



Ressources pour la classe terminale
générale et technologique

Sciences de la vie et de la Terre Série S Enseignement spécifique

Thème 2-A Géothermie et propriétés thermiques de la Terre

Ces documents peuvent être utilisés et modifiés librement dans le cadre des activités d'enseignement scolaire, hors exploitation commerciale.

Toute reproduction totale ou partielle à d'autres fins est soumise à une autorisation préalable du Directeur général de l'enseignement scolaire.

La violation de ces dispositions est passible des sanctions édictées à l'article L.335-2 du Code de la propriété intellectuelle.

septembre 2012

Sommaire

Préambule	2
Intentions et commentaires.....	2
Les acquis des élèves.....	3
Activités pour la classe	4
Exploitations géothermiques et contextes géodynamiques.....	4
Calculs de flux et gradient géothermiques et représentations graphiques.....	5
Manipulations pour faire des mesures de conduction/convection sur des roches ou en ayant recours à des modèles analogiques.	6
Sitographie	8
Sur la géothermie en France	8
Sur la géothermie dans d'autres pays (incluant des sites en langue étrangère).....	9
En Suisse (sites en français).....	9
Géothermie en Islande. (sites et articles en anglais)	9
Aux USA (sites en anglais)	9
Géothermie en Nouvelle Zélande. (en anglais)	10
Géothermie en Australie (en anglais).....	10
Géothermie en Italie (sites en italien).....	10
En allemand	10
Les transferts thermiques	11
Différents types de géothermie utilisables par l'Homme	12
Les métiers liés aux géosciences.....	13
Bibliographie ; Documentation	13
Généralités, aspects historiques.....	13
Atlas des ressources géothermales.....	13
La Géothermie basse et très basse énergie.....	13
La Géothermie Haute Energie	13
Géothermie des Roches Chaudes Fracturées	14
Publications, documents pdf à télécharger.....	14

Préambule

Intentions et commentaires

Ce thème a deux objectifs :

- aboutir à une compréhension globale du fonctionnement interne de la planète
- faire prendre conscience que la géothermie est une ressource énergétique quasi inépuisable, utilisable par l'Homme.

La géothermie est une énergie renouvelable qui concerne deux grandes filières énergétique : la production de chaleur et la production d'électricité.

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, Indonésie, Guadeloupe, Californie,...), quelques unes sont associées aux dorsales (Islande, Açores), aux fossés d'effondrement (Alsace, Kenya) 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 (Bassin Parisien, USA, Chine,...) ou même les cratons (Australie,...). 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.

La géothermie domestique, destinée au chauffage et à la climatisation, utilise la chaleur du sol qui est en partie d'origine solaire.

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 $W.m^{-2}$ ou $J.s^{-1}.m^{-2}$)
- 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.

Énergie 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). Sur ces notions, il faudra veiller à utiliser le même vocabulaire en SVT et en physique.

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.

Activités pour la classe

Exploitations géothermiques et contextes géodynamiques

- Utiliser les données recueillies lors de la visite d'une exploitation géothermique.

Compétence travaillée :

- Rechercher extraire organiser l'information utile.

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 un ensemble de sites ayant un rapport avec la géothermie. www3.ac-nancy-metz.fr/base-geol/fiche.php?dossier=155&p=1contgeo
 - Réseau de chauffage urbain de Champigny sur Marne (94) <http://champigny.reseau-chaleur.fr>
 - Centrale de géothermie de la Semhach à Chevilly-Larue (94) <http://semhach.fr>.
 - SEM Géothermie de Fresnes (94)
- Questionnaire proposé en collège sur le thème de la géothermie par l'Association pour la Connaissance 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.

Compétences travaillées :

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

www4.ac-nancy-metz.fr/svt/geothermie-annexe-1-tracker-450.html

- Exploiter des documents afin de comprendre l'existence de sources chaudes en Alsace.

