



Journée technique d'échanges

Fonctionnement des aquifères de socle et temps de réponse des bassins versants

Bruno MOUGIN b.mougin@brgm.fr

Plonévez-Porzay (29)



Géosciences pour une Terre durable

brgm

BRGM Bretagne

Mercredi 13 mai 2015

Présentation succincte du BRGM

- BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières
- établissement public (EPIC) de référence dans les applications des sciences de la Terre pour gérer les ressources et les risques du sol et du sous-sol
- sous la tutelle Ministères Recherche, Écologie, Industrie
- Effectif : 1100 personnes (2/3 Orléans)
- BRGM, Direction Régionale Bretagne : 6 personnes

32 implantations régionales



Siège
Tour Mirabeau
39-43 quai André Citroën
75739 Paris Cedex 15 - France
Tél. : 01 40 58 89 00 - Fax : 01 40 58 89 33

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude Guillemin BP 38009
45060 Orléans Cedex 2 - France
Tél. : 02 38 64 34 34 - Fax : 02 38 64 35 18

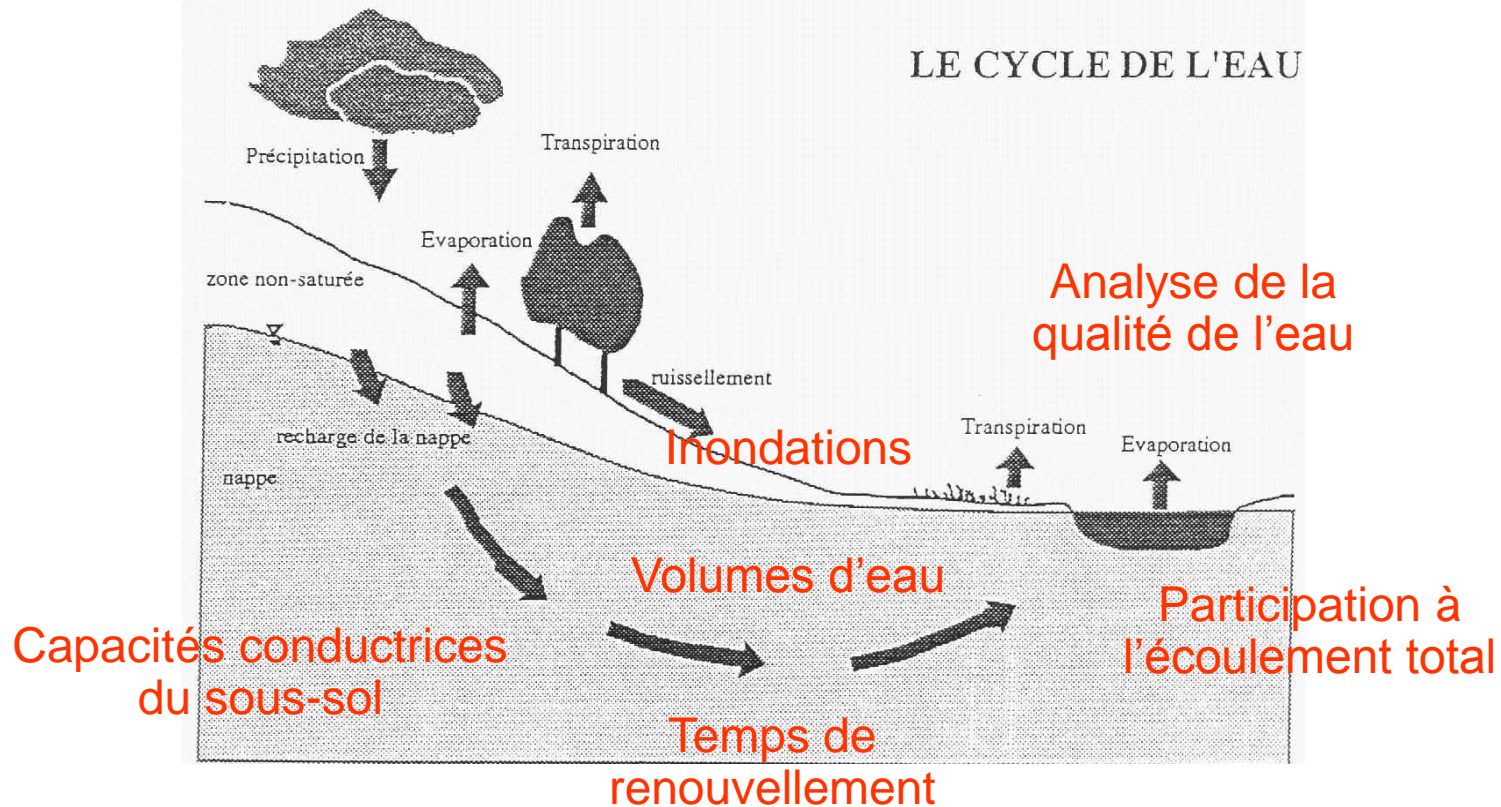
Centre de consultation
Maison de la Géologie
77, rue Claude Bernard
75005 Paris
Tél. : 0 820 90 27 46 (0,14 €/min) - Fax : (33) 1 43 38 76 55

