

1 Degré de gravité de l'anomalie et récurrence de l'anomalie

Le mauvais dimensionnement du champ de sondes (sur/sous-dimensionnement) est considéré comme une anomalie de conception mettant en péril le fonctionnement technique de l'installation ainsi que ses performances énergétiques et économiques. Cette anomalie a pu être constatée dans 33% des installations de géothermie sur sondes visitées. Il s'agit donc d'une problématique fréquente.

2 Description de l'anomalie

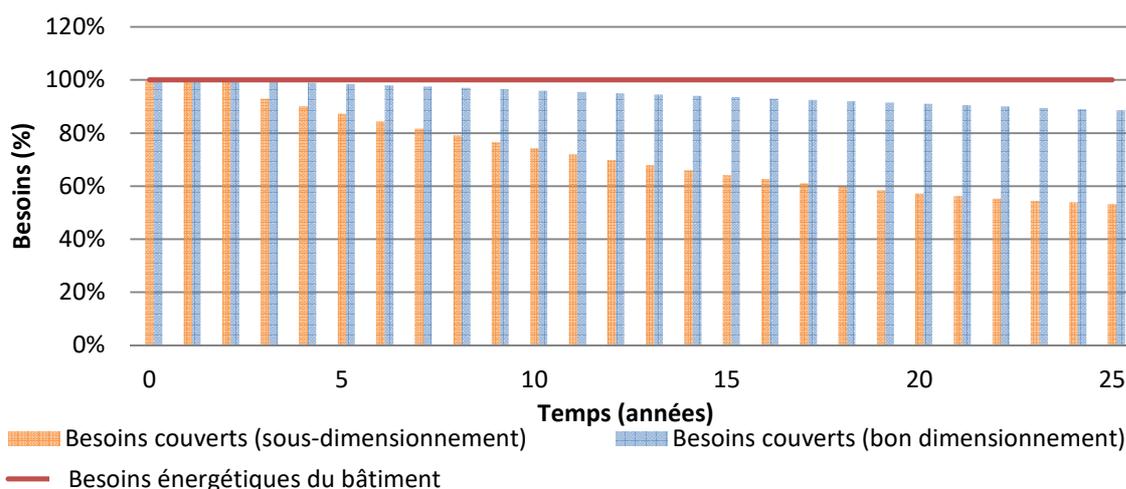
2.1 Surdimensionnement de l'installation (nombre de forages trop important)

Cette anomalie est observée lorsque le nombre de forages a été « surestimé ». C'est-à-dire que la sollicitation thermique du champ de sondes **est inférieure** à ce que le sous-sol est en capacité de fournir. Il ne s'agit pas, ici, d'une anomalie d'un point de vue technique mais plutôt en termes de rentabilité économique. En effet, le système géothermique n'est pas exploité à sa capacité nominale.

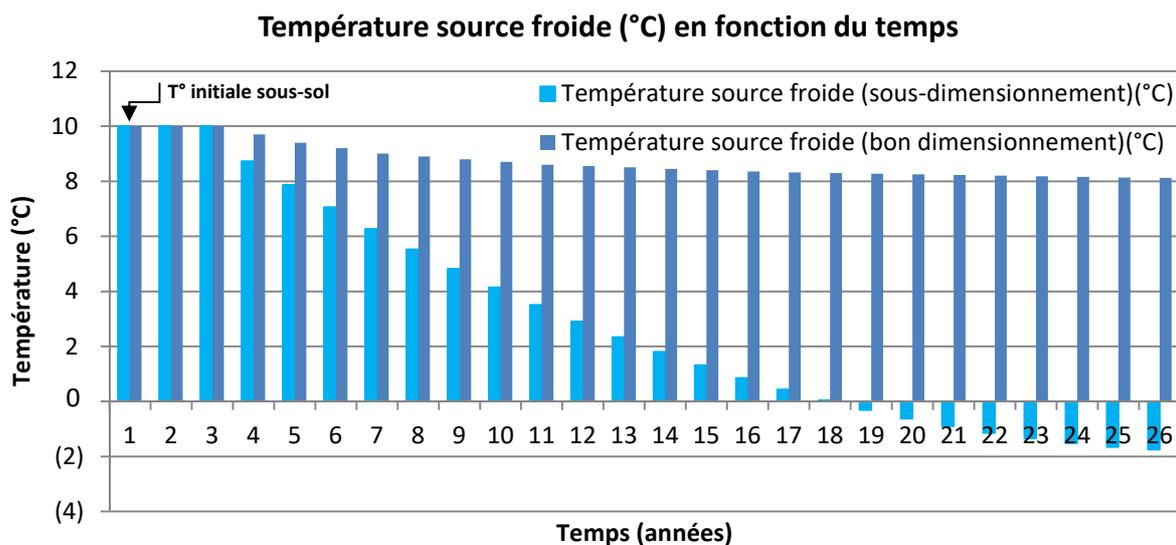
2.2 Sous-dimensionnement de l'installation (nombre de forages insuffisant)

On dit qu'un champ de sondes est sous-dimensionné lorsque la sollicitation thermique du champ de sondes **est supérieure** à ce que le sous-sol est en capacité de fournir. Ainsi, après quelques années l'installation couvre de moins en moins les besoins énergétiques du bâtiment. Cet écueil n'est pas forcément visible lors des premières années de fonctionnement comme nous pouvons le voir sur l'exemple ci-dessous.

