nappes supérieures (libres)



LES AQUIFÈRES DU NORD-PAS-DE-CALAIS



Le Boulonnais



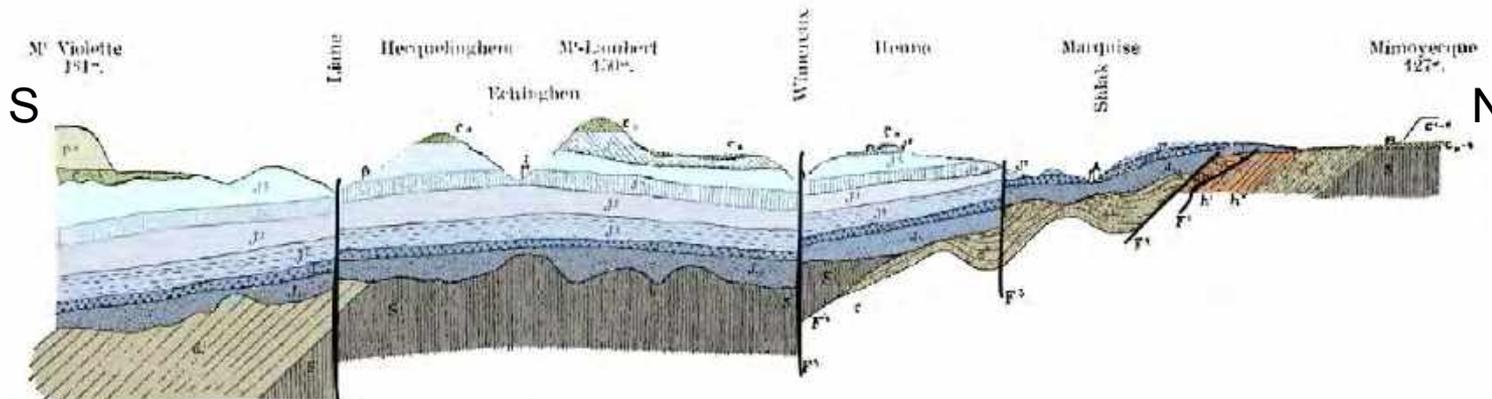
Bas boulonnais : Calcaires, argiles et grès du Jurassique supérieur principalement

Haut-Boulonnais : Dépôts albiens, cénomaniens et sénio-turoniens

Massif de Ferques : Formations primaires

→ Aquifères très compartimentés, de faibles extensions

Cadre géologique du Boulonnais (O. Averbuch, 2016, d'après Mansy et al., 2003)



LES AQUIFÈRES DU NORD-PAS-DE-CALAIS

Les calcaires Carbonifères – Un aquifère transfrontalier

Aquifère partagé entre 3 régions administratives:

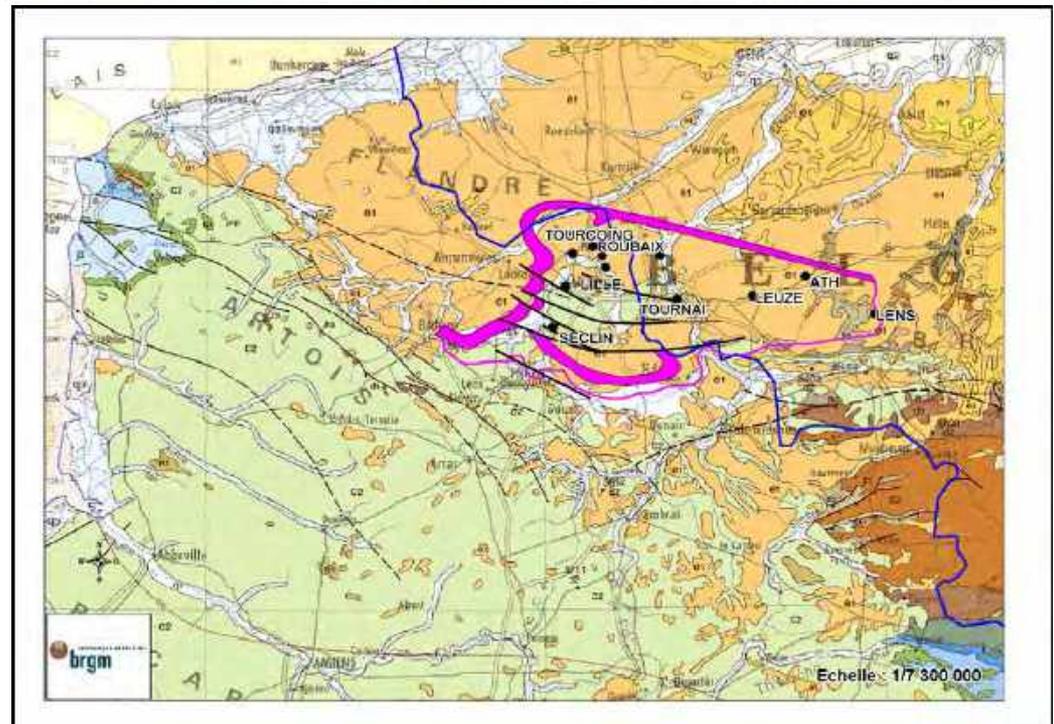
- Département du Nord
- Région Wallonne
- Et la Flandre

Surface $\approx 1400 \text{ km}^2$

4 masse d'eau (DCE):

