

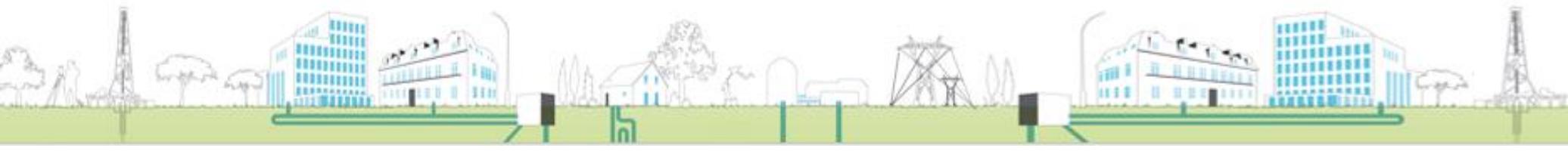
Christophe LUTTMANN  
Directeur commercial – DrillHeat  
Vice – Président AFPG – Géothermie de surface

DrillHeat



# ATEE – RDV Technique

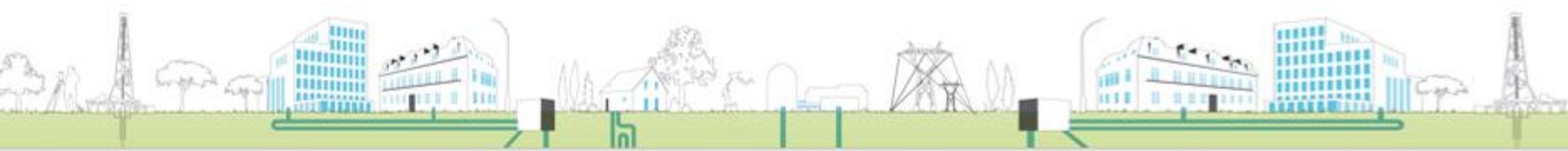
**GÉOTHERMIE** Quels sont les critères à prendre en compte pour estimer le potentiel d'un projet de géothermie industriel ?



# Qui sommes-nous?

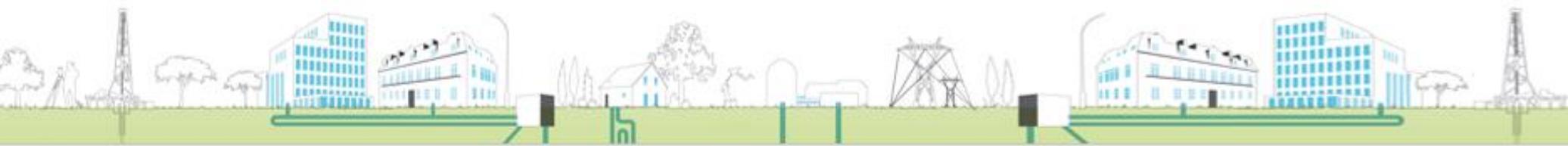
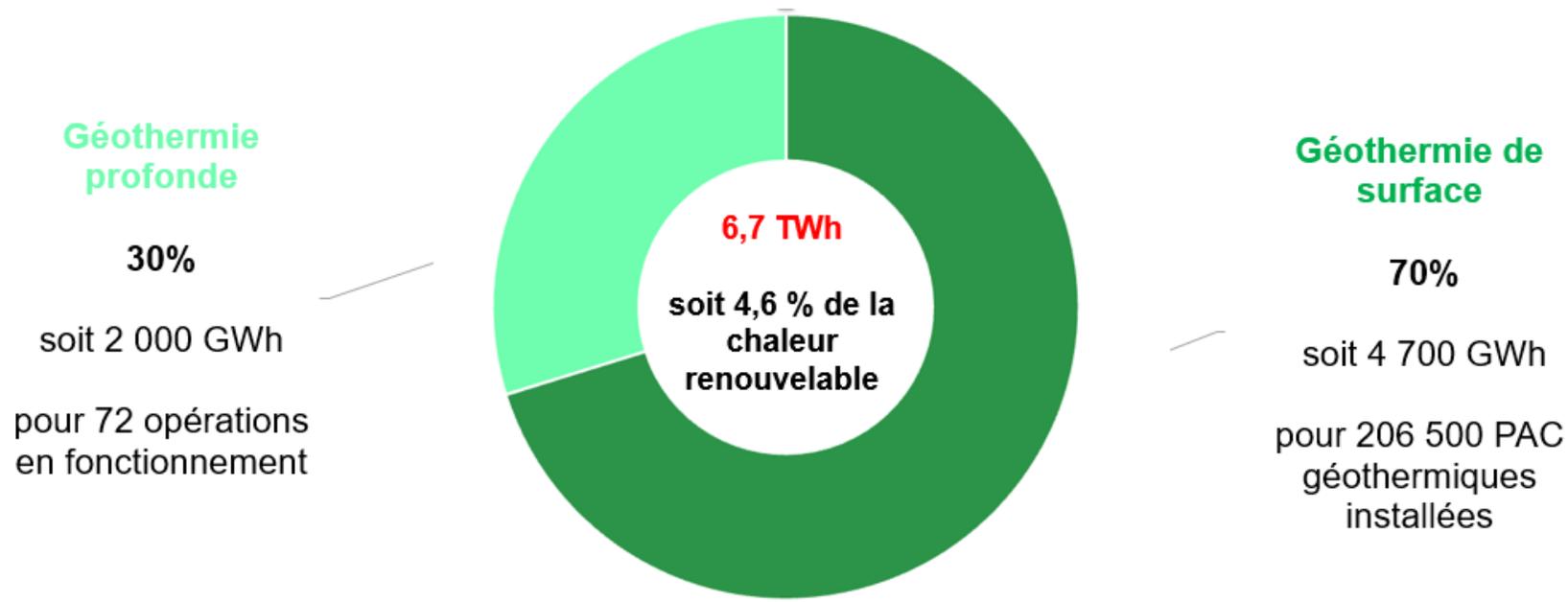
[www.afpg.asso.fr](http://www.afpg.asso.fr)

- **Création en juin 2010 sous l'impulsion du BRGM et de l'Ademe**
  
- **120 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...
  - **Animer des cluster** (Geodeep / Lithium / Géoénergie - Ville et Habitat durable)

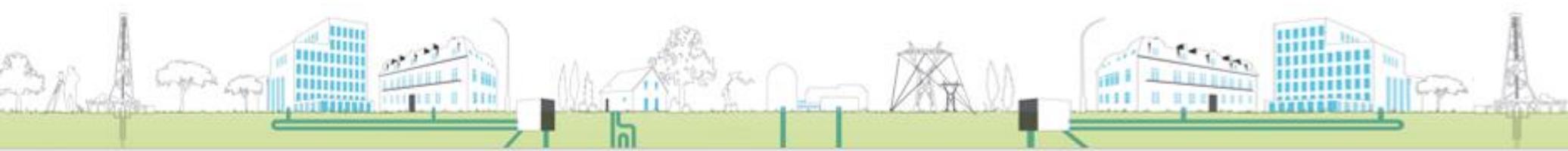


# Géothermie de surface et profonde – En France en 2020

## RÉPARTITION DE LA CHALEUR PRODUITE PAR GÉOTHERMIES EN 2020



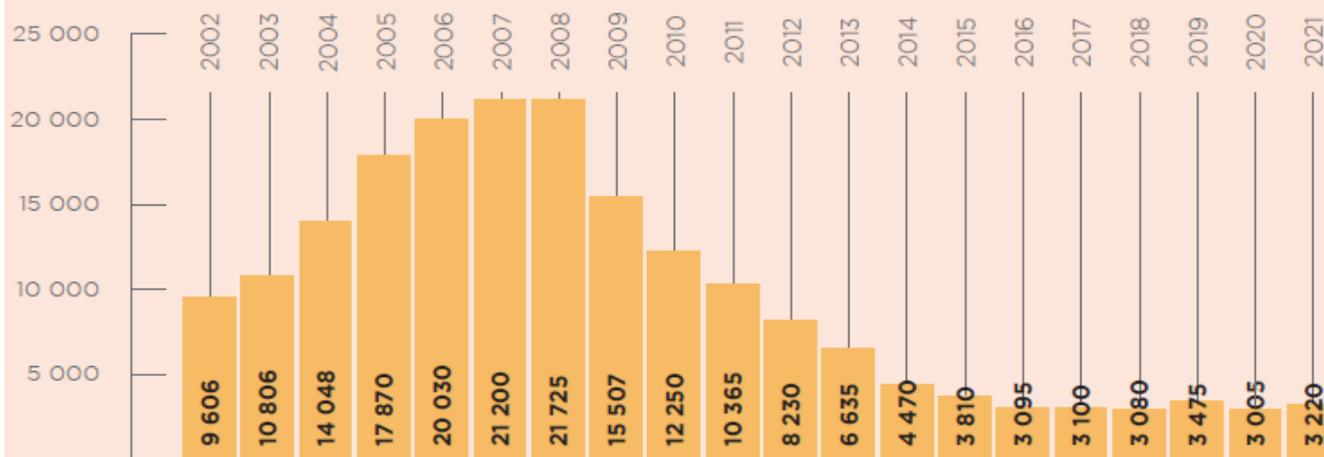
# GÉOTHERMIE DE SURFACE



## Géothermie de surface : Etat des lieux en France métropolitaine

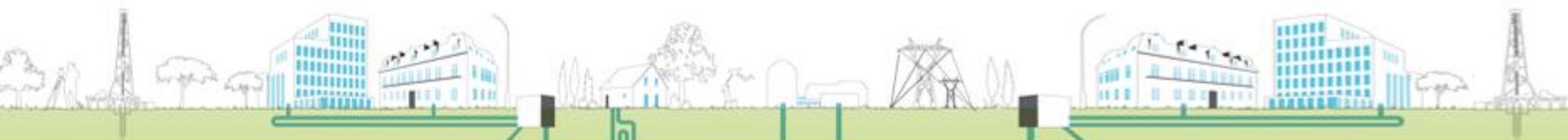
### Nombre de PAC géothermiques livrées dans le secteur individuel par an (P < 30 KW)

Source > SER, AFPG, Observ'ER, AFPAC, SDES, UNICLIMA, BRGM et ADEME



Marché en croissance lente en **tertiaire/collectif** (env. 1000 PAC/an)

