

## Le sous-sol

L'histoire du socle armoricain est une succession de grandes périodes de sédimentation, puis d'édification de montagnes et de plissements, suivies de cycles d'érosion qui ont aplani ces reliefs. De fait, les propriétés du sous-sol influencent directement la nature du sol et la circulation des eaux, et donc, également, la végétation et les paysages. Par exemple, les points les plus élevés en Bretagne sont liés à des roches plus résistantes à l'érosion comme les schistes quartzitiques du Mont-Saint-Michel de Braspart ou du Roc'h Trévezel.

Sur les premiers cents mètres de profondeur, le sous-sol breton fait l'objet de nombreuses sollicitations et utilisations : aménagement de l'espace souterrain, exploitation des ressources naturelles (eau, ressources minérales, géothermie, etc.). Les données relatives à sa nature et sa structure sont également utiles pour comprendre ses propriétés et optimiser l'agriculture ou encore la gestion des espaces naturels.

Surtout connu en Bretagne pour l'exploitation de carrières de granit ou d'ardoises (voir page 95), le sous-sol est cependant de plus en plus étudié aujourd'hui pour la gestion des ressources aquatiques (voir page 93) et la géothermie.

Il fait aussi l'objet de surveillances quant aux risques naturels (mouvement de terrain, sismicité), qu'il peut engendrer, ou au contrôle des rejets d'exploitation des carrières. Le patrimoine géologique breton fait également l'objet de mesures de protection et de gestion spécifiques (voir page 31).



© BRGM

Forage d'eau souterraine

### Quelques chiffres à retenir

- ▶ plus de 22 800 forages réalisés dans la région depuis 1974
- ▶ la Bretagne est classée pour la sismicité en tant que zone 0
- ▶ en 2006, 58 carrières sont soumises à déclaration annuelle pour leurs rejets en eau
- ▶ 32 millions de tonnes de matériaux ont été extraites en 2006 dans la région

## Etat des connaissances

Le sous-sol comme le sol constitue le support de toutes les activités humaines et de la plupart des écosystèmes. Il peut également présenter des dangers. Pour ces raisons, il faut en assurer la pérennité et développer les connaissances le concernant.

### L'eau souterraine, une ressource

Les études récentes menées par le Caren et le BRGM indiquent que les ressources en eau du sous-sol breton se comptent en millions de m<sup>3</sup>. Le niveau des nappes est mesuré sur 52 points. Quant au suivi de la qualité des eaux souterraines, il est régulier sur 33 points. Seules les teneurs en nitrates, pesticides et l'acidité sont mesurées, car ces eaux ne sont utilisées que pour la production d'eau potable (1)

### La géothermie

Les déclarations de forage pour l'installation de systèmes géothermiques se multiplient depuis quelques années en Bretagne. Elles concernent essentiellement les particuliers et des forages de l'ordre de 80 à 100 m de profondeur. On en enregistre plusieurs centaines par an. Pour une application à plus grande échelle (bâtiments tertiaires), il conviendrait d'évaluer le potentiel à plus grande profondeur (>1 000 m) dans les bassins sédimentaires pour y trouver une eau plus chaude.

### Les risques associés au sous-sol

D'ici fin 2010, des cartes départementales d'aléa retrait-gonflement des argiles seront réalisées dans au moins 84 départements français. Pour la Bretagne, peu concernée comparativement au reste de la France, la cartographie des départements d'Ille-et-Vilaine et des Côtes-d'Armor a commencé en 2007. Elle est prévue en 2008 pour le Finistère et le Morbihan.

A des fins d'aménagement du territoire et de mise en sécurité des personnes et des biens, il est important de localiser les sites anciennement instables (dormants) et susceptibles d'être réactivés naturellement ou du fait de l'activité anthropique. La base de données « mouvement de terrain » centralise l'ensemble des mouvements de terrain par département du territoire français. L'inventaire concerne des mouvements anciens comme ceux plus récents.

En Bretagne, seul l'inventaire des mouvements de terrain du Finistère est disponible ([www.bdmvt.net](http://www.bdmvt.net)), mais les cartes d'aléas de retrait et gonflement des sols argileux sont en cours pour l'Ille-et-Vilaine et le Morbihan. Elles seront disponibles sur [www.argiles.fr](http://www.argiles.fr).

Depuis novembre 2005, la Bretagne est concernée par un aléa sismique de niveau faible (voir page 94) au sens de la nouvelle carte d'aléa sismique de la France. Le programme d'actions, à l'échelle du grand Ouest, est en cours d'élaboration et une étude est prévue pour évaluer les attentes et les besoins spécifiques de la région.

### La datation de l'eau

En Bretagne, les aquifères offrent une ressource en eau de plus en plus exploitée. Pour en assurer une gestion durable, il faut mieux les comprendre. Le temps de résidence de l'eau dans le milieu souterrain, son « âge souterrain », est un des paramètres importants de cette compréhension. Il permet de quantifier les processus de circulation de l'eau et de mieux appréhender la vitesse à laquelle des perturbations (pollutions, exploitations) affectent les aquifères.

