

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

رقم الترتيب:

رقم التسلسل:

جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي

كلية العلوم الدقيقة

قسم: الفيزياء

مذكرة تخرج مقدمة لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

مجال: علوم مادة

تخصص: فيزياء إشعاع

من إعداد: نفيدي سمية وصوالح أسماء

الموضوع

تأثير تراب الكثبان الرملية على التقطير الشمسي

نوقشت يوم: 2017/ 06/07

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة:

رئيسا  
مناقشا  
مناقشا  
مؤطرا  
مساعد المؤطر

أستاذ تعليم عالي  
أستاذ مساعد -أ-  
أستاذ مساعد -أ-  
أستاذ محاضر -ب-  
أستاذ

قده الحبيب  
رحال عاشور  
محلو السعيد  
مفتاح نسيمه  
خشحوش عبد الرحمان

الموسم الجامعي: 2016/2017

## تشكرات

اشكر الله تعالى الذي أوصلني إلى هاته الدرجة وارجوا مغفرته وعفوه وان يبارك لي عملي هذا ويوفقني للمضي قدما في هذا المجال بما فيه خير للأمة جمعاء.

الحمد لله رب العالمين نحمده ونشكره على نعمه والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى اله وصحبه وسلم تسليما كثيرا إلى يوم الدين والحمد لله الذي أمدني بالقوة والصبر لإتمام هاته المذكرة لذا فاني أتقدم الشكر الجزيل إلى أستاذي "خشخوش عبد الرحمان" على عطائه وإرشاداته فمهما شكرته فلن أستطيع أن أوفي حقه كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى الأستاذة "مفتاح نسيمة" على نصائحها القيمة وتوجيهاتها وكذلك اخص بالذكر إلى أخي وشقيقي "تقي الدين نفيدي" على مساعدته ووقوفه معي إلى آخر يوم في تقديم المذكرة ونصائحها القيمة ر واشكر كذلك أختي "نفيدي سلسبيل" وكذلك زميلتي العزيزتين "فاطمة رضواني" و"هادية معامير" على مساعدتهما في صناعة المقطر وفي إجراء التجارب وكذا صديقتي "سقني ليلى" التي طالما أمدتني من عطائها وزميلتي "برحومة سمية" كما لا أنسى الأستاذ "رحال عاشور" واسرة الجبران خلف وكذلك أسرتي التي طالما قصرت في حقها واشكر مخبر V.T.RS وكل من قدم لي يد المساعدة من بعيد أو قريب. كما أقدم شكري إلى الأساتذة الكرام الذين قبلوا مناقشة مذكرتي وهم :

الاستاذ الدكتور: رحال عاشور.

الاستاذ الدكتور: السعيد محلو.

رئيس اللجنة المناقشة الاستاذ الدكتور: قدة الحبيب.

واشكر أساتذتي الذين تلقيت على أيديهم دراستي الابتدائية والمتوسطة والثانوية والجامعية .

فهرس المحتويات

تشكرات ..... II

فهرس المحتويات ..... II

فهرس الاشكال ..... II

فهرس الجداول ..... II

فهرس الرموز ..... II

2	مقدمة عامة .....
<b>الفصل الأول: مقدمة حول المقطرات الشمسية</b>	
4	1-1-1- مقدمة .....
4	2-1- تعريف المقطر الشمسي .....
5	3-1- بعض الأبحاث العلمية حول المقطرات الشمسية .....
6	4-1- مبدأ عمل المقطر الشمسي .....
7	5-1- أنواع المقطرات الشمسية .....
7	1-5-1- المقطر الشمسي بميل واحد .....
8	2-5-1- المقطر الشمسي بميلين .....
8	3-5-1- المقطر الشمسي الكروي بماسح .....
9	4-5-1- المقطر الشمسي الاسطواني .....
10	5-5-1- مقطر شمسي أرض - ماء .....
10	6-5-1- المقطر الشمسي ذو مجمع مركز .....
11	7-5-1- المقطر الشمسي متعدد الطوابق .....
11	8-5-1- المقطرات ذات الغطاء الزجاجي .....
12	9-5-1- المقطر الشمسي المائل ذو الفتيلة .....
13	10-5-1- المقطر الشمسي بالخاصية الشعرية .....
13	11-5-1- المقطر الشمسي العمودي .....
14	12-5-1- المقطر الشمسي البلاستيكي .....
15	13-5-1- المقطر الشمسي المدرج .....
16	14-5-1- المقطر الشمسي المخروطي .....
17	6-1- العوامل المؤثرة في التقطير الشمسي .....
17	1-6-1- العوامل الخارجية .....
17	1-1-6-1- تأثير الإشعاع الشمسي .....
17	2-1-6-1- تأثير سرعة الرياح .....
17	3-1-6-1- تأثير درجة حرارة المحيط .....
17	4-1-6-1- بعض العوامل الأخرى .....
18	2-6-1- العوامل الداخلية .....
18	1-2-6-1- تأثير العزل الحراري لجسم المقطر .....
18	2-2-6-1- تأثير عمق الماء المالح في قاعدة المقطر .....
18	3-2-6-1- تأثير تسرب البخار من المقطر .....
18	4-2-6-1- تأثير تسرب الماء المقطر الناتج .....
18	5-2-6-1- تأثير زاوية ميل الغطاء الزجاجي .....

18	1-6-2-6- تأثير المسافة بين الغطاء و سطح الماء.....
19	1-6-2-7- تأثير تراكم الملح في قاعدة المقطر.....
19	1-7- خاتمة.....
<b>الفصل الثاني: دراسة نظرية للمقطر الشمسي البسيط</b>	
20	2-1- المقدمة.....
20	2-2- المميزات الأساسية للمقطر الشمسي.....
20	2-2-1- المردود.....
20	2-2-2- الفعالية (الكفاءة).....
20	2-2-2-1- الفعالية الإجمالية (الكفاءة الإجمالية).....
21	2-2-2-2- الفعالية الداخلية.....
21	2-2-2-3- الفعالية الإجمالية المتوسطة.....
21	2-2-2-4- الفعالية الداخلية المتوسطة.....
22	2-3- دراسة نظرية للمقطر الشمسي المسطح.....
22	2-3-1- التوازن الطاقوي للمقطر.....
22	2-3-2- النوازن الطاقوي للزجاج.....
23	2-3-3- التوازن الحراري للماء.....
23	2-3-4- التوازن الحراري للحوض الداخلي.....
23	2-3-5- التوازن الحراري للعازل.....
23	2-3-6- تدفق الماء المقطر.....
24	2-3-7- معاملات التبادل الحراري.....
24	2-3-7-1- انتقال الحرارة بالإشعاع ماء- زجاج.....
24	2-3-7-2- انتقال الحرارة بالحمل ماء- زجاج.....
24	2-3-7-3- انتقال الحرارة بالتبخير.....
25	2-3-7-4- انتقال الحرارة بالإشعاع زجاج- وسط.....
25	2-3-7-5- انتقال الحرارة بالحمل زجاج – محيط.....
25	2-3-7-6- انتقال الحرارة بالحمل حوض-ماء.....
26	2-3-7-7- التدرج للحرارة.....
27	42- المواد المستعملة و خطوات التصنيع.....
27	2-4-1- المواد المستعملة.....
30	2-4-2- خطوات التصنيع.....
32	2-5- خاتمة.....
<b>الفصل الثالث: دراسة تجريبية للمقطر الشمسي البسيط</b>	
33	3-1- مقدمة.....
33	3-2- شروط التجربة.....
33	3-3- مكونات المقطر الشمسي.....
34	3-3-1- الصندوق الخشبي.....
34	3-3-2- الغطاء الزجاجي.....
34	3-3-3- أنبوب لتجميع المياه.....
35	3-3-4- إناء لتجميع المياه.....
35	3-3-5- العازل.....
35	3-4- الأجهزة وأدوات القياس المستعملة في التجارب.....
35	3-4-1- جهاز الاردينو.....

36	.....مكوناته 1-1-4-3
37	.....برنامج الاردوينو 2-1-4-3
37	.....التطبيقات المتوافقة مع الاردوينو 3-1-4-3
44	.....الأنبوب المدرج 2-4-3
45	.....بيرانومتر 3-4-3
45	.....متر PH 4-4-3
45	.....جهاز قياس الناقلية 4-4-3
45	.....التحضير للتجربة 5-3
47	.....التجارب 6-3
47	.....التجربة الأولى 1-6-3
48	.....التجربة الثانية 2-6-3
49	.....خاتمة 7-3
<b>الفصل الرابع: النتائج والمناقشة</b>	
50	.....مقدمة 1-4
50	.....تحليل النتائج 2-4
51	.....تطور الإشعاع الشمسي 1-2-4
52	.....تطور درجة حرارة الجو 2-2-4
53	.....تطور درجة حرارة الزجاج من الخارج 3-2-4
54	.....تطور درجة حرارة الزجاج من الداخل 4-2-4
55	.....درجة حرارة الماء 5-2-4
56	.....تطور كمية الماء 6-2-4
57	.....مناقشة النتائج 3-4
57	.....حرارة الزجاج الداخلي و الخارج 1-3-4
57	.....فارق درجة الحرارة بين الماء والزجاج الداخلي 2-3-4
58	.....درجة حرارة الماء الداخلي في المقطر 3-3-4
59	.....الإشعاع الشمسي 4-3-4
60	.....خاتمة 5-4
62	.....الخاتمة العامة
63	.....المراجع

فهرس الاشكال

الصفحة	عنوان الشكل	ترتيب الشكل
<b>الفصل الاول</b>		
4	شكل تخطيطي لمقطر شمسي ذو غطاء بميلين.	(1-1)
7	مقطر شمسي بميل واحد.	(2-1)
8	مقطر شمسي بميلين.	(3-1)
9	المقطر الشمسي ذو ماسح كروي.	(4-1)
9	مقطر شمسي اسطواني	(5 -1)
10	مقطر شمسي ارض- ماء.	(6-1)
10	مقطر شمسي ذو مجمع مركز.	(7-1)
11	مقطر شمسي متعدد الطوابق	(8-1)
12	رسم تخطيطي لمقطر شمسي ذو غطاء زجاجي.	(9-1)
12	جهاز التقطير الشمسي المائل ذو الفتيلة.	(10-1)
13	مقطر الشمسي بالخاصية الشعيرية.	(11-1)
14	مخطط يوضح مقطع جانبي للمقطرين	(12-1)
15	مقطر شمسي بلاستيكي.	(13-1)
15	رسم تخطيطي لمقطر شمسي مدرج ذو غطاء مبرد(التبريد بماء التغذية)	(14- 1)
16	رسم تخطيطي لمقطر شمسي مدرج باستخدام مكثف اضافي.	(15-1)
16	رسم تخطيطي لمقطر شمسي مخروطي	(16-1)
<b>الفصل الثاني</b>		
22	التوازن الطاقوي للمقطر الشمسي	(1-2)
<b>الفصل الثالث</b>		
33	صورة ثلاثية الأبعاد لمكونات المقطر الشمسي	(1-3)
34	صورة فوتوغرافية للصندوق الخشبي	(2-3)
34	صورة فوتوغرافية للغطاء الزجاجي	(3-3)
35	البطاقة الالكترونية للاردوينو.	(4-3)
36	مكونات الاردوينو.	(5 -3)
37	برنامج الاردوينو	(6-3)
38	اللاقط LM35 .	(7-3)
38	مصباح LED.	(8-3)
39	العارض.	(9-3)
39	المحلل BCD.	(10 -3)
39	جهاز قياس التيار.	(11-3)
40	شاشة عرض.	(12-3)
40	جهاز التحكم عن بعد.	(13 -3)
44	أنبوب مدرج	(14-3)
45	صورة فوتوغرافية لجهاز pH متر	(15-3)
45	صورة فوتوغرافية لجهاز الناقلية	(16-3)
48	يمثل صورة فوتوغرافية للمقطرين الشمسيين البسيطين.	(17-3)

49	مقطر شمسي مسطح يحتوي التراب.	(18-3)
<b>الفصل الرابع</b>		
51	المقطرات أثناء التجربة	(1-4)
52	منحنى الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن	(2-4)
53	منحنى درجة حرارة الوسط بدلالة الزمن	(3-4)
54	منحنى درجة حرارة الزجاج من الخارج بدلالة الزمن	(4-4)
55	منحنى درجة حرارة الزجاج من الداخل بدلالة الزمن	(5-4)
56	منحنى درجة حرارة الماء بدلالة الزمن	(6-4)
57	مخطط أعمدة لكمية الماء بدلالة الزمن	(7-4)
58	تطور فرق درجة حرارة بين الماء و الزجاج الداخلي بدلاله كمية الماء المنتج	(8-4)
59	تطور درجة حرارة الماء بدلالة كمية الماء المنتج	(9-4)
60	الإشعاع الشمسي بدلالة كمية الماء المنتج	(10-4)

فهرس الجداول

الصفحة	عنوان الجدول	ترتيب الجدول
<b>الفصل الثاني</b>		
28	المواد المستعملة في صناعة المقطر الشمسي البسيط	(2.1)
30	مراحل تصنيع المقطر الشمسي البسيط	(2.2)
<b>الفصل الثالث</b>		
41	يوضح كيفية ربط الاردوينو بجهاز الحاسوب واللوافظ.	(1-3)
46	مراحل التحضير للتجربة	(2-3)
<b>الفصل الرابع</b>		
50	الأحوال الجوية للتجربة	(1-4)
50	نتائج تحليل الماء المستعمل للتقطير	(2-4)

فهرس الرموز

الرموز	الاصطلاحات	الوحدة
Q evp	التدفق الحراري بالتبخير	w
s	سطح الغطاء الزجاجي	m <sup>2</sup>
Md	تدفق الماء المقطر	kg/s
G	الطاقة الأفقية الشمسية الواردة إلى السطح	w/m <sup>2</sup>
L <sub>v</sub>	الحرارة اللاتونية	J/kg
Q <sub>eau</sub>	التدفق الكتللي للماء	W
τ <sub>v</sub>	نفاذية غطاء زجاج	-
τ <sub>e</sub>	نفاذية الماء المراد تقطيره (الماء المالح).	-
a <sub>b</sub>	امتصاصية الحوض	-
a <sub>s</sub>	امتصاصية الفعالة للماء المراد تقطيره (الماء المالح).	-
a <sub>w</sub>	امتصاص الفعال للماء المراد تقطيره (الماء المالح).	-
H <sub>d</sub>	مقدار الاشعاع الشمسي الساقط على سطح الغطاء في اليوم	w/m <sup>2</sup> .j
M	كتلة الماء المقطر	Kg
m	الكتلة	Kg
C <sub>ps</sub>	حرارة النوعية للماء	kJ/(kg.°k).
Q <sub>re_vi</sub>	تدفق حراري بالاشعاع بين فيلم الماء والزجاج	W
Q <sub>evap</sub>	تدفق حراري بالتبخير- التكثيف بين فيلم الماء والزجاج	W
Q <sub>rve_ciel</sub>	تدفق الحراري الضائع للزجاج بالإشعاع نحو الخارج	W
Q <sub>cv_a</sub>	تدفق الحراري الضائع للزجاج بالحمل نحو الخارج.	W
Q <sub>ce_vi</sub>	تدفق حراري بالحمل بين فيلم الماء والزجاج	W
δv	سماكة الزجاج	M
λv	الناقلية الحرارية للزجاج	
Q <sub>c.b_e</sub>	تدفق حراري بالحمل بين قاعدة المقطر وفيلم الماء	W
P <sub>e</sub>	قوة امتصاص الماء الموجود في قاعدة المقطر	
Q <sub>cd</sub>	تدفق الحراري الضائع بالتوصيل للحوض	W
Q <sub>c.d.b_iso.</sub>	تدفق حراري بالتوصيل بين الحوض والعازل الحراري	W
M	كتلة الماء المقطر	Kg
T <sub>e</sub>	حرارة الماء	°C
T <sub>v</sub>	حرارة الزجاج	°C
Q <sub>re_v</sub>	معامل تحويل الحرارة بالإشعاع بين فيلم الماء والزجاج.	

$W/m^2$	الانبعاثية الفعالة.	$\varepsilon_{eff}$
$W/m^2 \cdot k^4$	ثابت ستيفان بولتزمان	$\sigma$
$W/m^2$	انبعاثية الماء.	$\varepsilon_e$
$W/m^2$	انبعاثية الزجاج	$\varepsilon_v$
$W/m^2 \cdot k$	معامل تحويل الحرارة بالحمل بين فيلم الماء و الزجاج	$h_{c.e.v.}$
$W/m^2 \cdot k$	معامل تحويل الحرارة بالتبخير - التكثيف بين فيلم الماء و الزجاج	$h_{evap.}$
$W/m^2 \cdot k$	معامل انتقال الحرارة بالإشعاع من الزجاج الى السماء .	$h_{r.v.ciel}$
	درجة حرارة السماء	$T_{ciel}$
(m/s)	سرعة الريح.	$V$
$W/m^2 \cdot k$	معامل تحويل الحرارة بالحمل بين قاع الخزان وفيلم الماء.	$h_{c.b.e}$
w/m.k	الموصلية الحرارية للمائع(الماء).	$\lambda_f$
-	عدد براندل	Pr
--	رقم كيرشوف	Gr
m	طول الحوض الماص	$\lambda$
Kg/m <sup>3</sup>	الكتلة الحجمية للماء	$\rho$
m <sup>2</sup> /s	تسارع الجاذبية	G
Kg/m .s	اللزوجة الديناميكية	M
k-1	معامل التمدد الحجمي للماء	B
°C	درجة حرارة الحوض.	$T_b$
°C	درجة حرارة العازل.	$T_i$
w/m.k	الموصلية الحرارية للعبوة	$\lambda_b$
m	سمك الحوض	$\delta_b$
m	سمك العازل.	$\delta_{iso}$
w/m.k	موصلية العازل.	$\lambda_{iso}$
$W/m^2 \cdot k$	معامل انتقال الحرارة بالحمل بين العازل والهواء الخارجي.	$h_{iso.e.a}$
bars	الضغط	P
	الكفاءة الإجمالية	$\eta_0$
	بالكفاءة اليومية الحظية	$\eta_d$
	الفعالية الداخلية	$\square_i$

### مقدمة عامة

يعتبر الماء مصدر حيويًا وأساسيا لكل الكائنات الحية و الحاجة الماسة إلى المياه الصالحة للشرب تزداد يوما بعد يوم بشكل مستمر. ونجد أن ندرة المياه الصالحة للشرب مطروحة بشكل واضح في المناطق الحضرية كما في المناطق النائية ويرجع ذلك لتزايد عدد السكان (النمو الديموغرافي) في هذه المناطق وكذلك نقص المياه العذبة. فبالرغم من أن نسبة الماء على سطح الكرة الأرضية تقارب 71% من المساحة الإجمالية إلا أن 97% منها مياه مالحة و 3% مياه عذبة بالإضافة إلى أن 2/3 من المياه العذبة متجمد في كل من القطبين الشمالي والجنوبي وهذا ما أدى أيضا إلى أن الكثير من الدول تعاني نقص المياه الصالحة للشرب [1].

الجزائر بلد غير مستثنى من هذا المشكل نظرا لشاسعة الرقعة الجغرافية وعدد السكان المرتفع. وتمثل الصحراء ثلثي المساحة الإجمالية يتوزع سكانها في مناطق نائية ومعزولة عن المصادر الطاقوية الاعتيادية وفكرة إنشاء محطات تحلية بهذه مناطق أمر في غاية الصعوبة كون تلك المناطق تفتقر لأدنى مستلزمات الحياة كاتصالات الشبكة الكهربائية ذات الجهد العالي وغيره [2].

البديل الذي يفرض نفسه حاليا هو استخدام الطاقة الشمسية كونها طاقة متجددة ونظيفة و متوفرة على مدار السنة بالجزائر. لقد استغل العلماء والباحثين ظاهرة التبخير باستخدام الطاقة الشمسية في اكتشاف جهاز للحصول على المياه الصالحة للشرب يسمى المقطر و الذي يعتمد أساسا على عملية التقطير الشمسي.

ان أول مقطر شمسي صنع عام 1872م من طرف المهندس السويدي (Charlos Wilson) ويتكون من 64 حوض من مادة الخشب الأسود مزود بأغطية مائلة، وهذا المقطر ينتج حوالي 20000 لتر باليوم. واستمر العمل على هذه المقطرات إلى غاية 1940م ومازالت المحاولات لتطويرها مستمرة إلى يومنا هذا في سبيل الوصول إلى أعلى كفاءة واكبر مردود [3].

لقد قام الباحث (Imad al-Hayek, 2004) [5,4] حيث تم دراسة استعمال الطاقة الشمسية في نوعين من المقطرات الشمسية والعوامل المؤثرة على إنتاج الماء المقطر، فتبين أن إنتاجية وفعالية المقطر ذو الميل الواحد الذي يملك مرآة داخل جدران المقطر أكثر من إنتاجية وفعالية المقطر الشمسي ذو ميلين، وأن مردود المقطر الشمسي ذو الميل الواحد أكثر بنسبة 20% من المقطر الشمسي ذو ميلين. أما بالنسبة لأداء المقطرات فإنها لها علاقة بدرجة حرارة سطح الماء وبالإشعاع الشمسي الوارد كما أن كمية الماء المقطر يمكن أن تزداد بانخفاض عمق الماء. أما العالم (Janarthanan, 2006) [6] اعتبر تصميمًا جديدًا لمقطر شمسي بالفيلم الشعيري حيث تم من خلال هذا العمل تحديد تأثير دمج كلا من تدفق الماء المالح عبر النسيج وتدفق المياه عبر الغطاء الزجاجي وذلك لاعتبارات عدة منها الخاصية الشعيرية الجيدة، وكذا العوامل المناخية، وقوة الامتصاص الإشعاعي ثم تم تطوير هذه النظرية عن طريق التجريب في الهند بتاريخ مارس 2004

أما الباحثان (Fath and Elsherbiny) [7] في سنة 1993 أنجزا تحليلا لتأثير فعالية إدماج مكثف إضافي للمقطر الشمسي أحادي الميل، وهو عبارة عن توصيل مباشر لخلية تكثيف حيث يتم انتقال البخار إليها عن

طريق فتحة أعلى الخلية. التجارب تمت بمقارنتها مع المقطر أحادي الميل حيث أكد زيادة بحوالي 70% من الناتج اليومي .

يساهم بحثنا و لو بقدر يسير في معالجة مشكلة نقص المياه بمنطقة الوادي و ذلك بدراسة و تصنيع مقطر شمسي بسيط يعمل بالطاقة الشمسية. هذا المقطر يمكن لأي شخص صناعته و لا يستعمل اي نوع من الطاقة عدا أشعة الشمس. كما تهدف هذه الدراسة ايضا العمل على تحسين مردودية هذا النظام الحراري. لقد لفت الانتباه الكم الكبير من رمال الكثبان الرملية المجانية بالمنطقة ، مما يجعل السؤال يطرح نفسه هل يمكن استعمالها لتحسين وتسريع عملية التقطير الشمسي؟ وهذا ما سنتناوله تجريبيا في هذه المذكرة. تحتوي المذكرة بالإضافة للمقدمة العامة و الخلاصة العامة أربعة فصول مقسمة على النحو التالي:

**الفصل الأول:** سنتطرق إلى نبذة تاريخية حول المقطرات الشمسية وبعض البحوث العلمية التي أجريت حول المقطرات ثم مبدأ عمل المقطر الشمسي و بعض أنواع المقطرات إضافة إلى العوامل الداخلية والخارجية المؤثرة على عملية التقطير الشمسي.

**الفصل الثاني:** سنتطرق إلى المميزات الأساسية للمقطر الشمسي والمعادلات الرياضية الحاكمة المستعملة (دراسة نظرية للمقطر الشمسي المسطح) وطريقة تصنيع المقطر الشمسي المسطح.

**الفصل الثالث:** سنتعرف على المراحل التي قمنا بها لصنع مقطر شمسي بسيط و المكونات والأجهزة والأدوات المستعملة في قياس مردود التقطير بإضافة الرمل.

