

## Etude du potentiel global de production d'hydrogène vert en Algérie à partir des énergies renouvelables

\* A. HATTALI

\* Université Yahia Farès, Médéa. Algérie.

\*Corresponding author: ahl\_hattali@yahoo.fr

### RÉSUMÉ

Ce travail est basé sur une étude comparative du potentiel de production d'hydrogène vert en Algérie à partir d'énergie photovoltaïque et l'énergie éolienne terrestre. Pour produire de l'hydrogène vert via le processus d'électrolyse de l'eau. L'eau doit être fournie comme eau déminéralisée aux cellules d'électrolyse. Comme valeur de référence, une consommation spécifique d'eau d'environ 10 litres d'eau déminéralisée ou 14 litres d'eau de robinet est nécessaire pour produire 1 Kg d' $H_2$  vert.

Cette installation de production d' $H_2$  est peut être alimentée par l'énergie renouvelable (énergie photovoltaïque ou énergie éolienne). D'après l'étude bibliographique, on constate que la surface du site globale en Algérie pour la photovoltaïque est 94.7 ha, avec une surface spécifique du site par capacité installée est de l'ordre de 0.11 KW/m<sup>2</sup>. Alors que, la surface du site pour l'énergie éolienne en Algérie est 5.715 ha, avec une surface spécifique du site par capacité installée de l'ordre de 0.006 KW/m<sup>2</sup>. En comparant, le potentiel global de production d' $H_2$  vert à partir des énergies renouvelables, on peut voir que le potentiel de production d'énergie photovoltaïque dépasse d'un facteur 10 celui de l'énergie éolienne terrestre.

**Mots clés:** Photovoltaïque, éolienne, énergie, hydrogène vert, Algérie..

### 1. Introduction

A l'heure actuelle, la production d'hydrogène se fait presque exclusivement à partir de combustible fossile. Dans la perspective d'un développement durable avec réduction des émissions de gaz à effet de serre, la production massive de l'hydrogène via l'électrolyse de l'eau semble, la solution idéale, lorsque celle-ci est effectuée à l'aide d'une source d'énergie renouvelable. L'électrolyse alcaline est le procédé le plus mature, employé en industrie, offrant l'avantage de la simplicité. Les défis pour l'usage de l'électrolyse sont de réduire la consommation, le coût et la maintenance et d'augmenter la fiabilité, la durabilité et la sûreté [1].

En termes d'énergie, l'Algérie est toujours dépendante principalement des énergies fossiles. Les débats de ces dernières années sur la période post-pétrolière ont encouragé l'intérêt pour les énergies renouvelables à grande échelle. En conséquence, l'éolien, le solaire et la biomasse ont reçu le soutien du gouvernement. L'Algérie a fait du développement des énergies renouvelables une priorité nationale avec le Plan national de développement des énergies renouvelables, qui vise à faire en sorte que les sources renouvelables représentent au total 15 000 MW d'ici 2035, dont 4 000 MW d'ici 2024.

L'objectif associé à ce programme est de permettre non seulement l'économie de près de 240 milliards de m<sup>3</sup> de gaz naturel et d'éviter ainsi l'émission de 200 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>, mais également le développement effectif

## A. Hattali

d'un tissu de PME sur l'ensemble de la chaîne de valeur des composants dédiés aux énergies renouvelables.

L'hydrogène est actuellement utilisé principalement comme matière première plutôt que comme vecteur énergétique. Les principales applications sont dans les raffineries et pour la production d'ammoniac en Algérie. En outre, de nouvelles possibilités d'utilisation de l'hydrogène vert peuvent se présenter, par exemple, dans la production d'acier primaire ou la production de chaleur à haute température pour l'industrie du ciment. L'ammoniac est presque exclusivement utilisé comme matière première dans l'industrie chimique en Algérie et pour l'exportation. Outre son application possible en tant que matière première, l'ammoniac attire l'attention en tant que vecteur énergétique potentiel [2].

Dans ce travail, nous avons fait une analyse bibliographique concernant le potentiel des énergies renouvelables (PV et Eolienne) en Algérie, ainsi que le potentiel de production de l'hydrogène vert à partir des énergies renouvelables en Algérie.

