الهيدروجين الاخضر كحامل للطاقة المستدامة في الجزائر

Green Hydrogen as a Sustainable Energy Carrier in Algeria

سعيدة طيب*
جامعة غليزان، الجزائر
Saida.tayeb@univ-relizane.dz

تاريخ الاستلام: 2024/09/12 تاريخ القبول: 2025/05/03

الملخص:

تهدف هذه الورقة البحثية إلى دراسة مدى مساهمة الهيدروجين الأخضر كحامل للطاقة المستدامة في الجزائر، باعتباره وقود المستقبل الذي يسهم في تحقيق التنمية المستدامة من خلال توفير طاقة نظيفة وتقليل الانبعاثات الكربونية. يتميز الهيدروجين الأخضر بأنه وقود نظيف ينتج باستخدام مصادر الطاقات المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح،.... ، توصلنا من خلال هذه الدراسة إلى أن الهيدروجين الأخضر يمثل فرصة استراتيجية للجزائر لتعزيز تحولها نحو اقتصاد مستدام وتقليل اعتمادها على الوقود الأحفوري، بفضل مواردها الوفيرة من الطاقة الشمسية والرياحية التي تجعلها مرشحة لأن تكون منتجًا رئيسيًا للهيدروجين الأخضر، الذي يسهم بشكل كبير في خفض انبعاثات الكربون، تعزيز أمن الطاقة، وخلق فرص عمل جديدة في قطاع الطاقة النظيفة؛ ولكن رغم الإمكانيات الكبيرة، لا تزال الجزائر في مراحلها الأولى في مجال إنتاج الهيدروجين الأخضر، ما يتطلب وضع استراتيجية وطنية واضحة، إلى جانب استثمارات ضخمة في البنية التحتية لتطوير إنتاج الهيدروجين وتخزينه وتوزيعه. كما يحتاج الأمر إلى دعم الابتكار والبحث والتطوير، وتعزيز السياسات الداعمة، وتكثيف التعاون الدولي لتحقيق الاستفادة القصوى من الهيدروجين الأخضر كحل مستدام للطاقة.

الكلمات المفتاحية: الهيدروجين؛ الأخضر؛ الانبعاثات الكربونية؛ التنمية المستدامة؛ الطاقة

Abstract

This research paper aims to examine the extent to which green hydrogen contributes as a sustainable energy carrier in Algeria, considering it the fuel of the future that plays a pivotal role in achieving sustainable development by providing clean energy and reducing carbon emissions. Green hydrogen is characterized as a clean fuel produced using renewable energy sources such as solar and wind power. Through this study, we found that green hydrogen represents a strategic opportunity

* المؤلف المرسل: د. سعيدة طيب، الإيميل: saida.tayeb@cu-relizane.dz

for Algeria to advance its transition toward a sustainable economy and reduce its dependence on fossil fuels. This is due to the country's abundant solar and wind energy resources, which position Algeria as a strong candidate to become a major producer of green hydrogen. This, in turn, significantly contributes to reducing carbon emissions, enhancing energy security, and creating new job opportunities in the clean energy sector. However, despite its vast potential, Algeria is still in the early stages of green hydrogen production. This calls for the development of a clear national strategy, alongside substantial investments in infrastructure for hydrogen production, storage, and distribution. Furthermore, it requires fostering innovation, supporting research and development, enhancing enabling policies, and intensifying international cooperation to maximize the benefits of green hydrogen as a sustainable energy solution.

Key words : Green; Hydrogen; Carbon Emissions; Sustainable Development; Energy

مقدمة:

تعتبر الطاقة محرك اقتصاد الدول وهي أساس التنمية المستدامة، وتحقيق الأمن الطاقوي الذي يتطلب وضع استراتيجيات طاقوية جديدة، كالانتقال الطاقوي الذي يعتمد على استغلال تكنولوجيا خالية من الانبعاثات الكربونية، ويملك الهيدروجين الأخضر القدرة على توفير طاقة نظيفة لمختلف قطاعات الاقتصاد العالمي، بحيث يمكن استخدامه كبديل للوقود الاحفوري، إضافة إلى ذلك، يستخدم في النقل والصناعة لتحسين كفاءة الإنتاج وتقديم حلول مستدامة لمشكلات المياه عبر التحلية من خلال تطوير بنية التحتية وتعزيز تصدير الهيدروجين، لا ينتج اي ملوثات اثناء الاستهلاك، كما يمكن ان يخزن لمسافات طويلة، يسمح بتغطية 60**%** من احتياجات الطاقوية في العالم بحلول 2050، (لويس ريتبي برادو و واخرون، 2020، صفحة 8)، ومن المتوقع ان يرتفع الطلب العالمي عليه بنحو اربعة اضعاف بحلول عام 2050 ليصل الى حوالي 388 مليون طن سنوياً، مقابل انخفاض حاد في الطلب على الهيدروجين الرمادي، ويتركز في قطاع الطاقة والطيران، صناعة المواد الكيميائية وصناعة الحديد والصلب. (الشكل رقم 1) (منظمة الاقطار العربية المصدرة للبترول، 2023، صفحة 95) يعتبر حلاً واعدًا لمشاكل تغير المناخ والاعتماد على الوقود الأحفوري، وتسعى الدولة الجزائرية كغيرها من الدول في اطار سياسة الانتقال الطاقوي ونظراً لموقعها الجغرافي وإمكانياتها الطاقوية، الى بناء استراتيجية وطنية لتطوير الهيدروجين. (انباء المستقبل، 2023)

وفي ضوء ذلك تسعى الدولة الجزائرية إلى تعزيز دورها كمزود رئيسي للهيدروجين الأخضر في السوق العالمية، ممّا يدعم أهدافها في تحقيق التنمية المستدامة. ومن خلال ما تم

التطرق اليه نطرح التساؤل التالي: ما مدى مساهمة الهيدروجين الاخضر في تحقيق التنمية المستدامة في الجزائر؟.

دراسات سابقة:

دراسة للباحثين جغبالة عبد الغني وحملاوي سكينة حول موضوع الهيدروجين الأخضر كبديل استراتيجي لموارد الطاقة الغير متجددة ، بمجلة النمية الاقتصادية المجلد 8 العدد1 سنة 2023، تهدف الدراسة لتسليط الضوء على واقع الاستثمار في طاقة الهيدروجين الأخضر على المستوى العربي والدولي، انطلاقا من الطاقات المتجددة بشكل عام، والتوجه العربي والعالمي نحو استغلال طاقة الهيدروجين كرهان مرافق للأمن الطاقوي بشكل خاص، بالإضافة إلى الرؤية الإستراتيجية للهيدروجين الأخضر عربيا وعالميا، من خلال عرض المشاريع والاستثمارات الهيدروجينية التي اتخذتها بعض الدول، وتم التوصل إلى بعض النتائج أهمها حتمية إجراء تغيير هيكلي بالاعتماد على مصادر طاقوية متجددة كطاقة الهيدروجين، وضرورة تشجيع الدولة للاستثمار في طاقة الهيدروجين من خلال التحفيز الضريبي من طرف الدولة؛ وتقديم الإعانات المادية والبشرية لتطوير الاستثمار في هذا المجال .

دراسة للباحثة حواسني صليحة حول موضوع الاتجاهات الحديثة في تحقيق الأمن الطاقوي المستدام في الجزائر: الهيدروجين الأخضر بين الرؤية المستقبلية وتحديات منشورة بمجلة معهد العلوم الإقتصادية المجلد 27العدد 1 سنة 2024، تهدف هذه الدراسة إلى إظهار أهمية دمج الهيدروجين الأخضر في مزيج الطاقة، توصلت الباحثة الى ان قدرة الجزائر على ضمان أمنها الطاقوي باستغلال الهيدروجين وعلى تحقيق موارد مالية بتصديره، تقترح الدراسة إشراك القطاع الخاص في إنتاج الهيدروجين الأخضر وتوطين صناعة تجهيزاته وتكنولوجياته والتعاون مع الشركات الرائدة.