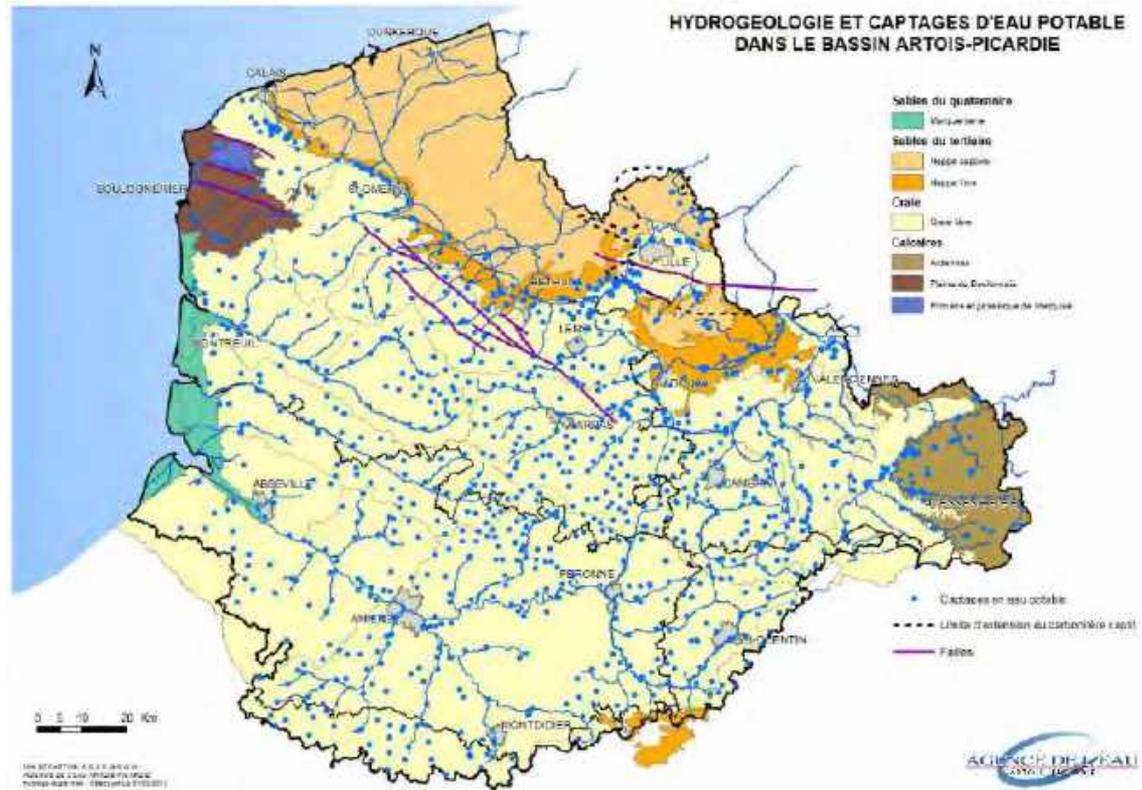
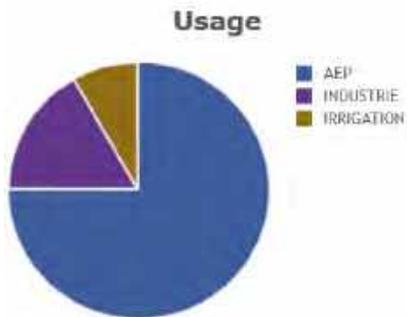
- Les Calcaires de Péruwelz-Ath-Soignies (RWE013),
- Les Calcaires du Tournaisis (RWE060),
- Les calcaires carbonifères de Roubaix-Tourcoing (FRAG015),
- Kolenkalk (SS 1300 GWL 1).

Plusieurs agglomérations: Lille-Roubaix-Tourcoing, Mouscron, Tournai...



LES AQUIFÈRES DU NORD-PAS-DE-CALAIS

- La nappe de la Craie est la principale ressource en eau souterraine
- Usage:
 - Alimentation en eau potable
 - Industrie
 - irrigation



NOTIONS D'HYDROGÉOLOGIE

SUIVI PIÉZOMÉTRIQUE

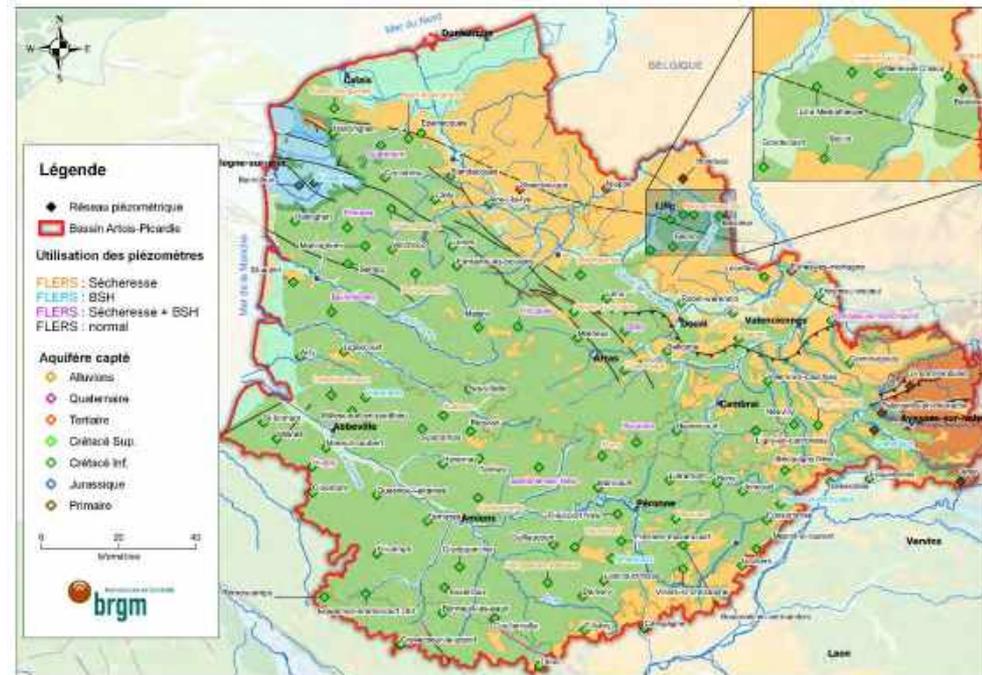


Geosciences pour une Terre durable

brgm

SUIVI PIÉZOMÉTRIQUE

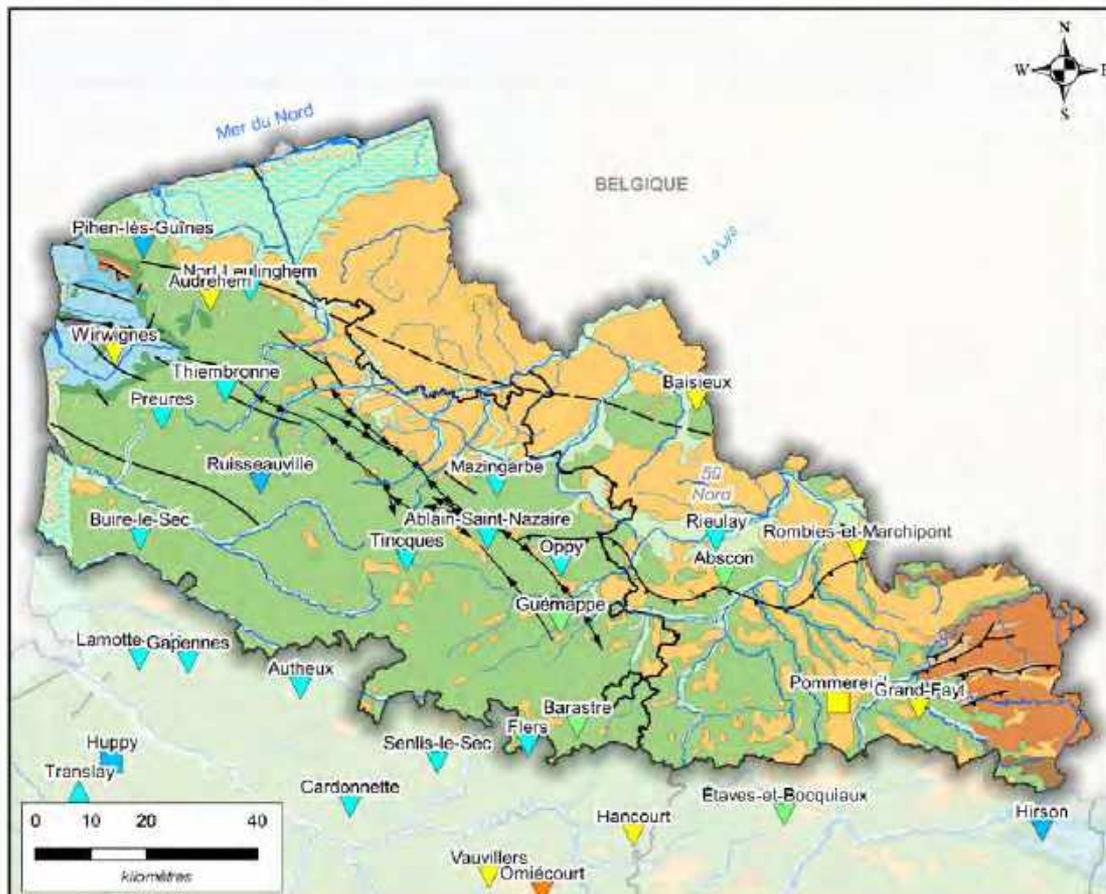
- Suivi au quotidien par un réseau piézométrique qui suit chaque masse d'eau
- Définit des seuils d'alerte et de crise
- Outil permettant aux préfets de prendre des mesures d'urgence (restriction)



