مجلة البحوث الاقتصادية والمالية
ISSN: 2352– 9822 / E-ISSN: 2588-1574
المجلد: 11 العدد: 01 / جوان-2024
ص 258 - 280

OEB Univ. Publish. Co.

تقييم الفعالية الاقتصادية لمشاريع الطاقة الكهروضوئية في الجزائر - دراسة حالة مشروع 2000 ميجاواط سونلغاز الطاقات المتجددة -

Evaluating the economic effectiveness of photovoltaic energy projects in Algeria - Case study of the 2000 MW Sonelgaz-renewable energy project

عبد الرؤوف برحال[1] *، أ.د/ ربحي كريمة [2]

[1] جامعة البليدة 2 (الجزائر)، مخبر التنمية الاقتصادية والبشرية، *eea.berrahal@univ-blida2.dz*

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

تاريخ الاستلام: 2024/02/20 تاريخ قبول النشر: 2024/03/28 تاريخ النشر: 2024/06/30

الملخص: تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الفعالية الاقتصادية لمشروع 2000 ميجاواط للطاقة الشمسية الكهروضوئية لشركة سونلغاز – الطاقات المتجددة، من خلال تحليل مؤشرات الأداء المالي والعوامل التي قد تؤثر على ربحية المشروع. حيث أظهرت النتائج أن الجزائر تمتلك إمكانيات طبيعية هائلة تسمح بتحقيق أقصى استفادة من مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية. المشروع يتميز بمردودية جيدة حيث يحقق معدل عائد داخلي بنسبة 7.82%، ويتم استرداد تكلفته في غضون 12 سنة. كما توضح الدراسة كذلك العلاقة الطردية لساعات التشغيل على مردودية المشروع، وكيف يؤثر معدل الخصم على أدائه المالي. بالإضافة إلى ذلك أهم التحديات التي تواجه مشاريع الطاقة الكهروضوئية في الجزائر.

الكلمات المفتاحية: الطاقة المتجددة، الطاقة الكهروضوئية، الطاقة الكهربائية، التقييم المالي.

تصنيف JEL : Q43، Q33.

Abstract: This study aims to evaluate the economic effectiveness of the 2000 MW solar pv project of Sonelgaz - RE, by analyzing financial performance indicators and factors that may affect the profitability of the project. The results showed that Algeria possesses enormous natural potential that allows achieving the maximum benefit from photovoltaic solar energy projects. The project is characterized by good returns, as it achieves an IRR of 7.82%, and PP within 12 years. The study also shows the relationship of operating hours and discount rate to net present value. In addition, the most important challenges facing solar pv projects in Algeria.

Keywords: Renewable energy, photovoltaic energy, electric energy, financial evaluation.

Jel Classification Codes: Q43, Q33.

***المؤلف المرسل:** عبد الرؤوف برحال

افضى إلى الإفراط في إنتاج واستهلاك الطاقه التي تعتمد على المصادر الناضبه من عناصر الوقود الأحفوري: فحم وبترول وغاز، هذه الأخيرة التي تتميز بالنضوب

واضطراب أسواقها من جهة وآثارها السيئة على البيئة بما تنتجه من غازات دفيئة من جهة أخرى.

وعلى غرار باقي دول العالم قامت الجزائر بصياغة برنامجاً وطنياً يسمح لها بتحقيق انتقال طاقوي يتيح لها استغلال احتياطاتها الضخمة من الطاقات المتجددة: الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والكتلة الحيوية وغيرها، وترشيد استغلالها الطاقة ورفع كفاءة استغلال الطاقات الأحفورية: الغاز والبترول.

ومن خلال ما تسعى إليه الجزائر من تحقيق انتقال طاقوي فهي تواجه تحديات كبيرة في مجال الطاقة والاستدامة من أجل تلبية الاحتياجات المتنامية للطاقة وتحقيق الاستدامة، أطلقت الجزائر مشاريع طموحة في مجال الانتقال الطاقوي تهدف إلى تغيير منهجيتها الطاقوية وتنويع مصادرها وتوفير طاقة أكثر فعالية واستدامة، أهمها مشروع 2000 ميجاواط للطاقة الشمسية الكهروضوئية الموزعة على 15 موقعاً بقدرات تتراوح بين 80 و220 ميجاواط في إطار برنامج 15000 ميجاواط الموكلة لشركة سونلغاز. إلا أنّ التقييم للفعالية الاقتصادية لهذه المشاريع وقدرتها على تحقيق التحوّل الطاقوي المنشود يبقى موضوعاً مهماً يدفعنا لطرح الإشكالية التالية:

- ما مدى فعالية مشروع 2000 ميجاواط للطاقة الشمسية الكهروضوئية لشركة سونلغاز – الطاقات المتجددة اقتصادياً؟

فرضية الدراسة: وللإجابة على إشكالية الدراسة نضع الفرضية التالية: يحقق مشروع 2000 ميغاواط من الطاقة الكهروضوئية مردودية اقتصادية تشجّع على الاستثمار في مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية.

أهمية الدراسة: تعتمد الحكومة الجزائرية مخططاً لتنمية وتطوير الطاقات المتجدد من خلال مشاريع طموحة في مجال الطاقة الشمسية الكهروضوئية بقدرة 16000 ميغاواط في آفاق 2035 كاستراتيجية تسمح بتعزيز أمنها الطاقوي وتنويع المزيج الطاقوي وإنعاش اقتصادها الوطني، ويندرج ضمن هذه المشاريع مشروع 2000 ميغاواط والذي يعتبر أوّل خطوة لتجسيد هذا المخطط ولا شكّ أنّ جدوى هذه المشاريع وإثبات فعاليتها الاقتصادية يعزز القرارات والسياسات المنتهجة في ذات السياق.

أهداف الدراسة: تهدف الدراسة إلى دراسة جدوى مشروع 2000 ميغاواط من الطاقة الشمسية الكهروضوئية ومدى فعاليته الاقتصادي ودوره التنموي في إنعاش الاقتصاد الوطني باعتماد مؤشرات التقييم المالي مع تسليط الضوء على أهم المتغيرات المحدّدة لربحية مشايع توليد الكهرباء من الطاقة الكهروضوئية في الجزائر.

منهجية الدراسة: اعتمدنا في الإجابة الإشكالية وإثبات صحة أو عدم صحة الفرضية المنهج الوصفي والتحليلي من خلال جمع المعلومات والإحصائيات من المراجع والتقارير الدولية والوطنية والدراسات في مجال الطاقة الشمسية من أجل دراسة جدوى مشاريع الطاقة الكهروضوئية.

الدراسات السابقة:

دراسة (أحمد شاكر محمود، محمد طارق محمد 2023): هدفت إلى دراسة الجدوى المالية باعتماد المعايير المالية لمنظومة الطاقة الكهروضوئية بقدرة 2 كيلوواط تنتج 16,2

كيلوواط ساعي في اليوم باعتماد 6 ألواح شمسية تشغل لفترة 4 ساعات يوميا لتعويض انقطاع الطاقة الكهربائية الوطنية.

