

## دور الاستراتيجية الوطنية للهيدروجين في تطوير صناعات تصديرية جديدة في الجزائر آفاق 2040م

### *The Role of the National Hydrogen Strategy in Developing New Export Industries in Algeria: Outlook 2040*

جابر فرطقي<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup> جامعة 20 اوت 1955 سكيدة (الجزائر)، مخبر الاقتصاد المالية وإدارة الأعمال، [dj.fertaki@univ-skikda.dz](mailto:dj.fertaki@univ-skikda.dz)

تاريخ النشر: 2025/06/01

تاريخ القبول: 2025/04/30

تاريخ الاستلام: 2025/01/31

**ملخص:** اعتمدت الجزائر الاستراتيجية الوطنية للهيدروجين للاستفادة من الفرص التي يوفرها الهيدروجين لتطوير صناعات تصديرية جديدة، مع توجه العالم الى تبني الهيدروجين الكربوني الصفري بحلول عام 2050م، فمن المتوقع أن تتوقف عمليات استخراج وتسييل جزء كبير من احتياطات النفط والغاز، وتهدف هذه الدراسة الى ابراز الرؤية الاستراتيجية للهيدروجين في الجزائر من خلال عرض المشاريع والاستثمارات المستهدفة وفرص تصدير الهيدروجين في آفاق 2040م، وقد تم التوصل الى قدرة الجزائر على انتاج الهيدروجين الاخضر وعلى تصديره خاصة لأوروبا عن طريق خطوط انابيب الغاز الطبيعي، وتقترح الدراسة ضرورة اشراك القطاع الخاص.

**الكلمات المفتاحية:** طاقات متجددة؛ هيدروجين اخضر؛ استراتيجية وطنية للهيدروجين؛ صناعات تصديرية؛ الهيدروجين الكربوني الصفري.

تصنيف JEL: Q42، Q48، F14.

#### **Abstract:**

Algeria has adopted the national hydrogen strategy to take advantage of the opportunities provided by hydrogen to develop new export industries. As the world moves towards adopting carbon neutrality by 2050, this study aims to highlight Algeria's strategic vision for hydrogen by presenting targeted projects and investments, as well as hydrogen export opportunities towards 2050. The study has concluded that Algeria has the capability to produce and export green hydrogen.

**Keywords:** renewable energy; green hydrogen; national hydrogen strategy; export industries; carbon neutrality.

**Jel Classification Codes:** Q42, Q48, F14.

\* المؤلف المرسل

## 1. مقدمة :

يشهد قطاع الطاقة انتقالا غير مسبوق من حيث حجمه وتأثيره العميق على سائر التوجهات الاجتماعية والاقتصادية والتكنولوجية والجيوسياسية الراسخة حول العالم، نتيجة زيادة انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يعتبر من الغازات الدفيئة المسؤولة عن ظاهرة الاحتباس الحراري التي أصبحت تشكل تهديدا كبيرا لمستقبل البشرية.

إن العالم ومن خلال الأمم المتحدة وضع أهداف للوصول إلى التنمية المستدامة مع خطط موازية لحل مشاكل البيئة والتغير المناخي والوصول إلى الحياد الكربوني الصفري للتقليل من ظاهرة الاحتباس الحراري، حيث وضعت أوروبا على سبيل المثال: خارطة طريق للطاقة المتجددة بهدف تحقيق تخفيض بنسبة 50% في انبعاثات الغازات الدفيئة بحلول عام 2030، ومعدل الحياد الصفري في الغازات الدفيئة بحلول عام 2050م.

من الواضح أن انتقال قطاع الطاقة سوف يؤثر على الدول المنتجة للوقود الأحفوري بشكل كبير، فمن المتوقع أن تتوقف عمليات استخراج وتسييل جزء كبير من احتياطات النفط والغاز. يتطلب الوصول إلى الحياد الصفري للانبعاثات بحلول عام 2050 م، خفض جميع قطاعات الاقتصاد انبعاثاتها بما في ذلك الصناعات الثقيلة والنقل لمسافات طويلة، هنا برز الهيدروجين كخيار رئيسي للحد من الانبعاثات في هذه القطاعات، وقد تنامي الاهتمام الشديد باقتصاد متكامل للهيدروجين، بحيث يصبح الهيدروجين الوقود الأساسي لهذه القطاعات، حيث تظهر العديد من سيناريوهات لإزالة الكربون، أن الطلب على الهيدروجين سيبدأ اعتبارا من عام 2030 م، و يتوقع خلال هذه الفترة أن تنمو التجارة الدولية للهيدروجين ومشتقاته بشكل كبير، وقد يؤدي ذلك في نهاية المطاف إلى جغرافيا اقتصادية جديدة بالكامل للنشاط الصناعي.

### 1.1.1 اشكالية الدراسة:

من الواضح أن انتقال قطاع الطاقة سوف يؤثر على الدول المنتجة للوقود الأحفوري بشكل كبير، فمن المتوقع أن تتوقف عمليات استخراج وتسييل جزء كبير من احتياطات النفط والغاز، بينما يتجه العالم نحو بناء اقتصادات الحياد الصفري.

تواجه الجزائر باعتبارها بلدا نفطيا خطرا كبيرا متمثلا في التضييق على صادراتها من المحروقات في حال نجاح ثورة تقنيات الهيدروجين في العقود المقبلة، في نفس الوقت تنعم الجزائر بموارد وفيرة من الطاقة المتجددة والتي يمكن استخدامها لإنتاج الهيدروجين منخفض التكلفة كما أنها قادرة على

الاستفادة من البنية التحتية القوية لقطاع تصدير الطاقة من موانئ وخطوط أنابيب ومرافق تخزين، والقوة العاملة المتخصصة والمتمرسة بمجال إنتاج وتحويل وتداول النفط والغاز، وعلاقاتها الحالية بمجال تجارة الطاقة.

لهذا تبنت الجزائر ممثلة بوزارة الطاقة والمناجم الاستراتيجية الوطنية للهيدروجين للاستفادة من الفرص التي يوفرها الهيدروجين لتطوير صناعات تصديرية جديدة ومن هذا المنطلق يمكننا طرح التساؤل الرئيسي التالي:

هل تعتبر الاستراتيجية الوطنية للهيدروجين كافية لتطوير صناعات تصديرية جديدة في الجزائر للحفاظ على حصتها من السوق العالمي للطاقة في أفق 2050؟  
2.1 هدف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى الوقوف على إيجابيات الاستراتيجية الوطنية للهيدروجين، كما تهدف إلى إبراز أوجه القصور في استراتيجية إنتاج وتصدير الهيدروجين مقارنة مع الدول المجاورة السبابة إلى تبني استراتيجياتها الوطنية للهيدروجين.

وتهدف هذه الدراسة كذلك إلى تحديد إمكانية تعويض صادرات الهيدروجين المستهدفة في أفق 2050م لعائدات صادرات المحروقات في الجزائر.  
3.1 فرضيات الدراسة:

وللإجابة على التساؤل تم وضع الفرضيات التالية:

- انتقال العالم إلى الاعتماد على طاقة الهيدروجين النظيف والمتجدد بديلا من الطاقة التقليدية للوصول إلى العياد الصفري الكربوني في أفق 2050 م.
- تمتلك الجزائر موارد معتبرة من الطاقات المتجددة في مقدمتها الطاقة الشمسية، تؤهلها لتصبح رائدا اقليميا في إنتاج وتصدير الهيدروجين الأخضر.
- الاهداف المسطرة في الاستراتيجية الوطنية للهيدروجين لا تكفي لتعويض صادرات المحروقات في الجزائر.

4.1 منهج الدراسة:

يعتمد في هذه الدراسة على المنهج الوصفي والمنهج التحليلي لوصف الطاقات المتجددة وطاقة الهيدروجين وكذلك تحليل دور الاستراتيجية الوطنية للهيدروجين في تعويض خسائر الإيرادات صادرات المحروقات أفق 2050 م.

