

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة محمد بوضياف - المسيلة



ميدان: علوم المادة  
فرع: الفيزياء  
تخصص: فيزياء الطاقة و  
الطاقات المتجددة

كلية: العلوم  
قسم: الفيزياء  
رقم:

مذكرة مقدمة لنيل شهادة الماستر أكاديمي

إعداد الطالب(ة): بوزكري شيماء

تحت عنوان

دراسة السلوك الحراري لثلاث مقطرات شمسية

تمت المناقشة يوم 23 / 06 / 2024 أمام اللجنة المكونة من:

رئيسا  
مشرفا و مقرا  
مناقشا

جامعة المسيلة  
جامعة المسيلة  
جامعة المسيلة

نحوي عز الدين  
حداد زكريا  
طحرور فاروق

السنة الجامعية: 2025/2024



## شكر وعرفان

قال الله تعالى ﴿ وَلئن شكرتم لأزيدنكم ﴾

نشكر الله ونحمده حمدا كثيرا مباركا على هذه النعمة الطيبة والنافعة  
نعمة العلم والبصيرة. أما بعد يشرفني أن أتقدم بالشكر الجزيل والعرفان  
إلى الأستاذ المشرف "حداد زكريا" على تفضله بالإشراف على هذه  
المذكرة و كل المجهودات التي بذلها.

# إهداء

لا شيء أعز من رب الكون الذي لم يبخل علي برحمته ونعمته له الشكر والحمد حمدا كثيرا لا نهاية له.  
إلى ينبوع الحنان الذي انفجر يوما ليلهمني الصبر والمثابرة إلى التي احترقت حتى تراني اليوم أشع علما ونورا  
أمي العزيزة أطل الله في عمرها.  
إلى كل من كابد الصعوبات وقهر المستحيلات من أجلي  
أبي الغالي بارك الله في عمره.  
إلى أغلى ما أملك في هذه الدنيا و لا أعرف طعم الحياة من دونهم  
زوجي العزيز "حسين" وابني الغالي "محمد الحبيب".  
إلى من تحمل أعينهم ذكريات طفولتي أخواتي  
منال...سلاف...هديل...تقوى  
إلى كل أهلي وأقاربي من الأجداد إلى الأحفاد وكل سكان ولاية الشلف

## الفصل الأول: مفاهيم عامة حول التقطير والمقطرات الشمسية

- 1-1 . مقدمة ..... 4
- 2-1 . نبذة تاريخية ..... 5
- 3-1 . آلية التقطير..... 5
- 4-1 . أنواع التقطير المختلفة و الطرق المستخدمة ..... 6
- 1.4-1 . تحلية المياه بالتقطير..... 6
- 2.4-1 . التقطير البسيط..... 6
- 3.4-1 . التقطير ذو التأثير الفردي..... 7
- 4.4-1 . التقطير متعدد التأثيرات..... 8
- 5.4-1 . التقطير بالضغط البخاري ..... 10
- 6.4-1 . تقنية فصل الماء عن الأملاح الذائبة باستخدام الأعشاب..... 10
- 5-1 . الأنواع المختلفة من أجهزة التقطير الشمسي..... 13
- 1.5-1 . جهاز التقطير أحادي المنحدر..... 13
- 2.5-1 . جهاز التقطير مزدوج المنحدر..... 14
- 3.5-1 . جهاز التقطير الشمسي الكروي..... 14
- 4.5-1 . جهاز تقطير الشلال الشمسي..... 15
- 5.5-1 . جهاز تقطير الفتيل الشمسي ..... 16

6.5- I . جهاز تقطير متعدد التأثيرات .....17

7.5- I . جهاز التقطير الشمسي ذو الغشاء الشعيري المائل.....18

## الفصل الثاني: الطاقة والطاقة الحرارية لمجموعة من المقطرات الشمسية

1- II . مقدمة .....21

2- II . تعريف الطاقة والطاقة الحرارية .....22

1.2- II . مفهوم الطاقة .....22

2.2- II . تعريف الطاقة .....22

3.2- II . مفهوم الطاقة الحرارية .....22

3- II . الدراسة النظرية للنماذج التجريبية لمقطرات شمسية.....23

1.3- II . النموذج الأساسي للمقطر البسيط.....24

1.1.3- II . معادلة إنحفاظ الطاقة للمقطر البسيط على جميع المستويات.....25

2.1.3- II . تدفقات الطاقة الحرارية (إكزارجي) في جهاز التقطير الشمسي البسيط على جميع المستويات.....28

2.3- II . المقطر الشمسي الأساسي(مع مضخة حرارية للتكثيف).....31

1.2.3- II . معادلات إنحفاظ الطاقة على جميع المستويات.....32

2.2.3- II . إكزارجي الإشعاع الشمسي الساقط على جهاز التقطير الشمسي لكل وحدة مساحة.....33

3.3- II . جهاز التقطير الشمسي باستخدام مسحوق مغناطيسي.....34

1.3.3- II . معادلة إنحفاظ الطاقة .....34

2.3.3- II . معدلة الطاقة الحرارية(إكزارجي).....36

## الفصل الثالث: دراسة نظرية "الطاقة والطاقة الحرارية لمجموعة من المقطرات الشمسي

- 1-III. مقدمة.....38
- 2-III. مذكرة تخرج لنيل شهادة ماستر لطالب جغام علي تحت عنوان "جهاز تقطير شمسي بأربع زجاجات".....39
- 1.2-III. المناخ.....39
- 2.2-III. وصف جهاز التقطير الشمسي.....39
- 2.2-III. أ. صينية ماصة (لوح أسود).....39
- 2.2-III. ب. تغطية السقف بالزجاج.....40
- 2.2-III. ج. العزل الحراري.....40
- 2.2-III. د. الغطاء الخارجي.....40
- 2.2.2-III. ذ. خزان استرداد نواتج التقطير.....40
- 3-III. مذكرة تخرج لنيل شهادة الماستر لطالب العيفة إسلام تحت عنوان "دراسة تجريبية لمقطر الشمسي بالفتيل المائل".....46
- 1.3-III. المناخ.....46
- 2.3-III. . تصميم جهاز التقطير الشمسي.....46
- 3.3-III. المكونات المختلفة للمقطر.....47

- 47.....1.3.3. III. صينية ماصة.
- 47.....2.3.3. III. تغطية السقف الزجاج .
- 48.....3.3.3. III. العزل الحراري.
- 48.....4.3.3. III. الصندوق الخارجي.
- III-4. مذكرة تخرج لنيل شهادة الماستر لطالبتين دشفل فضيلة وشقرة سارة تحت عنوان "دراسة تجريبية لمقطر شمسي بالمرآة العاكسة".
- 52.....1.4. III. المناخ.
- 53.....2.4. III. تصميم جهاز التقطير الشمسي.
- 54.....3.4. III. مكونات جهاز تقطير الفتيل الشمسي المزود بعاكس خارجي.
- 54.....1.3.4. III. الخزان.
- 55.....2.3.4. III. غطاء السقف الزجاج.
- 55.....3.3.4. III. العزل الحراري.
- 56.....4.3.4. III. المرآة.
- 56.....5.3.4. III. خزان استرداد المقطرات.
- 56.....6.3.4. III. الأنابيب.



## قائمة الأشكال

### قائمة الأشكال

1-1 .	تحلية المياه بالتقطير
1-2 .	مبدأ التقطير أحادي التأثير
1-3 .	مبدأ التقطير متعدد التأثير
1-4 .	تقنية التناضح والتناضح العكسي
1-5 .	تقنية التحليل الكهربائي
1-6 .	مبدأ جهاز التقطير أحادي المنحدر
1-7 .	مبدأ جهاز التقطير مزدوج المنحدر
1-8 .	مبدأ التقطير الشمسي الكروي
1-9 .	مبدأ جهاز تقطير الشلال الشمسي
1-10 .	مبدأ جهاز تقطير الفتيل الشمسي
1-11 .	مبدأ جهاز تقطير متعدد التأثيرات
1-12 .	جهاز التقطير الشمسي ذو الغشاء الشعري المائل
1-1 .	المقطر الشمسي البسيط
1-2 .	مقطر شمسي بسيط بوجود تحسينات (تكثيف بمضخة حرارية)
1-3 .	جهاز تقطير شمسي يستخدم مسحوقا مغناطيسيا
1-4 .	رسومات تجريبية لجهاز التقطير الشمسي المعدل (يستخدم مسحوقا مغناطيسيا)
1-1 .	جهاز تقطير "شمسي بأربعة زجاجات"

## قائمة الأشكال

2-III. معاملات انتقال الحرارة في اليوم الأول
3-III. معاملات انتقال الحرارة في اليوم الثاني
4-III. الطاقة الحرارية المرتبطة بالماء والزجاج بالحمل وبالإشعاع اليوم الأول
5-III. الطاقة الحرارية المرتبطة بالماء والزجاج بالحمل وبالإشعاع اليوم الثاني
6-III. الفعالية الطاقة الحرارية لليوم الأول
7-III. الفعالية الطاقة الحرارية لليوم الثاني
8-III. صورة للإعداد التجريبي "مقطر شمسي بفتيل مائل"
9-III. صورة للتركيب التجريبي "جهاز تقطير تقليدي"
10-III. معاملات انتقال الحرارة لليوم الأول
11-III. معاملات انتقال الحرارة لليوم الثاني
12-III. الطاقة الحرارية المرتبطة بالماء والزجاج لليوم الأول
13-III. الطاقة الحرارية المرتبطة بالماء والزجاج اليوم الثاني
14-III. . فعالية الطاقة الحرارية لليوم الأول
15-III. فعالية الطاقة الحرارية لليوم الثاني
16-III. التركيب التجريبي "لمقطر شمسي مع مرآة عاكسة"
17-III. التركيب التجريبي "لمقطر شمسي بدون عاكس"
18-III. معاملات انتقال الحرارة لمقطر بفتيل مائل دون مرآة عاكسة
19-III. معاملات انتقال الحرارة لمقطر شمسي بفتيل مائل بمرآة عاكسة

## قائمة الأشكال

20-III. الطاقة الحرارية لمقطر شمسي بفتيل مائل دون مرآة عاكسة
21-III. الطاقة الحرارية لمقطر شمسي بفتيل مائل بمرآة عاكسة
22-III. فعالية الطاقة الحرارية لمقطر شمسي بفتيل مائل بدون مرآة عاكسة
23-III. مقارنة الفارق في درجة الحرارة بين المبخر والمكثف للمقطرات الشمسية المدروسة
24-III. مقارنة التبادل الحراري بالتبخر للمقطرات الشمسية المدروسة

## التسميات

### التسميات

الرمز	التسمية	الوحدة
$T_w$	درجة حرارة الماء	$^{\circ}\text{C}$
$T_a$	درجة حرارة المحيط	$^{\circ}\text{C}$
$T_m$	درجة حرارة الفتيل	$^{\circ}\text{C}$
$T_b$	درجة حرارة الحوض	$^{\circ}\text{C}$
$T_{gi}$	درجة حرارة الزجاج الداخلية	$^{\circ}\text{C}$
$T_v$	درجة حرارة الزجاج	$^{\circ}\text{C}$
$P$	الإنتاجية	ml
$h_{r,w-g}$	معامل انتقال الحرارة بالإشعاع	$\text{W/m}^2.\text{K}$
$h_{c,w-g}$	معامل انتقال الحرارة بالحمل	$\text{W/m}^2.\text{K}$
$h_{\text{evap}}$	معامل انتقال الحرارة بالتبخر	$\text{W/m}^2.\text{K}$
$Ex_{r,w-g}$	الطاقة الحرارية المرتبطة بالماء والزجاج بالإشعاع	$\text{W/m}^2$
$Ex_{c,w-g}$	الطاقة الحرارية المرتبطة بالماء والزجاج بالحمل	$\text{W/m}^2$
$Ex$	الطاقة الحرارية	Joule
$Ex_{\text{out}}$	الطاقة الحرارية الخارجية	$\text{W/m}^2$
$Ex_{\text{int}}$	الطاقة الحرارية الداخلية	$\text{W/m}^2$
$\eta_{\text{ex}}$	فعالية الطاقة الحرارية	%
$A$	مساحة المقطر الشمسي	$\text{m}^2$
$P_e$	الضغط الجزئي عند الماء	Pa
$P_v$	الضغط الجزئي عند الزجاج	Pa

مقدمة

### مقدمة عامة:

تعد الطاقة الشمسية من أهم مصادر الطاقة المتجددة التي اكتسبت اهتماما عالميا متزايدا في ظل التحديات المناخية والبيئية التي يشهدها العالم اليوم. فهي طاقة نظيفة مستدامة، ومتوفرة بكميات هائلة خاصة في المناطق المشمسة كالدول العربية وشمال إفريقيا. تعتمد هذه الطاقة على استغلال أشعة الشمس وتحويلها إلى طاقة كهربائية أو حرارية تستخدم في شتى المجالات من أبرزها تحلية المياه وتوفير المياه الصالحة للاستخدام.

مع تزايد الطلب على المياه العذبة بسبب النمو السكاني والتوسع الحضري، أصبحت مشكلة ندرة المياه من أكبر التحديات التي تواجه الدول، خاصة تلك التي تقع في المناطق الجافة والشبه جافة. وفي هذا السياق برزت تقنية استخدام الطاقة الشمسية في إنتاج المياه كحل فعال ودائم، ومن خلال أنظمة مثل تحلية مياه البحر بالطاقة الشمسية، وتقطير المياه بالطاقة الشمسية وتشغيل مضخات المياه في المناطق النائية.

تساهم هذه التقنيات في تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية الملوثة والمكلفة، كما تساهم في تحقيق الأمن المائي في المناطق النائية التي تعاني من نقص البنية التحتية. ومن خلال التكامل بين الطاقة الشمسية وقطاع المياه، يمكن تحقيق تنمية مستدامة توازن بين متطلبات الإنسان وحماية البيئة.

تعتبر الطاقة الحرارية (إكزارجي) أداة تحليلية هامة لفهم كفاءة تحويل الطاقة داخل النظام، على عكس الطاقة التي تقيس الكمية فقط. فهي تبين لنا نوعية الطاقة وقدرتها على أداء عمل مفيد. أي أنها تقيس الجزء المفيد من الطاقة التي يمكن تحويله إلى عمل.

في المقطر الشمسي تسمح الطاقة الحرارية (إكزارجي) بتحديد أماكن الطاقة الفاقدة الحقيقي في النظام، مثل فقدان الحرارة في المبادل الحراري أو عدم كفاءة الامتصاص، مما يساعد في تحسين تصميم النظام ورفع كفاءته.

دراسة وتحليل الطاقة الحرارية (إكزارجي) في المقطرات الشمسية لها أهمية جد كبيرة فهي تقييم الأداء الحقيقي للمقطر، تحدد مواقع الفقد الحراري، مقارنة أنواع مختلفة من التصميمات الشمسية وزيادة كفاءة الاستخدام الحراري للطاقة الشمسية.

الجانب التنظيمي تم تقسيم المذكرة إلى 3 فصول:

الفصل الأول: مفاهيم عامة حول التقطير والمقطرات الشمسية

الفصل الثاني: الطاقة والطاقة الحرارية لمجموعة من المقطرات الشمسية

الفصل الثالث: دراسة نظرية لثلاثة مقطرات شمسية "الطاقة الحرارية"

## الفصل الأول:

مفاهيم عامة حول التقطير

والمقطرات الشمسية

## 1-1. مقدمة :

يعتبر الماء النقي ضروريًا في الحياة المنزلية ، ويستخدم في الزراعة وفي الصناعة أيضًا. إن استهلاك المياه يزيد من خصتها في العالم، وذلك أساسًا بسبب الانفجار الديموغرافي والنمو الصناعي السريع . تتزايد الحاجة إلى المياه العذبة ، لكن معظم المياه المتاحة قليلة الملوحة بطبيعتها أو غير نقية ، وغير صالحة للاستهلاك وتتطلب معالجة في الطرق الموجودة لتنقية وتحلية المياه ، يتم استخدام الطاقة الكهربائية أو الوقود الأحفوري للإنتاج الضخم . إن استخدام الوقود الأحفوري أو الطاقة الكهربائية المشتقة من الوقود الأحفوري القابلة يزيد من تلوث الغلاف الجوي والاحتباس الحراري. علاوة على ذلك، فإن الوقود الأحفوري يتناقص ببطء مع الزمن بسبب الاستهلاك السريع المستخدم في التطوير التكنولوجي. الطاقة الشمسية هي أفضل بديل مصدر للطاقة الحرارية . إنه أمر لا يمكن الاستغناء عنه وخاصة متوفر في جميع مناطق العالم. يعد استخدام الطاقة الشمسية أمرًا اقتصاديًا للغاية من استخدام الوقود الأحفوري في المناطق النائية بسبب الكثافة السكانية المنخفضة وانخفاض هطول الأمطار ووفرة الطاقة الشمسية المتاحة . للتقطير الشمسي هو إحدى الطرق المهمة لاستخدام الطاقة الشمسية لتوفير المياه الصالحة للشرب في المجتمعات الصغيرة حيث يكون الإمداد الطبيعي بالمياه العذبة غير كاف أو رديء الجودة، حيث تكون الشمس وفيرة. من الممكن بسهولة أن توفر المقطرات الشمسية ما يكفي من الماء لتلبية احتياجات الطعام في المطبخ العائلي. إن جهاز التقطير الشمسي هو جهاز قديم يستخدم لمعالجة المياه المالحة أو غير النقية لتوفير مياه الشرب للمجتمعات الصغيرة والمعزولة . في المناطق النائية الجافة حيث تكون مصادر الطاقة التقليدية باهظة الثمن و نادرة ، يمكن تلبية الطلب على المياه العذبة باستخدام التقطير الشمسي. في الأماكن التي تتوفر فيها الطاقة الشمسية بكثرة وتتوفر مصادر المياه المالحة ، يتم استخدام المقطرات بكميات صغيرة من المياه . يعود أول استخدام معروف لأجهزة التقطير إلى عام 1551، عندما تم استخدامها من قبل الكيميائيين العرب. استخدم علماء آخرون وعلماء طبيعة يستخدمون نواتج التقطير خلال العصور اللاحقة . [1]

تحلية المياه بالطاقة الشمسية هي عملية تحويل المياه غير النقية إلى مياه صالحة للشرب باستخدام الطاقة الشمسية. لقد استخدمت طرق تحلية المياه بالطاقة الشمسية من قبل الإنسانية منذ آلاف السنين . في الواقع، كانت أجهزة التقطير الشمسية في الطريقة الأولى المستخدمة على نطاق صغير لتحويل المياه المالحة غير نقية إلى مياه صالحة للشرب . في عام 1872، قام المهندس السويدي، كاروس ويلسون بتوفير المياه العذبة لعمال منجم الملح الصخري والفضة بعملية تحلية المياه بالطاقة الشمسية وقد عمل المنجم لمدة 40 عامًا وأنتج في المتوسط 22,7 متر مكعب من المقطرات يوميًا باستخدام مياه الصرف الصحي من المنجم كمياه تغذية . العيب الرئيسي لتحلية المياه باستخدام الطاقة الشمسية باستخدام المقطرات الشمسية هو الإنتاجية الضعيفة. بشكل عام، يمكن أن ينتج جهاز التقطير الشمسي 2.5 إلى 5 لترًا لكل متر مربع يوميًا. تم إجراء العديد من الأبحاث لزيادة إنتاجية أجهزة التقطير. موروغافيل وآخرون . [2]

## 2-1. نبذة تاريخية عن المقطر الشمسي :

انتشر استخدام الطاقة الشمسية على نطاق واسع خلال القرن العشرين ، والذي عرف بالقوة الكبيرة في تطبيقات الطاقة الشمسية. شهد العالم نفسه إنشاء محرك بخاري يعمل بالطاقة الشمسية . بين عامي 1920 و 1928، تم إنشاء آلة شمسية بقوة 02 حصان في كاليفورنيا. في عام 1911، تم إنشاء جهاز يستخدم الطاقة الشمسية للزراعة في فيلادلفيا، وقد تم تشغيله في الصحراء المصرية، على بعد 16 كم من القاهرة، وينتج قوة 122 حصان، مما يوفر الطاقة لحوالي 4200 متر مربع.

