دراسة للجدوى المالية لمشاريع إنتاج الكهرباء باستخدام النظم الكهروضوئية في الجزائر "باستعمال برنامج المحاكاة RETScreen"

أ. هشام عامر جامعة المسيلة
د. حسين بلعجوز جامعة المسيلة

المستخلص:
نقدم في هذه الورقة البحثية دراسة للجدوى المالية للنظم الكهروضوئية في الجزائر، بهدف تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية، وقد استعمالنا برنامج تقديري يدعى "RETScreen" اخترنا لهذه الدراسة أربعة مناطق تغطي مساحة معتبرة من القطر الجزائري وتمثل الجهات الأربعة للوطن الشمال، الجنوب، الشرق والغرب هي: الجزائر العاصمة، قسنطينة، وهران وتمنراست وهذا نظرا لتوفر قيم الإشعاع الشمسي الكلي الشهري وتوفر قيم مدة التشميس.
الكلمات المفتاح: الأنظمة الكهروضوئية، الطاقة الشمسية، برنامج المحاكاة RETScreen.

Résumé:
Nous présentons une étude de faisabilité financière sur les systèmes photovoltaïques en Algérie, pour la conversion d'énergie solaire en énergie électrique. Nous avons utilisé un logiciel de simulation "RETS Screen". Pour faire cette étude, nous avons choisi quatre zones prise en considération par le logiciel "RETS Screen", à savoir: Alger, Tamanrasset, Oran Et Constantine. Ces sites disposent des données mesurées du rayonnement solaire global ainsi que les valeurs de la durée de l'ensoleillement.
Mots clés: systèmes photovoltaïques, l'énergie solaire, logiciel de simulation "RETS Screen".

مقدمة

تعتبر الطاقة بمصادرها المختلفة بمثابة المحرك الأساسي للتقدم الاقتصادي وعنصرا أساسيا في حياة البشر، وقد برز الاهتمام بموضوع الطاقة في العقود القليلة الماضية غير أنه لم يتخذ طابعه الشمولي سوى خلال عقد السبعينات وتحديدا عشية التطورات التي شهدها سوق الطاقة العالمي في أواخر عام 1973، وقد تأكد للجميع أن المسألة ليست مرتبطة بتغير أسعار النفط والغاز بل إنها أكثر أهمية من ذلك وتتعلق بقدرة المخزون الاحتياطي من هذه المصادر وغيرها من المصادر القابلة للنفاذ على تلبية الطلب المتزايد على الطاقة والاستمرار في تمويل الاقتصاد العالمي. وفي ظل التناقص الذي تعرفه المصادر التقليدية للطاقة (الفحم، النفط والغاز الطبيعي، اليورانيوم) والتي من أبرز خصائصها أنها مصادر غير متجددة، إضافة إلى كونها تساهم بشكل معتبر في التلوث البيئي الذي يعاني منه العالم اليوم بصورة كبيرة، هذه الظاهرة التي أدت إلى التغير المناخي وتلوث الهواء وخطر انحسار طبقة الأوزون وارتفاع معدلات الحرارة والمطر الحمضي...الخ. لذا أصبح التحدي الذي يواجه العالم هو إيجاد بدائل طاقوية متجددة صديقة للبيئة تسمح بالحد من استنزاف مصادر الطاقة التقليدية غير المتجددة وتسعى إلى توفير الطاقة بأسعار معقولة ودون المساس بالبيئة.

الطاقات المتجددة في أبسط معانيها هي كل مصدر للطاقة يمتاز بسرعة تجدده حتى يمكن اعتباره لا ينضب. تنتج من الظواهر الطبيعية المنتظمة أو الثابتة التي تحدثها الكواكب، خاصة الشمس (الأشعة) والقمر (المد والجزر) والأرض (طاقة الحرارة الجوفية)[1]

1- إشكالية الدراسة

شهد قطاع الطاقة المتجددة في العالم تطورات إستراتيجية كبيرة، جعلته يتحول إلى ظاهرة عالمية بكل المقاييس، بعدما كان مقتصرا على العالم الصناعي الغربي، وهو تطور تحقق مع صعود الصين واسيا بشكل عام كقاعدة عالمية لإنتاج الخلايا الكهروضوئية، وكيف أن الطاقات المتجددة عموما والطاقة الشمسية الكهروضوئية خصوصا خرجت من إطار العمل من

اجل المحافظة على البيئة إلى حيز المنافسة التجارية، مع انخفاض تكلفتها، وجدواها الاقتصادية بشكل ملحوظ في السنوات الأخيرة.

تأسيسا على ما سبق فان الإشكالية الرئيسية لهذه الورقة البحثية تتمحور حول معرفة الجدوى المالية لمشاريع أنظمة تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية في الجزائر، ومحاولة مقارنة تكاليف الكهرباء المنتجة عن طريق هذا النوع من المشاريع مع تكاليف الشركة الوطنية للكهرباء والغاز SONELGAZ وذلك باستعمال برنامج محاكاة يدعى RETScreen.

2- فرضية الدراسة

بالرغم من التطور الكبير الذي شهده العالم في إنتاج الخلايا الكهروضوئية إلا أن إنتاج الكهرباء بواسطة الأنظمة الكهروضوئية في الجزائر لازال يتميز بتكاليفه المرتفعة من جهة، ومحدودية مردوديته من جهة أخرى مقارنة بأنظمة الإنتاج بواسطة المصادر التقليدية المستخدمة من طرف شركة سونلغاز SONELGAZ.

3- أهداف الدراسة

أ- من الناحية النظرية: يهدف البحث من الناحية النظرية إلى التعريف بالخلايا الكهروضوئية ومعرفة كيفية عملها وأنواعها المتاحة، ومنظومة عملها لإنتاج الطاقة الكهربائية، إضافة إلى استعراض مؤشرات تطورها على المستوى العالمي والوطني.

