

Fiches d'information sur l'électricité géothermique



Evolution du marche
Potentiel géothermique
Aspects financier et économique

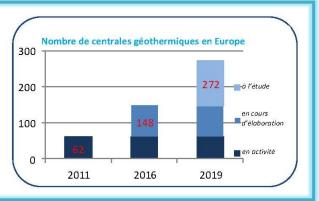
Emploi et formation

Règlementation et acceptabilité sociale

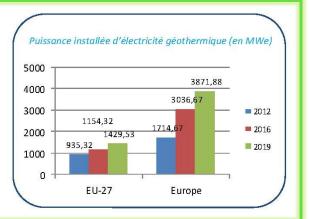
CGECHELEC www.geoelec.eu

Évolution du marché

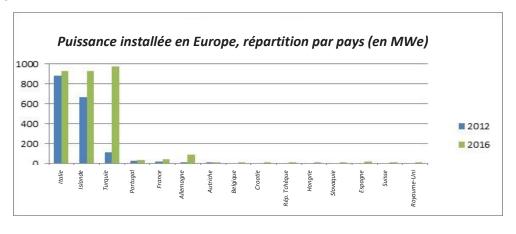
- La production d'électricité géothermique témoigne d'un regain de popularité en Europe. Il y a 62 centrales géothermiques en activité dont 48 situées dans les pays membres de l'UE, principalement en Italie, où sont implantées 35 centrales.
- 86 centrales sont actuellement en cours d'élaboration (un projet géothermique nécessite généralement 5 à 7 ans pour être opérationnel) et 98 sont en phase d'exploration.



- En 2012, la puissance totale installée en Europe était de 1,71 GWe, produisant 11,38 térawatt-heure (TWh) d'électricité par an.
- En considérant les centrales en cours d'élaboration, la puissance installée atteindra environ **3 GWe** en 2016, tandis que les projets à l'étude apporteraient une puissance supplémentaire de 1 GWe, et une puissance de presque 4 GWe d'ici 2019.



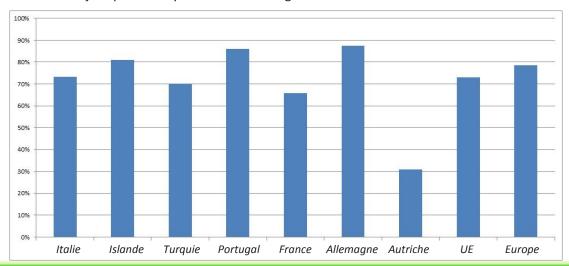
Grâce au progrès de la technique (géothermie à cycle binaire et Système de géothermie stimulée),
 l'électricité géothermique s'étend au-delà des pays à tradition géothermique que sont l'Islande et l'Italie.



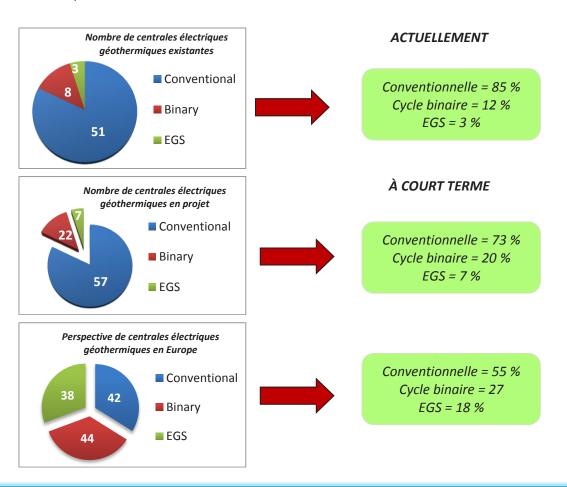




• La géothermie permet une production de base d'électricité renouvelable et souple. Étant donné que la ressource n'est pas soumise aux conditions climatiques, les centrales géothermiques fonctionnent généralement plus de 70 % du temps (jusqu'à 95 % pour les centrales les plus récentes). Le cas particulier de l'Autriche s'explique par le fait que ses trois centrales électriques de cogénération sont spécialement conçues pour des systèmes de chauffage urbain.



• Trois types de centrale électrique géothermique sont en activité en Europe : centrale conventionnelle (hydrothermale), centrale à cycle binaire et centrale EGS (Enhanced Geothermal System : Système de géothermie stimulée). Si les centrales actuellement en activité sont majoritairement des centrales conventionnelles, l'avancée constante des autres techniques ainsi que la flexibilité géographique du système EGS permettront une progression des deux autres types de centrales. Par exemple, les centrales EGS, qui sont au nombre de 3 actuellement, seront sans doute 49 d'ici 2020.