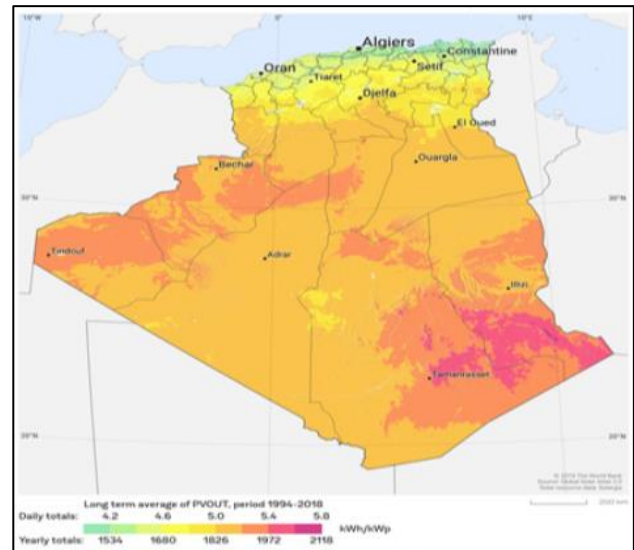
## 2. Potentiel des énergies renouvelables en Algérie

### 2.1. Energie solaire

L'énergie solaire photovoltaïque désigne l'énergie récupérée et transformée directement en électricité à partir de la lumière du soleil par des panneaux photovoltaïques. Elle résulte de la conversion directe dans un semi-conducteur d'un photon en électron. Outre les avantages liés aux faibles coûts de maintenance des systèmes photovoltaïques, cette énergie répond parfaitement aux besoins des sites isolés et dont le raccordement au réseau électrique est très onéreux. L'énergie solaire photovoltaïque est une source d'énergie non polluante, modulaire, ses composants se prêtent bien à une utilisation innovante et esthétique en architecture [3].

Le Sahara algérien constitue un des plus importants gisements solaires au monde. Avec un ciel clair, quasiment sans nébulosité, le Sahara est le domaine du soleil. La durée d'insolation, de l'ordre de 3 500 heures/an est la plus importante au monde. Elle est toujours supérieure à 8 heures/jours à l'exception de l'extrême sud où elle descend jusqu'à 6 heures/jour durant l'été. Pendant l'été, elle peut atteindre jusqu'à plus de 12 heures/jour au centre du Sahara [4].

L'irradiation solaire reçue par an est de l'ordre de 2650 kWh/m<sup>2</sup>. La puissance reçue par jour est toujours supérieure à 5 kWh/m<sup>2</sup> et peut atteindre facilement les 7 kWh/m<sup>2</sup>. Le site global en Algérie pour la photovoltaïque est environ 94.7 ha. La région d'Adrar est particulièrement ensoleillée et présente le plus grand potentiel de tout le pays (Figure 1) [2, 5].



**Figure 1** Carte des ressources solaires du potentiel photovoltaïque en Algérie [4]

### 2.2 Energie éolienne

L'énergie éolienne est une source d'énergie qui dépend du vent. Le soleil chauffe inégalement la Terre, ce qui crée des zones de températures et de pression atmosphérique différentes tout autour du globe. De ces différences de pression naissent des mouvements d'air, appelés vent. Cette énergie permet de fabriquer de l'électricité dans des éoliennes, appelées aussi aérogénérateurs, grâce à la force du vent [6].

La quantité d'énergie produite par une éolienne dépend principalement de la vitesse du vent, mais aussi de la surface balayée par les pales et de la densité de l'air [3]. La surface du site pour l'énergie éolienne en Algérie est environ 5.715 ha et plus particulièrement la région centre et ouest du Sahara constitue un important gisement éolien (Figure 2). Avec une vitesse annuelle moyenne de 6 m/s à 10 m du sol, la région d'Adrar représente le potentiel éolien le plus important de tout le pays [7].

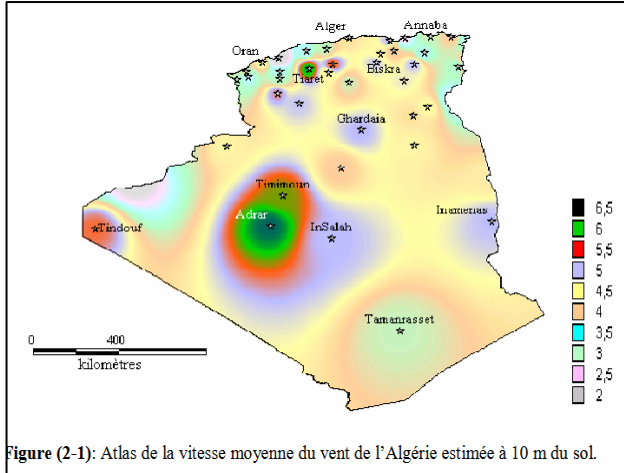


Figure 2 : Atlas de la vitesse moyenne du vent de l'Algérie estimée a 10 m du sol [7].

### 3. Potentiel de production d'hydrogène vert en Algérie

Le rendement de production d'hydrogène vert est proportionnel au potentiel d'énergie renouvelable et à l'efficacité de conversion du système d'électrolyse.

