



Géothermie « très basse énergie » dans l'habitat collectif et le tertiaire

De la théorie à la pratique,
des solutions déjà bien réelles en Bourgogne



ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie

DIRECTION RÉGIONALE
BOURGOGNE



Géothermie : de quoi parle t'on ?

Utiliser la chaleur du sous-sol pour se chauffer est une notion très ancienne car les villas romaines se servaient déjà de ce procédé. De nos jours, ce système n'est plus limité aux seules villes thermales. En effet, la chaleur, même faible, du sous-sol peut être récupérée par des techniques innovantes.

Au sens large, la **géothermie recouvre toutes les utilisations de la chaleur du sol**.

Par convention, on distingue **3 grandes catégories**, selon le niveau de température de la ressource utilisée, liée à la géologie et à la profondeur où l'on va chercher cette énergie :

- la **géothermie profonde et « haute énergie »** (température supérieure à 150°C) à plusieurs kilomètres de profondeur,
- la **géothermie « moyenne énergie »** (température entre 90 et 150°C) à plusieurs centaines de mètres maxi,
- la **géothermie « basse énergie »** (température entre 30 et 90°C) à quelques centaines de mètres maxi,
- la **géothermie « très basse énergie »** (température inférieure à 30°C) à 100 mètres maxi.

Seule la géothermie « très basse énergie » sera abordée dans cette fiche car le potentiel de géothermie « haute énergie » ou « basse énergie » de la région est quasi inexistant, hormis la source chaude de Bourbon-Lancy qui est utilisée à des fins thermales et dont la température est de 58°C. Le **potentiel**

« **très basse énergie** » (chaleur du sous-sol, des nappes aquifères, des eaux usées et grises) paraît plus facilement exploitable, la ressource étant plus accessible, renouvelable et disponible à peu près partout.

Pour utiliser cette « très basse énergie », il est nécessaire de rehausser son niveau de température : c'est le rôle de la **pompe à chaleur (PAC)**. La performance globale de la pompe à chaleur sera meilleure si le milieu où elle puise l'énergie est à une température la plus constante et la plus élevée possible au cours de l'année et si la température de distribution de chauffage est basse.

Utilisant en général de l'électricité pour le fonctionnement de la pompe à chaleur et de ses annexes, ce procédé est une solution énergétiquement et économiquement avantageuse lorsque son **coefficient global de performance est supérieur à 3** (c'est-à-dire quand l'utilisation d'1 kWh d'électricité a permis de transférer au minimum 3 kWh de chaleur).

La géothermie « très basse énergie » tend à se développer fortement pour participer à l'atteinte des objectifs énergétiques et environnementaux.

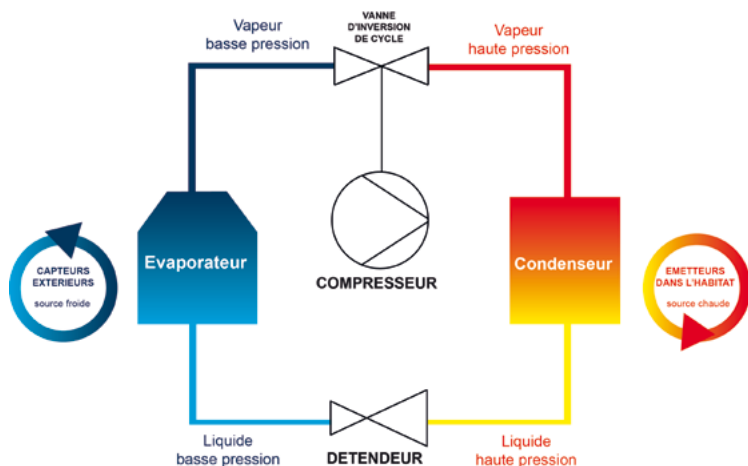
Le but de cette plaquette est donc d'accompagner les maîtres d'ouvrage dans leur projet et favoriser leur réussite.

Principe de fonctionnement de la pompe à chaleur

Une pompe à chaleur fonctionne selon le principe d'une machine frigorifique et **permet le transfert de chaleur** ou, quand elle est réversible, **de froid**.

Elle est constituée d'un circuit fermé et étanche dans lequel circule un fluide caloporteur qui passe de l'état liquide à l'état gazeux selon les organes qu'il traverse (compresseur, condenseur, détendeur et évaporateur).

La majorité des PAC est à compression électrique. On commence à voir arriver sur le marché des PAC à absorption fonctionnant au gaz naturel.



RECOMMANDATIONS

Toute démarche d'économies d'énergie passe en priorité par une **réflexion sur la diminution des besoins** en ayant recours aux meilleures solutions de maîtrise de l'énergie disponibles (inertie et orientation des bâtiments, isolation, renouvellement d'air, régulation-programmation...).

C'est la meilleure garantie d'utiliser rationnellement et durablement les énergies disponibles, mêmes si elles sont renouvelables.

Le rendement d'une pompe à chaleur sera d'autant plus élevé que la température d'utilisation de la chaleur sera basse. Aussi, dans le cas d'une installation neuve ou d'une rénovation, on privilégiera les systèmes de chauffage fonctionnant à basse température (inférieure à 40°C) : radiateurs basse température, ventilo-convecteurs, plancher chauffant, plafond rayonnant...

