

Sciences de la vie et de la Terre

Thème 2-A – Géothermie et propriétés thermiques de la Terre

Table des matières :

1. [Activités pour la classe](#)
 2. [Sitographie](#)
 3. [Bibliographie ; Documentation](#)
 4. [Les métiers liés à la géologie](#)
-

Thème 2. – Enjeux planétaires contemporains

Thème 2-A – Géothermie et propriétés thermiques de la Terre

Ce thème a deux objectifs : aboutir à une compréhension globale du fonctionnement interne de la planète et faire prendre conscience que la géothermie est une ressource énergétique quasi inépuisable, utilisable par l'Homme.

Il existe plusieurs types de géothermie : domestique très basse énergie, industrielle basse énergie, industrielle haute énergie. Il n'est question que des deux derniers dans les exemples proposés ici.

La majorité des installations industrielles utilisant la géothermie sont localisées dans les zones volcaniques liées à la subduction (Japon, Nouvelle Zélande, Philippines, Guadeloupe,...), quelques unes sont associées aux dorsales (Islande, Açores), aux fossés d'effondrement (Alsace) ou à des points chauds (Islande, Hawaï), certaines sont situées dans des zones de collision (Italie). Il en existe aussi dans des régions stables du globe, comme les bassins sédimentaires ou même les cratons (Bassin Parisien, Québec,...). Cette diversité des implantations montre l'importance de ce gisement d'énergie, que l'Homme pourrait utiliser davantage qu'il ne le fait actuellement.

La géothermie exploite le flux thermique qui parvient en surface. Variable selon les contextes géodynamiques, il peut être localement plus élevé que la moyenne à cause de la présence de magmas ou d'une asthénosphère anormalement proche de la surface.

Il convient de bien distinguer le flux et le gradient géothermique :

- Flux géothermique : quantité de chaleur traversant une unité de surface par unité de temps (en Watt.m^{-2} ou $\text{J.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$)

- Gradient géothermique : rapport entre la variation de température entre deux points et la distance entre ceux-ci.

Dans les zones de subduction, le flux est certes faible à la verticale de la zone de plongement de la plaque lithosphérique, mais il est fort dans l'arc volcanique associé. C'est d'ailleurs là que sont implantées la plupart des grandes installations industrielles géothermiques, représentant 70% de l'énergie géothermique actuellement exploitée.

La désintégration d'éléments radioactifs contenus dans les roches du manteau terrestre et de la croûte est la principale source du flux géothermique. Le transfert thermique vers la surface se fait par convection et par conduction. Ces notions sont abordées en physique en 1S et TS. La meilleure efficacité de la convection explique les flux élevés au niveau des dorsales.

Les cartes de la répartition mondiale des flux et les images de tomographie sismique, confrontées aux connaissances antérieures sur la tectonique des plaques permettent de compléter le schéma du fonctionnement global de la planète avec la mise en place de la convection mantellique.

Les acquis des élèves.

Energie renouvelable. La notion est définie en 3ème en SVT, par opposition aux sources d'énergie fossiles, dans le cadre des impacts sur l'environnement. En seconde dans la partie « énergie enjeu planétaire contemporain », l'accent est mis sur l'énergie solaire et la fossilisation de la biomasse.

L'énergie est un sujet abordé aussi en sciences économiques et sociales, en géographie au niveau seconde, et en 1S en sciences physiques à propos de l'économie des ressources.

Radioactivité. En 1S en physique, sont étudiées les réactions nucléaires et les aspects énergétiques associés. En SVT, la décroissance radioactive naturelle est utilisée en radiochronologie dans le thème 1B de terminale S.

Gravimétrie. Densité et masse volumique sont définies en physique en 1S. En SVT, on modélise l'isostasie dans le thème 1B de terminale S.

Magmatisme. L'accrétion au niveau des dorsales est vue en 1S, la production de croûte continentale dans les zones de subduction est traitée dans le thème 1B3 de terminale S.

Transfert thermique, dissipation d'énergie, conversion d'énergie. Ces notions sont abordées en physique : en seconde, un corps chaud émet un rayonnement continu ; en 1S : la production d'énergie électrique est développée, conduction et convection sont présentées, sans faire l'objet de manipulations ; en TS, il en est fait une interprétation, le flux thermique est défini, la résistance thermique de matériaux est calculée (faisant intervenir leur coefficient de conductivité thermique).

Modèle de tectonique des plaques. Il est ébauché en 4ème, puis le programme de 1S permet de voir comment il a été progressivement construit et continue à être enrichi.





Modélisation. Des modèles analogiques sont utilisés à plusieurs reprises en 4ème, 2nde, 1S en SVT, parfois intégrés dans une démarche expérimentale.

A propos des modèles, consulter la Ressource pour la classe de 1S, Thème 1B La tectonique des plaques : [Théories et modèles en sciences de la Terre](#).

Structure du globe. Elle n'est que partiellement connue : avant la classe de terminale sa connaissance se limite à la lithosphère et à l'asthénosphère, au manteau et à la croûte.



1. Activités pour la classe

Signification des pictogrammes utilisés :

-  Réaliser, manipuler
-  Réaliser en utilisant les TICE
-  Rechercher extraire organiser l'information utile
-  Raisonner, pratiquer une démarche explicative

Les activités notées « *Annexe 1* » à « *Annexe 10* » sont développées à la fin de ce document.

