



PRÉFET  
DE LA RÉGION  
PAYS DE LA LOIRE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



# Géothermie

## de minime importance

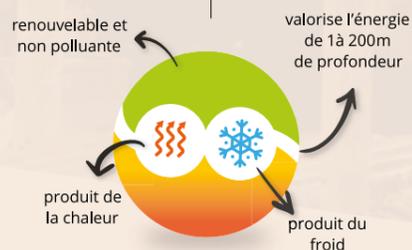
*De la réglementation aux règles de l'art*



## La géothermie de surface

permet de produire durablement du chaud, du frais/froid et de l'eau chaude sanitaire. Elle offre des solutions aussi bien dans la construction neuve que dans la rénovation, de la maison individuelle à l'écoquartier.

**175 000** Installations  
en France  
qui produisent **3,4 TWh**  
de chaud et de froid



*Ce fascicule vise à accompagner et à guider les personnes engagées dans une démarche d'implantation d'une installation de géothermie de minime importance.*

- **Vous êtes un maître d'œuvre, un bureau d'études, une entreprise de forage**, concerné par la mise en œuvre d'une opération de géothermie de surface ?

Ce fascicule vous propose de retrouver facilement les principales informations administratives dont vous avez besoin pour le bon déroulement d'un projet de géothermie de minime importance. Il fournit également des éléments techniques à respecter pour que l'installation réponde aux normes en vigueur et aux règles de l'art.

- **Vous êtes un particulier, une collectivité, une entreprise** et vous avez opté pour une solution de géothermie de surface pour répondre à vos besoins ?

Ce fascicule vous donne les clés nécessaires à la compréhension du déroulé de votre projet et vous informe sur vos droits / obligations et ceux des professionnels qui interviennent à vos côtés.

En 2021, en Pays de la Loire, on estime qu'il existe près de **10 000 installations**. Depuis 2015, plus de 1 000 installations géothermiques ont été déclarées dans la région.

*Ce document a été construit à partir des textes réglementaires en vigueur à la date de sa parution. Il se réfère principalement :*

- au code minier,
- au décret n°78-498 du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie,
- au décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains,
- aux trois arrêtés du 25 juin 2015 relatifs respectivement aux prescriptions générales applicables à la géothermie de minime importance, à la qualification des entreprises de forage intervenant en matière de géothermie de minime importance et à la carte des zones en matière de géothermie de minime importance,

*dans leur dernière version valable au moment de la publication de ce vade-mecum.*

## Sommaire

### 1. La géothermie de minime importance

Les installations relevant de la géothermie de minime importance .....

Les conditions d'implantation .....

### 2. Le projet d'installation GMI pas à pas

Le suivi des travaux et la production des pièces nécessaires à la télédéclaration .....

Les points de conformité technique .....

Quelques règles de l'art .....

# La géothermie de minime importance

Dans le contexte de développement des énergies renouvelables et de la transition énergétique, le décret n°2015-15 du 8 janvier 2015, pris en application de l'article L. 112-2 du code minier (ex - articles L. 112-1 et L. 112-3), a réformé le régime de la géothermie dite de minime importance (GMI). Mise en place à la demande des professionnels du secteur, cette réforme a simplifié les démarches administratives à réaliser dans le cadre d'un projet de GMI, avec le déploiement d'un service de télé-déclaration sur internet.

## Les installations relevant de la géothermie de minime importance

Les installations considérées comme relevant du régime de la géothermie de minime importance sont définies au II de l'article 3 du décret n° 78-498 du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie. Elles concernent les systèmes en boucle fermée (sondes géothermiques verticales) et en boucle ouverte (captage sur nappe d'eau souterraine).

### Les installations en boucle fermée

Le régime de la géothermie de minime importance s'applique aux installations sur échangeurs géothermiques fermés :

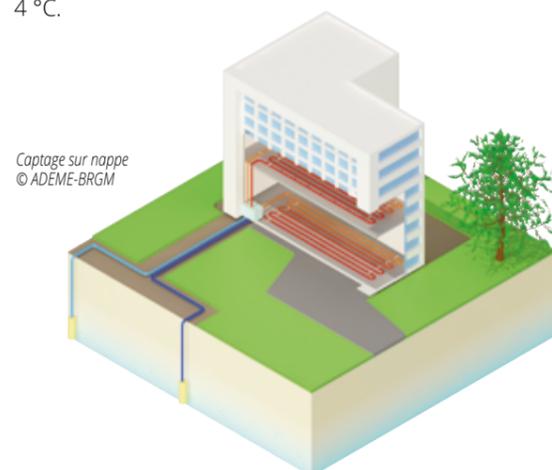
- d'une profondeur comprise entre 10 et 200 mètres ;
- d'une puissance thermique prélevée dans le sous-sol qui ne dépasse pas 500 kW ;
- dont la température du fluide caloporteur qui retourne vers les échangeurs géothermiques fermés est comprise entre - 3 °C et + 40 °C.



### Les installations en boucle ouverte

Pour les systèmes sur nappes (en boucle ouverte), l'installation doit répondre aux critères suivants :

- une profondeur comprise entre 10 et 200 mètres ;
- une puissance thermique prélevée dans le sous-sol qui ne dépasse pas 500 kW ;
- la température de l'eau prélevée doit être inférieure à 25 °C ;
- les eaux prélevées doivent être réinjectées dans le même aquifère et la différence entre les volumes prélevés et réinjectés doit être nulle ;
- la température maximale de réinjection ne doit pas dépasser 32 °C ;
- les débits pompés doivent être inférieurs à 80 m<sup>3</sup>/h ;
- la variation de la température induite dans la nappe dans un rayon de 200 mètres doit être inférieure à 4 °C.



Les installations visant à l'exploitation d'une ressource géothermique qui ne répondent pas à ces critères ne relèvent pas du régime de la géothermie de minime importance. Elles doivent faire l'objet des démarches administratives ad hoc, qui ne sont pas traitées dans ce vade-mecum.

## Les conditions d'implantation

### Les cartes des zones réglementaires

Les échangeurs géothermiques destinés à l'exploitation d'un gîte géothermique de minime importance ne peuvent pas être implantés n'importe où.