تمّ تطبيق المعايير المالية وكانت النتائج كما يلي: فترة الاسترداد سنتين وثلاثة أشهر وقيمة حالية صافية بمبلغ: 5485$ دولار ومعدل عائد داخلي بنسبة: 38% ومعدل العائد/التكلفة بقيمة 1,8 وتعتبر هذه النتائج مؤشرات إيجابية باعتبار أن العائد من المشروع (التحصيلات) السنوي هو قيمة ما تدفعه الوحدات السكانية لأصحاب المولدات لقدرة 2 كيلوواط.

دراسة (أ. م. د. هناء سعد محمد شبيب، سيف صاحب جابر، 2022): هدفت الدراسة لبحث جدوى المنظومة الشمسية كبديل لمولدات الديزل (الأهلية) لتوفير الطاقة الكهربائية لقرية الغدير بمحافظة النجف في العراق تعمل بالتناوب مع التوزيع الوطني للكهرباء.

أظهرت نتائج دراسة الجدوى للمشروع وفق معايير التقييم الاقتصادي نتائج مقبولة حيث حقّقت فترة استرداد مدتها سنتين وثلاثة أشهر ومردودية عالية ومعدل عائد داخلي بنسبة 24,1%. كما يسهم المشروع في تقليل الآثار البيئية السلبية بفعل استخدام المولدات التي تعتمد على الطاقة الأحفورية، ومن جهة أخرى يسمح هذا النوع من المشاريع بتوفير الطاقات الأحفورية واستخدامها بكفاءة أكثر.

دراسة (عبير محمد عبد الرزاق يوسف، 2019): هدفت الدراسة إلى بيان أهمية الطاقة الشمسية وجدواها في حل مشكلة العجز في الطاقة الكهربائية في ظلّ القدرات والامكانيات التي تتمتع بها مصر في مجال الطاقة الشمسية.

توصلت الدراسة إلى أنّ الطاقة الشمسية هي الأفضل والأنسب من حيث انخفاض التكاليف وتقليل انبعاثات الغازات الدفيئة وأنّ صحراء مصر تسمح بتوفير ساعات تشغيل عالية لمحطات توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية.

دراسة (A.O. Bend Kadi, A. Kaabechee et Y. Bakelli, 2018): هدفت الدراسة لتقديم دعم لاتخاذ القرارات بشأن نشر أنظمة الطاقة الكهروضوئية على نطاق واسع من خلال دراسة الجدوى التقنية والاقتصادية لمحطات توليد الكهرباء من الطاقة الكهروضوئية في الجزائر باعتماد نموذج موثّق "PEREZ" واختيار محطة بقدرة 20 ميغاواط من تكنولوجيات مختلفة: أحادية البلورية ومتعددة البلورات.

أكّدت النتائج أنّ المنطقة الأكثر تكيّفا لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية الكهروضوئية هي منطقة الصحراء (أدرار) وأكثر تكنولوجيا إنتاجاً هي تكنولوجيا الطبقات الرقيقة. فيما يتعلق بالجانب الاقتصادي أظهرت النتائج أنّ محطات الكهروضوئية بتكنولوجيا متعددة البلورات أكثر ربحية باعتبار انخفاض تكاليفها 54,15 €/MWh مع أداء أفضل في مناطق شمال الصحراء.

دراسة (أ. هشام عامر، د. حسين بلعجوز، 2017): هدفت الدراسة إلى دراسة الجدوى المالية للنظم الكهروضوئية في الجزائر باعتماد برنامج تقديري يدعى (RET Screen) من خلال اختبار أربع مناطق تغطي مساحة معتبرة من القطر الجزائري وتتعلق بالاتجاهات الأربع للوطن: الجزائر العاصمة، قسنطينة، وهران، تمنراست.

توصلت الدراسة إلى أنّ تكاليف النظام الكهروضوئي للوحدات السكنية يقدّر بثلاث أضعاف تكلفة تعريفة الكهرباء الموزع من طرف شركة سونلغاز لمدة 25 سنة، وحتى

تصبح النظم الكهروضوئية الذاتية مجديةً اقتصادياً بالنسبة للوحدات السكنية في حالة انخفاض تكلفة إنتاج الكهرباء عن مستوى أسعار تعريفة الكهرباء المعتمدة من طرف شركة سونلغاز (4,179 دج للكيلوواط ساعي).

دراسة (Tze San Ong, Chun Hau Thum, 2013): هدفت الدراسة إلى تحديد تكلفة قدرة مركبة (سعر/الكيلوواط) والقيمة الحالية الصافية NPV وفترة الاسترداد PP من خلال دراسة سبعة مشاريع للطاقة الكهروضوئية في ماليزيا. ولتكون بمثابة دليل إرشادي للجمهور عند التفكير في نظام طاقة كهروضوئي.

توصلت الدراسة إلى أنّ جميع المشاريع السبع لا تحقق مردودية أيْ أنّ NPV<0 وفترة الاسترداد PP تزيد عن ثمانية وثلاثين سنة، أربعة منها فترة استردادها تزيد عن خمسين سنة، حيث بلغ سعر تكلفة للكيلوواط يتراوح بين 24000 إلى 30000 رينجيت ماليزي (بين 4500 و5800 أورو) وتعريفة التغذية بين 1,2 إلى 1,23 رينجيت ماليزي للكيلوواط ساعة (0,23 إلى 0,24 أورو). وحتى تتمكن من تحقيق مردودية (NPV>0) لابد من تخفيض سعر التكلفة للكيلوواط إلى 11000 رينجيت ماليزي (بين 2000 و2200 أورو) بالنسبة للمشاريع المدعومة و4000 رينجيت ماليزي (بين 700 و800 أورو) بالنسبة للمشاريع غير المدعومة. وتتراوح فترة الاسترداد ما بين 4 إلى 8 سنوات مع تخفيض سعر التكلفة بنسبة 50% إلى 85% للمشاريع المدعومة وغير المدعومة على التوالي عن سعر التكلفة الحالي، كما يسهم الإطار القانوني من خلال وضع قانون الطاقات المتجددة يرفع من تعريفة التغذية في رفع مردودية مشاريع النظام الكهروضوئي وتقليل فترة الاسترداد.

- أهم ما يميّز دراستنا عن الدراسات السابقة:

إنّ القيمة المضافة التي قدمتها دراستنا تتمثّل في كونها مكمّلة لبعض الدراسات فيما يتعلق بجدوى مشاريع الطاقة الكهروضوئية ومدى إمكانية إسهامها بحصص هامة في المزيج الطاقوي وأهميتها في توفير الطاقة الأحفورية وتعزيز كفاءة استغلالها، كما توضح دراستنا على غرار باقي الدراسات أهمية انخفاض تكاليف منظومة الطاقة الكهروضوئية ممّا سمح بارتفاع معدلات نمو الطاقات المركبة عبر العالم.

أمّا ما تميّزت به دراستنا فقد سلطت الضوء على مشروع بقدرة كبيرة (2000 ميجاواط) وباعتماد سعر التكلفة المصرّح به من طرف المؤسسات المنجزة للمحطات حسب ما ورد في إشعار منح العقود المؤقتة بعد تقييم العروض التقنية والمالية، كذلك تحديد العائد في هامش الربح بين سعر التكلفة وسعر الشراء المضمون، بخلاف من اعتمد على التقديرات المحتملة للتكاليف والعائد ومَن جعل عائد المشروع هو قيمة التسديدات لخدمة التوريد بكهرباء الشبكات الوطنية أو المولدات بالطاقات الأحفورية والتي تتميّز بارتفاع الأسعار. لهذا تظهر فروقات في مؤشرات التقييم المالي بين الدراسات.

