

Rapport final, 18 décembre 2015

# Rapport «Check-list»

Renouvellement d'une pompe à chaleur géothermique : check-list des points importants à respecter

## **Impressum**

### **Mandant**

Rita Kobler, Office de l'énergie, Mühlestrasse 4, 3063 Ittigen

### **Mandataire**

André Freymond, PAC'info Sàrl, Rue du Four 11, 1400 Yverdon-les-Bains

### **Auteur**

André Freymond, PAC'info Sàrl

### **Groupe de travail**

Martin Bochud, GeoAzimut Sàrl

Walter Eugster, Polydynamics Engineering

Daniel Pahud, HEIG-VD

Pascal Moennat, Groupe E Connect SA

Michael Zurkinden, Geotherm SA

La présente étude a été élaborée pour le compte de SuisseEnergie. La responsabilité du contenu incombe exclusivement aux auteurs.

### **Adresse**

PAC'info Sàrl, Rue du Four 11, CH-1400 Yverdon

Tél. 025 426 02 10, Fax 024 426 02 12, info@pacinfo.ch, [www.pacinfo.ch](http://www.pacinfo.ch)

# Contenu

<b>1</b>	<b>Préambule .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Informations à relever sur l'ancienne installation .....</b>	<b>4</b>
2.1	Indications relatives à la pompe à chaleur .....	4
2.2	Indications relatives à la/aux sonde-s géothermique-s.....	5
2.3	Indications relatives au bâtiment .....	5
<b>3</b>	<b>Interprétations des informations relevées au chapitre 2 .....</b>	<b>5</b>
3.1	Informations relatives à la pompe à chaleur .....	5
3.2	Informations relatives à la/aux sonde(s) géothermique(s).....	6
3.3	Informations relatives au bâtiment.....	7
<b>4</b>	<b>Calcul du bilan thermique.....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Révision du captage.....</b>	<b>9</b>
5.1	Cas 1 : pas de surexploitation, nouvelle puissance frigorifique identique ou inférieure à l'ancienne. ....	9
5.2	Cas 2 : nouvelle puissance frigorifique supérieure à l'ancienne.....	9
5.3	Cas 3 : signe de surexploitation .....	10
<b>6</b>	<b>Astuces pour limiter le rajout de sonde(s), voire l'éviter.....</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>Check-list .....</b>	<b>12</b>

# 1 Préambule

Nous arrivons dans une période où le renouvellement d'une pompe à chaleur (PAC) géothermique est une opération de plus en plus fréquente. Une sonde géothermique a une durée de vie de plus de 50 ans, contre une vingtaine pour la pompe à chaleur. Une même sonde verra donc plusieurs générations de PAC se succéder. Pour que l'installation complète garde son efficacité, plusieurs points doivent impérativement être passés en revue avant de procéder au remplacement de la PAC existante par une nouvelle. Ces prescriptions sont décrites dans ce rapport, et une check-list synthétique de ces prescriptions est fournie au chapitre 7.

## 2 Informations à relever sur l'ancienne installation

Trois catégories d'informations sont à relever afin d'appréhender au mieux la situation. Ces informations, même lacunaires, serviront à dimensionner la nouvelle pompe à chaleur de la manière la plus juste possible et à déterminer les mesures à prendre pour assurer un futur captage pérenne. Elles fourniront de précieuses informations sur le fonctionnement de l'installation (durée de fonctionnement, puissance, consommation électrique, défauts éventuels, etc.) et permettront de calculer la future puissance thermique à installer.

Les catégories concernent les trois composantes principales d'une installation avec sondes géothermiques, soit :

- La pompe à chaleur
- La sonde géothermique
- Le bâtiment

Les points à relever selon ces trois catégories sont décrits aux chapitres suivants. Ils figurent sous forme de check-list à compléter au chapitre 7.

