

جامعة قاصدي مرباح ورقلة كلية الرياضيات وعلوم المادة قسم الفيزياء



مذكرة تخرج لنيل شهادة ماجستير أكاديمي

تخصص : فيزياء طاقوية - طاقات متجددة

من اعداد الطالبتين :- تاتي مريم - بسملة رجاء

- الموضوع -

تأثير الغبار على الألواح الشمسية الكهروضوئية

نوقشت يوم : 2019/07/01

امام لجنة المناقشة المكونة من:

جامعة ورقلة	رئيسا	أستاذ محاضر (أ)	محسن حسين
جامعة ورقلة	ممتحنا	أستاذ محاضر (أ)	بالحاج مصطفى
جامعة ورقلة	مؤطرا	أستاذ تعليم عالي	بوغالي سليمان

السنة الجامعية : 2018/2019

إهداء

إذا كان الإهداء يعبر ولو بجزء من الوفاء فالإهداء إلى ينبوع
الذي لا يمل من العطاء إلى من حاكت سعادتني بخيوط منسوجة
من قلبها إلى رمز الحب أمي الغالية

إلى من كلكه الله بهيبة الوقار وعلمني العطاء دون انتظار إلى الذي
أحمل اسمه بكل افتخار أبي الغالي

إلى من حبهم يجري في عروقي ويلهج بذكراهم فؤادي إخوتي
الغاليين

إلى من سرنا سويا نشق الطريق معا نحو النجاح و الإبداع
أصدقائي الأعزاء

إلى من علموني حروفا من ذهب أساتذتي الكرام

إلى كل من نساه قلبي ولم ينساه قلبي أهديكم هذا العمل راجيا
من المولى عز وجل القبول والنجاح

تاتي مريم



إهداء

الحمد لله بعد أعوام الدراسة والتعب والتوفيق من الله تخرجت بفضل الله ودعاء أحبتي
ومساندتهم ودعمهم إلي أهدي تخرجي وفرحتي هذه إلى أهلي وأقاربي وكل عزيز غائب
عن عيني وحاضر في قلبي أشكر الله لما وفقنا لهذا ونسئله التوفيق في الحياة وان يوفقنا إلى
المزيد أفضل لنا لما يحبه ويرضاه علينا

إلى من جرع الكأس فارغا ليسقيني قطرة الحب إلى من كانت أنامله ليسقينا لحظة سعادة،
إلى من عمل بكد في سبيلي وعلمني معنى الكفاح، إلى من دفعني إلى العلم وبه ازداد
افتخار والدي العزيز

إلى من ربطني وأنارت دربي ، إلى معنى الحب وبسمة الحياة إلى من كان دعائها سر
نجاحي إلى أغلى الحبايب أمي الحبيبة

إلى من هم اقرب إلى روحي وبهم استمد عزمي وإصراري إلى زينة الحياة وشموع الدرب
أخواتي وأخواتي الأعزاء

ابتسام، محمد منتصر، رونق البتول ، مسعد عبد السميع

إلى من أجمعتني بهم جدران السكن الجامعي وكانوا أخواتي : أشواق، شبيلة، وردة،
زينب، صورية، سهيلة ، حنان

إلى كل من رافقني في مشواري الدراسي والى جميع طلبة الفيزياء الطاقوية دفعة 2019
إلى كل الأساتذة الذين رافقوني طيلة مشواري الدراسي إلى هؤلاء جميعا اهدي ثمرة
مجهودي هذا والله ولي توفيق

بسمة رجاء



شكر من القلب

الحمد لله نحمد وهو المستحق للحمد و الثناء ونستعين به في السراء و الضراء ،وتتوكل عليه في جميع أمورنا

ونصلي ونسلم على خير الخلق سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم
نتقدم بأسمى عبارات الشكر والتقدير إلى كل من أوقد لنا مشعل الحياة
وحملنا على سفينة النجاة

إلى كل من صرنا بفضلہ نكتب ونقرأ

إلى كل من علمنا علما به ينتفع و أدب به يرتفع

بدأ من معلمي الابتدائي وصولا إلى أساسدتنا في التعليم العالي

تحية عطر وشكر خاص للأستاذ المشرف بوغالي سليمان الذي أفادنا بنصائحه وتوجيهاته
وشكر خاص للأستاذ المساعد ديدة مصطفى الذي أفادنا بنصائحه وتوجيهاته و نتمنى له التوفيق في
شهادة الدكتورا .

وتحية طيبة إلى اللجنة التي تكرمت بمناقشة هذه المذكرة

كما نتقدم بعظيم التقدير و العرفان إلى الأستاذ ذهبي جليل و الأستاذ محمد البيطار و الأستاذ شنيني
عامر

وشكر خاص للأستاذ سوداني محمد البار و الأستاذ زين عبد الله و الأستاذ محسن حسين .
كما لانسى أنتقدم بالشكر الجزيل إلى عميد الكلية بشكي جمال و رئيس قسم فيزياء بوحنان راجح
وفي الأخير كل من ساهم في مساعدتنا لإنجاز هذا العمل المتواضع من قريب أو من بعيد .



الملخص

في هذا العمل قمنا بدراسة تجريبية لتأثير الغبار على الألواح الشمسية الكهروضوئية بمنطقة ورقلة، حيث قمنا باستعمال لوحين شمسيين من نوع الكريستال متعدد التبلور وتعريضهما للشروط المناخية الخارجية حيث يبقى أحدهما مغبرا طوال فترة التجربة بينما ينظف الأخر عند كل قياس. اعتمدنا في النتائج على المقارنة الدورية (كل 15 يوم) للخصائص الكهربائية والأداء لوحتين شمسيين إضافة إلى تتبع وقياس كتلة الغبار المتراكم. أظهرت أهم النتائج بعد مرور 60 يوم أن تراكم الغبار على سطح اللوح الشمسي يؤدي إلى انخفاض في الطاقة المنتجة بحيث يؤثر بشكل كبير على تيار القصر ب 8.78 % والاستطاعة العظمى 7.67%. كما أظهرت النتائج أيضا ان الفقد في الطاقة يزداد بزيادة كثافة الغبار المترسب على سطح الألواح الشمسية.

Résumé

Dans ce travail, nous avons mené une étude expérimentale sur l'impact de la poussière sur les panneaux solaires photovoltaïques dans la région de Ouargla. Nous avons utilisé deux plaques de Silicium polycristallin soumises aux conditions climatiques extérieures, l'une restante poussiéreuse tout au long de l'expérience, l'autre étant nettoyée à chaque mesure. Comme résultats, nous avons utilisé la comparaison périodique (tous les 15 jours) des propriétés et performances électriques de deux panneaux solaires, de même le suivi et la mesure de la masse de poussière accumulée. D'importants résultats après 60 jours montrent que l'accumulation de la poussière sur la surface du panneau solaire entraîne une diminution de l'énergie produite, de même elle affecte fortement le courant de court circuit 8.78% et la Puissance maximale 7.67% délivrée par les panneaux. Ces résultats ont également montré que la perte d'énergie augmentait avec la densité de poussière déposée à la surface des panneaux solaires

abstract

In this work, we conducted an experimental study on the impact of dust on photovoltaic solar panels in the region of Ouargla. We used two polycrystalline silicon plates subjected to external climatic conditions, one remaining dusty throughout the experiment, the other being cleaned at each measurement. As a result, we used the periodic comparison (every 15 days) of the electrical properties and performance of two solar panels, as well as the monitoring and measurement of accumulated dust mass. Important results After 60 days show that the accumulation of dust on the surface of the solar panel causes a decrease in the energy produced, as well as strongly affects the short circuit 8.78% current and the maximum power 7.67% delivered by the panels. These results also showed that the loss of energy increased with the density of dust deposited on the surface of the solar panels.

الفهرس

2	.....	المقدمة العامة	
3		I الطاقة الشمسية	
4	.....	1.I مقدمة	
4	.....	2.I الشمس (<i>le soleil</i>)	
4	.....	3.I الإشعاع الشمسي (<i>Le rayonnement solaire</i>)	
5	.....	1.3.I أنواع الإشعاع الشمسي	
6	.....	4.I الزوايا الشمسية	
6	.....	1.4.I الإحداثيات الزمنية :	
6	.....	2.4.I الإحداثيات الأرضية :	
7	.....	3.4.I الإحداثيات الأفقية :	
8	.....	5.I شدة الإشعاع الشمسي على الأسطح الأفقية والمائلة:	
9	.....	6.I النظام الكهروضوئي	
9	.....	1.6.I تحويل الطاقة الشمسية :	
11	.....	2.6.I دراسة النظام الكهروضوئي :	
11	.....	3.6.I نبذة تاريخية على انحلایا الكهروضوئية	
11	.....	4.6.I انحلایا الشمسية الكهروضوئية (<i>Photovoltaique</i>) :	
12	.....	5.6.I مكونات الخلية الكهروضوئية وآلية عملها :	
12	.....	6.6.I تصنيف أشباه الموصلات :	
13	.....	7.6.I وصلة P-N :	
14	.....	8.6.I انحلایا السليكونية :	
15	.....	9.6.I انحلایا الشريطية :	
15	.....	10.6.I انحلایا العضوية :	
16	.....	11.6.I مبدأ عمل الخلية الكهروضوئية :	
16	.....	12.6.I الدائرة المكافئة للخلية الكهروضوئية ومحدداتها :	
17	.....	13.6.I الخصائص الكهربائية للخلية الكهروضوئية :	
18	.....	14.6.I كيفية ربط انحلایا الكهروضوئية :	
20	.....	7.I الجوانب الإيجابية والسلبية لاستخدام الطاقة الشمسية الكهروضوئية	
20	.....	8.I الخاتمة	
21		II تأثير العوامل المناخية على الأنظمة الكهروضوئية	
22	.....	1.II المقدمة	
22	.....	2.II تأثير العوامل المناخية على أداء الخلية الشمسية	
22	.....	1.2.II تأثير شدة الإشعاع الشمسي على خرج الخلية الشمسية:	
22	.....	2.2.II تأثير درجة الحرارة:	

23	.....	تأثير الرياح: 3.2.II
23	.....	تأثير الظل: 4.2.II
23	.....	تأثير الغبار: 3.II
23	.....	تعريف الغبار: 1.3.II
24	.....	الدراسات السابقة: 2.3.II
25	.....	أساليب التنظيف الغبار المتراكم على الألواح الشمسية الكهروضوئية: 4.II
26	.....	التنظيف اليدوي: 1.4.II
26	.....	التنظيف بالشطف في الفراغ: 2.4.II
27	.....	التنظيف الطبيعي الرياح والأمطار: 3.4.II
27	.....	الخاتمة 5.II
28		III الدراسة التجريبية
29	.....	المقدمة 1.III
29	.....	القسم الأول المراحل التجريبية 2.III
29	.....	1.2.III مراحل إجراء التجربة
30	.....	2.2.III الأجهزة المستعملة في التجربة:
32	.....	3.III مراحل التجربة
33	.....	1.3.III تأثير الغيوم:
33	.....	2.3.III تأثير الظل:
34	.....	3.3.III تأثير الغبار:
35	.....	4.3.III القسم الثاني التحليل ومناقشة النتائج التجريبية
44	.....	4.III الخاتمة
46	.....	الخلاصة العامة

قائمة الأشكال

5	1-I	توزيع الطيف الشمسي
5	2-I	أنواع الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض
7	3-I	خط الطول ودوائر العرض
8	4-I	زاوية الارتفاع الشمسي (h) وزاوية سمت
9	5-I	المركزات الشمسية.
11	6-I	طبقات الخلية الكهروضوئية.
12	7-I	التركيب البلوري لمادة السليكون.
13	8-I	: أشباه النواقل من النوع P و N.
14	9-I	وصلة P-N
15	10-I	أنواع الخلايا السيليكونية.
16	11-I	مبدأ عمل الخلية الضوئية.
16	12-I	الدائرة الكهربائية المكافئة للخلية الضوئية
17	13-I	الخصائص الكهربائية
19	14-I	التجميع على التسلسل
19	15-I	التجميع على التفرع
20	16-I	التجميع على التسلسل والتفرع
22	1-II	تأثير شدة الإشعاع الشمسي على خصائص (p-V)
23	2-II	تأثير درجة الحرارة على خصائص (I-V)
24	3-II	المستعمل في الدراسة وأجهزة القياس
25	4-II	كفاءة الألواح الشمسية مع الغبار (a) ، بدون غبار
26	5-II	صورة توضح عملية التنظيف اليدوي.
26	6-II	كيفية التنظيف بالشفط في الفراغ.
30	1-III	اللوحين الشمسيين (التنظيف - المغبر).
30	2-III	القطعة الزجاجية المستعملة في قياس كثافة الغبار.
31	3-III	جهاز لتحديد زاوية ميل الألواح الشمسية.
31	5-III	الدائرة المكافئة لدراسة التجريبية
32	4-III	الأجهزة المستعملة في القياسات.
33	6-III	طريقة تنظيف اللوح الشمسي
34	7-III	كيفية التظليل
36	8-III	مقارنة الإشعاع الشمسي يوم غائم , ويوم صحو
37	9-III	مقارنة الأداء يوم غائم ويوم صحو
38	10-III	تأثير التظليل على الخصائص الكهربائية للوح الشمسي . (I-V), (P-V)

- 39 1-III أ تغير كثافة الغبار خلال مدة التجربة .
- 40 2-III 2-نسبة انخفاض كل من الطاقة (أ) وتيار القصر (ب) الجهد و(ج) بدلالة كثافة الغبار .
- 42 13-III 3-مقارنة الخصائص (I-V) و (P-V) للخلية بين اللوحين المغبر و التنظيف بعد 30 يوم .
- 43 14-III 4-مقارنة الخصائص (I-V) و (P-V) للخلية بين اللوحين المغبر و التنظيف بعد 60 يوم .

قائمة الجداول

- 13 1 -I : مواد شبه موصلة غير نقية .
- 29 1-III انحصائص الكهربائية للألواح الشمسية الكهروضوئية .
- 35 2-III تغيرات الكثافة بدلالة الزمن و نسب انخفاض (الطاقة ، تيار قصر ، جهد في الفراغ)

قائمة الرموز

الرمز	التعريف	الوحدة
δ	زاوية الانحراف الشمسي	درجة
ω	زاوية الساعةية	درجة
TSV	الوقت الشمسي الحقيقي	/
λ	خط الطول	درجة
\emptyset	دائرة العرض	درجة
h	زاوية الارتفاع الشمسي	درجة
a	زاوية السميت الشمسي	درجة
Voc	جهد الدارة المفتوحة	V
Isc	تيار دارة القصر	A
Pmax	الاستطاعة الاعظمية	W
Vmpp	الجهد الأعظمي لدارة	V
Impp	التيار الأعظمي لدارة	A
H	شدة الاشعاع الشمسي	W/m^2
FF	معامل التعبئة	/
m	كلمة	kg
T	درجة الحرارة	C°
η	مردود	%
R	المقاومة	Ω

المقدمة العامة

تعد الطاقة أحد المقومات الرئيسية للمجتمعات المتحضرة وتحتاج إليها كافة القطاعات (الاقتصادية، الزراعية، النقل وغيرها...)، إذ يتم استخدامها في تشغيل المصانع وتحريك وسائل النقل المختلفة وغير ذلك من الأغراض، كما يمكن أن تأخذ أشكال متنوعة (حرارية، كهربائية كيميائية، إشعاعية وكهرومغناطيسية).

شهد العالم منذ أواخر القرن 20 إلى غاية بداية القرن 21 تفاقم تحديات البيئة العالمية خصوصا ظاهرة الاحتباس الحراري وتغير المناخ وثقب طبقة الأوزون.

أمام هذه المعطيات أصبح التلوث البيئي مسألة إقليمية وعالمية تهدد الإنسان في الدول النامية والمتقدمة على حد سواء وهذا راجع لاستغلال الطاقات الأحفورية وتزايد الطلب عليها خاصة في الدول الصناعية الكبرى التي تعتبر المسؤول الأكبر عن المشكلات البيئية و المسبب الأول للتلوث جراء استهلاكها كميات كبيرة من الفحم و النفط و الغاز ، ناهيك عن ارتفاع أسعار هذه المصادر، وبالتالي انصبت جهود الإدارة العالمية من منظمات دولية وإقليمية من أجل إيجاد خيارات بديلة للطاقة التقليدية تكون كفيلة بتأمين إمدادات الطاقة من جهة وحماية البيئة من جهة أخرى، وقد جرى العمل من قبل خبراء البيئة في العالم للبحث على مواد منخفضة الكربون و صديقة للبيئة، وهو ما فتح المجال للاهتمام بالطاقات المتجددة والاستثمار فيها على شكل طاقة الرياح، المد والجزر، الكتلة الحيوية والطاقة الشمسية حيث تعد هذه الأخيرة المصدر الأساسي والرئيسي الذي يمد كوكب الأرض بالطاقة، حيث أن الطاقة التي يمكن الحصول عليها من أشعة الشمس لمدة 105 دقيقة تكفي احتياجات واستهلاك العالم لمدة عام [1]، كما تعتبر اغلب مصادر الطاقات المتجددة، من طرق استغلالها التحويل الحراري باستخدام المركبات الشمسية والتحويل الكهربائي عن طريق الألواح الشمسية الكهروضوئية.

أصبحت الجزائر تعطي اهتمام كبيرا للطاقات المتجددة وعلى وجه الخصوص الطاقة الشمسية قصد تشجيع الاستثمارات خارج قطاع المحروقات، وتهدف من خلالها إلى إحداث التماسك الاجتماعي والاقتصادي وكذلك إلى تحقيق التنمية المستدامة، كما تمتلك أهم حقل للطاقة الشمسية في العالم، حيث أن إمكانيات الطاقة الشمسية في الجزائر تساوي ما يعادل 37000 مليار متر مكعب أي أكثر من 8 أضعاف احتياطات الغاز الطبيعي في البلاد، وجدر الإشارة إلى أن 18 قرية تجمع حوالي ألف مسكن مزود الآن بالكهرباء عن طريق الطاقة الشمسية [2].

