

Estimation de la Production de l'hydrogène vert au Sud Algérien

*H. OURIACHE, A. HATTALI

*Ecole Nationale Polytechnique.

*Corresponding author: hadjer.ouriache@g.enp.edu.dz

RÉSUMÉ

L'hydrogène fait l'objet d'un nouvel engouement mondial : ses utilisations, actuelles et futures, pourraient éviter le recours aux énergies fossiles dans plusieurs secteurs d'activité. Et comme il est possible d'obtenir de l'hydrogène « vert » avec des techniques de production peu polluantes, celui-ci pourrait jouer un rôle déterminant dans la transition énergétique mondiale d'ici 2050. Il existe différentes techniques de production de l'hydrogène. Selon le procédé choisi, l'hydrogène obtenu pourra être qualifié de noir, gris, bleu, vert, etc.

Mots clés : hydrogène vert, énergie fossile, transition énergétique, traitement.

1. Introduction

L'hydrogène fait l'objet d'un nouvel engouement mondial : ses utilisations, actuelles et futures, pourraient éviter le recours aux énergies fossiles dans plusieurs secteurs d'activité. Et comme il est possible d'obtenir de l'hydrogène « vert » avec des techniques de production peu polluantes, celui-ci pourrait jouer un rôle déterminant dans la transition énergétique mondiale d'ici 2050. Il existe différentes techniques de production de l'hydrogène. Selon le procédé choisi, l'hydrogène obtenu pourra être qualifié de noir, gris, bleu, vert, etc. Pourtant, l'hydrogène est inodore et incolore. Attribuer une couleur à l'hydrogène est une façon imagée de refléter sa provenance, c'est-à-dire la matière et les

sources d'énergie utilisées lors de son cycle de production.

Actuellement, 95 % de l'hydrogène consommé à l'échelle mondiale est produit à partir de gaz naturel ou de charbon.

Le vaporeformage du gaz naturel est le mode de production le plus répandu. Il permet d'obtenir de l'**hydrogène gris**, produit à partir de gaz naturel, et ce, à faible coût. Il est également possible de transformer du charbon en gaz pour produire un hydrogène brun, à partir de lignite, ou noir, à partir d'antracite.

Ces procédés reposent sur la transformation d'énergies fossiles et génèrent d'importantes quantités de gaz à effet de serre. La production de 1 kg d'hydrogène à partir de gaz naturel entraîne l'émission de 9 kg de dioxyde de carbone (CO₂).

Si des étapes sont ajoutées au cycle de production pour capter et stocker le CO₂ émis, l'hydrogène obtenu aura l'appellation d'**hydrogène bleu**.

L'hydrogène peut être produit par « **électrolyse de l'eau** » : ce procédé consiste à faire passer un courant électrique dans l'eau pour décomposer ses molécules (H₂O) et en extraire l'hydrogène.

Si, en plus, le courant utilisé provient d'une source d'énergie renouvelable (hydroélectricité, énergie éolienne ou solaire), tous les éléments du cycle de production sont à faible empreinte carbone. L'hydrogène produit porte l'appellation d'**hydrogène vert**.

Cette technique de production engendre alors très peu d'émissions de gaz à effet de serre. L'hydrogène vert représente environ 2 % de la production mondiale. Ses

coûts de production sont actuellement plus élevés que ceux de l'hydrogène gris.

Il est également possible de produire de l'hydrogène vert à partir de **biomasse**, par un procédé de gazéification. Le procédé consiste à chauffer à très haute température de la biomasse pour en extraire un gaz de synthèse, puis ultimement de l'hydrogène.

2. Estimation de la Production de l'hydrogène vert au Sud Algérien :

Si les énergies conventionnelles ont permis la révolution industrielle, elles n'en demeurent pas moins qu'elles sont aussi source de préoccupation. Ces énergies sont polluantes et leur utilisation engendre le dégagement de gaz à effet de serre. A cette préoccupation environnementale s'ajoute le souci des réserves. Ces ressources énergétiques sont limitées et avec l'explosion de la demande énergétique, le risque de pénurie et d'épuisement est bien réel. Il est donc nécessaire de trouver d'autres sources d'énergie. De ce point de vue, les énergies renouvelables se présentent comme le meilleur candidat. Elles sont propres et inépuisables. Toutefois, comme elles sont à caractère diffus et intermittent, le besoin de leur conversion en un vecteur énergétique versatile dans son utilisation, stockable, transportable et écologiquement acceptable s'impose. De tous les candidats répondant à ces critères l'hydrogène solaire présente les meilleurs atouts [1]. L'intense insolation, la quantité suffisante d'eau et de gaz naturel, les vastes espaces pour l'installation des systèmes de collecte et de conversion de l'énergie solaire et même l'existence de pipelines pour l'évacuation de l'hydrogène solaire vers les utilisateurs potentiels font du Sahara algérien une place de choix pour la production de l'hydrogène solaire. Pour l'Algérie, cela représente une grande opportunité et ouvre une perspective indéniable [2]. L'exploitation de ce vecteur énergétique permet non seulement d'augmenter et de diversifier ses réserves et ses exportations énergétiques mais aussi et surtout de subvenir à ses besoins énergétiques qui deviennent de plus en plus importants.