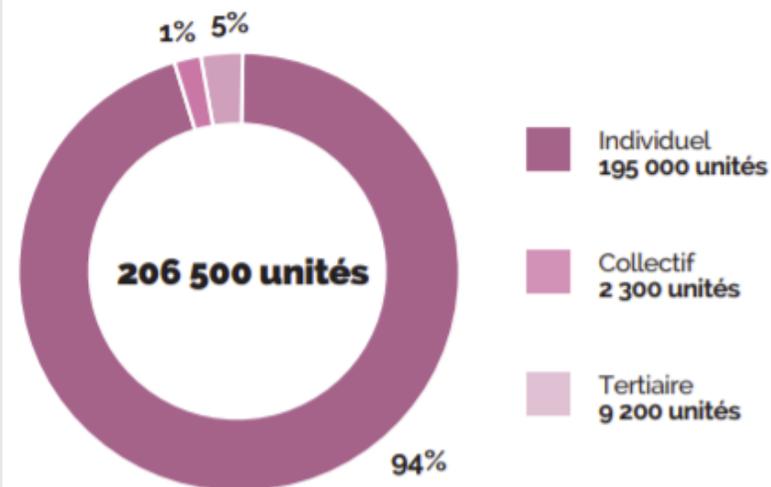
Soit un total d'env. 4 100 PAC / an



## Géothermie de surface : Etat des lieux en France métropolitaine

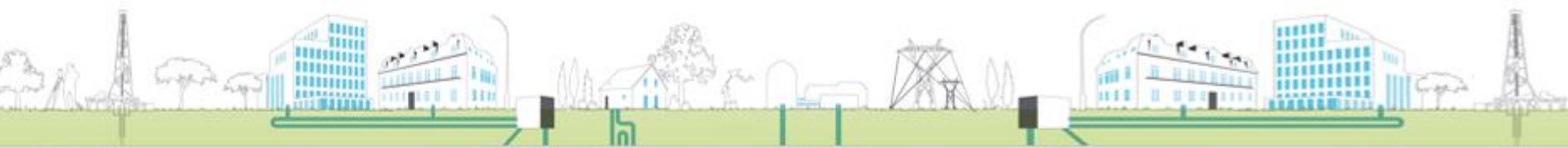
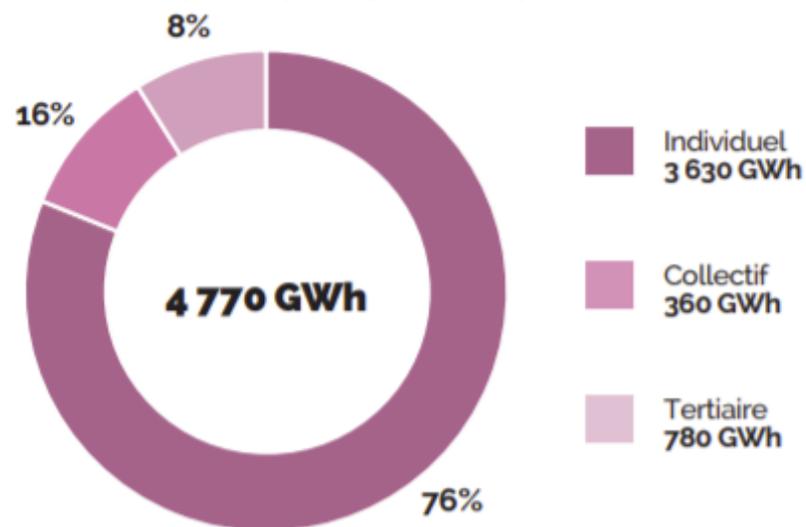
Nombre de PAC géothermiques installées par secteur au 31 décembre 2020

Source: SER, AFPAC, SDES, UNICLIMA, BRGM et ADEME



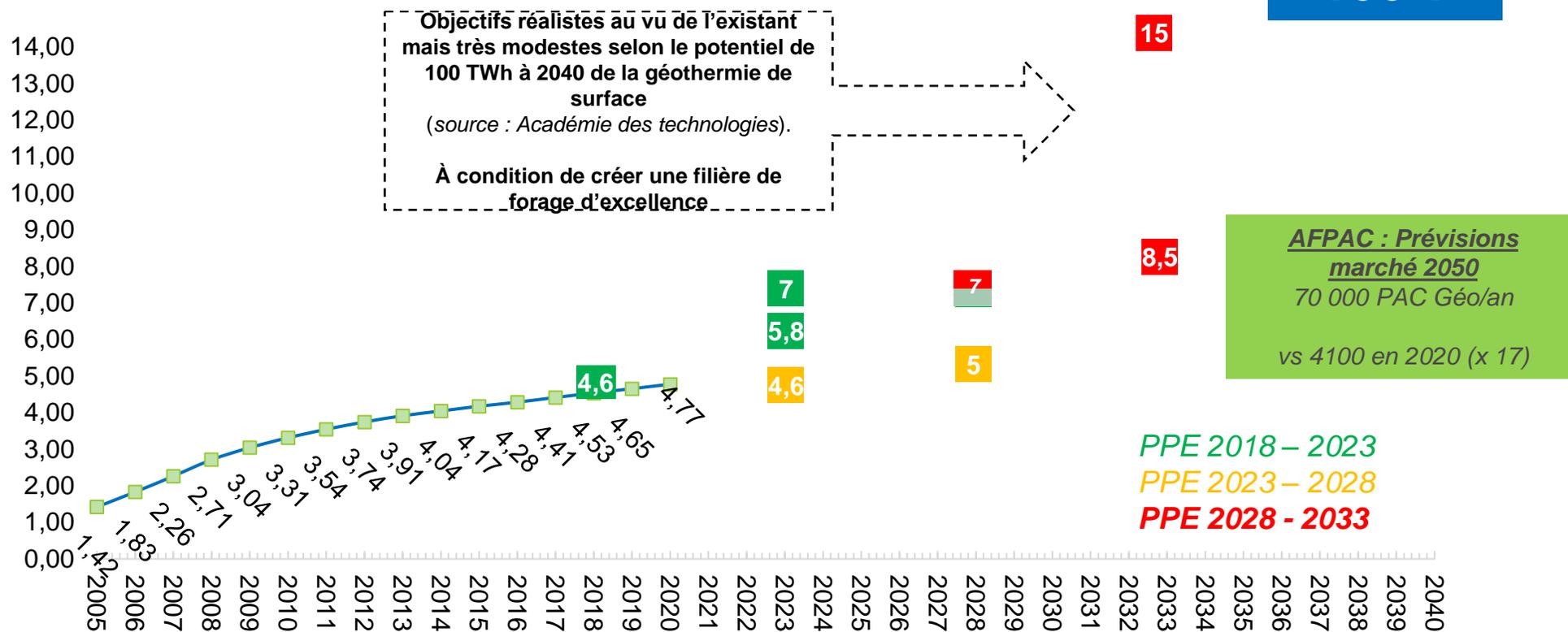
Production thermique renouvelable des PAC géothermiques par secteur au 31 décembre 2020

Source: SER, AFPAC, SDES, UNICLIMA, BRGM et ADEME



# Géothermie de surface : perspectives prod. chaleur 2023 - 2040

## PRODUCTION THERMIQUE RENOUVELABLE DES PAC GÉOTHERMIQUES ET OBJECTIFS PPE (TWH)



# Géothermie de surface : Perspectives production de Froid 2023-2033

## PERSPECTIVES 2028 - 2033

TWh  
3,00

### Perspectives Froid 2023 - 2033

La production de froid renouvelable sur PAC géothermique est égale à la production de chaud dans le tertiaire soit 780 GWh, voire davantage.

0,85 TWh de froid renouvelable produit à fin 2020

2,00  
1,00  
0,00

2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034

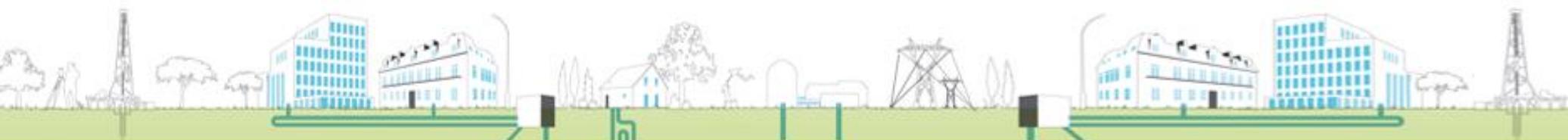
Les objectifs bas et haut 2033 ont respectivement été réhaussés de 10 et 20 % afin de tenir compte du changement climatique.

2,1

1,6

1,4

PPE 2028 - 2033



## ***Géothermie de surface : perspectives de réduction du CO<sub>2</sub>***

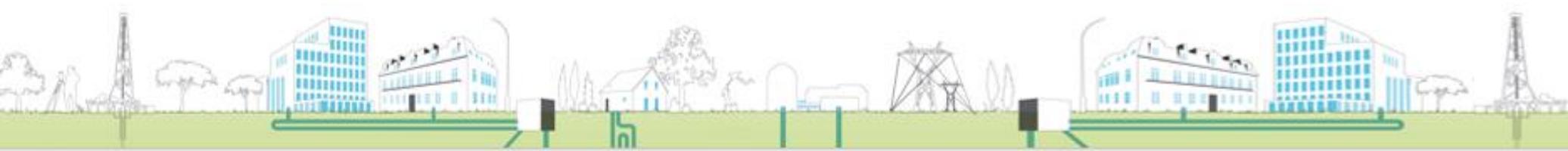
Potentiel de **100 TWh à 2040** de la géothermie de surface  
(source : Académie des technologies)

100 TWh/an de géothermie en substitution du gaz et du fioul correspond à une réduction de plus de **20 Mt/an** des émissions de CO<sub>2</sub>

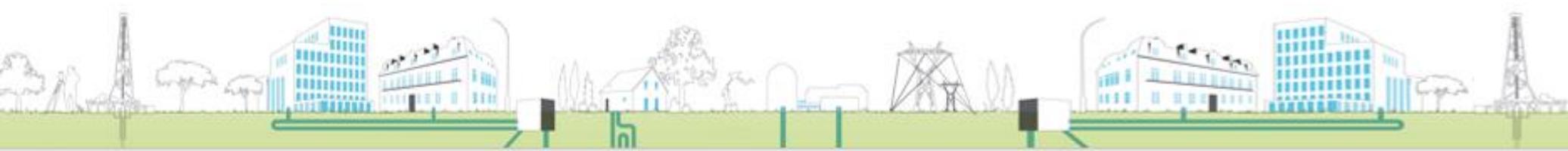
Ce qui représenterait entre 5 et 10% des émissions de ce CO<sub>2</sub> de la France.

