

LA GESTION QUANTITATIVE DES EAUX SOUTERRAINES : surveillance et outils d'aide à la décision dans le contexte de changement climatique

Bruno Mougin, Flora Lucassou et Mélanie Bardeau
02 décembre 2019

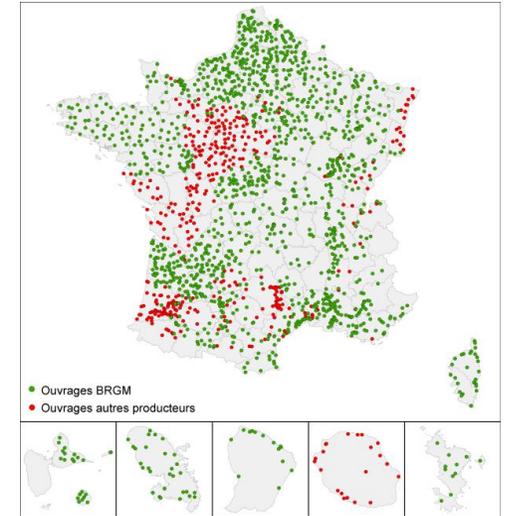


Réseau piézométrique national



• Présentation

- Le réseau national de surveillance de l'état quantitatif renforcé depuis 2000 dans le cadre de l'application de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE) compte désormais 1700 ouvrages
- Le BRGM en tant qu'opérateur national de ce réseau assure la responsabilité d'environ 1600 ouvrages
- Ce réseau est complété par environ 2700 ouvrages de surveillance gérés à l'échelle locale (département, commune)
- Ce réseau géré en partenariat avec l'AFB (ONEMA) et en relation avec le Ministère en charge de l'Environnement
- Encadré par la circulaire du 03 janvier 2011
- Les procédures sont identiques à l'échelle nationale : Document d'Assurance Qualité (DAQ)



Nicolas et al. 2013

**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**

Établissement public du ministère de l'Environnement

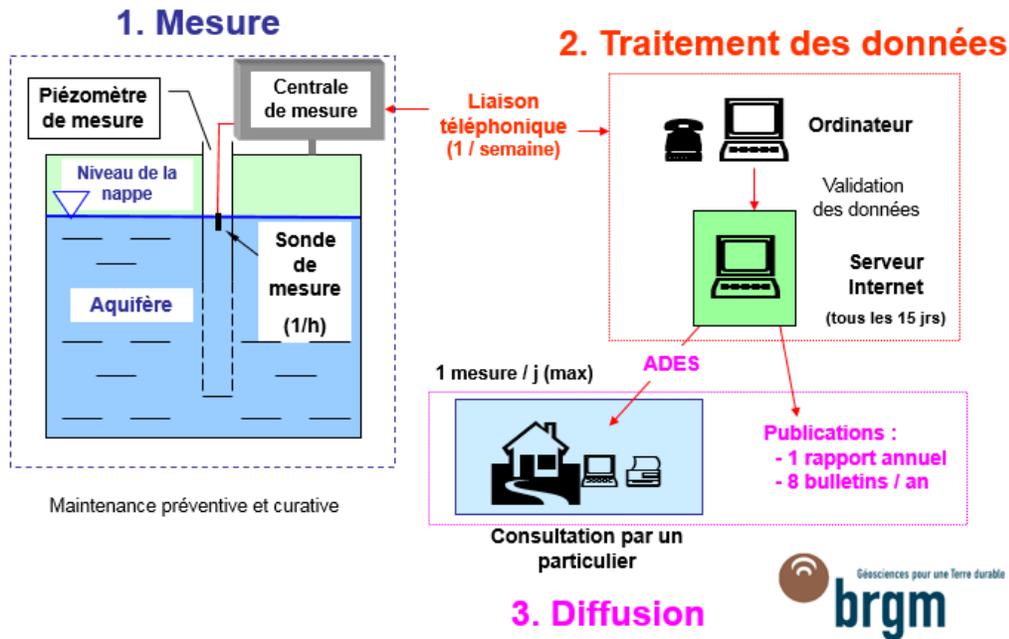
1700 stations dont :

~1600 gérées par BRGM

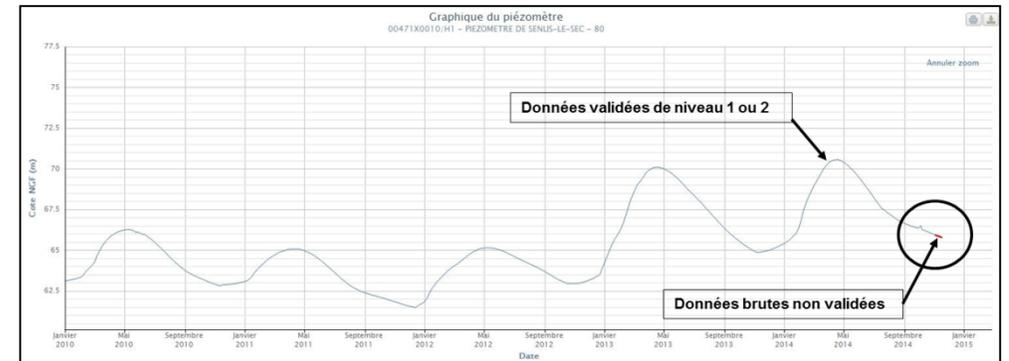
~1400 stations GPRS



Le réseau de suivi piézométrique, des données accessibles à tous



<http://www.ades.eaufrance.fr/>



- Mesures horaires
- Maximum journalier bancarisé dans ADES
- Données brutes temps réel disponibles dans ADES et via Hub'EAU



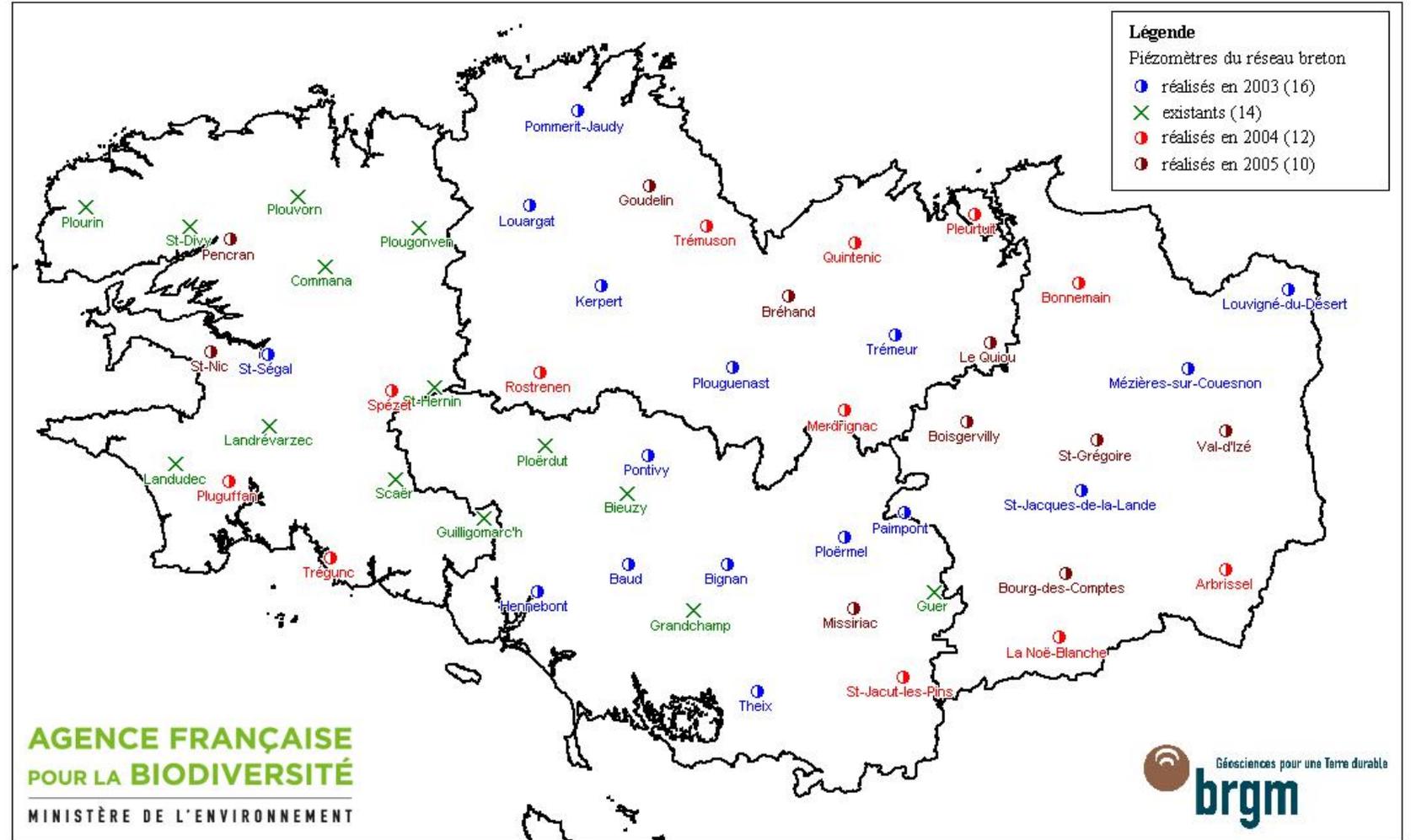
<https://hubeau.eaufrance.fr/>



Le réseau de suivi quantitatif de Bretagne = réseau piézométrique



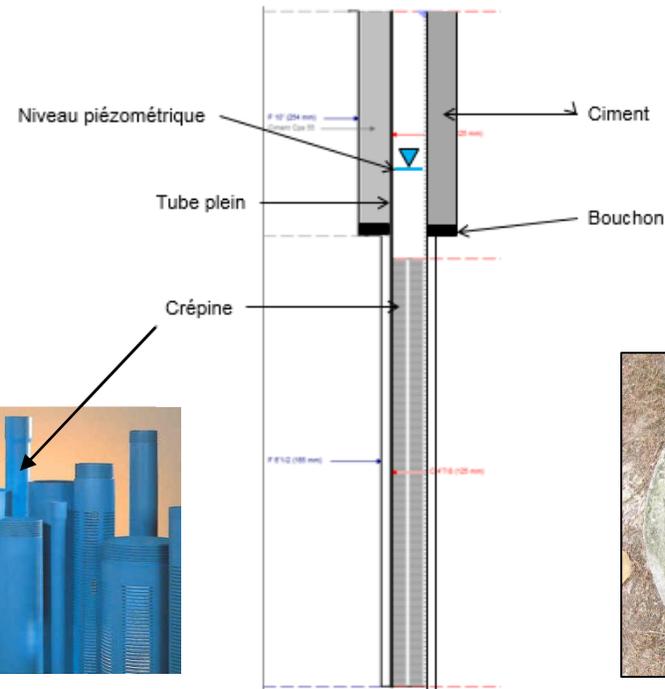
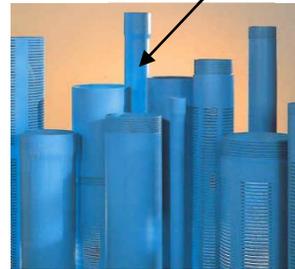
- > implantation
- > suivi DCE
- > mesure fluctuation niveaux
- > constat état ressource (recharge/vidange)
- > connaissance écoulements (infiltration/ruissellement)
- > évolution débits cours d'eau (inondation)
- > mise à disposition données



