الهيدروجين: طاقة متجددة لتخفيض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون – الواقع والآفاق–

Hydrogen: a Renewabel Energy to Reduce Carbon Dioxide Emissions –Reality and Prospects-

بولقرينات سليمة[1]

مخبر الانتماء: الاقتصاد المالية وإدارة الأعمال ECOFIMA

جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة – الجزائر

s.boulkrinat@univ-skikda.dz

تاريخ الاستلام: 2023/07/ 02 *تاريخ القبول: 2023/11/ 01* *تاريخ النشر: 2024/03/ 03*

ملخص:

تهدف هاته الدراسة إلى تبيان واقع وآفاق استغلال الهيدروجين النظيف لتخفيض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون.

تم الاعتماد على المنهج الوصفي والتحليلي لوصف متغيرات الدراسة وصفا دقيقا كما تحليل وضع استغلال الهيدروجين النظيف عالميا وكذا تحليل وضعه في مجموعة من الدول من بينها الجزائر.

تم التطرق إلى تحديد مفهوم انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، وكذا دراسة مفهوم الطاقات المتجددة وأهم مصادرها من بينها طاقة الهيدروجين وأنواعه، كما تم دراسة وضع طاقة الهيدروجين في العالم مع التركيز على الهيدروجين منخفض الكربون، وقد تم التوصل إلى أن الطلب والاستثمار العالمي على الهيدروجين في زيادة مستمرة حتى آفاق 2050، وأن أغلب دول العالم عقدت عدة تحالفات بشأن استغلال طاقة الهيدروجين، خاصة وأن تكاليف الهيدروجين منخفض الكربون في انخفاض مستمر حتى آفاق 2050.

الكلمات المفتاحية: *غاز ثاني أكسيد الكربون 1، الطاقات المتجددة 2، الهيدروجين 3، الهيدروجين منخفض الكربون 4، آفاق الهيدروجين 5.*

Abstract:

This study aims to show the reality and prospects for using clean hydrogen to reduce carbon dioxide emissions.

The descriptive and analytical approach was relied upon to accurately describe the variables of the study, as well as the analysis of the global use of clean hydrogen, as well as the analysis of its situation in a group of countries, including Algeria.

The concept of carbon dioxide emissions was discussed, as well as study of the concept of renewable energies and its most important sources, including hydrogen energy and its types, the Status of hydrogen energy in the world was also studied, with a focus on low-carbon hydrogen, its was concluded and investment for hydrogen is in a countinuous increase until the horizons of 2050, and that most countries of the world have concluded several alliances regarding the exploitation of hydrogen energy, especially since the costs of low-carbon hydrogen are constantly declining until the horizons of 2050.

Key words: *Carbon dioxide gaz1, Hydrogen2, Renewable energy3; Low carbon hydrogen4, Hydrogen prospectsd5*

*1 – **المؤلف المرسل:** بولقرينات سليمة، الإيميل: s.boulkrinat@univ-skikda.dz*

مقدمة:

تعتبر انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون من الغازات الدفيئة المسؤولة عن ظاهرة الاحتباس الحراري التي باتت تهدد حياة الكون بما فيها الإنسان ومختلف الكائنات الحية، وذلك نتيجة لاستغلال الإنسان للوقود الأحفوري بأنواعه النفط، الغاز الطبيعي والفحم في مختلف النشاطات الاقتصادية على المستوى العالمي، وذلك سعيا منه لتحقيق الرفاهية الاقتصادية من جهة وتحسين مستوى معيشته من جهة أخرى، وباعتبار أن الهيدروجين وبشكل خاص الهيدروجين المنخفض الكربون طاقة متجددة ونظيفة فسيكون التحول نحو استغلاله أحد الحلول الكفيلة بتخفيض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون على المستوى العالمي، حيث زاد الطلب العالمي والاستثمارات العالمية في مجال الهيدروجين المنخفض الكربون خلال السنوات الأخيرة.

ويتوقع استمرار زيادة الطلب العالمي على الهيدروجين المنخفض الكربون لآفاق سنة 2050 وهذا خاصة في ظل انخفاض تكاليفه مع مرور الوقت كنتيجة لزيادة عمليات البحث والتطوير في مجاله.

الإشكالية:

مما سبق ذكره، يتم طرح التساؤل الرئيسي الموالي:

ما واقع وآفاق استغلال الهيدروجين النظيف لخفض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون؟

الأسئلة الفرعية:

- ما هي آفاق الطلب والاستثمارات العالمية في طاقة الهيدروجين؟
- ماهي الجهود الدولية المبذولة في مجال استغلال طاقة الهيدروجين؟
- هل ساهمت كل من أستراليا، السعودية، الصين، مصر والجزائر في النهوض باستغلال طاقة الهيدروجين النظيف؟؛
- هل سيشهد الهيدروجين اهتمام أكثر من طرف صناع السياسات في السنوات القادمة؟

الفرضيات:

- سيزداد الطلب العالمي والاستثمارات العالمية في مجال الهيدروجين على المستوى العالمي؛
- أبرمت دول العالم عدة اتفاقيات وتحالفات في مجال استغلال الهيدروجين؟؛
- لقد توجهت كل من أستراليا، السعودية، الصين، مصر والجزائر نحو استغلال الهيدروجين النظيف حيث اعتبرته مصدر طاقوي مهم؛
- سيشهد الهيدروجين بحسب السياسيات المستقبلية اهتمام كبيرا على المستوى العالمي خاصة لآفاق سنة 2050.

أهداف الرئيسية:

- التعرف على مفهوم الانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون ومفهوم طاقة الهيدروجين؛
- التطرق لمستوى الطلب العالمي، المشاريع، التكاليف والاستراتيجيات العالمية في مجال لهيدروجين بتخفيض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون؛
- تحديد الكميات المطلوبة من إنتاج الهيدروجين منخفض الكربون لتخفيض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في آفاق 2050.

منهجية الدراسة

اعتمد في الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي لوصف انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون وطاقة الهيدروجين وصفا دقيقا وكذا تحليل العلاقة بين دور الهيدروجين وتخفيض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وآفاق ذلك.

محاور الدراسة:

تم تقسيم الدراسة إلى المحاور التالية:

- **المحور الأول: انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون.**
- **المحور الثاني: الطاقات المتجددة.**
- **المحور الثالث: طاقة الهيدروجين في العالم.**

المحور الأول: انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون:

إن ارتفاع درجة الحرارة على المستوى العالمي في تزايد مستمر والتي يعد غاز ثاني أكسيد الكربون أحد الأسباب الرئيسية لها، حيث باتت تهدد حياة الإنسان، والكائنات الحية النباتية، الحيوانية والإحيائية، لذلك تسعى دول العالم لوضع حلول لها وسوف يتم التطرق لذلك من خلال هذا المحور.

أولا: مفهوم غاز ثاني أكسيد الكربون، التغيرات الفعلية له والالتزام بالحد منه

غاز ثاني أكسيد الكربون مسبب لارتفاع درجات الحرارة على المستوى العالمي، وقد زادت انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون ما بين 2020-2021 بشكل كبير لذلك سعت معظم دول العالم نحو الحد منه.

