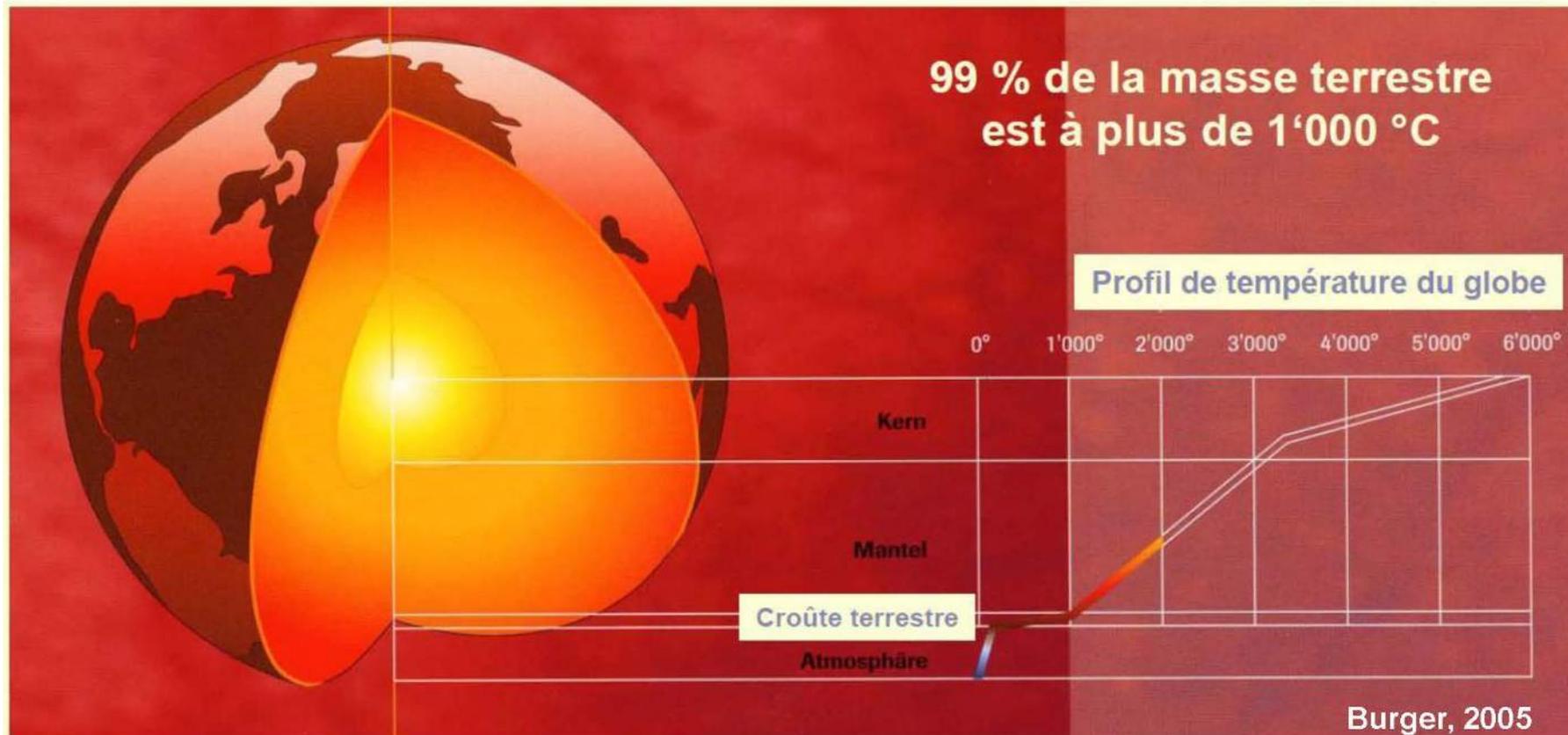


Diversité et avantages des différentes solutions géothermiques

Michel Meyer
Géothermie-Suisse



L'intérieur de la terre est très chaud !!

**Cette chaleur est due à l'accrétion originelle et à la présence de radionuclides
Dans la croûte terrestre**

Comment ausculte-t-on le sous-sol ?

A l'aide de camions-vibreurs, de géophones et des enregistrements ainsi obtenus, décodés par la géophysique.

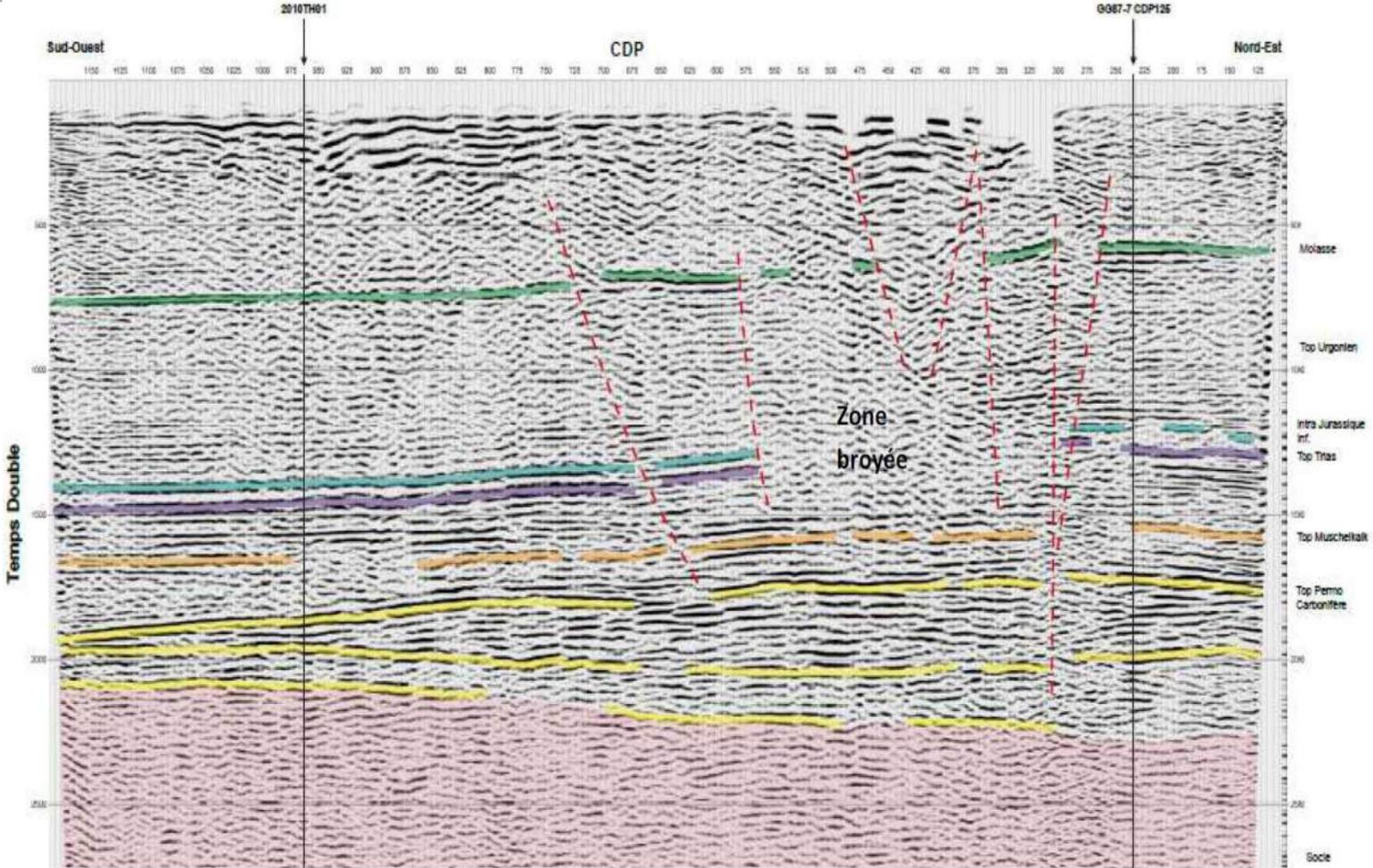
Méthode d'investigation



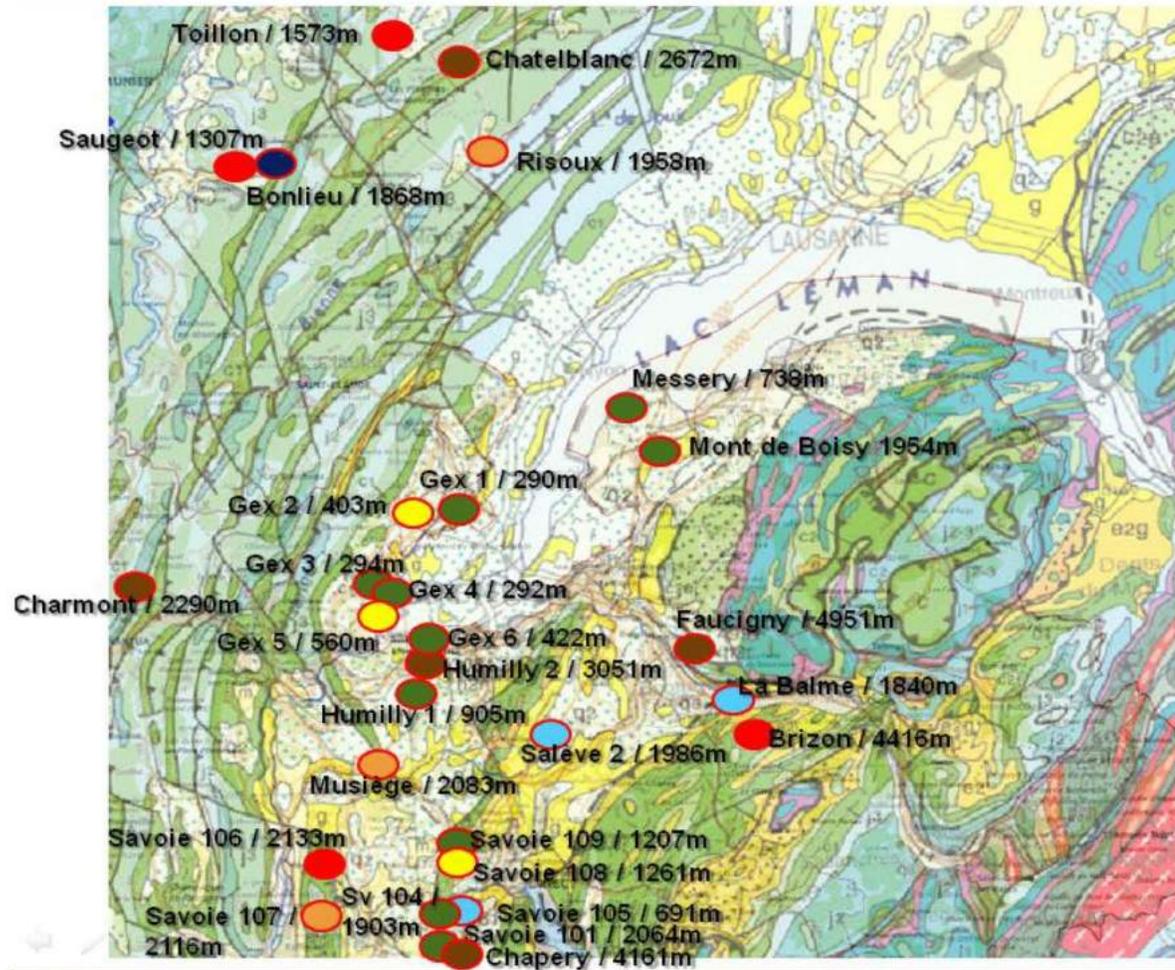
Source Geo2x (2012)