دراسة للباحثين تابتي احسان وبن احمد دحو رشيدة حول موضوع إستراتيجية الهيدروجين الأخضر لتعزيز مكانة الاقتصاد البيئي دراسة حالة بعض الدول الأوربية بمجلة البشائر الاقتصادية، المجلد 10 العدد 2 سنة 2024، تهدف الدراسة إلى تحديد المراحل الإستراتيجية للهيدروجين الأخضر من أجل تحقيق الاستدامة البيئية، وتم التوصل إلى أن إنتاج الهيدروجين الأخضر، الاستثمار في البنية التحتية وكذا الزيادة في الطلب عليه يساعد في الانتقال إلى نظام مستدام ويخفض الانبعاثات الضارة ويعزز الابتكار والنمو الاقتصادي المستدام.

تشير هذه الدراسات إلى ضرورة تشجيع الاستثمار في الهيدروجين الأخضر كبديل استراتيجي للطاقة المتجددة، مع التركيز على التحفيز الضريبي والإعانات. وكذلك على أهمية دمج الهيدروجين الأخضر في مزيج الطاقة الجزائري لتعزيز الأمن الطاقوي، واهمية إشراك القطاع الخاص. بالاضافة الى أن الاستثمار في الهيدروجين الأخضر يعزز الاستدامة البيئية، ويقلل من الانبعاثات الضارة، ويدعم الابتكار الاقتصادي المستدام.

ولدراسة هذا الموضوع اعتمدنا على المنهج الوصفي التحليلي لملاءمته طبيعة الموضوع، وسيتم معالجة هذا الموضوع من خلال المحاور التالية:

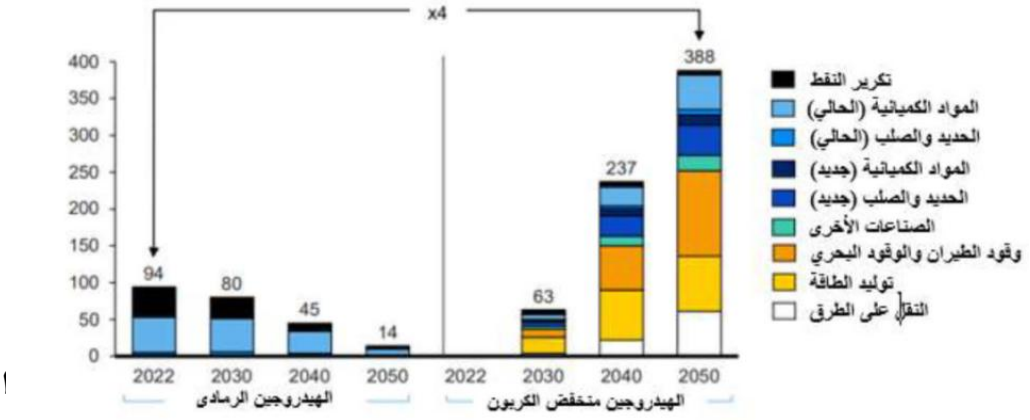
المحور الاول: مفهوم وأهمية الهيدروجين الأخضر، مزاياه

المحور الثاني: تحديات وفرص استخدام الهيدروجين الاخضر

المحور الثالث: استخدام الهيدروجين الاخضر في الجزائر

المحور الرابع: فرصة الجزائر الاستفادة من مشروع ممر الهيدروجين الجنوبي

الشكل رقم 1: تطورات الطلب العالمي على الهيدروجين عام 2050 (مليون طن/سنوياً)



المصدر: (منظمة الاقطار العربية المصدرة للبترول، 2023، صفحة 95)

1. مفهوم وأهمية الهيدروجين الأخضر، مزاياه

1.1. أنواع الهيدروجين: تتمثل أنواع الهيدروجين في: (ملتقى اسيار، 2022، صفحة 7)

- الهيدروجين الرمادي: ينتج من الوقود الأحفوري، عادةً من الغاز الطبيعي، من خلال عملية إعادة تشكيل الغاز الطبيعي بالبخار، هذه العملية تولد كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون CO_2 كمنتج ثانوي، ممّا يجعل الهيدروجين الرمادي غير مستدام بيئيًا، يُستخدم هذا

النوع بشكل واسع في الصناعات الكيميائية وتكرير النفط نظرًا لتكلفته المنخفضة مقارنة بالأنواع الأخرى من الهيدروجين.

- الهيدروجين الأزرق: ينتج بنفس طريقة الهيدروجين الرمادي (إعادة تشكيل الغاز الطبيعي بالبخار)، لكن مع التقاط وتخزين الكربون الناتج ، بفضل تقنياته، يتم تقليل الانبعاثات الكربونية بشكل كبير، مما يجعل الهيدروجين الأزرق خيارًا أنظف من الهيدروجين الرمادي. يُعتبر هذا النوع حلاً وسيطًا لتحقيق الأهداف البيئية، حيث يتيح استخدام البنية التحتية الحالية مع تقليل الانبعاثات.

- الهيدروجين الأخضر: ينتج من خلال التحليل الكهربائي للماء باستخدام الكهرباء المتولدة من مصادر طاقة متجددة مثل الشمس والرياح. هذه العملية لا تنتج أي انبعاثات كربونية، مما يجعل الهيدروجين الأخضر الأكثر استدامة بيئيًا. يُستخدم في النقل، الصناعة، وتوليد الكهرباء، ويُعتبر الخيار الأفضل لتحقيق اقتصاد خالٍ من الكربون.

2.1. مفهوم الهيدروجين الأخضر: يعود مفهوم الهيدروجين إلى القرن الثامن عشر، الى الكيميائي هنري كافنديش، (جيرمي ريفكن، 2009، صفحة 316) في مداخلة له بالجمعية الملكية في لندن، نقل تجربته في انتاج الماء من الاوكسجين والهيدروجين بواسطة شرارة كهربائية، دعا احدهما بـ"الهواء مثبت لحياة" والثاني بـ" الهواء المشتعل". ثم اعاد العالم الكيميائي الفرنسي لافوازييه التجربة بنجاح في عام 1785 وسمي الأول بـ" الاوكسجين" والثاني بـ" الهيدروجين"؛ ثم كتب عنه جول قيرن عام 1874 حيث تنبأ بقدوم عهد للهيدروجين: {اعتقد ان الماء سيصبح يوما وقودا والهيدروجين والاكسجين المكونان له ستعمل منفردة او متحدة وستكون مصدر للحرارة والضوء لا ينضب وبكثافة لا يملكها الفحم... الماء هو فحم المستقبل}.

كان الهيدروجين يستخدم بشكل رئيسي في التطبيقات الصناعية دون التركيز على جوانب الاستدامة، خلال القرن التاسع عشر، قام السير ويليام جرينفيلد بتطوير عملية التحليل الكهربائي للماء، التي تعد تقنية أساسية لإنتاج الهيدروجين، ومع ذلك، كانت هذه العملية تعتمد على الكهرباء المولدة من الوقود الأحفوري، ممّا جعل الهيدروجين الناتج غير صديق للبيئة. مع تزايد الوعي البيئي في النصف الثاني من القرن العشرين، بدأت الأبحاث تتجه نحو تحسين تقنيات التحليل الكهربائي لتكون أكثر استدامة، ممّا أدى إلى ظهور مفهوم الهيدروجين الأخضر الذي ينتج باستخدام الطاقة المتجددة مثل الرياح والطاقة الشمسية، في السنوات الأخيرة، (Kai Zeng

Dongke Zhang، 2010) ممّا يجعله منتجًا نظيفًا لا ينتج عنه انبعاثات كربونية (International Renewable Energy Agency، 2020، صفحة 8) ومع تزايد الاهتمام بتقنيات الطاقة النظيفة، بدأت الحكومات والشركات الكبرى في استثمار مبالغ كبيرة لتطوير تكنولوجيا الهيدروجين الأخضر، وقد شهد هذا المجال نموًا سريعًا بفضل الابتكارات في تقنيات التحليل الكهربائي وابتكارات في تخزين الهيدروجين، ممّا يعزز من القدرة على تحقيق أهداف الاستدامة وتقليل انبعاثات الكربون. (International Energy Agency، 2021، صفحة 25).