Potentiel géothermique

Le projet GeoElec a réalisé une carte de l'Europe représentant la situation des ressources géothermales exploitables en 2020, 2030 et 2050. La carte a été élaborée à partir d'un protocole spécifique d'estimation de la ressource géothermale.

Cette estimation des ressources géothermales pour la production d'électricité est le fruit de la synthèse de données existantes, fournies par les 28 pays de l'UE, et d'une nouvelle approche méthodologique s'inspirant de l'expérience du Canada, de l'Australie et des États-Unis.

Potentiel technique réaliste (MW)

Potentiel technique théorique (MW)

Taux ultime de récupération,

(Ultimate Recovery) UR1 = 12,5 %

Puissance théorique (PJ/km²) (Énergie théoriquement disponible)

Le potentiel géologique (chaleur disponible théorique) est converti en potentiel économique, utilisant une valeur du coût moyen actualisé de l'électricité (*LCoE*) inférieure à 150 €/MWh pour le scénario de 2030 et inférieure à 100 €/MWh pour celui de 2050 :

- la production d'électricité géothermique dans l'UE en 2013 est de 6 TWh;
- les plans d'action nationaux pour les énergies renouvelables (NREAP) prévoient une production dans l'UE-28 d'environ 11 TWh en 2020 ;
- le potentiel d'électricité géothermique européen total en 2030 est de 174 TWh;
- le potentiel économique dépasse les 4 000 TWh en 2050.

L'électricité géothermique connaît un essor important depuis quelques années et, en 2013, quelques 11,38 TWh d'énergie électrique ont été produites en Europe grâce à une puissance totale installée d'environ 1,71 GWe.

Selon les Plans d'action nationaux pour l'énergie renouvelable (NREAP) des États-membres de l'UE, la puissance passera de 0,9 GWe, installée en 2013, à 1,4 GWe en 2020. La production d'électricité géothermique prévue pour 2020 est de 11 TWh.

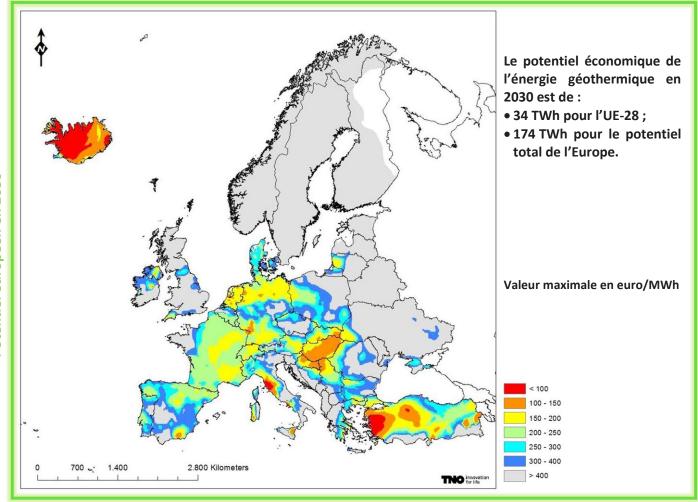
Pour l'Europe, la production totale passera de 11,4 TWh à 16,7 TWh, cette forte augmentation étant due à la croissance rapide des marchés turcs et islandais.

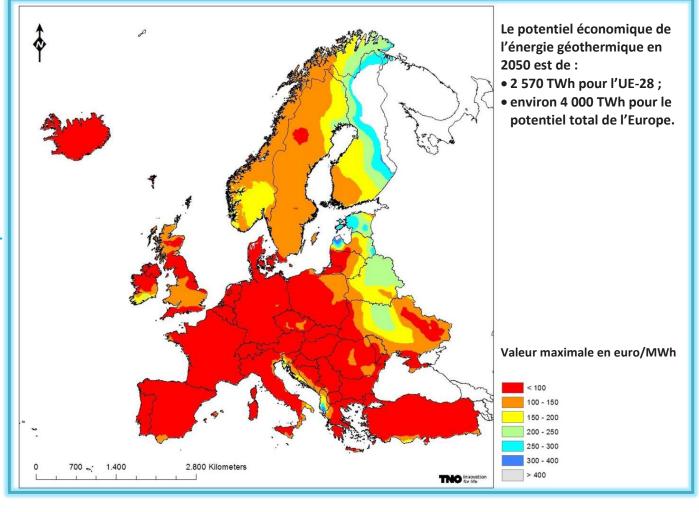
Le potentiel économique de l'énergie géothermique est beaucoup plus élevé en 2020 :