ب- من الناحية التطبيقية: فإن البحث يهدف إلى دراسة الجدوى المالية لمشاريع إنتاج الكهرباء بواسطة أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية في الجزائر ومقارنتها بمشاريع الشركة الوطنية للكهرباء والغاز (SONELGAZ) المعتمدة على إنتاج الكهرباء من المصادر التقليدية (الغاز الطبيعي).

4- أهمية الدراسة

تستمد هذه الدراسة أهميتها من أهمية موضوع الطاقات المتجددة عموما، والطاقة الشمسية الكهروضوئية خصوصا، إضافة إلى أهمية دراسات الجدوى المالية لمشاريع إنتاج الكهرباء بواسطة أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية في تحديد الجدوى الاقتصادية لهذه المشاريع.

5- منهج الدراسة

تم الاعتماد في هذه الدراسة على المنهجين الوصفي والاستقرائي؛ بحيث تم استخدام المنهج الوصفي قصد توضيح المفاهيم المتعلقة بموضوع الدارسة، وتحليل البيانات والمعطيات والجداول المتعلقة بنتائجها، أما المنهج الاستقرائي فتم استخدامه من خلال دراسة مشاريع إنتاج الكهرباء بواسطة الأنظمة الكهروضوئية في المواقع الأربعة المختارة وتعميم نتائجها على كل القطر الجزائري.

6- حدود الدراسة

- حدود مكانية متمثلة في المناطق الأربعة المختارة وهي: الجزائر العاصمة، تمنراست، قسنطينة، وهران.

- حدود زمانية: قيم الإشعاع الشمسي الكلي الشهري، وقيم مدة التشميس المستخدمة في إعداد هذه الدراسة تعود للفترة الزمنية الممتدة من 2000 إلى 2005 نظرا لتوفر المعطيات المتعلقة بها كاملة خلال هذه الفترة.

أولا: الإطار المفاهيمي للطاقة الشمسية الكهروضوئية (énergie solaire photovoltaïque)

يعود اكتشاف الأثر الكهروضوئي إلى عام 1839 من طرف العالم الفرنسي أنطوان بيكريل (Antoine Becquerel) عندما اكتشف أن بعض المواد كانت تصدر كمية قليلة من الكهرباء عند تعرضها للضوء، ليأتي بعده ألبرت اينشتاين

(Albert Einstein) ليوضح ويشرح الظاهرة الكهروضوئية سنة 1912. لكن التطبيق العملي للخلايا الكهروضوئية المصنوعة من السيلكون كان سنة 1950، هذا الأثر الكهروضوئي يتيح تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية.[2]

1. الخلايا الشمسية: مصطلح PV Cells هو اختصار "Photovoltaic cells" أي الخلايا الشمسية الكهروضوئية أو الخلايا الشمسية الضوئية لتوليد الكهرباء وهي ما يطلق عليها عادة الخلايا الشمسية، وهي عبارة عن أشباه موصلات (semi-conducteurs) قادرة وبشكل مباشر على تحويل الضوء إلى كهرباء. والخلايا الشمسية إذا ما تم توصيلها مع بعضها وتركيبها في لوح واحد تكون ما يسمي باللوح الشمسي.

إذن يمكننا القول إن الخلايا الشمسية هي وحدة البناء الرئيسية في أي نظام شمسي لتوليد الكهرباء والتي تبدأ في توليد الكهرباء إذا ما تعرضت لأشعة الشمس المباشرة.

2. المواد الكهروضوئية: هي مواد حساسة للضوء تصنع من أشباه الموصلات ويعتبر عنصر السليكون هو أشهر أنواع أشباه الموصلات وأكثرها انتشارا ويستخدم في كل الدوائر الالكترونية، ويستخدم أيضا في الخلايا الشمسية لتوليد الكهرباء حيث إنه هو المكون الرئيسي لها. هناك أنواع من الخلايا الشمسية تستخدم مواد أخرى، ولكن السليكون مازال الأكثر انتشارا على الإطلاق نظرا لوفرته الكبيرة، حيث يتم استخراجه من مادة الرمل بسهولة إضافة إلى أنه غير سام مثل بقية أشباه الموصلات الأخرى.[3]

3. أنواع الخلايا الشمسية: هناك أنواع مختلفة من الخلايا الشمسية، تختلف بشكل أساسي في طريقة التصنيع والتقنية المستخدمة فيها ومدى تعقيدها والذي ينعكس على مقدار كفاءتها، وتحدد كفاءة الخلية بمدى قدرتها على تحويل ما يسقط عليها من ضوء إلى كهرباء والتي تتراوح ما بين 20 و25 % هذه النسب تشهد بفضل أبحاث التطوير المستمرة ارتفعا من سنة إلى أخرى، حيث أعلن فريق بحثي ألماني فرنسي مؤخرا عن تحقيق رقم قياسي عالمي جديد لتحويل أشعة الشمس إلي كهرباء بعد أكثر من ثلاث سنوات من الدراسات المتواصلة، وذلك باستخدام خلايا شمسية جديدة رباعية، ونوعية جديدة من أشباه الموصلات. وقد بلغت كفاءة الخلايا الشمسية الجديدة لامتصاص أشعة الشمس وإنتاج الكهرباء44.7% وتعد هذه خطوة رئيسية نحو زيادة خفض تكاليف الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية.[4]

وبشكل رئيس هناك ثلاث أشكال للخلايا الشمسية.[5]

أ- الخلايا أحادية البلورة (Les cellules monocristallines)

ب- الخلايا متعددة البلورات (Les cellules polycristallines)

ج- الخلايا غير المتبلورة (Les cellules amorphes)

4. الأنظمة الكهروضوئية: حينما نتحدث عن أنظمة الطاقة الشمسية أو أنظمة توليد الكهرباء بالطاقة الشمسية فإننا نعني بذلك أحد الخيارين[6].

- النظام الفردي أو النظام المنفصل عن الشبكة (off grid system) ؛
- النظام المزدوج أو النظام المتصل بالشبكة (on grid system) .