Le rendement annuel en hydrogène par unité de surface est défini en tant que facteur d'évaluation du potentiel géographique de production d'hydrogène.

Ce potentiel de production d'hydrogène vert représente le potentiel technique sans tenir compte des contraintes d'utilisation des terres et des critères d'évaluation spécifiques au site. Par conséquent, le potentiel technique doit être interprété comme une indication du potentiel maximal.

#### 3.1. Potentiel de production d'hydrogène vert à partir d'énergie photovoltaïque

Sur la base du potentiel d'irradiation solaire en Algérie, qui augmente naturellement vers l'équateur, un gradient nord-sud du potentiel de production d'hydrogène spécifique a été observé.

Dans la partie nord de l'Algérie (zone de la côte méditerranéenne, chaîne de montagnes Atlas Tellien, chaîne de l'Atlas saharien), au nord de 33 ° N de latitude nord, le rendement spécifique en hydrogène est compris entre 29 et 39 Mio. kg / (km<sup>2</sup> \* an).

Dans la partie centrale de l'Algérie (désert du Sahara, Grand Erg occidental / oriental, plateau de Tademaït), entre 27 ° et 33 ° N de latitude nord, le rendement spécifique en hydrogène augmente à 40 - 41 Mio. kg / (km<sup>2</sup> \* an).

Dans la partie sud de l'Algérie (désert du Sahara, montagnes Ahaggar, montagnes Tassili-N-Ajjer), entre 19 ° et 27 ° N de latitude nord, la région peut être subdivisée en régions à fort potentiel dans la région sud-est du Montagnes Ahaggar avec un rendement d'hydrogène spécifique de 41 à 43 Mio. kg / (km<sup>2</sup> \* an) et régions à potentiel moyen vers la frontière mauritanienne avec un rendement hydrogène spécifique de 39 à 40 Mio. kg / (km<sup>2</sup> \* an).

Le plus grand potentiel de production d'hydrogène spécifique à partir de l'énergie photovoltaïque se trouve dans la région sud-est de l'Algérie dans la région des monts Ahaggar et Tassili-N-Ajjer, à savoir dans les provinces d'Ilizi et de Tamanrasset. Le potentiel de production d'hydrogène spécifique le plus faible à partir de l'énergie photovoltaïque se trouve dans la région du nord-est de la Méditerranée, entre Bejaia et Annaba.

Sur la base du rendement d'hydrogène spécifique au site décrit ci-dessus, le potentiel technique global de production d'hydrogène vert à partir de l'énergie photovoltaïque en Algérie est estimé à 6 650 Mio. t par an en 2030.

Les régions ayant le plus grand potentiel de production d'hydrogène sont les provinces de Tamanrasset (27%), Adrar (19%), Illizi (13%) et Tindouf, Béchar, Ouargla (7% chacune) [2].

#### 3.2. Potentiel de production d'hydrogène vert à partir d'énergie éolienne

Par rapport au potentiel de production d'hydrogène vert à partir de l'énergie photovoltaïque, le potentiel de l'énergie éolienne terrestre est spatialement plus distribué et spécifique au site. Le potentiel de l'énergie photovoltaïque est similaire au faible rendement spécifique en hydrogène dans la partie nord de l'Algérie (zone de la côte méditerranéenne, chaîne de montagnes Tell Atlas, chaîne de l'Atlas saharien) par rapport à d'autres régions. Dans la partie nord, le rendement spécifique en hydrogène est compris entre 0,1 et 0,25 Mio. kg / (km<sup>2</sup> \* an).

Le rendement d'hydrogène de niveau moyen produit entre 0,38 et 0,52 Mio. kg / (km<sup>2</sup> \* an) peut être observé dans de vastes régions du pays et plus particulièrement dans la zone du désert saharien. Les régions à fort potentiel avec de l'hydrogène produisent entre 0,52 et 0,59 Mio. kg / (km<sup>2</sup> \* an) peuvent être observés dans les

## A. Hattali

zones de plateau de Tademait (Tamanrasset) et du massif d'El Eglab (Tindouf, Adrar).

Les rendements d'hydrogène spécifiques les plus élevés dans la gamme de 0,59 à 0,66 Mio. kg / (km<sup>2</sup> \* an) et plus peuvent être observés sur le plateau de Tademait.

Sur la base du rendement en hydrogène spécifique au site décrit ci-dessus, le potentiel technique global de production d'hydrogène vert à partir de l'énergie éolienne terrestre en Algérie est estimé à 994 Mio. t par an en 2030.