Sismique 2D



Forages existants



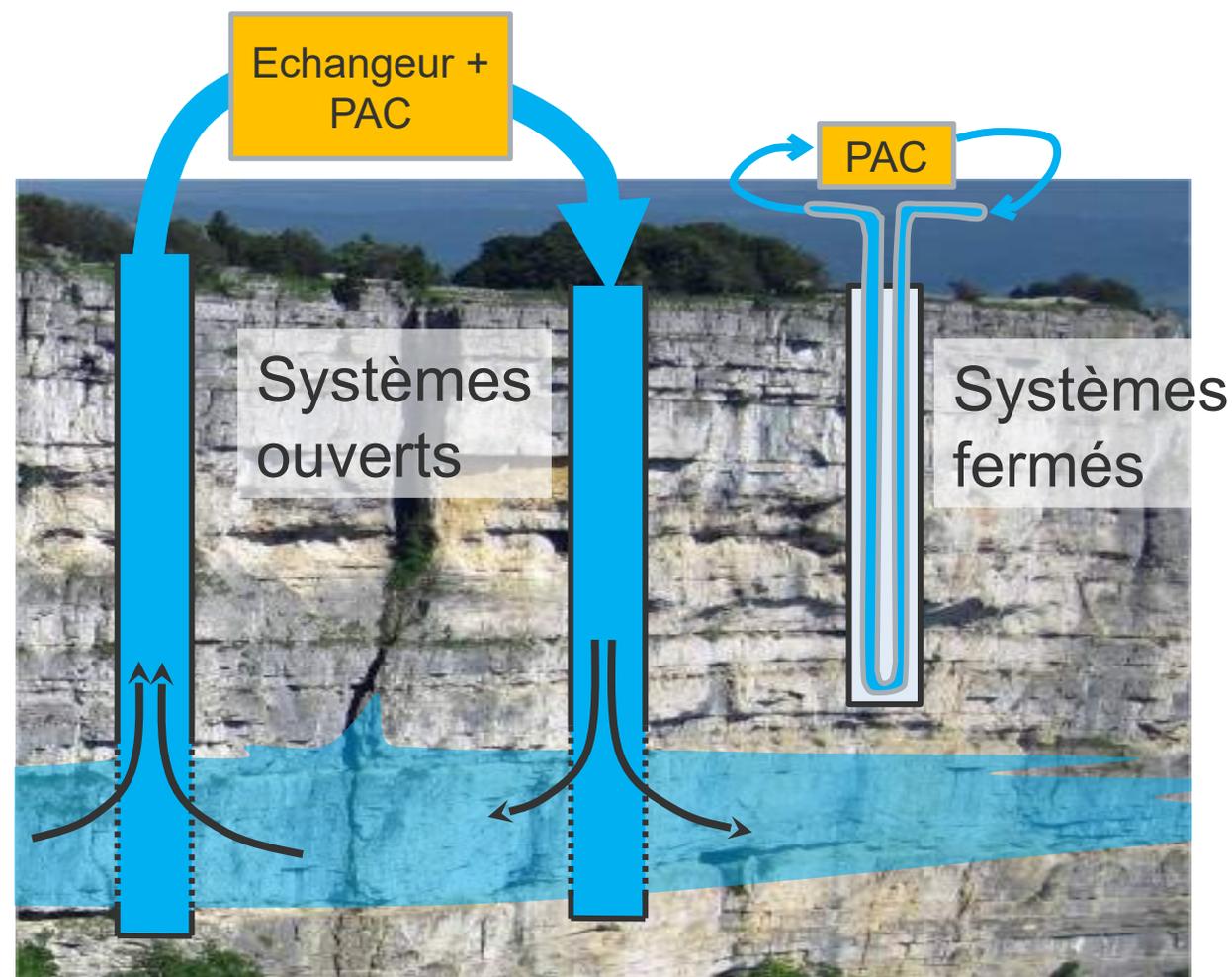
- Tertiaire
- Crétacé
- Jurassique sup.
- Jurassique moyen
- Jurassique inf.
- Trias
- Permo-Carbonifère
- Socle cristallin

Géothermie = exploitation de la chaleur du sous-sol

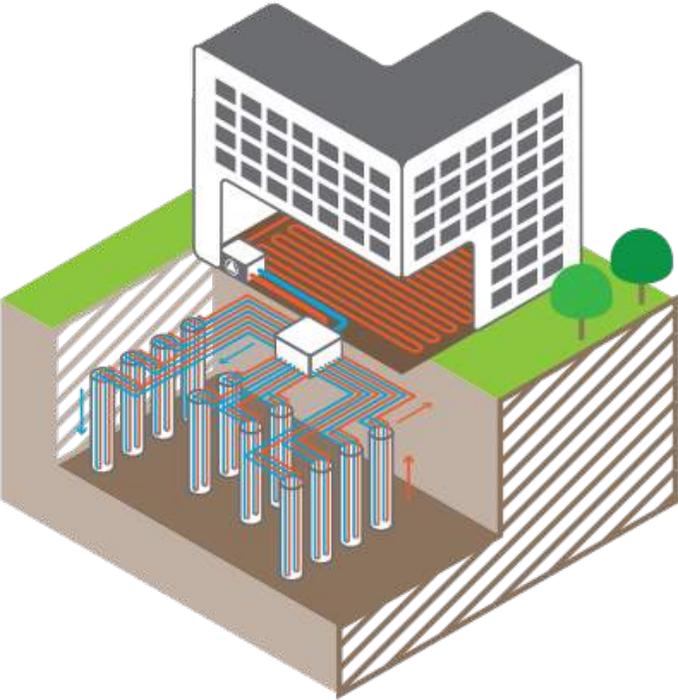
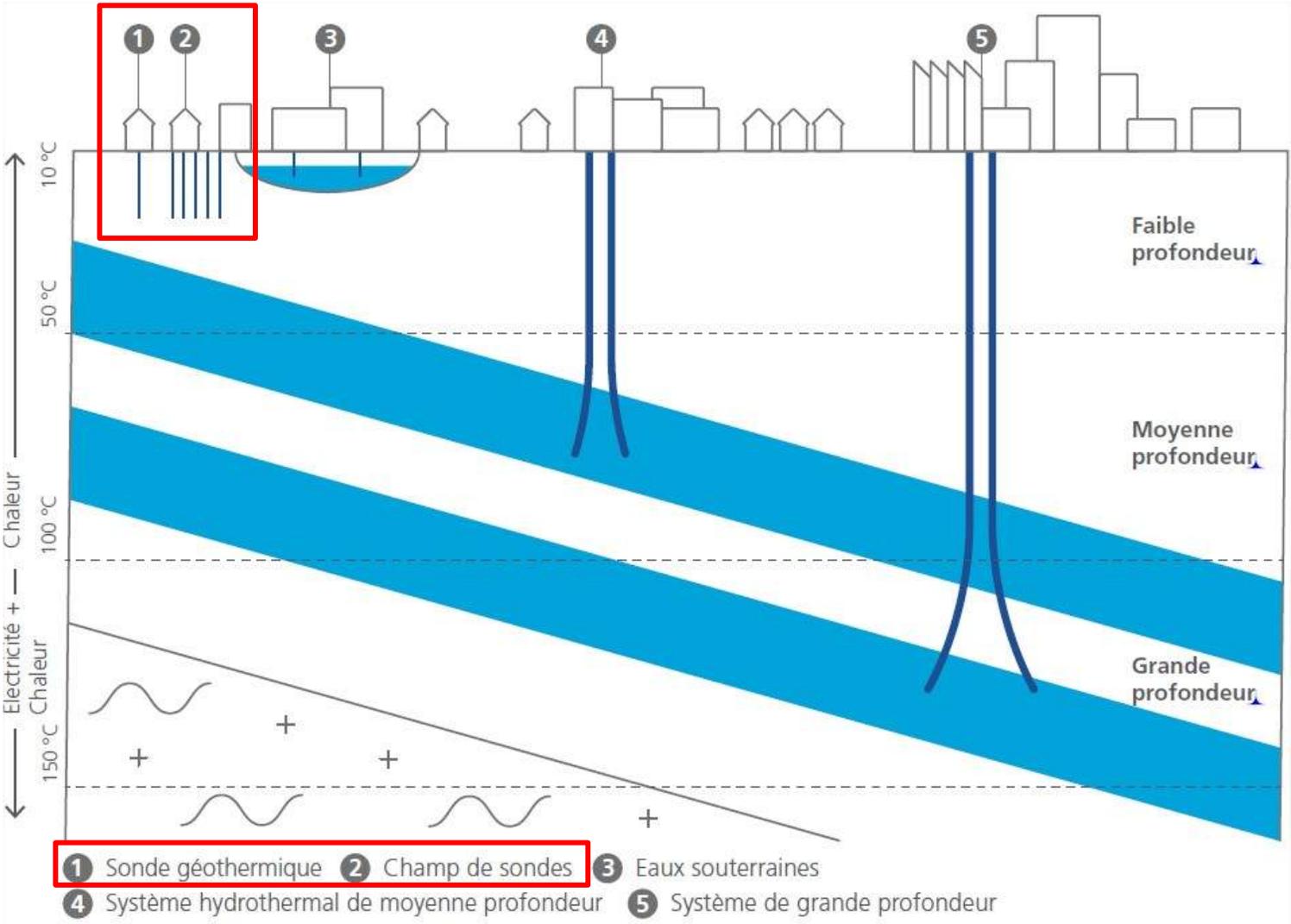
- La quantité d'énergie extraite dépend de 2 paramètres:

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

- Température directement liée à la profondeur (env. 30 - 35°/ km d'enfouissement).
- Débit: liée à la quantité d'eau qui s'écoule. Pour des bons débits, il faut des roches poreuses et perméables.