كما تميّزت دراستنا أيضاً بدراسة العوامل والمتغيرات التي تؤثر في ربحية المشروع في الجزائر والمتمثلة في معدل الخصم وعدد ساعات التشغيل ودرجة استجابة الربحية لهذه العوامل.

2. ماهية مشروع 2000 ميجاواط الطاقة الشمسية الكهروضوئية سونلغاز- الطاقات المتجددة:

أعلنت شركة سونلغاز عن أولى الخطوات الهامة في تحقيق الانتقال الطاقوي في الجزائر من خلال مشروع هو الأول من نوعه في الجزائر مشروع 2000 ميغاواط من الطاقة الكهروضوئية

1.2 التعريف بالمشروع:

هو مشروع لإنجاز خمسة عشر محطة (15) للطاقة الكهروضوئية بقدرة إنتاج تتراوح ما بين 80 و220 ميجاوات وزعت بين أحد عشرة (11) ولاية.

يلخصها الجدول التالي حسب ما وردت به في إشعار منح العقود المؤقتة بعد تقييم العروض التقنية والمالية (SONELGAZ, 2023):

الجدول 1: مواقع محطات مشروع 2000 ميجاواط الكهروضوئية

رقم الحصة(المحطة)	موقع المحطة	ولاية المحطة	الطاقة الإنتاجية (ميجاواط)
1	العبادلة	بشار	80
2	القنادسة		120
3	باطمات	مسيلة	220
4	العش	برج بوعريريج	80
5	أولاد فاضل	باتنة	80
6	قلتة سيدي سعد	الأغواط	200
7	قرارة	غرداية	80
8	قصر الشلالة	تيارت	80(تمّ إلغاؤها)
9	دوار الماء	الوادي	200
10	طالب العربي		80
11	توقرت	توقرت	150

12	تندلة	المغير	200
13	الغروس	بسكرة	200
14	خنقة سيدي ناجي	بسكر	150
15	أولاد جلال	أولاد جلال	80
المجموع			2000

المصدر: من إعداد الباحثين.

2.2 أهمية المشروع:

يندرج المشروع ضمن مخطط إنجاز خمسة عشرة ألف (15000) ميجاوات من الطاقة الشمسية الكهروضوئية المتصلة بالشبكة الوطنية للكهرباء والتي ستتكفّل وزارة الطاقة بتجسيدها لآفاق 2035 بعد تحديث سنة 2020 للبرنامج الوطني للانتقال الطاقوي من طرف الحكومة الجزائرية، يمثل هذا المشروع ما نسبته 50% من المرحلة الأولى المستهدفة في سنة 2024 وما نسبة 13% من الطاقة المستهدفة في آفاق 2035.

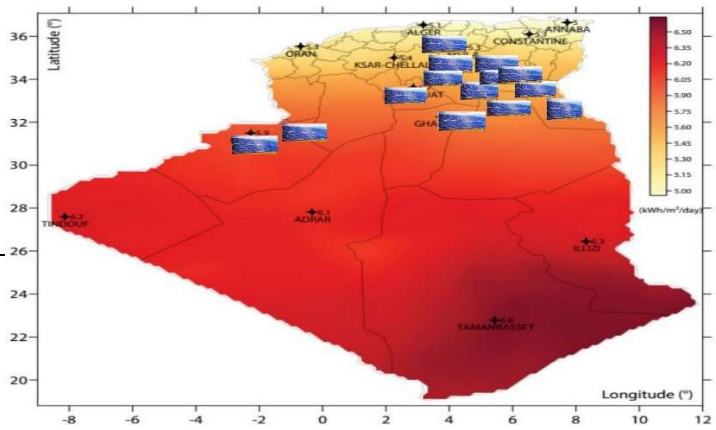
يعتبر المشروع الأول من نوعه حيث بلغ مستوى إنتاج شركة سونلغاز- الطاقات المتجددة من الطاقات المتجددة إلى غاية 2020 511 ميجاوات، فهو بهذا يمثل أربعة أضعاف ما تمّ إنجازه وفي فترة أقصاها 16 شهراً أي في أقل من سنتين.

2.2 مواقع محطات المشروع حسب خريطة الإشعاع الشمسي والشبكة الوطنية للكهرباء:

يعتبر موقع محطات توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية الكهروضوئية عاملاً أساسيا من جهة طاقة السطوع الشمسي الساقطة على سطح الأرض ومن جهة نقل وتوزيع الكهرباء المنتجة.

1.2.2 مواقع محطات المشروع حسب خريطة الإشعاع الشمسي:

الشكل 1: مشروع 2000 ميجاواط في خريطة الإشعاع الشمسي



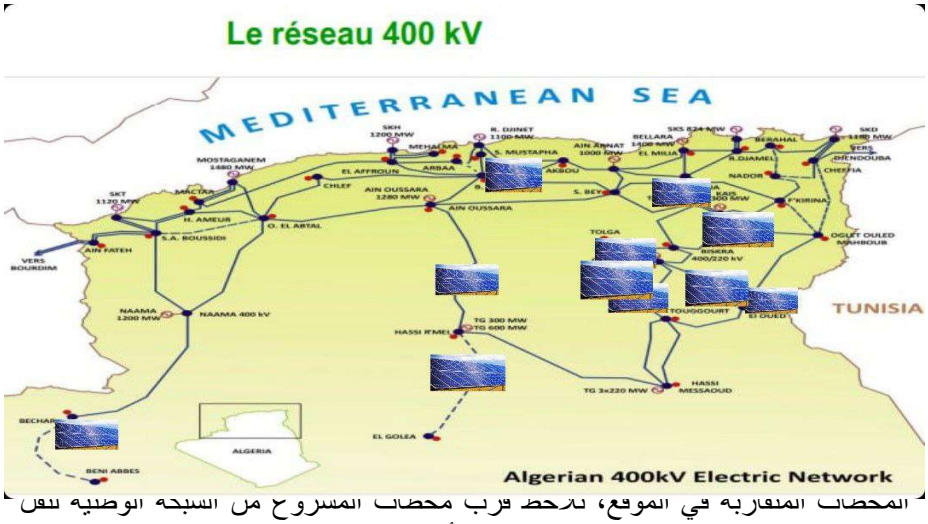
المصدر: من إعداد الباحثين باعتماد خريطة الإشعاع الشمسي.

