



جامعة قاصدي مرباح - ورقلة -

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الفيزياء

مذكرة ماستر أكاديمي

في ميدان : علوم المادة

تخصص : فيزياء طاقوية وطاقات متجددة

من إعداد الطالبتين:

بالرقي يمينة حمدات هند

بعنوان:

دراسة بالمحاكاة العددية لنموذج معدل لمقتر شمسي بسيط من أجل
استقصاء الأثر الإيجابي والسلبي للحرارة الضائعة عبر محيطه الخارجي

نوقشت وأجيزت علنا بتاريخ: 16 / 6 / 2022

أمام اللجنة المكونة من السادة:

رئيسا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ مساعد "أ"	بوعنان رايح
مناقشا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ محاضر "أ"	سوداني محمد البار
مشرفا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ محاضر "أ"	بالحاج محمد مصطفى
مساعد مشرف	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	طالبة دكتوراه	شلغام منيرة

السنة الجامعية 2021-2022

شكر و عرفان

الحمد لله السميع العليم ذي العزة و الفضل العظيم والصلاة و السلام على المصطفى الهادي الكريم و على آله و صحبه أجمعين، وبعد مصداقا لقوله تعالى : " لئن شكرهم لأزيدنكم "، نشكر الله العلي القدير الذي أنار لنا درب العلم و المعرفة و أعاننا على إتمام هذا العمل .

كما نتقدم بالشكر والامتنان للأستاذ " بالحاج محمد مصطفى " لإشرافه على هذا العمل و الذي لم يدخر وسعا في تقديم النصح والتوجيه طيلة إجراء هذا العمل من خلال إرشاده وتوجيهه في كل خطوات البحث. كما نتقدم بالشكر الخاص و الامتنان إلى مساعد المشرف الأستاذة " شلغام منيرة " وأساتذتنا الأفاضل بقسم الفيزياء، وكذلك إلى عائلتنا و كل من مد يد العون لنا من قريب أو من بعيد و ساعدنا على إتمام هذا العمل بتعاونهم و تشجيعهم لنا.

والشكر أيضا إلى السادة أعضاء اللجنة الذين تفضلوا بقبول مناقشة هذه المذكرة و بذلوا الوقت والجهد في التدقيق وإثراء هذا البحث شكلا ومضمونا.

الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

مرت قاطرة البحث بكثير من العوائق، و مع ذلك حاولت أن أتخطاها بثبات بفضل من الله تعالى إلى من علمني أن الدنيا كفاح، إلى من سعى لأجل راحتي و نجاحي إلى أعظم واعز رجل في الكون (والدي الحبيب) أطال الله في عمره. إلى من وضعتني على طريق الحياة (أمي الغالية)، إلى من وقفوا معي دائما سندي في الحياة (إخوتي و أخواتي)، إلى رفيق دربي زوجي و إلى أعلى ما أملك ابني (ادم). و إلى من شاطرتني هذا العمل "بالرقي يمينه". إلى كل من كان لهم أثر على حياتي، و إلى من أحبهم قلبي و نسيهم عقلي.

هند

الإهداء

إن الكلمات إذا قيلت ماتت و إذا كتبت أصبحت أبدية فيأبى قلّمي إلا أن يسيل حبره ذهباً

ليعبّر عمّن أهدي لهم ثمرة نجاحي و كفاحي الدراسي

إلى من وجبت طاعتهم بعد الله ...إلى الوالدين الكريمين.

إلى نّخر زمني و سواعد أيامي و أغلى الغوالي (إخوتي وأخواتي).

إلى صغار العائلة وبهجتها

إلى صديقاتي

إلى كل من جمعتني بهم الجامعة

إلى كل من لم أدونهم بقلمي

إلى كل هؤلاء أهدي ثمرة علمي

يمينة

فهرس المحتويات

الصفحة	العنوان
I	شكر و عرفان
II	الإهداء
III	فهرس العناوين
IV	فهرس الأشكال
V	قائمة الرموز والمصطلحات
المقدمة	
أ	المقدمة
الفصل الأول: بحث في المراجع حول التقطير الشمسي	
2	1.1. مقدمة
2	2.1. مشكلة نقص المياه
3	3.1. التقطير الشمسي
3	1.3.1. تعريف التقطير
3	1.2.3.1. لمحة تاريخية عن التقطير الشمسي
4	1.4. المقطر الشمسي
4	1.4.1. تعريف المقطر الشمسي
4	1.2.4.1. أنواع المقطرات الشمسية
4	1.2.4.1. بدون تحسينات
5	❖ المقطر الشمسي بميل واحد
5	❖ المقطر الشمسي بميلين
6	❖ المقطر شمسي أرض-ماء

6	❖ المقطر كروي بماسح
7	1. 2.2.4. مقطر بتحسينات
7	✓ مقطر شمسي بسيط تم تحسين مكثفه
7	➤ تمرير الماء على المكثف
8	➤ الزيادة في سرعة الرياح لتبريد الزجاج
8	➤ استعمال المضخة الحرارية
9	✓ مقطر شمسي بسيط تم تحسين مبخره
9	➤ باستعمال الإسفنج
10	➤ باستعمال الحصى
10	➤ بإضافة اللاقط الشمسي
10	1. دمج بلاقط بوجود الماء
10	▪ لاقط متعدد الأنابيب
11	2. دمج بلاقط بوجود هواء
11	▪ مجمعات الألواح المسطحة
12	1. 5. الخاتمة
الفصل الثاني: الدراسة النظرية للمقطر الشمسي البسيط	
13	11. 1. المقدمة
13	11. 2. انتقال الحرارة
13	11. 3. أنماط انتقال الحرارة
13	11. 1.3. التوصيل الحراري
14	11. 2.3. الحمل الحراري
14	11. 3.3. الإشعاع الحراري

15	II .4. التدفقات الحرارية في المَقَطَر
15	II .1.4. التدفقات الحرارية الخارجية
16	II .2.4. التدفقات الحرارية الداخلية
18	II .5. التوازن الحراري على مستوى أجزاء المقطر الشمسي البسيط
19	II .1.5. معادلات التوازن الحراري للمقطر الشاهد(1)
19	❖ التوازن الحراري على مستوى الزجاج (v_1)
19	❖ التوازن الحراري على مستوى طبقة الماء المالح (e_1)
20	❖ التوازن الحراري على مستوى الصفيحة الماصة (b_1)
20	II .2.5. معادلات التوازن الحراري للنموذج المحسن. (2)
21	II .1.2.5. معادلات التوازن الحراري على مستوى اللاقط الشمسي (c)
21	❖ التوازن الحراري على مستوى الزجاج (vc)
21	❖ التوازن الحراري على مستوى الصفيحة الماصة (bc)
22	II .2.2.5. التوازن الحراري على مستوى أجزاء المقطر (2)
22	❖ التوازن الحراري على مستوى الزجاج (v_2)
22	❖ التوازن الحراري على مستوى طبقة الماء المالح (e)
22	❖ التوازن الحراري على مستوى الصفيحة الماصة (b_2)
23	II .6. وصف الجهاز: مكونات وأبعاد المقطر الشمسي البسيط
24	II .7. المحاكاة والنمذجة العددية
24	II .1.7. تعريف المحاكاة
24	II .2.7. تعريف برنامج FORTRAN
25	II .3.7. مبدأ طريقة Runge-Kutta
25	II .1.3.7. تطبيق طريقة Runge-Kutta على جملة معادلات تفاضلية

26	II. 2.3.7. طريقة Runge-Kutta من أجل زمن غير اختياري
27	II. 3.3.7. خوارزمية اختيار الزمن h
الفصل الثالث: تحليل ومناقشة النتائج	
29	1.III. مقدمة
29	III. 2. تحليل النتائج
29	III. 1.2. تغيرات شدة الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الهواء الجوي بدلالة الزمن
31	III. 2.2. تغيرات درجات الحرارة بدلالة الزمن للمقطر الشمسي الشاهد والمحسن
33	III. 3.2. تغيرات درجة حرارة الحوض واللاقط الشمسي والمحيط بدلالة الزمن
35	III. 4.2. تغيرات التسريبات الحرارية للمقطر الشمسي الشاهد والمحسن
37	III. 5.2. تغيرات الإنتاجية اليومية للماء المقطر للمقطر الشمسي المحسن
40	الخلاصة
41	قائمة المراجع

فهرس الأشكال

الصفحة	الشكل
الفصل الأول: بحث في المراجع حول التقطير الشمسي	
4	الشكل (1-1): رسم تخطيطي لمقطر شمسي
5	الشكل (2-1): المقطر البسيط بميل واحد
5	الشكل (3-1): المقطر البسيط بميلين
6	الشكل (4-1): المقطر الشمسي أرض-ماء
7	الشكل (5-1): مقطر كروي بماسح

7	الشكل (6-1): رسم تخطيطي لمقطر شمسي بسريان الماء فوق المكثف
9	الشكل (7-1): مقطر شمسي مربوط بمضخة حرارية
9	الشكل (8-1): مقطر شمسي بوجود طبقة من الإسفنج
10	الشكل (9-1): مقطر شمسي بوجود طبقة من الحصى ملون بالأسود
11	الشكل (10-1): لاقط شمسي متعدد الأنابيب
12	الشكل (11-1): لاقط شمسي هوائي
الفصل الثاني: الدراسة النظرية للمقطر الشمسي البسيط	
15	الشكل (1-II): رسم تخطيطي للتدفقات الحرارية على المقطر
20	الشكل (2-II): رسم تخطيطي للنموذج المحسن للمقطر الشمسي البسيط
28	الشكل (3-II): مخطط الخوارزمية الأساسية للمقطر الشمسي المحسن
الفصل الثالث: تحليل ومناقشة النتائج	
30	الشكل (1-III): تغيرات شدة الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة المحيطة بدلالة الزمن
32	الشكل (2-III): تغيرات درجات الحرارة بدلالة الزمن للمقطر الشمسي الشاهد والمحسن
34	الشكل (3-III): تغيرات درجة حرارة الحوض واللاقط الشمسي والمحيط بدلالة الزمن
36	الشكل (4-III): تغيرات التسريبات الحرارية للمقطر الشمسي الشاهد والمحسن بدلالة الزمن
38	الشكل (5-III): تغيرات الإنتاجية اليومية للماء المقطر بدلالة الزمن للمقطر الشمسي الشاهد والمحسن

قائمة الرموز والمصطلحات

الرمز	الاصطلاح الفيزيائي	الوحدة
A	المساحة	m^2
T	درجة الحرارة	K أو $^{\circ}C$
λ أو K	التوصيلية الحرارية	$W/m \cdot ^{\circ}C$ أو $W/m \cdot K$
Q	التدفق الحراري	W
h	معامل الحمل الحراري	$W/m^2 \cdot ^{\circ}C$
M	الانبعاثية الإشعاعية للسطح	W/m^2
ϵ	الانبعاثية الإشعاعية للسطح	-
σ	ثابت ستيفان - بولتزمان	$W/m^2 \cdot K^4$
G	الإشعاع الشمسي	W/m^2
ρ_v	معامل الانعكاس الإشعاعي للزجاج	-
V	السرعة	m/s
P	الضغط	P_a
E	السُمك	m
α	معامل الامتصاص الإشعاعي	-
τ	معامل النفاذية الإشعاعية	-
m	الكتلة	Kg
C	السعة الحرارية الكتلية	J/kg. $^{\circ}C$
ρ	الكتلة الحجمية	kg/m ³

بالدرجات (°)	زاوية الميل	⊕
--------------	-------------	---

الدليل السفلي

مطلوه	الرمز
الوسط الخارجي (Ambiante)	<i>a</i>
الغطاء الزجاجي (Vitre)	<i>v</i>
الماء (Eau)	<i>e</i>
السطح الماص	<i>b</i>
(Captereur) اللاقط الشمسي الهوائي)	<i>c</i>
التبادل الحراري بالإشعاع بين الزجاج والهواء	<i>rva</i>
التبادل الحراري بالحمل بين الزجاج والهواء	<i>cva</i>
التبادل الحراري بالإشعاع بين الزجاج والماء	<i>rev</i>
التبادل الحراري بالحمل بين الزجاج والماء	<i>cev</i>
التبادل الحراري بالتبخير بين الزجاج والماء	<i>eev</i>
التبادل الحراري بالحمل بين السطح الماص والماء	<i>cbe</i>
الانتقال الحراري بالتوصيل عبر السطح الماص	<i>dba</i>
الانتقال الحراري بالإشعاع بين السطح الماص والوسط الخارجي	<i>rba</i>
الانتقال الحراري بالحمل بين السطح الماص والوسط الخارجي	<i>cba</i>
درجة حرارة الطبقة العازلة	<i>ISO</i>

الحرارة الضائعة عبر المحيط	Loss
التبادل الحراري بالحمل بين اللاقط والمغلف	<i>cbcmoy</i>
التبادل الحراري بالإشعاع بين اللاقط والمغلف	<i>rbc moy</i>
مساحة مدخل المغلف	<i>ent</i>

مقدمة

المقدمة

الماء هو مصدر الحياة وهو العنصر الأساسي في التطور و النمو، و منذ أقدم العصور و الإنسان يبحث عن الماء ويسكن إليه فكل الحضارات التي عاشت و ازدهرت كانت حيث وجدت المياه ، و بما أن العالم حاليا يواجه نقصا متزايدا في كميات المياه العذبة اللازمة لتلبية احتياجاته الضرورية في مختلف النواحي ، مع أن المياه تغطي 71 % من سطح الكرة الأرضية إلا أن 96% منها مياه مالحة و 4% مياه عذبة . لذا اتجه العالم اليوم إلى مياه البحر المالحة والمياه الآسنة لتخليتها واستخدامها. وتعتبر الجزائر واحدة من بين الدول التي تعاني من هذه المشكلة ، لهذا لجأت إلى تحلية ماء البحر بالرغم من أنه توجد بها مصادر طبيعية لمياه الشرب لكنها محدودة جدا ، فمن الطبيعي والمنطقي البحث عن طرق أخرى لحل هذا العجز واستخراج الملح من ماء البحر والمياه الجوفية بهدف الحصول على ماء صالح للشرب . هناك عدة طرق واستخدامات لإنتاج المياه الصالحة للشرب منها الحرارية وغير الحرارية معظمها تعتمد على مصادر الطاقة التقليدية بالدرجة الأولى: كالنفط، والغاز، والفحم الحجري، والطاقة النووية. وينتج عن استخدام هذه الطرق مشاكل بيئية، لذا يتجه العلم الحديث للبحث في إمكانية استغلال الطاقة المتجددة في كافة المجالات الصناعية و منها تحلية المياه بالطاقة الشمسية (التقطير الشمسي).

تُعتبر الشمس المصدر الرئيسي للطاقة في الكون، ومن الممكن الاستفادة من هذه الطاقة بشكل مباشر أو غير مباشر (بتحويلها إلى نوع آخر من الطاقات حرارية أو ميكانيكية أو كهربائية أو كيميائية). والتقطير الشمسي هو أحد طرق استخدام الطاقة الشمسية بشكل مباشر لغرض تحلية المياه حيث يستخدم لذلك جهاز بسيط يدعى المقطر الشمسي الذي يشبه في عمله عملية التبخير الطبيعية الحاصلة للمياه الموجودة على سطح الأرض التي تتبخر نتيجة

حرارة الشمس ثم تتكثف لتشكل الغيوم ثم تسقط على شكل قطرات كماء مقطر، نقل إنتاجية هذا المقطر في فصل الشتاء نظرا لانخفاض درجة حرارة الجو مما يؤدي إلى تبريد نظام التقطير وهذا ما ينتج عنه انخفاض في إنتاجية المقطر. لحل هذه الإشكالية نقترح تحسين النموذج البسيط بإحاطته بمغلف خشبي و ربطه بلاقط شمسي هوائي.

سنقوم في هذا البحث بإجراء دراسة بالمحاكاة الرقمية والتي تهدف إلى تحسين أداء مقطر شمسي بسيط عن طريق تقليل التسريبات الحرارية عبر محيطه الخارجي .

تتألف هذه المذكرة من ثلاثة فصول حيث نستعرض في:

الفصل الأول:بحث في المراجع حول التقطير الشمسي .

الفصل الثاني: الدراسة النظرية للمقطر الشمسي البسيط .

الفصل الثالث: مناقشة النتائج.

