

INSTALLATION GEOTHERMIQUE SUR SONDE VERTICALE

FT.4

La géothermie sur sondes verticales (SGV) est une solution de chauffage et de rafraîchissement qui peut s'avérer particulièrement intéressante appliquée aux locaux d'enseignement dans la mesure où un certain nombre de critères favorables sont remplis :

- Zone de Géothermie de Minime Importance (<https://www.geothermies.fr/viewer/>)
- Surface disponible suffisante pour l'implantation de sondes
- Adéquation des régimes de températures des installations de distribution du chauffage (très basse température idéalement)
- Performance du bâti (neuf ou après rénovation thermique globale sur l'enveloppe et la ventilation)

La présente fiche technique a pour but de rappeler à la maîtrise d'œuvre, les étapes essentielles de validation d'un projet de géothermie sur un établissement éducatif régional ainsi que les points sur lesquels la maîtrise d'ouvrage sera particulièrement vigilante en phase de conception.

1. Points de vigilance

- **mauvais dimensionnement au niveau du champ de sondes**
- **surdimensionnement des PAC**
- **schéma hydraulique peu adapté**
- **divers choix de fonctionnement ou de réglage approximatifs lors de mise en service dégradant le rendement global annuel (absence de loi d'eau sur PAC, absence d'asservissement des auxiliaires)**
- **potentiel sur le froid insuffisamment exploité**

2. Organisation des moyens et compétences

La géothermie de surface constitue un système énergétique composé de différents dispositifs et qui nécessite une grande transversalité des compétences :

- dispositif de captage de la ressource géothermique (nappe superficielle, champ de SGV, eaux sur Mer, fleuves, lacs, eaux usées, fondations thermoactives),
- dispositif de production de l'énergie (PAC géothermique) et de distribution,
- dispositif de régulation (contrôle / commande associé à l'analyse fonctionnelle du dispositif de production).

Pour ces raisons les prescriptions de la maîtrise d'ouvrage sont les suivantes :

- ⇒ **En phase de conception**, le Maître d'Œuvre du Lot Géothermie (les Bureaux d'Études Techniques) doit justifier des qualifications spécifiques à la géothermie de surface (OPQIBI n°1007 et n°2013) et d'une Responsabilité Civile Décennale. La Maîtrise d'œuvre dédiée à la conception du système de géothermie peut être liée contractuellement sur le principe d'un groupement d'entreprises si besoin pour disposer de l'ensemble des qualifications.
- ⇒ **En phase d'exécution**, lot dédié « géothermie » recommandé, qui s'intercale en interface avec les autres lots techniques du projet de construction (VRD, CFA/CFO, CVC, Fondations et Gros Œuvre, ...). L'entreprise (groupement constitué d'un foreur et d'un installateur) doit justifier a minima des qualifications RGE « Qualiforage » et « QualiPAC » et d'une Responsabilité Civile Décennale pour assurer la réalisation des travaux de géothermie. Les entreprises peuvent se constituer en groupement d'entreprises (conjoint).

3. Éléments d'études à produire

← **Simulation Thermique Dynamique (STD) :**

La qualité et la complétude de l'étude de simulation thermique dynamique (STD) sera déterminante pour la réussite du projet de géothermie en particulier pour dimensionner au plus juste le champ de sondes et les PAC géothermiques. Elle devra :

- **Apporter des hypothèses et des résultats réalistes** permettant d'anticiper de façon fiable le comportement thermique du bâtiment et ses facteurs de sensibilité
- Estimer les besoins de chauffage et les appels de puissance heure par heure sur la saison de chauffe (**monotone à fournir**)
- Estimer le nombre d'heures d'inconfort estival avec un fonctionnement en mode géocooling de l'installation
- Estimer les besoins de rafraîchissement « théoriques » à 28°C sur une saison type (mai à octobre), les appels de rafraîchissement heure par heure théoriques et la part qui peut être couverte par le mode géocooling (**monotone à fournir**)

En particulier, les besoins ne devront surtout pas être sous-évalués car cela conduirait nécessairement à des erreurs de dimensionnement. Pour ce faire, des études paramétriques ou de sensibilités seront obligatoirement menées : ce sont des variantes portant sur les hypothèses contextuelles et difficiles à maîtriser. Le but est d'évaluer dans quelle mesure les résultats de la simulation sont toujours valables si on modifie les conditions portant sur une :

- Variation des températures consignes
- Variation sur les données météorologiques
- Variation sur le taux d'occupation
- Variation sur l'infiltration d'air

← **Notice de dimensionnement :**

Le dimensionnement proposé pour la solution géothermie s'appuiera sur l'étude des besoins thermiques menée ci-avant, sur des courbes monotones de charge en Chauffage et Rafraîchissement, sur l'étude de la ressource disponible, sur une analyse en coût global.