**الفصل الرابع:** سنخصصه لتحليل ومناقشة النتائج.

## 1-1- مقدمة:

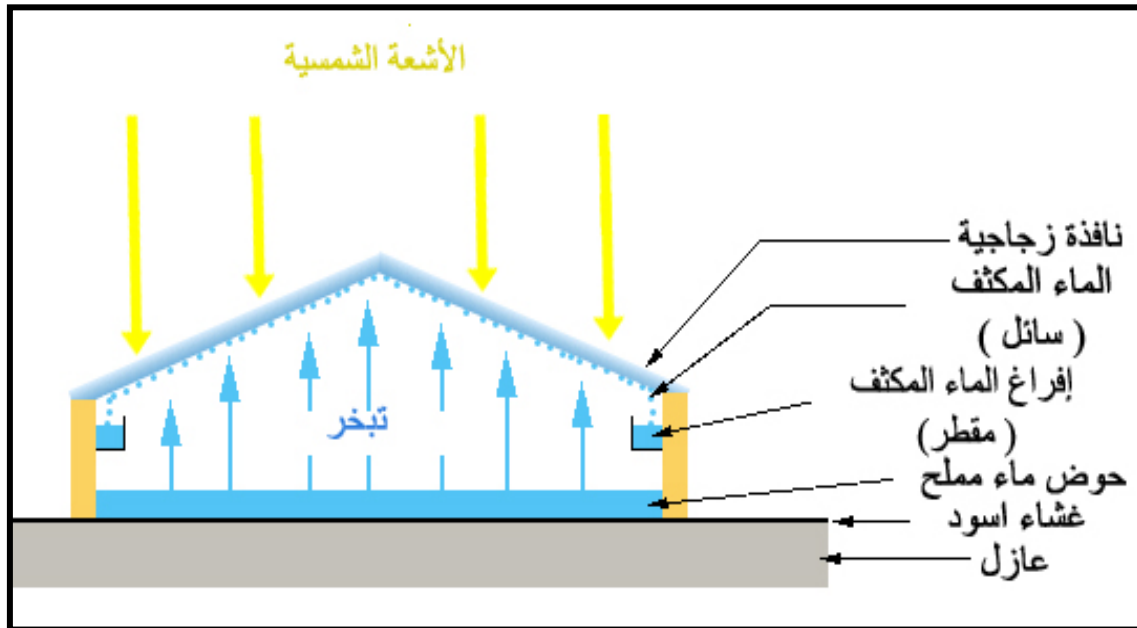
عرف الإنسان منذ القدم أن للشمس طاقة هائلة فضلا عن كونها مصدر طبيعي غير مكلف، فالطاقة الشمسية هي الضوء والحرارة المنبعثان من الشمس. حيث قام الإنسان بتسخيرها لمصلحته منذ عصور باستخدام مجموعة من وسائل التكنولوجيا والتي بدورها تتطور باستمرار. وتضم تقنيات تسخير الطاقة الشمسية استخدام الطاقة الحرارية للشمس سواء للتسخين المباشر أو ضمن عملية تحويل ميكانيكي لحركة أو لطاقة كهربائية أو لتوليد الكهرباء عبر الظواهر الكهروضوئية.

وفي وقتنا الحالي نجد أن الكثير من الدول تعاني صعوبة في الحصول على المياه الصالحة للشرب وذلك لتزايد تكلفتها وندرة مياها العذبة فوجدت هذه الدول أن طريقة التقطير بالطاقة الشمسية هو الحل الأنسب لحل مشاكلها. فما هو تعريف هذه المقطرات وما هو مبدأ عملها؟ وما هي أنواعها؟

## 1-2- تعريف المقطر الشمسي:

المقطر الشمسي هو عبارة عن حوض ذو قاعدة سوداء اللون تستعمل كماص لأشعة الشمس مغطى بسطح زجاجي مائل بزواوية يتكاثف على سطحه الداخلي بخار الماء بفعل أشعة الشمس ثم يتجمع في قناة خاصة بالماء المقطر (الشكل 1-1).

أول انطلاقة في مجال الطاقة الشمسية وضعها العالم (Archimède) باختراعه مادة الزجاج حيث أمكن استغلالها في تصنيع العدسات والمرايا للمساهمة في استغلال هذه الأشعة الشمسية و توالى بعدها الاختراعات في سبيل استغلال الطاقة الشمسية. فأول استغلال فعلي للطاقة الشمسية في مجال التقطير كان من طرف العالم الانجليزي (Harding) سنة 1872م في شمال الشيلي بصحراء (LASSALINAS). [3]



الشكل (1-1): شكل تخطيطي لمقطر شمسي ذو غطاء بميلين.

### 3-1 - بعض الأبحاث العلمية حول [المقطرات الشمسية]:

علاوة على ذلك (Boukar and Harmim, 2001) [8] أثبتوا تجريبيا مدى فعالية المقطر الشمسي العمودي بخاصية سريان ماء التبخير على سطح قماش إسفنجي وأشاروا إلى أن معدل الإنتاج يتضاعف بصورة تلقائية مع الظروف المناخية ودرجة حرارة المنطقة الصحراوية، بالإضافة لدرجة حرارة الغطاء الزجاجي، كما أظهرت الدراسة على مدى 4 أشهر بأن إنتاجية مثل هذا المقطر العمودي تتفاوت من 0.5 إلى  $2.3 \text{ kg/m}^2$  مساحة القطعة الأسفنجية.

أما (Chaibi, 2000) [2] أنجز دراسة عددية على بيت زجاجي معد للزراعة مضافا إليه مقطر شمسي مائل في سقفه جهة الإشعاع الشمسي، حيث هذا المقطر يتألف من مواد شفافة للإشعاعات الواردة. من خلال النتائج المصرح بها فهذا النموذج المقترح يصلح استخدامه في المناطق ذات المناخ الجاف من أجل تكيف الظروف المناخية المساعدة لنمو النباتات في المناطق التي تفتقر للرطوبة وإنتاج الماء المقطر لاستخدامه في عملية السقي. تقدر السعة الإنتاجية المتحصل عليها من هذا النموذج حوالي  $1-1.6 \text{ kg/m}^2/\text{J}$  وبالتالي يعد هذا النموذج من بين الانظمة المقترحة لإنتاج المياه العذبة لاستغلالها في ري المحاصيل الزراعية.

في سنة 2000 أنجز (Tanaka) [2] دراسة تطبيقية لتصميم التركيبي بين خلية مستطيلة للتقطير ذات بعد بيني بين صفيحتين  $5\text{mm}$ ، كما يحتوي على قطعة من النسيج مثبتة على اللوح الساخن للخلية مع مقطر شمسي أحادي الميل. أخلصت نتائج النظرية على الزيادة التي فاقت التوقعات وهذا كلما زادت عدد الخلايا. نظريا يصل الإنتاج المقترح أكثر من  $15 \text{ kg/m}^2/\text{d}$  من أجل 10 خلايا ذات بعد بيني  $5\text{mm}$  على اعتبار مقدار الإشعاع الشمسي يصل  $22.4 \text{ MJ/m}^2/\text{d}$ .

فكرة هذا التصميم لـ (El-Bahi, 1999) [9] تأتي من ازدياد معدل البخار المحصور داخل المقطر الشمسي مما يولد ضغطا زائدا. ولتقليل من أثر هذه الظاهرة يفتح شق صغير لتمرير البخار لغرفة تكثيف ثانية، معزز بمكثف إضافي وعاكس للإشعاع مما يعطي له ميزة تحسين الأداء للجهاز. يصل معدل الإنتاج اليومي لهذا التصميم حوالي  $7 \text{ L/m}^2/\text{d}$  حيث تنخفض فعاليته إلى غاية 70% حينما يعمل بإضافة المكثف، لكن ترتفع إلى غاية 75% حالما نتخلى عن المكثف.

الهدف الرئيسي من العمل الذي أنجزه (Zeroual, 2011) [10] هو تعزيز المردود اليومي للمقطر الشمسي البسيط ذي ميلين من خلال تحسين أداء المكثف. وقد تحقق ذلك عن طريق تبريد أحد سطوحه المكثفة. أجريت على إثر ذلك سلسلتين من التجارب، في المجموعة الأولى تم تبريد الغطاء الشمالي بالماء المناسب على كامل سطحه الخارجي، لهذا تعززت الإنتاجية بنسبة 11.8%. السلسلة الثانية تمثلت في خفض درجة حرارة الزجاج الشمالي و ذلك من خلال وضع ظل متقطع على فترات (14h00-12h00) ونسبة التحسين بهذا الإجراء كانت حوالي 2.94%.

(Bechki, 2010) [11] أنجز عملا تجريبيا على المقطر الشمسي البسيط مزدوج الميل بجنوب الجزائر على أساس تظليل جزئي لفترات متقطعة لجانب من جوانب الغطاء الزجاجي وذلك لتخفيض من درجة حرارته وتحسين أداء التكتيف. هذا العمل أعطى تحسين بمقدار 12% من الناتج اليومي.

النموذج المقترح من طرف (Bouchekima, 2001) [12] تم صياغة معادلات الانتقال الحراري والكتلي داخل خلية التقطير للمقطر الشمسي بالفيلم الشعيري كما أجريت عليه عدة تجارب لإثبات الطرح النظري. أثبتت النتائج التجريبية المتحصل عليها تفوق مثل هذا النموذج على النموذج التقليدي بالحوض الأفقي. كما وجد من جهة أخرى بأن الشاش المستعمل في هذه يعمل على تجانس الفيلم الشعيري الرقيق للماء عبر كامل الصفيحة.

الأعمال التي أنجزها (Marif, 2008) [13] تجريبيا على المقطر الشمسي بالفيلم الشعيري للماء على مستوى جامعة قاصدي مرباح ورقلة، مخبر تطوير الطاقات الجديدة والمتجددة في المناطق الجافة والصحراوية توضح جليا التوافق النظري مع القياسات التجريبية فيما يخص مقطر بطابق واحد. ولقد اثبت هذا التوافق ايضا الباحث (Zerrouki, 2014) [14]، وتحقيق مبدأ الاستفادة من الطاقة الضائعة من كل طابق لإعادة تدويرها في الطابق الموالي . يصل معدل إنتاجية الجهاز بعدة طوابق إلى حوالي 2.10 kg/m<sup>2</sup>.

التحقيق التجريبي المنجز من طرف (Ahmed, 1988) [15] يهدف في الأساس لإبراز أهمية ربط مكثف داخل مقطر شمسي بسيط أحادي الميل، الناتج اليومي من الماء المقطر يتزايد بشكل ملحوظ من مقطر بسيط لا يحتوي مكثف إضافي حيث يبلغ الناتج حتى 5.5kg/m<sup>2</sup>/d إلى غاية 5.9 kg/m<sup>2</sup>/d في حال مقطر يحتوي على مكثف. ترتبط فعالية هذا الجهاز على تغيرات شدة الإشعاع الشمسي. النموذج المقترح من طرف (Hassan, 2002) [16] يتمثل في مقطر بسيط مزدوج الميل، الوجه الموجه نحو الجنوب من الزجاج، بينما الوجه الآخر يعتبر غطاء معدني ذو زعانف لزيادة معدل التكثيف. الفكرة البارزة في هذا التصميم تعتبر محاولة لتعزيز عملية التبخير بإضافة مكثف محسن. تم دراسة تأثير التبريد اللحظي للغطاء الزجاجي بالموازاة مع معاملات تشغيلية أخرى حيث وجد بأن لها تأثير ضئيل على نظام التقطير.

#### 4-1- مبدأ عمل المقطر الشمسي:

مبدأ عمل المقطر الشمسي هو نفس مبدأ الظاهرة الطبيعية للتقطير الشمسي، فعندما تسقط الأشعة الشمسية على ماء البحر (المحيطات، البحيرات و الأنهار) فإنها تسخن هذا الماء وهذا الأخير يتبخر ويرتفع إلى الأعلى ثم ينتقل البخار عبر الرياح حتى يصل إلى مكان أكثر برودة فيتكاثف وتتشكل السحب وبعد ذلك يمكن أن يكون مطرا أو ثلجا [17]. أما بالنسبة لمبدأ عمل المقطر الشمسي يكون على النحو التالي: يسخن الماء الذي بالحوض بفعل أشعة الشمس ويأخذ في التبخر، ينتقل بخار الماء الناتج الى غطاء المقطر على الجانب الداخلي للغطاء عند درجة حرارة تقع بين درجة الماء المالح في القاعدة ودرجة حرارة المحيط، تتساقط قطرات الماء المتشكلة على الغطاء الزجاجي الداخلي بفعل ثقلها الى وعاء تجميع الماء المقطر [18].

#### 5-1- أنواع المقطرات الشمسية:

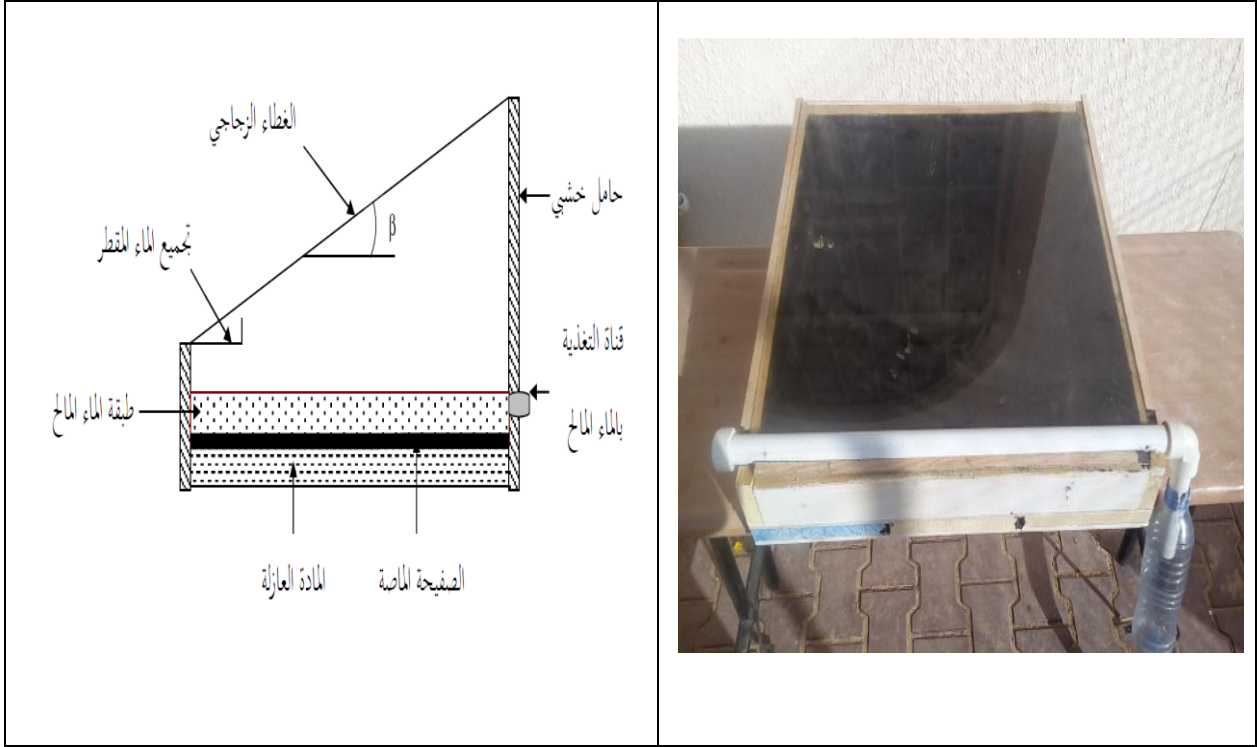
##### 1-5-1- المقطر الشمسي بميل واحد:

المقطر الشمسي هو عبارة عن جهاز حراري لإنتاج الماء المقطر يعتبر ابسط مقطر يمكن لأي شخص متوسط المستوى صناعته و صيانتته. يتكون المقطر من:

- صندوق خشبي
- غطاء زجاجي
- انبوب لتجميع المياه
- اناء لتجميع المياه

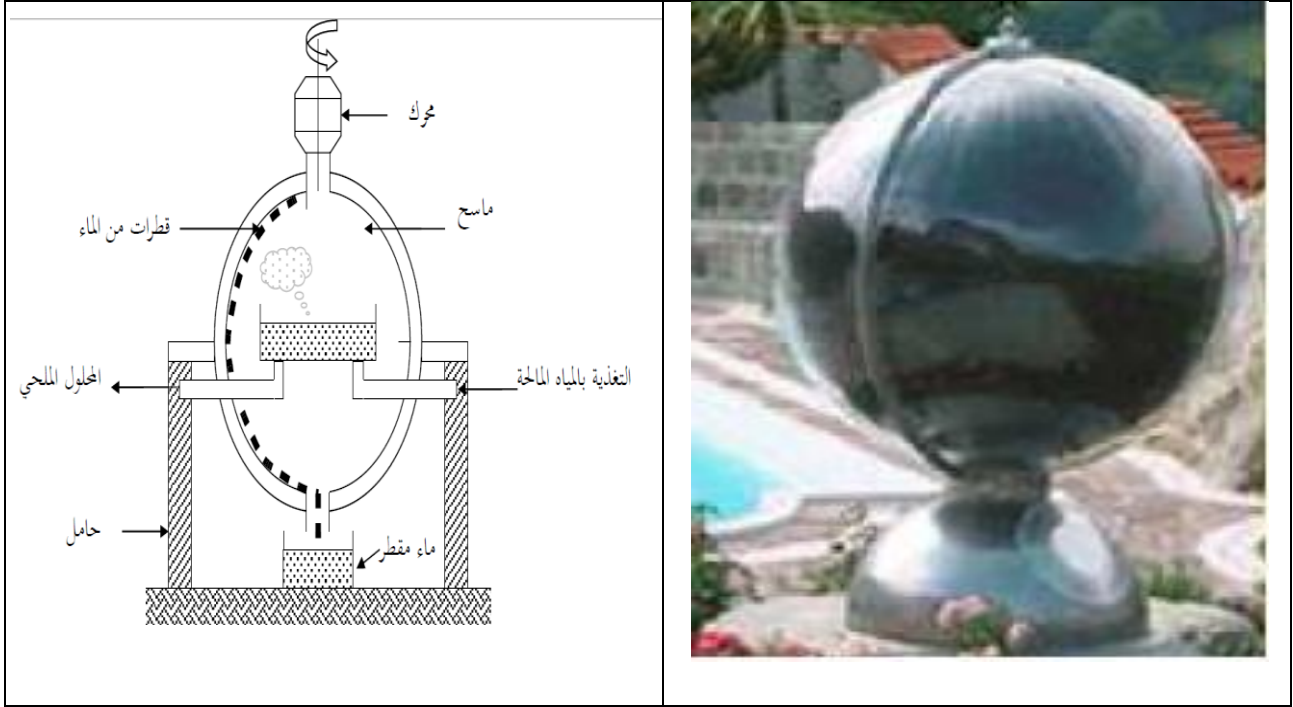
اما مبدا عمله فهو كالتالي:

- 1- تسقط اشعة الشمس وتخرق الزجاج
- 2- يسخن الماء فيتبخر
- 3- يتكاثف البخار على السطح الداخلي للزجاج
- 4- تنزل قطرات الماء المتكاثفة على السطح الداخلي للزجاج بفعل ثقلها لانبوب تجميع المياه
- 5- تتجمع المياه المقطرة من الانبوب الى اناء تجميع الماء (الشكل 2-1).



الشكل (2-1): مقطر شمسي بميل واحد [19].

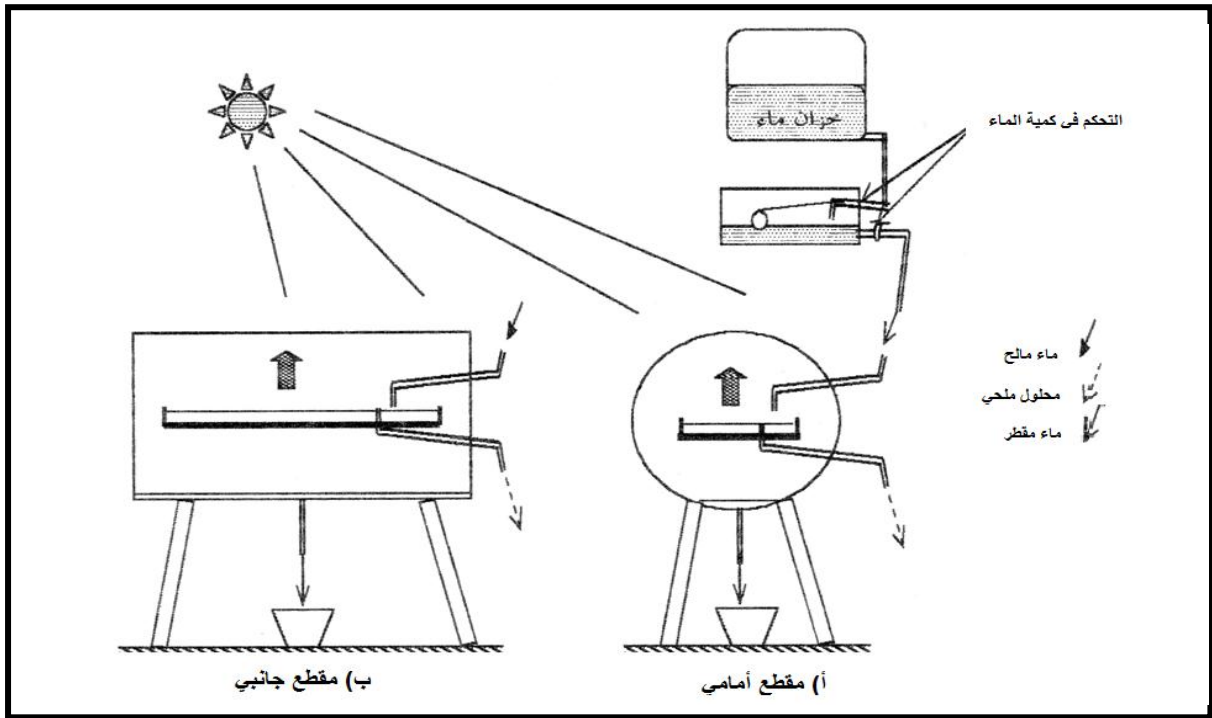




الشكل (4-1): المقطر الشمسي ذو ماسح كروي [4].

#### 4-5-1- المقطر الشمسي الاسطواني:

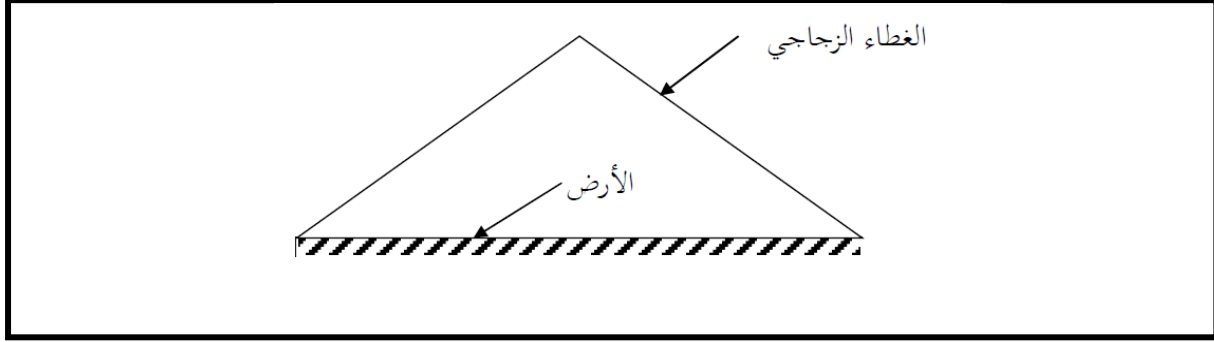
يعمل بنفس مبدأ المقطر الكروي في تجميع الماء المقطر إلا أن نظام مسح الماء المكثف على الجدار الداخلي للزجاج غير مستعمل [20] كما هو موضح في الشكل (5-1).



الشكل (5-1): مقطر شمسي اسطواني [20].

