الجمهورية الجزائرية الديموقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة
تخصص: فيزياء طاقوية وطاقات متجددة

بعنوان

دراسة تجريبية حول تأثير درجة الحرارة المرتفعة على جهاز قياس الاشعاع الشمسي

من اعداد الطالبتين: برهي إيناس
شوراب يمينة

تحت اشراف الاستاذ:
بلحاج محمد مصطفى

أمام اللجنة المكونة من السادة:

أ.د/سوداني محمد البار (أستاذ، جامعة ورقلة) رئيسا
د/. بلحاج محمد مصطفى (أستاذ محاضر "أ"، جامعة ورقلة) مشرفا ومقررا
د/صالحي خليفة (أستاذ محاضر "أ"، جامعة ورقلة) مناقشا

السنة الجامعية 2025 / 2026

الشكر والعرفان

لحمد لله الذي وهبنا الصبر وحسن التدبير، والشكر لله سبحانه الذي وفقنا لإنجاز هذا العمل، وما توفيقنا إلا بالله، عليه توكلنا وعليه فليتوكل المتوكلون.

نتقدم بالشكر الجزيل إلى صاحب الفضل الكبير استاذناالمشرف

"بلحاج محمد مصطفى"

كما نتوجه بالشكر والتقدير الى مسؤول المخبر "حوتي احمد "لتوفير الظروف و الوسائل الملائمة لاجراء الجانب التجريبي .

و بعظيم العرفان ، أتقدم الى الأساتذة الافاضل أعضاء لجنة المناقشة :

الأستاذ (سوداني محمد البار) _ رئيسا

الأستاذ (صالحي خليفة) _ مناقشا

الأستاذ (بلحاج محمد مصفى) _ مشرفا

لتفضلهم بقبول تقييم و مناقشة هذا البحث.

الاهداء

أهدي ثمرة نجاحي، ونتيجة سنواتٍ من الجدّ والاجتهاد إلى من كانا النور في طريقي

إلى من أحمل اسمه بكلّ فخر، إلى مَنْ حَصَد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم

إلى من كلله الله بالهيبة والوقار، الى من علمني العطاء بدون انتظار

أبـــــي الـــعـــزيـــز

إلى مَنْ كَانَ دَعاؤها سر نجاحي ، إلى مَنْ حاكت سعادتي بخيوط مَنْسُوجَةٍ مِنْ قَلبها

إلى بسمة الحياة وسر الوجود إلى أغلى الحبايب

أمـــي الـــعـــزيـــزة

إيناس

الاهداء

قال الله تعالى:

(يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ ۚ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ)

صدق الله العظيم.

الحمد لله حمدًا كثيرًا طيبًا مباركًا فيه، الحمد لله الذي وفقني وأعانني ومنحني القوة والصبر لإتمام هذا العمل المتواضع، والذي أرجو أن يكون ثمرة خير وعلم نافع.

أهدي ثمرة جهدي وتخرجي إلى من كانا سبب نجاحي بعد الله سبحانه وتعالى، إلى من غرسا في نفسي حب الاجتهاد والطموح، ورافقاني بالدعاء والتشجيع في كل خطوة من خطوات حياتي.

إلى أبي الغالي...

الذي تعب وسهر من أجل أن أصل إلى هذه المرحلة، والذي كان دائمًا رمزًا للقوة والعطاء والتضحية، فجزاه الله عني خير الجزاء، وأدامه سندًا وفخرًا لي.

إلى أمي الحبيبة...

صاحبة القلب الكبير والحنان الذي لا ينتهي، التي كانت دعواتها ترافقني في كل وقت، والتي علمتني الصبر والأمل والثقة بالله، فمهما كتبت من كلمات فلن أوفيها حقها.

إلى إخوتي وأخواتي الأعزاء، الذين كانوا مصدر دعم وسعادة في حياتي، وشاركوا معي لحظات التعب والنجاح، فكان وجودهم بجانبي نعمة أحمد الله عليها دائمًا.

إلى كل أفراد عائلتي الكريمة، الذين منحوني الحب والتشجيع، وكانوا دائمًا فخورين بي، فكان ذلك دافعًا للاستمرار وتحقيق النجاح.

الى أساتذتي الكرام، الذين حملوا رسالة العلم بكل إخلاص، وكان لهم الفضل في تكويننا العلمي والمعرفي.

وإلى أصدقائي وزملائي، الذين رافقوني خلال سنوات الدراسة، وتقاسموا معي أجمل اللحظات وأصعبها، فكانت صحبتهم مصدر قوة وتحفيز للاستمرار.

وإلى كل من ساعدني ولو بكلمة طيبة، أو دعوة صادقة، أو دعم بسيط، من قريب أو بعيد، أهديكم هذا العمل المتواضع عربون محبة ووفاء وامتنان.

وفي الأخير، أسأل الله عز وجل أن يوفقني في حياتي القادمة، وأن يجعل هذا النجاح بداية لتحقيق المزيد من الطموحات والإنجازات.

2026

يمينة

فهرس المحتويات

فهرس المحتويات:

فهرس المحتويات	الصفحة
الشكر والعرفان	
الاهداء	
فهرس المحتويات	
قائمة الاشكال والجداول	
المقدمة العامة	**1**
الفصل الأول: الإشعاع الشمسي	
Iمقدمة	3
I_1 الاشعاع الشمسي على المستوى العالمي	3
I-1_1 التوزيع العالمي لشدة الاشعاع	3
I _1_2 المناطق الأكثر اشعاعا في العالم	4
I_1_3 العوامل المؤثرة في الاشعاع الشمسي	4
I_2 الاشعاع الشمسي على المستوى الافريقي	5
I_2_1 الموقع الجغرافي لأفريقيا وتأثيره	5
I _2_2 المعدلات السنوية للإشعاع الشمسي في افريقيا	5
I_2_3 أهمية الطاقة الشمسية في التنمية الافريقية	6
I_3 الاشعاع الشمسي في الجزائر	7
I_3_1 الموقع الفلكي والجغرافي للجزائر	7
I_3_2 المعدل السنوي للإشعاع الشمسي في الجزائر	8
I_3_3 الإمكانيات الطاقية الشمسية في الجزائر	8
I– 4 الاشعاع الشمسي في ورقلة	9
I -4-1 أهمية الموقع الجغرافي في الطاقة الشمسية	9
I-4-2 شدة الاشعاع الشمسي	10
I-4-3 اهم المشاريع في الطاقة الشمسية	10
I_5 مفاهيم حول الاشعاع الشمسي	10
I _5_1 تعريف الاشعاع الشمسي	10

فهرس المحتويات:

I _5_2 تعريف الثابت الشمسي	11
I _5_3 التوزيع الطيفي للإشعاع الشمسي	11
I_5_5 الاشعاع الشمسي على سطح الأرض	12
I_6 الزوايا الشمسية	15
I_6_1 زاوية الميل الشمسيδ	16
I _6 _2 زاوية الارتفاع الشمسيh	17
I _6 _3 زاوية الذروة$\boldsymbol{\theta}$z	18
I _6 _4 زاوية السمت الراسيa	18
I _6 _5 زاوية الساعة الشمسيةw	19
I _6 _6 معادلة التصحيح الزمنيEt	20
الفصل الثاني: اجهزة قياس الاشعاع الشمسي	
II-1مقدمة	23
II-2 جهاز البيرانومتر(Pyranometer)	23
II-3 جهاز البيرهيليومتر(Pyrheliometer)	24
II-4 جهاز البيرجيومتر(Pyrgeometer)	25
II-5 جهاز قياس الاشعاع الطيفي(Spectroradiometer)	26
II-6 جهاز الألبيدمتر (Albedometer)	27
II-7جهاز كامبل ستوكس(Campbell-Stockes)	28
II-8 العوامل المؤثرة في الاشعاع الشمسي	30
II-7-1 العوامل المؤثرة في توزيع وتحديد قوة تأثير الاشعاع الشمسي	30
II-7-2 تأثير الغلاف الجوي على الاشعاع الشمسي	31
II-7-3 تأثير سطح الأرض على الاشعاع الشمسي	32
الفصل الثالث: تحليل ومناقشة النتائج	
III_مقدمة	34
III_1 مكان اجراء التجربة وظروف القياس	34
III_2 الاجهزة المستعملة في التجربة	35
III_2_1 جهاز قياس الاشعاع الشمسي	35
III_2_2 صندوق معزول حراريا	36

فهرس المحتويات:

III_2_3 جهاز تسجيل البيانات (Kipp & Zonen SOLRAD Integrator)	37
III_2_4 اسلاك التوصيل الكهربائية	37
III_2_5 مصدر الاشعاع الشمسي	37
III_2_6 المقاومة الكهربائية	37
III_2_7 التركيب التجريبي	38
III_3 منهجية العمل التجريبي	39
III_4 النتائج والمناقشة	39
خاتمة عامة	**50**
المراجع	**53**
ملخص	**51**

قائمة الاشكال والجداول

فهرس المحتويات:

الرقم	اسم الشكل	الصفحة
01	التوزيع الطيفي للإشعاع الشمسي	12
02	مخطط يوضح وصول الاشعاع الشمسي الى سطح الأرض	15
03	يوضح التغير السنوي لزاوية الميل الشمسي	17
04	زاوية الارتفاع الشمسي والذروة والسمت الرأسي	19
05	تغيرات التصحيح الزمني خلال السنة	21
06	مبدا عمل جهاز البيرهليومتر	25
07	جهاز البيرجيومتر	26
08	جهاز قياس الإشعاع الطيفي	27
09	جهاز الألبيدمتر	28
10	جهاز كامبل ستوكس	29
11	الموقع الدراسي لمنطقة الدراسة	35
12	مبدا عمل جهاز البيرانومتر	36
13	يوضح التركيب التجريبي	38
14	يوضح رسم تخطيطي لتجربة	38
15	بيان تغيرات شدة الاشعاع الشمسي من محطة الارصاد (Station)والمقاسة(Mesurée)بدلالة الزمن لولاية ورقلة ليوم (2026/02/05).	40
16	بيان تغيرات شدة الاشعاع الشمسي من محطة الارصاد (Station)والمقاسة(Mesurée)بدلالة الزمن لولاية ورقلة ليوم (2026/02/08).	42
17	بيان تغيرات شدة الاشعاع الشمسي من محطة الارصاد (Station)والمقاسة(Mesurée)بدلالة الزمن لولاية ورقلة ليوم (2026/02/09).	43
18	بيان تغيرات شدة الاشعاع الشمسي من محطة الارصاد (Station)والمقاسة(Mesurée)بدلالة الزمن لولاية ورقلة ليوم (2026/02/10).	45

فهرس المحتويات:

الرقم	اسم الجدول	الصفحة
01	يمثل اهم المشاريع الشمسية في الجزائر	09
02	يمثل قيم معامل الاضطراب وارتفاع الماء المكثف	14
03	يمثل قياسات الاشعاع الشمسي من محطة الارصاد والمقاسة ليوم 2026/02/05	39
04	يمثل قياسات الاشعاع الشمسي من محطة الارصاد والمقاسة ليوم 2026/02/08	41
05	يمثل قياسات الاشعاع الشمسي من محطة الارصاد والمقاسة ليوم 2026/02/09	43
06	يمثل قياسات الاشعاع الشمسي من محطة الارصاد والمقاسة ليوم 2026/02/10	45

قائمة الرموز

الرمز	المقدار الفيزيائي	الوحدة في النظام الدولي
I	شدة الاشعاع الشمسي المباشر	**W / m^2**
I_0	الثابت الشمسي	**W / m^2**
Nj	رقم اليوم من السنة	/
AM	الكتلة الهوائية الضوئية	/
h	زاوية الارتفاع الشمسي	°
Z	ارتفاع المنطقة فوق سطح البحر	km
T_L	معامل العكورة	**%**
$ß_A$	معامل انغيشتروم	/
ω	ارتفاع الماء المكثف	cm
δ	زاوية الميل الشمسي	°
φ	زاوية دائرة العرض للمنطقة	°
θ	زاوية الذروة	°
W	زاوية الساعة الشمسية	°
a	زاوية السمت الراسي	°
TVS	التوقيت الشمسي الحقيقي	**h**
TU	التوقيت العالمي	**H**
E_t	معادلة التصحيح الزمني	**min**
L	زاوية خط الطول للمنطقة	°

المقدمة العامة

المقدمة العامة

تبوأت الطاقة المتجددة، وفي مقدمتها الطاقة الشمسية، مكانة جوهرية ضمن الاستراتيجيات الطاقوية الحديثة، سعياً لتأمين الاحتياجات المتزايدة والحد من ارتهان المجتمعات للمصادر التقليدية الناضبة. وبما أن الإشعاع الشمسي يمثل الركيزة المحورية لتشغيل النظم الكهروضوئية والحرارية، فقد أضحى رصده بدقة متناهية ضرورة تقنية وعلمية لتوفير قواعد بيانات موثوقة تسند الدراسات المناخية وتدعم كفاءة التصميم الهندسي. وفي هذا السياق، تبرز أجهزة قياس الإشعاع كأدوات حساسة تتأثر بشكل مباشر بالمحيط البيئي، حيث تُعد درجة الحرارة من أبرز المتغيرات التي قد تشوش على دقة أدائها.