[3]



ثم ظهرت أولى المنازل الشمسية ، والتي لم تكن مبنية على قيم العامة ، ولكنها تعتمد بشكل مباشر على تطبيقات الطاقة الشمسية المماثلة لها. وقد تم تصميم المنزل الشمسي الأول من قبل مجموعة من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في 1939.[4]

في عام 1973، قبل بضعة أشهر من الأزمة النفطية، انعقد في باريس مؤتمر تحت عنوان "الشمس في خدمة الإنسان" تحت رعاية اليونسكو. وحضر هذا المؤتمر حوالي 800 عالم من 60 دولة مختلفة وفي ذلك الوقت ، شهدت الطاقة الشمسية تحولاً مفاجئاً ، فتحوّلت من مجرد فضول علمي إلى حركة ثقافية . وقد اعتبرها الناشطون الاجتماعيون والمدافعون عنها رمزا لانتقال من الاعتماد على الوقود التقليدي .[5]

### 3- 1. آلية التقطير :

يعتمد مبدأ تشغيل جهاز التقطير في البداية على عمليتين : التبخر، الذي يتم تحقيقه بواسطة مصدر حرارة ساخن ، ثم يتم تحويل بخار الماء إلى المكثف، والذي يتميز بدرجة حرارة منخفضة نسبياً. تستمر هذه العملية طالما كان هناك اختلاف في درجة الحرارة بين هذين المكونين من جهاز التقطير. بشكل عام، كلما كان الاختلاف أكبر، كلما كانت الكمية أكبر. ينتج هذا المعالج مياه شديدة الملوحة ، تستخرج منها الأملاح المعدنية الضرورية غذائياً ، مثل كلوريد الصوديوم (ملح الطعام). إذا لم يتم استخدام هذه المياه شديدة الملوحة ، وإذا توفر مصدر كاف للأملاح . يتم التخلص منها بشكل عام ، تتطلب جميع أجهزة التقطير ، بغض النظر عن نوعها أو مبدأ تشغيلها مصدراً حرارياً للتكثيف . [6]

### 4- 1. أنواع التقطير المختلفة والطرق المستخدمة :

هناك عدة طرق للتقطير

#### 1.4- 1. تحليلية المياه بالتقطير :

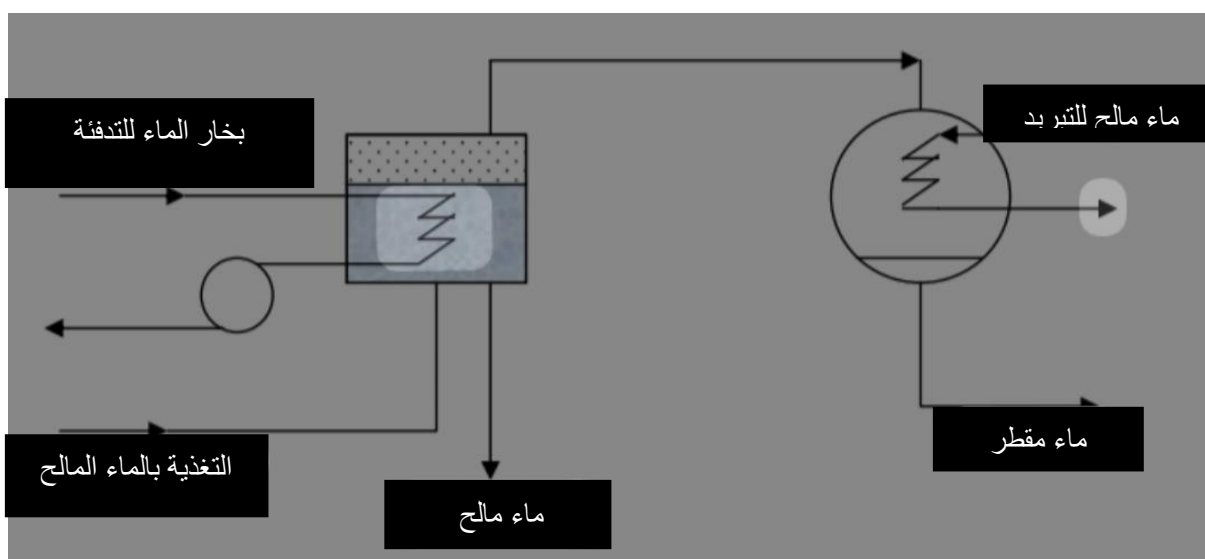
تعتمد طريقة التقطير بشكل أساسي على تغيير حالة الماء، أو تتكون العملية من تسخين الماء حتى نقطة الغليان السابقة لبخار الماء الذي يتم تكثيفه للحصول على الماء المقطر. عادة، هذه الطريقة تتطلب مبدلين للتدفئة، أحدهما لتبخير الماء وآخر لتكثيفه .[7]

#### 2.4- 1. التقطير البسيط :

في هذه الطريقة، يتم تسخين المياه المالحة في خزان مياه بدون ضغط، ومن أجل التطهير، نستخدم مبدلاً حرارياً عبر تمرير بخار الماء. يتصاعد بخار الماء إلى أعلى الخزان ويخرج عبر مسار موصل إلى المكثف. يتكثف هذا البخار إلى قطرات خالية من الملح ثم يتم تخزينه في خزان الماء المقطر.

يوضح الرسم مبدأ تشغيل الجهاز ، ويتم وضعه مبدئياً على مدخل مياه البحر في خلية التقطير عند درجة حرارة  $(T+T\Delta)$  و  $T\Delta$ . هذه درجة الحرارة هي عبارة عن زيادة في درجة الحرارة الناتجة عن التسخين الأولي.

- يوجد داخل الخلية مبادل حراري على شكل ملف أو أي شكل آخر لضمان التبادل الحراري بين مياه البحر وبخار الماء داخل المبادل.
  - يفقد بخار الماء جزءًا من الحرارة ، مما يؤدي إلى التكثيف والتحول إلى سائل. ثم يسخن مرة أخرى في دورة مغلقة
- يتم استعادة السائل الذي فقد الحرارة من خلال ماء البحر لتبخيره. يتم توجيه بخار الماء الناتج إلى خلية ثانية للتكثيف. من الضروري الحصول على عنصر بارد، يتمثل في مبادل حراري ثان ، تدور من خلاله مياه البحر الباردة (مياه البحر أو المياه الجوفية الباردة ) بشكل طبيعي .



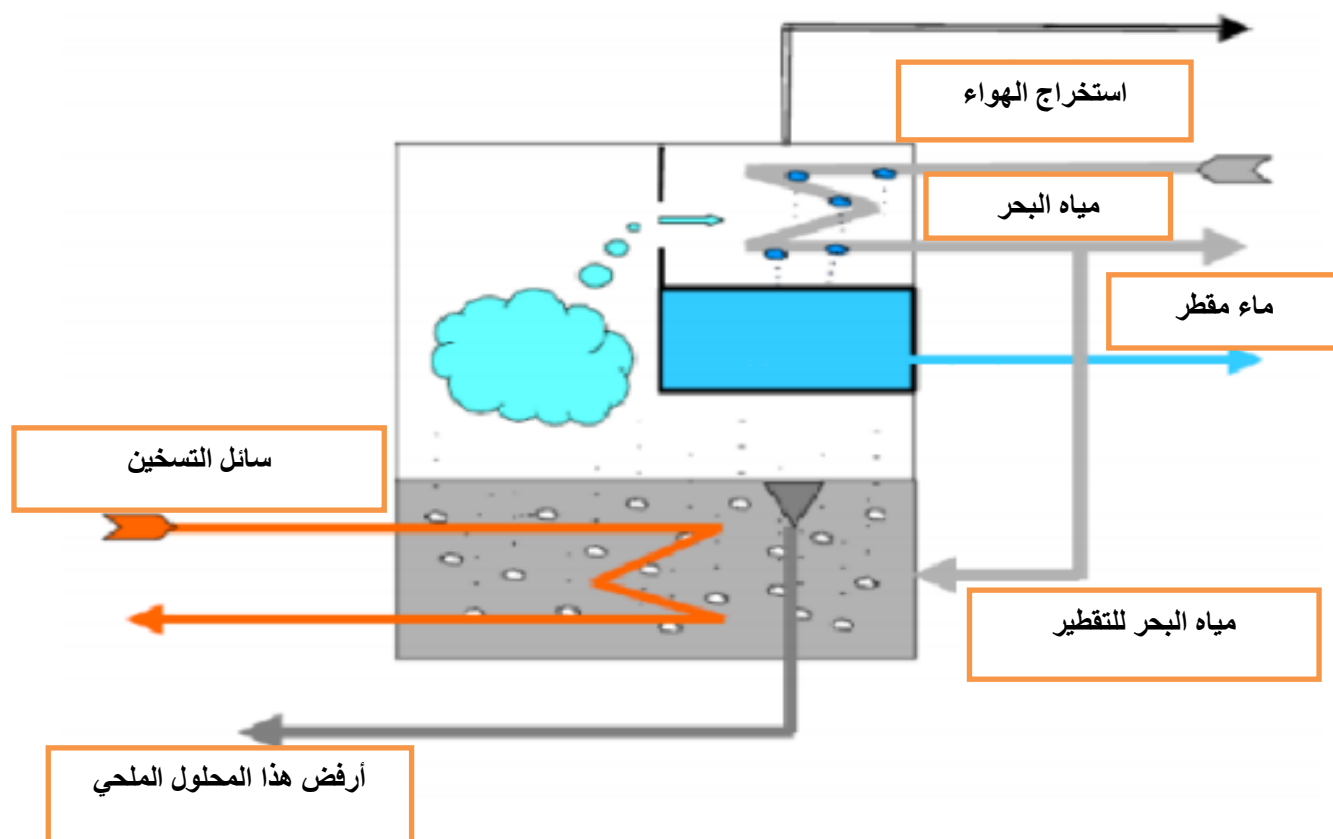
الشكل 1 . 1 : تحلية المياه بالتقطير

التكلفة : تستخدم هذه الطريقة صناعيا ، لكن إنتاجها مكلف ، حيث تقدر تكلفته بحوالي 1000 كيلواط لكل متر مكعب [7]

### 3.4- 1 . التقطير ذو التأثير الفردي :

جهاز التقطير ذو التأثير البسيط هو جهاز موجود في الأدبيات، وهو ذو طاقة عالية للغاية، على الرغم من كفاءته في استخدام الطاقة وبالتالي اختفائه شبه تام في المجال الصناعي، لأنه جهاز سهل الفهم للغاية. وهو أداة تعليمية قوية ظهرت أولى الوحدات الصناعية لتقطير مياه البحر على متن السفن. في معظم الحالات ، كانت هذه عبارة عن غلايات شعاعية مغمورة بسيطة . يتم تسخين ماء البحر في وعاء بخار محكم الغلق عن طريق البخار المتداول في حزمة أنابيب مغمورة في مياه البحر التي يغليها .

يتكاثف البخار المتصاعد على حزمة أنابيب أخرى موضوعة في الجزء العلوي من الحاوية ، مما يخفف من هذا الضغط بواسطة ماء البحر البارد. البخار الذي يتكثف يتم استخلاصه في وعاء، وقد تنخفض درجة حرارة تبخر الماء في المقياس عن طريق تقليل الضغط في غرفة التبخر [8].



الشكل 2.1 : مبدأ التقطير أحادي التأثير

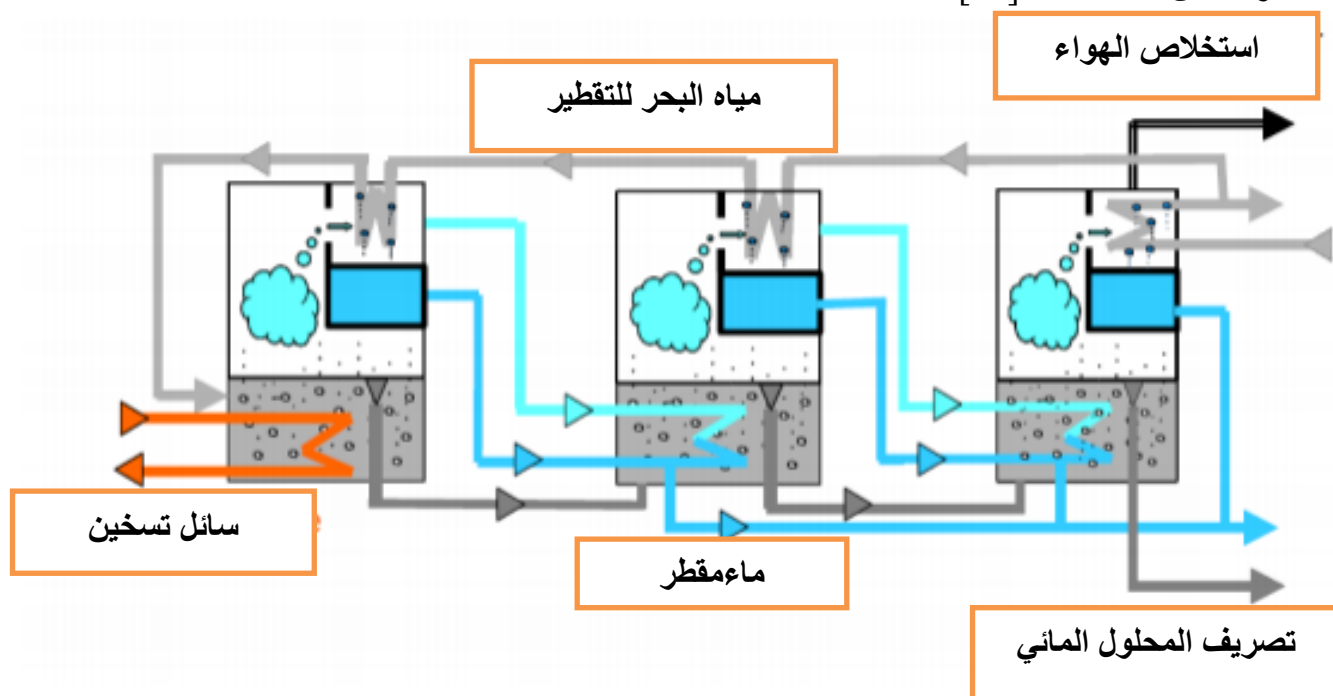
#### 4.4-1 . التقطير متعدد التأثيرات :

تم اكتشاف وحدة التقطير متعددة التأثير في فرنسا على يد العلماء آر إس سيلفر في عام 1950. وتتألف هذه الطريقة من سلسلة من المراحل وهي إحدى الطرق الأولى المستخدمة في عملية تحلية المياه لاستعادة الحرارة المفقودة في المكثف . تتميز هذه الطريقة بقدرتها على زيادة درجة الحرارة إلى أقصى قيمة تصل إلى 120 درجة مئوية. [ 9 ] هذه الطريقة، يتم تسخين ماء البحر بعد مروره عبر الغرف المتعاقبة بضغط منخفض، وهو ما يحول الماء إلى أبخرة مكثفة على الأسطح الباردة. يتم تجميع هذا البخار وتخصيصه للحصول على كميات من المياه الصالحة للشرب، ويتم استخدام هذه الطريقة في محطات الطاقة مراكز ذات القدرة الانتاجية الكبيرة.[9]

تعمل هذه العملية على تحسين الاستهلاك النوعي للمبخر أحادي التأثير من أجل زيادة كفاءته عن طريق استعادة الحرارة الداخلة لمزيد من التقطير تتم العملية على النحو التالي :

- في خلية التقطير الأولى ، يتدفق ماء البحر فوق ملف من الأنابيب أو الصفائح المسخنة ، بفضل الغلاية يتم تحويله إلى بخار عند 70 درجة مئوية فقط بفضل ضغط أقل من الضغط الجوي. هذا يمنع تراكم الترسبات في الأنابيب .
- تتراكم مياه البحر التي لم تتحول إلى بخار في قاع الخلية يصبح أكثر تركيزا مع الاملاح لأنه لا يمكن تبخيرها .
- يتم ضخ المياه ثم إرسالها إلى الخلية 2 .

- يدخل البخار إلى الخلية الثانية ثم يتكثف في الملف . هذا الانتقال إلى الحالة السائلة يطلق طاقة كافية لنقلها إلى مياه البحر يتدفق الأخير فوق الأنابيب بعد تسخينه و يتبخر .
- تكرر نفس العملية في الخلية الثالثة . علميا ، يمكن وضع ما يصل إلى 6 أو 7 خلايا تقطير على التوالي .
- يتم تبريد الملف الأخير بمياه البحر .
- ينتج البخار المكثف في الملفات ماء ناعما . يتطلب الأمر من 2 إلى 4 لترات من الماء المالح للحصول على لتر واحد من الماء العذب [10] .



الشكل 3.1 : مبدأ التقطير متعدد التأثير [10]

#### 5.4-1 . التقطير بالضغط البخاري :

هذه الطريقة هي واحدة (500 متر مكعب في اليوم) وهذه التكنولوجيا تم استخدامها في أوروبا في عام 1910 وفي اليابان في عام 1920. وهي تستخدم حرارة البخار في المراحل اللاحقة ( التقطير متعدد التأثيرات و التبخير الفوري ) كمصدر بخار خارجي للتسخين بعد الضغط كمصدر حرارة أساسي. تسمح هذه الطريقة بتحقيق كفاءة عالية من استخدام الطاقة، ولكن من الضروري الحصول على طاقة ميكانيكية باستخدام ضاغط. [11]

تغلي مياه البحر في حاوية معزولة، ويتم سحب البخار بواسطة ضاغط يرفع درجة حرارته وضغطه. يتم إرسال هذا البخار إلى حزمة أنبوبية في أسفل الحاوية، ويتكثف عن طريق التخلي عن حرارته إلى مياه البحر التي يتم غليها [12] . تعمل هذه العملية تمامًا وفقًا لمبدأ مضخة الحرارة، حيث يوفر الضاغط الطاقة. يتم ضغط البخار الناتج بشكل حراري، مما يزيد من درجة تشبعه. وبالتالي، أثناء عملية التكثيف، فإنه يستطيع نقل حرارة التبخر إلى

الماء المالح بتدرج حراري جيد، مما يسمح بكفاءة جيدة. يضمن الضاغط ضغطاً منخفضاً في الخلية، مما يسمح بالعمل عند درجة حرارة منخفضة تبلغ حوالي 60 درجة مئوية وبالتالي تجنب الترسبات. تتمثل ميزة هذه العملية في انخفاض استهلاك الطاقة في شكل ميكانيكي أو كهربائي (7 إلى 8 كيلو وات ساعة / متر مكعب، للمنشآت الكبيرة). ومع ذلك، فإن قدرة منشآت ضغط البخار محدودة بحجم الضواغط ؛ تتراوح في اليوم من 15 إلى أكثر من 3800 متر مكعب / يوم . [13]

#### 6.4- ا . تقنية فصل الماء عن الأملاح الذائبة باستخدام الأعشاب :

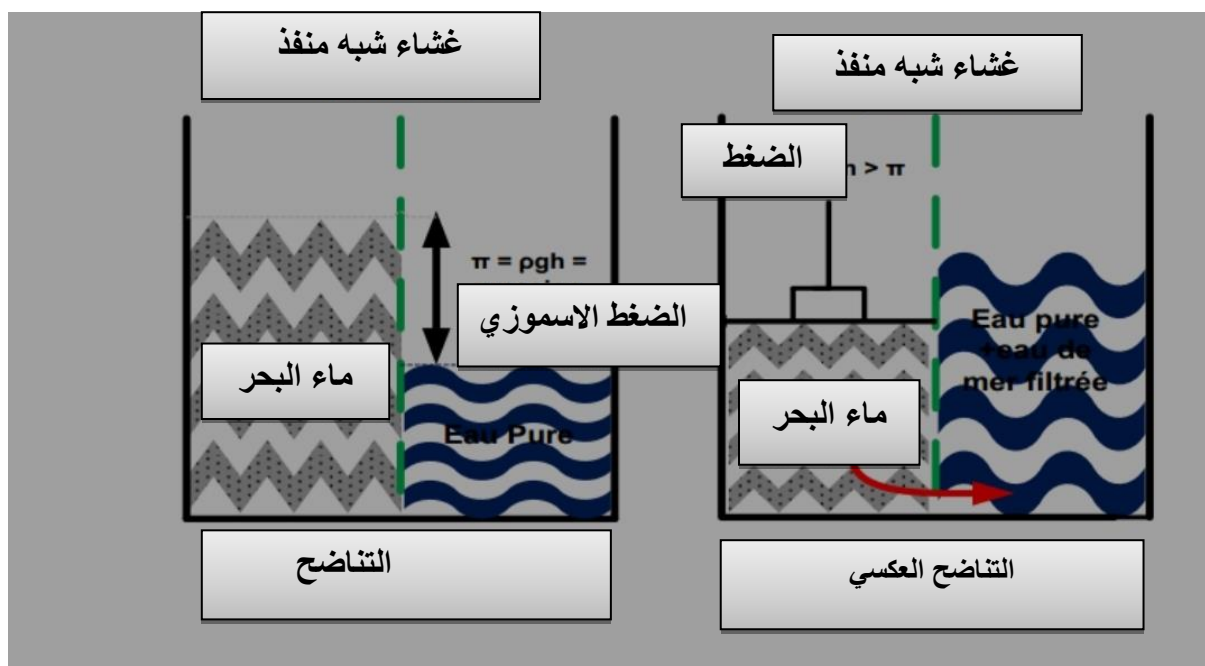
تعتمد هذه التقنية على أغشية شبه منفذة تستخدم لفصل الملح عن الماء. تتم عملية الفصل في درجة حرارة الغرفة لمحيط (بدون تدفئة) مع استهلاك الطاقة الكهربائية، وهناك طريقتان في هذه التقنية (التناضح العكسي والتناضح الكهربائي) [9]. لفهم مبدأ هذه التقنية، دعونا نبدأ بفهم ظاهرة التناضح الطبيعي:

**التناضح (الأسموز) :** تحدث ظاهرة التناضح عندما يتواجد محلولان سائلان بتركيزات مختلفة من المادة المذابة، حيث ينتقل السائل من المحلول الأقل تركيزاً إلى المحلول الأعلى تركيزاً عن طريق عبور غشاء شبه منفذ.

