

La géothermie en Afrique de l'Est

Sous contrainte climat et déplétion des ressources fossiles, les énergies renouvelables dessineront une nouvelle géopolitique du développement : le cas de la géothermie en Afrique de l'Est. Ou le berceau de l'humanité sera celui de son développement durable.

Mots clés associés : innovation, sciences et techniques | climat et énergie | activités minières et extractives | Afrique | énergie | sous-sol | stratégies pour le développement durable

Résumé

L'Afrique de l'Est est une des rares régions du monde, avec l'Islande, où les mécanismes telluriques affectant la planète amènent le manteau terrestre (à une température de 1300°C) à remonter à faible profondeur du fait de la dynamique des plaques. De ce phénomène d'extension résulte un flux de chaleur qui peut être jusqu'à dix fois supérieur à la moyenne terrestre : il peut atteindre de l'ordre de 1 MW par Km². En conséquence, des températures de 250°C peuvent être atteintes à 1.500 ou 2.000m de profondeur. De ce fait, une électricité renouvelable peut y être produite par forages exploitant de la vapeur directement envoyée en turbine. De très nombreux sites favorables à de tels développements ont été identifiés tout le long de la vallée du rift, depuis l'Erythrée au nord jusqu'à la Tanzanie au sud, et le Kenya a pris le leadership de ce développement avec plusieurs centaines de MWe installés sur le site d'Olkaria et l'objectif d'atteindre 4.000Mwe en 2030.

Sous la contrainte climatique et du fait du renchérissement d'énergies fossiles de plus en plus rares (J.Varet, 2011), l'Afrique de l'Est est ainsi en passe de devenir une des régions du monde recherchées par les industries mondiales qui tôt ou tard décideront de relocaliser leurs sites de production en fonction de la disponibilité de ressources renouvelables au coût le plus compétitif. Ainsi se rebouclera un cycle long au terme duquel l'humanité trouvera sur ces terres qui l'ont vue naître une forme de civilisation durable basée sur la valorisation de l'énergie tellurique et de l'hydrothermalisme qui sont à l'origine même de la vie.

Auteurs

Varet Jacques

Volcanologue, ancien chef du département géothermie du BRGM puis directeur du Service Géologique National et président de l'association des services géologiques européens (Eurogeosurveys), Jaques VARET a également présidé le conseil scientifique de la Mission Interministérielle de l'Effet de Serre, a été le fondateur de l'Institut Français de l'Environnement et a présidé le CESMAT.

Il préside encore aujourd'hui le conseil scientifique du Parc National des Cévennes, conseille la société Electerre et enseigne la géothermie au Kenya.

Jaques Varet est Vice-président de 4D et Gérant de GEO2D (Ressources Géologiques pour le Développement Durable).

Texte

Introduction.

Nous avons pu montrer dans deux articles antérieurs de l'Encyclopédie du développement durable, d'une part les caractéristiques générales de la géothermie, pour la production de chaleur et d'électricité (J.Varet, 2007) et d'autre part les avantages que l'on pourrait tirer d'un développement accru du recours à la géothermie dans les régions du monde situées dans les zones géodynamiques actives où des sources de chaleur magmatiques sont disponibles à relativement faibles profondeurs (J.Varet, 2012). Sans revenir sur ces aspects généraux, nous proposons ici un focus sur l'Afrique de l'Est, une région du monde exceptionnelle au plan de la géodynamique terrestre dans la mesure où le continent africain s'y sépare à la manière des frontières de plaques en expansion plaques lithosphériques ailleurs immergées. Avec l'Islande, c'est le seul endroit où l'on peut observer ces phénomènes à l'œil nu, et en tirer dès aujourd'hui profit au plan économique.

