

## Les webinaires de la PAC

# « Le rafraîchissement géothermique »

AFPAC / AFPG / FNCCR / ADEME / BRGM

### L'AFPAC

Une réponse au défi CO<sub>2</sub> et à la transition énergétique



La pompe à chaleur au coeur de votre confort

# Intervenants du Webinaire

<b>Accueil</b>	Arnaud KAUTZMANN - Secrétaire de l'AFPAC
<b>Introduction</b>	Jean-François CERISE – Vice-Président de l'AFPAC
<b>Présentation de l'AFPG</b>	Christophe LUTTMANN - Délégué Général de l'AFPG
<b>Bureau d'étude géothermique</b>	Jean-Loup LACROIX – Président StratéGéo Conseil
<b>Bureau d'étude fluide</b>	Jérôme MATHIEU – Président S2T
<b>Conclusion</b>	François DEROCHE - Président de l'AFPAC

# Accueil

Accueil :

**Arnaud KAUTZMANN, Secrétaire de l'AFPAC**



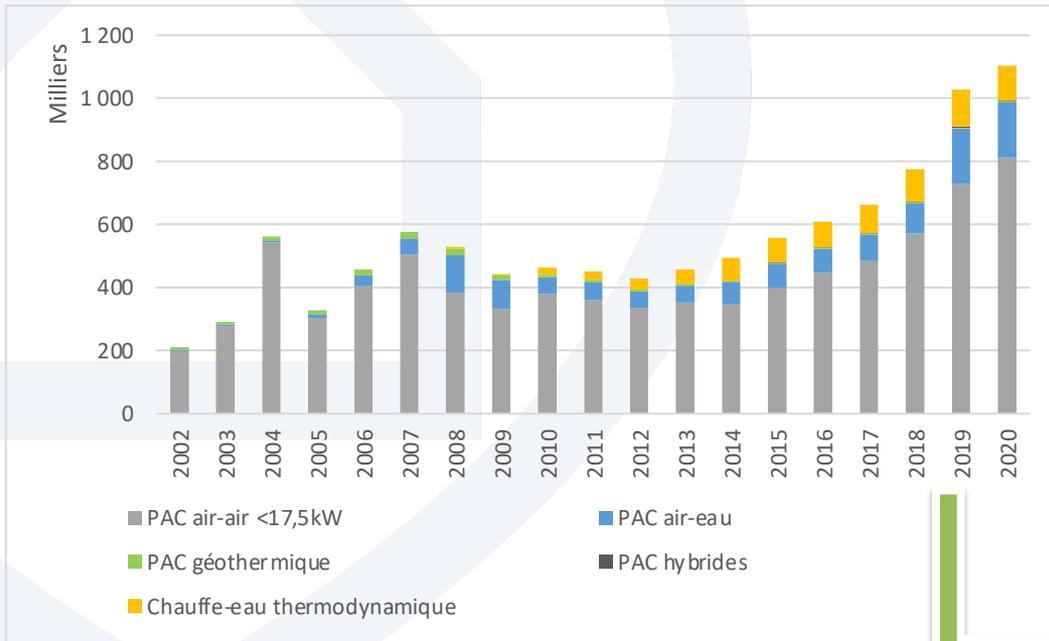
# Introduction

Introduction :

Jean-François CERISE, Vice-Président de l'AFPAC



# Un marché de la pompe à chaleur dynamique, avec de belles perspectives offertes par la SFEC<sup>1</sup>



Source : PAC&Clim Info

<sup>1</sup>SFEC : Stratégie Française Energie et Climat (SNBC + PPE)

Les Pompes à chaleur en système de chauffage principal sont installées pour :

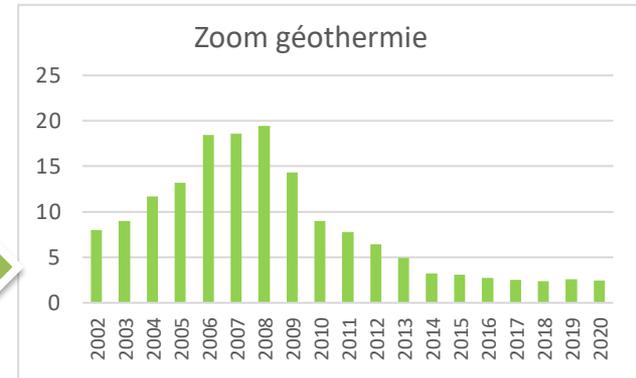
**9,4%**

Des résidences principales en **maisons individuelles**

**0,5%**

Des résidences principales en **logements collectifs**

Source : CEREN 2019



# Animation

Animation :

**Christophe LUTTMANN – Délégué Général de l'AFPG**



# L'AFPG en quelques lignes

- **Création en juin 2010 sous l'impulsion du BRGM et de l'Ademe**
- **Une centaine d'adhérents en France métropolitaine et dans les DROM en géothermie de surface et géothermie profonde** : des foreurs, des fabricants de pompes à chaleur, des exploitants de réseaux de chaleur, des bureaux d'études (fluides, thermiques, sous-sol.), des équipementiers, des énergéticiens. Et aussi des universités, des écoles d'ingénieurs, des Pôles de compétitivité...
- **Nos missions :**
  - **Représenter et fédérer les professionnels** de la filière en France métropolitaine et dans les DROM.
  - **Informers les parties prenantes (institutionnels, porteurs de projets privés et publics, grand public...)** des ressources et de la diversité de l'offre géothermique.
  - **Accompagner les pouvoirs publics** en matière de réglementation, de législation et de qualification...
  - **Valoriser et exporter** le savoir-faire français (Cluster Geodeep en géothermie profonde)

# Quelques actions concrètes pour la filière Géothermie de surface

## ➤ Réglementation

Décret GMI, réglementation thermique (Label E+C-, RE2020)

## ➤ Qualification RGE

RGE travaux : Branches Forage (QUALIFORAGE) et PAC (QUALIPAC)

RGE Etudes : Métiers de l'Ingénierie (OPQiBi : 1007 et 2013)

## ➤ Expertise et groupes de travail

BETEG, dispositifs de soutien (Fonds chaleur, Ma Prime'Renov), Boites à outils Conduite de projets, , Étude de marché, Recensement des installations, Cartographies relatives à la GMI, Valorisation des ICU

## ➤ Information, sensibilisation

Formations (BE / Archis) et animation

Journées de sensibilisation en région / Boosting Days

Journées techniques / Webinaire AFPG / AFPAC

Congrès/ salons : Semaine de la chaleur renouvelable Les Assises des EnR / EnerJ-meeting / JDLG 2022

## ➤ Partenariats

Institutionnels : L'ADEME, le BRGM

Syndicats : Le SFEG, l'AFPAC, le SER

Club de la Chaleur renouvelable : AMORCE, la FEDENE, ENERPLAN, CIBE, ATEE...

Pôles de compétitivité : Pôle AVENIA, Fibre-Energivie

Associations internationales : EGEC, IGA, Trion-Climate, GGA...

# Le rapport alarmant du GIEC

L'influence des êtres humains sur le réchauffement de l'atmosphère, des océans et des continents est sans équivoque. En émettant des gaz à effet de serre (GES), l'humanité a provoqué des changements rapides et étendus au niveau de l'atmosphère, de la cryosphère (glaces terrestres et marines), de la biosphère (les êtres vivants) et des océans.

Sous l'effet des émissions de GES passées et futures, **les changements du système climatique observés au cours des récentes décennies se poursuivront durant tout le XXIème siècle et au-delà**. Cela augmentera la probabilité d'impacts sévères, généralisés et irréversibles sur les écosystèmes et les êtres humains

*Source : Rapport GIEC – Août 2021*

Au regard de ses consommations d'énergie, **le bâtiment est le 2ème secteur émetteur en France**. Si l'on ajoute les émissions liées à la fabrication des matériaux et équipements utilisés dans les constructions neuves et rénovations, le secteur représente 1/3 des émissions nationales ! **Il est encore très dépendant des énergies fossiles** et se place en 1ère position en termes de consommations d'énergie finale en France. **Le chauffage est le premier enjeu carbone du secteur**, loin devant les autres (40% des émissions du secteur). Ce constat fait écho au fait que la production de chaleur renouvelable est l'un des défis majeurs de la transition énergétique pour la France.

