

# CAHIER DES CHARGES

## DEFINITION DES BESOINS ENERGETIQUES, ETUDE DE FAISABILITE GEOTHERMIQUES

### Qualité du rapport exigé :

- Clarté et lisibilité : présentation d'une synthèse pour la prise de décision
- Remise en mains propres avec un rendu oral
- Description détaillée des travaux prévisionnels
- Annexes techniques suffisamment complètes

Cette étude se décompose en trois volets et a pour objectifs de

- préciser la situation de départ, proposer des actions sur l'enveloppe du bâtiment, et définir une situation de référence sur énergie fossile ;
- étudier la faisabilité de solutions de géothermies sur pompe à chaleur et leurs montages techniques et financiers ;
- synthétiser les travaux préconisés.

*Le prestataire doit être qualifié en géothermie au sens RGE-Etudes du terme, par exemple OPQIBI 2013.  
Il devra indiquer explicitement si son offre ne considère qu'une solution entre sondes et nappe (volet 2).*

## 1. Présentation du Projet

Décrire le lieu et l'étendue de l'étude (bâtiments concernés). Préciser quelles sont les différentes entités concernées (commune X, Conseil départemental Y, etc...)

### Volet 1 : Etude thermique et actions sur le bâti

## 2. Etude thermique des bâtiments (Situation actuelle)

*Il s'agit là par une analyse détaillée de bien analyser et recueillir les données relatives aux équipements concernés*

2.1. Équipements énergétiques existants (chaudières, installations de chauffage, ECS, ...)

*Description précise des locaux (zonage reflétant les conditions réelles d'utilisation et d'occupation, état du bâti et des équipements, etc.)*

2.2. Besoins thermiques annuels (chauffage, eau chaude sanitaire, rafraîchissement)

*Comparaison entre les besoins théoriques et les consommations réelles enregistrées sur plusieurs périodes*

2.3. Coûts actuels des consommations d'énergie et de l'entretien des équipements

*Comprend une analyse critique des contrats d'exploitation*

2.4. Puissance nécessaire

2.5. Réalisation de la courbe « monotone de chauffage »

## 3. Actions de réduction des besoins énergétiques

*Il s'agit là de mettre en avant les optimisations et améliorations pouvant être proposées pour limiter ou diminuer les besoins énergétiques des équipements, puis de proposer des solutions en énergie non renouvelable devant servir de base de comparaison pour les énergies renouvelables qui seront étudiées.*

3.1. Précision du périmètre étudié

*Lorsqu'il y a plusieurs bâtiments, il est parfois pertinent de concentrer les travaux sur une partie seulement.*

3.2. Inventaire des travaux visant à une utilisation plus rationnelle de l'énergie (isolation, renouvellements, etc.)

*Définition d'un programme argumenté et chiffré. Pour les bâtiments neufs, BBC voire mieux. Pour l'existant, étiquette C et/ou 15 % d'économies.*

3.3. Inventaire des travaux de raccordement d'autres bâtiments au réseau de chaleur/froid

*Descriptif détaillé et chiffré des travaux de raccordement. Ce point doit être traité lorsque les consommations des seuls bâtiments proposés par le maître d'ouvrage ne permettent pas d'envisager le recours aux énergies renouvelables. Dans l'hypothèse d'une géothermie, une attention particulière sera accordée à la faisabilité de créer un réseau disposant*

de sous-stations et pompe à chaleur par bâtiment, plutôt qu'une production de chaleur centralisée : et ceci notamment dans le cas où les températures des émetteurs de chaleur pourraient différer selon les bâtiments.

3.4. Prise en compte de l'évolution, en plus ou en moins, des besoins thermiques dans les années à venir

#### **4. Définition d'une situation de référence (sur énergie fossile)**

4.1. Synthèse des besoins thermiques après réduction des besoins énergétiques (puissance à installer, besoins thermiques annuels, monotone)

*Il s'agit là de préciser les hypothèses retenues pour le dimensionnement des installations à prévoir (situation intégrant des améliorations ou optimisation retenues par le maître d'ouvrage) suite à un échange avec le maître d'ouvrage*

4.2. Vérification des étiquettes réglementaires

4.3. Chiffrage de la solution de référence avec une énergie non renouvelable

### **Volet 2 : Etude de faisabilité de chauffage en géothermie assistée par pompe à chaleur**

#### **5. Pertinence d'une pompe à chaleur géothermique**

5.1. Type de réseau (s'il y a lieu) : pompe(s) à chaleur centralisée(s) ou distribuées en sous-station

5.2. Dimensionnement en puissance et durée de fonctionnement équivalent pleine puissance

*Dimensionnement de la puissance  $P_{calo}$  pour une pleine puissance et pour une puissance partielle (cf. annexe) ; pour les deux cas, association avec l'énergie annuelle produite et calcul de la durée équivalent pleine puissance.*

