

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة قاصدي مرباح - ورقلة
كلية الرياضيات وعلوم المادة
قسم الفيزياء



مذكرة ماستر أكاديمي
التخصص: فيزياء طاقوية وطاقات متجددة
إعداد الطالبتين: جيدور سليمة - عولمي ليديا
بـعـنـوان:

دراسة تقنية وإقتصادية لمنظومة
كهروضوئية في منطقة ورقلة.

نوقشت يوم: 2022/06/16

أمام اللجنة:

رئيسا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ تعليم العالي	بن مبروك لزهري
مناقشا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ محاضر " أ "	تليلي صالح
مؤطرا	وحدة البحث (URAER) غرداية	أستاذ بحث قسم " أ "	قدور عبد المجيد
مساعد مؤطر	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ محاضر " ب "	بن بلقاسم خلف الله

الموسم الجامعي: 2021-2022

الإهداء

أهدي ثمرة جهدي و خلاصة عملي:

إلى النور الذي انار دربي والسراج الذي لا ينطفئ نوره أبدا والذي بذل جهد السنين من أجل أن أعتلي سلالم النجاح والذي العزيز حفظه الله "عولمي عمار" وإلى من أخص الله الجنة تحت قدميها وإلى التي سهرت على تربيتي وكانت سر وجودي أُمي الغالية والحنونة "بياضة نادية" حفظها الله.

إلى الشخص الذي كان هو سبب نجاحي وسندي زوجي "بزيد محمد نجيب" رفيق دربي ونجاحي، إلى من شجعني على المواصلة رغم التعب والمسؤولية والمهام الكثيرة حفظك الله لي ودمت لي سنداً ما حييت.

إلى أم زوجي الغالية التي آزرنتي وساعدتني فلها كل الفضل حفظها الله.
إلى من عشت معهم وتقاسمنا أحلى الأيام وأمرها الى من هم أئمن وأجمل ما في الدنيا إخوتي " جلال، أية، ملاك".

إلى كل من علمني حرفاً إلى اساتذتي الافاضل الذين رافقوني طيلة مشواري الدراسي فلکم مني أسمی وأرقى عبارات التحية.

عولمي ليدي

الإهداء

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على خاتم الأنبياء والمرسلين أهدي هذا العمل المتواضع الذي تم بتوفيق من الله عز وجل

إلى من نحت الصخر وتحمل كل الاعنان وكان رضاه برا وامان، وإلى من علمني العطاء بدون إنتظار، إلى من أحمل إسمه بكل إفتخار، إلى قدوتي في الحياة أبي العزيز رحمه الله إلى التي هي وردة في الدار وزهرة الليل ونهار، إلى من وضع الله تحت قدميها جنات الأفنان، إلى التي همها عمري طالما بدعائها يرتاح البال، إلى من كان دعاؤها سر نجاحي وعلمتني معنى الحياة وحنانها بلسم جراحي، إلى أغلى انسان في هذا الوجود أمي الحبيبة أطل الله في عمرها

وإلى كل من أرى فيهم التفاؤل بأعينهم، والسعادة في ضحكتهم، إلى الوجوه المفعمة بالبراءة، إلى من هم زينة الحياة حولي في كل الأوقات إخوتي وأخواتي الأعزاء وفقهم الله إلى من كانوا معي على طريق النجاح والخير إلى من تحلم بالإخاء وتميزوا بالوفاء رفقتهم، إلى صديقاتي الأعزاء وفقهم الله، وإلى من أجمعتني بهم جدران السكن الجامعي وكانوا أخواتي، إلى كل من كان جزءا من هذا العمل المتواضع وإلى من عمل معي بكد من أجل إتمام هذا العمل جزأهم الله خير.

جيدور سليمة

شكر و عرفان

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف المرسلين سيدنا محمد مبعوث رحمة للعالمين ومنار هداية ودليل رشاد للناس اجمعين.

الشكر والفضل لله الذي أعاننا ووفقنا إلى إتمام هذه المذكرة، ثم إلى الوالدين الكريمين وكل أفراد العائلة.

كما نتقدم بالشكر الجزيل للأستاذ المشرف على هذه المذكرة الأستاذ: " **قدور عبد المجيد** " أستاذ باحث قسم ا بمركز البحث غرداية والأستاذ المساعد في الاشراف الأستاذ: " **بلقاسم خلف الله** " أستاذ محاضر -ب-جامعة ورقلة على كل المساعدات والنصائح القيمة المقدمة لنا وعلى دعمهم ورعايتهم لنا طوال مدة انجاز هذه العمل.

نتقدم بجزيل الشكر الى السادة الأساتذة أعضاء لجنة المناقشة الموقرين المكونة من

الأستاذ: **لزهر مبروك** أستاذ تعليم عالي بجامعة ورقلة -رئيسا-

الأستاذ: **تليلي صالح** أستاذ محاضر -أ-جامعة ورقلة -مناقشا-

على قبولهم عضوية اللجنة ومراجعة هذا العمل وتصويبه.

كما نتقدم بالشكر الى اساتذتنا الافاضل بقسم علوم المادة وبالأخص الذين قاموا بتدريسنا طيلة سنوات التعليم الجامعي.

وإلى الذين كانوا نورا لنا يضيء الظلمة التي كانت تقف أحيانا في طريقنا لهم منا كل الشكر.

الفهرس

الصفحة	العنوان:
I	الإهداء
III	شكر و عرفان
IV	قائمة المحتويات
VI	قائمة الاشكال والجداول
VII	قائمة الرموز والمصطلحات
1	المقدمة العامة

الفصل الأول: عموميات حول الخلية الكهروضوئية

3	1.I المقدمة
3	2.I المفعول الكهروضوئي
3	3.I تعريف الخلية الكهروضوئية
4	4.I الدارة الكهربائية المكافئة للخلية الكهروضوئية
5	5.I مكونات الخلية الكهروضوئية و آلية عملها
5	1.5.I انصاف النواقل من النوع (N)
5	2.5.I انصاف النواقل من النوع (P)
6	3.5.I الوصلة (PN)
6	4.5.I الية عمل الخلية الكهروضوئية
8	6.I أنواع الخلايا الكهروضوئية
8	1.6.I خلايا السيليكون المتبلور
8	1.1.6.I خلايا أحادية المتبلور
9	2.1.6.I خلايا عديدة التبلور
9	2.6.I الخلايا الغير متبلورة (أمورفية)
10	7.I العوامل المؤثرة على الخلية الكهروضوئية
10	1.7.I تأثير الاشعاع الشمسي
11	2.7.I تأثير درجة الحرارة
12	3.7.I تأثير الرياح
13	8.I إيجابيات و سلبيات الطاقة الكهروضوئية
13	1.8.I الجوانب الإيجابية
13	2.8.I الجوانب السلبية

الفصل الثاني: برنامج المحاكاة SAM

14	1.II تعريف برنامج SAM
14	2.II تطوير برنامج SAM

14	3.II إستخدامات برنامج SAM
15	4.II واجهة برنامج SAM
16	1.4.II نموذج الأداء
17	2.4.II النموذج الاقتصادي
17	3.4.II النموذج المالي
17	5.II محاكاة نظام كهروضوئي مستقل بواسطة برنامج
17	1.5.II نماذج و أساليب برنامج SAM
18	2.5.II نموذج المحول
18	6.II المحولات في الأنظمة الكهروضوئية
18	1.6.II تعريف المحول
18	2.6.II أنواع المحولات
19	1.2.6.II المحولات المركزية
19	2.2.6.II المحولات الموصولة مع سلسلة الألواح
20	3.2.6.II المحول الموصول مع سلسلة الألواح مع محسن الطاقة
20	4.2.6.II المحول الهجين مع شحن البطاريات
20	5.2.6.II المحولات الميكروية
21	3.6.II اختيار المحول المناسب
21	1.3.6.II حجم المشروع
21	2.3.6.II التكاليف
22	3.3.6.II موقع المشروع و الظروف المحيطة

الفصل الثالث: دراسة حالة (منطقة ورقلة)

23	1.III مقدمة
23	2.III الموقع و الدراسة المناخية لمنطقة
23	1.2.III الموقع الجغرافي والفلكي
24	2.2.III الوضعية المناخية
24	1.2.2.III الحرارة السنوية
25	2.2.2.III الرطوبة السنوية
26	3.2.2.III الرياح السنوية
27	4.2.2.III الأشعاع الشمسي
28	5.2.2.III متوسط ساعات الشمس لمنطقة ورقلة
28	3.III الخصائص المناخية لمنطقة
29	4.III دراسة حالة (منطقة ورقلة)
29	5.III النتائج و المناقشة
39	الخلاصة العامة

قائمة الأشكال والجداول

الصفحة	عنوان الشكل	رقم
4	الدارة الكهربائية المكافئة للخلية الكهروضوئية	1-I
5	عملية تطعيم السيليكون بإضافة الفوسفور للحصول على نصف ناقل نوع n	2-I
7	آلية عمل الخلية الكهروضوئية	3-I
8	خلايا أحادية التبلور mono_si	4-I
9	خلايا عديدة التبلور multi_si	5-I
10	خلايا الفيلم الرقيقة	6-I
11	تأثير شدة الأشعاع الشمسي على منحنيات التشغيل للخلية الكهروضوئية	7-I
12	تأثير حرارة الخلية على منحنيات التشغيل للخلية الكهروضوئية	8-I
15	الواجهة الخاصة بإدخال و تعديل مميزات برنامج SAM	1-II
23	الموقع والحدود لمنطقة ورقلة	1-III
24	منحنى بياني يمثل تغيرات درجة الحرارة السنوية لمنطقة ورقلة	2-III
26	منحنى بياني يمثل تغيرات الرطوبة القصوى والرطوبة الدنيا لمنطقة ورقلة	3-III
27	منحنى بياني يمثل تغيرات سرعة الرياح السنوية لمنطقة ورقلة	4-III
28	منحنى بياني يمثل متوسط ساعات الشمس لمنطقة ورقلة	5-III
30	مقدار حمل الطاقة في المبنى	6-III
31	نوافذ أخرى في برنامج SAM	7-III
32	منحنى يمثل إنتاج الطاقة الشهري	8-III
33	أعمدة بيانية تمثل إنتاج الطاقة الشهري	9-III
34	أعمدة بيانية تمثل الطاقة الشهرية والحمل	10-III
35	منحنى بياني يوضح الحمل الحراري	11-III

الصفحة	عنوان الجداول	الرقم
36	جدول يوضح النتائج المتحصل عليها من برنامج المحاكاة .SAM	1-III

قائمة الرموز والمصطلحات

الرمز و المصطلح	المصطلح بالإنجليزية	المصطلح بالعربية
SAM 1	Solar Advisor Model	نموذج مستشار الطاقة الشمسية
SAM2	System Advisor Model	نموذج مرشد النظام
NREL	National Renewable Energy Laboratories	المختبر الوطني للطاقة المتجددة
SNL	Sandia National Laboratories	مختبرات ساندي الوطنية
USDESTEP	US Department of Energy s Solar Energy Technologies Program	برنامج تقنيات الطاقة الشمسية لوزارة الطاقة الامريكية
LCOE	Levelized cost of electricity	التكلفة المعيارية للكهرباء

الوحدة الدولية	الرمز	المقادير الفيزيائية
[j]	E	الطاقة
[j.s]	H	ثابت بلانك
[Hz]	ν	تردد الموجة
[c]	T	درجة الحرارة
[v]	VCO	جهد الدارة المفتوحة
[A]	Isc	تيار الدارة القصيرة

المقدمة العامة

المقدمة العامة

إن التطور التكنولوجي الذي حدث خلال النصف الثاني من القرن الماضي و يحدث الآن، أدى إلى زيادة استهلاك الطاقة إلى حد لم يكن متوقعا و باتت مصادر الطاقة التقليدية (الاحفورية و النووية) مهددة بالانحطاط، لذلك انصبت جهود الإدارة العالمية من منظمات دولية و إقليمية، من اجل إيجاد خيارات بديلة للطاقة التقليدية تكون كفيلة بتأمين إمدادات الطاقة من جهة، و حماية البيئة من جهة أخرى، ما فتح المجال للاهتمام بالطاقات المتجددة و الاستثمار فيها على أشكالها المختلفة؛ طاقة الرياح ؛ المد و الجزر؛ الجوفية الأرضية؛ الكتلة الحيوية و خاصة الطاقة الشمسية، حيث تعد هذه الأخيرة المصدر الرئيسي الذي يمد الكوكب بالطاقة.

في الآونة الأخيرة، أعطي النصيب الأوفر من البحوث و التطبيقات لمجال تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء وفق آلية التحويل الكهروضوئية، ذلك نظرا لسهولة استخدامها و عدم احتياجها للوسائط مقارنة مع مصادر أخرى، وعلى الرغم من كل الايجابيات التي تميز هذه التقنية إلا أن إشكالية الكفاءة و تقييم الأداء تبقى إلى حد الساعة عائقا يحول دون انتشارها بشكل واسع في كثير من القطاعات.