الفصل الأول

بحث في المراجع حول التقطير الشمسي

يحتوي هذا الفصل على مختلف تعريفات ومبدأ عمل و أنواع المقطر الشمسي و المتمثلة في :

- مشكلة نقص المياه
 - التقطير الشمسي (تعريفه –لمحة تاريخية)
 - أنواع المقطرات الشمسية(دون تحسين – وبتحسين)
-

1. المقدمة:

يعتبر الماء مصدرا حيويا وأساسا لكل الكائنات الحية والحاجة الماسة الى المياه الصالحة للشرب تزداد يوم بعد يوم فنجد ان ندرة المياه مطروحة بشكل واضح في المناطق الحضرية كما هي في المناطق النائية،

1.2. مشكلة نقص المياه:

إن الحاجة لإيجاد مصادر للمياه الصالحة للشرب في العالم في تزايد مستمر وذلك لنقص المياه على سطح الكرة الأرضية وذلك راجع لأسلوب الحياة وتزايد عدد السكان. والجزائر بلد غير مستثنى من هذا المشكل فنظرا لمساحتها الشاسعة التي تمثل ثلثيها الصحراء يتوزع سكانها في مناطق نائية وبعيدة عن المصادر الطاقوية. وبما أن مياه الأمطار لا تتساقط بشكل مستمر، وذلك يرجع دائما للجفاف والتصحر، وهذا الوضع يؤدي للبحث عن مصادر للمياه لا تنفذ حتى وإن كانت مالحة مثل مياه البحر ومياه جوفية. فمثلا مياه منطقة ورقلة لها خصائص بعيدة عن المقاييس المتفق عليها في منظمة الصحة العالمية، حيث كمية الملوحة فيها تقدر من 1500 الى 2000 (p.p.m)، ونزع الأملاح من هذه المياه غير الصالحة للشرب يتم بطرق تقليدية باستعمال الطاقة الكهربائية أو الحرارية. من أجل تحديد المشاكل والتغلب عليها يجب توفير كمية كافية من المياه في المناطق التي تشكو نقصا فيه وخاصة المناطق الجافة. كما أن إنشاء محطات تحليه في هذه المناطق أمر في غاية الصعوبة لذلك نجد أن الحل البديل الذي يفرض نفسه حاليا هو استخدام الطاقة الشمسية كونها متجددة ونظيفة ومستدامة ولقد استغل العلماء ظاهرة التبخير والتكثيف باستخدام الطاقة الشمسية في اكتشاف المقطر الشمسي للحصول على مياه صالحة للشرب تعتمد على عملية التقطير الشمسي. فما هو التقطير الشمسي؟ وما هي هذه المقطرات؟ وما هو مبدأ عملها؟ وما هي أنواعها؟ [1].

1.3. التقطير الشمسي

1.3.1. تعريف التقطير الشمسي:

التقطير الشمسي هو أحد التقنيات البسيطة الشائعة في تحلية المياه، والتي لها نفس مبادئ الظواهر الطبيعية الحقيقية، فعند انبعاث الأشعة الشمسية على ماء البحيرات، الأنهار، أو المحيطات يسبب ذلك في تسخين الماء فيتبخر هذا الأخير ويرتفع إلى الأعلى لخفة وزنه، ثم تنقل الرياح البخار حتى يصل إلى مكان أكثر برودة فيتكثف مشكلا سحبا ثم يصبح مطرا أو ثلجا ، بمحاكاة هذه الظاهرة الطبيعية، نستطيع الحصول على مياه مقطرة باستعمال المقطرات الشمسية المصنعة محليا [17].

1.3.2. لمحة تاريخية عن التقطير الشمسي:

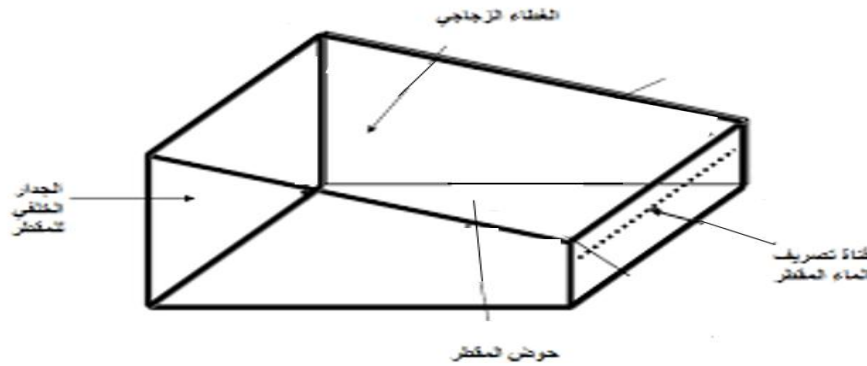
ظهرت أول فكرة للتقطير الشمسي في القرن 16 ممن قبل العالم الكيميائي العربي المسلم جابر بن حيان والمتمثل بالإنبيق [13]، ففي عام 1870 تم منح أول براءة اختراع أمريكية لجهاز التقطير الشمسي إلى نورمان ويلر والتون ايفانز وبعد عامين بدأ المهندس السويدي يلي تشارلز ويلسون في بناء محطة تقطير بالطاقة الشمسية لتوفير المياه العذبة للعمال في منقار الملح والفضة، عملت بشكل مستمر لمدة 40 عاما وأنتجت ما متوسط 7.22kg من الماء المقطر يوميا باستخدام النفايات السائلة الناتجة عن عمليات التعدين كمياه تغذية. التحلية بالطاقة الشمسية لمياه البحر والمياه الجوفية المالحة في الولايات المتحدة الحديثة تمتد من أوائل 1950 عندما اصدر الكونغرس قانون تحويل المياه المالحة، مما أدى لإنشاء مكتب المياه المالحة عام 1955 وكانت المهمة الرئيسية البحث والتطوير في مشاريع تحلية المياه وحل قضايا ندرة المياه في المجتمعات النائية والصحراوية، في الستينات والسبعينات تم بناء العديد من محطات التقطير الشمسي الحديثة على الجزر اليونانية مع قدرات تتراوح بين 2000

إلى 8500kg/J/m^2 , وفي عام 1984 تم بناء مصنع في ابوظبي بسعة 120m^2 في اليوم ولا يزال قيد التشغيل [10].

4.1. المقطر الشمسي:

1.4.1. تعريف المقطر الشمسي:

المقطر الشمسي عبارة عن صندوق خشبي ذو غطاء زجاجي شفاف يسمح بنقل الإشعاع الشمسي يحوي هذا الصندوق على كمية من الماء المالح فوق قاعدة سوداء، لامتصاص أكبر قدر من الإشعاع، وبتأثير حرارة الإشعاع تصبح درجة حرارة الماء داخل الصندوق أعلى مما يحيط به، الأمر الذي يساعد على تبخير الماء، ليتصاعد البخار ويتكاثف على السطح الداخلي للزجاج، ثم يتجمع في القناة الخاصة بالماء المقطر موضح في الشكل (1)[14].



الشكل (1-1): رسم تخطيطي لمقطر شمسي

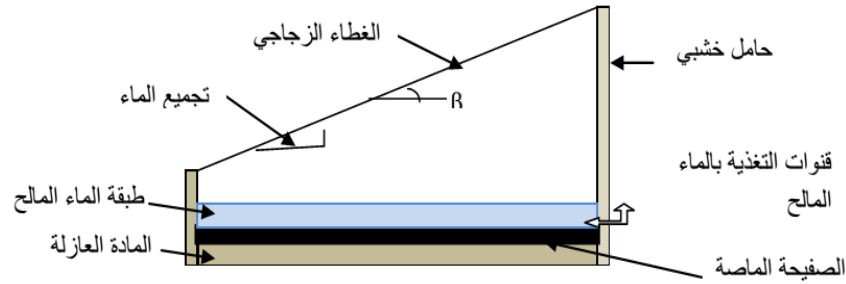
1.2.4. أنواع المقطرات الشمسية:

1.1.2.4. مقطر بدون تحسينات:

وهو المقطر الأكثر استعمالاً في العالم ، بحيث يحتوي على حوض مملوء بالماء المالح وملون باللون الأسود من أجل التقاط كمية كبيرة من الإشعاع الشمسي ويغطي بزجاج شفاف ويجب أن يكون هذا الأخير مائل ليتكاثف البخار في الجزء الداخلي للغطاء، من إيجابياته تركيبه وصيانته بسهولة وثمنه منخفض أما بالنسبة لسلبياته فتتمثل في إنتاجه الضعيف للمياه الصالحة للشرب.

❖ المقطر الشمسي بميل واحد:

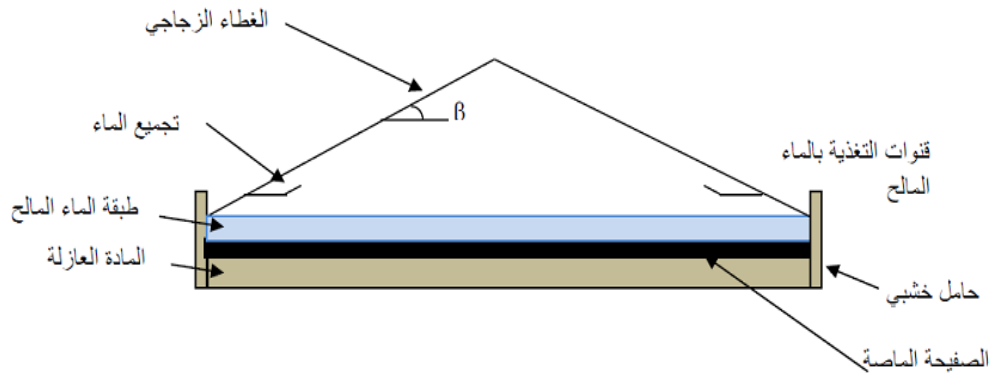
هو مقطر بلاقط واحد يحتوي على حوض مدهون بالأسود و به ماء مالح و يغطى بلوح من زجاج مائل بزواوية معينة وهذا ليكثف البخار على الجزء الداخلي له وهو سهل التنظيف نظرا لسهولة تركيبه موضح في الشكل (2)[4].



الشكل (1-2): المقطر البسيط بميل واحد

❖ المقطر الشمسي بميلين:

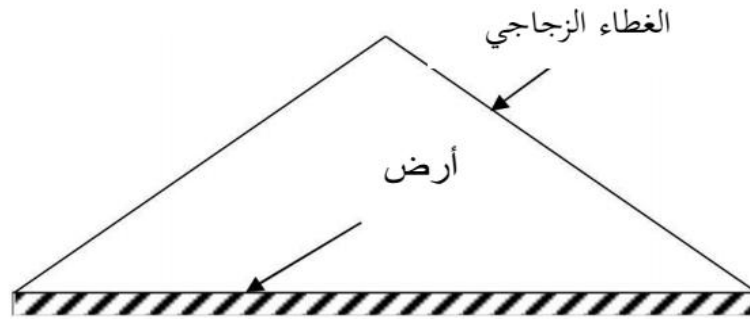
يسمى كذلك مقطر بلاقطين حيث كل منهما يميل بزواوية (β)، ومن مميزاته أن أحدهما يوجه للشمس والأخر للظل لتسريع عملية التكثيف موضح في الشكل (3) [4].



الشكل (1-3): المقطر البسيط بميلين

❖ المقطر شمسي أرض-ماء:

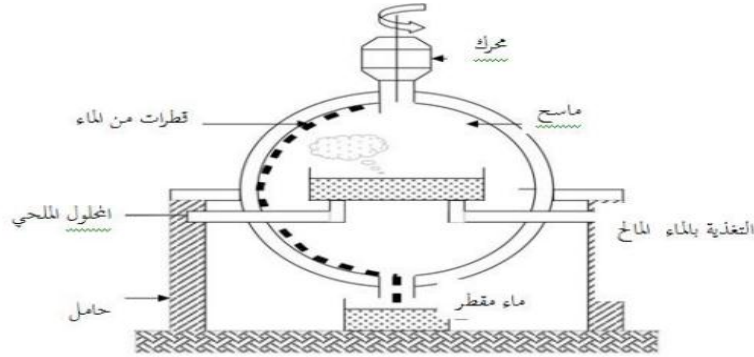
كميات كبيرة من الرطوبة تخزن وتدخر في الأرض لتعود للغلاف الجوي في المناطق الجافة خلال الفصل الساخن لإتمام الدورة الهيدروجينية الطبيعية، لهذا نستعمل المقطر الشمسي (أرض - ماء) الذي يشبه المقطر ذو ميلين فقط نعوض الحوض الأسود بالأرض موضح في الشكل (4) [4].



الشكل (4-1): مقطر شمسي أرض . ماء

❖ المقطر كروي بماسح:

هذا النوع من المقطرات أول من اقترحه هو Pr.Menguy بجامعة لندن، ويكون على هيئة كرة شفافة مصنوعة من الزجاج في وسطها حوض دائري أفقي، له لون اسود يعمل كماص للإشعاع الحراري، يوضع فيه الماء المالح لتبخيره، ثم يتكاثف هذا البخار المتصاعد إلى أن يمس السطح الداخلي للزجاج، ثم يجمع في أسفل الشكل الكروي، ولجعل الزجاج شفافا يستعمل في السطح الداخلي ماسح يدور بواسطة محرك كهربائي في أعلى المقطر موضح في الشكل (5). [1]، [5]، [6].



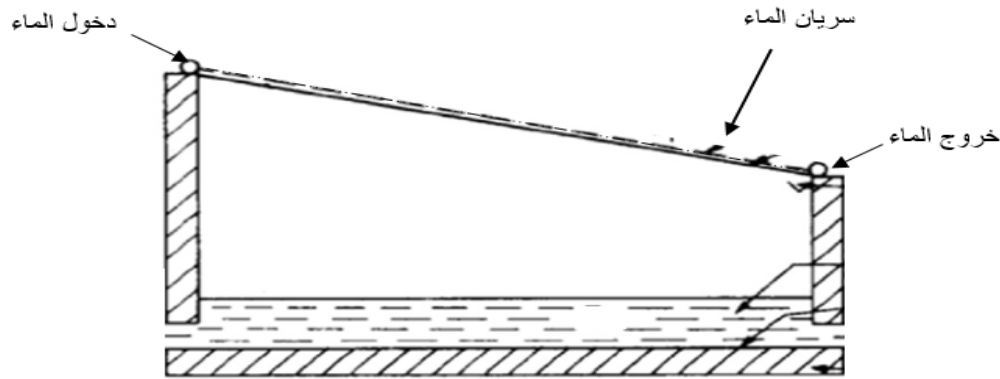
الشكل (1-5): مقطر كروي بماسح

2.2.4.1. مقطر بتحسينات:

✓ مقطر شمسي بسيط تم تحسين مكثفه:

➤ تمرير الماء على المكثف:

وذلك باستخدام الماء لما له من مميزات في زيادة تبريد المتكاثف، ومضاعفة كمية البخار المتكاثف على سطحه، وكذا لقلّة تكلفته، نقوم بتبريد المكثف بالماء وذلك بتمرير الماء فوق السطح الخارجي الزجاج من الأعلى نحو الأسفل بكميات قليلة بشكل طبقة رقيق من الماء موضح في الشكل (6). [8] [9].



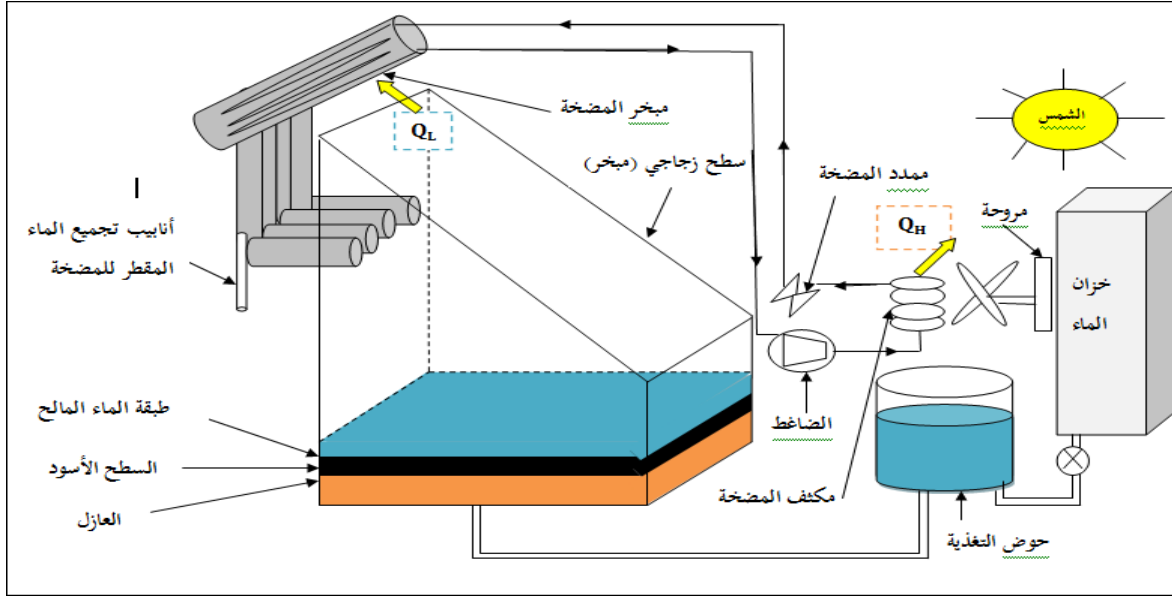
الشكل (1-6): رسم تخطيطي لمقطر شمسي بسريان الماء فوق المكثف

➤ الزيادة في سرعة الرياح لتبريد الزجاج:

سرعة الرياح لها تأثير كبير على درجة حرارة الزجاج، بسبب ارتفاع انتقال الحرارة بالحمل الحراري من الغطاء الزجاجي للغلاف الجوي مما يؤدي الزيادة في إنتاجية اليومية لتقطير الشمسي، لأن الإنتاجية تعتمد بشكل أساسي على درجة الحرارة الفرق بين ماء الحوض والغطاء الزجاجي (المكثف) [10].