ويشكل الارتفاع الملحوظ في درجات الحرارة تحدياً تقنياً لأجهزة القياس، إذ يؤدي غالباً إلى إحداث انحرافات في القيم المسجلة، مما يبعدها عن المعايير الحقيقية، لا سيما في الأقاليم الصحراوية التي تجتمع فيها حدة الإشعاع مع الظروف الحرارية القاسية. لذا، تكتسي هذه الدراسة أهمية بالغة عبر تسليط الضوء على العلاقة بين الحرارة المرتفعة واستجابة أجهزة القياس، بهدف تقييم الأخطاء المحتملة ورفع جودة المعطيات الميدانية.

تتمحور الغاية الأساسية لهذا البحث حول إجراء مقاربة تجريبية لتقصي أثر الإجهاد الحراري على دقة جهاز قياس الإشعاع الشمسي، وذلك من خلال منهجية تعتمد على استقراء البيانات وتحليل الفوارق في القراءات تحت مستويات حرارية متباينة، مما يساهم في فهم أعمق لسلوك الجهاز وتحسين كفاءته في الظروف الواقعية.

وبناءً على ذلك، تم تبويب هذه المذكرة وفق هيكلية تضم ثلاثة فصول؛ استعرض الفصل الأول الإطار النظري للإشعاع الشمسي ومكوناته والظروف المؤثرة فيه. بينما أفرد الفصل الثاني حيزاً تقنياً لدراسة أجهزة القياس وتصنيفاتها وآليات عملها. وصولاً إلى الفصل الثالث الذي جسّد الجانب العملي من خلال عرض وتحليل النتائج التجريبية ومناقشة مدى تأثر الجهاز بالحرارة العالية.

الفصل الأول

الإشعاع الشمسي

I–مقدمة:

جزيئات الهواء لها تأثير مباشر باعتراضها لأشعة الشمس مما يتسبب في ارتفاع درجة حرارة الجو ؛ فكلما ازدادت شدة الإشعاع، ارتفعت حرارة سطح الأرض والهواء والأمر نفسه ينطبق عكسيا عند انخفاض الإشعاع. هناك عوامل لها تأثير على هذه الطاقة المشعة مثل زاوية سقوط الشمس، وقت النهار، طبيعة الغلاف الجوي، وجودة سطح الأرض وهذه العوامل تلعب دورًا أيضًا في توزيع الحرارة في البعدين الزماني والمكاني، وهو ما يؤدي إلى اختلافات في المناخ بين المناطق وتعاقب الفصول وكذلك يساعد الإشعاع الشمسي في تحريك الظواهر المناخية المتباينة كالتبخر، تحرك الهواء، و تشكل الغيوم، و هذا الأمر مرتبط بتغيرات درجة الحرارة وبالنظر إلى الاهتمام المتزايد بدراسة الظواهر المتعلقة بالمناخ وظاهرة الاحتباس الحراري، أصبحت العلاقة بين الإشعاع الشمسي والحرارة محورًا هامًا في الدراسات العلمية. حيث سندرس في هذا الفصل بعض المفاهيم حول الاشعاع الشمسي.

I_1_ الاشعاع الشمسي على المستوى العالمي:

I_1_1 التوزيع العالمي لشدة الاشعاع:

يتغير توزيع شدة الإشعاع الشمسي حول العالم حسب الموقع الجغرافي (دوائر العرض) والظروف الجوية، وتكون أشعة الشمس أقوى ما يمكن في المناطق الصحراوية القريبة من خط الاستواء. وتصل قوة الأشعة السنوية إلى 22 الف في اليوم الواحد في مناطق مثل صحراء النوبة، ثم تقل كلما ابتعدنا عن خط الاستواء باتجاه القطبين.[1]

I_1_2 المناطق الأكثر اشعاعا في العالم:

[1] SAMARAI, Qusai Abdelmajid, Principes de la météorologie et du climat, 2024, pp. 42–43.

الحالة الجوية وحالة المناخ لهما تأثير في توزيع الإشعاع الشمسي السنوي أكثر من زاوية سقوط الشمس وطول النهار، لأن أهمية زاوية السقوط وفترة الإضاءة يكاد يكون واحداً تقريباً على مدار العام، فلا يظهر بوضوح في متوسط الإشعاع السنوي.

تسجل المناطق الصحراوية أعلى مستويات الإشعاع الشمسي بسبب ندرة السحب فيها، خاصةً في المناطق المدارية. وتعتبر صحراء النوبة(جزء في السودان وجزء في مصر) الأعلى عالمياً في تسجيل الإشعاع، وتليها الصحراء الكبرى والجزيرة العربية وصحاري أمريكا الشمالية، ثم صحاري النصف الجنوبي كصحراء كلهاري وأستراليا و بأتانينا، لكنها تسجل قيماً أقل بسبب كثرة السحب.

تأتي المناطق المدارية بين خطي عرض 20-30 جنوباً و20-40 شمالاً في المرتبة الأولى من ناحية كمية الإشعاع السنوي، بينما تحل المنطقة الاستوائية ثانياً بسبب الغيوم الكثيفة التي تقلل من الإشعاع فوق خط الاستواء. ويستمر الإشعاع في الهبوط بالاتجاه نحو القطبين، حيث يصل إلى أدنى مستوى [1]

I_1_3 العوامل المؤثرة في الاشعاع الشمسي:

تأثر كمية الإشعاع الشمسي الواصلة إلى سطح الأرض بعوامل منها: زاوية الورود، ومدى نقاء الغلاف الجوي، كما ان قلة الغيوم في المناطق الصحراوية تؤدي الى تلقي اشعاع شمسي أكبر مقارنة بالمناطق الأخرى، كما أن السواحل الغربية للقارات في المناطق المدارية وتحظى بإشعاع أعلى مقارنة بسواحلها الشرقية وعلى الرغم من أن التوزيع السنوي للإشعاع يتبع دوائر العرض بشكل عام، فإنه يختلف محليًا تبعًا لهذه العوامل[2]

I_2_الاشعاع الشمسي على المستوى الافريقي:

[1] SAMARAI, Qusai Abdelmajid, Principes de la météorologie et du climat, 2024, pp. 42–43.
[2] Ah riz, Ali Ibrahim Younes. (2015). Facteurs influençant le rayonnement solaire dans la région de Sebha. Revue de la Faculté des Lettres, Université de Benha, vol. 40, no 4, pp. 2135-2165.

I_2_1 الموقع الجغرافي لأفريقيا وتأثيره:

تقع قارة أفريقيا بين خطي عرض 37° شمالاً و35° جنوباً، وتقترب معظم أراضيها من خط الاستواء، مما يجعلها تتلقى أشعة الشمس بشكل عمودي طوال العام. يؤدي هذا الموقع إلى تلقي كميات كبيرة من الإشعاع الشمسي، حيث يبلغ متوسط عدد ساعات سطوع الشمس السنوية ما بين 3000 و3500 ساعة في شمال وجنوب أفريقيا (مثل الصحراء الكبرى)، بينما ينخفض إلى ما بين 2000 و2500 ساعة في منطقة المدرين بسبب الغيوم والأمطار. تتراوح كثافة الإشعاع الشمسي الإجمالية بين MJ/m^2 8400 _ 5800 سنوياً، وتكون أعلى المعدلات في المناطق الشمالية والجنوبية الجافة.

هذا الإشعاع الشمسي الكبير يعطي لأفريقيا فرصة عظيمة لإنتاج الطاقة الشمسية، خاصة في جنوب أفريقيا وناميبيا، حيث يمكن توليد كميات هائلة من الطاقة تصل إلى $8400MJ/m^2$، مما يجعل أفريقيا قادرة على أن تصبح رائدة عالمياً في مجال الطاقة

المتجددة. مع ذلك، يسبب هذا الإشعاع الشمسي الشديد ارتفاعًا في درجات الحرارة وحرائق الغابات في المناطق الجافة، بالإضافة إلى التوزيع غير المتساوي للطاقة بين المناطق.[1]

I_2_2 المعدلات السنوية للإشعاع الشمسي في افريقيا:

تتباين المعدلات السنوية للإشعاع الشمسي في أفريقيا تبعًا للموقع الجغرافي، حيث تسجل المناطق الشمالية والجنوبية أعلى المعدلات، بينما تنخفض هذه المعدلات في المناطق الاستوائية الوسطى. يبلغ متوسط الإشعاع الشمسي في القارة الأفريقية حوالي $2200KWh/m^2_2000KWh/m^2$ سنويا. ما يجعل القارة منطقة

[1] Al-Mohnish, Abdelkader Mustapha. (2025). Géographie du continent africain et de ses îles. Misrata (Libye) : Maison d'édition Al-Dar Al-Jamahiriya, pp. 69-70.

جاذبة لمشاريع الطاقة الشمسية. تُسجل شمال أفريقيا (كالصحراء الكبرى) ما بين 2200_3500 ساعة من سطوع الشمس سنويًا، بكثافة إشعاع تتراوح بين $8400MJ/m^2_7500MJ/m^2$

أما وسط أفريقيا (مثل خليج غينيا وحوض الكونغو) فيشهد مستويات أقل، تتراوح بين 2000 _2500 ساعة سطوع، وبكثافة إشعاع بين $6700_5800MJ/m^2$ وهذا بسبب الغيوم والرطوبة العالية.

تتلقى شرق وغرب أفريقيا حوالي $2100KWh/m^2$، في حين تشهد المناطق الجنوبية (مثل جنوب أفريقيا) ما بين 2160_3500 ساعة سطوع.

في المناطق الصحراوية كصحراء النوبة والصحراء الكبرى، تصل القيم السنوية للإشعاع إلى 200-220 $kcal/cm^2/d$، وهي من بين أعلى المعدلات عالميا حيث تسجل مدن مثل ورززات (المغرب) متوسطًا سنويًا يبلغ 251.8 ساعة سطوع شمسي في اليوم[1]

I_2_3 أهمية الطاقة الشمسية في التنمية الافريقية:

تكتسب الطاقة الشمسية أهمية متزايدة في دفع عجلة التنمية في أفريقيا، وذلك نظرًا لما تتمتع به القارة من مستويات إشعاع شمسي مرتفعة. إذ توفر حلولًا مقبولة التكلفة لتوفير الكهرباء، خاصة في المناطق التي يصعب الوصول إليها، الأمر الذي يدعم بدوره النمو الاقتصادي والاجتماعي.

تشير تقديرات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة وبنك التنمية الأفريقي إلى أن الطاقة الشمسية قد تساهم في زيادة الناتج المحلي الإجمالي بنسبة تصل إلى 6.4% بحلول عام 2050، وتوفر فرص عمل بنسبة 3.5% مع تحسين

[1] Mustafa, Hiba. (2024, 21 janvier). L'énergie solaire et éolienne en Afrique : des ressources « oubliées » capables de sortir le continent de l'obscurité. Attaqua.

مستوى معيشة السكان بنسبة 25.4%إضافة إلى ذلك، تقلل الطاقة الشمسية من الاعتماد على الوقود الأحفوري، وهو أمر بالغ الأهمية لتنويع مصادر الطاقة، خاصة في منطقة شمال أفريقيا[1]

I_3 _الاشعاع الشمسي في الجزائر:

I_3_1 الموقع الفلكي والجغرافي للجزائر:

تقع الجزائر في شمال أفريقيا، وهي الأكبر من حيث المساحة في القارة، إذ تبلغ مساحتها 2.381.741 كم^2. يحدها من الشمال البحر الأبيض المتوسط، ومن الشرق تونس وليبيا، ومن الجنوب النيجر ومالي، ومن الغرب موريتانيا والمغرب والصحراء الغربية.

أ/ الموقع الفلكي:

تمتد الجزائر بين دائرة العرض 19°و37°شمالا، وخط طول9° غرباً و12° شرقاً.

ب/الموقع الجغرافي:

تمتلك الجزائر شريطاً ساحلياً على البحر الأبيض المتوسط يبلغ طوله حوالي 1200Km، وتتكون من ثلاثة أقاليم رئيسية: السهول الساحلية (التل)، والهضاب العليا، والصحراء الكبرى التي تشكل 80% من مساحتها. ويعتبر موقع الجزائر الاستراتيجي حلقة وصل بين البحر المتوسط والصحراء، مما يدعم مكانتها التجارية والطاقية[2]

[1] Nicolas. (2019, 2 juillet). Impact du rayonnement solaire annuel moyen et de la densité totale du rayonnement solaire en Afrique sur l'éclairage public par énergie solaire. بالدرجات:

[2] Sobha, Nawar. (2026, 10 février). L'énergie solaire en Afrique : comment renforcer son rôle dans le système électrique continental ? Attaqua.

