



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الفيزياء

مذكرة تخرج لنيل شهادة ماستر أكاديمي

ميدان : علوم و تقنيات

فرع : فيزياء

اختصاص : طاقة وطاقات متجددة

الموضوع :

إنجاز مركز شمسي من نوع أسطواناني-قطع مكافئ و دراسة كفاءته في منطقة ورقلة

من إعداد الطالب : جمال بن منين

نوقشت وأجيزت أمام اللجنة المكونة من السادة :

رئيسا	جامعة ورقلة	أستاذ مساعد (أ)	مُحَدِّ تَحَة	الأستاذ :
مناقشا	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر (أ)	مُحَدِّ البار سوداني	الأستاذ :
مؤطرا	جامعة ورقلة	أستاذ تعليم عالي	بشكي جمال	الأستاذ :

السنة الجامعية 2019/2018

الإهداء

أهدي ثمرة جهدي وخلاصة عملي :

إلى الوالدين الكريمين

إلى العائلة الصغيرة

إلى كل من علمني حرف أساتذتي الكرام.

جمال بن منين

شكر وعرفان

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف المرسلين سيدنا مُحَمَّد المبعوث رحمة للعالمين ومنار هداية ودليل رشاد للناس أجمعين.

أتقدم بالشكر الجزيل للأستاذ المشرف على هذه المذكرة البروفيسور "بشكي جمال"

أشكر كذلك الدكتور سوداني مُحَمَّد البار على مساعدته لي في إنجاز هذا العمل

كما نشكر أعضاء لجنة المناقشة "الأستاذ مُحَمَّد تَحَة" على قبولهم ومراجعة هذا العمل وتصويبه.

إلى كل أساتذة القسم

ملخص :

يتم في هذا العمل بدراسة نظام تركيز شمسي من نوع اسطواني قطع مكافئ و ذلك لمحاولة معرفة تأثير العوامل الهندسية أو الفيزيائية على كفاءة المركز الشمسي ، حيث نهتم هنا بدراسة عاملين نظام التتبع الشمسي و التدفق الكتلي و تضمن هذا العمل كذلك دراسة إمكانية استغلال الطاقة الحرارية الناتجة من المركز الشمسي اسطواني قطع مكافئ في رفع درجة حرارة الهواء داخل بيت بلاستيكي زراعي، لأجل هذا قمنا بإنجاز بيتين بلاستيكين متماثلين يوضع في أحدهما مبادل حراري يعمل بالطاقة الحرارية الناتجة عن المركز الشمسي و الثاني بدون مبادل حراري. أثبتت النتائج أن المركز الشمسي يتأثر إيجاباً بتقليل التدفق الكتلي و إضافة متتبع شمسي و إن إضافة مركز شمسي اسطواني ذو القطع المكافئ يزيد في فعالية البيت البلاستيكي حيث تزيد درجة حرارة هذا الأخير مقارنة ببيت بلاستيكي عادي بحوالي 4 درجات مئوية .

الكلمات الدالة : مركز شمسي ، إشعاع شمسي، بيت بلاستيكي. متتبع شمسي

The aim of this study is to know the effect of geometric and physical factors on the efficiency of Cylindrical Parabolic Concentrating Solar, we are interested in studying the effect of the solar tracking system and the effect of mass flow of the fluid in the absorber . Our work also ensures the possibility of exploiting the thermal energy produced by the concentrating solar system , we find that the system is positively affected by decreasing the mass flow rate of the fluid. And if our system is coupled with solar tracker the performance will increase, also we find that if we add a concentrating solar system in a greenhouse there performance (specially the temperature) increase inside about 4 °C .

Key words: Cylindrical Parabolic Concentrating Solar, solar radiation, Greenhouse. Solar Tracker system.

الفهرس

I	إهداء :
III	شكر وعرهان :
IV	ملخص :
V	الفهرس :
IX	قائمة الأشكال :
XII	قائمة الجداول :
XIII	قائمة الرموز :
1	مقدمة عامة :

الفصل الأول : الطاقة الشمسية

2	1. الشمس:
3	2. الأرض:
3	3. المعالم الفضائية لتحديد موقع الشمس:
3	1.3: الزوايا المحددة للمواضع النسبية للنقاط الثلاثة:
4	1 خط الطول λ ودائرة العرض φ .
4	2. الانحراف الشمسي δ والزوايا الزمنية ω :
4	3. السمات ψ و الارتفاع الشمسي h :
5	4. الارتفاع الشمسي h :
5	5. سمات الرأس θ_s :

5	.....: الزاوية الزمنية الأعظمية ω_{max} : 6.
6	.....: المدى النهاري S_0 : 6.
6	.....: المعالم الزمنية. 4.
7	.....: الإشعاع الشمسي 5.
7	.....: مجالات الإشعاع الشمسي. 1.5.
8	.....: الثابت الشمسي. 2.5.

الفصل الثاني : الزراعة المحمية و التركيز الشمسي

9	.....: مقدمة : 1.
9	.....: الزراعة المحمية 2.
9	.....: مزايا الزراعة المحمية: 3.
10	.....: التركيز الشمسي. 4.
10	.....: أنواع التطبيقات الحرارية الشمسية. 5.
10	.....: 1.5. اللاقط الشمسي المسطح. 5.
10	.....: 2.5.المركزات الشمسية : 5.
11	.....: أ.المركزات الشمسية المقعرة. 5.
11	.....: ب.مركز شمسي فريشنل 5.
12	.....: ج.البرج المركزي. 5.
13	.....: د...مركز اسطواني قطع مكافئ. 5.

الفصل الثالث : مناقشة وتحليل النتائج

15	.....: مقدمة
15	1. وصف نموذج المركز الشمسي ذو القطع المكافئ
16	2. مكونات المركز الشمسي ذو القطع المكافئ:.....
16	1. الأنبوب الماص:.....
17	2. قاعدة التثبيت الأرضية وآلية توجيه المجموع:..... :
17	3. العاكس.....
18	4. السائل الممتص:.....
19	3. العمل التجريبي وأخذ القياسات:.....
19	1. أداة قياس الإشعاع:.....
20	2. جهاز قياس درجة الحرارة:.....
21	4. الدراسة التجريبية:.....
21	1.4. وصف منطقة التجربة:.....
21	التجربة الأولى:.....
21	التجربة الثانية:.....
22	5. الدراسة الأولى.....
	1.5: نتائج التجربة الأولى:.....
24	2.5 نتائج التجربة الثانية:.....
28	6. دراسة تأثير المتبع الشمسي:.....

29	.....7. دراسة تأثير التدفق الكتلي للماء:
31	.....الجزء الثاني
34	.....8. خلاصة
35	.....خلاصة عامة
	.....قائمة المراجع

قائمة الأشكال

الصفحة	التسمية
2	الشكل 1.1: موضع الشمس و الأرض و أبعادهما
4	الشكل (2.1): الزوايا الستة $(\varphi, \lambda), (\omega, \delta), (h, \psi)$ المحددة للمواقع النسبية للنقاط الثلاثة في الفضاء
7	الشكل 3.1 : التوزيع الطيفي للإشعاع الشمسي
8	الشكل 4.1 : تغيرات الإشعاع الشمسي عند الغلاف الجوي و سطح الأرض
9	الشكل 1.2 : بيت بلاستيكي زراعي
10	الشكل 2.2: سخان الماء الشمسي
11	الشكل 3.2: مركز شمسي مقعر
12	الشكل 4.2: مركز شمسي فريشنل
13	الشكل 5.2: مركز شمسي ذو برج مركزي
16	الشكل 1.3: الأنبوب الماص في المركز الشمسي
17	الشكل 2.3: قاعدة تثبيت المركز الشمسي
19	الشكل 3.3: جهاز قياس الإشعاع الشمسي
20	الشكل 4.3: جهاز قياس درجة الحرارة
23	الشكل 5.3: شدة الإشعاع الشمسي في ورقلة بتاريخ 17 مايو 2019
25	الشكل 6.3: شدة الإشعاع الشمسي في ورقلة بتاريخ 18 مايو 2019
27	الشكل 7.3: شدة الإشعاع الشمسي في ورقلة بتاريخ 19 مايو 2019
29	الشكل 8.3 : تغيرات درجة حرارة خروج الماء خلال اليوم بوجود و عدم وجود

- 31 الشكل 9.3 تغيرات درجة حرارة خروج الماء خلال اليوم بتدفقين مختلفين
- 32 الشكل 10.3 : بيتين بلاستيكيين متماثلين
- 34 الشكل 11.3 : بيتين بلاستيكيين متماثلين

قائمة الجداول

الصفحة	التسمية
15	الجدول 1.3: المقادير العددية ل PTC المنجز
16	الجدول 2.3: خصائص الأنبوب الماص
18	الجدول 3.3: خصائص العاكس الشمسي
18	الجدول 4.3 : خصائص المائع المستعمل
23	الجدول 5.3 : نتائج التجربة رقم 1
24	الجدول 6.3 : نتائج التجربة رقم 2
26	الجدول 7.3: نتائج التجربة رقم 3
28	الجدول 8.3: نتائج دراسة تأثير إضافة المتبوع الشمسي
30	الجدول 9.3: نتائج دراسة تأثير التدفق الكتلي للمائع
32	الجدول 10.3 أبعاد البيت البلاستيكي المنجز
33	الجدول 11.3 نتائج التجربة التي أجريت يوم 20/06/2019

قائمة الرموز

الوحدة	التعريف	الرمز
m	الطول الموجي	λ
degré (°)	زاوية الإنحراف الشمسي	δ
degré (°)	زاوية الساعة الشمسية	ω
degré (°)	زاوية الإرتفاع الشمسي	h
degré (°)	زاوية السميت	ψ
degré (°)	زاوية السميت الرأسي	θ_s
w/m ²	الإشعاع الكلي	G
C	درجة حرارة خروج الماء	T _s
C	درجة حرارة دخول الماء	T _e
h	التوقيت الشمسي الحقيقي	TSV
h	التوقيت الشمسي المتوسط	TSM
h	التوقيت المحلي	TL
h	الزمن العالمي	TU
	المدى النهاري	ΔT_e

مرقصة عامة

مقدمة عامة

تمثل الطاقة الدعامة الأساسية لعملية التنمية ، و لأن احتياطات النفط و الغاز في الجزائر في تناقص ملحوظ موازاة مع تنامي الاستهلاك الطاقوي تبرز الطاقات المجددة كمصدر من المصادر التي بإمكانها أن تحقق الأمان الطاقوي و تساعد في تواصل عملية التنمية .