Compétences travaillées :

- Rechercher extraire organiser l'information utile
- Raisonner, pratiquer une démarche explicative

www4.ac-nancy-metz.fr/svt/geothermie-annexe-2-tracker-452.html

- Exploiter des documents pour rédiger un article sur le projet de géothermie profonde du site de Soultz-sous-Forêts

Compétences travaillées :

- Rechercher extraire organiser l'information utile
- Raisonner, pratiquer une démarche explicative
- Activités d'approfondissement

www.lithotheque.site.ac-strasbourg.fr/hommes/sources-denergies/la-geothermie-profonde-en-alsace

- Volcanisme et sources chaudes dans le fossé rhénan (sujet des Olympiades de Géosciences 2008 NE- exercice n°3)

Compétences travaillées :

- Rechercher extraire organiser l'information utile
- Activités d'approfondissement

http://svt.ac-dijon.fr/dyn/IMG/Sujet-NE-Olympiades_2008.pdf

- Utiliser une carte pour repérer les variations du flux géothermique à la surface de la Terre / en France.

Compétence travaillée :

- Rechercher extraire organiser l'information utile
- Mettre en relation les variations du flux géothermique avec les contextes géodynamiques (mobilisation de connaissances acquises).

Compétences travaillées :

- Rechercher extraire organiser l'information utile
- Raisonner, pratiquer une démarche explicative

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.

Compétences travaillées :

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

www4.ac-nancy-metz.fr/svt/geothermie-annexe-3-tracker-454.html

- Utiliser des données pour tracer le gradient géothermique moyen avec un tableur.

Compétence travaillée :

- Réaliser en utilisant les TICE

http://accés.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.

Compétences travaillées :

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

www4.ac-nancy-metz.fr/svt/geothermie-annexe-4-tracker-456.html

- Calculer la remontée du Moho sous la plaine d'Alsace et la confronter avec les données des sources chaudes locales.

Compétences travaillées :

- Rechercher extraire organiser l'information utile
- Raisonner, pratiquer une démarche explicative
- Activités d'approfondissement

www4.ac-nancy-metz.fr/svt/geothermie-annexe-5-tracker-458.html

- 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.

Compétences travaillées :

- Rechercher extraire organiser l'information utile
- Raisonner, pratiquer une démarche explicative
- Activités d'approfondissement

www4.ac-nancy-metz.fr/svt/geothermie-annexe-6-tracker-460.html

- 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.

Compétences travaillées :

- Rechercher extraire organiser l'information utile
- Raisonner, pratiquer une démarche explicative
- Activités d'approfondissement

www4.ac-nancy-metz.fr/svt/geothermie-annexe-7-tracker-462.html

- Comparer l'énergie provenant de la désintégration des éléments radioactifs du globe avec l'énergie apportée par le soleil.

Compétences travaillées :

- Rechercher extraire organiser l'information utile
- Activités d'approfondissement

www3.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.

Compétences travaillées :

- Réaliser, manipuler
- Raisonner, pratiquer une démarche explicative

www4.ac-nancy-metz.fr/svt/geothermie-annexe-8-tracker-464.html

- Réaliser des mesures de transfert de chaleur par conduction sur différents matériaux grâce à un dispositif ExAO.

Compétences travaillées :

- Réaliser, manipuler
- Réaliser en utilisant les TICE
- Raisonner, pratiquer une démarche explicative

www4.ac-nancy-metz.fr/svt/geothermie-annexe-9-tracker-466.html

- 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.