SUIVI PIÉZOMÉTRIQUE

Nord-Pas-de-Calais

Situation des piézomètres sécheresse au 24/06/2020



Légende

Niveau des nappes

- Très haut
- Haut
- Modérément haut
- Autour de la moyenne
- Modérément bas
- Bas
- Très bas
- Non calculé (données insuffisantes)

Évolution récente

- ▲ Hausse
- ▬ Stable
- ▼ Baisse

Méthodologie

Le niveau des nappes est caractérisé par l'IPS (Indicateur Piézométrique Standardisé, RP-64147-FR) qui peut être analysé comme une fréquence de retour du niveau mensuel moyen observé de la station, réparti en sept classes, du plus sec (en rouge) au plus humide (en bleu foncé).



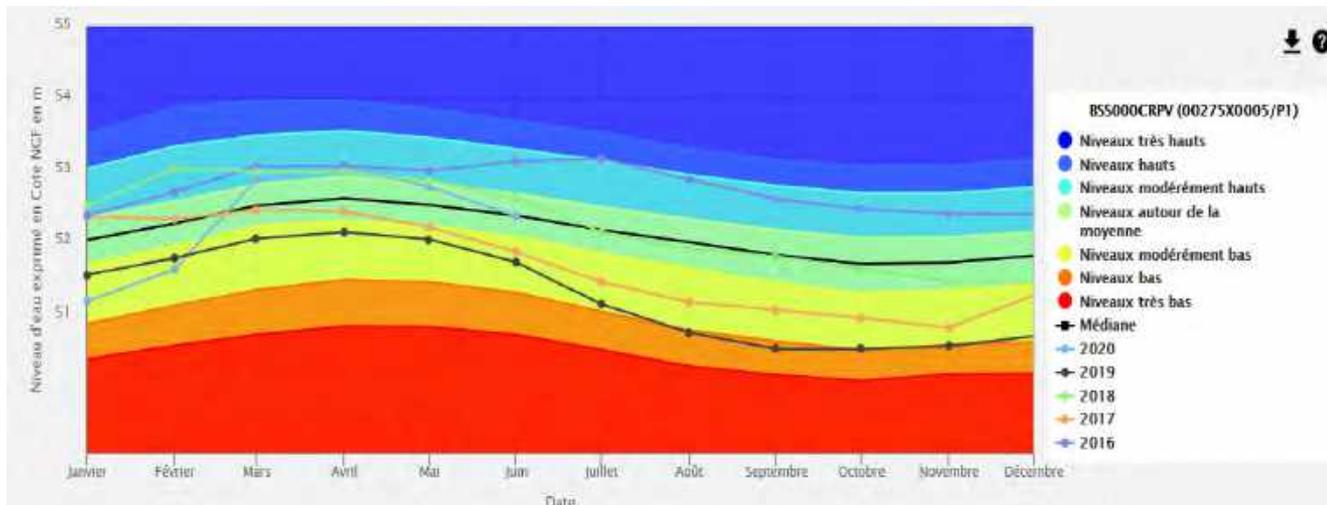
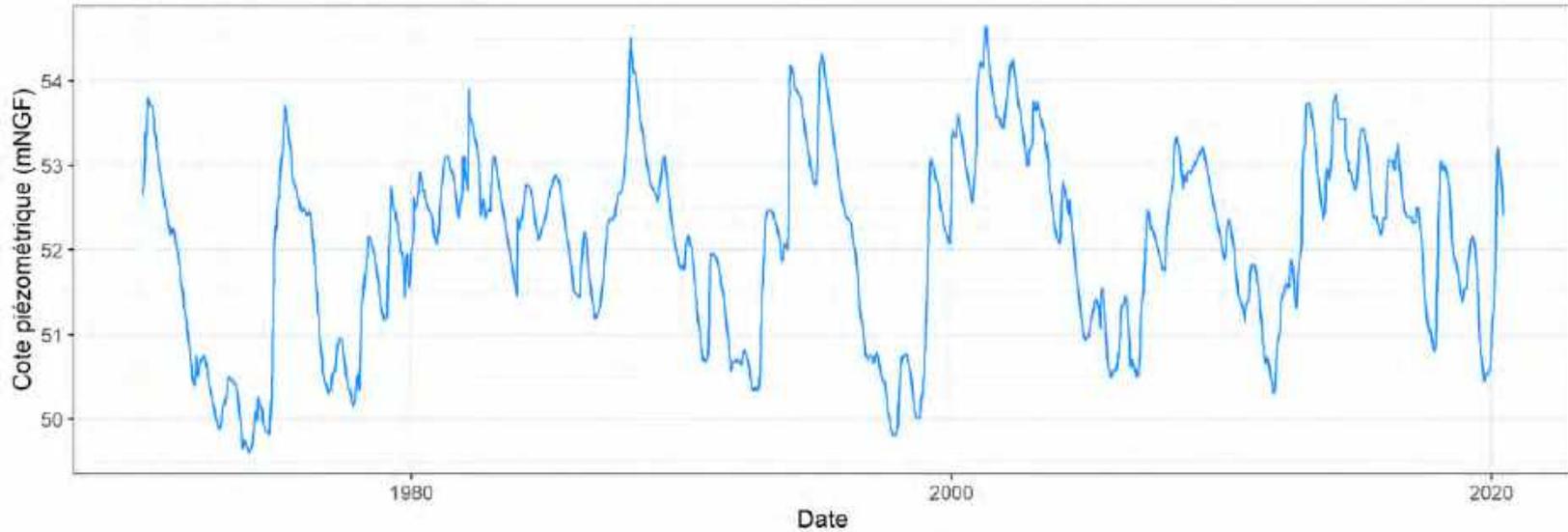
Source des données : BRGM - Banque ADES
Fond cartographique : BRGM © - Carte géologique au 1/100 000

