



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Géosciences pour une Terre durable

brgm

FORAGES

EN MILIEU LITTORAL

PRÉCONISATIONS POUR LA RÉALISATION ET L'EXPLOITATION

BRETAGNE



ENJEUX

La mauvaise réalisation d'un forage, et/ou la mauvaise gestion de l'eau souterraine en bordure du littoral et des rivières où l'eau salée est susceptible de remonter (rias ou abers), peuvent provoquer une pollution de la nappe d'eau douce par remontée de l'eau salée.

Cette pollution, quand elle est établie, est pratiquement irréversible. Toute la zone aquifère localisée autour du forage mal implanté, trop profond et/ou surexploité, est touchée et provoque la pollution de tous les ouvrages du secteur (l'étendue de la pollution est proportionnelle au rabattement* provoqué par le pompage).

De plus, quand la nappe se situe près du niveau du sol, la concentration de sels dans les terrains superficiels peut conduire à une limitation des usages dans tout le secteur.

Sur le littoral, le niveau de référence est l'altitude 0 NGF (altitude zéro mètre du Nivellement Général de la France).

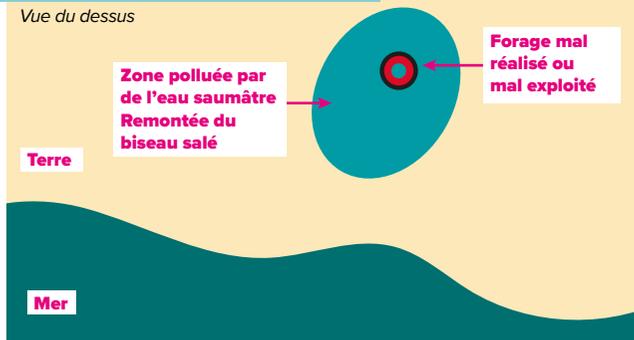
L'eau salée de la mer est plus dense que l'eau douce. De ce fait en bordure de mer et le long des rias, l'eau douce flotte sur l'eau salée et la limite entre les deux milieux (interface) prend un profil en forme de biseau - le biseau salé. L'eau salée pénètre sous le continent sur une distance variable d'un secteur à l'autre et peut dépasser le kilomètre.

En réalité, l'interface entre l'eau douce et l'eau salée n'est pas une limite nette, il existe une zone de transition (eau saumâtre).

*Baisse du niveau de la nappe en pompage

Les nappes d'eau souterraine ne sont ni des lacs ni des rivières souterraines : il s'agit d'eau contenue dans les pores et les fissures des roches.

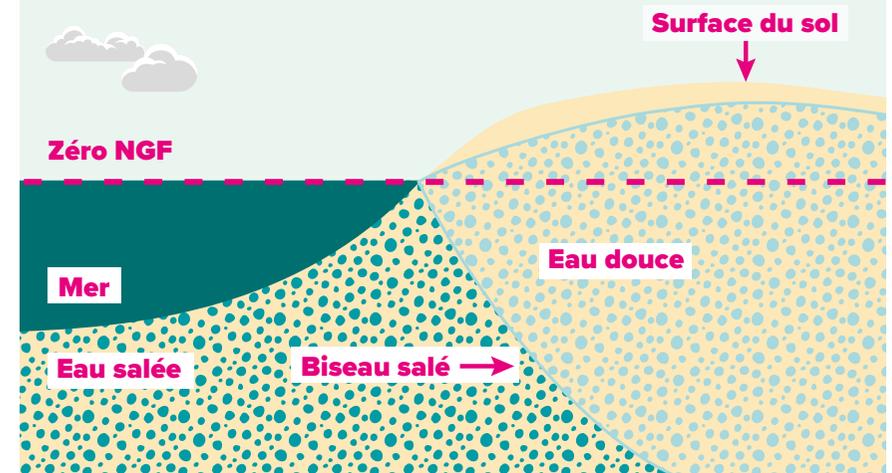
FORAGE MAL RÉALISÉ SUR LE LITTORAL



Une introduction d'eau salée pollue définitivement le forage et la ressource environnante.