*Mettre en exergue explicitement si ces durées sont inférieures à 1000 h/an (risque d'inéligibilité à certaines aides).*

5.3. Températures d'émission

*Indication des températures d'émission pour la pleine puissance et pour la puissance partielle, après travaux du volet 1 ; et s'il y a lieu niveaux de température dans les différents émetteurs (cf. annexe)*

5.4. Génie-Civil (Chaufferie)

*Description des différents travaux nécessaires à la réalisation de la chaufferie (s'il y a lieu) et du matériel à installer, dont appoint (s'il y a lieu)*

5.5. Implantation de l'installation

*Plan incluant les bâtiments à chauffer, la chaufferie, et le réseau de chaleur avec position de la ou des pompe(s) à chaleur ainsi que du ou des « bypass géocooling » (s'il y a lieu)*

#### **6. Dimensionnement des ouvrages souterrains**

##### **6.1. Echangeurs géothermiques verticaux**

6.1.1. Aspects réglementaires

*Régime applicable (notamment minime importance et « coloration réglementaire » vert/orange/rouge)*

6.1.2. Définition de la puissance frigorifique

*Indication de la puissance frigorifique (maximale) de fonctionnement (cf. annexe), pour la pleine puissance et pour la puissance partielle*

6.1.3. Dimensionnement du linéaire

*Détermination de la longueur à forer (cf. annexe), pour la pleine puissance et pour la puissance partielle*

6.1.4. Description des ouvrages

*Profondeur envisagée et prévision de sol rencontré*

6.1.5. Schéma d'implantation

*Plan incluant la disposition des échangeurs verticaux et la liaison vers la chaufferie, pour la pleine puissance et pour la puissance partielle*

6.1.6. Asservissement des auxiliaires

*Préciser les moyens de régulation du circulateur géothermique, la configuration de l'appoint, et la gestion de production de l'eau chaude sanitaire (s'il y a lieu)*

6.1.7. Pertinence d'une sonde test

*Intérêt de réaliser une sonde test et un test de réponse thermique*

## 6.2. Nappe d'eau souterraine

### 6.2.1. Aspects réglementaires

*Régime applicable (notamment minime importance et « coloration réglementaire » vert/orange/rouge)*

### 6.2.2. Définition de la puissance frigorifique

*Indication de la puissance frigorifique (maximale) de fonctionnement (cf. annexe), pour la pleine puissance et pour la puissance partielle*

### 6.2.3. Détermination du débit de pointe

*Détermination du débit nécessaire (cf. annexe), pour la pleine puissance et pour la puissance partielle*

### 6.2.4. Description des ouvrages de forage

*Prévision de sol rencontré, débit indicatif par ouvrage de production, nombre et profondeurs pour la pleine puissance et si pertinent pour la puissance partielle (séparer clairement production et réinjection), matériaux et crépines à utiliser.*

### 6.2.5. Schéma d'implantation

*Plan incluant la disposition des ouvrages (avec précision des écartements) et la liaison vers la chaufferie.*

### 6.2.6. Asservissement des auxiliaires

*Préciser les moyens de régulation de la / des pompes(s) de forage, la configuration de l'appoint, et la gestion de production de l'eau chaude sanitaire (s'il y a lieu)*

### 6.2.7. Pertinence du forage d'essai

*Intérêt de réaliser un forage d'essai, prévision des tests à effectuer (de type : essais par paliers et essais longue durée).*

## 7. Proposition de montage financier et juridique

### 7.1. Plan de financement (emprunt, aides, etc.)

*Comparaison des différentes solutions de financement possibles*

### 7.2. Montage juridique (gestion directe ou déléguée, etc.)

*Description détaillée des différents modes de gestion avec les implications en termes de financements, de TVA, de responsabilités*

## 8. Etude économique

**Comparaison des solutions de géothermie avec la situation de référence.**

### 8.1. Coûts d'Investissement détaillés par poste avec hypothèses de calcul précisées

### 8.2. Coûts de maîtrise d'œuvre, sps (sécurité protection santé), etc.

### 8.3. Coûts d'exploitation (Combustible, Electricité, Entretien, Réparations)

### 8.4. Bilan d'exploitation en coûts globaux actualisés sur 10, 15 et/ou 20 ans, hors subvention

### 8.5. Prise en compte des subventions

### 8.6. Document de synthèse présentant la rentabilité du projet + étude prospective (incidence de l'évolution du prix des énergies fossiles)