SUIVI PIÉZOMÉTRIQUE

[lien ADES](#)

Guémappe (62) | 00275X0005/P1

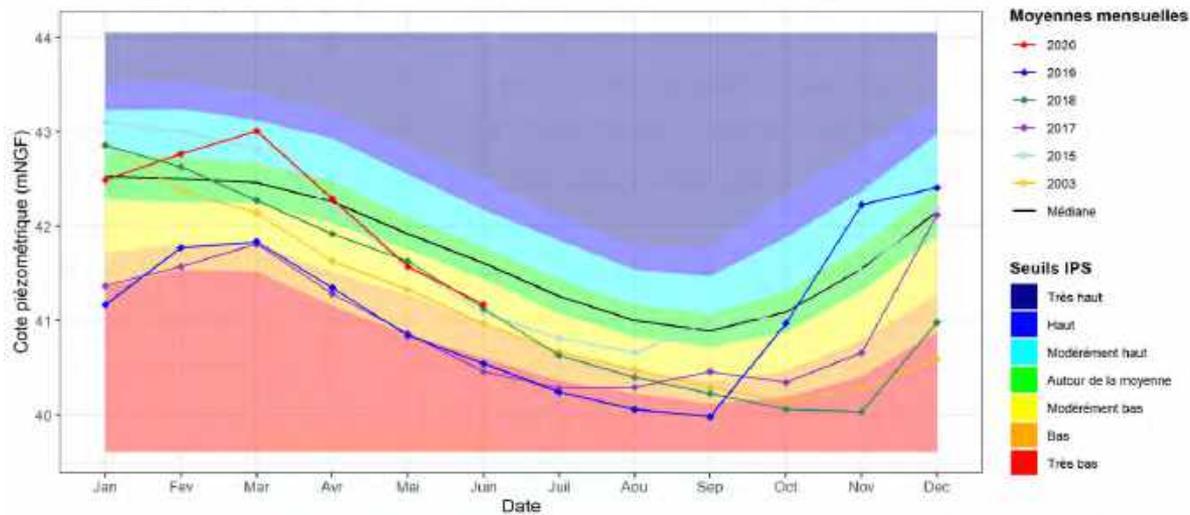
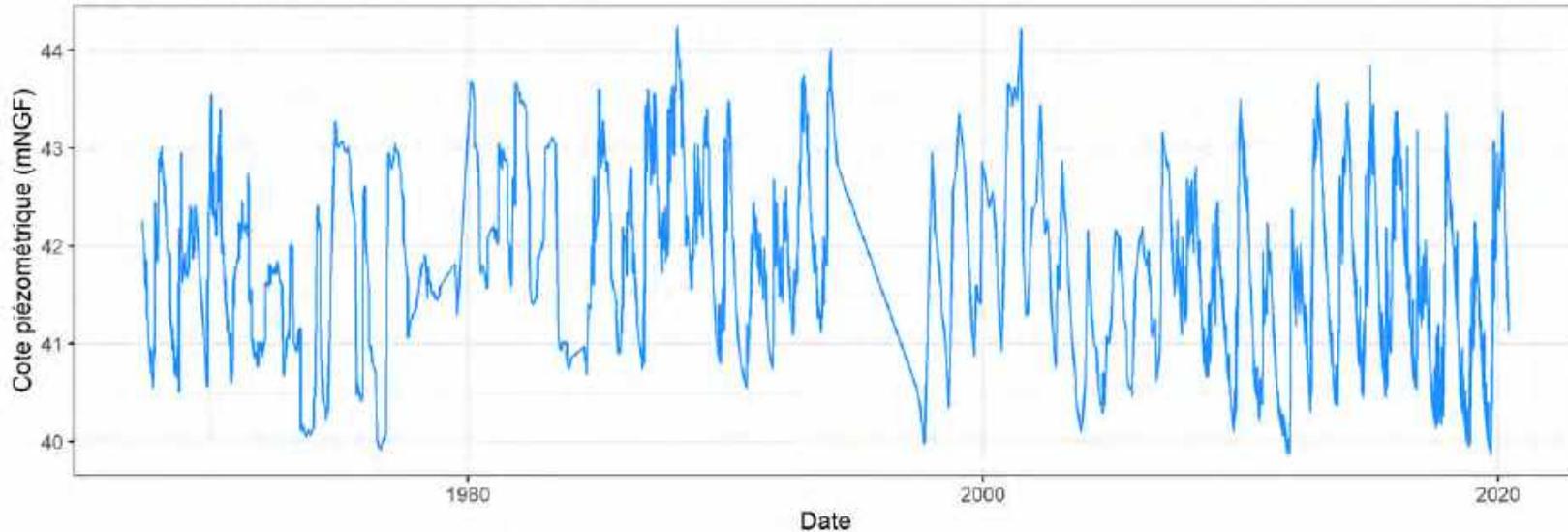
Sensée, Craie

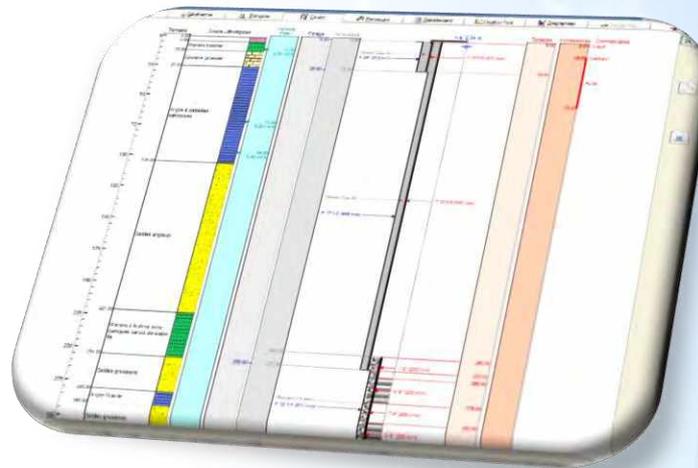


SUIVI PIÉZOMÉTRIQUE

[lien ADES](#)