في الحقيقة الاختيار بين النظامين سواء كان النظام المنفصل عن الشبكة أو النظام المتصل بالشبكة لا يكون عشوائي، ولكن هناك معايير يتم على أساسها الاختيار بين النظامين، فمثلا لو كان المكان لا يتوفر على شبكة كهرباء عمومية بالأساس فليس أمامنا بديل عن اختيار النظام الفردي.

وإذا كانت المساحة المتوفرة لدينا صغيرة نسبيا ولن نستطيع تركيب نظام ألواح شمسية فيها يستطيع أن يولد لنا كل كمية الطاقة الكهربائية التي نحتاجها بالطاقة الشمسية وحدها سنضطر في هذه الحالة أن نقوم بعمل النظام المتصل بالشبكة.

والاختيار أيضا قد يكون له جدوى اقتصادية فأحيانا نولد نصف الحمل (la charge) بالطاقة الشمسية والنصف الآخر بالشبكة الأرضية للتوفير، أو حتى لجعل النظام يعمل فقط في حالات انقطاع التيار الكهربائي عن شبكة الكهرباء العمومية.

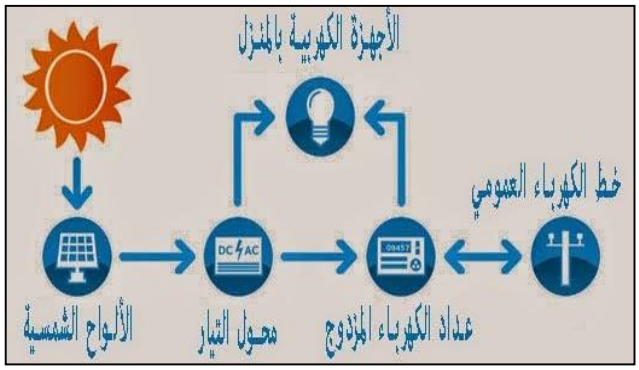
أ- النظام الفردي أو النظام المنفصل عن الشبكة (off grid system): أنظمة الطاقة الشمسية الفردية كما هو واضح بالشكل أدناه تعمل بدون أن تتصل بشبكة الكهرباء العمومية، ويتطلب هذا النظام وجود بطاريات لتخزين الطاقة الكهربية الزائدة عن الاستخدام لاستخدامها في الليل. وهذه الأنظمة لا بديل عنها في الأماكن النائية والتي لا تتوفر فيها شبكة كهرباء عمومية، وبالطبع يمكن أن يعمل هذا النظام في مترل يوجد به كهرباء علي الخط الأرضي أيضا ويمكن من خلال دارة كهربائية بسيطة جعله يعمل أوتوماتيكيا في حالات انقطاع التيار الكهربائي فقط أما باقي الوقت يظل المترل يعمل علي خط الكهرباء العمومي.

الشكل التوضيحي رقم (1): النظام الكهروضوئي المنفصل عن الشبكة (النظام الفردي)

المصدر: الشركة العربية للطاقة الشمسية http://www.arabsolarenergy.com

ب- النظام المزدوج أو النظام المتصل بالشبكة (on grid system): في حالة أنظمة الطاقة الشمسية المزدوجة يكون عداد الكهرباء مزدوج الاتجاه أي أنه يدور في كلا الاتجاهين، إما أن تكون الكهرباء متجهة إلى المترل أو أن تكون خارجة من المترل إلى شبكة الكهرباء العمومية. بمعني آخر أنك تقوم ببيع الكهرباء الزائدة عن حاجاتك والتي حصلت عليها بالطاقة الشمسية إلى مصلحة الكهرباء. ولكن يجب أن تكون سياسة الدولة تعمل بهذا النوع من العدادات حتى نستطيع تركيبه، ومن مزايا هذا النظام أنه لا يوجد فيه بطاريات ولا منظم شحن كما أنه لا يوجد طاقة مهدرة ففي النظام الفردي إذا امتلأت البطارية وما زال هناك ضوء للشمس سيقوم منظم الشحن بغلق الدارة حتى لا تتلف البطارية وبالتالي يكون هناك كمية من الطاقة الشمسية التي لم تستغل. وحتى لو كانت سياسة الدولة لا تعمل بنظام العداد المزدوج يمكن أيضا تركيب أنظمة طاقة شمسية مزدوجة ولكن ستحتاج إلي إضافة دارة كهربائية لتقوم بفصل نظام الطاقة الشمسية وتوصيل شبكة الكهرباء الأرضية أوتوماتيكيا في حالة كان الحمل زائد عن ما يستطيع نظام الطاقة الشمسية إنتاجه وغالبا سيحدث هذا ليلا لأن النظام لا يوجد به بطاريات لتخزين الطاقة.

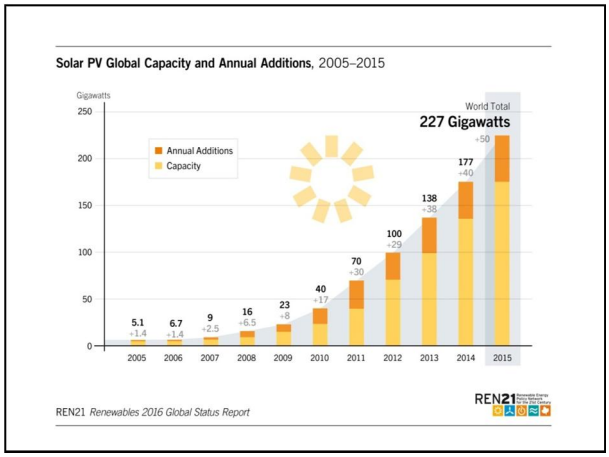
الشكل التوضيحي رقم (2): النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة (النظام المزدوج)



