

Audit technique d'installations géothermiques assistées par pompe à chaleur en Champagne-Ardenne

Synthèse de l'étude menée en 2014



p.03 **Éléments clés**p.04 **Contexte**p.05 **Méthode d'étude**p.07 **Résultats des entretiens**p.08 **Bilan des audits**

1 // Volet technique

2 // Volet performance

3 // Volet économique

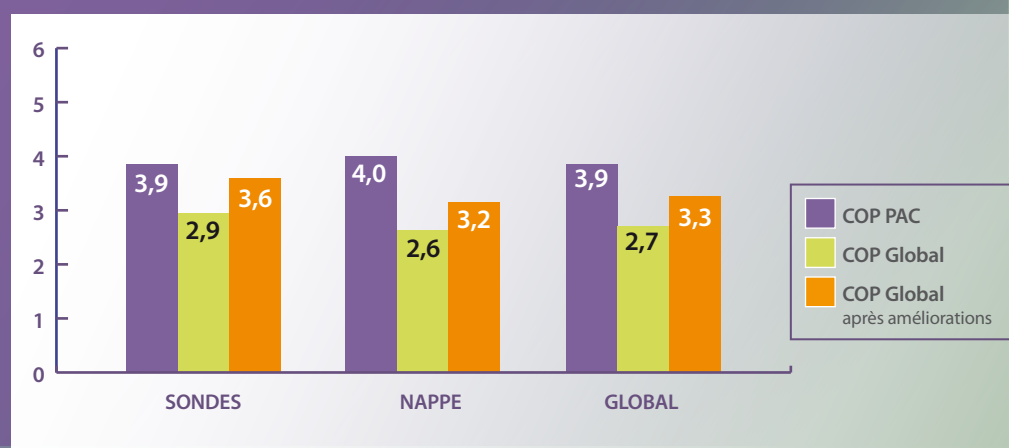
p.19 **Suites à donner / évolutions**p.19 **Lexique**p.20 **Pour aller plus loin**

Éléments clés

L'étude d'un échantillon de 25 installations (*) révèle au sujet de **la géothermie assistée par pompe à chaleur en Champagne-Ardenne** :

- **97% de satisfaction** des maîtres d'ouvrage qui ont eu recours à cette solution,
- **30%** des sites ont présenté des défauts liés à la mise en œuvre mais sans qu'aucun ne génère de dysfonctionnement,
- **88%** des installations disposent d'un contrat d'entretien,
- **28%** de pompes à chaleur été surdimensionnées par rapport aux besoins réels ce qui occasionne des surcoûts inutiles,
- améliorer les performances énergétiques de chaque installation est possible ce qui permettra d'obtenir un taux de satisfaction des maîtres d'ouvrage encore plus élevé.

→ MOYENNES DES COP (**) CONSTATÉS



Sur cet échantillon, la géothermie est **largement compétitive** même si les subventions sont encore nécessaires face au gaz naturel.

Les maîtres d'ouvrage expriment globalement une grande satisfaction vis-à-vis de leur installation géothermique pour le service rendu (chauffage ou refroidissement du bâtiment) et pour les performances. Ils sont prêts à recommander cette solution à d'autres maîtres d'ouvrage.

(*) Installations collectives/tertiaire portées par des entreprises, collectivités, associations ou structures résidentielles collectives.

(**) cf. Lexique p.19

Contexte

Ce document est la **synthèse de l'étude menée en 2014** par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) sur la **géothermie assistée par pompe à chaleur en Champagne-Ardenne**.

Cette étude a permis d'obtenir des **éléments quantitatifs** (performances, coûts, pérennité...) et **qualitatifs** (satisfaction...) sur cette énergie en analysant un échantillon représentatif de **25 installations en fonctionnement** en région.

Les objectifs étaient d'apprécier à l'échelle de la région et pour les maîtres d'ouvrage qui ont fait appel à la géothermie :

- leur satisfaction,
- la qualité de mise en oeuvre des systèmes,
- le niveau d'entretien dont ces maîtres d'ouvrage bénéficient,
- la pertinence de la conception des installations,
- les performances énergétiques et économiques de ces installations.



LA GÉOTHERMIE ASSISTÉE PAR POMPE À CHALEUR

La géothermie assistée par pompe à chaleur exploite une ressource (l'eau ou la chaleur du sol) ayant une température inférieure à 30°C. La chaleur du sous-sol est récupérée par une pompe à chaleur pour du chauffage, du rafraîchissement de locaux ou de la production d'eau chaude.

