

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الفيزياء



مذكرة تخرج لنيل شهادة **ماستر أكاديمي**

شعبة: **فيزياء**

التخصص: **فيزياء الأرصاد الجوية**

إعداد الطالبة: **خليفة رنده**

بعنوان:

# إحصاء ومقارنة بين تجهيزات قياس الإشعاع الشمسي

نوقشت وأجيزت علنا بتاريخ: 2023/09/14 أمام اللجنة المكونة من الأساتذة:

رئيسا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	الأستاذ فقيه عبدالعالي
مناقشا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	الأستاذ هبال بلخير
مشرفا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	الأستاذ بن بلقاسم خلف الله

السنة الجامعية: 2023/2022

# الإهداء

إلهي لا تطيب اللحظات الا بذكرك وشكرك ولا تطيب الاخرة الا بعفوك ولا

تطيب الجنة إلا برويتك

أهدي تخرجي

إلى النور الذي أنار دري والسراج لا ينطفئ نوره بقلبي أبدا الى من تربيت  
على يده ومن علمني القيم والمبادئ الى من لا ينفصل اسمي عن اسمه والحاضر

بروح قلبي لا يغيب أبي الغالي رحمه الله

إلى من كانت الداعم الأول لتحقيق طموحي الى من كانت ملجائي ويدي اليمنى

في هذي المرحلة إلى من ابصرت بها طريق حياتي واعتزازي بذاتي إلى القلب

الحنون الى من كانت دعواتها تحيطني إلى أمي الحبيبة

وإلى ملهمي نجاحي صناع قوتي صفوة أيامي وسلوة أوقاتي إلى الشموع التي تنير

لي الطريق الى قرة عيني إخوتي

إلى سندي في هذه الحياة ومصدر الأمان إلى من استمد منه قوتي زوجي العزيز

وإلى من كانوا الداعمين لي في الأوقات الصعبة أهل زوجي

إلى جدتي وعمتي حفظهم الله

وإلى جميع أفراد عائلتي

# رندة

# شُكْرٌ وَتَقْدِيرٌ

قال رسول الله صلى الله عليه وسلم

(من لم يشكر الناس لم يشكر الله ومن أهدى إليكم معروفا فكافئوه فإن لم تستطيعوا فادعوا له).

بعد رحلة بحث وجهد جهيد اكتملت بإنجاز هذا العمل نحمد الله عز وجل على النعمة التي منا علينا فهو العلي القدير، كما يسعني أن أخص

باسمي عبارات الشكر والتقدير للأستاذ "بن بلقاسم خلف

الله" الذي تابعني طوال الفترة لإعداد المذكرة. كما أشكر الأستاذ "

فقيه عبد العلي" على قبوله ترأس لجنة المناقشة وكذا أشكر

الأستاذ "هبال بلخير" على قبوله مناقشة مذكري لهما مني أسمي

عبارات الشكر والتقدير والإمتنان.

وكل الشكر الموصول إلى الذين ساهموا في تكويني في كل الأطوار

التعليمية وإلى كل من ساعدني في إنجاز هذا العمل من قريب أو من بعيد

والي الذين زرعوا التفاؤل وقدموا لي المساعدات والتسهيلات.

# فهرس المحتويات

I.....	الإهداء
II.....	الشكر والتقدير
III.....	فهرس المحتويات
VI.....	قائمة الأشكال
VII.....	قائمة الجداول
VIII.....	قائمة الرموز والمختصرات
1.....	مقدمة عامة
الفصل الأول: مفاهيم حول الإشعاع الشمسي	
4.....	1.I. مقدمة
4.....	2.I. تعريف الإشعاع الشمسي
4.....	3.I. طيف الإشعاع الشمسي
5.....	4.I. طبيعة الإشعاع الشمسي
5.....	5.I. مكونات الإشعاع الشمسي
5.....	1.5.I. الإشعاع الشمسي المباشر
5.....	2.5.I. الإشعاع الشمسي المنتشر
5.....	3.5.I. الإشعاع الشمسي الكلي
6.....	6.I. الزوايا الشمسية
6.....	1.6.I. زاوية ميلان الشمس ( $\Delta$ )
7.....	2.6.I. الزاوية الساعية ( $\Omega$ )
8.....	3.6.I. زاوية ارتفاع الشمس ( $H$ )
8.....	4.6.I. زاوية سمت الراس ( $Z$ )
8.....	5.6.I. زاوية البعد الأفقي للشمس ( $A$ )
9.....	7.I. الثابت الشمسي
11.....	8.I. مجالات الإشعاع الشمسي
12.....	9.I. العوامل المؤثرة في الإشعاع الشمسي
12.....	1.9.I. مدة سطوع الشمس (إختلاف طول النهار)
12.....	2.9.I. زاوية سقوط الشمس
12.....	3.9.I. شفافية الغلاف الجوي

13	.....التضاريس.4.9.I
13	.....الأليبدو.5.9.I
13	.....النماذج الرياضية لتقدير الإشعاع الشمسي.10.I
13	.....النماذج الرياضية البسيطة.1.10.I
13	.....النماذج الرياضية المعقدة.2.10.I

### الفصل الثاني: أجهزة قياس شدة الإشعاع الشمسي

16	.....مقدمة.1.II
16	.....جهاز البيرانومتر (PYRANOMETER).2.II
18	.....جهاز البايروهيلومتر (PYRHELIOMETER).3.II
20	.....جهاز البايروجومتر (PYRGEOMETER).4.II
20	.....جهاز قياس الإشعاع الطيفي (SPECTRORADIOMETER).5.II
21	.....جهاز الأليدمتر (ALBEDOMETER).6.II
22	.....جهاز كامبل ستوكس (CAMPBELL-STOCKES).7.II
23	.....المنظمة الدولية للمعايير (أيزو).8.II
24	.....المعايير المرجعية.9.II

### الفصل الثالث: المقارنة بين أنواع وتصنيفات أجهزة قياس شدة الإشعاع الشمسي

26	.....مقدمة.1.III
26	.....تقديم منطقة الدراسة.2.III
28	.....الأجهزة المختارة لعملية المقارنة.3.III
29	.....المعطيات المناخية المستخدمة في الدراسة.4.III
30	.....تقدير الإشعاع الشمسي الكلي باستخدام قيم مدة سطوع الشمس.5.III
31	.....مناقشة النتائج.6.III
33	.....خاتمة عامة
35	.....قائمة المراجع
37	.....الملاحق
40	.....ABSTRACT
40	.....RESUME
40	.....ملخص

# قائمة الأشكال

الصفحة	عنوان الشكل
6	الشكل 1.1. انواع الاشعة الشمسية
7	الشكل 1.2. تغير زاوية ميلان الشمس كدالة لتسلسل اليوم
9	الشكل 1.3. زوايا الشمس المختلفة
11	الشكل 1.4. الثابت الشمسي خارج الغلاف الجوي
12	الشكل 1.5. توزيع طيف الإشعاع الشمسي
16	الشكل 1.2.1. جهاز البيرانومتر (أ) أفقي (ب) مائل
17	الشكل 2.2.1. مبدأ عمل جهاز البيرانومتر
18	الشكل 3.2.1. جهاز البيرانومتر لقياس الإشعاع المبعثر
19	الشكل 4.2.1. جهاز البايروهيلومتر
19	الشكل 5.2.1. مبدأ عمل جهاز البايروهيلومتر
20	الشكل 6.2.1. جهاز البايروجيومتر
21	الشكل 7.2.1. جهاز قياس الإشعاع الطيفي
22	الشكل 8.2.1. جهاز الألبيدومتر
23	الشكل 9.2.1. جهاز كامبل ستوكس
26	الشكل 1.3.1. الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة
27	الشكل 2.3.1. التغير في درجات الحرارة في منطقة الدراسة (2007-2014)
28	الشكل 3.3.1. منحنى مطر - حرارة لمنطقة الدراسة (2007-2014)
29	الشكل 4.3.1. التغير اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لسنة 2014 بإن أمناس
30	الشكل 5.3.1. التغير اليومي لمدة سطوع الشمس لسنة 2014 بإن أمناس
30	الشكل 6.3.1. العلاقة بين الإشعاع الشمسي الكلي اليومي ومدة سطوع الشمس لسنة 2014 بإن أمناس

## قائمة الجداول

الصفحة	عنوان الجدول
28.....	الجدول 1.3. معلومات جغرافية وفلكية لمنطقة الدراسة.....
29.....	الجدول 2.3. الخصائص والإرتيابات الخاصة بكل جهاز.....
31.....	الجدول 3.3. النتائج الإحصائية للمقارنة بين الجهازين.....

## قائمة الرموز والمختصرات

الرمز	الإسم	الوحدة
$A$	البعد الأفقي للشمس	$rad$
$C$	سرعة الضوء	$m/s$
$dn$	رقم التسلسل اليومي	يوم
$DNI$	الإشعاع الشمسي المباشر	$W/m^2$
Diffuse	الإشعاع الشمسي المنتشر	$W/m^2$
$E_0$	معامل تصحيح الاختلاف المركزي للمدار الأرضي حول الشمس	بدون وحدة
$G_{ext}$	الإشعاع الشمسي الكلي خارج الغلاف الجوي	$W/m^2$
$G_{clear}$	الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على الأرض في حالة السماء صافية	$W/m^2$
$h$	زاوية ارتفاع الشمس	$rad$
$H$	المتوسط الشهري للإشعاع الشمسي الكلي	$W/m^2$
$H_0$	المتوسط الشهري للإشعاع الشمسي الكلي خارج الغلاف الجوي	$W/m^2$
$k_t$	مؤشر الصفاء	بدون وحدة
$ISO$	الهيئة العالمية للموصفات	بدون وحدة
$I_{sc}$	الثابت الشمسي	$W/m^2$
$I_d$	الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على سطح أفقي	$W/m^2$
$I_{as}$	الإشعاع الشمسي المنتشر الساقط على سطح أفقي	$W/m^2$
$I_G$	الإشعاع الشمسي الساقط على سطح أفقي والنتائج عن إنعكاسات متتالية بين الأرض والشمس	$W/m^2$
$T_0$	معامل النفاذية للأوزون والنتائج عن الإمتصاص	بدون وحدة
$T_A$	معامل النفاذية للهباء الجوي والنتائج عن الإمتصاص والتشتت	بدون وحدة
$T_R$	معامل النفاذية لتشتت ريلي	بدون وحدة
$T_M$	معامل النفاذية الكلية لجميع التأثيرات الجزئية	بدون وحدة
$T_D$	درجة حرارة نقطة الندى	$^{\circ}C$
$r$	المسافة بين الأرض والشمس	$m$
$r_0$	المسافة المتوسطة بين الأرض والشمس	$m$
$r_g$	الألبيدو الأرضي	%
$r_s$	الألبيدو الغلاف الجوي	%
$S$	مدة سطوع الشمس	$h$
$S_0$	مدة سطوع الشمس النظري	$h$
$w_s$	الزاوية الساعية عند زاوية ارتفاع الشمس $h=0$	$rad$
$z$	زاوية سمت الرأس	$rad$
$\varphi$	خط العرض المحلي	$rad$
$\delta$	زاوية ميل الشمس	$rad$
$\lambda$	الطول الموجي	$m$

### مقدمة عامة

لقد لعبت الشمس دورًا هامًا في الثقافات البشرية عبر التاريخ. حيث تقدم المصادر الأثرية وكذلك السجلات الفلكية المبكرة في حضارات بلاد ما بين النهرين لمحات من عبادة الشمس في مجتمعات ما قبل التاريخ. إن وفرة طاقة الشمس واستمرارها عبر المواسم قد رسم بشكل طبيعي حدود الحياة البشرية والازدهار والنمو المجتمعي، متحكمة بذلك في دورة الفصول وعجلة السنة في المجتمعات الزراعية. ومع ذلك، فإن الاستخدام المباشر للإشعاع الشمسي لأغراض محددة مثل التدفئة وتوفير الطاقة، كان ظهوره متأخرًا نسبيًا في التاريخ.