نلاحظ من خلال مواقع المحطات وحسب خريطة الإشعاع الشمسي أنّ مقدار الطاقة الشمسية الساقطة على مواقع المحطات يتراوح بين 5,3 و6,3 كيلووات في المتر مربع الواحد يوميا مع العلم أنّ: الجزائر تمتلك واحد من أكبر احتياطات الطاقة الشمسية في العالم، تتجاوز مدة السطوع الشمسي على جميع الوطن 2000 ساعة سنويا ويمكن أن تصل إلى 3900 ساعة بالصحراء والهضاب العليا. (وزارة الطاقة، 2024)

2.2.2 مواقع محطات المشروع حسب شبكة نقل الكهرباء عالية التوتر:

برمجت السلطات الجزائرية مشاريع الطاقة الكهروضوئية ضمن برنامج الانتقال الطاقوي لتكون متصلة بشبكة نقل وتوزيع الكهرباء باعتبار توفر بنية تحتية للشبكة الوطنية للكهرباء وبعد إسقاط محطات المشروع على خريطة شبكة نقل الكهرباء عالية التوتر تحصلنا على الشكل التالي:

الشكل 2: مشروع 2000 ميجاواط في خريطة نقل الكهرباء عالية التوتر KV400



المحطات المقاربة في الموقع، نلاحظ قرب محطات المشروع من الشبكة الوطنية لنقل الكهرباء عالي الجهد 400 كيلو فولط. وتكمن أهمية القرب من شبكة النقل 400 كيلو فولط من حيث قدرة الشبكة على تحمّل الأحمال الكهربائية الكبيرة وهو ما يقلل من فقدان وتسرب الكهرباء الناجم عن ارتفاع الأحمال وانخفاض قدرة الكوابل على تحملها، هذا ما يؤدي إلى ضياع كميات معتبرة من الكهرباء المنتجة، وقد صاحبت الحكومة الصينية - باعتبارها الرائدة في مجال الطاقات المتجددة- مشاريعها الضخمة بمشروع إنجاز شبكة نقل بقدرة 1000 كيلو فولط وهو ما يرفع من كفاءة استغلال مشاريع الطاقات المتجددة

- تعتبر مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية المتصلة بشبكة الكهرباء أكثر كفاءة وأقل تكلفة من المشاريع المعزولة عن الشبكة والتي تتطلب عناصر إضافية في المشروع أهمها: البطاريات والتي تؤثر بشكل هام في تكاليف نظام إنتاج الكهرباء.

- كما يجدر بنا التنبيه لأهمية مسافة النقل حيث كلما ارتفعت مسافة النقل كلما كانت كمية الكهرباء الضائعة أكبر. (Chen, 2018).

3. الدور التنموي لمشروع 2000 ميغاواط سونلغاز -الطاقات المتجددة:

سيسهم مشروع 2000 ميجاواط من الطاقة الكهروضوئية في إنعاش عديد القطاعات الاقتصادية من حيث: توفير الطاقات الأحفورية وتنويع المزيج الطاقوي وتنمية الصناعات المحلية.

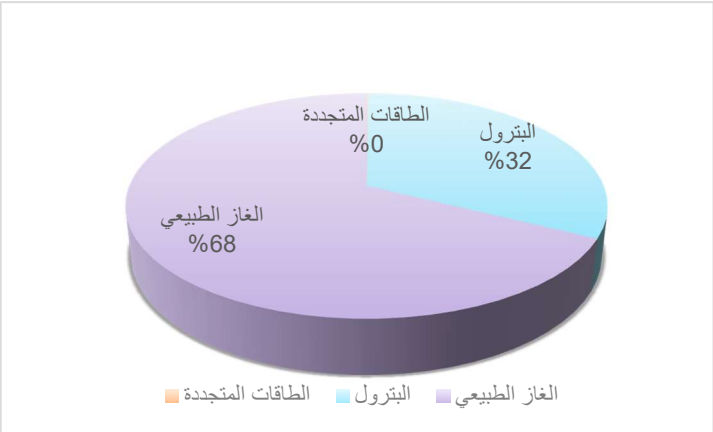
1.3 توفير الطاقات الأحفورية:

يعتبر مشروع 2000 ميجاواط جزءًا من الطاقة الكلية المستهدفة من البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي بإنجاز 16000 ميجاواط من الطاقة الشمسية الكهروضوئية بآفاق 2035 والتي ستسمح بتوفير 240 مليار متر مكعب من الغاز الطبيعي (الحكومة الجزائرية، 2020)، وبهذا الاعتبار سيوفر المشروع ثمن (8/1) هذه الكمية أي 30 مليار متر مكعب من الغاز الطبيعي سنوياً وهو ما يمثل 28,5% من الإنتاج الأولي من الغاز الطبيعي في سنة 2021 (Ministère de l'Energie, 2021). وهذا الذي يسمح بكفاءة استغلال الطاقات الأحفورية بزيادة عائدات الدولة من صادرات الغاز والبترول من جهة ورفع نسبة الطاقات الإنتاجية من التكرير لتغطية الطلب الوطني من جهة أخرى.

2.3 دعم وتنويع المزيج الطاقوي الوطني:

يسهم مشروع 2000 ميجاواط برفع نسبة إسهام الطاقات المتجددة في المزيج الطاقوي الوطني (الإنتاج الأولي للطاقة) حيث تتمثل نسبة مساهمة الطاقات المتجددة في المزيج الطاقوي في سنة 2021 بنسبة 0,09% من الإنتاج الكلي للطاقة إذ لا تتعدى القدرة الإنتاجية المركبة 411 ميجاواط والتي حقّقت طاقة 662 جيجاواط ساعة في سنة 2021، ويمكن توضيح حصص الطاقات المتجددة في المزيج الطاقوي لسنة 2021 كما في الشكل التالي:

الشكل 1: حصص مكونات المزيج الطاقوي في سنة 2021



المصدر: من إعداد الباحثين.

نلاحظ ارتفاع نسبة الطاقات الأحفورية حيث تمثل نسب 99,9% من إجمالي الإنتاج الطاقوي الأولي والذي بلغ سنة 2021: 164442 * 10^3 طن مكافئ بترول منها:

1- 99260 * 10^3 طن مكافئ بترول من الغاز الطبيعي

2- 47084 * 10^3 طن مكافئ بترول من البترول

في المقابل مثّلت الطاقات المتجددة (الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة المياه...) نسبة 0,09% بطاقة قدرها 160 * 10^3 طن مكافئ بترول.

إنّ استغلال مشروع 2000 ميجاواط سيرفع القدرة الإنتاجية المركبة في الجزائر إلى 2500 ميجاواط، ومن خلال التشغيل لمدة 2000 ساعة في السنة ستتولّد طاقة بقيمة 5000 جيجاواط ساعة أي ما يعادل 1200 * 10^3 طن مكافئ بترول وهو تطوّر بنسبة 656% أي تضاعف بسبعة أضعاف ونصف (7,5)، حيث تصبح نسبة إسهام الطاقات المتجددة في المزيج الطاقوي الوطني بنسبة 0,7% من إجمالي الطاقة المنتجة في حالة ثبات الطاقة المنتجة من الغاز الطبيعي والبترول.

3.3 دعم التنمية الاقتصادية والصناعة المحلية:

إنّ اشتراط شركة سونلغاز في دفتر الشروط ما لا يقل عن 35% كمعدل إدماج وطني يسمح بدفع عجلة التنمية الاقتصادية للجزائر من خلال إنعاش الإنتاج المحلي المتعلق بالهياكل والكوابل والمحولات والألواح وأشغال الهندسة المدنية وغيرها. كما يسمح هذا بدعم الشراكات مع المؤسسات الأجنبية ممّا يسهم في تبادل الخبرات واكتساب الكفاءات وتنمية القدرات البشرية في هذا المجال، ناهيك عمّا يوفره من مناصب شغل حيث يتوقع توفير 10 آلاف منصب شغل (مجمع سونلغاز، 2024).

