

دور مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية في الجزائر في تعزيز تبادلها البيئي للطاقة - دراسة تحليلية

The role of solar photovoltaic projects in Algeria in its inter-energy exchange - an analytical study

عبد الرؤوف برحال¹، أ.د. كريمة ربحي²

¹ جامعة البليدة 2، مخبر التنمية الاقتصادية والبشرية بالجزائر (الجزائر)،

eea.berrahal@univ-blida2.dz

² جامعة البليدة 2 (الجزائر)، karimarebhi461@gmail.com

تاريخ الاستلام: 2025/03/15 تاريخ قبول النشر: 2025/05/15 تاريخ النشر: 2025/06/30

المخلص: تتناول هذه الدراسة تحليل دور مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية بالجزائر في تعزيز تبادلها البيئي للطاقة. من خلال استعراض المشهد العالمي للطاقات المتجددة، وتطورات هذا المجال. ثم تحليل واقع الطاقات المتجددة في الجزائر، حيث أظهرت أن الجزائر تمتلك إمكانات طبيعية هائلة من طاقة شمسية، ومخططاً لتطوير مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية طموحاً. لكن لا تزال طاقتها المركبة من الطاقات المتجددة وإنتاجها الكهربائي من الطاقات المتجددة، وإلى غاية سنة 2023 محدوداً. تركّز الدراسة على الفرص المتاحة لتصدير فائض الكهرباء في المنطقة، مدعومة بشبكات الربط الكهربائي الإقليمي. كما تتناول التحديات التي تعترض تحقيق هذا الهدف، مثل التحديات البيئية والجغرافية، والبنية التحتية والتنسيق الإقليمي. ولهذا قُدمت توصيات لتعزيز استثمارات الطاقة الشمسية الكهروضوئية لدعم التبادل الطاقوي في المنطقة.

الكلمات المفتاحية: طاقات متجددة؛ طاقة شمسية؛ طاقة كهروضوئية؛ الطاقة الكهربائية؛ تبادل بيئي.

تصنيف JEL: Q33، Q43.

Abstract: This study examines Algeria's solar photovoltaic initiatives and their potential to boost regional energy interoperability, highlighting the country's vast solar resources and ambitious renewable energy plans despite current limited installed capacity and production as of 2023. It explores opportunities for surplus electricity exports through regional grids while addressing challenges like environmental, infrastructural, and coordination barriers, concluding with policy recommendations to accelerate solar investments and strengthen cross-border energy integration

Keywords: Renewable energy; solar energy; photovoltaic energy; electrical energy; interconnection .

JEL Classification : Q33 ; Q43.

* المؤلف المرسل: عبد الرؤوف برحال

1. مقدمة:

إنّ تطوّر نسب مساهمة الطاقات المتجددة في المزيج الطاقوي تعكس التوجّه العالمي نحو دعم المزيج الطاقوي العالمي بمكونات الطاقات المتجددة من طاقة الشمس وطاقة الرياح وطاقة المياه وغيرها، إذ يعتبر الاستثمار في الطاقات المتجددة وتعظيم الطاقات الإنتاجية المركبة منها ذو أهمية بالغة من الناحية البيئية والاقتصادية والسياسية والاجتماعية.

إنّ تعزيز ودعم مشاريع الطاقات المتجددة يسهم في تجسيد استراتيجيات التنمية المستدامة وخلق مناصب أكثر استدامة، كما يسمح بتحقيق كفاءة استغلال الوقود الأحفوري والحدّ من آثاره السلبية على المناخ والبيئة.

إنّ الجزائر باعتبارها أهم دول شمال إفريقيا في الإنتاج الطاقوي، قد قامت بصياغة استراتيجية طموحة في مجال تعزيز نسبة مساهمة الطاقات المتجددة في مزيجها الطاقوي، خاصة لما تتوفر عليه من احتياطات ضخمة من الطاقة الشمسية، تؤهلها للريادة في استغلال هذا المورد الاستراتيجي في منطقة شمال إفريقيا وحوض البحر الأبيض المتوسط. وسعيًا منها لإنعاش مبادلاتها الطاقية على المستوى الإقليمي والعالمي.

واستنادًا إلى ما سبق تحاول هذه الدراسة من خلال تحليل إمكانيات الجزائر من مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية الحالية والمستقبلية، ومعرفة واقع مبادلاتها الطاقوية للإجابة على السؤال الرئيسي التالي:

- كيف تُسهم مشاريع الطاقة الكهروضوئية في زيادة قدرة الجزائر على التبادل الطاقوي؟

وللإجابة على الإشكالية ندرج الأسئلة الفرعية التالية:

- 1- ما واقع الاستثمارات الدولية في مجال الطاقات المتجددة؟
- 2- ما هي الإمكانيات النظرية والقدرات الحالية لإنتاج الطاقة المتجددة في الجزائر؟

- 3- ما هو دور مشاريع الطاقة الكهروضوئية الحالية والمستقبلية في تعزيز صادرات الطاقة في الجزائر؟

فرضية الدراسة: وللإجابة على الإشكالية نضع الفرضية التالية:

- تسهم مشاريع الطاقة الكهروضوئية للجزائر في تعزيز تبادلها البيئي للطاقة.

ونقوم بطرح الفرضيات الفرعية التالية:

- تشهد الاستثمارات العالمية في الطاقات المتجددة نمواً متسارعاً.
 - تترعّ الجزائر على قدرات طبيعية كبيرة في مجال الطاقات المتجددة في مقابل استغلال محدود لها.
 - مشاريع الطاقة الكهروضوئية تسهم في تعزيز تصدير الطاقة الكهربائية.
- أهمية الدراسة:** تكمن أهمية الدراسة في تسليط الضوء على دور الطاقة الشمسية في الجزائر كمورد طاقي استراتيجي، ومدى أهميته في دعم المزيج الطاقي الوطني، وتنويع مزيج الصادرات، وهو ما يسمح لصناع القرار في الجزائر من الاطلاع على فرص وتحديات اعتماد مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية في التبادل البيئي للطاقة.
- أهداف الدراسة:** تهدف الدراسة إلى تحليل دور مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية في تعزيز التبادل البيئي للطاقة في الجزائر واستكشاف الفرص والتحديات التي تتعلق باستغلالها في تصدير الكهرباء أو البديل الطاقي لها عبر الشبكات المتاحة والمحتملة.
- منهجية الدراسة:** تمّ اعتماد المنهج الوصفي التحليلي من خلال تحليل البيانات المتوفرة من تقارير دولية: تقارير وكالة الطاقة الدولية IEA، والوكالة الدولية للطاقات المتجددة IRENA، ومعهد الطاقة Energy Institute، التي سمحت بتوفير بيانات تطوير مشاريع الطاقة المتجددة في العالم. كما استندنا إلى تقارير الهيئات الحكومية المحلية: وزارة الطاقة والمناجم وتقارير المحافظة السامية للطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية ومركز تطوير الطاقات المتجددة، وشركة سونلغاز.
- تمّ استخدام برنامج المجدول Excel لتنظيم وتصنيف البيانات المجمعة، حيث أدخلت البيانات وتمّ تنسيق المعطيات الطاقوية المتعلقة بالطاقات المركبة وإنتاج الطاقة وتطورها في الفترة 2014-2023، ثم صياغتها في جداول وأشكال بيانية تساعد على توضيح وتحليل البيانات الطاقوية.
- يتم التحليل الكمّي للجداول والأشكال من خلال قياس التطورات المنجزة من مشاريع الطاقة المتجددة في الجزائر وفرص تطوير المبادلات التجارية من الطاقة في ظلّ البرنامج الوطني للانتقال الطاقي في الجزائر آفاق 2035 وتحديد العلاقات واستنتاج النتائج.
- الدراسات السابقة:**