SILURES Suivi - Réseau piézométrique de Bretagne

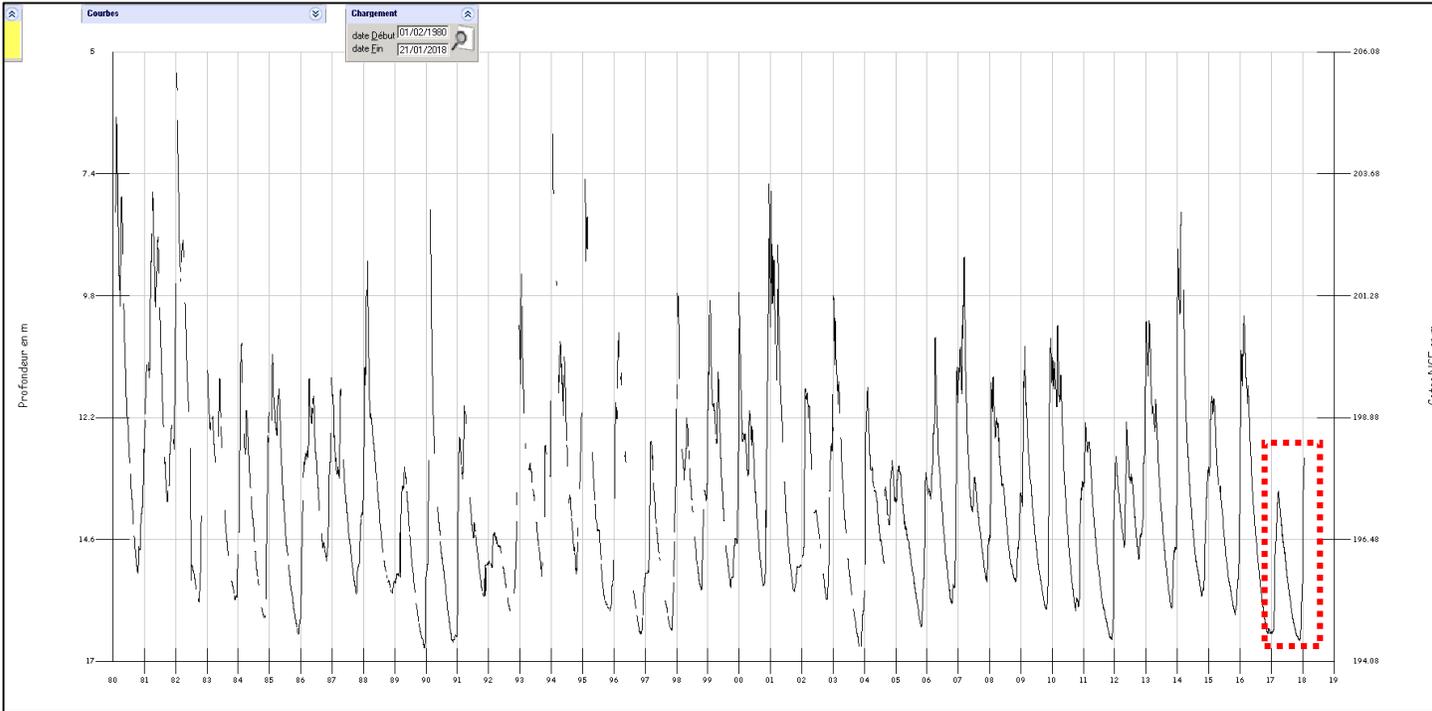
Le réseau de suivi piézométrique

Pencran (29)

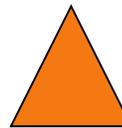
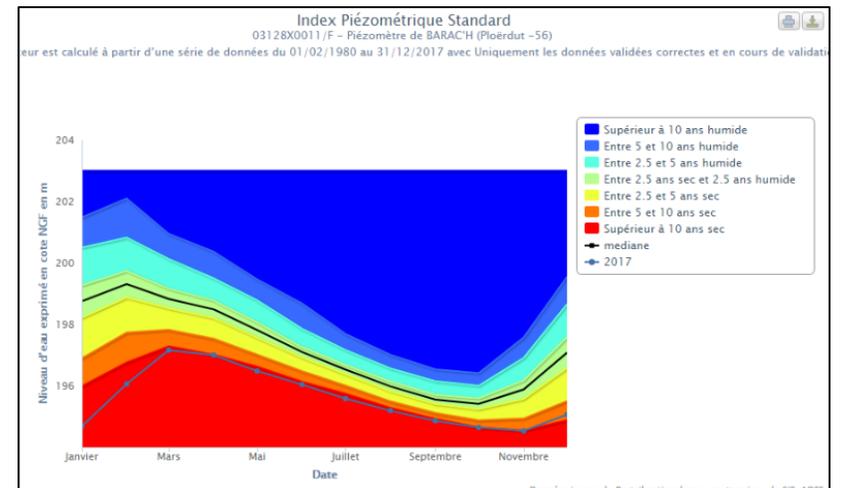
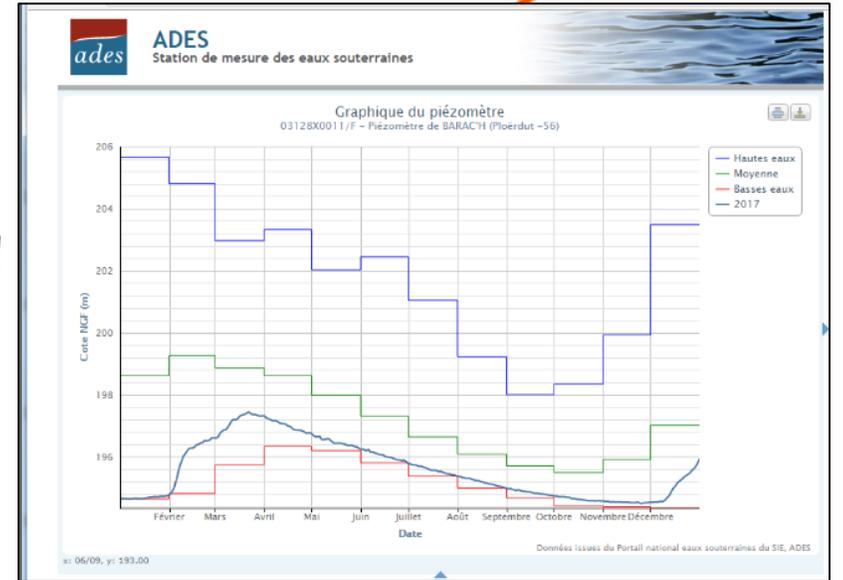


Pour en savoir plus : <http://sigesbre.brgm.fr/Reseau-piezometrique-regional.html>

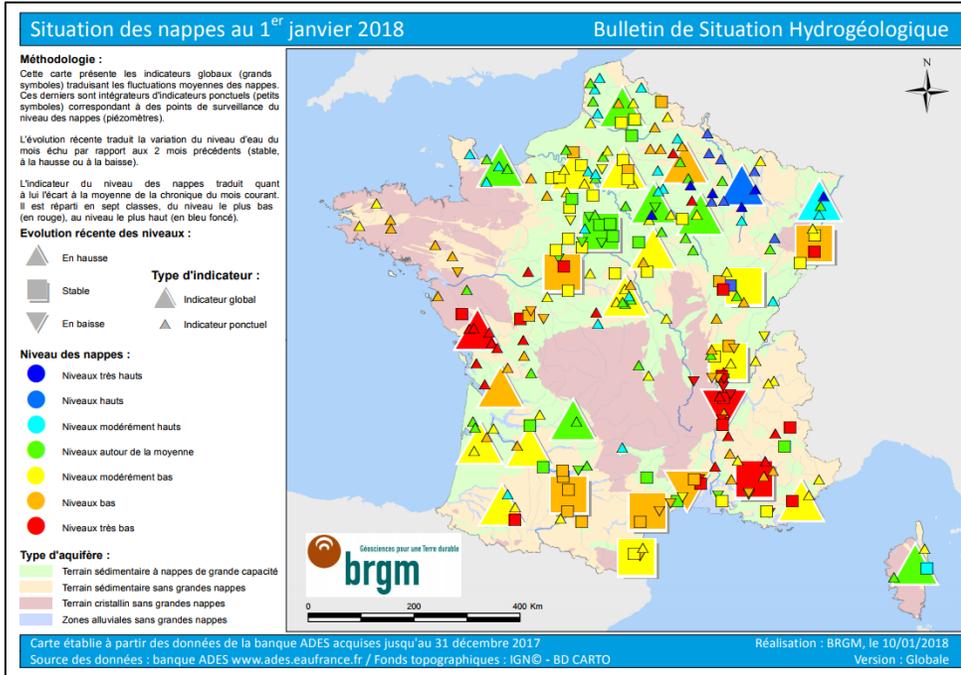
Données acquises



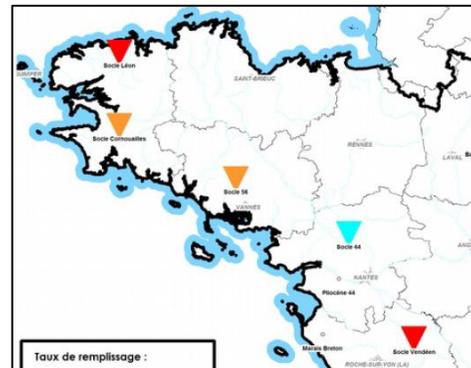
Ploërdut (56)
Mesures 1980-2018



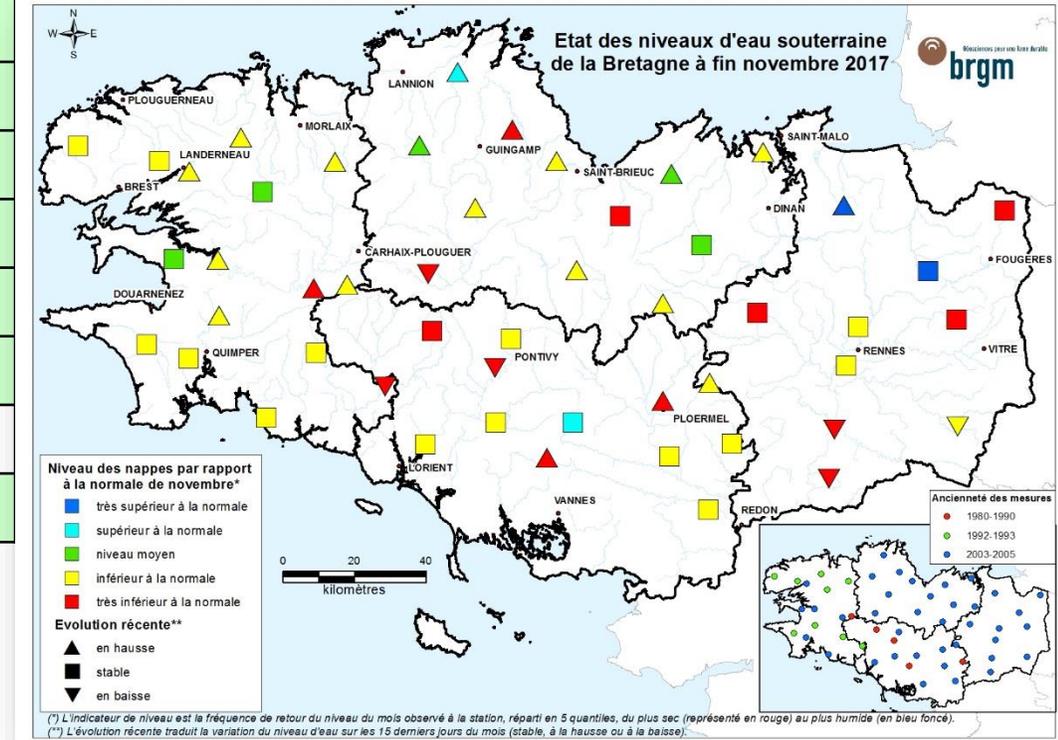
Bulletins de situation du niveau des nappes