- 21,2 TWh pour l'UE-28;
- 70,8 TWh pour le potentiel total de l'Europe.









www.geoelec.eu

Aspects financier et économique

Il est théoriquement possible de produire de l'électricité géothermique partout en Europe. Les centrales géothermiques ont de nombreux avantages, en particulier : fournir une production énergétique de base, souple et durable ; apporter une diversification du bouquet énergétique ; offrir une garantie contre les fluctuations et l'augmentation du prix de l'électricité. L'exploitation des ressources géothermiques représente un potentiel de développement pour les économies nationales, en termes d'impôts, de redevances, d'exportation technologique et d'emploi. Le développement de l'énergie géothermique nécessite des investissements financiers importants, qui ne peuvent être assumés uniquement par des financements publics, la participation d'investisseurs privés est indispensable.

Deux éléments essentiels sont à prendre en compte par les investisseurs pour le financement d'un projet d'exploitation géothermique, dès la phase initiale du projet : l'important investissement de capitaux et le régime d'assurance couvrant les risques d'échec de l'exploration géologique. Un projet d'exploitation géothermique comporte différentes phases :

Démarrage et exploration

Développement des ressources

- Tests de pompage

- Puits

Construction

Construction

de la centrale

Exploitation

- Identification du site Études de préfaisabilité et de faisabilité
- Permis d'exploitation
- Conception de l'assurance

« zone grise »

(titres de créance, par exemple lettre de sensibili-

risque lié aux dettes

(dette disponible avec une sécurité suffisante pour la vente de chaleur et d'électricité)

risque pour l'investissement

(réticence des banques à prendre un risque à ce stade, même avec une assurance couvrant le risque d'exploration)

sation)

Le coût total d'un projet d'exploitation géothermique est soumis aux coûts d'investissement au démarrage du projet. L'expérience montre que l'organisation d'un projet peut représenter environ 10 % du coût d'investissement.

Les coûts de forage représentent 50 % à 70 % des dépenses totales.

La technique de la géothermie stimulée et la couverture des risques par l'assurance sont deux autres dépenses importantes. Le coût annuel d'exploitation est très faible.

exploration:

1 à 3 M€

puits:

10 à 30 M€

centrale électrique (4 à 5 MW).

15 à 20 M€

technologie EGS:

4 à 8 M€

assurance:

0,5 à 7 M€

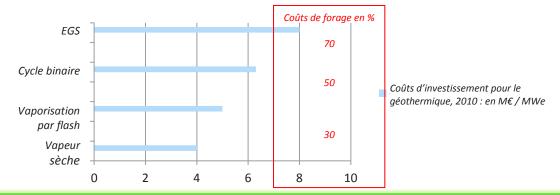
organisation du projet :

~ 10 %





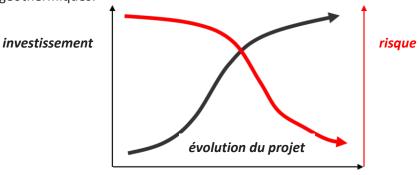
Le forage représente 30 à 50 % du coût d'un projet de géothermie hydrothermale et plus de la moitié du montant global pour un projet de géothermie stimulée (EGS).



- Les formes de soutien financier sont des outils essentiels de la politique publique pour la géothermie. Ils compensent les défaillances du marché et permettent la progression technique tout au long de sa courbe d'apprentissage ;
- Les mécanismes de financement innovants devraient être adaptés aux spécificités techniques de la géothermie et au niveau de maturité du marché et de la technique ;
- Un Fonds européen d'assurance des risques géothermiques (EGRIF : European Geothermal Risk Insurance Fund) est une mesure intéressante de soutien public pour couvrir les risques géologiques ;
- En élaborant une forme de soutien financier, les décideurs devraient avoir une approche globale, allant au-delà du coût moyen actualisé de l'électricité (LCoE: Levelized Cost of Energy) et incluant les coûts d'installation ainsi que les externalités de toutes sortes. L'alternative est d'offrir une prime à la géothermie en raison des avantages qu'elle apporte à l'ensemble du système électrique: souplesse et production de base.