### 5-1-5- مقطر شمسي أرض - ماء:

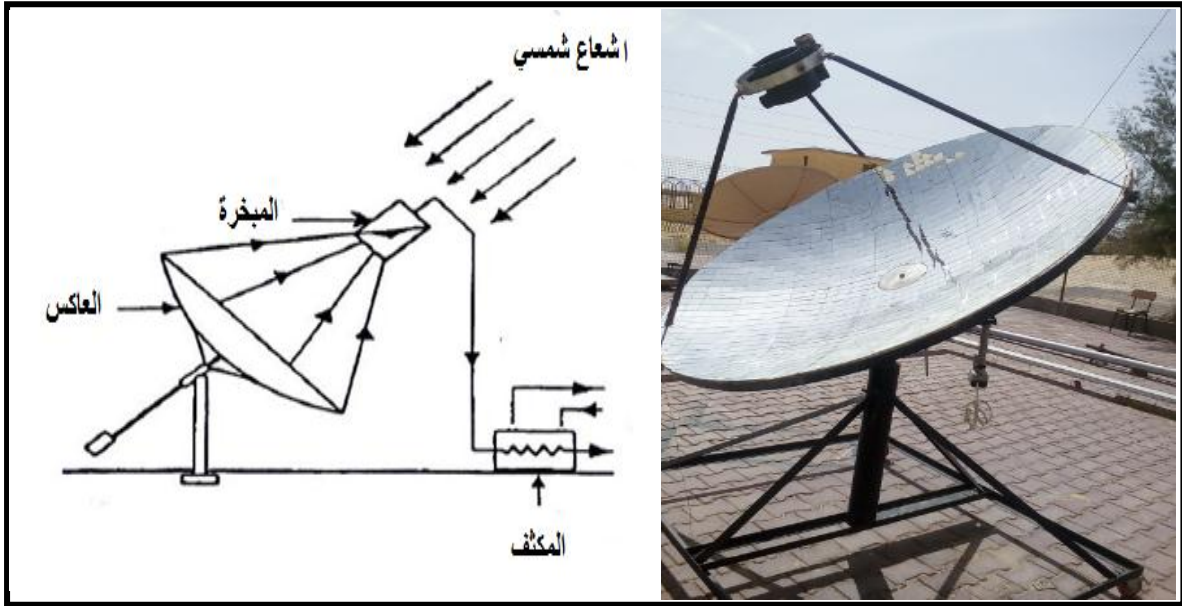
كميات كبيرة من الرطوبة تخزن (تدخر) في الأرض وفي المناطق الجافة بحيث هذه الرطوبة تعود الى الغلاف الجوي خلال الفصل الساخن لإتمام الدورة الهيدروجينية الطبيعية لهذا نستعمل المقطر الشمسي (ارض - ماء ) الذي يشبه المقطر ذو ميلين فقط نعوض الحوض الأسود بالأرض [23].



الشكل(6-1): مقطر شمسي أرض- ماء [19].

### 5-1-6- المقطر الشمسي ذو مجمع مركز:

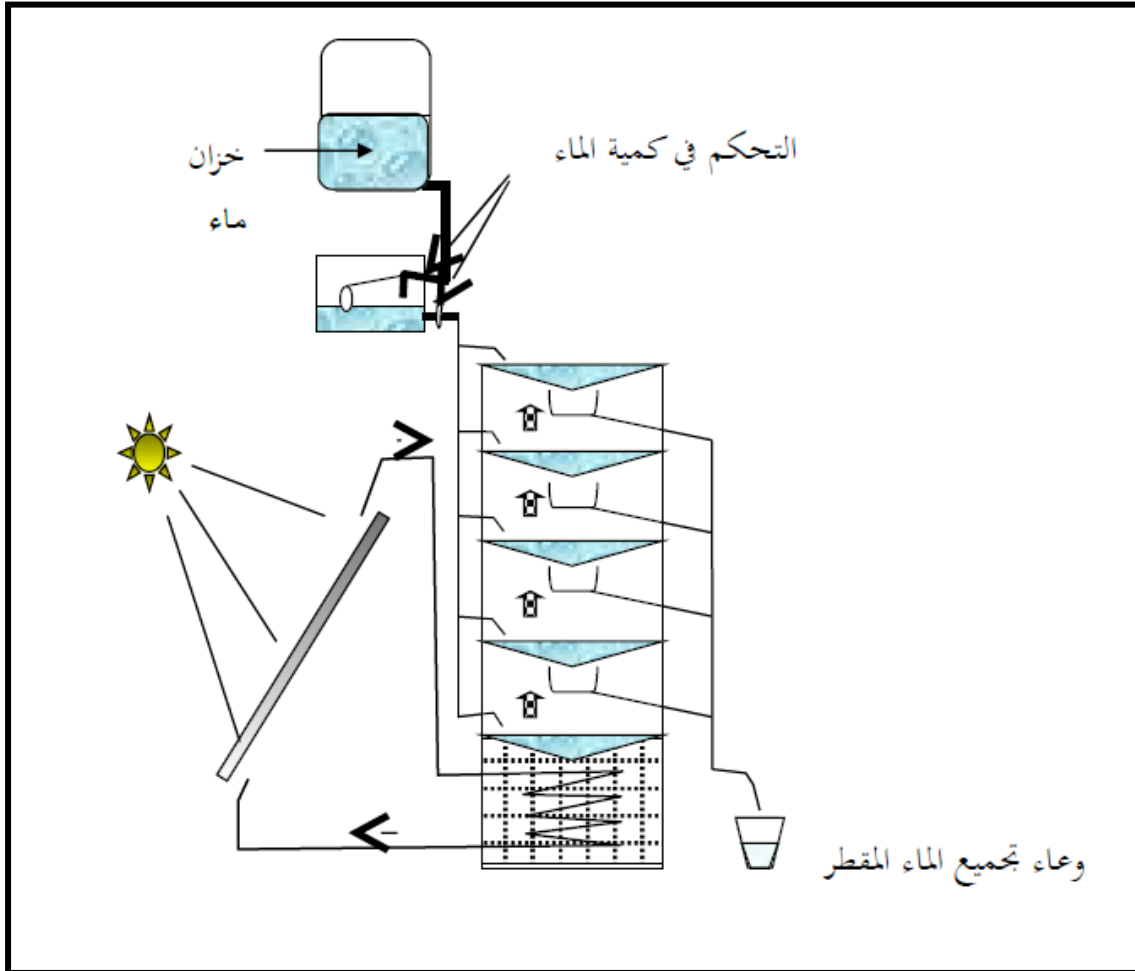
الشكل (7-1) يمثل مقطر شمسي ذو مجمع مركز بحيث تنعكس الأشعة الشمسية على وعاء التبخير وتؤدي إلى رفع درجة حرارة الماء الموجود بداخله بصورة كبيرة مما يؤدي إلى تبخر الماء ثم ينقل البخار إلى غرفة منفصلة لغرض تكثيفه ثم يخزن في أحواض خاصة [24].



الشكل (7-1): مقطر شمسي ذو مجمع مركز [24].

### 1-5-7- المقطر الشمسي متعدد الطوابق:

الشكل (8-1) هو عبارة على مجموعة من الطوابق كل طابق يحتوي على الماء المالح، وهو يعتمد على الاستعمال الغير المباشر لأشعة الشمس حيث أنه يتم تسخين مائع حراري في لاقط شمسي، ثم ينقل إلى مبدل حراري، ثم تنتقل الحرارة للطابق الأول فيتبخر الماء المالح ويتكاثف على السطح السفلي البارد لحوض ثاني به ماء مالح وهكذا تتم عملية استرجاع الحرارة الناتجة من تكاثف البخار في الطابق N لتسخين الماء المالح في الطابق N+1 [20].



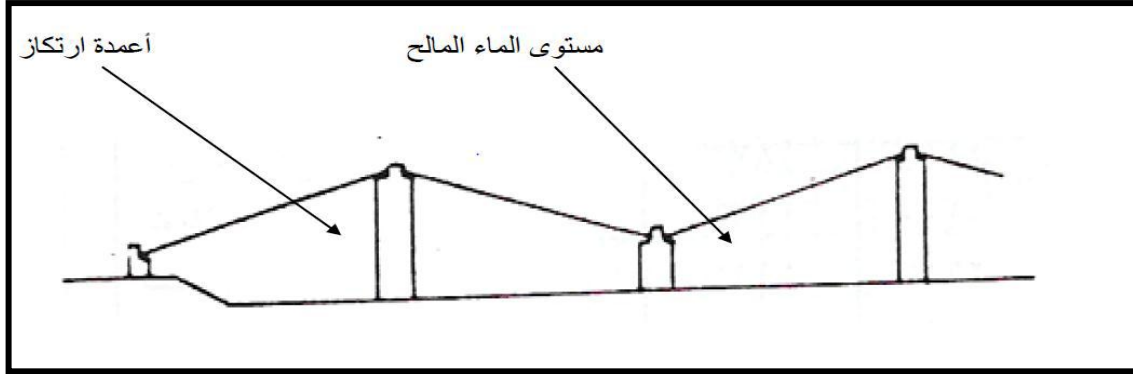
الشكل (8-1): مقطر شمسي متعدد الطوابق [4].

### 8-5-1- المقطرات ذات الغطاء الزجاجي:

تتكون هذه المقطرات من حوض قاعدته سطح ماص للحرارة (أسود) يحوي على الماء المالح ومغطى بصفيحة زجاجية لتحقيق الاحتباس الحراري من جهة ولتتكاثف عليها البخار من جهة ثانية. وكمثال لهذه المقطرات نذكر المقطر الذي بني في فلوريدا بالولايات المتحدة الامريكية عام 1964م حيث تبلغ مساحته  $300 \text{ m}^2$ .

ولقد تم بناء حوضه بحفر حفرة مربعة الشكل  $18 \times 18 \text{ m}$  وارتفاعها بضع السنتيمترات فقط وغطيت قاعدتها بطبقة من الأسمنت سمكها 3mm. ثم تبني مجموعة من الأعمدة والجسور الواصلة بينها من الاسمنت ولقد

ركب على هذه الجسور قنوات الماء المقطر الشكل (9-1) ومن ايجابيات هذا المقطر بساطته وانخفاض تكاليف بنائه وتشغيله وقابلية تعطيها ضئيلة جدا أما سلبياته فتنتمثل في إنتاجه الضعيف جدا للماء الصالح للشرب [3].

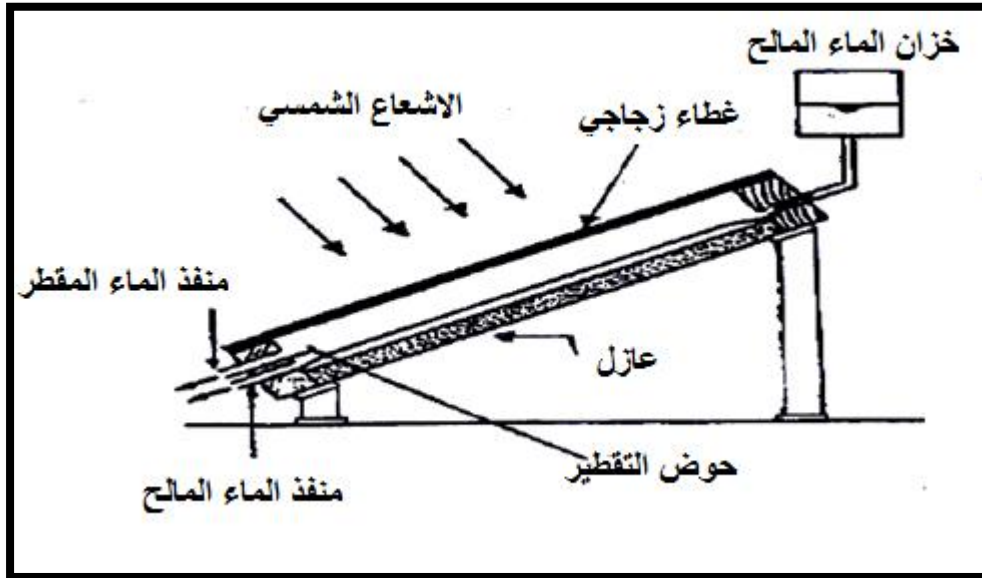


شكل (9-1): رسم تخطيطي لمقطر شمسي ذو غطاء زجاجي [3].

### 9-5-1- المقطر الشمسي المائل ذو الفتيلة:

يبين الشكل (10-1) مقطر شمسي مائل ذو الفتيلة بحيث يسحب الماء من إناء يحتوي على ألياف من الأعلى وبفعل الخاصية الشعرية للألياف يتوزع الماء فوق السطح الداخلي من الفتيلة بشكل طبقة رقيقة بحيث يتعرض إلى أشعة الشمس.

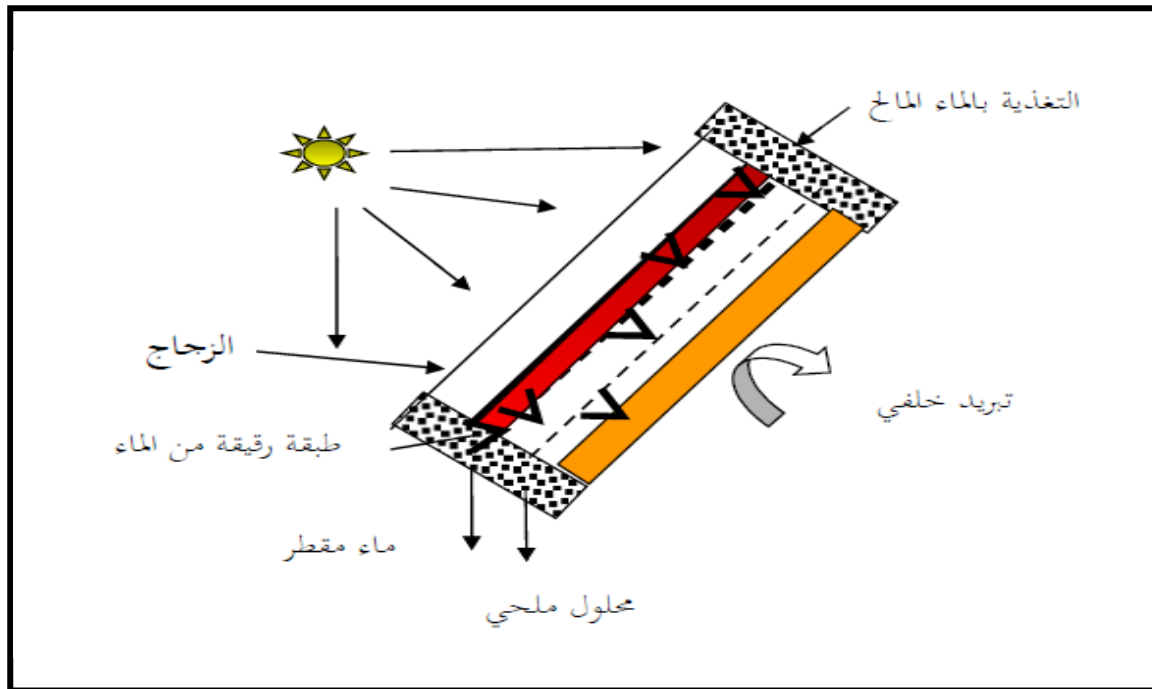
وإن هذا التصميم يسمح لأن تكون درجة حرارة طبقة الماء الرقيقة عالية بحيث تكون أعلى مما لو كان ماء فقط، كما أنه محدود الاستعمال بسبب التكاليف العالية ويحتاج إلى تنظيف مستمر للفتيلة من الترسبات [24].



الشكل (10-1): جهاز التقطير الشمسي المائل ذو الفتيلة [24].

### 1-5-10- المقطر الشمسي بالخاصية الشعيرية:

أول من اقترح هذا النوع من المقطر هو (Pr. P. Legofe) بمخبر العلوم والهندسة الكيميائية بـ (Nancy) بالتعاون مع (Pr.Ouahes) بجامعة الجزائر، وهو عبارة على مجموعة من الطوابق المعدنية (من الألمنيوم مثلا) متقابلة ومتوازية، مركبة داخل إطار خشبي معزول عزلا حراريا جيدا من الجهات الجانبية، كما يوجد غطاء زجاجي في الجهة العليا، الطابق الأول مطلي باللون الأسود لامتناسص اكبر قدر من الطاقة الشمسية الساقطة عليه، وجميع الطوابق مغطاة من الخلف بقماش من نوع الشاش لامتناسص والاحتفاظ بالماء المراد تحليته و الذي يمتص الحرارة من الطابق الأول فيتبخر الماء بفعل الحرارة المكتسبة من الإشعاع الحراري، ويتكاثف على السطح البارد المقابل، كما ان الحرارة المكتسبة من التكثيف تقوم بتسخين الماء السائل على الشاش الملتصق خلف سطح التكثيف، وهكذا تتكرر العملية حتى الطابق الأخير [25،26،27] كما في الشكل(1-11). ومن إيجابياته المساعدة على تحسين انتقالات الحرارة والكتلة خلال عمليتي التكثيف والتبخير وعند توفر الشمس بشكل جيد فإنه ينتج حوالي (15-10L/m<sup>2</sup>) [19،21, 28].

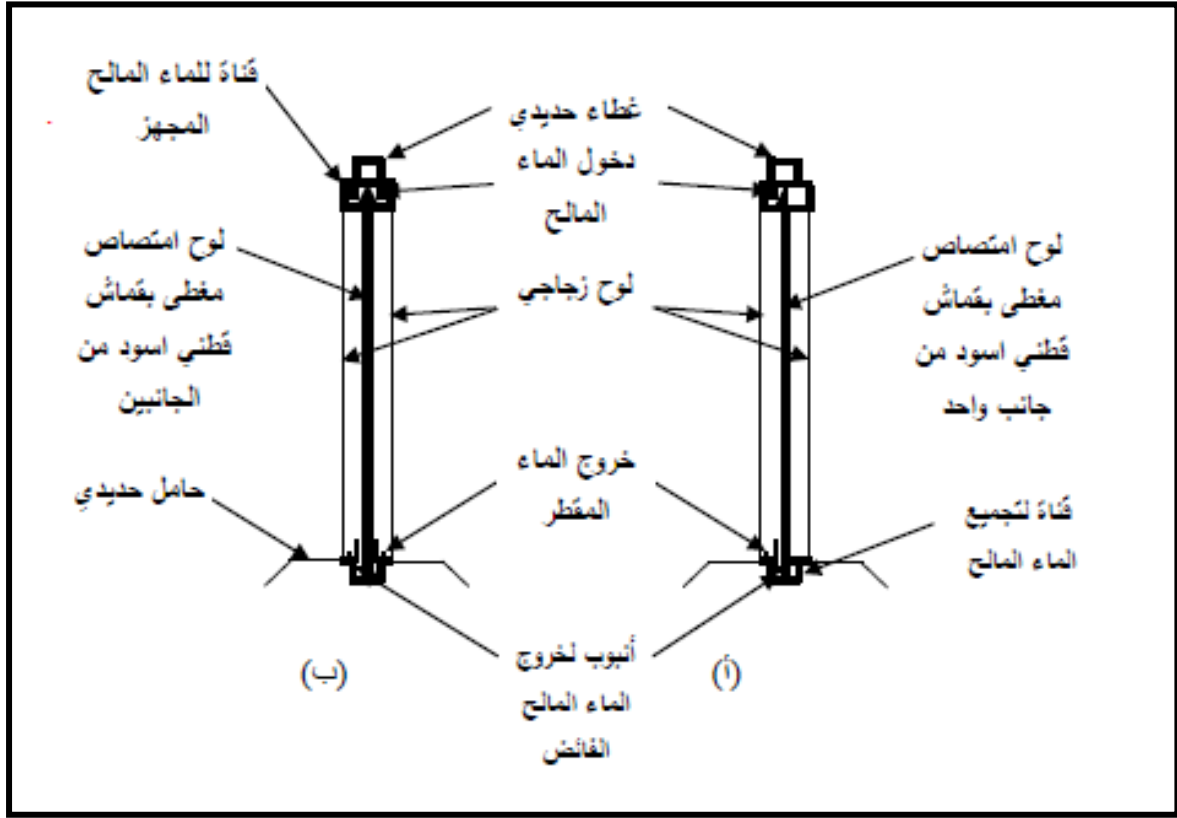


الشكل(1-11):مقطر الشمسي بالخاصية الشعيرية [4].

### 1-5-11- المقطر الشمسي العمودي:

يتكون المقطر من لوح امتناسص مصنوع من الألمنيوم يغطي بقماش قطني اسود اللون يتم تجهيز المقطر بالماء المالح المراد تقطيره من خزان رئيسي الذي يرتبط بالمقطر عن طريق أنبوب بلاستيكي وبمعدل تدفق مسيطر عليه بواسطة صمام. يدخل الماء المالح إلى المقطر العمودي عن طريق الأنبوب الموجود في القناة العليا بعمق محدد والموجود فيها الطرف العلوي للقماش القطني الأسود لكي يتشبع بالماء وبفعل الجاذبية و امتناسصية القماش للماء تبثل كامل القطعة بالماء ويتوزع بشكل شبه متساوي ويتعرض لعملية التبخير ثم يتكثف البخار على السطح الداخلي للزجاج ويتم نزول الماء إلى قناة تجمع الماء الشكل (1-12).

أما الماء الفائض عن التبخير فيتجمع في القناة السفلى الموجود فيها الطرف السفلي من قطعة القماش ليساعد أيضا على ابتلال قطعة القماش من الأسفل وصعوده بخاصية الأنابيب الشعرية وما فاض عن ذلك يخرج من أنبوب خروج الماء المالح الفائض المربوط في القناة السفلى [29].



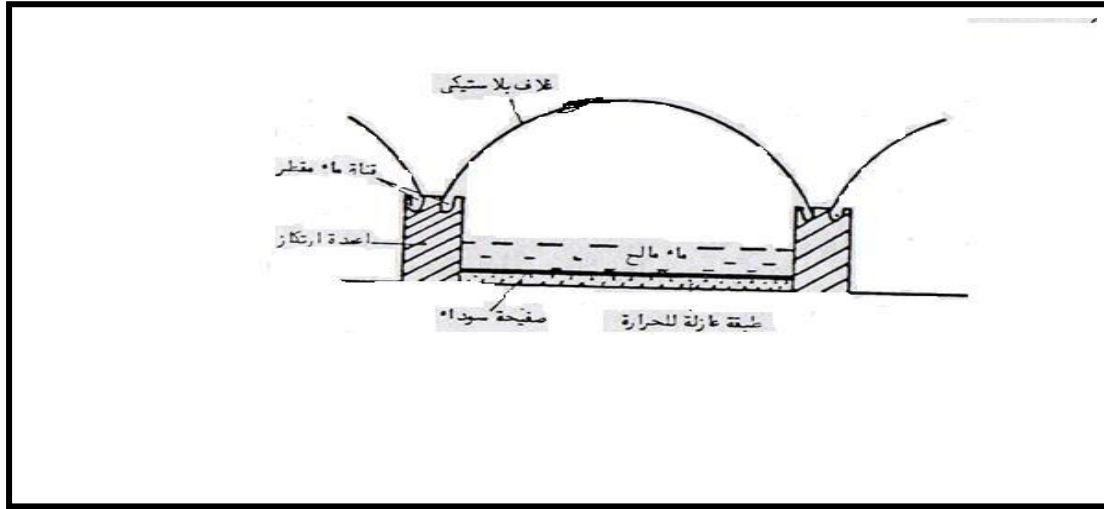
الشكل (12-1): مخطط يوضح مقطع جانبي للمقطرين [29]

(أ) مقطر شمسي عمودي ذو جانب واحد.

(ب) مقطر شمسي عمودي ذو جانبيين.

