



Séance technique du CFGI

9 novembre 2023

« Les géothermies »

Introduction de la séance

Précédentes séances techniques

- **22 et 23/02/2018 - Journées techniques « Après-mine »**
 - Utilisation de sites miniers pour le stockage d'énergie sous forme gravitaire ou de chaleur par R. Charlier et B. Cerfontaine
- **21/05/2015 - La géothermie de minime importance**
 - La géothermie de minime importance par Xavier Du Chayla
 - Sinistres liés aux sondes géothermiques, investigations géologiques par Anne-Valérie Barras
 - La réforme réglementaire de la géothermie de minime importance par Armelle Marguerret
 - Géothermie de minime importance : cartographies des zonages réglementaires par Margaret Herbaux
- **29/11/2012 – Formations profondes du Bassin parisien et Géologie de l'Ingénieur**
 - Les nappes profondes de l'Albien et du Néocomien dans le bassin de Paris par Alexandra Bel (BRGM)
- **12/05/2011 – Eaux Souterraines, pollutions des sols et aménagements urbains**
 - Exploitation géothermique des eaux souterraines en milieu urbain Olivier Murzilli

Présentations à retrouver en ligne sur le site du CFGI :
<https://www.cfgi-geologie.fr/seances-techniques-passees/>

Quelques définitions...

- **Dictionnaire de géologie (Foucault A. & Raoult J.-F.)**

« n.m. [du gr. *Gê*, terre, et *thermos*, chaud]

- 1. Chaleur de la Terre et énergie qu'elle procure.
- 2. Etude des propriétés thermiques de la Terre ».

- **Réglementaire (Article L112-1 du Code Minier)**

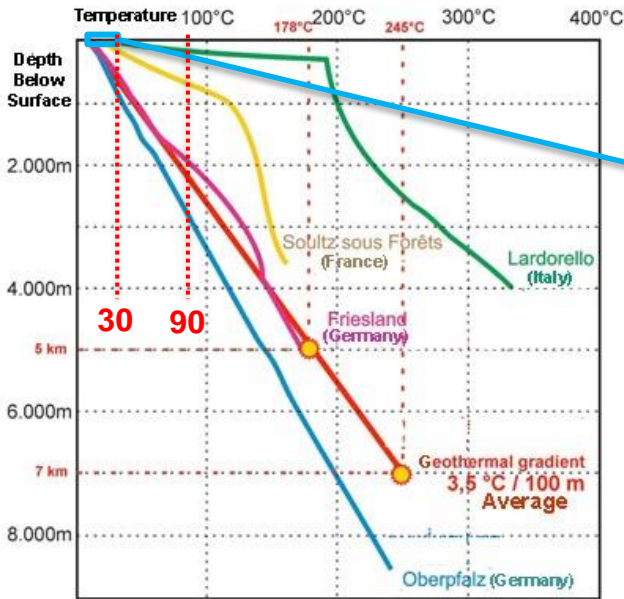
« Relèvent du régime légal des mines les gîtes renfermés dans le sein de la terre dont on peut extraire ou avec lesquels on peut **échanger de l'énergie sous forme thermique, notamment par conduction ou par l'intermédiaire des eaux chaudes et des vapeurs souterraines** qu'ils contiennent, dits "gîtes géothermiques" ».

- **Site Internet Géothermies (<https://www.geothermies.fr>)**

« le mot "géothermie" désigne à la fois la science qui étudie les phénomènes thermiques internes du globe et **l'ensemble des technologies qui permettent d'exploiter la chaleur de la Terre [...]**. La géothermie vise à utiliser **cette chaleur pour produire de l'électricité, du chauffage ou du rafraîchissement** ».