L'ADEME a réalisé cette étude pour mieux connaître l'état de la filière géothermie assistée par pompe à chaleur et donc mieux la promouvoir.

En effet, l'ADEME et la Région Champagne-Ardenne favorisent le développement de cette énergie renouvelable car :

- la géothermie possède l'un des plus grands potentiels de la région par la présence de nombreux aquifères superficiels et profonds accessibles (*cf. Lexique p.19*)
- les techniques de production de chaleur géothermale sont éprouvées
- la rentabilité économique de la géothermie est vérifiée.

Elle fait suite à une étude menée en 2011, premier état des lieux global sur la géothermie en Champagne-Ardenne (nombre d'installations, répartition géographique, types d'installations, types de maîtres d'ouvrage, motivations, freins).

Méthode d'étude

L'ADEME a mené cette étude en association avec l'Agence Locale de l'Energie et du Climat des Ardennes (ALE 08), la Région Champagne-Ardenne, le BRGM, la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL), les professionnels de la filière et les maîtres d'ouvrage.

L'étude s'est déroulée en 8 étapes :

1. Présélection de 40 sites sur 144 recensés en 2011 par l'ADEME
2. Création d'un échantillon représentatif de 25 sites (*cf. page suivante*) par le bureau d'études (BE)
3. Envoi d'un questionnaire à chacun des 25 maîtres d'ouvrage (MO)
4. Récupération des données ADEME sur chaque site par le BE
5. Première analyse bibliographique et théorique des données (retours questionnaires + données ADEME) par le BE
6. Visite de chaque site en 2 temps :
 - un entretien avec le MO et si possible en présence du maître d'œuvre et de l'installateur
 - un audit de l'installation
7. Traitement des données recueillies lors des 25 visites pour :
 - une analyse individuelle (un rapport pour chaque site)
 - une analyse croisée (synthèse, état des lieux de la filière en région)
8. Restitution



→ CHOIX DES SITES

L'ADEME a sélectionné **25 sites** parmi ceux dont elle avait connaissance, majoritairement des installations ayant reçu une subvention au titre du Fonds Chaleur.

Cet **échantillon** est **représentatif** car il respecte :

1. La proportion sondes / nappe de l'ensemble des 144 installations référencées en région en 2011

INSTALLATIONS	ÉTUDE 2014		ÉTUDE 2011 (état des lieux global)
	Sur nappe	17	68%
Sur sondes	8	32%	31%
	25	100%	

2. La répartition géographique

	ÉTUDE 2014	
Ardennes	6	24%
Aube	5	20%
Marne	8	32%
Haute-Marne	6	24%
	25	100%

3. La proportion selon les gammes de puissances

PUISSANCE (kW)	ÉTUDE 2011 (25 sites)
200-2 000	22%
100-20	22%
50-100	34%
0-50	22%
	100%

4. De plus la sélection compte 2/3 de collectivités et 1/3 d'autres types de maîtres d'ouvrage.

Et toutes les installations sélectionnées sont en fonctionnement et elles ont passé au moins une saison de chauffe.

Résultats des entretiens

Le bureau d'études missionné par l'ADEME a réalisé **25 visites**, qui ont toutes commencé par un temps d'échanges avec le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre voire l'installateur dans certains cas.

Ces entretiens ont permis de compléter de vive voix des éléments qui avaient été demandés dans le questionnaire envoyé au préalable, à savoir :

- origines du projet,
- motivations,
- aspects financiers,
- déroulé du projet,
- appréciation de l'installation de géothermie,
- appréciation générale de la géothermie.

• L'idée de monter un projet géothermique émane uniquement de 2 sources :

- Le maître d'œuvre de l'opération (pour 50% des cas),
- Le maître d'ouvrage directement (pour les autres 50%).

• Plus de 90% des maîtres d'ouvrage estiment que leur installation permet de bien chauffer leur bâtiment.

Plus de 90% sont prêts à recommander le recours à la géothermie à d'autres maîtres d'ouvrage.

• Les maîtres d'ouvrage ont aussi exprimé des remarques, voire des difficultés qu'ils ont rencontrées, sur :

- l'exploitation des installations (réglages initiaux, maîtrise générale du système... souvent par manque d'explications au démarrage),
- l'identification des professionnels de la filière,
- les coûts d'équipements et la nécessité de subventions.