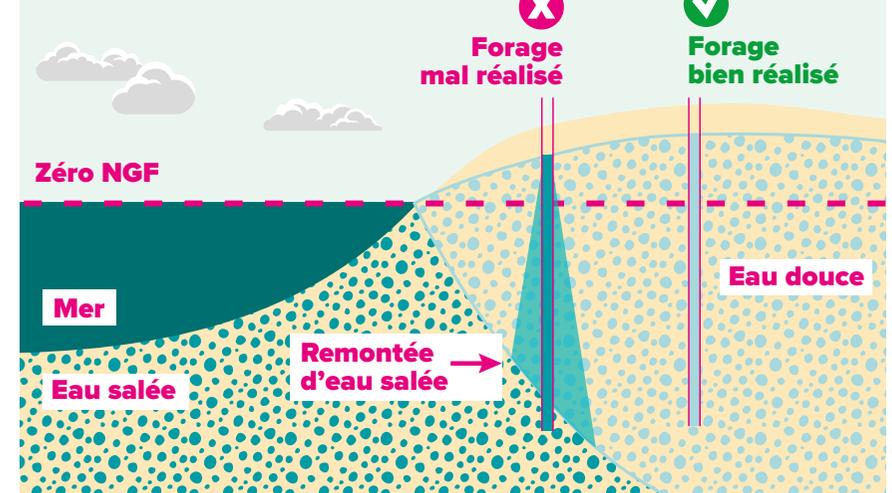
BISEAU SALÉ

Vue en coupe



EXEMPLES DE FORAGES PRÈS DU LITTORAL

Vue en coupe





PRÉCONISATIONS

POUR LA RÉALISATION DU FORAGE

Lors de la réalisation d'un forage, il ne faut jamais traverser ce biseau salé car cela provoque la remontée de l'eau salée dans l'eau douce et une pollution à long terme de celle-ci.

Comment savoir si le forage s'approche du biseau salé ?

En Bretagne, une **cartographie des secteurs potentiellement vulnérables aux intrusions salines** a été réalisée en 2019 ([rapport BRGM/RP-69012-FR](#)).

Ces secteurs sont consultables et téléchargeables au format SIG (système d'information géographique) sur [l'espace cartographique du SIGES Bretagne](#) et sur [le visualiseur GéoBretagne](#).

Il convient de vérifier la localisation du projet de forage par rapport à cette cartographie : les risques de remontée du biseau salé sont accrus dans ces secteurs et plus limités en dehors.

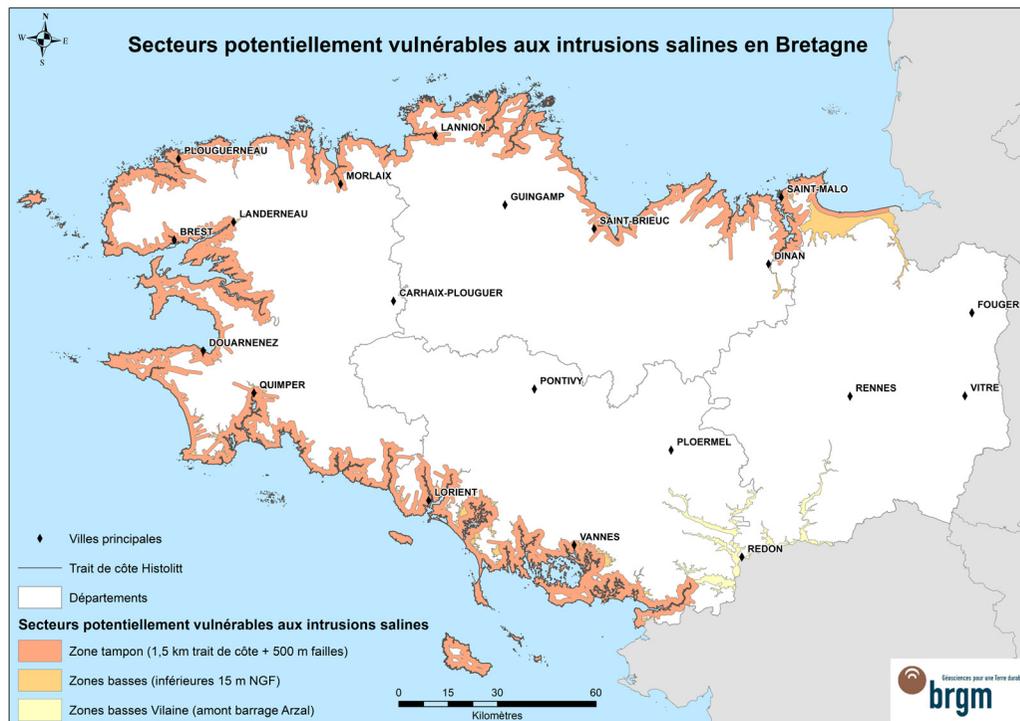
La conductivité de l'eau (capacité à laisser passer le courant électrique), caractérisée par les teneurs en minéraux dissous dans l'eau, peut se mesurer sur le terrain grâce à un appareil simple d'emploi, petit et robuste : **le conductimètre**.