Exemples d'installations

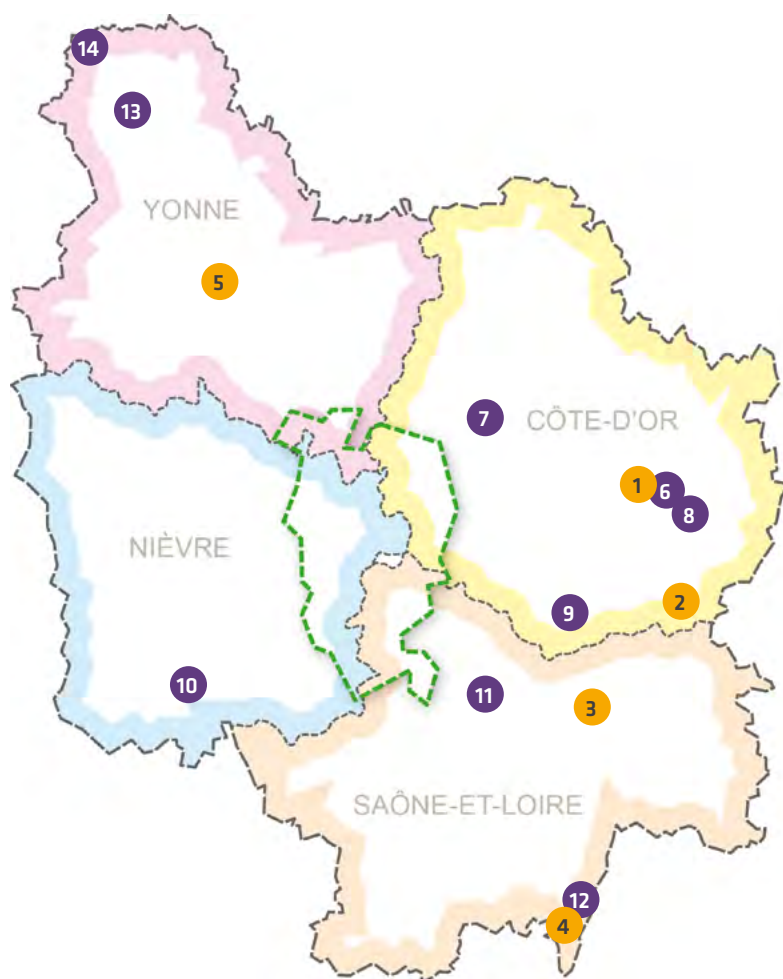
en Bourgogne

Réalisations présentées dans la fiche

- 1 **21 - DIJON**
Centre de maintenance du tram
PAC sur sondes géothermiques et sur eaux usées
(puissance thermique : 92 et 360 kW)
2010-2011 / M.O. : Grand Dijon
- 2 **21 - SEURRE**
Immeuble d'habitation - 76 logements
PAC sur nappe (puissance thermique : 392 kW)
2013 / M.O. : Orvitis
- 3 **71 - CHALON-SUR-SAÔNE**
Locaux de station d'épuration
PAC sur eaux usées (puissance thermique : 40 kW)
2006 / M.O. : Grand Chalon
- 4 **71 - CRÊCHES-SUR-SAÔNE**
Agence bancaire
PAC sur nappe (puissance thermique : 6,8 kW) / 2010
M.O. : Caisse d'Epargne de Bourgogne-Franche-Comté
- 5 **89 - AUXERRE**
Salle de concert
PAC sur sondes géothermiques et sur nappe
(puissance thermique : 240 kW)
2009 / M.O. : Mairie d'Auxerre

Autres exemples de réalisations régionales

- 6 **21 - CHEVIGNY-SAINT-SAUVEUR**
Immeuble d'habitation Les Symphonies - 38 logements
PAC sur sondes géothermiques
(puissance thermique : 73 kW)
2008 / M.O. : Bourgogne Habitat
- 7 **21 - FLAVIGNY-SUR-ÔZERAIN**
Abbaye de Saint-Joseph de Clairval
PAC sur sondes géothermiques
(puissance thermique : 2 x 100 kW)
2009 / M.O. : Abbaye de Saint-Joseph de Clairval
- 8 **21 - GENLIS**
École maternelle Prévert
PAC sur nappe (puissance thermique : 73 et 65 kW)
2010 / M.O. : Mairie de Genlis
- 9 **21 - MEURSAULT**
Laboratoires ABIA
PAC sur nappe (puissance frigorifique : 33 kW)
2012 / M.O. : Laboratoires ABIA
- 10 **58 - DECIZE**
Piscine municipale
PAC sur nappe (puissance thermique : 338 kW)
2010 / M.O. : Mairie de Decize
- 11 **71 - SAINT-PIERRE-DE-VARENNES**
École primaire
PAC sur sondes géothermiques (puissance thermique : 12 kW)
2010 / M.O. : Mairie de Saint-Pierre-de-Varennnes
- 12 **71 - SENNECÉ-LÈS-MÂCON**
Lotissement « le pré de la cour » - 10 pavillons locatifs sociaux (8 T4 et 2 T5)
PAC sur sondes géothermiques (1 PAC par pavillon / puissance thermique : 5,1 kW)
2004 / M.O. : Mâcon Habitat
- 13 **89 - SENS**
Bâtiment de bureaux du Village d'Entreprises du Sénonais
PAC sur sondes géothermiques (puissance thermique : 52 kW)
2010 / M.O. : Chambre de Commerce et d'Industrie de l'Yonne
- 14 **89 - VILLENEUVE-LA-GUYARD**
Groupe scolaire
PAC sur nappe (puissance thermique : 70 kW)
2013 / M.O. : Mairie de Villeneuve-la-Guyard



Pompe à chaleur **sur** aquifère

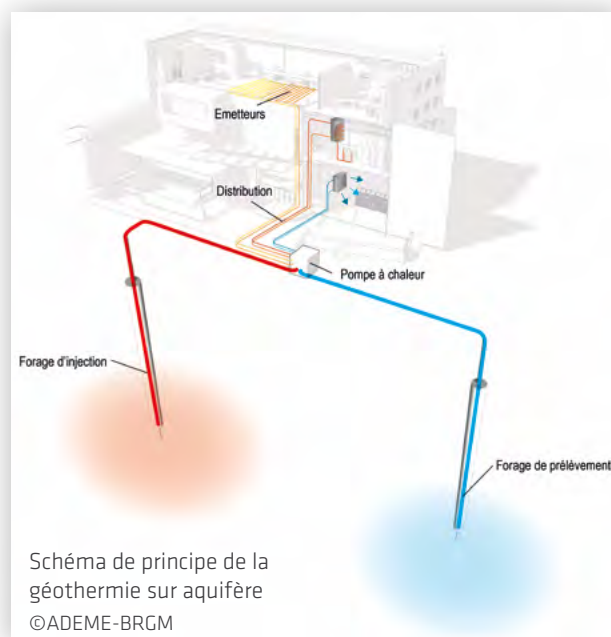
Utiliser l'énergie gratuite contenue dans l'eau du sous-sol

Le principe théorique est simple : on prélève de l'eau dans une nappe souterraine, on extrait les calories via une pompe à chaleur et on réinjecte l'eau dans son milieu naturel.