إن أفضل التقنيات التي تسخرها الطاقة الشمسية هي التحويل المباشر للإشعاع الشمسي إلى طاقة كهربائية عبر الخلايا الشمسية باستخدام بعض المواد التي تقوم بعملية التحويل الكهروضوئي تدعى بأشباه الموصلات كالسيلكون والجرمانيوم وقد تم اكتشاف هذه الظاهرة في أواخر القرن التاسع عشر الميلادي. مما أدى إلى طرح العديد من التساؤلات في هذا المجال كيف يؤثر تراكم الغبار على الألواح الشمسية؟

وما هي الحلول المقترحة لحل مشكلة تراكم الغبار على الألواح الشمسية؟

ومن أجل المساهمة في دراسة هذه الظاهرة قننا بإنجاز هذا العمل والذي ينقسم الى ثلاثة فصول:

الفصل الأول: ويتناول مفاهيم حول الطاقة الشمسية، مبادئها وتكنولوجياها.

الفصل الثاني: والذي قننا فيه بعرض تأثير العوامل المناخية على خصائص الخلية الكهروضوئية.

الفصل الثالث: دراسة تجريبية مميزة لتأثير الغبار على الألواح الشمسية في منطقة ورقلة.

الفصل الأول
الطاقة الشمسية

1.I مقدمة:

تعتبر الطاقة الشمسية أحد صور الطاقة المتجددة والتي أصبحت تشكل جزء كبيراً من اهتمام جميع دول العالم كونها طاقة نظيفة لا تحدث أي تلوث للبيئة. وفكرة استخدام الطاقة الشمسية في التسخين أو تحريك آلات ليست جديدة على الإطلاق ، ويحدثنا التاريخ عن أرخميدس الذي عاش في القرن الثالث قبل الميلاد أنه قد استخدم الأشعة الشمسية في إحراق سفن العدو في إحدى المعارك الحربية [3] ، ومن طرق استغلال هذه الطاقة ، استخدام الألواح الشمسية التي تعمل على تحويل الإشعاع الشمسي إلى كهرباء ، كما شهدت استعمالات الطاقة الكهروضوئية نمو ملحوظاً للغاية في السنوات الأخيرة نظراً لإرتفاع تكاليف الوقود الأحفوري ، مما جعل العائدات من التركيب الكهروضوئي كبيراً . حيث سنتطرق في هذا الفصل إلى مفهوم وأنواع واستعمالات الطاقة الشمسية وسوف نتعرف على الطاقة الكهروضوئية مبادئها وطرق استغلالها .

2.I الشمس (*le soleil*):

هي نجم كبير الحجم مكون 80% هيدروجين و 19% هيليوم و 1% من مزيج من 100 عنصر ، كما تبلغ درجة حرارة سطحها $5800k$ ويبلغ طول قطرها المرئي $1.39 \times 10^6 km$ ، تبعد الشمس عن الأرض بمسافة متوسطة تقدر بـ $149.598.000 km$. [4]

3.I الإشعاع الشمسي (*Le rayonnement solaire*):

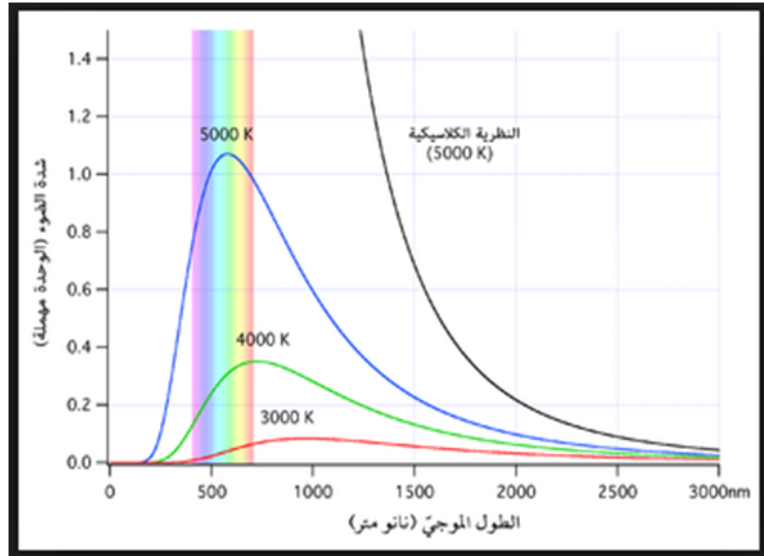
الإشعاع الشمسي هو الإشعاع الكهرومغناطيسي المنبعث من الشمس ، يتوزع ضمن أطوال الموجات $\lambda \in [0.28\mu m - 4\mu m]$ ، يتكون الطيف من ثلاث أنواع رئيسية [5]:

○ 9% من الأشعة فوق بنفسجية و تنتمي إلى المجال الذي يقل على $0.4\mu m$.

○ 47% من الأشعة المرئية التي تنتمي إلى المجال $[0.4\mu m - 0.8\mu m]$.

○ 44% من الأشعة تحت الحمراء وتنتمي إلى المجال الذي أكبر $0.8\mu m$.

كما يعد المصدر الرئيسي للطاقة في الغلاف الجوي إذ يساهم بأكثر من 99% من الطاقة المستغلة بالغلاف الجوي على سطح الأرض.

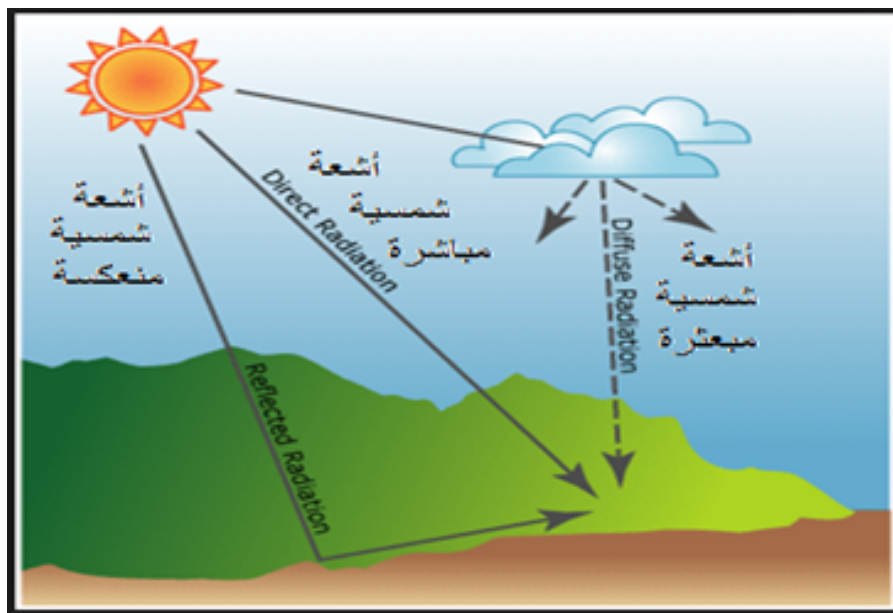


شكل 1-I : توزيع الطيف الشمسي [4].

1.3.I أنواع الإشعاع الشمسي

يوجد أنواع من الإشعاع الشمسي حيث يكون لها علاقة بتطبيقات الطاقة الشمسية واستعمالاتها [6]:

- الإشعاع الشمسي المباشر: هي الأشعة الساقطة مباشرة من الشمس إلى سطح الأرض دون انتشارها في الجو ويمكن قياسه بواسطة جهاز قياس البيرومتر.
- الإشعاع الشمسي المنتشر: ينتج عن انعكاس الإشعاع المباشر بسبب وجود سحب أو ألواح شمسية وغيرها.
- الإشعاع المنعكس (الالبيدو): ينتج من انعكاس الشعاع المباشر أو المنتشر عن سطح الأرض.



شكل 2-I : أنواع الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض [7].

4.I الزوايا الشمسية :

بما أن شدة الإشعاع الشمسي الساقطة على سطح الأرض تتأثر بموقع الأرض بالنسبة للشمس، فمن الضروري معرفة بعض الزوايا الهندسية وفق للإحداثيات التالية :

1.4.I الإحداثيات الزمنية :

■ زاوية الانحراف الشمسي (δ) (*la déclinaison*):

هي زاوية ميل أو انحراف الشمس عن خط الاستواء عند الظهر، وتتراوح قيمة هذه الزاوية بين (+23.5) درجة في الانقلاب الصيفي، و (-23.5) درجة في الانقلاب الشتوي و تحسب بالعلاقة [8] :

$$\delta = 23.45 \sin \left[\frac{360}{365} (284 + n) \right] \quad (I-1)$$

حيث :

n : هو رقم اليوم في السنة.

■ الزاوية الساعية (ω) (*L'angle horaire*):

هي عدد الدرجات التي تتحركها الشمس في مسارها اليومي عبر السماء و تكون صفر عند الظهر و تحسب بالعلاقة التالية [9] :

$$\omega = 15 (TSV - 12) \quad (I-2)$$

TSV : الوقت الشمسي الحقيقي .

2.4.I الإحداثيات الأرضية :

■ خط الطول (λ) (*La Longitude*):

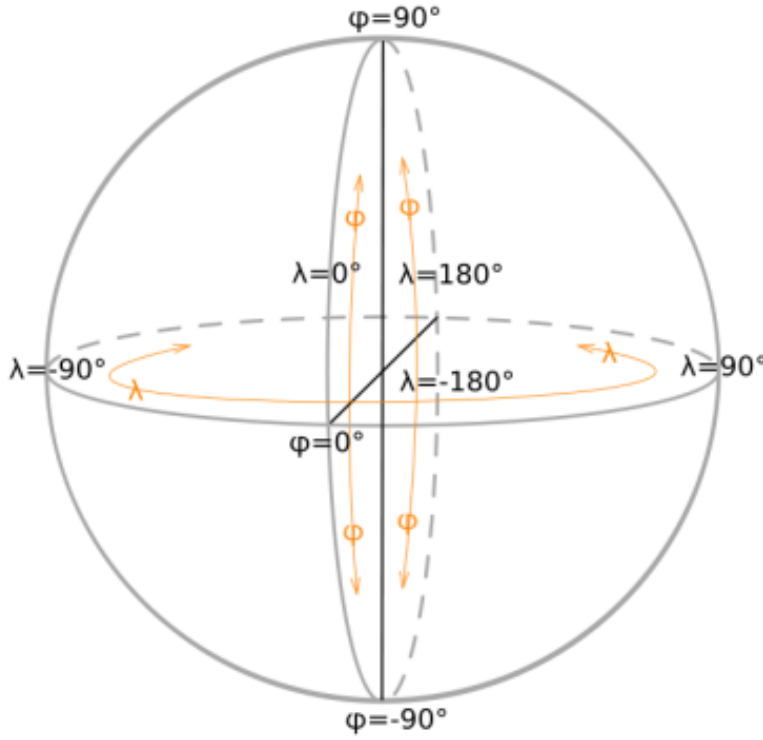
هي الزاوية التي يصنعها خط الطول المار بالمنطقة مع خط الطول المار ببلدة غرينتش البريطانية يعتبر خط الصفر و تقرا الزاوية موجبة شرقا و سالبة غربا.

$$\lambda \in [-180^\circ, +180^\circ] \quad (I-3)$$

■ دائرة العرض (φ) (*La latitude*):

هي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين مركز الأرض وموضع نقطة على سطح الأرض ويتم قياسه في المستوى الشمال و الجنوب باتجاه خط الاستواء و تعتبر أكبر دوائر العرض الممكنة هي 90° شمالا و -90° جنوبا [10] .

$$\varphi = [-90, +90] \quad (I-4)$$



شكل 3-I : خط الطول ودوائر العرض [10] .

3.4.I الإحداثيات الأفقية :

■ زاوية الارتفاع الشمسي (h) (*La hauteur du soleil*):

عبارة عن الزاوية المحصورة بين الأشعة الشمسية الساقطة والمستوى الأفقي لسطح الأرض، قيمتها متغيرة أثناء ساعات النهار و يمكن تحديد وحساب قيمة هذه الزاوية بدلالة زاوية دائرة العرض و زاوية الانحراف الشمسي وتحسب بالعلاقة التالية [11] .

$$\sin (h) = \cos (\varphi) . \cos (\delta) . \cos (\omega) + \sin (\varphi) . \sin (\delta) \quad (I-5)$$

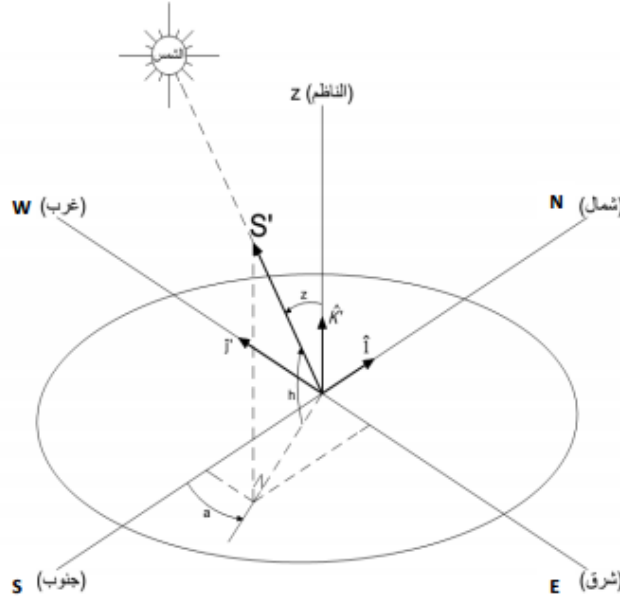
■ زاوية السميت الشمسي (a) (*L'azimut*):

عبارة عن الزاوية الأفقية المحصورة بين خط مسقط الأشعة الشمسية على المستوى الأفقي و الخط المتطابق مع اتجاه الجنوب الجغرافي ويمكن تحديدها بدلالة زاوية الانحراف و زاوية الوقت الشمسي و زاوية الارتفاع الشمسي.

$$a \in [-90^\circ, +90^\circ] \quad (I-6)$$

وتحسب بالعلاقة التالية :

$$\sin (a) = \frac{\cos (\delta) \cdot \sin (\omega)}{\cos (h)} \quad (I-7)$$



شكل I-4 : : زاوية الارتفاع الشمسي (h) و زاوية السميت (a) [12]

5.I شدة الإشعاع الشمسي على الأسطح الأفقية و المائلة :

تعتمد شدة الإشعاع الشمسي الساقطة على سطح الأرض لموقع محدد عند زمن ما على توجيه السطح و ميله ، علما أن السطح المتعامد مع أشعة الشمس سوف يستقبل أكبر كمية من الإشعاع الشمسي لكن عملية تتبع الشمس غالبا ما تكون مكلفة، وبالتالي تم استخدام المجمعات المائلة ، وبالنسبة للإشعاع المباشر نقوم باستعمال العلاقات التالية [13] :

$$\cos (a) = H_B / H_{(Bn)} \quad (I-8)$$

$$\cos (i) = H_{(Bt)} / H_{(Bn)} \quad (I-9)$$

$H_{(Bn)}$: شدة الإشعاع في حالة السقوط العمودي على السطح.

$H_{(Bt)}$: مركبة الشعاع المباشر على السطح المائل.

$H_{(B)}$: مركبة الشعاع المباشر على السطح الأفقي.

بإجراء عملية القسمة بين (I-8) و (I-9) نجد العلاقة التي تعطي مركبة الإشعاع المباشر الساقط على السطح المائل :

$$R_B = \frac{H_{(Bt)}}{H_B} = \frac{\cos (i)}{\cos (a)}$$

R_B : معامل ميل الإشعاع المباشر.

تعطي شدة الإشعاع الشمسي الساعي الكلي الساقط على السطح الأفقي بالعلاقة التالية:

$$H = H_B + H_d \quad (I-10)$$

$$H_d = CH_{Bn} \quad (I-11)$$

H_B : مركبة الشعاع المباشر على الأسطح الأفقية.
 H_d : الشعاع المبعثر من السماء .
 (c) : ثابت .