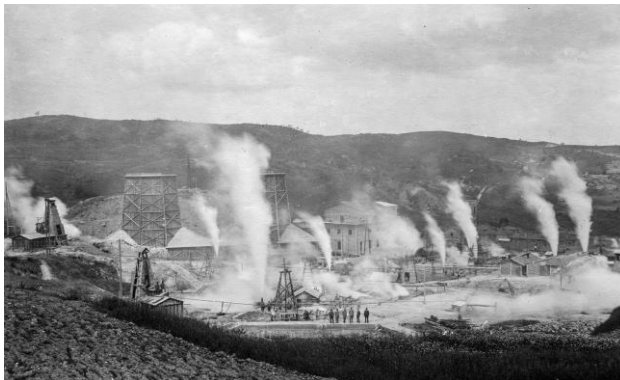
La géothermie ou les géothermies

Earth's Crust Temperature Profile at Different Locations



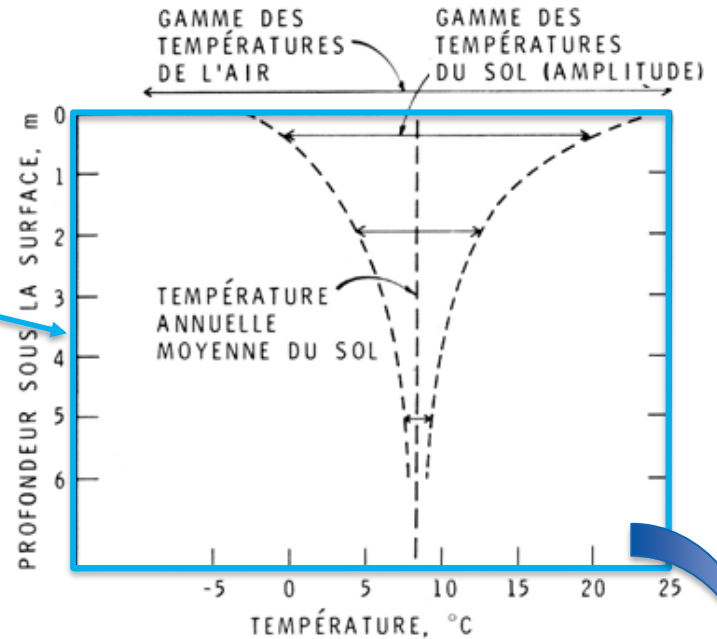
Source : Geohil AG (modifié) in

https://www.mpoweruk.com/geothermal_energy.htm

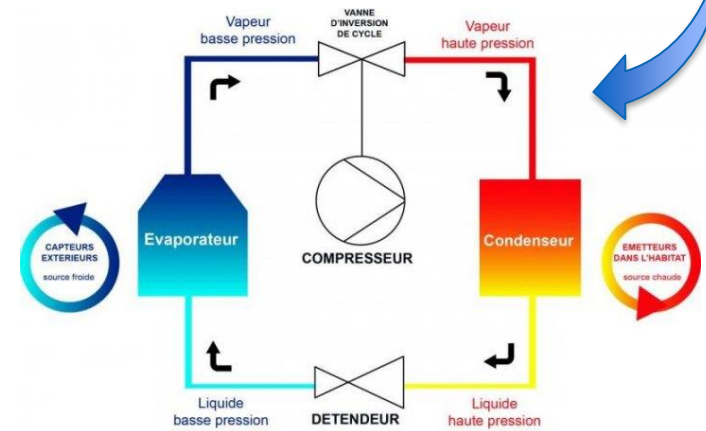


Photos from Enel Green Power's historical archive of the construction of the Larderello geothermal power plant in Tuscany

