

مستقبل إنتاج الهيدروجين الشمسي

د. لبزة هشام د. محمد الهادي ضيف الله د. لعبيدي مهاوات
جامعة الوادي - الجزائر جامعة الوادي - الجزائر جامعة الوادي -
الجزائر

ملخص:

حالياً، الهدف من جميع الأبحاث الطاقوية في العالم، ماهي إلا محاولة إحلال الطاقة الإحفورية، بمصادر أخرى للطاقة المتجددة والمتوفرة بشكل كبير وغير مكلفة كما أنها أقل تلويثاً للبيئة، وبرزت في الأونة الأخيرة أهمية توليد غاز الهيدروجين خاصة أن مصادره على الأرض متوفرة وأهمها المخزون المائي. وخلال العقدین الآخرين أهتمت الدول المتقدمة بمحاولة إستخدام الهيدروجين كعامل للطاقة ورصدت من أجل ذلك مبالغ ضخمة للحصول على نتائج إيجابية في هذا المجال.

الكلمات المفتاحية: الطاقة المتجددة، الهيدروجين الشمسي، مشروع المغرب العربي.

Résumé:

Actuellement, l'objectif de toute les recherches énergétiques dans le monde est l'essai de remplacer des sources d'énergie fossile, par d'autre sources d'énergies renouvelables est disponibles en grandes quantité et peu couteux ainsi qu'elles sont moins polluant pour l'environnement.

Récemment à émergé l'importance de la production d'énergie à partir de gaz d'hydrogène, d'autant que de nombreuses sources sur le terrain et les réserves d'eau les plus importants dans les mers et les océans. Au cour de deux dernières décennies axées sur les pays développés tentent d'utiliser l'hydrogène comme vecteur d'énergie et fait pour cela de grosses somme d'argent pour obtenir des résultats positifs dans domaine.

Mots-clés: énergie renouvelable, hydrogène solaire, projet Maghreb.

مقدمة:

يعتبر النفط مصدر الطاقة لمعظم دول العالم، ونتيجة لتزايد عدد سكان العالم وزيادة معدل إستهلاك الفرد الواحد للطاقة خلال هذا القرن فانه من المتوقع نفاد احتياطي النفط، رغم اشتقاق الوقود من مصادر طاقة إحفورية أخرى كالفحم ورمال القطران والغاز الحجري، إلا أن ذلك سوف يكون بتكلفة عالية بجانب الآثار السيئة على البيئة متمثلة في زيادة الغازات المنبعثة من إحتراق هذا الوقود التقليدي، وفي مقدمتها غاز ثاني أكسيد الكربون، ما ينتج عنه من احتباس للحرارة داخل الغلاف الجوي للأرض، والتي سيكون لها آثار وعواقب وخيمة متمثلة في ذوبان الثلوج بلمناطق القطبية وارتفاع مناسيب المحيطات والبحار، واغرق بعض المناطق في العالم، وتحرك المناطق المناخية الدافئة نحو أقطاب الأرض، وما سينتج عنها من تغيرات مناخية قاسية.

تعد طاقة الهيدروجين من أجود أنواع الطاقة الصديقة للبيئة وأكثرها توافراً، فغاز الهيدروجين يوجد عادة في صورة مركبة مع غازات أخرى أهمها غاز الإيثانول، ومن أهم خصائصه أنه يوجد في الظروف الطبيعية وفي أي مكان من الكرة الأرضية، حيث يشكل غاز الهيدروجين 90% من الوزن الإجمالي للكون، وغاز الهيدروجين مصدر طاقة أكثر كفاءة من المصادر الأخرى. كما أن إحتراق غاز الهيدروجين لا يسبب أي تلوث أو تسمم في الجو مثل الغازات الأخرى كثاني أكسيد الكربون أو الكبريت، لكن من مشكلات الطاقة الهيدروجين أن عملية التكثف والتخزين عند تحويله من غاز إلى سائل تكون مكلفة جداً، إلى جانب أن مشاريع طاقة الهيدروجين تتصف بالخطورة العالية بسبب إمكانية حدوث انفجارات.

وقد يصبح غاز الهيدروجين أحد مصادر الطاقة المرشحة لتوفير حاجات العالم من الطاقة النظيفة، وأيضاً تلبية الطلب المتنامي للدول الصناعية والمساهمة في سد الحاجة المتزايدة للطاقة في الدول النامية بما في ذلك الدول العربية، وتبدو التوقعات المستقبلية لغاز

الهيدروجين مشرقة فهو الوقود المتجدد، كما أن غاز الهيدروجين سيكون فعلاً صديقاً للبيئة مقارنة بالغاز الطبيعي.