*Source : Neutralité Carbone dans le secteur du bâtiment – IFPEB / CARBONE 4 - juillet 2020*

# Qu'est-ce que la géothermie ?



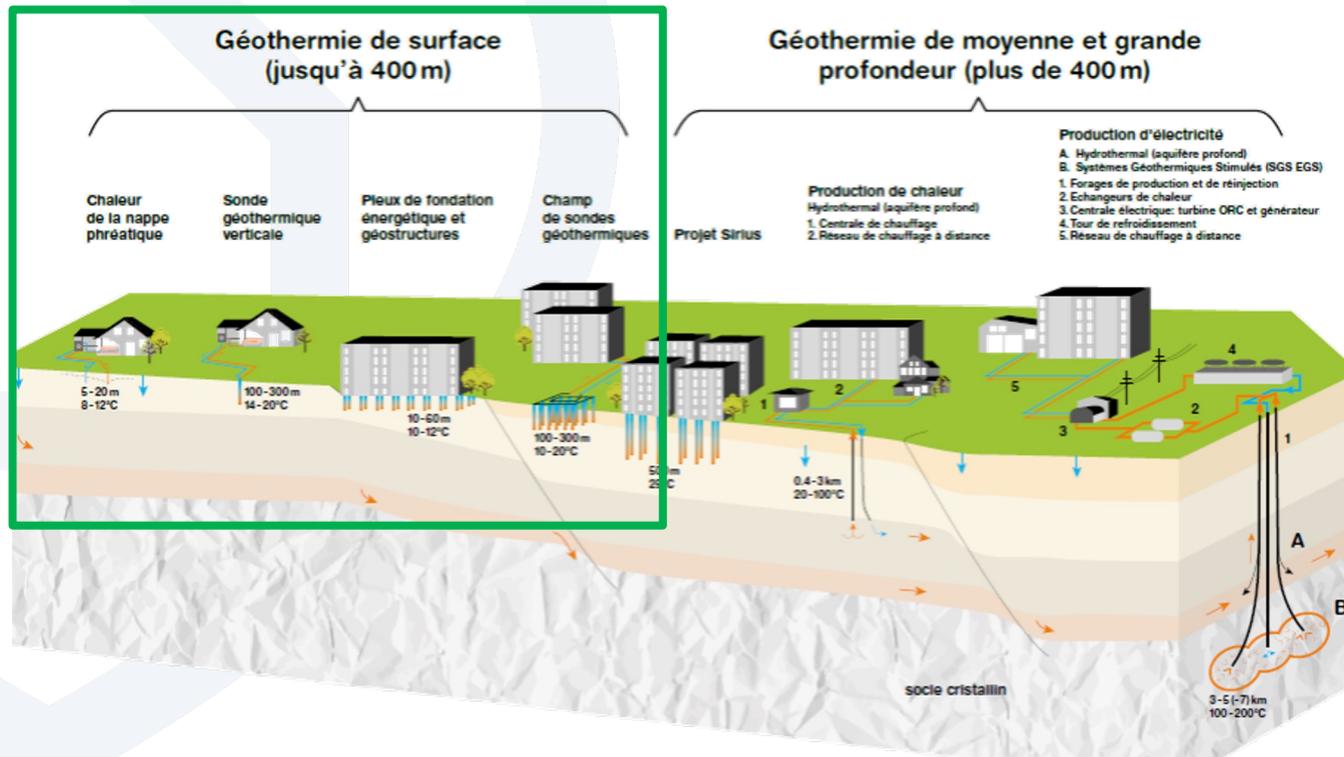
## 3 Formes de géothermies distinctes :

- La géothermie Haute température
- La géothermie à usage direct
- La géothermie de surface ou TBE

**C'EST L'UTILISATION DE LA CHALEUR NATURELLE DE LA TERRE A FAIBLE OU MOYENNE PROFONDEUR**

La **géothermie**, du grec géo (la terre) et thermos (la chaleur).

# Les différentes formes de Géothermie



# Qualifier le sous-sol

La ressource hydro / géologique : Jean-Loup LACROIX – Président StratéGéo Conseil



# Un peu d'histoire géologique

## Le bassin sédimentaire multicouches du Bassin Parisien

Le bassin sédimentaire parisien s'étend sur plus de 110 000 km<sup>2</sup> avec 250 Millions d'années d'histoire.

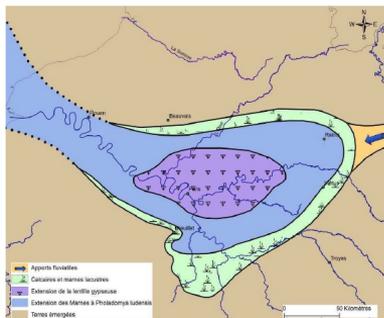
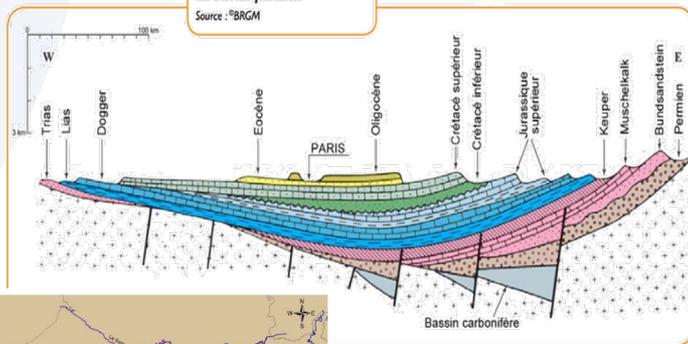
## Sa formation a pour origine la montée des Mers

Succession de phases de Transgression et de Régression sur 250 Millions d'années.



3 grands bassins sédimentaires en France

Coupe lithostratigraphique du bassin parisien  
Source : BRGM



Extension du Ludien dans le Bassin de Paris (Ch. Pomerol, 1995)

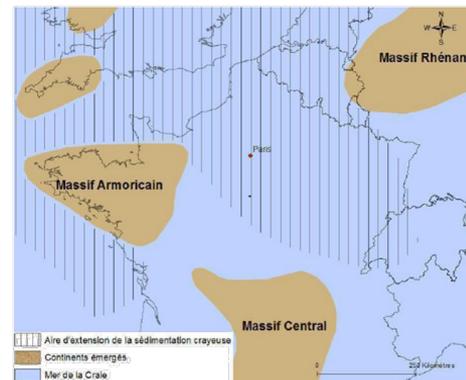


Schéma paléogéographique du nord-ouest de l'Europe au Crétacé supérieur. Simplifié d'après Ziegler (1982).

## Environ 10 réservoirs aquifères en IDF

Qui peuvent présenter de fortes hétérogénéités spatiales.

# Performance thermique du sous-sol

- Les variations saisonnières sont amorties sur les 10 premiers mètres.
- En profondeur le flux géothermique est le seul apport.
- Profite de l'inertie de l'eau ou de la roche

Matériaux	Capacité Calorifique volumique
Air	0,0012 MJ.m <sup>-3</sup> .K <sup>-1</sup>
Roche	1,8 à 4 MJ.m <sup>-3</sup> .K <sup>-1</sup>
Eau	4,2 MJ.m <sup>-3</sup> .K <sup>-1</sup>

x2 000  
x3 500



# Les différentes formes de Géothermie

## La Géothermie assistée par pompe à chaleur (T<40°C)

### Spécificité :

Dans ce cas de figure, la ressource géothermique est à une température trop basse pour un usage direct. Il est donc nécessaire d'utiliser une pompe à chaleur géothermique pour amplifier l'énergie prélevée ou injectée au sous-sol pour pouvoir la diffuser à la bonne température dans le bâtiment. Avec cette typologie de ressource, il est possible de produire du chauffage et du rafraîchissement.

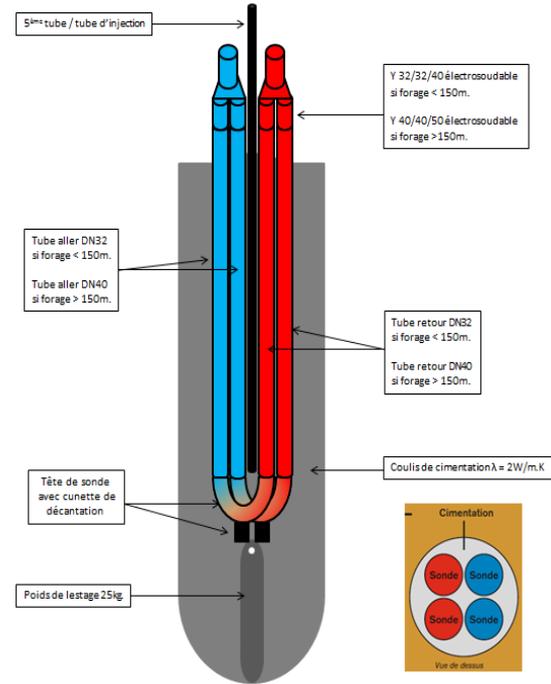
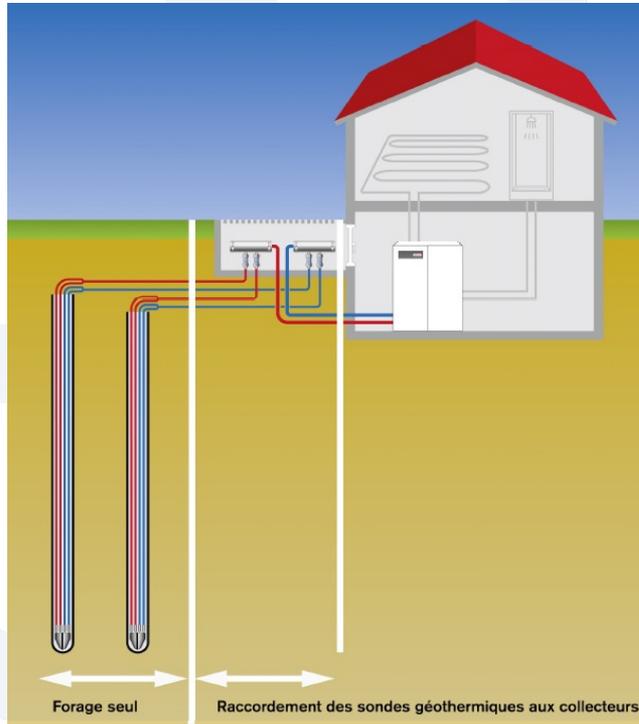
- Héliothermie / PAC sur capteurs horizontaux
- Géothermie sur échangeurs compacts / PAC sur Corbeilles géothermiques
- Géothermie sur murs géothermiques** / **PAC sur capteurs verticaux de surface**
- Cloacothermie / PAC sur eaux usées
- Géothermie sur nappe** / **PAC sur aquifère**
- Thalassoothermie / PAC sur eau de mer
- Géostructure / PAC sur Fondations thermoactives
- Géothermie sur SGV** / **PAC sur Echangeur vertical**