الشمس آية من آيات الله في الكون ولعظمتها تكرر ذكرها في القرآن الكريم سخرها الله تعالى لتحقيق الحياة لجميع الكائنات الحية على وجه الأرض فمنها تستمد الكائنات الحية الطاقة اللازمة لحياتهم، ولذلك امتن الله بها على عباده في قوله تعالى:

"وَسَخَّرَ لَكُمُ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ دَائِبَيْنِ وَسَخَّرَ لَكُمُ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ (33) وَأَتَاكُمْ مِنْ كُلِّ مَا

سَأَلْتُمُوهُ وَإِنْ تَعُدُّوا نِعْمَةَ اللَّهِ لَا تُحْصُوهَا إِنَّ الْإِنْسَانَ لَظَلُومٌ كَفَّارٌ (34)». سورة إبراهيم

طاقة الإشعاع الشمسي هو الطاقة التي تطلقها الشمس في جميع الاتجاهات، وتتضمن الإشعاع المرئي وغير المرئي بمعنى آخر الطاقة الضوئية والحرارية على الأرض، وتعد الشمس المصدر الرئيسي للطاقة على سطح الأرض فهي المسؤولة عن أكثر من 99% من الطاقة المتاحة على الأرض تقريبًا، بينما الطاقة الباقية مصدرها تحليل المواد المشعة في باطن الأرض وطاقة المد والجزر والرياح وغيرها.

يشهد عالم تكنولوجيا أجهزة قياس المعطيات المناخية تطورًا سريعًا خاصة في المجال الرقمي حيث يتم الاستبدال التدريجي للأجهزة الكلاسيكية بأخرى رقمية تتميز بدقة القياس مثل تلك الخاصة بقياس الإشعاع الشمسي.

تعتمد هذه الدراسة على المعطيات المناخية اليومية والشهرية لمحطة إن أمناس خلال فترة الدراسة (2007-2014).

وللأهمية الإشعاع الشمسي وتأثيره المتعدد على مظاهر البيئة كافة، أردنا إجراء إحصاء ودراسة لبعض تجهيزات الإشعاع الشمسي ودراسة مميزات وخصائص وتصنيفات يتميز بهاو إجراء مقارنة بينهم .  
ستتم المقارنة لمدة عام واحد بين أجهزة قياس الإشعاع الكلي ومدة سطوع الشمس في محطة إن أمناس.  
سوف نقوم بمقارنة قيم الإشعاع الشمسي الكلي اليومي التي تم قياسها باستخدام جهاز بيرانوميتر (Pyranometer) ، مع تلك التي تم حسابها بواسطة النموذج التجريبي الخطي لأنجستروم (Angstrom) باستخدام مدة سطوع الشمس المقاسة بواسطة جهاز كامبل ستوكس (Campbell-Stockes).

تم تقسيم هذه المذكرة إلى ثلاثة فصول تسبقها مقدمة وتليها خاتمة. تبدأ المقدمة بتعريف عام

لموضوع الدراسة مع طرح الإشكالية والهدف من الدراسة وهي مقسمة كمايلي :

- في الفصل الأول نستعرض بعض المفاهيم الخاصة بالشعاع الشمسي وبعض المعادلات الرياضية.
- في الفصل الثاني نتطرق فيه إلى دراسة بعض الأجهزة المشهورة لقياس شدة الإشعاع الشمسي.
- في الفصل الثالث نقدم منطقة الدراسة ونتائج المقارنة بين أجهزة الإشعاع الشمسي.

# الفصل الأول:

مفاهيم حول الإشعاع الشمسي

# الفصل الأول: مفاهيم حول الإشعاع الشمسي

## 1.I. مقدمة

الإشعاع الشمسي هو مصدر حيوي للطاقة والضوء ينبعث من الشمس ويصل إلى الأرض. يعتبر الإشعاع الشمسي أحد العوامل الرئيسية التي تساهم في دعم الحياة على كوكب الأرض وتحفز العمليات الحيوية والبيئية، حيث يلعب الإشعاع الشمسي دورًا حاسمًا في الطقس والمناخ والنظم البيئية. فمن خلال الإشعاع الشمسي يتم تسخين الأرض والغلاف الجوي، مما يؤدي إلى تكوين التيارات الهوائية وتدفقات الحرارة وتشكيل السحب والأمطار. كما يعد الإشعاع الشمسي عاملاً حاسمًا في عملية التركيب الضوئي للنباتات. حيث سنخصص في هذا الفصل بعض المفاهيم التي تتعلق بالإشعاع الشمسي.

## 2.I. تعريف الإشعاع الشمسي

هو مقدار شدة الضوء الصادر عن الشمس و الساقط على مساحة معينة، القادرة على توليد قدرة كهربائية، لا يصيب الأرض إلا حوالي جزء من ألفي مليون جزء من أشعة الشمس التي تقدر بنحو 1000 W لكل متر مربع ، هذا القدر الضئيل هو المسئول عن كل الطاقة الحرارية لسطح الأرض وغلافها الجوي [8].

## 3.I. طيف الإشعاع الشمسي

يتكون طيف الإشعاع الشمسي من:

- 9% من طيف الأشعة فوق البنفسجية.
- 47% من طيف الأشعة المرئية.
- 44% من طيف الأشعة تحت الحمراء [2].

## الفصل الأول: مفاهيم حول الإشعاع الشمسي

### 4.I. طبيعة الإشعاع الشمسي

تسمى الطاقة الشمسية الساقطة لوحدة المساحة على سطح أفقي بالإشعاع الشمسي وهي أشعة كهرومغناطيسية يتراوح طولها الموجي بين  $0.5 \mu m$  إلى  $4 \mu m$  [3].

### 5.I. مكونات الإشعاع الشمسي

طيف الإشعاع الشمسي على سطح الأرض يتكون من ثلاث مكونات مختلفة كما هي مبينة في الشكل 1.1:

#### 1.5.I. الإشعاع الشمسي المباشر

هو الإشعاع الساقط من الشمس على شكل حزمة بدون أي انتشار أو تبعثر داخل الغلاف الجوي لذلك يكون اتجاهه ثابت لا يتغير [4].

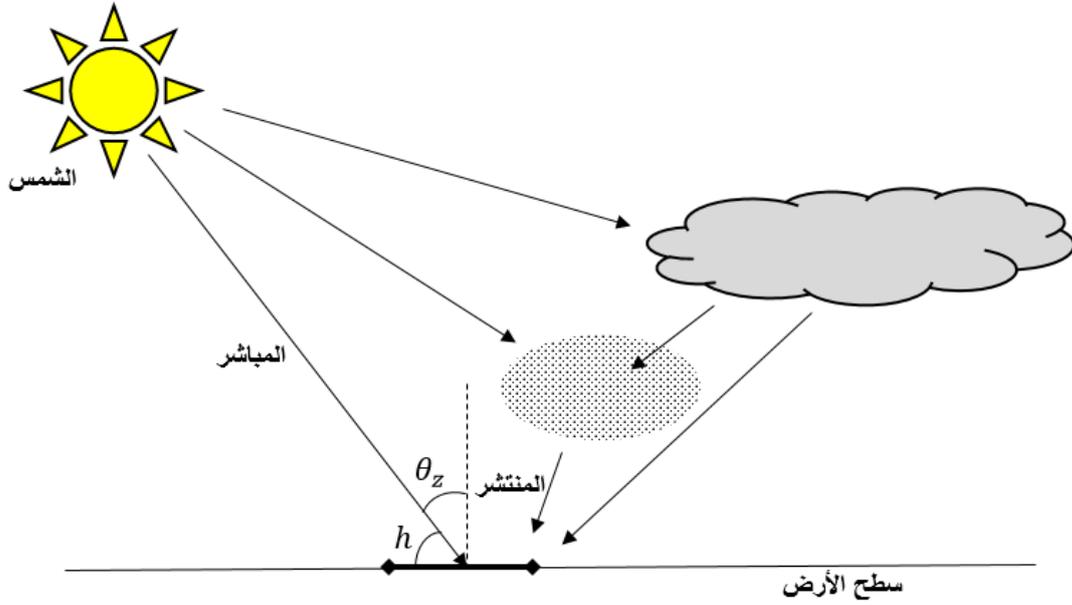
#### 2.5.I. الإشعاع الشمسي المنتشر

هو الإشعاع الذي ينتشر في منتصف الغلاف الجوي وخارجها في حين ينعكس اشعاع اخر من البيئة الخارجية (سطح الأرض) اعتمادا على البياض المحلي (الالببدو). [4].

#### 3.5.I. الإشعاع الشمسي الكلي

هو الإشعاع الذي يصل الى الأرض اما مباشرة او بعد الانتشار ويعرف على انه مجموع الإشعاع الشمسي المنتشر والمباشر [4].

