

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي

كلية العلوم الدقيقة

قسم الفيزياء

رقم الترتيب:

رقم التسلسل:

مذكرة تخرج مقدمة لنيل شهادة

ماستر أكاديمي



مجال: علوم المادة

تخصص: فيزياء تطبيقية إشعاع و طاقة

من إعداد: علجية حسونة

الموضوع

دراسة وتحليل آلة التبريد الشمسية بالإمتزاز

نوقشت يوم : 2019/06/20

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة

رئيسا

أستاذ محاضر - أ.

عطية محمد الهادي

مناقشا

أستاذ مساعد - أ.

مفتاح محمد الصالح

مؤطر

أستاذ مساعد - أ.

حاج عمار محمد علي

الموسم الجامعي: 2019/2018.

# الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

أهدي هذه الرسالة

إلى كل من علمني علما نافعا ولو حرفا

إلى كل من أنار لي الطريق إلى النجاح

إلى من تحملوا تعب الأيام والسنين من أجل أن يروني في مثل هذه المرتبة

والديا "أمي وأبي"

أطال الله بقاءهم وألبسهم ثوب الصحة والعافية، ومتعني ببرهم ورد جميلهم

إلى من لا تحلو الحياة والأفراح من دونهم

إخوتي الأعزاء...

إلى من أرشدني وعلمني من علمه في إعداد هذا البحث

الأستاذ حاج عمار محمد علي

إلى من أحبهم من قريب أو من بعيد ...

علجية حسونة

# شكر و عرفان

نشكر الله سبحانه وتعالى الذي وفقنا لإتمام هذا العمل وانطلاقا من قول سيد الخلق وخاتم الأنبياء والمرسلين صلى الله عليه وسلم "لا يشكر الله من لا يشكر الناس" ما كان لهذا البحث أن يستقيم على هذا الحال وأن يكتمل لولا المساعدة والتوجيهات المقدمة من قبل مؤطري الأستاذ "حاج عمار محمد علي" فما يسعني إلا أن أتقدم له بأسمى عبارات الشكر والتقدير على كل جهد بذله معي والعون الذي قدمه لي، جزاه الله عني خير جزاء

كما أتوجه بالشكر إلى الأستاذ الذي أمدني بالدعم والتشجيع بنصائحه وتوجيهاته

*عبد الرحمان خشخوش*

ولا يفوتني كذلك أن أشكر الأستاذ غوقالي مبروك على مساعدته لي في ما كانت الحاجة إليه في عملي هذا، كما أشكر هيئة مخبر الطاقات المتجددة بكلية العلوم والتكنولوجيا لفتحه لي باب مخبرهم لإنجاز التجربة

كما أتوجه بالشكر الخاص إلى اللجنة المناقشة الرئيس عطية محمد الهادي والمناقش مفتاح محمد الصالح على قبولهم مناقشة مذكرتي

كما أتقدم بجزيل الشكر إلى صديقتي الوفية 'النادية' ولجميع صديقاتي الذين شجعوني ووقفوا بجانب طالبات قسم سنة ثانية ماستر فيزياء دفعة 2019

أخيرا أشكر كل من ساعدني ولم يردني وإن فاتني ذكرهم فجزاهم الله عني خير جزاء وأسأل الله كما جمعنا في الدنيا أن يجمعنا في الآخرة في

جنته برفقة نبيه.

فهرس المحتويات

VI..... فهرس الأشكال - فهرس الأشكال

VIII..... فهرس الجداول - فهرس الجداول

IX..... فهرس الرموز - فهرس الرموز

2..... مقدمة عامة

الفصل الأول: عموميات حول الطاقة المتجددة

5..... 1-1 مقدمة:

5..... 2-1 الطاقة الشمسية :

5..... 3-1 الإشعاع الشمسي :

6..... 1-3-1 أنواع الإشعاع الشمسي :

8..... 4-1 طرق استخدام الطاقة الشمسية :

9..... 1-4-1 الطاقة الشمسية الكهربائية: Solar Electrical Energy

9..... 2-4-1 الطاقة الشمسية الحرارية: Solar Thermal Energy

9..... 1-2-4-1 المجموع الشمسي المسطح :

11..... 5-1 استخدامات الطاقة الشمسية الحرارية :

11..... 1-5-1 تجفيف المحاصيل :

11..... 2-5-1 طهي الطعام :

12..... 3-5-1 تحلية المياه :

13..... 4-5-1 تسخين المياه :

14..... 5-5-1 التدفئة :

14..... 6-5-1 التبريد الشمسي :

16..... 6-1 مميزات الطاقة الشمسية :

16..... 7-1 الخاتمة:

الفصل الثاني: دراسة وتحليل آلة التبريد الشمسية بالإمتزاز

1-2 مقدمة:	19
2-2 تعريف التبريد	19
1-2-2 إستخداماته:	19
3-2 نظم التبريد "التقليدية أو الكلاسيكية":	19
4-2 نظام التبريد الشمسي الإمتزازي:	20
1-4-2 مفهوم ظاهرة الإمتزاز:	21
2-4-2 تشغيل آلة التبريد الشمسي بالإمتزاز ومخطط عملها:	21
3-4-2 اختيار أزواج عمل دائرة الإمتزاز الشمسية:	24
1-3-4-2 اختيار الماز:	24
2-3-4-2 اختيار الممتز:	24
4-4-2 أهم الأعمال المنجزة والمحقة لآلة التبريد الشمسي بالإمتزاز:	25
5-2 الخاتمة:	26

الفصل الثالث: دراسة تجريبية لأداء اللاقط الشمسي الإمتزازي

1-3 المقدمة:	28
2-3 الدراسة التجريبية:	28
3-2-1 المرحلة الأولى من التجربة:	28
1-1-2-3 تحضير أنبوب الإمتزاز (وعاء الإمتزاز):	30
2-1-2-3 كيفية تحضير عينة من الكربون المنشط:	31
2-2-3 المرحلة الثانية من التجربة:	37
1-2-2-3 أجهزة وأدوات القياس المستعملة:	37
2-2-2-3 خطوات العمل:	38
3-2-3 النتائج التجريبية:	41
3-3 مناقشة وتحليل النتائج:	41

41	1-3-3 تطور درجة الحرارة داخل أنبوب الامتزاز بدلالة الزمن :
44	2-3-3 تطور درجة الحرارة خارج أنبوب الإمتزاز بدلالة الزمن:
46	3-3-3 الإستنتاج:
47	4-3 نموذج تجريبي محقق لألة التبريد الشمسي بالإمتزاز.....
50	5-3 الخاتمة:
52	خاتمة عامة.....
54	قائمة المراجع.....
59	الملحق.....

## فهرس الأشكال

الصفحة	عنوان الشكل	ترتيب الشكل
<b>الفصل الأول</b>		
6	الإشعاع الشمس	(1-1)
7	يوضح مكونات الإشعاع الشمسي الكلي الواصل إلى سطح الأرض	(2-1)
8	خريطة توضح توزيع وشدة الإشعاع الشمسي في العالم	(3-1)
9	أنظمة الخلايا الكهروضوئية	(4-1)
10	يوضح أجزاء الألاقط الشمسي المسطح	(5-1)
11	صورة للمجففات الشمسية	(6-1)
12	صورة للطباخات الشمسية الحديثة	(7-1)
12	استعمال الطاقة الشمسية في الطبخ	(8-1)
13	صورة توضح آلية تحلية المياه بالطاقة الشمسية	(9-1)
13	صورة للسخانات الشمسية	(10-1)
14	نظام التدفئة الشمسية في المنازل	(11-1)
15	مخطط دارات التبريد العاملة بالطاقة الشمسية	(12-1)
16	صورة توضح آلة التبريد الشمسية بالإمتزاز	(13-1)
<b>الفصل الثاني</b>		
20	مخطط الإنسياب لدورة التبريد العادية	(1-2)
21	نظام التبريد الشمسي بالإمتزاز	(2-2)
22	مخطط كلايرون لعمليات دارة التبريد الإمتزازية الشمسية	(3-2)
23	دارة التبريد الإمتزازية الشمسية مع مراحل عملها	(4-2)
25	صورة لثلاجة شمسية بالإمتزاز	(5-2)

26	صورة لألة الإمتزاز الشمسية	(6-2)
<b>الفصل الثالث</b>		
29	يوضح صندوق اللاقط الشمسي المحضّر للتجربة	(1-3)
30	يوضح أنبوب الإمتزاز المنجز	(2-3)
30	يوضح الأنبوبة الإسطوانية الداخلية لتمرير الميثانول	(3-3)
31	يوضح تداخل الأنبوبتين وبينهما الكربون المنشط	(4-3)
31	يوضح أنبوب الإمتزاز المتحصل عليه	(5-3)
32	يوضح خشب الصنوبر لتحضير الكربون المنشط	(6-3)
32	يوضح قطع خشب الصنوبر لتحضير العينة	(7-3)
33	وضع قطع خشب الصنوبر داخل الفرن	(8-3)
33	يوضح تثبيت درجة حرارة الفرن للتجفيف	(9-3)
34	يوضح العينة في الفرن بعد مرحلة المعالجة الكيميائية	(10-3)
34	يوضح العينة بعد إخراجها من الفرن	(11-3)
35	يوضح العينة داخل الفرن أثناء مرحلة الحرق	(12-3)
35	يوضح عملية الكربنة للعينة داخل الفرن	(13-3)
36	يوضح العينة الموضوعة داخل المزيج قبل مرحلة الغسل	(14-3)
36	عينة الكربون المنشط المتحصل عليها	(15-3)
37	جهاز المتعدد القياسات الرقمي	(16-3)
37	المزدوج الحراري "الترموكوبل"	(17-3)
38	يوضح المزدوج الحراري متصل بالجهاز المتعدد القياسات	(18-3)
38	يوضح تموضع المزدوج الحراري على أنبوب الإمتزاز وداخله	(19-3)
39	يوضح اللاقط الشمسي المعرض للإشعاع الشمسي أثناء التجربة	(20-3)

40	يوضح تسجيل وقياس درجة الحرارة أثناء التجربة	(21-3)
41	منحنى تغير شدة الإشعاع الشمسي خلال يوم مشمس	(22-3)
42	تغير درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز ليوم 2019/04/29	(23-3)
42	تغير درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز ليوم 2019/04/30	(24-3)
43	منحنى تغير درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز ليوم 2019/05/05	(25-3)
44	يوضح المقارنة بين منحنيات تغيرات درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز للأيام الثلاثة	(26-3)
45	منحنى تغير درجة الحرارة خارج أنبوب الإمتزاز ليوم 2019/04/29	(27-3)
45	منحنى تغير درجة الحرارة خارج أنبوب الإمتزاز ليوم 2019/04/30	(28-3)
46	منحنى تغير درجة الحرارة خارج أنبوب الإمتزاز ليوم 2019/05/05	(29-3)
48	تغير درجة الحرارة اللاقط مع تغيرات الإشعاع الشمسي وحرارة الهواء المحيط ليومين (29 و 30 أغسطس 2003)	(30-3)
49	جهاز تلج شمسي مصمّم يعمل بالزوج (الكربون المنشط/ميثانول)	(31-3)

فهرس الجداول

الصفحة	عنوان الجدول	ترتيب الجدول
<b>الفصل الأول</b>		
8	القدرة الشمسية الموجودة في الجزائر	(1-1)
<b>الفصل الثالث</b>		
40	الأحوال الجوية لأيام التجربة	(1-3)
50	تأثير زمن مدة دورة التبريد على أداء الآلة	(2-3)
<b>الملحق أ</b>		
59	النتائج التجريبية ليوم 2019/04/29	(1-أ)
59	النتائج التجريبية ليوم 2019/04/30	(2-أ)
60	النتائج التجريبية ليوم 2019/05/05	(3-أ)

فهرس الرموز

الرموز	الإصطلاحات	الوحدة
$x_{max}$	التركيز الأعظمي للمادة الممتزة في المادة المازة	(kg/kg)
$x_{min}$	التركيز الأدنى للمادة الممتزة في المادة المازة	(kg/kg)
$P_c$	ضغط المكثف	Pa
$P_e$	ضغط المبخر	Pa
$T_e$	درجة حرارة المبخر	°C
$T_c$	درجة حرارة المكثف	°C
$T_a$	درجة حرارة المادة المازة (درجة حرارة الجو)	°C
$T_{sd}$	درجة حرارة الامتصاص	°C
$T_{sa}$	درجة حرارة اللاقط بعد مرحلة التبريد	°C
$T_d$	درجة حرارة التّجديد	°C
$q_{12}$	كمية الحرارة الممتصة خلال المرحلة (2-1)	(kj/h)
$q_{23}$	كمية الحرارة الممتصة خلال المرحلة (3-2)	(kj/h)
$q_{34}$	كمية الحرارة المطروحة خلال المرحلة (4-3)	(kj/h)
$q_{41}$	كمية الحرارة المطروحة خلال المرحلة (1-4)	(kj/h)
$q_c$	كمية الحرارة داخل المكثف	(kj/h)
$q_e$	كمية الحرارة داخل المبخر (كمية البرد)	(kj/h)
COP	معامل الأداء	-
COP <sub>th</sub>	معامل الأداء الحراري (التبريدي)	-
$T_{int}$	درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز	°C
$T_{ext}$	درجة الحرارة خارج أنبوب الإمتزاز	°C
$T_{st}$	درجة حرارة السطح الخارجي للصفحة الزجاجية للمجمع الشمسي	°C

# مقدمة عامة

يعد البحث في موضوع الطاقات المتجددة من المواضيع الأكثر أهمية في وقتنا الحالي كونها طاقات مجانية ودائمة وكحل بديل للطاقة الأحفورية الملوثة والأخذة في النفاد، إضافة لأنها تعدّ أمراً متاحاً في بلادنا العربية خاصة الطاقة الشمسية التي تشكل خزان الطاقة الرئيسي لها.

لقد سعى الإنسان منذ بداية حياته في البحث عن أسباب الراحة وتأمين أفضل الشروط للعيش المثالي، لذلك أصبحت عمليات التبريد والتكييف مطلباً من متطلبات حياته اليومية لاسيما وأنها متعلقة بحاجته الشخصية في زمن بات فيه استعمال دارات التبريد الميكانيكية يشكل خطراً على حياتنا وأصبح يهدد بتلوّث وشيك سواءً من ناحية وسائط عمله الضارة بالبيئة أو نواتج طاقة تشغيله [1].

لوحظ من الإحصائيات العالمية والتي قدّرها الباحثون لعام 2005 أنه يوجد ارتفاع واضح في الطلب على استخدام عمليات التبريد والتكييف، حيث تبين أن 25% من الطاقة المستخدمة في العالم تستخدم لإغراض التكييف والتبريد مطلقاً في غلافنا الجوّي ما نسبته 10% من الغازات المسببة للإحتباس الحراري، وبسبب هذه الظاهرة تزايدت درجات الحرارة في أنحاء الكرة الأرضية كافة على نحو مطرد خلال العقود الأخيرة بسبب القدرات الكبيرة المستخدمة في أجهزة التبريد المعتمدة على الكهرباء، فيتسبب ذلك بدوره في انبعاث غازات تؤدي إلى زيادة اثر هذه الظاهرة [2].

مما سبق تبلورت فكرة بحثنا في دراسة وتحليل لنظام آلة التبريد العاملة بالطاقة الشمسية وذلك بعد الرجوع إلى ما تم التوصل إليه في هذا المجال من تجارب وأبحاث علمية، حيث حظي هذا المجال باهتمام كبير خاصة من قبل الدول التي تمتاز بتوفر الإشعاع الشمسي إذ طرحت العديد من الأفكار العلمية وأجريت الكثير من التجارب حول نظم التبريد الشمسي.

تم اختيار دراسة نظام التبريد الشمسي بالإمتزاز الذي يعد من بين تطبيقات الطاقة الشمسية في مجال التبريد لأنه حل بديل لتقليل من استخدام الطاقة الكهربائية في أنظمة التبريد والتي تعمل بوسائط تبريد مكلفة وملوثة للبيئة، ولكن السؤال هنا

- كيف يمكننا استخدام وإستغلال الطاقة الشمسية في التبريد والتكييف؟
- أو بالأحرى كيف يمكننا تشغيل آلة تبريد بتقنية الإمتزاز باستخدام الطاقة الشمسية ؟

من الواضح هنا أنّ الحاجة لغرض التبريد والتكييف يكثر ويزداد الطلب عليه في الوقت الذي تزداد فيه حرارة الجوّ الذي تكون فيه هذه الطاقة متوفرة، فلما لا يتم استخدامها ما يقلل الإستهلاك الكبير للكهرباء في الوقت نفسه الذي يشتمّ فيه الضغط الكبير على الطاقة الكهربائية، ولا يخفى أن هذه الأسباب كفيلة بأن تجعل التبريد الشمسي يحظى بأهمية خاصة له وذلك للحفاظ على الطاقة التقليدية ونظافة الجو للأجيال المقبلة.

تكمن أهمية هذا البحث في اعتماد معظم مواضيع الطاقات المتجددة وخاصة الطاقة الشمسية على إمكانية استغلالها في أماكن العمل حيث توفر جزءاً كبيراً من الطاقة التقليدية مع المحافظة على الإنتاجية نفسها والتقليل قدر الإمكان من انبعاث الغازات الدفينة والضارة بالبيئة، لذلك تكمن الأهمية الرئيسية في تحقيق ذلك من خلال نظام التبريد الإمتزازي الذي يعد تطبيقاً جذاباً للطاقة الشمسية، نتيجة لتزامن وتطابق الحمل التبريدي المطبق لحيز ما مع كمية الإشعاع الساقط على هذا الحيز، مع إمكانية تغطية هذا الحمل بشكل مستمر بوجود لاقط امتزاز إضافة لكلفة تشغيله المنخفضة ومتطلبات صيانتها القليلة [3].

تهدف هذه الدراسة إلى دراسة وتصميم نظام تبريد مثالي يعمل بالطاقة الشمسية باستخدام تقنية الإمتزاز للميثانول على الكربون المنشط كونهم أكثر الزوجين استخداما في دورة هذا النظام وفق معادلة الأسعار وسهولة التصنيع من جهة، والمردودية العالية من جهة أخرى حيث سيتم استعمال اللاقط الشمسي الحراري المسطح في هذه الدراسة لإجراء تسجيل درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز التي يحققها من الإشعاع الشمسي واللازمة حتى تتحقق هذه الدورة.

سوف يتم تخصيص الفصل الأول على عموميات حول الطاقة المتجددة (الطاقة الشمسية) بذكر الإشعاع الشمسي وأنواعه وكيفية تحويله واستخدامه، حيث سنتطرق إلى استخدام الإشعاع في الكثير من المجالات والذي من ضمنه التبريد الشمسي الذي هو محل الدراسة في هذا البحث. إضافة إلى ذلك سيتم دراسة وتحليل دورة التبريد الشمسية بالإمتزاز في الفصل الثاني، حيث نتعرف فيه على نظامنا ومفهوم ظاهرة الإمتزاز القائم عليه وكيفية تشغيل النظام، كما نقدّم بعض وأهم الأعمال المنجزة حول آلة التبريد الشمسية بالإمتزاز. وفي الأخير سيتم تحقيق الدراسة التجريبية للاقط الشمسي الإمتزازي الموجه للنظام (للألة)، وذلك من خلال تصميم اللاقط الشمسي والتعرّف على درجة الحرارة المثالية داخل أنبوب الإمتزاز والكافية لتبخّر سائل التبريد في وقت زمني مثالي، لنقوم بوضع جداول النتائج التجريبية في الملحق ليتم بعدها مناقشة النتائج المتحصل عليها لتتطرق بعدها إلى مقارنة نتائجنا مع نتائج تجريبية محققه على آلة الإمتزاز الشمسية.