المصدر: الشركة العربية للطاقة الشمسية http://www.arabsolarenergy.com

ثانيا: مؤشرات تطور الطاقة الشمسية الكهروضوئية على المستوى العالمي والوطني

1. على المستوى العالمي: حسب تقرير REN21 العالمي الخاص بالطاقات المتجددة[7] والصادر في سنة 2016 فان قطاع الطاقة الشمسية الكهروضوئية قد شهد عام آخر من النمو القياسي عام 2015، حيث ارتفعت القدرة الإنتاجية من 177 جيغا واط (1 جيغا واط يعادل 1 مليار واط) سنة 2014 إلى 227 جيغا واط سنة 2015 بزيادة قدرها 50 جيغا واط، هذه الزيادة تعادل ما مقداره 186 مليون لوحة شمسية تم تركيبها سنة 2015 لترفع من القدرة الإنتاجية العالمية إلى 227 جيغا واط حيث تحتل الصين وألمانيا واليابان والولايات المتحدة الأمريكية المراتب الأربعة الأولى بـــ 43.5 ، 39.7 و 34.4 و25.6 جيغا واط على الترتيب وهو ما يبين الاهتمام والتطور الكبير الذي تشهده صناعة الطاقة الكهروضوئية في هذه الدول، ولتوضيح التطور الكبير والمستمر للقدرة العالمية المنتجة من الطاقة الكهروضوئية نستعرض الشكل البياني رقم (3) أدناه:



نلاحظ من خلال الشكل القفزة النوعية المحققة في إجمالي القدرة المنتجة خلال العشرية الأخيرة (2005-2015)، حيث بالرغم من أن إجمالي القدرة العالمية المنتجة سنة 2005 لم يتجاوز 5.1 جيغا واط فقط إلا أن هذه القيمة شهدت زيادات سنوية معتبرة ومستمرة لتصل إلى 100 جيغا واط سنة 2012 لترتفع الى 227 جيغا واط سنة 2015. ومما لاشك فيه أن هذه الزيادة في القدرة الإنتاجية تعزى في الحقيقة إلا الزيادة الكبيرة في المشاريع الاستثمارية التي توجهت للاستثمار في قطاع الطاقات المتجددة بصفة عامة وقطاع الطاقة الشمسية الكهروضوئية بصفة خاصة؛ باعتباره قطاع فتي

دراسة للجدوى المالية لمشاريع إنتاج الكهرباء باستخدام النظم الكهروضوئية

يشهد معدلات نمو سنوية معتبرة ومستقرة ومتواصلة، حيث ارتفعت الاستثمارات الجديدة في تكنولوجيات قطاع الطاقة

(ألاف فرص العمل)

	على مستوى العالم	الصين	البرازيل	الولايات المتحدة	الهند	اليابان	بنغلادش	الاتحاد الأوربي		
								ألمانيا	فرنسا	باقي دول الاتحاد
الطاقة الشمسية الكهروضوئية	2772	1652	4	194	103	377	127	38	21	84
إجمالي الطاقات المتجددة	8079	3523	918	769	416	388	141	355	170	644

المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على:

RENEWABLES 2016 GLOBAL STATUS REPORT

الشمسية (بما فيها الطاقة الكهروضوئية) من 16.1 مليار دولار أمريكي سنة 2005 لتصل إلى 146.2

الجدول رقم (1): تقديرات الوظائف المباشرة وغير المباشرة في الطاقات المتجددة و الطاقة الكهروضوئية في جميع أنحاء العالم، (من جانب الصناعة)

مليار دولار سنة 2012 وتبلغ 161 مليار سنة 2015 [8].

لقد كان لهذه الزيادة المعتبرة التي شهدتها الاستثمارات الجديدة في مجال الطاقات المتجددة عموما وقطاع الطاقة الشمسية الكهروضوئية بصفة خاصة الأثر الايجابي على عدد مناصب الشغل التي أصبح يوفرها هذا القطاع من سنة لأخرى سواء كانت مناصب مباشرة أو غير مباشرة ولتوضيح هذا الأثر بشكل دقيق نستعرض الجدول التالي:

من خلال معطيات الجدول، فقد بلغ عدد فرص العمل (المباشرة وغير المباشرة) والمتعلقة بالجانب الصناعي التي استطاعت القطاعات المختلفة للطاقات المتجددة توفيرها حوالي 8.1 مليون فرصة عمل على المستوى العالمي من بينها أكثر من 2.7 مليون فرصة عمل كانت من قطاع الطاقة الشمسية الكهروضوئية. هذا إن دل على شيء فإنه يدل على الأهمية الإستراتيجية التي أصبح يحتلها هذا القطاع ليس فقط من جانب توفير بديل طاقوي متجدد ونظيف واقتصادي، بل كذلك من جانب إمكانية المساهمة في التقليل من ظاهرة البطالة والإشكاليات المصاحبة لها.

2. على المستوى الوطني: بدأت الجهود الأولى لاستغلال الطاقة الشمسية في الجزائر مع إنشاء محافظة الطاقات الجديدة في الثمانينات واعتماد مخطط الجنوب سنة 1988 مع تجهيز المدن الكبرى بتجهيزات لتطوير الطاقة الشمسية، وإنجاز محطة ملوكة بأدرار لتزويد 1000 نسمة في 20 قرية، كما تم توسيع نطاق نشاط مركز بوزريعة وإنشاء وحدة لإنتاج الخلايا

الشمسية ووحدة لتطوير تقنية السيليسيوم. لكن رغم الترسانة القانونية المعتمدة لا يزال نصيب الطاقة الشمسية محدود جدا في الجزائر وغير مستخدمة بالشكل المطلوب[9] خاصة في ظل الإمكانات الطبيعية الكبيرة المتوفرة.

وتهدف شركة SONELGAZ بحلول سنة 2030 أن يكون 27% من إنتاج الكهرباء للاستهلاك المحلي، سيكون من مصادر الطاقة المتجددة.

وستجرى مشاريع الطاقة المتجددة لتوليد الكهرباء المخصصة للسوق المحلية على مرحلتين[10]:

المرحلة الأولى: 2020/2015 وهذه المرحلة من اجل تجسيد قدرة 4000 ميجاوات مابين طاقة شمسية كهروضوئية و طاقة الرياح.