Ces points sont à considérer comme autant de pistes d'amélioration : ils n'entachent en rien la **perception très positive** des maîtres d'ouvrage au sujet de la géothermie (97% de satisfaction). Cette satisfaction est d'autant plus intéressante que l'étude montre que le montage de projet et les installations sont perfectibles (cf. Bilan des audits p.8) : les retours ne pourront être qu'encre plus positifs avec l'évolution de la filière !

• Avec ces retours d'expérience, il est donc possible de :

- décrire les étapes clés de projets qui seraient exemplaires
- produire les schémas de principe détaillés associés pour une installation type aussi bien sur sondes que sur nappe
- analyser les performances globales des installations.

Bilan des audits

Le bureau d'études missionné par l'ADEME a réalisé **25 audits** soit 25 visites de sites équipés de géothermie assistée par pompe à chaleur en Champagne-Ardenne.

Les audits ont permis de :

- vérifier les performances,
- examiner la qualité de la mise en œuvre,
- faire un point économique,
- identifier différentes anomalies.

Ce dernier point est un élément fort de l'étude. En effet chaque anomalie a fait l'objet d'une description détaillée. Ses conséquences ont été évaluées. Et pour chacune, des solutions – sans difficulté d'adaptation ou de mise en œuvre particulière – ont été proposées. Cela prouve que la géothermie ne pose donc pas de problème insurmontable.

1 Volet technique

La démarche générale vise dans un premier temps à recueillir un maximum d'informations sur les installations. Un questionnaire a donc été envoyé, pour initier les contacts et récupérer les documents disponibles pour chaque site.

Sur la base de ces premiers éléments, les visites ont permis d'aboutir à :

- une description précise des installations (en complétant notamment les champs qui n'ont pas pu être renseignés par la première enquête),
- un diagnostic et une expertise précis et documentés.

Lors de ces visites en présence du maître d'ouvrage et des autres intervenants du projet (maître d'œuvre, installateur...), des mesures directes ont été réalisées pour compléter les données manquantes (mesurées et enregistrées) et/ou pour contrôler les capteurs en place.

Avec ces données et ces échanges directs, le bureau d'études a vérifié :

- le dimensionnement de l'installation,
- les « défauts » constatés sur la mise en œuvre, le fonctionnement et le suivi,
- la pérennité de la ressource à assurer la fourniture de calories à la PAC,
- les performances techniques et économiques de la PAC et des auxiliaires (pompes, régulation, émetteurs...).

Ainsi, **pour chaque site**, le bureau d'études a :

- dressé un **bilan**,
- proposé des **recommandations** pour améliorer la pérennité et les performances de l'installation.



À NOTER

Globalement le recours à une solution sur nappe (plutôt que sur sondes) est privilégié en Champagne-Ardenne car la Région dispose de nombreux aquifères superficiels, accessibles et d'une ressource importante.

→ INSTALLATIONS SUR CHAMP DE SONDES

BILAN

	SITES PRÉSENTANT UN DÉFAUT (échantillon de 8 sites)	
	NOMBRE	% DE L'ÉCHANTILLON
Sous-dimensionnement	3	38%
Défaut d'étanchéité	2	25%
Sur-dimensionnement	1	12%
	6	75%

6 installations sur les 8 auditées présentent un défaut de dimensionnement ou d'étanchéité soit 75% des cas.

Le dimensionnement d'une installation sur champ de sondes est essentiel. En effet un mauvais dimensionnement du projet a un impact direct sur :

- sa **pérennité**,
- son fonctionnement technique donc ses performances,
- son fonctionnement économique.

POINTS D'AMÉLIORATION

- 2 sites sur les 8 audités présentent un défaut d'étanchéité, justifiant d'isoler une sonde, ce qui prive le système d'une partie de sa capacité d'échanges avec le sol.

Cela aurait pu être évité en respectant les **préconisations élémentaires** de mise en oeuvre des sondes et des raccordements en surface :

- utiliser des sondes géothermiques en PE 100, avec pied soudé en usine,
 - effectuer les raccordements en surface sur lit de sable,
 - effectuer des tests en pression à différentes étapes (avant de descendre la sonde dans le forage, après cimentation et après raccordement),
 - établir des plans de recollement précis des sondes et des raccordements.
- Pour 3 installations sur 8 auditées, la sollicitation thermique du champ de sondes est supérieure à ce que ce dernier est normalement en capacité de supporter. Le sous-dimensionnement de l'équipement entraîne la dégradation des performances de la pompe à chaleur (PAC) et une augmentation des consommations électriques.
 - 1 installation dispose d'un nombre de sondes plus important que nécessaire. La PAC fonctionne dans des conditions de température favorables à l'obtention de performances élevées. Ceci se fait néanmoins au prix d'un surinvestissement inutile.
 - **Un test de réponse thermique** et une étude de dimensionnement associée doivent être réalisés pour déterminer le nombre de sondes au plus près des besoins à satisfaire en surface.