Faible profondeur – Sondes et champs de sondes géothermiques



Cours
GeoTH –
P1/L1

Introduction	Durée par formation : 1 jour		
10 Introduction à la géothermie			
Cours de base			
Durée par formation : 1 jour			
B1 Notions d'hydrogéologie			
B2 Notions d'énergie			
Cours avancé			
Durée par formation : 1 jour			
P1 Sondes géothermiques verticales (SA 384/1)			
P2 Puits géothermiques			
P3 Utilisation de la chaleur de l'eau souterraine (SA 384/7)			
P4 Chauffage à distance géothermique			
Cours logiciel			
Durée par formation : 1 jour			
L1 EGIS			
L2 Thermopie			
L3 Fallou			
L4 AutoCAD			

Faible profondeur – Sondes et champs de sondes géothermiques

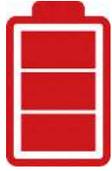
- Système fermé
- Complètement à maturité, largement déployé et économique
- Chauffage avec pompes à chaleur (PAC) et rafraîchissement
- Env. 1 – 100 logements
- Connexion possible avec réseaux d'eau tempérée (anergie)



Immeuble résidentiel à Lugano (TI)

en service (2020)

Du rafraîchissement
à bas coût



Le défi

Mettre en place un système de chauffage, mais aussi de refroidissement estival qui soit durable et économique.

La solution

Système de geocooling basé sur un champ de sondes, utilisant la fraîcheur du sol pour rafraîchir les bâtiments, sans machines frigorifiques. Extraction de la chaleur l'hiver et injection l'été (régénération thermique du terrain). Faible surcoût pour ajouter le geocooling au chauffage.

13

sondes géothermiques
de 200 m chacune



Fiche technique

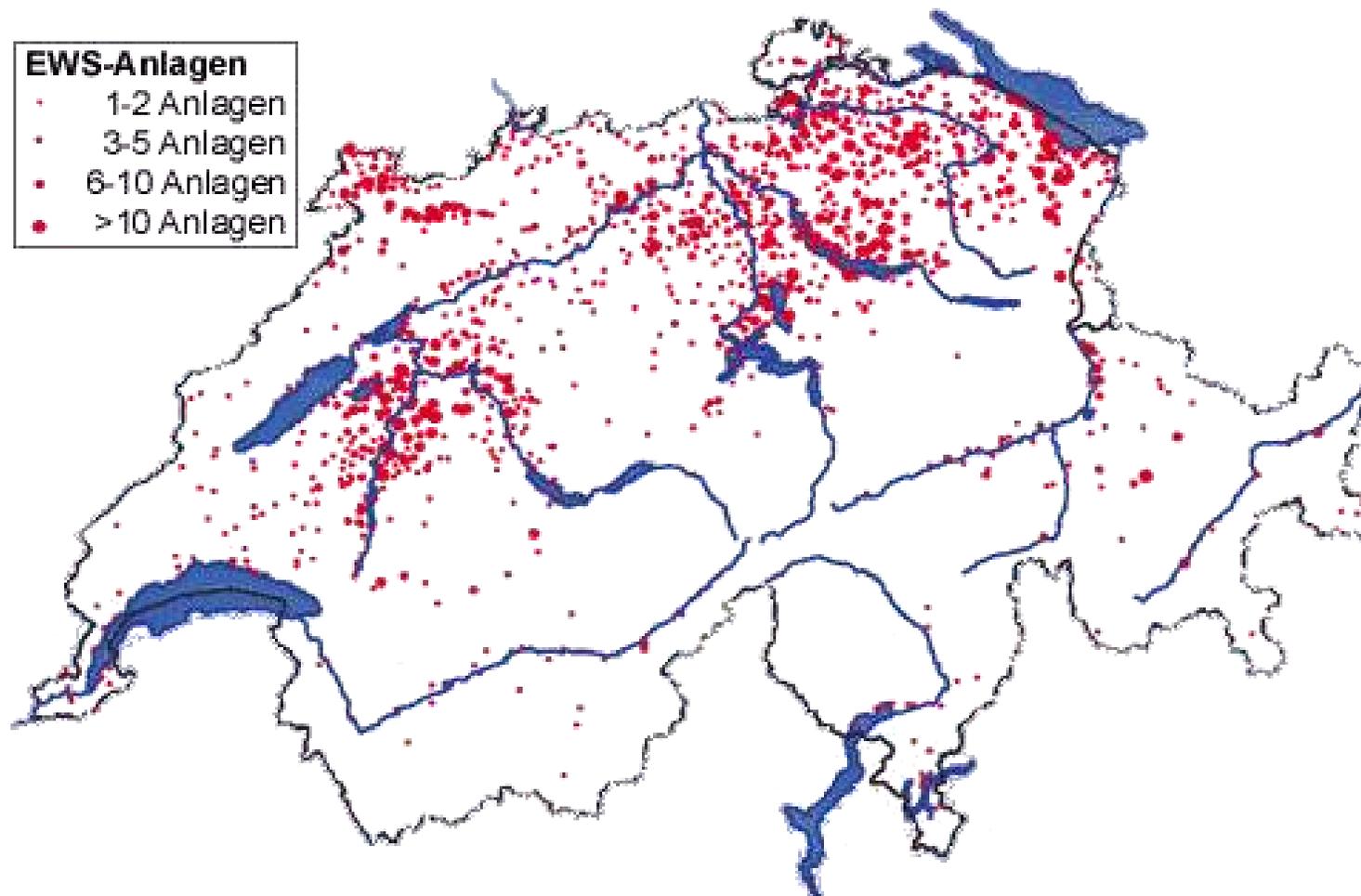
Acteur: Minder Energy Consulting

Système géothermique: champ de sondes, stockage saisonnier

Profondeur maximale du forage: 200 m

Température maximale: 15 °C

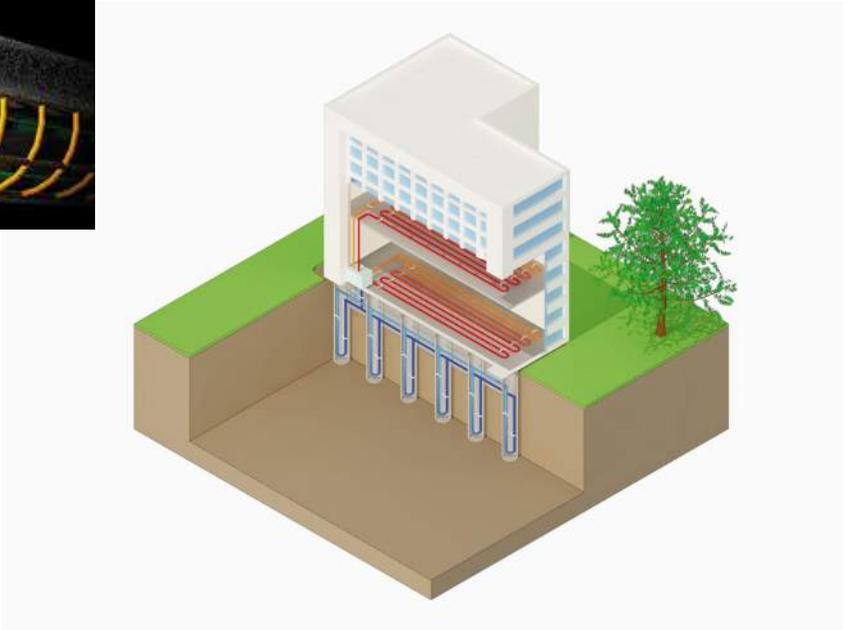
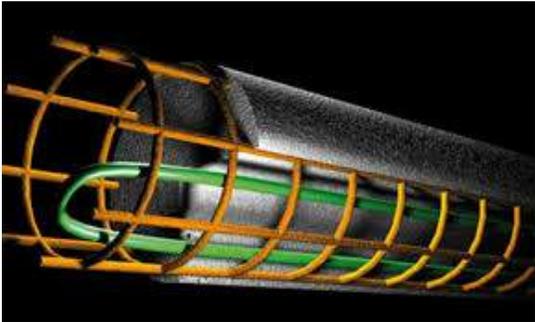
Géothermie de faible profondeur, sondes géothermiques en Suisse



Source: (Lund et al., 2010)

Faible profondeur – géostructures énergétiques

Possible notamment dans
Fondations d'immeubles, pieux, etc
Tunnels



Exemple dans la
galerie du tunnel
Léman express,
SIG, Genève

**Cours
GeoTH –
P2/L2**

Introduction		Durée par formation : 1 jour	
I0 Introduction à la géothermie			
Cours de base		Durée par formation : 1 jour	
B1 Notions d'hydrogéologie			
B2 Notions d'énergie			
Cours de perfectionnement		Durée par formation : 1 jour	
P1 Sondes géothermiques verticales (SA 384/1)	P2 Pieux géothermiques	P3 Utilisation de la chaleur de l'eau souterraine (SA 384/7)	P4 Chauffage à distance géothermique
Cours logiciel		Durée par formation : 1 jour	
L1 SW5	L2 Thermopta	L3 Puffin	L4 GeoCAD

Aéroport de Zurich (ZH)

en service (2003/2020)

L'une des plus puissantes installations de pieux énergétiques en Europe



Le défi

Un des plus grands consommateurs d'énergie en Suisse.

La solution

Avec un faible surcoût, 306 pieux énergétiques, nécessaires à la construction des nouveaux bâtiments, permettent d'utiliser le sous-sol comme une installation de stockage saisonnier. 40% de la chaleur résiduelle est restockée dans le sous-sol (geocooling), permettant de couvrir 70% des besoins en chaleur en hiver et 50% des besoins en refroidissement en été.

1'000

pieux énergétiques supplémentaires dans le cadre du nouveau complexe «The Circle» depuis 2020



Fiche technique

Acteur: Aéroport de Zurich «Flughafen Zürich AG»

Système géothermique: pieux énergétiques (géostrucures)

