

GUIDE A LA REDACTION D'UN CAHIER DES CHARGES

Pour tout bénéficiaire d'un concours financier de l'ADEME
dans le cadre du dispositif d'aide à la décision

CAHIER DES CHARGES ETUDE DE FAISABILITE MISE EN PLACE DE POMPE(S) A CHALEUR GEOTHERMIQUE(S) SUR AQUIFERE SUPERFICIEL OU SUR CHAMP DE SONDES



**COLLECTION DES CAHIERS DES CHARGES
D'AIDE A LA DECISION**

Version du 17/12/2014



SOMMAIRE

1 - PREAMBULE.....	4
2 - OBJECTIFS DU DOCUMENT	6
3 - CONTENU DE L'ETUDE	7
3.1 - PHASE 1 : DESCRIPTION GENERALE DE L'OPERATION	8
3.2 - PHASE 2 : ETUDE DES BESOINS THERMIQUES (REFERENCE SELON "DTU").....	8
3.3 - PHASE 3 : CARACTERISATION DES RESSOURCES GEOTHERMIQUES.....	9
3.3.1 - Pour les opérations sur nappes.....	9
3.3.2 - Pour les opérations sur champ de sondes	9
3.4 - PHASE 4 : ADEQUATION DES BESOINS EN SURFACE / RESSOURCES SOUS SOL ET CHOIX DES EQUIPEMENTS.....	9
3.4.1 - Descriptif de la solution géothermie (PAC + appoint éventuel)	11
3.4.2 - Descriptif de la solution de référence.....	13
3.5 - PHASE 5 : BILANS THERMIQUES.....	13
3.6 - PHASE 6 : BILAN ECONOMIQUE	13
3.6.1 - Récapitulatif des investissements liés à la PAC et à l'appoint	13
3.6.2 - Coûts d'exploitation prévisionnels.....	14
3.6.3 - Solution de référence.....	14
3.6.4 - Bilan économique entre les deux solutions (géothermie – référence)	14
3.7 - PHASE 7 : BILAN ENVIRONNEMENTAL	14
3.8 - PHASE 8 : CONCLUSIONS.....	14
4 - COMITE DE PILOTAGE.....	15
5 - REUNIONS.....	15
6 - DOCUMENTS.....	15
7 - PROPRIETE DES RESULTATS	15
8 - PRESTATAIRES D'ETUDES	15
9 - DELAIS DE REALISATION	15
10 - RESTITUTION ET CONFIDENTIALITE.....	16

11 - COÛT DE LA MISSION	16
12 - CONTRÔLE	16

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Utilisation Rationnelle de l'Énergie (URE) dans les bâtiments existants	17
Annexe 2 : Définition des différents Coefficients de Performance des installations de PAC géothermiques	19
Annexe 3 : Monitoring des installations de PAC.....	20
Annexe 4 : Estimation des émissions de CO2	22
Annexe 5 : Fiche de synthèse	23

1 - PREAMBULE

L'AIDE A LA DECISION DE L'ADEME

L'ADEME souhaite contribuer, avec ses partenaires institutionnels et techniques, à promouvoir la diffusion des bonnes pratiques sur les thématiques énergie et environnement. Pour cela, son dispositif de soutien **aux études d'aide à la décision** (pré-diagnostics, diagnostics, étude de projets) est ouvert aux entreprises, aux collectivités et plus généralement à tous les bénéficiaires intervenant tant dans le champ concurrentiel que non concurrentiel, à l'exclusion des particuliers.

Dans le cadre de son **dispositif d'aide à la décision**, l'ADEME soutient financièrement les études avec un **objectif de qualité et d'efficacité** pour le bénéficiaire.

Les Cahiers des Charges de l'ADEME

Les cahiers des charges / guide pour la rédaction d'un cahier des charges de l'ADEME définissent le **contenu des études que l'ADEME peut soutenir**. Chaque étude est conduite par une société de conseils ci-après dénommée « le prestataire conseil » ou « Bureau d'études », pour un client ci-après dénommée « le bénéficiaire » ou le « Maître d'ouvrage ».

Le suivi technique de l'ADEME

L'ADEME assure un conseil technique et un suivi de la prestation.

Pour ce faire, l'aide de l'ADEME implique une transmission des résultats de l'étude. Cette transmission d'information se fera par l'utilisation du portail Internet **DIAGADEME** (www.diagademe.fr) comprenant :

- Le rapport final d'étude
- Une fiche de synthèse complétée (figurant en annexe du présent cahier des charges).

Dans DIAGADEME :

- 1 - le **prestataire conseil** saisit les informations sur le résultat de l'étude
- 2 - le **bénéficiaire** de l'aide de l'ADEME (maître d'ouvrage) saisit son bilan de satisfaction sur la prestation

Compléter DIAGADEME est obligatoire et conditionne le paiement final de la subvention par l'ADEME au bénéficiaire.

La confidentialité de ces informations est garantie par l'utilisation des codes d'accès strictement personnels. Les informations ne sont accessibles que par l'ADEME, le prestataire et bénéficiaire du soutien de l'ADEME.

Contrôle – Bilan des études financées par l'ADEME

L'étude, une fois réalisée pourra faire l'objet - ce n'est pas systématique - d'un contrôle approfondi ou d'être analysée dans le cadre d'un bilan réalisé par l'ADEME. Eventuellement un contrôle sur site pourra être mené par un expert mandaté par l'ADEME afin de juger de la qualité de l'étude, de l'objectivité du rapport, de ses résultats, etc.. Dans tous les cas, le bénéficiaire et/ou le prestataire conseil pourront alors être interrogés sur l'étude et ses conséquences.

Le présent document précise le contenu et les modalités de réalisation et de restitution de l'étude qui seront effectués par un intervenant extérieur au bénéficiaire de l'aide de l'ADEME.

CAHIER DES CHARGES

ETUDE DE FAISABILITE MISE EN PLACE DE POMPE(S) A CHALEUR GEOTHERMIQUE(S) SUR AQUIFERE SUPERFICIEL OU SUR CHAMP DE SONDES

EXIGENCES DE L'ADEME SUR LES PERFORMANCES ENERGETIQUES DES BATIMENTS (cf détail en Annexe 1)

Pour tous les bâtiments existants est exigée une analyse énergétique des consommations définissant le ou les programmes de travaux pour améliorer la performance du bâtiment (dont les équipements utilisant les EnR). Cette analyse énergétique a pour objectif de sensibiliser les maîtres d'ouvrage aux investissements énergétiques les plus pertinents du point de vue économique et environnemental. Il n'y a pas de caractère obligatoire aux recommandations qui en découleraient.

Pour les bâtiments neufs et pour les bâtiments existants, pour lesquels la réglementation thermique concernant la réhabilitation s'applique, les aides ne doivent pas simplement permettre le respect de cette réglementation. Elles doivent permettre d'obtenir des bâtiments de performance significativement supérieures à la réglementation thermique en vigueur. Pour les bâtiments neufs, l'exigence sera d'avoir un coefficient Cep au moins inférieur à 0.8*min (Cep max, Cep réf).

EXIGENCES DE L'ADEME SUR LE PRESTATAIRE (cf chapitre 8 « Prestataires d'études »)

Conformément au dispositif d'aide à la décision validé par le Conseil d'Administration de l'ADEME le 23 octobre 2014, les aides pour la prestation correspondant à ce cahier des charges ne pourront être accordées que si le prestataire détient un référencement bénéficiant de la reconnaissance RGE¹ ou s'il peut attester de conditions équivalentes.