À Rennes, une méthode a été adaptée aux milieux géologiques bretons. Elle analyse dans l'eau des gaz dissous (CFC et hexafluorure de soufre), présents en concentrations extrêmement faibles et produits par l'homme depuis quelques dizaines d'années. Leur concentration dans l'eau est liée à celle dans l'atmosphère qui a augmenté depuis les années 1950. À une concentration donnée correspond donc une année précise. Cette méthode qui est opérationnelle aujourd'hui a été développée au sein de l'unité mixte Géosciences (Université Rennes 1-CNRS), en partenariat avec le BRGM, l'IRSN, l'IUEM (UBO - CNRS), le laboratoire des sciences de l'Environnement et du Climat (Université Versailles-Saint-Quentin-CNRS-CEA) et le centre de Géochimie de la Surface (Université Pasteur-CNRS).

Les premiers travaux montrent que les âges de l'eau augmentent avec la profondeur, selon une loi qui semble homogène à l'échelle de la Bretagne, avec une progression moyenne de l'ordre de 1 à 3 m par an.

### En savoir plus

[www.ad.es.eaufrance.fr](http://www.ad.es.eaufrance.fr)  
[www.planseisme.fr](http://www.planseisme.fr)  
[www.argiles.fr](http://www.argiles.fr)  
[www.sgmb.univ-rennes1.fr/](http://www.sgmb.univ-rennes1.fr/)  
[www.caren.univ-rennes1.fr/](http://www.caren.univ-rennes1.fr/)