Exploitations géothermiques et contextes géodynamiques

- Utiliser les données recueillies lors de la visite d'une exploitation géothermique  .
Exemples :
 - Visite de la centrale géothermique de Bouillante (Guadeloupe) http://pedagogie.ac-guadeloupe.fr/sciences_et_techniques_industrielles_lgt/visite_centrale_geothermique_bouillante
 - Circuit géologique qui présente successivement un ensemble de sites ayant un rapport avec la géothermie. [Géothermie en Alsace](#)

- Réseau de chauffage urbain de Champigny sur Marne (94) <http://champigny.reseau-chaaleur.fr/>
- Centrale de géothermie de la Semhach à Chevilly-Larue (94) <http://semhach.fr/> .
- SEM Géothermie de Fresnes (94)
- **Autres à ajouter**

- Questionnaire proposé en collège sur le thème de la géothermie par l'ASsociation pour la COonnaissance des Travaux Publics (ASCO TP) ®
<http://colleges.planete-tp.com/dossier-no2-la-geothermie-r45.html>
- Exploiter des documents et des connaissances afin de comprendre les causes de l'implantation d'une centrale géothermique. Cette activité propose trois exemples d'implantation : en Alsace, en Guadeloupe et en Islande. 📁 🌐 ® (📎) **Annexe 1**
- Exploiter des documents afin de comprendre l'existence de sources chaudes en Alsace. 📁 🌐 ® **Annexe 2**
- Volcanisme et sources chaudes dans le fossé rhénan (sujet des Olympiades de Géosciences 2008 NE- exercice n°3) 📁 🌐 http://svt.ac-dijon.fr/dyn/IMG/Sujet-NE-Olympiades_2008.pdf
- Calculer la remontée du Moho sous la plaine d'Alsace et la confronter avec les données des sources chaudes locales. 📁 🌐 ® **Annexe 3**
- Utiliser une carte pour repérer les variations du flux géothermique à la surface de la Terre / en France. 📁 🌐
- Mettre en relation les variations du flux géothermique avec les contextes géodynamiques (mobilisation de connaissances acquises). 📁 🌐 ®

Calculs de flux et gradient géothermiques et représentations graphiques

- Représenter graphiquement le gradient géothermique moyen dans la croûte continentale et comparer ce gradient avec des mesures de températures réalisées en différents points du globe. 📁 🌐 📎 ® **Annexe 4**
- Utiliser des données pour tracer le gradient géothermique moyen avec un tableur. 📎
http://accs.inrp.fr/eedd/climat/dossiers/energie_demain/geothermie/gradient_geothermique_correction.xls/view
- Calculer le gradient géothermique et le flux géothermique existant au Québec à partir de l'étude de données de températures issues de forages réalisés dans une ancienne exploitation minière : les mines Gaspé à Murdochville. 📁 🌐 ® (📎) **Annexe 5**
- Exploiter des documents pour valider / invalider l'hypothèse que le gradient géothermique moyen établi dans la croûte continentale est constant. Sont pris en compte les propriétés du fer et l'état physique du noyau terrestre. 📁 🌐 ® **Annexe 6**
- Calculer des bilans thermiques. Comparaison des flux de chaleur dans les océans et les continents ; détermination de la part de l'énergie d'origine radioactive dans la puissance dissipée. 📁 🌐 ® **Annexe 7**
- Comparer l'énergie provenant de la désintégration des éléments radioactifs du globe avec l'énergie apportée par le soleil. 📁 🌐
http://ww3.ac-poitiers.fr/svt/activite/s-remerand/machther/mach_ther.htm

Manipulations pour faire des mesures de conduction/convection sur des roches ou en ayant recours à des modèles analogiques.

- Réaliser des observations de transfert de chaleur par conduction sur différents matériaux en utilisant un modèle analogique. ✂ 🖱️ 📄 © *Annexe 8*
- Réaliser des mesures de transfert de chaleur par conduction sur différents matériaux grâce à un dispositif ExAO. ✂ 🖱️ 📄 © *Annexe 9*
- Réaliser des mesures de températures grâce à un dispositif ExAO et appliquer une démarche scientifique pour évaluer l'efficacité des transferts de chaleur par conduction et par convection. Utilisation d'un modèle où le matériel peut conduire la chaleur par convection ou par conduction, selon sa viscosité. ✂ 🖱️ 📄 © *Annexe 10*
- Pourquoi et comment la Terre dissipe-t-elle de l'énergie ? (TP de 1S du chapitre «machinerie thermique» de l'ancien programme) ✂ 🖱️ 📄 :
 - Modèle de conduction thermique dans les solides ; mesures de température avec utilisation d'ExAO
 - Modèle pour visualiser la convection en utilisant des huiles de couleurs.
<http://www.ac-grenoble.fr/svt/Jdi-lycee-2010/jdi-2010-lycee-acad-site/TPcollaboratif-machinerie-thermique-prod-eleve.pdf>
- Comment l'énergie interne se dissipe-t-elle ? (TP de 1S du chapitre «machinerie thermique» de l'ancien programme) ✂ 🖱️
 - Deux montages analogiques pour mesurer les transferts de chaleur dans l'eau, l'un par conduction, l'autre par convection, afin de comparer leur efficacité
 - Modélisation d'un point chaud
http://ww3.ac-poitiers.fr/svt/activite/s-remerand/machther/mach_ther.htm
- Modélisation de deux mécanismes de dissipation de la chaleur. ✂ 🖱️ 📄
 - convection due à un chauffage par le bas et un refroidissement par le haut, dans l'eau
 - conduction dans un bloc de granite
- Mesures de température, tracé de graphique avec ou sans tableur 📄
<http://svt.ac-montpellier.fr/spip/spip.php?article172>
- Utiliser des données pour tracer le gradient géothermique moyen avec un tableur. 📄
http://accs.inrp.fr/eedd/climat/dossiers/energie_demain/geothermie/gradient_geothermique_correction.xls/view
- Modélisation de la vitesse des ondes sismiques dans un solide en fonction de la température, afin de comprendre les images de tomographie sismique. Mesures assistées par ordinateur ✂ 🖱️ 📄
<http://svt.ac-montpellier.fr/spip/spip.php?article172>

