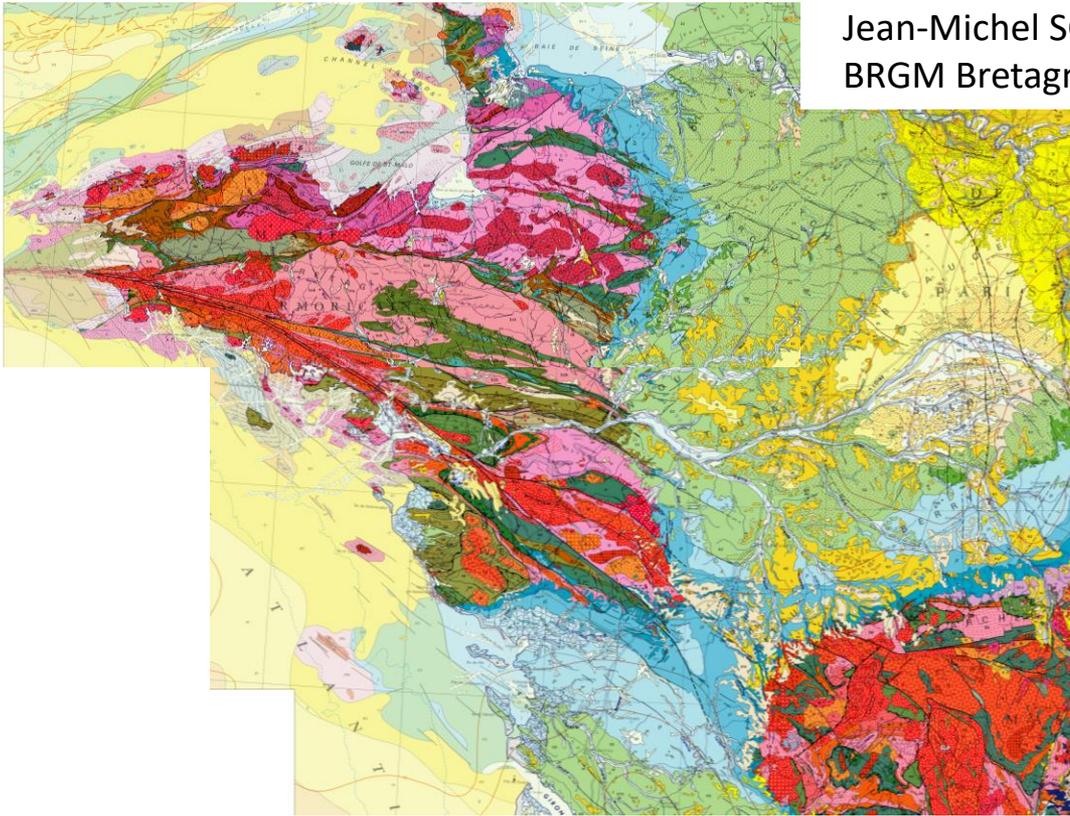


# QU'EST CE QUE LA MALADIE TERTIAIRE : CONSÉQUENCES & APPLICATIONS

... UNE HISTOIRE GÉOLOGIQUE BRETONNE ET DU MASSIF ARMORICAIN ...

Jean-Michel SCHROËTTER  
BRGM Bretagne



*Proverbe breton : « An douar so  
kozh med n'eo ket sod »*

*qui signifie :*

*La terre est vieille mais elle n'est  
pas folle.*

Les partenaires





## Rappel de la géologie du Massif Armoricain : une histoire géologique riche ...

### La Maladie Tertiaire

### Conséquences & applications :

Ressources minérales (mines et carrières)

Ressources en eau (suivi, gestion et découverte)

Gestion des bassins versants

Aménagement du territoire (stockage ...)

Risques naturels

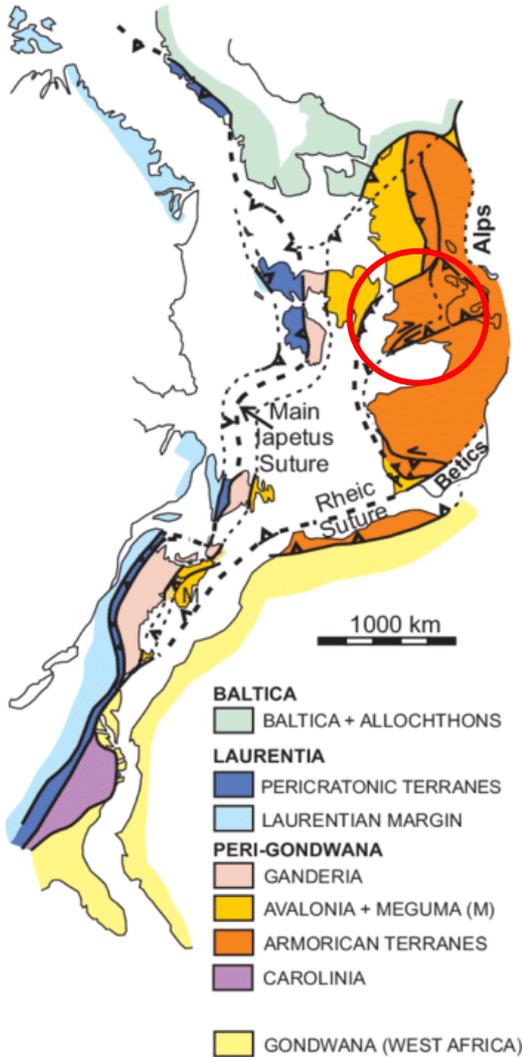
#### Les partenaires



# Une histoire géologique riche



**Laurentia**



*Position de l'Armorique dans la chaîne cadomo-hercynienne (en Europe ou varisque)  
 ou  
 panafricaine au s. l. (en Afrique)  
 ou encore  
 appalachienne au s. l. (en Amérique du nord)*