من بين أبرز أنواع الطاقات المتجددة نجد الطاقة الشمسية و التي تمثل الطاقة الأم لجميع الطاقات المتجددة (الرياح. البيوفويل.المائية.الجيوحرارية الخ...) حيث تتمثل في الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض و الذي بالإمكان استغلاله كهروضوئيا لإنتاج الطاقة الكهربائية بشكل مباشر ، أو حراريا من أجل تطبيقات ذات درجة حرارة منخفضة أو عالية أو عالية جدا.

من بين التطبيقات الحرارية التي تنتج درجة حرارة عالية نجد نظام التركيز الشمسي، و الذي يعتمد على تجميع الإشعاع الشمسي في مساحة صغيرة ، حيث تستخدم هذه الطاقة الحرارية في عدة تطبيقات أهمها إنتاج الكهرباء عن طريق توربينات .

نقوم في هذا العمل بدراسة تجريبية على نظام تركيز شمسي من نوع اسطواني قطع مكافئ أنجز من طرف الدكتور سوداني [1] و ذلك لمحاولة معرفة تأثير عديد العوامل الهندسية أو الفيزيائية على كفاءة المركز الشمسي حيث نهتم هنا بدراسة عاملين :

نظام التتبع الشمسي

التدفق الكتلي

تضمن عملنا كذلك دراسة إمكانية استغلال الطاقة الحرارية الناتجة من المركز الشمسي أسطواني قطع مكافئ في رفع درجة حرارة الهواء داخل بيت بلاستيكي زراعي ، لأجل هذا قمنا بانجاز بيتين بلاستيكيين متماثلين يوضع في أحدهما مبادل حراري يعمل بالطاقة الحرارية الناتجة عن المركز الشمسي .

عملنا في هذه المذكرة مقسما إلى ثلاثة فصول وهي على النحو التالي :

الفصل الأول : تعرضنا فيه إلى الطاقة الشمسية والإشعاع الشمسي

الفصل الثاني : تعرضنا فيه إلى دراسة الزراعة المحمية و أنظمة التركيز الشمسي

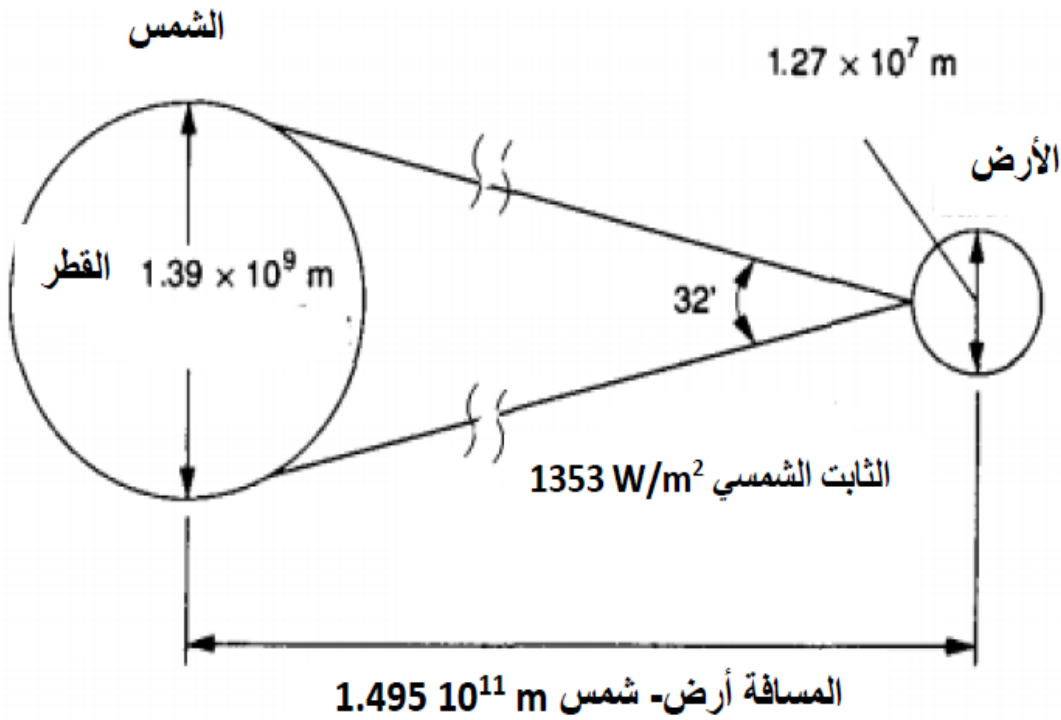
الفصل الثالث : الدراسة التجريبية حيث قدمنا تفاصيل التجارب و النتائج المتحصل عليها

الفصل الأول الطاقة الشمسية

الفصل الأول

1. الشمس:

الشمس هي نجم كروي الشكل، مادته من البلازما (مادة متأينة كلياً) له ضغط يتناقص من المركز إلى السطح الخارجي، وفي السطح يحدث تفاعلاً حرارياً و-نووي (He أو جسيمات α)، وينتج عنه طاقة معظمها إشعاع كهرومغناطيسي، تتوزع وتنتشر في مجال كبير لطول الموجات $\lambda \in [10^{-10}, 10^4] \text{m}$ ، والطاقة المشعة حوالي $Q_s = 3,8 \cdot 10^{26} \text{W}$ ، وهي ثابتة على مدى عشرات السنين الشمس لها قطر متوسط يساوي $2R_s = 1,39 \cdot 10^9 \text{m}$ (109 أطول من قطر الأرض)، وكتلة في حدود $m_s = 2 \cdot 10^{30} \text{kg}$ (333 432 مرة من كتلة الأرض)، وكثافة متوسطة 1,41 ($\cong 3,88$ مرة أقل من كثافة الأرض). [2]



الشكل 1.1: موضع الشمس و الأرض و أبعادهما [4]

2. الأرض:

كوكب الأرض نعتبره كروي الشكل محاط بغلاف جوي، ومتأثر بضغط الهواء المتناقص مع الارتفاع عن سطح البحر. و الأرض ذات قطر $2R_{terre} = 12752293 \text{ m}$ ، وكتلة $m_{terre} = 6.10^{24} \text{ kg}$ ، وكثافة 5.51 .

حركة الأرض : لها حركة معقدة فهي تدور حول نفسها في 23 ساعة و 56 دقيقة و 4 ثوان و $100\backslash 91$ ، بسرعة زاوية تقارب $5,5.10^{-5} \text{ rad/s}$ وحول الشمس في 365 يوم و 9 ساعات و 10 دقائق ، بسرعة زاوية $7,3.10^{-5} \text{ rad/s}$. محور القطبين (الشمالي و الجنوبي) مائلين بزاوية $23,45^\circ$ بالنسبة لناظم المدار الإهليجي عند الانقلابين.

نصف قطر دوران المدار الإهليجي r الذي تصنعه حركة الأرض حول الشمس : [2]

$$(1.1) \quad r = a \frac{1-e^2}{1+e.\cos\theta}$$

بحيث: $a = 1,50.10^{11} \text{ m}$ المسافة المتوسطة ؛

و $e = 0,017$ الانحراف عن مركز المدار.

3. المعالم الفضائية لتحديد موقع الشمس : [3]

لتحديد موقع الشمس نستعمل معلم أرضي أول \mathcal{R} مرتبط بمركز الأرض ، ومعلم أرضي ثانٍ \mathcal{R}' مرتبط

بالمنطقة قيد الدراسة، فيكون لدينا ثلاثة نقاط في الفضاء : مركز الأرض نرمز له بـ " O " ، والشمس

(نعتبرها نقطة لبعدها عن الأرض) نرمز لها بـ " S " ، والمنطقة قيد الدراسة بـ " M " .

وللربط بين النقاط الثلاث نحتاج إلى 6 زوايا في معلمين للإحداثيات الكروية (الأول $\mathcal{R}(x,y,z)$ والثاني

$\mathcal{R}'(x',y',z')$).

1.3: الزوايا المحددة للمواضع النسبية للنقاط الثلاثة:

يعطي الشكل (2.1) مختلف الزوايا المحدد للمواضع النسبية .

4. الارتفاع الشمسي h :

نطابق بين مركبات الشعاعين \vec{s} و \vec{s}' بعد تعويض عبارات الأشعة $(\vec{i}', \vec{j}', \vec{k}')$ في \vec{s}' فينتج ما يلي :

$$(2.1) \quad \begin{aligned} \sin h &= \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega \\ \sin \psi &= \frac{\cos \delta \sin \omega}{\cosh} \end{aligned}$$

5. سمت الرأس θ_s :

هي زاوية متممة للارتفاع الشمسي أي : $\theta_s = 90^\circ - h$ ، و $\cos \theta_s = \sin h$.