Compétences travaillées :

- Réaliser, manipuler
- Réaliser en utilisant les TICE
- Raisonner, pratiquer une démarche explicative

www4.ac-nancy-metz.fr/svt/geothermie-annexe-10-tracker-468.html

- Pourquoi et comment la Terre dissipe-t-elle de l'énergie ? (TP de 1S du chapitre «machinerie thermique» de l'ancien programme) :

Compétences travaillées :

- Réaliser, manipuler
- Réaliser en utilisant les TICE

Exemples :

- 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.

www.ac-grenoble.fr/svt/Jdi-lycee-2010/jdi-2010-lycee-acad-site/TPcollaboratif-machine-thermique-prod-eleve.pdf

- Comment l'énergie interne se dissipe-t-elle ? (TP de 1S du chapitre «machinerie thermique» de l'ancien programme)

Compétence travaillée :

- Réaliser, manipuler

Exemples :

- 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

ww3.ac-poitiers.fr/svt/activite/s-remerand/machther/mach_ther.htm

- Modélisation de deux mécanismes de dissipation de la chaleur.

Compétences travaillées :

- Réaliser, manipuler
- Réaliser en utilisant les TICE

Exemples :

- convection due à un chauffage par le bas et un refroidissement par le haut, dans l'eau
- conduction dans un bloc de granite

<http://svt.ac-montpellier.fr/spip/spip.php?article172>

- Mesures de température, tracé de graphique avec ou sans tableur

Compétence travaillée :

- Réaliser en utilisant les TICE

<http://svt.ac-montpellier.fr/spip/spip.php?article172>

- Utiliser des données pour tracer le gradient géothermique moyen avec un tableur.

Compétence travaillée :

- Réaliser en utilisant les TICE

http://acces.inrp.fr/eedd/climat/dossiers/energie_demain/geothermie/gradient_geothermique_correc_tion.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

Compétences travaillées :

- Réaliser, manipuler
- Réaliser en utilisant les TICE

<http://svt.ac-montpellier.fr/spip/spip.php?article172>

Sitographie

Sur la géothermie en France

Site INRP http://acces.ens-lyon.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/uvéd/bouillante/cours/i.-la-geothermie-manifestations-quantification-origine-et-utilisations-de-la-chaueur-interne-du-globe/3.-l2019utilisation-de-la-chaueur-interne-la-geothermie/3.2-des-techniques-qui-s2019adaptent-aux-ressources.html>

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.

Site Institut de Physique du Globe de Paris www.ipgp.fr/pages/060204.php

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)

<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 ?

Site du SENAT www.senat.fr/rap/r05-436/r05-436.htm

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

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

Site complet et riche en exemples bien illustrés. Des documents à télécharger dans la rubrique « publications ».

www.geothermie-perspectives.fr/18-regions/index.html

A partir d'une carte de France, sélection d'une région pour obtenir des informations sur son potentiel géothermique.

www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/index.html.

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.

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

En Suisse (sites en français)

Site du Centre de recherche suisse en géothermie : le CREGE

www.crege.ch/index.php?menu=geo&page=geoth_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 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 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)

www.energy.rochester.edu/is/reyk

Historique de la géothermie en Islande. Implication dans l'économie, la culture de plantes.

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).

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 CO₂ est également abordé.

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)

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.

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.

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.

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 aux États-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)

www.nzgeothermal.org.nz/index.html

Site d'une association non gouvernementale (New Zealand Geothermal Association) qui recense les différentes ressources géothermiques 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)

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)

www.unionegeotermica.it/pdf/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.

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).

www.lacasaecologica.it/climatizzazione-geotermica

Un document concernant la « climatisation géothermique » : sous nos latitudes, la géothermie est 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. (Aussi en français et en anglais)

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

Site SVT Académie de Montpellier <http://svt.ac-montpellier.fr/spip/spip.php?article172>

En téléchargement :

- convection due à un chauffage par le bas et un refroidissement par le haut : <http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/objets/Images/convection-PTho-conf/convection1.rm> (convection1.MPG) ;
- convection due à un chauffage dans la masse et un refroidissement par le haut : <http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/objets/Images/convection-PTho-conf/convection2.rm> (convection2.MPG).