ولقد برزت فكرة استخدام الهيدروجين الشمسي سنة 1780 حيث استخدم غاز مؤلف من 50% هيدروجين و 40% غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز الفحم في إنارة الشوارع بأوروبا، وتنبأ عالمان فرنسيان سنة 1864 باستخدام الهيدروجين المنتج من الماء بواسطة التحليل الكهربائي كمصدر جديد للطاقة المستقبلية يختلف مردود الطرق المستخدمة في إنتاج الهيدروجين من حالة إلى أخرى، وتعتبر الطريقة التحليلية لإنتاج الهيدروجين من الماء، أفضل الطرق وأكثرها مردوداً، وبما أن التحليل الكهربائي المستخدم في إنتاج الهيدروجين يعتمد على الطاقة الكهربائية فإن هذا يعني أنه يجب الحصول أولاً على الكهرباء من الطاقة الشمسية وذلك بإنشاء المحطات الشمسية ويمكن أن يخزن الهيدروجين كغاز أو كسائل¹ بالاعتماد على خواصه الكيميائية والفيزيائية².

أولاً- التأسيس النظري للدراسة:

المحور الأول للدراسة: أهم الإنجازات العالمية في مجال الهيدروجين الشمسي.

في الوقت الحاضر ينتج الهيدروجين بواسطة الطاقة الشمسية الملتقطة بالعناصر الضوئية أو بواسطة الأبراج المنشأة في مناطق غنية بالإشعاع الشمسي كأفريقيا والسعودية، والمحطة الأولى في العالم التي استخدمت فيها الطاقة الشمسية الملتقطة بالعناصر الضوئية لإنتاج الهيدروجين كانت السعودية.

في ألمانيا أعدت برامج كبيرة لإستغلال الهيدروجين الشمسي منها البرنامج السعودي الألماني والذي يتم دعمه من قبل أمانة العلوم والفنون وأمانة البحث والتقنية في ألمانيا ما قيمته 25% من المشروع لكل منهما وتساهم السعودية بقيمة 50% الباقية، وبدأت الخطوات التنفيذية³ للمشروع سنة 1986 وانتهى المشروع سنة 1992 وأصبح ينتج 170000 متر مكعب سنوياً من الهيدروجين⁴.

وترتب على هذا البرنامج إقامة مشاريع تجريبية من كل من ألمانيا والسعودية، أحد هذه المشاريع أقيم بألمانيا بستانيتغارت حيث يبلغ متوسط الإشعاع الشمسي 1000 كيلوواط ساعي للمتر المربع في سنة ويقدر 10 كيلو واط بجامعة الملك عبد العزيز بالسعودية، كما أقيم مشروع بقدر 35 كيلو واط في قرية شمسية في السعودية قرب الرياض حيث يبلغ متوسط الإشعاع الشمسي 2300-2500 كيلوواط ساعي للمتر المربع في سنة، هذه المشاريع تهتم بتطوير إستخدام الهيدروجين الشمسي والتخطيط لإستخدامه، ومن المشاريع الأخرى القائمة في ألمانيا مشروع(solar-wasser stoff-Bayem) والذي تساهم فيه خمس شركات ألمانية، ويهدف المشروع إلى إختيار منظومة إنتاج هيدروجين شمسي متكاملة تحت ظروف الإشعاع الشمسي في أوروبا وتطوير المنظومة لأفضل الأداء، ويبلغ متوسط الإشعاع الشمسي في هذا الموقع(جنوب ألمانيا) 1100 كيلوواط ساعي للمتر المربع في سنة⁵.

بالإضافة إلى هذه المشاريع قامت ألمانيا ببناء منزل شمسي لإنتاج الهيدروجين الشمسي، وتم تغطية 40 متر مربع من سطحه بالخلايا الشمسية التي تقوم بإنتاج التيار الكهربائي وتخزينه في مدخرات ومن ثم استخدام لإنتاج الهيدروجين والأوكسجين حيث يتم تخزين كل منهما في أوعية خاصة، والطاقة المختزنة يمكن إستخدامها في الشتاء من أجل الطبخ أو تسخين المياه أو التدفئة ويتوقع أن ينقل الهيدروجين المستخرج بالطاقة الشمسية مستقبلاً مثل النفط والغاز في أنابيب⁶.

1- أهمية الطاقة الشمسية بالنسبة للجزائر.

تتوفر للجزائر جراء موضعها الجغرافي على أعلى الحقول الشمسية في العالم، حيث مدة التشمس في كامل التراب الوطني تقريباً تفوق 2000 ساعة في السنة ويمكنها أن تصل إلى 3900 ساعة في مناطق الهضاب والصحراء، ويمكن أن نوضح أهمية الطاقة الشمسية في النقاط التالية⁷:

- إن لإستعمال بدائل الطاقة مردودين مهمين أولهما جعل فترة إستعمال الطاقة النفطية طويلة وثانيها تطوير مصدر خر للطاقة بجانب مصدر النفط الحالي.
تزايد إستهلاك الفرد الجزائري للكهرباء بـ 24.7 للكيلوات (ساعة/سنة) مما يجعل للطاقة الشمسية دور في تخفيض العبء على زيادة الطلب على الكهرباء.
زيادة القدرة التصديرية للبترول فبدلاً من إستهلاك البترول في المصانع يمكن بيعه بالسعر العالمي.

