

جامعة قاصدي مرباح-ورقلة  
كلية الرياضيات وعلوم المادة  
قسم الفيزياء



مذكرة ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة

شعبة: الفيزياء

تخصص فيزياء طاقوية وطاقات متجددة

مقدمة من طرف الطالبتين: اليمان سمية - زروقي ربيعة

بعنوان:

## دراسة تجريبية لتحسين مردود التقطير الشمسي بضمان ثبوت درجة حرارة أجزائه الخارجية بواسطة

الموسم الجامعي: 2019-2020

رئيسا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ محاضر "أ"	سوداني محمد البار
مناقشا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ مساعد "أ"	زين عبد الله
مقررا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ محاضر "أ"	بالحاج محمد مصطفى
مساعدة	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	طالبة دكتوراه	شلغام منيرة

جامعة قاصدي مرباح - ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الفيزياء



مذكرة ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة

شعبة: الفيزياء

تخصص فيزياء طاقوية وطاقات متجددة

مقدمة من طرف الطالبتين: اليمان سمية - زروقي ربيعة

بعنوان:

دراسة تجريبية لتحسين مردود التقطير الشمسي بضمان ثبوت درجة  
حرارة أجزائه الخارجية بواسطة لاقط شمسي مستوي

الموسم الجامعي: 2019-2020

## تشكرات:

### -قيمة المرء ما يعرفه-

أشكر أولا وأخيرا الله تعالى الذي أسبغ علينا نعمة ظاهرة وباطنة، وأمدني بالصبر

لتذلل الصعوبات أمامي وأعانني كل العون على إنجاز هذه المذكرة،

ثم أشكر أستاذي الكريم الدكتور بلحاج محمد مصطفى الذي قبل الإشراف على هذه المذكرة،

وأخص بالشكر "شलगام منيرة" لما تفضلت به من معروف لإتمام هذه المذكرة والوقوف على إجراء الجانب التجريبي

الخاص بها ولما قدمته من مساعدة جلية تحسب لها.

وأشكر كل من ساهم وبذل جهدا ولو بالقليل في إنجاز هذه المذكرة، كما أشكر الأساتذة الكرام أعضاء لجنة المناقشة

على تفضلهم بقبول المناقشة.

زروقي ربيعة:

إهداء:

إلى صاحب السيرة العطرة، والفكر المستنير؛ فلقد كان له الفضل الأول في بلوغي التعليم العالي

(والدي الحبيب "صحراوي زروقي")، أطال الله في عُمره.

إلى من وضعتني على طريق الحياة، وجعلتني رابطة الجأش، وراعني حتى صرت كبيرة

إلى من وضع المولى - سبحانه وتعالى - الجنة تحت قدميها، ووقَّرها في كتابه العزيز

(أمي الغالية "برجوح نزيهة").

إلى إخوتي عبد الصمد وعلاء الدين وبلال وأخص بالذكر تفاحة القلب أختي العزيزتين "وصال وحكيمة" من كان لهم

بالغ الأثر في كثير من العقبات والصعاب. ولا أنسى فضل من كان سندا لي طوال مسيرتي الدراسية "حمزة زغاد"، وإلى

جدي العزيز 'برجوح إبراهيم' طيب الله ثراه واسكنه فسيح جنانه.

إلى جميع أساتذتي الكرام؛ ممن لم يتوانوا في مد يد العون لي.

اليمان سحبة:

إهداء:

إلى من وضع المولى-سبحانه وتعالى الجنة تحت قدميها، ووقرها في كتابه العزيز..

إلى من وضعتني على طريق الحياة، وجعلتني رابطة الجأش، وراعتني حتى صرت كبيرة..

(أمي الحبيبة "شتيوي نورة")

إلى خالد الذكر، الذي وافته المنية منذ 7 سنوات وكان خير مثال لرب الأسرة

(أبي الموقر "اليمان صالح")

تغمده الله برحمته وأسكنه فسيح جنانه

إلى من اعتمد عليهم في كل كبيرة وصغيرة إخوتي واخواتي "نور الدين، محمد، أحمد، آسيا، اسراء، لسعد "

إلى أصدقائي وبالأخص صديقتي وأختي "إكرام ريغي" ومعارفي الذين أجلهم واحترمهم

إلى اساتذتي في الكلية

أهدي لكم بحثي.

## فهرس العناوین

I	تشكرات.....
II	إهداء.....
III	
X	فهرس العناوین.....
XI	فهرس الجداول.....
XIV	فهرس الأشكال.....
	قائمة الرموز والمصطلحات.....

### المقدمة

3-2	مقدمة.....
-----	------------

### الفصل الأول : أنواع المقطرات الشمسية

5	(1-I) المقدمة.....
5	(2-I) مشكلة نقص المياه الصالحة لشرب عالميا ومحليا والحلول المقترحة:.....
5	2-2-I-أزمة المياه عالميا.....
6	3-2-I أزمة المياه في الجزائر.....
6	4-2-I-بعض الحلول المقترحة.....
7	5-2-I- المعايير العالمية للمياه الصالحة للشرب.....

7	3-I) تعريف التقطير الشمسي.....
8	1-3-I-1-لمحة تاريخية عن التقطير الشمسي.....
10	2-3-I-2-مبدأ عمل المقطر الشمسي.....
11	3-3-I-3-أنواع المقطرات الشمسية.....
11	1-3-3-I-1-المقطرات البسيطة: (Distillateur à simple effet).....
13	1-3-3-I-2-مقطرات شمسية تعمل بمبدأ التسخين بالبيت الزجاجي.....
14	3-3-I-3-3-المقطرات المتعددة (Distillateurs à multiples effets) I
17	4-I) خصائص المقطرات الشمسية.....
16	5-I-العوامل الداخلية والخارجية المؤثرة على مردود المقطر.....
16	1-5-I-1-العوامل الخارجية.....
17	1-5-I-2-العوامل الداخلي.....
19	7-I) الطرق المستعملة في تحلية المياه. ....
	الفصل الثاني : الدراسة النظرية للمقطر الشمسي البسيط
28	1-II) المقدمة.....
28	2-II) تعريف اللاقط الشمسي.....
	3-II) الإشعاع الشمسي.....
	1-7-II) الشمس.....
	2-7-II)الأرض.....

	.....المعالم الفضائية لتحديد موقع الشمس (3-7-II)
21	.....ظاهرة الانتقال الفيزيائية الأساسية في التقطير (4-II)
21	.....انتقال الحرارة (1-4-II)
21	.....أشكال انتقال الحرارة (1-1-4-II)
21	.....التوصيل الحراري (الانتشار الحراري) (1-1-1-4-II)
21	.....قانون " فورييه " (1 <sup>er</sup> loi de Fourier) الأول في الانتشار الحراري (1-1-1-1-4-II)
21	.....الحمل الحراري (2-1-1-4-II)
22	.....قانون " نيوتن " (1-2-1-1-4-II)
22	.....الإشعاع الحراري (3-1-1-4-II)
22	.....قانون " ستيفان - بولتزمان " (1-3-1-1-4-II)
22	.....استقبال الجسم للإشعاع (الانعكاس-الامتصاص-الإمرار) (2-3-1-1-4-II)
23	.....انتقال الكتلة : (2-4-II)
23	.....أشكال انتقال الكتلة: (1-2-4-II)
23	.....الانتشار الجزيئي (الرَّشْح) (1-1-2-4-II)
23	.....قانون " فيك " الأول (1 <sup>er</sup> loi de Fick) للانتشار الجزيئي : (1-1-1-2-4-II)
24	.....أشكال الانتشارية الكتلية حسب استخدامها في قانون " فيك " الأول (2-1-1-2-4-II)
25	.....قانون " فيك " الأول في ثلاثة أبعاد : (3-1-1-2-4-II)



25	II-4-2-1-1-4) قانون "فيك" الثاني (2 <sup>ème</sup> loi de Fick) للانتشار الجزيئي (الشرح):
25	II-4-2-1-1-5) معامل الانتقال الكتلي
25	II-4-2-1-1-6) المُقاوَمَة الكتلية
26	II-4-2-1-2) الحِمل الكتلي
26	II-4-2-1-1) معادلة الحِمل الكتلي
26	II-4-2-1-2) حساب معامل الحِمل الكتلي
27	II-4-3) انتقال كمية الحركة
27	II-4-3-1) تعريف انتقال كمية الحركة
27	II-5) تغير طور المادة
27	II-5-1) تعريفات ومفاهيم فيزيائية
28	II-6) الظواهر الفيزيائية
28	II-6-1) ظاهرة التبخير
29	II-6-2) ظاهرة التكثيف "نظرية نوسالت"
30	II-7-4) الموازنة الحرارية للمقطر الشمسي

### الفصل الثالث : الدراسة التجريبية للمقطر الشمسي

37	III-1) مقدمة
37	III-2) التدفقات الحرارية في المُقَطَّر

39	..... التدفقات الحرارية الخارجية (1-2-III)
39	..... التدفقات الحرارية الداخلية (2-2-III)
42	..... التوازن الحراري على مستويات أجزاء المقطر (3-III)
42	..... معادلات حفظ الطاقة للمقطر الشاهد (الحالة البسيطة) لكل مستوياته (1-3-III)
42	..... معادلة حفظ الطاقة حول الغطاء الزجاجي g (1-1-3-III)
42	..... معادلة حفظ الطاقة حول الماء w (2-1-3-III)
43	..... معادلة حفظ الطاقة حول السطح الماص للحرارة b (3-1-3-III)
43	..... قيمة التدفق الكتلي للماء المقطر تعطى بالعلاقة التالية (4-1-3-III)
44	..... معادلات حفظ الطاقة لمستويات المقطر المدروس حسب كل التجربة: (2-3-III)
44	..... الإجراءات المتبعة: (1-2-3-III)
55	..... النماذج الأولية للأجهزة التجريبية (2-2-3-III)
55	..... أجهزة المستعملة في التجارب (3-2-3-III)
57	..... الأدوات المستعملة في التجارب (4-2-3-III)
58	..... التجارب (7-III)
59	..... الظروف الجوية الخاصة بالأيام الذي تمت فيه التجربة الأولى (2-1-5-IV)
60	..... المنحنيات التجريبية للتجربة (3-1-5-IV)
60	..... منحنيات الإشعاع الشمسي خلال أيام التجربة (1-3-1-5-IV)
66	..... مقارنة كمية الماء المجمعة تجريبيا في المقطرين الشمسين (9-3-1-5-IV)
66	..... النتائج المستخلصة من التجربة (4-1-5-IV)

85 - 81 ..... الخلاصة العامة

88-86 ..... المرجع

## فهرس الجداول

### الفصل الأول: بحث في المراجع حول مختلف أنواع المقطرات الشمسية

الجدول (1-I) المعايير العالمية لمياه الشرب.....

الجدول (2-I) تركيز الاملاح والشوارد الكيميائية في منطقة ورقلة.....

### الفصل الثاني: العلاقات الرياضية في المقطر الشمسي

الجدول (1 -II) تصنيف أنواع المواد المستعملة في المقطرات الشمسية.....

## فهرس الأشكال

### الفصل الأول: بحث في المراجع حول مختلف أنواع المقطرات الشمسية

- الشكل (1-I) مبدأ عمل المقطر الشمسي.....
- الشكل (2-I) مقطر بسيط بميل واحد.....
- الشكل (3-I) المقطر البسيط بميلين.....
- الشكل (4-I) مقطر شمسي كروي مزود بماسح للماء.....
- الشكل (5-I) مقطر شمسي أسطواني.....
- الشكل (6-I) المقطر الشمسي المخروطي.....
- الشكل (7-I) المقطر الشمسي الشلال.....
- الشكل (8-I) المقطر الشمسي متعدد الطوابق.....
- الشكل (9-I) رسم تخطيطي للمقطر الشعيري.....
- الشكل (10-I) التقطير البسيط.....
- الشكل (11-I) التقطير الوميضي متعدد المراحل.....
- الشكل (12-I) التقطير المتعدد المراحل.....
- الشكل (13-I) الأسموز العكسي.....
- الشكل (14-I) مخطط يوضح عملية الأسموز العكسي.....

### الفصل الثاني: الدراسة النظرية والتوازن الحراري للمقطر الشمسي

- الشكل (1-II) استقبال الاشعاع.....

- الشكل (2-II) رسم تخطيطي للتدفقات الحرارية للمقطر الشمسي.....
- الشكل (3-II) مخطط يوضح الاشعاعات الحرارية المارة عبر مختلف أجزاء المقطر.....
- الشكل (4-II) وعاء به ماء سائل تحت التبخير في غياب الحمل الكتلي والحراري.....
- الشكل (5-II) الطبقة القشرية للماء السائل.....

### الفصل الثالث: الدراسة التجريبية للمقطر الشمسي

- الشكل (1-III) أجهزة القياس المستعملة في التجارب.....
- الشكل (2-III) الأدوات المستعملة في التجارب.....
- الشكل (3-III) رسم تخطيطي يوضح التركيب التجريبي لتجربة المقطر الشاهد.....
- الشكل (4-III) صورة توضح التركيب التجريبي للمقطر الشاهد (1).....
- الشكل (5-III) رسم تخطيطي يوضح التركيب التجريبي لتجربة المقطر المعدل.....
- الشكل (6-III) صور توضح التركيب التجريبي للمقطر المعدل (2).....

## قائمة الرموز والاصطلاحات

الرموز	الاصطلاحات (الرموز اللاتينية)	الوحدة
$A$	المساحة.....	$m^2$
$a$	الانتشارية الحرارية.....	$m^2/s$
$C_p$	الحرارة النوعية.....	$J / (Kg \cdot ^\circ C)$
$d_s$	الكثافة المتوسطة للشمس.....	$Kg / m^3$
$d_{terre}$	الكثافة المتوسطة للأرض.....	$Kg / m^3$
$d$	قطر الأنبوب و يمثل كذلك عرض ظل الأنبوب.....	$m$
$e_x$	سُمك الطبقة القشرية.....	$m$
$g$	تسارع الجاذبية الأرضية.....	$m / s^2$
$G$	التدفق الإشعاعي الشمسي الساقط على السطح الزجاجي.....	$W/m^2$
$h_x$	معامل الانتقال الحراري الموضعي.....	$W/m^2 \cdot K$
$\bar{h}$	معامل الانتقال الحراري المتوسط.....	$W/m^2 \cdot K$
$h$	معامل الحمل الحراري.....	$W/m^2 \cdot K$
$h_1$	أنتالبي مخرج المبخر يكون فيه المائع بخار مشبع.....	
$h_2$	أنتالبي مدخل المكثف يكون فيه المائع بخار مسخن.....	
$h_3$	أنتالبي مخرج المكثف يكون فيه المائع سائل مشبع	
$h_4$	أنتالبي مدخل المكثف يكون فيه المائع مزيج (بخار + سائل)	
$h'$	زاوية الارتفاع الشمس.....	بالدرجات $^\circ$
$h_{fg}$	أنتالبي التبخر الخاص بالماء.....	$J / Kg$
$H_c$	توقيت الغروب.....	$h$
$H_i$	توقيت الشروق.....	$h$
$H_w$	الحرارة الكامنة للتبخير.....	$J / Kg$
$K$	معامل الانتقال الكتلي.....	$m/s$
$L$	طول الصفيحة المستوية.....	$m$
$L$	الطول الفعلي الانبوب في كل لفة.....	$m$
$M$	الانبعاثية الإشعاعية للسطح الباث.....	$W/m^2$

$g/mol$	..... الكتلة المولية للهواء	$M_a$
$Kg$	..... كتلة الأرض الظاهرية	$m_{terre}$
$Kg$	..... كتلة الشمس	$m_s$
$Kg/m^3$	..... التدفق الكتلي	$\dot{m}$
$mol$	..... عدد الجسيمات	$N$
$mol$	..... عدد المولات	$n$
-	..... عدد لفات الأنبوب في مبخر المضخة	$n$
$Pa$	..... الضغط الجزئي للغاز	$P_g$
$Pa$	..... الضغط الجزئي للبخار	$P_v$
$Pa$	..... الضغط الجزئي للغاز عند الارتفاع	$P_g(L)$
$Pa$	..... الضغط الجزئي للغاز عند السطح الحر للماء	$P_g(0)$
$Pa$	..... الضغط الجوي	$P_{atm}$
$Pa$	..... الضغط الجزئي للبخار المشبع	$P_{vap}(Sat)$
$W$	..... الاستطاعة الحرارية	$Q$
$W$	..... الاستطاعة المشعة للشمس	$Q_s$
$J$	..... الحرارة المنتجة من طرف المكثف	$Q_H$
$J$	..... الحرارة الممتصة من طرف المبخر	$Q_L$
$J/mol.K$	..... ثابت الغازات المثالية	$R$
-	..... رقم رايلي (RAYLEIGH) لانتقال الحرارة بالحمل الحر	$Ra$
$m$	..... القطر المتوسط للشمس	$R_s$
-	..... الرطوبة النوعية	$r^s$
$m$	..... نصف قطر دوران المدار الإهليجي	$r$
$m^2$	..... مساحة خاصة في تجارب المجموعة الأولى	$S$
$h$	..... المدى النهاري	$S_0$
$s$	..... الزمن	$t$
$^{\circ}C$	..... درجة الحرارة	$T$
$h$	..... الزمن الشمسي الحقيقي	$TSV$
$m/s$	..... السرعة	$U$
$m^3$	..... الحجم	$V$



## الرموز الإغريقية

-	.....معامل الامتصاص الإشعاعي	$\alpha$
-	.....معامل الانبعاث الإشعاعي للسطح الباث	$\varepsilon$
-	.....معامل الإمرار الحراري	$\tau$
$W/m \cdot ^\circ C$	.....التوصيلية الحرارية	$\lambda$
بالدرجات $^\circ$	.....زاوية خط الطول	$\lambda'$
$Pa \cdot s$	.....اللزوجة التحريكية	$\mu$
$Kg/m^3$	.....الكتلة الحجمية	$\rho$
-	.....معامل الانعكاس الحراري	$\rho$
$W/m^2 \cdot K^4$	.....ثابت ستيفان-بولتزمان	$\sigma$
-	.....الرطوبة النسبية	$\Psi'$
بالدرجات $^\circ$	.....زاوية السَّمْت الشمسي	$\Psi$
-	.....درجة التشبع	$\Gamma$
بالدرجات $^\circ$	.....زاوية دائرة العرض	$\varphi$
بالدرجات $^\circ$	.....زاوية ميل الشمس	$\delta$
بالدرجات $^\circ$	.....زاوية الساعة الشمسية (الزاوية الزمنية)	$\omega$
بالدرجات $^\circ$	.....سَمْت الرأس	$\theta_s$

## الدليل السفلي

-	.....الوسط الخارجي ( المحيط Ambiente )	$a$
-	.....الهواء الرطب داخل خلية التقطير	$ah$
-	.....حوض الماء المالح (Bassin)	$b$
-	.....التبادل الحراري بالحمل بين الغطاء الزجاجي و الهواء	$c, g - a$
-	.....التبادل الحراري بالحمل بين الماء و الغطاء الزجاجي	$c, w - g$
-	.....التبادل الحراري بالحمل بين الغطاء الزجاجي و الماء	$c, b - w$
-	.....المنتشر (diffusion)	$diff$
-	.....المباشر (direct)	$dir$
-	.....الغطاء الزجاجي (giass)	$g$
-	.....التبادل الحراري بالتبخير بين الماء و الغطاء الزجاجي	$ev, w - g$

-	.....السطح الفعال	<i>eff</i>
-	.....الضیاعات الحرارية عبر الطبقات السفلیة (البولیسٹیران)	<i>loss1</i>
-	.....الضیاعات الحرارية عبر الطبقات الجانیة العوازل الخشبية	<i>loss2</i>
-	.....ضیاع الحرارة فی أنبوب التوصیل بین حوض التغذیة بالماء و المقطر	<i>loss3</i>
-	.....سطح الظل	<i>omb</i>
-	.....التبادل الحراري بالإشعاع بین الغطاء الزجاجي و الهواء	<i>r, g - a</i>
-	.....التبادل الحراري بالإشعاع بین الماء و الغطاء الزجاجي	<i>r, w - g</i>
-	.....القبة السماویة	<i>sky</i>
-	.....الکلی (Total)	<i>t</i>
-	.....الماء (Water)	<i>w</i>

# المقدمة



**مقدمة عامة:**

مع تزايد عدد سكان العالم، فإن الطلب على المياه من أجل الشرب والصرف الصحي والزراعة وإنتاج الطاقة من بين الاستخدامات الكثيرة الأخرى يتزايد أيضا. وفي الوقت نفسه، يؤدي النشاط البشري وتغير المناخ إلى تعطيل دورات المياه الطبيعية، مما يضع النظم الإيكولوجية للمياه العذبة تحت ضغوط. ويشكل التلوث وتطوير البنية التحتية واستخراج الموارد تحديات إضافية. حيث تغطي المياه أكثر من ثلثي الكوكب، ولكن تمثل المياه العذبة التي يسهل الوصول إليها والتي توجد في الأنهار والبحيرات والأراضي الرطبة ومستودعات المياه الجوفية أقل من واحد في المائة من إمدادات المياه في العالم.

ويعتبر التقطير الشمسي كحل يطرح لحل مشكلة نقص المياه الصالحة للشرب في المناطق الجافة الصحراوية حيث أن إنتاج الماء النقي بتقنية التقطير الشمسي لها آفاق كبيرة في الصناعة والاقتصاد، وذلك لأن الطاقة المستهلكة في الإنتاج هي طاقة حرارية أصلها الإشعاع الشمسي الملتقط من طرف السطوح السوداء، هذه السطوح تسخن عند استقبالها لأشعة الشمس ومنه يمكن الاستفادة من الحرارة التي يمكن تحويلها إلى حرارة تبخير للماء المالح، فتبقى الأملاح مترسبة فوق السطح الساخن وينتج لنا بخار ماء نعرض البخار لسطح بارد فتحدث عملية التقطير.

وهذا ما سنتناوله في هذه المذكرة بالاستعانة بمقطرين شمسيين بسيطين وحيدى الميل على مستوى وحدة البحث بمخبر الطاقات المتجددة للمناطق الجافة والصحراوية (LENREZAS) بكلية الرياضيات وعلوم المادة بجامعة قاصدي مرباح بورقلة، ذلك لأن منطقة ورقلة تتميز بمقادير جوية خاصة (إشعاع شمسي معتبر، زاوية، طول مدة التشميس، درجة حرارة الهواء المحيط معتبرة.....)

تحتوي هذه المذكرة إجمالا على ثلاثة فصول حيث نتطرق إلى:

## المقدمة العامة

الفصل الأول: إلى تقنيات تصفية المياه المالحّة، مبدأ عملها كما سنتعرف إلى أنواع المقطرات الشمسية بالتفصيل وبالرسومات التخطيطية لكل نوع من الأنواع.

الفصل الثاني: ستهتم بالدراسة النظرية للمقطر الشمسي البسيط وحيد الميل، حيث سنتطرق لمختلف العلاقات النظرية الخاصة بمختلف الظواهر الفيزيائية الداخلة في عملية التقطير (انتقال الحرارة، انتقال الكتلة، انتقال كمية الحركة، تغير الطور، ظاهرتا التكثيف والتبخير، الإشعاع الشمسي، الهواء الرطب).

الفصل الثالث: سنقوم بدراسة معادلات التوازن الحراري على مستوى مختلف أجزاء المقطر (الزجاج، الماء، السطح الأسود)، ثم يأتي تحليل وتفسير منحنيات التجارب التي تمت على المقطرين المقترحين في الدراسة ومناقشة النتائج المتحصل عليها، وفي الأخير خلاصة عامة حول الموضوع.

# الفصل الأول

## بحث في المراجع حول مختلف أنواع

### المقطرات الشمسية

يحتوي هذا الفصل واقع الطاقة الشمسية و تقنيات تصفية المياه المالحّة و أنواع المقطرات الشمسية و المتمثلة في

- مشكلة نقص المياه الصالحة لشرب عالميا ومحليا والحلول المقترحة.
- التقطير الشمسي.
- أنواع المقطرات الشمسية (المقطر البسيط، المقطر المتعدد).
- تقنيات تصفية المياه المالحّة ومبدأ عملها.