¹ *Reconnu Garant de l'Environnement: charte signée avec l'ADEME, le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie et le Ministère de l'Egalité des territoires et du Logement. Elle concerne les signes de qualité (qualifications ou certifications) délivrés aux professionnels réalisant des prestations intellectuelles concourant à la performance énergétique des bâtiments et des installations d'énergie renouvelable.*

A compter du 1^{er} janvier 2015 pour la France métropolitaine et la Corse.

A compter de l'application de RGE dans les DOM et hors collectivités d'outre-mer de Nouvelle Calédonie, Polynésie française et Wallis et Futuna, tant qu'un dispositif de nature équivalente n'est pas organisé par les autorités compétentes.

La liste des référencements conformes est susceptible d'évoluer régulièrement. Cette liste sera mise à jour en conséquence et disponible sur le site www.diagademe.fr.

2 - OBJECTIFS DU DOCUMENT

Ce cahier des charges a pour objectif de décrire le déroulement et le contenu type d'une étude de faisabilité nécessaire à la mise en place de Pompe(s) à chaleur géothermique(s). Ce document s'applique aux opérations de PAC sur aquifère superficiel ou sur champ de sondes et s'adresse donc plus spécifiquement aux projets des secteurs résidentiel collectif, tertiaire ou industriel.

L'étude de faisabilité doit apporter au porteur de projet les éléments techniques, économiques, réglementaires et environnementaux lui permettant de se déterminer sur la faisabilité d'une telle opération. Elle requiert des compétences en sous-sol (hydrogéologie) et en thermique et a donc pour objectifs de :

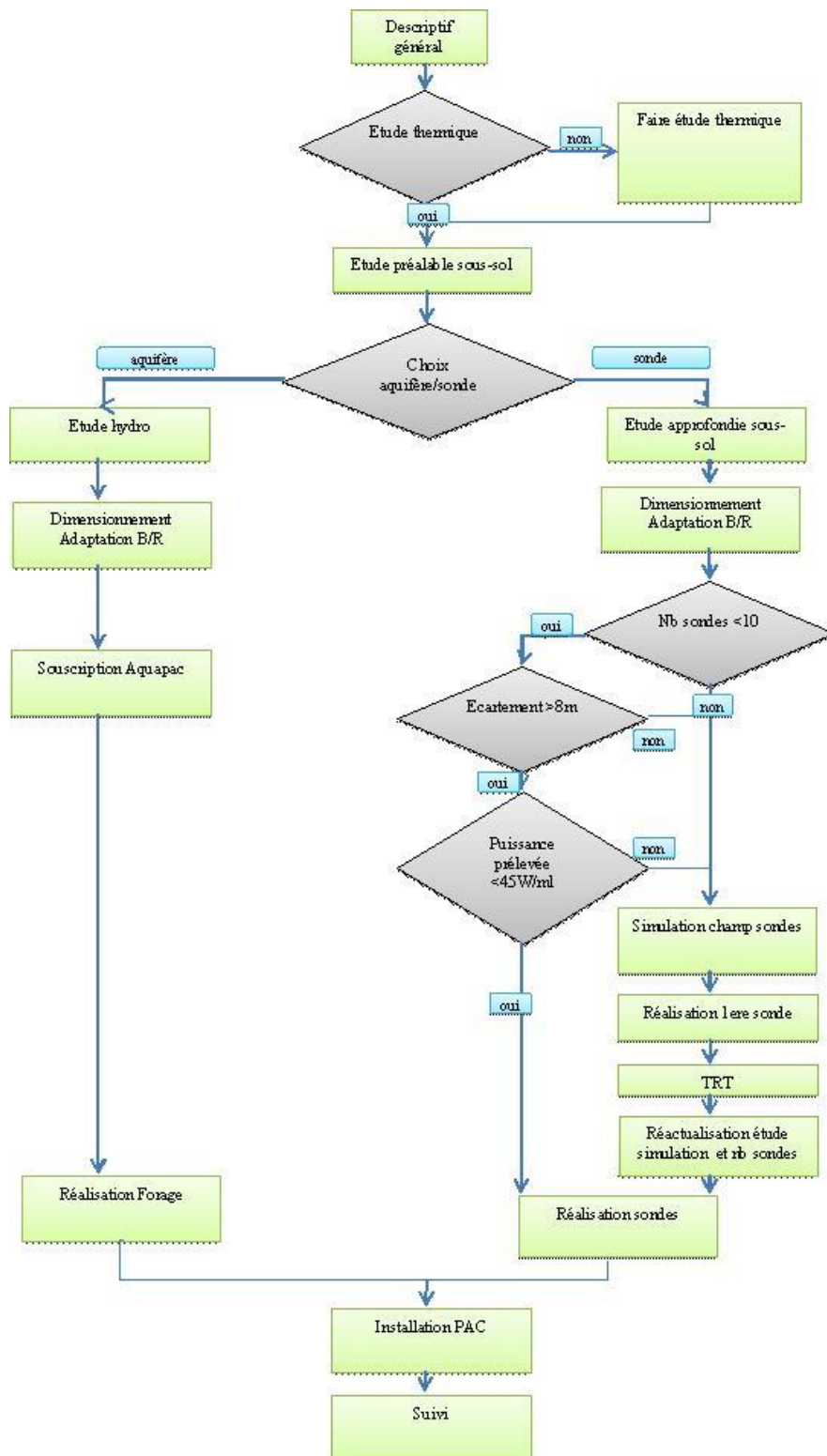
- vérifier la faisabilité technique et économique du projet d'implantation d'une installation de pompe à chaleur géothermique.
- proposer des solutions techniques adaptées au contexte et aux possibilités qu'offre le site.
- comparer la solution géothermique aux autres possibilités en terme d'investissement, d'exploitation et d'impacts environnementaux.
- étudier les solutions en matière de montage financier et juridique.

Toute l'analyse devra être effectuée avec un souci d'Utilisation Rationnelle de l'Énergie (URE). Les données thermiques devront être présentées selon les dénominations suivantes :

- la consommation d'énergie « utile » (Eu) qui est la part d'énergie servant effectivement à l'usage voulu par le consommateur (chaleur, lumière, force motrice)
- la consommation d'énergie « finale » (Ef) qui est la quantité d'énergie mesurée au compteur du consommateur (compteur électrique, gaz, pompe à essence, ...)
- la consommation d'énergie « primaire » (Ep) qui est la quantité d'énergie qu'il a fallu prendre dans la nature, transformer sous la forme utilisable par le consommateur et la transporter jusqu'à lui (le coefficient de conversion de l'énergie électrique en énergie primaire sera considéré égal à celui de la réglementation thermique soit 2,58).

3 - CONTENU DE L'ETUDE

L'étude sera réalisée en concertation avec le comité de pilotage et comprendra tous les éléments nécessaires pour permettre au maître d'ouvrage de prendre une décision éventuelle d'engagement de travaux. Ces études seront donc de niveau APS (avant projet sommaire). Elles se dérouleront selon le logigramme suivant :



« B/R » signifie « Besoins/Ressources »

3.1 - Phase 1 : Description générale de l'opération

- Informations générales :
 - Situation et coordonnées du maître d'ouvrage
 - Responsable du projet (fonction et coordonnées)
 - Partenaires et associés (collectivités, organismes publics, industriels, ...)
 - Bureaux d'études chargés de l'étude de faisabilité (surface et sous-sol)
- Contexte du projet (motivation, études préalables éventuelles, potentiel géologique local, contexte urbanistique et socio-économique, choix politiques et environnementaux, ...)
- Périmètre concerné par l'opération
 - Description détaillée du (ou des) bâtiment(s) actuel(s) et futur(s) et de leur environnement proche (joindre plan de masse et extrait du cadastre).
 - Localisation, orientation et identification sur un plan (le cas échéant extensions futures).
 - Usage et occupation du ou (des) bâtiment(s) : logements (type, nombre de logements), bureaux, commerces, locaux industriels, ...
 - Propriétaire(s) des bâtiments
 - Année de construction et éventuellement de réhabilitation
 - Projets d'urbanisation et de réhabilitation (importance et planning)

Pour cette première phase, l'opérateur veillera à reprendre les éléments fournis par le maître d'ouvrage et son architecte, à les compléter et à présenter une analyse critique détaillée.