I_3_2 المعدل السنوي للإشعاع الشمسي في الجزائر:

يتراوح متوسط مدة التشميس السنوية في الجزائر بين 2600 – 3500 ساعة، مع اختلافات بين المناطق. ففي الشمال، يبلغ المتوسط حوالي 2600 ساعة في السنة. بينما في الجنوب والصحراء، يرتفع إلى 3500 ساعة في السنة، مثل مناطق أدرار وتمنراست بمعدل إشعاع سنوي يتراوح بين 1.78_2.37 MWh/m^2وبشكل عام، يتراوح المتوسط السنوي للإشعاع الشمسي بين 2000 – 3900 ساعة، أي ما يعادل $5.1\ KWh/m^2$ _ 6.6يوميًا ويرجع ارتفاع الإشعاع في الجنوب إلى المناخ الصحراوي، حيث يزيد عن 300ساعة شهريا في مناطق مثل غرداية ورقلة، مقارنة بالعاصمة التي تسجل حوالي 100 ساعة وهذه المعطيات تجعل الجزائر مكانًا واعدًا لمشاريع الطاقة الشمسية.[1]

I_3_3الإمكانيات الطاقية الشمسية في الجزائر:

تتمتع الجزائر بقدرات كبيرة في مجال الطاقة الشمسية بسبب موقعها المتميز في حزام الشمس. تسجل معظم المناطق أكثر من 2000 ساعة من الإشعاع الشمسي سنويًا، وتصل هذه المدة إلى 3900 ساعة في الصحراء والمناطق الجنوبية. تتلقى المناطق الشمالية إشعاعًا شمسيًا يبلغ $3KWh/m^2$يوميا، بينما تتجاوز هذه الكمية $5.6\ KWh/m^2$ في الجنوب كمنطقة الهضاب العليا والصحراء الكبرى. هذه المعطيات تجعل الجزائر في مصاف الدول الأفضل عالميًا في إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية، إذ يُمكن للألواح الشمسية أن تعمل بفاعلية طيلة أيام السنة حيث تطمح الجزائر إلى إنتاج MW15000من الطاقات المتجددة بحلول عام 2035، مع التركيز بشكل خاص على الطاقة الشمسية لإنتاج MW4000بحلول عام 2025. تتضمن هذه الخطة برامج مثل مشروع سولار 1000 بقدرة MW1000، ومشروع سونلغاز بقدرة

[1] Équipe de rédaction d'Al-Athar. (2024). Géographie du territoire algérien et sa topographie. 2thar.

MW2000موزعة على 15 محطة عبر 12 ولاية.

أ/ المشاريع الرئيسية في الجزائر

الجدول 1: يمثل اهم المشاريع الشمسية في الجزائر

الحالة	المناطق الرئيسية	القدرة	المشروع
عقود موقعة 2024	بشار، المسيلة، بسكرة، غرداية	2000 MW	مجمع سونلغاز
تحت التطوير	متعددة	1000 MW	سولار 1000
بناء منذ 2024	ورقلة	300 MW	ورقلة

I-4 – الاشعاع الشمسي في ورقلة:

I–4–1– أهمية الموقع الجغرافي في الطاقة الشمسية:

تُعدّ مدينة ورقلة الواقعة في جنوب الجزائر ضمن المجال الصحراوي من المناطق ذات الإمكانيات الشمسية العالية، وذلك نتيجة موقعها الجغرافي الذي يتميز بارتفاع عدد ساعات السطوع الشمسي وانخفاض الغطاء الصحابي. هذه الخصائص تجعلها منطقة ملائمة جداً لاستغلال الاشعاع الشمسي وتطوير مشاريع الطاقات المتجددة. [1]

I–4–2–شدة الاشعاع الشمسي:

تتميز ورقلة بمستويات مرتفعة من الإشعاع الشمسي العالمي، حيث تشير الدراسات إلى أن المتوسط السنوي قد يصل إلى قيم معتبرة تُقدَّر بحوالي $5252Wh/m^2$ حسب بعض التقديرات. [2]

I–4–3– اهم المشاريع في الطاقة الشمسية

على المستوى التطبيقي، تعرف منطقة ورقلة تطوراً في مشاريع استغلال الطاقة الشمسية، من بينها وحدات صناعية لإنتاج الألواح الشمسية بقدرات معتبرة، إضافة إلى مشاريع لمحطات توليد الكهرباء الشمسية بالشراكة مع أطراف دولية. وتندرج هذه المشاريع ضمن الاستراتيجية الوطنية الجزائرية للطاقات المتجددة، خاصة برنامج $1000MW$ الشمسي الذي يهدف إلى تعزيز إدماج الطاقة الشمسية في مزيج الطاقة الوطني.

I_4_ مفاهيم حول الاشعاع الشمسي:

[1] Sudani, Mohamed El Bar; Ouled Salem, Halima. (2016). Estimation du rayonnement solaire dans la région d'Ouargla et effet des méthodes de suivi solaire et des angles d'orientation du capteur sur l'intensité du rayonnement [Mémoire de master, Université Kasdi Merbah Ouargla]. Dépôt institutionnel de l'Université d'Ouargla.

[2] Sudani, Mohamed El Bar; Ouled Salem, Halima. (2016). Estimation du rayonnement solaire dans la région d'Ouargla et effet des méthodes de suivi solaire et des angles d'orientation du capteur sur l'intensité du rayonnement [Mémoire de master, Université Kasdi Merbah Ouargla]. Dépôt institutionnel de l'Université d'Ouargla.

I_4_1 تعريف الاشعاع الشمسي:

ويُعبر عن كمية الضوء الشمسي الذي يصل إلى الأرض، والذي يمكن تحويله إلى طاقة كهربائية. على الرغم من أن الأرض تتلقى ما يعادل جزء من الفي مليون جزء من إجمالي إشعاع الشمس، والذي يبلغ حوالي $1000\mathrm{W/m^2}$، إلا أن هذه الكمية الصغيرة مسؤولة عن إمداد كل الطاقة الحرارية لسطح الأرض وغلافها الجوي.[1]

I _4_2 تعريف الثابت الشمسي:

هو كمية الطاقة الشمسية التي تصل إلى وحدة المساحة ($1\mathrm{m^2}$) خارج الغلاف الجوي للأرض. يجب أن تكون هذه المساحة عمودية على أشعة الشمس، وذلك عندما تكون المسافة بين الأرض والشمس متوسطة على مدار السنة والمقدرة ب $5\times10^8\mathrm{km}$ وتعطى قيمة الثابت الشمسي(I_0) المكيسة من طرف Guyard سنة 2004 [2] $I_0 = 1366.1W/m^2$

يمكن حساب قيمته في أيام مختلفة من السنة باستخدام هذه العلاقة

$$I = I_0\left[1 + 0.034cos\ \left[(N_j - 2)\frac{360}{365}\right]\right] \qquad (1\text{-}1)$$

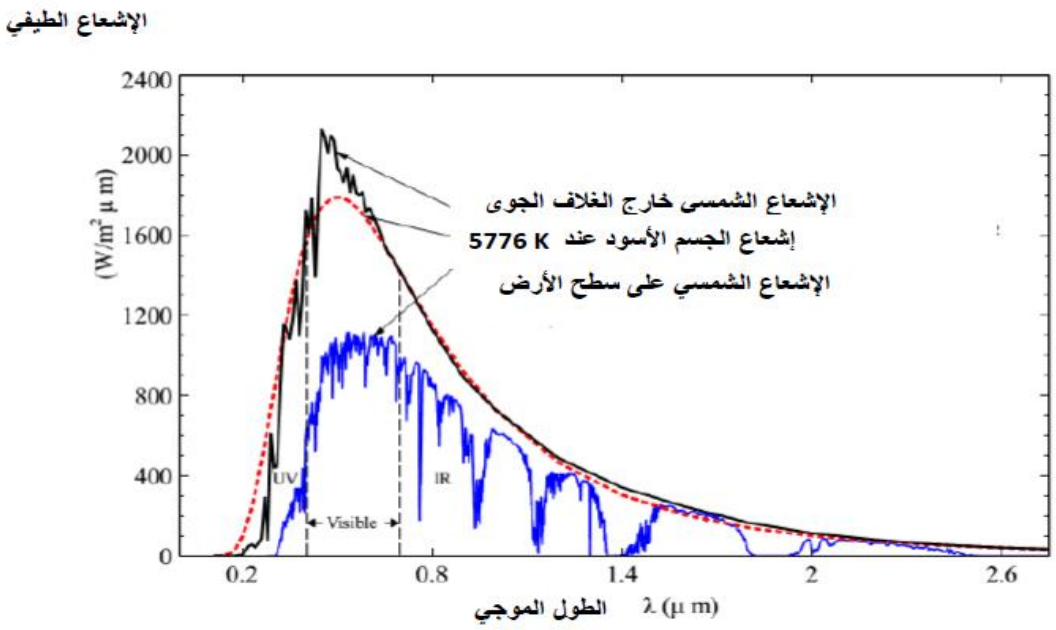
I_4_3 التوزيع الطيفي للإشعاع الشمسي:

التوزيع الطيفي للإشعاع الشمسي يمتد خارج الغلاف الجوي$50\mu\mathrm{m}$ _ 0.2 ، لكن على سطح الأرض، يتقلص هذا النطاق ليصبح بين .0.3 _ $3\ \mu\mathrm{m}$سبب هذا التضييق هو تشتت الإشعاع وانتشاره

[1] Agence algérienne pour la promotion de l'investissement (AAPI). Secteur des énergies nouvelles et renouvelables : les potentialités dans le domaine des énergies nouvelles et renouvelables. AAPI.

[2] Ministère de l'Énergie (Algérie). (2026, 22 janvier). Entrée en service de 9 centrales solaires en 2026. Solarabic.

نتيجة تفاعله مع جزيئات الهواء وبخار الماء والغبار الموجود في الغلاف الجوي. شدة هذا الانتشار، وفقًا لنظرية رايلي، تعتمد على عدد الجسيمات التي يعبرها الإشعاع وحجم هذه الجسيمات مقارنة بالطول الموجي للإشعاع الشمسي. نتيجة لذلك يكون تشتت رايلي قويًا في الأطوال الموجية القصيرة (أقل من 0.6µm). تمتص طبقة الأوزون في الغلاف الجوي الأشعة فوق البنفسجية القصيرة (أقل من 0.29µm)، بينما يمتص بخار الماء وثاني أكسيد الكربون الأشعة تحت الحمراء. [1]



الشكل1 : التوزيع الطيفي للإشعاع الشمسي[2]

I_4_4 الاشعاع الشمسي على سطح الأرض:

عندما يصل الاشعاع الشمسي المنبعث من الشمس الي الأرض فانه يمر عبر الغلاف الجوي، جزء من هذا الاشعاع ينعكس الي الفضاء، بينما يخترق الجزء الاخر الغلاف الجوي، حيث يتم امتصاص جزء من الاشعاع

[1] Solarabic. (2019, 22 février). Définition du rayonnement solaire – Solar Irradiance. Solarabic.

[2] Gueymard ،C.2004 ،. "The sun's total and spectral irradiance for solar Energy applications and solar radiation models". Solar energy76 ،(4) ، pp. 423–453.

بواسطة مكونات الغلاف الجوي، في حين يتشتت جزء اخر بسبب الانعكاسات على السحب والغبار، ويصل الجزء المتبقي مباشرة الي سطح الأرض. كما يوضحه الشكل

أ/ الاشعاع الشمسي المباشر:

الاشعاع الشمسي المباشر الذي يصل الي سطح الأرض مباشرة بعد اختراق الغلاف الجوي يكتب بالعلاقة التالية:[1]

$$I_{bb} = I[a_0 + a_1\, e^{-K\times AM}\,] \qquad (1\text{-}2)$$

حيث a_0, a_1, K ثوابت تجريبيه تعطى بالعلاقات التالية من طرف Beckman وDuffie:

$$a_0 = 0.94[0.4237 - 0.00821(6 - Z)^2\,] \qquad (1\text{-}3)$$

$$a_1 = 0.98[0.5055 - 0.00595(6.5 - Z)^2\,] \qquad (1\text{-}4)$$

$$K = 1.02[0.2711 - 0.01858(2.5 - Z)^2\,] \qquad (1\text{-}5)$$

حيث: Z ارتفاع المنطقة فوق سطح البحر المعبرة بالكيلومتر (km) وAM الكتلة الهوائية الضوئية وح الثابت الشمسي.

ب/ الاشعاع الشمسي المنتشر:

[1] Gueymard ،C.2004 ،. "The sun's total and spectral irradiance for solar Energy applications and solar radiation models". Solar Energy76 ،(4) ، pp. 423–453.