Références ACV :

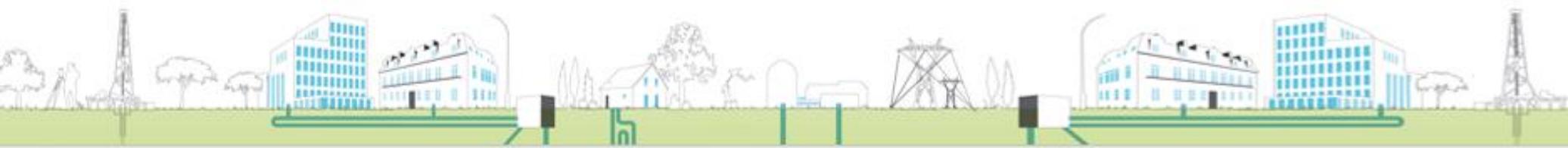
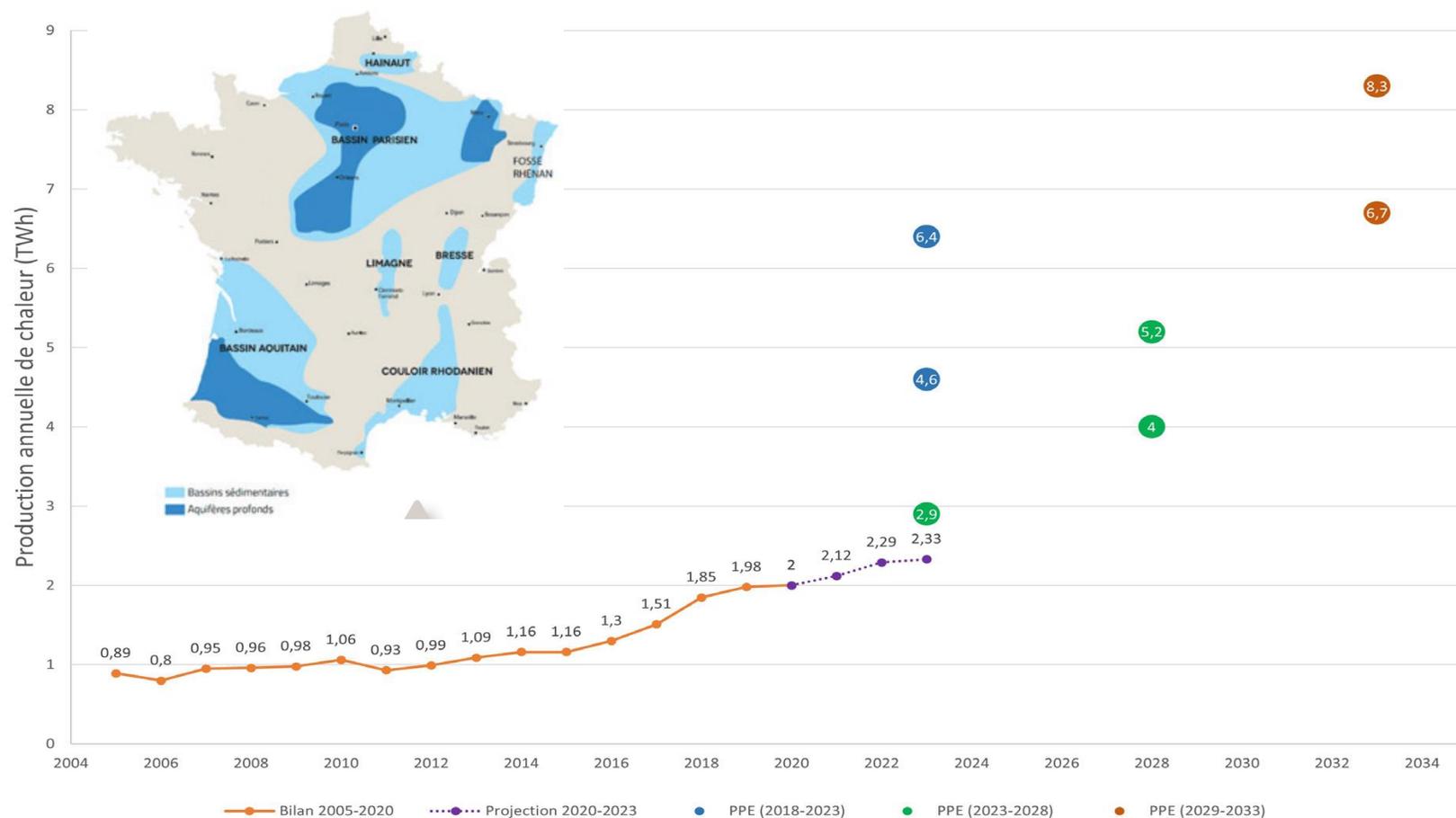
- Gaz : 240 t/GWh
- Electricité : 79 t/GWh (valeur RE) avec un COP saisonnier moyen de 4 = 20 t/GWh



# GEOOTHERMIE PROFONDE

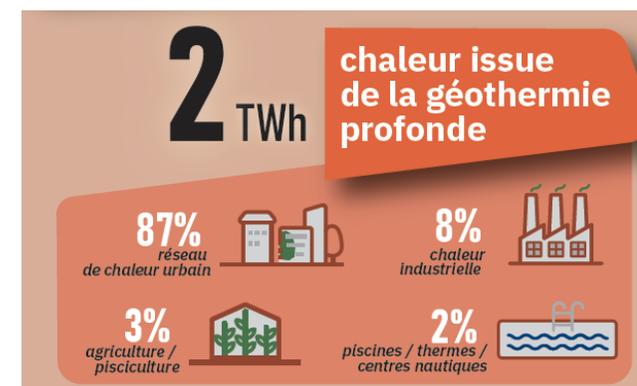


# Géothermie profonde: perspectives 2028 - 2033

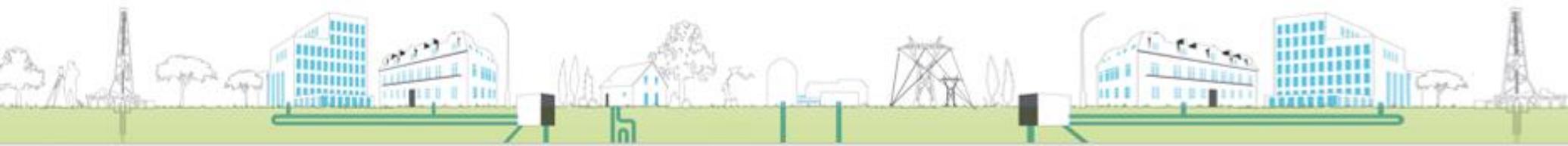


## Chaleur produite par géothermie profonde – Etat des lieux en France métropolitaine en 2020

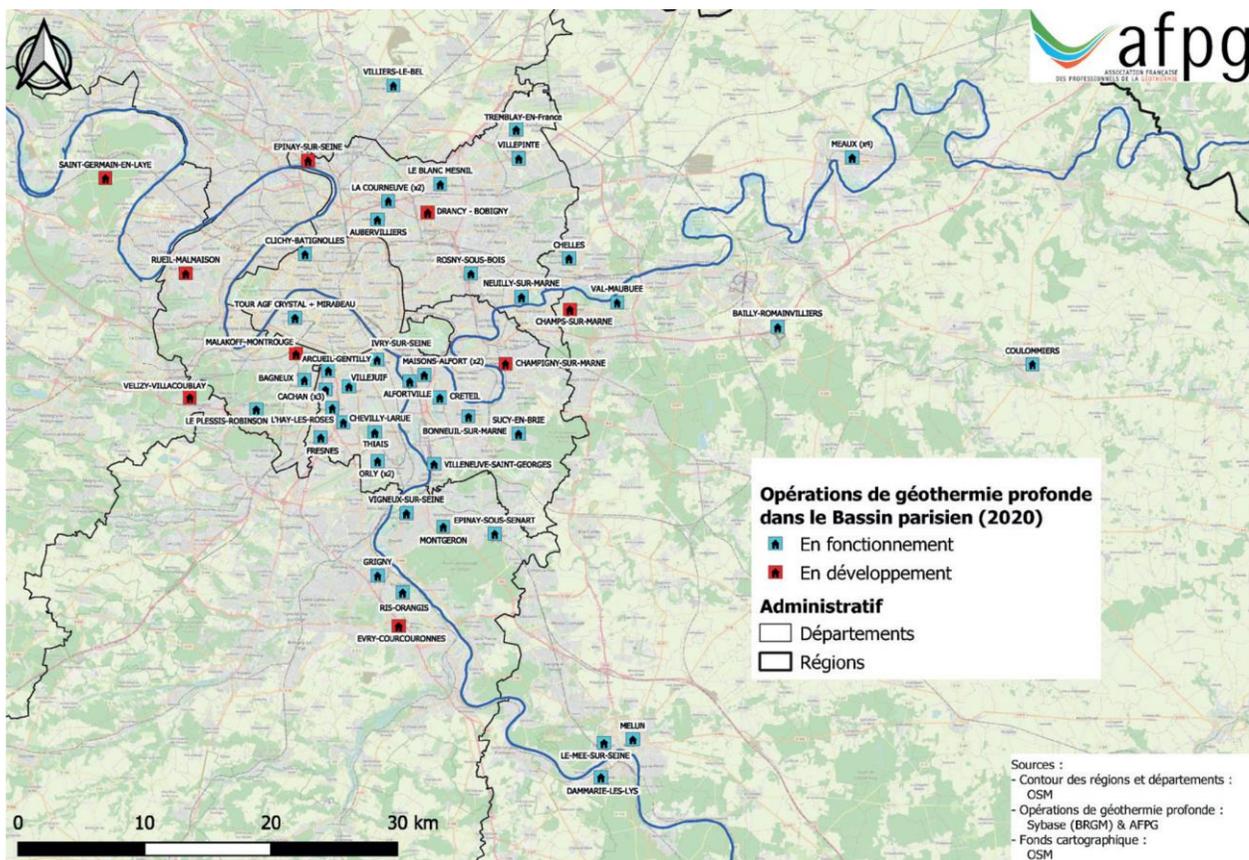
Localisation	Nombre d'opérations	Equivalent logements	Production chaleur géothermique 2020 (MWh/an)
<b>Bassin parisien</b>	<b>49</b> • Île-de-France : 48 • Autres départements : 1	<b>167 670</b>	<b>1 676 700</b>
<b>Bassin Aquitain</b>	<b>17</b>	<b>11 230</b>	<b>112 300</b>
<b>Autres bassins</b>	<b>6</b>	<b>21 090</b>	<b>210 900 (*)</b>
<b>TOTAL</b>	<b>72</b>	<b>200 000 équiv. Log.</b> <b>=&gt; 1 MILLIONS de personnes chauffées par géothermie en France</b>	<b>1 999 900</b> <b>=&gt; 2 TWh de chaleur produite par géothermie</b>