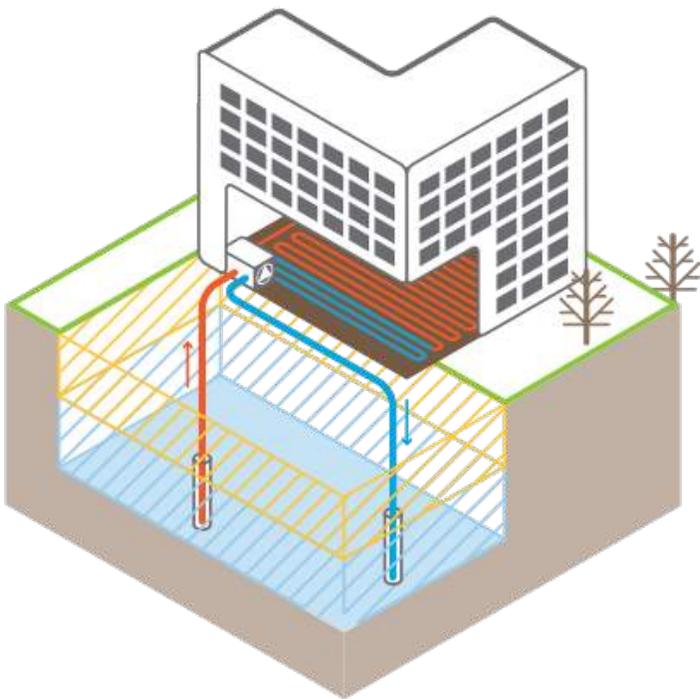
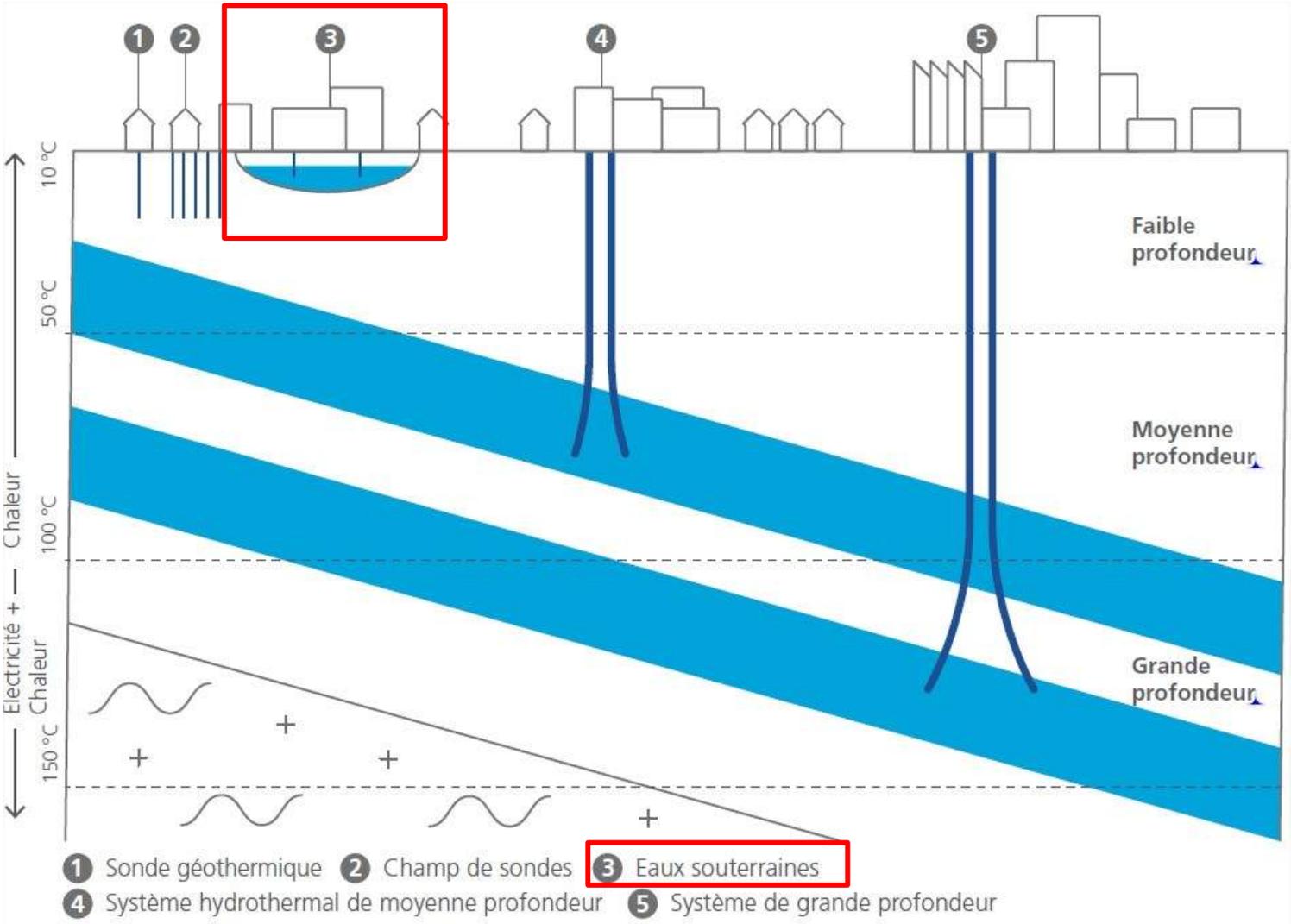
Production de chaleur par an:

- 1'500 MWh (chaud)
- 580 MWh (froid)

Mazout économisé par an: 150'000 litres

Emissions de CO₂ économisées par an: 400 tonnes

Faible profondeur – Utilisation des eaux souterraines



Cours GeoTH – P3/L3

Introduction		Durée par formation : 1 jour	
10 Introduction à la géothermie			
Cours de base		Durée par formation : 1 jour	
B1 Notions d'hydrogéologie			
B2 Notions d'énergie			
Cours de perfectionnement		Durée par formation : 1 jour	
P1 Sondes géothermiques verticales (SA 384/1)	P2 Puits géothermiques	P3 Utilisation de la chaleur de l'eau souterraine (SA 384/7)	P4 Chauffage à distance géothermique
Cours logiciel		Durée par formation : 1 jour	
L1 SW5	L2 Thermopta	L3 Tello	L4 MecCAD

Faible profondeur – Utilisation des eaux souterraines

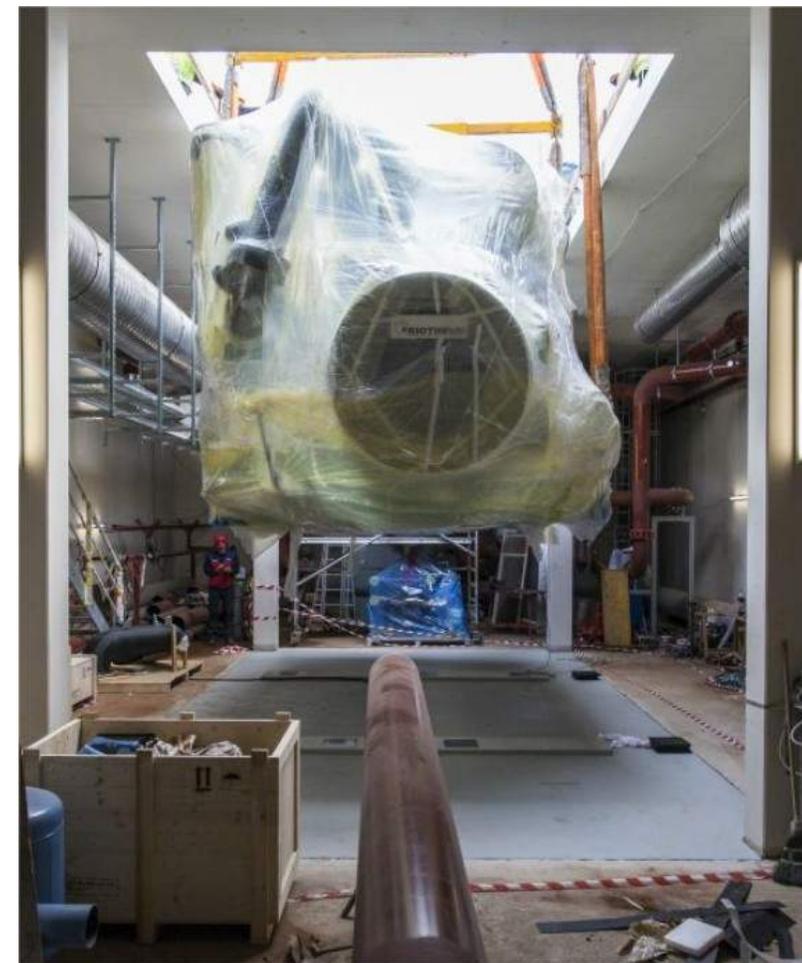
- Système ouvert
- Chauffage avec pompes à chaleur (PAC) et rafraîchissement (freecooling)
- Puissance 10 KW – 4 MW
- 1 – 1'500 logements
- Etudes hydrogéologiques préliminaires requises
- Connexion possible avec réseaux thermiques (FAD, CAD)



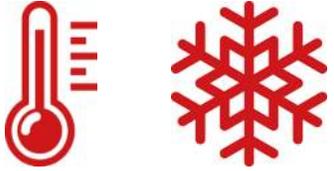
Faible profondeur – Utilisation des eaux souterraines

Exemple

- Quartier des Vergers à Meyrin
- Pompe à chaleur (PAC) de 4 MW
- 1'400 logements



Utilisation optimale des conditions géologiques dans un complexe ultramoderne



Le défi

Swatch Group a fait construire un nouveau siège ultramoderne et durable. Il s'agissait de proposer un système énergétique qui le soit tout autant.

La solution

Utilisation intelligente des eaux souterraines pour chauffer et refroidir les trois bâtiments Swatch grâce à 9 puits souterrains.

