دراسة تقنية– اقتصادية لموقع الطاقة الشمسية في تحقيق التنمية المستدامة وتنويع مصادر الطاقة (دراسة حالة: الجزائر)

A technical-economic study of solar energy position in achieving sustainable development and diversifying energy sources (Case study: Algeria)

فلياشي سامية*، جامعة الجزائر 3، feliachis@yahoo.fr

إخلف خولة، المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات (ENP) ، khaoula.ikhlef@g.enp.edu.dz

تاريخ الاستلام: 2023/04/28 تاريخ القبول: 2023/09/16 تاريخ النشر: 2023/12/28

ملخص:

التنمية المستدامة هي الهدف الأساسي للعالم أجمع، كما أن الطاقة هي المحرك الاساسي والعنصر الفاعل لكل نمو وتنمية .تهدف هذه الدراسة إلى دعم هدف الجزائر المتمثل في الوصول إلى 40٪ من إنتاج الطاقة الوطنية من خلال مصادر متجددة بحلول عام 2030، مع التركيز على الطاقة الشمسية. تبحث الدراسة في إمكانات وربحية محطة للطاقة الكهروضوئية بقدرة 200 كيلووات في أماكن مختلفة من جنوب الجزائر. أظهرت النتائج أن أداء الألواح الكهروضوئية يتأثر بكل من الإشعاع الأفقي ودرجة الحرارة المحيطة، كما أن موقع تمنراست هو الموقع الأكثر ملاءمة لمحطة توليد الكهرباء.

كلمات مفتاحية: تنمية مستدامة، طاقة متجددة، كهروضوئية، دراسة تقنية اقتصادية.

تصنيفات JEL : C3, C5, G2, L5.

Abstract:

Sustainable development is the primary objective for the whole world, and energy is the main engine of all growth and development. This study aims to support Algeria's goal of reaching 40% of national energy production through renewable sources by 2030, with a focus on solar energy. The study examines the potential and profitability of a 200-kilowatt photovoltaic power plant in various parts of southern Algeria. The results

showed that the performance of the PV panels is impacted by both the global horizontal irradiance and ambient temperature. The Tamanrasset site is the most favorable location for the power plant. The findings contribute to the advancement of sustainable and renewable energy sources in Algeria.
Keywords: Sustainable development, renewable energy, photovoltaic, technical-economic study.
Jel Classification Codes: C3, C5, G2, L5.

1. مقدمة

يشهد العالم تطورا صناعيا كبيرا ونموا متواصلا لاقتصاديات الدول الصناعية الكبرى، حيث تزايد الطلب العالمي على الطاقة بشكل ملفت في السنوات الأخيرة، وفي ظل ارتفاع هذا الطلب على الطاقات التقليدية تزايدت الآثار السلبية على الجانب البيئي والتنموي للدول، مما استدعى البحث عن موارد طاقوية بديلة من أجل تحقيق تنمية مستدامة شاملة ومتوازنة، تمكن من ازدهار اقتصاديات الدول وتراعي الجوانب المختلفة في حياة الإنسان، لقد أصبح من الضروري انتهاج استراتيجيات ووضع سياسات للبحث عن مصادر بديلة للطاقة. والبحث عن سبل التعاون الدولي لتطوير استغلال الطاقات المتجددة بما يحافظ على البيئة ويحقق التنمية المستدامة في مختلف القطاعات ولعدة أجيال، وهذا باعتبار أن مصادر الطاقة الأحفورية التقليدية قابلة للنضوب، كما أنها السبب الرئيسي اليوم في زيادة انبعاث الغازات السامة في الهواء، المسببة للاحتباس الحراري. وبالنسبة للجزائر، تحظى تنمية الطاقات المتجددة باهتمام كبير من قبل السلطات العمومية التي تسعى إلى إحلالها كبديل للطاقات الأحفورية في مختلف القطاعات، من اجل استقلالية طاقوية عن النفط وتحقيق متطلبات التنمية المستدامة.

يتناول هذا البحث موضوع الطاقات المتجددة التي تعتبر من أهم البدائل الطاقوية المتاحة في العالم حاليا وعنصراً رئيسياً في سبيل تحقيق التنمية المستدامة. وسنحاول توضيح العلاقة بين استغلالها وتحقيق متطلبات التنمية المستدامة في الجزائر التي سعت للاستثمار في هذه الموارد، من خلال وضع برنامج الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية الذي يهدف إلى تطوير الاعتماد على الطاقات المتجددة في مختلف القطاعات، من اجل تحقيق أهداف اقتصادية واجتماعية في ظل الحفاظ على البيئة.

ومن خلال هذا البحث سنطرح الإشكالية التالية: **هل تساهم الطاقة الشمسية كمصدر طاقوي بديل في تحقيق التنمية المستدامة في الجزائر؟**

أهمية الدراسة: تكمن أهمية الدراسة في تركيز جهود الجزائر على التنمية الطاقات المتجددة لتحريك التنمية المستدامة، بالإضافة إلى تعزيز الاستثمار في الطاقة البديلة والنظيفة كخيار إستراتيجي.

حدود الدراسة: إن الحدود الزمنية لدراسة هي2015 الى 2030 اما الحدود المكانية هي كل من ولاية: غرداية، تمنراست، بشار وبسكرة.

وللإجابة على الإشكالية قسمنا بحثنا إلى المحاور التالية:

المحور الأول: ماهية التنمية المستدامة

المحور الثاني: ماهية الطاقة المتجددة

المحور الثالث: واقع الطاقة المتجددة في الجزائر

المحور الرابع: النمذجة الرياضية والاقتصادية للطاقة الشمسية

المحور الخامس: نتائج الدراسة التقنية الاقتصادية

2. ماهية التنمية المستدامة

سنتطرق من خلال هذا المبحث لمفهوم التنمية المستدامة، وأبعادها المختلفة، كما سنتطرق الى مبادئ التنمية المستدامة.

1.2 مفهوم التنمية المستدامة:

أنشئت الأمم المتحدة سنة 1983 مفهوم العالم للبيئة والتنمية والتي أصدرت في عام 1987 تقريرا بعنوان "مستقبلنا المشترك" الذي يعتبر بمثابة الدستور لعملية التنمية المستدامة، ومن أهم ما جاء فيه إعلان رئيسة المفوضية بوجود عهد جديد في التنمية الاقتصادية المقبولة بيئيا، وأطلق عليه اسم التنمية المستدامة التي تعني بتلبية احتياجات البشر ورغباتهم المقبولة ولكن على أن يتم النمو في حدود القدرة البيئية للأرض (محارب قاسم، 2011) ، كما عرفت لجنة بورتلاندا التنمية المستدامة على أنها التنمية التي تأخذ بعين الاعتبار حاجات المجتمع الراهنة بدون المساس بحقوق الأجيال القادمة (أبو زنط و غنيم، 2010).