دراسة (إسمهان، 2019)، هدفت الدراسة إلى تحليل جدوى استغلال الطاقة الشمسية في التبادل التجاري الخارجي ودعم صادرات الجزائر. وتوصلت إلى أنّ الطاقات

الأحفورية ستبقى العنصر الأساسي للمبادلات الدولية للطاقة، وأنّ الجزائر تعتبر عنصراً فاعلاً ومحوراً أساسياً في مشاريع تصدير الطاقة الشمسية في شكل طاقة كهربائية أو غاز الهيدروجين الأخضر على الصعيد العربي أو المغربي الأوروبي.

دراسة (بولقرينات س، لشهب م، 2023)، هدفت الدراسة إلى بيان واقع دول العالم في الإنتاج من الطاقات المتجددة وأهم إنجازات استغلال مصادر الطاقات المتجددة في الجانب الاقتصادي وغيره، توصلت الدراسة إلى تشخيص جزء هام من واقع الطاقات المتجددة على الصعيد العالمي، إذ يعتبر انخفاض تكاليف الطاقات المتجددة سبباً في ارتفاع نسبة نموها إلى 15% سنوياً سنة 2021 تصدرت فيها الصين ثمّ الو.م.أ ثمّ ألمانيا صدارة الإنتاج الطاقوي من الطاقات المتجددة. أمّا على الصعيد المحلي فإنّ إنتاج الطاقة من المصادر المتجددة. أمّا على الصعيد المحلي فإنّ إنتاج الطاقة من الطاقات المتجددة في الجزائر لا يزال محدوداً جداً إلى غاية 2021.

دراسة (شايب عينو ع، عاشوري ن، 2024)، هدفت الدراسة إلى إبراز أهمية التحوّل الطاقوي في تغطية الطلب المحلي للطاقة في ظلّ الاستهلاك المتزايد لها من جهة، ودعم عرض الصادرات من الطاقة من جهة أخرى. وتوصلت الدراسة إلى أنّ بلوغ غاية تحقيق الاكتفاء الذاتي ودعم صادرات الطاقة في الجزائر يستدعي العمل على ترشيد الاستهلاك الداخلي، وتنويع المصادر الطاقوية خاصة الطاقة الشمسية، وإدراج ابتكارات لتعزيز القدرات التصديرية لقطاع الطاقة.

-أهم ما يميّز دراستنا عن الدراسات السابقة:

جاء دراستنا لتكمّل هذه الدراسات فيما يتعلق بأهمية معدلات تطور الطاقات المتجددة في المزيج الطاقوي العالمي، ومدى إمكانية الجزائر من مواكبة هذه المعدلات بما تترجّع عليه من إمكانيات طبيعية معتبرة. كما تتوافق مع بقية الدراسات في اعتماد أداة تحليل البيانات، والتي يتم الحصول عليها من التقارير الطاقوية وذلك من خلال جداول السلاسل الزمنية والمنحنيات البيانية لبيان البعد التنموي لمشاريع الطاقة المتجددة.

أمّا ما تميّزت به دراستنا، فهي تسلّط الضوء على تحليل واقع الإنتاج الطاقوي من المصادر المتجددة إلى غاية سنة 2023، والتطلع لمستقبل إنتاج الطاقة من الطاقة الشمسية الكهروضوئية في ظلّ البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي أفق 2035، ودوره في تعزيز التبادل التجاري في المنطقة مع إبراز أهم الفرص والتحديات.

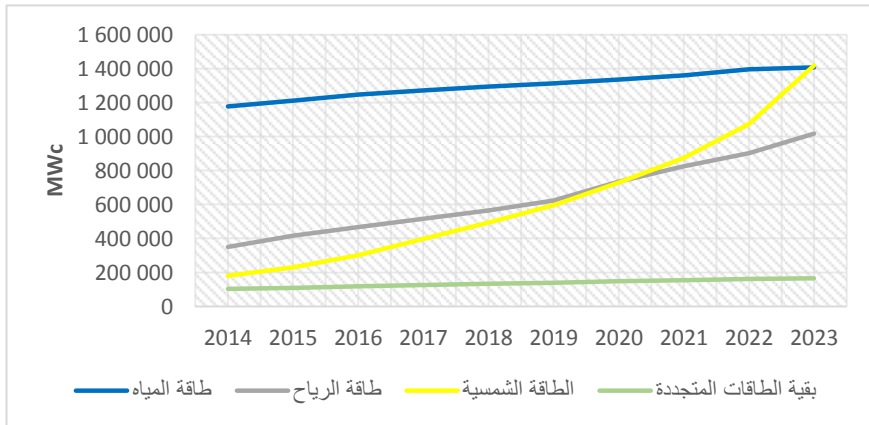
2. المشهد العالمي للطاقات المتجددة:

لقد بلغت حصة الطاقات المتجددة سنة 2023 ما يقارب 14,68% من إجمالي المزيج الطاقوي العالمي، والذي يشمل مجموع الإنتاج الطاقوي العالمي من مختلف المصادر الطاقوية: الأحفورية والنووية والمتجددة، حيث بلغ الإنتاج الطاقوي من الطاقات المتجددة 91 EJ (Energy Institute , 2024) أي ما يعادل $10^4 \times 7782,527$ تيراوات ساعي TWh، في مقابل 504 EJ من الوقود الأحفوري: فحم ونفط وغاز طبيعي، أي ما يمثل أكثر من خمسة أضعاف الطاقة المنتجة من الطاقات المتجددة، وفي هذا السياق نستعرض التطور الذي شهده العالمي في مجال الطاقات المتجددة.

1.2 تطور الطاقة المركبة من الطاقات المتجددة في العالم 2014-2023.

إن أهمية دراسة التطور والنمو الحاصل في مجال الطاقات المركبة من الطاقات المتجددة باختلاف مصادرها، يتيح لنا الاستشراف على التوجه العالمي في هذا المجال، وفي سبيل تحقيق ذلك نستعرض الشكل (1) لتوضيح تطور الطاقة المركبة من الطاقات المتجددة في العالم في الفترة 2014-2023:

الشكل (1): تطور الطاقة المركبة للطاقات المتجددة 2014-2023



المصدر: من إعداد الباحثين باعتماد المعطيات من Energy Institute.