1-تعريف انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون:

يعد ثاني أكسيد الكربون إلى حد بعيد أهم مصادر غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي، والذي يمثل حوالي ثلثي الانبعاثات من الغازات الدفيئة المسببة لظاهرة الاحتباس الحراري والمسؤولة عن تغير المناخ من احتراق الوقود الأحفوري أو الهيدروكربوني فحم، بترول، غاز طبيعي. (لعور، ديسمبر 2020، صفحة 294)

يقوم غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي بامتصاص الأشعة المنعكسة من سطح الأرض ليعكسها مرة أخرى إلى سطح الأرض على شكل طاقة حرارية، بحيث يصبح بمثابة غطاء، ويعتقد علماء المناخ حاليا أن زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي تعزز من وجود هذا الغطاء وتسبب ارتفاع درجات الحرارة في العالم. (مصطفى، أفريل 2021، صفحة 233)

مما سبق يمكن أن نستخلص أن انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون هو غاز ناتج عن احتراق الوقود الأحفوري وهو من غازات الدفيئة المسبب للاحتباس الحراري هذا الأخير يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض التي تهدد حياة الكون كله.

2-الانبعاثات الفعلية لغاز ثاني أكسيد الكربون والالتزام الدولي بتخفيضها:

الجدول رقم1: النسبة المئوية للتغيرات في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الإقليمية حسب القطاع بين عامي 2020-2021 (طن متري)

	الانبعاثات المعدلة بدرجة الحرارة			الانبعاثات الفعلية		
	2020 (طن متري co2)	2021 (طن متري co2)	2021-2020 النسبة المئوية للتغيير	2020 (طن متري co2)	2021 (طن متري co2)	2021-2020 النسبة المئوية للتغيير
إمدادات الطاقة	82.9	83.0	%0.1	78.2	80.7	%3.3
أعمال	64.0	66.3	%3.6	61.5	65.1	%5.9
المواصلات	97.7	107.5	%10.0	97.7	107.5	%10.0
عام	8.1	8.2	%1.3	7.4	7.9	%6.3
السكن	73.2	72.3	%1.2-	64.4	68.1	%5.8
آخر	11.9	12.1	%1.5	11.9	12.1	%1.5
إجمالي co2	338.0	349.5	%3.4	321.1	341.5	%6.3

***Source**: National Statistics, 2021 UK Greenhouse Gas Emissions, Provisional Figures, London, 31 March 2022, p 17.*

من الجدول أعلاه بلغ إجمالي الانبعاثات الفعلية الإقليمية من ثاني أكسيد الكربون ما بين 2020-2021 ما قيمته 6.3% حيث قدرت سنة 2020 ب 321.1 طن متري أما سنة 2021 فقد قدرت ب 341.5 طن متري، كما نلاحظ من الجدول أيضا أن الانبعاثات الفعلية الإقليمية بلغت أكبر قيمة في قطاع المواصلات بعدها قطاع إمدادات الطاقة حيث وصلت سنة 2021 على التوالي ما قيمته 107.5 طن متري و80.7 طن متري، كما كانت الانبعاثات الفعلية الإقليمية لقطاعي السكن والأعمال مرتفعة أيضا.

الالتزام بتحقيق صافي الصفر هو ما يستدعي تطوير مجموعة أوسع من التقنيات التي تتجاوز الكهربة المباشرة في عدد التعهدات الوطنية الصافية الصفرية والتعهدات المحايدة مناخيا التي قدمتها السلطات القضائية الوطنية على مستوى العالم، وكذلك الشركات، مع تضمين هدف صافي الصفر. وقد شهدت قمة المناخ 26 "كوب 26" عددا من مناطق الانبعاثات الرئيسية التي انضمت إلى طموح صافي الصفر العالمي، مع أمثلة بارزة من الهند، المملكة العربية السعودية وأستراليا. (Zoe, February 2022, p. 13)

إن الأمر يتطلب التحرك فورا لتمكين الانتقال إلى نشر الطاقة المتجددة في جميع أنحاء العالم خلال هذا العقد، وإلا فلن يكون أمام العالم سوى مواجهة المخاوف والمخاطر المتزايدة لعالم أكثر سخونة، والذي سوف يصبح غير صالح للسكن لكثير من البشر، وكذلك الكائنات الحية في عالم الأحياء الطبيعية. (GWEC (Global Wind Energy Council)، أكتوبر 2021، صفحة 1)

المحور الثاني: الطاقات المتجددة:

إن الطاقات المتجددة مصدرا بديلا رئيسيا للطاقة الأحفورية كما أن للطاقات المتجددة عدة مصادر مختلفة من بينها طاقة الهيدروجين الواعدة في المستقبل ويتم التعرض لذلك من خلال هذا المحور.

أولا: مفهوم الطاقات المتجددة ومصادرها:

تعددت تعاريف الطاقات المتجددة بحسب عدة هيئات دولية، كما أن للطاقات المتجددة عدة مصادر يتم عرض ذلك في الآتي:

1-تعريف الطاقات المتجددة:

عرفتها الوكالة الدولية للطاقة المتجدد (IRENA) على أنها: "تشمل الطاقة المتجددة جميع أشكال الطاقة المنتجة من مصادر متجددة بطريقة مستدامة. بما في ذلك الطاقة الحيوية، الطاقة الحرارية الأرضية، الطاقة المائية، طاقة المحيطات، الطاقة الشمسية وطاقة الرياح". (بن هني و زياد، 2021، صفحة 17)

عرفها برنامج الأمم المتحدة للبيئة على أنها: "الطاقة المتجددة هي عبارة عن الطاقة التي لا يكون مصدرها مخزون ثابت ومحدود في الطبيعة، تتجدد بصفة دورية أسرع من وتيرة استهلاكها وتظهر في الأشكال الخمسة (الكتلة الحيوية، الشمس، الرياح، الطاقة الكهرومائية وطاقة باطن الأرض)". (أبو الرب و عليلي، 2019، صفحة 6)

تعريف الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC): "الطاقة المتجددة هي كل طاقة يكون مصدرها شمسي، جيوفيزيائي أو بيولوجي والتي تتحدد في الطبيعة كطاقة الكتلة الحيوية والطاقة الشمسية وطاقة باطن الأرض حركة المياه طاقة المد والجزر في المحيطات وطاقة الرياح، وتوجد العديد من الآليات التي تسمح بتحول هذه المصادر إلى طاقة أولية كالحرارة والطاقة الكهربائية وإلى طاقة حركية باستخدام تكنولوجيات متعددة تسمح بتوفير خدمات الطاقة من وقود وكهرباء". (بن سمينة و طبني، 2017، صفحة 16)

فالطاقات المتجددة هي موارد طبيعية لا تنضب متواجدة في جميع أنحاء العالم تتنوع مصادرها وتختلف كما أنها استغلالها لا يضر بالبيئة.