# الفصل الأول

عموميات حول الطاقة

المتجددة

## 1-1 مقدمة:

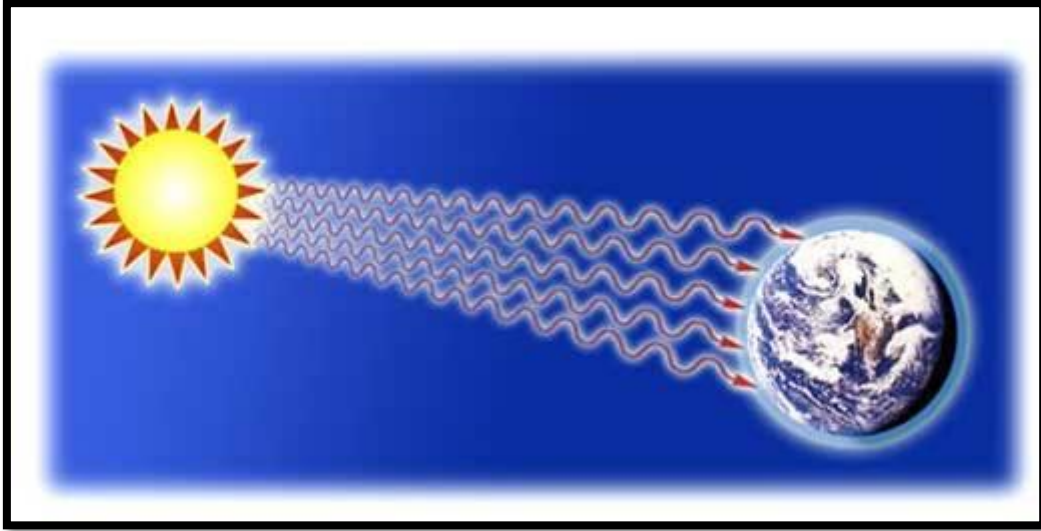
يبحث الإنسان دوماً عن مصادر جديدة للطاقة التي اعتبرت من أهمّ المواضيع التي استقطبت أنظار الباحثين وذلك لتعدّد وتنوّع مجالات استخدامها وهذا لتغطية احتياجاته المتزايدة في تطبيقات الحياة المتطورة التي يعيشها نتيجة للتقدّم الصناعي الكبير. وقد تنبّه الإنسان في العصر الحديث إلى إمكانية الاستفادة من حرارة أشعة الشمس والتي تتصف بأنها طاقة متجدّدة ودائمة لا تنضب وأدرك جلياً الخطر الكبير الذي يسببه استخدام مصادر الطاقة الأخرى والمتمثلة في الوقود الأحفوري والطاقة النووية في تلوث البيئة وتدميرها كالتلوث الجوّي الناتج عن انبعاث الغازات السامة، الأمر الذي ساهم في تغيير مناخ الأرض ممّا يجعل الطاقة الشمسية الخيار الأفضل على الإطلاق ولهذا أضحت الطاقة الشمسية في عصرنا الحالي دخلاً قومياً لبعض البلدان حتى أنّه في دول الخليج العربي والتي تعتبر من أكثر بلدان العالم غني بالنفط وتستخدم الطاقة الشمسية بشكل فعّال [4]، ذلك لاستحواذها على تفكير العديد من المهندسين والمعماريين لتكثيف جهود البحث العلمي حول هذه الطاقة للوصول إلى أفضل الطرق الممكنة للإستفادة منها. والتي نحن بصدد دراستها و السؤال المطروح هنا، لماذا الطاقة الشمسية؟ وكيف يمكن الإستفادة منها واستخدامها في مجالات حياتنا اليومية؟ حيث في هذا الفصل سنتطرق بالتفصيل إلى الطاقة الشمسية ومعرفة كيفية وصولها إلى سطح الأرض وطرق استعمالها واستخداماتها الحياتية.

## 2-1 الطاقة الشمسية :

يمكن تعريف الطاقة الشمسية على أنّها الطاقة المنتجة والمتولدة من الشمس (الحرارة والضوء) والتي تصل الأرض على شكل إشعاع شمسي. تستقبل الطبقات العليا من الفضاء المحيط بالكرة الأرضية ما يساوي 174 بيتاواط (1 بيتاواط = 1510 واط) من الطاقة الشمسية، ينعكس منها بفعل الغلاف الجوي قرابة 30% تعود للفضاء ويمتص الباقي والبالغ 122 بيتاواط من قبل الغيوم والبحار والمحيطات و سطح الأرض للإشعاع الشمسي فترتفع درجة حرارتها. إنّ الطاقة المستلمة من الشمس خلال ساعة واحدة تعادل ما تحتاجه الكرة الأرضية من طاقة لمدة عام تقريباً وان الطاقة المستلمة في عام واحد تعادل ضعفي المستخدم والمكتشف والمقدّر من طاقة الفحم والنفط والغاز وطاقة اليورانيوم النووية [5،6].

## 3-1 الإشعاع الشمسي :

يقصد بالإشعاع الشمسي الطاقة التي تطلقها الشمس إلى جميع الإتجاهات ويتضمن الإشعاع المرئي وغير المرئي، بمعنى آخر الطاقة الضوئية والحرارية على الأرض ومختلف الكواكب الأخرى [7]. يعرف الإشعاع على أنّه عملية نقل الطاقة بواسطة فوتونات الأمواج الكهرومغناطيسية دون الحاجة إلى وسيط أو تماس مع المصدر المشع [8]، يصدر هذا الإشعاع بجميع الأطوال الموجية ابتداءً من الموجات الطويلة (الموجات الراديوية) إلى الأشعة ذات الموجات القصيرة جداً (أشعة غاما)، وجميع الإشعاعات الكهرومغناطيسية تنتقل عبر الفضاء بمعدّل ثابت [9].



الشكل (1-1): الإشعاع الشمسي [10].

تعطى هذه الإشعاعات على شكل طيف واسع يسمّى بطيف الإشعاع الشمسي وينقسم إلى ثلاث أقسام وهي :

- **طيف الأشعة القريبة من تحت الحمراء (الأشعة الحرارية) :**  
هي أشعة غير مرئية يزيد طولها الموجي على 0.74 ميكرومتر [4 - 0.74] ويشكّل 46% من الإشعاع الشمسي [11].
- **الطيف المرئي (الأشعة الضوئية) :**  
تتراوح أطواله الموجية ما بين 0.4 إلى 0.74 ميكرومتر ويشكّل 45% من الإشعاع الشمسي [11].
- **طيف الأشعة فوق البنفسجية :**  
يقل طولها الموجي عن 0.4 ميكرومتر [0.2 - 0.4] ويشكّل 9% من الإشعاع الشمسي [11].

يتميّز الإشعاع الشمسي بتوفره بصورة كبيرة و متغير الشدة خلال ساعات النهار، إذ يصل إلى قيمته العظمى عند منتصف النهار أينا تكون زاوية سقوط الأشعة الشمسية عمودية على سطح الأرض، حيث التغير في زاوية السقوط وزاوية الإرتفاع للإشعاع الشمسي يقلل من الحرارة المتجمعة في أي منظومة حرارية شمسية. كما أنّ اختلاف الموقع الجغرافي يقابله تغير في شدة الإشعاع من مكان لآخر [12]، وكذلك ساعات النهار المشمسة متغيرة مع الفصول حيث تكون أطول في فصل الصيف والذي يتميّز بشدة إشعاع كبيرة يقابله ارتفاع في درجات الحرارة من درجات حرارة وسطا إلى درجات حرارة عالية جدا والتي يجب على الإنسان أن يستغلها بشكل علمي وحكيم ليسخرها لمصلحته.

يمكن حساب شدة الإشعاع الشمسي عملياً باستخدام جهاز البيرانومتر الذي يُربط مع جهاز المكاملة الشمسي لقياس شدة الإشعاع الشمسي [12]، فهو عبارة عن كرة زجاجية تعمل على قياس مختلف الموجات الإشعاعية .

### 1-3-1 أنواع الإشعاع الشمسي :

عموما يصل الإشعاع الشمسي إلى سطح الأرض عبر ثلاث عمليات يتعرض لها أثناء عبوره الغلاف الجوي :

### ❖ الإشعاع الشمسي المباشر:

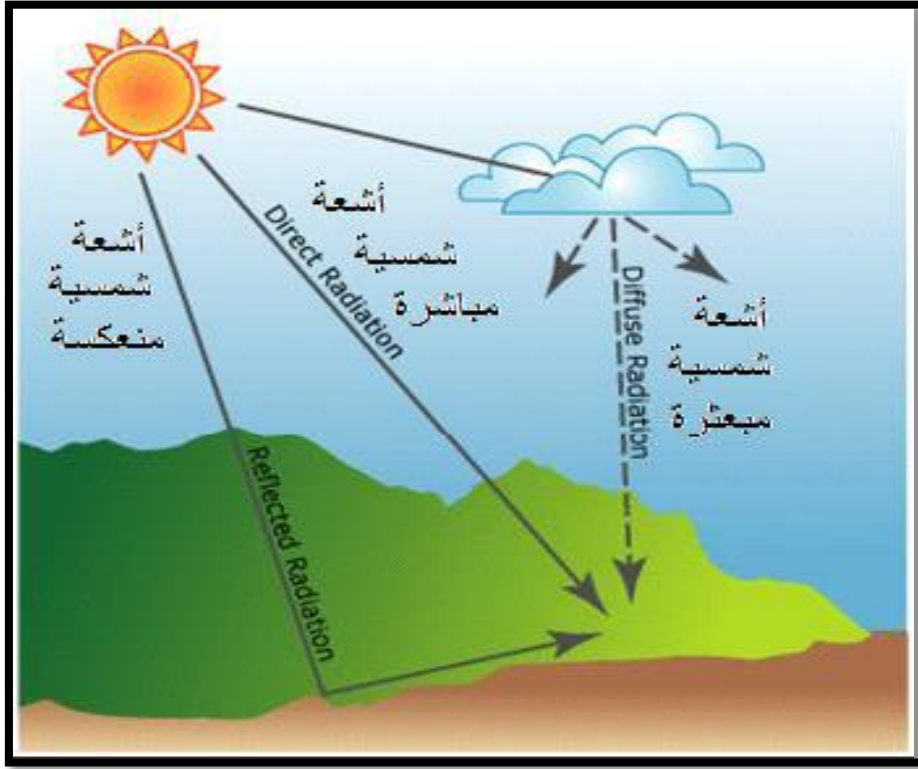
وهو الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض بدون تعرّضه للتبعثر أو الإنعكاس عند عبوره الغلاف الجوّي .

### ❖ الإشعاع الشمسي المنتشر (المبعثر) :

وهو ذلك الجزء من الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض بعد تعرّضه لعدّة عمليات منها البعثرة بواسطة الدقائق العالقة في الجو والامتصاص بواسطة بخار الماء وبعض الغازات والإنعكاسات الناتجة بسبب الغيوم والعوالق الأخرى في طبقات الجو [13].

### ❖ الإشعاع الشمسي المنعكس:

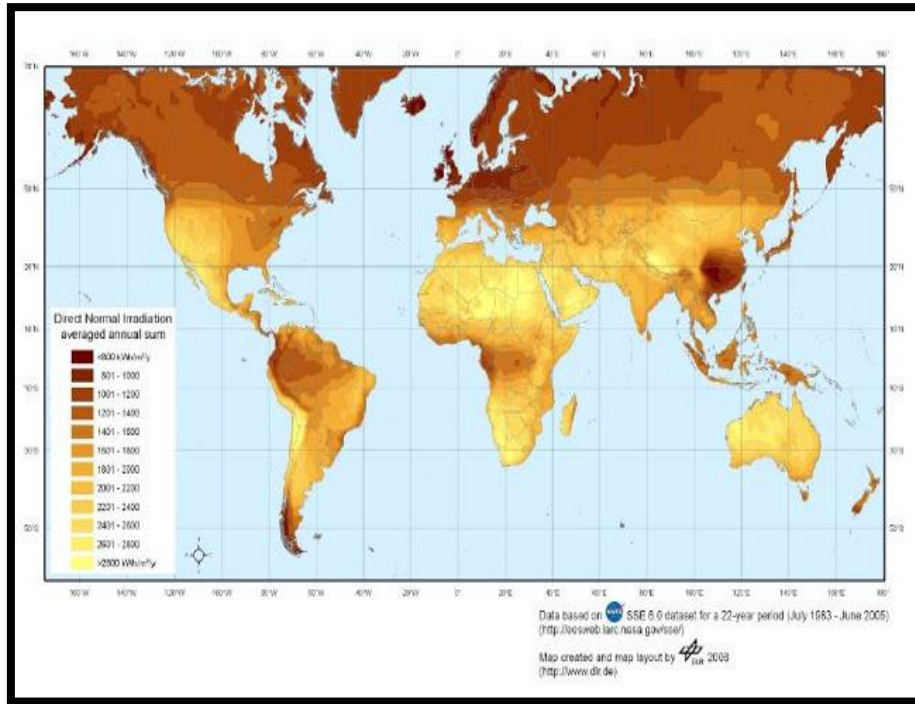
ويقصد به مقدار الأشعة الشمسية التي تعكسها الأرض إلى الفضاء مرة ثانية من غير أن يتحوّل أي جزء منها إلى طاقة حراريّة تظل في جوّ الأرض، فمن المعلوم أنّ لسطح الأرض نفسه القابليّة على رد الأشعة الشمسية مرة ثانية فهو يعكس 2% فقط [14].



الشكل (1-2): يوضح مكونات الإشعاع الشمسي الكلي الواصل إلى سطح الأرض [15].

حيث يستقبل السطح المائل الأشعة المباشرة والمنتشرة وكذلك المنعكسة من سطح الأرض، أما بالنسبة للسطح الأفقي فإن مجموع الأشعة الساقطة تكون مساوية للأشعة المباشرة والمنتشرة ، ويقدر الإشعاع بوحدة  $[W/m^2]$ .

أما الشكل (1-3) فيمثل خريطة توضّح توزيع الإشعاع الشمسي على مختلف بلدان العالم، لا يفوتنا أن نشير إلى مسألة جد مهمة فيما يتعلق بالطاقة الشمسية التي تتمتع بها الدول العربية والتي من المهم أن يتدخل الفكر والعمل للإستفادة منها والتعامل معها بشكل منظم يتيح استخدامها وتوظيفها في خدمة إنسان المنطقة .



الشكل (3-1): خريطة توضح توزيع وشدة الإشعاع الشمسي في العالم [10].

من الخريطة السابقة نلاحظ أنّ الجزائر بفضل موقعها الجغرافي تملك حقلا شمسيًا مهما في العالم يمكن أن تصل إلى 3900 ساعة سنويا وهذا الكم الهائل من الطاقة يشجّعنا لإستغلاله على أكمل وجه وفي شتى المجالات [16] كما هو موضح في الجدول التالي:

الجدول (1-1): القدرة الشمسية الموجودة في الجزائر [17].

المناطق	المناطق الساحلية	الهضاب العليا	الصحراء
المساحة %	4	10	86
المدة المتوسطة لإشعاع الشمس (ساعة/عام)	2650	3000	3500
الطاقة المتوسطة (كيلوواط سا/م <sup>2</sup> /سنة)	1700	1900	2650

هذه الإمكانيات الهائلة تسمح بتغطية 60 مرّة احتياجات أوروبا الغربية وأربع مرّات الإستهلاك العالمي حسب وزارة الطاقة والمناجم الجزائرية كما تسمح بتغطية 5000 مرّة الإستهلاك الوطني من الكهرباء [17].

#### 4-1 طرق استخدام الطاقة الشمسية :

لقد حاول الإنسان منذ فترة بعيدة الإستفادة من الطاقة الشمسية واستغلالها ولكن بقدر قليل ومحدود، ومع التطور الكبير في التقنية والتقدّم العلمي الذي وصل إليه الإنسان فتحت آفاقا علمية جديدة في ميدان

استغلال الطاقة الشمسية، حيث من الممكن تحويل واستخدام الطاقة الشمسية بطريقتين أساسيتين هما: التحويل الكهروضوئي (الطاقة الشمسية الكهربائية) والتحويل الحراري (الطاقة الشمسية الحرارية) [4].

### 1-4-1 الطاقة الشمسية الكهربائية: Solar Electrical Energy



الشكل (4-1): أنظمة الخلايا الكهروضوئية [18].

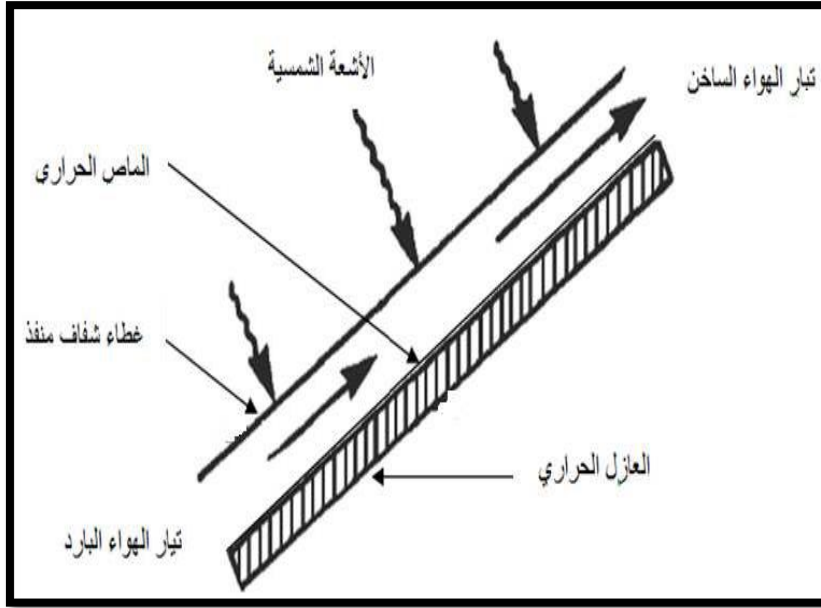
تسمى أيضا بالطاقة الشمسية الكهروضوئية وهي عملية تحويل الإشعاع الشمسي (ضوء الشمس) إلى طاقة كهربائية، مباشرة بواسطة الألواح أو الخلايا الشمسية التي تتميز بالخواص الإلكترونية لبعض المواد أو المركبات والتي تصنف ضمن أشباه الموصلات [5].

### 2-4-1 الطاقة الشمسية الحرارية: Solar Thermal Energy

هي عملية حصاد واستغلال الطاقة الشمسية وذلك بتحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية عن طريق المجمعات الشمسية والمواد الحرارية، فإذا تعرّض جسم داكن اللون ومعزول إلى الإشعاع الشمسي فإنه يمتص الإشعاع وترتفع درجة حرارته حيث هناك ثلاثة أنواع من المركبات أو المجمعات الشمسية الحرارية المستخدمة لهذا الغرض وهي: المجمعات الشمسية الحرارية المركزة، المجمعات الشمسية المفرغة، المجمعات الشمسية المسطحة، ولكل نوع من هذه الأنواع استخدامات معينة [4،5].  
✓ نعرف المجمع الشمسي المسطح والذي ستعتمد عليه لاحقا دراستنا في هذا البحث.

#### 1-2-4-1 المجمع الشمسي المسطح :

المجمع أو اللاقط الشمسي المسطح هي وحدة يتم بواسطتها استقبال الإشعاع الشمسي الساقط على سطحها وتحويله إلى طاقة حرارية من خلال سطح ماص تنتقل إلى الهواء المار بين الزجاج والماص الحراري مع الحفاظ على هذه الطاقة من الفقد إلى الجو المحيط بأقصى ما يمكن [19].  
يصمم المجمع الشمسي من أجزاء مختلفة تجمع في وحدة واحدة مكونة للمجمع، فهو يتكوّن من أجزاء أساسية وأخرى فرعية نذكر هذه المكونات كالتالي (الشكل (1-5)):



الشكل (5-1): يوضح أجزاء اللاقط الشمسي المسطح [19].

✓ الأنبوب النحاسي ( الماص الحراري ) :

يعتبر الأنبوب النحاسي الوسط الذي يكون به المائع الناقل للحرارة، فهو ماص حراري يجب تصنيعه من مادة ذات موصلية جيدة لإمتصاص الحرارة من السطح الماص الذي يكون مطلي بطلاء أسود ذو مواصفات خاصة وذلك لزيادة معدّل الامتصاص ويكون عالي الانتقائية ويتحمل ظروف التشغيل لفترات طويلة [19]، حيث أن أنبوب الامتصاص النحاسي الأفضل لأن معامل توصيله للحرارة الأكثر بين معظم المعادن، كما يصنع من الألمنيوم والحديد لكنهما أقلّ كفاءة من النحاس. وهكذا تقوم هذه الأنابيب بامتصاص الأشعة الشمسية وتحويلها إلى حرارة دون فقد الكثير منها مما يؤدي إلى رفع درجة حرارتها وبالتالي توفر مخزونا حراريا عاليا، من أجل تحقيق هذا الهدف يتم طلاء هذه الأنابيب بطلاءات خاصة تمتلك خصائص تحسين الامتصاص وتقليل الإنبعاث والضياع، ومن أمثلة هذه الطلاءات أكسيد الكروم والكوبالت [19].

✓ الغطاء الشفاف :

يغطي المجمع الشمسي بغطاء شفاف وعادة ما يكون من بلاستيك أو زجاج، وهذا الأخير هو أكثره شيوعا حيث يسمح الزجاج (نظرا لشفافيته) بنفاذ أكبر جزء من أشعة الشمس إلى داخل الصندوق والوصول إلى الأنبوب، حيث تصل النسبة الأعظمية في هذا النوع من المجمعات إلى 80-90 إلى داخل المجمع بينما تقوم بامتصاص الجزء الآخر وعكسه.