- نلاحظ أنّ المزيج الطاقوي المتجدد كان يعتمد أساساً على طاقة المياه، باعتبارها تمثل ما نسبته 65% من مجموع الطاقة المركبة سنة 2014 وبقيت حصتها تتجاوز 50% إلى غاية سنة 2018، لتصل حصتها من الطاقة المركبة 35% في سنة 2023، بسبب تطور

حصص المصادر المتجددة الأخرى. تطورت الطاقة المركبة من سنة 2014 إلى سنة 2023 بنسبة 19,63%، فهي تعتبر أكثر نضجا من بقية المصادر المتجددة الأخرى.

- تمثل طاقة الرياح سواء البرية أو البحرية ما نسبته 25,37% من الطاقة المركبة من الطاقات المتجددة بقدرة 1017,2 جيجاوات، حيث تطورت الطاقة المركبة بمعدل 191,11% بين سنة 2014 و 2023.

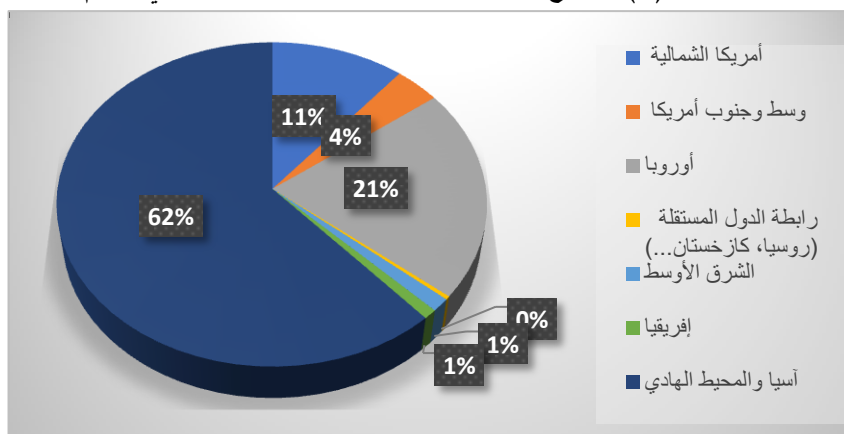
- إنّ الطاقة الشمسية وبعبارة أدق الطاقة الشمسية الكهروضوئية باعتبارها تمثل 99,52% منها سنة 2023، تعتبر ذات أهمية بالغة في المزيج الطاقوي العالمي المتجدد، فهي تمثل 35,22% من الطاقة المركبة من الطاقة المتجددة سنة 2023 من جهة، وتطورت بمعدل 685% في خلال العشر سنوات الأخيرة من جهة أخرى، فقد أصبحت الطاقة الشمسية الكهروضوئية تحقق كفاءة طاقوية واقتصادية عالية.

- بقية الطاقات المتجددة التي تمثل مجموع طاقة الكتلة الحيوية وطاقة حرارة الأرض وطاقة البحرية (الأمواج والمد والجزر) تمثل 4,13% من الطاقة المركبة للطاقات المتجددة، تطورت الطاقة المركبة منها بنسبة 61,43% بين سنة 2014 و 2023. يعتبر ارتفاع تكاليف الاستثمار والتشغيل أهم أسباب انخفاض معدل حصتها ونموها.

2.2 نسب المشاركة الدولية في الطاقة المركبة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح:

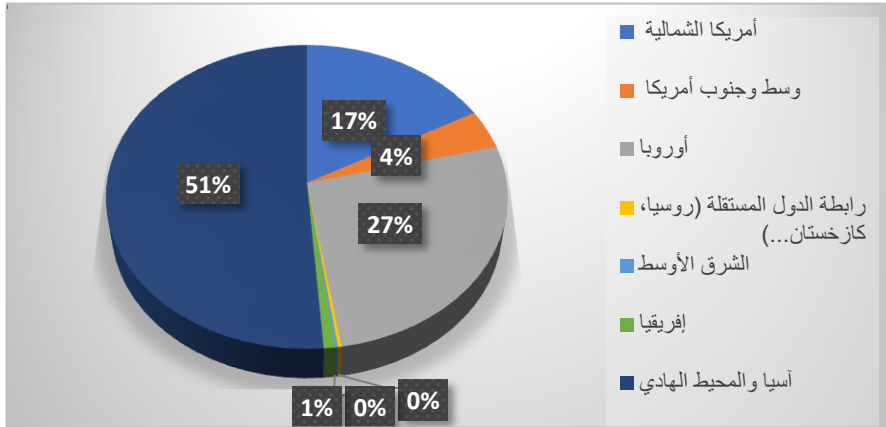
تتفاوت نسب مشاركة الدول في الطاقة المركبة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، ومن خلال الشكل (2) والشكل (3) نوضح توزيع الطاقة المركبة:

الشكل (2): توزيع الطاقة المركبة من الطاقة الشمسية في العالم



المصدر: من إعداد الباحثين باعتماد المعطيات من Energy Institute.

الشكل (3): توزيع الطاقة المركبة من طاقة الرياح في العالم



المصدر: من إعداد الباحثين باعتماد المعطيات من Energy Institute.

- نلاحظ أنّ حصة آسيا والمحيط الهادي تمثل الحصة الأكبر بنسبة: 62% و 51% من الطاقة المركبة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح على التوالي. حيث تصدر الصين دول العالم بنسبة 43% من الطاقة العالمية للطاقة الشمسية ومن الطاقة العالمية من طاقة الرياح، والهند واليابان معا يشكلان نسبة 11,3% من الطاقة العالمية للطاقة الشمسية. تتطور الطاقة المركبة من الطاقة الشمسية في شرق آسيا بمعدلات عالية جدًا، حيث حققت نسبة تطور 38% بين سنة 2022 و 2023 بفارق 241406 ميغاوات، ساهمت الصين فيه بـ: 216889 ميغاوات أي بنسبة 90%.

- تمثل حصة أمريكا الشمالية وأوروبا في الطاقة المركبة من الطاقة الشمسية: 11% و 21% على التوالي، وحصة 17% و 27% على التوالي من الطاقة المركبة من طاقة الرياح. حققت أوروبا معدل نمو 23% و 7% في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح على التوالي بين سنة 2022 وسنة 2023. في حين تطورت الطاقة المركبة للطاقة الشمسية وطاقة الرياح لأمريكا الشمالية بمعدل: 21% و 5% على التوالي بين سنة 2022 و 2023.