C'est pourquoi, l'article 22-6 du décret n°2006-649 du 2 juin 2006 modifié a prescrit l'établissement d'une carte nationale métropolitaine distinguant différentes zones relatives à la géothermie de minime importance. L'arrêté du 25 juin 2015 relatif à la carte des zones en matière de géothermie de minime importance précise les modalités d'élaboration de cette carte réalisée par le ministère en charge de l'écologie. Trois zones géographiques sont ainsi définies :

- **les zones vertes** : ce sont les zones géographiques ne présentant pas de risques particuliers pour l'exploitation de la géothermie de minime importance sous réserve de respecter les dispositions réglementaires prévues par le décret n°2006-649 du 2 juin 2006 modifié (télé-déclaration + foreur qualifié) ;

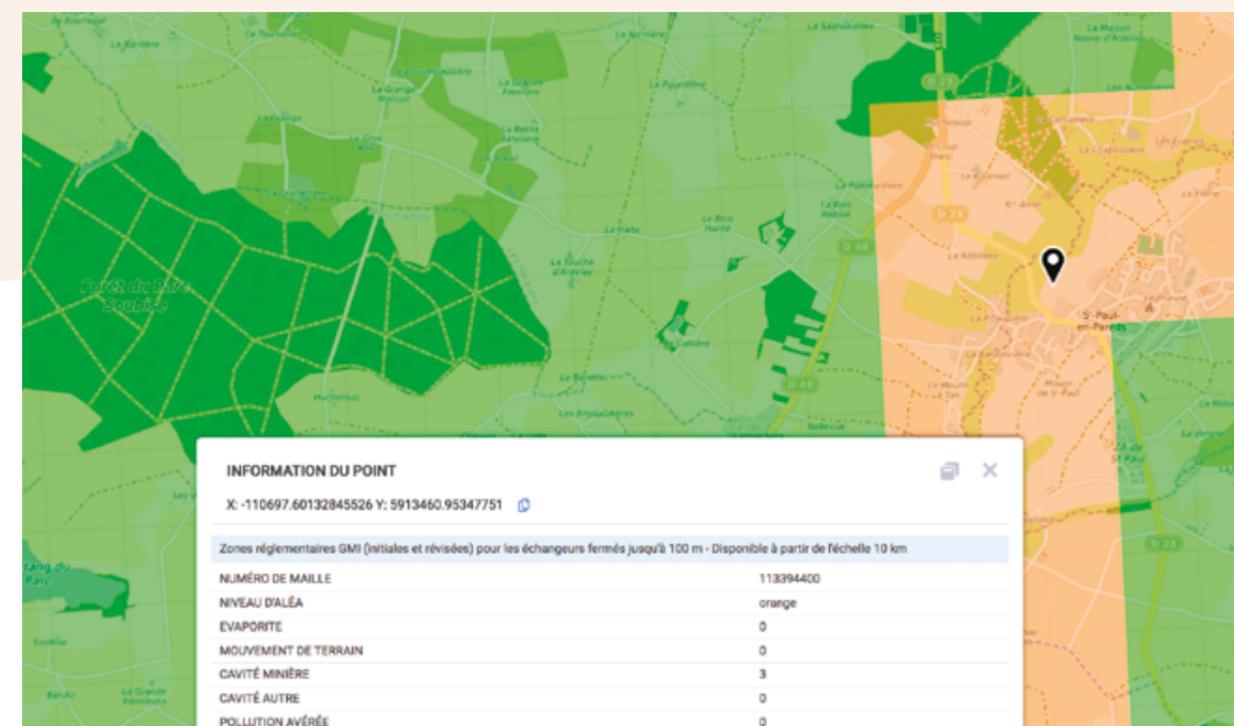
- **les zones oranges** : ce sont les zones géographiques où la réalisation de l'ouvrage GMI requiert préalablement l'avis d'un expert géologique ou hydrogéologique agréé. Si l'avis de l'expert est favorable, l'ouvrage peut être réalisé sous réserve de respecter les dispositions réglementaires prévues par le décret n°2006-649 du 2 juin 2006 modifié (télé-déclaration + foreur qualifié) ;
- **les zones rouges** : ces zones géographiques ne sont pas éligibles au régime de la GMI. Les dispositions applicables sont alors celles relatives aux ouvrages de géothermie de basse température prévues par les décrets n°78-498 du 28 mars 1978 modifié et n°2006-649 du 2 juin 2006 modifié.

Des cartes sont progressivement réalisées à des échelles régionales ou infrarégionales permettant de disposer de données plus précises. Ces cartes n'existent pas pour le moment pour la région des Pays de la Loire, il faut donc se référer à la carte nationale. Elles sont consultables sur le site « [www.geothermies.fr](http://www.geothermies.fr) » dans « **Espace cartographique** ».

### Exemple de visualisation de la carte des zones relatives à la GMI

Les cartes visualisables sur le site « [Geothermies.fr](http://Geothermies.fr) » (comme ci-dessous) sont « interrogables », c'est-à-dire qu'elles permettent de savoir sur quels critères se base le classement. Ici, la présence de cavités minières et la possibilité d'artésianisme (jaillissement d'eau) entraînent le classement en orange pour les systèmes fermés. Il peut aussi être utile d'« interroger » les zones vertes pour prendre connaissance d'éventuelles difficultés n'ayant pas justifié le classement en orange ou en rouge.

Cette cartographie sera régionalisée en totalité courant 2022, avec un affichage plus détaillé des risques sur l'ensemble du territoire pour les deux technologies (boucle ouverte ou boucle fermée) et pour trois niveaux de profondeur (10-50 m, 50-100 m, 100-200 m).



# La géothermie de minime importance

## Les conditions d'implantation

### Les conditions à respecter pour définir les zones d'implantation

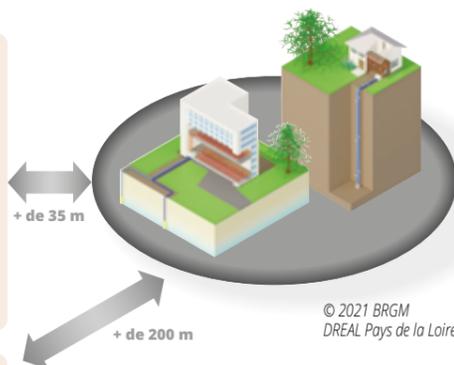
L'installation d'une exploitation de géothermie de minime importance doit **respecter des conditions d'implantation afin de préserver les ressources et de minimiser**

**les risques de désordres géotechniques et de pollution du sous-sol.** Ces conditions sont précisées à l'annexe 1 de l'arrêté du 25 juin 2015 relatif aux prescriptions générales applicables aux activités géothermiques de minime importance.