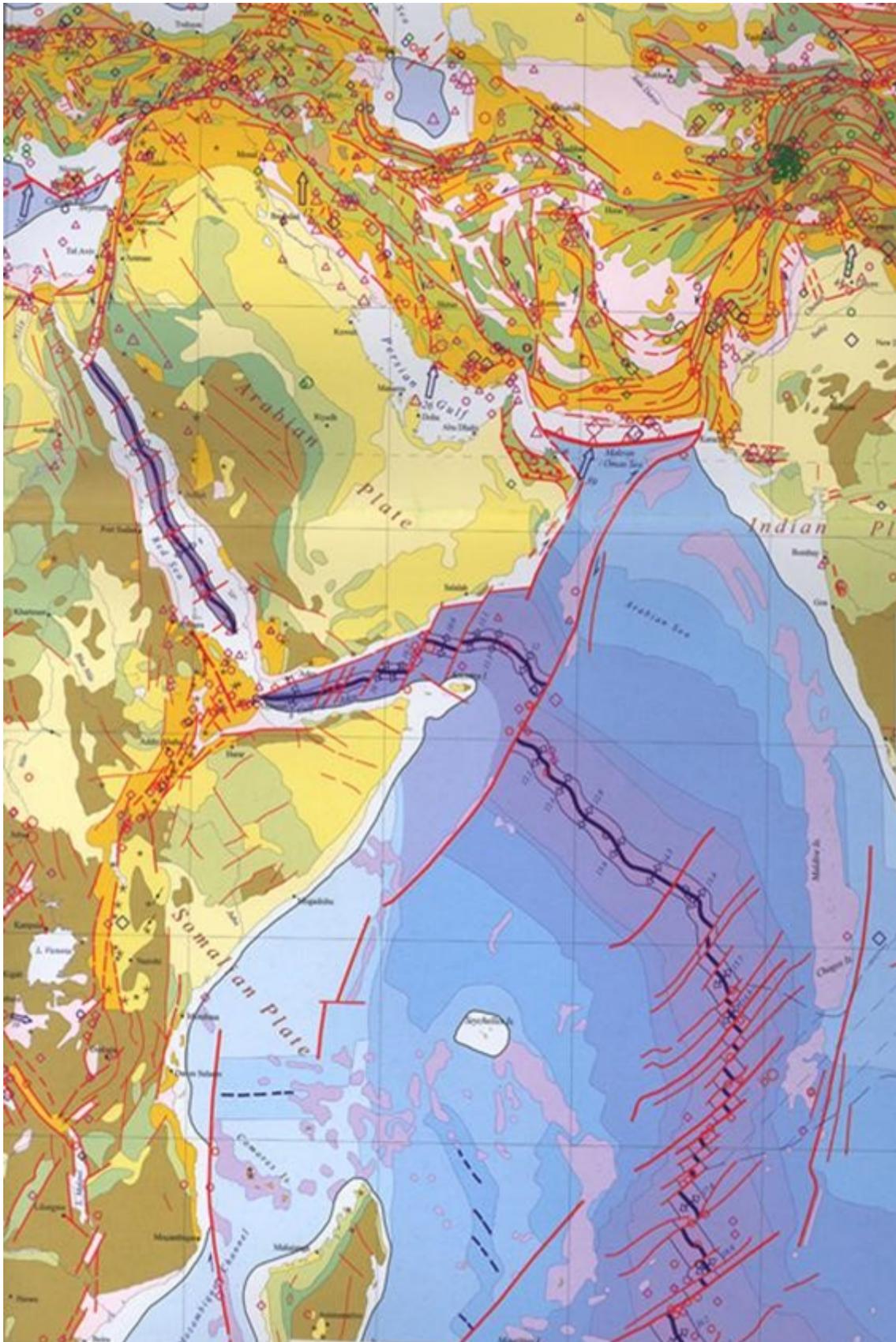


Fig. 1 : Les dorsales océaniques de l'Océan Indien, du golfe d'Aden et de la Mer Rouge, ces dernières séparant l'Afrique de l'Arabie se prolongent à l'intérieur du continent en Afar, où elles rencontrent la terminaison nord de la vallée du rift africain. (en orange)

L'Afrique de l'Est, pays du rift.

Lorsque l'on observe la carte du relief de la planète, le regard est attiré par l'Afrique de l'Est dont on remarque, depuis les abords de la mer Rouge jusqu'au sud du continent, ces fortes altitudes constituant de hauts plateaux eux-mêmes parsemés de sommets. On en comprend l'origine volcanique (Monts Kenya, Kilimanjaro, etc...). Puis on perçoit que ces hauteurs sont elles-mêmes découpées par des vallées profondes, délimitées par des failles, parsemées de lacs, où l'on sait que des volcans actifs, des sources thermales et des fumerolles abondent (Fig.1 et 2).



Fig. 2 : La vallée du rift africain, et les deux bombements lithosphériques associés (Kenya et Ethiopian Dômes). La vallée du rift se divise en deux dans sa partie sud (rift Est du Kenya et rift ouest du Congo) avec le lac Victoria au centre.

En fait, l'ensemble de ces caractéristiques géographiques résulte du même phénomène tellurique. Au cours des 25 derniers millions d'années en effet, cet ensemble a été affecté, le long d'un axe grossièrement nord-sud, par une remontée du manteau terrestre, qui a d'abord bombé la croûte avant de la fracturer et de la casser, séparant la plaque somalienne de sa racine nubienne et permettant la libération en surface du magma, lui-même produit par ce même phénomène (Fig.3). La remontée du manteau chaud (1.300°C) s'accompagne en effet d'un abaissement de la pression qui entraîne une fusion partielle des minéraux qui le constitue et la production de magma basaltique ascendant jusqu'à la surface à travers les failles ouvertes du rift.

Ce bombement axial méridien résulte en fait du phénomène d'extension affectant la croûte terrestre selon une direction grossièrement perpendiculaire qui s'est poursuivi jusqu'à ce jour et continue à être encore actif aujourd'hui. Il peut être mesuré par diverses méthodes (incluant désormais le GPS) et varie de quelques millimètres par an au Sud jusqu'à 2 centimètres par an au nord, sur les confins

de la mer Rouge (Fig. 4).

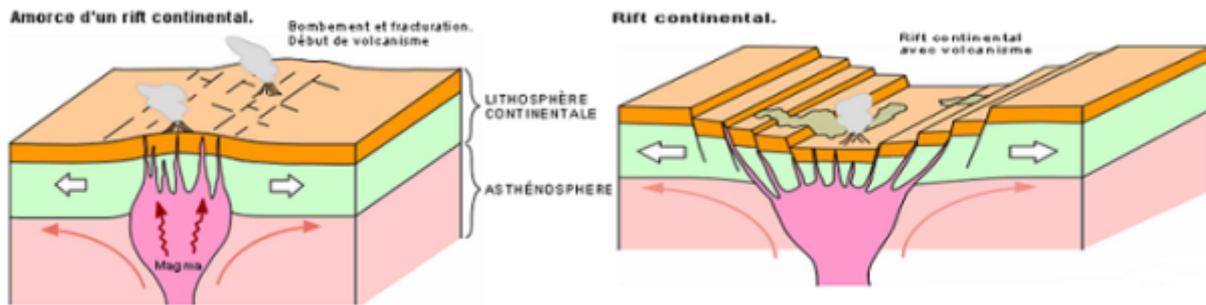


Fig. 3 et 4 : Dans un premier stade (25 Ma), on observe un bombement de la lithosphère, avec remontée du manteau chaud et production de magma sur les plateaux ; ceux-ci sont ensuite découpés par des failles normales délimitant la vallée du rift avec développement d'un volcanisme actuel dans son axe.