6. الزاوية الزمنية الأعظمية ω_{\max} :

توافق انعدام قيمة الارتفاع الشمسي (عند الشروق والغروب):

عند الشروق:

$$(3.1) \quad \omega_L = \omega_{\max} = \arctg(-\operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \varphi)$$

عند الغروب:

$$(4.1) \quad \omega_c = -\omega_{\max} = -\arctg(-\operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \varphi)$$

توقيت الشروق H_l : لحظة شروق الشمس

$$(5.1) \quad H_l = 12 - \left(\frac{\omega_{\max}}{15} \right)$$

$$(6.1) \quad H_c = 12 + \left(\frac{\omega_{\max}}{15} \right)$$

توقيت الغروب H_c : لحظة غروب الشمس [2]

المدى النهاري S_0 :

هي المدة بين الشروق والغروب

$$(7.1) \quad S_0 = H_c - H_l = 2 \left(\frac{\omega_{\max}}{15} \right)$$

ملاحظة: العدد 15 هو 15 درجة لكل ساعة عند التحرك (شرق-غرب) على نفس دائرة العرض، أي 1 درجة لـ 4 دقائق، أي مسافة 111 كم (شرق-غرب) لكل درجة عند دائرة خط الاستواء $\varphi = 0$ ، و 96 كم عند دائرة العرض المارة عبر مدينة ورقلة $\varphi = 30.75^\circ$.

4. المعالم الزمنية:

إن دوران الأرض حول الشمس غير منتظم، ومتغير على مدار السنة، فيعطي حسابات ونتائج غير صحيحة بالنسبة للحظة الزوال، أي 12h:00 في كل أيام السنة، لذلك نستخدم معالم زمنية .

أ. الزمن المحلي : هو اللحظة الزمنية في المنطقة قيد الدراسة TL .

ب. الفرق الزمني المحلي : ΔT هو الفارق الزمني بالساعات بين چرنيتش و المنطقة M المتفق عليه لضبط التوقيت .

ت. الزمن العالمي : TU هو الزمن عند خط چرنيتش ($\lambda = 0$).

وهو يعطى بالعلاقة: $TU = TL \pm \Delta T$ ، إشارة سالبة منطقة في شرق چرنيتش وموجبة منطقة في غرب چرنيتش.

ث. الزمن الشمسي المتوسط : إن المدى النهاري النظري متناظر بالنسبة للزوال، ونسمي لحظة مرور الشمس

على الزوال ب: الزمن الشمسي المتوسط TSM في المنطقة M . ويساوي : $TSM = TU \pm \frac{\lambda}{15}$

ج. الدالة الزمنية للتصحيح: ET لها عدة علاقات من بينها: حيث $(x = 2\pi.n_j / 366)$ ¹

$$(8.1) \quad ET = 0,0002 - 0,4197\cos(x) + 3,2265\cos(2x) + 0,0963\cos(3x) + 7,3569\sin(x) + 9,3912\sin(2x) + 0,3361\sin(3x)$$

ح. الزمن الشمسي الحقيقي: [2]

M هو اللحظة الحقيقية للشمس بالنسبة لخط جرينيتش والمتوافقة مع الزمن المحلي TL في المنطقة قيد الدراسة ويعطى بـ: (midi solaire vrai = 12 h : 00 TSV)

$$(9.1) \quad TSV = TSM + ET$$

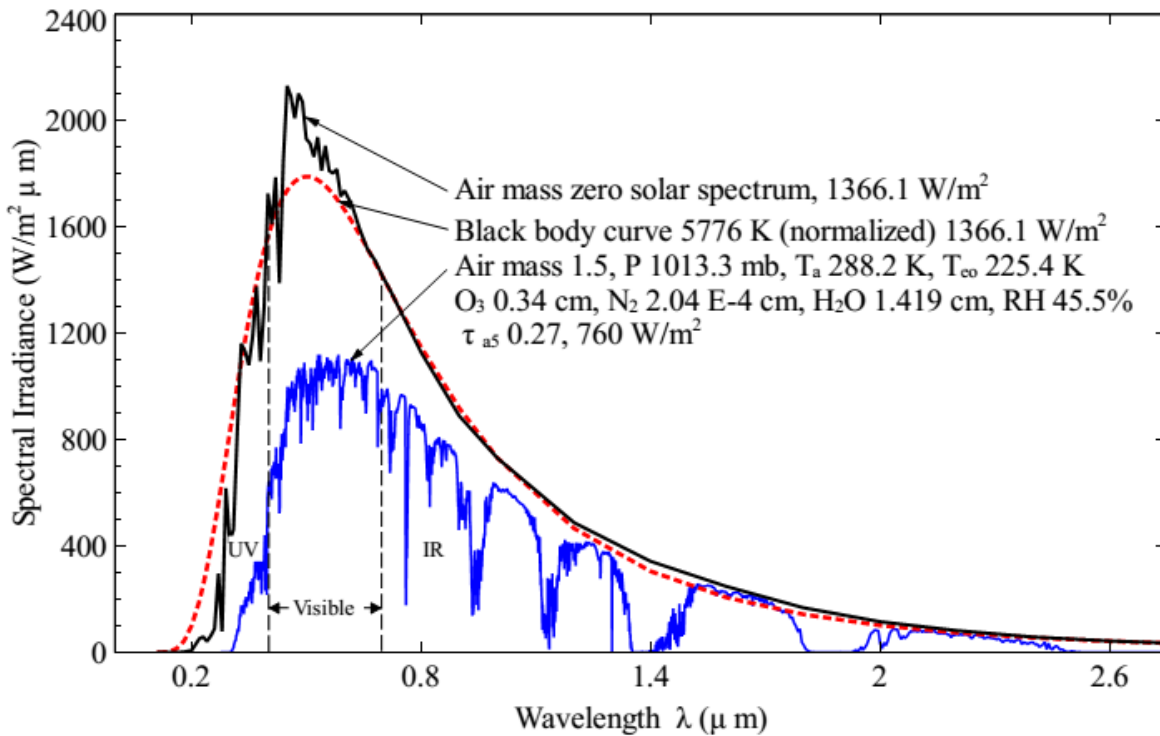
خ. الزاوية الزمنية الحقيقية: تعطى بالعلاقة التالية :

$$(10.1) \quad \omega_{vri} = 15(TSV - 12)$$

5. الإشعاع الشمسي

1.5. مجالات الإشعاع الشمسي

تصل الطاقة الصادرة عن الشمس إلى كوكب الأرض على شكل أشعة كهرومغناطيسية حيث تستغرق زمنا قدره 8 دقائق و 19 ثانية تقسم هذه الأشعة على مجالات عدة كالتالي :



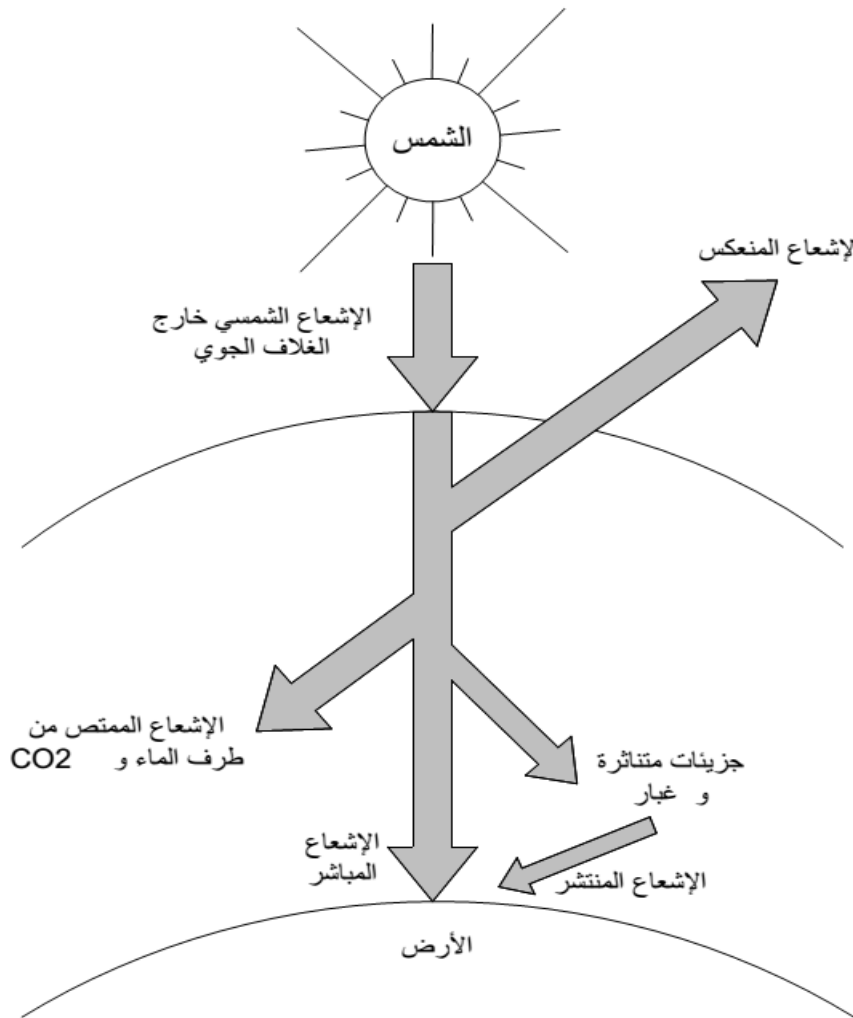
الشكل 3.1 : التوزيع الطيفي للإشعاع الشمسي [4]

2.5. الثابت الشمسي

يعرف الثابت الشمسي على أنه شدة تدفق الإشعاع الشمسي التي تتلقاها مساحة 1 م^2 خارج الغلاف الجوي للأرض.

