

Sept
2019

BOITE A OUTILS TECHNIQUES

**GÉOTHERMIE DE SURFACE (ou
géothermie très basse énergie)**

A destination des bureaux d'études et
d'ingénierie

GUIDE D'EXPLOITATION

ADEME



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

En partenariat avec :



REMERCIEMENTS

Le Service Réseaux et Energies Renouvelables (SRER) de l'ADEME remercie tous ceux qui ont participé à la rédaction et à l'enrichissement de cette boîte à outils techniques :

- Anthony Dumoulin (S2T INGENIERIE) et Olivier Grière (G2H CONSEILS) qui ont été missionnés par le SRER pour mener ce projet ;
- Xavier Moch (AFPG), Jean-Marc Percebois (ACCENTA/AFPG), Eric Garroustet (COTRASOL/SFEG), Pierre Durst (BRGM), Dominique CENA (CENA INGENIERIE/CINOV), Robin Apolit (SER), Florent Dupuis (ADEME Hauts de France), Hakim Hamadou (ADEME Auvergne Rhône-Alpes), Jean-François Niveleau (ADEME Occitanie), Axel Wyckhuyse (ADEME Grand Est) pour leurs contributions et relecture de cette boîte à outils.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

20, avenue du Grésillé

BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : **18MAR000159**

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : S2T INGENIERIE et G2H CONSEILS

Coordination technique - ADEME : CARDONA MAESTRO Astrid

Direction/Service : Réseaux et Energies Renouvelables



SOMMAIRE

1. Introduction	4
1.1. Contexte du projet.....	4
1.2. Objectifs du guide d'exploitation	4
2. Contrat d'exploitation	5
2.1. Objectifs.....	5
2.2. Clauses spécifiques des contrats	6
2.2.1. Cas des forages sur nappe.....	6
1. Le colmatage des forages	6
2. Dispositif de suivi et contrôle des paramètres de la boucle géothermale	8
3. Opérations de réhabilitation non programmées des forages sur nappe	10
2.2.2. Cas du champ de sondes géothermiques	12
1. Recommandations sur l'exploitation du dispositif.....	12
2. Dispositif de suivi et contrôle des paramètres de la boucle géothermale	12
2.2.3. Cas des Pompes A Chaleur	14
1. Vérifications et relevés	14
2. Gamme de maintenance	15
3. Contenu du livret de chaufferie	17
3.1. Objectifs.....	17
3.2. Exemple de sommaire d'un livret de chaufferie	17
3.3. Exemples de tableaux de suivi	18
3.3.1. Cas des forages sur nappe.....	18
3.3.2. Cas du champ de sondes	18
3.3.3. Cas des Pompes A Chaleur	19
3.3.4. Anomalies	20
3.3.5. Interventions	20
4. Bilan de suivi des performances	21
4.1. Performances énergétiques.....	21
4.2. Performances économiques.....	22
4.3. Indicateurs globaux.....	22



1. Introduction

1.1. Contexte du projet

Des études récentes menées par l'ADEME ont montré la nécessité de mettre à disposition des acteurs des documents et outils techniques détaillés afin de garantir la qualité de mise en œuvre des installations de géothermie de surface, leur bon fonctionnement ainsi que leurs performances techniques, économiques.

Les **documents et outils techniques détaillés** qui ont été développés dans le cadre de ce projet concerne principalement les **installations de géothermie sur nappe d'eau superficielle et sur champ de sondes dans les secteurs du logement collectif et tertiaire (voire industriel et agricole)**.

Ils sont destinés en priorité à **L'INGENIERIE et aux BUREAUX D'ETUDES**.

1.2. Objectifs du guide d'exploitation

Le présent document **GUIDE D'EXPLOITATION** fait partie de la boîte à outils techniques et a pour objectifs de décrire :

- Les recommandations en termes d'exploitation, d'entretien et de maintenance des installations de géothermie sur nappe et sur champ de sondes
- Le contenu type d'un contrat d'entretien et de maintenance
- Les tableaux de suivi des principaux équipements des installations.

Il est rappelé ici **l'importance et la nécessité d'entretenir les ouvrages** qui est de la **responsabilité du Maître d'Ouvrage**. Il doit pour cela disposer de l'ensemble de la documentation obligatoire et réglementaire sur les ouvrages qu'il possède.

2. Contrat d'exploitation

2.1. Objectifs

Le maître d'ouvrage doit souscrire un contrat d'entretien et de maintenance pour son installation géothermique. Ce contrat s'établit sur la base d'un cahier des charges qui reprend :

- les attentes du maître d'ouvrage et / ou des financeurs
- l'ensemble des données à collecter pour suivre la performance des installations.

Il existe plusieurs types de contrat de maintenance.

- Pour les installations géothermiques dont la pompe à chaleur a une puissance supérieure à 200 kW, la gestion de l'installation est généralement confiée à un prestataire spécialisé. Il assure alors le fonctionnement et la maintenance.
- Pour des installations d'une puissance inférieure à 200 kW, le suivi du fonctionnement est généralement assuré par le personnel technique du maître d'ouvrage. Toutefois, il est souhaitable qu'il confie la maintenance à une entreprise spécialisée (chauffagiste) pour assurer l'entretien de l'installation ainsi qu'un contrôle périodique de la pompe à chaleur et des auxiliaires. Le cas échéant, il prendra l'attache d'une société de forages pour entretenir les forages (cas de la géothermie sur nappe).