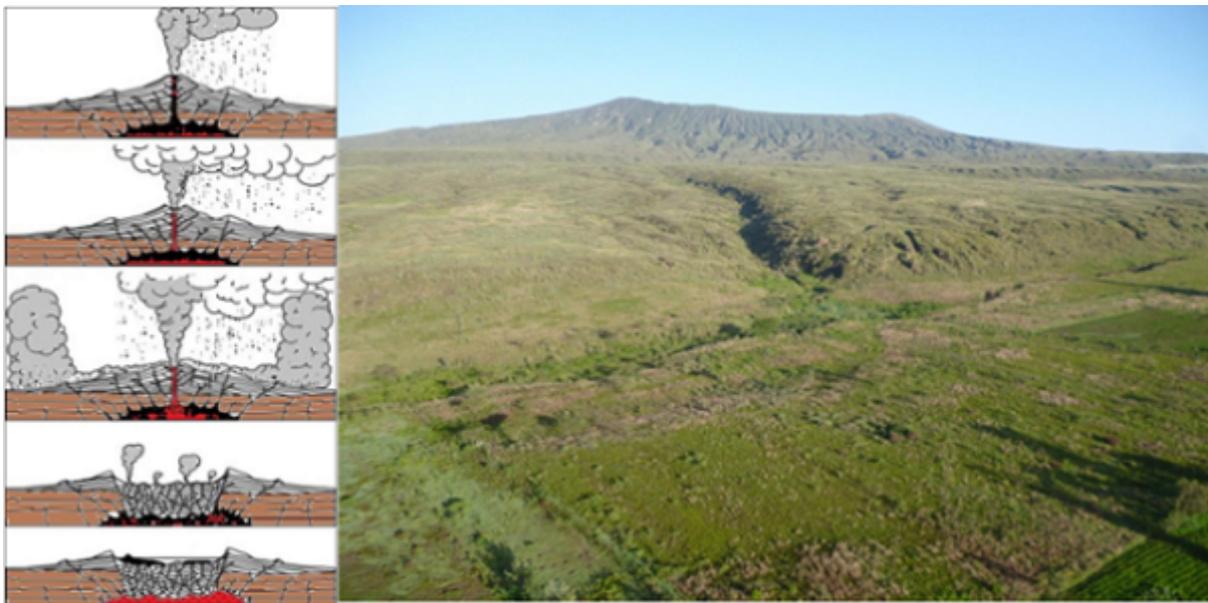


Fig.5 : schéma de formation d'une caldera et photo d'un volcan de la vallée du rift kenyan avec sa caldera sommitale.

Les injections verticales de magma qui compensent cet écartement le long des fissures ouvertes de l'axe du rift, constituent de véritables radiateurs ainsi disponibles pour constituer autant de gisements géothermiques tout au long de la « rift valley ». Outre les fissures ouvertes emplies de magma en cours de refroidissement et régulièrement réalimenté par de nouvelles injections, se développent ici et là, à la faveur de failles transverses, des centres volcaniques où le magma va évoluer à proximité de la surface (2 à 10 kilomètres de profondeur) au sein de « chambres magmatiques », vers des produits plus riches en alcalins et en silice (trachytes, phonolites, rhyolites) et appauvris en métaux lourds. On assistera alors au développement de calderas, vastes effondrements circulaires de plusieurs kilomètres de diamètres (Fig.5) constituant autant de sites géothermaux encore plus attractifs que les zones fissurales qui les entourent au nord et au sud.

La formation géologique des gisements géothermaux.

Un gisement géothermique de haute température (J.Varet, 2012) se caractérise par la présence simultanée de 4 paramètres (Fig.6) :

1. Une source de chaleur magmatique d'une température de 1200 à 900°C (selon la composition plus ou moins évoluée du magma, depuis les basaltes jusqu'aux rhyolites) à une profondeur de quelques kilomètres.
2. Un réservoir hydrothermal composé d'eau chaude sous pression (180 à 300°C) emprisonnée dans une roche réservoir ou une zone fracturée au sein de laquelle ce fluide pourra circuler et échanger sa chaleur avec la roche.
3. Une couverture imperméable qui limitera la remontée des fluides hydrothermaux vers la surface permettant le développement d'un réservoir sous-jacent sous pression.
4. Une réalimentation naturelle du système à la faveur de failles qui permettent aux eaux de pluies de s'infiltrer dans les hauteurs voisines (des hauts plateaux bordant le rift) jusqu'en profondeur sous le gisement.

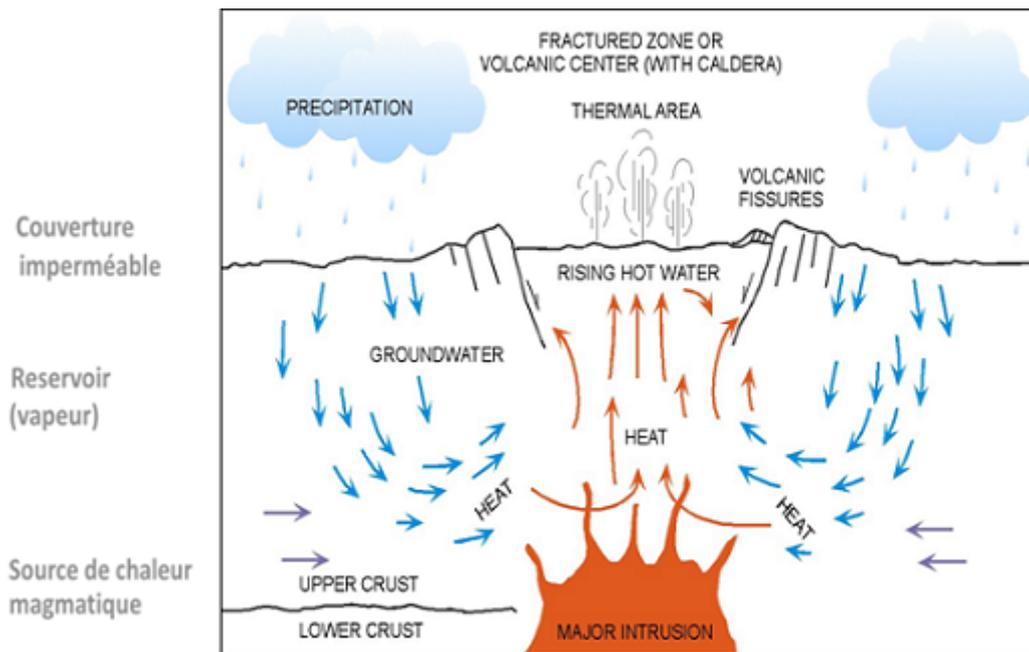


Fig.6 : Coupe schématique d'un gisement géothermique de haute température en contexte volcanique

L'identification et le développement des sites de production d'énergie géothermique.

L'identification des gisements géothermiques de haute température passe par la mise en œuvre de méthodes d'exploration géologiques, géochimiques et géophysiques visant à caractériser l'extension, la profondeur, la qualité des fluides et leur renouvellement, à partir d'indices et de méthodes de surface. Le métier de l'explorateur géothermicien est particulièrement spécialisé (différent de l'exploration pétrolière ou minière car il s'adresse à des systèmes actifs) parce qu'il met en œuvre un ensemble très large de champs disciplinaires. Les travaux de surface permettent d'identifier des sites et des objectifs de forages profonds d'exploration visant à vérifier la réalité et à préciser les caractéristiques quantitatives du gisement. C'est la phase de faisabilité, d'autant plus cruciale qu'elle est coûteuse et à hauts risques (Fig.7).

La phase suivante est celle du développement du gisement et des unités de production électrique au moyen de turbines actionnées par la vapeur émise sous pression par les puits et transmise par un réseau de tubes isolés vers la centrale. Un puits produit en moyenne 5MWe de sorte qu'un ensemble de 20 à 40 puits sera connecté à chaque unité de 100 à 200 MW de puissance unitaire (Fig. 8). Le développement du gisement pourra être progressif, pour adapter la production à la croissance de la demande depuis une première unité de 5 ou 10 MWe jusqu'à une puissance totale de 1.000 MWe ou

plus.

