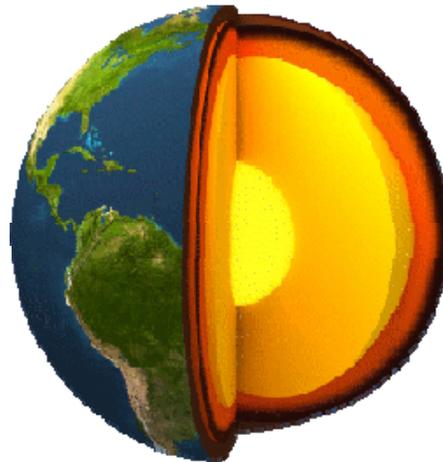


Généralités sur la géothermie



La géothermie

- > Géothermie, du grec “gê”, terre et “thermos”, chaud
- > Chaleur de la Terre – énergie (!)
- > Exploitation de la chaleur de la Terre



Questions

- Question: à votre avis quelle est la température du sous-sol à 1km de prof ? en été ? en hiver ?
- Avez-vous déjà pu observer des phénomènes de la chaleur de la terre?
- Connaissez-vous des utilisations de cette chaleur?
- Comment pensez-vous que cette chaleur peut être utilisée? Est-elle la même partout? Comment transporte-t-on cette chaleur?
- Connaissez-vous des projets de géothermie existants?

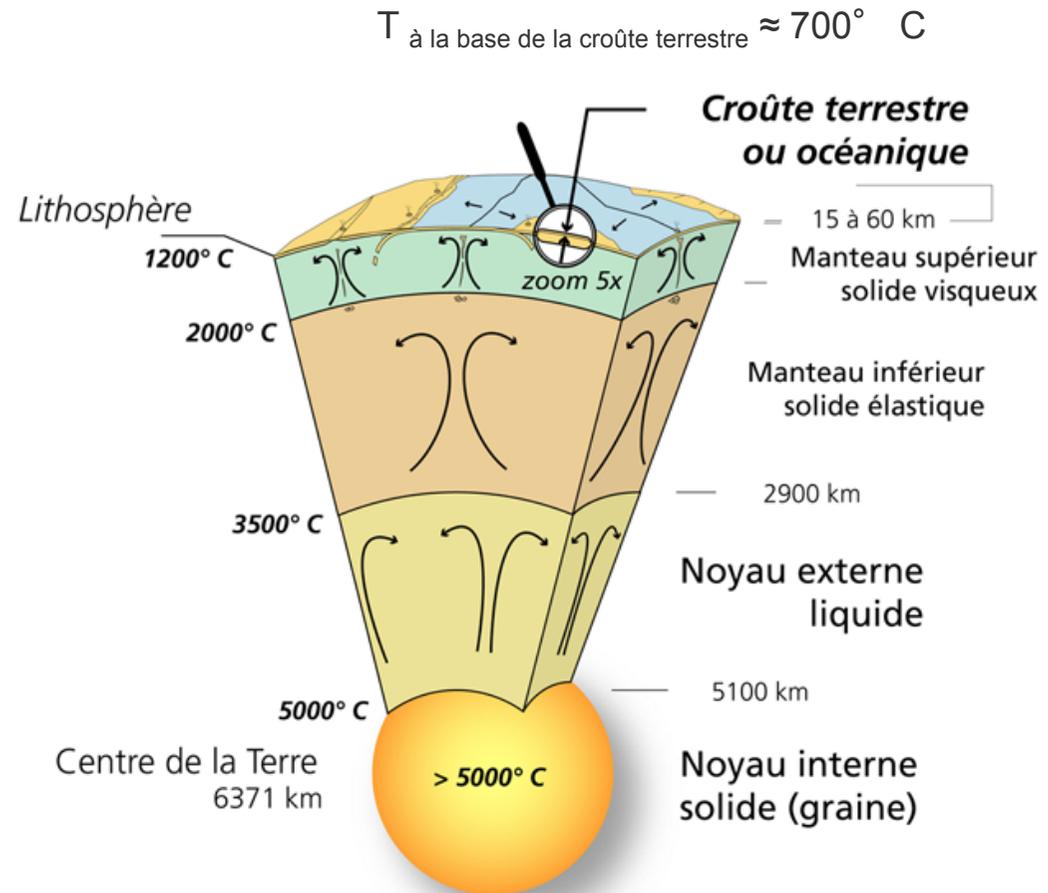
La géothermie

Origines de la chaleur de la Terre

99 % de la masse de la Terre est à plus de 1000° C !
99.9 % est à plus de 100° C !

Origines de cette chaleur :

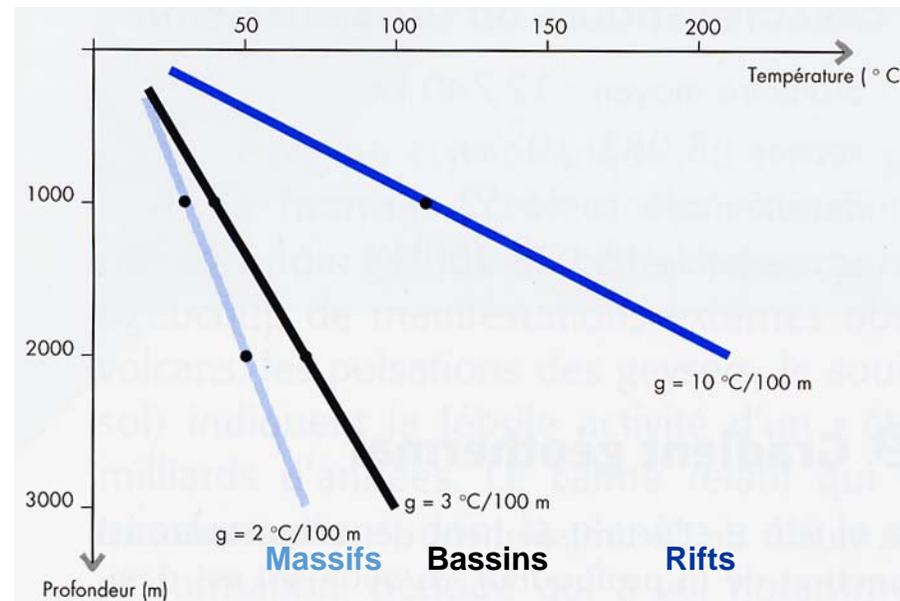
- Stades initiaux de la formation de la Terre : accréation, cristallisation du magma
- Croûte terrestre : désintégration radioactive naturelle d'éléments contenus dans les roches >> **90% de l'énergie thermique**



La géothermie

Notion de gradient géothermique

- **grad (T) = $\Delta T / \Delta z$** = gradient de température ($K m^{-1}$)
- L'accroissement de la température en fonction de la profondeur est appelé gradient géothermique
- Valeur moyenne: 30 - 35 ° C / km



La géothermie

Manifestations de surface de la chaleur de la Terre

Geysir



Volcan



Fumerole



Source thermale
(en Suisse, env. 15
systèmes >20°C)