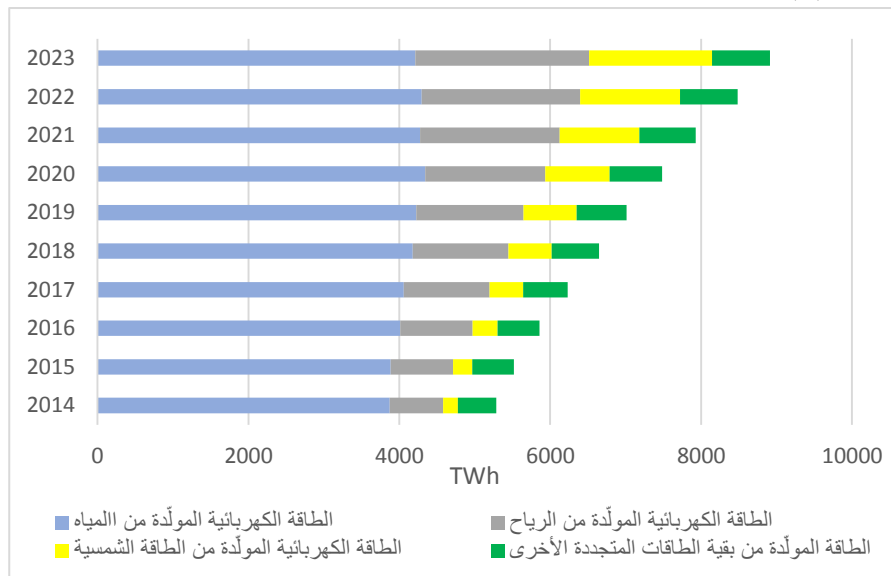
- تمثل كل من وسط وجنوب أمريكا ورابطة الدول المستقلة وإفريقيا ودول الشرق الأوسط بمجموعها ما نسبته: 6% و 5% من الطاقة المركبة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح على التوالي. وتطورت الطاقة المركبة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح بالتوالي بين سنة 2022 و 2023 بمعدل: (39% و 18% في وسط

وجنوب أمريكا) و(33% و20% في الشرق الأوسط) و(24% و13% في رابطة الدول المستقلة: روسيا وكازخستان وغيرها) و(6% و12% في إفريقيا).
- مع أنّ العالم يتّجه نحو رفع قدرات الطاقات المتجددة في المزيج الطاقوي، إلّا أنّه تتفاوت الطاقات المركبة ومعدلات نمو حصص الطاقات المتجددة، لأسباب عديدة أهمها: اختلاف تكاليف التأسيس والتشغيل للطاقات المتجددة بين الدول، انخفاض احتياطي الطاقة الشمسية وطاقة الإشعاع الشمسي في العالم، وانخفاض تكاليف الوقود الأحفوري في ظلّ توفر المنشآت القاعدية للتشغيل، وانعدام البنية التحتية للطاقات المتجددة من نقل وتخزين وغيرها.

3.2 تطور توليد الكهرباء من الطاقات المتجددة في العالم:

تطورت الطاقة الكهربائية المولّدة من الطاقات المتجددة في العالم بمعدل 69% بين سنة 2014 وسنة 2023، ومن خلال الشكل (4) نستعرض هذا التطور حسب تركيبة المزيج الطاقوي العالمي للطاقات المتجددة:

الشكل (4): تطور الطاقة الكهربائية حسب المصادر الطاقوية المتجددة 2014-2023

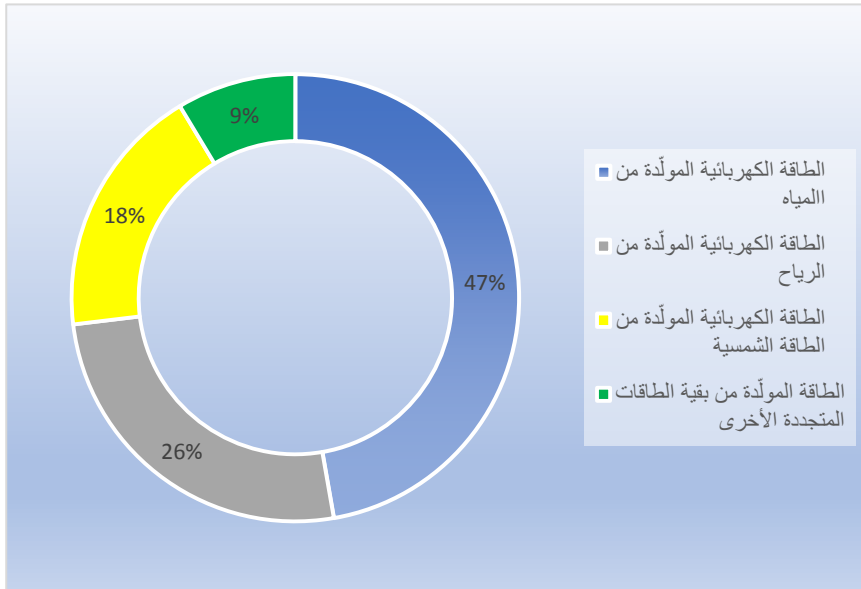


المصدر: من إعداد الباحثين باعتماد المعطيات من Energy Institute.

- نلاحظ أنّ الطاقة الكهربائية المولّدة من الطاقات المتجددة في سنة 2023 قد بلغت 8914 تيراوات ساعي، وهو ما يمثل ما نسبته 30% من إجمالي الطاقة الكهربائية المولّدة في العالم التي بلغت 29479,05 تيراوات ساعي.

- كانت حصص المصادر الطاقوية في توليد الكهرباء كما يلي: طاقة المياه (الهيدروليكية) بنسبة 47%، وطاقة الرياح بنسبة 26%، الطاقة الشمسية بمعدل 18%، وبقية المصادر المتجددة الأخرى بمعدل 9%. وهو موضح في الشكل (5):

الشكل (5): حصص الطاقات المتجدد من توليد الكهرباء سنة 2023



المصدر: من إعداد الباحثين باعتماد المعطيات من Energy Institute.

- إنَّ اختلاف حصة الطاقة المركبة من مصدر طاقي، مع حصته في توليد الكهرباء، يرجع إلى طاقة التشغيل والمدة اللازمة لإدخال المحطات الطاقوية المنجزة إلى الخدمة، ومشاريع الربط بشبكات النقل والتوزيع في حالة عدم توفر منظومات التخزين الكهربائي.

3. تحليل الإنتاج الطاقوي من الطاقات المتجددة في الجزائر.

تعتبر الجزائر من الدول ذات الإمكانيات الطبيعية معتبرة من الطاقات الأحفورية من غاز طبيعي وبنفط، والطاقات المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.

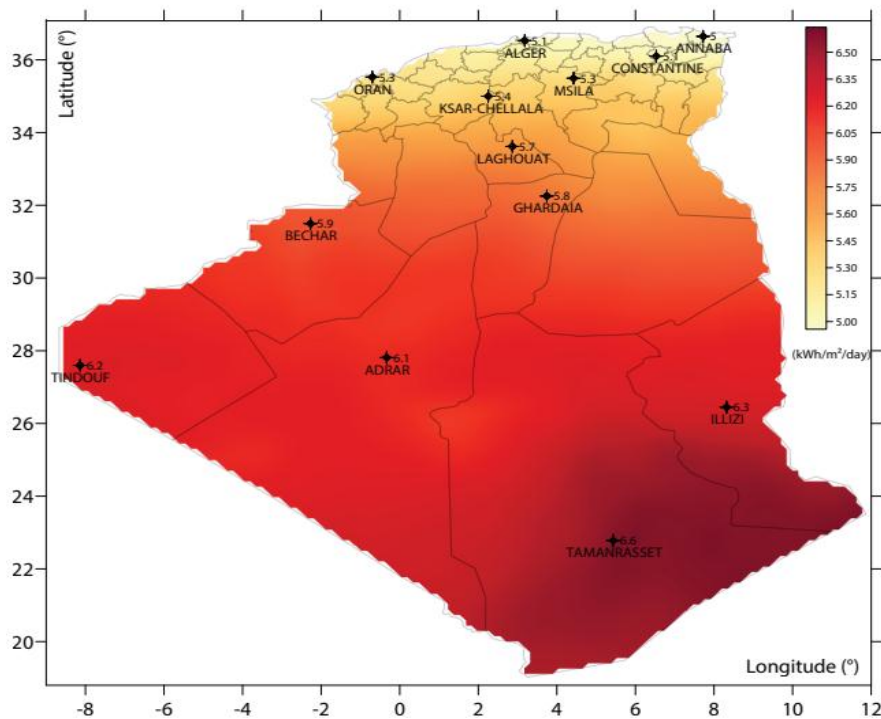
1.3 الإمكانيات الطبيعية من الطاقات المتجددة:

يرتكز المزيج الطاقوي للطاقات المتجددة الحديث على عنصرين أساسيين: الطاقة الشمسية وطاقة الرياح باعتبار الفعالية الطاقوية لها، وزيادة الكفاءة الاقتصادية خاصة في الخمس (05) سنوات الأخيرة.

أ- الطاقة الشمسية (كهروضوئية):

تتربع الجزائر على احتياطات ضخمة من الإشعاع الشمسي يمكن تلخيصها في الشكل (6):

الشكل (6): خريطة الطاقة الكهروضوئية المحتملة للجزائر



Source: (CDER, 2019, Algerian Renewable Energy Resource Atlas, P.8).

* تتلخص إمكانيات الطاقة الكهروضوئية لمنطقتي الهضاب العليا والصحراء في الجدول (1):

الجدول (1): الطاقة المحتمل توليدها من الطاقة الكهروضوئية في الجزائر

المناطق الجغرافية		الهضاب العليا	الصحراء
المساحة	%	%10	%86
	كم2	0,24 مليون كم2	2,05 مليون كم2
معدل الطاقة المحصل عليها	ك واط سا/م2 في اليوم	5 - 4,5	6 - 5
	ك واط سا/م2 في السنة	1825-1640	2190-1825
متوسط الطاقة المحصل عليها سنوياً: ك واط ساعة/ كم2		1732500	2007500
عدد ساعات السطوع الشمسي في السنة		2000	3000
متوسط الطاقة المحصل عليها سنوياً عند التشغيل حسب عدد ساعات السطوع الشمسي ك واط سا/ كم2		3465000000 أي $10^9 * 3,465$	6022500000 أي $10^9 * 6,0225$
الطاقة المحتملة للمنطقة ك واط ساعي Kwh		$10^{12} * 831,6$	$10^{12} * 12346,125$
الطاقة الشمسية المحتملة الإجمالية / السنة	ميغاواط ساعي	$10^9 * 831,6$	$10^9 * 12346,125$
	جيجاواط ساعي	$10^6 * 831,6$	$10^6 * 12346,125$
	تيراواط ساعي	$10^3 * 831,6$ أي 831600	$10^3 * 12346,125$ أي 12346125
		13 177 725 تيراواط ساعي	
الطاقة المستخرجة حسب كفاءة الألواح الشمسية بنسبة 20%		تيراواط ساعي	2,6 مليون تيراواط ساعي
ما يعادل ما استهلكه في سنة 2021	الجزائر 84728 gwh	30 ألف مرة	
	العالم Twh28466,3	90 مرة	

المصدر: من إعداد الباحثين.

تتوافق مع ما أفاد به المستشار والباحث في مجال الطاقات المتجددة محمد حمودي.

(وكالة الأنباء الجزائرية، <https://www.aps.dz/ar/economie/63867-2-6>)

(2024/07/18.)

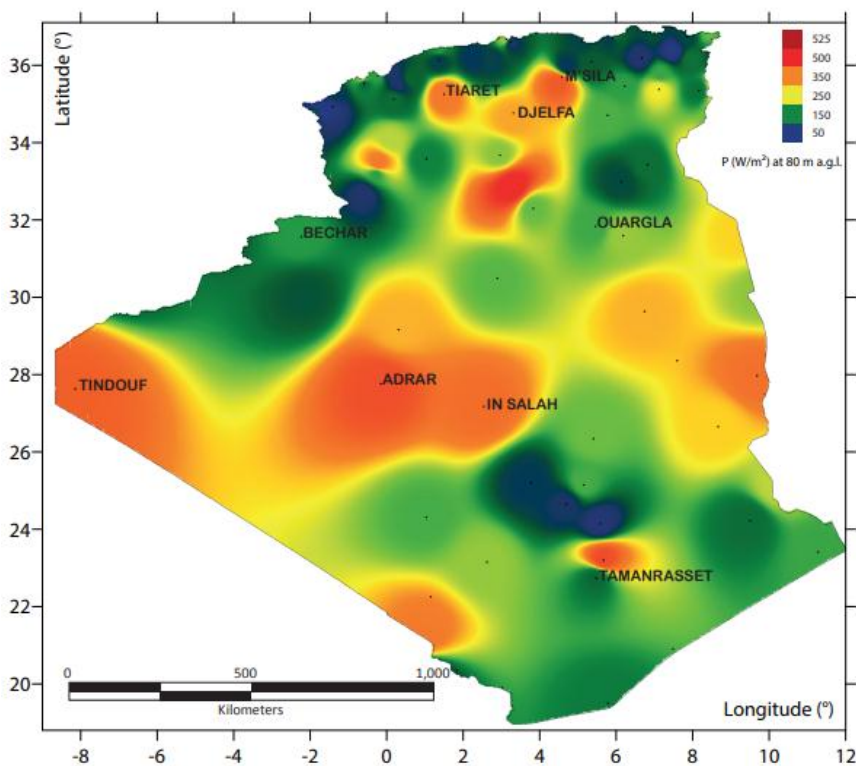
ب- طاقة الرياح:

لا تقل أهمية المقومات الطبيعية لطاقة الرياح في الجزائر عن الطاقة الشمسية حيث

تتربع الجزائر على عديد المناطق المؤهلة لإنشاء مزرعة رياح والتي تسمح بتوليد 300

إلى 400 واط/م² على ارتفاع 50 متر كما هو موضح في الشكل (7):

الشكل (7): خريطة متوسط كثافة طاقة الرياح للجزائر



Source: (CDER, 2019, Algerian Renewable Energy Resource Atlas, P.25).

- نلاحظ أهمية المواقع ذات اللون البرتقالي والأحمر، والتي تتوفر أكثر بالمناطق الصحراوية من الغرب إلى الشرق، بين الدرجة 260 والدرجة 300 شمال، مع وجود مواقع أخرى، مثل منطقة الأغواط والجلفة وتيارت وغيرها.