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم أداء نظام كهروضوئي مصمم في منطقة ورقلة، وذلك على مدار دورة الحياة بالكامل بواسطة برنامج محاكاة مخصص لدراسة الجانب التقني و الجدوى الاقتصادية يعرف ببرنامج SAM، أين سنركز على متغيرات التصميم التالية: الميل، اتجاه التثبيت، وعدد الألواح الكهروضوئية المستخدمة. بمساعدة هذا البرنامج يمكننا كذلك إجراء تحسينات و تفاصيل أكثر للنظام المدروس. من اجل الاستغلال الجيد وتسلسل المعلومات سنقسم العمل إلى ثلاث فصول، حيث سنتطرق في الفصل إلى العموميات و المفاهيم حول الخلية الكهروضوئية، أنواعها، و العوامل المؤثرة عليها، ثم إيجابيات و سلبيات الطاقة الكهروضوئية بصفة عامة.

الفصل الثاني نخصه للتعرف على أهمية برنامج المحاكاة SAM في محاكاة نظام كهروضوئي مستقل و طريقة عمله مع التذكير ببعض المتغيرات المهمة، التي يجب التفصيل فيها عند إجراء المحاكاة بهذا البرنامج مثل، نوع المحول الطاقوي، حجم المشروع التكاليف و الظروف المحيطة.

في الفصل الأخير وباستغلال برنامج SAM، نجري المحاكاة على عينة تطبيقية لمنزل بمنطقة ورقلة، أين سنعتبر كل المتغيرات اللازمة والخاصة بالمنطقة، في هذا الجزء من العمل أين سنناقش ونحلل النتائج المحصل عليها نقوم كذلك بإجراء مقارنة للمشروع بالطاقة الشمسية مع الطاقة الكلاسيكية.

في الأخير نقدم خلاصة عامة حول أهم الملاحظات والنتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة، التي نختمها بأفاق مستقبلية حول هذا الموضوع بشكل خاص.

الفصل الأول

عموميات حول الخلية الكهروضوئية

1.I مقدمة

إن تحويل أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية أحد المنجزات العلمية الكبرى في القرن العشرين وأفضل التقنيات المستخدمة في مجال الطاقات المتجددة، حيث تعتبر من أهم مصادر الطاقة الأكثر صداقة للبيئة التي تعتمد أساساً في مصدرها على أشعة الشمس المتوفرة في كل مكان، هناك طريقتان لإستغلال الطاقة الشمسية الأولى يتم فيها تحويل الإشعاع الشمسي إلى حرارة، والثانية يتم فيها استغلال طاقة فوتونات ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء، وذلك بواسطة الخلايا الكهروضوئية.

في هذا الفصل، سنحاول دراسة هذه الظاهرة الفيزيائية، والتطرق إلى مختلف أنواع هذه الخلايا بداية من مبدأ عملها، وصولاً إلى خصائصها الكهربائية والعوامل المناخية التي تؤثر عليها.

2.I المفعول الكهروضوئي

الكهروضوئية هي ظاهرة توليد طاقة كهربائية نتيجة إمتصاص طاقة الفوتونات المميزة للأشعة الضوئية؛ أين يتم إمتصاص طاقة هذه الفوتونات وتحويلها إلى طاقة حركية تكتسبها الكترونات المادة منتجة تياراً كهربائياً، يكون لهذه الظاهرة تأثير واضح في المواد ذات خصائص كهربائية مميزة تعرف بأنصاف النواقل.

3.I تعريف الخلية الكهروضوئية

تعرف الخلية الكهروضوئية بأنها أداة إلكترونية مصنوعة أساساً من أنصاف النواقل، وهي مواد صلبة بلورية تمتلك قدرة متوسطة على نقل التيار الكهربائي، حيث يتشكل عبرها فرق في الجهد عند تعرضها للضوء، ويتولد عنها تيار كهربائي [2] [3].

4.I الدارة المكافئة للخلية الكهروضوئية

لفهم العمل الكهربائي للخلية الشمسية، يجب معرفة الدارة الكهربائية المكافئة لها. يمكن تمثيل الخلية الشمسية النموذجية بمصدر تيار متصل على التوازي مع صمام ثنائي ولكن عمليا لا يمكن ان يتحقق ذلك لذا تكون الدارة المكافئة محتوية على مصدر تيار على التوازي مع صمام ثنائي بالإضافة الى مقاومة على التوالي وأخرى على التوازي كما يبينه الشكل التالي [11].

حيث:

I_{op} : تيار ضوئي ناتج من الخلية الشمسية.

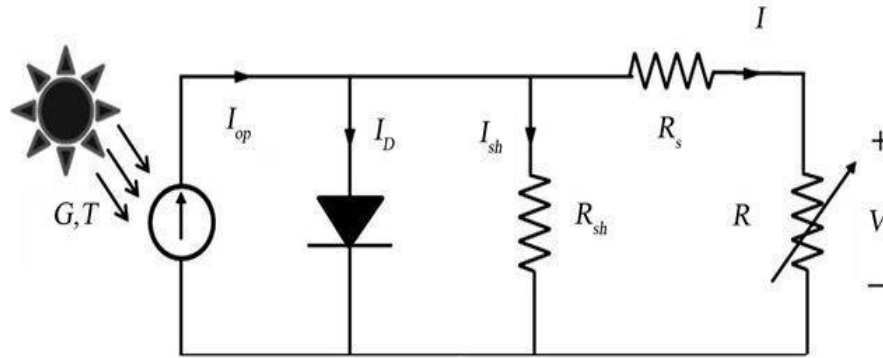
I_D : تيار الديود الداخلي.

R_s : مقاومة توالي نتيجة مقاومة مادة السيليكون.

R_{sh} : مقاومة توازي نتيجة عدم تجانس السطح والتيار المفقود عند حواف الخلية.

R : مقاومة الحمل.

I : تيار الخلية الشمسية.



الشكل (I-1): الدارة الكهربائية المكافئة للخلية.

5.I مكونات الخلية الكهروضوئية وآلية عملها

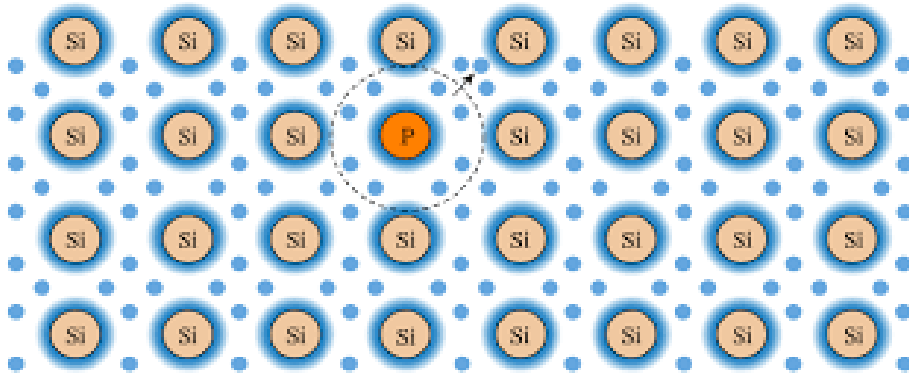
تحتوي الخلايا الكهروضوئية من نوعين من أنصاف النواقل، وهي النوع P و
الآخر من النوع N.

1.5.I أنصاف النواقل من النوع (N)

يتم الحصول على هذا النوع عند إشابة انصاف النواقل النقية بذرات ذات
الالكترونات إضافية تسمح بزيادة عدد حاملات الشحنة السالبة (الالكترونات) في المادة
الأصل عندها نحصل على نصف ناقل سالب [4].

2.5.I أنصاف النواقل من النوع (P)

يتم الحصول على هذا النوع عند إشابة انصاف النواقل النقية بذرات تسمح بأخذ
الالكترونات من ذرات نصف الناقل النقي عندها تزداد حاملات الشحنة الموجبة (ثقوب) في
المادة الأصل ونحصل على نصف ناقل موجب [4].



الشكل (I-2) : عملية تطعيم السليكون بإضافة الفوسفور للحصول على نصف ناقل

نوع n .

3.5.I الوصلة P-N

يتم الحصول على وصلة ثنائية PN عن طريق الصاق نصفي ناقل واحد من النوع P و الآخر من النوع N فتنتقل e^- عبر السطح الفاصل (سطح الالتصاق) من المادة N لتلتحم مع الثقوب الموجودة في المادة P فيتكون لدينا صمام ثنائي (ديود) [12].

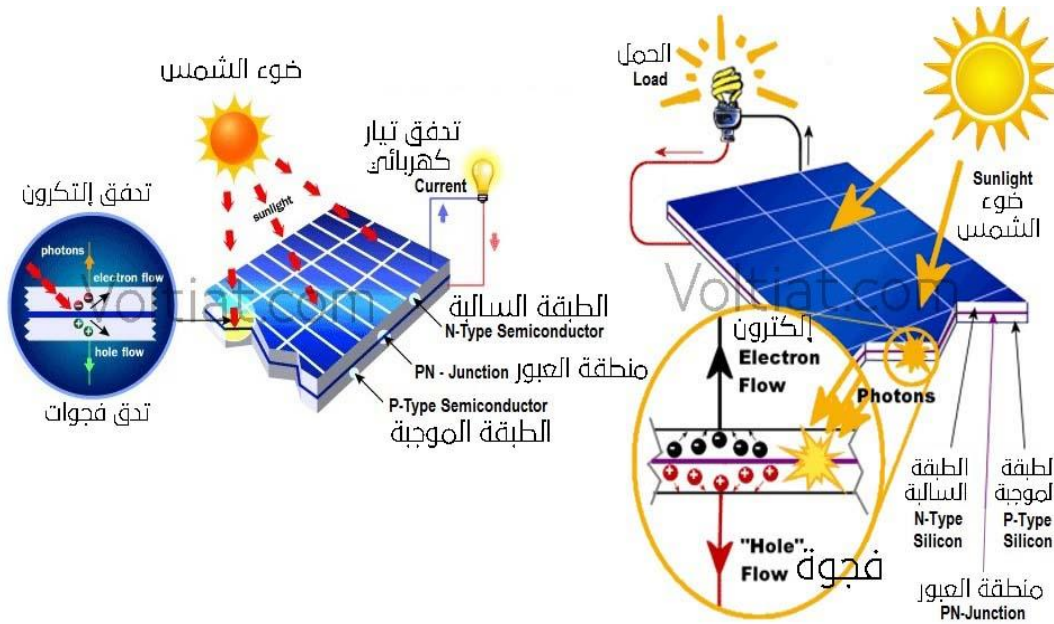
4.5.I آلية عمل الخلية الكهروضوئية

- يتم فيها تحويل اشعة الشمس مباشرة الى كهرباء وذلك عبر 3 مراحل :
- أ- إمتصاص الفوتونات (يجب ان تكون طاقة الفوتونات أكبر من طاقة الفجوة) من طرف المادة المكونة للخلية.
 - ب- تحويل طاقة الفوتونات إلى طاقة كهربائية وهذا متعلق بخلق زوج (إلكترون- ثقب) في المادة النصف ناقلة.
 - ج- التأيير النهائي الناتج من هذه الحركات حول منطقة الارتباط هو وجود شحنة موجبة اكثر من السابق على جهة N ووجود شحنة سالبة اكثر من السابق على الجهة P، وهذا يفسر وجود مجال كهربائي معاكس حول منطقة الارتباط يكون موجبا حول جهة N وسالبا حول جهة P، المنطقة التي تقع حول المنطقة الارتباط ستكون مفرغة من الشحنات (الالكترونات والثقوب) وتسمى بذلك منطقة التفريغ او الاستنزاف.
 - د- عندما تنهيج الالكترونات في منطقة الاتصال بواسطة فوتونات الاشعاع الشمسي ستقفز الى منطقة التوصيل تاركة وراءها ثقوبا في منطقة التكافؤ وبذلك ستتولد

حوامل من الشحنة المزدوجة (زوج من إلكترون - ثقب)، وتحت تأثير المجال الكهربائي المعاكس ستنتج الإلكترونات الى جهة N وتتجه الثقوب الى جهة P، سريان الشحنات يولد تيارا كهربائيا .

إذا كان هنالك دائرة خارجية لمرور التيار فيها فإن الإلكترونات المتحركة تترك شبه الموصل الى احد الاسلاك الخارجية في اعلى الخلية وفي نفس الوقت تتجه الثقوب الى الاتجاه المعاكس خلال المادة الى ان تصل الى السلك الخارجي في قاع الخلية، وعندها ستمتلى بواسطة الإلكترونات القادمة من نصف الدارة الخارجية الآخر.

لكي تتولد القوة الكهربائية من الضروري وجود فولتية و تيار، حيث يتولد التيار بواسطة حركة الإلكترونات، اما الفولتية فتتولد بواسطة تأثير المجال الكهربائي الداخلي حول الوصلة (P-N) [3] [13] .



الشكل (3-I): الية عمل الخلية الكهروضوئية [7].

6.I أنواع الخلايا الكهروضوئية

يوجد العديد من أنواع الخلايا الكهروضوئية من حيث مادة الصنع وطرق التصنيع وحتى الشكل، فيما يلي سنتطرق الى أنواع الخلايا الكهروضوئية المصنوعة من مادة السيليكون نظرا لإستعمالها الواسع في هذا المجال.