 Géosciences pour une Terre durable
brgm
www.brgm.fr



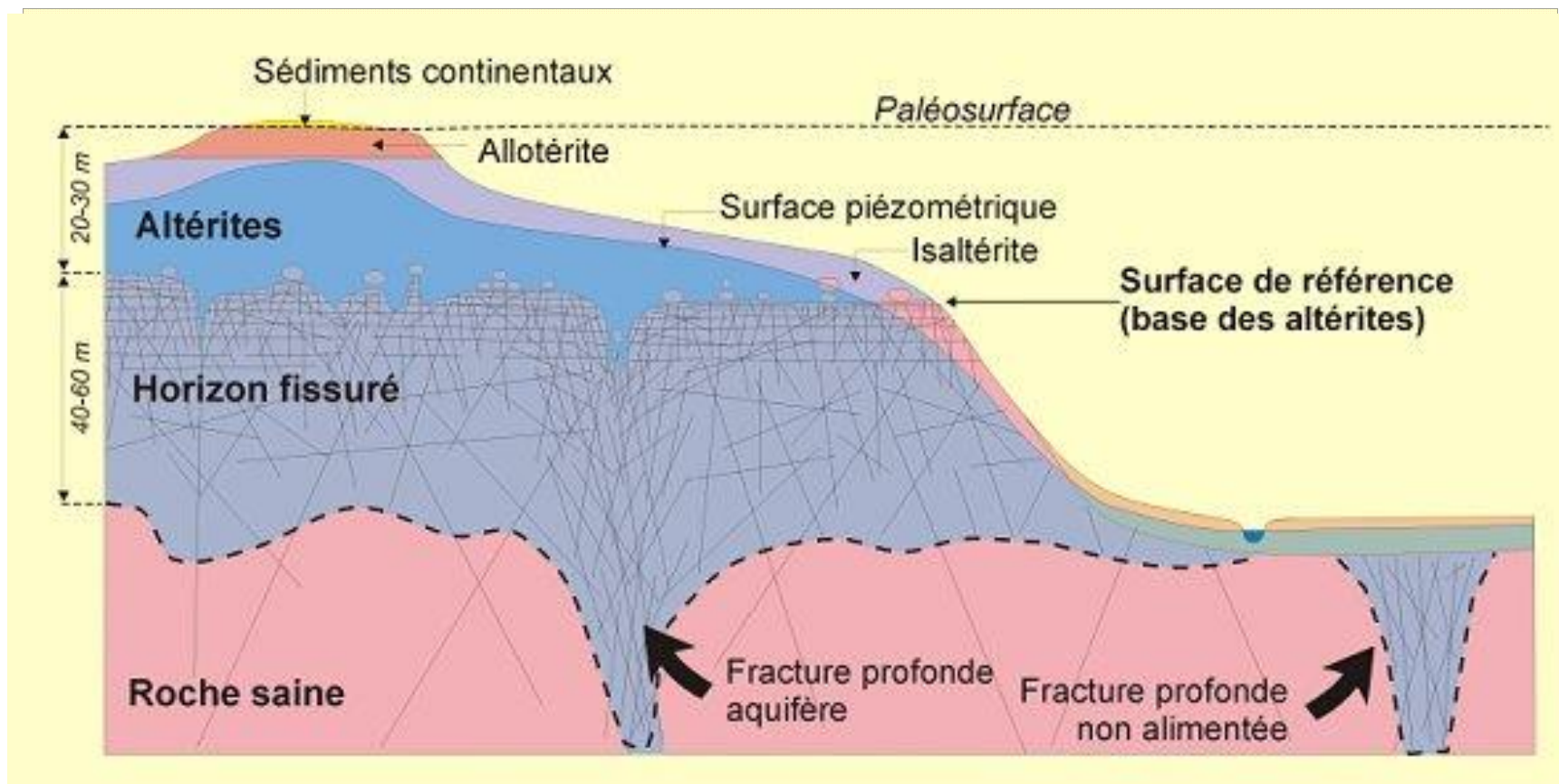
Quelques domaines d'intervention

Ruissellement/Infiltration



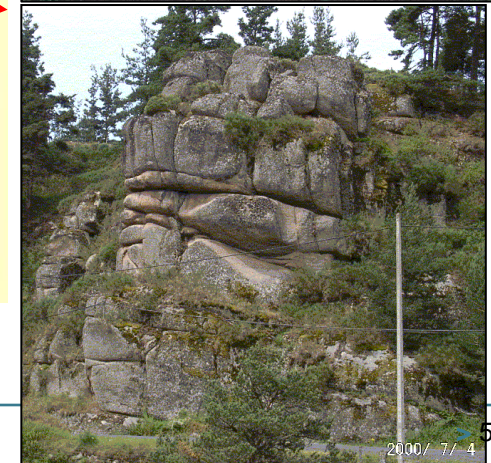
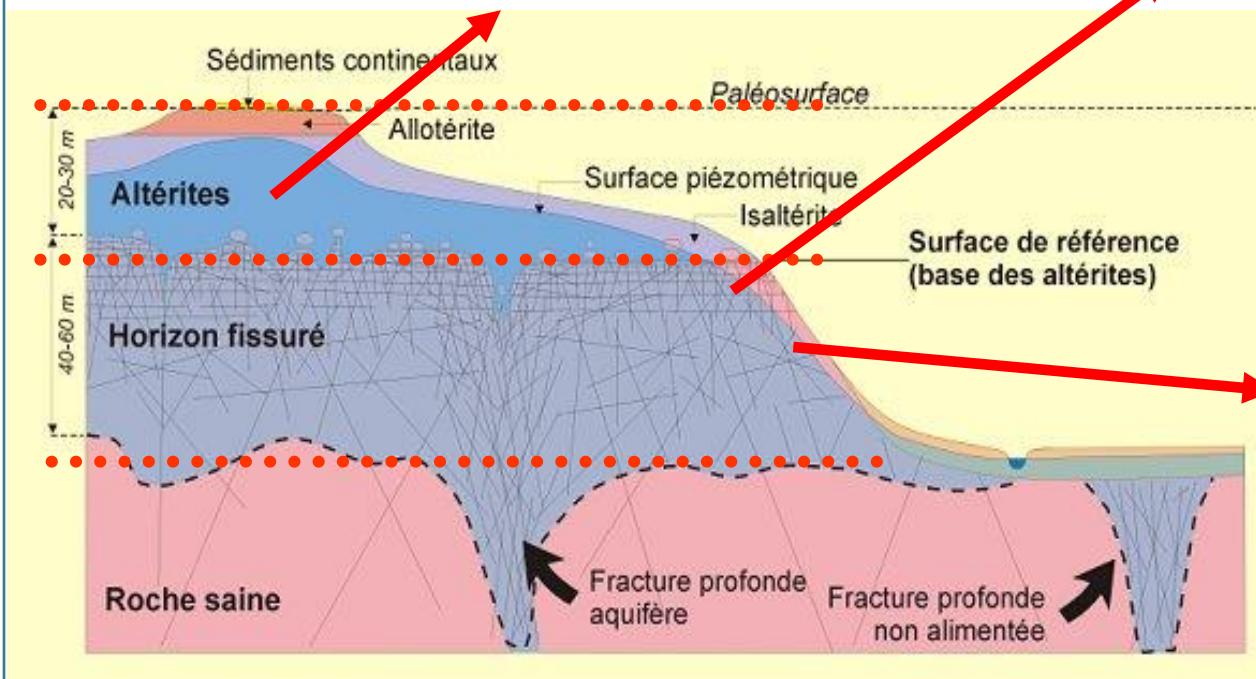
- > Thématique des eaux souterraines
- > Influence sur temps réponse BV et sur l'évolution de la qualité de l'eau

Schéma conceptuel des aquifères de socle



R. Wyns et al., 2004

Schéma conceptuel des aquifères de socle

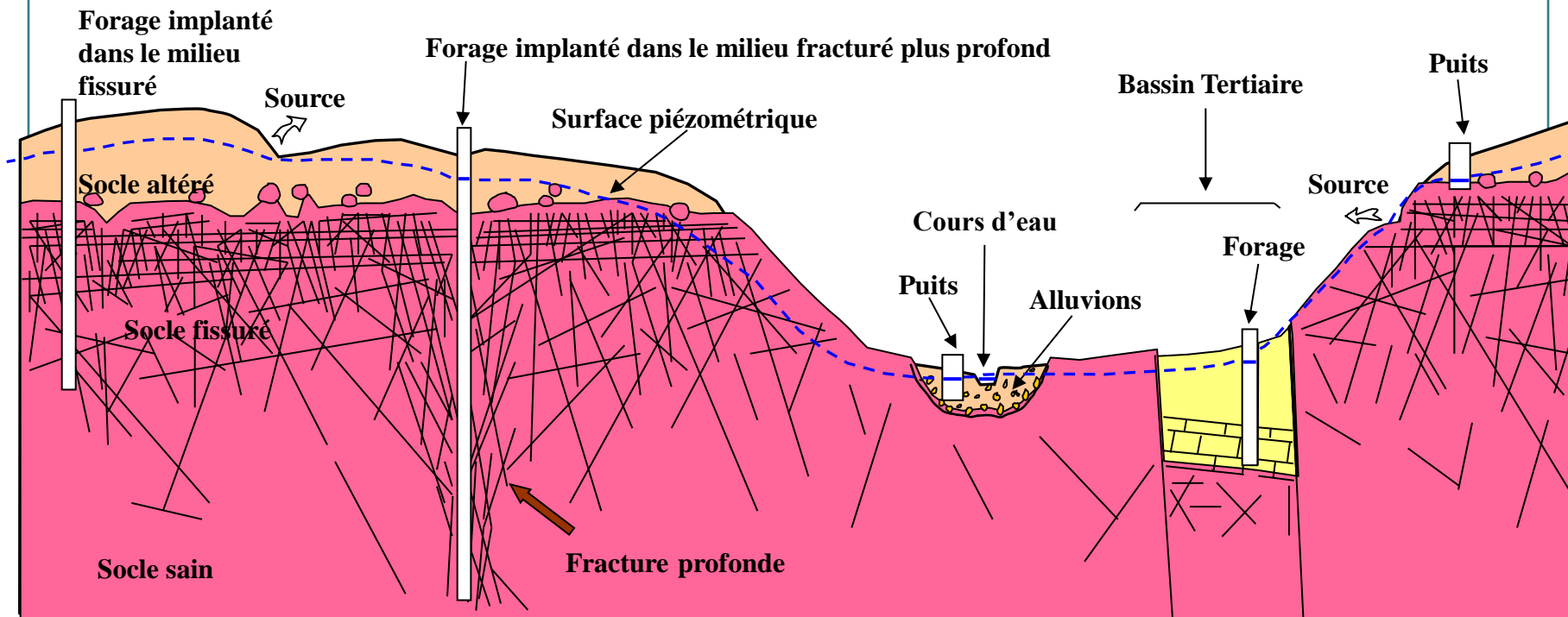


R. Wyns et al., 2004

BRGM Bretagne

Mercredi 13 mai 2015

Schématisation des types d'aquifères en Bretagne



BRGM Bretagne



Qualité chimique des eaux souterraines bretonnes

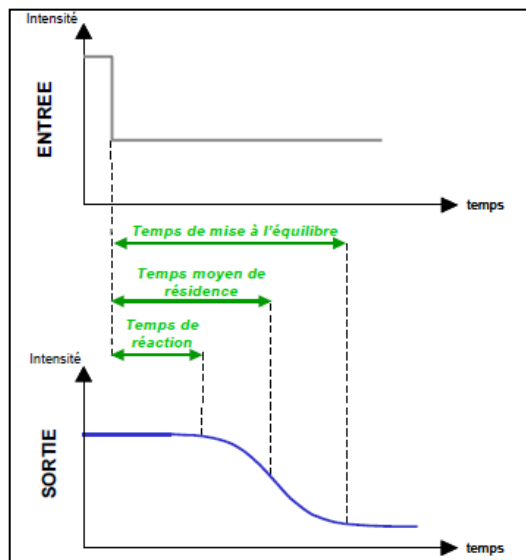
- > **Bonne qualité bactériologique
(précaution réalisation)**
- > **Minéralisation faible
(conductivité 200 à 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$)**
- > **pH 4 à 6,5**
- > **Eau douce**
- > **Chlorures 20 à 40 mg/l (littoral salinité)**
- > **Souvent teneurs élevées fer,
manganèse (traitement)**
- > **Phénomènes de dénitrification
autotrophe oxydation pyrite (FeS_2)**
- > **Différences chimiques altérites/fissuré**