فالهيدروجين الأخضر هو نوع من الهيدروجين يتم إنتاجه من خلال عملية التحليل الكهربائي للماء باستخدام الطاقة المتجددة من مصادر مثل الطاقة الشمسية، الرياح، أو الطاقة المائية، حيث يتم فصل الماء إلى أكسجين وهيدروجين باستخدام الكهرباء الناتجة عن مصادر الطاقة المتجددة، ممّا يضمن أن العملية لا تنتج أي انبعاثات كربونية، (International Renewable Energy Agency، 2020، صفحة 8) هذا يجعله بديلاً نظيفاً وصديقاً للبيئة عكس الهيدروجين المنتج من الوقود الأحفوري، والذي عادة ما يكون مصحوباً بانبعاثات كربونية عالية.

هو العنصر الأكثر وفرة في الكون وما ذلك فإن الهيدروجين ليس مصدرا للطاقة في حد ذاته، ولكنه ناقل للطاقة ويتم انتاجه عن طريق تفاعل كيميائي من مورد أساسي، وهكذا يستخدم الهيدروجين اليوم بشكل رئيسي في القطاع الصناعي لإنتاج الأمونيا والميثانول وكذلك في عمليات تكرير المنتجات البترولية والوقود الحيوي.(BSI Economics, 2018)

يتم إنتاجه من خلال عملية التحليل الكهربائي للماء باستخدام الكهرباء المولدة من مصادر طاقة متجددة مثل الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح؛ يعتبر هذا النوع من الهيدروجين خالياً من الانبعاثات الكربونية لأنه لا يتم استخدام الوقود الأحفوري في عملية الإنتاج، ممّا يجعله حلاً نظيفاً ومستداماً للطاقة. (نعمة الله عبد الرحمن، 2022، صفحة 79)

يعد أحد مصادر الطاقة المتجددة ذات الانبعاثات المنخفضة، وهو مهم لأنه يوفر طاقة كبيرة وقليلة التلوث، ممّا يساعد في حماية البيئة، بالرغم من الفوائد التي يتميز بها الا انه تواجهه عدة تحديات مثل ارتفاع تكاليف إنتاج الهيدروجين من مصادر الطاقة المتجددة، بالاضافة الى مشكلة تخزينه ونقله التي تحتاج إلى تحسين التكنولوجيا لتسريع عملية التوسع في إنتاج الهيدروجين على مستوى عالمي.

3.1. أهمية الهيدروجين الأخضر نوردها فيما يلي: (نعمة الله عبد الرحمن، 2022، الصفحات 95-96)

- يسهم في تخفيض الانبعاثات الكربونية الناتجة عن استخدام الوقود الأحفوري، ممّا يساعد في مكافحة التغير المناخي والحد من الاحتباس العالمي؛
- يمكن أن يعمل كوسيلة فعّالة لتخزين الطاقة المتجددة، حيث يمكن تحويل فائض الكهرباء المولدة من الطاقة الشمسية أو الرياح إلى هيدروجين، ومن ثم استخدامه لتوليد الكهرباء عند الحاجة، ممّا يعزز استقرار شبكة الكهرباء ويعوض فترات الانقطاع؛
- يمتاز بإمكانية استخدامه في عدة قطاعات، بما في ذلك النقل والصناعة الثقيلة، وتوليد الكهرباء، ممّا يجعله حلاً شاملاً ومرناً لتلبية احتياجات الطاقة المتنوعة؛
- يعزز الأمن الطاقوي للدول ويساهم في تحقيق استقلالية أكبر في مجال الطاقة؛
- تطوير صناعة الهيدروجين الأخضر يمكن أن يخلق فرص عمل جديدة، ويدفع عجلة الابتكار والتطوير التكنولوجي، ممّا يساهم في تعزيز النمو الاقتصادي، خصوصاً في المناطق الريفية والنائية التي يمكن أن تستفيد من مشاريع الطاقة المتجددة؛

4.1. مزايا الهيدروجين الاخضر: تتمثل في: (الهيئة العربية للطاقة المتجددة،2021، صفحة 8)

- المساهمة في حل مشكلة التغيير المناخي والاحتباس الحراري، الحد من التلوث البيئي؛
- الهيدروجين الاخضر وقود المستقبل؛
- الحل الرئيسي في تحزين الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة؛
- يعتبر طريق مهم لتحقيق الدول الصفر الكربوني؛
- الهيدروجين الاخضر يحمي الشبكات الكهربائية متجدد من التلوث الكهربائي الناتج عن مصادر الطاقة المتجددة؛
- الهيدروجين الاخضر يساهم في استقرار شبكات الكهرباء؛
- الهيدروجين الاخضر يحفز الاقتصاد الاخضر ويحمي الممتلكات العامة والخاصة؛

2. تحديات وفرص استخدام الهيدروجين الاخضر

1.2. تحديات استغلال الهيدروجين الاخضر: تتمثل في: (الاسكوا، 2022، الصفحات 30-31)

✍ التكلفة العالية للإنتاج: انتاج الهيدروجين الأخضر يتطلب كميات كبيرة من الكهرباء المتجددة، والتقنيات المستخدمة حالياً في التحليل الكهربائي لا تزال مكلفة بالمقارنة مع تقنيات إنتاج الهيدروجين من الوقود الأحفوري.

✍ البنية التحتية: لنقل وتوزيع وتخزين الهيدروجين غير متطورة بشكل كافٍ، هذا يشمل خطوط الأنابيب ومحطات التوزيع والتخزين.

✍ التخزين والنقل: الهيدروجين هو غاز خفيف وقابل للاشتعال، ممّا يجعله صعب التخزين والنقل بأمان وفعالية. الضغط العالي أو التبريد إلى درجات حرارة منخفضة جداً يتطلبان تكنولوجيا متقدمة ومكلفة.

✍ عملية التحليل الكهربائي وفقدان الطاقة خلال تحويل وتخزين ونقل الهيدروجين قد تؤدي إلى كفاءة إجمالية منخفضة للنظام.

✍ التنظيمات والسياسات التشريعية غير الداعمة قد تعوق تطوير واستخدام الهيدروجين الأخضر. الدعم الحكومي مهم لتعزيز الاستثمارات وتطوير السوق.

✍ التحديات التقنية: هناك حاجة مستمرة للبحث والتطوير لتحسين أداء وكفاءة تقنيات إنتاج واستخدام الهيدروجين الأخضر.

2.2. فرص استغلال الهيدروجين الاخضر تتمثل في:

✍ الابتكار المستمر في تقنيات التحليل الكهربائي، والزيادة في كفاءة وحدات التحليل الكهربائي يمكن أن تساعد في تقليل التكاليف. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يؤدي الانخفاض المستمر في تكاليف الطاقة المتجددة إلى جعل الهيدروجين الأخضر أكثر تنافسية.

✍ الاستثمار في تطوير بنية تحتية متكاملة للهيدروجين، وتعاون الحكومات والشركات لإنشاء شبكات توزيع وتخزين مخصصة للهيدروجين.