2. Sitographie

Sur la géothermie en France

| Adresse du site | Commentaires |
|---|--|
| Site INRP http://accs.inrp.fr/eedd/climat/dossiers/energie_demain/geothermie/geothermie_SVT | Donne les définitions de base et des illustrations (diagrammes, carte de France, tableaux de mesures ...) |
| Site UVED – La centrale géothermique de Bouillante (Guadeloupe) http://unt.unice.fr/ued/bouillante/cours/i.-la-geothermie-manifestations-quantification-origine-et-utilisations-de-la-chaleur-interne-du-globe/3.-I2019utilisation-de-la-chaleur-interne-la-geothermie/3.2-des-techniques-qui-s2019adaptent- | Site complet et bien structuré. Manifestations de la géothermie, quantification, origine, gradient géothermique, modélisation des transferts de chaleur, techniques adaptées de la basse-énergie jusqu'à la haute énergie, l'exemple de la centrale de Bouillante en Guadeloupe. |

| Adresse du site | Commentaires |
|--|---|
| aux-ressources.html | |
| Site Institut de Physique du Globe de Paris http://www.ipgp.fr/pages/060204.php | Site simple et concis. Graphes ; cartes de flux de chaleur. Mesure du flux de chaleur dans un bouclier continental (exemple du Canada). |
| Site BRGM http://sigminesfrance.brgm.fr/geophy_flux.asp | Données sur les flux de chaleur et températures en France. Nombreuses cartes de la France sur les flux de chaleur à différentes profondeurs. |
| Site ENS Lyon http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-convection-et-geotherme.xml | Convection, gradient thermique et géotherme. (par Pierre Thomas) |
| Site du SENAT http://www.senat.fr/rap/r05-436/r05-436.htm (sommaire) | Pages axées sur les énergies renouvelables (dont la géothermie) et le développement local. Quelques exemples français. Liste des opérations géothermiques en France. |
| Site de la Documentation française http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/064000560/index.shtml | Rapport sur les énergies renouvelables dont la géothermie. L'exemple de Jonzac en Charente-Maritime |
| SITE ADEME-BRGM http://www.geothermie-perspectives.fr/18-regions/index.html http://www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/index.html | Site complet et riche en exemples bien illustrés. Des documents à télécharger dans la rubrique « publications ». A partir d'une carte de France, sélection d'une région pour obtenir des informations sur son potentiel géothermique. Cadre géologique des ressources géothermiques en France |
| Site INRP http://eduterre.inrp.fr/eduterre-usages/ressources_gge/fossrh | Un rift continental, le fossé rhénan Permet d'utiliser des Systèmes d'Informations Géoscientifiques "en ligne" pour observer des paysages, la morphologie, les accidents tectoniques, les roches présentes, la remontée de l'asthénosphère... |
| Site ENS Lyon http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-massif-central.xml http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-auvergne-point-chaud.xml | Le massif central est-il un point chaud ? |

Sur la géothermie dans d'autres pays (incluant des sites en langue étrangère)

| Adresse du site | Commentaire |
|---|--|
| En Suisse (sites en français) | |
| Site du Centre de recherche suisse en géothermie : le CREGE http://www.crege.ch/index.php?menu=geo&page=geot_h_intro | Site richement illustré avec notamment des blocs diagrammes intéressants sur les différents types de géothermie (en région alpine ; à basse température et faible profondeur ; à haute température et grande profondeur. |
| La géothermie en Suisse http://www.geothermie.ch/index.php?p=geothermics | - Définition des différents types de géothermie (basse à haute énergie) avec schémas annotés. - Différents types d'installations (sondes, corbeilles |

