Webinaire ATEE – AFPG

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

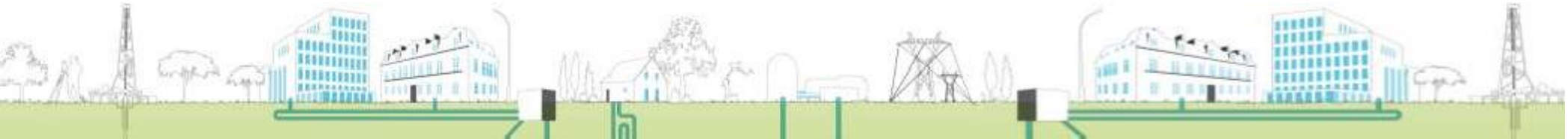
Quentin Barral

Vice-président AFPG

Expert géosciences ACCENTA

28 octobre 2026

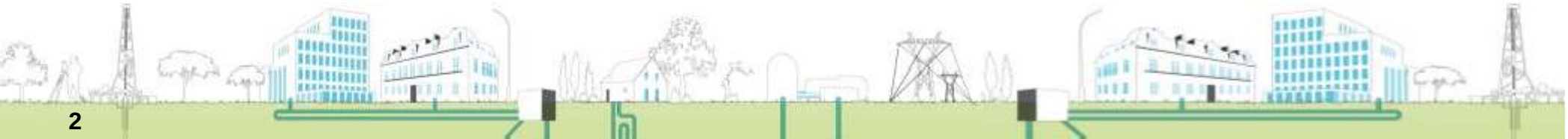
quentin.barral@accenta.ai



afpg
ASSOCIATION FRANÇAISE DES PROFESSIONNELS DE LA GÉOTHERMIE

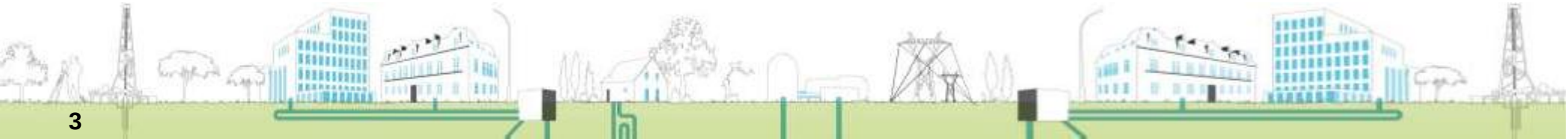
Agenda

- Température : géothermie de surface et géothermie profonde
- Echangeurs : système fermé et système ouvert
- Aspects réglementaires
- Autres éléments à prendre en compte
- Garantie Aquapac



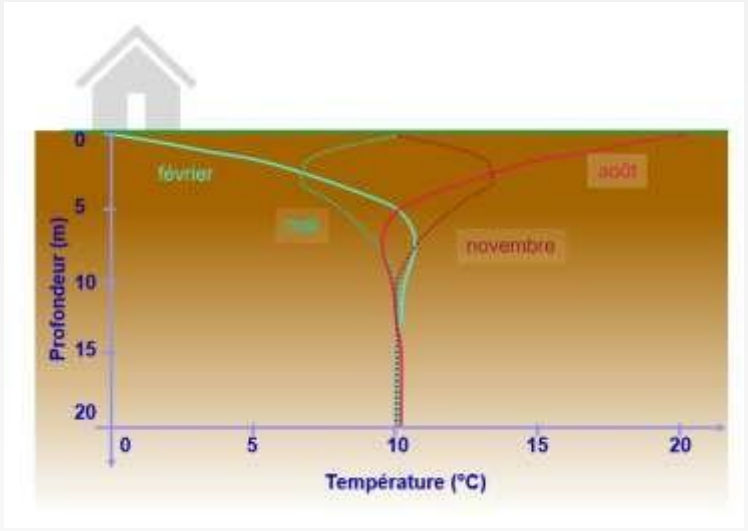
Agenda

- Température : géothermie de surface et géothermie profonde
- Echangeurs : système fermé et système ouvert
- Aspects réglementaires
- Autres éléments
- Garantie Aquapac



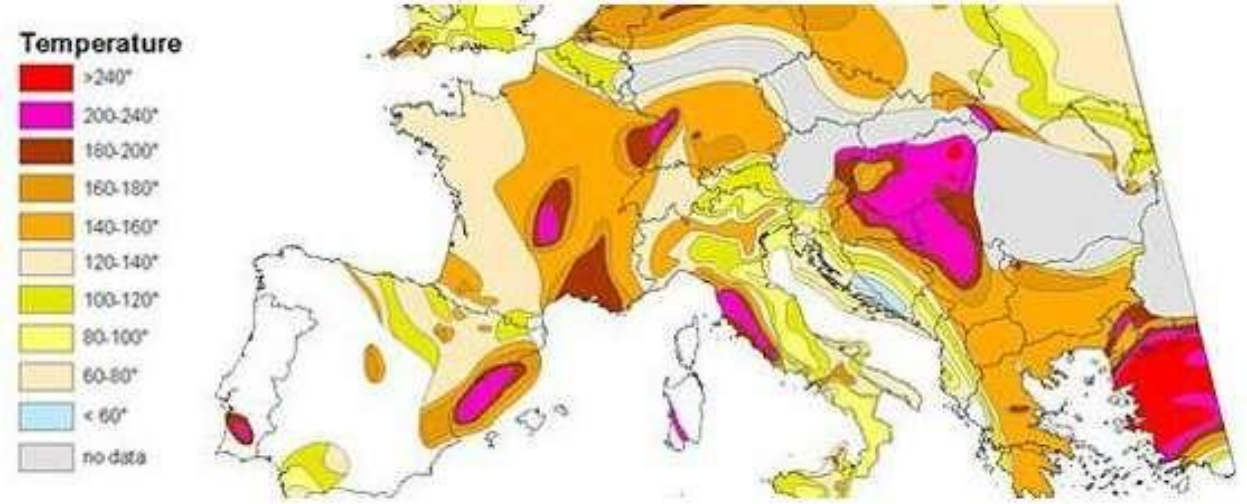
Les géothermies : température

Quelle est la température du sous-sol ?



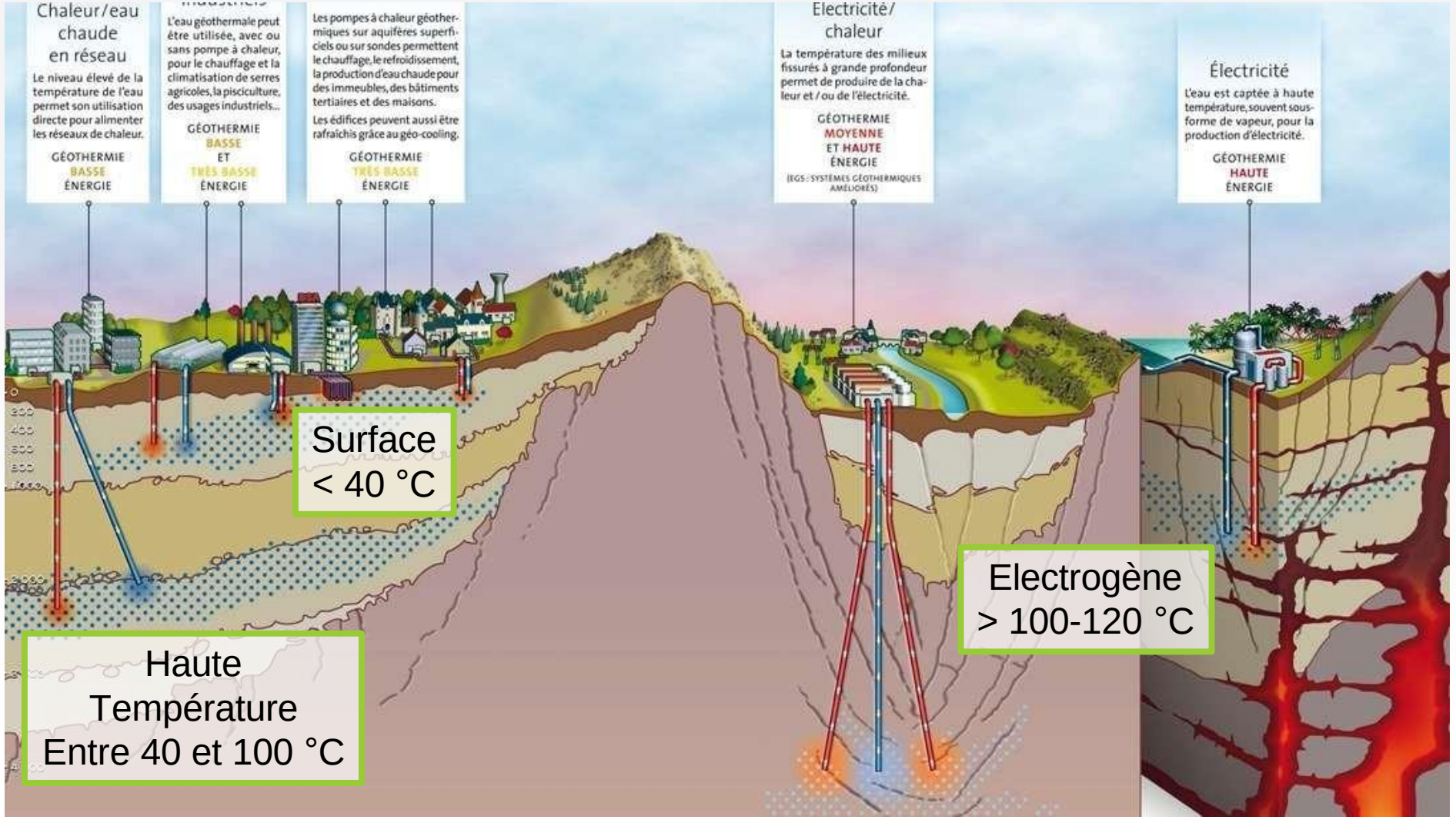
Le gradient géothermique dépend de la localisation

En général 3 °C / 100 m, sauf anomalies géologiques (Alsace, Massif Central)



Isothermes à 5000 m, Geothermal Atlas of Europe, Hurtig et al.