✍ تطوير تقنيات جديدة وآمنة لتخزين ونقل الهيدروجين، كتحويل الهيدروجين إلى أشكال أكثر أماناً مثل الأمونيا ومن ثم تحويلها مرة أخرى إلى هيدروجين عند الحاجة.

✍ تحسين كفاءة التحليل الكهربائي وتطوير تقنيات جديدة لتحويل الطاقة وتقليل الفاقد في سلسلة الإمداد.

✍ تشجيع الحكومات على وضع سياسات داعمة للهيدروجين الأخضر، بما في ذلك الحوافز المالية، والإعفاءات الضريبية، ووضع معايير وتشريعات تعزز من استخدامه.

- تعزيز التعاون بين القطاعات المختلفة لتبني تقنيات الهيدروجين الأخضر.
- زيادة الاستثمار في البحث والتطوير، وتشجيع التعاون بين الجامعات والمؤسسات البحثية والشركات لتسريع الابتكار في هذا المجال.

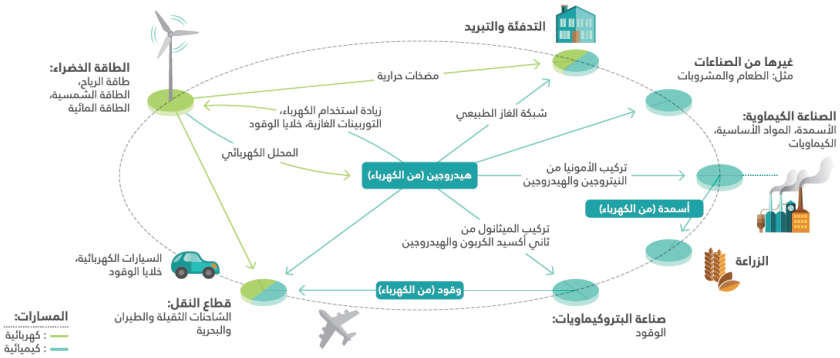
3.2. تطبيقات الهيدروجين الاخضر: تتمثل في: (لويس ريتبي برادو وواخرون،2020،صفحة 5)

- يربط الهيدروجين الاخضر باعتباره كناقل للطاقة بين القطاعات المستهلكة للطاقة مثل المباني، النقل، الصناعة،...
- يستخدم كوقود لتسخين المنازل والمباني التجارية، يستخدم لإنتاج الحرارة والماء الساخن، ممّا يوفر حلاً نظيفًا لتدفئة الأماكن وتقليل الاعتماد على الغاز الطبيعي والفحم.
- يمكن استخدامه كوقود لتوليد الكهرباء من خلال خلايا الوقود الهيدروجينية، هذه الخلايا تولد الكهرباء بطريقة نظيفة تمامًا، حيث يكون الناتج الثانوي الوحيد هو الماء؛ هذا يجعله خيارًا مثاليًا لتوليد الكهرباء في المناطق التي تتطلب طاقة نظيفة ومتجددة، ويمكن أن يعمل بالتكامل مع مصادر الطاقة المتجددة الأخرى مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.
- يستخدم كوقود للمركبات الكهربائية التي تعمل بخلايا الوقود، هذه المركبات تشمل السيارات والحافلات والشاحنات وحتى القطارات. توفر خلايا الوقود الهيدروجينية مدى طويل وسرعة شحن أكبر مقارنة بالبطاريات التقليدية، ممّا يجعلها خيارًا جيدًا لتطبيقات النقل الثقيلة وطويلة المسافات.
- يمكن أن يلعب دورًا رئيسيًا في العمليات الصناعية التي تتطلب حرارة عالية وكثافة طاقة، مثل إنتاج الصلب والكيماويات وتكرير النفط، البتروكيمياويات، استخدامه في هذه العمليات يمكن أن يقلل بشكل كبير من الانبعاثات الكربونية المرتبطة بالصناعات الثقيلة.
- يساهم بشكل كبير في الزراعة المستدامة من خلال إنتاج الأسمدة النيتروجينية بأقل انبعاثات كربونية، تشغيل المعدات الزراعية وخلايا الوقود الهيدروجينية لتوليد الكهرباء النظيفة للمزارع. بالإضافة إلى ذلك، يمكن استخدامه في أنظمة الري المستدامة والتدفئة والتبريد في الزراعة المحمية، ممّا يقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري ويحسن كفاءة استخدام الموارد الزراعية.
- يستخدم كوسيلة لتخزين الطاقة الزائدة من مصادر الطاقة المتجددة مثل الشمس والرياح. في أوقات ذروة الإنتاج، يمكن تحويل الكهرباء الزائدة إلى هيدروجين من خلال عملية

التحليل الكهربائي، ثم تخزينه لاستخدامه لاحقًا لتوليد الكهرباء أو كوقود. هذا يساعد في تحقيق استقرار الشبكة الكهربائية ويعوض فترات انخفاض الإنتاج من مصادر الطاقة المتجددة.

- يمكن استخدامه كوقود نظيف للسفن والطائرات، ممّا يساهم في تقليل الانبعاثات الناتجة عن النقل البحري والجوي، وهما من أكبر المصادر لانبعاثات غازات الدفيئة.
- يمكن استخدام الهيدروجين الأخضر في إنتاج الأمونيا، والتي تُستخدم بشكل واسع في صناعة الأسمدة. إنتاج الأمونيا التقليدي يولد كميات كبيرة من الانبعاثات الكربونية، لذا استخدام الهيدروجين الأخضر يمكن أن يساهم في جعل صناعة الأسمدة أكثر استدامة.

الشكل رقم 2: دور الهيدروجين الاخضر في ربط بين القطاعات

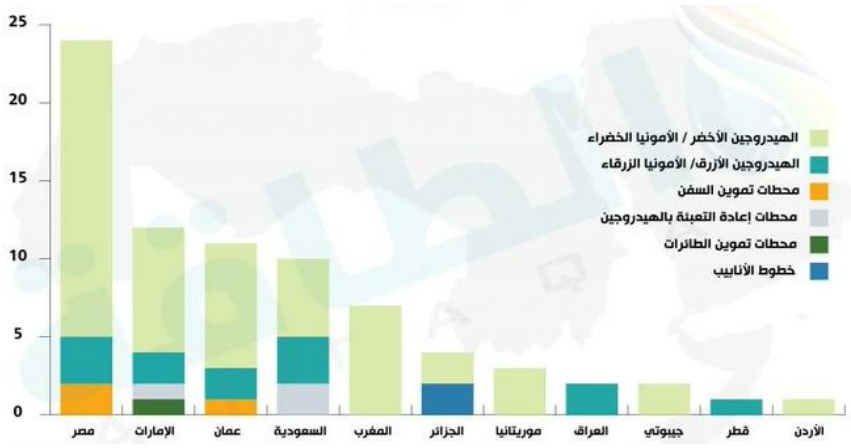


المصدر: (لويس ريتبي برادو و واخرون، 2020، صفحة 5)

3. استخدام الهيدروجين الاخضر في الجزائر

1.3. مشاريع الهيدروجين في الدول العربية لسنة 2023

الشكل رقم3: مشاريع الهيدروجين في الدول العربية لسنة 2023



المصدر: (ياسر ناصر، 2023)