D'une manière générale, il est souhaitable de confier la maintenance et le petit entretien (P2) à un prestataire spécialisé.

L'exploitant doit assurer :

- le contrôle et l'entretien des installations,
- la maintenance préventive,
- la conduite, la surveillance et le dépannage,
- la surveillance du bon fonctionnement de l'installation.

Ce type de contrat est forfaitisé.

Il est possible également de demander une extension de mission portant sur la garantie totale et le renouvellement des matériels (P3). Ce type de contrat est également forfaitisé.



2.2. Clauses spécifiques des contrats

2.2.1. Cas des forages sur nappe

Le présent document constitue les préconisations de suivi des forages géothermiques et s'applique d'une manière générale. En fonction du contexte hydrogéologique et géochimique, des prescriptions complémentaires peuvent être nécessaires. De plus, en fonction du matériel installé, il conviendra de respecter les prescriptions formulées par les fabricants desdits matériels.

Paramètre	Consigne
Débit (forage d'exploitation)	X m ³ /h maximum
Niveau dynamique	<x m/bride forage
Niveau forage injection	< y m/bride

1. Le colmatage des forages

Le colmatage des forages sur nappe est un processus qui a été observé sur des dispositifs géothermiques ; le colmatage est d'origine physico-chimique mais également bactérien. Ce processus peut cependant être contrôlé et maîtrisé si l'on respecte certaines conditions d'exploitation, de suivi et de maintenance des ouvrages de pompage et de réinjection.

Quatre types de colmatage sont envisageables. Le rapport GEOCLOGGING apporte des informations importantes sur les origines potentielles du colmatage suivant la typologie de l'aquifère rencontré :

- **Physique** : par colmatage particulaire d'où la nécessité d'une filtration efficace,
- **Chimique** : par précipitation de minéraux (par exemple carbonates de calcium) d'où la nécessité de connaître les caractéristiques physico-chimiques de l'eau,
- **Bactériologique** : par la formation de biofilm,
- **Biochimique** : par précipitation du fer et/ou du manganèse par des processus bactériens.

La précipitation d'origine bactérienne d'hydroxydes ferriques (rouille) qui accompagne la précipitation chimique proprement dite.

La précipitation d'oxydes de manganèse : la problématique est relativement proche de celle du fer, à la différence que l'oxydation du manganèse est plus difficile que celle du fer aux conditions de pH et de potentiel d'oxydo-réduction de l'eau de la nappe,

L'intervention de bactéries sulfato-réductrices peut également favoriser le colmatage.

En conséquence, il faudra veiller, de manière générale, à ne pas perturber (ou le moins possible) l'équilibre physico-chimique des eaux et notamment limiter l'oxygénation. Cependant, il est impossible, compte tenu de l'utilisation de l'eau, de ne pas modifier la température de l'eau, ce qui aura des conséquences sur le pH et le potentiel d'oxydo-réduction notamment, d'où la nécessité de suivre régulièrement les ouvrages.

Le rapport GEOCLOGGING formule des recommandations lors de l'exploitation des forages.

Recommandations	Objectifs	Types de colmatage concerné
A la mise en service de la boucle géothermale, nettoyage de la conduite de liaison par circulation de l'eau géothermale puis rejet vers un exutoire externe à l'installation	Des dépôts pouvant être présents sur la surface interne de la conduite de liaison avant sa mise en exploitation, il est conseillé de procéder à son nettoyage par circulation d'eau (considérer 2 à 3 fois le volume de la conduite) et rejet de l'eau vers un exutoire externe de sorte à ne pas réinjecter une eau chargée en particules dans le forage de réinjection.	Physique
Respect du débit maximal d'exploitation (rabattement maximal, vitesse de circulation)	Un débit excessif et supérieur à celui préconisé à l'issue de l'étude de faisabilité puis des essais hydrauliques aurait une double conséquence : - Augmenter les forces d'érosion et la mobilisation des particules dans l'environnement proche puits induisant un risque de colmatage physique du forage d'injection. - Augmenter le rabattement dans le forage de production et induire un risque d'oxygénation de l'eau pompée	Tous types
Respecter la température maximale de réinjection notamment en contexte d'aquifères carbonatés et/ou prévoir la mise en place d'un dispositif électromagnétique à minima au niveau du puits de réinjection (nécessité dans ce cas d'avoir des tubages pleins et crépinés en acier inoxydable).	Prévenir la précipitation de carbonate de calcium	Chimique
Respecter les conditions d'utilisation du système de filtration primaire en amont de l'échangeur	Le non-respect du débit et de la pression maximaux opératoires des filtres primaires en amont échangeur peut induire leur endommagement et leur colmatage physique par des fines issues du réservoir (souvent des minéraux silicatés) qui viennent obstruer les mailles du tamis suite à une vitesse de circulation excessive. Le rétrolavage des filtres est par ailleurs souvent inefficace pour nettoyer les filtres colmatés par ce processus.	Colmatage physique des filtres primaires en amont échangeur

Ce rapport précise également quelques techniques préventives.