-توفير التكلفة المادية الضخمة التي تتكبدها موازنة الجزائر بسبب إستخدام الطاقة الكهربائية التي يتم إنتاجها عن طريق البترول، بالإضافة إلى أن ذلك يتكلف جهد كبير من حفريات قد تؤثر على بعض المشاريع المقامة مثل الشوارع وغيرها وكذلك تمديد الأسلاك لمسافات طويلة مما يزيد من تكلفة هذه الطاقة، وتشير التقديرات إلى أن تكلفة توليد الكهرباء بإستخدام الطاقة الشمسية في الجزائر بالتقريب 0.12 دولار في كيلواط ساعة.
-تحول الجمهورية الجزائرية إلى مصدر للطاقة الكهربائية إضافة إلى تقليل الإعتماد على البترول والغاز الطبيعي في المنطقة.

-إمكانية تصدير الطاقة الشمسية من المتوقع في حالة تزايد الإهتمام بالطاقة الشمسية في الجزائر أن يتزايد الإنتاج ويمكن تصدير الفائض يلخاً، وإِذا تم إفتراض تصدير واحد جيجاوات في الشهر وبما يقدر بنحو 8784 جيجاوات في السنة، وإِذا تم إفتراض أنه يمكن إنتاج 85% من هذه الطاقة سنوياً لعوامل عديدة منها سوء الأحوال الجوية والصيانة، وتم إفتراض أن الربحية في الكيلوات الواحد هي 2 سنت أمريكي فقط بعد حذف كل تكاليف إنتاج وتوصيل هذه الطاقة إلى العملاء.

2- مقومات الطاقة الشمسية في الجزائر: من بين أهم مقومات الطاقة الشمسية بالجزائر ما يلي⁸:

وفرة الأراضي الصحراوية المشمسة أغلب أيام السنة كما أن الشمس تمتد بأكثر من 2000 ساعة في السنة.

تعد صحراء الجزائر من أكبر الصحاري في العالم وتمتاز بالحرارة الشديدة خاصة في فصل الصيف حيث تفوق درجة الحرارة 60 درجة وهي تمثل مساحة الصحراء في الجزائر أكثر من 80% مما يساعدها من إستغلال أكثر للطاقة الشمسية. تسير الكثير من الدراسات إلى أن الطاقة الشمسية التي تمتلكها الجزائر تتيح لها حتى فرصة تصدير هذا النوع من الطاقة لدول أخرى وذلك لإتساع مساحات الجزائر وإستمرار تعرضها لكميات عالية من موجات الإشعاع الضوئي والكهرومغناطيسي الصادر من الشمس.

أن هناك إلتزامات للعديد من دول العالم ومن ضمنها الجزائر في مؤشر المناخ الدولي في كونها تعمل على تخفيض الانبعاثات الملوثة التي تسبب الإحتباس الحراري وتغير المناخ. توجد بالجزائر مجمعات قروية صغيرة متفرقة ومتباعدة، حيث يقدر عدد سكان الريف 41% من إجمالي السكان وأنه قد يتعذر لأسباب علمية أو إقتصادية ربط هذه القرى والأرياف في بعض الأحيان بالشبكة الرئيسية للكهرباء لذا فإن الحل المنطقي في هذه الحالة هو إستغلال الطاقة الشمسية في هذه المجمعات النائية. كثرة الطرق التي يمكن بها إستغلال الطاقة الشمسية بفاعلية في الجزائر ويمكن تصنيفها إلى ثلاث فئات رئيسية هي التطبيقات الحرارية وإنتاج الكهرباء والعمليات الكيميائية. -إنخفاض الغيوم في كثير من المناطق الصحراوية المؤهلة أكثر لهذا النوع من الإستغلال الطاقوي.

-لا تعاني الجزائر من مشكل المساحة المطلوبة لتشييد الألواح الشمسية ومستلزماتها حيث تقدر مساحة الجزائر بـ 2381741 كم² مقابل 36 مليون شمسية من إحصائيات 2010، وهي ثاني أكبر بلد إفريقي من حيث المساحة بعد السودان و11 عالمياً وللحصول على 1000 واط من الكهرباء نحتاج إلى مساحة من 7 إلى 10 متر مربع من هذه الألواح.

أثبتت العديد من دراسات الجدوى في عدة دول من بينها الجزائر أنه يمكن إستعادة رأس المال المستثمر في الطاقة الشمسية خلال فترة تتراوح بين ثلاث وخمس سنوات تتمكن بعدها الجهة المنفذة لمشاريع الطاقة الشمسية من الحصول على طاقة نظيفة منخفضة التكلفة.

بدء إستغلال الطاقة الشمسية في الجزائر، مع بداية إنشاء الطاقات الجديدة مع إعتماد مخطط الجنوب سنة 1988، ويتمثل الهدف من تطوير الطاقة الشمسية في الجزائر، إلى تقديم الخدمات إلى المناطق المعزولة والبعيدة عن شبكات توزيع الطاقة. وقد إعتمدت الجزائر قانوناً خاصاً بالطاقات المتجددة من أجل الحفاظ على إحتياجات المحروقات وإستغلال حقول موارد طاغوية متجددة، مع تحديد هدف مستقبلي وهو الوصول إلى 10% من توليد الطاقة عن طريق الطاقة الشمسية خلال أفق سنة 2020.