<https://www.enelgreenpower.com/media/photo/2020/03/larderello-tuscany-history>

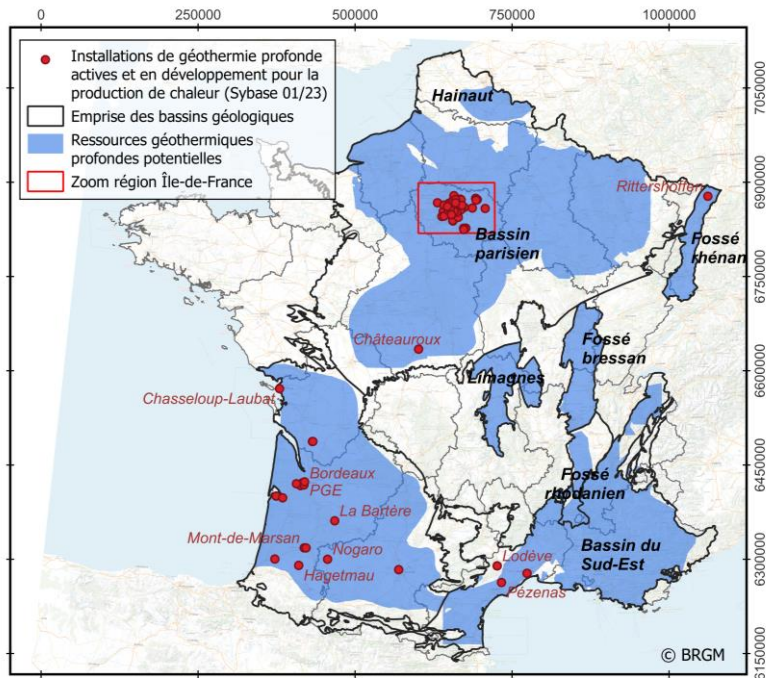


Evolution de la température du sous-sol en fonction de la profondeur



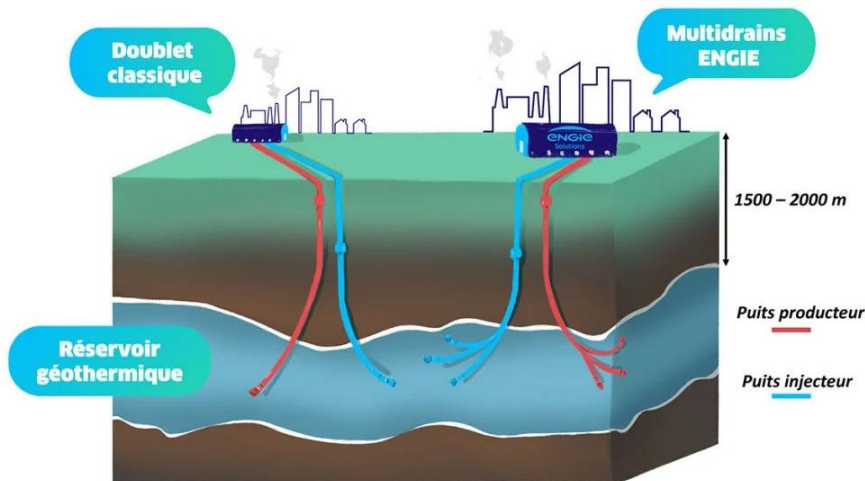
Principe d'une pompe à chaleur (Source : BRGM / ADEME)

Les géothermies profondes



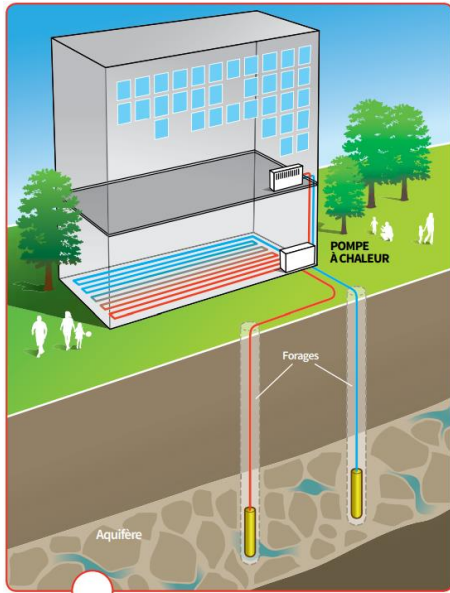
Ressources en aquifères profonds en métropole et installations en fonctionnement en 2022 © BRGM sur <https://www.geothermies.fr/les-technologies-de-geothermie-profonde>

