Évaluation de la production d'hydrogène par géothermie

HADJIAT Mohammed Moundji
Directeur de Recherche
Division Thermique et Thermodynamique Solaire et Géothermie - CDER
E-mail : m.hadjiat@cder.dz

Introduction

De nos jours, le réchauffement climatique et les émissions de gaz à effet de serre causés par la consommation excessive de combustibles fossiles représentent un danger pour la planète et l'avenir de l'humanité. Cela est dû à l'augmentation mondiale de la demande énergétique et à la forte croissance économique. La grande majorité de la production d'énergie en Algérie est issue des énergies fossiles (pétrole et gaz naturel). 92 % de la production d'électrique est issue du gaz naturel dont la consommation augmente rapidement. La consommation du gaz naturel qui était de 15 Mtep en 2009, a atteint 24,9 Mtep en 2018 [1]. La transition énergétique des énergies fossiles vers les énergies renouvelables devient de plus en plus cruciale pour éviter une crise énergétique et un réchauffement climatique dans un proche avenir. La politique énergétique actuelle de l'Algérie donne la priorité aux énergies renouvelables. L'hydrogène représente un vecteur énergétique prometteur s'il est produit par des énergies renouvelables. Dans ce contexte, l'hydrogène est prôné comme le carburant du futur car c'est une énergie propre et stockable par rapport à d'autres sources d'énergie renouvelables. Quelques chercheurs ont travaillé sur l'extraction de l'hydrogène à partir du sulfure. Ouali et al (2011) ont proposé de produire de l'hydrogène à partir de sulfure d'hydrogène dans dans des zones géothermiques de l'Algérie [2]. Ce processus est une opportunité pour la production de l'hydrogène avec moins d'énergie et pour minimiser la présence du sulfure d'hydrogène H_2S dans l'environnement à un niveau extrêmement bas. Bien que la production d'hydrogène à partir du sulfure d'hydrogène fût rentable et bénéfique pour l'environnement, cette méthode n'a pas connu un grand succès . La production de l'hydrogène par électrolyse de l'eau est la méthode la plus utilisée au monde. Boudries et al, (2014) ont recommandé un modèle pour produire de l'hydrogène en utilisant l'énergie solaire photovoltaïque [3]. Mraoui et al, (2018) ont procédé des investigations théorique et expérimentale sur la production d'hydrogène par un électrolyseur à membrane (PEM) utilisant l'énergie solaire photovoltaïque comme source d'énergie . Cependant, l'inconvénient majeur de ces systèmes réside dans leur dépendance du rayonnement solaire [4].

Application de la géothermie pour la production d'hydrogène

La production d'hydrogène par électrolyse de l'eau en utilisant l'énergie géothermique est une solution non polluante et écologique dont l'avantage majeur la disponibilité et la durabilité de l'énergie géothermique sous forme de chaleur. Généralement, comme on le voit sur la figure 1, l'énergie géothermique est convertie par la machine ORC (Organic Rankine Cycle) en électricité puis en hydrogène. l'hydrogène produit peut être facilement stocké et transporté, ce qui représente un atout majeur à ce processus.

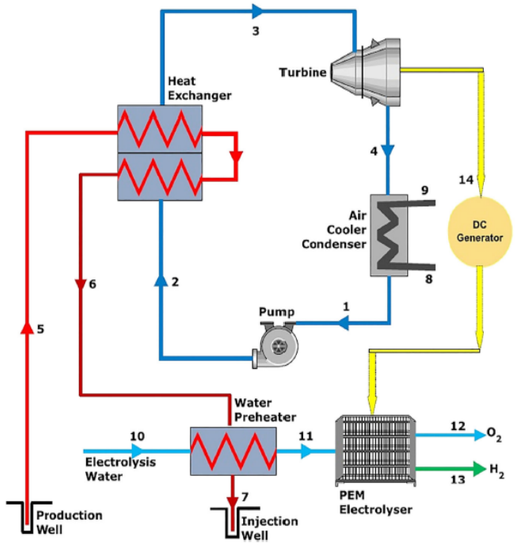

Figure 1. Production d'hydrogène par géothermie

Ces dernières années, l'utilisation de la technologie thermoélectrique dans la récupération de chaleur fatale a été développée dans de nombreux laboratoires de recherche. Le principe de base des matériaux thermoélectriques est l'effet Seebeck découvert par Thomas Seebeck. Comme montré sur la figure 2, un élément thermoélectrique typique se compose de paires de semi-conducteurs de type p et n interconnectés par un conducteur métallique tel que le cuivre. Lorsqu'une différence de température entre les surfaces du générateur thermoélectrique (TEG) est établie, il y a création d'une tension électrique.

L'application de cette technologie pour produire des énergies renouvelables est devenue très utile. Les modules thermoélectriques sont généralement combinés avec un cycle organique pour améliorer leur efficacité. Cependant, ces systèmes nécessitent une température de la source géothermique d'environ 160 °C ou plus. Zare et Palideh (2018) ont intégré des modules thermoélectriques dans un cycle Kalina pour améliorer son efficacité. Le cycle est alimenté par l'énergie géothermique pour produire de l'électricité renouvelable [5]. Les auteurs ont rapporté une augmentation de 7,3 % de l'efficacité énergétique en intégrant des générateurs thermoélectriques (TEG).