بحيث تكون عمودية على أشعة الشمس تعطى قيمة الثابت الشمسي المقيسة من طرف Gueymard في 2004 بـ 1366.1 w/m^2

عند وصول الإشعاع الشمسي إلى الغلاف الجوي و سطح الأرض يتعرض لعدة تغيرات .
يوضح الشكل 4.1 مجمل التغيرات التي تطرأ على الإشعاع الشمسي



الشكل 4.1: تغيرات الإشعاع الشمسي عند الغلاف الجوي و سطح الأرض [1]

الفصل الثاني الزراعة المحمية و

التركيز الشمسي

1. مقدمة :

في هذا الفصل نعطي دراسة حول الزراعة المحمية تعريفًا و خصائصها ، ثم بعد ذلك نتطرق إلى تقنيات التسخين الشمسي، و نركز على آلية التركيز الشمسي عبر المركز الاسطواني ذو القطع المكافئ

2. الزراعة المحمية [5]

تعريفها . تعرف الزراعة المحمية على أنها عملية إنتاج النباتات في بيئة خاصة و ذلك من أجل حمايتها و توفير الظروف الملائمة لزيادة الإنتاج أو إنتاجها في غير موسمها



الشكل 1.2: بيت بلاستيكي زراعي

3. مزايا الزراعة المحمية:

1. قد يكون العائد 10-12 مرات أعلى من الزراعة العادية ، و هذا بناء على نوع الغطاء المستخدم ، نوع المحاصيل ، المرافقة و الرقابة البيئية.
2. زيادة المحصول في الزراعة المحمية.
3. مناسبة بشكل مثالي للخضروات ومحاصيل الزهور.
4. إنتاج المحاصيل البستانية على مدار السنة.
5. إنتاج الخضروات والفواكه خارج الموسم
6. الاستخدام الفعال للمواد الكيميائية والمبيدات الحشرية لمكافحة الآفات والأمراض.
7. متطلبات المحاصيل من المياه محدودة جدا وسهلة السيطرة.

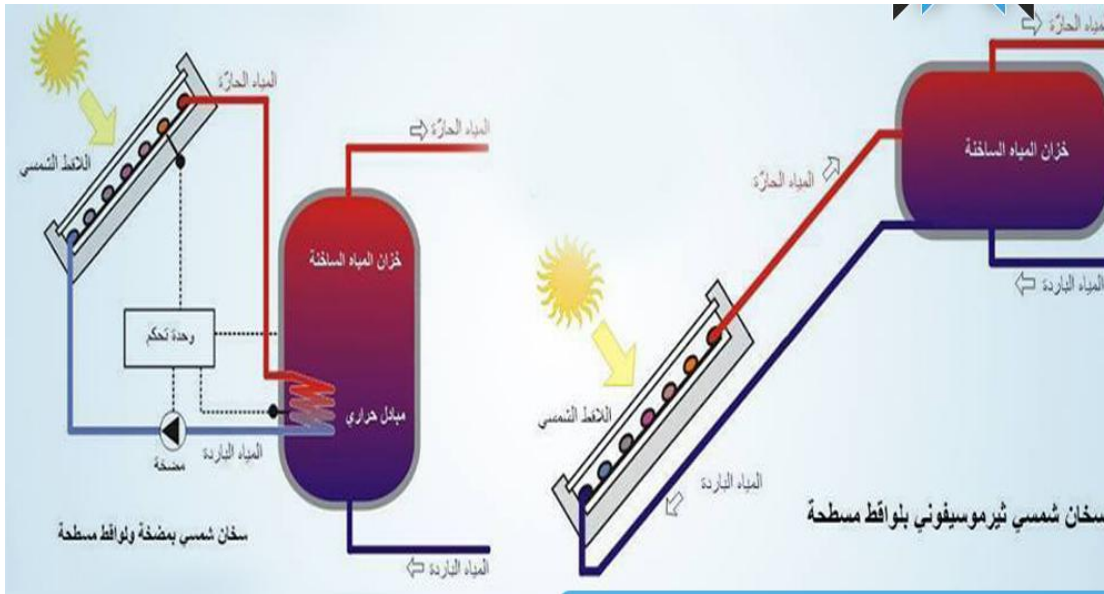
4. التركيز الشمسي : [1]

من المعلوم أن الطاقة الشمسية يمكن استغلالها في شكلين رئيسيين: تحويل حراري والذي يتكون من تحويل مباشر للإشعاع الشمسي إلى حرارة وتحويل كهروضوئي لإنتاج الكهرباء. سندرس في هذا الفصل مختلف تطبيقات الشمسية الحرارية مركزين على نظام التركيز الشمسي الاسطواني القطع مكافئ

5. أنواع التطبيقات الحرارية الشمسية

1.5. اللاقط الشمسي المسطح :

يمكن تحويل الإشعاع الشمسي إلى حرارة عند درجة حرارة منخفضة ، بواسطة لواقط مستوية تسمى بسخانات الماء الشمسية . تحتوي على أنابيب ممتصة للإشعاع الشمسي حيث تحوله إلى حرارة .



الشكل 2.2: سخان الماء الشمسي

2.5. المركبات الشمسية :

عندما نريد الحصول على درجة حرارة عالية ،فانه يجب استخدام الطاقة الشمسية المركزة. حيث تصل الطاقة الشمسية إلى سطح عاكس كبير ، وتنعكس على مساحة أصغر مما يؤدي إلى تحويلها إلى حرارة مرتفعة. معظم المجمعات المركزة التركيز فقط على الإشعاع الشمسي المتوازي الذي يأتي مباشرة من قرص

الشمس (الإشعاع المباشر) ، لذلك يجب عليهم اتباع حركة الشمس الظاهرة. من الواضح أن استخدامها محدود جدًا (ما بين 1500 و 1700 ساعة من أشعة الشمس سنويًا في منطقة ورقلة).

أ - المراكز الشمسية المقعرة [1]

تستخدم المجمعات الشمسية سطوح مقعرة تكون عاكسة لضوء الشمس ، و هذا من أجل تركيز الأشعة الشمسية في مكان واحد يسمى البؤرة، التي يوضع فيها مستقبل (السطح الماص) الذي يلتقط حرارة الشمس. تصل درجات حرارة الأنظمة العاكسة المقعرة على المستقبل إلى حوالي 1500 C .

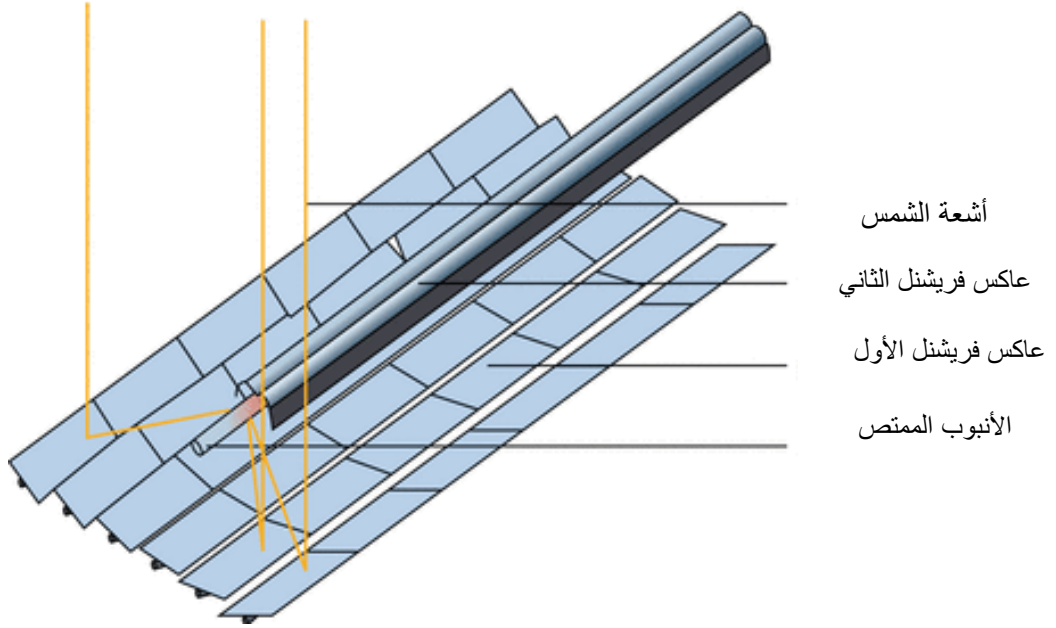


الصورة 8: مرآة مقعرة قطرها سبعة أمتار ونصف مع محرك ستروكلج بقوة 9 كيلواتة بحرك الأبحاث بالعميريا بإسبانيا

الشكل 3.2: مركز شمسي مقعر

ب -مركز شمسي فريينل

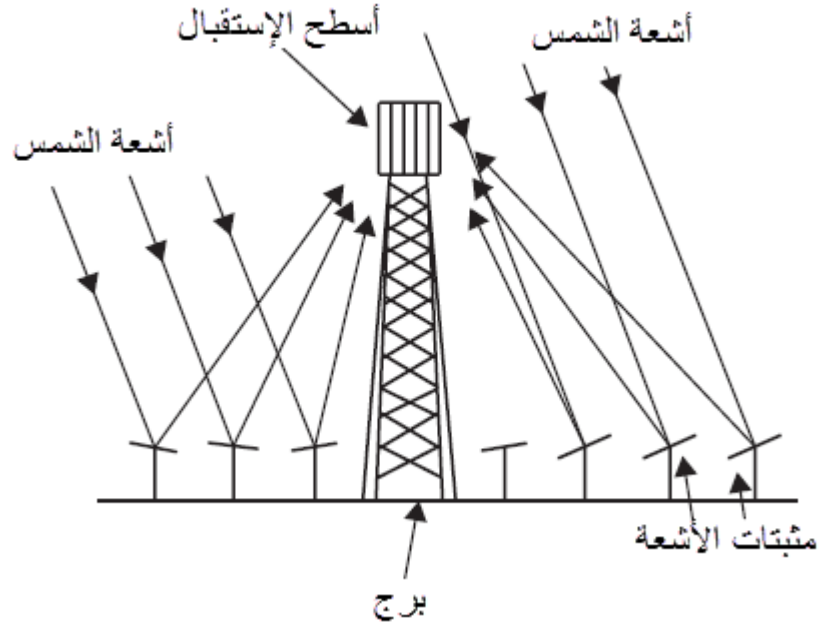
يتكون المركز الشمسي من نوع فريينل من نظامين للانعكاس الشمسي حيث يوجد النظام الأول على شكل مرايا مسطحة متوازية، تقوم بتركيز الإشعاع الشمسي نحو نظام الانعكاس الثاني الذي يكون فوق النظام الأول، إذ يحتوي النظام الثاني على مرآة ثانوية فوق أنبوب الامتصاص لإعادة تركيز الأشعة المجمع، كما هو موضح في الشكل 4.2



الشكل 4.2: مركز شمسي فريشئل

ت - البرج المركزي

لإنتاج الطاقة الكهربائية عن طريق الطاقة الشمسية تستعمل أنظمة الطاقة الشمسية المركزة ، و التي هي عبارة عن أنظمة تستخدم المرايا أو العدسات لتركيز مساحة كبيرة من ضوء الشمس على مساحة صغيرة . يتم إنتاج الطاقة الكهربائية عندما تُحول الطاقة الشمسية إلى حرارة والتي تقوم ب تشغيل محرك حراري متصل بمولد طاقة كهربائية.