En pratique, il est nécessaire de réaliser une analyse poussée de la ressource en eau et des besoins à satisfaire. En effet, il ne s'agit pas d'épuiser la ressource en eau au risque de la tarir ou de trop la refroidir au point qu'elle fasse chuter les performances.

De plus, actuellement, une gestion rationnelle des eaux souterraines incite à limiter le puisage avec rejet en surface. Il est donc recommandé de **mettre en place deux forages : l'un destiné au prélèvement et l'autre à la réinjection de l'eau dans son milieu.**

Certes plus coûteuse, cette solution permet toutefois de rafraîchir les locaux en été, en injectant dans la nappe la chaleur excédentaire, qui sera bien utile l'hiver suivant.



Avantages

- coefficient de performance de la pompe à chaleur élevé grâce à la température constante de la ressource utilisée
- possibilité de faire du rafraîchissement à faible coût, sans utilisation de la pompe à chaleur (géocooling - voir *lexique*)
- division au minimum par 3 de la consommation d'énergie finale (pour une installation bien conçue)

Inconvénients

- la ressource n'est pas disponible partout et quand elle existe, sa pérennité doit être vérifiée
- la réglementation est stricte sur l'utilisation des eaux souterraines
- les études de faisabilité peuvent être coûteuses pour des installations de petites puissances

Le contexte réglementaire

La loi 77-620 du 16 juin 1977 (modification du Code minier) soumet la géothermie « de minime importance » à une simple déclaration. Il s'agit des installations dont la **puissance thermique est inférieure à 230 kW et la profondeur inférieure à 100 m.**

Au-delà, on entre dans une réglementation plus exigeante imposant une autorisation. Les autorisations de prélèvements et de rejets d'eau sont soumises au Code de l'Environnement et à la loi sur l'eau de 2006 et gérées par les services de l'État en charge de la Police de l'Eau (via la DDT - Direction Départementale des Territoires), qu'il convient de rencontrer avant le projet de forage.

Dans tous les cas, les déclarations de forages (profondeur supérieure à 10 m) et les autorisations de forage (profondeur supérieure à 100 m) sont soumises au Code Minier et gérées par la DREAL Bourgogne qu'il convient également de rencontrer au préalable.

La redevance d'eau

Si l'eau puisée est restituée dans son milieu naturel, il n'y a pas de redevance à prévoir.

Les garanties sur la ressource en eau

Pour réussir une installation, il convient de réaliser en amont **une étude hydrogéologique et un essai de pompage** afin de vérifier les débits disponibles.

Pour faciliter la prise de décision, l'ADEME, le BRGM et EDF proposent aux maîtres d'ouvrage, une double garantie via **AQUAPAC®**.

Pour l'étude de la ressource :

La garantie de recherche couvre le risque d'échec consécutif à la découverte d'une ressource en eau souterraine insuffisante pour le fonctionnement prévu des installations. **Le coût de la cotisation s'élève à 5% du montant des ouvrages garantis en recherche.**

Pour l'exploitation de la ressource :

La garantie de pérennité couvre le risque de diminution ou de détérioration de la ressource, en cours d'exploitation. **Son coût atteint 4% du montant des ouvrages garantis en pérennité.**

Les bénéficiaires sont les maîtres d'ouvrages et leurs mandataires. **Les dossiers doivent être déposés avant le début des travaux auprès de SAF-Environnement**, filiale de la Caisse des Dépôts et Consignations et gestionnaire du fonds de garantie.



Exemples bourguignons

Agence bancaire à Crêches-sur-Saône (71)

Pompe à chaleur eau/eau et basse consommation



Située à 10 km de Mâcon, cette agence bancaire récupère les calories stockées dans une nappe d'eau souterraine pour chauffer ses 170 m² de bureaux. Grâce à une pompe immergée à une profondeur de 13 mètres (avec un débit d'eau pouvant aller jusqu'à 6 m³/heure), la pompe à chaleur extrait les calories de cette eau avant de la renvoyer dans un second puits situé à quelques mètres.

La pompe à chaleur n'a besoin que de 1,4 kW de puissance électrique pour fournir les 6,8 kW de puissance nécessaire au chauffage du bâtiment. Son COP* moyen annuel est de 4. Le système permet aussi un rafraîchissement d'été très économique en transférant la chaleur dans la nappe, soit en utilisant la pompe à chaleur en mode inversé, soit directement via l'échangeur de chaleur (géocooling*).

Mis en service en février 2011, ce bâtiment est allé plus loin que la réglementation thermique 2005 en vigueur à la date de construction. Il intègre de nombreux points de la démarche de qualité environnementale des bâtiments : ossature et bardage bois, isolation en laine de bois, toiture végétalisée, centrale de traitement d'air double flux avec récupération d'énergie, éclairage économe et utilisé avec parcimonie. Les coûts d'entretien sont comparables à ceux d'une agence chauffée au fioul ou au gaz.

3,5 fois

moins d'énergie utilisée par rapport à la moyenne des agences de ce réseau bancaire, rafraîchissement d'été compris !

7 ans

c'est le temps de retour à prix constant de l'énergie, pour un surcoût de 15%.