Les schémas suivants proposent de résumer et d'illustrer les conditions d'implantation communes aux systèmes sur boucles fermée et ouverte. Ils présentent ensuite les spécificités qui s'appliquent à chacun de ces systèmes.

#### Les conditions d'implantations communes aux BOUCLES OUVERTES ET FERMÉES

- D'un ouvrage souterrain de prélèvement d'eau destinée à la consommation humaine.
- D'un stockage d'hydrocarbures, de produits phytosanitaires ou autres.
- D'un ouvrage de traitements des eaux usées collectif ou non.
- De bâtiments d'élevage, des zones de stockages de leurs déchets et leurs annexes relevant des ICPE.



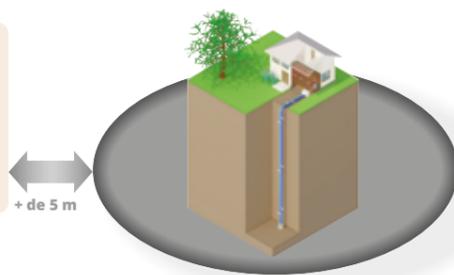
#### Hors-périmètre

De protection d'un captage d'eau destiné à la consommation humaine et source d'eau minérale.

- D'un stockage de déchets relevant de la rubrique 2760 de la nomenclature des ICPE.

#### Les conditions d'implantations complémentaires pour les systèmes à BOUCLES FERMÉES

- De la limite de propriété la plus proche (sauf accord écrit).
- De conduites collectives ou non, d'eaux usées ou transportant des matières à risque pour les eaux souterraines.



#### Les conditions d'implantations complémentaires pour les systèmes à BOUCLES OUVERTES

- Conduites d'assainissement individuelles ou collectives d'eaux usées ou avec risque pour la qualité des eaux souterraines.



#### Hors-périmètre

D'une zone de protection géothermique (L. 124-5 du code minier)  
D'un volume d'exploitation géothermique (L. 134-6 du code minier)

## La prise en compte du contexte

Le professionnel en charge du projet d'installation GMI a la responsabilité de prendre connaissance du contexte local afin de vérifier qu'aucun élément du sous-sol (ouvrage, ressource, etc.) ne viendra restreindre ou interdire la mise en oeuvre du projet. L'exploitant peut lui aussi, en complément, réaliser ces démarches.

Cela concerne notamment :

- La prise en considération des ouvrages de prélèvement d'eau voisins déclarés ou autorisés, susceptibles d'être influencés, de terrains pollués ou d'autres ouvrages du sous-sol (s'informer sur Georisques.gouv.fr, auprès de la mairie ou sur Infoterre.brgm.fr) ;
- Les interférences des éléments signalés dans les SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux) ou SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux) s'il existe ;
- Les réseaux existants : eau, énergies, télécommunications (voir le site [www.reseaux-et-canalizations.ineris.fr](http://www.reseaux-et-canalizations.ineris.fr))

## Des foreurs qualifiés RGE/FAIRE

**La réglementation impose que tout foreur souhaitant réaliser des travaux de forage pour l'ouverture des travaux d'exploitation ou pour la remise en état après l'arrêt de l'exploitation d'un gîte géothermique de minime importance soit qualifié RGE/FAIRE (article 22-7 du décret n°2006-649 du 2 juin 2006).**

D'autres qualifications RGE pour la géothermie existent également pour les différents intervenants d'un projet :

Type de prestation	Signe de qualité RGE
Études / Conseil	RGE OPOIBI
Installation / Pose de la pompe à chaleur	RGE QUALIFEC, RGE QUALIBAT, RGE Qual'Pac
Installation / Pose des échangeurs souterrains (sondes, forages sur nappe)	RGE Qual'Forage

## La télé-déclaration

La télé-déclaration consiste à fournir en ligne, sur le site du ministère en charge de l'écologie (<https://geothermie.developpement-durable.gouv.fr/>), des informations et documents relatifs au projet de forage GMI. Cette déclaration vaut accomplissement des procédures prévues par le II de l'article L. 214-3 du code de l'environnement et par l'article L. 411-1 du code minier. Le contenu du dossier de déclaration d'ouverture des travaux est défini à l'article 22-2 du décret n°2006-649 du 2 juin 2006 modifié relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains.

**La déclaration d'ouverture des travaux d'exploitation d'un gîte géothermique relevant du régime de la géothermie de minime importance vaut déclaration loi sur l'eau (boucle ouverte, boucle fermée) conformément aux dispositions de l'article L. 162-11 du code minier.**

La télé-déclaration est donc la démarche clé à réaliser dans le cadre de la procédure administrative de déclaration d'une installation relevant de la géothermie de minime importance.

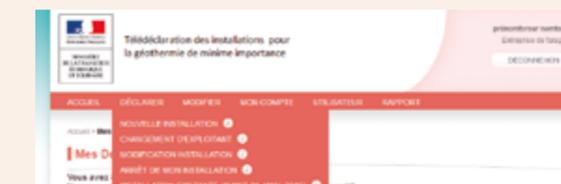
La télé-déclaration est obligatoire :

- pour toute nouvelle installation de géothermie de minime importance, préalablement au début des travaux ;
- lors d'une modification d'installation (ajout/suppression d'ouvrage) ;
- lors du changement d'un intervenant (sous-traitant) ou de l'exploitant d'une installation déjà déclarée ;
- lors de la cessation de l'exploitation.

Une installation de GMI peut être télé-déclarée par l'exploitant (l'utilisateur final) ou en son nom par tout sous-traitant intervenant dans l'activité de géothermie : foreur ou bureau d'études RGE (avec mandat de l'exploitant de l'installation). Le dossier de déclaration en ligne permet à l'exploitant, tout au long du projet, de déposer, ajouter et regrouper les pièces constitutives : c'est le **dossier d'installation numérisé**.

La télé-déclaration permet la traçabilité du projet en regroupant des éléments tels que : l'identification des parties prenantes, la localisation de l'installation, son dimensionnement ou la prise en compte de l'environnement du projet.

**À l'issue de la télé-déclaration de l'ouverture des travaux, un récépissé est fourni. Le maître d'œuvre doit obligatoirement posséder ce document avant le début des travaux.**



Site de télé-déclaration <https://geothermie.developpement-durable.gouv.fr/>

Pour connaître tous les documents nécessaires à chaque étape du projet, consulter la rubrique « Le projet d'installation GMI, pas à pas ».