Techniques	But	Types de colmatage
Dispositif de rétro-lavage des forages d'injection	Maintenir les performances des forages d'injection par décolmatage physique via la circulation de l'eau à contre-courant	Particulaire Chimique Biochimique Biofilm
Pompage sous obturateur	Eliminer l'interface eau/atmosphère dans les forages et éviter l'oxydation de l'eau	Biochimique Biofilm
Inertage par Azote	Inertier l'espace entre le niveau d'eau et la tête du forage de pompage	Biochimique Biofilm
Dispositif électromagnétique	Prévenir la formation de dépôts carbonatés	Chimique
Système de microfiltration autonettoyant	Protection de l'échangeur et du forage d'injection vis-à-vis des microparticules (oxydes, hydroxydes, silicates) et du biofilm	Particulaire Chimique Biochimique Biofilm

Tableau 4 Techniques physiques préventives

RECOMMANDATIONS SUR LA CONCEPTION ET REALISATION DU DISPOSITIF

Le dispositif a été conçu pour éviter toute entrée d'air dans les puits qui est un facteur favorisant le colmatage des ouvrages.

Pour cela :

- La colonne d'injection sera immergée pour que l'eau « ne cascade » pas dans l'ouvrage (la base de la colonne d'injection devra se situer sous le niveau statique de la nappe). En effet, un tel phénomène nuirait à sa pérennité : création de bulles d'air dans l'eau s'infiltrant et colmatant la porosité par « embolie gazeuse », apport d'oxygène favorisant la formation de précipités du fer et favorisant le développement bactérien.
- La pompe immergée ne devra jamais être dénoyée.



- Le circuit primaire en surface (échangeur, filtres, ...) devra être conçu et réalisé de manière à être étanche à l'air.
- Par ailleurs, afin d'éviter l'encrassement progressif potentiel du circuit primaire en surface (échangeur) et au niveau des puits de réinjection (notamment par dépôt d'hydroxydes ferriques et éventuellement d'oxydes de manganèse produits dans le circuit en surface), il paraît pertinent de mettre en place un dispositif de filtration entre le puits de production et l'échangeur ;
- Ce dispositif de filtration devra être conçu de manière à pouvoir changer / régénérer la surface filtrante régulièrement.

RECOMMANDATIONS SUR L'EXPLOITATION DU DISPOSITIF

Le responsable de l'exploitation du dispositif devra veiller :

- À prendre connaissance et à conserver les documents caractérisant chaque forage (rapport de réception : coupe technique, passage caméra et courbe caractéristique initiale traduisant la productivité originelle des forages) ;
- À exploiter les forages conformément aux préconisations (débit, rabattement) déterminées à l'issue des pompages d'essai ;
- À ce que le niveau dynamique en cours de pompage n'atteigne jamais la cote définie. Le contrôle continu du niveau d'eau dans le forage de production (avec stockage des données au niveau de la régulation) permettra de s'en assurer. A l'issue des essais de réception, une cote de nappe de vigilance et une cote d'alerte seront définies. La régulation sera alors programmée pour réduire le débit ou arrêter le pompage si le niveau dynamique atteint ces seuils.

Par ailleurs, il faudra veiller à favoriser le plus possible une exploitation continue des forages à un débit régulier par rapport à un régime d'exploitation intermittent basé sur des arrêts et redémarrages fréquents à un débit plus fort.

Concernant les pompes immergées, il sera impératif de respecter les préconisations du constructeur, notamment :

- Ne pas dépasser le nombre maximal de démarrages par heure (de manière générale, on évitera autant que possible un fonctionnement basé sur des cycles d'arrêt et de redémarrage fréquents ;
- Ne pas chercher à se placer sous le débit minimal de fonctionnement préconisé, ni au-dessus.

RECOMMANDATIONS SUR LA MAINTENANCE DU DISPOSITIF

Le (ou les) filtre(s) placé(s) entre les puits de pompage et l'échangeur seront régulièrement contrôlés (tous les mois pendant les six premiers mois puis tous les six mois sauf événement particulier) et la surface filtrante régénérée ou échangée en fonction de son degré de colmatage.

Toute opération de maintenance (décrassage et changement des filtres) devra être consignée a minima par écrit dans un document spécifique (cahier de maintenance).

2. Dispositif de suivi et contrôle des paramètres de la boucle géothermale

Le but recherché par les suivis décrits ci-après est le suivant :

- Connaître la température des eaux (pompées et rejetées dans la nappe) et leur évolution dans le temps ;
- Connaître les volumes pompés au forage de production et rejetés au forage de réinjection au cours du temps
- Anticiper tout colmatage du forage de réinjection (et éventuellement de pompage) par mesure du débit spécifique d'injection ou de pompage (le débit spécifique étant le rapport du débit au rabattement de nappe).

CONTROLE AUTOMATIQUE CONTINU

Le responsable de la maintenance devra veiller à ce que soient stockées et enregistrées au niveau de la régulation les mesures des paramètres suivants :

- Débit et volume d'eau pompé sur le forage de production, mesuré par un compteur électronique installé sur le puits de pompage ;
- Débits et volume d'eau réinjectés dans le forage de réinjection ;
- Un indicateur de l'état de la pompe immergée : état marche / état arrêt ;
- Température de l'eau pompée et température de l'eau réinjectée,
- Niveau d'eau dans chacun des forages par un capteur de pression,
- Pression de la colonne d'injection du forage d'injection par un manomètre (au cas où l'injection se ferait sous pression).