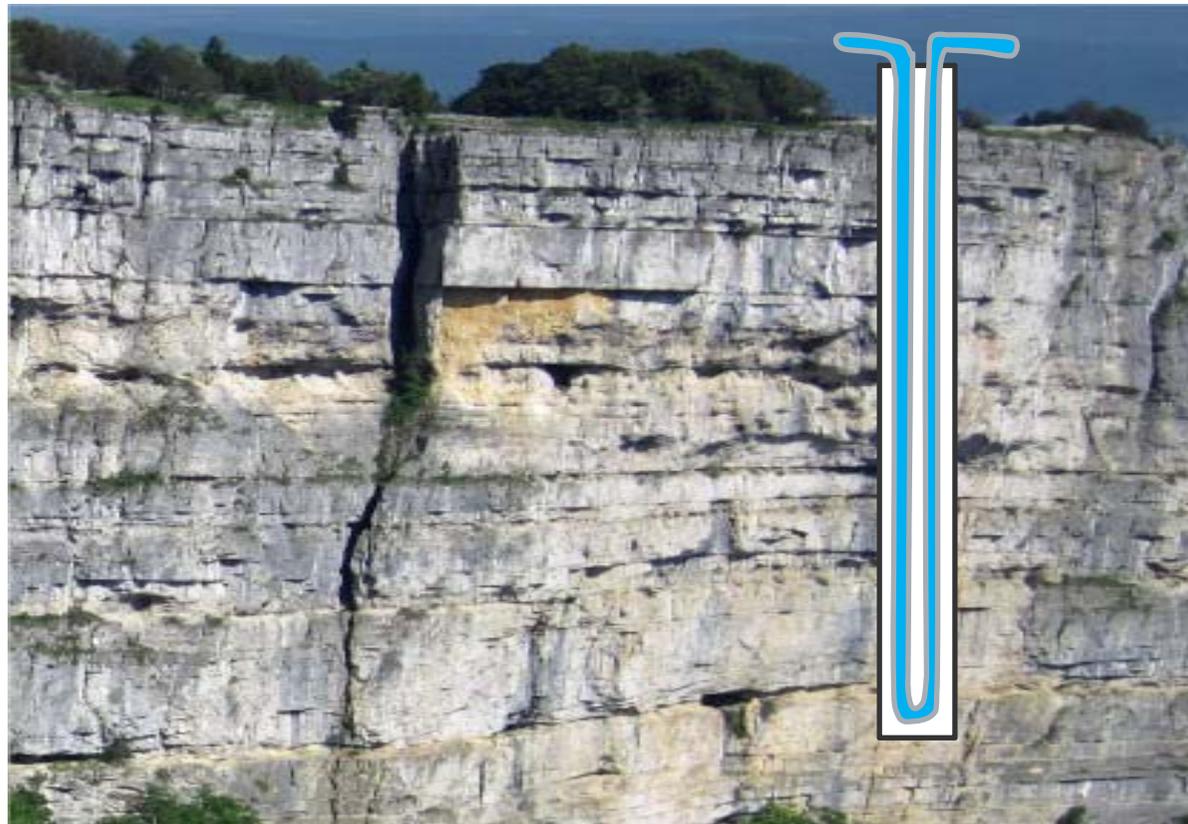


Pas de
manifestation
visible



La géothermie

Types de systèmes

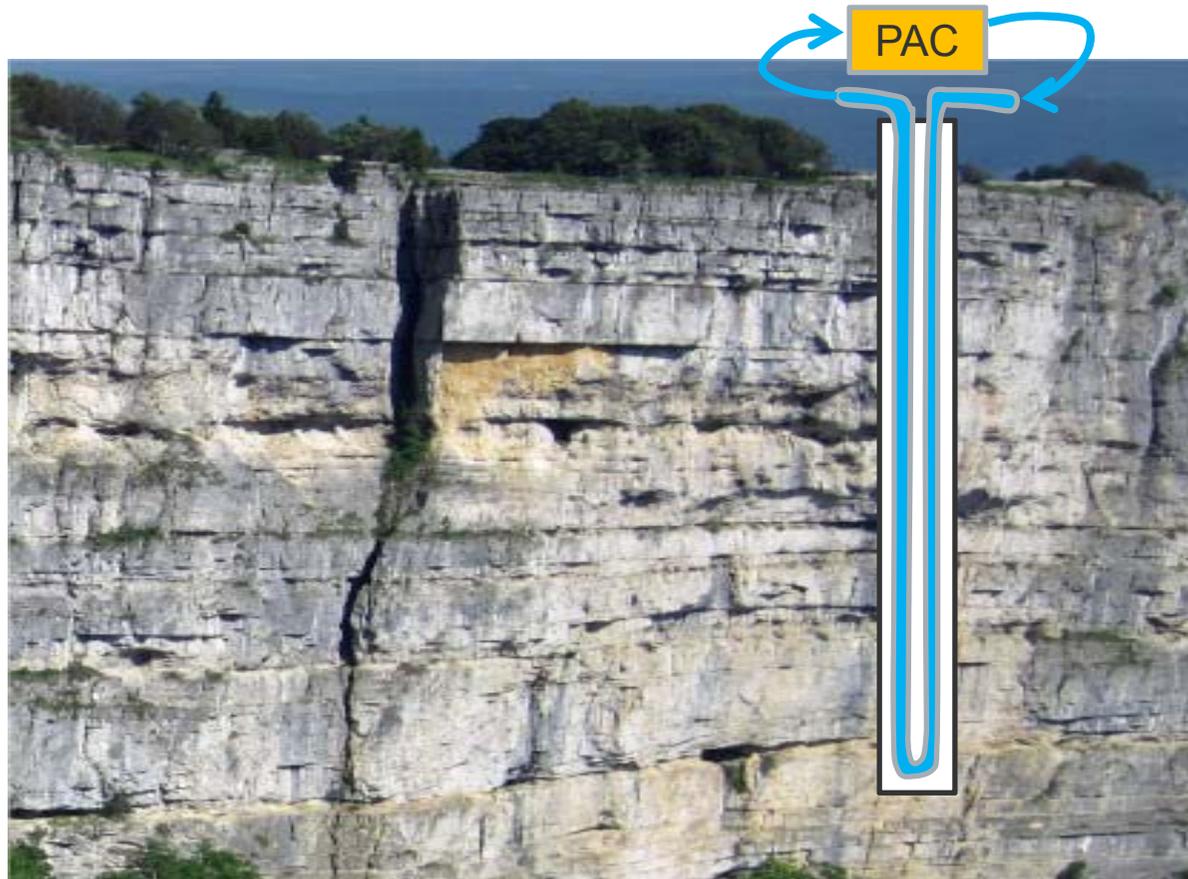


Systemes fermés

La géothermie

Types de systèmes

$$\text{Puissance} = \text{débit} \times \text{delta } T^{\circ} \text{ C}$$

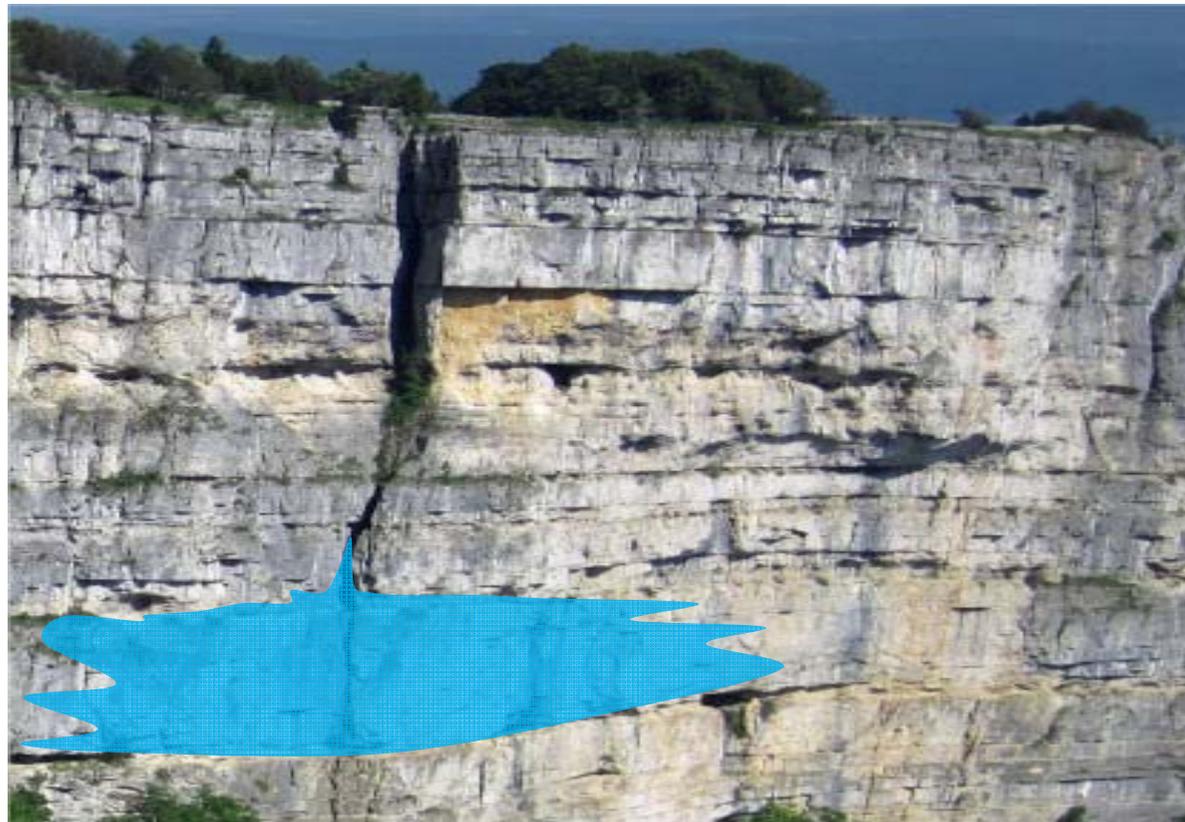


Systemes
fermés

La géothermie

Types de systèmes

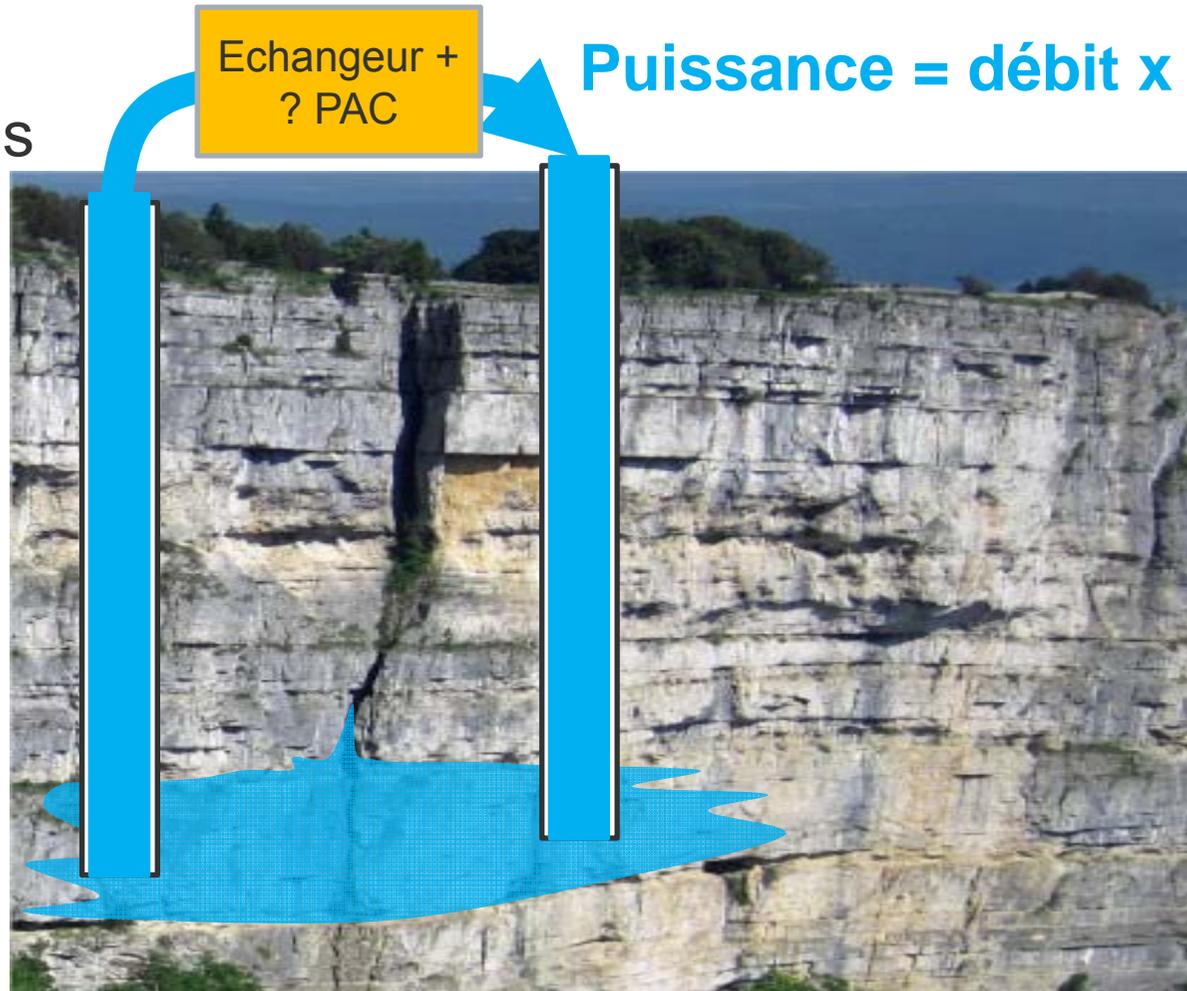
Systemes ouverts



La géothermie

Types de systèmes

Systemes
ouverts

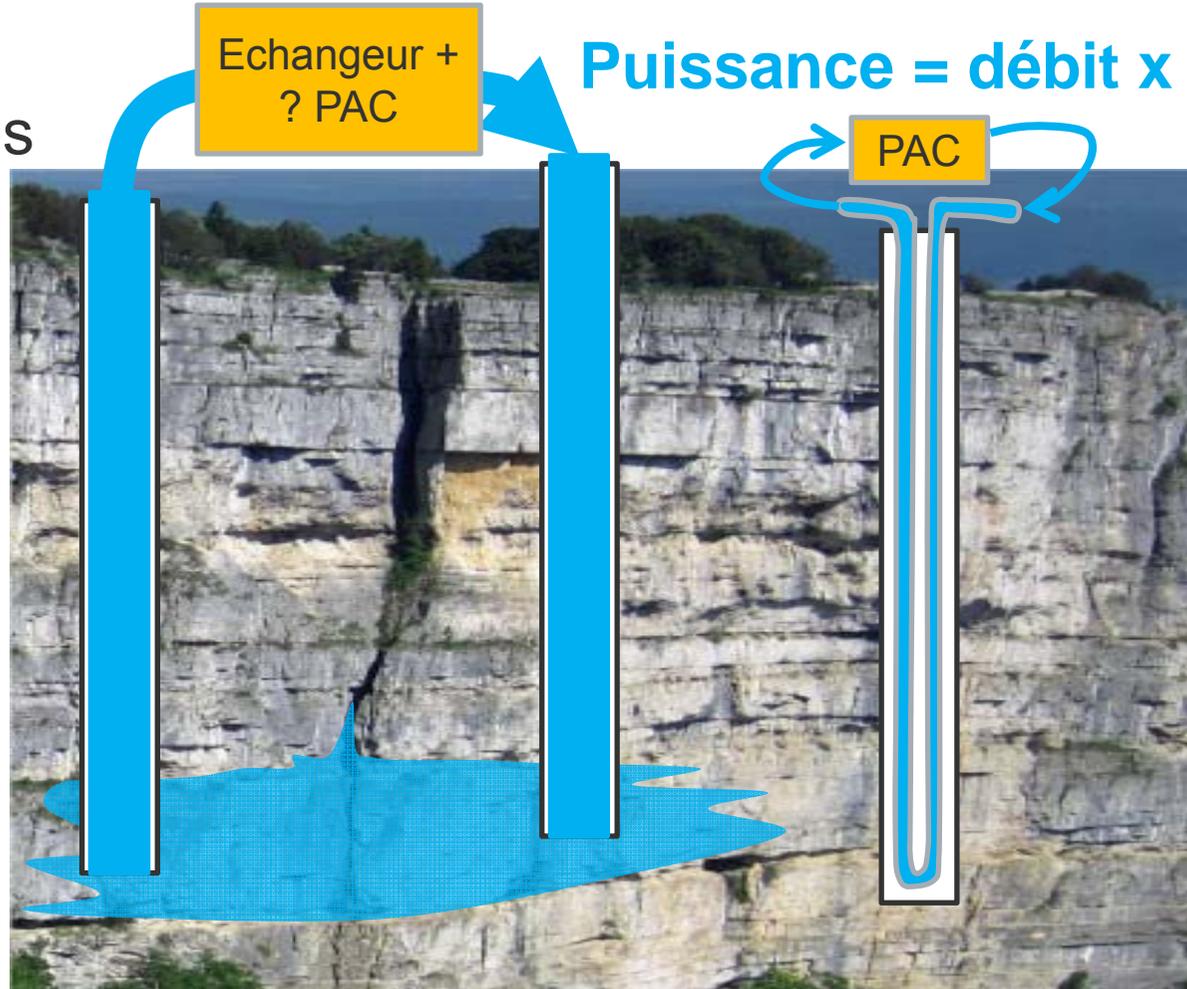


Puissance = débit x delta T° C

La géothermie

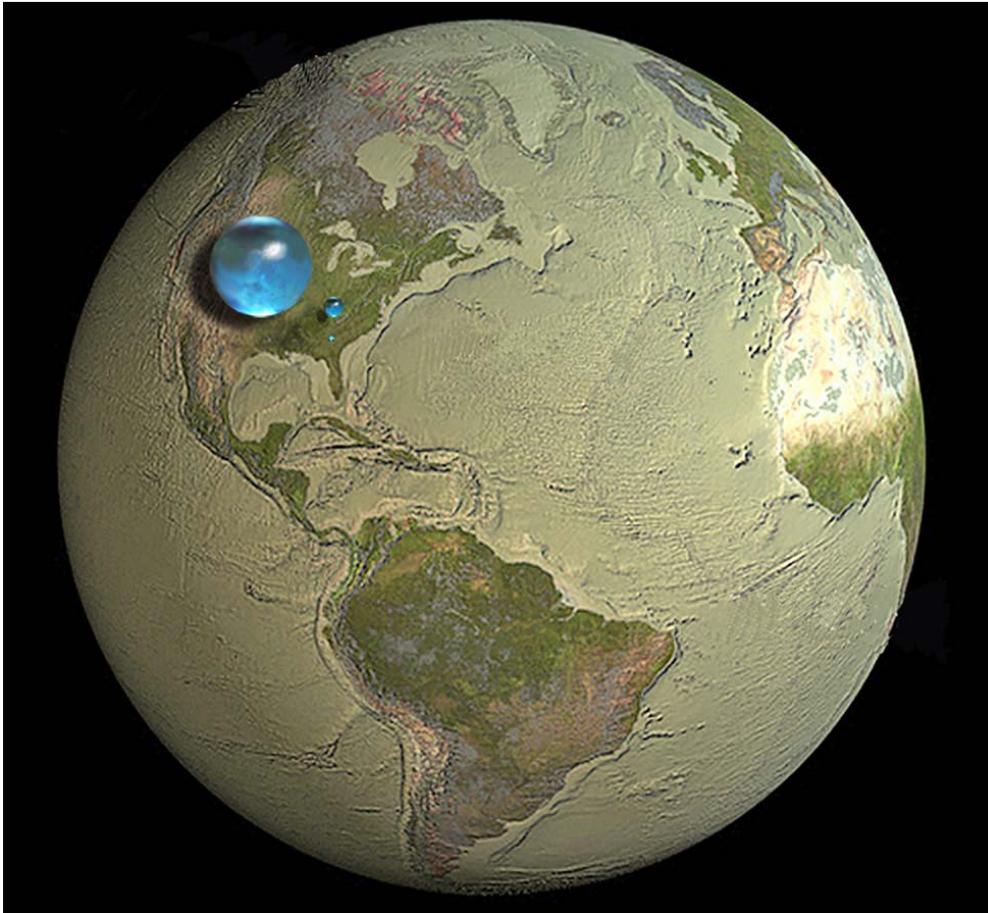
Types de systèmes

Systemes
ouverts



Systemes
fermés

L'eau, un bien précieux



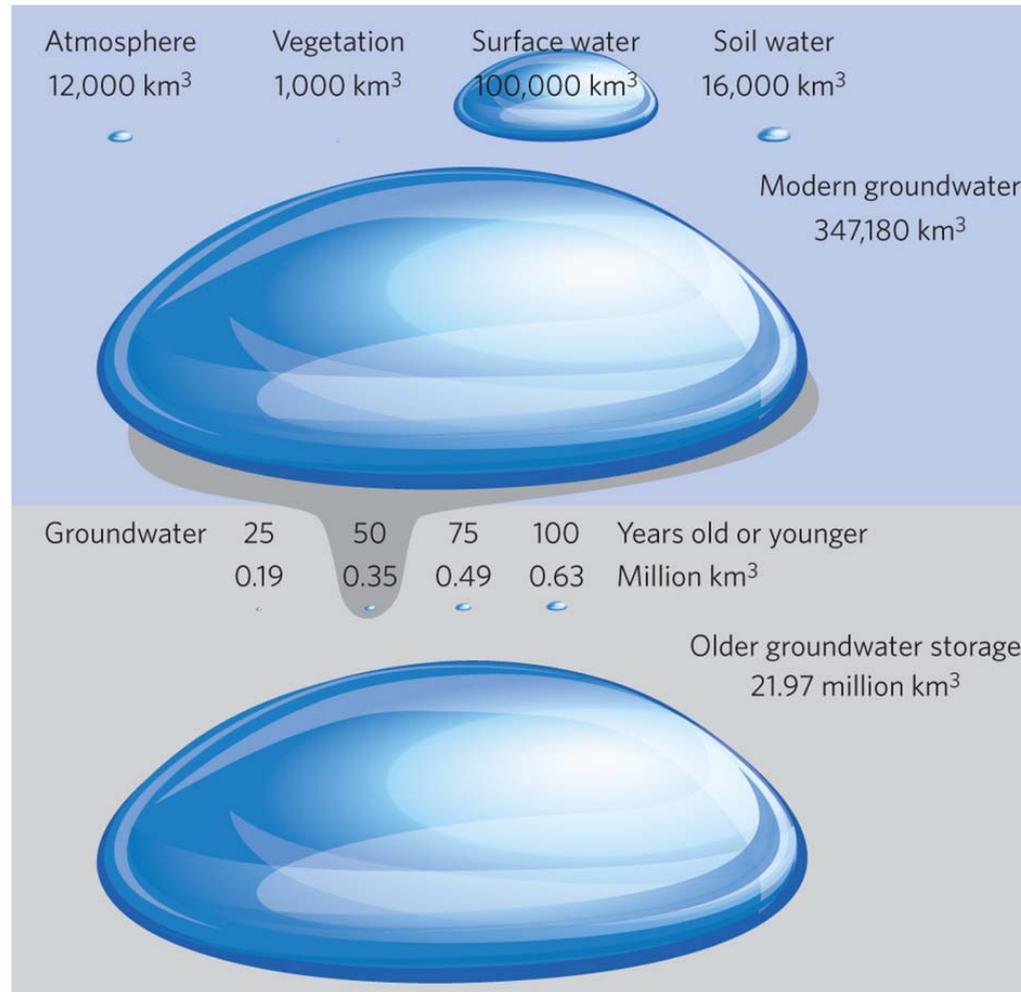
Source : Howard Perlman, USGS

L'eau, un bien précieux

| Water source | Water volume, in cubic kilometers | Percent of total water |
|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| Oceans, Seas, & Bays | 1,338,000,000 | 96.54 |
| Ice caps, Glaciers, & Permanent Snow | 24,064,000 | 1.74 |