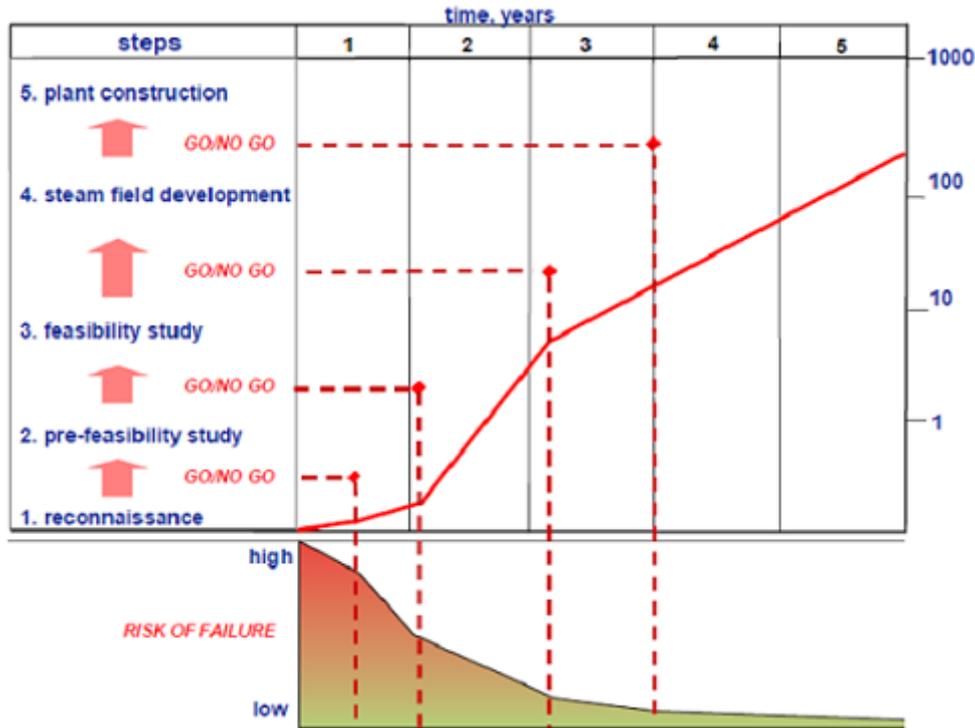


Fig. 7 : Coûts cumulés pour le développement d'une unité géothermique de 100 MW (en milliers de \$ US) et risques correspondants. On voit que les risques très élevés au début (forages d'exploration) vont décroissants avec le développement du gisement.

Les entreprises assurant les travaux d'exploration sont des entités publiques locales, éventuellement assistées d'une expertise ou d'une ingénierie étrangère, souvent islandaise (ISOR) ou néo-zélandaise, quelquefois italienne (Electroconsult) ou française (CFG, BRGM). Les forages peuvent être confiés à des entreprises spécialisées (les mêmes qui opèrent dans le domaine pétrolier ou gazier) ou par acquisition de machines par les entreprises locales (option retenue au Kenya). Le marché des centrales géothermiques et des turbines se concentre dans les mains des entreprises japonaises (Mitsubishi, Toshiba, Mistui...), situation paradoxale dans la mesure où le Japon a peu développé la géothermie sur son sol malgré des ressources importantes (on peut espérer que cette situation change après Fukushima, cf. J.Varet, 2011b). Les investissements privés étrangers sont encouragés, notamment par la Banque Mondiale, mais trouvent encore peu d'écho. Au total, la géothermie est créatrice de nombreux emplois locaux - directs et induits - depuis les manœuvres de chantier jusqu'aux techniciens et ingénieurs aux compétences des plus diverses (géologie, thermodynamique, mécanique, électricité...). Par leur progressivité, les chantiers sont aussi des écoles de formations.



Fig. 8 : Vue du gisement d'Olkaria (Kenya) avec une des unités de production électrique (140 MW) connectée à un réseau transportant la vapeur depuis les puits de production (Photo J.Varet, 2013)

Les développements et projets actuels.

Le développement de la géothermie dans la vallée du rift a fait suite aux travaux de reconnaissance volcanologiques initiés par H.Tazieff et G.Marinelli en 1967. L'identification de ces caractéristiques exceptionnelles a permis, à la veille du premier choc pétrolier, de convaincre les principales parties concernées de l'intérêt d'entreprendre les travaux de reconnaissance et de développement de ces ressources. C'est ce qui fut initié avec le BRGM à Djibouti (alors territoire français des Afars et des Issas) dès 1970, puis en Ethiopie et au Kenya avec le PNUD à partir de 1972.

a. Kenya

Néanmoins, à ce jour, seul le Kenya a véritablement pris l'initiative de se lancer efficacement dans le développement industriel de ces ressources. L'exploration du gisement d'Olkaria a été engagée en 1976 et ce vaste champ géothermique est progressivement développé par la compagnie nationale d'électricité KenGen, pour atteindre 240 MWe en 2014 et prévoir un développement de 100MW par an pendant les 10 prochaines années. Au total, l'objectif du gouvernement est de produire le tiers de ses besoins en électricité en 2020 par géothermie (Fig.9) et d'atteindre 5.000 MWe en 2030, ce qui placerait le Kenya en position de leader mondial, où il rivalisera avec l'Indonésie, les Philippines et peut-être le Japon si ce pays se décide effectivement à exploiter ses immenses ressources plutôt que le seul nucléaire (son option jusqu'à Fukushima). En effet de bons gisements géothermiques dans les zones géodynamiques actives permettent de produire - en base - une énergie renouvelable et non émissive en CO₂ à un coût largement compétitif (7 à 14 \$/kWh) avec l'énergie conventionnelle ou nucléaire.