Les régions ayant le plus grand potentiel de production de l'hydrogène vert en Algérie sont les provinces de Tamanrasset (26%), Adrar (22%), Illizi (13%), Tindouf (8%) et Béchar, Ouargla (7% chacune) [2].

En comparant le potentiel global de production d'hydrogène à partir de l'énergie photovoltaïque et de l'énergie éolienne terrestre, on peut voir que le potentiel de production de l'énergie photovoltaïque dépasse d'un facteur 10 celui de l'énergie éolienne terrestre. Le rapport entre le potentiel photovoltaïque et l'éolien terrestre diffère entre les régions de 6 % (minimum) à 12% (maximum) de la production totale[2].

### 4. Impacts environnements

Les émissions de CO<sub>2</sub> dans le pays sont largement influencées par la production d'électricité à partir du pétrole et du gaz. L'Algérie s'est classée 83 à l'indice de performance environnementale (IPE) sur 180 pays en 2018 [8].

Les émissions de CO<sub>2</sub> d'origine fossile en Algérie étaient de 156 220 560 tonnes en 2016. Ces émissions ont atteint 180,6 millions de tonnes en 2019 en augmentant à un taux annuel moyen de 5,20%. Quant au secteur de l'électricité, il représente 21,7% du total des émissions [2].

L'hydrogène vert contient une grande quantité d'énergie par rapport à d'autres vecteurs énergétiques - Bois : 15 MJ/kg - Gasoil : 44,8 MJ/kg - Gaz naturel : 50 MJ/kg - Hydrogène : 120.5 MJ/kg. Il est très abondant sur terre, sa combustion n'émet aucun polluant. Il s'agit d'un gaz léger ; il s'élève et se disperse rapidement dans des espaces ventilés et ouverts [2].

Selon l'étude exploratoire sur le potentiel du power-to-X (hydrogène vert) pour l'Algérie, à l'horizon 2030, la

production d'hydrogène à partir des énergies renouvelables peut mener à une réduction des émissions de gaz à effet de serre de l'ordre de:

- 7% avec les moyens nationaux
- 15% supplémentaire si soutien en matière de financements extérieurs, de développement et de transfert technologique et de renforcement de capacités.

### 6. Conclusion

L'Algérie a fait du développement des énergies renouvelables une priorité nationale avec le plan national de développement des énergies renouvelables, qui vise à faire en sorte que les sources renouvelables représentent au total 15 000 MW d'ici 2035, dont 4 000 MW d'ici 2024.

L'objectif associé au programme de production de l'hydrogène vert à partir des énergies renouvelable est de permettre non seulement l'économie de près de 240 milliards de m<sup>3</sup> de gaz naturel et d'éviter ainsi l'émission de 200 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>, mais également le développement effectif d'un tissu de PME sur l'ensemble de la chaîne de valeur des composants dédiés aux énergies renouvelables.

### Références

1. N. Chenouf, S. Rahmouni, B. Negrou, B. Dokkar, N. Settou, 2014. Etude technico-économique de la production d'hydrogène par deux applications de l'énergie solaire dans la région d'Ouargla. Annales des Sciences et Technologie. Vol. 6, N° 2
2. S. Drenkard, A. Mirakyan, 2021. Etude exploratoire sur le potentiel du power-to-X (hydrogène vert) pour l'Algérie. partenariat énergétique Algéro-allemand. Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
3. A. Hanane, 2015. La stratégie d'implantation des énergies renouvelables en Algérie Cas de la photovoltaïque. Thèse de magister. Université d'ORAN-2- Mohamed ben Ahmed.
4. M.R. Yaiche, A. Bouhani., S.M.A. Bekkouche, A. Malek, T. Benouaz, T, 2014. Revised solar maps of Algeria based on sunshine duration. Energy Conversion and Management. Vol. 82 pp. 114–123.
5. B. Khellaf, A. Khella, 2003. Estimation de la production de l'Hydrogène Solaire au Sud Algérien R. Rev. Energ. Ren.: ICPWE pp.73-77
6. N. Yassaa., M. Khelif. 2020. Transition Energétique en Algérie: Leçons, Etat des Lieux et Perspectives pour un Développement Accéléré des Energies Renouvelables, CEREF: Commissariat aux Energies Renouvelables et à l'Efficacité Energétique, Premier Ministre, Alger. EISSN/ISSN 2716-8654.

## **A. Hattali**

7. H. Daaou Nedjar, S. Kheder Haddouche., A. Balehouane., O. Guerri, 2018. Optimal windy sites in Algeria: potential and perspectives ; Energy ; 2018.
8. B. Ouchene A., Moroncini. 2018. De l'économie socialiste à l'économie de marché : l'Algérie face à ses problèmes écologiques. Vertigo. Vol. 18 N°2.