



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح

كلية العلوم التطبيقية

قسم: الهندسة الميكانيكية

مذكرة تخرج لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

تخصص: طاقة

من إعداد: دلاش وليد

هبة إسماعيل

الموضوع

## دراسة التجريبية لتأثير تغير زاوية المقطر الشمسي على إنتاجية الماء النقي

نوقشت يوم: 12 جوان 2022

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة:

رئيسا	جامعة قاصدي مرباح - ورقلة	أستاذ تعليم عالي	ذكار بوبكر
مناقشا	جامعة قاصدي مرباح - ورقلة	أستاذ محاضر - أ -	شراح نور الدين
مؤطر	جامعة قاصدي مرباح - ورقلة	أستاذ مساعد قسم - ب -	كمرشو عماد

الموسم الجامعي: 2022/2021

# شكر و عرفان

الحمد لله السميع العليم ذي العزة والفضل العظيم والصلاة والسلام على المصطفى الهادي الكريم وعلى إله وصحبه أجمعين، وبعد مصداقا لقوله تعالى "لئن شكرتم لأزيدنكم"، اشكر الله العلي القدير الذي أنار لنا درب العلم والمعرفة وأعاننا على إتمام هذا العمل.

كما نتقدم بالشكر والامتنان للأستاذ "كمرشو عماد" لقبوله الإشراف على هذا العمل والذي لم يدخر وسعا في تقديم النصيحة والتوجيه لنا طيلة إجراء هذا العمل من خلال إرشاده وتوجيهه في كل خطوات البحث.

كما نتقدم بالشكر والامتنان إلى أساتذتنا الأفاضل بكلية العلوم التطبيقية الذين ساهموا بنصائحهم، كما نتقدم بالشكر إلى عائلاتنا وكل من مد يد العون لنا من قريب أو بعيد وساعدنا على إنجاز هذا العمل بتعاونهم وتشجيعهم لنا.

والشكر أيضا إلى اللجنة المناقشة الأستاذ شراد نورالدين مناقشا والأستاذ ذكار بوبكر رئيسا الذين تفضلوا بقبول مناقشة هذه المذكرة وبذال للوقت والجهد في التدقيق وإثراء هذا البحث شكلا ومضمونا.

# الإهداء

أهدي هذا العمل إلى من قال فيهما ربي

"واخفض لهما جناح الذل من الرحمة وقل رب ارحمهما كما ربياني صغيرا" سورة  
الإسراء الآية "24".

إلى الوالدين الكريمين حفظهما الله وأطال في عمرهما،

إلى الإخوة والأخوات، إلى كل الأهل والأقارب،

إلى جميع الأصدقاء،

إلى كل من عرفته من قريب أو بعيد،

إلى من رفعوا رايات العلم والتعليم

أساتذتي الأفاضل،

إلى كل من سقط سهوا من قلبي ولم يسقط من قلبي.

دلاش وليد، إسماعيل هبية

## فهرس المحتويات

I	..... شكر و عرفان
II	..... الإهداء
III	..... فهرس المحتويات
X	..... فهرس الاشكال
XIII	..... فهرس الجداول
XIV	..... فهرس الرموز
2	..... المقدمة العامة

## الفصل الأول: أنواع الطاقات المتجددة

5	..... 1-1 المقدمة
5	..... 2-1 الطاقة المتجددة
5	..... 1-2-1 الطاقة الشمسية
6	..... 1-1-2-1 تاريخ استخدام الطاقة الشمسية
6	..... 2-1-2-1 الإشعاع الشمسي
6	..... 3-1-2-1 أنواع الشعاع الشمسي
7	..... 4-1-2-1 المعالم الفضائية لتحديد موقع الشمس

10	.....4-1-2-1 استخدامات الطاقة الشمسية
10	.....1-4-1-2-1 توليد الطاقة الكهربائية بالطاقة الشمسية
11	.....2-4-1-2-1 الطاقة الشمسية الحرارية
11	.....1-2-4-1-2-1 تجفيف المحاصيل
11	.....2-2-4-1-2-1 الطبخ الشمسي
12	.....3-2-4-1-2-1 تحلية المياه
12	.....4-2-4-1-2-1 تسخين المياه
13	.....5-2-4-1-2-1 التدفئة
13	.....2-2-1 طاقة الرياح
14	.....2-2-1-2-1 تاريخ استخدام طاقة الرياح
14	.....2-2-2-1 استخدام طاقة الرياح
15	.....3-21-2- أهمية طاقة الرياح
15	.....3-2-1 الطاقة المائية
16	.....1-3-2-1 تاريخ استخدام الطاقة المائية
16	.....2-3-2-1 استخدامات الطاقة المائية
16	.....4-2-1 الطاقة الحيوية
17	.....3-1 مميزات الطاقة المتجددة
17	.....4-1 تعريف المقطر الشمسي
17	.....5-1 مبدأ عمل المقطر الشمسي
18	.....6-1 دراسات سابقة
18	.....1-6-1 حول الحوض

18	.....2-6-1 حول الزجاج
19	.....3-6-1 حول السمك
19	.....4-6-1 حول العازل
19	.....5-6-1 حول المواد النانوية
20	.....6-6-1 حول الزاوية
22	.....8-1 الخاتمة
23	قائمة المراجع

### الفصل الثاني: دراسة نظرية على التقطير الشمسي

28	.....1-2 مقدمة
28	.....2-2 لمحة تاريخية
28	.....3-2 أنواع التقطير الشمسي
28	.....1-3-2 التحلية بالتقطير
28	.....2-3-2 التقطير البسيط
29	.....3-3-2 التقطير بالتبخير الومضي متعدد المراحل
30	.....4-3-2 التقطير بالتبخير متعدد التأثير
30	.....5-3-2 التقطير بضغط البخار
31	.....6-3-2 تقنية فصل الماء عن الأملاح الذائبة بالأعشاب
31	.....7-3-2 الأسموز العكسي
32	.....8-3-2 الأسموز الكهربائي
33	.....4-2 أنواع المقطرات

33	..... 1-4-2 المقطرات البسيطة
33	..... 1- 1-4-2 المقطرات ذات الميل الواحد
33	..... 2-1-4-2 المقطرات ذات الميلين
34	..... 2-4-2 المقطر الشمسي الكروي بماسح
34	..... 3-4-2 المقطرات المتعددة
35	..... 4-4-2 المقطر الشمسي العمودي
35	..... 5-4-2 المقطر بالانتشار
36	..... 6-4-2 المقطر بالمدخنة الشمسية
36	..... 7-4-2 مقطر تبخر الفتيل
37	..... 8-4-2 المقطر الشمسي الخاصية الشعرية
37	..... 5-2 العوامل الأساسية المؤثر في التقطير الشمسي
37	..... 1-5-2 العوامل الداخلية والخارجية المؤثرة على مردود المقطر
37	..... 1-1-5-2 العوامل الخارجية
37	..... 1-1-1-5-2 شدة الاشعاع الشمسي
38	..... 2-1-1-5-2 سرعة الرياح
38	..... 3-1-1-5-2 درجة حرارة المحيط
38	..... 2-5-2 عوامل أخرى
38	..... 3-5-2 العوامل الداخلية
38	..... 1-3-5-2 ميل الزجاج على السطح الأفقي
38	..... 2-3-5-2 إرتقاء مستوى كتلة الماء المقطر
38	..... 3-3-5-2 المسافة التي تقسم السطح الحر الي لاقطين

39	..... 6-2 خصائص ومكونات المقطر الشمسي
39	..... 1-6-2 الزجاج
39	..... 2-6-2 الصفيحة المعدنية
39	..... 3-6-2 العازل
39	..... 7-2 العوامل الهندسية
39	..... 1-7-2 سطح وسمك ومكان المكثف
39	..... 2-7-2 نظام تبريد المكثف
40	..... 3-7-2 نظام تسخين المياه
40	..... 8-2 الدراسة النظرية للمقطر الشمسي البسيط
40	..... 1-8-2 التوازن الطاقوي للمقطر
40	..... 2-8-2 التوازن الطاقوي للزجاج
41	..... 3-8-2 الميزان الحراري للماء
41	..... 4-8-2 الميزان الحراري للحوض الداخلي
41	..... 5-8-2 التوازن الحراري للعازل
41	..... 6-8-2 تدفق الماء المقطر
42	..... 7-8-2 معدلات التبادل الحراري:
42	..... 1-7-8-2 انتقال الحرارة بالإشعاع ماء-زجاج
42	..... 2-7-8-2 انتقال الحرارة بالحمل ماء-زجاج
42	..... 3-7-8-2 انتقال الحرارة بالتبخير
42	..... 4-7-8-2 انتقال الحرارة بالإشعاع زجاج-وسط
43	..... 5-7-8-2 انتقال الحرارة بالحمل زجاج-وسط

43	..... انتقال الحرارة بالحمل حوض-ماء: 6-7-8-2
43	..... التدرج الحراري 7-7-8-2
44	..... انتقال الحرارة بالتوصيل العازل-الحوض 8-7-8-2
44	..... انتقال الحرارة بالتوصيل عبر العازل 9-7-8-2
44	..... انتقال الحرارة بالحمل عبر العازل 10-7-8-2
44	..... بالتوصيل من خلال العزل 11-7-8-2
44	..... معايير المقطر الشمسي 9-2
44	..... المرودية 1-9-2
45	..... الفعالية 2-9-2
45	..... الفعالية الكلية 1-2-9-2
45	..... الفعالية الداخلية 2-2-9-2
46	..... مقاييس الفعالية 3-2-9-2
46	..... أداء المقطر 4-2-9-2
47	..... الخاتمة 9-2
48	قائمة المراجع

### الفصل الثالث: دراسة تأثير زاوية الغطاء على إنتاجية الماء المقطر

52	..... المقدمة 1-3
52	..... المقطر الشمسي البسيط 2-3
52	..... تعريفه 1-2-3
52	..... مبدأ عمله 2-2-3

53	..... 3-2-3 طريقة عمله
53	..... 4-2-3 تركيبه
54	..... 3-3 أجهزة وأدوات القياس
54	..... 1-3-3 جهاز متعدد القياسات
54	..... 2-3-3 بيرانونومتر
54	..... 3-3-3 جهاز قياس ال <b>PH</b> متر
55	..... 4-3-3 جهاز قياس الناقلية الكهربائية
55	..... 5-3-3 الانبوب المدرج
56	..... 4-3 خطوات التجربة
56	..... 1-4-3 مراحل تحضير التجربة
57	..... 5-3 نتائج التجربة
58	..... 6-3 تحليل النتائج
58	..... 1-6-3 تطور درجة حرارة المحيط والاشعاع الشمسي
58	..... 2-6-3 تطور درجة حرارة الزجاج الداخلي
59	..... 3-6-3 تطور درجة حرارة الماء
60	..... 4-6-3 تطور كمية الماء المقطر المنتج
61	..... 5-6-3 مناقشة تطور كمية الماء المنتج
62	..... 8-3 الخاتمة
63	..... قائمة المراجع
65	..... 8-3 الخاتمة العامة

الصفحة	عنوان الفصل	ترتيب الاشكال
	<b>الفصل الأول</b>	
3	مكونات الاشعاع الشمسي الكلي الواصل لسطح الأرض	الشكل (1-1)
7	حركة الأرض بالنسبة للشمس	الشكل (2-1)
8	بيان تغيرات زاوية الميل الشمسي خلال أيام السنة	الشكل (3-1)
9	زاوية الارتفاع الشمسي والذروة والسمت الرأسي (معلم سطح الأرض)	الشكل (4-1)
9	استعمال الطاقة الشمسية للطبخ	الشكل (5-1)
10	مخطط يبين استخدامات الطاقة الشمسية	الشكل (6-1)
10	انظمة الخلايا الكهروضوئية	الشكل (7-1)
11	استعمال الطاقة الشمسية في تحفيف المحاصيل الزراعية	الشكل (8-1)
12	ستعمال الطاقة الشمسية للطبخ	الشكل (9-1)
12	الية تحلية المياه بالطاقة الشمسية	الشكل (10-1)
13	استخدام الطاقة الشمسية لتسخين المياه	الشكل (11-1)
13	نظام تدفئة الشمسية في المنازل	الشكل (12-1)
15	طاقة الرياح	الشكل (13-1)
15	الطاقة المائية	الشكل (14-1)
16	الطاقة الحيوية	الشكل (15-1)
17	المبدأ الأساسي للمقطر الشمسي البسيط	الشكل (16-1)
18	مكونات مقطر شمسي	الشكل (17-1)
20	مخطط يوضح المقطر الشمسي مع مكثف	الشكل (18-1)
21	تأثير زاوية الميل على الإنتاج بالساعة	الشكل (19-1)
21	تأثير زاوية الميل على إنتاج التقطير الشمسي المنحدر خلال أشهر الشتاء والصيف	الشكل (20-1)

## الفصل الثاني

29	التقطير البسيط	الشكل (1-2)
29	التقطير بالتبخير الومضي متعدد المراحل	الشكل (2-2)
30	التقطير بالتبخير متعدد التأثير	الشكل (3-2)
31	التقطير بضغط البخار	الشكل (4-2)
32	تقنية التناضح العكسي	الشكل (5-2)
32	تقنية الأسموز الأيوني (الأسموز الكهربائي) لفصل ملح Na CL	الشكل (6-2)
33	مقطر بسيط ب ميل واحد	الشكل (7-2)
33	المقطر البسيط بميلين	الشكل (8-2)
34	مقطر شمسي كروي بماسح	الشكل (9-2)
34	المقطر الشمسي المتعدد الطوابق	الشكل (10-2)
35	مخطط يوضح مقطع جانبي للمقطرين	الشكل (11-2)
36	المقطر الشمسي بالانتشار	الشكل (12-2)
36	المقطر بالمدخنة الشمسية	الشكل (13-2)
37	مقطر تبخر الفتيل	الشكل (14-2)
37	المقطر الشمسي بالخاصية الشعرية	الشكل (15-2)
40	التوازن الطاقوي للمقطر الشمسي	الشكل (16-2)

## الفصل الثالث

53	رسم توضيحي للشكل الخارجي للمقطر	الشكل (1-3)
54	جهاز متعدد القياسات	الشكل (2-3)
54	جهاز قياس PH متر	الشكل (3-3)
55	جهاز قياس الناقلية الكهربائية	الشكل (4-3)
55	أنبوب مدرج	الشكل (5-3)
56	التجربة	الشكل (6-3)
57	بعض صور عند انتهاء من التجربة	الشكل (7-3)
58	منحني تغيرات كلا من درجة حرارة المحيط وشدة الاشعاع بدلالة الزمن يوم التجربة	الشكل (8-3)
59	منحني تطور درجة حرارة السطح الداخلي لكل زاوية بدلالة الزمن	الشكل (9-3)
60	منحني تطور درجة الحرارة الماء بدلالة الزمن	الشكل (10-3)
61	مخطط أعمدة بيانية لكمية الماء المقطر الناتج من المقطرات الشمسية بالنسبة لكل زاوية مختلفة بدلالة الزمن.	الشكل (11-3)
61	منحني تطور كمية الماء المقطر الناتج بدلالة الزمن	الشكل (12-3)

الصفحة	عنوان الجدول	ترتيب الجدول
الفصل الثالث		
	ملخص نتائج زويا المثلي لبعض المناطق	52
الجدول (1-3)		
	يمثل خصائص المقطرات الشمسية	56
الجدول (3-2)		
	الأحوال الجوية لأيام التجربة	57
الجدول (3-3)		
	نتائج عند تحليل الماء المستعمل	57
الجدول (3-4)		

فهرس الرموز

الرموز	الاصطلاحات	الوحدة
G	الاشعاع الشمسي الكلي	w/m <sup>2</sup>
S	الاشعاع الشمسي المنتشر	w/m <sup>2</sup>
D	الاشعاع الشمسي المباشر	w/m <sup>2</sup>
Q <sub>evp</sub>	التدفق الحراري بالتبخير	W
S	سطح الغطاء الزجاجي	m <sup>2</sup>
Md	تدفق الماء المقطر	Kg/s
G	الطاقة الافقية الشمسية الواردة للسطح	w/m <sup>2</sup>
L <sub>v</sub>	الحرارة الكامنة لتبخير الماء	j/kg
Q <sub>eau</sub>	التدفق الكتلي للماء	W
τ <sub>v</sub>	معامل لإمرار الزجاج	-
τ <sub>e</sub>	معامل لإمرار الماء	-
α <sub>e</sub>	معامل الامتصاص للماء	-
α <sub>t</sub>	معامل الامتصاص الفعال للمقطر	-
α <sub>f</sub>	معامل الامتصاص لعمق المقطر	-
rp	نسبة الاداء	-
md	كتلة الماء المقطر	kg

Kg	الكتلة	M
-	معامل الفعالية الاجمالية	F.P.B
-	معامل الفعالية ساعية	F.P.H
-	معامل الفعالية خطية	F.P
W	الطاقة اللازمة لتقطير واحد كيلو	Q <sub>distilation</sub>
W	الطاقة اللازمة لتقطير واحد كيلو	Q <sub>slab</sub>
Kj/(kg.°k)	الحرارة النوعية لماء	C <sub>ps</sub>
w/m <sup>2</sup> .C°	معامل انتقال الحرارة بين الغطاء والوسط الخارجي	Ha-v
m/s	سرعة الرياح	V
C°	درجة حرارة الجو المحيط	Ta
-	الفعالية الكلية	η <sub>g</sub>
w/m <sup>2</sup>	التدفق الحراري بالتبخير	Q
w/m <sup>2</sup>	الطاقة الشمسية الي السطح الافقي	-
j/kg	تدفق الماء المقطر	-
-	الحرارة الكامنة لتبخير الماء	-
-	الفعالية الداخلية	η <sub>i</sub>
-	معامل الامرار للزجاج	-
-	معامل الامرار للماء	-
-	معامل امتصاص الماء	-

-	معامل امتصاص عمق المقطر	-
-	معامل الامتصاص الفعال للمقطر	-
Bar	الضغط	
W	تدفق حراري بالإشعاع بين فيلم الماء والزجاج	-
W	تدفق حراري بالحمل بين فيلم الماء والزجاج	-
W	تدفق حراري بالتبخير-النكثيف بين فيلم الماء والزجاج	-
W	التدفق الحراري الضائع للزجاج بالإشعاع نحو الخارج	-
W	التدفق الحراري للزجاج بالحمل نحو الخارج	-
-	الناقلية الحرارية للزجاج	-
M	سمك الزجاج	-
W	التدفق الحراري بالحمل بين قاعدة المقطر وفيلم الماء	-
Bar	قوة الامتصاص الماء الموجود في قاعدة المقطر	-
W	التدفق الحراري الضائع بالتوصيل بين للحوض	-
W	تدفق حراري بالتواصل بين الحواض و العازال الحراري	-
Kg	كتلة الماء المقطر	-
4μ.2 j/kg	الحرارة الكامنة للتبخير	-
C°	حرارة الماء	T <sub>eau</sub>
C°	حرارة الزجاج	T <sub>VITRIER</sub>
-	معامل تحويل الحرارة بالإشعاع بين فيلم الماء والزجاج	-

W/m <sup>2</sup> .K	-	معامل تحويل الحرارة بالحمل بين قاع الخزان وفيلم الماء
W/m.K	-	الموصلية الحرارية للماء
W/m <sup>2</sup>	-	الإنبعاثية الفعالية
W/m <sup>2</sup> .K	-	معامل تحويل الحرارة بالحمل بين فيلم الماء والزجاج
W/m <sup>2</sup> .K	-	معامل تحويل الحرارة بالتبخير-التكثيف بين فيلم الماء والزجاج
W/m <sup>2</sup> .K	-	معامل انتقال الحرارة بالإشعاع من الزجاج الي السماء
K	T	درجة حرارة السماء
m/s	V	سرعة الرياح
-	Gr	رقم كيرشوف
-	Pr	رقم براندل
K <sup>-1</sup>	-	معامل التمدد الحجمي
M <sup>2</sup> /s	-	تسارع الجاذبية
Kg/m <sup>3</sup>	-	الكتلة الحجمية للماء
M	-	طول العلبه الماصة
Kg/m.s	-	اللزوجة الديناميكية
C°	-	درجة حرارة الماء الحوض
C°	T <sub>isolént</sub>	درجة حرارة العازل
w/m.K	-	المواصلة الحرارية للعلبة
m	-	سمك الحوض

---

w/m.k	موصلية للعازل	-
m	سمك العازل	-
W/m <sup>2</sup> .k	معامل انتقال الحرارة بالحمل بين العازل و الهواء الخارجي	-

# المقدمة العامة

## المقدمة العامة

الماء هو مصدر الحياة وهو العنصر الأساسي في حياة الإنسان ومنذ أقدم العصور والإنسان يبحث عن الماء ويسكن إليه فكل الحضارات التي عاشت وازدهرت كانت حيث وجدت المياه، وبما أن العالم حاليا يواجه نقصا متزايدا في كميات المياه العذبة اللازمة لتلبية احتياجاته الضرورية في مختلف نواحي الحياة لذا اتجه العالم اليوم إلى مياه البحر المالحة والمياه الآسنة لتحليتها واستخدامها في الأماكن التي تعاني قلة المياه العذبة [1]. وهناك عدة طرق لإنتاج المياه الصالحة للشرب منها الحرارية وغير الحرارية، معظمها تعتمد بالدرجة الأولى على مصادر الطاقة التقليدية كالنفط والغاز والفحم الحجري والطاقة النووية، واستخدام مثل هذه العناصر يسبب مشاكل بيئية، لذا يتجه العلم الحديث للبحث في امكانية استغلال الطاقة المتجددة في كافة المجالات الصناعية ومنها تحلية المياه. حيث تعتبر الشمس المصدر الرئيسي للطاقة في الكون، من الممكن الاستفادة من الطاقة الشمسية بشكل مباشر أو غير مباشر بواسطة تحويلها إلى نوع آخر من الطاقة (حرارية أو ميكانيكية أو كهربائية أو كيميائية).

إن نقص المياه النظيفة وندرة الموارد الطبيعية الناجمة عن الجفاف والإفراط في استغلال المياه الجوفية، أصبحت مشكلة رئيسية تهدد حياة الناس. لذلك تم اللجوء لتحلية المياه المالحة أو مياه البحر عن طريق التقطير الشمسي [2]. حيث يعتبر التقطير بالبيوت المحمية أحد تطبيقات الطاقة الحرارية المنخفضة الحرارة التي تنطوي على تحويل الطاقة الشمسية (الإشعاعية) إلى طاقة حرارية لإنتاج المياه العذبة من المياه المالحة، حيث تتكيف بشكل فردي أو جماعي مع المناطق النائية أو المعزولة التي تتطلب استهلاكاً منخفضاً من المياه [3].

الجزائر كذلك تعاني مشكلة نقص مياه الشرب، ولذلك وجب عليها أن تضع عدة آليات للحد من هذا المشكل، ومن بين هذه الحلول إنتاج المياه العذبة من المياه المالحة. مع العلم أن تحلية المياه تتطلب طاقة ذات تكلفة عالية، لهذا الغرض ظهرت المشاريع في مجال الطاقة الشمسية منذ عام 1872 م حيث تم إنشاء أول محطة تقطير شمسي من قبل مهندس سويدي بإنتاجية  $4.255 \text{ l} / 2\text{m}$  وبمساحة  $4450 \text{ m}^2$ .