3-مراحل توليد طاقة الهيدروجين: مع إمتلاك الجزائر لمقوم ضخم من الطاقة الشمسية فإن لها إمكانية توليد طاقة الهيدروجين والتي تمر بعدة مراحل وهي كالآتي:

أ-المرحلة الأولى: تحويل طاقة الإشعاع الشمسي الضوئية إلى طاقة كهربائية ذات تيار مستمر عن طريق ما يسمى بالألواح الكهروضوئية - الخلايا الفولطية- وهي نظم مصفوفات من الخلايا الشمسية بداخلها.

ب-المرحلة الثانية: إستخدام التيار الكهربائي المباشر في تحليل المياه داخل محلات كهربائية وإستخلاص عنصري الهيدروجين والأكسجين المكونين لجزيء الماء.

ج-المرحلة الثالثة: تجفيف الهيدروجين الناتج عن المحلات حيث يكون ممزوجاً ببخار الماء.

د-المرحلة الرابعة: تسهيل الهيدروجين الناتج ووضعه داخل أسطوانات، وهي الطريقة الحديثة الأسهل والأكثر أماناً، أو دفع الهيدروجين في شبكة كشبكة الغاز الطبيعي لإستخدامه في أماكن بعيدة عن مصدره إنتاجه⁹.

حسب المرحلة الأولى فإن توفر الخلايا الفوتوفولطية مهم لهذا إعتمدت الوحدات التطبيقية التابعة للمحافظة السامية للطاقات المتجددة في إنجاز الوسائل المتعلقة بالأنظمة الفوتوفولطية، طريقة إنتاجية تساعد في توفير الحد الأدنى من الحرارة الكهربائية عن طريق عينة عبر الوطن وذلك لتوفير المجال الملائم للإستخدام الأوسع، حيث توسعت في إستغلال المناطق الأخرى للطاقة الحرارية الفوتوفولطية في إيجاد السوق الوطنية التي توفر المادة الأولية الأساسية التي تدخل في إطار إنجاز الوسائل المتعلقة بها وتسهيل العملية للمواطن¹⁰.

والجدول التالي يوضح متوسط إنتاج الأنظمة الفوتوفولطية في الجزائر.

الجدول رقم(01): إنتاج الأنظمة الفوتوفولطية بالجزائر.

الوحدة: كيلو واط/ ساعة في اليوم

الأنظمة			
المدينة	300 واط كالوري	720 واط كالوري	1440 واط كالوري
الجزائر	1.9	3.8	7.6
غرداية	2.3	4.6	9.3
تمنراست	2.5	5	10

المصدر: عمر شريف، إستخدامات الطاقة المتجددة ودورها في التنمية المحلية المستدامة، أطروحة دكتوراه، جامعة باتنة، 2007، ص:359.

4- الدور المستقبلي للغاز الطبيعي في ظل تطوير مشروع الهيدروجين الشمسي بالجزائر.

إن إستخلاص الهيدروجين في الجزائر الذي كان ذو طابع تصوري وأصبح اليوم يتحقق شيئاً فشيئاً، حيث عرف مبادرات كبرى منذ سنة 2003، فتأثير إستعمال هذا المورد الجديد

يقودنا اليوم لرؤية واضحة للميادين الأساسية للبحث والتطور التكنولوجي، والتي يمكن أن تدمج في مراكز البحث والجامعات الجزائرية بالتعاون مع البلدان الأكثر تطوراً في هذا المجال¹¹.

وبتالي وجدت الجزائر نفسها أما إحتياج حقيقي لتطوير قطاع الهيدروجين، ليس فقط من جانب الوسائل المالية وإنما أيضاً من جانب الكفاءة، والمعرفة العميقة لكيفية التصرف وتحويل التكنولوجيا. وتعتبر الجزائر حالياً من الدول الأساسية في العالم المنتجة للهيدروجين من خلال المحروقات (النفط والغاز الطبيعي)¹²، نظراً لتوفرها على طبقة جوفية من المياه الغير مستغلة في الجنوب بالإضافة للحقل الشمسي الضخم، كل هذه العوامل تتيح فرص للجزائر لتطوير طاقة سيكون الطلب العالمي المستقبلي عليها كبير، مما يفتح آفاقاً واعدة في مجال التحول إلى الهيدروجين الشمسي، كما يمكن للجزائر إنتاج الهيدروجين من طاقات متجددة أخرى كطاقة الرياح.

أ- التعاون المغربي الأوروبي في مجال الهيدروجين الشمسي: لقد فكر باحثين ألمان منذ عقود في إستيراد الطاقة الشمسية من دول شمال إفريقيا الغنية بالإشعاع الشمسي، التي يصل فيها الإشعاع الشمسي ضعف قيمته في وسط أوروبا (2380-2630 كيلوواط ساعي للمتر المربع خلال السنة)، في شكل هيدروجين ينقل كغاز في أنابيب الغاز الطبيعي الموجودة حالياً، أو في أوعية خاصة عبر السفن، ومن ثم إستخدامه في الأغراض المختلفة كطاقة حرارية أو طاقة كهربائية عبر خلايا الوقود أو كوقود في قطاع المواصلات وغيره.