إن الغطاء الخارجي يلعب دورا هاما في حياة المجمع الشمسي فهو يحفظ الأنبوب من آثار الظواهر الطبيعية كالمطر والثلج والغبار، ويشكل عائقا كبيرا أمام انتقال الحرارة من الصفيحة الماصة أو الأنبوب إلى الأجواء المحيطة الأمر الذي يؤدي إلى زيادة فعالية المجمع [16].

✓ الصندوق الخارجي :

يمكن تصنيع الصندوق الخارجي من صفائح الفولاذ أو الألمنيوم المعالج أو أي مواد أخرى تتحمل تأثيرات العوامل الجوية مثل الأشعة البنفسجية، المطر، الرياح... [16].

✓ المواد العازلة :

وهو ما يسمى بالعازل الحراري أيضا، عندما ترتفع درجة الحرارة داخل اللاقط بالمقارنة بالجو المحيط يصبح هناك إمكانية لفقد الحرارة بالحمل وذلك عن طريق جوانب اللاقط والجهة السفلية منه، وللحد من الفقد يجب إحاطة الجوانب و أسفل الماص بمواد خاصة ذات توصيلية حرارية متدنية مثل الصوف الصخري، الألياف الزجاجية، أو رغوة البولي يوريثان والبوليستيرين [16].

## 5-1 استخدامات الطاقة الشمسية الحرارية :

يتم استخدام الطاقة الشمسية الحرارية في تجفيف المحاصيل، طهي الطعام، تحلية المياه، تسخين المياه، التدفئة والتبريد الشمسي...

### 1-5-1 تجفيف المحاصيل :

التجفيف بشكل عام من أقدم استخدامات الطاقة الشمسية وخاصة تجفيف المحاصيل فهو مسألة قديمة لتخليص المحاصيل من قسم من السوائل الموجودة فيها وذلك لمنعها من التلف وجعلها صالحة للخرن لفترات طويلة [16].



الشكل (6-1): صورة للمجففات الشمسية [5].

### 2-5-1 طهي الطعام :

استخدمت الطاقة الشمسية للطبخ منذ قديم الزمان (1767 ميلادي) [5]، حيث يتمثل الطباخ الشمسي في جهاز يستخدم أشعة الشمس في الطهي، وله عدة أنواع حيث من أبسط هذه الأنواع الصناديق الحابسة للحرارة والتي تتكون بشكل أساسي من وعاء معزول وغطاء شفاف [20]. ولا تزال الأبحاث تجري في هذا المجال لإنتاج معدّات للطهي تعمل داخل المنزل بدلا من تكبد مشقة الجلوس تحت أشعة الشمس أثناء الطهي [4].



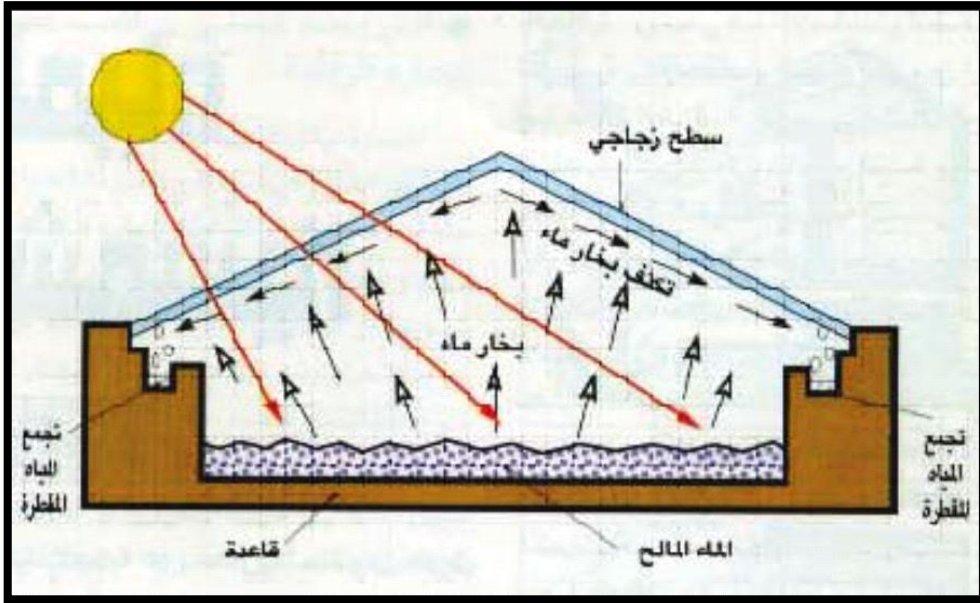
الشكل (7-1): صورة للطباخات الشمسية الحديثة [5].



الشكل (8-1): استعمال الطاقة الشمسية في الطبخ [21].

### 3-5-1 تحلية المياه :

عملية التّحلية تعني تحويل المياه المالحة إلى مياه عذبة عن طريق المقطرات الشمسية المتنوعة [22]، حيث تعتمد على استغلال الأشعة الشمسية مباشرة كمصدر حراري، ذلك لرفع درجة حرارة المياه المالحة إلى درجة التبخر ثم تكثيفها على أسطح باردة باستخدام المقطرات الشمسية [23]، فبالنظر لوجود الحاجة للمياه العذبة في المناطق الصحراوية والساحلية في الجزر الصغيرة ولصعوبة إيجاد مصادر الطاقة التقليدية بات من الضروري استخدام التكنولوجيا المتاحة لتحلية المياه بالطاقة الشمسية.



الشكل (9-1): صورة توضح آلية تحلية المياه بالطاقة الشمسية [24].

#### 4-5-1 تسخين المياه :

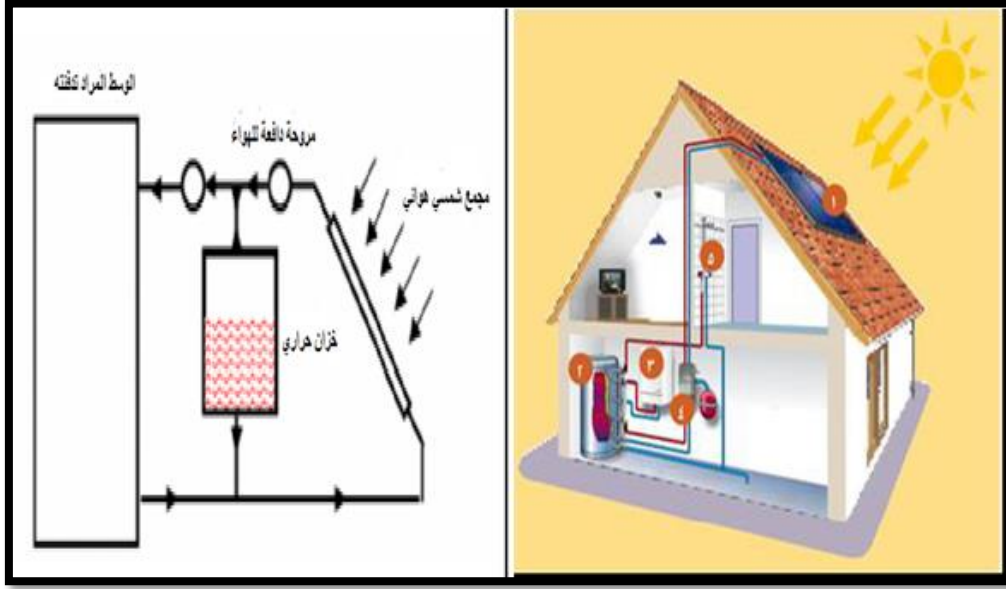
استعملت منظومات لتسخين المياه باستخدام الطاقة الشمسية منذ عدة سنوات في المنازل والقواعد العسكرية والأماكن الصناعية... الخ، وتستعمل منظومات تسخين المياه الشمسية في أغلب الأحيان في الحالات التي لا يمكن فيها استعمال الغاز الطبيعي أو الكهرباء لتسخين المياه. معظم منظومات تسخين المياه بسيطية التصميم ورخيصة التكلفة في التركيب، وعلى العموم فإن أشعة الشمس تمر من خلال المجمع ليتم امتصاصها وتتحول إلى حرارة في وسط تحويل سائل، كما يمكن أن تستعمل الأشعة أيضا لتسخين المياه مباشرة [25].



الشكل (10-1): صورة للمسخنات الشمسية [5].

### 5-5-1 التدفئة :

ضخ الحرارة المستمدة من الطاقة الشمسية داخل الحيز المراد تدفئته، حيث تتعدد أنظمة التدفئة بالطاقة الشمسية من حيث طريقتها وكذا كفاءتها، فمنها التدفئة المباشرة بأشعة الشمس والتي تعتمد على صنع معظم واجهات المنازل من الزجاج الشفاف، ومنها ما يستخدم أنظمة للتدفئة تعتمد على الهواء وأخرى على الماء عن طريق استخدام المجمعات الشمسية وبعض المعدات وأجهزة لنقل التأثير الحراري من المجمع الشمسي إلى المكان المراد تدفئته [26].



الشكل (11-1): نظام التدفئة الشمسية في المنازل [18، 26].

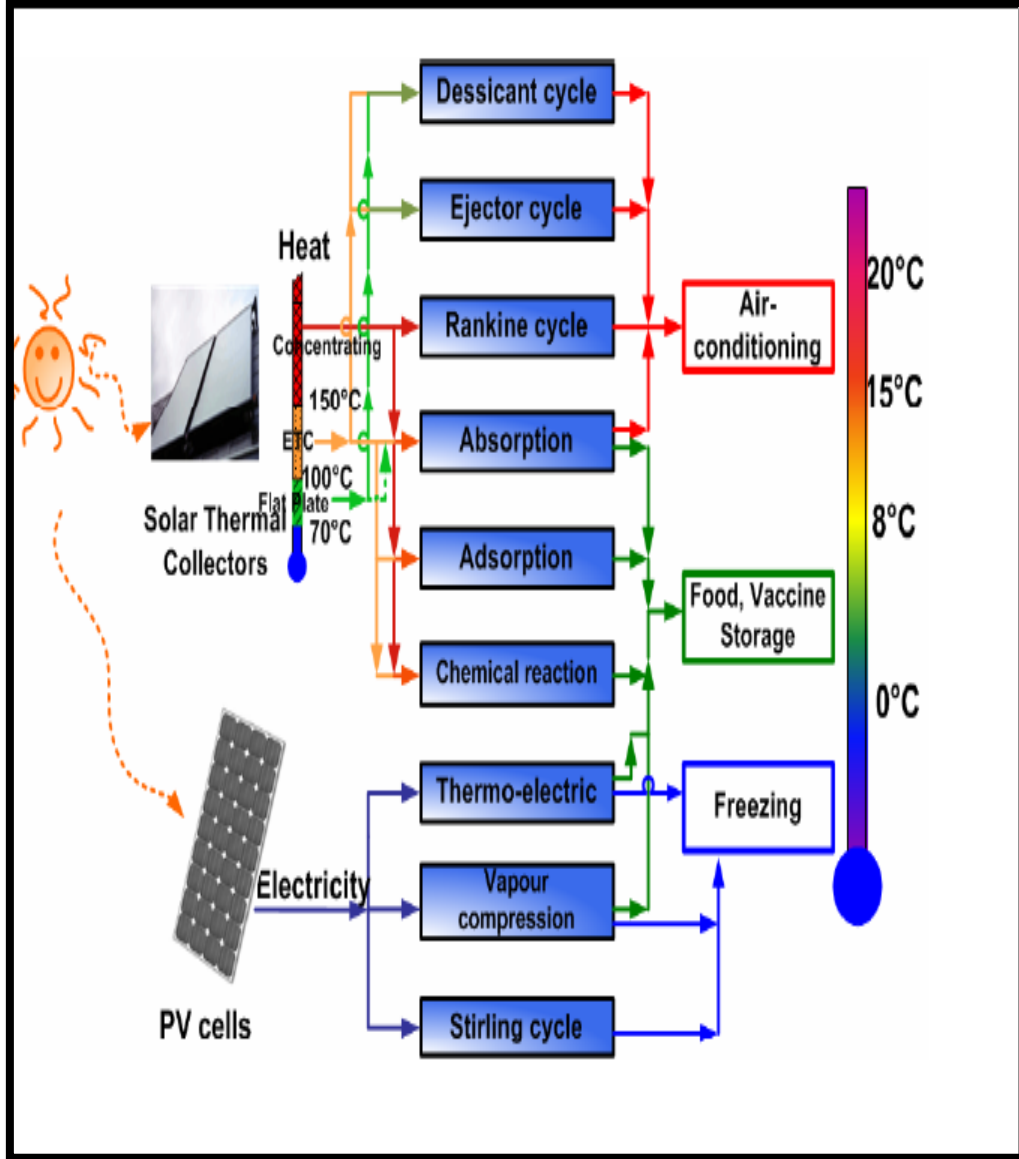
- 1- سخان،
- 2- خزان التسخين الشمسي،
- 3- الغلاية،
- 4- محطة الطاقة الشمسية مع ضابط شمسي مدمج،
- 5- موضع استهلاك الماء الساخن.

### 6-5-1 التبريد الشمسي :

شهد التبريد الشمسي اهتماما واسعا خلال العقد الماضي، حيث طرحت العديد من الأفكار العلمية وأجريت الكثير من التجارب حول استخدام الطاقة الشمسية في نظم التبريد والتي تعتمد على الطاقة الحرارية الشمسية ويتم ذلك عادة عن طريق استخدام نظام امتصاص أو امتزاز لتشغيل دورات التبريد الشمسية [27].  
تتعدد دارات التبريد التي تعمل باستخدام الطاقة الحرارية الشمسية إلى عدة أنواع أهمها [28] :

- دارة التجفيف الشمسية .
- دارة رانكين الحرارية الشمسية .
- دارة التبريد الإمتصاصية الشمسية .
- دارة التبريد الإمتزازية الشمسية .
- دارة الإنضغاط المقادة شمسيا .
- دارة ستيرلينغ .

حيث يلبي استخدام الطاقة الشمسية للإنتاج البارد شواغل توفير الطاقة وكذلك بعض الإحتياجات في البلدان النامية وخاصة في القطاع الريفي.



الشكل (12-1): مخطط دارات التبريد العاملة بالطاقة الشمسية [28].

حيث يبيّن الشكل (12-1) مخطط لأنواع هذه الدارات والأهمية التي تحتلها دارة التبريد الشمسية الإمتزازية بالنسبة لباقي الدارات سواء من ناحية درجات حرارة التوليد والتبخير التي تعمل عندها أو من ناحية أنواع اللواقط اللازمة وهذا ممّا زاد من اهتمامنا في اختيار هذه الدارة لنظام التبريد الشمسي بالإمتزاز. فمن خلال هذا المخطط فإنّ لإستعمال الطاقة الشمسية في التبريد من الواضح أن هناك مسارين مهمّين لمتابعة، مسار يعمل بجامع شمسي حراري للتسخين والمسار الأخر يعمل باستخدام الخلايا الكهروضوئية للكهرباء. كل مسار من بينهم له عدة دارات تبريد تصنف على حسب المستويات المختلفة لدرجة الحرارة المحددة لها والتقنية التي تعمل بها، كما أنّ لكل دارة من بينهم في الأخير لها تحقيق و إنتاج معين من التبريد منها ما يستخدم وتحقق لتكييف الهواء وأخرى تحقق التجميد ومنها ما يستخدم لإنتاج البرد والتلج من بينهم دارة التبريد الإمتزازية التي هي محل بحثنا، حيث يتضح لنا أنّ آلة التبريد الشمسية الإمتزازية هي آلة الهدف منها إنتاج البرد والتلج معاً مثل الثلجات الكهربائية. نشير إلى أنّ درجة الحرارة اللازمة لتحقيق هذه الدارة

في حدود  $70^{\circ}\text{C}$  وهي درجة حرارة ليس من الصعب الوصول إليها، حيث تستخدم ضمن تطبيقات تخزين وحفظ المواد الغذائية عند درجات حرارة من 0 إلى -8 درجة مئوية. أما الشكل (13-1) فيوضح لنا صورة لمنظومة التبريد الشمسية الإمتزائية والتي هي موضوعنا في هذا البحث حيث سنتطرق لدراستها في فصلنا الموالي.



الشكل (13-1): صورة توضح آلة التبريد الشمسية بالإمتزاز [29].

## 6-1 مميزات الطاقة الشمسية :

- يتبين لنا مما تقدم أن الطاقة الشمسية لها مميزات مهمّة لا يمكن تجاهلها وإغفالها حيث أنها :
- توفر طاقة متجددة ومستديمة ونظيفة،
- أن تقنياتها معروفة وليست معقدة ويمكن تطويرها واستخدامها لتطوير التقنيات الأخرى،
- تتوفر مستلزماتها الماديّة والبيئيّة في العالم العربي بشكل كبير [5].
- إن النّجاح في استخدام الطاقة الشمسية يعتمد على العديد من العوامل المتكاملة نذكر منها:
- الموقع الجغرافي (قوة الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة)،
- ملائمة النظام الشمسي مع حجم التطبيق،
- التقنية المستخدمة في تصنيع المنتج (النظام الشمسي )،
- جودة وكفاءة المكونات المستخدمة [4].

## 7-1 الخاتمة:

إنّ خيار التّوجه إلى الطاقة الشمسية والتي تعتبر من بين أهم الطاقات المتجددة والصديقة للبيئة التي يمكن للإنسان أن يستفيد منها، كما ظهرت أهميتها كعامل مهم في الإقتصاد العالمي. حيث يعتبر استخدام الطاقة الشمسية من بين الطرق البديلة التي لا تعتمد في تشغيلها على الكهرباء كمصدر رئيسي، وذلك باستخدامها في العديد من التطبيقات المستهلكة للكهرباء كتسخين المياه والتدفئة والتبريد الذي أضحي من الضروريات المهمة في المجتمعات المعاصرة، ففي هذا الفصل تطرّقنا إلى التعرف على الطاقة الشمسية

وطرق تحويلها واستخداماتها والتي كان من بينها التبريد الشمسي الذي تتعدّد وتتنوّع أنظّمته وذلك بحسب الطريقة المستخدمة، فيما ستتم دراستنا حول نظام أو آلة التبريد الإمتزائية والتي هي إحدى أنظمة التبريد العاملة بالطاقة الشمسية.

# الفصل الثاني

دراسة وتحليل آلة التبريد  
الشمسية بالإمتزاز

## 1-2 مقدمة:

يعتبر التبريد ضمن مجالات تطبيقات الطاقة الشمسية التي هي من الحلول المطروحة لتقليل الطلب المفرط على الكهرباء خلال الأشهر الحارة [30]، حيث ظهرت الثلاجات الشمسية الإمتزازية من بين العديد من أنظمة التبريد المعتمدة على الطاقة الشمسية كتكنولوجيا مناسبة [31]، وطريقة بديلة عن استخدام أنظمة التبريد التقليدية. حيث يكتسب موضوع التبريد الشمسي بالإمتزاز أهمية بالغة وذلك لتميزه ببساطة التصنيع ومن مواد متوفرة محليا، ما يدعنا للتساؤل عن مدى توفيره لغرضنا ألى وهو التبريد حيث سنتطرق في هذا الفصل إلى دراسة وتحليل لألة التبريد الشمسية المعتمدة على ظاهرة الإمتزاز و معرفة مكوناتها الأساسية ومخطط عملها، من أجل الحصول تصميم مثالي للاقط الشمسي الإمتزازي.

## 2-2 تعريف التبريد:

التبريد عبارة عن سحب الحرارة من المكان المراد تبريده، وذلك بخفض درجة الحرارة داخله والعمل على ثبات قيمتها مهما تغيرت درجة حرارة الجو خارج المكان. ويعتبر التبريد أحد العلوم الهندسية التطبيقية في مجال الهندسة الحرارية والتي تبحث في طرق الحصول على درجات حرارة منخفضة والمحافظة عليها مهما تغيرت حالة الهواء المحيط، حيث يبنى علم التبريد على القانون الثاني للترموديناميك والذي ينص على استحالة انتقال الحرارة من وسط بارد إلى وسط ساخن بدون مساعدات خارجية [32].