**I-1 المقدمة:**

يستخدم تقطير المياه بالطاقة الشمسية منذ منتصف القرن السادس عشر، وقد خدم حاجة بعض الناس لعدة قرون حتى الآن، لا تزال إمدادات المياه النظيفة تشكل مشكلة حرجة خاصة في بلدان العالم الثالث. بعد عدة سنوات، تم إدخال العديد من الاختلافات في التكنولوجيا. لا يستخدم تقطير الطاقة الشمسية أي خلية شمسية لتقطير، لذلك من المعروف أن الماء الشمسي لا يزال أكثر ملاءمة.

**I-2) مشكلة نقص المياه الصالحة لشرب عالميا ومحليا والحلول المقترحة:****I-2-1) أزمة المياه في العالم:**

أصبحت المياه الصالحة للشرب سلعة عزيزة، إذ فاق سعرها في بعض الأماكن سعر البنزين، فبالرغم من أن المياه تغطي سطح الكرة الرضية بنسبة 75% إل أن نسبة المياه الصالحة للشرب لتتجاوز 3% من مخزون المياه ف الكرة الارضية، ووفقا لتقرير الأمم المتحدة لسنة 2006 فإن 20% من سكان الأرض يفتقرون إلى موارد عذبة للمياه، وستزداد هذه النسبة لتصل إلى 3% من السكان عام 2025. بينما يفتقر 2.6 مليار إنسان (40% من سكان الأرض) إلى شبكات للمجاري والصرف الصحي فمشكلة نقص المياه لا تقتصر على الدول النامية فحسب، بل تشمل أيضا الدول التقدمية فقد أعربت المفوضية الأوروبية مؤخرا عن قلقها الشديد من النقص المستمر ف مصادر المياه في أوروبا، فوفقا لدراسة حديثة أجرتها المفوضية فإن غالبية الدول الأوروبية تستهلك كمية من الماء تفوق مخزونها، ما قد يؤدي على المدى الطويل إل انخفاض منسوب المياه الجوفية. [2]

**I-2-2) أزمة المياه في الجزائر:**

إن مشكلة نقص مياه صالحة لشرب في الجزائر نفسها الموجودة في العالم إذ تنقسم موارد المائية الطبيعية في الجزائر إلى قسمين هما مياه السدود و مياه الجوفية ، إن الحاجة لإيجاد مصادر للمياه الصالحة للشرب في الجزائر في

تزايد مستمر وذلك راجع لنقص المياه السطحية وخاصة في المناطق الجافة، والمناطق شبه الجافة، ونجد في المناطق الحضرية مطروحا بشكل واضح وذلك راجع لأسلوب الحياة و تزايد عدد السكان في هذه المناطق، وهذا الوضع يؤدي للبحث عن مصادر للمياه لا تنفذ حتى وإن كانت مالحة مثل المياه الجوفية ومياه البحر والتفكير في الطرق التي تجعل المياه المالحة أو الملوثة صالحة للشرب، وللتغلب على مشكلة نقص المياه كان لزاما إنشاء علي مستوى التراب الجزائري عدد كافي من السدود وتكون في الشمال، وإنشاء محطات تصفية المياه الملوثة أو تدعيم القاعدة الصناعية بمصانع لتصفية المياه

الملوثة أو تحلية مياه البحر. [5]

### I-2-3) بعض الحلول المقترحة:

- توزيع الماء بشكل منتظم.
- التعبئة بأكبر حد من المياه السطحية.
- التقليل من الضياع الناتج من شبكات التغذية.
- استعمال المياه المستعملة من أجل السقي، واستخدام تقنيات السقي قطرة بقطرة والزراعات التي تستعمل الماء كثيرا.
- يجب تشجيع بحث التطوير في مجال المياه وخاصة الأبحاث المتعلقة بالشراكة في عدة دول متوسطة.



I-2-4) المعايير العالمية للمياه الصالحة للشرب:

توضح المعايير العالمية لمياه الصالحة للشرب في الجدول التالي:

المركب الكيميائي	التركيز (g/L)	المركب الكيميائي	التركيز (g/L)
الأمونيوم	$[NH_4] < 0,5. 10^{-3}$	النترت	$[NO_2^-] < 1. 10^{-4}$
الكلور	$[Cl^-] < 0,2. 10^{-3}$	المنغنيز	$[Mn^{+2}] < 5. 10^{-5}$
الكبريتات	$[SO_4^{2-}]$	الفوسفورات	$[PO_4^{-3}] < 5. 10^{-3}$
الزنك	$[Zn^{+2}] < 5. 10^{-3}$	الأمنيوم	$[Al^{+3}] < 10^{-5}$
النحاس	$[Cu^{+2}] < 1. 10^{-3}$	البوتاسيوم	$[K^+] < 1,2. 10^{-2}$
الحديد	$[Fe^{+3}] < 0,2. 10^{-3}$	الصوديوم	$[Na^+] < 0,15$

تركيز الأملاح والشوارد الكيميائية في مياه منطقة ورقلة:

المجموع	$CO_3^{2-}$	$NO_3^-$	$Cl^-$	$K^+$	$HCO_3^-$	قساوة	$Ca^{++}$	$Mg^{++}$	$Na^+$	$SO_4^{2-}$
2961	---	38	749	19	103	106	249	107	625	965

تركيز الأملاح في مياه منطقة ورقلة يقدر ب: 2.961 g/L ، و مقدار الحموضة PH متوسط يقدر ب 6.8 و

أيضا تقاس القساوة للماء بحساب مجمع تراكيز كل من شوارد الصوديوم والبوتاسيوم (3).

I-3) التقطير الشمسي:

I-3-1) لمحة تاريخية عن التقطير الشمسي : [8]

منذ القدم عرف الإنسان أن للشمس طاقة هائلة، وحاول إيجاد أساليب لاستغلال هذه الطاقة بالشكل الذي يجعلها

مفيدة له.

فمن أول الاكتشافات لما وضع العالم Archimède أول نقطة ف مجال الطاقة الشمسية باختراعه مادة الزجاج لما لديها من خواص، بحيث من الممكن تصنيع عدسات ومرايا تساهم ف استغلال هذه الأشعة. في القرن 18 اخترع الفيزيائي Saussure اللواقط الشمسية بغرض أهداف علمية، وفي نفس العصر قام العالم الكيميائي والفيزيائي الفرنسي Lavoisier بصنع موقد شمسي لإذابة الذهب البيض، وهذا الموقد يسخن حتى 1755 C°.

في سنة 1839 اكتشف العالم الفيزيائي الفرنسي Edmond Becquerel التأثير الحراري -الكهربائي (l'effet thermique).

أول استخدام لطاقة الشمس في التقطير كان من طرف الانجليزي Harding سنة 1872 شمال الشيلي (Chili) في صحراء (Las Salinas) وكان على شكل أحواض سوداء مغطاة بالزجاج. فالقاعدة السوداء تستعمل كماص (Absorbant) لأشعة الشمس ويوضع في هذا الحوض الساخن ماء على سمك رقيق، فيعمل السطح الأسود عمل البخار، ويستقبل البخار المتصاعد من طرف السطح الداخلي للزجاج المائل بزاوية 20° ذي درجة الحرارة الأقل من الصفيحة الماصة السوداء نسبيا، مما يؤدي إل تكاثفه مباشرة، ويتجمع في قناة خاصة بالماء المقطر. وينتج هذا المقطر أكثر من 20 m<sup>3</sup> من الماء الصالح للشرب في اليوم.

أما في سنة 1878 م فقد أنشأ الفرنسي Auguste Mouchot آلة ذات بخار شمسي قابلة لقيادة آلة الطبخ، وطور أول نظام لإنتاج الماء الساخن بكاليفورنيا سنة 1891 م،

في سنة 1912 استعملت الطاقة الشمسية من أجل قيادة السيارات.

في سنة 1953 ركب Mont-Louise موقدا شمسيا ب KW 75

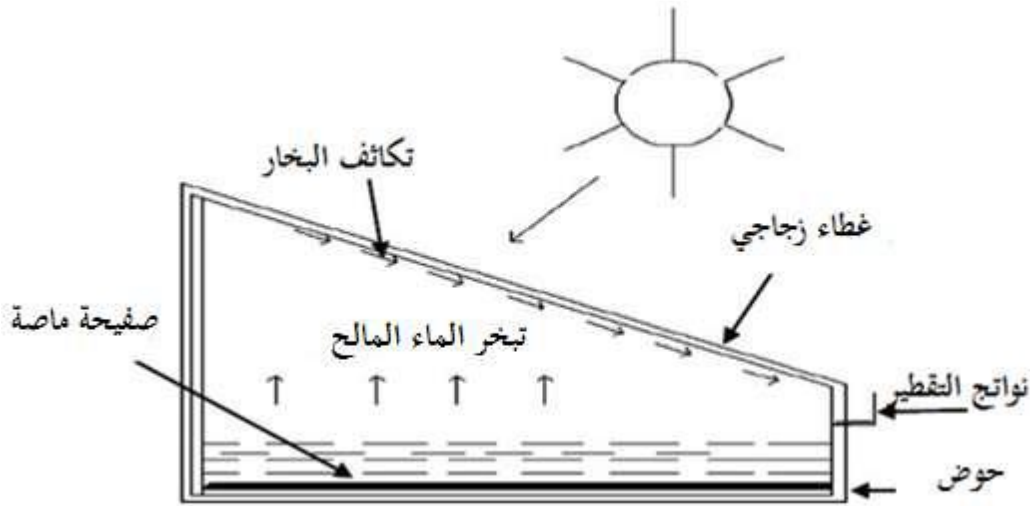
وشيد في 1970 موقد d'odeillo يسمح بالوصول إل درجة حرارة 3500 C°،

وفي سنة 1976 خلال أزمة البترول بفرنسا تم تحقيق أول مركز شمسي.

## I-3-2) مبدأ عمل المقطر الشمسي:

التقطير الشمسي هو ظاهرة طبيعية، له نفس مبدأ الظواهر الحقيقية، فعندما تنبعث الأشعة الشمسية على ماء البحر) أو المحيط، البحيرات، الأنهار ) ، فإنها ترفع درجة حرارة هذا الماء وهذا الأخير يتبخر ويرتفع إلى الأعلى، ثم ينتقل البخار عبر الرياح حتى يصل إل مكان أكثر برودة فيتكثف وتشكل السحب، وبعد ذلك يمكن أن يكون مطرا أو

ثلجا. [10]



الشكل (I-1): مبدأ عمل المقطر الشمسي

\*عمل المقطر الشمسي يكون كالتالي:

- الشعاع الشمسي يرفع من درجة حرارة الماء المالح الذي يوجد في المقطر.
- يتبخر الماء المالح.
- ينتقل البخار بالحمل نحو سقف المقطر (الزجاج) .
- يتكاثف البخار على سطح الزجاج ويسري على شكل غشاء رقيق.
- بعد التكثيف يحدث اماهة ثم الحصول على ماء مقطر والذي يعبر عبر قناة نواتج التقطير.

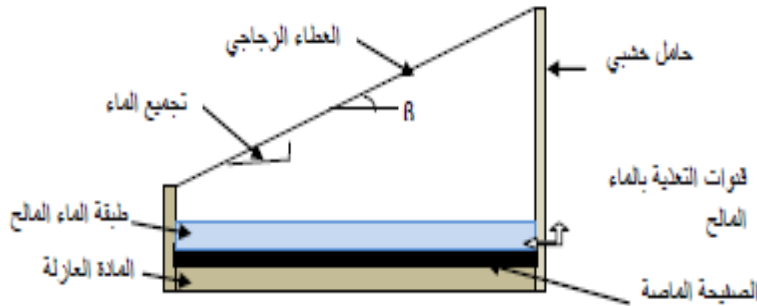
I-3-3) أنواع المقطرات الشمسية:

I-3-3-1) المقطرات البسيطة: (Distillateur à simple effet)

هذا المقطر الأكثر استعمالاً في العالم، بحيث يحتوي على حوض مملوء بالماء المالح وملون (مدهون) باللون الأسود من أجل التقاط أكبر كمية من الشعاع الشمسي ويغطي بلوح شفاف من الزجاج يجب أن يكون هذا الأخير مائلاً ليتكثف البخار في الجزء الداخلي للغطاء، من بين إيجابياته: تحقيقه وصيانته بسهولة، ثمه نوعاً ما منخفض، أما سلبياته فتتمثل في إنتاجه الضعيف جداً للماء الصالح للشرب بسبب انخفاض الفعالية، وتوجد عدة نماذج لهذا النوع وهي:

a- مقطر بميل واحد - (Distillateur à pente unique) :

هو مقطر بلاقط واحد مائل بزاوية ( $\beta$ )، وهو سهل التنظيف نظراً لسهولة تركيبه (15)

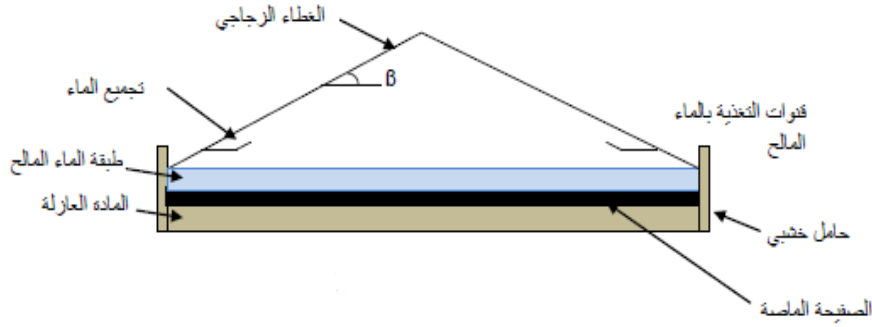


الشكل (I-2): رسم تخطيطي لمقطر بسيط بميل واحد

b- مقطر بميلين - (distillateur à double pentes) :

ويسمى كذلك مقطر بلاقتين بحيث كل واحد منهما بميل بزاوية ( $\beta$ )، ومن ميزاته أنه إحداها يوجه للشمس والآخر

للظل لتسريع عملية التكثيف. [13]

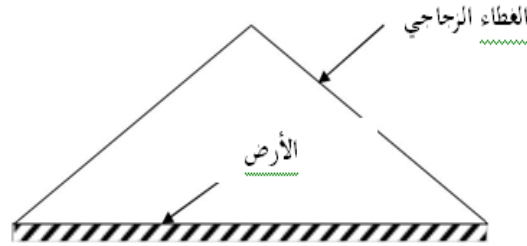


الشكل (3-I) المقطر البسيط بميلين

### c-مقطر شمسي أرضي (distillateur solaire terre-eau):

كميات كبيرة من الرطوبة تخزن (تدخر) في الأرض وفي المناطق الجافة بحيث هذه الرطوبة تعود إلى الغلاف الجوي خلال الفصل الساخن لإتمام الدورة الهيدرولوجية الطبيعية لذا نستعمل المقطر الشمسي أرض-ماء الذي يشبه المقطر

بميلين فقط نعوض الحوض الأسود بالأرض [11]



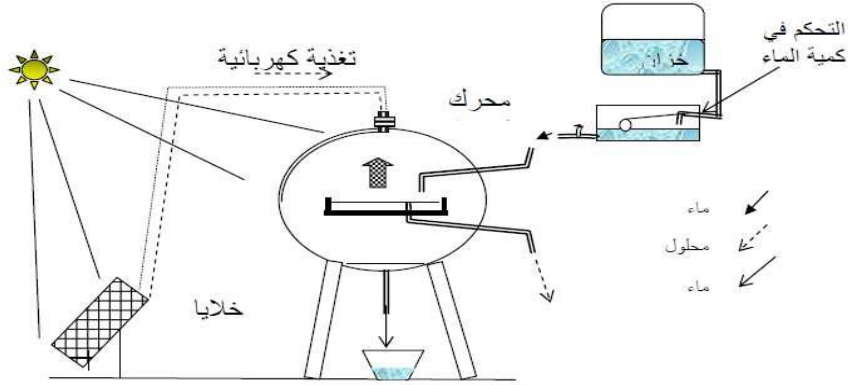
الشكل (4-I) مقطر شمسي أرضي

### I-3-3-2) مقطرات شمسية تعمل بمبدأ التسخين بالبيت الزجاجي:

#### a-مقطر كروي بماسح - (Distillateur sphérique à balayage) :

هذا النوع من القطر أول من اقترحه هو Pr. Menguy بجامعة لندن ويحتوي على كرة شفافة مصنوعة من الزجاج وفي وسطها يوجد حوض دائري أفقي، له لون أسود يعمل كماص للشعاع الحراري، يوضع فيه الماء السائل 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 مرك كهربائي ف أعلى المقطر [11]. الشكل (1-4).

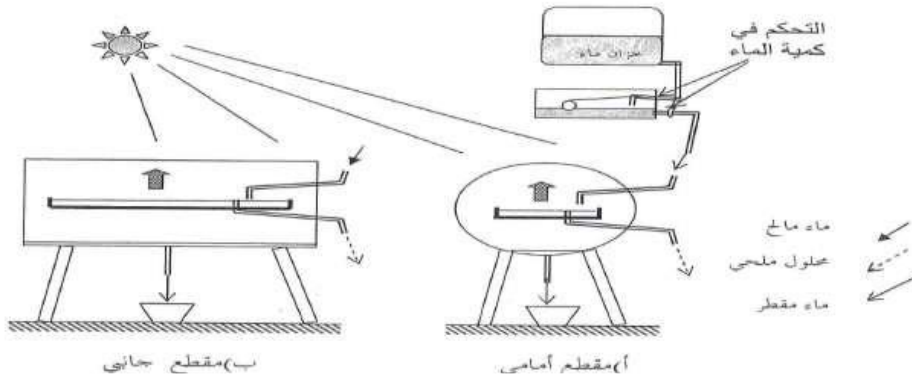


الشكل (5-I) مقطر شمسي كروي مزود بماسح للماء

### b-المقطر الشمسي الأسطواني: ( Distillateur cylindre ) :

يعمل بنفس مبدأ المقطر الكروي، إلا أن نظام مسح الماء المكثف على الجدار الداخلي للزجاج غير مستعمل

[13] كما هو موضح في الشكل التالي:

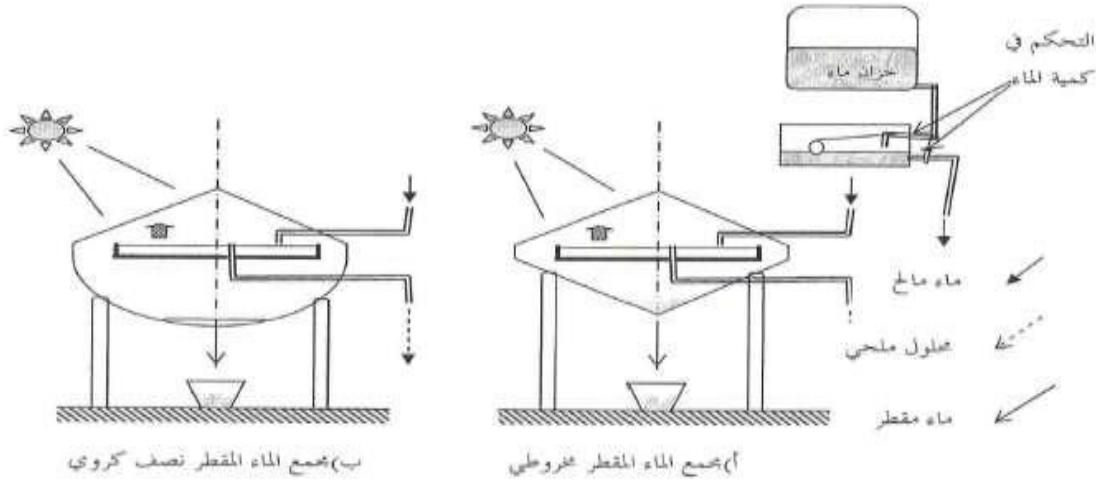


الشكل (6- I) مقطر شمسي أسطواني

### c-المقطر الشمسي المخروطي: ( Distillateur en forme de cône ) :

مشكل من غطاء مخروطي من الزجاج في الأعلى يسمح بمرور الإشعاع الشمسي، ومن قمع مخروطي في الأسفل لتجميع

الماء المقطر [13] كما يوضحه الشكل التالي:

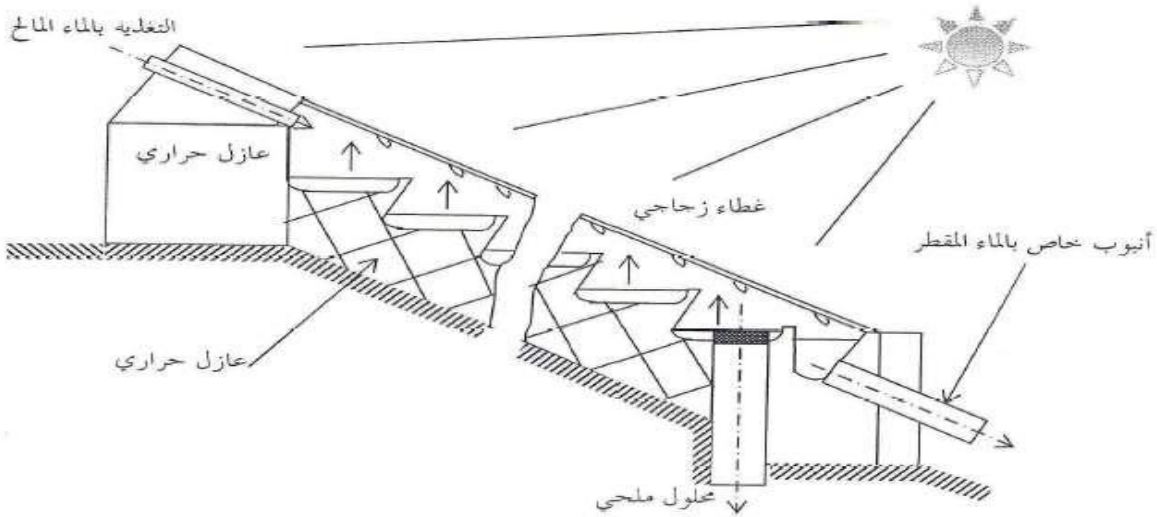


الشكل (7-1) المقطر الشمسي المخروطي

### d-المقطر الشمسي الشلال: (Distillateur solaire cascade)

يتكون من طوابق من الأحواض السوداء بها ماء ملتح وكل حوض يمد للحوض الذي أسفله بالماء حتى يصل

الماء للطابق السفلي [14]. كما هو موضح في الشكل التالي:



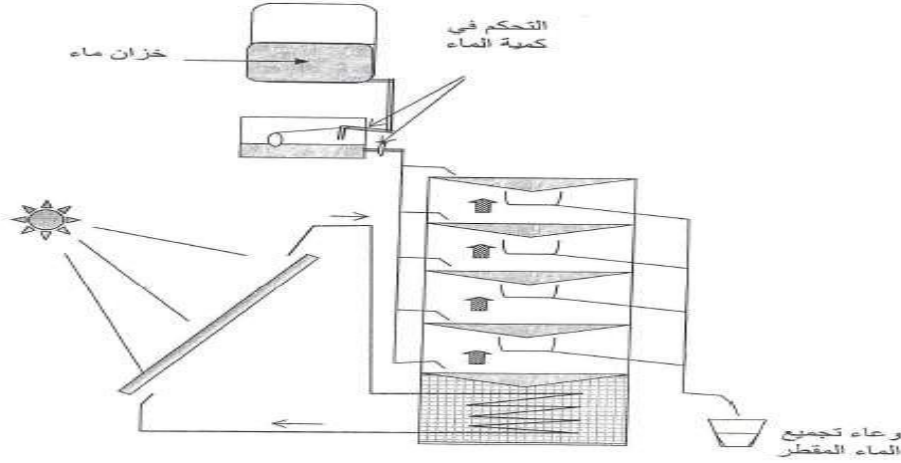
الشكل (8- I) المقطر الشمسي الشلال

### I-3-3-3 المقطرات المتعددة (Distillateur à multiples effects) :

في العموم المقطر المتعدد يحتوي على عدة مبخرات وهناك عدة نماذج لهذا المقطر وهي:

### a-المقطر الشمسي المتعدد الطوابق - (Distillateur solaire à multiples étages) :

هو عبارة عن مجموعة من الطوابق كل طابق يحتوي على الماء المالح، يسخن الطابق الأول- عن طريق المبدل الحراري الذي استقبل الحرارة من المائع الساخن باللاقط الشمسي -فيتبخر الماء المالح ويتكاثف على السطح البارد المقابل، وحرارة التكثيف بدورها تقوم باسترجاع البخار لتسخي الماء الموجود فوق سطح التكثيف وهكذا تتكرر العملية حتى الطابق الأخير، [15]

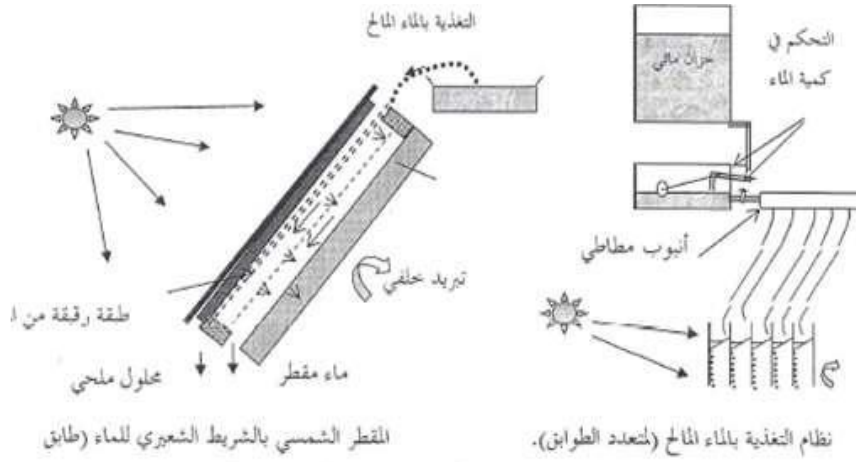


الشكل (I-9) مقطر متعدد الطوابق

### b-المقطر الشمسي بالخاصية الشعيرية - : (Distillateur solaire à film capillaire):

هذا النوع من المقطر أول من اقترحه هو Pr.P. Legofe بمخبر العلوم والهندسة الكيميائية ب Nancy بالتعاون مع Pr. Ouahes بجامعة الزائر، وهو عبارة عن مجموعة من الطوابق المعدنية (من الألمنيوم مثل) متقابلة ومتوازية عموديا، مركبة داخل إطار خشب معزول حراريا جيدا من الجهات الجانبية، كما يوجد غطاء زجاجي ف الجهة العليا ، إن الطابق الأول مطلي باللون السود لامتنصاص أكبر قدر من الطاقة الشمسية الساقطة عليه ، وجميع الطوابق مغطاة من اللف بقماش من نوع الشاش للامتنصاص و الاحتفاظ بالماء المراد تحليته ، والذي بدوره يمتص الحرارة من الطابق الأول) (L'absorbeur) فيتبخر الماء بفعل الحرارة المكتسبة من الشعاع الحراري، ويتكاثف على السطح البارد المقابل، كما أن الحرارة المكتسبة من التكثيف تقوم بتسخين الماء السائل على الشاش الملتصق خلف سطح التكثيف ، وهكذا تتكرر العملية حتى الطابق الأخير، [16] .