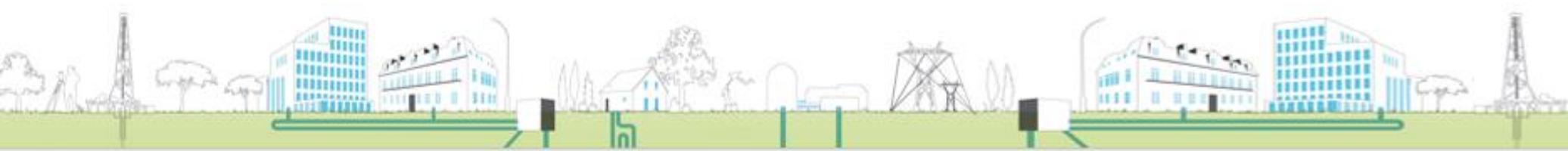
(\*) parmi lesquels 193 000 MWh/an issus d'ECOGI à Rittershoffen (Alsace)



## Géothermie profonde du Bassin parisien – Valorisation des réseaux de chaleur urbains

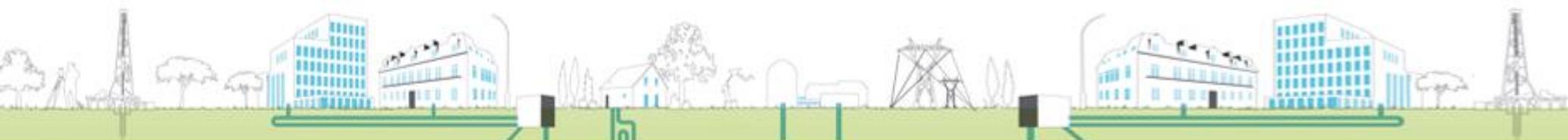
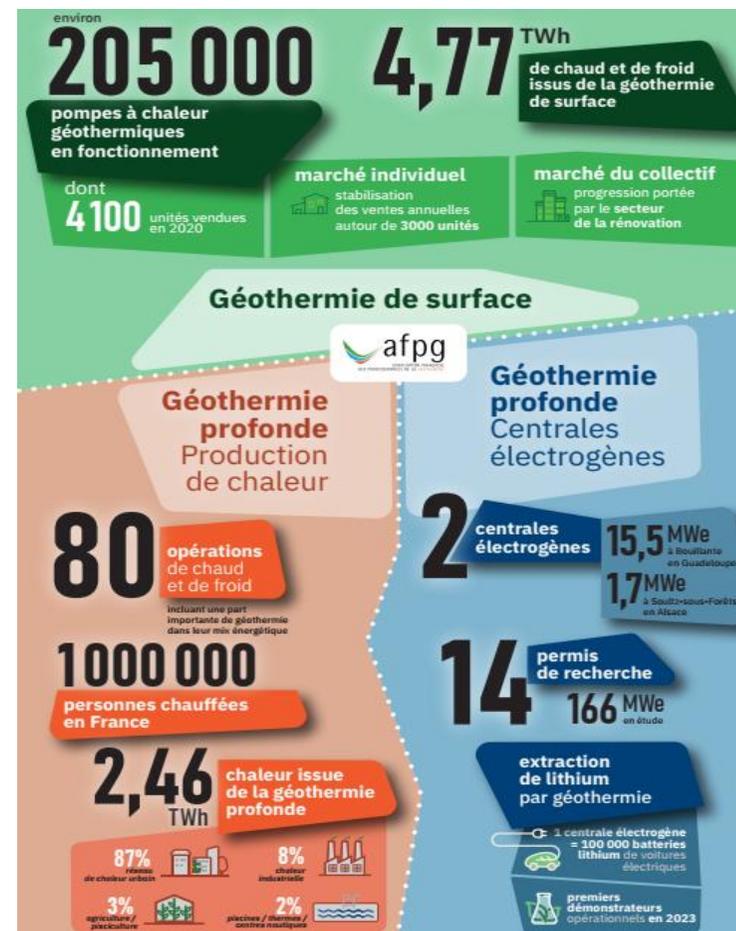


- Plus de **200 puits** forés en France depuis 50 ans pour application réseaux de chaleur et de froid.
- **Dont 70% dans le Bassin parisien**
- **la zone la plus géothermisée au Monde** : 50 opérations pour près d'un million de personnes chauffées et rafraîchies par géothermie
- **Très bonne intégration des projets et appropriation par les usagers**



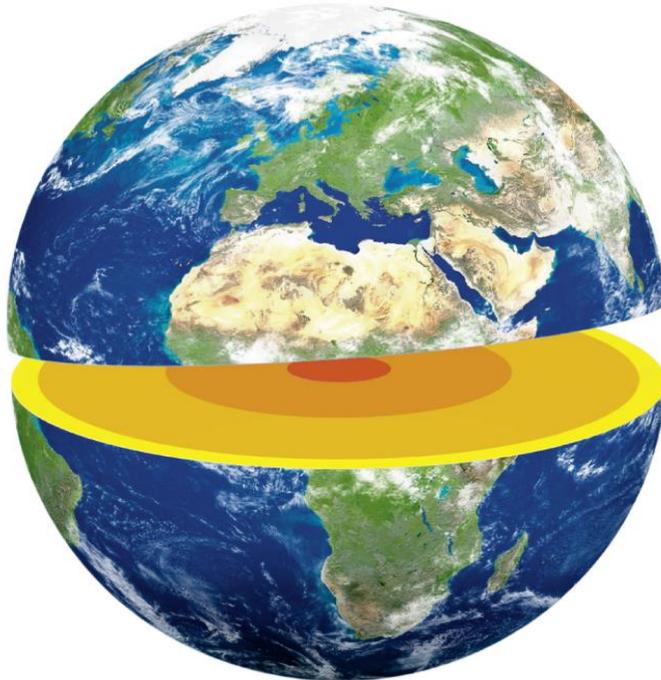
## Les Groupes de travail en cours à l'AFPG

- GT Cartographie
- GT foreurs - Qualification
- GT Forages de reconnaissance
- GT Stockage de chaleur
- GT fonds chaleur
- GT Chaleur avec les serristes
- GT relance particulier
- Collaboration AFPAC
- Charte des Géo-artisans
- Formation Architectes et Foreurs
- RE 2020 – Fiches environnementales
- Experts agréés GMI
- Projet de loi relatif à l'accélération de la production d'énergies renouvelables (ENER2223572L)
- Annonce du grand plan Géothermie



# Qu'est-ce que la Géothermie ?

*Quelles sont les différentes applications ?*



## **3 Formes de géothermies distinctes :**

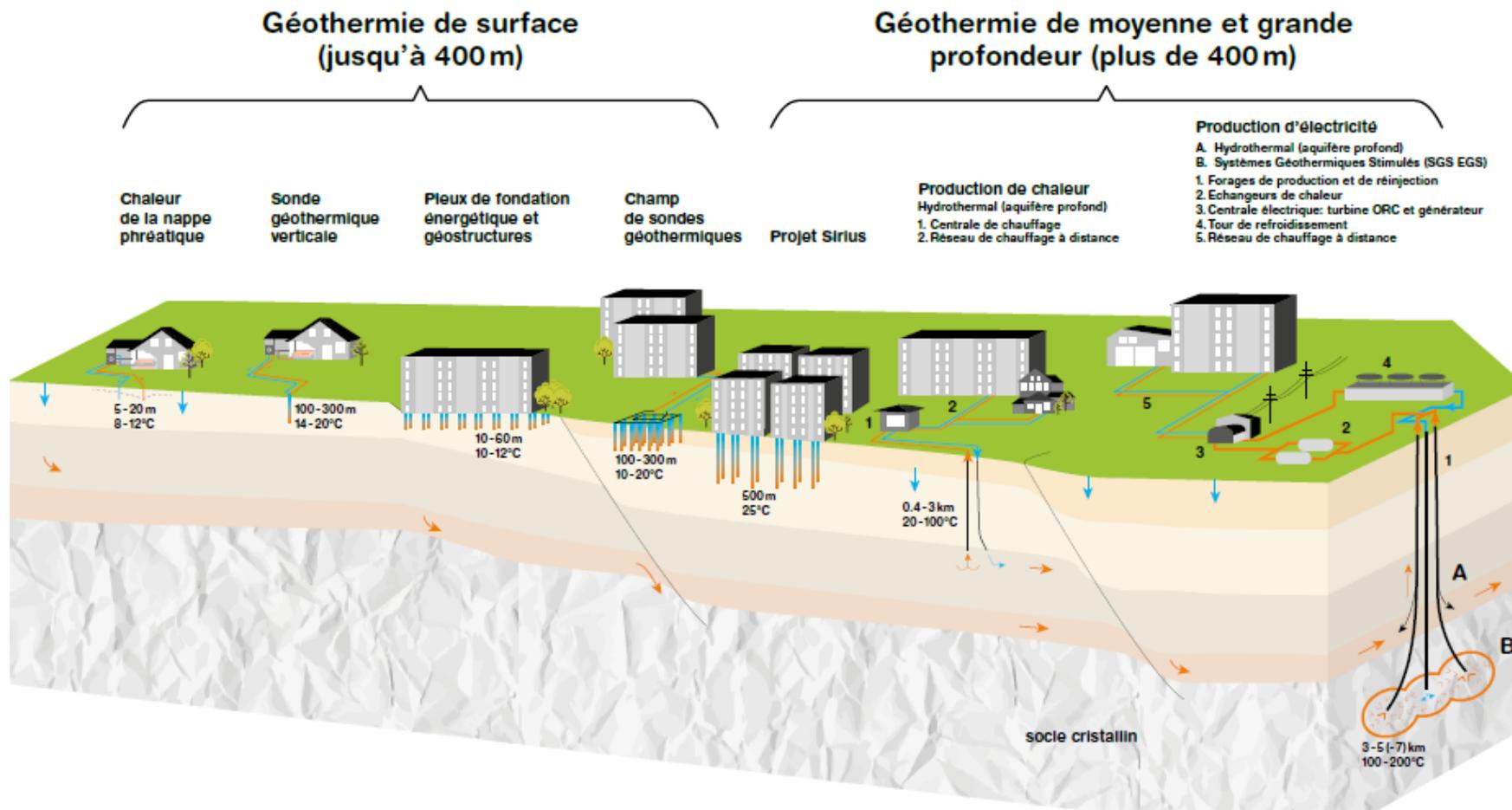
- *La géothermie Haute température*
- *La géothermie à usage direct*
- *La géothermie de surface ou TBE*