كما يعتبر المؤتمر الدولي المخصص للبيئة والتنمية الذي عقد في يونيو سنة 1992 بريو دي جانيرو بالبرازيل تحت رعاية الأمم المتحدة والمسمى بقمة الأرض، من أهم النشاطات الدولية في القرن العشرين

والتي من خلالها تم التأكيد على ضرورة اعتماد استراتيجية وطنية للتنمية المستدامة ويوضح الجدول 1 تطور مفهوم التنمية المستدامة.

الجدول 1: مراحل تطور التنمية منذ نهاية الحرب العالمية الثانية

المراحل	الفترة	مفهوم التنمية
1	نهاية الحرب العالمية الثانية إلى منتصف ستينات القرن العشرين	التنمية = النمو الاقتصادي
2	منتصف الستينات إلى منتصف سبعينيات القرن العشرين	التنمية = النمو الاقتصادي + التوزيع العادل
3	منتصف السبعينيات إلى منتصف ثمانيات القرن العشرين	التنمية الشاملة = الاهتمام بجميع الجوانب الاقتصادية والاجتماعية
4	منذ سنة 1990 حتى وقتنا الحاضر	التنمية البشرية = تحقيق مستوى حياة كريمة وصحية للسكان
5	منذ قمة الأرض سنة 1992	التنمية المستدامة = النمو الاقتصادي + التوزيع العادل للنمو الاقتصادي + الاهتمام بجميع الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والبيئية

المصدر: عثمان غنيم، ماجدة أحمد أبو زنط، التنمية المستدامة فلسفتها وأساليب تخطيطها وأدوات قياسها، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، 2007، ص 286-287.

لقد تحددت مفاهيم التنمية المستدامة، تبعا للنظر إليها، فهناك من تناولها من حيث موضوعها، فركز على الجانب الاقتصادي، ومنهم من نظر إليها من الجانب الاجتماعي، وجانب ثالث ركز على الجانب البشري وآخر على الجانب البيئي، ومن النظريات من ركزت على جانب الآثار المترتبة عليها.

ومن هنا فان التنمية المستدامة تهدف إلى تحقيق المساواة والعدالة الاجتماعية والكفاءة الاقتصادية والتناسق البيئي والاختبارات الذاتية (أبوراضي، 2006)، وهناك من عرف التنمية المستدامة أنها تلك التنمية التي تلبي حاجات الحاضر دون المساومة على قدرة الأجيال المقبلة في تلبية حاجاتهم وهو تعريف اللجنة العالمية للبيئة سنة 1989.

ومن هنا يمكن أن نقول إن التنمية المستدامة تركز على عناصر جوهرية منها رفع مستويات الشعوب وتحسين معدلات التعليم والصحة، والمساواة في الاستفادة منها، وعلى هذا تتفق جميع الدراسات على أن مفهوم التنمية يراد به الانتقال من مرحلة إلى مرحلة أفضل (محارب قاسم، 2011).

2.2 أبعاد التنمية المستدامة:

لتنمية المستدامة أبعاد ثلاث مترابطة ومتكاملة في إطار تفاعلي يتسم بالضبط والترشيد والتنظيم للموارد وتتمثل هذه الأبعاد في بعد اقتصادي، بعد اجتماعي وبعد أيكولوجي (سايح، 2012-2013).

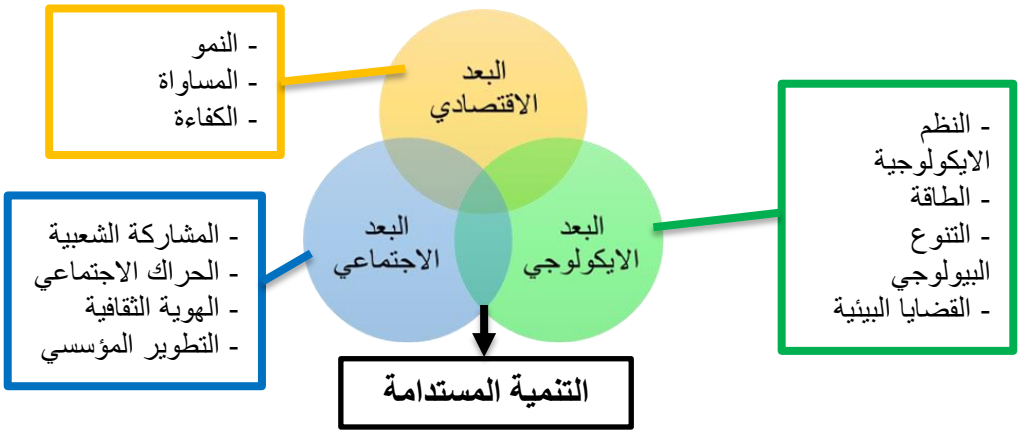
أ . البعد الاقتصادي: يركز هذا البعد على النمو الاقتصادي المستديم مع الحرص على كفاءة رأس المال وذلك من أجل إشباع الحاجات الأساسية للأفراد، حتى نصل إلى تحقيق العدالة الاقتصادية وتوزيع عادل للثروة.

ب . البعد الاجتماعي: يتمثل في المساواة في التوزيع والمشاركة الشعبية في التنمية والعمل على الوصول إلى التنوع الثقافي، وهذا حتى نتمكن من تحقيق المساواة والتماسك والحراك الاجتماعي.

ج–البعد الايكولوجي أو البيئي: تعمل التنمية المستدامة على حماية الموارد الطبيعية، وحماية المناخ من الاحتباس الحراري، والوصول إلى استعمال تكنولوجيا أنظف في المرافق الصناعية، للحد من انبعاث الغازات والحيلولة دون تدهور طبقة الأوزون.

يبين الشكل 1 كيفية تداخل أبعاد التنمية المستدامة مع بعضها البعض.

الشكل 1: تداخل ابعاد عملية التنمية المستدامة



المصدر: من إعداد الباحث.

3.2 مبادئ التنمية المستدامة:

للتنمية المستدامة عدة مبادئ يمكن أن نذكرها فيما يلي (أبو زنط و غنيم، 2010):

- تحديد الأولويات بعناية نظرا لندرة الموارد، ومشكلات البيئة التي ظهرت مع التطور التكنولوجي.