الشكل (10-I) رسم تخطيطي للمقطر الشعيري

ومن بين إيجابياته: المساعدة على تحسين انتقالات الحرارة والكتلة خلال عمليتي التكثيف والتبخير، وعند

توفر الشمس بشكل جيد فإنه ينتج حوالي (10-15 L/m<sup>2</sup>). [12]

#### I-4) خصائص المقطرات الشمسية:

هناك عدة مقادير لتحديد إنتاج الماء المقطر الشمسي، ومن بينها: المردود، الفعالية، (الكلية، الداخلية)، مقياس الفعالية. [19].

المردود:

هو عبارة عن كمية الماء المقطر الناتجة من القطر الشمسي لوحدة السطح للصفحة السوداء في اليوم. [2]

الفعالية:

الفعالية الكلية ( $\eta_g$ ): هي حاصل قسمة التدفق الحراري بالتبخير على الطاقة الشمسية الكلية الواردة إلى السطح الأفقي [2].

الفعالية الداخلية ( $\eta_i$ ): هي حاصل قسمة الفعالية الكلية على كمية الماء الناتج بفعل الطاقة الشمسية الساقطة على السطح الأفقي. (2).

## مقياس الفعالية:

يعرف Satcunathan و Hansen أنواع عوامل الفعالية: معامل الفعالية الاجمالي، (F.P.B) ومعامل الفعالية

الساعية (F.P.H) ومعامل الفعالية اللحظية (F.P). [2]

I-5) العوامل الداخلية والخارجية المؤثرة على مردود المقطر:

I-5-1) العوامل الخارجية:

I-5-1-1) شدة الاشعاع الشمسي:

هي العامل الاهم ف دراسة المقطر الشمسي ،ويكون طول الموجة في الطاقة المنبعثة ما بين (0.17- 4  $\mu\text{m}$ )

وأعلى شدة نحصل عليها للإشعاع الشمسي عندما يكون طول الموجة  $0.47 \mu\text{m}$  في المجال

المرئي، وتصل الشدة الكلية للإشعاع الشمسي الواردة إل السطح  $2.13 \text{ kW/m}^2$  و هي قيمة ضعيفة وهذا

نظرا لامتناس الغلاف الجوي جزء من هذا الشعاع. ويكون بمقدار أحسن عندما يكون سمك الغلاف الجوي رقيقا

جدا. وتقدر الاستطاعة الشمسية المتوفرة نظريا على سطح الارض ما بين  $0.95-1.22 \text{ kW/m}^2$ . [17]

I-5-1-2) سرعة الرياح:

يلعب تأثير الحمل الحراري الذي يتعرض له الغطاء الزجاجي دورا مهما في تشغيل النظام، وتقاس سرعة

الرياح بمقياس الريح (Anémomètre)الموضوع قرب الزجاج. وقد اعتبر Beckman et Duffie بأن

سرعة الرياح مرتبطة بمعامل الانتقال الحلمي بين الغطاء والوسط الخارجي [14].

I-5-1-3) درجة حرارة الهواء المحيط:

تدخل قيمة درجة حرارة الهواء المحيط في تحديد التغيرات الحرارية بين الجزء الداخلي للمقطر والوسط الخارجي وترتبط

مباشرة بالحمل الطبيعي على مستوى الزجاج، فتأثيرها يتناسب طرديا مع درجة حرارة الزجاج [10]

**I-5-1-4) عوامل أخرى جوية:**

بالإضافة إلى سرعة الرياح ودرجة حرارة الهواء المحيط، هناك عوامل أخرى جوية مثل رطوبة الهواء والمغناطيسية اللتين يجب

أن تؤخذان بعين الاعتبار في القياس، بحيث أنهما تغييران في الموازنة الحرارية للمقطر [14]

**I-5-2) العوامل الداخلية:**

ندرس تأثير العوامل التالية على فعالية النظام:

- عزل الأوجه الجانبية للمقطر.

- سمك الماء الموجود في المبخر.

- الخصائص الفيزيائية للجدار الداخلي [14].

**I-5-2-1) ميل الزجاج على السطح الأفقي:**

إن لميل الزجاج دورا مهما في عمل المقطر الشمسي، لذا فإنه من المهم اختيار ميلان أدنى للزجاج بدون إحداث

تسرب (نزول) لمقطرات الماء إلى حوض الماء المالح، وتقدر القيمة التقريبية لهذا الميلان بعد دراسة أجريت لعدة قيم

(زوايا) أن القيمة المثلى للميلان محصورة بين (10-50°) . [19]

**I-5-2-2) ارتفاع مستوى كتلة الماء المقطر:**

الدراسة التي قدمها (Cooper) 1969 على تأثير تغيرات سمك الماء المالح في الحوض، حيث وضح مدى التأثير

البارز لاسيما في وجود العازل تحت الحوض وفي حال غيابه، وعند السمك الصغير للماء لا يظهر أي تأثير. وجدت

عدة دراسات سعت لإثبات تأثير سمك طبقة الماء في الحوض على الإنتاج اليومي من الماء المقطر. النتائج المصرح

عليها تؤكد تناقص مردود المقطر كلما زاد سمك الماء في الحوض. [32]

**I-5-2-3) المسافة التي تقسم السطح الحر إلى لاقطين:**

تؤثر مباشرة على الضغط الداخلي للمقطر، فالزيادة في حجم المقطر تسبب نقصانا في الضغط، وهذا يؤثر على

التغيرات الحرارية ويؤدي إلى نقصان في درجات الحرارة لمركبات المقطر [11].

I-5-2-4) خصائص المكونات:

I-5-2-4-1) الزجاج:

يختلف الزجاج حسب خصائصه:

- السمك
- اللون: يجب أن يكون شفافاً
- الانعكاس: يجب أن يكون على الأقل ما بين (5-10%).
- الامتصاص: يجب أن يكون من 5%.
- العبور: أكثر من 90%.

I-5-2-4-2) الصفيحة المعدنية:

توجد عدة أنواع من الصفائح المعدنية وفقاً لخصائصها، لذا يجب أن نختار الصفيحة الملائمة لاستخدامها للماص وكذلك للغطاء الخارجي. [2]

- السمك:  $e_{\text{plaque}} > 4 \text{ mm}$
- التوصيلية: يجب أن نختار صفيحة لها توصيلية حرارية مرتفعة إذا أمكن.
- مقاومة التآكل: الصفيحة المعدنية تكون في تلامس مع الماء، من أجل هذا يجب اختيار صفيحة تقاوم ظاهرة التآكل.

I-5-2-4-3) العازل:

العازل في المقطر هو العنصر الرئيس، ولاختيار عازل جيد يجب معرفة كل الخصائص التالية [2]:

- التوصيلية الحرارية: التوصيلية الحرارية للعازل يجب أن تكون قليلة ليكون عزل حراري جيد.

من بين أفضل العوازل هو: polystyrène.

## I-6) الطرق المستعملة في تحلية المياه:

## I-6-1) تعريف التحلية:

تحلية المياه هي عملية يتم فيها التقليل من مستوى ملوحة الماء حيث يتم تحويله من ماء خام إلى ماء قابل للاستخدام ويخضع للمعايير العالمية للشرب.

هناك أساسا نوعين من تقنيات تحلية المياه المستخدمة في العالم اليوم، وهي تشمل التقنيات الحرارية والتقنيات الغشائية: [23]

## I-6-1-1) التقنيات الحرارية: هي تلك التي تجمع بين التكثيف-التبخير لإنتاج ماء نقي، نادرا ما يتم

استخدامها لتحلية المياه المالحة [23]. وهي ما يسمى بتقنية التقطير وهي أنواع:

❖ تقطير متعدد التأثير (MED)

❖ تقطير متعدد المراحل (MSF)

❖ التقطير بضغط البخار (VC)

## I-6-1-2) تقنية فصل الماء عن الاملاح الذائبة بالأغشية:

هذه التقنية تعتمد على أغشية شبه نفّاذة، تستعمل من أجل فصل الملح عن الماء، وتتم عملية الفصل

تحت درجة حرارة الجو العادية - بدون تسخين - مع استهلاك لكمية من الطاقة الكهربائية، ويوجد اسلوبين

في هذه التقنية وهما [22]:

❖ الاسموز العكسي (التناضح العكسي).

❖ الاسموز الكهربائي (التناضح الكهربائي).

## I-6-2) تقنية التقطير:

## I-6-2-1) التقطير البسيط:

إن دوران البخار بجوار مبخر الماء يسمح بتبخير الماء تحت ضغط أقل من الضغط الجوي، مما يؤدي إلى تكثيف البخار مباشرة على سطح المُكثِّف، وبدون استرجاع أو الاستفادة من الحرارة الضائعة، ومن المُستَحْسَن أن يكون هناك تسخين أولي للماء المالح قبل تبخيره في المُبَخِّر.

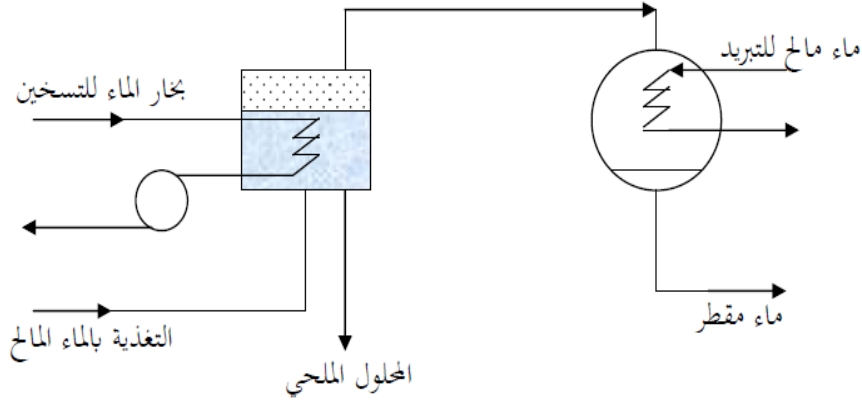
مبدأ عمل الجهاز: و هو موضح في الشكل (I-11)، و يعتمد مبدئيا على دخول الماء المالح إلى خلية التقطير بدرجة حرارة  $(T + \Delta T)$  و  $\Delta T$  هو مقدار الزيادة في درجة الحرارة الناجم من التسخين الأولي .

• وفي داخل الخلية نجد مبدل حراري على شكل حلزوني أو أي شكل يضمن التبادل الحراري، بين الماء المالح وبخار الماء الدّاخِل لهذا المُبَدِّل.

• يفقد بخار الماء جزء من الحرارة مما يؤدي إلى تكثيفه، ويتحول إلى ماء سائل، ويسخن من جديد في دورة مغلقة.

الجزء المفقود من الحرارة يكتسبه الماء المالح من أجل تبخيره، يتجه بخار الماء الناتج إلى خلية ثانية من أجل تكثيفه، ولتكثيفه ينبغي وجود عنصر بارد يتمثل في مبدل حراري ثاني، يسري فيه ماء مالح بارد طبيعيا (ماء

البحر أو مياه جوفية باردة). [3]



الشكل (11-I) تقنية التقطير البسيط

### I-6-2-2) التقطير لوميضي متعدد المراحل (MSF):

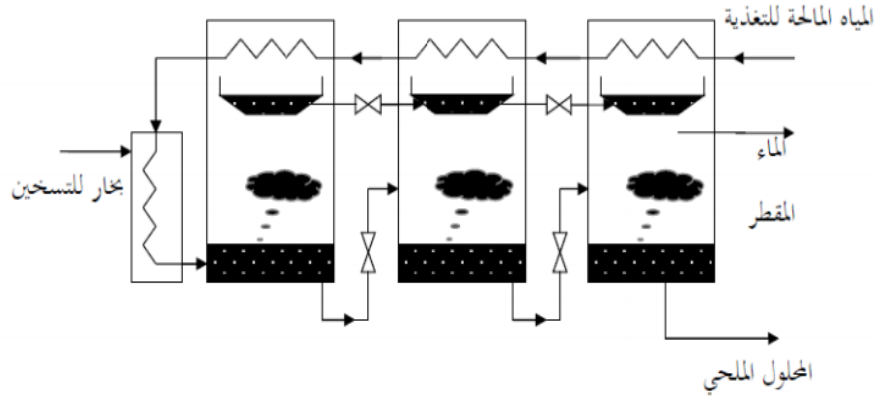
تم تطوير هذه التقنية في السبعينيات وهي أولى الطرق المستعملة في التقطير وهي حاليا التقنية الأكثر استخداما على نطاق واسع في محطات الإنتاج الكبيرة. تعتمد هذه الطريقة على مجموعة من الطوابق، من أجل استرجاع الحرارة الضائعة، وقد طور هذا المبدل بفضل الأبحاث R.S. Silver في مصنع تحلية المياه المالحة بفرنسا.

#### مبدأ عمل هذه التقنية:

يعتمد مبدأ عمل هذه التقنية في الشكل على درجة حرارة منخفضة نسبيا، واستخدام الماء المالح البارد لتكثيف البخار الناتج في كل طابق مبخر، داخل المبخر نجد الماء المالح تحت درجة حرارة معينة والضغط ينخفض تدريجيا، بحيث أن الماء والبخار في حالة توازن.

دوران الماء البارد في مبدل حراري يضمن انخفاض في درجة حرارة البخار، وبالتالي يؤدي إلى تكثيفه على جدران

الخارجي للمبدل، وهكذا تتم العملية على جميع الطوابق. [7]



الشكل (12-I) التقطير الوميضي المتعدد المراحل

## I - 6-2-3) التقطير المتعدد المراحل (MED):

من أجل رفع مُردودَ عملية التّقطير، يجب استرجاع جزء من الحرارة الضائعة عند التكثيف (المكثف) في الحليّة الثانية لاستعمالها كحرارة تسخين.

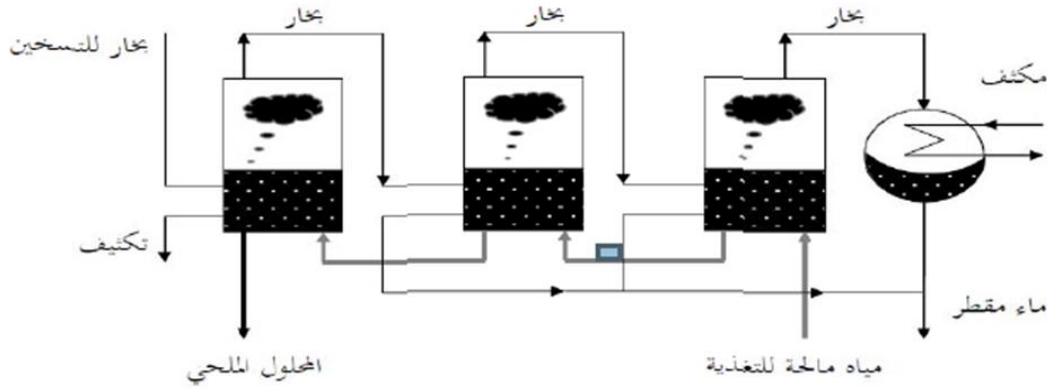
مبدأ عمل التقنية:

تعتمد هذه العملية على مبدأ التبخر تحت ضغط منخفض، يتم تسخين جزء من المياه إلى درجة حرارة تتراوح بين 70 و80 درجة مئوية، يتبخر الماء على سطح التبادل، على عكس العملية السابقة. يتم توفير الحرارة المنقولة عبر هذا السطح إما عن طريق البخار الناتج أو عن طريق الماء الساخن. يتم تكثيف البخار الناتج في الطابق الأول لإنتاج المياه العذبة في الطابق الثاني حيث يسود ضغط أقل. وبالتالي فإن حرارة التكثيف التي ينتجها تجعل من الممكن تبخر جزء من مياه البحر المتضمن في الطابق الثاني وما إلى ذلك (انظر الشكل 4).

فقط الطاقة اللازمة للتبخير في الطابق الأول هي من أصل خارجي، وبالتالي فإن مضاعفة عدد المراحل تجعل من

الممكن تقليل الاستهلاك المحدد (الطاقة / متر مكعب من المياه العذبة المنتجة). [26]





الشكل (I-13) التقطير متعدد المراحل

### I-6-3) التقطير تقنية فصل الماء عن الاملاح الذائبة بالأغشية: (les membrane)

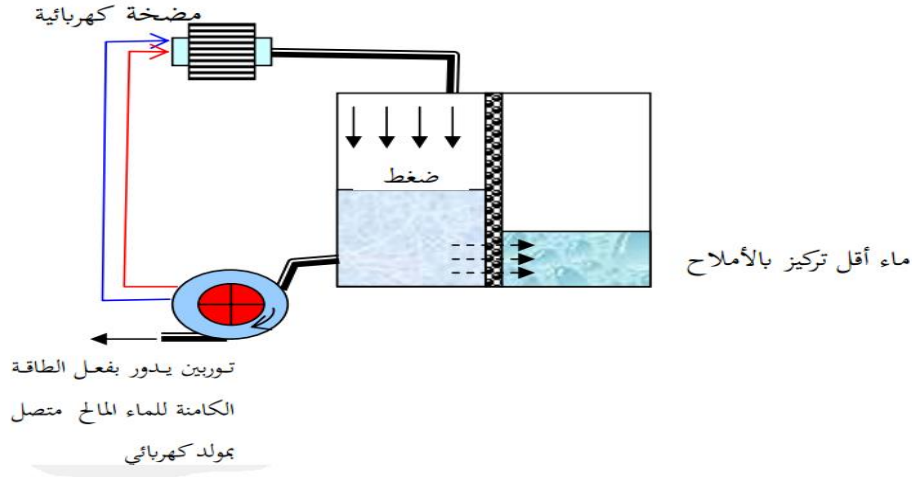
#### 1-3-6-1) الأسموز العكسي (التناضح العكسي):

هو عملية فصل الماء عن الاملاح الذائبة باستخدام الأغشية شبه النفاذة تحت تأثير الضغط (54-80) بار لعلاج مياه البحر)، هذه العملية تعمل في درجة حرارة الغرفة ولا تحتوي على أي تغيير مرحلة.

تسمح أغشية البوليمير المستخدمة لجزيئات الماء بالمرور ولا تسمح للجسيمات على سبيل المثال الأملاح الذائبة والجزيئات العضوية ذات الحجم (7-10 مم)، الطاقة التي يتطلبها التناضح العكسي هي التي الكهرباء التي تستهلكها مضخات الضغط العالي، تحتوي المياه الناتجة عن تقنية التناضح العكسي على  $0.5 \text{ g/L}^{-1}$ .

ظاهرة التناضح تظهر عن طريق تدفق الماء والذي يكون من التركيز المنخفض الى التركيز المرتفع، نطبق ضغط عالي على المحلول المركز لمنع تدفق الماء، كمية الماء المنتقلة بالتناضح ستقل حتى نصل إلى نقطة ضغط أين يتوقف تدفق

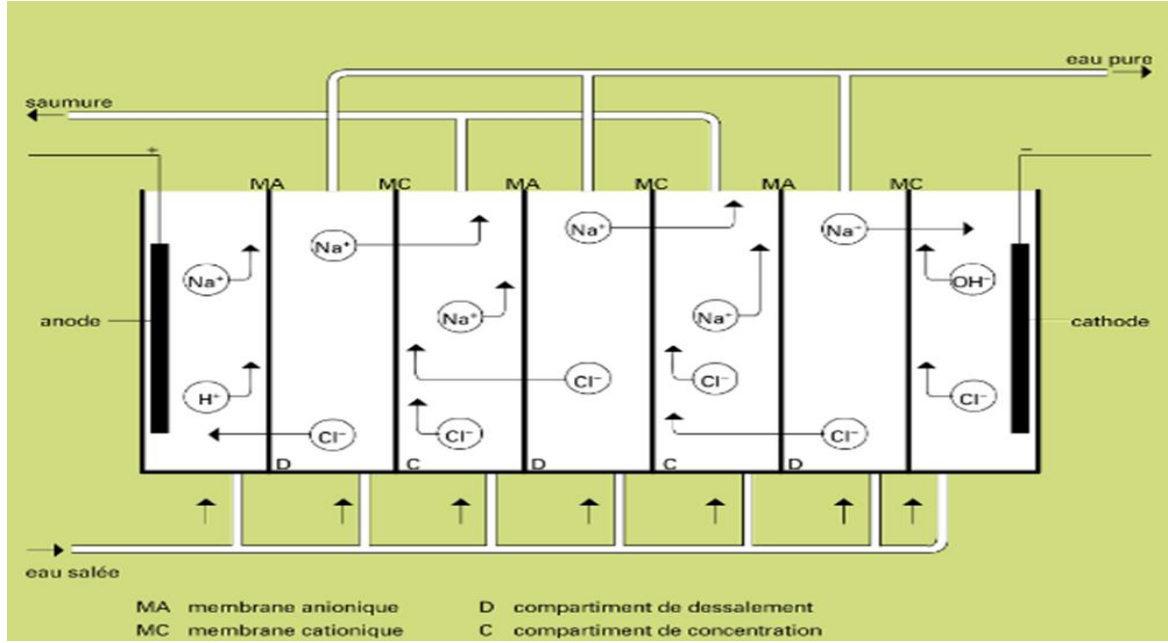
الماء، وهكذا ينتج الماء النقي. [24]



الشكل (I-14) رسم تخطيطي لتقنية الأسموز العكسي

### 1-3-2) الأسموز الكهربائي (التناضح الكهربائي):

تستخدم هذه الطريقة حركة الأيونات المنحلة بالكهرباء المعرضة لمجال كهربائي. يتم نقل الأيونات إلى الأنود، الكاتيونات إلى الكاثود. يتم نقل الشحنات الكهربائية عن طريق الأيونات التي تفرغ على الأقطاب الكهربائية يتم ضمان تحلية المياه بشكل صحيح من خلال تركيب أغشية من نوعين تلعب دور "الصمامات الأيونية"، وهي أغشية أيونية منفذة للأيونات، أغشية كاتيونية قابلة للاختراق من الكاتيونات. إن الترتيب المتناوب بين نوعي الأغشية يجعل من الممكن تكوين حجرات تحلية حيث يصبح المحتوى الأيوني أكثر فقراً وحجرات التركيز تجمع الأملاح المستخرجة (الشكل). تشكل حجرات الأطراف مساحة أخرى حيث تحدث التفاعلات الجانبية الخاصة بالتحليل الكهربائي. مقابل كل فرادي (96490 كولوم) تعبر الجهاز، هناك ما يعادل  $N / 2$  غرام مكافئ من الملح،  $N$  هو العدد الإجمالي للمقصورات بخلاف تلك التي تحتوي على أقطاب كهربائية. [25]



الشكل (I-15) مخطط يوضح عملية الأسموز العكسي

- يميل المجال الكهربائي DC إلى نقل الأنيونات (هنا  $Cl^-$ ) إلى الأنود والكاتيونات (هنا  $Na^+$ ) إلى الكاثود.
- تسمح أغشية MA أنيون بالمرور وتشكل عقبة لا يمكن التغلب عليها على الكاتيونات.
- تسمح أغشية MA بالنيون بالمرور وتشكل عقبة لا يمكن التغلب عليها على الكاتيونات؛ الأغشية MC لها الأولوية المعاكسة.
- تتراكم الأيونات في الأجزاء C ويتم إخلؤها في شكل محلول ملحي.
- المياه في المقصورات D منزوعة المعادن.
- تحدث تفاعلات التحليل الكهربائي فقط في الأجزاء النهائية.