وتشير الدراسات التي قام بها مجموعة من الباحثين الألمان عن تصدير الهيدروجين من شمال إفريقيا إلى أوروبا، حيث تمت المقارنة بين ثلاثة أساليب لنقل هذه الطاقة وهي نقلها على شكل طاقة كهربائية عبر خطوط ذات الضغط العالي بتيار مستمر أو نقلها عن طريق توليد الهيدروجين ثم نقله عن طريق أنابيب أو الخلط بين النظامين السابقين. واعتمدت هذه الدراسة على الخيار الأخير، حيث ستقام بتونس مدينة لمعالجة المياه، ومد

أنابيب المياه إلى محطة إنتاج الهيدروجين في مدينة عين صالح بالجزائر لمسافة 1000 كلم، وقد وجدت الطريقة هي الأكثر إقتصاداً، ففي النظام المختلط من المقترح أنه سيتم نقل 80% من الطاقة الشمسية على شكل هيدروجين و 20% على شكل طاقة كهربائية، وتستخدم أنابيب نقل الغاز الطبيعي المستخدمة حالياً لنقل الغاز من الجزائر إلى إيطاليا، كما أن خطوط الكهرباء ستسلك نفس الطريق¹³.

ب- إنشاء المشروع المغربي الأوروبي: يمكن أن تحقق الشراكة بين دول جنوب أوروبا والجزائر خلال السنوات القادمة من خلال مشروع المغربي الأوروبي للهيدروجين الشمسي، حيث كلف مركز تطور الطاقات المتجددة بالجزائر بتنسيق الجهود على مستوى دول شمال إفريقيا للشراكة الأوروبية لتكنولوجيا الهيدروجين. وقد تم إتفاق مجموعة من الخبراء¹⁴ على إنشاء هذه المشروع من خلال إعلان الجزائر خلال المؤتمر العالمي حول طاقة الهيدروجين في 14 جوان 2006، حيث أبرز هؤلاء الخبراء ثقتهم حول إستغلال القدرات الشمسية الهائلة لدولة الجزائر لإنتاج الهيدروجين الشمسي على مستوى عالي من خلال إنشاء إتحاد شركات كبرى وميلاد مشروع مستقبلي كبير¹⁵.

ج- أهداف المشروع المغربي الأوروبي: هذا المشروع يستجيب للأهداف التالية على وجه الخصوص¹⁶:

- تطوير التكنولوجيات ذات الكفاءة العالية لإنتاج الهيدروجين عن طريق الطاقة الشمسية، كذلك يمكن أن يتم إنتاج الهيدروجين تبعاً للحالات، إنطلاقاً من الماء أو المواد الهيدروكربونية.

- تطوير تكنولوجيا نقل الهيدروجين عبر مسافات بعيدة: أنابيب نقل الغاز الطبيعي، النقل البحري.

- تقييم ومقارنة وإقرار سلامة التكنولوجيا ذات الجودة العالية من منظور تطورها الصناعي في أبعادها ومستوياتها الكلية.

-تكوين خبراء فاعلين في مجالات البحث والتطوير والتصنيع، من أجل المساهمة في تطوير هذه الطاقة الجديدة.

-القيام بالدراسات التقنية والإقتصادية بغرض التحضير للإستراتيجية الصناعية والتطويرية لفرع الهيدروجين الشمسي.

د- عوامل نجاح المشروع المغربي الأوربي للهيدروجين: خلص فريق البحث الجزائري إلى أنه يمكن للمشروع أن ينطلق عبر إنشاء محطة للطاقة الشمسية قري مدينة غرداية القريبة من حقول الغاز لحاسي الرمل، نظراً لكون الموقع يتوفر على جميع الشروط. وبالتالي فإن أهم شروط نجاح المشروع تتمثل في ما يلي:

هـ-الممكن الشمسي الضخم بالجزائر: حسب دراسة أجرتها وكالة الفضاء الألمانية بأن الجزائر تحوز على أضخم الإمكانيات الشمسية في كامل الحوض المتوسطي، حيث تتراوح قدرتها السنوية بـ 169 ألف تيراواط ساعة بالنسبة للطاقة الحرارية الشمسية، و14 تيراواط ساعة بالنسبة لطاقة الشمسية الفوتوفلطائية و35 تيراواط ساعة بالنسبة لطاقة الرياح، كما يقدر حجم الإمكانيات الشمسية للجزائر بنحو 10 أمثال حجم مكامن الغاز الطبيعي التي أكتشفت في حاسي الرمل. من جهة أخرى أشارت الدراسة إلى أن هناك فرصاً جدية لا مجال للتشكيك فيها أمام بلدان شمال و جنوب المتوسط لرسم ملامح تعاون مثمر وفعال، يسمح بفتح طرق الوصول إلى خزان عملاق للطاقة الهيدروجينية التي تتوفر عليها الصحراء الكبرى، ذلك بإستخدام الهيدروجين الذي يتم إنتاجه بالطاقة الشمسية كحامل طاقة نظيفة ومؤمنة لتضمن إمدادات الطاقة الإقليمية والعالمية¹⁷.

و-الإمكانات المائية للجزائر: تحتوي الجزائر على عنصر أساسي آخر لإنتاج الهيدروجين وهو الماء، بحث تحتوي الصحراء الشماية على خزانين من المياه الجوفية، يتواجدان في منطقتين عملاقتين، تقع الأولى على الحدود الجزائرية التونسية والليبية¹⁸، وتعد أكبر الطبقات المائية في العالم، أما الثانية والمسماة بالعرق الشرقي الكبير فتقع وسط الصحراء الجزائرية.