الشكل 5.2: مركز شمسي ذو برج مركزي

ث - مركز اسطواني قطع مكافئ

تتكون المركز الشمسي من نوع اسطواني ذو قطع مكافئ من سطح يحتوي على مادة عاكسة لأشعة الشمس هذا السطح يكون على شكل اسطواني ذي مقطع مقعر حيث يقوم هذا الأخير بتجميع الإشعاع الشمسي المباشر الوارد على السطح العاكس نحو المحور البؤري، الذي يتوفر على أنبوب مستقبل للإشعاع المركز المعكوس من طرف السطح.

و عادة ما يزود الأنبوب المستقبل بعازل زجاجي لتفعيل ظاهرة الاحتباس الحراري ، و التخفيض من عملية الضياع الطاقوي بطريقة الحمل الحراري.

الفصل الثالث (النتائج و التحاليل)

مقدمة :

يحتوي هذا الفصل على تقديم المركز الشمسي ذو القطع المكافئ و كذا البيتين البلاستيكيين الذين ستقوم حولهما التجارب، المركز الشمسي تم انجازه من طرف الدكتور سوداني و هذا في إطار أطروحة الدكتوراه لكن تم فيه بعض التغييرات من حيث الأنبوب الماص النحاسي الذي تم تركيبه و تلوينه بالأسود و تزويده بحنفية من أجل تعديل تدفق الماء ، يتم كذلك في هذا الفصل عرض مختلف لتجهيزات القياس المستعملة خلال التجارب و كذا النتائج المتحصل عليها و تحليلها.

1. وصف نموذج المركز الشمسي ذو القطع المكافئ [1]

يتكون المركز الشمسي ذو القطع المكافئ المستعمل في هذه الدراسة من الوحدة الميكانيكية (إطار الدعم المعدني)، و قاعدة التثبيت على سطح الأرض، و السطح العاكس الاسطواني ذو القطع مكافئ، وعنصر تجميع الحرارة الأنبوب النحاسي ، و نظام التتبع الشمسي اليدوي .

الجدول 1-3: المقادير العددية ل PTC المنجز

المقدار	القيمة
الطول	0.81 m
الفتحة	1.60 m
البعد البؤري	0.20 m
الارتفاع	0.80 m
مساحة الفتحة	2.88 m ²
التركيز الهندسي	42.1

2. مكونات المركز الشمسي ذو القطع المكافئ:

1. الأنبوب الماص:

يتكون الأنبوب الماص من أنبوب نحاسي تم تلوينه باللون الأسود لزيادة الامتصاص ، ومحاط بظرف زجاجي اسطواني غير مفرغ من الهواء، يتم تثبيته في المحور البؤري للعاكس .



الشكل 1.3: الأنبوب الماص في المركز الشمسي

الجدول 2.3: خصائص الأنبوب الماص

2.50m	طول الأنبوب
0.20m	قطر الأنبوب
2.40m	طول الغطاء الزجاجي
$0.628m^2$	مساحة التلقي

2. قاعدة التثبيت الأرضية وآلية توجيه المجمع: [1]

تتكون القاعدة الحاملة للمركز الشمسي ذو القطع المكافئ من رجلين وأنبوب معدني بقطر 7 cm وارتفاع 130 cm) حيث يكون اتصال كل رجل بالأرض من خلال قاعدة مزودة بعجلتين حرة الحركة أفقيا في جميع الاتجاهات، تسمح لنا هذه العجلات بتحريك المركز الشمسي، .

تم وضع إطار الدعم المعدني على قاعدة التثبيت الأرضية بكيفية تسمح له بجرية الدوران ، لتتبع ارتفاع الشمس على المحور (شرق - غرب)، مع تثبيت وضعية الميلان نحو الجنوب من خلال سلاسل معدنية خلفية،



الشكل 2.3: قاعدة تثبيت المركز الشمسي

3. العاكس:

مبدأ العاكس هو عكس كل الإشعاع الشمسي الذي يأتي من المصدر إلى الأنبوب الذي يقع على طول الخط البؤري ، وهذا يعني أنه يجب عليك استخدام عاكس جيد. في حالتنا يستخدم لوحان من

الفولاذ المقاوم للصدأ، طول كل لوحة هو 1.90 m بعرض 1m.

الجدول 3.3: خصائص العاكس الشمسي

0.06 m	الطول
2 m	عرض الفتحة
2.88 m ²	المساحة الإجمالية
0.93	معامل الانعكاسية

4. السائل الممتص:

في هذه الدراسة اخترنا الماء كسائل يدور في الأنبوب الماص من أجل امتصاص و تخزين الطاقة الحرارية من المركز الشمسي و نقلها للاستعمالات الزراعية .

4.3 خصائص الماء معطاة في الجدول

الجدول 4.3 : خصائص المائع المستعمل

4180 J/kg.k.	الحرارة النوعية للماء
0,59 w/m.k	التوصيلية الحرارية
1000 kg/m ²	الكتلة الحجمية
100°c	درجة حرارة الغليان

3. العمل التجريبي وأخذ القياسات:

1. أداة قياس الإشعاع:

تم تصميم الأداة للقياسات الميدانية للإشعاع الشمسي. وهي مزودة بشاشة رقمية للقراءة المباشرة للإشعاع بالواط لكل متر مربع.. يتم تشغيل الجهاز بواسطة بطارية 9 فولت.

الأداة سهلة الاستخدام للغاية. يتم تشغيله باستخدام زر التشغيل / الإيقاف ، يتم وضع كاشف خلايا السيليكون على سطح المركز الشمسي ذو القطع المكافئ ، ويمكن قراءة الإشعاع الكلي بالواط لكل متر مربع مباشرة من الشاشة الرقمية. من المهم توجيه الكاشف في الاتجاه الصحيح، للحصول على قيمة للإشعاع الشمسي يجب وضعه على سطح المركز بدون ظل يغطيه.



الشكل 3.3: جهاز قياس الإشعاع الشمسي

الأبعاد: 185 × 108 × 56 مم.

الطاقة: بطارية 9V.

نطاق القياس: 0-1999 واط / م².

الدقة: +/- 5 % من القيمة الكلية

2. جهاز قياس درجة الحرارة :

هو جهاز رقمي لقياس درجة الحرارة موصول بمزدوج حراري (Thermocouple) الذي هو عبارة عن زوج من المعدن (Ni-NiCr) نوع K، و تعطي قيمة درجة الحرارة في المكان الموضوعه فيه المزدوجة . ، يوضع الجهاز في نظام المركز الشمسي ذو القطع المكافئ على مستوى دخول الماء و خروجه و في وسط البيت البلاستيكي و كذا خارجه.



الشكل 4.3: جهاز قياس درجة الحرارة

4. الدراسة التجريبية:

1.4. وصف منطقة التجربة:

تم إجراء هذه الدراسة التجريبية بمنطقة ورقلة الواقعة بين خط الطول ($19^{\circ}5'$ شرقاً) ودائرة عرض ($31^{\circ}57'$ شمالاً)، والتي تتميز بطابع صحراوي جاف حار صيفاً وبارد شتاءً حيث تتراوح درجة الحرارة ما بين ($44 - 5^{\circ}C$) في السنة ، والرطوبة النسبية ما بين ($24 - 62\%$) خلال السنة ، [4]

التجربة الأولى:

يتم خلال هذه التجربة التي أجريت في يوم 2019/05/17 توجيه المركز الشمسي إلى ضوء الشمس مباشرة باستخدام نظام التتبع اليدوي ، و نتابع تطور درجة حرارة الماء من الخزان إلى مخرجه من الأنبوب الماص باستخدام جهاز قياس درجة الحرارة في المدخل والمخرج ، تتم هذه القياسات من الساعة 10:00 صباحًا إلى الساعة 15:00 مساءً.

التجربة الثانية:

أجريت هذه التجربة في 2019/05/14 حيث نقوم هذه التجربة بتثبيت المركز الشمسي الاسطواني ذو القطع المكافئ باتجاه الجنوب بزاوية 30 درجة على الأفق ، ثم نقيس شدة الإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة بنفس الطريقة الموضحة في التجربة الأولى.
تكون هذه التجربة خالية من متتبع شمسي يدوي.

في هذا الجزء من الفصل الثالث سوف نقدم في جزأين النتائج التي تم الحصول عليها في أيام 19/18/17 / مايو 2019 في منطقة ورقلة.

في الجزء الأول تم الحصول خلال التجارب المجراة في 19/18/17 / مايو 2019 على المركز الشمسي ذو القطع المكافئ هي درجات حرارة الدخول و الخروج للمركز الشمسي في أنبويه الماص ، تدفق المياه وكذا الإشعاع الشمسي المستقبل خلال اليوم .

أما في الجزء الثاني فقد قدمنا نتيجة تأثير المركز الأسطواني ذو القطع المكافئ على غرفة الزراعة المحمية ذات بعد مخبري و بالأخص درجات الحرارة (درجة الحرارة الخارجية ، ، درجة حرارة البيتين البلاستيكين الداخلية و التأثير الذي أحدثه المركز الشمسي فيهما.