9

puits et des réservoirs de stockage



Fiche technique

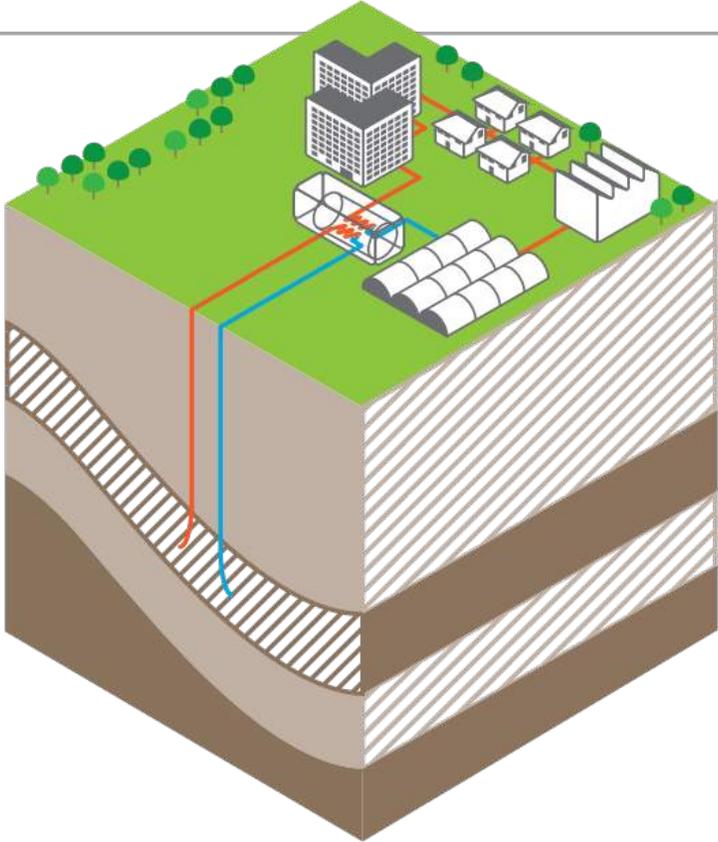
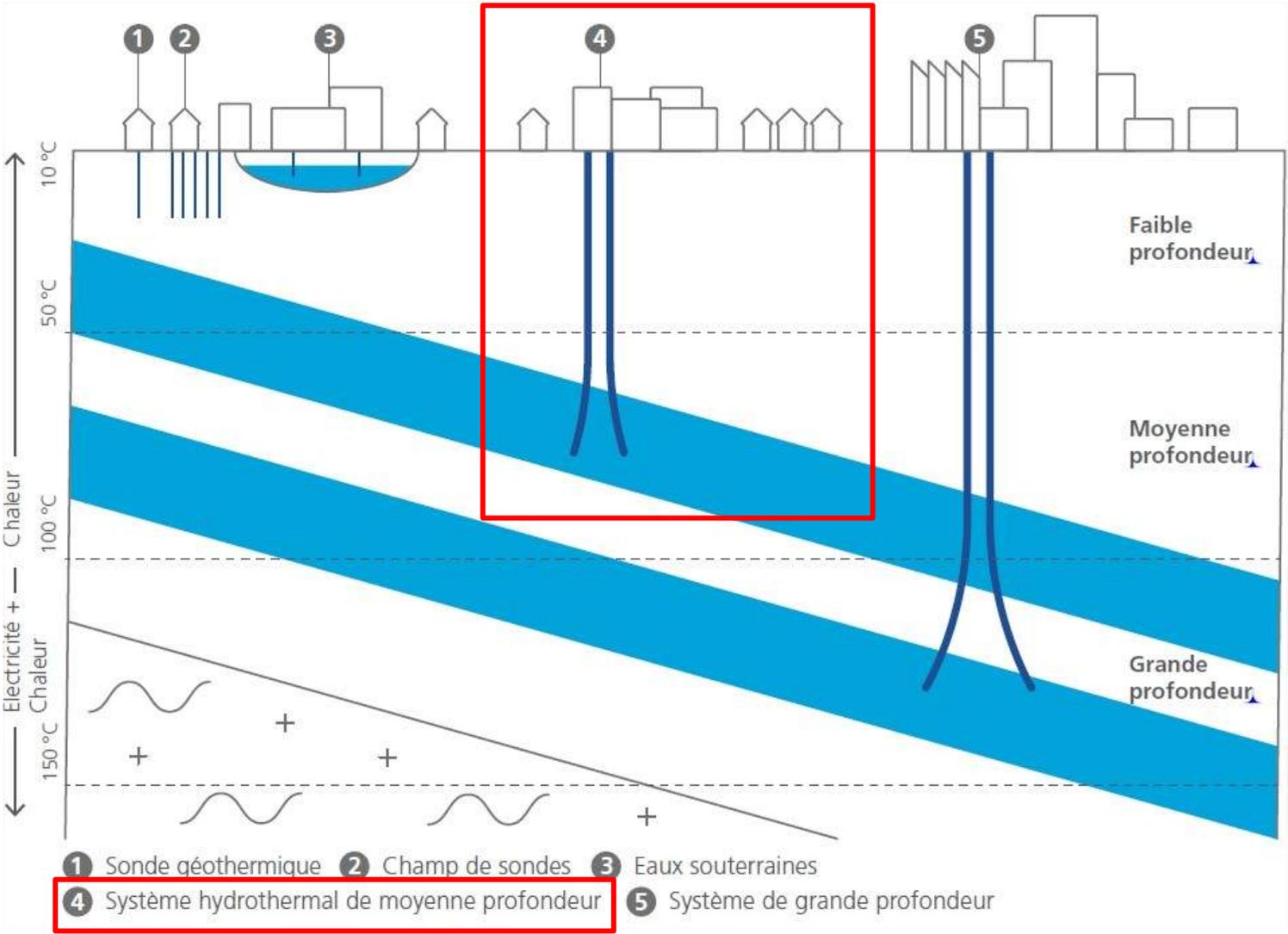
Acteur: Swatch Group

Système géothermique: eaux souterraines

Température maximale: 12 °C

Nombre de puits: 9 (3 d'extraction, 4 d'extraction et de retour combinés et 2 de retour pur)

Moyenne profondeur – géothermie hydrothermale



Introduction		Durée par formation : 1 jour	
10 Introduction à la géothermie			
Cours de base		Durée par formation : 1 jour	
B1 Notions d'hydrogéologie			
B2 Notions d'énergie			
Cours de perfectionnement		Durée	
P1 Sondes géothermiques verticales (SIA 336/3)	P2 Puits géothermiques	P3 Utilisation de la chaleur de l'eau souterraine (SIA 336/7)	P4 Chauffage à distance géothermique
Cours logiciel		Durée par formation : 1 jour	
L1 EGIS	L2 Thermopt	L3 Fallow	L4 GeoCAD

Cours GeoTH – P4/L4

Moyenne profondeur – géothermie hydrothermale

- Chauffage direct et/ou avec pompes à chaleur
- Filière à maturité à beaucoup d'endroit dans le monde mais très peu développée en Suisse
- Puissance 1 – 20 MW
- 500 – 10'000 logements
- Valorisation sur des réseaux thermiques (CAD).
- Prix de la chaleur très bas dans des marchés à maturité



Moyenne profondeur – géothermie hydrothermale

Exemple à l'étranger

- En France – Région parisienne: développé depuis plus de 40 ans
- Plus de 40 installations pour plus de 250'000 logements



Riehen (BS)

en service (1994) / projet (2026)

Championne de l'efficacité énergétique
grâce à la géothermie



Le contexte

La concordance entre des eaux thermales chaudes et une demande de la population en énergie renouvelable a permis à la ville de Riehen de réaliser la plus grande et la plus ancienne installation géothermique du pays.

La solution

Deux forages et un circuit d'eau thermique fermé permettent de transférer la chaleur à un réseau de distribution à distance. Combinaison avec d'autres sources d'énergie: bois, chaleur résiduelle des usines d'incinération des ordures ménagères et gaz.
Projet (geo2riehen): étendre l'installation pour approvisionner plus de la moitié des habitants de la commune.

1^{ère}

commune d'Europe
à se voir décerner le label
«European Energy Award Gold»



Fiche technique

Acteur: Erdwärme Riehen

Système géothermique: système hydrothermal

Profondeur de forage: 1'547 m

Température maximale: 67 °C

Puissance: 5 MW

Production de chaleur (2018): 20.4 GWh
(= 8'500 habitants)

Emissions de CO₂ économisées par an: 5'400 tonnes

Coût d'investissement: env. 30 millions CHF

Projets et installations de géothermie de moyenne et grande

Légende

- Statut**
- En projet
 - En développement
 - En service
 - Abandonné

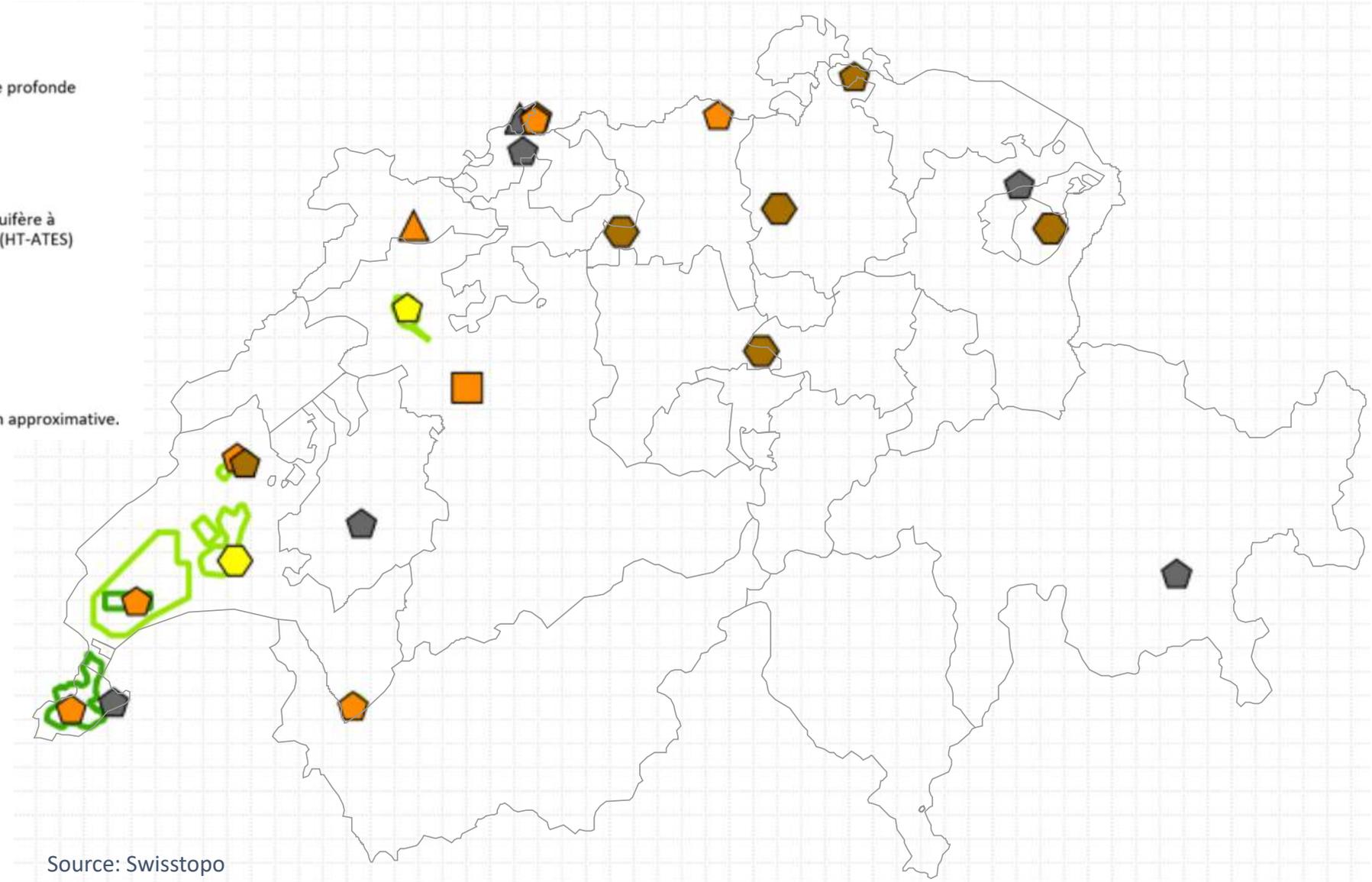
Permis

- Permis de exploration en sous-sol
- Permis de prospection en surface

Système

- Sonde géothermique profonde
- Hydrothermal
- Péthrothermal
- Stockage dans un aquifère à température élevée (HT-ATES)

Les points marqués sur cette carte ne donnent qu'une position approximative.