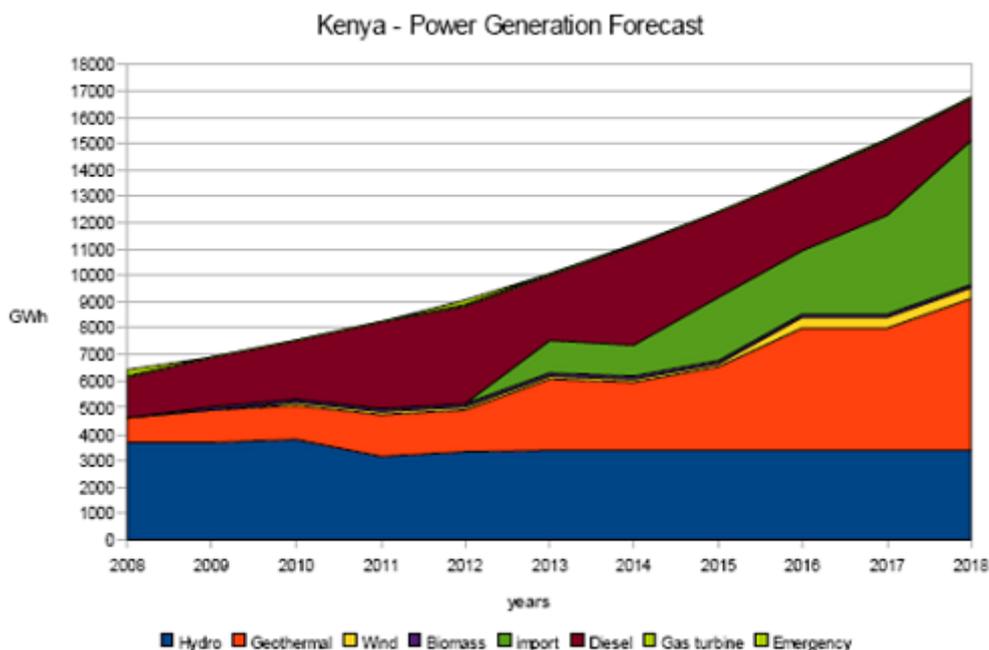


Fig. 9 : Projections des productions énergétiques (2008-2018). La géothermie assure dès à présent la plus forte montée en puissance, pour devenir la source dominante en 2030.

Plus généralement le Kenya apparaît – avec sa forte croissance continue depuis 10 ans, sur la base d’une économie saine, d’une administration compétente, d’une élite bien éduquée et de plus en plus étendue, et d’une démocratie plutôt exemplaire dans la région, comme un « enfant chéri » des bailleurs de fonds internationaux et bilatéraux (Fig. 10). Il constitue depuis peu un objectif clé pour le commerce extérieur français. En effet outre ses atouts propres, c’est aussi une place de choix pour développer les activités commerciales et industrielles dans cette région anglophone. La Ministre Nicole Brick a organisé une réunion de sensibilisation des entreprises françaises le 4 novembre 2013 pour les encourager à se tourner vers le Kenya, mentionnant notamment la géothermie parmi les secteurs à plus forte croissance.

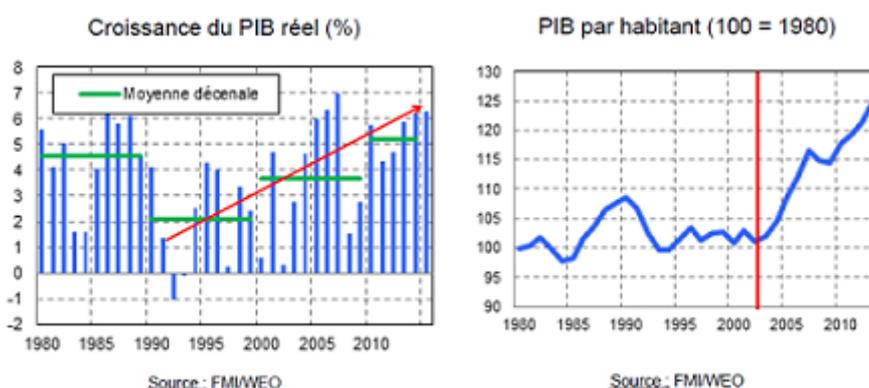


Fig. 10 : Eléments d’appréciation économique de la situation du Kenya. (une croissance forte) .

Alors que l’AFD a engagé des financements importants sur le Kenya, notamment en géothermie (encadré 1), ceux-ci ont bénéficié à des opérateurs chinois qui ont ainsi acquis leurs premières références en géothermie. Mais depuis peu, après 25 ans de « calme plat », l’industrie française recommence à se préoccuper de développer des capacités à l’export. On dispose en effet potentiellement de l’ensemble de la chaîne depuis l’exploration jusqu’à la vente d’énergie en passant par l’exploitation des gisements et l’installation des centrales thermiques. Récemment une tentative de coordination tend à s’organiser sous l’égide de l’AFPG et de l’ADEME, avec l’appui de Cap Gemini Consulting pour promouvoir la « filière française », et le Kenya a été identifié parmi les

cibles prioritaires. Ainsi l'ingénieur Clemessy (groupe Eiffage) négocie actuellement avec la direction du Trésor un crédit export pour forger une première référence française au Kenya.

Encadré 1 : Les bailleurs de fonds du Kenya et la place de l'AFD, notamment en géothermie.

- Le Kenya est apprécié des bailleurs de Fonds. Il reçoit une APD conséquente de quelque 2 Mds USD par an :
 - 56 % dons
 - 33 % de part multilatérale (Banque Mondiale, BAfD + FAD, FMI, UE)
 - 67 % d'aide bilatérale (Etats-Unis, Royaume-Uni, Allemagne, Suède, Danemark, France, Espagne, Canada...)
- Coté français, les engagements de l'AFD sont importants avec un encours de 1125 M € (dont 963 de prêts souverains)
 - Ils croissent de 100 à 150 M € / an
 - Et sont concentrés sur les secteurs de :
 - l'énergie (560 M €),
 - les transports (routes et aéroports/178 M €)
 - l'adduction d'eau (240 M €)
 - et le développement urbain (73.4 M €)

Le secteur de l'énergie concentre plus de la moitié des engagements de l'AFD au Kenya. Elle y intervient en faveur (i) du développement des énergies renouvelables et notamment la géothermie pour favoriser un mix énergétique sobre en carbone, (ii) de l'accès à l'électricité, notamment en zone rurale, tout en maîtrisant l'intensité énergétique du pays, (iii) du renforcement des réseaux électriques de transport et distribution, et (iv) de l'intégration régionale du marché de l'électricité en Afrique de l'Est. L'Agence a également contribué à la définition et à la planification des politiques nationales en faveur des énergies renouvelables.