5.الدراسة الأولى :تأثير عاملي التدفق و المتبع الشمسي في كفاءة المركز الشمسي

1.5:نتائج التجربة الأولى :

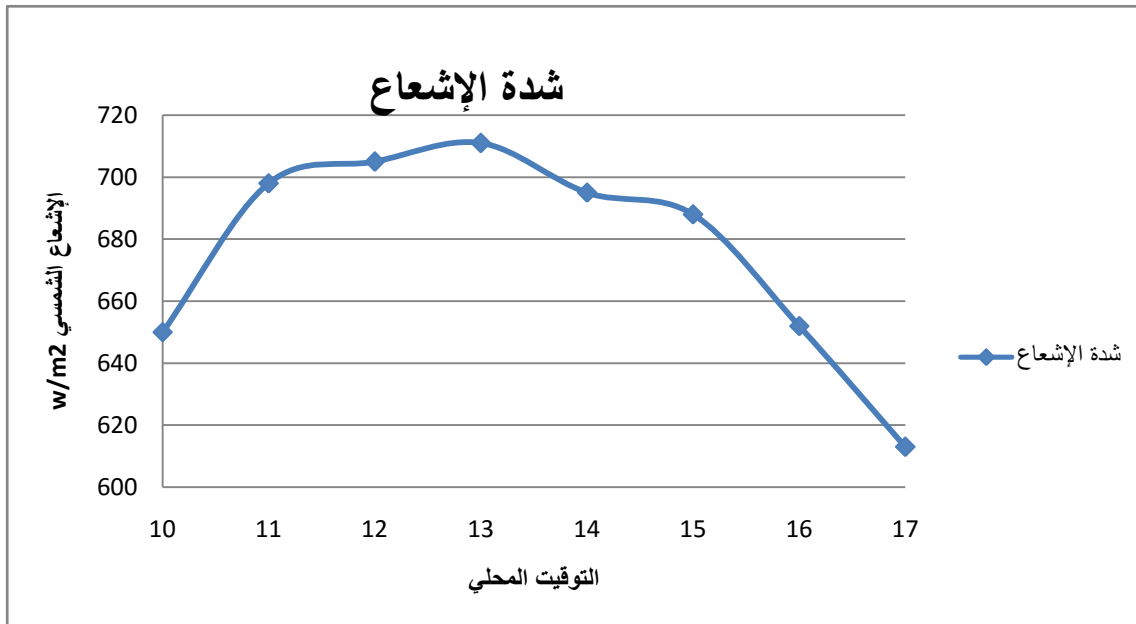
نعطي في الجدول الموالي نتائج التجربة الأولى التي أجريت بتاريخ 17/مايو 2019 ، تتمثل النتائج في درجات الحرارة الداخلة و الخارجة للماء و كذا التدفق و الإشعاع الشمسي

الجدول 5.3 : نتائج التجربة رقم 1

التوقيت المحلي	شدة الإشعاع w/m^2	التدفق $0.01kg/s$	Te C	Ts C
10:00	653	0.01	28.3	34,6
10:30	680	0.01	28.3	38.7
11:00	695	0.01	28.3	39.9
11:30	684	0.01	28.3	41,3
12:00	700	0.01	28.3	44,5
12:30	710	0.01	28.3	50
13:00	712	0.01	28.3	51,6
13:30	710	0.01	28.3	45

14:00	693	0.01	28.3	45.7
14:30	690	0.01	28.3	45,7
15:00	688	0.01	28.3	45
15:30	668	0.01	28.3	42,5
16:00	650	0.01	28.3	44.0
16:30	635	0.01	28.3	42.0
17:00	614	0.01	28.3	39,5

يعطي الشكل تغيرات شدة الإشعاع خلال التجربة الأولى بتاريخ 17 مايو 2019



الشكل 5.3: شدة الإشعاع الشمسي في ورقة بتاريخ 17 مايو 2019

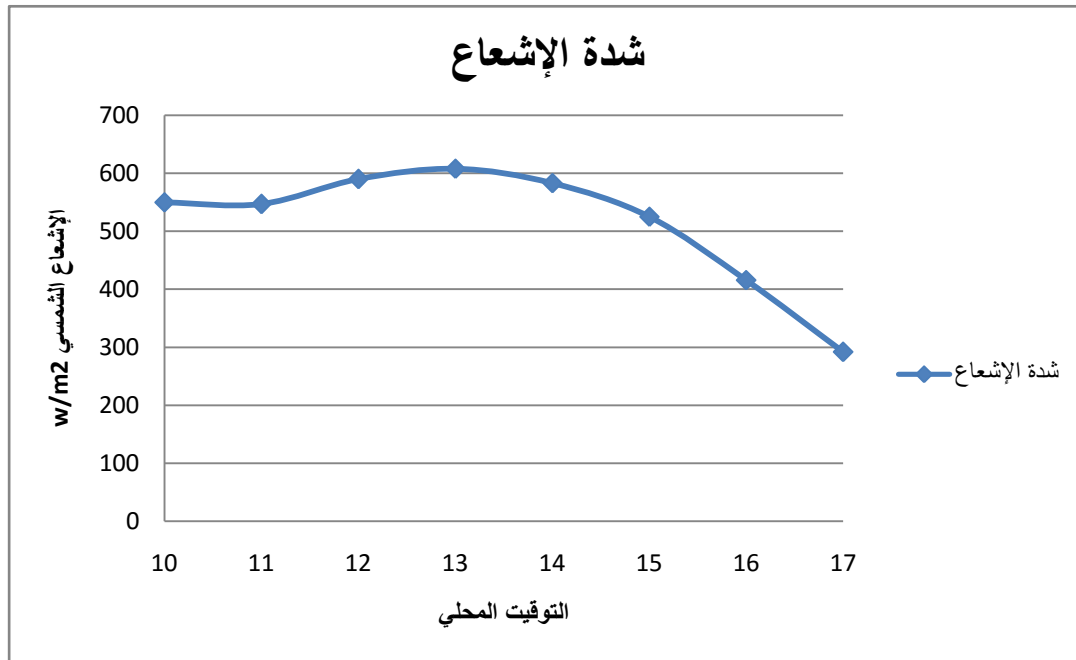
2.5 نتائج التجربة الثانية :

نعطي في الجدول الموالي نتائج التجربة الثانية التي أجريت بتاريخ 18/مايو 2019 ، تتمثل النتائج في درجات الحرارة الداخلة و الخارجة للماء و كذا التدفق و الإشعاع الشمسي

الجدول 6.3 : نتائج التجربة رقم 2

التوقيت المحلي	شدة الإشعاع	التدفق	Te C	Ts C
10:00	630	0.01	28,3	32,2
10:30	685	0.01	28,3	37
11:00	545	0.01	28,3	38,2
11:30	558	0.01	28.3	39,5
12:00	598	0.01	28,3	41,9
12:30	614	0.01	28,3	43,5
13:00	610	0.01	28.3	47.0
13:30	609	0.01	28.3	49,4
14:00	580	0.01	28.3	42.9
14:30	561	0.01	28.3	44.0
15:00	526	0.01	28.3	39,3
15:30	482	0.01	28,3	37,1

16:00	415	0.01	28,3	36,3
16:30	371	0.01	28,3	36,7
17:00	293	0.01	28,3	36



الشكل 6.3: شدة الإشعاع الشمسي في ورقلة بتاريخ 18 مايو 2019

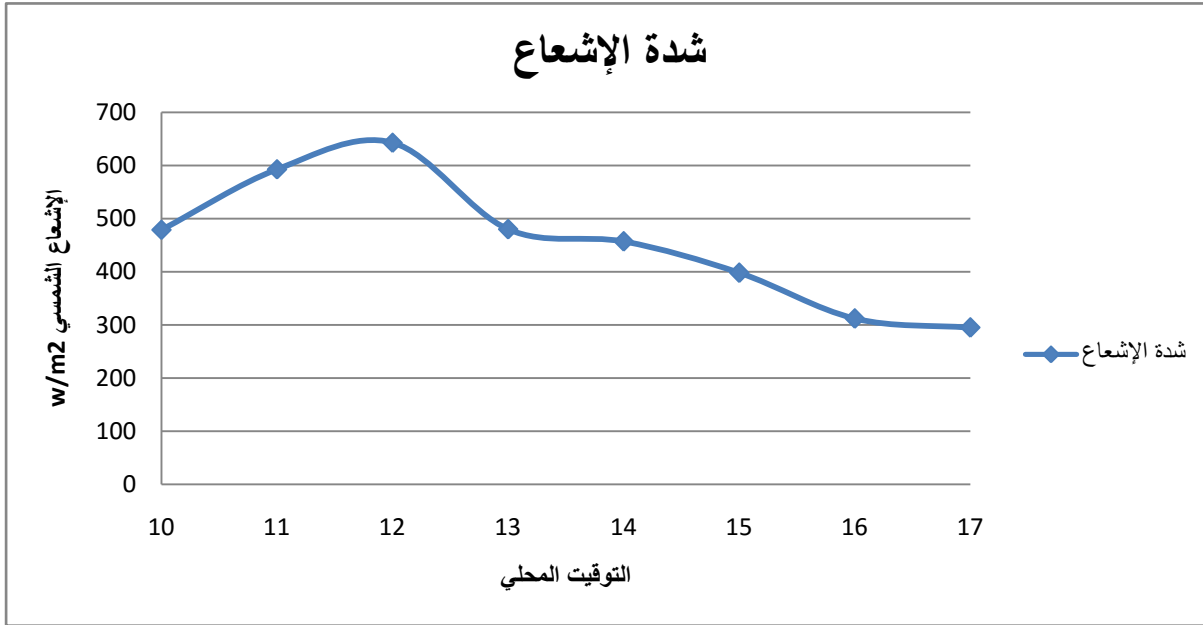
التجربة الثالثة :