Temps de réponse des bassins versants

sous-sol et aquifère \neq réservoir homogène et mélangeur parfait

- temps de réaction

- court, de l'ordre de 2 à 5 ans pour la plupart des modèles
- Carte régionale SILURES Bretagne
- Plourhan : 2 ans



CSEB, 2005

- temps moyen de résidence

- dépend de la position topographique
- en moyenne, à l'échelle d'un BV, les temps moyens de résidence des nitrates sont supérieurs à 5 - 8 ans
- Carte régionale SILURES Bretagne
- SILURES BV : de 2 à 8 ans
- Datation thèse VVA : selon compartiment 1 / 12-30 / > 50 ans \pm 4
- Plourhan : 7 à 17 ans

- temps de mise à l'équilibre

- fortement variables d'un bassin à l'autre
- de 5 ans jusqu'à plus de 15 ans
- Plourhan : > 17 ans

SILURES : Système d'Information pour la Localisation et l'Utilisation des Ressources en Eau Souterraine

Durée : 2002-2008

SILURES Bretagne

SILURES BV

SILURES Suivi



BRGM Bretagne

Mercredi 13 mai 2015

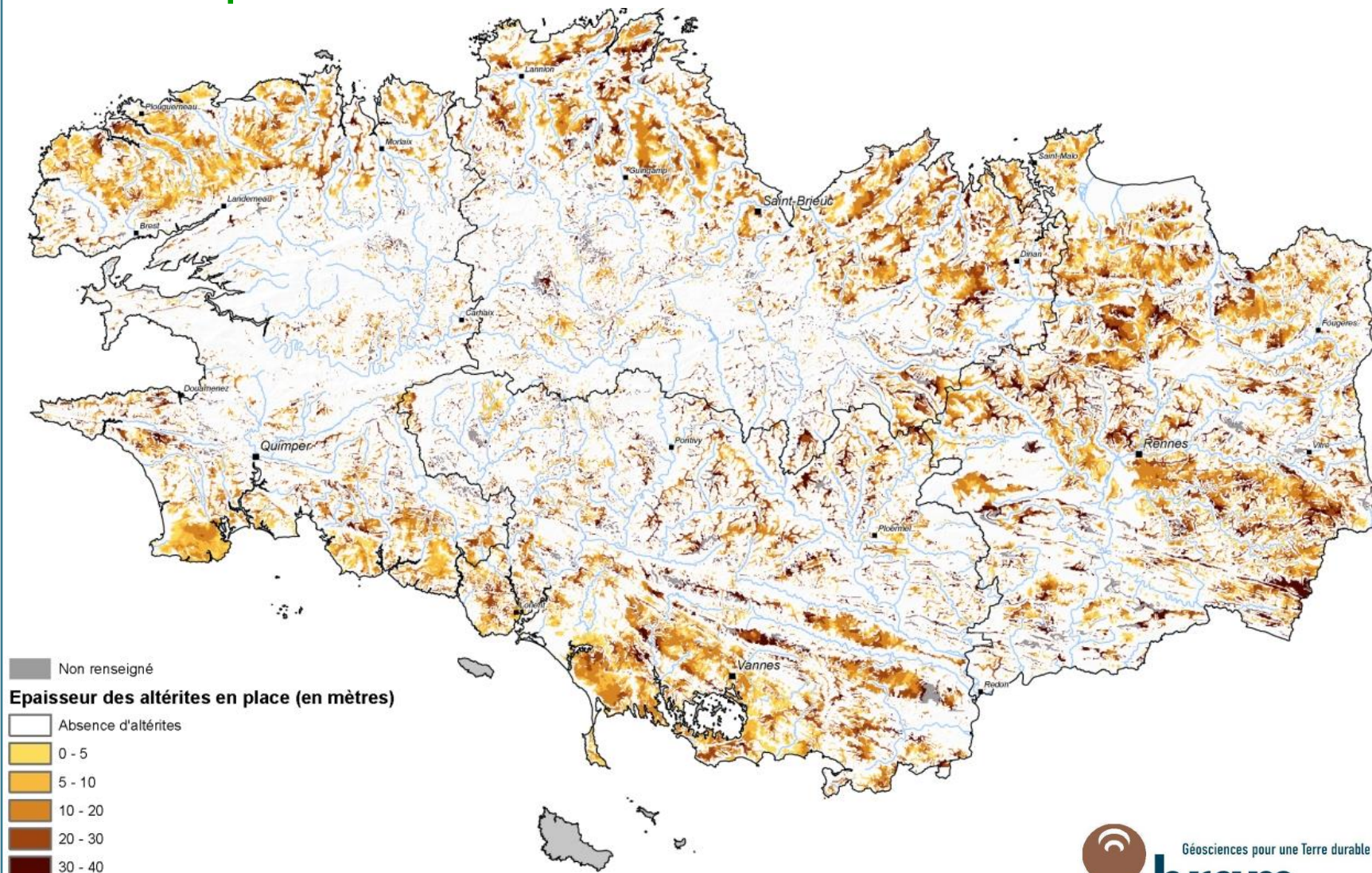
> 9

Données des forages

Forages de la Banque de données
du Sous-Sol du BRGM (BSS via [InfoTerre](#))