| Groundwater | 23,400,000 | 1.69 |
| Fresh | 10,530,000 | 0.76 |
| Saline | 12,870,000 | 0.93 |
| Soil Moisture | 16,500 | 0.001 |
| Ground Ice & Permafrost | 300,000 | 0.022 |
| Lakes | 176,400 | 0.013 |
| Fresh | 91,000 | 0.007 |
| Saline | 85,400 | 0.006 |
| Atmosphere | 12,900 | 0.001 |
| Swamp Water | 11,470 | 0.0008 |
| Rivers | 2,120 | 0.0002 |
| Biological Water | 1,120 | 0.0001 |

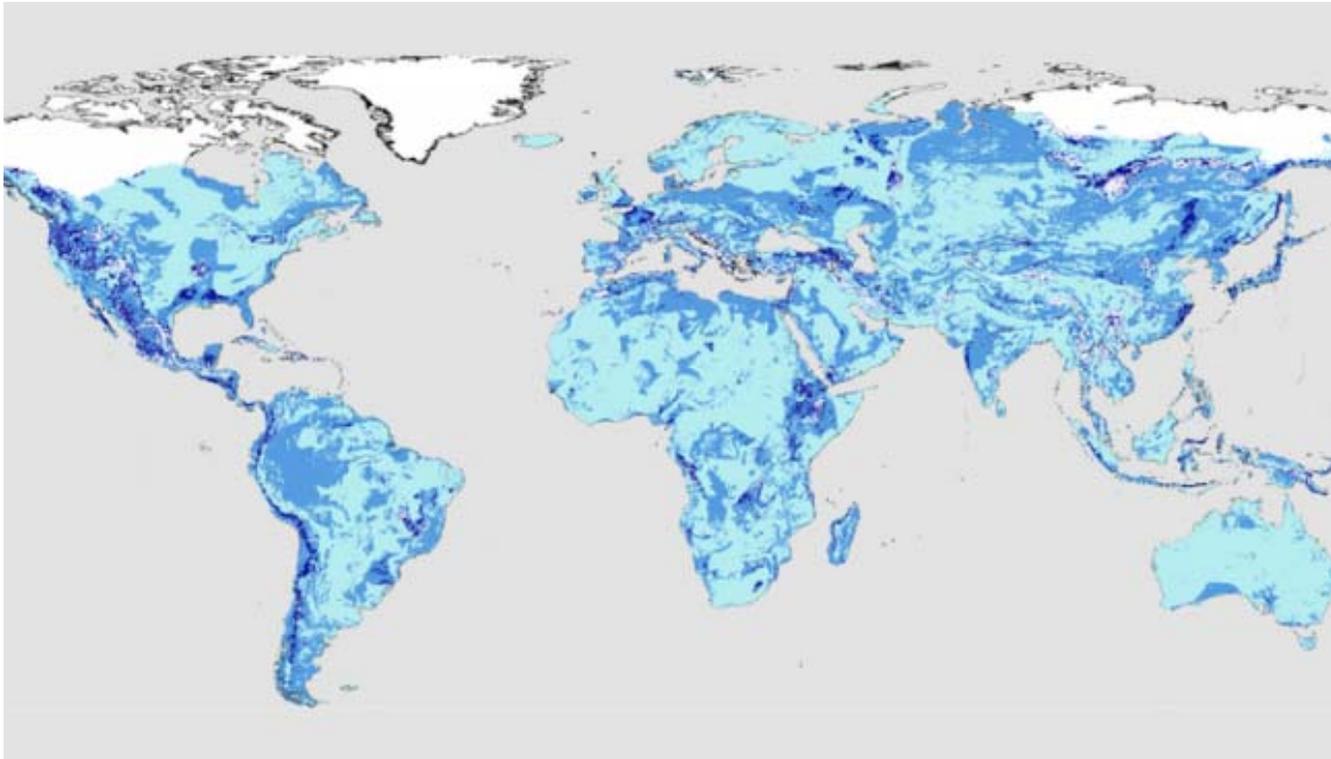
Source: Igor Shiklomanov's chapter "World fresh water resources" in Peter H. Gleick (editor), 1993, Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources (Oxford University Press, New York).

Le «grand» cycle de l'eau



Gleeson, T. et al,
Nature Geosciences, nov. 2015

Le «grand» cycle de l'eau



En moyenne
179 mètres
de hauteur d'eau
dans la croûte
supérieure !!!

Gleeson, T. et al,
Nature Geosciences, nov. 2015

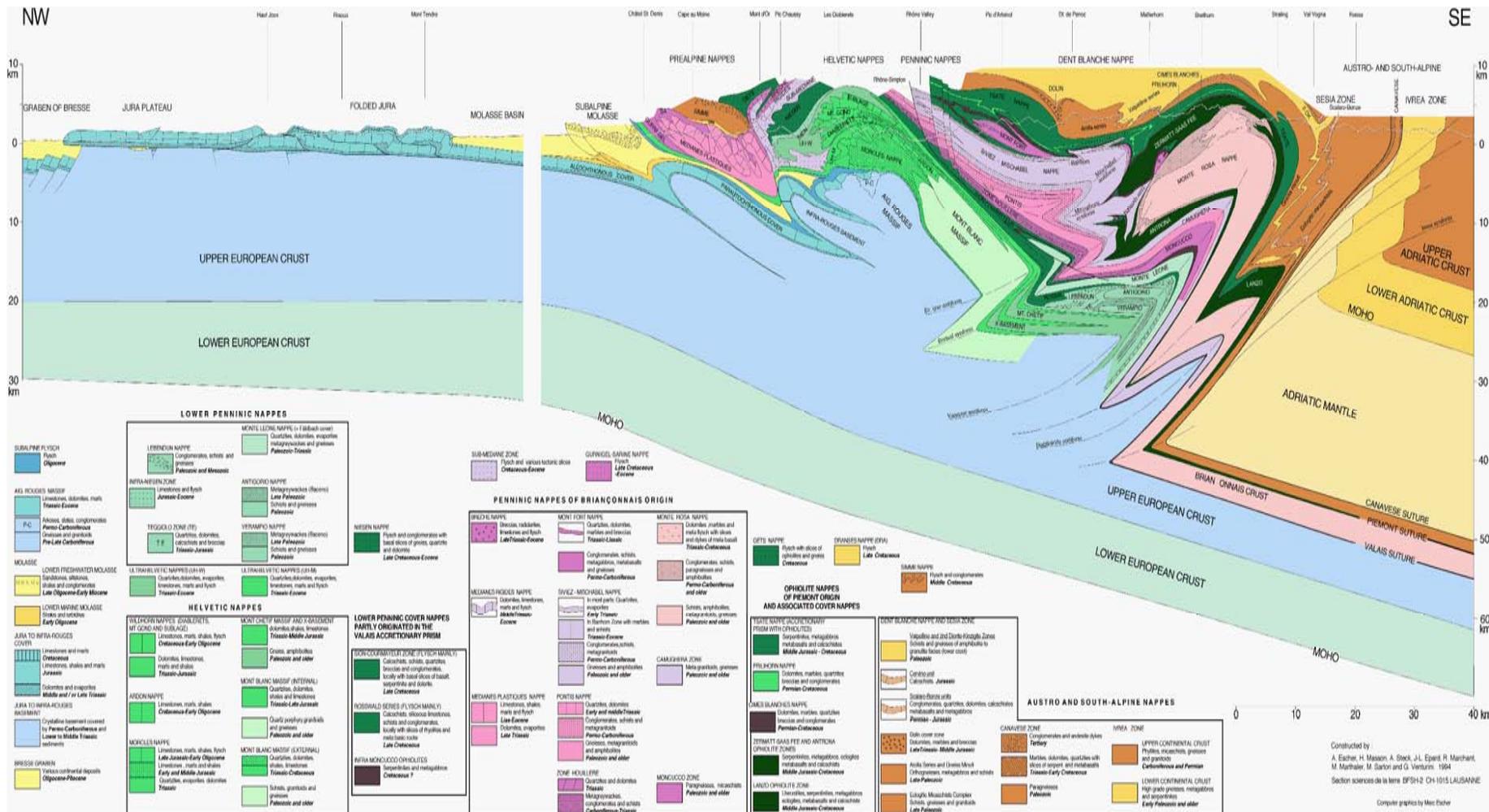
Le «grand» cycle de l'eau



En moyenne
179 mètres
de hauteur d'eau
dans la croûte
supérieure !!!