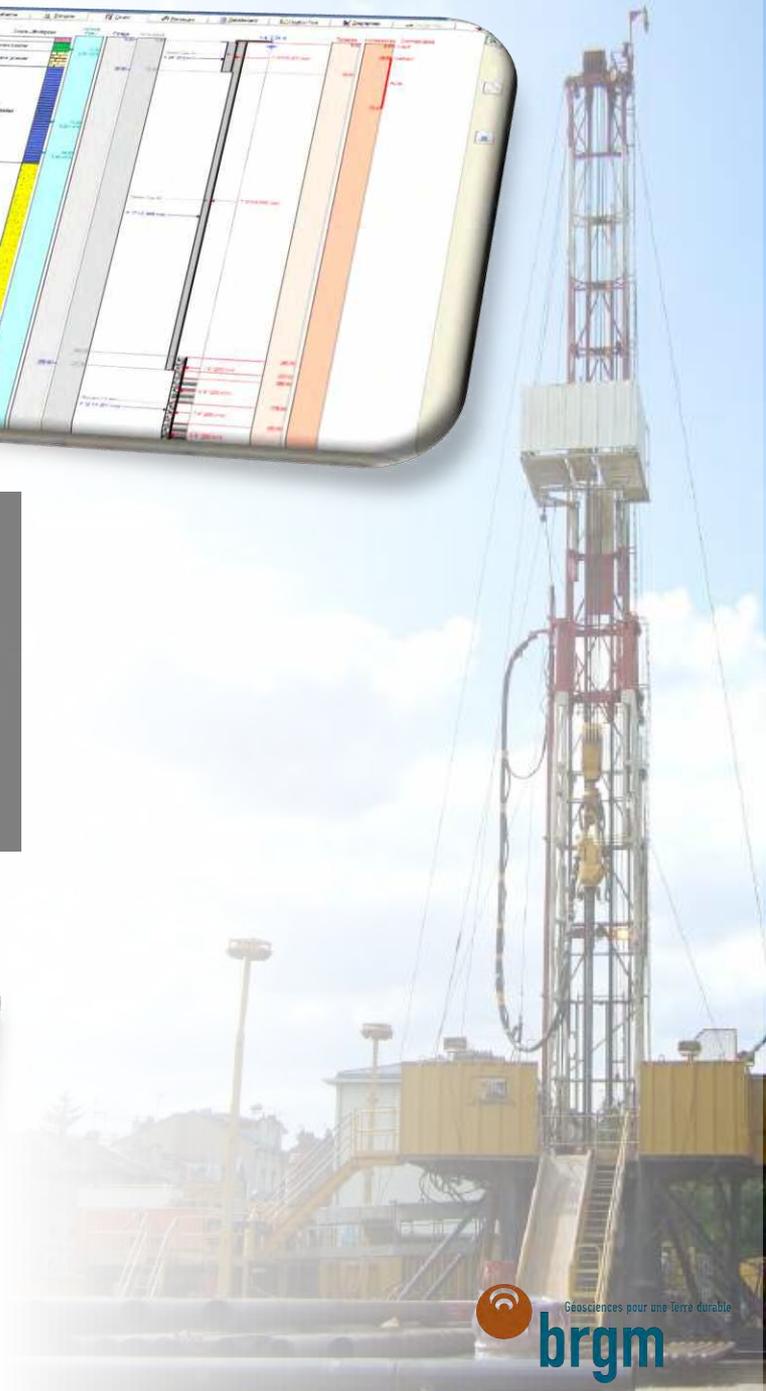
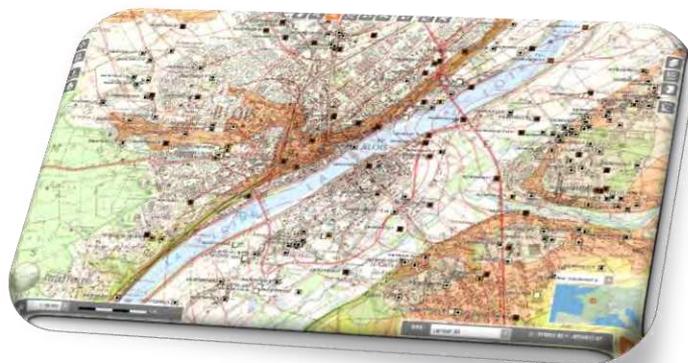
Wirwignes (62) | 00104X0054/P1
Liane, Calcaire séquanien du Boulonnais