| Adresse du site | Commentaire |
|---|---|
| | géothermiques, sur nappes phréatiques) - Deep Heat Mining, un projet HDR (Hot Dry Rocks) en Suisse : présentation du projet, avancement, schémas et photos accompagnant et illustrant la plupart des textes. |
| Géothermie en Islande. (sites et articles en anglais) | |
| http://www.energy.rochester.edu/is/reyk/ | Historique de la géothermie en Islande. Implication dans l'économie, la culture de plantes. |
| http://www.nea.is/geothermal | Site de la « National Energy Authority », agence gouvernementale dépendant du ministère de l'industrie, de l'énergie et du tourisme. Voir l'onglet « geothermal ». Recense les ressources (carte de localisation des sites ...), les utilisations directes (chauffages divers, thermalisme, fermes aquacoles ...), la production d'électricité et un intéressant projet d'avenir : le projet de forage profond IDDP (Iceland Deep Drilling Project). |
| http://www.or.is/media/files/country.pdf | « Geothermal Energy in Iceland » (2001) L'article décrit et illustre l'exemple islandais qui utilise abondamment ses ressources géothermiques dans le but de diminuer les apports des énergies non renouvelables dans la production énergétique globale du pays. Quelques centrales géothermiques y sont brièvement décrites. Le problème des rejets atmosphériques de CO ₂ est également abordé. |
| http://www.geo.tu-freiberg.de/oberseminar/os06_07/Kathrin%20Kranz.pdf | « Geothermal Energy in Iceland » (2006) La situation particulière de l'Islande (sur la dorsale Atlantique), la présence d'un gradient géothermique anormalement élevé et très favorable ainsi que la variété et l'abondance des ressources géothermiques sont rappelés. Description de 2 groupes de ressources : conventionnelles, les sources chaudes « naturelles » ; non conventionnelles, « forcées », non-naturelles et d'avenir, utilisant de la vapeur produite à grande profondeur (projet IDDP). Cet article aborde aussi, les réserves potentielles, les utilisations de la ressource géothermique ainsi que les aspects environnementaux. |
| Aux USA (sites en anglais) | |
| http://www.nasa.gov/topics/earth/features/yellowstone-heat.html | Images satellitaires (Landsat) permettant d'observer l'activité géothermique du parc de Yellowstone et ses changements au cours du temps |
| http://www.google.org/egs | Fichier permettant d'obtenir des informations à partir de Google Earth, notamment la température et la production électrique potentielle aux Etats-Unis entre 3 et 7 km de profondeur |
| http://www.eia.gov/kids/energy.cfm?page=geothermal_home-basics-k.cfm | Origines de la géothermie, cartes de répartition, utilisation de cette énergie, fonctionnement des centrales électriques géothermiques, impact environnemental de cette énergie. |
| http://www.geothermal.org/GeoEnergy.pdf | Décrit les origines de la chaleur interne, les ressources mondiales et son utilisation aux Etats-Unis, le fonctionnement des centrales géothermiques, les utilisations de cette énergie dans la vie quotidienne |

| Adresse du site | Commentaire |
|---|---|
| | aux Etats-Unis et son impact environnemental et ses avantages économiques (d'un niveau scientifique plus élevé que le précédent) |
| Geothermal Education Office http://geothermal.marin.org/geoenergy.html | Différentes utilisations de la géothermie. Puissances exploitées dans le monde. |
| Géothermie en Nouvelle Zélande. (en anglais) | |
| http://www.nzgeothermal.org.nz/index.html | Site d'une association non gouvernementale (New Zealand Geothermal Association) qui recense les différentes ressources géothermique de la Nouvelle Zélande. Voir en particulier le menu « Geothermal Energy » qui aborde les systèmes géothermiques, les champs géothermiques du pays un à un, l'utilisation qui est faite de ces ressources (production d'électricité ...) ainsi que d'intéressantes parties bien documentées sur les potentialités, les ressources alternatives et sur les aspects physiques, techniques et technologiques. Nombreuses ressources chiffrées. |
| Géothermie en Australie (en anglais) | |
| http://www.geodynamics.com.au/IRM/content/home.html | Projet de géothermie profonde Geodynamics est la compagnie qui développe le projet HDR australien exploitant la ressource du site Copper Basin. Le site propose une animation en flash pour expliquer les grands principes du concept de Hot Dry Rock de la localisation de la ressource à la production d'électricité. Le site veut s'adresser à un public le plus large possible. |
| Géothermie en Italie (sites en italien) | |
| http://www.unionegeotermica.it/pdf/files/manifesto-geotermia.pdf | Un document émanant de l'Union Géothermique Italienne (2011): L'UGI est une association qui a pour but l'étude et la promotion de l'énergie géothermique en Italie. Le document insiste sur les avantages économiques, géopolitiques et environnementaux de cette énergie. Il dresse un état des lieux des ressources en Italie. Il propose des pistes de mesures requises pour son développement au niveau national et local. |
| http://www.geotermiamarche.it/recensioni.php | Un document qui recense les ressources disponibles en Italie : S'appuyant sur des données de flux d'énergie calorifique, le site recense les ressources disponibles en Italie et propose de développer des exemples d'exploitation possible de la ressource à partir de réalisations concrètes. Centrée sur la région des Marches le document ramène à l'échelle locale la problématique des besoins énergétiques avec comme possible solution la géothermie. |
| http://geomuseo.enel.com/ | Site de l'ENEL l'équivalent italien d'EDF, à propos de la géothermie et de son exploitation à Larderello Commentaires en italien et en anglais. |
| http://www.lacasaecologica.it/climatizzazione-geotermica | Un document concernant la « climatisation géothermique » : sous nos latitudes, la géothermie est |

| Adresse du site | Commentaire |
|---|--|
| | associée à la production de chaleur. Sous des climats plus cléments, méditerranéens par exemple, cette source d'énergie peut être utilisée pour produire chaleur ou froid. Document à destination du grand public qui présente le principe de manière simple. |
| Napoli - Esperti a confronto su Geotermia | Un document vidéo à consulter : extrait d'édition du journal télévisé régional de Naples, dans le cadre d'un colloque. Des experts ont exposé les paradoxes de la région de Naples en matière de politique énergétique : ressources abondantes et faciles d'accès mais pas exploités. |
| En allemand | |
| http://deutsch.geothermie-soultz.fr/ | Le site de géothermie de Soultz-sous-Forêts dans le Bas-Rhin en version allemande. Explique en détail le principe de la géothermie et décrit l'expérimentation menée sur le site. Existe aussi en français et en anglais |
| http://www.mulewf.rlp.de/fileadmin/mufv/publikationen/Geothermie_Energie_aus_dem_heissen_Planeten.pdf | Travail mené par des élèves allemands sur le sujet de la géothermie en général, les différents types de géothermie, le site de Soultz, etc....Il présente sous la forme de questions-réponses un ensemble documentaire qui peut être utile pour les élèves comme pour les professeurs. |