Source: Swisstopo

Dynamique en Suisse romande, arrive en Suisse



Canton VD



Genève



Macolin



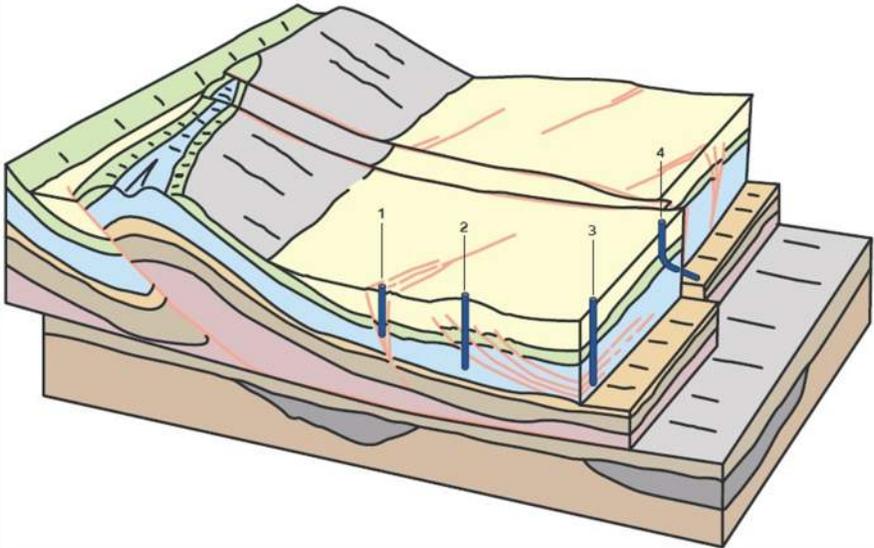
Riehen2

Projets et travaux préparatoires

- Canton FR
- Canton VS
- Canton BE
- Canton BL
- Canton AG
- Canton TG
- Canton SZ
- Canton ZH
- Canton SG
- ...

Votre région?

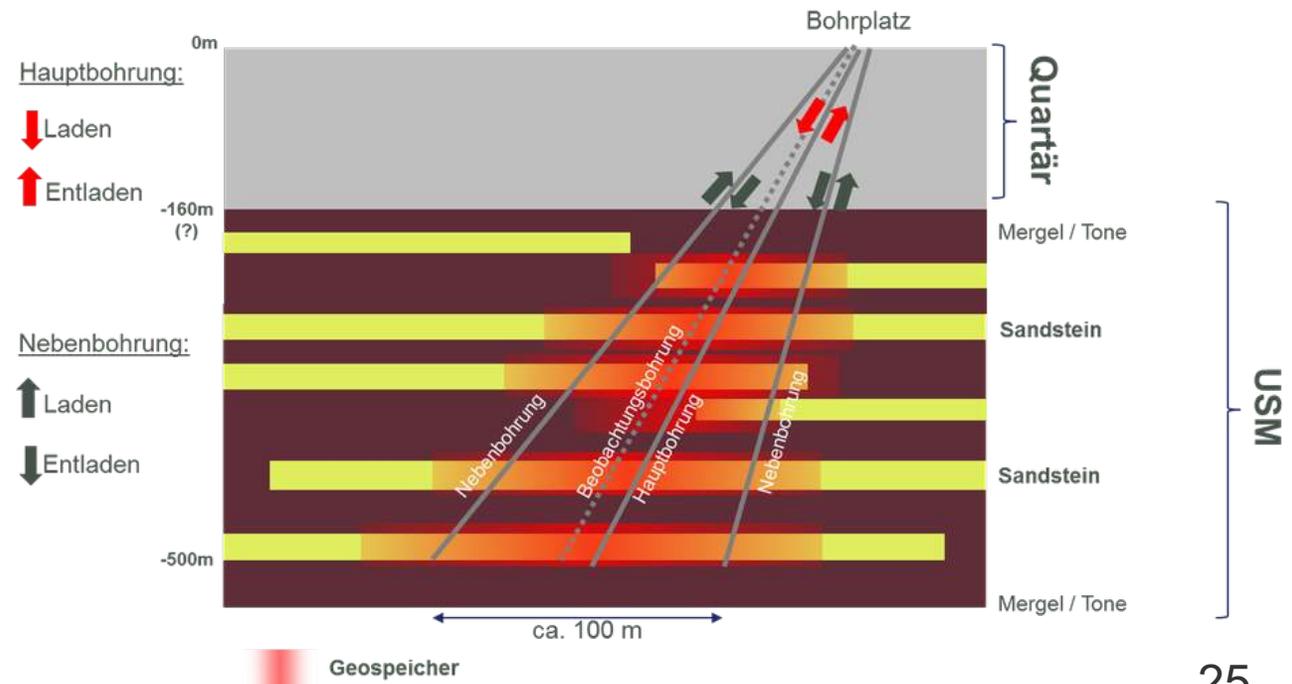
Moyenne profondeur – géothermie hydrothermale



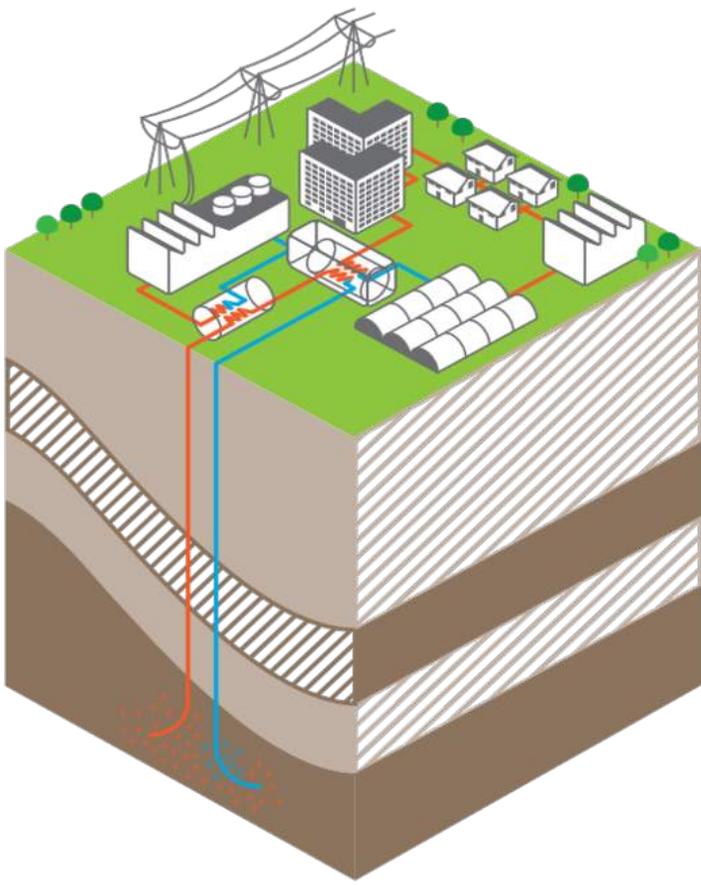
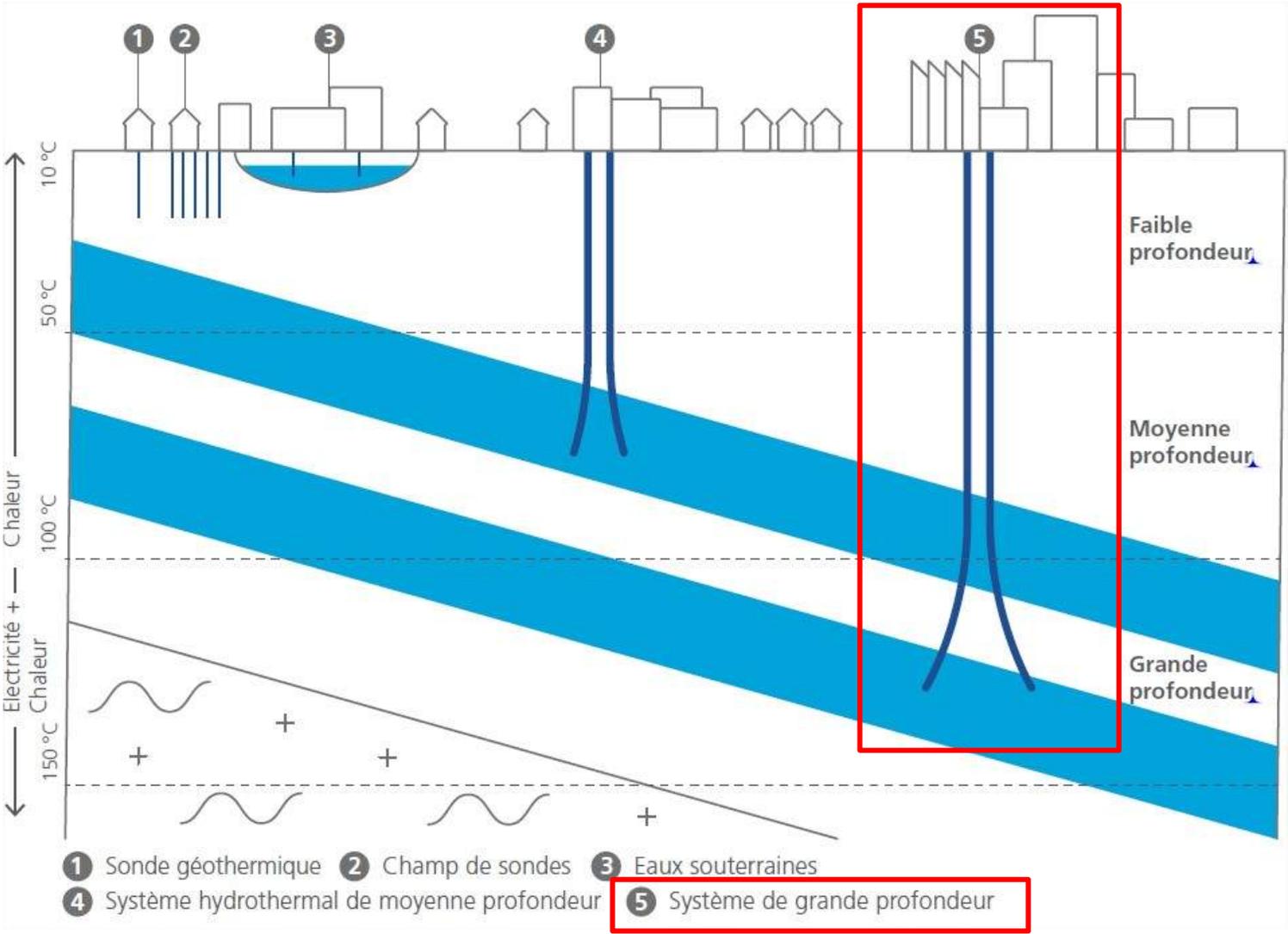
Géothermie de moyenne profondeur – Stockage saisonnier de chaleur

Projet pilote de stockage géothermique à l'usine Forsthaus de Berne

- Energie Wasser Bern (ewb)
- Stockage saisonnier à haute température dans les couches des grès de la molasse
- 300-500 m de profondeur
- **En été:**
Stockage de l'excès de chaleur dégagé par l'usine d'incinération de déchets de Forsthaus
- **En hiver:**
Alimentation du réseau de chauffage urbain
- **Puissance thermique: 3-12 MW**
- Installation pilote et de démonstration