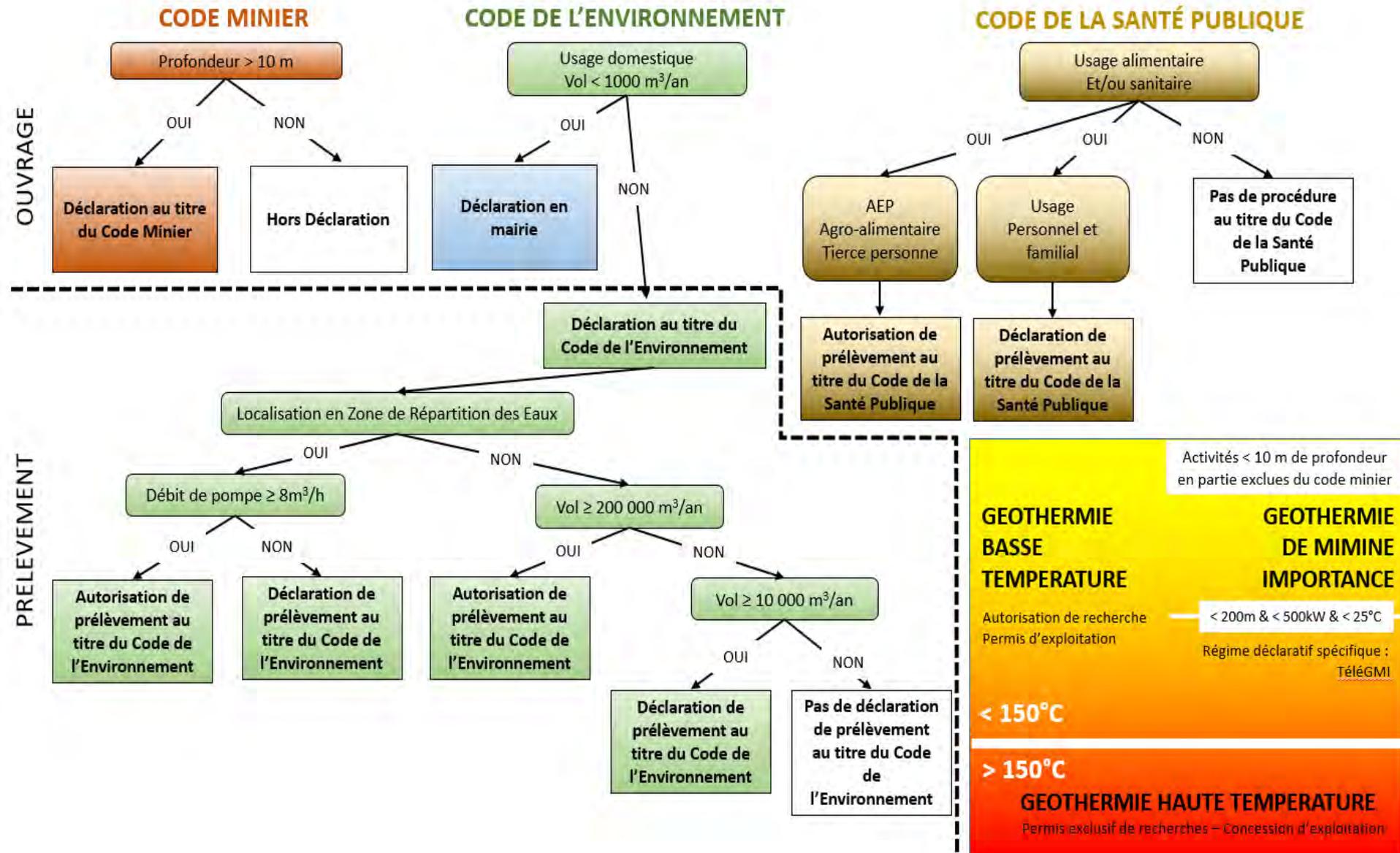


GESTION DES FORAGES

— LES BONNES PRATIQUES



LA REGLEMENTATION



Activités < 10 m de profondeur en partie exclues du code minier

GEOTHERMIE BASSE TEMPERATURE	GEOTHERMIE DE MIMINE IMPORTANCE
Autorisation de recherche Permis d'exploitation	< 200m & < 500kW & < 25°C
< 150°C	Régime déclaratif spécifique : TéléGMI
> 150°C	GEOTHERMIE HAUTE TEMPERATURE
	Permis exclusif de recherches – Concession d'exploitation

ENTRETIEN DES FORAGES

Extrait du guide d'application de l'arr. de 2004 :

Tous les forages doivent être surveillés et entretenus :

- Pour garantir la protection de la ressource en eau souterraine vis-à-vis du risque de pollution par les eaux de surface
- Pour empêcher le mélange des eaux de différents aquifères
- Pour éviter tout gaspillage de l'eau

L'exploitant peut intervenir sur le fonctionnement de son installation. En revanche, il ne peut intervenir sur l'évolution naturelle de la nappe ni sur l'évolution des pompages au voisinage mais il doit pouvoir en tenir compte. Ainsi, l'exploitant devra s'assurer si :

- la ressource diminue, naturellement ou à cause de prélèvements au voisinage, afin de l'intégrer dans la gestion de son installation,
- son forage se maintient en bon état de fonctionnement ou se dégrade avec un risque, dans un premier temps, d'augmentation des charges d'exploitation et, dans un deuxième temps, d'arrêt d'exploitation.



GUIDE D'APPLICATION DE L'ARRÊTÉ INTERMINISTÉRIEL
DU 11 SEPTEMBRE 2003
RELATIF À LA RUBRIQUE 1.1.0 DE LA NOMENCLATURE EAU
http://sigesbre.brgm.fr/IMG/pdf/guide-application_arrete_11-09-03_forage.pdf

ENTRETIEN DES FORAGES

Contrôles réguliers :

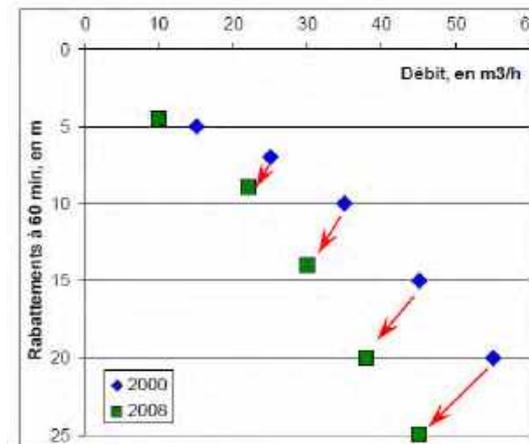
des pertes de charges (dégradation?),

du fond du forage (ensablement?),

*de l'état intérieur du forage
(colmatage/corrosion des crépines?),*

*de l'étanchéité de la tête du forage (infiltration
d'eau de pluie?),*

etc.



Evolution des rabattements entre deux pompages par paliers (2000-2008)



Photo A. Gutierrez

Dépôts sur une pompe



Photo A. Gutierrez

Colonne de refoulement oxydée

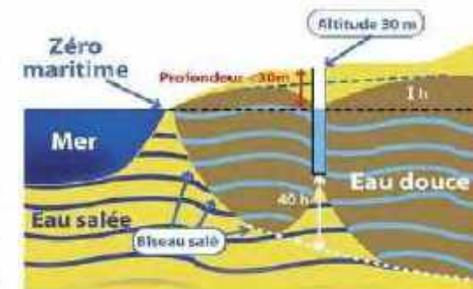
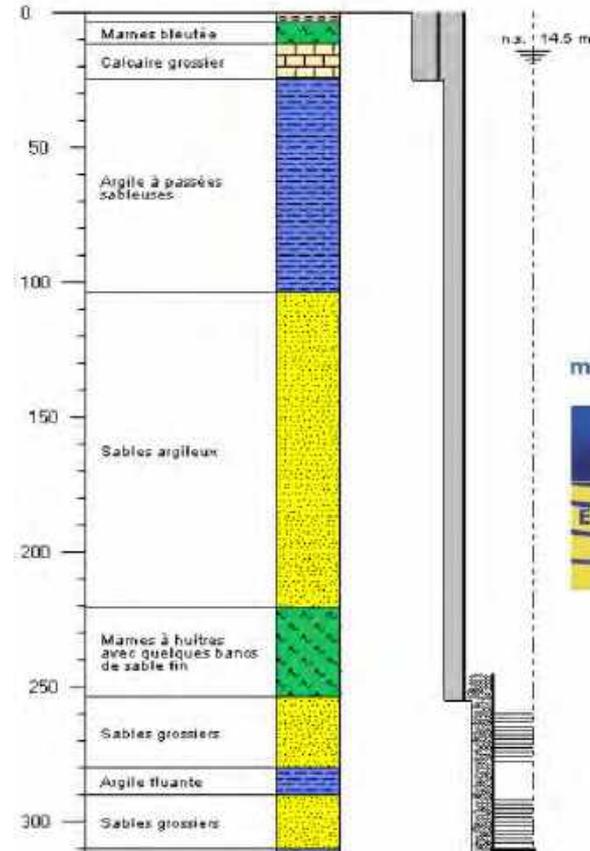
ENTRETIEN DES FORAGES DE PRÉLÈVEMENTS

Entretien de la tête :

- margelle de min. 3m² et 30cm haut. permettant d'évacuer les eaux de pluie et de ruissellement et garantissant la continuité d'étanchéité avec la cimentation annulaire.
- Regard muni d'un couvercle amovible fermé à clé

Suivi piézométrique (Niveau statique / niveau dynamique) : Éviter que le niveau d'eau ne désature les crépines

Suivi qualité selon contexte hydrogéologique et d'exploitation (par ex. surveillance du biseau salé)



F: 311 mm (12*14)
F: 203 mm (8*)

ENTRETIEN DES FORAGES DE PRÉLÈVEMENTS

Passage caméra régulier : vérifier les éventuelles problèmes (colmatage des crépines, corrosion, ensablement, etc.)