Evolution de la couverture des besoins énergétiques par l'installation de géothermie dans le cas du sous-dimensionnement



Sur le long terme (variable suivant le projet), ce phénomène peut finir par générer un refroidissement de la source froide s'il n'y a pas de recharge thermique (Cf. graphique ci-dessous).



3 Impacts potentiels

3.1 Surdimensionnement de l'installation

Un champ de sondes surdimensionné génère un surinvestissement qui n'est pas économiquement justifiable. Le coût de ce surinvestissement dépend de chaque installation, du niveau de surdimensionnement et inclut :

- Une augmentation des coûts de forages et des coûts liés à la mise en place des sondes géothermiques (compter environ de 55 à 85€ HT/mètre linéaire de forages) ;
- Une augmentation des coûts liés aux raccordements horizontaux (20€ HT/ml) ;
- Une augmentation éventuelle des coûts liés aux équipements de la chaufferie. La puissance installée de la PAC sera surdimensionnée par rapport aux besoins réels.

Exemple : Une installation surdimensionnée prévoit la mise en place d'un forage supplémentaire de 100 ml de profondeur dont le raccordement horizontal au collecteur géothermique nécessite 50 ml de tubes PE100. La puissance de la PAC est surdimensionnée.

Le surinvestissement s'évalue à 11850€ HT et se décompose de la manière suivante :

Poste	Quantité	Coût à l'unité (€ HT)	Coût total (€ HT)
Forages + mise en place de la sonde double U	100 ml	De 55 à 85 (€/ml)	7000
Raccordements horizontaux	50 ml	20	1000
Équipements en chaufferie	7 kW	De 300 à 800 (€/kW)	3850
Total			11850

3.2 Sous-dimensionnement de l'installation

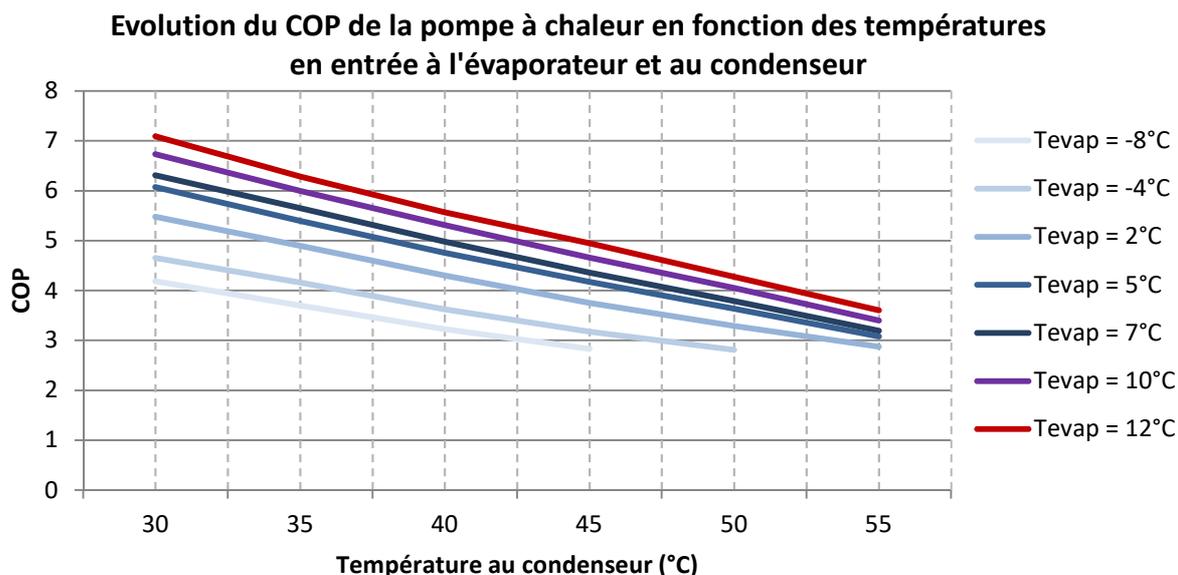
Après plusieurs années d'exploitation, une installation sous-dimensionnée conduit à un appauvrissement énergétique du terrain qui entraîne les dérives potentielles suivantes :

- Une température trop basse de la source froide qui entraîne :
 - La dégradation des performances des pompes à chaleur ;
 - L'augmentation des consommations électriques ;
 - La mise en sécurité des pompes à chaleur ;

- L'impossibilité de couvrir les besoins énergétiques du bâtiment, rendant l'installation inefficace ou caduque.
- Un gel du terrain autour des sondes qui risque à long terme de l'endommager par l'apparition de fissures.