التقطير الشمسي هو أحد طرق استخدام الطاقة الشمسية بشكل مباشر لغرض تقطير المياه، حيث يستخدم لذلك جهاز بسيط يدعى المقطر الشمسي الذي يشبه في عمله عملية التبخر الطبيعية للمياه الموجودة على سطح الأرض التي تتبخر نتيجة حرارة الشمس ثم تتكاثف لتشكيل الغيوم ثم تسقط على شكل قطرات الماء المقطر [4]. إن التقطير الشمسي هو أكثر تنافسية من الناحية الاقتصادية عندما يكون الطلب على المياه العذبة كبيرا جدا. وبما أن الجزائر تمتلك أكبر إيداع للطاقة الشمسية في حوض البحر الأبيض المتوسط بسبب موقعها المتميز ويزيد متوسط مدة أشعة الشمس في الأراضي الجزائرية عن 2000 ساعة في السنة ليصل إلى ما يقارب 3500 ساعة من أشعة الشمس في الصحراء. ويقدر مجموع الطاقة المستلمة  $400 \text{ TWh} / \text{an}$ ، وهو ما يعادل 5000 ضعف استهلاك الكهرباء السنوي للبلد. وقد تم صناعة عدة أنواع من تكوينات التقطير الشمسي واختبارها في جميع أنحاء العالم. وفي الوقت نفسه، اقترح العديد من الباحثين نماذج رياضية لوصف نقل الحرارة والمواد في مقطرات الطاقة الشمسية [5، 6]

إن إنتاج المياه العذبة في جنوب الجزائر أمر ضروري، لأن معظم المياه الجوفية معتدلة الملوحة وغير صالحة للاستهلاك البشري. وتتميز هذه المياه بملوحة تتجاوز  $1.5 \text{ g} / \text{l}$ ، وفقا لمعايير منظمة الصحة العالمية، يجب أن تكون الملوحة أقل

من أو تساوي 1 g / 0.5 على نطاق صغير، لذا يجب تحلية مياه الشرب تقطيره مثلا بالطاقة الشمسية. وقد تم صنع عدة أنواع من أجهزة التقطير بالطاقة الشمسية؛ والأكثر شيوعا هي تلك المقطرات البسيطة ذات الخاصية الشعرية [7]. ومن المعروف أن تحلية المياه باستخدام أنظمة تعمل بالطاقة الشمسية ومنذ فترة طويلة تعتبر حل عملي لإنتاج الماء الصالح للشرب وخاصة في المناطق النائية التي تعاني من قلة في المياه الصالحة للشرب بسبب البنية التحتية وعدم اتصال الكثير منها بالشبكة الرئيسية الوطنية للماء، بالمقابل يمكن لمنظومة تقطير صغيرة أن تكون حل عملي واقتصادي للطلب الحالي والمستقبلي للمياه الصالحة للشرب مع توفر موارد المياه وكمية إشعاع شمسي كبيرة في تلك المناطق النائية، لذلك يتعين بحث العوامل المؤثرة في إنتاجية وكفاءة المقطرات الشمسية ومحاولة تحسينها وإيجاد طرق تؤدي إلى زيادة إنتاجها [8]. ومنذ عام 1950 بدأت البحوث تتجه نحو تحسين الحصول على تقنيات الحصول على مياه عذبة من المياه المالحة باستخدام الطاقة الشمسية وذلك باستخدام المقطرات الشمسية التي تعددت أنواعها ولا زالت البحوث جارية في تصميم ودراسة أنواع جديدة من المقطرات الشمسية، ويعتبر المقطر الشمسي التقليدي من أبسط الأنواع. حيث تتراوح كمية المياه المنتجة من خلاله ml850 بكفاءة حرارية تصل الى 50 % اعتمادا على عدة عوامل منها ما يتعلق بتصميم المقطر وأخرى تتعلق بالظروف المناخية مثل درجة الحرارة وكمية الإشعاع الشمسي وغيرها [9].

يعتبر المقطر ذو الميل الواحد من أكثر المقطرات الشمسية استعمالا في العالم. وقد أجريت عليه عدة أبحاث نظرية وتجريبية نذكر منها: أجريت تجارب على المقطر الشمسي ذو الميل الواحد، ووجد أن فعالية المقطر تزداد مع زيادة الميل من 0° تصل إلى 33.3°، وتصل المردودية تبعا لذلك إلى 45.65% [10]. الدراسة النظرية والتجريبية التي أجريت على المقطر الشمسي ذو الميل الواحد [11] لدراسة تأثير كل من الإشعاع الشمسي وسرعة الرياح ودرجة حرارة الهواء والمحيط وميل الزجاج وعمق الماء في الحوض. وأثبتت النتائج أن إنتاج الماء المقطر يزداد بـ 35% إذا زادت درجة حرارة الهواء المحيط من 17° إلى 30° وأن نشارة الخشب من أحسن المواد التي تستعمل في عزل المقطر.

تهدف هذه الدراسة التجريبية إلى زيادة مردودية المقطر الشمسي البسيط أي زيادة كمية الماء المقطر المنتجة خلال اليوم، كما تهدف أيضا إلى معالجة مشكلة نقص مياه الشرب بمناطق الصحراوية، لأن هذه المنطقة تتميز بالمياه الجوفية المالحة فأغلب سكانها يدفعون أموال معتبرة للحصول على الماء المحلي ومن هنا يتبادر إلى أذهاننا فكرة توفير الماء الشروب محليا بأقل تكلفة ممكنة، وذلك باستعمال المقطر الشمسي البسيط حيث يمكن لكل شخص تجسيده بنفسه للحصول على الماء المقطر، لكن تواجهنا مشكلة أن هذا المقطر يتميز بانخفاض المردودية، لذلك سنحاول معالجة هذه المشكلة وذلك بإيجاد أفضل زاوية للمقطر. والسؤال الذي يطرح نفسه هو هل يتغير المردود إذا قمنا بتغيير زاوية المقطر الشمسي البسيط؟ ولهذا سنقسم المذكرة إلى ثلاثة فصول على النحو التالي:

الفصل الأول: سنتطرق في هذا الفصل إلى ماهية الطاقة المتجددة ومصادرها بالإضافة إلى مختلف استعمالات هذه المصادر في الحياة، كما سنذكر فيه مميزات الطاقة المتجددة، ونعرف المقطر الشمسي ومبدأ عمله كما نذكر بعض الدراسات السابقة التي أجريت على المقطرات الشمسية ومنها بنينا مشكلة تغيير الزاوية.

الفصل الثاني: سنتطرق إلى نبذة تاريخية حول المقطرات الشمسية وأنواع المقطرات الشمسية والتقطير، إضافة إلى العوامل المؤثر الداخلية والخارجية والدراسة النظرية للمقطر الشمسي البسيط.

الفصل الثالث: سنتطرق في هذا الفصل للدراسة التجريبية باستعمال المقطر الشمسي البسيط وذلك بتغير زاوية الميل للغطاء الزجاجي حيث عرفنا المقطر المستعمل وطريقة صنعه وأهم مكوناته له، والأدوات لإجراء التجربة. مع تحليل النتائج المنجزة على المقطر.

وأخير الخاتمة العامة والتي تحدثنا فيها على الفارق الواضح في المردود الماء المقطر باختلاف الزوايا وأن كل منطقة لها زاوية تقطر خاصة بها.

# الفصل الأول

## 1-1 مقدمة:

لقد أصبحت الطاقة عصب الحياة الحديثة ومؤشرا لتقدم الشعوب، فقد تزايد الطلب على مصادر الطاقة في بداية القرن العشرين بسبب تنوع وتطور مجال الصناعة والتكنولوجيا الحديثة التي تعتمد في تشغيلها على الطاقة، إلا أن بعض مصادر هذه الطاقة تعرف بنفادها وارتفاع تكلفتها وصعوبة استغلالها، لهذا لجأ الإنسان حديثا لاستغلال آيات الله في كونه وذلك بالاستفادة من مختلف الطاقات المتجددة والمستدامة والمعروفة باستحالة زوالها، فتنبه الى امكانية الاستفادة من حرارة الشمس التي تتصف بأنها طاقة متجددة ودائمة شأنها في ذلك شأن الطاقة التي يمكن الحصول عليها من الرياح او جريان الماء او غيرها من الظواهر الطبيعية التي يمكن انتاج الطاقة منها، كما ادرك الانسان جليا الخطر الكبير الذي يسببه استخدام مصادر الطاقة الأخرى والشائعة (النفط والبتروال والغاز الطبيعي) في تلوث البيئة وتدميرها، مما يجعل الطاقة المتجددة والبديلة الخيار الأفضل في هذا العصر.

## 2-1 الطاقة المتجددة:

هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي تتجدد فهي طاقة لا تنضب ولا تنفذ، كما تسمى ايضا "الطاقة المستدامة" تشير تسميتها الى أنها كلما اوشكت على الانتهاء تتجدد، ويكون مصدرها من الموارد الطبيعية، وتتميز بأنها طاقة نظيفة وصديقة للبيئة كونها لا تؤثر سلبا على البيئة المحيطة بها ولأنشأ عنها مخلفات او غازات ضارة لا تعمل على زيادة الاحتباس الحراري، كما تنتج الطاقة المتجددة من الرياح والمياه والشمس، ويمكن إنتاجها من طاقة حرارية وكذلك من بعض المحاصيل الزراعية والاشجار المنتجة للزيوت [12].

وقد عرفت مؤخرا تجار الطاقة المتجددة التي هي نوع من الاعمال التي تتدخل في تحويل الطاقات المتجددة الي مصادر للدخل والترويج لها، التي على رغم من وجود الكثير من العوائق التقنية التي تمنع انتشار الطاقات المتجددة بشكل واسع مثل الاستثمارات العالية البدائية وغيرها [13] الا ان ما يقارب 65 دولة تخطط للاستثمار في الطاقات المتجددة، وعملت على وضع السياسات اللازمة لتطوير وتشجيع الاستثمار في طاقات المتجددة.

تنتج الطاقة المتجددة من عدة مصادر يسخرها لنا الله تعالى لنستغلها الاستغلال الأمثل فيما تفضيه احتياجاتنا، وفيما يلي أهم أنواع تلك الطاقة:

## 1-2-1 الطاقة الشمسية:

وهي الطاقة المتولدة من الشمس (الحرارة والضوء) والتي تصل إلى الأرض على شكل إشعاع شمسي، هذا الإشعاع لا يصل كليا الى سطح الأرض، فجزء منه ينعكس قبل وصوله إلى الأرض بسبب مكونات الغلاف الجوي والباقي منه يصل إلى سطح الأرض.

تعد الطاقة الشمسية من اهم أنواع الطاقات المتجددة والتي يمكن استغلالها بصورة مستمرة اي ال ينتج عنها غازات او مخلفات ضارة بالبيئة مقارنة بمصادر أخرى، ففكرة استخدام الطاقة الشمسية في التسخين او تحريك الآلات ليست بجديد على الإطلاق، لذا أصبحت الطاقة الشمسية في الوقت الراهن "ام الطاقات" كما يطلق عليها البعض فهي طاقة نظيفة ال تنضب مادامت الشمس موجودة فجميع مصادر الطاقة الموجودة على سطح الأرض نشأت من الطاقة الشمسية، كما استخدمت الشمس قديما في تسخين المياه وتجفيف المحاصيل لحفظها من التلف، أما حاليا نجد أن التجارب تقوم على محاولة استغلال الطاقة الشمسية في إنتاج الكهرباء والتدفئة وغيرها، وفي الوقت الحاضر ونظرا الارتفاع اسعار الوقود وزيادة استهلاك الطاقة نجد أن طاقة

الشمس تنصدر المكانة الأقوى لتحل محل البترول بعد نضوبه في إنتاج الكهرباء ومن المتوقع نجاح الألواح الشمسية في إنتاج الكهرباء [14].

حيث تستقبل الطبقات العليا من الفضاء المحيط بالكرة الأرضية ما يساوي 174 بيتا واط (1 بيتا واط = 1512 واط) من الطاقة الشمسية، ينعكس منها بفعل الغلاف الجوي قرابة 32 % تعود للفضاء ويمتص الباقي والبالغ 100 بيتا واط من قبل الغيوم والبحار والمحيطات وسطح الأرض للإشعاع الشمسي فترتفع درجة حرارتها.

### 1-1-2-1 تاريخ استخدام الطاقة الشمسية:

وفي عام 1973 اي قبل ازمة البترول بشهور، عقد مؤتمر اليونسكو في باريس بعنوان الشمس في خدمة الإنسان حضره 822 عالم، من 62 دولة، ولقد تحولت الطاقة الشمسية فجأة في السبعينات من الفضول العلمي الى حركة ثقافية حيث اعتبرها المناضلون بديلا رمزيا للوقود [15].

ثم بدا ظهور المساكن الشمسية الأولى والتي لم تكن تستند الى قيم اجمالية معينة بقدر ما كانت معينة بصفة مباشرة بتطبيقات الطاقة الشمسية نفسها، وقد كان اول مسكن شمس من تصميم مجموعة من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا عام 1939 م [16]. تم استخدام الطاقة الشمسية خلال القرن العشرين حيث شهد القرن العشرين أكبر حركة تطور في تطبيقات الطاقة الشمسية ونفس العام صنعت ماكينة البخار الشمسية، وبين عامي 1920 و1928 تم بناء ماكينة شمسية في كاليفورنيا قدرتها 02 حصان، وفي عام 1911 بفيلا دلفيا تم تصميم جهاز يستخدم الطاقة الشمسية لأغراض الزراعة، وقد وضع في نطاق التشغيل بصحراء مصر على بعد 16 كلم من القاهرة حيث أنتج قوة قدرها 122 حصان تمد ما يقرب من 4022 م [16].

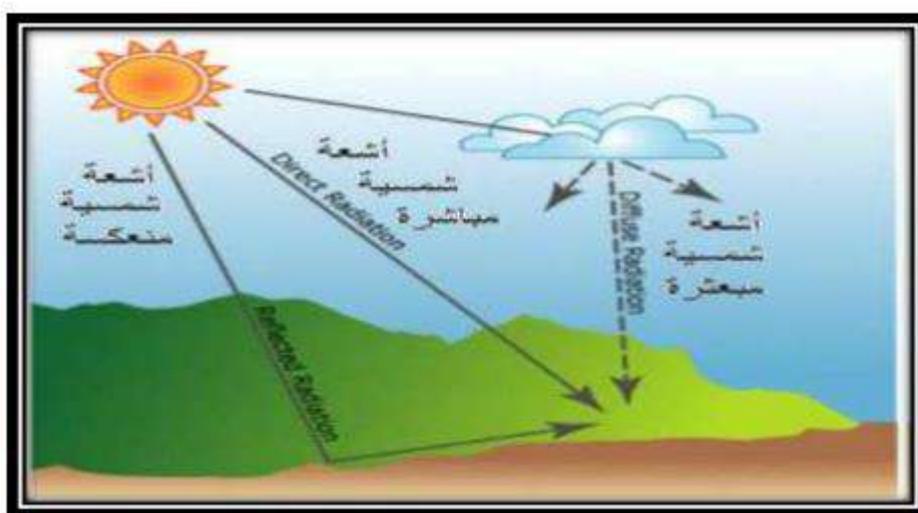
### 2-1-2-1 الإشعاع الشمسي:

يقصد بالإشعاع الشمسي الطاقة التي تطلقها الشمس الى جميع الاتجاهات ويتضمن الإشعاع المرئي وغير المرئي، بمعنى اخر الطاقة الضوئية والحرارية على الأرض ومختلف الكواكب الأخرى [17]. يتميز الإشعاع الشمسي بتوفره بصورة كبيرة ومتغير الشدة خلال ساعات النهار، اذ يصل الى قيمته العظمى عند منتصف النهار اين تكون زاوية سقوط الأشعة الشمسية عمودية على سطح الأرض، حيث التغير في زاوية السقوط وزاوية الارتفاع للإشعاع -ع الشمسي يقلل من الحرارة المتجمعة في اي منظومة حرارية شمسية. كما أن اختلاف الموقع الجغرافي يقابله التغير في شدة الإشعاع من مكان لآخر [18] وكذلك ساعات النهار المشمسة متغيرة مع الفصول حيث تكون اطول في فصل الصيف والذي يتميز بشدة اشعاع كبيرة يقابله ارتفاع في درجات الحرارة وسطا الى درجات حرارة عالية جدا والتي يجب على الانسان أن يستغلها بشكل علمي ليسخرها لمصلحته، يمكن حساب شدة الإشعاع الشمسي عمليا باستخدام جهاز البيرانومتر الذي يربط مع جهاز المكاملة الشمسي لقياس شدة الإشعاع الشمسي [16]، فهو عبارة عن كرة زجاجية تعمل على قياس مختلف الموجات الإشعاعية.

### 3-1-2-1 أنواع الإشعاع الشمسي:

تصدر الشمس الطاقة وتأتي على شكل اشعاع شمسي متدفق يخترق الغلاف الجوي الأرضي حيث ينعكس جزء منه في الفضاء خارج الغلاف الجوي، كما ينتشنت جزء داخله، اما الجزء المتبقي فينفذ عبر الغلاف الجوي، وبالتالي فإن الإشعاع الشمسي الواصل الى سطح الأرض يتكون من ثالث أنواع:

- الأشعاع الشمسي المباشر (s):  
هو ذلك الجزء من لإشعاع الشمسي الذي يعبر الغلاف الجوي دون انعكاس ولا تشتت، اي عبارة عن حزمة ضوئية مباشرة من الشمس وتبقى على حالها دون ضياع.
- الأشعاع الشمسي المنتشر (D):  
هو ذلك الجزء من الأشعاع الشمسي الذي يصل الارض بعد تعرضه لعدة عمليات منها البعثرة بواسطة الدقائق العالقة في الجو، والامتصاص بواسطة بخار الماء وبعض الغازات مثل ثاني اكسيد الكربون والانعكاسات بسبب الغيوم والعوالق الأخرى في طبقات الجو [19].
- لكلي الشمسي (G):  
هو الأشعاع الشمسي الواصل الى نقطة من سطح الأرض الناتج من مجموع الشعاعين المباشر والمنتشر [19].



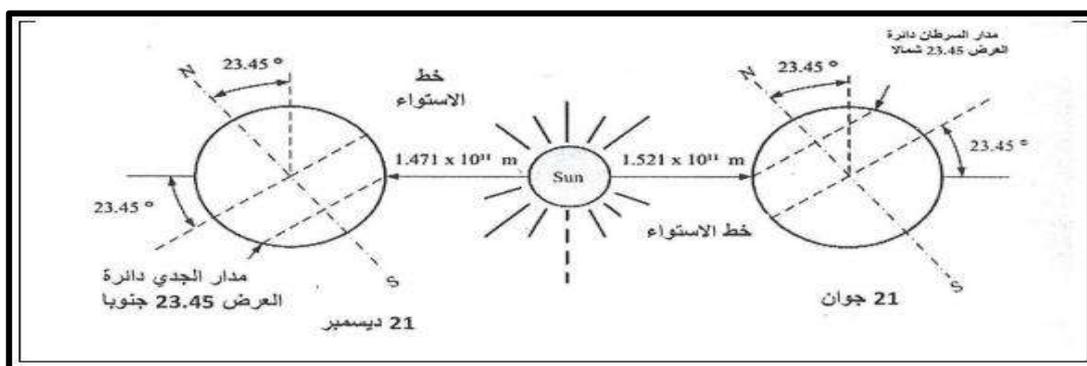
الشكل (1-1): مكونات الأشعاع الشمسي الكلي الواصل الي سطح الأرض [19].

#### 1-2-1-4 المعالم الفضائية لتحديد موقع الشمس:

□ زاوية الميل الشمسي:

تدور الأرض حول الشمس في مسار إهليلجي حيث تكمل دورة كاملة خلال 365.25 يوم، بحيث تفصل المسافة أرض-شمس أقل من قيمة في ديسمبر 21 ديسمبر والتي تبلغ  $(1.4 \times 10^{11} \text{m})$  كما تبلغ المسافة قيمتها العظمي  $(1.52 \times 10^{11} \text{m})$  في جوان.

يصنع محور الدوران الأرض حول نفسها مع الناظم على (2-1) [30]:



الشكل (2-1): حركة الأرض بالنسبة للشمس

وتعطي عبارة زاوية الميل الشمسي في كل يوم من السنة:

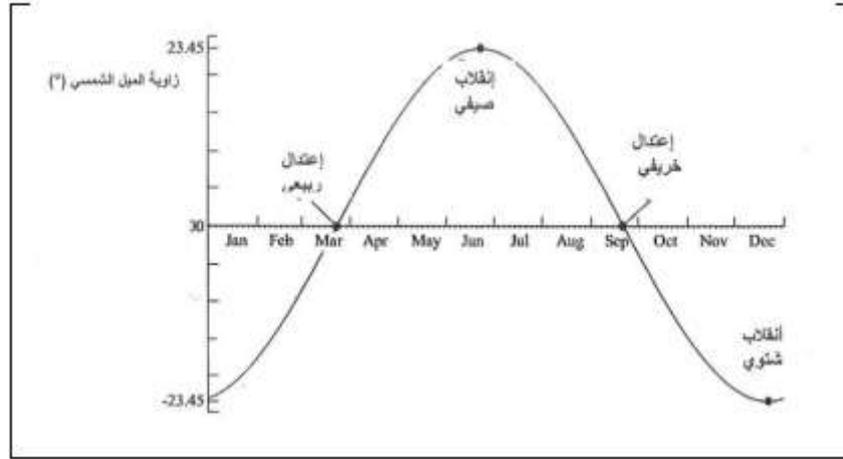
$$\delta = 23,45^\circ \sin \frac{360}{365} (284 + Nj)$$

حيث نأخذ القيمة العظمي

(23.45+) في 21 جوان انقلاب صيفي

(23.45-) في 21 ديسمبر انقلاب شتوي

بينما تكون معدومة ( $\delta = 0$ ) في الاعتدالين الخريفي في 21 سبتمبر والربيعي في 21 مارس كما يبين الشكل (3-1)



الشكل (3-1): بيان تغيرات زاوية الميل الشمسي خلال أيام السنة

يمكن تتبع حركة الشمس من الشروق للغروب في نقطة ما من السطح الأرض من خلال زاويتي الارتفاع  $h$  والسمك  $a$ .

□ زاوية الارتفاع  $h$

هي الزاوية التي يصنعها الشعاع الشمسي الوارد الي النقطة من السطح الأرض مع المستوي الأفقي المار بالنقطة حيث تكون  $0=h$  عند الشروق والغروب كما يبين الشكل (5-1) وتعطي بالعلاقة [30]:

$$\sinh = \sin\theta * \sin\vartheta + \cos\theta * \cos\vartheta * \cos w$$

حيث  $\theta$  زاوية خط العرض للمنطقة و  $w$  زاوية الساعة الشمسية .