## 2. نظرة عامة على الهيدروجين واستخداماته:

ان الدافع الأساسي وراء الاهتمام العالمي بالطاقة المتجددة هو الدافع البيئي للحد من ارتفاع درجة الحرارة العالمية بحيث تظل عند مستوى لا يشكل خطرا على البشرية، حيث تعد انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون أحد الأسباب الرئيسية لها. ويتطلب الوصول إلى الحياد الصفري للانبعاثات بحلول عام 2050 م الاعتماد على وقود جديد ومتجدد، ونظيف واقتصادي، وهنا برز الهيدروجين كخيار رئيسي للحد من هذه الانبعاثات.

### 1.2 ماهية الهيدروجين:

الهيدروجين هو اسم مشتق من (هيدرو)، وهي تعني في اللغة اليونانية "ماء"، أما (جين) تعني "تكون"، أما في اللغة الإفريقية "ماء تكون"، وفي اللغة الفرنسية يعني "مكون الماء. (العزیز، 2019، صفحة 69)

الهيدروجين هو غاز ثنائي الذرة وذرة الهيدروجين تتألف من بروتون واحد والإلكترون واحد، وهو أكثر العناصر الكيميائية وجودا في الكون إلا أنه من النادر وجود الهيدروجين بالشكل الحر على نمطه الغازي ثنائي الذرة، وفي الظروف العادية من الضغط والحرارة يكون غازا لا لون له ولا رائحة ولا طعم وهو قابل للاشتعال وليس معدنيا. (محمود، جوان 2022، صفحة 9)

اكتشف الهيدروجين لأول مرة من طرف العالم "هنري كافنديش" وذلك عام 1766 م كغاز ينطلق من تفاعل الزئبق مع الأحماض المعززة بالهواء القابل للاشتعال، وأطلق العالم أنطوان لاخوازييه اسم الهيدروجين بعد أن أعاد تجربة "كافنديش" بإنتاج الماء عند حرق الهيدروجين. (محمود، جوان 2022، صفحة 9)

قدم عالم الكيمياء الإسيلندي البروفيسور "براغي ارناسون" عام 1978 م أول ورقة علمية حول فصل الهيدروجين عن الأوكسجين من الماء، واستغلاله كمصدر للطاقة في تحريك السيارات، وفي فترة التسعينات تم إنتاج أول سيارة تعمل بطاقة الهيدروجين في عام 1992 بالضبط.

### 2.2 انتاج الهيدروجين:

أدخل على الرغم من وفرة الهيدروجين على الأرض، إلا أن وجوده يكون على شكل جزيئي في روابط تساهمية في بنية الماء ومعظم المركبات العضوية، ويتطلب إطلاقه الكثير من الطاقة فهو لا

يوجد بكميات كبيرة كغاز نقي ولا تتوفر مخزونات كبيرة منه في الأرض لاستخراجها. (IRINA، 2022، صفحة 26)

فالهيدروجين الطبيعي لا ينتج حالياً سوى في موقع واحد في حوض بورا كيبوغو في مالي، غرب إفريقيا، حيث تدير شركة هيدروما الكندية مشروعاً تجريبياً، وعدا ذلك فإن كمية الهيدروجين المنتجة عالمياً تفتح من طريق عمليات تكنولوجية. (اسيا ESCWA، 2022، صفحة 13)

هناك 17 تقنية لإنتاج الهيدروجين من مختلف المصادر، لكن القليل منها يستخدم على نطاق تجاري، يمكن تصنيف هذه المصادر إلى أربع فئات الغاز الطبيعي والفحم والكتلة الحيوية والماء. (حواسني، 2024، صفحة 44)

بالنسبة للغاز الطبيعي فإن أهم عمليات إنتاج الهيدروجين هي عملية العادية تشكيل أو إصلاح الميثان بالبخار وبالنسبة للفحم فإن تفريز الفحم عبر تسخينه مع الأكسجين وبخار الماء عند درجات حرارة وضغوط مرتفعة تعد هذه الوسيلة الأشهر لإنتاج الهيدروجين، فيما يتم إنتاجه من الكتلة الحيوية عن طريق التحليل اللاهوائي، أما فيما يخص إنتاج الهيدروجين من الماء فهو يتم عبر التحليل الكهربائي والذي يعتمد على الكهرباء من أي من المصادر سواء الوقود الأحفوري أو النووي أو الطاقات المتجددة. (محمود، جوان 2022، صفحة 10)

يصنف الهيدروجين حسب طريقة إنتاجه والغازات الدفينة الناتجة من العملية إلى: (خليفات، نوفمبر 2020، صفحة 6)

الهيدروجين الأخضر: ينتج عن التحليل الكهربائي للماء في محلل كهربائي، وتزود الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح الخ.... (إذا كانت هناك حاجة للمياه المحلاة تكون باقي العملية مدعومة بنسبة 100% من الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح ولا ينتج عن هذه العملية أي من الغازات الدفينة.

الهيدروجين الرمادي: ينتج باستخدام الغاز الطبيعي في حين يعتبر أسود عند استخدام الفحم كعنصر أساسي، وتكون عملية الإنتاج الرئيسية هي إعادة تشكيل الميثان بالبخار (SMR) التي تستهلك أوكسجين من بخار الماء في حجرة حرارية لفصل الميثان (CH<sub>4</sub>) وإنتاج الهيدروجين، لكن هذه العملية تسبب بقدر هائل من التلوث لأنها تنتج ما يعادل 9 كغ من ثاني أكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>) لكل 1 كغ هيدروجين يتم إنتاجه

الهيدروجين الأزرق: يحتاج لنفس عملية إنتاج الهيدروجين الرمادي لكن يتم جمعه وتخزينه باستخدام عملية CCUS الكربون الناتج عن العملية للتقليل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. الهيدروجين الأصفر: يتم انتاجه عن طريق التحليل الكهربائي باستخدام الطاقة الكهربائية ذات الأصل المختلط التي يمكن أن تكون ناتجة من الطاقة النووية. أو من النفايات إلى هيدروجين أو من تحويل النفايات إلى غاز.

الهيدروجين الترموكواز: ينتج من الغاز الطبيعي أو الكتلة الحيوية كمدخلات للطاقة عبر الانحلال الحراري لإنتاج الهيدروجين في عملية ماصة للحرارة، بينما يتم الحصول على الكربون الصلب كمنتج ثانوي، في حين أن الانحلال الحراري للكتلة الحيوية هو عملية ضارة نسبياً للبيئة، إلا أنها يمكن أن تكون مثيرة للاهتمام، بشرط أن تأتي الطاقة من مصادر متجددة.

تعتبر أكثر طرق الإنتاج انتشاراً وموثوقية عالمياً هي من الغاز الطبيعي من خلال عملية إعادة تشكيل الميثان بالبخار وهي الطريقة الأرخص حالياً حيث لكل كيلو مول (حوالي 16 كغم من الميثان المستخدم في التفاعل يتم إنتاج 4 كيلو مول الموالى 8 كجم) من الهيدروجين. (محمود، جوان 2022، صفحة 11)

### 3.2 النقل والتخزين:

يتم تداول الهيدروجين اليوم على نطاقاً محلي ضيق، حيث تشير البيانات المتاحة إلى أنه يتم استخدام ما يقرب من 80% من الهيدروجين بالقرب من مواقع إنتاجه، مع نقل 20% المتبقية منه، ومع ذلك فمن المتوقع أن يتغير هذا بشكل كبير في العقد المقبل، عند عوامة اقتصاد الهيدروجين وزيادة الزيارة الإقليمية أما الخيارات المتاحة لنقل الهيدروجين فهي متنوعة كما يلي: (الخليجي، افريل 2022)

-النقل عبر خطوط الأنابيب: من خلال مزج الهيدروجين بالغاز الطبيعي داخل خطوط الأنابيب العالية، أو استخدام خطوط أنابيب الهيدروجين المخصصة ولا تزال تعتبر الطريقة الأكثر فعالية من حيث التكلفة للمسافات المتوسطة والطويلة

-الهيدروجين السائل: رغم أنه مناسب لشحن الهيدروجين النقي، إلا أنه هذه الطريقة تتطلب طاقة كبيرة للتبديل المبرد والنقل، مما يؤثر على التكاليف الإجمالية.