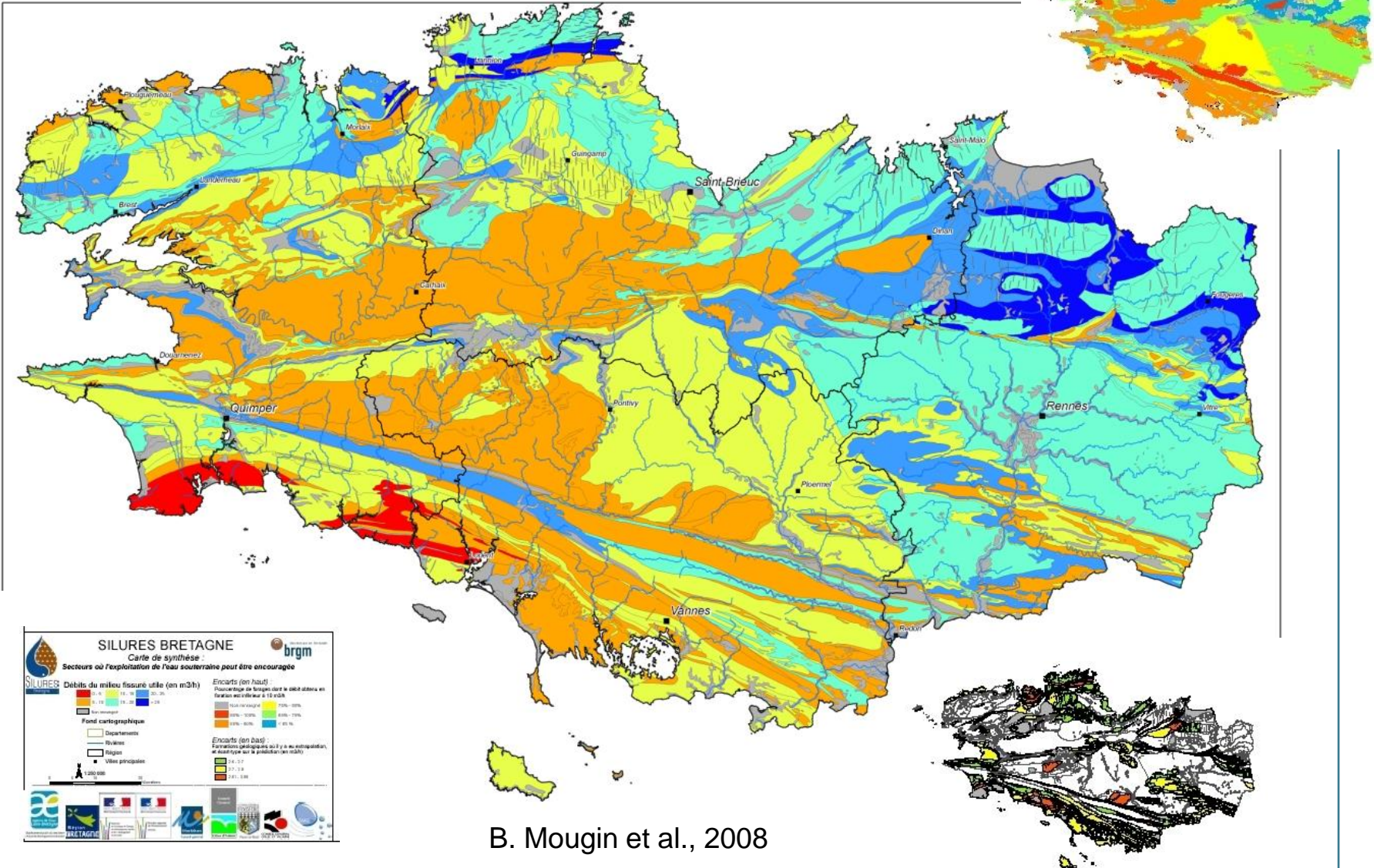
Carte épaisseur des altérites



BRGM Bretagne

Carte de synthèse 1

Débits du milieu fissuré utile (en m³/h)

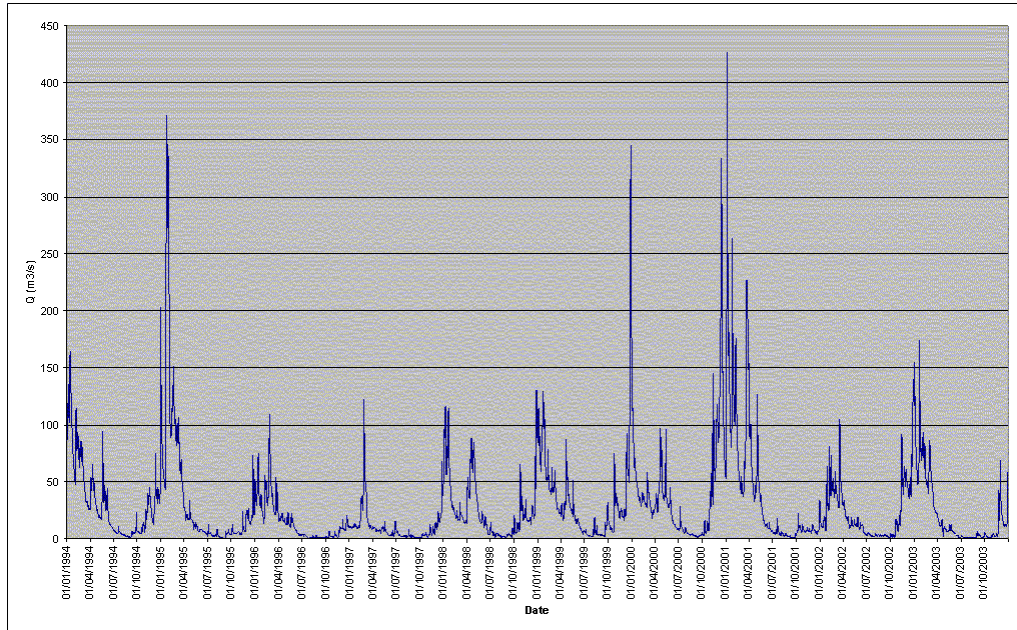
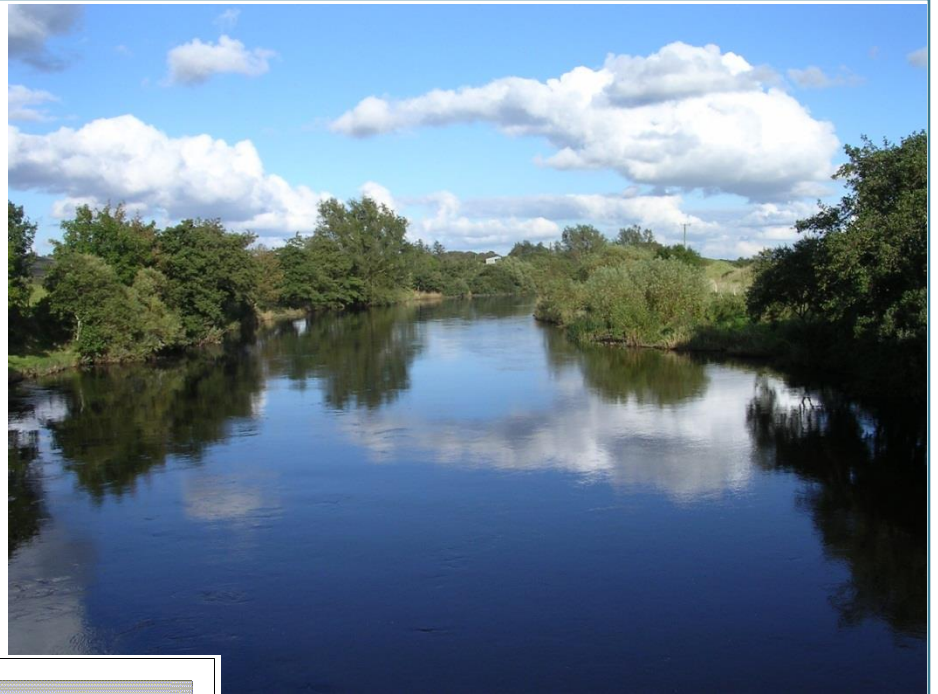


B. Mougin et al., 2008

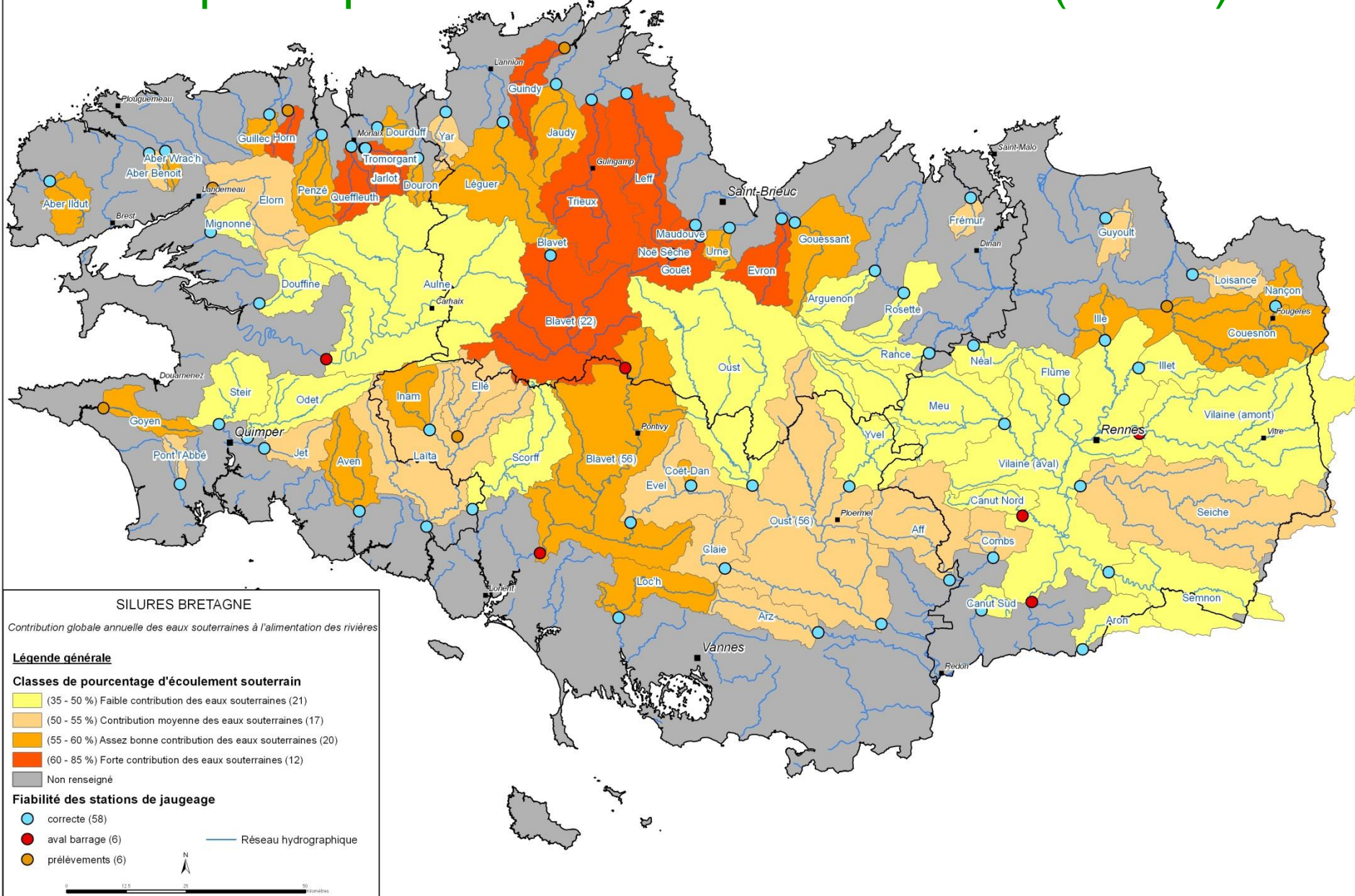
➤ Indices pour temps de réaction des BV (échelle 1/250 000)