Le sud algérien englobe les régions désertiques et arides du Sahara algérien. Ce Sahara occupe plus de 85% du territoire national mais abrite moins de 10 % de la population algérienne [3].

C'est aussi une région très faiblement peuplée avec une densité de l'ordre de 1,3 habitants /Km². Toutefois le

Sahara algérien recèle d'énormes richesses qui sont autres que les hydrocarbures.

Le soleil, le Sahara algérien constitue un des plus importants gisements solaires au monde. Avec un ciel clair, quasiment sans nébulosité. L'irradiation solaire reçue par an est de l'ordre de 2650 kWh/m² [4]. La puissance reçue par jour est toujours supérieure à 5 kWh/m² et peut atteindre facilement les 7 kWh/ m². La région d'Adrar est particulièrement ensoleillée et présente le plus grand potentiel de tout le pays. Si toute cette énergie est mise en valeur, cela constituerait une source d'énergie très importante et un revenu inestimable. En plus du gisement solaire, le Sahara algérien et plus particulièrement la région centre et ouest constitue un important **gisement éolien**. Avec une vitesse annuelle moyenne de 6 m/s à 10 m du sol, la région d'Adrar représente le potentiel énergie éolienne le plus important de tout le pays [5, 6].

De plus, les besoins en eau sont satisfaits par les eaux souterraines. Les ressources superficielles, d'un potentiel de l'ordre de 600 millions m³/an, se trouvent surtout au nord du Sahara [7]. Les réserves sont estimées à 6 1010 m³. Sa profondeur varie d'est en ouest ; elle est de quelques dizaines de mètres à Adrar, de quelques centaines de mètres à Ghardaia et Ouargla et plus de 1700 m à Touggourt [7].

Plusieurs techniques existent pour la production de l'hydrogène [9]. La décomposition catalytique du gaz naturel, l'oxydation partielle des huiles lourdes, la gazéification du charbon, l'électrolyse de l'eau, les cycles thermochimiques purs et hydrides de dissociation de l'eau ainsi que les procédés photochimiques et photobiologiques sont parmi les techniques les plus utilisées. La plupart de l'hydrogène produit, particulièrement pour l'industrie pétrochimique, est obtenu à partir du gaz naturel, particulièrement par le vaporéformage [10]. Les ressources gazières peuvent être valorisées par la production de l'hydrogène - solaire. De tous les systèmes de production d'hydrogène par décomposition de l'eau en utilisant les énergies renouvelables, un travail a été réalisé dans le but de combiner un module photovoltaïque pour le captage de l'énergie solaire et les cellules électrolytiques pour la décomposition de l'eau est de loin le système le plus attrayant et le plus simple [11].

Ce système comprend :

1. Le module photovoltaïque qui est constitué de panneaux de matériaux photovoltaïques pour la conversion de l'énergie solaire en énergie électrique. L'efficacité du module dépend de la nature des cellules photovoltaïques et des conditions météorologiques. Jusqu'à présent le rendement du meilleur module photovoltaïque est en pratique de l'ordre de 12 % [12].
2. Le système de mise en forme et de conditionnement du signal issu du module photovoltaïque. Dans ce système, des unités de stockage sont aussi à prévoir pour les périodes hors peak. Des études sur ces systèmes [13, 14] ont montré que leur rendement ne dépasse pas les 97 %. Une valeur très conservatrice de ce rendement serait de l'ordre de 85 %.
3. Le système électrolytique qui comprend l'ensemble de cellules consistant chacune de deux électrodes immergées dans une solution électrolytique et connectées à une alimentation DC. La solution électrolytique est principalement de l'eau au quelle un produit chimique conducteur est ajouté. Le rendement du système électrolytique dépend aussi bien de la nature de la cellule et de sa température que des conditions météorologiques et des caractéristiques du module photovoltaïque.

Ce rendement est en général compris entre 65 % et 85 % [15]. En plus de ces systèmes, on doit prendre en compte les systèmes auxiliaires tels que les systèmes de contrôle et de séparation des gaz produits et le système d'alimentation et de traitement de l'eau. L'eau utilisée dans l'électrolyse peut provenir de différentes sources. Elle peut être prise de l'importante nappe phréatique qui, dans certain cas, n'est qu'à quelques mètres de la surface. Ceci est plus particulièrement vrai dans la région d'El Oued et d'Adrar. L'estimation de la production d'hydrogène a été obtenue en utilisant les rendements des différents composants du système d'électrolyse et les moyennes annuelles ou les moyennes mensuelles de l'irradiation globale journalière pour les dix dernières années.