## 1-2-2 إستخداماته:

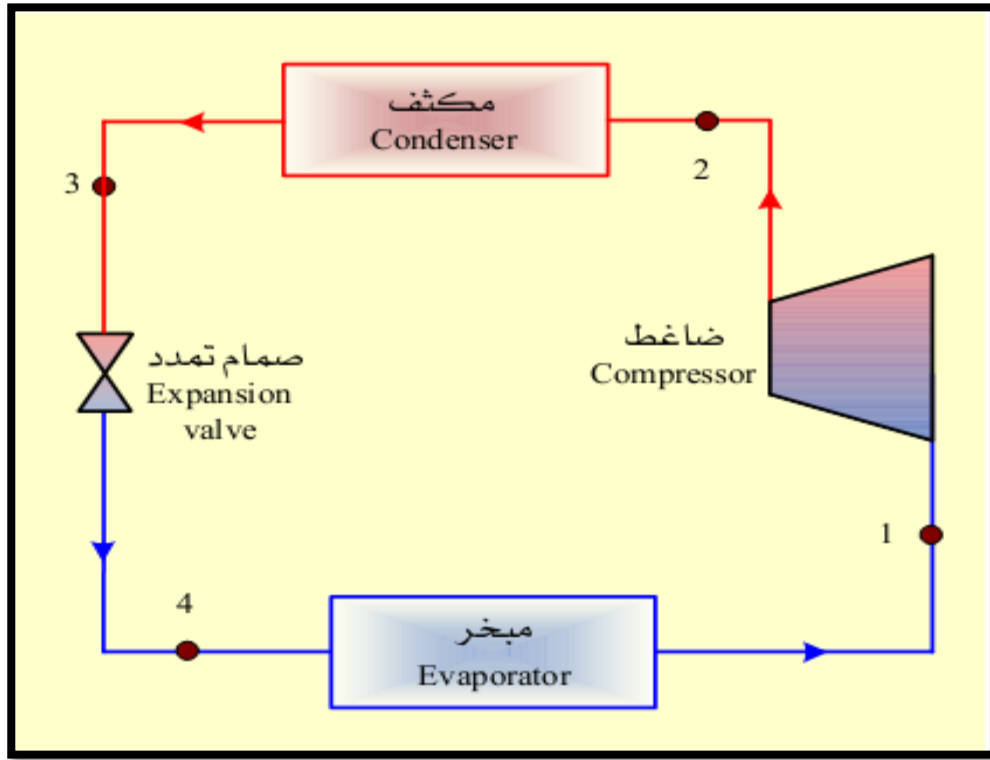
في الوقت الحالي استخدامات التبريد متعدّدة الصور وواسعة الإنتشار في كل المجالات، فإذا كان إنتاج الثلج في وقت ما هو الإستخدام الرئيسي للتبريد فانه في الوقت الحاضر توجد استخدامات منزلية، تجارية وصناعية بالإضافة إلى وسائل النقل وتكييف الهواء الصيفي [32]. يمكن تصنيف استخدامات التبريد إلى أربعة مجاميع أساسية وهي :

1. إنتاج، حفظ وتوزيع المواد الغذائية .
2. العمليات التكنولوجية والكيميائية .
3. تكييف الهواء .
4. استخدامات خاصة .

## 2-3 نظم التبريد "التقليدية أو الكلاسيكية" :

هي أنظمة تبريد تعمل بالطاقة الكهربائية كما هو معروف مثل المجمّادات، الثلاجات المنزلية والتي هي عبارة عن منظومة ترموديناميكية الهدف منها سحب الحرارة من الحيز المراد تبريده [32]، تسمى أيضا هذه الأنظمة بالأنظمة الإنزغاطية نظرا لأنّ الضاغط الكهربائي أهم عنصر مكون لها حيث من دون عمل هذا العنصر لن يكون هناك أي عمل للأنظمة الذي ينتج عليه عدم الحصول على غرض التبريد. تستعمل أنظمة التبريد موائع تعمل على امتصاص الحرارة من المصب ودفعها إلى المصدر وذلك بواسطة الضاغط وتسمى هذه الموائع بوسائط التبريد، إذ تتعدد وتتنوع هذه الوسائط حسب النظام حيث ظهر أنها تؤثر بشكل كبير على الغلاف الجوي مسببنا في الإحتباس الحراري، فمثلا على ذلك فان جزيئات الكلوروفلوروكربون (CFCs) لإحدى الوسائط تنتشر خلال طبقة الجو العليا من 15-20 سنة وعملت على تحطيم طبقة الأوزون، إذ يسمى تأثير وسائط التبريد على طبقة الأوزون بجهد تناقص الأوزون وتسمى زيادة درجة الكرة الأرضية نتيجة لهذه الوسائط بالجهد الحراري العالمي [33].

تتكون دارات أنظمة التبريد هذه "الميكانيكية" من أربعة أجزاء رئيسية كما هو موضح في الشكل التالي:



الشكل (1-2): مخطط الإنسياب لدورة التبريد العادية [33].

**الضاغط:** وظيفته زيادة ضغط وسيط التبريد من الضغط التبخير إلى الضغط التكثيف. وهو عبارة عن مبادل حراري الغرض منه التخلص من كمية الحرارة من وسيط التبريد إلى الجو المحيط به.

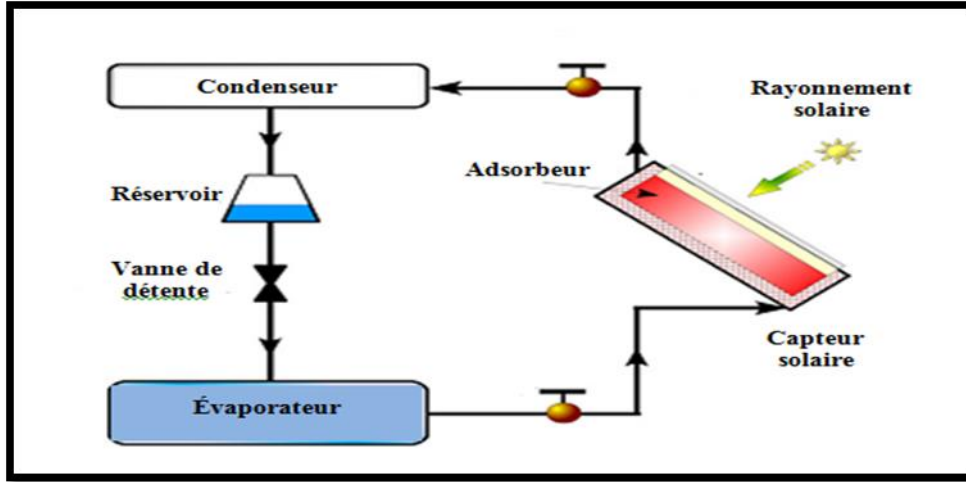
**صمام التمدد:** يعمل على خفض ضغط المكثف إلى ضغط المبخر ويتحكم في معدل سريان وسيط التبريد إلى المبخر.

**المبخر:** وظيفته يزود وحدة التبريد بسطح انتقال حرارة يمكن أن تمر خلاله من الحيز المبرد أو المنتج المبرد إلى وسيط التبريد.

نظرا لكمية الكهرباء الضخمة التي يستهلكها الضاغط إضافة إلى التأثيرات التي تسببها وسائط التبريد أدى إلى ظهور اتفاقيات بين الدول تنص على التخلص تدريجيا من تصنيع وسائط التبريد هذه وتصنيع وسائط تبريد بديلة صديقة بالبيئة، وكل هذا أدى إلى اللجوء لاستخدام الطاقة الشمسية في نظم التبريد التي من بينها نظام التبريد بالإمتزاز [33].

## 2-4 نظام التبريد الشمسي بالإمتزاز:

نظام التبريد الشمسي بالإمتزاز هو نفس نظام التبريد بالضغط (نظام كلاسيكي)، باستثناء أن الضاغط يتم استبداله بضاغط حراري (مفاعل حراري شمسي). تظهر المكونات الرئيسية للنظام الأساسي في الشكل (2-2) تتكون هذه الآلة بشكل أساسي من جهاز امتزاز، يتم دمجها بشكل عام في مجمع الطاقة الشمسية، والمكثف والمبخر. يتكون جهاز الامتزاز من نوع من الدعم الصلب الذي لديه القدرة على الامتزاز والعكس لبخار التبريد فيزيائيا أو كيميائيا.



الشكل (2-2): نظام التبريد الشمسي بالإمتزاز.

## 1-4-2 مفهوم ظاهرة الإمتزاز :

ظاهرة الإمتزاز أو الإدمصاص (Adsorption) هي عبارة عن عملية ارتباط مادة سائلة مع مادة صلبة مسامية (Solid-Sorption) ليشكلان ما يسمى بزوج العمل، أي هي عملية فيزيائية [34] حيث تتجمع وترتبط المادة السائلة والتي تسمى بالمادة الممتزة (Adsorbat) على سطح مادة أخرى صلبة يطلق عليها اسم المادة المازة (Adsorbent) ويحدث هذا الإرتباط المادة الممتزة بالمساحات الفعالة للسطح الماز من خلال قوى فاندرفالس الضعيفة [35] وبالتالي هي عملية اكسومترية (تغير في الأبعاد بين الجزيئات) يتبعها تحول في المادة الممتزة من حالة السائل إلى الغاز وهذا يعتمد على نوع وطبيعة زوج العمل المستخدم، حيث تبخر المادة الممتزة يعطي وسيط التبريد العامل في دورة الإمتزاز [34].

قد يقتصر الإمتزاز على تكوين طبقة جزيئية واحدة على السطح الماز وتدعى هذه الظاهرة عندئذ بالإمتزاز أحادي الطبقة، ويشمل أحيانا على تكوين طبقات جزيئية عدة على السطح الماز وتسمى العملية عندئذ بالإمتزاز متعدد الجزيئات [35].

يعدّ الإمتزاز من التقنيات ذات الكفاءة و الواسع الإستخدام حيث يعتبر جزءا لا يتجزأ من مجموعة واسعة من العمليات الفيزيائية والبيولوجية والكيميائية، وقد لعبت هذه العملية دورا رئيسا في التحكم بتلوث الهواء حفاظا على البيئة [35].

## 2-4-2 تشغيل آلة التبريد الشمسي بالإمتزاز ومخطط عملها :

إنّ عملية ربط دورة التبريد الإمتزازية مع دورة الطاقة الشمسية (الإشعاع الشمسي) تمكننا من تشغيل آلة الإمتزاز، ويدعى النظام (الآلة) الناتج بنظام التبريد الشمسي الإمتزازي (الشكل (2-2)) [36]. حيث من خلال الشكل يتألف النظام من الأجزاء الأساسية التالية :

### • اللاقط الشمسي:

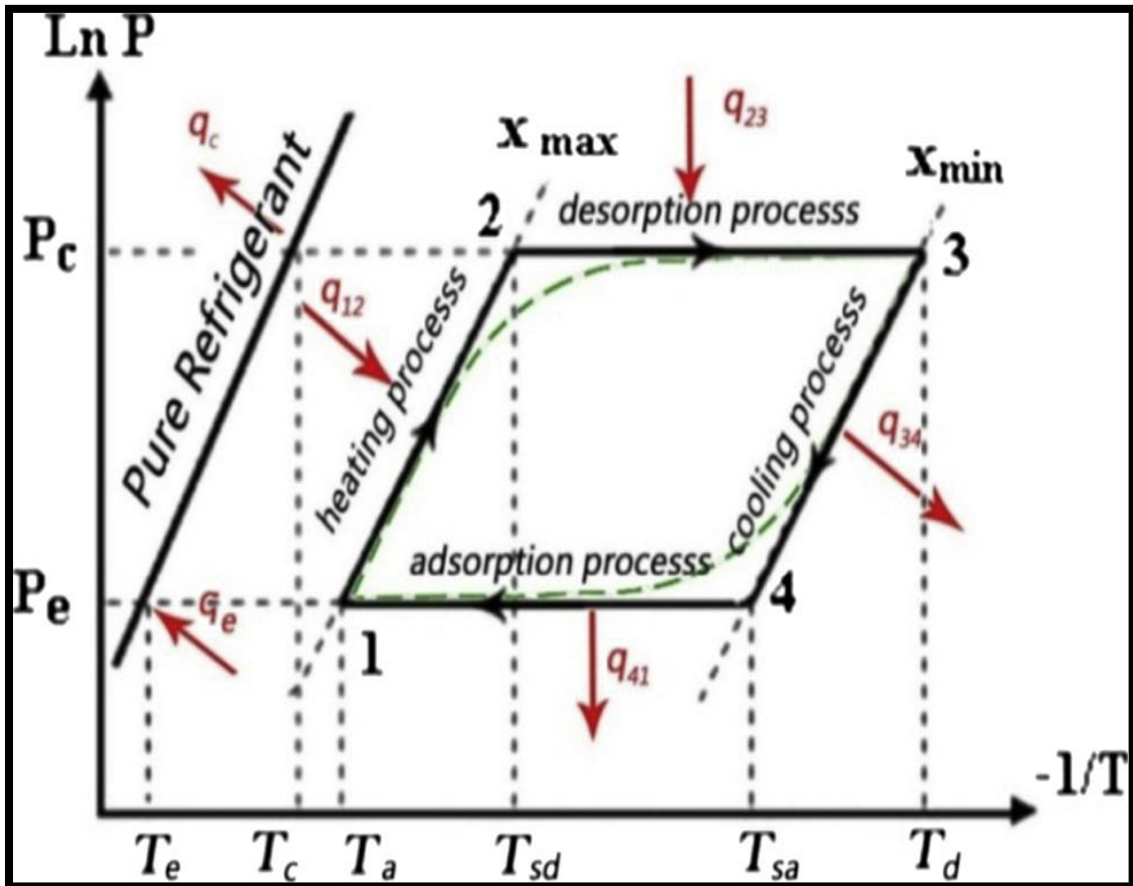
هو العنصر الأساسي في الآلة، يلعب دور الضاغط في نظام الضغط التقليدي. يحتوي على الزوجين (الماز/الممتز)؛ يتم تثبيته في زاوية الميل المثلى لإستلام الطاقة الشمسية القصوى المستلمة على سطحها.

### • المكثف:

هو المبادل الحراري الذي يعمل على تكثيف أبخرة سائل التبريد التي يتم امتصاصها من اللاقط.

- الخزان: هو العنصر الأساسي لتخزين الميثانول سائل التبريد من المكثف.
- صمام الإسترخاء: هو الجهاز الذي يفصل جزء الضغط العالي (المكثف) عن جزء الضغط المنخفض (المبخر).
- المبخر: مبادل حراري آخر محتوي في غرفة التبريد، هذا العنصر هو جزء مفيد من الثلجة حيث يتبخر سائل التبريد عند ضغط المبخر.

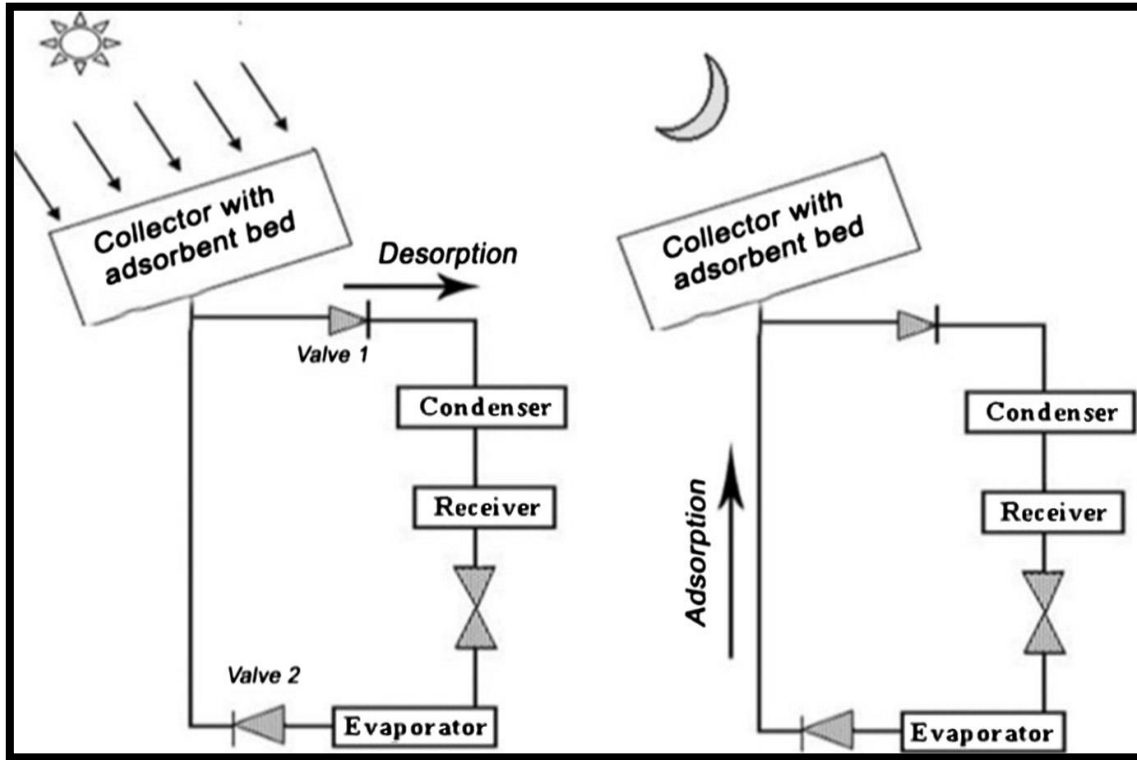
✓ ترتبط هذه العناصر من خلال صمامات الفحص كما هو موضح في الشكل أعلاه. تعمل دورة التبريد بالإمتزاز وفق المخطط كلايرون (الشكل (2-3)) والذي يمثل قيم نقاط الدارة الفعلية المخطط (P,T). إضافة لخطوط التركيز التي تحدد مجال دارة العمل، وبمساعدة خطوط الضغط وخط الإشباع لقدرة الإمتزاز، يوضح المخطط كيفية توزيع خطي ضغط التكثيف والتبخير، وتوضع درجات حرارة التكثيف و التبخير على خط الإشباع، يبين الشكل أيضا خطي التركيز الأعظمي للإمتزاز ( $X_{max}$ ) والأصغري للتوليد ( $X_{min}$ ) مع كميات الحرارة المضافة والمطروحة ضمن الدارة، حيث تمثل كمية الحرارة المضافة والموضحة على الشكل الطاقة الحرارية المقدمة من الدارة الشمسية [3]. كما يبين الشكل (2-4) مراحل عمل دارة التبريد بالإمتزاز خلال يوم كامل للحصول على إنتاج الثلج.



الشكل (2-3): مخطط كلايرون لعمليات دارة التبريد الإمتزازية الشمسية [37].

يبين الشكلين (2-3) و(2-4) دورة التبريد الإمتزازية المثالية التي تتكون من مرحلتين بثبوت الكتلة كما موضح (1-2 ، 2-3) ومرحلتين بثبوت الضغط (1-4 ، 3-2) حيث أن الحرارة المحسوسة والتبريد

المحسوس يحصلان خلال مرحلتي ثبوت الكتلة في حالة الانفصال وحالة الإمتزاز مروراً بمرحلتي ثبوت الضغط، بالتالي نستطيع أن نجعل معظم العمليات والمراحل التي تجري ضمن هذه الدارة وفق ما يلي:



الشكل (2-4): دارة التبريد الإمتزازية الشمسية مع مراحل عملها.

- **مرحلة التسخين ورفع الضغط (Process 1):**  
يبدأ من النقطة 1 وهي أعلى تركيز للمادة الممتزة في المادة المازة ( $x_{max}$ ) عند درجة حرارة  $T_a$ ، النقطة 1 تكون المادة المازة قد امتزت المادة الممتزة، والنتاج من عملية الإمتزاز انبعاث حرارة مضافة إليها الحرارة من المصدر الحراري لتبدأ عملية الانفصال حيث ترتفع درجة حرارة المادة المازة إلى أن يصل الضغط داخل المولد إلى ضغط المكثف  $P_c$  وترتفع درجة حرارة المادة المازة إلى درجة الحرارة  $T_{sd}$ .
- **مرحلة التوليد مع التكثيف (Process 2):**  
يبدأ من النقطة 2 حيث عملية الانفصال وبثبوت الضغط وصولاً إلى أعلى درجة حرارة يمكن أن تصلها المادة المازة  $T_a$  عند النقطة 3 ولكن بتركيز جديد ( $x_{min}$ ) أقل تركيز للمادة الممتزة في المادة المازة.
- **مرحلة التبريد (Process 3):**  
وهو التبريد الذي يحصل بثبوت التركيز من النقطة 3 إلى أن يصل ضغط المولد إلى ضغط المبخر  $P_e$ .
- **مرحلة التبخر والإدمصاص (Process 4):**  
عملية الإمتزاز تحصل من نقطة 4 إلى أن يصل التركيز إلى أعلى تركيز وهو ( $x_{max}$ ) وبهذا تكتمل دائرة التبريد الإمتزازية التي معامل أداؤها حاصل التبريد مقسوماً على كمية الحرارة المضافة إلى مولد البخار.