Le secteur de l'énergie concentre plus de la moitié des engagements de l'AFD au Kenya. Elle y intervient en faveur (i) du développement des énergies renouvelables et notamment la géothermie pour favoriser un mix énergétique sobre en carbone, (ii) de l'accès à l'électricité, notamment en zone rurale, tout en maîtrisant l'intensité énergétique du pays, (iii) du renforcement des réseaux électriques de transport et distribution, et (iv) de l'intégration régionale du marché de l'électricité en Afrique de l'Est. L'Agence a également contribué à la définition et à la planification des politiques nationales en faveur des énergies renouvelables.

Assistance technique au Ministère de l'Energie	Fonds d'études et de renforcement de capacités dédié au financement d'une assistance technique auprès du ministère de l'Energie	1 000 000	subvention	République du Kenya	21/01/2009	Exécution
Geothermal development Cie	Achat de machines de forage géothermique et réalisation d'un plan directeur de l'énergie	56 000 000	prêt souverain	République du Kenya	01/04/2010	Exécution
Olkaria I et IV	Centrales électriques géothermiques Olkaria I & IV	150 000 000	prêt souverain	République du Kenya	08/04/2010	Exécution

Outre KenGen engagé depuis plusieurs années dans le développement du gisement d'Olkaria, GDC (Geothermal Development Company) a été créée par le Ministère de l'Energie il y a 7 ans pour assurer un développement plus vigoureux de la géothermie kenyenne. Une douzaine de gisements de grande taille a été identifiée tout le long de la vallée du rift (Fig. 11) ; trois d'entre eux ont dépassé le stade de la faisabilité pour engager un développement de la production, dont Menengai où une puissance totale de 1500 MWe est envisagée (3 machines de forages y opèrent en continu). KenGen et GDC bénéficient pour ce faire de divers soutiens financiers multilatéraux et bilatéraux (Banque Mondiale, BAfD, GEF, fonds de l'OPEP, AFD, KfW, US et financements japonais, chinois ou autres) auxquels s'ajoutent les financements d'opérateurs privés (dont l'israélien ORMAT). GDC, qui emploie 800 personnes, et la division géothermie de KenGen ont de ce fait d'immenses besoins de formation et de transferts de technologies, jusqu'ici assurés par la Nouvelle Zélande et l'Islande. Mais les capacités de ces opérateurs ne suffisent plus à répondre à la demande et le Kenya souhaite diversifier ses partenaires. Il existe donc de réelles opportunités pour des intervenants européens, français en particulier.

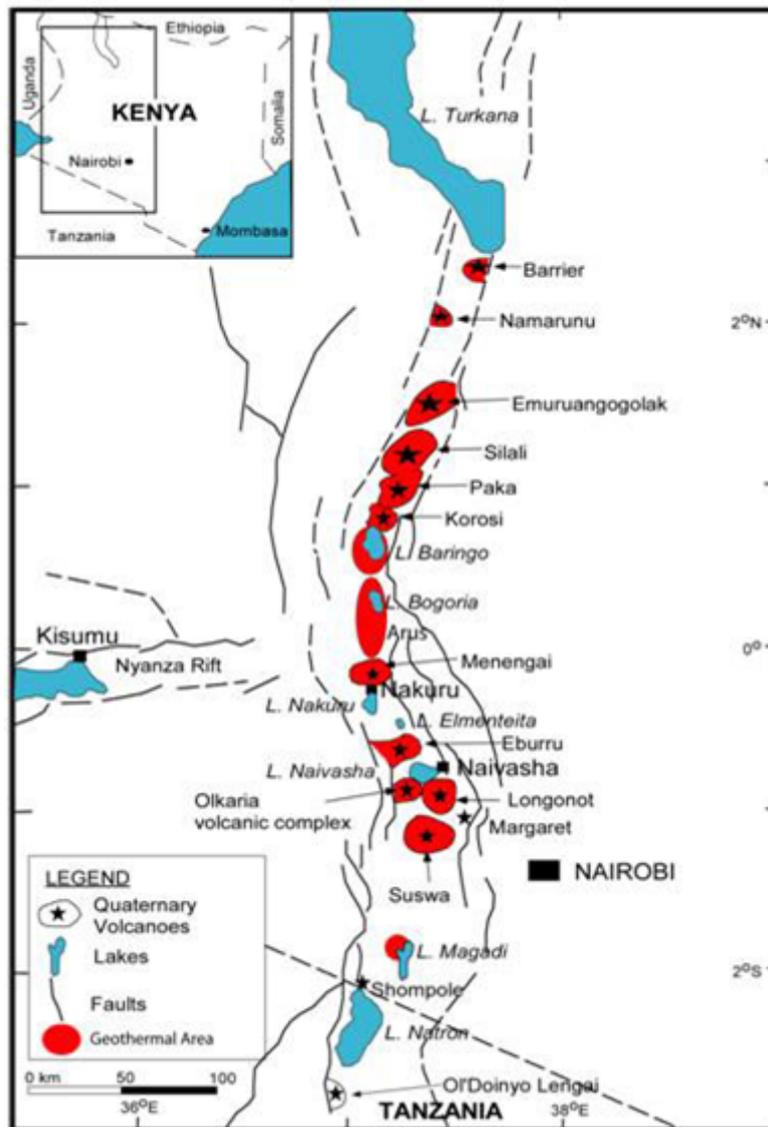


Fig. 11 : Les champs géothermiques identifiés et en cours de développement au Kenya.

A côté de la géothermie de puissance, destinée à répondre aux besoins du réseau interconnecté, les ressources de la vallée du rift permettent de répondre aussi aux besoins de petites communautés actuellement éloignées de tout réseau, et qui ne sont pas prêtes à être connectées du fait de la faible densité de la demande solvable. Le concept de « Geothermal Village » a été établi par géo2D en lien avec Electerre de France et GDC (Fig. 12) ; il combine production électrique, pompage de l'eau souterraine et développement des usages locaux des fluides géothermiques, y compris pour un écotourisme. Le développement d'un premier projet de démonstration a été proposé sur le site de Barrier, au sud du lac Turkana, pour lequel le financement est encore en cours d'identification auprès des bailleurs (J.Varet et al., 2014).

b. Ethiopie

L'Ethiopie est sans doute le pays de la région qui recèle les ressources géothermiques les plus importantes (Fig.13), du fait de la croisée des 3 rifts (Mer Rouge, Aden et Rift Valley) sur son territoire dans la vaste région de l'Afar (J.Varet, 2006). Mais ce pays dispose également d'un potentiel hydraulique exceptionnel puisqu'il contient l'essentiel du réseau amont du Nil ; il a donné la priorité à ce développement énergétique et agricole (qui n'est pas sans poser des problèmes de voisinage avec le Soudan et l'Egypte), et les ressources géothermiques sont de ce fait relativement négligées. Néanmoins des projets sont en cours d'étude dans la vallée du rift (Corbetti) et en Afar

(Tendaho), ce dernier avec l'assistance financière de l'AFD. En 2013, le gouvernement éthiopien a néanmoins annoncé la signature d'un contrat pour le développement jusqu'à 1.000MWe du site de Corbetti avec un opérateur islandais soutenu par des fonds américains. L'objectif serait de disposer d'une production d'électricité renouvelable plus stable (indépendante des fluctuations saisonnières).