□ زاوية الذروة:

هي الزاوية بين الشعاع الشمسي الوارد للنقطة من سطح الأرض والناظم على مستوي الأفقي في تلك النقطة [30] كما

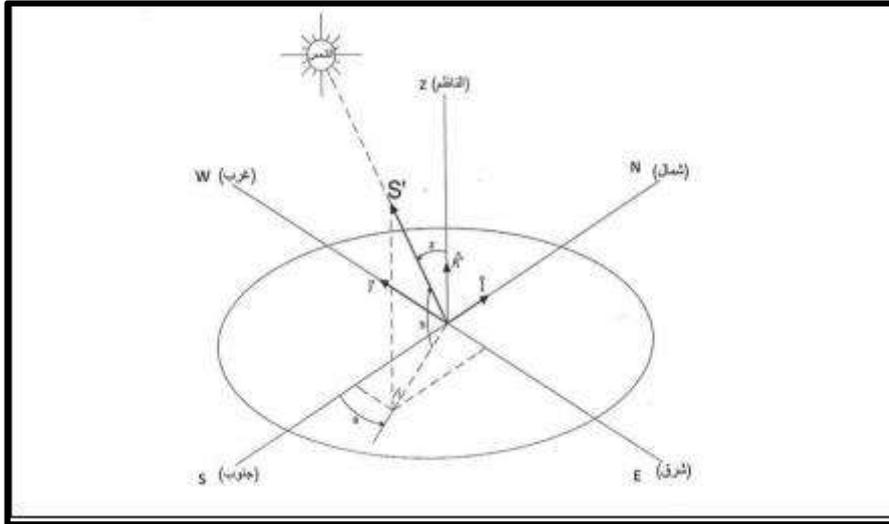
يبين الشكل (2-7) حيث  $\theta z + h = 90^\circ$

□ زاوية السمات الرأسية  $a$  :

هي الزاوية التي يصنعها مسقط الشعاع الوارد للنقطة من السطح الأرض على مستوي الأفقي مع المحور المتجه للجنوب عند هذه النقطة، وتكون هذه الزاوية موجبة إذا كانت نحو الغرب وتكون سالبة إذا كانت نحو الشرق [30] كما يبين الشكل

(4-1)، وتعطي بالعلاقة:

$$\cos\alpha = \frac{\sinh * \sin\varphi + \sin\delta}{\cosh + \cos\varphi}$$



الشكل (4-1): زاوية الارتفاع الشمسي والذروة والسمت الرأسية (معلم سطح الأرض)

□ زاوية الساعة الشمسية:

نتيجة دوران الأرض حول نفسها فإن الشعاع الشمسي بمسح دورة كاملة حول الأرض  $360^\circ$  خلال 24h وفق دائرة العرض، أي  $15^\circ$  لكل ساعة، مع اعتبار الزوال هو المبدأ ( $\omega = 0$ ) وتعطي عبارة زاوية الساعة الشمسية بالعلاقة [30]:

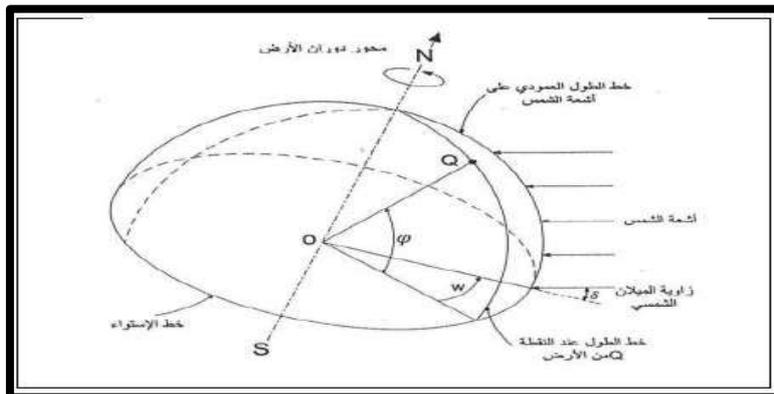
$$\omega = 15(TVs - 12)$$

حيث TVs يمثل التوقيت الشمسي الحقيقي الذي يعتمد الزوال الشمسي في المنطقة ( $\omega = 0$ ) عند ال ساعة 12:00 زوالا

وتكون ( $\omega > 0$ ) مساء بينما تكون ( $\omega < 0$ ) صباحا، الشكل (4-1)

□ زاوية دائرة العرض للمنطقة

وهي الزاوية التي يصنعها الناظم على سطح الأرض في المنطقة مع الناظم على سطح الأرض في خط الاستواء الواقع في نفس خط الطول مع المنطقة. وتكون الزاوية موجبة إذا كانت المنطقة شمال خط استواء بينما تكون سالبة إذا كانت المنطقة جنوب خط الاستواء الشكل (8-2) [13].



الشكل (5-1): زاوية الساعة الشمسية ودائرة العرض للمنطقة

ويتعلق التوقيت الشمسي الحقيقي (TVs) بالتوقيت المحلي للمنطقة بالعلاقة

$$TVs = TU + Et + \frac{l}{15}$$

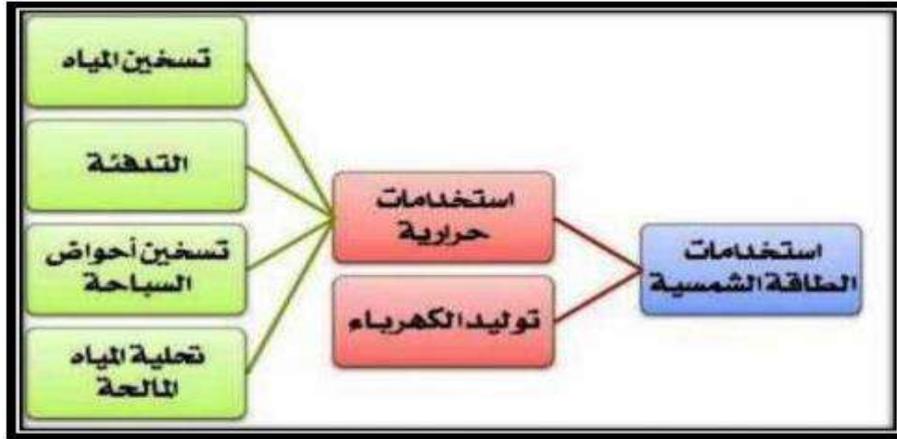
حيث TU التوقيت العالمي (خط الزوال المار عبر غرينتش greenwich)

Et معادلة التصحيح الزمني

L خط الطول للمنطقة حيث  $0 < L < 180$  شرقا و  $0 > L > 180$  غربا.

### 5-1-2-1 استخدامات الطاقة الشمسية:

وتأتي أهمية الطاقة الشمسية من كونها طاقة هائلة يمكن استعمالها في أي مكان وتشكل مصدرا مجانيا لوقود ال ينضب كما تعتبر طاقة نظيفة كما يمكن استخدامها في العديد من المجالات أهمها:



الشكل (6-1): مخطط يبين استخدامات الطاقة الشمسية [20].

### 1-5-1-2-1 توليد الطاقة الكهربائية بالطاقة الشمسية:

هي عملية التحويل المباشر للطاقة الشمسية الى كهرباء بواسطة الواح الخلايا الفوط وفولطية والتي تصنع من بعض المواد التي لها القدرة على القيام بعملية التحويل الكهروضوئي) تعتمد هذه العملية على ظاهرة تحرير الإلكترونات من سطح بعض المعادن (وتدعى بأشباه الموصلات مثل الجرمانيوم [21].



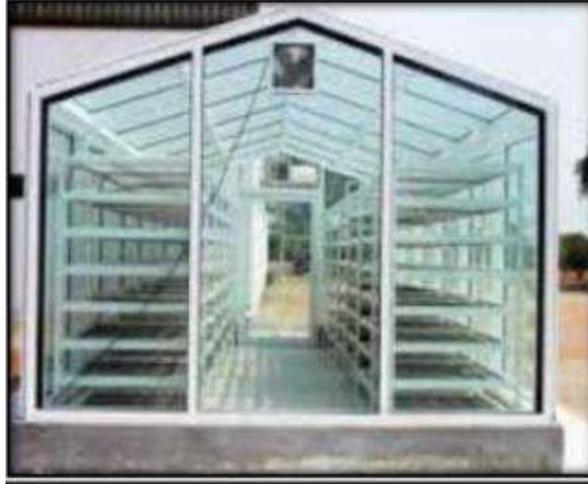
الشكل (7-1): انظمة الخلايا الكهروضوئية [21].

#### 2-5-1-2-1 لطاقة الشمسية الحرارية:

هي عملية حصاد واستغلال الطاقة الشمسية وذلك بتحويل الاشعاع الشمسي الى طاقة حرارية عن طريق المجمعات الشمسية والمواد الحرارية، فاذا تعرض جسم داكن اللون ومعزول الى الاشعاع الشمسي فانه يمتص الاشعاع وترتفع درجة حرارته حيث هناك ثالث انواع من المجمعات الشمسية الحرارية المستخدمة لهذا الغرض وهي: المجمعات الشمسية الحرارية المركزة، المجمعات الشمسية المفرغة، المجمعات الشمسية المسطحة، ولكل نوع من هذه الانواع استخدامات معينة [22.23]. يتم استخدام الطاقة الشمسية الحرارية في تجفيف المحاصيل، الطبخ الشمسي، تحلية المياه، تسخين المياه، التدفئة...

#### 3-5-1-2-1 تجفيف المحاصيل:

التجفيف في الحقيقة هو عملية تخليص مواد مختلفة من كل السوائل الموجودة فيها بما في ذلك الماء، حيث كان الناس قديما يلجؤون الى تجفيف الاغذية والخضراوات والفواكه المعرضة للتلف، أو التي ينتهي موسم ظهورها بعد فترة قصيرة [23]، فهو بشكل عام من أقدم استخدامات الطاقة الشمسية، وخاصة تجفيف المحاصيل فهو مسالة قديمة لتخليص المحاصيل من قسم من السوائل الموجودة فيها وذلك لمنعها من التلف وجعلها صالحة للتخزين لفترات طويلة [23].

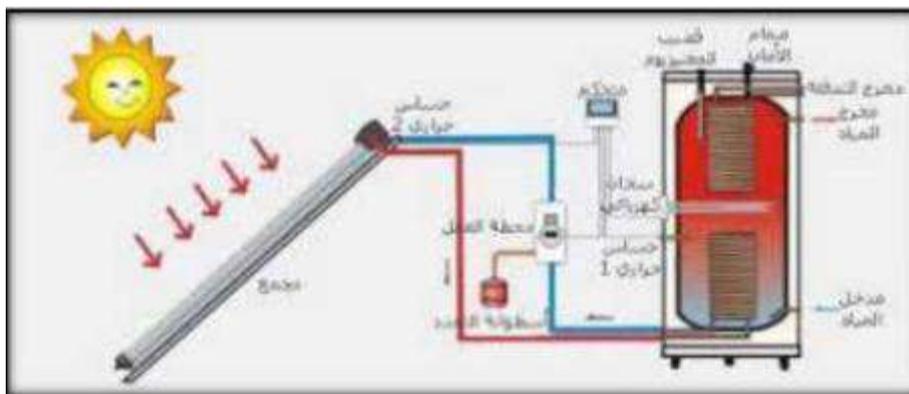


الشكل (8-1): استعمال الطاقة الشمسية في تجفيف المحاصيل الزراعية [23].

#### 4-5-1-2-1 الطبخ الشمسي:

إن استخدام الطاقة الشمسية للطهي هو احد الحلول المهمة للتخلص من استخدام الخشب خصوصا ان تكلفتها قليلة والحصول عليها يسير جدا، ويعتمد الطبخ الشمسي على الاساس العلمي الاستفادة من مبدا الاحتباس الحراري الناجم عن سقوط الاشعاع الشمسي داخل الصندوق المعزول من جميع جوانبه بعازل حراري جيد، عدا الجانب العلوي الموجه للشمس اذ يغطي بالزجاج كما يتم طلاء اسطحه الداخلية بالأسود من اجل امتصاص اكبر قدر ممكن من الاشعاع كما هو مبين في الشكل ادناه، ويختلف طهي الطعام من وجبة لأخرى فمثال الارز يحتاج الى ساعتين واللحم 3 ساعات [24]، فان اردنا تسخين الطعام فيجب ان نغير من زاوية الانحراف للتقليل من درجة الحرارة، وللتقليل من وقت الطبخ فقد تطور الطبخ الشمسي الى عدة انواع ذو مرآة واحدة او ذو مرآتين ان ذو ثالث مرآيا وذو المجمع البؤري وقد يستطيع هذا الاخير رفع درجة الحرارة الى اكثر من 150 [24].





الشكل (1-11): استخدام الطاقة الشمسية لتسخين المياه [28].

### 7-5-1-2-1 التدفئة :

ضخ الحرارة المستمدة من الطاقة الشمسية داخل الحيز المراد تدفئته، حيث تتعدد أنظمة التدفئة بالطاقة الشمسية من حيث طريقتها وكذا كفاءتها، فمنها التدفئة المباشرة بأشعة الشمس والتي تعتمد على صنع معظم واجهات المنازل من الزجاج الشفاف، ومنها ما يستخدم أنظمة للتدفئة تعتمد على الهواء وأخرى على الماء عن طريق استخدام المجمعات الشمسية وبعض المعدات واجهزة لنقل التأثير الحراري من المجمع الشمسي الى المكان المراد تدفئته [28].



الشكل (1-12): نظام تدفئة الشمسية في المنازل [29].

### 2-2-1 طاقة الرياح:

تعرف طاقة الرياح بأنها شكل من أشكال الطاقة التي تقوم فيها التوربينات بتحويل الطاقة الحركية للرياح الى طاقة ميكانيكية او كهربائية يمكن استخدامها في توليد الطاقة، وهي شكل غير مباشر من الطاقة الشمسية الناتجة عن مجموعة من العوامل التي تتضمن التسخين غير المتكافئ للغلاف الجوي للأرض عن طريق اشعاع الشمس والاختلافات في الطبوغرافيا وتناوب الأرض فقد تم استخدام طاقة الرياح في طواحن الهواء ودفع قوارب الشراع ومضخات المياه [29].

## 1-2-2-1 تاريخ استخدام طاقة الرياح:

استخدمت طاقة الرياح قديما واستغلها الانسان في تحريك القوارب الشراعية كما استخدمت في طحن الحبوب ورفع المياه بجانب طاقة الحيوان، وقد بدأ اليونانيون باستخدامها لعدة قرون قبل الميلاد وبحلول عام 722 ميلادي كانوا قد بنوا طاحونة هواء ذات عمود راسي وأطلقوا عليها panemomes وذلك لإدارة حجم الطحن [29].

وبحلول عام 1852م بدأ توليد الطاقة من الرياح حيث طور العالم Halliday Daniel تلك الأفكار وصولا الى طاحونة هواء المزارع الأمريكية والتي استخدمت لرفع المياه، ومع بداية القرن العشرين وفي عام 1932 قام Daniel بإضافة عدة تحسينات حيث بلغ عدد الشركات الأمريكية في مجال تصنيع وبيع الطواحن 10 شركة وفي عام 1952 و1962 بنى الفرنسيون نموذج متطور يولد 122-322 كيلوواط ساعي والألمان 122 كيلوواط ساعي [29].

الا ان استخدامها لتوليد الكهرباء، يعتبر جديدا ونسبيا وجاء هذا الاهتمام بتوليد الطاقة الكهربائية من الرياح خلال السبعينات وشهد تطورا البأس به، وادخلت في الخدمة الحالية توربينات هوائية تختلف عن الطواحين الهوائية التقليدية لتوليد الكهرباء وهي تتألف من شفرات blades دوارة يتم تركيبها على محور عمودي وهي بحركتها تستغل محركا قادر على تحويل طاقة الرياح [33].

## 2-2-2-1 استخدام طاقة الرياح:

تستخدم طاقة الرياح كمصدر بديل من مصادر توليد الطاقة الكهربائية، بديلا عن الوقود الأحفوري والنفط والغاز الطبيعي، فهذه المصادر تعد مصادر ضارة بالبيئة لما تولده من غازات سامة عند احتراقها، حيث تستخدم الطاقة الحركية الناتجة من الرياح في توليد الطاقة الكهربائية عن طريق تحريك التوربينات الهوائية إلى طاقة ميكانيكية والتي بدورها تتحول إلى طاقة كهربائية تستطيع تشغيل الأجهزة وتوصل إلى المنازل، فأكثر ما تستخدم هذه الطريقة في توليد الكهرباء في المناطق الريفية البعيدة عن محطات توليد الطاقة الكهربائية الاعتيادية، بحيث تتناسب القدرة الكهربائية الناتجة عن الطاقة الحركية لطاقة الرياح مع كمية الرياح التي تهب والتي تحرك هذه التوربينات، فعند هبوب الرياح تخف القدرة الكهربائية مما يؤخذ على هذه الطريقة في توليد الكهرباء، ففي السنوات الأخيرة حصل ازدياد ملحوظ في الطاقة الكهربائية المولدة عن طريق الرياح. استخدمت الدول والحضارات القديمة طاقة الرياح في طرق عدة متنوعة، منها استخدام المصريون القدماء لهذه الطاقة لتسيير القوارب على نهر النيل، كما استخدم المسلمون هذه الطاقة لطحن الحبوب المختلفة، بينما استخدم الصينيون هذه الطاقة لضخ المياه وضخ المياه الجوفية بشكل خاص، وهناك العديد من الأشخاص الذين يعتمدون على طواحين الهواء التي تمثل مهارة فنية مبتكرة ومبدعة تعتمد على الرياح، ذلك ان طاقة الرياح نظيفة ومتجددة الى ما لا نهاية، مما يدل على أن هذه الطاقة معروفة منذ القدم على مستوى الحضارات المختلفة [30].



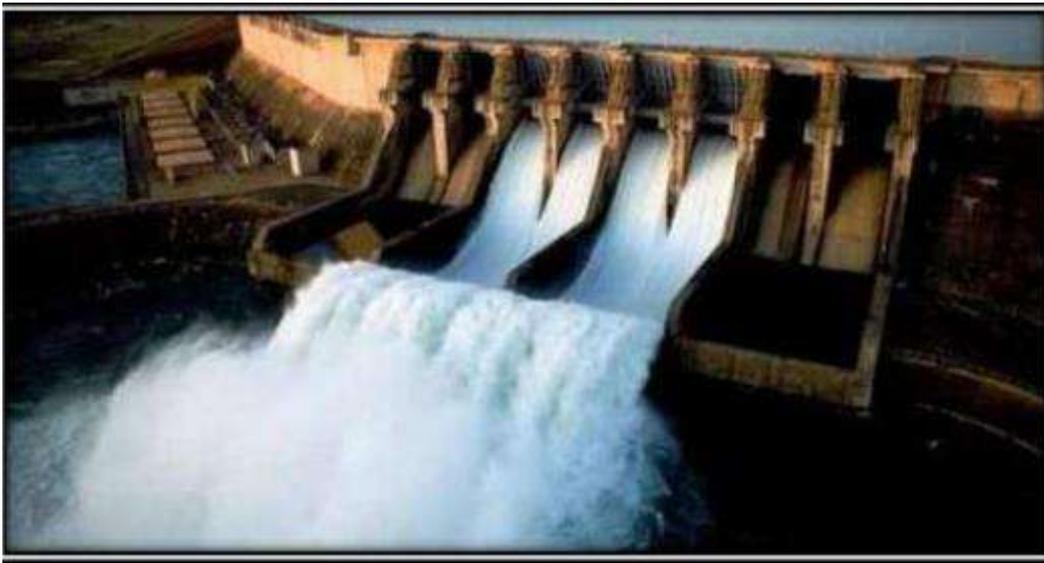
الشكل (1-13): طاقة الرياح [34].

### 3-2-2-1 أهمية طاقة الرياح:

تعتبر طاقة الرياح مصدرا للطاقة المتجددة التي تأتي من الهواء المتدفق عبر سطح الأرض، وتقوم توربينات الرياح بحصد هذه الطاقة الحركية وتحويلها الى طاقة قابلة للاستعمال والتي يمكن ان توفر الكهرباء للمنازل او المزارع او المدارس او تطبيقات الاعمال على المقاييس السكنية الصغيرة والمتوسطة التي تتمثل بالمجتمع او الكبيرة التي تتمثل في المرافق [31]، وتعتبر طاقة الرياح من أحد رواد الطفرة التكنولوجية التي قد تؤدي الى زيادة كفاءة انتاج الطاقة ويبدو مستقبلها واعد.

### 3-2-1 الطاقة المائية:

وتعرف أيضا بطاقة الهيدروليكية هي الطاقة التي تعتمد على انتقال المياه ما يسمح بإنتاج العمل الميكانيكي مما يجعله يستغل مباشرة عن طريق الناعورة او تحويلها الى طاقة كهربائية عن طريق محطات التحويل الكهربائي [31].



الشكل (1-14): الطاقة المائية [36].

## 1-3-2-1 تاريخ استخدام الطاقة المائية:

تم استغلال طاقة المياه لقرون طويلة ففي امبراطورية روما كانت الطاقة المائية تستخدم في مطاحن الدقيق ونتاج الحبوب، وتستخدم حركة الماء الهيدروليكية على تحريك عجلة لضخ المياه في قنوات الري وهو ما يعرف بالنواعير [37]. وفي الثلاثينات من القرن الثامن عشر، في ذروة بناء القناة المائية استخدمت المياه للنقل الشاقولي صعودا ونزولا عبر التلال باستخدام السكك الحديدية [32]، وفي 1939 م كان التطبيق الفعلي لتحويل الطاقة المائية الى كهربائية هو ما يسمى بدائرة كلود الحرارية في كوبا لتعطي حوالي 22 كيلو وات، وتقوم الولايات المتحدة الأمريكية بدراسته وتنفيذ مشروع لتوليد حوالي 10 ميغا وات باستخدام دائرة كلود.

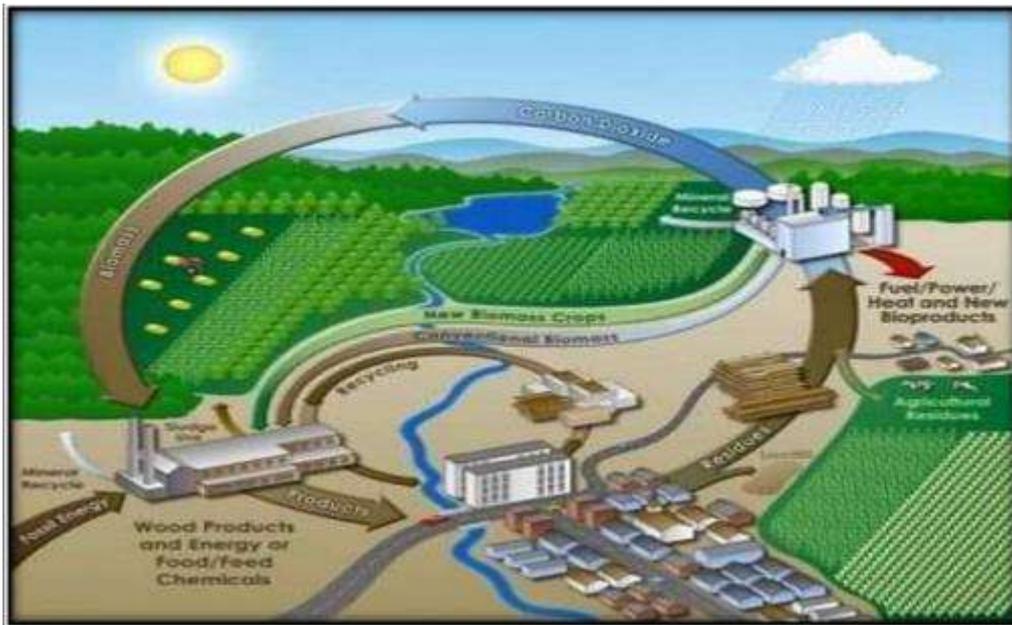
واليوم يعتبر أهم استخدامات الطاقة المائية هو توليد الطاقة الكهربائية، مما يوفر الطاقة المنخفضة التكلفة حتى لو استخدمت في الأماكن البعيدة من المجرى المائي. [32]

## 1-3-2-2 استخدامات الطاقة المائية:

- تشغيل المطاحن وتسيير الآلات بواسطة النواعير.
- توليد الكهرباء بواسطة الطاقة الكهرومائية الناتجة عن السدود والمنشآت النهرية المخصصة لذلك.
- استغلال طاقة المد والجزر في توليد الطاقة الكهربائية أيضا.
- تشغيل الأجهزة الميكانيكية، كالتواحين المائية والرافعات البحرية والمصاعد المنزلي

## 1-2-4 الطاقة الحيوية:

وهي الطاقة التي تستمد من المواد العضوية كإحراق النباتات وعظام ومخلفات الحيوانات والنفايات والمخلفات الزراعية والنباتات المستخدمة في إنتاج طاقة الكتلة الحيوية، وهناك اساليب مختلفة لمعالجة انواع الوقود الحيوي، منها الحرق المباشر وطرق التخمير والحل الحراري الى غير ذلك [33].