Débits des rivières

Hydrogrammes des rivières
bretonnes de la DREAL Bretagne

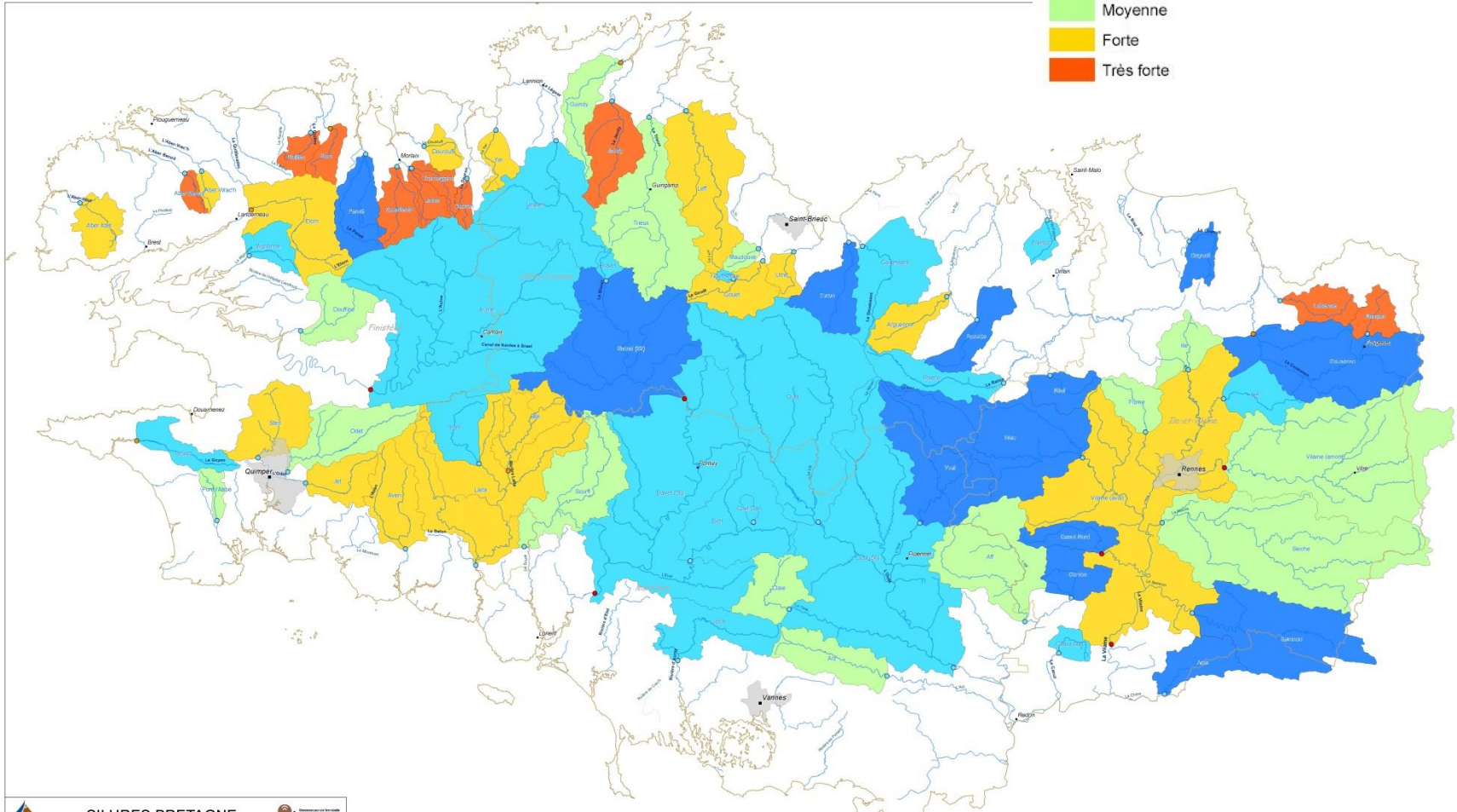


Carte participation des eaux souterraines (70 BV)



Carte de synthèse 2

Classement de l'inertie du milieu physique souterrain



Avertissement :

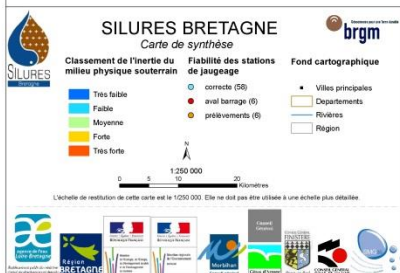
Les modélisations des 70 bassins versants ont été effectuées avec le logiciel BRGM Gardénia® (modèle Global A Réservoirs pour la simulation des Débits et des Niveaux Aquifères), qui est un modèle hydrologique global de bassins versants.

Les modélisations ont été réalisées avec un modèle à deux réservoirs souterrains pour simuler les deux régimes d'écoulement existant dans les roches de socle en Bretagne : un écoulement dans les roches altérées et un écoulement plus profond dans le milieu fissuré.

Le classement de l'inertie du milieu physique souterrain se base sur le résultat d'un paramètre de calage des modèles. Il s'agit de la somme des temps de demi-faïssement de chacun des deux réservoirs souterrains.