Les transferts thermiques. Dont des modélisations sous la forme de vidéos, ou d'animations numériques

| Adresse du site | Commentaires |
|--|---|
| Site SVT Académie de Montpellier http://svt.ac-montpellier.fr/spip/spip.php?article172 | En téléchargement : - convection due à un <u>chauffage par le bas et un refroidissement par le haut</u> (convection1.MPG) ; - convection due à un <u>chauffage dans la masse et un refroidissement par le haut</u> (convection2.MPG). |
| ENS Lyon http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-modelisation-par-ombroscopie.xml http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-modelisation-de-la-convection.xml http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-convection-et-contients.xml | - Modèle analogique : Convection thermique dans un fluide par ombroscopie. Série d'expériences analogiques permettant de simuler certains aspects de la convection mantellique. - Modélisations numériques tridimensionnelles de Joerg Schmalzl, sur la convection mantellique avec différentes sources de chauffage. 3 vidéos à télécharger. - Le fonctionnement du modèle de convection sans ou avec continent : montre l'influence de la présence de continents sur l'organisation de la convection mantellique. |
| Geothermal Education Office (en anglais) http://geothermal.marin.org/geoenergy.html | vers Google Earth : cartographie USA et Australie avec estimations de température en profondeur. |
| Site de l'Agence Régionale de l'Environnement et | Vidéo de 4'31 sur géothermie et bassin parisien (bloc |

| Adresse du site | Commentaires |
|---|--|
| des Nouvelles Energies d'île de France http://areneidf.org/fr/La_geothermie-95.html | diagramme, animation, interview) |
| Site du Commissariat à l'Energie Atomique http://www.cea.fr/jeunes/mediatheque/animations_flash/les_energies/la_geothermie | Animation flash sur le principe de la géothermie profonde |
| Institut de physique du globe de Paris http://www.ipgp.fr/pages/0217020103.php | Tomographie sismique. - Convection dans le manteau terrestre - Les mécanismes de raccourcissement du manteau lithosphérique sous le Tibet. |
| Sites privés http://svt.enligne.free.fr/spip.php?article205 http://jupiter.u-3mrs.fr/~ms422aww/webdocs/mst/Geomus/Tomographie.htm | La tomographie sismique ; explications simples destinées aux élèves de lycées et illustrations. |

Différents types de géothermie utilisables par l'Homme

| Adresse du site | Commentaires |
|--|---|
| SITE ADEME-BRGM | |
| http://www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/01-tres-basse-energie.html | Géothermie domestique ou à très basse énergie : (= température inférieure à 30°C) avec recours aux pompes à chaleur, pour les habitations individuelles et collectives (2 exemples illustrés en région parisienne). |
| http://www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/02-basse-energie.html http://www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/02-basse-energie-02.html http://www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/02-basse-energie-03.htm http://www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/02-basse-energie-04.html | Géothermie Industrielle basse énergie (température entre 30 et 90°C). Par exemple, - à partir des aquifères du Dogger dans le bassin parisien pour les chauffages collectifs. Coupe du bassin et place des aquifères. L'exemple de la ville Fresnes (94). Bilan chiffré. - à partir des aquifères du bassin aquitain (comparaison avec le bassin parisien) |
| http://www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/03-haute-energie-02.html http://www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/03-haute-energie-03.html http://enseignants.edf.com/mod/preparez/la-geothermie-a-la-centrale-de-bouillante-en-guadeloupe,2142?page=1 http://www.uved.fr/ressources-pedagogiques-numeriques/geothermie-bouillante.html | Géothermie Industrielle haute énergie (= température supérieure à 150°C) En Guadeloupe La production d'électricité à la centrale de Bouillante En Martinique et Réunion |

| Adresse du site | Commentaires |
|---|--|
| http://www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/03-haute-energie.html http://www.geothermie-soultz.fr/ | <p>Accès à 3 schémas très détaillés</p> <p>En Alsace. Géothermie à Soultz-sous Forêt Site éducatif, complet Le site du programme européen de recherche présente des pages générales sur le concept HDR, sur le projet en lui même et ses différents partenaires et revient ensuite sur les différentes phases du projet. Le site est enrichi de nombreuses photos et schémas.</p> |
| http://www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/04-geothermie-futur-01.html http://www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/04-geothermie-futur.html http://www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/04-geothermie-futur-02.html | <p>Géothermie du futur - exemple de géothermie profonde à Soultz-sous-Forêts (fossé rhénan) Expérimentation de circulation d'eau entre 2 puits dans le granité fracturé. L'électricité du futur : schéma explicatif du dispositif</p> <p>- Potentiel géothermique en France. schéma 3 D du fossé de Limagne, carte des isothermes en France.</p> |
| http://www.geothermie-perspectives.fr/08-enjeux/01-geothermie-01.html http://www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/02-basse-energie-01.html http://www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/02-basse-energie-03.html | <p>Enjeux. Place de la géothermie face aux énergies fossiles, et parmi les énergies renouvelables</p> <p>Les opérations de géothermie basse énergie en Ile de France et dans le bassin aquitain ; état actuel et avenir.</p> |