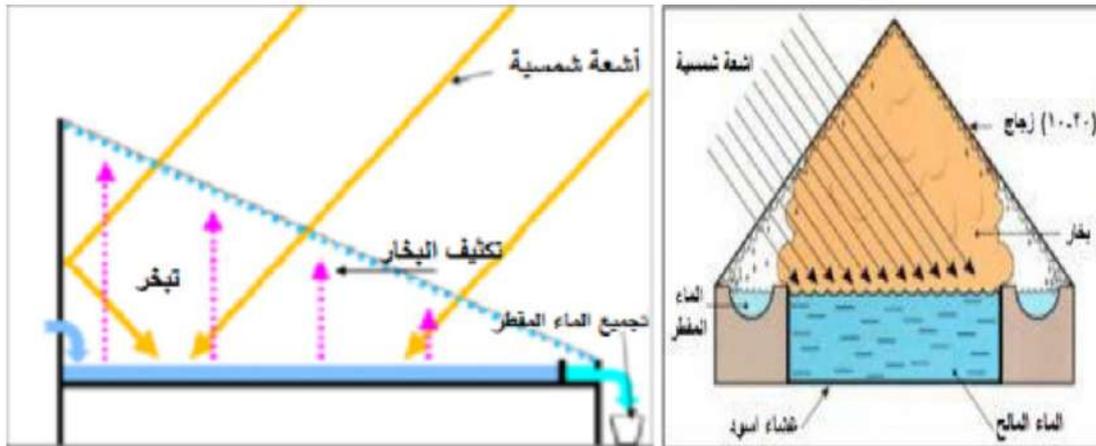
الشكل (1-15): الطاقة الحيوية [33].

### 3-1 مميزات الطاقة المتجددة:

- توجد مجموعة من المميزات التي تتمتع بها الطاقة المتجددة، وتجعلها مصدرا مهما ومميزا للطاقة، نذكر منها ما يلي:
- تتواجد الطاقة المتجددة بشكل جيد في كافة انحاء العالم.
- تعد الطاقة المتجددة صديقة للبيئة ونظيفة.
  - تساعد على خلق فرص عمل جديدة.
  - يسهل استخدامها بالاعتماد على تقنيات واليات بسيطة وتمتاز بانها طاقة اقتصادية جدا.
  - تتواجد بشكل دائم، وتكون قابلة للتجدد مرة اخرى.
  - تساعد على التخفيف من اضرار الانبعاثات الغازية والحرارية.
  - تعد عاملا مهما في التنمية البيئية والاجتماعية، وكافة المجالات.
  - تمنع هطول الامطار الحمضية الضارة وتحد من تجمع النفايات بكل اشكالها.
  - تخلي المزروعات من الملوثات الكيميائية، وبالتالي ترفع الإنتاجية الزراعية.
  - تستخدم التقنيات غير معقدة، ويمكن تصنيعها محليا في الدول النامية [34].

### 4-1 تعريف المقطر الشمسي:

المقطر الشمسي عبارة عن صندوق خشبي ذو غطاء زجاجي شفاف يسمح بنقل الإشعاع الشمسي يحتوي هذا الصندوق على كمية من الماء المالح فوق قاعدة سوداء؛ لامتصاص أكبر قدر من الإشعاع، ويتأثير حرارة الإشعاع تصبح درجة حرارة الماء داخل الصندوق أعلى مما يحيط به، الأمر الذي يساعد على تبخير الماء [35]. ليتصاعد البخار ويتكاثف على السطح الداخلي للزجاج، ثم يتجمع في القناة الخاصة بالماء المقطر (الشكل 1-1). حيث كان أول استغلال للطاقة الشمسية في مجال التقطير من طرف العالم الإنجليزي (Harding) سنة 1872 في شمال الشيلي بصحراء [35] (Las Salinas).

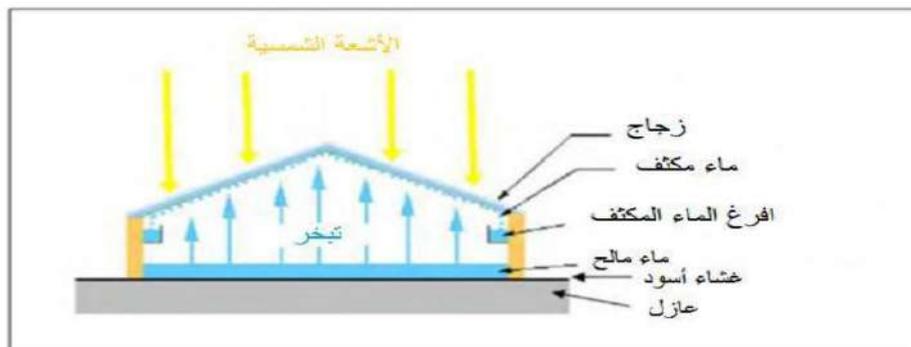


الشكل (1-16): المبدأ الأساسي للمقطر الشمسي البسيط [13.14]

### 5-1 مبدأ عمل المقطر الشمسي

مبدأ عمل المقطر الشمسي هو نفس مبدأ الظاهرة الطبيعية للتقطير الشمسي، فعندما تسقط أشعة الشمس على ماء البحر (المحيطات، البحيرات والأنهار) فإنه يسخن ومن ثم يتبخر ويرتفع للأعلى، بعدها ينتقل البخار عبر الرياح حتى يصل إلى مكان أكثر برودة فيتكاثف وتتشكل السحب ليكون مطرا أو ثلجا أو بردا [43]. أما بالنسبة لمبدأ عمل المقطر الشمسي فإنه

يستخدم الشمس لتسخين المياه المالحة في حوض مغطى بزجاج مائل، تأخذ المياه في التبخر، لينتقل بخار الماء الناتج إلى الغطاء المقطر على الجانب الداخلي للغطاء الزجاجي عند درجة حرارة تقع بين درجتي حرارة المياه المالحة في القاعدة والمحيط، ثم تنساب قطرات الماء المتشكلة على الغطاء الزجاجي بفعل ثقلها إلى وعاء تجميع الماء المقطر الشكل (1-2). [43].



الشكل (1-17): مكونات مقطر شمسي [43]

## 6-1 دراسات سابقة

يعد التقطير الشمسي أحد أبسط الحلول الاقتصادية والبيئية دون انبعاث مواد سامة أو خطيرة غاز. تستخدم هذه التقنية في العديد من البلدان حولها العالم وخاصة في المناطق المعزولة. كما يوحي اسمها، فهي تعتمد على الطاقة الشمسية المتجددة والمجانية الطاقة.

يعمل جهاز التقطير الشمسي وفقاً للقوانين من الحرارة وانتقال الكتلة. وتحسين إنتاجية الماء النقي من المقطر الشمسي التقليدي هو الموضوع البحث في عدة مختبرات. هذا التحسن يعتمد على عاملين رئيسيين، الإشعاع الشمسي وتدرج درجة الحرارة بين الماء والزجاج. بالإضافة الشكل وزويا الميل. [64].

### 1-6-1 حول الحوض

في دراسة عند وضع الغرافيت في الحوض يتضح ان الغرافيت يعمل كمصدر طاقة للحوض في الأوقات التي تقل فيها كثافة الاشعاع الشمسي.

وبعد الغرافيت أكثر فعالية من المواد الأخرى مواد التخزين (الرمل، الحصى الأسود) ويرجع ذلك أساساً الي الموصلية الحرارية العالية للغرافيت أظهرت التجارب ان الاشعاع اليومي لحوض تقليدي وصل الي 7.33 لتر / م<sup>2</sup> بينما أنتج الحوض الخاص ب الغرافيت 4.41 لتر/ م<sup>2</sup> يومي وتراوح الكفاءة اليومية لإنتاج حيث الحوض التقليدي 33.41 و34.6 والحوض الخاص ب البرانية 59.9 و60.54 للحوض الذي يحتوي على غرانيث كمادة للتخزين التواصل الحراري [65]

### 2-6-1 حول الزجاج:

كما تم استخدام العدسات لزيادة أداء التقطير الشمسي التقليدي، وكانت النتيجة التي تم الحصول عليها 63.8%. ولإثبات هذا، تم استخدام الزجاج المزدوج في وحدة التقطير الشمسي لتقليل تدرج درجة الحرارة، وأظهرت النتائج انخفاضاً بنسبة 55.7%. في الإنتاجية. كانت هناك أيضاً العديد من الدراسات حول التزجيج نفسه، على سبيل المثال، قامت دراسة اختبرت تبريد الزجاج بتقييم إنتاجية اللقطات الشمسية. أوضحت النتائج التجريبية أن إنتاجية الماء زادت بالنسبة الي المقطر شمسي غير المبرد. أظهرت دراسة أخرى أن كفاءة زجاج التقطير الشمسي بالماء. كان التبريد أكثر كفاءة بنسبة 11.81 % من الطاقة الشمسية التي لا تزال بدون تبريد المياه [66].

أدى استخدام التظليل الجزئي على المقطر الشمسي البسيط إلى تحسين الإنتاجية بنسبة 12%، وهي نتيجة أكدتها دراسة تجريبية أجريت في جنوب الجزائر. حاول بعض الباحثين تعديل زاوية التزجيج لتعظيم إنتاج الماء النقي؛ لقد وجدوا أن أفضل الزوايا تتراوح بين 20 درجة و30 درجة. كانت أفضل زاوية زجاجية 30 درجة بإنتاجية 3517 كجم / م<sup>2</sup> في فصل الخريف و3633 كجم / م<sup>2</sup> في فصل الشتاء؛ كان أفضل ميل 20 درجة مع ناتج 5224 كجم / م<sup>2</sup> في فصل الربيع و4527 كجم / م<sup>2</sup> في فصل الصيف [67].

### 3-6-1 حول السمك:

تم نشر درسه بواسطة Panchal and Shah، حول سمك الزجاج حيث تم استخدام سمك ثلاثة سمكات مختلفة (4، 6، 8 مم). تشير نتائج الدراسة الي أن أفضل إنتاجية للماء النقي باستخدام سمك 4 مم وكشفت دراسة ان تقليل من سمك الي 3.5 ملم اعطي نتائج أفضل بحوالي 31.13%.

في تجربة يتكون الغطاء من لوحين زجاجيين بسمك 3 ملم مفصولة بطبقة هوائية 100 ملم، شكل الهواء حاجز، أظهرت النتائج أن هذه تجربة قللت من كفاءة جهاز التقطير بنسبة 56.52% مقارنة بـ المقطر الشمسي التقليدي [68].

### 3-6-1 حول العازل

قام خليفة وحمود بالتحقيق في تأثير سماكة العزل على ناتج التقطير الشمسي. تم فحص اللقطات الشمسية ذات سماكة العزل 30 و60 و100 مم، وقورنت النتائج مع اللقطات بدون عزل. لقد تم تحديد أن سمك العزل يلعب دورًا رئيسيًا حتى النقطة التي يبلغ سمكها 60 مم وزاد الناتج إلى 80%. يُعتقد أن هذا يرجع إلى زيادة درجة حرارة التشغيل الناتجة عن العزل. أجرى Karaghoulou تجربة على اللقطات الشمسية أحادية الحوض ومزدوجة الحوض لدراسة تأثير العزل الجانبي على المخرجات الساكنة، ووجد أن العزل الجانبي كان مفيدًا للغاية، خاصة لنوع الحوض المزدوج. زادت الكفاءة بنسبة 2-4% عندما تم عزل جوانب المسبح، لكن التأثير تضاعف ثلاث مرات لحوض سباحة مزدوج معزول. وضع Hinai [69] نموذجًا للأداء السنوي لجهاز التقطير الشمسي في عمان عند خط عرض 23.36° شمالًا، أبلغوا عن سماكة عزل مثالية من 0.09 إلى 0.13 م. أكدت نتائجهم حقيقة أن سمك العزل يتناسب طرديًا مع الإنتاج.

### 4-6-1 حول المواد النانوية:

قدم Tiwari و Sahota دراسة نظرية لأداء المقطر الشمسي مزدوج المنحدر مع ثلاثة تركيبات مختلفة من الجسيمات النانوية 3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>، 04.0% و 08.0% و 12.0% وكتلة الماء في دراستهم تتراوح بين قيمتين تساوي 35 kg و 80 kg حيث لوحظ تحسنًا جيدًا في العائد اليومي عند استخدام السائل النانوي مقارنة باستخدام الماء فقط، كما قاموا ايضا بتحليل تأثير الجسيمات النانوية المختلفة 3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> و 2TiO و CuO بشكل تحليلي على أداء المقطر الشمسي مزدوج المنحدر لثلاثة تركيبات مختلفة تساوي 1.2% و 2.0% و 3.0%. وقد لوحظ أن إنتاجية جميع أنواع السوائل النانوية كانت أكبر من إنتاجية الماء فقط، علاوة على ذلك أظهرت نتائج البحث أن (water-nanofluid ( Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> أعطى إنتاجية على مقارنة بأنواع أخرى من السوائل النانوية [70]، وفي الآونة الأخيرة درس Sahota وآخرون [18] بحثًا نظريًا في مصفوفات الطاقة والتحليلات الاقتصادية الخارجية والبيئة الاقتصادية للمحدر الشمسي المزدوج الذي لا يزال مليئًا بالسوائل النانوية القائمة على المياه، وأشار الباحثون إلى أن المدى الأمثل لكتلة الماء يتراوح بين 20 kg و 40 kg، وقد تم العثور على القيم المثلى طوال العام للمياه العذبة المنتجة باستخدام الجسيمات النانوية 3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> و 2TiO و CuO في نطاق 0.143% إلى 0.272% و 0.059% إلى 0.187% و 044.0% إلى 153.0% على التوالي، وذكروا أنه الحد الأقصى

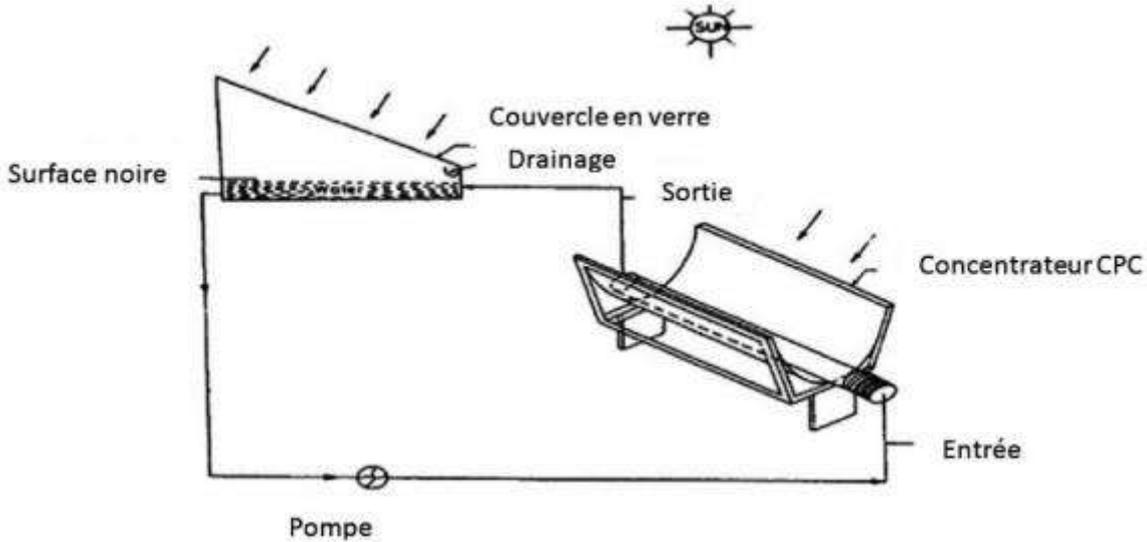
لإنتاجية السنوية والطاقة الخارجية، وقد لوحظ وجود سائل نانو فلوريد المائي 3Al2O لتحسين إنتاجية الطاقة الشمسية الثابتة.

### 5-6-1 حول الزاوية

لا تزال كفاءة الطاقة الشمسية تعتمد بشدة على زاوية الميل من الزجاج. تعتمد هذه الزاوية على ارتفاع الغطاء ودورانه، وكذلك على خط العرض. والوارد أن يكون الغطاء ذو ميل يساوي زاوية خط العرض ستتلقى إشعاعاً شمسياً عادياً وثابتة على مدار العام [71]. لاحظوا أن زاوية الميل المثلى للزجاج تحقيق أقصى إنتاج سنوي يجب أن تكون مع خط عرض الموقع.

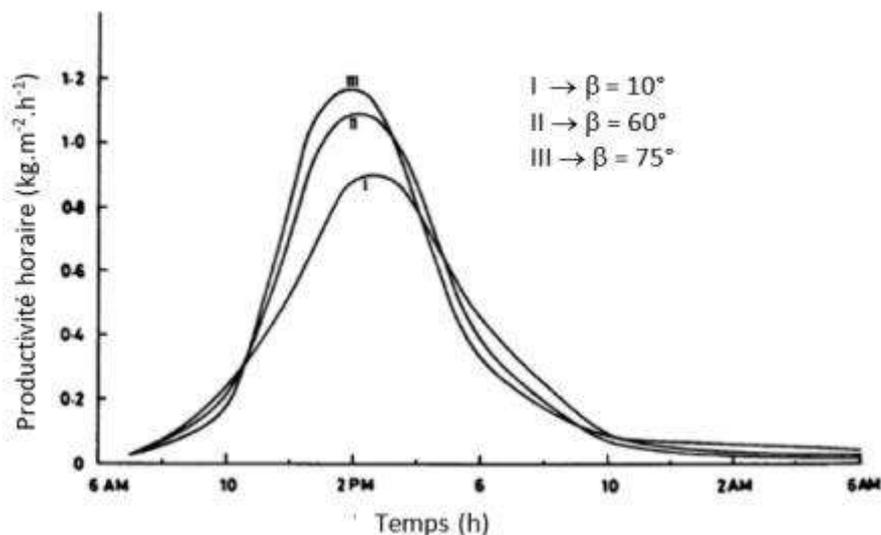
تم إجراء دراسة مماثلة في الهند (خط عرض 28.36° شمالاً) بواسطة Kumar [47]، وبناء على تحليلهم العددي، أعطت زاوية الميل 15° أفضل أداء.

Akash اكتشف ان أفضل زاوية هي 35° تعطي أفضل عائد (دراسة كانت في شهر ماي) [72]. درست التجارب التي أجراها خليفة وحمود [73] على (خط عرض 31.57 درجة شمالاً) في الأردن، تأثير إمالة الغطاء على أداء التقطير الشمسي. وكانت نتائج أنه تحسن الإنتاج بنسبة 63% تقريباً وقاموا بإمالة الغطاء وحده [74] (الشكل 1.9).

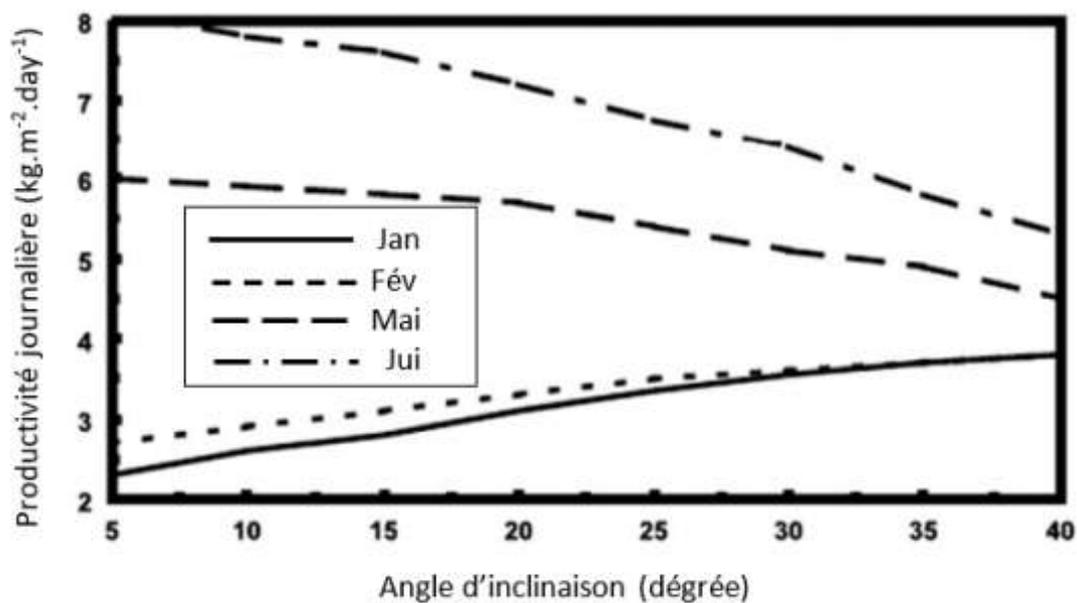


[49] مخطط يوضح المقطر الشمسي مع مكثف: (1-18) الشكل

درس prasad & Tiwari نظام تقطير مقترن بمكثف شمسي (الشكل 1.9). قاموا بتحليل تأثير إمالة الغطاء الزجاجي على معامل انتقال الحرارة، ووجدوا أن الإنتاج اليومي يزداد مع الإمالة كما هو موضح في (الشكل 1.10).



الشكل(1-19): تأثير زاوية الميل على الإنتاج بالساعة [50]



[55]تأثير زاوية الميل على إنتاج التقطير الشمسي المنحدر خلال أشهر الشتاء والصيف: (1-20)الشكل

## 7-1 الخاتمة:

تم في هذا الفصل الإشارة الي أنواع الطاقة المتجددة واستخدمتها، حيث تطرقنا الي أهم أنواع الطاقة المتجددة المتمثلة في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحيوية، الطاقة المائية بالإضافة الي تعدد استخدمتها، والتي ذكرنا من بينها تحلية المياه عن طريق الطاقة الشمسية والتي هي مدخل لموضوع بحثنا حيث عرفنا المقطر الشمسي ومبدأ عمله وبعض الدراسات و عدة أبحاث ونتائج توصل اليها الباحثون في علم التقطير وهي عبارة عن دراسة بيوغرافية تم بواسطتها معرفة مدي تطور البحث العلمي في مجال المقطرات.