2-مصادر الطاقات المتجددة:

للطاقات المتجددة مصادر مختلفة نذكر منها ما يلي:

2-1-الطاقة الشمسية:

تعتبر الأشعة الصادرة عن الشمس وما تحمله معها من حرارة وضوء مصدرا للطاقة وذلك للاستفادة منها لتوليد الطاقة الكهربائية والحرارية، ويمكن توليد الطاقة الكهربائية من خلال استخدام المحركات الحرارية وأنواع الخلايا الضوئية والمحولات الفولتوضوئية، كما تعتبر الطاقة

الشمسية المسؤولة عن كل مصادر الطاقة الموجودة على الأرض بطريقة مباشرة وغير مباشرة، كما تستخدم في تسخين المياه وتجفيف بعض المحاصيل. (أوكيل و خوميجة ، 2019، صفحة 5)

2-2-طاقة الرياح:

هي الطاقة المتولدة من تحريك ألواح كبيرة مثبتة بأماكن مرتفعة بفعل الهواء، ويتم إنتاج الطاقة الكهربائية من الرياح بواسطة محركات أو تور بينات ذات ثلاث أذرع تحمل على عمود، بحيث تعمل على تحويل الطاقة الحركية للرياح إلى طاقة كهربائية. (بن خديجة و بوعزيز، جوان 2017، صفحة 164)

2-3-طاقة المياه:

تعتبر الطاقة المتولدة من المساقط المائية أرخص موارد الطاقة ولكن استخدامها يتطلب ظروف طبيعية خاصة تتعلق بالمجرى المائي، كمية المياه، المناخ السائد، التضاريس وخلافه، هذا إلى جانب ظروف اقتصادية تتعلق بقرب هذه الموارد من السوق وعدم المنافسة من الموارد الأخرى للطاقة. (درواسي و حاقة، 2018، صفحة 4)

2-4-طاقة الحرارة الأرضية الجوفية:

الحرارة الجوفية هي طاقات حرارية دفينة في أعماق الأرض وموجودة بشكل مخزون من المياه الساخنة أو البحار والصخور الحارة، لكن الحرارة المستغلة حاليا عن طريق الوسائل التقنية المتوافرة، هي المياه الساخنة والبخار الحار، بينما حقول الصخور الحارة مازالت قيد الدرس والبحث والتطوير، وحتى الآن، ليس هناك دراسات شاملة حول حجم ومدى إمكان استغلال هذه الموارد، إذ أن نسبة استخدامها لاتزال ضئيلة. (باهي و مخزومي، 2019، الصفحات 5-6)

2-5-طاقة الهيدروجين:

يعد من أهم مصادر الطاقة البديلة المستدامة، حيث يمكن أن يجعل تصور التجديد تصورا واقعيا عن طريق تخزين الطاقة المتجددة، بحيث تكون متاحة للاستخدام والأهم من ذلك هو عدم وجود آثار سلبية على البيئة، حيث أن استعمال الهيدروجين في خلايا الوقود يولد الكهرباء ويطلق فقط بخار الماء، كما أن كفاءة السيارات التي تعمل على الهيدروجين أكبر بمرتين أو ثلاث من تلك التي تعمل بواسطة محرك البنزين. (عابي، مومن، و شنن، 2019، صفحة 74)

وتتمثل طرق الحصول عليه فيما يلي:

-الهيدروجين الأخضر: هو الذي يتم إنتاجه بطريقة صديقة للبيئة، باستخدام مصادر الطاقة المتجددة والنظيفة. وذلك من خلال فصل جزيئات الهيدروجين عن الأوكسجين الموجودة في الماء من خلال عملية التحليل الكهربائي. (مكتب مزيج للاستشارات الإدارية والتسويقية، 2020، صفحة 8)

-الهيدروجين الرمادي: ينتج باستخدام الغاز الطبيعي في حين يحتاج الهيدروجين الأسود للفحم كعنصر أساسي، وتكون عملية الإنتاج الرئيسية هي إعادة تشكيل الميثان بالبخار التي تستهلك أوكسيجين من بخار الماء في حجرة حرارية لفصل الميثان وإنتاج الهيدروجين. لكن هذه العملية تسبب بقدر هائل من التلوث لأنها تنتج ما يعادل 9 كغ من ثاني أكسيد الكربون لكل 1 كغ هيدروجين يتم إنتاجه. (كورنيليوس و آخرون، نوفمبر 2020، صفحة 6)

-الهيدروجين الأزرق: هو هيدروجين رمادي يتم فيه التقاط انبعاثات الكربون المنتجة أثناء العملية إما أن يتم تخزينها أو إعادة استخدامها. ويعد هذا النوع من الهيدروجين نظيفا بيئيا حسب التقنية المستخدمة وكفاءة العملية. (مشروع الطاقة والمناخ الإقليمي و مؤسسة فريديريش إيبرت، صفحة 2)

تعتبر الطاقة النظيفة والنقل الحضري والتخطيط الحضري وحلول الهواء النقي عنصرا هاما في التخفيف من تغير المناخ. إذا عملت هذه القطاعات معا، صممت في مرحلة مبكرة وتطورت على أساس الهيدروجين وخلايا الوقود، فسنشهد ظهور مجتمعات مستدامة في مدن العالم العربي. (Heinz، 2018، صفحة 5)

المحور الثالث: طاقة الهيدروجين في العالم

توجهت معظم دول العالم لاستغلال لطاقة الهيدروجين بما فيها الدول العربية، حيث يعتبر حلا رئيسيا لتخفيض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون وسوف يتم عرض ذلك من خلال هذا المحور.

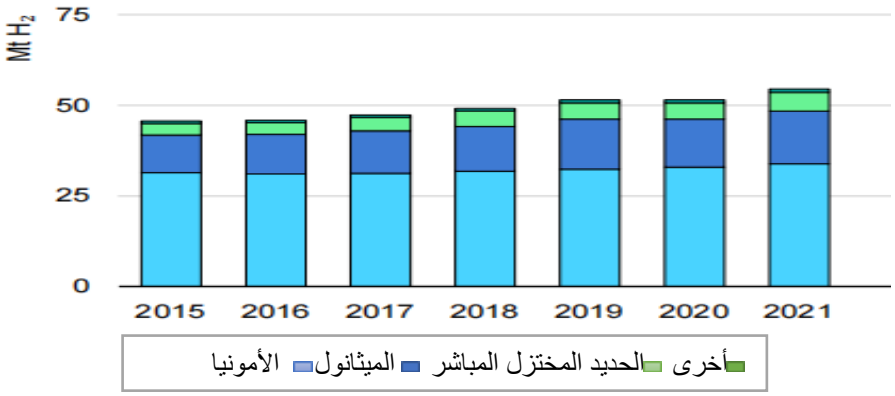
أولا: الوضع العالمي لاستغلال طاقة الهيدروجين

