

LA GÉOTHERMIE

USAGES RÉSIDENTIEL ET COLLECTIF

Ce guide a pour objectif d'éclairer les collectivités, les entreprises et les particuliers sur la géothermie : usages possibles, performances attendues, préconisations et rejets de CO₂ évités.

La première partie du guide présente des informations générales et juridiques sur la géothermie.

La deuxième partie aborde le contexte spécifique du territoire du département des Landes dans le cadre de la valorisation de ses ressources géothermales.



SOMMAIRE

L'ÉNERGIE GÉOTHERMIQUE	3
Principe de fonctionnement	3
Intérêt de l'opération	6
Impact environnemental	6
Aspects économiques	7
Aspects réglementaires	9
Conseils de mise en œuvre - Géothermie très basse énergie	14
LE CONTEXTE TERRITORIAL - LES LANDES	16
État des lieux dans les Landes	16
Ressources - Applications envisageables	17
Gisement identifié	18
Enjeux	19
COMMENT MONTER MON PROJET ?	20
Contacts utiles	21
Redaction	21

Guide de lecture :

 à retenir	 information	 réglementation
 terminologie	 mise en garde	

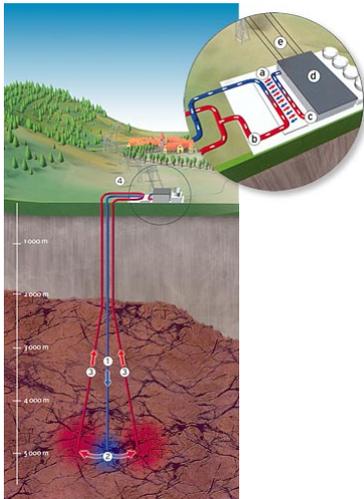
L'ÉNERGIE GÉOTHERMIQUE

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

La géothermie (du grec « gê » qui signifie terre et « thermos » qui signifie chaud) est l'exploitation de la chaleur du sous-sol. Cette chaleur est produite pour l'essentiel par la radioactivité naturelle des roches constitutives de la croûte terrestre. Elle provient également, pour une faible part, des échanges thermiques avec les zones internes de la Terre dont les températures s'étagent de 1 000°C à 4 300°C.

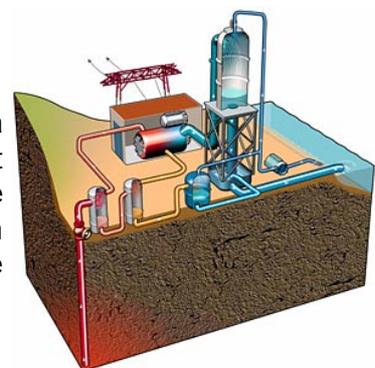
L'accroissement de la température en fonction de la profondeur est appelé « gradient géothermal ». Il est en moyenne, sur la planète, de 3,3°C par 100 mètres, le flux d'énergie thermique à l'origine de ce gradient étant de l'ordre de 60 mW/m². Mais ces valeurs peuvent être nettement supérieures dans certaines zones instables du globe, et même varier de façon importante dans les zones continentales stables. Ainsi, le gradient géothermal est en moyenne de 4°C tous les 100 mètres en France, et varie de 10°C/100 m dans le nord de l'Alsace à seulement 2°C/100 mètres au pied des Pyrénées.

On distingue cinq catégories, suivant le niveau de température des fluides exploités :



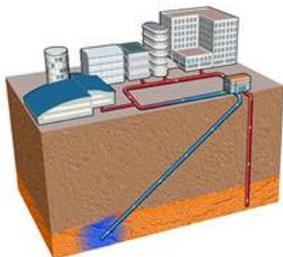
- la **géothermie profonde des roches chaudes fracturées**¹ (plus de 3 000 m de profondeur) : encore au stade de la recherche, l'exploitation est destinée à la production d'électricité. Elle s'apparente à la création artificielle d'un gisement géothermique dans un massif cristallin. A trois, quatre ou cinq kilomètres de profondeur, de l'eau est injectée sous pression dans la roche. Elle se réchauffe en circulant dans les failles et la vapeur qui s'en dégage est pompée jusqu'à un échangeur de chaleur permettant la production d'électricité ;

- la **géothermie haute énergie** (température supérieure à 150°C) : Les réservoirs, généralement localisés entre 1 500 et 3 000 mètres de profondeur, se situent dans des zones de gradient géothermal anormalement élevé. Lorsqu'il existe un réservoir, le fluide peut être capté sous forme de vapeur sèche ou humide pour la production d'électricité.



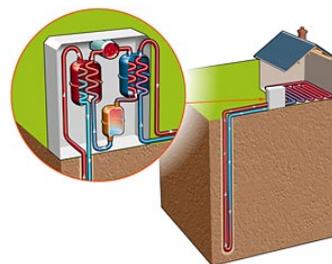
¹ Hot Dry Rocks (HDR)

- la **géothermie moyenne énergie** (température comprise entre 90 et 150°C : eau chaude ou vapeur humide) : elle est destinée à des usages thermiques tels que des utilisations industrielles et peut être utilisée pour la production d'électricité (technologie faisant appel à un fluide intermédiaire). Elle se retrouve dans les zones propices à la géothermie haute énergie, mais à une profondeur inférieure à 1 000 mètres. Elle se situe également dans les bassins sédimentaires, à des profondeurs allant de 2 000 à 4 000 mètres. ;



- la **géothermie basse énergie** (température comprise entre 30 et 90°C) est destinée au chauffage urbain, à certaines utilisations industrielles, au thermalisme ou encore à la balnéothérapie. L'essentiel des réservoirs exploités se trouve dans les bassins sédimentaires (profondeur comprise entre 1 500 et 2 500 mètres) ;

- la **géothermie très basse énergie** (température inférieure à 30°C – profondeur de nappe inférieure à 100 m) : par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur (PAC), l'énergie du sous-sol et des aquifères qui s'y trouvent est utilisée pour le chauffage et le rafraîchissement de locaux.



Zoom sur la géothermie basse énergie

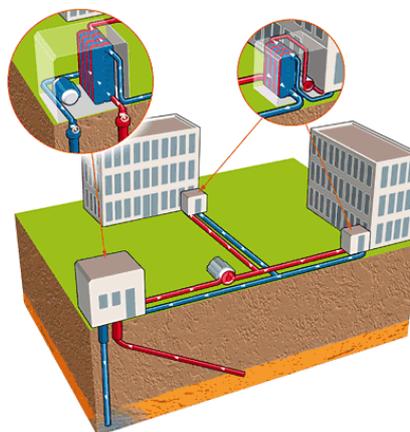
Dans le cas de géothermie basse énergie, un puits de production capte l'eau chaude (fluide primaire) dans le sous-sol ou la nappe. Ce fluide, dit fluide primaire, est ensuite remonté à la surface, grâce à :

- 1-un système de pompe : une pompe d'exort (sur le puits d'exort) et un système de réinjection (puits et pompe de réinjection). En fait, l'eau doit être réinjectée pour des questions d'équilibre de la nappe aquifère, elle est de toute manière inexploitable ;
- 2-la pression présente dans le sol : l'eau remonte toute seule mais avec un débit plus bas. Il faut alors une torchère pour brûler les gaz extraits simultanément (eau sulfurée) ou sinon avoir sur ce système une pompe de dégazage.

Dans le cas où l'on utilise seulement la pression présente dans le sol, les coûts d'investissement sont réduits ; cependant, la diminution du débit d'eau obtenue peut avoir également des conséquences. Des calculs de rentabilité poussés doivent alors être réalisés.

Le fluide primaire passe ensuite dans un échangeur de chaleur où il vient élever la température du fluide secondaire. C'est ce fluide qui sera distribué pour couvrir les besoins de chauffage, ou d'eau chaude sanitaire.