#### أ – التناضح العكسي (الأسموز العكسي) :

تمتع أغشية التناضح العكسي بهيكل هي الأكثر كثافة من بين جميع الأغشية المستخدمة حالياً في قطاع مياه الشرب. تتمتع هذه الأغشية بالقدرة على الاحتفاظ بالأيونات أحادية التكافؤ ذات الكتلة المولية المنخفضة جداً ( $Na^+$  ،  $Cl^-$ ) . لذلك، يمكن أن تكون الضغوط الاسموزي ، والتي تكون أكبر كلما كان حجم المذاب أصغر، يمكن أن تكون قوية للغاية إذا كانت تركيزات الأملاح أو الجزيئات ذات الكتلة الجزيئية المنخفضة مرتفعة. وهذا يعني أن ضغط التشغيل، الذي يجب أن يكون أعلى من الضغط الاسموزي، يمكن أن يكون مرتفعاً جداً كما في حالة تحلية مياه البحر (5 إلى 8 ميجا باسكال). [14]

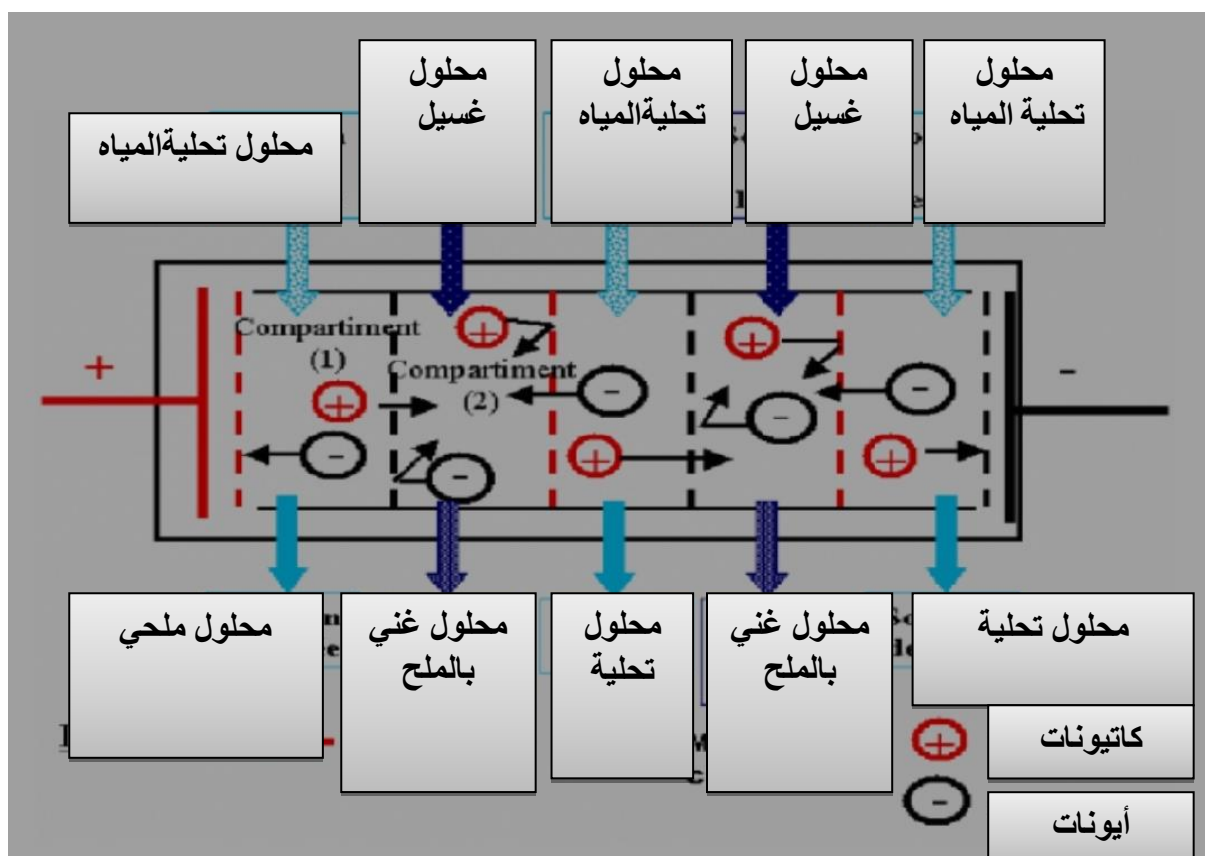
كما هو موضح في الشكل 4 في عملية التناضح العكسي، يؤدي الضغط على مياه البحر إلى نقل المياه عبر الغشاء شبه المنفذ. يتم الحصول على الماء النقي في حجرة واحدة ومحلول الماء المالح المركز في الحجرة الأخرى. تبلغ نسبة الملح في الماء الناتج من نظام التناضح العكسي حوالي 0.5 جرام/لتر. [15]



الشكل 4. | : تقنية التناضح والتناضح العكسي

#### ب-التحليل الكهربائي :

التحليل الكهربائي هو عملية تحلية بغشاء كهربائي تسمح بإزالة الأملاح المذابة من المياه المالحة عن طريق الهجرة عبر الأغشية الانتقائية (الكاتيونية أو الأيونية) تحت تأثير المجال الكهربائي. يعارض الغشاء الانتقائي للأيونات مرور الكاتيونات ويسمح بمرور الأيونات فقط مع بقائه غير منفذ للماء تحت الضغط. وبالتالي، فإن الغشاء الكاتيوني الانتقائي يسمح بمرور الكاتيونات فقط ويعارض مرور الأيونات مع بقائه غير منفذ للماء تحت الضغط [16] (الشكل). الأغشية الكاتيونية مصنوعة من كبريتات البولسترين ، في حين أن الأغشية الأيونية مصنوعة من البولسترين مع الألمنيوم الرباعي . [17]



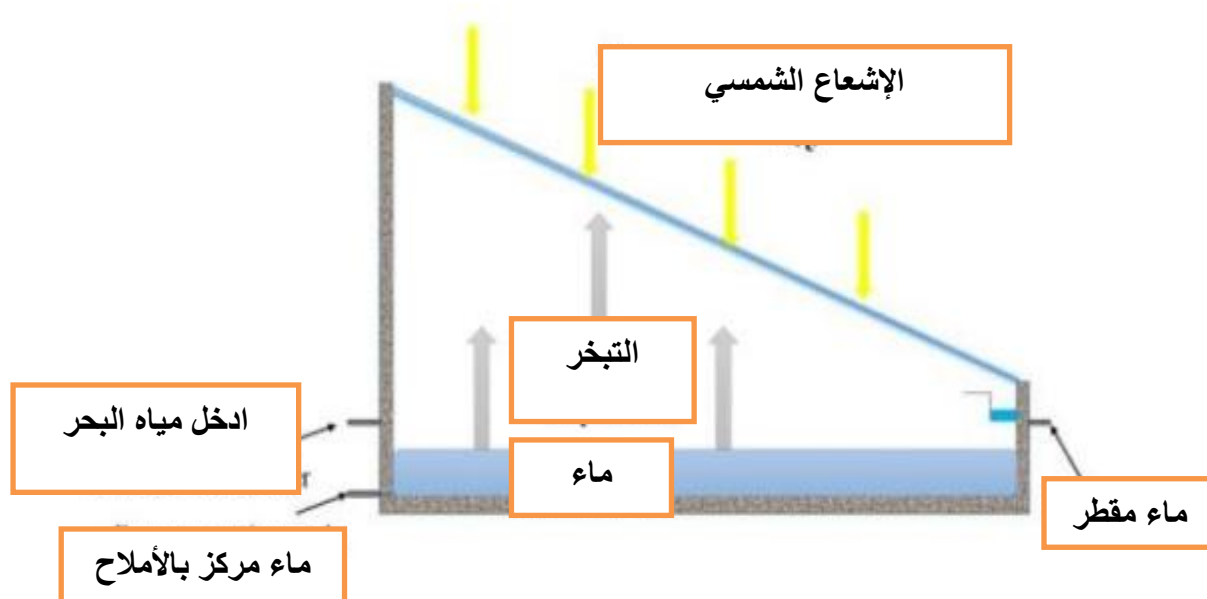
الشكل 1.5 : تقنية التحليل الكهربائي [17]

#### 1-5. الأنواع المختلفة من أجهزة التقطير الشمسي :

على الرغم من أنها تشترك في نفس مبدأ العمل، إلا أن هناك عدة أنواع من هذه المقطرات الشمسية.

#### 1.5-1. جهاز التقطير أحادي المنحدر :

هو عبارة عن جهاز تقطير بمستشعر واحد بزاوية (B)، ويسمى أيضًا جهاز تقطير بسيط [18]. جهاز التقطير الشمسي المسطح الأبسط والأشهر في العالم. يتكون من ممتص على شكل حوض أفقي مملوء بالمياه المالحة أو قليلة الملوحة ومغطى بلوح زجاجي شفاف مائل بزاوية معينة ليتعرض لأقصى قدر من الإشعاع الشمسي ويسهل تدفق القطرات نحو ميزراب يوضع في أسفل اللوح. يتم بعد ذلك جمع المياه المكثفة وتخزينها. لتقليل خسائر الطاقة، يتم استخدام العزل الحراري في الجزء السفلي والجوانب خارج الممتص. [19]



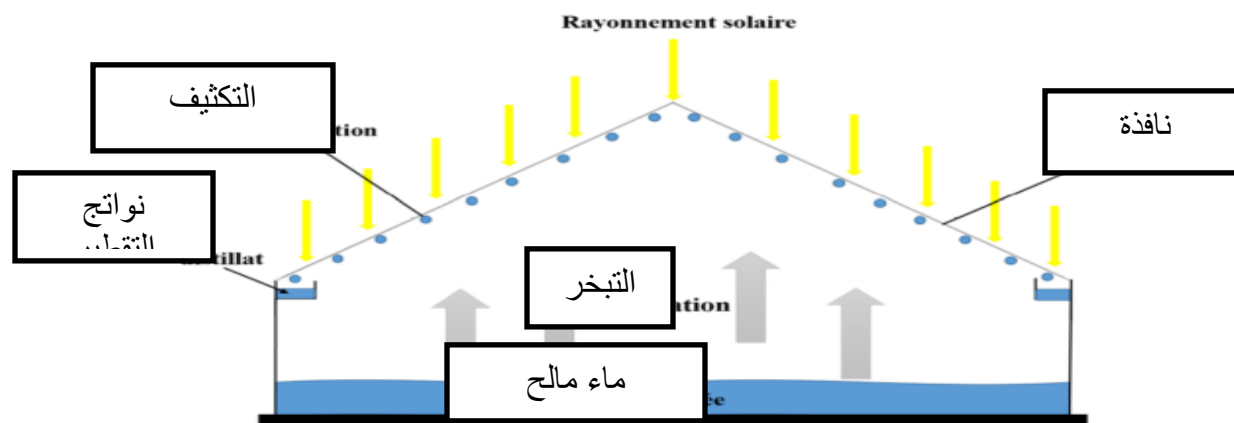
الشكل 6. 1 : مبدأ جهاز التقطير أحادي المنحدر [19]

## 2.5- 1 . جهاز التقطير مزدوج المنحدر :

وهو عبارة عن جهاز تقطير بسيط ولكنه مزود بغطاءين زجاجيين حيث يكون كل منهما مائلاً بزاوية ( $\beta$ )، ومميزته هي تعريض أحد جوانبه للشمس والظل لتسريع وزيادة معدل التكتيف. [20]

الإشعاع الشمسي

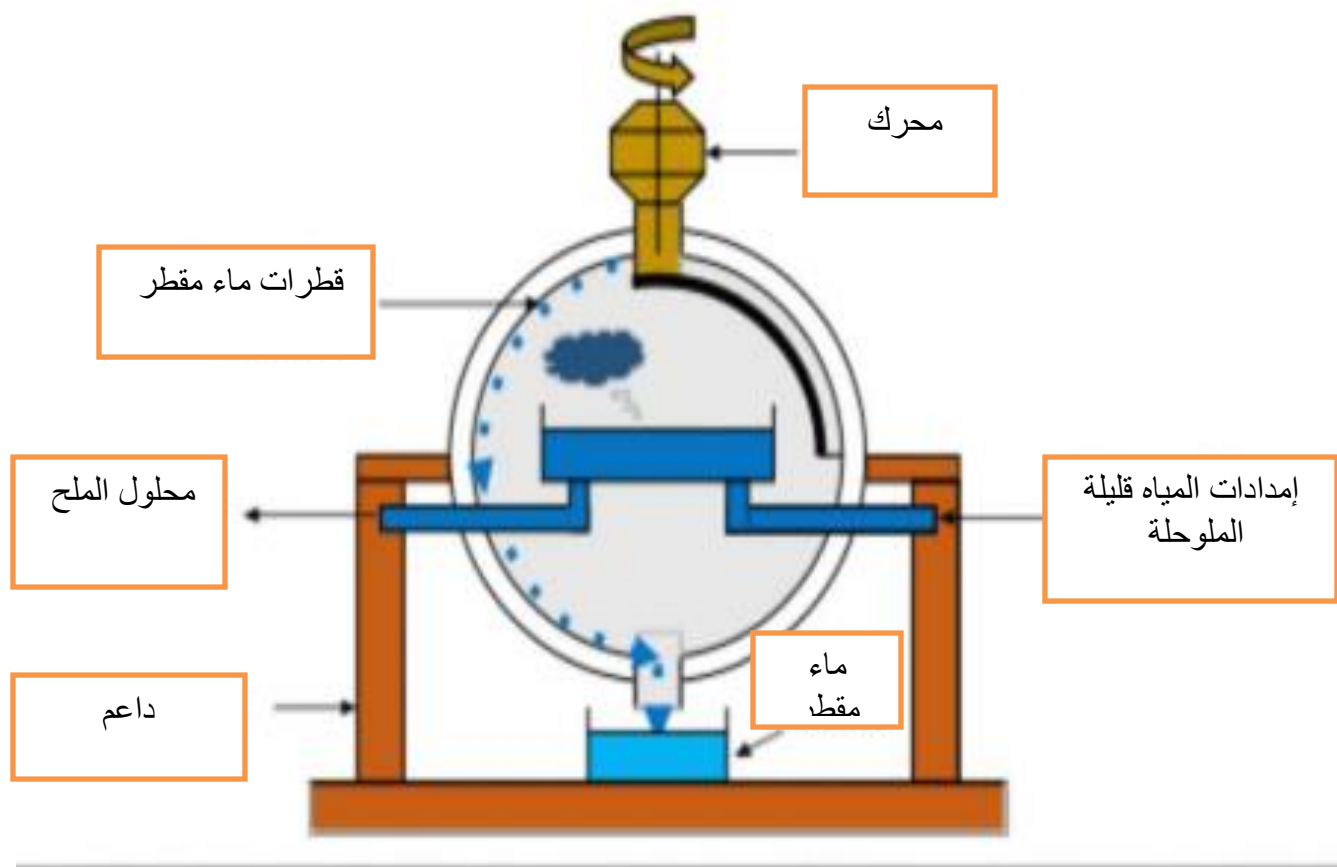




الشكل 7. 1 : مبدأ جهاز التقطير مزدوج المنحدر [20]

### 3.5- 1 . جهاز التقطير الشمسي الكروي :

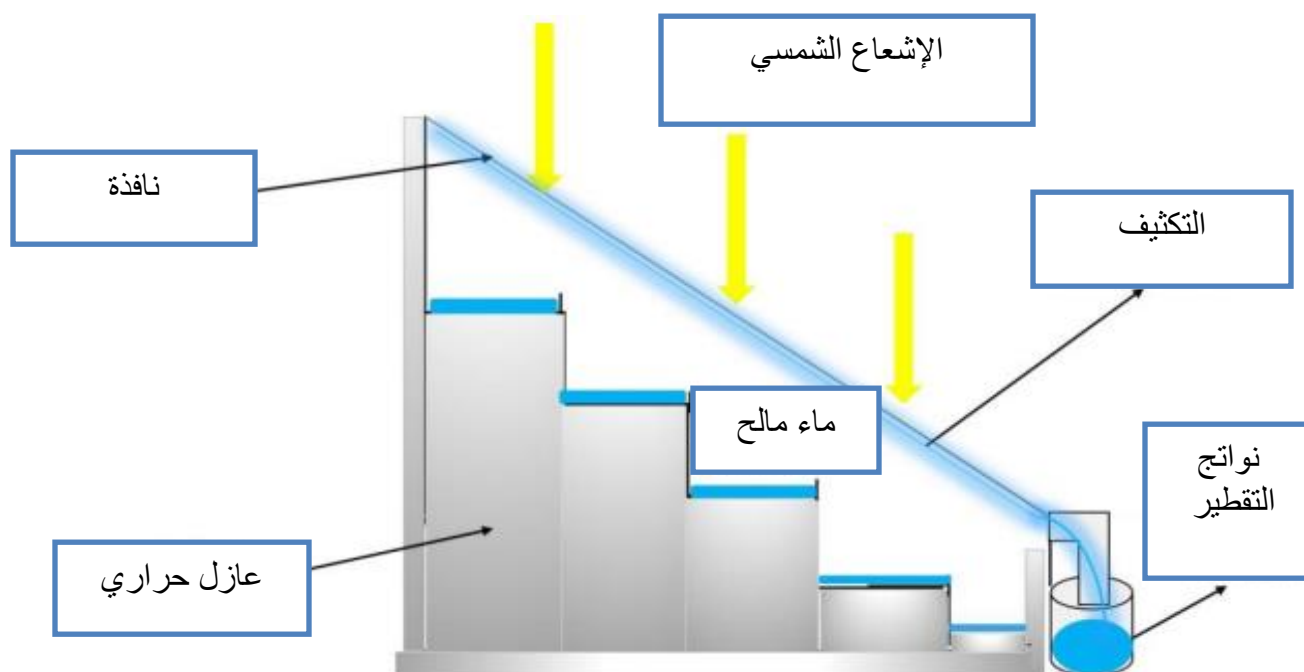
وهو عبارة عن جهاز تقطير مصنوع من زجاج شبكي شفاف، مع خزان أفقي وسطح تكثيف نصف كروي (الشكل 8). يدخل الإشعاع الساقط الذي ينقله النصف العلوي من الكرة الأرضية إلى الخزان ويعمل على تسخين كتلة الماء الموجودة فيه. يتبخر جزء من الماء، ويتكثف البخار المنطلق على الجانب الداخلي للنافذة. ينتقل المقطر إلى نصف الكرة السفلي من خلال المساحة الحلقية بين الخزان والكرة. يتم مسح سطح التكثيف باستخدام ممسحة تعمل بمحرك. تتمثل ميزة نظام الكنس هذا في الحفاظ على سطح التكثيف شفافاً دائماً للإشعاع وضمان التصريف السريع للقطرات. [21]



الشكل 8. 1 : مبدأ التقطير الشمسي الكروي [21]

#### 4.5- 1 . جهاز تقطير الشلال الشمسي:

يتكون جهاز تقطير الشلال الشمسي من خزان مغلق مغطى بنافذة (الشكل 9). يتم تطبيق نفس المبدأ في جهاز التقطير المستوي، إلا أن الممتص له شكل متتالي. يتم توزيع الماء المالح المسكوب في جهاز التقطير على عدة أحواض صغيرة. نلاحظ أنه إذا كانت كتلة الماء صغيرة فإن الماء يسخن بسرعة أكبر ويتبخر. [22]