ويشكل هذان الخزان عامل أساسي لإنتاج الهيدروجين على نطاق واسع، وفي سياق متصل أظهرت دراسات علمية منذ 30 سنة أن إستغلال الطبقات المائية للصحراء الجزائرية الشمالية¹⁹، بفضل العمق القليل لسقف الخزان، سيمكن من تزويد محطات إنتاج الهيدروجين بطريقة فعالة وتكلفة منخفضة.

ز - خطوط أنابيب نقل الغاز الطبيعي: إن الموقع الجغرافي للجزائر سمح لها بأن تلعب دوراً فعالاً في تزويد الإتحاد الأوروبي بالطاقة، حيث تعتبر الجزائر الممون الرئيسي بالغاز الطبيعي لأوروبا في دول البحر المتوسط، ويوجد حالياً خطي أنابيب يربطان الصحراء بأوروبا مروراً بالبحر المتوسط بين تونس وإيطاليا وبين المغرب وإسبانيا، يصل طول هذين الخطين إلى 7419 كلم بقدرة تصديرية قصوى تصل إلى 50 مليار متر مكعب من الغاز الطبيعي، بالإضافة إلى خطين جديدين عابرين للقارات يربطان مباشرة الجزائر بأوروبا²⁰. إن إستخدام خطوط أنابيب نقل الغاز الطبيعي تشكل اليوم طريقاً واعداً وأساسياً لنقل الهيدروجين مع إمكانية مزجه مع الغاز الطبيعي، هذه الخطوط والتي تشكل حالياً في أوروبا أكثر من 1.4 مليون كلم من أنابيب الغاز الطبيعي حيث أن 145 ألف كلم من الأنابيب تخص أنابيب الضغط العالي من بين 900 ألف كلم على المستوى العالمي، ومن جهة أخرى فإن أنابيب نقل الهيدروجين في العالم تشكل حالياً خطأً بطول 2500 كلم متمركزة خصوصاً في أوروبا بـ 1500 كلم وفي الولايات المتحدة بـ 900 كلم²¹. ما يمكن ملاحظته من خلال أعمال البحث والتطوير ذات الصلة بهذا الموضوع هو أن هناك شروطاً تقنية ينبغي أن تلبى في ما يخص تسخير شبكة أنابيب الغاز الطبيعي الحالية وإستعمالها سبيلاً لنقل الهيدروجين المتوائمة معها، كذلك ضرورة تحديد المناهج والأساليب التقنية التي يتم وفقها فصل الغازين عن بعضهما البعض؛ أي فصل الهيدروجين عن الغاز الطبيعي في المرحلة النهائية، وتوجيه كل واحد منهما نحو أسواقه، علماً أن خطوط نقل الغاز الطبيعي تكون متوائمة مع خدمة الهيدروجين وذلك وفق نسبة مزج تتراوح

ما بين 15 و 20%، من دون إحداث تغيرات أو تعديلات على شبكة خطوط الأنابيب القائمة حالياً²².

5- التحديات التي تواجه إقتصاديات الهيدروجين: هناك العديد من التحديات التي توجهها صناعة الهيدروجين منها:

أ- مشاكل التخزين: من الصعب الإحتفاظ بكميات كبيرة من الهيدروجين في أحجام صغيرة نظراً لإنخفاض كثافته، فمثلاً من أجل ضمان تحرك سيارة لمسافة 500 كلم يكفي لذلك من 05 إلى 06 كلف من الهيدروجين، وفي درجة الحرارة المحيطة فإن واحد كلف يشغل 12 متر مكعب، ومن ثم لا بد من ضغطه أو تسيله أو إمتصاصه من بعض المواد كما لا بد من إنشاء خزانات خفيفة وقادرة على تحمل الضغط وتحافظ على الهيدروجين.

ب- إنتاجه بكميات كبيرة لقطاع الطاقة: حيث أن هذا يستعي اللجوء إلى إستعمال الطاقة المتجددة لعدم إلغاء الأثر الإيجابي لإنتاجه، ففي الولايات المتحدة الأمريكية مثلاً لإنتاج الهيدروجين كاف لقطاع النقل لابد من إنشاء 800 محطة لإنتاج ولكن لتشغيل هذه المحطات لا بد من إستعمال الغاز الطبيعي لأن طاقة الكتلة الحيوية (طاقة متجددة) غير كافية لتلبية هذا الطلب الكبير على الطاقة، ومن ثم فإنه لابد من الإستثمار أكثر في مجال الطاقات المتجددة، وتقليص تكاليف الإستثمار في هذه الطاقات.

ج- صغر حجم جزيئاته: يمكن للهيدروجين إختراق بعض المواد وإضعافها نظراً للحجم الصغير جداً لجزيئاته، وبذلك يتطلب إستخدامه الصناعي إستخدام مواد خاصة ونادرة وباهضة التكلفة كالبلاتين في بعض خلايا الوقود.