### 12-5-1- المقطر الشمسي البلاستيكي:

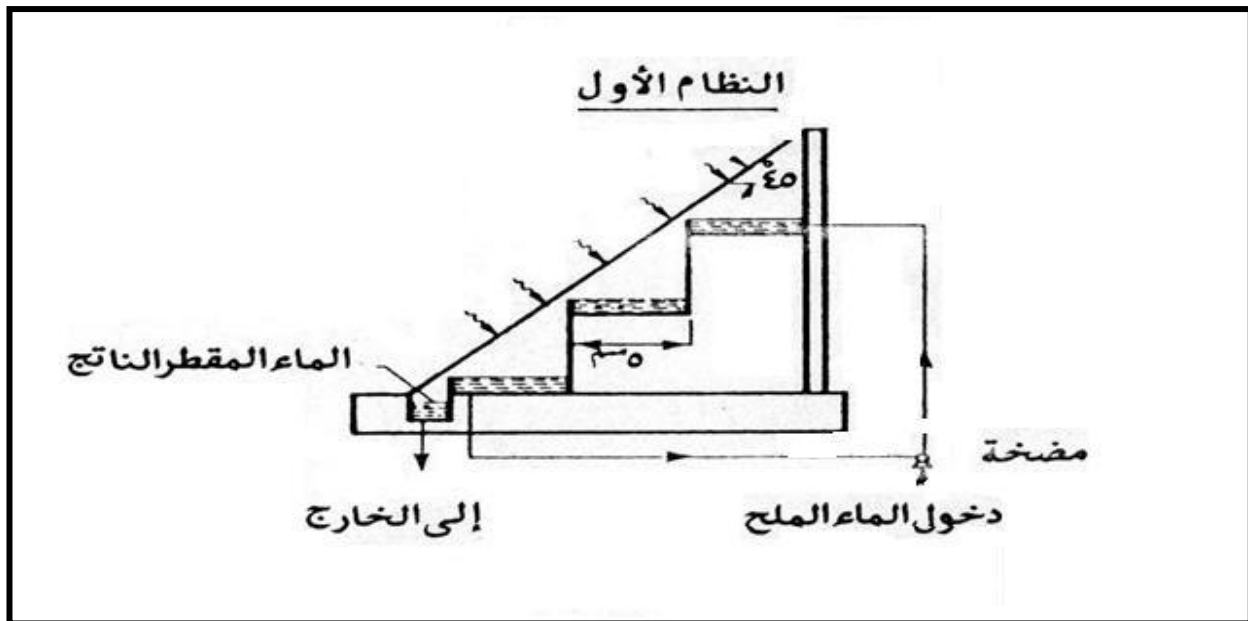
يستعمل في هذه المقطرات البلاستيك الشفاف عوض الزجاج كغطاء لها، وقد بدأ استعمال البلاستيك كغطاء للمقطرات في مطلع الستينات من هذا القرن حيث بني اكبر مقطر من هذا النوع في الجزيرة اليونانية (سيمي)، تبلغ مساحته  $300 \text{ m}^2$  وإنتاجه حوالي 1000 لتر ماء عذب في اليوم اما في عام 1965م فقد تم صنع مقطر ثاني في اليونان حيث غلاف المقطر البلاستيكي يكون رقيق جدا ويشكل شكل نصف كروي (1-13) ويضخ الهواء باستمرار الى داخل المحطة بحيث يبقى الضغط فيها اعلى بقليل من الضغط الجوي النظامي وذلك للمحافظة على الغطاء البلاستيكي. وايجابيات هذه المقطرات تكمن في كون البلاستيك تكلفته اقل بكثير من الزجاج، اما سلبياتها فتتمثل في كون الغطاء البلاستيكي يتعطل بعد فترات قصيرة وكما انه يجذب الغبار اليه اكثر من الزجاج لذلك يجب تنظيفه غالبا [3].



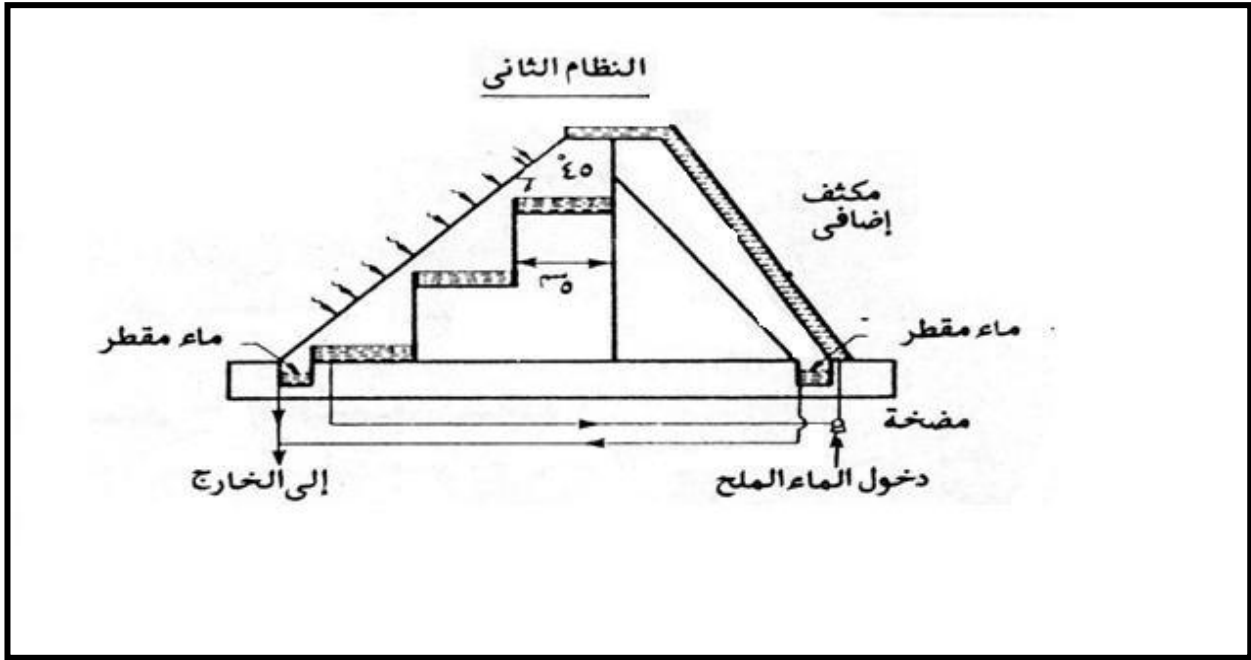
الشكل (13-1): مقطر شمسي بلاستيكي [3].

### 13-5-1- المقطر الشمسي المدرج:

اقترح عام 1979م استخدام مقطر شمسي مدرج مثل ما هو مبين في الشكل (14-1) بحيث ان تصميم القاعدة يكون على شكل درجات عوض ان تكون على شكل مستوي مما يساعد على تصغير المسافة بين سطح الماء والغطاء وبالتالي يحسن من مردود المقطر كما يمكن استخدام مكثف اضافي في الجزء الخلفي كما هو موضح في الشكل (15-1) بحيث لا تصل أشعة الشمس اليه مما يساعد على زيادة مساحة تكثيف بخار الماء. ولقد اوضحت النتائج التي اوردها الباحثون أن الدرجات تحسن مردود المقطر، اما استخدام المكثف الاضافي فانه يقلل من مردود المقطر بمقدار طفيف لذا لا ينصح باستخدام مكثف اضافي [30].



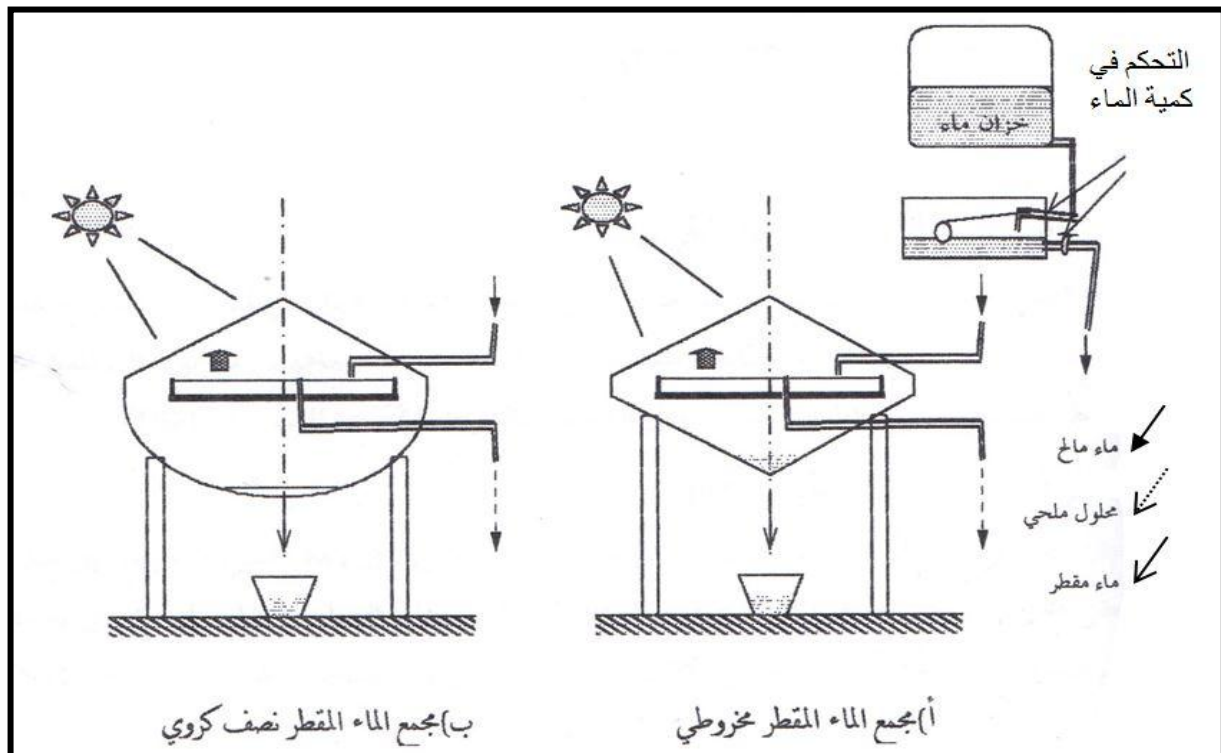
الشكل (14- 1): رسم تخطيطي لمقتر شمسي مدرج ذو غطاء مبرد (التبريد بماء التغذية) [30].



الشكل(15-1): رسم تخطيطي لمقطر شمسي مدرج باستخدام مكثف اضافي [30].

### 14-5-1- المقطر الشمسي المخروطي:

مشكل من غطاء مخروطي من الزجاج في الأعلى يسمح بمرور الاشعاع الشمسي ومن قمع مخروطي او نصف كروي في الاسفل لتجميع الماء المقطر [20]. الشكل(16-1)



الشكل(16-1): رسم تخطيطي لمقطر شمسي مخروطي [20].

## 1-6- العوامل المؤثرة في التقطير الشمسي:

### 1-6-1- العوامل الخارجية:

#### 1-1-6-1- تأثير الإشعاع الشمسي:

يلعب الإشعاع الشمسي دورا أساسيا في عملية التقطير وعليه أنجزت عدة بحوث لدراسة حيث أثر هذا المعامل في التقطير الشمسي، فالنتائج المتحصل عليها من طرف ( Safwat, 2000 [31] و Rahbar, 2012 [32]) تثبت دون شك الزيادة المعتمدة من الماء المقطر الناتج بزيادة شدة الإشعاع الشمسي .

#### 1-6-1-2- تأثير سرعة الرياح:

هذا ما قام بإثباته (Cooper, 1969 [33])، حيث وجد أن مردود التقطير يتزايد بمعدل 11.5% مع متوسط سرعة الرياح بين 0-2.15m/s، بينما يزداد بنسبة 1.5% من أجل قيم لسرعة الرياح في المجال من 2.15 إلى غاية 8.8m/s وبالتالي بصفة عامة السرعة الزائدة للرياح لها تأثير طفيف على معدل التقطير.

تسريع عملية التكثيف هذا يعني أن مردود التقطير يتزايد في حال كون سمك الماء في الحوض كبير نوعا ما. بينما لا يظهر هذا التأثير على الناتج اليومي في حالة السمك الصغير للماء. فسرعة الرياح فوق قيمة معينة في حوالي 5m/s ليس لها تأثير كبير على المردود اليومي. في هذه الحالة سرعة الرياح المتزايدة تؤدي إلى زيادة في الحمل الحراري بين الغطاء الزجاجي والهواء المحيط ولهذا السبب يحدث انخفاض محسوس لدرجة حرارة الزجاج، بالتالي ارتفاع في فرق درجة حرارة بين الماء والغطاء الزجاجي وعليه زيادة معتبرة في الناتج اليومي من الماء المقطر.

#### 1-6-1-3- تأثير درجة حرارة المحيط:

عدة دراسات وبحوث أجريت لدراسة تأثير درجة حرارة الوسط على إنتاجية المقطر الشمسي، فالنموذج النظري المقترح من طرف (Malik, 1982) [31،34] أثبت أنه من أجل زيادة في درجة حرارة الوسط بمقدار 5°C فإنه هناك زيادة ضئيلة بمقدار 3% في فعالية المقطرات الشمسية. هذه النتيجة تتوافق مع الأعمال المنجزة من طرف (Al-Hinai, 2002) [35] والذي أكد بأن ارتفاع درجة حرارة الوسط بمقدار 10°C يؤدي لتحسين مردود الجهاز بحوالي 8.3% .

#### 1-6-1-4- بعض العوامل الأخرى:

بالإضافة إلى سرعة الرياح ودرجة حرارة الهواء المحيط هناك عوامل أخرى مثل رطوبة الهواء المحيط و كمية الأمطار اللتين يجب أن تؤخذوا بعين الاعتبار في القياس بحيث أنهما تغيران في الموازنة الحرارية للمقطر [30].

**1-2-6-1-العوامل الداخلية:****1-2-6-1-1- تأثير العزل الحراري لجسم المقطر:**

تعتمد إنتاجية المقطر الشمسي إلى حد كبير على مدى كفاءة العزل الحراري المستخدم وتعتمد هذه الكفاءة بشكل مباشر على قيمة العزل الحراري لذا يلزم الموازنة بين قيمة العزل الحراري وقيمة إنتاجية المقطر [30].

**1-2-6-1-2- تأثير عمق الماء المالح في قاعدة المقطر:**

سعت عدة دراسات لإثبات تأثير سمك طبقة الماء في الحوض على الإنتاج اليومي من الماء المقطر. النتائج المصرح بها تؤكد تناقص مردود المقطر كلما زاد سمك الماء في الحوض [2].

**1-2-6-1-3- تأثير تسرب البخار من المقطر:**

يعتبر تسرب البخار من المقطر من أهم العوامل التي تؤدي إلى انخفاض إنتاجية المقطر بدرجة كبيرة، لذا ينصح بإحكام وضع الغطاء على المقطر لمنع تسرب بخار الماء من المقطر إلى الجو المحيط، وأفضل المواد المستخدمة لهذا الغرض مادة مطاط السليكون مع وجود الصيانة الدائمة [30].

**1-2-6-1-4- تأثير تسرب الماء المقطر الناتج:**

كلما زاد تسرب الماء المقطر الناتج تقل الإنتاجية، ومن أحد أسبابه تآكل قناة تجميع الماء المقطر، وكسر المادة المانعة للتسرب في أي وصلة في القناة، لذا يفضل استعمال مواد غير قابلة للصدأ أو يكون تصميم قناة تجميع الماء المقطر بدون وصلات لتقليل احتمال التسرب [30].

**1-2-6-1-5- تأثير زاوية ميل الغطاء الزجاجي:**

عموما إنتاجية المقطرات الشمسية تعتمد على زاوية ميل الغطاء الزجاجي بشكل كبير، هذه الزاوية بدورها تعتمد على الوجهة الجغرافية للمقطر الشمسي، بالإضافة لخط العرض لمنطقة تواجه وعلى أساس هذه الاعتبارات سيستفيد المقطر عبر أيام السنة من كمية معتبرة من الإشعاع الشمسي [2]. التجارب المنجزة من قبل (Tiwari, 2005) [36] بخصوص دراسة تأثير زاوية إمالة الغطاء الزجاجي على أداء التقطير الشمسي حيث اثبتت انه هناك زيادة معتبرة في الناتج تقارب 63% من المردود اليومي للمقطر بإمالة الغطاء الزجاجي لوحده.

(Haini, 2002) [35] أنجز دراسة نظرية لاستقصاء تأثير زاوية الميل على نواتج التقطير. تبرز نتائج المحاكاة العددية بأن الإنتاجية تتزايد في فصل الصيف مع تخفيض في زاوية ميل الغطاء الزجاجي لكن تتعكس النتيجة في فصل الشتاء.

**1-2-6-1-6- تأثير المسافة بين الغطاء و سطح الماء:**

دلت التجارب التي أجراها سانكونانثان و هانس (1973) أن إنتاجية المقطر البسيط تزيد كلما انخفضت المسافة الرأسية بين الغطاء و سطح الماء [30].

**1-6-2-7- تأثير تراكم الملح في قاعدة المقطر:**

يؤدي تراكم الملح في القاعدة إلى تكوين طبقات عاكسة لأشعة الشمس مما يؤدي إلى انخفاض في إنتاجية المقطر بشكل محسوس لذا ينصح بالتنظيف المستمر لطبقات الملح المترسب في القاعدة [30].

**1-7- خاتمة:**

يحتوى هذا المحور على عدة أبحاث و نتائج التي توصل إليها الباحثون في مجال التقطير الشمسي و هي عبارة عن دراسة ببيوغرافية تمكنا من معرفة مدى تقدم البحث العلمي في مجال المقطرات و كما يحتوى هذا المحور على الأنواع المقطرات المعروفة و المتداولة في المخابر العلمية في أنحاء العالم و لقد تم اختيار المقطر الشمسي المسطح ذو الميل الواحد كنموذج للدراسة و ذلك لسهولة صنعه و توفر المواد الأولية في الأسواق المحلية، بالإضافة إلى ذلك فهو غير مكلف و سهل الصيانة و ذو عمر طويل.

## 1-2-1- المقدمة:

يحتوي هذا الفصل على أهم المعادلات والموازن الحرارية المستعملة في مجال التقطير الشمسي كما يحتوي أيضا على طرق التصنيع والمشكلات التي وجدها في طريقة التصنيع مع اقتراح حلولها بصفة عملية.

## 2-2- المميزات الأساسية للمقطر الشمسي:

يتميز المقطر الشمسي ببعض المميزات نذكر منها المردود والفعالية [37].

### 1-2-2- المردود:

المردود هو كمية الماء المقطر المنتج من المقطر الشمسي في المتر المربع ( $m^2$ ) من مساحة التبخير خلال اليوم.

### 2-2-2- الفعالية (الكفاءة):

تقسم الفعالية أو ما تسمى بكفاءة المقطر الشمسي إلى الفعالية الإجمالية والفعالية الداخلية.

### 1-2-2-2- الفعالية الإجمالية (الكفاءة الإجمالية):

تستخدم كمقياس لأداء المقطر الشمسي، وتعرف هذه الفعالية بأنها النسبة بين الحرارة المستخدمة في عملية التبخير في المتر المربع خلال اليوم ( $q_e$ ) وشدة الإشعاع الساقط على السطح الأفقي في المتر المربع أثناء اليوم ( $G$ )، وتعطى بالعلاقة التالية:

$$\eta_0 = \frac{q_e}{G} \quad (2-1)$$

حيث:

$q_e$ : كمية الحرارة المتبخرة في المتر المربع الواحد ( $m^2$ ) أثناء اليوم.

$G$ : الطاقة الشمسية الكلية الساقطة على غطاء المقطر ( $w/m^2$ ).

أما الكفاءة الحظية هي الكفاءة التي تقاس عند لحظة معينة لذلك تعرف بالكفاءة اليومية  $\eta_d$  لأداء المقطر الشمسي وهي إجمالي الحرارة المستخدمة يوميا في عملية التبخير إلى شدة الإشعاع الشمسي الساقط يوميا على سطح الغطاء وعلاقتها تعطى:

$$\eta_d = \frac{3600}{H_d} \int_0^{24} q_e dt \quad (2-2)$$

حيث:

$dt$ : الزمن المقاس من زمن بدأ التشغيل.

$H_d$ : مقدار الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الغطاء في اليوم ( $w/m^2.j$ )

### 2-2-2-2- الفعالية الداخلية:

تعتبر هذه الكفاءة كمقياس لكفاءة انتقال الحرارة بعمليات مختلفة داخل المقطر وهي تعرف بأنها النسبة بين الحرارة المستخدمة في عملية التبخير في المتر المربع ( $q_e$ ) إلى الطاقة الفعلية الممتصة للماء في المتر المربع وتعرف بالعلاقة:

$$\eta_i = \frac{q_e}{a_w \tau G} \quad (2-3)$$

حيث:

$$q_e = M \tau L_v \quad (2-4)$$

$$a_w = (\tau_v \tau_s a_s) + (\tau_v \tau_s \tau_b a_b) \quad (5-2)$$

$(a_w \tau G)$ : هي الطاقة الممتصة من الماء خلال يوم.

$M$ : كتلة الماء المنتج (المقطر).

$a_w$ : امتصاص الفعال للماء المراد تقطيره (الماء المالح).

$a_s$ : امتصاصية الفعالة للماء المراد تقطيره (الماء المالح).

$a_b$ : امتصاصية الحوض.

$\tau_v$ : نفاذية غطاء زجاج.

$\tau_s$ : نفاذية الماء المراد تقطيره (الماء المالح).

$L_v$ : الحرارة اللاتونية (Chaleur latente) للتبخير.

ومن أجل تحسين أداء المقطر يجب على مصمم العمل رفع الكفاءة الداخلية ( $\eta_i$ ) مما يؤدي بالطبع إلى تحسين ( $\eta$ ) و ( $\eta_d$ ). ومنه يمكن استنتاج أن الفعالية الداخلية تحسب بالعلاقة التالية:

$$\eta_i = \frac{\eta_0}{a_w} \quad (6-2)$$

### 2-2-2-3- الفعالية الإجمالية المتوسطة:

تحسب من العلاقة التالية:

$$\eta_{0m} = \frac{\sum_{i=1}^N \eta_{0i}}{N} \quad (7-2)$$

### 2-2-2-4- الفعالية الداخلية المتوسطة:

تحسب كذلك من العلاقة التالية:

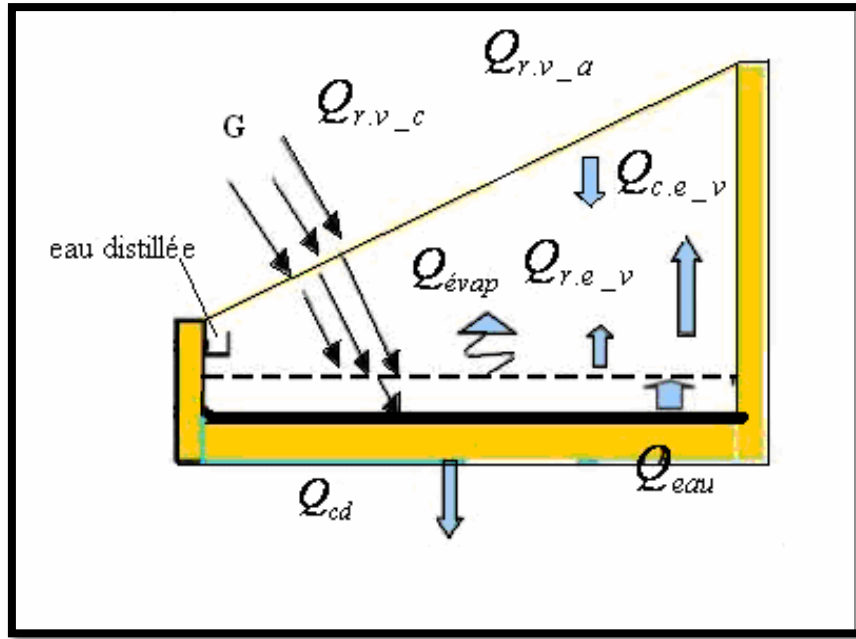
$$\eta_{im} = \frac{\sum_{i=1}^N \eta_{ii}}{N} \quad (8-2)$$

### 2-3-2- دراسة نظرية للمقطر الشمسي المسطح:

#### 2-3-2-1- التوازن الطاقوي للمقطر:

إن مختلف التبادلات الحرارية المنتجة في المقطر الشمسي البسيط تقوم على أربعة نقاط وهي:

التوازن الحراري بين الزجاج والهواء، التوازن بين الماء و الزجاج، التوازن بين العازل و الخارج وتدفق الماء المقطر.



الشكل (2-1) التوازن الطاقوي للمقطر الشمسي.

#### 2-3-2-2- التوازن الطاقوي للزجاج:

كمية الحرارة المستقبلية من الزجاج تخرج عن طريق:

الوجه الخارجي:

$$\frac{M_v C_{p_v}}{2 \cdot A_v} \frac{dT_{ve}}{dt} = \left( \frac{\lambda_v}{\delta_v} \right) (T_{vi} - T_{ve}) - Q_{r.v.e\_ciel} - Q_{c.v\_a} + \frac{P_v}{2} \quad (2-9)$$

الوجه الداخلي:

$$\frac{M_v C_{p_v}}{2 \cdot A_v} \frac{dT_{vi}}{dt} = - \left( \frac{\lambda_v}{\delta_v} \right) (T_{vi} - T_{ve}) + Q_{r.e\_vi} + Q_{c.e\_vi} + Q_{evap} + \frac{P_v}{2} \quad (2-10)$$

$Q_{re\_vi}$ : تدفق حراري بالشعاع بين فيلم الماء والزجاج.

$Q_{ce\_vi}$ : تدفق حراري بالحمل بين فيلم الماء والزجاج.