## الفصل الأول: مفاهيم حول الإشعاع الشمسي



الشكل 1.1. أنواع الأشعة الشمسية [8]

### 6.I. الزوايا الشمسية

إن معرفة اتجاه الشمس عند أي نقطة من سطح الأرض والتي تسمى بالموقع الشمسي ضرورية من أجل تحديد موقع الشمس بالنسبة للأرض حيث ان الزوايا الشمسية تشمل [5]:

### 1.6.I. زاوية ميلان الشمس ( $\delta$ )

هي الزاوية التي يصنعها الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض مع دائرة خط الاستواء حيث تتراوح

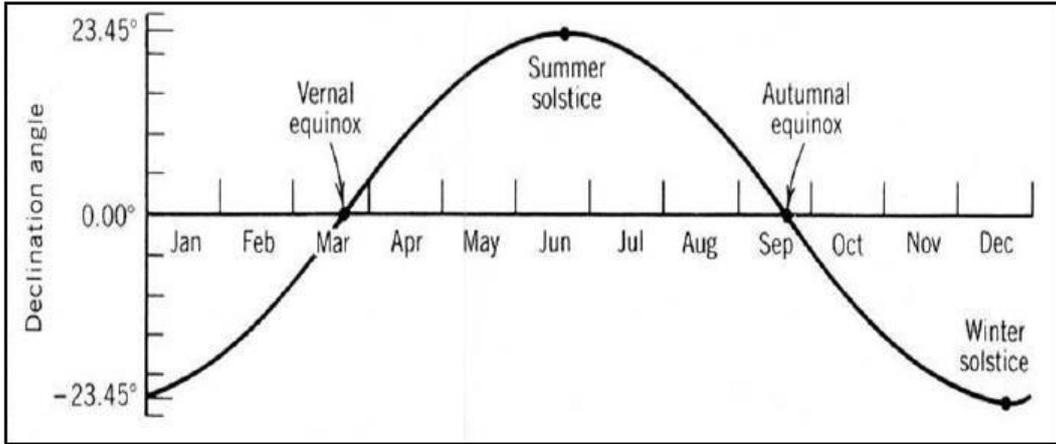
قيمة هذه الزاوية بين  $(-23.45^\circ)$  و  $(+23.45^\circ)$  والتي يمكن حسابها باستعمال العلاقة التالية:

$$\delta = 23.45 \sin\left(\frac{360}{365}(dn + 284)\right) \quad (1.1)$$

حيث :

$dn$  : تسلسل اليوم في السنة.

## الفصل الأول: مفاهيم حول الإشعاع الشمسي



الشكل 1. 2. تغير زاوية ميلان الشمس كدالة لتسلسل اليوم [12]

### 2.6.I. الزاوية الساعية ( $\omega$ )

هي القياس الزاوي للوقت وتساوي 15 درجة لكل ساعة وتقاس بالنسبة الى موقع الشمس وقت الظهر حيث تكون موجبة قبل الظهر وسالبة بعده وصفر عنده ويمكن استخراج قيمتها لأي ساعة من ساعات النهار من العلاقة التالية [13]:

$$\omega = \frac{360}{24} (12 - t) \quad (2.1)$$

حيث

t: يمثل معدل الزمن بالساعات مقاسا من وقت الظهر.

يمكن تحديد نقطة ما على سطح الأرض بالنسبة للإشعاع الشمسي في اية لحظة اذا علم كل من خط

العرض  $\phi$  والزاوية  $\omega$  وزاوية ميلان الشمس  $\delta$ .

## الفصل الأول: مفاهيم حول الإشعاع الشمسي

### 3.6.I. زاوية ارتفاع الشمس (h)

يمثل الارتفاع الزاوي الذي يقاس من افق الراصد الى موقع الشمس في السماء بمعنى اخر هي زاوية التي تجعل اتجاه الشمس مع الاسقاط.

تعتبر هذه الزاوية مهمة في تحديد كمية الإشعاع الواصل الى سطح الأرض حيث تعطى بالعلاقة التالية:

$$\sin h = \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \cos(\omega) \quad (3.1)$$

حيث:

$\varphi$ : يمثل خط العرض المحلي .

### 4.6.I. زاوية سمت الراس (Z)

هي الزاوية المحصورة بين الراصد وموقع الشمس بمعنى اخر هي الزاوية التي يصنعها الإشعاع الشمسي مع العمود المقام على السطح الافقي.

مجموع السمات وزاوية ارتفاع الشمس يساوي 90 درجة أي ان :

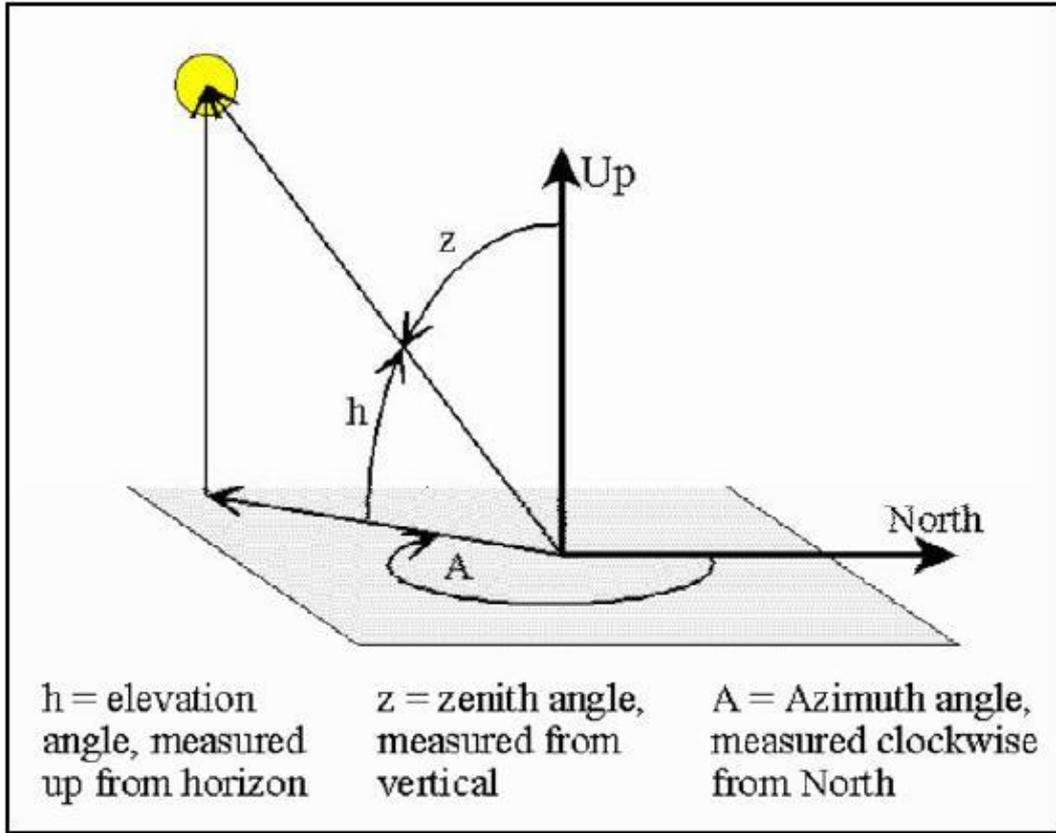
$$Z = 90^\circ - h \quad (4.1)$$

### 5.6.I. زاوية البعد الأفقي للشمس (A)

هي الزاوية التي يصنعها مسقط شعاع الشمس على مستوى افق الرصد مقاسة نسبة للشمال وقيمتها تتراوح بين 0 و 180 درجة ويمكن حسابها باستعمال العلاقة التالية:

$$A = \cos^{-1} \left[ \frac{\sin(h) \sin(\varphi) - \sin(\delta)}{\cos(h) \cos(\varphi)} \right] \quad (5.1)$$

## الفصل الأول: مفاهيم حول الإشعاع الشمسي



الشكل 1. 3. زوايا الشمس المختلفة [8]

### 7.I. الثابت الشمسي

تعرف كمية الطاقة الساقطة عموديا على وحدة المساحة لوحدة الزمن خارج الغلاف الجوي للأرض عند

متوسط المسافة بين الشمس والأرض بالثابت الشمسي كما يمكن حساب كمية الإشعاع الشمسي خارج

الغلاف الجوي باستخدام الثابت الشمسي  $I_{sc}$  حسب العلاقة التقريبية التالية :

$$G_{ext} = \frac{24}{\pi} I_{sc} E_0 \cos(\varphi) \cos(\delta) \left[ \sin(W_S) - \frac{\pi}{180} (W_S) \cos(W_S) \right] \quad (6.1)$$

حيث:

$G_{ext}$  : الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي

## الفصل الأول: مفاهيم حول الإشعاع الشمسي

$\varphi$  : خط عرض محلي (درجة)

$W_s$ : الزاوية الساعية التي يمكن حسابها من العلاقة التالية:

$$w_s = \cos^{-1}[-\tan(\varphi) \tan(\delta)] \quad (7.1)$$

حيث:

$\delta$ : تمثل زاوية ميل الشمس وهي تحسب بالعلاقة (1.1)

$I_{SC}$ : الثابت الشمسي وهو يساوي تقريبا ( $1370 \text{ W/m}^2$ )

$E_0$ : معامل تصحيح الاختلاف المركزي للمدار الأرضي حول الشمس ويمكن حسابه بالمعادلة

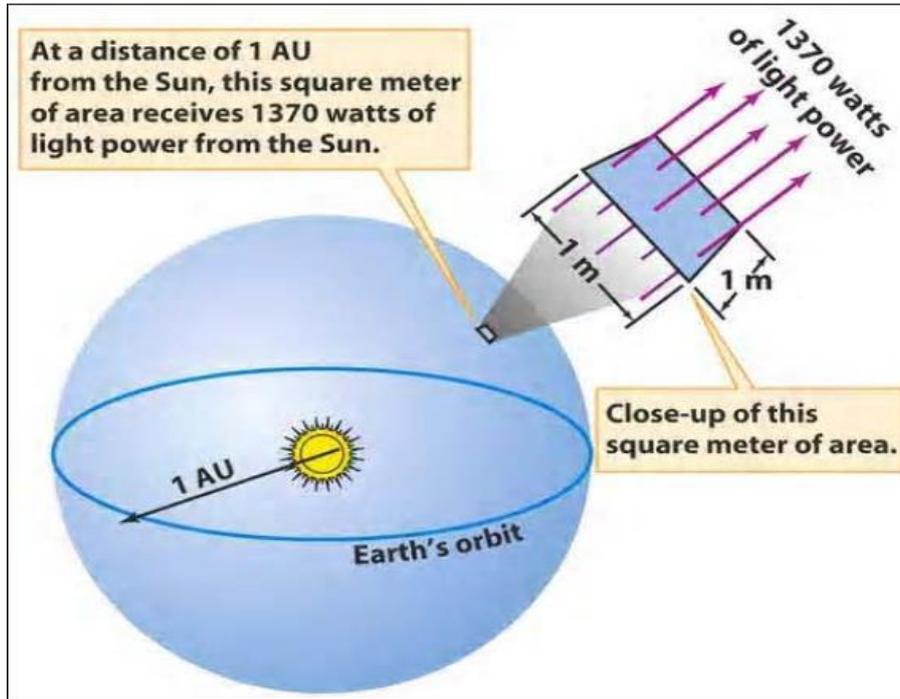
$$E_0 = \left(\frac{r_0}{r}\right)^2 = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi dn}{365}\right) \quad (8.1)$$

حيث:

$r_0$ : متوسط المسافة بين الأرض والشمس والذي يسمى بالوحدة الفلكية.