*(700 – 300 Ma)*

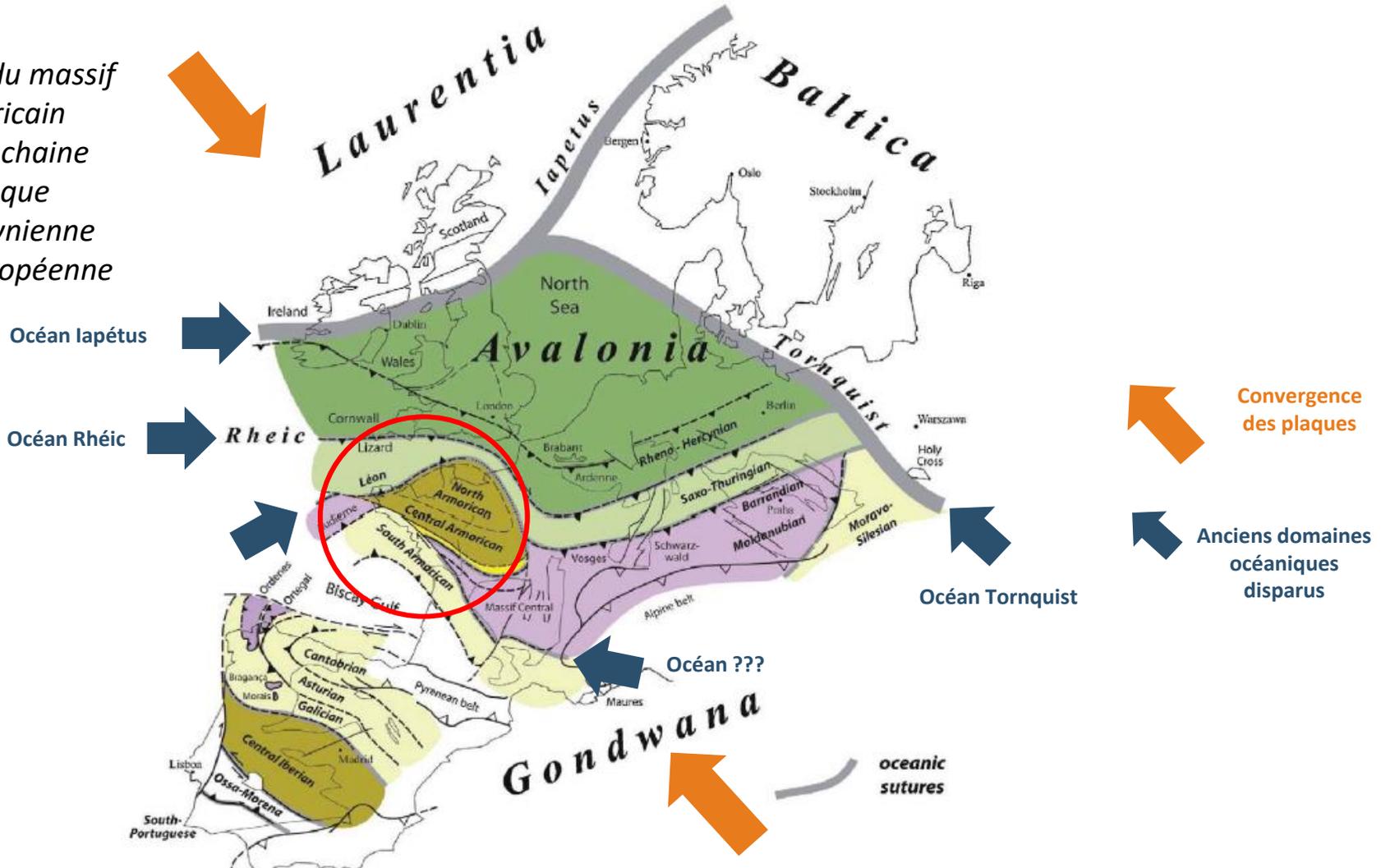
**Gondwana**

*(van Staal et al., 20XX)*

# Une histoire géologique riche

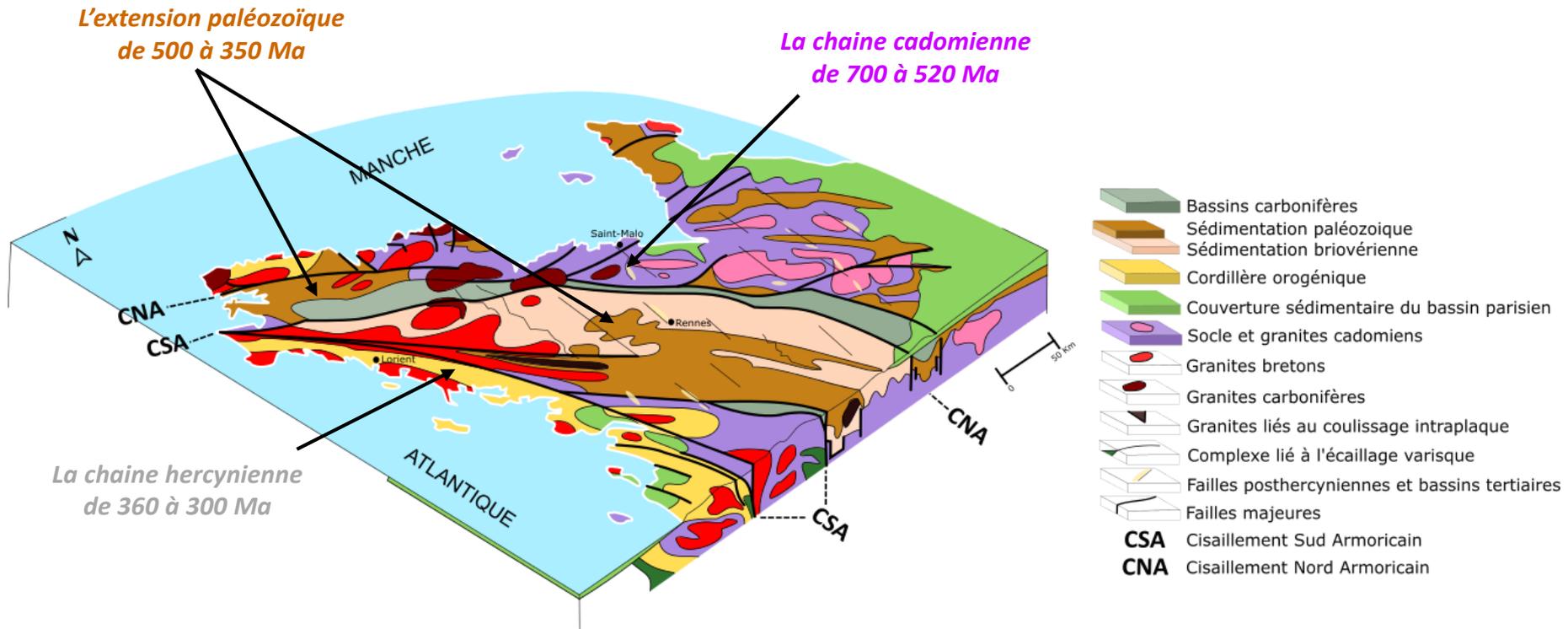
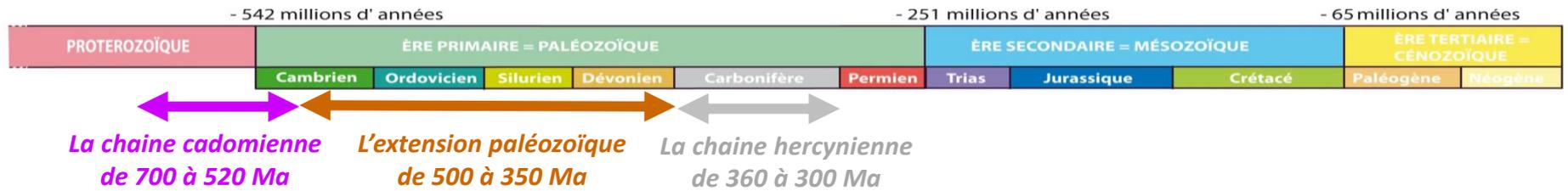


La place du massif armoricain dans la chaîne varisque ou hercynienne ouest européenne



Ballèvre et al., 2013

# Une histoire géologique riche



# Une histoire géologique riche

## La chaîne cadomienne de 700 à 520 Ma



- 542 millions d'années

- 251 millions d'années

- 65 millions d'années

PROTÉROZOÏQUE

ÈRE PRIMAIRE = PALÉOZOÏQUE

ÈRE SECONDAIRE = MÉSOZOÏQUE

ÈRE TERTIAIRE = CÉNOZOÏQUE

Cambrien

Ordovicien

Silurien

Dévonien

Carbonifère

Permien

Trias

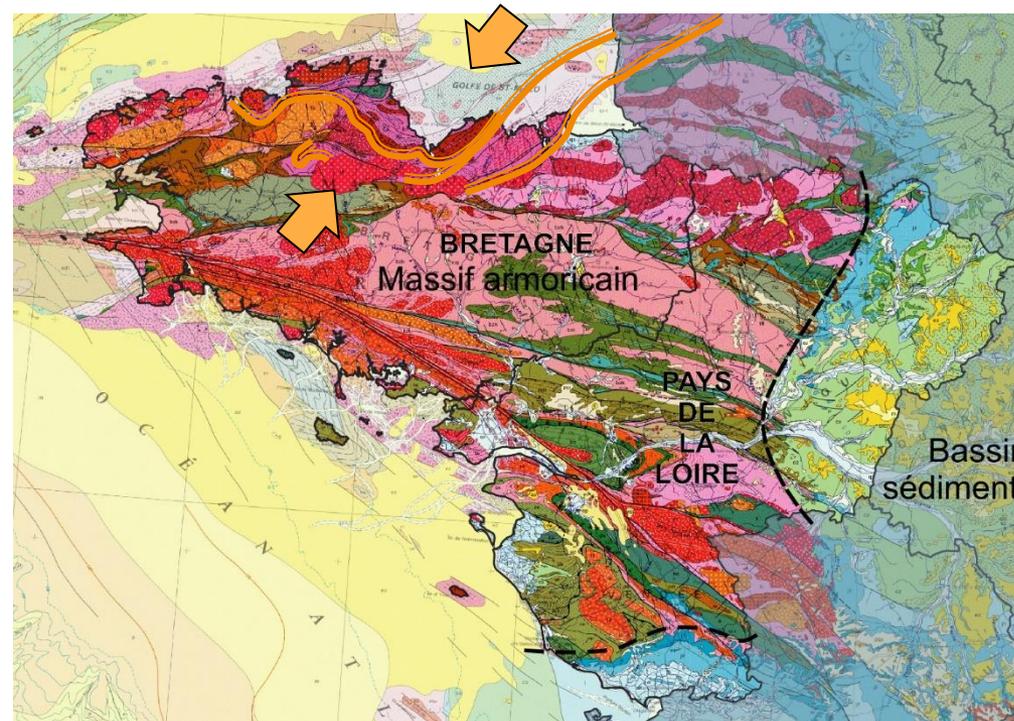
Jurassique

Crétacé

Paléogène

Néogène

### Volcanisme, magmatisme et métamorphisme Fermeture d'un domaine océanique (?) ...



Volcanites dans le Trégor



Roches plissées



Transformées en schistes



Magmatisme de fin  
De chaîne cadomienne  
Granite de Fougères



# Une histoire géologique riche

## L'extension paléozoïque de 500 à 350 Ma



- 542 millions d'années

- 251 millions d'années

- 65 millions d'années

PROTEROZOÏQUE

ÈRE PRIMAIRE = PALÉOZOÏQUE

ÈRE SECONDAIRE = MÉSOZOÏQUE

ÈRE TERTIAIRE = CÉNOZOÏQUE

Cambrien

Ordovicien

Silurien

Permien

Carbonifère

Trias

Jurassique

Crétacé

Paléogène

Néogène

Dépôts des roches sédimentaires du Paléozoïque (Schistes rouges de Rennes) sur les schistes du Briovériens de la chaîne cadomienne plissés (Carrière de la Marette, 35)



*Erosion, sédimentation et magmatisme*  
*Ouverture de l'océan lapétus et fermeture ...*

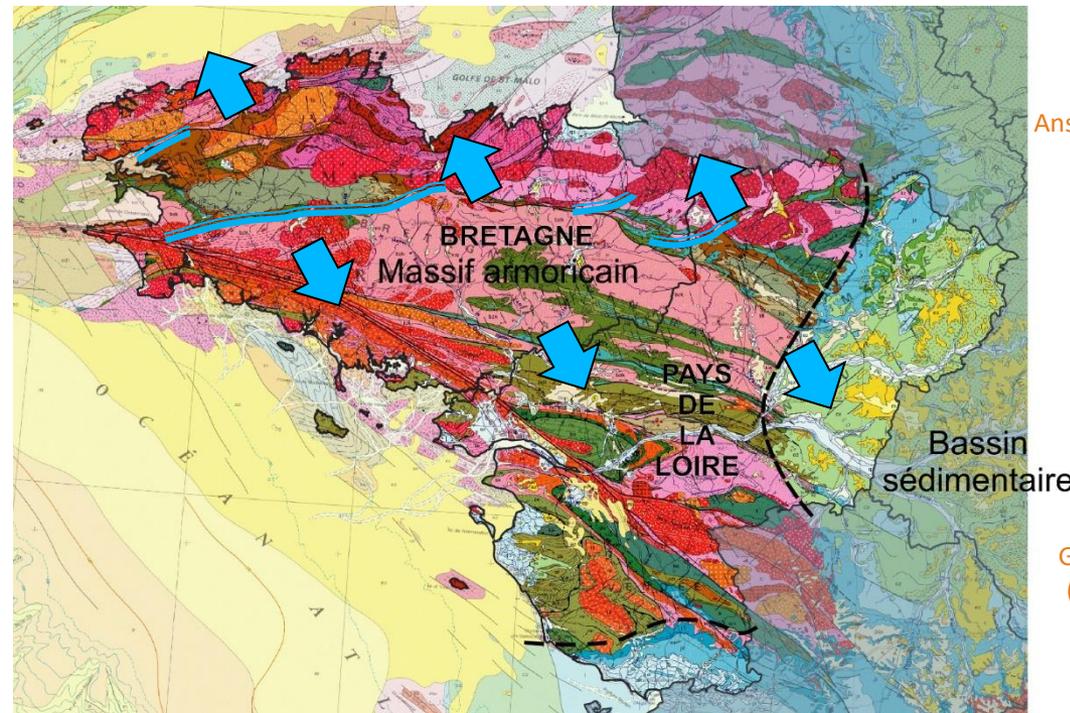
Argilites rouges (pourpres, Anse de Bréhec 22)



Grès armoricains (Tas de Pois, 29)



Schistes noirs d'Angers etc.