د- التكلفة: في الوقت الحالي فإن سعر الكيلو واط المنتج من خلايا الوقود يصل إلى 1000 أورو في حين أنه لابد من الوصول إلى سعر 50 أورو للكيلو واط لمنافسة محرك الإحتراق الداخلي التقليدي في السيارة.

هـ- فترة الحياة: لكي تكون خلايا الوقود مربحة وذات مردودية لا بد أن تستطيع الإستمرار أكثر من فترة حياتها الحالية ببضعة آلاف ساعة²³.

6-أفاق تجربة الهيدروجين الشمسي في الجزائر

اقترح فريق من الباحثين المشرفين على الدراسة الخاصة بمشروع المغرب العربي الخاص بإنتاج وتصدير الهيدروجين الشمسي، أن يطلق هذا الأخير عبر إنشاء محطة للطاقة الشمسية في ولاية غرداية، نظراً للإمكانيات الشمسية الهائلة التي تحوز عليها الجزائر في كامل الحوض المتوسطي، وتتمثل هذه الدراسة في البحث عن إمكانية مزج غاز الهيدروجين بالغاز الطبيعي، وأن النتائج الأولية لها تحصلت على جائزة تشجيعية من قبل مجلة "النفط والتعاون العربي" المعتمدة من قبل منظمة الأقطار العربية المصدرة للنفط أوبك، وحسب أصحاب الدراسة فإن فكرة هذا المشروع ولدت أثناء انعقاد الندوة العالمية السادسة عشر حول الطاقة الهيدروجينية التي احتضنتها مدينة ليون الفرنسية سنة 2006، وأعتبر أن الهيدروجين ذي المصدر الشمسي بمثابة أكثر أنواع الوقود الإستراتيجية البديلة جاذبية ووفرة لتلبية احتياجات العالم للطاقة في العقود المقبلة، ولحل المشاكل ذات الصلة بأزمة الطاقة التي تهر العالم حالياً وما يرافقها من إرتفاع في أسعار البترول وانبعثات لغازات مضرّة للبيئة.

وخلص فريق الدراسة إلى أنه يمكن للمشروع أن يطلق عبر إنشاء محطة للطاقة الشمسية في ولاية غرداية القريبة من حقول غاز حاسي الرمل، نظراً لكون الموقع تتوفر به جميع الشروط، لاسيما توفرها على مكن شمسي معتبر وكميات ضخمة من المياه قابلة للاستغلال وشبكة أنابيب نقل الغاز العابرة للمتوسط التي ينقل عبرها الهيدروجين وكذا وجود تقنيات ناضجة وفعالة لإنتاجه. وحسب دراسة أجرتها وكالة الفضاء الألمانية أن الجزائر تحوز على أضخم الإمكانيات الشمسية في كامل الحوض المتوسطي، ويقدر حجم الإمكانيات الشمسية للجزائر بنحو 10 أمثال حجم مكامن الغاز الطبيعي التي إكتشفت في حاسي الرمل حسب الدراسة²⁴.

الخاتمة:

إن تسخير الطاقة الشمسية في الصحراء الجزائرية - شمال إفريقيا - لبناء مشاريع مشتركة حاجة ضرورية وملحة لصالح المنطقة ككل سواء شمال إفريقيا أو أوروبا أو العالم، ولهذا فإن الوقت صار مناسباً لبدء النقاش، وتصميم وتنفيذ المشاريع المشتركة لبدء مسيرة المستقبل.

ومن خلال هذه الدراسة إتضح مدى جدوى تنفيذ مشروع المغرب العربي الأوروبي للإنتاج الهيدروجيني الشمسي، حيث يقدم هذا المشروع لكل من بلدان المغرب العربي وبلدان الاتحاد الأوروبي إمكانية تجميع النواقل الطاقوية للهيدروجين عبر الإستخدام المستدام للمكن الشمسي العملاق الذي تخزنه الصحراء الكبرى.

ولا شك أن تنفيذ هذا المشروع الضخم يحتاج في مرحلة أولى إلى مشاورات مكثفة وواسعة بين البلدان، ويتعين أن يساهم في تلك المشاورات رجال السياسة، وأرباب الصناعة، ولهذا فقد كان لزيارة رئيس الجمهورية عبد العزيز بوتفليقة لألمانيا في نوفمبر 2010، الأثر الإيجابي في إعطاء الدفع القوي لهذا المشروع وإعادة دفعه من خلال إتفاقه مع المستشارة الألمانية ميركل على مشروع - ديزرتيك - والذي من خلاله ستعم الفائدة على الجميع وخاصة جنوب حوض البحر المتوسط

قائمة المراجع والإحالات

- ¹ - لا يمكن إستخدام الهيدروجين كوقود إذا لم يكن سائلاً .
- ² -نوفل الأحمد. دور الهيدروجين الشمسي في حماية البيئة، مؤسسة الوحدة للصحافة والطباعة والنشر، 2009/03/02، ص09. جريدة العروبة تم تصفح الموقع http://ouruba.alwehda.gov.sy/_print_veiw.asp?FileName=18653500420090301224412
- ³ -وداد أبة القاسم الأسطى. الهيدروجين الشمسي وقود المستقبل، مجلة الطاقة والحياة عدد2، ليبيا، ديسمبر 1993، ص:86.