## 1-6-4- تحلية المياه عن طريق البلورة أو التجميد:

تم اقتراح تقنية التحلية عن طريق التجميد كبديل عن التقطير والتناضح العكسي لتحلية مياه البحر في عدة أعمال، يمكن تطبيق هذه التقنية أيضا على معالجة مياه الصرف الصحي.

خلال عملية التجميد ، يتم التخلص من الأملاح المذابة بشكل طبيعي أثناء التكون الأولي لبلورات الجليد ، وتبريد الماء المالح لتكوينها في ظروف محددة هي طريقة جيدة لتحلية الماء ، حيث يتجمد الماء السائل في الحالة النقية عند 0 درجة مئوية و لكن إذا كان يحتوي على محلول ملحي على سبيل المثال ، تنخفض درجة حرارة نقطة التجمد بمقدار

$\Delta T$  وفقا ل رولت (Rolt). [24]

- هناك نوعان من عمليات التجميد 'المباشر' و 'الغير مباشر'.

## الفصل الثاني

### الشمسي البسيط دراسة نظرية للمقتر

يحتوي هذا الفصل على مختلف العلاقات النظرية الخاصة بالظواهر الفيزيائية الداخلة في عملية التقطير و المتثلة في

- انتقال الحرارة
- انتقال الكتلة
- انتقال كمية الحركة
- تغير الطور
- ظاهرتا التبخير والتكثيف
- الإشعاع الشمسي
- نظريات الهواء الرطب
- الموازنة الحرارية للمقتر الشمسي

## الفصل الثاني: الدراسة النظرية للمقتر الشمسي البسيط

### II-1) المقدمة :

نتطرق في هذا الفصل اولا تعريف اللاقط الشمسي المستوي ثم نبدأ في الدراسة النظرية العلمية للتقطير التي تعطي العلاقة بين المقادير الفيزيائية الداخلة في هذه العملية وتعطي تفسيرات لما يحدث من ظواهر فيزيائية مرتبطة مع بعضها البعض وسندرس الظواهر من حيث الحدوث ومن تلك الظواهر الفيزيائية نجد (انتقال الحرارة بالتوصيل وبالحمل وبالإشعاع) انتقال المادة انتقال كمية الحركة ونضيف الى ذلك ظاهرتا التبخير والتكثيف.

### II-2) تعريف اللاقط الشمسي المستوي :

هو نظام يتلقى الطاقة الشمسية ويحولها إلى طاقة مفيدة تتمثل في طاقة حرارية أو طاقة كهربائية، وهي من أهم مكونات النظام الشمسي.

### II-3) الإشعاع الشمسي [6]


II-3-1) الشمس : الشمس هي نجم كروي الشكل مادته من البلازما (مادة متأينة كليا) له ضغط يتناقص من المركز إلى السطح الخارجي، وفي السطح يتفاعل الهيليوم تفاعلا حراؤ-نووي ( $He$  أو جسيمات  $\alpha$ )، وينتج عنه طاقة معظمها إشعاع كهرومغناطيسي، تتوزع وتنتشر في مجال كبير لطول الموجات  $m \in [10^{-10}, 10^4]$ ، والطاقة المشعّة حوالي  $Q_s = 3,8 \cdot 10^{26} W$ ، وهي ثابتة على مدى عشرات السنين الشمس لها قطر متوسط يساوي  $2R_s = 1,39 \cdot 10^9 m$  (109 أطول من قطر الأرض)، وكتلة في حدود  $m_s = 2 \cdot 10^{30} Kg$  (333432 مرة من كتلة الأرض) وكثافة متوسطة  $1,41 (\cong 3,88)$  مرة أقل من كثافة الأرض، وتدور الشمس حول نفسها في 27 يوما أرضيا، وتحتل موقعا وسطا في مجرة درب التبانة من حيث بعدها عن مركز وحدود المجرة.

ويوجد ثلاثة انواع من الإشعاع الشمسي، حيث يكون لهما علاقة بتطبيقات الطاقة الشمسية واستعمالاتها

1/ الإشعاع المباشر: وهو جزء من الإشعاع الشمسي الذي يصل سطح الأرض، حيث أنه لا يتأثر بعوامل الامتصاص والانتشار.

2 / الإشعاع المنتشر: وهو جزء من الإشعاع الشمسي الذي يصل سطح الأرض بعد تعرضه لعوامل الانعكاس والانكسار.

3 / الإشعاع الكلي: يكون الإشعاع الشمسي الكلي الواصل إلى سطح الأرض مجموع الإشعاعين المباشر والمنتشر [22].

**II-3-2) الأرض:**  كوكب الأرض نعتبره كروي الشكل محاط بغلاف جوي، ومتأثر بضغط الهواء المتناقص مع

الارتفاع عن سطح البحر، الأرض ذات قطر  $2R_{terre} = 12752293m$ ، وكتلة  $m_{terre} = 6.10^{24}Kg$  وكثافة

5,51. والأرض لها حركة معقدة فهي تدور حول نفسها في 23 ساعة و 56 دقيقة و 4 ثوان و  $100\backslash 91$  بسرعة زاوية

تقارب  $5,5.10^{-5}rad/s$  وحول الشمس في 365 يوم و 9 ساعات و 10 دقائق، بسرعة زاوية  $7,3.10^{-5}rad/s$  محور

القطبين (الشمالي و الجنوبي) مائلين بزاوية  $2,45^\circ$  بالنسبة لناظم المدار الإهليجي.

نصف قطر دوران المدار الإهليجي  $r$  الذي تصنعه حركة الأرض حول الشمس :

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

بحيث:  $a = 1,50.10^{11}m$  المسافة المتوسطة، و  $e = 0,017$  الانحراف عن مركز المدار.

**II-3-3) المعالم الفضائية لتحديد موقع الشمس**

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

الدراسة، فيكون لدينا ثلاثة نقاط في الفضاء مركز الأرض نرمز له بـ " O " ، والشمس (نعتبرها نقطة لبعدها عن

الأرض) نرمز لها بـ " S " ، والمنطقة قيد الدراسة بـ " M " .

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

الزوايا المحددة للمواضع النسبية للنقاط الثلاثة موضحة في الشكل (II-6) والمتمثلة في:

\* زاوية ميل الشمس  $\delta$  : هي الزاوية التي يصنعها الخط الواصل من مركز الأرض الى مركز الشمس مع خط الاستواء

[8] تنعدم الزاوية في الاعتدالين (الربيعي : 21 مارس و الخريفي : 23 سبتمبر) بينما  $\delta = -23,45$  في الانقلاب

الشتوي ( 22ديسمبر) و  $\delta = +23,45$  في الانقلاب الصيفي(22جون) [23] تعطى زاوية الانحراف بالمعادلة التالية

$$\delta = 23,45 \sin(0,980(n_j + 284)) \quad (11.2)$$

\* زاوية الساعة الشمسية (الزاوية الزمنية)  $\omega$  : زاوية الساعة الشمسية تعين بالدوران المنتظم للأرض حول محورها

القطبي، اذن يوجد ارتباط مباشر للتوقيت الشمسي الحقيقي الذي يكون متغير اساسي يسمح بالحساب الصحيح

للإحداثيات الزاوية للشمس [24].

$$\omega = \frac{360}{24} (TSV - 12) \quad (12.2)$$

\* زاوية الارتفاع الشمس  $h'$  : هي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين نقطة على سطح الأرض و مركز

الشمس والافق الذي تمر فيه النقطة على الأرض هذه الزاوية تساوي صفر عند غروب و شروق الشمس وتأخذ القيمة

العظمى عند وقت الزوال. إذا نكتب العلاقة التالية

$$\sin(h') = \sin\varphi \cdot \sin\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega \quad (13.2)$$

\* زاوية السميت الشمسي  $\Psi$  : هي الزاوية المحصورة بين الخط المار في النقطة على سطح الأرض و المتجه جنوبا بين

المسقط الافقي للخط الواصل بين النقطة و الشمس [8]، هذه الزاوية تكون موجبة إذا كانت متجهة نحو الغرب.

$$\sin(\Psi) = \frac{\cos\delta \cdot \sin\omega}{\cosh t} \quad (14.2)$$

\* زاوية خط الطول  $\lambda'$  : هي الزاوية التي يصنعها خط الطول المار بالمنطقة مع خط الطول المار بخط غرينتش، والذي

نعتبره خط الصفر و نقرأ الزاوية موجبة شرقا و سالبة غربا [8].

\* زاوية دائرة العرض  $\varphi$  : هي زاوية تحدد موقع النقطة على سطح الأرض حيث تعرف بأنها الزاوية المحصورة بين الخط

الواصل إلى مركز الأرض و موضع النقطة على سطح الأرض مع مستوى خط الاستواء.



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

الزاوية الزمنية الأعظمية  $\omega_{max}$  : توافق انعدام قيمة الارتفاع الشمسي (عند الشروق والغروب):

$$\omega_l = \omega_{max} = \arctg(-tg\delta \, tg\varphi) \text{ : عند الشروق}$$

$$\omega_c = -\omega_{max} = -\arctg(-tg\delta \, tg\varphi) \text{ : عند الغروب}$$

$$. H_l = 12 - \left(\frac{\omega_{max}}{15}\right) \text{ : لحظة شروق الشمس}$$

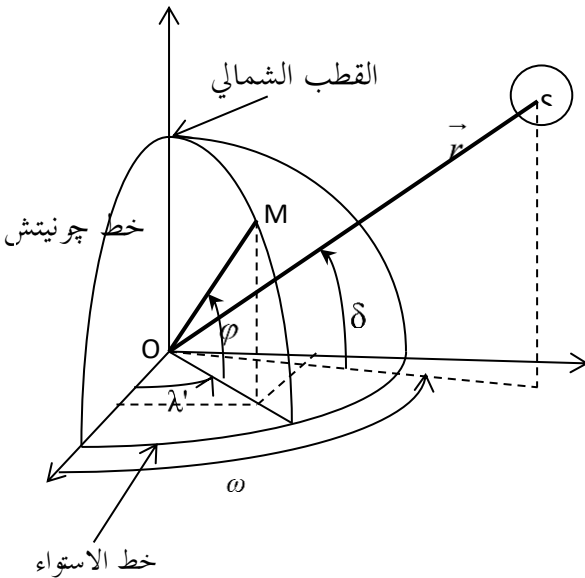
$$. H_c = 12 + \left(\frac{\omega_{max}}{15}\right) \text{ : لحظة غروب الشمس}$$

$$S_0 = H_c - H_l = 2 \left(\frac{\omega_{max}}{15}\right) \text{ : هي المدة بين الشروق والغروب}$$

ملاحظة : العدد 15 هو 15 درجة لكل ساعة عند التحرك (شرق-غرب) على نفس دائرة العرض، أي 1 درجة لكل

4 دقائق، أي مسافة 111 كم (شرق-غرب) لكل درجة عند دائرة خط الاستواء  $\varphi = 0$ ، و 96 كم عند دائرة العرض

المارة عبر مدينة ورقلة  $\varphi = 30,75^\circ$ .



I سمت القدم (Nadir) النظير للسمت القمالي [6] المستوي الأفقي لسطح الأرض

1- معلم أرضي أول

الشكل (II-6): الزوايا الستة  $(\varphi, \lambda')$ ،  $(\omega, \delta)$ ،  $(h', \psi)$  المحددة للمواضع النسبية للنقاط الثلاثة في الفضاء

هو انتقال لكمية من الطاقة على شكل حرارة من نقطة الى نقطة بوجود تدرج في الحرارة والانتقال يتم مهما كان نوع الوسط حتى بعدم وجود وسط مادي (مثلا فراغ في حالة الإشعاع)، ويتم انتقال ب:

(1)- التفاعل المباشر لجسيمات المادة المتقاربة (بالتصادم مثلا)، وهذا يحدث في التوصيل الحراري.

(2)- الامتصاص أو البث للإشعاعات الكهرومغناطيسية، وهذا يحدث في الإشعاع الحراري.

(3)- وفي حالة الغازات او السوائل، بالحمل الحراري تحمل جسيمات المادة الطاقة الحرارية بشكل عشوائي بين نقطتين من الوسط المادي.

## II-4-1-1) أشكال انتقال الحرارة :

### II-4-1-1-1) التوصيل الحراري (الانتشار الحراري)

ويكون في الاوساط غير المتحركة (الحركة النسبية للجسيمات مهملة)، كالأوساط الصلبة. أما في الموائع فحركة الجسيمات مايكروسكوبية (عيانية)، لذلك فالتوصيل يكون ضعيفا، ويكون للتوصيل قيمة معتبرة في الطبقات الحدية الحرارية (couche limite thermique) قرب سطوح الاجسام الصلبة، او مائل داخل مسام صغير الابعاد في جسم صلب.

### II-4-1-1-1-1) قانون فورييه (loi de fourrier<sup>1er</sup>) الاول في الانتشار الحراري

نعتبر وسط غير متحرك ( مستقر حركيا )ومتجانس (متشابه الخواص) محدود بصفيحتين متوازيين لهما نفس مساحة تساوي A ومسافة بينية dx، وبينهما فرق في درجة الحرارة، يكون بينهما تيار حراري (استطاعة حرارية كمية الحرارة

$$Q = \frac{dq}{dt} \text{ مقاسة ب } (W=J/S)$$

من الصفيحة الساخنة الى الصفيحة الباردة، هذه الاستطاعة الحرارية تعطى بقانون فورييه الاول:

$$\frac{dQ}{dt} = -\lambda \cdot A \frac{dT}{dx} \quad (1-2)$$

بجيث المعامل ( $\lambda$ ) خاصية ذاتية لمادة الوسط ،تسمى التوصيلية الحرارية ( $[\lambda]_{SI}$ ).

#### II-4-1-1-2) الحمل الحراري :

في الانتقال الحراري بالحمل، تنقل الحرارة مباشرة بالحركة المايكروسكوبية (العيانية) للمائع، وعندها يسمى المائع ب: المائع الحامل للحرارة، والحمل هو شكل من اشكال الانتقال جد سريع بالمقارنة بالتوصيل. وعند ترك المائع يتحرك لوحده او بفعل التيار الحراري الناتج من التسخين، نسمي هذا النوع بالحمل الحراري الطبيعي (الحر)، لكن عند التأثير على المائع بقوة فتعطيه عملا ميكانيكيا (مروحة . رج . ضخ ....) نسميه الحمل الحراري القسري.

#### II-4-1-1-2-1) قانون "نيوتن"

نعتبر مائع حراري ذو درجة حرارة  $T_{\infty}$  في تماس مع سطح صلب مساحته  $A$  ودرجة حرارته  $T_s$ ، يحدث بينهما تبادل حراري (تسخين او تبريد)، وينتقل تيار حراري  $\frac{dQ}{dT}$  قيمته حسب قانون نيوتن تبريد السطح الصلب

$$\frac{dQ}{dT} = h \cdot A (T_{\infty} - T_s)$$

بجيث  $h$  معامل الانتقال الحراري السطحي او معامل الحمل الحراري , ويعبر عن فعالية الحمل في نقل الحرارة

وحدته  $[h]_{SI}$

#### II-4-1-1-3) الإشعاع الحراري [9][1]

انتقال الحرارة بالإشعاع بين سطحين، سطح باعث و سطح ماص للإشعاعات الكهرومغناطيسية بعكس ما يحدث في التوصيل والحمل، الاشعاعات الكهرومغناطيسية تنتشر بدون وجود وسط مادي ناقل للحرارة، فهي تنتشر حتى في الفراغ المثالي.

II-4-1-1-3-1 قانون ستيفان – بولتزمان"

يعبر عن التدفق الحراري المنبث من السطح الباعث

$$M = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (3.2)$$

بحيث:  $M$ : الانبعاثية الاشعاعية للسطح الباث ( $[M]_{SI}(W/m^2)$ )

$\varepsilon$ : معامل الانبعاث الاشعاعي للسطح الباث (بدون وحدة).

ثابت ستيفان بولتزمان ( $\sigma = 5.669 \cdot 10^{-8} (w/m^2 \cdot K^4)$ )

II-4-1-1-3-2 استقبال الجسم للإشعاع (الانعكاس - الامتصاص - الامرار)

عند استقبال الجسم للإشعاع، فان الاستطاعة الواردة له..تتوزع على ثلاثة اجزاء: الشكل (1.2) جزء يمر عبر

الجسم  $Q_{inc}$ ، ومعامل الامرار:

$$\tau = \frac{Q_{tra}}{Q_{inc}} \quad (4.2)$$

(2) جزء يمتص عبر الجسم  $Q$ ، ومعامل الامتصاص:

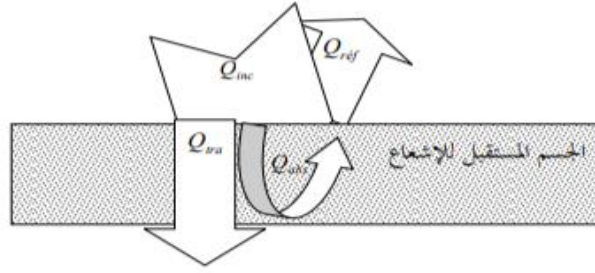
$$\alpha = \frac{Q_{abs}}{Q_{inc}} \quad (5.2)$$

(3) جزء ينعكس عبر الجسم  $Q_{ref}$ .. ومعامل الانعكاس:

$$\rho = \frac{Q_{ref}}{Q_{inc}} \quad (6.2)$$

العلاقة بين المعاملات: التوازن الحراري:  $Q_{inc} = Q_{tra} + Q_{abs} + Q_{ref}$  معناه

$$\tau + \rho + \alpha = 1 \quad (7.2)$$



الشكل (II-1) استقبال الاشعاع

## II-4-2 انتقال الكتلة: [1][19]

في التقطير نستعمل نظريات انتقال الكتلة بصورة مباشرة ونعني بمفهوم انتقال الكتلة هو كل الاجراءات التي يكون فيها فرق في ( التركيز كتلي او مولي ) للمواد الموجودة في وسط مادي ، ونتيجة الانتشار الجزئي او الحمل لهذه المواد الى غاية تساوي التركيز بين النقاط المعتبرة لظاهرة الانتقال ، وعادة ما يرافق هذا الانتقال انتقالا للحرارة ومن اهم الظواهر الموجودة في المقطر نجد التبخير والتكثيف ، الناتجين من تغير طور الماء بين البخار والسائل والحركة المصاحبة لتغير التركيز ، لذلك سنركز على ذوبان بخار الماء في الهواء الجاف على مستوى خلايا التقطير الشمسي ، والمبدأ واحد في كل انواع المقطرات .

### II-4-2-1 أشكال انتقال الكتلة :

#### II-4-2-1-1 الانتشار الجزئي (الرشح . filtrage):

انتقال الكتلة بالانتشار الجزئي هو تشابه مباشر لانتقال الحرارة بالتوصيل او انتقال كمية الحرارة في السريان الرقائقي ، والانتشار الجزئي يتم في مائع بحركة منتظمة في سريان رقائقي [6].

#### II-4-2-1-1-1 قانون "فيك" في الانتشار الجزئي (1<sup>er</sup> loi de fick) :

ينص قانون "فيك" على التدرج في التركيز لمادة دائبة بين نقطتين من الوسط المذيب يؤدي الى انتقالها من اكثر تركيز

الى اقل تركيز ، ونعتبر المسافة الفاصلة بين نقطتين ، ومساحة سطح التبادل فنكتب القانون كالتالي [6.1]:

$$\frac{dm}{dt} = D_c \cdot S \cdot \frac{dc}{dx} \text{ (Kg/s)} \quad (8-2)$$

### II-4-2-1-2) الحمل الكتلي (convection massique):

في الانتقال الكتلي بالحمل تنتقل الكتلة مباشرة بالحركة الميكروسكوبية للمائع (العيانية) المذاب والحمل شكل من اشكال الانتقال السريع بالمقارنة بالانتشار الجزيئي، وعند ترك المائع المذاب يتحرك لوحده او بفعل التيار الكتلي الناتج من زيادة ذوبان المادة نسمي هذا بالحمل الكتلي الطبيعي، لكن عند وجود مؤثر خارجي ( مروحة، مضخة ..... ) يحرك المائع بالنسبة لسطح اعلى او اقل منه في درجة الحرارة هذا نسميه بالحمل الكتلي القسري [1]

### II-4-2-1-2-1) معادلة الحمل الكتلي :

نعتبر مائع دائب في وسط مذيب (مائع) ذو تركيز كتلي  $C_{\infty}$  في تماس مع سطح صلب، مساحته  $A$  والتركيز الكتلي للمائع المذاب بجواره  $C_s$ ، سيحدث بين المائع المذيب والسطح تبادل كتلي للمائع المذاب (مج او ادمصاص)، وينتقل تيار كتلي  $\frac{dm}{dt}$  قيمته حسب قانون الحمل الكتلي

$$\frac{dm}{dt} = k \cdot A (C_{\infty} - C_s) \quad (9-2)$$

بحيث  $k$  معامل الانتقال الكتلي السطحي او معامل الحمل الكتلي، ويعبر عن فعالية الحمل في نقل الكتلة، و  $k$  يتناسب مع:

(1) طبيعة المائع المذاب والمائع المذيب والسطح الصلب.

(2) نمط سريان المائع (رقائقي او اضطرابي)، ويحدده رقم رينولدز " و "جراشوف".

(3) شكل وخشونة السطح الصلب.

وله نفس وحدة قياس المعامل الانتقال الكتلي بالانتشار الجزيئي، وبجوار السطح الصلب تحدث ظاهرة الانتشار الجزيئي في طبقة رقيقة تدعى الطبقة الحدية الكتلية، سمكها  $\Delta x$  يأخذ هذا السمك بمحاكاة قانوني الحمل الكتلي و"فيك" الاول:  $\Delta x = \frac{Dc}{k}$ ، بحيث  $Dc$  الانتشارية الكتلية للمائع للمذاب الموافقة للتركيز الكتلي .

## II-4-2-1-2-2 حساب معامل الحمل الكتلي :

يوجد كثير من العلاقات التجريبية التي تعطي قيمة لهذا المعامل، فالتحليل البعدي يعمم ويقارن بين النتائج التجريبية المحصل عليها في شروط خاصة. و تلك العلاقات تأخذ بدلالة ارقام بدون بعد (بدون وحدة قياس) وهي ناتجة من التحليل البعدي، والعلاقة التي تربط بين الارقام اللابعدية هي:  $Sh=f(Re.Sc)$ ،  $Sh=f(Gr.Sc)$

## II 3-4-3 انتقال كمية الحركة : [10] [20]

### II 1-3-4-1 تعريف انتقال كمية الحركة :

بعكس الكتلة التي تعرف بأنها كمية المادة المصاحبة لجسم ما، وهي ذات قيمة ثابتة في السكون (أو حتى السرعة الصغيرة أمام سرعة الضوء)، فكمية الحركة هي مقدار فيزيائي ديناميكي، يجمع بين كتلة وسرعة الجسم المتحرك، وتتغير بتغير الكتلة و السرعة (تناسب طردي)، وهي جداء الكتلة  $m$  والسرعة  $U$  :

$$\vec{P} = m \cdot \vec{U} \quad (10 - 2) \quad [P]_{SI} = Kg.m/s \quad \text{تقاس بـ:}$$

وكمية الحركة مقدار متجه (شعاعي) له نفس اتجاه السرعة.