➤ استعمال المضخة الحرارية:

تم تحسين مردود المقطر الشمسي عن طريق مضخة حرارية وذلك عبر إضافة مبخر مضخة حرارية (مكثف 2) إلى الجزء الخلفي من خلية التقطير، حيث يتم وضع مبخر المضخة و هو عبارة عن أنبوب ملتف من النحاس داخل أنبوب بلاستيكي قطره (110mm) موصول بخلية التقطير من الخلف بأربع أنابيب ذات قطر (110mm) ، ووضع مكثف المضخة في حوض التغذية الأولي للمقطر، أي بمعنى يوجد مكثفين (مكثف 1) (المقطر الشمسي) ومكثف 2 (المضخة الحرارية). أظهرت النتائج أن متوسط الإنتاج اليومي من المقطر البسيط حوالي 2.75kg/m^2 . تم تحسين هذه الكمية إلى 9.60kg/m^2 وتقدر إنتاجية المياه بحوالي 2.5 مرة أعلى من المقطر البسيط [12] كما موضح في الشكل (7).

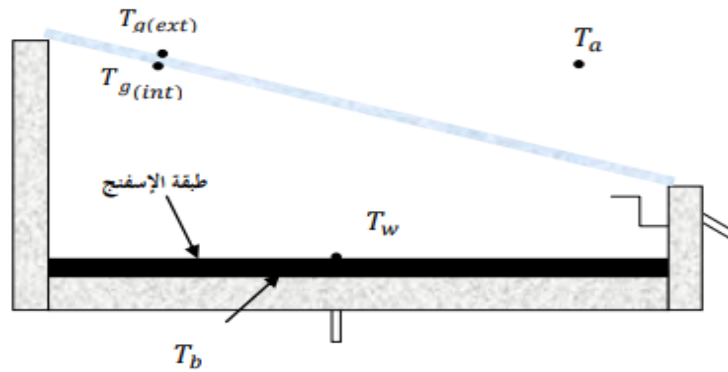


الشكل (7-1): مقتر شمسي مربوط بمضخة حرارية

✓ المقتر الشمسي بسيط تم تحسين مبخره:

➤ باستعمال الإسفنج:

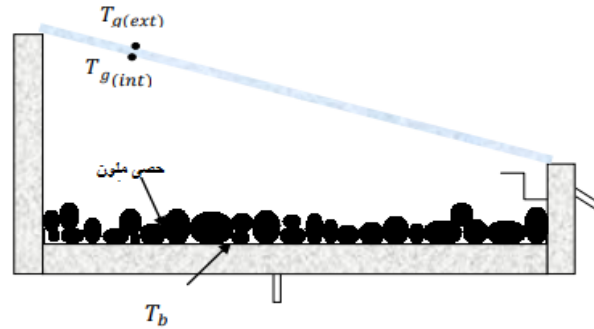
يمكن تحسين أداء المقتر البسيط بإجراء تعديلات على المبخر كإضافة الإسفنج لسطح المبخر، فهو يساعد على الحفاظ على كمية من المياه المالحة وأيضا الحرارة حيث يقوم بتسخين المياه الموجودة بداخله بواسطة الأشعة الشمسية التي امتصها موضح الشكل (8) [17]



الشكل (8-1): مقتر شمسي بوجود طبقة من الإسفنج

➤ باستعمال الحصى:

توفر الشمس إمدادًا وفيرًا من الطاقة ولكنها متقطعة ولا يمكن التنبؤ بها. لذلك نقوم باستخدام بعض أنواع مواد التخزين (PCM) لتخزين الطاقة الحرارية الزائدة خلال أوقات سطوع الشمس واستخدامها لاحقًا أثناء الليل. و من بين مواد تخزين الطاقة البسيط، هي بإضافة الحصى لسطح المبخر بحجم 20-30مم وكانت الإنتاجية بنسبة 19%. حيث يعمل الحصى على اكتساب حرارة وهي بدورها تقوم بتسخين الماء وغليانه مما يؤدي إلى تبخره. [11].



الشكل (9-1): مقطر شمسي بوجود طبقة من حصى ملون بالأسود

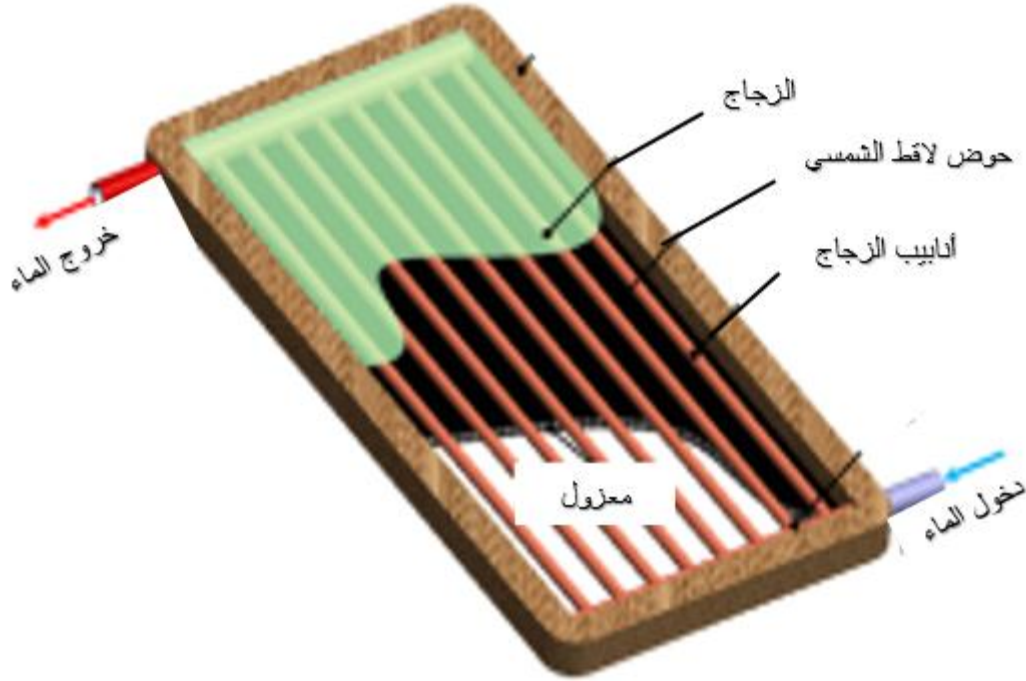
➤ بإضافة اللاقط الشمسي:

1. دمج بلاقط بوجود الماء:

- لاقط متعدد الأنابيب:

تعد هذه الأنواع الأكثر انتشارا، حيث تتكون من لوح مسطح داكن اللون لامتصاص الطاقة الشمسية، وغطاء شفاف يسمح بمرور الأشعة إلا أنه يقلل من فقدان الحرارة، كما تحتوي على سائل لنقل الحرارة و لإزالتها من لوح الامتصاص وأيضا غطاء لعزل الحرارة. يحتوي لوح الامتصاص على صحيفة رقيقة لامتصاص مصنوعة من الألمنيوم أو النحاس ذات طلاء أسود لامع، توضع في غلاف معزول من الزجاج. وفي ألواح تسخين المياه، عادة

ما يتم تمرير السائل خلال أنابيب لنقل الحرارة من لوح الامتصاص إلى خزان مياه معزول.
[15].

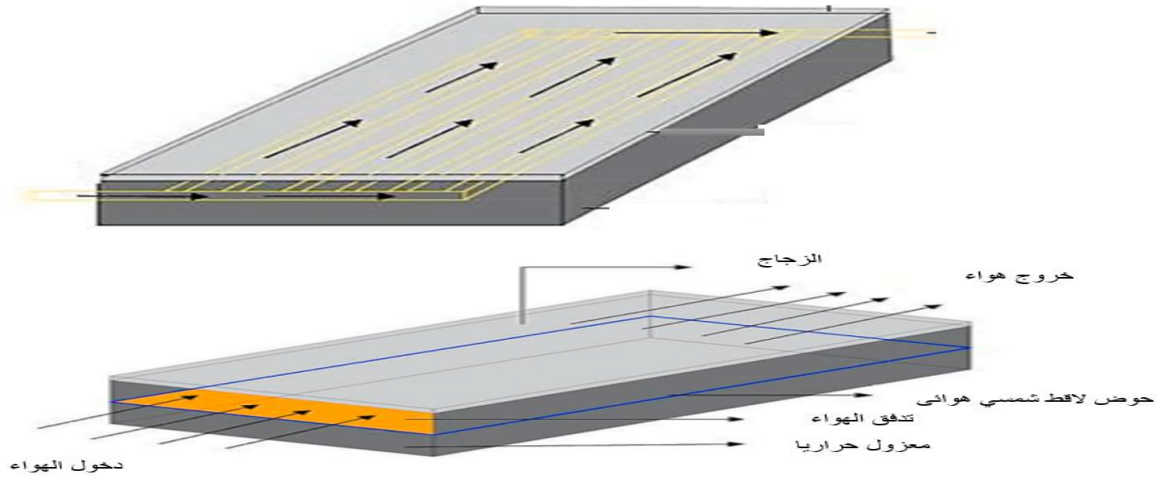


الشكل (10-1): لاقط شمسي متعدد أنابيب

2. دمج بلاقط بوجود هواء:

- مجمعات الألواح المسطحة:

عبارة صفيحة مسطحة معزولة حراريا بزواوية ميل 30 درجة ذو غطاء زجاجي شفاف يسمح بنقل الإشعاع الشمسي، يتدفق الهواء داخله معتمدا على مبدأ دافعة أرخميدس بحيث صعود الهواء الساخن إلى الأعلى ونزول الهواء البارد إلى الأسفل، حيث بفضل الإشعاع الشمسي يسخن الهواء المتدفق من الخارج إلى داخل لاقط الشمسي والشكل (10) يوضح ذلك.[16].



الشكل (11-1): لاقط شمسي هوائي

5.1. الخاتمة:

من أجل توفير المياه الصالحة للشرب تم الاستعانة بالتقطير الشمسي لأنها تقنية مستدامة ونظيفة ومن أجل تحسينها والسعي في زيادة الإنتاج اليومي تم في هذا الفصل دراسة المقطر الشمسي بأنواعه المعروفة والمتداولة في جميع أنحاء العالم (بدون تحسينات والمحسنة)، يعتبر المقطر الشمسي ذو الميل الواحد من أسهل المقطرات تركيباً والأكثر شيوعاً في العالم ولا يحتاج إلى جهد وتكلفة صعبة مقارنة مع أنواع المقطرات الأخرى.

الفصل الثاني

الدراسة النظرية للمقتر الشمسي البسيط

يحتوي هذا الفصل على أنواع الانتقالات الحرارية و مختلف معادلات التوازن الحراري في عملية التقطير و المتمثلة في

- معادلة حفظ الطاقة حول الزجاج V
- معادلة حفظ الطاقة حول الماء e
- معادلة حفظ الطاقة حول السطح الأسود الماص للحرارة b
- المحاكاة العددية للمقتر الشمسي

1.11. المقدمة

نستعرض في هذا الفصل الظواهر الأساسية لانتقال الحرارة (توصيل، حمل، إشعاع) ومختلف التبادلات الطاقوية الخارجية والداخلية على مستوى المقطر الشمسي البسيط (الشاهد والمحسن) ، إضافة إلى العلاقات الرياضية الخاصة بالتدفقات الحرارية وكذا التوازن الحراري على مستوى أجزاء المقطر ، كما سنتعرف على المحاكاة العددية ومختلف خطوات البرمجة الرقمية لحساب إنتاجية وفعالية عملية التقطير الشمسي.

2.11. انتقال الحرارة: انتقال الحرارة هو تحرك كمية من الطاقة على شكل حرارة عبر وسط معين وفق التدرج (من نقطة أعلى درجة إلى نقطة أقل درجة) ، ويتم هذا الانتقال مهما كان نوع الوسط ، إما عن طريق التصادمات المجهرية بين جزيئات المادة وهو ما يسمى بالتوصيل الحراري ، أو عن طريق الحركة الميكروسكوبية (العينية) للمائع ويسمى هذا النوع بالحمل الحراري ، أو على شكل إشعاعات كهرومغناطيسية في الفراغ ويسمى هذا النوع انتقال بالإشعاع [1].

3.11. أنماط انتقال الحرارة:

1.3.11. التوصيل الحراري: هو انتقال الحرارة بشكل مباشر من جسيم إلى آخر بالاتصال بين الجسيمات ، ويكون في الأوساط الساكنة والمستقرة نسبياً (الحركة المجهرية للجسيمات مهملة) ، ويعبّر عن كمية الحرارة المنتقلة بالتوصيل في وحدة الزمن بقانون فوري للتوصيل [1]:

$$\frac{dQ}{dt} = -KA \frac{dT}{dx} \quad [1.11]$$

K : معامل انتقال الحرارة (W/m. °C).

A : مساحة سطح التبادل (m^2).

II.3.2. الحمل الحراري: يكون في أوساط الموائع (غازات أو سوائل) ، وهو انتقال الحرارة نتيجة للحركة الميكروسكوبية (العينية) للمائع ، ويتم فيه انتقال للطاقة والكتلة معاً ، وهو سريع جداً مقارنة بالتوصيل ، وهو نوعان :

- **حمل حراري طبيعي (حر):** يتم انتقال الحرارة عن طريق الحركة العشوائية للمائع دون تدخل عوامل خارجية، مثل: حركة الرياح، تيارات المياه،..... الخ .
- **حمل حراري قسري:** عند التأثير على حركة المائع بقوة ميكانيكية ، كالمروحة الهوائية، مضخة، الرّج الخ

ويعبر عن كمية الحرارة المنتقلة بالحمل الحراري لوحدة الزمن بقانون نيوتن للحمل [1] :

$$\frac{dQ}{dt} = hA(T_{\infty} - T_s) \quad [2. II]$$

h : معامل الحمل الحراري ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) .

II.3.3. الإشعاع الحراري: هو انتشار الحرارة في الفراغ على شكل إشعاعات كهرومغناطيسية ، دون الحاجة لوجود مادة بين السطح الباث والسطح الماص للحرارة ، ويعبر عن التدفق الحراري المنبث من السطح الباث بقانون ستيفان - بولتزمان [1] :

$$M = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4 \quad [3. II]$$

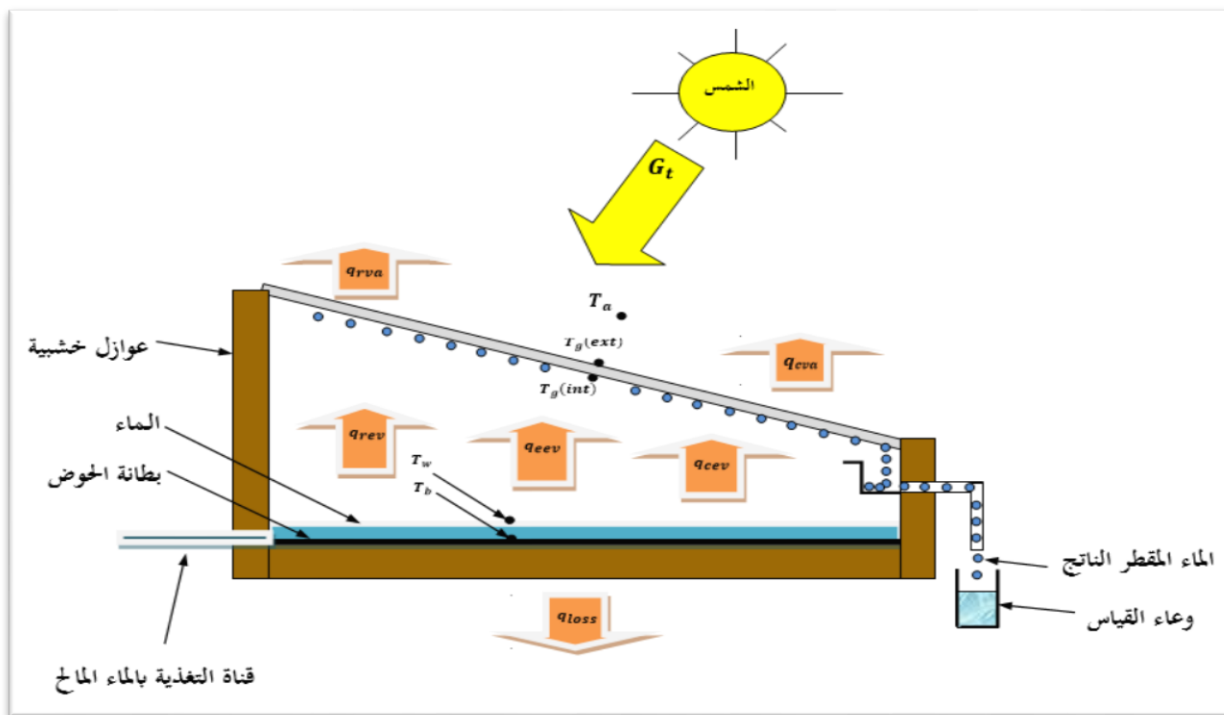
M : الإنبعاثية الإشعاعية للسطح الباث (W/m^2)

ε : معامل الإنبعاث الإشعاعي للسطح الباث (بدون وحدة) .

σ : ثابت ستيفان - بولتزمان ($W/m^2 \cdot K^4$)

4.11. التدفقات الحرارية في المُقَطَّر الشمسي البسيط:

تنقسم التدفقات الحرارية إلى نوعين خارجية وداخلية كما و موضح في الشكل (1-11).