# La géothermie de minime importance

## L'établissement du contrat

Lors d'un projet de GMI, il est essentiel :

- pour l'exploitant / le maître d'ouvrage : de veiller à obtenir, en amont, un cahier des charges explicite (devis bien détaillé pour chacune des étapes, avec modalités de forage notamment) ;
- pour le maître d'œuvre : de porter attention à ce que l'exploitant réceptionne, après la mise en œuvre, l'ensemble des pièces du dossier ;
- pour les deux parties : de s'assurer d'une bonne prise en compte du contexte local avec l'utilisation d'un matériel adapté.

Les clauses de décharge de responsabilité précisent les limites de prestation entre les différents intervenants. Elles doivent être clairement indiquées dans les contrats liant chaque partie prenante. L'objet et la nature des travaux ou services sont précisés dans le contrat et proportionnés aux compétences et aux métiers de chacun.

La responsabilité du dimensionnement des ouvrages doit être clairement établie :

- **pour des échangeurs géothermiques fermés** : l'entreprise de forage qualifiée doit veiller à la bonne adéquation entre la nature des terrains rencontrés avec la puissance estimée soutirable et les besoins en "froid" de la pompe à chaleur. L'entreprise doit être en mesure d'ajuster le dimensionnement (surlongueur) si nécessaire.

*Même si le propriétaire de l'exploitation / l'exploitant sous-traite l'ensemble de son projet, il reste responsable de son installation et engage sa responsabilité sur sa conformité réglementaire.*

- **Pour des échangeurs ouverts** : les interprétations des essais et mesures sont à la charge du responsable du dimensionnement des forages. Il doit également interpréter les essais par paliers et fournir la courbe caractéristique des ouvrages de production et de réinjection.

Le respect de la réglementation portant sur la géothermie de minime importance garantit une installation conforme limitant les risques de désordres géotechniques et de pollution du sous-sol.

**!** Dans le cas où les prescriptions réglementaires ne seraient pas respectées, le préfet peut ordonner l'arrêt des travaux ou la fermeture du chantier (avec rebouchage des ouvrages).

# Le projet d'installation GMI pas à pas

## Le suivi des travaux et la production des pièces nécessaires à la télé-déclaration

Du début à la fin, un projet d'installation GMI suit différentes étapes, administratives et techniques, présentées dans les deux tableaux ci-dessous. Des documents sont produits dont certains sont obligatoirement joints à la télé-déclaration.

Les pièces ou actions identifiées en **MAJUSCULE ET EN GRAS** sont obligatoires et indispensables pour valider les différentes étapes de la télé-déclaration. Les autres pièces citées **en gras**, doivent nécessairement être déposées sur le site de télé-déclaration et constituent le « dossier d'installation numérisé » suivi par l'exploitant.

Le texte indiqué en **bleu** ● concerne uniquement les boucles ouvertes et celui en **marron** ●, les boucles fermées.

Tout exploitant doit veiller à fournir les pièces obligatoires sur le site de télé-déclaration et s'assurer de la bonne réalisation des éléments techniques principaux du chantier de GMI réalisé par les parties prenantes.



# Le projet d'installation GMI pas à pas

Le maître d'ouvrage /  
l'exploitant / propriétaire de  
l'installation

L'entreprise  
de forage qualifiée

L'installateur

## SUITE AUX TRAVAUX

Fournit le **RAPPORT DE FIN DE FORAGE** contenant :

- Plan d'implantation au 1/1000 (échangeurs, collecteurs, équipements connexes)
- Déroulement général du chantier
- Coupes géologiques et niveaux de nappes
- Coupes techniques précisant les caractéristiques des équipements installés et les modalités de mise en œuvre (diamètres, nature des tubages, méthode et matériaux utilisés lors de la foration, volume des cimentations, profondeurs atteintes)
- Procès-verbal de contrôle de la cimentation (profondeur, quantité et type de ciment utilisé)

Vérifie les hypothèses  
de dimensionnement

Les autres éléments à renseigner, selon le type d'installation utilisé :

Composition et volume du fluide caloporteur utilisé pour les sondes. Méthode, produits et volume employés pour le développement des forages d'eau.

Remise des **certificats de conformité**, **certificat de sonde attestant son numéro de série** (garantie décennale).

Essais de réception, avec épreuves de mise en pression ou **synthèse du régime d'exploitation**.

Test de réponse thermique (TRT) le cas échéant.

Résultats des pompages d'essai, températures.

Le cas échéant : **résultats des analyses d'eau et d'une diagraphie de contrôle de cimentation ou d'un test d'étanchéité**.

Réalise le **procès-verbal de réception de l'installation**.

Remet à l'exploitant, le **rapport de fin de travaux** et le dépose sur le site de télé-déclaration dans les deux mois suivant la fin des travaux. Cela vaut déclaration d'ouverture de l'installation.

## TOUT AU LONG DE L'EXPLOITATION

Fournit les **procès-verbaux d'entretien et de contrôle**.

Ajoute le résultat d'opération de surveillance annuelle et décennale au dossier d'installation.

Réalise un document de suivi des incidents survenus en cours d'exploitation.

Si besoin, déclare le changement d'exploitant.

Le maître d'ouvrage /  
l'exploitant / propriétaire de  
l'installation

L'entreprise  
de forage qualifiée

L'installateur

## SI ARRÊT DES TRAVAUX D'EXPLOITATION (fermeture)

Consigne dans le dossier d'installation : la **déclaration d'arrêt des travaux d'exploitation**.

**Déclaration au nom de l'exploitant/propriétaire de l'installation, au plus tard au moment de la cessation d'exploitation. Le dossier doit être conservé a minima un an après fermeture.**

Dans un délai de deux mois suivant la fin des travaux, remet à l'exploitant le rapport de fin de travaux de fermeture (modalités de comblement, avancement et conditions de chantier, coupe technique, nature et volume des matériaux utilisés, etc.) et le dépose dans le dossier sur la télé-déclaration dédiée. Cela vaut déclaration de fermeture de l'installation.

Identifie les sondages comblés (coordonnées WGS 84, identifiants de Banque du Sous-Sol (BSS)) et la description des travaux avec le procès-verbal de contrôle de la cimentation.

## Les points de conformité technique

Le tableau suivant liste les principaux éléments techniques obligatoires que les intervenants du projet doivent respecter afin d'obtenir une installation conforme à la réglementation GMI.