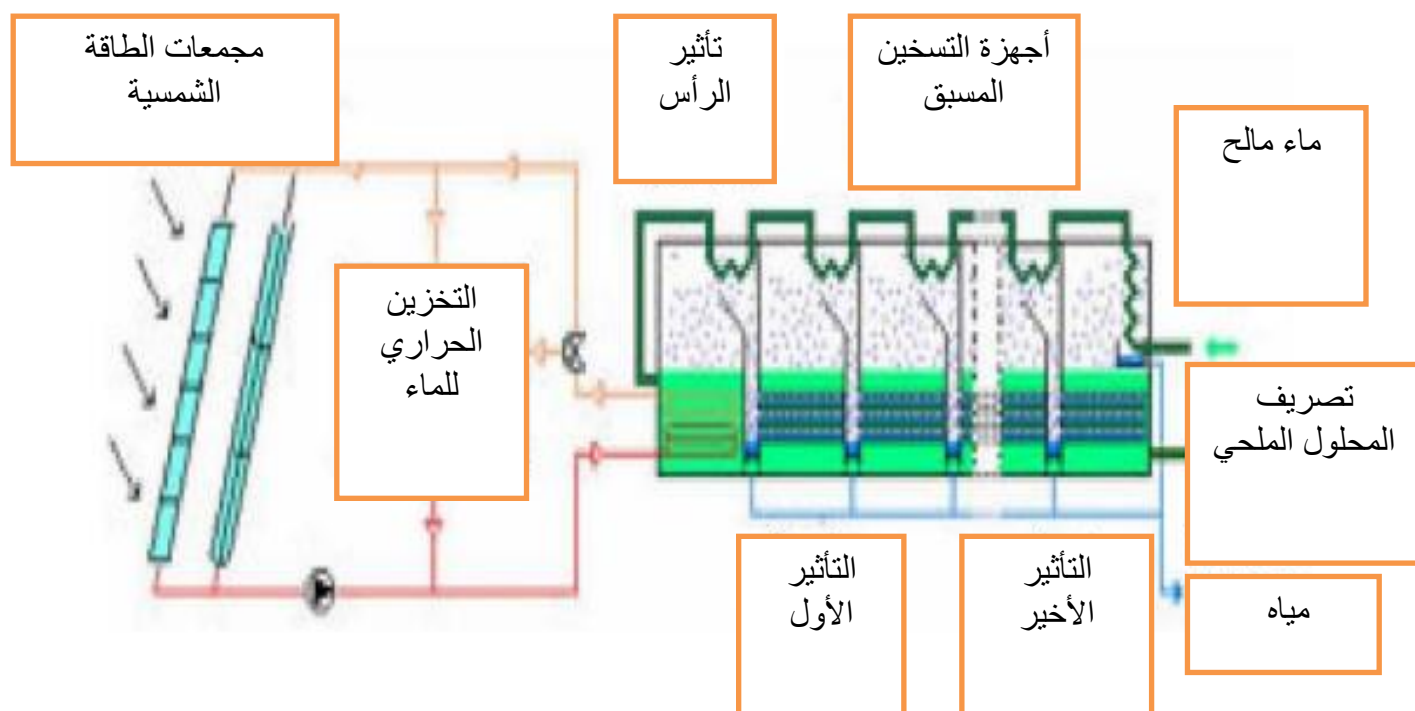
الشكل 9. 1 : مبدأ جهاز تقطير الشلال الشمسي [22]

#### 5.5- 1 . جهاز تقطير الفتيل الشمسي:

في هذا النوع من أجهزة التقطير تتدفق المياه المالحة عبر عبوة مسامية، وتمتص الإشعاع، ويكون الفتيل مائلاً بطريقة تجعل كمية صغيرة من مياه التغذية معرضة بشكل جيد لأشعة الشمس بزاوية أفضل (الشكل 10). يسخن بسرعة إلى درجة حرارة أعلى. تتمتع هذه المقطرات بميزة تعرض الماء جيداً لأشعة الشمس مع مساحة سطح فعالة كبيرة وطبقة مياه تغذية منخفضة مما يسهل تسخينها. [23]



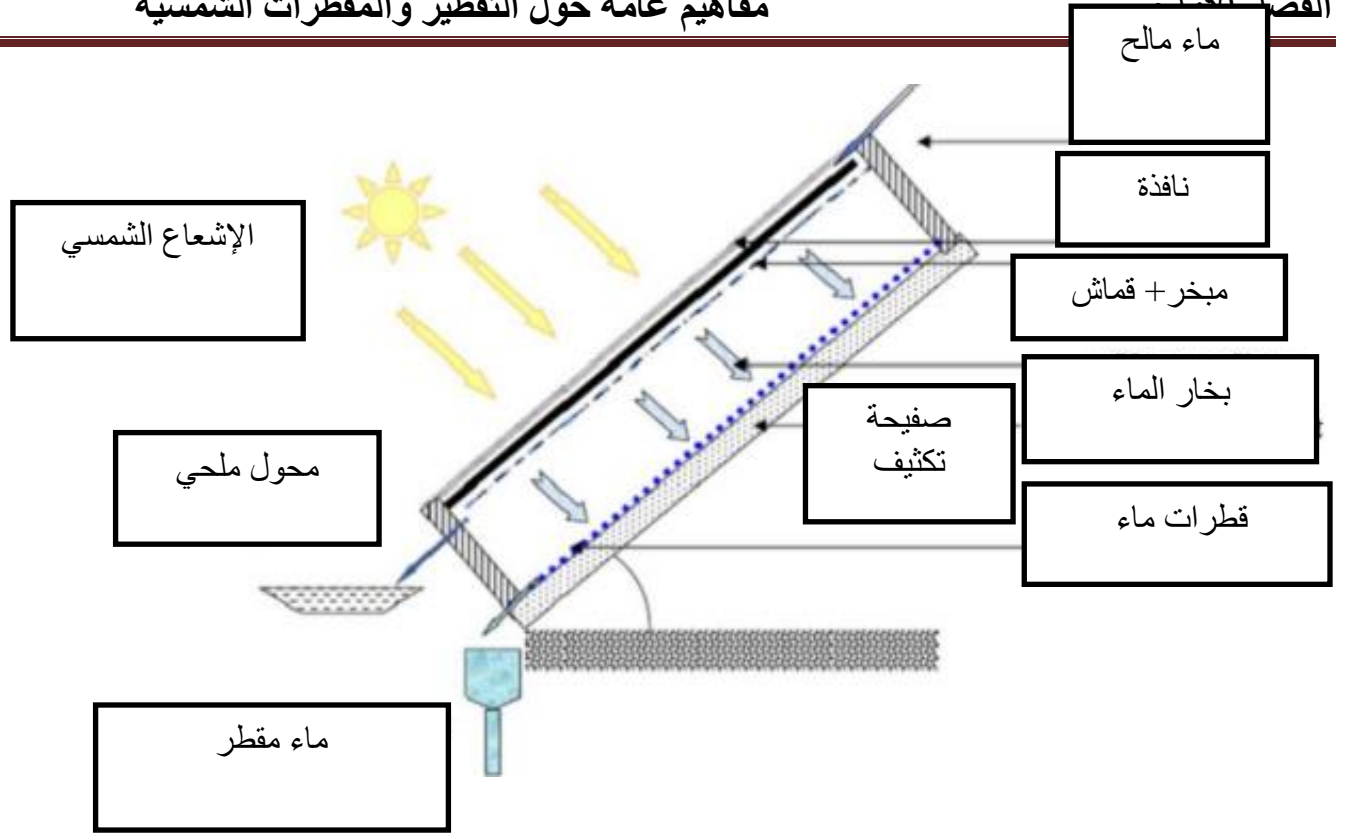
في هذا النوع من المقطرات، هناك عدة مبخرات على التوالي والتي تسمى التأثيرات (الشكل 11). يتكثف الماء المتبخر من التأثير الأول عند التأثير الثاني ويتم استهلاك الطاقة المنطلقة من التكثيف لتبخير الماء هناك. ويعمل المبخر الثالث كمكثف للأبخرة الناتجة عن التأثير الثاني وهكذا. ومع ذلك، كلما كان الفرق في درجات الحرارة أصغر، كلما كان من الضروري أن تكون مساحة التبادل التي تضمن نقل الطاقة أكبر. وبالتالي فإن الاستثمار أكثر أهمية إلى حد ما. وبالتالي فإن مضاعفة عدد التأثيرات يجعل من الممكن تقليل الاستهلاك المحدد (الطاقة/م<sup>3</sup> من المياه العذبة) [24].



### 1.1 : مبدأ جهاز تقطير متعدد التأثيرات

#### 7.5- 1 . جهاز التقطير الشمسي ذو الغشاء الشعري المائل:

جهاز التقطير الشعري هو عبارة عن خلية متوازية السطوح تتكون من لوحين معدنيين متقابلين ومائلين بزاوية (الشكل 12). يتدفق الماء المالح المراد تقطيره في وقت واحد بواسطة الخاصية الشعرية والجاذبية على أحد جانبي اللوحة المعدنية بمساعدة القماش. والجانب الآخر من نفس اللوحة مطلي باللون الأسود ومعرض لأشعة الشمس. يخرج بخار الماء الناتج من القماش ويتكثف عند ملامسته للنسيج الآخر يقع مقابل مباشرة. [25]



الشكل 12.1 : جهاز التقطير الشمسي ذو الغشاء الشعري المائل

## الفصل الثانى:

الطاقة والطاقة الحرارية

لمجموعة

من المقطرات الشمسية

## 1- II . مقدمة:

تُستخدم محطات التقطير الشمسي الضحلة عادةً في المناطق الساحلية القاحلة لتوفير مياه البحر العذبة بتكلفة منخفضة. يتكون التصميم الأبسط لجهاز التقطير الشمسي من صندوق مستطيل الشكل ذو غطاء علوي شفاف (الشكل). تتم عملية التقطير الشمسي على النحو التالي: (أ) جهاز التقطير مملوء جزئيًا بالمحلول الملحي في الرواسب السفلية وهو سطح أسود (مجمع) يستخدم لامتصاص الإشعاع الوارد بعد مروره عبر الغطاء الزجاجي والمحلول الملحي، (ب) يزيد المجمع من درجة حرارته وينقل الحرارة إلى المحلول الملحي، (ج) يتبخر الماء عند السطح الحر، (د) يتدفق الحمل الحراري الطبيعي للرطوبة عبر الهواء داخل العلبة بسبب اختلاف درجة الحرارة والتبريد العلوي، وتعمل هذه الورقة الشفافة المائلة كلوحة تكثيف حيث يتدفق الماء المقطر بالجاذبية على طول سطحه الداخلي إلى قناة تجميع صغيرة في الجدار الجانبي الأقصر للترتيب. من الممكن حاليًا تحقيق معدلات تقطير تبلغ حوالي 51 مترًا مربعًا في اليوم في لا باز بالمكسيك (خط عرض 24 درجة شمالًا) في يوم صيفي مشمس، مما يجعل العملية جذابة اقتصاديًا للمناطق التي تعاني من ندرة المياه. عند فحص الظواهر الأساسية داخل جهاز التقطير، تحدث عملية غير مستقرة للغاية، تتكون من التبخر، والنقل الحراري للرطوبة والتكثيف. يمكن العثور على وصف تفصيلي للجهاز وكيفية تشغيله في. [26]

على الرغم من أن أساسيات نمذجة التقطير الشمسي مفهومة جيدًا، إلا أن الدراسات الحديثة في هذا المجال [27] تحاول تحسين معادلات انتقال الحرارة من خلال مراعاة جميع المعلمات والظروف والتكوينات الهندسية. تعتمد معظم النماذج المستخدمة لدراسة التقطير الشمسي على تحليل المعلمات المجمع التي تأخذ في الاعتبار ثلاثة أنظمة فرعية رئيسية. [29]- [28]

## 2- II . تعريف الطاقة والطاقة الحرارية (إكزارجي):

1.2- II . مفهوم الطاقة: تعرف الطاقة بأنها القدرة على القيام بعمل ملموس، وتوجد بأشكال عدة منها طاقة الرياح والطاقة الكهرومائية وتدفقها، ويمكن تخزينها في مواد مثل الوقود التقليدي (النفط والفحم والغاز). [30]

2.2- II . يتضمن تعريف الطاقة أيضًا: القدرة على تقديم العمل لإعطاء الحركة أو زيادة درجة الحرارة. [31]



يمكن أيضًا اعتبار تعريف الطاقة على أنه: القدرة على القيام بالعمل. هناك أشكال عديدة للطاقة، وأهمها الحرارة والضوء، كما أن الصوت أيضًا شكل من أشكال الطاقة. هناك أيضًا طاقة ميكانيكية تنتجها الآلات وطاقة كيميائية تنطلق أثناء التغيرات الكيميائية. يمكن تحويل الطاقة من شكل إلى آخر. على سبيل المثال، يمكن تحويل الطاقة الكيميائية المخزنة في البطارية إلى ضوء. يمكن ليدك أيضًا أن تعمل مثل الآلات؛ إذا فركتهما معًا في الطقس البارد، فإنهما يصحان ساخنين. تتحول الطاقة الميكانيكية الناتجة عن احتكاك اليدين إلى حرارة. كمية الطاقة في العالم ثابتة؛ الطاقة لا تستحدث ولا تُزول. عندما يبدو أن الطاقة تم استخدامها، فهذا يعني أنها في الواقع تم تحويلها إلى شكل آخر. [30]

**3.2- II . مفهوم الطاقة الحرارية (إكزارجي):** هي الحد النظري لإمكانات العمل التي يمكن الحصول عليها من مصدر أو نظام في حالة معينة عند التفاعل مع مرجع (بيئة) في ظل ظروف ثابتة.

يقال أن النظام في الحالة صفر يكون في حالة توازن ترموديناميكي مع محيطه ، مالم يذكر خلاف ذلك ، افترض أن الحالة صفر هي :

$$P_0=1 \text{ Atm et } T_0 = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

يخضع النظام الذي يوفر أقصى قدر ممكن من العمل لعملية عكسية من الحالة الأولية المحددة إلى حالة بيئته (الحالة صفر). يمثل هذا إمكانية العمل المفيد، أو الطاقة، أو التوفر .

إكزارجي هي خاصية لتركيبية النظام والبيئة ( وليس النظام وحده) . [32]

### 3- II . الدراسة النظرية للنماذج التجريبية لمقطرات الشمسية :

في الفصل الثاني، نحتاج إلى افتراضات لإنشاء معادلة توازن الطاقة والطاقة إكزارجي لمستويات درجة الحرارة المرتبطة بكل نموذج. لدينا الفرضيات التالية :

افتراضات مبسطة لإنشاء معادلات التوازن :

**الفرضية 1:** يكون توزيع درجة الحرارة موحدًا على السطح الأسود، والغطاء الزجاجي، وأي مستوى آخر، حيث تعتبر درجة الحرارة ثابتة من نقطة إلى أخرى، مما يعني عدم وجود تدرج في درجة الحرارة عند أي مستوى.

**الفرضية 2:** لا يوجد فقدان للحرارة على حواف خلية التقطير. تعتبر كل هذه الانتقالات بمثابة انتقالات، ولذلك يعتبر أن موصلية المواد المكونة للحواف الأفقية والرأسية لها قيم مهمة لا تؤثر على انتقال الحرارة.

**الفرضية 3:** انتقال الحرارة عبر المواد التي تشكل السطح الأسود يكون بالتوصيل فقط، وانتقال الحرارة في الماء يكون بالحمل الحراري فقط، وبالمثل يتم إهمال حركة جزيئات الماء.

**الفرضية 4:** إن المستويات الحرارية الأساسية في جهاز التقطير هي ثلاثة مستويات وهي السطح الأسود والماء والغطاء الزجاجي، ويمكن زيادة عدد هذه المستويات وفقاً للنموذج المقترح.

**الفرضية 5:** بالنسبة لكل مستوى، يمكن إنشاء معادلة التوازن الحراري .

**الفرضية 6:** في كل مستوى، يمكننا أن نعتبر أن التوليد الحراري مهم (معدل توليد  $q \approx 0$ )

### II-1.3. النموذج الأساسي للمقطر البسيط ( بدون تحسينات – شاهد ) :

في الحالات البسيطة ، يتكون جهاز التقطير الشمسي من ثلاث مستويات

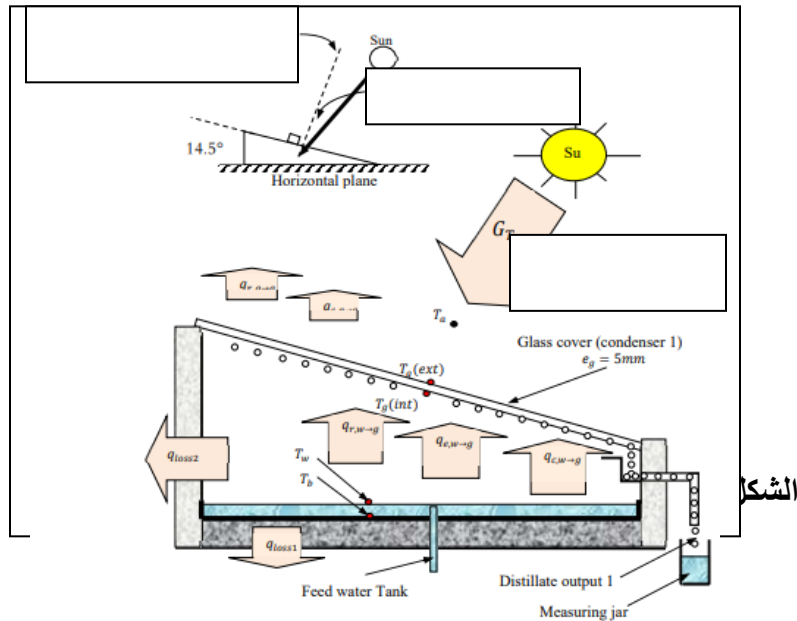
**المستوى الأول:** الغطاء (زجاجي أو بلاستيكي).

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

**المستوى الثالث :** هو السطح الأسود الذي يمتص الإشعاع الحراري.

وهذا التقسيم هو نتيجة التدرج في درجات الحرارة بين هذه المستويات. في كل مستوى، نقوم بحساب مجموع التدفقات الداخلية ومجموع التدفقات الخارجية داخل المستوى. كما هو منصوص عليه في قانون كيرشوف:

(مجموع التيارات الواردة = مجموع التيارات الخارجة ) .



### 1.1.3 || . معادلة إنحفاظ الطاقة للمقطر البسيط (المقطر الخام) على جميع المستويات:

أ- معادلة انحفاظ الطاقة حول الغطاء الزجاجي  $G$  :

على مستوى الغطاء  $G$  ( درجة الحرارة  $T_a$  ) تتجلى في تبادلات الطاقة من خلال :

- يمتص الكمية التالية من الطاقة الشمسية الساقطة من الشمس:

$$(1-p_g) \cdot a_g \cdot G_t$$

- يأخذ الغطاء الماء المالح بالكمية التالية :

$$Q_{ev,w-g} + Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g}$$

- ويفقد الحرارة على شكل إشعاع وحمل حراري إلى الهواء المحيط بالكمية التالية:

$$Q_{c,g-a} + Q_{r,g-a}$$

- وبالتالي معادلة التوازن الحراري هي :

$$M_g C_g (dT_g / dt) = a_g G_t + (Q_{ev,w-g} + Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g}) - Q_{r,g-a} - Q_{c,g-a}$$

$C_g$  : السعة الحرارية النوعية للغطاء  $k \cdot j / k_g$  .  $[C_g]$

$M_g$  : كتلة سطح الزجاج  $K_g / m^2$   $[M_g]$

ب- معادلة إنحفاظ الطاقة على مستوى الماء:

تجلى عمليات تبادل الطاقة على سطح الماء  $w$  (درجة الحرارة  $T_w$ ) بواسطة :

تمتص المياه المالحة الإشعاع حسب التقدير :

$$a_w (1-\rho)(1-a_g)(1-\rho_g)G_t$$

ويمتص أيضًا الحرارة الزائدة من السطح الأسود  $b$  :

$$Q_{C, b - c}$$

يفقد الحرارة بالتوصيل والإشعاع والتبخر

$$(Q_{ev, w - g} + Q_{r, w - g} + Q_{c, w - g})$$

نحو الجدار الداخلي للغطاء الزجاجي، مما يتسبب في فقدان الحرارة باتجاه الجدران.

