* **Géo / thermie**
* Géo : Terre / thermos : chaleur
* Exploitation de la **chaleur** de la Terre à des fins commerciales, pour produire de l’électricité ou du chauffage
* Représente part infime dans la production d’énergie électrique mondiale

Chiffres bas : flux de chaleur terrestre inégal selon les endroits 🡺 contextes géologiques particuliers (milieux océans failles/rift, subduction, points chauds)

* **Sources de chaleur de la terre**

Chaleur de la Terre provient de différentes sources

1. **Radioactivité**
	* 50% = **principale**
	* **Désintégration** d’atomes radioactifs au cours du temps (Uranium, Thorium et Potassium)
	* Renfermés dans les enveloppes de la Terre (manteau et noyau)
	* Désintégration = **libératrice de chaleur** (manteau couche + volumineuse : + chaleur)
2. **Chaleur initiale de formation de la Terre**
	* Formation par **accrétion**
	* Au moment **collision** blocs rocheux = leur **énergie cinétique se convertit en chaleur**
	* Mais **dissipation** progressive
3. **Chaleur de cristallisation du noyau de la Terre (fer + nickel)**
* Manteau, noyau **externe** de fer **liquide**, noyau **interne** de fer solide
* **Cristallisation progressive du fer liquide** 🡪 **passage du fer de l’état liquide à l’état solide = dégagement de chaleur**
* Source de chaleur jusqu’à la cristallisation complète du noyau liquide
* T° de la terre
* Augmente avec la **profondeur = gradient géothermique**
* Energie se transfère par des **mvts de conduction (lithosphère) ou par convection** (asthénosphère)
* Extraction de la chaleur au moyen de tuyaux dans les nappes d’eau souterraines : l’eau reste **liquide** grâce à la **pression**
* **Différents types de géothermie :** pas toutes aussi écologiques/renouvelables
* **Géothermie superficielle/très basse température-énergie**
	+ -200m de profondeur, -30°C
	+ **Chauffage :** **utilisation individuelle maison ou dans un quartier**
	+ Classé comme **pompe à chaleur**, avec capteurs géothermiques enterrés pour capter calories via des échanges de chaleur
* **Géothermie basse température-énergie**
	+ 100aine de m – 2000m
	+ 30 à 90°C
	+ Utiliser **l’eau chaude, via échangeur de chaleur, directement pour Pour chauffage :** par planchers chauffants ou radiateur, pour produire de l’eau chaude dans les sanitaires des bâtiments publics/immeubles ou habitations individuelles
	+ Aussi chauffage de piscines, établissements thermaux, parcs de loisirs, serres agricoles...
	+ Quand mêmes dispositifs de pompage eau/chaleur + pompes à chaleur
* **Géothermie de moyenne énergie**
	+ 90-150°C
	+ Ici possible utilisation **eau chaude pour production électricité : mais échangeur de chaleur (créer de la vapeur avec fluide intermédiaire pour actionner turbine)**
		- Eau pas assez chaude naturellement pour produire de la vapeur directement et trop chaude pour un simple chauffage
		- **Transformation en vapeur grâce échangeur de chaleur et fluide intermédiaire :**

*tuyaux remplis d’eau géothermale en contact avec des tuyaux eux-mêmes remplis d’un liquide spécifique (généralement* [*hydrocarbure*](https://www.planete-energies.com/fr/content/hydrocarbure)*). En se chauffant  au contact des tuyaux pleins d’eau, ce liquide entre en ébullition et se vaporise. Le gaz ainsi obtenu fait tourner une turbine dont le mouvement produit de l’électricité. Ce gaz est ensuite refroidi et se liquéfie avant d’être réutilisé pour un nouveau cycle de production.*