*Si ces points de conformité technique ne sont pas respectés, l'apparition de vices rédhibitoires peut engendrer la remise en cause de la viabilité de l'installation et donc, sa fermeture.*

De la phase de préparation de chantier jusqu'à sa finalisation, l'entreprise de forage produit et fournit les documents demandés pour la télé-déclaration.

### SYSTÈME SUR NAPPE (OUVERT)

### SYSTÈME SUR SONDES (FERMÉ)

Environnement

Respect des règles d'implantation de l'ouvrage.

Mise en sécurité du chantier.

Collecte et évacuation des déblais.

Tenue d'un cahier de chantier, consignation des événements et incidents survenus pendant la durée des travaux.

Matériel

Bac mélangeur, pompe à injection de coulis.

Ciment adapté.

Coulis géothermique réalisé selon la norme NF X 10-950, non gélif, inerte et sans effet sur l'environnement avec conductivité thermique d'au minimum 2W/mK.

**Certificats de conformité.**

**Certificats de conformité :** certificat de sonde géothermique attestant son numéro de série.

# Le projet d'installation GMI pas à pas



## FORAGE

	<b>SYSTÈME SUR NAPPE (OUVERT)</b>	<b>SYSTÈME SUR SONDES (FERMÉ)</b>
<b>Matériel</b>	Tubages et crépines adaptées au terrain, massif filtrant (gravier ou billes roulées lavées) si terrain non consolidé.	Tubes de sondes d'un diamètre minimal de 32/25 mm (ext./int.).
	Bons de livraison du matériel conformes aux bons de commandes (tubages, centreurs, crépine, etc.).	
	Technique de forage adaptée au terrain.	
	Diamètre de forage suffisant pour un espace annulaire (entre le terrain et le tubage) et garantir une cimentation d'un minimum 4 cm d'épaisseur.	Trou nu d'un diamètre minimal de 125 mm.
	<i>En cas de conditions de réalisation de forage très défavorables, de mise en place de la sonde ou de cimentation non conformes, l'exploitant arrête les travaux et renonce à l'exploitation. Si la déclaration a fait l'objet d'une attestation (en zone orange) par l'organisme expert, l'entreprise prévient ce dernier.</i>	
<b>Equipement colonne de forage</b>	Un centreur par longueur de tubage avec au minimum 1 centreur tous les 10 m.	
<b>Nettoyage et développement</b>	Utilisation exclusive d'acides et de polyphosphates, fiches sécurité des produits employés.	
<b>Essais de réception des échangeurs géothermiques</b>	Pompage d'essai de 24 h minimum, à débit constant avec mesures du niveau de l'ouvrage et dans tous les ouvrages, de la température et du pH.	Essais ou épreuves de mise en pression, dès la pose de la sonde, et avant la cimentation.
<b>Essais complémentaires</b>	Pour des installations de plus de 8 m <sup>3</sup> /h : mesure de niveau statique, pompage d'essai par paliers et longue durée, essai d'injection par palier et prélèvement d'eau. Plus de détails : Article 5.1.2. de l'Arrêté du 25 juin 2016 relatif aux prescriptions générales applicables aux activités de la GMI.	
	<b>Document de dimensionnement</b> définissant le régime d'exploitation optimal (débit maximum, débit moyen, différentiels de température acceptables).	



## CIMENTATION

	<b>SYSTÈME SUR NAPPE (OUVERT)</b>	<b>SYSTÈME SUR SONDES (FERMÉ)</b>
<b>Généralités</b>	Garantir une imperméabilité verticale du site au moins identique à celle du terrain naturel.  Diagraphie de contrôle de cimentation de type CBL (Cement Bond Log) si au moins un aquifère est traversé ou autre méthode équivalente (exemple Test d'étanchéité).	Cimentation sur la hauteur totale de l'échangeur, aussitôt la sonde posée.  Mélange du coulis géothermique réalisé selon la norme NF X 10-950, non gélif, inerte et sans effet sur l'environnement.
	Cimentation de l'ensemble des horizons aquitards (imperméables) et non captés, avec un espace annulaire (entre tubage et trou nu) d'au moins 4 cm.	Essais ou épreuves de mise en pression, s'ils n'ont pas pu être effectués avant la cimentation (terrain instable).  Tube d'injection à tube perdu.
	Ciment à prise lente (minimum 24 h), de densité supérieure ou égale à 1,7. Mise en œuvre aussitôt les tubages définitifs mis en place, sur la totalité de la hauteur du forage, exception faite de la zone de prélèvement.	Cimentation totale de la colonne de forage jusqu'à - 1 m du terrain naturel, par injection sous pression (méthode ascendante) à l'aide d'un tube plongeur, avec un coulis adapté à la nature des aquifères souterrains présents et à la qualité des terrains.
<b>En présence de vides souterrains</b>	Mise en œuvre d'un géotextile type chaussette ou double tubage avec double cimentation.	Mise en œuvre d'un géotextile type chaussette.
<b>En milieu artésien</b>	Augmentation de la densité du coulis, mise en place d'un obturateur en tête de puits.	Augmentation de la densité du coulis.



## RACCORDEMENT

	<b>SYSTÈME SUR NAPPE (OUVERT)</b>	<b>SYSTÈME SUR SONDES (FERMÉ)</b>
<b>Généralités</b>	Tête de forage avec dalle de propreté, permettant l'évacuation des eaux de ruissellement.	Rayon de courbure maximum prescrit par le fabricant respecté.  Accès aux collecteurs des échangeurs (tests a posteriori de l'étanchéité de l'installation).  Fluide caloporteur ne contient pas de substances réglementées (CE n° 1005/2009) ou de gaz à effet de serre fluoré réglementé (CE n° 842/2006).
	Tête du forage dispose d'un repérage visible et approprié.	Plan de localisation des ouvrages et collecteurs réalisé par un géomètre expert si plus de 10 sondes installées.
<b>Rapport de fin de forage</b>	Remis dans les deux mois maximum suivant la fin des travaux.	

# Le projet d'installation GMI pas à pas



## EN PHASE D'EXPLOITATION

En phase d'exploitation, l'exploitant est tenu de consigner les éléments de suivi de son exploitation dans le dossier de l'installation.