نعطي في الجدول الموالي نتائج التجربة الثالثة التي أجريت بتاريخ 19/مايو 2019 ، تتمثل النتائج في درجات الحرارة الداخلة و الخارجة للماء و كذا التدفق و الإشعاع الشمسي

الجدول 7.3: نتائج التجربة رقم 3

التوقيت المحلي	شدة الإشعاع	التدفق	T e C	T s C
10:00	814	0.007	28.3	32,8
10:30	255	0.007	28.3	38.0
11:00	559	0.007	28.3	39.0
11:30	619	0.007	28.3	39.4
12:00	647	0.007	28.3	42,6
12:30	667	0.007	28.3	46.8
13:00	480	0.007	28.3	49.2
13:30	652	0.007	28.3	50.0
14:00	460	0.007	28.3	46,9
14:30	432	0.007	28.3	42,3
15:00	400	0.007	28.3	40,6
13:30	339	0.007	28.3	42.0
16:00	312	0.007	28.3	39,5
16:30	305	0.007	28.3	38,8

17:00	300	0.007	28.3	37,3
-------	-----	-------	------	------



الشكل(7.3):شدة الإشعاع الشمسي في ورقلة بتاريخ 19 مايو 2019

توضح الأشكال (5.3)، (6.3) و (7.3) أن منطقة ورقلة في الجزائر تزهر بطاقة شمسية إشعاعية هائلة ، بلغت ذروتها في التجربة الأولى بمقدار إشعاع شمسي 711 واط/م² ، هذه الطاقة الشمسية تبدأ في التزايد مع بداية إشراق الشمس لتصل إلى الذروة في حدود الساعة 13.00 زوالا لتبدأ بعدها في التناقص تدريجيا .

تمت قياصة شدة الإشعاع الشمسي بجهاز يوضع على هيكل المركز الشمسي ذو القطع المكافئ ، و هذا ما يفسر اختلاف شدة الإشعاع الشمسي بين التجربة الأولى و التجريبتين الثانية و الثالثة ، ذلك أن التجربة الأولى كان جهاز المركز الشمسي ذو القطع المكافئ مزود بمتتبع شمسي يدوي، و منه نستنتج التأثير الإيجابي لجهاز المتتبع الشمسي في زيادة و تحسين شدة الإشعاع الشمسي المستقبلية من طرف جهاز المركز الشمسي ذو القطع المكافئ .

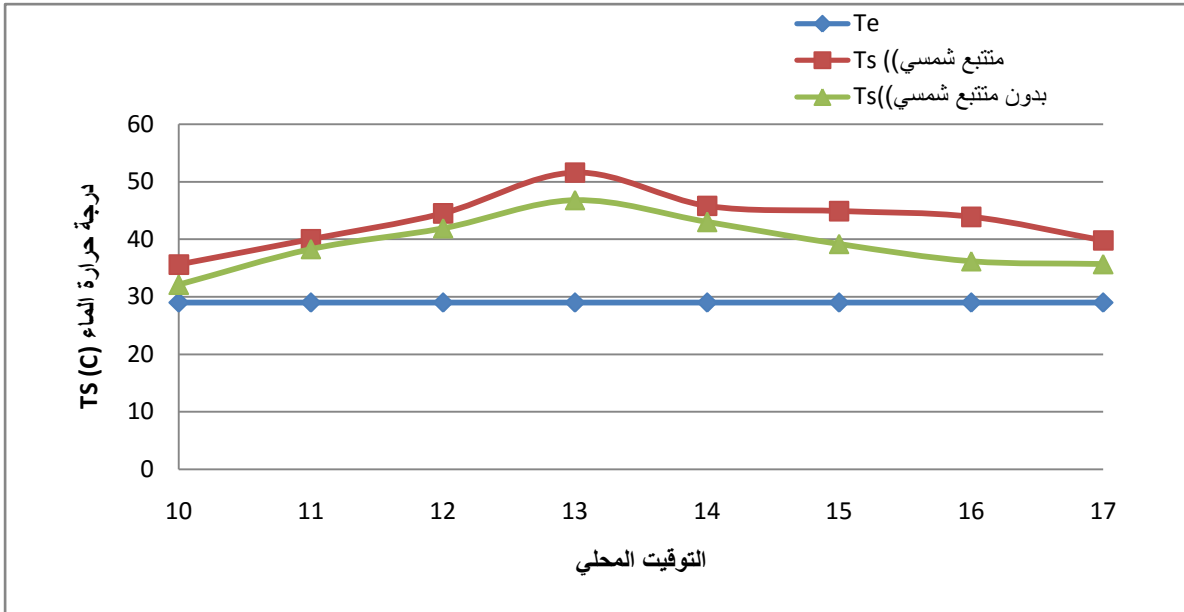
ندرس في النتائج اللاحقة تأثير عاملي المتتبع الشمسي و التدفق الكتلي على أداء المركز الشمسي ذو القطع المكافئ.

6.دراسة تأثير المتتبع الشمسي:

تهدف هذه الدراسة لمعرفة تأثير المتتبع الشمسي على درجة حرارة الماء الخارجة من الأنبوب الماص ، لذا نعطي في الشكل تغيرات درجة حرارة الماء الخارج بين التجريبتين الأولى (مع وجود متتبع شمسي) و الثانية (عدم وجود متتبع شمسي) و ذلك مع ثبات التدفق الكتلي للماء في التجريبتين.

الجدول 8.3: نتائج دراسة تأثير إضافة المتتبع الشمسي

التوقيت المحلي	Te C	Ts متتبع شمسي	Ts بدون متتبع شمسي	ΔT C
10:00	28.3	34.6	32.2	2.4
11:00	28.3	39.9	38.2	1.7
12:00	28.3	44.5	41.9	2.6
13:00	28.3	51.6	47	4.6
14:00	28.3	45.7	42.9	2.8
15:00	28.3	45	39.3	5.7
16:00	28.3	44	36.3	7.7
17:00	28.3	39.5	36	3.5
متوسط الفرق في درجة الحرارة				3.875



الشكل 8.3 : تغيرات درجة حرارة خروج الماء خلال اليوم بوجود و عدم وجود متتبع شمسي

يتضح جليا من خلال الجدول و الشكل أن درجة حرارة خروج الماء من الأنبوب الماص في المركز الشمسي المدعوم بمتتبع شمسي تكون أكبر من درجة حرارة خروج الماء إذا ما كان المركز الشمسي ذو القطع المكافئ غير مزود بمتتبع شمسي ، و هذا يعتبر تفسيراً للفرق في شدة الإشعاع المستقبل من الجهاز في كل التجريبتين .

هذا الفرق يظهر جليا في بداية اليوم و آخره أين تكون شدة الإشعاع المستقبلية ضعيفة في المركز الشمسي الذي لا يحتوي على متتبع شمسي مقارنة بالمركز الشمسي الذي يحتوي على متتبع شمسي . ينقص الفارق في درجة الحرارة كلما اقتربنا من الزوال لأن كلا الجهازين يكونان موجهان في هذه الفترة إلى الشمس .

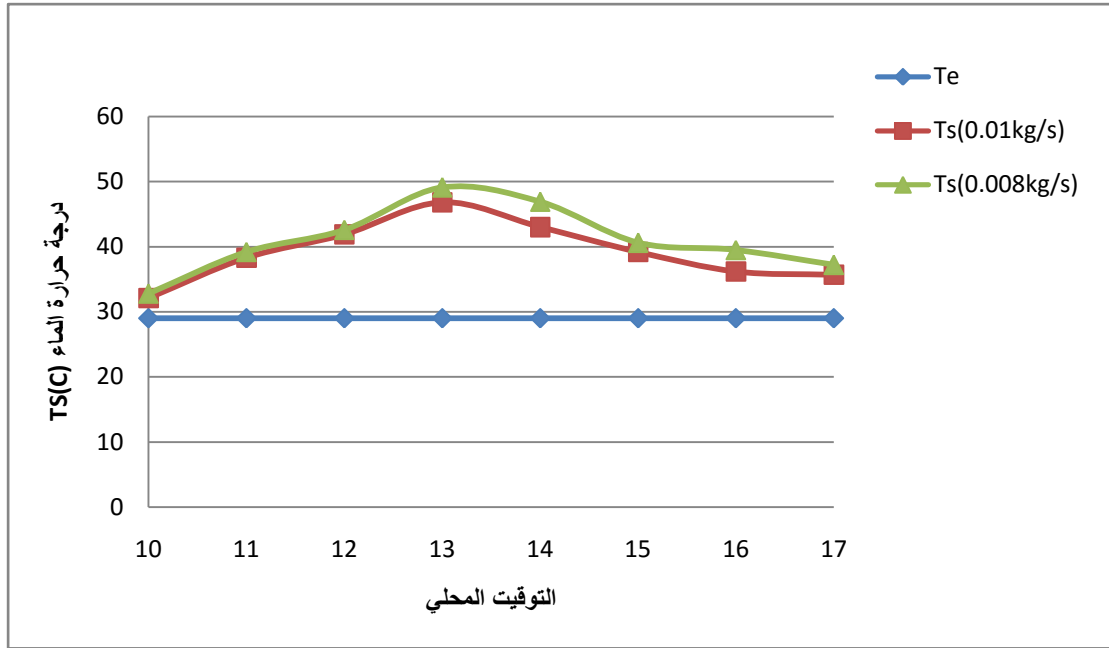
بلغ متوسط الفرق في درجة الحرارة خلال اليوم 4 درجات مئوية.