1

Fig.12 : Bloc diagramme schématisant le projet « Géothermal Village » combinant production d'électricité (centrale ORC sur zone fumerollienne), d'eau souterraine pour irrigation par pompage, et usage de l'énergie et du fluide à l'aval (séchage, serriculture, thermalisme...), sur le site de Barrier, rive sud du lac Turkana (in dossier GDC/Electerre proposé à EuropAid). Dessin Michel Villey.

Le développement du gisement d'Asal, découvert par le BRGM en 1972, n'a pas encore vu le jour malgré une intervention italienne soutenue par la Banque Mondiale dans les années 80. Une nouvelle étape s'ouvre aujourd'hui avec l'engagement d'une opération basée sur la réalisation de 4 nouveaux forages, lancée en 2014 et financée par un consortium bancaire incluant la banque Mondiale, la banque Africaine de Développement, le Fonds de l'OPEP et l'AFD, avec l'objectif d'atteindre une production de 50MWe répondant aux besoins en base du pays. Plusieurs autres sites géothermiques sont susceptibles d'offrir des perspectives de développements futurs lorsque les conditions politiques et économiques le permettront, du fait que la dorsale océanique d'Aden pénètre de pays, rendant disponibles d'énormes quantités d'énergie tellurique (Houmed et al., 2012).

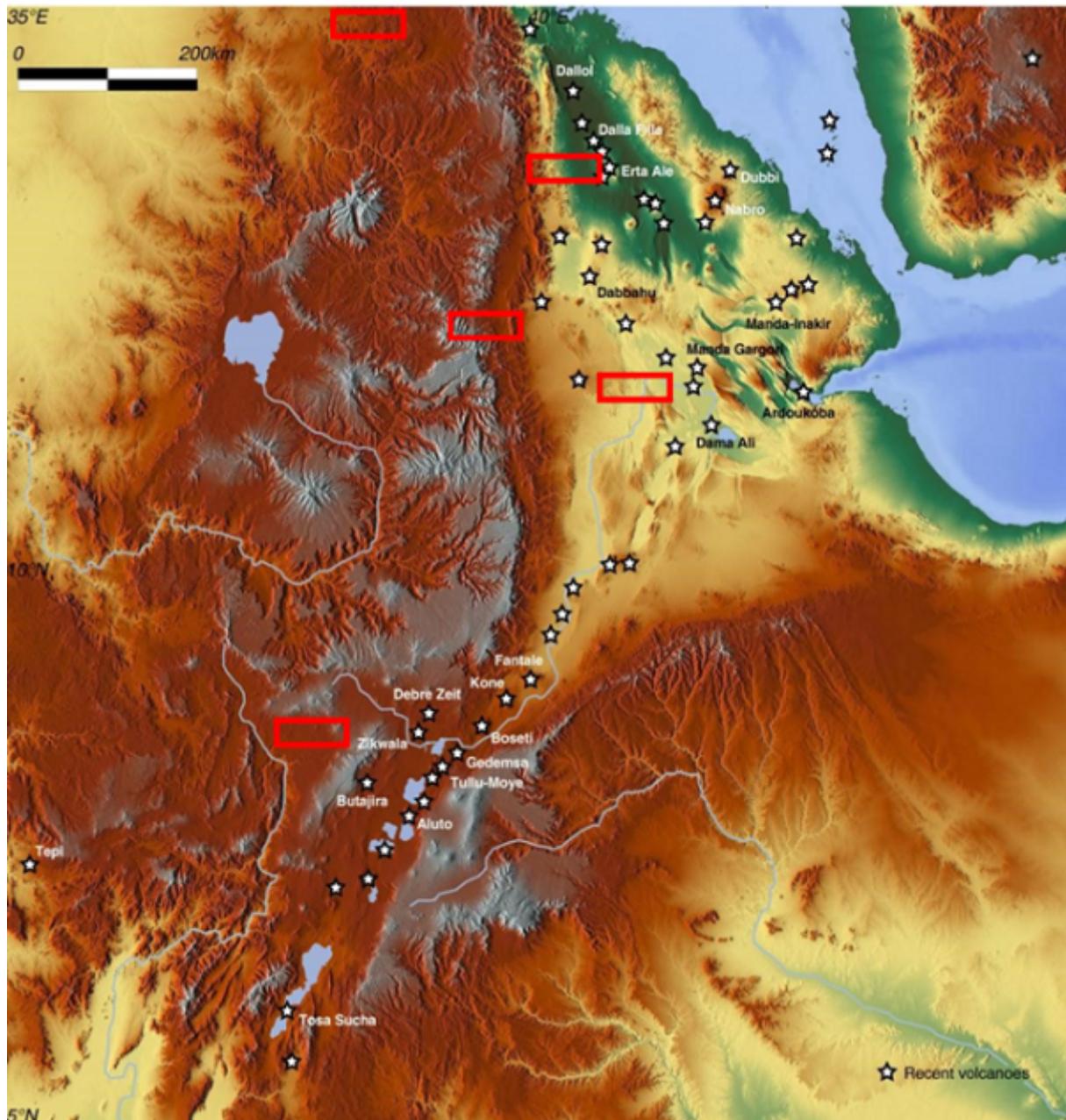


Fig.13 : Carte topographique de la vallée du rift Ethiopien et de l'Afar. Les centres volcaniques actifs et les gisements géothermiques cités en Ethiopie, Erythrée et Djibouti sont indiqués.

c. Djibouti.