Les géothermies : température



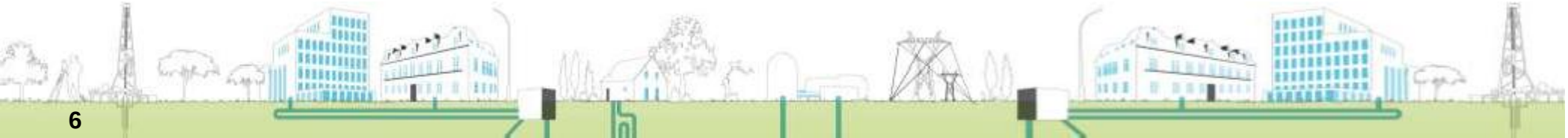
La géothermie de surface

➢ Quelques précisions

La géothermie de surface s'adresse à un public très large : de l'habitat individuel aux logements collectifs, en passant par des bâtiments publics, gymnases, bureaux, …

Comme la ressource est située proche de la surface, la température est relativement faible (10 à 15°C). Cette « tiédeur » permet de refroidir naturellement des bâtiments. Avec une pompe à chaleur, les applications en chauffage sont alors possibles. Cette « machine » permet l'échange de température entre la ressource et le bâtiment et permet une augmentation/diminution du régime de température (chauffage/climatisation).

La ressource en eau, susceptible d'être présente dans l'environnement, peut être utilisée directement pour effectuer l'échange thermique (échangeurs ouverts). Si cette ressource n'est pas présente, l'échange thermique peut être réalisé avec le sous-sol, par l'intermédiaire d'un fluide circulant en circuit fermé dans des tuyaux.

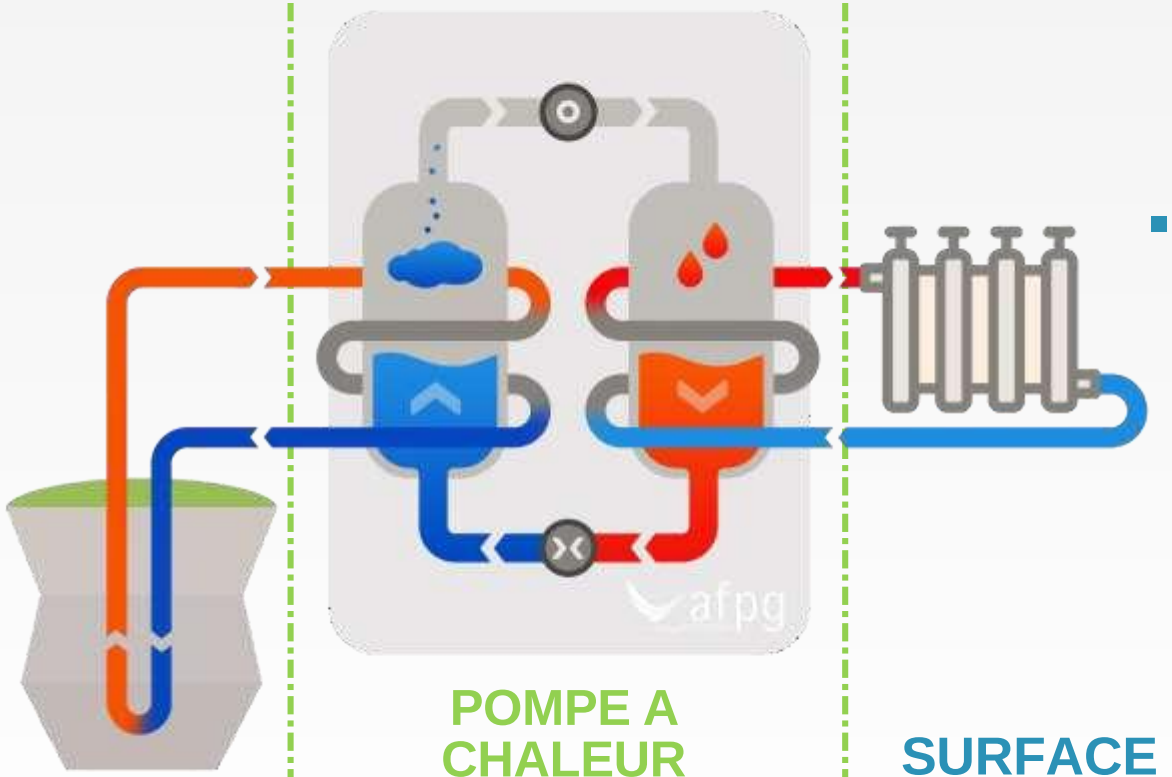


La géothermie de surface

➢ La pompe à chaleur géothermique

- **Température stable toute l'année**
- **Stockage inter-saisonnier**

➢ **Fonctionne comme une batterie**



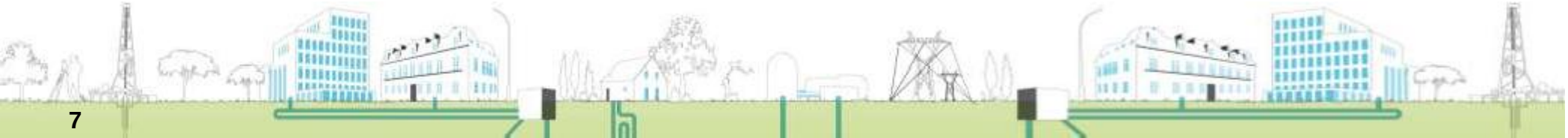
- **Besoins :**
  - **Chaud**
  - **Froid passif (géocooling)**
  - **Froid actif**
  - **Eau chaude sanitaire**

SOUS-SOL

POMPE A CHALEUR GEOTHERMIQUE

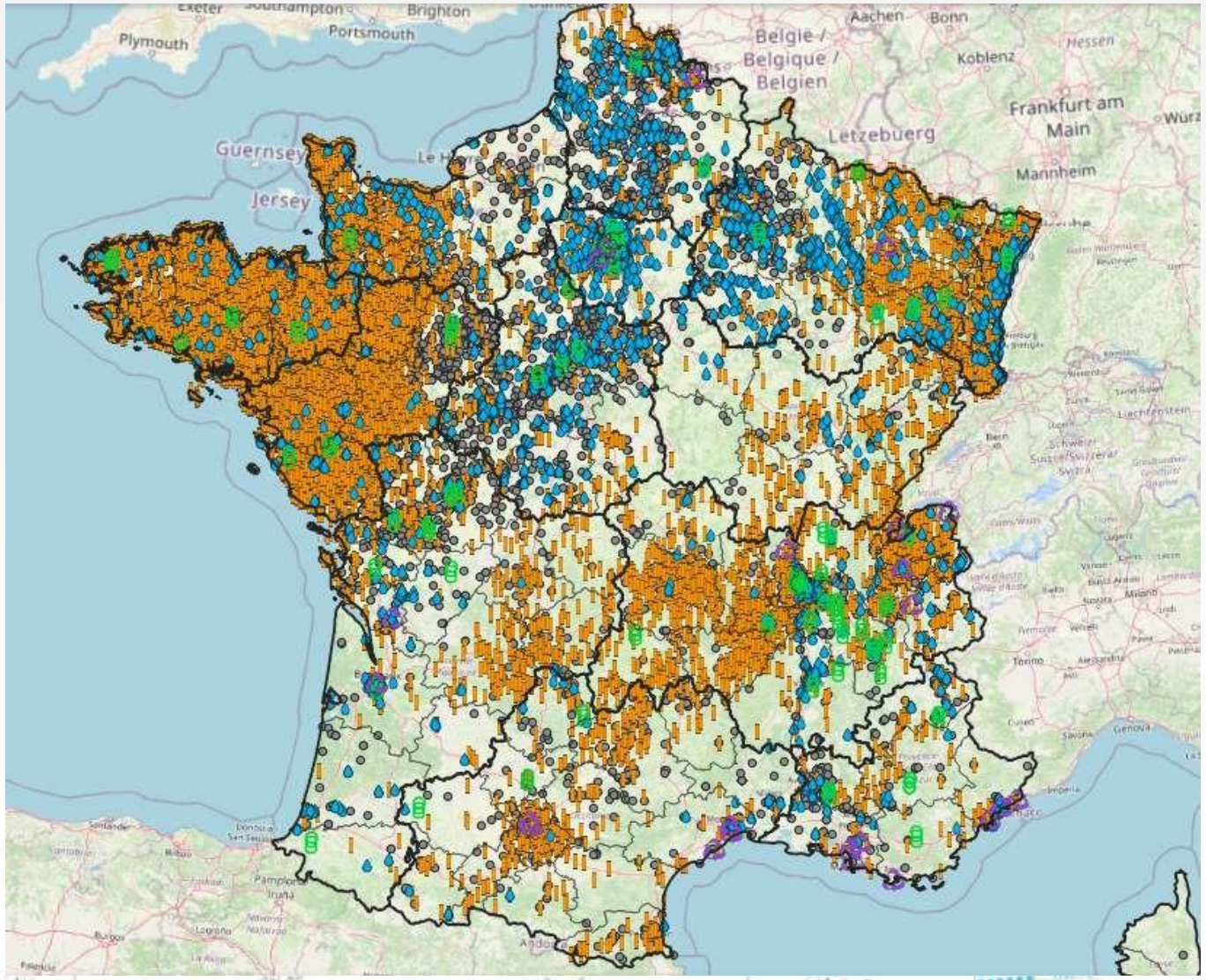
SURFACE

- **Hautes performances énergétiques (faible consommation électrique)**
- **Possibilité de production simultanée de chaud et de froid**