### Sources

BRGM 2007, Géosciences (Université Rennes 1-CNRS) 2008

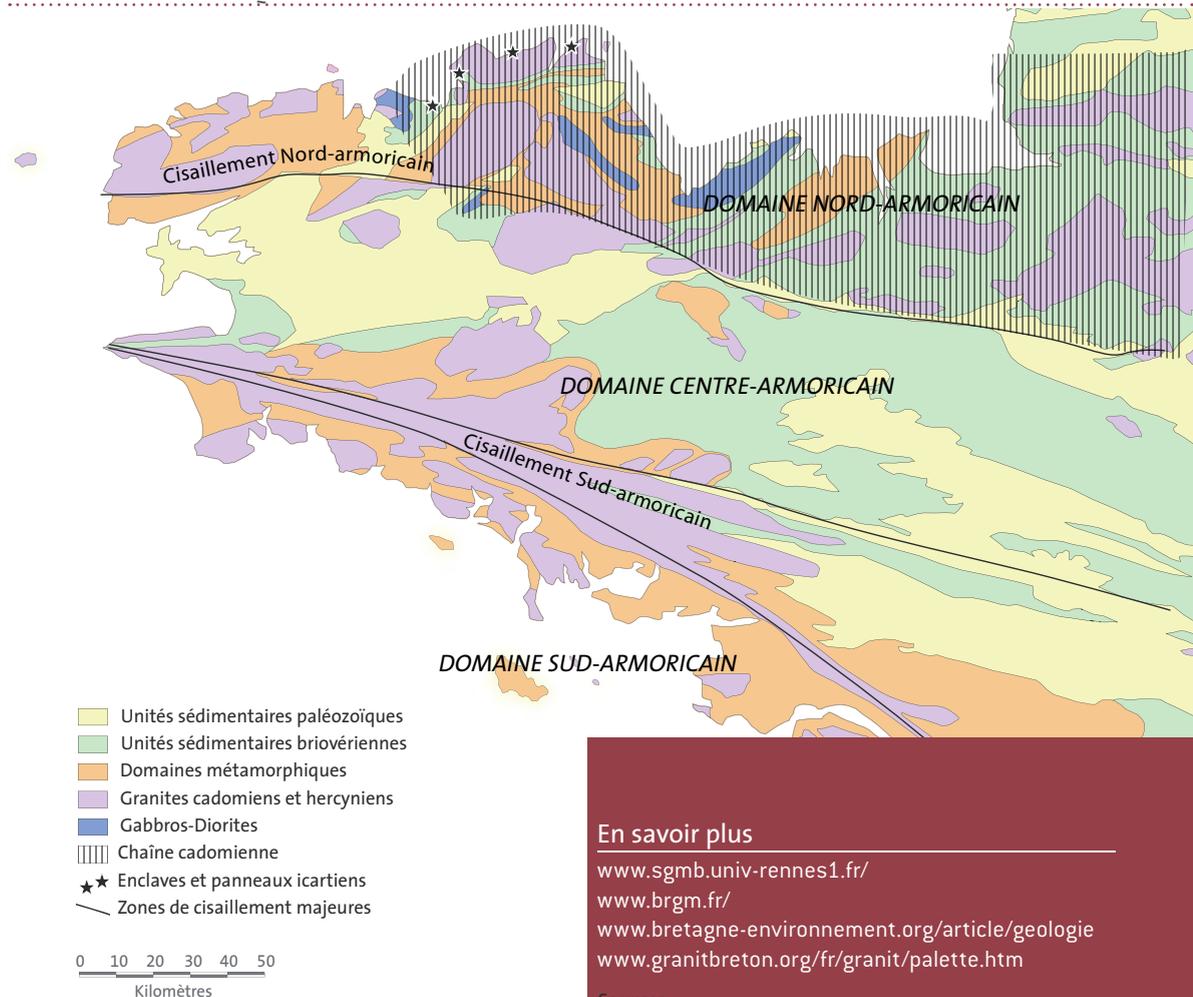
## La géologie

La géologie actuelle de la Bretagne résulte de la formation de la chaîne montagneuse hercynienne, il y a 400 à 300 millions d'années, et du développement, à la fin de cette période dans la croûte terrestre, des grands cisaillements sud et nord-armoricains.

C'est en Bretagne sud que l'on peut observer l'axe (la partie la plus profonde) de cette chaîne. Les roches y sont fortement déformées et métamorphisées (granites d'anatexie, gneiss, micaschistes, schistes bleus). En Bretagne centrale, ce sont principalement les roches sédimentaires qui dominent ; les plus caractéristiques datent de - 460 à - 300 millions d'années et s'étendent du bassin de Laval à la Presqu'île de Crozon.

Les restes de la chaîne cadomienne, plus ancienne (entre 650 et 550 millions d'années), occupent le Trégor, les baies de Saint-Brieuc et de Saint-Malo). Les roches y sont variées : granites et granodiorites du Trégor ou de Fougères, diorites et gabbros de la Baie de Saint-Brieuc et migmatites du dôme de Saint-Malo. Cette chaîne cadomienne renferme des panneaux ou des enclaves de taille variable de gneiss et orthogneiss (dénommés icartiens) dont l'âge moyen est voisin de 2 milliards d'années. Ces roches, les plus anciennes de France, sont, en Bretagne, limitées à la baie de Lannion et à la côte du Trégor ; on les trouve aussi dans les îles anglo-normandes et le Nord-Cotentin.

### LES FORMATIONS GÉOLOGIQUES DE BRETAGNE



#### En savoir plus

[www.sgmb.univ-rennes1.fr/](http://www.sgmb.univ-rennes1.fr/)  
[www.brgm.fr/](http://www.brgm.fr/)  
[www.bretagne-environnement.org/article/geologie](http://www.bretagne-environnement.org/article/geologie)  
[www.granitbreton.org/fr/granit/palette.htm](http://www.granitbreton.org/fr/granit/palette.htm)

#### Sources

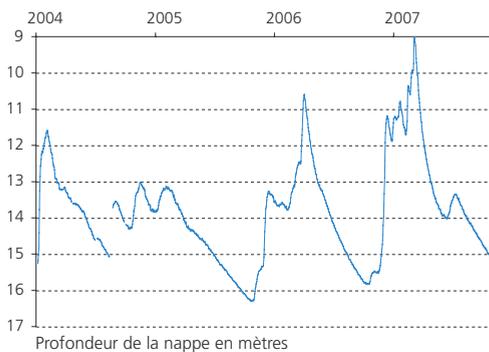
Carte : Géosciences - Université Rennes 1, Route 500®  
 © IGN - 2006

## Le réseau piézométrique

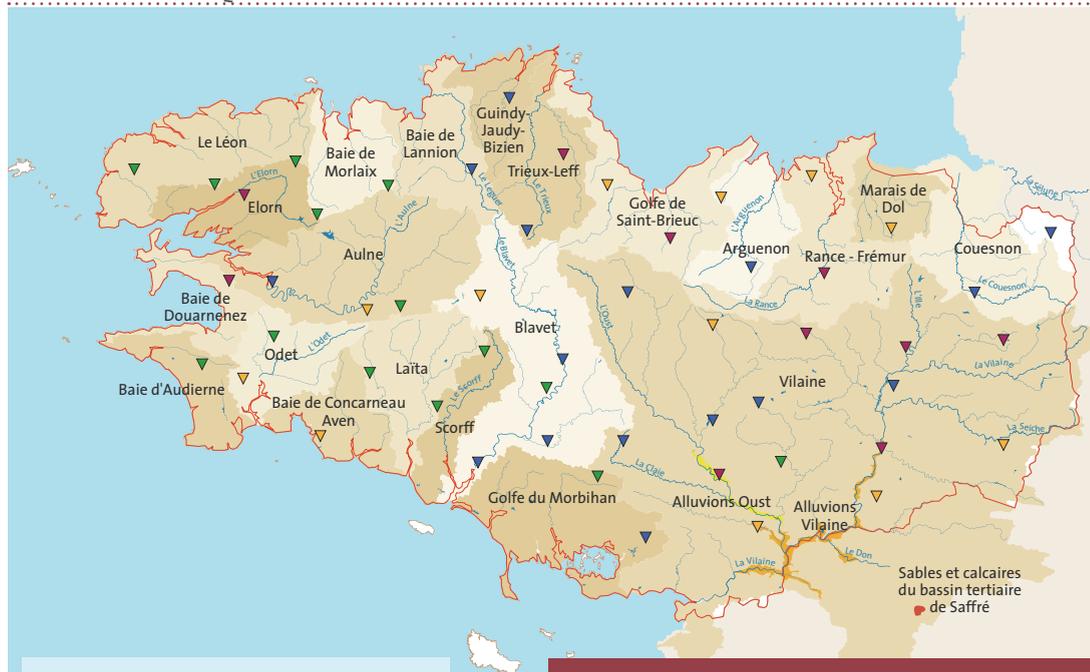
Il n'existe pas de grand aquifère en Bretagne, mais plutôt une mosaïque de petits systèmes imbriqués et indépendants les uns des autres. C'est pourquoi la totalité de la région est criblée de plus de 22 800 forages (issu des déclarations des foreurs depuis 1974). Le nombre de forages réalisés par an ne cesse d'ailleurs pas d'augmenter. Au vu des seules déclarations reçues au titre du code minier, leur nombre atteint 1 800 forages en 2006.