-الأمونيا: من فصل تحويل الهيدروجين إلى أمونيا، يوفر خيار النقل لمسافات طويلة في درجات الحرارة المحيطة، ومع ذلك تضيف عمليات التحويل وإعادة التفويز مزيداً من التعقيد وفقدان الطاقة المحتملة.

ناقلات الهيدروجين العضوي السائل LOHCS: يمكن لبعض المركبات العضوية امتصاص وإطلاق الهيدروجين من خلال تفاعلات كيميائية محددة، ويمكن استخدام ناقلات الهيدروجين العضوية السائلة كوسيلة لتخزين ونقل الهيدروجين على شكل سوائل دون الحاجة إلى تبريد. تمثل خطوط الأنابيب الوسيلة الأكثر فعالية من حيث التكلفة لنقل الهيدروجين على مسافات متوسطة وطويلة.

### 3. السوق العالمي للهيدروجين:

القطاع العالمي للطاقة يشهد تحولاً عميقاً حيث تدفع الجهود لمكافحة تغيّر المناخ وتعزيز أمن الطاقة التحول نحو مصادر الطاقة النظيفة والمستدامة، في هذا السياق المتطور، تزايد الاهتمام بالهيدروجين منخفض الانبعاثات بسرعة نتيجة لعدة عوامل .

أولاً، يُعترف به على نطاق واسع كحل رئيسي لخفض انبعاثات القطاعات التي يصعب تقليل الانبعاثات فيها وتُعتبر الخيارات الأخرى محدودة، مثل الصناعة الثقيلة، والشحن، والطيران . ثانياً، الأزمة العالمية في الطاقة الأخيرة سرعت الدفع نحو الهيدروجين منخفض الانبعاثات بفضل قدرته على تعزيز أمن الطاقة ونتيجة للأزمة، كثفت الحكومات التزاماتها لتحقيق صفر انبعاثات، مدمجةً الهيدروجين منخفض الانبعاثات في خططها الاستراتيجية .

ثالثاً، قدمت عدة اقتصادات كبيرة مؤخراً سياسات صناعية جديدة تتضمن تقنيات الهيدروجين بشكل بارز ومع ذلك، وعلى الرغم من هذا التقدم، فإن تبني الهيدروجين منخفض الانبعاثات لم يبدأ بعد بشكل واسع، ولا تزال هناك تحديات كبيرة يجب التغلب عليها لتحقيق إمكانياته بالكامل.

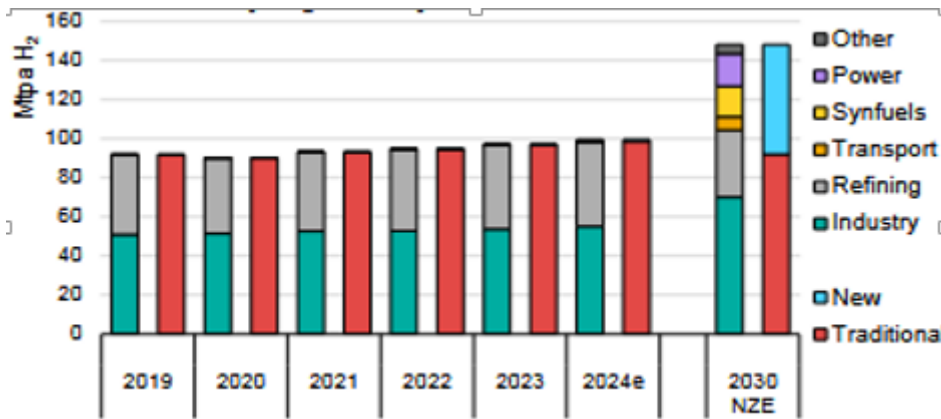
### 1.3 الطلب العالمي على الهيدروجين:

أدخل واصل الطلب العالمي على الهيدروجين نموه في عام 2023 ليصل إلى مستوى قياسي جديد تجاوز 97 مليون طن، بزيادة قدرها 2.5% مقارنة بعام 2022، وقد شهد الطلب نمواً مستمراً على مدى عدة عقود، باستثناء عام 2020، عندما أدت جائحة كوفيد-19 إلى تباطؤ اقتصادي، نقدر

أن النمو سيستمر في عام 2024 وقد يصل الطلب العالمي على الهيدروجين إلى ما يقارب 100 مليون طن. كما يوضحه الشكل رقم 1.

الشكل (1): الطلب على الهيدروجين حسب القطاع وسيناريو صافي

الانبعاثات الصفري بحلول عام 2030 (2019-2030)



Source : International Energy Agency, Global Hydrogen Review 2024, P21.

لا يزال الطلب على الهيدروجين مُركّزاً في تطبيقات التقليدية وهي التكرير والصناعة، حيث تم استخدامه لعقود، ويمثل استخدامه في التطبيقات الجديدة كالنقل لمسافات طويلة وتوليد الكهرباء وتخزينها وإنتاج الوقود القائم على الهيدروجين أقل من 1% من الطلب العالمي، على الرغم من ارتفاع استخدام الهيدروجين في هذه التطبيقات الجديدة في عام 2023 تقريبا بنسبة 40% مقارنة مع 2022.

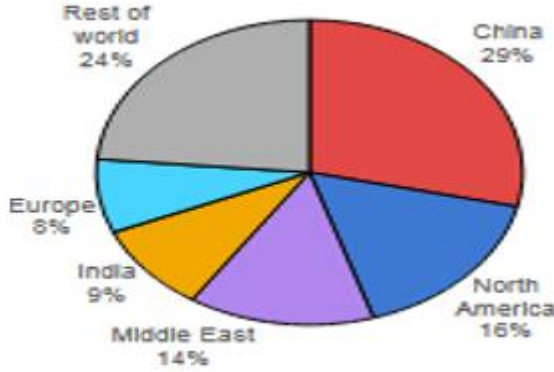
(AGENCY, 2024, p. 22)

في سيناريو صافي الانبعاثات الصفري بحلول عام 2050 (سيناريو NZE)، سيصل الطلب على الهيدروجين إلى ما يقرب من 150 مليون طن سنوياً بحلول عام 2030، منها 45% هيدروجين منخفض الانبعاثات. سيأتي ما يقرب من 40% من الطلب العالمي من التطبيقات الجديدة، مما يعني أن الطلب في هذه التطبيقات الجديدة يحتاج إلى النمو بأكثر من 80 ضعفاً بحلول عام 2030. (AGENCY, 2024, p. 21)

ظل التوزيع الإقليمي للطلب إلى حد كبير دون تغيير عن عام 2022: حيث ظلت الصين أكبر مستخدم للهيدروجين، مستحوذة على ما يقرب من ثلث الطلب العالمي (ما يقارب 28 مليون طن)، أي أكثر من ضعف ثاني أكبر مستخدم، الولايات المتحدة، التي استهلكت 13 مليون طن (16% من الطلب

العالمي)، نما الطلب على الهيدروجين بشكل متواضع في جميع المناطق الرئيسية، باستثناء الشرق الأوسط، حيث كان النمو أكثر حدة (نمو سنوي تجاوز 6%، بسبب زيادة الطلب في قطاعي التكرير وإنتاج الميثانول) والهند (نمو سنوي تجاوز 5% بسبب زيادة الطلب في قطاعي التكرير والصلب)، B3 كما يوضح الشكل رقم 2.