## 2-4-3 اختيار أزواج عمل دورة الإمتزاز الشمسية:

يمثل زوج العمل كلا من مادتي الماز والممتز واللتين تلعبان دوراً هاماً في تصميم النظام الإمتزازي. تم استخدام عدة أزواج في مجال إنتاج الثلج. ومع ذلك، فإن اختيار هذه العناصر ضروري لأن كفاءة الألة تعتمد على بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية الغالبة، مثل الظروف الديناميكية الحرارية (درجة الحرارة والضغط....)، والظروف البيئية... إلخ [38،39].

تقسم أزواجاً لعمل إلى عدة أنواع وذلك وفقاً لعدة تصنيفات، فبالنسبة لمواد الماز الأكثر استخداماً والمتداولة تجارياً هي حبيبات السيليكا والزيوليت والكاربون المنشط، أما المواد الممتز فهي الماء والأمونيا والميثانول، حيث يستخدم غالباً الماء مع الزيوليت من أجل درجة حرارة تبريد فوق الصفر المئوي، والكاربون المنشط مع الميثانول من أجل درجة الحرارة صفر مئوي ودونها بينما يستخدم السيليكاجيل مع الماء لعمليات التكيف [40].

تعود طريقة اختيار زوج العمل المستخدم كما لاحظنا إلى نوع التبريد المراد تطبيقه، وبالتالي لكل زوج عمل درجة حرارة تبريد محددة يتم عندها امتزازه وتبخره، كما لكل زوج عمل خصائص تشغيل وعمل عند ضغوط ودرجات حرارة معينة كالمسامية وقدرة الإمتزاز وتغيرات التركيز والإشباع وغيرها [34].

## 2-3-4-2 اختيار الماز:

إن اختيار الماز (الكاربون المنشط) في مجال الإمتزاز بالتبريد الشمسي يكون حسب معايير معينة أهمها [41 ، 42]:

- الأجسام المستخدمة كمادة مازة هي مواد مسامية ذات مساحة نوعية كبيرة جداً،
- يجب أن يكون للماز قدرة امتصاص عالية في درجة الحرارة البيئية والضغط المنخفض، ولكن قدرة امتزاز منخفضة عند أقصى درجة حرارة للنظام والضغط العالي للحصول على كمية كبيرة من إنتاج البرد،
- انخفاض الحرارة النوعية والتوصيل الحراري الجيد،
- غير سامة وغير قابلة للتآكل،
- يجب أن يكون الماز متوافقاً كيميائياً مع الممتز المختار،
- بأسعار معقولة ومتاحة على نطاق واسع.

## 2-3-4-2 اختيار الممتز:

- يعتمد اختيار سائل التبريد في دراسة آلة التبريد الشمسي بالإمتزاز على المعايير التالية [38 ، 43]:
- لديه حرارة كامنة عالية من التبخير لإنتاج أقصى قدر من البرد في المبخر؛
  - جزيئاته سهل الإمتزاز بواسطة الممتز؛
  - لزوجته منخفضة والموصلية الحرارية العالية؛
  - مستقرة كيميائياً في نطاق درجات حرارة الاستخدام؛
  - ويجب أن يكون الضغط أعلى من الضغط الجوي لتجنب المشاكل التقنية مثل التسريبات ؛
  - تكلفة معقولة ومتاحة على نطاق صناعي؛
  - صديق للبيئة ودون أي تأثير سلبي؛

بناءً على معايير الاختيار المذكورة أعلاه، فإن أكثر الأزواج المطبقة في دراسة آلة التبريد الشمسي بالإمتزاز هم [44]، الكربون المنشط/الميثانول، الكربون المنشط/الأمونيا، الزيوليت/ الماء وهلام السيليكا/الماء.

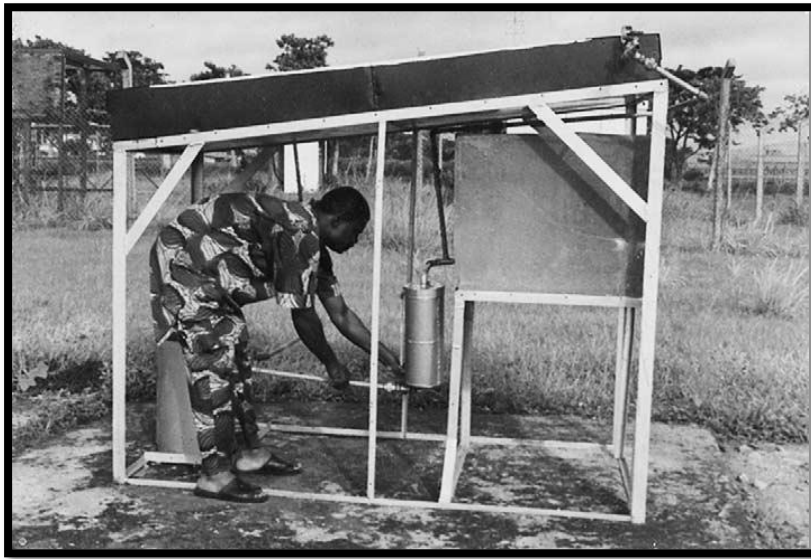
درس كريتوف وآخرون [45،43] آلة التبريد بالإمتزاز التي تستخدم الزوج (الكربون المنشط/الميثانول)، وخلصوا إلى أن الكربون المنشط أعطى معامل أداء أعلى (COP) إذا تم استخدام الميثانول كمبرد. الزوج (الكربون المنشط/الميثانول) هو أكثر ملائمة بالمقارنة مع الزوج (الزيوليت/الماء). أيضاً وفقاً للبحث الذي أجراه انيوي [46]، حيث اقترح الميثانول كسائل للتبريد مفضل على المبردات الأخرى، لأن التفكك الكيميائي للميثانول يبدأ في درجات حرارة تقل عن 100 درجة مئوية، لتجنب المشكلات الناجمة عن تحلل الميثانول أعلى من 120 درجة مئوية إذا تم استخدام أنابيب النحاس [46].

#### 2-4-4 أهم الأعمال المنجزة والمحققة لآلة التبريد الشمسي بالإمتزاز:

في جميع أنحاء العالم، تهتم فرق البحث بدراسة هذا النوع من نظام إنتاج الثلج من خلال الأعمال التجريبية أو النمذجة الرياضية. تم تخصيص هذه الفرق في البداية لإنشاء نماذج من آلات التبريد بالطاقة الشمسية لمحاكاة تشغيل آلة التبريد من البيانات الشمسية الحقيقية، وذهبت فرق أخرى إلى المرحلة التجريبية تحت أشعة الشمس الحقيقية أو الإصطناعية. سوف نقتبس وفقاً لما ذكر حول الزوجان (الكربون المنشط/الميثانول) المستخدمة في بعض الإنجازات ونمذجة نظام التبريد الشمسي مع الإمتزاز الذي تمت دراسته.

❖ صنع ميديم وآخرون [47] آلة صناعية شمسية باستخدام زوج (الكربون المنشط/الميثانول)، أظهرت النتائج أن معامل الأداء الحراري  $COP_{th}$  مساوي ل 0.41 وما يعادل 4 كغ من الثلج تحت الظروف المناخية الحقيقية في تونس. وهكذا، في المغرب (أغادير)، قامت شركة BLM الفرنسية بتصنيع ثلاث آلات ثلج شمسي خلال الفترة من مايو إلى يوليو 1990، وأظهرت النتائج أن COP تم الحصول عليه بين 0.08 و 0.12 مع كتلة من الثلج المنتج 5.2 كغ كل يوم .

❖ قام كل من ازيوو وآخرون [48] بتصنيع واختبار آلة التبريد الشمسي بالإمتزاز (الشكل (2-5)) تعمل بالكربون المنشط-ميثانول. أظهرت النتائج أن درجة الحرارة في الغرفة الباردة بين 1 و 8.5°C.



الشكل (2-5): صورة لثلاجة شمسية بالإمتزاز [48].

- ❖ كما قام لي ووانغ [49] باختبار آلة الجليد الشمسي المستقلة بدون صمامات وبدون خزان ميثانول مع الظروف الجوية الفعلية. كانت كتلة الجليد المنتجة من 6 إلى 7 كغ.
- ❖ قام ليميني وإروغاني [50،51] في الرباط (المغرب) بتصميم واختبار جهاز ثلج شمسي مع تعمل بالكربون المنشط-ميثانول (الشكل (2-6)) حيث كانت درجة حرارة المبخر  $-11^{\circ}\text{C}$ .



الشكل (2-6): صورة لآلة الإمتزاز الشمسية [51].

## 5-2 الخاتمة:

تطرقنا في هذا الفصل إلى تحليل آلة التبريد الشمسية بالإمتزاز وذلك بالتعرف على ظاهرة الإمتزاز التي تقوم عليها الآلة، كما تم التطرق إلى زوج العمل المناسب لهذه الأنظمة من أجل توفير أكبر كفاءة تبريد. كما تم التعرف على مكونات هذه الآلة التبريدية والمبدأ الذي تشتغل به والمراحل التي تمر عليها أثناء إنتاج البرد. وفي الأخير تم عرض بعض وأهم الأعمال والدراسات التي قام بها باحثين في هذا المجال والتي من خلالها نستطيع تصميم وتجريب أداء العنصر الأساسي للآلة (اللاقط الإمتزازي) بناء على قياس درجة حرارة داخل الأنبوب الإمتزازي للحصول على كفاءة جيدة للآلة في المناطق الصحراوية (وادي سوف مثلاً).

# الفصل الثالث

دراسة تجريبية لأداء اللاقط

الشمسي الإمتزازي

### 1-3 المقدمة :

يتضمن هذا الفصل الخطوات المنجزة لتصميم اللاقط الشمسي الموجه لنظام آلة التبريد الشمسية بالإمتزاز وكذلك الدراسة التجريبية على هذا التصميم للتعرف على قيمة درجة الحرارة المنخفضة والمثالية داخل اللاقط الشمسي (أنبوب الإمتزاز) والكافية لتبخير الميثانول في الكربون المنشط في وقت زمني مثالي. لأنفي الواقع، يعد الحصول على درجة حرارة منخفضة للإمتزاز أكثر أهمية لتشغيل زوج العمل (كربون منشط /ميثانول) في الآلة الإمتزاز الشمسية، هذا لتجنب مشكلة تحلل الميثانول عند أكثر من 120 درجة مئوية، في حالة استخدام النحاس كأنبوب امتزاز. ثم مناقشة النتائج المتحصل عليها لتتطرق بعدها بإلقاء نظرة حول تجربة محققة بنتائجها على هذا النظام الشمسي الإمتزازي.

### 2-3 الدراسة التجريبية :

لاختبار (تشغيل) نظام آلة التبريد الشمسية العاملة بظاهرة الإمتزاز سوف نمر بمرحلتين حتى يكتمل تجريبها، وذلك بناء على ما تطرقنا إليه من دراسة نظرية حولها في الفصل السابق، المرحلة الأولى نقوم فيها بتحضير وتصميم اللاقط الشمسي المسطح الموجة للنظام الحاوي على أنبوب الإمتزاز الذي يعتبر القلب الداعم والعنصر الأساسي في النظام، حيث يجب أن تكون مساحة المجمع الشمسي موافقة للنظام لتوفير الطاقة والحمل الحراري اللازمة له. أما بالنسبة للمرحلة الثانية من هذه التجربة والتي تشتمل على القياس الأهم من أجل ضمان تشغيل آلة التبريد الشمسية، حيث يتم فيها توصيل اللاقط الشمسي مع أنبوب الإمتزاز للتعرف على قيمة درجة الحرارة داخل اللاقط.

### 1-2-3 المرحلة الأولى من التجربة :

تم القيام فيها بتحضير أجزاء اللاقط الشمسي بما في ذلك الأنبوب الإمتزازي الذي يحتوي على الكربون المنشط حيث سنقدم شرح مختصر لكيفية تحضير عينة منه. أجزاء اللاقط الشمسي الإمتزازي التي تم تصميمها متمثلة في ما يلي:

#### ➤ الصندوق الخارجي:

تم صنع الهيكل الخارجي للاقط (الصندوق الموضح في الشكل (1-3)) من مادة الخشب العازلة يشمل جميع الأوجه ماعدا الوجهة العلوية بالأبعاد التالية:

- طوله: 59 cm
- عرضه: 13 cm
- المساحة: 757 cm<sup>2</sup>
- السمك : 2.4 cm



الشكل (1-3): يوضح صندوق اللاقط الشمسي المحضّر للتجربة.

### ➤ الغطاء الزجاجي (الوجه العلوي للاقط) :

غطاء من الزجاج متوفر في أسواق المنطقة، شفاف ذو قرينة انكسار معينة ذو الخصائص الهندسية والضوئية المعروفة، تسمح بتمرير أكبر كمية من الإشعاع الشمسي. يتميز بالأبعاد التالية:

- الطول: 58 cm

- العرض: 9.5 cm

- المساحة: 551cm<sup>2</sup>

- السمك: 0.3 cm

أما في ما يخص تماسك الغطاء الزجاجي بالصندوق فإنه عند تصميم الصندوق يصمم مكان دخول وخروج الغطاء بكل سهولة، كما نقوم بوضع المجمع الشمسي فوق طاولة ذات سطح متحرك حتى نتمكن من تثبيته بزاوية الميل المثلى التي تسمح له بالتقاط أعلى قيمة ممكنة من الإشعاع الشمسي .

تعتمد اللواقط الشمسية الحرارية في عملها على امتصاص الحرارة من أشعة الشمس والاحتفاظ بها (حدوث احتباس حراري)، فالصفحة الزجاجية تقوم بتمرير الأشعة الشمسية الساقطة عليها بأقل ضياع للحرارة ومن ثم ترسل هذه الأخيرة إلى المائع (سائل أو غاز) والذي بدوره موجود داخل قنوات تحت الصفحة فتتمر الحرارة المستقبلية عبر هذا المائع داخل هذه القنوات [13].

نشير إلى أن اللاقط الشمسي من بين مكوناته المهمة الأنابيب النحاسية والذي هو الماص الحراري الذي يحتوي على سائل التبريد والكربون المنشط، أما في موضوعنا الذي هو حول التبريد فان أنبوب الإمتزاز يحل محل هذا الأنبوب، والذي هو وعاء من معدن النحاس ويطلّى بمواد عازلة يحتوي على سائل التبريد والكربون المنشط حتى يتم الإمتزاز بينهم التي هي نقطة الإنطلاق لنظام آلة التبريد العاملة بالطاقة الشمسية.

### 1-1-2-3 تحضير أنبوب الإمتزاز (وعاء الإمتزاز):

تم تحضير وتصميم الأنبوب الإمتزاز من قبل المؤطر في أعمال سابقة (الشكل (2-3))، والذي هو عبارة عن أنبوبة اسطوانية نحاسية صغيرة داخل أنبوبة اسطوانية نحاسية كبيرة ويحتوي بينهما الكربون المنشط، حيث تم تحضير أنبوب الإمتزاز عبر الخطوات التالية :



الشكل (2-3): يوضح أنبوب الإمتزاز المنجز.

➤ أولاً: تم تحضير الأنبوبة اسطوانية الشكل (الشكل (3-3)) ذات القطر  $d=1.5\text{ cm}$  حيث تكون مثقوبة بثقب على كامل سطحها حتى تسمح للميثانول بالمرور إلى سطح الكربون المنشط ليتم امتزازه.



الشكل (3-3): يوضح الأنبوبة الإسطوانية الداخلية لتمرير الميثانول.

➤ ثانياً: إدخال الأنبوبة الإسطوانية الشكل المثقوبة داخل أنبوبة أخرى أكبر قطر ( $d=4.5\text{cm}$ ) حيث يملأ الفراغ بين الأنبوبتين بالكربون المنشط الذي يكون محيط وملامس لسطح أنبوبة الميثانول كما هو موضح في الشكل (4-3) التالي.



الشكل (3-4): يوضح تداخل الأنبوتين وبينها الكربون المنشط.

- **ثالثاً:** يتم إغلاق هذا الفراغ بعد ملأه بالكربون المنشط بنفس المعدن المصنوع منه الأنبوتين وتلحم حتى تثبت الأنبوتين معا بعضهم.
- **رابعاً:** يتم طلاء الأنبوب المتشكل بطلاء أسود يتميز بامتصاصه الكبير للحرارة والإحتفاظ بها كما هو موضح في الشكل (3-5).



الشكل (3-5): يوضح أنبوب الإمتزاز المتحصل عليه.

### 2-1-2-3 كيفية تحضير عينة من الكربون المنشط :

تم تحضير عينة الكربون المنشط من خلال خشب الصنوبر كما هو موضح في الشكل (3-6)، وذلك حسب المراحل التالية:



الشكل (3-6): خشب الصنوبر لتحضير الكربون المنشط.

### 1- المرحلة الأولى \_ مرحلة التجفيف \_

تم القيام في هذه المرحلة بغسل عينة تزن 600 غرام من خشب الصنوبر بالماء المقطر كما هو موضح في الشكل (3-7).



الشكل (3-7): يوضح قطع خشب الصنوبر لتحضير العينة.

بعد ذلك أخذت العينة إلى الفرن المتواجد في مخبر تثمين موارد الطاقة في المناطق الصحراوية (كلية العلوم الدقيقة) ليتم تثبيته عند الدرجة 100 درجة مئوية ولمدة 1 ساعة تقريبا كما هو موضح في الشكل (8-3) و(9-3).



الشكل (8-3): وضع قطع خشب الصنوبر داخل الفرن.



الشكل (9-3): يوضح تثبيت درجة حرارة الفرن للتجفيف.

## 2- المرحلة الثانية \_ مرحلة المعالجة الكيميائية \_

بعد ساعة التجفيف أخذت العينة من الفرن ليتم معالجتها بحمض الفوسفوريك ممزوج بالماء المقطر (600 غرام من الخشب يقابلها 400 مل لتر من الحمض) وبعد الرج المكثف تم إرجاع العينة إلى الفرن تحت درجة حرارة 100 درجة مئوية كما هو موضح في الشكل (3-10).



الشكل (3-10): يوضح العينة في الفرن بعد مرحلة المعالجة الكيميائية.

## 3- المرحلة الثالثة \_ مرحلة الحرق \_

في اليوم الموالي، تم القيام بإخراج العينة من الفرن كما تبدوا بالشكل التالي:



الشكل (3-11): يوضح العينة بعد إخراجها من الفرن.

وبعد التحريك لمدة قصيرة تم إرجاع العينة إلى الفرن بدرجة حرارة أوليه 150 درجة مئوية لمدة 20 دقيقة تقريبا لتظهر بعد هذه المدة بالشكل التالي:



الشكل (3-12): يوضح العينة داخل الفرن أثناء مرحلة الحرق.

ثم يتم الرفع في درجة الحرارة إلى 200 درجة مئوية ولمدة 20 دقيقة تقريبا لتتم عملية الكربنة بالشكل التالي :



الشكل (3-13): يوضح عملية الكربنة للعينة داخل الفرن.

4- المرحلة الأخيرة \_ مرحلة الغسل \_

بعد مرحلة الحرق أي إخراجها من الفرن تتم عملية الغسل التي يستعمل فيها حمض كلور الماء (1ل من الماء المقطر مع 10 مل من حمض كلور الماء ) لتوضع العينة لمدة 20 إلى 30 دقيقة في المزيج بعد ذلك يتم غسل العينة بالماء المقطر فقط.



الشكل (3-14): يوضح العينة الموضوعة داخل المزيج قبل مرحلة الغسل.

يتم بعد ذلك نشر ووضع العينة في مكان غير معرض للإشعاع الشمسي حتى يتم تجفيفه.



الشكل (3-15): عينة الكربون المنشط المتحصل عليها.

### 2-2-3 المرحلة الثانية من التجربة :

هذه المرحلة تمكننا من التحقق من درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز والكافية لعملية التبخير سائل التبريد (الميثانول)، وذلك بناء على الأدوات والخطوات التالية:

### 1-2-2-3 أجهزة وأدوات القياس المستعملة:

لقياس درجات الحرارة المذكورة نستعمل جهاز المتعدد القياسات والمزدوج الحراري "الترموكوبل".

#### • جهاز المتعدد القياسات الرقمي: (multi meter)

وهو عبارة عن جهاز متعدد الأغراض حيث يستخدم لاختبار الدائرة الكهربائية وبه يمكن قياس فرق الجهد والتيار والملي أمبير للتيار المتردد والمستمر والمقاومة، كذلك يقيس هذا الجهاز أيضا درجة الحرارة بالمشوية وبعض الأنواع تقيس بالفهرنهايت حيث يتكون من شاشة ومفتاح التشغيل و المداخل (مجسات الإدخال) ومؤشر اختيار نوع القياس.