3.2 - Phase 2 : Etude des besoins thermiques (référence selon "DTU")

Pour les bâtiments existants, l'étude des besoins thermiques inclura un volet URE Utilisation Rationnelle de l'Energie dont la méthodologie est décrite en annexe 1.

Pour les bâtiments neufs, l'étude des besoins thermiques se basera sur la réglementation thermique en vigueur avec un objectif d'amélioration de 20% par rapport à la RT applicable.

- Caractéristiques thermiques et données techniques de base du (ou des) bâtiment(s) et locaux : surface, volume, orientation, isolation, surface vitrée, renouvellement d'air, période de fonctionnement,
- Détermination des besoins énergétiques prévisionnels annuels (chauffage, froid, ECS).
- Courbe monotone des puissances de chauffage, de froid et d'ECS appelées sur l'année.
- Détermination de la puissance totale à installer et à ventiler par type de production (PAC, appoint).
- Comparatif thermique de ce(s) bâtiment(s) par rapport à la réglementation thermique (RT) en vigueur pour les bâtiments neufs et par rapport à des ratios connus pour des bâtiments existants.

3.3 - Phase 3 : Caractérisation des ressources géothermiques

Les études hydrogéologiques et géologiques seront réalisées par un bureau d'études ayant des compétences sous sol. Elles seront basées principalement sur une étude bibliographique, sans forage test à ce stade d'avancement du projet.

3.3.1 - Pour les opérations sur nappes

L'étude de faisabilité présentera notamment :

- analyse du contexte géologique (en tenant compte des forages à proximité et en utilisant la base de données des forages existants) ;
- choix de l'horizon géologique,
- coupe géologique prévisionnelle (profondeurs, épaisseurs, stratigraphie, ...),
- caractéristiques hydrogéologiques du réservoir (perméabilité, porosité, transmissivité, pression statique,...),
- caractéristiques hydrochimiques du fluide (viscosité, salinité, point de bulle, ...),
- recensement des sites de forages potentiels (carte),
- justification de l'implantation et de l'écartement des puits de forage.

S'il le souhaite, le maître d'ouvrage aura la possibilité de souscrire à la garantie AQUAPAC. AQUAPAC est une assurance qui couvre les risques géologiques liés à la possibilité d'exploitation énergétique d'une ressource aquifère située en général à moins de 100 m de profondeur, puis au maintien de ses capacités dans le temps. Cette assurance s'applique aux installations utilisant des pompes à chaleur d'une puissance thermique supérieure à 30 kW.

Plaquette AQUAPAC et Dossier de demande de garantie disponibles sur : <http://www.geothermie-perspectives.fr/>

3.3.2 - Pour les opérations sur champ de sondes

- analyse du contexte géologique
- coupe géologique prévisionnelle (profondeurs, épaisseurs, stratigraphie, ...)

Une vigilance particulière sera apportée aux zones karstiques et aux zones présentant des risques de dissolution ou de retrait-gonflement (argiles, évaporites)

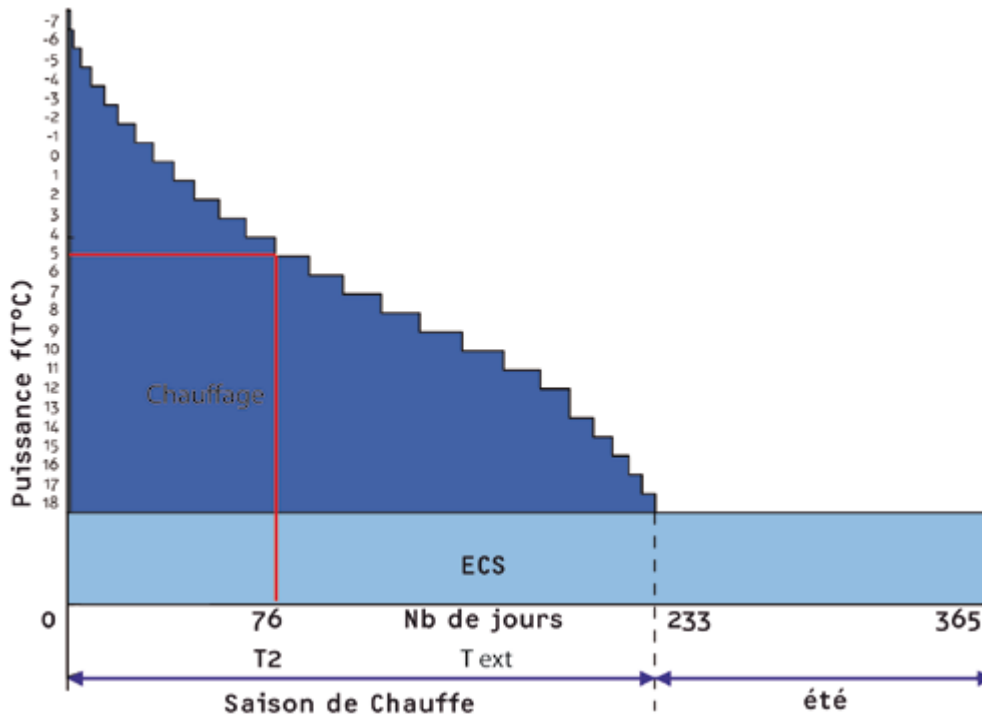
Que ce soit pour les **opérations sur nappes superficielles ou sur champ de sondes** géothermiques, les forages devront être réalisés selon les normes en vigueur :

- forages d'eau (, NFX 10-999)
- forages de sondes (NFX 10-960-1, NFX 10-960-2, NFX 10-960-3, NFX 10-960-4, et NFX 10-970, norme qui impose une cimentation totale sur la profondeur du forage)

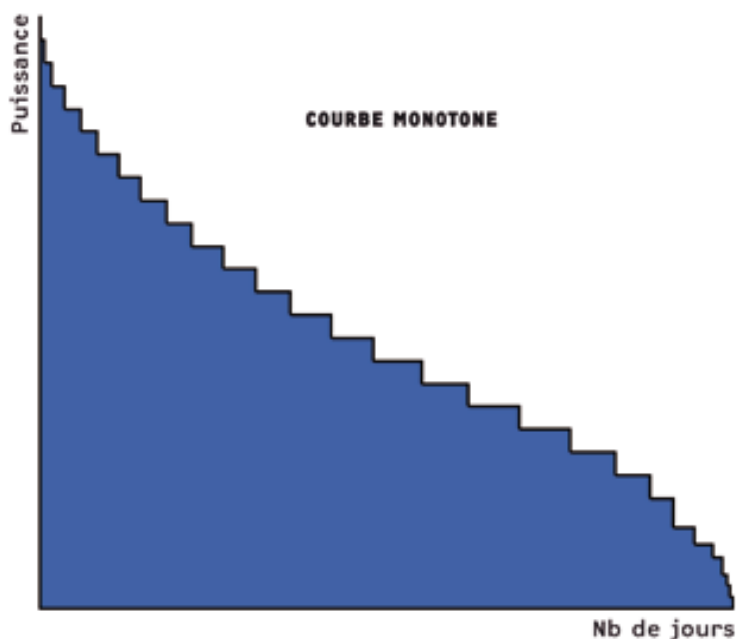
3.4 - Phase 4 : Adéquation des besoins en surface / ressources sous sol et choix des équipements