→ INSTALLATIONS SUR NAPPES

BILAN

	SITES PRÉSENTANT UN DÉFAUT (échantillon de 17 sites)	
	NOMBRE	% DE L'ÉCHANTILLON
Problèmes d'injectivité	7	41%
Risque sensible de recyclage thermique	2	12%
Problèmes de productivité	0	0
	9	53%

9 installations sur nappe sur les 17 auditées présentent un défaut d'injectivité ou un risque sensible de recyclage thermique soit 53% des cas.



Ce type de problèmes a un impact direct pour le projet sur :

- sa pérennité,
- son fonctionnement technique donc ses performances,
- son fonctionnement économique.

La productivité des ouvrages de pompage est suffisante et stable sur l'ensemble des installations auditées.

POINTS D'AMÉLIORATION

- 7 installations sur nappe sur les 17 auditées, ne restituent pas l'intégralité de l'eau pompée à la nappe d'origine (débordements ou réinjection au moins partielle en surface) alors que les règles techniques le demandent. Mettre systématiquement en oeuvre des **têtes de forage étanches** pour ces ouvrages est donc fortement recommandé.
- Sur plusieurs sites, l'espacement des forages de production et de réinjection peut générer à moyen terme une altération de la température de l'eau pompée par celle rejetée.

→ CONCEPTION ET EXPLOITATION DES CHAUFFERIES

BILAN

Écueils constatés en production

	SITES PRÉSENTANT UN PROBLÈME		
	NOMBRE DE CAS	NOMBRE D'INSTALLATIONS DANS L'ÉCHANTILLON	% DE L'ÉCHANTILLON
Suivi des performances non-effectif	22	25	88
Asservissement des auxiliaires incomplet	21	25	84
Débit d'irrigation de la PAC inadapté	16	25	64
Pas de débit variable sur la pompe immergée	16	17	94
Loi de régulation non optimisée	15	25	60
Calorifuge manquant ou incomplet	10	25	40
Surdimensionnement des PAC	9	25	36
Schéma hydraulique inadapté	8	25	32
PAC peu performante	4	25	16
Pas de prestation d'entretien	3	25	12
Pas d'échangeur intermédiaire	3	17	18



16 installations sur nappe sur les 17 auditées présentent un problème ou plusieurs problèmes en « chaufferie ». Le problème le plus fréquent est l'absence de débit variable sur la pompe immergée.

Tous ces « défauts » ont des solutions : pour chaque site, le maître d'ouvrage et les professionnels ont ou peuvent avoir les moyens de corriger ces différents points. Les préconisations ont été apportées dans ce sens.

Les installations de surfaces sont à dimensionner, à installer, à équiper et à suivre de manière fine pour optimiser le bon fonctionnement :

- technique (performances, fiabilité, pérennité...)
- économique (investissement, maintenance, consommables et consommation d'électricité).

POINTS D'AMÉLIORATION

- **Les auxiliaires** (pompes immergées, pompes évaporateur et condenseur...) peuvent être très consommateurs d'électricité.

- Mettre en place un variateur de fréquence sur la pompe immergée est une solution pour réduire cette facture : aucune installation auditée (sauf une) n'en a. Cela permet de moduler au plus juste le débit d'eau souterraine exploité.
- Quasiment toutes les installations présentent des **marges de progression** en terme d'asservissement des auxiliaires.

Un exemple d'automatisme : lorsque la pompe à chaleur est à l'arrêt, les pompes ne fonctionnent pas pour que les performances globales du système soient maximales.

Mettre en place l'asservissement des pompes ne présente pas de difficultés. Cela permet de réguler l'ensemble du système donc de limiter les consommations d'électricité inutiles et non négligeables. Cela permet d'avoir un coefficient de performances (COP) global divisé par trois par rapport au COP de la PAC (cf. *Lexique p.19*).

- Un **calorifugeage** incomplet pose 2 types de problèmes :

- corrosion pour la partie froide,
- pertes thermiques pour la partie chaude.

Le coût du calorifugeage est d'environ 5 à 10 € HT du kW installé. Il faut savoir que l'absence de calorifuge entraîne :

- une perte énergétique d'environ 2 à 3% de la chaleur produite annuellement par la PAC,
- une surconsommation électrique de 2 à 3% de la PAC.