En mesurant en continu **la conductivité** de l'eau qui sort du forage au cours de son exécution, on peut observer toute augmentation de celle-ci.

L'eau douce bretonne a une conductivité naturelle de 50 à 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ alors que l'eau de mer a une conductivité 1 000 fois supérieure (55 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). En bordure de mer, la valeur d'alerte de la conductivité est **500 $\mu\text{S}/\text{cm}$** (attention à l'unité de mesure !).

Si la conductivité atteint 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, il faut absolument arrêter la foration car cela signifie que le forage traverse la zone de transition entre l'eau douce et l'eau salée.

La conductivité doit également être suivie pendant les essais de pompage et pendant l'exploitation du forage.



Cette mesure de conductivité en foration ne garantit pas l'absence de remontée du biseau salé lors des pompages ultérieurs.



LE CONDUCTIMÈTRE

Le conductimètre portable de terrain est simple d'emploi, robuste et peu onéreux.





PRÉCONISATIONS

POUR LA RÉALISATION DU FORAGE

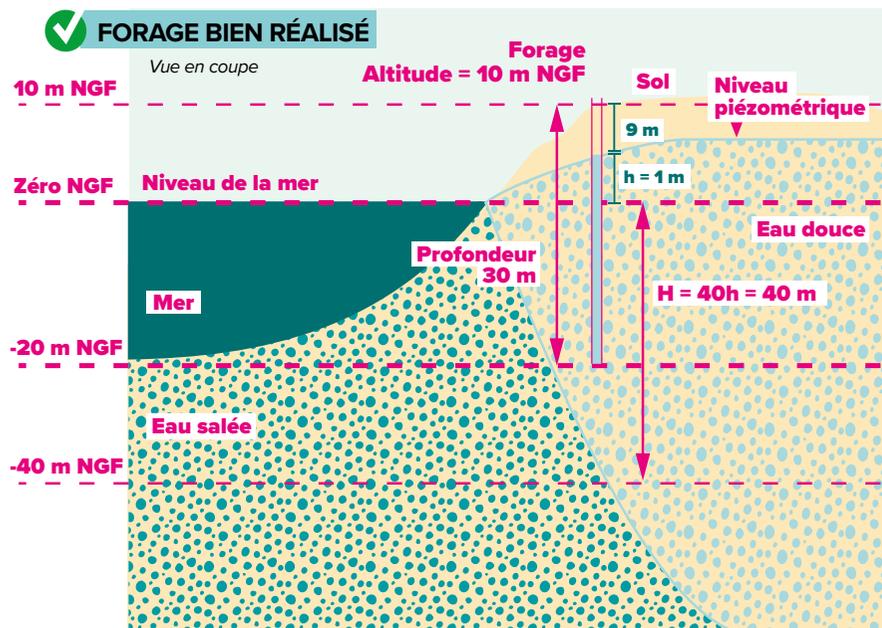
Quelle profondeur choisir pour le forage ?

Si la profondeur du forage est inférieure à l'altitude au droit de ce forage (exemple : forage de 25 m de profondeur situé à une altitude de 30 m NGF), les risques de remontée du biseau salé sont faibles car le fond de l'ouvrage est situé au-dessus du niveau de la mer. Dans le cas contraire, **plus le fond du forage est situé sous le niveau de la mer, plus le risque de remontée du biseau salé est important.**

Si l'altitude du niveau piézométrique (niveau de la nappe d'eau douce) est connue à proximité immédiate du projet de forage (notée h), un calcul simple peut être réalisé pour évaluer la profondeur théorique approximative du biseau salé par rapport au niveau de la mer (H) et ainsi la comparer à la profondeur prévue pour le forage :