أثار الهيدروجين موجات متعددة من الاهتمام في الماضي دون تأثير كبير. هناك عاملان يجعلان هذه المرة مختلفة. أولا، احتشدت الحكومات في جميع أنحاء العالم خلف هدف صافي الانبعاثات الصفرية بحلول منتصف هذا القرن. وجود فرصة معقولة للحد من ارتفاع درجة الحرارة العالمية إلى 1.5 درجة مئوية، والهدف المنصوص عليه في اتفاقية باريس لعام 2015، يتطلب الوصول إلى صافي انبعاثات صفرية للصناعة الثقيلة والنقل طويل المدى، حيث توجد حلول محدودة، لدى الهيدروجين خيار رئيسي لتقليل الانبعاثات في هذه القطاعات. (IRENA, 2022, p. 19)

1–الطلب العالمي ومزيج الإمدادات لطاقة الهيدروجين:

من المتوقع أن يلبي الهيدروجين 12% من الطلب النهائي على الطاقة ويساهم في تقليل 10% من إجمالي انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في سيناريو 1.5 درجة مئوية، والذي يعمل جنبا إلى جنب مع احتجاز الكربون وتخزينه وتقنيات الانبعاثات السلبية على تمهيد الطريق لتحقيق نظام طاقة صافي الانبعاثات. (IRENA, Global Hydrogen Trade to Meet The 1.5°c Climate Goal: Part1 - Trade Outlook for 2050 and way Forward, 2022, p. 17)

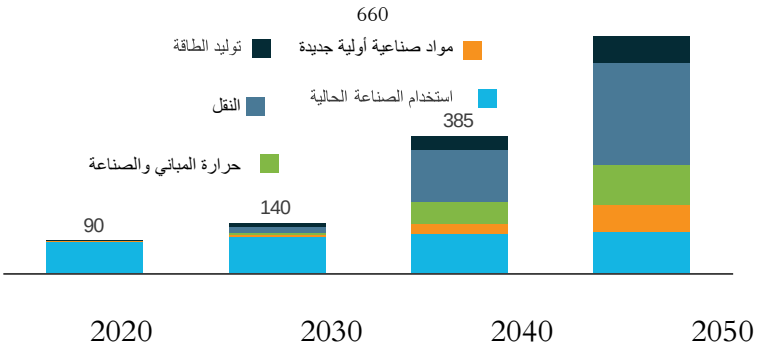
الشكل رقم 1: الطلب السنوي العالمي على الهيدروجين مليون طن متري ما بين 2015–2021



***Source**: IEA, International Energy Agency, Global Hydrogen Review 2022, France, September 2022, p29.*

من الشكل أعلاه يتضح لنا أن الطلب العالمي السنوي على طاقة الهيدروجين تتزيد وباستمرار حيث كانت تقدر بحوالي 48 مليون طن متري سنة 2015 وفي سنة 2018 قدرت بحوالي 50 مليون طن متري لتصل سنة 2021 إلى قيمة 58 مليون طن متري، ويعود السبب في ذلك للاهتمام الدولي بطاقة الهيدروجين وانخفاض تكاليفها خلال الفترة 2015–2021.

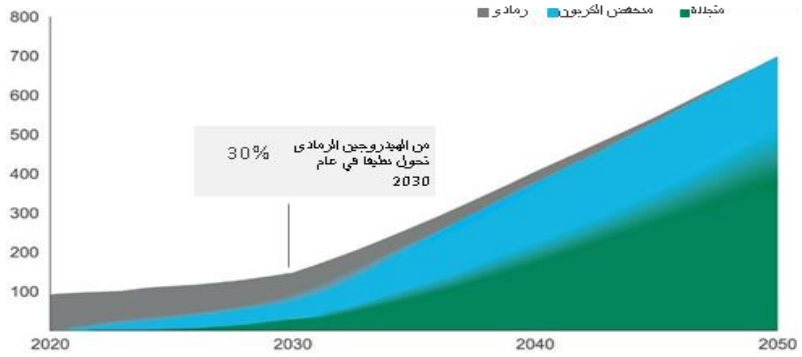
الشكل رقم2: الطلب العالمي على الهيدروجين حسب الوحدة القطاعية ما بين 2020–2050 (طن متري سنويا)



***Source**: Hydrogen for Net-Zero, A Critical Cost-Competitive Energy Vector, Hydrogen Council, Mckinsey & Company, November 2021, p 13.*

من الشكل يتبين لنا أن الطلب العالمي على طاقة الهيدروجين حسب الوحدة القطاعية سيصل سنتي 2030 و2040 على التوالي إلى 140 طن متري و385 طن متري، وسيصل سنة 2050 إلى أكبر قيمة حوالي 660 طن متري. حيث سيكون الطلب بأكبر قيمة على الهيدروجين في سنة 2030 في قطاع استخدام الصناعة الحالية، بعدها في سنة 2040، 2050 سيكون الطلب على الهيدروجين في قطاع النقل، استخدام الصناعة الحالية، البناء والصناعة على التوالي بأكبر قيمة.

الشكل رقم3: مزيج إمدادات الهيدروجين بطريقة الإنتاج ما بين 2020–2050 (طن متري سنويا)



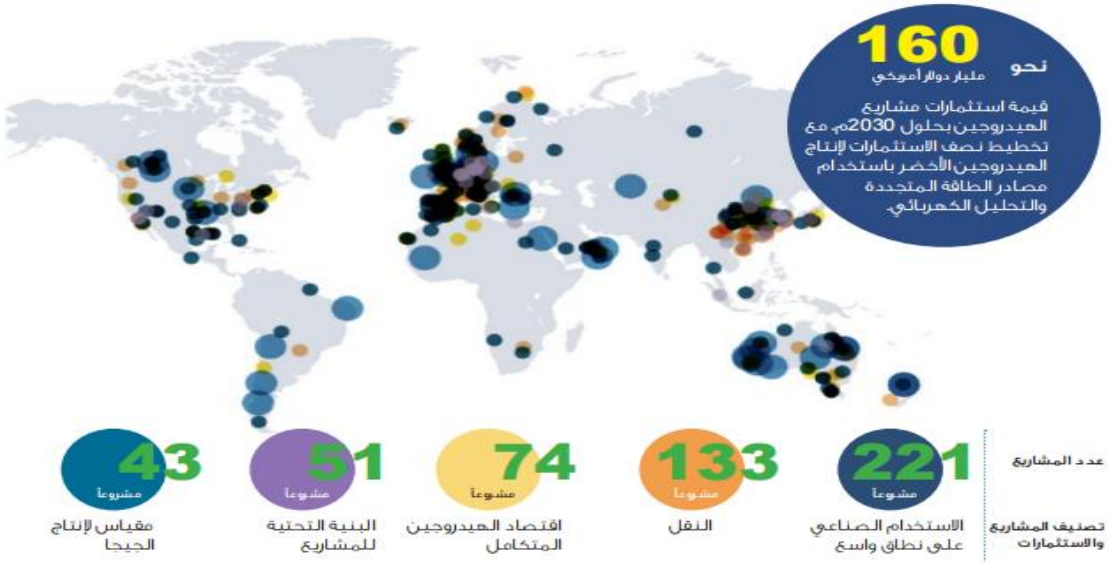
***Source**: Hydrogen for Net-Zero, A Critical Cost-Competitive Energy Vector, Hydrogen Council, Mckinsey & Company, November 2021, p 20.*

من الشكل أعلاه يتبين لنا أنه ما بين 2020–2050 ستزداد امدادات الهيدروجين من أنواع الطاقات المتجددة النظيفة بشكل كبير إلى حوالي 350 طن متري، بينما الامدادات الهيدروجين المنخفض الكربون ستصل سنة 2050 إلى حوالي 150 طن متري، أما امدادات الهيدروجين من طاقة الوقود الأحفوري (الرمادي) المسببة لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون فسنخفض بمرور الوقت لتنعدم سنة 2050.