5 fois

moins de CO₂ émis qu'une agence chauffée au gaz et 3 fois moins comparé à des radiateurs électriques !



(Crédit des photos : Caisse d'Épargne Bourgogne Franche-Comté)

Marc LAJOUX

Responsable RSE - Caisse d'Épargne de Bourgogne-Franche-Comté



« Une volonté de diminuer les impacts environnementaux de notre activité »

Depuis 4 ans, dans le cadre de notre démarche de responsabilité sociétale et environnementale, toutes les rénovations et constructions de nos agences sont systématiquement réalisées selon un cahier des charges répondant à des normes d'éco-construction (avec un objectif de diminution des consommations d'énergie de 20 % minimum par rapport à nos autres agences).

Après le Belem, notre siège dijonnais, construit selon la démarche HQE, l'agence de Crêches constitue une vitrine aboutie de notre volonté de diminuer les impacts environnementaux de notre activité et se révèle un laboratoire d'idées pour nos rénovations et constructions à venir. Ce sont aussi des messages concrets et bien visibles adressés à nos clients et partenaires. La solution de la pompe à chaleur eau/eau a été facile à mettre en œuvre et est bien adaptée à ce type de bâtiment.

Immeuble d'habitation à Seurre (21)

Un équipement en service depuis 30 ans



Gérés par Orvitis, Office Public de l'Habitat de la Côte-d'Or, les 76 logements des 4 bâtiments à Seurre sont chauffés, depuis 1983, par 2 pompes à chaleur (PAC) eau/eau. La chaleur est extraite de l'eau de la nappe aquifère (14°) par aspiration depuis un puits de 17 m de profondeur, situé en amont de la nappe. L'eau (7°) est rejetée dans deux puits de 15 m, situés à 180 m en aval de la nappe. Devant la bonne performance du système, Orvitis procède, en 2013, au remplacement des PAC qui n'étaient plus aux normes, par une nouvelle PAC de 392 kW de puissance thermique. Elle permettra de maintenir le coût modéré des dépenses d'énergie avec un COP* de 5,3.

Christophe BERION

Directeur Général d'Orvitis



« Une politique constante d'évolution des performances du bâtiment »

Nos travaux de rénovation des bâtiments existants sont guidés par un double enjeu : améliorer la performance thermique pour contribuer à la maîtrise de la demande d'énergie et à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, et favoriser la réduction des charges.

Cette ligne de conduite s'applique également aux nouvelles constructions, avec la norme Bâtiment Basse Consommation. Aussi, toutes les possibilités d'équipements sont envisagées, en particulier en énergies renouvelables. Dans nos projets, selon les opportunités, géologiques ou environnementales, des pompes à chaleur eau/eau ou sur sondes géothermiques peuvent être installées. C'est le cas à Fleurey-sur-Ouche pour un bâtiment de 9 logements livré en 2013 et prochainement, à Marsannay-la-Côte, pour 70 logements.

* Voir lexique page 11

Pompe à chaleur sur sondes géothermiques

Utiliser l'énergie gratuite du sous-sol

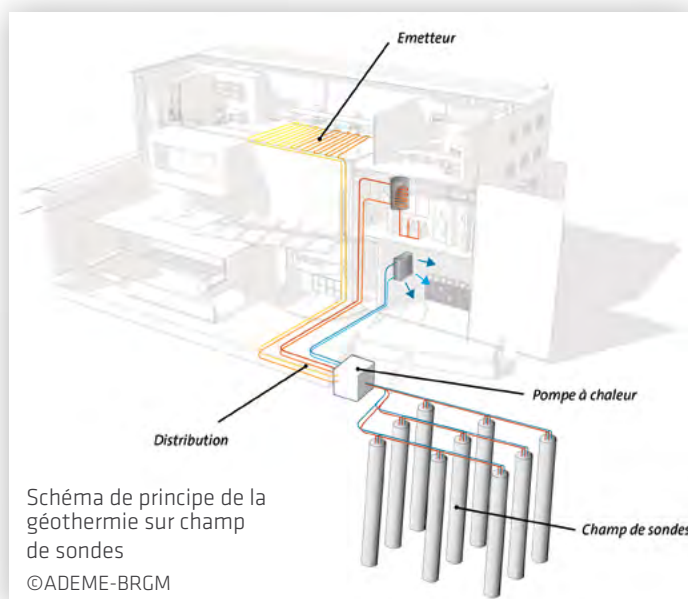
Chauffer un bâtiment d'habitation ou de bureaux grâce au sous-sol est possible dans la majeure partie de notre région, hormis sur les sols durs.

À quelques mètres de profondeur, le sous-sol est à une température **d'environ 12°C toute l'année** et représente donc un réservoir d'énergie très intéressant. **Avec une pompe à chaleur réversible** renvoyant dans le sol la chaleur excédentaire d'été, il est relativement facile de rafraîchir à moindre coût.

Selon la nature des sols, deux alternatives permettent d'atteindre la puissance utile au chauffage des locaux : **forages peu profonds mais nombreux ou forages moins nombreux mais plus profonds**. Il est également possible d'utiliser les fondations du bâtiment pour y intégrer **les sondes de captage de la chaleur** (fondations thermoactives*).

Les travaux peuvent sembler onéreux, mais comme pour toute action de maîtrise de l'énergie, c'est **sur la durée de vie du bâtiment** que l'investissement doit être analysé, en tenant compte des économies d'énergie engendrées pour 20 ou 30 ans de service.

* Voir lexique page 11



Avantages

- coefficient de performance de la pompe à chaleur élevé grâce à la température constante de la ressource utilisée
- division au minimum par 3 de la consommation d'énergie finale (pour une installation bien conçue)

Inconvénients

- les frais de forages des sondes peuvent être importants et réserver des surprises dans les sols peu homogènes
- les études de faisabilité peuvent être coûteuses pour les équipements de faible puissance

Le contexte réglementaire

La loi 77-620 du 16 juin 1977 (modification du Code minier) soumet la géothermie « de minime importance » à une simple déclaration.