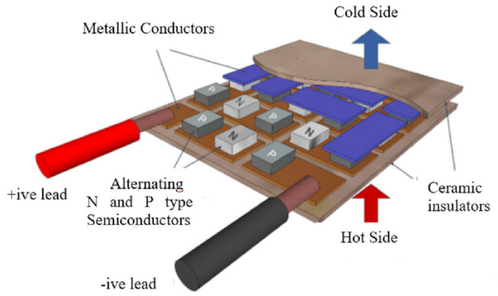

Figure 2. Module thermoélectrique

Perspective en Algérie

En Algérie, la géothermie peut être considérée comme une source d'énergie à faible enthalpie car la température de la plupart des sources chaudes se situe entre 30 et 90 °C [6]. Par conséquent, tous les systèmes basés sur des machines ORC ont un rendement très faible. Il est donc nécessaire de trouver un autre système adapté aux sources géothermiques en Algérie tel que les générateurs thermoélectriques (TEG).
La figure 3 montre un système de production d'hydrogène et ce modèle est principalement composé d'un système de modules thermoélectriques et d'un électrolyseur alcalin. Le rôle des modules thermoélectriques est de produire de l'électricité en créant une différence de température entre le côté chaud et le côté froid. Pour obtenir cette différence de température, nous utiliserons l'eau d'une source chaude comme énergie renouvelable et un système de refroidissement qui utilise l'air ambiant comme fluide de refroidissement. La quantité d'hydrogène produite est déterminée selon le courant électrique produit par le générateur thermoélectrique TEG. En utilisant le logiciel Trnsys, nous avons élaboré un modèle pour simuler la production d'hydrogène. Le tableau ci-dessous représente la quantité d'hydrogène simulé qui peut être produite sur le site de Hammam Righa.

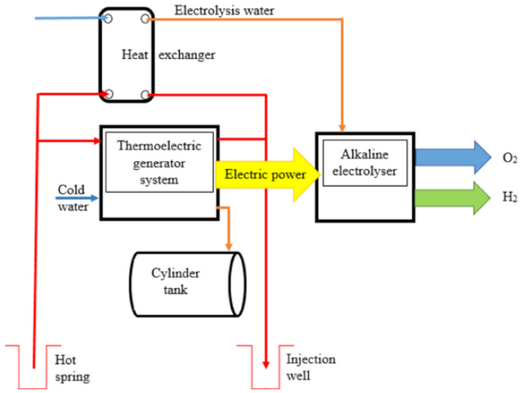

Figure 3. Schéma du générateur thermoélectrique monté avec électrolyseur alcalin

Table1 - Monthly hydrogen production	
Month	Production
January	0.0547 kg H_2/m²/month
February	0.0481 kg H_2/m²/month
March	0.0525 kg H_2/m²/month
April	0.0496 kg H_2/m²/month
May	0.0473 kg H_2/m²/month
June	0.0403 kg H_2/m²/month
July	0.0405 kg H_2/m²/month
August	0.0411 kg H_2/m²/month
September	0.0416 kg H_2/m²/month
October	0.0439 kg H_2/m²/month
November	0.0516 kg H_2/m²/month
December	0.0538 kg H_2/m²/month

Conclusion

En conclusion, La production d'hydrogène à partir de la géothermie présente un potentiel prometteur pour répondre aux besoins croissants en énergies propres et durables. L'exploitation de la chaleur de la Terre pour alimenter des procédés d'électrolyse de l'eau offre une source renouvelable d'hydrogène sans émissions de gaz à effet de serre directe. De plus, en intégrant cette technologie avec des sites géothermiques existants, elle pourrait contribuer à maximiser l'efficacité énergétique globale et à promouvoir une transition énergétique plus écologique. Toutefois, des défis techniques et économiques persistent, notamment liés à la rentabilité et à l'échelle de production. Néanmoins, avec des avancées continues dans la technologie et un soutien accru à la recherche et au développement, la production d'hydrogène par géothermie pourrait jouer un rôle crucial dans le paysage énergétique de demain, en offrant une alternative durable et à faible impact environnemental aux combustibles fossiles.

Référence :

1. Bouraiou A, Necaibia A, Boutasseta N, Mekhilef S, Dabou R, Ziane A, Sahouane N, Attoui I, Mostefaoui M, Touaba O. Status of renewable energy potential and utilization in Algeria. J Clean Prod 2020 ; 246 :119011.

2. Ouali S, Chader S, Belhamel M, Benziada M. The exploitation of hydrogen sulfide for hydrogen production in geothermal areas. Int J Hydrogen Energy 2011 ; 36 :4103e9.

3. Boudries R, Khellaf A, Aliane A, Ihaddaden L, Khida F. PV system design for powering an industrial unit for hydrogen production. Int J Hydrogen Energy 2014; 39:15188e95.

4. Mraoui A, Benyoucef B, Hassaine L. Experiment and simulation of electrolytic hydrogen production: case study of photovoltaic-electrolyzer direct connection. Int J Hydrogen Energy 2018; 43:3441e50.

5. Zare V, Palideh V. Employing thermoelectric generator for power generation enhancement in a Kalina cycle driven by low-grade geothermal energy. Appl Therm Eng 2018 ; 130:418e28.

6. Bouchareb-Haouchine FZ, Boudoukha A, et Haouchine A. Hydrogéochimie et géothermométrie : apports _à l'identification du réservoir thermal des sources de Hammam Righa, Algérie. Hydrol Sci J 2012 ; 57(6) :1184e95.