$Q_{evap}$ : تدفق حراري بالتبخير- التكثيف بين فيلم الماء والزجاج.

$Q_{rve\_ciel}$ : تدفق الحراري الضائع للإشعاع نحو الخارج.

$Q_{cv\_a}$ : تدفق الحراري الضائع للزجاج بالحمل نحو الخارج.

$\lambda v$ : الناقلية الحرارية للزجاج.

$\delta v$ : سماكة الزجاج.

### 2-3-3- التوازن الحراري للماء:

$$\frac{M_e C_{pe}}{A_e} \frac{dT_e}{dt} = Q_{c.b\_e} - Q_{c.e\_v} - Q_{evap} - Q_{r.e\_v.i} + P_e \quad (2-11)$$

$Q_{c.b\_e}$ : تدفق حراري بالحمل بين قاعدة المقطر وفيلم الماء.

$P_e$ : قوة امتصاص الماء الموجود في قاعدة المقطر، هي معدومة.

### 2-3-4- التوازن الحراري للحوض الداخلي:

$$\frac{M_b C_{pb}}{A_b} \frac{dT_b}{dt} = P_b - Q_{c.b\_e} - Q_{c.d.b\_iso.i} \quad (2-12)$$

$Q_{cd}$ : تدفق الحراري الضائع بالتوصيل للحوض

### 2-3-5- التوازن الحراري للعازل:

للحد من فقدان الحرارة عبر القاعدة نستخدم عازل حراري من البوليستر في الجوانب الأربعة من المقطر و ذلك لمنع التسرب الحراري بالحمل و الإشعاع و تمثل المعادلة التالية الميزان الحراري للعازل

بالنسبة للجهة الداخلية:

$$\frac{M_i C_{pi}}{2.A_i} \frac{dT_{iso.i}}{dt} = Q_{c.d.b\_iso.i} - \left(\frac{\lambda_i}{\delta_i}\right) (T_{iso.i} - T_{iso.e}) \quad (13.2)$$

$Q_{c.d.b\_iso.i}$ : تدفق حراري بالتوصيل بين الحوض والعازل الحراري.

بالنسبة للجهة الخارجية:

$$\frac{M_i C_{pi}}{2.A_i} \frac{dT_{iso.e}}{dt} = \left(\frac{\lambda_i}{\delta_i}\right) (T_{iso.i} - T_{iso.e}) - Q_{r.iso.-soll} - Q_{c.iso.a} \quad (2-14)$$

### 2-3-6- تدفق الماء المقطر:

$$\frac{dM_c}{dt} = h_{\text{evap}} \frac{T_e - T_v}{L_v} \quad (2-15)$$

M : كتلة الماء المقطر.

$L_v$  : الحرارة اللاتونية للتبخير.

$T_e$  : حرارة الماء.

$T_v$  : حرارة الزجاج.

### 2-3-7-1- معاملات التبادل الحراري:

#### 2-3-7-1- انتقال الحرارة بالإشعاع ماء- زجاج:

$$Q_{r.e.v} = h_{r.e.v} (T_e - T_{v.i}) \quad (2-16)$$

$Q_{r.e.v}$  : معامل تحويل الحرارة بالإشعاع بين فيلم الماء والزجاج.

$$h_{r.e.v} = \varepsilon_{\text{eff}} \cdot \sigma \cdot (T_e^2 - T_{v.i}^2) \cdot (T_e + T_{v.i}) \quad (2-17)$$

$\varepsilon_{\text{eff}}$  : الانبعاثية الفعالة.

$\sigma$  : ثابت ستيفان بولتزمان.

$$\varepsilon_{\text{eff}} = \left[ \frac{1}{\varepsilon_e} + \frac{1}{\varepsilon_v} - 1 \right] \quad (18.2)$$

$\varepsilon_e$  : انبعاثية الماء.

$\varepsilon_v$  : انبعاثية الزجاج.

#### 2-3-7-2 - انتقال الحرارة بالحمل ماء- زجاج:

$$Q_{c.e.v} = h_{c.e.v} (T_e - T_v) \quad (19-2)$$

$$h_{c.e.v} = 0.884 \left[ T_e - T_v + \frac{(T_e - T_v)(T_e + 273.15)}{268.9 \times 10^3 - P_e} \right] \quad (20-2)$$

$h_{c.e.v}$  : معامل تحويل الحرارة بالحمل بين فيلم الماء و الزجاج.

### 2-3-7-3- انتقال الحرارة بالتبخير:

$$Q_{\text{evap}} = h_{\text{evap}} (T_e - T_{v.i}) \quad (21-2)$$

$h_{\text{evap}}$  : معامل تحويل الحرارة بالتبخير -التكثيف بين فيلم الماء و الزجاج.

$$h_{evap} = 16.273 \times 10^3 h_{c.e.v} \frac{(P_e - P_{v,i})}{(T_e - T_{v,i})} \quad (22-2)$$

ضغط بخار الماء يقدر بالعلاقة التالية:

$$P = 133.32 \exp \left( 18.6686 - \frac{4030.1824}{T+273.15} \right) \quad (23-2)$$

### 2-3-7-4- انتقال الحرارة بالإشعاع زجاج- وسط :

$$Q_{r.v\_ciel} = h_{r.v\_ciel} (T_{v,e} - T_{ciel}) \quad (24-2)$$

$h_{r.v\_ciel}$ : معامل انتقال الحرارة بالإشعاع من الزجاج الى السماء.

$$h_{r.v\_ciel} = \varepsilon_v \cdot \sigma (T_{v,e}^2 - T_{ciel}^2) \cdot (T_{v,e} + T_{ciel}) \quad (25-2)$$

$T_{ciel}$ : درجة حرارة السماء.

درجة حرارة السماء يمكن إعطاؤها بالمعادلة التالية:

$$T_{ciel} = T_a - 6 \quad \text{أو} \quad T_{ciel} = T_a - 12 \quad (T_a: \text{درجة حرارة الوسط})$$

بصفة عامة نستعمل المعادلة التالية:

$$T_{ciel} = 0.0552 \cdot (T_a^{1.5}) \quad (2-26)$$

### 2-3-7-5- انتقال الحرارة بالحمل زجاج - محيط:

$$Q_{c.v\_a} = h_{c.v\_a} (T_{v,e} - T_a) \quad (2-27)$$

معامل انتقال الحرارة بالحمل بين الزجاج (الجهة الخارجية) والمحيط الخارجي يمكن حسابها بالمعادلة التالية:

$$h_{c.v\_a} = 5.7 + 3.8 V \quad (2-28)$$

$V$ : سرعة الريح.(m/s).

### 2-3-7-6- انتقال الحرارة بالحمل حوض-ماء:

$$Q_{c.b\_e} = h_{c.b\_e} (T_b - T_e) \quad (2-29)$$

$h_{c.b\_e}$ : معامل تحويل الحرارة بالحمل بين قاع الخزان وفيلم الماء.

$$h_{c.b\_e} = \frac{Nu \cdot \lambda_f}{L} \quad (2-30)$$

$\lambda f$ : الموصلية الحرارية للمائع (الماء).

في هذا النوع من المشكل الارتباطات التجريبية تؤدي الى علاقات من الشكل:

$$Nu = c (Gr Pr)^n \quad (2-31)$$

مع  $G_r$  عدد كيرشوف و  $p_r$  عدد براندل،

حيث  $n$  و  $c$  ثوابت تعتمد على هندسة النظام وطبيعة التدفق (رقائقي ومضطرب).

### 2-7-3-2- التدرج للحرارة:

تدرج  $T$  نحو الأعلى والتدفق دائما رقائقي

$$Gr < 10^5 \Rightarrow Nu = 1 \quad \text{إذا}$$

يتم تبادل الحرارة بين الماء المالح والعلبة الماصة فقط عن طريق التوصيل.

$$\text{Si } 10^5 < Gr < 2 \cdot 10^7 \Rightarrow Nu = \frac{\lambda_e}{L} 0.54 \cdot (Gr Pr) \quad (2-32)$$

$$\text{Si } Gr > 2 \cdot 10^7 \Rightarrow Nu = 0.14 \cdot (Gr Pr) \quad (2-33)$$

عدد كيرشوف:

$$Gr = \frac{\beta \cdot g \cdot \rho^2 \cdot L^3 \cdot \Delta T}{\mu^2} \quad (2-34)$$

$\beta$ : معامل التمدد الحجمي للماء. ( $k^{-1}$ )

$\lambda$ : طول الحوض الماص ب(m).

$\rho$ : الكتلة الحجمية للماء ( $Kg/m^3$ )

$g$ : تسارع الجاذبية ب( $m^2/s$ )

$\mu$ : اللزوجة الديناميكية ( $Kg/m.s$ ).

عدد براندل:

$$Pr = \frac{\mu_e \cdot Cp_e}{\lambda_e} \quad (2-35)$$

الضياع الحراري للحوض بالتوصيل الحراري عبر العازل يعطى كالاتي:

$$Q_{cd.b_{iso.i}} = K_b \times (T_b - T_{iso.i}) \quad (2-36)$$

$T_b$ : درجة حرارة الحوض.

$T_i$ : درجة حرارة العازل.

مع:

$$K_b = \frac{\lambda_b}{\delta_b} \quad (2-37)$$

$\lambda_b$ : الموصلية الحرارية للحوض.

$\delta_b$ : سمك الحوض.

**انتقال الحرارة بالتوصيل العازل-الحوض:**

$$Q_{cd.iso.i_b} = \frac{\lambda_b}{\delta_b} (T_b - T_i) \quad (2-38)$$

**انتقال الحرارة بالتوصيل عبر العازل:**

$$K_i = \frac{\lambda_{iso}}{\delta_{iso}} (T_{iso.i} - T_{iso.e}) \quad (2-39)$$

$\lambda_{iso}$ : موصلية العازل.

$\delta_{iso}$ : سمك العازل.

**انتقال الحرارة بالحمل عبر العازل:**

$$Q_{c.iso.i-a} = h_{iso.e_a} \times (T_{iso.e} - T_a) \quad (2-40)$$

$h_{iso.e_a}$ : معامل انتقال الحرارة بالحمل بين العازل والهواء الخارجي.

**انتقال الحرارة بالإشعاع عبر العازل:**

$$h_{r.e_v} = \varepsilon_{iso} \cdot \sigma \cdot (T_{sol}^2 - T_{iso.e}^2) \cdot (T_{iso.e} + T_{sol.i}) \quad (2-41)$$

## 2-4-4-المواد المستعملة و خطوات التصنيع:





### 2-4-4-1-المواد المستعملة:

الجدول التالي يحتوي على المواد الأولية لصنع المقطر الشمسي البسيط (بميل واحد) وكذا الأبعاد ونشير إلى أن الأعداد (خانة العدد) خاصة لصنع مقطر واحد.

الجدول (2-1): المواد المستعملة في صناعة المقطر

الأبعاد	العدد	الاسم	الصورة
L=50 cm H <sub>1</sub> = 14 cm H <sub>2</sub> = 6 cm 56 cm □ 56 cm	05 ألواح	صندوق من الخشب مكون من قطع من ألواح	
50 cm □ 51 cm السبك: E=3mm	01	قطعة من الزجاج	
L=56.8cm Diam=2.1cm	01	أنبوب	
L=3.5cm Diam=2.6cm Diam=2.6 cm	01	كوع بزاوية 90 درجة	
Diam=2.7cm	01	غطاء بلاستيكي	
	02	سيلكون اسود	


	20	مسامير	
	01	قاطع وثاقبة الخشب	
	01	منشار	
	01	مطرقة	
	01	مسفلة	
	01	ميزان ماء	

	01	علبة طلاء سوداء و بيضاء	
	02	فرشاة	
	01	قمع	
	04	قارورة	

## 2-4-2- خطوات التصنيع:

الجدول التالي يوضح خطوات التصنيع:

الجدول (2.2): مراحل تصنيع المقطر الشمسي المسطح

التعليق	الصورة
بعد قطع الأخشاب وفق القياسات المطلوبة نقوم بتركيبها بالمسامير لتشكيل صندوق خشبي الموضح في الشكل المقابل.	

<p>نقوم بطلاء قاعدة الصندوق الخشبي والجوانب باللون الأسود لامتناسص اكبر قدر من الإشعاع الشمسي.</p>	
<p>نقوم بإحداث ثقبين على مستوى الاتجاه الأمامي (الجانبين) بواسطة ثاقبة الخشب ويكون على شكل نصف دائرة بحيث يمكن تثبيت الأنبوب على مستواه.</p>	
<p>نضع الأنبوب في موضعه ونزيح إليه الزجاج ثم نسطر خطين متباعدين قليلا بحيث يمكن أن يدخل الغطاء الزجاجي على مستواه بعد ثقبه.</p>	
<p>نقوم بثقب الأنبوب البلاستيكي كي يدخل فيه الماء المتكاثف عبر السطح الداخلي للغطاء الزجاجي.</p>	
<p>يدخل الغطاء الزجاجي داخل الأنبوب البلاستيكي لكي تنزلق قطرات الماء المتكاثفة وتسقط بفعل ثقلها داخل الأنبوب</p>	
<p>نقوم بتركيب كوع في آخر الأنبوب بالإضافة الى أنبوب آخر صغير لكي يسمح بانتقال الماء من المقطر الى الإناء.</p>	

<p>في الخطوة ما قبل الأخيرة نقوم بوضع السيلكون وتمريه إلى الجوانب والقاعدة بواسطة مصقلة بحيث تتحصل على طبقة رقيقة من العازل (السيلكون).</p>	
<p>نقوم بطلاء المقطر من الخارج بأي لون يرغب به الصانع.</p>	
<p>وأخيرا نتحصل على المقطر الشمسي بميل واحد.</p>	

## 2-5- خاتمة:

يتضمن المحور على دراسة نظرية مبينا أهم و ابرز المعادلات و الموازين الحرارية المستعملة في مجال التقطير الشمسي كما يشمل على أهم المواد التي يصنع منها المقطر، و في نفس المحور تجد الطريقة البسيطة المتبعة لصنع المقطر و لقد دعمت بالصور بحيث يمكن لأي إنسان متوسط المستوى أن يصنعه مع الإشارة إلى الأخطاء التي يجب تجنبها عند الصناعة و التي تخل بالمر دودية و بالتحضيرات للتجربة الميدانية و التي ستكون في المحور الثالث.

### 1-3- مقدمة:

في هذا الفصل سنسرد الخطوات الأساسية للتجارب التي أجريناها لصناعة مقطر شمسي ذو ميل واحد. كما سنشير إلى أهمية تحضير أدوات القياس مستعملين بذلك تكنولوجيا أردوينو حيث تسهل لنا حساب عدة درجات حرارة في أماكن مختلفة من المقطر بالإضافة إلى قيمة الإشعاع الشمسي.

### 2-3- احداثيات المنطقة:

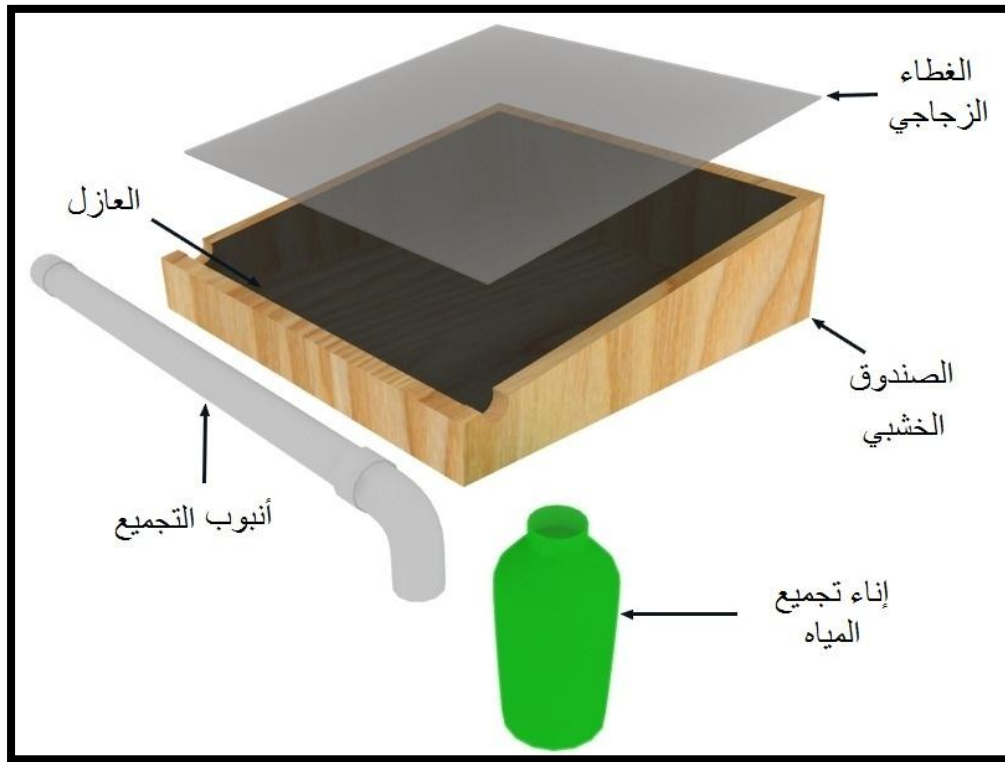
أجريت التجربة على مقطرين شمسيين مسطحين على مستوى كلية العلوم الدقيقة بجامعة الوادي حيث تمتلك مدينة الوادي الإحداثيات التالية:

خط طول:  $6.8409^\circ$

خط عرض:  $33.3758^\circ$

### 3-3- مكونات المقطر الشمسي:

المقطر الشمسي ذو ميل واحد يتكون مما يلي: انظر الشكل (1-3)



الشكل (1-3): صورة ثلاثية الأبعاد لمكونات المقطر الشمسي

### 3-3-1- الصندوق الخشبي:

وهو احد أهم المكونات ويتم على مستواه وضع الماء المراد تقطيره وتطلى قاعدته وجوانبه باللون الأسود وذلك لامتصاص اكبر قدر من الإشعاع الشمسي الذي يقوم بتسخين للماء المقطر الشكل(2-3).

ويكون وفق الأبعاد التالية:

الطول: 50 سنتيمتر.

العرض: 50 سنتيمتر.

الحوض الداخلي:

الطول: 46 سنتيمتر

العرض: 46 سنتيمتر

المساحة: 2116 سنتيمتر مربع

الارتفاع الخلفي: 14 سنتيمتر

الارتفاع الأمامي: 6 سنتيمتر



الشكل(2-3): صورة فوتوغرافية للصندوق الخشبي.

### 3-3-2- الغطاء الزجاجي:

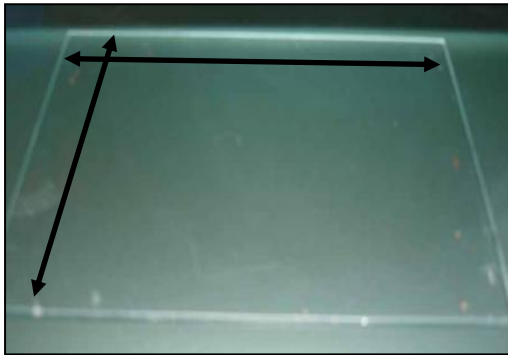
وهو أحد مكونات المقطر الشمسي المسطح بحيث يكون شفاف يسمح بتمرير اكبر قدر من الطاقة الشمسية وعدم خروجها وبذلك يؤدي إلى الاحتباس الحراري وهو ما يؤدي إلى التبخير لبيكتائف فيما بعد للحصول على الماء المقطر الشكل(3-3)، ويستعمل وفق

الأبعاد التالية:

الطول: 51 سنتيمتر.

العرض: 50 سنتيمتر.

السك: 3 ميليمتر.



المساحة: 2550 سنتيمتر مربع.

الشكل(3-3): صورة فوتوغرافية للغطاء الزجاجي

زاوية ميلان الغطاء الزجاجي: 10 درجات

### 3-3-3- أنبوب لتجميع المياه:

وهو أنبوب بلاستيكي ويكون مثقوب طوليا يسمح بدخول جزء من الزجاج لتتنزل قطرات الماء المتكاثفة على مستواه لتتجمع في الأنبوب لتعبر إلى إناء خاص لتجميع الماء المقطر.

**3-3-4- إناء لتجميع المياه:**

يتم وضع إناء لتجميع الماء المقطر يكون موصول بالمقطر.

**3-3-5-العازل:**

يتم طلي قاعدة وجوانب المقطر بمعجون (صمغ) عادي يسمى السيليكون، ويعتبر كعازل يمنع اتصال الماء مع الخشب كي لا يمتصه ويكون اسود كي يمتص اكبر قدر من الإشعاع الشمسي.

**3-4-الأجهزة وأدوات القياس المستعملة في التجارب:****3-4-1-جهاز الاردوينو:**

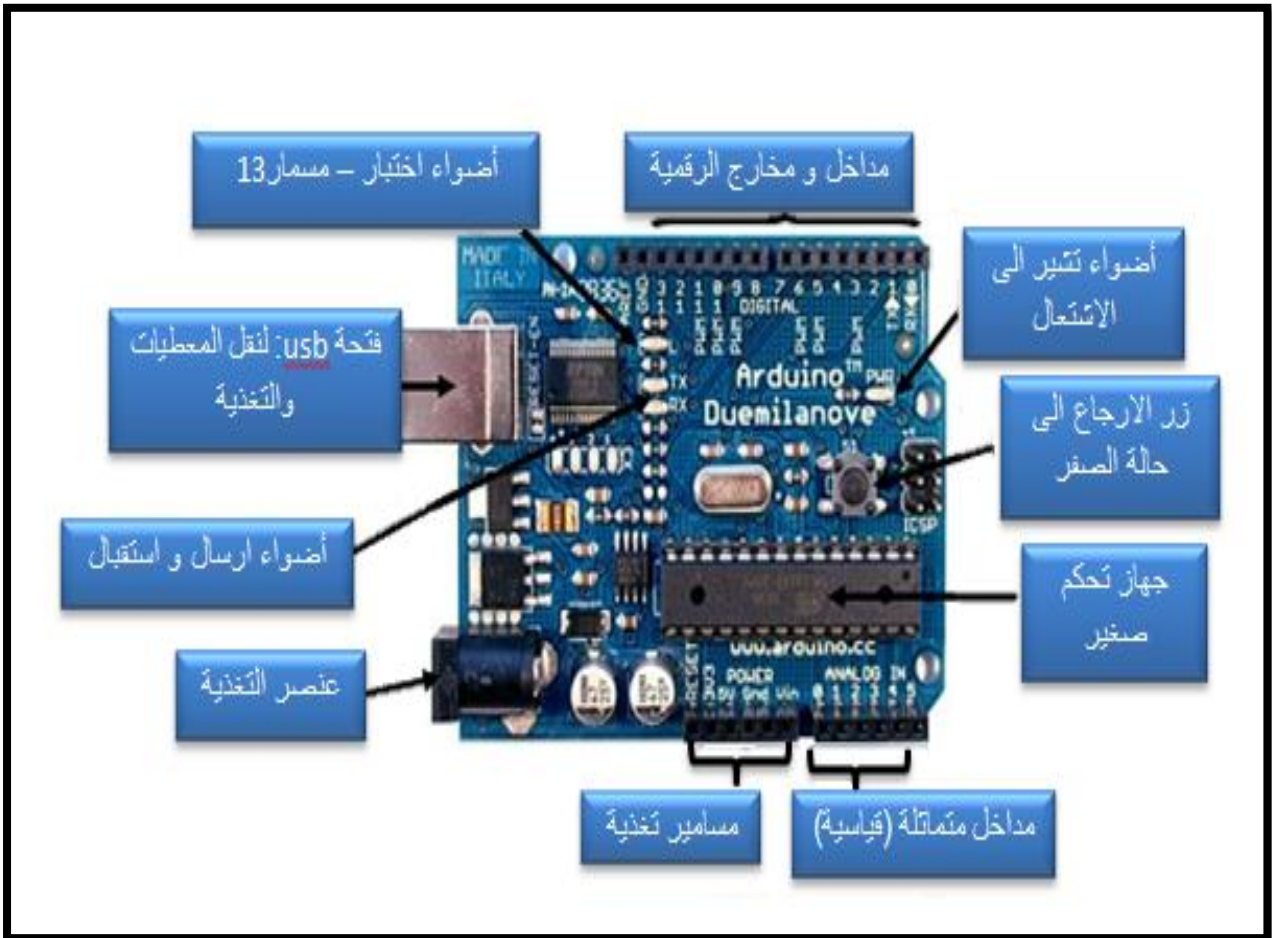
أردوينو هي عبارة عن لوحة تطوير إلكترونية تتكون من دائرة إلكترونية مفتوحة المصدر مع متحكم دقيق على لوحة واحدة يتم برمجتها عن طريق الكمبيوتر، وهي مصممة لجعل عملية استخدام الإلكترونيات التفاعلية في مشاريع متعددة التخصصات أكثر سهولة، ويستخدم اردوينو بصورة أساسية في تصميم المشاريع الإلكترونية التفاعلية أو المشاريع التي تستهدف بناء حساسات بيئية مختلفة (مثل درجات الحرارة، الرياح، الضغط...الخ) ويمكن توصيل اردوينو ببرامج مختلفة على الحاسوب الشخصي، ويعتمد الاردوينو في برمجته على لغة برمجة مفتوحة المصدر بروسينج، وتتميز الأكواد البرمجية الخاصة بلغة اردوينو أنها تشبه لغة البرنامج سي (C) وتعتبر من أسهل لغات البرمجة المستخدمة في كتابه برامج المتحكمات الدقيقة الشكل(3-4).