1.6.I خلايا السيليكون المتبلور

تنقسم الخلايا الكهروضوئية المصنعة من مادة السيليكون المتبلور إلى قسمين

رئيسيين:

1.1.6.I خلايا أحادية التبلور

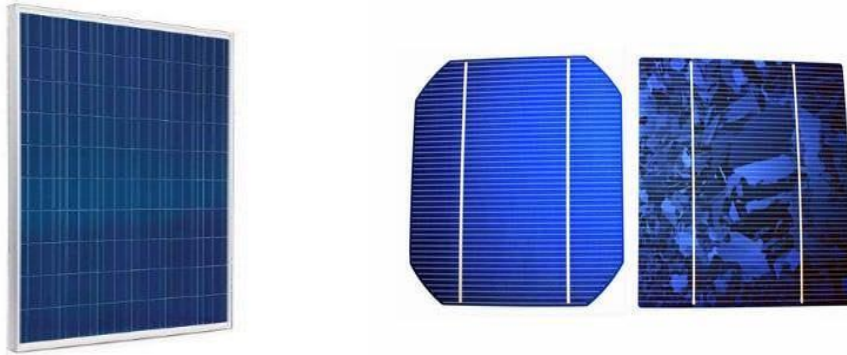
عبارة عن خلايا قطعت من بلورة السيليكون المفردة وكفاءة هذا النوع من الخلايا 11 إلى 16% مما يعني أن امتصاص الخلايا من إشعاع القادم من الشمس الذي يبلغ قوته 1000 واط لكل متر مربع وذلك في يوم مشمس، أي ان الواحد متر مربع في هذه الخلايا يمتص الإشعاع الشمسي بهذه الكفاءة ينتج ما بين 110 إلى 116 واط وهو ذو كفاءة عالية مقارنة بالأنواع الأخرى ولكنه مكلف اقتصاديا.



الشكل (4-I) : خلايا أحادية التبلور [7] .

2.1.6.I خلايا عديدة التبلور

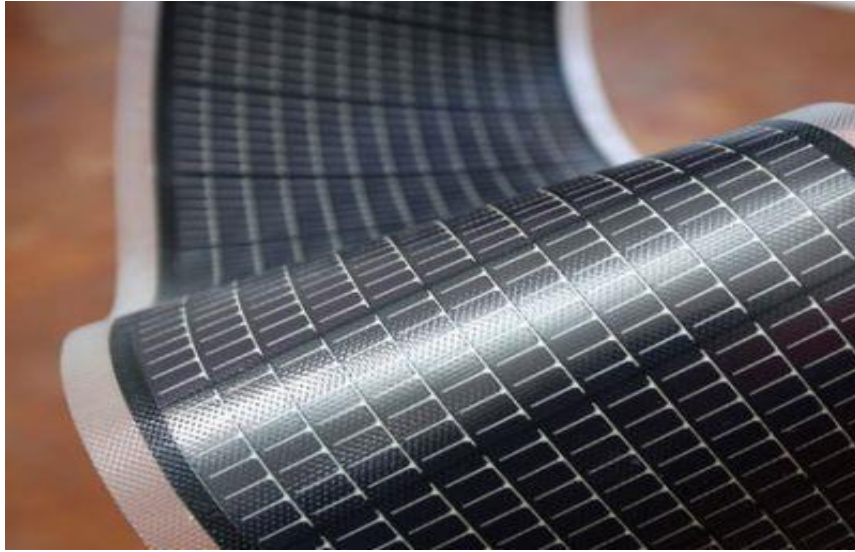
عبارة عن رقائق من السيلكون كشطت من بلورات السليكون الأسطوانية، ثم تعالج كيميائياً في أفران لزيادة خواصها الكهربائية، بعد الطلاء تغطي أسطح الخلايا بمضاد الانعكاس لكي تمتص الخلايا أشعة الشمس بكفاءة عالية، كفاءة هذا النوع من 9 إلى 13% [6].



الشكل (I-5) : خلايا عديدة التبلور [8]

2.6.I خلايا السليكون الغير المتبلورة (أمورفية)

في الخلايا الأمورفية تترسب مادة السليكون على عدة طبقات رقيقة على أسطح من الزجاج أو البلاستيك لذلك فإن صنع هذه الخلايا يتم بتقنية سهلة ولكن كفاءتها اقل من 3 إلى 6% وأسعارها أيضا أقل وهي مناسبة لتطبيقات من 40 واط فما أقل .



الشكل (I-6): خلايا الفيلم الرفيعة الامروفية.

7.I العوامل المؤثرة على الخلية الكهروضوئية

تتأثر الخلية الكهروضوئية ببعض العوامل الواضحة نذكر منها : درجة الحرارة التي تزيد في المقاومة السيليكونية، كذلك الصواعق الرعدية، الرطوبة وشدة الإشعاع الشمسي المرتفع، الذي يؤثر بشكل سلبي على جهد الخلية الكهروضوئية.

1.7.I تأثير الإشعاع الشمسي

عندما تزداد شدة الإشعاع الشمسي، فإنها تؤثر سلبا على أداء الألواح الشمسية، كون ارتفاع قيمة شدة الإشعاع الشمسي تؤدي إلى ارتفاع في درجة حرارة الخلية الكهروضوئية، حيث يزداد كل من الطاقة المنتجة والتيار الخارج للخلية الكهروضوئية، أما جهد الدارة المفتوحة للخلية الكهروضوئية يكون أقل تأثرا بشدة الإشعاع الشمسي حيث تنخفض قيمته بنسبة ضئيلة كلما ارتفع الإشعاع الشمسي وتعطى عبارتها من الشكل [14]:

$$I_{sc} = i_{sc} * G/G^* + K_i G/G^* (T-T^*) \quad (2-I)$$

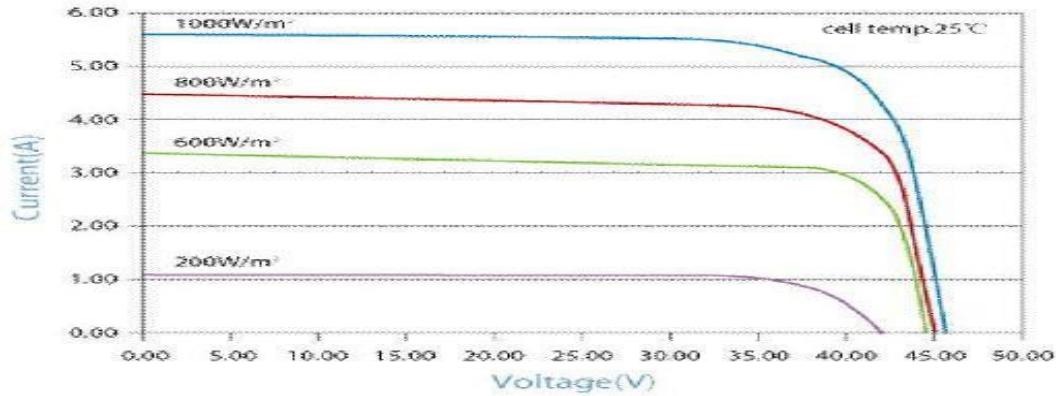
حيث:

I_{sc}^* : شدة التيار الكهربائي.

G^* : شدة الاشعاع الشمسي.

T^* : درجة الحرارة القصوى 250 C° .

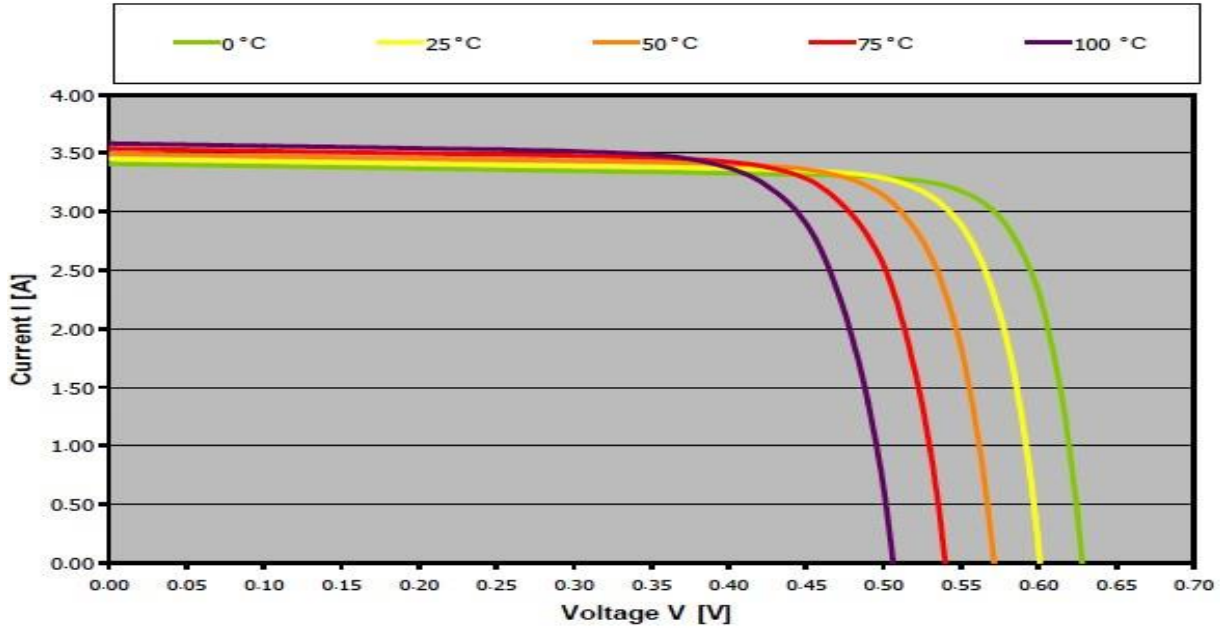
K : معامل درجة الحرارة لتيار للدائرة القصيرة



الشكل (7-I): تأثير شدة الإشعاع الشمسي على منحنيات التشغيل للخلية.

2.7. I تأثير درجة الحرارة

يؤدي ارتفاع درجة حرارة الطقس إلى ارتفاع درجة حرارة الخلية الكهروضوئية، مما يسبب انخفاض في الطاقة المنتجة وتقل الكفاءة كما هو موضح في الشكل التالي:



الشكل (8-I): تأثير حرارة الخلية على منحنيات التشغيل للخلية الكهروضوئية.

تعطى عبارتها من الشكل:

$$V_{oc} = v_{oc}^* + \delta (T - T^*) r_s \quad (3-I)$$

حيث:

V_{oc} : جهد الدارة المفتوحة.

δ : معامل تجريبي .

3.7.I تأثير الرياح

إن حركة الرياح لا تؤثر بشكل مباشر على خرج الخلية الشمسية ، ولكن تؤثر على حرارة السطح للخلية الشمسية ، وبالتالي تؤثر على الحرارة الداخلية لها. بما أن حركة الرياح تؤثر على تيارات الحمل الحراري ، فهي تعمل على رفع معامل انتقال الحرارة بالحمل ، الذي بدوره يساعد في انتقال الحرارة من سطح الخلية إلى المحيط الخارجي مما يخفض الحرارة الداخلية للخلية وبالتالي يحسن من كفاءتها [15].

8.I ايجابيات و سلبيات استخدام الطاقة الكهروضوئية

للطاقة الشمسية الكهروضوئية عدة جوانب إيجابية وأخرى سلبية نذكر منها

باختصار:

1.8.I الجوانب الإيجابية

- سهولة التركيب والتشغيل وصيانتها غير مكلفة.
- عمرها طويل مقارنة بالمصادر التقليدية.
- لا تحتاج كلفة تشغيلية.
- يمكن نقلها وسهولة التفكيك.
- مستدامة ونظيفة وصديقة للبيئة وغير ضارة بالصحة ولا تنتج ضوضاء.
- لا تتطلب أجزاء متحركة باستثناء متتبعات.

2.8.I الجوانب السلبية

- كلفتها التأسيسية مرتفعة.
- تتطلب مساحة واسعة.
- محدودة التشغيل (النهار فقط)، كما تتطلب خبرات فنية خاصة.
- تتطلب الالتزام والمحاذير في أوقات تشغيل الأجهزة الكهربائية.
- قابلة للكسر والتضرر بسهولة في حالة عدم تثبيتها بقواعد خاصة.

الفصل الثاني

برنامج المحاكاة SAM

1.II تعريف برنامج SAM

هو برنامج تصميم ومحاكاة أداء انظمة الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، الطاقة الحيوية، طاقة الحرارة الجوفية.. الخ حيث سمي في بادئ الامر ب: “ Solar Advisor Model” اين تم تطويره بالمختبر الوطني للطاقة المتجددة بالتعاون مع مختبرات ساندي الوطنية في عام 2005 ، استخدم في بادئ الامر في برامج تقنيات الطاقة الشمسية لوزارة الطاقة الامريكية ، لتحليل و حساب فرص تحسين الطاقة [11].