## قائمة المراجع

## الفصل الاول

- [1] N. Baba Ahmed, S. Ainad, Tabet et B. Belhacene "Study on the énergétique paramètres in A photo thermiquesénior with black polymériquefilm" revécú. Fond, N°1, 2 (2010).
- [2] M.A.S. Malik, G.N. Tiwari, A. Kumar, M.S. Sodha, Solar Distillation, A Pratical Study of a Wide Range of Stills and Their Optimum Design, Construction and Performance, Pergamon Press Ltd, (1982).
- [3] B. Nadir, T. Ismail, Etude réalisation et simulation numérique d'un distillation solaire à cascade le 2 ème séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables, Université Mentouri de Constantine, Algérie (2012).
- [4] B. Nadir, T. Ismail, Etude réalisation et simulation numérique D'un distillateur solaire à cascade. Revue des Energies Renouvelables Sienr12, Ghardaïa, Algérie (2012).
- [5] M. Zerrouki, Y. Marif, M. Belhadj et N. Eddine Settou, Simulation et expérimentation d'un distillateur solaire à film capillaire dans le sud Algérien Laboratoire de Valorisation et de Promotion des Ressources Sahariennes 'LVPRS', N°1, 4 (2012)
- [6] W.H. Alawee, Improving the productivity of single effect double slope solar Still by simple modification, Journal of Engineering, N° 21, 8 (2015).
- [7] S.A. Kalogirou, Seawater desalination using renewable energy sources, Progress in Energy and Combustion Science 31, (2005).
- [8] M.A. Samee, U.K. Mirza, T. Majeed and N. Ahmad, "Design and performance of a simple single basin solar still, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 42(2005).
- [9] H.N. Singh and G.N. Tiwari, Monthly performance of passive and active solar Stills for different Indian climatic conditions, Desalination 168 (2004).
- [10] M.A. Mohamad, S.H. Soliman, M.S. Abdl-Salam and H.M.S. Hussein, Experimental and Financial Investigation of Asymmetrical Solar Stills With Different Insulation, Applied Energy 52(1995).
- [11] R. Tripathi and G.N. Tiwari, Performance evaluation of a solar still by using the concept of solar fractionation, Desalination 169 (2004).
- [12] R. Tripathi and G.N. Tiwari, Effect of water Depth on internal heat and mass Transfer for active solar distillation, Desalination 173 (2005).
- [13] A. Tiwari, Kr. Anil, and G.N. Tiwari, Effect of the condensing cover's slope on internal heat and mass Transfer in distillation : an indoor simulation, Desalination 180 (2005).

- [14] B.A. Akash, M.S. Mohsen, O. Osta and Y. Elayan, Experimental evaluation of a single basin solar still using different absorbing materials, Renewable Energy, 14 (1998).
- [15] P.I. Cooper, 'Solar Distillation, Solar Energy Progress in Australien and New Zealand .In: Publication of the Australien and New Zealand Section of Solar Energy, N°8, (1969).
- [20] C. Khelif et B. Touati, Station d'expérimentation des équipements solaires en milieu saharien, Adrar, Algérie, (1998).
- [16] H. Boutebila, "Etude et conception d'un distillateur solaire à usage agricole", thèse de magister, université de Constantine, P. 19-27, Algérie (2012).
- [17] H. Ouahid, "Etude de la performance d'un distillateur solaire système de préchauffage solaire de l'éau saumâtre", thèse de magister, université de Constantine, P. 3, Algérie (2010).
- [18] D. Ababsa, "Optimisation Du Rendement D'un Capteur Solaire Par Minimisation Des Pertes Convectives", thèse magister, université de Batna, P. 25- 30, Algérie (2009)
- [19] I. Tabet, "Etude d'un Distillateur Solaire a Cascade", thèse magister, université de Constantine, P. 17 Algérie (2010).
- [20] F. Saida, "Modélisation et Conception d'un Distillateur Solaire des eaux Saumâtres à bas coût pour les Communautés Rurales: thèse magister, université de Batna, P. 20-27 Algérie (2008).
- [21] H. Boudjerir, "Etude de l'impact de l'écart de température (Ambiance-Eau) sur le rendement d'un distillateur solaire à effet de serre", thèse magister, université de Constantine, P. 33-35, Algérie (2010).
- [22] Z.A. Benarima, Amélioration de la capacité de l'absorbeur d'un distillateur solaire simple par l'ajout d'une Couche de sable, thèse master Académique, Université de Ouargla, P. 7-12 Algérie (2012).
- [23] N. Smakdji, "Impact de l'écart de température (eau-capteur) sur l'efficacité Globale d'un distillateur solaire " thèse de magistère, Université de Constantine, Département génie climatique, P. 41-48, Algérie (2002).
- [24] M.H. Selami, "Utilisation de l'énergie solaire pour la déminéralisation des eaux saumâtres dans le sud Algérien" thèse de magistère, Université de Ouargla, P. 9-13 Algérie (2000).
- [25] B. Bouchekima, B. Gros, R. Ouahes, M. Int. J. therm, Etude théorique et application pratique du distillateur solaire a film capillaire, 39 (2002).
- [26] E. Zayouti, L. Bouirden, A. Ahroune, M. Banouni, Distillation solaire amélioration de la condensation de la vapeur d'eau dans les distillateurs solaires, Tétouan, Maroc, (2002).
- [27] S. Karroute, "Etude théorique et Numérique des Systèmes couples : Distillateur Plan-Capteur et Distillateur Hot Box-Capteur", thèse magister université Constantine, P 34-36, Algérie (2009)
- [28] M. El Haimer, M. Barkaoui, A. Irhzo, H. Legoff, Distillateur solaire rustique a film capillaire et a multiples effets. Essais expérimentaux a Casablanca Maroc, (2002).

- [29] N.Smakdji,"Optimisation et modélisation d'un distillateursolaire a ailettes avec stockage de chaleur",«thèse deDoctorat»,Université de Constantine,«Départementgénieclimatique»,P. 24-27,Algérie (2002).
- [30] H.Mokdadi,«N.Messai Ahmed",«Contribution à l'étude de la qualitéphysicochimique et bactériologique des quelques zones humides de la wilayad'El-Oued,»thèse master Académique,universitéEL oued, P. 19-24,Algérie (2014).
- [31] محمد سوداني (تحقيق علمي لمركز الشمس أسطوانتي مكافئ ذبي غطاء زجاجي) مذكرة الدكتوراه جامعة ورقلة 2018
- [32]: Omara Z.M., Kabeel A.E., The performance of differents and beds solar stills, International Journal of Green Energy, 11(3) (2014) 240–254, <https://doi.org/10.1080/15435075.2013.769881>
- [33]: Manokar A.M., Winston D.P., Mondol J.D., Sath yamurthy R., Kabeel A.E., &Panchal H., Comparative study of an inclined solar panel basin solar still in passive and active mode. Solar Energy, 169 (2018) 206-216, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.04.060>.
- [34]: M.A. Samee, U.K. Mirza, T. Majeed and N. Ahmad,"Design and performance of a simple single basin solar still", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 42 (2005) 1-8.
- [35]: Mohammed El Hadi Attia, Zied Driss, Athikesavan Muthu Manokar and Ravishankar Sathyamurthy. Effect of Aluminum Balls on the productivity of Solar Distillate. Journal of Energy Storage, 30 (2020) 101-466, <https://doi:10.1016/j.est.2020.101466>.
- [36]: A.E. Kabeel, Ravishankar Sathyamurthy, A. Muthu Manokar, Swellam W., Sharshir F.A., Essa
- [37]Ammar H., El shiekh. Experimental study on Tubular solar still using Graphene Oxide Nano particles in Phase Change Material (NPCM's) for fresh water production. Journal of Energy Storage, 28 (2020) 101-204. <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101204>.
- [38]: introduction to wind power, <http://www.wind.appstate.edu>,Retrieved 27-2-2018. Edited
- [39]: . <http://www.palmoon.net/5/topic-63-4.html>، طواهري م 0229،
- [40]: AN Minasian, , and AA Al-Karaghoul. An improved solar still : the wick-basin type. Energy conversion and management, 36(3) :213–217, 1995.
- [41]: Rahul Dev and GN Tiwari. Characteristic equation of a passive solar still. Desalination, 245(1-3) :246–265, 2009.
- [42]: Hilal Al-Hinai, MS Al-Nassri, and BA Jubran. Effect of climatic, design and operational parameters on the yield of a simple solar still. Energy Conversion and Management, 43(13) :1639–1650, 2002
- [43] : M Sakthivel and S Shanmugasundaram. Effect of energy storage medium (black granite gravel) on the performance of a solar still. International journal of energy research, 32(1) :68–82, 2008.
- [44] : T Rajaseenivasan, T Elango, and K Kalidasa Murugavel. Comparative study of double basin and single basin solar stills. Desalination, 309 :27–31, 2013.

# الفصل الثاني

## 1-2 مقدمة:

يعتبر الماء مصدرا حيويا وأساسا لكل الكائنات الحية والحاجة الماسة الى المياه الصالحة للشرب تزداد يوم بعد يوم فنجد ان ندرة المياه الصالحة للشرب مطروحة بشكل واضح في المناطق الحضرية كما هي في المناطق النائية، والجزائر بلد غير مستثنى من هذا المشكل فنظرا لمساحتها الشاسعة التي تمثل ثلثيها الصحراء يتوزع سكانها في مناطق نائية وبعيدة عن المصادر الطاقوية، كما ان انشاء محطات تحليه في هذه المناطق امر في غاية الصعوبة لذلك نجد ان الحل البديل الذي يفرض نفسه حاليا هو استخدام الطاقة الشمسية كونها متجددة ونظيفة ومستدامة ولقد استغل العلماء ظاهرة التبخر باستخدام الطاقة الشمسية في اكتشاف المقطر الشمسي للحصول على مياه صالحة للشرب تعتمد على عملية التقطير الشمسي [1].

## 2-2 لمحة تاريخية عن التقطير الشمسي:

تم استخدام الطاقة الشمسية خلال القرن العشرين حيث شهد القرن العشرين أكبر حركة تطور في تطبيقات الطاقة الشمسية ونفس العام صنعت ماكينة البخار الشمسية، وبين عامي 1920 و1928 تم بناء ماكينة شمسية في كاليفورنيا قدرتها 02 حصان، وفي عام 1911 بفيلا دلفيا تم تصميم جهاز يستخدم الطاقة الشمسية لأغراض الزراعة، وقد وضع في نطاق التشغيل بصحراء مصر على بعد 16 كلم من القاهرة حيث أنتج قوة قدرها 122 حصان تمد ما يقرب من 4200 م [2].

ثم بدا ظهور المساكن الشمسية الأولى والتي لم تكن تستند الى قيم اجمالية معينة بقدر ما كانت معينة بصفة مباشرة بتطبيقات الطاقة الشمسية نفسها، وقد كان اول مسكن شمس من تصميم مجموعة من معهد ماستشوستش للتكنولوجيا عام 1939 م [3].

وفي عام 1973 اي قبل ازمة البترول بشهور، عقد مؤتمر اليونسكو في باريس بعنوان الشمس في خدمة الإنسان حضره 800 عالم، من 60 دولة، ولقد تحولت الطاقة الشمسية فجأة في السبعينات من الفضول العلمي الى حركة ثقافية حيث اعتبرها المناضلون بديلا رمزيا للوقود [4].

## 2-3 أنواع التقطير الطرق المستعملة

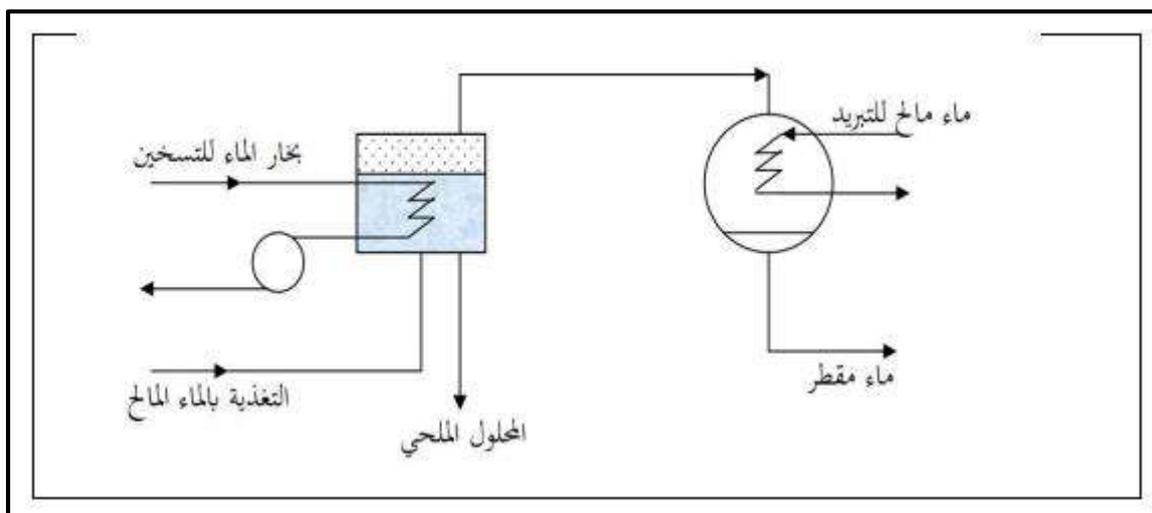
يوجد طرق لتقطير نذكر منها

## 1-3-2 التحلية بالتقطير:

طريقة التقطير تعتمد أساسا على التغير في حالة المادة، حيث تتم العملية برفع درجة حرارة المياه المالحة إلى درجة التبخر وتكوين بخار الماء الذي يتم تكثيفه للحصول على ماء مقطر، وعادة تحتاج الطريقة إلى وحدتي مبادلات حرارية، أحدهما لتبخير الماء والآخر لتكثيفه [5].

## 2-3-2 التقطير البسيط:

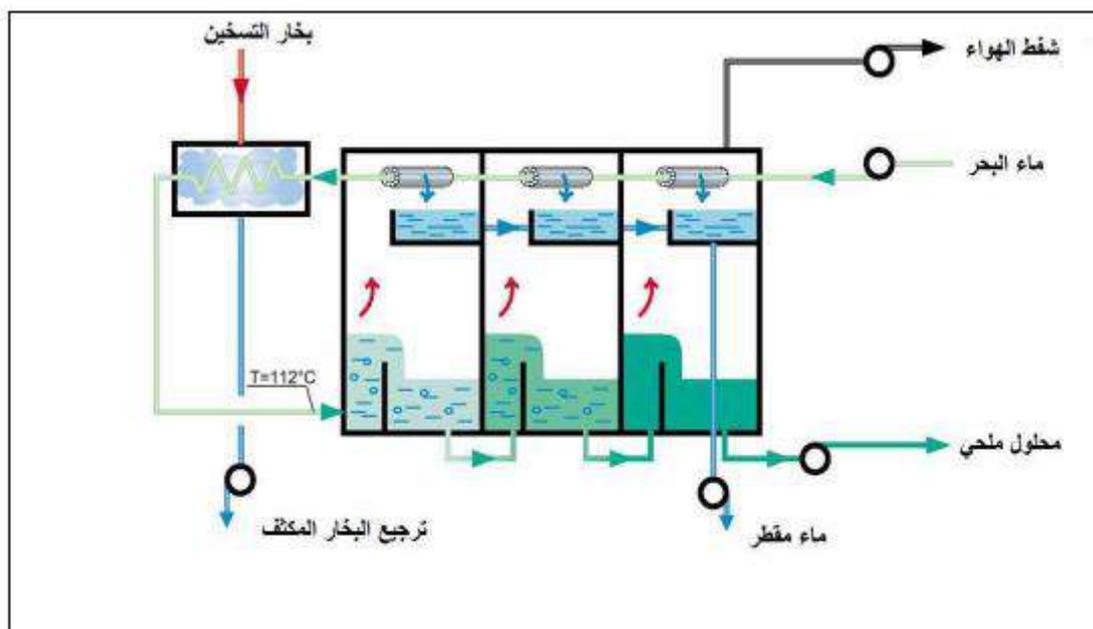
يتم في هذه الطريقة تبخير الماء المالح في خزان ماء بدون ضغط ولأجل التسخين نستعين بمبادل حراري يسري به بخار الماء، فيصعد بخار الماء إلى أعلى الخزان ويخرج عبر مسار موصل إلى المكثف، فيتكثف هذا البخار إلى قطرات ماء خالية من الأملاح ثم يجمع في خزان للماء المقطر كما هو موضح في الشكل (1-2) [5].



الشكل (1-2): التقطير البسيط. [5]

### 3-3-2 التقطير بالتبخير الومضي متعدد المراحل:

تم اكتشاف وحدة التبخير الومضي متعددة المراحل في فرنسا من طرف العالم (Silver. S. R) عام 1950، حيث تتكون هذه الطريقة من مجموعة من الطوابق، وهي أولى الطرق المستعملة في التحلية من اجل استرجاع الحرارة الضائعة في المكثف، وتمتاز هذه العملية بإمكانية رفع درجة الحرارة الي قيمته القصوى وتصل حتى (120°C)، وفي هذه الطريقة الشكل (2) – 2) تمر مياه البحر بعد تسخينها إلى غرف متتالية ذات ضغط منخفض فتتحول المياه إلى بخار يتم تكثيفه على أسطح باردة، وجمع ويعالج بكميات صالحة للشرب، وتستخدم هذه الطريقة في محطات ذات الطاقة الإنتاجية الكبيرة. [5-7]

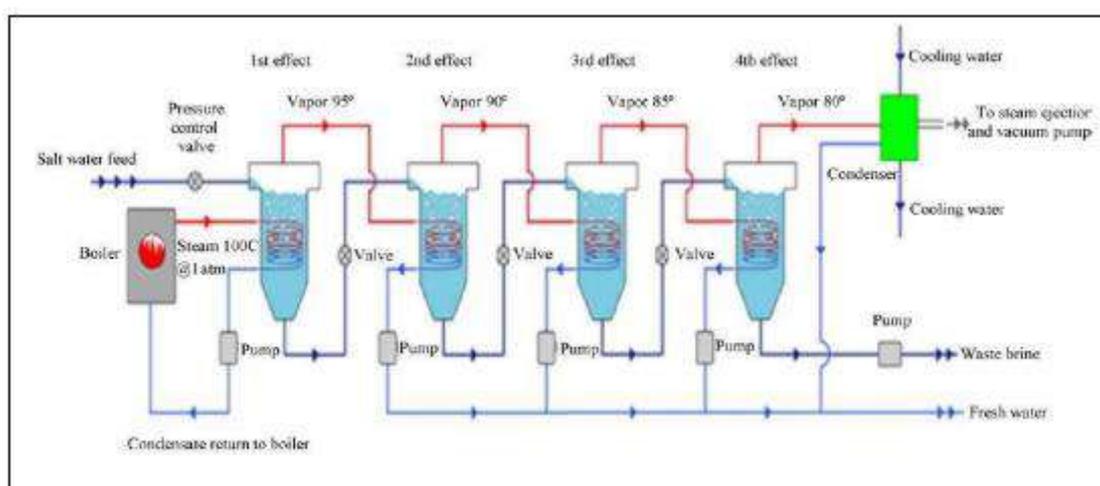


الشكل (2-2): التقطير بالتبخير الومضي متعدد المراحل. [5-7]

## 4-3-2 التقطير بالتبخير متعدد التأثير:

تستخدم لإنتاج الماء بالتقطير (التبخير والتكثيف) مثل الطرق الحرارية الأخرى لكنها تستخدم عملية الغليان لتبخير الماء المالح، أي أن عملية تكوين البخار تتولد على أسطح التسخين كما هو مبين في الشكل (2-3)، والأن عملية الغليان تتسبب في تبخر الماء العذب فيتبعها ترك الرواسب الملحية على أسطح التسخين، لذا فإن أقصى درجة حرارة للماء المالح على أسطح التسخين للوحدة محددة بحوالي (70° C).

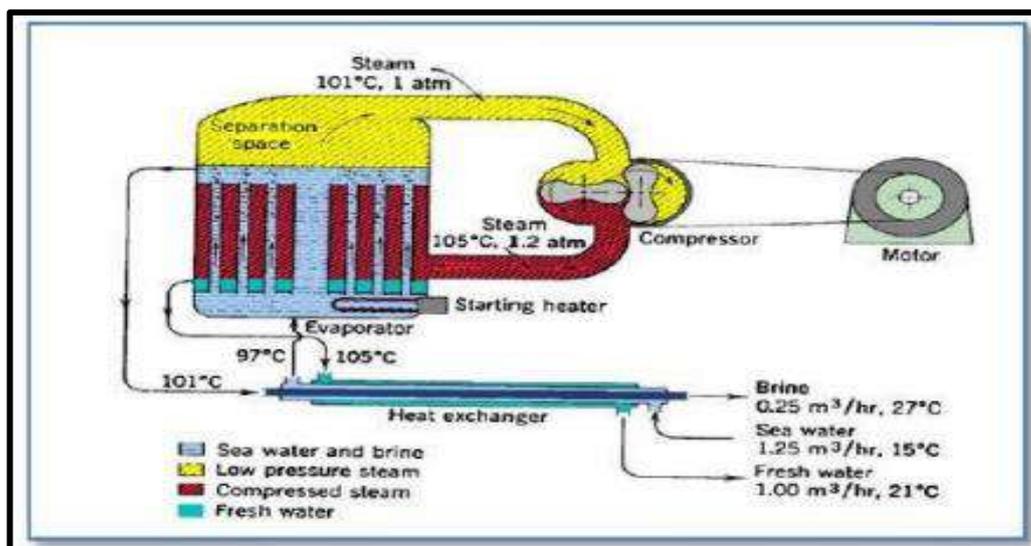
وتمتاز هذه العملية بارتفاع معدل الأداء فكل كمية بخار يتم إنتاجها في أي مرحلة (تأثير-تأثير) يمكنها أن تكون مصدرا للحرارة لإنتاج كمية أخرى من البخار لمرحلة أخرى تالية وهكذا، لذا كلما زاد عدد المراحل (التأثيرات) لهذه التكنولوجيا كلما زاد معدل أداء الوحدة، وكذلك زيادة إنتاجيتها، وقد استعمل هذا المبدأ أول مرة في اوائل القرن 19 ميلادي [5-7].



الشكل (2-3): التقطير بالتبخير متعدد التأثير [5-7]

## 5-3-2 التقطير بضغط البخار:

تعتبر هذه الطريقة إحدى الطرق المستخدمة للوحدات المتوسطة نسبيا لإنتاج الماء (500 m<sup>3</sup>/ jours) وقد استخدمت هذه التكنولوجيا في أوروبا عام 1910 و اليابان عام 1920، وفيها يتم الاستفادة من حرارة البخار في المراحل الأخرى (التقطير متعددة التأثير و التبخير الومضي) كمصدر بخار خارجي للتسخين بعد ضغطه مصدرا أساسيا للحرارة الشكل (2-4)، وفي هذه الطريقة يمكن الحصول على اقتصادية عالية للطاقة، ولكن من الضروري الحصول على الطاقة الميكانيكية باستخدام ضاغط [9-12].