ومن معادلة توازن الحرارة، لدينا

$$m_w + C_w (dT_w/dt) = (1 - \rho_g)(1 - a_g)(1 - \rho_w) a_w G_t - (Q_{ev, w - g} + Q_{r, w - g} + Q_{c, w - g})$$

$$(A_g / A_w) + Q_{c, b - w} - Q_{loss 2}$$

حيث يمثل  $A_g$  و  $A_w$  سطحي الزجاج والماء على التوالي

$$[A_g]_{SI} = [A_w]_{SI} = (m^2)$$

ج- معادلة إنحفاظ الطاقة لسطح امتصاص الحرارة (b):

على مستوى السطح الأسود b (درجة حرارته  $T_b$ ) ، تتجلى تبادلات الطاقة من خلال :

يمتص السطح الأسود b الإشعاع المقدر ب :

$a_b (1 - a_w)(1 - \rho_w)(1 - a_g)(1 - \rho_g)G_t$  ويفقد الحرارة بالتوصيل إلى الماء بمقدار  $c, b - w$  وتفقد الحرارة عبر العوازل بالكمية التالية

$$Q_{loss 1}$$

ومعادلة التوازن الحراري هي :

$$m_b c_b (dT_b / dt) = (1 - \rho_g)(1 - a_g)(1 - a_w)(1 - \rho_w) a_b G_t - Q_{c, b - w} - Q_{loss 1}$$

II 2.1.3. تدفقات الطاقة الحرارية (إكزارجي) في جهاز التقطير الشمسي البسيط على جميع المستويات :

أ- إكزارجي B الموجودة في إشعاع الجسم الأسود المتساوي الخواص عند درجة حرارة T، بالنسبة لدرجة الحرارة المحيطة Ta هي: [34]

$$\dot{B} = G(1 + \frac{1}{3}(\frac{Ta}{T})^4 - (\frac{4Ta}{3T}))$$

في المعادلة السابقة، يمثل الإشعاع الشمسي  $G$  الكمية اللحظية للإشعاع الشمسي لكل وحدة مساحة تصل إلى السطح الأفقي الموضوع على سطح الأرض، مع الأخذ بعين الاعتبار الزاوية الصلبة بين الأرض والشمس وتغير السمك .

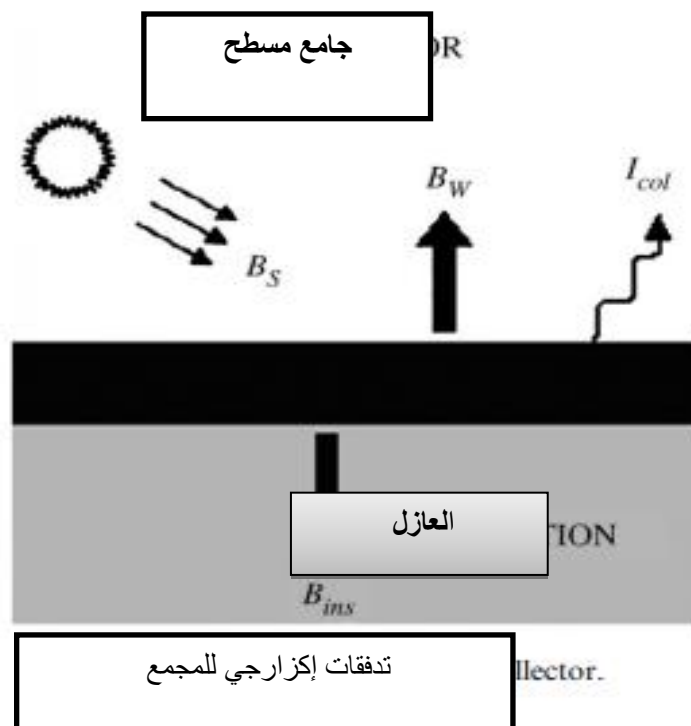
يمكن التعبير عن إكزارجي المرتبطة بالتفاعل الحراري الذي لا يكون إشعاعاً على النحو التالي: [35]

$$\dot{B} = \dot{q}(1 - \frac{Ta}{T}) \dots \dots \dots (1)$$

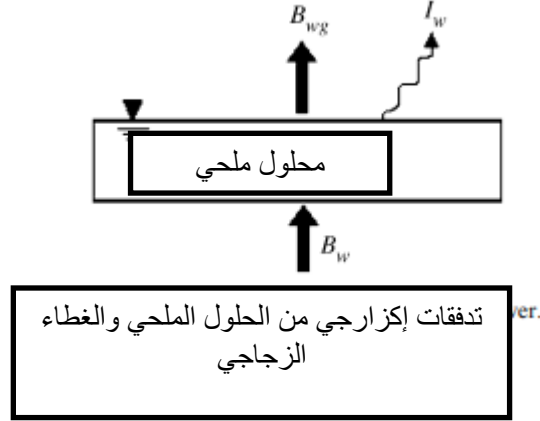
حيث  $q$  هو تدفق الحرارة و  $T$  هي درجة حرارة النظام.

ب- لنفترض موازنة الطاقة للمجمع في حالة الثبات (الشكل). يمكن إيجاد في المجمع على النحو التالي:

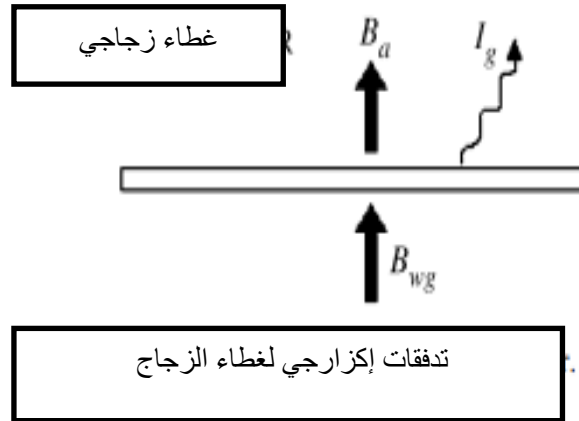
$$\dot{I}_{col} = \epsilon_{col} \dot{B} - (\dot{B}_w + \dot{B}_{ins}) \dots \dots \dots (2)$$



الحد الأول على اليمين  $\dot{B}_s$ ، هو الإكزارجي في المُجمَع من الشمس. الحدود بين القوسين هي إجمالي الطاقة الإنبعائية المُفيدة من المُجمَع إلى المحلول الملحي  $\dot{B}_w$ ، والذي يُنتج تسخين المحلول الملحي، وخسائر الطاقة الإكزارجي عبر العوازل  $\dot{B}_{ins}$ ، على التوالي. يُظهر ميزان الطاقة الإنبعائية للمحلول الملحي (الشكل) التالي:



ج- غطاء زجاجي (الشكل) يمكن التعبير عنه رياضيا على النحو التالي:



$$\dot{I}_w = \dot{B}_w - \dot{B}_{wg} \quad 3$$

$$\dot{I}_g = \dot{B}_{wg} - \dot{B}_a$$

في المعادلتين (3) و(4)،  $\dot{B}_{wg}$  هو مجموع إكزارجي الناتج عن التفاعلات الحرارية بين المحلول الملحي والغطاء الزجاجي:

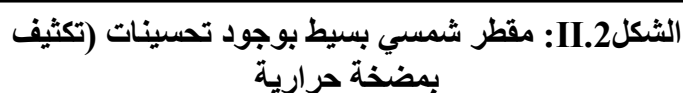
$$\dot{B}_{wg} = \dot{B}_{ev} + \dot{B}_{cw} + \dot{B}_{rw} \dots \dots \dots (5)$$

في المعادلة (5)، تُمثل  $\dot{B}_{ev}$  و  $\dot{B}_{cw}$  و  $\dot{B}_{rw}$  التبخر و الحمل الحراري الحر واطاقة الحرارية الإشعاعية بين المحلول الملحي والغطاء الزجاجي، على التوالي. تُحسب تدفقات الطاقة الإنبعائية، التي لا تُعتبر تدفقات إشعاعية، باستخدام المعادلة (2) مع درجات حرارة نظام وتدفقات حرارية مناسبة. تُحسب خسائر الإجهاد الحراري  $\dot{B}_a$  بالإشعاع والحمل الحراري من الغطاء الزجاجي إلى البيئة المحيطة. تُحسب تدفقات الإشعاع الاجهادي وفقًا للمعادلة (1). تُعتبر درجة الحرارة المرجعية المطلوبة لحسابات الإجهاد الحراري درجة حرارة الغرفة. لا تعتمد تدفقات الحرارة على درجة الحرارة، وتستخدم قيمها العلاقات المعروفة التي اقترحها دانكل. [36]

### 2.3- II . المقطر الشمسي الأساسي (مع مضخة حرارية للتكثيف) : [37]

يتعلق هذا النموذج بمقطر بسيط أحادي المنحدر، مع تحسينات، ومضخة حرارية حيث يتم دمج المبخر خلف خلية التقطير ويتبادل المكثف الحرارة مع الهواء الخارجي .

نرمز لهذا المقطر ( SSS- HP ) بالإختصار ( simple solar still with Heat pump )



27



$$m_b c_b \frac{dT_b}{dt} = a_b(1 - \rho_g)(1 - a_g)(1 - a_w)G_T + q_{c,b} - (q_{loss1} - q_{loss2})$$

المستوى 2: التوازن الحراري عند مستوى الماء (المبخر المقطر).

$$m_w c_w \frac{dT_w}{dt} = a_w(1 - \rho_g)(1 - a_g)G_T + q_{c,b} - (q_{e,w} + q_{r,w} + q_{c,w} - q_{c,g}) \frac{A_g}{A_w} - (q_{e,w} + q_{c,w} - q_{c,f}) \frac{A_f}{A_w}$$

المستوى 3: التوازن الحراري عند الغطاء الزجاجي (المكثف 1 للمقطر)، ولا يختلف عن التحكم.

$$M_g c_g \frac{dT_g}{dt} = a_g(1 - \rho_g)G_T + (q_{e,w} + q_{r,w} + q_{c,w} - q_{c,g}) \frac{A_g}{A_w} - (q_{r,g} + q_{c,g} - q_{c,a})$$

المستوى 4: توازن حراري على مستوى الغطاء الزجاجي (المكثف ٢ لجهاز التقطير). هذا المستوى غير موجود في الشهادة.

$$m_f c_f \frac{dT_f}{dt} = (q_{e,w} + q_{c,w} - q_{c,f}) \frac{A_f}{A_w} - \dot{m}_f \cdot q_L$$

إكزارجي الإجمالي :

يتم تحديد كفاءة جهاز التقطير الشمسي السلبي التقليدي وجهاز التقطير الشمسي النشط بمساعدة مضخة الحرارة من خلال المعادلات التالية [38]:

$$\eta_{Ex} = \frac{\sum Ex_{gv}}{\sum Ex_g}$$

ومن هنا :

$$E = \frac{\sum L \times m_v \left( \frac{T_{g+278}}{T_{w+278}} \right)}{3,600}$$

2.2- || . يتم إعطاء إكزارجي للإشعاع الشمسي الساقط على جهاز التقطير الشمسي لكل وحدة مساحة بواسطة [39]:

$$Ex_g = A \times I (1 + 0.33 \times \left( \frac{T_g}{T_s} \right)^4 - 1.33 \times \left( \frac{T_g}{T_s} \right))$$

هنا، يتم تقدير درجة حرارة السماء باستخدام العلاقة التالية:

$$T_{sky} = 0.0552 \times T_a^{1/5}$$

الطاقة الحرارية (الإكزارجي) الماء :

$$= m_w (c_{pw} (T - T_a) - T_a R_0 \ln(\frac{p}{p_0}) - T_a c_{pw} \ln(\frac{T}{T_a}) - R_v T_a \ln(\phi_0)) \quad E_{X_w}$$

عادةً ما تُهمل الطاقة الميكانيكية للماء مقارنةً بالطاقة الكيميائية (لأن  $p_0 = p$  أثناء عمليات الترطيب داخل جهاز التقطير الشمسي). وبالتالي، يصبح إكزارجي للماء: [38]

$$= m_w (c_{pw} (T - T_a) - T_a c_{pw} \ln(\frac{T}{T_a}) - R_v T_a \ln(\phi_0)) \quad E_{X_w}$$

3.3- II . جهاز التقطير الشمسي باستخدام مسحوق مغناطيسي :

1.3.3- II . معادلة انحفاظ الطاقة :

لوحظ كفاءة الطاقة في تحلية المياه الشمسية باستخدام العلاقة التالية : [37]

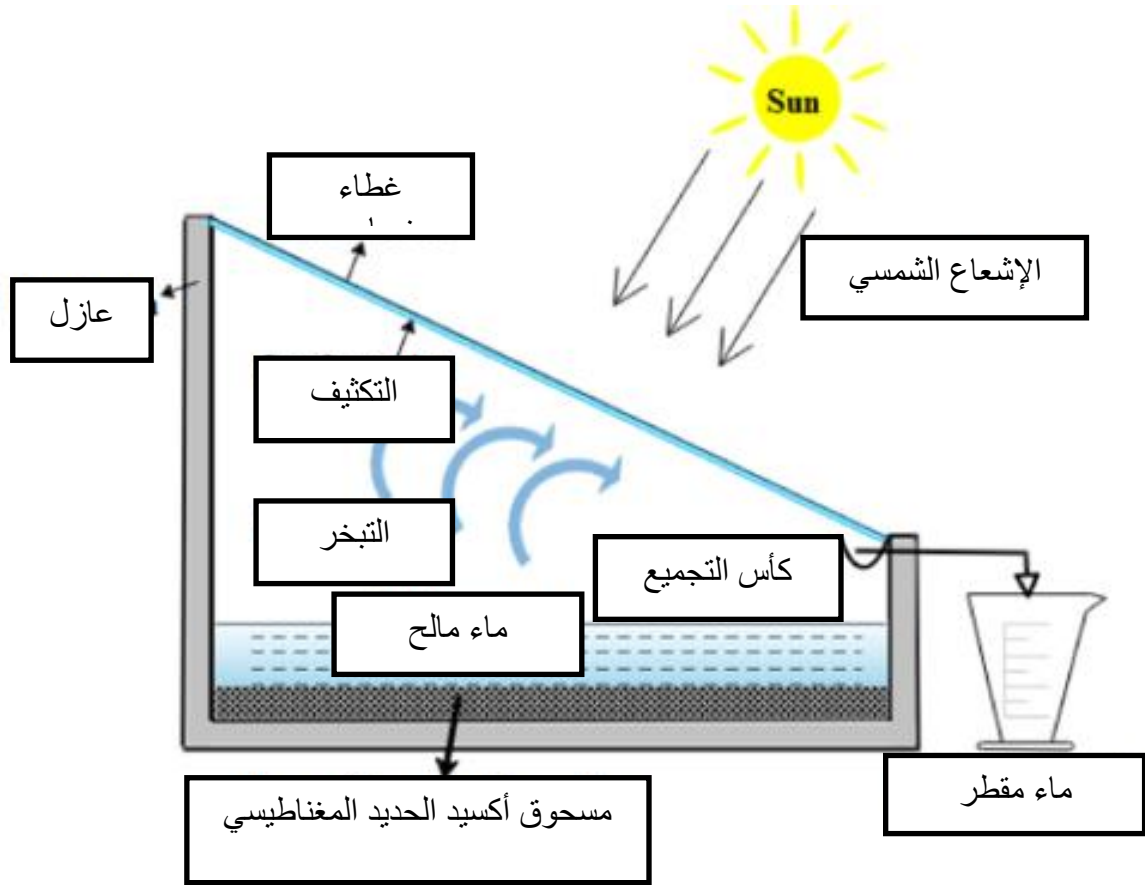
$$\eta_{E,CC} = \frac{L \times m_w}{A_{CC} \times \sum I_{GG} \times 3600}$$

حيث m تظهر إنتاجية المياه في الساعة ويتم حسابها بالصيغة التالية :

$$m_w = \frac{h_{eva,w-g} (T_w - T_g)}{L}$$

حيث  $h_{eva,w-g}$  هو معامل انتقال الحرارة التبخيري ويتم الحصول عليه على النحو التالي :

$$h_{eva,w-g} = 0.016 h_{c,w-g} \frac{p_w - p_g}{(T_w - T_g)}$$



الشكل 3. II : جهاز تقطير شمسي يستخدم مسحوقا مغناطيسيا



الشكل 4- II : رسومات تجريبية لجهاز التقطير الشمسي المعدل (يستخدم مسحوقا مغناطيسيا)

### 2.3.3 || . معادلة الطاقة الحرارية (إكزارجي) :

يتم تقييم أداء الطاقة الحرارية (إكزارجي) لجهاز ما لتحديد خسائر الطاقة في تحلية المياه بالطاقة الشمسية

معادلة الطاقة الحرارية (إكزارجي): [38]

$$Ex_{out} = Ex_{eva} = \frac{\sum m_w \times L \times (1 - \frac{T_a + 273}{T_w + 273})}{3600}$$

مدخلات الطاقة الحرارية (إكزارجي) لجهاز التقطير الشمسي:

$$Ex_{in} = Ex_s = A_{ss} \times \sum I_s \times \left[ 1 - \frac{4}{3} \times \left( \frac{T_a + 273}{T_s} \right) + \frac{1}{3} \left( \frac{T_a + 273}{T_s} \right)^4 \right]$$

كفاءة الطاقة الحرارية (إكزارجي):

$$\eta_{EX} = \frac{\sum Ex_{eva}}{\sum Ex_s}$$

## الفصل الثالث:

دراسة "الطاقة الحرارية"  
لمجموعة من المقطرات  
الشمسية

### III-1. مقدمة :

تعد الطاقة الشمسية من أهم مصادر الطاقة المتجددة التي باتت تلعب دورا محوريا في تحقيق التنمية المستدامة ، نظرا لتوفرها المجاني وكونها صديقة للبيئة . ومن بين التطبيقات الحيوية للطاقة الشمسية ، تبرز تقنيات التقطير الشمسي كحل علمي و اقتصادي لمعالجة مشكلة نقص المياه العذبة، خاصة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. إذ تعتمد المقطرات الشمسية على تحويل طاقة الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية تستخدم لتبخير المياه ثم تكثيفها للحصول على مياه نقية .

ورغم بساطة هذه التقنية من حيث التصميم والتشغيل، إلا أن تقييم أدائها يتطلب تحليلا دقيقا من منظورين أساسيين تحليل الطاقة (إنارجي) وتحليل الطاقة الحرارية (الإكزارجي). حيث يوفر تحليل الطاقة مؤشرات حول كمية الطاقة الداخلة والمستغلة في النظام، في حين يسمح تحليل الطاقة الحرارية (إكزارجي) بتقييم جودة هذه الطاقة وقدرة النظام على تحويلها إلى عمل مفيد ، ما يساهم في تحديد مكامن الفقد وتحسين الكفاءة العامة للنظام.

تهدف مذكرتنا في هذا الفصل إلى دراسة الأداء الطاقوي والأداء الحراري لمجموعة المقطرات الشمسية من خلال تحليل الطاقة و الطاقة الحرارية، وذلك لفهم مدى فعالية هذه النظم في استغلال الطاقة الشمسية.

دراسة نظرية لمجموعة من المقطرات الشمسية المنجزة من طرف مجموعة الطلبة في جامعة محمد بوضياف بالمسيلة :

III-2. مذكرة تخرج لنيل شهادة ماستر لطالب جغام علي تحت عنوان "جهاز تقطير شمسي بأربع زجاجات"[41]

### III-1.2. المناخ:

تتمتع مدينة مسيلة بمناخ متوسطي حار مع صيف جاف، وفقاً لتصنيف كوبن-جيجر للأرصاد الجوية. يبلغ متوسط درجة الحرارة السنوية في مسيلة 20.5 درجة مئوية، ويبلغ متوسط هطول الأمطار 148.1 ملم. وللمقارنة، يبلغ متوسط درجة الحرارة السنوية في الجزائر العاصمة 19.7 درجة مئوية، ويبلغ متوسط هطول الأمطار 672.3 ملم.