### 2.1 Indications relatives à la pompe à chaleur

Les informations suivantes sont à relever de la manière la plus complète possible:

- Puissance thermique et COP de la PAC existante
- Année de mise en service
- Heures de fonctionnement annuel
- Type de compresseur
- Consommation électrique de la PAC

- Présence d'un corps de chauffe électrique d'appoint. Le cas échéant, sa puissance, son point de bivalence et son nombre d'heures de fonctionnement annuel
- La température de distribution à la température extérieure, selon le cahier technique SIA 2028

## **2.2 Indications relatives à la/aux sonde-s géothermique-s**

Les informations suivantes sont à relever de la manière la plus complète possible :

- Caractéristiques des sondes existantes : nombre, longueur, espacement, emplacement, diamètre, type de caloporteur.
- Température minimale du caloporteur à l'entrée de la PAC en plein hiver.
- Constats éventuels de gel sur les tuyaux de captage ou les collecteurs, de déformation ou d'affaissement du sol.
- Lorsque le temps à disposition et les moyens le permettent, poser un datalogger pour enregistrer de manière continue les températures de sondes et des départs et retour de chauffage pendant les mois les plus froids.

## **2.3 Indications relatives au bâtiment**

Les informations suivantes sont à relever de la manière la plus complète possible :

- Eventuelles modifications antérieures ou prévues du bâtiment : agrandissement, remplacement de fenêtres, isolation du toit, des façades, des plafonds de caves, agrandissement du circuit de chauffage dans certains locaux.
- Eventuelles augmentations de consommation de chaleur prévues, liées à d'autres points.

# **3 Interprétations des informations relevées au chapitre 2**

## **3.1 Informations relatives à la pompe à chaleur**

La puissance de la PAC est souvent trop élevée (surdimensionnement). Il faut calculer la puissance thermique à installer selon les données relevées. Si le COP et la puissance électrique du compresseur sont connus, la puissance thermique de la PAC peut être calculée en multipliant ces deux facteurs. Si la puissance électrique du compresseur n'est pas connue, elle peut être estimée en fonction de l'année de mise en service et du constructeur.

L'année de mise en service donne de précieuses informations. Elle permet d'estimer le COP de la PAC et la température de distribution s'ils ne sont pas connus. Si elle coïncide avec l'année de construction de la maison, elle permettra aussi d'appréhender la qualité de la construction et les

valeurs U des fenêtres. Ceci afin de déterminer une puissance de chauffage par  $m^2$  de surface de référence énergétique (SRE). (Voir tableau 3).

Le nombre d'heures annuel de fonctionnement permettra quant à lui de calculer l'énergie consommée ou fournie par la PAC. C'est également une information importante pour déterminer si la PAC actuelle est surdimensionnée ou non. (Voir tableau 1)

Si les consommations énergétiques annuelles de la PAC et des composants de l'installation sont connus, alors il suffit de les multiplier par le COPA (COP annuel) estimé de l'installation pour obtenir l'énergie totale fournie par la PAC. En divisant ce résultat par le nombre d'heures de fonctionnement à pleine charge (avec ou sans l'ECS selon qu'elle était ou non produite avec l'ancienne PAC), on obtient alors la puissance de chauffage. Si l'ECS n'était pas produite avec l'ancienne PAC, il faudra la rajouter dans le calcul de puissance de chauffage de la nouvelle installation. Et si dans l'installation existante, l'ECS est produite électriquement, alors il faudra prévoir de la produire avec la future PAC (loi sur l'énergie des cantons et MoPEC 2014). Il est aussi possible de produire cette ECS de façon indépendante avec un chauffe-eau pompes à chaleur ou avec des panneaux solaires ou une combinaison des deux. D'autre part, si seule la consommation totale du bâtiment est connue, il faudra en déduire la consommation supposée du ménage et de l'ECS, si cette dernière est produite électriquement, avant de procéder au calcul de la puissance de chauffage.