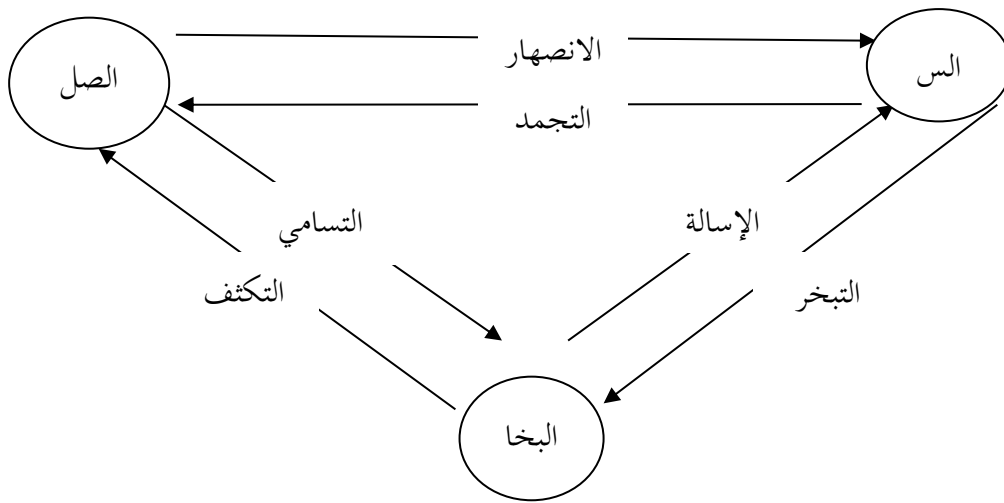
وتسمى في بعض المراجع العربية بـ "الزخم".

## 5-II) تغير طور المادة

### 1-5-II) تعريفات ومفاهيم فيزيائية

الطُّور (أو الحالة الفيزيائية): تعريف الحالة هي كل جزء من جملة متجانس ومنفصل عن بقية الأجزاء بسطوح معلومة الحدود. والتعريف الفيزيائي يحدد عدد الحالات الفيزيائية للمادة بثلاثة، حالة صلبة وسائلة وغازية، والتحول بين هذه

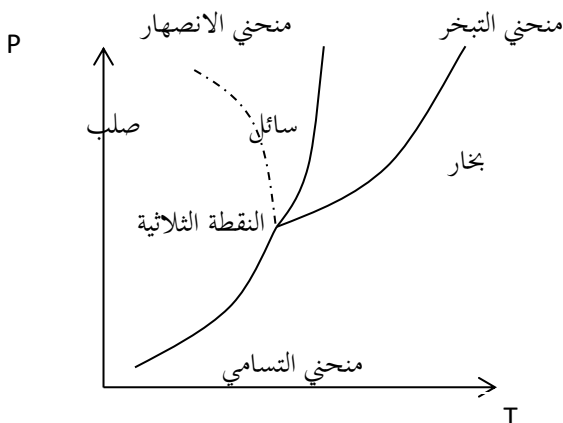
الحالات الثلاثة موضح في الشكل (2-II).



الشكل (2-II): تحولات الحالة الفيزيائية

التوازن بين طورين : عند التوازن يكون فيه تواجد لطورين معا، بحيث الضغط له علاقة بدرجة الحرارة فقط  $P = f(T)$  (monovariant)، ويصبح عندها الطورين في حالة تشبع (état de saturation) ونشكل بالمعادلة  $P = f(T)$  منحنيات التشبع، وهي ثلاثة تقسم المستوي المشكل من الضغط ودرجة الحرارة إلى ثلاثة أجزاء كل جزء

يخص طورا من أطوار المادة حسب الشكل (3-II)



الشكل (3-II): منحني الأطوار

الفيزيائية للأجسام المادية في الطبيعة

I  
منحني الانصهار:

----- مادة تنكمش عند التجمد



## II-6) الظواهر الفيزيائية:

## II-6-1) ظاهرة التبخير [9] :

نعتبر حدوث ظاهرة التبخير بوجود الحمل الكتلي بجوار سطح ما ،نسخن الماء فيحدث له تبخر (تغير في الطور من سائل الى بخار ) فوق السطح مباشرة ثم ينتقل البخار الى الاعلى بفعل الاختلاف في الضغط (وعموما نقول التركيز) في حركة بطيئة او سريعة حسب نوعية التسخين .وهي ظاهرة فيزيائية معقدة تحوي ظاهرتين اساسيتين ،الاولى حرارية وهي عملية التبخير ،والثانية ميكانيكية وتتمثل في ظاهرة الغليان ،وتحتاج عملية التبخير لسائل يلامس سطح صلب ساخن له درجة حرارى أكبر من درجة حرارة السائل .ومنه ينقسم التبخير(évaporation) الى عمليتين متزامنتين وهما :

1)العملية الاولى (حرارية): وهي ظاهرة التبخير (vaporisation). حيث السائل الى بخار

2)العملية الثانية (ديناميكية): وهي ظاهرة الغليان(ébullition). حيث تتشكل فقاعات من البخار داخل وسط السائل. والغليان يحدث عندما يكون السطح الصلب مغمورا في السائل وتحت السطح الحر السائل، ونجد ثلاث انواع من الغليان حسب درجة حرارة السطح الساخن بالنسبة لدرجة حرارة التشبع للسائل:

1.الغليان البركي (pool boiling): إذا كان درجة حرارة السطح الساخن أكبر من درجة حرارة التشبع للسائل

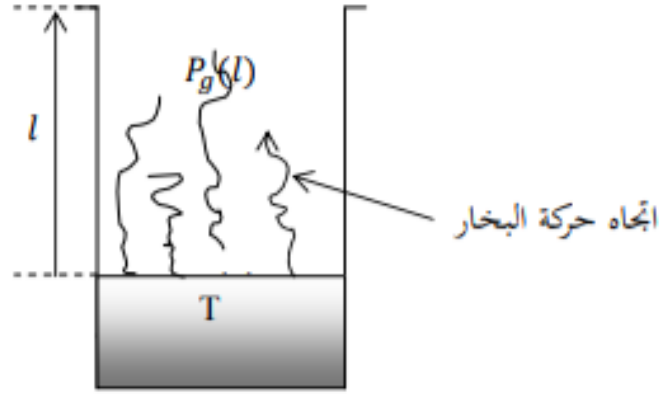
عند الضغط المحدد في الدراسة فان العملية تسمى غليانا بركيا (كما أثبتته العالم Nukiyama سنة 1934)

الغليان المشبع (Bulk boiling): إذا كان درجة حرارة السطح الساخن مساوية لدرجة حرارة التشبع عند الضغط

المحدد في الدراسة فتسمى العملية بالغليان المشبع.

الغليان الدوني او المحلي (subcooled or local boiling): إذا كان درجة حرارة السطح الساخن اقل من

درجة حرارة التشبع للسائل عند الضغط المحدد في الدراسة، فتسمى غليان محليا او دونيا



الشكل (II-4): وعاء به ماء سائل تحت التبخير في غياب الحمل الكتلي والحار

II-6-2) ظاهرة التكثيف "نظرية نوسالت":

وهي ظاهرة فيزيائية معاكسة لظاهرة التبخير وهي تنقسم الى عمليتين: الاولى حرارية وهي عملية الإسالة والثانية ميكانيكية

وتتمثل في ظاهرة التقطير تحتاج عملية التكثيف لسطح صلب بارد له درجة حرارة اقل من درجة حرارة البخار.

المفهوم 1: عندما يلامس بخار نقي مشبع سطح بارد وليكن سطح خارجي ذو انبوب مثلا، فان هذا البخار تقع له

إسالة ويكون نقطا من السائل على سطح الانبوب.

المفهوم 2: من المحتمل الا تكون هناك التصاق لنقاط السائل على السطح البارد لذا فبدلا من ان تنتشر نقاط على

سطح الانبوب تكون على هيئة غشاء من السائل، نجد انها تنزلق وتسقط تاركة سطحه المعدني مكشوفاً، وهكذا اي

ان السطح تتكون عليه نقاط متتابعة من البخار المكثف. وتسمى عملية التكثيف هذه بالتكثيف النقطي.

المفهوم 3: وفي معظم الحالات سرعان ما يتكون غشاء تكثيفي يمكن تمييزه بوضوح في هذه الحالة فان اي بخار اضافي يتجه نحو السطح البارد لابد له ان يسالا على الغشاء المتكثف (السائل الذي يغطي السطح)، بدلا من ان يتكثف مباشرة على سطح الانبوب البارد. مثل هذه الالية يطلق عليها الية التكثيف الغشائي.

المفهوم 4: ولا توجد علاقة فيزيائية بين اليتي التكيف النقطي والتكثيف الغشائي وبين كمية البخار المتكثفة لكل وحدة مساحة من السطح البارد. وعليه فمن الخطأ الاعتقاد بأن التكثيف الغشائي هو مرحلة انتقالية من التكثيف النقطي.

فرضيات: التكثيف بجوار صفيحة مستوية طوله  $L$ [21].

(1) نعتبر البخار نقي تماما، وفي حركة مستقرة ومشبع في درجة حرارة  $T(\text{sat})$  وتحت ضغط  $P_{\text{wv}}$

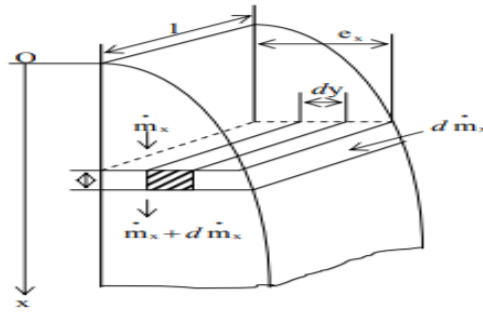
(2) درجة حرارة  $T_p$  ثابتة على مستوى سطح الصفيحة .

(3) طبقة الماء السائل تتحرك الى أسفل بفعل قوة الجاذبية الارضية، وتكون هذه الطبقة رقيقة (قشرية) (pelliculaire)

(4) سريان المائع المكثف ذو نمط رقائقي.

(5) يحرر البخار المكثف حرارة لاتونية، والسائل المشكل يبرد تحت درجة حرارة اقل من  $T(\text{sat})$ . والحرارة تكتسبها

الصفيحة بالتوصيل فقط وتنتقل عبر الطبقة القشرية.



الشكل (II-5): الطبقة القشرية للماء السائل

## II-7-1] الهواء الرطب [6]

في الحالة العامة هو مزيج من الهواء الجاف والماء بثلاث حالات (بخار-سائل-جليد)، ونعرف كتلة الهواء الرطب كما

$$m_{ah} = m_{wv} + m_{wl} + m_{ws} + m_a \quad (15.2) \quad \text{يلي:}$$

$$m_w = m_{wv} + m_{wl} + m_{ws} \quad (16.2) \quad \text{وكتلة الماء:}$$

بحيث:

$m_{ah}$  : الكتلة الإجمالية للهواء الرطب.

$m_w$  : الكتلة الإجمالية للماء.

$m_{wv}$  : كتلة بخار الماء الذائب في المزيج .

$m_{wl}$  : كتلة سائل الماء المعلق في المزيج.

$m_{ws}$  : كتلة الجليد و الثلج المعلقة في المزيج .

$m_a$  : كتلة الهواء الجاف.

وفي حالة الماء يكون على حالته الغازية (بخار ماء) فقط يصبح لدينا:

$$m_{ah} = m_{wv} + m_a \quad (17.2)$$

$$m_{wl} = m_{ws} = 0 \quad \text{بحيث}$$

وهي حالة الهواء الرطب في التقطير، يكون وسط خلية التقطير عبارة عن مزيج من بخار الماء الذائب في الهواء الجاف ولدراسة انتقال الحرارة في هذا الوسط ندرس انتقال الكتلة وكذلك انتقال الحرارة المصاحب لها بين نقطتي التبخير والتكثيف.

## II-7-2] الهواء الجوي

حسب منظمة الطيران المدني الدولية (OACI). L'organisation de l'Aviation Civile Internationale. تعرف

الهواء الجوي الجاف كما يلي:

(1) الهواء يعتبر غاز مثالي ويخضع لقوانين الغازات المثالية.

(2) الرطوبة موجودة لكنها مهملة.

(3) الثوابت الفيزيائية كالتالي:

$$.m_a = 28,9644g/mol \text{ الكتلة المولية}$$

$$. P_{atm} = 10132,5pa \text{ الضغط الجوي على مستوى البحر}$$

$$. T_a = 15^\circ C \text{ درجة الحرارة على مستوى البحر}$$

$$. \rho_a = 1,225Kg/m^3 \text{ الكتلة الحجمية على مستوى البحر}$$

$$. R = 8,31432 J/K.mol \text{ ثابت الغازات المثالية}$$

## (1-1-7-II) مقادير خاصة بالهواء الرطب

### (1-1-1-7-II) الرطوبة المطلقة $r^s$

تعريف : و تسمى الرطوبة النوعية و هي حاصل قسمة كتلة بخار الماء  $m_{wv}$  المحتوية في حجم  $V$  على كتلة الهواء الجاف

$m_a$  في نفس الحجم من الهواء الرطب و تعطى بالعلاقة التالية :

$$r^s = \frac{m_{wv}}{m_a} = \frac{\rho_{wv}.V}{\rho_a.V} = \frac{287,05}{461,51} \cdot \frac{P_{wv}}{(P_{ah}-P_{wv})} \quad (18.2)$$

$$r^s = 0,622 \cdot \frac{P_{wv}}{(P_{ah}-P_{wv})}$$

$$[r^s]_{SI} = (Kg d'eau/Kg d'air sec)$$

الرطوبة المطلقة لها قيمة عظمى في حالة التشبع حيث تكون كتلة البخار أعظمية، والضغط الناتج منها أعظمي

$m_{wv}(sa)$  ، قيمة الرطوبة عندها تساوي :

$$r^s(sat) = 0,622 \cdot \frac{P_{wv}(sat)}{(P_{ah}-P_{wv}(sat))} \quad (19.2)$$

### (2-1-1-7-II) الرطوبة النسبية $\bar{\Psi}$

تعريف: وهي حاصل قسمة الضغط الجزئي لبخار الماء  $wv$  على ضغط البخار في حالة التشبع  $P_{wv}(sat)$  في نفس

$$\bar{\Psi} = \frac{P_{wv}}{P_{wv}(sat)} \quad (20.2) \quad \text{درجة الحرارة:}$$

### (3-1-1-7-II) درجة التشبع

تعريف: هي النسبة بين الرطوبة المطلقة للهواء  $r^s$  و الرطوبة المطلقة للهواء المشبع  $r^s(sat)$  في درجة حرارة T

$$\Gamma = \frac{r^s}{r^s(sat)} = \frac{0,622 \cdot \frac{P_{wv}}{(p_{ah} - P_{wv})}}{0,622 \cdot \frac{P_{wv}(sat)}{(P_{ah} - P_{wv}(sat))}} \quad (21.2)$$

$$\Gamma = \frac{P_{wv}}{P_{wv}(sat)} \frac{(P_{ah} - P_{wv}(sat))}{(P_{ah} - P_{wv})}$$

(8-II) - الموازنة الحرارية للمقطر الشمسي :

المعادلات تبرهن وفق القانون التالي:

$$C_{pi} \frac{m_i}{s_i} \frac{dT_i}{dt} = \sum_{i=1}^N Q_{ij} \quad (W/m^2) \quad (22-2)$$

نعتبر ثلاث مستويات في المقطر الشمسي:

نعوض كل كمية بمفهومها فنحصل على:

المستوى الاول: الزجاج

$$C_{pg} m_g \frac{dT_g}{dt} = \alpha_g G + (Q_{rwg} + Q_{cwg} + Q_{ewg}) - (Q_{rga} + Q_{cga}) \dots (2 - 23)$$

المستوى الثاني: سطح الماء

$$C_{pw} m_w \frac{dT_w}{dt} = \alpha_w \tau_g G + Q_{cbw} - (Q_{rwg} + Q_{cwg} + Q_{ewg}) \dots (2 - 24)$$

المستوى الثالث: السطح الماص

$$C_{pw} m_b \frac{dT_b}{dt} = \alpha_b \tau_w \tau_g G - Q_{cbw} - Q_{dbiso} \dots \dots (2 - 25)$$

$$Q_{loss1} = \frac{1}{\frac{E_b}{\lambda_b} + \frac{E_{iso}}{\lambda_{iso}} + \frac{1}{h_{cbw}}} S_b (T_b - T_{iso}) \quad \text{حيث}$$





## الفصل الثالث

### الدراسة التجريبية للمقطر الشمسي

يحتوي هذا الفصل على مختلف معادلات التوازن الحراري و الكتلي  
الداخلة في عملية التقطير و المتمثلة في

إن

- معادلة حفظ الطاقة حول الزجاج (g (glass)
- معادلة حفظ الطاقة حول الماء (w (water)
- معادلة حفظ الطاقة حول السطح الأسود الماص للحرارة (black) b
- وصف التجربة (الأجهزة المستعملة، الأدوات المستعملة)
- مناقشة النتائج (التحليل، التفسير)

### III-1) مقدمة

العلاقات التي تربط بين انتقال الحرارة والكتلة تعطينا فكرة عن الظواهر الفيزيائية التي تحدث في المُقَطَّر الشمسي البسيط ذو الميل الواحد وعن مبدأ عمله، وتأثير العوامل الخارجية والداخلية في إنتاجه للماء المُقطر مرتبطة ببعضها البعض، ولتفسير تلك الظواهر نستخدم علي المعادلات الأساسية (معادلة حفظ الكتلة و معادلة حفظ الطاقة ) و القوانين النظرية لانتقال الحرارة (التوصيل الحراري، والحمل الحراري، الإشعاع الحراري) والتي بواسطتها نستطيع وضع معادلات التوازن الحراري لمستويات المقطر (الغطاء الزجاجي والماء والسطح الأسود) وذلك من خلال وضع نموذجين المقطر الأول (بدون تحسينات ) و المقطر الثاني (بوجود تحسينات)، وهذه الطريقة معتمدة في الدراسة التجريبية لجميع تجارب .

### III-2) التدفقات الحرارية في المُقَطَّر

تنقسم التدفقات الحرارية إلى نوعين خارجية وداخلية

#### III-2-1) التدفقات الحرارية الخارجية:

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

[25] [12] بالعلاقات التالية :

$$Q_{r,g-a} = \varepsilon_g \cdot \sigma \cdot (T_{g(ext)}^4 - T_{sky}^4) = 0,9 \cdot \sigma \cdot (T_{g(ext)}^4 - T_{sky}^4) \quad (1.3)$$

حيث :  $\varepsilon_g \cong 0,9$  معامل الانبعاث الإشعاعي للسطح الخارجي للغطاء.

$T_{sky}$  درجة الحرارة الفعلية للقبة السماوية تعطى بالعلاقة التالي:

$$T_{sky} = T_a - 6 \quad (2.3)$$

$$Q_{c,g-a} = h_{c,g-a} \cdot (T_{g(ext)} - T_a) \quad (3.3)$$

حيث :  $h_{c,g-a}$  معامل الانتقال الحراري بالحمل بين الغطاء الزجاجي والهواء يعطى حسب [7] بالعلاقة التالية :

$$h_{c,g-a} = 2,8 + 3 \cdot V \quad \text{عندما } V \leq 5 \text{ m/s}$$

(4.3)

$$h_{c,g-a} = 6,15 \cdot (V)^{0,8} \quad \text{عندما } V > 5 \text{ m/s}$$

حيث :  $V$  تمثل سرعة الرياح

### III-2-2) التدفقات الحرارية الداخلية

•  $Q_{r,w-g}$  : التدفق الحراري بالإشعاع بين الماء المالح  $w$  والجدار الداخلي للغطاء  $g$  ويعطى حسب [26][27] بـ

$$Q_{r,w-g} = \varepsilon_w \cdot \sigma \cdot (T_w^4 - T_{g(int)}^4) = 0,9 \cdot \sigma \cdot (T_w^4 - T_{g(int)}^4) \quad (5.3)$$

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

•  $Q_{c,w-g}$  : التدفق الحراري بالحمل بين الماء المالح والجدار الداخلي للغطاء ويعطى حسب [28] [29] بالعلاقة :

$$Q_{c,w-g} = h_{c,w-g} (T_w - T_{g(int)}) \quad (6.3)$$

حيث  $h_{c,w-g}$  معامل الحمل الحراري بين الماء والغطاء الزجاجي ويعطى حسب [25] بالعلاقة :

$$h_{c,w-g} = 0,884 \left[ (T_w - T_{g(int)}) + \frac{(P_w - P_{g(int)})(T_w + 273,15)}{268,9 \cdot 10^3 - P_w} \right]^{1/3} \quad (7.3)$$

$P_w$  و  $P_{g(int)}$  .. ضغط البخار عند الماء والغطاء الزجاجي على الترتيب ويعطى حسب [30] بالعلاقة :

$$P(T) = \exp \left( 25,317 - \frac{5144}{T + 273,15} \right) \quad (8.3)$$

• الحرارة بالتبخير بين الماء والغطاء الزجاجي وتعطى حسب [28] [29] بالعلاقة:

$$Q_{ev,w-g} = h_{ev,w-g} (T_w - T_{g(int)}) \quad (9.3)$$

حيث  $h_{ev,w-g}$  معامل الانتقال الحراري بالتبخير بين الماء والغطاء الزجاجي ويعطى حسب [28][29] بالعلاقة

$$h_{ev,w-g} = 16,273 \cdot 10^{-3} h_{c,w-g} \frac{p_w - p_{g(int)}}{T_w - T_{g(int)}} \quad (10.3)$$

• التدفق الحراري بالحمل بين الماء والمالح وبطانة الحوض ويعطى حسب [30] بالعلاقة:

$$Q_{c,b-w} = h_{c,b-w} \cdot (T_b - T_w) \quad (11.3)$$

حيث  $h_{c,b-w}$  معامل الحمل الحراري بين الماء وبطانة الحوض ويعطى حسب [31] بالعلاقة :

$$h_{c,b-w} = 0,54 \cdot \frac{k_w \cdot Ra_w^{1/4}}{L_w} \quad \text{عندما } Ra = 10^4 - 10^7 \quad (12.3)$$

$$h_{c,b-w} = 0,15 \cdot \frac{k_w \cdot Ra_w^{1/4}}{L_w} \quad \text{عندما } Ra = 10^7 - 10^{11}$$

حيث  $Ra$  : رقم رايلي

❖  $\tau_g G_t$  : التدفق الحراري المار عبر الغطاء إلى الماء.

الانعكاسية الإشعاعية للغطاء الزجاجي  $g$  وهي مقادير لها قيم صغيرة، حيث الزجاج يعتبر جسم شفاف يتميز بإمراضيته كبيرة

$$\tau_g = (1 - \alpha_g - \rho_g) \cong 0.9$$

❖ ويستقبل هذا التدفق من طرف الماء ذو الامتصاصية الإشعاعية  $\alpha_w$ ، والانعكاسية الإشعاعية  $\rho_w$  ومقدار ممتص له العلاقة

التالية

$$\alpha_w \tau_g G_t.$$

❖ ويتم مرور المقدار الإشعاعي  $\tau_w \tau_g G_t$  عبر الماء .

❖  $\alpha_b \tau_w \tau_g G$  إشعاع الممتص من طرف السطح الأسود.