تُعدّ العوامل المناخية، مثل درجة الحرارة المحيطة، وسرعة الرياح، والإشعاع العالمي، من أهم العوامل المؤثرة في إنتاج الماء المقطر. تتوفر درجة الحرارة المحيطة وسرعة الرياح على الموقع الإلكتروني [42]، كما يتوفر الإشعاع العالمي على الموقع الإلكتروني [43]

## 2.2-III. وصف جهاز التقطير الشمسي:

جهاز التقطير المستخدم في تجاربنا بسيط التصميم للغاية. يتكون من دفيئة شمسية أحادية المنحدر مزودة بأربعة ألواح زجاجية. يتميز بسهولة بنائه باستخدام مواد محلية وأقل تكلفة. مكوناته المختلفة هي [41]:

### 1.2.2-III. صينية ماصة (لوح أسود):

دور صينية الامتصاص هي امتصاص أكبر قدر ممكن من الإشعاع الشمسي العالمي ونقل الحرارة الناتجة عن هذا الامتصاص إلى المحلول الملحي. ولهذا السبب، طُلِيت باللون الأسود غير اللامع. [41]

### 2.2.2-III. تغطية السقف بالزجاج:

بساطته وانخفاض تكلفته، استُخدم الزجاج العادي، إذ لا يتطلب هذا النوع من أجهزة التقطير تقنيات متقدمة. وقد اختير الزجاج العادي لنفاذيته الجيدة للأشعة المرئية. واستُخدم السيليكون لضمان عزل جيد بين الزجاج والمكونات الأخرى لجهاز التقطير. [41]

### 3.2.2-III. العزل الحراري:

عادة، يتم تصنيع العزل الحراري للتقطير من الصوف الزجاجي أو البوليسترين الموسع. [41]

### 4.2.2-III. الغطاء الخارجي:

يحتوي صندوق التقطير على مختلف المكونات النشطة. لذا، يجب أن يوفر حماية فعّالة من العوامل الجوية. صندوق التقطير مصنوع من الخشب. [41]

### 5.2.2-III. خزان استرداد نواتج التقطير:

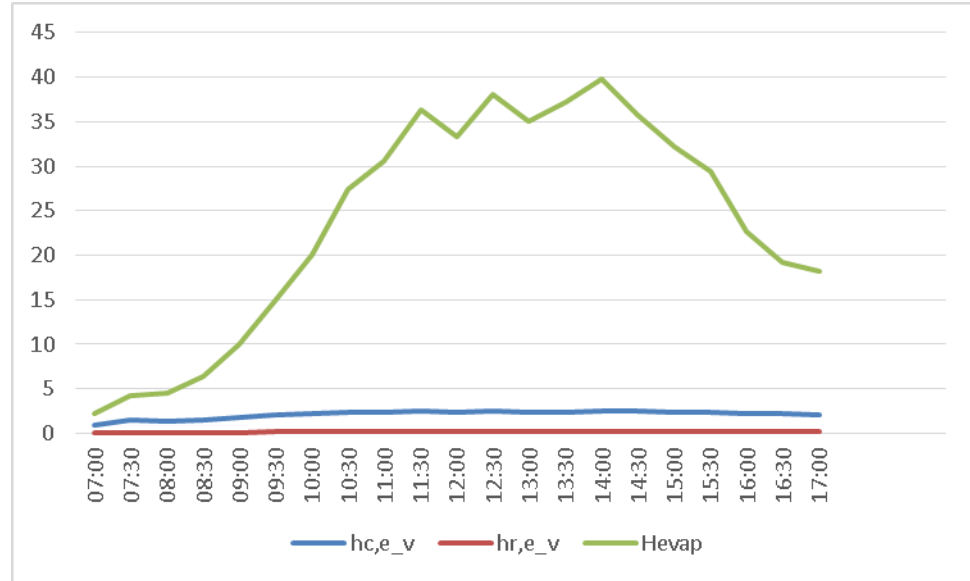
استُخدمت زجاجة مُدرّجة لاستخلاص المُقطّر. الأنابيب المُستخدمة بين خزان الامتصاص وخزان الاسترجاع مصنوعة من البلاستيك. [41]



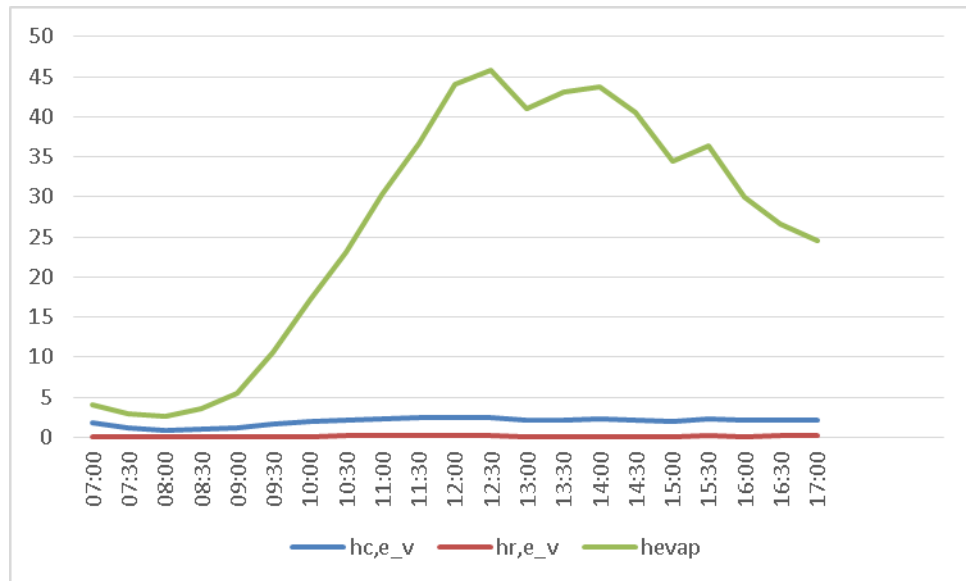
الشكل 1-III: جهاز تقطير "شمسي بأربعة زجاجات" [41]

منحنى معاملات انتقال الحرارة بالحمل  $h_c$  بالإشعاع  $h_r$  و بالتبخّر  $h_{evap}$  لمقطر شمسي بأربعة أكواب زجاجية ليومين متتالين:





الشكل 2-III : معاملات انتقال الحرار في اليوم الأول

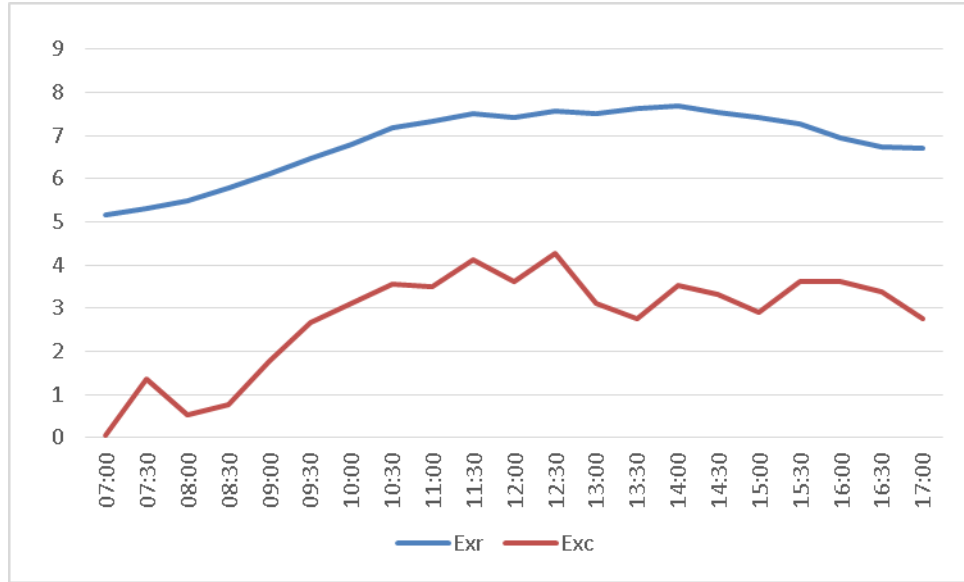


الشكل 3-III : معاملات انتقال الحرارة في اليوم الثاني

يوضح الشكل (2-III) و (3-III) منحنى تغيرات معاملات انتقال الحرارة بدلالة الزمن لمقطر شمسي بثلاثة أكواب زجاجية ليومين متتاليين، حيث نلاحظ أن معامل انتقال الحرارة  $h_{evap}$  في اليوم الأول يشهد ارتفاعا واضحا ابتداء من الصباح، حيث يبدأ بقيم منخفضة ثم يرتفع بشكل ملحوظ ابتداء من الساعة 08:00 ليصل إلى الذروة في حدود الساعة 14:00، ثم يبدأ بالانخفاض تدريجاً مع اقتراب المساء. أما في اليوم الثاني يبدأ أيضاً بقيم منخفضة ثم يتناقص بشكل طفيف ليعود إلى الارتفاع بشكل ملحوظ تقريباً في الساعة 09:00 ليصل إلى ذروته ما بين (12:30-13:00)، ثم يبدأ بالانخفاض المتذبذب بعد الساعة 13:30. وهذا ما يفسر تأثير الإشعاع الشمسي وزيادة درجة الحرارة خلال النهار يؤدي إلى زيادة التبخر وبالتالي ارتفاع  $h_{evap}$ .

أما بالنسبة لمعاملات انتقال الحرارة بالحمل  $h_c$  وبالإشعاع  $h_r$  فهي ثابتة طوال اليوم الأول والثاني مع تغيرات طفيفة جداً، وهذا ما يدل على أن هذه المعاملات لا تتأثر بالتغيرات الحرارية اليومية مقارنة مع  $h_{evap}$ .

الطاقة الحرارية المرتبطة بالماء والزجاج بالحمل وبالإشعاع ليومين متتاليين:



الشكل 4-III : الطاقة الحرارية المرتبطة بالماء والزجاج بالحمل وبالإشعاع اليوم الأول



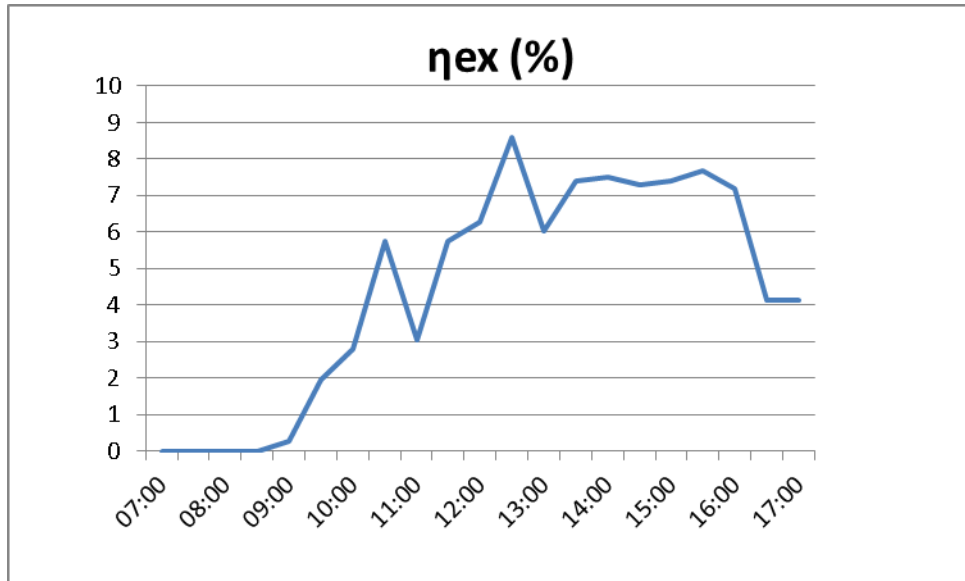
الشكل III-5: الطاقة الحرارية المرتبطة بالماء والزجاج بالحمل وبالإشعاع اليوم الثاني

يوضح الشكل (III-4) و(III-5) منحنى الطاقة الحرارية المرتبطة بالماء والزجاج بالحمل و الإشعاع لمقطر شمسي بثلاثة أكواب زجاجية خلال يومين متتاليين، نلاحظ أن الطاقة الحرارية  $Ex_c$  تبدأ بقيم متوسطة وتترايد تدريجيا ابتداء من الساعة 07:00 لتصل إلى ذروتها ما بين الساعة 12:00- 13:00 ثم تبدأ بالانخفاض تدريجيا خلال اليوم الأول والثاني.

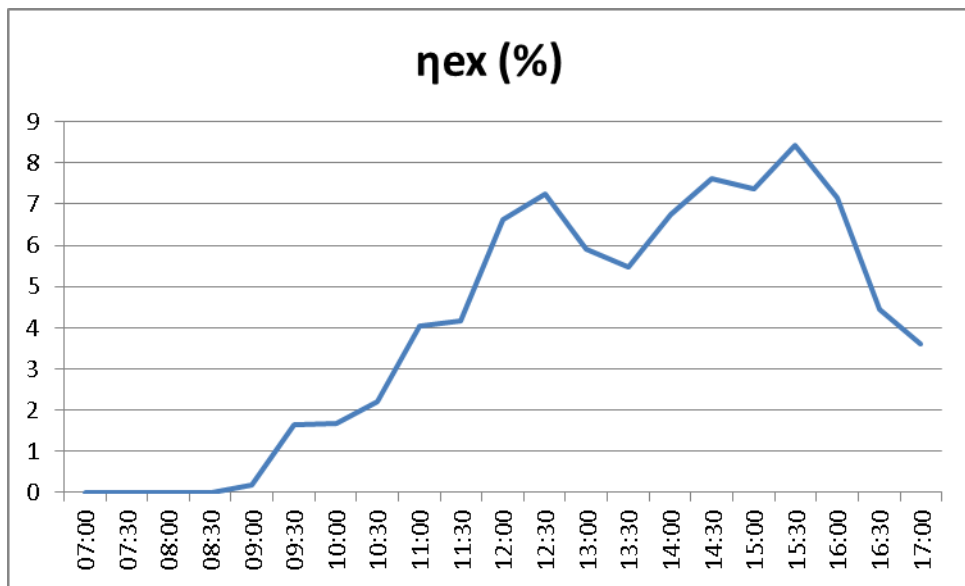
أما الطاقة الحرارية  $Ex_r$  متذبذبة أكثر من  $Ex_c$  ، في اليوم الأول يبدأ منحنى  $Ex_r$  من الصفر ويرتفع بشكل متقطع ليصل إلى ذروته في حدود الساعة 12:30 ويستمر في التذبذب مع الانخفاض الطفيف. أما في اليوم الثاني يبدأ بقيمة صغيرة جدا وبعدها يعود إلى الصفر على الساعة 08:00 ثم يرتفع بشكل واضح بعد الساعة 09:00 ليبلغ الذروة في حدود الساعة 12:00 ثم ينخفض تدريجيا مع بعض التذبذبات.

ومن خلال هذا المنحنى نشهد أن الطاقة الحرارية بالإشعاع  $Ex_r$  تكون أكبر من الطاقة الحرارية بالحمل  $Ex_c$  في المقطر الشمسي بثلاثة أكواب زجاجية.

فعالية الطاقة الحرارية لمقطر شمسي بأربعة أكواب زجاجية ليومين متتاليين:



الشكل 6-III : الفعالية الطاقة الحرارية لليوم الأول



الشكل 7-III : فعالية الطاقة الحرارية لليوم الثاني

يوضح الشكل (الشكل 6-III) و(7-III) فعالية الطاقة الحرارية لمقطر شمسي بأربعة أكواب زجاجية زجاجية ليومين متتاليين، نلاحظ أن فعالية الطاقة الحرارية تكون منخفضة جدا تكاد تقترب من الصفر في كل من اليوم الأول والثاني. ثم يبدأ منحنى اليوم الأول في الارتفاع التدريجي ما بين 09:00 – 10:30 حتى يبلغ ذروته 6% الأولى حوالي الساعة 10:30

ليحدث له انخفاض طفيف وبعدها يرتفع ليلبلغ ذروته الثانية 9% وهي أعلى فعالية في اليوم الأول ليبقى ثابتاً مع بعض التغيرات الطفيفة حتى 16:00 وبعدها ينخفض ليثبت عند 4%.

أما منحنى اليوم الثاني يبدأ أيضاً بالارتفاع التدريجي ما بين 09:00 - 12:00 حتى يبلغ ذروته 7% الأولى حوالي الساعة 12:00 ليحدث له انخفاض طفيف وبعدها يرتفع ليلبلغ ذروته الثانية 9% وهي أعلى فعالية في اليوم الثاني وبعد الساعة 16:00 ينخفض بشكل سريع.

III-3. مذكرة تخرج لنيل شهادة الماستر لطالب العيفة إسلام تحت عنوان "دراسة تجريبية لمقطر الشمسي بالفتيل

المائل" [44]:

### 1.3-III. المناخ:

مناخ الولاية قاري، يتأثر جزئياً بالصحراء. الصيف جاف وحار جداً، بينما الشتاء بارد جداً. من حيث هطول الأمطار، تقع المنطقة الأكثر رطوبة في الشمال، حيث تتلقى أكثر من 480 ملم سنوياً (جبل الشوك، شط ونوغة). في بقية البلاد، تقع المنطقة الأكثر جفافاً في أقصى جنوب الولاية، حيث تتلقى أقل من 200 ملم سنوياً. بلغ متوسط هطول الأمطار السنوي في الولاية في عام 2010 153 ملم سنوياً. يبلغ متوسط درجات الحرارة الشهرية 20 درجة مئوية، مع أكثر الشهور حرارة (أغسطس) 32 درجة مئوية، وأبرد شهر (يناير) 11 درجة مئوية. بلغت درجات الحرارة الدنيا والعليا المسجلة (-0.2) درجة مئوية في يناير و(45.7) درجة مئوية في يوليو. [44]

### 2.3-III. تصميم جهاز التقطير الشمسي :

جهاز التقطير المستخدم في الدراسة بسيط التصميم للغاية. بني في مختبر فيزياء الطاقة باستخدام مواد محلية 100%



الشكل 8-III : صورة للإعداد التجريبي "مقطر شمسي بفتيل مائل" [44]



الشكل 9-III : صورة للتركيب التجريبي "جهاز تقطير تقليدي" [44]

3.3-III. المكونات المختلفة للمقطر هي :

3.3.1-III. صينية ماصة (لوح أسود) :

تتمثل وظيفة خزان الحديد المجلفن في امتصاص أكبر قدر ممكن من الإشعاع الشمسي العالمي ونقل الحرارة الناتجة عن هذا الامتصاص إلى المحلول الملحي. ولهذا السبب، طُلي باللون الأسود غير اللامع. [44]

### 2.3.3. III. تغطية السقف بالزجاج :

لقد اخترنا الزجاج العادي بسبب:

- عمر طويل.
- خصائصها الفيزيائية والكيميائية لا تتغير مع الظروف الجوية.
- أرخص.
- متاح.

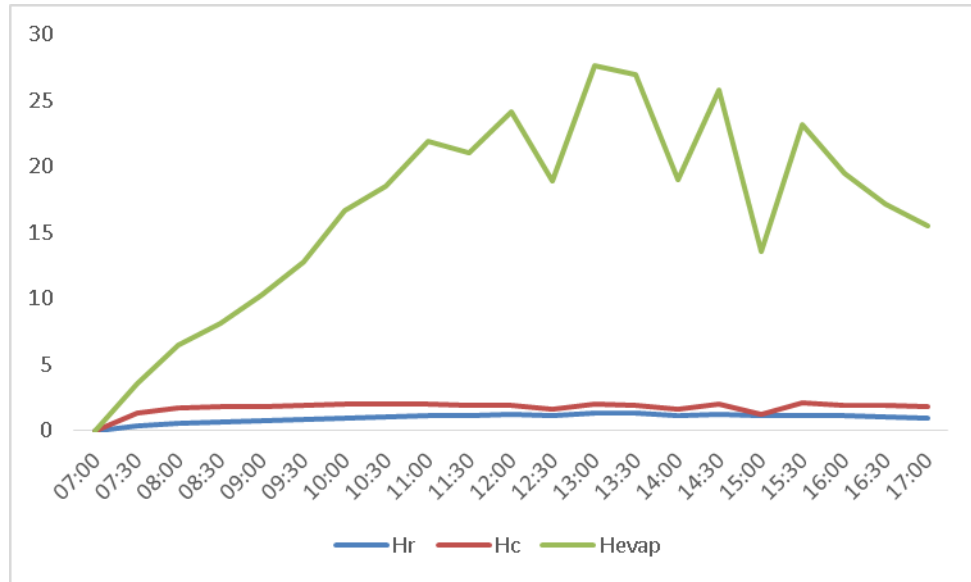
### 3.3.3. III. العزل الحراري :

يتم عزل الحرارة في جهاز التقطير باستخدام مادة البوليسترين.[44]

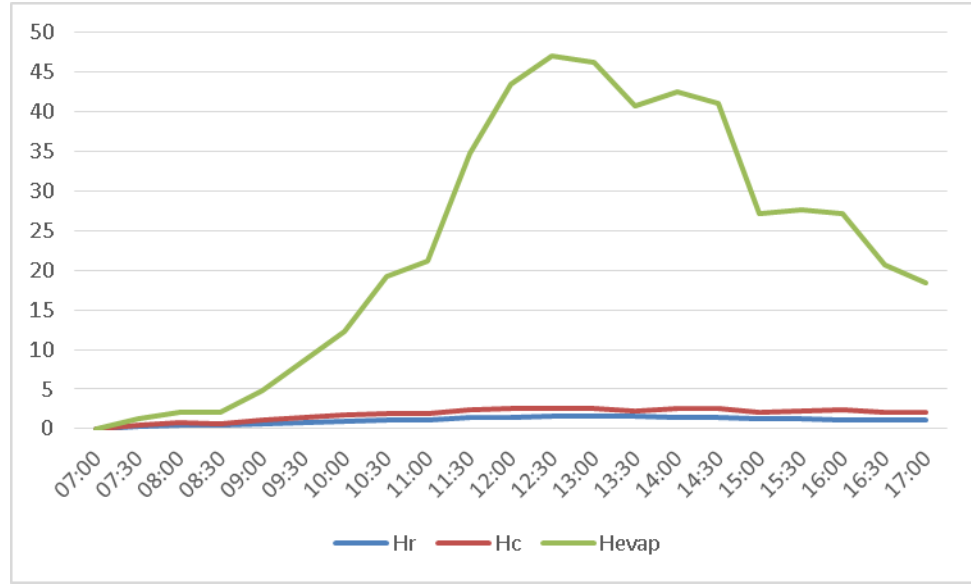
### 4.3.3. III. الصندوق الخارجي :

يحتوي صندوق التقطير على مختلف العناصر الفعالة. لذا يجب أن يوفر حماية فعالة من العوامل الجوية. صندوق القطير مصنوع من الخشب.[44]

منحنى معاملات انتقال الحرارة بالحمل  $h_c$  بالإشعاع  $h_r$  و بالتبخر  $h_{evap}$  لمقطر شمسي بفتيل مائل ليومين متتاليين:



الشكل 10-III: معاملات انتقال الحرارة لليوم الأول



الشكل 11-III: معاملات انتقال الحرارة لليوم.