$r$ : المسافة بين الأرض والشمس.

## الفصل الأول: مفاهيم حول الإشعاع الشمسي



الشكل 1. 4. الثابت الشمسي خارج الغلاف الجوي [5]

### 8.I. مجالات الإشعاع الشمسي

الإشعاع الشمسي الساقط على مستوى أفقي ينقسم عادة إلى إشعاع شمسي وإشعاع مصدره الأرض الذي يشمل على إشعاع منعكس من سطح الأرض والمنبعث منه، وتعتمد خصائص الإشعاع على نوع المصدر المولد له، حيث ينبعث الإشعاع بموجات مختلفة الطول حسب درجات الحرارة وفيها يخص الإشعاع المنبعث من الشمس فهو يتضمن الأنواع الانبعاثية التالية:

- المجال الفوق بنفسجي ويمثل 7% من الطاقة الكلية المنبعثة من الشمس.

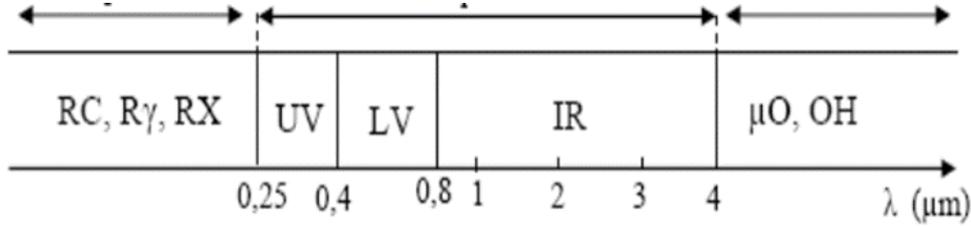
- المجال المرئي ويمثل 45% من الطاقة الكلية المنبعثة من الشمس.

- المجال تحت الأحمر ويمثل 45.5% من الطاقة الكلية المنبعثة من الشمس.

## الفصل الأول: مفاهيم حول الإشعاع الشمسي

إن طيف الإشعاع الشمسي يحاكي إشعاع الجسم الأسود في درجة حرارة  $T=5600^{\circ}\text{C}$  في المجال الطيفي

$$\lambda \in [0.25 - 4] \mu\text{m}$$



الشكل 1. 5. توزيع طيف الإشعاع الشمسي [7]

### 9.I. العوامل المؤثرة في الإشعاع الشمسي

هناك عدة عوامل مؤثرة في توزيع وتحديد قوة تأثير الإشعاع الشمسي أهمها [2]:

#### 1.9.I. مدة سطوع الشمس (إختلاف طول النهار)

هي عدد الساعات الفعلية لظهور أشعة الشمس المباشرة خلال النهار من شروق الشمس إلى غروبها وتكون أطول مدة لسطوع الشمس بين خطي عرض ( $15^{\circ}$ – $35^{\circ}$ ) شمالي وجنوبي خط الاستواء تساوي (الليل والنهار).

#### 2.9.I. زاوية سقوط الشمس

تتأثر كمية الإشعاع الشمسي التي يكتسبها السطح بالزاوية التي تصنعها أشعة الشمس، مع خط عمودي على هذا السطح، وبالتالي لبد من معرفة موقع الشمس في السماء في أي وقت خلال النهار وخلال أشهر السنة، وهذا يتم من خلال التعرف على زوايا الشمس كذلك يؤثر خط العرض على زوايا الشمس.

#### 3.9.I. شفافية الغلاف الجوي

تعد المناطق التي يكثر فيها الهواء الملوث بالتربة والعوالق وكثرة السحب، تستقبل كميات قليلة من الإشعاع الشمسي مقارنة بالمناطق ذات الجو الشفاف.

## الفصل الأول: مفاهيم حول الإشعاع الشمسي

### 4.9.I. التضاريس

إن اتجاه السفوح الجبلية وانحدارها يؤثر بشكل كبير في كميات الإشعاع الشمسي التي تصل إليها وخاصة في المناطق المعتدلة والباردة، حيث تصلها أشعة الشمس بشكل مائل، أما المناطق المدارية يكون فيها هذا العامل محدودا حيث يكون وصول أشعة الشمس إليها بشكل عمودي أو شبه عمودي طوال السنة.

### 5.9.I. الألبيدو

هو النسبة التي يتم إنعكاسها من قبل سطح الأرض إلى الفضاء بصورة مباشرة من الإشعاع الشمسي الصافي الواصل إليه، تختلف نسبة الألبيدو من مكان إلى مكان آخر تبعا لموقع المنطقة واختلاف طبيعة السطح (من حيث التركيب واللون ووجود النبات ونوعها).

### 10.I. النماذج الرياضية لتقدير الإشعاع الشمسي

هناك عدة نماذج تجريبية لتقدير الإشعاع الشمسي منها الخطية البسيطة والمعقدة أهمها [5] :

#### 1.10.I. النماذج الرياضية البسيطة

كل هاته النماذج هي أساس ارتباطات تجريبية تعتمد على التعميم لموقع معين والمعالم الفلكية، ونظرا لهذا الارتباط يجب توخي الحذر عند تطبيق النماذج البسيطة جدا في مواقع أخرى من تلك التي تستخدم معايير أدق، حيث أن كل هذه النماذج تعتمد على زاوية سمت الشمس (Z) . وفيما يلي قائمة لبعض النماذج البسيطة.

#### • نموذج Angstrom–Prescott

$$\frac{H}{H_0} = a + b\left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (9.1)$$

#### • نموذج Kasten–Czeplak (KC)

$$G_{clear} = 910 \times \cos(Z) - 30 \quad (10.1)$$

• نموذج (1979) Berger-Duffie (BD)

$$G_{\text{clear}} = I_{\text{SG}} \times 0.70 \times \cos(Z) \quad (11.1)$$

2.10.I. النماذج الرياضية المعقدة

• نموذج BALL و ATWATER

$$G_{\text{clear}} = I_{\text{SG}} (\cos Z) (T_M - a_W) T_A / (1 - r_g r_S) \quad (12.1)$$

• نموذج HAY و DAVIES

$$G_{\text{clear}} = I_d + I_{as} + I_G \quad (13.1)$$

• نموذج WATT

$$G_{\text{clear}} = I_d + I_s \quad (14.1)$$

## الفصل الثاني:

أجهزة قياس شدة الإشعاع الشمسي

## الفصل الثاني: أجهزة قياس شدة الإشعاع الشمسي

### 1.II. مقدمة

نعتبر عن كمية الطاقة الإشعاعية الساقطة على وحدة المساحة بشدة الإشعاع الشمسي. هناك عدة أنواع مختلفة من الأجهزة المستخدمة لقياس الإشعاع الشمسي. تم تصميم هذه الأجهزة لقياس جوانب مختلفة من الإشعاع الشمسي، مثل شدته، واتجاهه، وتركيبه الطيفي. نحاول في هذا الفصل استعراض أهم الأجهزة المستخدمة لقياس الإشعاع الشمسي

### 2.II. جهاز البيرانومتر (Pyranometer)

هو جهاز يستخدم لقياس الإشعاع الشمسي الكلي (المباشر والمبعثر) المستقبل على سطح أفقي أو مائل. وعادةً ما يتكون من مستشعر حراري ترموبيل (Thermopile) أو مزدوج حراري ترموكوبل (Thermocouple) مثبت داخل قبة زجاجية. يتكون هذه المزدوج الحراري من صفيحتين معدنيتين واحدة سوداء والأخرى بيضاء [10].

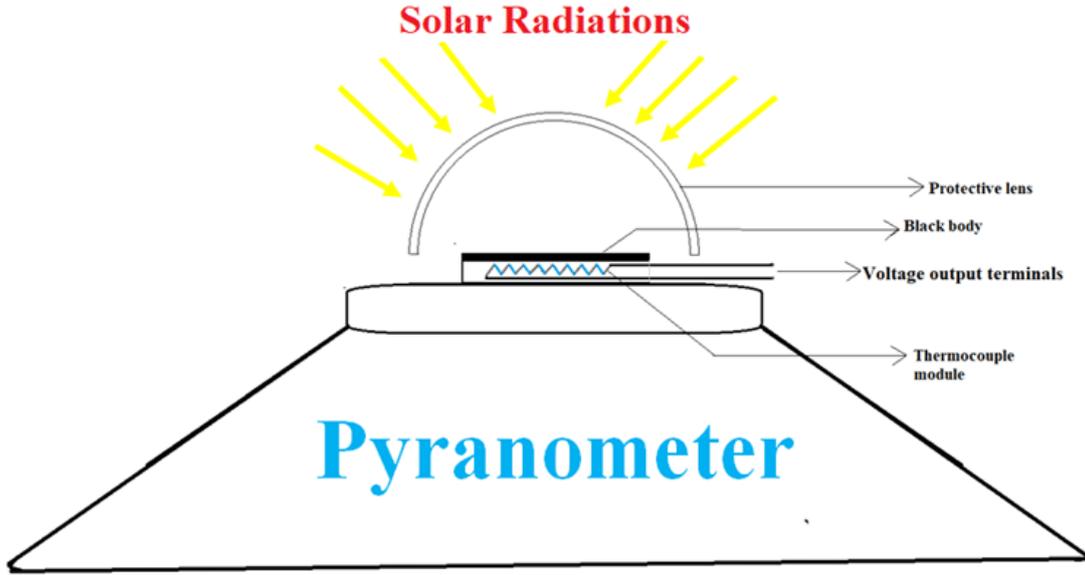


الشكل 1.2. جهاز البيرانومتر (أ) أفقي (ب) مائل [16]

## الفصل الثاني: أجهزة قياس شدة الإشعاع الشمسي

مبدأ عمله

عند تعرض الجهاز للإشعاع الشمسي، تمتص القطعة السوداء كل الأشعة الواصلة إليها وتسخن، بينما تعكس القطعة البيضاء كل الأشعة الواصلة إليها، مما يخلق فرقاً في درجة الحرارة ويتولد فرق في الجهد يتناسب مع شدة الإشعاع الشمسي الساقط أي يعمل الجهاز على تحويل الفرق بين كمية الطاقة التي تكتسبها كلتا القطعتين المعدنيتين إلى إشارات كهربائية تحرك مؤشر في قرص مدرج يمكن قراءته وتدوينه في جداول خاصة للتعبير عن شدة الإشعاع الشمسي الكلي المقاس [10].