2.II تطوير برنامج SAM

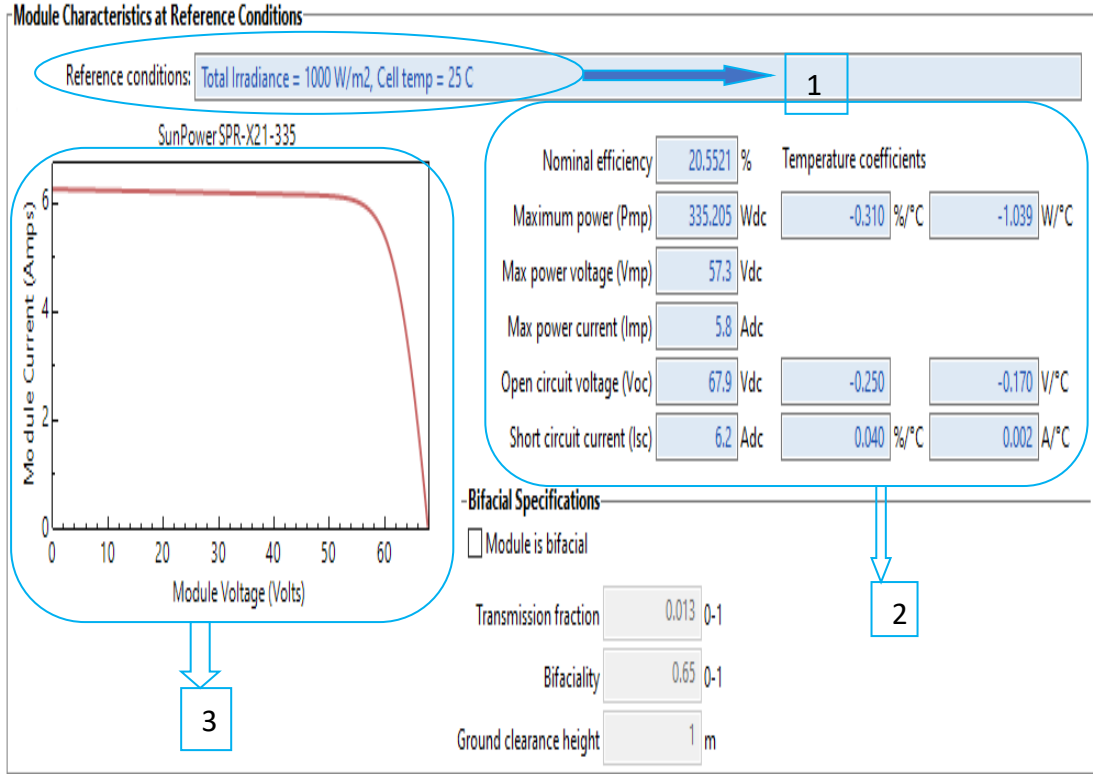
تم اصدار أول نسخة للعامه في عام 2007 كنسخة رقم 1، لتمكن خبراء الطاقة الشمسية من تحليل مشاريع الخلايا الشمسية وانظمة المركزات الشمسية ذات القطع المكافئ في برنامج واحد باستخدام فرضيات اقتصادية ثابتة. منذ عام 2007 يتم إطلاق نسختان جديدتان كل عام حيث تم زيادة تقنيات جديدة وخيارات اقتصادية إضافية . في عام 2010 تم تغيير اسم البرامج الى “System Advisor Model” ليشمل التقنيات المضافة اليه و التي لا تقتصر على الطاقة الشمسية فقط .

3.II استخدامات برنامج SAM

أستخدم برنامج SAM في الأساس لتسهيل عمليات إتخاذ القرارات بشأن مشاريع الطاقة المتجددة ،لأنه برنامج أثبت كفاءته في نمذجة و محاكاة العديد من الأنظمة الطاقوية و بامتياز بالإضافة إلى إمكانية تقييم الجدوى الإقتصادية لهذه الأنظمة . لذا لقي هذا البرنامج إهتماما كبيرا لدى الهيئات الحكومية و المشرعين الذين يعملون في مجال تطوير الطاقة المتجددة . من جهة أخرى سيستفيد المطورون و الباحثون في مجال الطاقة المتجددة من إمكانيات هذا البرنامج في معالجة و محاكاة الأنظمة الطاقوية بكل أنواعها .

4.II واجهة برنامج SAM

تعرض واجهة برنامج سام النتائج بجداول ورسومات بيانية مثل جداول عرض أسعار الطاقة بشكل مفصل، الناتج السنوي في السنة الأولى، السيولة النقدية السنوية بشكل مفصل، بيانات الأداء لكل ساعة شهريا ، كما يبينه الشكل الموالي:



الشكل (II-1) : الواجهة الخاصة بإدخال و تعديل مميزات و خصائص النظام المدروس لبرنامج

.SAM

في الشكل (II-1) نلاحظ الواجهة التي يوفرها برنامج SAM و التي من خلالها يمكن للمستخدم إدخال وتعديل مواصفات الألواح الشمسية المراد دراستها بحيث القيم المدخلة يجب أن تكون في الشروط النظامية، في هذا الشكل رقمنا أهم المناطق في الواجهة بالأرقام 1، 2 و 3 بحيث تمثل كل نافذة مايلي:

1- تظهر النافذة (1) معلومات الشروط النظامية : في هذه الدراسة تعطى كما يلي
(25°C ، 100W/m²).

2- في هذا الإطار (2) نجد المعلومات الأساسية لمعطيات للألواح الشمسية، التي تتمثل في كل من:

- كفاءة الألواح الشمسية.

- الجهد الأعظمي للألواح الشمسية.

- التيار الأعظمي للألواح الشمسية.

- تيار الدارة القصيرة.

- جهد الدارة المفتوحة.

3- هذا الإطار (3) خاص بمعاينة الرسوم البيانية، حيث نلاحظ في هذه الحالة منحنى التيار بدلالة التوتر، التي من خلالها يمكن معرفة علاقة جهد الألواح الشمسية مع تيار الألواح الشمسية في مرحلة التشغيل.

1.4.II نموذج الأداء

نموذج الأداء في برنامج SAM يقوم بحساب قيم الناتج الكهربائي للنظام كل ساعة، مولداً بذلك 8760 قيمة للطاقة الكهربائية المولدة لكل ساعة سنوياً. تتضمن النسخة الحالية من برنامج SAM نماذج الأداء للتقنيات التالية:

(1)- أنظمة الخلايا الشمسية العادية والمركزة.

(2)- أنظمة المركزات الشمسية ذات القطع المكافئ.

(3)- أنظمة المركزات الشمسية ذات البرج المركزي (باستخدام الملح المذاب وبخار مباشر).

(4)- أنظمة المركزات الشمسية المستقيمة.

(5)- أنظمة صحون المركزات الشمسية (سترلينغ).

(6)- أنظمة طاقة حرارية تعمل على الوقود التقليدي.

(7)- أنظمة تسخين المياه الشمسية للأبنية السكنية والتجارية.

(8)- مشاريع طاقة رياح كبيرة أو صغيرة.

(9)- طاقة جوف الأرض.

(10)- طاقة الكتلة الحيوية.

2.4.II) النموذج الاقتصادي

يقوم النموذج الاقتصادي في برنامج SAM بحساب القيم الاقتصادية للعديد من مشاريع الطاقة بالاعتماد على سيولة المشروع في فترة معينة ، يحتوي برنامج SAM على النماذج الاقتصادية للأنظمة التالية:

- (1)- المباني السكنية (سعر الكهرباء للمستهلك المنزلي).
- (2)- المباني التجارية (سعر الكهرباء للمستهلك التجاري والاتفاقيات الشرائية).
- (3)- المستوى الشبكة الكهربائية العامة.
- (4)- مالك وحيد.(نمط الملكية)
- (5)- شركاء مساهمين(نمط تساهمي)
- (6)- جميع انواع الشراكات.
- (7)- استثمار.

3.4.II) النموذج المالي

النموذج المالي يستخدم قيمة خرج الطاقة الكهربائية المولدة التي تم حسابها في نموذج الأداء ليقوم بحساب السيولة النقدية السنوية.

5.II) محاكاة نظام كهروضوئي مستقل بواسطة برنامج SAM**1.5.II) نماذج و أساليب برنامج SAM**

تم تصميم برنامج SAM لمساعدة مطوري المشاريع والمهندسين وواضعي السياسات ومصنعي المعدات والباحثين على اتخاذ قرارات بشأن تصميم نظام الطاقة المتجددة واقتصاديات المشروع، يجمع SAM بين بيانات الطقس المتسلسلة الزمنية ومواصفات النظام لحساب انتاج الكهرباء لنظام طاقة متجددة محتمل، يستخدم النموذج بيانات تكلفة النظام ، التعويض والتمويل ، الحوافز في تدفق نقدي سنوي لحساب التكلفة المستوية للطاقة ، صافي القيمة الحالية ، فترة الاسترداد ومعدل العائد الداخلي وإيرادات المشروع المحتمل.

يمكن للبرنامج محاكاة مجموعة متنوعة من المشاريع لمجموعة واسعة من تقنيات الطاقة المتجددة (الطاقة الشمسية الكهروضوئية، الطاقة البحرية، الرياح، الطاقة

الحرارية الأرضية) ، ويمكن مقارنتها مع الأنواع التقليدية أو أنواع أخرى من الأنظمة، يضم SAM أيضا نموذج PV Watts الشهير من NREL ، الذي يقدر إنتاج الطاقة وتكلفة الطاقة للأنظمة الكهروضوئية المتصلة بالشبكة [17] [18] .

2.5.II نموذج المحول

تحسب نماذج المحول المختلفة كفاءة تحويل التيار المستمر الى تيار متردد، كل هذه النماذج تجريبية حيث يقوم بتصميم النظام بقياس حجم النظام الكهروضوئي ويختار خيارات التتبع [19] [20].

6.II المحولات في الأنظمة الكهروضوئية

تقوم الألواح الكهروضوئية بتحويل طاقة الاشعاع الشمسي الى طاقة كهربائية، ولكن الكهرباء تنتج على شكل تيار مستمر، ولذلك يجب تحويل التيار المستمر الى تيار متناوب لنتمكن من استخدامه في تغذية التجهيزات الكهربائية أو عند الربط مع الشبكة الكهربائية، لهذا الغرض نستخدم المحولات .

1.6.II تعريف المحول

هو جهاز يعمل على تحويل التيار المستمر الخارج من الألواح الكهروضوئية الى تيار متناوب متوافق مع الشبكة ويغذي الشبكة العامة. كما تقوم المحولات في الوقت نفسه بالتحكم والمراقبة للنظام الشمسي.

2.2.II أنواع المحولات

يوجد عدة أنواع من المحولات المستخدمة في الأنظمة الكهروضوئية وجميعها تعمل وفق نفس المبدأ ولكن الاختلاف يكمن في عوامل القدرة [18] [21] [22]. يمكن تقسيم محولات الأنظمة الشمسية بشكل عام الى الأنواع التالية:

- المحولات المركزية.
- المحولات الموصولة مع سلسلة الألواح.
- المحولات الميكروية.

1.2.6.II المحولات المركزية

ينتشر استخدام هذا النوع من المحولات في محطات الطاقة الشمسية الكبيرة ، حيث يتم وصل أكثر من سلسلة الواح الى محول مركزي واحد عن طريق علب تجميع ، التي تصلها الكابلات من أكثر من سلسلة منها الى المحول المركزي. تتميز المحولات المركزية بكون استطاعتها أكبر من استطاعة المحولات التي توصل مع سلسلة الالواح ، مما يوفر عدد المحولات المستخدمة ويمكن ان تتجاوز قدرة المحول المركزي الواحد 4 ميجاواط [22].

من مساوئ هذه المحولات هو صعوبة صيانتها بالمقارنة مع المحولات الموصولة مع سلسلة الالواح، بالإضافة الى ان حدوث عطل في أحد المحولات المركزية المستخدمة بالمحطة الشمسية يؤدي الى خروج أكثر من سلسلة من الالواح عن العمل لفترة طويلة بسبب عدم وجود محولات مركزية احتياطية في معظم المحطات. من المساوئ الأخرى هو عدم القدرة على مراقبة النظام الشمسي إلا على مستوى المحول المركزي [15].

2.2.6.II المحولات الموصولة مع سلسلة الالواح

نعلم ان النظام الكهروضوئي يتألف من مجموعة من الألواح الموصولة مع بعضها في سلاسل أين يتم وصل كل سلسلة ألواح مع محول، يقوم بتحويل الكهرباء الناتجة إلى تيار متناوب لتغذية الأجهزة أو الشبكة الكهربائية.

تتميز المحولات المستعملة في هذه الحالة بانخفاض سعرها بالمقارنة مع باقي أنواع المحولات ، كما ان تكاليف صيانتها منخفضة لكونها مركبة في مكان من السهل الوصول اليه، تقنيا تسهل هذه المحولات مراقبة النظام الشمسي على مستوى السلسلة مما يعطي تحكما أكبر مقارنة بالمحولات المركزية.

من اهم مساوئ هذه المحولات هو انه في حال تدهور إنتاجية لوح واحد من السلسلة، فإن انتاج السلسلة بأكملها يرتبط بإنتاج اللوح المتضرر، يرجع حدوث هذه الحالة في حال عند تظليل أحد الواح السلسلة او في حالة تباين درجة واتجاه ميلان الالواح في

السلسلة الواحدة، لذلك ينصح بإزالة سبب التظليل بشكل جذري وفصل السلاسل ، بحيث لا يتم خلط الواح مركبة بزوايا واتجاهات مختلفة في تركيب واحد . اما في حالة عدم التمكن من ذلك يستحسن ترقية النظام الشمسي باستخدام محسنات للطاقة [15].

