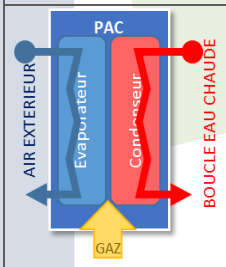
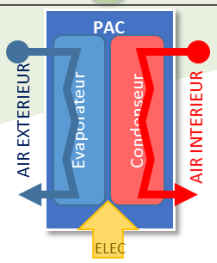
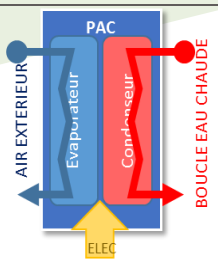
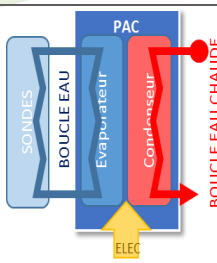
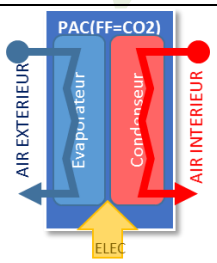
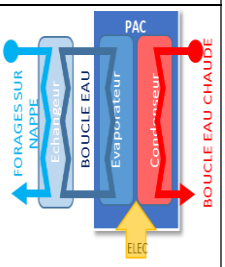
CAHIER DES PRÉCONISATIONS – FICHE : POMPES A CHALEUR (PAC)

La pompe à chaleur est une technologie qui peut être installée en neuf ou dans un projet de rénovation énergétique. Elle peut être utilisée en **base seule ou en base + appoint** (même énergie ou non).

Son dimensionnement dépend de l'usage (**chauffage seul ou chauffage + ECS**). Dans le cas du chauffage, la sélection de l'équipement doit se faire selon le régime de température (haute ou basse température), ce qui induit une sélection spécifique des émetteurs terminaux. La performance d'une pompe à chaleur est fonction de la température de l'eau chaude produite par rapport à une température extérieure considérée, selon la technologie utilisée. A priori, plus la température des émetteurs est basse, meilleur est le rendement énergétique (COP = Coefficient de Performance). Plusieurs types de PAC sont présents sur le marché : leur performance évolue en fonction.

PAC gaz	PAC air/air	PAC air/eau	PAC eau/eau sur sondes géothermiques (géothermie peu profonde)	PAC CO2 air/air ou air/eau	PAC eau/eau sur nappe phréatique (géothermie peu profonde)
Compresseur : Gaz	Electrique	Electrique	Electrique	Electrique	Electrique
Source ext. : Air extérieur	Air extérieur.	Air extérieur.	Sol via sondes géothermiques verticales dans lesquelles circule de l'eau glycolée.	Air extérieur.	Nappe via doublet de forage (pompe immergée ou non) puisage + rejet d'eau de nappe
Fluide calo. : Eau	Air intérieur.	Eau	Eau	Ait int. ou Eau	Eau
Fluide frigo. : Ammoniac + Eau	HFC	HFC	HFC	CO_2	HFC
					
COP = 1-2 (très variable selon T extérieure)	**COP* = 2-3 (très variable selon T extérieure)**	**COP = 3-4 (très variable selon T extérieure)**	**COP = 3-4 (stable quelle que soit T extérieure)**	**COP = 3,5 – 4,5 (stable quelle que soit T extérieure)**	**COP = 5-7 (stable quelle que soit T extérieure)**

COP CROISSANT

REGLEMENTATION & BIBLIOGRAPHIE

GEOTHERMIE

- NF EN 378 : Exigence sécurité et environnement ;
- Arrêté du 23 juin 1978 : Réglementation chaufferie ;
- Arrêté du 02 août 1977 : Réglementation gaz ;
- Arrêté du 30 juin 1999 : Réglementation acoustique ;
- Arrêté du 19 juin 2015 : Protection incendie Bâtiment d'habitation ;
- Article R1334-33 : Code de la santé publique ;
- DTU 65.16 : Pnom Pompe à chaleur ≤ à 70 kW ;
- NF ISO 13612-1 : Méthode dimensionnement PAC ;
- Guide RAGE PAC en habitat collectif et tertiaire.
- Décret 78-498 du 28 mars 1978 : Règles et procédures de demandes de permis de recherches et d'exploitation de géothermie ;
- NF X 10-970/980/999 : Forage d'eau et de géothermie ;
- Articles 131, L.162-1 et L.411-1 : Code minier.