الشكل 2: الطلب على الهيدروجين حسب المنطقة في عام 2023



Source : International Energy Agency, Global Hydrogen Review 2024, P21.

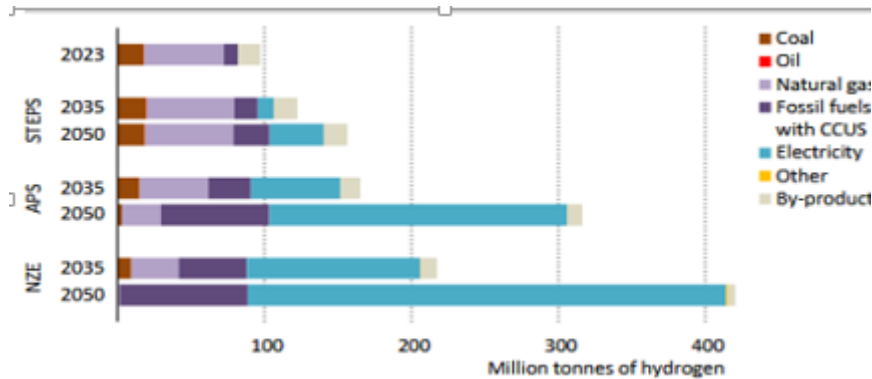
في التحول إلى نظام طاقة خالٍ من الانبعاثات، سيحتاج الطلب على الهيدروجين المنتج من الوقود الأحفوري غير المعالج إلى استبداله بالطلب على الهيدروجين منخفض الانبعاثات، علاوة على ذلك، سيحتاج استخدام الهيدروجين منخفض الانبعاثات أيضاً إلى التوسع في تطبيقات جديدة في القطاعات التي يصعب فيها خفض الانبعاثات، مثل الصناعات الثقيلة، والنقل لمسافات طويلة، وإنتاج الوقود القائم على الهيدروجين أو توليد الكهرباء وتخزينها، فقد نما استخدام الهيدروجين في هذه التطبيقات الجديدة بنسبة تقارب 40% في عام 2023 مقارنة بعام 2022، رغم أنها لا تزال تمثل أقل من 1% من الطلب العالمي.

### 2.3 الإنتاج العالمي للهيدروجين:

وصل إنتاج الهيدروجين العالمي إلى 97 مليون طن في عام 2023، بزيادة قدرها 2.5% تقريباً مقارنة بحلول عام 2022، وظل الإنتاج يعتمد في الغالب على الوقود الأحفوري غير المعالج، ويمثل الهيدروجين المنتج من الغاز الطبيعي دون احتجاز الكربون وتخزينه واستخدامه 63% من الإجمالي العالمي، وكان الفحم بدون احتجاز وتخزين الكربون، في الصين بشكل أساسي، مسؤولاً عن 20% من الهيدروجين المنتج، كما كان إنتاج الهيدروجين منخفض الانبعاثات في عام 2023 أقل من مليون طن

وكان مشتقًا في المقام الأول من الوقود الأحفوري باستخدام تقنيات احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه، وكان الإنتاج من التحليل الكهربائي للمياه أقل من 100 ألف طن من الهيدروجين ويقع في المقام الأول في الصين. (Agency, 2024, p. 161)، كما هو موضح في الشكل التالي.

الشكل (3): الإنتاج العالمي للهيدروجين حسب التكنولوجيا والسيناريوهات (2050-2023)



Source : International Energy Agency, World Energy Outlook 2024, P162.

في عام 2023، وصلت القدرة المركبة العالمية لمحطات الماء الكهربائية المخصصة لإنتاج الهيدروجين إلى 1.4 جيجاواط، وكانت القدرة المضافة في 2023 تقارب إجمالي القدرة العالمية المركبة حتى عام 2022، الصين التي كانت تمثل أقل من 10% من القدرة العالمية المركبة في 2020، كانت مسؤولة عن أكثر من أربعة أخماس القدرة التي بدأت العمل في 2023، بما في ذلك أكبر مشروع للتحليل الكهربائي في العالم، وهو محطة كوتشا بقدرة 260 ميجاواط التابعة لشركة سينوبك. (Agency, 2024, p. 162)

من المتوقع أن يصل إنتاج الهيدروجين منخفض الانبعاثات من المشاريع المعلنة إلى 49 مليون طن بحلول عام 2030، وباستثناء المشاريع التي في المراحل المبكرة جداً من التطوير، يمكن أن يتجاوز الإنتاج 26 مليون طن بحلول عام 2030، وهو ما قد يلي متطلبات سيناريو التعهدات المعلنة (APS) لعام 2030 لإنتاج الهيدروجين منخفض الانبعاثات، ومع ذلك، فإن هذه الـ 26 مليون طن ستمثل فقط 40% من إجمالي إنتاج الهيدروجين منخفض الانبعاثات المطلوب في سيناريو صافي الانبعاثات الصفري (NZE) في 2030، وإذا تم تضمين المشاريع في المراحل المبكرة، فإن الـ 49 مليون طن بحلول عام 2030 تمثل ثلاثة أرباع الاحتياجات المتوقعة في سيناريو صافي الانبعاثات الصفري (NZE). (Agency, 2024, p. 162)

بحلول عام 2050، سيشكل إنتاج الهيدروجين منخفض الانبعاثات في سيناريو التعهدات المعلنة (APS) نسبة 82% من إنتاج الهيدروجين العالمي، وذلك بفضل استخدامه في الصناعات الثقيلة، النقل، إنتاج الوقود القائم على الهيدروجين وتوليد الكهرباء.

أما في سيناريو صافي الانبعاثات الصفري (NZE)، فإن إنتاج الهيدروجين منخفض الانبعاثات سيمثل 70% من إجمالي إنتاج الهيدروجين بحلول عام 2035، ويرتفع إلى أكثر من 95% بحلول عام 2050، سيشكل الهيدروجين منخفض الانبعاثات المنتج من الوقود الأحفوري مع تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه واستخدامه بحلول عام 2050، أكثر من 20% من إجمالي إنتاج الهيدروجين في كلا السيناريوهين، مما يؤدي إلى احتجاز: (Agency, 2024, p. 162)

- أكثر من 585 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون في سيناريو التعهدات المعلنة APS

- حوالي 615 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون في سيناريو صافي الانبعاثات الصفري NZE بحلول عام 2050، يمثل إنتاج المحلل الكهربائي 65% من إجمالي إنتاج الهيدروجين في سيناريو

التعهدات المعلنة APS وتقريباً 80% في سيناريو صافي الانبعاثات الصفري مما يتطلب تركيب: A5

- قدرة محلات كهربائية تبلغ 2000 جيجاواط في سيناريو APS

- قدرة محلات كهربائية تبلغ 3000 جيجاواط في سيناريو NZE

3.3/ إنتاج الهيدروجين منخفض الانبعاثات بحلول عام 2030:

رغم التقدم الكبير في مشاريع الهيدروجين منخفض الانبعاثات، لا تزال التحديات قائمة، خاصة في تحقيق الإنتاج المتوقع في الوقت المحدد، نظرًا لأن نسبة كبيرة من المشاريع لا تزال في مراحلها الأولية أو لم تصل بعد إلى اتخاذ قرار الاستثمار النهائي.