- Certains sites ne disposent pas d'échangeur intermédiaire. Cela fait courir un risque accru à la PAC qui est alors irriguée par une eau dont la qualité n'est pas maîtrisée (risque de corrosion et de colmatage). Cet élément est également un facteur de risque environnemental en cas de perte d'étanchéité du circuit de fluide frigorigène. Sa présence est exigée par les règles de l'art pour ce type d'installation.

- Dans plusieurs cas, un très large surdimensionnement de la PAC a été constaté (jusqu'à 4 fois entre la puissance installée et la puissance effectivement sollicitée).

Ces situations occasionnent :

- un surinvestissement inutile (PAC, auxiliaires, captation de l'énergie souterraine),
- un raccourcissement des cycles de fonctionnement de la PAC (baisse des performances et de la longévité),
- une augmentation des consommations électriques.

Généralement, une PAC qui a moins de 1 500 h/an de fonctionnement équivalent pleine puissance peut être considérée comme surdimensionnée.

- Les schémas hydrauliques ont montré des agencements de chaufferies inadaptés à la sollicitation principale de la PAC par rapport à l'appoint :

- raccordement du générateur d'appoint et de la géothermie en parallèle (plutôt qu'en série),
- raccordement induisant un fonctionnement en courts-cycles de la PAC...

Mettre en place un schéma hydraulique adapté :

- ne coûte pas plus cher qu'une solution non optimisée,
- a un fort impact sur les performances et la pérennité de l'installation.

- Le **suiti des installations** en fonctionnement n'est pas optimum.

Au pire il n'y a pas de relevés. Au mieux les maîtres d'ouvrage qui font des relevés, n'exploitent pas ces données. Il n'y a donc pas d'estimation ni de regard critique sur les COP atteints.

Même si la plupart des installations auditées bénéficient d'un contrat d'entretien des équipements PAC, la nature des prestations assurées est généralement assez floue. Elle ne reprend pas en particulier les contraintes réglementaires de contrôle de l'étanchéité des circuits frigorigènes des PAC. De même, le suivi des forages est un élément important pour la longévité d'une géothermie. Pourtant, aucune des installations sur nappe auditées ne bénéficie d'un tel suivi : volumes pompés, niveaux dynamiques en pompage ou en réinjection, qualité de l'eau.

- Les audits ont pointé dans 64% des cas, que les débits d'irrigation des PAC, en particulier côté condenseur, étaient largement inférieurs à ceux préconisés par les constructeurs de PAC. Ceci peut-être notamment lié à des circulateurs inadaptés ou à des filtres trop encrassés.
- La **température de production** de la chaleur émanant des PAC doit être la plus basse possible afin de **maximiser le COP** (température d'émission des PAC fonction de la température extérieure). Un écart de température de production constant de 1°C génère une surconsommation d'électricité de l'ordre de 3%. Hormis l'installation éventuelle d'une sonde de température extérieure, traiter avec soin cette question n'implique aucun surcoût en termes d'investissement.
- Aucune des installations auditées ne respecte l'intégralité des contraintes réglementaires. La réforme du **Code Minier** au 01/07/2015 devrait permettre une évolution favorable de cette situation en simplifiant notamment les procédures.

2 Volet performance

Conformément aux résultats des entretiens avec les maîtres d'ouvrage, toutes les installations visitées assurent la couverture des besoins énergétiques escomptés.

Le taux d'énergie renouvelable d'une installation est directement lié au coefficient de performances COP (cf. Lexique p.19) atteint : un taux d'EnR (*) est à 75% pour un COP de 4. Une installation qui présente un COP inférieur à 2,58 n'est pas pertinente en terme d'énergie primaire. (**)

Les données de suivi des 25 sites ne sont généralement pas directement exploitables. Le bureau d'études missionné par l'ADEME a donc établi les performances des sites sur la base d'une modélisation du comportement des installations.

(*) EnR = énergie renouvelable

(**) 1 kWh électrique = 2,58 kWh d'énergie primaire contre 1 kWh fossile = 1 kWh d'énergie primaire

→ RÉSULTATS GLOBAUX

Que ce soit sur sondes ou sur nappe, les situations entre les différentes installations sont contrastées : il y a un facteur 2 entre les COP des installations les plus performantes et ceux des moins performantes.

En moyenne, les **installations sur nappe et sur sondes ont des performances voisines**. Le poids énergétique des pompes immergées est particulièrement sensible dans le cas des installations sur nappe : l'écart entre le COP PAC et le COP Global est plus important pour les installations sur nappe.