2– المشاريع الاستثمارية العالمية لطاقة الهيدروجين المنخفض الكربون:

اعتبارا من نوفمبر 2021، ستضيف الإعلانات العالمية لمشاريع الهيدروجين بحلول عام 2030 ما يصل إلى 160 مليار دولار أمريكي من الاستثمار، مع تخطيط نصف الاستثمارات لإنتاج الهيدروجين الأخضر باستخدام مصادر الطاقة المتجددة والتحليل الكهربائي. (IRENA, 2022, p. 43)

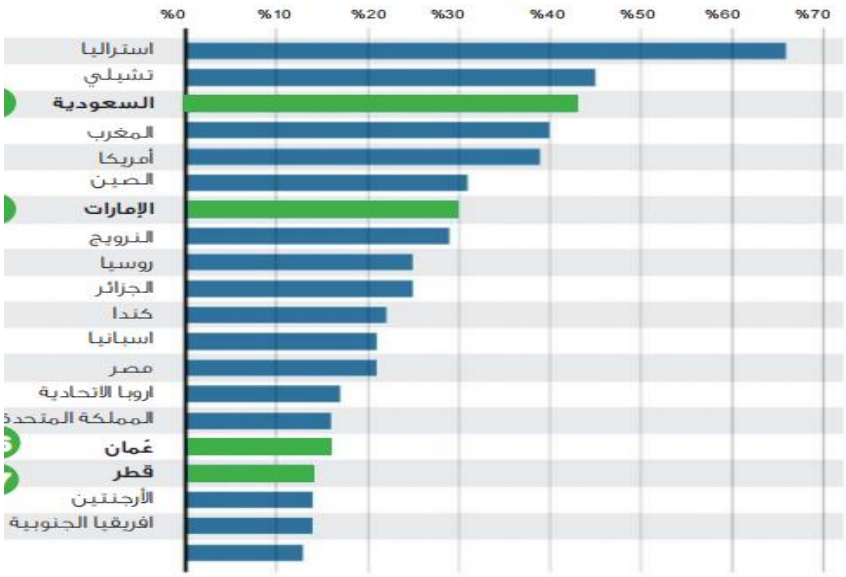
الشكل رقم4: أبرز المشاريع والاستثمارات الضخمة للهيدروجين النظيف على مستوى العالم حتى نوفمبر 2021م



المصدر: *المركز الإحصائي لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية (GCC-STAT)، الهيدروجين...كمصدر وناقل للطاقة النظيفة المستدامة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية فبراير 2022م، سلسلة أبعاد معلوماتية ومعرفية، العدد 1، أبريل 2022، ص 22.*

من الشكل أعلاه نلاحظ أن عدد المشاريع الاستثمارية للهيدروجين على المستوى العالمي في نوفمبر 2021 قد بلغ 522 مشروعا، تتوزع على قطاعات مختلفة في مقدمتها قطاع الاستخدام الصناعي ب 221 مشروع وقطاع النقل ب 133 مشروعا، أما باقي القطاعات الأخرى فتتمثل في اقتصاد الهيدروجين المتكامل، البنية التحتية للمشاريع ومقياس الإنتاج الجيغاواط.

الشكل رقم5: دول العالم المرشحة لتصبح منتجة رئيسية للهيدروجين وفق استطلاع الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2021



المصدر: *المركز الإحصائي لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية (GCC-STAT)، الهيدروجين...كمصدر وناقل للطاقة النظيفة المستدامة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية فبراير 2022م، سلسلة أبعاد معلوماتية ومعرفية، العدد 1، أبريل 2022، ص 22.*

من الشكل أعلاه نلاحظ أنه وحسب تطلعات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة أن دولة أستراليا ستكون الأولى عالميا في مجال الإنتاج من طاقة الهيدروجين، تليها تشيلي والسعودية في المركز الثاني والثالث على التوالي، كما يتبين لنا أن كل من دولة المغرب، أمريكا، الصين، الإمارات، النرويج، روسيا، الجزائر، كندا، اسبانيا، مصر، أوربا الاتحادية، المملكة المتحدة، عمان، قطر، الأرجنتين وأفريقيا الجنوبية ستكون ضمن 19 دول الأولى عالميا في مجال الإنتاج العالمي من الهيدروجين. ويعود السبب في ذلك إلى امكانيات هذه الدول من طاقة الهيدروجين واهتمامها بالبحث والتطوير في مجاله وبالتالي انخفاض تكاليف الإنتاج منه مع مرور الوقت.

3–التكلفة المستوية لطرق إنتاج طاقة الهيدروجين:

الجدول رقم2: مقارنة التكلفة المستوية بين طرق إنتاج الهيدروجين 2021 (دولار/كغ من الهيدروجين)

طريقة إنتاج الهيدروجين	نطاق التكلفة (دولار/كغ من الهيدروجين)
الوقود الأحفوري بلا هوادة	تقريب 0.5–1.7 دولار
الغاز الطبيعي+ احتجاز ثاني أكسيد الكربون	تقريب 1.0–2.0 دولار
الطاقة المتجددة	تقريب 3.0–8.0 دولار

***Source**: International Energy Forum (IEF), Hydrogen Market Pathways, Scaling-Up the Hydrogen Market, Dialogue Insight Report, June 2022, p 14.*

من الجدول أعلاه تعد التكلفة المستوية لإنتاج الهيدروجين من الطاقات المتجددة مرتفعة جدا مقارنة بباقي الطرق الأخرى، حيث بلغت التكلفة في هذا المجال ما بين 3.0–8.0 دولار/كغ من الهيدروجين وذلك سنة 2021، والملاحظ أيضا أن التكلفة المستوية لإنتاج الهيدروجين من الغاز الطبيعي مع احتجاز غاز ثاني أكسيد الكربون تعد معقولة حيث تراوحت بين 1.0–2.0 دولار سنة 2021، وعلى الرغم من أن التكلفة المستوية لإنتاج الهيدروجين من الوقود الأحفوري منخفضة حيث تراوحت ما بين 0.5–1.7 في نفس السنة إلا أنها مسببة لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون لذلك يفضل عدم الاعتماد عليها.