Aux profondeurs où est capté le fluide primaire, l'eau étant fréquemment salée et/ou chargée en sulfures, donc corrosive, il est interdit de la rejeter en surface. Il est nécessaire de forer un second puits pour réinjecter l'eau dans l'aquifère originel. Mais il convient d'implanter ce puits à environ 1 500 ou 2 000 mètres du puits de production afin que le recyclage de l'eau refroidie réinjectée ne soit pas trop rapide : c'est le concept de doublet géothermique.



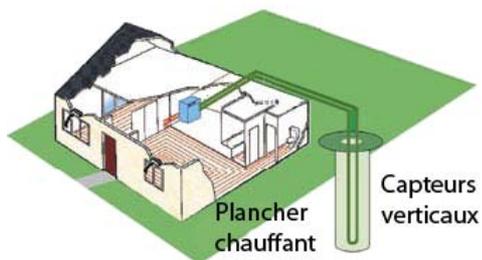
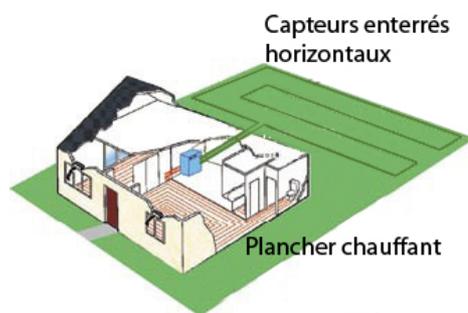
Zoom sur la géothermie très basse énergie

La valorisation de la géothermie très basse énergie passe obligatoirement par l'utilisation de pompes à chaleur. Ce sont des systèmes thermodynamiques fonctionnant sur le même principe que les réfrigérateurs, le processus étant inversé pour produire de la chaleur. Elles ont globalement un COP (Coefficient de Performance) de 2 à 4 ce qui signifie que pour 1 kWh d'électricité consommée, elles en produisent 2 à 4. La consommation pour le chauffage est donc divisée par quatre par rapport à un chauffage électrique. D'autre part, le confort est également nettement amélioré si l'on compare avec un chauffage électrique.

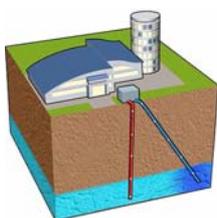
Parmi les pompes à chaleur, plusieurs technologies existent, qui se distinguent suivant leur type de capteur, ainsi que suivant le fluide frigorigène utilisé.

Les différents types de capteurs :

- capteurs horizontaux : ils permettent une installation à moindre coût, mais ils nécessitent une grande surface de pose (1,5 à 2 fois la surface à chauffer). Il s'agit de tubes de polyéthylène ou de cuivre gainés de polyéthylène qui sont installés en boucles enterrées horizontalement à faible profondeur (de 0,60 m à 1,20 m). Dans ces boucles circule en circuit fermé de l'eau additionnée d'antigel ou le fluide frigorigène de la pompe à chaleur (selon la technologie employée).



- capteurs verticaux : ils sont constitués soit de deux tubes de polyéthylène formant un U installés dans un forage (jusqu'à 80 m de profondeur) et scellés dans celui-ci par du ciment. On y fait circuler en circuit fermé de l'eau additionnée de liquide antigel. La capacité d'absorption calorifique moyenne d'un capteur vertical est d'environ 50 W par mètre de forage, il faut donc souvent utiliser deux ou plusieurs capteurs qui doivent être distants d'au moins une dizaine de mètres.



Il peut également s'agir de deux tubes distincts venant puiser de l'eau dans un aquifère peu profond. Le fluide utilisé est alors directement l'eau de l'aquifère. D'une manière générale, les capteurs verticaux sont plus délicats à poser. Il est nécessaire de faire appel à une entreprise de forage qualifiée et de respecter les procédures administratives concernant la protection du sous-sol.

Il existe aussi ce que l'on appelle les pieux géothermiques. Dans le cas de construction de bâtiments nécessitant des pieux à grandes profondeurs, il est possible d'utiliser ces structures de béton pour capter l'énergie thermique du sol. Les capteurs sont alors installés au cœur des fondations, d'où leur nom de pieux géothermiques.



Les différentes technologies de pompes à chaleur sont les suivantes :

- PAC à détente directe ou PAC sol/sol : le fluide frigorigène circule dans les capteurs et le plancher chauffant (ou radiateurs, ...). Ce procédé n'est utilisable qu'avec des capteurs horizontaux ;
- PAC mixte ou PAC sol/eau : le fluide frigorigène de la PAC circule dans les capteurs et de l'eau circule dans les émetteurs de chauffage. Ce procédé n'est utilisable qu'avec des capteurs horizontaux ;
- PAC avec fluide intermédiaire ou PAC eau (glycolée)/eau : de l'eau additionnée d'antigel ou non circule dans les capteurs et de l'eau circule dans les émetteurs de chauffage. Le fluide frigorigène reste confiné dans la PAC. Le procédé est utilisable en capteurs horizontaux ou verticaux ;
- PAC air/eau : la chaleur est puisée dans l'air ambiant. Il n'y a alors pas de capteurs, ce qui en fait une solution facile à installer mais généralement moins performante.

INTÉRÊT DE L'OPÉRATION

La production de chaleur ou électricité par le biais de capteurs géothermiques présente un certain nombre d'avantages importants :

- pour les pompes à chaleur, étant données leurs performances (COP de 3 à 4,5), les consommations en énergie de chauffage sont divisées par trois à quatre : d'importantes économies financières et énergétiques sont réalisées et les impacts sur l'environnement sont diminués d'autant ;
- les autres formes de géothermie sont encore plus performantes puisqu'elles ne nécessitent pas le recourt à une pompe à chaleur (elle-même alimentée à l'électricité) : économies financières et énergétiques, diminution des impacts sur l'environnement ;
- la géothermie ne dépend pas des conditions atmosphériques donc son potentiel ne fluctue pas, contrairement aux énergies renouvelables : c'est une énergie fiable et constante ;
- dans le cas elle permet de produire ou de substituer de l'énergie électrique, le réseau électrique est soulagé.

IMPACT ENVIRONNEMENTAL

Les installations géothermiques utilisées pour la production de chaleur permettent la substitution d'énergies « classiques », fossiles ou nucléaire, qui, en plus d'être fortement polluantes en terme de rejets atmosphériques ou de déchets produits, présentent des ressources limitées. L'énergie géothermique, quant à elle, est non seulement gratuite et quasiment inépuisable si correctement exploitée, mais elle ne génère aucune pollution.

Le tableau ci-contre présente les émissions de CO₂ des différentes énergies fossiles émises lors de leur utilisation ou de leur production (électricité) :

Énergie	g de CO ₂ émis/kWh ²
Gaz naturel	205
Électricité, contenu moyen	180
Électricité, contenu marginal	500
Fioul domestique	271
Gaz propane	231

En ce qui concerne la production d'électricité, une installation fonctionnant à partir d'une source géothermique permettra de substituer une partie de l'électricité produite sur le parc de production français ; elle évitera ainsi le rejet de 80 g de CO₂/kWh (chiffre moyen des émissions de CO₂ en France pour l'ensemble de l'électricité produite).

ASPECTS ÉCONOMIQUES

Dans l'habitat

En ce qui concerne l'installation de PAC dans l'habitat, l'ADEME donne les coûts ci-dessous en fonction de la technologie de la PAC considérée :

- PAC à détente directe

Investissement : de 70 à 100 €TTC par m² chauffé (hors eau chaude sanitaire et rafraîchissement)

Fonctionnement : de 2,3 à 3,5 €TTC par m² et par an

- PAC à fluide intermédiaire

Investissement : - systèmes à capteurs horizontaux : de 85 €TTC/m² chauffé (option chauffage) à 135 €TTC/m² chauffé (option chauffage et rafraîchissement)
- systèmes à capteurs verticaux : de 145 à 185 €TTC/m² chauffé

Fonctionnement : de 2,3 à 3,5 €TTC par m² et par an

Autres secteurs

Investissement

Les coûts de forage dépendent essentiellement de la profondeur du forage, de la nature du terrain et du diamètre du forage (déterminé à partir du débit demandé). Ils se situent (hors équipement) entre 800 et 2 000 € HT/m_l.