# Une histoire géologique riche

## La chaîne hercynienne de 360 à 300 Ma



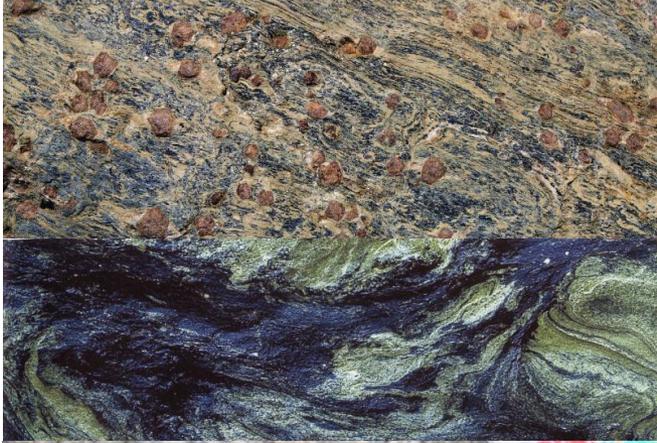
Roches métamorphiques de haut-grade:  
Migmatites du Morbihan 56



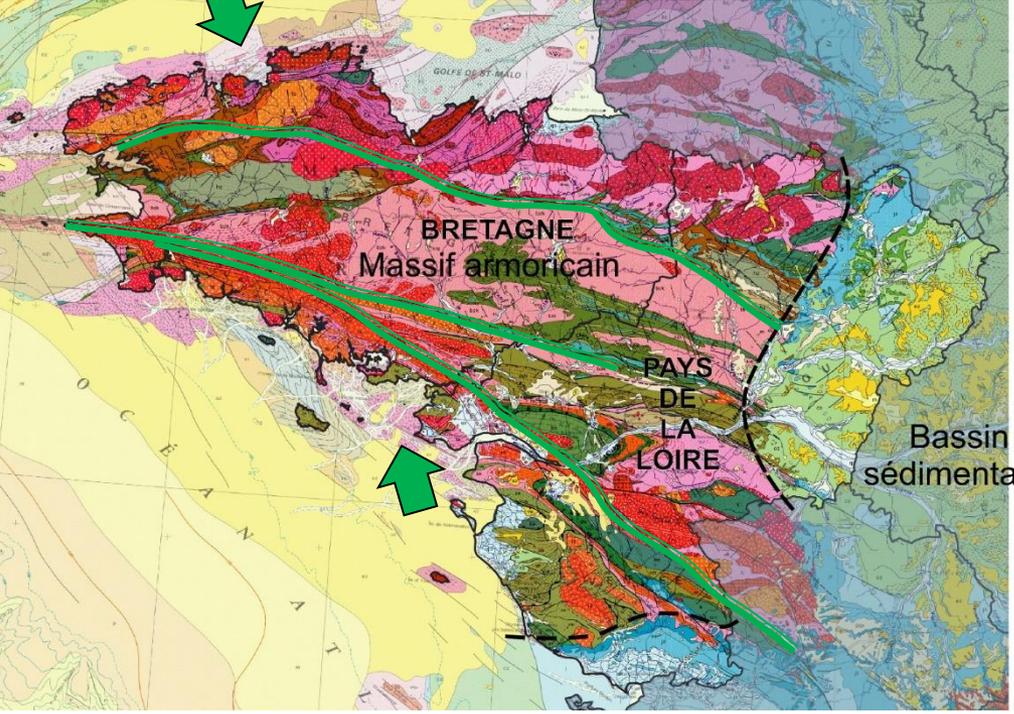
### Magmatisme, métamorphisme et exhumation

#### Fermeture de l'océan Rhéic ...

Croute océanique enfouie et exhumée  
Schistes bleus à grenat de Groix 56



Schistes bleues de Groix 56

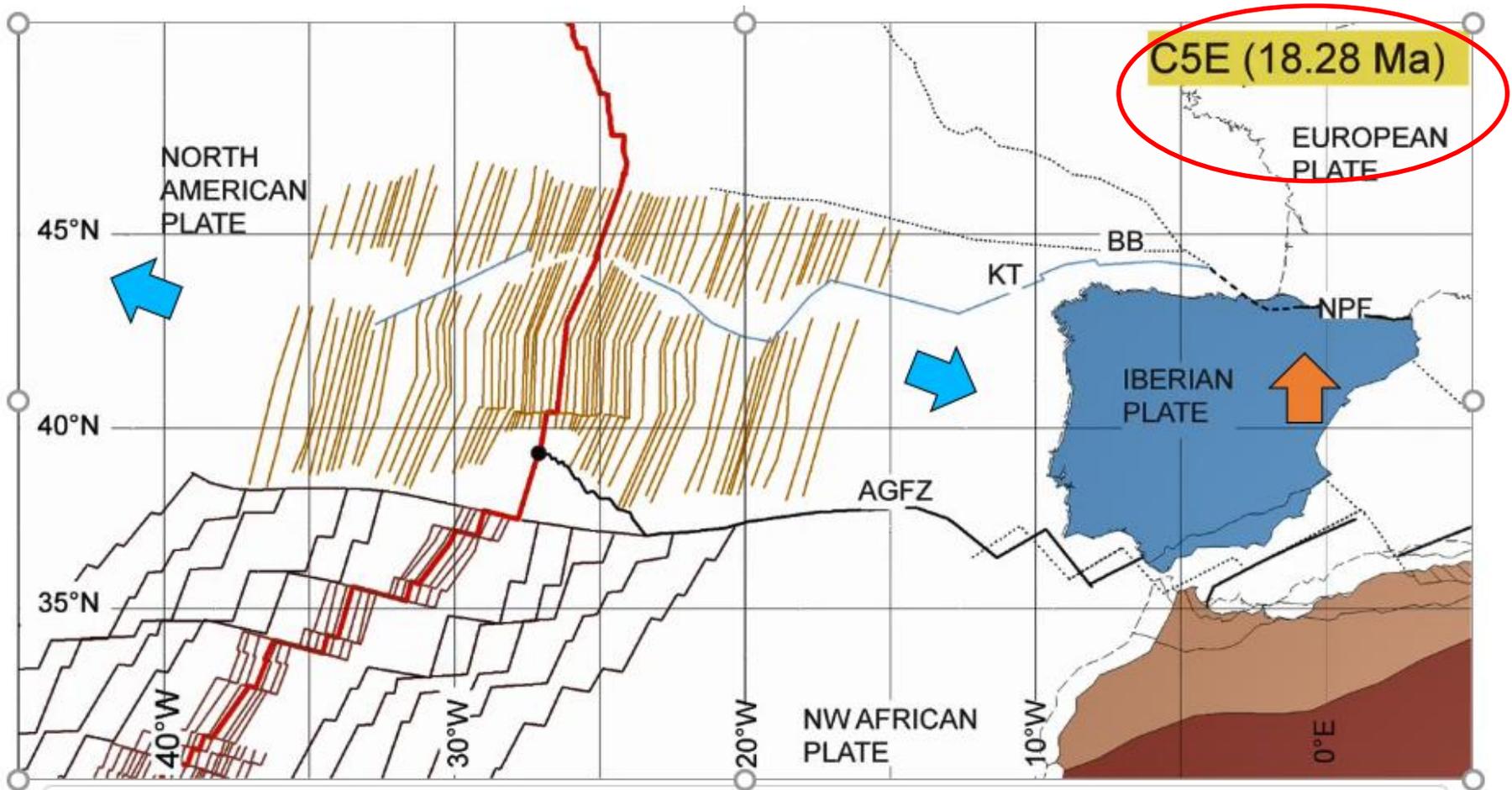


Granite clair hercynien

# Une histoire géologique riche



*Rifting à la fin du Paléozoïque (250 Ma), Extension et Ouverture de l'Atlantique nord & rifting en Manche (180 Ma) et Remontée de la plaque Afrique (70 Ma)*



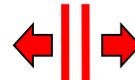
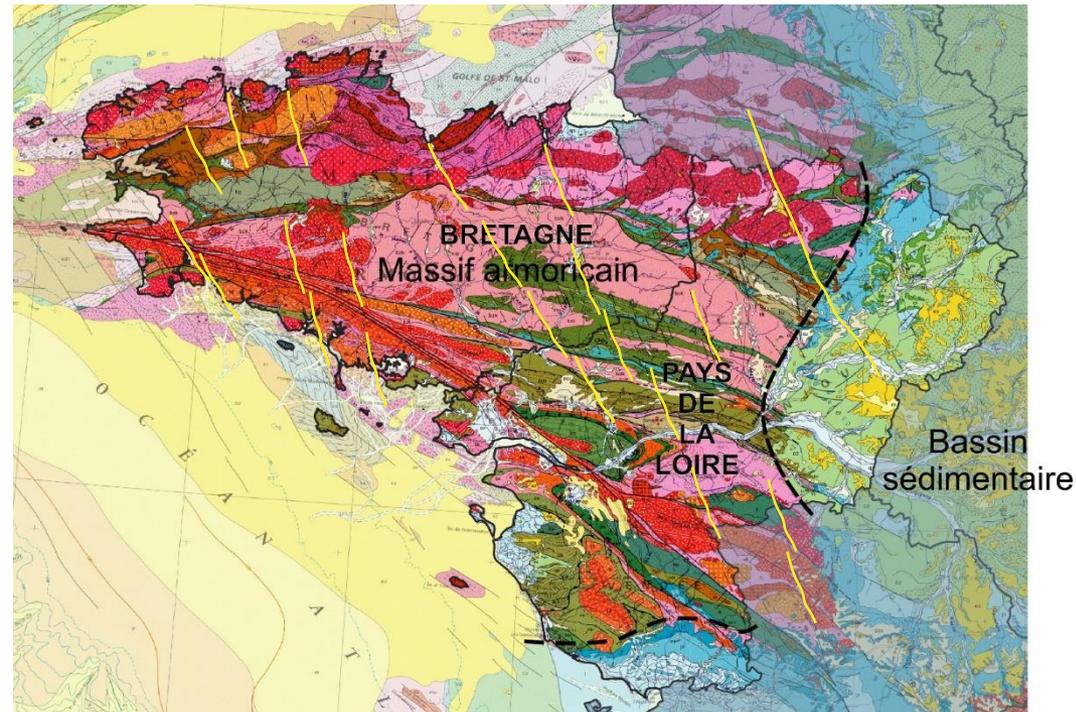
*Toutes mes excuses à l'auteur, je n'ai pas retrouvé la source !*

# Une histoire géologique riche



*Rifting à la fin du Paléozoïque (250 Ma), Extension et Ouverture de l'Atlantique nord & rifting en Manche (180 Ma) et Remontée de la plaque Afrique (70 Ma)*

*Fracturation, altération et érosion ...*



Intrusion de dolérite (Nord-Sud)