- الاستفادة من الموارد المالية المحدودة، من أجل تحقيق أكبر إنجازات ممكنة.
- وضع سياسات لتحقيق الربح للجميع، وفي الوقت ذاته الحفاظ على البيئة ومواردها
- تشجيع التحسينات البيئية للمؤسسات الخاصة أو العامة، وإنشاء نظام الإيزو 1400، الذي يشهد بأن الشركات، لديها أنظمة سليمة، للإدارة والبيئة وتوجيه رؤوس الأموال نحو أنشطة تحسن البيئة.
- تحسين الأداء الإداري المبني على الكفاءة والفعالية، وذلك بإنجاز تحسينات كبيرة في البيئة بأدنى التكاليف.

3. ماهية الطاقات المتجددة:

تمثل الطاقة المتجددة، الطاقة الناتجة من موارد طبيعية المنشأ، أو من عمليات تتجدد باستمرار، ويطلق عليها مسمى الطاقة النظيفة، وتستخدم في عدة قطاعات منها؛ التدفئة، والنقل وغيرها سنتطرق في هذا المبحث لمفهوم الطاقات المتجددة وماهية أهم أنواعها وعيوب كل واحدة منها.

1.3 مفهوم الطاقة المتجددة:

يقصد بالطاقة المتجددة هي المصادر الطبيعية الدائمة والغير ناضبة وكذلك المتوفرة في الطبيعة إما بكميات محدودة أو غير محدودة ولكنها متجددة باستمرار، كما تتميز بانها نظيفة بمعنى ذلك لا ينتج عند استخدامها تلوث بيئي. كما أنها لا تنضب من كثرة الاستخدام كالطاقة الشمسية والرياح وغيرها. وهي بذلك عكس الطاقات غير المتجددة الموجودة غالبا في مخزون جامد في باطن الأرض (الجمعية البرلمانية الأسيوية، 2009). اما المشرع الجزائري فعرف الطاقة المتجددة حسب المادة 03 من القانون 04،09 كما يلي "هي اشكال الطاقات الكهربائية أو الحركية أو الحرارية أو الغازية، المحصل عليها انطلاقا من تحويل الإشعاعات الشمسية وقوة الرياح والحرارة الجوفية والنفايات العضوية والطاقة المائية وتقنيات استعمال الكتلة الحيوية".

2.3 مصادر الطاقة المتجددة: للطاقات المتجددة عدة مصادر نذكر أهمها:

أ. **الطاقة الشمسية:** تعتبر من أهم الطاقات المتجددة، كما تعتبر من الطاقات النظيفة ولهذا استغلها الانسان منذ القدم في تسخين الماء وتجفيف بعض المحاصيل. تقوم الأبحاث والتجارب الحالية بالسعي إلى الاستفادة الأمثل من مصادر الطاقة الشمسية في مختلف التطبيقات الصناعية والمنزلية.

تلك الجهود تشمل إنتاج الطاقة الكهربائية من خلال تحويل الضوء الشمسي إلى كهرباء، واستخدام الطاقة الشمسية في عمليات التدفئة وتكييف الهواء، وأيضًا في عمليات صهر المعادن والعديد من التطبيقات الصناعية الأخرى. تهدف هذه الأبحاث إلى تطوير تقنيات فعالة واقتصادية للاستفادة من الطاقة الشمسية كمصدر مستدام ونظيف لتلبية احتياجات البشرية المتنوعة للطاقة. وتعتبر الطاقة الشمسية من أكبر مصادر الضوء والحرارة على الارض، وتقدر الطاقة السنوية الصادرة من الشمس الى الارض ما يعادل 8000 مرة للاستهلاك السنوي العالمي (بو درجة، 2017) ويعود استخدام الطاقة الشمسية الى القرن العشرين الذي شهد أكبر حركة تطور في تطبيقات الطاقة الشمسية حيث صنعت ماكينة البخار الشمسية بين عامين 1902، 1908 (وزارة الطاقة والمناجم، 2007).

ب. **طاقة الرياح:** تستمد هذه الطاقة من حركة الهواء والرياح، وكانت تستخدم هذه الطاقة منذ القدم لرفع السفن الشراعية او إدارة الطواحين الهواء لطحن الحبوب وغيرها من الاستخدامات اما في العصر الحديث فقد اجريت عدة ابحاث وتجارب لإنشاء محطات توليد كهرباء بالطاقة الهوائية منها أكبر طاحونة في أمريكا يبلغ ارتفاعها 55 م، وتم الحصول على طاقة كهربائية تعادل 1250 كيلو واط. كما ان استعمال التكنولوجيا الحالية يمكن طاقة الرياح من تأمين 53000 تيراواط ساعة في السنة (موسعي ، 2020).

ت. **الطاقة المائية (الهيدروليكية):** تأتي هذه الطاقة من تدفق المياه أو سقوطها في حالة الشلالات أو من الأمواج في البحار، ويمكننا استغلال هذه الطاقة وتحويلها الى طاقة كهربائية حيث تنتتج في الاحوال العادية طاقة تقدر ما بين 10 الى100 كيلوواط لكل متر من الشاطئ في المناطق المتوسطة البعد عن خط الاستواء (بو درجة، 2017)، وتعتبر الطاقة المائية هي ارخص موارد الطاقة ولكن استخدامها يتطلب ظروف طبيعية خاصة تتعلق بالمجرى المائي وكميات المياه والمناخ السائد اضافة الى الظروف الاقتصادية التي تتعلق بقرب الموارد من السوق وعدم وجود منافسة من الموارد الطاقية الأخرى.

ث. **طاقة الحرارة الجوفية:** نجد هذه الطاقة في التربة حيث أنها تستخرج من باطن الأرض الجوفية لاستعمالها في التدفئة والكهرباء، حيث ان الحرارة ترتفع أساسا من سطح الارض نحو باطنها، ويتم

انتاج هذه الحرارة عن طريق النشاط الاشعاعي الطبيعي للصخور المكونة للقشرة الأرضية. ولا يتم الحصول على الحرارة الا إذا كانت المكونات الجيولوجية لباطن الأرض تحتوي على مسامات نفوذية وتحتوي كذلك على طبقات خازنة للماء (حدي، 2012).

3.3 عيوب مصادر الطاقات المتجددة:

رغم المزايا التي تتميز بها مصادر الطاقات المتجددة باعتبارها صديقة للبيئة والتي قد تكون بديلة لمصادر لطاقة الناضبة والملوثة الا انها لا تخلو من بعض العيوب يمكن ذكرها فيما يلي (موسعي ، 2020):

أ. **عيوب الطاقة الشمسية:** رغم ان الطاقة الشمسية تعتبر من أفضل مصادر الطاقة المتجددة من ناحية النظافة ومن حيث تخزينها اضافة الى تكاليفها حيث تحتاج الى معدات تستخدم في تحويلها الى طاقة كهربائية أو حرارية، كما تعتبر تكاليف انشاء محطات الطاقة الشمسية يتطلب مساحات شاسعة لا تتناسب وخصوصية بعض الدول.