Les équipements proposés pour la solution géothermie et la solution de référence seront justifiés par les résultats de l'étude des besoins thermiques en §2.2 :

Le choix du taux de couverture de la PAC modifie grandement l'investissement de départ. Il n'est donc parfois pas judicieux de couvrir la totalité des besoins avec la solution de pompe à chaleur géothermique. La décision de couvrir les puissances crête de chaud et/ou de froid ou d'installer une puissance maximale limitée mais couvrant un fort pourcentage des consommations ou la décision de dimensionner l'échangeur pour obtenir un maximum de « rafraîchissement direct » venant du sol dépendent de la ressource disponible, des résultats de l'analyse en coût global et de la démarche environnementale de l'investisseur. Cf graphe ci-après



Courbe monotone de charge (Chauffage et ECS) avec une $T_{\text{eb}} = -7^{\circ}\text{C}$



Courbe monotone de charge Chauffage seul

3.4.1 - Descriptif de la solution géothermie (PAC + appoint éventuel)

Caractéristiques du système de chauffage et/ou de froid par pompe à chaleur eau/eau :

- puissance thermique évaporateur,
- puissance thermique condenseur,
- puissance électrique compresseur,
- nombre d'heures de fonctionnement
- COP annuel système (c'est-à-dire valeur moyenne du COP système sur l'année) selon les définitions rappelées en annexe 2.
- COP machine selon la source froide :
 - **pour PAC sur nappe, eau d'exhaure, eaux usées : pour que le projet soit éligible aux aides de l'ADEME, le COP doit être égal ou supérieur à 4,0** (mesuré pour les conditions de température prévues selon la norme européenne EN 14511 et l'arrêté du 03/05/07 : PAC eau-eau sur nappe avec ou sans échangeur de barrage Régime 40/45°C et 10/7°C)
 - **pour PAC sur sondes : pour que le projet soit éligible aux aides de l'ADEME, le COP doit être égal ou supérieur à 3,7** (mesuré pour les conditions de température prévues selon la norme européenne EN 14511 et Arrêté du 03/05/07 : PAC eau-eau avec capteurs enterrés Régime 30/35 °C et 0/-3 °C)
- COP machine selon les régimes de température du projet (évaporateur et condenseur à préciser)

Les différentes simulations permettant de justifier l'optimisation du taux de couverture retenu pour la pompe à chaleur seront fournies.

Caractéristiques de la boucle géothermale (caractéristiques prévisionnelles d'exploitation) :

- débit prévisionnel
- courbe débit avec pompage (f puissance électrique),
- niveau statique
- puissance de la pompe immergée
- température fond de puits,
- température tête de puits,
- pressions en tête,
- pression réinjection
- précautions prises pour ne pas altérer la nappe par le fluide frigorigène de la PAC,
- OU caractéristiques de l'échangeur placé entre la nappe et la PAC.

Pour les opérations de PAC sur nappe, deux types de pompages d'essai seront réalisés avant la mise en exploitation des forages (puits de production et puits de réinjection) nécessaires à l'installation :

L'essai de puits ou essai par palier permet de définir les caractéristiques hydrauliques du forage par l'intermédiaire de sa courbe caractéristique.

L'essai de nappe ou essai de longue durée a pour but de tester l'aquifère et d'en déterminer les caractéristiques hydrauliques (transmissivité, ...).

Caractéristiques du champ de sondes géothermiques :

- nombre de sondes géothermiques,
- profondeur,

- prévision de sol rencontré,
- ratio de puissance prélevée en W/ml de sonde,
- disposition des sondes,
- nombre d'heures de fonctionnement du champ de sondes (nombre d'heures équivalentes).

Pour les opérations de PAC sur champ de sondes dont la longueur totale de sondes dépasse les 1000 mètres linéaires, l'étude du sous sol sera complétée par un test de réponse thermique du terrain (TRT) réalisé sur une sonde test : cette étape permettra de définir la nature exacte des matériaux présents dans le sous sol, la présence éventuelle et l'importance de la nappe, ainsi que les propriétés thermiques du site. Elle nécessite qu'un ou plusieurs forages de test soient effectués.

Selon l'utilisation du champ de sondes (heures de fonctionnement, cycles chauffage/rafraîchissement) et afin d'en optimiser le dimensionnement, le TRT sera complété par une étude de simulation dynamique (notamment pour des bâtiments d'une surface supérieure à 1000 m²).

Schéma d'implantation des sondes ou des puits de forage (production et réinjection) avec mention du sens d'écoulement de la nappe

Régime de températures retenu (évaporateur, condenseur)

Ballon tampon en sortie condenseur (s'il est prévu)

Il conviendra d'apporter une attention particulière au bon dimensionnement du ballon tampon pour éviter les courts cycles de la PAC. Le volume pourra varier en fonction du modèle de la PAC (durée des cycles courts, capacité de régulation, puissance et nature des composants internes, nature du fluide).

Système d'émetteurs de chaleur/froid retenu avec pour chaque type d'émetteurs le régime de température associé

Rendement des échangeurs de chaleur (s'ils sont prévus)

Système de production d'Eau Chaude Sanitaire (ECS)

Caractéristiques de l'appoint éventuel (combustible utilisé, puissance thermique installée, rendement)

Schéma de principe de l'installation (schéma hydraulique détaillé avec emplacement des compteurs)

Il conviendra d'insister sur la description des réseaux hydrauliques alimentant les émetteurs, surtout s'il y a deux types d'émetteurs fonctionnant à des niveaux de température différents.

Instrumentation et gestion de l'installation (T int. ; T ext.) : définition des équipements de mesures nécessaires et appropriés aux différents modes de fonctionnement possibles de

l'installation : chauffage, rafraîchissement, géocooling, préchauffage d'ECS (cf schémas préconisés par le CSTB en annexe 3)

Régulation (cascade, moteur à vitesse variable, ...): description des modes de fonctionnement de l'installation

La mise en place d'un suivi des performances de l'installation PAC géothermale est impérative et conditionne l'octroi d'une aide financière éventuelle de l'ADEME au Maître d'ouvrage.

3.4.2 - Descriptif de la solution de référence

Caractéristiques de la solution de référence en considérant une production de chaleur et/ou de froid à partir d'une énergie dite traditionnelle (**solution sur vecteur eau**), **couvrant les mêmes besoins thermiques et incluant les rendements associés** (pour exemple : chaudière au gaz (naturel ou propane) ou chaudière au fuel et/ou groupe froid) : puissance thermique ou frigorifique, combustible utilisé, rendements

3.5 - Phase 5 : Bilans thermiques

	Besoins utiles	Solution géothermique (PAC + appoint éventuel)					Solution référence	
		Consommations			Production		Consommations	
	(kWh)	PAC * (kWhef)	Auxiliaires ** (kWhef)	Appoint (kWhef)	PAC (kWhef)	Appoint (kWhef)	Combustible (kWhef)	Electricité (kWhef)
Chauffage								
ECS								
Froid***								
Total								

* Consommation électrique du compresseur de la PAC

** Consommation électrique des auxiliaires : pompes de forage, pompes de circulation (hors pompes côté distribution) ;

***Froid : En cas de rafraîchissement direct (géocooling ou freecooling), l'indiquer clairement

3.6 - Phase 6 : Bilan économique

3.6.1 - Récapitulatif des investissements liés à la PAC et à l'appoint

Détermination des investissements poste par poste

- Forages, pompes, crépines
- Sondes géothermiques (forage inclus)
- Pompes de circulation des sondes géothermiques
- PAC,
- Local technique (génie civil dédié)
- Régulation
- Production d'eau chaude sanitaire (s'il y a)
- Chauffage d'appoint (s'il y a)
- Instrumentation et monitoring
- Emetteurs de chaleur et réseau de distribution
- Ingénierie, conception et réalisation