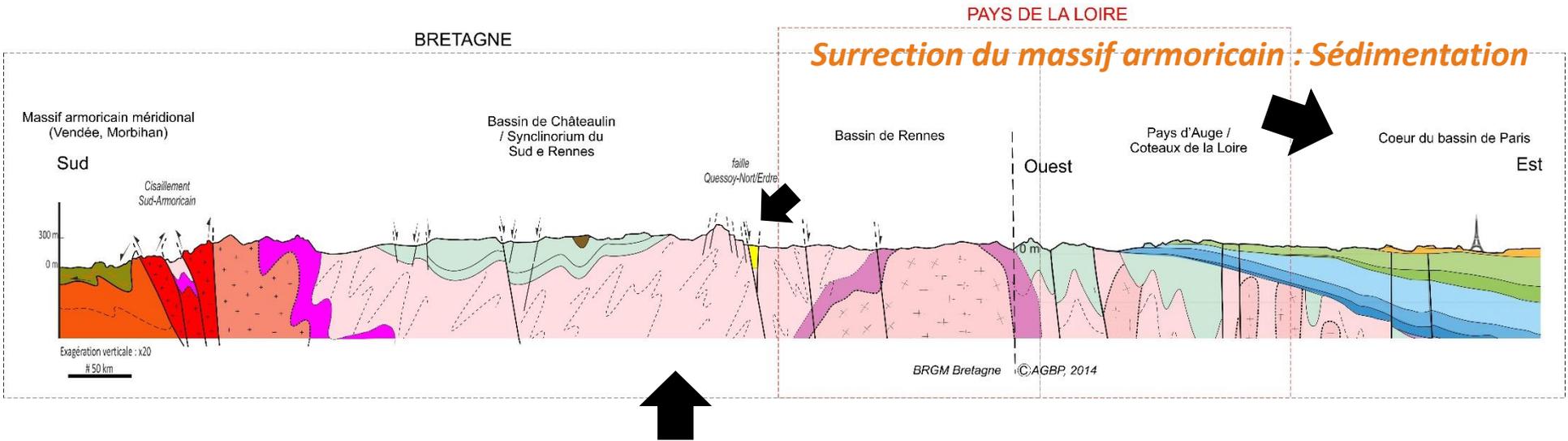
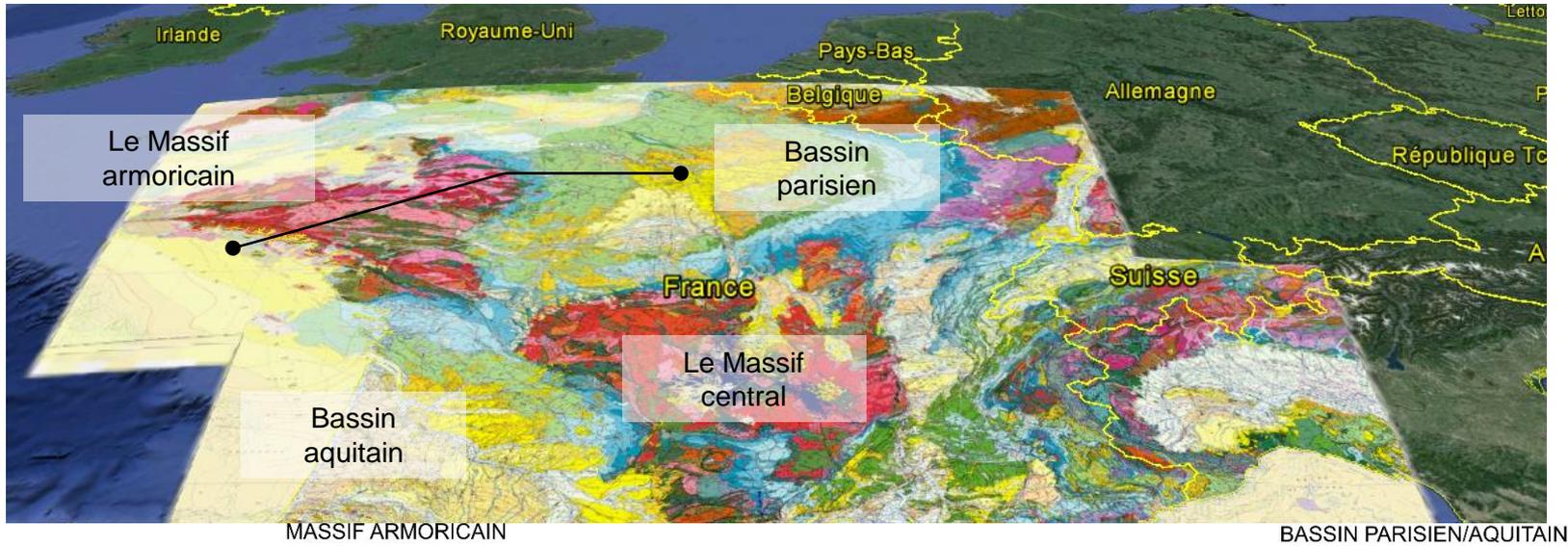


Superposition de l'altération sur les dolérites



Superposition de l'altération sur les granites

# Une histoire géologique riche



## Surrection du massif armoricain : Altération et érosion

# Une histoire géologique riche



***La surrection du massif armoricain entraine son altération ! Toutes les roches dures du massif armoricain sont ameublées (altérées) par les eaux de pluies. Cet évènement sera appelé la « Maladie Tertiaire » en 1932 par Y. Milon***

Avant le Crétacé supérieur (ou l'Eocène moyen), les conditions climatiques sont favorables à la formation d'un épais manteau d'altérites. Les roches du socle (granite, schistes etc.) se transforment sur plusieurs dizaines de mètres d'épaisseurs en arènes, limons d'altération et argiles (Kaolin). Les températures moyennes de 18 à 22°C (plus chaudes que l'actuel) et les précipitations > ou = à 1000 mm (comme actuellement en Bretagne), permettent la transformation in situ des roches qui sont ameublées jusque sous des latitudes de 60°N.



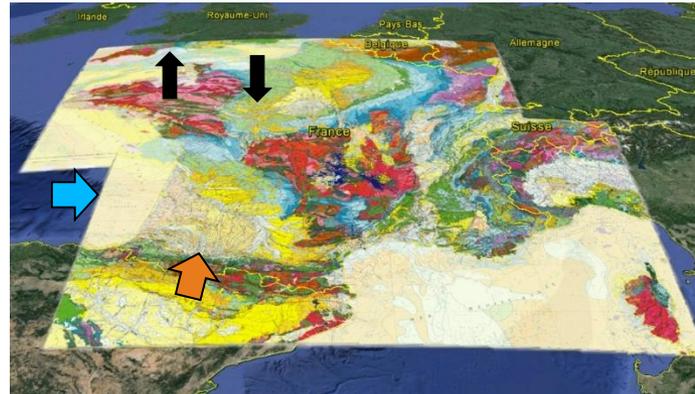
Travaux de la voie rapide Rennes-Brest au niveau de Rennes



Granite cadomien de Lanhelin, 35

# Une histoire géologique riche

## La maladie tertiaire : Mécanisme de formation



L'ouverture de l'Atlantique et la poussée pyrénéenne

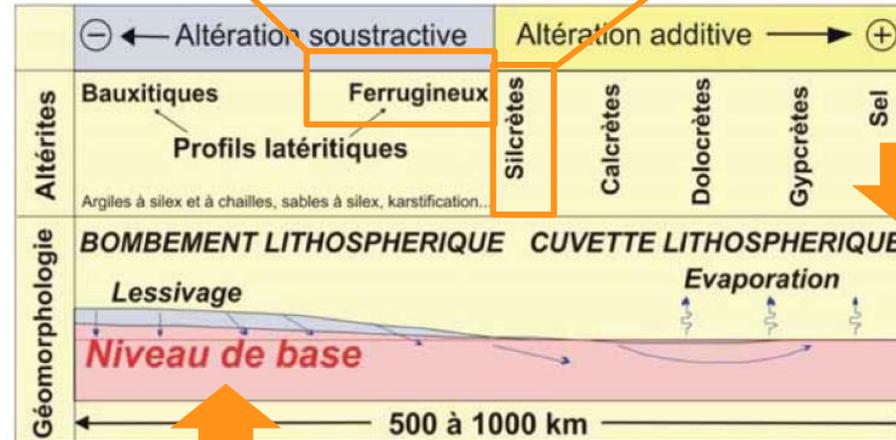


Éléments de cuirasse ferrugineuse, Rougé et Paimpont (35) (JM Schroetter)



Silcrète (éléments divers à matrice de silice), Lanhelin (35) (JM Schroetter)

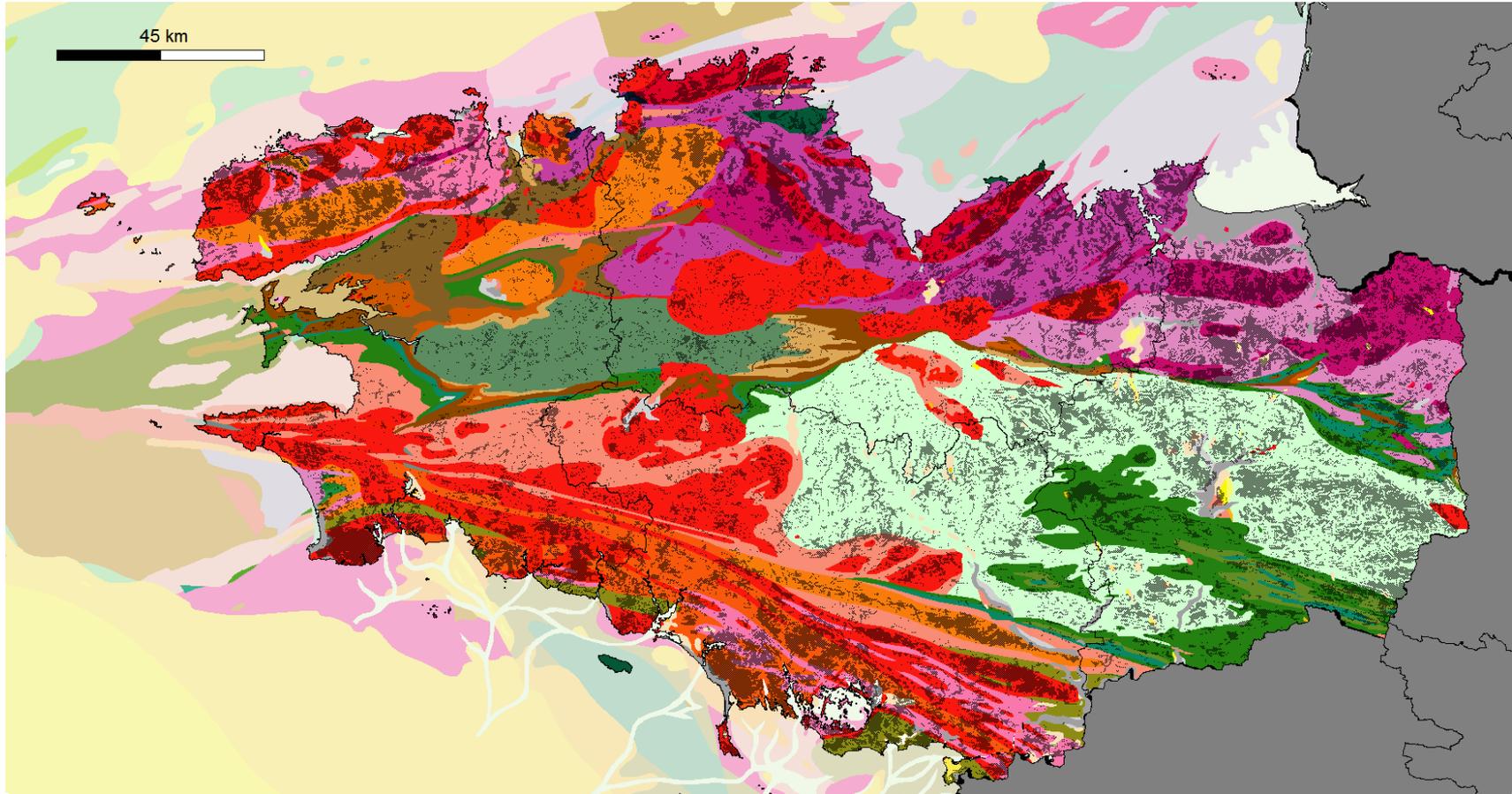
*Sur les parties en surrection du massif armoricain se crée l'altération et une cuirasse latéritique (de fer ici ou ferricrète) et dans les parties basses la silice précipite (silcrètes).*



# Une histoire géologique riche



## *La maladie tertiaire de Y. Milon, 1932*



*Reconstruction du manteau d'altérites (en gris) sur le Massif Armoricain  
(Programme SILURES BRETAGNE, Mougín et al. 2008)*





**Rappel de la géologie du Massif Armoricain : une histoire géologique riche ...**

**La Maladie Tertiaire**

**Conséquences & applications :**

**Ressources minérales (mines et carrières)**

Ressources en eau (suivi, gestion et découverte)

Gestion des bassins versants

Aménagement du territoire (stockage ...)