Le lac Léman a 155 mètres
de profondeur en moyenne

Le « grand » cycle de l'eau



Les fluides hydrothermaux

L'eau chaude dissout les ions et les éléments volatiles

Les fluides hydrothermaux facilitent le métamorphisme

Accélère les réactions chimiques

Altère les roches en ajoutant ou soustrayant des éléments

L'altération hydrothermale s'appelle métasomatisme



Les fluides hydrothermaux



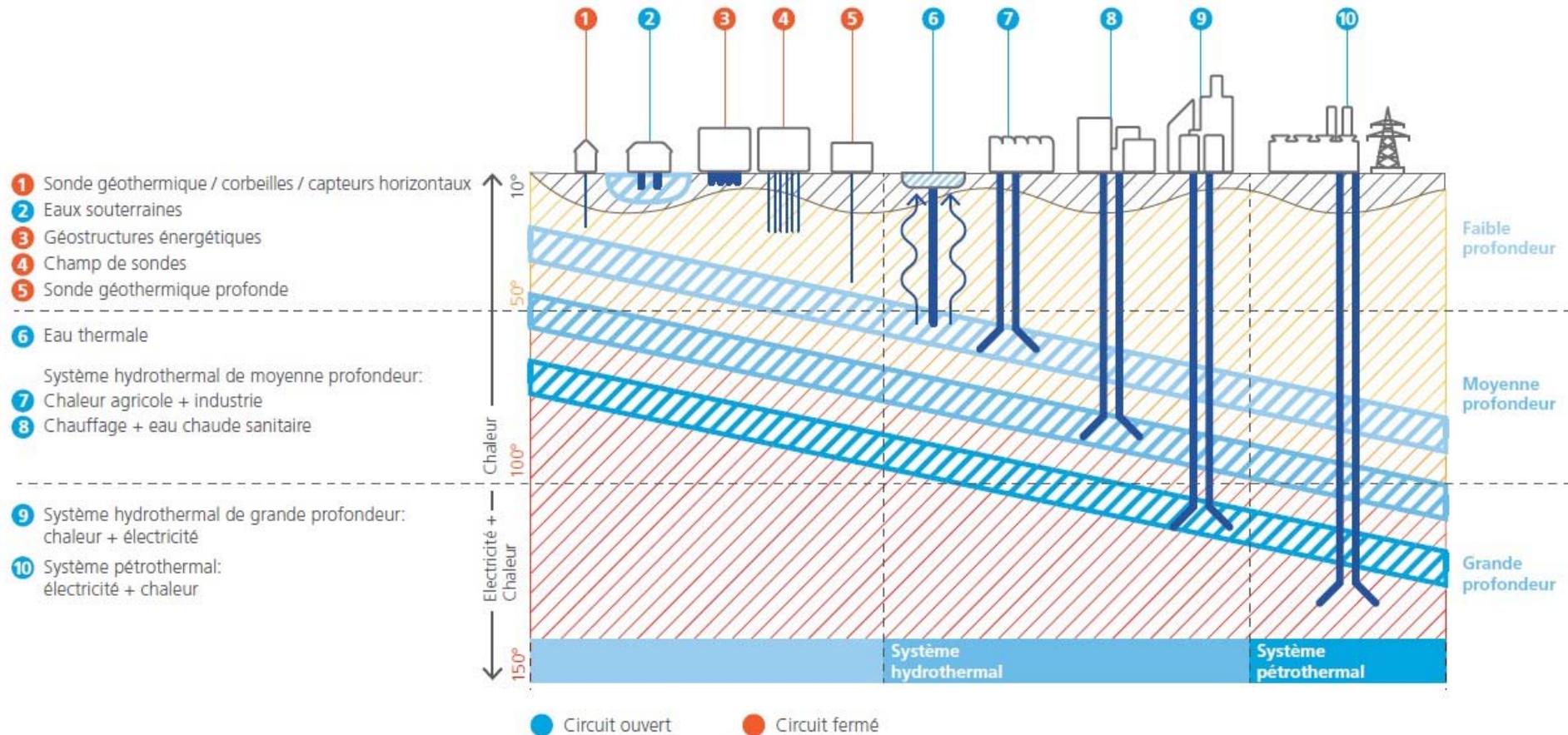
Calcaires



Marbres

CHALEUR + PRESSION + EAU = METAMORPHISME

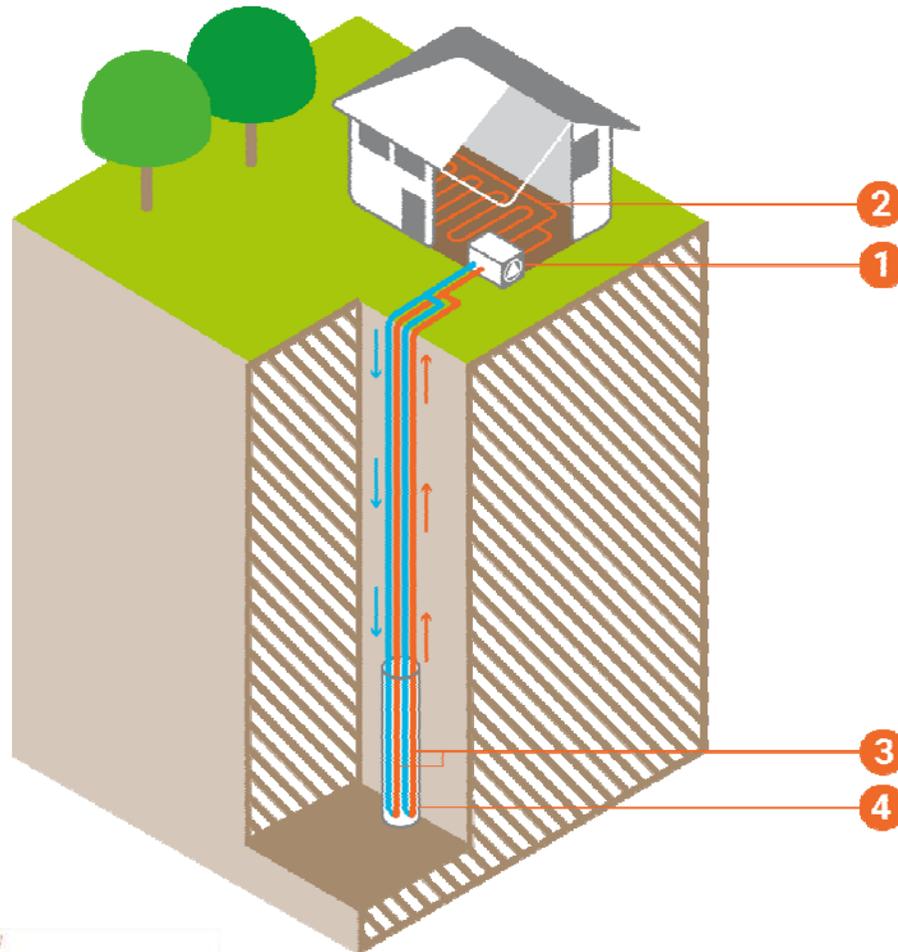
Les différents types de géothermie



Source : OFEN

Géothermie de faible profondeur : < 400 m

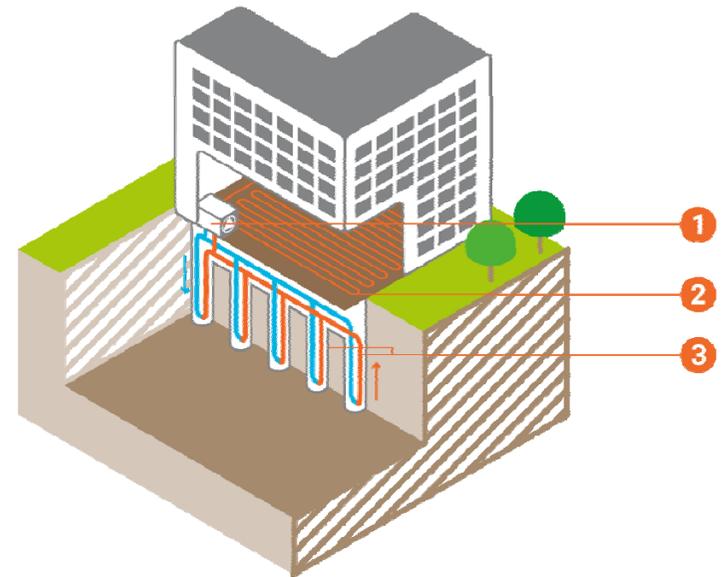
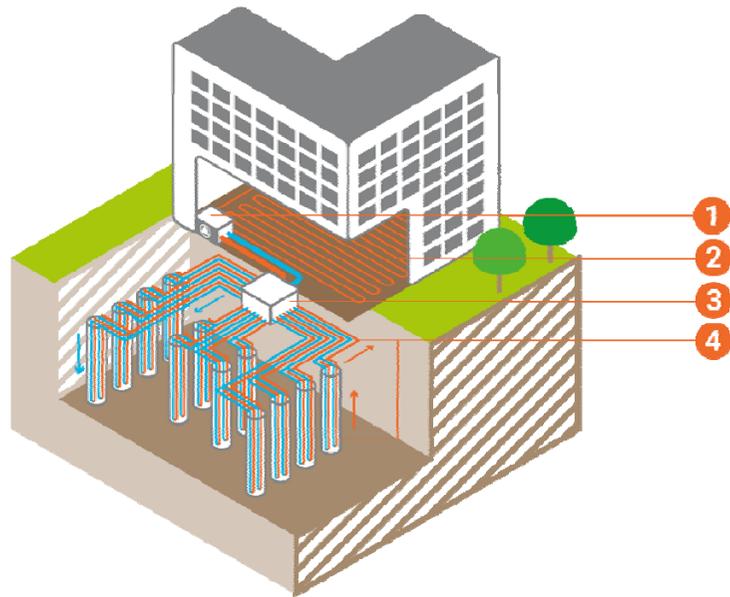
Sondes géothermiques verticales (SGV)



- 1 – Pompe à chaleur
- 2 – Chauffage au sol
- 3 – Tube échangeur de chaleur en U (double)
- 4 – Forage (< 20 cm de diamètre)