- **Géothermie haute et très haute température (>90°C)**
 - Cogénération électricité et/ou chaleur à la faveur d'anomalies thermiques (volcanisme, fossé d'effondrement, etc.)
- **Géothermie basse température (30°C – 90°C)**
 - Chaleur d'aquifères profonds :
 - Bassin parisien : sables de l'Albien-Néocomien, (calcaires de l'Oxfordien,) calcaires du Dogger, grès de Trias
 - Bassin aquitain : sables et calcaires du Cénomano-Turonien, Calcaires du Coniacien, Calcaires du Lias, sables et calcaires de l'Eocène.



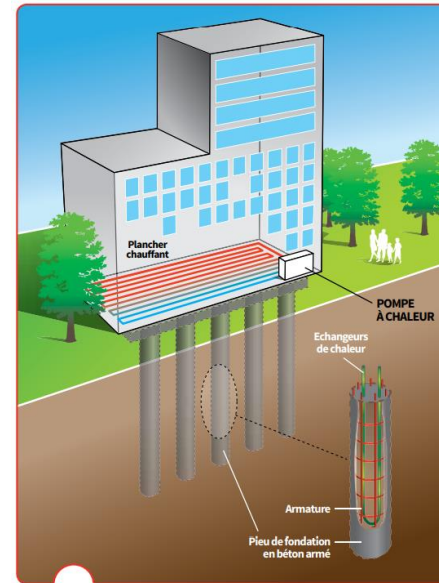
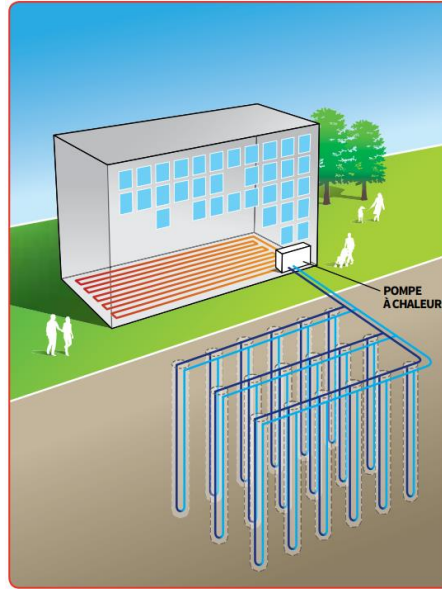
Géothermie sur nappe profonde par forage dirigé et forage multidrains (source : ENGIE)

Les géothermies de surface



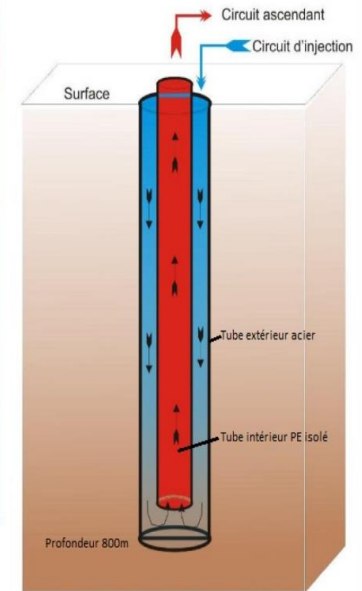
Géothermie sur nappe

Géothermie sur sondes verticales



Géostructures ou fondations énergétiques

Sonde géothermique profonde co-axiale



Source : ADME, 2017, Chauffer et refroidir avec une énergie renouvelable. Géothermie très basse énergie consultable à l'adresse : [https://www.geothermies.fr/sites/default/files/inline-](https://www.geothermies.fr/sites/default/files/inline-files/II%20I%E2%80%99ont%20fait%2C%20chauffer%20et%20rafra%C3%A9chir%20avec%20une%20%C3%A9nergie%20renouvelable.pdf)