3.2.6.II المحول الموصول مع سلسلة الالواح مع محسن الطاقة

محسن الطاقة عبارة عن جهاز يركب على اللوح مباشرة، يكون مركبا على اللوح من قبل المصنع، حيث يقوم بتعديل قيمة الجهد الخارج من اللوح الموصول معه للمحافظة على القيمة الثابتة ورفع كفاءة الألواح ، ومن ثم نقل الجهد المستمر الى المحول الموصول مع السلسلة الالواح ليتم تحويله الى جهد متناوب، ان محسنات الطاقة تساعد على التخفيف من أثر التظليل او تباين الإنتاج بين الواح السلسلة الواحدة.

إن النظام الكهروضوئي الذي يعتمد على محسنات الطاقة مع المحولات سلسلة الالواح ، ذو كفاءة تحويل طاقة اعلى بالمقارنة مع الأنظمة التي تعتمد على المحولات فقط. رغم ان استخدام محسنات الطاقة أرخص من استخدام المحولات الميكروية، لكن من الواضح انها تزيد من تكلفة النظام الشمسي [19].

4.2.6.II المحول الهجين مع شحن البطاريات

يتم استخدام هذا النوع من المحولات الهجينة في الأنظمة الكهروضوئية المنفصلة عن الشبكة او في الأنظمة الهجينة التي تحتوي على بطاريات حيث تحتوي على عدة مداخل ومخارج بالمقارنة مع المحولات العادية، ويقوم هذا النوع من المحولات بتغذية البطاريات وشحنها عند الحاجة بالتيار المستمر كما يقوم بتحويل الجهد المستمر الى جهد متناوب لاستخدامه في التغذية [19].

5.2.6.II المحولات الميكروية

تشبه هذه المحولات بالشكل محسن الطاقة الذي ذكرناه سابقا لكنها صغيرة الحجم، حيث يتم وصلها مع اللوح الشمسي بشكل مباشر . تختلف عن محسن الطاقة بأنها تقوم بتحويل الجهد المستمر الى جهد متناوب، و تفيد في حماية سلسلة الالواح بشكل كامل من ان

تؤثر الألواح على بعضها البعض ، و في حال وجود تظليل او عطل في أحد الألواح يمكننا مراقبة أداء كل لوح من الألواح بشكل منفصل [19].

II (3.6) إختيار المحول المناسب

يمكن تلخيص أسس إختيار المحول المناسب للمشروع ثلاث أفكار رئيسية وهي:

1- حجم المشروع .

2 -التكاليف .

3-موقع المشروع و الظروف المحيطة به.

II (1.3.6) حجم المشروع

من حيث قيمة الاستطاعة التي ستنجحها الألواح بشكل اجمالي، يكون استخدام المحولات الموصولة مع سلسلة الألواح هو الحل المناسب في المشاريع ذات الاحمال الصغيرة (مبنى، مكاتب، منزل، وغيرها)، حيث لا نحتاج الى محول باستطاعة كبيرة، كما يمكن استخدام هذا النوع من المحولات كذلك مع تجهيزات محسن الطاقة او استخدام المحولات الميكروية ولكن يترتب على ذلك تكاليف إضافية في المشروع .

II (2.3.6) التكاليف

مهما كان نوع المشروع المراد تنفيذه، فإن التكاليف تشكل عاملا أساسيا في إختيار العناصر المستخدمة. ان استخدام المحولات الموصولة مع سلاسل الألواح المزودة بمحسن الطاقة يرفع من تكاليف المشروع بشكل لا يتم تعويضه بفرق الإنتاج المتوقع.

كثير من المستثمرين الذين يركزون على سعر النظام بغض النظر عن الإنتاج يدفعهم ذلك لتفادي محسنات الطاقة او المحولات الميكروية، فالمشاريع الكبيرة التي يتم طرحها عبر المناقصات العامة، تضع المطورين امام ضغط كبير من اجل تخفيض السعر قدر الإمكان بهدف الحصول على المشروع، إن هذا الضغط يدفع بالمطورين لاختيار المحولات المركزية للمشاريع الكبيرة لتخفيض التكلفة.

3.3.6.II موقع المشروع والظروف المحيطة

يعتبر مكان تواجد مصفوفة الألواح والظروف المحيطة بها عاملا مهما في اختيار نوع المحول، فاذا توقعنا ان تتعرض جميع الألواح الشمسية الى الاشعاع الشمسي بشكل كاف ومتساو، يمكننا استخدام المحولات الموصولة مع سلسلة الألواح في هذه المصفوفة.

في حالة تعرض أحد هذه الألواح في السلسلة الى العطل او العطب فان المحول ينتج طاقة بقيمة اقل ، وبالتالي ينخفض مردود السلسلة، في هذه الحالة ، يعد استخدام المحولات الميكروية حلا عمليا لهذه المشكلة، حيث تقوم هذه التقنية بالنقل والاستفادة من الطاقة القصوى التي ينتجها اللوح الموصول معه، مع إمكانية مراقبة الإنتاج للألواح الأخرى .

الفصل الثالث

دراسة حالة (منطقة ورقلة)

III.1 المقدمة

تلعب الجوانب الاقتصادية لجميع أنظمة الطاقة دورا حاسما في قرار تنفيذها من عدمه، فعندما يعود الأمر إلى دراسة الجدوى الاقتصادية لنظام ما، سيتضمن ذلك تكاليف مكوناته، تركيبها، تشغيلها، وصيانتها على مدى عمرها التشغيلي.

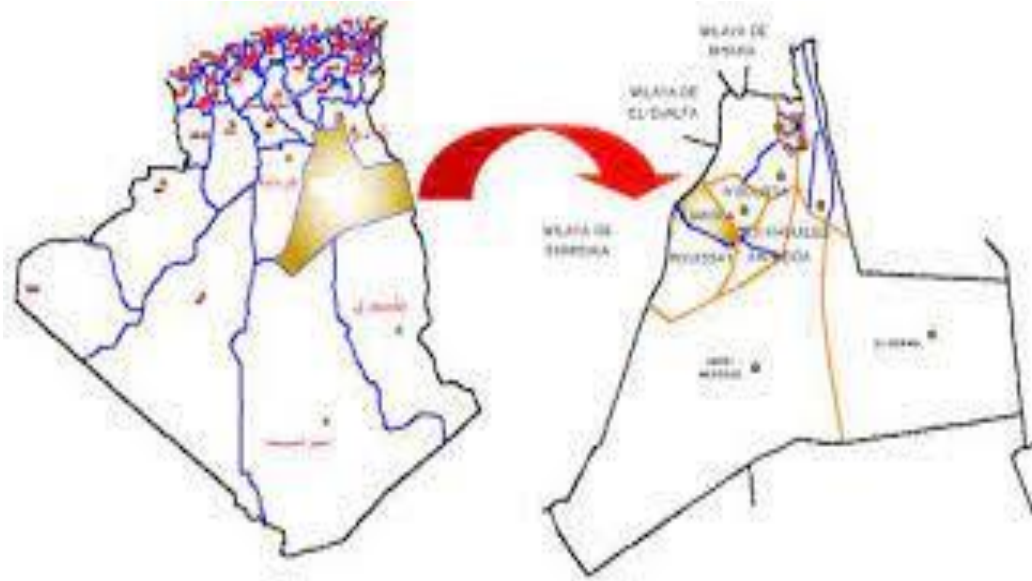
تتميز الأنظمة الشمسية بأسعار مرتفعة تبعا لتكاليف تصنيعها العالية، ومع ان هذه الأسعار في انخفاض مستمر إلا أنها لا زالت تعتبر مرتفعة نسبيا.

III.2 الموقع و الدراسة المناخية لمنطقة ورقلة

III.2.1 الموقع الجغرافي و الفلكي

تقع ولاية ورقلة في الجنوب الشرقي للجزائر يحدها شمالا ولايتي الوادي والجلفة، ومن الجنوب ولايتي إليزي وتمنراست، شرقا حدود الجمهورية الليبية و ولاية الوادي، غربا ولاية غرداية.

الموقع الفلكي لولاية ورقلة فهو على شمال خط عرض 32 درجة وشرقا بـ 5 درجات، حيث ترتفع ولاية ورقلة حوالي 135 متر على سطح البحر.



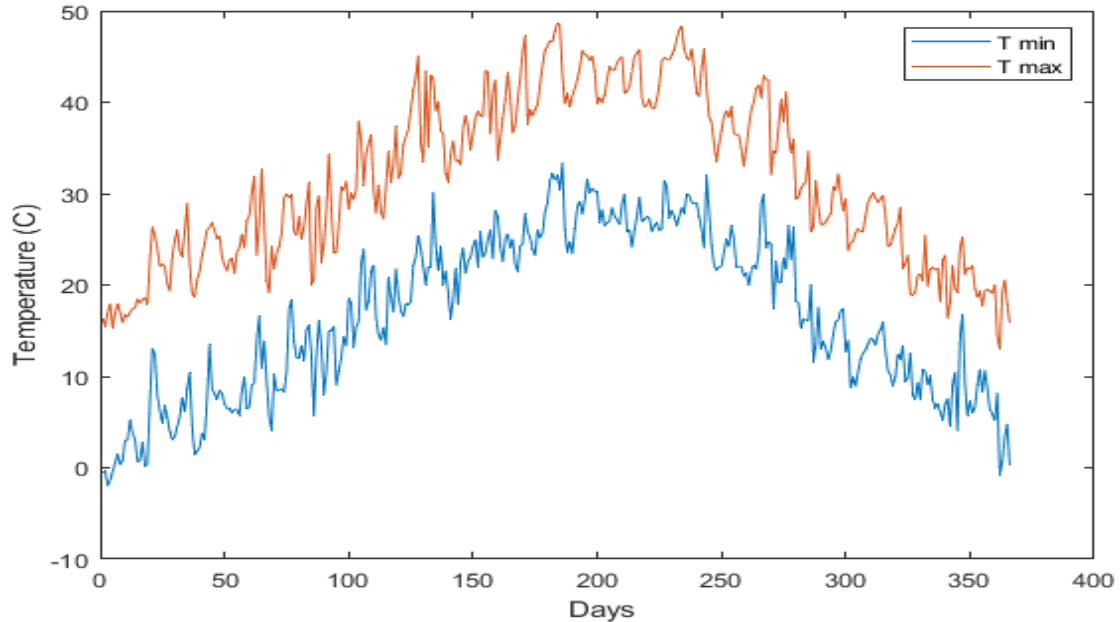
الشكل (III-1) : الموقع و الحدود لمنطقة ورقلة .

2.2.III الوضعية المناخية

مناخ منطقة ورقلة صحراوي، أي حار وجاف صيفا وجاف بارد شتاء، بحيث تتلقى المنطقة كميات كبيرة من أشعة الشمس وذلك على امتداد فترات طويلة من السنة، حيث يقابله ارتفاع في درجة الحرارة وارتفاع التبخر وقلة في الأمطار، كما يتميز مناخ ورقلة بفوارق حرارية (يومية وفصلية) متغيرة العناصر المناخية المميزة لمنطقة ورقلة تتميز كالآتي:

1.2.2.III الحرارة السنوية

درجات الحرارة في منطقة ورقلة مرتفعة صيفا حيث تتجاوز (41°) في المتوسط، وتنخفض شتاء، ولاسيما أثناء الليل، فالمناخ هنا صحراوي يتميز بفوارق حرارية (يومية وفصلية) معتبرة، تصل الى حدود (30°C) مئوية. حيث كانت درجات الحرارة القصوى في سنة (2020) المسجلة (48.7°C) بورقلة، بينما وصلت درجة الحرارة الدنيا (-2.0°) في نفس المنطقة [8].



الشكل(2-III): منحنى تغيرات درجة الحرارة القصوى T max و الدنيا Tmin اليومي لمنطقة ورقلة لسنة 2020.

من خلال المنحنيين نجد أن التغير في درجة الحرارة السنوية (العليا والدنيا)، لمنطقة ورقلة على النحو التالي:

- في الأشهر (جانفي، فيفري، نوفمبر، ديسمبر)، تكون قيم الحرارة منخفضة لا تتعدى (30°C) للعليا و (16.8°C) للدنيا.

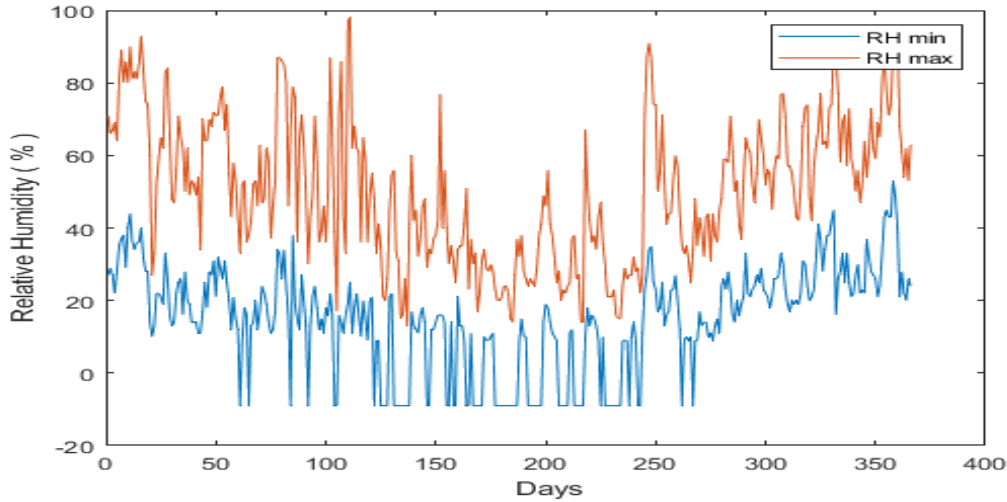
وفي الأشهر (مارس، أفريل، سبتمبر، أكتوبر)، تكون قيم الحرارة متوسطة تتراوح ما بين (30°C و 38°C) للعليا و (18°C و 24°C) للدنيا.