الشكل (1-11): رسم تخطيطي للتدفقات الحرارية على مستوى المقطر

4.11.1. التدفقات الحرارية الخارجية:

- ✓ G : شدة الإشعاع الشمسي الحراري الساقط على السطح المائل لغطاء المقطر (زجاج مائل بزاوية θ) مأخوذ ب: $\frac{W}{m^2}$ وفي معظم المراجع يسمى الإشعاع المباشر الناظمي على السطح المائل بزاوية θ ، ويسمى في المراجع المتخصصة في الإشعاع الاستتارة الأرضية (Luminance).
- ✓ $\rho_g G$: مقدار الإشعاع الحراري المنعكس بفعل السطح الخارجي للغطاء، بحيث يساوي الإشعاع الساقط مضروب في معامل الانعكاسية ρ_g للغطاء.
- ✓ التدفقات الحرارية الضائعة من المقطر بين الغطاء الزجاجي والهواء، وذلك بالإشعاع والحمل تعطى حسب العلاقات التالية :

Q_{cva} : الحرارة المنتقلة بالحمل بين الزجاج والهواء الجوي ، وتحسب بالعلاقة التالية [18]:

$$Q_{cva} = A_v h_{cva} (T_v - T_{sky}) \quad [4. II]$$

h_{cva} : معامل الحمل الحراري بين الزجاج والهواء [19]

$$\begin{cases} h_{cva} = 2.8 + 3V_{vent} & : \text{لما } V_{vent} \leq 5m/s \\ h_{cva} = 6.18(V_{vent})^{0.8} & : \text{لما } V_{vent} > 5m/s \end{cases} \quad [5. II]$$

حيث: V_{vent} : تمثل سرعة الرياح

Q_{rva} : الحرارة المنتقلة بالإشعاع بين الزجاج والهواء ، تعطى بالعلاقة [18]:

$$Q_{rva} = h_{rva} A_v (T_v - T_a) \quad [6. II]$$

h_{rva} : معامل انتقال الحرارة بالإشعاع بين الزجاج [18]

$$h_{rva} = \frac{\varepsilon_v \sigma [(T_v + 273.15)^4 - (T_{sky} + 273.15)^4]}{(T_v - T_a)} \quad [7. II]$$

$$T_{sky} = T_a - 6 \quad [8. II]$$

$\varepsilon_v \cong 0.9$: معامل الانبعاث الإشعاعي للسطح الخارجي للزجاج

T_{sky} : درجة الحرارة الفعلية للقبة السماوية .

2. 4. II. التدفقات الحرارية الداخلية:

✓ Q_{rev} : كمية الحرارة المنتقلة بالإشعاع بين الماء والسطح الداخلي للزجاج ، تحسب كالتالي [19]:

$$Q_{rev} = h_{rev} A_e (T_e - T_{v1}) \quad [9. II]$$

ε_e : معامل الانبعاث الإشعاعي للماء له قيمة تقريبية $\cong 0,9$.

h_{rev} : معامل انتقال الحرارة بالإشعاع بين الماء والسطح الداخلي للزجاج ، يعطى بالعلاقة التالية: [18]

$$h_{rev} = \frac{\varepsilon_{eff} \sigma [(T_e + 273.15)^4 - (T_v + 273.15)^4]}{(T_e - T_v)} \quad [10. II]$$

$$\varepsilon_{eff} = \left[\frac{1}{\varepsilon_e} + \frac{1}{\varepsilon_v} - 1 \right]^{-1} \quad \text{حيث: [11.ii]}$$

ε_{eff} : معامل الانبعاث الإشعاعي للماء له قيمة تقريبية 0,9 $\varepsilon_{eff} \cong 0,9$.

✓ Q_{cev} : كمية الحرارة المنتقلة بالحمل بين الماء والسطح الداخلي للزجاج تحسب بالعلاقة التالية: [19]

$$Q_{cev} = h_{cev} A_e (T_e - T_v) \quad \text{[12.ii]}$$

h_{cev} : معامل الحمل الحراري بين الماء والزجاج ، يحسب بالعلاقة: [18]

$$h_{cev} = 0.884 \left[T_e - T_v + \frac{(P_e - P_v)(T_e + 273.15)}{268.9 \times 10^3 - P_e} \right]^{\frac{1}{3}} \quad \text{[13.ii]}$$

P_e و P_v : ضغط البخار عند سطح الماء والسطح الداخلي للزجاج على الترتيب ، يحسب كالتالي: [18]

$$P(T) = \exp \left(25.317 - \frac{5144}{T + 273.15} \right) \quad \text{[14.ii]}$$

✓ Q_{eev} : الحرارة المنتقلة بالتبخير بين الماء والسطح الداخلي للزجاج، تحسب بالعلاقة: [19]

$$Q_{eev} = h_{eev} A_e (T_e - T_v) \quad \text{[15.ii]}$$

h_{eev} : معامل انتقال الحرارة بالتبخير بين الماء والسطح الداخلي للزجاج ، ويحسب كالتالي: [18]

$$h_{eev} = 16.273 \times 10^{-3} h_{cev} \frac{(P_e - P_v)}{(T_e - T_v)} \quad \text{[16.ii]}$$

✓ Q_{cbe} : الحرارة المنتقلة بالحمل بين الماء والسطح الماص للحرارة ، تعطى بالعلاقة التالية: [19]

$$Q_{cbe} = h_{cbe} A_b (T_b - T_e) \quad \text{[17.ii]}$$

h_{cbe} : معامل الحمل الحراري بين الماء والسطح الماص .

✓ Q_{dba} : الحرارة المنتقلة بالتوصيل عبر السطح الماص ، تحسب بالعلاقة: [20]

$$Q_{dba} = h_{dba} A_b (T_b - T_{sky}) \quad \text{[18.ii]}$$

h_{dba} : معامل التوصيل الحراري ، يحسب بالعلاقة: [20]

$$h_{dba} = \frac{1}{\frac{1}{h_{cbe}} + \frac{E_{iso}}{\lambda_{iso}} + \frac{1}{h_{ciso}}} \quad [19.ii]$$

✓ Q_{loss} : الحرارة الضائعة بالحمل والإشعاع على الترتيب بين السطح الماص والعازل. [18]

$$Q_{loss} = Q_{rba} + Q_{cba} \quad \text{حيث: [20.ii]}$$

$$Q_{cba} = h_{cba}A_b(T_b - T_{ISO}) \quad [21.ii]$$

h_{cba} : معامل الحمل الحراري للسطح الماص.

$$Q_{rba} = h_{rba}A_b(T_b - T_{ISO}) \quad [22.ii]$$

h_{rba} : معامل الإشعاع الحراري للسطح الماص.

5.ii. التوازن الحراري على مستوى أجزاء المقطر الشمسي البسيط:

في الحالة البسيطة يتركب المقطر من ثلاث مستويات:

✓ **المستوى الأول:** الغطاء (زجاج أو بلاستيك).

✓ **المستوى الثاني:** هو الماء المعرض للتبخير.

✓ **المستوى الثالث:** هو السطح الأسود (ذو اللون الأسود) والماص للإشعاع الحراري.

وهذا التقسيم ناتج من التدرج في درجة الحرارة بين هذه المستويات. ففي كل مستوى نحسب مجموع

التدفقات الداخلية ومجموع التدفقات الخارجية من المستوي، ونساوي بين المجموعين فنحصل على معادلة

التوازن الحراري في كل مستوي، وهذا تبعاً لمبدأ التماثل بين انتقال الحرارة وانتقال الشحن الكهربائية، فقانون

كيرشوف للعقد ينص على أن: (مجموع التيارات الداخلة = مجموع التيارات الخارجة من العقدة).

5.11 . 1. معادلات التوازن الحراري للمقتر الشاهد (1):

❖ التوازن الحراري على مستوى الزجاج (v_1):

يمتصُّ الزجاج الإشعاع الشمسي $\alpha_{v1}G$ الناظمي على السطح المائل عن الأفق بزاوية (θ_1) ، ويتبادل

الحرارة مع الماء بالحمل Q_{cev1} ، والتبخير Q_{eev1} ، والإشعاع Q_{rev1} ، كما يتبادل الحرارة مع الهواء

الجوي بالحمل Q_{cv1a} ، والإشعاع Q_{rv1a} ، وفق المعادلة التالية : [19]

$$m_{v1}C_{pv1} \frac{dT_{v1}}{dt} = \alpha_{v1}GA_{v1} + Q_{rev1} + Q_{cev1} + Q_{eev1} - (Q_{rv1a} + Q_{cv1a}) \quad [23.11]$$

$$\rho_{v1}E_{v1}C_{pv1} \frac{dT_{v1}}{dt} \quad [24.11]$$

$$= - \left[\frac{A_e}{A_{v1}} (h_{rev1} + h_{cev1}) + (h_{rv1a} + h_{cv1a}) \right] T_{v1} + \frac{A_e}{A_{v1}} (h_{rev1} + h_{cev1}) T_e$$

$$+ 0T_{b1} + \left[(h_{rv1a} + h_{cv1a}) T_{sky} + \frac{A_e}{A_{v1}} h_{eev1} + \alpha_{v1}G \right]$$

❖ التوازن الحراري على مستوى طبقة الماء المالح (e_1):

يستقبل الماء المالح الإشعاع الشمسي المار عبر الزجاج $\alpha_e \tau_{v1}G$ ، والحرارة المنقولة بالحمل من

الصفحة الماصة Q_{cb1e} ، كما يتبادل الحرارة مع السطح الداخلي للزجاج بالحمل Q_{cev1} ، والإشعاع Q_{rev1} ،

والتبخير Q_{eev1} ، وفق المعادلة التالية : [19]

$$m_e C_{pe} \frac{dT_e}{dt} = \alpha_e \tau_{v1} G A_e + Q_{cb1e} - (Q_{rev1} + Q_{cev1} + Q_{eev1}) \quad [25.11]$$

$$\rho_e E_e C_{pe} \frac{dT_e}{dt} = \left(\frac{A_{v1}}{A_e} (h_{rev1} + h_{cev1}) \right) T_{v1} - \left(\frac{A_{v1}}{A_e} (h_{rev1} + h_{cev1}) + h_{cb1e} \right) T_e \quad [26.11]$$

$$+ h_{cb1e} T_{b1} + \left[\alpha_e \tau_{v1} G + h_{eev1} \frac{A_{v1}}{A_e} \right]$$

❖ التوازن الحراري على مستوى الصفيحة الماصة (b_1):

تمتص الصفيحة b_1 الإشعاع الشمسي المار عبر الماء $\alpha_{b_1}\tau_e\tau_{v_1}G$ وتفقد حرارة بالحمل نحو الماء Q_{cb1e}

ونحو العوازل Q_{loss} ، حيث:

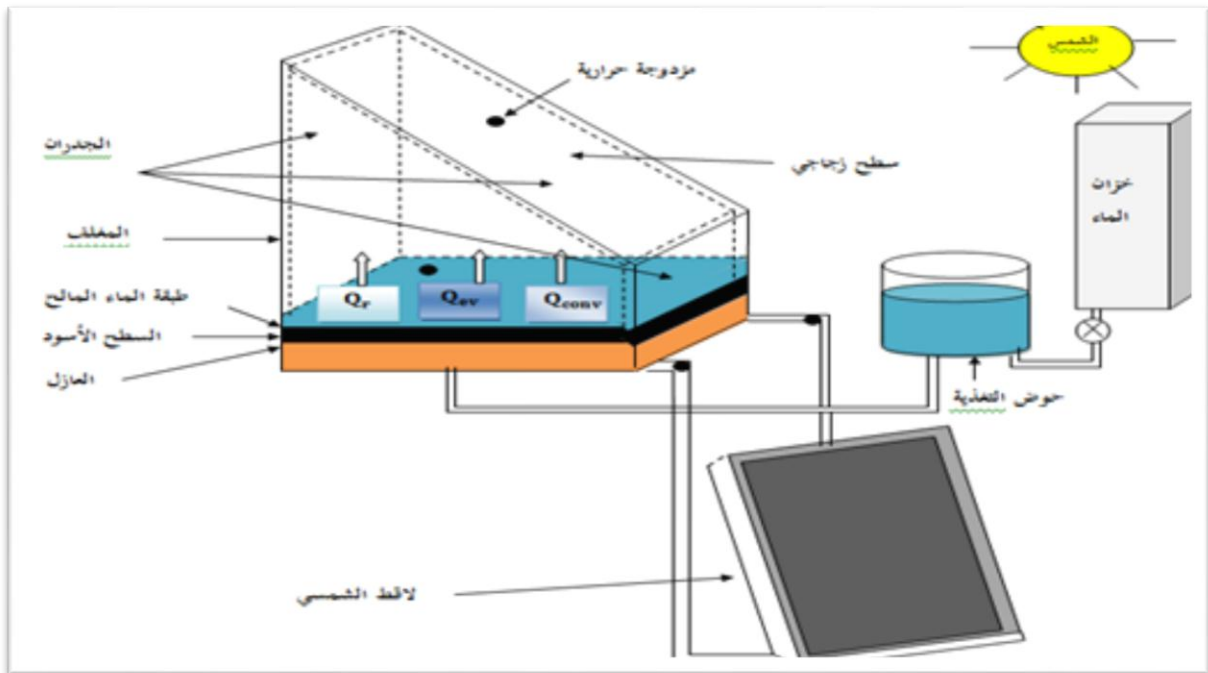
$$Q_{loss} = Q_{rb1,a} + Q_{cb1,a} + Q_{db1,a} \quad [27.ii]$$

وفق المعادلة التالية: [19]

$$m_{b_1}C_{pb_1} \frac{dT_{b_1}}{dt} = \alpha_{b_1}\tau_e\tau_{v_1}GA_{b_1} - Q_{cb1e} - (Q_{db1a} + Q_{rb1a} + Q_{cb1,a}) \quad [28.ii]$$

$$\begin{aligned} \rho_{b_1}E_{b_1}C_{pb_1} \frac{dT_{b_1}}{dt} &= 0T_{v_1} + h_{cb1e}T_e - (h_{cb1e} + h_{db1a} + h_{rb1a} + h_{cb1a})T_{b_1} \\ &+ [(h_{cb1a} + h_{rb1a})T_{ISO} + \alpha_{b_1}\tau_e\tau_{v_1}G] \end{aligned} \quad [29.ii]$$

2.5.ii. معادلات التوازن الحراري للنموذج المحسن: (2)



شكل (2-ii): رسم تخطيطي للنموذج المحسن للمقطر الشمسي البسيط

11. 5. 2. 1. معادلات التوازن الحراري على مستوى اللاقط الشمسي (C):

❖ التوازن الحراري على مستوى الزجاج (vc):

يمتص زجاج اللاقط الإشعاع الشمسي $\alpha_{vc} G$ الوارد إلى السطح المائل عن الأفق بزاوية (θ_2) ، ويكتسب

حرارة من الصفيحة الماصة بالحمل Q_{cbvc} والإشعاع Q_{rbvc} ، كما يفقد حرارة نحو الهواء الجوي بالحمل

Q_{cvca} ، والإشعاع Q_{rvca} ، وفق المعادلة [20] :

$$m_{vc} C_{pvc} \frac{dT_{vc}}{dt} = \alpha_{vc} G A_{vc} + Q_{cbvc} + Q_{rbvc} - Q_{rvca} - Q_{cvca} \quad [30.11]$$

$$\rho_{vc} E_{vc} C_{pvc} \frac{dT_{vc}}{dt} \quad [31.11]$$

$$= - \left[(h_{rbvc} + h_{cbvc}) \frac{A_{bc}}{A_{vc}} + (h_{rvca} + h_{cvca}) \right] T_{vc} \\ + (h_{rbvc} + h_{cbvc}) \frac{A_{bc}}{A_{vc}} T_{bc} + (h_{rvca} + h_{cvca}) T_{sky} + \alpha_{vc} G$$

❖ التوازن الحراري على مستوى الصفيحة الماصة (bc):

تتمثل المبادلات الحرارية على مستوى الصفيحة الماصة في امتصاص الإشعاع الشمسي المار عبر

الزجاج $\alpha_{bc} \tau_{vc} G$ ، وتبادل الحرارة بالحمل مع الزجاج من جهة Q_{rbvc} ، والإشعاع Q_{cbvc} ، ومع مدخل

المغلف Q_{rbcmoy} ، Q_{cbcmoy} من جهة أخرى إضافة إلى التدفق الحراري بالتوصيل عبر الطبقة الماصة

نحو العوازل Q_{dbca} ، وفق المعادلة التالية: [20]

$$m_{bc} C_{pbc} \frac{dT_{bc}}{dt} = \alpha_{bc} \tau_{vc} G A_{bc} - Q_{rbvc} - Q_{cbvc} - Q_{dbca} - Q_{rbcmoy} - Q_{cbcmoy} \quad [32.11]$$

$$\rho_{bc} E_{bc} C_{pbc} \frac{dT_{bc}}{dt} \quad [33.11]$$

$$= (h_{rbvc} + h_{cbvc}) T_{vc} - (h_{rbvc} + h_{cbvc} + h_{dbca} + h_{rbcmoy} + h_{cbmoy}) T_{bc} \\ + (h_{rbcmoy} + h_{cbcmoy}) T_{moy} + h_{dbca} T_{sky} + \alpha_{bc} \tau_{vc} G$$

2.2.5.II. التوازن الحراري على مستوى أجزاء المقطر (2):

التبادلات الحرارية على مستوى أجزاء المقطر المحسن (الزجاج والماء) هي نفسها في المقطر الشاهد، الاختلاف يكون فقط على مستوى السطح الأسود الماص للحرارة (b₂)