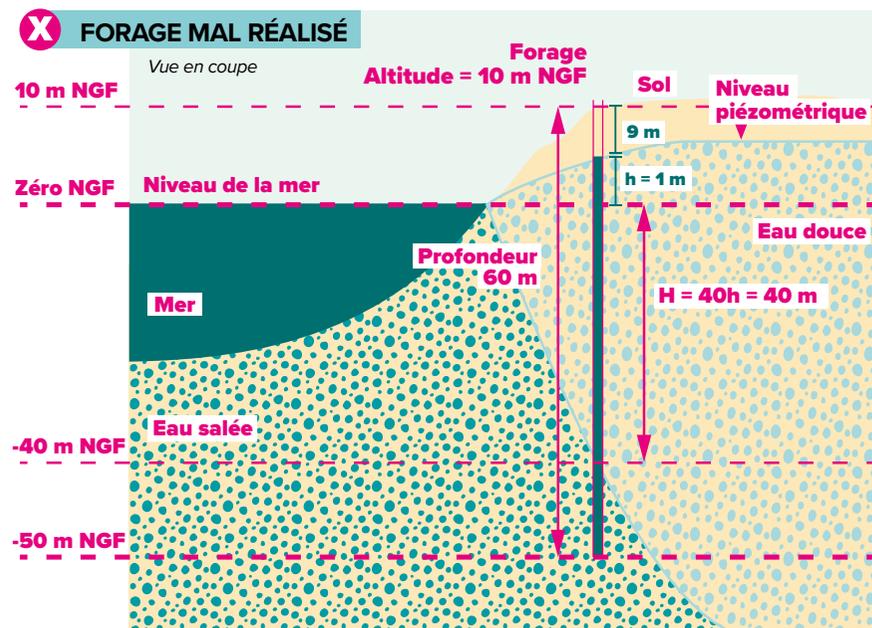
$$H = 40 \times h$$

Exemple de forage bien réalisé : forage de 30 m de profondeur situé à une altitude de 10 m NGF, h = 1 m NGF (niveau piézométrique situé à 9 m de profondeur) donc H = 40 m (contact eau douce / eau salée situé à - 40 m NGF) alors que le fond du forage est à - 20 m NGF.



Échelle verticale non respectée.

Exemple de forage mal réalisé : forage de 60 m de profondeur situé à une altitude de 10 m NGF, h = 1 m NGF (niveau piézométrique situé à 9 m de profondeur) donc H = 40 m (contact eau douce / eau salée à - 40 m NGF) alors que le fond du forage est à - 50 m NGF.





GESTION DE L'EXPLOITATION

DE L'EAU DOUCE SUR LA BORDURE LITTORALE

L'existence du biseau salé restreint singulièrement les possibilités d'exploitation des forages car les prélèvements d'eau doivent rester dans la lentille d'eau douce : or, un rabattement* de 1 mètre dans l'eau douce provoque la remontée du biseau salé de 40 mètres, du fait de la différence de densité entre les deux milieux.

À quelle profondeur positionner la pompe dans le forage ?

La pompe doit être installée au-dessus du niveau de la mer (zéro NGF) pour limiter le rabattement.

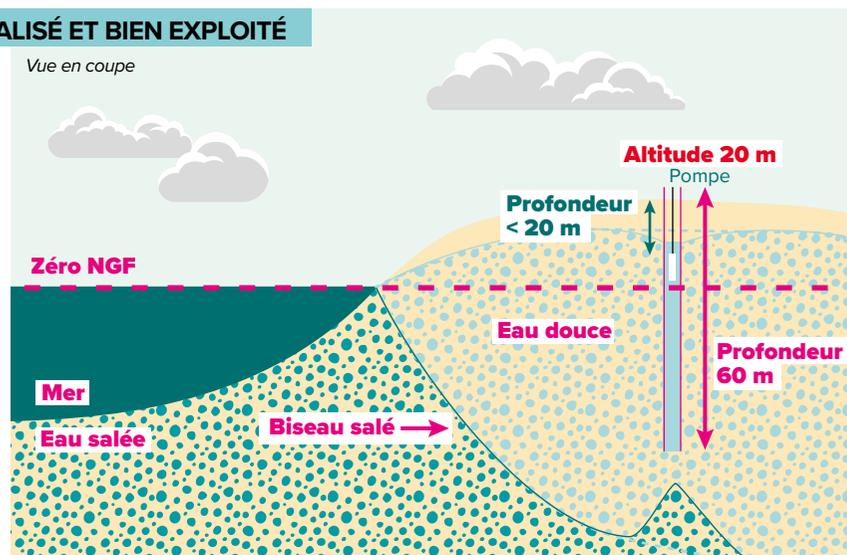
Quel débit de prélèvement ?

Un fort débit horaire de pompage aura un impact plus important sur la descente du niveau piézométrique (et donc la remontée du biseau salé) qu'un débit plus faible réparti sur une période plus longue : plus le débit est élevé, plus le rabattement est fort.