afpg
ASSOCIATION FRANÇAISE DES PROFESSIONNELS DE LA GÉOTHERMIE

La géothermie de surface : installations



Source : carto.afpg.fr

La géothermie profonde

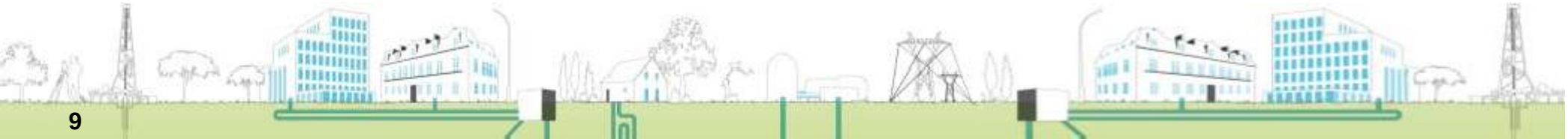
➢ Principe et fonctionnement

La géothermie profonde fonctionne généralement en circuit ouvert.

Deux forages au minimum sont nécessaires. Ils sont souvent déviés.
Cela permet au premier forage de pomper l'eau chaude jusque la surface et au second de réinjecter l'eau tiède loin du premier forage. Ainsi, l'eau tiède réinjectée a le temps de se réchauffer avant d'être de nouveau pompée par le premier puits.

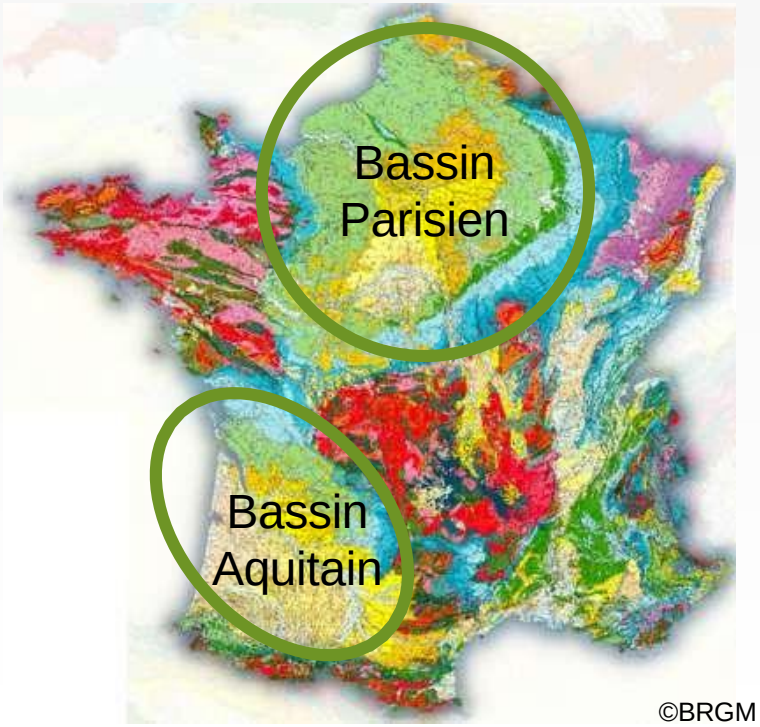
Par rapport à la géothermie de surface sur nappe, les aquifères sont situés à plus grande profondeur, généralement entre 400 et 2 000 mètres (exceptionnellement 3 000 mètres).

L'utilisation se fait à l'échelle du quartier voire de la ville ou à l'échelle industrielle.



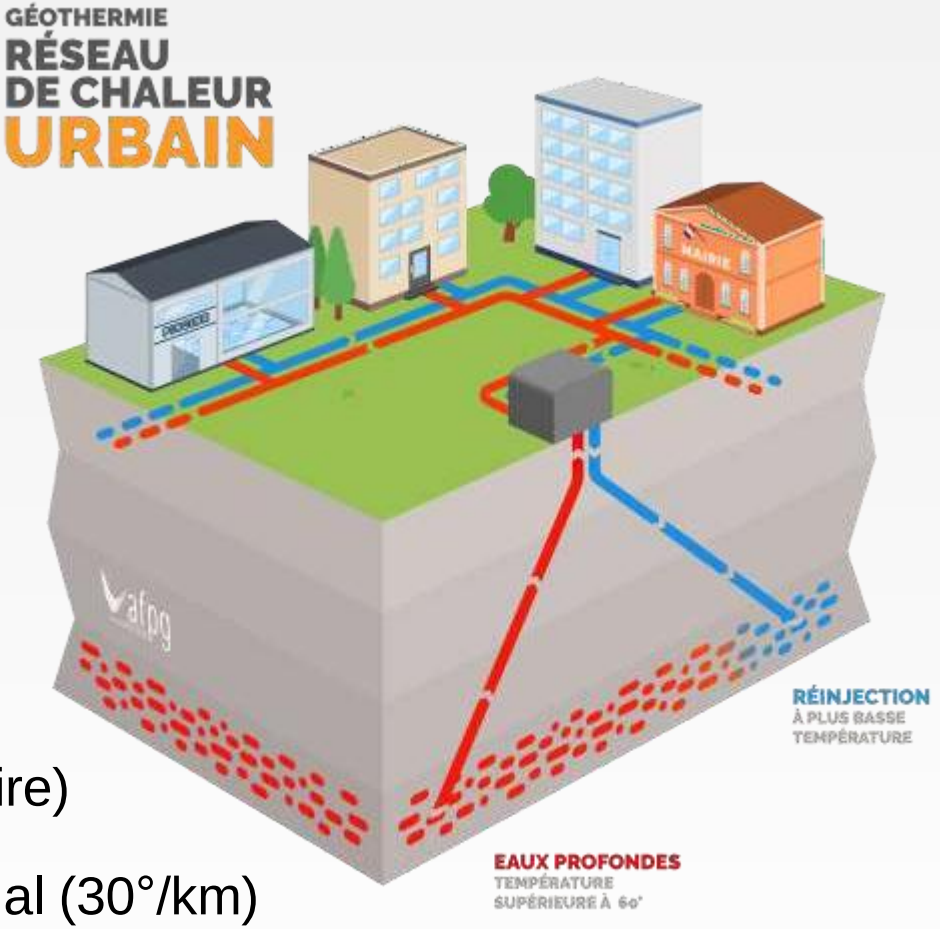
La géothermie profonde

(1) Bassins sédimentaires



©BRGM

Utilisations :
- Réseaux de chaleur urbains
- Agriculture & pisciculture
- Piscines & thermes



Caractéristiques :
- Aquifères (sable, grès, calcaire) situés entre 400 et 2 500 m
- Gradient géothermique normal (30°/km)
- Ressource de moyenne température (30 à 80°C)

Exemples :
- 57 doublets dans le B. Parisien (Villefuif, Arcueil, La Courneuve…)
- 17 opérations dans le B. Aquitain (Bordeaux, Blagnac…)