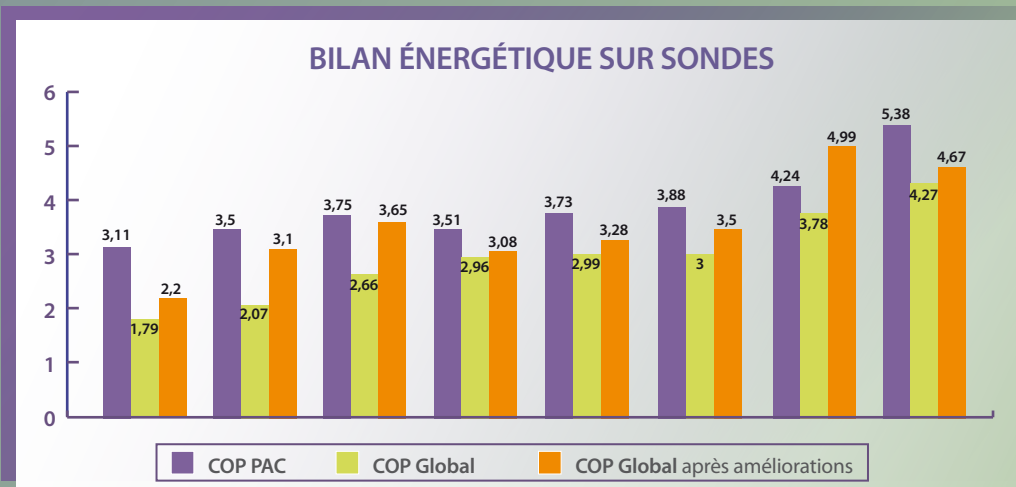
Les performances énergétiques des installations ont été calculées à partir des indications des compteurs en place, complétées par des reconstitutions numériques du fonctionnement des systèmes. Afin d'optimiser les installations, des améliorations ont été proposées à l'issue des audits devant permettre à tous les sites d'atteindre un meilleur COP.

Les principales conclusions relatives aux indicateurs économiques sont qu'en terme d'investissement, les installations sur nappe sont très souvent bien plus avantageuses que les installations sur sondes (cf. Volet économique p.17).

→ RÉSULTATS DÉTAILLÉS PAR TYPE D'INSTALLATIONS

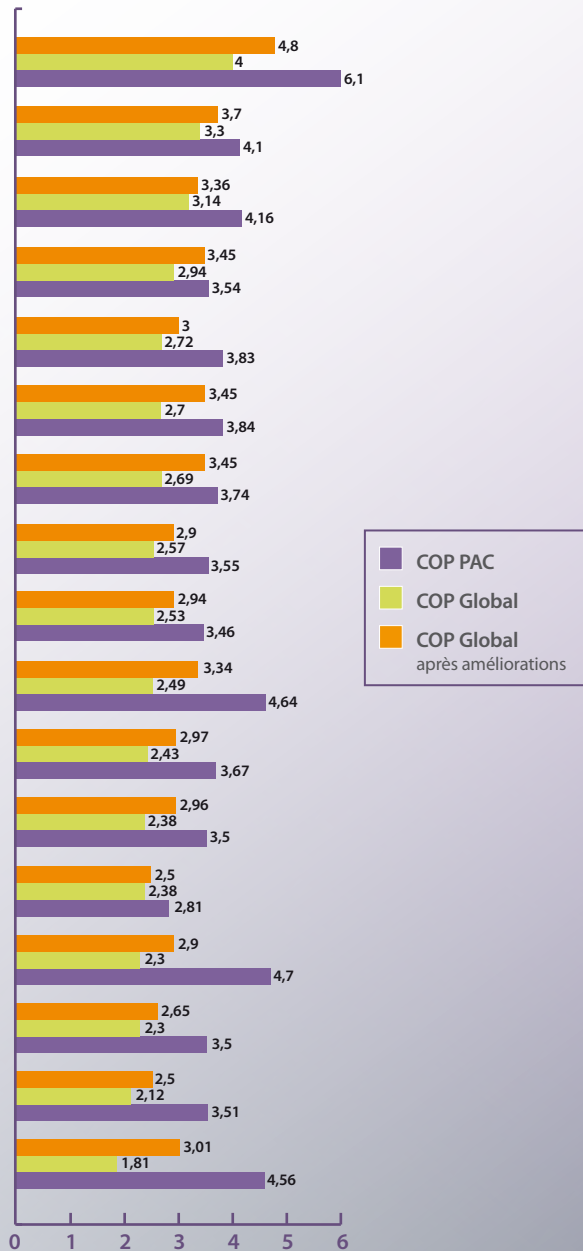
Les **consommations électriques des auxiliaires de circulation** grèvent souvent lourdement les bilans. Aussi des **réglages** de certaines installations peuvent permettre d'améliorer sensiblement les gains. En effet, sur quelques sites, 50% des performances sont dégradées par l'absence de régulation de ces auxiliaires.