ب. **عيوب طاقة الرياح:** تعتبر طاقة الرياح متجددة لكن مصدرها متقطع، كما انها مرتبطة ارتباطا كبير بسرعتها التي يجب ان لا تقل على حد معين بالإضافة إلى انها تحتاج لمساحات كبيرة قد تكون معزولة في أغلب الأحيان، لذا نجد أن مناطق انتاج طاقة الرياح بعيدة عن مناطق استهلاكها الذي يؤدي إلى ارتفاع تكاليف انتاجها.

ت. **عيوب طاقة المياه:** من عيوب طاقة المياه انها تتطلب وقتا طويلا، وباهظة جدا كما أن إنتاج هذه الطاقة مرتبط بكميات المياه المتواجدة في السدود فمثلا فترة الجفاف لا يمكن انتاج الكهرباء

ث. **عيوب الطاقة الحرارية:** من عيوبها انها تكلفتها باهظة عند التصميم، إ ضافة إلى صعوبة ترتيب المحطات الخاصة بالطاقة الحرارية الجوفية.

4. واقع الطاقة المتجددة في الجزائر:

تقدّر مساحة الجزائر بأكثر من 2.3 مليون كيلومتر مربع، تمثّل الصحراء منها نسبة الـ 80% وهي تشكّل ميزة هامة للبلاد حيث جعلتها تتوفر على مخزون هائل من الطاقة الشمسية، يعتبر من أعلى الاحتياطات في العالم (سنوسي و جابة، ديسمبر 2016). أما بخصوص الاستثمارات في مجال قطاع الطاقة المتجددة قامت الجزائر بوضع برنامج طموح لتطوير الطاقات المتجددة وهذا سنة 2011 يهدف

إلى إنتاج 22000 ميغاواط آفاق 2030 منها 10000 ميغاواط موجهة للتصدير إذا ما توفرت الظروف المناسبة. وما هو مسطر الوصول إلى 30% حتى 40% لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية في حدود 2030 (الجدول 2) (بوزنيت، بابلو، و سانشيز برازا، 2020).

وفقًا لهذا البرنامج، فإن المعدل الرئيسي لمصادر الطاقة المتجددة هو الطاقة الكهروضوئية، تليها طاقة الرياح. ستزداد مساهمات الطرفين بشكل ملحوظ خاصة خلال المرحلة الثانية من البرنامج (2020-2030). ومن المتوقع أنه بحلول عام 2030، سيشكل هذان المصدران 84٪ من إجمالي الطاقة المنتجة من مصادر الطاقة المتجددة (وزارة الطاقة والمناجم الجزائرية، 2021) . الشركة الجزائرية SKTM هي المسؤولة عن تثبيت البرنامج. في عام 2018، تم تركيب حوالي 354 ميغاواط للطاقة الكهروضوئية و10.2 ميغاواط لطاقة الرياح. في السنوات الخمس الماضية، تم إكمال جزء صغير فقط من إجمالي البرنامج (SKTM، 2020).

الجدول 2: مراحل وأهداف إنتاج الطاقة المتجددة في الجزائر

	2020-2015 (ميغاواط)	2030-2020 (ميغاواط)	المجموع (ميغاواط)	المجموع (%)
أنظمة الصفائح الكهروضوئية PV	3000	10575	13575	61.70
أنظمة الرياح	1010	4000	5010	22.77
أنظمة الطاقة الشمسية المركزة CSP		2000	2000	9.09
أنظمة الكتلة الحيوية	360	640	1000	4.55
أنظمة التوليد المشترك للطاقة	150	250	400	1.82
أنظمة الحرارة الجوفية	5	10	15	0.07
المجموع	4525	17475	22000	

المصدر: برنامج وزارة الطاقة الجزائرية (وزارة الطاقة والمناجم الجزائرية، 2021).

تم تخفيض برنامج 22 جيغاواط إلى 16 جيغاواط لنفس الأهداف وتم تمديده حتى عام 2035. كما أطلقت الحكومة مؤخرًا مشروعًا كبيرًا يسمى TAFOUK1 لتركيب 4000 ميغاواط من الطاقة الكهروضوئية للفترة 2015-2025 (خدمة الصحافة الجزائرية، 2020). تستند هذه الأهداف

الطموحة إلى الإمكانات المعروفة للجزائر من حيث الطاقات المتجددة، ولا سيما الطاقة الشمسية وطاقة الرياح (وزارة الطاقة والمناجم الجزائرية، 2021).

تتمتع الصحاري الأفريقية، ولا سيما الجزائر، بإمكانيات هائلة لإنتاج الطاقة الشمسية. يصل التشمس الثابت عمليًا إلى 3000 ساعة من أشعة الشمس السنوية، وهو ما يعادل أكثر من 6000 مليار كيلو واط ساعي. تستقبل جميع مناطق الجزائر يوميًا تقريبًا من 5 إلى 7 كيلو واط ساعي من الإشعاع الشمسي لكل متر مربع (بنتوبة و بورويس، 2016). يوضح الجدول 3 التشمس اليومي في أربع ولايات جزائرية تم اختيارها لهذه الدراسة.

الجدول 3: بيانات الأرصاد الجوية للمحافظات التي شملتها الدراسة

	بسكرة	بشار	تمنراست	غرداية
خط العرض (درجة شمالا)	34.8	31.62	22.78	32.4
خط الطول (درجة شرقا)	5.73	2.23-	5.52	3.8
الارتفاع (م)	86	772	1377	468
المتوسط السنوي DNI (واط / م^2 / سنة)	3199	4005	3851	3872
المتوسط السنوي GHI (واط / م^2 / سنة)	2759	3083	3262	3025
درجة الحرارة المحيطة (درجة مئوية)	22.8	21.9	22.8	22.6
سرعة الرياح (م / ث)	4.4	4	3.6	3.6

المصدر: من إعداد الباحث.

للطاقة دور مهم في تحقيق التنمية المستدامة، وذلك من خلال تلبية احتياجات الطاقة اللازمة لكل القطاعات، حتى تشكل عاملا أساسيا في دفع عملية الإنتاج وتحقيق الاستقرار والنمو في الميدان الاقتصادي والاجتماعي، مما يؤدي إلى تحسين مستوى المعيشة بصفة عامة. وهذا ما جعل العديد من الدول تبحث عن مصادر مستدامة للطاقة والمتمثلة في الطاقات المتجددة، وذلك لأن الجزائر تعتمد على تصدير المحروقات بنسبة 98% من مداخيلها، ويمكن استبدالها بالطاقة المتجددة، كما أن للجزائر موقعا

جغرافيا استراتيجيا يحتوي على أغنى الحقول الشمسية في العالم، بالإضافة إلى الإمكانات الأخرى المتوفرة، كالطاقة الريحية.