ينتج هذا النوع من الاشعاع بسبب تشتت الاشعاع الشمسي بفعل مكونات الغلاف الجوي ،في حالة السطح الافقي يمكن حساب هذا الاشعاع بالعلاقة التالية:

$$a_d = I \ sinh[0.2710 - 02939\ (a_0 + a_1 e^{-k \times AM}] \qquad (1\text{-}6)$$

ج/ الاشعاع الكلي:

يحسب مجموع الاشعاع الشمسي المباشر والمنتشر في حالة الاشعاع الناظمين i=0 وفقا العلاقة التالية:

$$G = (1270 - 56T_L)(\sin h)^{\frac{T_L+36}{33}} \qquad (1\text{-}7)$$

حيث T_L معامل االعكورة للغلاف الجوي ويعطى بالعلاقة:

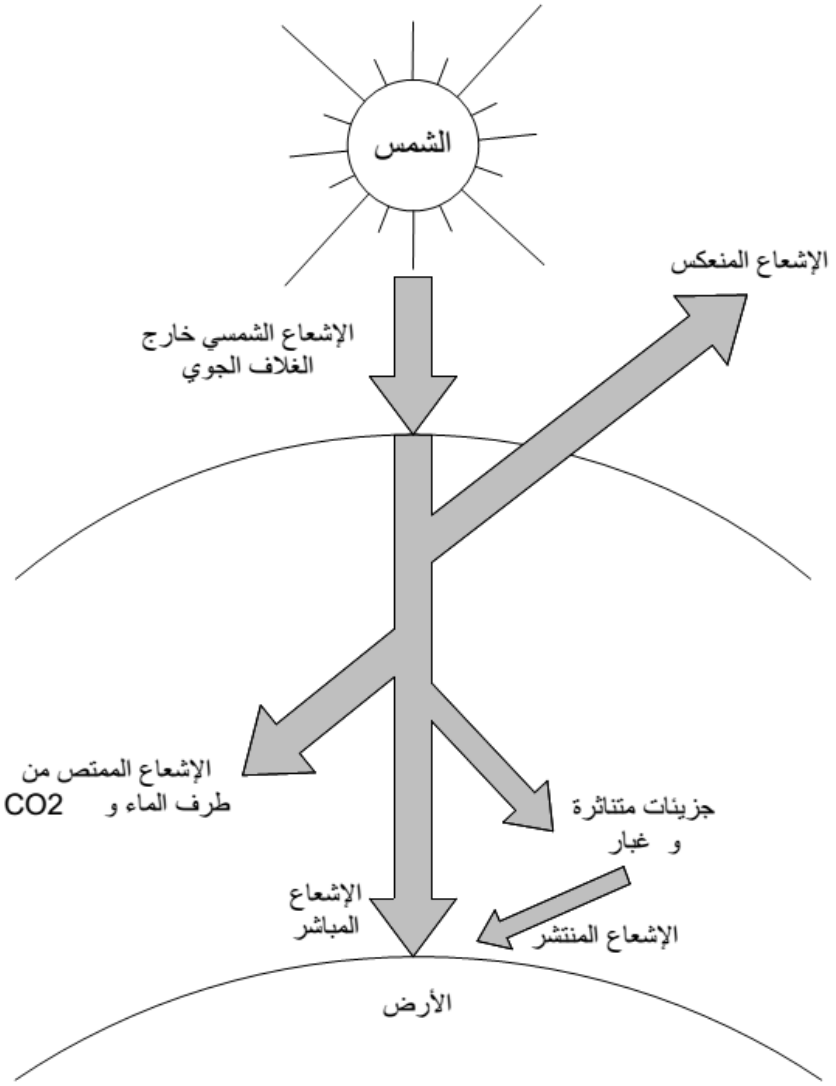
$$T_L = 2.5 + 16\beta_A + 0.5 \ln \omega \qquad (1\text{-}8)$$

حيث β_A معامل انغيشتروم وω ارتفاع الماء المكثف ويتغير حسب الظروف الجوية.

الجدول 1: يمثل قيم معامل الاضطراب وارتفاع الماء المكثف [1]

	سماء مضطربة	سماء متوسطة	سماء صافية
B_A	0.2	0.1	0.05
ω	5cm	2cm	1cm

[1] Shah A. ،S. C. Kaushik ،S.N. Garg ،"Computation of beam Solar Radiation at Normal Incidence Using Artificial Neural Network" ،Réensable Energy 31(2006) 1483-1491.



الشكل: 2: مخطط يوضح وصول الاشعاع الشمسي الى سطح الأرض [1]

I_5_الزوايا الشمسية:

تتوقف قوة الاشعاع الشمسي الذي يصل الى مكان معين على سطح الأرض على حركتها حول الشمس وهو ما تحدده الزوايا الشمسية:

[1] Zekai.Sen ،Solar Energy Fundamentals and Modeling Techniques ،ISBN 978-1-84800-133- 6 © 2008 Springer-Verlag London Limited.

I_5_1زاوية الميل الشمسيδ :

تدور الأرض حول الشمس في مدار بيضاوي مكملة دورة كاملة في 365 يوم المسافة بين الأرض والشمس تتباين حيث تكون الأقرب في 21ديسمبر بمسافة (1.47×10^{11} m) والابعد في 21 جوان بمسافة (1.52×10^{11} m)

يميل محور دوران الأرض بزاوية تتراوح بين °23.5 و°23.5- على مدار العام بالنسبية للمستوى المداري.[16]

وتعطى عبارة زاوية الميل الشمسي بالعلاقة التالية:

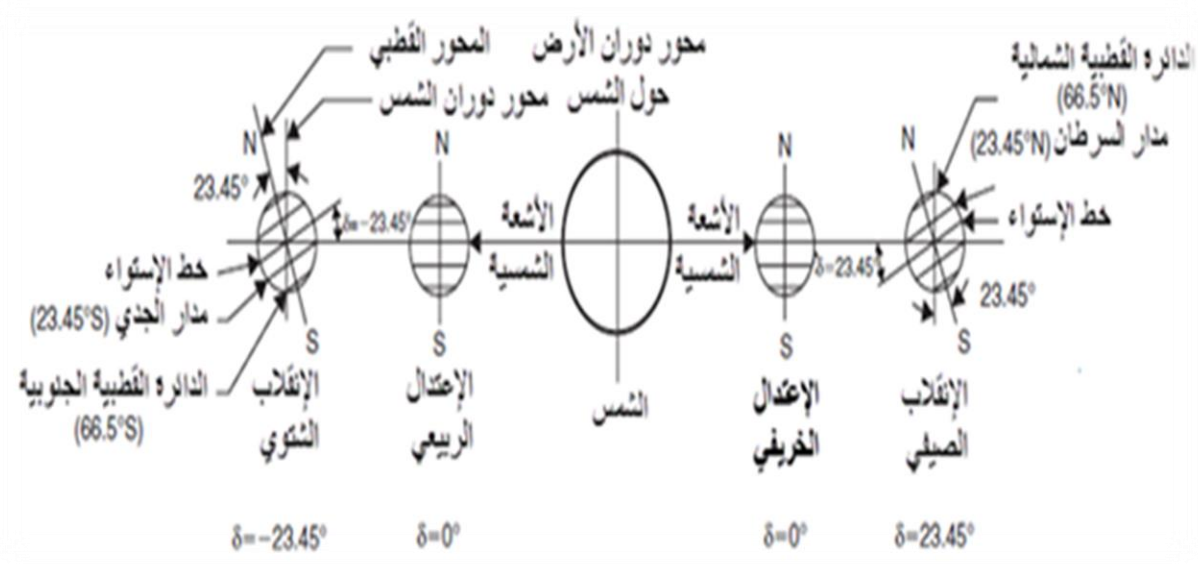
$$\Delta = 23.45° \sin\frac{360}{365}(284 + N_J) \qquad (1\text{-}9)$$

حيث:

(23.45+) في 21 جوان انقلاب صيفي.

(23.45-) في 21 ديسمبر انقلاب شتوي.

تنعدم قيمة الميل الشمسي (δ=0) في اعتدالين الخريفي بتاريخ 21 سبتمبر والربيعي بتاريخ 21 مارس



الشكل :3 :يوضح التغير السنوي لزاوية الميل الشمسي[1]

يمكن تحديد مسار الشمس من وقت الشروق الى الغروب في موقع معين على سطح الكرة الأرضية عن طريق قياس زاويتي الارتفاع h والسمت a:

I_ 5_ 2 زاوية الارتفاع الشمسي h:

هي الزاوية بين شعاع الشمس ومستوى الأفق في نقطة معينة على سطح الأرض وتكون قيمتها معدومة (h=0) عند الشروق والغروب.[2]

حيث تعطى بالعلاقة:

$$\sin h = \sin \varphi * \sin \delta + \cos \varphi * \cos \delta * \cos w \qquad (1\text{-}10)$$

حيث φ زاوية خط العرض للمنطقة و w زاوية الساعة الشمسية.

[1] Tomas Markvart ،"Solar Electricity" ،Second edition ،University of Southamton ،UK ،Madrid ،Jon Wiley and sons Ltd. ISBN2000 ،

[2] Gueymard ،C.2004 ،. "The sun's total and spectral irradiance for solar Energy applications and solar radiation models". Solar energy76 ،(4) ، pp. 423–453.

I_ 35 _ زاوية الذروة θ_z:

الزاوية الشمسية هي قياس الزاوية المحصورة بين أشعة الشمس التي تصل إلى مكان معين على سطح الأرض والخط العمودي على المستوى الأفقي في ذلك المكان حيث:[1]

$$\theta_z + h = 90° \qquad (1\text{-}11)$$

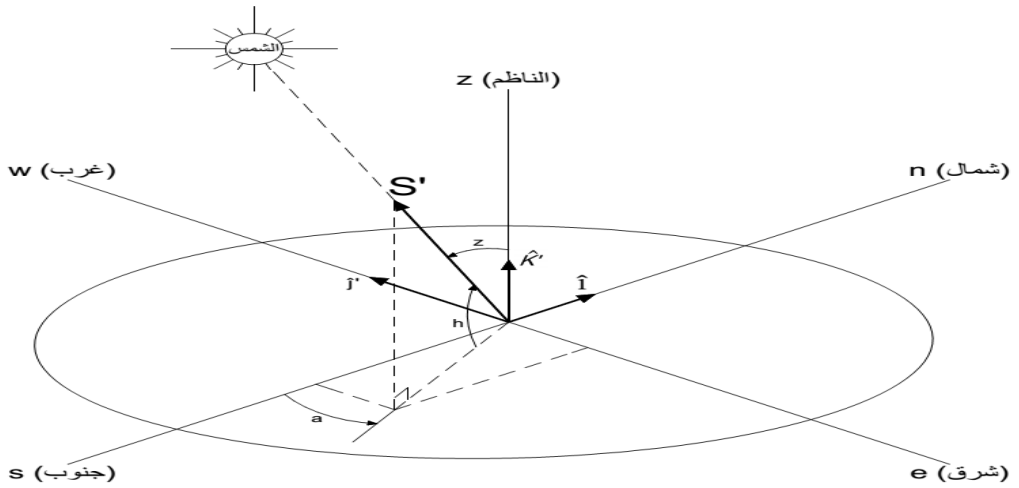
I_ 5_ 4 زاوية السمت الراسي a:

الزاوية السمطية هي الزاوية بين مسقط الشعاع الوارد على المستوى الأفقي والمحور الجنوبي عند نقطة ما. تكون الزاوية موجبة إذا كان اتجاهها غربًا وسالبة إذا كان اتجاهها شرقًا وتعطى بالعلاقة التالية[2] :

$$\cos a = \frac{\sin h * \sin \varphi - \sin \delta}{cos\ h\ * cos\ \varphi} \qquad (1\text{-}12)$$

[1] Zekai.Sen ،Solar Energy Fundamentals and Modeling Techniques ،ISBN 978-1-84800-133- 6 © 2008 Springer-Verlag London Limited.

[2] Tomas Markvart ،"Solar Electricity" ،Second edition ،University of Southamton ،UK ،Madrid ،Jon Wiley and sons Ltd. ISBN2000 ،



الشكل: 4: زاوية الارتفاع الشمسي والذروة والسمت الرأسي [1]

I_ 5_ 5 زاوية الساعة الشمسية w:

بسبب دوران الأرض، تغطي الشمس مسارًا كاملًا بزاوية 360 درجة حول كوكبنا كل 24 ساعة وفقًا لخط العرض. هذا يعني أن الشمس تتحرك بمعدل 15 درجة في الساعة، مع الأخذ في الاعتبار أن الزوال هو نقطة البداية (w=0) يمكن حساب زاوية الساعة الشمسية باستخدام هذه العلاقة:

$$w = 15(\mathrm{TVs} - 12) \qquad (1\text{-}13)$$

حيث TV_S يعبر عن التوقيت الشمسي الفعلي بناءات على الزوال الشمسي المحلي (w=0) عند الساعة 12 ظهرا وتكون $w<0$ صباحا وبينما مساءا $w>0$.

حيث يرتبط التوقيت الشمسي الحقيقي بالتوقيت الشمسي المحلي ارتباطا مباشر ويعطى بالعلاقة التالية:

$$TV_S = TU + E_t + \frac{\mathrm{L}}{15} \qquad (1\text{-}14)$$

[1] Zekai.Sen ،Solar Energy Fundamentals and Modeling Techniques ،ISBN 978-1-84800-133- 6 © 2008 Springer-Verlag London Limited.

حيث TUهو معيار زمني أساسي يُستعمل كمرجع للتوقيت في مختلف أنحاء العالم، وهو يمثل التوقيت على خط غرينتش.