من خلال الشكل اعلاه يتضح ان مصر تتصدر قائمة مشروعات الهيدروجين في العالم العربي بإجمالي 24 مشروعًا، معظمها مخصص لإنتاج الهيدروجين الأخضر والأمونيا الخضراء. تستهدف الوصول إلى حصة تتراوح بين 5 و8% من السوق العالمية للهيدروجين، وتحقيق أمن الطاقة، إلى جانب خفض 40 مليون طن سنويًا من انبعاثات الكربون بحلول 2040، والعمل على زيادة الناتج المحلي الإجمالي بما يتراوح بين 10 مليارات و18 مليار دولار بحلول 2040. تليها الإمارات العربية المتحدة بـ 12 مشروعًا متنوعًا، تتضمن إنتاج الهيدروجين والأمونيا الخضراء والهيدروجين الأزرق وتطبيقات الهيدروجين في قطاع النقل. تستهدف الإمارات إنتاج 1.4 مليون طن متري سنويًا من الهيدروجين بحلول عام 2031، ترتفع الكمية إلى 15 مليون طن سنويًا بحلول عام 2050، تأتي سلطنة عمان في المرتبة الثالثة بإجمالي 11 مشروعًا، يتركز معظمها على إنتاج الهيدروجين الأخضر والأمونيا الخضراء، ومن جانبها، ترى وكالة الطاقة الدولية أن عمان ستصبح سادس أكبر مُصدّر للهيدروجين عالميًا بحلول 2030، تستهدف استراتيجية البلاد لإنتاج مليون طن من الهيدروجين الأخضر بحلول 2030، ثم يرتفع الهدف إلى 8.5 مليون طن بحلول 2050، أما السعودية تحتل المرتبة الرابعة بزيادة عدد مشاريعها إلى 10، وتستهدف السعودية تصدير 2.9 مليون طن سنويًا من الهيدروجين (الأخضر والأزرق) بحلول 2030، على أن ترتفع هذه الكمية إلى ما بين 3.5 مليونًا و4 ملايين طن سنويًا بحلول 2035؛ حيث تتمتع السعودية بإمكانات هائلة لإنتاج الهيدروجين الأخضر منخفض التكلفة، كما تمتلك موقعًا استراتيجياً لتصديره إلى أوروبا، ثم المغرب بـ 7 مشاريع، الجزائر بـ 4مشروع، موريتانيا بـ 3مشاريع، ومشروعين في كل من العراق وجيبوتي، ومشروع واحد في كل من قطر والأردن.

2.3. واقع الهيدروجين الأخضر في الجزائر

تتمتع الجزائر بإمكانات هائلة في مجال الطاقة المتجددة، وتسعى إلى استغلال هذه الموارد الطبيعية في إطار استراتيجيتها للتحول الطاقوي، لاسيما من خلال تطوير تقنيات إنتاج الهيدروجين الأخضر. إذ تُعد الجزائر من بين أكثر الدول إشراقًا للشمس، حيث تستفيد من نحو 3000 ساعة من أشعة الشمس سنويًا، ممّا يجعلها من بين الدول الأعلى عالميًا من حيث إمكانات الطاقة الشمسية (الشركة الجزائرية للطاقة المتجددة، 2021، صفحة، 22). كما تُقدّر الإمكانيات الرياحية بحوالي 35,000 ميغاواط، بالإضافة إلى وفرة المياه وموقعها الجغرافي القريب من السوق الأوروبية، ما يعزز من فرص استخدام الطاقة المتجددة في إنتاج الهيدروجين

الأخضر،(سوناطراك، 2021، صفحة، 34) ويشكل أساسًا قويًا لإنتاج الهيدروجين الأخضر من خلال التحليل الكهربائي. (وزارة الطاقة والمعادن الجزائرية، 2021، صفحة، 8). وفي عام 2022 أطلقت الجزائر استراتيجيتها الوطنية للهيدروجين، التي تهدف إلى تطوير اقتصاد قائم على الهيدروجين الأخضر، مع خطط لإنتاج وتصدير ما بين 30 إلى 40 تيراواط/ساعة بحلول عام 2040، لتلبية حوالي 10% من احتياجات السوق الأوروبية (وائل حامد عبد المعطي، 2024، صفحة، 29). كما تم تخصيص نحو 300 ألف طن من الإنتاج لتلبية الطلب المحلي (الأخضر، 2024)، ما سيسمح بتوفير ما بين 16.4 و38.2 مليار متر مكعب من الغاز الطبيعي خلال الفترة 2035–2040، أي ما يعادل نحو 9.1 إلى 21.2 مليار دولار (حسان حويشة، 2024). وتُقدّر تكلفة إنتاج الكيلوغرام الواحد من الهيدروجين الأخضر بين 3 و6 دولارات، مع توقع انخفاضها مستقبلًا إلى ما بين 1.2 و2 دولار (مراحي رضا، 2025). وترتكز الاستراتيجية الوطنية للهيدروجين على ثلاث مراحل أساسية؛ تبدأ بمرحلة التكوين (2023–2030) عبر تنفيذ مشاريع تجريبية قصيرة المدى بقدرات تتراوح بين 2 و50 ميغاواط لاختبار تقنيات الإنتاج والاستخدام (حسان حويشة، 2024)، تليها مرحلة التوسع وإنشاء السوق الوطنية والدولية (2030–2040)، ثم مرحلة دخول المنافسة العالمية من خلال التصنيع والتصدير (2040–2050). وتعتمد هذه الاستراتيجية على دمج الطاقة المتجددة في إنتاج الهيدروجين، بحيث تُشكل الطاقة الشمسية حوالي 70% وطاقة الرياح 30% من الكهرباء اللازمة للتحليل الكهربائي (وزارة الطاقة الجزائرية، 2022، صفحة، 15؛ حسان حويشة، 2024). تستثمر الحكومة الجزائرية في البحث والتطوير لتعزيز تقنيات الهيدروجين، ودعم البنية التحتية اللازمة، حيث قُدّرت الاستثمارات المتوقعة بنحو 25 إلى 30 مليار دولار بحلول عام 2040، مع إمكانية تحقيق إيرادات سنوية تصل إلى 10 مليارات دولار من التصدير (أحمد عمار، 2023). وفي هذا الإطار، أطلقت الجزائر عدة مشاريع تجريبية بالتعاون مع شركات أوروبية تهدف إلى اختبار تقنيات الإنتاج وبناء قاعدة إنتاجية مستقبلية (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2023، صفحة، 22). ومن بين أبرز هذه المشاريع، مشروع الهيدروجين الشمسي في حاسي الرمل، الذي يهدف إلى إنتاج 1.5 مليون طن سنويًا من الهيدروجين الأخضر بحلول عام 2030 (وزارة الطاقة والمناجم الجزائرية، 2021، صفحة، 12)، والذي من المتوقع أن يساهم في تقليل الانبعاثات الكربونية بما يقارب 10 ملايين طن سنويًا، وهو ما يعادل إزالة نحو 2.1 مليون سيارة من الطرقات (الشركة الجزائرية للطاقة المتجددة، 2021، صفحة، 22)، كما أُطلق مشروع نموذجي بقدرة 50 ميغاواط بمساهمة ألمانية تُقدّر بـ35 مليون يورو في إطار جهود نقل التكنولوجيا وبناء القدرات الوطنية (صدام ملكاوي، 2023). وتسعى الجزائر إلى بناء شراكات استراتيجية مع دول أوروبية مثل ألمانيا وفرنسا لتطوير مشاريع الهيدروجين الأخضر تشمل التعاون في مجالات نقل التكنولوجيا، الاستثمار، وتطوير البنية التحتية (المفوضية

الأوروبية، 2023، صفحة، 9). من جهة أخرى، تبرز تحديات عدة تواجه الجزائر، أهمها ضعف البنية التحتية اللازمة لإنتاج وتخزين وتوزيع الهيدروجين، مما يتطلب استثمارات ضخمة في بناء المنشآت ذات الصلة (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2023، صفحة، 25). ومع ذلك، تمثل هذه التوجهات فرصة حقيقية لتنويع الاقتصاد الجزائري بعيدًا عن الاعتماد على المحروقات، من خلال خلق وظائف جديدة، وتحفيز الابتكار التكنولوجي، وجذب الاستثمارات الأجنبية بفضل ما تملكه الجزائر من موارد متجددة وموقع استراتيجي (وزارة الطاقة الجزائرية، 2022، صفحة، 18). وتُشير التقديرات إلى إمكانية خلق نحو 100,000 فرصة عمل مباشرة وغير مباشرة في قطاع الطاقة المتجددة والهيدروجين (البنك الدولي، 2021، صفحة، 45).