Les gouvernements, dans leurs politiques publiques, ont utilisé une large gamme de procédés pour encourager l'essor de l'électricité géothermique. Il y a, d'une part, l'aide à l'investissement (subvention d'immobilisation, exonérations d'impôt ou déductions fiscales sur l'achat des produits) et, d'autre part, une contribution à l'exploitation (prix subventionnés, obligation d'achat d'énergie renouvelable avec certificats verts, systèmes d'appels d'offres et réductions d'impôts sur la production d'électricité). L'instrument de soutien le plus utilisé pour l'électricité géothermique au sein des États membres de l'UE est le système de tarif de rachat, qui diffère selon le tarif réel fourni, le nombre d'années payées à ce tarif et selon que le régime porte sur la production nette ou brute d'électricité.

Dans l'état actuel des choses, le nombre assez restreint d'exploitations d'électricité géothermique dans l'UE n'offre pas une base statistique permettant d'évaluer la probabilité de succès d'un forage. En conséquence, les entrepreneurs de la géothermie s'efforcent de trouver des systèmes d'assurance publics ou privés à des conditions acceptables pour les risques liés aux ressources géothermiques.



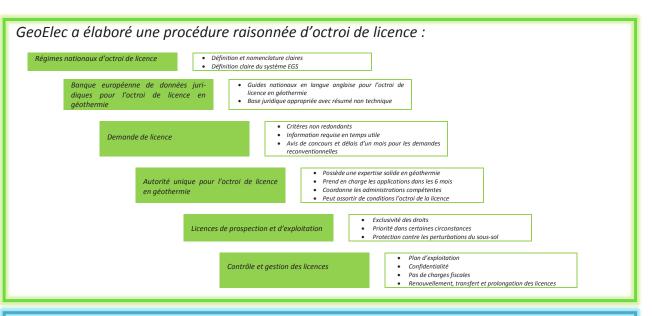
La majorité des investissements se fait dans la phase à haut risque!

Réglementation et acceptabilité sociale



- Dans de nombreux pays européens, une autorité unique compétente pour l'octroi de licence en géothermie est encore en cours de création.
- Il existe encore des barrières réglementaires susceptibles d'entraîner des retards et d'alourdir le budget du projet.



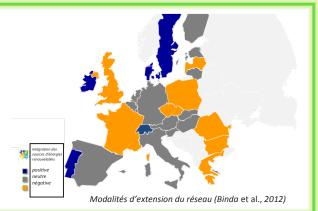


- Un Code de notifications géothermiques fournit une terminologie normalisée et un système de classification, des règles et un modèle estimant l'état d'avancement du projet ainsi que les renseignements à fournir dans les rapports publics.
- Un Code de notifications géothermiques réglementé, supervisé et international serait des plus utile à toute la communauté de la géothermie afin d'inspirer confiance aux investisseurs internationaux.
- Deux codes existent en 2013, un en Australie (AGEA: Australian Geothermal Energy Association) et l'autre au Canada (CanGEA: Canadian Geothermal Energy Association).
- GEOELEC ne préconise pas de s'impliquer dans l'élaboration d'un Code de notifications géothermiques spécifiquement européen, mais plutôt de rester dans une attitude d'observation et de constante participation aux débats internationaux.
- Un Groupe d'experts de la classification des ressources, fondé par la Commission économique pour l'Europe (CEE) des Nations Unies, a commencé à modifier la Classification-cadre des Nations Unies de 2009, pour l'appliquer à toutes les énergies renouvelables, y compris l'énergie géothermique. Ceci pourrait être le point de départ d'un système international de réglementation et de normalisation.
- Pour la création d'un consensus international, il a été suggéré de participer activement à la discussion internationale et d'aider le Groupe d'experts de la CEE des Nations Unies.

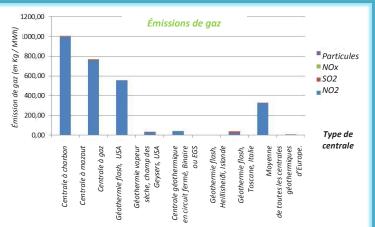




- Pas de barrières techniques à l'intégration au réseau de l'électricité géothermique.
- Nécessité de mettre pleinement en œuvre la directive RES.
- Transparence des conditions d'accès au réseau.
- Stabilité à long terme des tarifs de connexion au réseau.
- La géothermie est dispatchable et joue un rôle dans la stabilisation du réseau.