Dimensionnement du champ de sondes et de la PAC en mode chaud :

Dans tous les cas, le champ de sondes sera dimensionné pour couvrir environ 80% des besoins de chauffage (+/- 10% selon les spécificités du projet). La chaleur extraite du sol sera **inférieure à 70 kWh/ml** de sonde par saison de chauffe.

La PAC sera dimensionnée pour un nombre d'heures équivalentes de fonctionnement à puissance nominale visant **1500 à 2000 heures/an (mode chaud)**.

Une modélisation thermique dynamique de très long terme (25 ans minimum) sera obligatoirement réalisée pour connaître l'évolution du comportement du sol dans le temps et vérifier qu'il n'y aura pas d'épuisement de la ressource. Cette modélisation sera réalisée à partir des besoins réels de chauffage calculés par STD, avec des hypothèses favorables et défavorables, et des informations issues des tests de réponse thermique. Plusieurs configurations de SGV (nombre de sondes, profondeur) seront testées afin de définir le meilleur compromis entre la gestion de la ressource et les données technico-économiques.

Enfin, nous constatons par expérience sur les projets d'établissements neufs que la surface correctement rafraîchie par le champ de sondes en mode géocooling correspond à un ratio compris entre 0,6 et 0,8ml/m², à relativiser selon la zone géographique et les caractéristiques du bâti. Une **réflexion sur les surfaces bénéficiant du géocooling** s'impose donc, dans un souci de sobriété et d'efficacité.

☛ Variante obligatoire sur le confort d'été :

L'objectif des études de conception de l'installation géothermique ne sont pas seulement d'étudier le comportement du bâtiment suivant un scénario de réchauffement climatique mais également d'étudier techniquement la possibilité d'assurer un confort acceptable le cas échéant via une PAC géothermique en mode actif dans un futur proche. Le maître d'œuvre évaluera donc le confort en mode géocooling sur le fichier météo standard actuelle mais aussi le confort en mode PAC actif sur le fichier météo climat futur type scénario caniculaire 2040. Ce scénario confort d'été en mode PAC actif 2040 étudié en variante, présentera :

- les puissances froides nécessaires pour assurer un confort avec un scénario caniculaire 2040,
- l'impact sur le dimensionnement de la production, de la distribution et des émetteurs.

Les résultats de cette variante permettront de mesurer **l'évolutivité des installations dans le futur**, notamment les travaux ou aménagements éventuels pour assurer si cela s'avère nécessaire, un rafraîchissement actif par la PAC géothermique.

4. Dossier de subvention en amont du marché de travaux

L'installation de géothermie respectera impérativement les **conditions d'éligibilité au Fond Chaleur : Géothermie de surface**. Le dossier technique de subvention comportant l'étude de faisabilité conforme au cahier des charges FOND CHALEUR, sera fourni par la maîtrise d'œuvre. Cette étude détaillera les coûts d'exploitation prévisionnels :

- Consommations énergétiques de la ou des PAC, du système de chauffage d'appoint éventuel, des pompes auxiliaires
- Détermination des frais prévisionnels de conduite et de petit entretien (poste P2)
- Détermination des frais prévisionnels de gros entretien et réparation (poste P3)

Différentes options ou variantes du projet pourront ainsi être analysées en coût global par la maîtrise d'œuvre afin d'orienter les décisions du maître d'ouvrage. Ce dossier de subvention permettra de valider le financement du projet avant la signature des marchés de travaux.