Les niveaux des nappes d'eau souterraine sont connus en Bretagne grâce à 52 stations (piézomètres) couvrant l'ensemble des masses d'eaux souterraines. Ses stations sont suivies en continues (1 mesure par jour) par le réseau piézométrique de Bretagne géré par le BRGM depuis 2003. Toutes les données sont accessibles librement sur le site Internet d'accès aux données sur les eaux souterraines (ADES). (1)

### VARIATION INTERANNUELLE DU NIVEAU DE LA NAPPE SOUTERRAINE À LA STATION DE PLOERDUT (FINISTÈRE)



### LE RÉSEAU PIEZOMÉTRIQUE



#### Station de mesure piézométrique (BRGM)

- ▼ Réalisés en 2005
  - ▼ Réalisés en 2004
  - ▼ Réalisés en 2003
  - ▼ Antérieurs à 2003
- Elorn Désignation des masses d'eau souterraines
- Masses d'eau souterraines (Agence de l'Eau)
  - Limites de la Bretagne

0 10 20 30 40 50  
Kilomètres

#### En savoir plus

[www.ades.eaufrance.fr/  
FicheReseau.aspx?code=0400000020](http://www.ades.eaufrance.fr/FicheReseau.aspx?code=0400000020)  
[www.eaubretagne.fr/lecture/  
le-reseau-piezometrique-de-bretagne](http://www.eaubretagne.fr/lecture/le-reseau-piezometrique-de-bretagne)  
[infoterrefiche.brgm.fr/PDF/RP-54576-FR.pdf](http://infoterrefiche.brgm.fr/PDF/RP-54576-FR.pdf)  
[www.eaubretagne.fr/lecture/les-eaux-souterraines-  
en-bretagne](http://www.eaubretagne.fr/lecture/les-eaux-souterraines-en-bretagne)

Colloque « les eaux souterraines de Bretagne »  
Eaux et rivières 2004

#### Sources

Carte et données : BRGM 2007, Diren 2007,  
BD Carthage® © IGN - 2008, Route 500® © IGN - 2006,  
AELB 2007