الشكل 2.2. مبدأ عمل جهاز البيرانومتر [16]

ويمكن قياس الإشعاع الشمسي المبعثر بجهاز البيرانومتر حيث يضيف إليه حلقة معدنية تمنع

وصول الأشعة المباشرة عبر البلورة الزجاجية.



الشكل 3.2. جهاز البايرونومتر لقياس الإشعاع المبعثر [16]

### 3.II. جهاز البايروهيليو متر (Pyrheliometer)

هو جهاز يستخدم لقياس الإشعاع الشمسي المباشر، والذي يمثل الإشعاع الشمسي الواصل من الشمس دون أي تشتت أو انعكاس. تم تجهيز هذا الجهاز بنظام تتبع لمواجهة الشمس باستمرار. يتكون جهاز البايروهيليو متر من أنبوب معدني به ثقب صغير يحوي على بلورة من الكوارتز، في نهاية الأنبوب يوجد مستشعر حراري ترموبيل (Thrmopile) أو مزدوج حراري ترموكوبل (Thermocouple) به قرص أبيض مع بقعة سوداء [16].

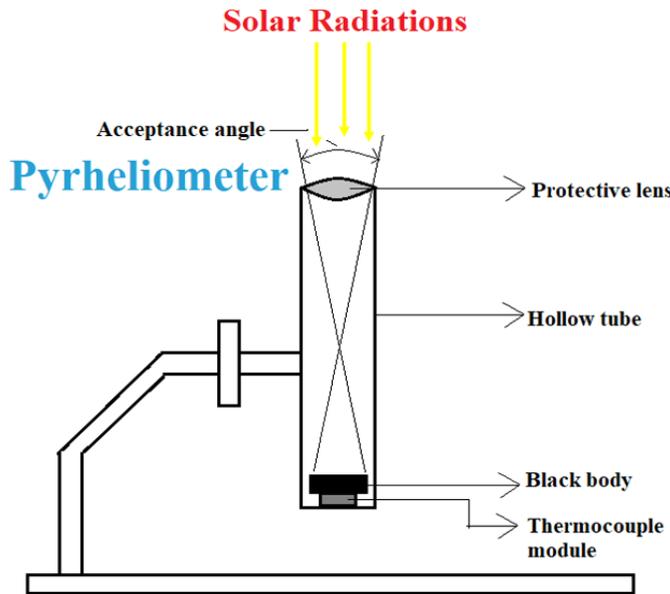
## الفصل الثاني: أجهزة قياس شدة الإشعاع الشمسي



الشكل 4.2. جهاز البايروهيليومتر [16]

### مبدأ عمله

يدخل الإشعاع الشمسي إلى هذا الجهاز من خلال نافذة كوارتز بلورية ويصل مباشرة إلى جهاز حراري، حيث يتم امتصاص الإشعاع المصفى عن طريق السطح الأسود على المزدوج الحراري ويتم تحويله إلى حرارة. لذلك يمكن تغيير هذه الطاقة من الحرارة إلى إشارة كهربائية عن طريق حساب فرق الجهد وفي الأخير يعبر عن شدة الإشعاع الشمسي المباشر المقاس [16].



الشكل 5.2. مبدأ عمل جهاز البايروهيليومتر [16]

### 4.II. جهاز البايروجيومتري (Pyrometer)

هو جهاز يستخدم لقياس الإشعاع في مجال الأشعة تحت الحمراء (الأشعة ذات الطول الموجي الطويل) الذي ينبعث من سطح الأرض والغلاف الجوي. يتكون من مستشعرًا حساسًا لإشعاع الموجة الطويلة، عادةً ما يكون حراريًا [18].



الشكل 6.2. جهاز البايروجيومتري [18]

#### مبدأ عمله

تستطيع فقط الأشعة ذات الطول الموجي الطويل باختراق الجهاز حيث يحولها المستشعر الحراري إلى إشارة كهربائية عن طريق حساب فرق الجهد [18].

### 5.II. جهاز قياس الإشعاع الطيفي (Spectroradiometer)

هو جهاز يستخدم موشور لتفريق الإشعاع الوارد إليه. يتكون هذا الجهاز من مستشعر يكتشف شدة الإشعاع عند أطوال موجية مختلفة، مثل الأشعة فوق البنفسجية والمرئية والأشعة تحت الحمراء [19].

## الفصل الثاني: أجهزة قياس شدة الإشعاع الشمسي



الشكل 7.2. جهاز قياس الإشعاع الطيفي [19]

### مبدأ عمله

يقوم الموشور بمرور الإشعاع الشمسي حيث يلتقط المستشعر المعلومات الطيفية مما يسمح

بتحليل مفصل للإشعاع الشمسي عبر أطوال موجية مختلفة [11].

### 6.II. جهاز الألبيدومتر (Albedometer)

هو جهاز يستخدم لقياس البياض (الإشعاع العاكس) للسطح. يستخدم في الغالب لقياس

انعكاس سطح الأرض. غالبًا ما يتكون من مقياسين للحرارة: أحدهما يواجه السماء والآخر لأسفل باتجاه

السطح. من نسبة الإشعاع الوارد والعاكس يمكن حساب البياض [11].



الشكل 8.2. جهاز الأليدمتر [17]

### مبدأ عمله

عند قياس الإشعاع الشمسي الوارد والإشعاع الشمسي المنعكس. بمقارنة القياسين، يمكن تحديد البياض، الذي يمثل نسبة الإشعاع المنعكس إلى الإشعاع الساقط [10].

### 7.II. جهاز كامبل ستوكس (Campbell-Stockes)

هو جهاز عبارة عن كرة زجاجي تتجمع بها الأشعة الشمسية حيث يقيس عدد ساعات سطوع الشمسي عن طريق إحتراق ورقة زرقاء ملفوفة خلف الكرة الزجاجية [10].



الشكل 9.2. جهاز كامبل ستوكس [20]

### مبدأ عمله

تخترق أشعة الشمس البلورة الزجاجية التي تجمع الأشعة في حزمة حرارية تقوم بحرق الورقة الموضوعه خلف البلورة حيث يتم إحتساب ساعات سطوع الشمس عن طريق حساب طول علامات إحتراق الورقة المدرجة بالساعات [20].

### 8.II. المنظمة الدولية للمعايير (أيزو)

هي منظمة تختص بضمان تطبيق معايير الجودة القصوى في كل المجالات تقريبا، وكلمة " ISO " هي اختصار لمصطلح International Organization for Standardization ، وهذه المنظمة تعمل على وضع المعايير، وتضم ممثلين من عدة منظمات قومية للمعايير، ومنظمة الأيزو تأسست في 23 فبراير 1947 وتهتم تحديدا بتحديد تلك المعايير التجارية والصناعية عالمية، ويقع مقرها في مدينة جنيف بسويسرا. وبالرغم من أن الأيزو منظمة غير حكومية، إلا أنها وصلت لدرجة من التميز جعلت لها

## الفصل الثاني: أجهزة قياس شدة الإشعاع الشمسي

قدرة على وضع المعايير التي تتحول عادة إلى قوانين؛ ويكون ذلك إما عن طريق المعاهدات أو المعايير القومية، وتلك الأمور جعلت لها قوة أكبر كثيرا من قوة معظم المنظمات غير الحكومية [14].

### 9.II. المعايير المرجعية

تتبع معايير مقياس الإشعاع الشمسي معايير المنظمة الدولية للمعايير ISO والمنظمة العالمية للأرصاد الجوية WMO وتجري مقارنات بين أجهزة مقياس الإشعاع الشمسي لمعايرة وقياس كمية الطاقة الشمسية بصورة منتظمة. والهدف من هذه المقارنات الدولية التي تعقد كل 5 سنوات في مركز الإشعاع العالمي في دافوس هو ضمان المرجعية العالمية لكميات الطاقة الشمسية في جميع أنحاء العالم. وخلال هذا الحدث، يحضر جميع المشاركين أجهزتهم، وأنظمة التتبع الشمسي وأنظمة الحصول على البيانات لإجراء قياسات الإشعاع الشمسي في وقت واحد مع المجموعة العالمية [14].

المعايير الدولية السارية حاليا في مجال أجهزة قياس الإشعاع الشمسي هي:

ISO 9060:1990 الطاقة الشمسية - مواصفات وتصنيف أدوات قياس الإشعاع الشمسي النصف كروي والإشعاع الشمسي المباشر.

ISO 9847:1992 الطاقة الشمسية - معايرة مقاييس البيرانومتر بالمقارنة مع مقياس البيرانومتر المرجعي.

## الفصل الثالث:

المقارنة بين أنواع وتصنيفات أجهزة  
قياس شدة الإشعاع الشمسي

## الفصل الثالث: المقارنة بين أنواع وتصنيفات أجهزة قياس شدة الإشعاع الشمسي

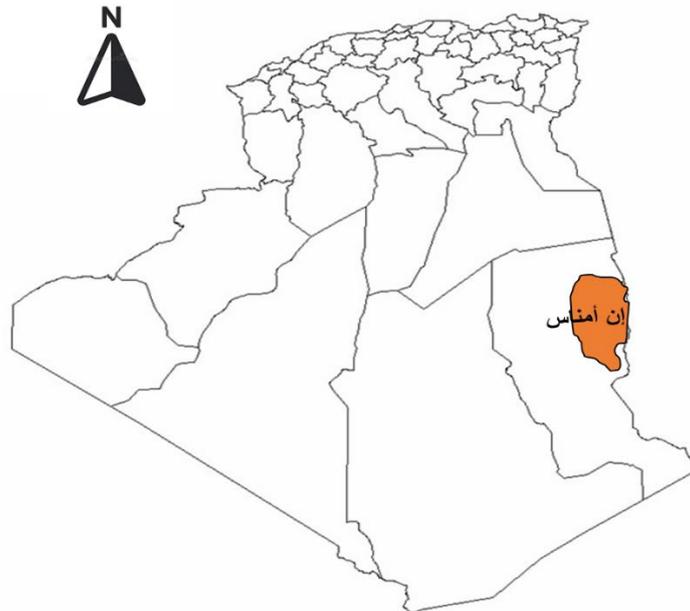
### 1.III مقدمة

نظرا لندرة محطات الأرصاد الجوية على التراب الوطني التي تقيس الإشعاع الشمسي لكون أجهزة القياس باهظة الثمن. في هذا الفصل سوف نحاول مقارنة ثلاثة أجهزة لقياس الإشعاع الشمسي بمنطقة إن أمناس. هذه الأجهزة تتمثل في جهاز بيرانوميتر (Pyranometer) لقياس الإشعاع الكلي وجهاز البايهيليوميتر (Pyrheliometer) لقياس الإشعاع الشمسي المباشر وجهاز كامبل ستوكس (Campbell-Stokes) لقياس مدة سطوع الشمس.