1.3.3 إنتاج الهيدروجين منخفض الانبعاثات بحلول عام 2030:

تتوزع المشاريع المعلن عنها لإنتاج الهيدروجين المنخفض الانبعاثات بحلول عام 2030 على

مستوى العالم كما يلي: (AGENCY, 2024)

- أوروبا: تمثل 25% من إنتاج الهيدروجين منخفض الانبعاثات المتوقع عالميًا.
- قد يصل الإنتاج عبر التحليل الكهربائي إلى 8 مليون طن سنويًا بحلول عام 2030 (أكثر من 5 مليون طن إذا استُبعدت المشاريع في المراحل المبكرة جدًا).
- الدول الرائدة:

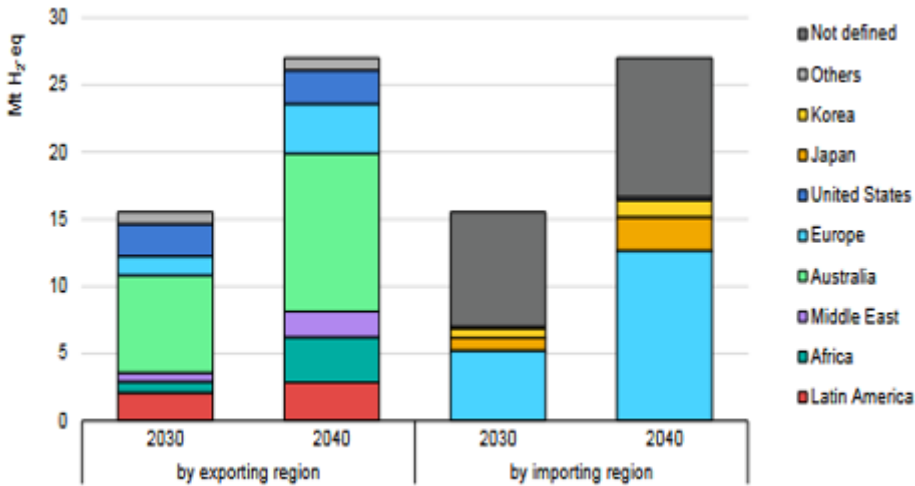
- إسبانيا 20%.
- الدنمارك 12%.
- ألمانيا 10%.
- تمثل هذه الدول الثلاث أكثر من 40% من إنتاج الهيدروجين منخفض الانبعاثات في أوروبا.
- o أمريكا اللاتينية: تشكل 15% من الإنتاج المتوقع عالميًا، مع تركيز كبير في تشيلي:
- تم الإعلان عن 16 مشروعًا للهيدروجين الكهربائي بسعة تزيد عن 1 جيجاواط لكل مشروع.
- القدرة الإنتاجية المحتملة من المشاريع المعلنة في تشيلي تقارب 4 مليون طن تنخفض إلى 2 مليون طن إذا استُبعدت المشاريع في المراحل المبكرة جدًا.
- تمثل تشيلي أكثر من نصف إنتاج الهيدروجين الكهربائي منخفض الانبعاثات المتوقع في أمريكا اللاتينية بحلول عام 2030.
- الولايات المتحدة: تشارك بنسبة 15% من الإنتاج المتوقع عالميًا.
- أستراليا: يمكن أن يصل إنتاج الهيدروجين من التحليل الكهربائي إلى حوالي 6 مليون طن بحلول 2030 وقد يقتصر على 1.5 مليون طن عند استبعاد المشاريع في المراحل المبكرة جدًا.
- إفريقيا:
- شهدت القارة إعلان عدد كبير من المشاريع المتعلقة بإنتاج الهيدروجين الكهربائي في العام الماضي.
- القدرة الإنتاجية المحتملة قد تصل إلى 7 مليون طن سنويًا بحلول عام 2030.
- حوالي 6 مليون طن من هذه القدرة الإنتاجية تأتي من مشاريع لا تزال في مراحل مبكرة جدًا من التطوير، مما يجعل تحقيق هذه التوقعات بحلول 2030 غير مؤكد.
- الصين:
- نصف الإنتاج المعلن للهيدروجين الكهربائي يأتي من مشاريع قيد الإنشاء أو وصلت إلى قرار الاستثمار النهائي.
- الشرق الأوسط:
- حوالي 20% من الإنتاج المعلن للهيدروجين الكهربائي يتم تطويره في مشاريع أكثر تقدمًا، قيد الإنشاء أو وصلت إلى قرار الاستثمار النهائي.

### 2.3.3 مشاريع التجارة الدولية المعلنة للهيدروجين المنخفض الانبعاثات بحلول 2040:

تمثل المشاريع الموجهة للتصدير 16 مليون طن سنوياً من مكافئ الهيدروجين، أي حوالي ثلث إنتاج الهيدروجين منخفض الانبعاثات الذي يمكن تحقيقه بحلول عام 2030، إذا تم تنفيذ جميع المشاريع المعلنة، وهذا يسلط الضوء على إمكانية وجود سوق دولي، رغم استمرار وجود حالة من عدم اليقين، كما ان ما يصل إلى 11 مليون طن سنوياً من مكافئ الهيدروجين من مشاريع التصدير المعلنة بحلول عام 2030 لا تزال في مراحل مبكرة جداً من التطوير، منها 5 مليون طن سنوياً إضافية من مكافئ الهيدروجين تخضع لدراسة الجدوى، أقل من الثلث لديه مشترٍ محتمل من بين شركاء المشروع. B5 و الشكل الموالي يوضح واردات وصادرات الهيدروجين المنخفضة الانبعاثات حسب المنطقة على اساس المشاريع المعلنة بحلول عام 2030 وعام 2040.

الشكل (4): واردات وصادرات الهيدروجين المنخفضة الانبعاثات حسب المنطقة على أساس

المشاريع المعلنة 2040-2030



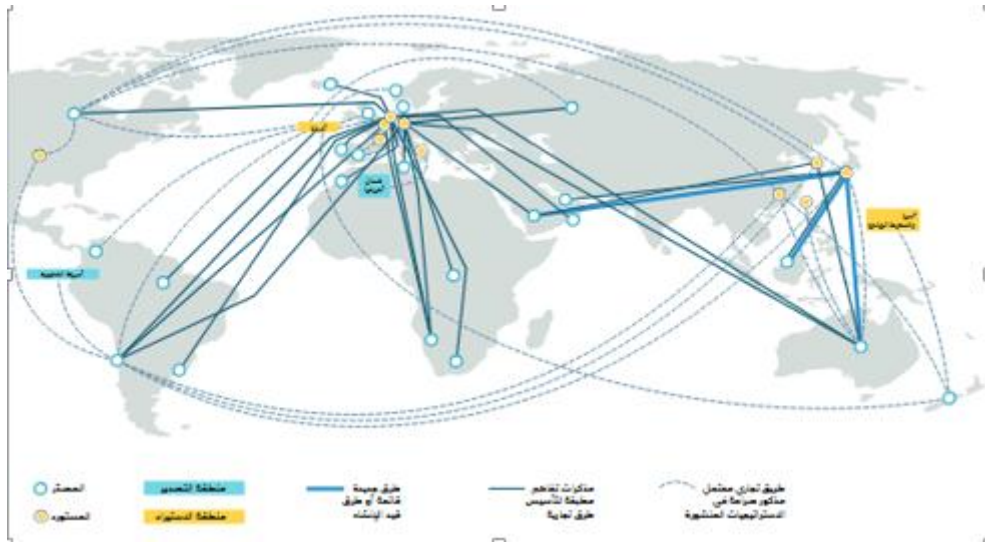
Source : International Energy Agency, Global Hydrogen Review 2024, P108.