❖ التوازن الحراري على مستوى الزجاج (v₂):

$$m_{v2}C_{pv2} \frac{dT_{v2}}{dt} = \alpha_{v2}GA_{v2} + Q_{rev2} + Q_{cev2} + Q_{eev2} - (Q_{rv2a} + Q_{cv2a}) \quad [34.II]$$

$$\begin{aligned} \rho_{v2}E_{v2}C_{pv2} \frac{dT_{v2}}{dt} &= - \left[\frac{A_e}{A_{v2}} (h_{rev2} + h_{cev2}) + (h_{rv2a} + h_{cv2a}) \right] T_{v2} + \frac{A_e}{A_{v2}} (h_{rev2} + h_{cev2}) T_e \\ &+ 0T_{b2} + \left[(h_{rv2a} + h_{cv2a}) T_{sky} + \frac{A_e}{A_{v2}} h_{eev2} + \alpha_{v2}G \right] \end{aligned} \quad [35.II]$$

التوازن الحراري على مستوى طبقة الماء المالح (e):

$$m_e C_{pe} \frac{dT_e}{dt} = \alpha_e \tau_{v2} G A_e + Q_{cb2e} - (Q_{rev2} + Q_{cev2} + Q_{eev2}) \quad [36.II]$$

$$\begin{aligned} \rho_e E_e C_{pe} \frac{dT_e}{dt} &= \left(\frac{A_{v2}}{A_e} (h_{rev2} + h_{cev2}) \right) T_{v2} - \left(\frac{A_{v2}}{A_e} (h_{rev2} + h_{cev2}) + h_{cb2e} \right) T_e \\ &+ h_{cb2e} T_{b2} + \left[\alpha_e \tau_{v2} G + h_{eev2} \frac{A_{v2}}{A_e} \right] \end{aligned} \quad [37.II]$$

❖ التوازن الحراري على مستوى الصفيحة الماصة (b₂):

يتمصُ السطح الأسود الإشعاع الشمسي النافذ عبر الماء $\alpha_{b2} \tau_e \tau_{v2} G$ ، ويفقد الحرارة بالتوصيل باتجاه الطبقة العازلة Q_{db2a} ، كما يتبادل الطاقة مع مدخل المغلف بالحمل Q_{cb2moy} ، والإشعاع Q_{rb2moy} ،

إضافة إلى الحرارة المنتقلة بالحمل نحو الماء Q_{cb2e} ، وفق المعادلة التالية [19]:

$$m_{b2}C_{pb2} \frac{dT_{b2}}{dt} = \alpha_{b2} \tau_e \tau_{v2} G A_{b2} - Q_{cb2e} - Q_{db2a} - (Q_{rb2moy} + Q_{cb2moy}) \quad [38.II]$$

$$T_{moy} = \left(\frac{T_{vc} + T_{bc}}{2} \right) \quad [39.11]$$

$$\rho_{b2} E_{b2} C_{pb2} \frac{dT_{b2}}{dt} = 0T_{v2} + h_{cb2e} T_e - (h_{cb2e} + h_{db2a} + h_{rb2moy} + h_{cb2moy}) T_{b2} + \left[\frac{A_{ent}}{A_{b2}} (h_{cb2moy} + h_{rb2moy}) T_{moy} + \alpha_{b2} \tau_e \tau_{v2} G \right] \quad [40.11]$$

6.11. وصف الجهاز: مكونات وأبعاد المقطر الشمسي البسيط :

الجهاز عبارة عن مقطر شمسي بسيط بميل واحد ،حيث سنعتمد في دراستنا على مقطرين الأول شاهد بدون تحسينات يتكون من :

غطاء زجاجي: أبعاده (35cm×65cm) وسمكه (4mm) ، يتميز بعدة خصائص فهو شفاف وله القدرة على امتصاص الأشعة الشمسية وحبس الأشعة تحت الحمراء التي تقوم بدورها بتسخين المالح داخل حوض التبخير.

طبقة الماء المالح: سمكها صغير جداً مقارنة بأبعاد الحوض لا يتجاوز (1.5cm) تمتص الإشعاع الوارد عبر الغطاء وتتبادل الحرارة مع مختلف أجزاء المقطر.

حوض التبخير: أبعاده (33,5cm×55,5 cm) وفيه يتم تسخين الماء المالح وتبخيره ،ولتحسين العملية يُطلّى بلون أسود غير لامع لزيادة امتصاص الأشعة.

أما المقطر الثاني المحسّن له نفس أبعاد المقطر الشاهد لكنه يوضع في مغلف خشبي مرتبط بلاقط شمسي هوائي أبعاده كالتالي:

- المغلف الخشبي: مصنوع من خشب.
- سمك الخشب: (12mm).
- أبعاد مغلف الخشبي: (الطول × العرض): (54cm × 78cm).
- لون سطح : أسود غير براق.

- سمك الزجاج: (4mm).

أبعاد اللاقط الشمسي الهوائي: الجزء الرئيسي (الطول × العرض): (58cm × 90cm).

والجزء المضاف: (58cm × 20cm)

- أبعاد الغطاء الزجاجي: (57cm × 78.5cm).

7.11. المحاكاة و النمذجة العددية:

7.11.1. تعريف المحاكاة :

المحاكاة في اللغة هي التقليد أو المماثلة .

المحاكاة هي أسلوب رياضي لدراسة وحل المشاكل المعقدة ،يعتمد على تصميم نموذج مناظر للنظام الحقيقي أو جزء منه خلال فترة زمنية محددة ، باستخدام الفرضيات المتعلقة بعمل النظام الحقيقي والتي تكون على شكل مجموعة من العلاقات الرياضية والمنطقية بهدف تحديد سلوك النظام ضمن شروط ومعايير مختلفة .

تمكننا هذه العملية من تقديم نتائج قريبة للواقع وتكشف لنا أهم الأخطاء ونقاط الضعف للتقليل من كلفة إنجاز المشروع.

7.11.2. تعريف برنامج FORTRAN:

هو اختصار لكلمتين إنجليزيتين (Formula Translation) وتعني ترجمة المعادلات، وهي لغة برمجة أمرية للأغراض العامة ومناسبة بشكل خاص للحسابات الرقمية والحوسبة العلمية، تُعد أولى لغات البرمجة ذات المستوى العالي ولا يزال استخدامها شائعاً حتى الآن في عدة مجالات حسابية مكثفة كالنتنبؤ العددي بالطقس ، وتحليل العناصر المحدودة و الجيو-فيزياء ...الخ.

II . 7 . 3 . مبدأ طريقة Runge-Kutta :

لدينا مشكلة كوشي التالية: [21]

$$\begin{cases} \frac{dT}{dt} = f(T(t), t); t \in [a, b] \\ T(t_0) = T_0 \end{cases} \quad [41. II]$$

لحل هذه المشكلة نستعمل طريقة Runge-Kutta الموضحة كالتالي من أجل عدة مستويات طاقوية n :

$$\begin{cases} K_1 = f(t_0, T_0) \\ K_2 = f(T_0 + ha_{21}K_1, T_0 + c_2h) \\ \vdots \\ K_n = f(T_0 + h \sum_{i=1}^{n-1} a_{ni}K_i, t_0 + c_nh) \\ T = T_0 + h \sum_{i=1}^n b_i K_i \end{cases} \quad [42. II]$$

II . 7 . 3 . 1 . تطبيق طريقة Runge-Kutta على جملة معادلات تفاضلية:

يمكن تطبيق هذه الطريقة على المقطر الشمسي البسيط كما يلي ، ليكن نظام المعادلات المحاكية للتوازن

الطاقوي في المقطر البسيط: [21]

$$\begin{cases} \frac{dT}{dt} = f_i(T(t), t) \quad t \in [t_{LS}, t_{CS}] \\ T(t_{LS}) = T_a \end{cases} \quad [43. II]$$

حيث: T : تمثل درجة الحرارة لمستويات المقطر $(T_{vc}, T_{bc}, T_{moy}, T_{b2}, T_e, T_{v2})$.

f_i : دالة لمتغيرين هما درجة الحرارة لمختلف أجزاء المقطر T والزمن t حيث: $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

خوارزمية Runge-Kutta من الرتبة الرابعة تكتب كالتالي:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 K_1^i = hf_i(t_n, T(t_n)) \\
 K_2^i = hf_i\left(t_n + \frac{h}{2}, T(t_n) + \frac{K_1^i}{2}\right) \\
 K_3^i = hf_i\left(t_n + \frac{h}{2}, T(t_n) + \frac{K_2^i}{2}\right) \\
 K_4^i = hf_i\left(t_n + \frac{h}{2}, T(t_n) + \frac{K_3^i}{2}\right) \\
 T_{vc}(t_{n+1}) = T_{vc}(t_n) + \frac{1}{6}(K_1^1 + 2K_2^1 + 2K_3^1 + K_4^1) \\
 T_{bc}(t_{n+1}) = T_{bc}(t_n) + \frac{1}{6}(K_1^2 + 2K_2^2 + 2K_3^2 + K_4^2) \\
 T_{moy}(t_{n+1}) = T_{moy}(t_n) + \frac{1}{6}(K_1^3 + 2K_2^3 + 2K_3^3 + K_4^3) \\
 T_{v2}(t_{n+1}) = T_{v2}(t_n) + \frac{1}{6}(K_1^4 + 2K_2^4 + 2K_3^4 + K_4^4) \\
 T_e(t_{n+1}) = T_e(t_n) + \frac{1}{6}(K_1^5 + 2K_2^5 + 2K_3^5 + K_4^5) \\
 T_{b2}(t_{n+1}) = T_{b2}(t_n) + \frac{1}{6}(K_1^6 + 2K_2^6 + 2K_3^6 + K_4^6)
 \end{array} \right. \quad [44.11]$$

II . 7 . 3 . 2 . طريقة Runge-Kutta من أجل زمن غير اختياري:

لحل مسألة حقيقية يستحسن اختيار زمن الحساب ثابت وذلك من أجل الحصول على دقة أكبر للنتائج وتقليص نسبة الارتياح ، ولتحقيق ذلك يجب معرفة الخطأ المحلي Tol (الموصى به من طرف المستخدم) ، لذلك نلجأ للطريقة الثانية ل Runge-Kutta مع $\hat{T}(t_{n+1})$ كتقريب عددي ، ويمكن استعمال هذا الفرق كتقدير للخطأ المحلي.

الفكرة في حساب الزمن تثبت من:

$$\|T(t_{n+1}) - \hat{T}(t_{n+1})\| = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^5 \left(\frac{T_i(t_{n+1}) - \hat{T}_i(t_{n+1})}{1 + \max(|T_i(t_{n+1})|, |\hat{T}_i(t_{n+1})|)} \right)^2} \quad [45.11]$$

$$\|T(t_{n+1}) - \hat{T}(t_{n+1})\| < Tol \quad [46.11]$$

النشر التوافقي من الرتبة الرابعة للمقدار $T(t_{n+1}) - \hat{T}(t_{n+1})$ يعطى بالشكل التالي:

$$T(t_{n+1}) - \hat{T}(t_{n+1}) = (T(t_{n+1}) - T(t_0 + h)) + (T(t_0 + h) - \hat{T}(t_{n+1})) \quad [47.11]$$

$$= 0(h^{4+1}) + 0(h^{3+1}) \approx C h^4$$

أفضل زمن h يرمز له بالرمز h_{opt} .

$$Tol = C h_{opt}^4 \quad [48.11]$$

بتعويض $c=0.9 \sqrt{\frac{Tol}{\|T(t_{n+1}) - \hat{T}(t_{n+1})\|}}$ الذي يمثل مقدار الخطأ نحصل على:

$$h_{opt} = 0.9h^4 \sqrt{\frac{Tol}{\|T(t_{n+1}) - \hat{T}(t_{n+1})\|}} \quad [49.11]$$

3.3.7.11. خوارزمية اختيار الزمن h :

نختار زمن ابتدائي h .

نحسب المقدارين $T(t_{n+1})$ و $\hat{T}(t_{n+1})$ باستعمال الطريقة المتداخلة ل Runge-Kutta حسب المصفوفة أعلاه ، ثم نحسب الفرق $\|T(t_{n+1}) - \hat{T}(t_{n+1})\|$.

إذا كان الشرط $C < Tol$ نحسب مجددا الزمن h ، في هذه الحالة نأخذ قيمة $Tol = 10^{-4}$.

$$\begin{cases} h_{opt} = h \times \min(5, \max(0.2, h_{opt})) \\ t = t + h \end{cases} \quad [50.11]$$

إذا كان $h \geq t_{cs} - t$ فعليه $h_{max} = t_{cs} - t$ نعيد الحساب من الخطوة 2 (يمثل t_{cs} زمن غروب الشمس)

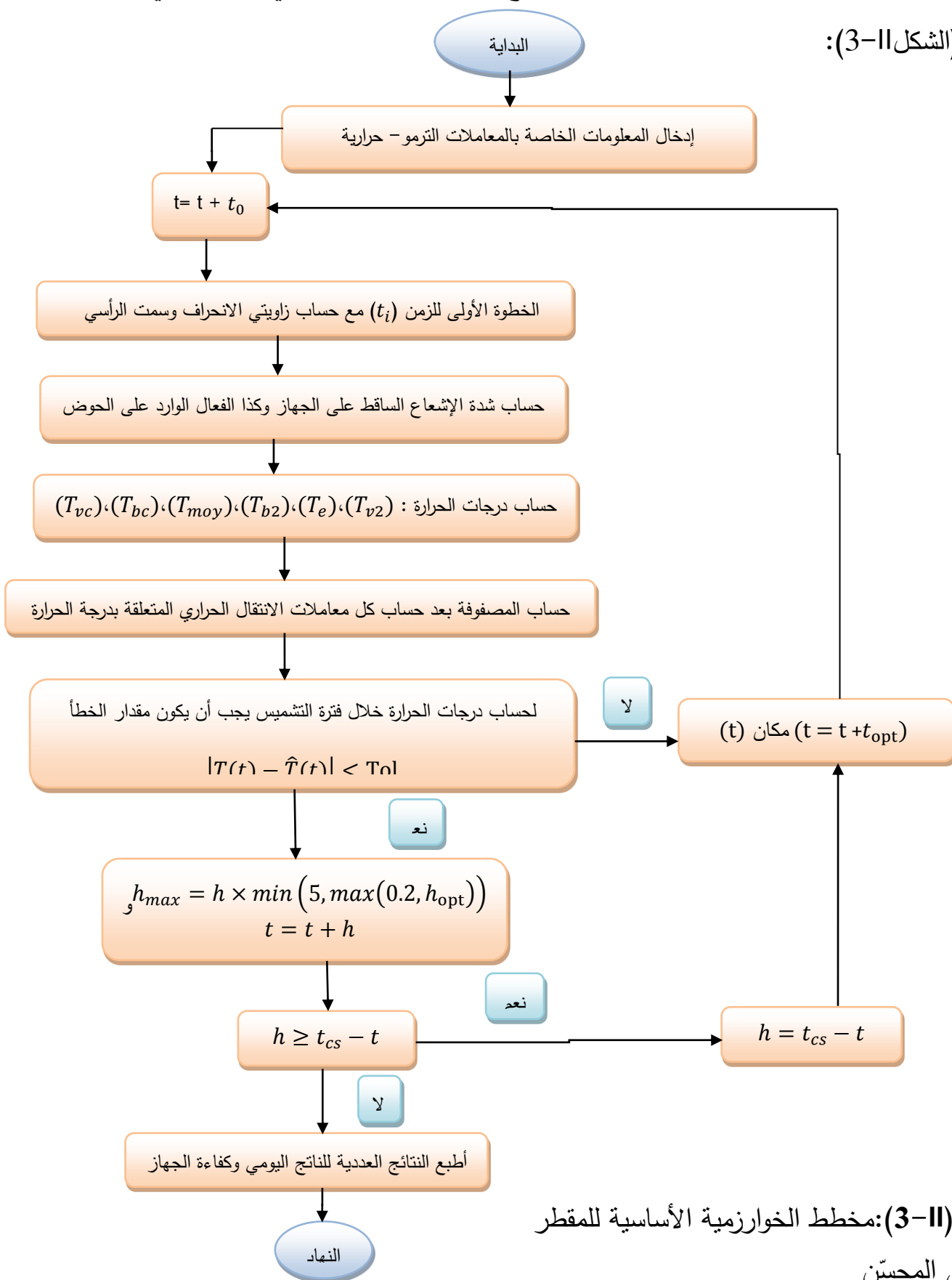
وإلا نهاية الشرط 3.

إذا لم يتحقق الشرط يُلغى الزمن ويعوض ب: $h = \min(h_{opt}, h_{max})$ ونستأنف الخطوة 2 من جديد .

نهاية الخوارزمية.

نلخص مجمل خطوات البرمجة الرقمية لحساب الناتج وفعالية المقطر الشمسي المحسن في المخطط

التالي (الشكل 3-11):



الشكل (3-11):مخطط الخوارزمية الأساسية للمقطر

الشمسي المحسن

الفصل الثالث

تحليل و مناقشة النتائج

يحتوي هذا الفصل على نتائج المحاكاة العددية و الخلاصة العامة

1.1.111. مقدمة:

سنقوم في هذا الفصل بمناقشة مجمل النتائج المتحصل عليها من خلال المحاكاة الرقمية التي أُجريت على أساس المقارنة بين أداء المقطر الشمسي الشاهد والمحسن .