Il s'agit des installations dont la puissance thermique est inférieure à 230 kW et la profondeur inférieure à 100 m. Au-delà, on entre dans une réglementation plus exigeante soumise à autorisation.

Dans tous les cas, les déclarations de forages (profondeur supérieure à 10 m) et les autorisations de forage (profondeur supérieure à 100 m) sont soumises au Code Minier et gérées par la DREAL Bourgogne qu'il convient de rencontrer avant le projet de forage.

Le Test de Réponse Thermique (TRT) : un préalable indispensable

Réalisé en amont du projet, le TRT permet de **vérifier les propriétés thermiques du sous-sol** (température moyenne stabilisée, conductivité thermique) ainsi que **la capacité réelle d'échange thermique du type de sonde prévue** (résistance thermique). Il est effectué à l'aide d'une sonde test qui pourra ensuite être intégrée à l'installation.

La garantie sur les sondes : la démarche Qualiforage

Qualiforage est une démarche mise en place par l'ADEME, le BRGM et EDF.

Elle engage les professionnels du forage à respecter **un standard de qualité** et à réaliser des sondes géothermiques verticales selon les règles de l'art.

La liste est consultable sur le site :

www.geothermie-perspectives.fr

Rubrique : « Trouver un foreur de sondes Qualiforage »

Exemples bourguignons

Salle de concert LE SILEX à Auxerre (89)

Fondations thermoactives pour chauffage et rafraîchissement



4 300 €

d'économie de charges par an (3,4 € HT/m²)

12 ans

c'est le temps de retour pour un surcoût de 50 000 € HT (108 000 € hors subventions).

83%

de réduction des émissions de CO₂ par rapport à une installation gaz.

Mise en service en 2009, la salle de concert de la Ville d'Auxerre, a une surface totale de 1 270 m² et une capacité de 500 places. En partenariat avec l'ADEME Bourgogne et EDF, la ville a souhaité mettre en place un système de chauffage et de rafraîchissement utilisant une technique alors inédite en France : **le captage de chaleur et de froid dans le sol via une pompe à chaleur eau/eau utilisant un réseau hydraulique intégré dans les pieux de fondation.**

L'étude ayant déterminé la nécessité d'assoir le bâtiment sur 24 pieux en béton armé de 7 mètres de profondeur, ceux-ci ont été équipés de 600 mètres de tuyaux en PEHD où circule de l'eau glycolée en circuit fermé. La pompe à chaleur a une puissance thermique de 240 kW et une puissance frigorifique de 196 kW. L'installation permet le rafraîchissement par géocooling*.

Profitant du fait que le bâtiment est construit sur une nappe phréatique superficielle et afin d'assurer appoint et secours, la pompe à chaleur a été raccordée, via un second échangeur, à **un pompage d'eau de nappe à vitesse variable** (avec débit de 30 m³/h maximum).

Un suivi, réalisé en 2010, a confirmé le bon fonctionnement du système. Sur un an, l'établissement a consommé 160 kWh/m² (20 kWh/m³) et la facture s'est élevée à 15 € HT/m² (2,25 € HT/m³).

L'installation a fonctionné avec un COP* global annuel de 3,7 et un prix de 30 € HT par MWh chaud. **Le captage sur fondations a permis de couvrir 68% des besoins de chaud et 100% des besoins de froid.** Le complément a été apporté par l'utilisation de l'eau de nappe.

* Voir lexique page 11



Préparation et mise en place des fondations thermoactives qui seront raccordées à la pompe à chaleur de la salle de concert

(Crédit des photos : Ville d'Auxerre)



Denis ROYCOURT

Adjoint en charge de l'environnement de la Ville d'Auxerre

« Faire preuve de persévérance et de détermination »

Dès le projet, nous avons souhaité la construction d'un bâtiment écologique et novateur permettant d'avoir un coût d'exploitation et un impact environnemental les plus bas possibles. Le choix des pieux thermoactifs sur pompe à chaleur permet de diminuer les surcoûts en évitant les forages spécifiques et il limite le recours aux énergies fossiles non renouvelables.

Pour concrétiser leur volonté d'innovation, élus et techniciens doivent faire preuve de persévérance et de détermination. Par exemple, s'agissant d'une première en France, il nous a fallu faire des démarches particulières, comme une demande d'ATEX* auprès du CSTB, afin de limiter le montant des primes demandées pour l'assurance Dommage-Ouvrage.

Mais le parcours en vaut la peine car au final, nous sommes fiers d'avoir un bâtiment performant et économe et d'avoir fait progresser les connaissances sur une technique très prometteuse.

*ATEX : Appréciation Technique d'Expérimentation

Centre de maintenance et d'exploitation des bus et tramways du Grand Dijon (21)

1 500 m de sondes enterrées pour chauffer et rafraîchir 3 000 m² de bureaux



Le bâtiment administratif du Centre de maintenance des bus et tram de Dijon

(Crédit : Renaud Araud Photographie)

100%

des besoins de froid et **75% des besoins de chaleur** du bâtiment sont couverts par la pompe à chaleur.

30 ans

c'est le temps de retour pour un surcoût de 127 000 € HT par rapport à une installation traditionnelle.

60%

de réduction des émissions de CO₂ par rapport à une installation gaz traditionnelle.



Le forage d'une des 15 sondes mises en œuvre sous la future aire de stationnement du bâtiment

(Crédit : SPIE)



Le local pompe à chaleur

(Crédit : SPIE)

Construit en 2010/2011, le bâtiment administratif du Centre de maintenance des bus et tramways du Grand Dijon a été **conçu pour atteindre la basse consommation** avec 62,7 kWh_{ep}/m²/an pour l'ensemble des usages conventionnels¹ (dont 20 kWh_{ep}/m²/an pour le chauffage).