تم استخدام بيانات مناخية للفترة (2007-2014), وكذا مدة سطوع الشمس اليومية لسنة 2014 لمعايرة نموذج أنجستروم (Angstrom) الخطي وتم استخدام البيانات الإشعاع الشمسي الكلي لنفس السنة للتحقق من صحة هذه النماذج.

### 2.III. تقديم منطقة الدراسة

تقع منطقة إن أمناس في الجنوب الشرقي للجزائر (الشكل 1.3) وتتبع إداريا ولاية إليزي، وهي من أهم المناطق البترولية حيث تضم أكبر حقول الغاز في الجزائر.



الشكل 1.3 الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة

## الفصل الثالث: المقارنة بين أنواع وتصنيفات أجهزة قياس شدة الإشعاع الشمسي

مناخ المنطقة صحراوي جاف يتميز بدرجة مرتفعة صيفا وبمدى حراري كبير، وأمطار نادرة وغير منتظمة

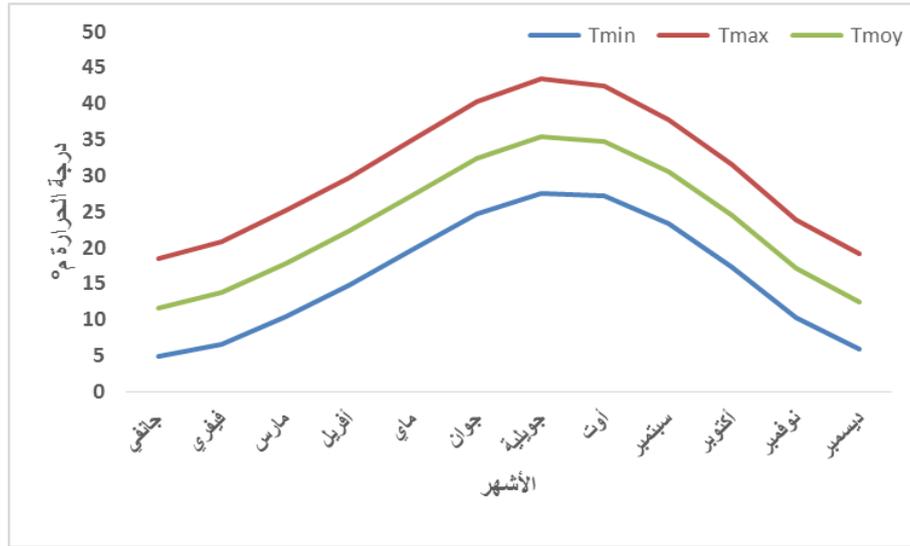
كما تكثر الرياح الموسمية في فصل الربيع حيث تؤثر سلبا على الغطاء النباتي.

تتميز منطقة إن أمناس كغيرها من المدن الصحراوية بالفوارق الحرارية الكبرى بين الليل والنهار وكذا بين

الشتاء والصيف حيث تصل أقصى درجة حرارة إلى 46 م° وتصل في الشتاء إلى أقل من 0 م°

(الشكل 2.3). كما يمكن القول أن المنطقة تتميز بفصلين رئيسيين: فصل بارد من شهر نوفمبر إلى شهر

مارس، وفصل حار من شهر أبريل إلى شهر أكتوبر.



الشكل 2.3 التغير في درجات الحرارة في منطقة الدراسة (2007-2014)

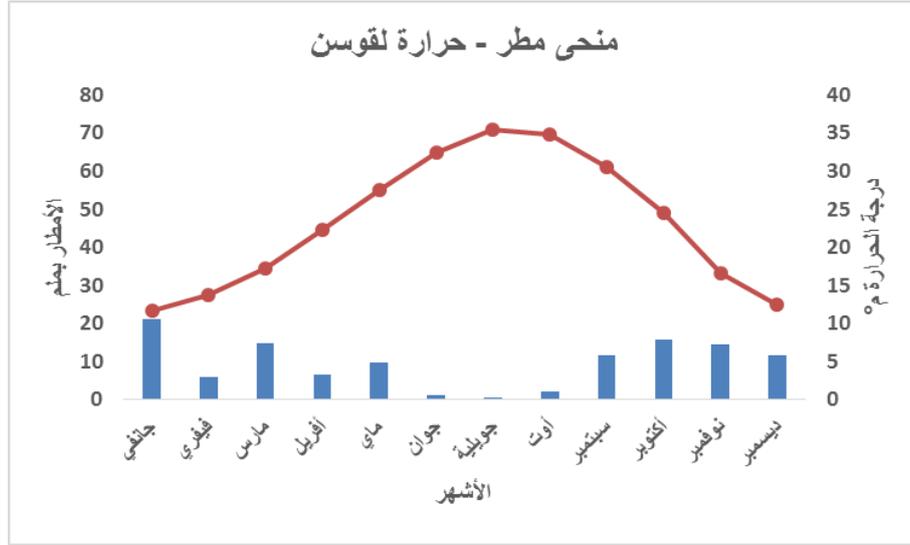
وحسب منحى مطر - حرارة لقوسن (الشكل 3.3) فإن منطقة إن أمناس تسودها الحرارة على إمتداد

فصول السنة يقابلها إرتفاع في التبخر وقلة الأمطار، حيث يمكن إعتبار تقريبا كل أشهر السنة هي الفترة

الجافة، تبدأ الفترة الممطرة من شهر أكتوبر إلى غاية جانفي بكمية متذبذب، حيث بلغ أعلى متوسط

للتساقط 20 مم في شهر جانفي مع أقل متوسط للتساقط سجل في شهر جويلية 0.8 مم.

## الفصل الثالث: المقارنة بين أنواع وتصنيفات أجهزة قياس شدة الإشعاع الشمسي



الشكل 3.3 منحنى مطر - حرارة لمنطقة الدراسة (2007-2014)

الجدول 1.3 يمثل المعلومات الجغرافية والفلكية لمنطقة الدراسة وكذا مدة الدراسة.

الجدول 1.3. معلومات جغرافية وفلكية لمنطقة الدراسة

المدة	الإحداثيات			رمز المحطة	إسم المحطة
	إرتفاع	خط طول	دائرة عرض		
2014-2007	562 م	09°38'E	28°03'N	60611	إن أمناس

### III.3. الأجهزة المختارة لعملية المقارنة

من أجل مقارنة الأجهزة المختلفة لقياس الإشعاع الشمسي، تم إختيار ثلاثة أجهزة إثنان منها مثبتة في

محطة إن أمناس في هي: جهاز بيرانوميتر (Pyranometer) لقياس الإشعاع الكلي وجهاز كامبل

ستوكس (Campbell-Stockes) لقياس مدة سطوع الشمس. أما جهاز البايروهيليومتر

(Pyrheliometer) لقياس الإشعاع المباشر فهو غير مثبت في محطة الأرصاد الجوية بإن أمناس فسوف

نحاول مقارنته بباقي الأجهزة حسب خصائصه التقنية كما ذكرها المصنع.

## الفصل الثالث: المقارنة بين أنواع وتصنيفات أجهزة قياس شدة الإشعاع الشمسي

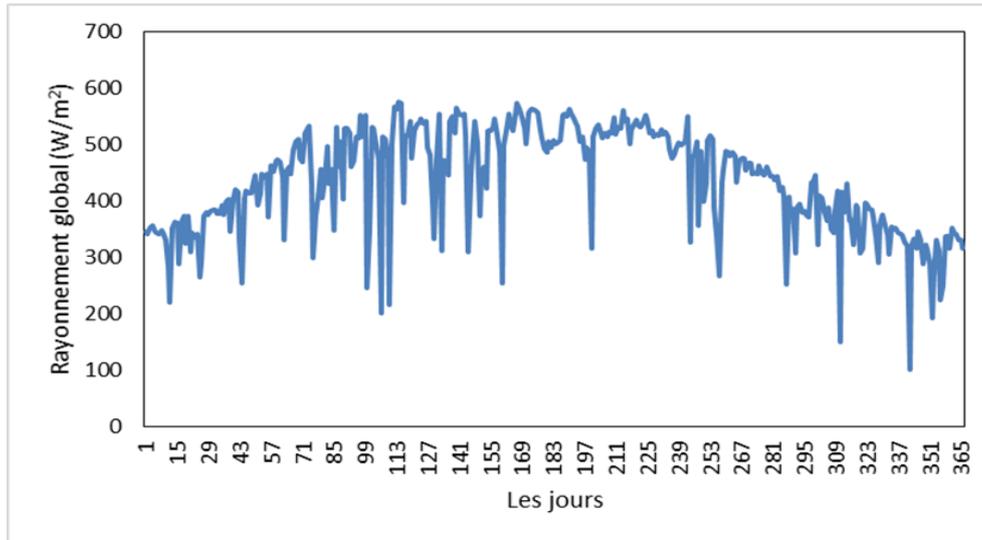
الجدول 2.3. الخصائص والإرتيابات الخاصة بكل جهاز

			أجهزة قياس الإشعاع الشمسي
كامبل ستوكس (Campbell-Stokes)	البيرهيليوومتر (Pyrheliometer)	بيرانوميتر (Pyranometer)	إسم الجهاز
MT076	DR03	CMP10	نوع الجهاز
Second Class	First Class	First Class	التصنيف حسب ISO
مدة سطوع الشمس	الإشعاع الشمسي المباشر	الإشعاع الشمسي الكلي	نوع الإشعاع المقاس
Hour	$W/m^2$	$W/m^2$	وحدة القياس
$\pm 9 \%$	$\pm 1.2 \%$	$\pm 2 \%$	الإرتياب
/	2 Sec	5 Sec	زمن الاستجابة (95%)
/	$10\mu V/W/m^2$	$7 \text{ à } 14\mu V/W/m^2$	حساسية الجهاز

### 4.III. المعطيات المناخية المستخدمة في الدراسة

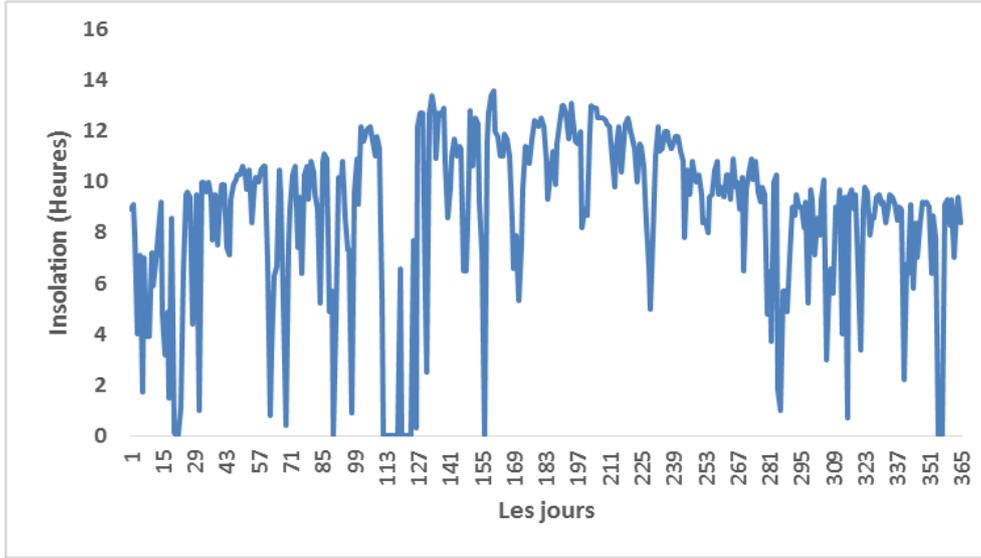
إستعملنا في هذه الدراسة مجموعة من المعطيات والمتمثلة في شدة الإشعاع الشمسي (الشكل 4.3) ومدة

سطوع الشمس (الشكل 5.3) لسنة 2014 والمسجلة على مستوى محطة إن أمناس.