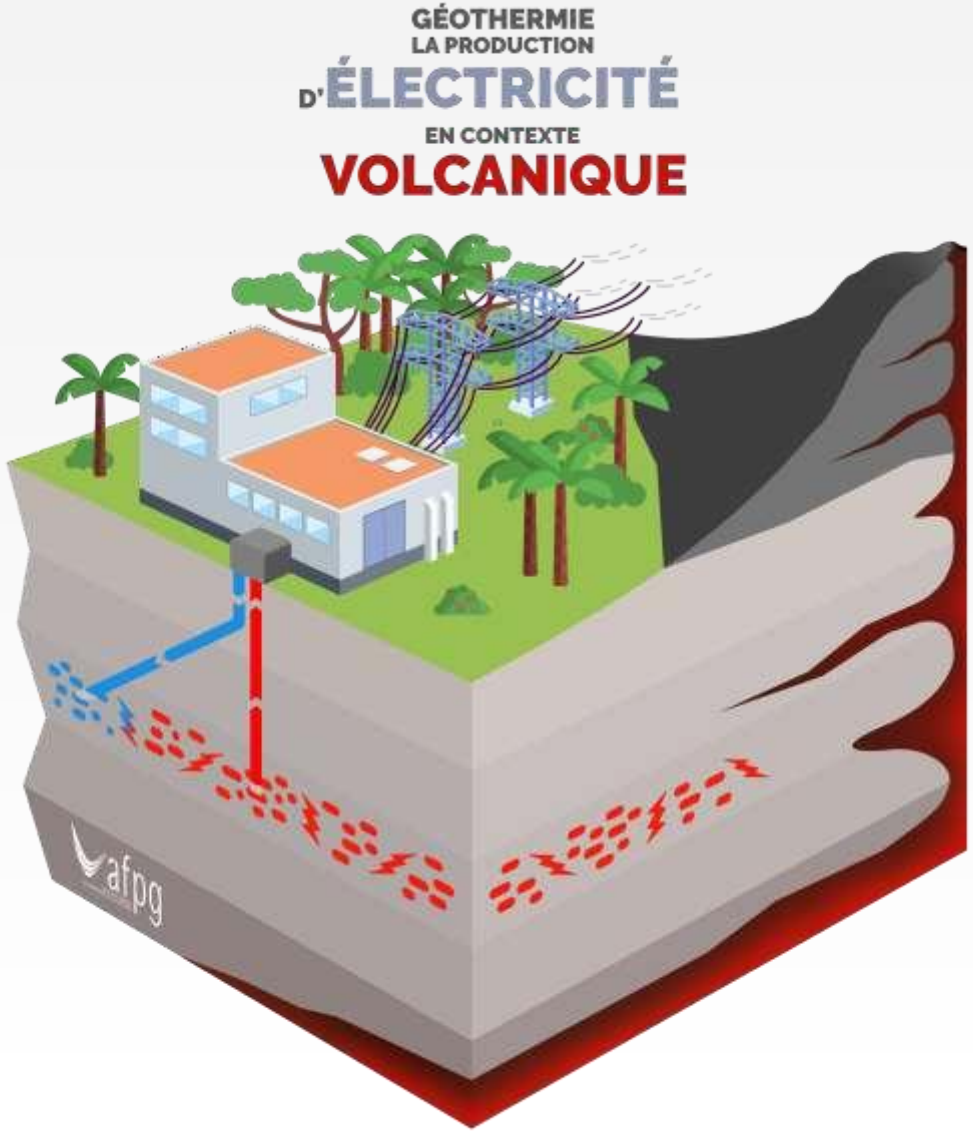
La géothermie profonde

(2) Volcanisme actuel ou récent

Caractéristiques :
- Proximité avec des volcans actifs
- Volcanisme récent
- Resource de très haute température (150 à 300°C)

Utilisations :
- Réseaux de chaleur urbains
- Production d'électricité
- Industries

Exemples :
- Bouillante (Guadeloupe)
- Permis de recherche dans le Massif Central



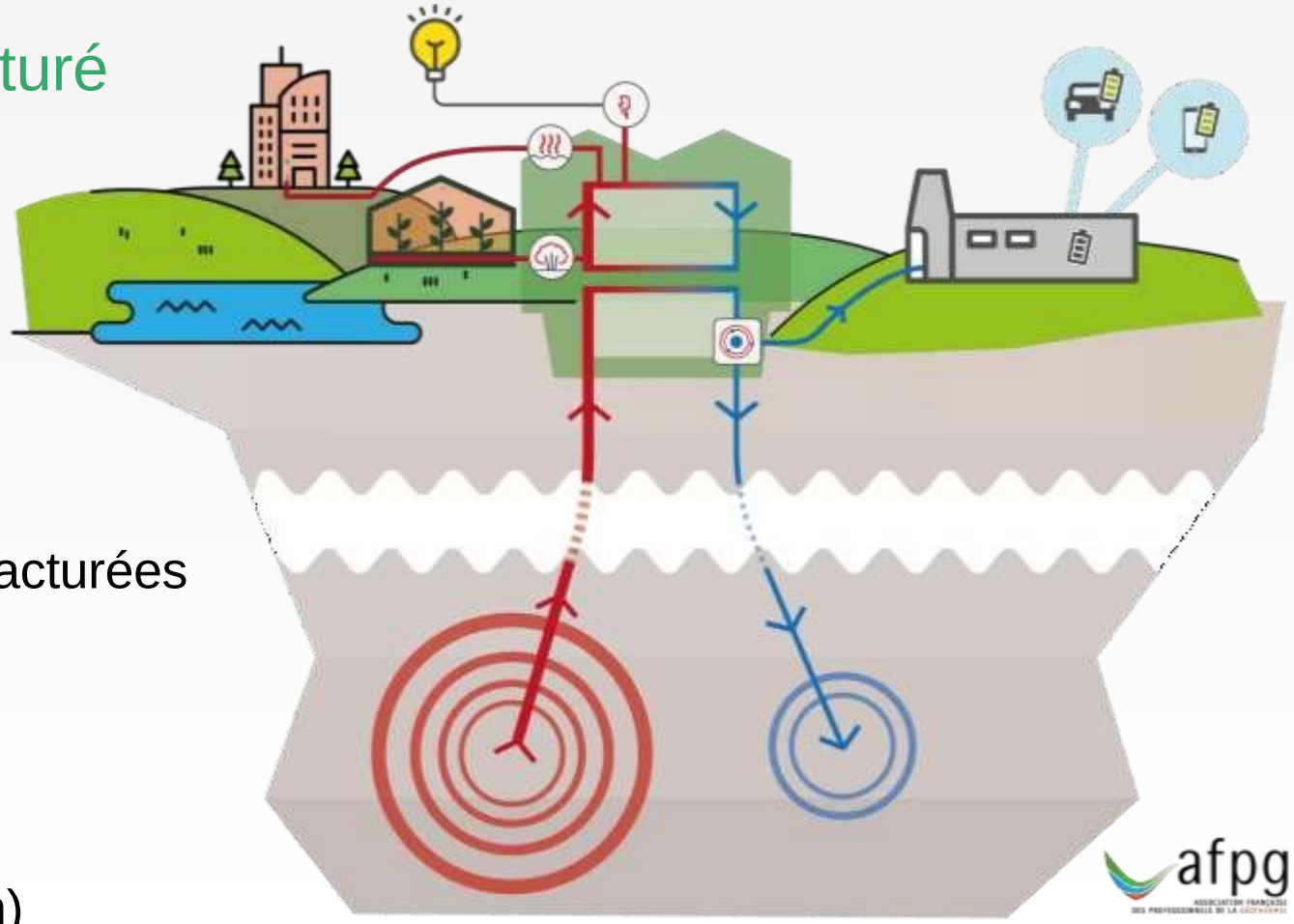
La géothermie profonde

(3) Socle naturellement fracturé

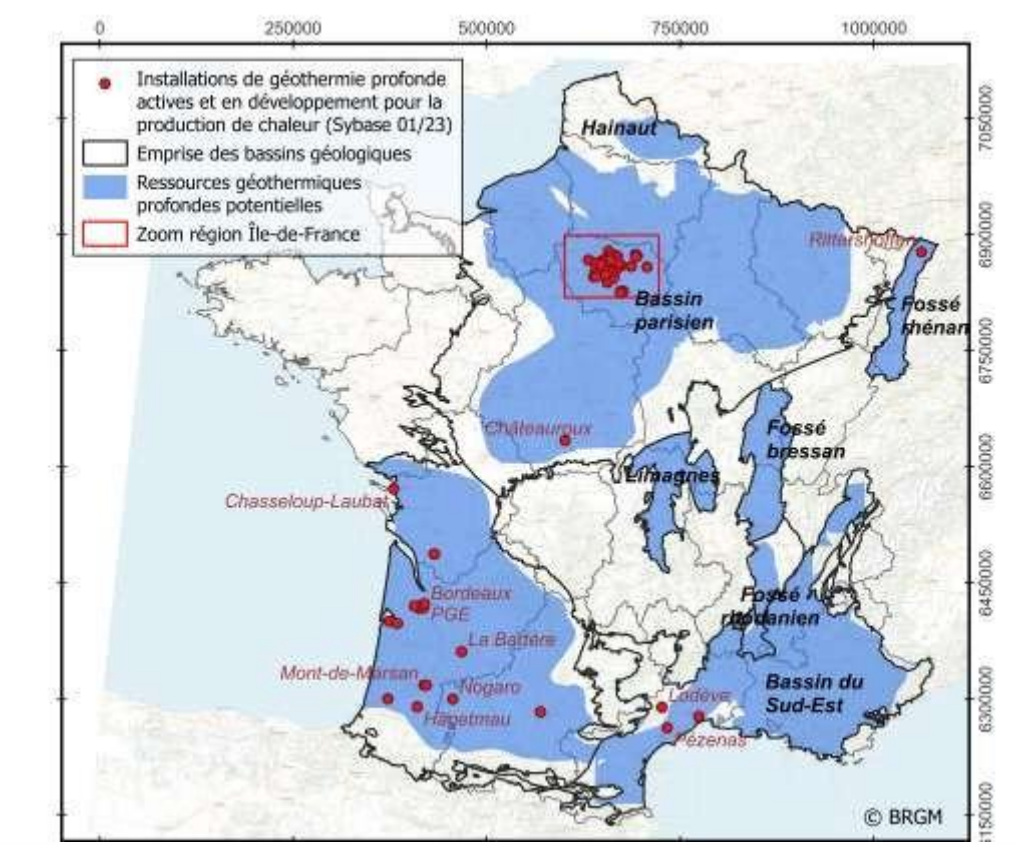
Utilisations :
- Electricité
- Industries
- Réseaux de chaleur urbains
- Lithium