3.6.2 - Coûts d'exploitation prévisionnels

Détermination des consommations énergétiques annuelles et des dépenses afférentes (détail des postes P1 et P'1) :

- de la ou des PAC
- du système de production d'ECS
- du système de chauffage d'appoint éventuel
- des pompes de circulation (hors pompes côté distribution)
- des pompes de forage

(A préciser le type d'abonnement et le tarif énergétique retenu)

Détermination des frais prévisionnels de conduite et de petit entretien (poste P2)

Détermination des frais prévisionnels de gros entretien et réparation (poste P3)

3.6.3 - Solution de référence

Les deux premiers points de cette phase 6 sont à reprendre en considérant une production de chaleur et/ou de froid à partir d'une énergie dite traditionnelle (**solution sur vecteur eau**), **couvrant les mêmes besoins thermiques et incluant les rendements associés** (pour exemple : chaudière au gaz (naturel ou propane) ou chaudière au fuel et/ou groupe froid).

3.6.4 - Bilan économique entre les deux solutions (géothermie – référence)

Cette analyse économique du projet doit utiliser :

- des indicateurs économiques classiques (Valeur Actualisée Nette, Temps de Retour sur Investissement, Taux de rentabilité interne). Pour faciliter la compréhension par les maîtres d'ouvrage, le résultat de cette analyse économique sera exprimé en temps de retour actualisé, c'est-à-dire le temps nécessaire pour compenser l'investissement par les économies en tenant compte des coûts de fonctionnement et des coûts d'accès aux capitaux et du taux d'actualisation.
- des valeurs standard pour les paramètres clefs (dont : taux d'actualisation, scénario d'évolution des prix des énergies à 0%, 4% et 8%).

Si l'analyse économique est basée sur des valeurs différentes, ce choix devra être justifié.

3.7 - Phase 7 : Bilan environnemental

Evaluation de l'impact sur l'environnement :

- Estimation des gains en kWh/an puis en tep/an apportés par la PAC par rapport à la situation existante et par rapport à la solution de référence,
- Estimation de la réduction des émissions de CO2 en tonne/an et incluant un taux de fuite du fluide frigorigène de la PAC de 3%/an (cf annexe 4) par rapport à la situation existante et par rapport à la solution de référence. Si le taux de fuite utilisé est différent ce choix devra être justifié.

3.8 - Phase 8 : Conclusions

Réalisation d'un document de synthèse de l'étude de faisabilité présentant la solution technique proposée, y compris sa rentabilité économique, comparée à la solution de référence selon la fiche de synthèse du projet en Annexe 5.

4 - COMITE DE PILOTAGE

Les travaux relatifs à l'étude de faisabilité seront suivis par un comité de pilotage chargé d'orienter et de valider les démarches du bureau d'études. Il sera constitué :

- du maître d'ouvrage,
- d'un représentant de la direction régionale de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME),
- d'un représentant du porteur de projet d'implantation d'une PAC géothermale dans le cadre de l'étude de faisabilité exclusivement (2nde partie),
- et de toute autre personne ou entité dont le maître d'ouvrage jugera la présence temporaire ou régulière utile.

5 - REUNIONS

Dès signature du contrat, le prestataire retenu présentera au comité de pilotage lors d'une première réunion, son organisme, ses co-traitants et sous-traitants éventuels, les moyens affectés à l'étude, la méthodologie envisagée et le temps consacré à l'étude.

Il est à prévoir ensuite une réunion de restitution avec le comité de pilotage.

A tout moment et à l'initiative du maître d'ouvrage ou du bureau d'études, des réunions de travail pourront être organisées en sus des 2 réunions ci-dessus évoquées.

6 - DOCUMENTS

Le bureau d'études remettra un rapport final et une synthèse en quatre exemplaires dont un non relié.

7 - PROPRIETE DES RESULTATS

L'ensemble des résultats de cette étude est la propriété du maître d'ouvrage.

8 - PRESTATAIRES D'ETUDES

Le bureau d'études désignera une personne référente qui assurera les relations avec le maître d'ouvrage.

En cas de sous-traitance, le bureau d'études aura à préciser les coordonnées, la fonction, les références de l'entreprise avec laquelle il souhaite travailler. L'aval du maître d'ouvrage est indispensable avant toute participation d'un sous-traitant.

Le bureau d'études précisera :

- le nombre et la qualité des personnes mobilisées par l'étude, au total et
- le temps prévisionnel passé par celles-ci pour l'étude en question, pour chacune
- les délais garantis de réalisation, des parties et
- ses prix de prestations des phases
- ses références dans des études similaires.

9 - DELAIS DE REALISATION

Le bureau d'études devra se conformer aux délais annoncés au comité de pilotage lors de l'établissement de son devis.

Tout écart devra être préalablement autorisé par le maître d'ouvrage.

10 - RESTITUTION ET CONFIDENTIALITE

A l'issue de la mission, le prestataire transmet le résultat de l'étude par l'utilisation du portail Internet **DIAGADEME** (www.diagademe.fr) comprenant :

- Le rapport final d'étude
- Une fiche de synthèse (figurant en annexe du présent cahier des charges).

→ cf. « Préambule – Le suivi technique de l'ADEME »

La confidentialité de ces informations est garantie par l'utilisation des codes d'accès délivrés par l'ADEME qui vous sont strictement personnels.

11 - COÛT DE LA MISSION

Le prestataire établira un devis détaillé correspondant au coût de la prestation dans son ensemble, faisant apparaître le nombre de journées de travail, les coûts journaliers du ou des intervenants ainsi que les frais annexes.

Le montant ainsi proposé inclura au minimum l'ensemble de la prestation telle que définie dans le présent cahier des charges.

12 - CONTRÔLE

La mission, une fois réalisée pourra faire l'objet - ce n'est pas systématique - d'un contrôle approfondi. Dans le souci de tester un échantillonnage représentatif, les dossiers seront choisis de manière aléatoire. Eventuellement un contrôle sur site pourra être mené par un expert mandaté par l'ADEME afin de juger de la qualité de l'étude, de l'objectivité du rapport.

Annexe 1 : Utilisation Rationnelle de l'Énergie (URE) dans les bâtiments existants

Analyse de l'existant

Le bureau d'étude aura en charge de définir pour chacun des bâtiments concernés :

- Les caractéristiques et l'état d'usage de l'installation en place : **chaudière**, brûleur, fluide caloporteur, rendement, **production d'ECS, groupes froid** s'il y a lieu, réseau de distribution, émetteurs (nombres et caractéristiques), régulation, température intérieure recommandée...
- Les caractéristiques thermiques des bâtiments et locaux concernés par le projet : surface, volume, orientation, isolation, surface vitrée, renouvellement d'air, période de fonctionnement.
- La prise en compte de la création, rénovation ou extension des bâtiments, changement ou couplage d'installation, prévision d'aménagements futurs.
- Le cas de bâtiments futurs: relevés à effectuer sur plans et en collaboration avec le bureau d'étude concepteur.
- Les besoins spécifiques (piscines, blanchisseries, ...)
- Les contraintes éventuelles (place en chaufferie, accès véhicule, ...)

Analyse des factures

L'objet de cette étape sera la détermination des consommations énergétiques constatées sur relevés de consommations (facture, quantités, etc.) sur les 2 ou 3 trois dernières années.