**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).

# Un panel de solutions existantes

*A chaque projet sa géothermie*



Source photo : BRGM

# Quelques notions

## Géologiques

- Les variations saisonnières sont amorties sur les 10 premiers mètres.
- En profondeur le flux géothermique est le seul apport.
- La Géothermie 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



## Spécificité :

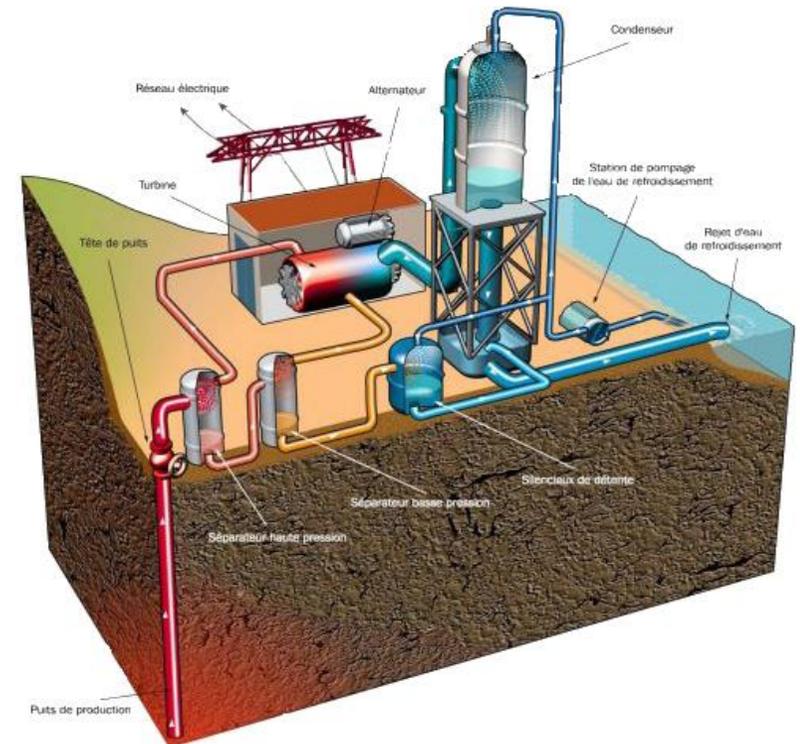
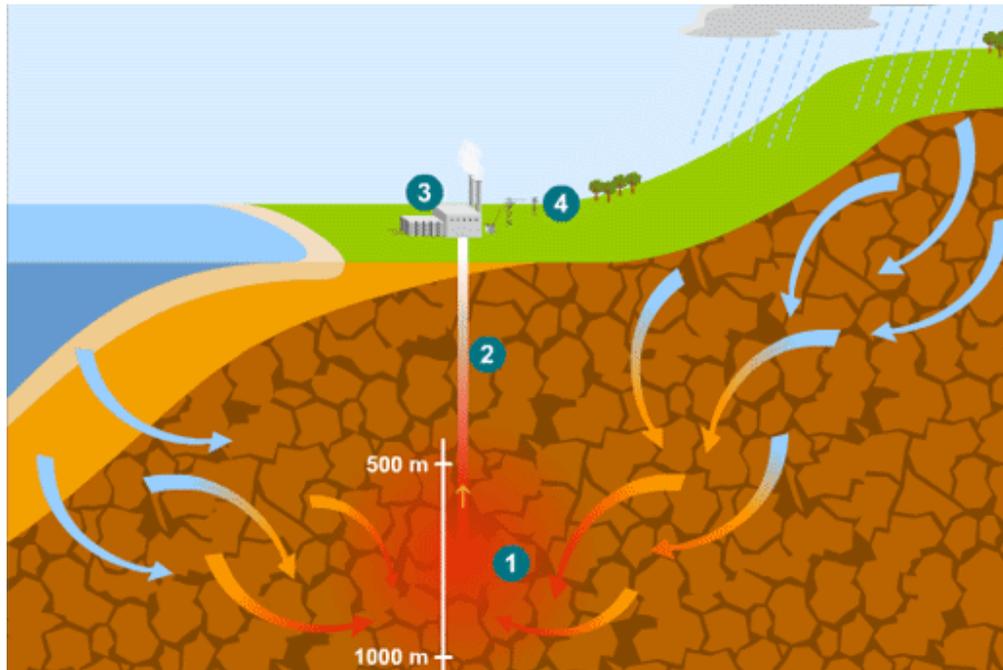
Dans certains lieux, le flux de chaleur est plus élevé qu'ailleurs (zone volcanique, graben). Ce phénomène s'explique : le magma est parvenu à remonter en surface en réchauffant au passage les roches qui l'entourent. Dans ces zones spécifiques, il existe deux possibilités pour produire de l'électricité.

- La production d'électricité par méthode conventionnelle naturelle
- La production d'électricité par système géothermique stimulé

# La Géothermie Haute Température ( $T > 100^{\circ}\text{C}$ )

Production d'électricité par méthode conventionnelle (naturelle):

- L'eau est présente dans le sous-sol sous forme liquide ou sous forme de vapeur. Cette vapeur va permettre de faire tourner une turbine, qui, couplée à un alternateur, produira de l'électricité.

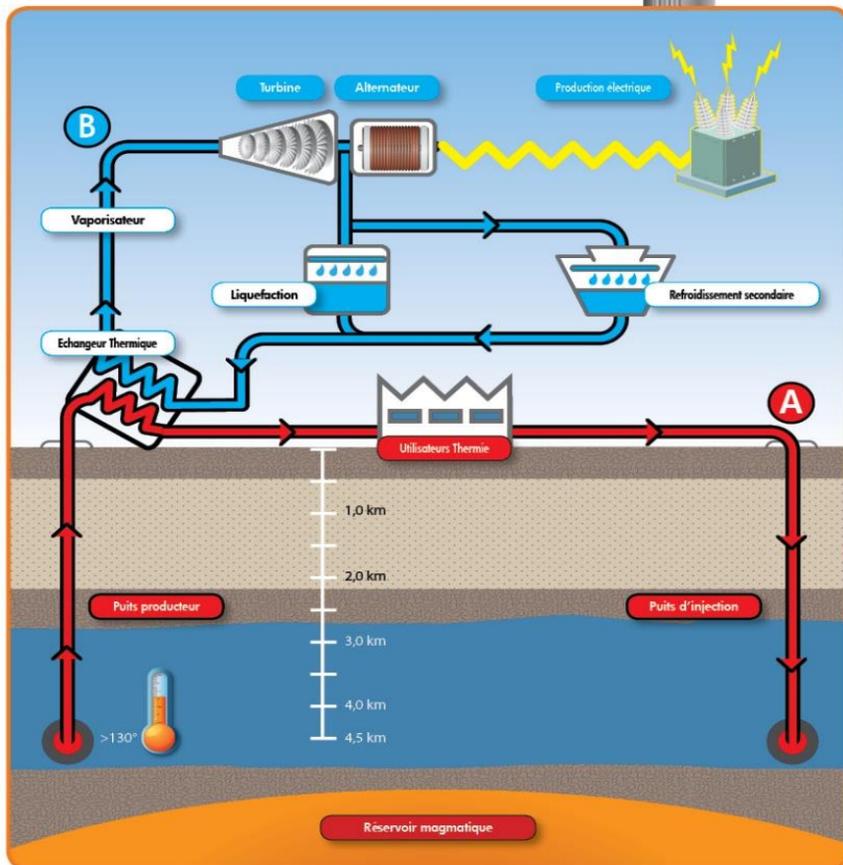


# La Géothermie Haute Température ( $T > 100^{\circ}\text{C}$ )

## Production d'électricité et de chauffage par COGENERATION

### LE PROCESS

- A Circuit primaire = Eau chaude du réservoir
- B Circuit secondaire = Fluide caloporteur type cycle Rankine

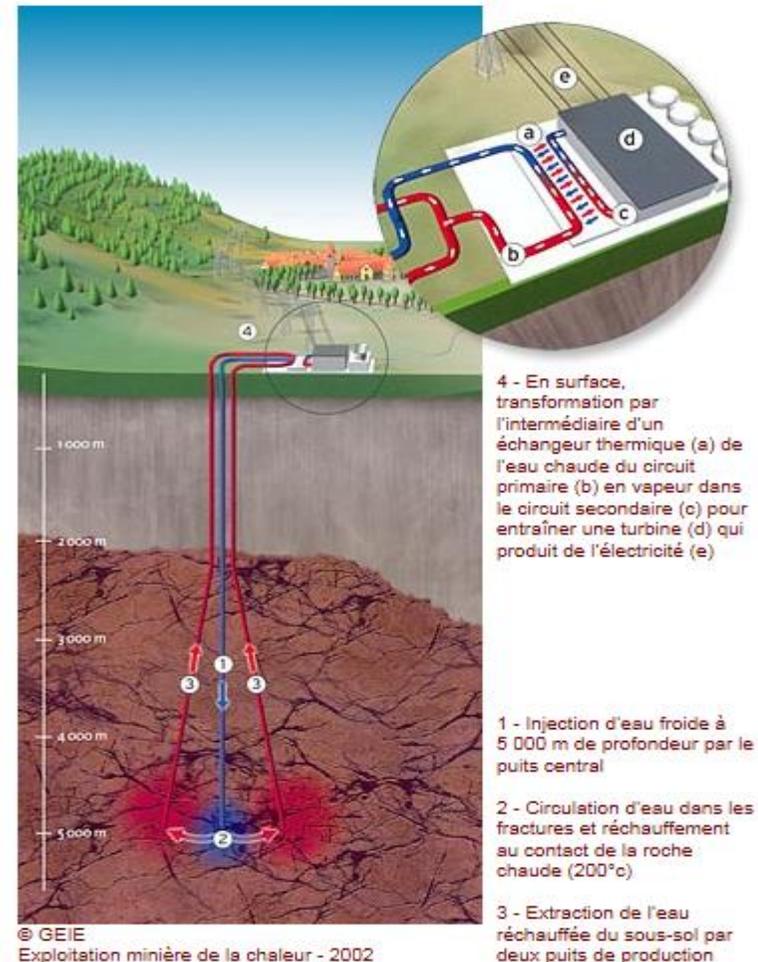


Source photo : Fonroche géothermie

# La Géothermie Haute Température ( $T > 100^{\circ}\text{C}$ )

## Production d'électricité par système géothermique stimulé :

- On creuse un puits dans lequel on injecte de grandes quantités d'eau. L'eau s'infiltré en profondeur et se réchauffe au contact de la roche. Puis elle est captée grâce à des pompes installées sur deux puits.
- Pour permettre la circulation de l'eau dans la formation rocheuse, il est nécessaire de passer par une phase de stimulation pour rouvrir les fractures de la roche.
- La première centrale de production électrique fonctionnant sur ce système a été inaugurée à Soultz-Sous-Forêts en juin 2008. Elle dispose d'une puissance de 1,5 MW injectée sur le réseau de l'ES.