3.3. الأطر السياسية والقانونية لتطوير الهيدروجين الأخضر في الجزائر

✍تعتمد الجزائر خطة شاملة لتعزيز إنتاج واستخدام الهيدروجين الأخضر، تشمل هذه الخطة أهدافًا محددة لتطوير قطاع الطاقة حتى عام 2030، بما في ذلك إنشاء منشآت للإنتاج والتخزين والتوزيع. (وزارة الطاقة الجزائرية، 2022، صفحة 15)

✍تهدف الجزائر الى دمج أهداف التنمية المستدامة في استراتيجياتها للطاقة، الهيدروجين الأخضر يعتبر جزءًا من جهود البلاد لتحقيق أهداف التنمية المستدامة، خاصة تلك المتعلقة بالطاقة النظيفة وتخفيف آثار تغير المناخ. (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2023، صفحة 27)

✍قامت الجزائر بإصدار قوانين تدعم استخدام الطاقة المتجددة، بما في ذلك الطاقة الشمسية والرياح. هذه القوانين تشجع على دمج تقنيات جديدة مثل الهيدروجين الأخضر في مزيج الطاقة الوطني. (وزارة الطاقة الجزائرية، 2022، صفحة 20)

✍ تتضمن التشريعات البيئية في الجزائر حوافز ومبادئ تحكم انبعاثات الكربون وتلوث الهواء، تسهم هذه القوانين في خلق بيئة مواكبة لتطوير تقنيات الطاقة النظيفة مثل الهيدروجين الأخضر. (الوكالة الدولية للطاقة، 2024، صفحة 32)

✍ توفر الحكومة الجزائرية حوافز مالية، بما في ذلك إعفاءات ضريبية ودعم حكومي لمشاريع الطاقة النظيفة، بما في ذلك إنتاج الهيدروجين الأخضر، هذه الحوافز تهدف إلى تقليل التكاليف الأولية لمشاريع الهيدروجين. (الوكالة الدولية للطاقة، 2024، صفحة 30)

✍ تسعى الجزائر لتطوير شراكات دولية مع الدول الأوروبية وغيرها لدعم مشاريع الهيدروجين الأخضر، هذه الشراكات تتضمن تبادل التكنولوجيا والخبرات، إضافة إلى تمويل مشاريع مشتركة. (المفوضية الأوروبية، 2023، صفحة 9)

4.3. تطبيقات الهيدروجين الأخضر في الجزائر

تسعى الجزائر إلى استغلال إمكانياتها الهائلة في مجال الطاقة المتجددة لتطوير تطبيقات الهيدروجين الأخضر، ممّا يعزز جهودها في تطبيق استراتيجية الانتقال الطاقوي وتحقيق أهداف التنمية المستدامة، تشمل التطبيقات الرئيسية للهيدروجين الأخضر في الجزائر ما يلي:

- إنتاج الطاقة الكهربائية :يسعى العديد من المشاريع التجريبية في الجزائر إلى استخدام الهيدروجين الأخضر كوسيلة لتخزين الطاقة المتجددة وتوليد الكهرباء، عند استخدام الهيدروجين كوقود في خلايا الوقود، يمكن تحويله إلى كهرباء بكفاءة عالية، ممّا يساعد في توازن شبكة الكهرباء وتعزيز استقرارها. (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2023، صفحة 28)
- قطاع النقل : يمثل فرصة لتطوير وسائل النقل النظيفة، يمكن استخدامه في خلايا الوقود لتشغيل السيارات والشاحنات والحافلات، ممّا يساهم في تقليل الانبعاثات في قطاع النقل. (الوكالة الدولية للطاقة، 2024، صفحة 30)
- القطاع الصناعي: يستخدم الهيدروجين الأخضر في القطاع الصناعي لتقليل الانبعاثات وتحسين الاستدامة، يمكن استخدامه كوقود في صناعة الصلب أو في صناعة الأسمدة والبتروكيماويات، عمليات كيميائية معينة.(الوكالة الدولية للطاقة المتجددة،2023، صفحة 25)
- التحلية وإنتاج المياه: يمكن استخدام الهيدروجين الأخضر في عمليات تحلية المياه، تتضمن هذه العمليات استخدام الطاقة الناتجة عن الهيدروجين لتشغيل محطات التحلية، ممّا يساهم في تأمين إمدادات المياه في المناطق النائية. (المفوضية الأوروبية، 2023، صفحة 12)
- تخزين الطاقة: يمكن أن يلعب الهيدروجين الأخضر دورًا هامًا في تخزين الطاقة، خاصةً في ظل التذبذب في توليد الطاقة من مصادر متجددة، يمكن استخدامه لتخزين الطاقة الفائضة من الشمس والرياح لاستخدامها لاحقًا. (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2023، صفحة. 27).

5.3. التحديات التي تواجه تطوير الهيدروجين الأخضر في الجزائر

- تطوير البنية التحتية: لإنتاج وتخزين وتوزيع الهيدروجين الأخضر يمثل تحديًا كبيرًا، يتطلب بناء المنشآت والمرافق اللازمة استثمارات ضخمة ويستغرق وقتًا طويلاً، وهو ما قد يعوق التقدم السريع في هذا القطاع. (وزارة الطاقة الجزائرية، 2022، صفحة 18)
- تكاليف التكنولوجيا: لإنتاج الهيدروجين الأخضر ما زال مرتفع التكلفة مقارنة بالهيدروجين الرمادي أو الأزرق، على الرغم من تقدم التكنولوجيا، فإن التكاليف المرتفعة للأجهزة

والعمليات، مثل التحليل الكهربائي، تحد من القدرة التنافسية للمنتج. (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2023، صفحة 25)

✍التمويل والاستثمار: جذب الاستثمارات اللازمة لتطوير مشاريع الهيدروجين الأخضر يمثل تحديًا كبيرًا، فالمشاريع الكبيرة تحتاج إلى مصادر تمويل مستقرة وطويلة الأجل، وهذا قد يكون صعبًا في ظل الظروف الاقتصادية المتغيرة. (الوكالة الدولية للطاقة، 2024، صفحة 32)

✍ نقل وتخزين الهيدروجين الأخضر: يتطلب تقنيات متقدمة بسبب خصائصه الفيزيائية، مثل الكثافة المنخفضة، تخزين الهيدروجين في صورة سائلة أو تحت ضغط عالٍ يتطلب تقنيات باهظة الثمن. (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2023، صفحة 27)

✍دعم السياسات والتنظيمات: الحاجة إلى وضع سياسات وتشريعات تدعم تطوير سوق الهيدروجين الأخضر، يتطلب ذلك وجود أطر تنظيمية واضحة ومشجعة للاستثمار، بالإضافة إلى الحوافز الحكومية لتقليل التكاليف وتحفيز النمو.(المفوضية الأوروبية، 2023، صفحة 9)

✍البحث والتطوير: تطوير تقنيات جديدة وتحسين التقنيات الحالية أمر ضروري لزيادة كفاءة إنتاج الهيدروجين الأخضر وتقليل تكاليفه، الحاجة إلى استثمارات في البحث والتطوير تعتبر ضرورية للتغلب على هذه التحديات. (الوكالة الدولية للطاقة، 2024، صفحة 34)