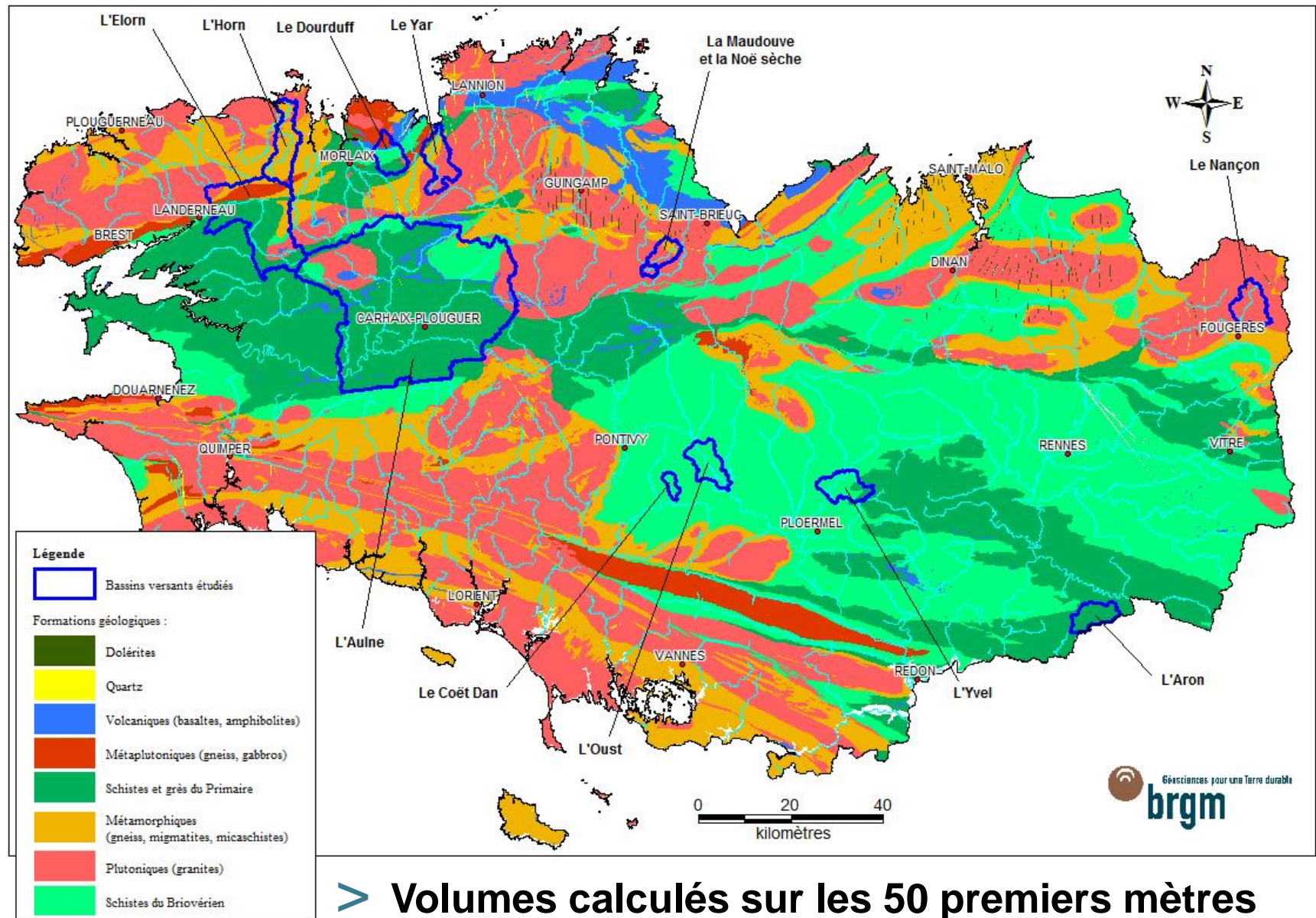
Le temps de demi-faïssement est le temps au bout duquel, en l'absence de recharge du réservoir souterrain, le débit souterrain du réservoir est divisé par deux.

Sur cette carte, l'inertie du milieu physique souterrain ne prend pas en compte le temps de trajet de l'eau du sol jusqu'à la surface de la nappe



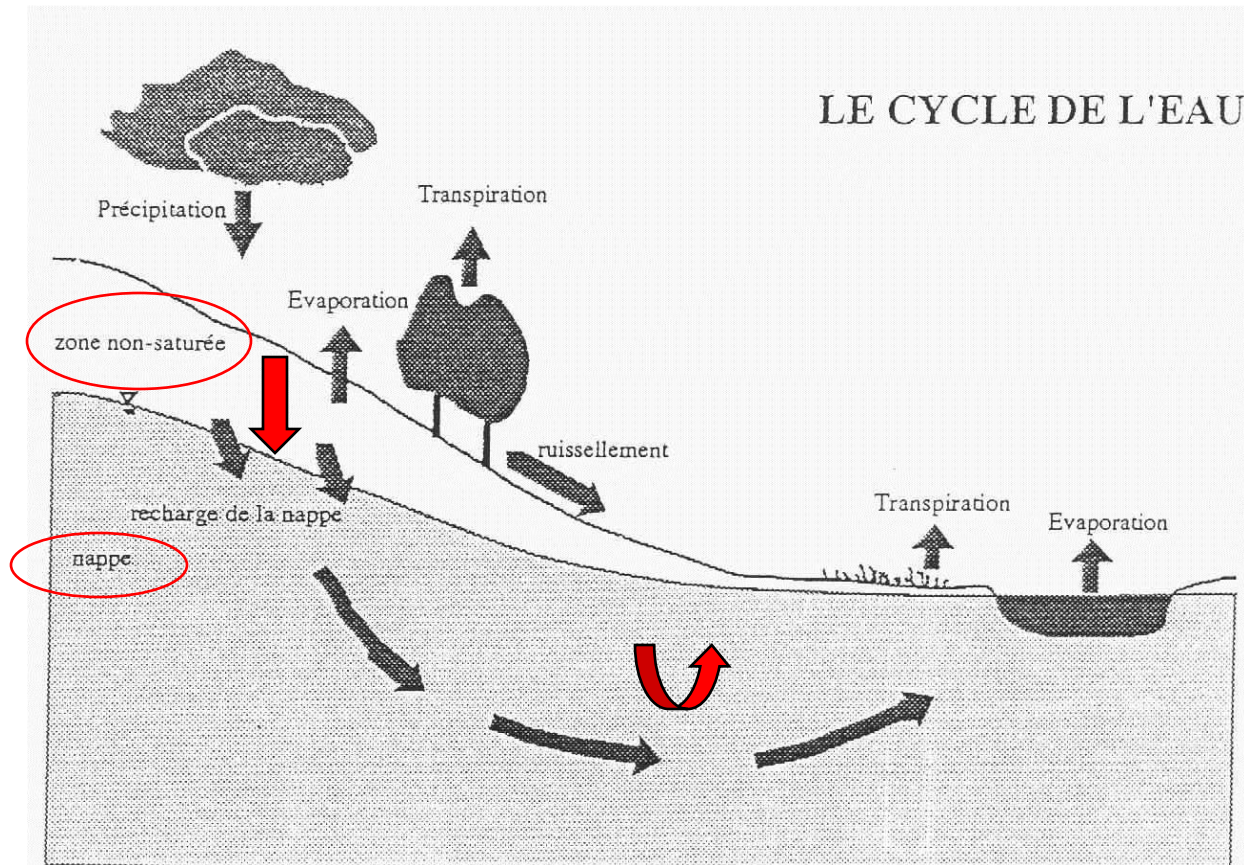
B. Mougin et al., 2008

Calcul des volumes d'eau souterraine sur 12 BV



➤ Volumes calculés sur les 50 premiers mètres

Estimation des temps moyens de résidence des eaux souterraines



- > temps de transfert dans la zone non saturée C. Gascuel et al., 1986
- > participation des eaux souterraines au débit de la rivière

Résultats des calculs des temps moyens de résidence des eaux souterraines

Nom	NomBV	Depts	Surface (km ²)	Code	Temps (ans)	Rapport_BRGM
L'AULNE A CHATEAUNEUF-DU-FAOU	AULNE	29-22-56	1224	J3811810	6.33	RP-52656-FR
L'ELORN A PLOUEDERN	ELORN	29	260	J3413030	7.25	RP-52656-FR
LE COET DAN	COETDAN	56	12.5	J5606810	7.50	RP-52731-FR
L'HORN DE SA SOURCE A LA MER	HORN	29	80.6	J3014310	4.67	RP-52731-FR
LE YAR DE SA SOURCE A LA MER	YAR	22-29	61.2	J2314910	3.67	RP-52731-FR
LE DOURDUFF A GARLAN	DOURDUFF	29	45	J2514010	3.17	RP-53742-FR
LA MAUDOUVE A SAINT-DONAN	MAUDOUVE	22	30	J1524010	2.67	RP-53742-FR
LA NOE SECHE	NOESECHE	22	10	J1513010	2.25	RP-53742-FR
L'OUST	OUST	56	55	J8202310	6.00	RP-53742-FR
L'YVEL	YVEL	56-35	54	J8363110	3.67	RP-53742-FR
LE NANCON	NANCON	35	57	J0014010	5.75	RP-56318-FR
L'ARON	ARON	35	44.7	J7824010	7.08	RP-63719-FR
				Moy	5.00	
				Min	2.25	
				Max	7.50	

B. Mougin et al., 2012

Détermination du temps de résidence des eaux souterraines avec des outils de datation

- > **Thèse de Virginie AYRAUD-VERGNAUD – 2005**
- > **Datation des eaux souterraines par l'analyse des concentrations en CFCs et en tritium**
- > **Diversité des âges en fonction du compartiment hydrogéologique échantillonné**
- > **Travail à l'échelle du bassin Loire-Bretagne**
 - N. Baran et al., 2009



*Établissement public du ministère
chargé du développement durable*



Transfert des nitrates à l'échelle du bassin Loire-Bretagne - Modélisation et datation

Objectif et méthodologie

- compréhension à une échelle plus locale
- modéliser les transferts de nitrates vers les eaux souterraines
- suivi du temps moyen de résidence au pas de temps mensuel
- modélisation globale réalisée à l'aide du logiciel BICHE