Risques naturels

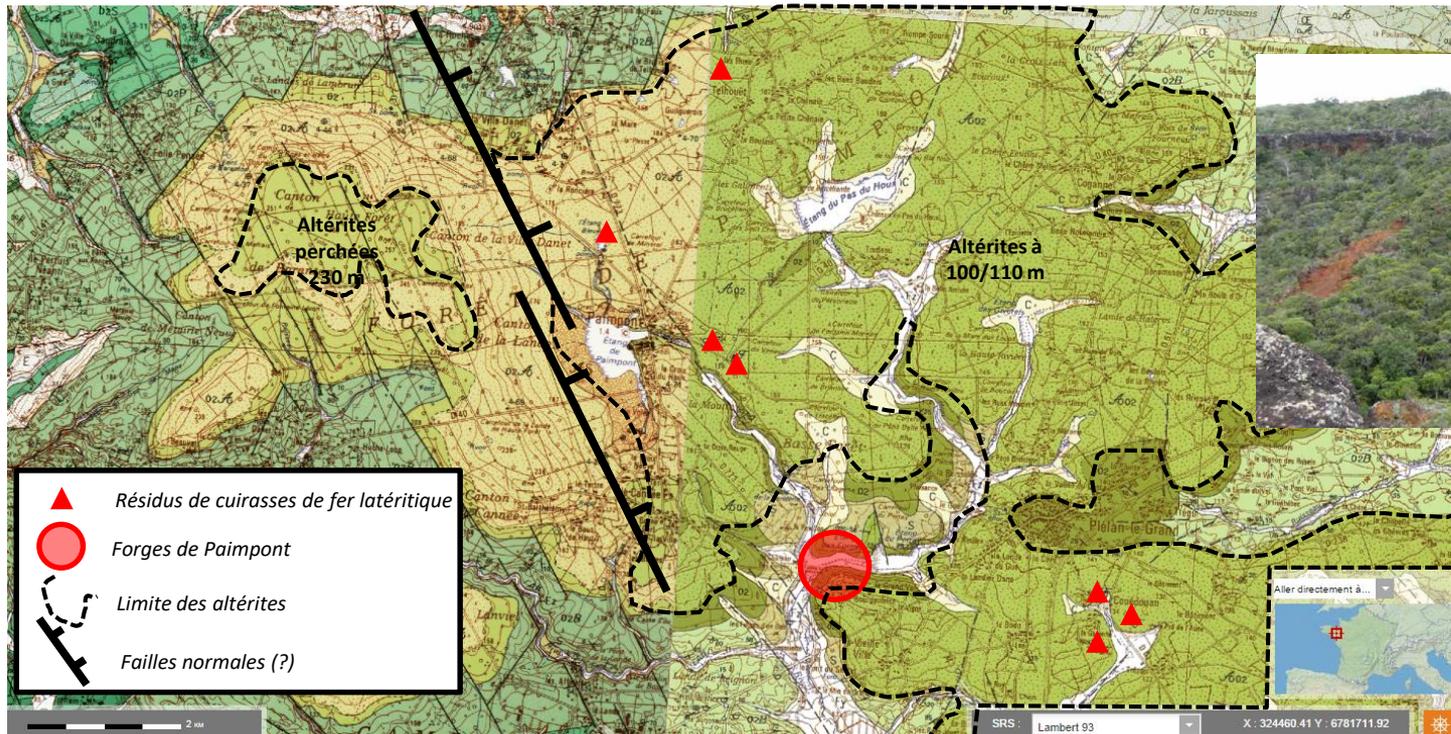
## Les partenaires





## Exploitation de la cuirasse latéritique en Bretagne

Extrait de la carte géologique de Paimpont, BRGM 2009



**Fig. 3 : Cuirasse ferrugineuse datée de 25 Ma et coiffant le profil d'altération établi sur le massif ultrabasique de Tiébaghi, Nouvelle-Calédonie (Sevin et al, 2012).**

Carte géologique de Paimpont, BRGM 2009, avec l'interprétation du fonctionnement tectonique et latéritique du secteur des Forges de Paimont (35, BRGM Bretagne, données non publiées)



## Exploitation d'argile latéritique en Bretagne



**Fig. 6 : Carrière de kaolin (Ploemeur, Morbihan, France, 2007).**

*Fig. 6: Kaolin quarry (Ploemeur, Morbihan Department, France, 2007).*

© BRGM – F. Michel.





## Exploitation d'argile latéritique en Vendée



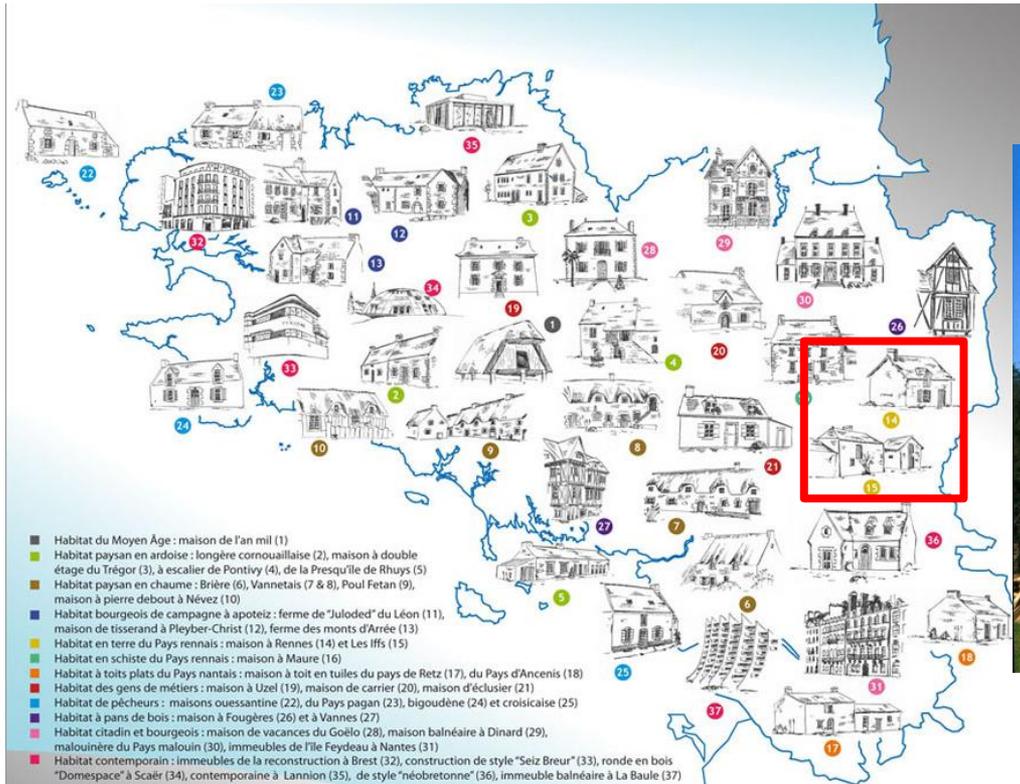
Carrière d'argile, Vendée, Photo R. Wyns



# Conséquence sur la ressource minérale



## Utilisation de ces argiles latéritiques et des loess associés



Différentes typologies de l'habitat en Bretagne, Source Bodlore-Penlaez & Kervella, 2001)





**Rappel de la géologie du Massif Armoricain : une histoire géologique riche ...**

**La Maladie Tertiaire**

**Conséquences & applications :**

Ressources minérales (mines et carrières)

**Ressources en eau (suivi, gestion et découverte)**

Gestion des bassins versants

Aménagement du territoire (stockage ...)