❖  $Q_{loss1}$  و  $Q_{loss2}$  : التدفق الحراري الضائع عبر السطح الأسود والعوازل على الترتيب ويعطى حسب

[29] [26] بالعلاقات :

$$Q_{loss1} = U_{b1} (T_b - T_a) \quad (13.3)$$

حيث معامل الضياع  $U_{b1}$  ..

$$U_{b1} = \left( \frac{E_1}{\lambda_1} + \frac{E_2}{\lambda_2} + \frac{1}{h_{cbw}} \right)^{-1} \quad (14.3)$$

$$Q_{loss2} = U_{b2} (T_b - T_a) \quad (15.3)$$

حيث معامل الضياع  $U_{b2}$  .. اصغر بكثير من المعامل  $U_{b1}$  و يمكن اهماله

جدول (1-III) : تصنيف أنواع المواد المستعملة في المقطرات الشمسية والموضحة في المعادلات (14.3)، (16.3)

الرمز	نوعية المادة	السُمْك E	التوصيلية الحرارية $\lambda$
1	طبقة ألومنيوم مطلية بصباغ أسود غير براق (السطح الأسود).	$E_1 = 3 \text{ mm}$	$\lambda_1 = 204 \text{ W/m.K}$
2	طبقة من البوليستيران العازل.	$E_2 = 40 \text{ mm}$	$\lambda_2 = 0.037 \text{ W/m.K}$

**ملاحظة :** في كل التجارب لدينا مقطرين نسمي المقطر الأول بالمقطر (1) وهو مقطر بدون أي تحسينات أو إضافات ودوره في التجارب كشاهد ولكي نقارن به من حيث إنتاجية الماء المقطر ونسمي المقطر الثاني بالمقطر (2) وهو مقطر الذي به تحسينات و إضافات الهدف منها زيادة مردود المقطر الشمسي البسيط من حيث الإنتاج اليومي للماء المقطر , وحدة كل طرف من معادلات حفظ الطاقة للمستويات هي  $[W/m^2]$  .

### III-3) التوازن الحراري على مستويات أجزاء المقطر

في الحالة البسيطة يتركب المقطر من ثلاث مستويات:

- **المستوي الأول:** الغطاء (زجاج أو بلاستيك).

- **المستوي الثاني:** هو الماء المعرض للتبخير.

- **المستوي الثالث:** هو السطح الأسود (ذو اللون الأسود) والماص للإشعاع الحراري.

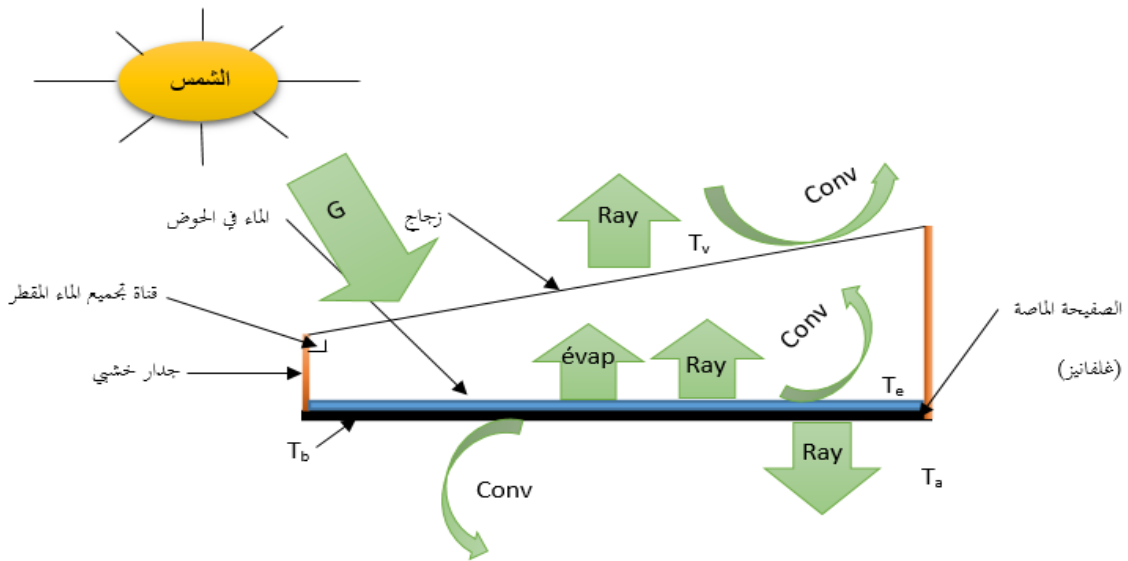
وهذا التقسيم ناتج من التدرج في درجة الحرارة بين هذه المستويات. ففي كل مستوي نحسب مجموع التدفقات الداخلية

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.

III-3-1) معادلات حفظ الطاقة للمقطر (1) لكل مستوياته:



الشكل (III-3) الرسم التخطيطي للتدفقات الحرارية للمقطر الشاهد

III-3-1-1) معادلة حفظ الطاقة حول الغطاء الزجاجي  $g$

على مستوى الغطاء  $g$  (درجة حرارته  $T_g$ ) التبادلات الطاقوية متمثلة في :

يتمتص من الإشعاع الشمسي الوارد له من الشمس المقدار التالي :  $\alpha_g \cdot G_t$ .

يأخذ الغطاء عن الماء المالح المقدار التالي من الحرارة :  $Q_{ev,w-g} + Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g}$

يفقد الحرارة على شكل إشعاع و حمل إلى الجو المحيط به بالمقدار التالي :  $Q_{c,g-a} + Q_{r,g-a}$

ومنه معادلة التوازن الحراري هي:

$$m_g C_g \frac{dT_g}{dt} = \alpha_g G_t + (Q_{ev,w-g} + Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g}) - Q_{r,g-a} - Q_{c,g-a} \quad (17.3)$$

بحيث :  $C_g$  الحرارة النوعية للغطاء  $K$ ،  $m_g$  كتلة الزجاج  $Kg$ ،  $[m_g]_{SI} = Kg$

### III-3-1-2) معادلة حفظ الطاقة حول الماء W

على مستوى سطح الماء W (درجة حرارته  $T_w$ ) التبادلات الطاقوية متمثلة في :

يمتص الماء المالح W الإشعاع المقدر بـ  $\tau_g \alpha_w G_t$

يمتص كذلك من السطح الأسود b مقدار من الحرارة بالحمل  $Q_{c,b-w}$ .

يفقد حرارة بالحمل والإشعاع والتبخير ( $Q_{ev,w-g} + Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g}$ ) إلى الجدار الداخلي للغطاء الزجاجي تضاعف

حرارة باتجاه الجدران  $Q_{lose2}$ .

ومنه معادلة التوازن الحراري هي:

$$m_w C_w \frac{dT_w}{dt} = \tau_g \alpha_w G_t - (Q_{ev,w-g} + Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g}) + Q_{c,b-w} - Q_{lose2}$$

حيث  $A_g$  و  $A_w$  مساحة الزجاج والماء على التوالي ( $m^2$ )  $[A_g]_{SI} = [A_w]_{SI}$

### III-3-1-3) معادلة حفظ الطاقة حول السطح الماص للحرارة b

على مستوى السطح الأسود b (درجة حرارته  $T_b$ ) التبادلات الطاقوية متمثلة في :

يمتص السطح الأسود b الإشعاع المقدر بـ  $\alpha_b \tau_w \tau_g G$

وفقد حرارة بالحمل إلى الماء بالمقدار  $Q_{c,b-w}$  وتضاعف حرارة عبر العوازل بالمقدار  $Q_{lose1}$ .

وتكون معادلة التوازن الحراري بالشكل التالي :

$$m_b C_b \frac{dT_b}{dt} = \tau_g \tau_w \alpha_b G_t - Q_{c,b-w} - Q_{lose1} \quad (19.3)$$



III-3-1-4) قيمة التدفق الكتلي للماء المقطر تعطى بالعلاقة التالية

$$\frac{dm}{dt} = \dot{m} = \frac{Q_{ev,w}}{H_w} \quad (20.3)$$

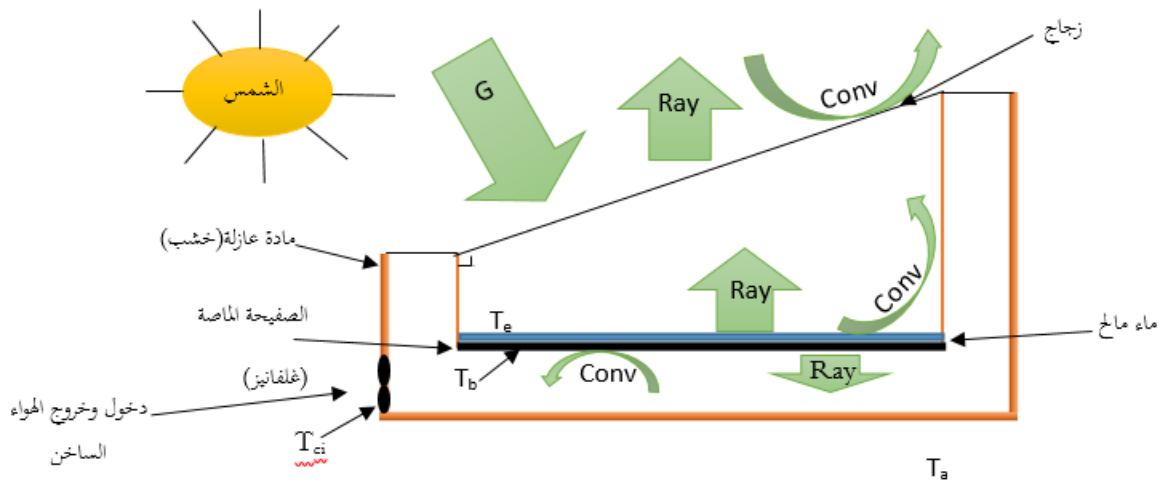
حيث  $H_w$  الحرارة الكامنة للتبخير الخاص بالماء تعطى حسب [25] بالعلاقة:

$$H_w = (h_{vapor} - h_{liquide})_{T_{moy}} \quad (21.3)$$

حيث  $(h_{vapor} - h_{liquide})$  هو الفرق في الأنتالبي الخاصة بالماء من حالة التشبع للبخار لحالة التشبع عند السائل عند

درجة الحرارة المتوسطة  $T_{moy}$  التي تساوي  $(T_w + T_g)/2$ .

III-3-2) معادلات حفظ الطاقة لمستويات المقطر (2) حسب التجربة:



الشكل (III-3) الرسم التخطيطي للتدفقات الحرارية للمقطر المعدل

**III-3-2-1) الإجراءات المتبعة:** تعتمد هذه الدراسة على تجربة واحدة.

في هذه التجربة لدينا المقطر (1) يمثل المقطر الشاهد، والمقطر (2) هو المقطر المحسن حيث تم ربطه بلاقط شمسي الذي يعمل على تثبيت درجة حرارة الهواء المار بين الجدران الخارجية للمقطر والمغلف.

**III-3-1) معادلات حفظ الطاقة للمقطر (2) لكل مستوياته:**

**III-3-1-1) معادلة حفظ الطاقة حول الغطاء الزجاجي  $g$ :**

على مستوى الغطاء  $g$  (درجة حرارته  $(T_g)$  التبادلات الطاقوية متمثلة في :

يتمص من الإشعاع الشمسي الوارد له من الشمس المقدار التالي  $\alpha_g \cdot G_t$

يأخذ الغطاء عن الماء المالح المقدار التالي من الحرارة  $Q_{ev,w-g} + Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g}$

يفقد الحرارة على شكل إشعاع و حمل إلى الجو المحيط به بالمقدار التالي  $Q_{c,g-a} + Q_{r,g-a}$

ومنه معادلة التوازن الحراري هي:

$$m_g C_g \frac{dT_g}{dt} = \alpha_g G_t + (Q_{ev,w-g} + Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g}) - Q_{r,g-a} - Q_{c,g-a} \quad (17.3)$$

بحيث:  $C_g$  الحرارة النوعية للغطاء  $K$ ،  $[C_g]_{SI} = J/Kg \cdot K$ ،  $m_g$  كتلة الزجاج  $kg$ ،  $[m_g]_{SI} = kg$ .

**III-3-1-2) معادلة حفظ الطاقة حول الماء  $w$ :**

على مستوى سطح الماء  $w$  (درجة حرارته  $(T_w)$  التبادلات الطاقوية متمثلة في :

يتمص الماء المالح  $w$  الإشعاع المقدر بـ  $\alpha_w \tau_g G_t$ .

يمتص كذلك من السطح الأسود b مقدار من الحرارة بالحمل  $Q_{c,b-w}$ .

يفقد حرارة بالحمل والإشعاع والتبخير ( $Q_{ev,w-g} + Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g}$ ) إلى الجدار الداخلي للغطاء الزجاجي تضيع

حرارة باتجاه الجدران  $Q_{lose2}$ .

ومنه معادلة التوازن الحراري هي:

$$m_w C_w \frac{dT_w}{dt} = \alpha_w \tau_g G_t - (Q_{ev,w-g} + Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g}) + Q_{c,b-w} - Q_{loss2} \quad (18.3)$$

### III-3-1-3) معادلة حفظ الطاقة للسطح الأسود الماص:

على مستوى السطح الأسود b (درجة حرارته  $T_b$ ) التبادلات الطاقوية متمثلة في :

يمتص السطح الأسود b الإشعاع المقدر بـ :  $\alpha_b \tau_w \tau_g G$

وفقد حرارة بالحمل إلى الماء بالمقدار  $Q_{c,b-w}$  وتضيع حرارة عبر العوازل بالمقدار  $Q_{lose1}$ .

ويكتسب حرارة  $Q_H$  من المغلف المقطرة بـ  $Q_{CO} + Q_{loss1} + Q_{loss2}$

وتكون معادلة التوازن الحراري بالشكل التالي:

$$m_b C_b \frac{dT_b}{dt} = \alpha_b \tau_w \tau_g G - Q_{c,b-w} - Q_{loss1} + Q_H \quad (19.3)$$

### III-4) النماذج الأولية للأجهزة التجريبية:

تم الاعتماد في إنجاز هذا العمل على مقطرين شمسيين بسيطين أحدهما شاهد له ميل واحد لهما الأبعاد التالية:

لون الحوض: أسود غير براق.

- سمك الزجاج: 5mm .
- أبعاد الحوض: (الطول × العرض): (0.69m×0.471m) .
- مساحة الحوض:  $S_b = 0.32499 \text{ m}^2$  .
- أبعاد المغلف الخشبي (العازل): (الطول × العرض): (0.64m×0.852m)

### III-5) الأجهزة المستعملة في التجارب:

تم انشاء محطة أرصاد جوية تابعة للمخبر تقوم بجميع القياسات السابقة، والأجهزة المستعملة في هذه التجربة كلها متصلة بهذه المحطة وكانت النتائج التجريبية تأخذ من الساعة الـ 08 صباحا الى غاية الساعة 17 h مساء.

- جهاز قياس الاشعاع الشمسي (Solarimeter) : يتركب من جزء يوضع على الغطاء الزجاجي، وجهاز إلكتروني يحول الاشعاع إلى قراءة مباشرة على شاشة صغيرة رقمية، تعطي القيمة الحقيقية الساقطة على الغطاء الزجاجي ب  $\text{W/m}^2$  .
- جهاز قياس درجة الحرارة (المزدوجات الحرارية- Thermocouples) : وهي عبارة عن زوج من المعدن على شكل سلكين ملتحمين تماما ذاتيا، تربط كل مزدوجة حرارية بجهاز ميلي فولتметр خاص، به شاشة رقمية يحول هذا الجهاز درجة الحرارة إلى تيار كهربائي، يقرأ على إثره قيمة درجة الحرارة في المكان الموضوعه فيه.
- ونستعمل في هذه التجارب جهاز متعدد القياس مصنع من طرف شركة KEITHLEY يقيس فرق الكمون الناتج من المزدوجات الحرارية مدعم ببرنامج Excel-link في حاسوب به واجهة إلكترونية، USB يعطينا قيم درجة الحرارة كل 15 min.

- جهاز قياس درجة حرارة الجو (المحرار Thermomètre): يوضع مقياس درجة حرارة الجو على ارتفاع واحد متر من سطح التربة في مكان به ظل، والجهاز متصل بالكمبيوتر.
- جهاز قياس الضغط الجوي (البارومتر - Baromètre): لقياس الضغط الجوي نستخدم البارومتر وهو يقيس الضغط المطلق في المنطقة التي تمت فيها التجربة وهو متصل بالكمبيوتر.
- جهاز قياس سرعة حركة الهواء الدوار (Anémomètre): وهو مزود بمروحة تقيس السرعة حسب عدد دورات المروحة وهو متصل بالكمبيوتر.
- جهاز قياس الرطوبة الجوية (Hygromètre): لقياس الرطوبة النسبية للجو، والتي هي حاصل قسمة الضغط الجزئي لبخار الماء على الضغط الجزئي في حالة التشبع وفي نفس درجة الحرارة نستعمل جهاز به مسبار (sonde)، هو متصل بجهاز حاسوب. ويسمى الجهاز أيضا المرطاب.
- جهاز قياس ملوحة الماء (Salinomètre): لقياس كمية الأملاح بالغرام لكل 1 لتر من الماء المقطر ومعرفة خواصه كالتوصيلية الكهربائية، ومقارنتها بالمعايير المعروفة للماء النقي وهي: (12 g/L)

وهذه صور لبعض من الأجهزة المستعملة:



جهاز الرقمنة للمعطيات مصنع من الشركة

طرف الشركة KEITHLEY



جهاز محطة ارضاد جوية مصنع من طرف

الشركة: PHYWE



جهاز متعدد القياس مصنع من طرف

KEITHLEY



جهاز قياس درجة الحرارة- المزدوجات الحرارية



جهاز قياس شدة الملوحة

### III- (6) الأدوات المستعملة في التجارب:

- الأنابيب المدرجة (tubes graduées): تستعمل لقياس الماء كل مدة زمنية قدرها (1 ساعة) و بذلك نحسب التدفق الكتلي أو الحجمي للماء و كذلك كمية الماء المجموع.
- حوض التغذية بالماء (Basin d'Alimentation d'eau) : وهو مزود بتركيبه تحافظ على مستوى الماء ثابتا، ويستعمل هذا التجهيز في كل أنواع المقطرات.
- أنابيب بلاستيكي (tubes plastiques) : و هي أنابيب ذات قطر 5 مم الى 10 مم للتوصيل بين مختلف أجزاء المقطر و نقل الماء مهما كانت نوعيته (نقي-مالح-محلول ملحي) .



الأنابيب المدرجة



أحواض التحكم في كمية الماء المالح



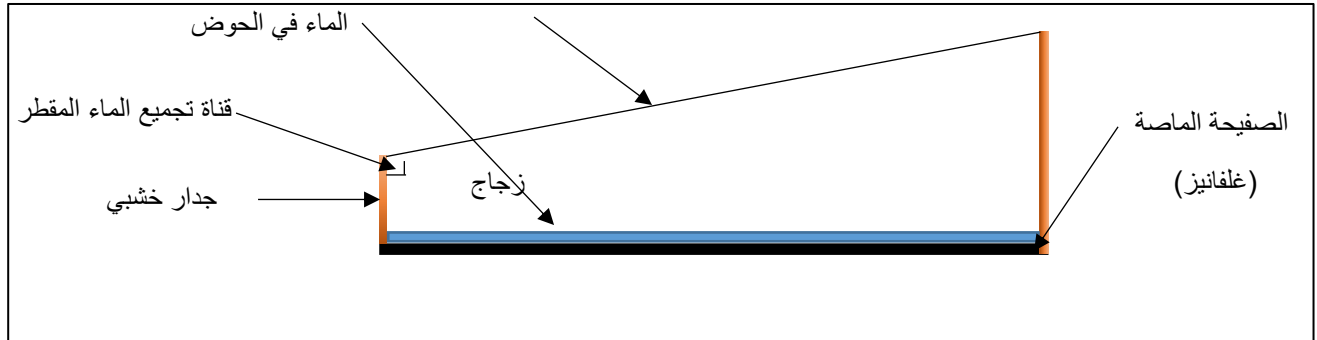
خزان التغذية بالماء المالح

### III- (7) التجربة:

ملاحظة: استعملنا في هذه التجربة مقطرين اثنين بحيث:

المقطر (1) شاهد وهو مقطر بسيط بدون أي تحسينات إضافية واستخدم في التجربة كشاهد ولكي نقارن به من حيث

إنتاجية الماء المقطر.



رسم تخطيطي يوضح التركيب التجريبي لتجربة المقطر الشاهد

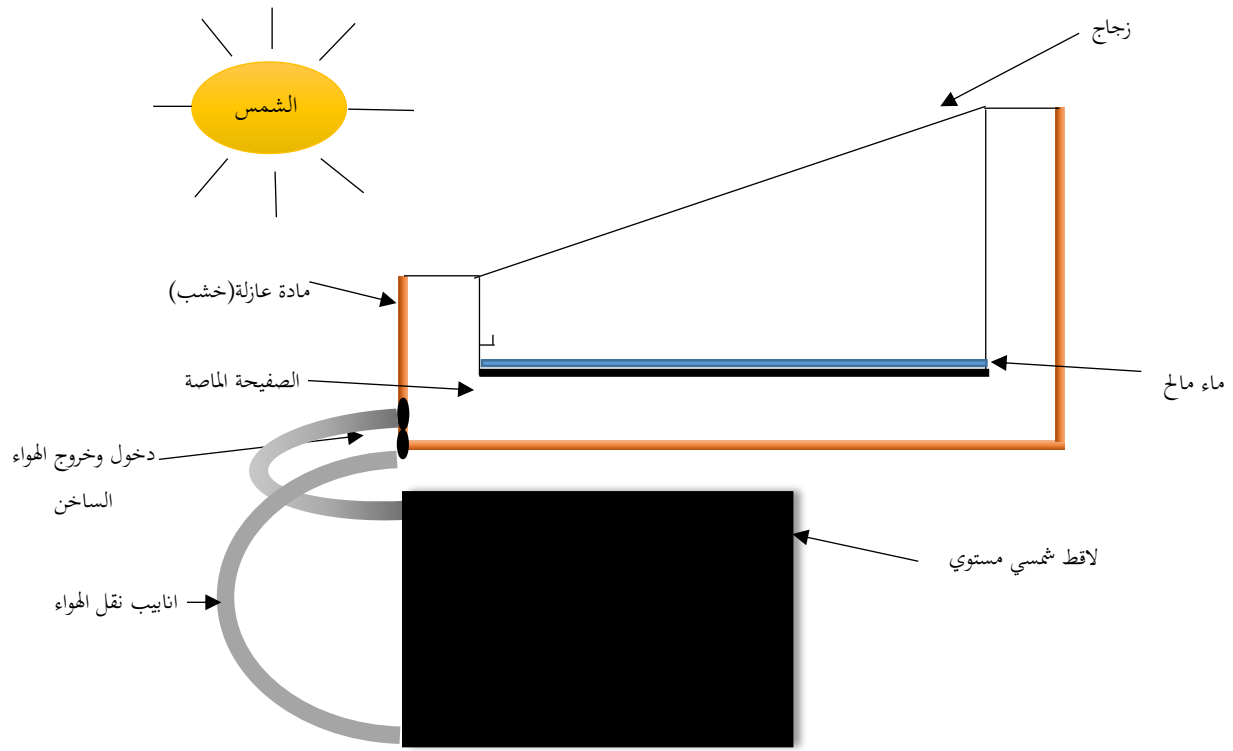


صورة توضح التركيب التجريبي للمقطر الشاهد (1)

المقطر (2): (المقطر المعدل/ المغلف) وهو مقطر مغلف بعازل حراري (من مادة الخشب) للحفاظ على درجة حرارة

الجدران الخارجية للمقطر وذلك عن طريق تسخين الهواء بواسطة لاقط شمسي مستوي والهدف من هذه التعديلات هو

الحصول على زيادة في مردود التقطير الشمسي البسيط من حيث الإنتاج اليومي للماء المقطر.



رسم تخطيطي يوضح التركيب التجهيزي لتجربة المقطر المعدل



صورة توضح التركيب التجريبي للمقطر المعدل (2)





صورة توضح التركيب التجريبي للمقطر المعدل (2)

### III -7-1) وصف التجربة:

في هذه التجربة لدينا مقطرين (1) و(2) حيث المقطر الأول يعمل بصفة عادية تتم تغذيته بالمياه المالحة والمقطر المعدل تم ربطه بلاقط مستوي الذي يعمل على رفع درجة حرارة الهواء المار بين الجدران الخارجية للمقطر والمغلف عن طريق انابيب تنقل الهواء الساخن. تمت هذه التجربة على النموذجين على مدى أربعة أيام للمقارنة بين مردود المقطرين.

تم ضبط أجهزة القياس لقياس المتغيرات والثوابت المأخوذة بعين الاعتبار في التأثير المباشر وغير المباشر في كمية الماء المقطر الناتجة والتدفقات الحرارية الداخلية والخارجية والضائعة بالنسبة لكل نموذج، وتم تدوين النتائج المتحصل عليها في برنامج Excel وتم رسم المنحنيات ادناه باستخدام برنامج 08 origine.