Entretien mécanique (brossage, airlift, etc.)



Passage caméra : observation de l'état des crépines et du massif de gravier



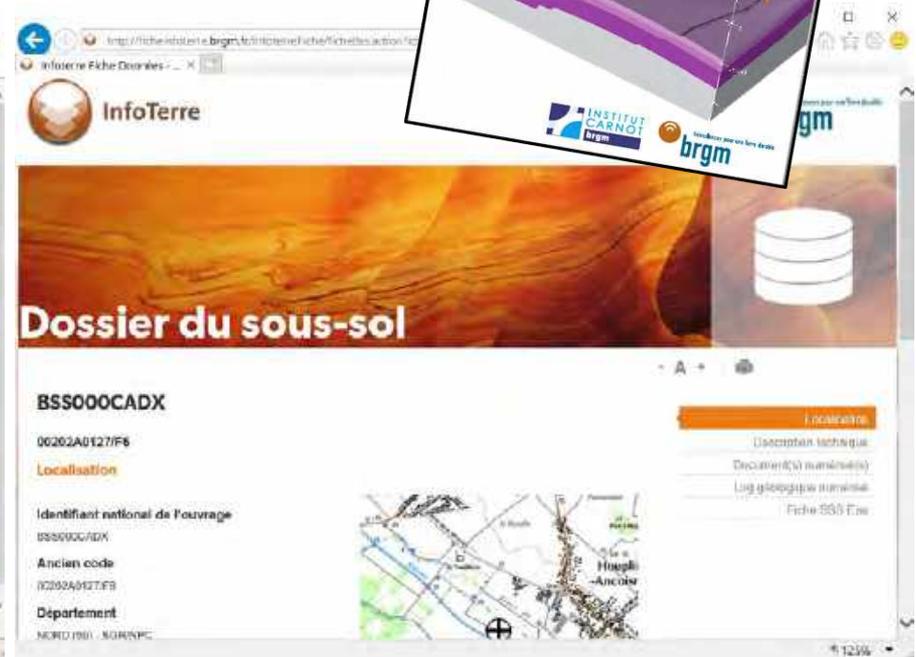
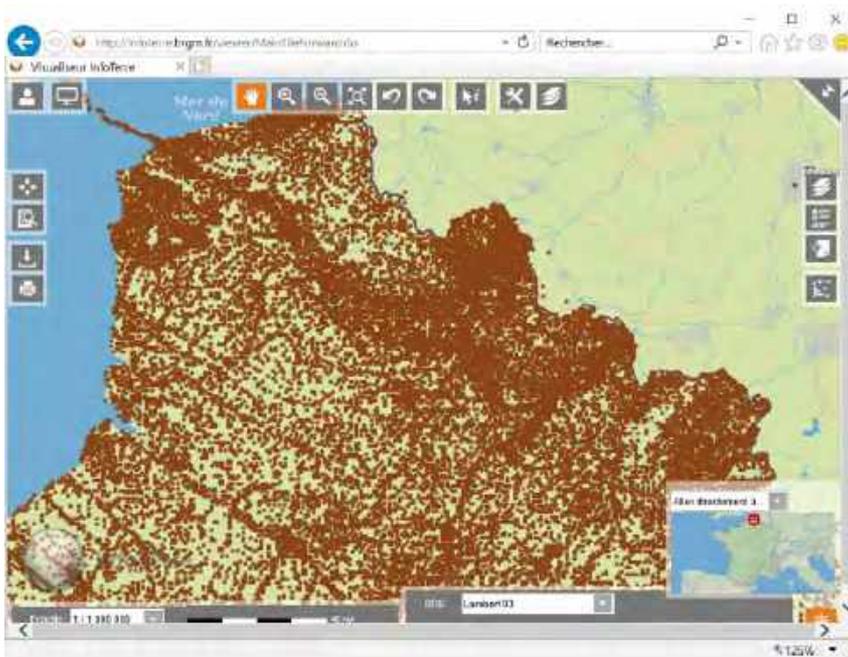
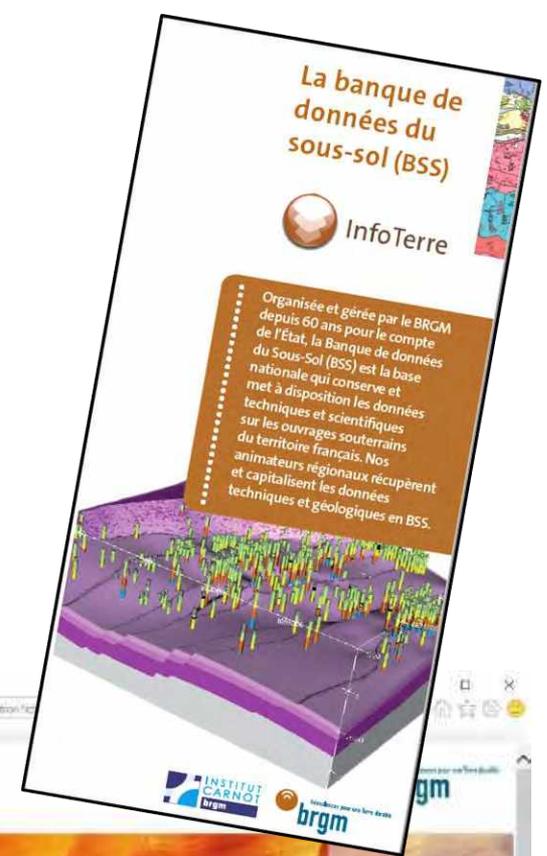
Photo B. Vittecoq

Air-lift : Nettoyage d'un forage

LA BSS : BANQUE DU SOUS-SOL

infoterre.brgm.fr : toutes les informations sur les ouvrages du sous-sol (puits, forage, sources, sondages, etc.)

Mise à jour : les rapports de fin de travaux (forage, maintenance, diagnostic, comblement) peuvent être envoyés à bss.hdf@brgm.fr





GESTION DES RESSOURCES EN EAU

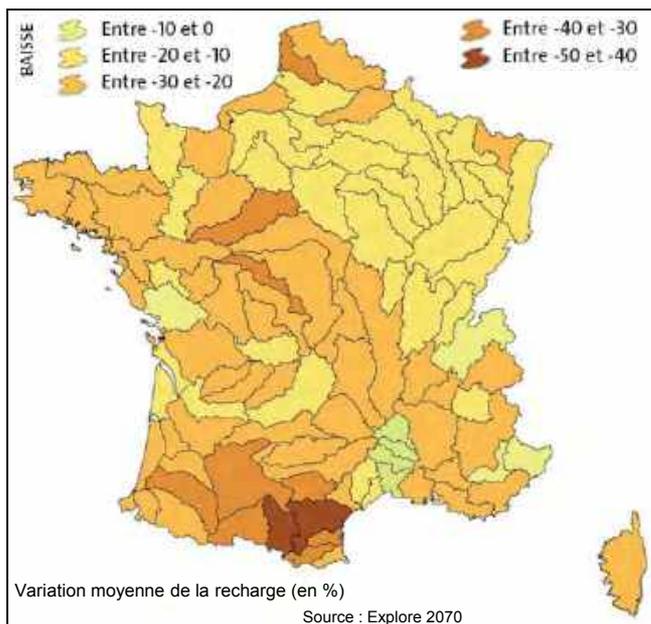
QUELLES PERSPECTIVES ?