En Île-de-France (soit pour des profondeurs de 1 000 à 2 000 mètres), le coût d'un doublet de forage est estimé à 3,05 M€/MW.

Le coût de la chaufferie est en moyenne de 0,21 M€/MW (pour une chaudière fioul : 0,11 M€/MW). La création d'un réseau de chaleur revient en moyenne de 450 à plus de 900 €/m_l, selon les caractéristiques du projet.

² Données ADEME 2004 - Électricité, contenu moyen : Note ADEME/EDF 2005 - Électricité, contenu marginal : Note ADEME/RTE 2007

Exploitation

Exemples sur des installations existantes en Île-de-France :

- coût moyen du MWh (sortie échangeur) : 12 €/MWh (gaz naturel en appoint : 26 €/MWh, fioul domestique : 33,8 €/MWh) ;
- prix de revient du MWh distribué : 25 €/MWh.

D'une manière générale, le coût de revient de l'énergie produite à partir de géothermie basse énergie est compris entre 25 et 40 €/MWh.

Aides financières disponibles

Pour les particuliers

- Le crédit d'impôt

Jusqu'au 31 décembre 2009, les particuliers peuvent bénéficier du crédit d'impôt dédié au développement durable et à la maîtrise de l'énergie. Ce crédit d'impôt est notamment accordé aux particuliers s'équipant d'une installation énergie renouvelable pour leur résidence principale, par exemple une pompe à chaleur, et sous réserve de critères de performances de l'appareil.

Le taux de ce crédit d'impôt est de 50 %. Il porte sur le prix des équipements et des matériaux, hors main d'œuvre. L'installation doit être réalisée par une entreprise et une facture (ou une attestation fournie par le vendeur ou le constructeur du logement neuf) portant mention des caractéristiques requises dans l'arrêté doit être établie pour les services fiscaux.

En cas d'aide publique supplémentaire pour l'acquisition de l'équipement (conseil régional, conseil général, ANAH, etc.) le calcul du crédit d'impôt se fait sur les dépenses d'acquisition des équipements, déductions faites des aides publiques, selon les modalités définies dans l'instruction fiscale.

Pompes à chaleur dont la finalité essentielle est la production de chaleur	Caractéristiques et performances
Pompes à chaleur géothermiques et pompes à chaleur air/eau.	COP \geq 3,3 , selon les dispositions des arrêtés du 12/12/2005 et du 13/11/2007
Pompes à chaleur air/air	COP \geq 3,3, éligibles selon les dispositions des arrêtés du 12/12/2005 et du 13/11/2007

- La TVA à 5,5 %

La taxe sur la valeur ajoutée est perçue au taux réduit sur les travaux d'amélioration, de transformation, d'aménagement et d'entretien portant sur des locaux à usage d'habitation, achevés depuis plus de deux ans, à l'exception de la part correspondant à la fourniture d'équipements ménagers ou mobiliers ou à l'acquisition de gros équipements fournis dans le cadre de travaux d'installation ou de remplacement du système de chauffage, des ascenseurs ou de l'installation sanitaire dont la liste est fixée par arrêté du ministre chargé du budget. Elle est valable pour des travaux réalisés par un professionnel. Le taux réduit concerne les prestations de main d'œuvre, les matières premières et les équipements fournis et facturés par l'entreprise prestataire.

- Les aides de l'ANAH (Agence Nationale de l'Amélioration de l'Habitat)

L'ANAH attribue des subventions pour améliorer le confort dans l'habitat privé. Elles sont destinées aux propriétaires qui réalisent des travaux d'amélioration des logements qu'ils occupent ou qu'ils louent. Les conditions à remplir sont les suivantes :

- les travaux doivent être effectués dans un logement achevé depuis au moins 15 ans,
- le logement doit être occupé ou loué pendant 9 ans après les travaux à titre de résidence principale,
- les travaux doivent être réalisés par des professionnels du bâtiment,
- les travaux doivent être entrepris après l'autorisation de l'ANAH.

La nature des travaux doit concerner l'amélioration de l'habitat en matière de sécurité, de confort, de salubrité, d'équipement, d'accessibilité et d'adaptation aux personnes handicapés physiques ou l'économie d'énergie et l'amélioration de l'isolation acoustique.

Les taux et les conditions de subventions sont renseignés sur le site internet de l'ANAH : <http://www.anah.fr/nos-aides-aux-travaux/quelles-subventions/page-qui-subv.htm>

Pour les autres maîtres d'ouvrage

Dans le cadre du Plan Régional Aquitain pour l'Environnement (PRAE) 2008, l'ADEME et le Conseil Régional d'Aquitaine accordent des aides pour la qualité environnementale dans les projets de construction, au niveau aide à la décision et aide à l'investissement. Ces aides étant en cours d'actualisation, se reporter directement à la délégation régionale de l'ADEME ou au Conseil Régional.

ASPECTS RÉGLEMENTAIRES

En ce qui concerne un projet de géothermie sur nappe, la réglementation s'applique à plusieurs niveaux (pas de démarche nécessaire/déclaration/autorisation) et sur plusieurs composantes du projet :

- la recherche ou l'exploitation d'eau pour de la géothermie,
- le forage en tant qu'ouvrage,
- les prélèvements d'eau réalisés,
- la réinjection de l'eau prélevée.

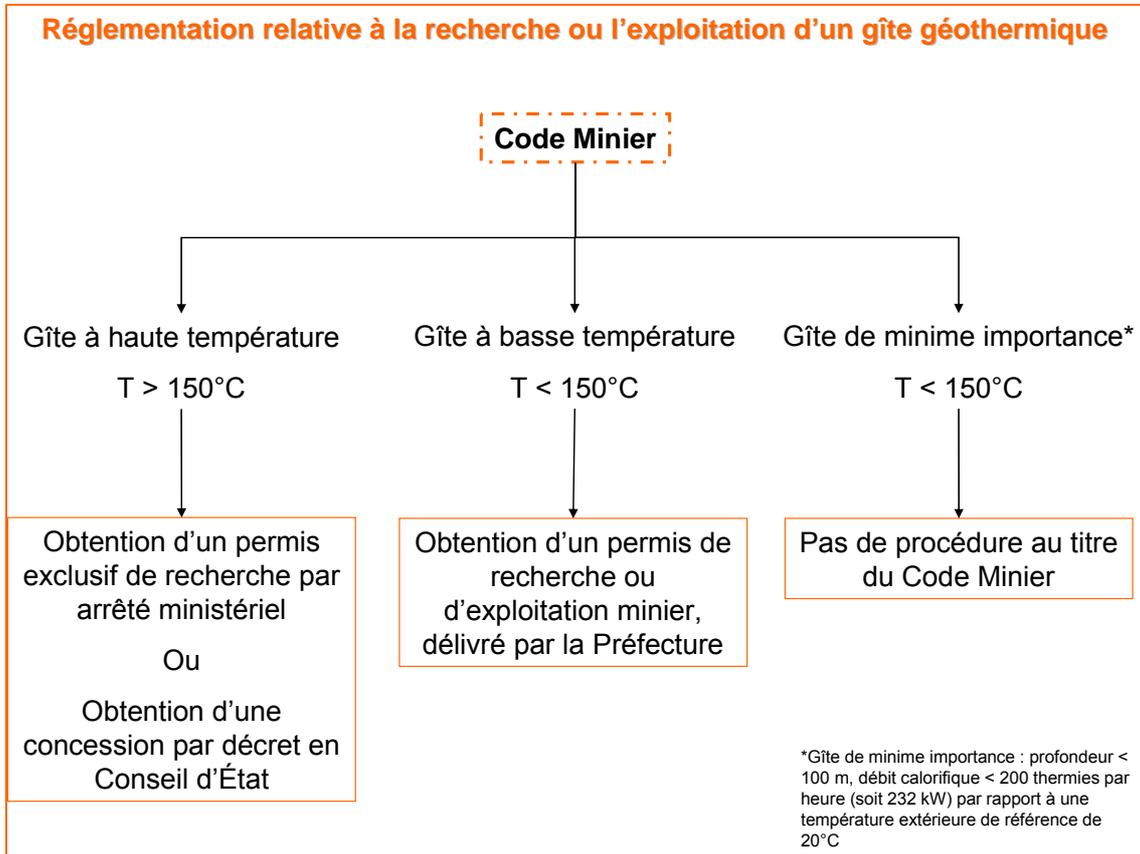
Les réglementations concernées sont essentiellement le Code Minier et le Code de l'Environnement (loi sur l'Eau).