### SYSTÈME SUR NAPPE (OUVERT)

### SYSTÈME SUR SONDES (FERMÉ)

Généralités	Application des critères de la GMI (température entrée, sortie).	
L'exploitant fait figurer annuellement dans le dossier d'installation le suivi des paramètres suivants :	Nombre d'heures de fonctionnement de la pompe à chaleur (PAC), températures en entrée et sortie de la PAC quand elle est en fonctionnement nominal, relevé de la température maximale sortie de l'échangeur géothermique, volumes prélevés et rejetés annuellement, relevé de l'index du compteur volumétrique (sans remise à zéro).	Pression du circuit primaire, nombre d'heures de fonctionnement de la pompe à chaleur (PAC), températures en entrée et sortie de la PAC, lorsque cette dernière est en fonctionnement nominal, relevé de la température minimale en sortie de l'échangeur géothermique.
Vérification de l'étanchéité	Vérification du bon fonctionnement du puits de réinjection, de l'étanchéité du réseau primaire et l'équivalence des volumes des eaux prélevées et réinjectées.	Contrôle de l'étanchéité de l'installation, prévention de la survenue de fuites éventuelles du liquide caloporteur de l'échangeur géothermique. Lorsqu'une fuite est détectée, l'exploitant met en œuvre les mesures adéquates visant à supprimer la fuite.
Opération de surveillance décennale	La surveillance décennale comporte une inspection par vidéo ou toutes autres méthodes équivalentes pour apprécier l'état général des ouvrages de production et de réinjection. Cette surveillance est réalisée par une entreprise de forage qualifiée.	Vérification du fonctionnement des sécurités de l'échangeur thermique intermédiaire, du dispositif automatique de surveillance de fuites et de son alarme. Composition et caractéristiques du fluide caloporteur ajustées afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation.
	Procès-verbal de la surveillance décennale reporté au dossier de l'installation, en particulier le résultat de l'inspection de la cimentation et le résultat des mesures des paramètres pris annuellement.	Procès-verbal de la surveillance décennale reporté au dossier de l'installation, notamment le résultat des mesures des paramètres pris annuellement.



## ARRÊT DÉFINITIF DES TRAVAUX D'EXPLOITATION

Dans le cas d'une décision d'arrêt définitif de l'exploitation de l'installation de géothermie de minime importance, l'exploitant est tenu de se conformer aux éléments réglementaires suivants :

### SYSTÈME SUR NAPPE (OUVERT)

### SYSTÈME SUR SONDES (FERMÉ)

Préalablement aux travaux de comblement	Vérification de la qualité de la cimentation annulaire par diagraphie ou autre méthode équivalente.	
	! En zone rouge et orange, les échangeurs réalisés avant l'entrée en vigueur de la GMI sont aussi concernés.	
En présence de vides souterrains	Vérification de l'intégrité de l'espace annulaire en cas d'anomalie constatée, de présomptions de dégradations de l'échangeur et comblement de ce dernier en cas d'absence de cimentation.	
		Purge du liquide caloporteur.
	Comblement par un ciment adapté, hormis dans sa partie captante (crépines) où des matériaux grossiers propres (lavés) sont mis en place.	Comblement de la sonde avec un coulis adapté.
	Conservation de la localisation de l'échangeur comblé par un repérage approprié (grillage signalétique).	
	Obturation de l'échangeur par un bouchon imperméable d'argiles gonflantes et de ciment.	Recouvrement de la tête de forage par des matériaux inertes imperméables de type argiles.
	<b>Rapport de fin de travaux</b>	

# Le projet d'installation GMI pas à pas

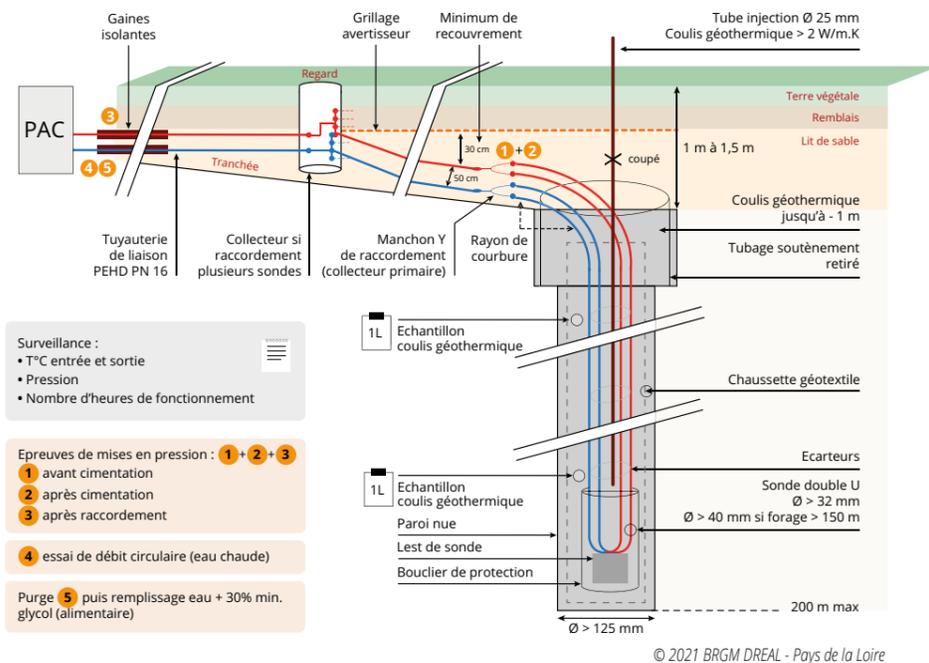
## Quelques règles de l'art

Ce volet complète le chapitre précédent sur des aspects techniques, en présentant des règles de l'art pour l'installation d'un système d'exploitation d'un gîte de géothermie de minime importance conforme et performant.