المرحلة الثانية:2021/ 2030: تطوير الربط الكهربائي بين الشمال والصحراء (أدرار)، مما يسمح بتركيب مراكز كبرى للطاقات المتجددة في منطقة عين صالح ، أدرار، تيميمون، وبشار.

ثالثا: تقديم برنامج RETScreen

1. وصف البرنامج[11]: RETScreen لتحليل مشاريع الطاقة النظيفة هو الأداة البرمجية الرائدة عالميا في مجال اتخاذ القرارات المتعلقة بالطاقة النظيفة. وقد أثبت برنامج RETScreen فاعليته في إطلاق وتسيير مشاريع الطاقة النظيفة حول العالم، يقلل RETScreen بشكل كبير من التكاليف المالية والوقت المبذول عند رسم مشاريع الطاقة المحتملة وتقييم جدواها. معلومٌ أن هاتين المسألتين اللتين تظهران في مراحل ما قبل التخطيط وتقييم الجدوى وتطوير المشروع ومن ثم هندسته، قد تُشكلان عوائق رئيسية لنشر استخدامات الطاقة المتجددة والاستعمال الناجع للطاقة. ومن خلال تجاوز هذه الحواجز، يسعى RETScreen إلى تقليل تكاليف وضع هذه المشاريع حيّز التنفيذ على الأرض والمساعدة في تحقيق جدوى اقتصادية من استخدامات الطاقة النظيفة.

يسمح RETScreen لصانعي القرار وأصحاب المهن بتحديد ما إذا كانت المشاريع المقترحة في مجالات الطاقة المتجددة أو الاستعمال الناجع للطاقة أو التوليد المشترك للطاقة ذات جدوى اقتصادية أم لا. حيث سيساعدهم في تحديد ما إذا كان المشروع المقترح قابلاً للتطبيق والنمو والتطور أم لا، وسيتم ذلك بشكل سريع وواضح وبطريقة سهلة وبتكلفة قليلة نسبياً.

يُمثل RETScreen الأداة البرمجية الأكثر تكاملاً من نوعها حيث يسمح للمهندسين والمعماريين والمسئولين الماليين بتنظيم وتحليل البيانات في أي مشروع للطاقة النظيفة. إلى ذلك، سيكون بوسع صانعي القرار القيام بتحليل معياري ذو خمس مراحل ويشمل: تحليل الطاقة، تحليل التكاليف، تحليل الانبعاث الحرارية، التحليل المالي، وتحليل وحساسية ومخاطر المشروع.

- متوفر بأكثر من 35 لغة (منها اللغة العربية) تغطي أكثر من 3/2 سكان العالم؛
- جزء من المنهاج التعليمي في أكثر من 400 جامعة وكلية حول العالم.

لتقييم مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية (PV)، RETScreen يحتوي على ثلاثة جداول بيانات:

أ- نموذج الطاقة (Modèle énergétique,) ؛

ب- تقييم موارد الطاقة الشمسية وحساب الحمل (Évaluation de la ressource solaire et calcul de la charge) ؛

ج- تحليل التكاليف (Analyse des coûts).

2. معطيات المنتج:

البعض من متطلبات النموذج ذات العلاقة بمعطيات المنتج يتم تقديمها في قاعدة البيانات المذكورة أعلاه والتي من خلالها يتم إعطاء معلومات عن المعدات المرتبطة بالمشرع.

بداية فرز وتصنيف قاعدة بيانات المنتج تكون من خلال تحديد نوع الوحدات الكهروضوئية والذي يتم اختياره من ورقة العمل المتعلق بنموذج الطاقة، انطلاقا من مربع الحوار نختار الموقع المختار للدراسة، يتبع باختيار الممون والنموذج وعدد الوحدات الكهروضوئية (PV)، البيانات يمكن حجزها انطلاقا من مربع الحوار في ورقة العمل.

3. نموذج الطاقة (,Modèle énergétique): في هذا القسم من برنامج RETScreen هناك ثلاث أجزاء:

- خصائص الموقع الذي يحتوي على اسم وموقع المشروع و محطة الطقس ؛
- إعدادات النظام الذي يحتوي على حقل الكهروضوئية وتكييف الطاقة ؛
- إنتاج الطاقة السنوي الذي يحتوي على المردودية والقوة التي ينتجها النظام.

4. البيانات الشهرية (Données mensuelles): في هذا القسم من البرنامج يتم إدخال المعدلات الشهرية للبيانات المتعلقة بدرجة الحرارة والإشعاع الشمسي هذه البيانات هي:

أ- متوسط درجة الحرارة الشهرية: يدخل المستخدم في رمز درجة الحرارة (°C) المتوسط الشهري لدرجة الحرارة الخارجية لكل شهر.

ب- المتوسط الشهري لإجمالي الإشعاع الشمسي: يتم إدخال متوسط القيم الخاصة بالإشعاع الشمسي لكل شهر وخلال كل الفترة الإشعاع الشمسي المتوسط الشهري الإجمالي إدخال متوسط قيم الإشعاع عن كل شهر خلال تلك الفترة.

5. المردودية الإجمالية للنظام الكهروضوئي: النموذج يسمح بحساب المردودية الإجمالية للنظام الكهروضوئي (كنسبة مئوية ٪). هذه القيمة هي كمية الطاقة المتجددة المنتجة مقارنة بالطاقة الشمسية التي تم التقاطها بواسطة الوحدات الكهروضوئية (le module).

عادة هذه القيمة تتفاوت بين 3 و13 %، وهذا يتوقف على نوع الوحدات الكهروضوئية، والأداء المتعلق بالمعدات إضافة إلى نوعية الإشعاع الشمسي. تجدر الإشارة انه مع استمرار البحث والتطوير في مجال صناعة الألواح الشمسية فان هذه القيم ما فتئت تسجل مستويات قياسية من سنة لأخرى.