6.I النظام الكهروضوئي:

1.6.I تحويل الطاقة الشمسية :

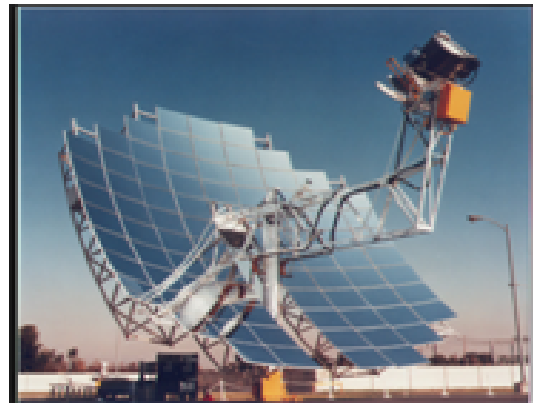
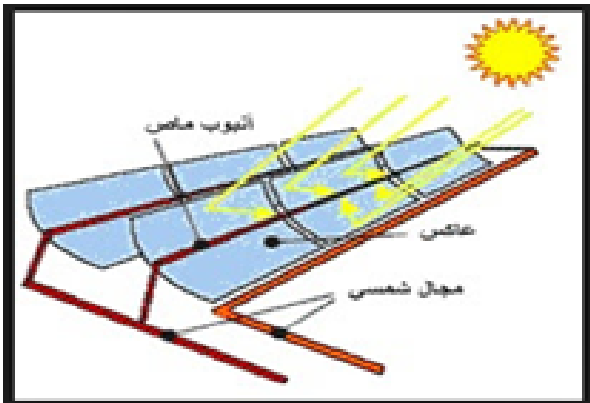
يمكن تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية و طاقة حرارية من خلال آليتين [14] :

■ التحويل الكهروضوئي :

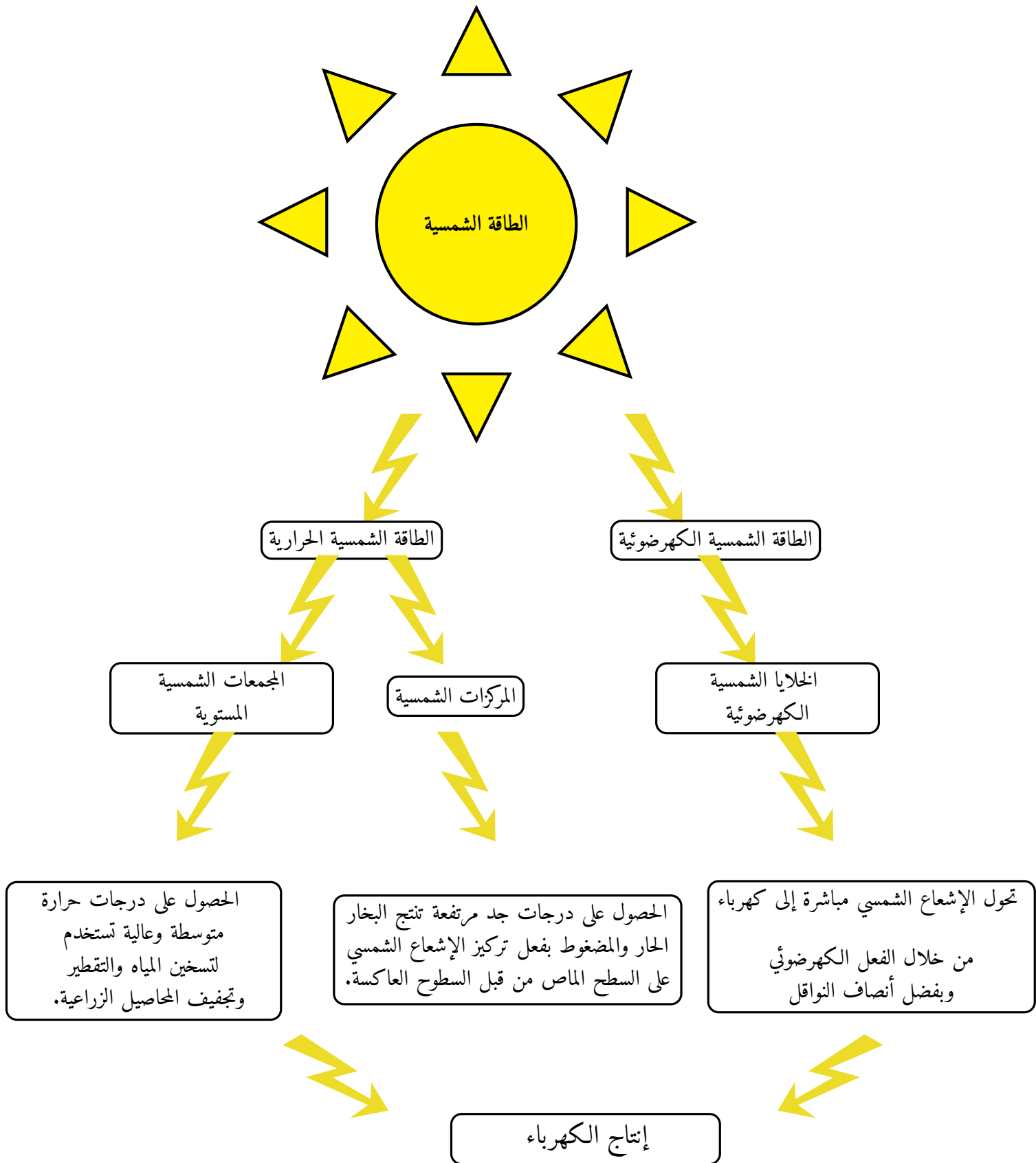
ويقصد بالتحويل الكهروضوئي تحويل الإشعاع الشمسي أو الضوئي مباشرة إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية (الكهروضوئية).

■ التحويل الحراري :

فيعتمد على تحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية عن طريق المجمعات الشمسية و المواد الحرارية. فإذا تعرض جسم داكن اللون و معزول إلى الإشعاع الشمسي فإنه يمتص الإشعاع و ترتفع درجة حرارته. كما يستفاد من هذه الحرارة في التدفئة و تسخين المياه و توليد الكهرباء وغيرها.



شكل I-5 : المركبات الشمسية.



مخطط: استخدامات الطاقة الشمسية [15].

2.6.I دراسة النظام الكهروضوئي :

إن تحويل أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية هي أحد المنجزات العلمية الكبرى في القرن العشرين ومن أفضل التقنيات المستخدمة في مجال الطاقات المتجددة، وبهذا أصبح في الوقت الحالي استخدام المنظومات الشمسية الكهروضوئية من المصادر الهامة والمتنامية في مناطق كثيرة من العالم مما أكسبها أهمية وذلك لاستخدامها في كثير من التطبيقات .

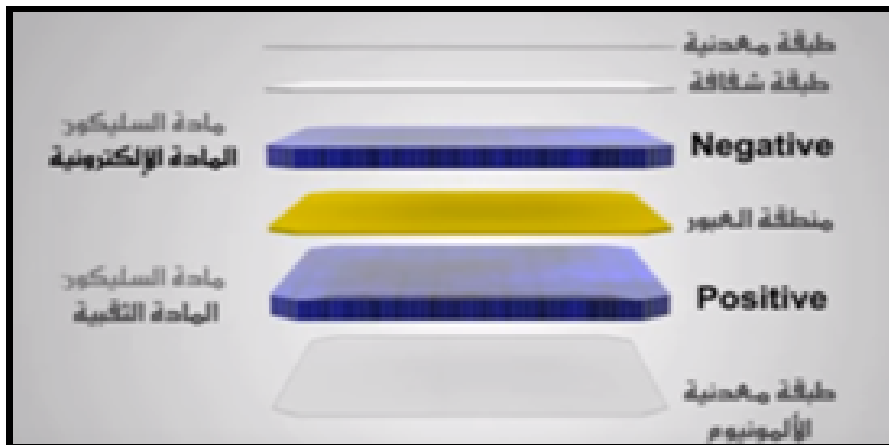
3.6.I نبذة تاريخية على الخلايا الكهروضوئية

يعود اكتشاف الخلية الكهروضوئية إلى القرن الماضي الميلادي عندما قام العالم بكيرل في عام 1839م بدراسة تأثير الضوء على بعض المعادن والمحاليل وخصائص التيار الكهربائي الناتج عنها. كما أدخل العالمان آدم وسميث (Adams-Smithe) مفهوم الناقلية الكهربية الضوئية لأول مرة عام 1877م وتم تركيب أول خلية شمسية من مادة السيلينيوم من قبل العالم فريتز عام 1883م حيث توقع أن تساهم في إنتاج الكهرباء مستقبلاً، وقد سجل عام 1941م تصنيع أول خلية شمسية سيلكونية بكفاءة لا تتجاوز 1% ثم لحق ذلك في عام 1954م إنجازات مختبرات بل الأمريكية (Bell lab) حيث قام ثلاث باحثين (pearson), (chapin), (prince) بتطوير خلية كهر وضوئية بكفاءة بلغ 6% استخدمت آنذاك في التطبيقات الفضائية و في عام (1983) تم في استراليا اختراع أول سيارة تعمل بالطاقة الشمسية تسافر مسافة (4000) كيلومتر [16] [17] .

4.6.I الخلايا الشمسية الكهروضوئية (Photovoltaique) :

الخلية الكهروضوئية تتكون من كلمتين (photo) وهي كلمة من جذور يونانية تعني الضوء و(voltaique)الفولت هي وحدة تستخدم لقياس الطاقة الكهربية، وبهذا تعني الكهروضوئية بالتحويل المباشر للأشعة الشمسية إلى كهرباء مستمرة وهي عبارة عن أجزاء مركبة مصنوعة من مواد شبه ناقلة وهي أصغر نظام كهر وضوئي [18] .
تتكون الخلية الكهروضوئية من عدة طبقات:

- الرئيسيتان حساستان للضوء (P) و(N)
- الطبقة (N) تمثل مادة السيلكون التي يكون فيها عدد الإلكترونات هو الغالب مضافة إليها عنصر نحاسي التكافؤ .
- الطبقة تمثل (P) مادة السيلكون التي يكون فيها عدد الفجوات (لثقوب) هي الغالبة مضافة إليها عنصر ثلاثي التكافؤ .
- تضاف إلى السطح الأمامي طبقة من الزجاج شفافة لضوء لزيادة امتصاص الفوتونات الضوئية وحماية الخلية .
- تضاف إلى السطحين الأمامي والخلفي طبقة معدنية كالألومنيوم مثلاً لتشكيل أقطاب الخلية .



شكل I-6 : طبقات الخلية الكهروضوئية.

5.6.I مكونات الخلية الكهروضوئية وآلية عملها :

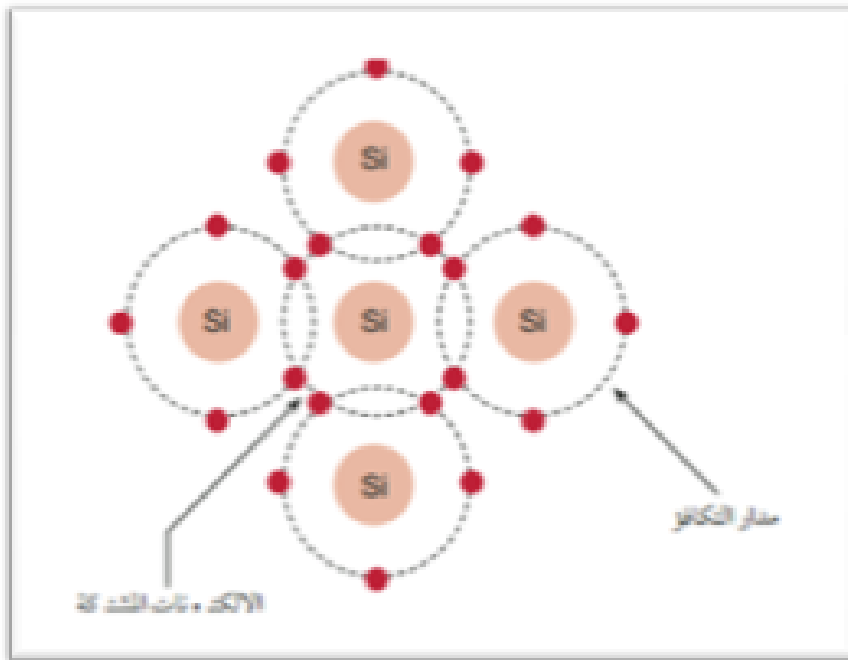
تتكون بنية الخلايا الكهروضوئية من أشباه النواقل وتعرف بأنها مواد عازلة عند درجات الحرارة المنخفضة ولكنها تمتلك قدرا معيناً من التوصيلية الكهربائية عند ارتفاع حرارتها وتتاثر توصيلية شبه الموصل بالحرارة والضوء والمجال المغناطيسي وتؤثر فيها وجود كميات ضئيلة من الذرات الشائبة. تجعل حساسية شبه الموصل اتجاه هذه العوامل مادة بالغة الأهمية في التطبيقات الإلكترونية ومن أبرز هذه المواد المستخدمة في الصناعة هي السيلكون (*Si*) والجرمانيوم (*Ge*).

6.6.I تصنيف أشباه الموصلات :

تصنف أشباه الموصلات إلى نوعين:

■ مواد شبه موصلة نقية :

هي العناصر الواقعة في المجموعة الرابعة من الجدول الدوري (أي أن تكافؤها رباعي) وتحتوي مستويات الطاقة الخارجية لذراتها على أربعة إلكترونات ومن أشهر هذه العناصر السيلكون (*Si*) والجرمانيوم (*Ge*), لتكوين التركيب البلوري لشبه الموصل، كل ذرة ترتبط مع أربعة ذرات متجاورة برابطة تساهمية بحيث تشارك كل ذرة بأربعة إلكترونات موجودة في المستوى الخارجي لترتبط مع أربعة ذرات مكونة أربعة روابط تساهمية وبذلك تصبح كل ذرة محاطة بـ 8 إلكترونات وتصبح خالية من الإلكترونات الحرة، فتكون عازلة في درجة حرارة منخفضة عند درجة الصفر المطلق ($0K = -273C$), وأهم ما يميز أشباه الموصلات هي أن قدرتها على توصيل الكهرباء عند درجة حرارة معينة (أي أن المقاومة النوعية تقل) والتي تؤدي إلى كسر بعض الروابط التساهمية للبلورة وتحرر بعض الإلكترونات تاركة مكاناً فارغاً يسمى الفجوة، فينتقل الإلكترون من رابطة إلى أخرى ليملاً هذه الفجوة، وهكذا تبدو منتقلة فتعمل الفجوة عمل الشحنة الموجبة ويمثل الإلكترون الشحنة السالبة، وبذلك يتم التوصيل في أشباه الموصلات بواسطة الإلكترونات والفجوات .



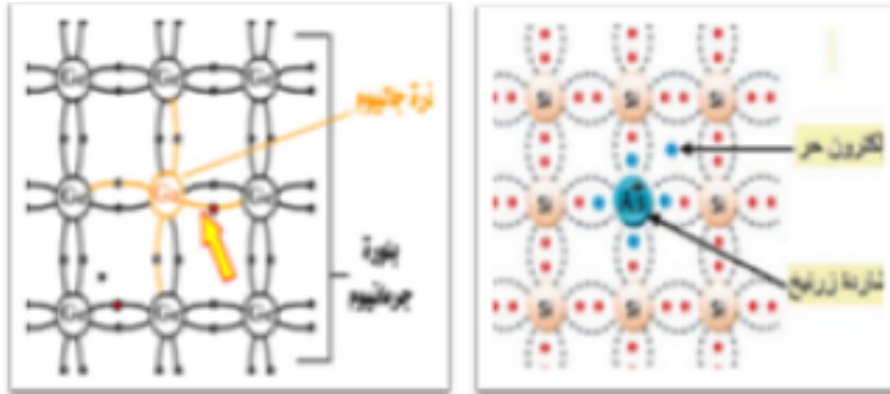
شكل I-7 : التركيب البلوري لمادة السيلكون.

■ مواد شبه موصلة غير نقية :

هي عبارة عن أشباه موصلات نقية ولكن تم إضافة نسبة من الشوائب إليها (الزرنيخ , الأنتيمون , الفسفور , الجاليوم , الانيوم والبرون) بغرض جعلها تقبل عملية التوصيل الكهربائي وتدعى هذه العملية عملية التطعيم (Dopage) وتنقسم إلى نوعين:

جدول I-1 : : مواد شبه موصلة غير نقية .

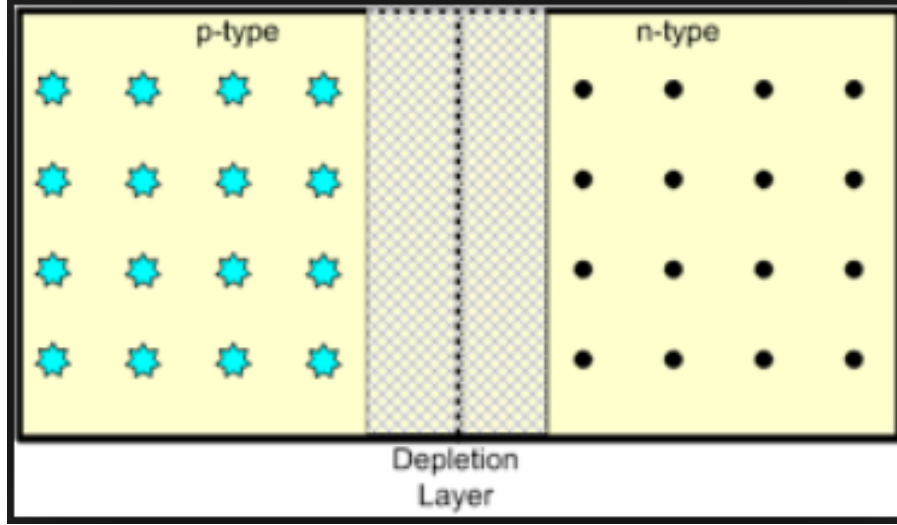
شبه موصل من النوع الموجب (Type - P)	شبه موصل من النوع السالب (Type - N)
<p>نحصل على شبه موصل من النوع الموجب عند تطعيم بلورة من عنصر شبه موصل رباعي التكافؤ مثل (Ge) بذرات من عنصر ثلاثي التكافؤ مثل الجاليوم (Ga)، كل ذرة منه تساهم بثلاثة إلكترونات و ترتبط مع ثلاثة ذرات من (Ge) مكونة ثلاثة روابط تساهمية وتظل الرابطة الرابعة غير مكتملة (فجوة) وتسمح هذه الفجوة بانتقال الإلكترونات إليها من رابطة أخرى وهكذا تبدو الفجوة كأنها تنتقل بين الروابط من موضع لآخر بزيادة عدد الذرات الثانية يزداد عدد الفجوات فتعمل هذه الفجوات على زيادة التوصيل للتيار الكهربائي.</p>	<p>نحصل على شبه موصل من النوع السالب عند تطعيم بلورة من عنصر شبه موصل رباعي التكافؤ مثل (Si) بذرات شوائب من عنصر خماسي التكافؤ مثل الزرنيخ (As)، كل ذرة منه تساهم بأربعة إلكترونات و ترتبط مع أربعة ذرات من (Si) محيطة بها بينما يظل الإلكترون خامس ل (As) ضعيف الارتباط بذرة ويتطلب تحريره قدرة ضئيلة من الطاقة وبزيادة ذرات ثانية يزداد عدد الإلكترونات الحرة فتعمل الإلكترونات على زيادة توصيل التيار الكهربائي أي أن البلورة تصبح موصلة للتيار بدرجة أكبر .</p>



شكل I-8 : : أشباه النواقل من النوع P و N.