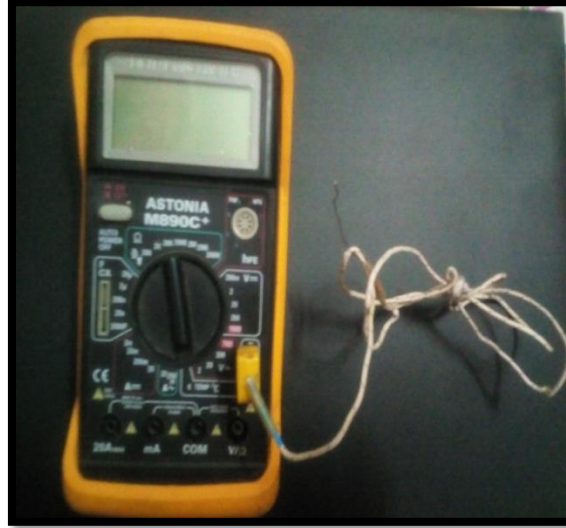
الشكل (3-16): جهاز المتعدد القياسات الرقمي.

#### • المزدوج الحراري "الترموكوبل" :



الشكل (3-17): المزدوج الحراري "الترموكوبل".

عبارة عن محرار يتكون من سلكين مصنوعين من مادتين مختلفتين له عدة استعمالات، يستعمل لقياس درجة الحرارة وذلك بوصل إحدى طرفيه مع الجهاز المتعدد القياسات الرقمي (مع مجسات الإدخال) والطرف الآخر يثبت أو يوصل مع المكان المراد قياس درجة حرارته.



الشكل (3-18): المزدوج الحراري متصل بالجهاز المتعدد القياسات.

### 3-2-2-2 خطوات العمل:

1- نضع أنبوب الإمتزاز داخل اللاقط الشمسي، وذلك بعد أن نثبت المزدوجات الحرارية داخل وخارج أنبوب الإمتزاز كما في الشكل (3-19). أما بالنسبة للسطح الخارجي للاقط الشمسي (زجاج) فإنه فقط أثناء تسجيل القياس يوضع المزدوج الحراري عليه.



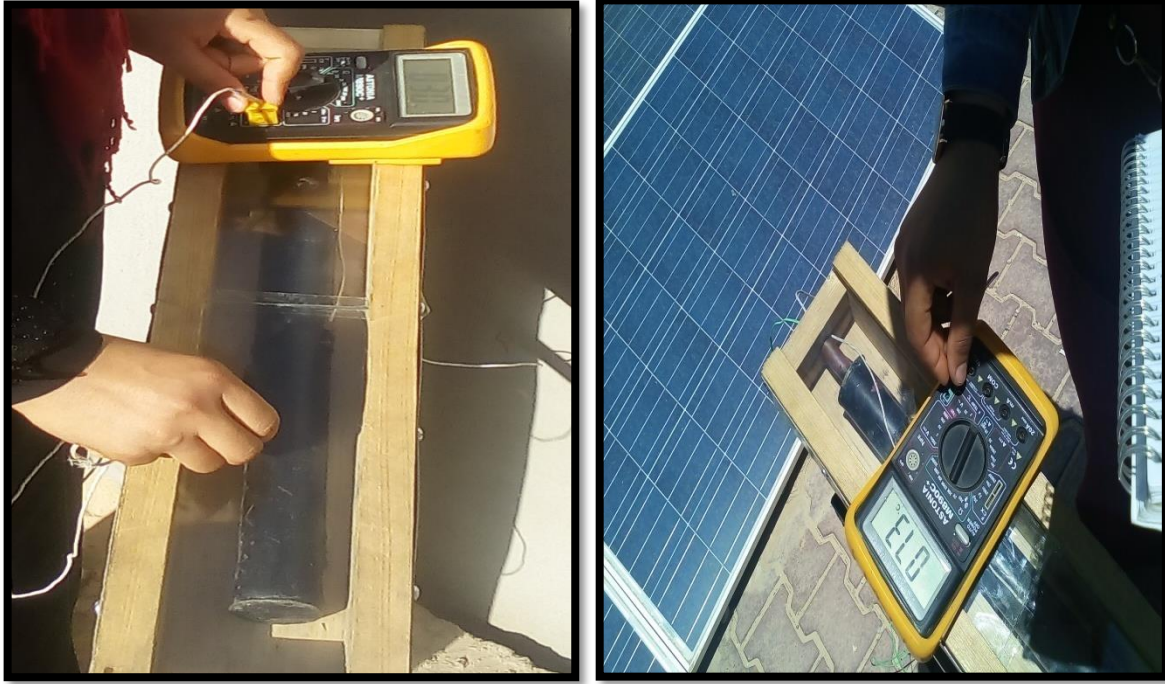
الشكل (3-19): يوضح تموضع المزدوج الحراري على الأنبوب وداخله.

2- نغلق اللاقط الشمسي ونضعه معرض للإشعاع الشمسي نحو جهة سطوع الشمس على زاوية ميل تقدر تقريبا ب  $33.5^\circ$  حتى يتم التقاط أعلى قيمة ممكنة من الإشعاع الشمسي كما في الشكل (20-3).



الشكل (20-3): يوضح اللاقط معرض للإشعاع الشمسي أثناء التجربة.

3- نبدأ بقياس وتسجيل قيم درجات الحرارة منذ الثامنة صباحا وذلك بتوصيل في كل مرة المزدوج الحراري بمجسات جهاز متعدد القياس كما في الشكل (20-3).



الشكل (3-21): تسجيل وقياس درجة الحرارة أثناء التجربة.

4- نكرر تسجيل درجات الحرارة على السطح الزجاجي الخارجي للاقط الشمسي وفي داخل وخارج أنبوب الإمتزاز كل نصف ساعة إلى غاية الرابعة مساءً.

تم إجراء التجربة في منطقتنا "منطقة واد سوف" وكررت في ثلاثة أيام: 2019/04/30/29 في مقر منزلنا نظرا لما واجهنا من تقلب أوضاع المحيط الجامعي " جامعة الوادي " واليوم الثالث 2019/05/05 على مستوى مخبر الطاقات المتجددة المتواجد بساحة كلية العلوم والتكنولوجيا بجامعة الوادي.

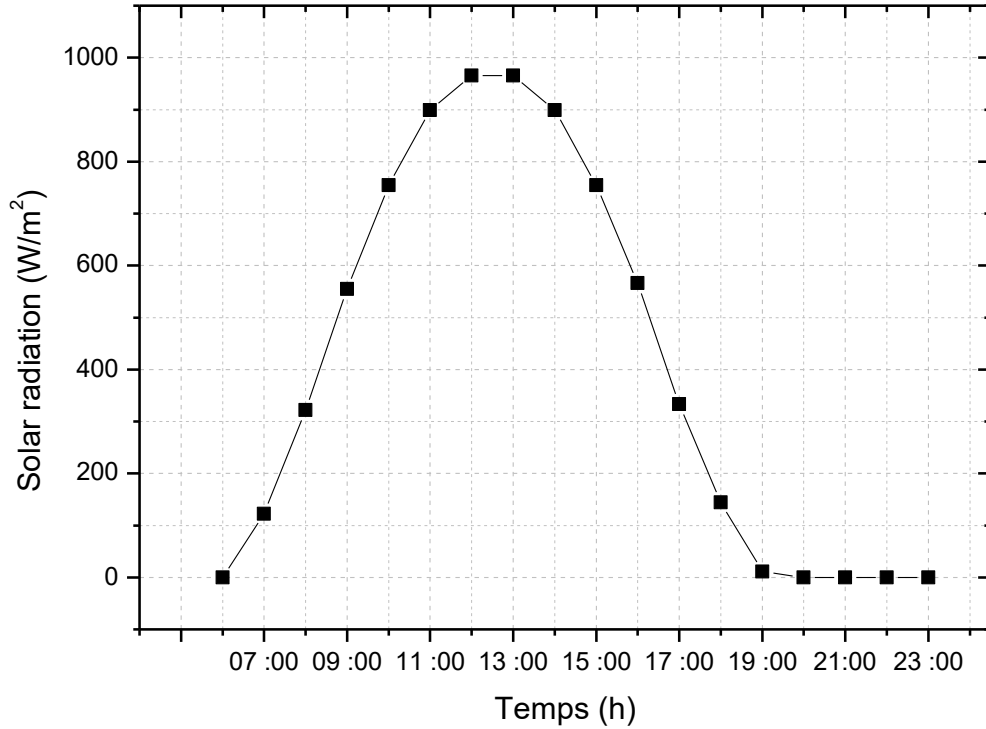
تقع منطقة واد سوف في الجنوب الشرقي للجزائر بين خطي طول 6° - 8° شرقا ودائرتي عرض 31° - 34° شمالا، تتميز بطابع صحراوي جاف وحار صيفا وبارد شتاء. وتمت هذه القياسات تحت الظروف الجوية المسجلة في الجدول (3-1) التالي :

الجدول (3-1): الأحوال الجوية لأيام التجربة.

اليوم	شروق الشمس	غروب الشمس	درجة حرارة الجو	سرعة الرياح
2019/04/29	05:41	19:17	29 – 34°C	15 كلم/سا
2019/04/30	05:40	19:17	27 – 32°C	18 كلم/سا
2019/05/05	05:37	19:20	26 – 30°C	21 كلم/سا

مدينة الوادي هي منطقة صحراوية تتميز بمناخ حار وجاف ومعدل أشعة الشمس المرتفع، مما يجبر السكان على اللجوء إلى نظام تكييف الهواء وإنتاج الثلج وبالتالي يزيد من استهلاك الكهرباء. وبالتالي الهدف من عملنا هو تصميم آلة التبريد الشمسية بالإمتزاز في المنطقة والتي من شأنها تحسين إنتاج الثلج وتقليل استهلاك الطاقة الكهربائية. لهذا السبب، تصبح دراسة إمكانات الطاقة الشمسية في المنطقة ضرورية لتكون

قادرًا على تقييم أداء هذه الألة. يمثل الشكل المقابل ترصد تطورات الإشعاع الشمسي ليوم مشمس في منطقة الوادي.



الشكل (3-22): منحنى تغير شدة الإشعاع الشمسي خلال يوم مشمس.

نلاحظ من خلال الشكل (3-22) أن منحنى تغيرات شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض في تزايد مستمر من الساعة السادسة صباحا (أي وقت الشروق) إلى حدود الساعة الثانية عشر (زوالا) ومن الساعة الواحدة مساء ن سجل انخفاض مستمر إلى حدود الساعة السادسة مساء (وقت الغروب).

### 3-2-3 النتائج التجريبية:

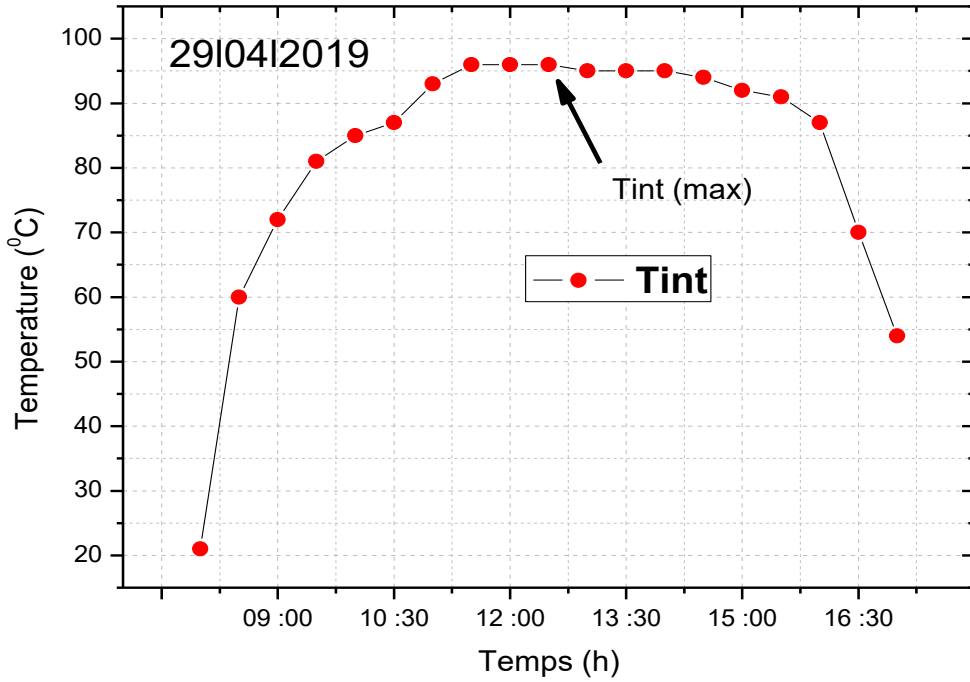
بعد إتمام خطوات العمل وتسجيل درجات الحرارة خلال كل نصف ساعة [08:00 - 17:00] لليومين الأولين و [09:00-16:20] لليوم الثالث، نلخص النتائج في الجداول الموضوعة في الملحق.

✓ يمكننا استغلال نتائج الجداول وترجمتها إلى منحنيات ليتم تحليلها ومناقشتها.

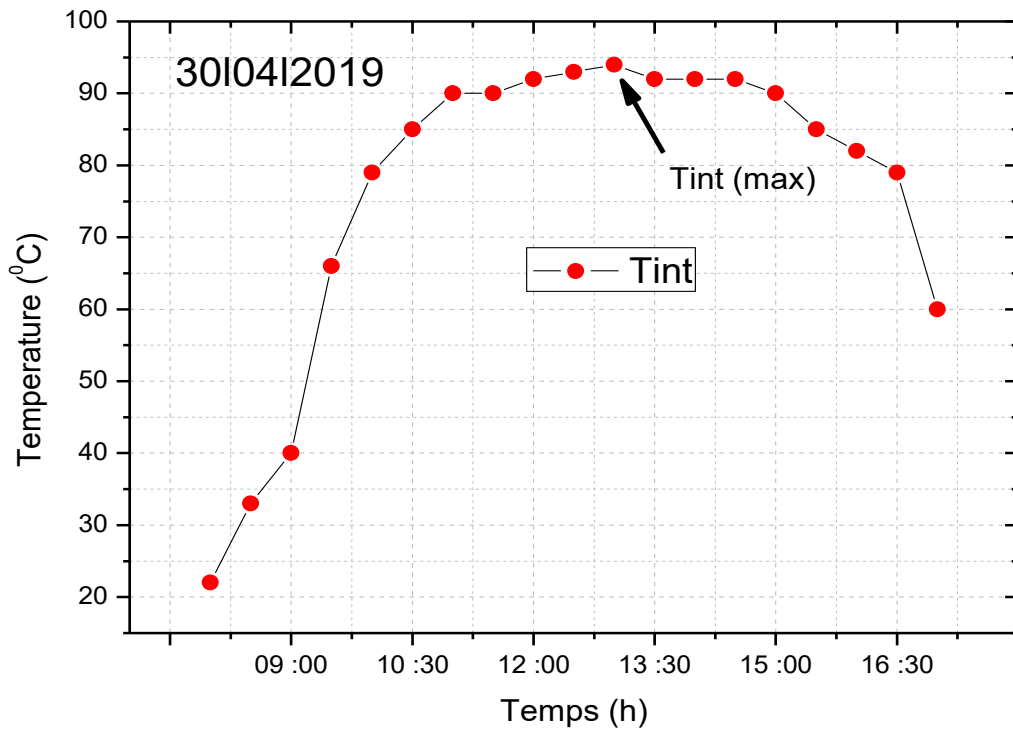
### 3-3 مناقشة وتحليل النتائج:

#### 3-3-1 تطور درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز بدلالة الزمن :

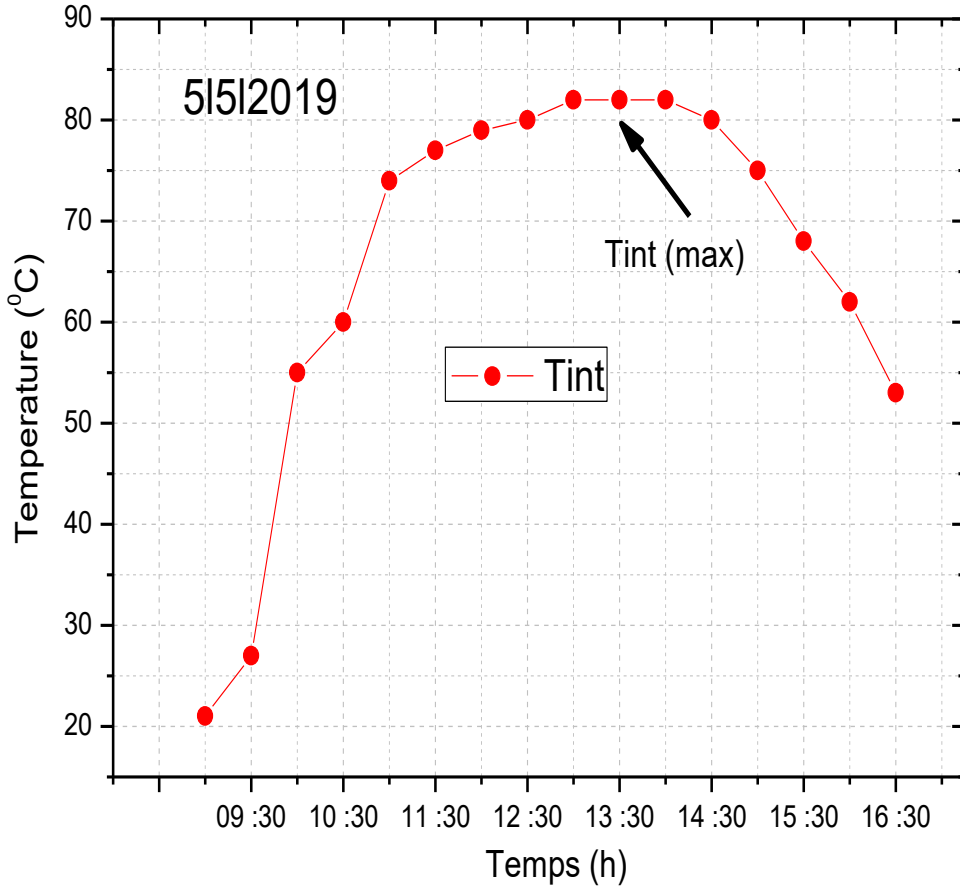
توضح الأشكال (3-23)،(3-24)،(3-25) منحنيات تغيرات درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز بدلالة الزمن خلال الأيام التجريبية الثلاثة:



الشكل (23-3): تغير درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز ليوم 2019/04/29.



الشكل (24-3): تغير درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز ليوم 2019/04/30.



الشكل (3-25): منحنى تغير درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز ليوم 2019/05/05.

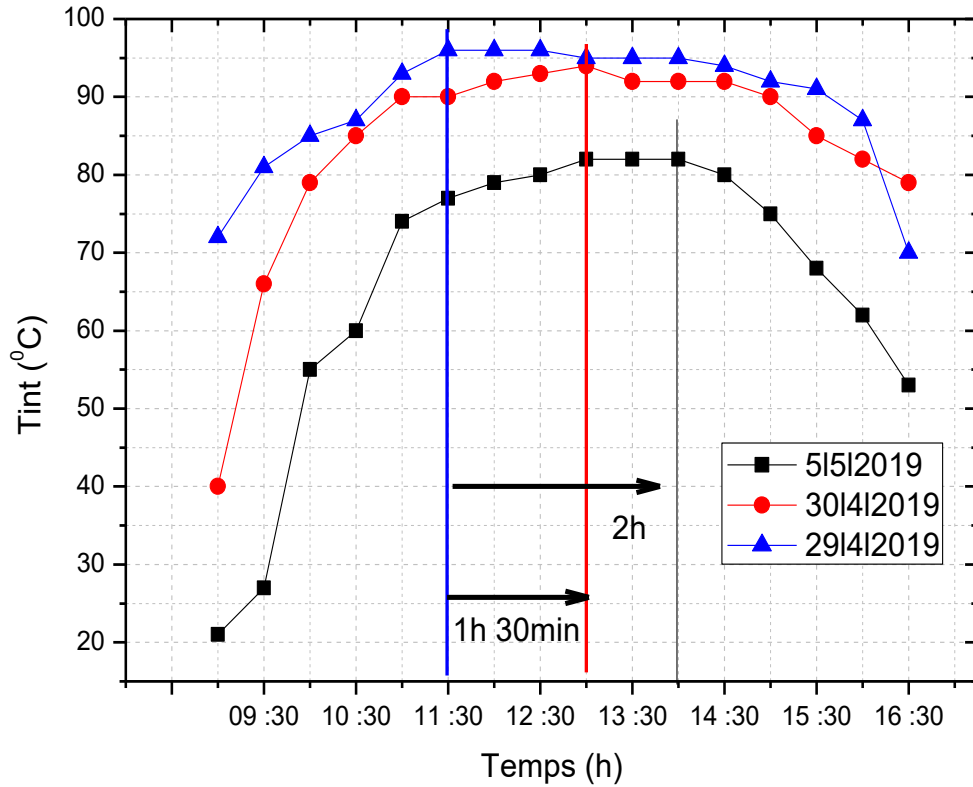
نلاحظ من خلال المنحنيات أن:

- درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز تتزايد في كل منحنى ابتداء من الساعة 08:00 إلى غاية الساعة 13:00.
- في المجال الزمني من الساعة 13:00 إلى غاية الساعة 14:00 تكون درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز تقريبا ثابتة في حدود قيمها العظمى.
- ابتداء من الساعة 14:00 إلى غاية الساعة 17:00 نلاحظ أن درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز تتناقص.