E_t : معادلة التصحيح الزمني

L : خط الطول للمنطقة حيث عندما يكون L< 0 غربا و L>0 شرقا.[1]

I_ 5_ 6 معادلة التصحيح الزمني E_t:

وفقًا لمعادلة Woolf، يمكن تقدير التصحيح الزمني خلال ساعات النهار بدقة تصل إلى 30 ثانية، ويتم التعبير عن هذا التصحيح بالدقائق.[2]

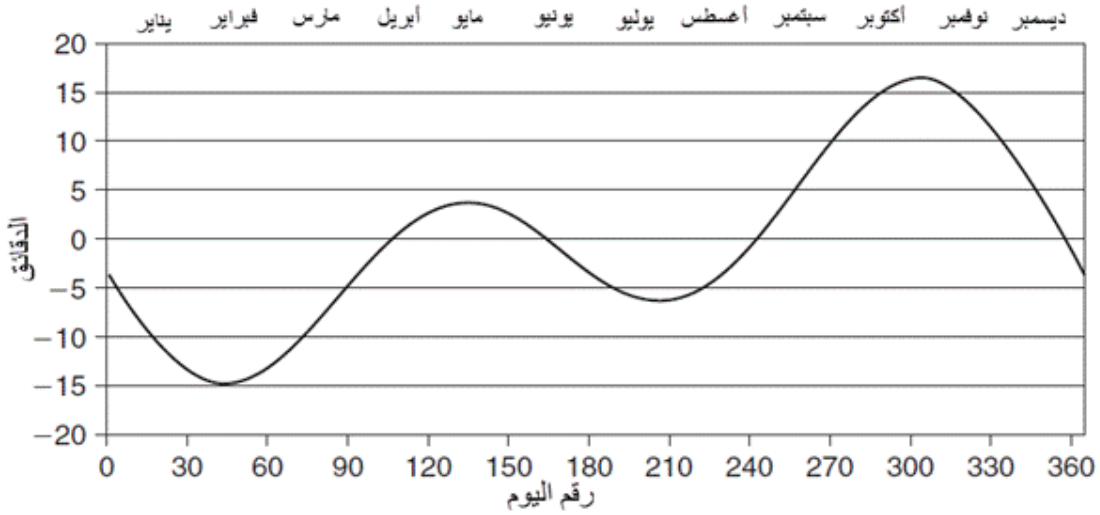
$$E_t = 0.258 \cos x - 7.416 \sin x - 3.648 \cos 2x - 9.228 \sin 2x \quad (1\text{-}14)$$

حيثx مقدرة بالدرجات:

$$x = \frac{360(Nj - 1)}{365.242} \quad (1\text{-}13)$$

[1] Tomas Markvart ،"Solar Electricity" ،Second edition ،University of Southamton ،UK ،Madrid ،Jon Wiley and sons Ltd. ISBN2000 ،

[2] Woolf ،H. M.1968 ،. "On the Computation of Solar Evaluation Angles and the Determination of Sunrise and Sunset Times". National Aeronautics and Space Administration Report NASA TM-X-164 ،US



الشكل: 5: تغيرات التصحيح الزمني خلال السنة

الفصل الثاني

اجهزة قياس الاشعاع الشمسي

II-1-مقدمة:

تُعدّ شدة الإشعاع الشمسي مقياسًا لكمية الإشعاع الشمسي الساقط على وحدة المساحة، وتتوفر العديد من أجهزة قياس الإشعاع الشمسي لهذا الغرض. تستطيع هذه الأجهزة قياس بعض خصائص الإشعاع الشمسي، بما في ذلك شدته واتجاهه وتركيبه الطيفي. سنتناول في هذا الفصل اجهزة قياس الاشعاع الشمسي.

II-2-جهاز البيرانومتر (Pyranometer):

هو جهاز لقياس كمية الإشعاع الشمسي الكلي (المباشر والمتشتت) الواصل إلى سطح مستوي أو مائل. غالبًا ما يحتوي على مستشعر حراري (Thermopile) أو مزدوج حراري (Thermocouple) مثبت في داخل قبة زجاجية. المزدوج الحراري هذا مصنوع من شريحتين معدنيتين واحدة سوداء واخرى بيضاء [1]

الشكل (II-1): جهاز البيرانومتر [2]

[1] Samira MOUHOUS-CHAOUCHI 2012, "Etude statistique du rayonnement solaire sur un plan incliné" Thèse Magistère Université de Tlemcen.

[2] https://circuitdigest.com/tutorial/solar-radiation-measurement-methods-using-pyrheliometer-and-pyranometer

II-3-جهاز البيرهيليومتر(Pyrheliometer):

هو جهاز يُستخدم لقياس الإشعاع الشمسي المباشر، والذي يمثل الإشعاع الشمسي القادم من الشمس دون أي تشتت أو انعكاس. يكون هذا الجهاز مزودًا بنظام تتبع ليبقى موجّهًا نحو الشمس باستمرار يتكون جهاز البيرهيليومتر من أنبوب معدني ذي فتحة صغيرة، يحتوي على بلورة من الكوارتز، وفي نهاية الأنبوب يوجد مستشعر حراري (Thrmopile) اومزدوج حراري (Thermocouple) به قرص ابيض مع بقعة سوداء [1]

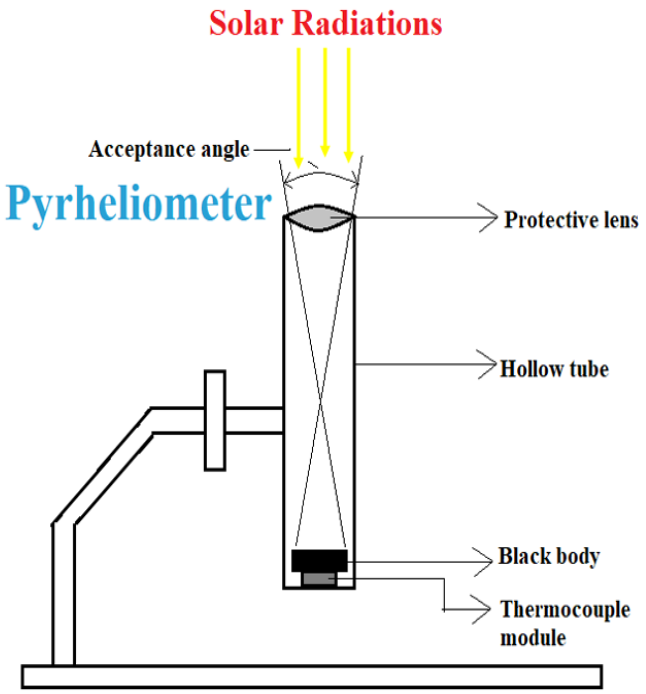
الشكل (II-2): جهاز البيرهليومتر

مبدا عمله:

يدخل الاشعاع الشمسي الي هذا الجهاز عبرة نافذة كوارتز بلورية ويصل مباشرة الي داخله، يتم امتصاص الاشعاع المصفى بواسطة السطح الاسود الموجود على المزدوج الحراري حيث تتحول الي طاقة حرارية، يمكن تحويل هذه

[1] https://circuitdigest.com/tutorial/solar-radiation-measurement-methods-using-pyrheliometer-and-pyranometer

الطاقة من حرارة الي اشارة كهربائية من خلال حساب فرق الجهد ويمثل هذا الاخير مقدار شدة الاشعاع الشمسي المباشر المقاسة [1]



الشكل:6 : مبدا عمل جهاز البيرهليومتر

II-4-جهاز البيرجيومتر(Pyrgeometer):

هو جهاز يستخدم لقياس الاشعاع في مجال الاشعة تحت الحمراء (اي الاشعاع ذي الطول الموجي الطويل) الصادر من سطح الارض والغلاف الجوي. يتكون من مستشعر حساس للإشعاع طويل الموجة وعادة ما يكون اشعاعا حراريا [2]

[1] https://circuitdigest.com/tutorial/solar-radiation-measurement-methods-using-pyrheliometer-and-pyranometer
[2] https://www.apogeeinstruments.com/pyrgeometers/

الشكل: 7: جهاز البيرجيومتر

مبدا عمله:

لا يمكن الا للأشعة ذات الطول الموجي الطويل باختراق الجهاز حيث يقوم المستشعر الحراري بتحويلها الي اشارة كهربائية من خلال حساب فرق الجهد [1]

II-5-جهاز قياس الاشعاع الطيفي (Spectroradiometer):

هو جهاز يستخدم موشور من اجل تشتيت الاشعاع الذي يصل اليه. يتكون هذا الجهاز من مستشعر للكشف عن شدة الاشعاع عند مختلف الاطوال الموجية مثل الاشعة فوق البنفسجية والمرئية، والاشعة تحت الحمراء [2]

[1] https://www.apogeeinstruments.com/pyrgeometers/
[2] https://www.apogeeinstruments.com/applications-and-uses-of-spectroradiometers/

الشكل: 8: جهاز قياس الإشعاع الطيفي

مبدا عمله:

يسمح الموشور بمرور الاشعاع الشمسي ويقوم المستشعر بالتقاط المعلومات الطيفية مما يتيح اجراء تحليل مفصل للإشعاع الشمسي عبر مختلف الاطوال الموجية [1]

II-6-جهاز الألبيدمتر (Albedometer) :

هو جهاز يستخدم لقياس الاشعاع المنعكس من سطح ما. ويستعمل غالبا لقياس انعكاس الارض. يتكون عادة من مستشعرين لدرجة الحرارة: أحدهما موجه نحو السماء والاخر موجه نحو الاسفل باتجاه السطح. ومن خلال نسبة الاشعاع الساقط والاشعاع المنعكس يمكن حساب معامل الانعكاس

[1] Faiza MERAD, 2013, " Conception d'un programme de calcul du rayonnement solaire, cas particulier de la région de Mostaganem " Thèse Magistère Université de Mostaganem.

الشكل: 9: جهاز الألبيدمتر

مبدا عمله:

من خلال مقارنة قياسات الاشعاع الشمسي الساقط والاشعاع الشمسي المنعكس يمكن تحديد معامل الانعكاس، ويمثل نسبة الاشعاع المنعكس الي الاشعاع الساقط [1]

II-7-جهاز كامبل ستوكس (Campbell-Stockes):

هو جهاز يتكون من كرة زجاجية تقوم بتجميع اشعة الشمس ويقيس عدد ساعات سطوع الشمس، ويتم تسجيل سطوع الشمس من خلال احتراق ورقة زرقاء ملفوفة حول كرة زجاجية

[1] Samira MOUHOUS-CHAOUCHI 2012, "Etude statistique du rayonnement solaire sur un plan incliné" Thèse Magistère Université de Tlemcen.

الشكل: 10: جهاز كامبل ستوكس

مبدا عمله:

تمر اشعة الشمس عبر البلورة الزجاجية التي تجمع الاشعة في حزمة مركزة ترتفع حرارتها، توضع الورقة خلف البلورة ويتم حساب عدد ساعات سطوع الشمس من خلالها، وذلك من خلال قياس طول اثار الاحتراق على الورقة المدرجة بالساعات [1]

[1] https://www.kuriositas.com/2011/02/campbellstokes-sunshine-recorder.html

II-7-العوامل المؤثرة في الاشعاع الشمسي:

II-7-1-العوامل المؤثرة في توزيع وتحديد قوة تأثير الاشعاع الشمسي:

- **مدة التشميس :**

هي المدة الفعالية لظهور اشعة الشمس المباشرة طوال اليوم من شروق الشمس الي غروبها وتكون اطول مدة لسطوع الشمس بين خطي عرض (15 °- 35) شمالا وجنوبا خط الاستواء [1]

- **زاوية ورود الاشعاع الشمسي :**

مقدار الاشعاع الشمسي الذي يستقبله السطح يتأثر بالزاوية التي تشكلها اشعة الشمس مع خط عمودي على هذا السطح لذا يجب ان نكون على علم بموقع الشمس في السماء في جميع الاوقات وعلى مدار السنة ويتم ذلك من خلال تحديد زوايا الشمس ويتأثر ايضا خط العرض بزوايا الشمس [2]

- **شفافية الغلاف الجوي:**

تستقبل المناطق التي تتواجد فيها كميات كبيرة من الهواء الملوث، التربة والعوالق والغيوم كميات ضئيلة من الإشعاع الشمسي مقارنة مع المناطق ذات الجو الشفاف [3]

[1] مسعودي صبرينة ولحرش امة الرحمان, 2021, "دراسة تأثير سرعة الرياح على حمل العوالق واثارها على الاشعاع الشمسي, مذكرة ماستر جامعة قاصدي مرباح ورقلة -الجزائر
[2] نفس المرجع
[3] نفس المرجع

- **التضاريس :**

تؤثر درجة ميل وانحدار الجبال بشكل كبير على كميات الإشعاع الشمسي التي تصل إليها، خاصة في المناطق ذات المناخ المعتدل والبارد حيث تصل أشعة الشمس بزاوية مائلة بينما في المناطق الاستوائية يكون تأثير هذا العامل محدودًا إذ تتلقى هذه المناطق أشعة الشمس عموديًا أو شبه عمودي طوال العام [1]

- **الالبيدو:**

هو النسبة التي يتم عكسها من قبل سطح الأرض إلى الفضاء بشكل مباشر من الإشعاع الشمسي الصافي الذي يصل إليه تختلف نسبة الألبيدو من مكان لآخر حسب الموقع الجغرافي واختلاف طبيعة السطح (بما في ذلك التركيب، اللون ووجود النبتات وانواعها)

II-7-2-تأثير الغلاف الجوي على الاشعاع الشمسي:

عندما تصل أشعة الشمس إلى الأرض، فإنها تخترق الغلاف الجوي وتدخل في تفاعل مع الغازات والمواد الصلبة والعالقة، عندما تحدث عدة ظواهر فيحدث انعكاس أو تشتت أو امتصاص، ويصل الجزء المتبقي منها إلى سطح الأرض، تحدث عملية انعكاس

الأشعة عن طريق ارتدادها في الاتجاه المعاكس بحيث تكون زاوية سقوطها متساوية مع زاوية ورودها، أما عملية تشتت الأشعة الشمسية، فهي تتبعثر في كافة الاتجاهات، والانعكاس هو أحد أشكال هذا التشتت. تُمتص معظم الأشعة داخل الغلاف الجوي بواسطة الأكسجين والأوزون وبخار الماء والمواد العالقة، وتعتبر السحب من

[1] مسعودي صبرينة ولحرش امة الرحمان, 2021, "دراسة تأثير سرعة الرياح على حمل العوالق واثارها على الاشعاع الشمسي, مذكرة ماستر جامعة قاصدي مرباح ورقلة -الجزائر

أهم العناصر التي تعكس الإشعاع الشمسي. كما أظهرت قياسات الأقمار الصناعية المناخية أن حوالي 49% من الإشعاع الشمسي المتجه نحو الأرض يتم فقدانه داخل الغلاف الجوي

II-7-3-تأثير سطح الأرض على الاشعاع الشمسي:

الاشعاع الشمسي الذي يصل الى سطح الارض هو ناتج من الاشعة المنبعثة من الشمس المخترقة للغلاف الجوي، الذي لا يسمح بمرور جميع الاشعة الواردة من الشمس الى الارض الا الاشعة المباشرة، في مكنها اختراق الغلاف الجوي بدون ان يتعرض لاي تغيرات، فمعظم الاشعة تنعكس بعدة عوامل، حيث الاشعة المنتشرة تنعكس بفعل الجزيئات العامة الموجودة في الجو (الصلبة او السائلة)، اوبفعل الانعكاسات على السحب والعوالق الصلبة (الغبار)، وبالتالي من هذه الاشعاعات تنتج لنا الاشعة الكلية التي هي مجموع الاشعة المباشرة والمنتشرة [1]

[1] سوداني محمد البار، تحقيق علمي لمركز شمسي أسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي، أطروحة دكتوراه، جامعة ورقلة, 2018.