Dans un souci de facilitation et de meilleure application de la réglementation, un guichet unique pour les démarches réglementaires a été mis en place dans les départements de la région Aquitaine ; une fiche déclarative préalable a été élaborée afin de recueillir les données sur la réalisation des ouvrages souterrains qui permettent de les situer par rapport aux diverses réglementations et d'orienter les usagers vers les services compétents. Dans les Landes, elle doit être adressée à la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt des Landes. Cette fiche préalable ne comprend pas les démarches à réaliser dans le cadre de la recherche ou de l'exploitation de l'eau pour la géothermie.

Les premières démarches à réaliser sont donc d'une part le remplissage de la fiche préalable et d'autre part la réalisation du dossier permettant l'obtention d'un permis de recherche minier, délivré par la Préfecture.

Les différentes réglementations et leur mode d'application sont explicités par le biais des schémas suivants.

Réglementation relative à la recherche ou l'exploitation d'un gîte géothermique



Gîte de minime importance : La géothermie à usage domestique relève généralement de cette exemption. Dans ce cas, l'exploitation est soumise à déclaration, qui doit être faite à la DRIRE, au plus tard un mois avant la réalisation des travaux, par lettre recommandée avec accusé de réception (elle tient lieu de déclaration au titre du code minier).

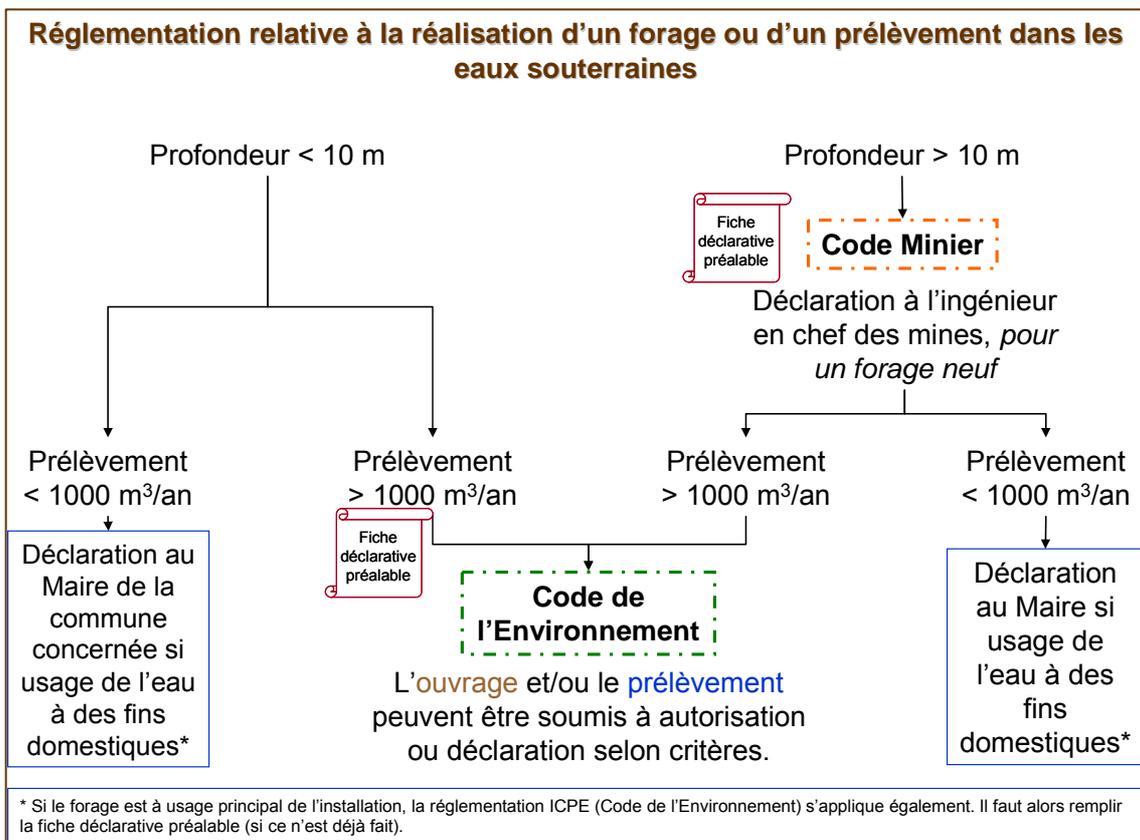
Résumé des démarches pour un gîte à basse température :

- 1) *Obtention d'un permis de recherche minier*, délivré par la Préfecture, avant la phase de test des capacités du forage ;
- 2) Puis *obtention d'un permis d'exploitation minier*, délivré par la Préfecture, si l'exploitation est décidée, avant le commencement de l'exploitation.

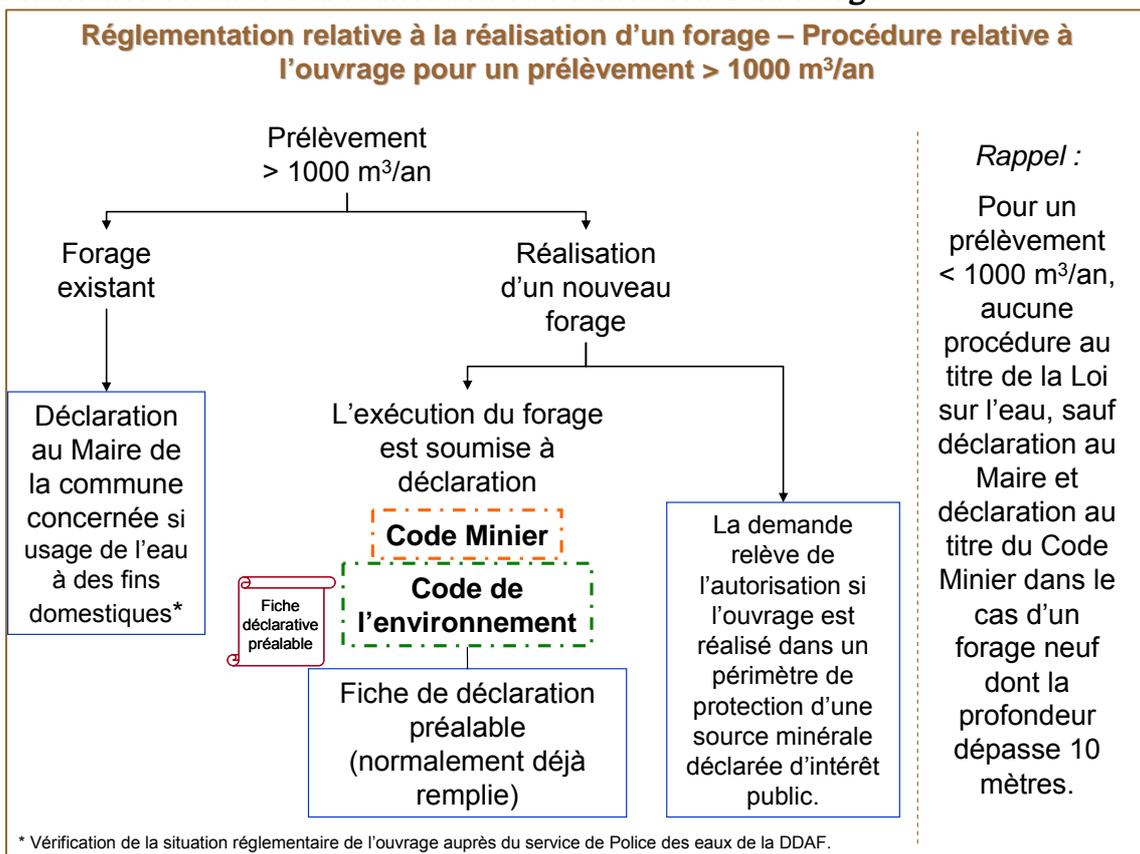
 **A retenir**

En matière de forages, il est demandé de communiquer, à l'issue des travaux, la coupe géologique des terrains au Service géologique régional (BRGM) afin d'alimenter la Banque de données du Sous-Sol (BSS).