7.6.I وصلة P-N :

تتكون الوصلة الثنائية من بلورة من النوع P إذا تم إضافة شوائب من ذرة الزرنيخ (As) إلى ذرة السيلكون (Si) متصلة مع بلورة من النوع N التي تشكلت من إضافة شوائب من ذرة البورون (B) إلى السيلكون (Si)، في البداية تنتقل بعض الإلكترونات الحرة من البلورة عبر منطقة الاتصال لتملأ فجوات البلورة P، ونتيجة لذلك تتكون منطقة على جانبي منطقة الاتصال خالية تماما من حاملات الشحنة السائدة، و نتيجة لفقد البلورة N بعض إلكتروناتها فإنها تكتسب جهدا موجبا، بينما تكتسب البلورة P جهدا سالبا لانتقال الإلكترونات سالبة الشحنة إليها، وبذلك يتكون عبر منطقة الاتصال فرق جهد كهربائي يزداد تدريجيا مع استمرار عملية الانتقال حتى يصل إلى قيمة معينة تمنع عبور المزيد من الإلكترونات، ويطلق على فرق الجهد هذا اسم الجهد الحاجز [19].



شكل 9-I : وصلة P-N .

8.6.I الخلايا السليكونية :

■ الخلايا أحادية التبلور (*Cellule en silicium monocristallin*)

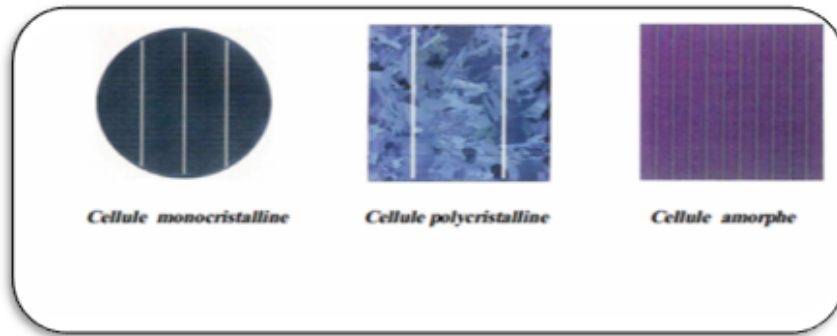
هي خلايا مصنوعة من السيلكون النقي ذات هيكل مستمر أحادي البلورة وبدون شوائب وتتوفر باللون الأسود والأزرق ولها كفاءة عالية حوالي 13% إلى 17%، من عيوبها تكلفتها مرتفعة جدا بسبب نقاوتها [20] .

■ الخلايا متعددة البلورة (*Cellule en silicium polycristallin*):

يتكون السيلكون متعدد البلورة من حبيبات الصغيرة من البلور الأحادي وهي ذات كفاءة توليد الكهرباء حوالي 12% إلى 14% وهي بسيطة في التصنيع وأقل تكلفة من الخلايا أحادية البلورة ويمكن التعرف على هذه الخلايا من خلال الأشكال الغير المنتظمة للبلورات التي تظهر بوضوح بالعين المجردة [21] .

■ الخلايا الغير متبلورة (*Cellule en silicium amorphe*):

وتدعى الخلايا الرقيقة أو خلايا سيلكونية حيث تكون ذرات سيلكون فيها غير متبلورة يوضع في ورق من الزجاج , غالبا ما يوجد هذا النوع من الخلايا في المنتجات الاستهلاكية الصغيرة كآلات الحاسبة والساعات، تأخذ اللون الرمادي الداكن، من مميزاتا أنها تعمل مع الإضاءة المنخفضة وهي أقل تكلفة من غيرها ، من عيوبها أن أداءها حوالي 10% ويتناقص بشكل كبير مع مرور الوقت [22] .



شكل 10-I : أنواع الخلايا السيليكونية.

9.6.I الخلايا الشريطية :

■ خلايا الكورانديوم ديسلنايد (CIS):

هي مواد من أشباه الموصلات مركبة من النحاس والاندسيوم والسلينايد (CIS). قد استخدمت في تصنيع خلايا وصلت كفاءتها 12% , هذا النوع من الخلايا لا يعاني من مشكلة نقصان الكفاءة عند الاستخدام, وبما أن مادة الأندسيوم غالية الثمن وبالرغم من أن الكمية المستخدمة قليلة فإن ذلك يؤثر على سعرها. ومن عيوبها استخدام الهيدروجين والسلينايد عند تصنيع وهي مواد سامة جدا وتسبب مشاكل كبيرة في حالة حدوث خلل في التصنيع [23].

■ خلايا الكادميوم تليرايد (cdte)

: هي مواد من أشباه النواقل تتألف من الكادميوم وتليرايد. من مميزاتا سهولة تصنيعها من الطلاء الكهربائي بالإضافة إلى عدم انخفاض كفاءتها عند الاستخدام والتي تتراوح من 7% إلى 11% من عيوبها أن الكادميوم مادة سامة.

■ خلايا الغاليوم ارسنايد (GaAS) :

الغاليوم ارسنايد هي مادة ملائمة جدا للاستخدام في تطبيقات الخلايا الكهروضوئية لكونها ذات معامل امتصاص عالي للضوء، كما تتمتع بكفاءة جيدة ويمكن أن تعمل تحت ظروف حرارة عالية نوعا ما بدون تناقص في أدائها كالأخلايا السيليكونية. لكن كلفة تصنيع هذه الخلايا أعلى من كلفة تصنيع الخلايا السيليكونية وذلك لكون عمليات إنتاجها غير متطورة حاليا وتستخدم في تطبيقات الفضاء [24].

10.6.I الخلايا العضوية :

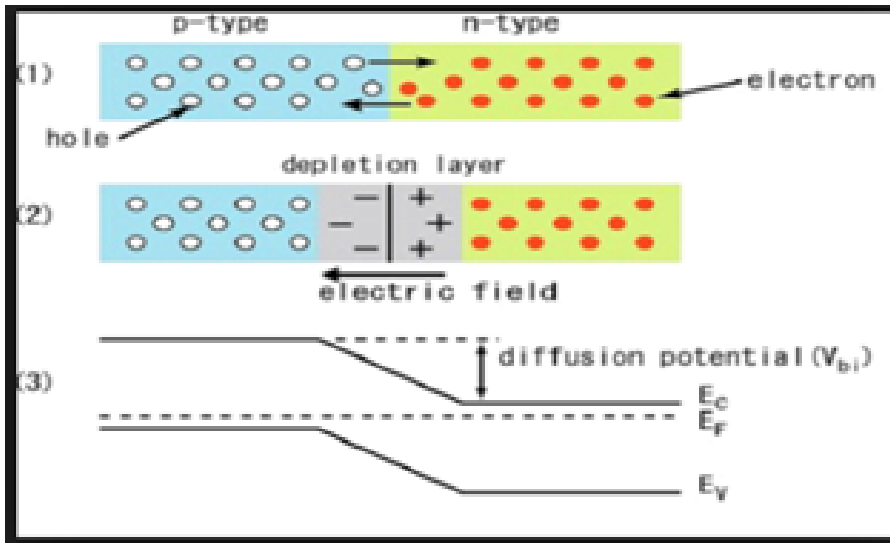
تصنع الخلايا العضوية من مواد كربونية تمتاز هذه الخلايا بخواص فريدة مقارنة بتقنيات الخلايا الشمسية الأخرى بحيث أنها ذات تكاليف منخفضة و تمتاز كذلك بمرونة وقابلية تدويرها وخفة وزنها، ولكن التحدي الكبير الذي تواجهه هذه الخلايا هو مردودها المنخفض.

11.6.I مبدأ عمل الخلية الكهروضوئية :

الخلية الضوئية هي جهاز يحول الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية يعتمد هذا التحويل على ثلاث آليات :

- امتصاص الفوتونات (لتي تكون طاقتها أكبر من طاقة الفجوة) واسطة المادة التي تشكل الجهاز.
- تحويل طاقة الفوتون إلى طاقة كهربائية والتي تتوافق مع إنشاء أزواج (الإلكترون / ثقب) في مادة أشباه الموصلات.
- جمع الجزيئات المتولدة في الجهاز.

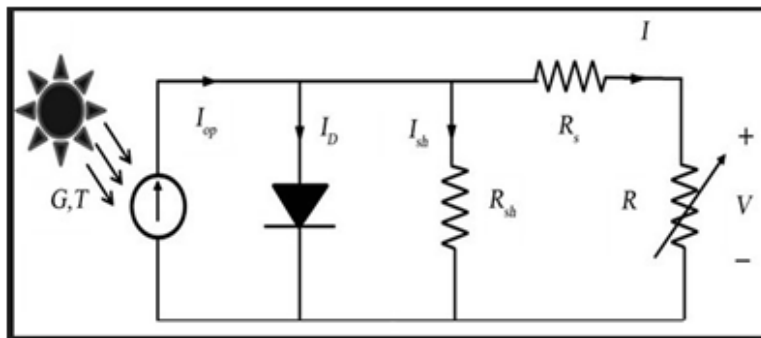
لذلك يجب أن يكون للمادة المكونة للخلايا الضوئية مستويات للطاقة وأن تكون موصلة بما فيه الكفاية للسماح بتدفق التيار وبالتالي من أجل جمع الجزيئات المتولدة، من الضروري وجود مجال كهربائي لفصل أزواج (الإلكترون / ثقب) التي تم إنشاؤها لهذا الغرض [24].



شكل 11-I : مبدأ عمل الخلية الضوئية.

12.6.I الدائرة المكافئة للخلية الكهروضوئية ومحدداتها :

لكي نفهم سلوك الخلية الكهروضوئية لابد من إنشاء نموذج كهربائي مكافئ لها، والذي يكون مبنيًا بمكونات كهربائية معروفة وسهلة الدراسة والتحليل، في النموذج المثالي للخلايا الشمسية يتم تمثيل الخلية بمصدر للتيار الكهربائي معه موحد ثنائي ديود، ولكن عمليًا لا توجد خلية كهربائية مثالية لذلك يتم وضع مقاومة على التوازي ومقاومة أخرى على التوالي كمحاكاة للواقع.



شكل 12-I : الدائرة الكهربائية المكافئة للخلية الضوئية [25].

13.6.I الخصائص الكهربائية للخلية الكهروضوئية :

■ جهد دائرة مفتوحة V_{CO} :

وهو الجهد المقاس عند أطراف الخلية الشمسية عندما لا يمر في الدارة أي تيار ويعطى بالعلاقة التالية :

$$V_{CO} = \eta V_{th} \log \left(1 + \frac{I_{ph}}{I_S} \right) \quad (I-12)$$

■ تيار الدارة القصيرة :

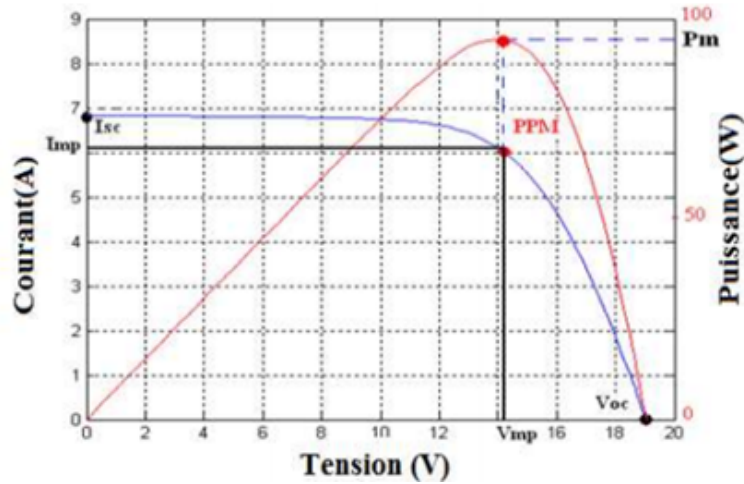
في دارة القصر يكون ويعطى بالعلاقة التالية :

$$I_{CC} = I_{ph} \quad (I-13)$$

■ القدرة القصوى (*Maximum Power*) :

تعرف القدرة الكهربائية القصوى P_{max} بأنها الناتج الأعلى من حاصل الضرب بين الجهد (V) والتيار (I) عند نقطة التشغيل تعطى بالعلاقة:

$$P_{max} = I_{mP} \cdot V_{mP} \quad (I-14)$$



شكل 13-I : الخصائص الكهربائية

■ معامل الشكل FF :

يعرف معامل الشكل هو النسبة بين الطاقة القصوى و المنتجة ويعطى بالعلاقة التالية :

$$FF = \frac{P_m}{I_{CC} \times V_C} = \frac{I_m \times V_m}{I_{CC} \times V_{CO}} \quad (I-15)$$

■ كفاءة الخلية الكهروضوئية:

تعرف على أنها النسبة بين الطاقة القصوى التي تنتجها الخلية وقوة الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى الخلية، ويتم قياس هذه الكفاءة في شروط النظامية التالية :

$$\circ \text{ شدة الإشعاع الشمسي } H = 1000 [w/m^2]$$

$$\circ \text{ حرارة الخلية } T = 25 [C^\circ]$$

$$\circ \text{ كتلة الهواء } Am = 1.5$$

حيث أن (S) هو سطح الخلية في (m^2) و H_{ins} شدة الإشعاع (W/m^2) وبالتالي فإن مردود الطاقة يكتب بالعلاقة التالية :

$$\eta = \frac{P_m}{H_{ins}S} \quad (I-16)$$

أو يكتب بالعلاقة :

$$P_m = FF \times I_{CC} \times V_C \quad (I-17)$$

$$\eta = \frac{FF \times I_{CC} \times V_C}{H_{ins}S} \quad (I-18)$$

14.6.I كيفية ربط الخلايا الكهروضوئية :

بحكم أن جهد وتيار الخلية ضعيفان، يتم توصيل عدد كبير من الخلايا على التسلسل (التوالي) وعلى التفرع (التوازي) للحصول على الجهد و التيار اللازمين.

■ تجميع الخلايا على التسلسل :

عند ربط مجموعة من الخلايا (N_S) على التسلسل يجعل من الممكن زيادة التوتر الخلية الشمسية، وبالتالي فإن فرق جهد الدارة المفتوحة هو عدد الخلايا مضروب في جهد الخلية الواحدة ، ولكن التيار يكون تيار خلية واحدة ويكون التوصيل كالتالي [26] :

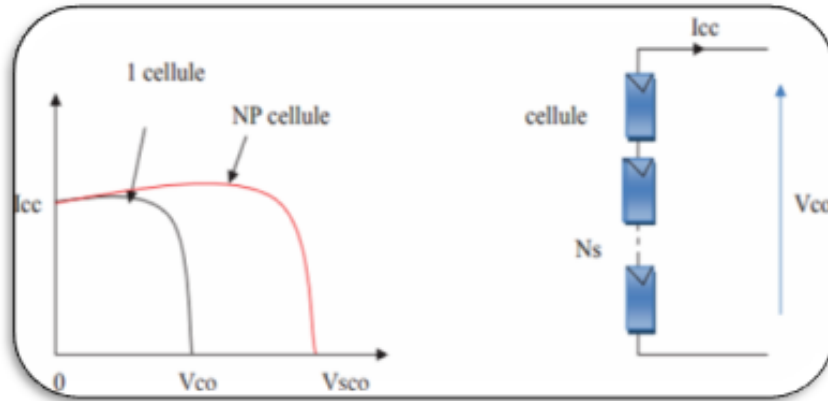
$$V_{CONS} = N_S \times V_{CO} \quad (I-19)$$

$$I_{CC} = I_C \quad (I-20)$$

V_{CONS} : مجموع الجهد في دارة مفتوحة لعدد من الخلايا المتسلسلة .

N_S : عدد الخلايا المربوطة على التسلسل .

I_{CC} : التيار في دارة مغلقة لعدد من الخلايا المتسلسلة .