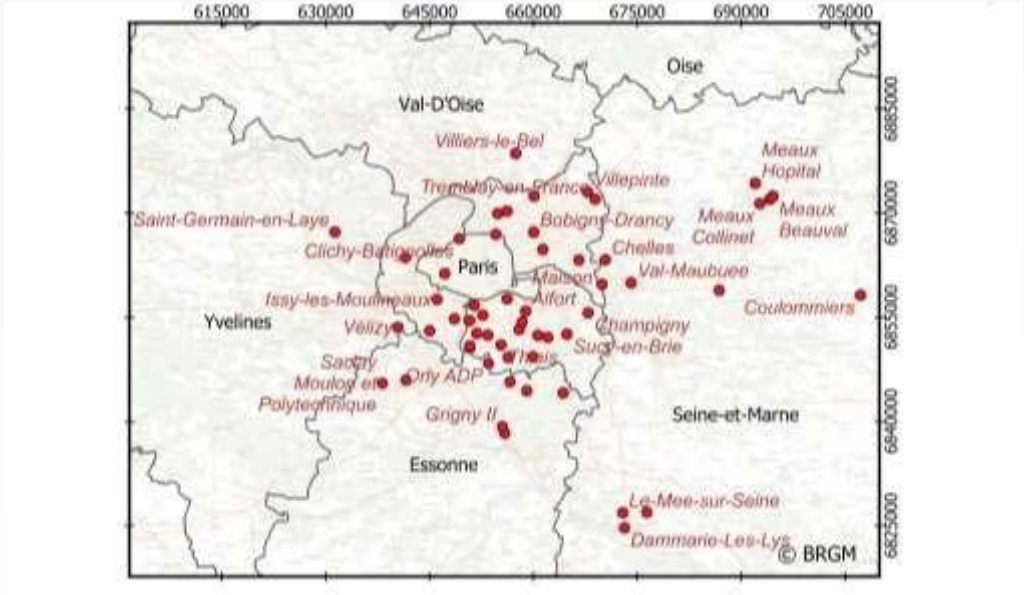
Caractéristiques :
- Roches magmatiques naturellement fracturées
- Grande profondeur
- Très haute température (150 à 200°C)

Exemples :
- 2 centrales en fonctionnement
  (Soultz-sous-Forêts, Rittershoffen)
- D'autres projets en études

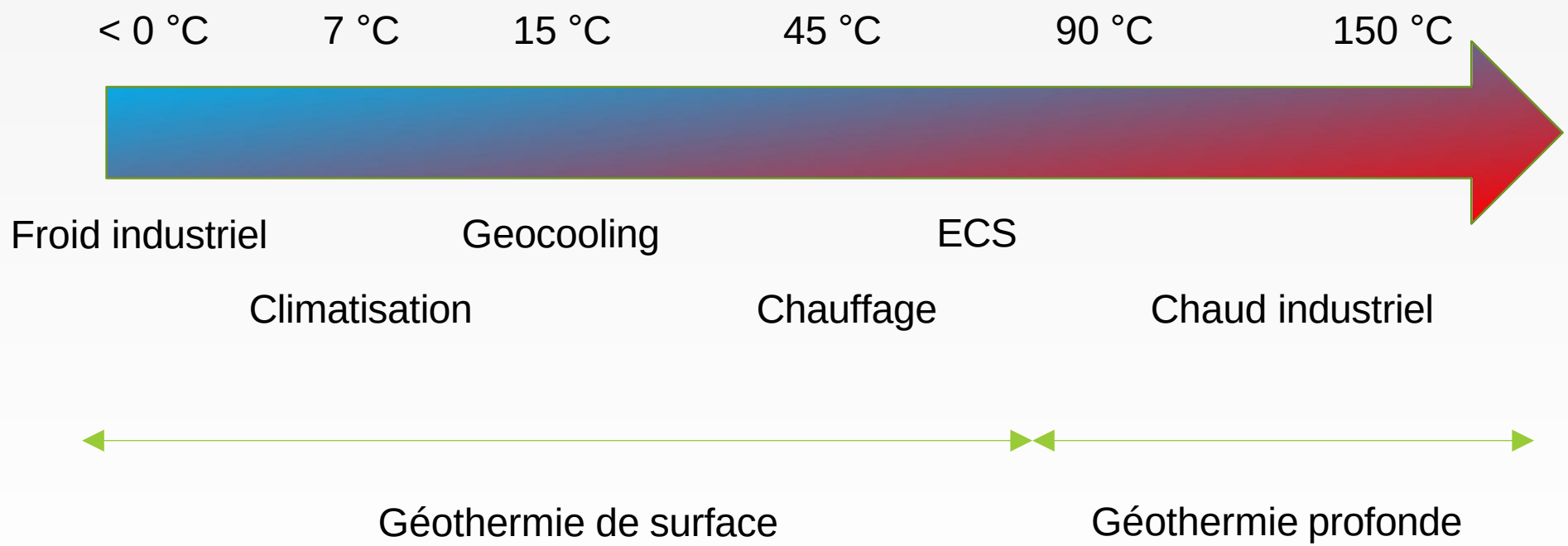


La géothermie profonde : installations



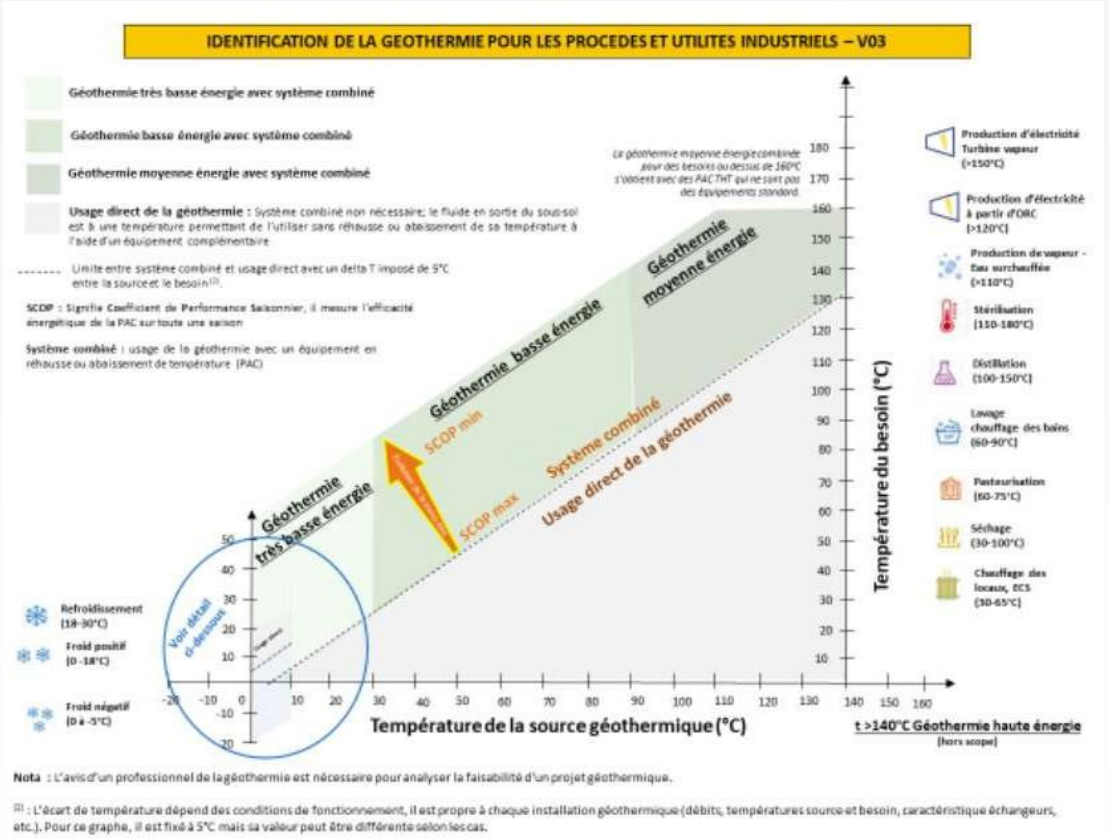


Température : connaître les besoins du site



Température : connaître les besoins du site

- Groupe géothermie dans l'industrie (ATEE / AFPG)
- GT Procédés et usages industriels

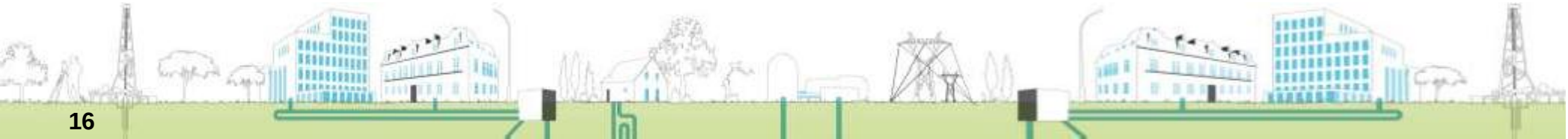


Nota : L'avis d'un professionnel de la géothermie est nécessaire pour analyser la faisabilité d'un projet géothermique.