Géothermie de faible profondeur: < 400 m

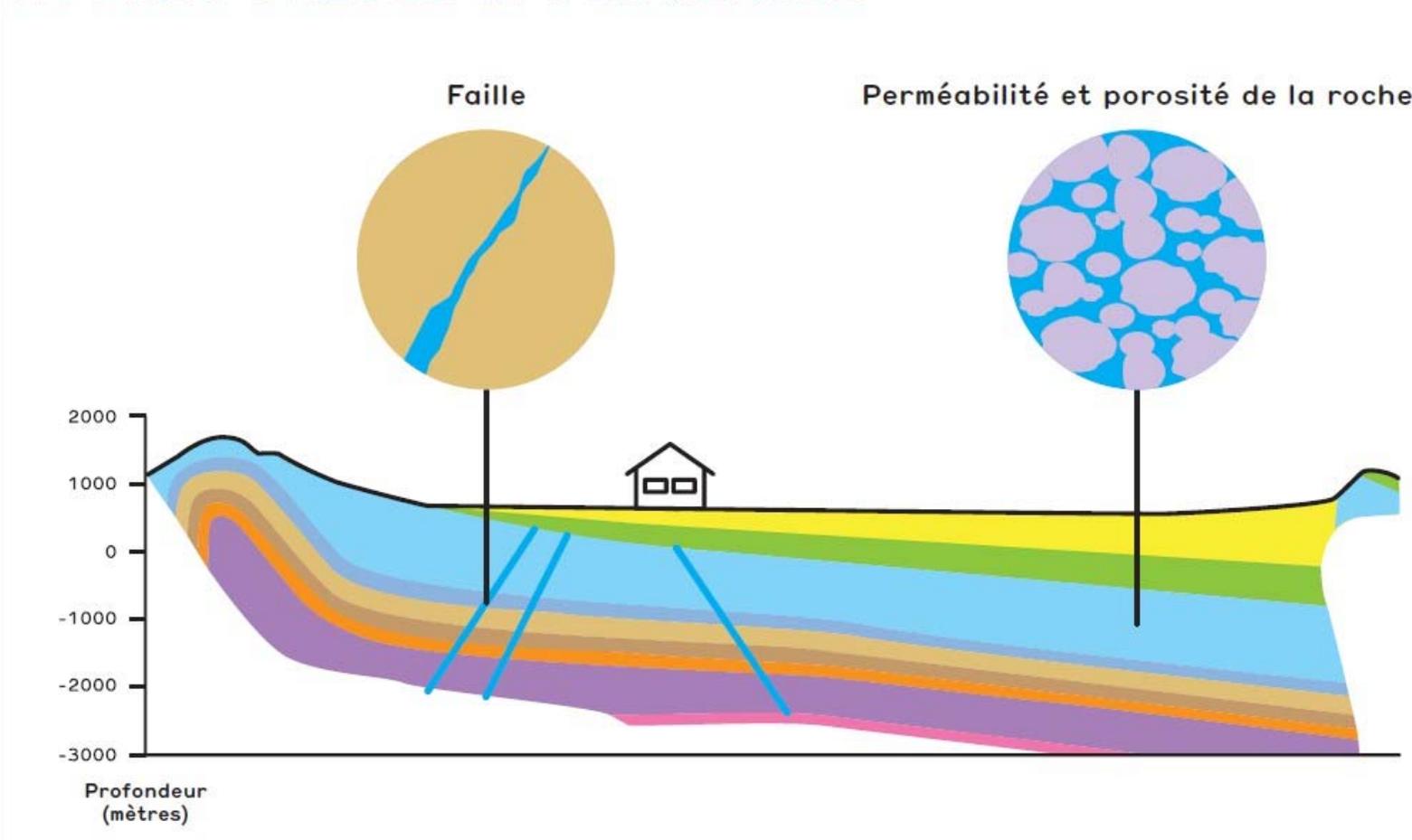
Champs de SGV et géostructures



Géothermie sur systèmes ouverts

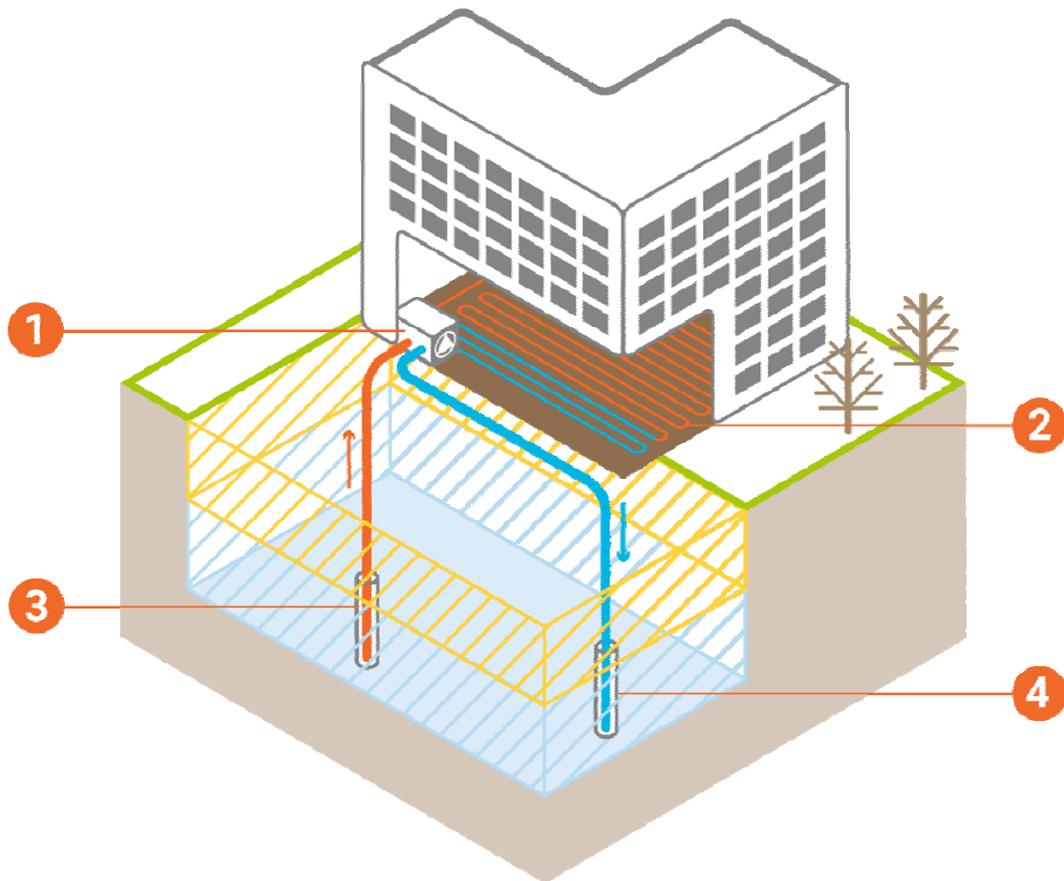
Un sous-sol gorgé d'eau... répartie de manière hétérogène

ROCHE POREUSE ET PERMÉABLE



Géothermie de faible profondeur : < 400 m

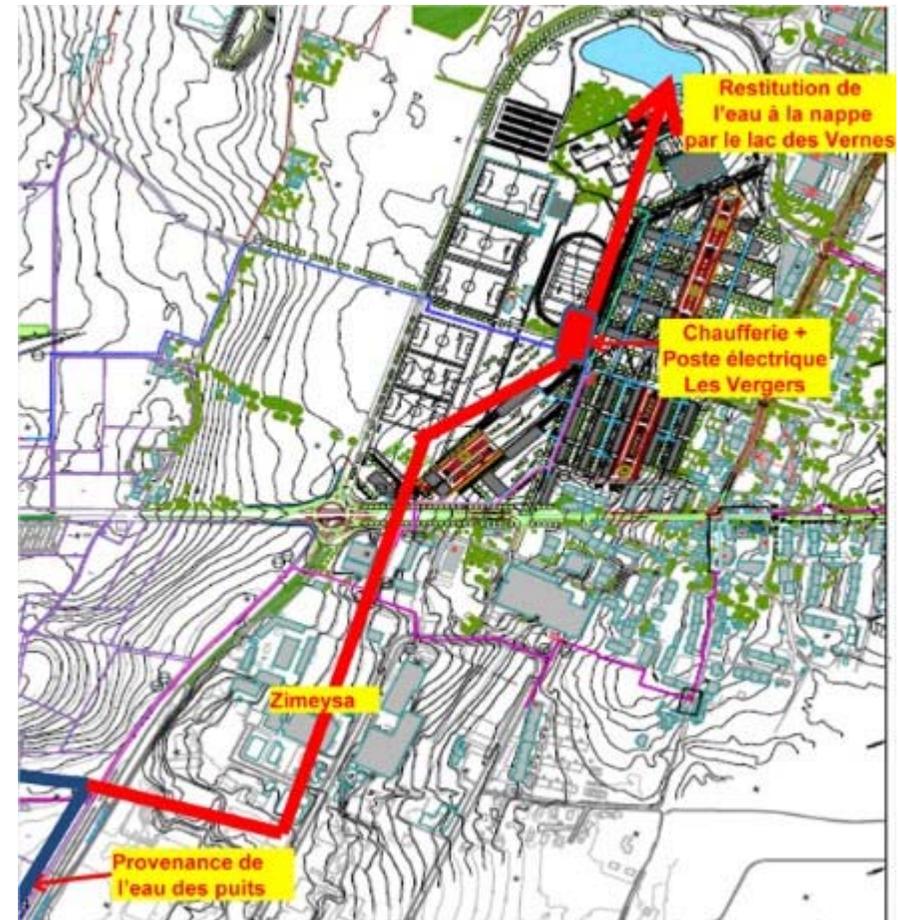
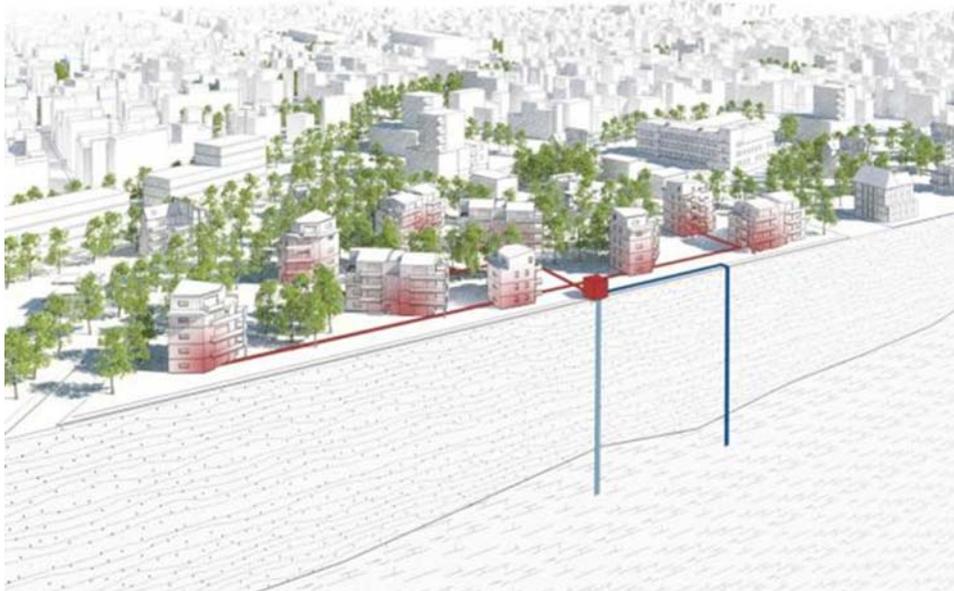
Chaleur (ou froid) des nappes phréatiques



- 1 – Pompe à chaleur
- 2 – Plancher chauffant
- 3 – Puits chaud
- 4 – Puits froid

Parfois pour des grosses puissances

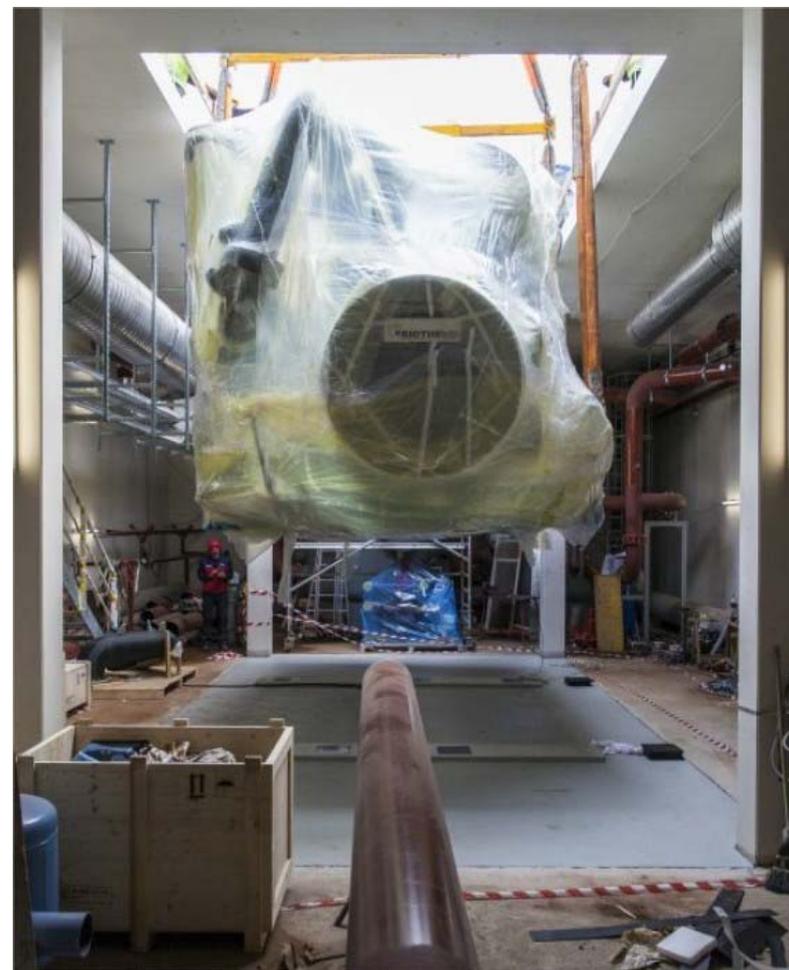
Exemple du quartier des Vergers - Meyrin