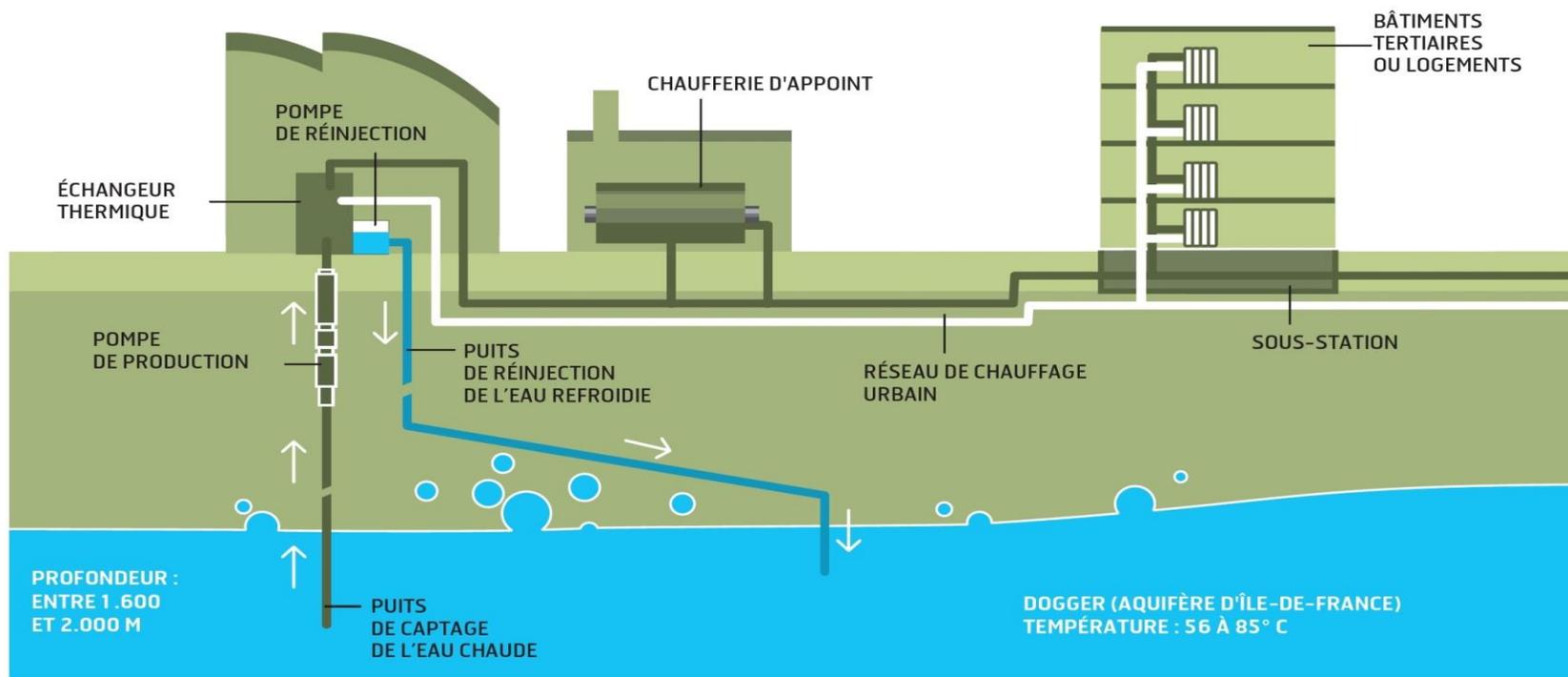


# La Géothermie à usage direct de la chaleur

(40°C < T < 90°C)

- Le dispositif utilisé est généralement celui du doublet avec des forages profonds (de 500 à 2500m). L'eau géothermale est amenée à la surface grâce à une pompe de production. Après transmission de son énergie calorifique, l'eau est réinjectée dans son aquifère d'origine par un forage identique. Les deux forages sont suffisamment éloignés l'un de l'autre pour que les eaux refroidies ne soient pas recyclées au forage de production.

## LA GÉOTHERMIE POUR LE CHAUFFAGE URBAIN



IDÉ / SOURCE : RÉGION ÎLE-DE-FRANCE

# La Géothermie assistée par Pompe à Chaleur ( $T < 40^{\circ}\text{C}$ )

## Les différentes formes de captages de surface

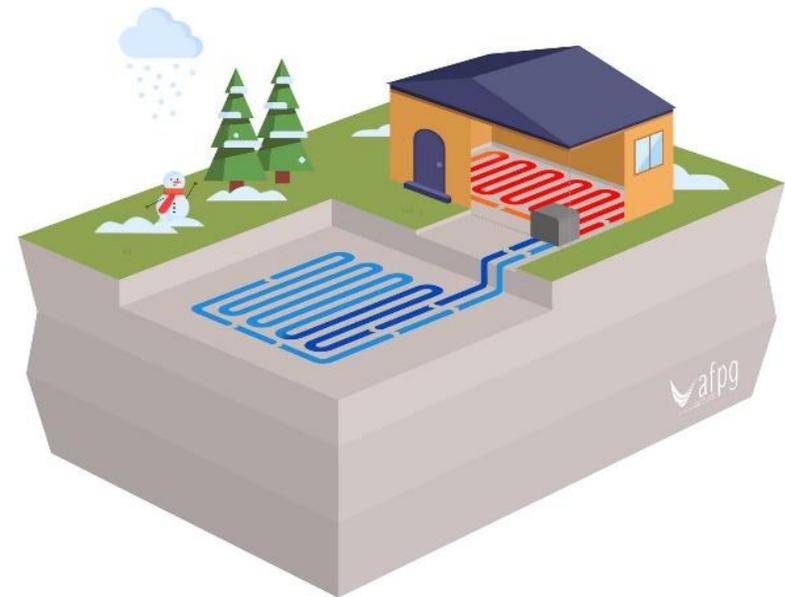
- Dans ce cas de figure, la ressource géothermique est à une température trop basse pour un usage direct. Il est donc nécessaire d'utiliser une pompe à chaleur géothermique pour amplifier l'énergie prélevée ou injectée au sous-sol pour pouvoir la diffuser à la bonne température dans le bâtiment. Avec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

<input type="checkbox"/> Héliothermie	/	PAC sur capteurs horizontaux
<input type="checkbox"/> Géothermie sur échangeurs compacts	/	PAC sur Corbeilles ou murs géothermiques
<input type="checkbox"/> Cloacothermie	/	PAC sur eaux usées
<input type="checkbox"/> Géothermie sur nappe	/	PAC sur aquifère
<input type="checkbox"/> Thalassothermie	/	PAC sur eau de mer
<input type="checkbox"/> Géostructure	/	PAC sur Fondations thermoactives
<input type="checkbox"/> Géothermie sur SGV	/	PAC sur Echangeur vertical

# Le captage horizontal

## L'Héliothermie

- 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 0,6m et 1,5. Espacement DN25 – 50cm. (Env. 25w/m<sup>2</sup>).



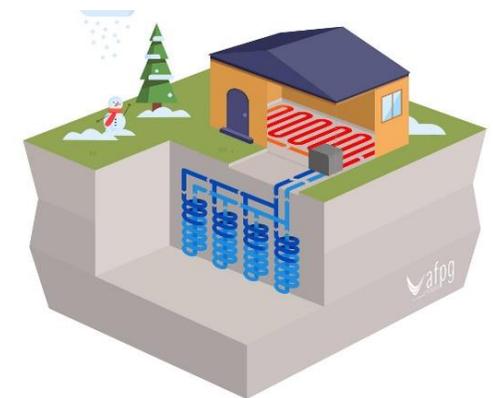
# Les échangeurs compacts

## *Corbeilles et murs géothermiques*

- La puissance soutirée est valorisée à Env. 1kW / corbeille – mur géothermique
- Diamètre corbeille : 1m – espacés à l'axe de 4m – Profondeur 2,50m



DrillHeat

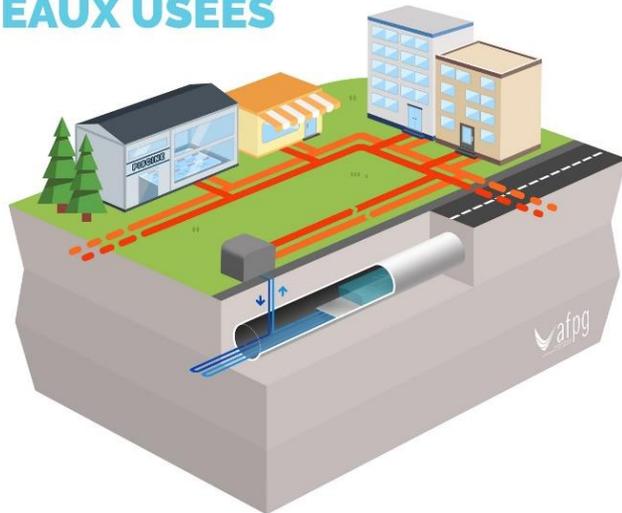


# La Cloacothermie

*PAC sur eaux usées ou eaux grises*

- La chaleur des eaux usées est une énergie disponible en quantité importante en milieu urbain et donc proche des besoins.
  - soit directement intégrés dans des canalisations neuves lors de leur fabrication
  - soit rapportés et posés en partie basse des canalisations d'eaux usées existantes ou construites spécifiquement.