La présence éventuelle d'un corps de chauffe électrique a des conséquences sur le nombre d'heures de fonctionnement et la puissance de la future PAC. Un corps de chauffe électrique est actuellement autorisé uniquement en secours (en-dessous de la température extérieure de dimensionnement selon cahier technique SIA 2028). Cela est à prendre en compte lors du calcul de la puissance de la nouvelle PAC. Ce corps de chauffe sera à régler dans la future installation en mode secours uniquement. Quant à son nombre d'heures de fonctionnement, cela aura une incidence plus ou moins importante sur la puissance de la future PAC puisqu'il ne sera plus possible d'assurer un complément électrique. (Uniquement en mode secours, soit en-dessous de la température extérieure de dimensionnement selon le cahier technique SIA 2028).

Enfin, la température de distribution aura une incidence sur le choix de la puissance de la future PAC.

### **3.2 Informations relatives à la/aux sonde(s) géothermique(s)**

S'il s'avère indispensable de rajouter une ou des sondes, il est important de connaître les caractéristiques de la ou des sondes existantes, afin d'appréhender au mieux les critères de choix des nouvelles sondes.

La température du caloporteur à l'entrée de la PAC permet de s'assurer que la ou les sondes existantes ne sont pas sous-dimensionnées. Si la température à l'entrée de la PAC est régulièrement et durablement en-dessous de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ceci indique qu'il faudra envisager de refaire une ou plusieurs sondes. Il en va de même si du gel apparaît sur les tuyaux de captage ou les collecteurs, ou que des mouvements de terrain sont observés au-dessus des tuyaux de liaison entre sonde(s) et bâtiment.

La pause d'un datalogger permettra de calculer avec plus de précision et d'assurance la puissance thermique de la nouvelle PAC.

### 3.3 Informations relatives au bâtiment

Si des modifications du volume ou de l'enveloppe du bâtiment ont eu lieu ou sont prévues, tout comme si des besoins accrus en chauffage sont prévus, il faudra en tenir compte et adapter le calcul de la nouvelle puissance de chauffage, car ces modifications peuvent impliquer des changements de consommation du bâtiment.

## 4 Calcul du bilan thermique

Pour assurer un futur captage pérenne pour les 20 à 30 années suivantes avec la nouvelle pompe à chaleur, il faut faire un bilan thermique (évaluation) du bâtiment selon les diverses méthodes de calcul connues en tenant compte d'éventuels futurs besoins. Ce calcul est rendu possible grâce aux informations relevées au chapitre 2. Les tableaux 1 à 4 ci-après sont une aide complémentaire pour faciliter le calcul des besoins thermiques de la future installation.

Tableau des heures de fonctionnement pour une température ambiante de 20 °C			
Besoins	Type de bâtiment	Situation	Heures à pleine charge
			$t_{pl.ch}$ [h/a]
Chauffage avec réduction nocturne en fin de semaine	Ecole, industrie, commerce, bureau	Plateau Suisse	1900
		Au-dessus 800 m	2100
Chauffage sans ECS	Maison d'habitation	Plateau Suisse	2000
		Au-dessus 800 m	2300
Chauffage avec ECS	Maison d'habitation	Plateau Suisse	2300
		Au-dessus 800 m	2500

Tableau 1 : Heures de fonctionnement pour une température ambiante de 20 °C. (Les heures à pleine charge données dans ce tableau sont à pondérer par rapport à l'altitude.)

Source : cours de formation Partenaire GSP Certifié, 2015.

### Calcul de la puissance de chauffage en fonction de la consommation d'électricité de l'ancienne installation avec ou sans l'ECS

$\dot{Q}_h = \frac{E_a * COPA}{t_{pl.ch.}}$	$\dot{Q}_h$	Puissance de chauffage de la future installation	[kW]
	$E_a$	Consommation d'électricité annuelle de l'ancienne installation (chauffage ou chauffage + ECS)	[kWh]
	$COPA$	Coefficient de performance annuelle de l'ancienne installation (rarement au-dessus de 3, pour des installations de plus de 20 ans)	[-]
	$t_{pl.ch.}$	Heures de fonctionnement à pleine charge selon tableau 1	[h]

Tableau 2 : calcul de la puissance de chauffage en fonction de la consommation d'électricité.