يوضح الشكل (9-III) و(10-III) منحنى تغيرات معاملات انتقال الحرارة بدلالة الزمن لمقطر شمسي بالفتيل المائل ليومين متتاليين، حيث نرى أن معامل انتقال الحرارة بالتبخير  $h_{evap}$  هو الأكثر تغيراً حيث يبدأ من الصفر في اليوم الأول والثاني على الساعة 07:00، ويزداد بشكل واضح ليصل إلى ذروته تقريباً في الساعة 13:00 أما في اليوم الثاني يبدأ بالتزايد بشكل طفيف حتى الساعة 08:30 نرى أنه يرتفع بشكل ملحوظ ليبلغ ذروته في حدود الساعة 12:30، ثم يبدأ بالانخفاض والتذبذب مع اقتراب المساء. وهذا طبيعي لأن التبخر يعتمد على درجة الحرارة والشمس والتي تزداد حتى منتصف اليوم ثم تبدأ بالانخفاض.

أما بالنسبة لمنحنى معاملات انتقال الحرارة بالحمل  $h_c$  وبالإشعاع  $h_r$  ينطلقان من الصفر ويشهدان تغيراً طفيفاً خلال الساعات الأولى يكون ملحوظاً بالنسبة أكبر في منحنى  $h_c$  خلال اليوم الأول أما في اليوم الثاني تكون هذه المعاملات ثابتة تقريباً مع تغيرات طفيفة. وهذا ما يشير إلى أن تأثير انتقال الحرارة بالحمل والإشعاع في المقطر الشمسي أقل بكثير من تأثير انتقال الحرارة بالتبخير.



الطاقة الحرارية المرتبطة بالماء والزجاج لمقطر شمسي بفتيل مائل خلال يومين متتاليين:



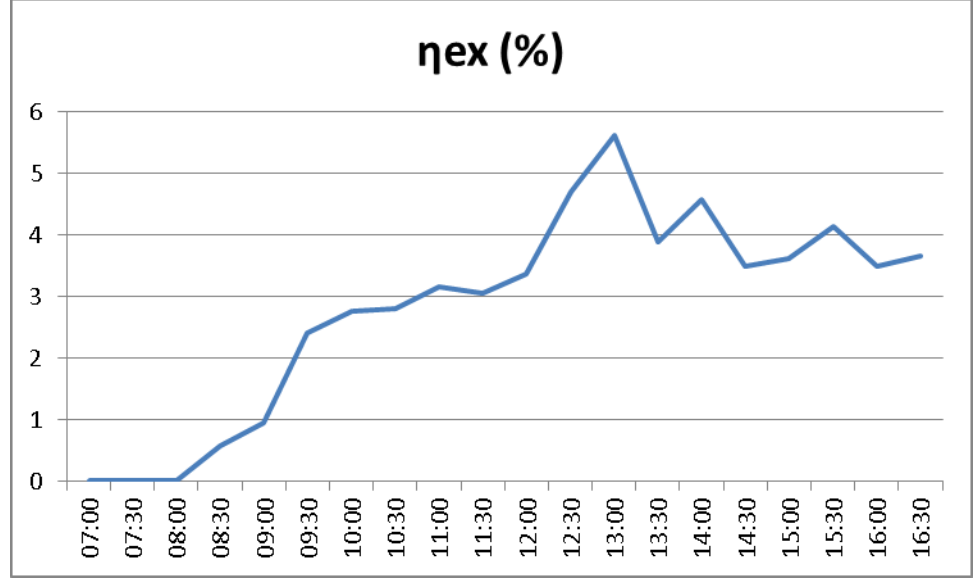
الشكل 12-III: الطاقة الحرارية المرتبطة بالماء والزجاج لليوم الأول

يوضح الشكل (III-11) و (III-12) منحنى الطاقة الحرارية المرتبطة بالماء والزجاج بالحمل وبالإشعاع لمقطر شمسي

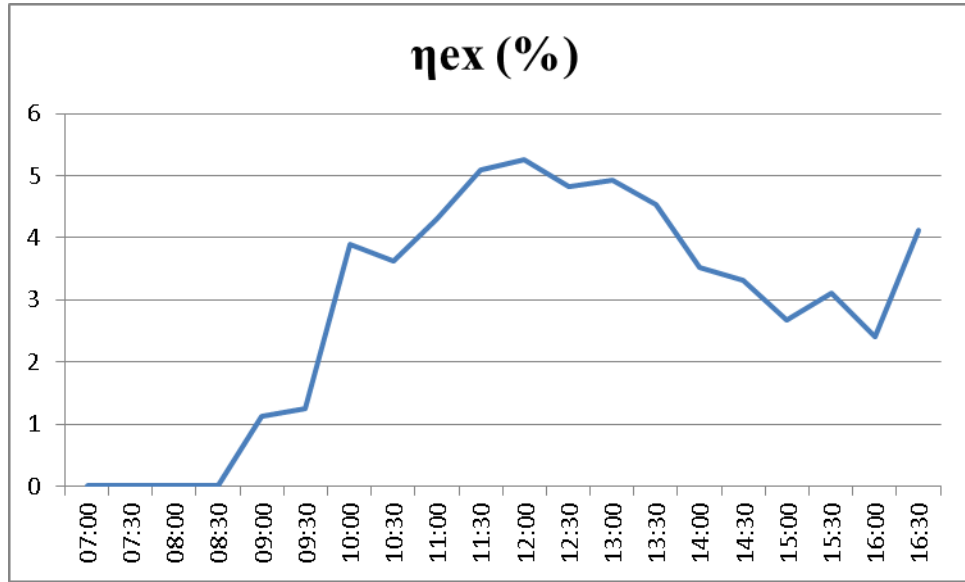
بفتيل مائل خلال يومين متتاليين. نلاحظ في اليوم الأول أن الطاقة الحرارية  $Ex_r$  ترتفع بسرعة ابتداء من الصباح 07:00 أما الطاقة الحرارية  $Ex_c$  ترتفع بشكل أبطأ وأكثر استقراراً ليصل  $Ex_r$  و  $Ex_c$  ذروتها ما بين 10:30 – 11:00 ثم ينخفضان بشكل تدريجي ومتذبذب مع وجود انخفاضات حادة ومفاجئة ما بين 13:00 و 16:00 وهذا يعود إلى التقلبات المناخية كالرياح والظل.

أما بالنسبة إلى اليوم الثاني يبدأ كل من  $Ex_r$  و  $Ex_c$  بالارتفاع من الساعة 08:00 تقريباً ليصل إلى ذروتهم الأولى في حدود الساعة 12:30 وذروتهم الثانية حوالي الساعة 14:00 حيث كان ارتفاع منحنى الطاقة الحرارية بالإشعاع تقريباً ضعف ارتفاع منحنى الطاقة الحرارية بالحمل، وبعد 14:30 ينخفضان بشكل متذبذب.

معامل فعالية الطاقة الحرارية لمقطر شمسي بفتيل مائل ليومين متتاليين:



الشكل 14-III : فعالية الطاقة الحرارية لليوم الأول



الشكل 15-III : فعالية الطاقة الحرارية لليوم الثاني

يوضح الشكل (13-III) و(14-III) منحنى فعالية الطاقة الحرارية لمقطر شمسي بفتيل مائل خلال يومين متتاليين، نلاحظ

أن فعالية الطاقة الحرارية تبدأ من قيمة منخفضة جدا وتبقى شبه ثابتة من الساعة 07:00 إلى 08:00 في اليوم الأول والثاني، وبعدها تبدأ بالارتفاع السريع المتذبذب لتصل الذروة في اليوم الأول تقريبا في الساعة 12:30 بقيمة 5.8% وفي

اليوم الثاني في حدود الساعة 12:00 بقيمة 5.3%. تسجل الفعالية انخفاضا ملحوظا بعد ذلك مع بعض التقلبات فكل من منحنى اليوم الأول والثاني إلا أن منحنى اليوم الثاني يرتفع قليلا بعد الساعة 16:00.

4-III. مذكرة تخرج لنيل شهادة الماستر لطالبتين دشغل فضيلة وشقرة سارة تحت عنوان "دراسة تجريبية لمقطر شمسي بالمرآة العاكسة [45]:

#### 1.4-III. المناخ :

مناخ الولاية قاري، يتأثر جزئياً بالصحراء الكبرى. الصيف جاف وحار جداً، بينما الشتاء بارد جداً. أما من حيث هطول الأمطار، فتقع المنطقة الشمالية الأكثر رطوبة، حيث تستقبل ما يقارب 480 ملم سنوياً (جبل الشوك - شط ونوغة). أما باقي أراضي الولاية، فتقع المنطقة الأكثر جفافاً في أقصى جنوب الولاية، حيث تستقبل أقل من 200 ملم سنوياً. [45]

درجات الحرارة :

الحد الأدنى : من 0.6 درجة مئوية إلى 6.2 درجة مئوية (شتاء بارد)

الحد الأقصى : 33 درجة مئوية إلى 37.9 درجة مئوية (يوليو - أغسطس)

تتكرر الرياح الشمالية خلال فصل الشتاء بينما تهب الرياح الجنوبية في الصيف مع هبات حارقة [45]

#### 2.4-III. تصميم جهاز التقطير الشمسي :

جهاز التقطير الشمسي المستخدم في دراستنا بسيط التصميم للغاية. بني في مختبر فيزياء الطاقة باستخدام مواد محلية 100%. [45]



الشكل 16-III: التركيب التجريبي "لمقطر شمسي مع مرآة عاكسة". [45]



الشكل 17-III: التركيب التجريبي "لمقطر شمسي بدون عاكس". [45]

#### 3.4-III. مكونات جهاز تقطير الفتيل الشمسي المزود بعاكس خارجي

##### 1.3.4-III. الخزان:

يتمتع الخزان الإشعاع الشمسي الشامل وينقل الحرارة الناتجة عنه إلى المحلول الملحي، ولذلك طُلي باللون الأسود غير اللامع. وهو مصنوع من الحديد المغلفن. [45]

أبعاد الممتص:

الطول: 0.9 متر.

العرض: 0.4 متر.

الارتفاع: 0.08 متر.

##### 2.3.4-III. غطاء السقف الزجاجي:

تم اختيار الزجاج العادي لنفاذيته الجيدة للإشعاع المرئي وقدرته على البلل من جهة، ولانخفاض تكلفته من جهة أخرى. [أبعاد الزجاج هي] [45]:

الطول: 0.94 متر.

العرض: 0.44 متر.

السُمْك: 0.04 متر.

العمق: 0.12 متر.

##### 3.3.4-III. العزل الحراري:

عادةً ما يُصنع العزل الحراري لجهاز التقطير من الصوف الزجاجي أو البوليسترين الموسع. يتراوح سمكه بين 6 و 10 سم. تجدر الإشارة إلى أن المنتجات المستخدمة مقاومة لدرجات حرارة التشغيل. أبعاد العزل الحراري هي [45]

الطول: 0.98 متر.

العرض: 0.47 متر.

السك: 0.06 متر.

#### 4.3.4-III. المرآة:

وُضعت المرآة بزاوية ٨ درجات عن العمودي. تُتيح هذه الزاوية توازنًا جيدًا بين الانعكاس على زجاج المقطر ومساحة سطح الإشعاع المُسقط من المرآة. [45]

الطول: 0.9 متر.

العرض: 0.4 متر.

السطح: 0.36 متر.

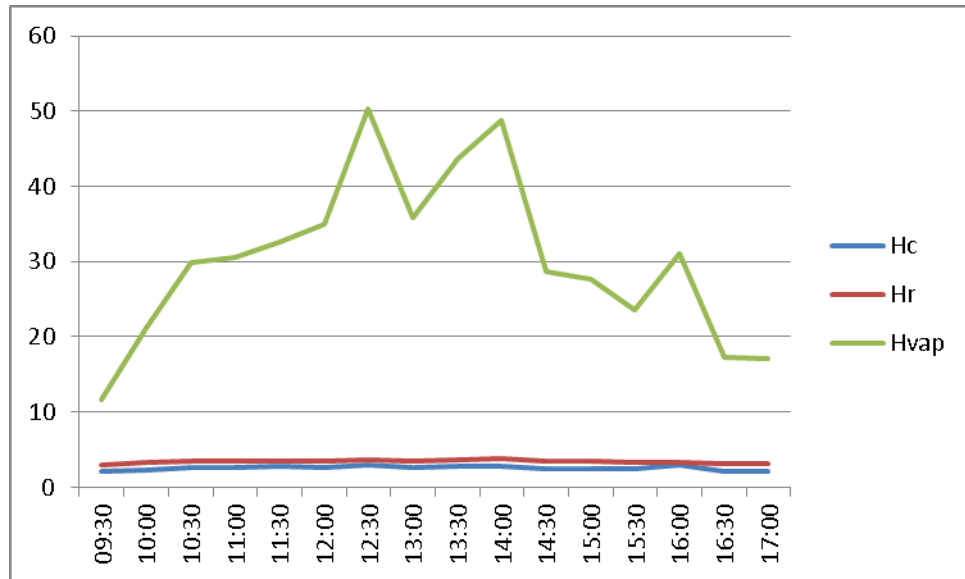
#### 5.3.4-III. خزان استرداد المقطرات:

تم استخدام زجاجة مدرجة لاستعادة نواتج التقطير. [45]

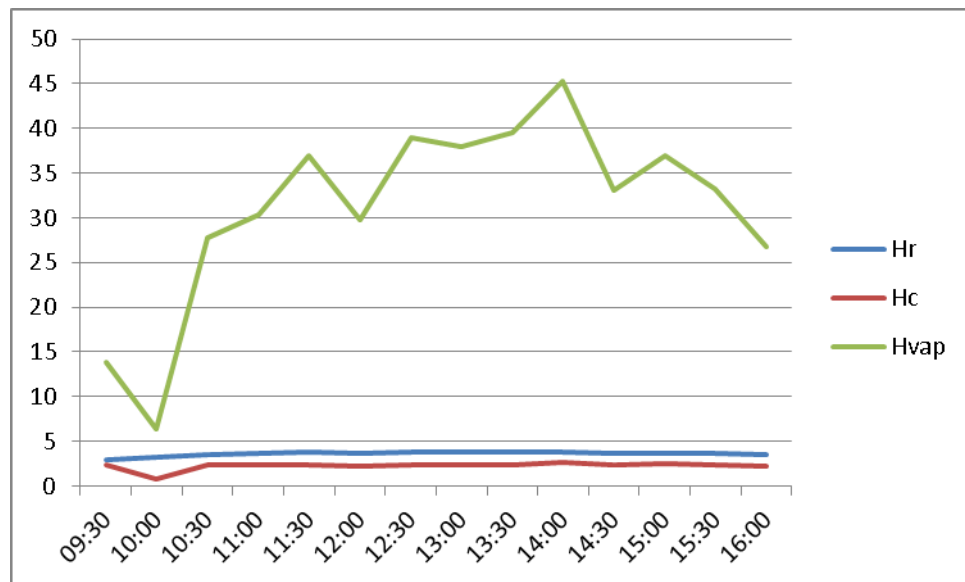
#### 6.3.4-III. الأنابيب:

يتم تصنيع الأنابيب المستخدمة بين الصينية الماصة وخزان الاسترداد من البلاستيك، والمعروف تجارياً باسم "النمر" [45]

معاملات انتقال الحرارة لمقطر شمسي بفتيل مائل بدون مرآة عاكسة وبمرآة عاكسة:



الشكل 18-III: معاملات انتقال الحرارة لمقطر بفتيل مائل دون مرآة عاكسة



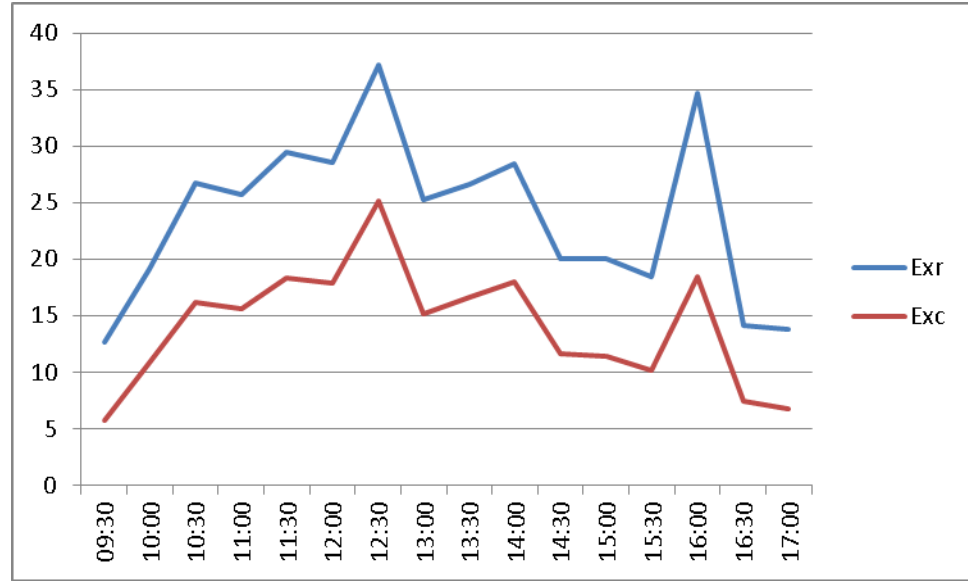
الشكل 19-III: معاملات انتقال الحرارة لمقطر شمسي بفتيل مائل بمرآة عاكسة

يوضح الشكل (III-17) و(III-18) منحنيات معاملات انتقال الحرارة لمقطر شمسي بفتيل دون مرآة عاكسة وبمرآة عاكسة على مدار اليوم من 09:30 حتى 17:00، حيث يبين لنا الشكل 5 أن معامل انتقال الحرارة بالتبخير  $h_{evap}$  يبدأ منخفضاً ثم يرتفع تدريجياً حتى يصل إلى ذروته في حدود الساعة 12:30، وذلك بسبب ارتفاع درجة الحرارة. ثم يبدأ

بالانخفاض بشكل ملحوظ بعد الثانية زوالا مع بعض التقلبات حتى يستقر في مستوى منخفض في نهاية اليوم. أما الشكل 6 فيظهر لنا أن معامل انتقال الحرارة بالتبخر  $h_{evap}$  يبدأ بقيمة متوسطة صباحا ثم ينخفض في حوالي الساعة 10:00 تقريبا، وبعدها يعود إلى الارتفاع بشكل كبير ليصل إلى ذروته تقريبا في الساعة 14:00 ثم يبدأ بالانخفاض المتذبذب حتى نهاية اليوم.

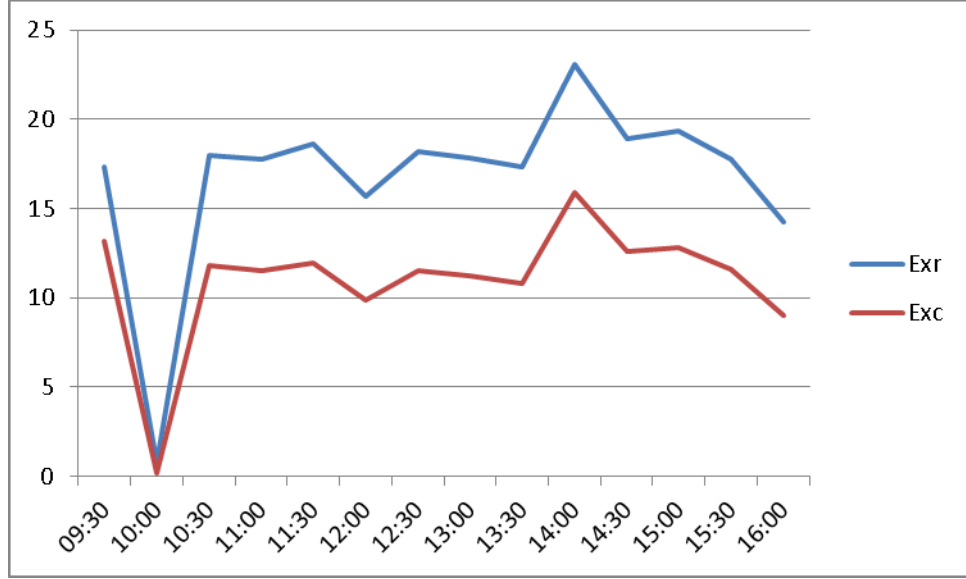
أما معاملات انتقال الحرارة بالحمل  $h_c$  والتبخر  $h_r$  فهما ثابتين مع بعض التغيرات الطفيفة في الشكل 5، وفي الشكل 6 يكون التغير طفيف أيضا بالنسبة لهذه المعاملات يكون هذا التغير واضحا أكثر في منحنى انتقال الحرارة بالحمل في بداية اليوم حيث يتناقص قليلا حوال الساعة 10:00 ثم يعود إلى قيمته ويستمر في الثبات حتى نهاية النهار. وهذا يعكس أن الحرارة المنقولة بالإشعاع والحمل في المقطر شبه مستقرة فهما يعملان بشكل منتظم كمكملين للعملية الحرارية، إن العامل المسيطر على نقل الحرارة هو التبخر.