# L'atelier de forage géothermique



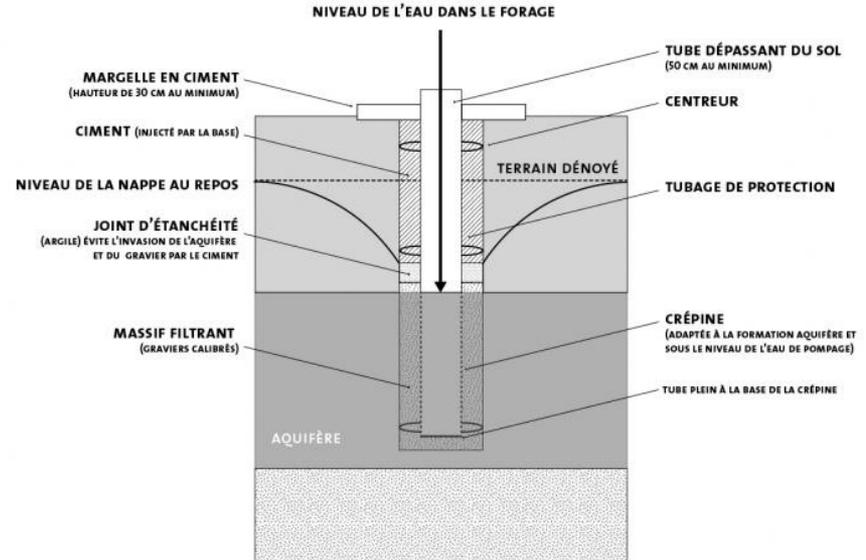
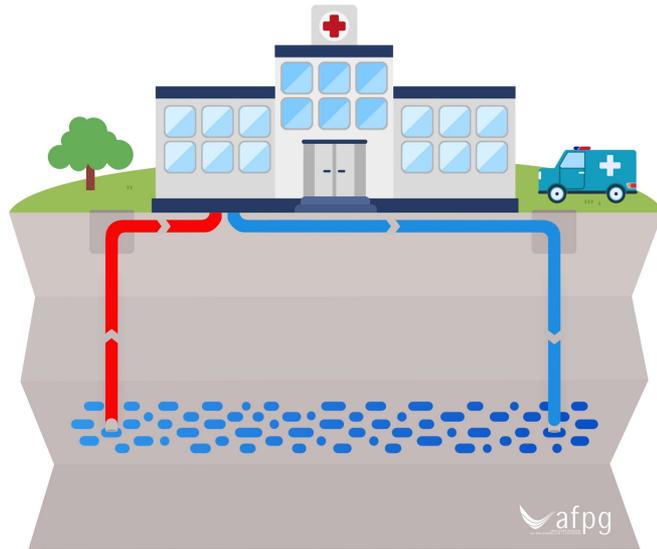
# La sonde géothermique verticale

Le principe consiste à faire circuler un fluide caloporteur en circuit fermé dans un échangeur vertical.  
Le transfert de calories se fait avec le sol sans sollicitation d'une nappe souterraine.



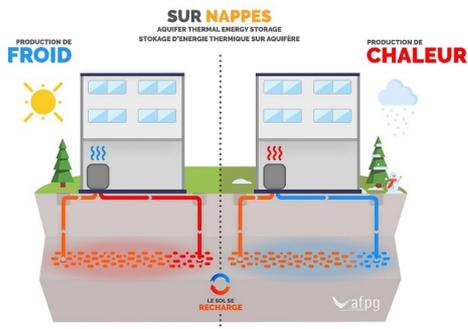
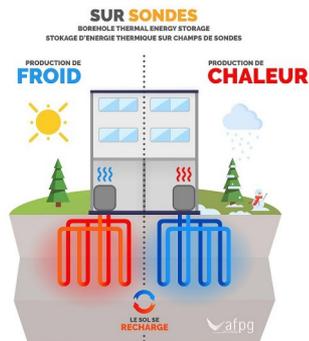
# La Géothermie sur nappe / PAC sur aquifère

Le doublet sur aquifère consiste à pomper l'eau d'une nappe souterraine au travers d'un forage de production et de faire passer cette eau dans un échangeur thermique à plaques pour y puiser des calories avant de réinjecter via un second forage.

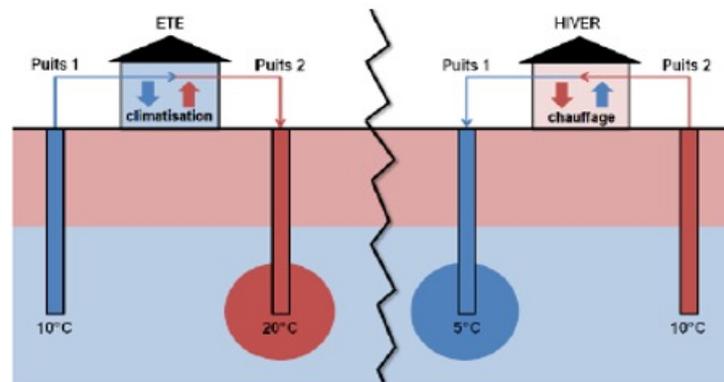


# Le stockage intersaisonnier – BETES / ATEs

## GÉOTHERMIE LE STOCKAGE INTER-SAISONNIER



## Le soleil et la terre comme source d'énergie



(18) Schéma du principe ATEs (Inéris)

# Echangeur horizontal ou compact

En horizontale, la profondeur des tubes en PE doit être au moins 20cm sous la couche sujette au gel de la région. En fonction de la température du site, la profondeur est généralement comprise entre 0,6 m et 1,5 m. Espacement DN25 – 50cm. (Env. 25w/m<sup>2</sup>).

En système compact, la puissance soutirée est valorisée à Env. 1kW / corbeille avec un diamètre 1m – espacé à l'axe de 4m – Profondeur 2,50m.



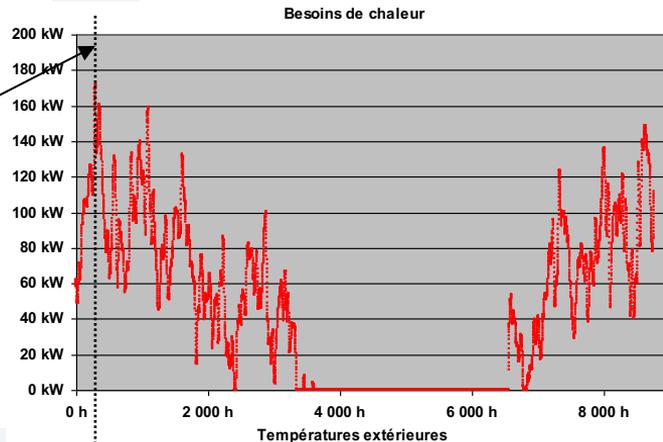
# Les besoins thermiques du bâtiment :