3. Bibliographie ; Documentation

Bibliographie inspirée des références très complètes du site de l'ADEME et du BRGM
<http://www.geothermie-perspectives.fr/11-informations-utiles/03-bibliographie.html>

Généralités, aspects historiques

La géothermie - Collectif BRGM-ADEME - Orléans, Angers : Editions BRGM, ADEME Editions - 2004 ; Coll. "Les Enjeux des Géosciences"; 44 p. ill.; 21 cm ISBN : 2-7159-0952-7

La géothermie : du Geyzer au radiateur - Jean-Michel Coudent et Florence Jaudin - Editions du BRGM 1989

Les énergies en questions : géothermie et bioénergie, Ian Graham, Editions Gamma 1999

Physique de la Terre solide. Observations et théories. Chapitre 5 : La géothermie. - Larroque C., Virieux J. - Gordon and Breach Science Publisher. - Collection Géosciences. ISBN 2-84703-002-6

La chaleur de la terre : De l'origine de la chaleur à l'exploitation des gisements géothermiques - Raymond Ferrandes - Paris : ADEME Editions - 1998 ; 399 p. : ill. ; 22 cm, Contient des références bibliographiques et un index ; ISBN 2-86817-301-2

La géothermie : une énergie d'avenir "réalité en Ile-de-France" - Jean Lemale, Florence Jaudin, (avec la collaboration de Y. Benderitter, P. Laplaige, R. Ferrandes ; Coordination Francine Breniere.) - Paris : ARENE - 1998 ; 117 p. : ill. ; 30 cm. "Couve.: ARENE, Ademe, BRGM" Bibliogr : p. 112 ; ISBN 2-911533-11-9

La Géothermie : exploration, forage, exploitation. - H. Christopher H. Armstead, (traduit de l'anglais par le Service Traduction du Bureau de recherches géologiques et minières... ; introduction et commentaires de Jacques Varet) - Orléans : Editions BRGM - 1981 ; 380 p. : ill., couv. ill. en coul ; 24 cm ; ISBN : 2-281-00009-5 (Br.)

Stories from a heated earth; our geothermal heritage. - Cataldi, Raffaele; Hodgson, Susan F; Lund, John W - USA : Special Report - Geothermal Resources Council, vol.19 1999 ; 569 p. : ill. ; ISBN : 0-934412-19-7

Blue book on geothermal resources - Union européenne. Commission européenne - Luxembourg : Office for official publications of the european communities - 1999 ; 561 p. ; 30 cm ; ISBN : 92-828-5803-0

Atlas des ressources géothermales

Atlas of geothermal resources in Europe. - Hurter, Suzanne; Haenel, Ralph - Brussels, Belgium (BEL) : Publisher Commission of the European Communities - 2002 ; illus. incl. tables, 89 planches ; ISSN 1018-5593 ; ISBN 9282809994.

La Géothermie basse et très basse énergie

Géothermie basse énergie : usage direct de la chaleur - Jacques Varet - Paris ; New York ; Barcelone : Masson - 1982 : 201 p : ill., couv. ill. en coul ; 24 cm ; ISBN : 2-225-76440-9 (Br).

La géothermie : du geyser au radiateur - Jean-Michel Coudert, Florence Jaudin - Orléans : Editions BRGM - 1989 : 56 p. : ill. en coul., couv. ill. en coul. ; 33 cm ; ISBN : 2-7159-0471-1

La Géothermie Haute Energie

100 Years Of Geothermal Power Production - John W Lund - Geo-Heat Center Bulletin, Vol.25, n°3, Septembre 2004 ; ISSN 0276-1084.

Géothermie des Roches Chaudes Fracturées

European HDR research programme at Soultz-sous-Forets (France); 1987-1998 - Roy Baria ; Joerg Baumgaertner ; Andre Gerard ; Reinhard Jung ; John Garnis - In : 4th international hot dry rock forum; draft papers - Baria, Roy; Baumgaertner, Joerg; Gerard, Andre; Jung, Reinhard - 2002 ; Geologisches Jahrbuch, Sonderhefte: Reihe E, Geophysik, vol.1, pp.61-68 ; ISSN : 0341-6437.

Publications, documents pdf à télécharger

Données à télécharger sur des simulations numériques de convection

http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-convection-PTho_conf.xml

Différentes images disponibles : convection, tomographies, gradient, ...