• **Géothermie sur nappe et sondes :**

- **Forage > 10m :** Déclaration auprès de la **DRIEE** ;
- **Forage > 100m** : Autorisation de la **DRIEE** ;

• **Géothermie sur nappe :**

- Débit > à 8 m³/h et < à 80 m³/h : dossier de déclaration ;
- Débit > à 80 m3/h (ou V>200 000 m3) : demande d'autorisation ;
- Recommandations du BRGM ;
- Instruction des dossiers par les DRIIE et par le STIIIC (Service Technique Interdépartemental d'Inspection des Installations Classées) pour Paris et la petite couronne.

INDICATEURS DE PERFORMANCE ET DE COUTS

Les COP sont indiqués ci-dessus à titre indicatif : les performances des installations sur sondes et nappes dépendent du potentiel du site et de la place disponible pour espacer les sondes ou forages.

Les fiches techniques indiquent que les COP pour une température d'eau chaude de +35°C pour une température d'air extérieure de +7°C (NF EN 1451).

- PAC : 200-300€/kW chaud installé

GEOTHERMIE

- Forages sur nappe : 700 à 2000€HT/ml de forage + études spécifiques : 30 000€HT
- Sondes géothermiques : 50€HT/ml de sonde
- Maintenance annuelle des forages : 2000€HT/an
- Redevance à l'agence de l'Eau : 3,5 €HT pour 1000 m3 prélevés

Géothermie sur nappe : Le Maître d'Ouvrage doit souscrire une assurance **AQUAPAC** pour avoir une garantie sur la présence de la ressource en eau souterraine et sur sa pérennité (forage + exploitation).

CAHIER DES PRÉCONISATIONS – FICHE : POMPES A CHALEUR (PAC)

POINTS DE VIGILANCE

Tous les synoptiques et analyses fonctionnelles des installations PAC seront validés par le Pôle Energie Fluides de la Direction de la Gérance.

- La **réduction des besoins énergétiques doit être une condition préalable** à l'installation d'une production d'énergie renouvelable.
- La RIVP souhaite **privilégier les systèmes PAC + appoint, notamment pour les PAC air/air et air/eau**.
- **Fluide frigorigène :** Des exigences concernant la sécurité, l'environnement, l'exploitation et la maintenance du fluide frigorigène doivent être respectées (**NF EN 378-4**) ;
- **Volume tampon :** la mise en place d'un volume tampon est nécessaire pour éviter les courts-cycles de la PAC. Il est important de toujours vérifier si l'implantation d'un volume tampon à 2 piquages en sortie de PAC est nécessaire. Plus la contenance du volume tampon est élevée, plus le nombre de démarrages du compresseur est réduit. Si à l'inverse le volume tampon est trop important, le bilan énergétique est pénalisé.
- Pour **l'appoint,** si des réseaux gaz ou CPCU doivent être acheminés pour alimenter la production, attention à bien prendre en compte les délais de réponse des concessionnaires dans le phasage du projet.
- Une **cascade PAC + Chaudière** peut être adaptée notamment pour la préparation d'ECS (T de départ élevée). Mais attention, en fonctionnement **simultané biénergie, il est important de vérifier que la PAC n'est pas en série avec la chaudière, ce qui supprimerait l'intérêt d'une chaudière à condensation (retour chaud au niveau de la chaudière).**
- Les PAC doivent obligatoirement être **mises en service par des techniciens agréés** par les fabricants.