ثانيا: التحالفات وآفاق الإنتاج من الهيدروجين على المستوى العالم

تبني مجموعة من الاستراتيجيات على المستوى الدولي لإنتاج طاقة الهيدروجين بالإضافة إلى رسم آفاق للإنتاج من طاقة الهيدروجين لسنة 2030 و2050 من أجل تحقيق صافي الانبعاثات الصفرية.

1–التحالفات العالمية في مجال طاقة الهيدروجين:

تتمثل فيما يلي (GCC-STAT، أبريل 2022، صفحة 26):

1–1–مجلس الهيدروجين العالمي (Hydrogen Council)

مبادرة عالمية يقودها عدد من الشركات الرائدة في مجال الطاقة، النقل، الصناعة والاستثمار لتطوير اقتصاد الهيدروجين وتقنياته. هدفها الرئيسي هو تسريع الاستثمار في تطوير وتسويق الهيدروجين وصناعات خلايا الوقود، وتشجيع أصحاب المصلحة الرئيسيين على زيادة دعمهم للهيدروجين كجزء من هيكل الطاقة في المستقبل.

2-1–تحالف الموانئ العالمية للهيدروجين IAPH:

أول منتدى عالمي يجمع ممثلين عن الموانئ وصناع القرار من الحكومات والمعنيين في القطاع البحري، لمناقشة تبني استخدام تقنيات ووقود الهيدروجين، 2022م.

تهدف دول مثل أستراليا وتشيلي والمغرب إلى أن تصبح مصدرة للهيدروجين، في حين تستعد اليابان وكوريا وألمانيا لتصبح مستوردة كبيرة الحجم، تمتلك العديد من البلدان في الشرق الأوسط وروسيا إمكانات واسعة النطاق لإنتاج الهيدروجين، وترى الهيدروجين الأزرق والأخضر كفرصة للحفاظ على دورها كموردين رئيسيين للطاقة. (PAPER, December 2021/326, p. 7)

2– آفاق إنتاج الهيدروجين المنخفض الكربون في سيناريو صافي الانبعاثات الصفرية:

في سيناريو صافي الانبعاثات الصفرية، يخضع إنتاج الهيدروجين لعملية تحول لا مثيل لها. بحلول عام 2030، عندما يصل إجمالي الإنتاج إلى أكثر من 200 طن متري من الهيدروجين، يتم إنتاج 70% باستخدام تقنيات منخفضة الكربون (التحليل الكهربائي أو الوقود الأحفوري مع التقاط ثاني أكسيد الكربون). ثم ينمو إنتاج الهيدروجين إلى أكثر من 500 طن متري من الهيدروجين بحلول عام 2050، وكلها تعتمد عمليا على تقنيات منخفضة الكربون. سيتطلب الوصول إلى هذه الأهداف زيادة قدرة التحليل الكهربائي المركبة من 0.3 جيغاواط اليوم إلى ما يقرب من 850 جيغاواط بحلول عام 2030 وما يقرب من 3600 جيغاواط بحلول عام 2050، بينما يجب أن يرتفع ثاني أكسيد الكربون الذي يتم التقاطه في إنتاج الهيدروجين من 135 طنا متريا اليوم إلى 680 طنا متريا في عام 2030 و1800 طنا متريا في عام 2050. (Agency), October 2021, p. 20)

ثالثا: تجارب بعض الدول الرائدة في مجال استغلال الهيدروجين مع الإشارة للجزائر

1–أستراليا:

استثمرت حكومة موريسون على مدار السنوات الماضية نحو 100 مليون دولار أسترالي في تطوير صناعة الهيدروجين، وفي 2018 وقعت اليابان وأستراليا عبر مذكرة تفاهم بهدف التصدي لتحديات الطاقة المعاصرة بما فيها الهيدروجين و"التعاون في إنشاء سلسة إمداد وصناعة الهيدروجين في المستقبل". وتعتبر أستراليا رائدة في مجال صناعة الهيدروجين الأخضر، وتمتلك إمكانيات كبيرة لإنتاج الهيدروجين الأخضر، ولها طموحات تصدير قوية عبر القارة. والدول المستوردة لها هي اليابان وسنغافورة وكوريا الجنوبية، وقد نجحت تجربة أستراليا حيث تم تصدير الهيدروجين الأخضر إلى اليابان والذي يعد أول إنتاج وتصدير للهيدروجين الأخضر وتسعى إلى زيادة صادراتها من الهيدروجين بمقدار 7.7 ضعفا بحلول العام 2030 بقيمة 1 مليار دولار (مكتب مزيج للاستشارات الإدراية والتسويقية، 2020، صفحة 16).

2–السعودية:

في عام 2020، وقعت ACWA Power اتفاقية بقيمة 5 مليار دولار مع NEOM بهدف بناء منشأة إنتاج في Neom، مدعومة بالطاقة المتجددة، لإنتاج الهيدروجين الأخضر وتصديره إلى الأسواق العالمية. وتعد هذه المنشأة القائمة على الهيدروجين الأخضر على نطاق عالمي واحدة من أكبر مرافق إنتاج الهيدروجين في العالم. وستكون مصادر الطاقة الرئيسية المستخدمة هي الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والتخزين، حيث تنتج أكثر من 650 طن من الهيدروجين يوميا باستخدام تقنية Air Products، وحوالي 1.2 مليون طن كل عام باستخدام تقنية Haldor Topsoe. كذلك تعد Air Products لاعبا رئيسيا في الأمونيا، وتصدره عالميا لإنتاج الهيدروجين الأخضر المستخدم في قطاع النقل. وهذه هي الشراكة الدولية الأولى لشركة NEOM وسوف تجعلها مركزا عالميا للطاقة المتجددة والهيدروجين، وستضع المملكة العربية السعودية كمنتج رئيسي للهيدروجين الأخضر والأمونيا على مستوى العالم وتحدث ثورة في قطاع النقل (الأمم المتحدة، 2022، صفحة 13).

3–الصين:

تعتبر الصين قطاع النقل البري المصدر الأولي للطلب على الهيدروجين الأخضر، ففي العام الماضي، قررت الحكومة المركزية تقديم إعانات لسلسة صناعة خلايا الوقود في التجمعات الحضرية في بكين وشانغهاي وقوانغدونغ، وخلال فترة العرض التي استمرت أربع سنوات، يمكن لكل مجموعة من المدن أن تتلقى ما يصل إلى 1.5 مليار يوان)حوالي 230 مليون دولار أمريكي) كإعانات لتعزيز وتطبيق مركبات خلايا الوقود و200 مليون يوان لدعم إمدادات الطاقة الهيدروجينية.

ووفقا للخطة الوطنية لتطوير طاقة الهيدروجين وبحلول عام 2025، تخطط الصين لامتلاك 50000 مركبة تعمل بخلايا وقود الهيدروجين (مروة راغب، 2022، الصفحات 55-56).

4–مصر:

جذبت مصر، البلد المضيف لقمة التغير المناخي Cop 27 (الدورة السابعة والعشرون من مؤتمر الأطراف من اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ) تعهدات استثمارية تتجاوز 40 مليار دولار خلال العام الحالي لصالح مشروعات الهيدروجين الأخضر والأمونيا الخضراء. ولا تملك أي من القارات ما تملكه إفريقيا من إمكانات فنية لإنتاج هيدروجين أخضر رخيص (دي غراف، 2022، صفحة 23).