رابعا: التطبيق على المناطق الجزائرية المختارة

1. المواقع المختارة: لقد اخترنا لهذه الدارسة أربعة مناطق باعتبارها تغطي مساحة معتبرة من القطر الجزائري وتمثل الجهات الأربعة للوطن الشمال والجنوب والغرب والشرق ونظرا لتوفر قيم الإشعاع الشمسي الكلي الشهري وتوفر قيم مدة التشميس خلال فترة الدارسة، هذه المدن هي على التوالي: الجزائر العاصمة، تمنراست، وهران وقسنطينة.

الإحداثيات الجغرافية للمواقع المختارة موضحة في الجدول أدناه:

الجدول رقم (2) الإحداثيات الجغرافية للمناطق المختارة

الموقع	خط العرض (درجة شمالا)	الارتفاع (متر)	خط الطول (درجة)
وهـــران	35.38	99	0.37 غربا
تمنراست	22.47	1378	5.31 شرقا
الجـــزائر	36.43	450	36.43 شرقا

قســـنطينة	36.17	687	6.37 شرقا

المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على

Salmi Mohamed: Contribution à la quantification de l'irradiation solaire globale en Algérie et applications aux générateurs photovoltaïques, Thèse de doctorat. Université Ferhat Abbas, Sétif, (2012).p81.

2. نمط السكن المختار: نوع السكن الذي تم اختياره لموضوع الدراسة التقيمية وهو سكن من نوع F3 تشغله عائلة

المواقع	قسنطينة		وهران		الجزائر		تمنراست	
الأشهر	T (°C)	G (MJ m-2)	T (°C)	G (MJ m-2)	T (°C)	G (MJ m-2)	T (°C)	G (MJ m^{-2})
جانفي	11,6	8,87	13,1	10,51	16,3	7,87	15,5	18,02
فيفري	10,8	12,15	14,9	12,87	16,0	10,66	16,0	20,85
مارس	10,6	16,91	15,6	17,02	17,8	13,91	19,2	24,13
افريل	11,6	19,98	14,3	21,66	15,5	18,20	24,0	25,91
ماي	15,6	23,07	17,8	24,77	20,2	20,70	27,2	26,38
جوان	22,9	26,40	25,0	26,73	23,4	24,12	32,1	27,56
جويلية	28,9	25,01	25,6	26,18	25,5	22,58	29,4	28,27
أوت	26,9	22,09	24,7	24,14	26,7	20,28	30,9	25,27
سبتمبر	20,6	17,85	24,0	19,95	23,8	16,82	26,9	23,53
أكتوبر	16,8	13,74	20,2	14,31	21,0	12,27	24,8	20,77
نوفمبر	7,8	9,34	14,3	10,61	15,8	8,08	15,0	18,83
ديسمبر	6,5	8,02	9,0	9,28	12,8	7,08	12,6	16,82
المعدل السنوي	15,9	16,95	18,2	18,17	19,5	15,21	22,8	23,03

المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على:

Salmi Mohamed: Contribution à la quantification de l'irradiation solaire globale en Algérie et applications aux générateurs photovoltaïques, Thèse de doctorat. Université Ferhat Abbas, Sétif, (2012).p81.

مكونة من الزوجين وثلاثة أولاد، في الجدول رقم (4) نقدم تقييم للاحتياجات الطاقوية اليومية بالواط الساعي في اليوم بالنسبة لمدينة الجزائر العاصمة:

الجدول رقم (4): متوسط الاحتياجات اليومية من الطاقة لمدينة الجزائر العاصمة

(واط ساعي/ اليوم)

		القدرة الكهربائية (بالواط)	مدة الاستخدام (بالساعة)	الاستهلاك (واط ساعي /اليوم)
الإنارة	الثلاث (3) غرف	225	5	1125
	الرواق	75	4	300
	الحمام	75	2	150
	المرحاض	75	1	75
	المطبخ	75	7	525
الأجهزة	الثلاجة	120	22	2640
	التلفزيون	75	10	750
	مروحة تهوية	120	4	480
	أخرى	120	4	480
المجموع	6525			

المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على:

Salmi Mohamed: Contribution à la quantification de l'irradiation solaire globale en Algérie et applications aux générateurs photovoltaïques, Thèse de doctorat. Université Ferhat Abbas, Sétif, (2012).p81.

دراسة للجدوى المالية لمشاريع إنتاج الكهرباء باستخدام النظم الكهروضوئية

أما فيما يخص تقدير متوسط الاحتياجات اليومية من الطاقة بالنسبة لتمنراست، قسنطينة وهران فكانت على التوالي 62556540، ،6750 واط ساعي12.

خـــامسا: النتـــــــــــــــائـــــــج المتحصل عليها بتطبيق برنامج RETScreen

1. إنتاج واستهلاك الطاقة: النتائج التي تم التوصل إليها باستخدام برنامج RETScreen في المواقع الأربعة التي تم اختياراها لإجراء الدراسة موضحة في الجدول رقم (5):

الجدول رقم (5): النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام نموذج الطاقة RETScreen

	تمنراست	الجزائر	وهران	قسنطينة
نوع الوحدات الكهروضوئية Type de module PV	الألواح الشمسية أحادية السيلكون "mono-Si"			
مصنع الوحدات الكهروضوئية Manufacturier de modules PV	الشركة الكندية للطاقة الشمسية Canadian Solar/ CS6A-190M			
المردودية الاسمية للوحدات الكهروضوئية Rendement nominal du module PV (%)	17.6			
درجة الحرارة الاسمية للخلايا عند التشغيل Température nominale des cellules en opération	45 °C			
الإشعاع الشمسي السنوي (ميغا جول/متر مربع) Rayonnement solaire annuel (MJ)	15.21		18.17	16.95
المتوسط السنوي لدرجات الحرارة (درجة مئوية) Température moyenne annuelle (°C)	19.6		18.2	15.9
مساحة حقل الوحدات الكهروضوئية المستعملة في المواقع الأربعة (متر مربع) Surface du champ PV pour quatre modules (m2)	4.3		4.3	4.3
المردود ية المتوسطة لمحول التيار (%) Rendement moyen de l'onduleur (%)	80		80	80
الخسائر المختلفة لمساحة حقل الوحدات الكهروضوئية Pertes diverses du champ PV (%)	10		10	10
معدل امتصاص الطاقة (%) Taux d'absorption de l'énergie (%)	90		90	90