PAC AIR/...

- **Le dégivrage :** Selon les conditions extérieures de température et d'humidité un dépôt de givre se forme sur l'évaporateur. La pompe à chaleur procède à des cycles périodiques de dégivrage, qui permettent d'éliminer le givre sur l'évaporateur. Le cycle de dégivrage peut s'accompagner d'un dégagement de vapeur d'eau au niveau de la sortie d'air.
- Les PAC air/eau, air/air et PAC gaz surtout génèrent un **bruit qui peut être important**. Le respect de la réglementation acoustique relative aux bruits de voisinage induit souvent la mise en place de systèmes acoustiques.

Emplacement (PAC air/air, air/eau, gaz) :

PAC AIR/...

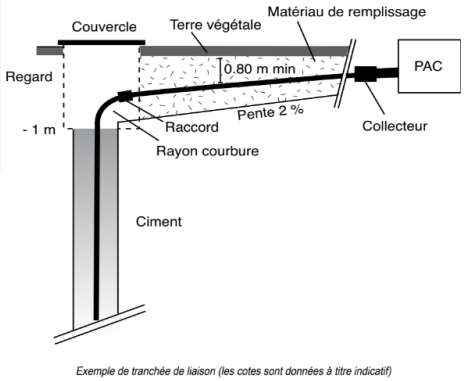
- Attention aux **perturbations dues au vent** (orienter la PAC par rapport aux vents dominants, équiper la PAC d'un plénum de refoulement si besoin) ;
- -Dans le cas d'une implantation en toiture terrasse, une **étude de structure** est à envisager. De plus, la validation de cet emplacement par les **services de l'urbanisme** est à prévoir (protections visuelles parfois nécessaires).
- La PAC peut être installée en intérieur si elle est équipée d'une amenée d'air neuf et de rejet d'air (NF EN 378-3) ;
- **Acoustique** : Des tests acoustiques doivent être réalisés avant et après la mise en place des unités extérieures.
- **Grutage** : Prévoir un espace suffisant en toiture ou autour du bâtiment permettant d'accueillir la PAC. Prendre en compte la difficulté de livraison et les contraintes administratives liées à l'organisation d'un grutage. Il faudra veiller aux capacités des rues alentour pour la livraison/grutage de l'équipement et la maintenance ultérieure.

Géothermie sur nappe : **confirmation du potentiel du site et réalisation des forages**

- **Une étude de faisabilité réalisée par un hydrogéologue** est nécessaire pour une production PAC sur nappe (bibliographie puis forage test avec mesures des caractéristiques de la nappe, essai de pompage pour validation du débit) ;
- **Accès :** Vérifier que l'accès au lieu d'implantation est libre, dégagé de tout obstacle ;
- **Couche de terre mixte :** Risque d'éboulement, coût de forage plus élevé ;
- Vérifier que la zone de forage n'est pas dans un **périmètre de protection de prélèvement d'eau (DDASS)** ou dans un périmètre de protection du patrimoine ;

Géothermie sur sondes : **confirmation du potentiel du site et réalisation des forages**

- **Un test de réponse thermique du sol** est à réaliser afin de jauger le potentiel énergétique exploitable par rapport aux besoins du projet. Il permettra par la suite le dimensionnement et la position des échangeurs.
- **Nature du sol :** un sol rocailleux peut être problématique pour le forage (risque de dégradation de la machine).
- **Bentonite sonde géothermique :** La non injection par le pied est une des raisons pour lesquelles une installation peut avoir des dysfonctionnements.