Réglementation relative à la réalisation d'un forage et/ou un prélèvement dans les eaux souterraines

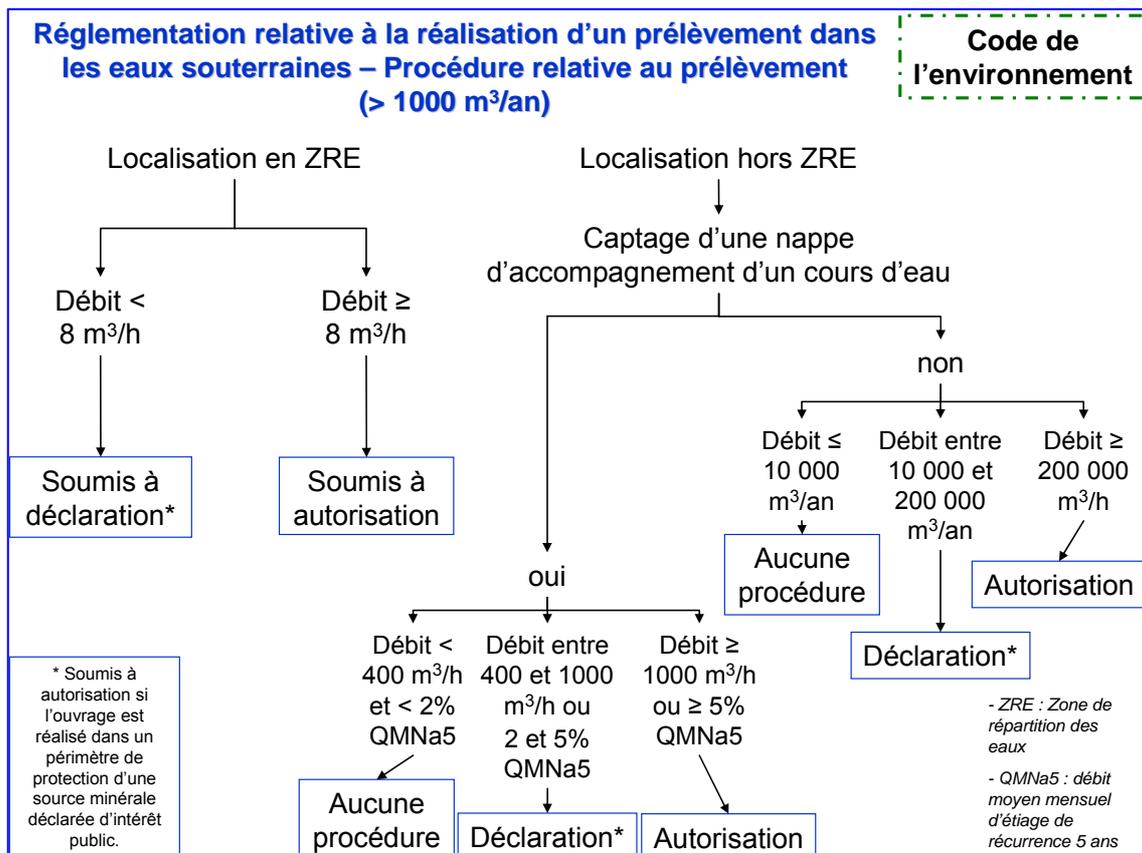
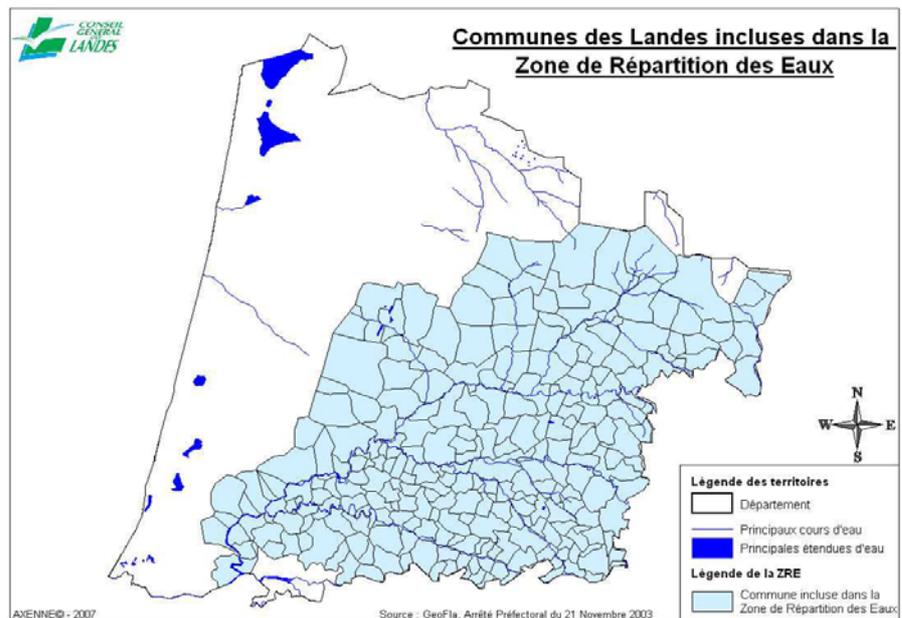


Réglementation relative à la réalisation ou l'utilisation d'un forage



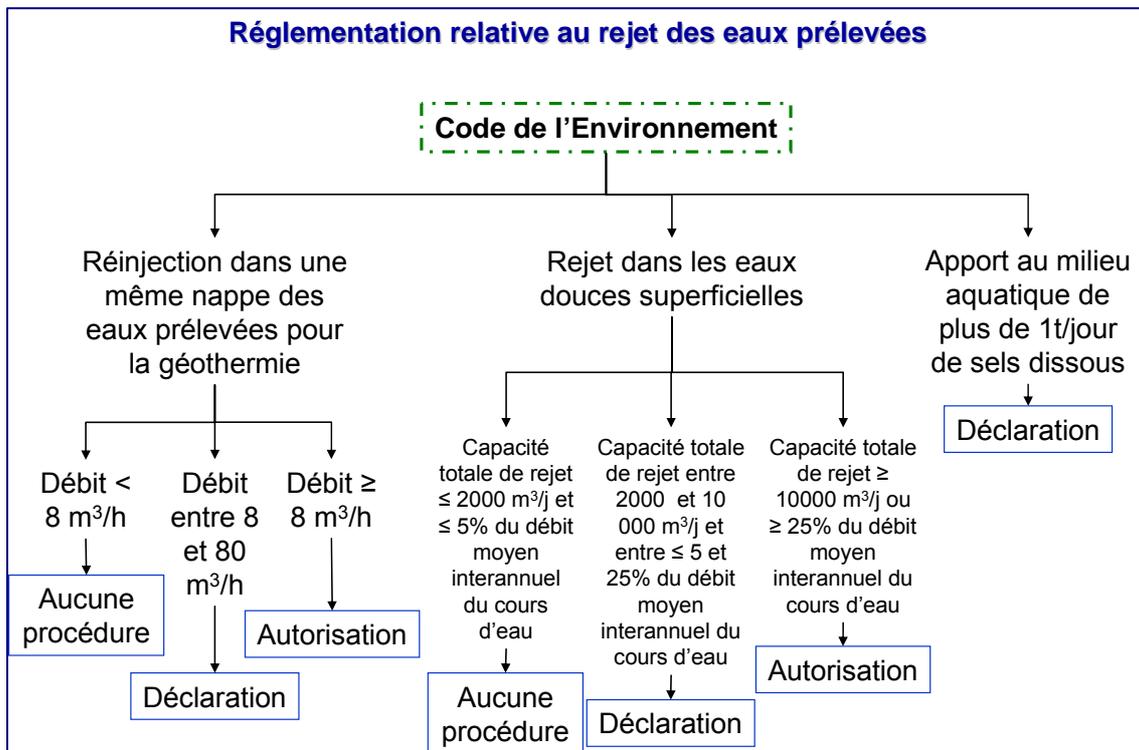
Réglementation relative à un prélèvement dans les eaux souterraines