يمكن أن تصبح أستراليا والولايات المتحدة أكبر المصدرين بحلول عام 2030، حيث يمثلان معاً 10 مليون طن سنوياً من مكافئ الهيدروجين بحلول عام 2030، كما يمكن أن تصبح أمريكا اللاتينية ثالث أكبر مصدر، بأكثر من 2 مليون طن سنوياً من مكافئ الهيدروجين بحلول عام 2030، رغم أن جزءاً كبيراً من هذا لم يجد بعد وجهة للتسليم، من بين المشاريع التي لديها وجهة استيراد محددة، تمثل أوروبا 75% من حجم الاستيراد المعلن ومن المتوقع أن تصبح سوقاً رئيسياً للهيدروجين والوقود

والمواد الأولية القائمة على الهيدروجين، كما تمثل دول منطقة آسيا والمحيط الهادئ مركز طلب مهم آخر بناءً على المشاريع المعلنة، يمكن أن تستورد اليابان وكوريا معاً 3.7 مليون طن سنوياً من مكافئ الهيدروجين بحلول عام 2040.

يشير تحليل الوكالة الدولية للطاقة المتجددة إلى أن ما يقرب من ثلث إنتاج الهيدروجين سيتم نقله عبر الحدود بحلول عام 2050، وهو ما يزيد قليلاً عن حجم تجارة الدولية للغاز الطبيعي اليوم، ومن المتوقع أن تمر نصف امدادات الهيدروجين عبر خطوط الأنابيب، بما في ذلك خطوط أنابيب الغاز الطبيعي الحالية المعاد استعمالها، ومن المحتمل أن يتم نقل الكمية المتبقية لمسافات طويلة باستخدام السفن على شكل أمونيا، تشابه في ذلك الى حد كبير مع تجارة الغاز الطبيعي، التي تنقسم الى تجارة إقليمية عبر خطوط الانابيب 48%، و أخرى دولية للغاز الطبيعي المسال 52%، (IRINA، 2022، صفحة 37) وتعمل الدول بالفعل على عقد صفقات ثنائية قد تمهد الطريق امام علاقات جديدة لتجارة الهيدروجين، كما هو موضح في الشكل رقم (5).

الشكل (5): الشبكة المتنامية لطرق وخطوط واتفاقيات تجارة الهيدروجين



المصدر: الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)، جيوسياسية تحول قطاع الطاقة عامل

الهيدروجين، 2022، ص 37.

4. استراتيجية الجزائر في إنتاج وتصدير الهيدروجين منخفض الكربون في افاق 2040

#### 1.4 سياسات واستراتيجيات الهيدروجين المعلنة على مستوى العالم

أبدت العديد من الدول اهتماماً بالهيدروجين والدور الذي يمكن أن يلعبه في عملية التحول الطاقوي، وقد بدأت بعض الدول في إعداد وتطوير رؤى وخرائط طريق واستراتيجيات لتحديد المسار نحو تحقيق اقتصاد الهيدروجين على المستوى الوطني، تهدف هذه الاستراتيجيات إلى تحديد أفضل المسارات وفقاً للأولويات الوطنية لتوفير إمدادات الهيدروجين سواء من خلال الإنتاج المحلي أو الواردات، والتطبيقات التي يمكن استخدام الهيدروجين فيها، بالإضافة إلى ذلك، درست بعض الدول فرص الاستثمار في إنتاج الهيدروجين للتصدير إلى الأسواق المحتملة، وبدأت في إبرام اتفاقيات وتفاهات أولية لتأمين حصتها في تجارة الهيدروجين الدولية المستقبلية.

تتضمن عملية تطوير استراتيجية وطنية للهيدروجين عدة مراحل، قبل صياغة الاستراتيجية في شكلها النهائي، تبدأ ببرامج البحث والتطوير لفهم المبادئ الأساسية للتكنولوجيا وبناء قاعدة المعرفة اللازمة للتعامل مع الهيدروجين من حيث الإنتاج والاستخدام. ثم تنتقل إلى المرحلة الثانية وهي وضع الرؤية، حيث يتم وضع الإطار العام والمبادئ التوجيهية للمشاريع التجريبية، والتي عادة ما تتم صياغتها بالشراكة بين الحكومات والقطاع الخاص الذي تجذبه آفاق النمو المتوقعة لتطبيقات الهيدروجين، الخطوة الثالثة هي إعداد خارطة الطريق، والتي تتضمن خطة شاملة مع الأنشطة المطلوبة لتقييم إمكانات الهيدروجين وتحديد مجالات البحث ذات الأولوية والتطبيقات المهمة لتنفيذ المشاريع التجريبية. مع اكتمال المراحل الثلاث المذكورة، تكون المكونات الأساسية لصياغة الاستراتيجية الوطنية جاهزة، والتي ستقوم بدورها بوضع سياسات واضحة وتقييم مدى توافقها مع سياسة الطاقة الحالية.

(Antar Hassani, 2024, p. 289)

في عام 2017 تفردت دولة واحدة فقط بامتلاك استراتيجية وطنية للهيدروجين، وهي اليابان، أما اليوم يستمر عدد الدول التي لديها استراتيجية للهيدروجين في الازدياد: حيث نشرت 19 حكومة استراتيجية جديدة في سنة 2024، بشكل رئيسي في الأسواق الناشئة والاقتصادات النامية. وقد زادت التغطية بشكل رئيسي في الدول الأوروبية (7 استراتيجيات جديدة)، الدول الأفريقية (4 استراتيجيات جديدة) ودول رابطة دول جنوب شرق آسيا (آسيان) (3 استراتيجيات جديدة)، ليصل المجموع إلى 60 استراتيجية، وكانت الدوافع المشتركة هي: إزالة الكربون، أمن الطاقة، التطوير الصناعي المحلي، إمكانات التصدير، فجميع الاستراتيجيات الجديدة تصور مستقبلاً يتميز بصاردات قوية تمكن من إنشاء صناعة محلية مزدهرة، في حين لا توجد استراتيجية جديدة تتوقع استيراد الهيدروجين. وهذا

يعكس أيضاً الاتجاه الأوسع عبر الاستراتيجيات المنشورة حتى الآن، والجدول الموالي يوضح استراتيجيات الهيدروجين حسب البلد وسنة الإعلان الأول.

جدول (1): استراتيجيات الهيدروجين حسب البلد وسنة الإعلان الأول

|                                                                                                           |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| اليابان                                                                                                   | 2017 |
| فرنسا                                                                                                     | 2018 |
| استراليا - كوريا                                                                                          | 2019 |
| كندا-شيلي-الاتحاد الأوروبي-المانيا-هولندا-النرويج-اسبانيا-البرتغال-روسيا                                  | 2020 |
| بلجيكا-كولومبيا-التشيك-الدنمارك-هنغاريا-لوكسمبورغ-المغرب-بولندا-سلوفاكيا-المملكة المتحدة                  | 2021 |
| النمسا-الصين-كوستاريكا-كرواتيا-ناميبيا-عمان-جنوب افريقيا                                                  | 2022 |
| الجزائر-الارجنتين-البرازيل-بلغاريا-الاكواس-كوادور-استونيا-الهند-اندونيسيا-إيرلندا-كينيا-ماليزيا-موريتانيا | 2023 |
| نيوزيلندا-بنما-رومانيا-سنغافورا-سيريلانكا-تركيا-الامارات-الو.م.ا-اورغواي                                  |      |
| ايسلندا-مصر-كازخستان-ليتوانيا-تونس-فيتنام                                                                 | 2024 |

Source : International Energy Agency, Global Hydrogen Review 2024, P166.

لاعتبارات استراتيجية واقتصادية وبيئية متعلقة بأمنها واستقلالها الطاقوي، نشرت العديد من الدول في جميع أنحاء العالم خرائط طريق تحدد أهدافاً لإزالة الكربون من اقتصاداتها للوصول إلى الحياد الكربوني بحلول عام 2050 وما بعده، وفي هذا السياق، تم الإعلان بالفعل عن أكثر من 350 مشروعاً، تغطي كامل سلسلة القيمة للهيدروجين الأخضر، مع خطط استثمارية ناضجة (تمويل عام وخاص) ستعبي أكثر من 80 مليار دولار.