* **Mais impact écologique pas nul pour ces 3 premiers types** : Pompes à chaleur /réseaux et échangeurs de chaleur/pompes de circulation consomment énergie électrique et donc énergie nucléaire (polluante) pour fonctionnement ; dispositifs peuvent contenir un fluide frigorigène polluants ;
* **Géothermie haute température-énergie : + écologique/renouvelable :**
	+ - pas intervention machines utilisant l’énergie nucléaire (polluante),
		- seule utilisation eaux chaudes des profondeurs de la Terre qui une fois utilisée est réinjectée dans la nappe souterraine pour se réchauffer à nouveau : boucle géothermique
	+ Zones avec gradient géothermal élevé (jusqu’à 30°C par 100m)
	+ Forages à +1500m de profondeur
	+ 150°C : chaleur directement utilisable sous forme de chaleur
	+ Ou chaleur suffisante pour produire de l’électricité : puisque crée assez de vapeur pour faire tourner une turbine
* Technologies de géothermie profonde pour exploiter les failles naturelles du sous-sol
	+ - exploitation gisements de vapeur d’eau chaude ou captation d’eau chaude géothermale qui circule dans les failles naturelles du sous-sol (et en remontant transformation en vapeur)
* concept de géothermie ‘volcanique ‘ : **Failles dans des zones de volcanisme** actif ou récent
* Ou géothermie ‘EGS (Enhanced Geothermal Systems = SGS Système géothermique stimulé) qui exploite les eaux chaudes circulant dans les **failles naturelles du sous-sol**

Il y a trois centrales de géothermie profonde en France (voir diapo).

La centrale de Soultz-sous-forêts est une centrale pilote qui a permi le développement de Rittershoffen.

Les étapes de construction :

1 évaluation du potentiel géologique (étude des sols)

2 forage + construction (exploitation)

3 distribution

Le forage : 2 puits

* le puit de production : achemine l’eau chaude de l’aquifère jusqu’à l’échangeur de chaleur
* le puit d’injection : renvoie l’eau froide dans l'aquifère

=> boucle géothermale

l’échangeur de chaleur  permet de transmettre les calories de la boucle géothermale à la boucle secondaire

séparation du mélange eau / vapeur

* la vapeur est envoyée dans une turbine pour produire de l’électricité
* l’eau peut être envoyé directement dans le réseau de distribution (chauffage, climatiseur, eau chaude)
* l’eau est renvoyé dans le puit d’injection

centrale de cogénération (voir diapo) : c’est le cas de Rittershoffen.

EGS : fracturation hydraulique utilisée à Soultz et Rittershoffen : envoyer un liquide (eau douce) sous haute pression pour élargir ou créer des failles dans le but de produire de la chaleur.

Inconvénients et avantages (voir diapo).

nouveaux investissements pour stimuler les plans de géothermie

COMMENTAIRES

PAC : pour puiser l’énergie présente dans le sous-sol grâce à des capteurs enterrés (jardin) : récupère chaleur du sol avec capteurs thermiques, puis P° d’une température plus élevée au moyen d’un compresseur et d’un détendeur (fonctionnant à l’électricité) 🡪 utilisation de fluides frigorigènes
Puis la chaleur générée va dans le circuit de chauffage
investissement conséquent, possibles aides financières

Echangeurs de chaleur

Ici on a deux circuits qui se font face : l’eau chaude qui sort de la Terre tourne en circuit fermé pour céder sa chaleur à un circuit géothermique dans lequel on trouve l’eau de la ville destinée à être réchauffée un fluide frigorigène dans un réseau en face : capter des calories tout en évitant la corrosion du réseau de chaleur ;
échangeur à plaques souvent

Ici pour produire chauffage : basse énergie

Quand on veut produire de l’électricité : à la place de l’eau de la ville 🡪 fluide frigorigène pour créer de la vapeur et actionner une turbine.

Convection : mouvement de matière dans un milieu liquide ou gazeux.
cellules de convection : différences de densité > courants ascendants (fluide froid descend) et descendants ( fluide chaud remonte)

conduction : correspond au transfert de chaleur direct entre des matières en contact. La conduction thermique est un terme spécifique aux solides. C’est un transfert thermique direct au sein d’un milieu matériel (par propagation de proche en proche).