RÉSULTATS POUR LES 8 INSTALLATIONS SUR SONDES AUDITÉES



3 Volet économique

BILAN ÉNERGÉTIQUE SUR NAPPE



L'analyse des performances économiques s'appuie sur 2 indicateurs :

- le **montant des investissements**,
- le **coût global de la chaleur** comprenant les emprunts pour les investissements, les consommations d'électricité, l'entretien et la maintenance.

→ INVESTISSEMENTS

Les différents postes d'investissement (données récupérées en 2014).

INVESTISSEMENTS	MAX	MINI	MOYENNE
Sondes - Forage, fourniture, raccordement (€ HT/ml)	85	48	62
Équipement forage d'eau et liaison (€ HT/kW)	309	8	106
Forages d'eau – solution sur nappe (€ HT/ml)	850	103	427
PAC et accessoires (€ HT/kW)	1120	182	475

Les coûts des sondes et de leur raccordement sont relativement homogènes.

Les écarts de coût des forages d'eau sont forts (facteur de 1 à 8) : cette dispersion est due à la spécificité de chaque projet : lots séparés ou pas, réglementation, diamètre et nombre des forages...

Les fortes disparités sur les coûts des PAC et leurs accessoires (facteur 1 à 6) s'expliquent par :

- la complexité variable des installations (geocooling ou pas, traitement de l'ECS ou pas, ...),
- la puissance équipée.

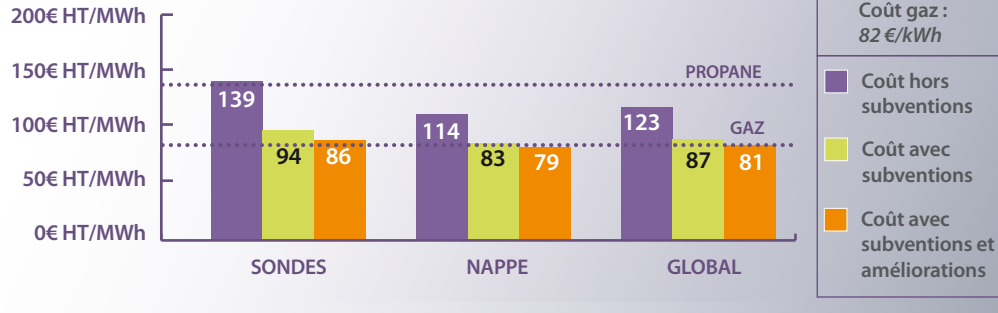
→ COÛT DE LA CHALEUR

Les audits prouvent qu'une installation de géothermie assistée par pompe à chaleur est souvent **rentable même sans subvention**, si elle est comparée à une solution au propane (en ne prenant en compte que le coût du combustible. Il conviendrait d'ajouter l'amortissement de la chaufferie, les coûts d'entretien et de maintenance pour mener une comparaison rigoureuse avec le coût de la chaleur géothermique).

Les subventions sont par contre indispensables à la géothermie pour être vraiment compétitive, notamment par rapport au gaz naturel.

Les comparaisons n'intègrent pas de notion d'évolution des prix de l'énergie. En cas de poursuite de l'augmentation du prix du gaz constatée ces dernières années, l'évolution de cette comparaison économique se ferait en faveur de la géothermie.

BILAN GLOBAL



Ce **bilan pourrait être bien plus positif**. En effet les 25 sites audités ont des résultats très disparates et les installations qui souffrent d'une conception initiale mal adaptée (par exemple, pas de régulation des auxiliaires) grèvent ce bilan.

Pour des installations optimisées, le coût de cette chaleur peut même descendre sous le seuil de 50 € HT/MWh.

Suites à donner / évolution

Cette étude révèle clairement la prochaine étape à franchir pour la filière géothermie en Champagne-Ardenne. Il faut passer d'**installations simplement fonctionnelles** (qui produisent la chaleur et le froid qui sont attendus d'elles) à des **installations optimisées** en terme de performances. Et pour cela, il faut que les projets de géothermie assistée par pompe à chaleur bénéficient de l'expertise spécifique qu'ils requièrent.