On rappelle que chaque dispositif de suivi (compteurs, enregistreurs automatiques de niveau d'eau et de température, manomètres) sera relié à la régulation pour le suivi et l'enregistrement des paramètres de fonctionnement du dispositif et la détection d'anomalies sur les courts, moyens et longs termes.

A fréquence semestrielle, l'intégralité des données enregistrées au niveau de la régulation sera téléchargée et stockée sur un support informatique fiable et adéquat. Ces données seront alors compilées dans un tableau récapitulatif

Des graphiques représentant l'évolution temporelle des différents paramètres seront réalisés et interprétés afin d'identifier toute dérive ou toute tendance anormale du dispositif (dérive de température, variation des rabattements ou des relèvements...).

Le responsable de l'exploitation vérifiera par ailleurs trimestriellement la validité des mesures ; le bon fonctionnement des appareils de mesure devra être contrôlé tous les trois mois par des mesures manuelles (pour ce faire, l'acquisition d'appareils de mesure est indispensable : sondes à eau, thermomètre).

La date d'intervention, le type de contrôle effectué et les constats réalisés, relatifs à l'exploitation seront consignés par écrit dans un document spécifique (cahier de suivi de l'exploitation).

Les paramètres électriques de la pompe devront être contrôlés au moins trimestriellement (consommation électrique, puissance, tension, intensité adsorbée, résistance entre phases, fréquence en sortie de variateur, isolation électrique).

CONTROLE MANUEL COURANT EN EXPLOITATION

Un suivi manuel régulier devra être mis en œuvre en plus du suivi automatique continu.

Suivi des paramètres physiques de la boucle géothermale :

Ce suivi concerne la mesure semestrielle des paramètres suivants (les mesures seront effectuées lorsque le dispositif est en exploitation) :

- Débit et volume d'eau pompé sur le forage de production,
- Débit et volume d'eau réinjecté dans le forage de réinjection,
- Température de l'eau pompée et température de l'eau réinjectée,
- Niveau d'eau dans chacun des forages (sonde piézométrique manuelle),
- Paramètres électriques de chaque pompe : consommation électrique, puissance, tension, intensité absorbée, résistance entre phases, fréquence en sortie de variateur, isolation électrique.

La mesure de la température et des niveaux d'eau sera effectuée à l'aide d'appareils de mesure manuelle autres que les appareils de mesures reliés à la régulation. L'intégralité des mesures manuelles sera consignée dans un document écrit spécifique puis comparées aux mesures enregistrées dans la régulation afin de détecter d'éventuels dysfonctionnements des appareils de mesure (dérive dans le temps).

L'évolution des paramètres mesurés (mesures manuelles et automatiques) sera analysée et interprétée afin de détecter d'éventuels dysfonctionnements et dérives des paramètres de la boude géothermale.

La date d'intervention, le type de contrôle effectué et les constats réalisés, relatifs à l'exploitation seront consignés par écrit dans un document spécifique (cahier de suivi de l'exploitation).

Le suivi trimestriel pourra être espacé si les premières mesures sont parfaitement cohérentes avec les mesures automatiques (aucune dérive des appareils constatée).



Suivi des paramètres physico-chimiques de l'eau de la boucle géothermale

Ce suivi concerne le prélèvement et l'analyse annuelle de l'eau en sortie du forage de pompage. Ces prélèvements feront l'objet de fiches de prélèvement (date d'intervention, type de mesure effectuée, ...) qui seront consignées dans un document spécifique.

L'échantillon d'eau fera l'objet d'analyse pour les paramètres suivants :

- Température (sur site), pH (sur site), conductivité (sur site), potentiel d'oxydo-réduction (sur site), teneur en oxygène dissous (sur site),
- Teneur en fer dissous et teneur en fer total,
- Teneur en manganèse,
- Teneur en sulfates,
- Titre alcalimétrique, titre alcalimétrique complet et titre hydrotimétrique,
- Teneur en bactéries ferrugineuses, teneur en bactéries sulfato-réductrices et teneur en bactéries thio-réductrices.

Chaque année ; deux prélèvements pour analyse d'eau (**un en sortie du forage de pompage et un à l'arrivée sur le forage d'injection**) seront réalisés. Les analyses à réaliser porteront sur les paramètres indiqués ci-avant et comprendront en plus : Ca, Mg, Na, K, Fe, Cu, Zn, Mn, Al, CO₃, HCO₃, Cl, S0₄, NO₃, NO₂, PO₄, équilibre calco carbonique.

Les résultats d'analyses seront interprétés et comparés avec le suivi des paramètres physiques afin de détecter d'éventuels dysfonctionnements et dérive du fonctionnement de la boucle géothermale.

Chaque année, un bilan exhaustif de l'intégralité des données acquises (mesures automatiques, mesures manuelles, résultats d'analyses) devra être effectué et une interprétation détaillée de l'évolution des paramètres suivis sera réalisée afin de détecter d'éventuels dysfonctionnements et dérive du fonctionnement de la boucle géothermale et de préconiser les adaptations adéquates.

Ce suivi pourra être réadapté si une dérive des paramètres physico-chimiques est constatée.

CONTROLES ANNUELS

Une fois par an, lors des périodes d'arrêt du dispositif, le responsable de la maintenance procédera à un contrôle complet du fonctionnement du dispositif.