4. فرصة الجزائر الاستفادة من مشروع ممر الهيدروجين الجنوبي

تتمحور **الاستراتيجية الأوروبية للهيدروجين الاخضر** إلى إنتاج حوالي 10 ملايين طن من الهيدروجين الاخضر لتغطية الاحتياجات المحلية احتياجات الطاقة في الاتحاد الأوروبي أي بحوالي 10% بحلول عام 2050 واستيراد حوالي 10 ملايين طن بحلول عام 2030،(محمد عبد السند، 2025) ممّا يسهم في تقليل الانبعاثات الكربونية بنسبة 55% بحلول 2030 وتحقيق أهداف الحياد الكربوني بحلول عام 2050 من خلال استبدال الهيدروجين التقليدي بالهيدروجين الأخضر منخفض الانبعاثات. (أسماء السعداوي، 2025) تستهدف المفوضية الأوروبية تركيب قدرة تحلية كهربائية تصل إلى 6 جيغاواط بحلول 2024 لإنتاج مليون طن من الهيدروجين الأخضر، وتوسيع هذه القدرة إلى 40 جيغاواط بحلول 2030 لإنتاج 10 ملايين طن، (مروة الغول، 2022) كما أُنشئ بنك الهيدروجين الأوروبي في 2023 بميزانية تبلغ 3 مليارات يورو لدعم تمويل مشاريع الهيدروجين المتجدد، تشمل الاستراتيجية إطارًا قانونيًا ملزمًا لتعزيز استخدام الهيدروجين في الصناعة والنقل بحلول 2030، مع تطوير بنية تحتية متخصصة وشبكة توزيع للهيدروجين، بالإضافة إلى دعم الابتكار والبحث والتطوير لتخفيض التكاليف وتحسين الكفاءة. (أسماء السعداوي، 2025)

وفي اطار هذه الاستراتيجية أنشأت المفوضية الأوروبية **ممرات الهيدروجين الأوروبية** وهي شبكة من خطوط الأنابيب والبنية التحتية المصممة لنقل الهيدروجين الأخضر من مناطق الإنتاج إلى مراكز الاستهلاك الرئيسية في أوروبا سواء داخل أوروبا بين دول الاتحاد، أو من خارج أوروبا وخاصة من دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا والتي تعتبر سوقاً واعدة بالنسبة للقارة في إنتاج ونقل الهيدروجين بتكلفة أقل. تم تقدير حجم الاستثمارات المتوقعة بـ80 – 100 مليار يورو تتضمن 30–40 مليار يورو لإنشاء خطوط أنابيب جديدة، و40–60 مليار يورو لتحديث محطات الإنتاج والتخزين. (امل اسماعيل، 2025) ومن بين هذه الممرات **ممر الهيدروجين الجنوبي** SouthH2 Corridor مشروع استراتيجي يربط الجزائر وتونس بإيطاليا، النمسا، وألمانيا، ويهدف إلى تأمين إمدادات الهيدروجين المنتج في شمال أفريقيا، خاصة الجزائر وتونس، إلى أوروبا عبر بنية تحتية متطورة تشمل خط أنابيب مخصص بطول حوالي 3300 كيلومتر في أوروبا، بالإضافة إلى 500–900 كيلومتر في شمال أفريقيا، بقدرة تصل إلى 4 ملايين طن سنويًا، وهو ما يمثل حوالي 40% من هدف استيراد الهيدروجين الذي حددته استراتيجية الاتحاد الأوروبي للطاقة النظيفة بحلول 2030، تقدر تكلفته بين 5.2 إلى 5.9 مليارات يورو.(european hydrogen backbone, 2022)

يهدف هذا المشروع إلى تعزيز قدرات الجزائر في إنتاج ونقل وتصدير الهيدروجين الأخضر إلى أوروبا، عبر البحر الأبيض المتوسط ومن ثم إلى الأسواق الأوروبية. وبالتالي يمكن للدولة الجزائرية الاستفادة من هذا المشروع وتعزيز مكانتها كمركز إقليمي لإنتاج وتصدير الهيدروجين الأخضر، مما يسهم في زيادة نفوذها الاقتصادي في سوق الطاقة الأوروبية، ويعزز من دورها في دعم أمن الطاقة . ويمثل هذا المشروع فرصة استراتيجية لها لاستقطاب استثمارات ضخمة في قطاع الطاقة المتجددة، بما يدعم نمو السوق المحلية، ويخلق فرص عمل جديدة، لاسيما في مناطق الوسط والجنوب الجزائري، كما يساهم في تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة، ممّا يمكنها من الوفاء بالتزاماتها البيئية على الصعيد الدولي، ويساعدها في تحقيق أهداف التنمية المستدامة؛ بالإضافة إلى ذلك يعزز المشروع من الابتكار وتطوير المهارات في مجال التكنولوجيا النظيفة، من خلال التعاون مع الشركاء الأوروبيين، ممّا يرفع من كفاءة اليد العاملة ويطور عملية نقل المعرفة والتقنيات الحديثة. وتعزز الجزائر من إيراداتها عبر تصدير الهيدروجين الأخضر إلى أوروبا، مستفيدة من قدراتها التنافسية العالية في هذا المجال، التي تستند إلى عدة عوامل رئيسية أبرزها: الموقع الجغرافي الإستراتيجي، توافر وتنوع مصادر الطاقة المتجددة، مما يؤدي إلى تقليل تكاليف الإنتاج وتحقيق الاستدامة الاقتصادية والبيئية. (امل اسماعيل، 2025)، (مراحي رضا ، 2025)

الشكل رقم 4 يوضح مسار ممر الهيدروجين الى اوروبا



المصدر: (منظمة الاقطار العربية المصدرة للبترول،2023،صفحة، 34)

الخاتمة:

يعتبر الهيدروجين الأخضر مصدرًا واعدًا للطاقة نظرًا لكونه وقودًا نظيفًا يتم إنتاجه باستخدام مصادر الطاقة المتجددة مثل الشمس والرياح، مع تزايد التوجه العالمي نحو استغلال هذا المصدر لتحقيق أهداف التنمية المستدامة والانتقال الطاقوي، حلاً محتملاً للتحديات المستقبلية في مجالي الطاقة والبيئة؛ ومع استمرار تطوير التقنيات، ولكن تبقى الحاجة إلى سياسات داعمة واستثمارات كبيرة أساسية لتحقيق الإمكانات الكاملة لهذا القطاع، الذي يتطلب تعاونًا وثيقًا بين الحكومات، والصناعات، ومجال البحث العلمي لضمان تحقيق أهداف الطاقة المستدامة والحد من الآثار البيئية الضارة.

يُعتبر الهيدروجين الأخضر في الجزائر عنصرًا أساسيًا في استراتيجيتها لتحقيق التنمية المستدامة من خلال تقليل الانبعاثات، ودعم التحول الطاقوي، وتعزيز الابتكار. ويمكن ان تصبح منتجاً ومصدّراً رئيسياً للهيدروجين الأخضر مستقبلاً نظراً لامتلاكها لموارد طبيعية هائلة، بما في ذلك الطاقة الشمسية والرياح...، ولكن هذا لا يزال في طور التخطيط وليس التنفيذ، فالجهود الحالية تركز أكثر على دراسات الجدوى والتخطيط المستقبلي، بالاضافة الى افتقارها للبنية

التحتية اللازمة لإنتاج وتخزين ونقل الهيدروجين الأخضر على نطاق واسع، وهذا يتطلب استثمارات كبيرة وتخطيطاً طويل الأجل.