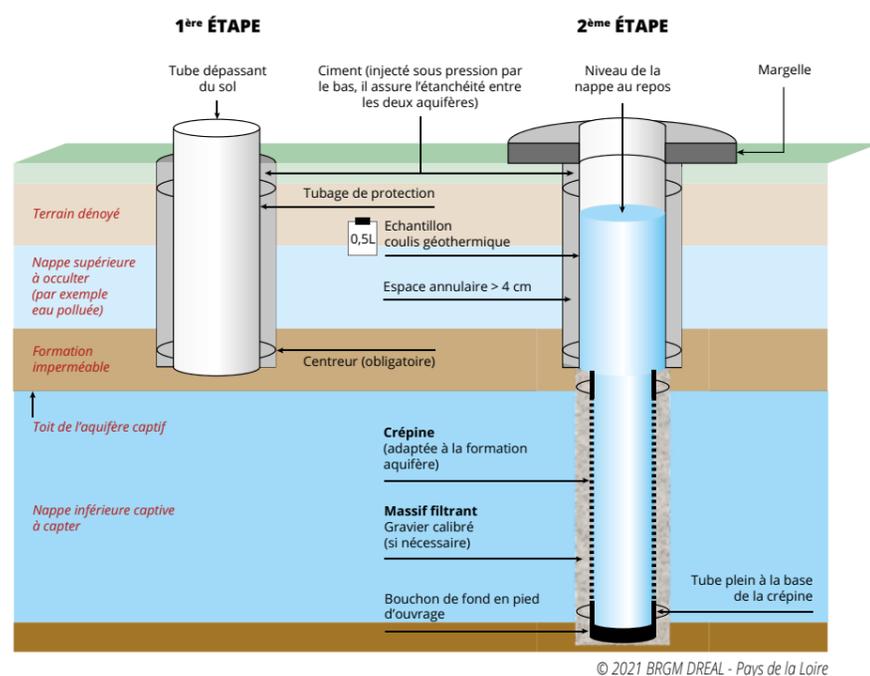
Cette sélection de règles de l'art est issue en particulier des normes en vigueur et des retours d'expérience du terrain. Elle rappelle certaines règles de principe, tout en offrant la possibilité de s'adapter, notamment à des contextes locaux et de trouver des adaptations ou ajustements techniques.

Ces règles de l'art sont en partie reprises et illustrées à travers les coupes schématiques, ci-dessous, pour une installation sur échangeurs fermés et ouverts.

### Coupe d'une installation de géothermie de minime importance en boucle fermée



### Coupe d'une installation de géothermie de minime importance en boucle ouverte



Les règles de l'art retenues et proposées pour ce vade-mecum sont classées en trois niveaux d'attention et de préconisations :

1 IMPORTANT

2 FORTEMENT RECOMMANDE

3 CONSEILLE

PHASES

BOUCLE OUVERTE

BOUCLE FERMÉE

IMPLANTATION

- Prise en compte du sens d'écoulement de la nappe pour l'implantation des forages de pompage et de réinjection ;
- Détermination de la distance minimale entre les forages pour éviter le recyclage ;
- Prise de renseignement et/ou analyses des caractéristiques physico-chimiques de l'eau de manière à prévenir les risques de colmatage de l'installation.

Respect d'une distance entre 2 forages  $\geq 10$  m si possible, sinon augmentation de la profondeur initiale de chaque sonde de 5 % pour toute diminution de la distance entre les sondes de 50 cm et cela jusqu'à une distance entre sondes de 5 m (Cf norme NF X 10-970). En cas d'installation de stockage souterrain de chaleur : intervention d'un bureau d'études souhaitable, un rapprochement des sondes à moins de 5 m entre elles pouvant alors être envisagé.

FORAGE

Collecte des informations suivantes afin de compléter le rapport de fin de forage réglementaire :

- les niveaux des nappes rencontrées,
- les caractéristiques des équipements mis en place,
- les conditions de réalisation des ouvrages (méthode et matériaux utilisés, volume des cimentations théorique et injecté, profondeurs atteintes, zones de pertes rencontrées, etc.)
- prise et analyse d'échantillons (cuttings)

Prise et analyse d'échantillons (cutting) tous les 5 m et à chaque changement de faciès afin de renseigner au mieux la coupe géologique demandée dans le rapport de fin de forage réglementaire.

Coupe technique du forage (diamètres, épaisseurs, profondeurs, télescopes) conforme à la norme NF X 10-999.

Retrait du tubage de soutènement. Si non retiré, alors les longueurs de tubages techniques définitives devront être compensées par une longueur supplémentaire de sonde pour obtenir la longueur utile initialement dimensionnée (les longueurs de tubage permanent et les sur-longueurs de sonde figureront dans le rapport de fin de forage).

Colonne captante adaptée à la nature des terrains de l'aquifère.

Matériaux des tubages adaptés aux contraintes mécaniques des terrains et à la qualité de l'eau captée.

Utilisation :

- des écarteurs (120 mm à 165 mm) à positionner tous les mètres, qui puissent s'adapter aux diamètres de forages ;
- du bouclier de protection du pied de la boucle de sonde (PBS) de 1 m à 2 m ;
- du lest de sonde.

Mise en place de la sonde :

Dérouleur (ou touret, treuil hydraulique) à axe horizontal.

En présence d'eau souterraine, la sonde sera remplie d'eau pour la lester et faciliter sa descente dans le forage.

Présence de tubes guide sonde piézométrique dans l'ouvrage.

Utilisation de sondes graduées pour le contrôle de la longueur installée avec métrage linéaire à minima sur un des tubes de la boucle de sonde (NF X 10-960-1).

Adaptation des caractéristiques des crépines et du massif filtrant (si nécessité de mise en place) à la granulométrie des terrains. Prévion d'une réserve de gravier (le niveau supérieur du massif de gravier est à plusieurs mètres du toit de la couche aquifère exploitée).

Adaptation du diamètre de la sonde à la profondeur de l'échangeur :

- 32 mm < 150 m
- 40 mm > 150 m (NF X 10-970).