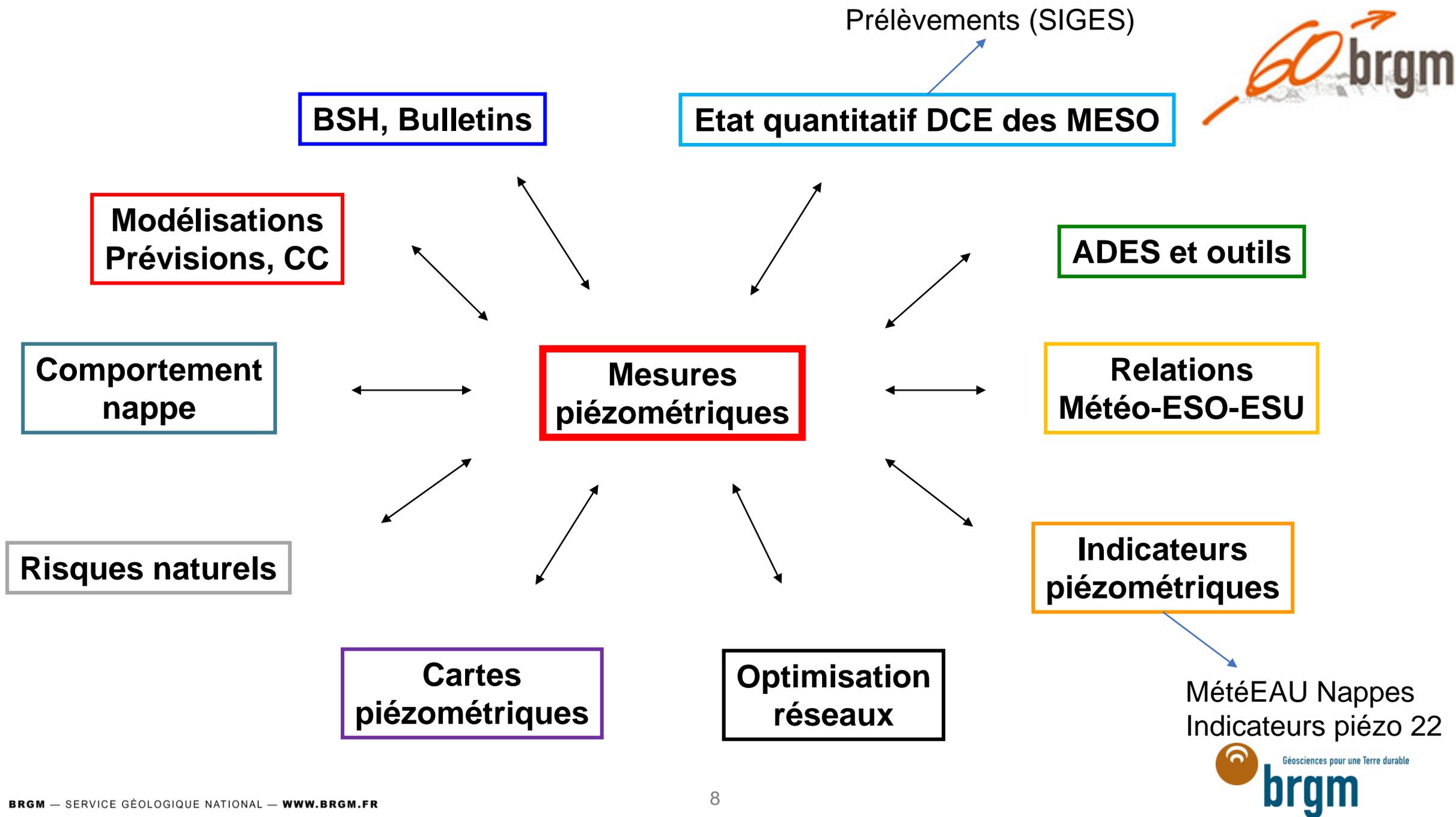


<http://www.eaufrance.fr/>



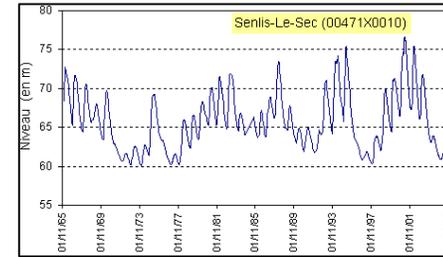
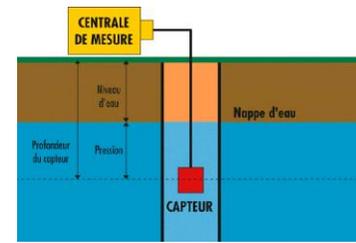
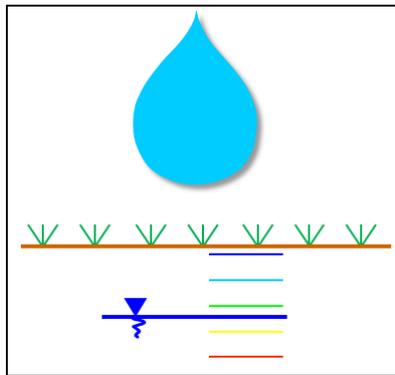
Janvier
Février
Mars
Avril
Mai
Juin
Juillet
Août
Septembre
Octobre
Novembre
Décembre





MétéEAU des nappes

- Mise à disposition en quasi temps réel des données brutes et valorisées issues des mesures effectuées sur le réseau piézométrique national.
- Sous forme de cartes et de courbes issues de travaux de modélisation et de prévision de l'évolution du niveau des nappes (en hautes et basses eaux)

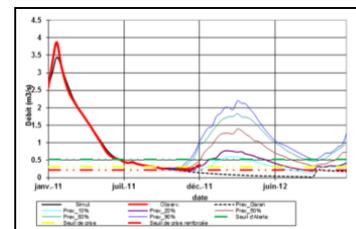


Niveau des nappes :

- Niveaux très hauts
- Niveaux hauts
- Niveaux modérément hauts
- Niveaux autour de la moyenne
- Niveaux modérément bas
- Niveaux bas
- Niveaux très bas

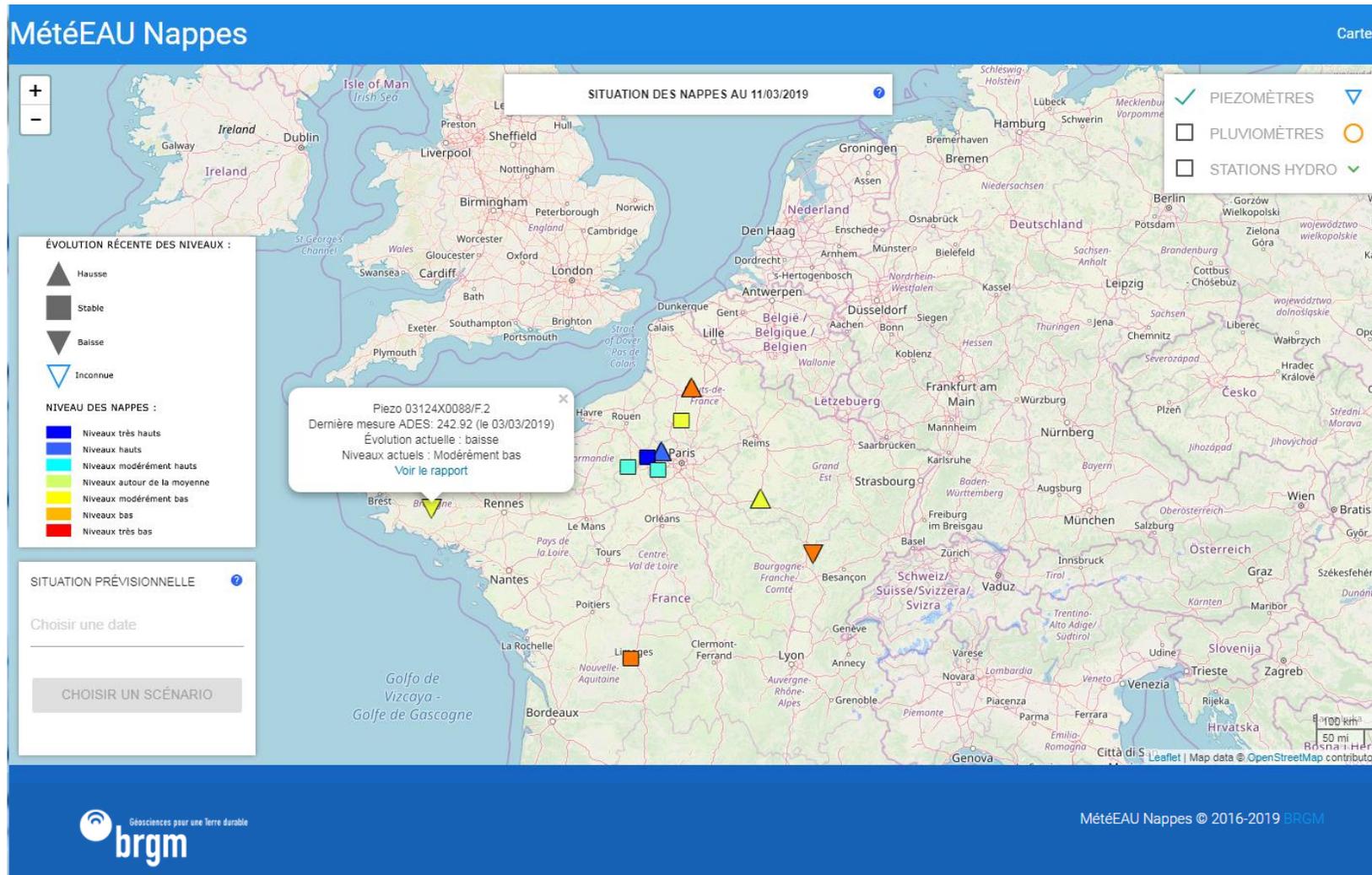
Evolution récente

- ▲ En hausse
- Stable
- ▼ En baisse



Piezomètre de Vailly (02982X0028/F)