### III -8) الظروف الجوية الخاصة بالأيام التي تمت فيها التجربة:

الإشعاع الشمسي الكلي: قيمة الإشعاع تتراوح ما بين (650-700W/m<sup>2</sup>) وقد كانت كافية لتسخين السطوح

السوداء في النماذج الأولية للمقطرين.

الضغط الجوي: الضغط الجوي لا يتعدى 1 atm بسبب ارتفاع مدينة ورقلة عن البحر ب 140 متر.

الرطوبة الجوية النسبية: كان الجو جاف، بحيث قيمة الرطوبة النسبية للهواء في المجال 13% - 52%.

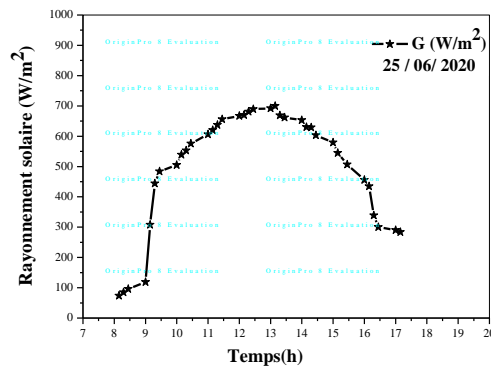
من خلال التجربة المنجزة على كل من المقطر الشاهد والمقطر المعدل تمكنا من رسم المنحنيات الخاصة بدرجة الحرارة

وشدة الاشعاع بدلالة الزمن خلال عدة أيام من شهري جوان وجويلية في منطقة ورقلة، وسنتطرق في هذا الفصل للمقارنة

بينهما ومعرفة أي من المقطرين يعطي نتائج أفضل (مردود أكبر).

### III-8 مناقشة النتائج:

منحنيات تغيرات شدة الاشعاع للمقطر الشاهد:

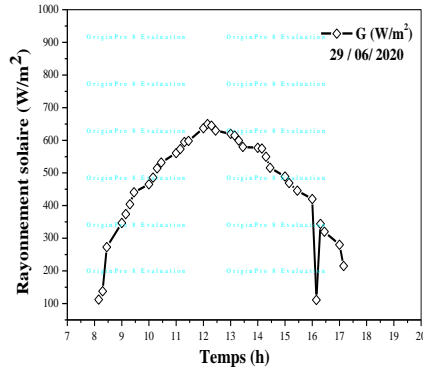


الشكل (3-1) منحنى يوضح تغيرات الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن

ليوم 25 جوان 2020

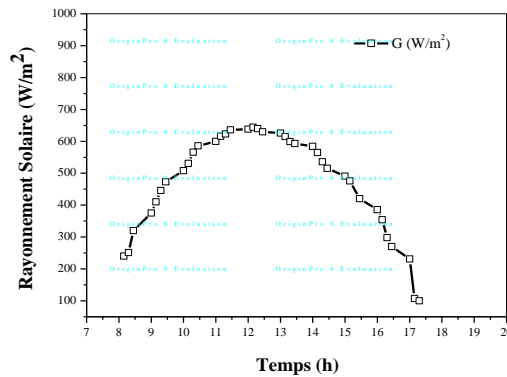
الملاحظة:

(المنحنى 1): نلاحظ تزايد قيمة شدة الاشعاع الشمسي بمرور الزمن الى ان يبلغ قيمة اعظمية ( $700\text{w/m}^2$ ) عند الساعة (12:00 min) الى غاية الساعة (13:00 min) ثم تبدأ بالتناقص تدريجيا خلال بقية اليوم.



الشكل (3- 2) تغيرات شدة الإشعاع بدلالة الزمن يوم 29 جوان 2020

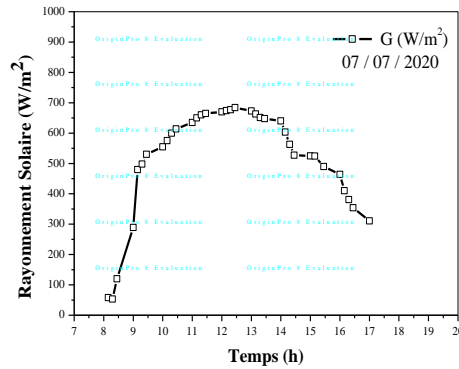
(المنحنى 2): نلاحظ تزايد قيمة شدة الاشعاع الشمسي بمرور الزمن الى ان يبلغ قيمة اعظمية ( $650\text{w/m}^2$ ) عند الساعة (12:00 min) الى غاية الساعة (13:00 min) ثم تبدأ بالتناقص تدريجيا خلال بقية اليوم.



الشكل (3- 3) منحنى تغيرات شدة الإشعاع بدلالة الزمن ليوم 1 جويلية

2020

(المنحنى 3): نلاحظ تزايد قيمة شدة الاشعاع الشمسي بمرور الزمن الى ان يبلغ قيمة اعظمية ( $650\text{w/m}^2$ ) عند الساعة (12:00 min) الى غاية الساعة (13:00 min) ثم تبدأ بالتناقص تدريجيا خلال بقية اليوم.



الشكل (3-4) تغيرات شدة الإشعاع بدلالة الزمن ليوم 7 جويلية 2020

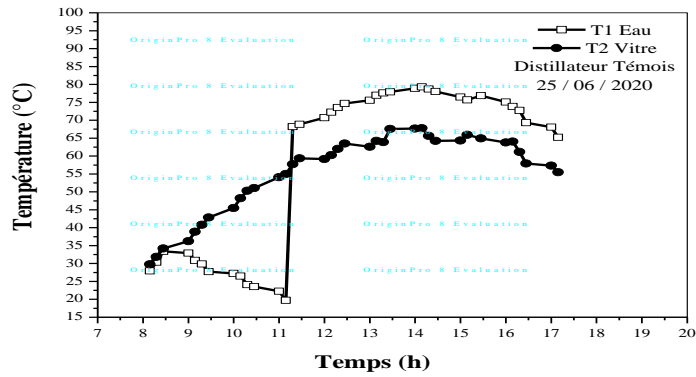
#### الملاحظة:

(المنحنى 4): نلاحظ تزايد قيمة شدة الإشعاع الشمسي بمرور الزمن الى ان يبلغ قيمة اعظمية ( $700\text{w/m}^2$ ) عند الساعة (12:00 min) الى غاية الساعة (13:00 min) ثم تبدأ بالتناقص تدريجيا خلال بقية اليوم.

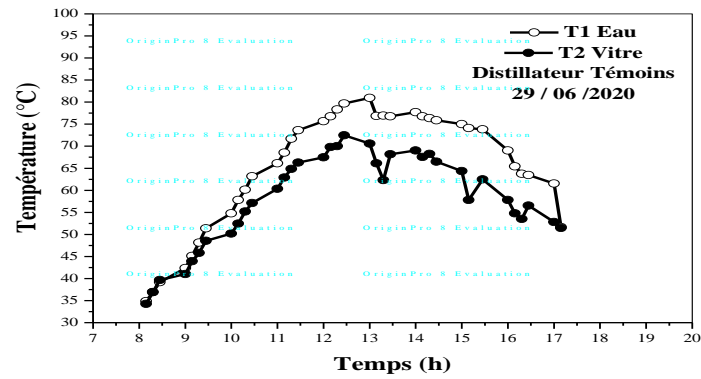
التفسير: يعود تزايد شدة الإشعاع الشمسي خلال فترة الظهيرة الى تواجد مكان اجراء التجربة بالقرب من خط الاستواء الذي بدوره يكون قريبا من الشمس مقارنة بأي مكان آخر على سطح الأرض.

#### منحنيات تغيرات درجة الحرارة للمقطر الشاهد:

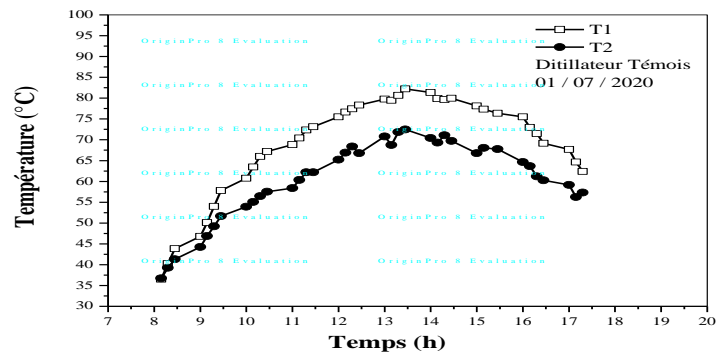
تمثل المنحنيات تغيرات درجة الحرارة عند كل من الماء المالح وعند زجاج المقطر.



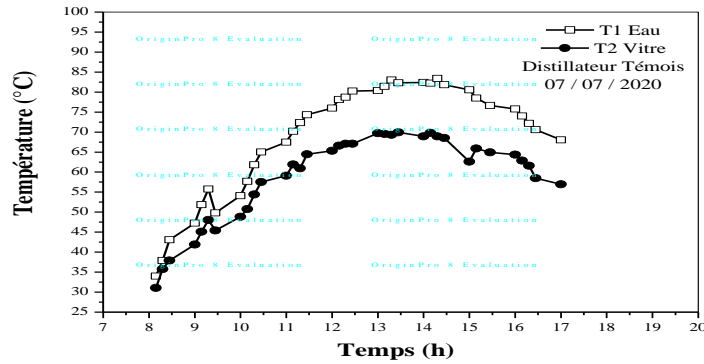
الشكل (3-5) منحنى درجات الحرارة للزجاج والماء بدلالة الزمن  
(2020/06/25).



الشكل (3-6) منحنى تغيرات درجة الحرارة لكل من الماء  
والزجاج (2020/06/29).



الشكل (3-7) منحنى تغيرات درجة الحرارة للماء.

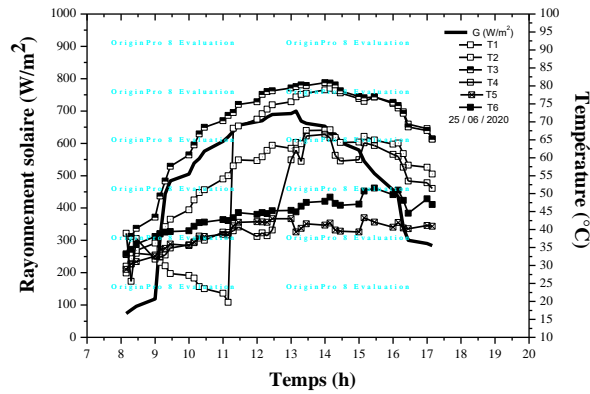


الشكل (3-8) تغيرات درجة الحرارة للزجاج والماء بدلالة الزمن. (2020/07/07)

**الملاحظة:** نلاحظ في كل المنحنيات تزايد قيمة درجة الحرارة لكل من الماء والملح والزجاج الى ان تبلغ قيمة درجة حرارة الماء والملح قيمة اعظمية (قيمتها تتراوح بين  $80^{\circ}$ - $82.5^{\circ}$ ) وهي أكبر من درجة الحرارة الاعظمية للزجاج (قيمتها  $67.5^{\circ}$ - $72.5^{\circ}$ ) ثم تبدأ في التراجع الى غاية نهاية الفترة المسائية.

**التفسير:** يعود تزايد درجة الحرارة للماء لانتقال الحرارة إليه بكمية كبيرة وذلك بتلامسه مع السطح الأسود الماص والذي يحمل اعلى درجة حرارة في المقطر، وهي كذلك أكبر من درجة حرارة الزجاج. ويعود التزايد البطيء لدرجة حرارة الزجاج لاستقباله مباشرة لأشعة الشمس وفي نفس الوقت يتعرض الزجاج لتيارات هوائية باردة حيث يسخن بفعل الاشعاع الشمسي ويبرد بفعل التيارات الهوائية مما يؤدي الى ارتفاعها بشكل بطيء.

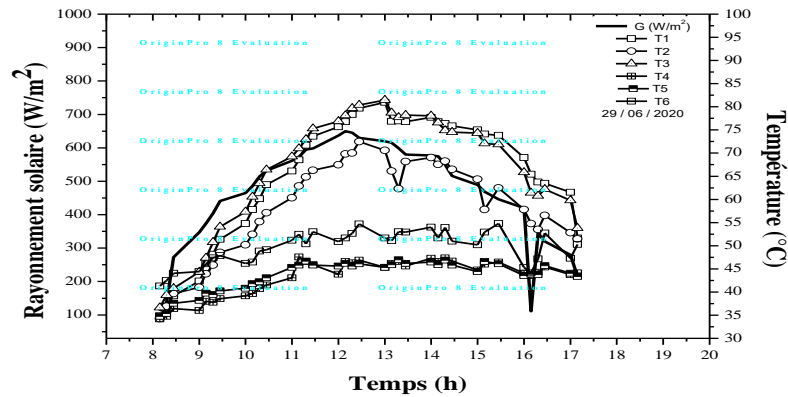
**منحنيات تغيرات شدة الاشعاع للمقطر المعدل:**



الشكل (3-9) منحنى شدة الإشعاع بدلالة الزمن للمقطر المعدل.

2020/06/25

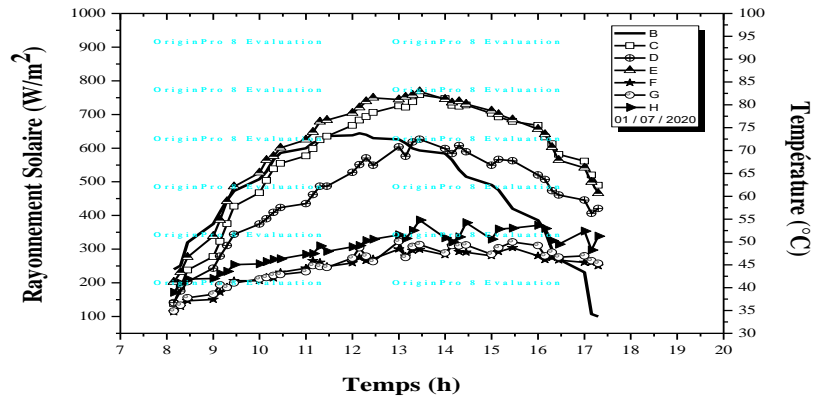
المنحنى رقم (1): نلاحظ تزايد قيمة شدة الاشعاع الشمسي الى غاية القيمة الاعظمية  $700\text{W}/\text{m}^2$  عند الساعة الـ 12:30 min الى 13:00 min ثم تبدأ في الانخفاض خلال الفترة المسائية.



الشكل (3-10) منحنى تغيرات شدة الإشعاع بدلالة الزمن

2020/06/29

المنحنى رقم (2): نلاحظ تزايد قيمة شدة الاشعاع الشمسي الى غاية القيمة الاعظمية  $650\text{W}/\text{m}^2$  عند الساعة الـ 12:30 min ثم تبدأ في الانخفاض خلال الفترة المسائية.

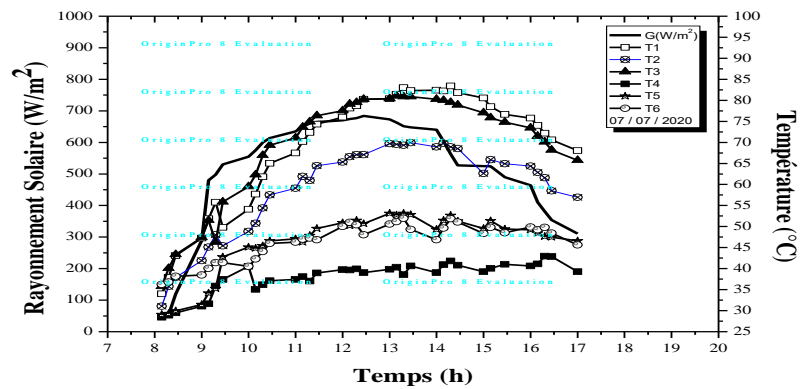


الشكل (3-11) منحنى تغيرات شدة الإشعاع بدلالة الزمن.

2020/07/01

المنحنى رقم(3): نلاحظ تزايد قيمة شدة الاشعاع الشمسي الى غاية القيمة الاعظمية  $650W/m^2$  عند الساعة

ال 12:30 min ثم تبدأ في الانخفاض خلال الفترة المسائية.



الشكل (3-12) تغيرات شدة الإشعاع بدلالة الزمن.

2020/07/07

المنحنى رقم (4): نلاحظ تزايد قيمة شدة الاشعاع الشمسي الى غاية القيمة الاعظمية  $700W/m^2$  عند الساعة

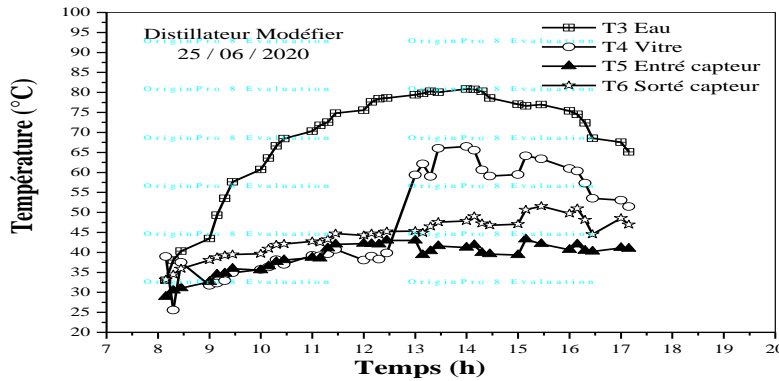
ال 12:30 min الى 13:00 min ثم تبدأ في الانخفاض خلال الفترة المسائية.



التفسير: يعود تزايد شدة الاشعاع الشمسي خلال فترة الظهيرة الى تواجد مكان اجراء التجربة بالقرب من خط الاستواء الذي بدوره يكون قريبا من الشمس مقارنة بأي مكان آخر على سطح الأرض مما يؤدي لاستقبال أكبر كمية من شدة الاشعاع الشمسي.

### منحنيات تغيرات درجة الحرارة للمقطر المعدل:

تمثل المنحنيات تغيرات درجة الحرارة عند كل من الماء والزجاج وعند مدخل ومخرج اللاقط الشمسي المستوي.



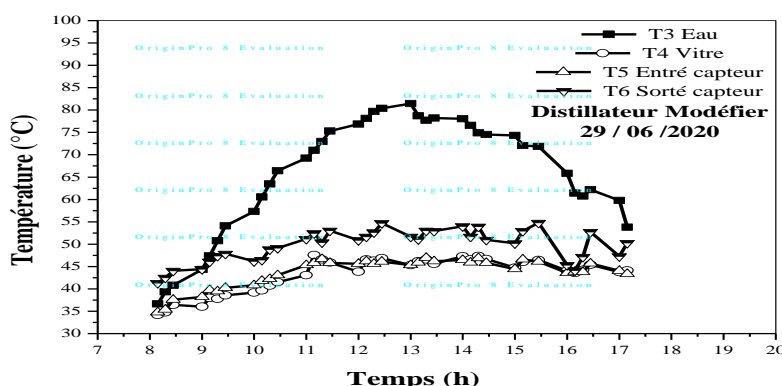
الشكل (3- 13) منحنى درجات الحرارة للماء والزجاج وعند كل من مدخل ومخرج اللاقط الشمسي بدلالة الزمن. 2020/06/25

الملاحظة:

الشكل (3- 13) منحنى درجات الحرارة للماء والزجاج وعند كل من مدخل ومخرج اللاقط الشمسي بدلالة الزمن 2020/06/25: نلاحظ تزايد سريع في درجة حرارة الماء لغاية 82.5° مئوية عند الساعة 14h:00min وعند نفس اللحظة يوجد تزايد بطيء في درجة حرارة الزجاج ويصل الى قيمة اعظمية 65°، وتتزايد كل من درجة حرارة مدخل ومخرج اللاقط الشمسي المستوي بشكل بطيء جدا وتصل الى قيمة (مدخل اللاقط: 42.5°، مخرج اللاقط: 52.5°) حيث درجة حرارة مدخل اللاقط أقل من درجة حرارة مخرجه.

التفسير: يعود تزايد درجة الحرارة للماء لاستقباله جزء كبير من التدفق الإشعاعي الشمسي الساقط على السطح الزجاجي مما أدى الى نفاذه عبر الزجاج وبالتالي تسخين الماء ورفع درجة حرارته.

ويعود التزايد البطيء لدرجة حرارة الزجاج لتعرضه لتيارات هوائية باردة مما يؤدي انتقال كمية حرارة كبيرة من الزجاج الى الهواء المار فوّه، وكلما زاد الفرق بين درجة حرارة الهواء والزجاج تزيد كمية الحرارة المنتقلة من الزجاج الى التيارات الهوائية، ونلاحظ ان درجة حرارة مدخل اللاقط اقل من درجة حرارة مخرجه هذا يعود لعمل اللاقط المتمثل في تسخين الهواء ورفع درجة حرارته.



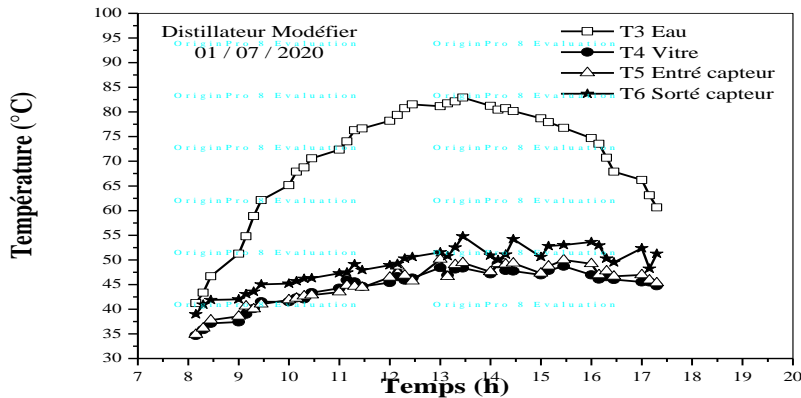
الشكل (3-14) منحني تغيرات درجة الحرارة بلالة الزمن

2020/06/29

الشكل (3-14) منحني تغيرات درجة الحرارة بلالة الزمن 2020/06/29: نلاحظ تزايد سريع في درجة حرارة الماء لغاية  $82.5^{\circ}\text{C}$  مئوية عند الساعة 13h :00min وعند نفس اللحظة يوجد تزايد بطيء في درجة حرارة الزجاج ويصل الى قيمة اعظمية  $45^{\circ}\text{C}$ ، وتتزايد كل من درجة حرارة مدخل ومخرج اللاقط الشمسي المستوي بشكل بطيء جدا وتصل الى قيمة (مدخل اللاقط:  $45^{\circ}\text{C}$ ، مخرج اللاقط:  $55^{\circ}\text{C}$ ) حيث درجة حرارة مدخل اللاقط أقل من درجة حرارة مخرجه.

التفسير: يعود تزايد درجة الحرارة للماء لاستقباله جزء من التدفق الإشعاعي الشمسي الساقط على السطح الزجاجي مما أدى الى نفاذه عبر الزجاج وبالتالي تسخين الماء ورفع درجة حرارته.

ويعود التزايد البطيء لدرجة حرارة الزجاج لتعرضه لتيارات هوائية باردة مما يؤدي انتقال كمية حرارة كبيرة من الزجاج الى الهواء المار فوّه، وكلما زاد الفرق بين درجة حرارة الهواء والزجاج تزيد كمية الحرارة المنتقلة من الزجاج الى التيارات الهوائية، ونلاحظ ان درجة حرارة مدخل اللاقط اقل من درجة حرارة مخرجه هذا يعود لعمل اللاقط المتمثل في تسخين الهواء ورفع درجة حرارته.