Source : modifié d'après le cours de formation Partenaire GSP Certifié, 2015.

Si un délestage de l'alimentation de la future PAC est effectif ou prévu, rajouter 5% de puissance par heure de délestage.

### Tableau de la puissance spécifique du chauffage par rapport à la SRE

Type de construction	Valeur de référence
Maison ancienne pas isolée	80 à 100 W/m <sup>2</sup> an
Maison ancienne mal isolée ou disposant de mur épais en moellons	50 à 70 W/m <sup>2</sup> an
Maison ancienne correctement isolée (par ex. tout électrique)	40 à 50 W/m <sup>2</sup> an
Immeuble abritant des activités de services mal isolé	60 à 80 W/m <sup>2</sup> an
Nouvelle construction selon SIA 380/1 antérieure à 2009	30 à 40 W/m <sup>2</sup> an
Nouvelle construction selon SIA 380/1 postérieure à 2009	20 à 30 W/m <sup>2</sup> an

Tableau 3 : puissance spécifique du chauffage par rapport à la SRE (surface de référence énergétique)

Source : modifié d'après le cours de formation Partenaire GSP Certifié, 2015.

### Calorimétrie selon SIA 384/201 plus production de l'ECS

Pour autant que les plans de la maison soient disponibles ! Ou selon relevés.

Tableau 4 : calorimétrie.



## 5 Révision du captage

Après avoir calculé la nouvelle puissance thermique du bâtiment selon le point 4, le choix de la nouvelle PAC se fera en conséquence. La température de distribution requise pour assurer le 100% du chauffage est également à prendre en considération pour choisir la PAC. Si l'installation est en mode bivalent, les critères de choix de la PAC et le point de bivalence sont à définir avec le maître d'ouvrage.

Une fois la nouvelle PAC sélectionnée, la mise en conformité du captage sera basée sur la puissance frigorifique de la PAC et sur d'éventuels signes de surexploitation du captage existant. Trois cas de figure peuvent se présenter :

### 5.1 Cas 1 : pas de surexploitation, nouvelle puissance frigorifique identique ou inférieure à l'ancienne.

Si le captage actuel ne présente aucun signe de surexploitation (gel de la sonde et/ou des collecteurs) et pour autant que la puissance frigorifique de la nouvelle PAC soit égale ou inférieure à l'ancienne, il suffit de bien rincer l'installation à l'eau du réseau et d'y introduire ensuite un nouveau liquide caloporteur adapté (eau déminéralisée + glycol) avant de raccorder la nouvelle PAC. Attention, s'il y a un nombre d'heures de fonctionnement qui augmente à cause d'une production d'eau chaude sanitaire en supplément, il faudra déduire de la puissance frigorifique de la nouvelle PAC la puissance nécessaire pour produire cette ECS. Sans cela, l'énergie soutirée par mètre de sonde et par année va augmenter par rapport à la situation initiale et engendrer une surexploitation de la ou des sondes.

### 5.2 Cas 2 : nouvelle puissance frigorifique supérieure à l'ancienne

Si la puissance frigorifique de la nouvelle PAC est supérieure à l'ancienne installation, il faut envisager de refaire une ou plusieurs sondes géothermiques en complément de celle(s) déjà en place. Dans ce cas, il faut :

- I. Etablir un calcul de la longueur de la ou des sondes selon SIA 384/6.
- II. Bien rincer l'installation existante à l'eau du réseau. Le captage existant sera conservé et branché en parallèle avec la(les) nouvelle(s) sonde(s).
- III. Prévoir un ou plusieurs forages complémentaires et brancher la ou les nouvelles sondes en parallèle sur de nouveaux collecteur/distributeur. Il est parfois possible de rallonger ces derniers. (Attention de prévoir un équilibrage des débits si les différences de longueur entre les sondes, y compris les liaisons, dépassent 15% selon SIA 384/6).
- IV. Bien rincer à nouveau toute l'installation à l'eau claire et y introduire un nouveau liquide caloporteur adapté.