يمكن تفسيرها كالتالي:

- تزايد درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز خلال الفترة [08:00 - 13:00] راجع إلى تزايد الإشعاع الشمسي وانتقال كمية الحرارة عبر اللاقط الشمسي بطرق النقل المعروفة (أشعاع، حمل، وتوصيل).
- ثبوت درجة الحرارة داخل أنبوب من الساعة 13:00 إلى غاية الساعة 14:00، راجع إلى ثبات الإشعاع الشمسي في هذه الفترة كما هو مبين في الشكل (3-22).

- تناقص درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز ابتداء من الساعة 14:00 إلى غاية الساعة 17:00، راجع إلى تناقص تدفق الإشعاع الشمسي. يمكن مقارنة منحنيات السابقة لتغيرات درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز من خلال الشكل الموالي:

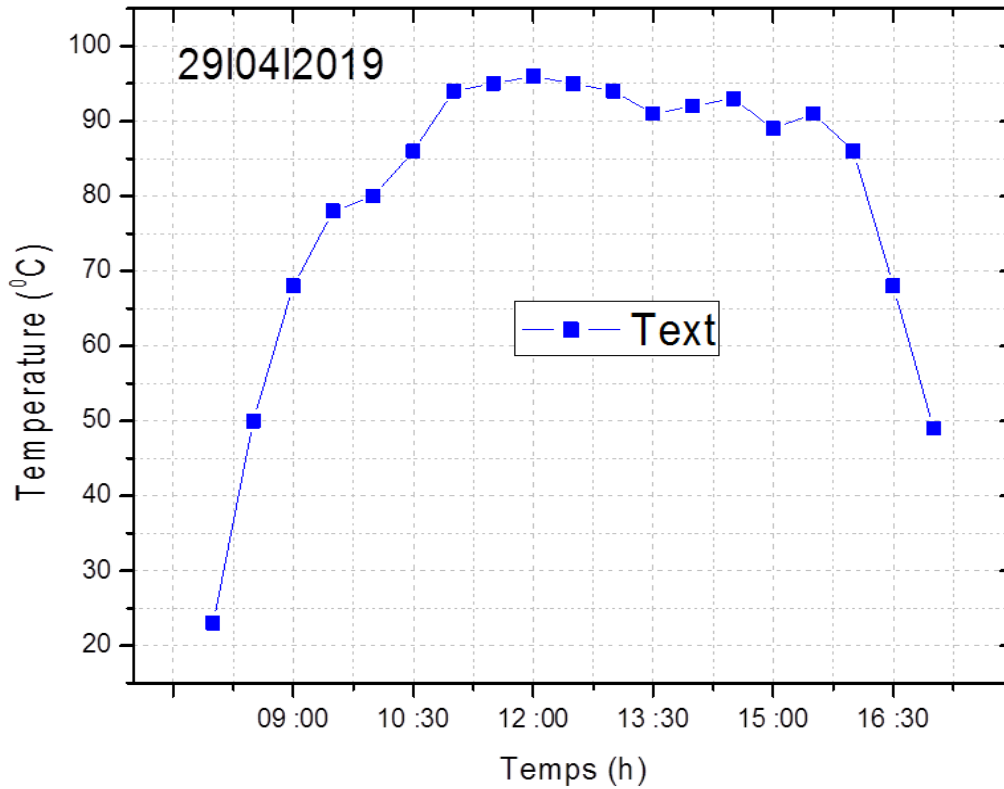


الشكل (3-26): يوضح المقارنة بين منحنيات تغيرات درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز للأيام الثلاثة.

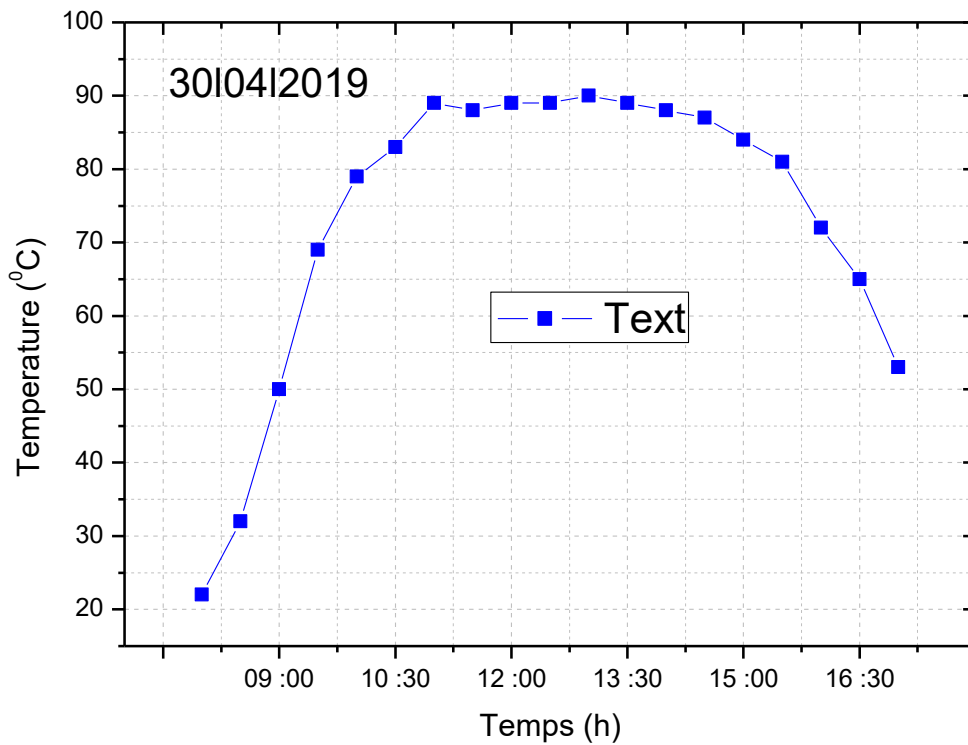
نلاحظ من المنحنى أن درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز في كل يوم تصل إلى قيمتها العظمى بأوقات مختلفة ومتفاوتة، وهذا راجع أساسا إلى الظروف المناخية ( التدفق الشمسي، سرعة الرياح مثلا) لكل يوم تجريبي، حيث أنه في اليوم الذي تكون فيه الظروف المناخية ملائمة من شدة الإشعاع كبير تصل فيه درجة الحرارة إلى قيمتها العظمى في وزن أقل، إذ تتفاوت بين يوم إلى آخر من ساعة إلى ساعتين كما هو موضح من خلال المنحنيات.

### 3-3-2 تطور درجة الحرارة خارج أنبوب الإمتزاز بدلالة الزمن:

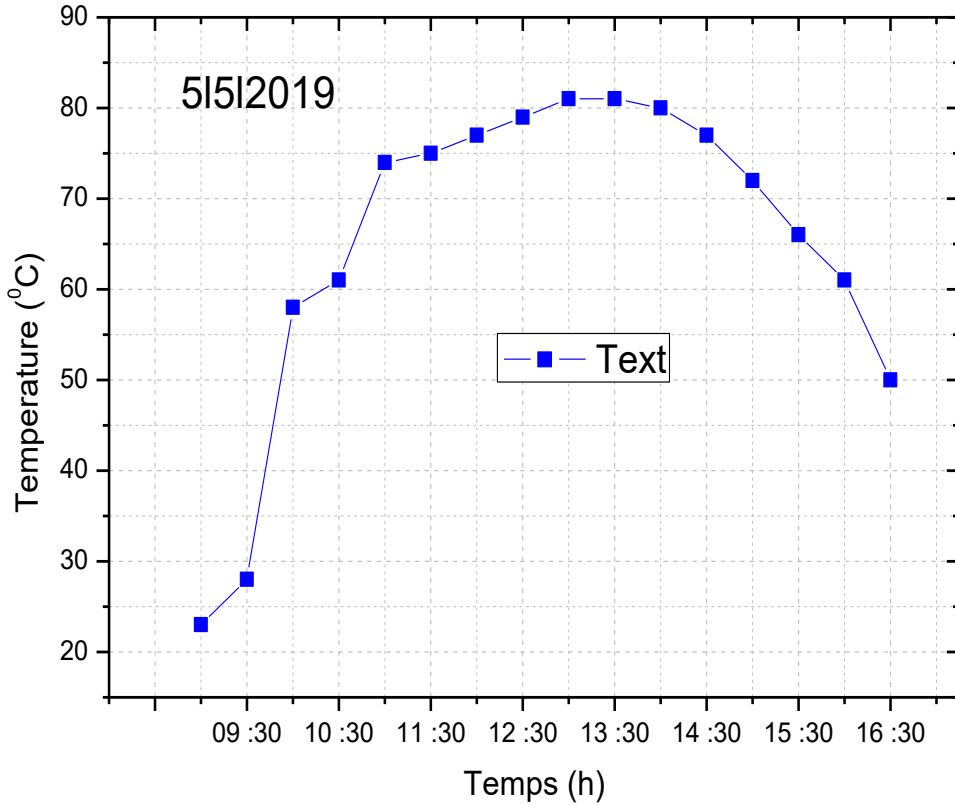
توضح الأشكال (3-27)، (3-28)، (3-29) منحنيات تغيرات درجة الحرارة خارج أنبوب الإمتزاز بدلالة الزمن للأيام التجريبية الثلاثة:



الشكل (27-3): منحنى تغير درجة الحرارة خارج أنبوب الإمتزاز ليوم 2019/04/29.



الشكل (28-3): منحنى تغير درجة الحرارة خارج أنبوب الإمتزاز ليوم 2019/04/30.



الشكل (3-29): منحنى تغير درجة الحرارة خارج أنبوب الإمتزاز ليوم 2019/05/05.

نلاحظ من خلال المنحنيات أن:

درجة الحرارة خارج أنبوب الإمتزاز تتغير بقيم أكبر من درجة الحرارة داخله عند بداية التجريب حتى تقريبا العاشرة صباحا (10:00)، وهذا راجع إلى صول (إلتقاط) الإشعاع الشمسي على سطح أنبوب الإمتزاز قبل وصوله (التقاط) إلى داخل الأنبوب. بعد هذا الوقت، نلاحظ ارتفاع درجة الحرارة داخل الأنبوب الإمتزازي.

### 3-3-3 الإستنتاج:

- ❖ نستنتج من كل ما تقدم أن اللاقط الشمسي المسطح المنجز خلال هذه التجربة والموجة لنظام التبريد بالإمتزاز يحقق ما هو مطلوب من قيم لدرجات الحرارة منخفضة ومثالية في المجال (من 75°م إلى 95°م) تكون كافية لتبخير وفصل الميثانول من الكربون المنشط في وقت زمني مثالي، ومن ثما الحصول على وسيط تبريد قادر على إنتاج البرد.
- ❖ إمكانية الحصول بسهولة على درجة حرارة منخفضة للإمتزاز في المجال (من 75°م إلى 95°م) تحت الظروف المناخية لولاية الوادي تعبر أكثر أهمية لتشغيل زوج العمل (كربون منشط/ميثانول) في آلة الإمتزاز الشمسية، هذا لتجنب مشكلة تحلل الميثانول عند أكثر من 120 م° في حالة استخدام النحاس كأنبوب امتزاز.

- ❖ الحصول على درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز اللازمة لتسخين وتبخير الميثانول بأوقات مختلفة ومتفاوتة راجع أساسا إلى التدفق الشمسي لكل يوم تجريبي، حيث أنه في اليوم الذي تكون فيه شدة الإشعاع كبير تصل فيه درجة الحرارة إلى قيمتها العظمى في وقت دوري أقل.
- ❖ كلما كان زمن تسخين وتبخير الميثانول أقل يكون زمن دورة التبريد للألة أقل مما يؤدي إلى زيادة في أداء آلة الامتزاز الشمسية لإنتاج البرد.

### 3-4 نموذج تجريبي محقق لألة التبريد الشمسي بالإمتزاز:

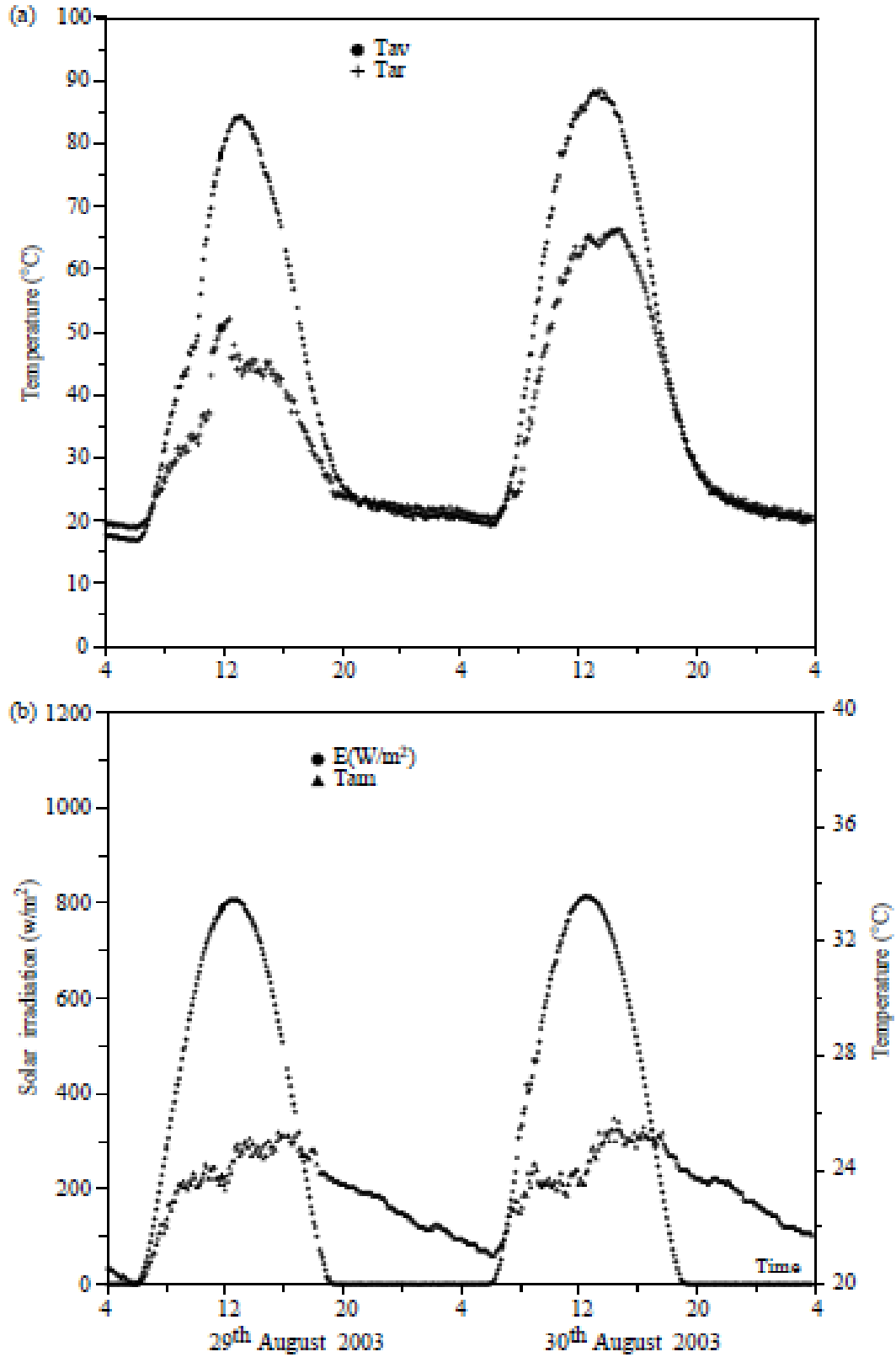
في هذه الجزء سوف نعرض عليكم عمل تجريبي محقق من طرف احد الباحثين والمهتمين في هذا المجال كما ذكر في الفصل السابق.

قام ليميني وإروغاني [51،50] التابع لكلية العلوم بالرباط، عاصمة المغرب ذات المناخ المتوسطي، بتصميم واختبار جهاز ثلج شمسي تعمل بالزوج (الكربون المنشط/ميثانول) كما هو موضح في الشكل (3-31) المقابل. توضح الصورة هيكل لألة التبريد الشمسية بالإمتزاز بجميع مكوناتها، حيث من خلالها يمكن التعرف أكثر على جميع المكونات لهذه الألة. العنصر الأساسي المغذي للألة هو اللاقط الإمتزازي محل دراستنا. كما نلقي نظرة حول عمل وتحقيق هذه الألة حتى يتضح لنا بأن هذه الأنظمة هي أنظمة محققة في واقعنا، كما تثبت أيضا التجربة التي قمنا بأجرائها بان اللاقط الشمسي الإمتزازي يستطيع توفير الحرارة اللازمة لتبخير الميثانول الممتز على الكربون المنشط للحصول على وسيط التبريد العامل داخل الألة والذي يحقق الأثر التبريدي داخل النظام التبريدي الشمسي من خلال امتصاصه للحرارة.

من خلال هيكل ألة التبريد يمكن سرد طريقة عملها عبر المراحل التالية :

- ✓ الإشعاع الشمسي يسخن مادتي الكربون المنشط والميثانول ضمن أنبوب الإمتزاز داخل المجمع الشمسي ابتداء من الصباح،
- ✓ يتبخر الميثانول ويفصل عن الكربون المنشط منتجا ما يسمى بوسيط التبريد.
- ✓ ينتقل بخار وسيط التبريد إلى خارج اللاقط نحو المكثف،
- ✓ يتكثف البخار داخل المكثف إلى سائل تبريد،
- ✓ ينتقل سائل التبريد من المكثف نحو المبخر الموجود داخل الثلجة ليتمص الحرارة هناك محدثا الأثر التبريدي ليتحول إلى بخار،
- ✓ ينتقل البخار نحو المجمع الشمسي لتكتمل دورة تبريد وتبدأ دورة أخرى وذلك بامتزاز الكربون المنشط لبخار الميثانول وهكذا.

لإظهار تغير درجة الحرارة، نختار من بين النتائج يومين (29 و 30 أغسطس 2003) كما هو مبين في الشكل (3-30) مع تغيرات الإشعاع الشمسي ودرجات حرارة الهواء المحيط.



الشكل (3-30): تغير درجة الحرارة اللاقط مع تغيرات الإشعاع الشمسي وحرارة الهواء المحيط ليومين (29 و 30 أغسطس 2003) [51،50].



**الشكل (31-3):** جهاز تليج شمسي مصمّم يعمل بالزوج (الكربون المنشط/ميثانول) [50].

أظهرت النتائج أن صانع الجليد يوفر أداءً جيداً في مناخ العاصمة المغربية الرباط. ينتج الجهاز البرودة حتى في الأيام الممطرة، ويمكن أن تكون درجات الحرارة التي يحققها المبخر أقل من 11 م° لمدة أيام مع وجود إشعاع عالي، حيث يتراوح معامل الأداء الشمسي (COP) بين 5 % و 8 % للإشعاع ما بين 12 و 28 كيلوجول/م<sup>2</sup> ودرجة الحرارة المحيطة المتوسطة اليومية حوالي 20 درجة مئوية [50].

بمقارنة تغير درجة الحرارة والإشعاع الشمسي لليومين (29 و 30 أغسطس 2003) ونتائج عملنا (نتائج الأيام الثلاثة)، يتضح لنا بأنّ جهاز الإمتزاز الشمسي المنجز يمكن أن يحقق أداء جيد في منطقة الوادي، وبذلك نستطيع توفير الحرارة اللازمة لتبخير الميثانول الممتاز على الكربون المنشط للحصول على وسيط تبريد قادر على تحقق الأثر التبريدي داخل النظام التبريدي الشمسي. كذلك، فإن أثر زمن دورة التبريد ضروري حتى الوصول إلى درجة حرارة التوليد اللازمة لتسخين وتبخير الكمية المطلوبة من المادة الممتزة كما رأينا في نتائجنا (الشكل (3-24))، الأمر الذي أثبتته أحد الباحثين في محاكاة الألة كما هو موضح في الجدول التالي.