الشكل 4.3 التغير اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لسنة 2014 بإن أمناس

## الفصل الثالث: المقارنة بين أنواع وتصنيفات أجهزة قياس شدة الإشعاع الشمسي



الشكل 5.3 التغير اليومي لمدة سطوع الشمس لسنة 2014 بإن أمناس

### 5.III. تقدير الإشعاع الشمسي الكلي باستخدام قيم مدة سطوع الشمس

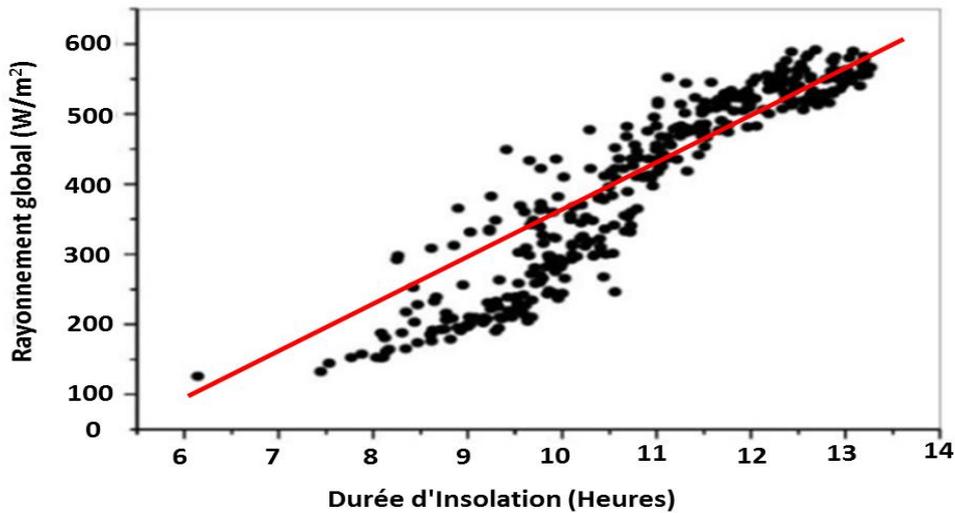
إستعملنا في هذه المرحلة نموذج أنجستروم (Angstrom) الخطي الذي يعطى بالمعادلة التالية:

$$\frac{H}{H_0} = a + b\left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (1.3)$$

حيث تم أخذ قيم  $a$  و  $b$  من مقال بحثي للباحثين معاريف وهبال ومعراج [15]. حيث تصبح

المعادلة (1.3) كما يلي:

$$\frac{H}{H_0} = 0.834 + 0.110\left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (2.3)$$



الشكل 6.3 العلاقة بين الإشعاع الشمسي الكلي اليومي ومدة سطوع الشمس لسنة 2014 بإن أمناس

## الفصل الثالث: المقارنة بين أنواع وتصنيفات أجهزة قياس شدة الإشعاع الشمسي

### 6.III. مناقشة النتائج

بعد الحصول قيم الإشعاع الشمسي المقاس والمحسوب لسنة 2014 على مستوى محطة إن أمناس باستخدام الأجهزة المختلفة وباستخدام نموذج أنجستروم (Angstrom) الخطي، قمنا بمقارنة قيم المقاسة والمحسوبة. تم حساب المتوسط اليومي الشهري لبعض المؤشرات إحصائية وهي:

- الانحراف المعياري SD (Standard Deviation)

- متوسط خطأ المطلق MAE (Mean Absolute Error)

- الجذر التربيعي لمتوسط الخطأ RMSE (Root Mean Square Error)

- معامل الارتباط R (Correlation coefficient).

الجدول 3.3. النتائج الإحصائية للمقارنة بين الجهازين

R	RMSE	MAE	SD	
0.96	0.565	0.106	0.66	بيرانوميتر (Pyranometer) و كامبل ستوكس (Campbell-Stockes)

ووفقا للنتائج الموضحة في الجدول 3.3، فإن قيم الإشعاع الشمسي الكلي المحسوبة بواسطة نموذج أنجستروم (Angstrom) الخطي باستخدام مدة سطوع الشمس والمقاسة بجهاز كامبل ستوكس (Campbell-Stockes) تعطي نتائج قريبة إلى حد ما من تلك المقاسة بواسطة جهاز بييرانوميتر (Pyranometer). تصل قيمة الانحراف المعياري SD إلى 0.66، وتصل قيمة متوسط خطأ

## الفصل الثالث: المقارنة بين أنواع وتصنيفات أجهزة قياس شدة الإشعاع الشمسي

المطلق MAE إلى 0.106، وتصل قيمة الجذر التربيعي لمتوسط الخطأ RMSE إلى 0.565 و تصل قيمة معامل الارتباط R إلى 0.96 .

تبين هذه النتائج، كما هو متوقع، أن الجهاز بيرانوميتر (Pyranometer) الذي يقيس الإشعاع الشمسي الكلي بشكل مباشر، تظهر قيمه تشتتًا أقل من تلك التي تقدر بواسطة النماذج التجريبية باستخدام مدة سطوع الشمس المقاسة عن طريق جهاز كامبل ستوكس (Campbell-Stockes). توضح هذه النتائج أن المقارنة بين التقنيات المختلفة المستخدمة لقياس الإشعاع الشمسي الكلي تشكل أداة مهمة لتحديد التناقضات بين قاعدة البيانات السابقة والتي لم يعرف سببها، وأيضاً تعتبر قياسات الإشعاع الشمسي الكلي التي يتم تقديرها حسابياً بإستعمال معطيات مناخية أخرى مثل مدة سطوع الشمس عن طريق النماذج التجريبية هي مهمة ضرورية لسد الفجوات في السلاسل الطويلة لبيانات الإشعاع الشمسي الكلي بعد فحص هذه البيانات ومعايرتها وتصحيحها بدقة باستخدام تقنيات إعادة التحليل المخصصة بناءً على نماذج الإشعاع الشمسي.

### خاتمة عامة

يشهد عالم تكنولوجيا أجهزة قياس المعطيات المناخية تطوراً سريعاً خاصة في المجال الرقمي حيث يتم الإستبدال التدريجي للأجهزة الكلاسيكية بأخرى رقمية تتميز بدقة القياس مثل تلك الخاصة بقياس الإشعاع الشمسي.

إعتمدت هذه الدراسة على المعطيات المناخية اليومية والشهرية لمحطة إن أمناس خلال فترة الدراسة (2007-2014).

تم إجراء مقارنة مدتها عام واحد بين أجهزة قياس الإشعاع الكلي ومدّة سطوع الشمس في محطة إن أمناس. قمنا بمقارنة قيم الإشعاع الشمسي الكلي اليومي التي تم قياسها باستخدام جهاز بيرانوميتر (Pyranometer) ، مع تلك التي تم حسابها بواسطة النموذج التجريبي الخطي لأنجستروم (Angstrom) باستخدام مدة سطوع الشمس المقاسة بواسطة جهاز كامبل ستوكس (Campbell-Stockes).

أظهرت النتائج تقارب كبير جداً بين القيم المقاسة بواسطة جهاز بيرانوميتر (Pyranometer) و تلك المحسوبة بواسطة النموذج التجريبي الخطي لأنجستروم (Angstrom) باستخدام مدة سطوع الشمس المقاسة بواسطة جهاز كامبل ستوكس (Campbell-Stockes).

حيث وصلت قيمة الانحراف المعياري SD إلى 0.66، ووصلت قيمة متوسط خطأ المطلق MAE إلى 0.106، ووصلت قيمة الجذر التربيعي لمتوسط الخطأ RMSE إلى 0.565 ووصلت قيمة معامل الارتباط R إلى 0.96.

## الختامة العامة

بينت هذه النتائج، كما كان متوقع، أن الجهاز بيرانوميتر (Pyranometer) الذي يقيس الإشعاع الشمسي الكلي بشكل مباشر، تظهر قيمه تشتتًا أقل من تلك التي تقدر بواسطة النماذج التجريبية باستخدام مدة سطوع الشمس المقاسة عن طريق جهاز كامبل ستوكس (Campbell-Stokes). وضحت هذه النتائج أن المقارنة بين التقنيات المختلفة المستخدمة لقياس الإشعاع الشمسي الكلي تشكل أداة مهمة لتحديد التناقضات بين قاعدة البيانات السابقة والتي لم يعرف سببها، وأيضاً تعتبر قياسات الإشعاع الشمسي الكلي التي يتم تقديرها حسابياً بإستعمال معطيات مناخية أخرى مثل مدة سطوع الشمس عن طريق النماذج التجريبية هي مهمة ضرورية لسد الفجوات في السلاسل الطويلة لبيانات الإشعاع الشمسي الكلي بعد فحص هذه البيانات ومعايرتها وتصحيحها بدقة باستخدام تقنيات إعادة التحليل المخصصة بناءً على نماذج الإشعاع الشمسي.