CHANGEMENT CLIMATIQUE

Quelles conséquences ?

Sur la recharge des nappes

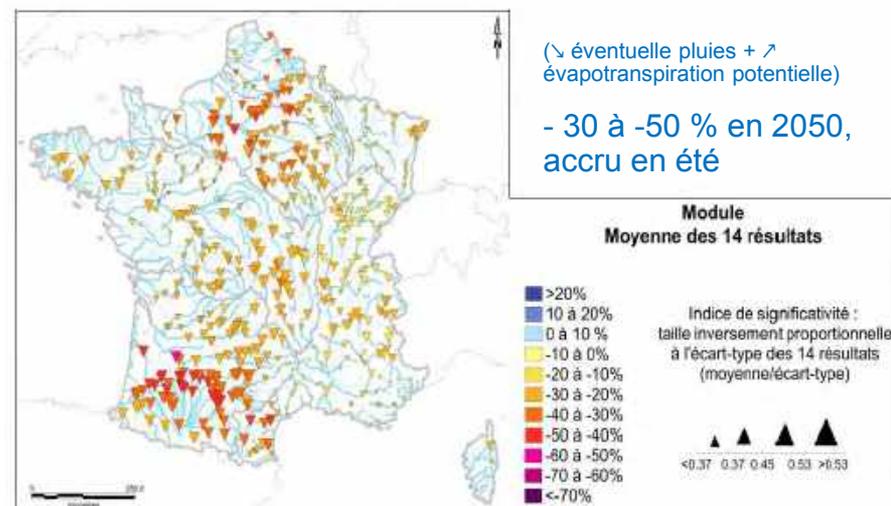
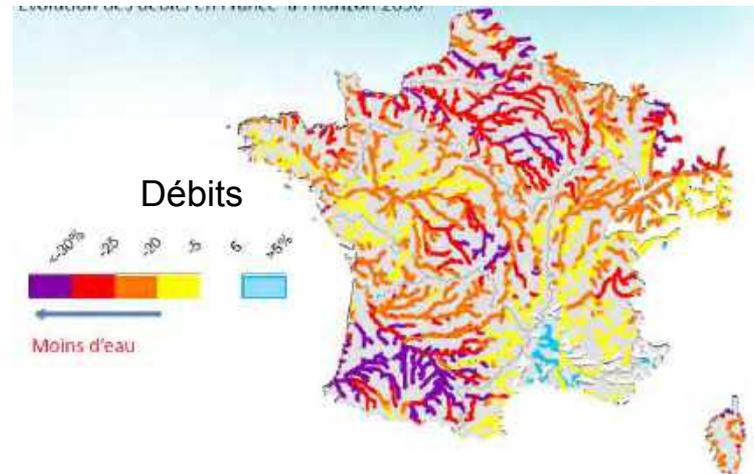
- **Baisse** moyenne de la recharge en France : de 10 à 25%
- départements du Nord et du Pas-de-Calais : -20 à -40%



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)

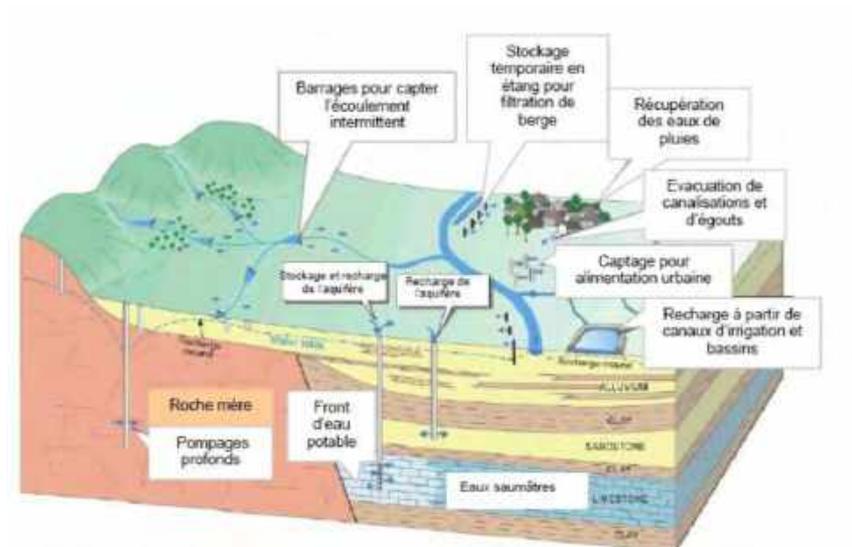
Sur le débit des cours d'eau



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

Cadre opérationnel des réflexions en « ReUSE »

○ Quel type d'eau récupérée

- Eaux usées
- Eaux pluviales
- Eaux de surface

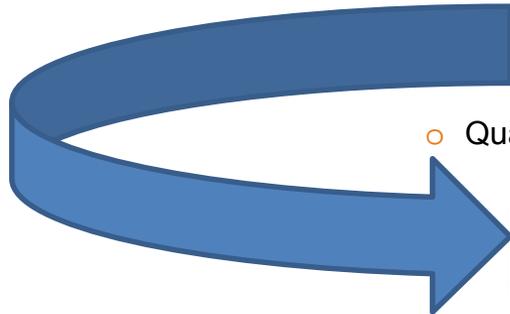
○ Pour quel usages:

- Industriel
- Urbain
- Irrigation espaces verts
- Agricole
- Eau potable

○ Quels sont les volumes considérés ?

○ Où se situent les source d'eau et les usages ?

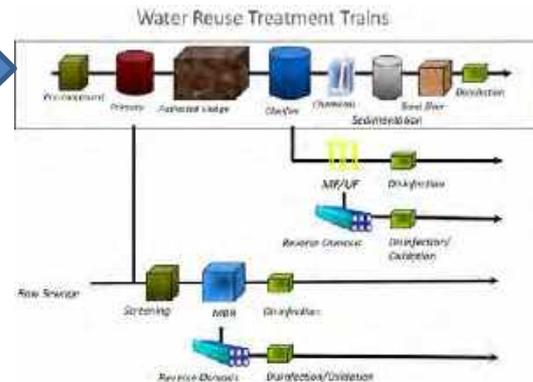
○ Evaluation des coûts



Chaîne de traitement à adapter



○ Qualité d'eau requise stockage / reuse directe





MERCI DE VOTRE ATTENTION