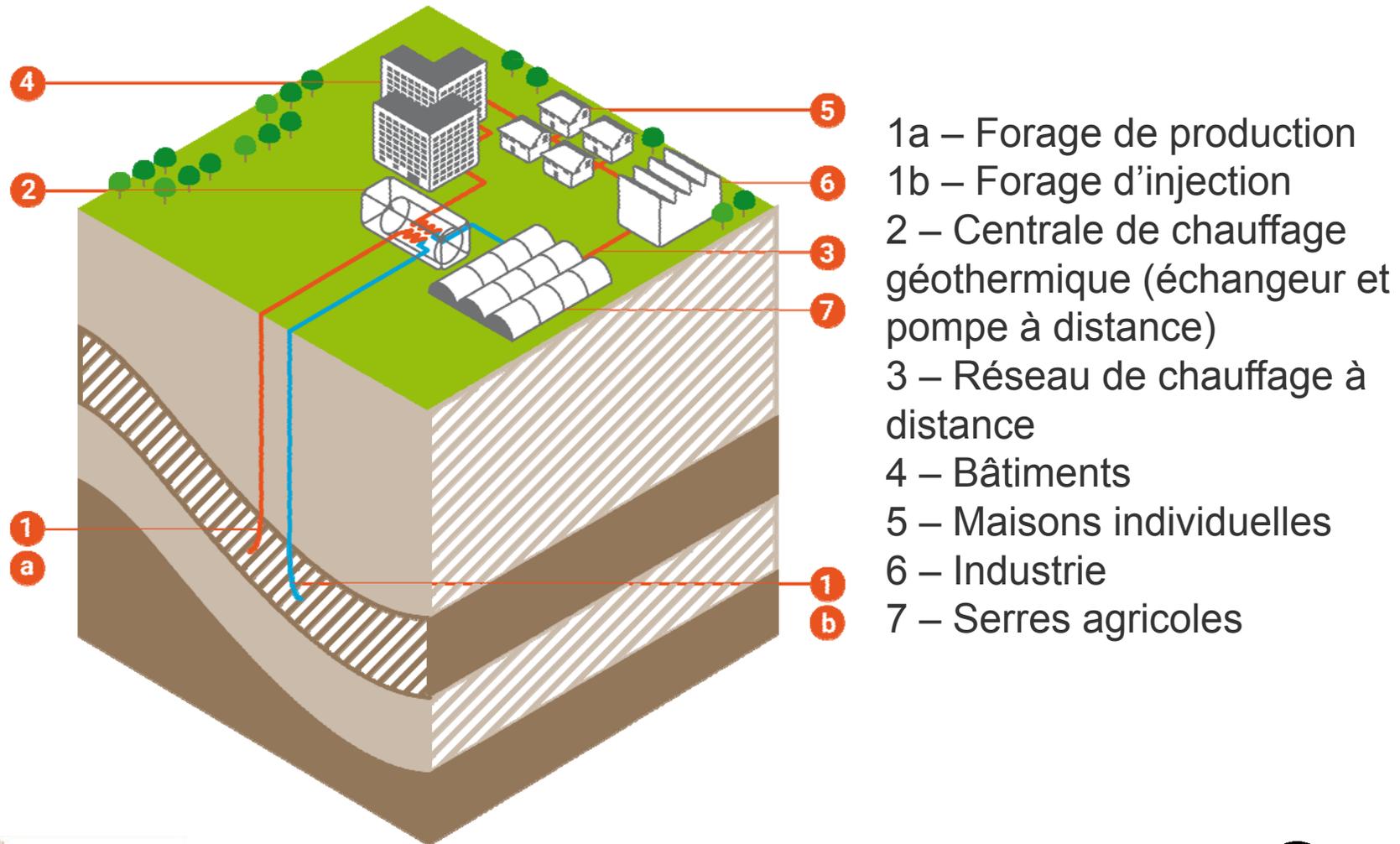
<http://www.lesvergers-meyrin.ch/ecoquartier/>

Parfois pour des grosses puissances

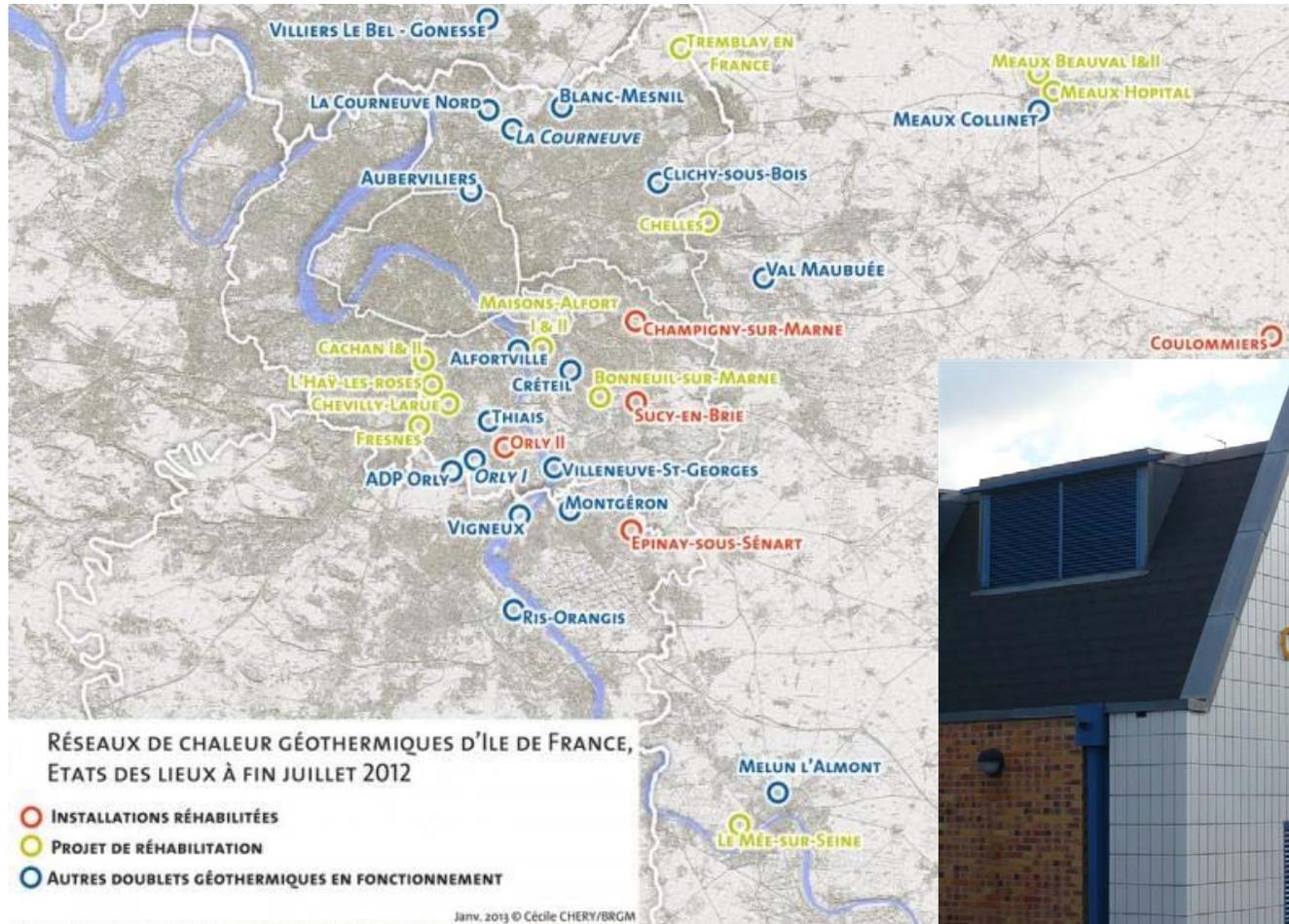
Exemple du quartier des Vergers - Meyrin



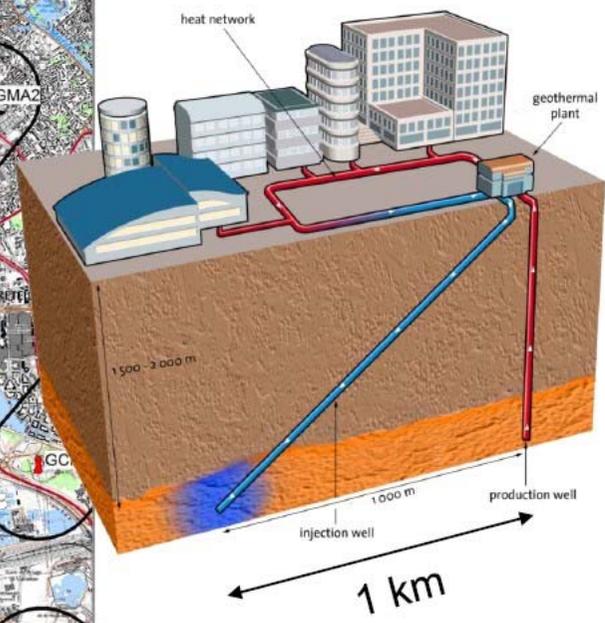
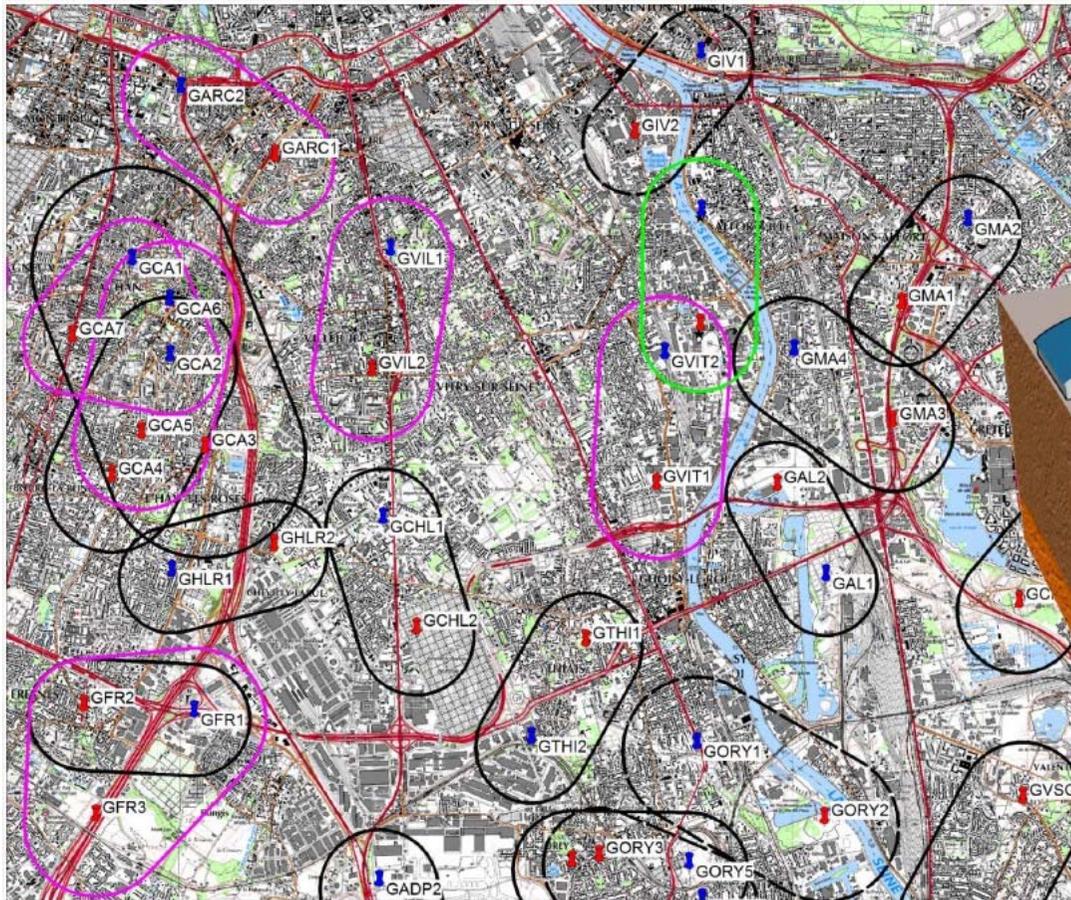
Géothermie hydrothermale de moyenne profondeur : production de chaleur