Ce contrôle consistera en :

- Un contrôle du bon fonctionnement du clapet anti-retour de la pompe,
- Un examen visuel de l'état de la tête des colonnes d'exhaure et d'injection, des tuyaux accessibles (traces de corrosion, dépôts intérieurs ou extérieurs), des filetages et raccords ;
- Examen de la stabilité et de l'étanchéité de la tête des puits (capot avec bride, contre bride, joint d'étanchéité, presse-étoupes étanches) et des ouvrages de génie civil dans lesquels sont aménagées les têtes de puits ;
- La réalisation d'un essai de débit par paliers enchaînés, afin de mesurer la productivité du forage de production pour la comparer avec la productivité initiale et déceler un éventuel colmatage. Dans le forage d'injection, il faudra procéder également à un essai d'injection par paliers. Si ces essais ne sont pas réalisés, il est possible d'utiliser les enregistrements(débits, niveaux) pour apprécier la productivité du forage de production et l'injectivité pour le forage d'injection.

En cas de remontée de pompe, il faudra vérifier l'état de la colonne d'exhaure et des raccords et mesurer le fond du forage ;

Le responsable de la maintenance tiendra à jour un cahier d'entretien précisant pour chaque opération de contrôle : la date d'intervention, le type de contrôle effectué et les constats réalisés. Pour les interventions confiées à un tiers, la raison sociale de l'entreprise sera consignée.

3. Opérations de réhabilitation non programmées des forages sur nappe

Une opération de réhabilitation réalisée par une entreprise spécialisée et / ou la mise en place d'un traitement spécifique devra obligatoirement être mise en œuvre dans les cas suivants :

- Venues de sable ;
- Comblement progressif du forage ;
- Baisse de la productivité ou de l'injectivité des forages atteignant en absolu environ 30% de sa capacité initiale (à vérifier par les essais par paliers réalisés annuellement) ou jugée trop rapide pour un pas de temps donné.

Une baisse de productivité importante traduit un colmatage progressif du forage qu'il faudra traiter rapidement pour que la réhabilitation soit la plus efficace possible.

En cas de colmatage avéré, un diagnostic de l'état de l'ouvrage devra être confié à une entreprise spécialisée qui définira un programme de réhabilitation ou de traitement en fonction des problèmes constatés (inspection caméra, traitement chimique et/ou mécanique...).

A la fin de l'intervention, l'entreprise désignée devra mesurer l'efficacité des travaux en réalisant un essai par paliers de réception. Un rapport complet d'intervention devra être fourni. L'intervention sera consignée dans le cahier d'entretien, tout comme tout changement éventuel d'une partie de l'équipement du forage (pompes, colonnes...).



2.2.2. Cas du champ de sondes géothermiques

Le présent document constitue les préconisations de suivi du champ de sondes et s'applique d'une manière générale.

Paramètre	Consigne
Débit de circulation	Entre X et Y m ³ /h
Température aller (production de chaleur)	X °C minimum
Température retour (injection de chaleur)	Y °C maximum

1. Recommandations sur l'exploitation du dispositif

Le responsable de l'exploitation du dispositif devra veiller :

- À prendre connaissance et à conserver les documents caractérisant le champ de sondes géothermiques (rapport de réception : coupe technique,) ainsi que le plan de localisation des sondes ;
- À exploiter le champ de sondes géothermiques conformément aux préconisations (débit de circulation, température retour dans le champ de sondes).

2. Dispositif de suivi et contrôle des paramètres de la boucle géothermale

Le but recherché par les suivis décrits ci-après est le suivant :

- Connaître la température des eaux (pompées et rejetées) et leur évolution dans le temps ;
- Anticiper toute évolution de température,
- Détecter toute fuite sur le réseau primaire.

CONTROLE AUTOMATIQUE CONTINU

Le responsable de la maintenance devra veiller à ce que soient stockées et enregistrées au niveau de la GTC les mesures des paramètres suivants :

- Température aller et température retour du champ de sondes,
- Energie extraite du sous-sol,
- Energie injectée dans le sous-sol,
- Débit de circulation dans les sondes,
- Pression sur le circuit primaire.

Rappelons que chaque dispositif de suivi (compteurs (débitmètre), enregistreurs automatiques des températures,) sera relié à la GTC pour le suivi et l'enregistrement des paramètres de fonctionnement du dispositif et la détection d'anomalies sur les courts, moyens et longs termes.

A fréquence trimestrielle, l'intégralité des données enregistrées au niveau de la GTC sera téléchargée et stockée sur un support informatique fiable et adéquat. Ces données seront alors compilées dans un tableau récapitulatif

Des graphiques représentant l'évolution temporelle des différents paramètres seront réalisés et interprétés afin d'identifier toute dérive ou toute tendance anormale du dispositif (dérive de température, évolution de l'énergie produite et injectée).

Le responsable de l'exploitation vérifiera par ailleurs trimestriellement la validité des mesures ; le bon fonctionnement des appareils de mesure devra être contrôlé tous les trois mois par des mesures manuelles (thermomètre doigt de gant).

La date d'intervention, le type de contrôle effectué et les constats réalisés, relatifs à l'exploitation seront consignés par écrit dans un document spécifique (cahier de suivi de l'exploitation).

CONTROLE MANUEL COURANT EN EXPLOITATION

Un suivi manuel régulier devra être mis en œuvre en plus du suivi automatique continu.