<http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/objets/Images/convection-mantellique-tectonique-plaques/>

Site Ademe-Brgm : Nombreuses publications au format pdf à télécharger :

<http://www.brgm.fr/brgm/geothermie/publications.htm>

thém@doc « les énergies renouvelables c'est quoi ? » (cartes, schémas)

<http://www.crdp.ac-caen.fr/energies/Geothermie.htm>

Document intéressant de 10 pages sur l'état des lieux de la géothermie en France, avec cartes, tableaux chiffrés et photos. <http://www.soultz.net/fr/documents/WGC%202005.pdf>

Carte des ressources géothermiques en France (format word)

http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=1410

Documents fiables, adaptés à différents publics, mis à disposition par le site Géothermie de Soultz

<http://www.geothermie-soultz.fr/salle-de-cours/outils-pedagogiques>

4. Les métiers liés à la géologie

SOURCES :

- <http://www.onisep.fr/Ressources/Univers-Metier/Metiers/geophysicien-ne>
- http://www.ufg.asso.fr/telechargement/plaquette_metiers/UFG_plaquette.pdf
L'Union Française des Géologues propose sur son site une brochure pdf de 16 pages sur les métiers liés à la géologie intitulée « Les géosciences au service de l'humanité, géologue acteur-clé de la planète- 2008 ».
- http://www.ufg.asso.fr/upload/metiers/environnement_metier_ufg.pdf
Accès à des informations sur les différentes filières professionnelles en géologie : Environnement, géotechnique (aménagement-génie civil), hydrocarbures, hydrogéologie, mines et carrières, géophysique, enseignement et recherche.
- <http://sgfr.free.fr/emploi/metiers.php>
la société géologique de France propose des définitions sur les différents métiers liés à la géologie et les formations.
- http://www.emploi-environnement.com/fr/dico/fiches/metier_pedologue.php4

DIFFERENTS TYPE DE METIERS

1. GEOLOGUE –GEOTECHNICIEN

- Description : Le géologue est un spécialiste de la composition de l'écorce terrestre et de ses constituants, solides, liquides ou gazeux. Il travaille dans la recherche fondamentale ou exerce un métier relevant de la géologie appliquée. On a en effet besoin de géologues pour la prospection minière et pétrolière, l'utilisation de la géothermie, pour les études préalables aux chantiers de génie civil, la protection de l'environnement tel que l'étude de risques naturels tels que tremblements de terre ou glissements de terrain, ou de risque de pollution des sols et des eaux (voir aussi fiche hydrogéologue).
- Formation : Doctorat, soit après un cursus universitaire soit après une école d'ingénieurs.

2. GEOCHIMISTE

- Description : Le géochimiste est un spécialiste des systèmes chimiques naturels d'échelle très variable depuis les minéraux et les roches jusqu'aux gisements de minerais, d'hydrocarbure, les aquifères, les sols.
- Formation : Doctorat, soit après un cursus universitaire soit après une école d'ingénieurs.

3. GEOPHYSICIEN (IENNE)

- Description : Le géophysicien est un géologue particulier qui applique les principes et les méthodes de la physique à l'étude du sous-sol et du globe terrestre. Il exerce son métier dans les différents domaines qui relèvent de la géologie fondamentale. Ce peut être la géodésie, la gravimétrie, la sismologie ou bien encore le géomagnétisme
- Formation : il convient de décrocher un bac + 5 via l'université ou en école d'ingénieurs.

4. GEOTHERMICIEN (IENNE)

- Description : Capturer la chaleur terrestre pour chauffer ou produire de l'électricité, c'est l'objectif du géothermicien. On peut exploiter cette énergie car elle est stockée dans le sous-sol, sous forme de nappes d'eau (nappes phréatiques).
- Formation : Il n'existe pas de formation spécifique pour devenir géothermicien. Les futurs techniciens sont recrutés avec un bac + 2 au minimum dans des spécialités voisines ou utiles à la géothermie à Niveau :
 - bac + 2 (BTS fluides-énergies-environnements, options génie sanitaire et thermique ; génie climatique ; génie frigorifique ; maintenance et gestion des systèmes fluidiques et énergétiques ; DUT génie thermique et énergie)
 - Niveau bac + 3 (Licence pro spécialisée en énergie renouvelable ou en thermique énergétique);
 - Niveau bac + 5 : master pro ; diplôme d'ingénieur (ENSG, ENSHMG, etc...)

5. PEDOLOGUE

- Description : Il examine et analyse l'état d'un sol, à l'aide de sondages, fouilles, prélèvements, mesures. Il peut, de ce fait, déterminer la capacité des sols pour telle ou telle culture, la meilleure façon de les traiter. Il peut aussi se prononcer sur l'impact des projets d'aménagement (par exemple si l'extension d'un site industriel comporte un risque de pollution des nappes phréatiques).
- Formation : DEA de pédologie, généralement après des études de géologie ou une école d'ingénieur agronome.

6. VOLCANOLOGUE

- Description : Le volcanologue est un scientifique de haut niveau qui connaît et étudie sur le terrain et en laboratoire les différents types de volcans et les zones de risque volcanique. Il élabore des modèles théoriques concernant l'évolution des volcans et les scénarios éruptifs les plus probables. En fonction de ces connaissances fondamentales, il peut pour chaque volcan préconiser le type de réseau de surveillance à installer sur le site et le système d'alerte et de protection des populations à mettre en place.
- Formation : Doctorat sciences, après des études de géologie ou de géographie.

7. HYDROGEOLOGUE

- Description : L'hydrogéologue est le spécialiste de la prospection, de l'évaluation des ressources, des projets d'exploitation et de la gestion des eaux souterraines. Il étudie les nappes d'eau souterraines et l'influence des activités humaines sur celles-ci. Le plus souvent, l'hydrogéologue se spécialise dans un domaine spécifique : géophysique, forage, géochimie, hydraulique, etc.
 - Le métier d'hydrogéologue comporte beaucoup de déplacements sur le terrain et peut nécessiter des missions de courtes ou longues durées, en France et à l'étranger. Il exige donc une grande mobilité et une maîtrise de l'anglais, tant à l'oral qu'à l'écrit.
- Formation : Master pro ; école d'ingénieur ; doctorat.