4. تحليل الاستثمار والتقييم المالي للمشروع:

تتمثل معطيات مشروع 2000 ميجاوات في **الجدول 2** والذي يلخص عناصر كل محطة على حدا: القدرة المركبة وتكلفة الاستثمار(I_0) إلى غاية وضعه تحت الخدمة ومدة الإنجاز وتكلفة الكيلووات ساعي الواحد (SONELGAZ, 2023):

يعتبر هذا الجدول هو قاعدة العمل في تقييم المشروع من خلال حساب تكلفة إنتاج الكيلوواط ساعي الواحد. وذلك من خلال حساب التكلفة المتوسطة المرجحة بحسب القدرة الإنتاجية لكل محطة من خلال العبارة التالية:

$$C_{kwh} = \frac{\sum_{i=1}^{15}[C_i(CI_i)]}{\sum CI_i}$$

حيث أنّ:

C_{kwh}: تكلفة الكيلوواط ساعي الواحد من الطاقة المنتجة.

C_i:تكلفة الكيلوواط ساعي للمحطة : i=1.2.3…15.

CI_i: الطاقة المركبة للمحطة: i=1.2.3…15.

$\sum CI_i$: مجموع الطاقة المركبة: 1920 ميجاواط.

$C_{kwh} = 7{,}2489$

الجدول 2: جدول تفصيلي لمحطات مشروع 2000 ميجاواط

المحطة	الموقع	الطاقة MWc	شركة الإنجاز	القيمة الكلية للمحطة (دج)	فترة الإنجاز	تكلفة: دج / KWh
1	العبادلة	80	Groupement CWE-HXCC-YREC	7 184 431 884,15	10	7,2891
2	القنادسة	120	Groupement Cosider Canalisation-Fimer SPA	11 857 721 756,63	12	6,7393
3	باطمات	220	Groupement CWE-HXCC-YREC	17 965 686 405,90	16	7,5752
4	العش	80	Eurl Hamdi	8 038 772 252,05	10	8,2629
5	أولاد فاضل	80	Shanxi Installation Group Co	7 804 982 423,16	8	8,116
6	قلتة سيدي سعد	200	Groupement CWE-HXCC-YREC	16 239 413 911,58	16	7,3323
7	قرارة	80	Groupement Ozgun Insaat-Zergoun	9 620 086 909,82	7	7,2723
8	قصر الشلالة	80		تمّ إلغاؤها		
9	دوار الماء	200	Groupement CWE-HXCC-YREC	16 449 150 518,46	16	7,0567
10	طالب العربي	80	Eurl Hamdi	8 043 841 246,51	10	7,2825
11	توقرت	150	Groupement Cosider Canalisation-Fimer SPA	14 475 866 460,34	14	7,66
12	تندلة	200	CSCEC	15 761 857 399,32	14	6,2413
13	الغروس	200	Groupement PowerChina NTL-SinoHydro	18 137 150 953,33	16	7,0279
14	خنقة سيدي ناجي	150	PowerChina Zhongnan Engineering Corporation Limited	12 806 971 579,02	14	6,874
15	أولاد جلال	80	Groupement CWE-HXCC-YREC	7 310 056 532,56	10	8,4137

المصدر: من إعداد الباحثين باعتماد إشعار منح العقود المؤقتة للمشروع.

1.4 جدول تدفقات الاستثمار:

باعتماد القرار الوزاري المؤرخ في 2 ربيع الثاني عام 1435 الموافق لـ 2 فبراير 2014 والذي يحدد تسعيرات الشراء المضمونة وشروط تطبيقها على الكهرباء المنتجة عن طريق المنشآت التي تستعمل فرع الشمسي الكهروضوئي (الجريد الرسمية للجمهورية الجزائرية، 2014)

وباعتبار معدل الخصم t=5%. وبتحديد عدد ساعات التشغيل حسب القدرة المرجعية 1500 ساعة سنوياً، وباعتبار العمر الإنتاجي للمشروع سنة n=25.

نتحصل على الجدول التالي والذي يلخّص عناصر التقييم المالي:

الجدول 3: جدول عناصر التقييم المالي مشروع 2000 ميجاواط

معطيات المشروع	ميجاواط	كيلوواط
الطاقة المركبة للمشروع Mw أو KW	1 920	1 920 000
عدد ساعات التشغيل في السنة	1 500	
الطاقة المنتجة من طرف المشروع KWh	2 880 000	2 880 000 000
التكلفة الوسيطية المرجحة ل KWh		7,25
التكلفة الكلية للكهرباء المنتجة سنويا		**20 876 880 000,00**
تسعيرة الشراء المرحلة 1 (5 سنوات)		12,75
رقم الأعمال السنوي للخمس 5 سنوات الأولى		**36 720 000 000,00**
تسعيرة الشراء المرحلة 2 (أكثر من 5 سنوات)		12,75
رقم الأعمال السنوي بعد الخمس 5 سنوات الأولى		**36 720 000 000,00**
صافي التدفقات للخمس 5 سنوات الأولى T_n		**15 843 120 000,00**
صافي التدفقات بعد خمس 5 سنوات الأولى T_n		**15 843 120 000,00**
معدل الخصم t		**5%**
القيمة الكلية للمشروع I_0		**-171 695 990 232,83**

المصدر: من إعداد الباحثين.

2.4 حساب مؤشرات التقييم المالي:

تتمثل المؤشرات المالية التي سنعتمدها في تقييم مشروع 2000 ميجاواط في:

- القيمة الحالية الصافية NPV؛
- معدل العائد الداخلي IRR؛
- فترة الاسترداد PP؛

حدّدنا معدل العائد الداخلي (IRR)انطلاقاً من دالته المتاحة في برنامج Excel فكانت النتائج كما يلي:

- معدل العائد الداخلي IRR=7.8239% أي أنّ عند تشغيل المشروع 1500 ساعة سنوياً وعند معدل خصم 7.8239% تكون المردودية معدومة وبهذا يعلم أن ارتفاع معدل الخصم عن IRR=7.8239% يجعل المشروع لا يحقق مردودية.