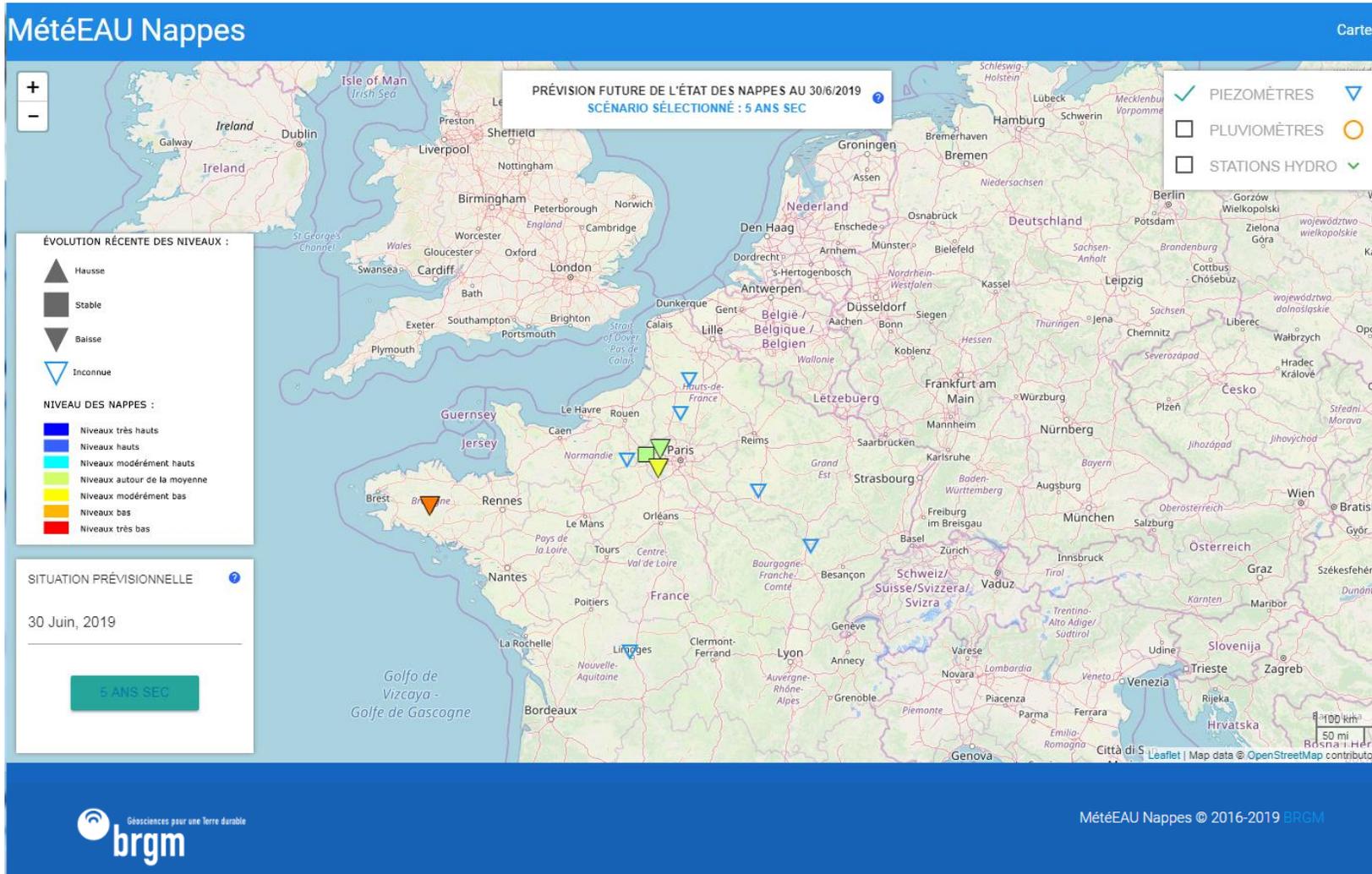
Captures d'écrans du site internet



au 11/03/2019



Captures d'écrans du site internet



au 30/06/2019 - scénario 5 ans sec

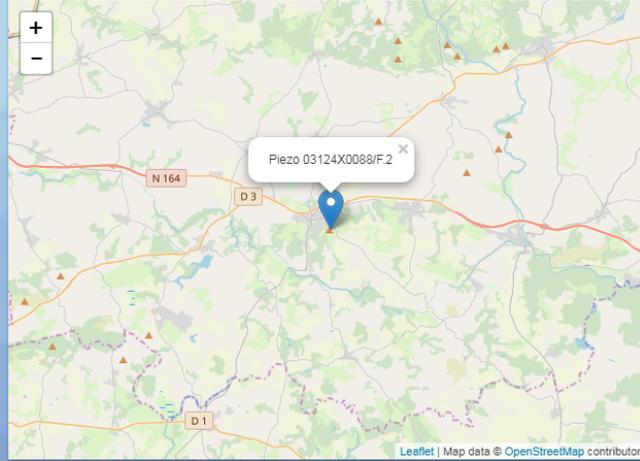




BULLETIN DU 11 MAR 2019 - DÉPARTEMENT DES COTES-D'ARMOR, COMMUNE DE ROSTRENNEN, PIÉZOMÈTRE 03124X0088/F

↑ haut de page

CARTE



PIEZOMÉTRIE

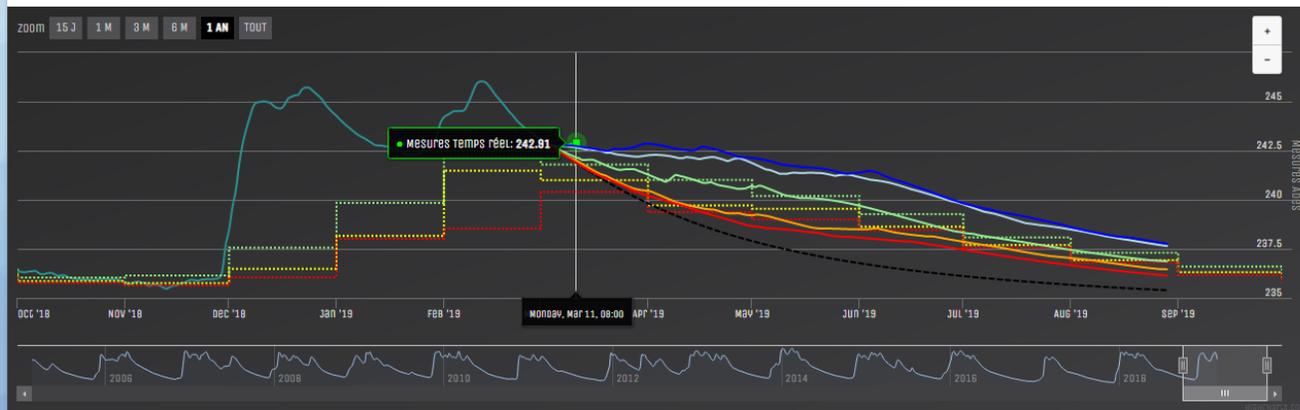


PRÉVISIONS (m NGF)

LÉGENDE



SEUILS



Quelles nouveautés ? Perspectives



- Outil pour disposer de la situation des nappes à la date du jour et dans le futur (prévisions du comportement des aquifères)
- Mise à disposition données météo / eaux souterraines / eau de surface les plus récentes
- Service aide à décision pour gestion de l'eau sur territoires (intégration seuils de restriction, aide à gestion conflits d'usage)
- Interface web facile d'utilisation et compréhensible (cartes et courbes temps réel, fiches dynamiques)
- Rafraichissements données prédictives -> concept du « bulletin météo »

 Bientôt un site internet public à accès privé...

Indicateurs piézométriques



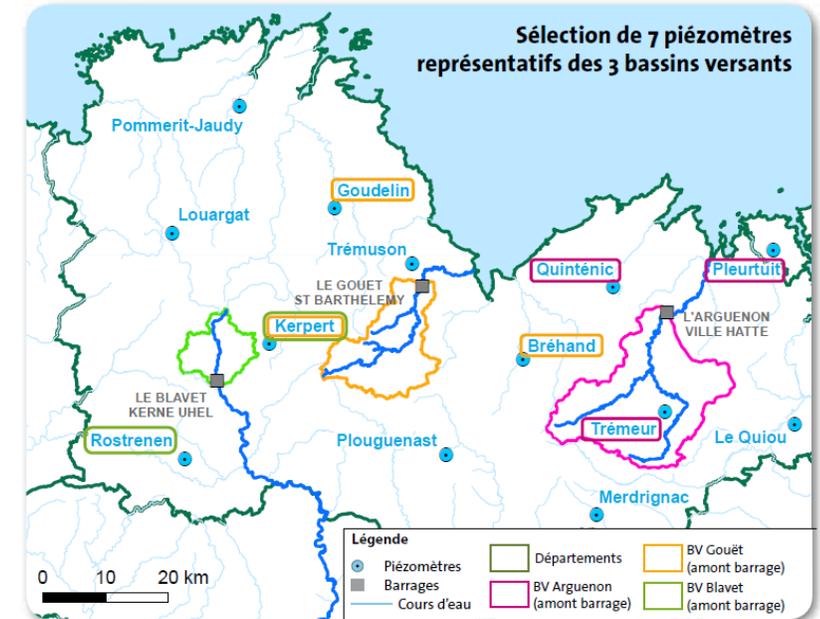
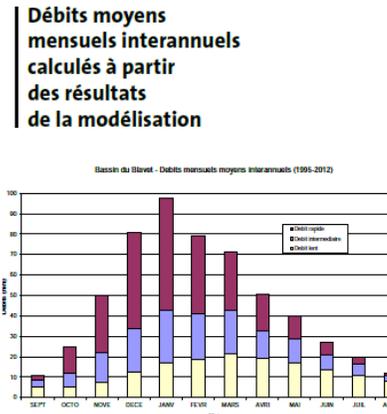
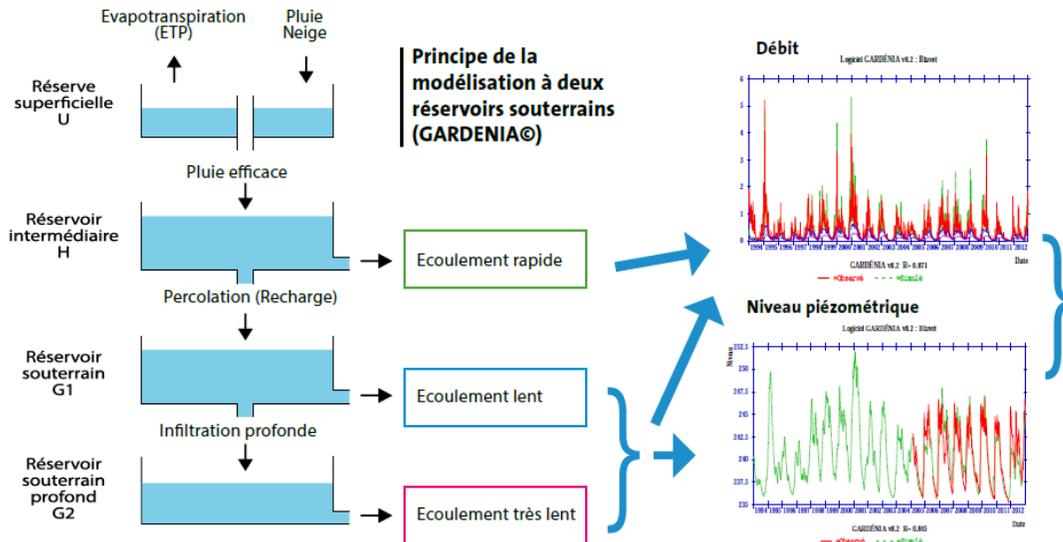
Mieux gérer la ressource en eau grâce aux indicateurs piézométriques

Exemple des Côtes d'Armor

Améliorer la gestion hydraulique de 3 retenues d'eau potable des Côtes d'Armor par la prise en compte d'indicateurs piézométriques

Indicateur piézométrique : « variable de contrôle de l'état d'une ressource en eau souterraine soumise à des règles de gestion et associée à un piézomètre (ou plusieurs) de suivi de l'évolution de cette ressource. L'indicateur est caractérisé par une gamme de valeurs particulières (que l'on peut appeler seuils de gestion) » - rapport BRGM/RP-58139-FR

Modélisations Pluie-Débit-Niveau piézométrique à 2 réservoirs souterrains avec le logiciel GARDENIA© sur la période 1994-2012



Indicateurs piézométriques

Connaissant le débit minimum à respecter à l'étiage, quel devrait être le débit au printemps pour assurer cet étiage et à quelle cote piézométrique ce débit est-il associé ?

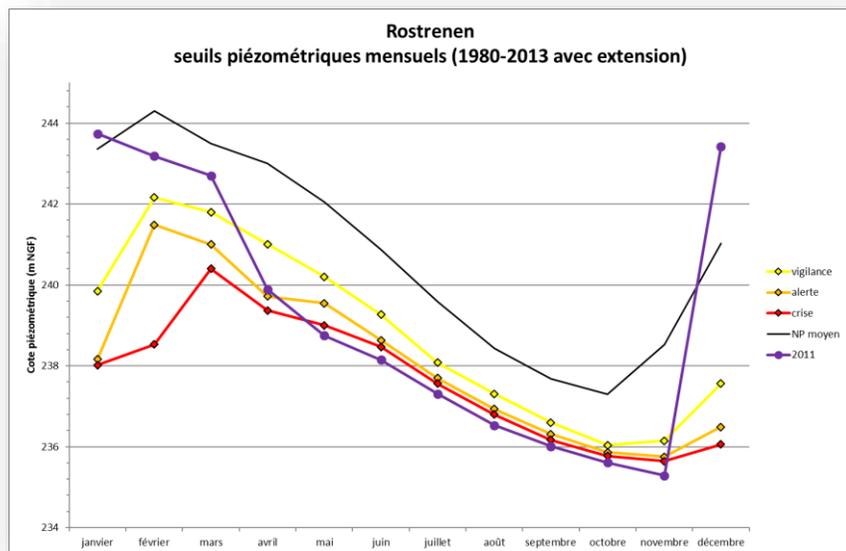


Mieux gérer la ressource en eau grâce aux indicateurs piézométriques

Détermination d'un piézomètre de référence par bassin versant

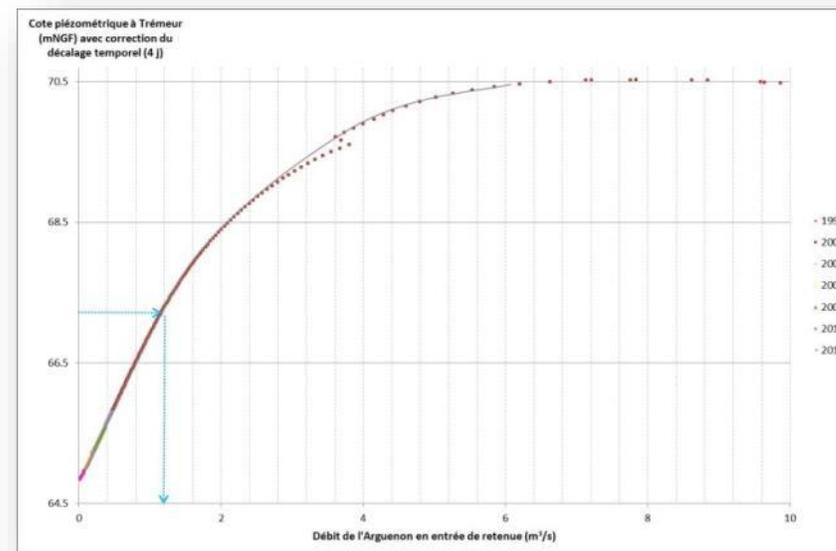
Des outils de gestion opérationnels

- Estimation de seuils piézométriques mensuels



Quel pourrait être le débit de la rivière au 1^{er} juillet sachant qu'au 1^{er} mars il est de 4 m³/s ?

- Abaques de corrélation niveau piézométrique / débit

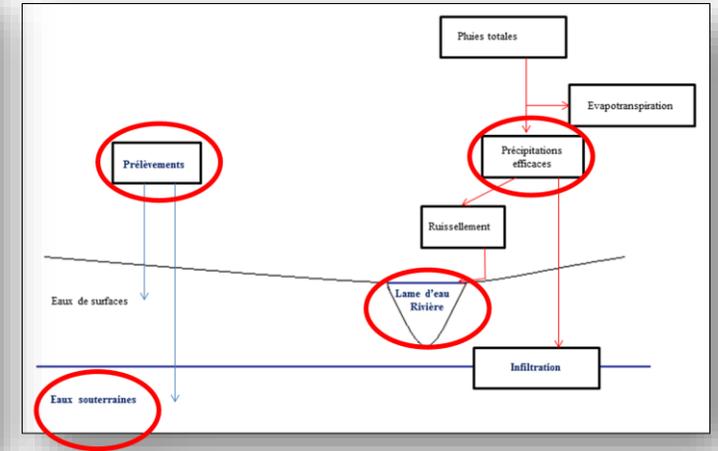
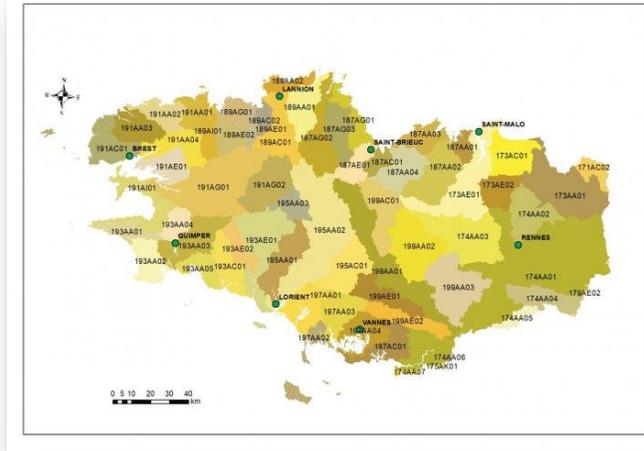


➔ Anticipation d'une situation potentiellement critique

Travail réalisé dans le cadre du SIGES Bretagne (2011-2015)

Source des données

- AELB (redevances : AEP, irrigation, industrie),
- DDTM (dossiers Loi sur l'eau),
- UD DREAL (ICPE industrielles),
- Banque du Sous-Sol (forages déclarés).