Les Zones de Répartition des Eaux (ZRE) sont des territoires sensibles à des pénuries de leurs ressources en eaux. C'est pourquoi dans ces territoires, les seuils réglementaires des régimes de la déclaration et de l'autorisation ont été abaissés. Dans les Landes, 251 communes ont été incluses dans la ZRE par Arrêté Préfectoral du 21 novembre 2003.



Rappel : Pour un prélèvement inférieur à 1 000 m³/an, aucune procédure au titre de la Loi sur l'eau si ce n'est la déclaration au Maire de la commune concernée dans le cas d'un usage domestique de l'eau : « Art. L. 2224-9. - Tout prélèvement, puits ou forage réalisé à des fins d'usage domestique de l'eau fait l'objet d'une déclaration auprès du maire de la commune concernée. »

Réglementation relative au rejet des eaux prélevées



Prescriptions techniques concernant la réalisation et l'exploitation des sondages

Les prescriptions techniques à respecter pour réaliser des sondages sont fixées dans le décret n°96-102 du 2 février 1996, ainsi que dans les trois arrêtés du 11 septembre 2003 (en fonction de la catégorie de déclaration ou d'autorisation). Ces arrêtés rendent obligatoires certaines précautions d'implantation et de construction des sondages, afin d'éviter de dégrader les ressources en eaux souterraines.

Impositions diverses

Police des eaux : (Code de l'Environnement, articles L. 211-2 et suivants) : des prescriptions nationales ou locales peuvent limiter ou interdire les prises d'eau ou les rejets. Les missions de police de l'eau sont confiées à la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt.

Code de la Santé Publique : Il s'applique au cas particulier des forages destinés à un usage alimentaire. Si l'ouvrage destiné à un usage thermique est également utilisé, en second usage, pour un usage alimentaire (notamment si l'eau est destinée à la consommation humaine ou utilisée dans l'industrie agroalimentaire), la distribution de l'eau à usage alimentaire est soumise à autorisation ou à déclaration au titre du code de la santé publique (articles L1321-1 à L1321-10).

Les prélèvements à l'usage d'une famille sont soumis à déclaration à la Mairie dans les conditions prévues à l'article L2224-9 du code général des collectivités territoriales.

Les autres prélèvements pour distribution par un réseau public ou privé sont soumis à autorisation.

Code général des collectivités territoriales : (article L. 2223-5) : « Nul ne peut, sans autorisation, élever aucune habitation ni creuser aucun puits à moins de 100 mètres des nouveaux cimetières transférés hors des communes. »

CONSEILS DE MISE EN ŒUVRE - GÉOTHERMIE TRÈS BASSE ÉNERGIE

Choix d'une pompe à chaleur

Les appels de puissance liés au démarrage des pompes à chaleur peuvent être un problème dans le cadre de la gestion du réseau électrique. Ainsi, un client qui installerait une pompe à chaleur dépourvue d'un démarrage progressif pour limiter l'appel de puissance, serait susceptible d'engendrer des chutes de tension sur le réseau qui nécessiterait un renforcement coûteux. De ce fait, il est important de vérifier que la pompe à chaleur est capable de démarrer à vide ou est équipée d'un démarrage progressif pour limiter l'appel de puissance (c'est le cas pour bon nombre de modèles). La solution pour un compresseur déjà installé et n'ayant pas ce type de système n'est pas évidente, mais il existe deux solutions :

- raccorder le système en triphasé si l'usager est déjà en triphasé,
- installer un démarreur électronique qui va permettre de diviser par 2,5 l'intensité de démarrage.

Les solutions existent, mais il faut bien reconnaître que le choix d'un matériel performant sur ses aspects est préférable aux deux dernières solutions préconisées.

Choix d'une technologie : PAC à détente directe ou indirecte

	Détente directe	Détente indirecte
Chauffage d'appoint	Pas nécessaire	Pas nécessaire
ECS	Production possible en période de chauffe	Production possible (PAC indépendante ou non)
Rafraîchissement	- non sur plancher chauffant - possible avec ventilo-convecteurs	Possible et bien maîtrisé
Adaptabilité	Si plancher chauffant, difficulté de changer de mode de production de chaleur par la suite	Le circuit de chauffage peut être conservé, si souhait éventuel de changer de mode de production de chaleur
Avantages	- système simple - coût limité	- peu de fluide frigorigène - fluide frigorigène confiné dans la PAC
Inconvénients	- grosse quantité de fluide frigorigène - étanchéité du circuit primordiale - utilisation des capteurs verticaux impossible - mise en œuvre du circuit de chauffage délicate	Coût d'investissements supérieurs à la détente directe pour les petits logements
Coûts	- investissement : de 70 à 100 €TTC/m ² chauffé hors ECS et rafraîchissement - fonctionnement : de 2,3 à 3,5 € TTC/m ² .an	- investissements : Capt. horizontaux : de 85 €TTC/m ² chauffé (option chauffage) à 135 €TTC/m ² chauffé (option chauffage et rafraîchissement) Capt. verticaux : de 145 à 185 €TTC/m ² chauffé - fonctionnement : de 2,3 à 3,5 €TTC/m ² .an

Choix d'un type de capteurs

Capteurs horizontaux

Actuellement, en France, ce sont les configurations avec capteurs horizontaux qui sont les plus répandues. Ces systèmes sont les moins coûteux mais nécessitent de disposer d'une surface de terrain suffisante. Ils sont donc surtout réservés au chauffage des maisons individuelles.

Certains principes de pose sont préconisés, notamment en ce qui concerne les profondeurs d'enfouissement et d'espacement entre tubes. Le capteur doit être éloigné d'au moins :

- 2 m des arbres,
- 1,5 m des réseaux enterrés non hydrauliques,
- 3 m des fondations, des puits, des fosses septiques et des évacuations.

A la profondeur à laquelle les capteurs sont installés, l'incidence du flux géothermal est quasiment inexistante. Les apports de chaleur sont effectués par l'énergie solaire et les infiltrations de pluie. C'est pourquoi le terrain doit être adapté :

- il est préférable qu'il soit bien exposé au soleil,
- il ne peut être recouvert d'un revêtement en dur (terrasse, piscine, ...),
- s'il est rocheux et peu favorable aux échanges thermiques, il faudra un lit de sable,
- s'il est trop pentu, il faudra envisager un remblaiement.

Les capteurs horizontaux sont faciles d'installation et ont des coûts initiaux plus bas que les capteurs verticaux. Toutefois, ils affichent des rendements inférieurs à cause de leur plus faible profondeur. Ils nécessitent par ailleurs une grande surface de terrain.