8. HYDROGÉOMORPHOLOGUE

- Description : L'ingénieur hydrogéomorphologue étudie le fonctionnement naturel des cours d'eau en analysant la structure des vallées. Il cartographie, sur tout un bassin versant, les limites inondables ainsi que tous les éléments naturels ou artificiels, qui peuvent provoquer un écoulement des crues. Il évalue l'érosion côtière et les submersions marines. Il évalue des risques de ravinement et d'érosion des berges et préconise de mesures de gestion.
- Formation : Master en géomorphologie/hydrologie ; Diplôme d'ingénieur.

9. AGENT TECHNIQUE DES SOLS OU DES SITES POLLUES

- Description : Il assiste un chef de projet chargé de la mise en œuvre et du suivi des travaux de réhabilitation des sols et sites pollués.
- Formation : BTS "Hygiène - Propreté - Environnement", DU "Gestion du sous-sol, Prévention des pollutions, Réhabilitation de sites pollués", IUP "Génie des systèmes industriels " option Traitement de la pollution, DI Ecole des Mines d'Alès option "Environnement et systèmes industriels"

10. TECHNICIEN DE MAINTENANCE EN EQUIPEMENT DE GENIE CLIMATIQUE

- Description : Le technicien de maintenance en équipement de génie climatique (ou agent de maintenance) exerce son activité dans le secteur de l'entretien d'installations individuelles ou celui de la conduite et de l'exploitation des installations de toute puissance. Il y assure la mise en service, le réglage, l'entretien et le dépannage des installations climatiques individuelles. Il y assure également la conduite et la maintenance, préventive ou curative, des installations climatiques de moyenne et forte puissance en fonction de la nature des contrats et de la réglementation.
- Formation : Titre professionnel de Technicien de maintenance en équipement de génie climatique.

11. AGENT DE DEVELOPPEMENT EN ENERGIE RENOUVELABLE

- Description : L'agent de développement des énergies renouvelables a pour mission après avoir identifié et quantifié le potentiel en énergie renouvelable sur les bâtiments communaux de programmer et de suivre les travaux énergie renouvelable sur ceux-ci. Il doit également gérer la consommation d'énergie par la commune.
- Formation : DUT/BTS génie thermique.

LES ETUDES APRES LE BAC

bac + 2

- [BTS Fluides, énergies, environnements option A génie sanitaire et thermique](#)
- [BTS Fluides, énergies, environnements option B génie climatique](#)
- [BTS Fluides, énergies, environnements option C génie frigorifique](#)
- [BTS Fluides, énergies, environnements option D maintenance et gestion des systèmes fluidiques et énergétiques](#)
- [BTS "Hygiène - Propreté - Environnement"](#)
- [BTS Géologie appliquée](#)
- [DUT Génie thermique et énergie](#)

bac + 3

- [Licence pro électricité et électronique spécialité énergie et systèmes électriques](#)
- [Licence pro énergie et génie climatique spécialité efficacité énergétique et énergies renouvelables](#)
- [Licence pro énergie et génie climatique spécialité énergies nouvelles et développement durable](#)
- [Licence pro énergie et génie climatique spécialité sciences et technologies de la maîtrise de l'énergie et des énergies renouvelables](#)
- [Licence pro énergie et génie climatique spécialité sciences et technologies des énergies renouvelables : systèmes électriques](#)
- [Licence pro énergie et génie climatique spécialité valorisation des énergies renouvelables et techniques énergétiques](#)

bac + 5

- [Diplôme d'ingénieur de l'Ecole nationale supérieure d'ingénieurs de Poitiers de l'Université de Poitiers spécialité énergie](#)
- [Diplôme d'ingénieur de l'Ecole nationale supérieure d'ingénieurs en informatique, automatique, mécanique, énergétique et électronique de l'université de Valenciennes spécialité mécanique et énergétique](#)
- [Diplôme d'ingénieur de l'Ecole polytechnique de l'université de Nantes spécialité thermique énergétique](#)
- [Diplôme d'ingénieur de l'Ecole polytechnique de l'université d'Orléans spécialité mécanique et énergétique](#)
- [Diplôme d'ingénieur de l'Ecole polytechnique universitaire de Marseille de l'Université d'Aix-Marseille spécialité mécanique et énergétique](#)
- [Diplôme d'ingénieur de l'Institut polytechnique de Grenoble - Ecole nationale supérieure de l'énergie, de l'eau et de l'environnement](#)
- DI Ecole des Mines d'Alès option "Environnement et systèmes industriels"
- [Master environnement spécialité hydrologie, hydrogéologie et sols](#)
- [Master rech. fluides et systèmes énergétiques spécialité énergie électrique et développement durable](#)
- [Master rech. sciences pour l'environnement spécialité mathématiques et applications : mécanique des fluides](#)

- [***DHET Nouvelles technologies de l'énergie \(niveau I\)***](#)
- [Maîtrise de l'efficacité énergétique \(niveau I\)](#)
- [Master pro chimie spécialité énergies nouvelles et renouvelables](#)
- [Master pro sciences pour l'environnement spécialité systèmes énergétiques et énergies renouvelables](#)

bac + 6

- [Mastère spé Nouvelles technologies de l'énergie](#)

bac + 8

- *Doctorat de géologie*

-