Méthodologie

Voir [Article du SIGES Bretagne](#) présentant l'inventaire des prélèvements (source des données, méthodologie, incertitudes)

Résultats de l'inventaire des prélèvements et du bilan hydrologique

- A l'échelle des entités hydrogéologiques BD LISA de socle
- 57 fiches de synthèse hydrogéologique par entité

SYNTHÈSE DES PRÉLÈVEMENTS SOUTERRAINS

Selon un bilan réalisé à partir des données 2009 sur le bassin versant de la Rance, les prélèvements anthropiques d'eau souterraine déclarés représentent 1,9 % de la lame d'eau présente dans le cours d'eau. En période d'étiage, ils peuvent constituer jusqu'à 55 % de la lame d'eau écoulée. D'autre part, les prélèvements souterrains correspondent à 5 % de la pluie infiltrée annuellement sur le bassin versant.

L'impact des prélèvements anthropiques souterrains déclarés sur le débit de la rivière semble donc non négligeable, notamment à l'étiage.

A noter : les prélèvements d'eau de surface n'ont pas été pris en compte dans ce bilan.

Utilisation des ouvrages	Prélèvements eau souterraine (m3/an) *	Part des usages en %
ALIMENTATION EN EAU POTABLE (AEP)	940 056	26.4%
INDUSTRIEL	1 072 137	30.1%
IRRIGATION	469 277	13.2%
ÉLEVAGE	849 825	23.9%
DOMESTIQUE (usage familial)	32 792	0.9%
AUTRES (autre sans usage alimentaire, géothermie, lavage, ...)	195 796	5.5%
TOTAL	3 559 883	100%

Figure 7 : Estimation des prélèvements en eau souterraine sur le bassin versant de la Rance (2009)

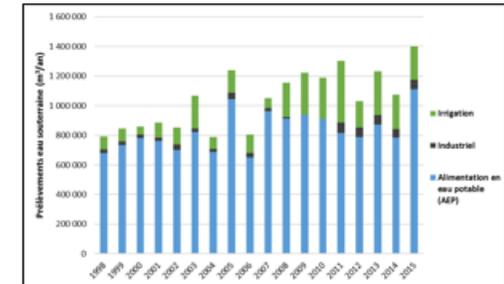
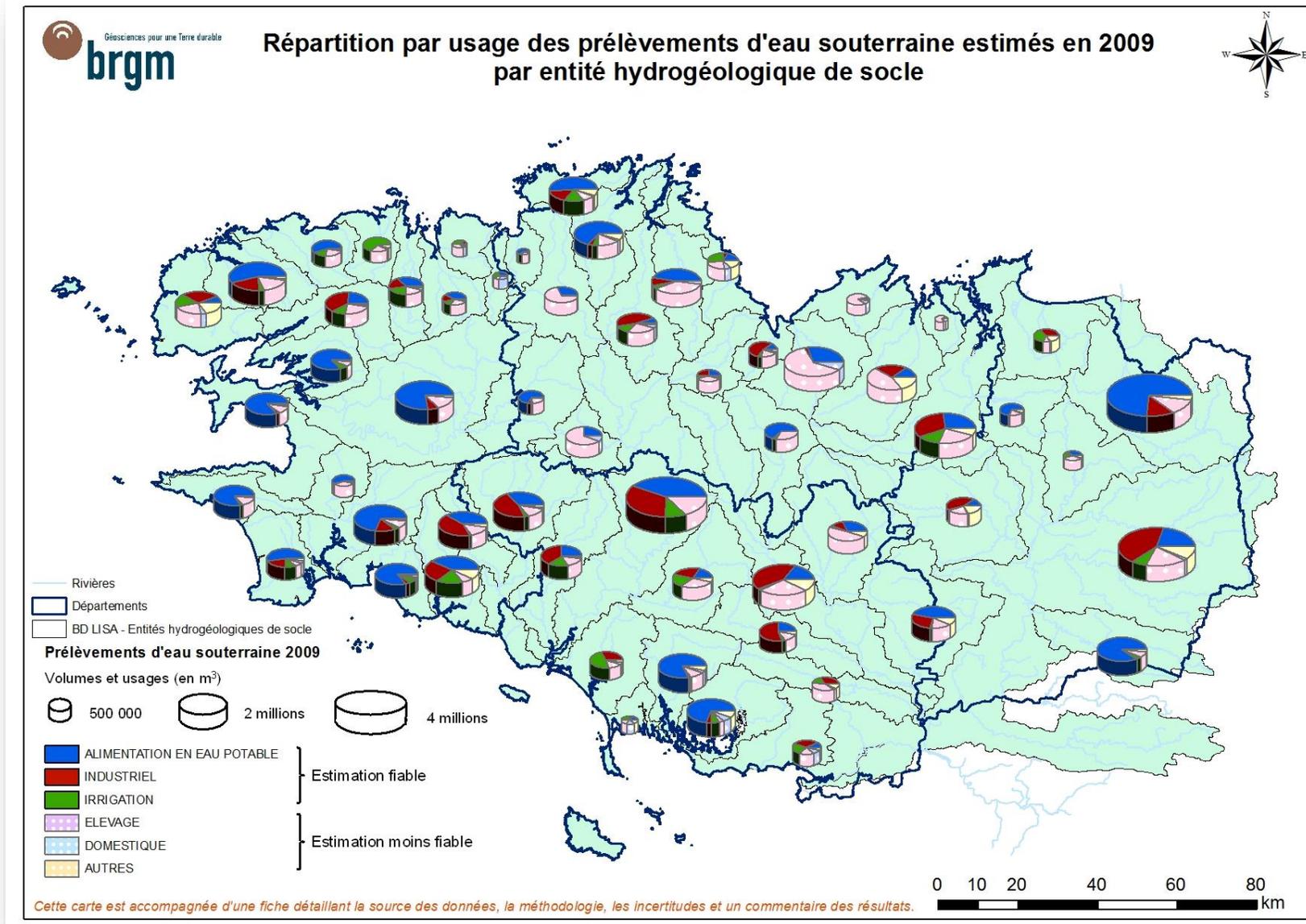


Figure 8 : Evolution des prélèvements en eau souterraine sur l'entité entre 1998 et 2015 (données AELB)

* Il s'agit de calculs associés à un certain nombre d'incertitudes (voir l'article [Inventaire des prélèvements d'eau souterraine](#) pour plus de précisions)

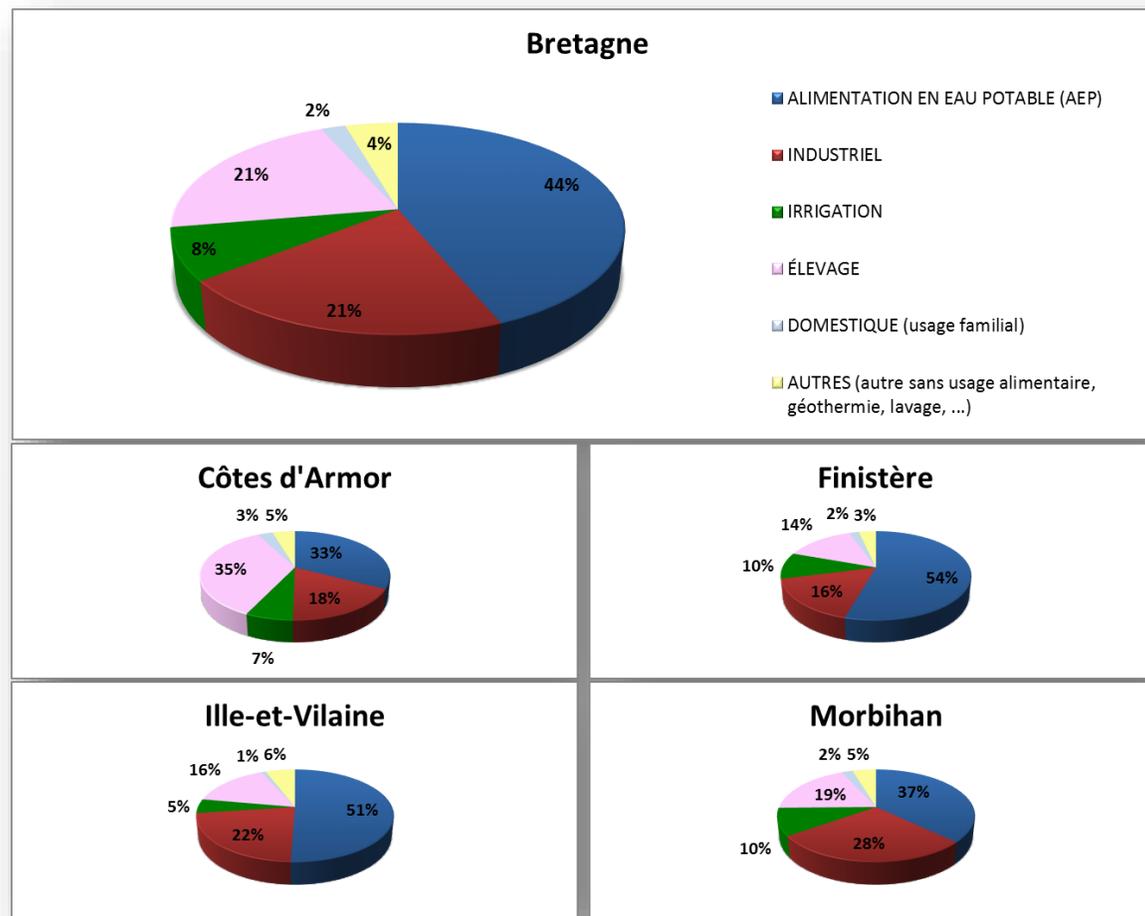
Inventaire des prélèvements d'eau souterraine déclarés en 2009



Inventaire des prélèvements d'eau souterraine déclarés en 2009



Prélèvements d'eau souterraine en 2009 en Bretagne dans les aquifères de socle : 100 millions de m³



Répartition des prélèvements d'eau souterraine par usage dans les aquifères de socle

Impact du changement climatique : tendances d'évolution de la ressource à 2040

- Situation actuelle :

- 60 % des pluies tombent d'octobre à mars -> **RECHARGE DES NAPPES**
- Douceur du climat ponctuée par des phénomènes plus exceptionnels (froid, vagues de chaleur, tempêtes, orages)