Systemes de grande profondeur



Systemes de grande profondeur

- Chauffage direct et production d'électricité possible
- Puissance thermique : 10 – 40 MW
- Puissance électrique : 1 – 5 MW
- 5000 – 20'000 logements
- Investissements très élevés (>10 MCHF) mais exploitation très bon marché
- Distribution sur des réseaux thermiques (CAD) et électriques



Systemes de grande profondeur

Exemple à l'étranger

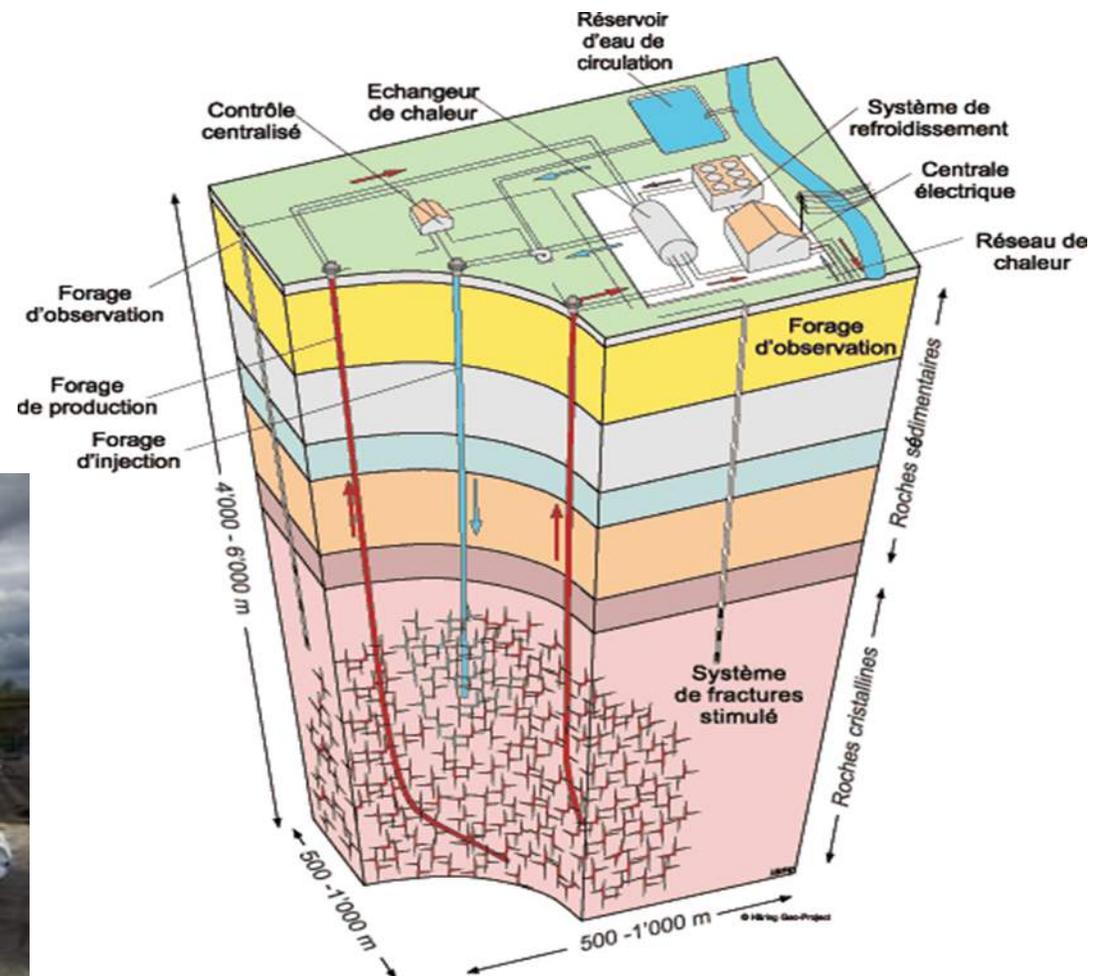
- Plus de 20 installations à Munich
- Ambition de 100 % renouvelable basé sur la géothermie en 2030
- Fourniture de chaleur à plus de 500'000 personnes aujourd'hui



Systemes de grande profondeur – petrothermaux

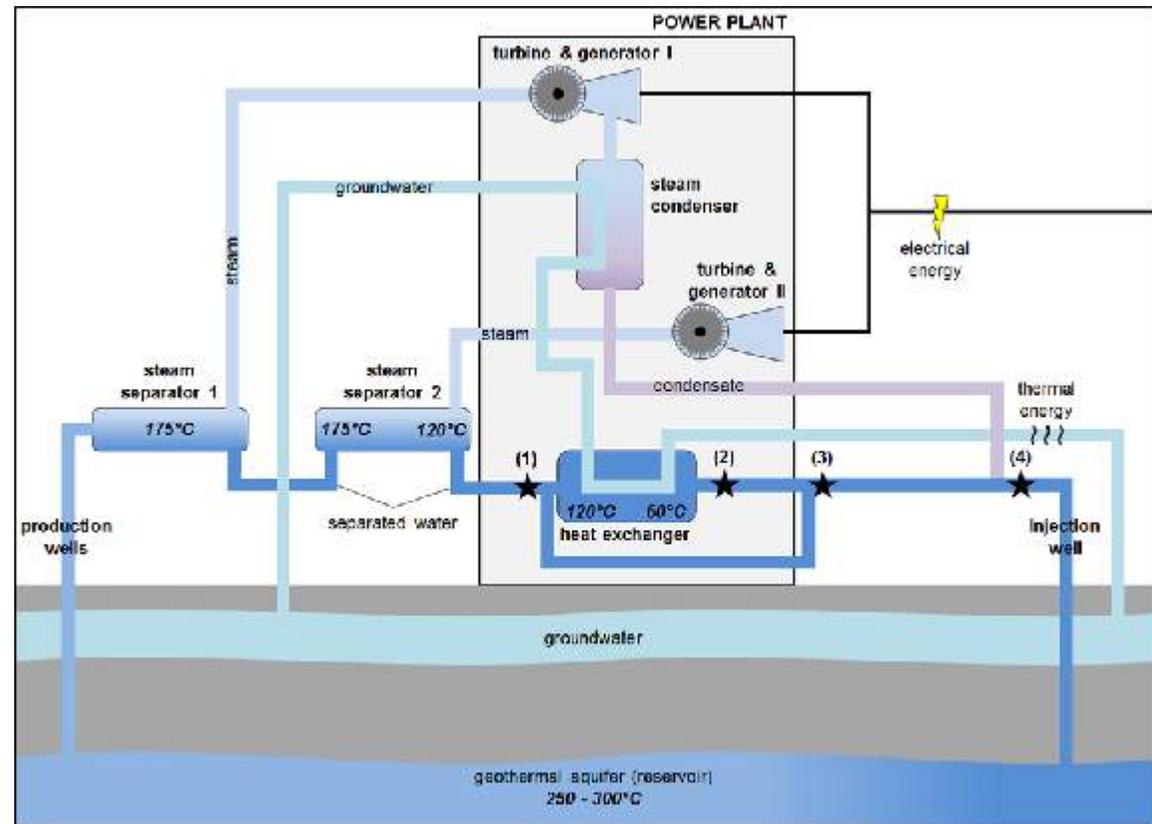
Exemples

- Alsace – plutôt hydrothermal avec stimulation douce
- Relance de projets de recherche en Suisse, à la suite du projet de Bâle.
- Projet de Hte-Sorne – Jura
- Laboratoire souterrain de Bedretto