الشكل(3-4): البطاقة الالكترونية للاردوينو.

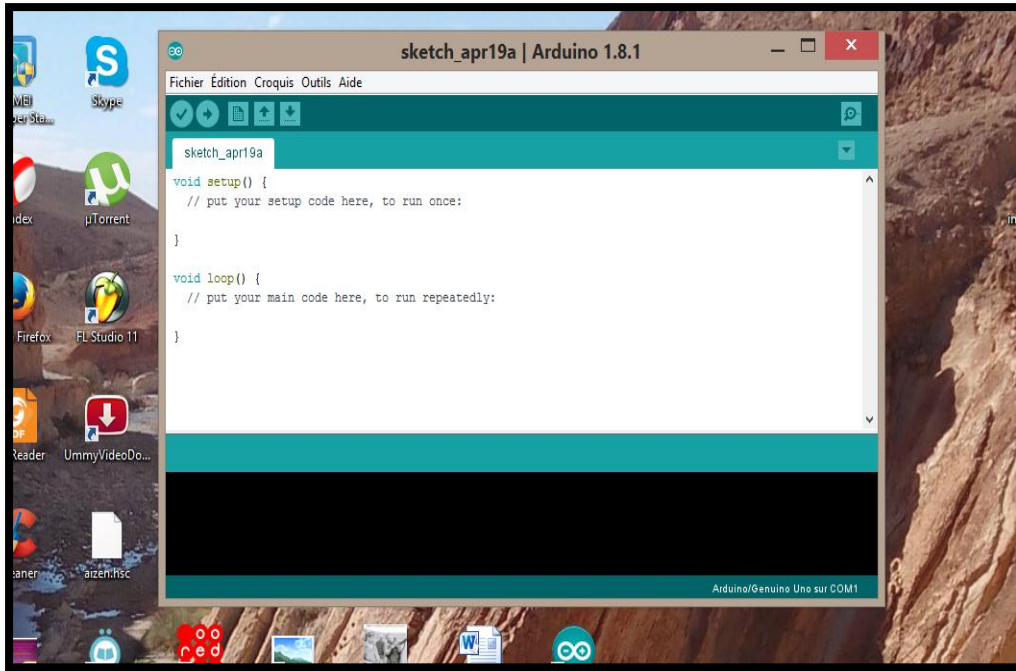
3-4-1-1 مكوناته:

1. لوحات الدوائر الالكترونية.
2. متحكم.
3. المعالج.
4. منفذ USB.
5. موصل التغذية.
6. المدخلات والمخرجات القياسات الرقمية.



الشكل (3-5): مكونات الاردوينو.

### 3-4-1-2- برنامج الاردوينو:



الشكل (3-6): برنامج الاردوينو.

إن مشاريع الاردوينو يمكن أن تكون مستقلة أو ذاتية بالإضافة إلى إمكانية الاتصال عبر البرامج المثبتة على جهاز الكمبيوتر.

أما فيما يخص البطاقات الالكترونية يمكن أن تصنع يدويا أو تشتري مجهزة و بالنسبة لبرنامج التطوير فتحمل مجانا حيث أن:

- سعر بطاقة الاردوينو أونو هو 25 يورو.

- البرمجيات والخدمة والمساعدة مجانا.

ان لغة برمجة الاردوينو هي عبارة عن تنظيم بمعنى أنها عبارة عن قاعدة تطوير متجانسة تعتمد على نوع من الوسائط لبرمجة المعالج.

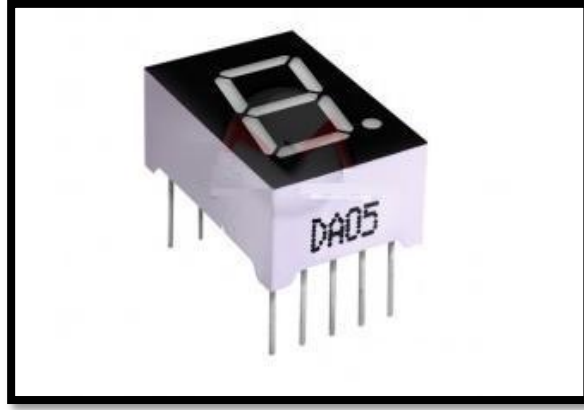
### 3-4-1-3- التطبيقات المتوافقة مع الاردوينو:

#### اللاقط LM35:

هو عبارة عن لاقط حراري متماثل مصنوع من طرف شركة Texas instruments ويعتبر نوعا ما مشهورا في عالم في مجال الالكترونيات نظرا لدقته و سهولة استخدامه.

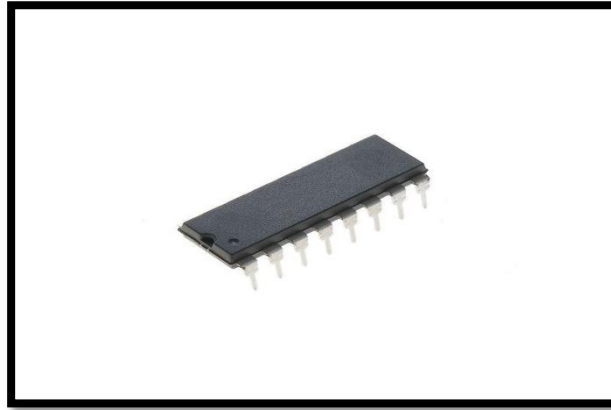
بإمكانه قياس درجات الحرارة التي تتراوح بين (  $150^{\circ}\text{C}$  -  $55^{\circ}\text{C}$  ) أما تركيبته الحالية فبإمكانها قياس درجات الحرارة من  $40^{\circ}\text{C}$  - إلى  $110^{\circ}\text{C}$  .





الشكل (3-9): العارض.

**المحلل** : هو عبارة عن نظام ثنائي يسمح بالتحكم بعدة عوارض مع تحديد حجم البيانات .



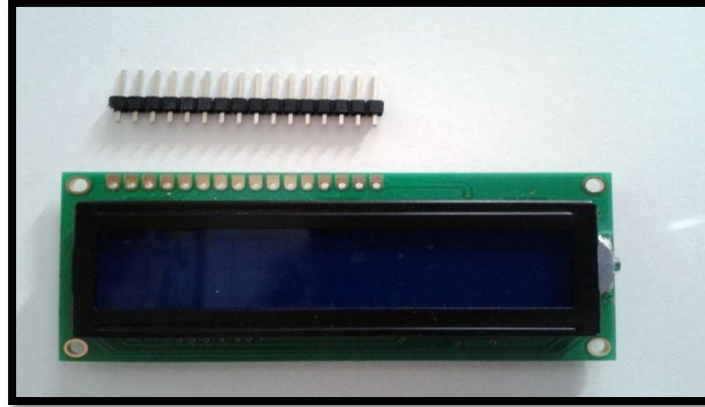
الشكل (3-10): المحلل BCD.

**جهاز ضبط التيار** : هو عبارة عن مقاومة.



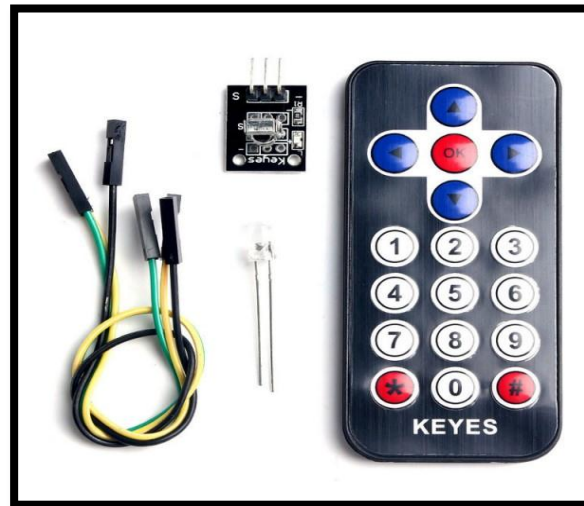
الشكل (3-11): جهاز ضبط التيار.

**شاشة عرض**: تستعمل هذه الأخيرة في حالة عدم وجود جهاز الحاسوب لعرض الأشياء المراد قياسها.



الشكل(3-12): شاشة عرض.

**جهاز التحكم عن بعد للأردوينو:** هو بمثابة جهاز تحكم بالأشعة تحت الحمراء موصل بصفحة الأردوينو من اجل التحكم به عن بعد.

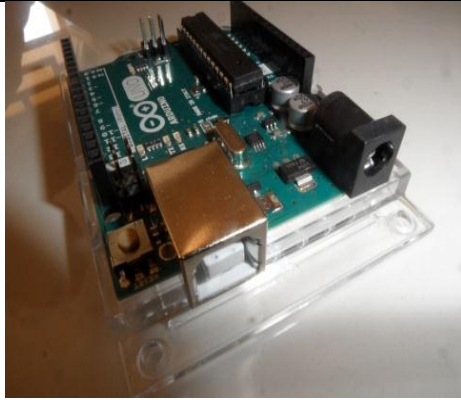

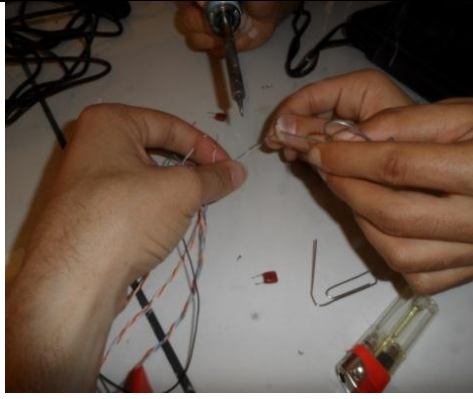




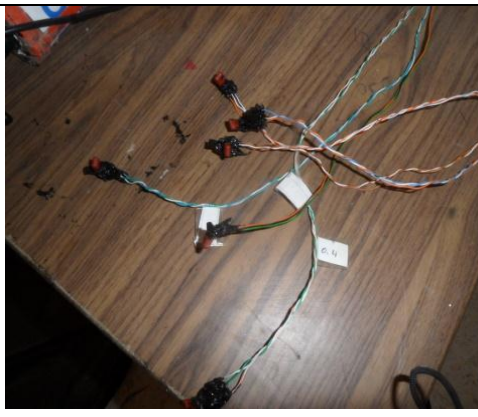
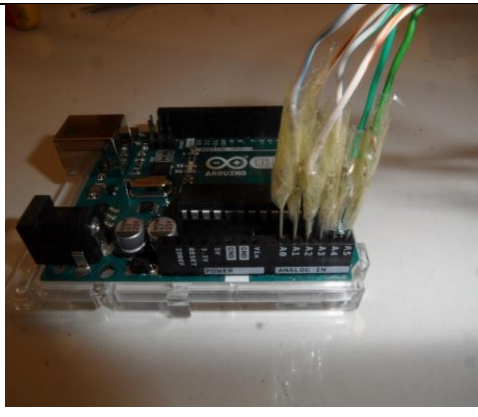
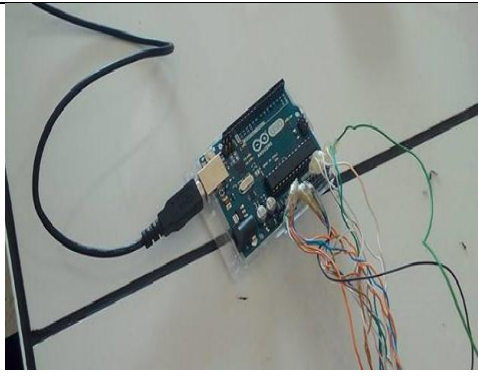
الشكل(3-13): جهاز التحكم عن بعد.

في هذا الفصل سنقوم بوصف دقيق و تفصيلي لبرنامج اردوينو و كيفية استخدامه للقيام بهذه التجربة من الناحية العملية، وحسب التجربة التي سنجرىها مع استخدام بعض الادوات المتوافقة مع برنامج الاردوينو لانجاز التجربة بطريقة تكنولوجية جد متطورة.

لذا فان هذا التطبيق جعل خصيصا في هذا العمل من اجل قياس وحساب التغيرات في درجات الحرارة للزجاج من الداخل و الخارج، و كذلك درجة حرارة ماء المالح للمقتر المنجز. الجدول (3-1) أدناه يوضح ذلك.

الجدول (1-3): يوضح كيفية ربط الاردوينو بجهاز الحاسوب واللوائط.

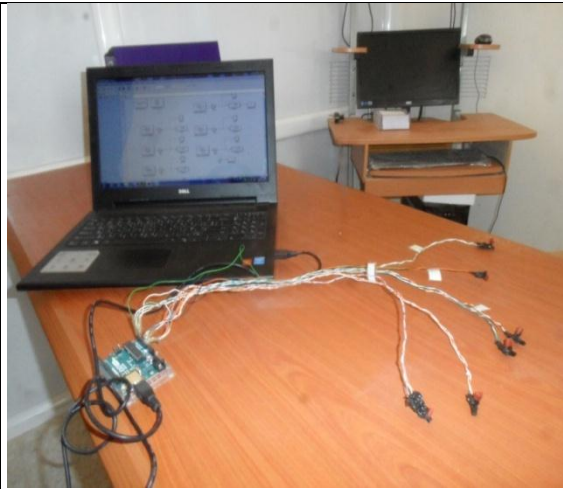
رقم المرحلة	الصورة	تعريف بالمرحلة
المرحلة الأولى		توضح الصورة اللوحة الالكترونية للآردوينو.
المرحلة الثانية		لاقط الحرارة LM35 5V و مكثف 10nF/5V.
المرحلة الثالثة		ربط خيوط الكهرباء باللاقط الحراري المرفق مع المكثف.
المرحلة الرابعة		اللاقط الحراري المصنوع يدويا

<p>ستة لواقط حرارية صنعت يدويا</p>		<p>المرحلة الخامسة</p>
<p>عزل اللواقط الحرارية بالسيليكون</p>		<p>المرحلة السادسة</p>
<p>اتصال اللواقط الستة بمدخلها .</p>		<p>المرحلة السابعة</p>
<p>اتصال او(ربط) نظام الأردوينو بالبرنامج.</p>		<p>المرحلة الثامنة</p>

ترجمة الإشارة الفيزيائية إلى

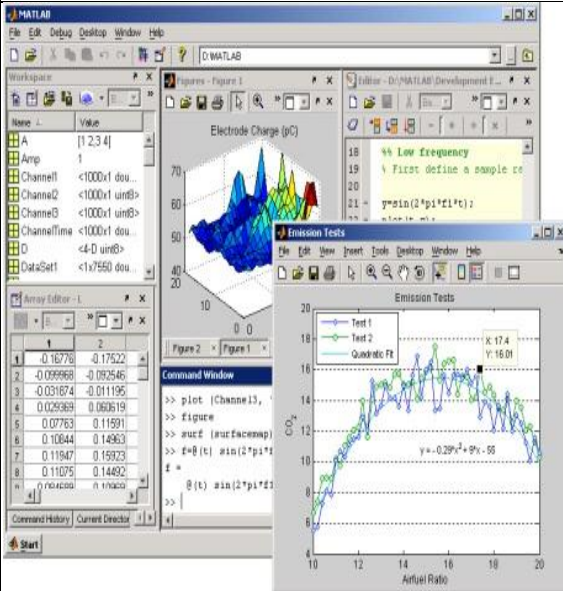
اللغة الرياضية

توصيل الآردوينو بجهاز الحاسوب تم ببرنامج Matlab.



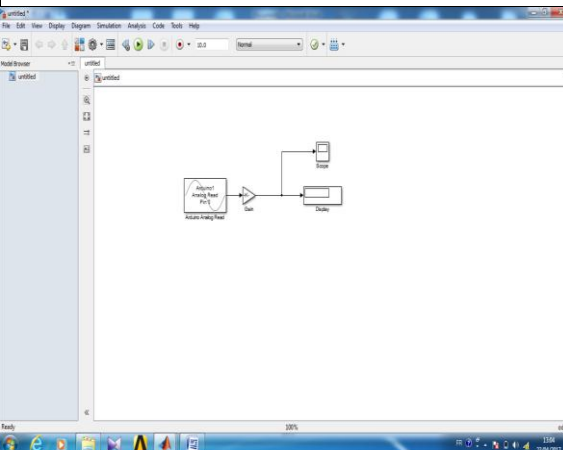
المرحلة التاسعة

فتح برنامج Matlab ليتم التواصل مع الآردوينو هذا الأخير يبعث معلومات عن درجة الحرارة لمختلف الأماكن المتوضعه في المقطرات الشمسية و يتم ترجمتها عبر البرنامج الى قيم يمكن قراءتها.



المرحلة العاشرة

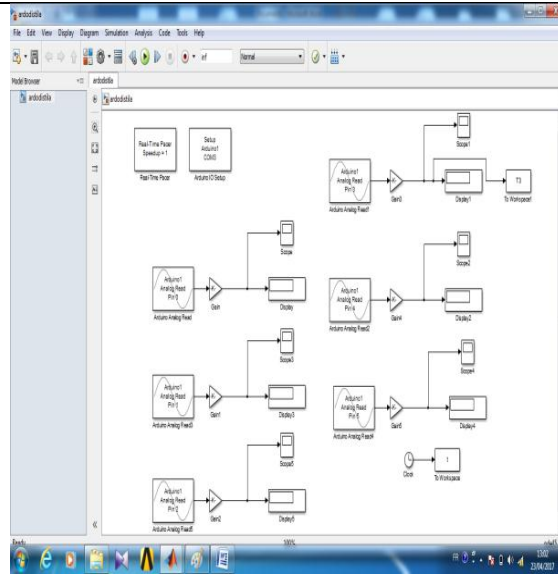
تحول لغة Matlab إلى إشارة فيزيائية لكل من 06 لواقط فيستقبل معطيات الحرارة والتغيرات الفيزيائية في كل 30 دقيقة من اجل القيام بحساب الدوال اللوغارتمية والنتائج الرياضية لكل المنحنيات من اجل نتائج حقيقية.



المرحلة الحادية عشر

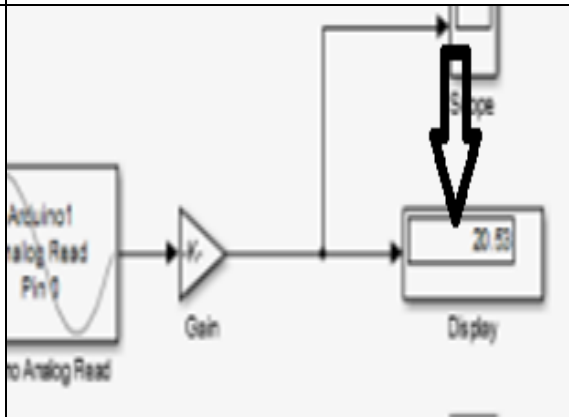
المرحلة الثانية عشر

يستقبل Matlab القيم الأولية للحرارة عبر إشارة اللاقط مثل هذه القيمة  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$   
 $T=53\text{ }^{\circ}\text{C}$ ،  
 6 اشكال مبينة في المرحلة 12  
 بالإضافة إلى إمكانية رسم المنحنيات و تعديل الوقت القياس.



المرحلة الثالثة عشر

يبين الشكل كيفية عرض قيمة درجة الحرارة من خلال البرنامج.



### 3-4-2- الأنبوب المدرج:

تستعمل الأنبوب المدرج لقياس كمية الماء المقطر عند كل ساعة.



الشكل (3-14): أنبوب مدرج

وكذا نستعمل في التجربة التراب.

### 3-4-3- بيرانومتر:

جهاز يسمح بقياس الإشعاع الشمسي.

### 3-4-4- PH متر:



الشكل (3-15): صورة فوتوغرافية لجهاز pH متر

### 3-4-4- جهاز قياس الناقلية:



الشكل (3-16): صورة فوتوغرافية لجهاز الناقلية

### 3-5- التحضير للتجربة:

سنحاول في هذا الجدول سرد لمختلف الخطوات المتبعة للقيام بالتجربة وطريقة القياس لحجم الماء ودرجة الحرارة.

الجدول (2-3): مراحل التحضير للتجربة

التعليق	الصورة
في المرحلة الأولى نضع ميزان الماء على الطاولة المراد وضع المقطرين عليها، ونتحقق أنها في مستوي واحد اي على استقامة واحدة.	
نضع التراب في المقطر بحيث تغطي كامل القاعدة.	
نضع الأنابيب في موضعها وكذلك القارورات.	
نضع الماء في المقطرات	
نغسل الزجاج من الشوائب كي يصبح نقيا يسمح بانزلاق الماء.	

<p>نضع الزجاج على مستوى المقطرات</p>	
<p>نتحقق من مستوى المقطرات بواسطة ميزان الماء.</p>	
<p>نركب جهاز الأردوينو ونثبت اللواقط على المقطرين</p>	
<p>يتم قياس كمية الماء المنتجة عند رأس كل ساعة و ذلك عن طريق الأنبوب المدرج. تكون القراءة بشكل عمودي.</p>	

### 6-3- التجارب:

#### 3-6-1- التجربة الأولى:

في يوم الأحد 26 فيفري 2017 بمعهد العلوم الدقيقة وتحت نفس الظروف المناخية تم تعريض مقطرين شمسيين مسطحين إلى أشعة الشمس بعد أن وضعت فيهما كمية من الماء تقدر بـ 3 لترات، وتم قياس درجة الحرارة لكل من الغطاء الزجاجي من الخارج والداخل ودرجة حرارة الماء والجو وقيست كذلك كمية الماء المقطر المنتجة وذلك عند كل رأس ساعة، من الساعة 9:00 إلى الساعة 3:30، وكان الهدف من هذه التجربة هو إثبات أن المقطرين متشابهين.

من خلال النتائج المتحصل عليها وهي أن مردود المقطرين متشابهين إلى درجة كبيرة لذا يمكن استعمال إحداهما كشاهد والآخر نضع به التراب.

### 3-6-2- التجربة الثانية:

و الهدف من التجربة هو معرفة تأثير التراب على مردود المقطر الشمسي. حيث في يوم الخميس 27 افريل 2017 بمعهد العلوم الدقيقة تم تعريض مقطرين بسيطين إلى أشعة الشمس بحيث استعمل احدهم كشاهد والآخر وضع فيه التراب كما هو مبين في شكل (3-17).



الشكل(3-17):يمثل صورة فوتوغرافية للمقطرين الشمسيين البسيطين.

وضع في كلاهما 3 لترات من الماء المالح. وتم قياس درجة الحرارة لكل من الغطاء الزجاجي من الخارج والداخل ودرجة حرارة الماء والجو وكذلك قيست كمية الماء المقطر عند كل ساعة وذلك من الساعة 8:00 إلى الساعة 16:00.

وقد تم وضع التراب بطريقة تسمح بتغطية كامل قاعدة المقطر كما هو موضح في الشكل التالي:



الشكل (3-18): مقطر شمسي مسطح يحتوي التراب.

### 7-3- خاتمة:

يشمل المحول الثالث بروتوكولات التجربة وما يجب إتباعه قبل القيام بالتجربة حتى لا يكون خلل يعيق في الحصول على نتائج جيدة ، كما يحتوى على تقنية جديدة للقياس و هي عبارة عن بطاقة الكترونية – بطاقة أرينو- و التي تعوض أدوات القياس الكلاسيكية ، و تمتاز هذه التقنية بالدقة و تقليل الخطأ البشري و تسهل على الباحث تسجيل النتائج، حيث أن النتائج تسجل اتوماتيكيا على الحاسوب بدون تدخل الباحث و يمكن للباحث الحصول على بيانات تترجم نتائج التجربة و التي ستكون في المحور القادم.