Capteurs verticaux

Les capteurs verticaux ont des coûts beaucoup plus élevés que les capteurs horizontaux, surplus essentiellement lié au forage. Cependant, leur emprise au sol est nettement plus faible et ils ont de meilleurs rendements. Ils peuvent donc convenir pour chauffer des maisons individuelles, mais surtout de petits ensembles de logements et d'immeubles de bureaux qui sont limités par la surface environnante.

LE CONTEXTE TERRITORIAL - LES LANDES

ÉTAT DES LIEUX DANS LES LANDES

La géothermie basse énergie

Actuellement, six installations géothermiques sur nappe (puits en U) existent dans les Landes. Elles sont relativement anciennes puisqu'elles ont été mises en service entre 1976 et 1994. Elles sont essentiellement utilisées pour le chauffage de locaux et du thermalisme (également : production d'eau chaude sanitaire, piscine, serres).

Les installations produisent au total environ 57 000 MWh/an, soit environ 9 500 MWh/an par installation.

Les pompes à chaleur

Aucun recensement n'existe concernant les pompes à chaleur existantes en France en général, et dans les Landes en particulier.

D'une manière générale en France, le marché des pompes à chaleur connaît une croissance très importante ces dernières années. Les chiffres suivants correspondent à l'augmentation des ventes de pompes à chaleur entre 2005 et 2006 suivant le type de PAC concerné et au global³ :

- PAC sol/sol et sol/eau : + 23 %,
- PAC eau/eau : + 64 %,
- PAC air/eau : + 192 %,
- Global : + 112 %.

***i* Information**

« Sous la pression des exigences environnementales et plus particulièrement de la réduction des rejets de CO₂ dans l'atmosphère, le développement des pompes à chaleur (PAC) connaît depuis le début des années 90 un nouveau souffle en Europe.

En France, le développement de l'offre produits associé au programme EDF de développement des PAC dans le cadre général de son offre commerciale *Vivrelec* a dynamisé très fortement le marché. Celui-ci d'environ 1 500 réalisations par an avant 1997 a atteint environ 17 300 PAC en 2004, hors systèmes Air/Air.

La progression s'est encore accentuée en 2005 et 2006 avec la mise en place par les pouvoirs publics d'un crédit d'impôt en faveur des PAC de 40 % en 2005 suivi de 50 % en 2006. Nous dénombrons ainsi en 2006 la commercialisation de 53 500 PAC géothermiques et air/eau auxquelles nous pouvons ajouter plusieurs milliers d'installations de chauffage à base de PAC de type Air/Air.

En nombre de matériel, la France est le deuxième marché européen de la pompe à chaleur derrière la Suède. »

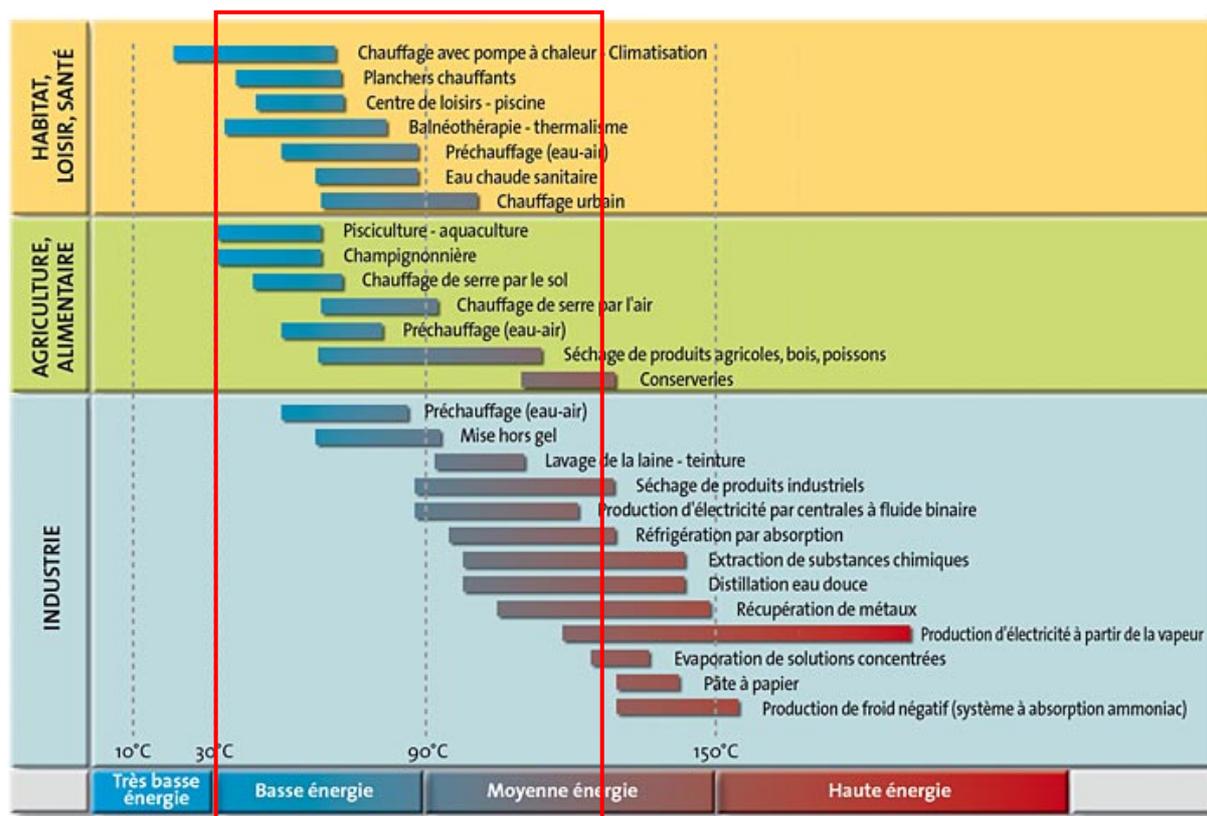
Source : AFPAC

³ Source : AFPAC

RESSOURCES - APPLICATIONS ENVISAGEABLES

Les réservoirs aquifères

Les utilisations possibles de la chaleur géothermique sont nombreuses et dépendent des caractéristiques de température de la ressource : dans les Landes, les températures constatées se trouvent dans une échelle de 30 à 130°C, ce qui correspond à ce qu'on appelle la géothermie basse et moyenne énergie.



Principales utilisations de la géothermie en fonction des températures (source : *Géothermie perspectives*)

La géothermie de surface

La mise en application de la géothermie très basse énergie n'est pas soumise à des ressources particulières du territoire. On ne peut pas dire d'un territoire qu'il possède une forte ou une faible potentialité en ce qui concerne la géothermie très basse énergie.

Information

« La géothermie très basse énergie concerne l'exploitation de deux types de ressources : l'énergie naturellement présente dans le sous-sol à quelques dizaines de mètres et dans les aquifères qui s'y trouvent.

En France, la température moyenne au niveau du sol est en général de 10 à 14°C et au fur et à mesure que l'on s'enfonce dans le sous-sol, celle-ci augmente en moyenne de 4°C tous les 100 m (gradient géothermal).

La chaleur emmagasinée dans le sol est accessible en tout point du territoire. Les techniques de capture de cette énergie seront adaptées en fonction des besoins thermiques et des types de terrains rencontrés. »

Extrait du site « géothermie perspectives » développé par le BRGM en partenariat avec l'ADEME :

La puissance des capteurs dépend alors de la conductivité thermique du terrain. La quantité d'énergie utilisable d'une sonde géothermique dépend de plusieurs paramètres :

- la température atteinte dans le sous-sol, proportionnelle à la longueur de la sonde,
- les caractéristiques thermiques du sous-sol, notamment sa conductivité thermique,
- le type de construction de la sonde et de la colonne de production.