2.111. تحليل ومناقشة النتائج:

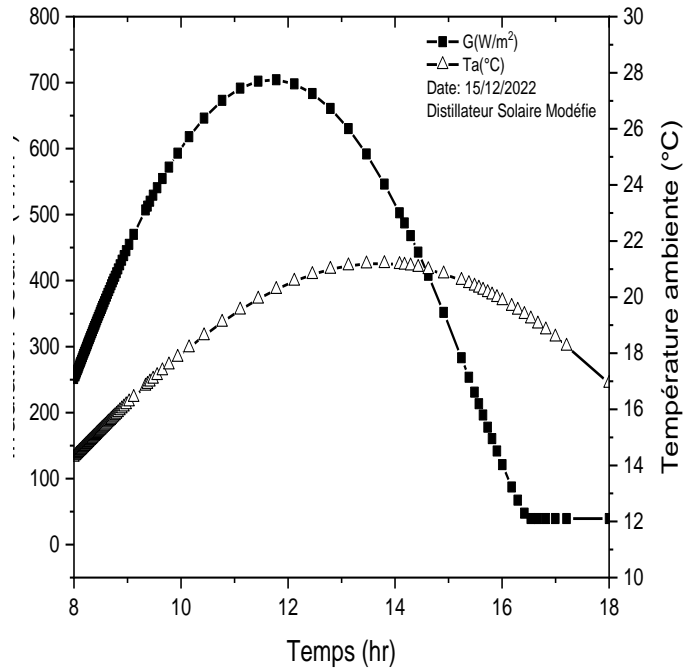
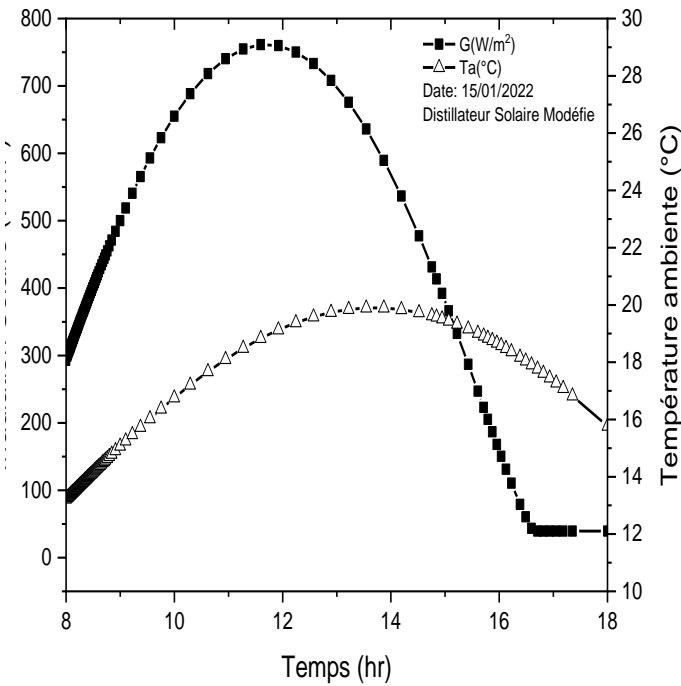
1.2.111 تغيرات الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة المحيط بدلالة الزمن:

المقطرين الشاهد والمحسن

سرعة الرياح $V_{\text{moy}}=1.26 \text{ m/s}$

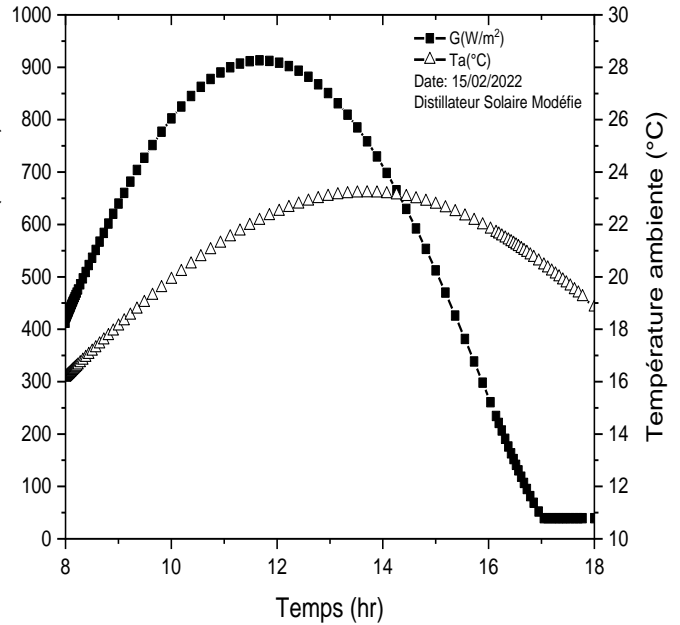
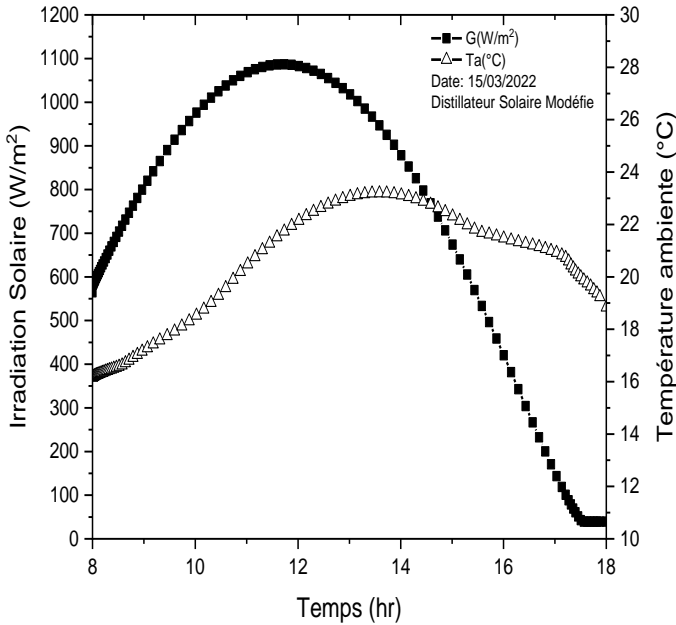
2

1



4

3



الشكل (III - 1): يوضح منحنيات تغيرات شدة الإشعاع الشمسي و درجة حرارة المحيط بدلالة الزمن

تمثل المنحنيات الشكل (III - 1) تغيرات الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة المحيط بدلالة الزمن، للأيام (15 ديسمبر، 15 جانفي، 15 فيفري، 15 مارس) حيث نلاحظ أن الإشعاع الشمسي بالنسبة للأيام الأربعة يتزايد بمرور الزمن إلى أن يبلغ الذروة في منتصف النهار ($1100w/m^2$) ثم يبدأ بالتناقص تدريجياً إلى أن يصل للقيمة ($50w/m^2$) وهذا بعد مرور 17h ليبدأ في الثبات إلى نهاية اليوم. أما بالنسبة لدرجة حرارة المحيط نلاحظ زيادة تدريجية لها لتصل إلى ذروتها خلال الفترة من الساعة (13:00 إلى 14:00) بعد الزوال ثم يتبعه تناقص طفيف حتى نهاية اليوم.

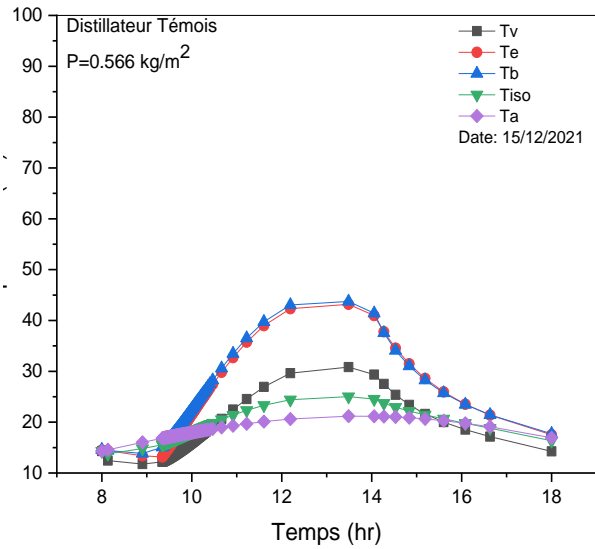
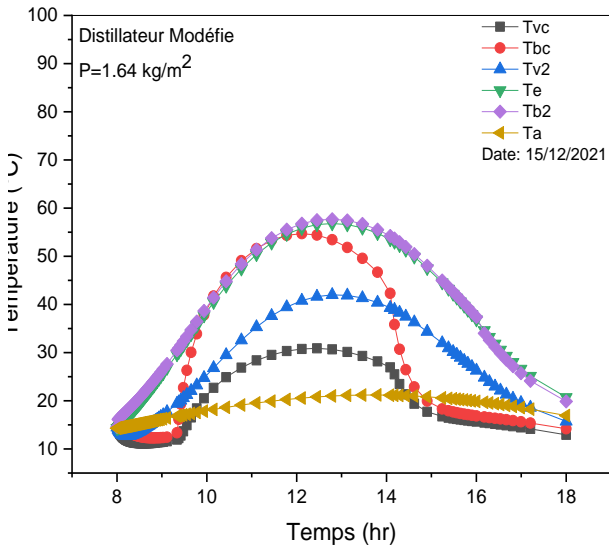
III. 2. 2. تغيرات درجات حرارة الشاهد والمحسن بدلالة الزمن:

المحسن

الشاهد

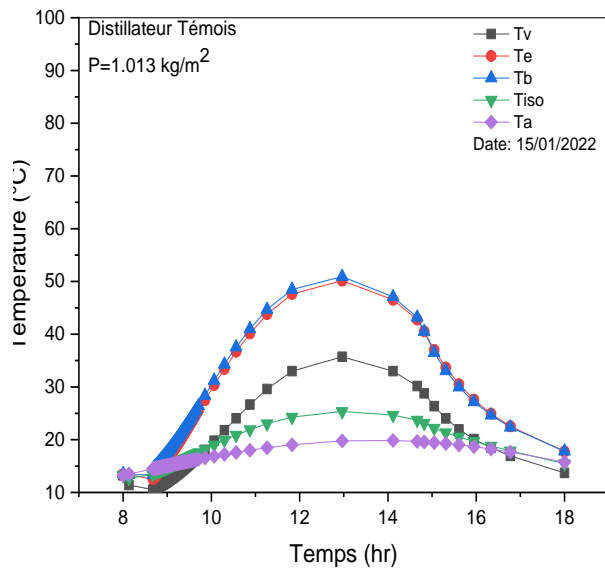
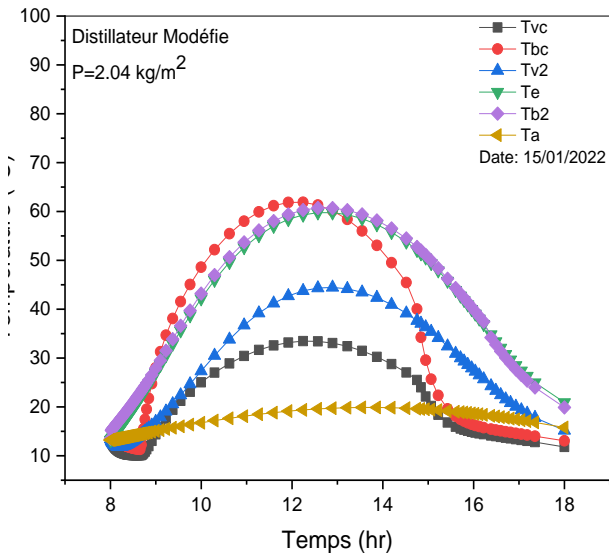
2

1

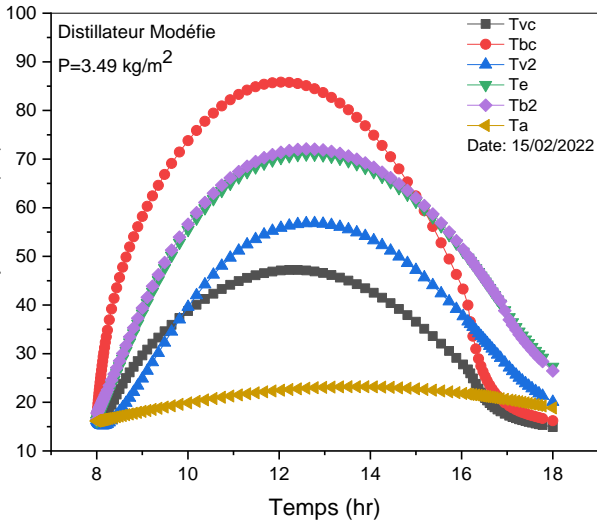


4

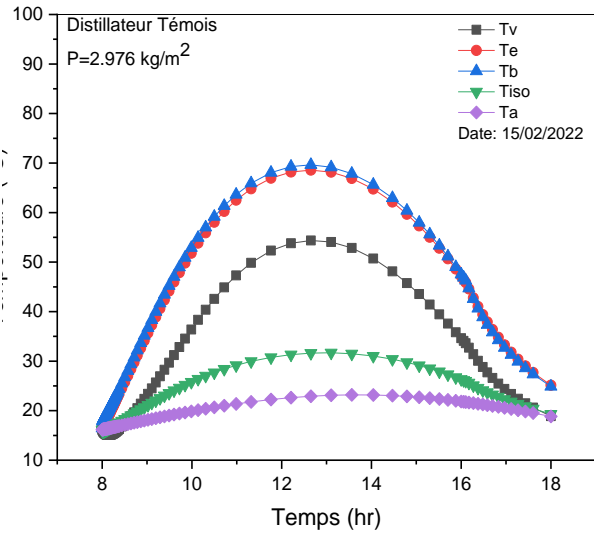
3



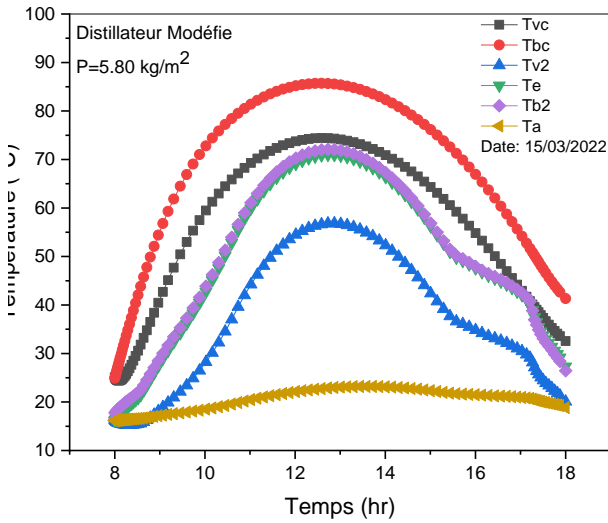
6



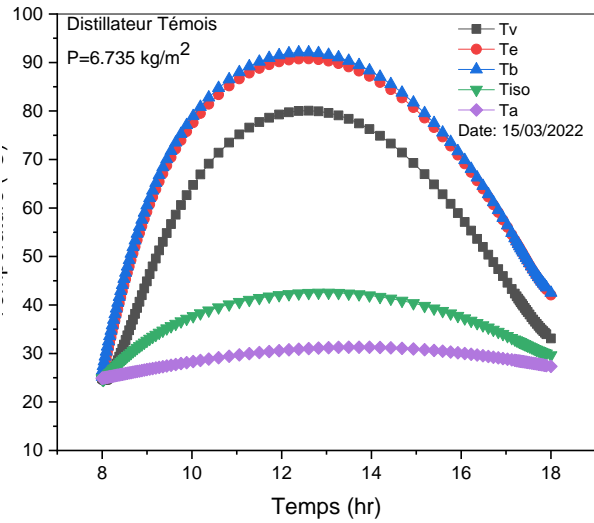
5



8



7



الشكل (III-2): منحنيات تغيرات درجات حرارة الحوض والزجاج والمحيط بالنسبة للشاهد والمحسن بدلالة الزمن

تمثل المنحنيات الشكل (III-2) تغيرات درجة الحرارة أجزاء المقطر كل من الشاهد والمحسن في الأيام (15 ديسمبر، 15 جانفي، 15 فيفري، 15 مارس) حيث نلاحظ أن أجزاء كل من المقطرين تكون متزايدة بدلالة الزمن لتبلغ الذروة عند (13h) ثم تنخفض مرة أخرى، وأيضا أن درجات الحرارة بالنسبة للمحسن أكبر من

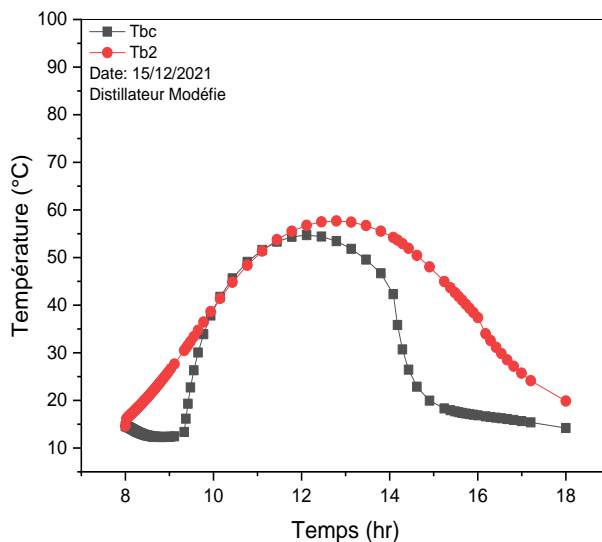
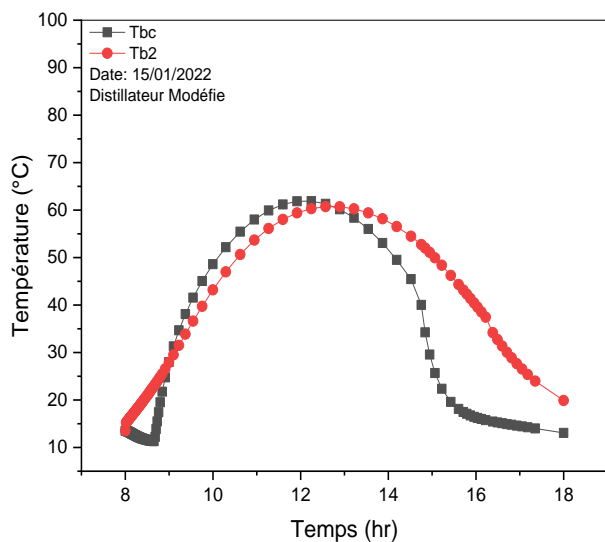
الشاهد. حيث السطح الأسود (T_b) يكون أكبر جزء ترتفع درجة حرارته ثم يليه الماء (T_e) وبعدها الزجاج (T_v)، حيث بلغ متوسط درجة حرارة الحوض و الماء في الأيام الأربعة 67.5°C و متوسط درجة حرارة الزجاج 55°C بالنسبة للمقطر الشاهد، أما بالنسبة للمقطر المحسن فكان متوسط درجة حرارة الحوض و الماء في الأيام الأربعة 65°C و متوسط درجة حرارة الزجاج 55°C .