أما في الأشهر (ماي، جوان، جويلية، أوت)، ترتفع تدريجيا قيم درجة الحرارة وتبلغ قيم أعظمية تصل إلى (48.7°C) للعليا، و (33.4°C) للدنيا.

من خلال المنحنيين نلاحظ وجود تناسب طردي في التغير السنوي لدرجة الحرارة العليا والدنيا.

III.2.2. الرطوبة السنوية

تعتبر الرطوبة الجوية عن كمية الماء الموجودة في الهواء والتي تتغير باستمرار مع تغيرات درجة الحرارة، هذا التغير متعلق بالمعدلات السنوية للإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة المتوسطة مما ينتج عنه توزيع غير منتظم للبخر في مناطق مختلفة على سطح الأرض [9].

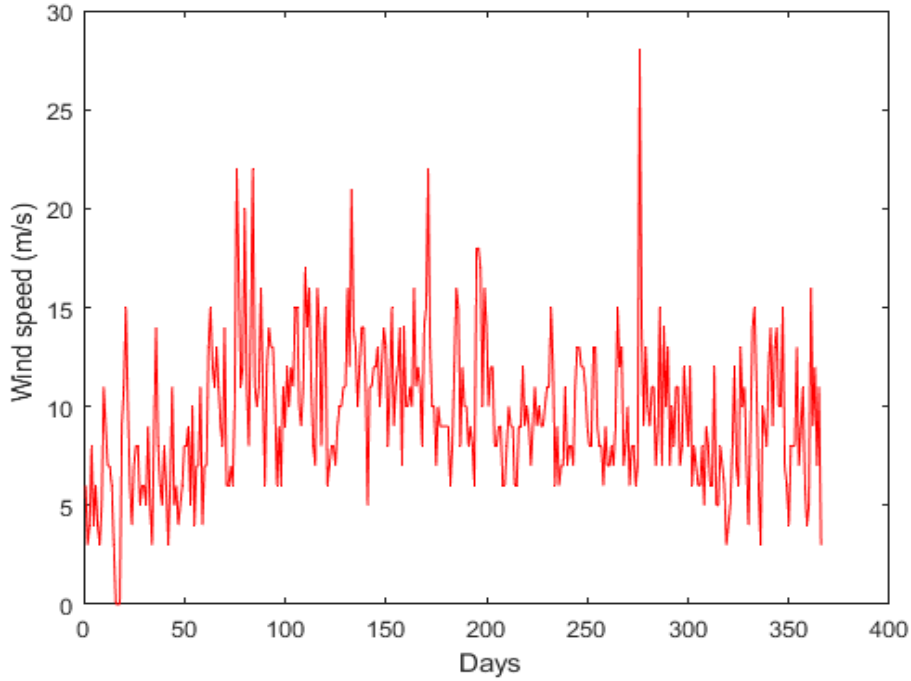


الشكل (III-3): يمثل منحنى تغيرات الرطوبة القصوى RH max والرطوبة الدنيا RH min لمنطقة ورقلة لسنة 2020 .

في منطقة ورقلة تزداد الرطوبة شتاء في شهر ديسمبر وتنخفض صيفا في شهر جويلية وأوت، حيث تكون قيم الرطوبة عالية جدا في الفترة الممتدة من شهر جانفي إلى شهر افريل، وتتناقص تدريجيا في الفترة الممتدة من شهر ماي إلى أوت، أين تأخذ قيم صغرى، ثم تنزايد تدريجيا بداية من شهر سبتمبر إلى أن تبلغ ذروتها في شهر ديسمبر.

III.2.2.3 الرياح السنوية

تهب على ورقلة عواصف رملية موسمية بين شهري (فيفري وأفريل)، حيث تبلغ ذروتها في شهر مارس، غالبا ما تتسبب في خسائر فادحة تصيب الزرع والماشية. يبدأ الجو في التحسن ابتداء من شهر سبتمبر عندما يتغير اتجاه الرياح، لتصبح شمالية شرقية، وهي معروفة محليا باسم (البحري)، التي غالبا ما تكون محملة بشيء من الرطوبة فتعمل على تلطيف الجو ولاسيما ليلا.



الشكل (III-4): منحنى يوضح تغيرات سرعة الرياح السنوية لمنطقة ورقلة لسنة 2020 .

في المنحنى نلاحظ أن أقصى قيمة لسرعة الرياح لسنة 2020 كانت في شهر (أكتوبر)، كذلك بلغت قيم عظمى في الأشهر (فيفري – مارس- أبريل)، أما القيم الدنيا فكانت في شهر جانفي، والقيم متوسطة في باقي الشهور.

على العموم المنحنى السابق يبين أن مناخ ورقلة صحراوي جاف يتميز بهبوب الرياح الشبه دائمة على المدى السنوي

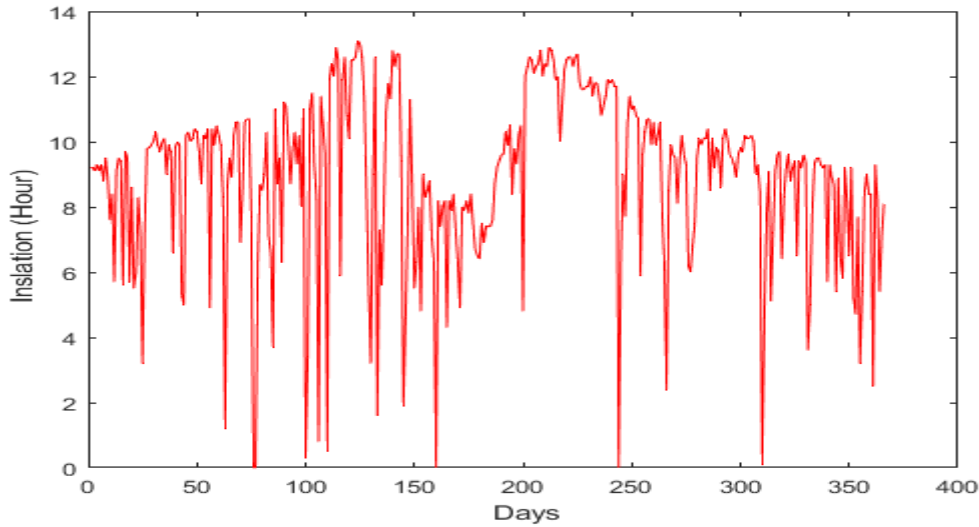
III.2.2.4 الإشعاع الشمسي

تعد منطقة ورقلة ولاية من الولايات التي تتعرض للأشعة الشمسية المباشرة باستمرار على المستوى الوطني ، الذي يتراوح في شهر جويلية عند الشدة القصوى للإشعاع من (6 kwh/m²) إلى (9 kwh/m²)، في الأيام العادية التي تتميز بصفاء الجو، أما الإشعاع السنوي فيجتاز (2500 kwh/m²) [10].

كما أن ولاية ورقلة تعد من أكثر الولايات تعرضا للأشعة الشمسية المباشرة على المستوى الوطني.

III.2.2.5) متوسط الشمس لمنطقة ورقلة

هناك اختلاف واضح في مقدار الشمس في منطقة ورقلة ، أي عدد ساعات سطوع الإشعاع الشمسي على سطح الأرض بين الفترة الباردة والحارة، كما يبينه الشكل أدناه .



الشكل (III-5) : منحني متوسط ساعات الشمس لمنطقة ورقلة لسنة 2020 .

في منطقة ورقلة تصل عدد ساعات الشمس في الأشهر الباردة ما بين (229.6h– 248.2h)، وتزداد ساعات الشمس بعد شهر ديسمبر، بينما في الأشهر الحارة تصل عدد الساعات من (303.4h - 335.2h)، بحيث يعد شهر أوت أكثر الأشهر حرارة في المنطقة.

III.3) الخصائص المناخية لمنطقة ورقلة

وفقاً للمكتب الوطني للقياس لعام 2009، يبلغ متوسط درجات الحرارة الشهرية المسجلة في أكثر الأشهر حرارة (أوت) "43 °C"، بينما تبلغ درجة متوسط حرارة أبرد شهر (جانفي) "11.1 °C" مع هطول أمطار نادرة وغير منتظمة ، ويتراوح بين

(0.1mm و 8 mm) بحيث يبلغ متوسط هطول الأمطار السنوي (48.8 mm/year) في ورقلة.

يمكن ملاحظة رياح سيروكو (الرياح الحارة والجافة) في أي وقت من السنة بسرعة تصل إلى (4.2m/s). الرطوبة النسبية تسجل معدلات تذبذب من 25 إلى 61٪، في حين أن التبخر مهم جدًا يمكن أن يصل إلى 484 mm .

4.III دراسة الحالة (منطقة ورقلة)

لهذه الدراسة اخترنا عينة في منطقة ورقلة والتي تتمثل في منزل مساحته 2000m² عام 1980، يحتوي على طابقين يسكنه 4 أفراد. يحتوي هذا المنزل على الأجهزة الكهربائية التالية: نظام تبريد وتدفئة، موقد وثلاجة وغسالة الأواني، آلة الغسيل، مجفف بالإضافة إلى أحمال كهربائية متنوعة. إعدادات درجة الحرارة:

- نقطة ضبط التدفئة 20°C.
- نقطة ضبط التبريد 24.44 °C.
- نقطة إعداد التسخين 20 °C.
- نقطة إعداد التبريد 24.44°C .

5.III النتائج و المناقشة

من أجل محاكاة الحمل الطاقوي وتقييم أداء النظام ، نقوم بإدخال المعطيات السابقة في واجهة مخصصة في برنامج SAM الشكل أدناه يبين واجهة SAM المتاحة من أجل إدخال كافة المتغيرات .

Building Energy Load Profile Estimator

- Building Characteristics

Floor area sq ft

Year built

Number of stories

Number of occupants

Energy retrofitted

Occupancy schedule fraction/hr

- Electric Appliances

Cooling system Dishwasher

Heating system Washing machine

Range (stove) Dryer

Refrigerator Misc. electric loads

- Temperature Settings

Heating setpoint °F

Cooling setpoint °F

Heating setback point °F

Cooling setup point °F

Temperature schedule on/off

- Monthly Load Data

Jan	<input type="text" value="725.00"/>	kWh	Jul	<input type="text" value="1,925.00"/>	kWh
Feb	<input type="text" value="630.00"/>	kWh	Aug	<input type="text" value="1,730.00"/>	kWh
Mar	<input type="text" value="665.00"/>	kWh	Sep	<input type="text" value="1,380.00"/>	kWh
Apr	<input type="text" value="795.00"/>	kWh	Oct	<input type="text" value="1,080.00"/>	kWh
May	<input type="text" value="1,040.00"/>	kWh	Nov	<input type="text" value="635.00"/>	kWh
Jun	<input type="text" value="1,590.00"/>	kWh	Dec	<input type="text" value="715.00"/>	kWh

الشكل (III-6): يمثل مقدار حمل الطاقة في المبنى بواسطة برنامج SAM.

من خلال الواجهة نلاحظ أنه يمكن تقدير الحمل الطاقوي الشهري مباشرة، حيث نجد أن بيانات الحمل الشهرية تكون منخفضة في الفترة الممتدة من شهر جانفي الى غاية شهر افريل، لتبدأ في الارتفاع تدريجيا بداية من شهر ماي (1040 kwh) الى ان تبلغ ذروتها في شهر جويلية بمعدل (1925 kwh) ثم تتناقص تدريجيا.

بالإضافة إلى الواجهة (النافذة) السابقة يتيح برنامج SAM مجموعة أخرى من

النوافذ أين يظهر تفاصيل أكثر نجدها في الشكل (III-7)

Temperature Correction

Nominal operating cell temperature (NOCT) method
 Heat transfer method

See Help for more information about CEC cell temperature models.