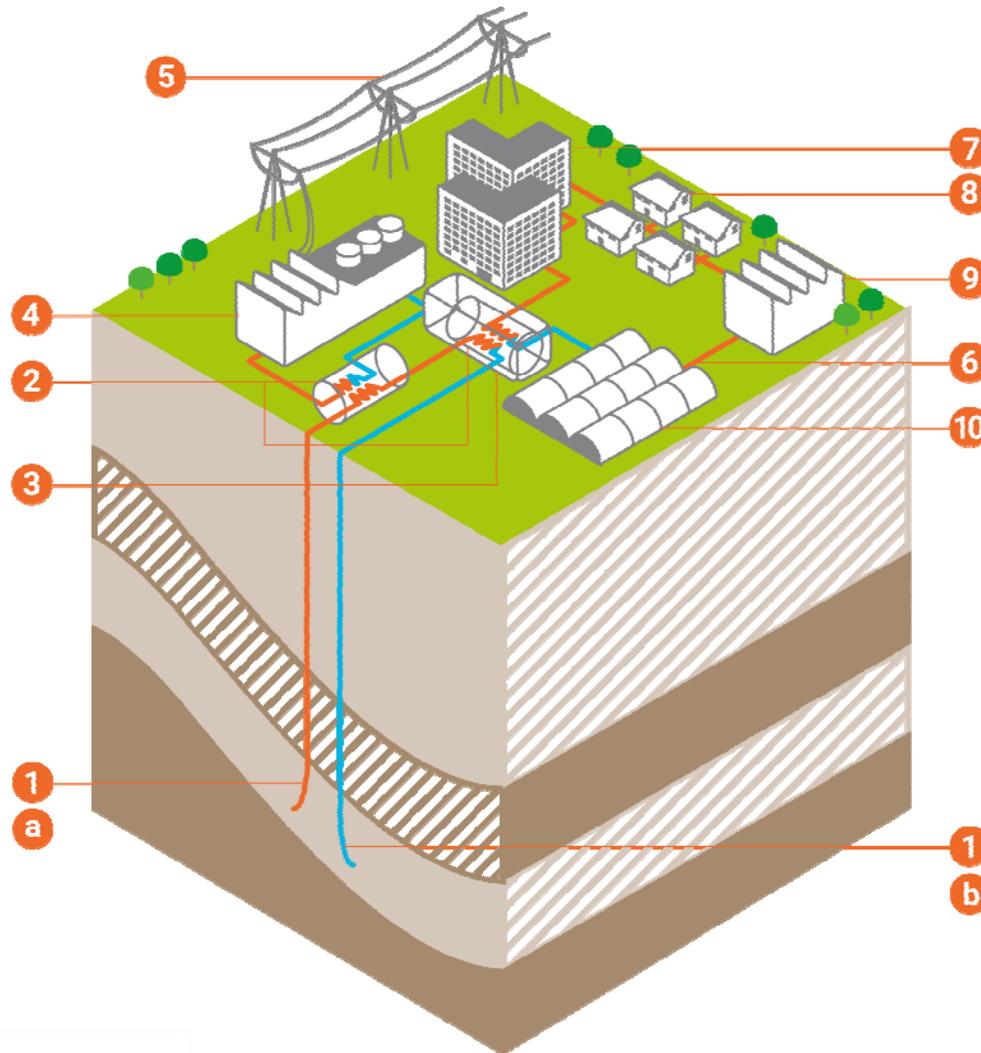
Géothermie hydrothermale de moyenne profondeur : production de chaleur



Géothermie hydrothermale de moyenne profondeur : production de chaleur



Géothermie hydrothermale de grande profondeur : production de chaleur et d'électricité



1a – Forage de production

1b – Forage d'injection

2 – Echangeur

3 – Centrale de chauffage géothermique (échangeur et pompe à chaleur)

4 – Centrale de production électrique (turbine, génératrice, refroidissement)

5 – Injection du courant sur le réseau

6 – Réseau de chauffage à distance

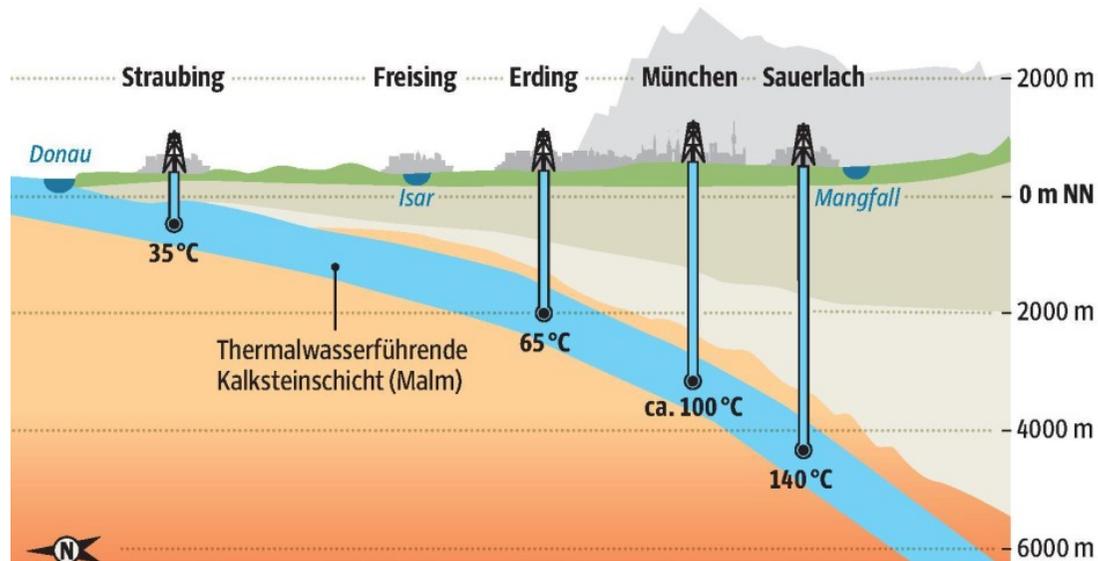
7 – Bâtiments

8 – Maisons individuelles

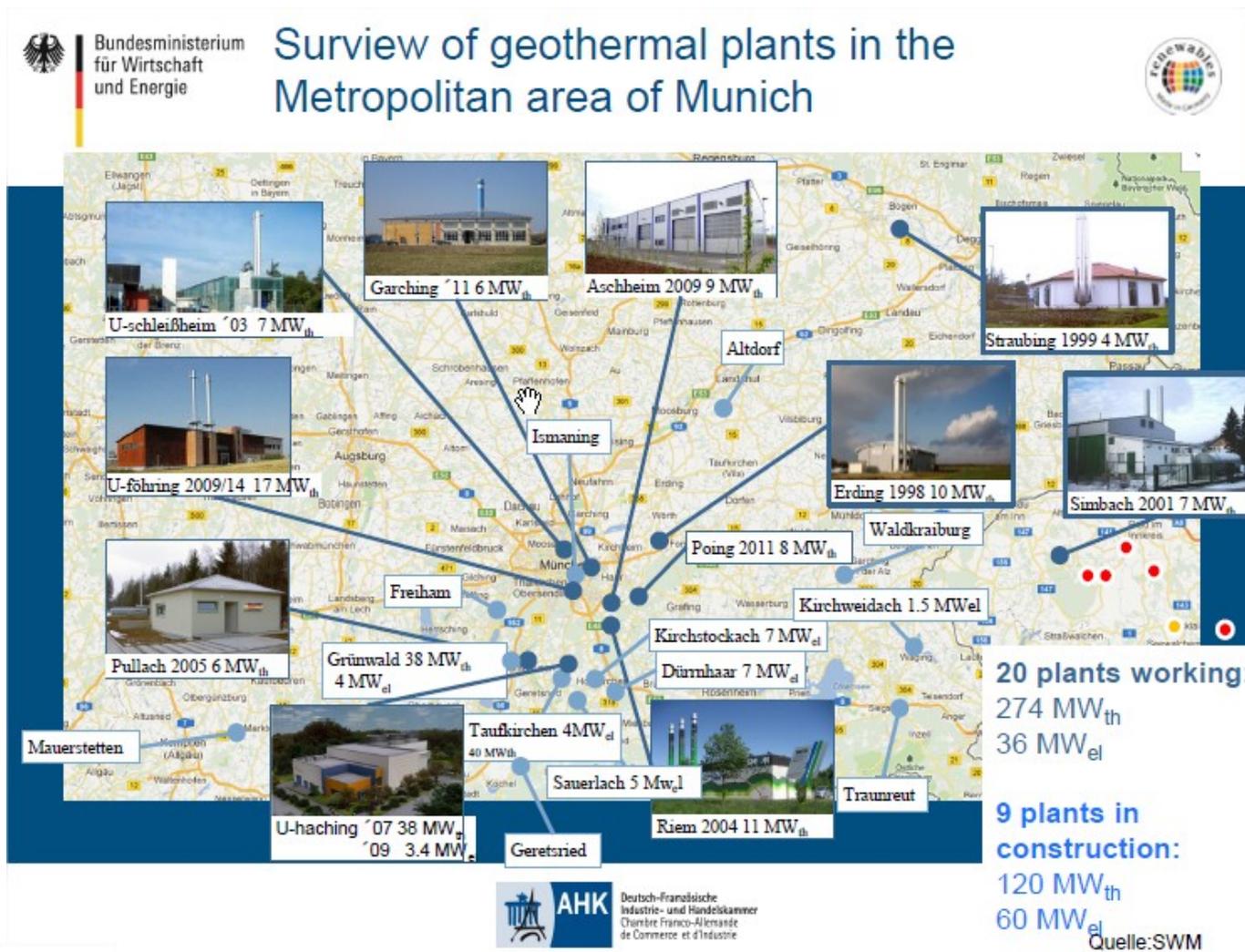
9 – Industrie

10 – Serres agricoles

Géothermie hydrothermale de grande profondeur : production de chaleur et d'électricité

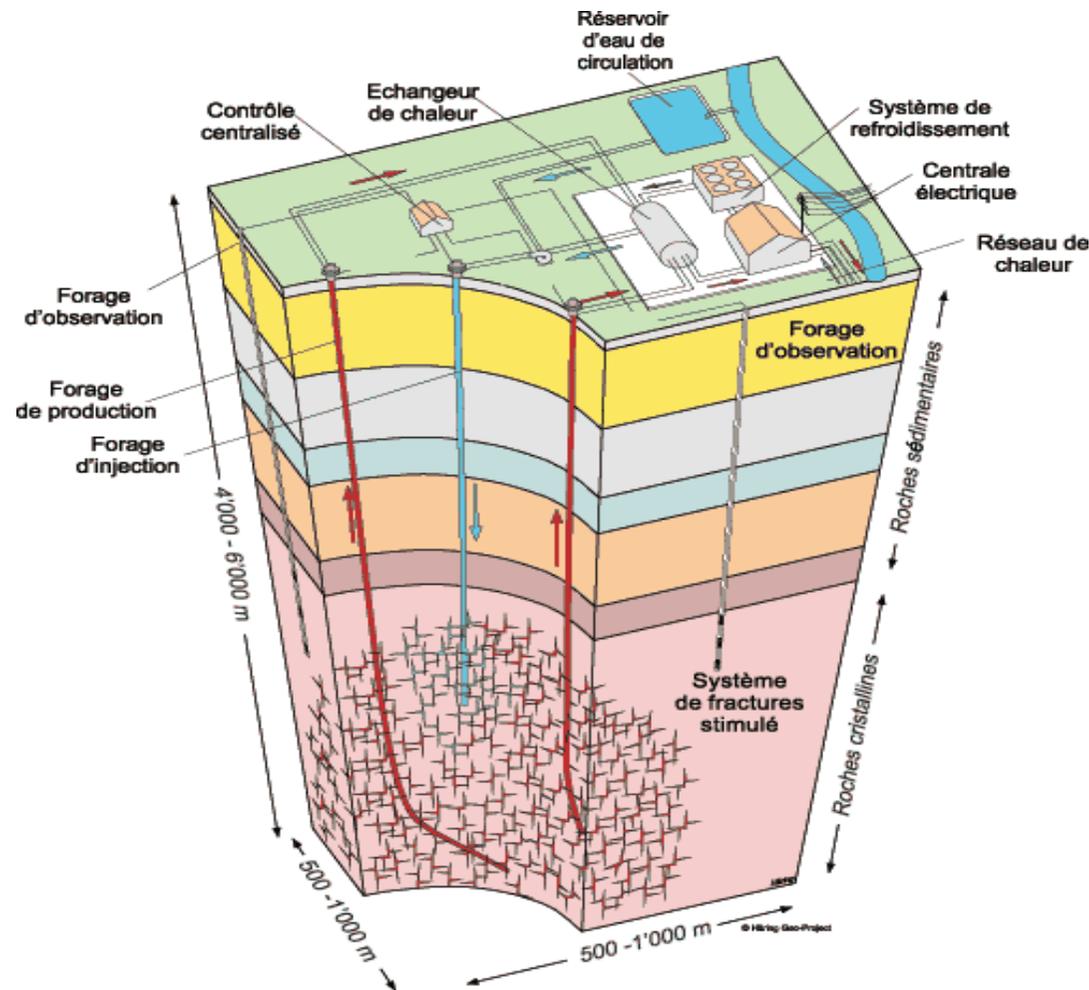


Géothermie hydrothermale de grande profondeur : production de chaleur et d'électricité