#### 1-4- مقدمة:

يشمل هذا الفصل النتائج المتحصل عليها من الدراسة التجريبية التي أنجزت على المقطرين الشمسيين المسطحين (الشاهد والمدرّوس)، سنقارن الزيادات أو التغيرات التي طرأت على المقطر المدرّوس مع المقطر الشاهد. حيث نضيف للمقطر المحسن 2.5 كغ من تراب الكثبان الرملية النقية و هذا بعد غسلها بالماء المقطر عدة مرات لتخلص من كل الشوائب العالقة بالتراب. والهدف من هذه التجربة هو معرفة تأثير التراب (الرمل) على مردود المقطر الشمسي. النتائج المتحصل عليها ترجمت على شكل منحنيات وسنحاول في هذا الفصل تحليل هذه النتائج ومناقشتها.

#### 2-4- تحليل النتائج:

لقد تمت التجربة يوم 2017/05/17 على مستوى مخبر الطاقات المتجددة بجامعة الوادي تحت الظروف الجوية المسجلة في الجدول (1-4) التالي:

الجدول (1-4): الظروف الجوية للتجربة

شروق الشمس	5:41
غروب الشمس	19:19
درجة حرارة الجو	26 - 35C°
الرطوبة	25%
سرعة الرياح	21Km

بعد الحصول على الماء المقطر من التجربة تم مباشرة قياس الـ PH و الناقلية الكهربائية للماء المستعمل قبل و بعد الاستعمال وهذا في مخبر V.T.R.S بجامعة الوادي و يلخص الجدول (2-4) النتائج المتحصل عليها.

الجدول (2-4): نتائج تحليل الماء المستعمل للتقطير

الماء المقطر	الماء المالح
PH= 6.95	PH= 5.86
الناقلية الكهربائية = 230µs/cm	الناقلية الكهربائية = 4.72ms/cm

نلاحظ أن هناك فارق ملحوظ في PH و أن الناقلية الكهربائية أيضا و هذه النتائج مشجعة للغاية. لقد مرت التجربة بكل سهولة و دون مشاكل خاصة و أن بطاقة الـ اردوينو سهلت لنا الكثير من المهام كالتقليل من الخطأ البشري في القياس. الشكل (1-4) يمثل المقطر الشمسي أثناء التجربة و متصل بالبطاقة الالكترونية.

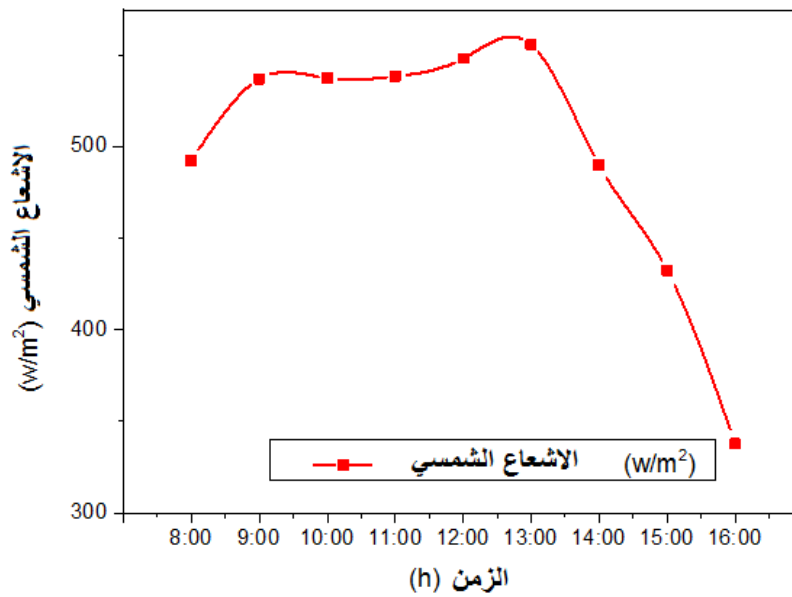


شكل (1-4): المقطر أثناء التجربة.

#### 1-2-4- الإشعاع الشمسي:

لحسن الحظ يمتلك المخبر على جهاز الكتروني لقياس الإشعاع الشمسي المعروف ببييرانومتر و لقد جنينا اللجوء إلى استعمال بيان الإشعاع النظري لمدينة الوادي.  
يوضح الشكل (2-4) الإشعاع الشمسي يوم التجربة عند الساعة 8:00 صباحا كانت قيمة الإشعاع  $492.4 \text{ w/m}^2$  ثم بدأت في الزيادة إلى أن وصلت إلى قيمة أعظمية  $555.7 \text{ w/m}^2$  وذلك عند الساعة 13:00 حيث كانت أشعة الشمس في أوجها ثم تناقصت مع مرور الزمن إلى أن بلغت  $337.7 \text{ w/m}^2$  وذلك عند الساعة 16:00.

البيان منطقي للغاية و النتيجة المحصلة عليها تتوافق مع الدراسة التي قدمها السيد غضبان (2017/05/17) [38] ، نريد فقط أن نشير أن يوم التجربة لم تكن السماء صافية تماما و كان ذلك اليوم مسبوق بعواصف رملية و اضطرابات جوية حادة.

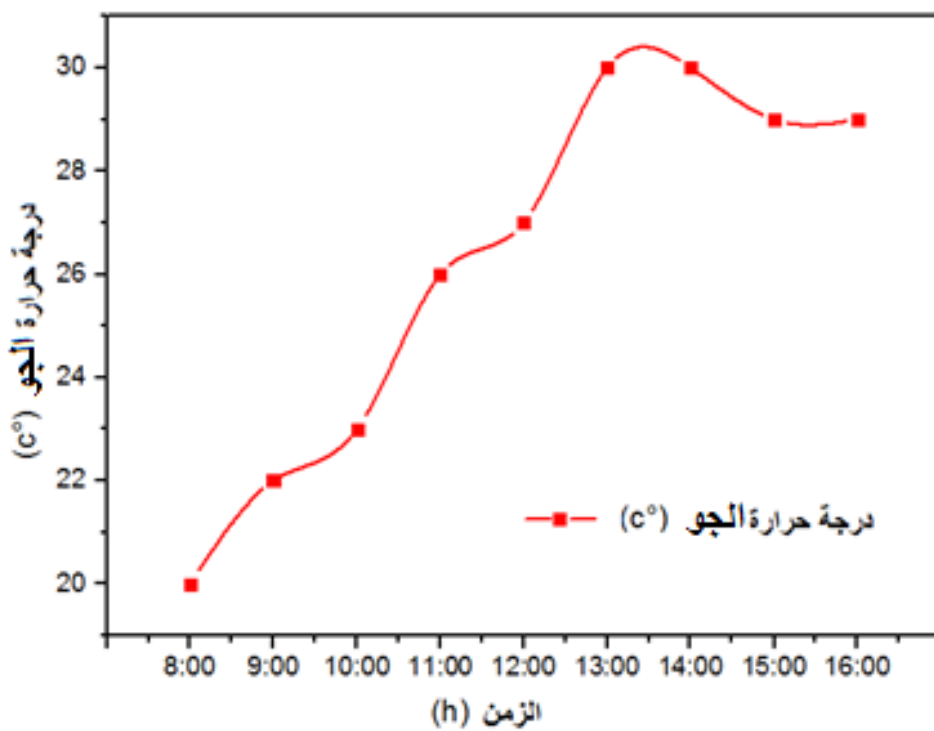


الشكل(2-4): منحنى الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن. 2017/05/17

#### 2-2-4- تطور درجة حرارة الجو:

إن درجة حرارة الجو عامل مؤثر في عملية التقطير لهذا سنأخذه بعين الاعتبار. يكون تأثيره أكثر على الزجاج الخارجي و على عملية الانتقال الحراري بالحمل الطبيعي و القسري او معا. حيث نجد درجة الحرارة موجودة في معادلة Newton.

يوضح الشكل (3-4) منحنى درجة حرارة الوسط بدلالة الزمن حيث نلاحظ أن درجة الحرارة عند الساعة 8:00 كانت 20 درجة مئوية ثم تزداد مع مرور الزمن إلى أن بلغت قيمة أعظمية في حدود 30 درجة مئوية عند الساعة 13:00 و 14:00 لأن أشعة الشمس كانت شديدة ثم تناقصت عند الساعة 15:00 و 16:00 إلى 29 درجة مئوية.

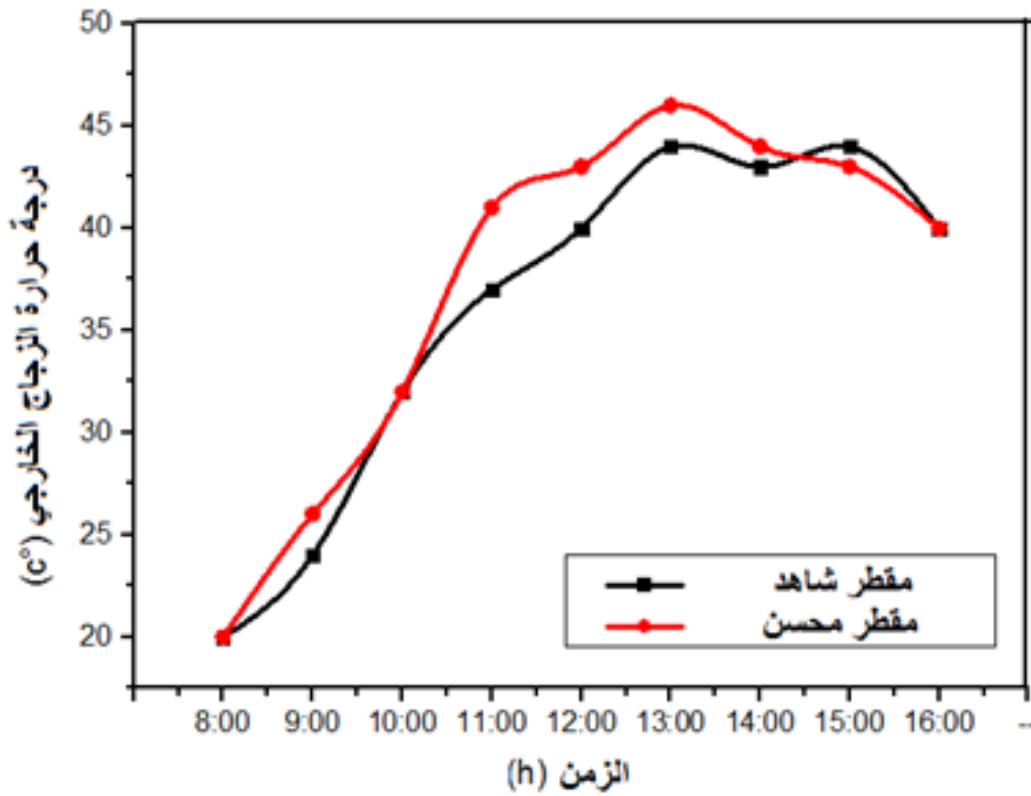


الشكل (3-4): منحنى درجة حرارة الوسط بدلالة الزمن.

#### 3-2-4- تطور درجة حرارة الزجاج من الخارج:

يتعرض الزجاج إلى الحرارة من داخل المقطر ثم تنتقل من خلاله بما يسمى انتقال الحرارة بالتوصيل الذي تعتمد على علاقة Fourier و يكون لسمك الزجاج الدور الفعال في انتقال الحرارة. عند وصول الحرارة إلى الجزء الخارجي للمكثف فإن الانتقال يعتمد على ظاهرة الحمل وفق مبدأ Newton، و قد يكون طبيعي و قد يكون قسري أو معاً.

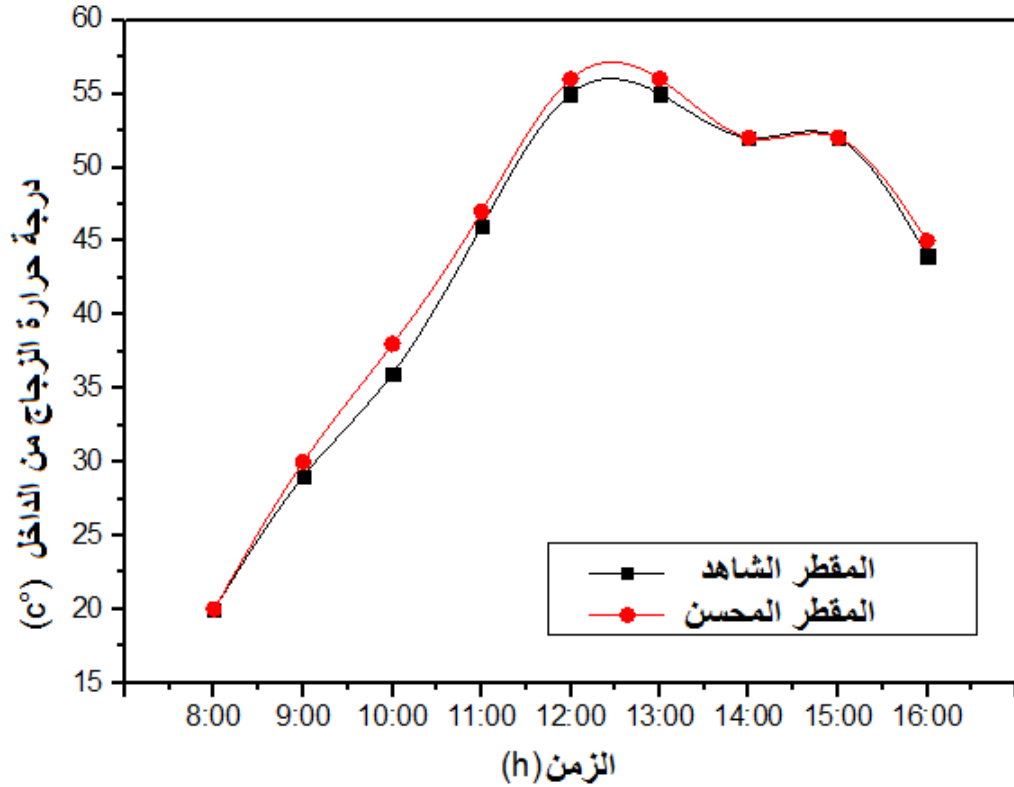
يوضح الشكل (4-4) درجة حرارة الزجاج من الخارج لكل من المقطر الشاهد و المدروس بدلالة الزمن في بداية التجربة عند الساعة 8:00 كانت درجة الحرارة 20 درجة مئوية لكلا المقطرين ثم تزداد هذه القيمة مع مرور الزمن لتبلغ قيمة أعظمية عند الساعة 13:00 لكلا المقطرين 44 درجة مئوية للشاهد و 46 درجة مئوية للمدروس ثم تتناقص إلى أن تصل إلى 40 درجة مئوية لكليهما . نلاحظ عموماً أن درجة حرارة الزجاج من الخارج للمقطر المدروس أكبر منها عند الشاهد مع تطابق درجات الحرارة عند الساعة 9:00 و 16:00.



الشكل (4-4): منحنى درجة حرارة الزجاج من الخارج بدلالة الزمن

#### 4-2-4- تطور درجة حرارة الزجاج من الداخل:

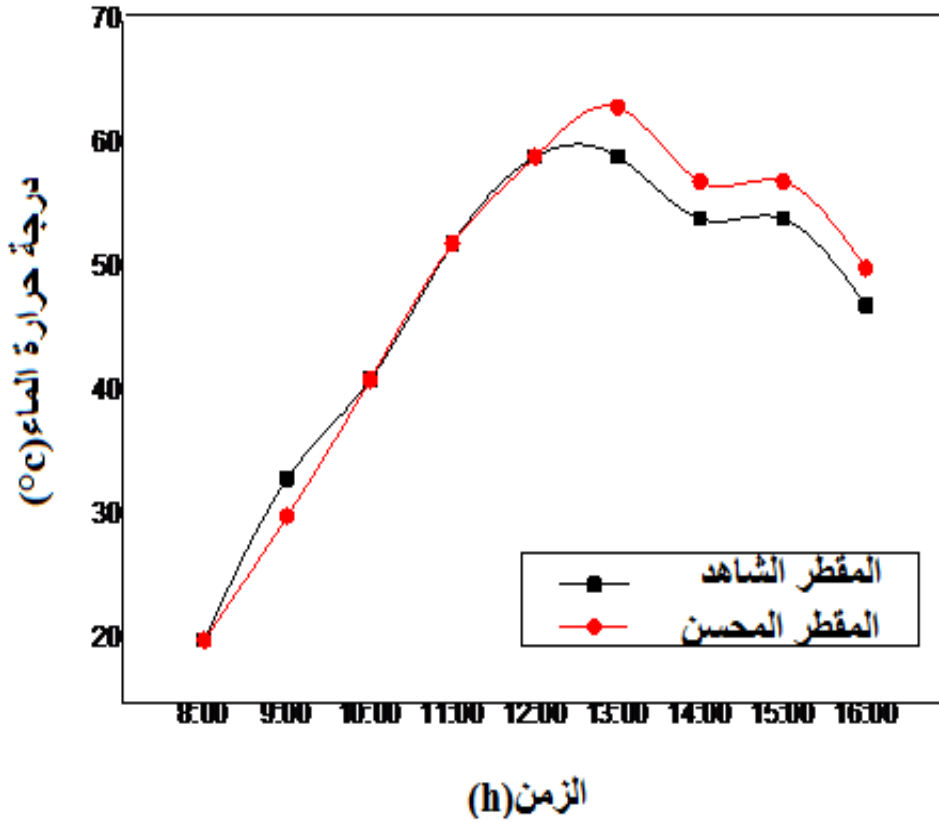
يوضح الشكل (4-5) درجة حرارة الزجاج من الداخل لكل من المقتر الشاهد و المدروس. عند الساعة 8:00 درجة حرارة الزجاج من الداخل لكلا المقترين قدرت بـ 20 درجة مئوية ثم تزداد هذه الأخيرة مع مرور الزمن لتبلغ عند الساعة 12:00 و 13:00  $55\text{ C}^\circ$  و  $56\text{ C}^\circ$  للشاهد و المدروس على التوالي ثم تتناقص بعد ذلك لتبلغ  $44\text{ C}^\circ$  للمقتر الشاهد و  $45\text{ C}^\circ$  للمقتر المدروس. بصفة عامة درجة حرارة الزجاج من الداخل متقاربة إلى حد كبير لكلا المقترين ويمكن أن نلاحظ في بعض الأحيان اختلاف ما بين 9:00 - 11:00 و 12:00 - 13:00 كما هو مبين في الشكل (4-5).



الشكل (4-5): منحنى درجة حرارة الزجاج من الداخل بدلالة الزمن.

#### 4-2-5- درجة حرارة الماء:

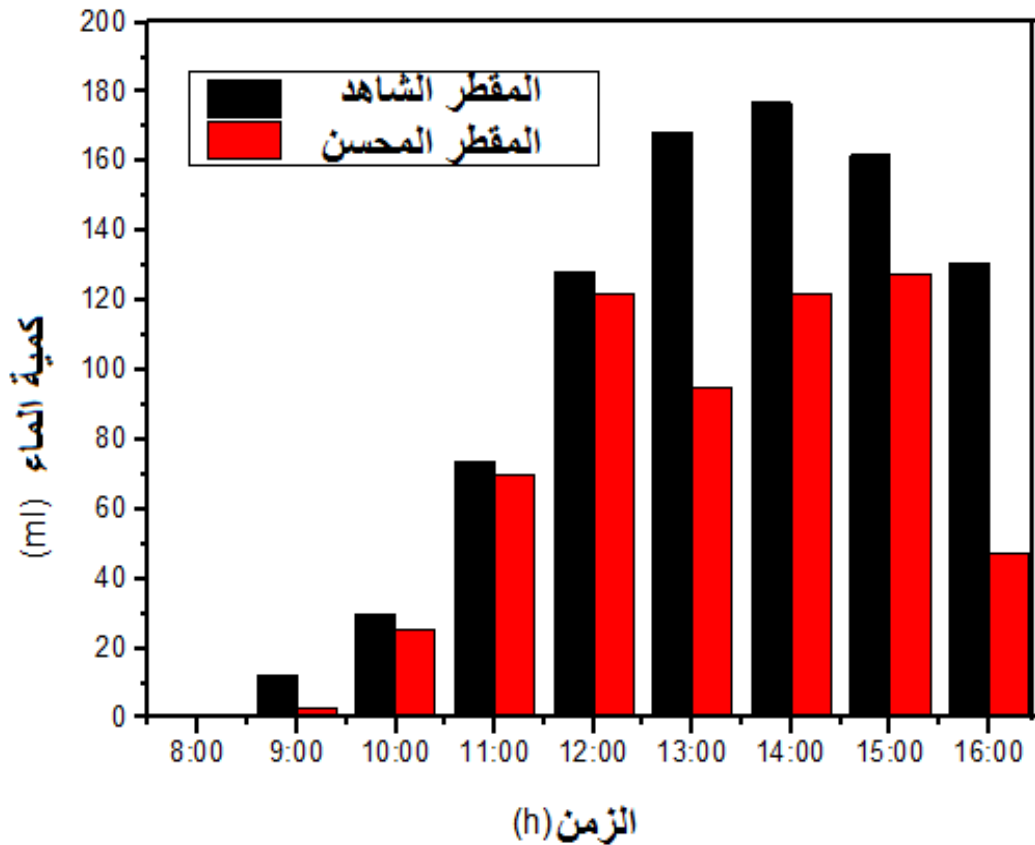
يوضح الشكل (4-6) درجة حرارة الماء لكل من المقطر الشاهد و المدروس بدلالة الزمن، تزداد درجة حرارة الماء لكلا المقطرين حيث تكون متطابقة تقريبا غير أنها تختلف في الذروة  $59^{\circ}\text{C}$  للشاهد و  $63^{\circ}\text{C}$  للمدروس وذلك عند الساعة 13:00 ثم تتناقص لكليهما غير أن درجة حرارة الماء في المدروس تبقى اكبر من الشاهد حتى تصل إلى  $47^{\circ}\text{C}$  للشاهد و  $50^{\circ}\text{C}$  للمدروس وذلك عند الساعة 16:00. عموما يمكن تقسيم المنحنى إلى مرحلتين، في المرحلة الأولى من الساعة 8:00 إلى الساعة 12:00 تكون درجة حرارة الماء في الشاهد والمدروس منطقتين تقريبا، في المرحلة الثانية من الساعة 13:00 إلى الساعة 16:00 درجة حرارة الماء تتناقص لكليهما غير ان درجة حرارة الماء للمدروس تبقى اكبر من الشاهد.



الشكل (4-6): منحنى درجة حرارة الماء بدلالة الزمن.

#### 4-2-6- تطور كمية الماء:

نلاحظ أن كمية الماء للمقطر الشاهد تتزايد مع مرور الزمن إلى أن تبلغ قيمة عظمى عند الساعة 14:00 حيث تبلغ 177ml ثم تتناقص مع مرور الزمن إلى غاية الساعة 16:00 بينما تتزايد للمقطر المدروس إلى غاية الساعة 12:00 حيث تبلغ 122ml ثم بعدها تبدأ في التذبذب لكن يمكن ملاحظة ان كمية الماء للشاهد اكبر من كمية الماء للمحسن طوال التجربة.



الشكل (4-7): مخطط أعمدة لكمية الماء بدلالة الزمن.