- Faible empreinte écologique et peu de dégradation permanente.
- Niveau normal de nuisance et de déchets sur les sites de construction.
- Les bâtiments, les tours de refroidissement et les canalisations ont un impact visuel minimal.
- La réinjection de fluide géothermique dans la couche aquifère d'origine ne pollue pas la nappe phréatique.
- La stimulation hydraulique utilise
 99 % d'eau, des produits chimiques non toxiques et aucun agent de soutènement, conformément aux règles environnementales.
- Une micro-sismicité induite peut être provoquée par la réinjection, elle est cependant surveillée et il est possible de la maîtriser.



L'adhésion de l'opinion publique est un facteur important dans le choix des sites. Les raisons en sont diverses :

- enjeux environnementaux ;
- problèmes liés au manque d'implication;
- problèmes financiers (en cas de subventions municipales, par exemple);
- phénomène NIMBY (Not In My Backyard: « pas chez moi »): problèmes d'adhésion au projet;
- production locale d'énergie.

Les bonnes pratiques conseillées par GEOELEC

Évolution de l'idée	Prise de décision	Organisation	Mise en œuvre	Exploitation
Information - envoi de lettres d'information - journaux - journée d'information - site internet - sortie pédagogique	Information - envoi de lettres d'information - journaux - site internet - réunion publique	Information - envoi de lettres d'information - journaux - site internet	Information - journaux - site internet - panneaux d'affichage - visites du site en construction	Information - inauguration - panneaux d'affichage
	Coopération & participation - participation à la prise de décision - participation financière		Coopération & participation - collaboration avec les entreprises locales	Coopération & participation
	Consultation - réunion publique - dialogue public			



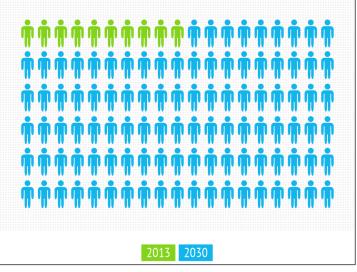
Il est possible de tirer des enseignements du monde entier. Pour ce qui est de l'adhésion de l'opinion publique, le choix de la couleur de la centrale est important, comme celui de l'agencement et du style architectural, tout cela permet d'intégrer la centrale électrique dans son environnement. La tradition a également sa place, comme à Larderello, où la structure des tours de refroidissement est considérée comme une marque de fabrique pour la région.



GEOELEC.eu

Emploi et formation

En 2013, le nombre des emplois en relation directe avec l'électricité géothermique était de 2 500 à 3 000 pour les 28 pays membres de l'UE. Ces emplois se répartissent en différents groupes : des ingénieurs, foreurs et ouvriers dans les usines d'équipement aux chefs de projets. La géothermie génère également des emplois indirects, comme par exemple les fournisseurs de matières premières, et des emplois induits. Le nombre total d'emplois de l'énergie géothermique est estimé à 10 000 en 2013.



Considérant les projets en cours d'élaboration, les projets à l'étude et la puissance nouvellement installée, on estime que des emplois seront créés d'ici 2020 en Italie, Hongrie, Grèce, Portugal, France, Allemagne, Espagne, au Royaume-Uni, en Islande, Turquie, Belgique, Slovaquie et Suisse. Plus de 100 000 personnes devraient être employées dans ce secteur à l'horizon de 2030.

Au cours des dernières années, une faible puissance installée a pourtant permis la création d'un grand nombre d'emplois, principalement dans

l'exploitation et la maintenance, secteur qui nécessite traditionnellement peu d'ouvriers. En revanche, la création d'un nombre important de projets déclenchera un véritable essor des activités à forte intensité de main-d'œuvre, que sont la prospection, le forage, la construction et la production.

Les emplois proposés s'adressent à des personnes possédant différents types et différents niveaux de compétence. Ainsi l'exploration de nouveaux gisements géothermiques requiert la qualification de scientifiques et d'ingénieurs, alors que la construction et l'exploitation de nouvelles centrales exigent des techniciens qualifiés.

L'industrie géothermique peut avoir une influence sur l'activité économique et la création d'emplois, principalement dans les secteurs suivants :

- fournisseurs d'équipements mécaniques et de matières premières ;
- conseillers et entrepreneurs pour la recherche de ressources géothermiques ;
- entreprises de forage et d'entretien des puits ;
- services environnementaux de gestion des permis et d'analyse des échantillons;
- promoteurs en géothermie, gérant l'évolution du projet, la construction, la sécurité, etc.;
- gestionnaires de centrales électriques et personnels d'entretien ;
- scientifiques dans le secteur de la recherche et du développement.