Risques naturels

## Les partenaires



# Conséquence sur la ressource en eau souterraine



1

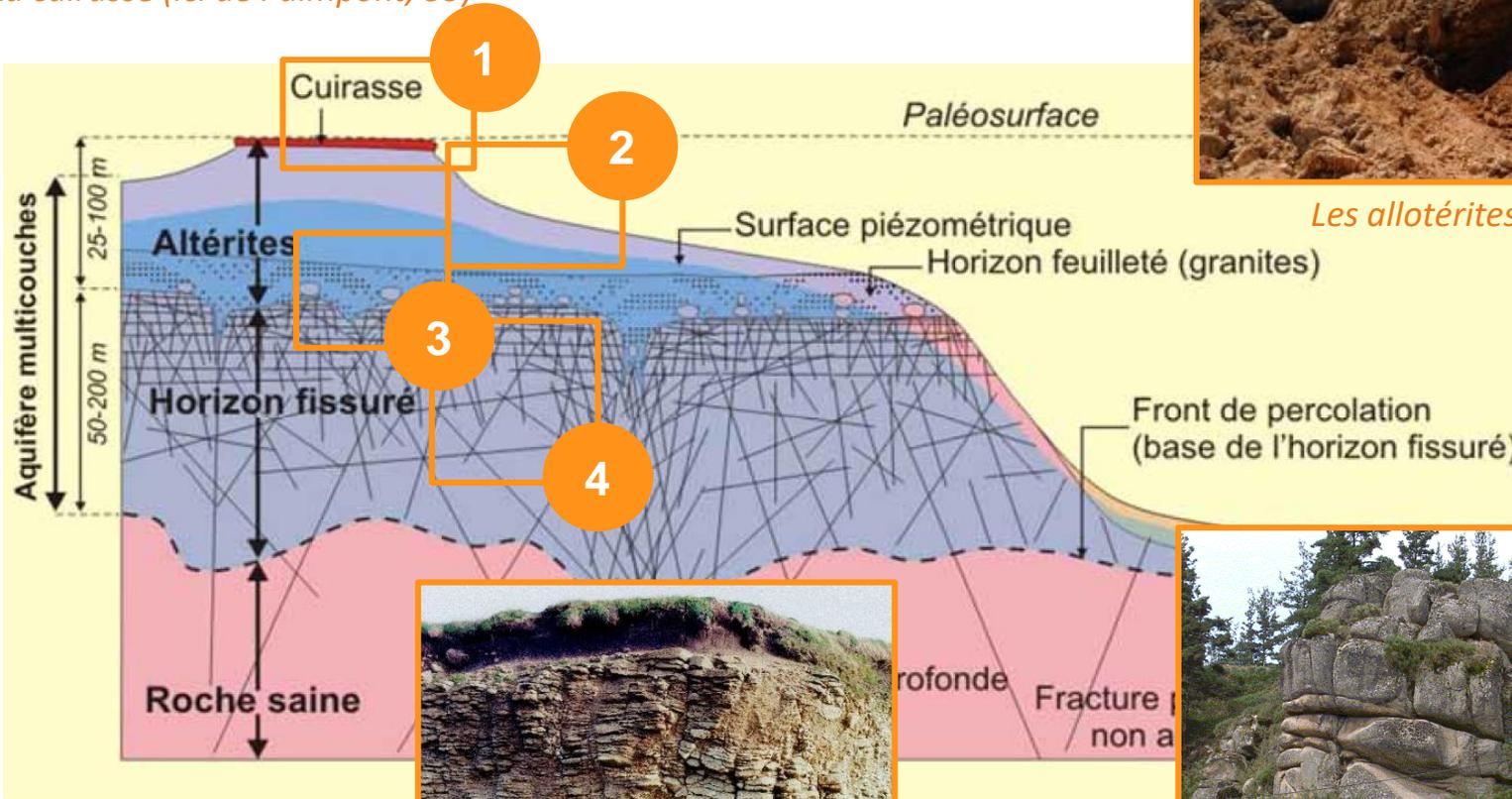
Modèle conceptuel de l'aquifère de « socle » latéritique (R. Wyns, 1998)



2

Les allotérites : argiles d'altération

La cuirasse (ici de Paimpont, 35)