Analyse théorique

A partir des caractéristiques des bâtiments relevées (surfaces, volumes, intermittence, isolation en place, etc.), le bureau d'études aura en charge de réaliser une analyse thermique simplifiée par bâtiments. Il s'agira de déterminer la puissance et la consommation théorique de chaque bâtiment au regard de leur configuration actuelle (en chaud, en ECS et le cas échéant en froid).

Recollement de l'analyse théorique et des factures

Si les consommations issues de l'analyse théorique ne sont pas en cohérence avec l'analyse des factures, le bureau d'étude aura en charge d'étudier les raisons de ces écarts et de les caractériser.

Analyse des points de surconsommations

Le prestataire devra étudier les points de surconsommations s'ils existent. A l'aide de quelques ratios, il devra identifier les points critiques au niveau, entre autres :

- De l'utilisation des bâtiments et notamment de la régulation,
- Du rendement des équipements,
- De l'isolation des bâtiments (sols, murs, toiture, vitrage).

Cette analyse permettra de mettre en évidence les points à plus fort enjeu d'amélioration

Préconisations d'améliorations énergétiques

Le prestataire devra identifier les points critiques afin de diminuer les consommations de chauffage du bâtiment.

Analyse technique

En comparant l'analyse de l'existant et l'analyse théorique, le bureau d'étude aura en charge de proposer des solutions techniques simples visant à réduire les consommations de chauffage et de climatisation des bâtiments. Ces solutions peuvent être :

- Renforcement de l'isolation sur toute ou partie du bâtiment,
- Changement des vitrages,
- Amélioration de la ventilation,
- Amélioration de la régulation,
- Travail architectural simple (brise soleil, puit canadien, etc.),
- Programmation des plages de chauffe.

Le bureau d'étude mettra en évidence l'économie réalisée en kWh énergie finale.

Analyse économique

Chaque proposition technique fera l'objet d'un chiffrage des coûts d'investissement. L'analyse économique pourra être basée sur des ratios. Il sera tenu compte des possibilités d'aides en vigueur pour l'amélioration du bâti. Les informations sur ces aides sont disponibles auprès de l'ADEME.

Il est attendu une présentation claire et synthétique des améliorations à apporter, de leur coût et de leur rentabilité.

Echéancier

Le bureau d'étude devra identifier un échéancier réaliste de réalisation des travaux d'améliorations thermiques des bâtiments. Cet échéancier sera établi en concertation avec le maître d'ouvrage.

Annexe 2 : Définition des différents Coefficients de Performance des installations de PAC géothermiques

CoP machine

Il s'agit du rapport de l'énergie thermique produite par la PAC sur l'énergie électrique consommée par la PAC (compresseurs + auxiliaires non permanents) C'est le COP du groupe thermodynamique seul, tel qu'il peut être mesuré en usine par le constructeur.

Ce coefficient prend en compte les consommations électriques des auxiliaires non permanents dont le fonctionnement est asservi à la marche de la PAC ou qui sont alimentés périodiquement

Ces auxiliaires peuvent être :

- les ventilateurs (cas d'une pompe à chaleur sur l'air) ;
- des pompes de circulation asservies (avec fonctionnement simultané) au compresseur ;
- des résistances électriques (par exemple dégivrage des batteries)

Cette valeur est donc plus représentative de la performance de la machine.

$$COP = \frac{P_{CH}}{(P_{COMP} + P_{AUX})}$$

CoP système

C'est le rapport entre l'énergie thermique produite par la PAC et l'énergie électrique consommée par cette PAC, les auxiliaires permanents et l'appoint, le cas échéant.

CoP global de l'installation

Ce coefficient prend en compte les pertes d'énergies (par les réseaux de distribution notamment) qui ne contribuent pas au chauffage des locaux.

$$COP = \frac{(P_{CH} - P_{Pertes})}{(P_{COMP} + P_{AUX})}$$

CoP annuel global de l'installation (COPA) : C'est la valeur moyenne du COP système sur l'année

C'est le COP qui intéresse le maître d'ouvrage, pour calculer les performances énergétiques moyennes de l'installation, et donc calculer la rentabilité économique de son opération.

Sur les plages de température des PAC géothermiques sur aquifères (source froide > 12 °C), des COP mesurés sur des installations en exploitation donnent des valeurs généralement supérieures à 3,5.

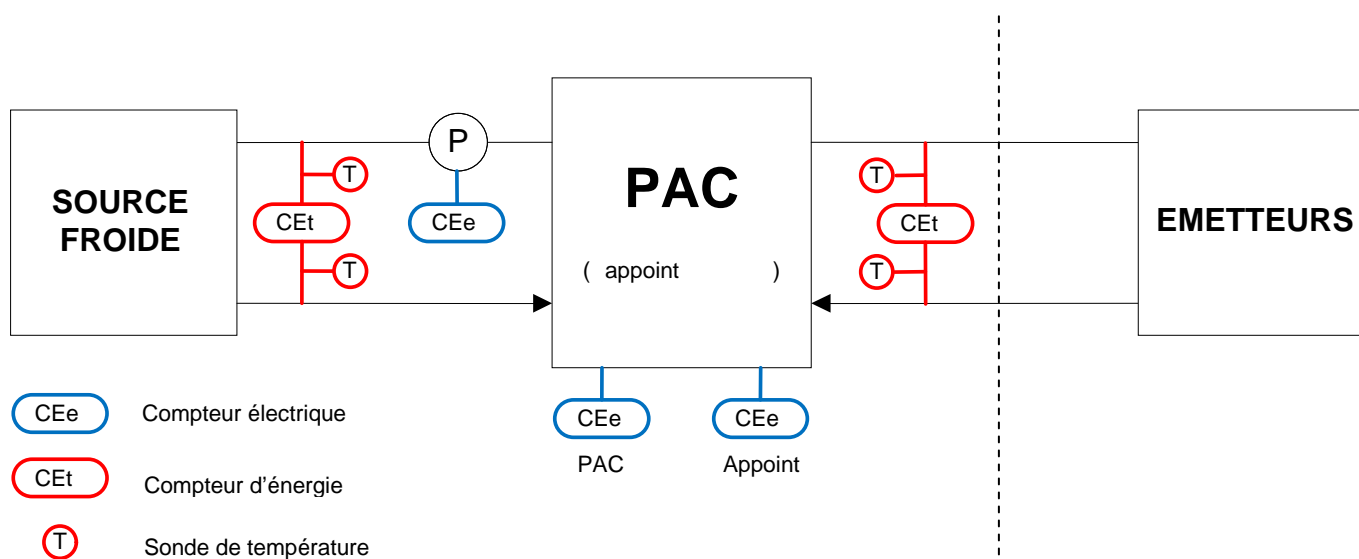
Efficacité énergétique

La performance en mode froid de la machine frigorifique réversible est exprimée par le coefficient d'efficacité énergétique :