*Baisse du niveau de la nappe en pompage.

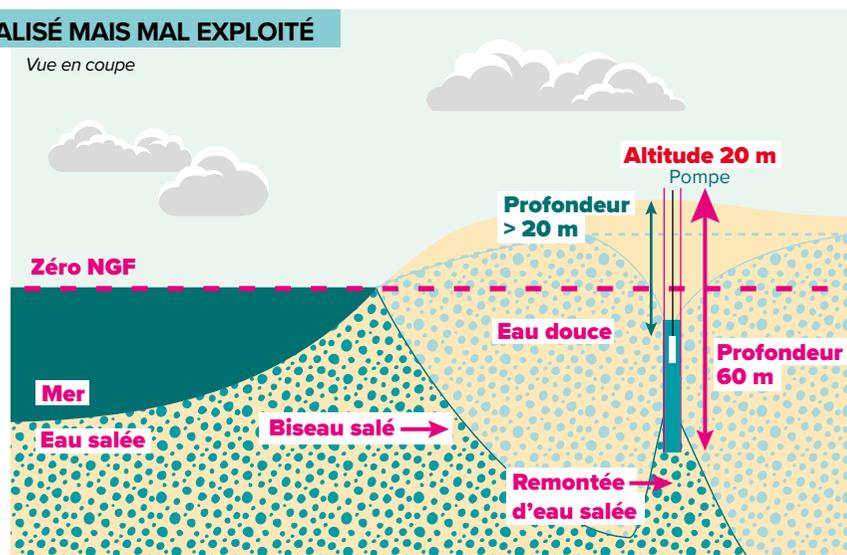
✓ FORAGE BIEN RÉALISÉ ET BIEN EXPLOITÉ

Pour un forage situé à 20 m d'altitude, la pompe devra être installée à moins de 20 m de profondeur par rapport au sol. Ainsi, en pompage, le niveau de l'eau ne pourra pas descendre en-dessous du zéro NGF.



✗ FORAGE BIEN RÉALISÉ MAIS MAL EXPLOITÉ

Un pompage excessif contribue à mettre en communication les eaux douce et salée de manière irréversible.



En bordure du littoral et le long des rivières où la mer remonte, il ne faut pas descendre le niveau de la nappe en pompage en dessous du niveau de la mer (zéro NGF) pour éviter tout risque d'invasion salée.



GESTION DE L'EXPLOITATION DE L'EAU DOUCE SUR LA BORDURE LITTORALE

Pour limiter les rabattements (baisse du niveau) de la nappe en bordure littorale, il y a deux possibilités :

1. Soit obtenir le volume souhaité en pompant à **un débit faible durant un temps long**. Par exemple, pour obtenir 20 m³/jour, il est préférable de pomper 1 m³/h pendant 20 heures plutôt que 5 m³/h pendant 4 heures. Le rabattement sera beaucoup plus faible dans le premier cas que dans le second. Cela revient à privilégier des pompes de faible puissance en bordure de mer.
2. Soit réaliser **plusieurs forages exploités à faible débit**, chacun créant un faible rabattement de la nappe, plutôt que de pomper un débit important sur un seul ouvrage. En effet, un forage seul risque de provoquer un fort rabattement, de faire remonter le biseau salé et ainsi de polluer le forage et son environnement immédiat.