*Les différents coûts présentés devront être justifiés par des consultations ou par des expériences connues précisées. Les coûts relatifs à un changement d'émetteurs devront être séparés des coûts de la production par géothermie.*

## 9. Bilan environnemental

Calcul de l'énergie substituée (en MWh/an) et des quantités d'émissions de CO<sub>2</sub> et SO<sub>2</sub> évitées

## 10. Déroulement d'un projet de géothermie

### 10.1. Travaux prévisionnels

### 10.2. Planning de réalisation des projets géothermie

*Ce planning devra préciser au maître d'ouvrage les différentes actions à réaliser avec les délais.*

## **Volet 3 : Synthèse et conclusion**

### **11. Tableau de synthèse**

**Un tableau présentant l'ensemble des éléments étudiés sera proposé afin de permettre au maître d'ouvrage de faire le choix des travaux et de l'énergie à retenir.**

Ce tableau devra reprendre les éléments principaux (investissements, fonctionnement, subvention...) et permettre une comparaison des différentes solutions entre elles en coût global. Le tableau permettra également de vérifier l'éligibilité aux éco-conditions Fonds Chaleur / COT ENR pour une solution telle qu'envisagée à ce stade, à savoir :

- *Atteinte d'une classe énergétique C pour la solution de référence, ou à défaut gain de 15% par des travaux d'économie d'énergie.*
- *Durée « équivalent pleine puissance » supérieure à 1000 h/an (ratio entre l'énergie de chauffage produite par la PAC et sa puissance calorifique nominale).*
- *COP saisonnier (intégrant les consommations de la PAC et celles des auxiliaires « côté sous-sol ») supérieur à 3 dans les conditions de fonctionnement projetées.*
- *Dans le cas d'une opération avec pose d'au moins 1000m de sondes, un test de réponse thermique sera à prévoir obligatoirement. Celui-ci peut s'avérer pertinent pour des longueurs moindres, lorsque l'économie espérée sur la longueur de sondes est supérieure au coût du test de réponse thermique.*
- *Hors COT, prélèvement d'au moins 25 MWh/an d'énergie géothermique (cas sur sondes) ou de 50 MWh/an (cas sur nappe).*

Les autres critères n'étant pas vérifiables à ce stade, il faudra rappeler l'existence des autres éco-conditions :

- *la présence d'un comptage thermique de l'énergie extraite du sous-sol,*
- *un COP nominal B0/W35 supérieur à 4 pour les sondes (et les corbeilles en territoire COT) ou un COP nominal B10/W35 supérieur à 4,5 pour la géothermie sur nappe,*
- *les forages seront réalisés par un foreur qualifié (Qualiforage),*
- *un contrat d'entretien sera souscrit dès la mise en service,*
- *la demande de subvention sera antérieure à toute commande de travaux.*

**Si l'ADEME le demande, un fichier Excel reprenant les principales données nécessaires à l'instruction technique et financière de la demande d'aide à l'investissement sera à transmettre à l'ADEME**

### **12. Conclusions**

*Une page maximum, présentant les solutions préconisées par le bureau d'étude au maître d'ouvrage, leurs inconvénients et avantages*

### **13. Modalités**

Il sera prévu au moins 3 réunions sur site :

- une réunion de lancement, de transfert des données actuelles et à venir (maître d'ouvrage, exploitant).
- une réunion intermédiaire où l'analyse de la situation actuelle (section 2) et de la solution de référence (section 4) est validée par le maître d'ouvrage
- une réunion de restitution
- si la restitution présente des incohérences relevées par le maître d'ouvrage ou l'ADEME, une seconde réunion de restitution

## **Volet 4 : Tranche conditionnelle**

### **14. Programmation des investissements**

*Il s'agit d'assister le maître d'ouvrage à finaliser ses décisions et à déposer une demande des subventions de type « Fonds Chaleur » ou « COT ENR ». Dans la limite d'un délai à déterminer, et au regard des décisions actées depuis l'étude d'aide à la décision, une nouvelle réunion pourra être déclenchée pour aider à la programmation des investissements et bénéficier d'un soutien au montage du dossier de demande de subventions.*

## CONTACTS

### Liste des personnes à contacter

Les personnes à contacter peuvent différer selon les départements. La mission régionale Géoqual doit être systématiquement prévenue lorsqu'une solution de géothermie est considérée, et pourra apporter son appui si besoin est.