وذلك راجع إلى السطح الأسود لأن لديه امتصاصية كبيرة نتج عنها ارتفاع درجة حرارته ثم انتقلت هذه الحرارة إلى الماء ليسخن ثم يتبخر ثم يتكثف على الزجاج، وأيضا ارتفاع درجات حرارة المحسن عن الشاهد سببه ان المقطر المحسن حافظ على درجات الحرارة بتخزينه لحرارة بفضل وجود لاقط مربوط بمغلف الخشبي (تركيب المقطر المحسن).

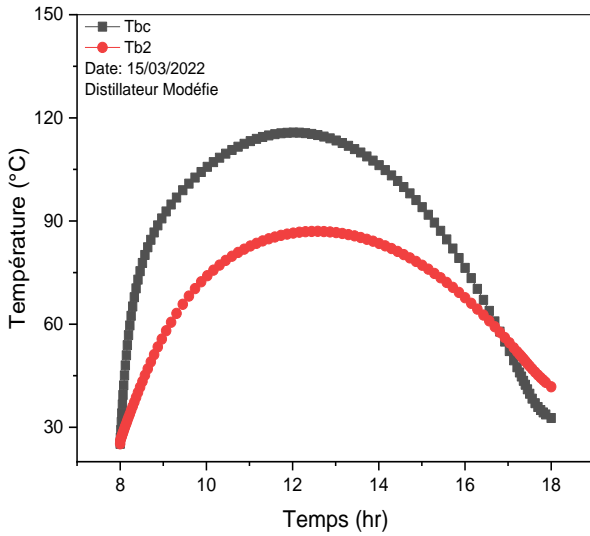
3.2.III. تغيرات درجة حرارة الحوض واللاقط الشمسي والمحيط بدلالة الزمن:

2

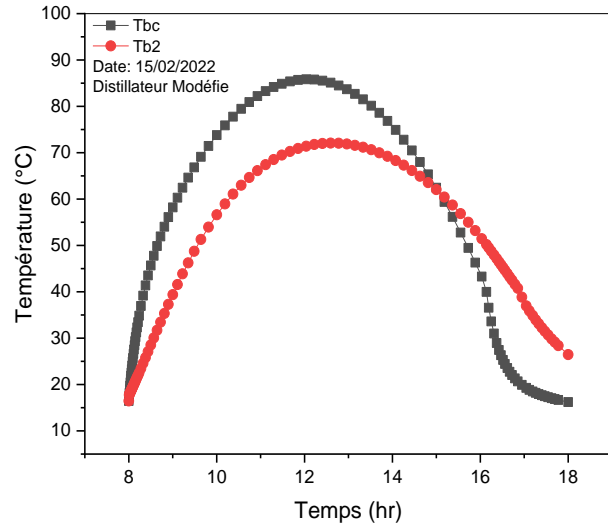
1



4



3



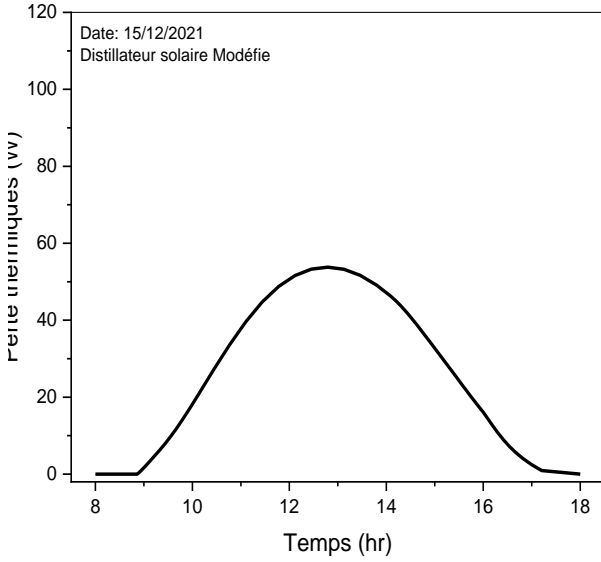
الشكل (III-3): تغيرات درجة حرارة الحوض واللاقط الشمسي والمحيط بدلالة الزمن

تُمثل منحنيات الشكل (III-3) تغيرات درجة حرارة الحوض ودرجة حرارة اللاقط الشمسي بدلالة الزمن بالنسبة للمقطر المحسن حيث نلاحظ أن في يوم 15 ديسمبر درجة حرارة اللاقط الشمسي مرتفعة مقارنة بدرجة حرارة الحوض ،وتكون متطابقة في يوم 15 جانفي بينما نلاحظ ارتفاع درجة حرارة الحوض أعلى من درجة حرارة اللاقط الشمسي في يومي 15 فيفري و 15 مارس ، ويفسر هذا التغير بزيادة شدة الإشعاع الشمسي في هذه الفترة وبالتالي زيادة امتصاص اللاقط الشمسي للحرارة .

4.2.III. تغيرات التسريبات الحرارية للمقطر الشمسي الشاهد والمحسن:

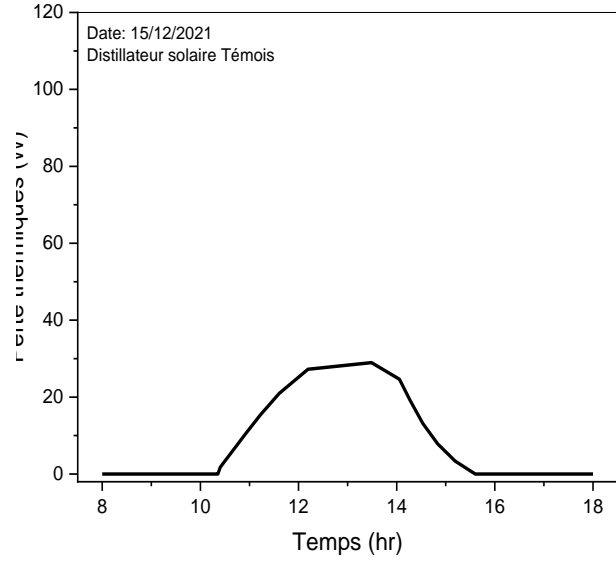
المحسن

2

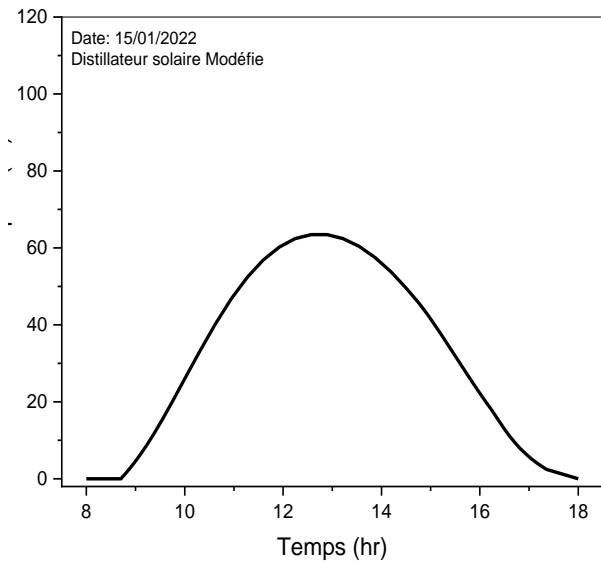


الشاهد

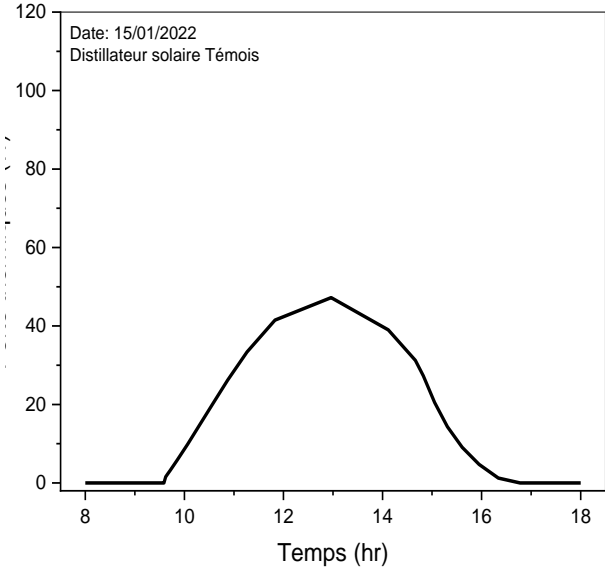
1



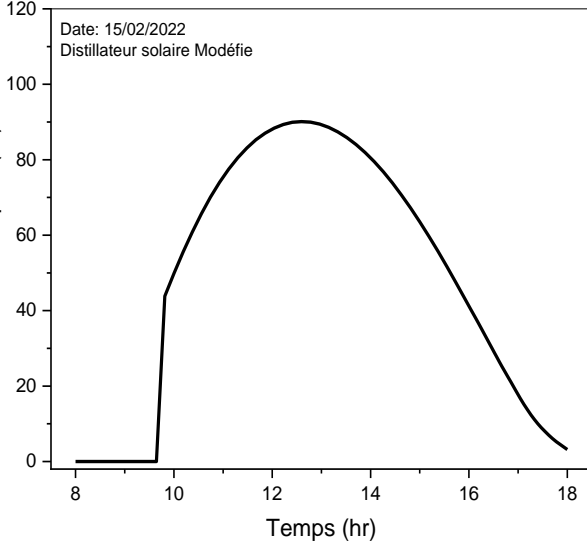
4



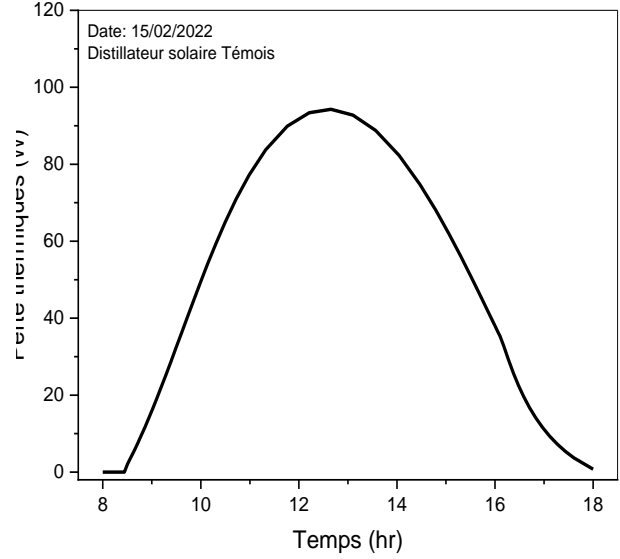
3



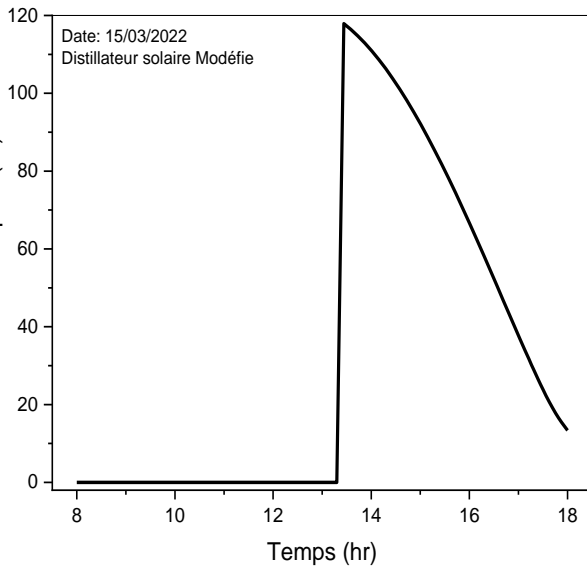
6



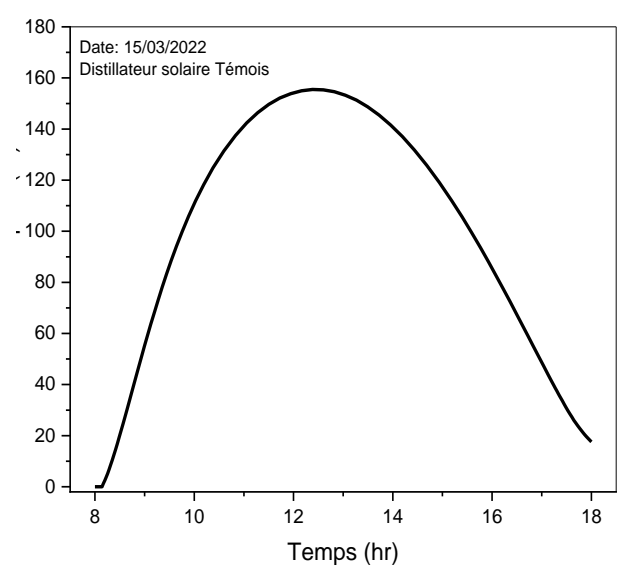
5



8



7



الشكل (III-4): تغيرات التسريبات الحرارية للمقطر الشمسي الشاهد والمحسن بدلالة الزمن

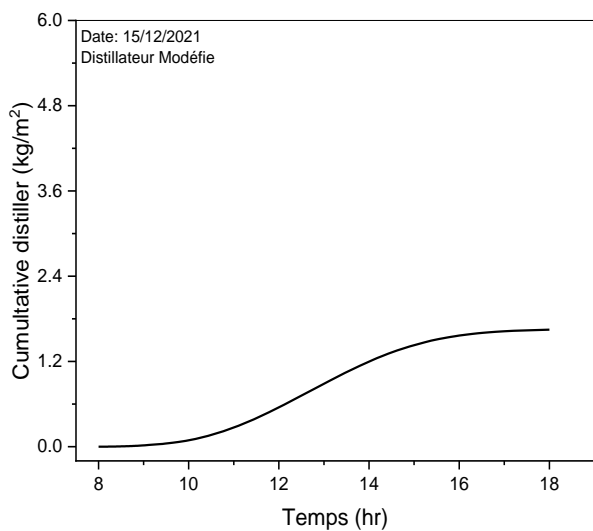
تمثل منحنيات الشكل (III-4) تغيرات التسريبات الحرارية للمقطر الشمسي الشاهد والمحسن بدلالة الزمن حيث نلاحظ أن كمية الحرارة الضائعة على مستوى المقطر الشاهد تكون أقل مقارنة بالمقطر المحسن وذلك في أيام 15 ديسمبر و 15 جانفي، بينما يحدث العكس في يومي 15 فيفري و 15 مارس فتتخفص قيمة

التسريبات في المقطر المحسن وترتفع في المقطر الشاهد ، ونفسر انخفاض الضياع في المقطر المحسن مقارنة بالشاهد بأن اللاقط الشمسي المربوط بالمغلف الخشبي الموجود فيه المقطر الشمسي على التقليل من التسريبات الحرارية .