## Les séismes

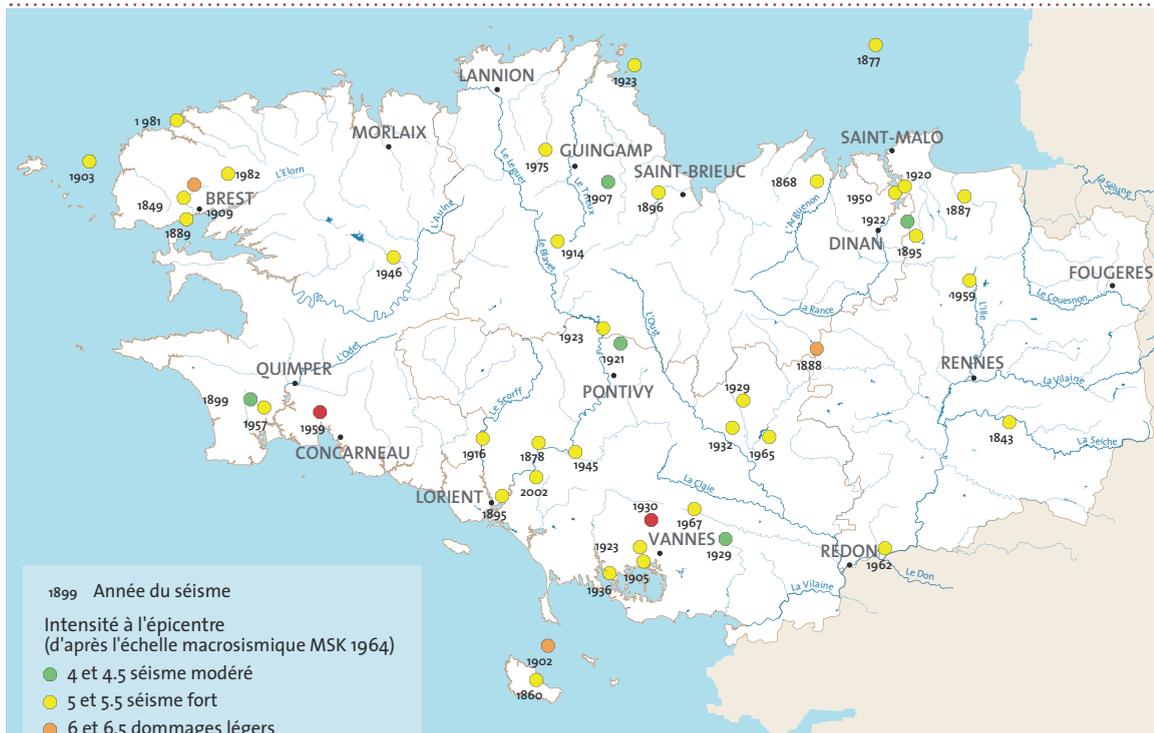
En Europe, comparée à la Grèce ou à la Turquie, la France métropolitaine est une région à sismicité moyenne. Les séismes y sont essentiellement superficiels, leurs foyers se situent dans la croûte terrestre. Ils résultent du rapprochement lent entre la plaque africaine et la plaque eurasienne et sont répartis le long des zones de failles et de plissements souvent anciennes. On y dénombre en moyenne chaque année une vingtaine de séismes de magnitude supérieure à 3,5 alors que plusieurs milliers sont ressentis dans l'ensemble du bassin méditerranéen.

Cette sismicité est concentrée sur quelques régions françaises, dont la zone du socle hercynien de la Bretagne.

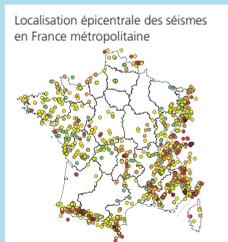
En près d'un siècle, la Bretagne a connu une soixantaine de séismes. Les magnitudes (énergie dissipée au foyer sous forme d'ondes sismiques) les plus fortes ont été comprises entre 5,5 et 6,0. Le dernier, dont l'épicentre s'est situé à Hennebont (56), date du 30 septembre 2002. Son intensité sur l'échelle MSK (graduée de I à XII) a atteint le degré V-VI (dommages assez légers) pour une magnitude de 5,4.

Afin d'appliquer les règles parasismiques de construction, un zonage physique de la France a été élaboré : 5 zones classées de 0 à III (III pour les Antilles). La Bretagne est classée en zone 0, c'est-à-dire une sismicité négligeable, mais non nulle.

### LOCALISATION ÉPICENTRALE DES PRINCIPAUX SÉISMES RESSENTIS EN BRETAGNE



- 1899 Année du séisme
- Intensité à l'épicentre (d'après l'échelle macrosismique MSK 1964)
- 4 et 4.5 séisme modéré
  - 5 et 5.5 séisme fort
  - 6 et 6.5 dommages légers
  - 7 et 7.5 dommages prononcés
  - 8 et 8.5 dégats massifs
  - 9 et 9.5 destructions nombreuses



### En savoir plus

- [www.prevention2000.org/cat\\_nat/index.htm](http://www.prevention2000.org/cat_nat/index.htm)
- [www.brgm.fr/](http://www.brgm.fr/)
- [www.catnat.net/content/view/7687/14/](http://www.catnat.net/content/view/7687/14/)
- [www.sisfrance.net/](http://www.sisfrance.net/)
- [www.prim.net/](http://www.prim.net/)

### Sources

Carte et données : BRGM, EDF, IRSN, Base de données des séismes historiques SisFrance (2007), BD Carthage® © IGN - 2008, Route 500® © IGN - 2006

## Les carrières

Indispensables aux besoins actuels de consommation, les 3 familles de matériaux prélevés dans les 315 carrières bretonnes autorisées sont les granulats (sables et graviers), les pierres de taille (granite, ardoise) et les minéraux industriels (kaolin, andalousite). En 2006, plus de 32 millions de tonnes de matériaux ont été extraites du sous-sol breton.