5–الجزائر:

مخططات الجزائر لاستغلال طاقة الهيدروجين:

تتمثل مخططات الجزائر بشأن الهيدروجين فيما يلي (باسكو، 2022، صفحة 10):

– تعتزم الجزائر التحول تدريجيا في صادراتها للاتحاد الأوروبي من الغاز الطبيعي إلى الهيدروجين الأخضر والأزرق –عبر خطوط الأنابيب ومحطات تسييل الغاز– في ظل اهتمام الشركاء الأوروبيين، لكن بتكاليف عالية لهذا التحول وللنقل.

– شركة النفط والغاز الإيطالية الكبرى "إيني" تبحث ليس فقط عن إنتاج الهيدروجين الأخضر، إنما عن إنتاج الهيدروجين الأزرق أيضا. في ظل ارتفاع تكاليفه وكثرة انبعاثات الميثان المتوقعة منه.

رابعا: استشراف حول مستقبل طاقة الهيدروجين عالميا:

يستحوذ الهيدروجين الآن على اهتمام أكبر من صناع السياسات، لذا من المتوقع أن تشهد السنوات القادمة تنفيذ إجراءات ملموسة لتطوير سوقه العالمي وخفض تكاليف إنتاجه. ومع تطوير معايير وضمانات المنشأ، إلى جانب خطط الدعم التي تساهم بتغطية فجوة تكاليف الحلول الخضراء، سيقدم الهيدروجين مساهمة مجدية في جهود العمل المناخي على المدى الطويل (IRENA، نظرة مستقبلية لتحولات الطاقة حول العالم 2022 الطريق لـ 1.5 درجة مئوية، 2022، صفحة 15).

كما أن التحول العالمي نحو طاقة الهيدروجين يرجح بما يلي (الحميدان و حلبي، صفحة 13):

– التحول نحو اقتصاد الهيدروجين على مدى العقود الثلاثة القادمة هو تطور جدي في سوق الطاقة العالمية ويهدف إلى الوصول إلى 10-18% من إجمالي سوق الطاقة بحلول عام 2050. وهو مدعوم بسياسات وخرائط طريق من قبل عدد كبير من البلدان التي تستهلك كميات كبيرة من الطاقة، وكذلك من قبل عدد كبير من الشركات التي تغطي سلسلة القيمة الكاملة للطاقة.

– يستهدف هذا التحول الهيدروجين الأخضر كأولوية، ومن الممكن تحقيق ذلك إذا خضعت تقنيات التحليل الكهربائي لتحسينات كبيرة. ومع ذلك من المرجح أن يكون للهيدروجين الأزرق نصيب جيد من أسواق الطاقة.

– يعد قطاع النقل أحد التطبيقات الرئيسية المستهدفة، والذي قد يكون له تأثير حاد على أسواق النفط، مع الأخذ في الاعتبار نمو سوق المركبات الكهربائية أيضا.

خاتمة:

يعد الهيدروجين وبشكل خاص المنخفض الكربون مصدرا لطاقة واعدة في المستقبل، حيث يساهم في خفض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون.

اختبار الفرضيات:

– زاد الطلب العالمي على الهيدروجين ليصل سنة 2020 حوالي 89 مليون طن متري، ومن المتوقع أن تستمر هاته الزيادة لآفاق 2050 لتصل إلى 660 طن متري؛ حيث من المتوقع أن تكون امدادات الهيدروجين من مصادر منخفضة الكربون أكبر قيمة، خاصة من الطاقات المتجددة التي ستصل إلى 350 طن متري أما من مصدر الغاز الطبيعي مع احتجاز الكربون فتصل إلى 150 طن متري. وهو ما يؤكد صحة الفرضية الأولى.

– عقدت دول العالم عدة تحالفات بشأن استغلال الهيدروجين حيث تجسدت في مجلس الهيدروجين العالمي وتحالف الموانئ العالمية للهيدروجين. وهو ما يؤكد صحة الفرضية الثانية.

– بذلت كل من أستراليا، السعودية، الصين، مصر والجزائر جهود بشأن استغلال الهيدروجين النظيف وعلى وجه التحديد الجزائر التي وضعت عدة مخططات في هذا المجال إدراكا منها لأهميته ومدى مساهمته في زيادة صادراتها منه للاتحاد الأوروبي. وهو ما يؤكد صحة الفرضية الثالثة.

– بحسب السياسات المستقبلية فإن الهيدروجين النظيف على وجه التحديد سيشهد اهتمام كبيرا من طرف دول العالم لآفاق سنة 2050 بنسبة قدرها 18% من إجمالي الطاقة العالمية، وذلك من خلال تنفيذ عدة إجراءات في مجاله وتطوير عدة معايير. وهو ما يؤكد صحة الفرضية الرابعة.

مناقشة النتائج:

– بلغت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المسببة للاحتباس الحراري 341.5 طن متري أي ما يمثل 6.3% وذلك سنة 2021 وقد شملت خاصة قطاع المواصلات، الطاقة، السكن والأعمال وقد التزمت مجموعة من المناطق كالهند، السعودية وأستراليا بخفض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في قمة المناخ 26؛

– تعتبر الطاقات المتجددة طاقة نظيفة على البيئة بمصادرها المختلفة كالشمس، الرياح، المياه والهيدروجين؛

– توجه نحو استغلال الهيدروجين وإدخاله في مختلف القطاعات كالنقل، الطاقة السكن والأعمال يؤدي إلى مجتمعات آمنة؛

– بلغ عدد المشاريع الاستثمارية في الهيدروجين المنخفض الكربون 522 مشروعا على المستوى العالمي في نوفمبر 2021، من بينها 221 مشروعا في الاستخدام الصناعي و133 مشروعا في النقل؛

– تعد مشاريع الاستثمار المخطط لتنفيذها في أكتوبر 2021 في مجال طاقة الهيدروجين منخفض الكربون بالدول العربية قليلة جدا، وقد تمركزت بدولة مصر، الإمارات، عمان، السعودية، العراق، موريتانيا، الجزائر والمغرب؛

– التكاليف المستوية للهيدروجين الأخضر (من مصادر الطاقات المتجددة) مرتفعة جدا حسب تقديرات 2021، مقارنة بالتكاليف المستوية للهيدروجين من الغاز الطبيعي مع احتجاز الكربون؛ ومن المتوقع أن تنخفض هاته التكاليف لآفاق 2050.

–تسعى دولة تشيلي، المغرب وأستراليا لأن تصبح مصدرة للهيدروجين بينما اليابان، كوريا وألمانيا تسعى لأن تصبح مستوردة كبيرة في هذا المجال؛

– ومن المتوقع أن يتم إنتاج أكثر من 500 طن متري من الهيدروجين لسنة 2050 باستخدام تقنيات منخفضة الكربون لتحقيق صافي الانبعاثات الصفرية.