5. Suivi des prescriptions et des réglages pendant la réalisation et la mise en service

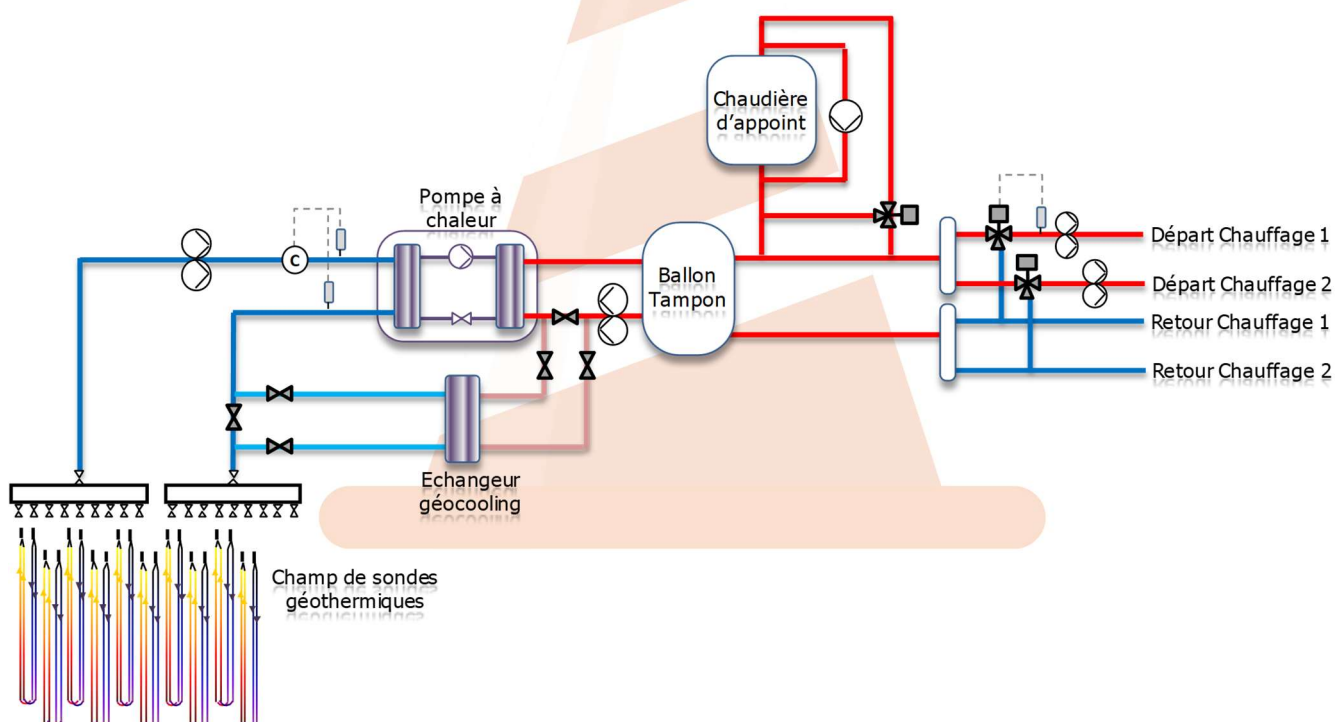
Dès l'avant-projet, la maîtrise d'œuvre fournira un descriptif technique de la solution géothermie et assurera le respect rigoureux des prescriptions techniques depuis le dossier de consultation jusqu'à la livraison. Notamment **les études techniques préciseront à chaque phase du projet** :

- Puissance thermique évaporateur,
- Puissance thermique condenseur,
- Puissance électrique compresseur,
- Nombre d'heures de fonctionnement,
- COP annuel système (c'est-à-dire valeur moyenne du COP système sur l'année obtenu à partir d'une simulation énergétique dynamique horaire du système)
- COP machine normalisés : B0W35 et B0W45 a minima,
- EER machine selon les régimes de température nominaux du projet côté évaporateur et pour un régime de température de 30/35°C côté condenseur,
- Régimes de températures retenu (évaporateur, condenseur),
- Nombre de sondes géothermiques,
- Profondeur,
- Prévision de sol rencontré,
- Ratio de puissance prélevée en W/ml de sonde,
- Disposition des sondes,
- Nombre d'heures de fonctionnement du champ de sondes (nombre d'heures équivalentes),