كما تواجهها تحديات كبيرة تشمل نقص التمويل، غياب التكنولوجيا المتطورة، والحاجة إلى تحسين البنية التحتية للطاقة. كما أن الاعتماد الكبير على النفط والغاز يجعل التحول نحو الهيدروجين الأخضر أكثر تعقيداً.

نتائج الدراسة:

- يعد الهيدروجين الأخضر مصدراً للطاقة المستدامة والنظيفة، حيث يمكن استخدامه كبديل للوقود الأحفوري وتقليل الانبعاثات الكربونية، مما يساهم في تحقيق الاستدامة البيئية.
- تهدف الجزائر إلى تعزيز مكانتها كمزود رئيسي للهيدروجين الأخضر في السوق العالمية من خلال استراتيجية ثلاثية المراحل تمتد حتى عام 2050، تشمل تطوير التكنولوجيا، وإطلاق الإنتاج، وإنشاء سوق تصدير متكامل.
- من أبرز التحديات الهيدروجين الأخضر، التكلفة العالية لإنتاج، بالإضافة إلى البنية التحتية غير المتطورة لتخزين ونقل الهيدروجين بشكل آمن وفعّال.
- ينبغي على الحكومة الجزائرية وضع سياسات تحفيزية لزيادة الاستثمارات في قطاع الهيدروجين الأخضر، بما في ذلك التحفيز الضريبي وتقديم الدعم المالي والتقني.
- تشجيع القطاع الخاص على المشاركة في إنتاج وتوزيع الهيدروجين الأخضر، وتعزيز التعاون مع الشركات الرائدة لتطوير التكنولوجيا والبنية التحتية اللازمة.
- تهدف استراتيجية الهيدروجين الاخضر الاوروبي تحويل الاتحاد الأوروبي إلى سوق رائد للهيدروجين الأخضر، مع تحقيق أهداف بيئية واقتصادية تتمثل في تقليل الانبعاثات الكربونية، تنويع مصادر الطاقة، وتحفيز نمو اقتصادي مستدام؛ ويمثل مشروع ممر الهيدروجين الجنوبي فرصة استراتيجية للجزائر لتحويل اقتصادها الريعي إلى اقتصاد أكثر تنوعاً واستدامة، إذ يفتح أبواب سوق جديدة للهيدروجين على نطاق واسع، ويعزز فرص الاستثمار في مختلف القطاعات. وخلق فرص عمل جديدة، إضافة إلى تعزيز التعاون التكنولوجي بين الدول المشاركة في المشروع، خاصة في مجالات البحث والتطوير ونقل التكنولوجيا.

المراجع:

جيرمي ريفكن اقتصاد الهيدروجين بعد نهاية النفط .(2009) . .ترجمة ماجد كنج ، الطبعة الاولى، دار الفارابي، مؤسسة محمد بن راشد ال مكتوم، بيروت–لبنان.

نعمة الله عبد الرحمن .(2022) .الهيدروجين الاخضر مصدر للطاقة في المستقبل .العدد – 10سبتمبر , https://sis.journals.ekb.eg/article_269733_cf88e74a7d0ccc32cb1043193cbd6662.pdf.

لويس ريتبي برادو & ,واخرون .(2020) .تقرير تحديات وفرص انتاج الهيدروجين الاخضر وتصديره من منطقة الشرق الاوسط وشمال افريقيا الى اوروبا .، مؤسسة فريدريس ايبرت، الاردن، نوفمبر https://library.fes.de/pdf-files/bueros/amman/17608.pdf, 8.

ياسر ناصر .(2023) .أوابك تكشف أبرز مشروعات الهيدروجين العربية وقائمة الكبار .الطاقة، وحدة أبحاث الطاقة-https://attaqa.net/2023/05/17/%D8%A3%D9%88%D8%A7%D8%A8%D9%83 , %D8%AA%D9%83%D8%B4%D9%81-%D8%A3%D8%A8%D8%B1%D8%B2-%D9%85%D8%B4%D8%B1%D9%88%D8%B9%D8%A7%D8%AA-%D8%A7%D9%84%D9%87%D9%8A%D8%AF%D8%B1%D9%88%D8%AC%D9%8A%D9 %86-%D8%A7%D9%84/.

وزارة الطاقة والمناجم الجزائرية .(2021) .الاستراتيجية الوطنية للهيدروجين.

وزارة الطاقة الجزائرية .(2022) .استراتيجية الهيدروجين الوطنية .منشورات الحكومة الجزائرية.

الشركة الجزائرية للطاقة المتجددة .2 .(2021) .نظرة عامة على مشروع تافوك.1

سوناطراك .(2021) .تقرير مشروع الهيدروجين الشمسي في حاسي الرمل.

منظمة الاقطار العربية المصدرة للبترول .(2023) .تقرير الامين العام السنوي الخمسون .الكويت.95 ,

الوكالة الدولية للطاقة المتجددة .(2022) .الهيدروجين الأخضر في المستقبل .منشورات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة.;

الوكالة الدولية للطاقة المتجددة .(2023) .الهيدروجين الأخضر :تقرير الحالة العالمية .منشورات.

الوكالة الدولية للطاقة .(2024) .الهيدروجين :نظرة على الطاقة المتجددة .منشورات.

البنك الدولي .(2021) .الأثر الاقتصادي للهيدروجين الأخضر في شمال إفريقيا.

المفوضية الأوروبية .(2023) .استراتيجية الهيدروجين لأوروبا خالية من الكربون .منشورات المفوضية الأوروبية.

الهيئة العربية للطاقة المتجددة .(2021) .ملخص ورقة عمل الهيئة العربية للطاقة المتجددة للاجتماع الدوري 54لاستراتيجية الشاملة للطاقة المتجددة والهيدروجين الأخضر في الوطن العربي :24/10/2021 . الاتحادات العربية المتخصصة العاملة في نطاق مجلس الوحدة الاقتصادية العربية-https://arec.org.jo/wp content/uploads/2022/03/%D9%85%D9%84%D8%AE%D8%B5- %D9%88%D8%B1%D9%82%D8%A9- %D8%A7%D9%84%D9%87%D9%8A%D8%AF%D8%B1%D9%88%D8%AC%D9%8 A%D9%86-%D9%85%D8%AD, 8.

ملتقى اسيار .(2022) .تقرير مستقبل الهيدروجين الاخضر كطاقة نظيفة بالمملكة .لجنة شؤون البيئة والمياه والزراعة والتنمية والمدن،، رقم -91اكتوبر.7 ,

الاسكوا .(2022) .الهيدروجين الازرق والاخضر تطورات محتملة في المنطقة العربية .الامم المتحدة – الاسكوا-بيروت،- https://www.unescwa.org/sites/default/files/pubs/pdf/potential 2022 blue-green-hydrogen-developments-arab-region-arabic.pdf.

انباء المستقبل .(2023) .الجزائر تهدف إلى إنتاج وتصدير الهيدروجين الأخضر بحلول عام 2040. https://ummah-futures.net/%d8%a5%d9%86%d8%aa%d8%a7%d8%ac-%d9%88%d8%aa%d8%b5%d8%af%d9%8a%d8%b1-%d8%a7%d9%84%d9%87%d9%8a%d8%af%d8%b1%d9%88%d8%ac%d9%8a%d9%86-%d8%a7%d9%84%d8%a3%d8%ae%d8%b6%d8%b1.

Kai Zeng, & Dongke Zhang. (2010). Recent progress in alkaline water electrolysis for hydrogen production and applications. Progress in Energy and Combustion Science, Volume 36, Issue 3, June 2010, Pages 307-326.

BSI Economics. (2018). Hydrogène vert : fantasmes et réalités.

International Energy Agency. (2021). Hydrogen: A renewable energy perspective. IEA Publications.

International Renewable Energy Agency. (2020). Green Hydrogen: A guide to policy making. IRENA Publications.