التوصيات:

– استمرارية الاهتمام بطاقة الهيدروجين منخفض الكربون لتحقيق آفاقه الواعدة لسنة 2050 المساهمة في تخفيض انبعاثات ثاني أكسد الكربون على المستوى العالمي، وذلك من خلال زيادة الاستثمار في مجاله، والسعي إلى إدخال تقنيات حديثة على مصادر الطاقات المتجددة لتخفيض تكاليف إنتاج الهيدروجين منها وكذا تخفيض تكاليف إنتاجه عن طريق الغاز الطبيعي مع احتجاز الكربون؛

– لا بد من زيادة حجم المشاريع الاستثمارية بالدول العربية في مجال طاقة الهيدروجين منخفض الكربون وبالتالي المساهمة مع بقية دول العالم في تخفيض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

قائمة المراجع:

- *Agency), I. (. (October 2021). Global Hydrogen Review 2021. France.*
- *GWEC (Global Wind Energy Council . (أكتوبر 2021). البيان العالمي لطاقة الرياح لمؤتمر الأمم المتحدة للتغير المناخي.*
- *IRENA. (2022). Geopolitics of the Energy Transformation: the Hydrogen Factor. Abu Dhabi.*
- *IRENA. (2022). Global Hydrogen Trade to Meet The 1.5°c Climate Goal: Part1 - Trade Outlook for 2050 and way Forward. Abu Dhabi.*
- *IRENA. (2022). نظرة مستقبلية لتحولات الطاقة حول العالم 2022 الطريق لـ 1.5 درجة مئوية. أبوظبي. .*
- *PAPER, F. (. (December 2021/326). the Geopolitics of the Energy Transition, Global Issues and European Policies Driving the Developement of Renewable Energy . Maroc Siddi.*
- *Sturm Heinz . (2018). اقتصاد الهيدروجين للدول العربية.*
- *Zoe, C. (February 2022). Carbonomics, the Clean Hydrogen Revolution. Goldman Sachs.*
- *أحمد بن هني، و امحمد زياد. (2021). الانتقال الطاقوي كمدخل لتعزيز البعد البيئي للتنمية المستدامة في الجزائر. مجلة الاقتصاد والبيئة، المجلد 4(العدد 3 خاص).*
- *الأمم المتحدة. (2022). استخدام الهيدروجين في قطاع النقل: واقع المنطقة العربية. الإسكندرية، مصر: المجلس الاقتصادي، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا).*
- *المركز الإحصائي لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية GCC-STAT. (أبريل 2022). الهيدروجين...كمصدر وناقل للطاقة النظيفة المستدامة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية فبراير 2022م. سلسلة أبعاد معلوماتية ومعرفية(العدد 1).*
- *أمينة أبو الرب، و نادية عليلي. (2019). الطاقات المتجددة ودورها في تحقيق حماية البيئة وكأداة للتنمية المستدامة. الملتقى العلمي الدولي العلوم الاقتصادية والعلوم الإدارية والقانونية في ظل تحديات العولمة. توزر – تونس.*
- *حميدة أوكيل، و فتيحة خوميجة . (2019). الطاقات المتجددة ودورها في تحقيق سياحة بيئية. الملتقى العلمي الوطني حول استغلال الطاقات المتجددة لخدمة السياحة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة. بومرداس: جامعة أمحمد بوقرة.*
- *تايس فان دي غراف. (2022). عقد الهيدروجين. صندوق النقد الدولي، مجلة التمويل والتنمية(ديسمبر 2022).*

- سابيدو باسكو. (2022). هيدروجين من شمال إفريقيا: حقيقة خطط الاتحاد الأوروبي لاستيراد الهيدروجين الأخضر. مرصد شركات أوروبا CEO والمعهد الدولي Tni.
- صندرة لعور. (ديسمبر 2020). دراسة تحليلية لمساهمة أسواق الكربون في تمويل مواجهة تغير المناخ. مجلة الدراسات المالية والمحاسبية والإدارية، المجلد 7(العدد 2).
- عزيزة بن سمينة، و مريم طبني. (2017). الطاقة المتجددة بديل استراتيجي لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر. مجلة الحقوق والعلوم الإنسانية – دراسات اقتصادية –، المجلد 2(العدد 31).
- فيصل الحميدان، و مأمون عبسي حلبي. (بلا تاريخ). القدرات الكامنة لدى الدول العربية المنتجة للنفط للإسهام في اقتصاد الهيدروجين. KISR.
- ماتيس كورنيليوس، و آخرون. (نوفمبر 2020). تحديات وفرص إنتاج الهيدروجين الأخضر وتصديره من الشرق الأوسط وشمال أفريقيا إلى أوروبا. المملكة الأردنية الهاشمية: تقرير موجه إلى مؤسسة فريدريش إيبرت.
- مراد مصطفى. (أفريل 2021). تحليل وقياس العوامل المسببة لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في الجزائر دراسة قياسية للفترة (1980-2018). مجلة مجاميع المعرفة، المجلد 7(العدد 1).
- مروة راغب. (2022). صناعة الهيدروجين الأخضر هدف الصين في خطتها للتنمية الوطنية. Asian Perspectives، 6(9).
- مسعود درواسي، و حنان حاقة. (2018). واقع وآفاق الطاقات المتجددة في الجزائر –مشاريع واستراتيجية الطاقات المتجددة– . الملتقى العلمي الدولي الخامس حول استراتيجيات الطاقات المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة –دراسة تجارب بعض الدول–. جامعة البليدة 2.
- مشروع الطاقة والمناخ الإقليمي، و مؤسسة فريدريش إيبرت. (بلا تاريخ). الهيدروجين كمصدر طاقة خضراء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، موجز. تاريخ الاسترداد 06 08, 2022، من http://library.fes.de/pdf-files/bueros/amman/16549.pdf?usg=AOvVaw2yUwY1fy2G4_grcuEKuxuF&ved=2ahUKEwjU2cGAobL5AhVDk2oFHfrIB2YQFnoECAMQAg.
- مكتب مزيج للاستشارات الإدراية والتسويقية. (2020). الهيدروجين الأخضر ومستقبل الطاقة النظيفة الواعد.
- منصف بن خديجة، و ناصر بوعزيز. (جوان 2017). دور استخدام الطاقات المتجددة في حماية البيئة. مجلة دراسات وأبحاث اقتصادية في الطاقات المتجددة(العدد السادس).
- وفاء باهي، و لطفي مخزومي. (2019). أثر استهلاك الطاقة المتجددة على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون دراسة حالة (الجزائر، تونس، المغرب) للفترة 1990-2013. الملتقى الدولي الأول مال وأعمال حول نحو ادماج أعمق لثروتي الشمس والماء في سياسة التنمية الوطنية للجنوب الجزائري.
- وليد عابي، سميرة مومن، و نبيل شنن. (2019). الاستثمار في الطاقات المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة، حالة الجزائر. مجلة الاقتصاد الدولي والعولمة، المجلد 2(العدد 2).