Suivi des paramètres physiques de la boucle géothermale :

Ce suivi concerne la mesure trimestrielle des paramètres suivants (les mesures seront effectuées lorsque le dispositif est en exploitation) :

- Débit de circulation boucle primaire,
- Températures amont et aval échangeur,
- Pression sur le circuit primaire.

La mesure de la température et pressions sera effectuée à l'aide d'appareils de mesure manuelle autres que les appareils de mesures reliés à la régulation. L'intégralité des mesures manuelles sera consignée dans un document écrit spécifique puis comparées aux mesures enregistrées dans la régulation afin de détecter d'éventuels dysfonctionnements des appareils de mesure (dérive dans le temps).

L'évolution des paramètres mesurés (mesures manuelles et automatiques) sera analysée et interprétée afin de détecter d'éventuels dysfonctionnements et dérives des paramètres de la boude géothermale.

La date d'intervention, le type de contrôle effectué et les constats réalisés, relatifs à l'exploitation seront consignés par écrit dans un document spécifique (cahier de suivi de l'exploitation).

Le suivi trimestriel pourra être espacé si les premières mesures sont parfaitement cohérentes avec les mesures automatiques (aucune dérive des appareils constatée).

CONTROLES ANNUELS

Une fois par an le responsable de la maintenance procédera à un contrôle complet du fonctionnement du dispositif.

Ce contrôle consistera en :

- Un contrôle de la mesure du point de congélation dans le circuit primaire,
- La mise en œuvre si nécessaire de l'ajout de monopropylène glycol en fonction de la mesure précédente,
- Un examen visuel de l'état des raccords au niveau du (ou des) collecteur(s).

MAINTENANCE TOUS LES DIX ANS

Tous les dix ans, une maintenance de la boucle primaire doit être réalisée par une entreprise spécialisée, elle portera sur :

- La purge totale de la boucle primaire avec de l'eau claire,
- Le remplissage de la totalité du circuit avec de l'eau ou du monopropylène glycol dilué.

Un rapport complet d'intervention devra être fourni. L'intervention sera consignée dans le cahier d'entretien.



2.2.3. Cas des Pompes A Chaleur

Sont réputées incluses dans le poste "P2" toutes les opérations faisant l'objet des annexes du *GUIDE DE REDACTION DES CLAUSES TECHNIQUES DES MARCHES PUBLICS D'EXPLOITATION DE CHAUFFAGE AVEC OU SANS GROS ENTRETIEN DES MATERIELS ET AVEC OBLIGATION DE RESULTAT* approuvé par la décision n° 2007-17 du 4 mai 2007 du comité exécutif de l'Observatoire Economique de l'Achat Public, dans la mesure où :

- Elles concernent des matériels et équipements existants réellement sur l'installation
- Elles ne sont pas contredites ou complétées par le contrat d'exploitation, qui constitue un document prioritaire

Ces dispositions sont complétées dans le contrat d'exploitation par des opérations propres aux installations objets du contrat, qui seront assurées en conformité avec les textes réglementaires en vigueur.

De manière générale, l'exploitant est tenu de respecter les contraintes propres au Maître d'Ouvrage et ses établissements, les Règlements d'Hygiène et de Sécurité, le Code du Travail et la réglementation propre à l'exécution de ses prestations.

1. Vérifications et relevés

Deux fois par an*, les vérifications à effectuer sur le circuit de la pompe à chaleur portent sur :

- Vérification du bon fonctionnement de la pompe à chaleur
- Vérification des connexions électriques
- Vérification des régulations
- Fonctionnement des voyants et des dispositifs de contrôle et d'alarme
- Niveau d'huile, de la pression de fonctionnement des intensités de démarrage et nominale
- Contrôle visuel de l'ensemble
- Contrôle auditif de l'ensemble
- Vérification et resserrage des vis et écrous
- Contrôle du liquide antigel
- Etat d'encrassement des filtres (contrôle visuel et pertes de pression)
- Contrôle des purges et présence d'air dans les réseaux hydrauliques

Ces visites permettent un entretien préventif de :

- La charge en fluide frigorigène et de l'étanchéité du circuit
- Le réglage du détendeur
- Les réglages de sécurité (HP, BP, vanne d'inversion de cycle)

Conformément à l'arrêté du 29 février 2016, le contrôle de l'étanchéité du circuit frigorigène de la pompe à chaleur devra être effectué obligatoirement selon les modalités suivantes :

CATÉGORIE DE FLUIDE	CHARGE EN FLUIDE FRIGORIGÈNE DE L'ÉQUIPEMENT	PÉRIODE DES CONTRÔLES en l'absence de dispositif de détection de fuites (*)	PÉRIODE DES CONTRÔLES si un dispositif de détection de fuites (*) est installé
HCFC	2 kg ≤ charge < 30 kg	12 mois	
	30 kg ≤ charge < 300 kg	6 mois	
	300 kg ≤ charge	3 mois	
HFC, PFC	5 t.éq.CO2 ≤ charge < 50 t.éq.CO2	12 mois	24 mois
	50 t.éq.CO2 ≤ charge < 500 t.éq.CO2	6 mois	12 mois
	500 t.éq.CO2 ≤ charge	3 mois	6 mois

(*) Dispositif de détection de fuites respectant les prescriptions de l'article 3 du présent arrêté.

Cette vérification est obligatoire et ne peut être effectuée que par une entreprise qualifiée Reconnu Garant de l'Environnement (RGE) respectant la réglementation existante.