تهدف هذه الدراسة (التقنية–الاقتصادية)، إلى تقييم إنتاج محطة كهروضوئية بقوة 200 كيلوواط في عدة مواقع على التراب الوطني (غرداية، تمنراست، بشار وبسكرة). بهدف إيجاد أفضل الظروف وأفضل الإعدادات لتحسين إنتاج الطاقة، قمنا بمحاكاة معدل وتكلفة الإنتاج، حيث تم توفير بيانات الأرصاد الجوية من قبل برنامج METEONORM7، وهذه البيانات عبارة عن معدل ما بين الفترة 2015 الى 2030.

5. النتائج والمناقشة

فيما يلي بعض الميزات المهمة للوحة التحكم (تصميم النظام):

الجدول 4: معلمات النظام

مساحة المحطة	نوع الشبكة	كفاءة العاكس	الكفاءة من التيار المستمر إلى التيار المتناوب	نوع الوحدة	القدرة
149.5109 هكتار	رف مفتوح ثابت	٪96	٪90.9	Solartech Renewable STR 215	200 ميغا واط

المصدر: من إعداد الباحث.

الجدول 5: خسائر التثبيت

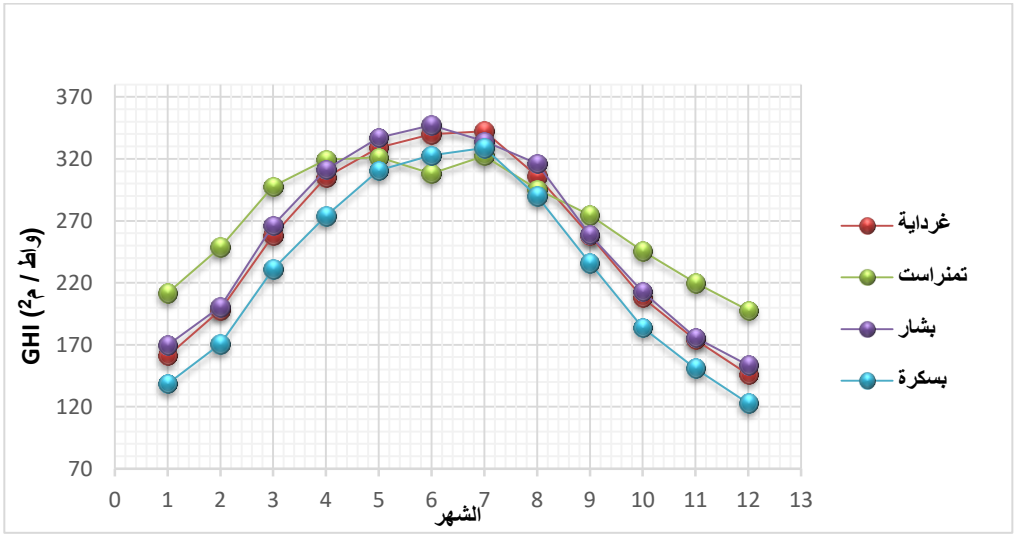
إتاحة	لوحة الإشارة	التحلل الناجم عن الضوء	تسجيل الدخول	الأسلاك	عدم التطابق	الثلج	الظل	التلوث
٪3	٪1	٪1.5	٪0.5	٪2	٪2	٪0	٪3	٪2

المصدر: من إعداد الباحث.

1.5 نتائج الأرصاد الجوية

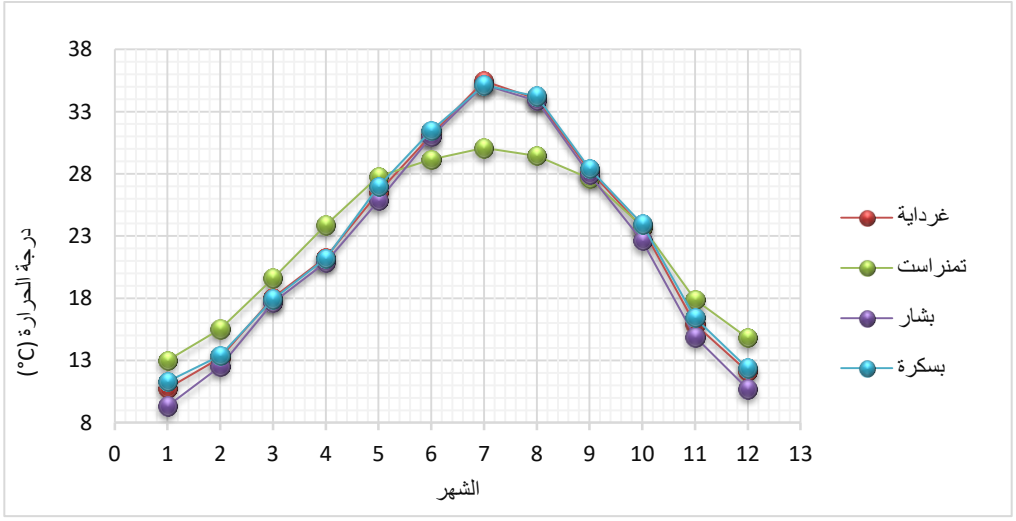
تمثل الأشكال من **2 إلى 4** المتوسطات الشهرية لبيانات الأرصاد الجوية لمواقع الدراسة (GHI، وسرعة الرياح، ودرجة الحرارة المحيطة، والرطوبة النسبية، ومدة سطوع الشمس).