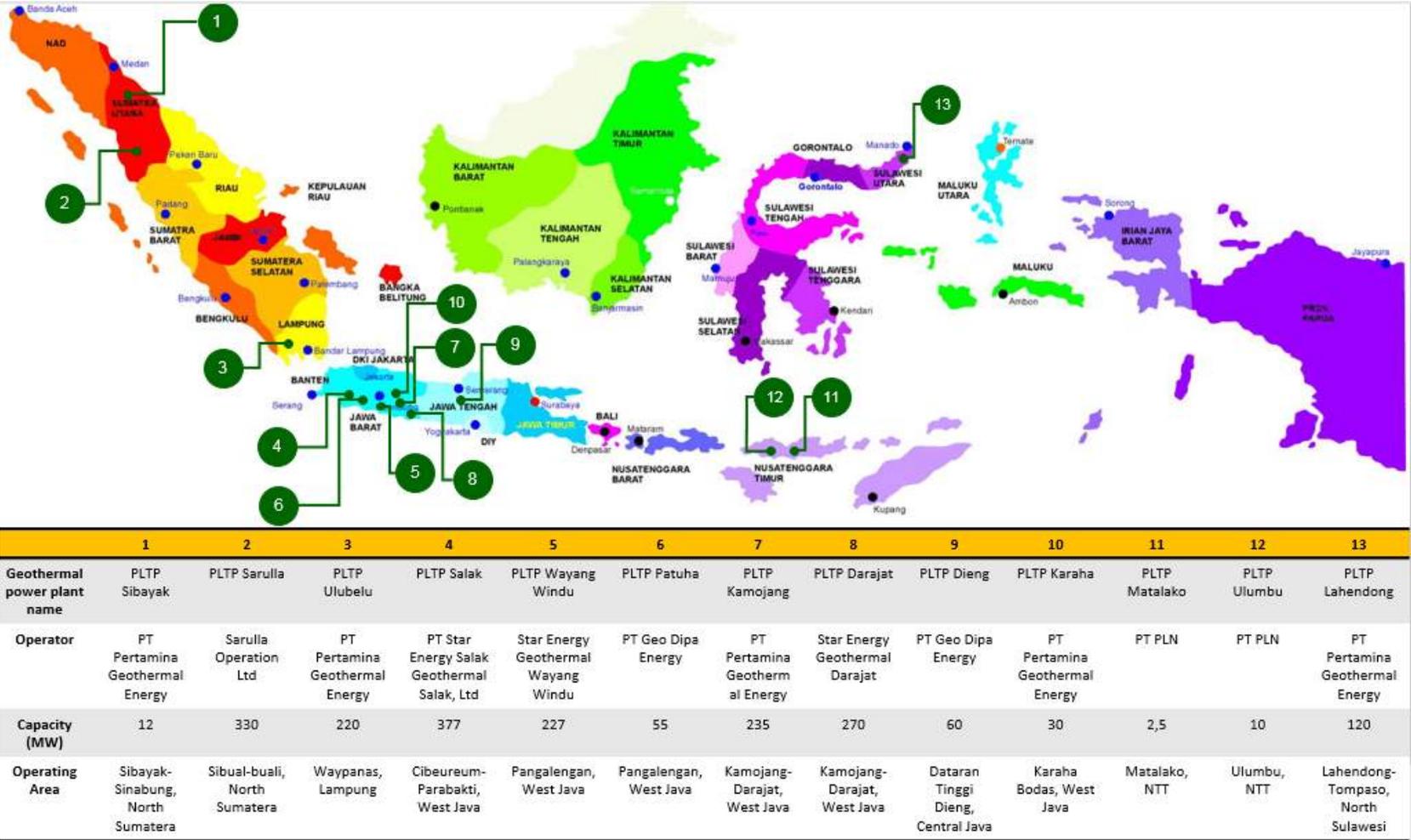


Source: Häring Geo-Project

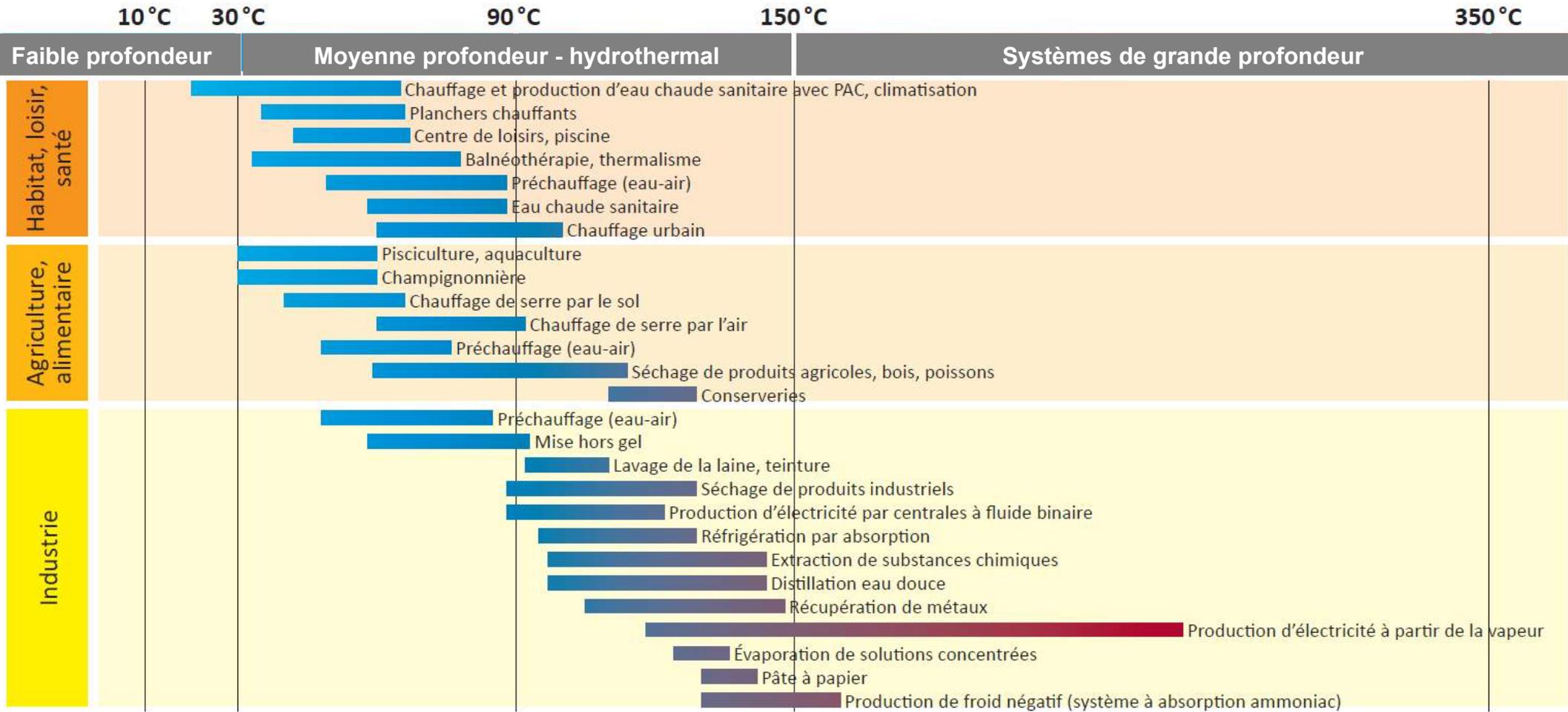
Géothermie de grande profondeur en milieu volcanique: production d'électricité et de chaleur



Géothermie de grande profondeur en milieu volcanique: production d'électricité et de chaleur

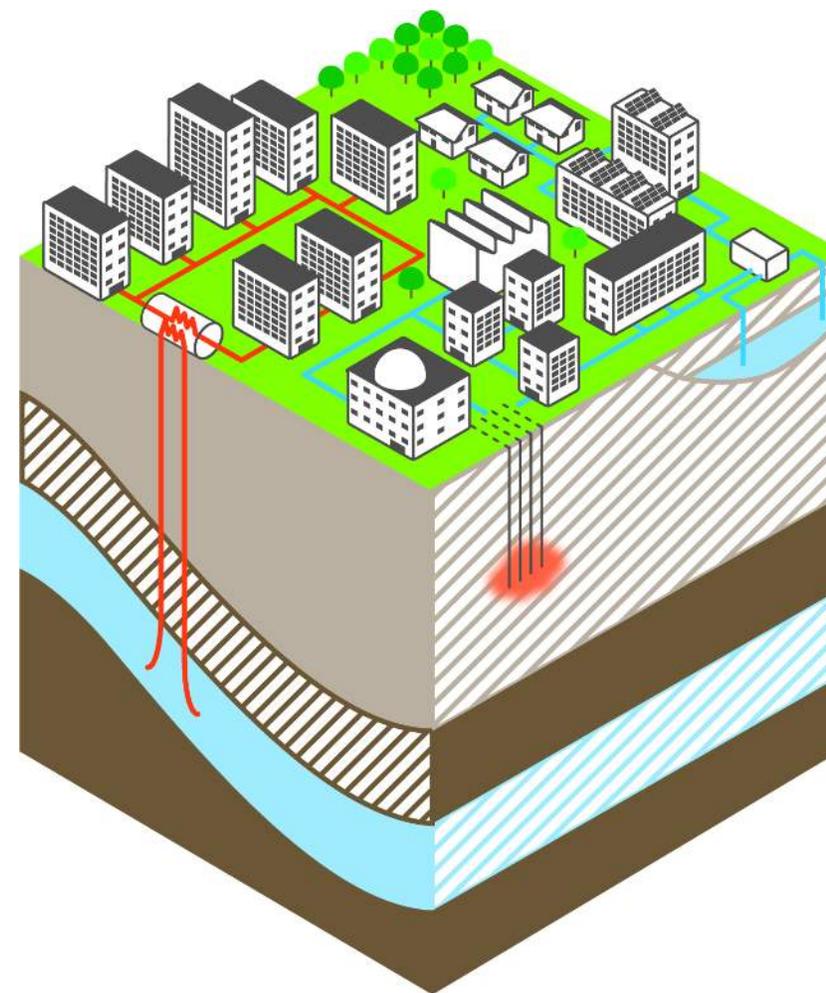


Les géothermies: toute une gamme d'utilisation

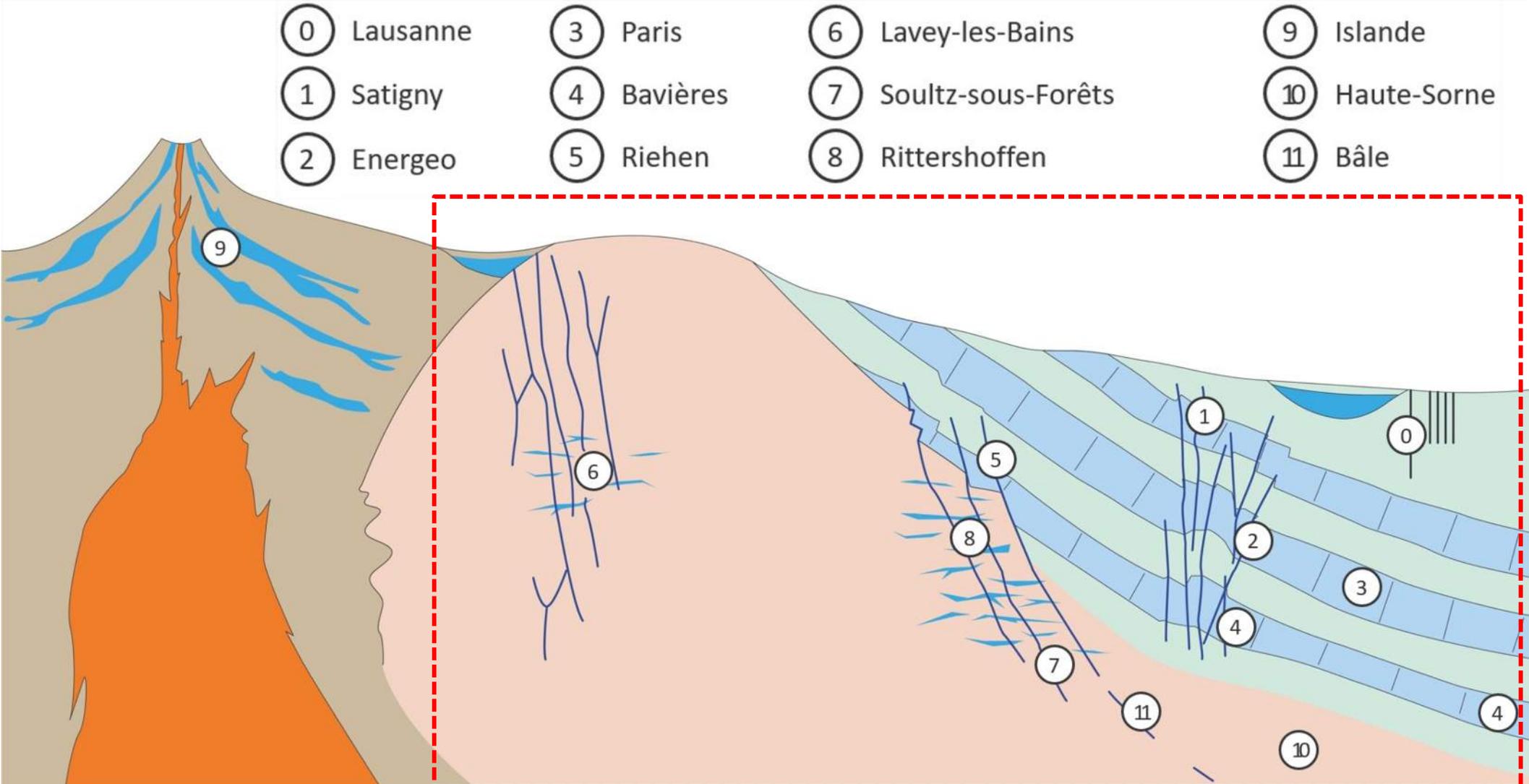


Une utilisation combinée de toutes les solutions géothermiques avec d'autres ressources

- La géothermie, une énergie locale, disponible en permanence, performante et propre, capable de produire à la fois de la chaleur, du froid et de l'électricité.
- La géothermie contribue au développement de l'économie et à la création d'emplois locaux



Des possibilités variées en Suisse



Histoire du déploiement de la géothermie en Suisse