#### 4-3 مناقشة النتائج:

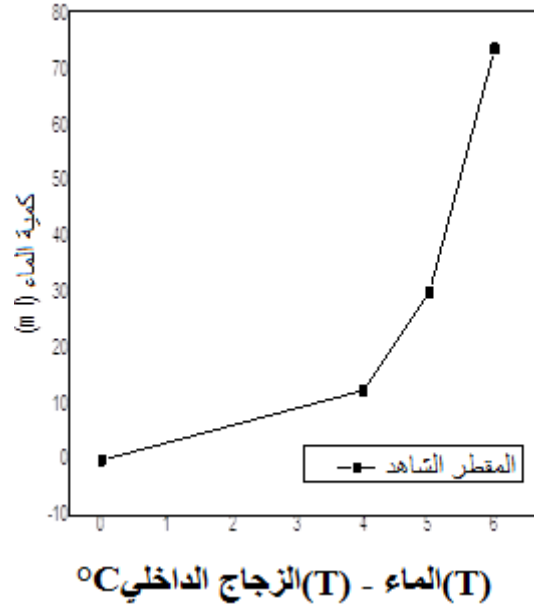
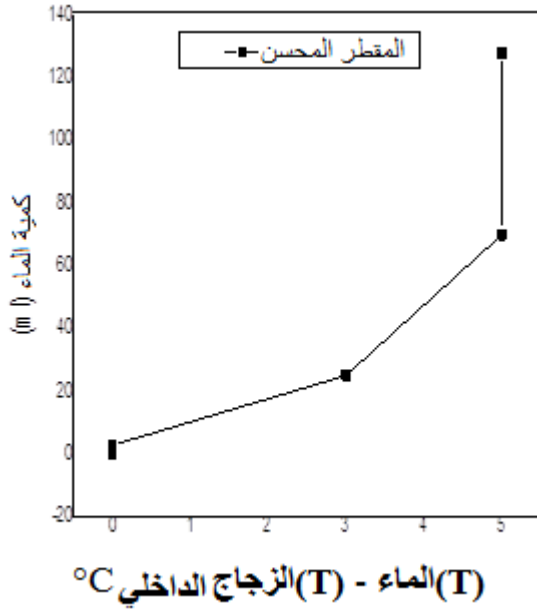
##### 4-3-1- حرارة الزجاج الداخلي و الخارج

بالنسبة لدرجة حرارة الزجاج الداخلي و الخارجي و الممثلين في الشكل (4-4) و الشكل (4-5) فهما متعلقتان ببعضهما. حيث نلاحظ أن ارتفاع درجة حرارة الزجاج من داخل يتبعه ارتفاع في درجة حرارة الزجاج الخارجي و ليس بالضرورة بنفس النسبة. انتقال الحرارة يكون بواسطة التدفق من الداخل إلى الخارج، قاطعة سمك الزجاج الذي هو عائقا حقيقيا له. نلاحظ ان التدفق يبدأ بطريقة غير مستقرة أي انتقالية من 8:00 حتى 12:00 أين يبدأ الاستقرار يظهر و هذا متوافق مع ما يحدث في الأنظمة الطاقوية.

في حالة هبوب رياح ، فان الزجاج الخارجي يبرد بسرعة مما يسرع انتقال الحرارة و يبرد الجهة الداخلية و هذا ينعكس إيجابا على مردود المقطر.

##### 4-3-2- فارق درجة الحرارة بين الماء و الزجاج الداخلي

يوضح الشكل (4-8) تأثير فارق درجة الحرارة بين الماء في داخل المقطر و الزجاج الداخلي  $\Delta T$  ، حيث نلاحظ بوضوح أن كل زيادة في فارق درجة الحرارة يتبعه مباشرة زيادة في إنتاج الماء المقطر و العملية العكسية صحيحة أيضا.



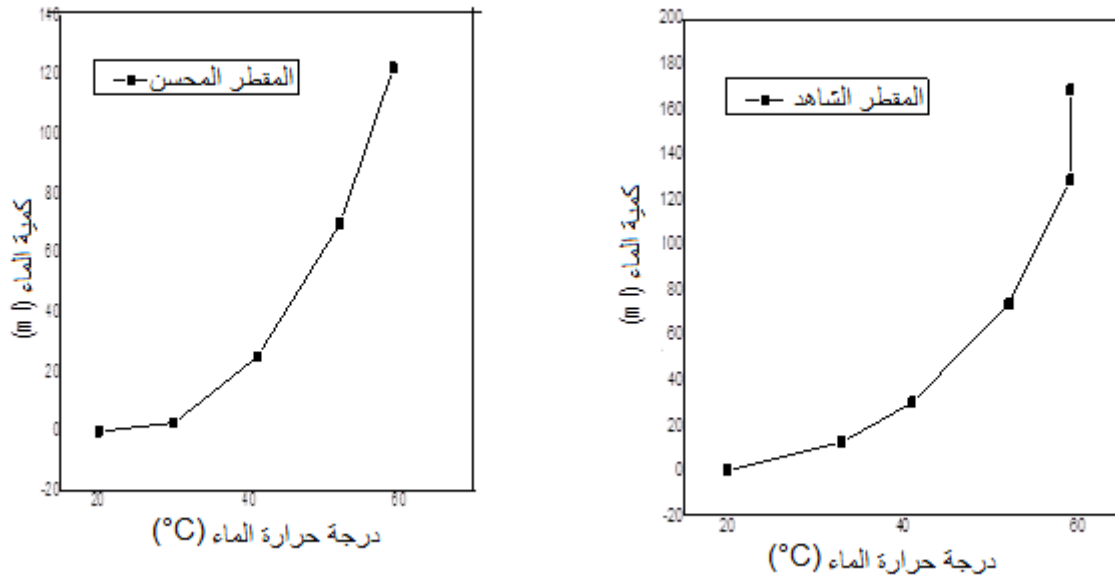
شكل(4-8): تطور فارق درجة حرارة بين الماء و الزجاج الداخلي بدلاله كمية الماء المنتج

هذا الفارق (التدرج الحراري) من أهم العوامل المؤثرة في عملية التقطير الشمسي و لقد تركزت تجربتنا لزيادة هذا الفرق أي محاولة زيادة درجة حرارة الماء الداخلي و ذلك لإحداث فرق معتبر.

#### 4-3-3- درجة حرارة الماء الداخلي في المقطر

بالنسبة للشكل (4-6) المتمثل في تطور درجة حرارة الماء الداخلي في المقطر، نلاحظ تطابق شبه كامل بين المقطرين في المرحلة الانتقالية أي إلى غاية 11:30 فكلما اقتربنا إلى المرحلة الثابتة المستقرة يبدأ يظهر الفرق حيث نلاحظ ان درجة حرارة الماء المقطر في الشاهد أعلى منها في المقطر المدروس، قد يرجع ذلك الى أن التراب قد امتص كمية الحرارة من الماء أو قد يرجع إلى أن المساحة السوداء الماصة مغطاة بالتراب فنجم عليه انخفاض في الحرارة. هذين الاحتمالين يبقيان محل سؤال يمكن الإجابة عليه في بحوث أخرى.

يشير الشكل (4-9) أن كل ارتفاع لدرجة حرارة الماء يزيد في الفارق، ينجم عليه زيادة في المردود و هذا ما نلمسه في الشكل.

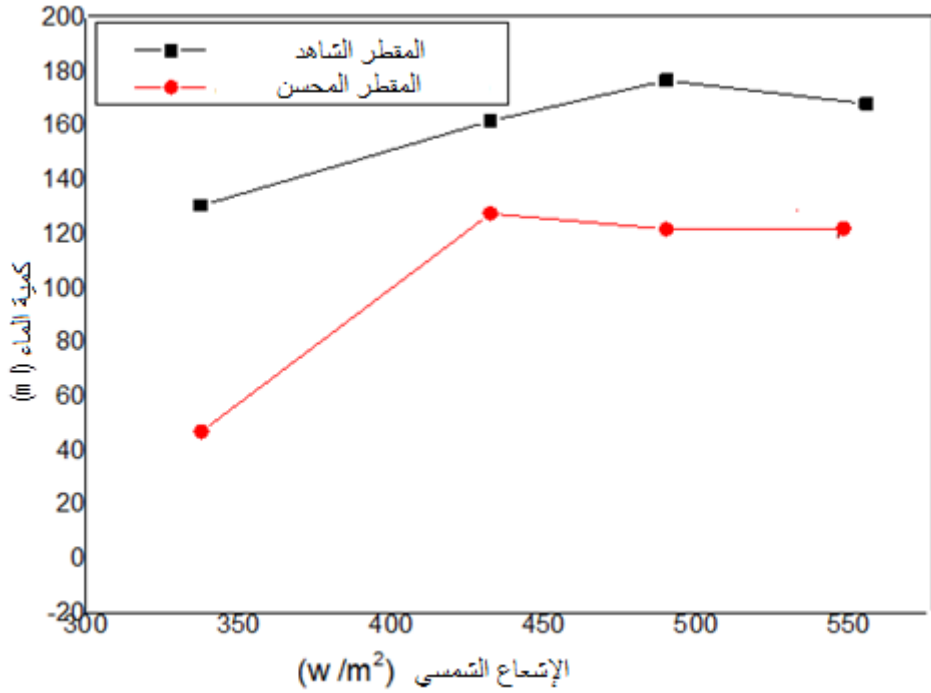


شكل(4-9): تطور درجة حرارة الماء بدلالة كمية الماء المنتج.

#### 4-3-4- الإشعاع الشمسي

الشكل (4-7) يمثل إنتاج الماء المتحصل عليه في كل ساعة. و يترجم هذا الشكل جميع المؤثرات (الإشعاع، فارق درجة الحرارة، الحرارة الداخلية للزجاج ...) وتأثيراتها على عملية التقطير، حيث نلاحظ ان الكميات تتزايد في المرحلة الأولى الانتقالية تم تصل إلى الذروة و تثبت مع تذبذب طفيف في المرحلة المستقرة و هذا يعكس تماما ما حدث في المؤثرات الثلاث.

بالنسبة للإشعاع الممثل في شكل (4-10) يمثل العنصر الأساسي في التجربة و في عملية التقطير حيث نلاحظ أن تغيره يؤثر على جميع المؤثرات الأخرى و خاصة المردود. و لتدعيم و تجسيد ذلك نلاحظ في الشكل (4-10) أن كل زيادة في الإشعاع الشمسي يتبعه مباشرة زيادة في الإنتاج و العملية العكسية صحيحة أيضا.



الشكل (4-10). الإشعاع الشمسي بدلالة كمية الماء المنتج

#### 4-4- خاتمة:

عملية التقطير الشمسي عملية تبدو في الوهلة الأولى عملية سهلة تعتمد على تبخر الماء بحرارة الشمس إلا أن الأمر يتعدى ذلك و يرجع إلى كثرة العوامل المؤثرة و تداخلها و ارتباطها بعضها البعض مما يجعل عملية الحساب و الدقة عملية صعبة.

بعد التجربة يمكن القول أن كل زيادة في الإشعاع فارق الحرارة بين الماء الداخلي و الزجاج الداخلي وارتفاع درجة حرارة الماء الداخلي يؤثر في إنتاج المقطر. و لكل مؤثر مرتبط بالمؤثرات الأخرى و لا يمكننا تجاهل احدهم.

في تجربتنا هاته صنعنا مقطرين لهما نفس الأبعاد و صنعا من نفس المواد و جربا في نفس المكان وفي نفس اللحظة و تعرضا لنفس المؤثرات الخارجية، إلا أن إنتاج الماء المقطر في المقطر الذي يحمل التراب كان أقل منه في الشاهد و بنسبة اكثر من 50 بالمائة. نرجع ذلك الى أن التراب يعيق عملية التبخر. ففي هذه الحالة الرمل لا يعمل على تحسين عملية التقطير الشمسي.

## الخاتمة العامة

التقطير بالطاقة الشمسية يعتبر حلاً ناجحاً وغير مكلف للدول التي تعاني نقص المياه الصالحة للشرب خاصة للدول التي تتمتع بقوة طاقتها الشمسية. هناك بعض العوامل التي تؤثر على مردود المقطر الشمسي منها العوامل الخارجية والداخلية. من أهم العوامل الخارجية نجد الإشعاع الشمسي حيث يتناسب طرداً مع المردود، بالإضافة إلى أن الرياح تؤثر كذلك على المردود حيث تزيد في عملية التقطير ذلك أن التيارات الهوائية تعمل على تبريد الغطاء الزجاجي مما يزيد الفارق في درجة الحرارة بين ماء الحوض والسطح الداخلي للغطاء الزجاجي مما يزيد في كمية الماء المنتجة. نجد كذلك من أهم العوامل الداخلية التي تؤثر على المردود عمق الماء المالح حيث يتناقص المردود كلما زاد سمك الماء في الحوض بالإضافة إلى زاوية ميل الغطاء الزجاجي، يحكم أجزاء المقطر معادلات موازنة رياضية.

ولاية الوادي الواقعة بجنوب شرق الجزائر تعاني من مشكلة المياه الصالحة للشرب كما تتمتع بكثرة الكثبان الرملية و من هنا كان السؤال: هذه المادة المتوفرة و المجانية هل يمكن استغلالها في عملية التقطير الشمسي للحصول على ماء الشرب؟ هل ستحسن مردود المقطر الشمسي؟ و بأي نسبة؟ ما تأثيرها على عملية التبخر؟ للإجابة عن هذه التساؤلات، صنع مقطرين متشابهين و وضعا تحت نفس الظروف ، احدهما وضع في التراب و الثاني بدون تراب وهذا لتسهيل عملية المقارنة و لقد استعمل بطاقة الكترونية - بطاقة الازدوينو لقياس درجة الحرارة، وهو جهاز ذو تكنولوجيا حديثة يسمح بقياس درجة الحرارة في أماكن متعددة في نفس الوقت بالإضافة إلى قياس الإشعاع الشمسي و ذلك لتسهيل عملية القياس و تقليل الخطأ البشري.

لقد مرت التجربة بنجاح في ظروف مناخية جيدة حيث عرضنا مقطرين شمسيين مسطحين إلى أشعة الشمس من الساعة 8:00 صباحاً إلى الساعة 16:00 مساءً تحت نفس الظروف المناخية من أجل إعطاء نتائج دقيقة ومقبولة. ترجمت النتائج إلى منحنيات واهم نتيجة توصلنا إليها هي أن كمية الماء المقطر المنتجة للشاهد أكبر من المدروس (المضاف إليه الرمل) وذلك عند كل ساعة حيث يمكن ملاحظة ذلك بقوة عند الساعة 13:00 حيث بلغت كمية الماء المقطر 168 مل للشاهد بينما 95 مل للمقطر المضاف إليه التراب يعني فارق يقدر بحوالي 73ml ومنه فان كمية الماء المقطر للشاهد أكبر من المدروس. نفس ذلك أن التراب غطى السطح الماص لحرارة و عليه فان التراب كمحسن أعطى نتيجة سلبية.

كدراسة مستقبلية، يمكن تلوين التراب أو حرقه حتى يصبح اسود و يتحول إلى مادة ماصة لأشعة الشمس و قد ينتج على ذلك زيادة نسبة تحسن المردودية.

## المراجع

[1]	A. H. Khedim, K. Schawrzer, C. Faber, " Nouveau système de dessalement de l'eau de mer à l'énergie solaire". Ginstereg Julich (Allemagne).
[2]	بلحاج محمد مصطفى، دراسة وتحسين اداء مقطر شمسي مقترن (احتباس حراري- فيلم شعيري) بمنطقة ورقلة، اطروحة دكتوراه، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر، 14- 30 (2015).
[3]	د. سهيل فاضل، د. الياس الكبة، الطاقة الشمسية وتطبيقاتها، دار الحدائق لطباعة والنشر و التوزيع ، بيروت لبنان ، ص ب 14/5636.
[4]	نوادي رشيدة، دراسة مقطر شمسي ذي مكثف مظلل جزئيا بفعل الاحتباس الحراري الشمسي في المناطق القاحلة،مذكرة ماجيستر، جامعة ورقلة، الجزائر، 10-29 (2010).
[5]	Imad Al –Hayek ,Omar O. Badran , "The effect of using different designs of solar stills on water distillation ",Desalination 169, 121-127 (2004).
[6]	B. Janarthanan, J. Chandrase karan, S. Kumar, " Performance of floating cum tilted-wick type solar still with the effect of water flowing over the glass cover", Desalination 190, 51–62 (2006).
[7]	ES. Fath, ELsherbiny, M. Samy, " Effect of adding a passive condenser on solar still performance", Energy Convers Manag 34(1) , 63–72, (1993).
[8]	A. Harmim, M. Merzouk, M. Boukar, M. Amar, " Mathematical modeling of a box type solar cooker employing an asymmetric compound parabolic concentrator", Solar Energy 86, 1673–1682 (2012).
[9]	El-Bahi A. D. inan, " A solar still with minimum inclination", coupled to an outside condenser Desalination 123, 79-83 (1999).
[10]	M. Zeroual, H. Bouguettaia, D. Bechki, S. Boughali, B. Bouchekima, and H. Mahcene, " Experimental investigation on a double-slope solar still with partially cooled condenser in the region of Ouargla (Algeria)" , Energy Procedia 6,736–742 (2011).
[11]	Bechki Djamel, H. Bouguettaia, J. Blanco-Galvez, S. Babay, B. Bouchekima, S. Boughali, H. Mahcene., Effect of partial intermittent shading on the performance of a simple basin solar still in south Algeria. Desalination 260, 65–69(2010).
[12]	Bouchekima Bachir., Bernard Gros, Ramdane Ouahes, Mostefa Diboun, " The performance of the capillary film solar still installed in South Algeria", Desalination 13,731-38 (2001).
[13]	Marif Yacine." Contribution à l'amélioration du rendement d'un distillateur a film capillaire multi étagé", mémoire de magister Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie (2008).
[14]	M. Zerrouki,N. Settou,Y. Marif, and M. M. Belhadj, "Simulation study of a capillary film solar still coupled with a conventional solar still in south Algeria", Energy Conversion and Management. 85,112-119 (2014).

[15]	S. T. Ahmed, " Study of single-effect solar still with an internal condenser", Solar & Wind Technology, 637-643 (1988).
[16]	Hassan E. S. Fath, H. M. Hosny, " Thermal performance of a single-sloped basin still with an inherent built-in additional condenser" ,Desalination 142 ,19-27 (2002).
[17]	Boualati Yamina,"investigationsur la performance d'un distillateur solaire",thèse de magistère,université de ouargla,Algerie (2004).
[18]	مهندس محمد الشيخ، المقطرات الشمسية، 2010/4/8، www.kawngroup.com
[19]	Salami M. Hassan, "Utilisation de l'énergie solaire pour la déminéralisation des eaux saumâtre dans les sud d'algerien", thèse de magistère,Université de ouargla, Algerie (2000).
[20]	تخة محمد، دراسة مقارنة وتحسين لمختلف المقطرات الشمسية لانتاج المياه الصالحة للشرب في المناطق الجافة الصحراوية، مذكرة ماجيستر، جامعة ورقلة، الجزائر، 20-22 (2004).
[21]	Alain Maurel (dessalement solaire) CEA-Cadarache(1986).
[22]	Ahmed Khedim Klement Schwarzer,Christian Faber,Christoph Mtiller,"production de centralisée de l'eau potable l'énergie solaire",desalination168, 13-20 (2004).
[23]	S. Makdji Nafila,"Impact de l'écart de temérature(eau-capteur) sur l'efficacité globale d'un distillateur solaire",thèse de magistère,Université de canstantine ,Algerie (2002).
[24]	د. أسعد رحمان سعيد الحلفي، هندسة الاغذية بالطاقة الشمسية، رقم الايداع في دار الوثائق و الكتب بغداد، البصرة جمهورية العراق ط1، 1493 (2010).
[25]	Bachir Bouchekima,Bennard Gros,Ramdane Ouahes,Mostefa Int.J.therm,"Etude théorique et application pratique du distillateur solaire a film capillaire ", 39-442-459 (2002).
[26]	B. Bouchekima,"a solar Desalination plant for domestic water need in arid areas of south Algeria ", Desalination 153,65-69 (2002)
[27]	R. Ouahes ,P. Legoff ,Ouahes,"Le projets-Dificap-distillateur a film capillaire", Lab.des Sciences du genie à Nancy,France(1982).
[28]	M. El Haimer ,M. Barkaoui,A. Irhzo,H. Legofl, "Distillateur solaire rustique a film capillaire et a multiples effets.essais experimentaux a casablanca".
[29]	عقيل يوسف هاشم،"المقطر الشمسي العمودي"،المعهد التقني في البصرة(2012).
[30]	أ. د. مصطفى محمد السيد، أ. د. قدرى احمد فتحي، د. ابراهيم السعيد مجاهد، النماذج الحسابية للنظم الحرارية الشمسية، مركز النشر العلمي جامعة الملك عبد العزيز-جدة ط 1994،1

[31]	A. Safwat Nafey, M. Abdelkader, A. Abdelmotalip, A. A. Mabrouk, "Parameters affecting solar still productivity", <i>Energy Conversion &amp; Management</i> 41,1797-1809 (2000).
[32]	N. Rahbar, JA. Esfahani, " Experimental study of a novel portable solar still by utilizing the heat pipe and thermo-electric module", <i>Desalination</i> 284, 55–61, 2012.
[33]	P. i. Cooper, " Digital simulation of transient solar still processes" <i>Solar Energy</i> . Vol.12, 313-331(1969).
[34]	MAS. Malik, GN. Tiware, A. Kumar, MS. Sodha, " Solar distillation". Oxford, UK: Pergamon Press; 1982.
[35]	H. Al-Hinai, MS. Al-Nassri, BA. Jubran, Effect of climatic, design and operational parameters on the yield of a simple solar still, <i>Energy Convers &amp; Manag</i> 43,1639–1650 (2002).
[36]	Kr. Tiwari Anil, G. N. Tiwari, " Effect of the condensing cover's slope on internal heat and mass transfer in distillation: an indoor simulation" , <i>Desalination</i> 180,73-88 (2005).
[37]	Smakdji Nafila, Impact de l'écart de température (EAU-CAPTURE) SUR l'efficacité Globale d'un distillateur Solaire, Magister en Génie Climatique, Université Mentouri Constantine, Algerie.
38	<i>Mokhtar Ghodbane et Boussad Boumeddane</i> , Estimating solar radiation according to semi empirical approach of Perrin de Brichambaut: application on several areas with different climate in Algeria. <i>International journal of energetica</i> , Vol 1, issu 1, pp 20-29, 2016.

## الملخص:

نظرا للمشكلة الكبيرة الذي تعاني منه معظم الدول وخاصة الجزائر في قلة الماء الصالحة للشرب. وكحل لهذا المشكل تقدم هذه الدراسة طريقة سهلة لصناعة المقطرات الشمسية البسيطة لإنتاج الماء الشروب و بأبسط الإمكانيات و اقل تكلفة و ذلك باستعمال فقط أشعة الشمس الساقطة عليها. ولرفع مردودية المقطر الشمسي البسيط ارتأينا ان نضيف تراب الكثبان الرملية المتوفرة بكثرة في منطقتنا كمحسن للمردودية. و أثبتت التجربة بأن النتيجة كانت عكسية حيث ضعف الإنتاج بنسبة تتراوح بين 50% و 70%. حيث أن المقطر الشاهد أعطانا 822.9 مل/يوم أما المقطر المحسن فكان كمية الماء المقطر 612 مل/يوم. من خلال هذه النسبة يمكن القول أن التراب غير صالح كمحسن ايجابي لزيادة إنتاج الماء المقطر.

**الكلمات المفتاحية:** التقطير الشمسي، التراب، الطاقة الشمسية، المقطر الشمسي البسيط ، الماء المقطر.

## Résumé

L'Algérie comme d'autre pays souffre du manque d'eau potable. Cette étude fournit un moyen facile de fabriquer des distillateurs solaires à bon marché, pour produire de l'eau potable, ce type des distillateurs utilisent seulement les rayons du soleil qui frappent la surface du distillateur. Pour augmenter la rentabilité ou bien le rendement du distillateur solaire plan nous avons suggéré d'ajouter du sable qui est disponible, abondant et gratuit dans notre région. L'expérience a montré que la production de l'eau distillée a diminué (entre 50 à 70 %). La productivité du distillateur témoin est de l'ordre de 822.6 ml/jour et celle du distillateur amélioré est de 612 ml/jour. En basant sur ce résultat, on peut dire que le sable est un facteur négatif et c'est une contrainte contre la productivité de l'eau distillée.

**Mots-clés:** distillation solaire, le sable, l'énergie solaire, distillation solaire simple, eau distillée.

## Abstract

Today most countries and especially Algeria suffer from the lack of drinking water. As a solution to this problem, this study provides an easy way to make simple solar distillers to produce distilled water, this type is simpler and less expensive using only the sun rays fallen on the solar still. To increase the profitability or the yield of this type we suggested adding the sand of the dunes that are available in abundance in our region to this distiller. Experience has shown that the result is disadvantageous; the production of distilled water is between 50 and 70 %. The productivity of the control distiller is of 822.6 ml / day and for the improved distiller is 612 ml / day and basing on this ratio it can be said that the sand is not valid for increasing the yield of water production distilled.

**Keywords:** solar distillation, dust, solar energy, simple solar distillate, distilled water.