الشكل (2-4): التقطير بضغط البخار [9-12].

### 2-3-6 تقنية فصل الماء عن الاملاح الذائبة بالأعشاب:

هذه التقنية تعتمد على أعشبية شبيهة بفاضة تستعمل من أجل فصل الملح عن الماء، وتتم عملية الفصل تحت درجة حرارة الجو العادية (بدون تسخين) مع استهلاك لكمية من الطاقة الكهربائية، ويوجد أسلوبيين في هذه التقنية (الأسموز العكسي والأسموز الكهربائي) [9] ولمعرفة مبدأ هذه التقنية نعرف اولاً ظاهرة الأسموز الطبيعية: تتم ظاهرة الأسموز عند وجود محلولين سائلين مختلفين في تركيز المادة المذابة فيهما، فينتقل المحلول من الوسط الأقل تركيزاً إلى الوسط الأكثر تركيزاً بوجود غشاء.

### 2-3-7 الأسموزي العكسي:

تعرف عملية التناضح العكسي بأنها عملية الانتقال العكسي للماء العذب من المحلول الأكثر تركيزاً إلى المحلول الأقل تركيزاً مبيّن في الشكل (2-5).

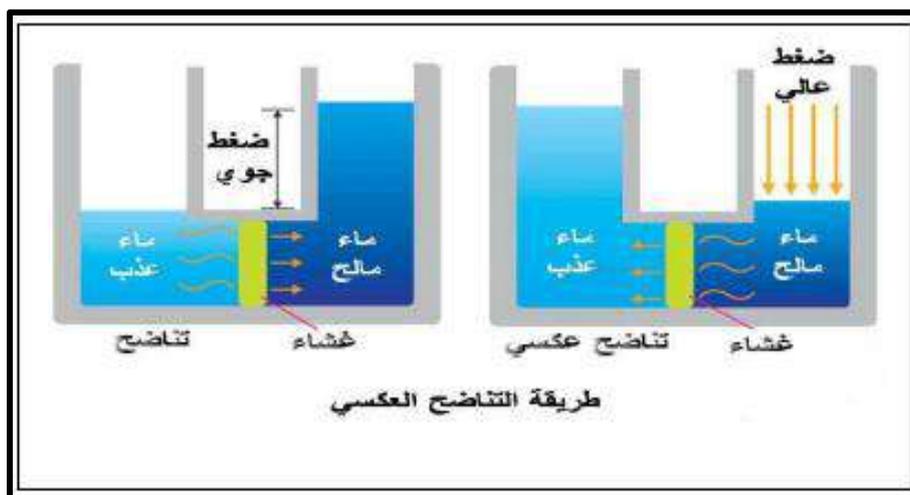
تعتبر هذه العملية حديثة مقارنة بعملية التقطير و الأسموز الكهربائي، حيث اكتشفها سنة 1960 العالمين لوب سوريراجان، كما أن العلاقة المستهلكة تتراوح ما بين (4-8 KWh/m<sup>2</sup>) من الماء المنتج، أما إنتاجيتها تقارب

$$[51] \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jours}, [10-11]$$

#### ● عمل الأعشبية:

الأعشبية هي عبارة عن مواد طبيعية أو صناعية شبيهة بنفوذ، وتكون أعشبية التناضح العكسي من مواد خاصة (مثل أسيتات السليلوز، أو البولي أميد) إما على شكل شعيرات (خيوط) مجوفة ملفوفة على شكل حرف (u)، أو على شكل ألواح حلزونية ملفوفة.

تعمل الأعشبية بما يسمى بنظرية السريان بالامتصاص الانتقائي (بالخاصية الشعرية)، للغشاء قدرة تعمل على فصل الأملاح قطر مسامه من 1 إلى 15 أنغستروم هي أقل بكثير من المرشحات الدقيقة [12-13].

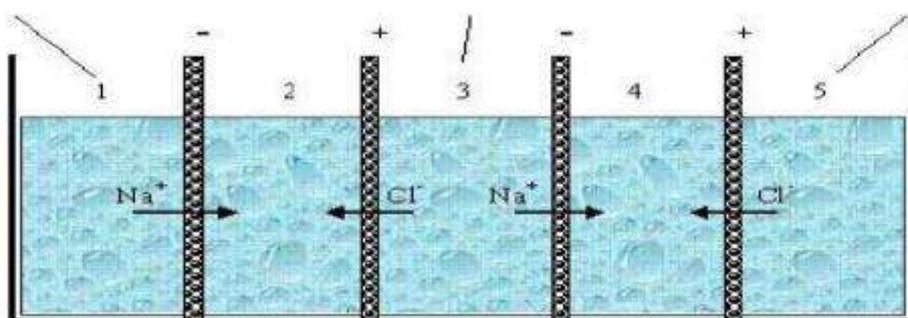


الشكل (5-2): تقنية التفاضح العكسي [12-13]

### 8-3-2 الأسموز الكهربائي (التفاضح الكهربائي):

هي عملية فصل الأملاح عن الماء كهربائياً، بحيث أن الشوارد (الموجبة أو السالبة) تنجذب نحو القطب الكهربائي حسب ما تحمله من شحنة كهربائية (تتجه نحو الأقطاب الكهربائية المعاكسة لشحنتها)، وذلك عند إمرار تيار كهربائي في المحلول الملحي، وهذه التقنية ظهرت قبل تقنية الأسموزي العكسي بعشر سنوات أي منذ الستينات [10.7].

وليتيم فصل الأملاح من المياه المالحة (مثل: محلول ملح الطعام (Na<sup>+</sup> + Cl<sup>-</sup>)) فإنه توضع مجموعة من الأغشية التي تسمح بمرور شوارد من نوع واحد فقط، وتوضع عادة الأغشية بين القطبين الكهربائيين بطريقة متعاقبة، أي غشاء لانتقاء الموارد الموجبة ثم غشاء آخر الانتقاء الشوارد السالبة مع وضع لوح فاصل بين كل غشاءين يسمح بانسياب الماء بينهما، وعند إمرار تيار كهربائي ينشأ تيار لهجرة الشوارد السالبة إلى القطب الموجب و الموجبة إلى القطب السالب ومنه انتقال الشوارد عبر الأغشية، وبعدها يجمع الماء العذب من جانب و يخرج المحلول المركز من جانب آخر، كما هو موضح في الشكل (6-2) [5]، [13].



الشكل (6-2): تقنية الأسموز الأيوني (الأسموز الكهربائي) لفصل ملح Na Cl [5-13]

## 4-2 أنواع المقطرات:

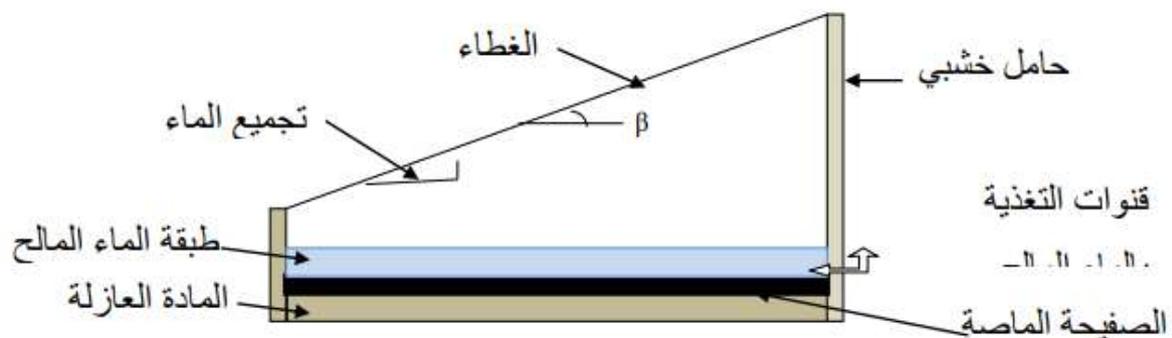
بالرغم من أن، لها نفس مبدأ العمل، لكن توجد عدة أنواع من هذه القطرات الشمسية.

### 1-4-2 المقطرات البسيطة:

وهو المقطر الأكثر استعمال، وهو عبارة عن حوض مملوء بالماء المالح قاعدته ذات لون اسود الالتقاط أكبر كمية من الإشعاع الشمسي، ومغطى بغطاء من الزجاج مانلا بزاوية معينة ليتكاثف البخار على جزئه الداخلي. وعلى الرغم من سهولة تركيب وصيانة هذه المقطرات وثنها المنخفض نوعا ما، إلا أن انتاجها للماء الصالح للشرب ضعيف جدا بسبب انخفاض فعاليته، وتوجد عدة نماذج لهذا النوع وهي [17-18]:

#### 1-1-4-2 المقطرات ذات الميل الواحد:

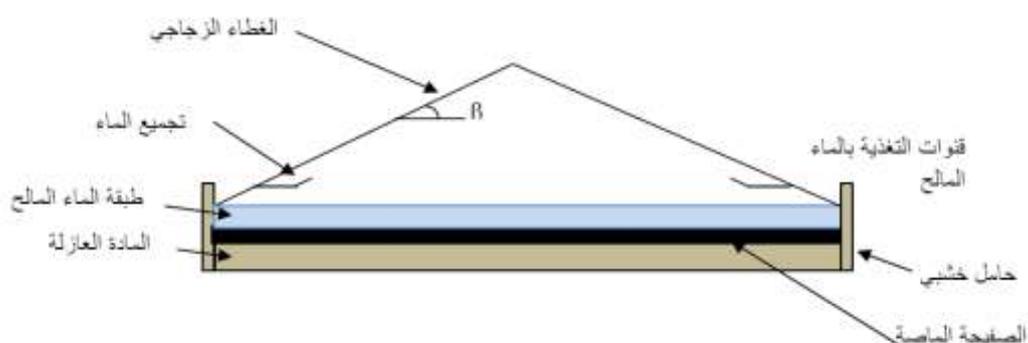
هو مقطر بسيط تقام عليه كثيرا من التجارب من قبل الباحثين، وذلك لسهولة الفك والتركيب والصيانة، وهو مقطر بسطح زجاجي واحد مائل بزاوية  $\beta$ ، وبالإمكان وصف هذا المقطر في الشكل (7-2) [5-2].



الشكل (7-2): مقطر بسيط ب ميل واحد [5-2]

#### 2-1-4-2 المقطرات ذات الميلين:

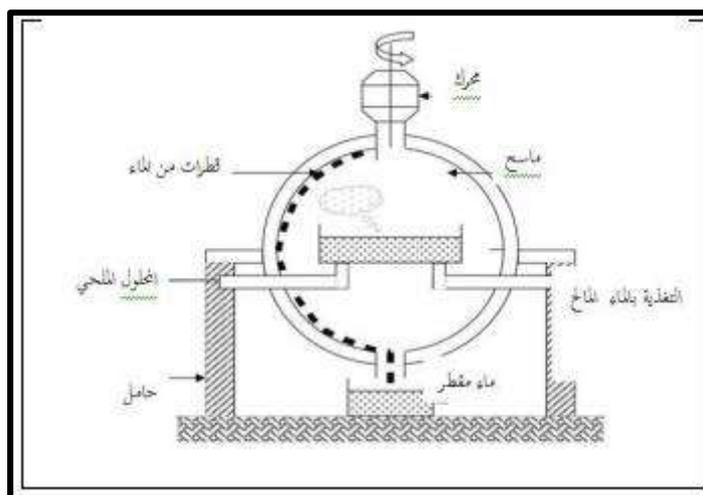
يختلف عن النوع البسيط ذو الميل الواحد بوجود سطحين زجاجيين كال منهما يميل بزاوية  $(\beta)$ ، لزيادة مساحة التقاط الإشعاع وكذا عملية التكثيف، بحيث يوجه إحدهما للشمس والأخر للظل لتسريع عملية التكثيف، الشكل (8-2) [20-21].



الشكل (8-2): المقطر البسيط بميلين [21-20]

## 2-4-2 المقطر الشمسي الكروي بماسح:

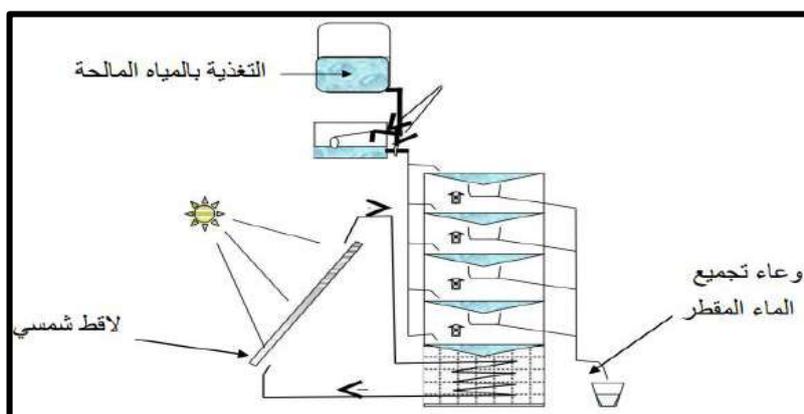
هو عبارة عن كرة زجاجية في وسطها حوض أسود دائري أفقي يعمل كماء للإشعاع الحراري يوضع فيه الماء المالح ليتبخر ثم يتكاثف هذا البخار على السطح الداخلي للزجاج ثم يجمع أسفل الكرة الزجاجية. ولجعل الزجاج شفاف يستعمل في السطح الداخلي ماسح يدور بواسطة محرك كهربائي في أعلى المقطر، و أول من اقترح هذا النوع من المقطرات هو Menguy . Pr بجامعة لندن، الشكل (9-2) [22،23].



الشكل (9-2): مقطر شمسي كروي بماسح [22-23]

## 3-4-2 المقطرات المتعددة:

تحتوي المقطرات المتعددة على عدة مبخرات ومنها المقطر الشمسي المتعدد الطوابق حيث يعمل هذا النموذج من المقطرات بالاستعمال الغير المباشر لأشعة الشمس، بحيث يتم تسخين مائع حراري في القط شمسي ثم ينقل إلى مبدل حراري، لتنتقل الحرارة لحوض به ماء مالح، يتبخر الماء ليتكاثف على السطح السفلي لحوض ثان (موجود في الأعلى) به ماء مالح كذلك لثم بذلك عملية استرجاع الحرارة الناتجة من تكاثف البخار في الطاب (N) لتسخين الماء المالح في الطابق (1+N) ، من الممكن استعمال اللاقط شمسي قطع مكافئ أسطواني، حيث يمر المائع الحراري في أنبوب أسود (من النحاس أو من الفولاذ)، هذا الأنبوب مثبت على طول محرق القطع المكافئ، ومن الممكن كذلك جعله على شكل قطع مكافئ دائري، الشكل (10-2) [22،23]:

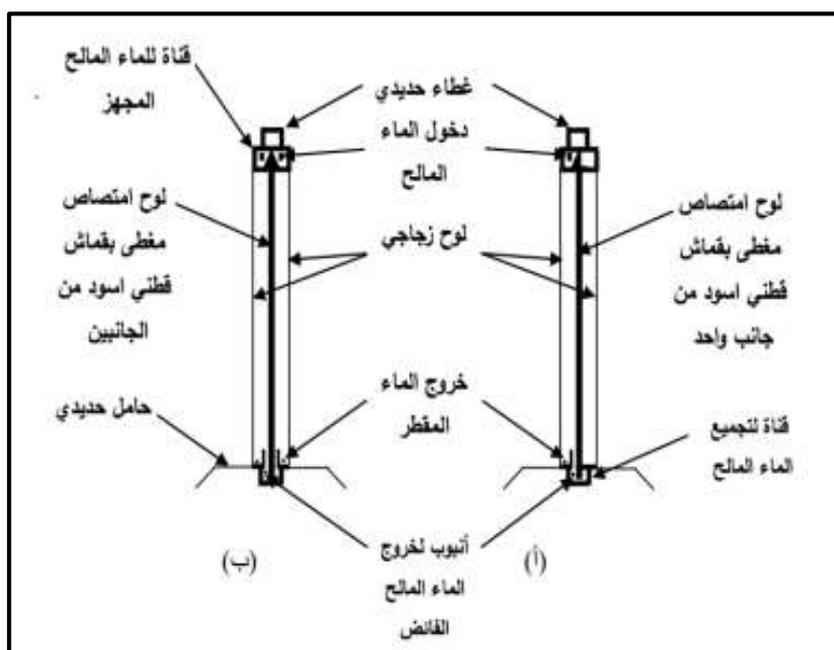


الشكل (2-10): المقطر الشمسي المتعدد الطوابق. [22-23]

#### 2-4-4 المقطر الشمسي العمودي:

يتكون هذا نوع من لوح الامتصاص مصنوع من الالمنيوم يغطي بقماش قطني أسود 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 إلي المقطر العمودي عن طريق الانبوب الموجود في القناة العليا بعمق محدد والموجود فيها الطرف العلوي للقماش القطني الأسود لكي يتشبع بالماء وبفعل الجاذبية وامتصاصية القماش للماء تبتل كامل القطعة بالماء، ويتوزع بشكل شبه متساوي ويتعرض لعملية التبخير ثم يتكثف البخار على السطح الداخلي للزجاج ويتم نزول الماء الي قناة تجميع الماء. الشكل (2-11).

أما الماء الفائض عن التبخر يتجمع في القناة السفلي الموجودة فيها الطرف السفلي من قطعة القماش ليساعد أيضا على ابتلال قطعة القماش من الأسفل وصعوده بخاصية الأنابيب الشعرية و مافض عن ذلك يخرج من أنبوب خروج الماء الفائض المربوط في القناة السفلي [24].



الشكل (2-11): مخطط يوضح مقطع جانبي للمقطرين [24]

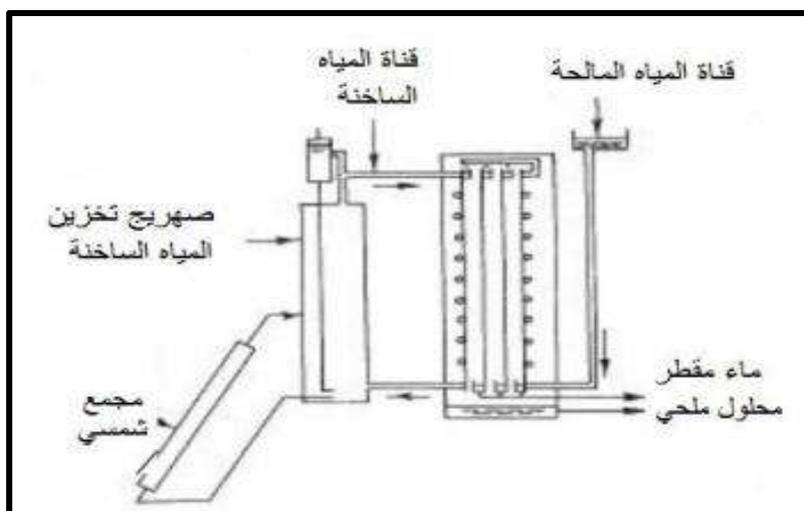
(1) مقطر شمسي عمودي ذو جانب واحد

(2) مقطر شمسي عمودي ذو جانبيين

#### 2-4-5 المقطر بالانتشار:

يتكون هذا الجهاز من صهريج تخزين موصل بجهاز الاستشعار وسلسلة من الصفائح المعدنية الموازية والعمودية الماء الساخن من الخزان يسخن الصفيحة الأولى ويسبب تبخر الماء المتدفق على الجانب الأيمن منه، ويتكثف بخار الماء

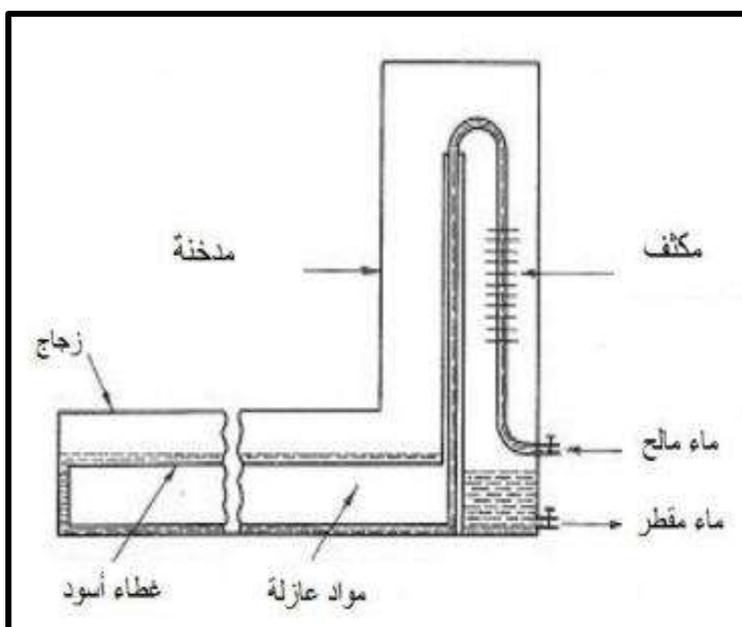
على الجانب الأيسر من اللوحة الثانية، أما الحرارة المحررة من التكثيف تستخدم لتبخير المياه المتدفقة على الجانب الأيمن من اللوحة الثانية، وهكذا تساهم حرارة التكثيف في التسخين المسبق لإمدادات المياه المالحة [24].



الشكل (2-13): المقطر الشمسي بالانتشار [24].

#### 2-4-6 المقطر بالمدخنة الشمسية:

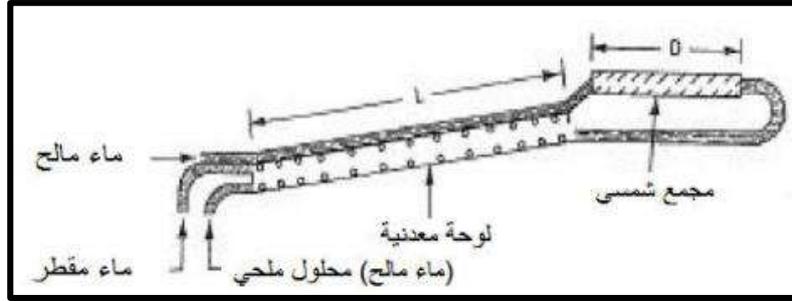
هذا المقطر يختلف عن غيرهن من المقطرات التقليدية بإضافة مدخنة للمبادلات الحرارية وتستخدم القناة المسطحة التي تغطيها نافذة زجاجية لالتقاط الطاقة الشمسية تحت تأثير الإشعاع الشمسي، المياه المالحة تتدفق الي القناة فتتبخر وترتفع إلى المدخنة حيث تتكثف، يمكن استخدام حرارة التكثيف لتسخين المياه التي تدخل إلى النظام [24].



الشكل (2-14): المقطر بالمدخنة الشمسية [24].