Le développement du gisement d'Asal, découvert par le BRGM en 1972, n'a pas encore vu le jour malgré une intervention italienne soutenue par le Banque Mondiale dans les années 80 (Houmed et al., 2012a). Une nouvelle étape s'ouvre aujourd'hui avec l'engagement d'une opération basée sur la réalisation de 4 nouveaux forages, lancée en 2014 et financée par un consortium bancaire incluant la banque Mondiale, la banque Africaine de Développement, le Fonds de l'OPEP et l'AFD, avec l'objectif d'atteindre une production de 50MWe répondant aux besoins en base du pays. Plusieurs autres sites géothermiques sont susceptibles d'offrir des perspectives de développements futurs lorsque les conditions politiques et économiques le permettront, du fait que la dorsale océanique d'Aden pénètre de pays, rendant disponibles d'énormes quantités d'énergie tellurique (Houmed et al., 2012b).

d. Erythrée.

L'Erythrée dispose également de ressources géothermiques, notamment sur les sites de Alid et de Bidu-Dubbi, mais l'évolution du régime, de plus en plus dictatorial et fermé, n'a pas permis à ce jour d'ouvrir des perspectives de développement. La géothermie devrait permettre à elle seule de répondre aux besoins énergétiques du pays, aujourd'hui totalement dépendant du pétrole importé.

e. Les autres pays de la vallée du rift.

La plupart des pays de la vallée du rift sont dotés de ressources géothermiques, dont les caractéristiques sont en cours d'investigations dans le cadre d'un programme régional financé par le Fonds pour l'Environnement Mondial et placé sous l'égide du PNUE. Les pays les plus engagés sont le Rwanda, la Tanzanie et l'Ouganda. Un mécanisme financier pour aider à la réalisation des forages d'exploration a par ailleurs été mis en place auprès de l'Union Africaine (dont le siège est à Addis Abeba). Il est doté de 50M€ et il est soutenu par le KfW (aide bilatérale allemande) et l'Union Européenne.

f. Pays voisins

Outre l'Afrique de l'Est, tout le long des 2 vallées du Rift, d'autres possibilités existent dans des régions volcaniques voisines (Cameroun, Comores, Madagascar, Yemen...). La Réunion, où deux forages profonds avaient été réalisés par le BRGM dans les années 1980, devrait connaître prochainement un nouveau développement à l'initiative de la société Electerre.

Des plus pauvres aux plus riches ?

L'Afrique de l'Est figure aujourd'hui parmi les pays où le niveau de pauvreté est un des plus élevés du monde, et ceci plus particulièrement pour les populations nomades qui habitent la vallée du rift et la région Afar (vaste territoire désertique qui s'étend en Ethiopie, en Erytrée, et à Djibouti). Mais malgré un climat peu propice, le développement des ressources géothermiques exceptionnelles de cette région de la planète devrait voir le jour et permettre la relocalisation d'une industrie soucieuse de disposer d'une énergie renouvelable et sûre, non émissive en gaz à effet de serre et assurant une production continue adaptée aux processus industriels lourdement consommateurs. De tels développements ne pourront se faire sans implication de la population locale. C'est la raison pour laquelle une étape de développement villageois - sur le concept « geothermal village » - est nécessaire et opportune. Tout en assurant un développement local proche des besoins de la population, elle permettra une appropriation des ressources et de technologies aujourd'hui méconnues mais non hors de portée. Dans cette démarche, le rôle des femmes pourrait être déterminant. Elles sont en effet aujourd'hui, dans ces sociétés nomades, en charge des tâches de la fourniture en eau et en énergie, deux composantes essentielles que la géothermie permet de rendre disponible et accessible localement.

La géothermie permettant un développement modulaire, on pourrait ainsi voir la population du rift bénéficier à terme d'un développement intéressant l'ensemble de l'Afrique de l'est et, partant de l'intérieur du continent (cf. les riches régions minières du Katanga, au Congo Kinshasa actuellement victimes de la guerre).

De l'origine de la vie à l'origine de l'humanité jusqu'à son développement vraiment durable

On le sait, la vallée du rift a été à l'origine du développement de l'espèce humaine il y a plusieurs millions d'années. Bien antérieurement, on sait aussi que l'origine de la vie (avec l'apparition des bactéries les plus élémentaires, ou archéobactéries) s'est faite dans les environnements hydro-géothermaux il y a plus d'un milliard d'années. Au total, c'est en définitive là où est apparue la vie

terrestre, et où se sont développées les premières formes de sociétés humaines, que l'humanité pourrait enfin découvrir et promouvoir une forme de développement vraiment durable, basée sur un usage harmonieux de ces ressources naturelles renouvelables enfin redécouvertes !

Jacques Varet

Bibliographie

- GEA (2012) - *Geothermal Energy. International market overview report*. Geothermal Energy Association (24p.)
- Glittnir (2007) - *US Geothermal energy. Market Report* (67p.).
- GIEC-IPCC (2011) - Special reports on renewable energy sources & climate change mitigation - <http://srren.ipcc-wg3.de/>
- Houmed, A. M., Haga, A. O. Abdilahi, S. & Varet, J. (2012) - *Proposal for new geothermal models and sites hierarchy in Djibouti Republic*. Proceedings of the 4th African Rift Geothermal Conference. Nairobi, Kenya, 21-23 November 2012, 10p.
- OECD-IAE (2011) - Geothermal Heat and Power roadmap. www.iea.org/publications/freepublic...
- Varet J. 2006 - *The Afar triangle : a future « gulf region » for world geothermal energy ?* - In , ARGeo-C1 - First East African Rift Geothermal conference - Addis Abeba - Ethiopia Varet T. (2007)
- *Géodynamique terrestre : menaces et opportunités*. Le Monde .Fr, Mars 2011
Varet J. (2012)
- Varet J. Omenda P., Jectone A., Onyango, S. (2014) - *The « Geothermal Village » concept : A new approach to geothermal development in rural Africa*. ARGeo-C5 Geothermal : Solutions to Africa Energy Needs. Arusha (à paraître)

Lire également dans l'encyclopédie

dans l'Encyclopédie

- * Benjamin Dessus, [Introduction à l'énergie](#), N° (24) , janvier 2007.
- * Bernard Laponche, [Les consommations d'énergie dans le monde](#), N° (25) , janvier 2007.
- * Jacques Varet, [La géothermie](#), N° (143) , juin 2011.
- * Jacques Varet, [La géothermie pour la production d'électricité](#), N° (155), janvier 2012.

Sur Internet

- * GIEC-International Panel Climate Change (2011) - <http://srren.ipcc-wg3.de/>
- * OCDE-International Energy Agency - www.iea.org/publications/freepublic...