Géothermie pétrothermale de grande profondeur : production d'électricité et de chaleur

Systèmes géothermiques stimulés



Source: Häring Geo-Project

Géothermie pétrothermale de grande profondeur : production d'électricité et de chaleur

Systèmes géothermiques stimulés

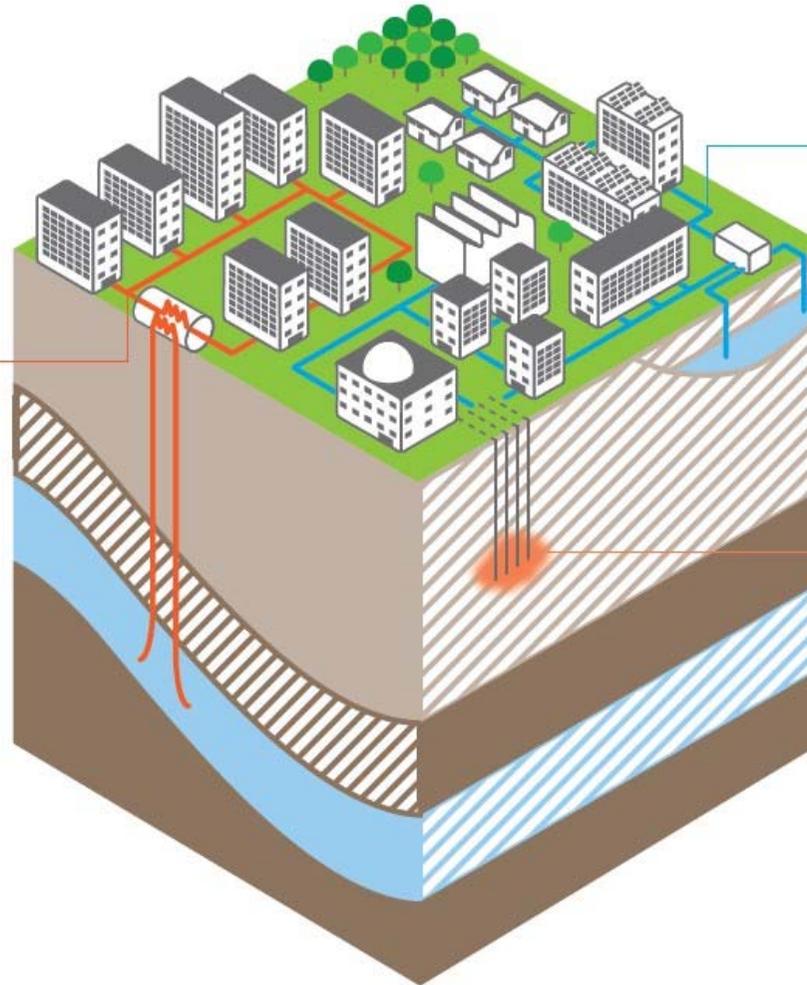


Vers une utilisation de toutes les solutions géothermiques

En combinaison avec d'autres sources

Réseau moyenne et haute température

La géothermie de moyenne et grande profondeur fournit la majeure partie de la chaleur du réseau. Les bâtiments anciens ont besoin d'un niveau de température élevée. L'utilisation de PAC n'est pas obligatoire mais peut permettre de mieux valoriser la géothermie.



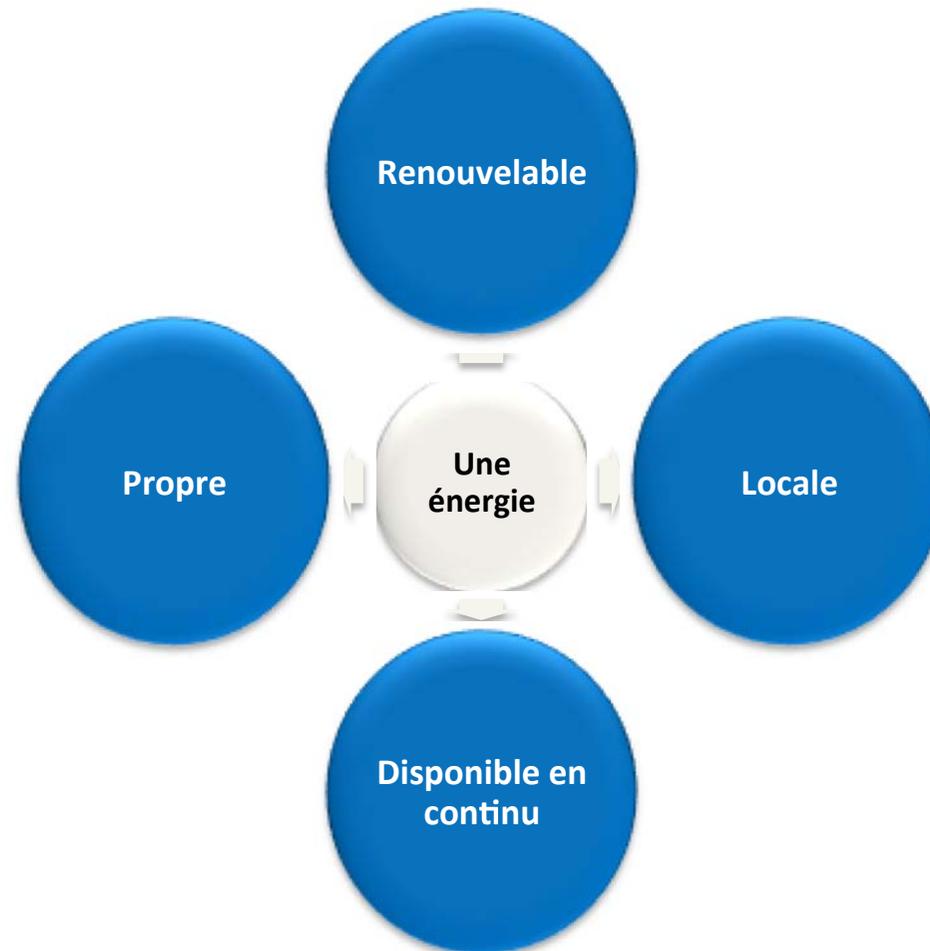
Réseau à basse température

Les bâtiments à basse consommation ont besoin d'un niveau de température modéré. La géothermie fournit de la chaleur et permet d'en stocker (rejets thermiques industriels, solaire thermique, etc.). La géothermie fournit aussi du rafraîchissement. L'utilisation de PAC est nécessaire et permet d'optimiser le système.

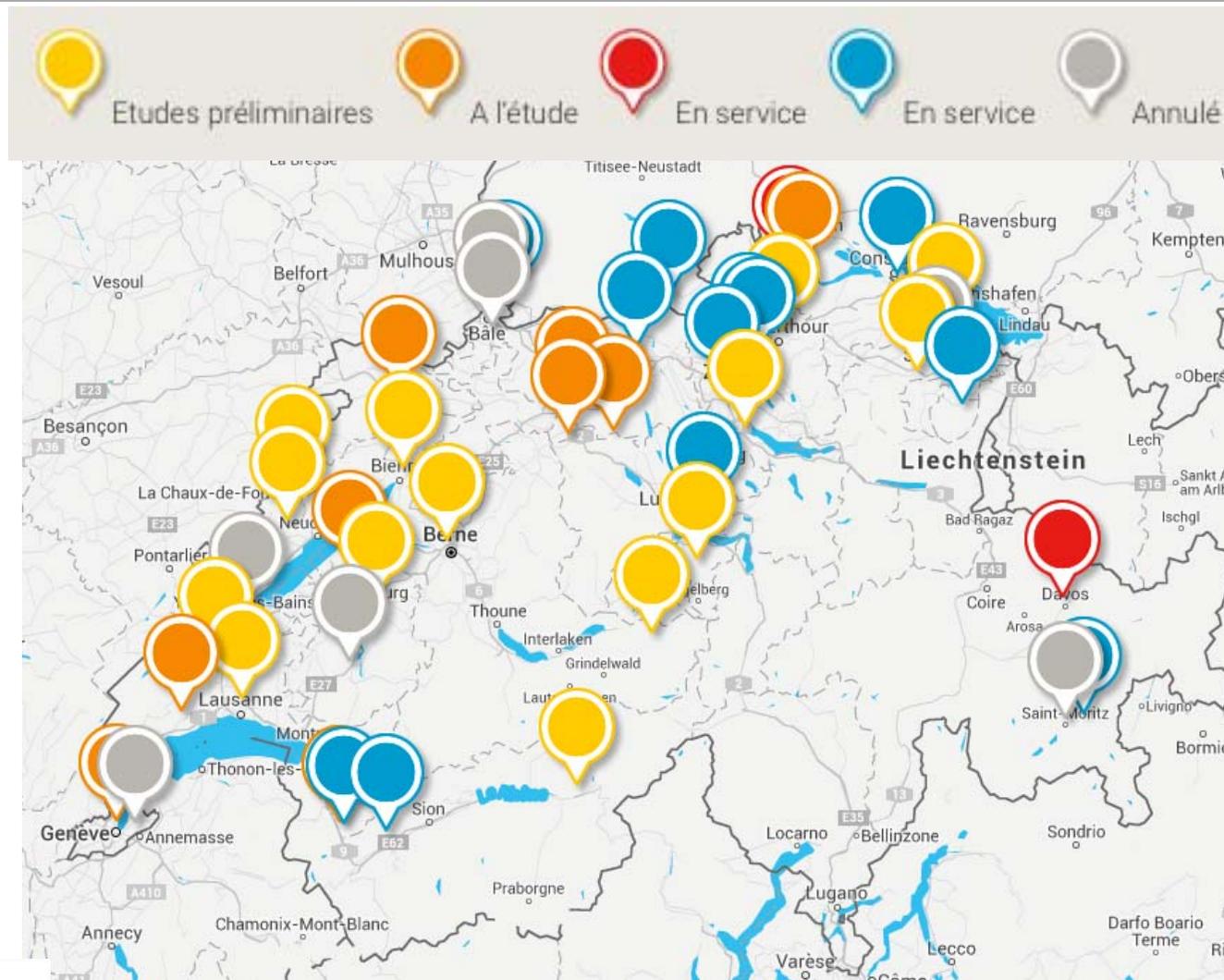
Stockage géothermique

Le sous-sol à faible, moyenne et grande profondeur ainsi que les eaux souterraines peuvent servir de stockage géothermique. L'utilisation d'une énergie produite (chaud ou froid) est différée et rendue disponible au moment le plus propice.

Les atouts de la géothermie



Projets en Suisse



Conclusion : notions importantes

3 types de géothermie:

- > Basse enthalpie : utilisation indirecte de la chaleur >> valorisée par pompe à chaleur
- > Moyenne enthalpie : utilisation directe de la chaleur (+ souvent PAC)
- > Haute enthalpie : chaleur directe et production d'électricité

La géothermie permet de :

- > Chauffer ou rafraîchir, stocker des calories
- > Produire de l'électricité
- > Echelle de la maison, du quartier, de la ville

La géothermie est une énergie renouvelable :

- > Propre et locale
- > Inépuisable à l'échelle humaine
- > Avec peu d'emprise au sol

Merci pour votre attention

http://geothermie-schweiz.ch/?lang=fr

Geothermie – Eine weitere ...

Fichier Edition Affichage Favoris Outils ?

Accueil (7) Tribune de Genève, l'actu... Accueil (6) Accueil (5) Accueil (4) Tribune de Genève - l'actu... Accueil (3) Accueil (2) Accueil Portail RH Projets - GeothermalCent... Sites suggérés Galerie de composants ...

FR

GEOTHERMIE SUISSE

ACTUALITÉS SERVICES ASSOCIATION

Géothermie Chaleur Chaleur/Électricité Politique Recherche scientifique

Chaleur pour l'usage personnel

www.geothermie-suisse.ch
www.geothermie2020.ch

Télévision Suisse RTS

La géothermie expliquée simplement
<http://geothermie-schweiz.ch/?lang=fr>
07.10.2016

Géothermie profonde

Feu vert pour le projet de géothermie de la Haute-Sorne
15.06.2015

Adhérer et