### 5.3 Cas 3 : signe de surexploitation

Si le captage actuel présente des signes de surexploitation (gel de la sonde et/ou des collecteurs) et si la puissance frigorifique de la nouvelle PAC est plus grande que l'ancienne, égale ou même inférieure à l'ancienne, il faudra refaire la totalité du captage comme suit :

- I. Etablir un calcul de la longueur de la ou des sondes selon SIA 384/6.
- II. Bien rincer l'installation existante à l'eau du réseau. Le captage existant sera conservé et branché en parallèle avec le nouveau. (Sauf s'il présente des faiblesses mécaniques ou une incompatibilité quelconque avec le nouveau captage).
- III. Brancher la ou les nouvelles sondes en parallèle sur les collecteur/distributeur qui peuvent parfois être simplement rallongés en conservant les anciens.
- IV. Bien rincer à nouveau toute l'installation à l'eau du réseau et y introduire un nouveau liquide caloporteur adapté. (Attention à prévoir un équilibrage des débits si les différences de longueur entre les sondes, y compris les liaisons, dépassent 15% selon SIA 384/6). Il est recommandé de diminuer le débit (par ex. de 50%) dans la ou les sondes existantes surexploitées dans une période transitoire. Une fois celle(s)-ci complètement dégelée, procéder à un équilibrage parfait entre toutes les sondes.

## 6 Astuces pour limiter le rajout de sonde(s), voire l'éviter

Dans certains cas, même si la nouvelle puissance frigorifique est supérieure à l'ancienne et que logiquement il faudrait compléter le captage avec une ou plusieurs sondes, il est possible de limiter, voir d'annuler le rajout de sonde(s) géothermique(s). Pour cela, il faut des compléments de production de chaleur et/ou d'ECS qui agissent sur l'énergie soutirée dans la ou les sondes :

1. Si, pour une villa, seule la part de la puissance supplémentaire pour produire l'ECS nécessite de refaire une sonde, alors, l'ECS peut être produite avec un chauffe-eau PAC ou un kit solaire ou d'autres moyens indépendants de la PAC qui est destinée au chauffage.
2. L'ajout de panneaux solaires thermiques permet de limiter la durée de fonctionnement de l'installation de façon peut-être suffisante pour ne pas dépasser l'énergie annuelle captée par la ou les sondes (80 kWh/a.m<sub>SGV</sub>). Cette dernière valeur peut être inférieure ou supérieure selon la conductivité thermique du terrain. Les informations récoltées selon la check-list du tableau 5 seront précieuses pour appréhender cette valeur.
3. Possibilité d'utiliser le surplus de chaleur thermique solaire en le réinjectant à basse température (max 30°C) dans les sondes via un échangeur intermédiaire. La recharge est modeste et reste bien inférieure à la chaleur annuelle extraite en particulier sur de petites installations (moins de 4 sondes). Il faut faire appel à un spécialiste pour établir un calcul précis sur la base d'un logiciel dédié.