Des relevés des paramètres de fonctionnement seront effectués à chaque visite :

- Hauteur manométrique des pompes
- Pertes de pression au niveau des échangeurs
- Températures amont / aval de la Pompe A Chaleur côté évaporateur
- Températures amont / aval de la Pompe A Chaleur côté condenseur
- Relevé des compteurs : énergie, débits, puissance instantanée

2. Gamme de maintenance

La gamme de maintenance suivante pourra être utilisée. L'exploitant devra en outre se conformer aux gammes des constructeurs dans le cadre d'installations sous garantie.

Tâches à réaliser	SB	M	T	S	A	Observations
Contrôle de la disponibilité				P		Pour toute intervention sur le circuit frigorifique remplir une fiche d'intervention sur circuit frigorifique
Contrôle des pressions HP / BP				P		
Relevé des températures d'eau en entrée/ sortie de l'évaporateur				P		
Relevé des températures d'eau en entrée/ sortie du condenseur				P		
Contrôle du niveau d'huile				P		
Contrôle de la régulation				P		
Contrôle des pressostats HP/BP				P		
Contrôle de la sonde d'eau condenseur/évaporateur				P		
Contrôle du thermostat antigel				P		
Contrôle du réglage du détendeur				P		
Contrôle de l'intensité des compresseurs				P		
Contrôle de l'isolement des compresseurs				P		
Remplacement du déshydrateur	P					
Contrôle de l'acidité de l'huile				P		
Contrôle des plots antivibratiles					P	
Contrôle des manchons de dilatation					P	
Contrôle de l'état des calorifuges					P	
Contrôle des connexions électriques					P	
Mesure des performances				P		



Contrôle étanchéité éléments constituant le confinement des fluides frigorigènes >2 Kg					P	Remplir le certificat de recherche de fuite annuelle
----------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--	----------	------------------------------------------------------

P:Préventif / SB : Selon besoin / M : Mensuel / T : Trimestriel / S : Semestriel / A : Annuel

Les vérifications nécessitant que l'installation soit à l'arrêt pourront avoir lieu en dehors de la saison de chauffe.

*La fréquence d'entretien de la Pompe A Chaleur pourra être ramenée à une périodicité annuelle pour le cas de petites installations (produisant par exemple moins de 100 MWh / an).

3. Contenu du livret de chaufferie

3.1. Objectifs

Le livret de chaufferie ou du local technique abritant la centrale de production d'énergie est un élément important pour les utilisateurs et les techniciens de maintenance. Il permet de :

- connaître sa chaufferie
- consigner à la fois :
 - les relevés périodiques réalisés lors des visites mensuelles
 - les rapports annuels de visite,
 - les incidents,
 - les réparations
 - etc...

L'exploitant établira et tiendra à jour un carnet réglementaire pour la chaufferie et les équipements techniques qu'il a en charge, sur lesquels seront portées toutes interventions et observations, ainsi que le carnet sanitaire pour les installations concernées. Ces documents seront laissés dans les locaux concernés et pourront être consultés à tout moment par les représentants du Maître d'Ouvrage.

A chaque visite, le personnel d'intervention de l'exploitant mentionne sur les documents d'entretien l'essentiel de la visite effectuée.

Il atteste que les opérations systématiques prévues ont bien été effectuées à son initiative en mentionnant les dates de ces interventions. Il porte ses observations telles que: anomalies constatées, usure de certains organes, risque de détérioration, etc..., et les suites qu'il convient de leur donner.

3.2. Exemple de sommaire d'un livret de chaufferie

- Présentation de la chaufferie
 - Identification de la chaufferie / du local technique
 - Données globales sur la chaufferie et contacts
 - Descriptif de la chaufferie (et documentations techniques en annexe)
- Bases d'exploitation de la chaufferie / de la centrale de production
 - Mode d'exploitation (allumage, relève des compteurs...)
 - Modalités de surveillance des équipements (forages, pompes, PAC...)
 - Consignes de sécurité particulières le cas échéant
 - Liste du personnel habilité
- Rapport des contrôles périodiques
 - Contrôles hebdomadaires / mensuels et relevés des index
 - Contrôles réglementaires dans le cadre des climatisations, PAC réversibles supérieures à 12 kW ou puissance supérieure à 400 kW
 - Résultats des contrôles annuels (forages, pompes, PAC...)
- Grandes lignes de la vie de la chaufferie
 - Nettoyages
 - Modifications
 - Réparations
 - Incidents
- Annexes
 - Extraits des principaux textes réglementaires relatifs à l'utilisation de l'énergie géothermique (fuite, rechargement, décret 2010...)