Le Tableau 1, regroupe l'estimation de production de l'hydrogène vert sur les dix dernières années de l'irradiation globale journalière sur plan horizontal. C'est une estimation de production par mètre carré et par jour de panneau photovoltaïque. Ce tableau a mis en évidence que le potentiel de production est très important à travers le sud algérien.

Tableau 1: Estimation de la production de l'hydrogène vert dans les régions du Sud Algérien [11].

sites	Latitude (Nord)	Longitude	Insolation (kWh/m ² /jour)	Potentiel hydrogène (l/m ² /jour)
Adrar	27° 49'	00° 11'w	6,04	120,3772
Tam	22° 48'	05° 27'e	6,3	125,559
I-guezzem	19° 34'	05° 46'e	6,45	128,5485
Hassi-Mess	31° 40'	06° 8'e	5,71	113,8003
Biskra	34° 48'	05° 44 e	4,96	98,8528
I-Sefra	32° 45'	00° 36 w	5,35	106,6255
Timimoun	29° 15'	00° 17'e	5,84	116,3912
Laghouat	33° 48'	02° 53'e	5,23	104,2339
Illizzi	26° 30'	08° 28'e	6,04	120,3772
El Goléa	30° 34'	02° 52 e	5,78	115,1954
B.BMokhtar	21° 12'	00° 34'e	6,27	124,9611
Djanet	24° 16'	09° 28'e	6,25	124,5625
Tindouf	27° 40'	08° 09'	5,77	114,9961
Naama	33° 16'	00°18' w	5,13	102,2409
In Amenas	28° 03'	09° 38'e	5,99	119,3807
El oued	33° 30'	06° 47 e	5,29	105,4297
Béchar	31° 38'	02° 15' w	5,48	109,2164
Touggourt	33° 07'	06° 08'e	5,29	105,4297
Ouargla	31° 55'	05° 24'e	5,7	113,601
In Salah	27° 12'	02° 28'e	5,98	119,1814
Ghardaia	32° 24'	03° 48'e	5,48	109,2164
Beni Abès	30° 08'	02° 10' w	5,65	112,6045
Assekrem	23° 16'	05°34'e	6,21	123,7653

4. Conclusion

Le potentiel de production de l'hydrogène utilisant un système photovoltaïque de captage de l'énergie solaire a été évalué. Cette estimation est basée sur le cas le plus défavorable. On a donc une estimation du minimum théorique que l'on peut obtenir. Toutefois les résultats montrent que ce potentiel est important.

Références

1. C. Devillers, K. Pehr, J. S. Duffield, D. Weinmann, H. Vandenborre, A. Gonzales, R. Wurster, M. Kester, F. Heurtaux et P. Ekdunge, (1998)., "European Integrated Hydrogen" Project, 12th World Hydrogen Energy Conference, Buenos Aires, Argentina,
2. A. Khellaf, R. Khellaf et M. Belhamel, "L'Hydrogene Solaire : une Energie pour le Developpement National", Proceedings of 2eme symposium du Comité Algérien pour l'Energie, Alger 22 et 23 novembre 2000, S2.7
3. ONS, "Rapport synthétique 1960-1990", 1990.
4. A. Mefti et M. Bouroubi, "Estimation et cartographie du Rayonnement solaire", Rapport technique (1992) CDER, Bouzareah, Alger.
5. L. Hamane and A. Khellaf, "Wind energy resource in Algeria", Proceedings of the World Energy Congress VI, 1-7 juillet 2000 (United Kingdom) p. 2352.
6. L. Hamane et A. Khellaf "Cartographie des ressources éoliennes de l'Algérie", Bulletin des Sciences Géographiques 11(2003)23.
7. EDIL, "Carte nationale d'identité (eau) de l'Algérie", 1993.

8. Direction générale de l'environnement, "Elaboration de la stratégie et du plan d'action national des changements climatiques", 2001.
9. R. Momirlan et T. Veziroglu, "Recent directions of world hydrogen production", *Ren. Sust. Energy Rev.* 3 (1999) 219.
10. M. A. Pena, J. P. Gomez et J. L. G. Fiero, (1996) "New Catalytic routes for syngas and hydrogen production", *Applied Catalysis A : General* 144 (7)
11. R. Boudries-Khellaf, "Estimation de la production de l'hydrogène solaire au sud algérien. *Rev. Energ. Ren.: ICPWE* (2003) 73-77
12. M. A. Elhadidy, (2002) ., "Performance evaluation of hybrid (wind/solar/diesel) power systems", *Renewable Energy* 26401-413.
13. J. H. R. Enslin and D. B. Snyman, (1991) "Combined low-cost, high efficiency inverter, peak power tracker and regulator for PV applications", *IEEE Trans. Power Electron* 6, 273-82.
14. ETSU Report number ETSU/FCR/005, (1993) "Solid polymer fuel cell systems applications study to identify and prioritise", R&D issues, Issue) ETSU/DTI. U.K.
15. . Zittel et R. Wurster, (1996)., "Hydrogen in the Energy Sector", Ludwig-Bölkow Systemtechnik GmbH