الشكل 2: المتوسط الشهري للإشعاع الشمسي العالمي –GHI (واط / م^2)



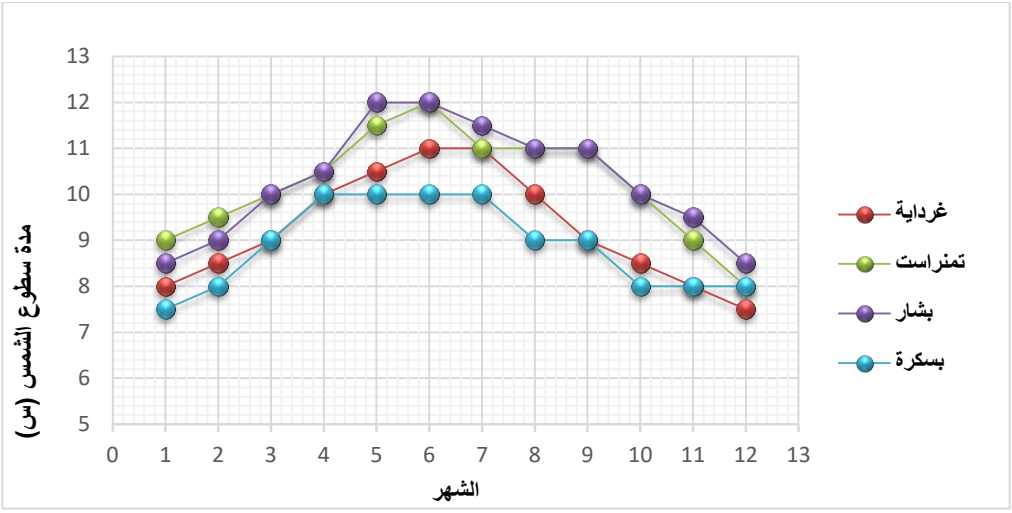
المصدر: من إعداد الباحث.

الشكل 3: متوسط درجة الحرارة المحيطة الشهرية (درجة مئوية)



المصدر: من إعداد الباحث.

الشكل 4: متوسط مدة سطوع الشمس الشهرية (ساعة)



المصدر: من إعداد الباحث.

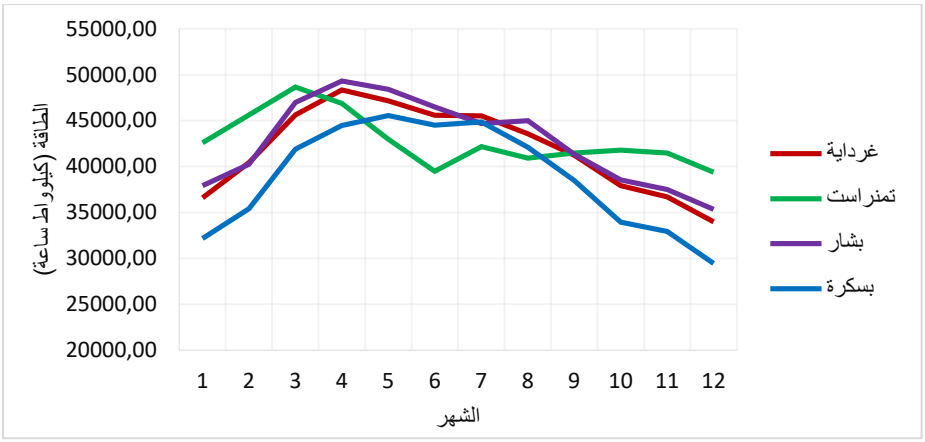
توضح الأشكال من 2 إلى 4 أن موقع تمنراست هو الأفضل، حيث لديه أفضل متوسط **GHI** والذي يتجاوز 200 (**واط / م^2**) في معظم الأشهر. كما يتم تسجيل المدة القصوى لسطوع الشمس في تمنراست، رغم أن المواقع الأخرى لها فترات مرضية تتراوح بين **11 ساعة** و7 ساعات والتي يتجاوز معدل دخلها الطاقي 100 (**واط / م^2**).

مع أكثر من 3000 ساعة / سنة من أشعة الشمس، أي إشعاع ~ 6 كيلو واط في الساعة / م ^{2} / يوم، تتمتع الجزائر بمخزون كبير من الطاقة الشمسية. تعد إمكانات الطاقة الشمسية مهمة بشكل خاص في جميع الولايات التي تمت دراستها وعلى وجه الخصوص بشار وتمنراست من حيث الطاقة الإنتاجية للكهرباء، ما يقرب من 3000 كيلو واط ساعة / م ^{2} و70٪ من الأراضي الوطنية تستقبل أكثر من 2000 كيلوواط ساعة / م ^{2} سنويًا.

2.5 النتائج التقنية

توضح الأشكال من 5 إلى 7، التغيرات السنوية والشهرية في معدلات الإنتاج، فضلاً عن عامل القدرة وكفاءة المحطة في المواقع المختلفة.

الشكل 5: المتوسطات الشهرية لإنتاج الطاقة لمختلف المواقع

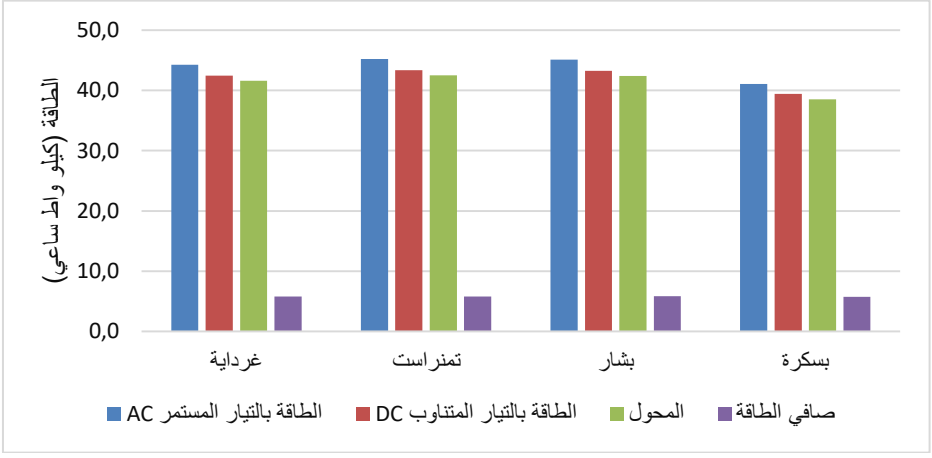


المصدر: من إعداد الباحث.

من الشكل 5 نلاحظ أن موقع تمنراست يتمتع بأعلى إنتاج سنوي للكهرباء يبلغ 42769.43 كيلو واط ساعة / سنة، بينما يحتوي موقع بسكرة على أقل إنتاج للكهرباء.

كما نلاحظ أنه خلال فترة الصيف مدينة غرداية لديها أعلى طاقة إنتاجية تليها بسكرة وبشار وموقع تمنراست لديه أقل إنتاج للكهرباء وهذا يرجع إلى ارتفاع درجة الحرارة في المواقع الصحراوية مما يقلل من أداء الألواح الكهروضوئية.