أما NPV وPP فنعتمد الجدول التالي:

الجدول 4: جدول تطور القيمة الحالية عبر العمر الإنتاجي للمشروع

السنوات	T_n	$T_n (1+t)^{-n}$	$\Sigma T_n (1+t)^{-n}$	$\Sigma T_n (1+t)^{-n} - I_0$
0	-171 695 990 232,83			
1	15 843 120 000,00	15 088 685 714,29	15 088 685 714,29	-156 607 304 518,54
2	15 843 120 000,00	14 370 176 870,75	29 458 862 585,03	-142 237 127 647,80
3	15 843 120 000,00	13 685 882 734,05	43 144 745 319,08	-128 551 244 913,75
4	15 843 120 000,00	13 034 174 032,42	56 178 919 351,50	-115 517 070 881,33
5	15 843 120 000,00	12 413 499 078,50	68 592 418 430,00	-103 103 571 802,83
6	15 843 120 000,00	11 822 380 074,76	80 414 798 504,77	-91 281 191 728,06
7	15 843 120 000,00	11 259 409 595,01	91 674 208 099,78	-80 021 782 133,05
8	15 843 120 000,00	10 723 247 233,34	102 397 455 333,12	-69 298 534 899,71
9	15 843 120 000,00	10 212 616 412,71	112 610 071 745,83	-59 085 918 487,00
10	15 843 120 000,00	9 726 301 345,44	122 336 373 091,27	-49 359 617 141,56
11	15 843 120 000,00	9 263 144 138,51	131 599 517 229,78	-40 096 473 003,05
12	15 843 120 000,00	8 822 042 036,68	140 421 559 266,46	-31 274 430 966,38
13	15 843 120 000,00	8 401 944 796,84	148 823 504 063,29	-22 872 486 169,54
14	15 843 120 000,00	8 001 852 187,46	156 825 356 250,75	-14 870 633 982,08
15	15 843 120 000,00	7 620 811 607,11	164 446 167 857,86	-7 249 822 374,97
16	15 843 120 000,00	7 257 915 816,29	171 704 083 674,15	8 093 441,32
17	15 843 120 000,00	6 912 300 777,42	178 616 384 451,57	6 920 394 218,74
18	15 843 120 000,00	6 583 143 597,54	185 199 528 049,12	13 503 537 816,29
19	15 843 120 000,00	6 269 660 569,09	191 469 188 618,21	19 773 198 385,38
20	15 843 120 000,00	5 971 105 303,89	197 440 293 922,10	25 744 303 689,27
21	15 843 120 000,00	5 686 766 956,09	203 127 060 878,19	31 431 070 645,36
22	15 843 120 000,00	5 415 968 529,61	208 543 029 407,80	36 847 039 174,97
23	15 843 120 000,00	5 158 065 266,30	213 701 094 674,10	42 005 104 441,27
24	15 843 120 000,00	4 912 443 110,76	218 613 537 784,86	46 917 547 552,02
25	15 843 120 000,00	4 678 517 248,34	223 292 055 033,20	**51 596 064 800,37**

المصدر: من إعداد الباحثين.

تحدّد فترة الاسترداد PP حسابياً كما يلي:

الفرق بين سنة 16 و15 هو سنة 12شهر:7 257 915 816,29 .

والفرق بين PP و15 سنة هي الفترة x شهر:

15	164 446 167 857,86	-7 249 822 374,97
PP	171 695 990 232,83	0
16	171 704 083 674,15	8 093 441,32

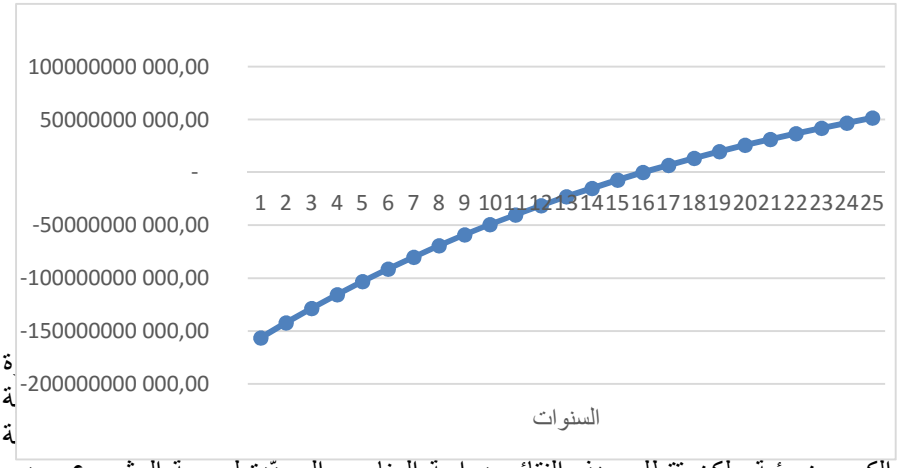
7 249 822 3

. 74,97

$$PP = 15 + \frac{12 * 7249822374.97}{7257915816.29} = 11.98 \text{ شهر}$$

يلخص هذه النتائج المنحنى التالي:

الشكل 2: منحنى تطور القيمة الحالية الصافية في خلال العمر الإنتاجي



الكهروضوئية ولكن تتطلب هذه النتائج دراسة العناصر المحدّدة لربحية المشروع ومدى تأثيرها عليها.

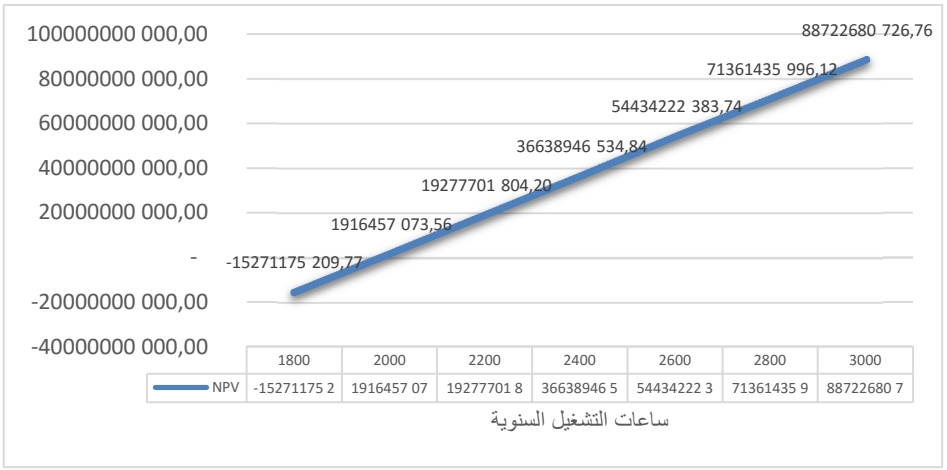
3.4 أثر ساعات التشغيل ومعدل الخصم على مردودية المشروع:

تتأثر المردودية المالية لمشروع 2000 ميجاواط بمعدل الخصم وعدد ساعات التشغيل وفي هذا العنصر ندرس كيف تؤثر هذه العناصر على مردودية المشروع.

أ- تأثير ساعات التشغيل على NPV وIRR:

باعتماد برنامج Excel غيرنا عدد ساعات التشغيل فكانت النتائج كالتالي:

الشكل 3: علاقة ساعات التشغيل بـ NPV



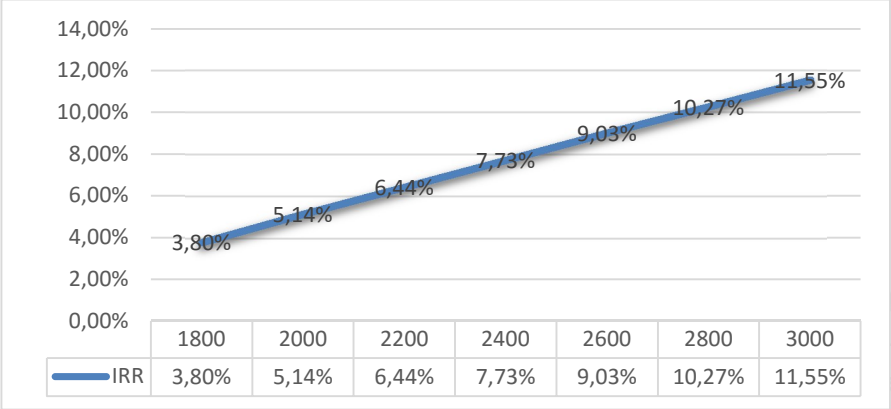
المصدر: من إعداد الباحثين.