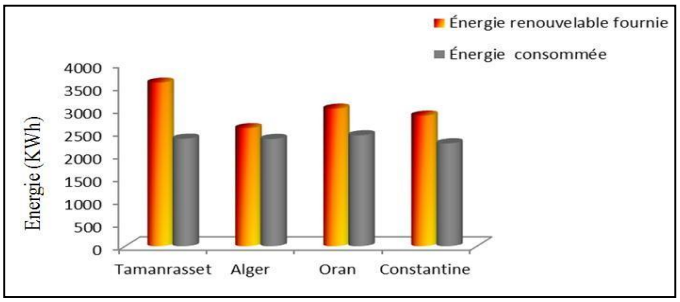
المردودية الاجمالية للنظام الكهروضوئي(%) Rendement global du système PV (%)	10.2	10. 2	10.3
الطاقة السنوية التي تم جمعها (كيلواط ساعي) Énergie captée (KWh)	3561	4184	3970
الطاقة السنوية الموردة (كيلواط ساعي) Énergie fournie (KWh)	2564	3012	2859

المصدر: برنامج RETScreen

النتائج الأكثر أهمية بالنسبة لنا من خلال هذه الدراسة التقيمية للأنظمة الكهروضوئية لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية في الجزائر هي قيم الطاقة السنوية التي تم إنتاجها (الطاقة السنوية الموردة)، حيث كانت بالنسبة لقسنطينة 2859 كيلوواط ساعي وبالنسبة لوهران 3012 كيلوواط ساعي وبالنسبة للجزائر العاصمة وتمنراست 2564 كيلواط ساعي و3581 كيلواط ساعي على التوالي.

ومن خلال الشكل البياني رقم (4) نستعرض الطاقة الكهروضوئية المنتجة والمستهلكة سنويا في المواقع الأربعة المختارة للدراسة علما أن هذه القيم تخص منزل نمط (F3) يضم عائلة مكونة من الزوجين وثلاث أولاد، ويظهر الشكل بوضوح الفائض في الطاقة الموردة مقارنة بالطاقة المستهلكة هذا الفائض سيتم تخزينه في بطاريات لاستخدامه في حالة عدم وجود أشعة الشمس.

الشكل البياني رقم (4): الطاقة المنتجة والمستهلكة في المناطق الأربعة لمسكن من نوع F3



المصدر: برنامج RETScreen

2. تحليل التكاليف: بعد أن تطرقنا في العنصر الأول من النتائج إلى إجمالي الطاقة المنتجة والمستهلكة الخاصة بالنظام الكهروضوئي محل التقييم نتطرق الآن إلى العنصر المهم الآخر في إي مشروع ألا وهو التكاليف. بعد إدخال الأسعار الحالية المتعلقة بمختلف تجهيزات النظام الكهروضوئي والأعباء المتعلقة المختلفة المتعلقة باستغلال النظام وهذا طبعا للمدن الأربعة المختارة (الجزائر، وهران، قسنطينة، تمنراست) ولمشروع استثماري عمره 25 سنة.

الجدول رقم (6): التكاليف الإجمالية لمشروع عمره 25 سنة للمناطق الأربعة المختارة مقيم باستعمال برنامج RETS

المعدات والتشغيل Équipements et exploitation	Prix (DA)			
	تمنراست	الجزائر	وهران	قسنطينة
الوحدات الكهروضوئية Modules PV	160000			
محول التيارة Onduleur	144000			
البطارية Batterie	190000			
تركيب المشروع Installation du projet	50000			

دراسة للجدوى المالية لمشاريع إنتاج الكهرباء باستخدام النظم الكهروضوئية

النتائج التي تم الحصول عليها موضحة في الجدول التالي:

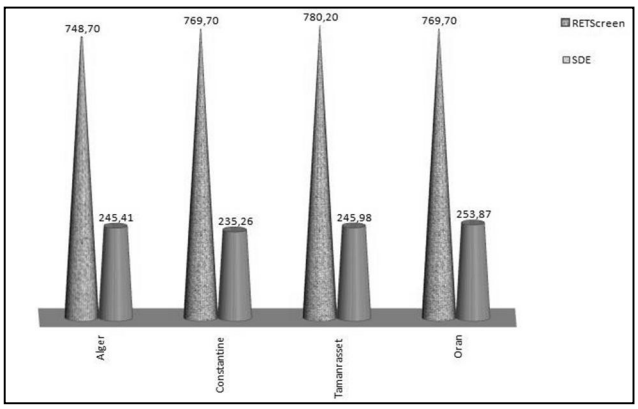
Structure portante الهيكل	50000			
Taxes foncières et الضرائب والتأمينات	10000			
Entertain	10000			
Transport النقل	130000	100000	120000	120000
Frais imprévus تكاليف غير متوقعة	36200	34700	35700	35700
Coût de projet (DA) تكلفة المشروع	780200	748700	769700	769700

المصدر: برنامج RETScreen

من خلال معطيات الجدول فان تكلفة توفير الطاقة الكهربائية لمسكن يتكون من ثلاث غرف (F3) ويؤي عائلة مكونة من خمسة أفراد باستعمال الطاقة الكهروضوئية ولمدة 25 سنة بلغ 780200 دج بالنسبة لولاية تمنراست و748700 دج بالنسبة للجزائر العاصمة و769700 دج لوهران و 796700 دج بالنسبة لقسنطينة.