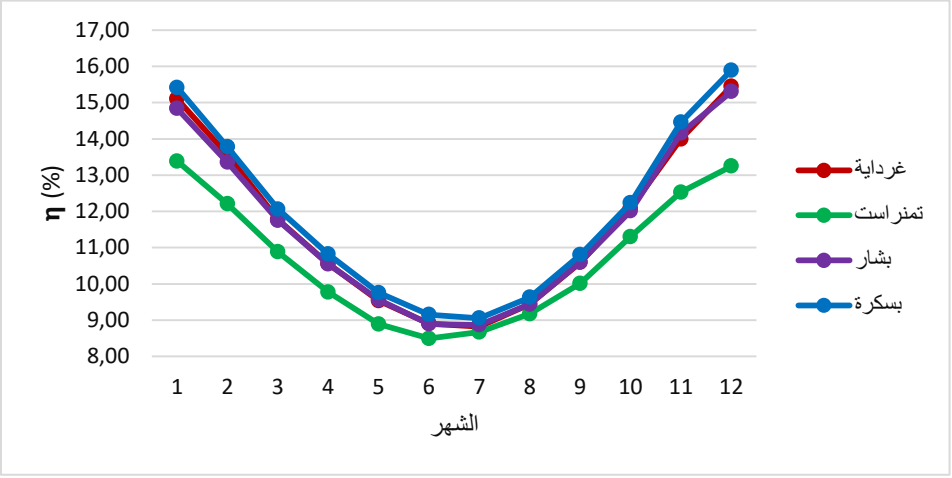
الشكل 6: متوسط الطاقة الساعية لمختلف المواقع



المصدر: من إعداد الباحث.

يوضح الشكل 6 أن صافي إنتاج الكهرباء متماثل تقريبًا في جميع المواقع، مما يعطي إنتاجًا مستقرًا للكهرباء، وفي الصيف يكون الإنتاج أكبر في الشمال وأقل في الجنوب بسبب ارتفاع درجة الحرارة وفي الشتاء ينقلب كل شيء.

الشكل 7: العائد الشهري الإجمالي للتركيب للمواقع المختلفة



المصدر: من إعداد الباحث.

من الشكل 7، يعتبر إنتاجية الطاقة معنوية خلال فصل الشتاء للمواقع الأربعة، من ناحية أخرى خلال موسم الصيف نلاحظ انخفاضًا كبيرًا في هذا المحصول، خاصة في تمنراست وبشار وغرداية، وهذا الانخفاض التدريجي في أداء المحطات الكهروضوئية يرجع إلى درجة الحرارة المحيطة المرتفعة للغاية، وكذلك الزيادة في درجة حرارة الخلية بما يتناسب مع الإشعاع الشمسي، وهو ما يفسر أيضًا الاختلاف الكبير بين المواقع الصحراوية (بشار، غرداية، تمنراست) والشمال الشرقي من الصحراء (بسكرة).

3.5 النتائج الاقتصادية:

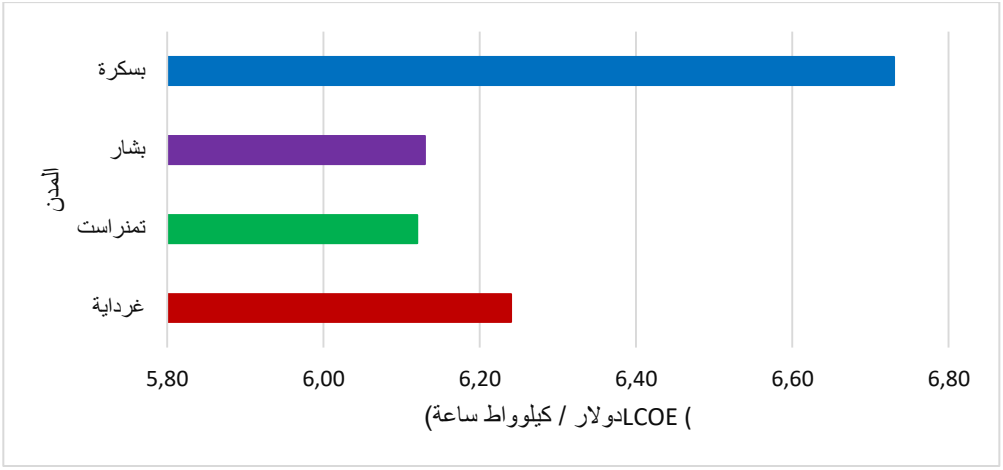
يمثل الجدول **6** جميع المعامِلات اللازمة لإجراء الدراسة الاقتصادية، **LCOE** وتكلفة التثبيت.

الجدول 6: العوامل الاقتصادية

	بسكرة	بشار	تمنراست	غرداية
LCOE($ / كيلوواط ساعة)	6.73	6.13	6.12	6.24
تكلفة التركيب (مليون دولار)	509	509	509	509

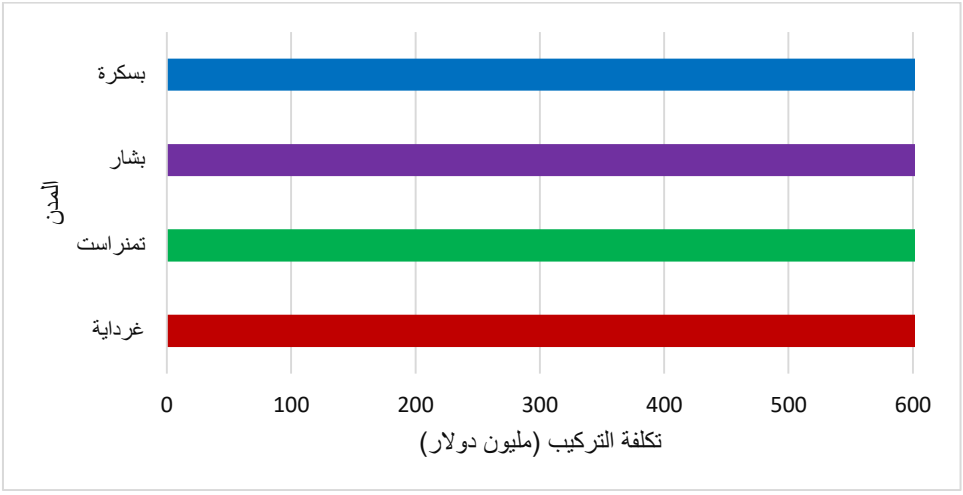
المصدر: من إعداد الباحث.

الشكل 8: التكلفة المعيارية للكهرباء المنتجة لمواقع مختلفة



المصدر: من إعداد الباحث.

الشكل 9: تكلفة تركيب المصنع لمواقع مختلفة



المصدر: من إعداد الباحث.

من الشكلين 8 و9 نلاحظ أن التكلفة المحدّثة للكهرباء LCOE هي نفسها في مواقع بشار وتمنراست وغرداية ، كما أن موقع بسكرة الأعلى تكلفة. بينما أن تكلفة التثبيت هي نفسها في جميع المواقع وهذا راجع لنفس الطاقة المركبة في نفس البلد.