GISEMENT IDENTIFIÉ

Les réservoirs aquifères

Production de chaleur

Le département des Landes a lancé une étude importante sur la réhabilitation de forages existants. Cette étude portait sur plus de 200 puits de forage actuellement à l'abandon, qui avait été exploré entre autres, par des compagnies pétrolières.

92 de ces anciens forages seraient susceptibles d'être réhabilités. La profondeur moyenne de ces forages est de 1 600 mètres (entre 500 et 4 500 m - plus de 70% des forages ont une profondeur supérieure à 1 000 m).

Les températures s'échelonnent entre 27°C et 130°C (30% des forages peuvent avoir une température supérieure à 70°C).

Leur productivité est comprise entre 75 et 150 m³/h.

D'autres projets pourraient être réalisés en production de chaleur, à partir de nouveaux forages.

Production d'électricité

La production d'électricité géothermique est possible à partir de champs géothermiques de moyenne ou haute énergie⁴. Dans le cas de géothermie moyenne énergie, la production d'électricité se fait suivant un cycle à fluide binaire (cycle de Rankine) : l'eau géothermale extraite, en phase liquide, transfère sa chaleur à un fluide dit « de travail » présentant la propriété de se vaporiser à basse température. Dans les Landes, étant données les températures observées, la production d'électricité à partir d'une ressource géothermique peut s'envisager selon un cycle à fluide binaire uniquement. Pour une telle technologie, les fluides géothermaux doivent avoir une température comprise entre 85 et 130°C.

Seuls cinq anciens forages, parmi ceux qui pourraient être reconditionnés, ont des caractéristiques de température qui les placent comme potentiellement valorisables pour la production d'électricité. L'un d'eux a une température maximale à peine au-dessus de 90°C (95°C) et un débit maximal de 75 m³/h.

La géothermie de surface

Le potentiel d'installations très basse énergie ne dépend pas fondamentalement du territoire comme expliqué au paragraphe Ressources - Applications envisageables. Les

⁴ Moyenne énergie : 90°C < T < 150°C et haute énergie : T > 150°C.

paramètres qui peuvent freiner voire empêcher la mise en place de pompes à chaleur géothermiques sont les suivants :

- le faible renouvellement des bâtiments d'habitation : une installation de chauffage géothermique demande un certain nombre d'aménagements (plancher chauffant par exemple) qu'il est difficile de réaliser sur des bâtiments existants (sauf travaux de rénovation lourds) ;
- des bâtiments possédant peu ou pas de terrain (il est nécessaire de disposer d'une fois et demie à deux fois la surface à chauffer pour mettre en place des capteurs horizontaux) ;
- le faible nombre d'installateurs.

ENJEUX

Dans les Landes, les applications de la géothermie envisageables sont essentiellement la production de chaleur, que ce soit via une pompe à chaleur pour un ou plusieurs bâtiments ou en direct pour des applications de chauffage diverses (chauffage urbain, eau chaude sanitaire, thermalisme, chauffage de serres, séchage de produits agricoles, etc.).

La production d'électricité par centrale à fluide binaire possède un potentiel plutôt limité, comme exposé ci-dessus.

Ce constat est plutôt positif car les filières de production de chaleur sont à favoriser vis-à-vis des filières de production d'électricité, sur le plan de la réduction des gaz à effet de serre ; en effet, elles permettent de véritablement substituer le recours à des énergies fossiles, fortement émettrices de gaz à effet de serre, ou électrique⁵. Au contraire, les filières de production d'électricité permettent essentiellement de diversifier le bouquet énergétique français, déjà faiblement émetteur de gaz à effet de serre en raison de l'importance du nucléaire.

⁵ Notamment en hiver, à une période où le recours aux énergies fossiles pour la production d'électricité est le plus important.

COMMENT MONTER MON PROJET ?

Quel que soit le type de géothermie envisagé, la démarche pour le montage du projet reste relativement similaire. Le schéma de montage type comprendra :

Phase 1 : analyse d'opportunité

Étudier l'intérêt du projet par le biais d'une analyse d'opportunité.

- Elle est réalisée à la suite d'un premier contact de type commercial ou à la demande d'un maître d'ouvrage potentiel. Elle doit permettre de dégrossir techniquement le projet, de situer son niveau d'intérêt et, si possible, de préciser la nature et le montant de l'étude de faisabilité à engager. Elle est réalisée conjointement par un bureau d'étude thermique (importance des besoins des utilisateurs à raccorder, températures dans le réseau, etc.) et par un spécialiste en hydrogéologie des aquifères profonds (réservoirs aquifères envisageables, profondeurs, ordre de grandeur des débits disponibles et des températures).



Phase 2 : étude de faisabilité

Confirmer l'intérêt du projet et le définir avant sa réalisation.

- L'étude de faisabilité doit permettre au maître d'ouvrage de décider de la réalisation de son projet et définir la solution économique optimale : elle apporte des réponses détaillées sur les plans technique (étude géologique détaillée et étude des éléments relatifs à l'infrastructure de surface), économique et financier. L'ADEME peut fournir les coordonnées de bureaux d'études.



Phase 3 : le montage administratif et financier

- Les dossiers administratifs nécessaires (voir § Aspects réglementaires) sont mis au point et transmis aux services compétents. Le montage financier doit être élaboré avec l'appui des Pouvoirs Publics qui a mis en place des procédures d'aides financières, au travers de l'ADEME.



Phase 4 : réalisation des travaux

Passer à la réalisation du projet assisté par un maître d'œuvre.

- Lancement des travaux, assisté par un maître d'œuvre.



Phase 5 : exploitation et gestion des installations

Pérenniser les équipements.

- Choisir un mode d'exploitation adapté.

Pour l'installation d'une pompe à chaleur, notamment chez un particulier, les démarches sont plus simples : une étude d'opportunité peut éventuellement être réalisée par l'Espace Info Énergie, puis l'essentiel du travail est mené par l'installateur directement. C'est pourquoi le choix d'un installateur expérimenté - éventuellement agréé QualiPAC - est important ; l'Espace Info Énergie peut indiquer la liste des installateurs agréés, disponible également sur internet (www.afpac.org/qualite-installateurs-qualipac.php).

CONTACTS UTILES

- **AFPAC (Association Française des Pompes à Chaleur)**
22, rue de la Pépinière - 75008 Paris
www.afpac.org
- **BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minière)**
3, avenue Claude-Guillemin - BP 36009 - 45 060 Orléans Cedex 2
02 38 64 34 34
www.brgm.fr
- **ADEME Délégation Aquitaine**
6, quai de Paludate - 33 080 Bordeaux
05 56 33 80 00
ademe.aquitaine@ademe.fr
www.ademe.fr
- **Conseil Régional de l'Aquitaine**
14, rue François de Sourdis - 33 000 Bordeaux
05 57 57 80 00
aquitaine.fr
- **Conseil Général des Landes**
23, rue Victor Hugo - 40 000 Mont-de-Marsan
05 58 05 40 40
www.landés.org
- **Espace Info Énergie : PACT CESA H des Landes - Habitat et Développement**
46, rue Baffert - 40 100 Dax
05 58 74 12 56
cesah40@wanadoo.fr ou infoenergie@pactdeslandes.org
www.pactdeslandes.org
- **Installateurs agréés**
Il existe actuellement au moins un installateur de pompes à chaleur possédant l'agrément QualiPAC dans les Landes. Les coordonnées de ces installateurs sont données sur le site internet de l'AFPAC : www.afpac.org/qualite-installateurs-qualipac.php.

QualiPAC

QualiPAC est une appellation de confiance créée par l'AFPAC en 2007 avec le soutien de l'ADEME et d'EDF. Elle a pour but de faciliter la mise en relation des particuliers intéressés par un chauffage performant et respectueux de l'environnement avec des installateurs spécialistes de la pompe à chaleur et soucieux de la satisfaction de leurs clients.

Les schémas et pictogrammes sont issus du site Géothermie Perspectives (BRGM/ADEME).

REDACTION

Axenne-2008