NOCT method parameters

Mounting standoff: Building integrated
 Array height: One story building height or lower

Heat transfer method parameters

Mounting configuration: Rack
 Heat transfer dimensions: Module Dimensions
 Mounting structure orientation: Structures do not impede flow underneath module

Module width: 1 m
 Module length: 1.63 m

Rows of modules in array: 1
 Columns of modules in array: 10
 Temperature behind the module: 20 °C
 Space between module back and roof surface: 0.05 m

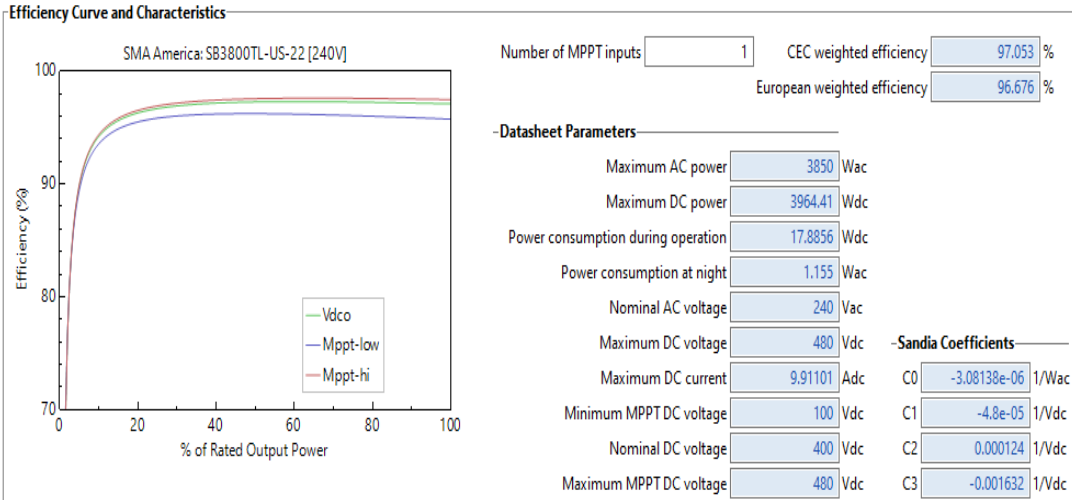
Physical Characteristics

Material: Mono-c-Si
 Module area: 1.631 m²
 Number of cells: 96

Additional Parameters

T_{noct}: 46.4 °C
 A_{ref}: 2.42033 V
 I_{L_ref}: 6.2368 A
 I_{o_ref}: 3.98831e-12 A
 R_s: 0.499389 Ohm
 R_{sh_ref}: 457.185 Ohm

The model assumes a reference bandgap voltage Eg_ref = 1.121 eV, and temperature coefficient for bandgap of -0.0002677 eV/K.



الشكل (III-7): نوافذ أخرى في برنامج SAM تمكن من إضافة و معاينة تفاصيل أكثر في المحاكاة.

في الشكل (III.7) نلاحظ بعض النوافذ التي يوفرها برنامج SAM تمكن المستخدم من إضافة و معاينة الخصائص و التصحيحات التي تجرى أثناء المحاكاة، و ذلك على النحو التالي :

- 1- نافذة بعنوان المواصفات الفيزيائية للألواح الشمسية يظهر فيها :
 - المادة المصنوعة منها الألواح الشمسية.
 - مساحة الألواح الشمسية.

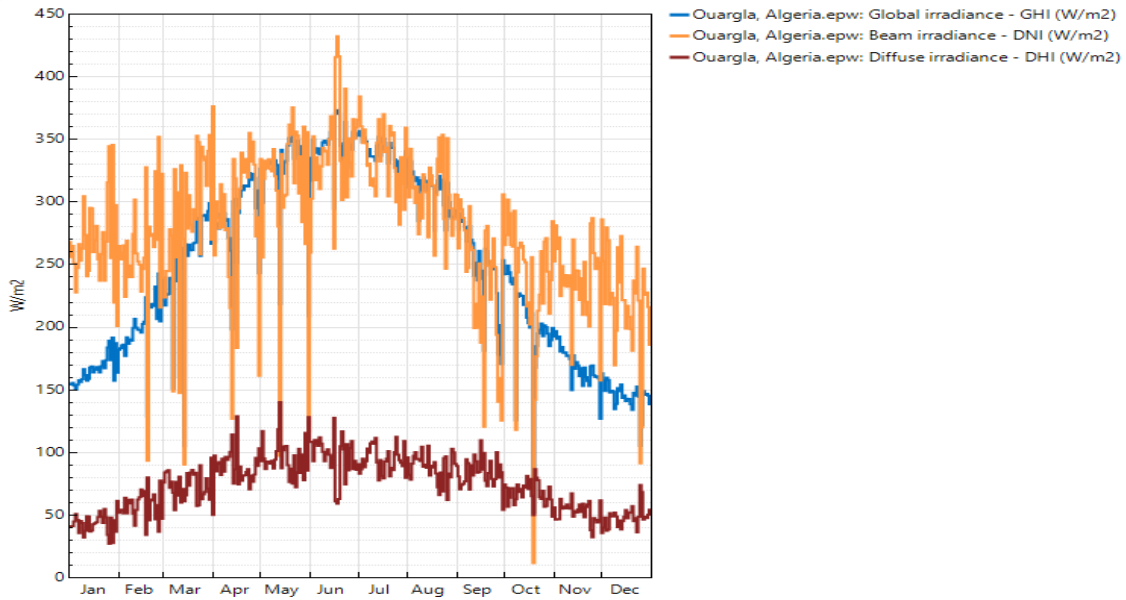
- عدد الخلايا في اللوح الشمسي الواحد.

2- نافذة بعنوان معلومات إضافية تظهر فيها علاقة الجهد بدرجة الحرارة

إلخ...

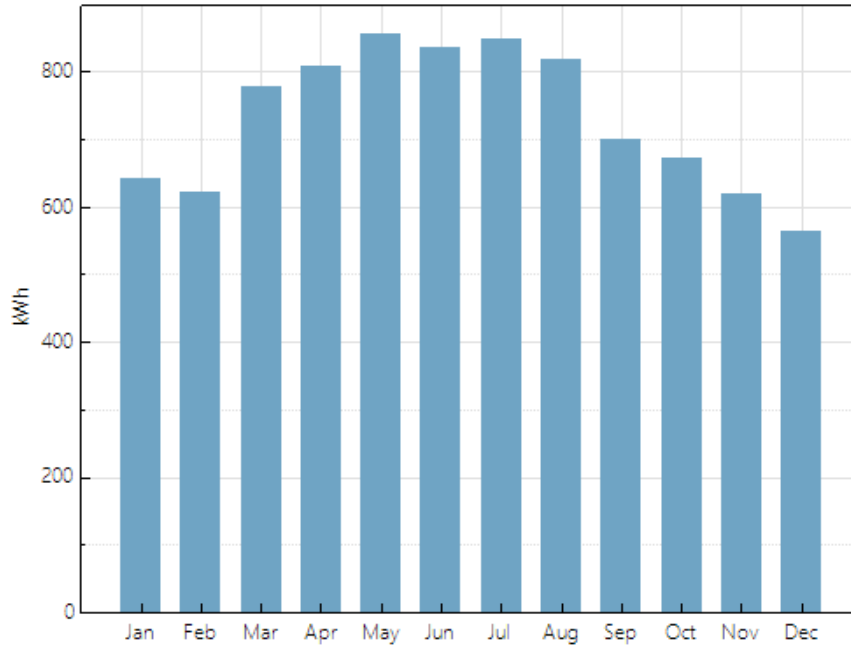
3- نافذة بعنوان منحى المردود (الكفاءة) و المواصفات يظهر فيه منحى نسبة المردود بدلالة نسبة الطاقة الخرج.

من بين النتائج المهمة التي يتيحها برنامج SAM هو محاكاة تغيرات شدة الإشعاع الشمسي على خصائص الخلية الكهروضوئية على مدار السنة حيث نلاحظ ان الإشعاع الشمسي في تزايد خاصة في الأشهر الأولى (من شهر جانفي الى غاية شهر جوان) نتيجة لزيادة في الطاقة المنتجة في هاته الأشهر مما يؤثر هذا بشكل سلبي على أداء الواح الخلية الشمسية، ليتناقص بعدها الإشعاع (من سبتمبر الى غاية ديسمبر) كما يوضحه الشكل (III-8).



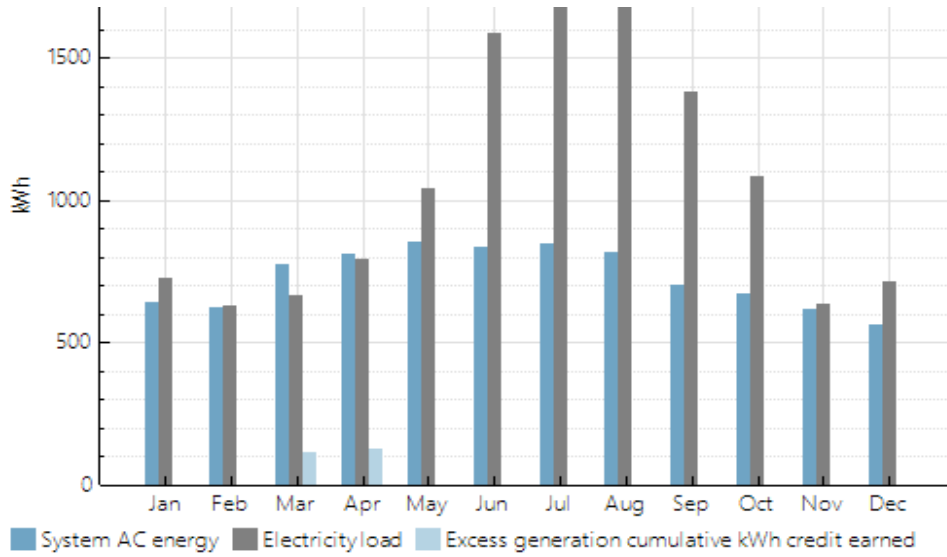
الشكل (III-8): منحى بياني يمثل تغيرات شدة الإشعاع الشمسي بواسطة برنامج SAM.

الشكل الآتي يوضح قيم الإنتاج الطاقة الشهري تعطى على شكل أعمدة بيانية الشكل (III-9) حيث نلاحظ انخفاض في الإنتاج بداية من شهر جانفي إلى أن يبدأ في الارتفاع مع بداية شهر مارس الى ان يبلغ ذروته في شهر ماي ثم يبدأ في التناقص تدريجيا.



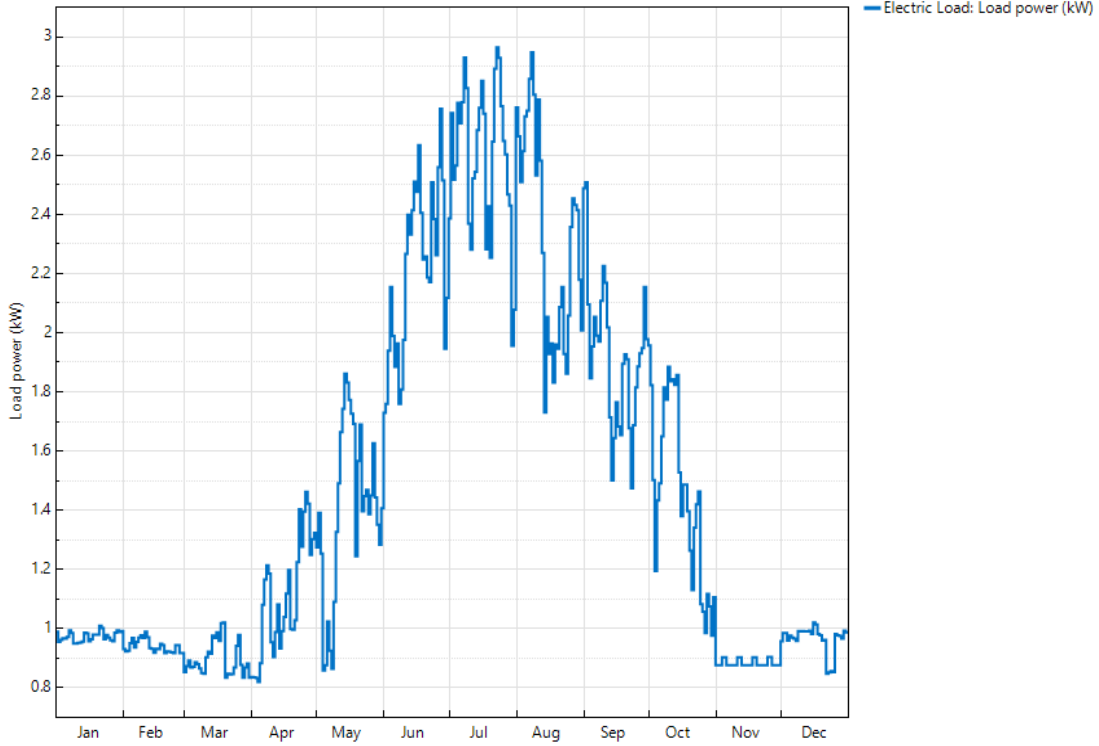
الشكل (III-9): أعمدة بيانية تمثل إنتاج الطاقة الشهري بواسطة برنامج SAM.

الشكل (III-10) يوضح أعمدة بيانية للطاقة والحمل الشهري خلال السنة، حيث نلاحظ في بداية الأشهر تطابق عمود الطاقة للتيار المتردد وحمل الكهرباء وذلك في الأشهر جانفي وفيفري ومارس ليرتفع الحمل الكهربائي بمرور الأشهر لتصل استطاعة الطاقة لقيمتها الأعظمية في شهر جويلية ليبدأ في الانخفاض تدريجيا وذلك راجع لانخفاض درجة الحرارة.



الشكل (III-10): أعمدة بيانية تمثل الطاقة الشهرية والحمل بواسطة برنامج SAM.