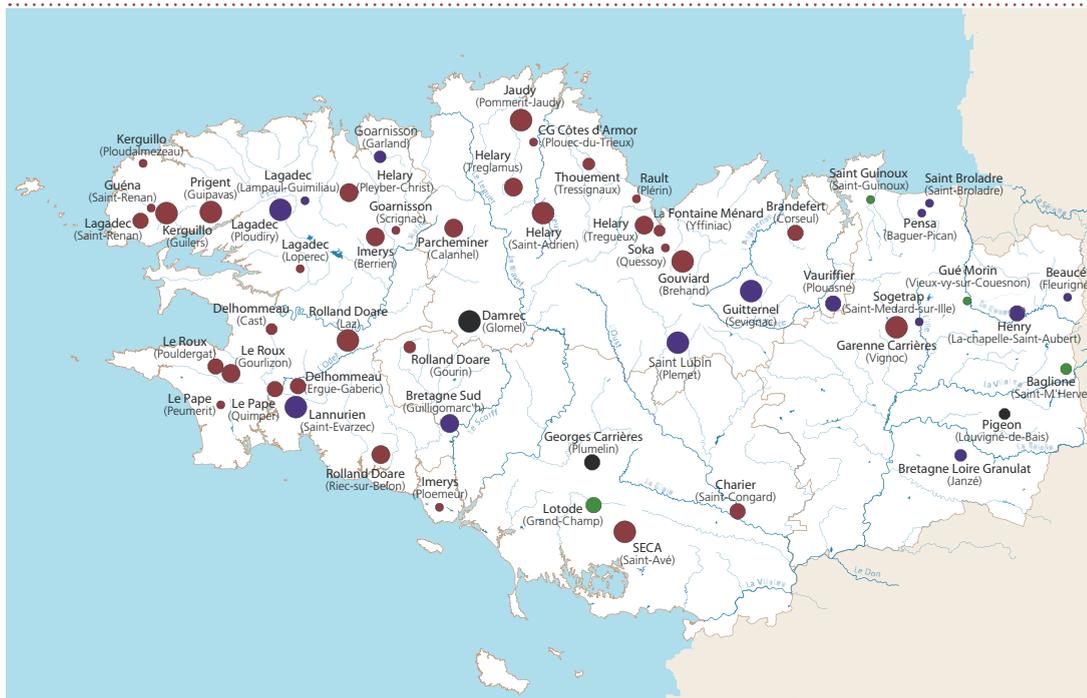
Les carrières peuvent être à l'origine de différents types de nuisances (poussières, bruit, vibrations, impact sur le paysage, modification de la circulation des eaux de surface et souterraines ainsi que de leur qualité). Certaines espèces animales ont aussi choisi d'y vivre. Ainsi sur les 31 couples de Grand Corbeau que compte la Bretagne 14 se sont installés dans des carrières.

En 2006, 58 carrières sont soumises à déclaration annuelle de leurs rejets en eau dont 14 pour des rejets d'eau acides :

- ▶ 2 carrières ont dépassé les seuils réglementaires des matières en suspension au moins une fois par an ;
- ▶ 7 carrières ont dépassé les seuils réglementaires des métaux au moins une fois par an.

Ces sites ont depuis, fait l'objet d'actions correctrices. Les 4 schémas départementaux des carrières constituent un outil de décision pour chaque préfet, dans un objectif de gestion économe et raisonnée de la ressource, et de préservation de l'environnement. Soumis à révision décennale, ces schémas fixent en particulier des orientations pour la remise en état des sites en fin d'exploitation (insertion dans le paysage, plan d'eau...).

### CARRIÈRES SOUMISES À AUTOSURVEILLANCE DE LEURS REJETS EAU EN 2007



Le Pape (Pleumerit)	Nom (abrégé) de l'exploitant Nom de la commune
Volume annuel des eaux rejetées (en m <sup>3</sup> )	
○	> 320 000
○	60 000 à 320 000
○	80 000 à 160 000
○	50 000 à 80 000
○	0 à 50 000
Types de rejets	
●	Carrières avec milieu récepteur sensible
●	Carrières avec eaux acides
●	Carrières avec gros rejets
●	Carrières avec gros rejets et eaux acides



### En savoir plus

[www.bretagne.drire.gouv.fr](http://www.bretagne.drire.gouv.fr)  
[www.unicem-bretagne.fr](http://www.unicem-bretagne.fr)  
[www.bretagne.ecologie.gouv.fr/article.php3?id\\_article=615](http://www.bretagne.ecologie.gouv.fr/article.php3?id_article=615)  
 « Panorama de l'environnement industriel 2006-2007 » Drire 2007 (à télécharger sur : [www.bretagne.drire.gouv.fr/](http://www.bretagne.drire.gouv.fr/))

**Sources**  
 Données : Drire 2007, Unicem 2007, Diren 2007, BD Carthage® - IGN 2007  
 Carte : Drire 2007, BD Carthage® © IGN - 2008, Route 500® © IGN - 2006

## Inventaire minier

La Bretagne a une tradition minière très ancienne : des vestiges d'exploitations antiques de cassitérite (minerai d'étain) sont connus près des côtes, en divers points de la région.