$$C_{FR} = \frac{P_{FR}}{P_{COMP}}$$

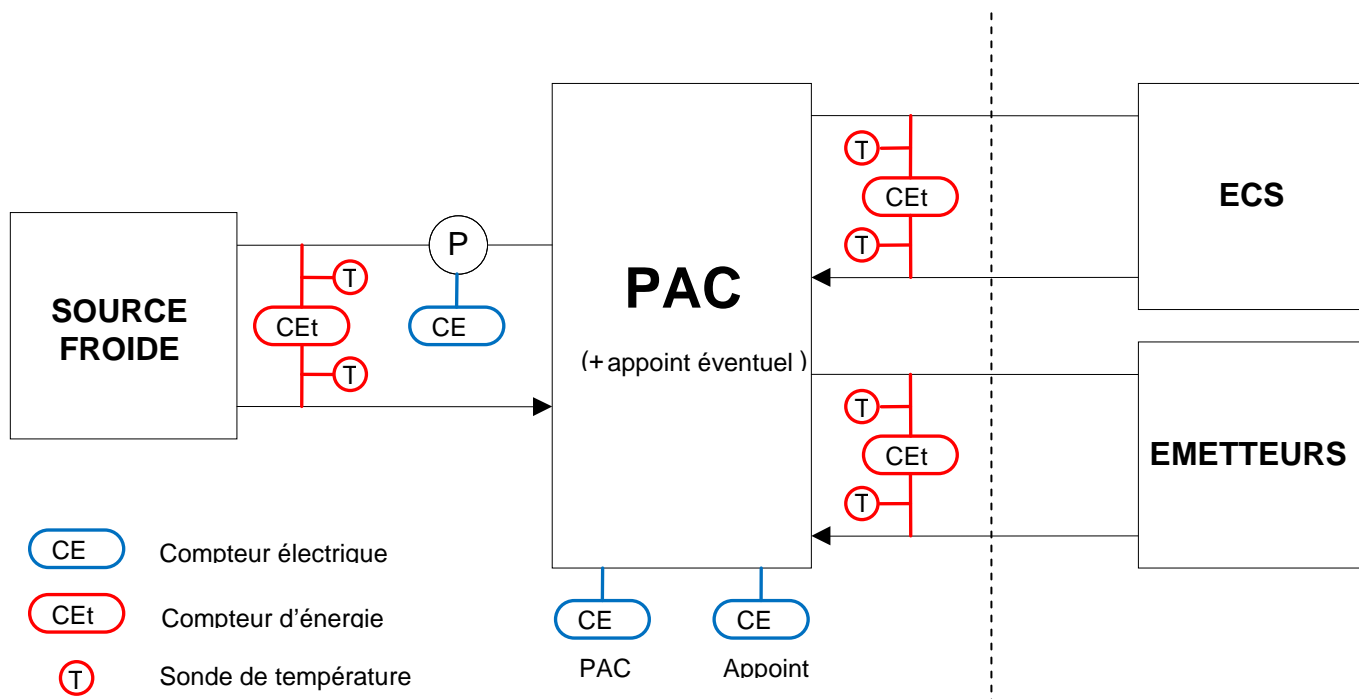
Annexe 3 : Monitoring des installations de PAC

Instrumentation pour un fonctionnement chauffage ou froid :

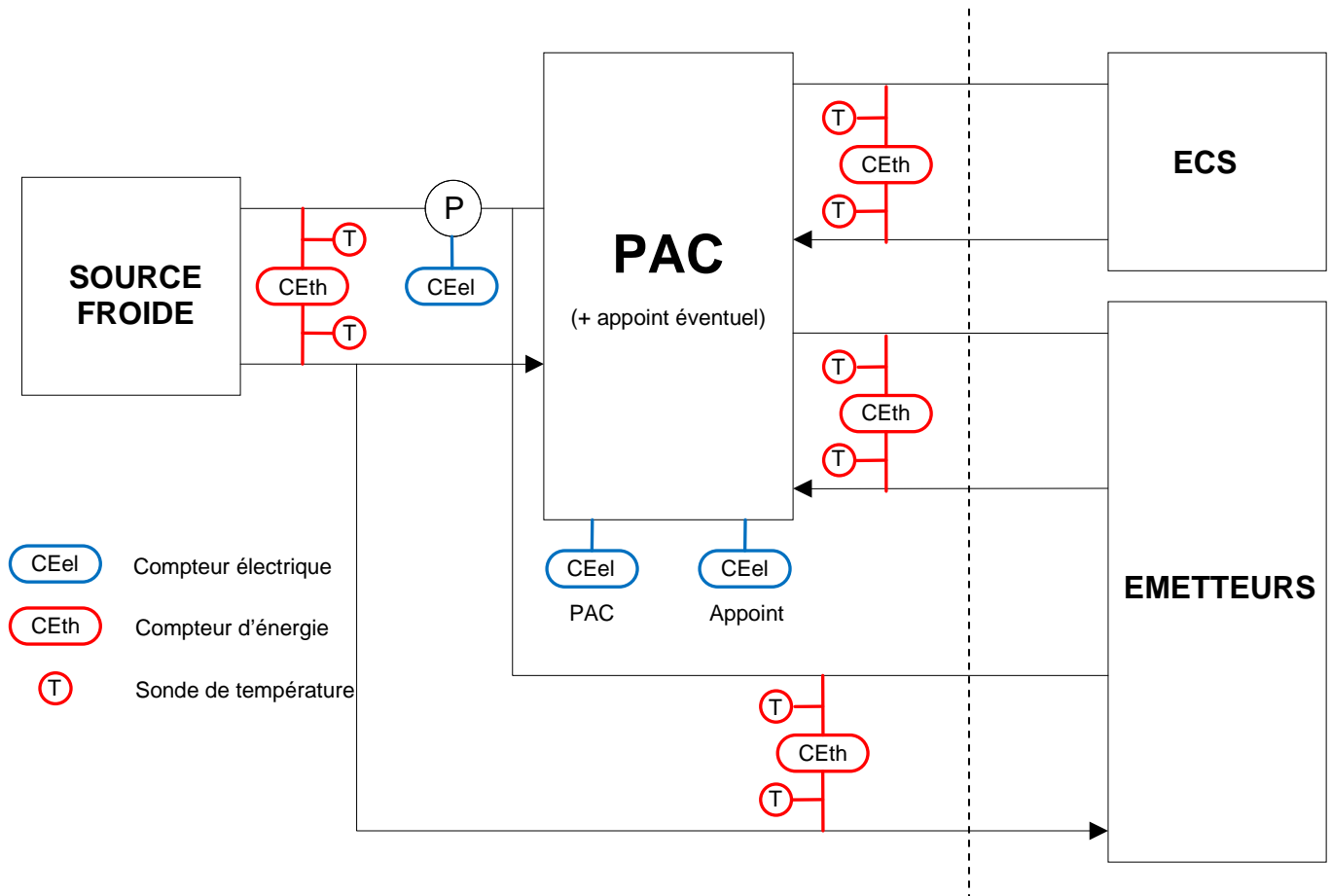


Dans le cas d'une installation réversible (production de chaud et de froid), les compteurs d'énergie doivent être réversibles.

Instrumentation pour un fonctionnement chauffage ou froid avec préchauffage ECS :



Instrumentation pour un fonctionnement chauffage, freecooling avec préchauffage ECS :



Annexe 4 : Estimation des émissions de CO2

	kgCO ₂ /GJ	PCI (GJ/tonne)	kgCO ₂ /tep (PCI)	gCO ₂ /kWh
Essence	73	44	3 066	264
Gazole/FOD	75	42	3 150	271
Fuel lourd	78	40	3 276	282
Gaz naturel	57	49,6	2 394	206
Kérosène	74	44	3 108	267
Charbon	95	26	3 990	343
GPL	64	46	2 688	231
Déchets ménagers	41,3	8,8	1734,6	149

Source : MEDD, questionnaire de déclaration annuelle des émissions polluantes 2005 des installations classées soumises à autorisation

Indicateurs de contenu en CO2 de l'électricité consommée en France (en g de CO₂/kWh_e)

indicateurs détaillés	Référence (valeur moyenne)	à titre indicatif : plages de variation	indicateurs simplifiés
chauffage+ pompes de circ.	180	129 à 261	180 Chauffage
éclairage résidentiel	116	93 à 151	100 Eclairage
éclairage tertiaire	80	64 à 88	
éclairage public et industriel	109	85 à 134	
usages résidentiels : cuisson	82	66 à 93	60 Usages intermittents
usages résidentiels : lavage	79	63 à 88	
usages résidentiels : produits bruns	62	50 à 81	
usages tertiaires : autres	52	41 à 77	
usages industriels (hors éclairage)	55	38 à 86	
usages résidentiels : ECS	40	20 à 72	40 Usages "en base"
usages résidentiels : froid	40		
usages résidentiels : autres	39		
usages tertiaires : climatisation	37		
agriculture-transport	38		
autres (BTP, recherche, armée, etc.)	35		

source : ADEME et EDF, 2004

LES FICHES DE SYNTHÈSE DIAGADEME



DIAGADEME

Le portail des Aides à la Décision Energie-Environnement de l'ADEME

Pour plus de lisibilité de ce document, vous pouvez désélectionner l'option "Afficher le quadrillage" dans le menu "Tableau" de MS Word.