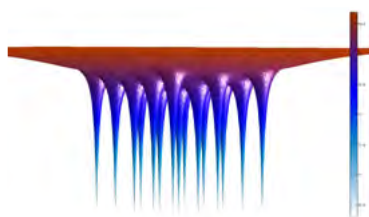
Pour couvrir ces besoins thermiques modérés, une pompe à chaleur d'une puissance thermique de 92 kW (et 120 kW de puissance frigorifique) a été installée. Elle est équipée de 2 compresseurs indépendants permettant un fonctionnement à 50% et 100% de la puissance nominale. Elle est raccordée, via un circuit d'eau glycolée, à 15 sondes géothermiques constituées de tuyaux en polyéthylène de 40 mm de diamètre, noyées dans du béton sur une profondeur de 100 m. Réparties sous une aire de stationnement de 800 m², elles sont disposées en 3 lignes de 5 sondes espacées de 10 m les unes des autres. La puissance moyenne d'extraction est de 56 W par mètre linéaire de sonde.

Lors de l'étude de faisabilité, un **Test de Réponse Thermique** a permis de valider le bon dimensionnement des sondes et le non refroidissement du sol dans le temps. Pendant la saison estivale, le champ de sondes permet au bâtiment d'être refroidi en renvoyant directement le surplus de chaleur dans le sol, sans avoir recours à la pompe à chaleur (géocooling*).

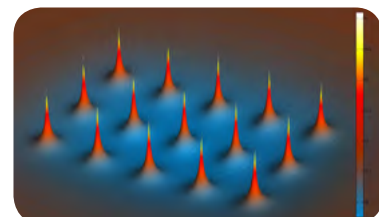
La distribution se fait par panneaux rayonnants réversibles pour les bureaux et par centrale de traitement d'air ou par radiateurs pour les autres locaux. Une chaudière gaz à condensation de 65 kW sert d'appoint.

¹ chauffage, refroidissement, éclairage, production d'eau chaude sanitaire, auxiliaires tels que pompes et ventilateurs.

* Voir lexique page 11



Vérification du **refroidissement maximal** du sol (fin de la période de chauffage) - **Mars**



Vérification du **réchauffement maximal** du sol (fin de la période de rafraîchissement) - **Août**

La simulation thermique (ou géomodélisation) permet de visualiser le comportement d'un champ de sondes (Source : VENTILONE)



Régis EME

Foreur (Mannfor), Secrétaire de l'Association Française des Professionnels de la Géothermie (AFPG)

« Les clés de la réussite »

La technique du champ de sondes géothermiques a fait ses preuves depuis de nombreuses années dans des pays comme la Suisse et l'Allemagne et se développe fortement en France. Pour réussir un champ de sondes, il faut effectuer des études préalables car ce sont elles qui garantissent, à terme, le bon fonctionnement de l'installation.

En tant que foreur, je considère que l'échange en amont avec un bureau d'études est fondamental car il permet de trouver rapidement le choix le mieux adapté. Un Test de Réponse Thermique (TRT) et une géomodélisation sont indispensables pour un champ de sondes. Ils permettent de vérifier, en situation réelle, le bon dimensionnement des sondes et l'évolution de la température du sol sur 25 ans, ce qui est capital pour l'investissement qui va être réalisé.

Enfin, pour les maîtres d'ouvrage soucieux de performance et de durabilité de leurs installations, le recours à un professionnel Qualiforage, est la garantie d'un équipement réalisé dans les règles de l'art et qui fonctionnera longtemps.

Pompe à chaleur **sur eaux usées**

Toute l'année, nos égouts évacuent des eaux usées dont la température moyenne est de 15°C. Ces calories sont la plupart du temps perdues mais il est possible de les récupérer et de les valoriser par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur, et assurer ainsi tout ou partie du chauffage de locaux ou d'eau chaude sanitaire.

Des échangeurs de chaleur, installés dans les canalisations ou collecteurs d'eaux usées, **récupèrent les calories pour les céder à la pompe à chaleur**. Le système peut être placé dans des canalisations existantes mais il est encore plus performant, car optimisé, dans le cas d'une rénovation ou de canalisations neuves. Il faut **un débit minimum de 12 litres / s** (environ 10 000 équivalent habitants) pour qu'un projet puisse être intéressant.

La récupération de chaleur (avec ou sans pompe à chaleur) tend aussi à se développer directement sur l'évacuation des eaux usées d'un pavillon, d'un immeuble, d'un bâtiment tertiaire ou d'une piscine (centre nautique de Chalon-sur-Saône), avant même qu'elles soient rejetées dans l'égout collectif. Les équipements et les performances sont variables mais, dans tous les cas, les économies d'énergie sont bien réelles. De plus en plus de prestataires proposent ce type de solutions ou de services clés en main, tels que « Power Pipe® » ou « Degrés Bleus® ».

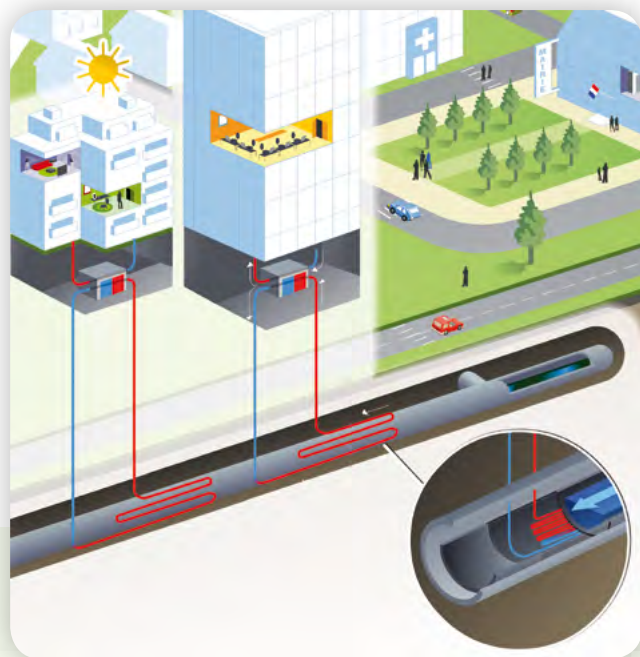


Schéma de principe d'une installation de récupération d'énergie sur eaux usées
(Crédit : Keblow - Lyonnaise des Eaux)

Campagne de mesure

En phase d'étude de faisabilité, **une campagne de mesure d'une durée minimum de 2 semaines** est nécessaire pour connaître le potentiel de récupération énergétique de la canalisation ou du collecteur (mesure du profil de débit et de température).