1

2

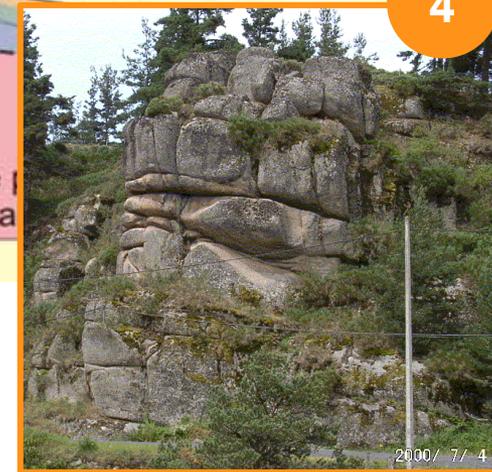
3

4



3

La base des isaltérites  
Zone feuilletée

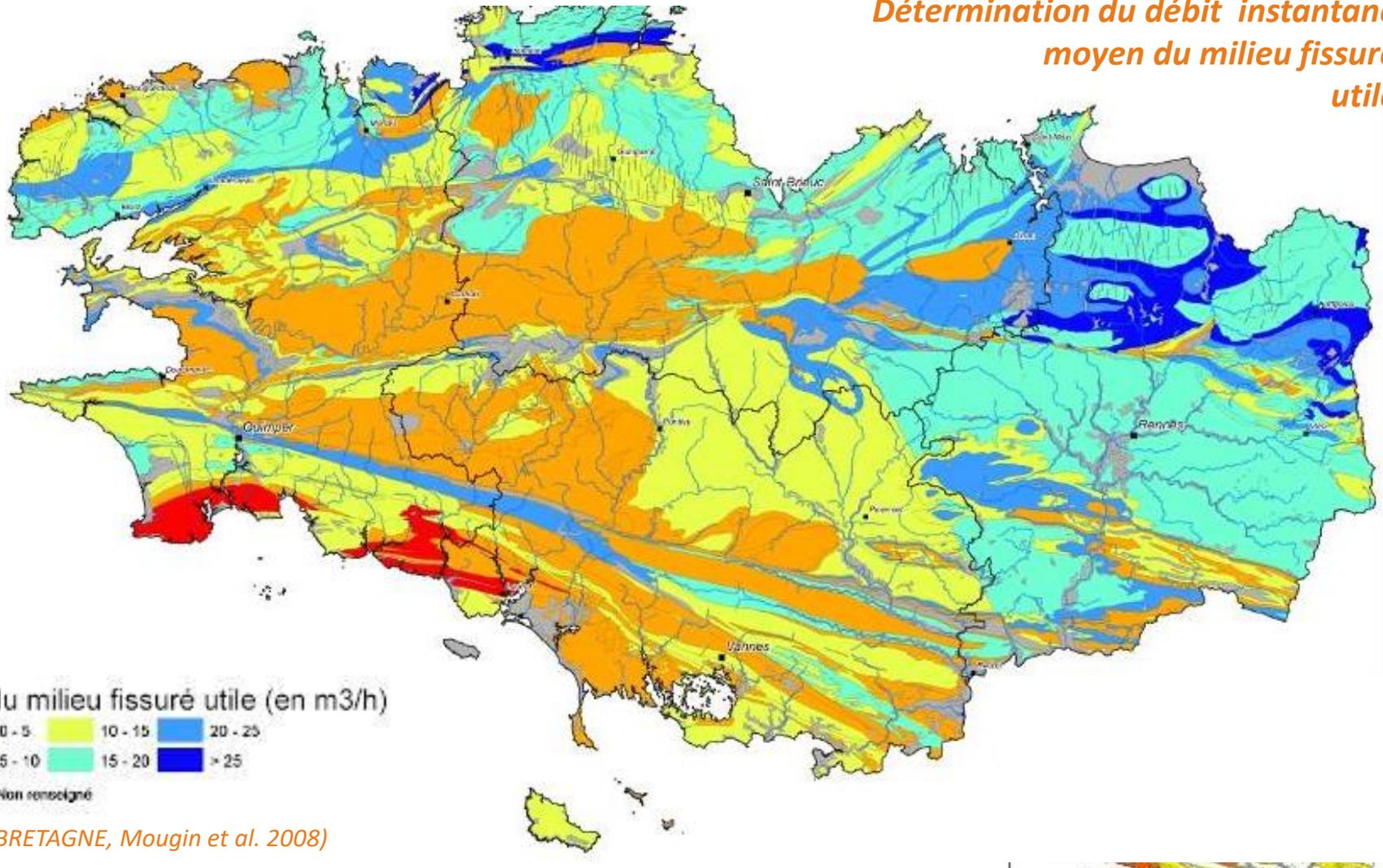


4

La zone fissurée

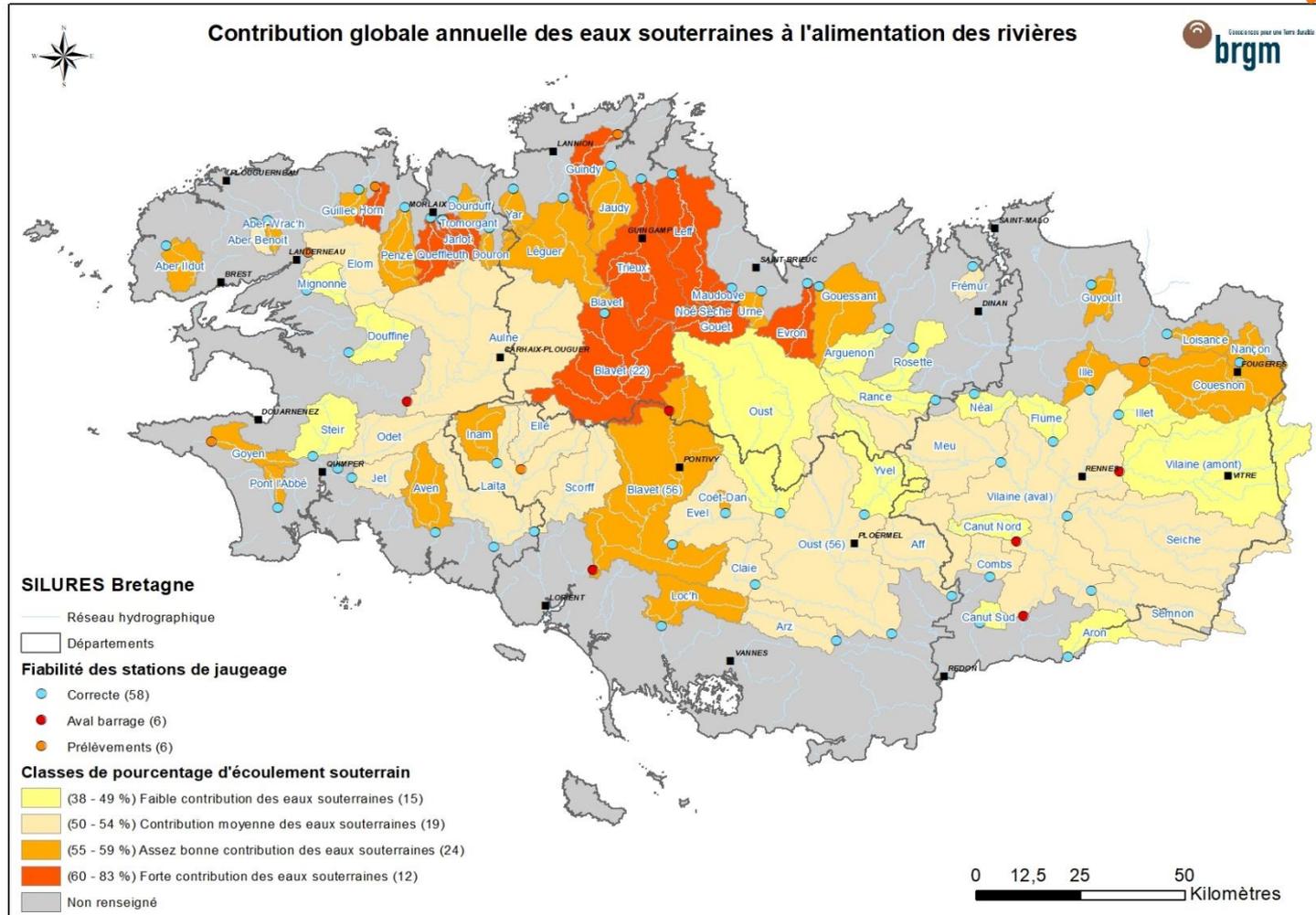


## Détermination du débit instantané moyen du milieu fissuré utile





## Détermination de la participation des eaux souterraines à l'étiage des rivières par bassin versant



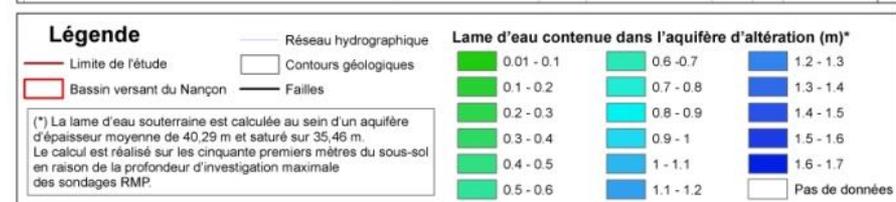
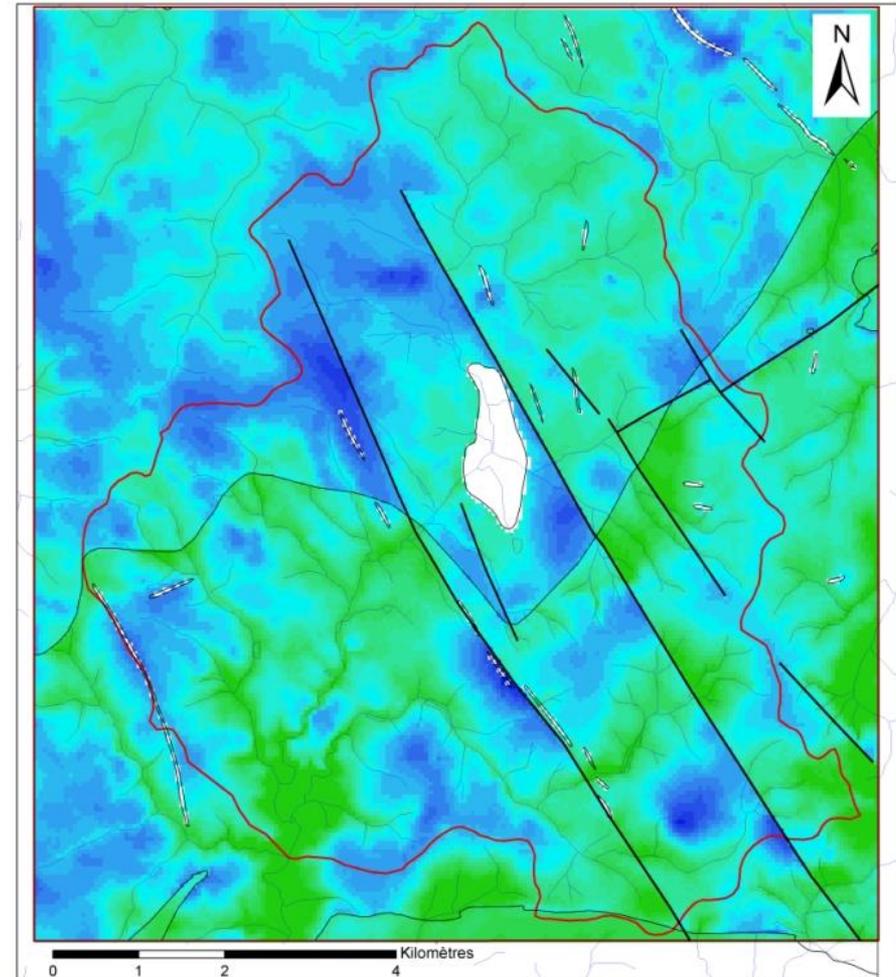
(SILURES BRETAGNE, Mougin et al. 2008)



## Calcul des volumes d'eau souterraine et utilités

- > Exploitation des eaux souterraines
- > Protection des eaux souterraines pour reconquérir la qualité de l'eau
- > Exemple de calcul sur un bassin versant :
  - > 43 +/- 5 millions de m<sup>3</sup>
  - > Tps de renouvellement : 6 ans

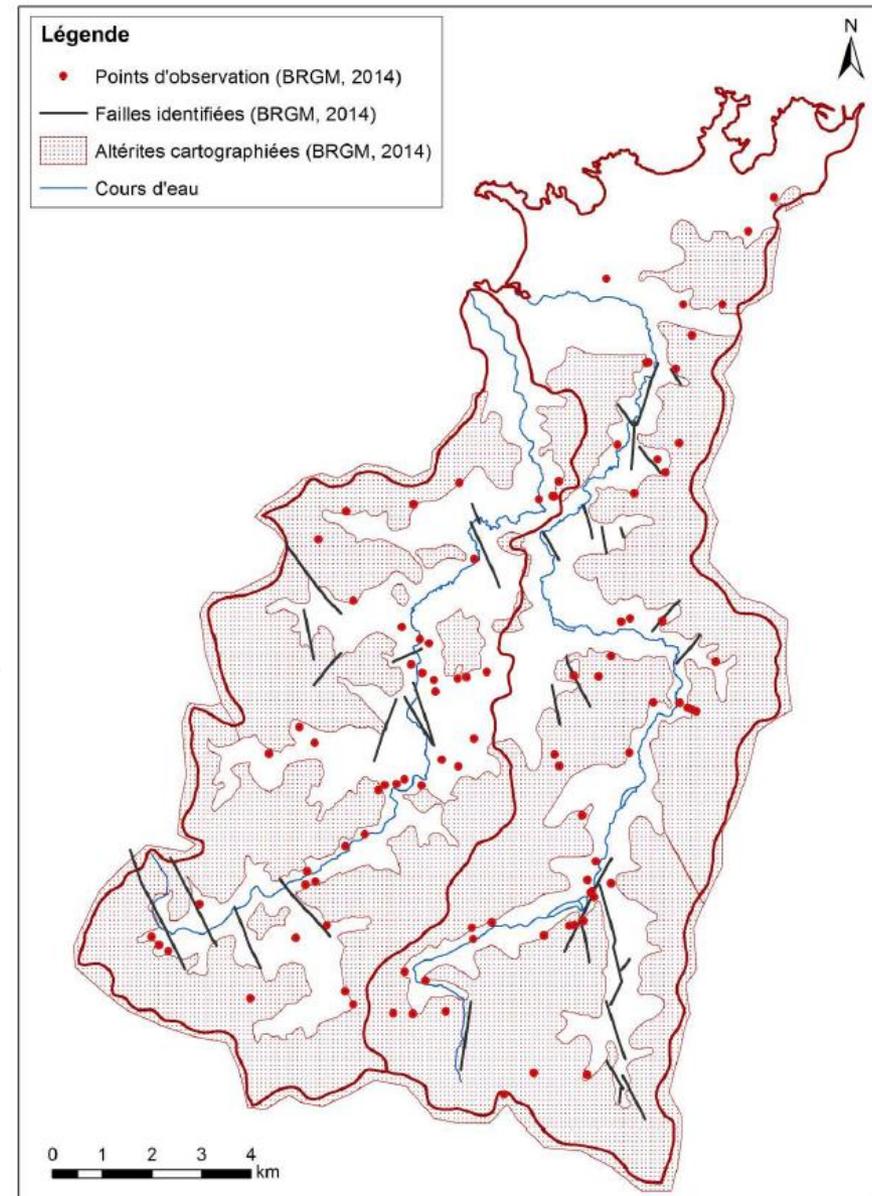
(SILURES Bassins versants, Mougin et al. 2008)





# Gestion des bassins versants Stockage et aménagement du territoire

Implantation d'un réseau de  
suivi des eaux souterraines  
(Lucassou et al., 2014; 2015)





**Rappel de la géologie du Massif Armoricain : une histoire géologique riche ...**

**La Maladie Tertiaire**

**Conséquences & applications :**

Ressources minérales (mines et carrières)

Ressources en eau (suivi, gestion et découverte)

**Gestion des bassins versants**

**Aménagement du territoire (stockage ...)**

Risques naturels

## Les partenaires

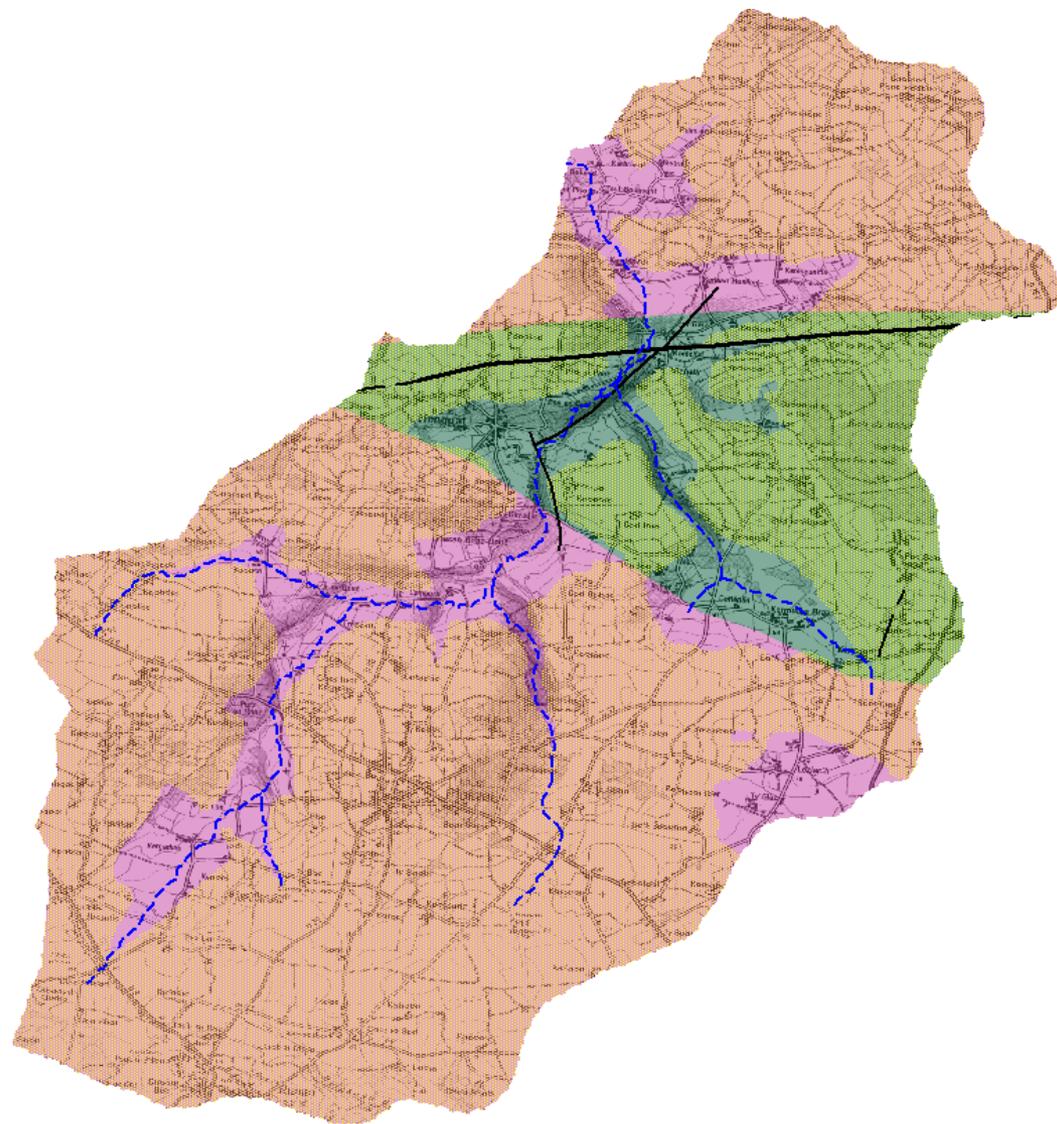




## Gestion des bassins versants Stockage et aménagement du territoire

### *Cartographie des altérites d'un bassin versant*

- > Recherche de matériaux (argiles, arènes ou granulats ...)
- > Recherche de sites d'enfouissement