### قائمة المراجع

#### 1-المراجع العربية

- [1] سوداني محمد البار , 2018 "تحقق عملي لمركز شمس اسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي" مذكرة دكتورا جامعة قاصدي مرباح ورقلة - الجزائر .
- [2] مسعودي صبرينة ولحوش امة الرحمان , 2021, "دراسة تأثير سرعة الرياح على حمل العوالق واثارها على الإشعاع الشمسي, مذكرة ماستر جامعة قاصدي مرباح ورقلة - الجزائر
- [3] مصطفى احمد محمد مجيد 2008 "العلاقة المتداخلة "بين الإشعاع الشمسي والغيوم مدينة الموصل" مذكرة ماجستير جامعة الموصل - العراق
- [4] نبيل شهيد 2006 "حساب الإشعاع الشمسي الساعي بمساعدة الحاسوب "الطاقة والحياة العدد 21 الصفحات 62-71
- [5] العاتي مختار 2016, "المساهمة في تحسين مجفف شمسي للمحاصيل الزراعية" مذكرة ماجستير جامعة قاصدي مرباح ورقلة الجزائر
- [6] بن ناجي عبير, 2018, "تقدير الإشعاع الشمسي الكلي باستخدام صور الأقمار الصناعية" مذكرة ماستر جامعة حمى لخضر الوادي
- [7] عبد العزيز طريجة 2000 المركز الوطني للبحوث المركز الوطني لبحوث الطاقة الأردن السخان الشمسي للمنظمة العربية للشرية والثقافة والعلوم.
- [8] د/ خلف الله عمر قاسم, 2021, "نظرية الإشعاع الشمسي", كلية العلوم, جامعة جنوب الوادي, قنا, جمهورية مصر العربية.
- [9] الدكتور هيثم جيمي, الدكتور بجمت إبراهيم وحسن أيوب, 2009, "تصميم جهاز لقياس شدة الإشعاع الشمسي المباشر", مجلة جامعة تشرين لبحوث والدراسات العلمية- الجمهورية العربية السورية.

#### 2-المراجع الأجنبية

- [10] Samira MOUHOU-CHAOUCHI 2012, "Etude statistique du rayonnement solaire sur un plan incliné" Thèse Magistère Université de Tlemcen.
- [11] Faiza MERAD, 2013, " Conception d'un programme de calcul du rayonnement solaire, cas particulier de la région de Mostaganem " Thèse Magistère Université de Mostaganem.
- [12] Capdrou. M ,1987. Atlas Solaire de l'Algérie «Modèles Théoriques et Expérimentaux. Volume1 ,Tome 2 ; Office des Publications Universitaires ,Algérie.
- [13] LAOUAR Mounira & BECHENE Imane, 2019, « Estimation du Rayonnement Solaire p ar Deux Modèles Semi Empiriques (LACIS & HANSEN, DAVIES HAY) dans le site d e Ghardaïa », Thèse Master Université de Ghardaia.
- [14]WMO. 1983, "Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation". World Meteorological Organization, Geneva, WMO-No. 8, 5th edn.
- [15] Y. Marif , B. Hebbal and R. Maouedj, 2018, "Empirical models for estimating solar

radiation in Algeria: A review and case study”, Revue des Energies Renouvelables Vol. 21 N°4 (2018) 651 - 660

### 3-المواقع الإلكترونية

- [16] <https://circuitdigest.com/tutorial/solar-radiation-measurement-methods-using-pyrheliometer-and-pyranometer> 2023/06/04 آخر تاريخ دخول
- [17] <https://www.directindustry.fr/fabricant-industriel/albedometre-82253.html> 2023/06/04 آخر تاريخ دخول
- [18] <https://www.apogeeinstruments.com/pyrgeometers/> آخر تاريخ دخول 2023/06/04
- [19] <https://www.apogeeinstruments.com/applications-and-uses-of-spectroradiometers/> 2023/06/04 آخر تاريخ دخول
- [20] <https://www.kuriositas.com/2011/02/campbellstokes-sunshine-recorder.html> 2023/06/04 آخر تاريخ دخول

الملاحق

# الملحق 1

## الخصائص التقنية لجهاز بيرانوميتر

### (Pyranometer)



Technical Specifications	LPPYRA10	LPPYRA02	LPPYRA03
WMO/ISO Classification	Secondary standard	First Class	Second Class
ISO 9060:2018*	Spectrally flat Class A (+++)	Spectrally flat Class B (++)	Spectrally flat Class C (+)
Typical sensitivity	6 to 11 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	6 to 12 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	50 to 15 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$
Impedance	5 $\Omega$ ÷ 50 $\Omega$	33 $\Omega$ ÷ 45 $\Omega$	33 $\Omega$ ÷ 45 $\Omega$
Measuring range	0-4000 $\text{W}/\text{m}^2$	0 ÷ 2000 $\text{W}/\text{m}^2$	0 ÷ 2000 $\text{W}/\text{m}^2$
Viewing field	2 $\pi$ sr	2 $\pi$ sr	2 $\pi$ sr
Spectral range (50%)	283 nm ... 2800 nm	283nm ÷ 2800 nm	300nm ÷ 2800 nm
Operating and storage temperature range	-40 °C ÷ 80 °C	-40 °C ÷ 80 °C	-40 °C ÷ 80 °C
Weight	0.90 Kg	0.90 Kg	0.45 KG
ISO 9060 Specifications			
Response time 95%	< 5 sec.	< 28 sec	< 30sec
Zero Off-set	a) Response to thermal radiation (200 $\text{W}/\text{m}^2$ )	<7 $\text{W}/\text{m}^2$	15 $\text{W}/\text{m}^2$
	b) Response to temperature change 5K/h	<  $\pm$ 2  $\text{W}/\text{m}^2$	<  $\pm$ 4  $\text{W}/\text{m}^2$
Non stability over 1 year	<  $\pm$ 0.5  %	<  $\pm$ 1.5 %	<  $\pm$ 2.5 %
Non-linearity	<  $\pm$ 0.2  %	<  $\pm$ 1 %	<  $\pm$ 2 %
Cosine response	<   $\pm$ 10  $\text{W}/\text{m}^2$	<  $\pm$ 18  $\text{W}/\text{m}^2$	<  $\pm$ 22  $\text{W}/\text{m}^2$
Spectral selectivity	<   $\pm$ 3  %	<  $\pm$ 5 %	<  $\pm$ 7 %
Temperature response (-10°C to +40°C)	< 1 %	< 4 %	< 8 %
Tilt response	< 0.2  %	<  $\pm$ 2 %	<  $\pm$ 4 %
Humidity Range	0 to 100%	0 to 100%	0 to 100%
Mean Time Between Failures	> 10 years	> 10 years	> 10 years
Accuracy of bubble level	< 0.1°	<0.1°	<0.2°
Ingress Protection (IP) rating	67	67	67
Version with shadow ring	✓	✓	✓ (only for passive version)
Warrenty	6 (registration required)	6 (registration required)	3
ISO 17025 Certification	on request	on request	on request

## الملحق 2

### الخصائص التقنية لجهاز بيرجيوميتر

#### (Pyrgeometer)

	SL-510 Pyrgeometer	SP-510 Pyranometer
Calibration uncertainty	5%	5%
Measurement repeatability	<1%	1%
Long-term drift	<2% per year	<2% per year
Non-linearity	<1%	<1%
Spectral range	5–30 $\mu\text{m}$	385–2,105 nm
Temperature response	<5% from –15 to 45 C	<5% from –15–45 C
Window heating offset	<10 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	<2 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$
Uncertainty in daily total	5%	5%

### الخصائص التقنية لجهاز قياس الإشعاع الطيفي

#### (Spectroradiometer)

	PS-100	PS-200	PS-300
Irradiance Calibration Range	350 to 1000 nm	300 to 850 nm	300 to 1000 nm
Wavelength Sensitivity	350 to 1150 nm	190 to 850 nm	220 to 1100 nm
Wavelength Resolution	1 nm	0.85 nm	1.5 nm
Detector Type	CCD, 2048 pixel		
Grating Type	Holographic & Ruled, 600 g/nm	Holographic and aberration-corrected, 590 g/nm	
Digitizer	16-bit		
Signal to Noise Ratio	1000:1		
Stray Light	0.1 % at 435 nm, 0.5 % at 600 nm	0.02 % at 435 nm, 0.2 % at 200 nm	0.02 % at 435 nm, 0.2 % at 220 nm
Measurement Repeatability	Less than 1 %		
Irradiance Calibration Uncertainty	$\pm 10 \%$		
Detector Integration (exposure) Range	1 ms to 65 s		
Directional (cosine) Response	$\pm 5 \%$ at 80° zenith angle		
Software	Windows compatible, included		
Computer Interface	USB 2.0		
Power Requirement	100 mA at 5 V DC, supplied via USB cable		
Operating Temperature	0 to 60 C		
Optical Cable	2 m armored fiber-optic		
Base Unit Size	25 mm x 75 mm x 125 mm	69 mm x 100 mm x 150 mm	
Mass	500 g	900 g	
Warranty	1 year against defects in materials and workmanship		

## ملخص

يهدف هذا العمل إلى إحصاء ومقارنة بين تجهيزات قياس الإشعاع الشمسي المختلفة. في هذه الدراسة إستعملنا معطيات الإشعاع الشمسي الكلي المقاسة عن طريق جهاز بيرانوميتر (Pyranometer) المثبت في منطقة إن أمناس، وإستخدمنا النموذج التجريبي الخطي لأنجستروم (Angstrom) لتقدير قيم الإشعاع الشمسي الكلي من خلال توظيف قيم مدة سطوع الشمس المقاسة عن طريق جهاز كامبل ستوكس. (Campbell-Stokes) المثبت في نفس المنطقة. أظهرت النتائج تقارب كبير جدا بين القيم المقاسة والمحسوبة حيث تم تأكيدها بواسطة المؤشرات الإحصائية SD, MAE و RMSE.

الكلمات المفتاحية: الإشعاع الشمسي الكلي، مدة سطوع الشمس، بيرانوميتر، كامبل ستوكس، المؤشرات الإحصائية.

## RÉSUMÉ

Ce travail vise à compter et comparer différents instruments de mesure du rayonnement solaire global. Dans cette étude, nous avons utilisé les données de rayonnement solaire global mesurées par un Pyranomètre installé dans la région d'In Aménas, et nous avons utilisé le modèle empirique linéaire d'Angstrom pour estimer les données du rayonnement solaire global en employant les données de la durée d'ensoleillement mesurées par l'héliographe Campbell-Stokes installé dans le même site. Les résultats ont montré une très forte convergence entre les données mesurées et calculées, validée par les indices statistiques SD, MAE et RMSE.

**Mots-clés:** Rayonnement solaire global, Durée d'ensoleillement, Pyranomètre, Héliographe Campbell Stokes, Indices statistiques.

## ABSTRACT

This work aims to count and compare different instruments for measuring global solar radiation. In this study, we used global solar radiation data measured by a Pyranometer installed in the In Amenas region, and we used Angstrom's linear empirical model to estimate global solar radiation data using sunshine data measured by the Campbell-Stokes heliograph installed on the same site. The results showed a very strong convergence between the measured and calculated data, validated by the statistical indexes SD, MAE and RMSE.

**Keywords:** Global solar radiation, Sunshine duration, Pyranometer, Campbell Stokes heliograph, Statistical indexes.