Le dimensionnement géothermique : Jérôme MATHIEU – Président S2T

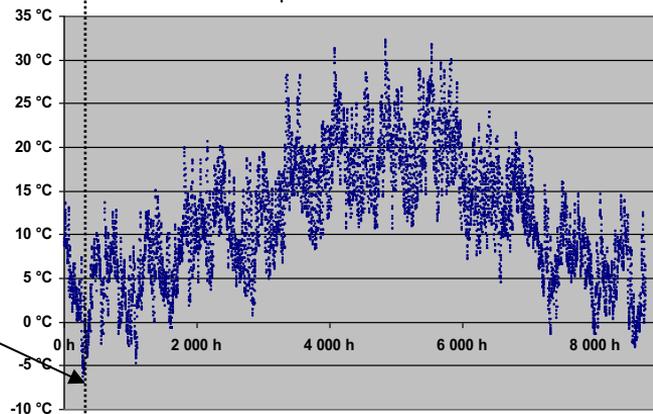


# Les besoins de chaleur d'un bâtiment

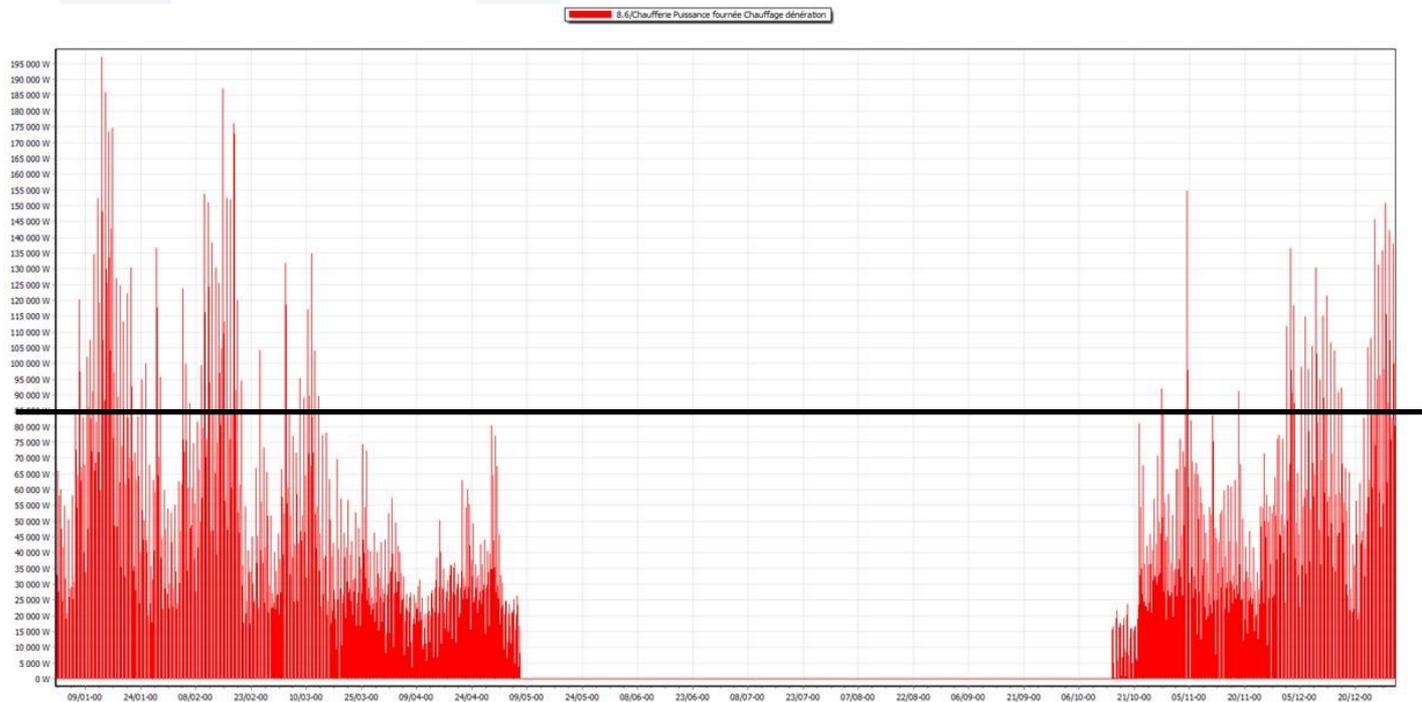
Pic de besoin de puissance



Text de base



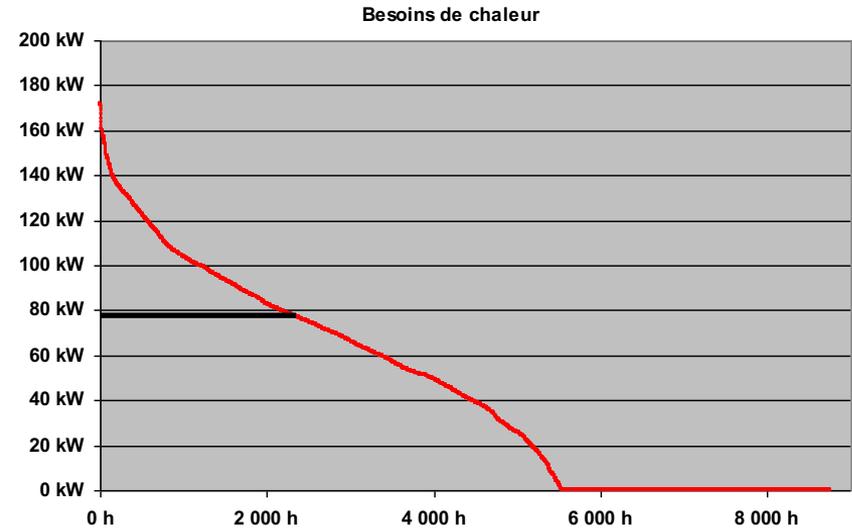
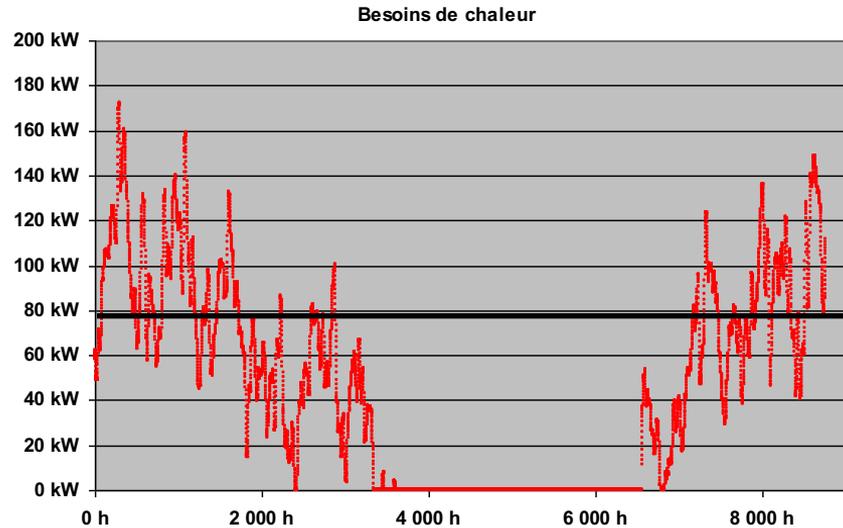
# Le dimensionnement et la couverture géothermique



Exemple : Avec 30 à 50% de la puissance, on peut couvrir 80 à 90% des besoins annuels.

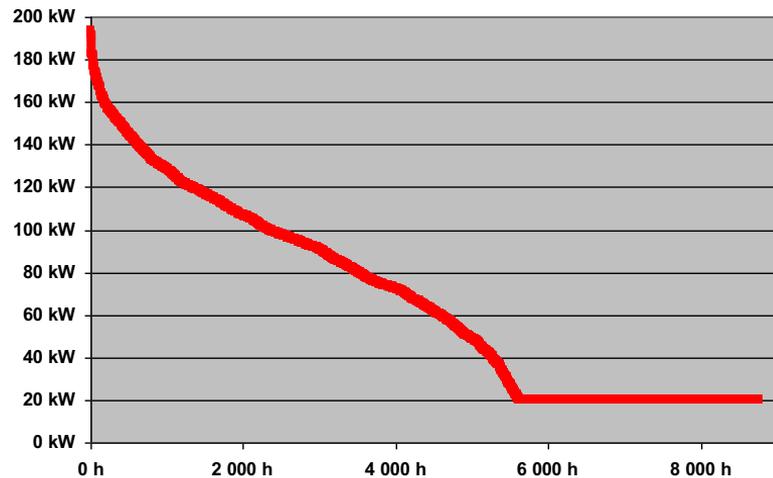
En géothermie ,on recherche avant tout à produire de l'énergie(kWh/a)et non pas de la puissance (kW)