Exemples **bourguignons**

Station d'épuration à Chalon-sur-Saône (71)

Chauffage et rafraîchissement de bureaux



Une pompe à chaleur et un échangeur plat, d'une surface de 12 m² seulement, permettent de chauffer et rafraîchir 350 m² de bureaux

(Crédit : Lyonnaise des Eaux)

La station d'épuration du Grand Chalon a une capacité de 85 000 équivalent habitants. Lors de sa rénovation en 2006, l'exploitant a recherché une solution « énergie renouvelable » pour remplacer un chauffage fioul vétuste.

Les 350 m² de bureaux ont été équipés de ventilo-convecteurs et d'une pompe à chaleur réversible eau/eau raccordée à un échangeur plat installé dans un bassin d'aération de la station où l'eau est à environ 12°C (procédé « Step Stream® » de la Lyonnaise des Eaux).

Division par 3

de la facture d'énergie liée au chauffage et au rafraîchissement des locaux grâce à ce système.

4 ans

temps de retour du surcoût d'investissement de 16 000 € (par rapport à un chauffage fioul et une installation de climatisation.)

Division par 8

des émissions de CO₂ !

Centre de maintenance et d'exploitation des bus et tramways du Grand Dijon (21)

Récupération de chaleur pour chauffage d'ateliers



L'ensemble du Centre de maintenance des bus et tram du Grand Dijon (Crédit : Renaud ARAUD Photographe)

En 2010 - 2011, lors de la construction du Centre sur un ancien site SNCF, le Grand Dijon a mis en place de nombreuses solutions d'économies d'énergie. Une importante canalisation d'évacuation des eaux usées urbaines passant à proximité du Centre (80 m³/h à 15°C en moyenne sur l'année), l'idée est née de récupérer cette chaleur gratuite. Au fond du collecteur, des échangeurs, représentant une surface de 92 m², ont été mis en place sur 176 mètres de long. Ils sont reliés par un circuit d'eau glycolée à une pompe à chaleur d'une puissance thermique de 360 kW. L'appoint/secours est fourni par 2 chaudières gaz de 600 kW chacune.

Sur la première année de fonctionnement, le système a fourni 50% des besoins de chaleur des ateliers (680 MWh).

20 000€/an

c'est l'économie financière générée par l'installation.

10 ans

c'est le temps de retour du surcoût restant à la charge du maître d'ouvrage (en tenant compte des aides et par rapport à une installation 100% gaz).

40%

de réduction des émissions de CO₂ par rapport à un fonctionnement 100% gaz.



Jean-Patrick
MASSON

Vice-président du Grand Dijon
en charge de l'Environnement

« Une réhabilitation ambitieuse »

En ayant recours à **de nombreuses technologies innovantes**, ou peu répandues, de maîtrise de l'énergie et de réduction des impacts environnementaux, c'est une réhabilitation ambitieuse qui a été réalisée sur cet ensemble. Le concepteur a pris en compte les exigences du Grand Dijon traduites dans un cahier des charges environnemental regroupant pas moins de **11 thématiques et 81 cibles**.

Sur ce site, il n'a pas été question de faire une vitrine technologique, mais plutôt de mettre en œuvre des solutions concrètes permettant **de réduire l'impact environnemental et les émissions de gaz à effet de serre**, tout en assurant **une sérieuse réduction de la facture énergétique**. Nous espérons simplement que cela donnera envie à d'autres d'aller de l'avant et d'oser.

« Inciter, faire-savoir et partager »

Notre responsabilité d' élu est aussi d'inciter, de faire-savoir et de partager l'expérience acquise lors des réalisations. C'est pourquoi, pour la réhabilitation et la création du Centre de maintenance du Tram, nous nous sommes impliqués dans « TRAMSTORE21 », un programme d'échanges entre régions de l'Union Européenne.



92 m² d'échangeurs sont placés dans les 176 m de canalisations d'eaux usées

(Crédit : Lyonnaise des Eaux)



La pompe à chaleur de 360 kW de puissance thermique puise la chaleur dans le réseau d'eaux usées de Dijon.

(Crédit : ADEME Bourgogne)

Les normes de qualité

Normes pour forages et PAC

Pour les forages :

- Norme NF X 10-970 – Réalisation de sondes géothermiques verticales.
- Norme NF X 10-980 - Forage d'eau et de géothermie - Démarches administratives.
- Norme NF X 10-999 - Forage d'eau et de géothermie - Réalisation, suivi et abandon d'ouvrages de captage ou de surveillance des eaux souterraines.

Pour les pompes à chaleur :

- NF EN 14511 - Pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique pour le chauffage et la réfrigération des locaux.
- NF PAC - Conformité des pompes à chaleur aux normes françaises, européennes et internationales - respect de performances minimales.

Normes sur le matériel

L'ensemble d'une installation de géothermie est soumise à garantie décennale et la responsabilité du constructeur ou de l'installateur peut être engagée en cas de dysfonctionnement. Il conviendra donc d'obtenir, auprès d'eux, une attestation de police d'assurance en responsabilité civile décennale.

Pour les pompes à chaleur de puissance thermique inférieure ou égale à 100 kW, on pourra privilégier un matériel certifié NF PAC, qui est une marque volontaire. Établies sur des bases communes, les performances des PAC peuvent ainsi être comparées.



www.certita.org/marque-certita/nf-pompe-chaleur

Pour vous aider...