[1] : L'écart de température dépend des conditions de fonctionnement, il est propre à chaque installation géothermique (débits, températures source et besoin, caractéristique échangeurs, etc.). Pour ce graphe, il est fixé à 5°C mais sa valeur peut être différente selon les cas.

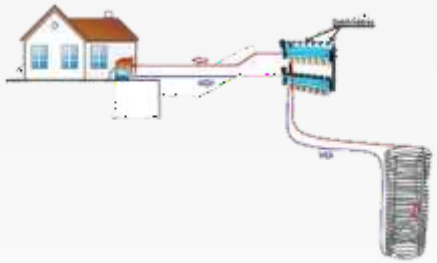
Agenda

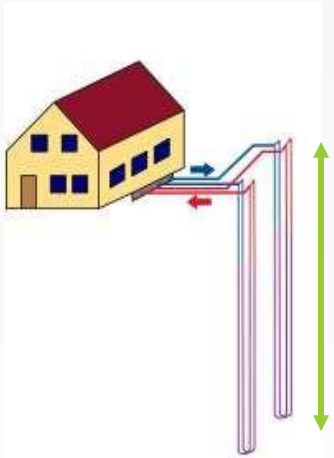
- Température : géothermie de surface et géothermie profonde
- Echangeurs : système fermé et système ouvert
- Aspects réglementaires
- Autres éléments
- Garantie Aquapac



Les géothermies : échangeurs

Systèmes fermés





~ 150 m

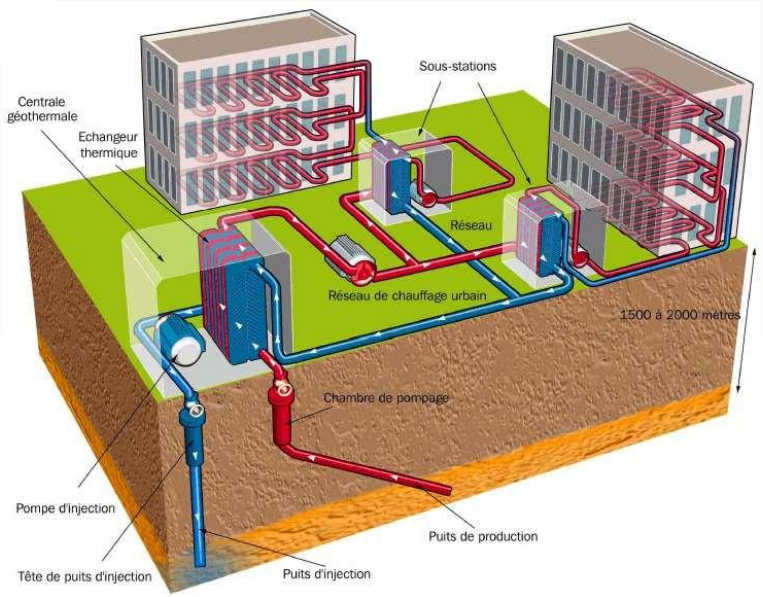


~ 1 m

Systèmes ouverts



~ 20 à 200 m (ou +)



Echangeurs « ouverts »

De l’eau tiède est susceptible d’être présente naturellement dans l’environnement (sous-sol ou surface).

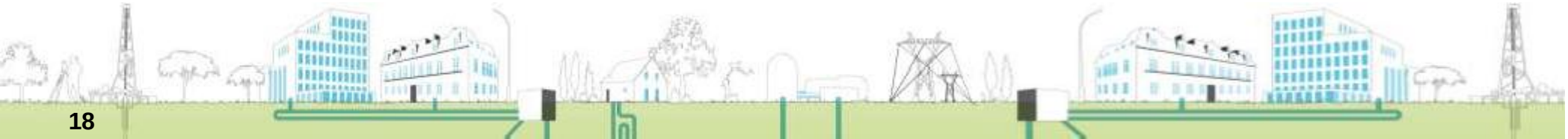
Un **forage** est réalisé pour pomper la ressource jusque la surface.

En géothermie de surface, une **pompe à chaleur** permet l’échange de calories avec le bâtiment.

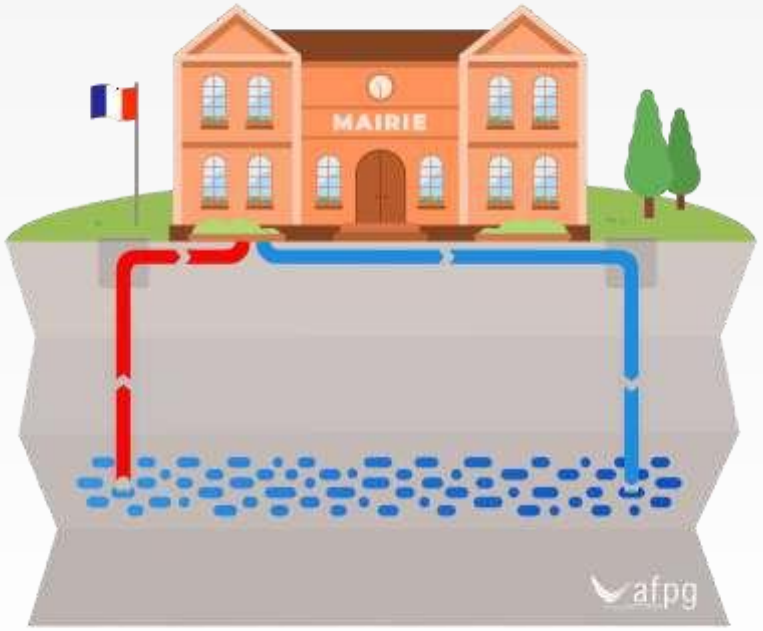
L’eau est réinjectée dans un autre **forage,** dans le milieu naturel d’origine.

Ainsi, la ressource est **préservée** et l’eau réinjectée se réchauffe au contact du sol plus chaud.

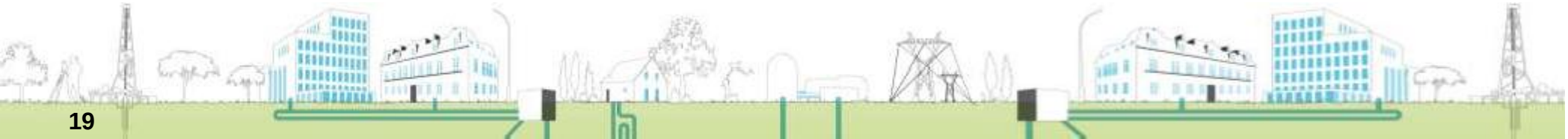
=> Cette ressource en eau doit être **accessible** au droit du besoin (énergie locale).



Echangeurs « ouverts »



- Nécessite la présence d'une roche aquifère contenant de l'eau sous le(s) bâtiment(s).
- Différents critères de la ressource doivent être étudiés : débit, température, qualité, …
- L'intégralité de l'eau pompée par un premier forage est réinjectée dans le même aquifère, quelques mètres plus loin dans un second forage (= doublet de forages).
- Entretien nécessaire pour éviter que les forages ne se bouchent.
- Particulièrement adaptée aux installations moyennes à grandes (peu adaptée aux particulier).



Echangeurs « fermés »

Le proche sous-sol a l'avantage d'avoir une température **constante** toute l'année.

Le principe est alors de faire circuler un fluide dans un tuyau enterré.

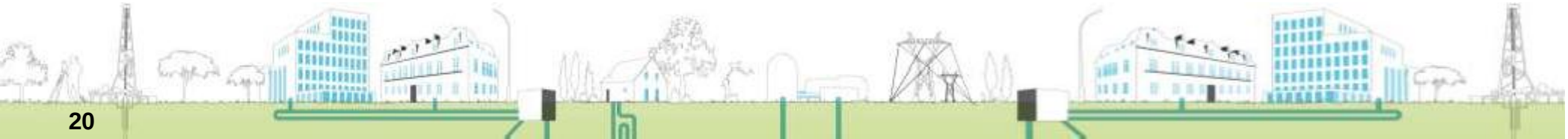
Le fluide récupère des calories dans le sol et devient tiède.

La **pompe à chaleur** permet l'échange de calories avec le bâtiment.

L'eau refroidie continue sa circulation dans le même tuyau enterré.

Ainsi, le fluide circule en **circuit fermé** dans son tuyau enterré.

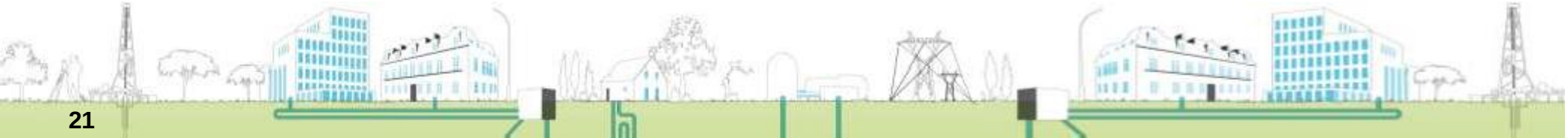
=> Ce type de géothermie peut être réalisé n'importe où sur le territoire.