Source : <https://geothermie-schweiz.ch/>

[files/II%20I%E2%80%99ont%20fait%2C%20chauffer%20et%20rafra%C3%A9chir%20avec%20une%20%C3%A9nergie%20renouvelable.pdf](https://www.geothermies.fr/sites/default/files/inline-files/II%20I%E2%80%99ont%20fait%2C%20chauffer%20et%20rafra%C3%A9chir%20avec%20une%20%C3%A9nergie%20renouvelable.pdf)

- **Mais aussi :**

- Les échangeurs horizontaux / compacts
- Le free-cooling (mode fonctionnement)
- L'aquathermie
- Les dispositifs « passifs » : puits canadiens



Corbeilles

GINGER
BURGEAP

Evolutions des géothermies en France

Phase de développement

Phase de stagnation



1963 : Maison de la Radio (Albien)



1969 : Melun-l'Almont (Dogger)

1975-1986 : création de 74 installations de géothermie (BE) essentiellement en Ile-de-France et en Aquitaine



1986 : Bouillante (Volcanique actif)



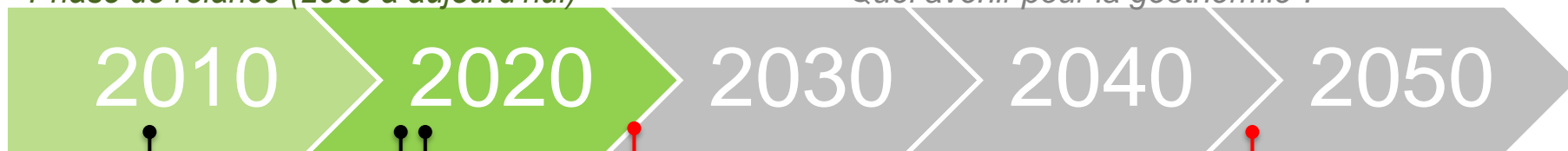
2008 : Soutz-sous-Forêts (type enhanced geothermal systems)



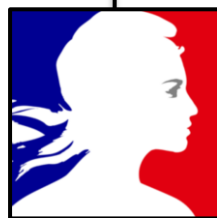
2009 : Fond Chaleurs (ADEME)

Phase de relance (2006 à aujourd'hui)

Quel avenir pour la géothermie ?



2015 : Instauration de la Géothermie de Minime importance (GMI)