شكل 14-I : التجميع على التسلسل

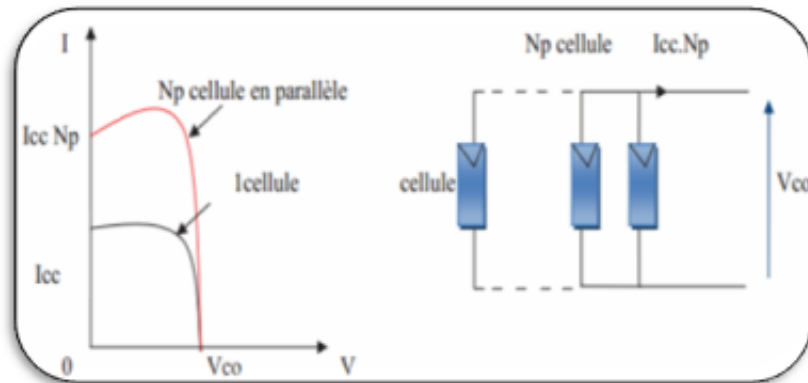
■ تجميع الخلايا على التفرع :

عند ربط مجموعة من الخلايا (N_P) على التوازي يسمح بزيادة إنتاج الخلية الشمسية ، وبالتالي يكون الجهد مساويا لجهد الخلية الواحدة ، بينما يكون التيار مجموعة التيارات الموصلة على التفرع، أي زيادة في شدة التيار، ويكون التوصيل كالتالي :

$$I_{CCNP} = N_P \times I_{SC} \quad (I-21)$$

$$V_{CO} = V_{CONP} \quad (I-22)$$

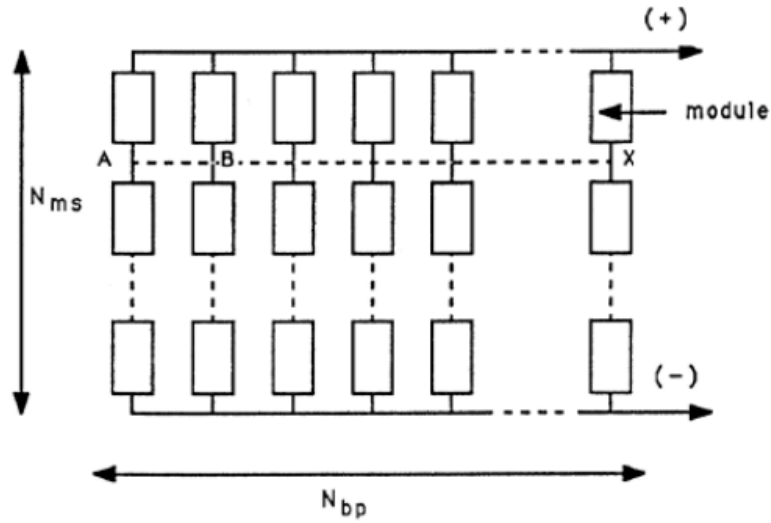
V_{CVNP} : جهد دارة مفتوحة لخلايا (N_P) على التوازي.



شكل 15-I : التجميع على التفرع

■ تجميع الخلايا على التفرع والتسلسل :

يتم تجميع الخلايا على التسلسل و التوازي في آن واحد للحصول على قدرة أكبر، فبذلك نحصل على جهد مرتفع نسبيا و تيار كبير نسبيا، ويكون التوصيل كما في الشكل التالي :



شكل I-16 : التجميع على التسلسل والتفرع

7.I الجوانب الايجابية و السلبية لاستخدام الطاقة الشمسية الكهروضوئية:

■ الجوانب الإيجابية :

- طاقة متجددة وغير ناضبة وصديقة للبيئة.
- ليس لها ضوضاء عند العمل.
- يمكن أن تستعمل في أي مكان به ضوء الشمس.
- تدوم لفترات طويلة حيث تبقى فعاليتها لمدة 20 إلى 30 سنة [27].

■ الجوانب السلبية :

- لا يمكن إنتاج الطاقة عند انعدام الأشعة الشمسية في حالة الغيوم، الأمطار وسقوط الثلوج.
- لا يمكن إنتاج الطاقة في الليل.
- تدهور كفاءة الألواح الشمسية بمرور الوقت.
- ارتفاع تكلفة الإنتاج اللوح الشمسي، الأمر الذي يصعب التوسع في استغلالها [27].

8.I الخاتمة:

من خلال دراسة هذا الفصل تم التعرف على أن الطاقة الشمسية من أهم الطاقات المتجددة في الوقت الحالي، كما تم شرح المصدر الرئيسي لهذه الطاقة، ومن أفضل تقنيات تحويلها استعمال الألواح الشمسية الكهروضوئية التي تسمح بإنتاج التيار الكهربائي المستمر وتم التطرق إليها بالتفصيل.

الفصل الثاني
تأثير العوامل المناخية على الأنظمة
الكهروضوئية

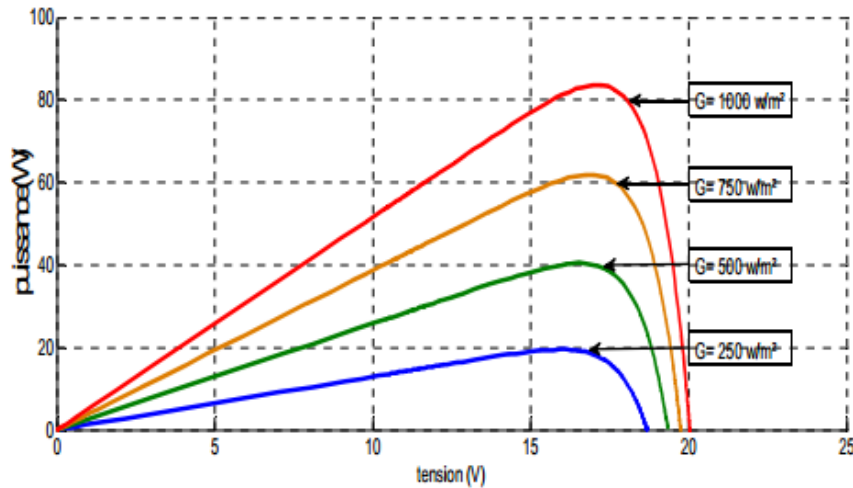
1.II المقدمة:

تعتبر العوامل الطبيعية والمناخية من أهم العوامل التي يلزم مراعاتها عند إنشاء منظومات إنتاج الطاقة الكهروضوئية، وذلك لأنها تؤثر بشكل كبير على أداءها وفعاليتها، والتقصير في أخذ هذه العوامل المناخية بعين الاعتبار قد يؤدي إلى سوء تشغيل وحدوث اختلالات في الإنتاج الطاقوي لهذه المنظومات. وسيتم التطرق في هذا الفصل لعرض تأثير بعض العوامل المناخية على الألواح الكهروضوئية ومن أهمها (درجة الحرارة، الإشعاع الشمسي، سرعة الرياح)، إضافة إلى مشكلة الظل وتراكم الأتربة على سطح الألواح الشمسية، كما سنعرض بعض الدراسات السابقة حول هذا الموضوع.

2.II تأثير العوامل المناخية على أداء الخلية الشمسية:

1.2.II تأثير شدة الإشعاع الشمسي على خرج الخلية الشمسية:

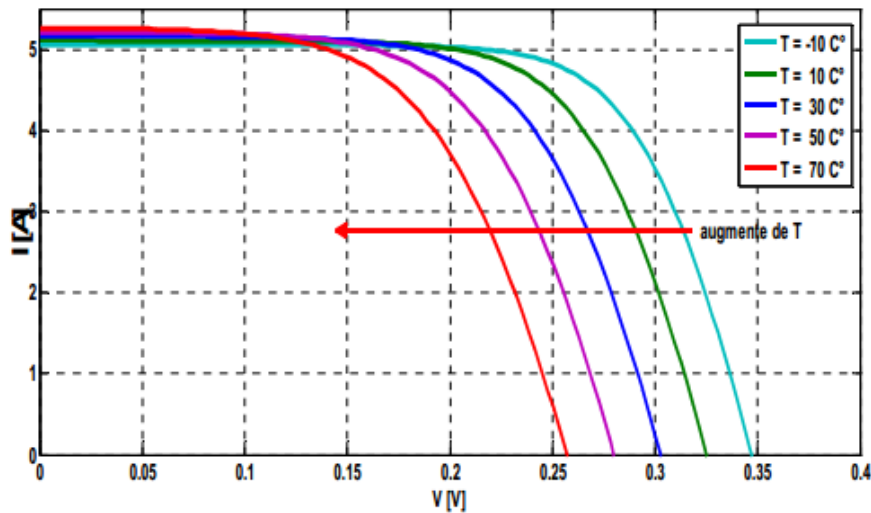
تؤثر شدة الإشعاع الشمسي بشكل غير مباشر على جهد و تيار الخلية الشمسية، كون ارتفاع قيمة شدة الإشعاع الشمسي يؤدي أيضا إلى ارتفاع درجة حرارة الخلية الشمسية. حيث يزداد كل من الطاقة المنتجة وتيار الخرج للخلية الشمسية كلما زادت شدة الإشعاع الشمسي، أما جهد الدارة المفتوحة للخلية الشمسية فإنه يكون أقل تأثرا بشدة الإشعاع الشمسي وتخفض قيمته بنسبة ضئيلة كلما ارتفع الإشعاع الشمسي [28].



شكل 1-II : تأثير شدة الإشعاع الشمسي على خصائص (P-V).

2.2.II تأثير درجة الحرارة:

يؤدي ارتفاع درجة حرارة الطقس إلى ارتفاع درجة حرارة الخلية الشمسية والذي بدوره يؤدي إلى انخفاض في الطاقة المنتجة وجهد الدارة المفتوحة للخلية الكهروضوئية، وينتج عنه أيضا ارتفاع طفيف في تيار القصر للخلية الشمسية كما يوضح الشكل



شكل II-2 : تأثير درجة الحرارة على خصائص (I-V)

3.2.II تأثير الرياح:

إن حركة الرياح لا تؤثر بشكل مباشر على أداء الخلية الشمسية ولكن تؤثر على درجة حرارة سطح الخلية الشمسية وبالتالي تؤثر على درجة الحرارة الداخلية لها. وبما أن حركة الرياح تؤثر على تيارات الحمل الحراري وبالتالي تعمل على رفع معامل انتقال الحرارة بالحمل والذي بدوره يساعد في انتقال الحرارة من سطح الخلية إلى المحيط الخارجي وهذا يؤدي إلى انخفاض درجة الحرارة الداخلية للخلية وبالتالي يحسن من كفاءتها [28].

4.2.II تأثير الظل:

إن الظل الذي قد يتكون على الألواح الشمسية يعتبر من أهم العوامل التي لا بد من أن تؤخذ بعين الاعتبار عند بناء الأنظمة الشمسية، حيث أن الظل المتشكل على سطح اللوح الشمسي يؤدي إلى التقليل من كمية الإشعاع الشمسي الساقط على اللوح الشمسي وبالتالي تؤدي إلى انخفاض الطاقة الكهربائية المنتجة عن اللوح الشمسي، حيث تناسب قيمة الطاقة الكهربائية المنتجة مع حجم وشكل الظل المتكون على سطح اللوح الشمسي [29].

3.II تأثير الغبار:

1.3.II تعريف الغبار:

يعرف الغبار بأنه الجزيئات الصلبة الدقيقة التي يقدر قطرها بأقل من $(500\mu m)$ ويمثل في حبوب الطلع الصغيرة، البكتيريا والفطريات، والألياف المجهرية المفصولة عن الملابس والسجاد والأقمشة أيضاً، إن ترسب الغبار يعتمد على الطقس ومختلف الظروف البيئية المحيطة وأنشطة المركبات الميكانيكية الانفجارات البركانية، التلوث والرياح ويختلف من منطقة إلى أخرى نظراً لاختلاف الخصائص البيئية [30].

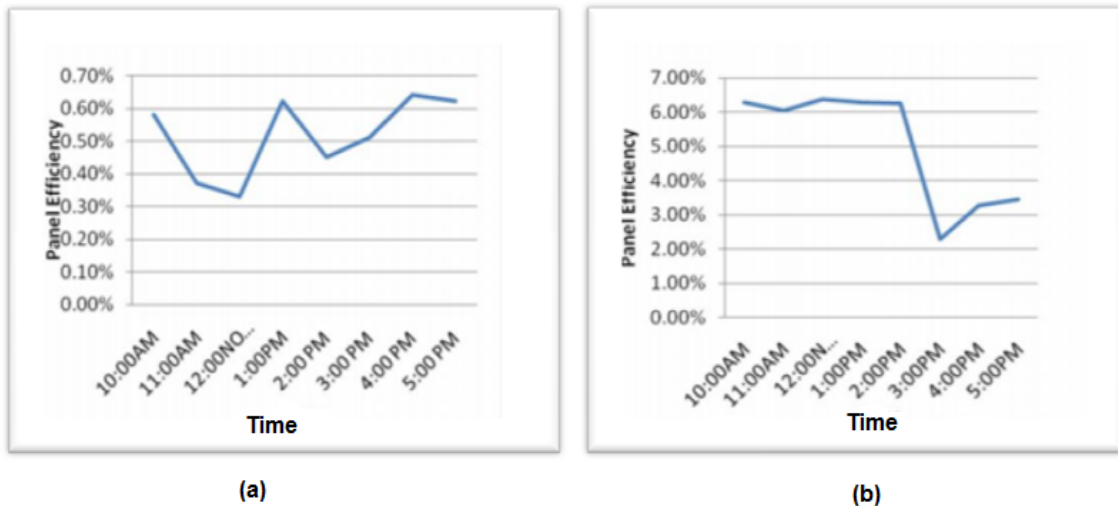
2.3.II الدراسات السابقة:

إن أحد أهم المشاكل التي تواجه أنظمة الطاقة الشمسية هي تراكم الأتربة والأوساخ على سطح الوحدات الشمسية الكهروضوئية، ولذلك تواجه محطات إنتاج الطاقة الكهروضوئية تحديات كبيرة خاصة في المناطق الصحراوية والجافة كلك التي في الشرق الأوسط ومنطقة الخليج العربي وشمال إفريقيا. كما بينت أغلب الدراسات السابقة أن الغبار والرمال المحملة بواسطة الرياح تتراكم على أسطح الألواح الشمسية وتعمل على عكس جزء من ضوء الشمس الواصل إليها فتؤثر على كفاءتها، وسوف نعرض فيما يلي بعض الدراسات العلمية التي تتحدث عن تأثير الغبار على الألواح الشمسية الكهروضوئية.

1- في دراسة تجريبية عن تأثير الغبار على أداء الألواح الكهروضوئية تمت في منطقة وسطى من الهند (بوبال) التي تقع بين خط طول وخط عرض (23° و 25°) شمالاً و (77° و 42° شرقاً)، بحيث نتقلب درجات حرارة بين 5 إلى 8 درجة مئوية خلال عام، أجريت التجربة بهذه المنطقة بحيث قاموا بوضع لوح شمسي مثبت على حامل ومتصل بأجهزة القياس، كما تم تقييم دور الغبار في خفض الطاقة المنتجة. يمكن التعرف على تأثير الغبار عن طريق مقارنة الأداء لوح يتعرض للغبار وآخر بدون غبار، أخذت القياسات ما بين الساعة 9:00 إلى 18:00. من النتائج المتحصل عليها من خلال تحليل منحنيات أداء الألواح الشمسية المعرضة للغبار تم التحصل على الحد الأقصى من الكفاءة 6.38% والحد الأدنى 29.29% دون غبار والحد الأقصى من الكفاءة 0.64% والحد الأدنى 0.33% مع الغبار، حيث تظهر النتائج أن الغبار يقلل من الطاقة المنتجة بشكل كبير بنسبة 92.11% ومن الكفاءة بنسبة 89%، ومنه فإن المنظومات الشمسية الكهروضوئية حساسة لكثافة الغبار المتراكم لذلك فانه من الضروري استعمال آليات التنظيف [31].



شكل II-3 : المستعمل في الدراسة وأجهزة القياس [31].



شكل II-4 : كفاءة الألواح الشمسية مع الغبار (a) ، بدون غبار (b) بدلالة الزمن . [31]

2- في دراسة أخرى تم إجراؤها في العراق على تأثير الغبار على أداء المجمعات الشمسية ، حيث درس فيها الباحث (عماد وزملائه) على تأثير التنظيف الدوري على القدرة المنتجة من الألواح الشمسية ، تم القيام بإجراء مقارنة عملية لتقييم الأداء بين 4 ألواح شمسية متطابقة بقدر (20 واط) ، بحيث أن اللوح الأول تم تنظيفه يوميا والثاني تم تنظيفه أسبوعيا والثالث تم تنظيفه شهريا والرابع ترك بدون تنظيف واستمرت التجربة لمدة 6 أشهر .

وأظهرت النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة أن تراكم الغبار على سطح الألواح الشمسية يؤدي إلى تناقص ملحوظ في القدرة المتولدة من الألواح الشمسية بنسبة مئوية معينة وهذا التناقص سببه نسبة تراكم الغبار ، وانخفاض في الكفاءة النسبية تصل إلى (7 % ، 20 % ، 79 %) في الألواح المنظفة أسبوعيا و شهريا وفضليا على التوالي مقارنة مع اللوح النظيف [32] .

3- تم دراسة علمية في مصر عام 2007 عن تراكم الغبار على الأنظمة الكهروضوئية بحيث تم فيها .مقارنة الطاقة التي تنتجها وحدة نظيفة ووحدة التي تعرضت للغبار لمدة سنة ووحدة تعرضت للغبار لكن تم تنظيفها كل شهرين . أظهرت النتائج أن الوحدة التي تركت مدة عام دون تنظيف تنتج طاقة أقل بنسبة 35 % بالنسبة للوحدة النظيفة ووحدة التي تم تنظيفها كل شهرين تنتج طاقة أقل من 25% بالنسبة للوحدة النظيفة [33].

4.II أساليب التنظيف الغبار المتراكم على الألواح الشمسية الكهروضوئية:

من المعوقات التي تواجه المنظومات الشمسية الكهروضوئية تراكم الغبار على أسطح الخلايا الذي يقلل من نفاذية الإشعاع الشمسي وبالتالي يؤدي إلى انخفاض كفاءة الألواح الشمسية ولمواجهة هذه المشكلة يتطلب منا تنظيف هذه الألواح بعد العواصف الرملية لرفع الطاقة المنتجة ، ومن الآليات المستعملة في التنظيف :

1.4.II التنظيف اليدوي:

تم هذه عملية بتكليف يد عاملة بتنظيف الألواح الشمسية وذلك باستخدام ممسحة ذات هيكل دعم مناسب بإضافة إلى ماء و مواد التنظيف خاصة تحافظ على سلامة اللوح ، ما يميز هذه الطريقة أنها سهلة ولا تحتاج معدات معقدة أو تقنيات غالية ولكن تكمن صعوبة هذه العملية في توفير المياه خاصة بالنسبة للمناطق الصحراوية كما أنها مكلفة وشاقة وتتطلب جهد كبير.