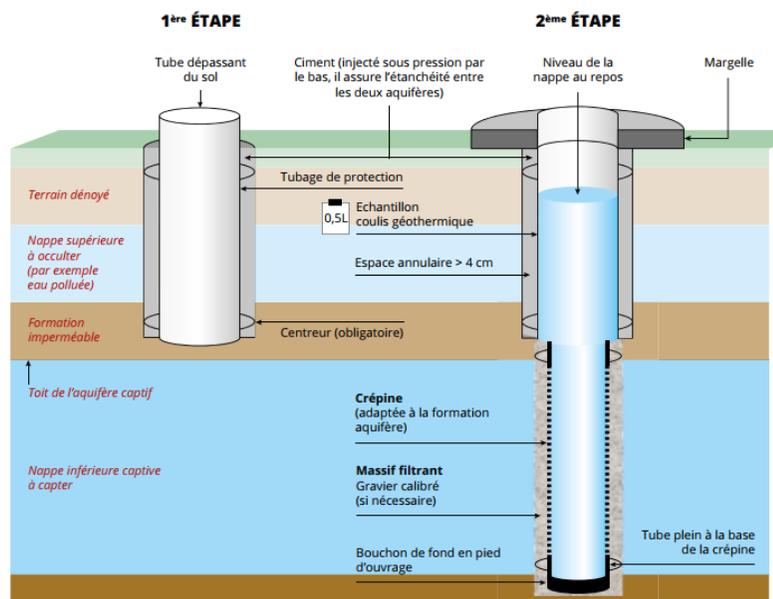
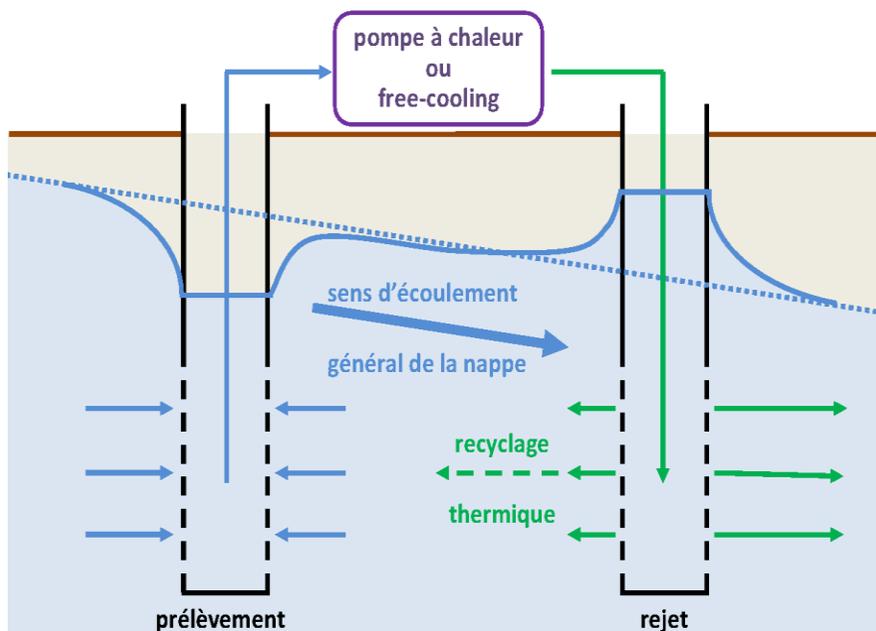
GÉOTHERMIE SUR  
EAUX USÉES



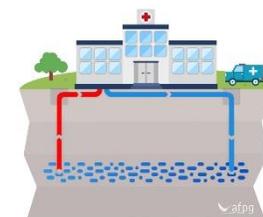
# La géothermie sur aquifère

## Doublet sur nappe en circuit ouvert

- 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.



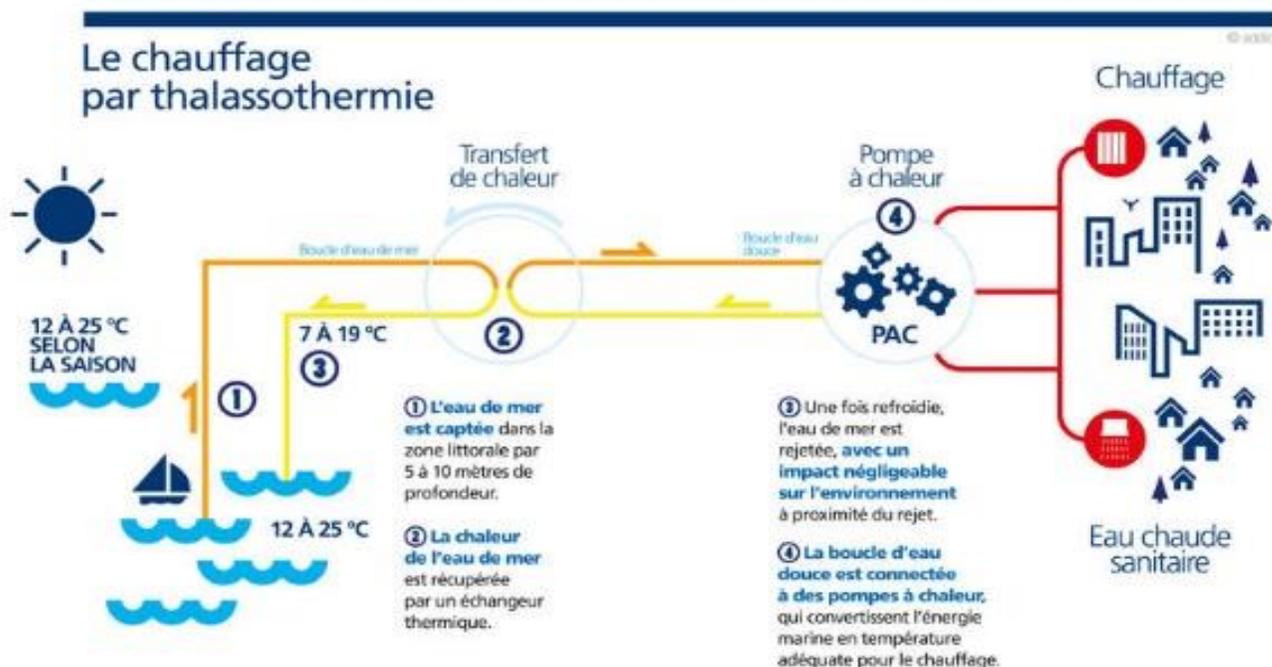
© 2021 BRGM DREAL - Pays de la Loire



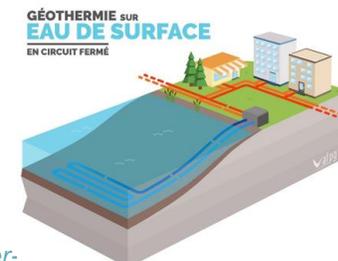
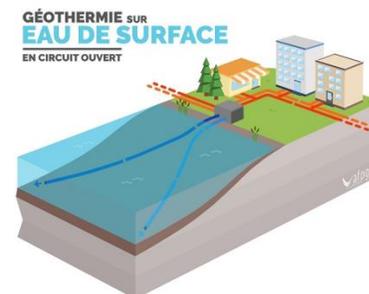
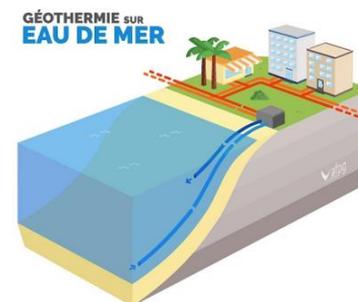
# La Thalassothermie

## Géothermie sur eau de mer ou eau de lac

- Comme la géothermie sur nappe, le principe repose sur le puisage d'une eau tempérée. Ici, le puisage se fait directement dans un bassin ou au large avec une température comprise entre 8 et 15°C.



Source : Dalkia



<https://www.futura-sciences.com/maison/actualites/batiment-thalassothermie-chauffer-climatiser-grace-mer->

# La fondation thermoactive

## *La Geostructure ou pieux géothermiques*

Comme pour les SGV, le principe consiste à prélever ou injecter de l'énergie thermique au travers de plusieurs boucles en PEHD mais qui sont fixées sur les armatures des fondations (pieux, radier, parois moulées) afin d'échanger de l'énergie avec le sol.



# La Sonde Géothermique Verticale

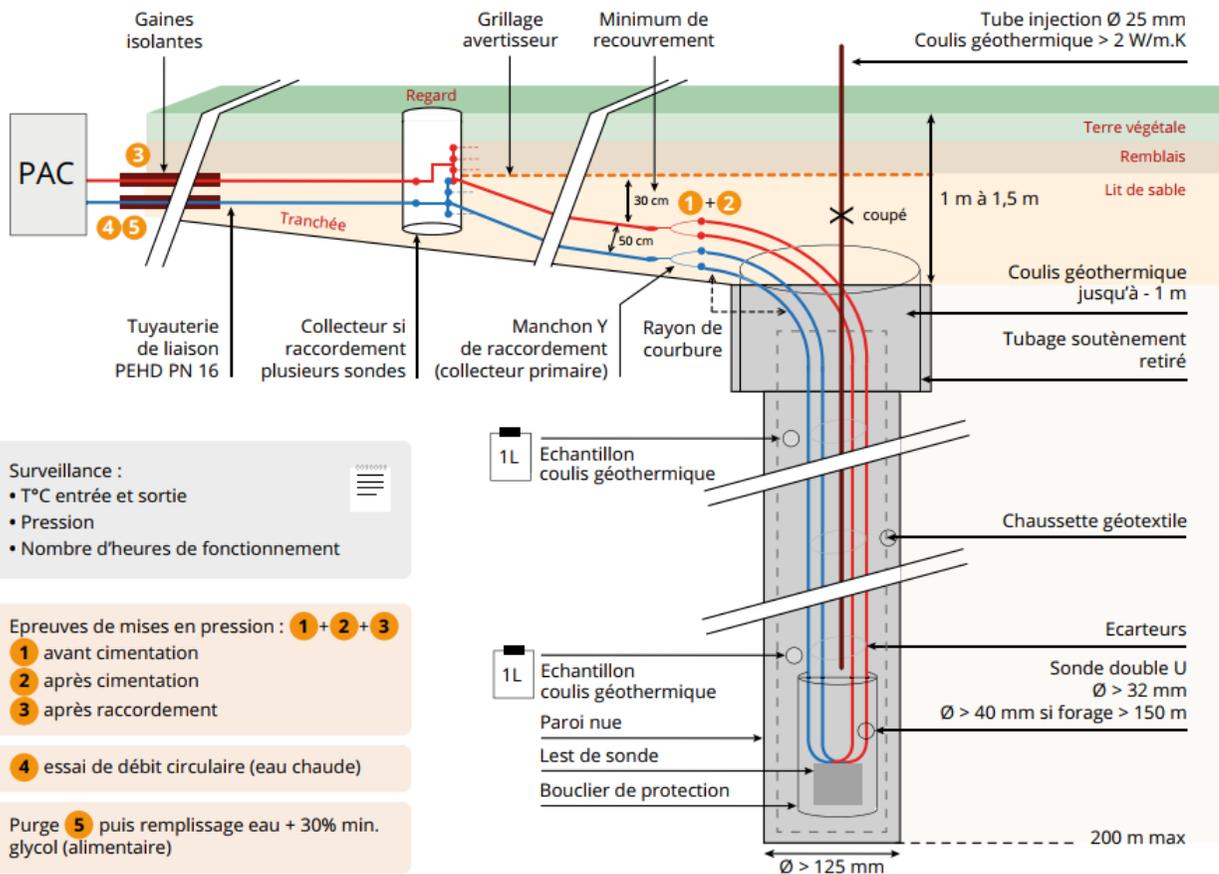
*SGV - Echangeur vertical - Double U - Sonde géothermique - Sonde sèche*

- 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. Entre 50 et 200m.