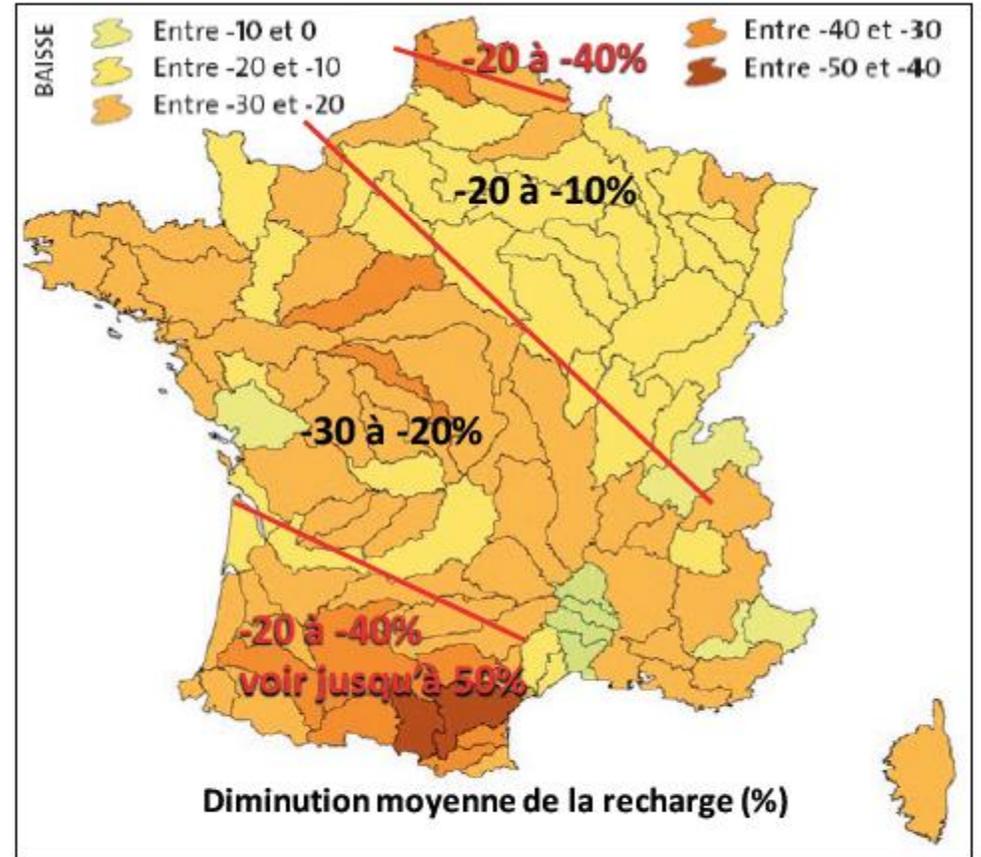
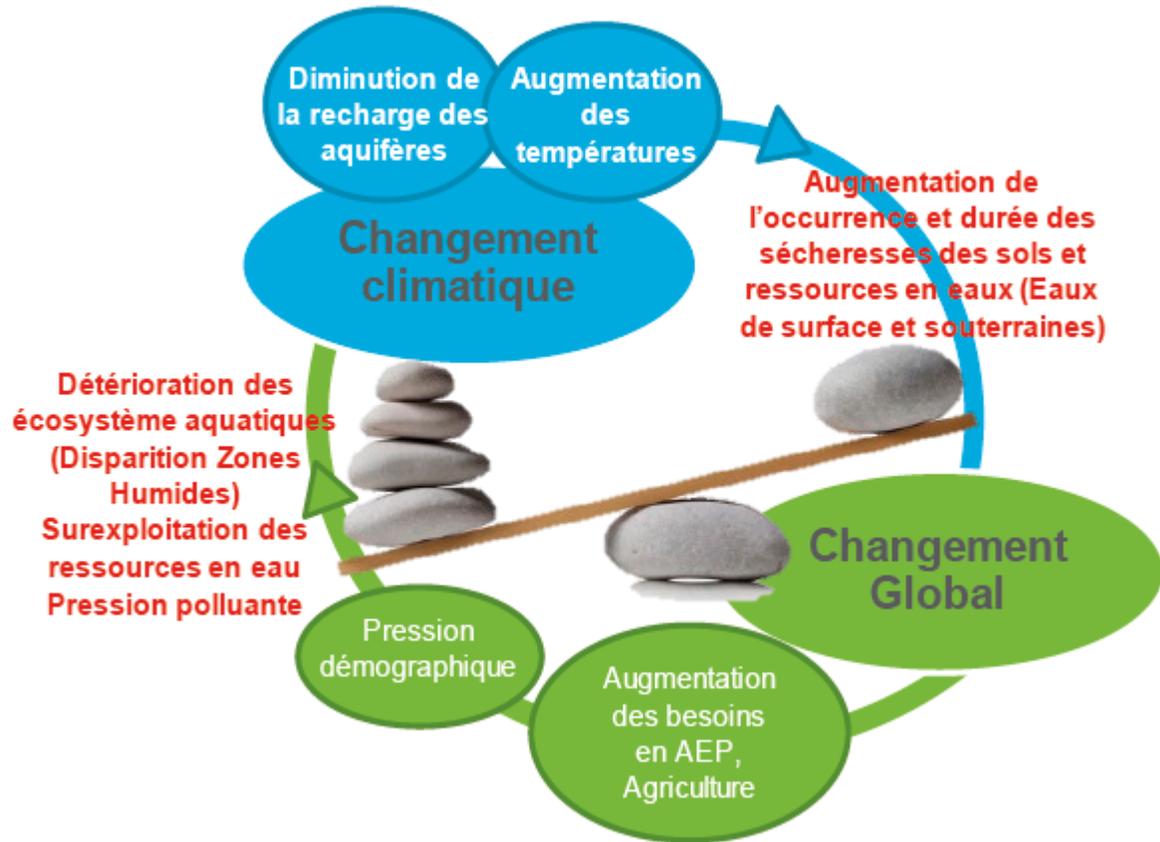
- Impact du changement climatique

- Modèles climatiques : réchauffement du climat sur toutes les saisons (+ 3 à +6 °C d'ici 100 ans)
- Canicules plus fréquentes
- Modèles sur précipitations beaucoup moins nets (divergences) : Pluies plus violentes - > quel impact sur la recharge des nappes ?

Risques

- Nappes moins rechargées -> baisse des niveaux dans les forages et moins de soutien du débit des rivières à l'étiage
- Augmentation du niveau de la mer -> augmentation des submersions marines / intrusions salines

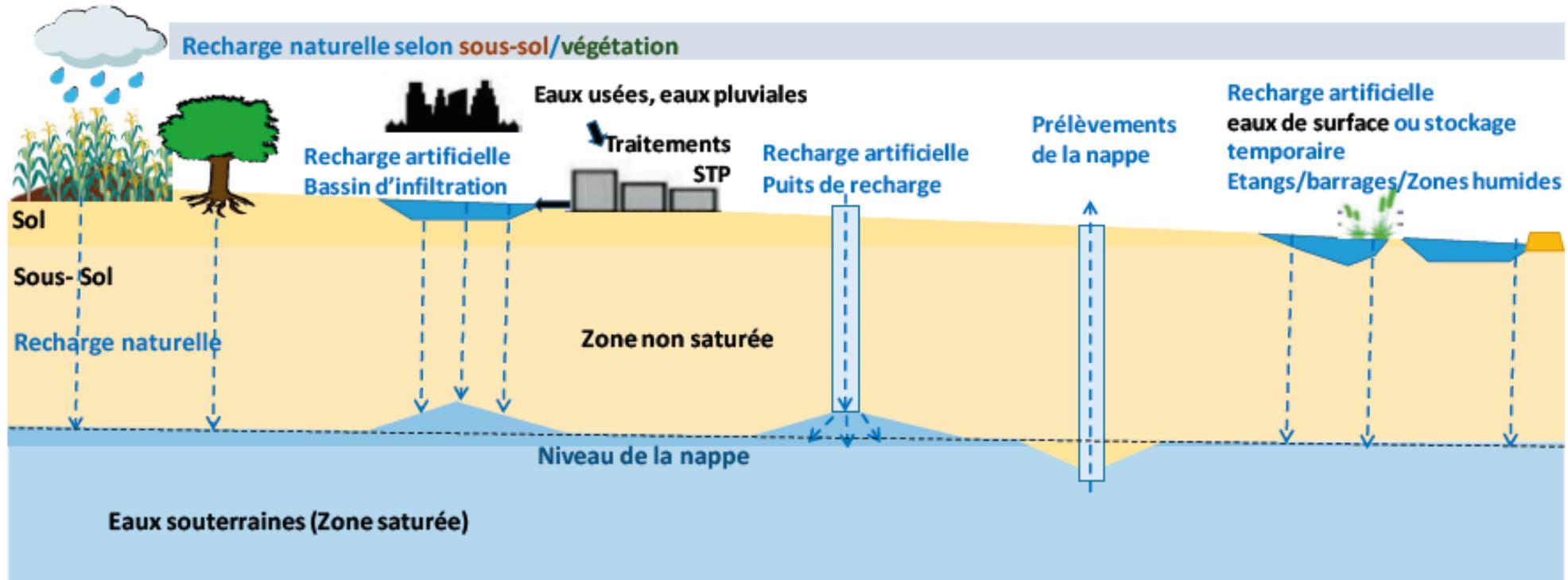
Impact du changement climatique : tendances d'évolution de la ressource à 2040



↑ @BRGM - Impact du changement climatique sur la recharge des aquifères (source : EXPLORE 2070).

Impact du changement climatique : recherche de solutions

La recharge active des aquifères



Recharge naturelle et artificielle en contact de nappe libre.
La réalimentation ou recharge des nappes est pratiquée depuis la moitié du XIXe siècle aux Pays-Bas, au Maroc, en France, en Espagne, aux USA, en Australie.

La mixité des ressources

Impact du changement climatique : recherche de solutions



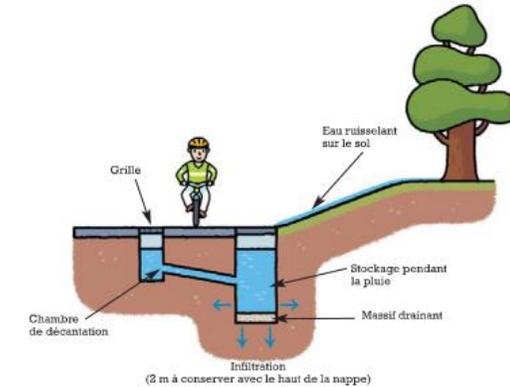
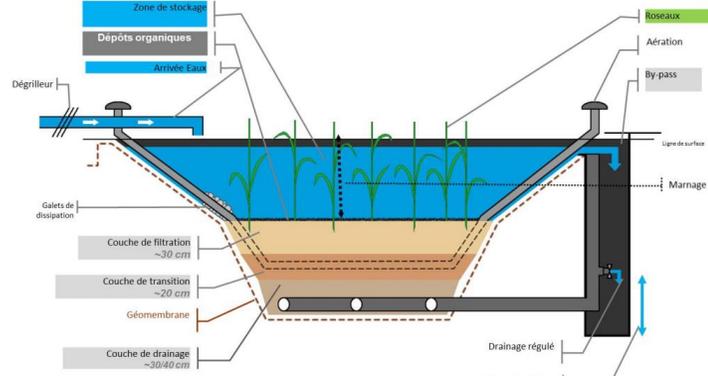
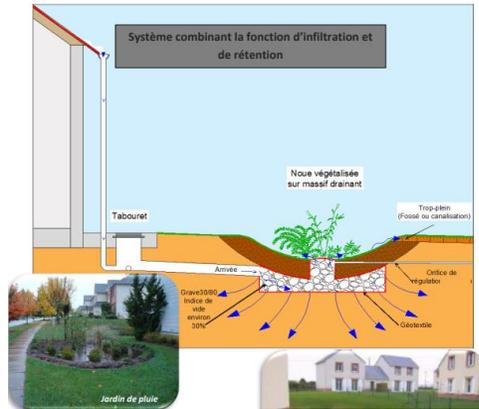
Un exemple particulier de recharge active :

CARTOGRAPHIE DU POTENTIEL D'INFILTRATION DES EAUX PLUVIALES

Exemple de Rennes Métropole : projet PHOEBUS



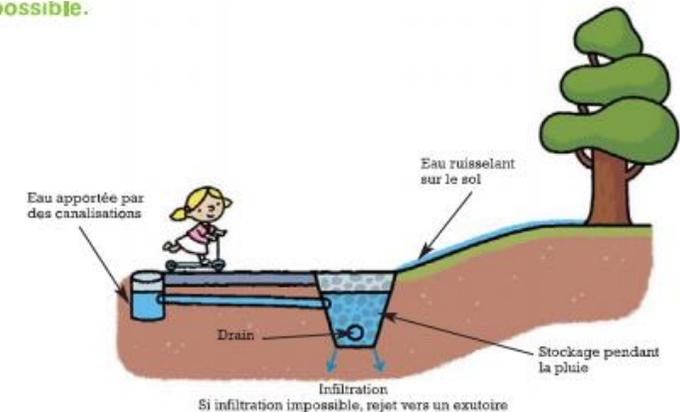
L'infiltration des eaux pluviales : un enjeu majeur pour les écosystèmes urbains et péri-urbains



Plusieurs avantages environnementaux, sociétaux et économiques, visant le **retour du cycle de l'eau dans la ville** :

- Réduire le ruissellement de surface
- Réduire le risque d'inondations et de pollutions
- **Recharger les nappes phréatiques et soutenir le débit des cours d'eau**
- Réintroduire la biodiversité dans les sols
- Contribuer à la lutte contre les îlots de chaleur
- Améliorer la qualité du cadre de vie urbain
- Réaliser l'économie de réseaux d'évacuation très coûteux en installation et entretien + améliorer fonctionnement STEP

possible.