7. دراسة تأثير التدفق الكتلي للماء:

تهدف هذه الدراسة لمعرفة تأثير التدفق الكتلي للماء على درجة حرارة الماء الخارجة من الأنبوب الماص ، لذا نعطي في الشكل تغيرات درجة حرارة الماء الخارج بين التجريبتين الثانية و الثالثة (تدفق كتلي 0.01 كغ/ثانية) و الثانية (تدفق كتلي 0.007 كغ/ثانية) و ذلك مع عدم وجود متتبع شمسي في كلا التجريبتين الثانية و الثالثة

الجدول 9.3: نتائج دراسة تأثير التدفق الكتلي للمائع

التوقيت المحلي	Te C	Ts C 0.01kg/s	T s C 0.007kg/s	ΔT C
10:00	28.3	32.2	32.8	0.6
11:00	28.3	38.2	39	0.8
12:00	28.3	41.9	42.6	0.7
13:00	28.3	47	49.2	2.2
14:00	28.3	42.9	46.9	4
15:00	28.3	39.3	40.6	1.3
16:00	28.3	36.3	39.5	3.2
17:00	28.3	36	37.3	1.3
متوسط الفرق في درجة الحرارة				1.7625



الشكل 9.3 : تغيرات درجة حرارة خروج الماء خلال اليوم بتدفقين مختلفين

من خلال الجدول و الشكل يمكن أن نستنتج أن درجة حرارة خروج الماء من الأنبوب الماص في المركز الشمسي ذو التدفق الأقل تكون أكبر من درجة حرارة خروج الماء إذا ما كان المركز الشمسي ذو القطع المكافئ ذو التدفق الأكبر حيث تصل أعلى قيمة للماء في التجربة الثانية (التدفق الكتلي 0.01 كغ/ثانية) 49.3 درجة مئوية في حين تبلغ أعلاها عند تدفق كتلي 0.008 كغ/ثانية 49.7 درجة مئوية .

يمكن تفسير هذا الفارق بأن الماء يتأثر بوقت المكوث في الأنبوب الماص مما يؤدي به إلى اكتساب حرارة أكثر و عليه فالتدفق الكتلي الأصغر ينتج عنه طول مدة مكوث الماء في الأنبوب و بالتالي الخروج بدرجة حرارة أكبر من درجة حرارته إذا ما كان التدفق أكبر .

بلغ متوسط الفرق في درجة الحرارة خلال اليوم 2 درجات مئوية.

الجزء الثاني :

ندرس في هذا الجزء تأثير إضافة مركز شمسي ذو قطع مكافئ و تأثير الطاقة الحرارية الناتجة منه على رفع درجة حرارة بيت بلاستيكي و الفرق بين درجة حرارة البيت البلاستيكي غير المزود بنظام تركيز شمسي ذو قطع مكافئ و مثله مزود بنظام تركيز شمسي .

من أجل ذلك قمنا بتحضير بيتين بلاستيكيين متماثلين و ربط أحدهما بمبادل حراري يعمل بالطاقة الناتجة عن المركز الشمسي



الشكل 10.3 : بيتين بلاستيكيين متماثلين

نعطي في الجدول أدناه أبعاد البيت البلاستيكي المنجز

الجدول 10.3 أبعاد البيت البلاستيكي المنجز

الطول	1.2 م
العرض	0.25 م
الارتفاع	0.4 م

يعطي الجدول نتائج التجربة التي أجريت يوم 20/06/2019 بمخبر LENEREZA كلية علوم

الرياضيات و المادة ة حيث تضمنت النتائج درجات الحرارة داخل البيتين البلاستيكيين و الفرق بينهما تبعا

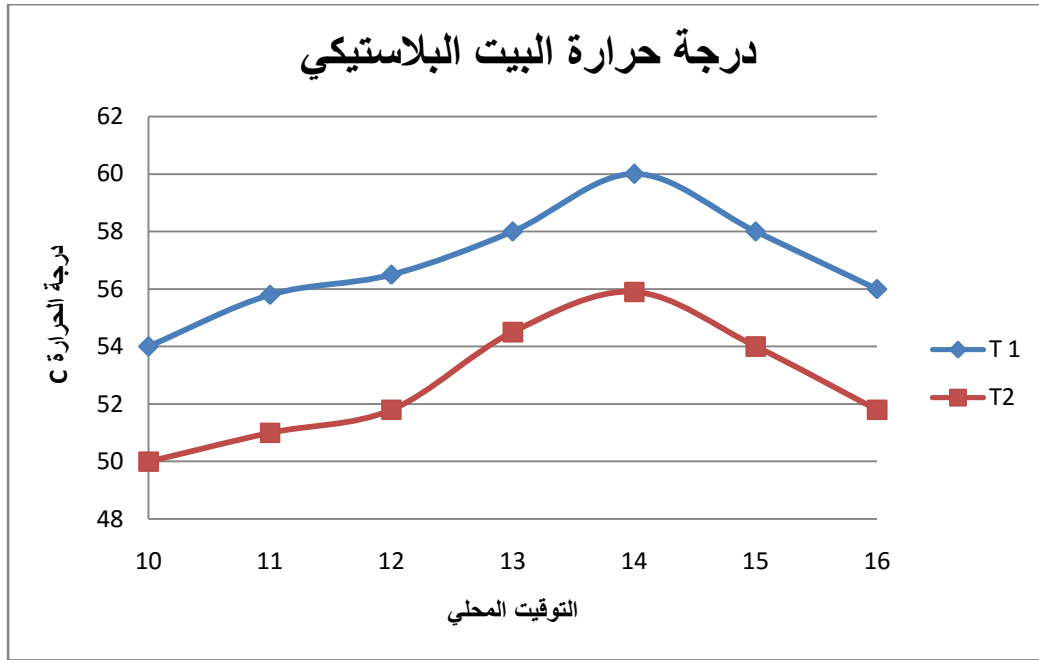
للتوقيت المحلي و خلال كل ساعة ابتداء من العاشرة صباحا إلى الرابعة مساء

الجدول 11.3 نتائج التجربة التي أجريت يوم 2019/06/20

ΔT C	T2 C	T1 C	التوقيت المحلي
4	52	50	10.00
4.8	53	51	11.00
4.7	53.8	51.8	12.00
3.5	56.5	54.5	.13.00
4.1	57.9	55.9	14.00.
4	56	54	15.00
4.2	53.8	51.8	16.00
4.19	متوسط الفرق في درجة الحرارة		

تعطي الشكل درجات الحرارة داخل البيت البلاستيكي 1 و 2 بدلالة الزمن . نلاحظ أن هناك فرق في درجات الحرارة بين البيتين حيث نسجل ارتفاع تدريجي للحرارة ابتداء من العاشرة صباحا لتصل إلى الذرة على الساعة الثانية زوالا حيث قدرت درجة الحرارة في البيت البلاستيكي رقم 1 و الذي يحتوي على مبادل حراري C 60 و في البيت البلاستيكي رقم 2 حوالي C 56 . لتبدأ بالانخفاض تدريجيا و بمعدل 6 درجات كل ساعة .

يتضح الفرق جليا بين البيتين البلاستيكيين 1 و 2 في درجة الحرارة الداخلية لهما حيث بلغ هذا الفرق متوسط 4 درجات مئوية و التي تعتبر قيمة مهمة تتمثل أهميتها في تحسين الظروف المناخية الملائمة لنمو النباتات المزروعة لاسيما الفواكه الصيفية التي تنمو في منطقة ورقلة .



الشكل 11.3 : بيتين بلاستيكيين متماثلين

خلاصة :

عرضنا في هذا الفصل الرابع النتائج المتحصل عليها خلال التجارب المجراة حول المركز الشمسي الاسطواني ذو القطع المكافئ و كذا نتائج تحسين كفاءة البيت البلاستيكي باستعمال الطاقة الحرارية الناتجة عن التركيز الشمسي .

خلاصة عامة

يندرج هذا العمل في إطار دراسة تحسينية للتطبيقات الحرارية الشمسية ، و ذلك بغرض رفع من كفاءة و مردودية بيت بلاستيكي منجز في هذا العمل حيث أضفنا تأثير الطاقة الحرارية الناتجة عن مركز شمسي أسطواني ذو قطع مكافئ ، هذا الأخير أنجز في إطار دراسات سابقة و قمنا خلال هذه الدراسة بصيانتته و تحسين حالته العامة و كذا إضافة بعض المكونات التي كان يفتقر إليها بالأخص الأنبوب الماص. أجريت التجارب في مخبر LENERZA التابع لكلية الرياضيات و علوم المادة. بعد التجارب المتعددة خرجنا بالخلاصات التالية :

1. تتمتع ورقة بطاقة شمسية معتبرة مما يؤهلها لتكون قطبا صناعيا في مجال التطبيقات الشمسية الحرارية
2. التركيز الشمسي تطبيق حراري مهم و له عديد الاستعمالات (إنتاج كهرباء . إنتاج الطاقة الحرارية ..)
3. تتأثر كفاءة المركز الشمسي الاسطواني ذو القطع المكافئ بالتدفق فكلما نقص التدفق كلما كانت درجة حرارة المائع عند المخرج كبيرة .
4. نظام التتبع الشمسي يزيد من كفاءة المركز الشمسي ذو القطع المكافئ ، حيث أنه يساعد اللاقط على الاستفادة من الإشعاع الشمسي بشكل كبير طيلة مدة الشمس .
5. يساعد إضافة مركز شمسي اسطواني ذو القطع المكافئ في زيادة فعالية البيت البلاستيكي المستعمل من أجل الزراعة ، حيث بينت التجارب أن هذا الأخير يزيد درجة حرارته مقارنة ببيت بلاستيكي عادي بحوالي 4 درجات مئوية .

قائمة المراجع

قائمة المراجع

- [1]. مُجَّد البار سوداني كز شمسي أسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي ت.رسالة دكتوراه 2018
- [2]. مُجَّد تَحَّة .دراسة مقارنة و تحسين لمختلف المقطرات الشمسية لإنتاج المياه الصالحة للشرب في المناطق الجافة الصحراوية .مذكرة ماجستير 2004
- [3]. مُجَّد تَحَّة .مطبوعة الطاقة الشمسية . 2015.
- [4]. العاتي مختار . المساهمة في تحسين مجفف شمسي للمحاصيل الزراعية.مذكرة ماجستير 2011
- [5]. عبد الله السعدون .الزراعة المحمية. 2005.