ENS Lyon

- Modèle analogique : Convection thermique dans un fluide par ombroscopie. Série d'expériences analogiques permettant de simuler certains aspects de la convection mantellique.
<http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-modelisation-par-ombroscopie.xml>
- Modélisations numériques tridimensionnelles de Joerg Schmalzl, sur la convection mantellique avec différentes sources de chauffage. 3 vidéos à télécharger.
<http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-modelisation-de-la-convection.xml>
- 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.
<http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-convection-et-continents.xml>

Site de l'Agence Régionale de l'Environnement et des Nouvelles Energies d'île de France

http://areneidf.org/fr/La_geothermie-95.html

Vidéo de 4min31 sur la géothermie dans le bassin parisien (bloc diagramme, animation, interview)

Site du Commissariat à l'Energie Atomique

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 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

Site ADEME - BRGM

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). www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/01-tres-basse-energie.html

Géothermie Industrielle basse énergie (température entre 30 et 90°C).

- à partir des aquifères du Dogger dans le bassin parisien pour les chauffages collectifs. www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/02-basse-energie.html
Coupe du bassin et place des aquifères www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/02-basse-energie-02.html
L'exemple de la ville Fresnes (94). Bilan chiffré. www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/02-basse-energie-03.htm
- à partir des aquifères du bassin aquitain (comparaison avec le bassin parisien) www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/02-basse-energie-04.html

Géothermie Industrielle haute énergie (= température supérieure à 150°C)

www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/03-haute-energie-02.html
www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/03-haute-energie-03.html

En Guadeloupe. La production d'électricité à la centrale de Bouillante
<http://enseignants.edf.com/mod/preparez/la-geothermie-a-la-centrale-de-bouillante-en-guadeloupe,2142?page=1>
www.uved.fr/ressources-pedagogiques-numeriques/geothermie-bouillante.html

En Martinique et Réunion. Accès à 3 schémas très détaillés
www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/03-haute-energie.html

En Alsace. Géothermie à Soultz-sous Forêt
www.geothermie-soultz.fr

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

Géothermie du futur

- exemple de géothermie profonde à Soultz-sous-Forêts (fossé rhénan) www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/04-geothermie-futur-01.html
Expérimentation de circulation d'eau entre 2 puits dans le granité fracturé. www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/04-geothermie-futur.html
L'électricité du futur : schéma explicatif du dispositif
- Potentiel géothermique en France. www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/04-geothermie-futur-02.html
schéma 3 D du fossé de Limagne, carte des isothermes en France.

Enjeux.

Place de la géothermie face aux énergies fossiles, et parmi les énergies renouvelables
www.geothermie-perspectives.fr/08-enjeux/01-geothermie-01.html

Les opérations de géothermie basse énergie en Ile de France et dans le bassin aquitain ; état actuel et avenir.

www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/02-basse-energie-01.html
www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/02-basse-energie-03.html

Les métiers liés aux géosciences

Vous trouverez sur le site de l'académie de Nancy-Metz (www4.ac-nancy-metz.fr/svt/les-metiers-lies-a-la-geologie-page-251.html), ainsi que sur les sites de l'onisep (www.onisep.fr et <http://mavoiescientifique.onisep.fr>) une information sur les métiers liés aux Géosciences.

Bibliographie ; Documentation

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

Généralités, aspects historiques

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

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

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

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

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

Jean Lemale, Florence Jaudin, *La géothermie : une énergie d'avenir « réalité en Ile-de-France »*, Paris : ARENE, 1998, ISBN 2-911533-11-9

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

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

Hurter, Suzanne; Haenel, Ralph, *Atlas of geothermal resources in Europe*, - 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

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

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

La Géothermie Haute Energie

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

Géothermie des Roches Chaudes Fracturées

Roy Baria ; Joerg Baumgaertner ; Andre Gerard ; Reinhard Jung ; John Garnis, *European HDR research programme at Soultz-sous-Forets (France); 1987-1998*, 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 :

www.brgm.fr/brgm/geothermie/publications.htm

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

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. 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

www.geothermie-soultz.fr/salle-de-cours/outils-pedagogiques