Exemple de tranchée de liaison (les cotes sont données à titre indicatif)

- **La tranchée de liaison :** la tranchée de liaison permet de faire la liaison entre les têtes de forages et le collecteur principal. Elle doit suivre les prescriptions suivantes :
  - ✓ Pente de 2 % afin de faciliter la purge des sondes ;
  - ✓ Prévoir une purge au niveau de la tête de forage si celle-ci est plus haute que le collecteur ;
  - ✓ Une certaine profondeur de tranchée est à respecter afin de respecter le hors gel et limiter les pertes de chaleur (calorifuge entre collecteur principal et local technique) ou mise en place de glycol ;
  - ✓ Les matériaux de remplissage devront garantir une résistance mécanique pour protéger les tubes de liaison d'un écrasement.

L'emplacement des différents forages est réglementé en fonction de l'environnement dans lequel ils sont effectués (Distance mini à respecter si présence d'arbres, de réseaux enterrés non hydrauliques, de fondations, de puits, de fosses septiques, ou de piscines…) en fonction de la distance entre les différents forages, en fonction du type de forage (se référer aux réglementations NF X 10-970/980/999).

CAHIER DES PRÉCONISATIONS – FICHE : POMPES A CHALEUR (PAC)

ETAPES CLES

Les éléments indiqués en bleu ci-dessous sont spécifiques aux PAC géothermiques.

ESQ-APS

- Analyse en coût global pour valider l'intérêt de la mise en oeuvre d'une production par PAC. Cette production ne doit pas servir uniquement à atteindre un label de performance conventionnelle. Pour la PAC sur nappe : l'analyse en coût global prendra bien en compte les coûts d'entretien du forage et la redevance à l'Agence de l'Eau.
- Etude de faisabilité en cas de géothermie sur nappe (potentiel du site). Faire appel à un hydrogéologue pour pousser cette étude de faisabilité.
- Demander au maître d'ouvrage ou réaliser une étude de bruit initial (sans équipement).

APD

- Dimensionner et sélectionner les PAC en fonction des régimes de températures retenus (haute/basse).
- Dimensionner les échangeurs et ballons de stockage, appoint : bien dimensionner les locaux techniques adéquats (surface, hauteur).
- Réaliser l'analyse fonctionnelle simplifiée de l'installation.
- Définir le plan de comptage pour s'assurer de la couverture des besoins par la PAC.
- Poursuivre l'étude hydrogéologique.
- Réaliser un forage test (qui pourra devenir le forage définitif) pour sonde (réponse thermique du sol) et nappe.
- Définition de l'emplacement précis de la PAC et des forages ou sondes.

PRO-DCE

- Bien indiquer les qualifications attendues au DCE (forages et sondes géothermiques) : QualiPAC + foreur.
- Décrire avec précisions le système complet (forages, PAC, régimes d'eau, échangeurs, objectifs de performance, volumes de stockage, appoint, comptages, passages des réseaux dans le bâtiment...)

EXE-VISA

- Vérifier et valider le matériel retenu.
- Vérifier et valider chaque équipement (forages, pompes de forage, échangeurs, ballons, calorifuge, sondes, régulateurs...).
- Vérifier et valider le plan de comptage et les équipements de comptage retenus (cela permet-il bien d'évaluer correctement les performances de la PAC ?).
- Valider l'analyse fonctionnelle complète de l'installation.
- Mise en service de la PAC par le constructeur ou par des installateur agréés.

DET

- Anticiper au maximum la réalisation des forages/sondes puis assurer une protection mécanique renforcée des têtes de puits.
- Réalisation de tests acoustiques (chantier "éteint", PAC allumée) pour valider et éventuellement corriger les problèmes de bruit.

OPR-AOR

- Valider le fonctionnement du système de monitoring et étalonnage des compteurs..
- Réception des DOE et du DUEM (protocoles de maintenance).
- Faire réaliser la mise en service par le constructeur **uniquement**

GPA

- Réaliser une passation de l'information pour l'exploitation-maintenance : présenter le système et ses régulations, l'entretien nécessaire, les objectifs de production.
- Mesurer la performance de production sur l'année de GPA

ANNEXE – DIMENSIONNEMENT – NF ISO 13612 - 1