الفصل الثالث

تحليل ومناقشة النتائج

III_مقدمة :

يهدف هذا الفصل إلى عرض الدراسة التجريبية التي أُجريت من أجل دراسة تأثير ارتفاع متوسط درجة الحرارة على شدة الإشعاع الشمسي، وذلك من خلال قياس شدة الإشعاع الشمسي في فترات زمنية مختلفة خلال اليوم. حيث تم الاعتماد على قياس شدة الإشعاع الشمسي باعتبار أن تغير درجات الحرارة خلال اليوم يرتبط مباشرة بتغير شدة الإشعاع الشمسي.

في هذا الفصل سيتم التطرق إلى مكان إجراء التجربة، الأجهزة المستعملة، منهجية العمل، عرض النتائج التجريبية، ثم تحليل ومناقشة النتائج المتحصل عليها، وصولاً إلى استخلاص أهم الاستنتاجات المتعلقة بتأثير ارتفاع متوسط درجة الحرارة على قياس الإشعاع الشمسي.

III_1_مكان اجراء التجربة وظروف القياس :

تم إجراء هذه الدراسة التجريبية على مستوى جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الواقعة جنوب شرق الجزائر، والتي تتميز بمناخ صحراوي جاف وارتفاع ملحوظ في درجات الحرارة، خاصة خلال فترات النهار. وتُعد هذه المنطقة من المناطق ذات الإشعاع الشمسي المرتفع، مما يجعلها مناسبة لإجراء مثل هذه الدراسات التجريبية.

تم وضع جهاز قياس الإشعاع الشمسي في فضاء مفتوح داخل حرم الجامعة، بعيداً عن العوائق مثل المباني والأشجار، وذلك لضمان وصول الأشعة الشمسية بشكل مباشر إلى الجهاز. كما تم تثبيت الجهاز في وضعية أفقية للحصول على قياسات دقيقة.

أُجريت القياسات خلال فترات زمنية مختلفة من اليوم، بداية من ساعات الصباح إلى غاية فترة الظهيرة، حيث تكون شدة الإشعاع الشمسي في أعلى مستوياتها. كما تمت القياسات في ظروف جوية مستقرة وخالية من الغيوم قدر الإمكان، وذلك لضمان دقة النتائج المتحصل عليها.

الشكل: 11: الموقع الدراسي لمنطقة الدراسة

III_2_الاجهزة المستعملة في التجربة :

تم خلال هذه الدراسة استعمال مجموعة من الأجهزة تتمثل في:

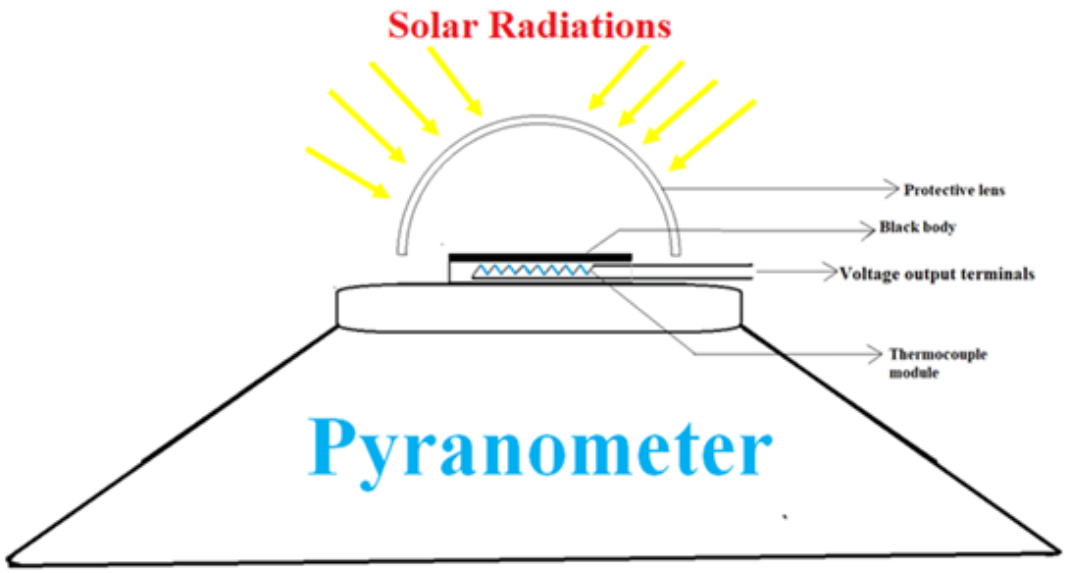
III_2_1جهاز قياس الاشعاع الشمسي :

تم استخدام جهاز قياس الإشعاع الشمسي (Pyranometer)، والذي يُستعمل لقياس شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح أفقي. ويتميز هذا الجهاز بدقة عالية في قياس الإشعاع الشمسي.

- **مبدا عمله**

عندما يتعرض الجهاز لأشعة الشمس،فان الجزء الأسود يمتص جميع تلك الاشعة مما يؤدي الي ارتفاع درجة حرارته ،بينما الجزء الأبيض يقوم بعكس الاشعة التي تصل اليه ،وهذا يساهم في حدوث اختلاف في درجات الحرارة .هذا الاختلاف يولد فرقا في الجهد يتناسب مع قوة الاشعة الشمسية الساقطة .بمعنى اخر يعمل الجهاز على تحويل الفارق في كمية الطاقة التي تستقبلها القطعتان الى إشارات كهربائية ،والتي بدورها تحرك المؤشر الموجود

على القرص المدرج مما يجعل من الممكن قراءتها وتدوينها في جداول معينة تعبر عن شدة الاشعاع الشمسي الكلي التي تم قياسها [1]



الشكل: 12: مبدا عمل جهاز البيرانومتر[2]

III_2_2صندوق معزول حراريا :

تم وضع جهاز القياس داخل صندوق معزول حرارياً، وذلك لحماية الجهاز من التأثيرات الخارجية مثل الرياح والتغيرات المفاجئة في درجة الحرارة، مما يساعد على الحصول على قياسات أكثر دقة واستقراراً.

[1] Samira MOUHOUS-CHAOUCHI 2012, "Etude statistique du rayonnement solaire sur un plan incliné" Thèse Magistère Université de Tlemcen.

[2] https://circuitdigest.com/tutorial/solar-radiation-measurement-methods-using-pyrheliometer-and-pyranometer

III_2_3جهاز تسجيل البيانات (Kipp & Zonen SOLRAD Integrator) :

تم توصيل جهاز قياس الإشعاع الشمسي بجهاز تسجيل البيانات، والذي يقوم بعرض قيم شدة الإشعاع الشمسي بشكل مباشر بوحدة واط لكل متر مربع (W/m^2)، كما يسمح هذا الجهاز بتسجيل القياسات خلال فترات زمنية مختلفة من اليوم، مما يسهل عملية تحليل النتائج لاحقاً.

III_2_4اسلاك التوصيل الكهربائية :

لربط الحساسات بجهاز القياس ونقل الإشارات الكهربائية.

III_2_5مصدر الاشعاع الشمسي:

هو اشعة الشمس الطبيعية المستخدمة اثناء التجربة لقياس تغير شدة الاشعاع مع تغير درجة الحرارة.

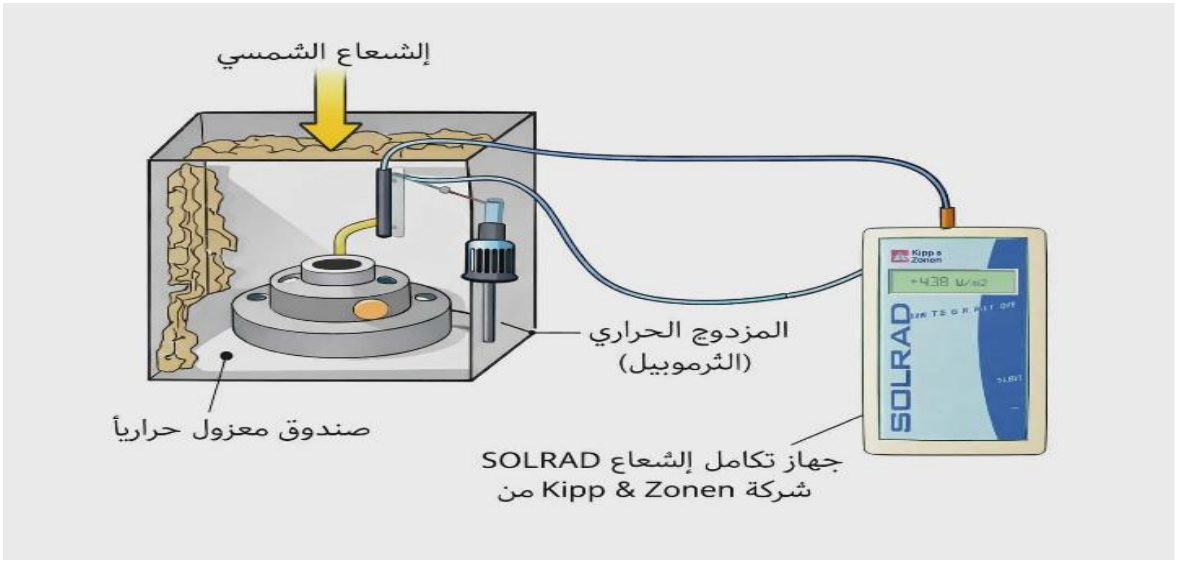
III_2_6المقاومة الكهربائية :

استعملت من اجل توليد او رفع درجة الحرارة داخل المنظومة التجريبية لدراسة تأثير ارتفاع متوسط درجة الحرارة على قياس الاشعاع الشمسي.

III_3التركيب التجريبي :

الشكل a	الشكل b

الشكل:13 : يوضح التركيب التجريبي



الشكل:14 : يوضح رسم تخطيطي لتجربة

III_3 منهجية العمل التجريبي :

تم تثبيت جهاز قياس الإشعاع الشمسي في مكان مفتوح داخل جامعة ورقلة، ثم تم تسجيل القياسات خلال فترات زمنية مختلفة من اليوم. حيث تم تسجيل شدة الإشعاع الشمسي كل15 دقيقة.

تم تسجيل البيانات في جدول خاص يحتوي على:

الزمن

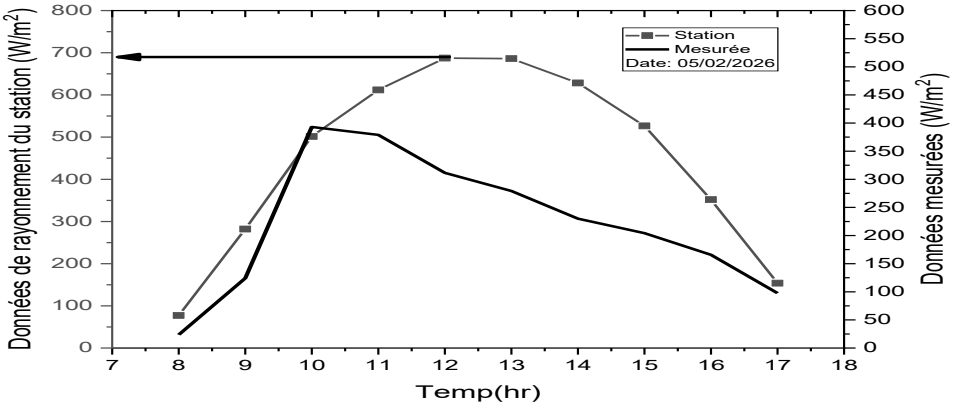
شدة الإشعاع الشمسي

ثم تم استخدام هذه البيانات من أجل دراسة تغير شدة الإشعاع الشمسي مع تقدم ساعات النهار.