# Courbes de puissance & Monotones

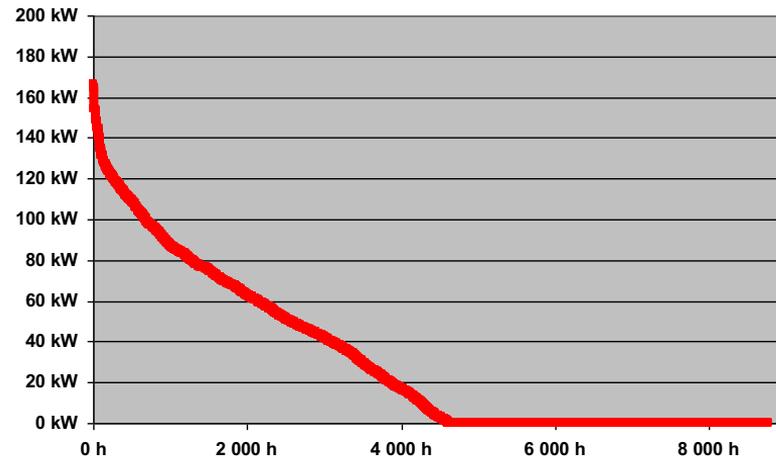


# Courbes de puissance & Monotones

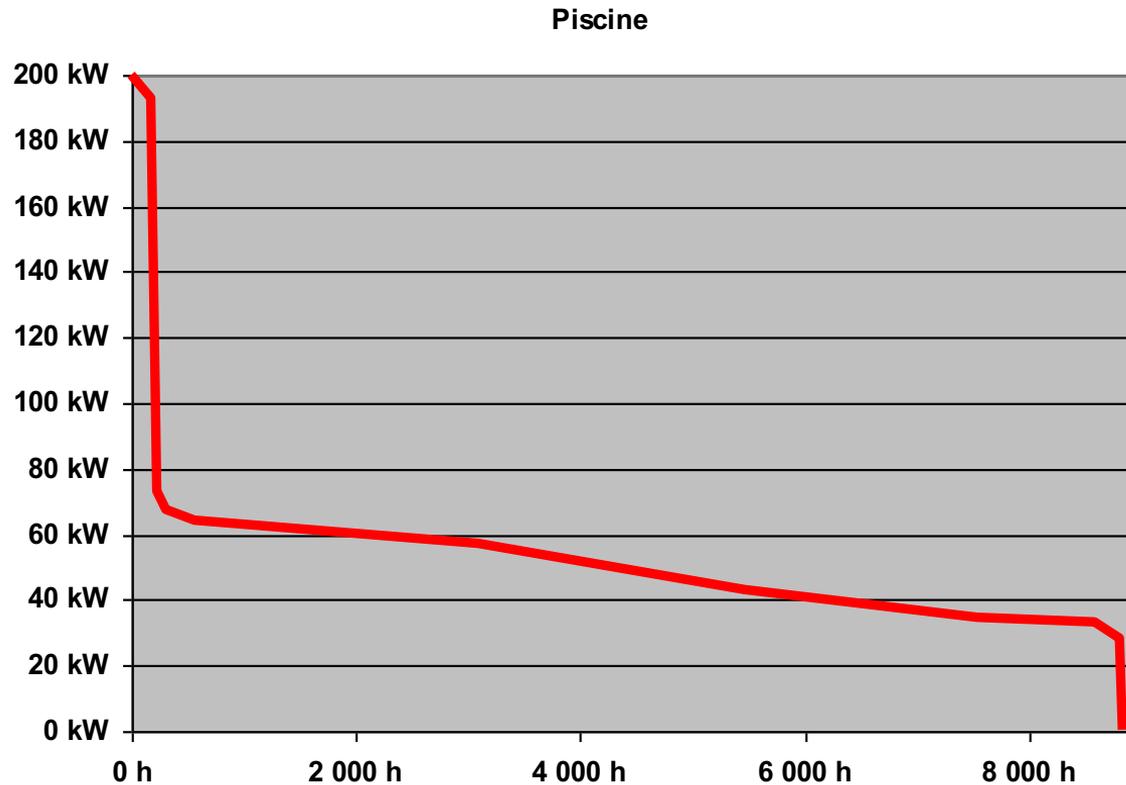
Logements



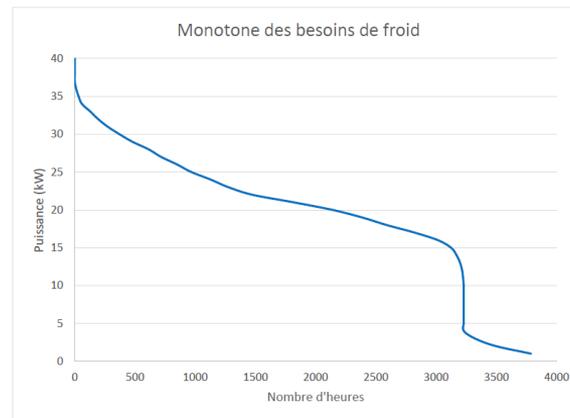
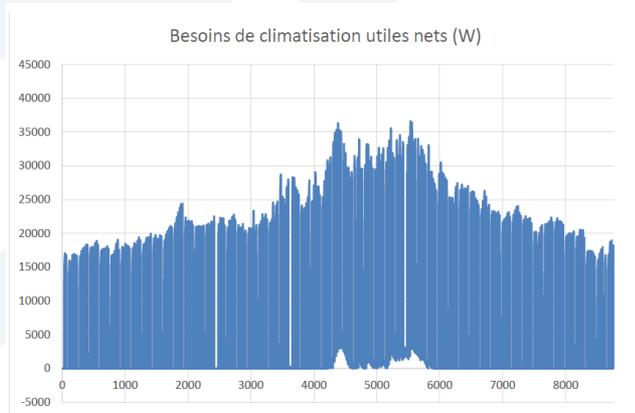
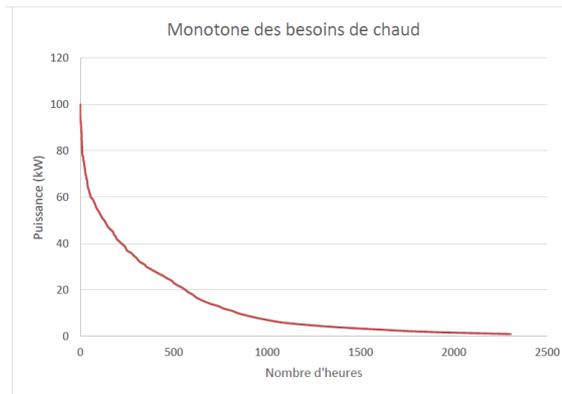
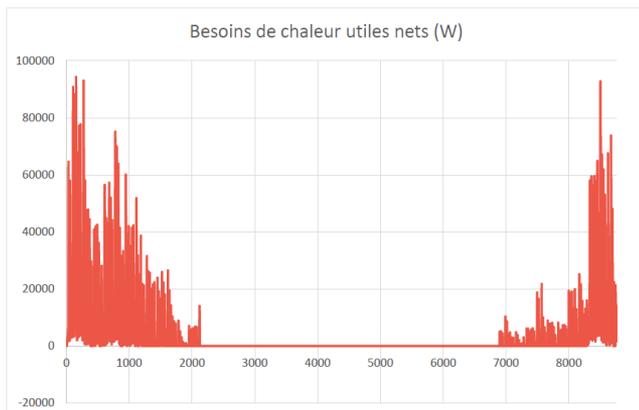
Tertiaire



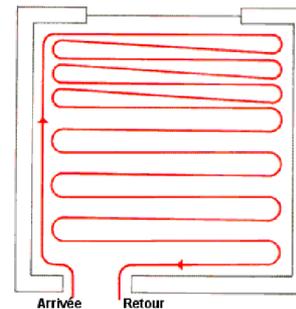
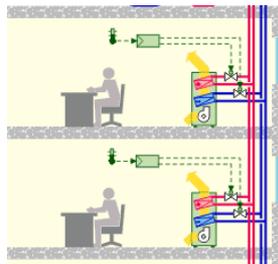
# Courbes de puissance & Monotones



