

## Optimisation de la production d'hydrogène vert par intelligence artificielle : Vers une gestion prédictive et intelligente

Mohamed Yassine Rhafes<sup>1,2,\*</sup>, Abdelhamid Rabhi<sup>1</sup>, Jérôme Bosche<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire MIS, Université de Picardie Jules Verne Amiens, France

<sup>2</sup> Laboratoire MATSI, Université Mohammed Premier Oujda, Maroc

\* mohamedyassine.rhafes@ump.ac.ma

**Résumé :** Les sources d'énergie renouvelable telles que l'énergie solaire, l'énergie éolienne et d'autres deviennent une option importante dans le secteur énergétique [1]. Le processus de production de l'hydrogène vert commence à partir de ces sources, qui génèrent de l'électricité verte. L'hydrogène vert devient une alternative aux combustibles fossiles traditionnels en raison de son procédé de production plus propre.

Produire de l'hydrogène vert à partir de l'électricité, en particulier en utilisant des sources d'énergie renouvelable, est un choix plus écologique comparé aux anciennes méthodes de production d'hydrogène. Cela s'inscrit dans les objectifs mondiaux de réduction de l'utilisation des combustibles fossiles et de protection de l'environnement. Une excellente utilisation de l'hydrogène vert est l'alimentation des voitures électriques [2], qui sont plus propres et plus efficaces que les véhicules traditionnels. D'autres utilisations incluent la production d'électricité, le chauffage et diverses autres applications [3]. L'avantage de l'hydrogène vert est que, lorsqu'il est utilisé, il ne produit que de l'eau comme sous-produit, contrairement aux combustibles fossiles qui émettent des gaz dangereux [4]. Cette caractéristique en fait un élément clé pour construire un avenir plus écologique et durable. Un autre aspect important est que l'hydrogène vert peut être stocké pendant de longues périodes avec peu de perte d'énergie [5], ce qui en fait une solution énergétique à long terme. Cependant, le passage à une utilisation universelle de l'hydrogène vert s'accompagne de défis. Les principaux problèmes incluent l'imprévisibilité des conditions météorologiques, la variabilité des conditions selon les régions, et la complexité de la modélisation des systèmes énergétiques [6]. Pour réduire ces difficultés et rendre l'hydrogène vert plus pratique, il est nécessaire de préparer des prévisions à l'avance.

Ces dernières années, l'intelligence artificielle, en particulier l'apprentissage automatique et l'apprentissage profond, est apparue comme un outil pour relever ces défis dans le secteur des énergies renouvelables. Les modèles d'apprentissage automatique et d'apprentissage profond sont capables de traiter et d'apprendre à partir de vastes ensembles de données, y compris des séries temporelles, des données météorologiques et géographiques. Cette capacité est essentielle pour développer des modèles prédictifs de production d'hydrogène vert.

Dans ce travail, nous avons exploré différentes approches d'intelligence artificielle pour prédire la production d'hydrogène vert à partir de données issues de sources renouvelables. Une première étape a consisté à appliquer des algorithmes d'apprentissage automatique classiques pour des prévisions à très court terme (horizon  $t+1$ ). Cependant, ces modèles ont montré des limites en matière de généralisation et de performance lorsque l'on cherche à étendre les prévisions à plusieurs pas de temps ( $t+2$ ,  $t+3$ , ...  $t+12$ ). Pour surmonter ces contraintes, nous avons intégré des techniques d'apprentissage profond, notamment des réseaux de neurones, capables de mieux capter la dynamique temporelle complexe des séries multivariées. Cette transition de l'apprentissage automatique vers l'apprentissage profond a permis d'améliorer significativement la précision des prévisions à court terme. Par ailleurs, dans une optique de durabilité, nous avons pris en compte l'empreinte carbone générée par les différents algorithmes lors de leur phase d'entraînement, afin d'évaluer leur impact environnemental global.

### Références :

1. Ball M, Weeda M (2015) The hydrogen economy - Vision or reality? Int J Hydrogen Energy 40:7903–7919. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.04.032>
2. Wilberforce T, El-Hassan Z, Khatib FN, et al (2017) Developments of electric cars and fuel cell hydrogen electric cars. Int J Hydrogen Energy 42:25695–25734. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.07.054>
3. Ishaq H, Dincer I, Crawford C (2022) A review on hydrogen production and utilization: Challenges and opportunities. Int J Hydrogen Energy 47:26238–26264. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.11.149>
4. Mostafaeipour A, Khayyami M, Sedaghat A, et al (2016) Evaluating the wind energy potential for hydrogen production: A case study. Int J Hydrogen Energy 41:6200–6210. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.03.038>
5. Mohamed B, Ali B, Ahmed B, et al (2016) Study of hydrogen production by solar energy as tool of storing and utilization renewable energy for the desert areas. Int J Hydrogen Energy 41:20788–20806. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.07.034>
6. Tiruye GA, Beshu AT, Mekonnen YS, et al (2021) Opportunities and Challenges of Renewable Energy Production in Ethiopia. Sustainability 2021, Vol 13, Page 10381 13:10381. <https://doi.org/10.3390/SU131810381>