# La Sonde Géothermique Verticale

SGV - Echangeur vertical - Double U - Sonde géothermale - Sonde sèche

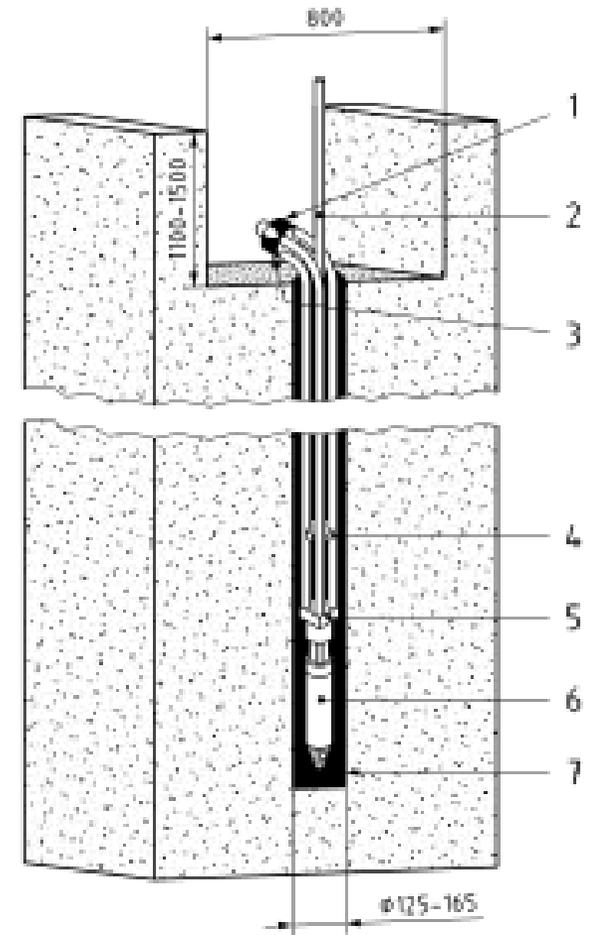


- Surveillance :
- T°C entrée et sortie
  - Pression
  - Nombre d'heures de fonctionnement

- Epreuves de mises en pression : 1 + 2 + 3
- 1 avant cimentation
  - 2 après cimentation
  - 3 après raccordement

- 4 essai de débit circulaire (eau chaude)

- Purge 5 puis remplissage eau + 30% min. glycol (alimentaire)

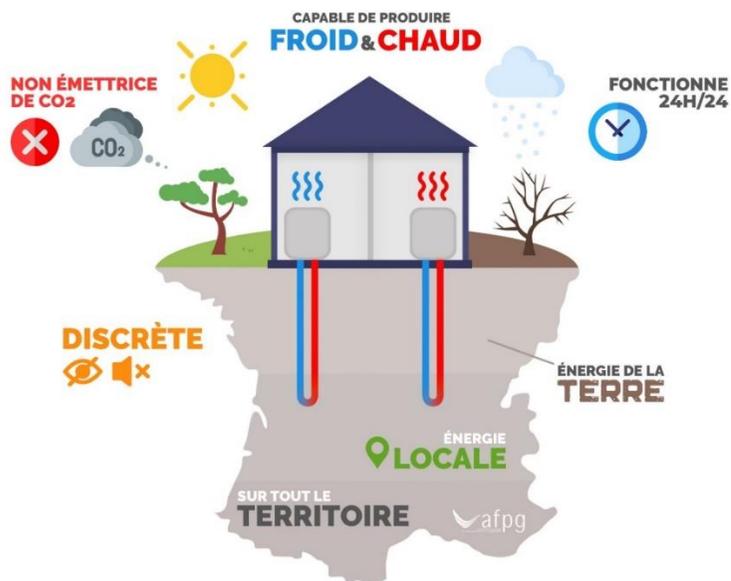


© 2021 BRGM DREAL - Pays de la Loire

# La géothermie et ses qualités

De multiples avantages

## LA GÉOTHERMIE ET SES QUALITÉS



## LA GÉOTHERMIE DE MINIME IMPORTANCE

Une énergie renouvelable disponible sur tout le territoire

### IMPACT ENVIRONNEMENTAL LIMITÉ

- Faible occupation foncière
- Peu d'émissions de gaz à effets de serre
- Pas d'impact visuel ni sonore
- Lutte contre les îlots de chaleur urbains

### MAINTENANCE ASSURÉE ET FACILITÉE

- Un entretien annuel de la pompe à chaleur
- Coûts de fonctionnements réduits et stables
- Une durée de vie de 100 ans

### ADAPTABILITÉ ET DISPONIBILITÉ

- Tous les sous-sols sont exploitables
- Une disponibilité en continue
- Non intermittente

### POTENTIELS MULTIPLES

- Chauffage
- Eau Chaude Sanitaire (ECS)
- Rafraîchissement
- Couplage avec d'autres types d'énergie

### MATURITÉ TECHNIQUE

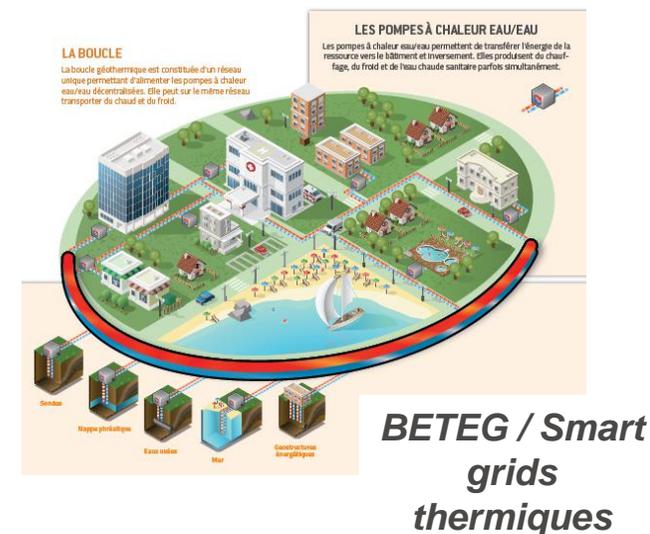
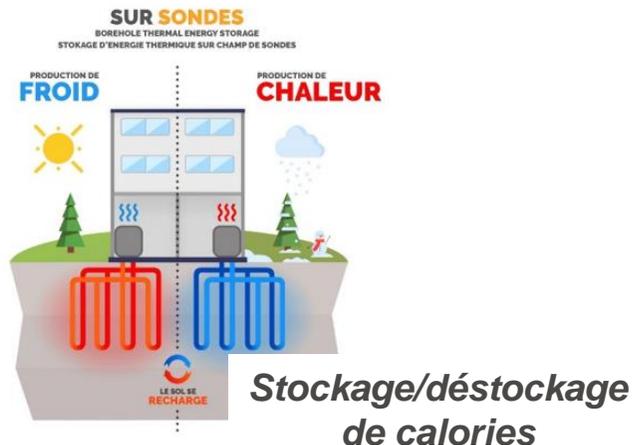
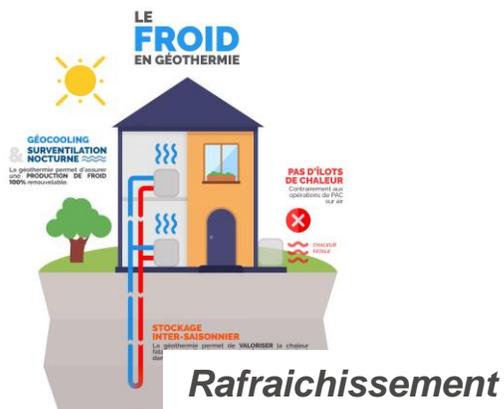
- Des milliers de références
- Recherche et développement sur de nouvelles applications

### STABILITÉ ET VALORISATION

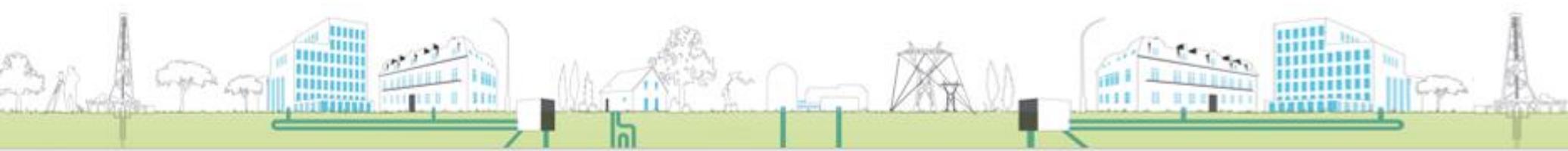
- Indépendante de la volatilité des prix des énergies traditionnelles
- Un Coefficient de Performance (COP) élevé et fixe dans le temps
- Valorisation foncière du bâtiment

# L'avenir de la Géothermie de surface

## Thématiques récurrentes



**Vos projets ?**



Christophe LUTTMANN  
Directeur commercial – DrillHeat  
Vice – Président AFPG – Géothermie de surface

DrillHeat



Merci pour votre attention