- نلاحظ وجود علاقة طردية بين ساعات التشغيل للمحطات ومردودية المشروع في ظلّ اعتماد معدل خصم t=5%.
- حيث لا يمكن تحقيق مردودية في أقل من 2000 ساعة سنوياً ولا يمكن تحقيق فترة استرداد في أقل من 25 سنة.
- نلاحظ أنّ ارتفاع ساعات التشغيل من 2200 ساعة إلى 3000 ساعة بنسبة 36,36% أدّى إلى ارتفاع مردودية المشروع بنسبة 360% وبهذا تظهر درجة الاستجابة والحساسية للمردودية (NPV) كأثر للتغير الحادث في ساعات التشغيل السنوية بـــــقيمة:

$$\text{درجة الاستجابة} = \frac{\text{التغير النسبي في } NPV}{\text{التغير النسبي في ساعات التشغيل}} = \frac{3,60}{0,3636} = 9,9$$

- نلاحظ ارتفاع درجة حساسية مردودية المشروع لعنصر ساعات التشغيل السنوية وهذا يبيّن أهمية هذا العنصر ودوره المحوري نحو رفع مردودية المشروع وتخفيض فترة الاسترداد PP حيث تصل عند تشغيل المشروع بمعدل 3000 ساعة سنوياً إلى 9 سنوات.

الشكل 4: علاقة ساعات التشغيل بـ IRR



عند ارتفاع عدد ساعات التشغيل من 2200 ساعة إلى 3000 ساعة بنسبة 36,36%.

وبهذا تظهر درجة الاستجابة والحساسية لمعدل العائد الداخلي IRR كأثر للتغير الحادث في ساعات التشغيل السنوية بـــــقيمة:

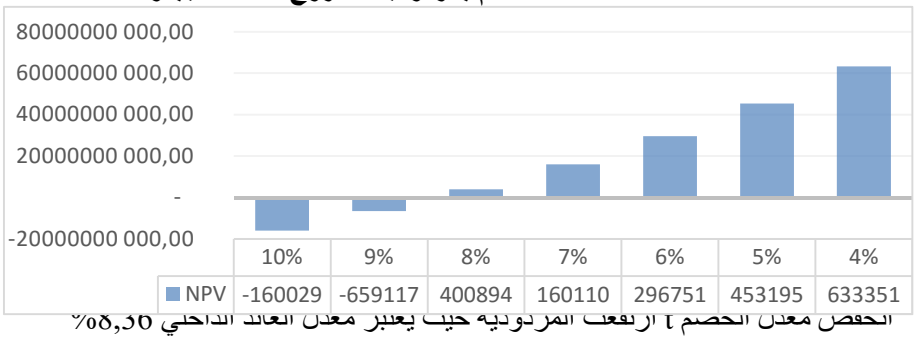
$$\text{درجة الاستجابة} = \frac{\text{التغير النسبي في } TRI}{\text{التغير النسبي في ساعات التشغيل}} = \frac{79,236}{0,3636} = 2,18$$

- إن ارتفاع مستوى المعدل العائد الداخلي عند ارتفاع ساعات التشغيل يؤشر على قدرة المشروع على تحقيق مردودية في ظل ارتفاع معدل الخصم ففي حالة التشغيل بمعدل 3000 ساعة سنويا يمكن تحقيق مردودية عند معدل خصم يصل لـــ: t=11%.

ب- **أثر معدل الخصم t على مردودية المشروع:**

في حالة تشغيل محطات المشروع بـــ 2500 ساعة سنوياً نجد أنّ معدل العائد الداخلي IRR يساوي 8,36% أمّا المردودية NPV فتتغير وفق المنحنى التالي:

الشكل 5: علاقة معدل الخصم بمردودية مشروع 2000 ميجاواط



انخفض معدل الخصم t ارتفعت المردودية حيث يعتبر معدل العائد الداخلي 8,36% عتبة المردودية. حيث يصبح المشروع يحقق مردودية: VAN>0 عند انخفاض معدل الخصم t عن معدل العائد الداخلي IRR= 8,36% حيث ارتفعت المردودية في معدل 4% إلى قيمة63335102145,7207 دج ما يسمح باسترداد قيمة المشروع في ظرف 12 سنة و3 أشهر ما يمثل نصف العمر الإنتاجي المفترض للمشروع.

- تطوّرت مردودية المشروع بنسبة 1480% عند انخفاض معدل الخصم t من 8% إلى 4% أي بنسبة 50%.

- درجة حساسية مردودية المشروع لمعدل الخصم هي:

$$\text{درجة الاستجابة} = \frac{\text{التغير النسبي في } NPV}{\text{التغير النسبي في } t} = \frac{14,8}{-0,5} = -29,6$$

الإشارة السالبة (-) تمثل العلاقة العكسية بين NPV ومعدل الخصم t. أما قيمة 29,6 تعبّر عن ارتفاع درجة حساسية التغير الحادث في مردودية المشروع NPV نظير التغير الحادث في معدل الخصم t.

5. تحديات مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية في الجزائر:

مع كون مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية تعرف معدلات نمو عالية وتشهد مخططات واستراتيجيات طموحة، لكن تواجهها تحديات عديدة نذكر منها:

1.5 تحديّات المناخية والجغرافية:

تتراوح نسبة كفاءة الألواح الشمسية بين 20% إلى 25% أي مدى إمكانية تحويل طاقة الإشعاع الشمسي الساقط على اللوح (input) إلى طاقة كهربائية (output)، وهذا في ظل الظروف المناخية الملائمة أهمها:

أ- **درجة الحرارة:** حيث يتطلب عدم تجاوز 45 درجة وإلاّ ستنخفض كفاءة الألواح بشكل كبير ممّا يؤدي إلى انخفاض إنتاجية المحطات خاصة الواقعة منها في المناطق الصحراوية والتي تتميز بارتفاع كبير في درجات الحرارة خاصة في الفترة الصيفية والتي تعرف ارتفاع الطلب على الكهرباء حيث سجّلت ذروة الاستهلاك في الجزائر في وقت الظهير في شهر جويلية وأوت.

ب- **تطاير الأتربة والرمال:** وهو ما يقلل كمية الضوء والأشعة التي تصل إلى الخلايا الضوئية ممّا يؤدي إلى خفض وتقليل إنتاجية وكفاءة الألواح وهو الذي يفرض وجود تحدٍّ آخر وهو ارتفاع الطلب على المياه التي تسمح بتنظيف الألواح ممّا يؤدي إلى ارتفاع تكاليف الإنتاج من جهة وانخفاض ساعات التشغيل من جهة أخرى.

لا تعتبر الظروف المناخية تحديّا في مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية من جهة إنتاج الكهرباء فقط، بل تعتبر تحديّا أساسياً في نقل الكهرباء من مناطق تواجد محطات الطاقة الشمسية إلى محطات التوزيع، حيث تؤثر الظروف المناخية الصعبة من ارتفاع درجات الحرارة وشدة الرياح في فقدان كميات كبيرة من الكهرباء خاصة مع طول مسافة النقل، كما تؤثر في المعدات والتجهيزات من محولات وكوابل وغيرها.