وبمقارنة التكاليف الاستثمارية للمشروع مع تكاليف ربط المسكن بالشبكة العمومية للكهرباء (عن طريق الشركة الوطنية للكهرباء والغاز SONELGAZ) محسوبة لمدة 25 سنة على أساس سعر مرجعي مقدر بـــ 4.179 دج للكيلو واط الساعي نحصل على النتائج الموضحة في الشكل التالي:

الشكل البياني رقم (5): مقارنة بين تكاليف المشاريع الكهروضوئية المقدرة بواسطة برنامج RETScreen وتكاليف شركة SONELGAZ (ألف دج)



المصدر: برنامج RETScreen

من خلال الشكل نلاحظ أن هناك فرق كبير بين التكاليف وذلك بسبب ارتفاع أسعار معدات الطاقة الشمسية من جهة والأسعار المدعمة من قبل شركة SONELGAZ من جهة أخرى حيث لازالت الشركة تبيع الكهرباء بسعر اقل من سعر الإنتاج، فإذا أخذنا بعين الاعتبار التطورات الكبيرة في مجال الطاقات المتجددة بشكل عام والطاقة الكهروضوئية بشكل خاص والتي انعكست في حجم الاستثمارات الجديدة المتوجهة سنويا لهذا القطاع وتأثيراتها الأكيدة على أسعار التكنولوجيات المتعلقة بها نحو الانخفاض هذا من جهة، ومن جهة أخرى إذا ما احتسبت التكاليف البيئية ضمن فاتورة الطاقة التقليدية، وهو ما أصبح اليوم واقعا من خلال اتفاقية "كيوتو" ووفقا لنصوصها فان انبعاث ثاني أكسيد الكربون وغيره من الغازات صار له سعر (Carbon Pricing). وبذلك أصبح من الممكن أن يقاس الأثر البيئي للطاقة التقليدية بشكل اقتصادي من خلال أرقام، وان يوضع في ميزان الربح والخسارة عند وضع الخطط الاقتصادية ودراسات الجدوى.

كل هذه المتغيرات تقودنا إلى حقيقة واضحة مفادها أن الطاقات المتجددة بصفة عامة والطاقة الشمسية الكهروضوئية بصفة خاصة قد خرجت فعلا من إطار العمل من اجل المحافظة على البيئة إلى حيز المنافسة التجارية مع انخفاض تكلفتها وجدواها الاقتصادية.

الخـــاتمـــة:

تبين النتائج المستخلصة من الدراسة أن تكاليف توليد الكهرباء بواسطة استعمال الأنظمة الكهروضوئية في الجزائر لازالت تتسم بالارتفاع إذا ما تمت مقارنتها بتكاليف إنتاج الشركة الوطنية للكهرباء والغاز SONELGAZ (على أساس سعر بيع يقدر بـــ 4.179 دج للكيلو واط الساعي) وبذلك تعتبر هذه النتائج إثبات لصحة الفرضية التي انطلقت منها الدراسة.

إلا انه إذا ما تم الأخذ بعين الاعتبار سياسة دعم الأسعار المعتمدة من قبل الشركة، حيث لازالت الشركة ليومنا هذا تبيع الكهرباء بأسعار اقل من تكلفة إنتاجه وهذا طبعا حسب تصريحات مسؤوليها المتعاقبين هذا من جهة ومن جهة أخرى الانخفاض المستمر في معدات توليد الطاقة الكهروضوئية نتيجة الاستثمارات الكبيرة المتجهة للأبحاث والتطوير في هذا القطاع وصعود الصين واسيا بشكل عام كقاعدة عالمية لإنتاج الخلايا الكهروضوئية، كل هذه المتغيرات من شانها جعل الطاقة الشمسية الكهروضوئية في الجزائر طاقة مجدية اقتصاديا خاصة في ظل توفر كل مقومات النجاح (الطبيعية منها)

المراجع و الهوامش:

1 برنامج تطوير الطاقات المتجددة والنجاعة الطاقوية، وزارة الطاقة والمناجم ، شركة مجمع سونلغاز، جانفي2016 .

2 الخلايا الكهروضوئية ودعمها لإستراتيجية التنمية المستدامة، ص.73. متاح على الرابط:
www.cpas-egypt.com/pdf/Marwa_Atef/Ms.c/005.pdf

3 الشركة العربية للطاقة الشمسية http://www.arabsolarenergy.com ، بتاريخ: 2017/03/05.

4 عمرو جمال: "زيادة كفاءة الخلايا الشمسية إلى 47 %"، الأهرام المصرية، السنة 138 العدد 46318، 29 سبتمبر 2013، مصر.

5 Salmi Mohamed: Contribution à la quantification de l'irradiation solaire globale en Algérie et applications aux générateurs photovoltaïques, Thèse de doctorat. Université Ferhat Abbas, Sétif, (2012).p70.

6 الطاقة الشمسية معارف ضرورية، مدونة المهندس ناجي منصور إبراهيم محمد، متاح على الرابط:
http://najiabm.blogspot.com/2016/01/blog-post_2.htm, le 25/02/2017.

7 RENEWABLES 2016 GLOBAL STATUS REPORT: Available on the website, http://www.ren21.net

8 RENEWABLES 2016 GLOBAL STATUS REPORT , p.160.

[9] معامير سفيان، عيساني ربيع: اقتصاديات الطاقة المتجددة وتطبيقات استخدام الطاقة الشمسية في تحقيق التنمية المستدامة في الجزائر، الملتقى الوطني الطاقات المتجددة وتحدي التنمية المستدامة "الواقع، التحديات، الأفاق"، كلية العلوم الاقتصادية، جامعة الطارف،الجزائر، 24 نوفمبر 2015.

[10] الشركة الوطنية للكهرباء والغاز SONELGAZ، http://www.sonelgaz.dz/، بتاريخ 2017/03/02.

11 Natural Resources Canada (www.retscreen.net).

12 Salmi Mohamed: Contribution à la quantification de l'irradiation solaire globale en Algérie et applications aux générateurs photovoltaïques, Thèse de doctorat. Université Ferhat Abbas, Sétif, (2012).p 83.