2.3 المشاريع المنجزة في مجال الطاقات المتجددة:

تمكنت الجزائر من إنجاز طاقة مركبة بقدرة إنتاجية 511 ميغاواط إلى غاية 2023، تتلخص المشاريع المنجزة في شعبة الطاقة الشمسية كما هو موضّح في الجدول (2):

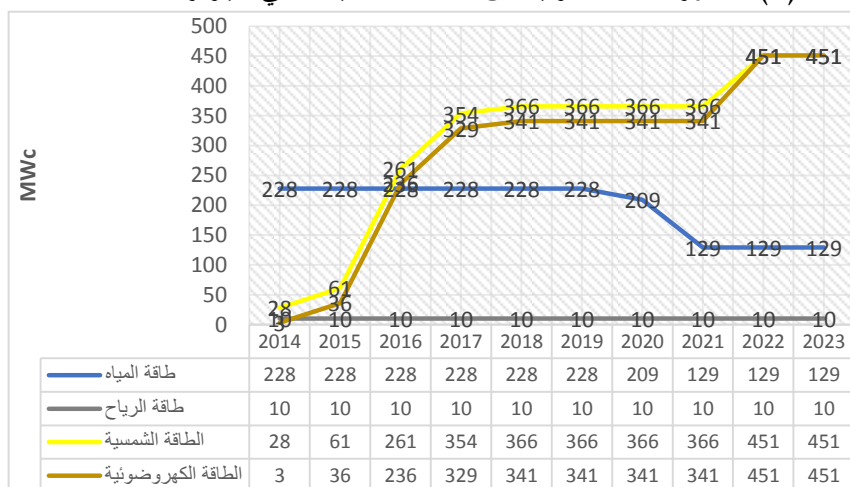
الجدول (2): المشاريع المنجزة من الطاقة الشمسية في الجزائر 2023:

المشروع	المصدر الطاقوي	الطاقة الإنتاجية المركبة
المتصلة بالشبكة: - محطة CSP حاسي رمل - محطة غرداية - 22 محطة لشركة SKTM - محطة بئر ربعة ورقلة	- الطاقة الشمسية المركزة - الطاقة الكهروضوئية - الطاقة الكهروضوئية - الطاقة الكهروضوئية	- 25 ميغاواط - 1,1 ميغاواط - 343 ميغاواط - 10 ميغاواط
المعزولة: - المنجزة من طرف مختلف الوزارات	- - الطاقة الكهروضوئية	- 21 ميغاواط
مشروع 100 ميغاواط من مشروع CREG 150 ميغاواط	- - الطاقة الكهروضوئية	100 ميغاواط
المجموع		511 ميغاواط

المصدر: من إعداد الباحثين باعتماد معطيات (2020) CERFE.

إن تتطور المشاريع المنجزة من الطاقات المتجددة في الجزائر يتلخص في الشكل (8):

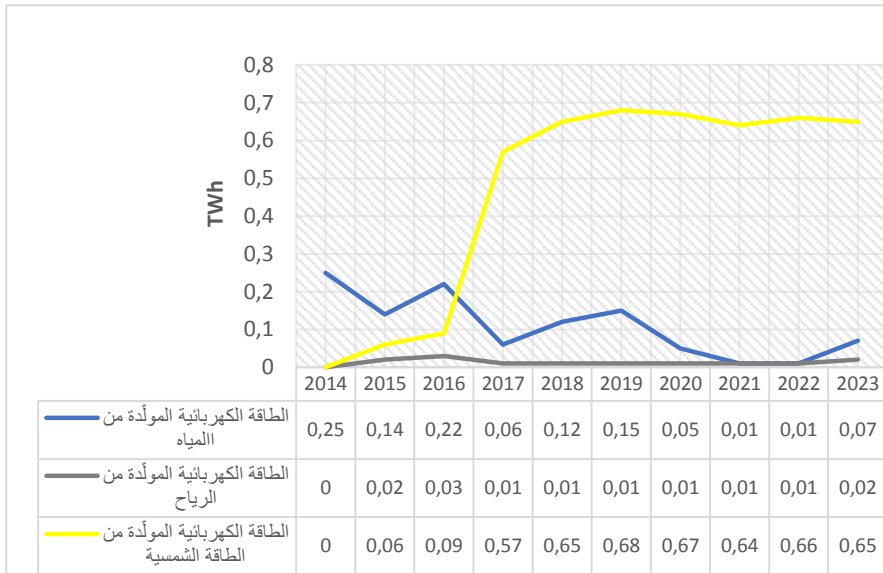
الشكل (8): تتطور الطاقة المركبة من الطاقات المتجددة في الجزائر 2014-2023



المصدر: من إعداد الباحثين باعتماد المعطيات من Energy Institute.

- نلاحظ تناقص الطاقة المركبة من طاقة المياه، باعتبار موجة الجفاف التي مست الجزائر في العقدين الأخيرين. أمّا طاقة الرياح فهي ثابتة بطاقة 10 ميغاوات تمثلت في محطة تكبرتين بأدرار، تمّ إنجاز هذا المشروع في المرحلة الأولى لتقييم الكفاءة الطاقوية والاقتصادية، والتي تمّ فيها إنجاز محطة الطاقة الكهروضوئية بواد نشو في غرداية بقدرة 1,1 ميغاوات.
- تطورت الطاقة المركبة من الطاقة الشمسية بمعدل 1510% بين سنة 2014 و2023، لتبلغ الطاقة المركبة الموصولة بالشبكة الوطنية 451 ميغاوات سنة 2023، وهو ما يمثل نسبة 76% من الطاقة المركبة من الطاقات المتجددة.
- تمكنت الجزائر من تطوير قدراتها من توليد الكهرباء بمعدل 236% بين سنة 2015 و2023 ويتضح هذا من خلال الشكل (9):

الشكل (9): تطور الطاقة الكهربائية المولدة من الطاقات المتجددة في الجزائر



المصدر: من إعداد الباحثين باعتماد المعطيات من Energy Institute.

- بلغ إجمالي الطاقة الكهربائية المولدة من الطاقات المتجددة 0,74 تيراوات ساعي، أي 740 جيجاوات ساعي في سنة 2023 بحصة 88% من الطاقة الشمسية الكهروضوئية.

- تطورت الطاقة الكهربائية المولدة من الطاقة الشمسية بمعدل 983% بين سنة 2015 وسنة 2023، أي بـ 10 أضعاف، ولكن لم تتجاوز الطاقة الكهربائية المولدة من الطاقة الشمسية نسبة 1% من مجموع الطاقة الكهربائية المنتجة سنة 2023.

3.3. المشاريع التي في طور الإنجاز والمستقبلية

قد تم إطلاق برنامج طموح في مجال مشاريع الطاقات المتجددة، يهدف لإنجاز 15000 ميغاوات تنتج من محطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية بآفاق سنة 2035، تحت وصاية وزارة الطاقة والمناجم، وقد شرعت شركة سونلغاز في إمضاء عقود المناقصات مع المؤسسات الفائزة بالمناقصات في مشروعين:

- مشروع 2000 ميغاواط من الطاقة الشمسية الكهروضوئية، ممثلة في 15 محطة متصلة بالشبكة الوطنية بقدرات إنتاجية ما بين 80 و220 ميغاوات.