- Il y a des réponses à ce **besoin d'évolution** :
 - former les acteurs de la filière déjà en place,
 - créer et animer un réseau,
 - diffuser de l'information technique via des rencontres, des fiches techniques...

Faire monter en compétences, échanger des bonnes pratiques, témoigner... sont autant de facteurs de réussite pour faire évoluer la géothermie en région.

- Autre suite à donner concrète : évaluer l'impact des recommandations sur les performances. Il serait intéressant de :
 - mettre en place un dispositif d'accompagnement des maîtres d'ouvrage qui ont eu des recommandations d'optimisation (et qui les ont mises en œuvre sur leur installation) en 2014,
 - évaluer les performances avant et après optimisation (un complément d'instrumentation peut être alors nécessaire dans certains cas).

Lexique

→ **Aquifère**
Formation géologique contenant de façon temporaire ou permanente de l'eau mobilisable.

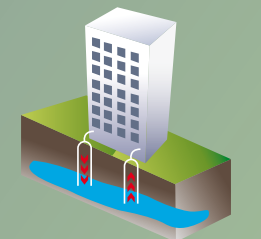
→ **Installation sur eau de nappe (aqua-thermie)**
La pompe à chaleur installée prélève les calories nécessaires à son fonctionnement dans les nappes (en pompant et réinjectant l'eau).

→ **Installation sur sondes verticales**
La pompe à chaleur installée prélève les calories nécessaires à son fonctionnement dans le sol (en utilisant des sondes géothermiques verticales).

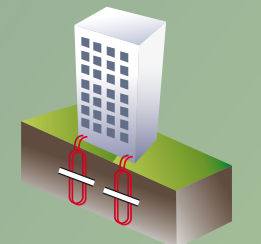
→ **Coefficient de performance (COP) de la pompe à chaleur (PAC)**

$$\text{COP} = \frac{\text{énergie produite (par la PAC)}}{\text{énergie consommée (par la PAC)}}$$

Aujourd'hui les pompes à chaleur du marché garantissent un COP supérieur ou égal à 4.



Installation sur eau de nappe



Installation sur sondes verticales

RÉSULTATS ÉCONOMIQUES GLOBAUX

Les principales conclusions relatives aux indicateurs économiques sont qu'en terme d'investissement, les installations sur nappe sont très souvent bien plus avantageuses que les installations sur sondes.

Au regard de cette analyse, la relative bonne diffusion de la géothermie en Champagne-Ardenne semble s'expliquer par la conjonction de trois facteurs :

- des conditions climatiques plutôt rigoureuses,
- une ressource en eau facilement accessible sur une majeure partie du territoire,
- une dominante rurale avec une desserte limitée par le réseau de gaz naturel.

De cette manière, la Champagne-Ardenne pourrait constituer le laboratoire français des bonnes pratiques en géothermie assistée par pompe à chaleur, qui auraient alors vocation à essaimer dans l'ensemble du territoire.

Pour aller plus loin

SITES

Le site ressources sur la géothermie

www.geothermie.perspectives.fr

- Rubrique « la géothermie en région » puis « Champagne-Ardenne »
 - > l'atlas du potentiel en Champagne-Ardenne
 - > les fiches projets « Géothermie Perspectives »

RESSOURCES DOCUMENTAIRES

La boîte à outils régionale « la géothermie assistée par pompe à chaleur »

www.champagne-ardenne.ademe.fr/mediatheque/publications#Divers

Le guide pratique grand public ADEME « Installer une pompe à chaleur »

www.ademe.fr

- Rubrique « espace eco-citoyens »

Les guides techniques

- > **La Géothermie et les réseaux de chaleur : guide du maître d'ouvrage**
Co-éditeur : ADEME (réf. : 6659) / BRGM - 2010 – 68 p. - 45 €
- > **Les Pompes à chaleur géothermiques sur champs de sondes**
Co-éditeur : ADEME (référence : 6660) - 2012 – 104 p. - 45 €
- > **Les Pompes à chaleur géothermiques à partir de forage sur aquifère**
Co-éditeur : ADEME (réf. n°7220) - 2012 – 92 p. - 45 €

CONTACT

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME)

Direction régionale Champagne-Ardenne

116 avenue de Paris

51038 CHÂLONS-EN-CHAMPAGNE Cedex

Tél. : 03 26 69 20 96

Mail : champagne-ardenne@ademe.fr

Site internet : www.champagne-ardenne.ademe.fr