#### 7-4-2 مقطر تبخر الفتيل:

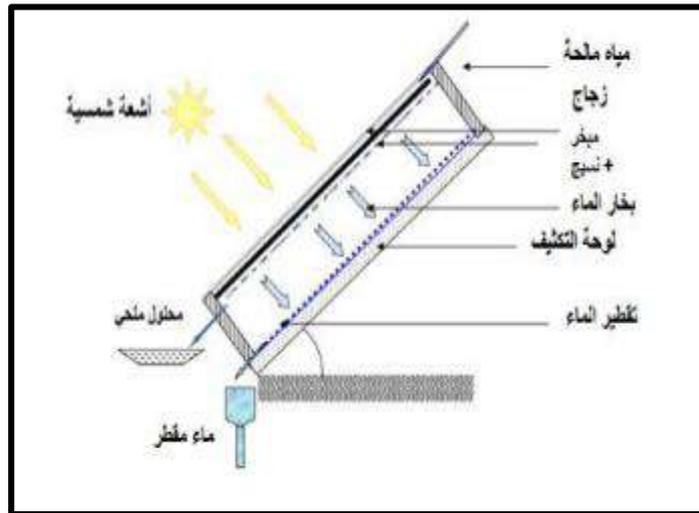
تم بناء هذا المقطر لتوفير كمية الحرارة المستخدمة في التبخر تتكون مبخرة من تجاور ثلاث ألواح متوازية متباعدة قليلا، ينقل الماء الي الغرفة الأولى ليصل الي جهاز الاستشعار أين يسخن ثم يتبخر في غرفة ثانية، ويتم التكثيف على الوجه السفلي من الوسط. وقد تم تجهيز أخر اثنين من لوحات مع الشبكة مما يزيد من التدفئة وتوجد تدفق المياه. [24].



الشكل (2-15): مقطر تبخر الفتيل [24].

#### 8-4-2 المقطر الشمسي بالخاصية الشعيرية:

أول من اقترح هذا نوع من المقطرات هو pr.p.gofe بمخبر العلوم و الهندسة الكمائية ب Nancy بالتعاون مع Pr.Ouahes بجامعة الجزائر، وهو عبارة عن مجموعة من الطوابق المعدنية ( من الألمنيوم مثلا ) متقابلة و متوازية عموديا ، مركبة داخل إطار خشبي معزول حراريا من الجهات الجانبية ، كما يوجد غطاء زجاجي في الجهة العليا ، الطابق الأول مطلي بالاسود فيتبخر الماء بفعل الحرارة المكتسبة من الاشعاع الحراري ، علي السطح البارد المقابل ، كما ان الحرارة المكتسبة من التكثيف تقوم بتسخين الماء السائل علي الشاش الملتصق خلف التكثيف ، وهكذا تتكرر العملية حتي الطابق الأخير، الشكل (2-13). [25-26].



الشكل (2-13): المقطر الشمسي بالخاصية الشعيرية [25-26].

## 5-2 العوامل الأساسية المؤثر في التقطر الشمسي

1-5-2 العوامل الداخلية والخارجية المؤثرة على مردود المقطر:

## 1-1-5-2 العوامل الخارجية:

1-1-1-5-2 شدة الإشعاع الشمسي:

هي العامل الأهم في دراسة المقطر الشمسي، ويكون طول الموجة في الطاقة المنبعثة ما بين (um4-0.17) حيث أعلى شدة نحصل عليها للإشعاع الشمسي عندما يكون طول الموجة um0.47 في المجال المرئي للطيف الكهرومغناطيسي، تصل الشدة الكلية للإشعاع الشمسي الواردة الى السطح  $2\text{kw} / \text{m}^2$  التي هي قيمة ضعيفة؛ نظرا لامتصاص الغلاف الجوي جزء من هذا الإشعاع. ويكون بمقدار أحسن عندما يكون سمك الغلاف الجوي رقيقا جدا. تقدر الاستطاعة الشمسية المتوفرة نظريا على سطح الأرض ما بين (kw/m 2.21-1.95)، وعليه تعد شدة الإشعاع الشمسي من أهم العوامل التي تؤثر على أداء المقطرات الشمسية، إذ تزداد إنتاجية المقطر بارتفاع قيمة شدة الإشعاع الساقط على سطح الغطاء وتقل بانخفاض شدته [27].

## 2-1-1-5-2 سرعة الرياح:

يلعب التأثير الحلمي على الوجه الخارجي للزجاج دورا مهما في تشغيل النظام، وتقاس سرعة الرياح بمقياس الرياح anémomètre الموضوع قرب الزجاج. حيث اعتبر Duffie et Beckman بأن سرعة الرياح مرتبطة بمعامل الانتقال الحلمي بين الغطاء والوسط الخارجي بواسطة العبارة التالية [28].

$$V < 5\text{m/s} \quad a=2.8 \quad b=3 \quad n=1 \quad (7-1)$$

$$V = 5\text{m/s} \quad a=0 \quad b=6.15 \quad n=0.8 \quad (8-1)$$

وهذه العوامل تستعمل من اجل نمودجة اللواقط أو الضياع الحراري في العمارات

## 3-1-1-5-2 درجة حرارة الهواء المحيط:

تدخل قيمة درجة حرارة الهواء المحيط في تحديد التغيرات الحرارية بين الجزئين الداخلي والخارجي للمقطر، وترتبط مباشرة بالحمل الطبيعي على مستوى الزجاج، فتأثيرها يتناسب طرديا مع درجة حرارة الزجاج، يساعد ارتفاع درجة حرارة المحيط في مردود المقطر الحوضي الشمسي، حيث يعتبر هذا التحسين ملموسا أكثر في حالة المقطرات رديئة العزل [29-30].

## 2-5-2 عوامل أخرى:

بالإضافة الى سرعة الرياح ودرجة حرارة الهواء المحيط، هناك عوامل أخرى جوية مثل رطوبة الهواء أو اللذان يجب ان تؤخذان بعين الاعتبار في القياس، بحث أنهما تغيران في الموازنة الحرارية للمقطر [31].

## 2-5-2 العوامل الداخلية:

## 1-2-5-2 ميل الزجاج على السطح الافقي:

إن لميل الزجاج دورا مهما في عمل المقطر الشمسي، لذا فانه من المهم اختيار ميلان أدنى للزجاج بدون إحداث تسرب الماء إلى حوض الماء المالح، تقدر القيمة التقريبية لهذا الميلان بعد دراسة أجريت أن القيمة المثلى للميلان محصورة بين 10° و 50° [32].

## 2-2-5-2 ارتفاع مستوى كتلة الماء المقطر :

إن ارتفاع مستوى الماء المالح في الحوض له دور مهم في عملية التقطير، فيزداد الانتاج اليومي للتقطير كلما كان عمق الماء صغيرا ومحصورا بين 1 cm و 15 cm [33].

## 3-2-5-2 المسافة التي تقسم السطح الحر الي لاقطين:

تؤثر مباشرة على الضغط الداخلي للمقطر فالزيادة في حجم المقطر تسبب نقصان في الضغط، وهذا يؤثر على التغيرات الحرارية ويؤدي إلى نقصان في درجات الحرارة لمركبات المقطر [34].

## 6-2 خصائص المكونات:

## 1-6-2 الزجاج

يختلف الزجاج حسب خصائصه:

- السمك.

- اللون: يجب أن يكون شفافا.

-الانعكاس: يجب ان يكون على الاقل ما بين (5-10%)

-الامتصاص: يجب ان يكون من 5 %.

-العبور: أكثر من 90% [35].

## 2-6-2 الصفيحة المعدنية:

توجد عدة أنواع من الصفائح المعدنية وفقا لخصائصها؛ لذا يجب أن نختار الصفيحة الملائمة لاستخدامها للماص وكذلك للغطاء الخارجي:

● السمك.

● التوصيلية: يجب أن نختار صفيحة توصيلية حرارية مرتفعة ان أمكن.

● مقاومة التآكل: الصفيحة المعدنية تكون في تلامس مع الماء، من أجل هذا يجب اختيار صفيحة تقاوم ظاهرة التآكل

[36].

## 2-6-2 العازل:

العازل في المقطر هو العنصر الرئيسي، ولاختيار عازل جيد يجب معرفة كل الخصائص التالية: التوصيلية الحرارية: التوصيلية الحرارية للعازل يجب أن تكون قليلة ليكون عزل حراري جيد [36].  
امثلة:

Le polyuréthane:  $k_1 = 2.25.10^{-5} \text{ kW / m. } ^\circ \text{C}$

Le polystyrène :  $k_2 = 0.364.10^{-5} \text{ kW / m. } ^\circ \text{C}$

La laine de verre :  $k_3 ; = 4.10^{-5} \text{ kW/m. } ^\circ \text{C}$

العازل الافضل من بين الثلاثة هو polystyrene

## 7-2 العوامل الهندسية

### 1-7-2 سطح وسمك ومكان المكثف

لتلقي أقصى قدر من الإشعاع الشمسي وللحصول على أقصى إنتاجية، يجب أن نلعب على اتجاه وسمك الغطاء الزجاجي (المكثف)، وقد تم تأكيد هذا التأكيد من خلال دراسة لمجموعة الباحثين، كما تم التأكيد على أن الزاوية يجب أن يكون الغطاء الزجاجي مساويًا لخط عرض مكان التجربة [35-39].

### 2-7-2 نظام التبريد المكثف

لتبريد الغطاء الزجاجي لجهاز التقطير الشمسي، أي لتوسيع الفرق في درجة الحرارة بين الماء والزجاج؛ هذا له نتيجة لزيادة الإنتاجية. قام بعض الباحثين بتكييف هذا الحل وقاموا بإنشاء تدفق ضعيف ومستمر لغشاء من الماء على الغلاف. أدت هذه التقنية إلى تحسينات في إنتاجية الماء النقي. [40]

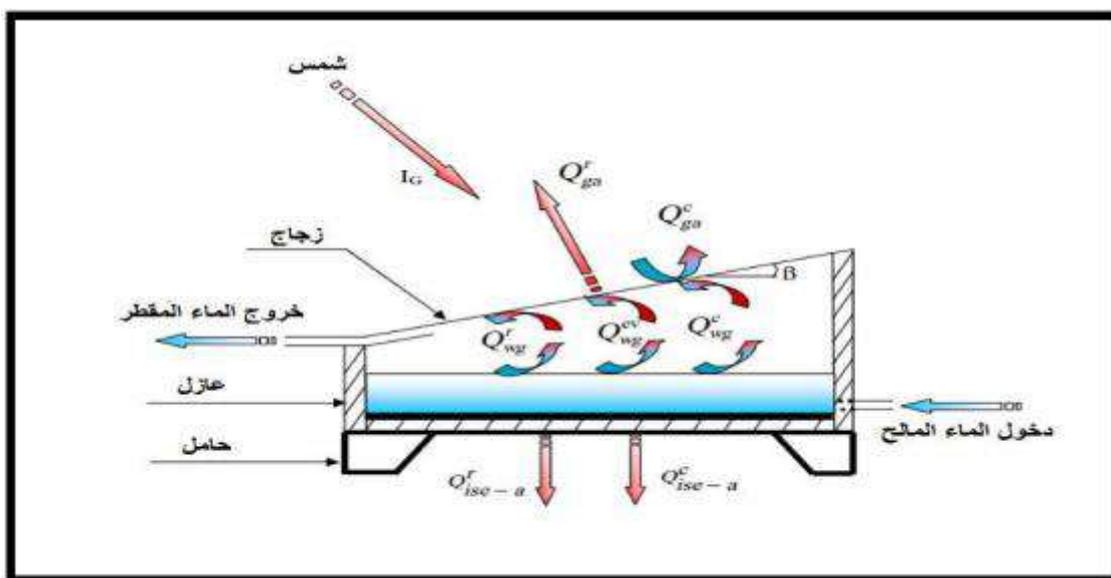
### 3-7-2 نظام تسخين المياه

يمكن تسخين مياه البركة من خلال أنظمة شمسية مدمجة في وحدة الطاقة الشمسية مثل مجمّع الطاقة الشمسية المسطح أو مجمّع الطاقة الشمسية المكافئ أو الأسطوانة المكافئة أو غيرها من الأنظمة، ناهيك عن اللعب على تباين عمق المياه في الحوض. استخدام مواد التخزين الحراري موجود في التقطير الشمسي؛ تستخدم هذه التقنية على نطاق واسع لضمان استمرارية الإنتاج بعد غروب الشمس. يعد العاكس الشمسي من أسهل الطرق لزيادة كفاءة التقطير الشمسي. وقد طورت الدراسات استخدام هذا مفيدًا للانتقال إلى الكاسرين الخارجيين والداخليين في وقت واحد. أعطت هذه الإضافة مزيدًا من التحسن [41].

## 8-2 الدراسة النظرية للمقطر الشمسي البسيط:

### 1-8-2 التوازن الطاقوي للمقطر:

ان مختلف التبدلات الحرارية المنتجة في المقطر الشمسي تقوم على أربعة وهي:  
التوازن الحراري بين الزجاج والهواء، التوازن الحراري بين الماء والزجاج، التوازن الحراري بين العازل والخارج وتدفق الماء المقطر.



الشكل (2-14): التدفق الحراري للمقطر الشمسي

2-8-2 التوازن الطاقوي للزجاج:

يتم تفرغ كمية الحرارة التي يتلقاها الزجاج عن طريق التوصيل من خلال هذا إما :

- الوجه الخارجي :

$$(1-2) \quad \frac{M_v C_{p_v} dT_{ve}}{2 \cdot A_v} = \left(\frac{\lambda_v}{\delta_v}\right)(T_{vi} - T_{ve}) - Q_{r.v.e_{ciel}} - Q_{c.v_2} + \frac{P_v}{2}$$

- الوجه الداخلي

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

$Q_{re_{vi}}$ : التدفق الحراري بالإشعاع بين فيلم الماء والزجاج.

$Q_{ce_{vi}}$ : التدفق الحراري بالحمل ابين فيلم الماء و الزجاج

$Q_{evap}$ : التدفق الحراري بالتبخر - التكثيف بين فيلم الماء والزجاج.

$Q_{r.v.e_{ciel}}$ : التدفق الحرارة الضائع للزجاج بالإشعاع نحو الخارج.

$Q_{cv_a}$ : التدفق الحراري الضائع للزجاج بالحمل نحو الخارج.

$\lambda_v$ : الناقلية الحرارية للزجاج.

$\delta_v$ : سماكة الزجاج.

$$3-8-2 \quad \frac{M_e C_{p_e} dT_e}{A_e} = Q_{c.b.e} - Q_{c.e.v} - Q_{evap} - Q_{r.e_{v_1}} + P_e \quad \text{الميزان الحراري الماء}$$

(2-3)

$$\frac{M_e C_{p_e} dT_e}{A_e} = Q_{c.b.e} - Q_{c.e.v} - Q_{evap} - Q_{r.e_{v_1}} + P_e$$

حيث:

$Q_{c.be}$ : التدفق الحراري بالحمل الحراري بين قاعدة المقطر وفيلم الماء.

$P_e$ : قوة الامتصاص الماء الموجودة في قاعدة المقطر ، وهي معدومة.

4-8-2 الميزان الحراري الحوض الداخلي:

(2-4)

$$\frac{M_b C_{p_b} dT_b}{A_b} = P_b - Q_{c.b_e} - Q_{c.d.b_{1,2,3}}$$

$Q_{c.be}$ : التدفق الحراري الضائع بالتوصيل للحوض.

### 5-8-2 التوازن الحراري للعازل:

للمحد من فقدان الحرارة عبر القاعدة، نستخدم عازل حراري من البوليس-تيران في الجوانب الأربعة للمقطر وذلك لمنع التسرب الحراري بالحمل أو الإشعاع، وتمثل المعادلة التالية الميزان الحراري للعازل:  
بالنسبة للجهة الداخلية:

$$(2-5) \quad \frac{M_i C_{p_i} dT_{iso,i}}{2 \cdot A_i dt} = Q_{c.d.b_{iso,i}} - \left(\frac{\lambda_i}{\delta_i}\right)(T_{iso,i} - T_{iso,e})$$

$$\frac{M_i C_{p_i} dT_{iso,i}}{2 \cdot A_i dt} = Q_{c.d.b_{iso,i}} - \left(\frac{\lambda_i}{\delta_i}\right)(T_{iso,i} - T_{iso,e})$$

$Q_{cdb_{iso,i}}$ : التدفق الحراري بالتوصيل بين الحوض والعزل الحراري.

بالنسبة للجهة الخارجية

$$(6-2) \quad \frac{M_i C_{p_i} dT_{iso,e}}{2 \cdot A_i dt} = \left(\frac{\lambda_i}{\delta_i}\right)(T_{iso,i} - T_{iso,e}) - Q_{r.iso_{soll}} - Q_{c.iso_2}$$

$$\frac{M_i C_{p_i} dT_{iso,e}}{2 \cdot A_i dt} = \left(\frac{\lambda_i}{\delta_i}\right)(T_{iso,i} - T_{iso,e}) - Q_{r.iso_{soll}} - Q_{c.iso_2}$$

### 6-8-2 تدفق الماء المقطر

$$(2-7) \quad \frac{dM_c}{dt} = h_{evap} \frac{T_e - T_v}{L_v}$$

حيث:

$M$ : كتلة الماء المقطر.

$L_v$ : حرارة الكامنة للتبخير

$T_e$ : درجة حرارة الماء.

$T_v$ : درجة حرارة النافذة

### 7-8-2 معدلات التبادل الحراري:

1-7-8-2 انتقال الحرارة بالإشعاع ماء-زجاج:

$$Q_{r.e_v} = h_{r.e_v} (T_e - T_{v,i})$$

(2-8)

$Q_{r.e_v}$ : معامل انتقال الحرارة بالإشعاع بين غشاء الماء والزجاج.

$$h_{r.e_v} = \epsilon_{eff} \cdot \sigma \cdot (T_e^2 - T_{v,i}^2) \cdot (T_e + T_{v,i})$$

(9-2)

$$\varepsilon_{eff} = \left[ \frac{1}{\varepsilon_e} + \frac{1}{\varepsilon_v} - 1 \right]^{-1}$$

(2-10)

$$h_{r.e_v} = \varepsilon_{eff} \cdot \sigma \cdot (T_e^2 - T_{v,i}^2) \cdot (T_e + T_{v,i})$$

$\varepsilon_{eff}$ : ثابت الانفعالات

$\sigma$ : ثابت ستيفن بلوتزمان.

$\varepsilon_e$ : انبعاثية الماء.

$\varepsilon_v$ : انبعاث الزجاج.

2-7-8-2 انتقال الحرارة بالحمل ماء-زجاج:

(2-11)

$$Q_{c.e_v} = h_{c.e_v} (T_e - T_v)$$

(12-2)

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

$$Q_{c.e_v} = h_{c.e_v} (T_e - T_v)$$

$h_{c.e_v}$ : معامل انتقال الحرارة بالحمل بين فيلم الماء و الزجاج .

3-7-8-2 انتقال الحرارة بالتبخر:

(2-13)

$$Q_{evap} = h_{evap} (T_e - T_{v,i})$$

$H_{evap}$ : معامل تحويل الحرارة بالتبخر- التكثيف بين فيلم الماء و الزجاج.

$$(2-14) \quad h_{evap} = 16.273 \times 10^3 h_{c.e_v} \frac{(P_e - P_{v,i})}{(T_e - T_{v,i})}$$

يتم تقدير ضغط بخار الماء بالعلاقة التالية:

$$(2-15) \quad P = 133.32 \exp \left( 18.6686 - \frac{4030.1824}{T + 273.15} \right)$$

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

4-7-8-2 انتقال الحرارة بالإشعاع زجاج -وسط:

$$(2-16) \quad Q_{r.v_{ciel}} = h_{r.v_{ciel}} (T_{v,e} - T_{ciel})$$

$h_{r.v_{ciel}}$ : معامل انتقال الحرارة بالإشعاع من الزجاج الي السماء.

$$(2-17) \quad h_{r.v_{ciel}} = \varepsilon_v \cdot \sigma \cdot (T_{v,e}^2 - T_{ciel}^2) \cdot (T_{v,e} + T_{ciel})$$

$T_{ciel}$ : درجة حرارة السماء.

درجة حرارة السماء يمكن إعطاؤها بالمعادلة التالية:

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

بشكل عامة نستعمل المعادلة التالية

(2-18)

5-7-8-2 انتقال الحرارة بالحمل زجاج -وسط:

$$(2-19) \quad Q_{c.v_a} = h_{c.v_a} (T_{v,e} - T_2)$$

معادلة انتقال الحرارة بالحمل بين الزجاج (الجهة الخارجية) والمحيط الخارجي، يمكن استعمالها بالمعادلة التالية:

$$h_{c.v_a} = 5.7 + 3.8 V \quad (20- \quad h_{c.v_a} = 5.7 + 3.8 V$$

2)

$V$ : سرعة الرياح (m/s).

6-7-8-2 انتقال الحرارة بالحمل حوض-ماء:

$$Q_{c.b_e} = h_{c.b_e} (T_b - T_e) \quad (21- \quad Q_{c.b_e} = h_{c.b_e} (T_b - T_e)$$

2)

$h_{c.b_e}$ : معامل انتقال الحرارة بالحمل الحراري بين قاع الخزان وفيلم الماء.

$$(22-2) \quad h_{c.b_e} = \frac{Nu \cdot \lambda_f}{L}$$

$\lambda_f$ : التوصيل الحراري للمائع (الماء)

في هذا النوع من المشاكل، تؤدي الارتباطات التجريبية إلى علاقات من الشكل:

$$Nu = c (Gr Pr)^n \quad (2-23)$$

$Gr$ : عدد GRASHOF

$Pr$ : عدد PRANDLT

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

7-7-8-2 التدرج الحراري

عند تدرج درجة الحرارة (T) نحوي الأعلى، يكون التدفق دائما رقائقيًا:

(24-2)

$$Gr < 10^5 \Rightarrow Nu = 1$$

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

$$\text{Si } 10^5 < Gr < 2.10^7 \Rightarrow Nu = \frac{\lambda_e}{L} 0. \text{ Si } 10^5 < Gr < 2.10^7 \Rightarrow Nu = \frac{\lambda_e}{L} 0.54 .(Gr Pr) \quad (2-25)$$

$$(2-26) \text{ Si } Gr > 2.10^7 \Rightarrow Nu = 0.14 .(Gr Pr)$$

عدد كيرا شوف:

$$(2-27) Gr = \frac{\beta . g . \rho^2 . L^3 . \Delta T}{\mu^2}$$

$$Gr = \frac{\beta . g . \rho^2 . L^3 . \Delta T}{\mu^2}$$

معامل التمدد الحجمي للماء في (K<sup>-1</sup>).

ρ : كثافة الماء ب (kg/m<sup>3</sup>)

g : التسارع ب (m/s<sup>2</sup>).

L : طول العلبه الماصة (m).

μ : اللزوجة الديناميكية ب (kg/ms)

عدد بر اندلت:

$$(2- Pr = \frac{\mu_e . Cp_e}{\lambda_e}$$

28)

الضيق الحراري للحوض بالتوصيل الحراري عبر العازل يعطي كالاتي:

$$Q_{cd.b_{iso}.i} = K_b \times (T_b - T_{iso.i}) \quad (29- Q_{cd.b_{iso}.i} = K_b \times (T_b - T_{iso.i})$$

2)

T<sub>b</sub> : درجة حرارة الخزان.

T<sub>i</sub> : درجة حرارة العزل.

مع:

$$K_b = \frac{\lambda_b}{\delta_b}$$

$$K_b = \frac{\lambda_b}{\delta_b} \quad (30-2)$$

λ<sub>b</sub> : التوصيل الحراري للخزان.