6. الخاتمة والتوصيات

يهدف هذا البحث إلى المساهمة في التنمية المستدامة لقطاع الطاقة في الجزائر من خلال تنويع مصادر الطاقة. حيث أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الألواح الكهروضوئية تتأثر بـ GHI ودرجة الحرارة المحيطة. كما أظهرت النتائج أن موقع تمنراست يتميز بفترات طويلة من أشعة الشمس، وكذلك استمرارية إنتاج الكهرباء في فترة الشتاء حيث تظل درجة الحرارة مواتية، كما أن الرياح تؤثر بشكل إيجابي على أداء تبريد الألواح في فترة الصيف. ومن الناحية الاقتصادية، تتمتع مواقع تمنراست وبشار بأقل تكلفة محدثة للكهرباء. وبالنظر إلى نتائج المحاكاة والسعر الحقيقي لمعدات الطاقة المتجددة، فإن النظام له تكلفة عالية جدًا ويظل غير ممكن بدون حوافز من الجهات المختصة، لذلك يجب أن تدعم الدولة الجزائرية محطات الطاقة الشمسية لجعل التكنولوجيا الكهروضوئية مربحة.

فمن خلال كل ما سبق نستنتج أن الطاقات المتجددة وتكنولوجياتها هي وسيلة للتنمية المستدامة، فالحد الأقصى من استعمال الشمس والرياح اليوم لن يقلل من فرص الأجيال القادمة بل على العكس، فعندما نعتمد على الطاقة المتجددة وتكنولوجياتها سنجعل مستقبل أولادنا وأحفادنا أكثر أمانا.

أما فيما يتعلق بحالة الجزائر، فبالرغم من الجهود المبذولة في هذا المجال إلا أنها مازالت بعبدة عن المأمول بالرغم مما تمتلك من ثروات وطاقات طبيعية، ولذلك بمكن تقديم الاقتراحات التالية:

- دعم المواطنين لاستعمال الطاقة الشمسية في منازلهم.
- تشجيع الصناعات في مجال تكنولوجيا الطاقات المتجددة.
- تشجيع الاستثمار في قطاع الطاقات المتجددة.
- تدريب الكفاءات والإطارات في كيفية التحكم في تكنولوجيا الطاقات المتجددة وذلك من خلال تكوينهم بالخارج لاكتساب الخبرات.
- تخصيص ميزانية مالية معتبرة للقيام بمشاريع في مجال الطاقة المتجددة.
- إزالة العراقيل والعقبات التي تواجه صناعة تجهيزات الطاقات المتجددة، وخاصة الطاقة الشمسية.
- تنشيط طرق التبادل العلمي والمنشورات العلمية بين البلدان الرائدة في هذا المجال.
- تفعيل القوانين والتشريعات لتشجيع استعمال الطاقة المتجددة والنظيفة، وترشيد استعمال الطاقة الأحفورية.

7. قائمة المراجع:

رمزي بو درجة. (2017). الطاقات المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة تجربة المانيا نموذجا. مجلة ميلاف للبحوث والدراسات، العدد جوان.

سحر محمد أبوراضي. (2006). دور الجامعات الإقليمية في تلبية احتياجات المرأة الريفية في ضوء أهداف التنمية المستدامة. رسالة ماجستير، كلية التربية، جامعة حلوان.

SKTM. (2020). شركة الكهرباء والطاقات المتجدّدة. تم الاسترداد من id=56&http://www.sktm.dz/?page=article

الجمعية البرلمانية الأسيوية. (2009). تقرير الطاقات المتجددة بين الواقع والتحديات على الصعيدين الوطني والإقليمي. اجماع اللجنة الفرعية لسوق الطاقة المتكاملة في تركيا: تقرير الطاقات المتجدد بين الواقع والتحديات على الصعيدين الوطني والإقليمي.

بوزيد سايح. (2012-2013). دور الحكم الراشد في تحقيق التنمية المستدامة بالدول العربية حالة الجزائر. جامعة أبو بكر بلقايد تلمسان ، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير والعلوم التجارية: أطروحة دكتوراه غير منشورة، إشراف بغداد شعيب.

خدمة الصحافة الجزائرية. (2020). تم الاسترداد من خطة عمل الحكومة لتنفيذ برنامج رئيس الجمهورية: https://www.algerie-eco.com/wp-content/uploads/2020/02/plan-action-gouvernementfr-6-fev-2020.pdf

س بنتوبة، و م بورويس. (2016). دراسة جدوى لنظام توليد طاقة هجين يعمل بالرياح الكهروضوئية لمنطقة نائية في أقصى جنوب الجزائر. *تطبيق ثيرم، المجلد 99*، ص 713-719.

سعيدة سنوسي، و احمد جابة. (ديسمبر 2016). *برامج الطاقة المتجددة والفعالية الطاقوية: آلية لتجسيد الاستدامة (دراسة حالة الجزائر)*. التواصل في الاقتصاد والإدارة والقانون.

عبد العزيز محارب قاسم. (2011). التنمية المستدامة في ظل تحديات الواقع من منظور إسلامي، الإسكندرية. *دار الجامعة الجديدة*.

فرحات حدي. (2012). الطاقات المتجددة كمدخل للتنمية المستدامة في الجزائر دراسة لواقع مشروع تطبيق الطاقة الشمسية في الجنوب الكبير بالجزائر. *مجلة الباحث، كلية الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة القاصدي مرباح – ورقلة – الجزائر*.

م بوزنيت، م بابلو، و ر سانشيز برازا. (2020). إجراءات تعزيز الطاقة المتجددة لتوليد الكهرباء في الجزائر. *مجلة الاستدامة، المجلد 12 (4)*، ص 1468.

ماجدة أبو زنط، و عثمان محمد غنيم. (2010). التنمية المستدامة من منظور الثقافة العربية الإسلامية. *مجلة دراسات العلوم الإدارية، المجلد36، العدد 1*.

مولود موسعي . (2020). الاستثمارات في الطاقات المتجددة كألية لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر. *مجلة القانون، المجلد 09، العدد 01*.

وزارة الطاقة والمناجم. (2007). *مديرية الطاقة المتجددة*. الجزائر: دليل الطاقات المتجددة.

وزارة الطاقة والمناجم الجزائرية. (2021). *برنامج الطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة*. تم الاسترداد من http://www.mem-algeria.org/francais/index.php?page=le-programme-des-energies-renouvelables-et-de-lefficacite-energetique