4. S'il y a un chauffage au sol sans vannes thermostatiques ou que celles-ci permettent de maintenir les boucles de chauffage ouvertes en été, procéder à une modification du circuit de captage pour pouvoir rafraîchir en été (free cooling). Le gain thermique du captage n'est pas simple à établir. (Même remarque qu'au point 3 concernant la recharge de petites installations).
5. Installer un aéro-chauffeur qui permettra de recharger les sondes, durant l'entre-saison et en été, de la part d'énergie qui manque en sachant que la recharge est de 40 à 50% inférieure à celle du captage. (Même remarque qu'au point 3 concernant la recharge de petites installations).
6. Combiner tout ou partie des points 2 à 5.
7. Installer en complément une PAC air-eau en mode bivalent alternatif ou bivalent parallèle ou encore bivalent parallèle-alternatif selon les circonstances.
8. Installer, en remplacement de la PAC géothermique, une PAC air-eau. Dans ce cas, se conformer aux directives de l'Office fédéral de l'environnement **pour mettre hors service la ou les sondes existantes. L'OFEV dit en substance ceci : lorsque de tels systèmes sont mis hors service, il faut vidanger le liquide caloporteur et l'éliminer de manière appropriée. Puis les tubes de la sonde sont entièrement remplis avec un matériau durcissant non gélif. L'autorité cantonale qui délivre les autorisations précisera les exigences applicables à la mise hors service et sera informée de la mise hors service de la ou des sondes.**

## 7 Check-list

Le tableau ci-dessous est une check-list des points à passer en revue avant de procéder au remplacement de la pompe à chaleur existante par une nouvelle. L'interprétation des données relevées sur cette check-list est donnée au chapitre 3 du rapport du 18 déc. 2015 "Renouvellement d'une pompe à chaleur géothermique : check-list des points importants à respecter"

Répondre aux questions suivantes :		
<b>Pompe à chaleur</b>		
1	Quelle est la puissance thermique de la PAC existante ?	.....kW
2	Quel est le COP de la PAC existante ?	
3	En quelle année l'installation existante a été mise en service ?	
4	Combien d'heures a-t-elle fonctionné ? (attention compteur parfois limité à 9'999 h, contrôler la plausibilité)	.....h
5	Type de compresseur ? (puissance électrique) .....	.....kW
6	Quelle est la consommation électrique de la PAC, si pas connu, du bâtiment ?	.....kWh/an
7	Y a-t-il un corps de chauffe électrique d'appoint, si oui de quelle puissance ?	.....kW
8	Quel est le point de bivalence du corps de chauffe électrique ?	
9	Quel est le nb. d'heures annuelles de fonctionnement du corps de chauffe électrique ?	.....h
10	Quelle est la température de distribution à la température extérieure selon le cahier technique SIA 2028	.....°C
<b>Sondes géothermiques</b>		
11	Quelles sont les caractéristiques des sondes existantes : le nombre, la longueur, l'espace entre elles, l'emplacement de la ou des sondes, le diamètre des tubes, le type de caloporteur ? (Le foreur ou le service de l'environnement du canton est souvent en mesure de transmettre un certain nombre d'informations manquantes)	Nb..... .....m .....m .....mm .....
12	Quelle est la température min. du caloporteur qui entre dans la PAC en hiver ?	.....°C
13	Le client a-t-il constaté du gel sur les tuyaux de captage ou les collecteurs ?	Oui – Non
14	Le client a-t-il constaté des déformations du sol ou un affaissement du terrain ?	Oui – Non
15	Si vous disposez de suffisamment de temps, poser un enregistreur de données (data logger) pour enregistrer les températures de la ou des sondes ainsi que celles du départ et retour de chauffage les mois les plus froids. Dans la mesure du possible, mesurer également la consommation d'électricité.	
<b>Bâtiment</b>		
16	Y a-t-il eu des modifications de la maison ? (Agrandissement, remplacement de fenêtres, isolation du toit, des façades, des plafonds de cave ou encore un agrandissement ultérieur du circuit de chauffage dans certains locaux)	Si oui, prendre note sur une feuille séparée
17	Est-il prévu des modifications de la maison ? (Mêmes énumération que 15)	Si oui, prendre note sur une feuille séparée
18	Est-il prévu des augmentations de consommation liées à d'autres points que ceux du point 16 ?	Si oui, prendre note sur une feuille séparée

Tableau 5 : check-list pour le renouvellement d'une pompe à chaleur géothermique.