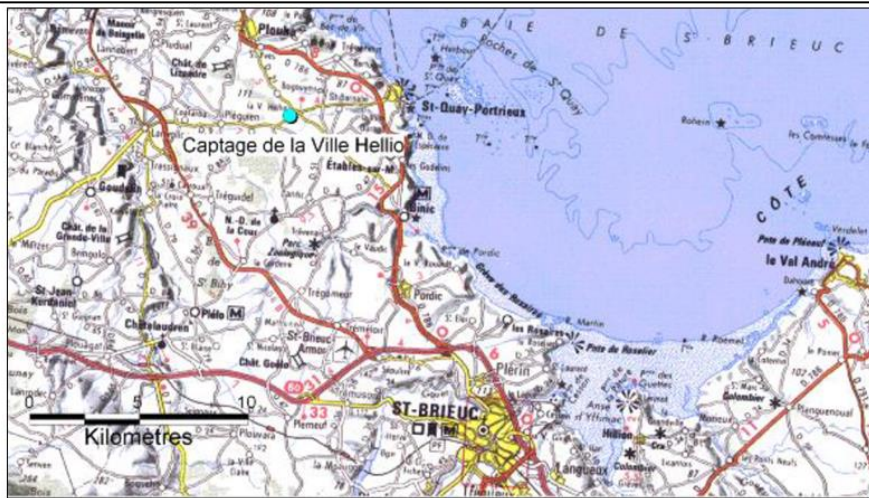


Figure 1 - Localisation du captage de la Ville Hellio (Plourhan, Côtes d'Armor)

BRGM Bretagne

Mercredi 13 mai 2015



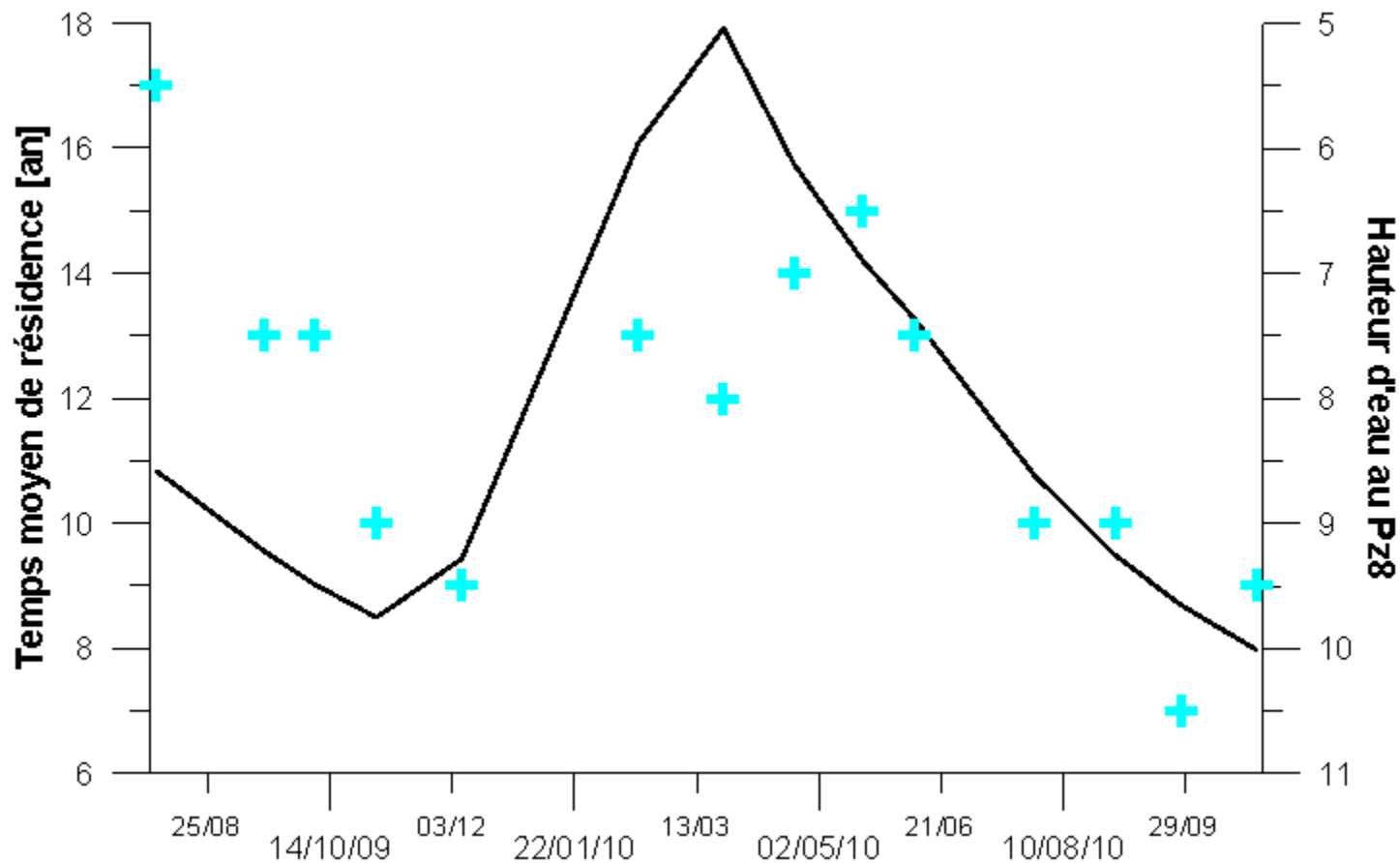
Établissement public du ministère
chargé du développement durable



Géosciences pour une Terre durable
brgm

Suivi au pas de temps mensuel à Plourhan

N. Baran et al., 2011



Temps moyen de résidence variable entre 7 et 17 ans

Modèle global BICHE (Bilan CHimique des Eaux)

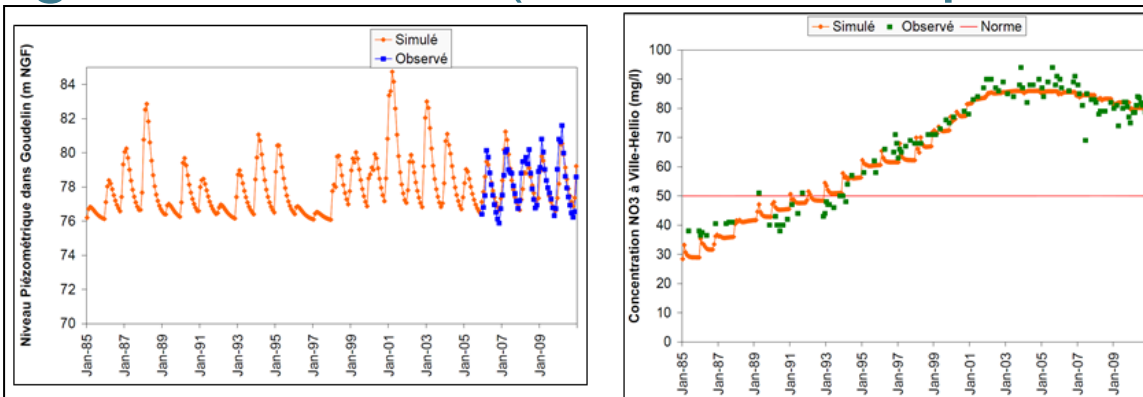
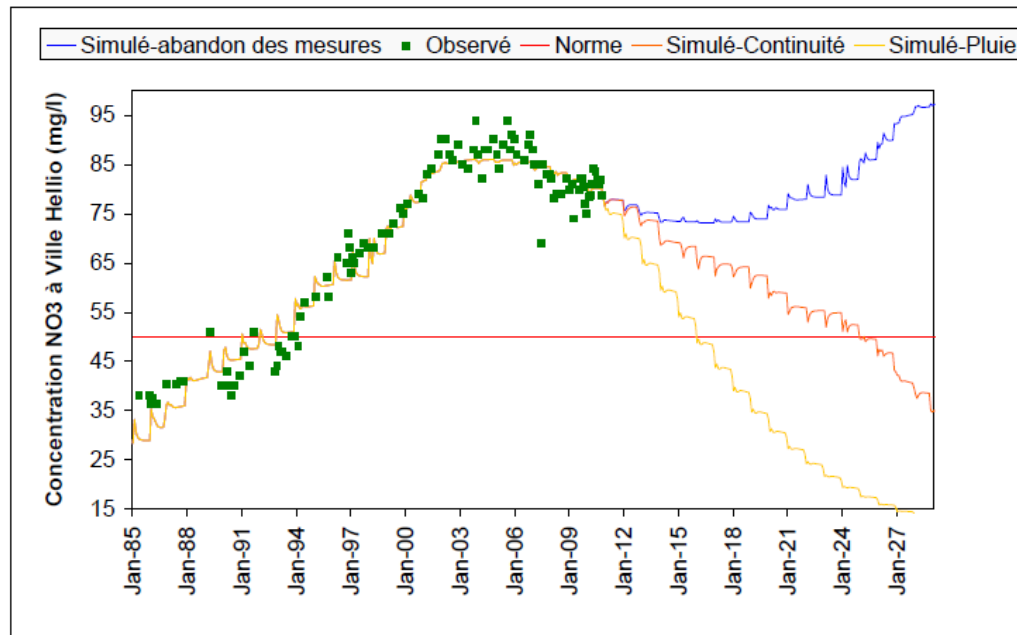