الشكل الموالي (III-11) يوضح تغيرات الحمل الكهربائي على مدار السنة. حيث تكون هذه الأخيرة منخفضة جدا في الفترة الممتدة من شهر جانفي الى شهر افريل، وتزداد تدريجيا في الفترة الممتدة من شهر ماي الى شهر أكتوبر، الى ان تبلغ ذروتها في شهر اوت ثم تتناقص تدريجيا بداية من شهر أكتوبر وتأخذ قيم دنيا .



الشكل(III-11): منحنى يوضح الحمل الكهربائي بواسطة برنامج SAM.

الجدول (1-III): يوضح النتائج المتحصل عليها في برنامج SAM

المقدار المقاس	القيمة العددية
الطاقة السنوية السنة الأولى (Annual energy year 1)	8.763 kWh
مؤشر القدرة السنة الأولى (Capacity factor year 1)	21.3%
إنتاج الطاقة السنة الأولى (Energy yield year 1)	1.867kWh/kW
نسبة الأداء السنة الأولى (Performance ratio year 1)	0.79%
التكلفة المعيارية للكهرباء "الشكلية" (Levelized COE nominal)	7.23kWh
التكلفة المعيارية للكهرباء "الحقيقية" (Levelized COE real)	5.77kWh
فاتورة الكهرباء بدون النظام السنة الأولى (Electricity bill without system) (year 1)	2.158\$
فاتورة الكهرباء باستخدام النظام السنة الأولى (Electricity bill with system year) (1)	1.005\$
صافي المدخرات باستخدام النظام السنة الأولى (Net saving with system year 1)	1.153\$
صافي القيمة الحالية (Net present value)	7.284\$
فترة الإسترداد البسيطة (Simpl payback period)	8.2 سنة
فترة الإسترداد المخصومة (Discounted payback period)	12.5 سنة
صافي تكلفة رأس المال (Net capital cost)	12.651\$
الأسهم (Equity)	00\$
الديون (Debt)	12.651\$

من خلال قيم الجدول و النتائج المتحصل عليها يمكن نقيم فاتورة الإستهلاك الكهربائي حيث كانت نلاحظ 2.158 دولار أي (291.71 دينار جزائري) ومع النظام حيث إنخفضت ب1.153 دولار أي (155.86 دينار جزائري) أين بلغت نسبة الأداء 79%.

إنتاج الطاقة : وسيلة الأداء مع صافي المدخرات للنظام تعطى بالعلاقات الرياضية التالية :

$$\begin{aligned} \text{إنتاج الطاقة في السنة الأولى} &= \text{الطاقة السنوية} \times \text{مؤشر القدرة} \\ \text{نسبة الأداء السنة الأولى} &= \text{مؤشر القدرة} - 100 \\ \text{صافي المدخرات مع النظام} &= \text{فاتورة الكهرباء بدون نظام} - \text{فاتورة الكهرباء مع النظام} \end{aligned}$$

حيث تعطي القيم العددية التالية :

إنتاج الطاقة للسنة الأولى :

$$8.763 \times 0.213 = 1.867$$

نسبة الأداء للسنة الأولى :

$$100 - 21.3\% = 79\%$$

صافي المدخرات مع النظام :

$$2.158 - 1.005 = 1.153$$

تكاليف المشروع:

- أسعار الألواح الشمسية تنخفض بسرعة بسبب انخفاض تكلفة التركيب.
- لا توجد تكلفة وقود ولا انبعاثات غازات الاحتباس الحراري.
- تكلفة صيانة النظام الكهروضوئي منخفضة نسبيا.

عوائد المشروع:

فهي مرتفعة مقارنة بالتكاليف لان انخفاض تكاليف الإنتاج باستخدام موارد الطاقة الشمسية مقارنة بتكاليف استخدام الوقود الاحفوري سيؤدي حتما إلى ارتفاع العوائد.

• انخفاض فاتورة الكهرباء كما يبينه الجدول.

• تحقيق تنمية مستدامة.

• طاقة نظيفة.

الخلاصة العامة

قمنا في بحثنا هذا بدراسة تقنية واقتصادية لمنظومة كهروضوئية في منطقة ورقلة، حيث تطرقنا أولاً لعموميات و مفاهيم حول الخلية الكهروضوئية، وكيف لنظام كهروضوئي أن يحول الطاقة الشمسية إلى كهربائية، ثانياً تعرفنا على احد أهم البرامج التي تستعمل في الدراسة التقنية و المحاكاة الخاصة بالأنظمة الكهروضوئية و تقييم الجدوى الاقتصادية لمثل هذه المشاريع، في الجزء الأخير من الدراسة قمنا بتطبيق محاكاة في منطقة ورقلة، الهدف منها تقييم أداء النظام الكهروضوئي المصمم على مدار دورة الحياة بالكامل بواسطة البرنامج SAM .

من خلال هذا العمل تحصلنا على نتائج قيمة يمكن تلخيصها فيما يلي:

- * ضرورة استبدال طاقة الوقود الاحفوري بموارد الطاقة الشمسية كونها طاقة نظيفة تقضي على ظاهرة التلوث بهدف تحقيق تنمية مستدامة اعتماداً على موارد دائمة و متجددة غير قابلة للنفاذ والزوال عكس الوقود الاحفوري.
- * انخفاض واضح في تكاليف إنتاج الطاقة، مما يؤثر إيجاباً على عائدات المشاريع الاقتصادية و التنموية التي تحتاج الطاقة الكهربائية بالخصوص.
- * في منطقة ورقلة فاتورة استهلاك الطاقة الكهربائية بدون استخدام النظام الكهروضوئي كانت 2.158 دولار وانخفضت بمقدار 1.153 دولار باستخدام النظام .

سلبيات هذا المشروع، أن تكوينات الأنظمة الكهروضوئية تعمل دون انقطاع وهي موثوقة نسبياً إلا أنها قد تفضل في بعض الأحيان مما يقلل من دقة تقدير التكلفة. على الرغم من هذه النتائج إلا أن التطبيق الميداني يبقى ذو أهمية بالغة حيث يمكننا مستقبلاً إضافة دراسة تطبيقية في الميدان باستعمال نظام متكامل و على فترات أطول ومقارنته بالمحاكاة .

المراجع باللغة العربية

- [1] سماحي سهيلة، "فعالية أداء الخلايا الشمسية الكهروضوئية في ورقلة و تأثير شدة الإشعاع الشمسي والعوامل المناخية عليها"، مذكرة ماستر ، جامعة ورقلة، 2016.
- [2] سعود يوسف عياش، "تكنولوجيا الطاقة البديلة" عالم المعرفة للنشر - كويت، 1981.
- [3] ستيفان كراوتر، عبد الباسط علي صالح كرمان، "توليد القدرة الكهربائية من الطاقة الشمسية (أنظمة الطاقة الفولتوضوئية)" ، مركز الدراسات الوحدة العربية، 2013.
- [4] سليمان كعوان، " تجربة الجزائر في استغلال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح"، مجلة العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية ، جامعة عنابة، (Vol 9, N 14, Pag 49-72) 2015.
- [5] عاهد علي الخطيب، " مبادئ تحويل الطاقة"، دار شروق للنشر، الأردن، 1989.
- [6] نجيب صالح نصر، علي مصباح اشطبي، فوزي محمد عون، " تجارب عملية في مبادئ الهندسة الكهروضوئية والإلكترونية"، دار الكتب العلمية للنشر، 2002.
- [7] د. محمد رأفت السيد خليل، د.علي جمعان الشكيل، كتاب " الطاقة الشمسية واستخداماتها"، دار الكتب العلمية للنشر، القاهرة ، 1988.
- [8] أ. عواد الجصاني نسرين، " تحليل ودراسة جغرافية للحدود الحرارية في محافظة النجف للمدة 2014-1962م والتنبؤ بها"، جامعة الكوفة، 2015.
- [9] محمد مهدي شديان، " العمارة والبيئة، تخطيط المدن والعمارة البيئية"، ص 95، دار الكتاب الحديث، القاهرة، 2008.
- [10] العاتي مختار، "المساهمة في تحسين مجفف شمسي للمحاصيل الزراعية"، مذكرة ماستر، جامعة ورقلة، 2011.

المراجع باللغة الأجنبية

- [11] Farida Bandou, Thèse de doctorat en science, "*contribution a l'Analyse des performances électriques et thermiques des modules photovoltaïques de différentes Technologies*", UNIVERSITE TIZI-OUZOU, 2015/2016.
- [12] Klaus et al, Book, "*Solar Energy Fundamentals, Technology, and Systems*", Cambridge, 2016.
- [13] Semaoui. S et al, "*Dust Effect on Optical Transmittance of photovoltaic Module Glazing in a Desert Region in energy Procedia*", (Vol74,pp.13347-1357),Elsevier Ltd .<https://doi.org/10.1016/j.egypro.07.781>. 2015.
- [14] Ababacar. Ndiye, thèse de doctorat, "*etude de la dégradation et de la fiabilité des modules photovoltaïque, impact de la poussière sur les caractéristique électriques de performance*", ESP, Algé ,2013.
- [15]Almuhtady. A, Alshwawra. A, Alfaouri. M, Al-Kouz. W, & Al-Hinti. I, "*Investigation of the trends of electricity demands in Jordan and its susceptibility to the ambient air temperature towards sustainable electricitygeneration*", *Energy, Sustainability and Society*, <https://doi.org/10.1186/s13705-019-0224-19>(1), 1-18, November, 2019.
- [16] Blair, Nate, Nicholas DiOrio, Janine Freeman, Paul Gilman, Steven Janzou, Ty Neises, and Michael Wagner. "*System Advisor Model (SAM) General Description*" (Version 2017.9.5). Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/ TP-6A20-70414 - .sam.nrel.gov, 2018.
- [17] Gilman, "*SAM photovoltaic Model Technical Reference*", National Renewable Energy Laboratory, Technical Report NREL / TP – 6A20-64102 –May 2015.
- [18] David. L, King, Sigifredo Gonzalez, Gary. M. Galbraith, and William E. Boyson, "*Performance Model for Grid-Connected Photovoltaic Inverters*", SANDIA REPORT-SAND2007-5036- September 2007.
- [19] Boretti, A "*Cost and Production of Solar Thermal and Solar Photovoltaics Power Plants in the United States- Renewbl energy focus*", [Vol26](https://doi.org/10.1016/j.ref.2018.07.002), , Pages 93-99-<https://doi.org/10.1016/j.ref.2018.07.002>, September 2018.
- [20] NREL "*System Advisor Model (SAM) Case Study:Gemasolar*", National Renewable Energy Laboratory, 2013.
- [21] Al-Bashir. A, M. Al-Dweri, A. Al-Ghandoor, B. Hammad, W. Al-Kouz, "*Analysis of Effects of Solar Irradiance, Cell Temperature and Wind Speed On Photovoltaic Systems*

Performance", International Journal of Energy Economics and Policy, vol10(1), 353–359.

DOI: <https://doi.org/10.32479/ijeep.8591>, 2020.

[22] Tabet Ismail, thèse de doctorat, "*Etude ,Réalisation d' un capteur solaire "*", UNIVERSITE CONSTANTINE, 2016.

المخلص: للطاقة الكهروضوئية إمكانية تنمية فعالة ومستدامة، مما يجعلها السبب في ان البحث العلمي يتطور في اتجاه تعميم وتحسين استخدام الأنظمة الشمسية، التي تعتمد تحسين أنظمة الطاقة الشمسية على معايير التحجيم وتعظيم الطاقة المولدة للحصول على أداء جيد. لهذا السبب خصصنا هاته الدراسة، حيث عالجت الجانب التقني والجدوى الاقتصادية لنظام كهروضوئي مصمم خصيصا في منطقة ورقلة اين يتم تقييم أداء النظام الكهروضوئي المصمم على مدار دورة الحياة بالكامل بواسطة برنامج محاكاة (SAM).

الكلمات المفتاحية: الخلايا الكهروضوئية، برنامج SAM، انصاف النوافل، الكفاءة.

Résumé: L'énergie photovoltaïque a le potentiel d'un développement efficace et durable. Ce qui en fait la raison pour laquelle la recherche scientifique se développe dans le sens de la vulgarisation et de l'amélioration de l'utilisation des systèmes solaires. Ce qui dépend de l'amélioration des systèmes d'énergie solaire sur les critères de mise à l'échelle et de maximisation de l'énergie générée pour obtenir de bonnes performances. Pour cette étude . Où nous avons l'aspect technique et la faisabilité économique d'un système photovoltaïque spécialement conçu dans la région d'Ouargla. Où la performance du système photovoltaïque est évaluée sur l'ensemble d'un cycle de vie par le programme SAM.

Mots clés: *cellules photovoltaïques , programme SAM, semi-conducteur, efficacité.*

Abstract: Photovoltaic energy has the potential for efficient and sustainable development. Which makes it the reason why scientific research is developing in the direction of popularizing and improving the use of solar systems. Which depends on the improvement of solar power systems on the criteria of scaling and maximizing the energy generated to achieve good performance. For this study. Where we have the technical aspect and the economic feasibility of a specially designed photovoltaic system in the Ouargla region. Where the performance of the photovoltaic system is evaluated over an entire life cycle by the SAM program.

Keywords: *photovoltaic cells, SAM program, semiconductor, efficiency.*