الطاقة الحرارية لمقطر شمسي بفتيل مائل بدون مرآة عاكسة وبمرآة عاكسة:



الشكل 20-III : الطاقة الحرارية لمقطر شمسي بفتيل مائل دون مرآة عاكسة





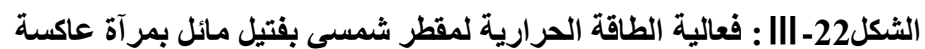
الشكل 21-III: الطاقة الحرارية لمقطر شمسي بفتيل مائل بمرآة عاكسة

يوضح الشكل رقم (19-III) و (20-III) منحني تغيرات الطاقة الحرارية لمقطر شمسي بفتيل مائل بدون مرآة عاكسة وبمرآة عاكسة على التوالي، حيث يشهد منحني الطاقة الحرارية لمقطر بفتيل مائل بدون مرآة عاكسة ارتفاعا تدريجيا وواضحا لكل من منحنى  $Ex_r$  و  $Ex_c$  من الساعة 09:30 إلى 12:30 ليصلا ذروتها الأولى تقريبا 12:30 وبعدها نلاحظ انخفاضا مفاجئا حتى الساعة 15:30 ثم يعودا إلى الارتفاع لصلا إلى ذروتها الثانية 16:00، وبعدها ينخفض المنحنيان بشكل واضح حتى الساعة 17:00 مما يشير إلى اقتراب غروب الشمس.

أما بالنسبة لمنحني الطاقة الحرارية لمقطر شمسي بفتيل مائل مع مرآة عاكسة نرى أن الطاقة الحرارية بالحمل والطاقة الحرارية بالإشعاع تتبعان نفس النمط العام، لكن بقيم مختلفة، كلا المنحنيين يتناقضان بشكل حاد مما يشير إلى انخفاض في الطاقة الحرارية وقد يكون هذا بسبب تغير الظروف المناخية. تعود القيم للارتفاع ثم تستقر من 11:00 إلى 13:00 وبعدها ترتفع لتسجل أعلى قيمة لهما عند الساعة 14:00 ثم تنخفض تدريجيا مع اقتراب الغروب.

نلاحظ أن ارتفاع الطاقة الحرارية بالإشعاع  $Ex_r$  تكون أكبر من الطاقة الحرارية بالحمل  $Ex_c$  (يكون تقريبا الضعف) في كل من المقطر بدون عاكس والمقطر مع العاكس

فعالية الطاقة الحرارية لمقطر شمسي بفتيل مائل بدون مرآة عاكسة وبمرآة عاكسة:

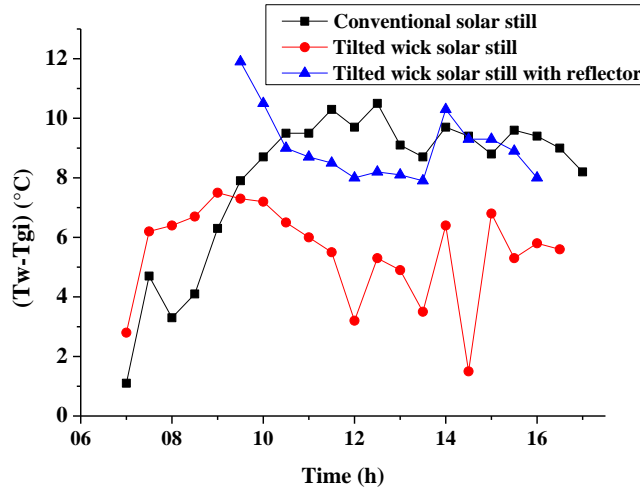


53

27% ويبقى ينخفض حتى الساعة 15:30 بعدها يرتفع بشكل كبير لصل إلى أعلى فعالية في هذا المقطر 35% في حدود الساعة 16:00 وينخفض بسرعة بعد ذلك.

أما فاعلية الطاقة الحرارية لمقطر بمرآة عاكسة فهي تبدأ من قيم قريبة من الصفر وتزايد تدريجيا من 09:30 حتى تصل إلى ذروة بسيطة حوالي الساعة 13:00 ثم نلاحظ انخفاض ملحوظ ثم يثبت قليلا لنرى قفزة حادة ما بين 14:30 – 15:00 لتصل إلى أعلى ذروة في هذا المقطر وهذا يدل ربما على وصل الشمس إلى زاوية تعكس فيها المرآة الضوء بأكبر فعالية على سطح الفتيل، بعد الذروة تنخفض الفعالية بشكل سريع لتستقر عند قيمة منخفضة في نهاية اليوم.

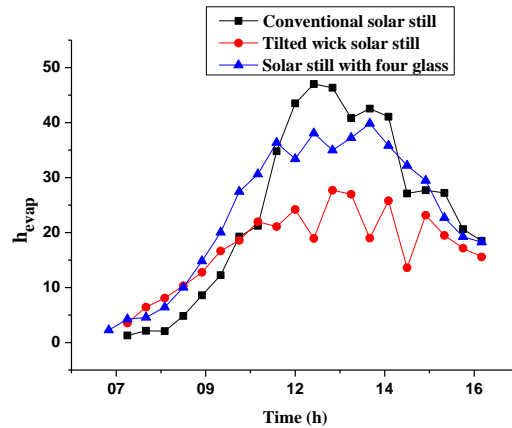
مقارنة الفارق في درجة الحرارة بين المبخر والمكثف للمقطرات الشمسية المدروسة:



الشكل 23-III : مقارنة في درجة الحرارة بين المبخر و المكثف للمقطرات المدروسة

يوضح الشكل (23-III) مقارنة درجة الحرارة بين المبخر والمكثف للمقطرات الشمسية المدروسة، حيث نلاحظ أن المقطر الشمسي البسيط يحقق أعلى فارق في درجة الحرارة بين المبخر والمكثف خلال أغلب ساعات النهار، حيث يتجاوز الفرق 10 درجة مئوية في منتصف النهار، المقطر ذو الفتيلة يظهر أداء أقل من النوع البسيط، حيث تتراوح الفروقات بين 4 و 7 درجات مئوية في معظم الأوقات كما تسجل بعض التذبذبات والانخفاضات المفاجئة. أما المقطر ذو الفتيلة المائلة مع العاكس فقد بدأ بدرجات حرارة عالية نسبيا ثم استقر في منتصف اليوم، محافظا على فرق حرارة مستقر تقريبا بين 7 و 9 درجات.

مقارنة معامل التبادل الحراري بالتبخير للمقطرات الشمسية المدروسة:



الشكل 24-III: مقارنة التبادل الحراري بالتبخير للمقطرات المدروسة

يوضح الشكل (24-III) مقارنة التبادل الحراري بالتبخير للمقطرات المدروسة، حيث تظهر أعلى قيم لمعامل التبادل الحراري بالتبخير في المقطر الشمسي البسيط خصوصا ما بين 11:00 و 13:00 بلغت قيم عظمى تقارب 50 واط/م<sup>2</sup>، المقطر الشمسي بفتيل مائل يظهر قيما أقل طوال اليوم مقارنة بالمقطر البسيط شهد استقرار نسبي بعد الساعة 10:00 دون بلوغ قيم عالية. وفي الأخير نرى أن المقطر الشمسي بأربعة زجاجات أداءه متوسط بين المقطرين السابقين رغم أنه لا يصل لأقصى قيمة مثل المقطر البسيط .

خاتمة

### الخاتمة:

لفهم الظواهر الحرارية أو السلوك الحراري لمجموعة من المقطرات الشمسية وتطويرها التي تم انشاءها بجامعة محمد بوضياف بالمسيلة في مخبر الفيزياء وكيمياء المواد تحت الظروف الجوية الحقيقية، مقطر شمسي بأربعة زجاجات "درس 8 و 9 ماي سنة 2017"، مقطر شمسي بفتيل مائل "درس في 25 و 26 أبريل 2018" ومقطر شمسي بفتيل بمرآة عاكسة.

لقد مكننا تحليل المعاملات الحرارية للمقطرات الشمسية الثلاثة من فهم أعمق لكيفية تحسين أداء الأنظمة الحرارية وتقليل الفواقد الطاقوية، من خلال تشخيص أماكن الخلل وتحديد النقاط التي تستنزف القدرة المتوفرة دون شغل مفيد فلاحظنا أن معامل الطاقة الحرارية بالتبخير كبيرا بالنسبة لمعامل انتقال الحرارة بالحمل و بالإشعاع اللذان كان مستقران وثابتان عند قيم قريبة من الصفر.

وتناولنا أيضا مفهوم الطاقة الحرارية من منظور إكزارجي باعتباره أداة فعالة لتقييم جودة وفعالية تحويل الطاقة في الأنظمة الحرارية، في التطبيقات المرتبطة بتحلية المياه أو تحويل الطاقة الشمسية إلى حرارة قابلة للاستغلال فتحصنا ومن خلال الدراسة التي أجريناها أن الطاقة الحرارية بالإشعاع تكون تقريبا دائما أكبر من الطاقة الحرارية بالحمل.

أخيرا قمنا بدراسة فعالية الطاقة الحرارية للمقطرات الثلاثة فتحسينها لا يقتصر فقط على رفع درجة الحرارة أو تحسين العزل الحراري فقط بل يتطلب دراسة متكاملة تشمل تقييم الخسائر الإكزارجية وتحليل تدفقات الطاقة على أساس الجودة وقابلية التحويل إلى شكل مفيد

# قائمة المراجع

- [1] A1-Hayek I, Badran OO. The effect of using different designs of solar stills on water distillation. Desalination 2004;169:121–7.
- [2] Frick G, Hirschmann J. Theory and experience with solar stills in Chile. Sol
- [2] Kalidasa Murugavel K, Srithar K. Performance study on basin type double slope solar still with different wick materials and minimum mass of water. Renew Energy 2011;36:612–20.
- [3] European Project supporting the use of renewable energy for Powering desalination.
- [4] H. Ouahid ، "Etude de la performance d'un distillateursolaire système de préchauffage solaire de l'eau saumâtre" ، thèse de magister ، université de Constantine ، P. 3 ، Algérie (2010) [
- [5] D. Ababsa ، "Optimisation Du Rendement D'un Capteur Solaire Par Minimisation Des Pertes Convectives" ، thèse magister ، université de Batna ، P. 25- 30 ، Algérie (2009).
- [6] : محمد تة ، "دراسة مقارنة وتحسين لمختلف المقطرات الشمسية لإنتاج المياه الصالحة للشرب في المناطق الجافة الصحراوية " ، مذكرة ماجستير ، جامعة ورقلة ، كلية العلوم والعلوم الهندسية ، قسم الفيزياء (2004) .
- [7] J.R. Vaillant, "Les Problème du dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtre France (1970).
- [8] A. Maurel, « Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce » 2e édition, Technique et documentation. Paris. 232p
- [9] A. K. Singh et G. N. Tiwarit, P. B. Sharma and Emran Khan "optimization of [9] orientation for higher yield of solar still for a given location", Energy conversion and Management, Pergamon 36 (1995)175-187
- [ 10] Production adduction d'eau potable, usine de dessalement. hmf.enseeiht.fr, BEI ERE 2009 - 2010, consulté le 02/03/2013 .
- [11] A. Maurel, "Dessalement et énergies nouvelles", Desalination 31 (1979) 489-499.



- [12] Association des retraités du groupe CEA, groupe argumentaire sur le nucléaire, "Dessalement et réacteurs nucléaires", Fiche N°32, 1-4, Février 2008.
- [13] I. SAOUANE, Etude des transferts de chaleur et de masse à l'intérieur d'un système de dessalement par voie solaire, Mémoire magister, Université Mentouri de Constantine, 2010.
- [14] Tamas, A.P., Etude comparée du colmatage en nanofiltration et ultrafiltration d'eau de surface , Mémoire de l'Université Laval du Québec (octobre 2004)
- [15] <http://www.preso.fr/melaniepierra/TIPE.htm>
- [16] Salilm Mebrouk Oussedik , Déminéralisation de l'eau saumâtre du forage " Ah Sahara " pour l'alimentation en eau potable de la ville de Touggourt , Desalination 137(2000)103-111
- [17] Viviane Renaudin, Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, Université Henri Poincaré .
- [18] Sellami, M., Etude et amélioration des techniques de distillation solaire dans la région Sud-Est Algérien (Ouargla). 2014, Thèse de Doctorat: Sciences Physiques, Physiques Energétique.
- [19] H. Boutebila, Etude et conception d'un distillateur solaire à usage agricole, Thèse doctorat, Université Mentouri Constantine, 2012.
- [20] Mandi Benaissa, Analyse Thermo Energétique d'un Procédé De Dessalement d'eau De Mer Par Voie Solaire Mémoire De Magister En Physique, Université Tlemcen Aboubekr Belkaid 2013, p 42.
- [21] A. Chaker et G . Menguy , Efficacité Interne d'un Distillateur solaire sphérique Rev. Energ. Ren. :Journées de Thermique (2001) 1-12
- [22] Abderrahmane Khechekhouche et Guehef Chouaib, Etude expérimentale d'un distillateur solaire plan pour une communauté saharienne, Mémoire de MASTER ACADEMIQUE, Université Echahid Hamma Lakhder d'El-oued, 2016.
- [23] R.S. Hansen, C.S. Narayanan, K.K. Murugavel, Performance analysis on inclined solar still with different new wick materials and wire mesh, Desalination. 358 (2015) 1-8.

- [24] P. Hunkyun, Low-Cost Multi-Effect Solar Still: Alternative Appropriate Technology for Personal Desalination, in: T. Yonar (Ed.), Desalination, IntechOpen, Rijeka, 2017. doi:10.5772/intechopen.68365.
- [25] M. Zerouki, Y. Marif, M. Belhadj, N.E. Settou, Simulation et expérimentation d'un distillateur solaire à film capillaire dans le sud Algérien, Ann. Sci. Technol. 4 (2012) 46–57
- [26] Departamento de Termoenergía, Facultad de Ingeniería, UNAM, CP 04510 México, DF, Mexico b Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC, La Paz, BCS México, Mexico Received 24 November 2006; accepted 3 April 2007.
- [27] Tiwari GN, Tiwari AK, Solar distillation practice in water desalination systems. New Dehli, India (Appendix): Anayama Pub. Ltd.; 2007.
- [28] Malik MAS, Tiwari GN, Kumar A, Sodha MS. Solar distillation: a practical study of a wide range of stills and their optimum design, construction and performance. Oxford: Pergamon Press; 1982.
- [29] Hongfei Z, Xiaoyan Z, Jing Z, Yuyuan W. A group of improved heat and mass transfer correlations in solar stills. Energy Convers Manage 2002;43:2469–78.
- [30] هاني عبد القادر ، عمار ، الطاقة وعصر القوة، دار غيداء للنشر والتوزيع، الأردن، 2012، ص: 33، 34 .
- [31] Juliette Talpin , économies d'énergie sur l'exploitation agricole, Edition France agricole, paris, 2010 , p 15 .
- [32] Simon Fraser University . <https://www.sfu.com>
- [33] [مذكرة تخرج لنيل شهادة الماستر ، جامعة قاصدي مرباح ورقلة ، بعنوان دراسة تجريبية لتحسين مردود المقطر الشمسي في منطقة ورقلة
- [34] Petela R. Exergy of heat radiation. Trans ASME J Heat Transfer 1964;2:187–92
- [35] Moran JM. Availability analysis: a guide to efficient energy use. Corrected edition. New York: ASME Press; 1989.
- [36] Malik MAS, Tiwari GN, Kumar A, Sodha MS. Solar distillation: a practical study of a wide range of stills and their optimum design, construction and performance. Oxford: Pergamon Press; 1982

- [37] جامعة قاصدي مرباح ورقلة ، رسالة مقدمة لنيل دكتورا ، من اعداد تخة محمد تحت عنوان دراسة تجريبية ونظرية لتحسين أداء المقطر الشمسي البسيط (دراسة خاصة بمنطقة ورقلة)
- [38] Article in Desalination and Water Treatment · April 2019 DOI: 10.5004/dwt.2019.
- [39] R. Petela, Exergy of undiluted thermal radiation, Sol. Energy, 74 (2003) 469–488.
- [40] A. Bejan, D.W. Kearney, F. Kreith, Second law analysis and synthesis of solar collector systems, Sol. Energy, 103 (1981) 23–28
- [41] Djegham Ali, Etude expérimentale d'un distillateur solaire à quatre vitres, Mémoire de master, université Mohamed Boudiaf - M'sila 2017 .
- [42]<http://www.dtmsiladz.com/lang/fr/latourismeaumsila/pr%C3%A9sentationdelawilaa>
- [43] [www.tameteo.com](http://www.tameteo.com).
- [44] Laifa islam, Etude expérimentale d'un distillateur solaire à mèche, mémoire de master, Université Mohamed Boudiaf - M'sila 2018.
- [45] Deghfel Fadila, Chagra Sara, Etude expérimentale d'un distillateur solaire à mèche avec réflecteur, mémoire de master, Université Mohamed Boudiaf - M'sila 2019.

### الملخص

في إطار هذا العمل تمت دراسة وتحليل السلوك الحراري لثلاث مقطرات شمسية ، بهدف تقييم أدائها وفعاليتها في تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية تستخدم في عملية تحلية المياه. تم إجراء هذه التجارب تحت الظروف المناخية الحقيقية لولاية المسيلة. شملت الدراسة مقارنة ثلاث نماذج من المقطرات الشمسية (مقطر شمسي بأربعة أوجه زجاجية، مقطر شمسي بفتيل مائل، مقطر شمسي بمرآة عاكسة) من حيث سلوك توزيع الحرارة داخل كل مقطر، كفاءة التحويل الحراري والفقدان الحراري. فأظهرت لنا النتائج أن هناك تباين ملحوظ في الأداء الحراري بين المقطرات المدروسة، ويرجع ذلك إلى اختلاف التصميم الهندسي لكل منها، مواد التصنيع، زاوية الميل، طرق العزل الحرارية.

**الكلمات المفتاحية :** السلوك الحراري، مقطر شمسي، كفاءة التحويل الحراري، الفقدان الحراري.

### Résumé

Dans le cadre de ce travail, le comportement thermique de trois distillateurs solaires a été étudié et analysé afin d'évaluer leur performance et leur efficacité à convertir l'énergie solaire en énergie thermique utilisée dans le processus de dessalement de l'eau. Ces expériences ont été menées dans les conditions climatiques réelles de la wilaya de M'Sila. L'étude comprenait une comparaison de trois types des distillateurs solaires (un distillateur solaire à quatre vitrages, un distillateur solaire à mèche inclinée et un distillateur solaire à miroir réfléchissant) en termes de répartition de la chaleur dans chaque distillateur, d'efficacité de conversion thermique et de pertes thermique. Les résultats ont montré une variation notable des performances thermiques entre les distillateurs étudiés, due à des différences de conception technique, de matériaux de fabrication, d'angle d'inclinaison et de méthodes d'isolation thermique.

**Mots clés:** comportement thermique, distillateur solaire, efficacité thermique, pertes thermique.

### Abstract

In this work, the thermal behavior of three solar stills was studied and analyzed to evaluate their performance and efficiency in converting solar energy into thermal energy used in the water desalination process. These experiments were conducted under real climatic conditions in the wilaya of M'Sila. The study included a comparison of three types of solar stills (a four-glazed solar still, an inclined wick solar still, and a reflective mirror solar still) in terms of heat distribution in each still, thermal conversion efficiency, and heat losses. The results showed a significant variation in thermal performance between the studied stills, due to differences in technical design, manufacturing materials, inclination angle, and thermal insulation methods.

**Key words:** thermal behavior, solar still, thermal efficiency, heat losses.