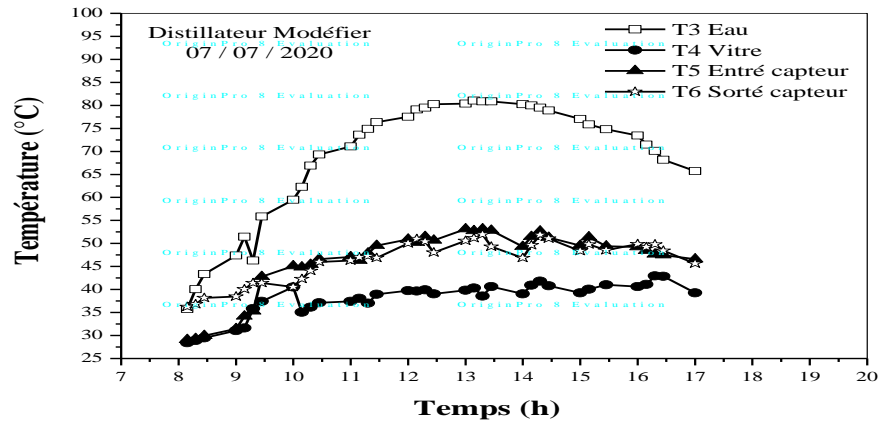
الشكل (3-15) منحني تغيرات درجة الحرارة بدلالة الزمن

2020/07/01

الشكل (3-15) منحني تغيرات درجة الحرارة بدلالة الزمن 2020/07/01: نلاحظ تزايد سريع في درجة حرارة الماء لغاية 85° مئوية عند الساعة 13h :30min وعند نفس اللحظة يوجد تزايد بطيء في درجة حرارة الزجاج ويصل الى قيمة اعظمية 47.5°، وتتزايد كل من درجة حرارة مدخل ومخرج الاقطة الشمسي المستوي بشكل بطيء جدا وتصل الى قيمة (مدخل الاقطة: 50°، مخرج الاقطة: 55°) حيث درجة حرارة مدخل الاقطة أقل من درجة حرارة مخرجه.

التفسير: يعود تزايد درجة الحرارة للماء لاستقباله جزء من التدفق الإشعاعي الشمسي الساقط على السطح الزجاجي مما أدى الى نفاذه عبر الزجاج وبالتالي تسخين الماء ورفع درجة حرارته.

ويعود التزايد البطيء لدرجة حرارة الزجاج لتعرضه لتيارات هوائية باردة مما يؤدي انتقال كمية حرارة كبيرة من الزجاج الى الهواء المار فوقه، وكلما زاد الفرق بين درجة حرارة الهواء والزجاج تزيد كمية الحرارة المنتقلة من الزجاج الى التيارات الهوائية، ونلاحظ ان درجة حرارة مدخل الاقطة اقل من درجة حرارة مخرجه هذا يعود لعمل الاقطة المتمثل في تسخين الهواء ورفع درجة حرارته.



الشكل (3-16) منحنى تغيرات درجة الحرارة بدلالة الزمن

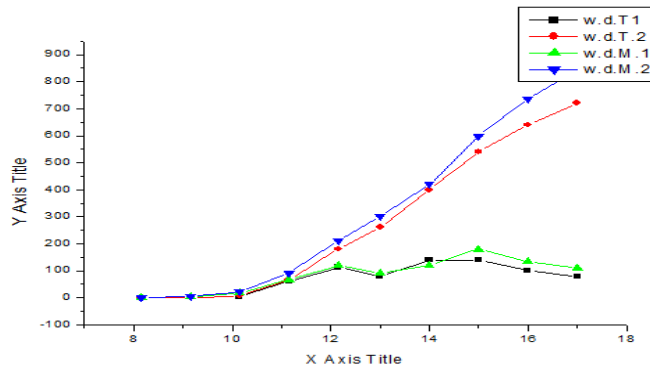
2020/07/07

الشكل (3-16) منحنى تغيرات درجة الحرارة بدلالة الزمن 2020/07/07: نلاحظ تزايد سريع في درجة حرارة الماء لغاية  $82.5^{\circ}\text{C}$  معوية عند الساعة 13h:00min وعند نفس اللحظة يوجد تذبذب ملحوظ في درجة حرارة الزجاج ولا نستطيع تحديد القيمة الاعظمية له، وتزايد كل من درجة حرارة مدخل ومخرج اللاقط الشمسي المستوي بشكل بطيء جدا وتصل الى قيمة (مدخل اللاقط:  $55^{\circ}\text{C}$ ، مخرج اللاقط:  $52.5^{\circ}\text{C}$ ) حيث درجة حرارة مخرج اللاقط أقل من درجة حرارة مدخله. التفسير: حدث خلل في هذا المنحنى خلال هذا اليوم (2020/07/07) وهذا راجع لارتفاع درجة الحرارة بشكل كبير مما أدى لانعكاس النتائج حيث يصبح مردود المقطر الشاهد أفضل من مردود المقطر المعدل.

كمية الماء المقطر الناتجة عن المقطرين الشمسيين خلال الأيام الأربعة:

نتائج ليوم 2020/06/25

				اليوم 25 جوان 2020
الماء للمقتر المحسن التجمعي	الماء للمقتر المحسن اللحظي	الماء للمقتر الشاهد التجمعي	الماء للمقتر الشاهد اللحظي	الزمن
0	0	0	0	8.15
5	5	2	2	9.15
23	18	7	5	10.15
90	67	67	60	11.15
210	120	180	113	12.15
300	90	260	80	13
420	120	400	140	14
600	180	540	140	15
735	135	640	100	16
845	110	720	80	17



الشكل (3-17) تغيرات كمية الماء المقطر اللحظية والتجميعية للمقتر الشاهد والمقتر المعدل

تحليل المنحنى: نلاحظ أن هناك تزايد في كمية الماء المقطر المجمعة بمرور الزمن حيث كمية الماء المقطر المجمعة في الفترة ما بين

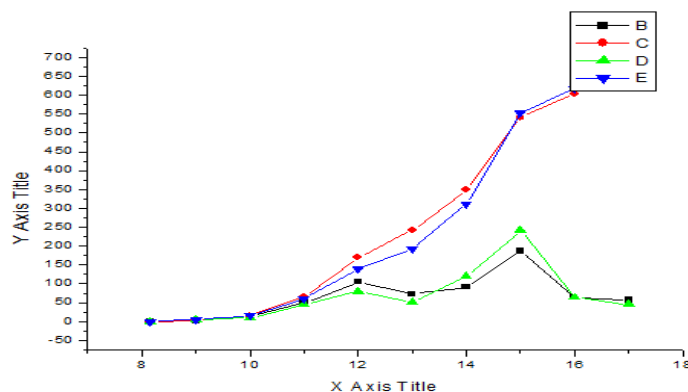
(8h :15 min) الى (17 h :15min) كانت أكبر عند المقتر المعدل (2) مقارنة المقتر الشاهد (1).

التفسير:

يفسر تزايد كمية المياه المجمعة للمقطرين لانخفاض درجة حرارة الغطاء الزجاجي بسبب تعرضه للتيارات الهوائية الباردة التي تحمل بكمية من الحرارة الناتجة من الزجاج حيث تكون كمية البخار المتجمعة كبيرة أي ان الفرق في درجة الحرارة كبير بين الهواء والغطاء الزجاجي، وكذلك ارتفاع درجة حرارة المياه المالحة وتبخرها بسبب نفاذية الغطاء الزجاجي للأشعة الشمسية الواردة. أما بالنسبة لتزايد كمية المياه المجمعة للمقطر المعدل مقارنة بالمقطر الشاهد راجع إلى التحسين المضاف إلى المقطر المعدل حيث يساعد المغلف في استرجاع كمية الحرارة المفقودة من طرف السطح الماص والجدران الجانبية للمقطر وتثبيتها بواسطة اللاقط الشمسي المستوي.

نتائج ليوم 2020/06/29

				اليوم الأثنين 29 جوان 2020
الماء للمقطر المحسن التجميحي	الماء للمقطر المحسن اللحظي	الماء للمقطر الشاهد التجميحي	الماء للمقطر الشاهد اللحظي	الزمن
0	0	0	0	8.15
5.5	5.5	2.2	2.2	9
15.5	10	15.7	13.5	10
60.5	45	64.7	49	11
140.5	80	169.5	104.873	12
191	51	242.5	73	13
311.5	120	348.5	91	14
553	241.5	540	186.5	15
617	64	604	64	16
668	45	656	57	17



الشكل (3-18) تغيرات كمية الماء المقطر اللحظية والتجميعية للمقطر الشاهد والمقطر المعدل

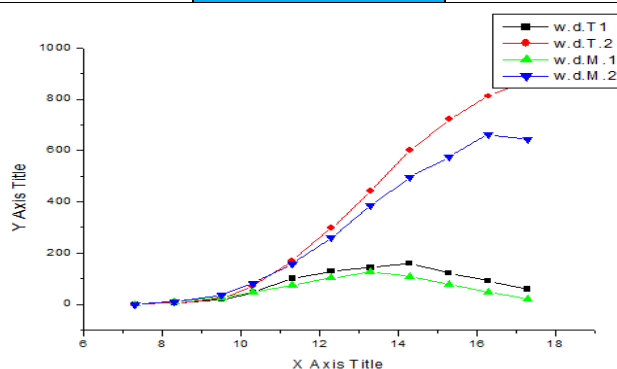
التحليل: نلاحظ تزايد مستمر لكمية المياه المجمعة للمقطر (2) المعدل مقارنة بالمقطر (1) الشاهد وذلك خلال الفترة الزمنية (08h :15min) الى غاية (09h :15min). وفي الفترة ما بين (10h :15min) والساعة (14h :15min) نلاحظ تزايد مستمر لكمية المياه المجمعة للمقطر (1) الشاهد مقارنة بالمقطر (2) المعدل، وفي الفترة (15h :15min) الى غاية الساعة (17h :15min) نلاحظ تزايد مستمر لكمية المياه المجمعة للمقطر (2) المعدل مقارنة بالمقطر (1) الشاهد.

التفسير:

نفسر الحصول على كمية المياه المجمعة للمقطر (2) أكبر من كمية المياه المجمعة المقطر (1) لانخفاض درجة حرارة الغطاء الزجاجي بسبب تعرضه للتيارات الهوائية الباردة التي تحمل بكمية من الحرارة الناتجة من الزجاج حيث تكون كمية البخار المتجمعة كبيرة أي ان الفرق في درجة الحرارة كبير بين الهواء والغطاء الزجاجي، وكذلك ارتفاع درجة حرارة المياه المالحة وتبخرها بسبب نفاذية الغطاء الزجاجي للأشعة الشمسية الواردة. أما بالنسبة لتزايد كمية المياه المجمعة للمقطر المعدل مقارنة بالمقطر الشاهد راجع إلى التحسين المضاف إلى المقطر المعدل حيث يساعد المغلف في استرجاع كمية الحرارة المفقودة من طرف السطح الماص والجدران الجانبية للمقطر وتثبيتها بواسطة اللاقط الشمسي المستوي.

نتائج ليوم 2020/07/01:

				اليوم 1 جويلية 2020
الماء للمقطر المحسن التجمعي	الماء للمقطر المحسن اللحظي	الماء للمقطر الشاهد التجمعي	الماء للمقطر الشاهد اللحظي	الزمن
0	0	0	0	7.3
10	10	5	5	8.3
36	26	23	18	9.5
82	46	69	46	10.3
157.3	75.3	170	101	11.3
260.4	103.1	298	128	12.3
385.9	125.5	440.56	142.56	13.3
495.4	109.5	600.76	160.2	14.3
574.4	79	720.76	120	15.3
622.5	48	811.76	91	16.3
642.5	20	870.76	59	17.3



الشكل (3-19) تغيرات كمية الماء المقطر اللحظية والتجمعية للمقطر الشاهد والمقطر المعدل

التحليل المنحني: نلاحظ أن هناك تزايد في كمية الماء المقطر المجمعة بمرور الزمن لكن كمية الماء المقطر المجمعة في الفترة ما بين (8h :15 min) الى (10 h :15min) حيث كانت كمية الماء المقطر المجمعة للمقطر الشاهد (1) أقل من كمية الماء



المقطر المجمعة المقطر المعدل (2) ثم نلاحظ على الساعة (11h :15min) نقطة تحول من حيث كمية المياه المقطر المجمعة حيث أصبحت كمية الماء المقطر المجمعة عند المقطر (2) المعدل أقل تماما من كمية الماء المقطر المجمعة في المقطر (1).

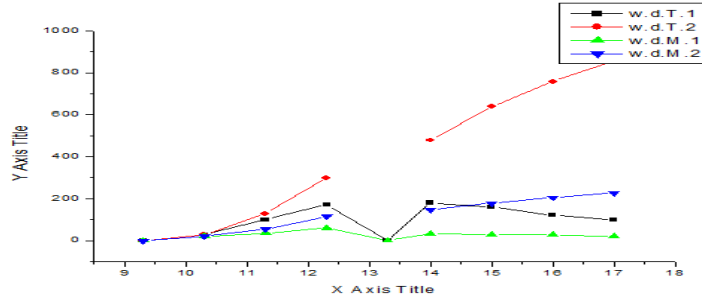
التفسير: نفسر أن كمية الماء المقطر المجمعة للمقطر المعدل (2) أقل من كمية الماء المقطر المجمعة المقطر الشاهد (1)

كانت النتائج في هذا اليوم غير منطقية ولم نأخذها بعين الاعتبار (يوم شاذ) كانت فيه الظروف الجوية غير ملائمة.

نتائج ليوم 2020/07/07

				اليوم 7 جويلية 2020
الماء للمقطر المحسن التجميعي	الماء للمقطر المحسن اللحظي	الماء للمقطر الشاهد التجميعي	الماء للمقطر الشاهد اللحظي	الزمن
0	0	0	0	9.3
20	20	28	28	10.3
55	35	128	100	11.3
115	60	298	170	12.3
-	.....	-	.....	13.3
148	33	478	180	14
178	30	638	160	15
205	27	758	120	16
227	22	858	100	17

ملاحظة: الخانة الملونة بالأزرق تعني الكمية التجميعية الكلية في اخر النهار



الشكل (3-20) تغيرات كمية الماء المقطر اللحظية والتجميعية للمقطر الشاهد والمقطر المعدل

التحليل: نلاحظ تزايد كمية المياه المجمعة للمقطر (1) الشاهد أكبر بكثير مقارنة بالمياه المجمعة للمقطر (2) المعدل طوال النهار.

التفسير: نفس تزايد كمية المياه المجمعة للمقطر (1) الشاهد مقارنة بالمياه المجمعة للمقطر (2) المعدل بعدم وجود الرياح مما يؤدي الى الغاء التبادل الحراري بين المقطر والوسط الخارجي والذي نتج عنه وصول المقطر لمرحلة التشبع، نأخذ بعين الاعتبار أن المغلف الخشبي رفع من درجة حرارة أجزاء المقطر.

كانت النتائج في هذا اليوم غير منطقية ولم نأخذها بعين الاعتبار (يوم شاذ) كانت فيه الظروف الجوية غير ملائمة.

# الخلاصة



## الخلاصة:

بعد الدراسة التجريبية التي تمت في هذه المذكرة يمكننا أن نقول بأن التقطير الشمسي بواسطة مقطر شمسي بسيط محسن بلاقط شمسي مستوي بضمان ثبات درجة حرارة أجزائه الخارجية، حيث هذه التقنية البسيطة يمكن استعمالها للتزود بالماء المقطر او الماء الصالح للشرب كما يمكن استعمالها للاحتياجات المنزلية والصناعية، وخاصة في المناطق المعزولة التي تتميز بدرجة حرارة منخفضة والتي تتوفر فيها المياه المالحة بكثرة.

تمت هذه الدراسة من أجل تحسين مردود المقطر الشمسي بضمان ثبات درجة حرارة أجزائه الخارجية بواسطة لاقط شمسي مستوي وبعد القيام بالتجربة وحساب كميات الماء المقطر استنتجنا النتائج التالية:

- شدة الاشعاع الشمسي وسرعة الهواء عاملين مهمين في عملية التقطير الشمسي.
- الفرق بين درجتي حرارة الماء والمكثف له تأثير على إنتاجية الماء المقطر.
- المغلف العازل له دور كبير في رفع درجة حرارة أجزاء المقطر واكسابه طاقة كامنة يستخدمها اثناء انخفاض درجة حرارة الجو واثناء الليل.
- من مميزات المقطر المعدل (2/المغلف) انتاجيته للماء المقطر لا تتوقف عن النهار فقط بل تستمر حتى اثناء الليل.
- يكون لارتفاع درجة حرارة الوسط تأثير سلبي على عملية التقطير فكلما ارتفعت يقل معدل التبادل الحراري بالحمل بين سطح التكثيف والهواء المحيط بالمقطر أي يقل الفرق في درجة حرارة الغطاء الزجاجي والهواء الساخن المحيط بالتركيبية.

## توصيات:

- ✓ من المفروض اجراء هذه التجربة في فصل الشتاء (حيث تكون درجة الحرارة منخفضة)
- ✓ يأخذ بعين الاعتبار الأخطاء الصناعية للجهاز التجريبي.
- ✓ بعض الأيام كانت مزمتة وأخرى حارة



## قائمة المراجع:

- [1] عقيل يوسف ، "المقطر الشمسي العمودي" المعهد التقني البصرة، 2012، الصفحة 2-3
- [2] ذوادي رشيدة "دراسة مقطر شمسي ذو مكثف مظلل جزئيا بفعل الاحتباس الحراري في المناطق القاحلة "" مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة، كلية العلوم والتكنولوجيا وعلوم المادة، قسم الفيزياء 2010.
- [3] بن سليمان نور الهدى-شलगام منيرة " دراسة تجريبية لتحسين أداء المقطر الشمسي البسيط باستعمال المضخة الحرارية "جامعة ورقلة، كلية الرياضيات وعلوم المادة 2018.
- [4] الدكتور قدرى فتحي - الدكتور شفيع طه، دار الصفا للنشر والتوزيع-جدة.
- [5] الشريف عدة -احمد لبواي "دراسة تجريبية لمقطر شمسي لمدينة ورقلة ". مذكرة ماستر جامعة ورقلة 2016.
- [6] عواريب أحلام -عواريب هدى "المساهمة في دراسة العوامل المؤثرة في مردود مقطر شمسي، جامعة 2 ورقلة 2018.
- [7] تحه محمد "دراسة مقارنة وتحسين لمختلف المقطرات الشمسية لإنتاج المياه الصالحة للشرب في المناطق الجافة الصحراوية "كلية العلوم والعلوم الهندسية -قسم الفيزياء.

## المراجع باللغة الفرنسية:

[8 ] André Deslandes « historique de l'énergie solaire' publiée dans la périodique écologiste français silence numéro 206-207 de juillet -aout 1996.

[ 9] Aghia paraskevi “solar and other energy system, laboratory national center for scientific research (NCSR)”. demokritos 13-10, Aghia paraskevi (Athens), Grèce.2003.

[10] bonalati Yamina “Investigation sur la performance d’un distillateur solaire” thèse de magistère. Université de Ouargla. Département de physique 2004.

[11] Makdji nafila ‘impact de l’écart de température (eau-capteur) sur l’efficacité globale d’un distillateur solaire” thèse de magistère, de Constantine département génie climatique,2002.

[12] M. L-egofl. ‘distillateur solaire rustique a film capillaire et a multiples effet. Essais expérimentale à Casablanca.

[13] Selami M. Hassan. ‘Utilisation de l’énergie solaire pour la déminéralisation des eaux saumâtre dans les sud Algérienne “thèse de magistère 2002 université de Ouargla.

[14] Alain Maurel (dessalement solaire) CEA-Cadarache (1986).

[15] Ahmed khedim. Klemens schwarzer Christian faber-christian mtiller “production de centralisée de l’eau potable l’énergie solaire. “desalination 168 (2004) (13-20)

[16] Bachir bouchkima-bernard. Gros ramande Ouahes-Moustafa Int-J therm.” étude théorique et application pratique du distillateur solaire à film capillaire” SCI. (2002) 39-442-459.

[17] Bachir Bouchkima’ a solar desalination plant for domestic water need in arid areas of south Algeria ‘desalination 153. (2002)65-69.

[18] R. Ouahes, ‘P. Legoff, Ouahes (le projet) Dificap distillateur a film capillaire) lab. Des sciences du génie à Nancy, France. (1982).

[19] E. Zayouti, L-Bouirden, A-Aharoune, M-Banouni ‘Distillation solaire : Amélioration de la condensation de la vapeur d’eau dans les distillateurs solaire’

[20] S. Aboul-Enien, A-A, El-sebail and E, El-bialy ‘Investigation of a single Basin solar still with deep Basins’ PII: SO960-1481698

[21] El Madani Ramadan, ‘étude critique et optimisation d’un distillateur solaire’ 2001 thèse de fin d’année.

[22] J.R. VAILLANT ‘les problèmes du dessalement de l’eau de mer et des eaux saumâtre’ France 1975



[23] Labi Aymen, MENNANA Tedjani ‘Contribution à l’amélioration d’un distillateur simple perte : prédiction par la méthode des réseaux neurones artificiels’

[24] Selma Guemari-Rabaa Touahir ‘contribution a l’amélioration de rendement distillateur solaire serre’ 2015 université Kasdi Merbah Ouargla.

[25] Cyrelle Gomella-Bernard Legube

[26] Bureau d’études Industrielle ‘Energie Renouvelables et Environnement ‘ BEIERE 2006, ENSAT / ENSIACET / ENSEEIHT –Département hydraulique et mécanique des fluides description des deux méthodes.

المراجع باللغة الإنجليزية:

[28] V. Velmurugan, M. Gopalokreshman, R. Reghi, K srithor,” single basin Solar still with fin for enhancing productinoity, energy convers. Manag.49(2008) 2602–2608.

[29] Y.H. Zurigat, M.K. Arabi, Modeling and performance analysis of a regenerative solar desalination Unit, Appl. Them .Eng.24(2004)1061\_1072

30 H. Al-Hinai, M.S. Al-Nasir, B.A. Jubran, Parametric investigation of a double effect solar still in comparison with a single-effect solar still, Desalination 150(2002) 75–83

31 H.S. Aybar, H. Assefi, simulation of a solar still to investigate water depth and glass angle, Desalin. Water Treat.7(2009) 35–40.

[32]BELHADJ MOHAMMED MOSTAFA "Etude et amélioration de la performance d'un distillateur solaire couple (SERRE- FILM CAPILLAIRE) dans la region d'OUARGLA" 2015

## الملخص:

في إطار تطوير وتحسين منظومة التقطير الشمسي باستعمال الطاقة الشمسية والسعي لتحسين المردود اليومي لإنتاج الماء المقطر من خلال نماذج التجريبية المقترحة والمعتمدة حاليا في دراسة التقطير الشمسي حيث تم الاعتماد في هذه الدراسة على المقطر البسيط ذو الميل الواحد ذو التركيبة التجريبية السهلة والبسيطة من جهة، والذي يعمل بالطاقة الشمسية لكونها متجددة وغير مكلفة من جهة أخرى. والهدف من هذه الدراسة هو تحسين أداء المقطر الشمسي البسيط باستعمال لاقط شمسي مستوي، والمساهمة في تحسين الإنتاجية الكفاءة الطاقوية وكانت التجارب تعتمد على مقطرين؛ الأول (شاهد) قمنا بطلاء مبخره بالأسود غير البراق، (المقطر المعدل/ المغلف)2 وهو مقطر مغلف بعازل حراري (من مادة الخشب) للحفاظ على درجة حرارة الجدران الخارجية للمقطر وذلك عن طريق تسخين الهواء بواسطة لاقط شمسي مستوي والهدف من هذه التعديلات هو الحصول على زيادة في مردود التقطير الشمسي البسيط من حيث الإنتاج اليومي للماء المقطر. من خلال التجربة المنجزة تحصلنا على بعض النتائج المقبولة والتي تمت في ظروف جوية خاصة تتمثل في سرعة الهواء وارتفاع شدة الاشعاع الشمسي.

**الكلمات المفتاحية:** عملية التقطير، التقطير الشمسي، المقطر الشمسي ذو ميل واحد، الإشعاع الشمسي، انتقال الحرارة، التكثيف، التبخير مكثف، مبخر، لاقط شمسي مستوي.

#### Summary:

Within the framework of developing and improving the system of solar distillation by using solar energy and striving to improve the daily yield of producing distilled water through the experimental models proposed and currently adopted in the study of solar distillation, as the study relied on the simple one-inclined distillation with an easy and simple experimental structure on the one hand, which works Solar energy for being renewable and inexpensive on the other hand. The aim of this study is to improve the performance of simple solar distillers by using a planar solar collector, and to contribute to improving productivity and energy efficiency. The experiments were based on two distillers; The first (witness) we coated its evaporator with a matte black, (modified distillate / coated) 2 which is a distillate coated with a thermal insulation (from wood material) to maintain the temperature of the outer walls of the distiller by heating the air with a flat solar collector and the aim of these modifications is to obtain an increase in the yield of simple solar distillation in terms of the daily production of distilled water. Through the experiment carried out, we obtained some acceptable results, which were made in special weather conditions, represented in the velocity of air and the high intensity of solar radiation.

Key words: distillation process, solar distillation, single inclination solar distillation, solar radiation, heat transfer, condensation, evaporation condenser, evaporator, planar solar collector.