3.3. Exemples de tableaux de suivi

3.3.1. Cas des forages sur nappe

Date, Heure:min					
Niveau Forage de production					
Niveau Forage d'injection					
Température amont échangeur					
Température aval échangeur					
Pression amont filtre					
Pression aval filtre					
Débit forage de production					
Fréquence, Intensité, tension pompe LPR1					
Débit forage d'injection					
Volume Forage de production					
Volume Forage d'injection					

3.3.2. Cas du champ de sondes

Date, Heure:min					
Débit de circulation dans les sondes					
Température entrée sondes					
Température sortie sondes					
Energie extraite ou injectée dans les sondes					
Pression circuit primaire					

3.3.3. Cas des Pompes A Chaleur

Date, Heure:min					
Charge fluide frigorigène PAC					
Intensité et Tension PAC					
Débit évaporateur					
Température amont PAC côté évaporateur					
Température aval PAC côté évaporateur					
Débit condenseur					
Température amont PAC côté condenseur					
Température aval PAC côté condenseur					
Puissance PAC					
Index compteurs « Energie »					
Index compteurs « Electrique »					
Fréquence, Intensité, tension pompe évaporateur					
HMT pompe évaporateur					
Fréquence, Intensité, tension pompe condenseur					
HMT pompe condenseur					
Pression amont/aval échangeur					
Index compteur eau					



3.3.4. Anomalies

Date, Heure:min	Anomalie et/ou alertes	Nature	Action mise en œuvre

3.3.5. Interventions

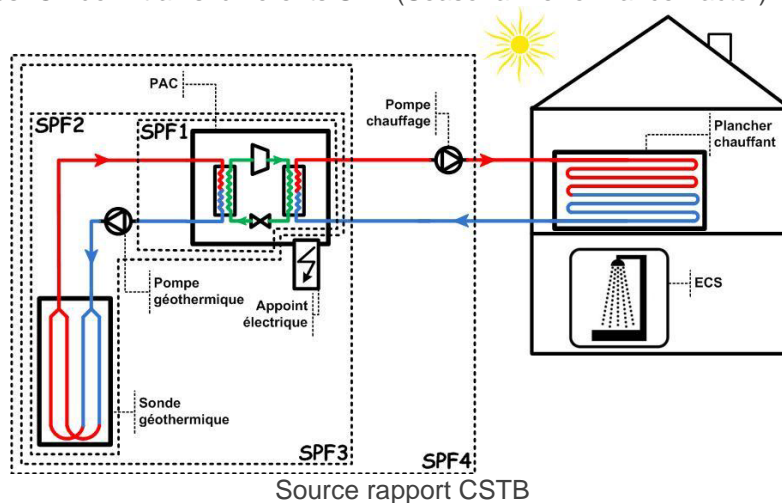
Date, Heure:min	Nature	Observations

4. Bilan de suivi des performances

4.1. Performances énergétiques

Période (mois, année)	Consommation énergie géothermale	Chaleur produite PAC	Electricité consommée PAC	Electricité consommée Pompes	SPF 1 PAC	SPF 2	Consommation appoint	Taux de couverture géothermie
MM/AA	MWhth	MWhth	MWhe	MWhe			MWhth	%

Les Performances énergétiques réelles de l'installation peuvent être déterminées selon le périmètre des équipements considérés. On définit ainsi différents SPF (Seasonal Performance Factor) :



Source rapport CSTB

$$SPF1 \text{ PAC} = \frac{\text{Chaleur produite PAC}}{\text{Electricité consommée PAC}}$$

$$SPF2 = \frac{\text{Chaleur produite PAC}}{\text{Electricité consommée PAC} + \text{Electricité consommée Pompes}}$$

$$\text{Taux de couverture géothermie} = \frac{\text{Chaleur produite PAC}}{\text{Chaleur produite PAC} + \text{Chaleur produite appoint}}$$



4.2. Performances économiques

Nom	Unité	Valeur annuelle	Evolution
Production de chaleur annuelle	MWh		
Production de chaleur PAC géothermique	MWh		
Consommation d'électricité annuelle	MWh		
Coût électricité annuel	€ / an		
Consommation énergie d'appoint (gaz, fioul, etc.) annuelle	MWh		
Coût énergie appoint annuel (gaz, fioul etc.)	€ / an		
Total Coût P1 ¹ annuel	€ / an		
Coût P2 ² annuel	€ / an		
Coût P3 ³ annuel	€ / an		
Coût amortissement installation (P4) annuel	€ / an		
Coût de la chaleur	€ / MWh		

4.3. Indicateurs globaux

Nom	Unité	Valeur annuelle	Evolution
Nombre d'heures de fonctionnement	h		
Nombre d'heures d'interruption du service	h		
Taux d'interruption du service	%		
Taux de couverture géothermie	%		
Taux EnR (hors électricité)	%		
Poids CO2	Kg/kWh		
Consommation d'eau	m3		
Nombre d'appels / réclamations	-		
Nombre d'anomalies constatées	-		

¹ P1 : dépenses liées aux consommations énergétiques

² P2 : frais annuels de conduite et de petit entretien

³ P3 : frais annuels de gros entretien et réparation

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, les économies de matières premières, la qualité de l'air, la lutte contre le bruit, la transition vers l'économie circulaire et la lutte contre le gaspillage alimentaire.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de la Transition Ecologique et Solidaire et du ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

<https://www.ademe.fr/>

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous un regard.



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.



BOITE A OUTILS TECHNIQUES GÉOTHERMIE DE SURFACE (ou GÉOTHERMIE TRÈS BASSE ENERGIE)

EXPLOITATION

Le présent document a pour objectifs de présenter :

- Les recommandations en termes d'exploitation, d'entretien et de maintenance des installations de géothermie sur nappe et sur champ de sondes
- Le contenu type d'un contrat d'entretien et de maintenance
- Ainsi que les tableaux de suivi des principaux équipements des installations.

L'entretien des ouvrages de géothermie est d'une importance capitale ; elle est de la responsabilité du Maître d'Ouvrage.



www.ademe.fr