# Le projet d'installation GMI pas à pas

En savoir plus

PHASES	1 IMPORTANT		2 FORTEMENT RECOMMANDE		3 CONSEILLE	
	BOUCLE OUVERTE			BOUCLE FERMÉE		
CONCEPTION ET MISE EN PLACE	Positionnement d'un bouchon de fond en pied d'ouvrage.					
	Développement du forage, puis essais hydrauliques (pompage, réinjection) obligatoirement effectués en fin de chantier et conformes à la norme NF X 10-999.					
FLUIDE CALO- PORTEUR				Présence d'au moins 30 % d'antigel dans le liquide caloporteur, sauf prescription contraire du bureau d'études ou dimensionnement de l'installateur.		
CIMENTATION	Nappes intermédiaires isolées par tubage avec cimentations.			Mesure de la densité et de la viscosité du coulis géothermique avant injection dans le forage.		
	Prise d'un échantillon de coulis de ciment, de 500 mL minimum, avec, sur le flacon, une étiquette comportant les références de l'ouvrage, la profondeur et la date de fabrication.			Consignation d'au minimum deux échantillons témoins de 1 L du coulis géothermique, remis au maître d'ouvrage/exploitant en mentionnant la date, la profondeur et le numéro ainsi que la ou les sondes ayant bénéficié des prélèvements.		
	Réinjection effectuée par un tube plongeant dans le forage sous le niveau piézométrique. Cimentations effectuées de manière ascendante et sous pression, jusqu'au retour du ciment à hauteur du sol.			Essai de mise en pression de la sonde après cimentation à 6 bar pendant 30 min minimum (préciser la pression en bar et la durée en minutes). S'assurer de la perte d'1 bar au maximum durant cette demi-heure (NF X 10-970).		
				Écart de longueurs entre sondes limités à 10 % dans le cas d'un champ de sondes (à partir de 6 ouvrages).		
RACCORDEMENT AMENAGEMENT TRANCHEE	Protection contre les eaux de ruissellement conforme à la norme NF 10-999 : tête fermée étanche et rehaussée, dalle cimentée et regard aménagé.			Essai de mise en pression après raccordement (6 bar pendant 30 min minimum), si l'entreprise est responsable du raccordement jusqu'au local technique.		
				Pente à respecter : sondes points bas et collecteur au point haut ou permettre purge au point haut.		
ENTRETIEN	Suivi régulier des niveaux d'eau en fonction du débit ainsi que de la température de l'eau prélevée.			Purge du liquide caloporteur et vérification de la protection en température (teneur en mono-propylène glycol ou autre antigel) tous les 5 ans.		
	Contrôle visuel de la tête de forage, contrôle de l'isolement électrique de la pompe, contrôle du fond du forage. Planification d'un contrôle interne du forage en début de fonctionnement, puis tous les 5 à 10 ans selon observations.					

## Liens utiles



- Le site de **télé-déclaration en ligne** : [www.geothermie.developpement-durable.gouv.fr/](http://www.geothermie.developpement-durable.gouv.fr/) (Tutoriels disponibles sur la télé-déclaration des installations et le dépôt des rapports de fin de travaux)



- Le site pour **trouver un professionnel certifié** : [www.qualit-enr.org](http://www.qualit-enr.org/) (Sélectionner "Forage géothermique" dans Type d'installation)



- Le site de référence de l'**ADEME** et du **BRGM** : [www.geothermies.fr](http://www.geothermies.fr/), pour tout savoir sur les géothermies et notamment les étapes d'un projet de géothermie de surface. Utile aussi pour retrouver les sources de financement et garanties possibles, les guides techniques et les documents de référence, notamment :
  - > Boîte à outils techniques pour les installations de géothermie de surface sur nappe et sur champ de sondes dans les secteurs du logement collectif et tertiaire / ADEME, 2019 (Professionnels)
  - > Calepin de chantier "Pompes à chaleur géothermiques en habitat individuel-neuf et rénovation" / Programme PACTE, 2017 (Tout public)
  - > Géothermie de minime importance en Centre-Val de Loire / ADEME, AFPG, BRGM, 2018 (Tout public)
  - > Boîte à outils "La géothermie assistée par pompe à chaleur" / ADEME, AFPG, 2017 (Tout public)
  - > Rapport pompes à chaleur géothermiques : les opérations de forage et limites de prestations / Programme RAGE, 2014 (Tout Public)



- Le site de l'**ADEME** : [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr/), conseille et oriente les porteurs de projets dans leurs choix grâce à son expertise technique, sa connaissance des réseaux de professionnels compétents ainsi qu'à ses outils sous forme de fiches, de guides et de cahiers des charges.



- Le site de l'**AFPG**, l'association française des professionnels de la géothermie présente des informations sur la filière, le marché, les acteurs, des fiches exemples, la boîte à outils « géothermie très basse énergie » : [www.afpg.asso.fr/](http://www.afpg.asso.fr/)



- Le site du **SFEG**, Syndicat national des entrepreneurs de puits et de forages pour l'eau et la géothermie : [www.sfeg-forages.fr](http://www.sfeg-forages.fr/)

## Les textes réglementaires

Ces textes sont publiés sur Legifrance.fr :

### Les décrets :

- Le décret n° 78-498 du 28 mars 1978 modifié ;
- Le décret n° 2006-649 du 2 juin 2006 modifié ;
- Le décret n° 2015-15 du 8 janvier 2015 ;
- Le décret n° 2016-835 du 24 juin 2016 relatif à l'obligation d'assurance prévue à l'article L. 164-1-1 du code minier et portant diverses dispositions en matière de géothermie.

### Les arrêtés :

- L'arrêté du 25 juin 2015 relatif aux prescriptions générales applicables à la géothermie de minime importance ;
- L'arrêté du 25 juin 2015 relatif à la carte des zones en matière de géothermie de minime importance ;
- L'arrêté du 25 juin 2015 relatif à la qualification des entreprises de forage en matière de géothermie de minime importance ;

### Les arrêtés relatifs aux experts :

- L'arrêté du 25 juin 2015 relatif à l'agrément d'expert en matière de géothermie de minime importance.
- L'arrêté du 4 septembre 2015 modifié portant agrément des experts en matière de géothermie de minime importance.

Coédité par la DREAL Pays de Loire et le BRGM

Coordination du projet : Amel Mellouk (DREAL), Vivien Baudouin (BRGM) et Julie CAZAL (BRGM)

Les rédacteurs remercient pour leurs constructives relectures :

Xavier Moch, Jean-Marc Percebois (AFPG) ; Eric GARROUSTET (SFEG) ; Teddy PUAUD (Qualit'EnR)

Maquette et réalisation : Kalankaa

Impression : BRGM

Dépôt légal de parution : septembre 2021

Illustration de couverture : BRGM Forage © BRGM - Depoorter

ISBN : 978-2-7159-2688-2



**[www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr](http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr)** :  
**La DREAL Pays-de-la-Loire**, Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

**DREAL Pays de la Loire**

Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement

Service risques naturels et technologiques

5 rue Françoise Giroud • CS 16326

44263 Nantes Cedex 2

E-mail : [srnt.dreal-paysdelaloire@developpement-durable.gouv.fr](mailto:srnt.dreal-paysdelaloire@developpement-durable.gouv.fr)



**[www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)** : le site de l'établissement public français pour les applications des sciences de la terre pour gérer les ressources et les risques du sol et du sous-sol dans une perspective de développement durable.

**Direction régionale Pays de Loire**

1, rue des Saumonières, BP. 92342

44323 Nantes Cedex 3 - France

E-mail : [pays-de-loire@brgm.fr](mailto:pays-de-loire@brgm.fr)