III_4النتائج والمناقشة :

الجدول 2 يمثل قياسات الاشعاع الشمسي من محطة الارصاد والمقاسة ليوم 2026/02/05

TEMP(hr)	Ravr	Rmés
8:00	77,425	23,5
9:00	282,125	124,2
10:00	501,775	393
11:00	611,775	379
12:00	687,325	311,5
13:00	685,975	279,25
14:00	628,35	230
15:00	526,45	204,3
16:00	351,625	165,7
17:00	153,7	97,5



الشكل: 15:بيان تغيرات شدة الاشعاع الشمسي من محطة الارصاد (Station)والمقاسة(Mesurée)بدلالة الزمن لولاية ورقلة ليوم (2026/02/05).

- التحليل:

يمثل المنحنى العلوي بيانات محطة الأرصاد الجوية الخاصة بالجامعة، بينما يمثل المنحنى السفلي القيم المقاسة تجريبياً أثناء الدراسة. نلاحظ أن منحنى محطة الأرصاد سجل ارتفاعًا تدريجيًا في شدة الإشعاع الشمسي بداية من الساعة الثامنة صباحًا إلى غاية منتصف النهار، حيث بلغت القيم العظمى حوالي الساعة الثانية عشرة والثالثة عشرة. بعد ذلك بدأت القيم بالانخفاض التدريجي نتيجة تراجع شدة أشعة الشمس.

أما المنحنى السفلي الخاص بالقياسات التجريبية فقد أظهر نفس السلوك تقريبًا، إذ ارتفعت القيم تدريجيًا مع ارتفاع درجة الحرارة ثم انخفضت خلال الفترة المسائية. لكن القيم المقاسة كانت أقل نسبيًا من قيم محطة الأرصاد، ويمكن تفسير ذلك بتأثير الظروف المحلية المحيطة بأجهزة القياس أو اختلاف حساسية الأجهزة المستعملة.

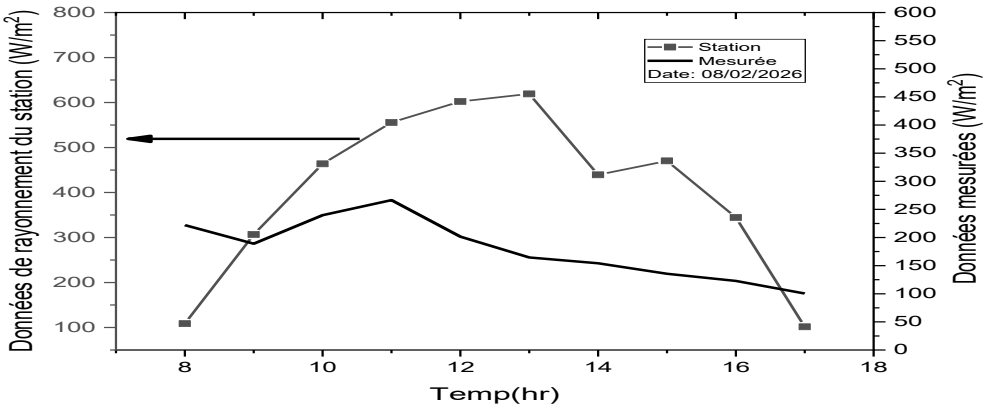
- المناقشة:

ظهرت النتائج خلال هذا اليوم وجود توافق نسبي بين بيانات محطة الأرصاد الجوية الخاصة بالجامعة والقياسات التجريبية، حيث اتخذ المنحنيان نفس السلوك العام المتمثل في الارتفاع التدريجي صباحًا ثم الانخفاض بعد منتصف النهار. ويعكس ذلك التأثير المباشر لارتفاع درجة الحرارة على قيم الإشعاع الشمسي المقاسة.

كما أن الفرق البسيط بين القيم المسجلة يعود إلى تأثير التسخين الداخلي الناتج عن المقاومة الكهربائية داخل الصندوق المعزول، والذي أدى إلى تغير استجابة جهاز القياس مقارنة ببيانات محطة الأرصاد التي تقيس في ظروف طبيعية مفتوحة. وتدل هذه النتائج على أن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى نقصان القيم المقاسة للإشعاع الشمسي.

الجدول 3 يمثل قياسات الاشعاع الشمسي من محطة الارصاد والمقاسة ليوم 2026/02/08

TEMP(hr)	Ravr	Rmés
8:00	108,425	222
9:00	306,725	189
10:00	463,600	239,75
11:00	555,825	266,5
12:00	602,475	201,5
13:00	619,200	164,5
14:00	439,350	154,25
15:00	470,225	135,6
16:00	344,575	122,8
17:00	101,525	100,4



الشكل: 16:بيان تغيرات شدة الاشعاع الشمسي من محطة الارصاد (Station)والمقاسة(Mesurée)بدلالة الزمن لولاية ورقلة ليوم (2026/02/08).

- **التحليل:**

يُظهر منحنى محطة الأرصاد الخاصة بالجامعة ارتفاعًا واضحًا في شدة الإشعاع الشمسي خلال ساعات الصباح إلى غاية منتصف النهار، حيث وصلت القيم إلى الذروة حوالي الساعة الواحدة زوالًا، ثم بدأت بالتراجع تدريجيًا.

أما المنحنى الخاص بالقياسات المقاسة فقد سجل تغيرًا أقل انتظامًا مقارنة بمنحنى المحطة، حيث ظهرت بعض التذبذبات والانخفاضات الطفيفة خلال ساعات النهار. ويعود ذلك إلى تغير الظروف الجوية أثناء القياس مثل مرور سحب خفيفة أو تأثير الرياح والرطوبة.

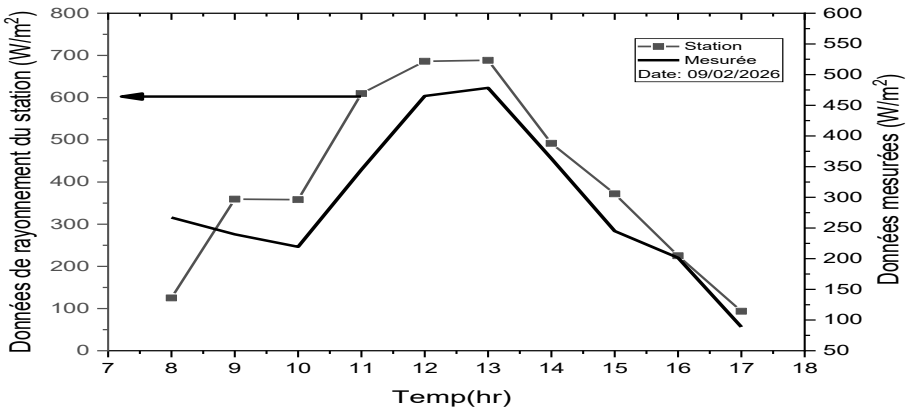
- **المناقشة:**

تميزت نتائج هذا اليوم بوجود بعض التذبذبات في القياسات التجريبية مقارنة ببيانات محطة الأرصاد الجوية. ويمكن تفسير ذلك بتغير الظروف الجوية أثناء التجربة مثل مرور سحب خفيفة أو تغير حركة الهواء داخل الصندوق المعزول، بالإضافة إلى تأثير الحرارة المتولدة عن المقاومة الكهربائية.

ورغم هذه التغيرات، فقد حافظ المنحنيان على نفس الاتجاه العام، مما يدل على وجود علاقة واضحة بين ارتفاع درجة الحرارة وزيادة شدة الإشعاع الشمسي. كما تؤكد النتائج أن الظروف الحرارية المحيطة تؤثر بشكل مباشر على دقة قياسات الإشعاع الشمسي.

الجدول 4 يمثل قياسات الاشعاع الشمسي من محطة الارصاد والمقاسة ليوم 2026/02/09

TEMP(hr)	Ravr	Rmés
8:00	125,000	267
9:00	359,375	239,66
10:00	358,150	219,33
11:00	609,525	345,11
12:00	686,225	465,23
13:00	688,425	478,33
14:00	491,725	363,22
15:00	371,825	245
16:00	224,950	201,4
17:00	93,675	88,7



الشكل:17 :بيان تغيرات شدة الاشعاع الشمسي من محطة الارصاد (Station)والمقاسة(Mesurée)بدلالة الزمن لولاية ورقلة ليوم (2026/02/09).

- **التحليل:**

يبين منحنى محطة الأرصاد الجوية ارتفاعًا واضحًا في قيم الإشعاع الشمسي ابتداءً من الفترة الصباحية إلى غاية منتصف النهار، حيث بلغت القيم القصوى حوالي الساعة الثانية عشرة، ثم بدأت بالانخفاض التدريجي خلال الفترة المسائية.

أما القيم المقاسة تجريبياً فقد أظهرت تغيرات أقل انتظامًا مقارنة بمنحنى المحطة، إذ لوحظ وجود تذبذب في المنحنى خلال ساعات النهار، خاصة بين الساعة العاشرة والثالثة عشرة. ويمكن تفسير ذلك بتأثير الحرارة المتولدة داخل الصندوق المعزول بفعل المقاومة الكهربائية، إضافة إلى تأثير العوامل المحيطة مثل تغير التهوية أو اختلاف توزيع الحرارة داخل النظام التجريبي.

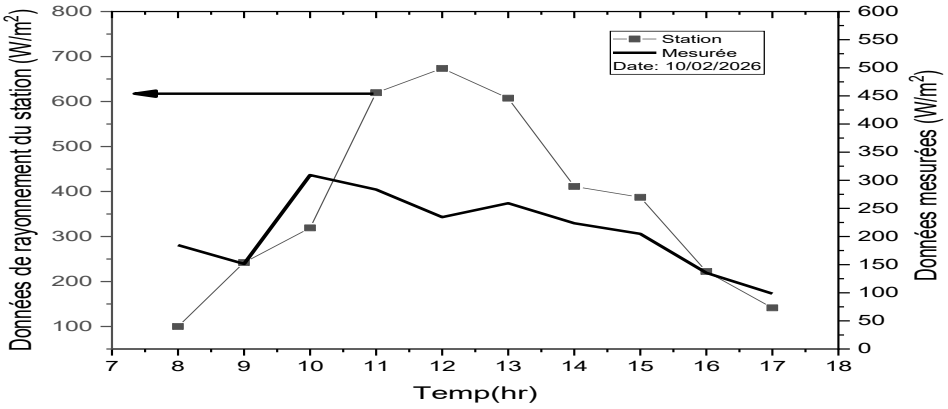
ورغم هذا التذبذب، فإن الاتجاه العام للمنحنى بقي مماثلاً لمنحنى محطة الأرصاد، حيث ارتفعت القيم مع ارتفاع درجة الحرارة ثم انخفضت تدريجياً بعد الظهيرة. وهذا يدل على أن درجة الحرارة تؤثر بشكل مباشر على استجابة جهاز قياس الإشعاع الشمسي وعلى القيم المسجلة أثناء التجربة.

- **المناقشة:**

سجلت النتائج خلال هذا اليوم اختلافًا نسبيًا بين القياسات التجريبية وبيانات محطة الأرصاد، حيث ظهرت تذبذبات في المنحنى المقاس مقارنة بالمنحنى المرجعي للمحطة. ويمكن تفسير ذلك بتأثير الحرارة الداخلية الناتجة عن المقاومة الكهربائية، والتي أدت إلى تغير توزيع الحرارة داخل الصندوق المعزول. كما أن التغيرات الجوية الخارجية مثل سرعة الرياح والرطوبة ربما ساهمت في اختلاف القيم المسجلة خلال بعض الفترات. ورغم ذلك، بقي الاتجاه العام للمنحنيات متشابهاً، حيث ارتفعت القيم مع ارتفاع درجة الحرارة ثم انخفضت تدريجياً بعد الظهيرة، مما يؤكد أن درجة الحرارة عامل مؤثر في قياس الإشعاع الشمسي ودقة نتائجه.

الجدول 5 يمثل قياسات الاشعاع الشمسي من محطة الارصاد والمقاسة ليوم 2026/02/10

TEMP(hr)	Ravr	Rmés
8:00	100,000	184,75
9:00	242,075	151,25
10:00	319,175	309,25
11:00	619,650	283,5
12:00	673,650	234,5
13:00	607,450	259,25
14:00	411,400	223,5
15:00	387,125	204,75
16:00	222,425	135,33
17:00	141,425	98,35



الشكل18 : الشكل (III–8):بيان تغيرات شدة الاشعاع الشمسي من محطة الارصاد (Station)والمقاسة(Mesurée)بدلالة الزمن لولاية ورقلة ليوم (2026/02/10).

الشكل (III-8):بيان تغيرات شدة الاشعاع الشمسي من محطة الارصاد (Station)والمقاسة(Mesurée)بدلالة الزمن لولاية ورقلة ليوم (2026/02/10).

- التحليل:

يبين منحنى محطة الأرصاد الجوية ارتفاعًا واضحًا في قيم الإشعاع الشمسي ابتداءً من الفترة الصباحية إلى غاية منتصف النهار، حيث بلغت القيم القصوى حوالي الساعة الثانية عشرة، ثم بدأت بالانخفاض التدريجي خلال الفترة المسائية.

أما القيم المقاسة تجريبياً فقد أظهرت تغيرات أقل انتظامًا مقارنة بمنحنى المحطة، إذ لوحظ وجود تذبذب في المنحنى خلال ساعات النهار، خاصة بين الساعة العاشرة والثالثة عشرة. ويمكن تفسير ذلك بتأثير الحرارة المتولدة داخل الصندوق المعزول بفعل المقاومة الكهربائية، إضافة إلى تأثير العوامل المحيطة مثل تغير التهوية أو اختلاف توزيع الحرارة داخل النظام التجريبي.