Echangeurs « fermés »

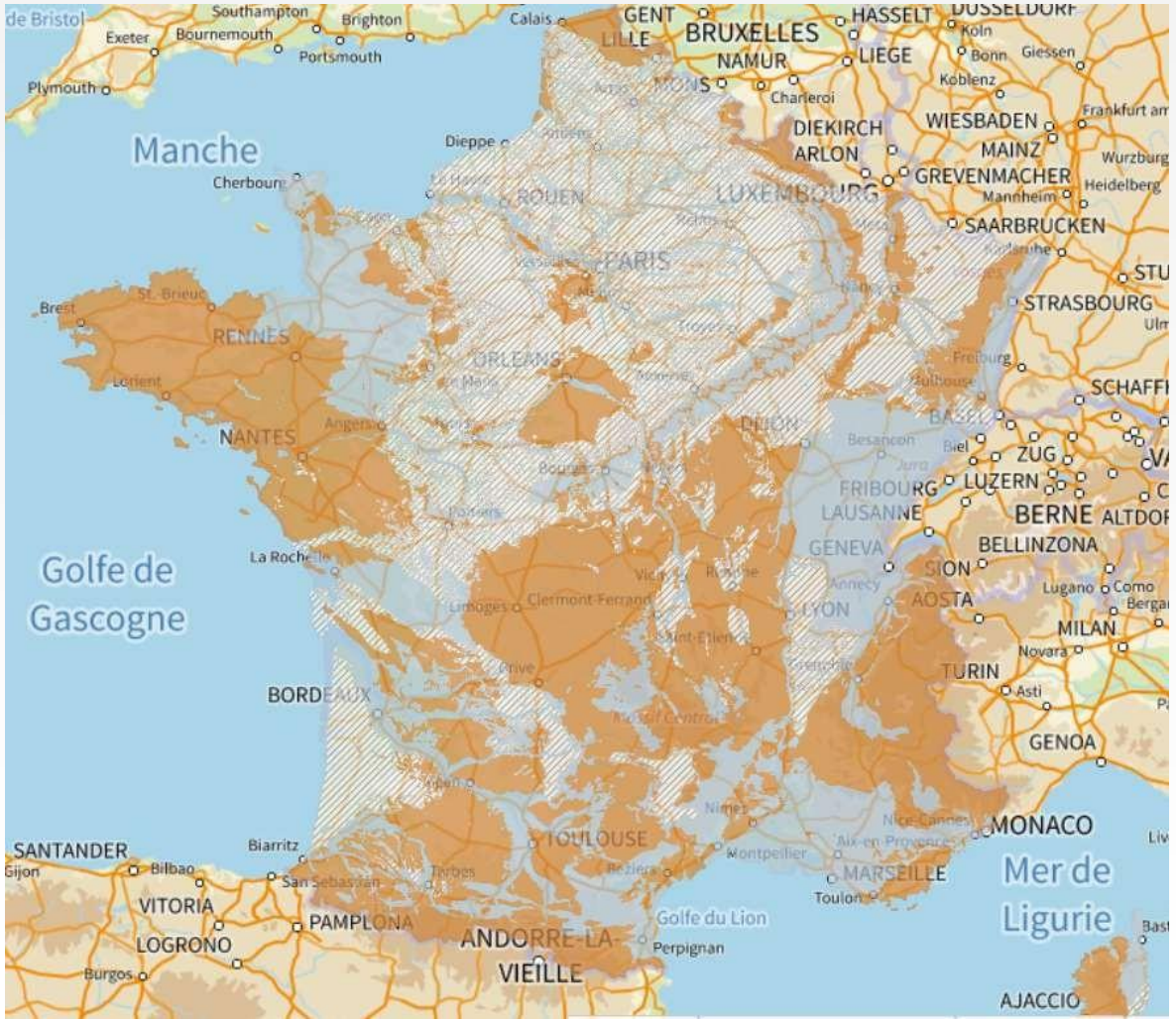


- Réalisable n’importe où et applicable à tous les projets !
- Un ou plusieurs forages sont réalisés (selon les besoins).
- Un tuyau y est inséré avant que l’ouvrage soit cimenté sur toute la hauteur.
- De l’eau glycolée circule dans le tuyau, récupère des calories, puis les échange avec le bâtiment par l’intermédiaire d’une pompe à chaleur. L’eau glycolée continue sa boucle en retournant sous terre pour se recharger en calories.
- La durée de vie d’une sonde est très importante (50 à 100 ans)



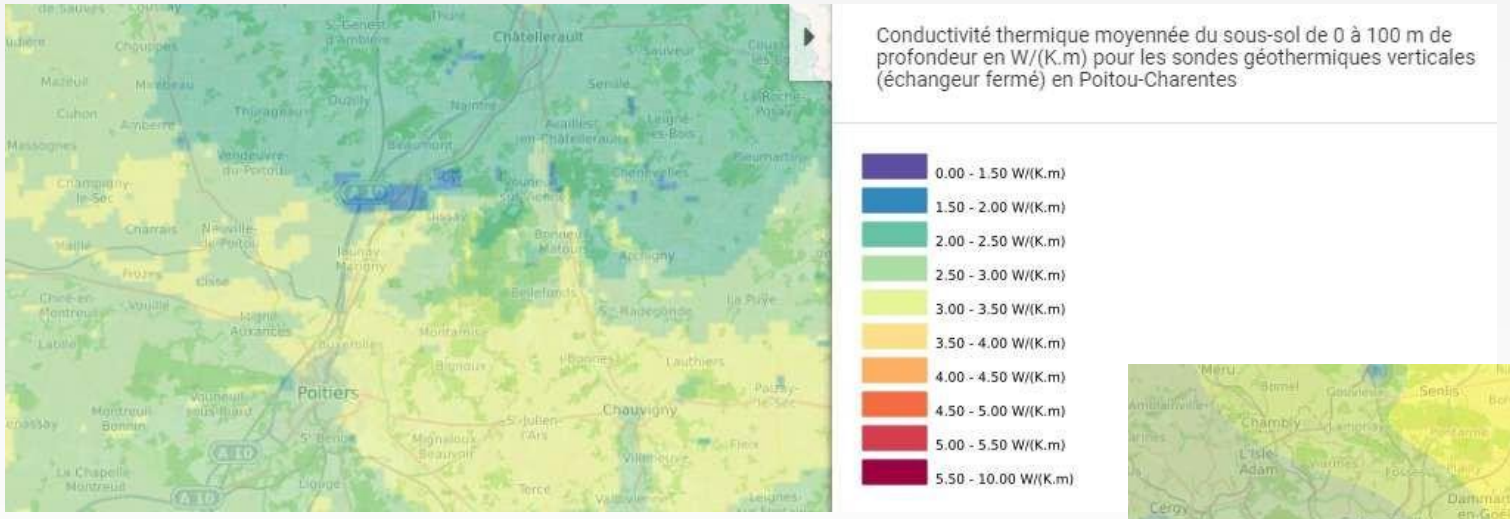
Echangeurs : connaître la géologie du site

Etat de la roche affleurante

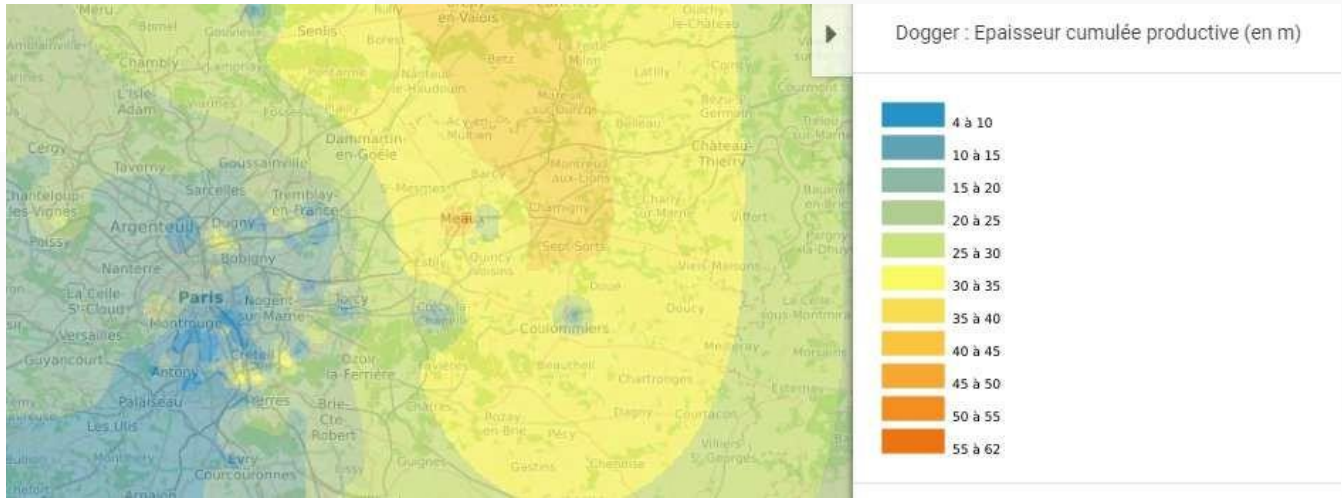


Source : bdlisa.eaufrance.fr

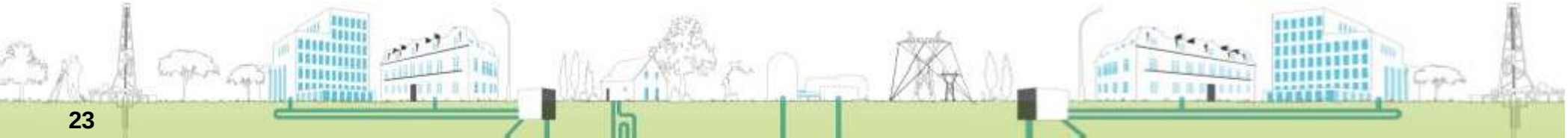
Echangeurs : connaître la géologie du site pour estimer la productivité