Projet Phoebus - Objectifs

- ➔ Produire une carte des zones favorables et défavorables à l'infiltration des eaux pluviales sur le territoire de Rennes Métropole
- ➔ Transposer ces résultats sous forme réglementaire (règlement des eaux pluviales)



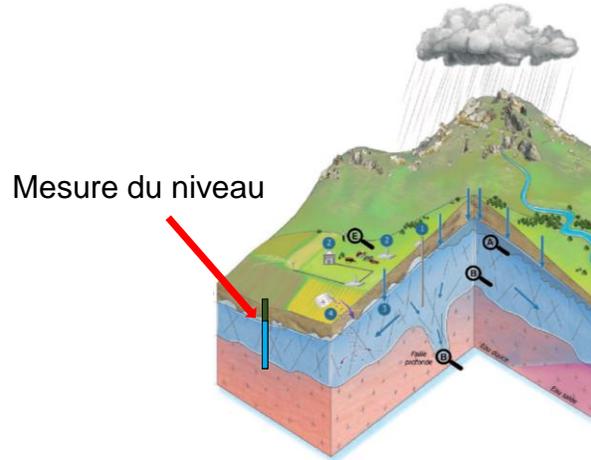
Projet Phoebus – Méthodologie

- Collecte des données disponibles,
- Etablir une carte piézométrique en période de hautes eaux afin d'aboutir à une carte d'épaisseur de la zone non saturée (zone située entre le sol et la nappe phréatique),
- Création du méthodologie adaptée au contexte et aux données disponibles (échelle).
- Analyse multicritères : croiser les différents paramètres permettant d'apprécier l'aptitude des terrains à l'infiltration des eaux pluviales,
- Transposition des résultats pour le PLUi

Projet Phoebus – Acquisition de données

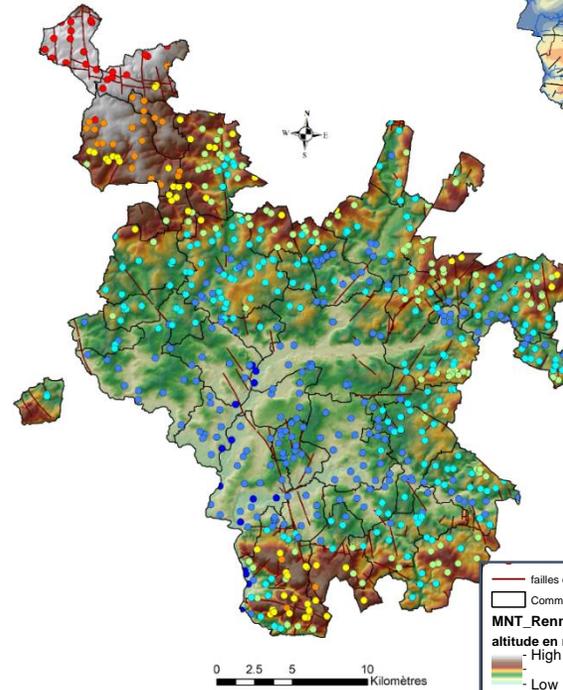
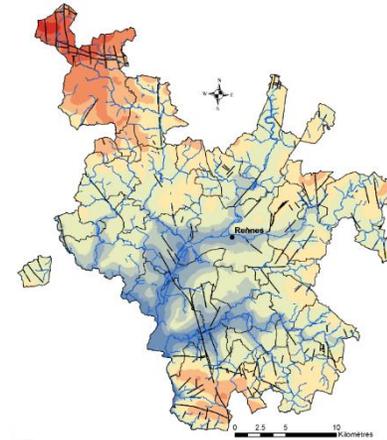
Réalisation d'une carte piézométrique (altitude de la nappe)

Bilan de la campagne de terrain :

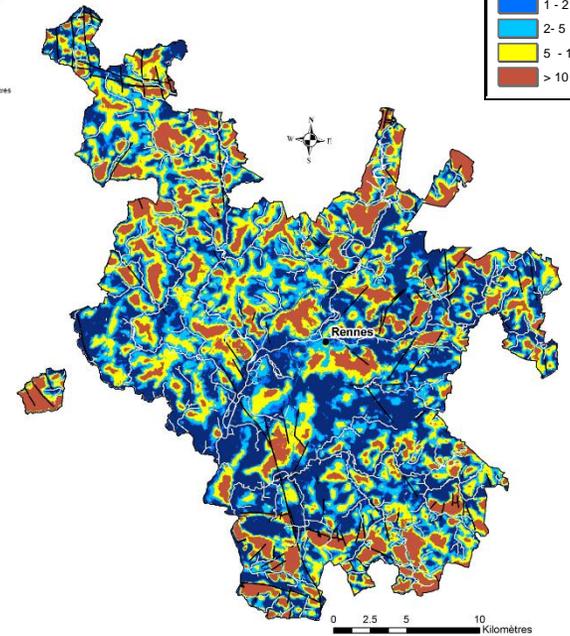


- Campagne de mesures : du 05 au 16 mars 2018
- Rennes Métropole : mesures de puits communaux, puits privés localisés sur le terrain
- 692 points mesurés répartis de façon homogène sur le territoire de Rennes Métropole à l'exception de la zone urbaine Rennes (400 points prévus initialement)
- Densité de 1 point tous les 0.97 km².

Carte piézométrique



Points de mesure

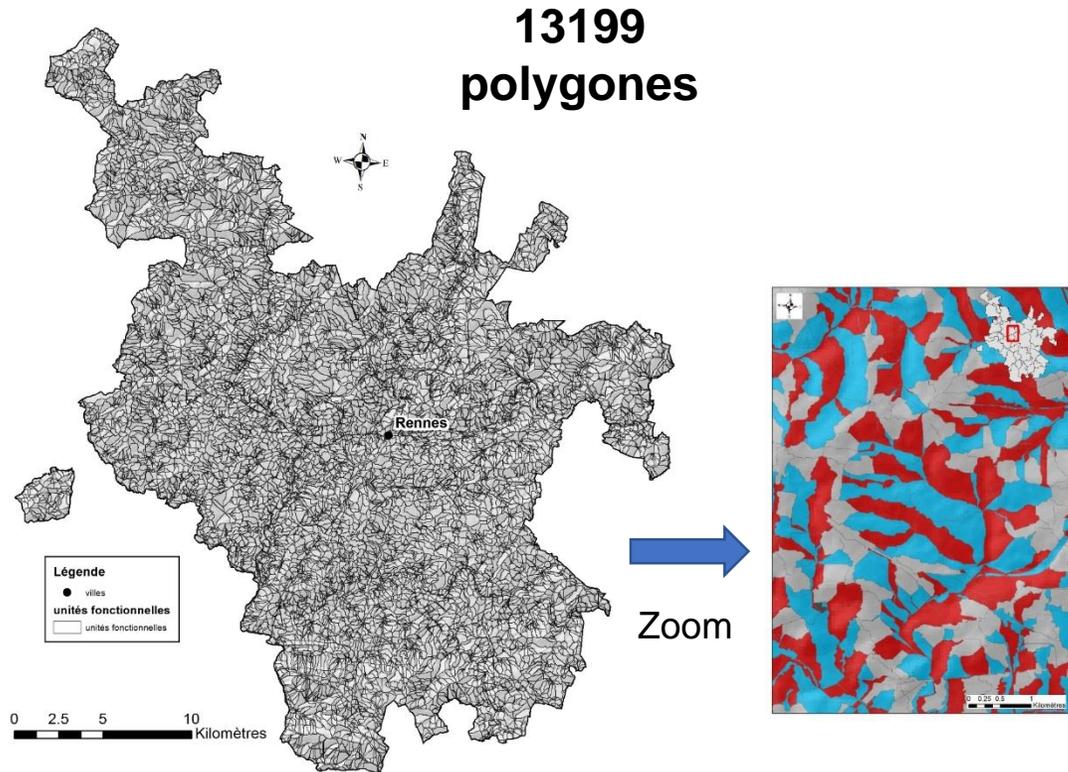


Carte de l'épaisseur de la Zone Non Saturée (hautes eaux, mars 2018)

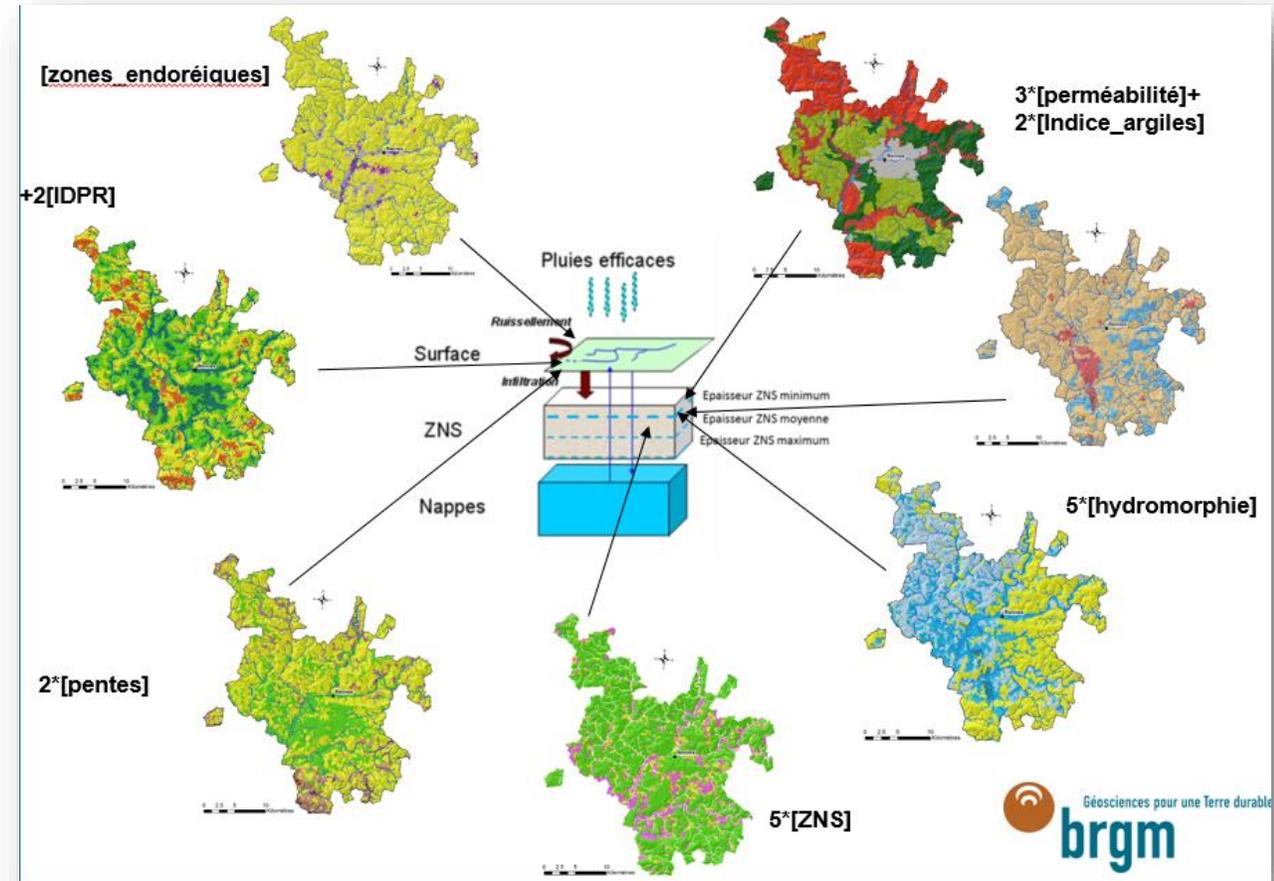
Projet Phoebus – Analyse multicritères



Etape 1 : définition d'unités fonctionnelles



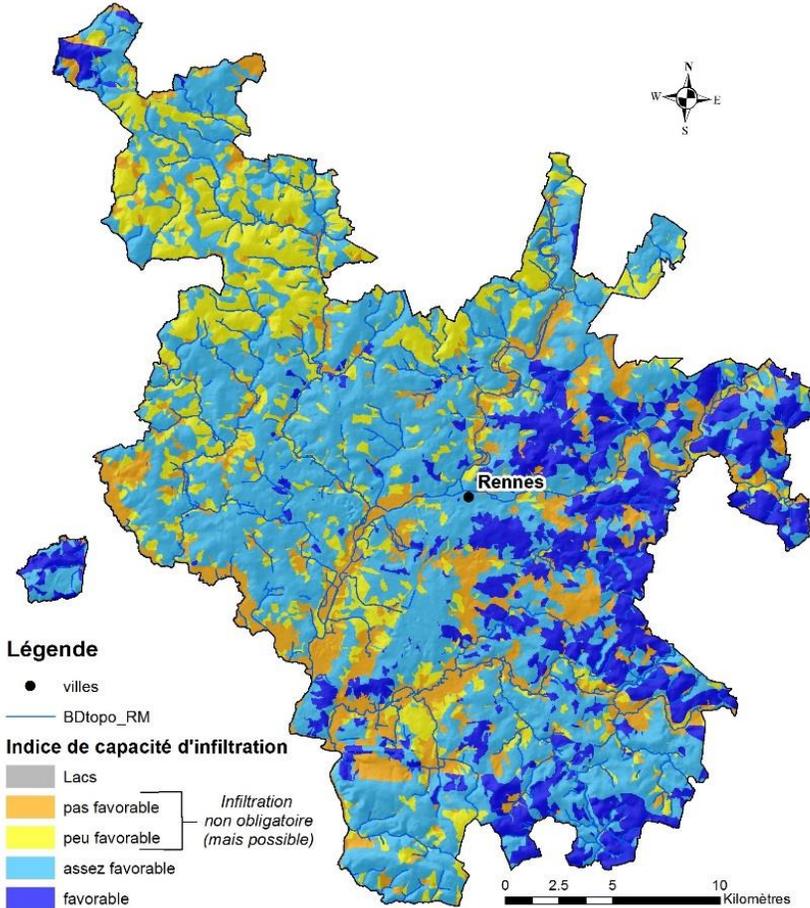
Etape 2 : définition des notes et des poids