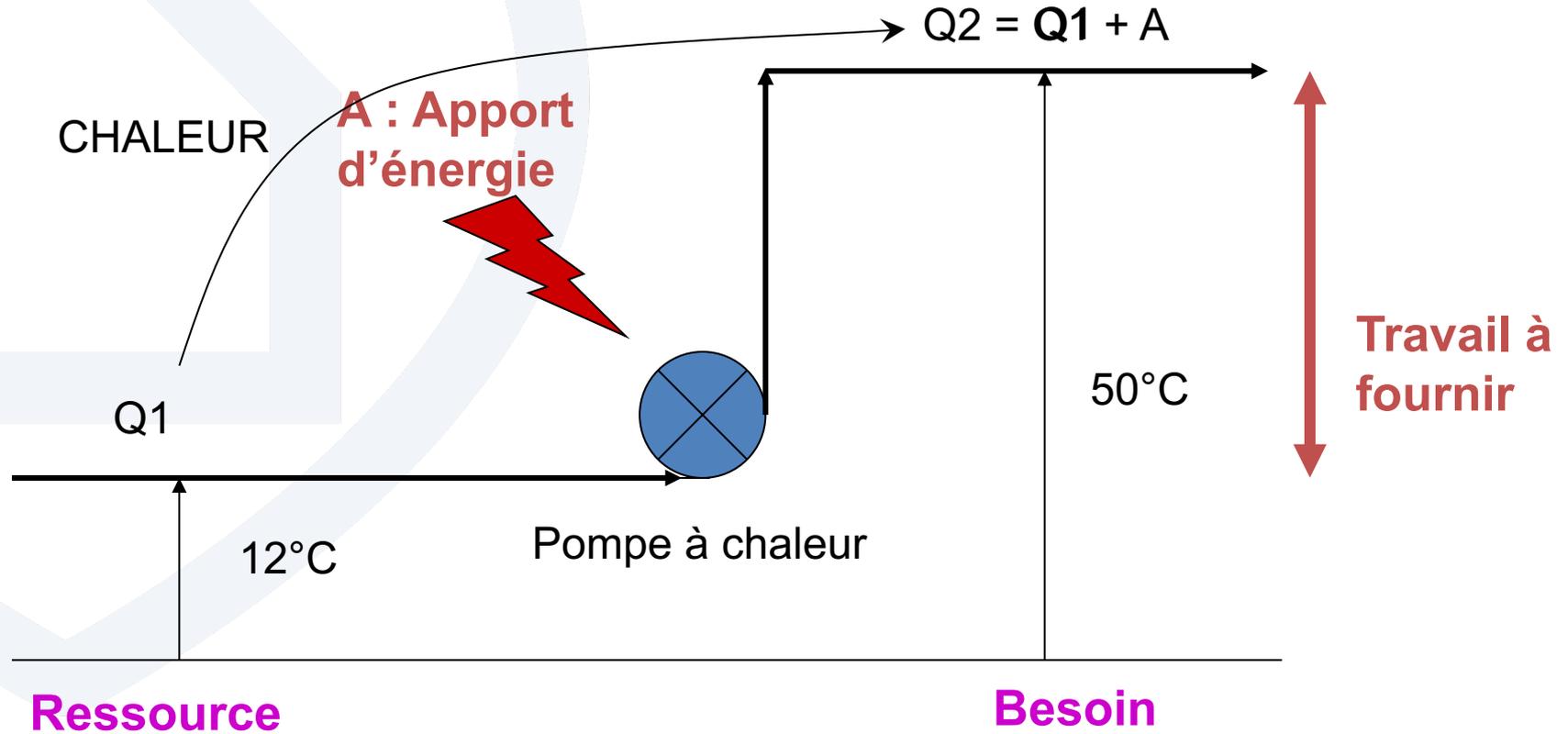
# Les besoins thermiques du bâtiment



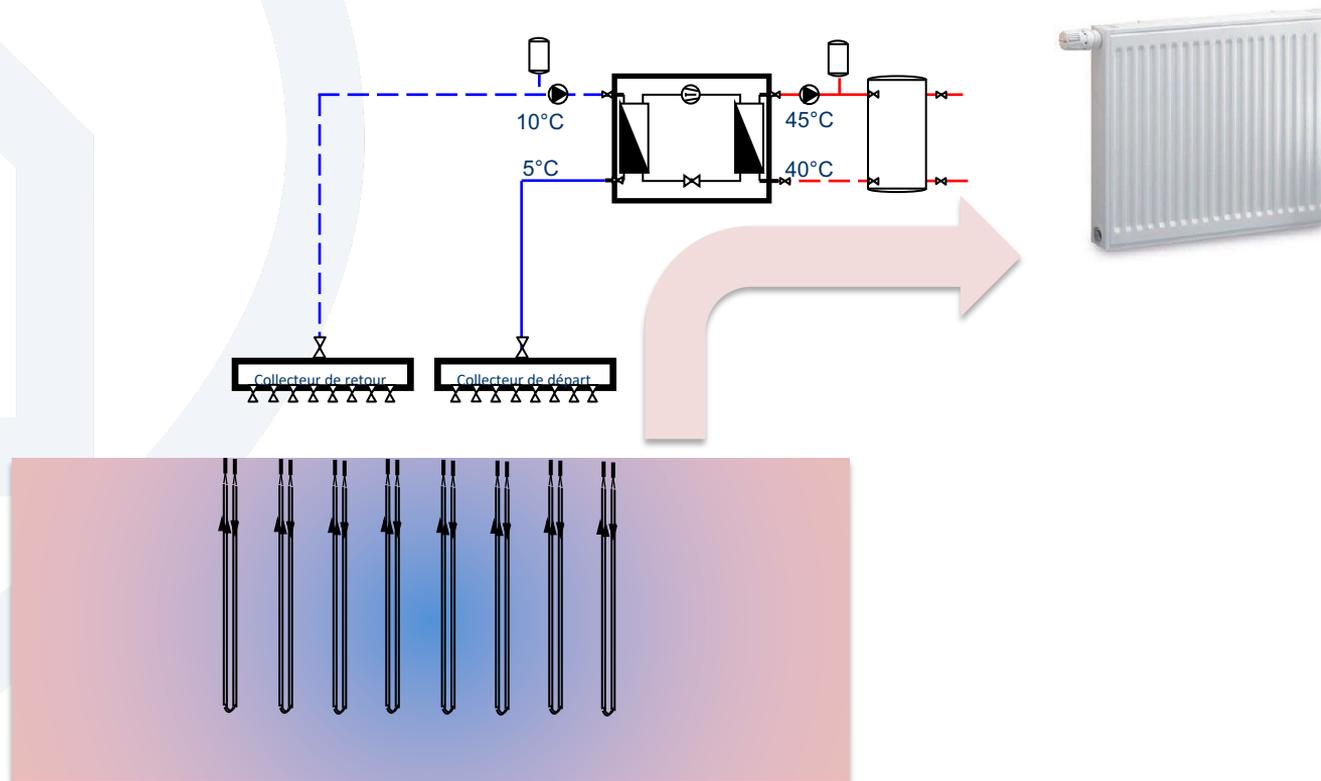
# Le choix des émetteurs



# La pompe à chaleur

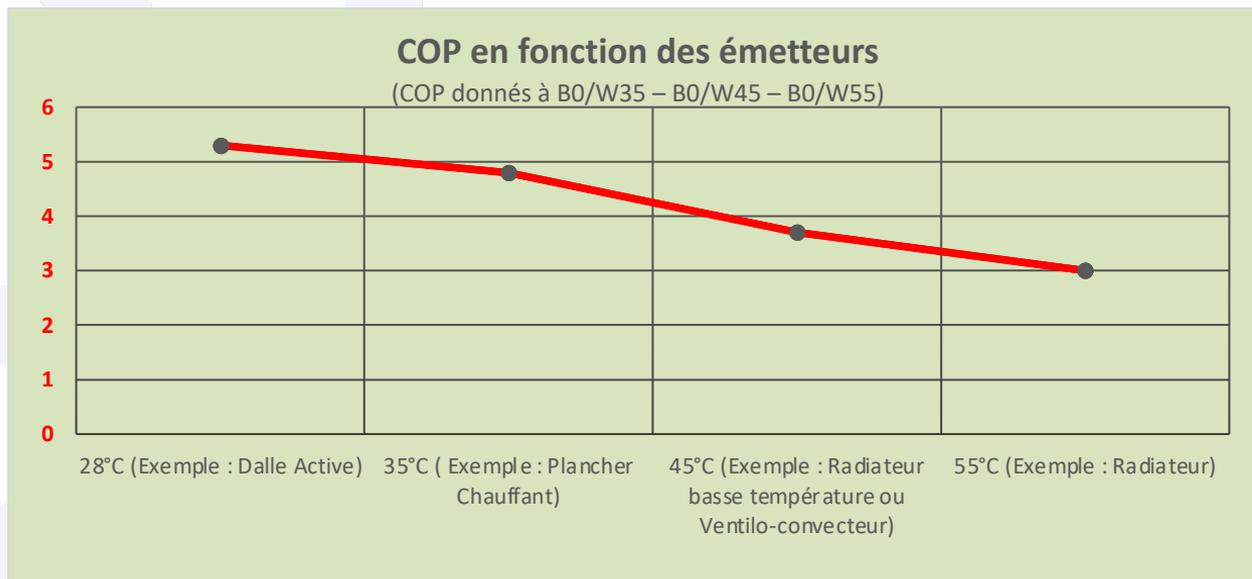
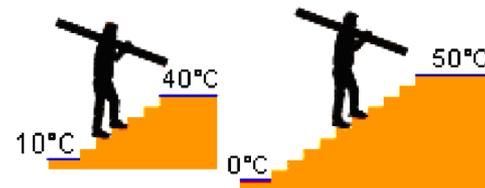


# La pompe à chaleur, en hiver



# Le choix des émetteurs

L'efficacité de l'installation est optimisée quand la température de départ est basse :



***La réversibilité du système peut augmenter la performance globale du système géothermique***

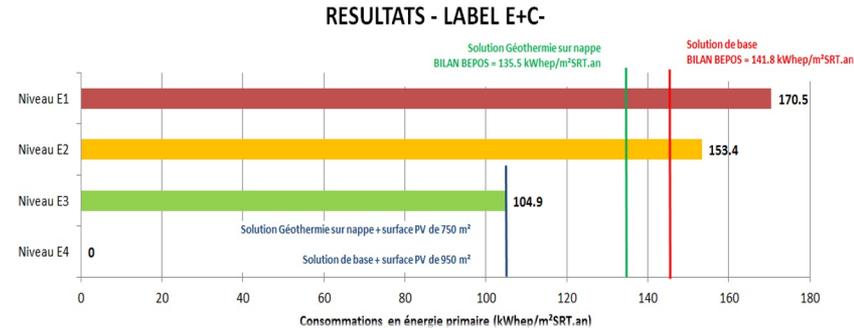
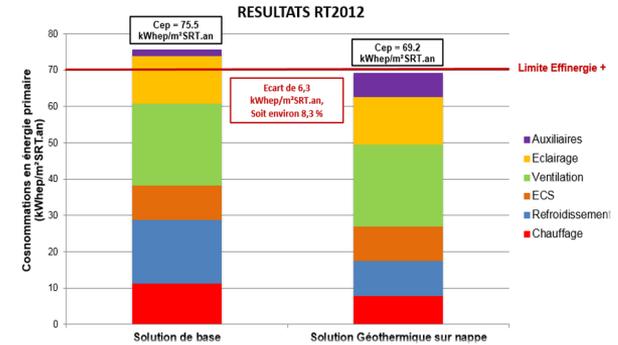
# Les avantages de la géothermie

## Elle présente des qualités énergétiques et environnementales

- > Rendements importants et stables (COP>5/6) même au plus froid de l'hiver,
- > Réduction des consommations électriques et donc nos dépendances aux énergies fossiles,
- > Diminution par 4 à 6 des émissions de gaz à effet de serre,
- > Augmentation de la part EnR dans la production,

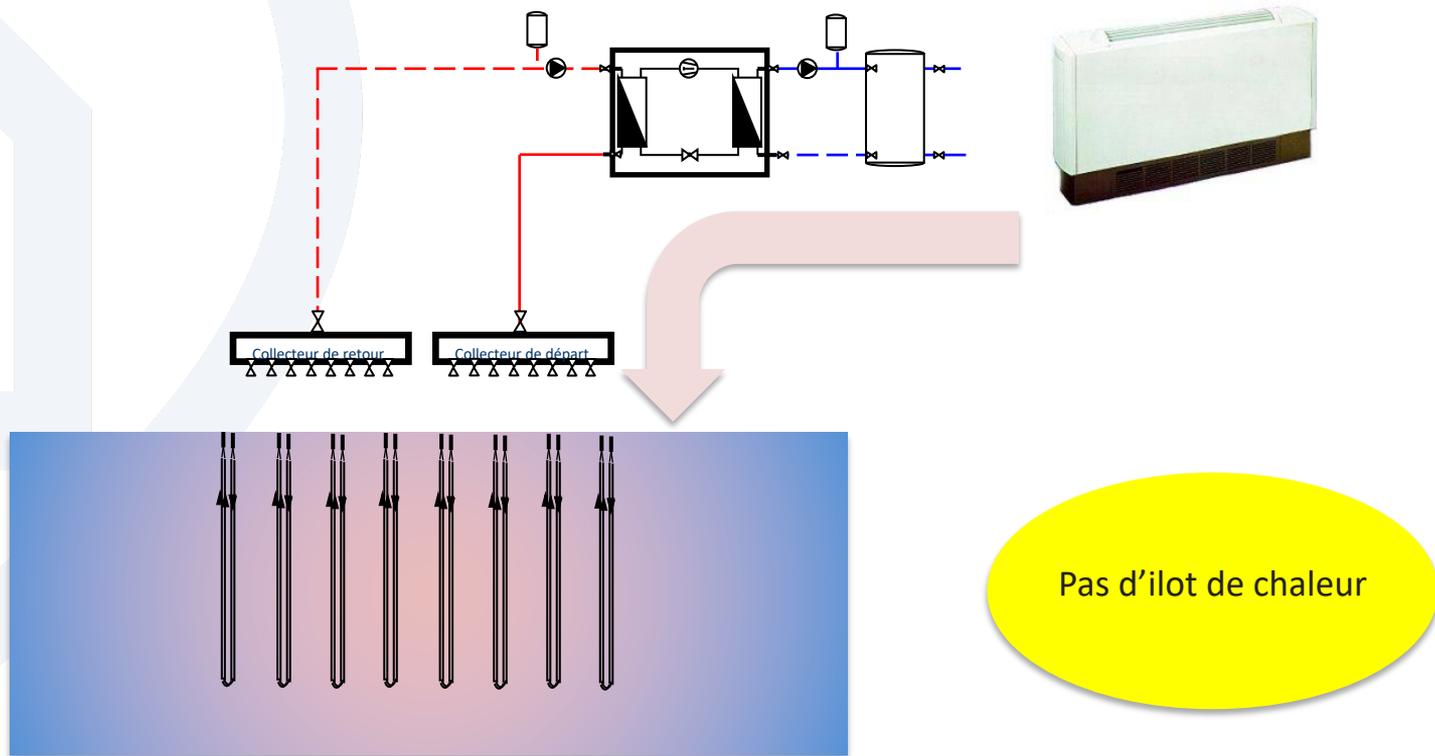
## La géothermie améliore les niveaux de certifications