شكل II-5 : صورة توضح عملية التنظيف اليدوي.

2.4.II التنظيف بالشفط في الفراغ:

في هذه العملية يتم استعمال جهاز مكنسة كهربائية خاصة، بحيث يتم تزويد محرك الجهاز بتيار كهربائي وتقوم هذه الآلة بسحب الغبار المتراكم على الألواح والكثير من العوائل بحيث تعتمد على نوع الأوساخ فيمكن بسهولة إزالة الغبار العالق لكنها لا تستطيع إزالة الأنواع الأثقل الملتصقة في اللوح (فضلات الطيور) ، كما يجب التعامل معها يدويا كما موضح في الشكل [34]



شكل II-6 : كيفية التنظيف بالشفط في الفراغ.

3.4.II التنظيف الطبيعي الرياح والأمطار :

تعمل الأمطار القوية على تنظيف الألواح الشمسية من الشوائب والأتربة المتراكمة على أسطح الخلايا في حين أن الأمطار الخفيفة قد تساعد على التصاق الغبار بشكل أكبر مما يقلل من إنتاجية الخلية الشمسية، كما أن حركة الرياح القوية تسمح على إزالة العديد من العوالق المتراكمة على أسطح الخلية كالأتربة مما يساعد على تنظيفها أما الرياح الضعيفة فقد تعمل على زيادة ترسب الأتربة مما يؤدي إلى انخفاض في الطاقة المنتجة.

5.II الخاتمة :

من خلال المعلومات المستعرضة في هذا الفصل، بإمكاننا الاستنتاج أن دراسة العوامل الطبيعية التي تؤثر على أداء الألواح الشمسية تفتح بابا واسعا للتعرف أكثر على كيفية تأثير الألواح الشمسية بعوامل المناخ (درجة الحرارة، شدة الإشعاع، الظل، وغيرها من العوامل الأخرى)، بحيث أنه عند ظروف محددة تعمل على تشويه منحنيات خصائص التشغيل في الخلية الشمسية (P-V)، مما يؤدي لانخفاض إنتاجية الخلية الشمسية، وبالتالي فإن أخذها بعين الاعتبار يساهم في تجنب تأثيراتها السلبية وإيجاد حلول مناسبة للحد منها، إلى جانب ذلك قد تلعب بعض العوامل دور إيجابي على أداء الأنظمة الشمسية و تساهم في الرفع من إنتاجية الألواح الشمسية .

الفصل الثالث
الدراسة التجريبية

1.III المقدمة:

العمل عبارة عن دراسة تجريبية عملية لتأثير الغبار على الألواح الشمسية الكهروضوئية بمنطقة ورقلة التي تعتبر من المناطق الأكثر تعرضا لزوايا الرملية بالجزائر، إلا أن البحوث في هذه الظاهرة في الجزائر وخاصة في منطقة ورقلة قليلة جدا. من أجل ذلك سيتم عرض قياسات ونتائج لدراسة جديدة ومتميزة لفهم تأثير الغبار على الألواح الشمسية الكهروضوئية.

2.III القسم الأول المراحل التجريبية :

والذي سيتم فيه عرض مختلف الأدوات والأجهزة المستعملة في هذه الدراسة كما سيتم فيه أيضا شرح خطوات ومراحل كل تجربة بالتفصيل.

1.2.III مراحل إجراء التجربة

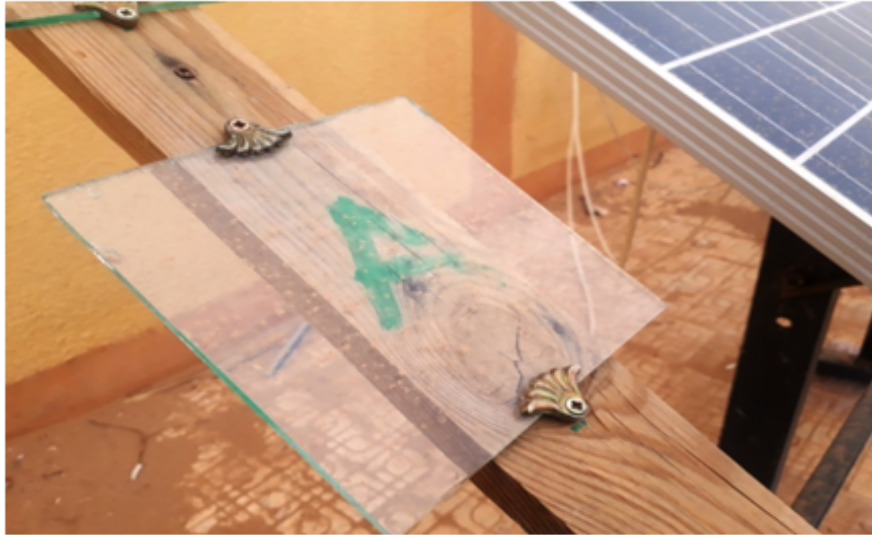
لقد تمت الدراسة التجريبية في مخبر لقسم الفيزياء بجامعة قاصدي مرباح ورقلة ، قنا بتثبيت على هيكل حديدي اثنين من الألواح الشمسية الكهروضوئية من النوع الكريستال متعددة البلورة ، ذات استطاعة (80w) موجهة نحوي الجنوب بزاوية 32° وهي تساوي بالتقريب دائرة عرض منطقة ورقلة. وثبت على نفس الهيكل الحديدي وبنفس الوضعية قطعة زجاجية ذات سمك (3mm) وبمساحة (15cm × 15cm) وذلك بهدف قياس وتبع كمية الغبار المتراكم في فترات زمنية مختلفة. الخصائص الكهربائية للألواح الشمسية التي تم استعمالها في الدراسة موضحة في الجدول الآتي:

جدول III- 1 : الخصائص الكهربائية للألواح الشمسية الكهروضوئية.

Maximum power (Pmax)	80 W
voltage at Pmax (Vmp)	17.4 V
Current at Pmax (Imp)	4.61 A
short circuit current (Isc)	4.85 A
Open circuit voltage (voc)	22.0 V



شكل III-1 : اللوحين الشمسيين (النظيف - المغبر) .



شكل III-2 : القطعة الزجاجية المستعملة في قياس كثافة الغبار.

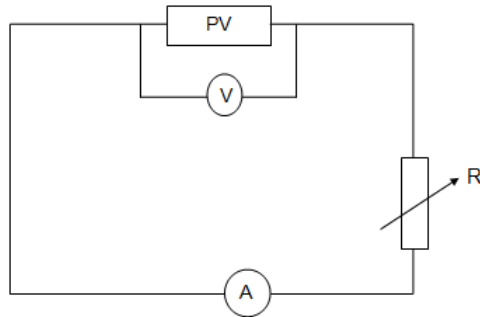
III.2.2 الأجهزة المستعملة في التجربة :

- البوصلة : تعتبر من الأجهزة غير الإلكترونية تستخدم لتحديد الاتجاهات الأربعة بالنسبة إلى القطبين الشمالي والجنوبي وتم استخدامها في التجربة لتحديد اتجاه الجنوب .
- جهاز لتحديد زاوية الميل : تم استعمال جهاز خاص ذو دقة $(\pm 0.029^\circ / \pm 0.5mm/m)$ لتحديد زاوية ميل كما موضح في الشكل (??) :



شكل III-3 : جهاز لتحديد زاوية ميل الألواح الشمسية.

- جهاز (*Mac sola*): ذو دقة 3% استعمال لحساب شدة الإشعاع الشمسي الساقطة على الألواح.
- الميزان الإلكتروني (*xp-1500*): (*DENVER INSTRUMENT*) تم استعماله لقياس كتلة الغبار المتراكمة على الزجاج.
- جهاز الأمبير متر (*METEX*): (*DIGITAL MULTIMETER ME-31*) ذو دقة قياس ($\pm 2\%$)
- جهاز الفولط متر (*METEX*): (*DIGITAL MULTIMETER ME-31*) ذو دقة قياس ($\pm 0.5\%$)
- المقاومة الأومية متغيرة: تم استعمال هذه المقاومة ذات قمة قصوى (33Ω) التي تتحكم بتغير تدفق التيار من خلال تقديم مجموعة مختلفة من القيم ويمكن للمقاومة التحكم في الجهد كذلك.



شكل III-5 : الدائرة المكافئة لدراسة التجريبية



شكل III-4 : الأجهزة المستعملة في القياسات.

3.III مراحل التجربة :

ابتداء من يوم 16 جانفي 2019 تم تثبيت لوحين شمسيين ، تترك هذه الألواح معرضة إلى ظروف مناخية حقيقية إلى غاية 19/03/2019، حيث تكون عملية أخذ القياسات التجريبية كل 15 يوم. عند كل عملية قياس نقوم بتنظيف أحد اللوحين الشمسيين كمرجع بواسطة منديل ناعم والماء، أما الثاني فيترك بدون تنظيف طيلة فترة التجربة.



شكل III-6 : طريقة تنظيف اللوح الشمسي .

1.3.III تأثير الغيوم :

تم قياس وتبع أداء اللوح الشمسي خلال شروط مناخية مختلفة وذلك لدراسة تأثير عامل الغيوم على أداء الألواح الشمسية (يوم غائم ويوم صحو) ، وذلك بتتبع المراحل الآتية :

- تم اختيار يوم 2019/02/17 الذي تميز بغيوم كثيفة بحيث قنا بتنظيف اللوح الشمسي الذي أخذ كمرجع ثم أخذنا القياسات التجريبية شدة التيار ، الجهد ، شدة الإشعاع الشمسي .
- تم اختيار كذلك يوم 2019/03/5 الذي تميز بجو مشمس بحيث تم فيه تنظيف اللوح الشمسي الذي أخذ كمرجع ثم أخذنا أيضا نفس القياسات التجريبية.

2.3.III تأثير الظل :

يتم تظليل الخلايا الشمسية بواسطة ورق كرتوني عاتم ، بحيث يتم تغيير عدد الأجزاء المظللة في كل قياس و دراسة تأثير الظل على أداء الألواح الشمسية وذلك من خلال تتبع المراحل الآتية :

- قنا بتنظيف اللوح الشمسي الذي أخذ كمرجع ثم أخذت القياسات بالنسبة للحالة العادية .
 - يتم التظليل باستعمال طريقة معينة كما هو موضح في الشكل بحيث نقوم بتغيير عدد الأجزاء على ترتيب (الجزء 1، 3 أجزاء ،6، 9 أجزاء) بعد أخذ قياسات في كل حالة .
- من خلال هذا العمل يمكن المقارنة بين الحالة العادية ، و المظللة وبالتالي يمكن التعرف على تأثير التظليل على أداء اللوح الشمسي .



تظليل 3 أجزاء.



تظليل جزء واحد.



تظليل 9 أجزاء.



تظليل 6 أجزاء .

شكل III-7 : كيفية التظليل .

3.3.III تأثير الغبار :

ويتم فيه دراسة تأثير تراكم الغبار على أداء الألواح الشمسية من خلال:

- المقارنة بين لوحين شمسيين من نفس النوع، حيث يترك أحدهما متراكما عليه الغبار بينما يتم تنظيف اللوح الأخر الذي أخذ كمرجع في كل عملية قياس.
 - المقارنة في أداء الألواح الشمسية يكون بعد فترات زمنية مختلفة، وذلك لدراسة تأثير مدة التعرض في الوسط الخارجي على كمية الغبار المتراكمة، من خلال أخذ القياسات في كل من 2019/02/18 أي بعد مرور 30 يوم وفي 2019/03/19 أي بعد مرور 60 يوم.
 - يتم أخذ الخصائص الكهربائية للوحين المغبر والنظيف عند أقصى إشعاع شمسي والتي تكون حوالي الساعة 13:00 ظهرا.
 - قياس وتبع كمية الغبار المتراكمة على القطعة الزجاجية في فترات زمنية مختلفة (15 يوم، 30 يوم، 45 يوم، 60 يوم) على الترتيب، كما تم حساب نسبة الطاقة المفقودة بين اللوح المغبر والنظيف في نفس الفترات الزمنية السابقة فتحصلنا على النتائج المبينة في الجدول (??).
- ومن القوانين التي تم استعمالها في هذه المرحلة :

$$(g) \text{ الغبار كتلة} \rightarrow (0.0225\text{m}^2) \text{ مساحة الزجاجية}$$

$$x (g) \rightarrow 1\text{m}^2 \text{ مساحة}$$

- كتلة الغبار = كتلة زجاجة مغبرة - كتلة الزجاجية فارغة 217.5g
- نسبة الاستطاعة % بين المغبرة والنظيف = (الاستطاعة العظمى الأكبر - الاستطاعة العظمى الصغرى) * (100) / الاستطاعة العظمى الكبرى .

جدول III- 2 : تغيرات الكثافة بدلالة الزمن و نسب انخفاض (الطاقة ، تيار قصر ، جهد في الفراغ)

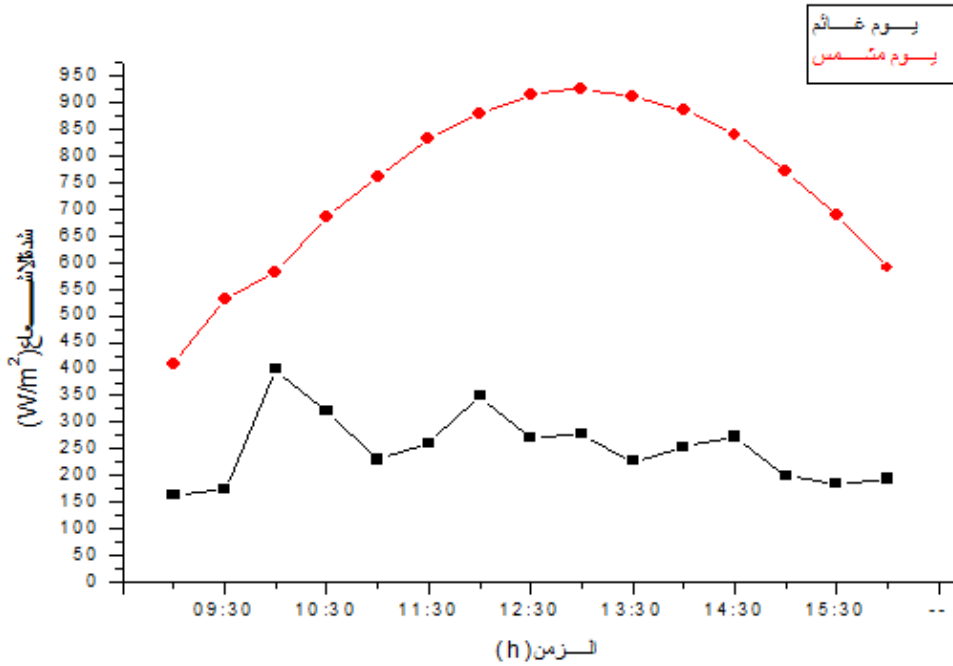
الزمن (الأيام)	15	30	45	60
كثافة الغبار (g)	0.06	0.074	0.09	0.098
كثافة الغبار (g/m^2)	2.69	3.31	4.04	4.36
الانخفاض في الطاقة %	3.91	5.08	7.54	7.68
الانخفاض في تيار الفص (Isc) %	3.29	5.33	8.15	8.78
الانخفاض في الجهد (Vco) %	0.80	0.89	0.96	1.42

4.3.III القسم الثاني التحليل ومناقشة النتائج التجريبية

فنا بتجليل ومناقشة التجارب التي تم عرضها في القسم الأول.

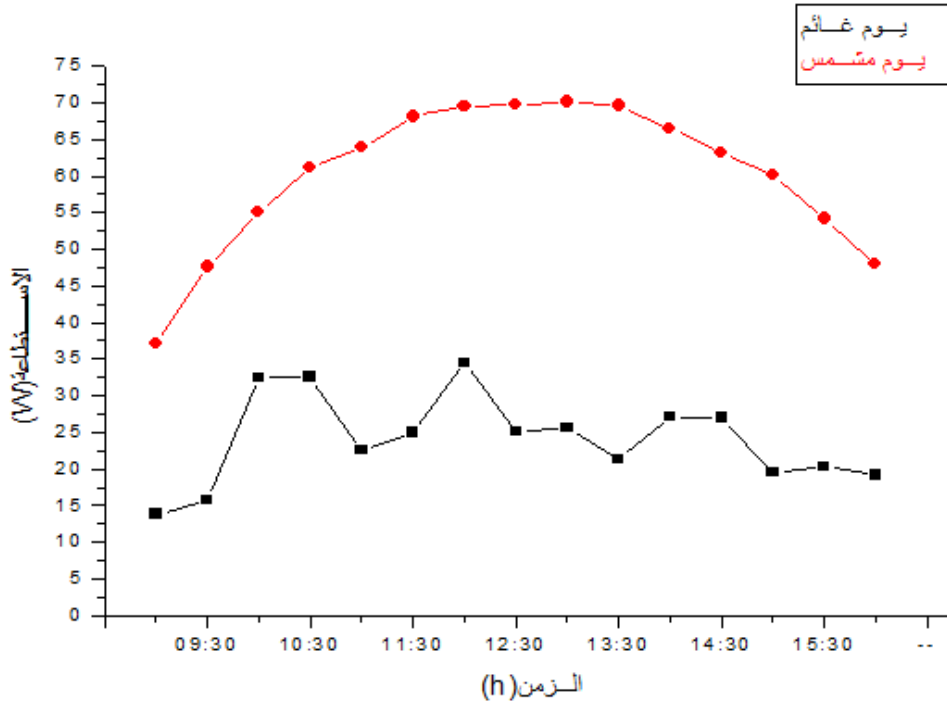
■ عامل الغيوم

● من خلال دراسة تأثير عامل الغيوم على اللوح الشمسي سجلت النتائج الموضحة في كل من الشكلين (??) (??) ، بحيث نلاحظ من منحني تغير شدة الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن خلال اليومين (الصحو والغائم) أن قيم منحني اليوم الصحو تكون أعلى من قيم منحني اليوم الغائم ، حيث أن شدة الإشعاع الشمسي بالنسبة لليوم المشمس (الصحو) تتزايد خلال الساعات الأولى من 9 صباحا إلى غاية 13:00 ظهرا بحيث يصل إلى أقصى قيمة ($854w/m^2$) نظرا لزيادة زاوية الارتفاع الشمسي (h)، ثم تبدأ قيم الإشعاع الشمسي بالتناقص بعد الزوال وهذا راجع لتناقص زاوية الارتفاع الشمسي (h) . أما بالنسبة لمنحني اليوم الغائم فإن قيم الإشعاع الشمسي تتغير بسرعة وتكون غير مستقرة خلال ساعات النهار وهذا بسبب تواجد الغيوم والتي تعمل على امتصاص وانعكاس جزء من الإشعاع الشمسي وبالتالي فإن شدة الإشعاع الشمسي التي تم تسجيلها في اليوم الصحو كانت أعلى من القيم المسجلة في اليوم الغائم ، ومنه فإن للغيوم تأثير كبير على كمية الإشعاعات الشمسية الساقطة على الأرض.