Projet Phoebus – Analyse multicritères

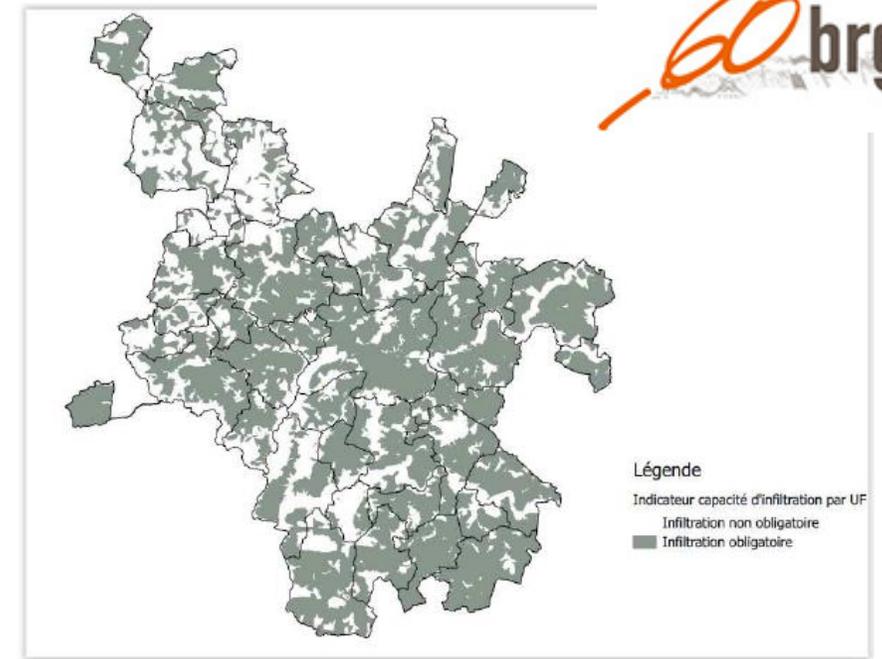


Etape 3 : calculs et résultats



Transposition règlementaire

1)



66,5% du territoire en infiltration obligatoire (échelle des unités fonctionnelles)

2)

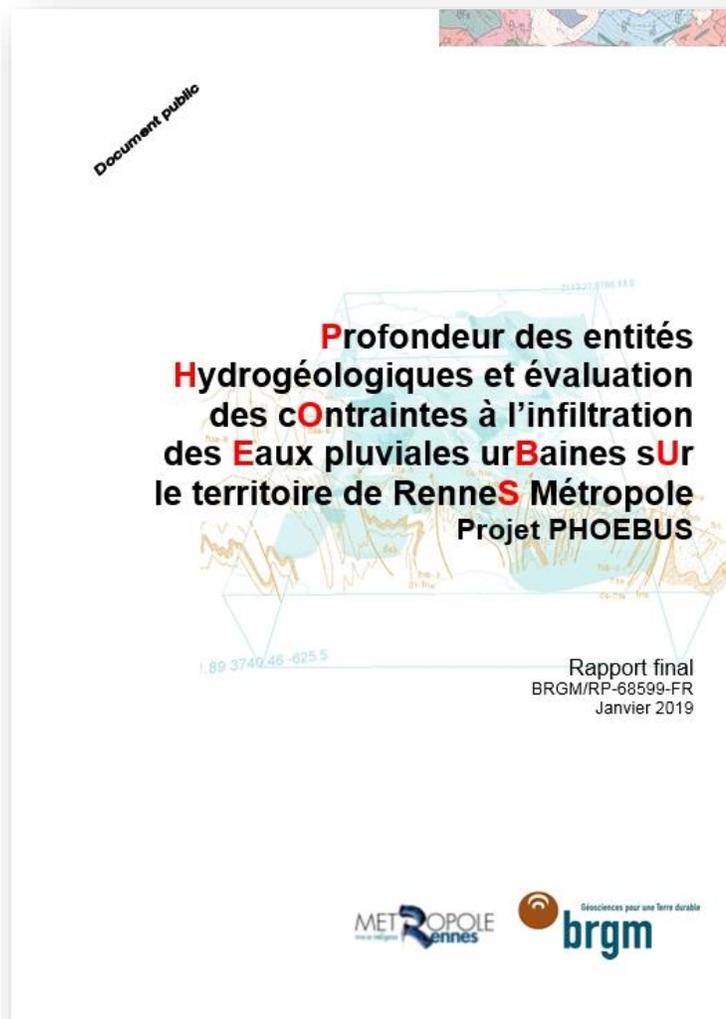


48,6% du territoire en infiltration obligatoire (échelle parcellaire)

Projet Phoebus : rapport d'étude

Méthode transférable à
d'autres métropoles ou EPCI

A adapter en fonction des
contextes locaux et données
disponibles

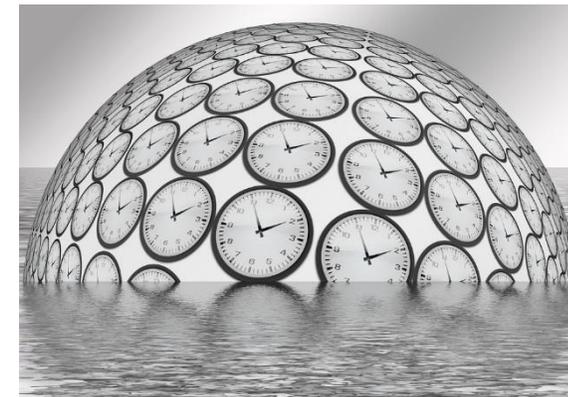


Le rapport d'étude BRGM/RP-68599-FR
(téléchargeable sur www.brgm.fr)

Impact du changement climatique : travaux à venir

Projet de l'EAU POUR DEMAIN

- Projet INTERREG redirigé vers un montage uniquement breton
- Partenaires :
 - SDAEP 22, SMG 35, Eau du Morbihan, CD 29 et BRGM
 - AELB, Région
 - intérêt manifesté par SAGE, EPTB, CRESEB etc



Compréhension des processus

1. Analyse des sécheresses passées

- Compréhension du fonctionnement des ressources face aux sécheresses passées
- Compréhension du fonctionnement des retenues face aux épisodes de sécheresse
- Bilan des difficultés opérationnelles pour les services AEP (crises)
- Impact de ces difficultés sur la demande en eau

2. Identification des facteurs déterminant l'évolution de la demande en eau

Analyse du comportements et évaluation des tendances de consommation :

- des usagers industriels (agro),
- des usagers agricoles
- des usagers domestiques

Mise au point et déploiement de solutions

3. Développement des eaux souterraines comme assurance contre la sécheresse

- Evaluation de la vulnérabilité intrinsèque des aquifères à la sécheresse
- Identification des ressources résilientes
- Identification de nouvelles ressources à sécuriser

4. Amélioration des règles de gestion collective de la production pour une meilleure sécurisation

- Développement d'un modèle hydro-économique (pour optimiser la gestion en période de sécheresse)
- Utilisation participative du modèle (partage des scénarios)

5. Développement d'outils de gestion en temps réel de la sécheresse

- Outils de suivi en temps réel des aquifères
- Outils de suivi en temps réel des retenues
- Outils de suivi en temps réel des demandes (échantillon)

Impact du changement climatique : travaux à venir

Projet de BREIZH'HIN : Région Bretagne

- Projet LIFE
- Partenaires : SDAEP 22, SMG 35, Eau du Morbihan, CD 29, CRESEB et BRGM



- Connaissance
- Sensibilisation
- Renforcement des capacités des acteurs



Action 1- Constituer un « observatoire » de l'eau potable : comportement des consommateurs et stratégies d'approvisionnement

Action 2- Mettre en place un réseau de suivi des aquifères exploités pour l'eau potable

Action 3- Déployer l'outil « MétéEAU des nappes »

Action 4- Gestion de l'eau sur les îles

Action 5 : Amélioration de la qualité des milieux aquatiques via la rénovation / l'adaptation des ouvrages et la gestion des eaux pluviales

Action 3- Analyser l'intérêt des peuplements forestiers mélangés

Action 4- Réaliser un guide des stations forestières dynamique

Contexte

Action 5- Mettre en place des expérimentations pour tester des mesures d'adaptation au changement climatique

Action 5 bis- Mettre en place des expérimentations pour tester des mesures d'adaptation au changement climatique

Action 6- Promouvoir la ville verte (lien avec proposition action « sensibilisation verte »)

- Engager la mutation vers une économie résiliente au risque climatique
- Aménagement et risques

Impact du changement climatique : travaux à venir

Thèse EAUX 2050

- Projet OSUR-BRGM
- Co-encadrement OSUR-BRGM
- Financement REGION - BRGM

OBJECTIF : Répondre objectivement à la question de l'impact changement climatique sur l'évolution des ressources en eau en domaine de socle.

Aquifères bretons (stockage limité et parfois sensibles aux sécheresses)

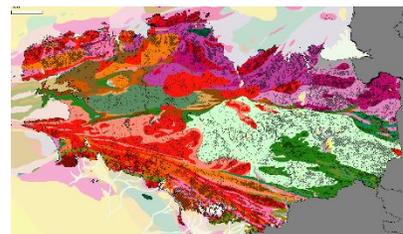
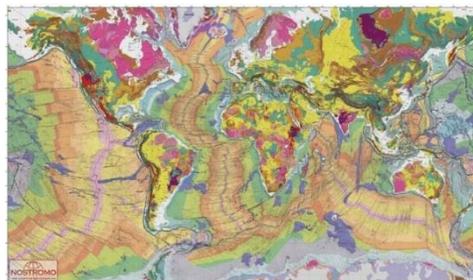
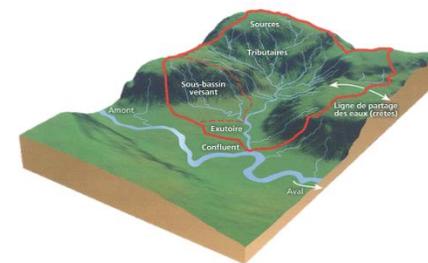
Phase 1 : expérimentation

Sur 4 à 5 BV : description fine du milieu (géologie, hydrogéologie) + données prospectives météo à 2050 + données prospectives de pressions de prélèvement

-> travaux de modélisation (évolution des ressources, échanges nappes-rivières)

Phase 2 : test de plusieurs scénarii

Phase 3 : généralisation

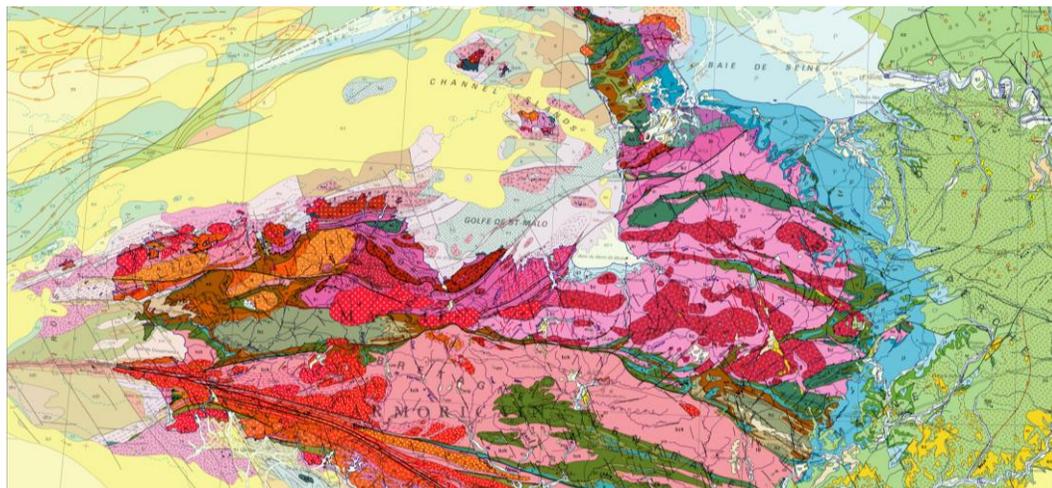




Merci de votre attention !

Le brgm en Bretagne

Direction Régionale Bretagne
2, rue de Jouanet
35700 RENNES
Tél. : 02 99 84 26 70



Service géologique national



Siège et Centre scientifique et
technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 Orléans Cedex 2 - France
Tél.: +33 (0)2 38 64 34 34