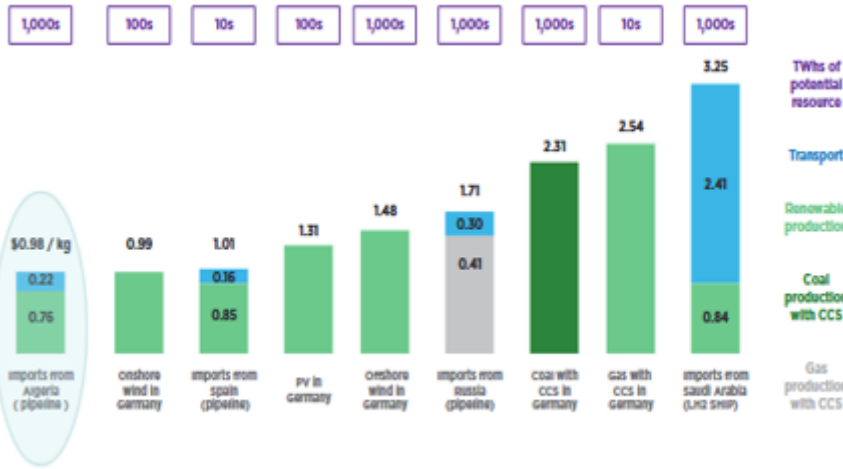
علاوة على ذلك، وضع الاتحاد الأوروبي، حرصاً منه على ضمان أمنه الطاقوي وريادته في هذا المجال، استراتيجية طموحة لتطوير الهيدروجين منخفض الكربون في إطار "الميثاق الأخضر للمناخ"، من جهة أخرى، تضاعفت قدرة التحليل الكهربائي لإنتاج الهيدروجين الأخضر خلال السنوات الخمس الماضية لتصل إلى 500 ميجاواط من القدرات المركبة في جميع أنحاء العالم بنهاية عام 2021، ومن المتوقع أن يشهد نشر المحطات الكهربائية تسارعاً كبيراً ويمكن أن يصل إلى ما بين 134 جيجاواط و240 جيجاواط بحلول عام 2030، وبالتالي، تشير جميع توقعات الطلب النهائي على الطاقة بحلول عام 2050 إلى حصة متزايدة للهيدروجين. (Mines, 2023, Septembre, صفحة 6)

## 2.2.4 تكلفة إنتاج الهيدروجين منخفض الكربون في الجزائر

تكلفة إنتاج الهيدروجين في الجزائر تنافسية جداً بفضل مزاياها المتعددة وقربها من السوق الأوروبية، يمكن للجزائر إنتاج تصدير الهيدروجين الأخضر بتكاليف تنافسية للغاية، كما هو موضح في الشكل (6).

الشكل (6): مقارنة تكلفة الهيدروجين المصدر إلى ألمانيا (الإنتاج + النقل) من بلدان مختلفة في

افق 2040



Source : Ministère de L'Energie et des Mines, Stratégie Nationale de Développement de l'Hydrogène en Algérie, Septembre, 2023, P9.

من الشكل يظهر تفوق الجزائر من ناحية التكلفة مضافا اليها النقل عند تصدير الهيدروجين للخارج كما في هذه الحالة لألمانيا، بل تفوق حتى على تكلفة الهيدروجين المنتج في ألمانيا نفسها، حيث وصلت تكلفة إنتاج الهيدروجين باستخدام طاقة الرياح الى 0.99 دولار للكيلوغرام الواحد، في حين تكلفة إنتاج الهيدروجين في الجزائر مضافا اليه النقل يساوي 0.98 دولار للكيلوغرام الواحد، ونفس النتيجة عند استخدام ألمانيا لطرق أخرى في إنتاج الهيدروجين المنخفض الكربون، كما ان استيراد ألمانيا الهيدروجين من دول أخرى يكون اكثر تكلفة من استيراده من الجزائر، وهذا يدل على الميزة التنافسية الكبيرة التي تتمتع بها الجزائر في إنتاج الهيدروجين.

## 3.4 استراتيجية إنتاج الهيدروجين منخفض الكربون في الجزائر في افاق 2030-2040:

الجزائر تطمح لأن تصبح رائدة إقليمية وعالمية في مجال إنتاج وتسويق الهيدروجين المتجدد والنظيف ومشتقاته، وتتطلع في هذا الصدد إلى الاستفادة من إمكانياتها التقنية في إنتاج الهيدروجين

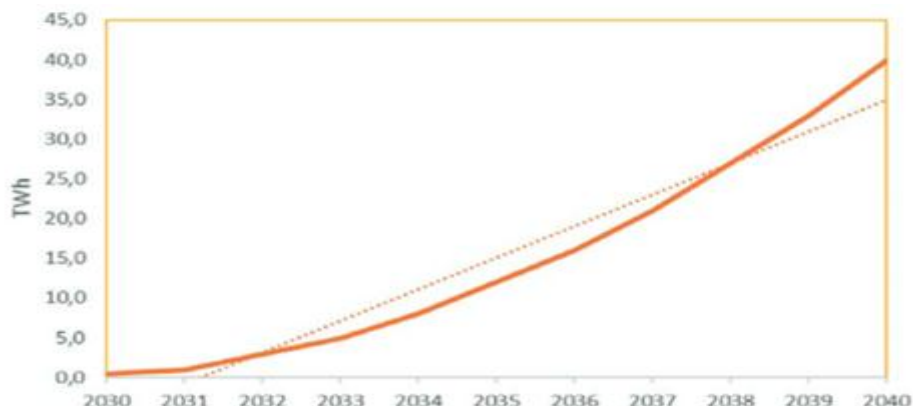
ومزاياها التنافسية لإنتاج وتصدير ما بين 30 إلى 40 تيراواط ساعة في شكل هيدروجين غازي، سائل و/أو مشتقاته، هذه الكميات مخصصة لتزويد السوق الأوروبية بحوالي 10% من احتياجاتها بحلول عام 2040، وفي هذا الصدد، ومع سعر بيع تنافسي للغاية لجزيء الهيدروجين هذا، يمكن للجزائر أن تجذب حوالي 10 مليارات دولار سنوياً، يضاف إلى ذلك حوالي 10 تيراواط ساعة من الهيدروجين النظيف (الأزرق) الذي سيتم إنتاجه لتلبية احتياجات السوق الوطنية.

ولتحقيق هذا الهدف، ستعمل الجزائر في البداية على تنفيذ مشاريع تجريبية بقدرة تحليل كهربائي تتراوح بين 2 ميجاواط و50 ميجاواط، مما يتيح لها اختبار مختلف تقنيات إنتاج واستخدام الهيدروجين ومشتقاته وتقييم نماذج الأعمال المختلفة، بعد ذلك، ستركز على التطبيقات الأكثر فائدة والأكثر ملاءمة للسياق الوطني للطاقة، وكذلك على آليات التمويل الأكثر ملاءمة. وسيسمح ذلك بتحقيق تكاليف إنتاج تنافسية للغاية على المدى المتوسط والطويل وتصدير الهيدروجين و/أو مشتقاته إلى أوروبا بشكل خاص E2.

1.3.4 توقعات انتاج الهيدروجين منخفض الكربون في افق 2040

بالنظر إلى تحقيق هدف إنتاج الهيدروجين الأخضر البالغ 40 تيراواط ساعة بحلول عام 2040، وذلك ابتداءً من عام 2030، سيكون التطور تدريجياً وفقاً لمدى نضج التكنولوجيا ومعدل اختراق الطاقات المتجددة في مزيج الطاقة الوطني.