Etude de faisabilité PAC géothermique

Onglet Rapport technique

Veillez compléter sous DIAGADEME tous les champs ci-dessous et télécharger votre rapport complet.

Nombre de jours pour réaliser la prestation :

Téléchargement du rapport final de la prestation

Téléchargement du rapport final de la prestation (en version pdf de préférence ; 10 Mo max) :
=> *fichier obligatoire*

Rapport(s) complémentaire(s) (en version pdf de préférence ; 10 Mo max) :

Nom du rapport complémentaire	Téléchargement fichier

Informations générales

Informations générales sur le bénéficiaire de la prestation (présentation de la structure, du contexte, de la démarche, ...) :

Si le bénéficiaire de l'étude est une structure de type entreprise, association, agence, syndicat, office HLM, ... :

	0 à 9	10 à 49	50 à 249	250 à 499	500 ou plus
Effectif global (tous sites) de l'entreprise ou de la structure	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Effectif de l'établissement ou du site de la prestation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Si le bénéficiaire de l'étude est une collectivité :

	0 à 9	10 à 49	50 à 249	250 à 499	500 ou plus	
Effectif global de la collectivité (nombre d'agents)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	0 à 4999	5 000 à 9 999	10 000 à 24 999	25 000 à 49 999	50 000 à 199 999	200 000 ou plus
Population de la collectivité (ou nombre de personne sur le territoire audité)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Bilan énergétique simplifié

Bilan global des consommations d'énergie

Année du bilan :

Combustibles	En MWh	Coût k Euros HT
Electricité		
Gaz naturel		
Fioul		
GPL		
Charbon		
Bois		
Autres combustibles	En MWh	Coût k Euros HT

Zone climatique :

Liste des bâtiments concernés par le projet avec la consommation en kWh par m2 avant et après démarche d'économie d'énergie :

Identification du bâtiment (ou du groupe de bâtiments)	Consommation en kWh par m2 avant démarche	Consommation en kWh par m2 après démarche

Onglet Recommandations

Démarche d'économie d'énergie (dans le cadre de bâtiments/installations existants)

En MWh	
Besoins totaux avant démarche	
Besoins totaux après démarche	

Synthèse technique du projet envisagé

Système de pompe à chaleur géothermique :

Sur sondes verticales

Sur aquifère superficiel

	Quantité	Unité
Puissance calorifique ou thermique		kW
Puissance frigorifique		kW
COP selon EN 14511		
EER selon EN 14511		
COP machine annuel moyen		
Nombre de sondes		
Débit prévisionnel		L/s
Taux de couverture des besoins par la PAC géothermique		%
Tonnes de CO2 évitées par an		t CO2

Energie d'appoint Si "Autres", la(les)quelle(s) :

Solution de référence

Type d'énergie de la solution de référence :

Si "Autres" la(les)quelle(s) :

Description technique de la solution de référence (max 1500 caractères) :

Synthèse financière du projet envisagé

Bilan des investissements prévisionnels :

Investissements prévisionnels	Solution EnR + appoint (Montant en Euros HT)	Solution de référence (Montant en Euros HT)
Génie civil (VRD/Bâtiment chaufferie)		
Production de chaleur (PAC)		
Production par l'appoint / la chaudière		
Production de froid (groupe froid)		
Production d'ECS		
Equipements de récupération chaleur géothermique (forages, conduites, pompes, ...)		
Circuit condenseur (depuis la PAC aux ballons tampons inclus)		
Comptage, instrumentation et monitoring		
Régulation		
Ingénierie, conception et réalisation		

Bilan des coûts d'exploitation prévisionnels :

Postes de charge d'exploitation	Solution EnR + appoint (Montant en Euros HT/an)	Solution de référence (Montant en euros HT/an)
P1 - Coût achat combustible référence et appoint (gaz naturel, fuel, ...)		
P'1 - Coût de l'électricité utilisée mécaniquement pour le fonctionnement des installations primaires		
P2 - (charges salariales comprises) Coût des prestations de conduite, de l'entretien, montant des redevances et frais divers		
P3 - Provision pour renouvellement des installations		

Bilan des aides nécessaires pour le projet :

Détermination de l'aide nécessaire	Montant
Aide totale déterminée (Euros)	
Aide en Euros / MWh	
Aide en Euros / tep	
Aide en Euros / tCO2 évitée	

Analyse économique du projet :

	Projet PAC géothermique hors aide	Projet PAC géothermique avec aide	Solution de référence
Coût global du MWh utile solution PAC géothermique en Euros			
Coût global du MWh utile solution de référence ou actuelle en Euros			
Economie ou surcoût de la solution PAC géothermique par-rapport à la solution de référence (%)			
Temps de retour brut (ans)			

Plan de financement attendu (en euro HT)

Prévisionnel étude	
Autofinancement	
ADEME	
Région	
Département	
Autre collectivité	
Etat	
Europe	
Autre	

Onglet Commentaires

Commentaires du prestataire sur l'étude

Commentaires du bureau d'étude prestataire sur l'étude (difficultés, résultats, points forts, ...) :
(Max 1500 caractères)

Commentaires du bénéficiaire

Commentaires sur l'étude :

=> *Saisie des réponses obligatoire pour le bénéficiaire*

	Oui, tout à fait	Oui, assez	Non, pas vraiment	Non, pas du tout
La prestation a-t-elle correspondu à vos attentes ?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La prestation va-t-elle servir de point de démarrage à des actions concrètes ?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Commentaires complémentaires sur l'étude :
(Max 1500 caractères)

Commentaires du bénéficiaire sur le travail du prestataire :
=> *Saisie des réponses obligatoire pour le bénéficiaire*

	Oui, tout à fait	Oui, assez	Non, pas vraiment	Non, pas du tout
Etes-vous satisfait de la qualité de ses préconisations?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Le prestataire avait-il une connaissance suffisante de vos activités / votre domaine?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Le prestataire a-t-il montré une maîtrise suffisante de l'outil / méthode de diagnostic ?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Le prestataire a-t-il montré des qualités de communication / concertation recherchées ?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Commentaires complémentaires du bénéficiaire sur le travail du prestataire :
(Max 1500 caractères)

Commentaire de l'ingénieur ADEME en charge du suivi de l'étude

Commentaires sur l'étude :
(Max 1500 caractères)

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. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle 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, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche.

Bâtiment
à U d i t
d'énergie
déchets
BTP - EnR

Entreprise
éco-conception
Diagnostic
énergie

Assistance
conseil
management
environnemental

Effet de serre
orientation
agriculture
déchetterie

Pollution
air - odeur
Plan de
déplacement
B r u i t



ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers cedex 01



www.ademe.fr