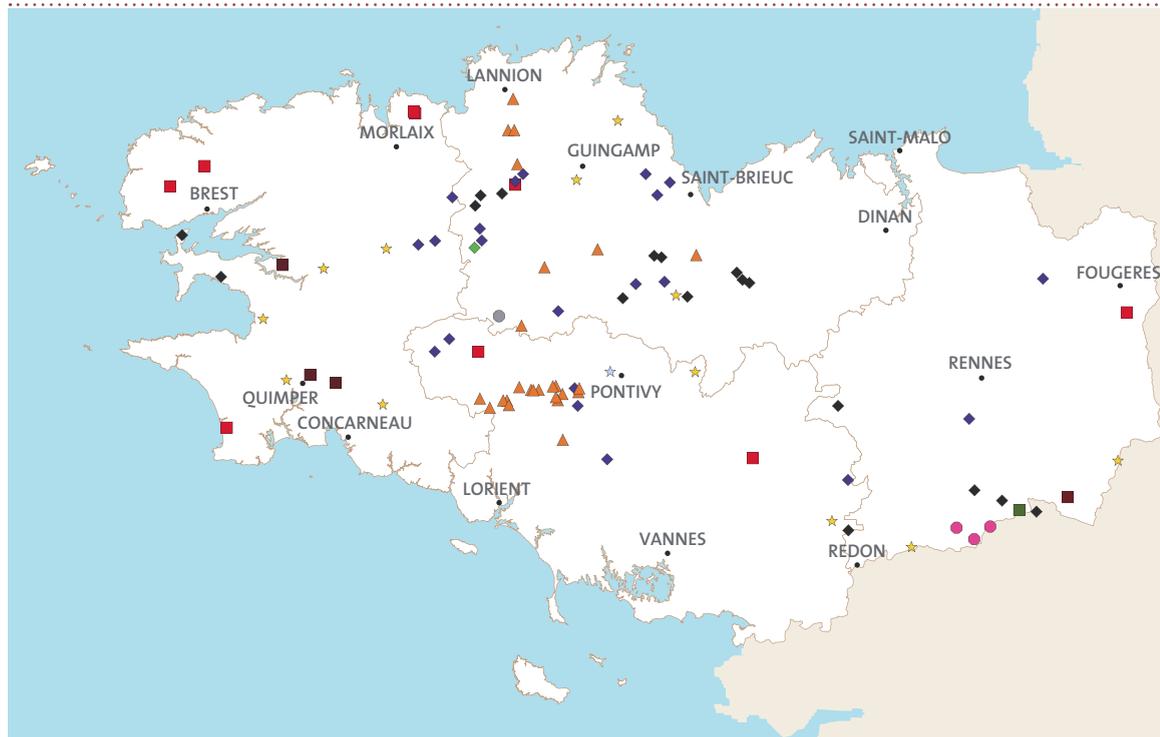
Le BRGM a développé une base de données, « SIG Mines France », répertoriant les ressources minérales souterraines. Il s'agit d'un inventaire à la fois historique et tourné vers le futur puisqu'il considère les gisements déjà exploités et ceux qui sont exploitables.

On y dénombre 95 exploitations minières en Bretagne : 37 dans les Côtes-d'Armor, 27 en Morbihan, 17 en Finistère et 14 en Ille-et-Vilaine. Aucune n'est en activité actuellement.

Une douzaine de substances sont recensées comme minerai principalement extrait. On y trouve notamment l'uranium (25 mines), le fer (17 mines), l'or (12 mines), le plomb (11 mines) et le zinc (10 mines). Des substances plus rares comme l'europium (3 mines) sont également répertoriées.

L'IRSN a publié en 2007 un inventaire national des sites miniers d'uranium dans le cadre du programme « Mimausa » (Mémoire et impact des mines d'uranium : synthèse et archives). Certaines anciennes mines peuvent en effet continuer à avoir un impact sur l'environnement, notamment sur l'air, l'eau et le sol. Pour les 22 anciens sites miniers recensés en Bretagne, une fiche décrit entre autres la quantité d'uranium extraite, la période d'activité, la présence ou non d'un cours d'eau récepteur des éventuels rejets et le type de surveillance effectué. (Voir page 157).

### LES EXPLOITATIONS MINIÈRES EN BRETAGNE



<b>Métaux précieux</b>	<b>Métaux spéciaux</b>
★ Or	■ Etain - Tungstène
☆ Argent	■ Titane
	■ Antimoine
<b>Métaux de base</b>	<b>Minéraux industriels</b>
◆ Cuivre	● Andalousite
◆ Fer	● Europium
◆ Plomb - Zinc	
<b>Substances énergétiques</b>	
▲ Uranium	

0 10 20 30 40 50  
Kilomètres

### En savoir plus

[sigminesfrance.brgm.fr/](http://sigminesfrance.brgm.fr/)

« Inventaire national des sites miniers d'uranium : Bretagne » IRSN 2007 (à télécharger sur : [www.irsn.org/document/site\\_1/fckfiles/File/dossiers/mines\\_uranium/mimausa\\_bretagne.pdf](http://www.irsn.org/document/site_1/fckfiles/File/dossiers/mines_uranium/mimausa_bretagne.pdf))