شكل III-8 : مقارنة الإشعاع الشمسي يوم غائم, ويوم صحو

• الشكل (??) يمثل منحنيات قيم الاستطاعة للوح الشمسي والتي تم تسجيلها خلال اليومين الصحو والغائم. بحيث نلاحظ أن قيم الاستطاعة المسجلة في منحنى اليوم الصحو تأخذ قيم أعلى من المسجلة في اليوم الغائم، كما أن الاستطاعة القصوى تزداد بالنسبة لليوم الصحو بمرور الزمن من 9 صباحاً إلى 13.00 ظهراً، حيث تصل لأعلى قيمة لها في منتصف النهار ($68.54w$) والتي توافق أعلى قيمة من الإشعاع الشمسي، ثم تبدأ بعد ذلك في التناقص وهذا بسبب تناقص كمية الإشعاع الشمسي الساقطة على اللوح بحيث تزيد قيمة الاستطاعة المنتجة بزيادة شدة الإشعاع الشمسي وتخفض بانخفاضها. أما بالنسبة لمنحنى قيم الاستطاعة المسجلة خلال اليوم الغائم فإننا نلاحظ أن قيم الاستطاعة تكون منخفضة ومتذبذبة بين الزيادة والنقصان، وهذا راجع للتذبذب في قيم الإشعاع الشمسي الذي يتناقص بسبب تواجد الغيوم التي تعمل على امتصاص وعكس جزء منه وبالتالي فإنها تمنع وصول الإشعاع الشمسي وهو ما ينتج عنه تدني الاستطاعة المنتجة من طرف اللوح الشمسي. اعتماداً على النتائج المسجلة في هذه الدراسة المقارنة بين يومين بشروط مناخية مختلفة (صحو، غائم) فإن تواجد الغيوم يعتبر عامل سلبي حيث يؤثر على أداء الألواح الشمسية ويؤدي إلى انخفاض وتدهور إنتاجها لطاقة.

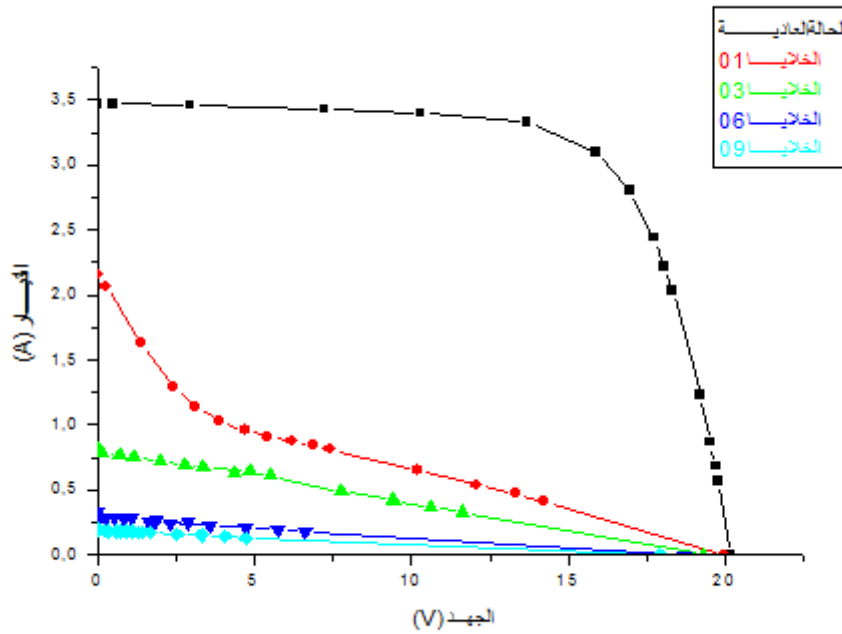


شكل 9-III : مقارنة الأداء يوم غائم ويوم صحو

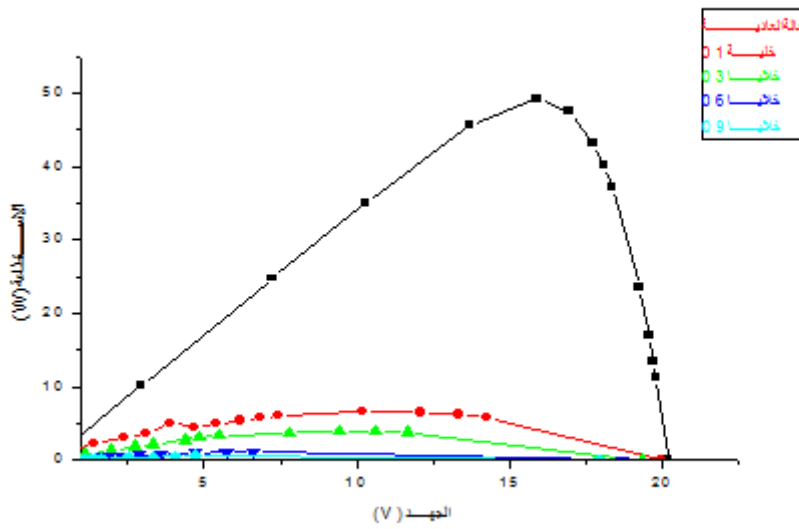
■ عامل التظليل

● لفهم أكثر حول كيفية تأثير كمية الإشعاع الشمسي على أداء الألواح الشمسية قننا أيضا في هذا العمل بدراسة تأثير تواجد الظل على اللوح الشمسي الكهروضوئي وذلك بإتباع الخطوات التجريبية التي تم إدراجها في القسم الأول من الفصل. تبين النتائج المسجلة من خلال التجربة والتي تم توضيحها في المنحنيات (أ) و(ب) ، من الشكل (??) ، والذي يمثل تأثير التظليل على الخصائص الكهربية (I-V) . (P-V) للوح الشمسي، بحيث نلاحظ اختلاف كبير في القيم المسجلة بين الحالة العادية و المظلمة. من خلال منحنى تغير شدة التيار بدلالة الجهد تم تسجيل انخفاض كبير في تيار دائرة القصر حيث كانت (0.18A, 0.20A, 0.82A, 2.19A) مع عدد الأجزاء المظلمة (1, 3, 6, 9) على التوالي ، أي أن الانخفاض في تيار دائرة القصر يزيد بزيادة المساحة المظلمة من اللوح الشمسي. بينما نلاحظ أن التظليل يؤثر بشكل قليل على جهد اللوح الشمسي . إضافة إلى ذلك نلاحظ من خلال منحنى (p-v) تغير كبير في قيم الاستطاعة العظمى بحيث تتناقص بسرعة مع زيادة مساحة التظليل من 68.23w إلى (1.02w, 2.67w, 4.29w, 6.81w) حسب عدد الأجزاء المظلمة (1, 3, 6, 9) على الترتيب وبالتالي يعمل التظليل على حجب الخلية الشمسية ومنع مرور الإشعاع الشمسي إليها مما يزيد من نسبة انخفاض الطاقة المنتجة كلما زادت المساحة المظلمة.

وبالتالي فإنه في حالة وجود تظليل على الخلايا الشمسية فان اللوح لا يتلقى الكمية اللازمة من الإشعاع الشمسي مما يتسبب في تشويه منحنيات الخصائص الكهربية و (P-V), (I-V) هو ما يؤدي إلى تقليص المساحة المعرضة لإشعاع الشمسي و حدوث فقدان كبير للطاقة .



. I-V (I)

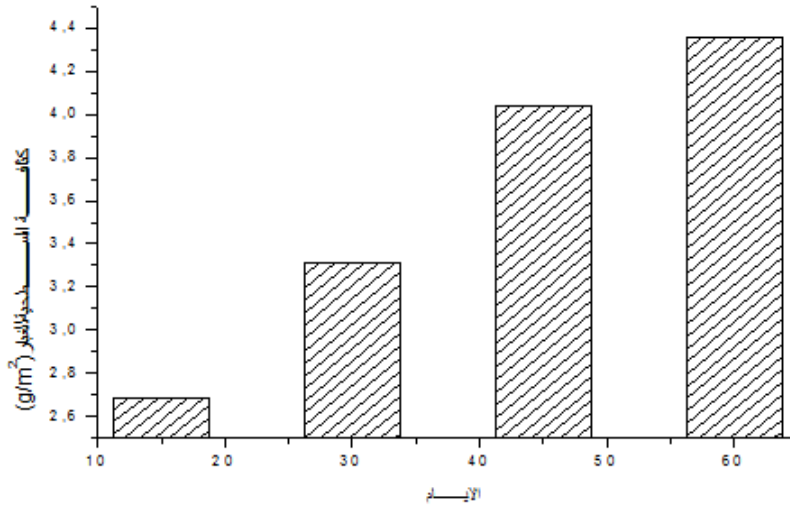


. P-V (ب)

شكل III-10 : تأثير التظليل على الخصائص الكهربائية للوح الشمسي . (I-V), (P-V)

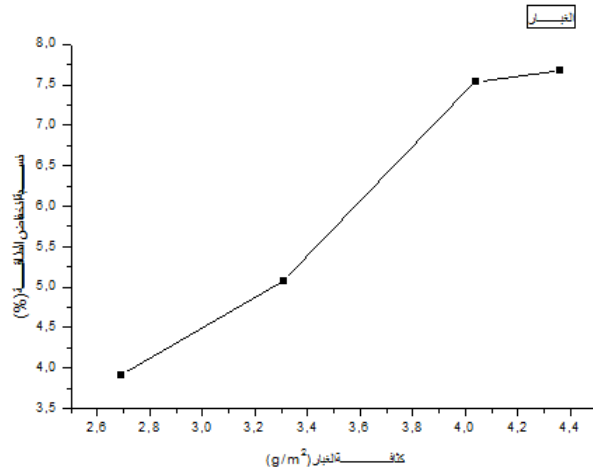
■ الغبار

- من خلال دراسة تأثير الغبار على الألواح الشمسية الكهروضوئية ومن خلال النتائج المتحصل عليها والتي تم عرضها في المنحنيات المبينة في الأشكال (??) (??)
- اعتمادا على القطعة الزجاجية المستخدمة في الدراسة طويلة فترة التجربة تم حساب كثافة الغبار المترسب على اللوح الشمسي ومن النتائج المتحصل عليها الموضحة في المخطط البياني (??) الذي يمثل تغير كثافة الغبار بدلالة الأيام بحيث نلاحظ ارتفاع تدريجي لكثافة الغبار ($2.69g/m^2$ $3.31g/m^2$ $4.04g/m^2$ $4.36g/m^2$) الموافقة لفترات التعرض في الوسط الخارجي خلال الدراسة (15،30،45،60يوم) على الترتيب. وبالتالي فإن كثافة الغبار المترسب على اللوح الشمسي تزيد بزيادة فترة التعرض.

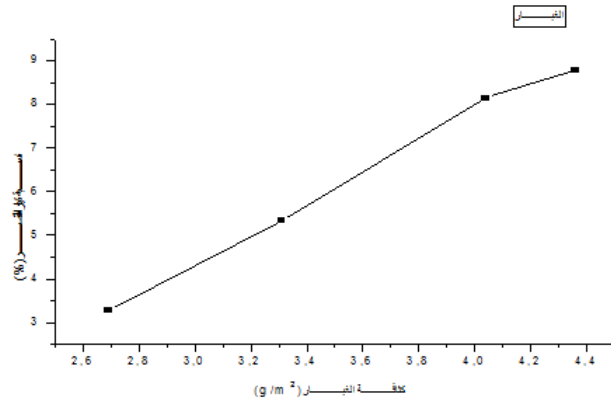


شكل III-11 : تغير كثافة الغبار خلال مدة التجربة .

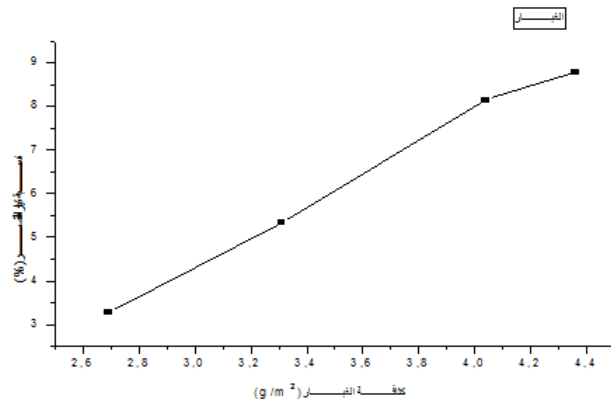
- من خلال المنحنى (أ) والذي يمثل التغير في نسبة الانخفاض في الطاقة بين اللوحين المغبر والنظيف بدلالة كثافة الغبار المترسب، نلاحظ تزايد تدريجي لنسبة الانخفاض في الطاقة من (3.91% 5.08% 7.54% 7.68%) والتي توافق كثافة الغبار المترسبة على اللوح الشمسي ($2.69g/m^2$ $3.31g/m^2$ $4.04g/m^2$ $4.36g/m^2$) على الترتيب. ما يدل أن نسبة الانخفاض في الطاقة تتعلق بكثافة الغبار المترسبة ، مما يؤدي إلى انخفاض في إنتاجية اللوح الشمسي . كما نلاحظ من خلال المنحنيات (ب) و (ج) أن كثافة الغبار تؤثر بشكل كبير على نسبة انخفاض تيار دائرة القصر، في حين يكون لها تأثير قليل على نسبة انخفاض الجهد في الفراغ .



• (أ)



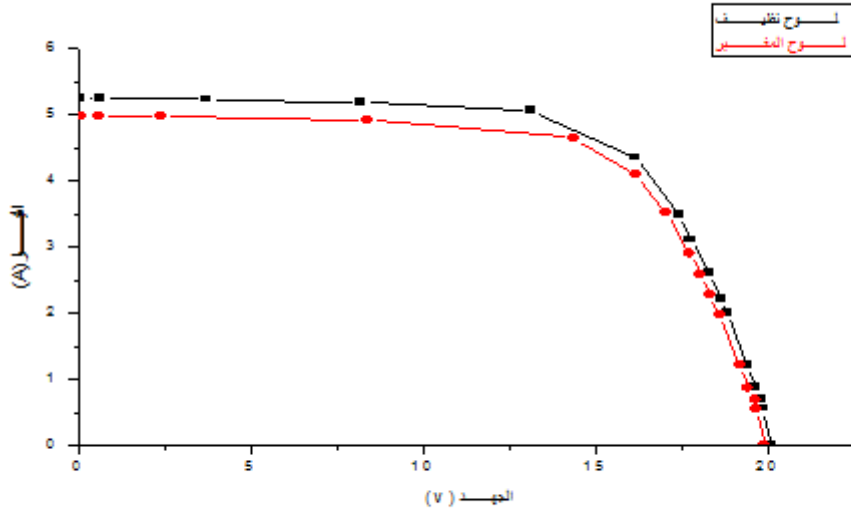
• (ب)



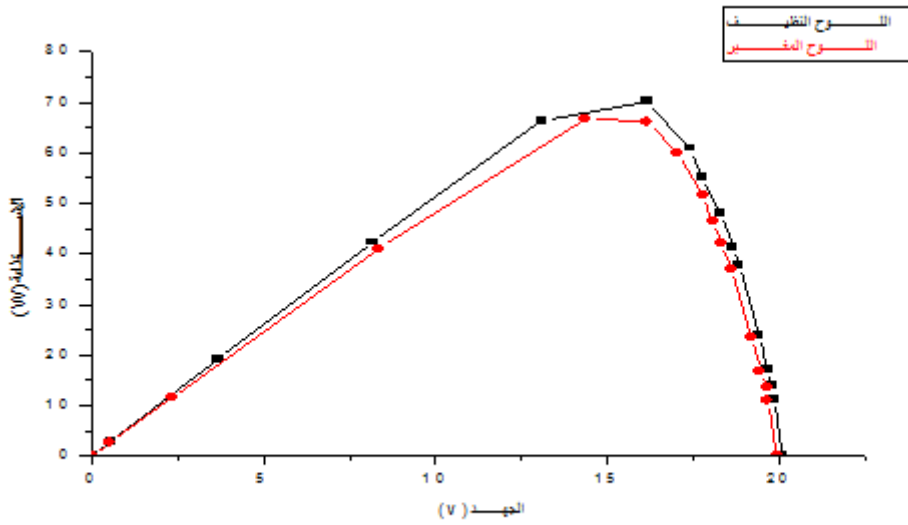
• (ج)

شكل III-12 : نسبة انخفاض كل من الطاقة (أ) وتيار القصر (ب) الجهد و(ج) بدلالة كثافة الغبار .