5.2.III. تغيرات الإنتاجية اليومية للماء المقطر للمقطر الشمسي المُحسن:

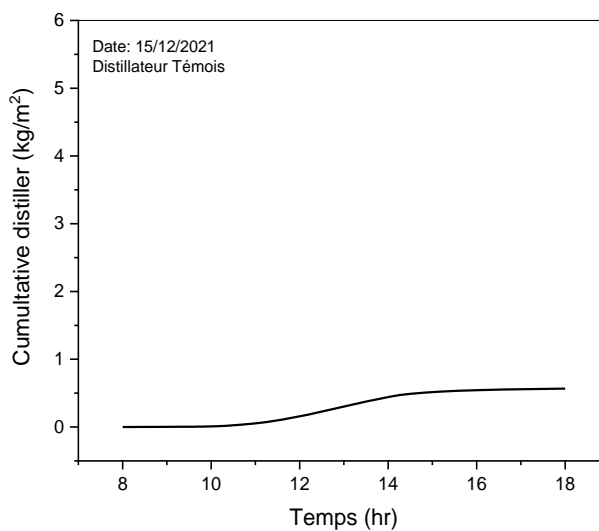
المحسن

2

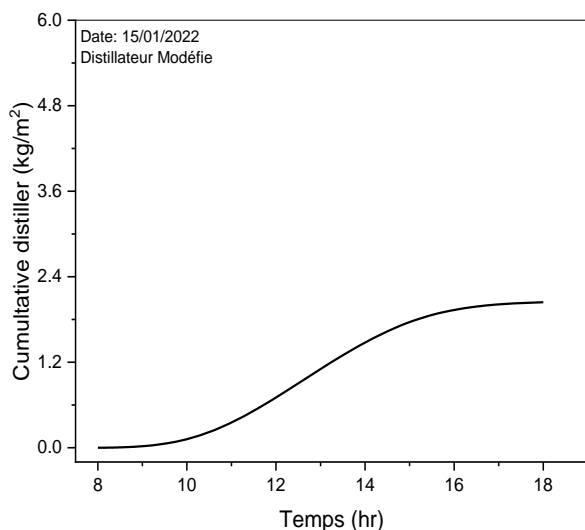


الشاهد

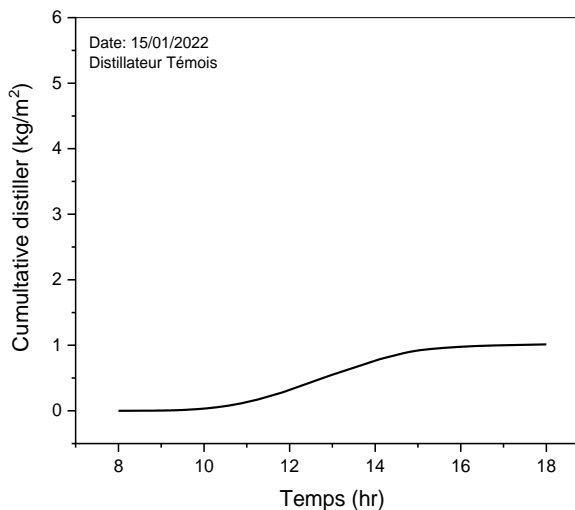
1



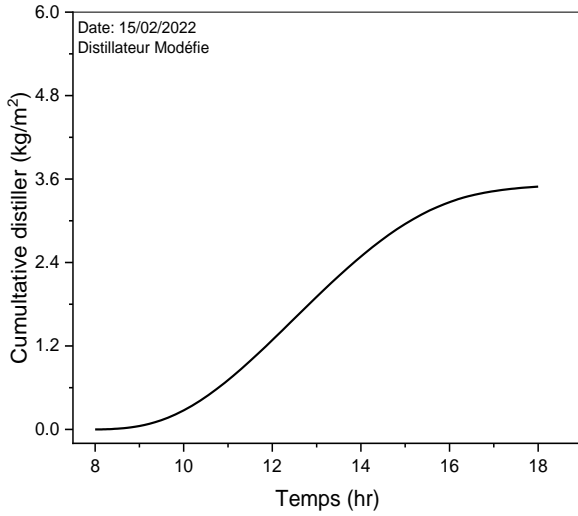
4



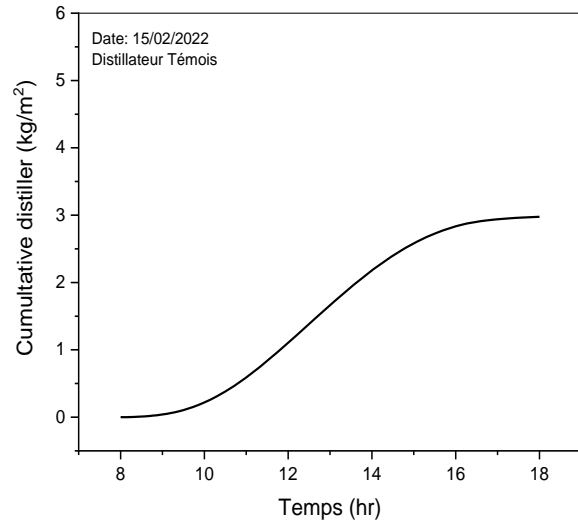
3



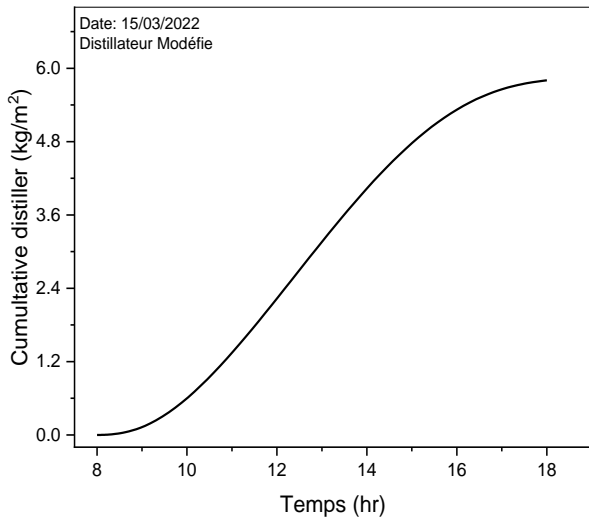
6



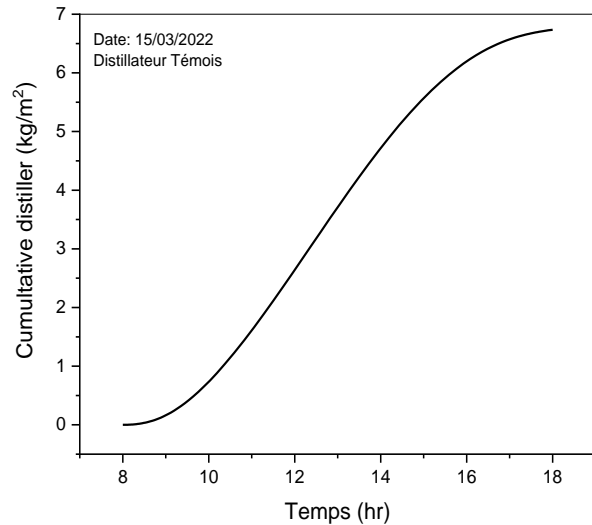
5



8



7



الشكل (III-5): تغيرات الإنتاجية اليومية للماء المقطر بدلالة الزمن للمقطر الشمسي الشاهد والمحسن

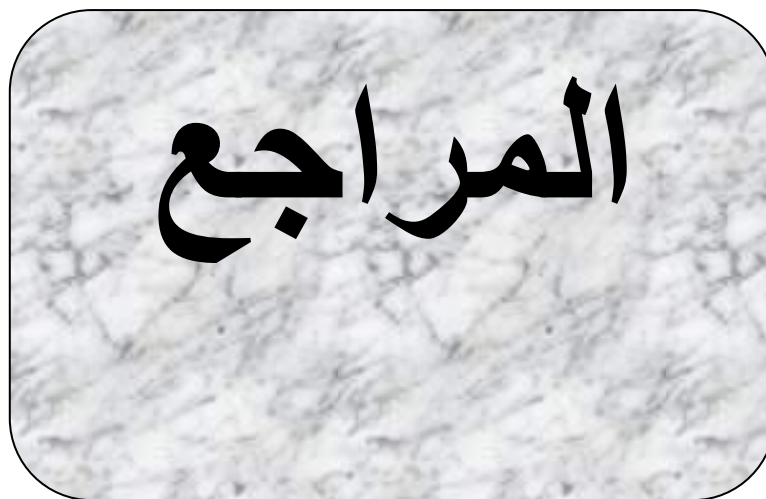
تمثل منحنيات الشكل (III-5) تغيرات الإنتاجية اليومية للماء المقطر بدلالة الزمن للمقطر الشمسي الشاهد والمحسن حيث نلاحظ أن إنتاجية المقطر المحسن أفضل بكثير من المقطر الشاهد وذلك في أيام 15 ديسمبر ، و 15 جانفي ، و 15 فيفري ، وسبب ذلك أن التقليل من الضياعات الحرارية للمقطر المحسن مقارنة بالشاهد ساهم في زيادة الإنتاجية بشكل واضح وكبير . بينما يحدث العكس في يوم 15 مارس وذلك

بسبب زيادة درجة الحرارة المحيطة في ذلك اليوم ،لأن الدراسة أُنجرت في فصل الشتاء لانخفاض درجات الحرارة لذلك يمكن الاستغناء عن التحسين في فصل الصيف .

الخلاصة

يعتبر التقطير الشمسي وسيلة جيدة وغير مكلفة لإنتاج المياه الصالحة للشرب خصوصا في المناطق الجافة والصحراوية وذلك لوفرة الإشعاع الشمسي فيها خلال معظم أيام السنة فهو يعتمد على الطاقة الشمسية فقط، والمقطر الشمسي يتكون من مواد بسيطة متوفرة وغير مكلفة كما أنه سهل التركيب والصيانة ، إلا أن كمية الماء الناتجة عن عملية التقطير تكون قليلة مقارنة بالكمية الهائلة للإشعاع الشمسي المستقبل من طرف المقطر البسيط وهذا بسبب التسريبات الحرارية نحو المحيط الخارجي عبر مختلف أجزائه خصوصا على مستوى الحوض. وللد من هذه التسريبات أو التقليل منها بالأخص في فصل الشتاء قمنا بإجراء دراسة بالحاكاة الرقمية لتحسين أداء المقطر الشمسي البسيط أحادي الميل ومقارنته بمقطر شاهد ، ويتمثل هذا التحسين في عزل المقطر بواسطة صندوق خشبي مربوط بلاقط شمسي هوائي والذي يعمل على تسخين الهواء داخل المغلف الخشبي والحفاظ على درجة الحرارة المحيطة بالحوض وبالتالي تقليل الضياع الحراري للمقطر، ونلخص مجمل النتائج المتحصل عليها بالحاكاة العددية في النقاط التالية:

- الإشعاع الشمسي يتحكم في زيادة درجات حرارة أجزاء المقطر.
- يكون مردود المقطر أكبر عند الظهيرة.
- العائد اليومي الناتج من المقطر الشمسي البسيط المحسن في فصل الشتاء أعلى نسبة مقارنة بالمقطر الشمسي الشاهد في فصل الشتاء والعكس صحيح.
- يمكننا القول إنه كلما زاد امتصاص الإشعاع الشمسي زاد إنتاج الماء المقطر.
- المقطر المحسن يحافظ على الحرارة ويحزنها ويقلل من الضياع الحراري.
- تزداد إنتاجية المقطر العادي في الأيام التي تكون فيها شدة الإشعاع كبيرة جدا خصوصا في فصل الصيف بينما يقل مردود المقطر المحسن في هذه الفترة لذلك يُفضّل الاستغناء عن التحسينات في تلك الفترة .



قائمة المراجع:

➤ المراجع باللغة العربية:

[1]:محمדתخة "دراسة مقارنة و تحسين لمختلف المقطرات الشمسية لإنتاج المياه الصالحة للشرب في المناطق الجافة الصحراوية " مذكرة ماجستير ،جامعة ورقلة، كلية العلوم وعلوم الهندسية، قسم الفيزياء (2004).

[2]:دوادي رشيدة"دراسة مقطر شمسي ذي مكثف مظل جزئيا، بفعل الاحتباس الحراري الشمسي في المناطق القاحلة "مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة،كلية العلوم والتكنولوجيا وعلوم المادة، قسم علوم المادة (2010).

[3] : بن سليمان نور الهدى – شلغام منيرة "دراسة تجريبية لتحسين مردود أداء المقطر الشمسي البسيط بالمضخة الحرارية في منطقة ورقلة" مذكرة ماستر، جامعة ورقلة ، كلية الرياضيات و علوم المادة، قسم الفيزياء(2018).

[21] :بالحاج محمد مصطفى ، "دراسة وتحسين أداء مقطر شمسي مقترن (احتباس حراري-فيلم شعيري) بمنطقة ورقلة" ، أطروحة الدكتوراه في علوم الفيزياء، جامعة ورقلة ، كلية الرياضيات وعلوم المادة،فيزياء طاقوية (2015)

➤ المراجع باللغة اللاتينية:

[4]:Eauxsaumâtre dans le sud Algérien « thèse de magistère (2000) » Université de Ouargla

[5]:Alain Maurel (dessalementsolaire) CEA–Cadarahe(1986)

-
- [6]:Bachir Bouchekima– Bennard Gros– RamadaneOuahes– MostafaInt.J
thème « Etude théorique et application pratique de distillateur solaire a film
capillaire « Sci(2002)39–442–459
- [7]:Europen project supporting the use of renevenable energy for powring
desalination
- [8] :Tiwari GN, BapeshwaraRao VSV. Transient performance of a single basin
solar still with water flowing over the glass cover. Desalination 1984;49:231–
41.
- [9]:Lawrence SA, Gupta SP, Tiwari GN. Effect of heat capacity on the
performance of solar still with water flow over the glass cover. Energy Convers
Manag1990;30(3):277–85
- [10]: El Sebail AA. Effect of wind speed on active and passive solar stills.
Energy Convers Manag.2004;45:1187–204
- [11]: Velmurugan V, Mandlin J, Stalin B, Srithar K. Augmentation of saline
streams in solar stills .integrating with a mini solar pond.
Desalination2009;249:143–9
- [12]:Mohamed Tekha, DjamelBechki ,Omar Bentouila ,HamzaBouguettaia
,Mohammed ElbarSoudani ,Mohamed MostephaBelhadj , Effect of heat pump
on single basin solar stills: an experimental and theoretical study , ,International
Journal of Ambient Energy2022

- [13]:Malik MAS, Tiwari GN, Kumar A, Sodha MS. Solar distillation. UK: Pregamon Press Ltd.; 1982
- [14]:AayushKaushal, Varun, Solar stills: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 446–453 .
- [15]:H. N. Panchal, and H. Thakkar, Theoretical and Experimental Validation of Evacuated Tubes Directly Coupled with Solar Still , ISSN 0040–6015, Thermal Engineering, 2016, Vol. 63, No. 11, pp. 825–831 .
- [16]:ElumalaiVengadesan, RamalingamSenthil , A review on recent developments in thermal performance enhancement methods of flat plate solar air collector ,Renewable and Sustainable Energy ReviewsVolume 134, 2020 , 110315 .
- [17]:Maryna Peter–Varbanets, Chris Zurbrugg, Chris Swartz, WouterPronk, Decentralized systems for potable water and the potential of membrane technology, water research 43 (2009) 245–26.
-] Moussa Abu–Arabi , YousefZurigat , Hilal Al–Hinai , Saif Al–Hiddabi 18 [,Modeling and performance analysis of a solar desalination unit with double–glass cover cooling , Desalination 143 (2002) 173–182
-] V. Velmurugan , M. Gopalakrishnan , R. Raghu , K. Srithar , Single basin 19[solar still with fin for enhancing productivity , Energy Conversion and Management 49 (2008) 2602–2608

] G.N. Tiwari , S.K. Shukla , I.P Singh , Computer modeling of 20[
passive/active solar stills by using inner glass temperature , Desalination 154
(2003) 171-185

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تحسين الإنتاجية اليومية للمقطر الشمسي البسيط أحادي الميل، تمت الدراسة عن طريق المحاكاة العددية. اقترحنا نموذج يجمع بين وحدتين شمسيتين لغرض الحد من التسريبات الحرارية نحو محيطه الخارجي، وذلك بعزله بواسطة مغلف خشبي مربوط بلاقط شمسي هوائي، حيث يقوم هذا الأخير بامتصاص الأشعة الشمسية وتسخين الهواء داخل الصندوق للحفاظ على درجة الحرارة حول حوض المقطر فيتوازن . وبالتالي التقليل من الضياع الحراري وزيادة مردود عملية التقطير الشمسي خصوصا في فصل الشتاء . حيث تظهر النتائج المتحصل عليها بالمحاكاة الرقمية تحسين إنتاجية المقطر الشمسي بنسبة 85%. معدل الإنتاج اليومي من الماء المقطر للنموذج المقترح بلغت حوالي 1.8 kg/m²/Jour مقارنة بالنموذج التقليدي حيث يصل حوالي 0.5 kg/m²/Jour خلال نفس الفترة.

الكلمات المفتاحية : المحاكاة العددية، لاقط شمسي هوائي، الأشعة الشمسية، الضياع الحراري، التقطير الشمسي.

Summary:

The aim of this study is to improve the daily productivity of a simple single-mile solar still, studied by numerical simulation. We proposed a model that combines two solar units for the purpose of reducing heat leakage to its outer perimeter, by isolating it by means of a wooden envelope attached to an air solar collector, where the latter absorbs solar radiation and heats the air inside the box to maintain the temperature around the distillation basin in a balance. Thus, reducing heat loss and increasing the yield of the solar distillation process, especially in winter. The results obtained by numerical simulation show that the productivity of the solar still has been improved by 85%. The daily production rate of distilled water for the proposed model amounted to about 1.8kg/m²/Jour compared to the conventional model, which reached about 0.5kg/m²/Jour during the same period.

Key words: numerical simulation, solar conductor, solar radiation, heat loss, solar distillation.