الجدول (3-2) : تأثير زمن دورة التبريد على أداء الألة [35].

معامل الأداء شمسي ( $COP_m$ )	استطاعة تبريد لنوعية $SCP[W/kg]$	إنتاج لتبريدي $Q_{m0}[kJ/h]$	كتلة مادة الامتصاص $m_m[kg]$	زمن الدورة $t_{cycle}[h]$
0.3784	128.2	12261	47.83	2
0.1892	256.3	6130	23.91	1
0.09461	512.7	3065	11.96	0.5
0.0473	1025	1533	5.979	0.25

### 5-3 الخاتمة:

وفي الأخير وحسب النتائج المتحصل عليها و مقارنتها بما هو محقق في مناطق أخرى يمكن القول أن إنجاز و تحقيق نظام تبريد يعمل بالطاقة الشمسية في منطقتنا أصبح من الضروريات لما في ذلك من مزايا الإقتصادية والبيئية نذكر منها:

- 1- تتكون ألة الإمتزاز الشمسي من لاقط امتزازي واحد، مما يمنحها خصائص سهولة الصيانة وتكاليف التشغيل،
- 2- عدم وجود الضاغط الميكانيكي، يعني عدم وجود اهتزاز وضجيج،
- 3- استخدام اللاقط الطاقة الحرارية الشمسية مباشرة، أي تجنب الاستهلاك الكهربائي للضاغط،
- 4- يمكن أن يكون عمر هذه الآلات طويلاً، إذا كانت محمية من تحلل المبرد وضد ظاهرة التآكل،
- 5- توفير البرد والتلج في المناطق التي يكون فيها شبكة الكهرباء غائبة،
- 6- الألة تستعمل سوائل تبريد صديقة للبيئة.

خاتمة عامة

يعتبر التبريد بالإمتزاز أحد التقنيات المستخدمة للطاقة الشمسية، في هذا العمل. تم إنجاز اللاقط الإمتزازي المسطح الذي يعتبر القلب النابض لنظام التبريد الشمسي بالإمتزاز المحتوي على زوج العمل (الماز والممتز) كون معظم العمليات الترموديناميكية تجري ضمنه، حيث تقاس فاعلية النظام ومردوده بأداء اللاقط الشمسي الإمتزازي، بينما تعد بقية الأجزاء الأخرى (المكثف، المبخر وصمام التمدد) أجزاء مشتركة لأي نظام تبريد.

ركزت الدراسة في هذا العمل أولاً على تحليل الآلة وكيفية عملها من جهة وقياس درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز من جهة أخرى كونها أهم قياس تشتغل به آلة الإمتزاز الشمسية.

بههدف تشغيل زوج العمل (كربون منشط/ميثانول) في الآلة ولتجنب مشكلة تحلل الميثانول عند أكثر من 120 درجة مئوية، في حالة استخدام النحاس كأنبوب امتزاز، قمنا بتعريض اللاقط الشمسي الإمتزازي المنجز للإشعاع الشمسي خلال ثلاثة أيام مختلفة من أجل الحصول على تغيرات درجة الحرارة داخل اللاقط الشمسي (أنبوب الإمتزاز) والكافية لتبخير الميثانول في الكربون المنشط.

أظهرت نتائج التجريب الميدانية، بعد التعرف على تغيرات شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض، ما يلي:

- اللاقط الشمسي الإمتزازي المنجز والموجه لنظام التبريد يحقق قيم لدرجات الحرارة منخفضة ومثالية (من 75°C إلى 95°C) تكون كافية لتبخير وفصل الميثانول من الكربون المنشط في وقت زمني مثالي، ومن ثمة الحصول على وسيط تبريد قادر على إنتاج البرد.
- سهولة الحصول على درجة حرارة منخفضة للإمتزاز في المجال (من 75°C إلى 95°C) تحت المناخية لولاية الوادي تعتبر أكثر أهمية لتشغيل زوج العمل (الكربون المنشط/ الميثانول) في آلة الإمتزاز الشمسية، هذا لتجنب الميثانول عند أكثر من 120 م° في حالة استخدام النحاس كأنبوب امتزاز.
- الحصول على درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز اللازمة لتسخين وتبخير الميثانول بأوقات مختلفة ومتفاوتة راجع أساساً إلى التدفق الشمسي لكل يوم تجريبي، حيث انه في اليوم الذي تكون فيه شدة الإشعاع كبير تصل فيه درجة الحرارة إلى قيمتها العظمى في وقت دوري أقل.
- بمقارنة نتائج عملنا مع النتائج المتحصل عليها تجريبياً من طرف ليميني وإروغاني، يتضح لنا بان اللاقط الإمتزازي المنجز يمكن أن يحقق أداء جيد في منطقة الوادي، وبذلك نستطيع توفير الحرارة اللازمة لتبخير الميثانول الممتز على الكربون المنشط للحصول على وسيط تبريد قادر على تحقق الأثر التبريدي داخل النظام التبريدي الشمسي.

تقودنا النتائج إلى مواصلة تركيب الأجزاء الأخرى من الآلة وذلك من أجل استكمال وتحقيق الأداء الأمثل للآلة تحت الظروف المناخية الحقيقية لمنطقة الوادي، كما نأمل بتحقيق مثل هذه الأنظمة وتحسين مردوديتها نحو أفاق جديدة والإهتمام بتطبيقات الطاقة الشمسية في مجال التبريد والتكييف على صعيد البحث والتطوير والإستخدام.

# قائمة المراجع

- [1] K. STEPHAN, R. KRAUSS, Regulated CFCs and their alternatives. In: Meunier F, editor. Proceedings: "Solid Refrigeration Symposium", Ministe're de la Recherche et de L'Esace, Paris, P.32-43, 1992.
- [2] W. PRIDASAWAS, "Solar-Driven Refrigeration Systems with Focus on the Ejector Cycle", Thesis Doctoral, Royal Institute of Technology, KTH, Denmark, 2006.
- [3] A.ELFADAR, A. MIMET; PE 'REZ-DARCI', M. Modeling and performance study of a continuous adsorption refrigeration system driven by parabolic trough solar collector, Solar Energy 83, Spain, 2009, 850-861 .
- [4] حسان الشافعي، بحث عن الطاقة الشمسية 2017، قسم الأبحاث العلمية والثقافية، منتديات المصطبة. <https://vb.almstba.com/t352454.html>، أخذت ب: 2019/01/29.
- [5] وكاع فرمان، الطاقة الشمسية دعوة لاستغلالها قبل فوات الأوان، مجلة فيلادلفيا الثقافية، جامعة فيلادلفيا، الأردن.
- [6] معلومات حول الطاقة الشمسية / <https://mawdoo3.com>، أخذت ب: 2019/01/29.
- [7] نعمان شحادة، "علم المناخ"، مطبعة النور النموذجية، الأردن، عمان، ص 91، 1983.
- [8] نخة محمد، "دراسة مقارنة وتحسين لمختلف المقطرات الشمسية لإنتاج المياه الصالحة للشرب في المناطق الجافة الصحراوية"، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة، الجزائر، 2004/2003.
- [9] بن عمارة عواطف، محدة أحلام، "دراسة تأثير الهواء الجوي على كمية الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على سطح الأرض"، مذكرة ليسانس، جامعة الوادي، الجزائر، 2013/2012.
- [10] كريم رشدي، تعريف الإشعاع الشمسي وطرق الحصول عليه، جمهورية مصر العربية، [www.solar.snipers.com](http://www.solar.snipers.com)، أخذت ب: 2019/01/27.
- [11] زين محمود أبو غوش، "علوم الأرض"، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، ط1، 2008.
- [12] أ.م.د.أسعد رحمان سعيد الحلفي، "هندسة الأغذية بالطاقة الشمسية"، ط1، مكتبة الزهراء للطباعة – البصرة، العراق، 2010.
- [13] د. سهيل فاضل، د. إلياس الكبة، "الطاقة الشمسية وتطبيقاتها"، دار الحدائق لطباعة والنشر والتوزيع، ص ب 5636/14، بيروت، لبنان.
- [14] د. عبد العزيز طريح شرف، "الجغرافية المناخية والنباتية"، الطبعة الثامنة، دار الجامعات المصرية، الإسكندرية، ص 49، 1978.

- [15] د. مهندس محمد مصطفى محمد الخياط، "الطاقة مصادرها – أنواعها – استخداماتها"، وزارة الكهرباء والطاقة، القاهرة، مصر، يوليو 2006.
- [16] د. سعود يوسف العياش، تكنولوجيا الطاقة البديلة، سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، يناير 1978.
- [17] تقرير الوكالة الوطنية لتطوير الإستثمار، 2011.
- <http://www.andi.dz/index.php/ar/les-energies-renouvelables>.
- [18] الطاقة المتجددة، الوكالة الألمانية للطاقة، الوزارة الاتحادية للاقتصاد والتكنولوجيا، ص14.
- [19] العاتي مختار، "المساهمة في تحسين مجفف شمسي للمحاصيل الزراعية"، مذكرة لنيل شهادة الماجستير في هندسة الطرائق، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر، ص19-20، 2011.
- [20] منتديات التعليم نت،
- <https://www.ta3lime.com/Showthread.php?p=295489>
- أخذت ب: 2019/01/29.
- [21] عبد البار سوداني، "الدراسة النظرية للمركز الشمسي الإسطواني المقعر (CCP)"، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة، الجزائر، 2009.
- [22] ف. بلقاضي، م. سعدي، "الطاقات المتجددة"، مذكرة تخرج لنيل شهادة أستاذ التعليم الثانوي، المدرسة العليا للأساتذة، القبة القديمة – الجزائر، ص9، 2004.
- [23] نشرات جهاز تخطيط الطاقة، الطاقة في مصر، القاهرة، 1996-2002.
- [24] فاطمة الزهراء رضواني، هادية معامير، "استعمال الطاقة الشمسية لتحلية المياه المالحة في المناطق الصحراوية"، مذكرة تخرج مقدمة لنيل شهادة ماستر أكاديمي، جامعة الوادي، الجزائر، 2017.
- [26] د. سمير سعدون مصطفى، د. بلال عبد الله ناصر، ا.محمود خضر سلمان، "الطاقة البديلة مصادرها واستخداماتها"، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، الأردن، ص156-162.
- [26] د. بن حميدة سفيان، د. مبروك غوقالي، سلسلة الطاقات المتجددة - الطاقة الشمسية، ط1، مطبعة مزوار، 2009.
- [27] د. سعود عيَّاش، د. راجندر كومار سوري، تقييم إمكانيات التبريد الشمسي في الكويت، مجلة المهندسون، مجلة دورية تصدرها جمعية المهندسين الكويتية، العدد (9)، ابريل (نيسان) يونيو (حريزان)، ص7-10، 1984.

Engineers – Magazine – Edition – 9. pdf, Al Kuwait, abril, 1984 .

<https://kse.org.kw/wp-content/uploads/2016/2>.

[28] W. Pridasawas, solar cooling, Assignment for Ph.D. cours: Solar Heatin, Technical University of Denmark (DTU) , 2003 .

[29]M.Li, R. Z. Wang, Heat and mass transfer in a flat plate solar adsorption refrigeration ice maker. RenewableEnergy 28 (2003) 613-622.

[30] إبراهيم محمد شتيوي، د. نوري أحمد الكشويو، د. مصطفى الطاهر العائب، تصميم ومحاكاة ديناميكية لمنظومة تبريد امتصاصية شمسية؛ الجزء الأول: تبريد المقر الإداري لمكتب البحث والتطوير بشركة المدار الجديد.

[31]Faiza Mahdi Hadi, “Simulation Study and Comparison Green Freeze Technology Utilizing with Theory of Different Adsorption Working Pairs of Solar Adsorption Refrigeration” , Technical College, Foundation Technical Education / Baghdad, Vol.(30) No.(3) , 2012 .

[32]أ.د.رمضان أحمد محمود، "أنظمة التبريد"، منشأة المعارف، الإسكندرية، ص 9-17.

[33] المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، "أساسيات تقنية التبريد والتكييف - عملي - Pdf، الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، ص 20-66، المملكة العربية السعودية.

[34] د. أيوب عيسى حسن، معد إسماعيل عثمان، تصميم ونمذجة دارة تبريد ادمصاصية عاملة بالطاقة الشمسية، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم الهندسية، المجلد (35)، العدد (3)، 2013.

[35] [http://mohegov.sy/master/Message/Mc/hilin\\_20maslmani.Pdf](http://mohegov.sy/master/Message/Mc/hilin_20maslmani.Pdf).

أخذت ب: 2019/02/15.

[36] N.M.A. Khattab, novel solar – powered adsorption refrigeration module, Applied Thermal Engineering 24, Cairo, Egypt, 2747-2760, 2004.

[37] Naef A.A. Qasem, Maged A.I. El-Shaarawi, Thermal analysis and modeling study of an activated carbon solar adsorption icemaker: Dhahran case study Energy Conversion and Management 100 (2015) 310–323

[38] C. Wassila, Étude et analyse d’une machine frigorifique solaire à adsorption, thèse de doctorat, Constantine, 2008.

[39] A. Mimet, Étude théorique et expérimentale d’une machine frigorifique à adsorption d’ammoniac sur charbon actif, thèse de doctorat, FPMS Mons, Belgique 1991.

- [40] L.W. WANG, R.Z. WANG, OLIVEIRA R.G. A review on adsorption working pairs for refrigeration, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13, Shanghai, China, 2009, 518-534 .
- [41] U. Borel, D. Favrat, *thermodynamique et énergétique, 1 De l'énergie à l'exergie*, Presses Polytechnique et universitaires romandes, 2005.
- [42] L. Wang, R. Wang, R. Oliveira, A review on adsorption working pairs for refrigeration. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13 (2009) 518-34.
- [43] R. E. Critoph, Performance limitations of adsorption cycles for solar cooling, *Solar energy*, 41 (1988) 21-31.
- [44] D.C. Wang, Y.H. Li, D. Li, Y.Z. Xia, J.P. Zhang, A review on adsorption refrigeration technology and adsorption deterioration in physical adsorption systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14 (2010) 344-353.
- [45] RE. Critoph, R. Vogel, Possible adsorption pairs for use in solar cooling. *Ambient Energy* 4 (1986) 183-90.
- [46] F. Meunier, Theoretical performance of solid adsorbent cascading cycles using the zeolite/water and active carbon/methanol pairs: four cases studies, *HRS* 6 (1988) 491-8.
- [47] N. Medini, B. Marmottant, Golli ES, Grenier P, Study of a solar icemaker machine, *IJ Refrigerate* 14 (1991) 363-7.
- [48] E. E. Anyanwu and C.I. Ezekwe, Design, construction and test run of a solid adsorption solar refrigerator using activated carbon/methanol, as adsorbent/adsorbate pair, *E CM* 44(2003) 2879-2892.
- [49] R. Z. Wang, M. Li, Y.X. Xu and J.Y. Wu, An energy efficient hybrid system of solar powered water heater and adsorption ice maker, *Sol Energy* 68 (2000) 189-195.
- [50] F. Lemmini, A. Errougani, Building and experimentation of a solar powered adsorption refrigerator, *Renewable Energy* 30 (2005) 1989-2003.
- [51] Lemmini Fatiha, Errougani Abdelmoussehel, Experimentation of a solar adsorption refrigerator in Morocco, *Renewable Energy* 32 (2007) 2629-2641.

المحقق أ

## الجدول (أ-1): النتائج التجريبية ليوم 2019/04/29 .

$T_{St}$	$T_{ext}$	$T_{int}$	temps(h)
24	23	21	08 :00
34	50	60	08 :30
31	68	72	09 :00
30	78	81	09 :30
36	80	85	10 :00
37	86	87	10 :30
41	94	93	11 :00
45	<b>95</b>	<b>96</b>	<b>11 :30</b>
40	96	96	12 :00
43	95	96	12 :30
30	94	95	13 :00
30	91	95	13 :30
36	92	95	14 :00
39	93	94	14 :30
36	89	92	15 :00
35	91	91	15 :30
31	86	87	16 :00
30	68	70	16 :30
30	49	54	17 :00

## الجدول (أ-2): النتائج التجريبية ليوم 2019/04/30 .

$T_{st}$	$T_{ext}$	$T_{int}$	temps(h)
23	22	22	08:00
24	32	33	08 :30
30	50	40	09 :00
32	69	66	09 :30
34	79	79	10 :00
35	83	85	10 :30
40	89	90	11 :00
38	88	90	11 :30
41	89	92	12 :00
43	89	93	12 :30
44	<b>90</b>	<b>94</b>	<b>13 :00</b>
38	89	92	13 :30
37	88	92	14 :00
37	87	92	14 :30
39	84	90	15 :00
35	81	85	15 :30
36	72	82	16 :00
34	65	79	16 :30
31	53	60	17 :00

## الجدول (أ-3): النتائج التجريبية ليوم 2019/05/05.

$T_{st}$	$T_{ext}$	$T_{int}$	temps(h)
23	23	21	09 :00
24	28	27	09 :30
24	58	55	10 :00
26	61	60	10 :30
30	74	74	11 :00
31	75	77	11 :30
31	77	79	12 :00
32	79	80	12 :30
33	81	82	13 :00
33	81	82	13 :30
31	<b>80</b>	<b>82</b>	<b>14 :00</b>
30	77	80	14 :30
34	72	75	15 :00
30	66	68	15 :30
30	61	62	16 :00
28	50	53	16 :30

حيث :

 $T_{int}$ : درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز . $T_{ext}$ : درجة حرارة خارج أنبوب الإمتزاز (السطح الخارجي للأنبوب). $T_{St}$ : درجة حرارة سطح الزجاج للاقط الشمسي.

## المخلص:

زاد استهلاك الكهرباء مع مشكلة التلوث البيئي بسبب استخدام مصادر التبريد التقليدي المضغوط بالبخر بشكل مستمر طوال العقود الماضية. أصبح استبدال التكنولوجيا الجديدة للتبريد باستخدام الطاقة الحرارية الشمسية موضوعاً ساخناً. يعد نظام الإمتزاز للتبريد بديلاً جذاباً لهذا الغرض، وعليه فقد تم التطرق في هذا البحث على استغلال الطاقة الحرارية الشمسية في عملية التبريد. إذ يعتمد نظام التبريد الشمسي الإمتزاز يقيد البحث على تقنية امتزاز الميثانول على الكربون المنشط لتحويل الطاقة الشمسية إلى تبريد، حيث تتميز هذه التقنية ببساطة التصنيع وانعدام التلوث البيئي. تم التطرق إلى دراسة تجريبية للاقط الشمسي الإمتزازي لهدف التعرف على قيمة درجة الحرارة داخل أنبوب الإمتزاز لضمان تبخير الميثانول في الكربون المنشط و لتجنب مشكلة تحلل الميثانول عند أكثر من 120 م°، في حالة استخدام النحاس كأنبوب امتزاز. أظهرت النتائج أن الدراسة التجريبية للاقط المنجزتوفر أداء جيداً بناء على درجات الحرارة التي حققها مقارنتا بما توصل إليه تجريبيا ليميني وإروغاني في عاصمة المغرب و محمد حسن في محاكاته الألة.

## الكلمات المفتاحية:

الطاقة الحرارية الشمسية- اللاقط الشمسي الإمتزازي- الكربون المنشط/الميثانول -التبريد.

## Abstract

The electricity consumption with the ozone-depletion problem due to the use of traditional vapor compressed refrigeration has continuously increased throughout the last decades. The replacement for the new technology of refrigeration using solar thermal energy has become a hot topic. The adsorption refrigeration system is an attractive alternative for this purpose. Therefore, this study discussed the utilization of solar thermal energy in the refrigeration process. The solar adsorption refrigeration system is based on methanol adsorption technology on activated carbon to transfer the solar energy to cooling, which is simply characterized by design and environmental pollution. The study of the collector/bed was conducted to identify the temperature value within the adsorption tube to ensure methanol evaporation in the activated carbon and to avoid the problem of methanol decomposition at more than 120°C if copper is used as an adsorption tube. Our results are good performance based on the temperature achieved by comparing with the experimental results of the Erogany et al and Mohamed Hassan in the simulations of the machine.

**Keywords :** solar thermal energy, collector/bed, activated carbon/methanol, refrigeration.