Figure 2 - Comparaison des chroniques mesurées et simulées entre 1985 et 2010



N. Baran et al., 2011

- temps de réaction = 2 ans
- temps de mise à l'équilibre > 17 ans

Autres travaux BRGM

> BV contentieux

— 2007-2008

> CCPCP marais Kervigen

— 2010-2011

> DREAL baies AV

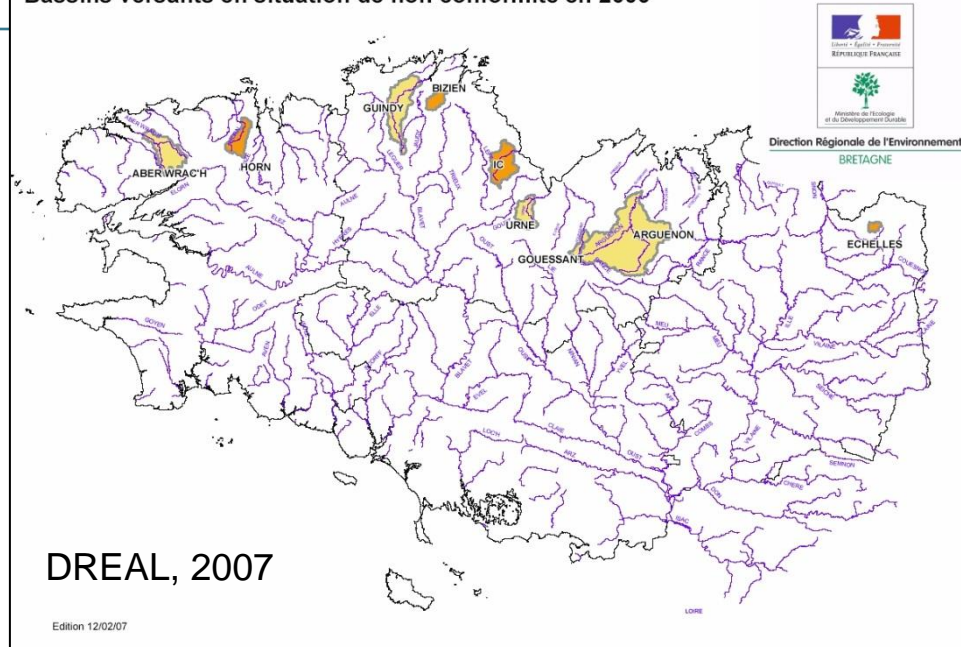
— Concarneau, Fresnaye, Locquirec

— fin 2011

> Horn-Guillec

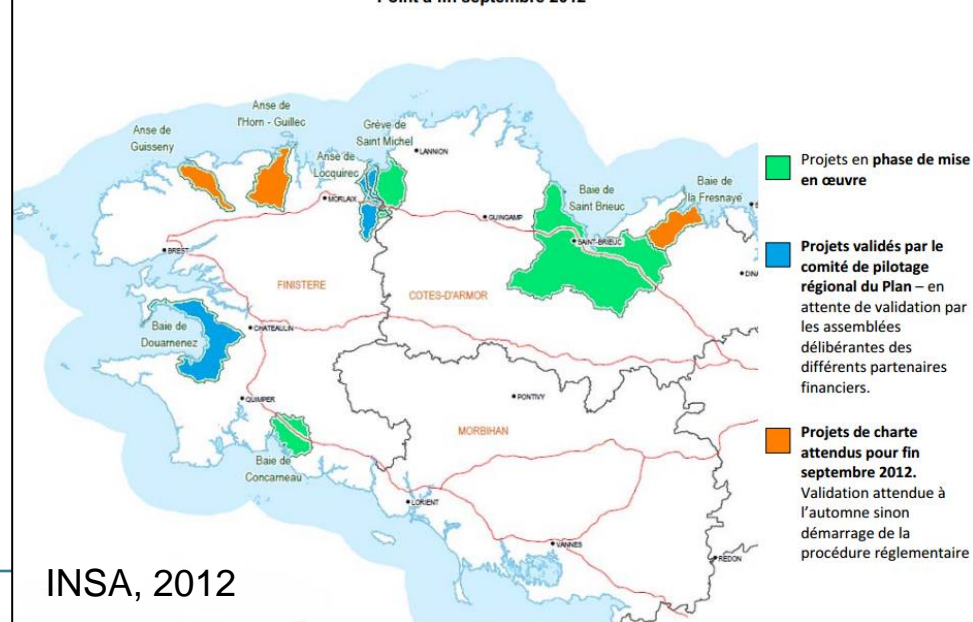
— réseau qualité depuis 2014

Bassins versants en situation de non conformité en 2006



LES 8 BAIES CONCERNEES PAR LE PLAN DE LUTTE CONTRE LES ALGUES VERTES

Point à fin septembre 2012



Bibliographie (1/2)

- AYRAUD, Virginie. Détermination du temps de résidence des eaux souterraines : application au transfert d'azote dans les aquifères fracturés hétérogènes. 2006. Thèse de doctorat. UNIVERSITE DE RENNES 1.
- BARAN N., GOURCY L., LOPEZ B., BOURGINE B., MARDHEL V. (2009) - Transfert des nitrates vers les eaux souterraines à l'échelle du bassin Loire-Bretagne – Phase 1 : temps de transfert, tendances et typologie des aquifères. Rapport BRGM/RP-56884-FR
- BARAN N., GUTIERREZ A., LOPEZ B., SURDYK N., GOURCY L. (2011) - Transfert de nitrates à l'échelle du bassin d'alimentation de captages d'eau souterraine du bassin Loire-Bretagne : modélisation et datation. Rapport final BRGM/RP-60280-FR
- Rapport du CSEB de décembre 2005 - Fiches C « Pour la compréhension des bassins versants et le suivi de la qualité de l'eau : fiches techniques et scientifiques »
- C. GASCUEL-ODOUX, P. MÉROT (1986). Variabilité du transfert de l'eau dans le sol : utilisation du traçage et analyse géostatistique. Journal of Hydrology, n°89, 93-107.

Bibliographie (2/2)

- B. MOUGIN, D. ALLIER, R. BLANCHIN, A. CARN, N. COURTOIS, C. GATEAU, E. PUTOT, collaboration J-P. JEGOU, P. LACHASSAGNE, P. STOLLSTEINER et R. WYNS (2008) - SILURES Bretagne - Rapport final - Année 5 - BRGM/RP-56457-FR
- B. Mougin, J-M. Baltassat, R. Blanchin, F. Mathieu, E. Putot, J-M. Schroetter, E. Thomas and R. Wyns (2012) - Calculation of groundwater response times in eleven Brittany catchments. Groundwater dating meeting (GDAT), Rennes (France), 15-19 october 2012.
- R. WYNS, J-M. BALTASSAT, P. LACHASSAGNE, A. LEGCHENKO, J. VAIRON and F. MATHIEU (2004). Application of proton magnetic resonance soundings to groundwater reserve mapping in weathered basement rocks (Brittany, France), Bulletin de la Société Géologique de France, t. 175, n°1, pp. 21-34.
- Rapports BRGM <http://infoterre.brgm.fr/search/switch.htm?scope=9>
- SIGES Bretagne <http://sigesbre.brgm.fr/>

SIGES Bretagne

Système d'information pour la gestion des eaux souterraines en Bretagne