En première approche, des éléments sont disponibles sur :
https://www.geothermies.fr/viewer/

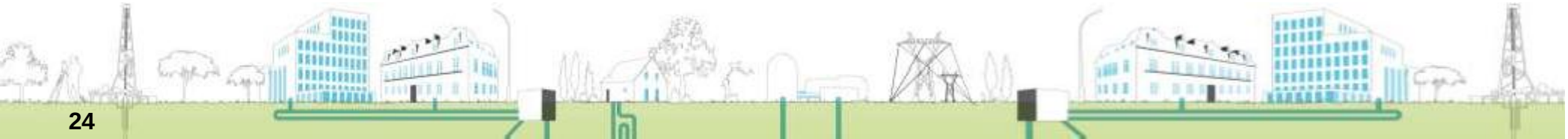


Ensuite :
contactez votre expert sous-sol préféré !



Agenda

- Température : géothermie de surface et géothermie profonde
- Echangeurs : système fermé et système ouvert
- Aspects réglementaires
- Autres éléments
- Garantie Aquapac



Réglementation – Géothermie de Minime Importance

Une réglementation géothermique pour les ouvrages peu profonds et à faible température

La GMI est un type de géothermie que l'on qualifie de basse température et faible profondeur. Il s'agit généralement du type de géothermie utilisé dans la majorité des projets thermiques car il permet d'en limiter les démarches.

Les caractéristiques de la GMI

Echangeurs géothermiques sur boucle fermée (sondes géothermiques)

- La profondeur du forage est inférieure à **200 m**
- La puissance thermique maximale est inférieure à **2 MW**
- La température de l'eau dans les sondes doit être entre **-3 et 40 °C**
- La longueur totale du champ ne doit pas excéder **40 000 m**

Echangeurs géothermiques sur boucle ouverte (nappe, aquifère)

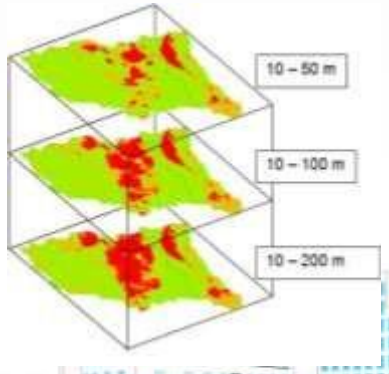
- La profondeur du forage est inférieure à **200 m**
- La puissance thermique maximale est inférieure à **500 kW**
- La température de l'eau prélevée est inférieure à **25 °C** et injectée à **32 °C**
- Les eaux prélevées sont réinjectées dans le même aquifère et la différence entre les volumes prélevés et réinjectés doit être nulle
- Les débits pompés prélevés doivent être inférieurs à **80 m3/h**

Il est possible de consulter la réglementation du site sur GEOTHERMIES

Les zones réglementaires GMI

Une zone géographique est classée selon la profondeur des sondes et du type de géothermie en 3 catégories :

De 0 à 50m	De 50 à 100m	De 100 à 200m
Vert	Forage possible sans autorisation particulière	
Orange	Forage possible avec attestation d'un expert	
Rouge	Demande d'autorisation nécessaire	



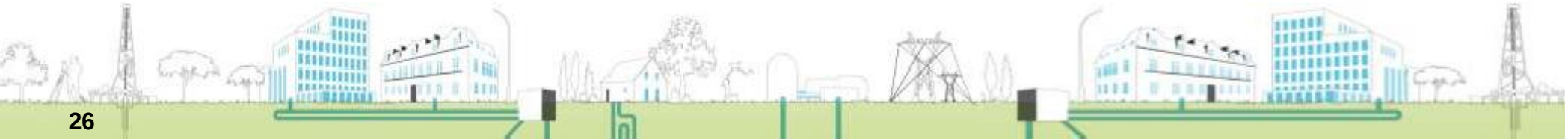
Exemple de carte en fonction de la profondeur

Certi Forage

afpg

Agenda

- Température : géothermie de surface et géothermie profonde
- Echangeurs : système fermé et système ouvert
- Aspects réglementaires
- Autres éléments
- Garantie Aquapac



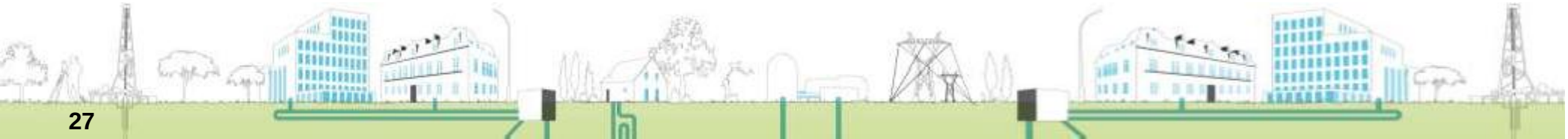
Autres éléments à prendre en compte

- Il faut de la place pour forer !
  - 150 m² pour un forage sur nappe superficielle + distance entre puits (100 – 200 m)
  - X * (50 à 100) m² pour un champ de sondes géothermiques (X étant le nombre de sondes) : 2 000 à 10 000 m²
  - 500 m² pour un forage profond

- Une meilleure rentabilité quand les besoins sont importants et équilibrés (dans la durée, chauf/froid)

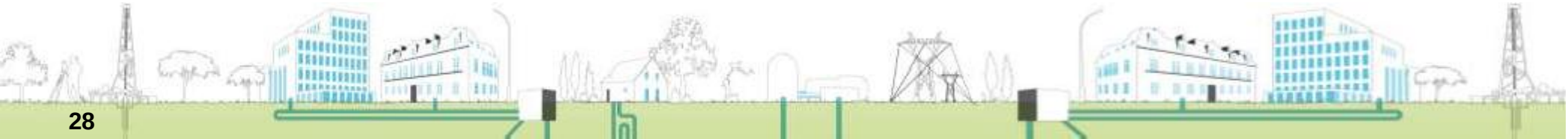
- Une petite ingénierie financière (calcul de coût global, Fonds Chaleur ADEME, CEE, subventions régionales, décarboner l'industrie…)

- Une forte volonté de décarboner et de maîtriser les charges



Agenda

- Température : géothermie de surface et géothermie profonde
- Echangeurs : système fermé et système ouvert
- Aspects réglementaires
- Autres éléments à prendre en compte
- Garantie Aquapac



Garantie Aquapac

- Zones peu connues
- Aléas géologiques (fractures, épaisseurs)

GARANTIE SUR LA RESSOURCE EN EAU SOUTERRAINE
POUR LA GEOTHERMIE DE PROCHE SURFACE

- **Garantie recherche :** couvre le risque d'échec lié au débit réellement obtenu par rapport au débit minimal de succès fixé dans le contrat de garantie (production et injection)
- **Garantie pérennité :** couvre la diminution des débits de production ou de réinjection au-dessous de la valeur garantie et les dommages aux matériels de puisage et de réinjection et/ou aux équipements du circuit primaire, y compris l'échangeur, occasionnés par des modifications de la ressource en eau souterraine dues à des causes naturelles ou de voisinage

https://www.geothermies.fr/les-garanties

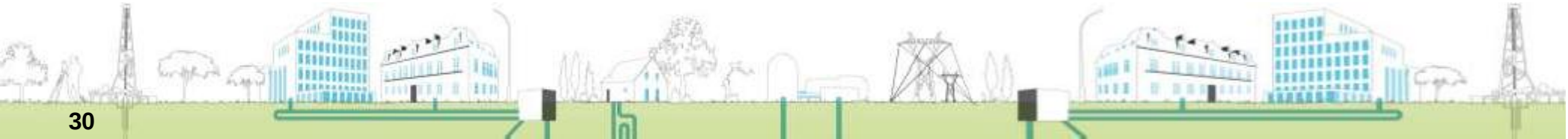
http://www.afpg.asso.fr/

https://www.afpg.asso.fr/adherents/

Merci de votre attention

Quentin Barral

quentin.barral@accenta.ai



La géothermie de surface

➢ Les avantages

- Production de chaud et de froid tout en évitant le phénomène d'îlots de chaleur
- Possibilité de géocooling (rafraichissement sans consommer d'énergie)
- Energie durable et renouvelable
- Disponible sur tout le territoire
- Disponible 365j/an, 24h/24
- Energie propre, non émettrice de CO2
- Energie locale
- Discrète (invisible et silencieuse)
- Compétitivité (indépendant des variations du coût des énergies fossiles).
- Stabilité et fiabilité