Étant donné que les techniques géothermiques sont spécifiques pour chaque site (l'Europe géologique est multiple et la connaissance des conditions régionales est fondamentale) et à forte intensité de capital, c'est la main-d'œuvre locale qui assure l'exploration, la gestion des ressources, la construction, l'exploitation et la maintenance. Les emplois liés à la fabrication, quant à eux, peuvent être créés dans le monde entier, là où sont implantées les industries fabriquant l'équipement concerné.

D'après les estimations, 85 % de la chaîne de valeur de la géothermie européenne sont situés en Europe. Il est improbable de voir changer ce pourcentage dans l'avenir car la plupart des emplois liés à la géothermie ne peuvent être délocalisés.

Le nombre d'emplois dans le secteur de l'industrie électrique géothermique devrait augmenter, mais il est possible qu'un déficit de qualification et une pénurie de main-d'œuvre apparaissent.

L'amélioration du système d'éducation et de formation est le meilleur garant d'un résultat positif permettant de satisfaire durablement la demande de compétence et de spécialisation de certains métiers. Pour s'assurer de l'acquisition des compétences indispensables dans ce domaine, il est nécessaire d'agir à tous les niveaux du système pédagogique, à savoir : l'éducation technique et scientifique, l'apprentissage et la formation continue. Afin de mener à bien les réformes éducatives adaptées, une coopération de tous les organismes impliqués est essentielle.



La coopération entre les établissements d'éducation et de formation et les sociétés est une nécessité. Elle permettra, d'une part, de créer un réseau assurant une prise en compte plus rapide et plus efficace des nouveaux besoins sur le marché du travail et, d'autre part, de fournir aux étudiants les connaissances et les compétences appropriées.

Le potentiel d'emplois de l'industrie géothermique ne peut se réaliser que par la possibilité d'attirer la main-d'œuvre, de la conserver et de la renouveler. Les sociétés et les organismes doivent adopter une série de mesures leur permettant d'avoir accès à la main-d'œuvre hautement qualifiée dont elles ont besoin.

- Établir le cadre permettant l'essor de la géothermie en simplifiant la réglementation et en créant les incitations financières qui conviennent.
- Créer des réseaux pédagogiques dévolus à la géothermie, impliquant des plateformes industrielles, des universités et des centres de recherche ayant tous des compétences dans les disciplines inhé-

rentes à la géothermie : géosciences, sciences des matériaux, génie mécanique, informatique, sciences économiques et juridiques.

- Créer des cours de géothermie dans les universités, parallèlement aux cours existants dans des domaines comme l'ingénierie, la biologie, les sciences de la terre, l'administration des affaires et la finance. Lancer également de nouveaux cours combinant les géosciences et le génie mécanique.
- Savoir intégrer la main-d'œuvre venant des industries en déclin.
- Encourager la mobilité des ouvriers au sein de l'Europe.
- Lancer une coopération internationale, en particulier pour la géothermie stimulée EGS.



Coordinateur du projet

EGEC (European Geothermal Energy Council -Conseil Européen de l'Énergie Géothermique) Maison des énergies renouvelables 63-67 rue d'Arlon - B-1040 Bruxelles

Tél: +32 2 400 10 24 com@egec.org www.egec.org

Partenaire français:

BRGM, Bureau de recherches géologiques et minières Philippe Calcagno 3 avenue Claude Guillemin 45060 Orléans Cedex 2 FRANCE

<u>p.calcagno@brgm.fr</u>
Tél: +33 (0)2 38 64 30 54
www.brgm.fr

Objectifs du projet GEOELEC :

Convaincre les décideurs du potentiel que représente l'électricité géothermique en Europe, susciter une prise de conscience et améliorer la perception de la géothermie chez les responsables politiques.

Inciter les banques et les investisseurs à financer l'électricité géothermique et ses équipements.

Attirer l'attention des grands investisseurs, tels que les sociétés pétrolières et gazières et des services publics d'électricité, pour qu'ils s'impliquent dans l'électricité géothermique.

GEOELEC se donne pour mission la mise en place d'un plan d'action permettant d'augmenter la production d'électricité géothermique en Europe, avec l'objectif de doubler la puissance géothermique installée en Europe d'ici à 2020. GEOELEC veut également mettre en place des actions concrètes pour atteindre ces objectifs : conditions de faisabilité financière, cadre réglementaire et adhésion de l'opinion publique.