D'un point de vue économique, le sous-dimensionnement d'un champ de sondes réduit les coûts liés aux forages au risque de rendre l'installation caduque après quelques années de mise en service.

Le graphique ci-dessous montre la dégradation du COP au cours du temps sous l'effet de la diminution de température côté source froide. Les valeurs sont ici données à titre indicatif et varient selon chaque type et modèle de pompe à chaleur.



Généralement la température en entrée évaporateur est de l'ordre de 10 - 12°C, ce qui correspond à la température moyenne du sous-sol en France.

4 Moyens de résolution

Afin de vérifier le bon dimensionnement d'une installation, il convient de mettre en place un monitoring des performances et/ou un audit « diagnostic » afin de suivre :

- L'évolution des températures de la source froide au cours du temps

Des températures stables au cours du temps, (généralement situées entre 5 et 10°C) sont synonymes d'une installation pérenne.

4.1 Surdimensionnement de l'installation

Une fois le surdimensionnement avéré, il n'est pas nécessaire de chercher à le corriger. En effet cette anomalie génère un surinvestissement lors de la mise en œuvre du projet mais ne met pas en péril l'installation. Toutefois, dans ce cas il sera possible d'augmenter les besoins énergétiques afin de tirer profit de cette capacité thermique du sol partiellement exploitée.

Différentes options sont alors envisageables et dépendent de chaque installation :

- Agrandissement du bâtiment par la réalisation d'une extension ;
- Alimentation en énergie d'un bâtiment annexe.

Il faudra alors vérifier le dimensionnement des équipements de la chaufferie (PAC, pompes) afin de s'assurer que ce dimensionnement est suffisant pour les nouvelles conditions de fonctionnement.

4.2 Sous-dimensionnement de l'installation

Une fois le sous-dimensionnement avéré, après avoir confirmé le bon raccordement de chaque sonde, il faut chercher à réduire la sollicitation thermique du sol en cherchant à diminuer les besoins énergétiques du bâtiment. Différentes solutions modifiant la régulation de la PAC sont alors envisageables parmi lesquelles :

- Diminution des températures de consignes ;
- Mise en place d'un réducteur de nuit ;
- Changement des régimes de températures ;
- Mise en place d'une sonde supplémentaire ;
- Mise en place d'un système de relèvement de la pompe à chaleur géothermique.

5 Moyens d'éviter l'anomalie

Cette démarche est à réaliser lors de la phase conception de l'installation, puis lors de la mise en œuvre. Le maître d'œuvre doit veiller à ce que la conception de la chaufferie intègre un dimensionnement du champ de sondes réalisé par des personnes compétentes utilisant des outils logiciels adaptés.

Afin de garantir la qualité du dimensionnement du champ de sondes, il est important de réaliser un Test de Réponse Thermique puis une étude de dimensionnement. En effet, la norme recommande vivement la réalisation d'un TRT pour le dimensionnement de sondes en collectif et tertiaire (cf article 7 de la norme NF X10-970). Toutefois, ces étapes ne permettront pas d'obtenir un dimensionnement idéal si l'estimation prévisionnelle des besoins thermiques est trop éloignée de la réalité.

Le Test de Réponse Thermique constitue une étape préalable indispensable pour **dimensionner un système de pieux échangeurs et/ou sondes géothermiques verticales** mais aussi pour **évaluer la qualité de la pose des échangeurs**. Ce test est réalisé à l'aide d'une sonde géothermique pilote qui sera ensuite intégrée au champ de sondes.

Le test de réponse thermique consiste à **mesurer la réponse du sous-sol à un échelon de puissance thermique appliquée à la sonde**, typiquement, entre 45 et 55 W/m, **pendant une durée d'au moins 60 heures**. Lors du test, le sol s'échauffe et les régimes de température en entrée et en sortie de sonde évoluent à la hausse. Intuitivement, on remarque que plus le sol est conducteur, moins la hausse des températures est importante car le sol « évacue » les calories. Inversement, moins le sol est conducteur, plus les calories restent confinées autour de la sonde pendant la durée du test : le régime de température augmente en conséquence.

Le coût estimatif d'un Test de Réponse Thermique pour une sonde de 100 mètres est inférieur à 20 000 € (forage, approvisionnement en électricité et rapport). Une étude de dimensionnement est estimée à 4000 €. Ces coûts sont variables en fonction de la taille du projet.

Nota : Pour plus d'information au sujet du TRT, se référer au cahier des charges type TRT sous DIAGADEME « Etude de faisabilité PAC géothermique ».