2022 : Réforme du Code Minier



2023 : plan d'action pour la géothermie

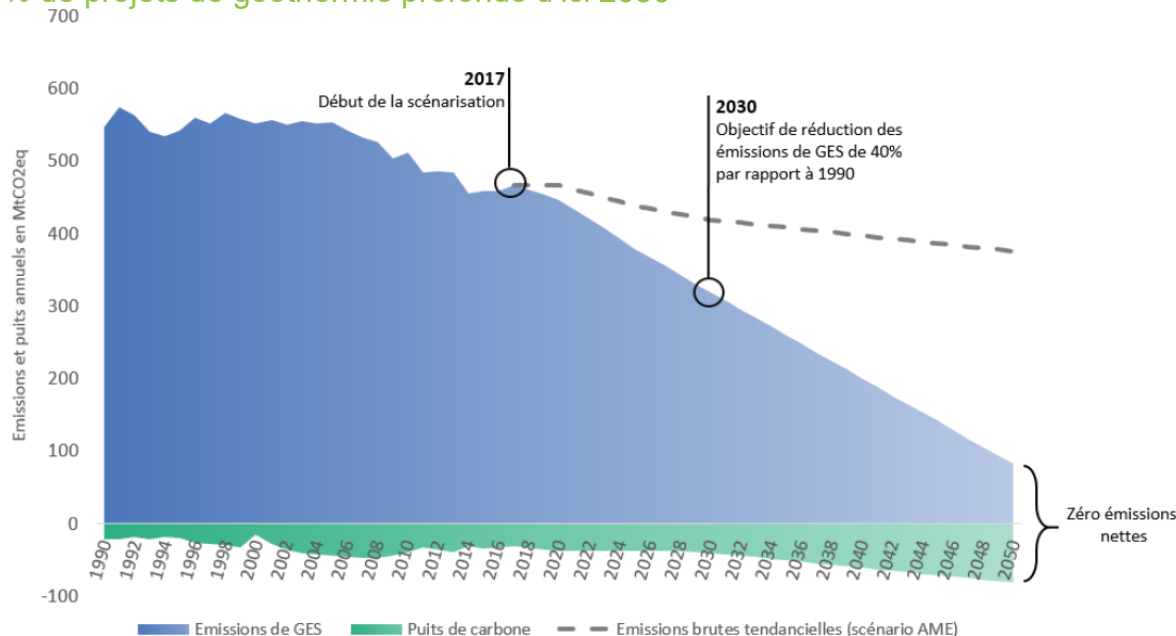
2030 : 32% d'ENR&R

2050 : Objectif de Neutralité carbone (LTECV)

Des objectifs de décarbonation à l'encouragement de la géothermie

- Objectif national de décarbonation de l'énergie

- Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) du 17/05/2015
 - Objectif 2050 : neutralité carbone et décarbonation de la production d'énergie (hors fuites)
- Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) et la Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE 2 2019-2028)
 - Objectif 2030 : -33% d'émissions par rapport à 2015
- Réglementation Energétique 2020 (RE2020) :
 - Démarche E+C- et Analyse de Cycle de Vie (ACV)
- Plan d'action pour la géothermie du 02/02/2023
 - Doublement du nombre de PAC géothermiques des particuliers
 - +40% de projets de géothermie profonde d'ici 2030



Quelles perspectives pour les géothermies ?

Atouts et limites actuelles

- ✓ Energie pilotable, renouvelable, locale et bas carbone
- ✓ Potentiel encore sous-exploité

❖ Risques (aléas géologique, techniques, etc.)

❖ Coûts d'investissement plus élevé mais de plus en plus compétitif

Leviers de développement

- Augmentation de la part de la géothermie dans le mixte énergétique
- **Meilleure connaissance du sous-sol : forages, géophysiques, modélisations numériques...**
- **Gestion et gouvernance des ressources**
- **Meilleure connaissance du sous-sol : forages, géophysiques, modélisations numériques...**
- **Développement des techniques de forage et d'exploitation (productivité & durabilité des ressources)**
- Ingénierie juridique et économique (partenariats public-privé)
- Développement industriel / filières (forages, fournisseurs de PAC, etc.)
- Réglementation (législation, prix carbone / de l'énergie, etc.)
- Dispositifs assurantiels (Garantie Géothermie, AQUAPAC, etc.)
- **Montée en compétence / accompagnement des acteurs locaux**
- Accompagnements financiers (Fonds chaleur, MaPrimRenov, etc.)

Programme de l'après-midi

14h15	La place des géothermies en France	Armand POMART (AFPG)
14h45	Capitalisation et valorisation de la connaissance géologique de la GMI	Vivien BAUDOIN (BRGM)
15h15	Colmatage des forages de géothermie	Luc BURTÉ (GINGER BURGEAP)
15h45	Pause	
16h00	Incidence du gradient d'écoulement de la nappe sur le dimensionnement d'un champ de sondes verticales	Alexandre GODARD (EUROVIA) & Hélène GILLET (GINGER BURGEAP)
16h30	Projet PGE pour Bordeaux Métropole d'exploitation géothermique en doublet des sables du Cénomano-Turonien	Christophe RAYMOND (ENGIE) & Bruno MARSAUD (ANTEA GROUP)
17h00	PEPR bien communs – Perspectives du développement de la géothermie du fossé Rhénan	Chrystel DEZAYES (BRGM)
17h30	Synthèse et clôture	Jean-David VERHNES (Président du CFGI)





 **GINGER**
BURGEAP