- ⁴ - رفعت مثلاً. دور الهيدروجين الشمسي في حماية البيئة من التلوث مجالات واسعة لإستخدام الهيدروجين بشكل آمن ونظيف، جريدة العروبة يومية سياسية، حمص، سوريا، تم تصفح الموقع: http://ouruba.alwehda.gov.sy/_print_veiw.asp?FileName=18653500420090301224412. بتاريخ 2014/06/17.
- ⁵ -وداد أبة القاسم الأسطي، مرجع سابق، ص:91.
- ⁶ - رفعت مثلاً، مرجع سابق.
- ⁷ -مجمع سونلغاز. تطور الطاقات المتجددة في الجزائر، مجموع أوراق فنية، الجزائر، 2007، ص:03.
- ⁸ -تكواشت عماد. واقع وأفاق الطاقة المتجددة ودورها في التنمية المستدامة بالجزائر، مذكرة ماجستير، جامعة باتنة، 2011، ص:144.
- ⁹ - خلود حسام. إقتصاديات طاقة الهيدروجين بين الطاقات المتجددة والتقليدية إمكانية استخدامه كوقود في العالم، أطروحة دكتوراه، جامعة عين شمس، مصر، 2008، ص:23.
- ¹⁰ - عمر شريف. إستخدامات الطاقة المتجددة ودورها في التنمية المحلية المستدامة، أطروحة دكتوراه، جامعة باتنة، 2007، ص:35.
- ¹¹ - محمد التهامي طواهر. " مسيرة قطاع المحروقات في الجزائر (1962-2012): التحديات، أهم الإنجازات والأفاق"، الملتقى الدولي بعنوان خمسون سنة من التجارب التنموية، مركز البحث في الإقتصاد التطبيقي للتنمية، الجزائر، يومي 08-09 ديسمبر 2012، ص:12.
- ¹² - Centre de Développement des Energie Renouvelables, « **Bulletin des énergies renouvelables** », N°9, Bouzaréah, Algérie, Juin 2006, p :27.
- ¹³ -وداد أبو القاسم الأسطي، مرجع سابق، ص:94.
- ¹⁴ -تضم دول مجموعة الخبراء كل من الجزائر، فرنسا، اليونان، إسبانيا، إيطاليا، ألمانيا، سويسرا، تركيا، المملكة المتحدة، ليبيا، تونس، المغرب، مصر.
- ¹⁵ -Bouziane MAHMAH et Autres, « **Projet Maghreb-Europe : Production d'Hydrogène Solaire Phase I : Etude d'Opportunité et de Faisabilité du Projet** », 20^{ème} Congrée mondiale sur l'énergie, Rome, 11-15 novembre 2007, p :03.

- ¹⁶ - لمعي أحمد؛ رحمان آمال. "مستقبل الهيدروجين الشمسي في الجزائر"، الملتقى العلمي الدولي الأول، سلوك المؤسسة الاقتصادية في ظل رهانات التنمية المستدامة والعدالة الاجتماعية، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 20-21 نوفمبر 2012، ص: 265.
- ¹⁷ - نفس المرجع السابق، ص: 266.
- ¹⁸ - المسماة منطقة الوحات الواقع في الجنوب الشرقي للجزائر.
- ¹⁹ - يقدر ما تخزنه طبقة الصحراء الشمالية من المياه بنحو 60 ألف مليار متر مكعب، ويتمتع ذلك الخزان من السعة والحجم ما يمكن من القيام باستغلاله بشكل مستدام، لمزيد من التعمق أنظر:
- A. KHADRAOU, « Gestion de la ressource en eau et des sols dans les oasis algériennes : la vallée de l'oued Righ », Conférence Euro-Africaine(Eau et Territoires), Académie de l'Eau, UNESCO , Paris, 22-23 Mars 2005 ,P :07.
- ²⁰ - Bouziane MAHMAH et autres, Op.cit, p : 06.
- ²¹ - بوزيان مهماء. مشروع المغرب العربي-أوروبا لإنتاج الهيدروجين الشمسي، مجلة النفط والتعاون العربي، أوبك، مجلد 34 العدد 125، الكويت، ربيع 2008، ص: 170.
- ²² Adams. T.M., « Evaluation of Natural Gas Pipeline Materials for Hydrogen Service », Materials Technology Section, Savannah River National Laboratory DOE Hydrogen Pipeline R&D Project Review Meeting, January 5-6 2005, p:09.
- ²³ آمال رحمان. سلمى عائشة كيلي. إقتصاديات الهيدروجين وإمكانات التطبيق لتحقيق التنمية المستدامة، الملتقى الدولي الثاني حول الأداء المتميز للمنظمات والحكومات، الطبعة الثانية نمو المؤسسات والإقتصاديات بين تحقيق الأداء البيئي، جامعة ورقلة، يومي 22-23 نوفمبر 2011، ص: 543.
- ²⁴ جريدة الحوار، اقتراح إنشاء محطة لإنتاج "الهيدروجين الشمسي" بغرداية، أطلع عليه من الموقع: <https://www.djazairiss.com/elhiwar/5824>، بتايخ 2017/12/12.