- > Niveau Effinergie + (RT2012-40%)
- > BREEAM 2016 (18 crédits)
- > HQE Bâtiment Durable 2016 (seuil des 210 kWhep/m<sup>2</sup>/a, 4 points suppl...)
- > Référentiel E+C-
- > Permet plus facilement d'atteindre le Effinergie +,
- > Réduction de 20% de la surface de PV pour atteindre E3.



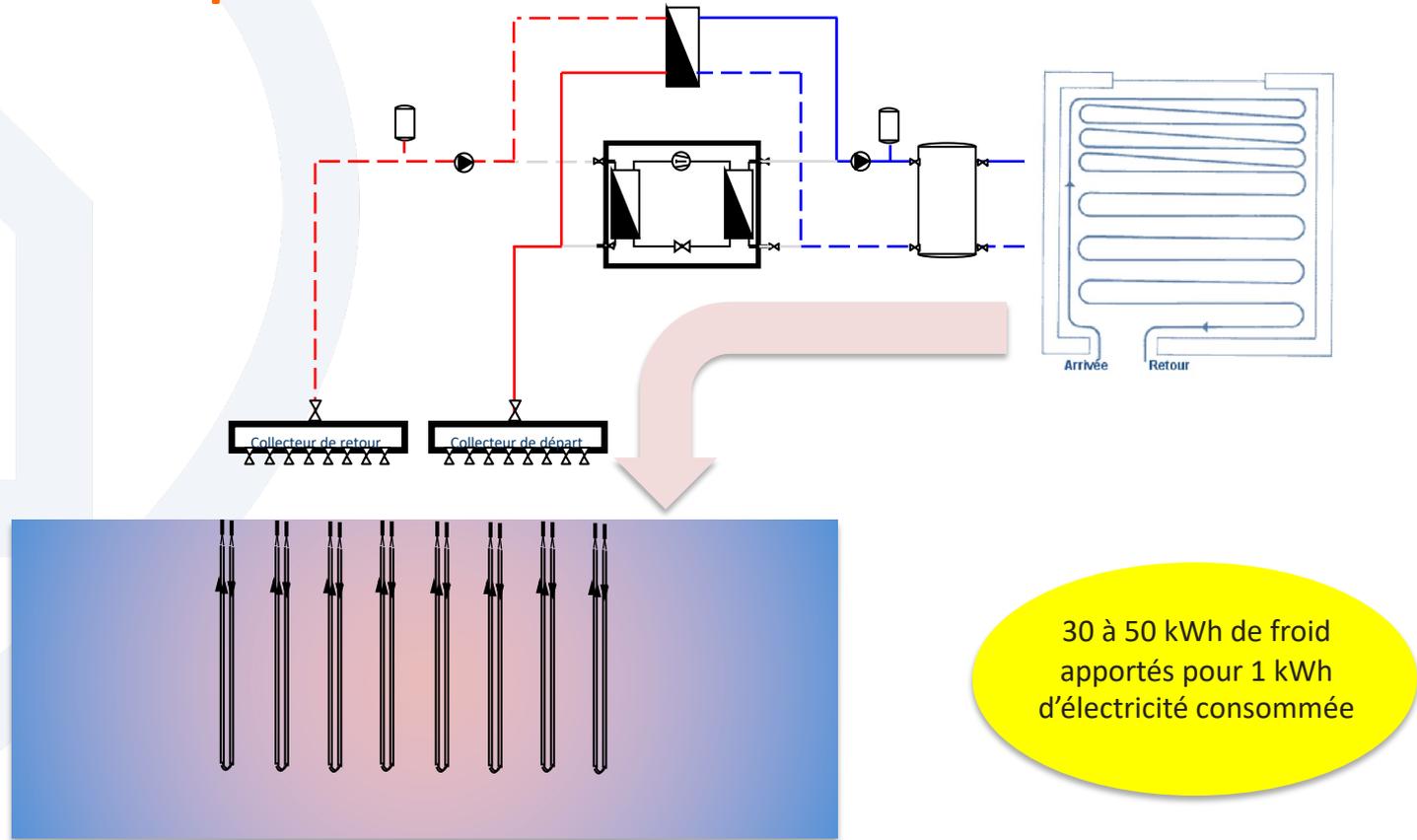
# Le froid géothermique ?

Par la Pompe à chaleur, réversible, en été



# Le froid géothermique ?

Par géocooling

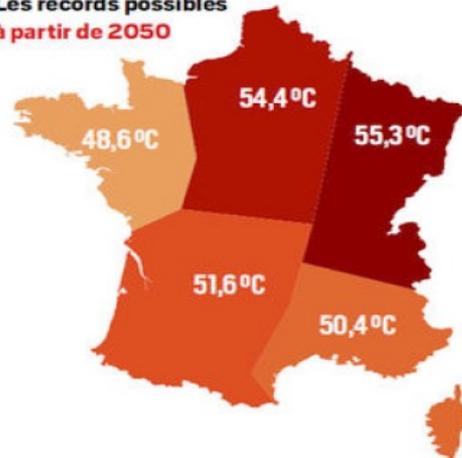


# Constat et projection

Les records observés  
entre 1950 et 2005



Les records possibles  
à partir de 2050



En scénario **RCP 8.5** (pessimiste), la hausse de la température moyenne annuelle dans nos régions sera d'un peu **plus de 4°C en 2100**.

Cette moyenne annuelle cache des **températures quotidiennes** qui pourront être beaucoup plus élevées.

Ainsi, on pourrait **dépasser par endroits les 50°C de température maximale quotidienne à la fin du XXIe siècle\***. L'Est de la France est le plus concerné par les vagues de chaleur estivales, avec un fort impact sur les températures nocturnes, et donc sur la santé humaine.

\*Selon une étude récente sur la France, conduite par plusieurs organismes scientifiques, dont Météo France, avec le modèle de climat régional « Aladin ».



Intérêt du rafraîchissement géothermique

Décarbonation

Economie

Confort

Résilience

RE2020

Projets propices

Plancher chauffant

CTA

RE2020

Pieux

Confort d'été  
ET  
pas de froid

# Vision opérationnelle

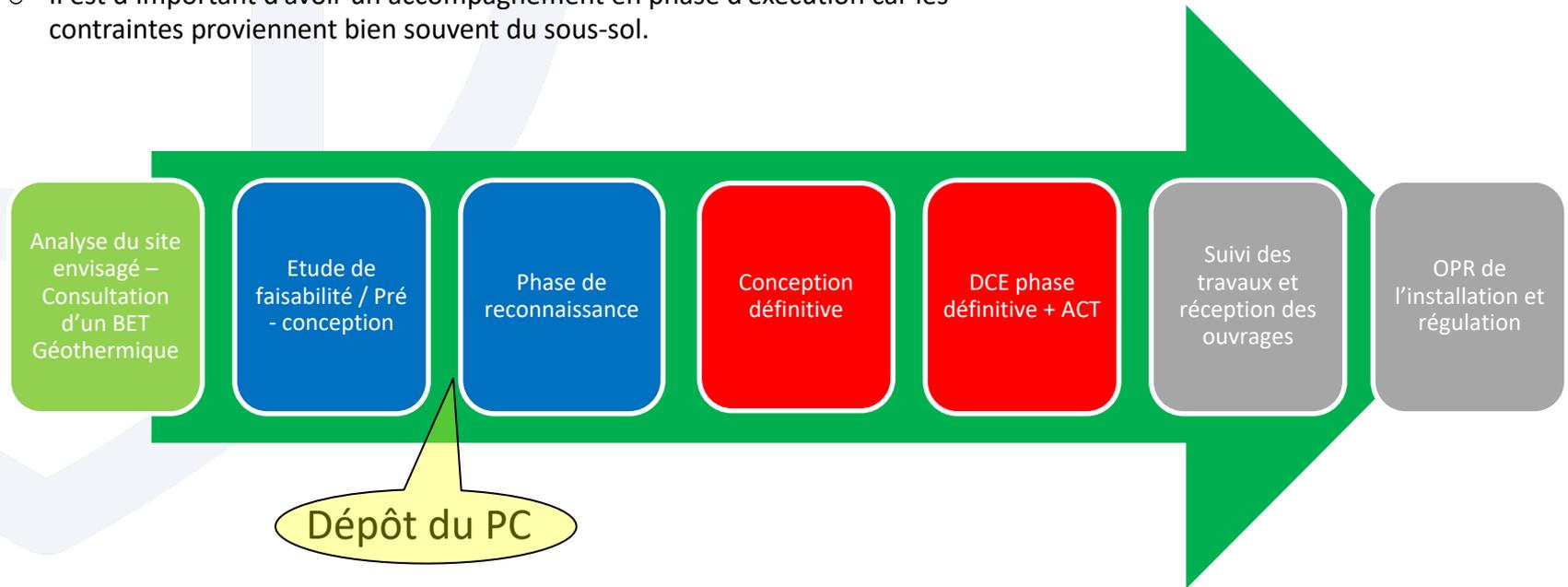
Montage, coûts et subventions : Christophe LUTTMANN – Délégué Général de l'AFPG