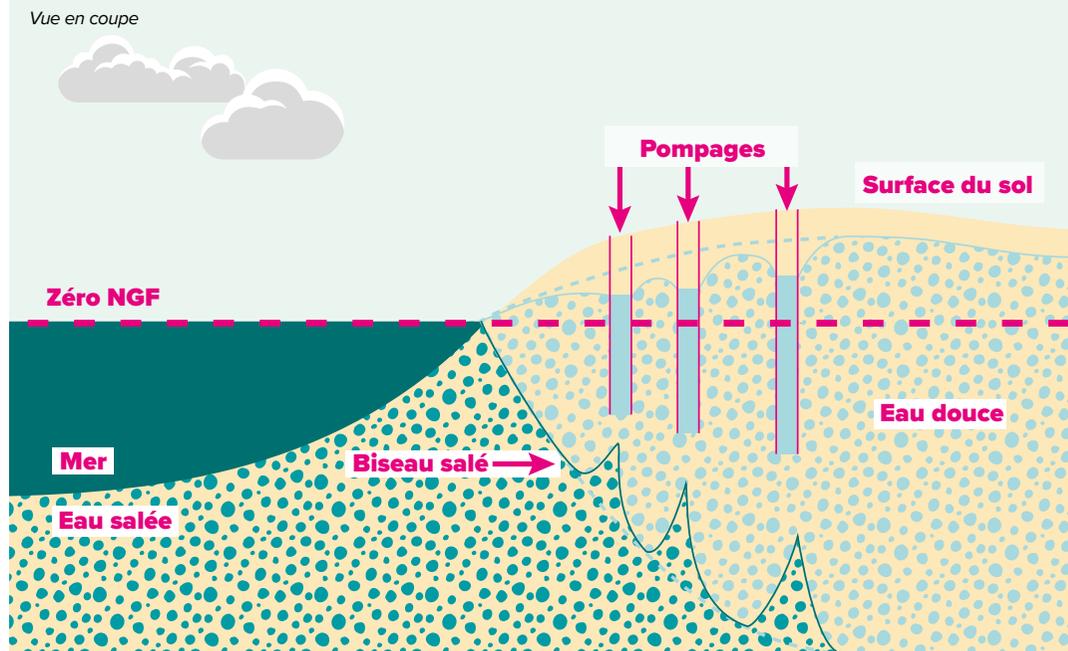
Quels suivis mettre en place ?

Le **niveau de la nappe** en pompage doit être régulièrement contrôlé pour vérifier l'absence de rabattement excessif.

La **conductivité** de l'eau doit être régulièrement contrôlée (de manière hebdomadaire ou mensuelle, après un temps de pompage assez long). Si la conductivité dépasse **800 µS/cm** et continue d'augmenter pendant l'exploitation du forage, des mesures de gestion doivent être prises par l'exploitant au regard des risques forts d'intrusions salines.

Les effets des différents forages se cumulant, il faut rester très vigilant dans les secteurs où les eaux souterraines sont très exploitées.

RÉPARTITION DU PRÉLÈVEMENT SUR PLUSIEURS FORAGES



Un faible rabattement contribue également à réduire les problèmes liés au fer : du fer dissous dans l'eau entraîne le colmatage de la crépine du forage et de la pompe.



Un pompage à faible débit et étalé dans le temps garantit une bonne gestion de la nappe.



RÉGLEMENTATION

L'arrêté ministériel du 11 septembre 2003* a prévu une assise réglementaire afin d'éviter les pollutions par l'eau salée. En effet, dans l'article 6, il est indiqué :

« En vue de prévenir les risques pour l'environnement et notamment celui de pollution des eaux souterraines ou superficielles, le déclarant prend toutes les précautions nécessaires lors de la réalisation des sondages, forages, puits et ouvrages souterrains, puis lors de leur exploitation par prélèvements d'eaux souterraines, notamment dans les cas suivants : ...

- en bordure du littoral marin ou à proximité des eaux salées... »

Les professionnels ainsi que les particuliers doivent respecter cette réglementation.

** Arrêté du 11 septembre 2003 modifié portant application du décret n° 96-102 du 2 février 1996 et fixant les prescriptions générales applicables au sondage, forage, y compris les essais de pompage, création de puits ou d'ouvrage souterrain soumis à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-6 du code de l'environnement et relevant de la rubrique 1.1.0 de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié, codifié par l'article R. 214-1 du code de l'environnement.*

En complément de l'Arrêté du 11 septembre 2003, les quatre départements bretons disposent d'arrêtés départementaux qui fixent les dispositions applicables à la réalisation, l'entretien et l'exploitation des ouvrages de captage d'eau souterraine.

Voir <https://sigesbre.brgm.fr/Pour-en-savoir-plus-79.html>



CONTACTS



**PRÉFET
DE LA RÉGION
BRETAGNE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

DREAL Bretagne

Service Patrimoine Naturel
L'Armorique
10 rue Maurice Fabre
CS 96515
35065 RENNES CEDEX
Tél. 02 99 33 45 55

www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm

BRGM

Direction Régionale Bretagne

2 rue de Jouanet
Rennes Atalante Beaulieu
35700 RENNES
Tél. 02 99 84 26 70

www.brgm.fr

Avec la collaboration des DDTM
des Côtes d'Armor, du Finistère,
d'Ille-et-Vilaine et du Morbihan.

Pour en savoir plus :

SIGES Bretagne
sigesbre.brgm.fr

le site dédié aux eaux souterraines de la région