- مشروع 1000 ميغاواط SOLAR من الطاقة الشمسية الكهروضوئية، ممثلة في خمس (05) محطات متصلة بالشبكة الوطنية بقدرات إنتاجية ما بين 50 و 300 ميغاواط.
- تظهر مواقع المشاريع المنجزة والتي هي قيد الإنجاز في خريطة الجزائر في الشكل (10):

الشكل (10): خريطة مشاريع الطاقة المتجددة المنجزة وقيد الإنجاز في الجزائر 2023



المصدر: الموقع الرسمي لسونلغاز، <https://www.sonelgaz.dz/>. 2024/09/18.

15:30

4. دور مشاريع الطاقة الكهروضوئية في تعزيز التبادل البيئي للطاقة للجزائر.

إنّ تطوير الطاقة الكهروضوئية في الجزائر يعزّز من التبادل البيئي للطاقة من خلال رفع الإنتاج الطاقوي من المصادر المتجددة من جهة، وتوفير الوقود الأحفوري المعتمد في الإنتاج الكهربائي من جهة أخرى.

1.4 دور الإنتاج الطاقوي من الطاقة الكهروضوئية في تعزيز مبادلات الكهرباء في

الجزائر:

يظهر الجدول (3) تطوّر الطاقة الكهربائية المنتجة والمحمّل إنتاجها في ظل البرنامج الوطني للطاقت المتجددة والذي يسعى للوصول إلى 4000 ميغاواط في سنة 2024 و 15000 ميغاواط بآفاق 2035 متصلة بالشبكة الوطنية:

الجدول (3): تطور إنتاج الطاقة من مشاريع الطاقة الكهروضوئية والتبادل البيئي للكهرباء في الجزائر

2035 (المحتمل)	2024 (المحتمل)	2022	2021	2020	
15000	4000	451	341	341	الطاقة المركبة من الطاقة الكهروضوئية MWC
2000	2000	1463	1877	1965	عدد ساعات التشغيل المحتملة سنوياً
30	8	0,66	0,64	0,67	الطاقة الكهربائية المنتجة من الطاقة الكهروضوئية TWh
-	-	2,573	1,529	0,574	الطاقة الكهربائية المصدرة TWh
-	-	0,181	0,379	0,513	الطاقة الكهربائية المستوردة TWh

المصدر: من إعداد الباحثين باعتماد التقارير الطاقوية لوزارة الطاقة والمناجم 2011، 2022.

- تتوفر الجزائر على طاقة مركبة لإنتاج الكهرباء تغطي احتياجاتها بقدرة: 25342 ميغاوات سنة 2023، حققت من خلال استغلال هذه الطاقة إنتاج طاقة كهربائية بقيمة: 89,996 تيراوات ساعي سنة 2023، فمحطات التوليد الكهربائي تشغل بـ 3500 ساعة سنوياً أي بمعدل تشغيل 40% من الطاقة الكلية.
- تتمثل إشكالية التوليد الكهربائي في ذروة الاستهلاك، التي تتنامى كل سنة في الفترة الصيفية، حيث بلغت ذروة سنة 2023: 18697 ميغاوات في 23 جويلية على الساعة 14:15، حيث تشغل الطاقة المركبة بنسبة 74%.
- تندرج الصادرات من الطاقة الكهربائية للجزائر في شبكة الربط بين دول الجوار في المغرب العربي، بين الجزائر وتونس وليبيا والمغرب للتبادل الكهربائي، خاصة في وقت الذروة التي تختلف بين الدول. وفي هذا السياق قد بلغت صادرات الجزائر من الطاقة الكهربائية 2,573 تيراوات ساعي سنة 2022 بمعدل نمو 348% مقارنة بسنة 2020.

- تمكنت قدرات الطاقة الكهروضوئية من تغطية صادرات الطاقة الكهربائية لسنة 2020 و 2021 و 2023 بما نسبته: 117% و 42% و 26% على التوالي. ويفسر هذا التناقص بارتفاع معدل نمو الصادرات من الكهرباء عن الطاقة المنتجة من الطاقة الكهروضوئية. أما في ظل دخول المشاريع المستقبلية حيز الخدمة فستتوفر قدرة 8 تيراوات ساعي سنوياً، بمعدل ارتفاع يقدر بـ: 1112% بين سنة 2022 و 2024، في حين ستتضاعف بـ 44 ضعف بأفاق 2035، وهو ما يسمح بدعم مزيج الصادرات بمنتوج أكثر استدامة.

- أما من جهة الواردات من الطاقة الكهربائية فقد انخفضت بمعدل (65%-) بين سنة 2020 و 2022، ويحتمل تقليص الواردات التجارية من الطاقة الكهربائية لتتامي قدرة الطاقة الكهربائية من الطاقة الكهروضوئية.

2.4. دور مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية في توفير الوقود الأحفوري في الجزائر:

تعتمد الجزائر في توليد الكهرباء على الطاقات الأحفورية (الغاز الطبيعي، البترول، ...) بما يقدر بـ: 99% وإلى غاية سنة 2022، ولذا تسعى الجزائر من خلال مخططاتها للانتقال الطاقوي الهادف إلى إنجاز 16000 ميغاواط في آفاق 2035 إلى توفير 240 مليار متر مكعب سنوياً من الغاز الطبيعي (مخطط عمل الحكومة 2020، ص28)، وهو ما يساوي 226800 كيلو طن مكافئ نفط (K Tep) ما يسمح بتوليد 19,5 تيرا وات ساعي سنوياً (تيرا وات ساعة = 0.086 مليون طن مكافئ نفط)، وهو ما يمثل 22% من الطاقة الكهربائية المنتجة في سنة 2023. وفي الجدول (4) نلخص قدرات الوقود الأحفوري التي ستوفر لدعم الصادرات من المنتوجات الطاقوية. (نعيم، 2024، صفحة

(271)

الجدول (4): تطور كميات الغاز الطبيعي الموقرة من مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية في الجزائر

2035	2024	2022	
30	8	0,66	الإنتاج الكهربائي من الطاقات المتجددة TWh
240	64	5,28	كمية الغاز الطبيعي الموقر (مليار متر مكعب)
275%	1112%		معدل تطور الغاز الموقر
226800	60480	4989,6	كمية الغاز الطبيعي الموقر (Tep K)
		33 535	الصادرات من الغاز الطبيعي 2022
676%	180%	15%	نسبة كمية الغاز الموقر من صادرات منه سنة 2022
		95 857	الإنتاج الطاقوي من الغاز الطبيعي 2022
237%	63%	5%	نسبة كمية الغاز الموقر من إنتاج الغاز الطبيعي سنة 2022

المصدر: من إعداد الباحثين.

- تتزايد كمية الغاز الطبيعي الموقرة من مشاريع الطاقة الكهروضوئية لتصل إلى: 64 مليار متر مكعب، ما يعادل قرابة 60,5 مليون طن مكافئ نفط، بمعدل نمو: 11 ضعف بين سنة 2022-2024، بعد تجسيد 4000 ميغاوات بنهاية سنة 2024. تمثل كمية الغاز الطبيعي الموقرة في سنة 2024: 180% من صادرات الغاز الطبيعي لسنة 2022، و63% من كمية الغاز الطبيعي المنتجة في سنة 2022.
- يتوقع أن توفر مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية 240 مليار متر مكعب من الغاز الطبيعي، ما يعادل 226,8 مليون طن مكافئ نفط، بمعدل نمو: 275% بين سنة 2024 و2035، بعد تجسيد 16000 ميغاوات بآفاق 2035. تمثل كمية الغاز الطبيعي الموقرة بآفاق 2035: 676% من صادرات الغاز الطبيعي لسنة 2022، و237% من كمية الغاز الطبيعي المنتجة في سنة 2022.