# Quels sont les points de vigilance d'un projet géothermique ?

Montage d'une équipe projet et phase de conception :

- Il est important d'avoir un Maître d'Œuvre ≠ MOE Technique/Fluide
- A chaque phase de conception, une phase de conception géothermique
- Il est d'important d'avoir un accompagnement en phase d'exécution car les contraintes proviennent bien souvent du sous-sol.



# Combien ca coute?

## Cout de la production de chaleur / froid :

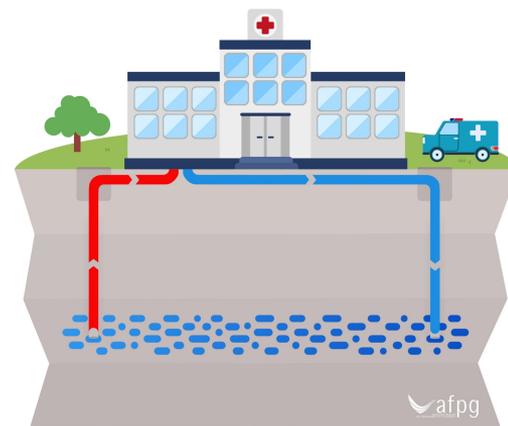
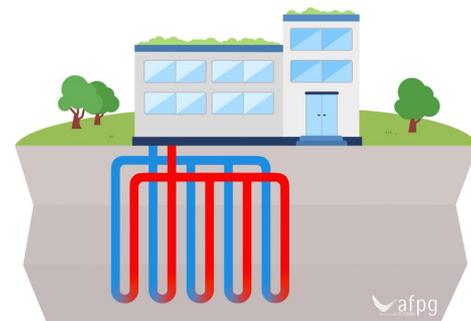
- +/- équivalent à une chaufferie traditionnelle
- le surcout = les forages

## Géothermie sur sondes

- 1 sonde à 200m = entre 10 et 20k€HT
- 1 sonde à 200m = +/- 10kW = +/- 20 000 kWh - suffisant pour 1 maison
- possibilité d'installer des dizaines, voire des centaines de sondes.
- temps de retour sur investissement = entre 10 et 20 ans

## Géothermie sur aquifère superficiel

- entre 150 k€ et 500k€HT
- adapté aux bâtiments entre 1000 et 10.000m<sup>2</sup>
- possibilité de réaliser plusieurs doublets
- temps de retour sur investissement = entre 5 et 15 ans



# Subvention Ademe via le fonds chaleur

## Forfaitaire en mode chaud :

- Entre 25 et 1000 MWh EnR/an
- Sonde : 1 MWh EnR = 40 € / 20 ans = 800 € HT
- Nappe : 1 MWh EnR = 20 € / 20 ans = 400 € HT
- Objectif : jusqu'à 50% du Budget global Forage + PAC + Hydraulique en LT

## Les aides à la décision :

- La caractérisation de la ressource -
- Les essais de nappe, les TRT
- Les études de faisabilité (Qualification du BE RGE exigée au 01/01/2017)

## Conditions de déblocage :

- Etude de faisabilité du potentiel de la ressource géothermique (50% de Subv)
- TRT & Géomodélisation / Essai de pompage
- Plus de 1000h/an de fonctionnement à pleine puissance
- Respect du décret sur la géothermie de minime importance
- Respect des normes et recours aux entreprises QualiPAC et QualiForage
- Un COP de la PAC > à 4 à B0/W35 et > 3 en application du projet
- Mise en place d'un monitoring de l'installation avec compteurs de chaleur EnR

➤ Déblocage : 80% au PV de réception et 20% sur présentation des performances.

## Geocooling (rafraîchissement passif)

- Entre 25 MWh et 1000 MWh
- 1 MWh = 5€ sur 20 ans = 100 € HT
- Aide comprise entre 2 500 et 100 000 €

## Autres aides possibles :

- PAC thermofrigopompe
- PAC sur eau de mer
- PAC sur eaux usées

# Les qualifications pour BE fluides / sous-sols

## ■ Qualification : 2013

### Libellé de la qualification

1.1.1 Ingénierie des installations de production utilisant l'énergie géothermique **RGE**

### Définition de la qualification

Installations de production d'énergie thermique (chaud et/ou froid) utilisant l'énergie géothermique par l'intermédiaire d'une machine thermodynamique, avec pour source le sol ou une nappe aquifère. Ces installations peuvent être du type géothermie sur boucle fermée (sondes verticales géothermiques, fondations thermoactives, échangeurs horizontaux, Å...) ou géothermie sur boucle ouverte (géothermie sur nappe)

La prestation comprend l'interprétation des capacités offertes par la source en s'appuyant sur des compétences internes ou externes spécialisées dans ce domaine, ainsi que l'ingénierie de l'ensemble des installations de captage de la ressource et de production d'énergie, y compris les installations de contrôle commande, de gestion de l'énergie produite ainsi que l'ensemble des utilités nécessaires.

### Critère complémentaire spécifique "Moyens" \*

#### "Moyens humains" :

Le (ou les) référent(s) technique(s) est/sont un/des thermicien(s) ayant suivi une formation de 3 jours sur la géothermie assistée par pompe à chaleur. Cette formation devra traiter les objectifs pédagogiques suivants :

- Comprendre les différentes technologies de PAC (électrique et gaz, types de compresseurs, échangeurs, détendeurs, cycle frigorifique, dégivrage, inversion de cycle...)
- Savoir évaluer les notions de performances des PAC (COP, fluides frigorigènes)
- Savoir dimensionner des installations en prenant en compte les spécificités des pompes à chaleur, et notamment :
  - L'adéquation de la puissance de la PAC de son éventuel appoint et ballon tampon au regard des besoins du bâtiment
  - Le dimensionnement à faible  $\eta$  des composants du circuit hydraulique et des émetteurs permettant d'optimiser les performances énergétiques
- Identifier les points de vigilance techniques d'une installation PAC et connaître les paramètres d'exploitation et les acteurs associés
- Connaître les différentes technologies de forage géothermique (nappe, sondes verticales géothermiques, fondations thermoactives, échangeurs horizontaux, Å...)

#### "Moyens matériels" :

Disposer d'un logiciel de simulation thermique dynamique pour l'étude des besoins thermiques du bâtiment. La possession ou l'utilisation de ces moyens est attestée par des factures d'achat et/ou de location ou des attestations de prêt.

## ■ Qualification : 1007

### Libellé de la qualification

1.1.1 Etude des ressources géothermiques **RGE**

### Définition de la qualification

Etude des ressources et des ouvrages géothermiques : caractéristiques, potentiels, gestion de la ressource et des ouvrages (exploitation, durée d'exploitation, pérennité, moyens mis en œuvre pour protéger la ressource, métrologie et monitoring).

### Critère complémentaire spécifique "Moyens" \*

#### "Moyens humains" :

Posséder au moins un hydrogéologue ayant suivi une formation de 3 jours minimum traitant les objectifs pédagogiques suivants :

- Comprendre les caractéristiques thermiques du sous-sol pour une exploitation géothermique
- Comprendre les besoins en thermique du bâtiment,
- Connaître les émetteurs de chaleur/froid adaptés à la GTH
- Comprendre l'utilité de la PAC dans ces systèmes réversibles
- Définir l'objet forage d'eau
- Exploiter les résultats du pompage d'essai pour dimensionner l'installation définitive
- Définir l'objet sonde géothermique verticale
- Exploiter les résultats du test de réponse thermique pour dimensionner le champ de sondes

Produire un justificatif de cette formation.

#### "Moyens matériels" :

Disposer d'un ou plusieurs logiciel(s) de simulation numérique pour le dimensionnement de la boucle géothermale primaire.

Fournir les factures d'achat et/ou de location.

#### "Moyens méthodologiques" :

Présenter la méthodologie de l'étude des interférences thermiques au sein de la boucle géothermale primaire et sur son environnement.

### Critère complémentaire spécifique "Références" \*

Pour chaque référence, fournir un rapport d'étude pour chaque type de géothermie (sur boucle ouverte : géothermie sur nappe et sur boucle fermée : sondes verticales géothermiques, fondations thermoactives, échangeurs horizontaux, Å...).

Présenter au moins une référence relative à de la géothermie sur nappe et une relative à de la géothermie sur boucle fermée.

\* En complément des critères d'attribution généraux définis dans le référentiel de qualification DPQIBI

# Le rafraîchissement géothermique

Vos questions



# « Outils de relance de la géothermie »