AIDES FINANCIÈRES

Dans le cadre du **Fonds Chaleur Renouvelable géré par l'ADEME**, des aides pour les études et les investissements peuvent être obtenues sous conditions (renseignements auprès de l'ADEME Bourgogne).

Sur les bâtiments existants, les installations de géothermie peuvent ouvrir droits aux **Certificats d'Économie d'Énergie (CEE)**. Cependant, sauf exception, ils ne sont pas cumulables avec l'obtention d'aides publiques.

FRAIS D'ÉTUDES

Entre l'étude de faisabilité technique et économique, l'analyse réglementaire et les tests sur la ressource énergétique du sous-sol, il faut prévoir un budget de 10 à 25 000 € de frais d'études pour un projet.

ADRESSES UTILES

DTT - Directions Départementales des Territoires / Police de l'Eau - Mission Inter-Services Eau et Nature

DDT 21 : 57, rue de Mulhouse - BP 53317 - 21033 DIJON Cedex
Tél : 03 80 29 44 44

DDT 58 : 2 rue des Pâtis - 58028 NEVERS
Tél : 03 86 71 71 71

DDT 71 : 37 bd Henri Dunant - CS 80140 - 71040 MACON Cedex
Tél : 03 85 21 28 00

DDT 89 : 3 rue Monge - BP 79 - 89011 AUXERRE Cedex
Tél : 03 86 48 41 00

DREAL Bourgogne – Service Prévention des risques

19 bis - 21 bd Voltaire - BP 27805 - 21078 DIJON Cedex
Tél : 03 45 83 22 22

SAF-ENVIRONNEMENT

195, bd Saint Germain - 75007 PARIS
Tél : 01 58 50 76 76

BRGM - Direction régionale Bourgogne

Parc technologique - 27 rue Louis de Broglie - 21000 DIJON
Tél : 03 80 72 90 40

LEXIQUE

COP

Le coefficient de performance, permet de comparer l'énergie utile récupérée à celle utilisée par la pompe (et éventuellement par ses équipements accessoires). On distinguera donc le COP de la machine (établi selon des normes de test) et le COP en fonctionnement qui tient compte de la situation réelle.

Fondations thermoactives

On parle de fondations thermoactives lorsque que l'on ajoute aux fondations traditionnelles d'un bâtiment un système permettant d'échanger des calories avec le sous-sol pour le chauffage ou le rafraîchissement. Ce système, nécessitant une étude préalable sérieuse, peut éviter le surcoût des forages spécifiques nécessaires au fonctionnement d'une pompe à chaleur.

Géocooling

Le géocooling permet de rafraîchir un bâtiment en utilisant les sondes géothermiques, les fondations thermoactives ou la nappe aquifère pour refroidir l'eau des circuits sans avoir recours à une pompe à chaleur ou une machine frigorifique. Le coût du rafraîchissement est alors limité aux seules dépenses d'énergie des circulateurs. Ce système permet aussi de recharger en chaleur le sol ou la nappe (pour utilisation l'hiver).

Contacts

ADEME Bourgogne

Énergies Renouvelables :

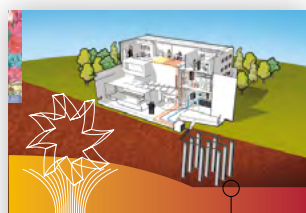
Lilian GENEY

03 80 76 89 79

lilian.geney@ademe.fr

EN SAVOIR PLUS

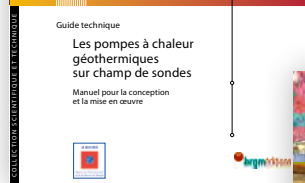
GUIDES TECHNIQUES ADEME - BRGM



Les pompes à chaleur géothermiques sur champ de sondes

Réf. ADEME : 6660

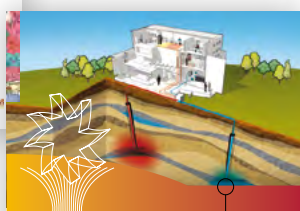
Prix : 45 €



Les pompes à chaleur géothermiques à partir de forage sur aquifère

Réf. ADEME : 7220

Prix : 45 €



Guide technique
Les pompes à chaleur géothermiques à partir de forage sur aquifère
Manuel pour la conception et la mise en œuvre

Pour commander les guides : sur www.ademe.fr
Rubrique Médiathèque / Publications ADEME

Formation géothermie ADEME-BRGM

L'ADEME et le BRGM co-produisent et proposent 3 modules de formations :

- Introduction à la géothermie pour la maîtrise d'ouvrage et les prescripteurs.
- Montage et conduite de projets sur PAC en collectif et tertiaire.
- Initiation au dimensionnement de champs de sondes géothermiques verticales.

Plus d'informations sur www.formations.ademe.fr
ou formation.brgm.fr / Rubrique formation

SITES WEB

- Site de l'ADEME Bourgogne : www.bourgogne.ademe.fr / Rubrique Domaines d'intervention / ENR / Géothermie
- Site national de l'ADEME et du BRGM : www.geothermie-perspectives.fr
- AFPG (Association Française des Professionnels de la Géothermie) : www.afpg.asso.fr
- AFPAC (Association Française pour les Pompes à Chaleur) : www.afpac.org
- Syndicat des entrepreneurs de puits et forages pour l'eau et la géothermie : www.sfeg-forages.fr



Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

Direction régionale Bourgogne

1C, boulevard de Champagne - Tour Elithis
BP 51562 - 21015 DIJON Cedex

03 80 76 89 76

ademe.bourgogne@ademe.fr

www.bourgogne.ademe.fr

ADEME Bourgogne - octobre 2013

Rédaction : Green Coaching Communication

Conception / réalisation : ADEME Bourgogne

Financé dans le cadre du Programme Énergie Climat Bourgogne