## Rappel de la géologie du Massif Armoricain : une histoire géologique riche ...

### La Maladie Tertiaire

### Conséquences & applications :

- Ressources minérales (mines et carrières)
- Ressources en eau (suivi, gestion et découverte)
- Gestion des bassins versants
- Aménagement du territoire (stockage ...)
- Risques naturels**

#### Les partenaires





## Erosion littorale

(Schroetter, 2013)



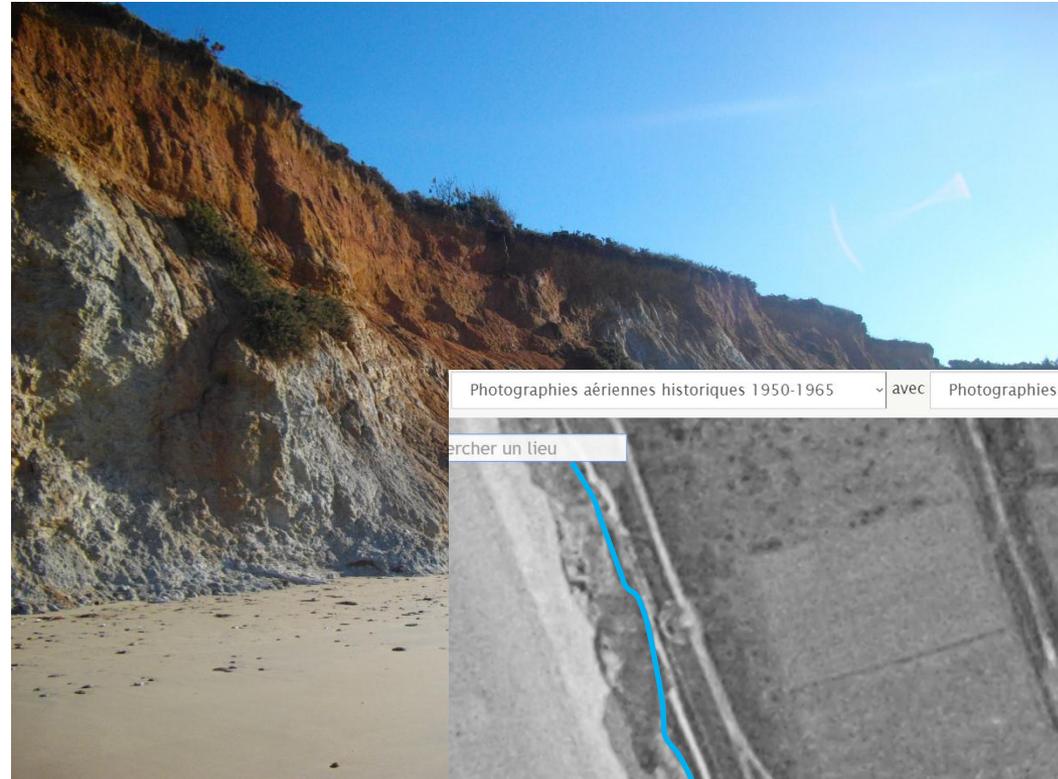
*Profil d'altération au niveau des pleines mers : Exemple de la falaise de la Mine d'Or à Pénestin (56)*

# Conséquence sur les risques naturels



*Evolution de la falaise de Pénestin  
entre 1962 et 2000,  
Rouge pointillé, trait 1962  
Bleu pointillé, trait 2000  
Vitesse moyenne de 0,75 m/an*

*Erosion littorale*



*(Schroetter, 2013)*



## *Erosion littorale*



*Erosion de falaise littorale constituée d'une roche magmatique plutonique altérée  
(Schroetter et Blaise, 2015)*

# Conséquence sur les risques naturels



*Erosion littorale*



*Erosion de falaise littorale constituée d'une roche magmatique plutonique altérée*

*(Schroetter et Blaise, 2015)*

# Conséquence sur les risques naturels

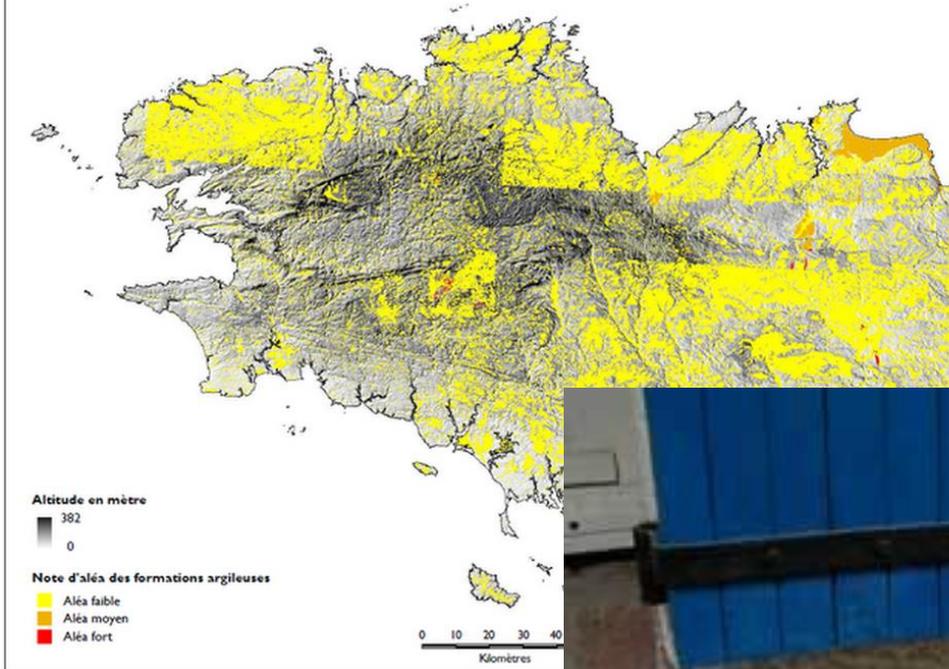


*Glissement d'un talus de voie ferrée*

# Conséquence sur les risques naturels



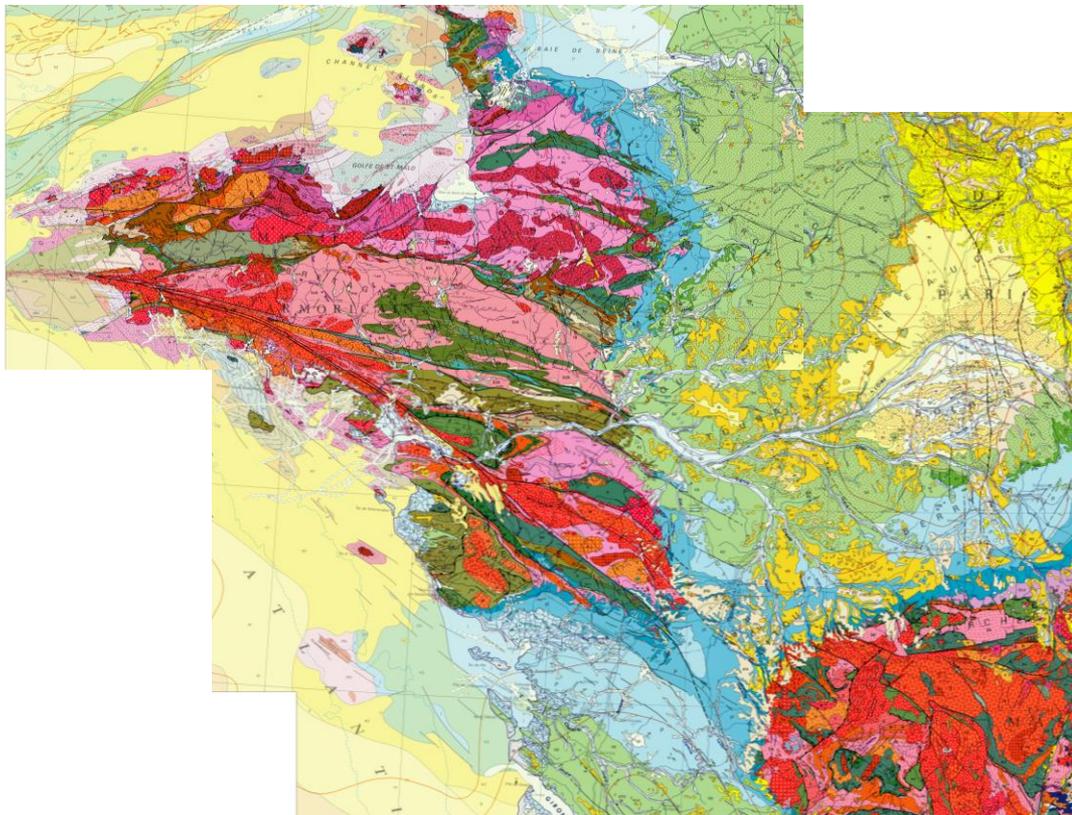
## ALÉA RETRAIT-GONFLEMENT DES FORMATIONS ARGILEUSES EN BRETAGNE



Cartographie de l'aléa retrait gonflement des argiles

*(Schroetter et al., 2010)*

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



**Service géologique  
national**



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Siège &  
Centre scientifique et technique**  
6, avenue Claude-Guillemin  
BP 66009  
45060 Orléans Cedex 2 - France  
Tél.: +66 (0)2 68 64 64 64

**Centre de consultation  
Maison de la Géologie**  
77, rue Claude-Bernard  
75005 Paris - France  
Tél.: +66 (0)1 47 07 91 96

Les partenaires