ورغم هذا التذبذب، فإن الاتجاه العام للمنحنى بقي مماثلاً لمنحنى محطة الأرصاد، حيث ارتفعت القيم مع ارتفاع درجة الحرارة ثم انخفضت تدريجياً بعد الظهيرة. وهذا يدل على أن درجة الحرارة تؤثر بشكل مباشر على استجابة جهاز قياس الإشعاع الشمسي وعلى القيم المسجلة أثناء التجربة.

- **المناقشة:**

سجلت النتائج خلال هذا اليوم اختلافًا نسبيًا بين القياسات التجريبية وبيانات محطة الأرصاد، حيث ظهرت تذبذبات في المنحنى المقاس مقارنة بالمنحنى المرجعي للمحطة. ويمكن تفسير ذلك بتأثير الحرارة الداخلية الناتجة عن المقاومة الكهربائية، والتي أدت إلى تغير توزيع الحرارة داخل الصندوق المعزول. كما أن التغيرات الجوية الخارجية مثل سرعة الرياح والرطوبة ربما ساهمت في اختلاف القيم المسجلة خلال بعض الفترات. ورغم ذلك، بقي الاتجاه العام للمنحنيات متشابهاً، حيث ارتفعت القيم مع ارتفاع

درجة الحرارة ثم انخفضت تدريجياً بعد الظهيرة، مما يؤكد أن درجة الحرارة عامل مؤثر في قياس الإشعاع الشمسي ودقة نتائجه.

الخلاصة:

من خلال هذه الدراسة التجريبية تبيّن أن ارتفاع متوسط درجة الحرارة يؤثر بشكل مباشر على قيم الإشعاع الشمسي المقاسة، حيث لوحظ وجود علاقة طردية بين درجة الحرارة وشدة الإشعاع الشمسي. كما أظهرت النتائج أن الظروف الحرارية داخل الوسط التجريبي تؤثر على استجابة جهاز القياس ودقة النتائج المتحصل عليها. وقد بينت المقارنة مع بيانات محطة الأرصاد الجوية وجود توافق جيد بين القيم المقاسة والبيانات المرجعية، مما يؤكد نجاح التجربة وفعالية الأجهزة المستعملة.

الخاتمة العامة

خاتمة عامة:

في ختام هذه الدراسة التجريبية، تم تسليط الضوء على الدور المحوري الذي تلعبه درجة الحرارة كعامل مؤثر بشكل مباشر على كفاءة ودقة أجهزة قياس الإشعاع الشمسي، لا سيما في البيئات الصحراوية التي تتسم بارتفاع حرارتها المفرط وشدة إشعاعها. وقد أتاحت المقارنة المنهجية بين القياسات التجريبية وبيانات محطة الأرصاد الجوية تقييماً دقيقاً لمدى استجابة جهاز القياس تحت تأثير الإجهاد الحراري.

ويمكن تلخيص أبرز ما توصلت إليه هذه الدراسة في النقاط التالية:

التوافق السلوكي: أظهرت النتائج أن القيم المقاسة تجريبياً تتبع المنحنى العام نفسه لبيانات محطة الأرصاد، حيث تتصاعد شدة الإشعاع تدريجياً مع ساعات الصباح لتصل إلى ذروتها عند الظهيرة، قبل أن تنخفض تدريجياً نحو الغروب.

تأثير الإجهاد الحراري: رُصدت تباينات وتذبذبات واضحة بين القيم التجريبية والمرجعية، تعود أساساً إلى الحرارة المتولدة داخلياً في النظام التجريبي، مدفوعة بالعوامل الجوية المحيطة.

أهمية التصحيح الحراري: تأكد بشكل قاطع أن الارتفاع الحاد في الحرارة يؤثر سلباً على استجابة جهاز البيرانومتر (Pyranometer) ودقة قراءاته، مما يفرض ضرورة إدراج المعاملات الحرارية وتصحيحها أثناء القياسات الميدانية في المناطق الحارة.

الآفاق المستقبلية والتوصيات

تُمثل هذه الدراسة لبنة أساسية لفهم سلوك أنظمة قياس الطاقة الشمسية في الظروف المناخية القاسية. وبناءً على ما تم التوصل إليه، نوصي بفتح الآفاق نحو دراسات مستقبلية تركز على:

تطوير وسائل حماية وتبريد مبتكرة لأجهزة القياس لحمايتها من الإجهاد الحراري.

تحسين بروتوكولات المعايرة المستمرة لتتلاءم مع مناخ المناطق الصحراوية، بما يضمن الحصول على بيانات طاقوية أكثر دقة وموثوقية ودعماً لمشاريع الطاقة المتجددة.

المراجع

المراجع:

أولًا: الكتب(Livres)

1. Al-Mohnish, Abdelkader Mustapha. Géographie du continent africain et de ses îles. Misrata (Libye) : Maison d'édition Al-Dar Al-Jamahiriya, 2025, pp. 69–70.
2. Capderou, M. Atlas Solaire de l'Algérie : Modèles Théoriques et Expérimentaux. Vol. 1, Tome 2. Algérie : Office des Publications Universitaires, 1987.
3. Markvart, Tomas. Solar Electricity. 2nd edition. University of Southampton, UK : John Wiley & Sons Ltd., 2000.
4. SAMARAI, Qusai Abdelmajid. Principes de la météorologie et du climat. 2024, pp. 42–43.
5. Sen, Zekai. Solar Energy Fundamentals and Modeling Techniques. Springer-Verlag London Limited, 2008. ISBN: 978-1-84800-133-6.

ثانيًا: المقالات العلمية(Articles scientifiques)

1. Ah riz, Ali Ibrahim Younes. « Facteurs influençant le rayonnement solaire dans la région de Sebha ». Revue de la Faculté des Lettres, Université de Benha, vol. 40, no 4, 2015, pp. 2135–2165.
2. Gueymard, C. « The Sun's Total and Spectral Irradiance for Solar Energy Applications and Solar Radiation Models ». Solar Energy, vol. 76, no 4, 2004, pp. 423–453.
3. Shah, A.; Kaushik, S. C.; Garg, S. N. « Computation of Beam Solar Radiation at Normal Incidence Using Artificial Neural Network ». Renewable Energy, vol. 31, 2006, pp. 1483–1491.
4. Woolf, H. M. « On the Computation of Solar Elevation Angles and the Determination of Sunrise and Sunset Times ». NASA TM-X-164 Report, National Aeronautics and Space Administration (NASA), USA, 1968.

ثالثًا: الرسائل الجامعية والأطروحات(Mémoires et Thèses)

1. Fakih, Abdelali ; Zaoui, Najat ; Kahlo, Rawia. La variation temporelle du rayonnement solaire global sur des zones sélectionnées en Algérie. Mémoire de Master, Université de Ouargla, Algérie, 2021.
2. MERAD, Faiza. Conception d'un programme de calcul du rayonnement solaire : cas particulier de la région de Mostaganem. Thèse de Magistère, Université de Mostaganem, 2013.
3. MOUHOUS-CHAOUCHI, Samira. Étude statistique du rayonnement solaire sur un plan incliné. Thèse de Magistère, Université de Tlemcen, 2012.
4. Sudani, Mohamed El Bar ; Ouled Salem, Halima. Estimation du rayonnement solaire dans la région d'Ouargla et effet des méthodes de suivi solaire et des angles d'orientation du capteur sur l'intensité du rayonnement. Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie, 2016.

5. مسعودي صبرينة، ولحرش أمة الرحمان .دراسة تأثير سرعة الرياح على حمل العوالق وآثارها على الإشعاع الشمسي .مذكرة ماستر، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر، 2021 .

6. سوداني محمد البار .تحقيق علمي لمركز شمسي أسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي .أطروحة دكتوراه، جامعة ورقلة، الجزائر، 2018 .

رابعًا: التقارير والمواقع الرسمية(Rapports et Sites officiels)

1. Agence algérienne pour la promotion de l'investissement (AAPI). Secteur des énergies nouvelles et renouvelables : les potentialités dans le domaine des énergies nouvelles et renouvelables. AAPI.
2. Équipe de rédaction d'Al-Athar. Géographie du territoire algérien et sa topographie. 2thar, 2024.
3. Ministère de l'Énergie (Algérie). « Entrée en service de 9 centrales solaires en 2026 ». Solarabic, 22 janvier 2026.

4. Solarabic. « Définition du rayonnement solaire – Solar Irradiance ». Solarabic, 22 février 2019.

خامسًا: المقالات الإلكترونية والمواقع التعليمية(Sources Web)

1. Apogee Instruments. « Applications and Uses of Spectroradiometers ».Apogee Instruments - Spectroradiometers
2. Apogee Instruments. « Pyrgeometers ».Apogee Instruments - Pyrgeometers
3. Circuit Digest. « Solar Radiation Measurement Methods Using Pyrheliometer and Pyranometer ».Circuit Digest
4. Kuriositas. « Campbell-Stokes Sunshine Recorder ».Kuriositas
5. Mustafa, Hiba. « L'énergie solaire et éolienne en Afrique : des ressources "oubliées" capables de sortir le continent de l'obscurité ». *Attaqua*, 21 janvier 2024.
6. Nicolas. « Impact du rayonnement solaire annuel moyen et de la densité totale du rayonnement solaire en Afrique sur l'éclairage public par énergie solaire ». 2 juillet 2019.
7. Sobha, Nawar. « L'énergie solaire en Afrique : comment renforcer son rôle dans le système électrique continental ? ». *Attaqua*, 10 février 2026.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى إبراز تأثير ارتفاع درجة الحرارة على دقة قياس الإشعاع الشمسي باستعمال جهاز البيرانومتر، وذلك من خلال إجراء تجربة ميدانية داخل منظومة معزولة حراريًا تحتوي على مقاومة حرارية وزجاج لمحاكاة ظروف ارتفاع الحرارة. أُجريت التجربة بمنطقة ورقلة، حيث تم تسجيل قيم الإشعاع الشمسي خلال فترات مختلفة من النهار ومقارنتها ببيانات محطة الأرصاد الجوية المرجعية .و قدأظهرت النتائج أن قيم الإشعاع الشمسي ارتفعت تدريجيًا من الصباح إلى غاية منتصف النهار،حيث بلغت القيمة العظمى حوالي$478.33W/m^2$، ثم انخفضت تدريجيًا مع نهاية اليوم. كما سُجل انحراف بين القياسات التجريبية والقياسات المرجعية بنسبة حوالي (30.5%) و ذلك نتيجة تأثير ارتفاع درجة الحرارة داخل المنظومة المعزولة على استجابة جهاز البيرانومتر مما يؤكد أن عدم ثبوت درجة الحرارة يؤثر بشكل مباشر على دقة قياسات الإشعاع الشمسي، و هو ما يستدعي مراعاة الظروف الحرارية أثناء القياس من أجل تحسين دقة النتائج وضمان موثوقية أنظمة الطاقة الشمسية خاصة في المناطق الصحراوية.

الكلمات الدالة: الإشعاع الشمسي، البيرانومتر، ثبوت درجة الحرارة، الطاقة الشمسية

Résumé

Cette étude vise à mettre en évidence l'effet de l'élévation de la température sur la précision de la mesure du rayonnement solaire à l'aide d'un pyranomètre, à travers une expérience réalisée dans un système thermiquement isolé contenant une résistance chauffante et une vitre afin de simuler des conditions de haute température. L'expérience a été menée dans la région de Ouargla, où les valeurs du rayonnement solaire ont été enregistrées à différentes périodes de la journée puis comparées aux données de la station météorologique de référence. Les résultats ont montré que les valeurs du rayonnement solaire augmentaient progressivement du matin jusqu'à midi, atteignant une valeur maximale d'environ 478,33 W/m², avant de diminuer progressivement vers la fin de la journée. Un écart d'environ 30,5 % entre les mesures expérimentales et les mesures de référence a également été observé, en raison de l'effet de l'augmentation de la température à l'intérieur du système isolé sur la réponse du pyranomètre. Ces résultats confirment que l'absence de stabilité thermique influence directement la précision des mesures du rayonnement solaire, ce qui nécessite la prise en compte des conditions thermiques lors des mesures afin d'améliorer la précision des résultats et d'assurer la fiabilité des systèmes d'énergie solaire, notamment dans les régions désertiques.

Mots-clés : rayonnement solaire, pyranomètre, stabilité de la température, énergie solaire.

Abstract

This study aims to highlight the effect of high temperature on the accuracy of solar radiation measurements using a pyranometer through a field experiment carried out inside a thermally insulated system containing a heating resistor and a glass cover to simulate high-temperature conditions. The experiment was conducted in the region of Ouargla, where solar radiation values were recorded at different times of the day and compared with data from the reference meteorological station. The results showed that solar radiation values increased gradually from morning until noon, reaching a maximum value of about 478.33 W/m², then decreased gradually toward the end of the day. A deviation of about 30.5% was also recorded between the experimental measurements and the reference measurements due to the effect of high temperature inside the insulated system on the response of the pyranometer. These results confirm that temperature instability directly affects the accuracy of solar radiation measurements, which requires taking thermal conditions into consideration during measurements in order to improve the accuracy of results and ensure the reliability of solar energy systems, especially in desert regions.

Keywords: solar radiation, pyranometer, temperature stability, solar energy.