5. الخاتمة:

في ختام هذه الدراسة، يمكن التأكيد على أن للجزائر إمكانات هائلة من الطاقة الشمسية الكهروضوئية تؤهلها لتكون محوراً أساسياً في تعزيز التبادل البيئي للطاقة في المنطقة.

من خلال تحليل المشهد العالمي للطاقات المتجددة، وواقع هذا القطاع في الجزائر، ودور مشاريع الطاقة الشمسية في تعزيز المبادلات الطاقوية، تم التوصل إلى مجموعة من النتائج التي تسلط الضوء على الفرص المتاحة والتحديات التي تواجه هذا القطاع.

1.5. الفرص:

تكمّن أهم الفرص في تعزيز التبادل البيئي للطاقة من خلال مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية فيما يلي:

- تتمتع الجزائر بموقع جغرافي استراتيجي حيث تتوسط دول شمال إفريقيا: المغرب وتونس وليبيا ما يسمح بتنمية التبادل التجاري للطاقة، مع إمكانية تصدير الطاقة النظيفة من كهرباء وهيدروجين عبر الربط مع قارة أوروبا.
- وفرة مورد الطاقة الشمسية في ظل المساحة الشاسعة، بإشعاع يعتبر الأعلى في العالم وبمدة سطوع تتجاوز 3000 ساعة سنوياً ما يؤهل إلى إنتاج الطاقة بكفاءة اقتصادية عالية.
- توفر شبكة الربط ذات الجهد العالي 400 كيلوفولط، والتي تربط الشبكة الوطنية لنقل الكهرباء وتتصل بدول الجوار: تونس والمغرب. مع أهمية البنية التحتية لمشاريع الطاقة الشمسية الموزعة على ربوع الوطن.
- مبادرات التعاون الإقليمية التي تدعم الربط الطاقوي الإقليمي وتشجع دول البحر الأبيض المتوسط على تبادل الطاقة المتجددة. الجزائر يمكن أن تكون جزءاً رئيسياً من هذه المبادرات.

2.5. التحديات:

- تعتبر التحديات البيئية والجغرافية عائقاً هاماً، حيث ورغم توفر الصحراء على طاقة سطوع ومدة سطوع شمسي أكبر، إلا أنّ ما تتميز به من ارتفاع درجات الحرارة وهبوب العواصف الرملية تقلل من كفاءة الألواح الشمسية وتستدعي أعمال صيانة مكثفة تؤدي لرفع تكاليف التشغيل. ومن جهة أخرى قد تتواجد

محطات التوليد الكهربائي من الطاقة الكهروضوئية في مناطق بعيدة عن مناطق الاستهلاك العالي أو شبكات النقل والتبادل الدولي ما يؤثر على كميات الإنتاج الكهربائي، بفعل فقدان الطاقة الكهربائية.

- البنية التحتية لنقل وتخزين الطاقة النظيفة من شبكات النقل ذات الجهد العالي بين دول حوض البحر الأبيض المتوسط، ومنظومات التخزين الطاقوي التي تسمح بالاستفادة من الإنتاج الكهربائي في وقت الفائض، وهذا الذي يتطلب تأمين التمويل اللازم لهذا الاستثمارات الكبيرة وهو تحدّ آخر.
- عدم الاستقرار الأمني للمنطقة خاصة في الجنوب يجعل المناطق الصحراوية عرضة للتوتر الأمني والأنشطة الإرهابية، وهو ما يهدد سلامة المنشآت الطاقوية من محطات وشبكات النقل.

بناءً على هذه النتائج، تم اقتراح مجموعة من التوصيات التي تهدف إلى تعزيز قدرات الجزائر في الاستفادة من مواردها الشمسية ودعم التنمية المستدامة.

- التوصيات:

- تعزيز الاستثمار في الطاقات المتجددة وخاصة الطاقة الشمسية الكهروضوئية، في المناطق التي تسمح من رفع الكفاءة الطاقوية وذات الفعالية الاقتصادية.
- توسيع الشبكة الوطنية لنقل الكهرباء ذات الجهد العالي إلى المناطق الجنوبية في الصحراء وإلى مواقع المحطات الكهروضوئية، ودعم مشاريع التخزين الطاقوي لتعظيم الاستخراج الطاقوي في فترات الفائض.
- دعم نشاطات البحث والابتكار في مجال الطاقات المتجددة وتعزيز البرامج التعليمية والتدريبية المتخصصة بما يسمح بتطوير حلول تكنولوجية وتقنية للتحديات المحلية.
- تعزيز التنسيق الدولي مع دول الجوار ودول حوض البحر الأبيض المتوسط من خلال اتفاقيات وأطر تنظيمية تدعم تبادل الطاقة النظيفة في المنطقة.

6. المراجع:

بوعشة إسمهان (2019). أطروحة بعنوان: جدوى استغلال الطاقة الشمسية كطاقة متجددة وإمكانية استخدامها في التبادلات التجارية الخارجية (دراسة حالة الجزائر). جامعة محمد خيضر بسكرة. كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير.

بولقرينات سليمة، لشهب مسعود. (2023). مكانة الطاقات المتجددة في دول العالم لتحقيق التنمية المستدامة. مجلة الاقتصاد الجديد، 14(1)، الصفحات 75-92.

شايب عينو عبد الوهاب، عاشوري نعيم. (2024). الانتقال الطاقوي في الجزائر ضمن تلبية الإستهلاك المحلي وتعزيز القدرات التصديرية. مجلة الإبداع، 14(2)، الصفحات 254-

273

Energy Institute . (2024). Statistical Review of World Energy . ©Energy Institute.

CDER, (2019), Algerian Renewable Energy Resource Atlas. © Centre de Développement des Energies Renouvelables Alger - Algérie.

CERFE (2020) : Transition Énergétique en Algérie : Leçons, Etat des Lieux et Perspectives pour un Développement Accéléré des Energies Renouvelables, (Edition 2020) : Commissariat aux Energies Renouvelables et à l'Efficacité Énergétique, Premier Ministre, Alger.

سونلغاز . ملف الصحافة، <https://www.sonelgaz.dz/ar/category/press-kit-ar> ،
2024/09/18.

وكالة الأنباء الجزائرية، <https://www.aps.dz/ar/economie/63867-2-6> ،
2024/09/18.

Ministre de l'Energie et des Mines. (2023). Bilan Énergétique National 2022. (<https://www.energy.gov.dz/>)

Ministre de l'Energie et des Mines. (2022). Bilan Énergétique National 2021. (<https://www.energy.gov.dz/>).

<https://www.sonelgaz.dz/>.