#### Sources

BRGM - Service ressources minérales - Données SIG Mines France 2007, IRSN 2007

Carte : BRGM - Service ressources minérales - Données SIG Mines France, Route 500® © IGN - 2006

## Les actions

La Bretagne dispose de ressources en eaux souterraines non négligeables, mais dispersées dans un sous-sol très fracturé, ce qui freine leur exploitation. Pour gérer durablement ces ressources, il convient de mieux connaître le milieu souterrain. Ceci est d'autant plus important que les besoins en eau potable augmentent et que l'eau souterraine est moins exposée aux risques de pollution et aux fluctuations climatiques que les eaux de surface.

### 1 Le programme « Silures »

Le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) s'est engagé en 2001 dans le programme « Silures » (Système d'information pour la localisation et l'utilisation des ressources en eau souterraine). Ce programme est mené en collaboration avec l'agence de l'Eau Loire-Bretagne, le conseil régional et les conseils généraux de Bretagne, le syndicat mixte de gestion des eaux en Ille-et-Vilaine, la direction de l'environnement en Bretagne et ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire (MEEDDAT).

Ce programme se découpe en trois volets :

- ▶ « Silures Bretagne », une cartographie régionale à l'échelle 1/250 000 des secteurs potentiellement favorables à l'exploitation d'eau souterraine de bonne qualité et des secteurs à préserver ;
- ▶ « Silures bassin versant », une application spécifique de « Silures Bretagne » sur plusieurs bassins versants dont celui du Nançon (Ille-et-Vilaine). Ce projet permettra de terme d'estimer le temps de renouvellement des eaux souterraines ;
- ▶ « Silures suivi », un réseau piézométrique régional de suivi des nappes d'eau souterraines (voir page 93). Six bulletins de tendance

des niveaux de nappes sont édités à des moments clefs de l'année d'un point de vue hydrologique : avril (fin de recharge), juin (début d'étiage), août et septembre (étiage), octobre (fin d'étiage, début de recharge) et décembre (milieu de recharge).

### 2 Le programme « Rapsodi »

Le programme « Rapsodi » (Recherche d'aquifères profonds dans le socle dans le département d'Ille-et-Vilaine) complète « Silures », car il s'intéresse à des aquifères semi-profonds situés entre - 200 m et jusqu'à - 300 m sous la zone fissurée définie dans « Silures ». Les zones prospectées correspondent à des secteurs très fracturés du sous-sol, créés par des événements tectoniques de grande ampleur.

Ce programme du BRGM est mené en collaboration avec l'agence de l'Eau Loire-Bretagne, le conseil régional de Bretagne, le conseil général d'Ille-et-Vilaine et le syndicat de gestion des eaux d'Ille-et-Vilaine.

Les données obtenues dans le cadre de « Rapsodi » ont pour but de développer une méthodologie d'implantation de forages semi-profonds offrant le maximum de chances de succès. Six forages expérimentaux ont été percés entre avril et décembre 2007. Trois ont montré des résultats encourageants, à Tréverien, La-Chapelle-Janson et tout particulièrement à Saint-Brice-en-Coglès où le débit instantané a dépassé 100 m<sup>3</sup>/h à 216 m de profondeur d'une eau sans nitrate.

### 3 Réseau national de sites hydrogéologiques « H<sup>+</sup> »

Plœmeur en Morbihan est l'un des cinq sites de recherches hydrogéologiques (avec Poitiers, Cadarache, Majorque et Corinthe) suivis par l'unité mixte de recherche « Géosciences Rennes » de l'Université

de Rennes 1 et le Centre armoricain de recherches en environnement.

Il s'agit d'un aquifère exploité depuis 1991 en milieu cristallin fracturé qui fournit 1 million de m<sup>3</sup> par an pour l'alimentation en eau potable d'une ville de 20 000 habitants.

Ce site est couvert par une cinquantaine de forages de 30 à 150 m de profondeur qui permettent de réaliser des suivis à long terme et des expérimentations innovantes. Y sont particulièrement surveillés la vulnérabilité de l'aquifère vis-à-vis des transferts de polluants, les risques éventuels de salinisation, car il est côtier, et la définition des zones de recharge en lien avec la mise en place d'un périmètre de protection. Ce travail est mené en collaboration avec la régie municipale « Eau et Assainissement » de la ville de Plœmeur.

### En savoir plus

[www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)

[www.eaubretagne.fr/lecture/](http://www.eaubretagne.fr/lecture/)

[le-reseau-piezometrique-de-bretagne](http://le-reseau-piezometrique-de-bretagne)

[www.bretagne-environnement.org/article/geologie](http://www.bretagne-environnement.org/article/geologie)

[hplus.ore.fr/](http://hplus.ore.fr/)