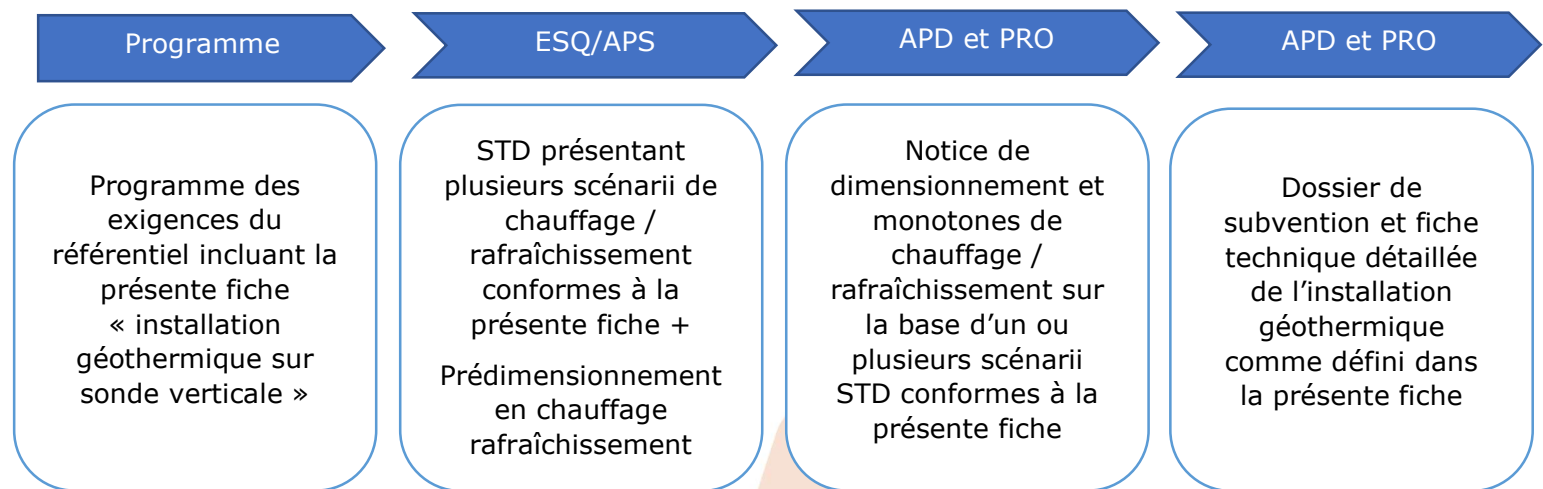
- Schéma d'implantation des sondes,
- Ballon tampon en sortie condenseur,
- Système d'émetteurs de chaleur/froid retenu avec pour chaque type d'émetteurs le régime de température associé,
- Caractéristiques de l'appoint (combustible utilisé, puissance thermique installée),
- Schéma de principe de l'installation (schéma hydraulique simplifié),
- Principe de fonctionnement hydraulique du système à travers l'interprétation de l'analyse fonctionnelle permettant d'élaborer la bonne régulation de l'installation,
- Analyse fonctionnelle détaillée de l'installation (précisant les asservissements et lois d'eau, le fonctionnement précis de la cascade PAC/relève de l'appoint).

Les caractéristiques de l'installation (COP machine, SCOP global, nombre d'heures de fonctionnement, schéma de principe...) seront conformes aux conditions d'éligibilité et de financement du Fond Chaleur : Géothermie de surface. Pour améliorer le rendement énergétique de l'installation, il est également recommandé d'étudier l'asservissement des auxiliaires à la PAC, la mise en place de pompe de forage avec variateur de vitesse et de paramétrer la PAC pour adapter sa température de production en fonction des besoins des émetteurs et de la température extérieure.

Dès lors que l'appoint fonctionnera sur un régime de température plus élevé que celui de la PAC (cas courant en rénovation), cet appoint sera raccordé en appoint « série » et en aval de la PAC (et non en parallèle) afin que celle-ci bénéficie d'un débit optimal avec les températures de retour les plus froides possibles : voir illustration ci-dessous.



6. Planning des attentes du maître d’ouvrage



7. Précisions concernant les opérations neuves

Fichier météo :

Le dimensionnement en mode chaud sera réalisé sur la base d’un fichier météo des dernières températures décennales ; le dimensionnement en mode froid actif sera réalisé le cas échéant sur la base d’un fichier météo caniculaire 2040 (scénario 4.5 du Giec).

Monotones en mode chaud et froid :

Les monotones horaires construites à partir des fichiers météo ci-dessus serviront impérativement de base au dimensionnement en mode chaud et en mode froid actif de l’installation de géothermie : champ de sondes d’une part, puissance PAC et émetteurs d’autre part. En particulier, la monotone chaud sera la plus réaliste possible en se basant sur des besoins de chaleur « dégradés » et non « optimisés » par rapport à la STD ayant servi d’optimisation de l’enveloppe et de la ventilation. Nous constatons en effet sur les opérations neuves que les besoins réels de chauffage atteignent un seuil inférieur minimum difficile à dépasser de l’ordre de 20 kWh/m²/an.

Les monotones en mode chaud comme en mode froid actif représenteront les appels de puissance permettront d’assurer le confort cible du programme.

Les monotones permettront également d’en déduire le taux de couverture de l’installation. Le taux de couverture en mode chaud sera généralement d’au moins 80%. Le taux de couverture en mode froid actif visera autant que possible 100% de couverture, à défaut les surpuissances nécessaires sur la production, la distribution ou les émetteurs, seront calculées de façon complète dans une variante avec tous éléments techniques et économiques permettant au maître d’ouvrage d’arbitrer sur les choix à opérer.

Appoint :

Pour un taux de couverture en mode chaud inférieur à 95% de couverture le choix se portera sur un appoint au gaz naturel si disponible à proximité du site.

Pour un taux de couverture supérieur ou égal à 95% le choix pourra se porter sur un appoint électrique.