2.5 تحديات البنية التحتية:

تتطلب مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية شبكة نقل عالية الجهد، حيث تعتبر المناطق الجنوبية الأكثر إنتاجية للطاقة وفي المقابل هي الأقل طلبا على الكهرباء، ولهذا يتطلب نقل الكهرباء شبكة ذات قدرات الحمل العالي تشمل المناطق المؤهلة للاستثمار في مجال الطاقة الشمسية الكهروضوئية وتتصل بالشبكة الوطنية لنقل وتوزيع الكهرباء.

3.5 التحديات التنظيمية القانونية:

يتطلب تحفيز الاستثمار في الطاقة الشمسية الكهروضوئية تأسيس قاعدة قانونية تنظم وتؤطر مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية. مع أنّ الجزائر قد أسست لعديد القوانين والمراسيم والقرارات وفي فترات مبكرة مثل قانون 04-09 المتعلق بتعزيز الطاقات المتجددة والمرسوم 13-218 المتمّم بالمرسوم 17-166 المتعلق بعلاوات تكاليف تنويع إنتاج الكهرباء ولكن يبقى الشغور في مجال الإنتاج الذاتي على مستوى الوحدات السكنية الفردية وإمكانية التغذية للشبكة وتخفيض فاتورة الكهرباء ومنح الامتيازات للوحدات السكنية التي تدمج بين كهرباء التوزيع والمنتجة من الألواح الشمسية الكهروضوئية بتعريفات خاصة.

- بالإضافة إلى التحديات الأخرى من تحديات التمويل وتحديات التكنولوجيات الحديثة في الإنتاج والتخزين وتحديات سوق الطاقة الأحفورية.

6. خاتمة:

لقد توصلنا من خلال هذه الورقة البحثية إلى النتائج التالية:

- تتوفر الجزائر على إمكانيات ومقومات طبيعية من ارتفاع مستوى الطاقة الساقطة وعلى مدة سطوع شمسي تسمح بتعظيم أرباح ومردودية مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية.
- عند معدل خصم 5% وتشغيل 1500ساعة سنويا يحقق مشروع 2000 ميغاواط مردودية تقدّر بـ 800,37 064 596 51 ويمكن استرداد قيمة المشروع في فترة 12 سنة وبمعدل عائد داخلي 7.8239% .
- تؤثر ساعات التشغيل في مردودية المشروع بمعدل حساسية: 9,9 كما تؤثر في ارتفاع معدل العائد الداخلي بمعدل: 2,18. كما يؤثر معدل الخصم بعلاقة عكسية على مردودية المشروع بمعدل حساسية: 29,6- .
- تواجه مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية تحديات أهمها التحديات المناخية التي تميّز المناطق الصحراوية والتي تعتبر أكثر تأهيل لمحطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية تؤثر في كفاءة وإنتاجية الألواح الشمسية.

إنّ تنمية مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية وتعزيز مردودية الاقتصادية والمالية في الجزائر يتطلب:

- القيام بدراسة عميقة في مجال المواقع المؤهلة لاحتضان مشاريع الطاقة الكهروضوئية تهيئ قاعدة بيانات عند اقتراح مشاريع مستقبلية تتناول الجانب الإشعاعي وشبكات النقل والتوزيع للكهرباء.
- دعم البحث والتطوير في مجال تكنولوجيا الطاقة الكهروضوئية التي تسمح بالحفاظ على كفاءة اللوح الإنتاجية في ظل ظروف الجزائر المناخية مع مراعاة الأعباء التشغيلية.
- تأسيس قاعد قانونية تنظيمية تشجّع على إنشاء منظومات ذاتية لتوليد الكهرباء في الوحدات السكنية الفردية وإمكانية إسهامها في تغذية شبكة التوزيع بتعريفات تحفيزية.
- نشر التوعية وإشراك المنظومة الاجتماعية في نشر ثقافة استغلال الطاقات المتجددة خاصة في الأوساط المعزولة عن الشبكة الوطنية وذات الطابع الفلاحي وثقافة الاستغلال المثالي للموارد الأحفورية المتاحة سعياً نحو تحقيق انتقال طاقوي ناجح.

5. قائمة المراجع:

أحمد شاكر محمود، محمد طارق محمد. (2023). دراسة الجدوى المالية لمشروع نصب منظومة طاقة شمسية كهروضوئية بقدرة 2كيلوواط للاستخدام المنزلي. مجلة الريادة والأعمال، المجلد الرابع(العدد 1)، 100-113.

الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية. (2 فبراير، 2014). تسعيرات الشراء المضمونة وشروط تطبيقها على فرع الشمسي الكهروضوئي. العدد 23.

الحكومة الجزائرية. (2020). مخطط عمل الحكومة. الحكومة، https://premier-ministre.gov.dz/ar.

هشام عامر، حسين بلعجوز. (2017). دراسة للجدوى المالية لمشاريع إنتاج الكهرباء باستخدام للنظم الكهروضوئية في الجزائر "باستعمال برنامج المحاكاة RET Screen". مجلة الحقوق والعلوم الإنسانية - دراسات اقتصادية، 377-390.

هناء سعد محمد شبيب، سيف صاحب جابر. (2022). دراسة جدوى لمشروع الألواح الشمسية في قرية الغدير في محافظة النجف. مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والإدارية(العدد 3)، 149-170.

الحكومة الجزائرية. (2020). مخطط عمل الحكومة. الحكومة.

عبير محمد عبد الرزاق يوسف. (2019). الجدوى الاقتصادية لمحطات الطاقة الشمسية في مصر. مجلة الدراسات الاستراتيجية للكوارث وإدارة الفرص، المجلد 1(العدد 3)، 138-161.

مجمع سونلغاز. (5 جانفي, 2024). ملف الصحفي لمشروع 2000 ميجاواط. تم الاسترداد من الموقع الرسمي لسونلغاز:
https://www.sonelgaz.dz/media/file/1904/01_10_2023_651982798aa734.27992383.pdf

وزارة الطاقة. (4 جانفي, 2024). الطاقات الجديدة والمتجددة وإدارة الطاقة. تم الاسترداد من الموقع الرسمي لوزارة الطاقة:
https://www.energy.gov.dz؟/rubrique=energies-nouvelles-renouvelables-et-maitrise-de-lrenergie

A.O. Bend Kadi, A. K. (2018). Etude de faisabilité techno-économic des centrales photovoltaïques en Algérie. Revue Des Énergies renouvelables, 21(2), 181-198.

Chen, Y. S. (2018). Research and application of UHV power transmission in China. Journals the Institution of Engineering and Technology, 1-13.

Ministère de l'Energie. (2021). bilan énergétique national 2021.

SONELGAZ. (2023, Octobre 31). Avis d'attribution provisoire de marches projet 2000 MWc. SONELGAZ.

Tze San Ong, C. H. (2013, February). Net Present Value and Payback Period for Building Integrated Photovoltaic project in Malaysia. International journal of academic Research in Business and Social Sciences, Vol.3(n02).