#### **ADEME :**

- Pierre-Louis CAZAUX (départements 18,36)  
02 38 24 09 16 - [pierre-louis.cazaux@ademe.fr](mailto:pierre-louis.cazaux@ademe.fr)
- Thierry BARRAS (départements 28, 37, 41)  
02 38 24 00 09 - [thierry.barras@ademe.fr](mailto:thierry.barras@ademe.fr)
- David MAGNIER (département 45)  
02 38 24 09 12 - [david.magnier@ademe.fr](mailto:david.magnier@ademe.fr)

ADEME Direction Régionale Centre  
5 route d'Olivet – CS 50021  
45074 Orléans cedex 2  
Tél : 02.38.24.00.00

#### **Conseil régional Centre-Val de Loire :**

- Stéphanie MARECHAL (Service Transition Energétique)  
02.38.70.31.24 – [stephanie.marechal@centrevaleloire.fr](mailto:stephanie.marechal@centrevaleloire.fr)
- Rémi CHAMBRIER (Direction Europe et International)  
02 38 70 35 67 – [remi.chambrier@centrevaleloire.fr](mailto:remi.chambrier@centrevaleloire.fr)

Conseil régional Centre-Val de Loire  
9 Rue Saint-Pierre Lentin  
45000 Orléans  
Tél : 02 38 70 30 30

#### **Mission Géoqual :**

- Xavier MOCH  
02 38 24 00 05 – [xavier.moch@afpg.asso.fr](mailto:xavier.moch@afpg.asso.fr)
- Anne-Fleur KEROUEDAN (en Indre-et-Loire)  
02.47.60.98.99 – [anne-fleur.kerouedan@alec37.org](mailto:anne-fleur.kerouedan@alec37.org)

## ANNEXE

### Jeu d'hypothèses pour le volet 3 (géothermie)

Ces hypothèses sont à considérer « par défaut » : **l'apport d'un élément contraire peut justifier des écarts.**

Ratio entre la partie « utile » (bâtiment) et la partie « à fournir sortie chaufferie » :

Considérer une efficacité de 90% pour les pertes de production/distribution/émission.

Dimensionnement pleine puissance :

La puissance calorifique (« sortie PAC ») est égale à la puissance « à fournir sortie chaufferie », majorée soit de 20%, soit de 0%. Pour ce dernier cas, un appoint doit alors être prévu pour que la puissance totale atteigne 120% de cette puissance « à fournir sortie chaufferie ».

Dimensionnement puissance partielle :

La puissance calorifique (« sortie PAC ») est égale à 50% ou 70% de la puissance « à fournir sortie chaufferie » : un appoint doit être prévu pour que la puissance totale atteigne 120% de cette puissance « à fournir sortie chaufferie ».

En région Centre-Val de Loire, *lorsque l'appoint ne court-circuite pas la pompe à chaleur<sup>1</sup>*, on considèrera qu'un dimensionnement à 50% en puissance correspond à 80% de l'énergie ; et qu'un dimensionnement à 70% en puissance correspond à 95% de l'énergie.

Températures d'émission :

Les températures d'émission seront réparties entre les catégories suivantes :

$T \leq 35^{\circ}\text{C}$      $35^{\circ}\text{C} < T \leq 45^{\circ}\text{C}$      $45^{\circ}\text{C} < T \leq 50^{\circ}\text{C}$      $T > 50^{\circ}\text{C}$

Echangeurs verticaux – coefficient de performance (COP) :

Le COP machine sera supposé être égal à 6, afin de permettre un léger surdimensionnement de l'ouvrage géothermique compatible avec un changement ultérieur de pompe à chaleur.

Echangeurs verticaux – linéaire à poser :

Le linéaire total à installer devra prendre en compte la durée de fonctionnement annuelle « équivalent pleine puissance », ce qui amène généralement à des énergies extraites du sol de l'ordre de 100 kWh/(m<sup>2</sup>.an).

Nappe aquifère – coefficient de performance (COP) :

Le COP machine sera supposé être égal à 7, afin de permettre un léger surdimensionnement de l'ouvrage géothermique compatible avec un changement ultérieur de pompe à chaleur.

Nappe aquifère – détermination du débit :

L'écart de température entre le prélèvement et la réinjection est supposé égal à  $\Delta T = 5\text{K}$ .

Pour mémoire, la puissance s'exprime comme  $P = \rho c_p q_v \Delta T$ . Aussi, si  $P_f$  est la puissance frigorifique, le débit de pointe est  $q_v [\text{m}^3/\text{h}] \approx 0,172 [\text{m}^3/\text{kWh}] \times P_f [\text{kW}]$

<sup>1</sup> Il faut alors veiller à ce que la température de retour vers la pompe à chaleur reste suffisamment faible pour que celle-ci se mette en route