الشكل (6): تطور إنتاج الهيدروجين، أفق 2040

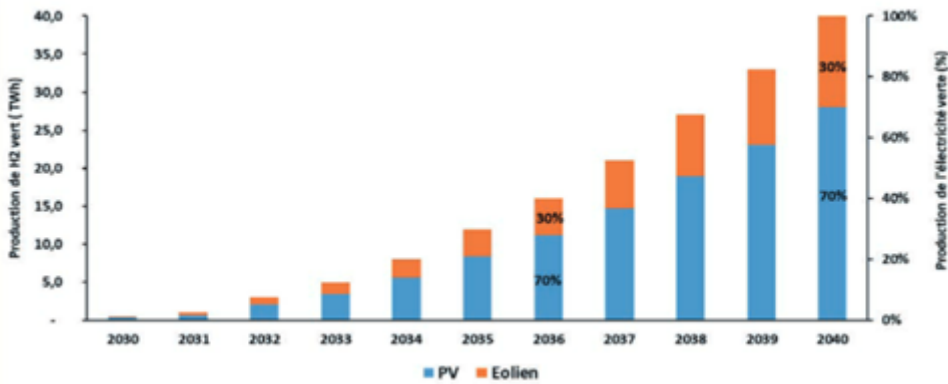


Source : Ministère de L'Energie et des Mines, Stratégie Nationale de Développement de l'Hydrogène en Algérie, Septembre, 2023, P10.

### 2.3.4 إنتاج الكهرباء الخضراء اللازمة لإنتاج الهيدروجين الأخضر

من أجل إنتاج الهيدروجين الأخضر، تم الأخذ في الاعتبار فقط محطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية ومحطات طاقة الرياح لتوليد الكهرباء الخضراء اللازمة، مما يتيح إنتاج أكثر من مليون طن من الهيدروجين الأخضر ابتداءً من عام 2040، وعلاوة على ذلك، وفقاً لاستراتيجية تطوير الطاقات المتجددة التي قررتها السلطات العامة، ونظراً للطبيعة التكاملية لملفات التحميل للطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح، تم اعتماد فرضية حساب إنتاج الكهرباء الخضراء بنسبة 70% للطاقة الشمسية الكهروضوئية و30% لطاقة الرياح.

الشكل (7): توزيع إنتاج الهيدروجين الأخضر حسب التكنولوجيا توليد الكهرباء، 2040



Source : Ministère de L'Énergie et des Mines, Stratégie Nationale de Développement de l'Hydrogène en Algérie, Septembre, 2023, P10

خاتمة:

تعمل الجزائر حالياً على تنفيذ استراتيجية تركز على إنتاج الهيدروجين النظيف وتصديره بحلول عام 2040م، حيث تخطط البلاد لتصبح مصدراً للهيدروجين الأخضر، وقد أعلنت مؤخراً عن عدد من المشاريع بقدرة إنتاجية على مستوى الجيجاوات، جميعها يعتمد على طاقتي الشمس والرياح المتوافرتين بشكل كبير خاصة في جنوب البلاد.

يوفر تصدير الهيدروجين منخفض الكربون فرصاً للجزائر لتنويع صادراتها، خاصة مع الفرص الناشئة في تصدير الهيدروجين منخفض الكربون، ويعزى ذلك جزئياً إلى ندرة إمدادات الهيدروجين المحلية منخفضة الكربون في أوروبا، والتي لن تكفي لتلبية الطلب على الهيدروجين على المدى الطويل، وتعد الجزائر مؤهلة بالشكل الأمثل للانتقال إلى الهيدروجين، لاسيما وانها قادرة على الاستفادة من

البنية التحتية القوية لقطاع تصدير الطاقة من موانئ وخطوط انابيب، ومرافق تخزين، والقوة العاملة المتخصصة و المتمرسه بمجال انتاج وتحويل وتداول النفط والغاز.

#### النتائج :

• ادخال الهيدروجين المنخفض الكربون في الاقتصادات العالمية لتحقيق الأهداف المحددة في الحياد الكربوني بحلول عام 2050م، هو أحد الحلول التي تنطوي على إمكانية استخدامها في القطاعات الاقتصادية.

• واصل الطلب العالمي على الهيدروجين نموه في سنة 2024، الا انه لا زال مركزا في التطبيقات التقليدية وهي التكرير والصناعة.

• بلغ عدد المشاريع الاستثمارية المعلنة في الهيدروجين المنخفض الكربون، أكثر من 350 مشروعا، مع خطط استثمارية ستعني أكثر من 80 مليار دولار في عام 2021م.

• تتطلع الجزائر الى انتاج وتصدير 40 تيراواط ساعة الى السوق الاوربية بحلول عام 2040م، لتحقيق 10مليار دولار سنويا، يضاف حوالي 10 تيراواط ساعة من الهيدروجين النظيف (الأزرق) الموجه لتلبية الاحتياجات الوطنية.

• يقدر مبلغ الاستثمار المتوقع للإنتاج التراكمي للهيدروجين في الجزائر بحلول عام 2040، حوالي 24.8 مليار دولار.

#### التوصيات :

• ضرورة فتح مجال الاستثمار للقطاع الخاص واشراك جميع المهتمين بإنتاج الهيدروجين منخفض الكربون.

• سن التشريعات والقوانين التي تحفز على استخدام الطاقة المتجددة في النشاط الاقتصادي والتصنيع خاصة.

• الاستثمار في بحوث وتقنيات الطاقة المتجددة، وازافة تخصصات في هذه التقنيات في الجامعات والمعاهد.

• التجارة الدولية للهيدروجين المنخفض الكربون لا تزال في المرحلة الأولى وتحتاج الى وقت لتطويرها، ولهذا لا بد من اعداد ترتيبات تعاقدية طويلة الأمد تشبه تلك المتعلقة بالغاز الطبيعي.

• البدء في انشاء البنية التحتية لتمديد شبكات الغاز الطبيعي حاليا او الهيدروجين مستقبلا.

## قائمة المراجع

- AGENCY, I. E. (2024). *Global Hydrogen Review 2024*. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY.
- Agency, I. E. (2024). *World Energy Outlook*. International Energy Agency.
- Antar Hassani, O. T. (2024). The Potential Role of Hydrogen and Natural Gas in. *Journal of Economic Sciences Institute Vol: 27 Num: 01 Year: .*
- Mines, M. d. (Septembre, 2023). *Stratégie Nationale de Développement de l'Hydrogène en Algérie*. Algérie: Ministère de L'Energie et des Mines.
- الخليجي, ا. ا. (افريل 2022). الهيدروجين كمصدر وناقل للطاقة النظيفة المستدامة في دول مجلس التعاون الخليجي . الرياض: لمركز الاحصائي لدول مجلس التعاون الخليجي .
- العزیز, ب. ع. (2019). الهيدروجين كبديل طاقي جديد في العالم وامكانية استخدامه في الجزائر . الجزائر: جامعة ورقلة .
- اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي اسيا ESCWA. (2022). الهيدروجين الازرق والاخضر: تطورات محتملة في المنطقة العربية. لبنان: اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي اسيا ESCWA .
- الوكالة الدولية للطاقة المتجددة IRINA. (2022). جيوستراتيجية تحول قطاع الطاقة: عامل الهيدروجين. ابو ظبي: الوكالة الدولية للطاقة المتجددة IRINA.
- حواسني, ص. (2024). الاتجاهات الحديثة في تحقيق الامن الطاقي المستدام في الجزائر: الهيدروجين الاخضر بين الرؤية المستقبلية وتحديات الواقع . مجلة معهد العلوم الاقتصادية المجلد 27 العدد 1, 44.
- خليفة, ك. م. (نوفمبر 2020). تحديات وفرص انتاج الهيدروجين الاخضر وتصديره من منطقة الشرق الاوسط وشمال افريقيا الى اوروبا. عمان الاردن: مؤسسة فريديريتش ايبرت.
- محمود, م. ك. (جوان 2022). الهيدروجين الاخضر بين النتائج والتطبيقات. مجلة الكهرباء العربية العدد 128, 9.