- من خلال النتائج المتحصل عليها لمقارنة الخصائص الكهربائية (I-V) و (P-v) للوحين الشمسيين المغبر والنظيف في فترات زمنية مختلفة الميئة في المنحنيات (أ) و (ب) بحيث نلاحظ من الشكل (??) اختلاف بين اللوحين المغبر والنظيف في خصائص الكهربائية بعد مرور 30 يوم
- بالنسبة لمنحنى مقارنة (I-V) نلاحظ أن اللوح النظيف يأخذ قيم أعلى من قيم اللوح المغبر والذي سجل انخفاض في تيار قصر ب (5.33%) والجهد ب (1.5%) هذا ما يدل على أن ترسب الغبار ليس له تأثير كبير على جهد الدارة لأن فرق الجهد بين المغبر والنظيف قليل ، لكن ترسب الغبار له تأثير معتبر على تيار القصر بحيث أن اللوح النظيف يسجل قيم أحسن من اللوح المغبر وهذا بسبب تقليل الغبار من الإشعاع الشمسي الساقط على اللوح، وبالتالي فإن ترسب الغبار له تأثير كبير على الخصائص الكهربائية للأنظمة الكهروضوئية .
- أما بالنسبة للمنحنى (P-V) فهو يوضح أن الطاقة العظمى المنتجة من اللوح النظيف تكون أعلى من تلك التي ينتجها اللوح المغبر بحيث تم تسجيل انخفاض نسبة الطاقة ب (5.05%) . وهذا ما يدل على أن الغبار له تأثير كبير على استطاعة اللوح الشمسي بحيث تعمل جزيئات الغبار على عكس جزء من الإشعاع الشمسي، ما يجعله يتحكم في الاستطاعة المنتجة بصفة كبيرة وبالتالي فإنه يقلل من كفاءة اللوح .



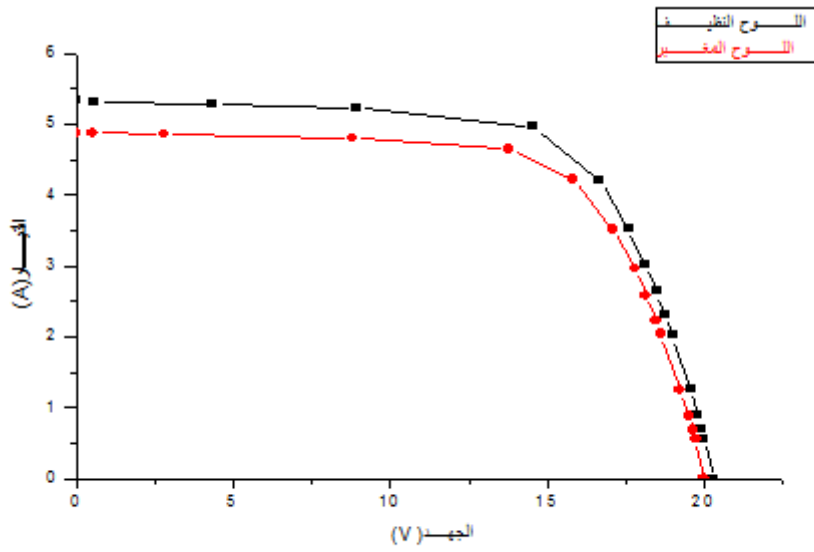
. I-V (I)



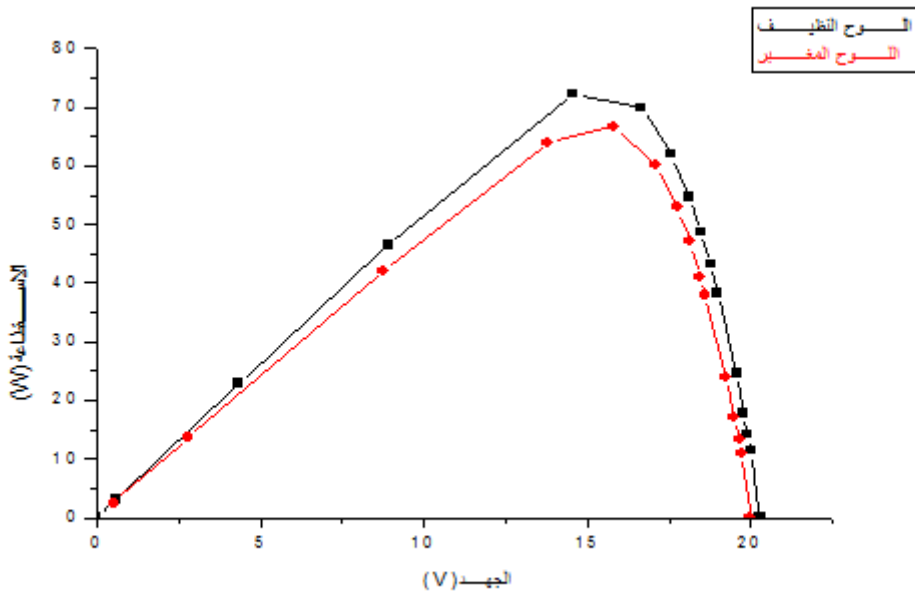
. P-V (ب)

شكل III-13 : مقارنة الخصائص (I-V) و (P-V) للخلية بين اللوحين المغبر و النظيف بعد 30 يوم .

- من خلال النتائج المتحصل عليها لمقارنة الخصائص الكهربائية (I-V) و (P-v) للوحين الشمسيين المغبر والنظيف بعد 60 يوم من التعرض الخارجي. نلاحظ تسجيل انخفاض معتبر في كل من تيار دائرة القصر و الطاقة العظمى المنتجة وذلك بنسبة (8.78%) و (7.67%) على الترتيب. في حين يكون الانخفاض في نسبة الجهد في الفراغ قليلا حيث لا يتجاوز (1.49%). اعتمادا على هذه النتائج فان الغبار المترسب على سطح الألواح الشمسية يؤثر على أداءها بحيث يكون تأثيره كبيرا على كل من تيار دائرة القصر و الاستطاعة العظمى. بينما يكون تأثيره أقل على جهد الدارة المفتوحة. من خلال هذه النتائج أيضا يمكن الاستنتاج أن كثافة تراكم الغبار تزيد بزيادة مدة التعرض في الوسط الخارج مما ينتج عنه زيادة في انخفاض إنتاجية اللوح الشمسي.



• I-V (I)



• P-V (ب)

شكل III-14 : مقارنة انحصائص (I-V) و (P-V) للخلية بين اللوحين المتآكل والنظيف بعد 60 يوم .

4.III الخاتمة:

تعتبر مشكلة تراكم الغبار على الألواح الشمسية من التحديات التي تواجه المنظومات الشمسية ،ومن خلال دراستنا التجريبية توصلنا إلى فهم ظاهرة فقدان الطاقة بسبب تراكم الغبار على سطح الألواح الكهروضوئية. حيث أن الغبار يؤدي إلى إنقاص الإشعاعات الشمسية مما يؤدي إلى تدهور أداء الألواح الشمسية و تزيد نسبة الفقد في الطاقة كلما زادت كثافة الغبار المترسب. لذلك فان تنظيف الألواح الشمسية ضروري و ذلك من اجل الحفاظ على إنتاجيتها و أدائها.

الخلاصة العامة

من خلال هذا البحث تم المساهمة في دراسة وفهم مشكلة الغبار التي تواجه الأنظمة الشمسية، خاصة في المناطق الصحراوية التي تتميز بكثرة الزوايح الرملية، حيث قدمت الدراسة التجريبية عرض وتحليل تأثير الغبار على الخصائص الكهربائية للألواح الشمسية، كما تميز هذا العمل أيضا بقياس وتببع كمية الغبار المتراكمة خلال فترات زمنية مختلفة وعلاقتها بنسبة الطاقة المفقودة بين اللوحين الشمسيين (المغرب والنظيف). من خلال النتائج المتحصل عليها عند المقارنة بين اللوحين الشمسيين لاحظنا وجود فرق معتبر في الخصائص الكهربائية، حيث أظهرت النتائج أن الغبار يؤثر بشكل كبير على تيار دائرة القصر والطاقة العظمى المنتجة، في حين يكون تأثيره قليل على جهد الدارة المفتوحة، ومن النتائج التي تم التوصل إليها كذلك من خلال الدراسة أن نسبة الطاقة المفقودة تتزايد بزيادة كثافة الغبار وذلك بسبب زيادة مدة التعرض في الوسط الخارجي. رغم النتائج التجريبية المميزة المتحصل عليها في هذا العمل إلا أنه نظرا لارتباطها بفترة زمنية محددة لم يتمكن من تحديد الطريقة المناسبة لتنظيف الألواح الشمسية من الغبار. حيث يتطلب ذلك الاستقرار في هذه الدراسة واستكمال العمل التجريبي على طول العام من أجل تحديد الفترات التي يكون فيها تراكم الغبار كبيرا وذلك من أجل التوصل لحلول تكون فعالة واقتصادية لحل مشكل تراكم الغبار على سطح الألواح الشمسية وبالتالي يمكن تحديد الفترات المناسبة لتنظيف الألواح الشمسية في منطقة الدراسة .

المراجع

- [1] سماحي سهيلة -فعالية أداء الخلايا الشمسية الكهروضوئية في ورقلة و تأثير شدة الإشعاع الشمسي و العوامل المناخية عليها مذكرة لنيل ماستر في الفيزياء الإشعاعات و البصريات -جامعة ورقلة 2016.
- [2] سليمان كعوان-جابه احمد - تجربة الجزائر في استغلال الطاقة الشمسية و طاقة الرياح - مجلة العلوم الاقتصادية و التسير و العلوم التجارية - جامعة عنابه .
- [3] سعود يوسف عياش - تكنولوجيا الطاقة البديلة - المجلس الوطني للثقافة و العلوم الكويت 1990م.
- [4] Ababacar NDIAYE « Etude de la dégradation et de la fiabilité des modules photovoltaïques Impact de la poussière sur les caractéristiques électriques de performance »- THESE DE DOCTORAT - Université CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR 2012-2013 .
- [5] Touilla Nacre Eddine et Ghenbazi Slimane « Modélisation et Simulation d'un Système Photovoltaïque » - Mémoire de MASTER -Université Echahid Hama Lakhder d'El-Oued ,2015
- [6] IDIR Zahir - ADRAR Amazigh - « Etude et simulation du comportement d'un générateur photovoltaïque en présence de problème de désadaptation »- Mémoire de MASTER -Université A.MIRA-BEJAIA Année universitaire 2015 ,2016-
- [7] أولاد سالم حليلة- تقدير الإشعاع الشمسي في منطقة ورقلة و تأثير طرق التتبع الشمسي وزوايا التوجيه اللاقط على شدة الإشعاع - مذكرة ماستر أكاديمي - جامعة قاصدي مرباح ورقلة 2017 / 2018.
- [8] Matallah Soraya Dinentiannenet- « simulation d'un système photo voltaïque pour a alimenter un habitat do ns la wilaya d'Ouargla » mémoire de master - u.k.M ,OUARGLA ,2015
- [9] Bendjellouli Zakaria-- « CONTRIBUTION ALAMODELISATION D'UNE CELLULE SOLAIRE » - Mémoire Pour l'Obtention du Diplôme de Magistère- UNIVERSITE DE BECHAR2008 - ,2009
- [10] الدكتور هيثم بجيلي - تصميم جهاز لقياس شدة الإشعاع الشمسي المباشر- مجلة جامعة تشرين للبحوث و الدراسات العلمية - سلسلة العلوم الأساسية المجلد (3) العدد (2) 2009
- [11] محمد احمد سيد خليل - الطاقة الشمسية و استخدمتها - دار الكتاب العلمية لنشر و التوزيع القاهرة .
- [12] د: سوداني محمد البار - تحقيق عملي لمركز شمسي أسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي -مذكرة دكتورا- تخصص طاقةوية - سنة 2017/2018.

- [13] Viore IBadescu ", Modeling Solar Radiation at the Earth's Surface ," Reccent+ Advances 2008th Edition.
- [14] محمد يحيى رمضان الخطيب - دور الخلايا الشمسية في توفير الطاقة وتشكيل المعماري للبياني سكنية في قطاع غزة - مذكرة ماجستير في الهندسة المعمارية - جامعة الإسلامية غزة عمادة الدراسات العليا كلية الهندسة -1436/2015.
- [15] د: سعود يوسف عياش- تكنولوجيا الطاقة البديلة-عالم المعرفة الكويت فبراير 1981.
- [16] د - أحمد العاني - الخلايا الكهروضوئية - العلوم والتقنية - ربيع الآخر 1412 هجري - العدد الرابع و الثلاثون -
- [17] Radhia DOUMANE- « Modélisation du vieillissement d'un module photovoltaïque » Mémoire de Magister - Université M'hamed BOUGARA, Boumerdes Faculté des Sciences de l'Ingénieur 2010/2011.
- [18] ستيفان .ك.و. كراوتر , كتاب توليد القدرة الكهربائية من الطاقة الشمسية , ترجمة الدكتور عبد الباسط علي صالح الطبعة الأولى 2011.
- [19] BERREZZOUG Hanane - « Principe de fonctionnement et mesure des caractéristiques d'une cellule photovoltaïque » - Mémoire de MASTER - Université Dr Moulay Tahar de Saida Faculté des sciences 2015 - 2016 . يوسف سعود د: . 1981 فبراير الكويت المعرفة البديلة-عالم الطاقة تكنولوجيا عياش- يوسف سعود د: . 2016 - 2015
- [20] Mlle ZERROUKI Zolikha et Mlle BEREKSI REGUIG Rym- « Dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome » Mémoire de MASTER - Université ABOU-BEKR BELKAID TLEMCEN Faculté de technologie-Département de génie électrique et électronique 2016 - 2017 .
- [21] IBRAHIM TAHRAOUI et AMINE HALIL- « Dimensionnement et Etude d'une installation photovoltaïque pour une habitation domestique » Mémoire de MASTER - Université Abou-BEKR BELKAID de Tlemcen Faculté de Technologie 2016 - .2017
- [22] MAKHLOUFI SALIM- « CONTRIBUTION A L'OPTIMISATION DE INSTALLATIONS PHOTOVOLTAIQUES PAR DES COMMANDES INTELLIGENTES » THESE DE DOCTORAT -Université hadj lak dar Batna .2013
- [23] محمد رأفت السيد خليل - كتاب الطاقة الشمسية واستخداماتها - دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع القاهرة -2009م.
- [24] - AMARA Karima- » Contribution à l'étude de conception d'une centrale photovoltaïque de puissance (1MW) interconnectée au réseau de distribution électrique moyenne tension « - Mémoire de MASTER - Université MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU- .2014/2015

- [25] book Solar Energy Fundamentals, Technology, and Systems-2014.
- [26] Otmane BENSEDDIK et Fathi Djaloud - » Etude et optimisation du fonctionnement d'un système photovoltaïque « - Mémoire de MASTER - Université u. k. M .OUARGLA ,2011/2012
- [27] د : سمير سعدون - د : مصطفى - د: بلاد عبد الله ناصر - احمد خضر سليمان الطاقة البديلة - مصادرها واستخدامها - دار اليازوريا العلمية للنشر والتوزيع الأردن 2011م
- [28] مجلة العلوم والتكنولوجيا المجلد (14) العدد (12) 2009 ، تأثر العوامل المناخية في اختبار نوعية الألواح الفوتوفلتائية المستخدمة وسعة الخزن المستخدمة .
- [29] عماد جواد كاظم وعماد جليل مهدي وعلي حسين عبيد وعادل عبد الصاحب وسارمد شاكر - تأثير الظل على كفاءة أداء اللوح الشمسي - مجلد 23 العدد 8 ، 2012. مجلة علوم المستنصرية .
- [30] S. Mekhilefa,R. Saidur,M. Kamalisarvestani, Effect of dust, humidity and air velocity on efficiency of photovoltaic cells, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Received 12 August 2011 ,Accepted 5 February ,2012 pagination2922.www.elsevier.com/locate/rsr .
- [31] Dayal Singh Rajput, K. Sudhakar , Effect Of Dust On The Performance Of Solar PV Panel , I. April-June 2013 , pagination ,1084 rajput - dayalsingh@yahoo.co.in.
- [32] H. Qasem*.T. R. Bett, H. Müllejans, H. AlBusairi, R. Gottschal, DUST EFFECT ON PV MODULES , 6-8 April ,2011 <https://dspace.lboro.ac.uk/2134/8459> .
- [33] Ibrahim M., Zinsser B., El-Sherfi H., Hamouda E., Makrides G., Georghiou G.E., Schubert M., Werner J.H. "Advanced Photovoltaic Test Park in Egypt for Investigating the Performance of Different Module and Cell Technologies" Proceedings of the 24th Symposium Photovoltaic Solar Energy, Staffelstien, Germany, March 2009 .
- [34] Mallikarjun G. Hudedmani*, Gita Joshi, Umayal R M, Ashwini Revankar, A Comparative Study of Dust Cleaning Methods for the Solar PV Panels- ,24-29 January 2017 , pagination ,26 doi: <https://doi.org/10.21467/ajgr.1.1.24-29>.