δ<sub>b</sub> : سمك الخزان.

8-7-8-2 انتقال الحرارة بالتوصيل العازل-الحوض:

$$Q_{cd.iso.i_b} = \frac{\lambda_b}{\delta_b} (T_b - T_i) \quad (31-)$$

2)

9-7-8-2 انتقال الحرارة بالتوصيل عبر العازل:

$$K_i = \frac{\lambda_{iso}}{\delta_{iso}} (T_{iso.i} - T_{iso.e}) \quad (32-)$$

2)

$\lambda_{iso}$ : موصلية العزل.

$\delta_{iso}$ : سماكة العزل.

10-7-8-2 انتقال الحرارة بالحمل عبر العازل

$$Q_{c.iso.i-a} = h_{iso.e_a} \times (T_{iso.e} - T_a) \quad (33-)$$

2)

$h_{iso.e_a}$ : مُعامل انتقال الحرارة بالحمل الحراري بين العزل والهواء الخارجي.

10-7-8-2 بالتوصيل من خلال العزل

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

$$h_{r.e_v} = \varepsilon_{iso} \cdot \sigma \cdot (T_{sol}^2 - T_{iso.e}^2) \cdot (T_{iso.e} + T_{sol.i}) \quad (34-2)$$

9-2 معايير المقطر الشمسي:

هناك عدة مقادير لتحديد انتاج المقطر الشمسي المردودية، الفعالية (الكلية، الداخلية)، مقياس الفعالية، الأداء [77].

1-9-2 المردودية:

وهي عبارة عن كمية الماء المقطر الناتج من المقطر الشمسي لوحدة السطح للصفحة السوداء في اليوم.

2-9-2 الفعالية:

1-2-9-2 الفعالية الكلية:

حاصل قسمة التدفق الحراري بالتبخير على الطاقة الشمسية الكلية الواردة الى السطح الافقي وفق العبارة التالية:

$$\eta g = \frac{Q_{evp}}{G.S} = \frac{md}{G.S} Lv \quad (2-35)$$

حيث:

$Q_{evp}$ : التدفق الحراري بالتبخير.  $w/m^2$

$G$ : الطاقة الشمسية الواردة الي السطح الأفقي.  $w/m^2$

$S$ : سطح الغطاء الزجاجي.  $m^2$

$md$ : تدفق الماء المقطر  $kg/s$ .

$Lv$ : الحرارة الكامنة لتبخير الماء  $J/kg$ .

2-2-9-2 الفعالية الداخلية:

هي حاصل قسمة الفعالية الكلية على كمية الماء المنتج بفعل الطاقة الشمسية الساقطة على السطح الافقي [42].

$$(36-2) \quad \eta_i = \frac{Q_{evp}}{Q_{eau}} = \frac{md}{at.G.G} = G.S$$

$$(37-2) \quad Q_{evp} = (\tau v. \alpha e + \tau v. \tau e. \alpha f) G.S$$

$$(38-2) \quad at = (\tau v. \alpha e + \tau v. \tau e. \alpha f)$$

$$(39-2) \quad \eta_i = \frac{\eta g}{\alpha f}$$

بحيث:

$Q_{evp}$ : التدفق الكلي للماء.

$\tau v$ : معامل نفاذية الزجاج.

$\tau e$ : معامل نفاذية الماء.

$\alpha e$ : معامل امتصاص الماء.

$\alpha f$ : معامل الامتصاص لعمق المقطر.

$at$ : معامل الامتصاص لعمق المقطر.

3-2-9-2 مقياس الفعالية

يعرف **Hansen** و **satcunathan** ان انواع عوامل الفعالية هي معامل الفعالية الاجمالية ( $FPB$ ) ومعامل الفعالية الساعية ( $FPH$ )، معامل الفعالية اللحظية ( $FP$ ) [43].

معامل الفعالية الإجمالي:

$$(40-2) \quad FPB = \frac{\text{Quantité d'eau produite au bout d'une 24 h}}{\text{Quantité d'énergie entrée au bout de 24 h}}$$

معامل الفعالية الساعية:

$$(41-2) \quad FPH = \frac{\text{Quantité d'eau produite au bout d'une heure}}{\text{Quantité d'énergie entrée au bout de heure}}$$

معامل الفعالية اللحظية:

$$(2-42) \quad FP = \frac{md}{at.G.S}$$

4-2-9-2 أداء المقطر:

هي النسبة بين الحرارة الكامنة لتبخير 1 كيلوغرام من الماء المالح الي الطاقة اللازمة لتقطير 1 كيلوغرام من الماء العذب، والعيب الرئيسي من هذا المعيار هو أنه لا يذكر الطاقة الشمسية التي تدخل في التقطير، والمحسوبة من النتائج التجريبية كالآتي:

$$(43-2) \quad rp = \frac{Q_{distillation}}{Q_{slab}}$$

$$(44-2) \quad Q_{distillation} = (md \times L_v)$$

$$(45-2) \quad Q_{slab} = mCps(T_{final} - T_{initial})$$

حيث أن

$rp$ : نسبة الأداء.

$md$ : كتلة الماء المقطر.

$m$ : الكتلة.

$L_v$ : الحرارة الكامنة لتبخير الماء و تساوي (2.4 uJ/kg).

$Q_{slab}$ : الطاقة اللازمة لتقطير واحد كيلوغرام من الماء العذب.

$Cps$ : الحرارة النوعية للماء (kJ/kg.°k).

9-2 الخاتمة:

من أجل تحسين المنظومة التقطير الشمسي والسعي في زيادة الإنتاج اليومي من الماء المقطر تم في هذا الفصل دراسة المقطر الشمسي بأنواعه المعروفة والمتداولة في جميع انحاء العالم، كما يحتوي هذا الفصل علي أنواع المقطرات المعروفة في انحاء

العالم، إضافة الي تأثير العوامل الداخلية والخارجية على مردود المقطر الشمسي وبعض الخصائص لمكونات المقطر الشمسي، وتطرقنا أيضا الي الدراسة النظرية للمقطر الشمسي البسيط وفعاليتته و مردودية المقطر الشمسي ، ولقد اخترنا المقطر الشمسي البسيط ذو الميل الواحد لسبب أنه غير مكلف وسهل الصيانة.

# قائمة المراجع

## الفصل الثاني

- [1]: فروحات حدة، الطاقات المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر دراسة لواقع مشروع تطبيق الطاقة الشمسية في الجنوب الكبير بالجزائر، مجلة الباحث، العدد 11، سنة 2010.
- [2]: European Project supporting the use of renewable energy for Powering desalination.
- [3]: H. Ouahid, "Etude de la performance d'un distillateur solaire système de préchauffage solaire de l'éau saumâtre", thèse de magister, université de Constantine, P. 3, Algérie (2010).
- [4]: D. Ababsa, "Optimisation Du Rendement D'un Capteur Solaire Par Minimisation Des Pertes Convectives", thèse magister, université de Batna, P. 25- 30, Algérie (2009).
- [5]: J.R. Vaillant, "Les Problème du dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtre France (1970).
- [6]: K. AbdulMohsen Al-Shayji "Modeling, Simulation, and Optimization Of Large - Scale Commercial Desalination Plants", Ph.D. thesis, Faculty of the Virginia Polytechnic Enstitute and State University, Blacksburg, Virginia (1998).
- [7]: S. AL-kharabsheh, D. Yogi Goswami " Theoretical and Experimental Analysis Of Water Desalination System Using Low Grade Solar Heat ", Ph.D. thesis , School of the University Of Florida, Transactions of the ASME 126 (2004) 774-780.
- [8]: D Larger "le dessalement de l'eau de mer par compression de vapeur", Desalination 31 (1979) 125-130
- [9]: A. K. Singh et G. N. Tiwari, P. B. Sharma and Emran Khan "optimization of [9] orientation for higher yield of solar still for a given location", Energy conversion and Management, Pergamon 36 (1995) 175-187.
- [10]: A. Maurel, "le dessalement de l'eau de mer", la recherche mars 12 (1981) 322-331.
- [11]: D. Callies, A. Clayer. J. Orssaud "Possibilités du procédé d'osmose", Desalination, 4 (1968) 55-60.
- [12]: A. Maurel, "Dessalement et énergies nouvelles", Desalination 31 (1979) 489-499.
- [13]: A. Kr. Tiwari, G. N. Tiwari "Thermal modeling based on solar fraction and experimental study of the annual and seasonal performance of a single slope passive solar still: The effect of water depths" Desalination, 207(2007) 184-204
- [14]: M. El Haimer-M. Barkaoui - A. Irhzo - H. Legoff, " Distillateur solaire rustique a film capillaire et a multiples effets. essais expérimentaux a Casablanca " , FIER'2002 , tétouan – Maro
- [15]: S. Makdji Nafila , " Impact de l'écart de température ( eau - capteur ) sur l'efficacité globale d'un distillateur solaire " , mémoire de magistère , Université de constantine , département génie climatique ( 2002 ) .

- [16]: M. A. Samee , U. K. Mirza , M. Tariq , A.Nasir " Design and performance of a simple single basin solar still " , Renewable and Sustainable Energy Reviews 11 ( 2007 ) 543–549
- [17]: E. Hassan , E.S. Fath " High performance of a simple design , two effect solar distillation unit " , Desalination 107 ( 1996 ) 223-233 .
- [18]: M. Hassan Selami, "Utilisation de l'énergie solaire pour la déminéralisation des eaux saumâtre dans les sud Algérien", mémoire de magistère. Université de Ouargla (2000). [19]:
- [20]: تخة محمد، " دراسة مقارنة وتحسين لمختلف المقطرات الشمسية الناتج المياه الصالحة للشرب في المناطق الجافة الصحراوية " ، مذكرة ماجيستر، جامعة ورقلة (6114)
- [21]: B. Nadir، T. Ismail، Etude réalisation et simulation numérique d'un distillation solaire à cascade le 2 ème séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables،UniversitéMentouri de Constantine،Algérie (2012).
- [22]: S. Guemari et R. Touahir، "Contribution à l'amélioration de rendement d'un distillateursolaireserre"،these master Académique،Universitéde Ouargla، P. 12- 20،Algérie (2015).
- [23]: ] O. Sotehi، "Etude des caractéristiques de fonctionnement et de la performance d'un distillateursolaire"،thèse magister université Constantine، P. 19-24،Algérie (2009).
- [24]: B.Bouчекима،B.Gros،R.Ouahes،M. Int.J.therm، Etude théorique et application pratique du distillateursolaire a film capillaire، 39 (2002).
- [25]: A. Chaker. G. Menguy،Efficacité interne d'un distillateursolairesphérique. Energ.Ren. (2001).
- [26]: S. Guemari et R. Touahir، "Contribution à l'amélioration de rendement d'un distillateursolaireserre"،these master Académique،Universitéde Ouargla، P. 12- 20،Algérie (2015).
- [27]: O. Achiri، Y.Bouziane،"Diagnosticqualitatifdes eaux potable distribuées pourl'alimentationdans la villed'eloued"thèse magister،universitéEL oued، P. 19- 24،Algérie (2014).
- [28]: B. Bouчекима, B. Gros, R. Ouahes, M. Int. J. therm, Etude théorique et application pratique du distillateur solaire a film capillaire, 39 (2002).
- [29]: B. Bouчекима, a Solar Desalination plant for domestic water need in arid areas of south Algeria, Desalination 153 (2002).
- [30]: B. Bouчекима, B. Gros, R. Ouahes, M. Int. J. therm, Etude théorique et application pratique du distillateur solaire a film capillaire, 39 (2002).
- [31]: B. Bouчекима, a Solar Desalination plant for domestic water need in arid areas of south Algeria, Desalination 153 (2002).
- [32]: E. Zayouti, L. Bouirden, A. Ahroune, M. Banouni, Distillation solaire amélioration de la condensation de la vapeur d'eau dans les distillateurs solaire, Tétouan, Maroc, (2002). [33]:
- [34]: I. Al Hayek Omar, O. Badran, "The effect of using diffèrent designs of Solar stills on water distillation " Desalination 169 (2004). [35]:

- [36]: A Safwat Nafey, M. Abdelkader, A. Abdelmotalip, AA Mabrouk, 2000, “Parameters affecting solar still productivity”, *Energy Convers Manag*, Vol 41, pp 1797–809.
- [37]: N. Rahbar, JA. Esfahani, 2012, “Experimental study of a novel portable solar still by utilizing the heat pipe and thermoelectric module”, *Desalination*, Vol 284, pp 55–61.
- [38]: Hanane Aburideh, Adel Deliou, Brahim Abbad, Fatma Alaoui, Djilali Tassalit, Zahia Tigrine, 2012, “ An experimental study of a solar still: application on the sea water desalination of Fouka”, *Proced Eng*, Vol 33, pp 475–84.
- [39]: A. Khechekhouche, A. Boukhari, Z. Driss, N.E. Benhissen, 2017, “Seasonal effect on solar distillation in the El-Oued region of south-east Algeria”, *International journal of energetica*, Vol 2, n° 1, pp 42-45.
- [40]: AA. El-Sebaai, 2011, “On effect of wind speed on passive solar still performance based on inner/outer surface temperatures of the glass cover”. *Energy*, Vol 36, pp 4943–9.
- [41]: Abdul Jabbar N. Khalifa, Marwa AW. Ali, 2015, “Indoor tests on the effect of wind speed on still performance”, *International Journal of Energy and Environment*, Vol 6, no 3, pp.299-308.
- [42]: H Al-Hinai, MS Al-Nassri, BA Jubran, 2002, “Effect of climatic, design and operational parameters on the yield of a simple solar still”, *Energy Convers Manag*, Vol 43, pp 1639–50.
- [43]: H. Panchal, S. Patel, 2016, “Effect of various parameters on augmentation of distillate output of solar still: a review”, *Technol. Econ. Smart Grids Sustain. Energy*, Vol 1, pp 1–8.
- [44]: ] H. Panchal, 2016, “Performance Investigation on Variations of Glass Cover Thickness on Solar Still: Experimental and Theoretical Analysis”, *Technol Econ Smart Grids Sustain Energy*, Vol 1, no 1, pp 1- 11. <https://doi.org/10.1007/s40866-016-0007->
- [45]: P. Joshi, G.N. Tiwari, 2018, Effect of cooling condensing cover on the performance of N- identical photovoltaic thermal-compound parabolic concentrator active solar still: a comparative study, *Int J Energy Environ Eng*, Vol 9, no 4, pp 9: 473.
- [46] Z.M. Omara, A.E. Kabeel, M.M. Younes, 2014, “Enhancing the stepped solar still performance using internal and external reflectors”, *Energy Convers. Manage*, Vol 78, pp 876-881

# الفصل الثالث

## 1-3 مقدمة:

يتضمن هذا الفصل الدراسة التجريبية المنجزة على المقطر الشمسي، حيث استعملنا 4 مقطرات شمسية بسيطة كل مقطر شمسي زاوية (10°، 20°، 30°، 40°)، مع استعمال ادوات القياس، وسنقوم بمقارنة كمية الماء المقطر الناتج من هذه المقطرات خلال كل تجربة، والهدف من هذه الدراسة مقارنة النتائج المتحصل عليها من المقطر الشمسي لتحديد أحسن زاوية لإنتاج الماء المقطر، وبناء على هذه النتائج سنقوم بترجمتها الى منحنيات بيانية نحللها وناقشها في هذا الفصل.

## الجدول(1-3): ملخص نتائج لزويا بعض المناطق

Auteur	Angle d'inclinaison/ Saison/ Région	Angle optimal
Nafey et al. [7]	15, 20, 25, 30°/ Hiver et été/ Égypte	30°et 15°
Kamal [10]	5, 10, 15, 20°/ Été/ Qatar	10°
Al-Hinai et al. [21]	5 :40°/ Annuel/ Oman	23°
Garg and Mann [27]	10, 20, 30°/ Annuel/ Indien	10°(moyen)
Akash et al. [48]	15, 25, 35, 45, 55°/ Printemps/ Jordan	35°
Dev and Tiwari [55]	15, 30, 45°/ Hiver et été/ Indien	45°et 35°
Al-Jubouri and Khalifa [96]	5, 10, 15, 20, 25°/ Automne/ Irak	25°
Zerrouki et al. [97]	0 : 65°/ Annuel/ Algérie	32°
Al-Jubouri and Khalifa [98]	5, 15, 25, 35, 45°/ Printemps/ Irak	1.5°
Abd Elkader [99]	30, 35, 40°/-/ Égypte	30°et 35°
Bahadori and Edlin [100]	1.5, 3, 6, 10°/ Printemps/ USA	1.5°

تم إجراء الكثير من الابحاث [7،10،21،27،48،55،96،97،98،99،100] لتحديد وتقدير أفضل زاوية ميل لمناطقهم يقيم الجدول (1-3) نتائج موجزة علي زويا المناسبة لمناطقهم ونحاول في هذا الفصل تحديد زاوية الميل المثلي بشكل تجريبي في ولاية وادي سوف.

## 2-3 المقطر الشمسي البسيط

## 1-2-3 تعريفه:

هو المقطر الأكثر استعمال في العالم، حيث يحتوي على حوض به ماء مالح، مطلي باللون الأسود من اجل امتصاص كمية أكبر من الاشعاع الشمسي، ويغطي هذا الحوض بغطاء شفاف من الزجاج يكون مائلا بزواية معينة لتكثيف البخار في الجزء الداخلي للغطاء [1].

## 2-2-3 مبدأ عمله:

التقطير الشمسي هو ظاهرة تجريبية لها نفس مبدأ عمل الظواهر الطبيعية، فعندما تنبعث الأشعة الشمسية على ماء البحر او المحيطات او الأنهار فإنها تسخن هذه المياه فتتبخر وترتفع الى الأعلى، ثم ينتقل البخار بالرياح حتى يصل الى مكان أكثر برودة فيتكثف وتتشكل السحب لينزل المطر بعد ذلك [2].

### 3-2-3 طريقة عمله:

- يسخن الاشعاع الشمسي المنبعث الماء المالح الموجود في المقطر.
- يتبخر الماء المالح.
- ينتقل البخار نحو سقف المقطر (الزجاج) عن طريق الحمل الحراري.
- يتكثف البخار على السطح الداخلي للزجاج مشكل قطرات ماء عذب تنزلق في وعاء تجميع الماء.

### 4-2-3 تركيبته:

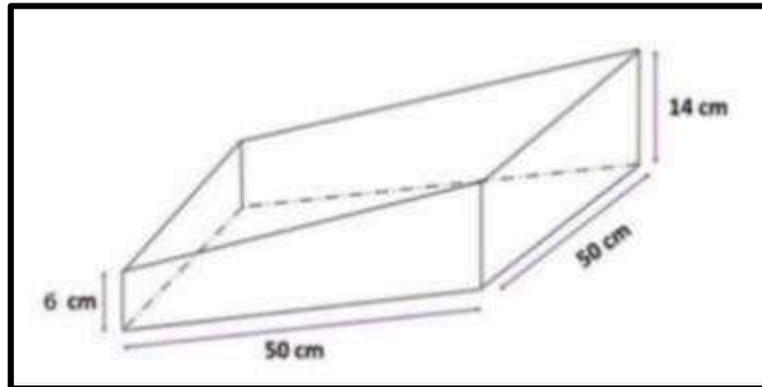
استعملنا في هذه التجربة المقطر الشمسي ذو الميل الواحد ويتكون من:

الهيكل الخارجي (الصندوق):

يكون مصنوع من مادة عازلة (الخشب)، وهو من أهم مكونات المقطر حيث يوضع فيه الماء المراد تقطيره وتطلي قاعدته وجوانبه باللون الاسود.

وتكون ابعاده:

- الطول: 50 cm .
- العرض: 50 cm .
- مساحة الحوض: 2500 cm<sup>2</sup>.
- السمك: 2 cm .
- الارتفاع الامامي: 6 cm .
- الارتفاع الخلفي: 14 cm .
- زاوية الميل: (10°، 20°، 30°، 40°) .



الشكل (1-3): رسم توضيحي للشكل الخارجي للمقطر.

□ الغطاء الزجاجي:

يتكون من الزجاج العادي الموجود في أسواق المنطقة، شفاف يسمح بمرور أكبر قدر من الاشعاع الشمسي وتكون ابعاده كالتالي:

الطول: 51 cm .

العرض: 50 cm .

السماك: 3 mm

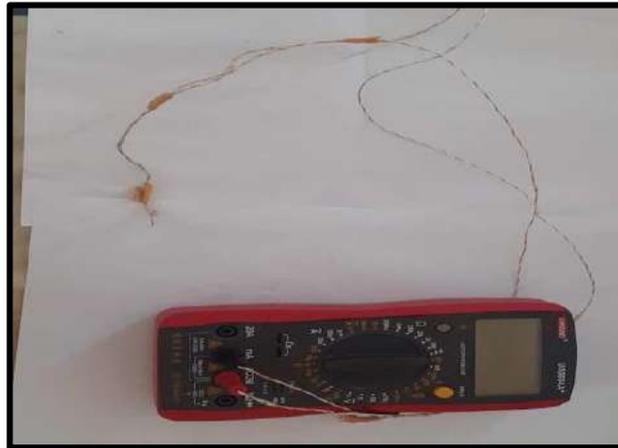
□ أنبوب تجميع المياه:

هو عبارة عن انبوب بلاستيكي قطره 2.5 cm يكون مثقوب طوليا، يسمح بدخول جزء من الزجاج لتنزل قطرات الماء المتكاثفة على مستوى الأنبوب وتتجمع فيه لتعبر الى اناء خاص بتجميع الماء المقطر.

### 3-3 أجهزة وأدوات القياس المستعملة في التجربة:

#### 1-3-3 جهاز متعدد القياسات:

هو عبارة عن جهاز يمكن بواسطته قياس كل من التوتر، شدة التيار الكهربائي، المقاومة بالإضافة الى وظائف اخرى تختلف من جهاز الى اخر كتعيين درجة الحرارة، قياس التردد، تحديد نوعية الترانستور، كشف الصمام الثنائي.....يلعب هذا الجهاز دور الفولط متر، الامبير متر والام متر.... كما هو موضح في الصورة التالية:



الشكل (2-3): جهاز متعدد القياسات

#### 2-3-3 جهاز قياس الإشعاع الشمسي (Solari-mètre):

يتكون من جزء يستقبل الاشعة يوضع في مكان المراد القياس الاشعة المتساقطة عليه، وجهاز إلكتروني يحول إلي قراءة مباشرة على شاشة صغيرة رقمية ب  $\frac{W}{m^2}$



3-3-3 جهاز قياس PH متر:



الشكل (3-3): جهاز قياس ال PH متر.

4-3-3 جهاز قياس الناقلية الكهربائية:



الشكل (3-4): جهاز قياس الكهربائية.

### 5-3-3 الانبوب المدرج

نستعمل الانبوب المدرج لقياس كمية الماء المقطر الناتج عند كل ساعة.



الشكل (3-5): أنبوب مدرج.

### 4-3 خطوات التجربة

تم إجراء التجربة يوم الاثنين 3 مارس 2022 في جامعة واد سوف في كية العلوم الدقيقة بجامعة (الوادي) من طرف الأستاذ كمرشو عماد , وتحت نفس الظروف المناخية ونفس الأبعاد الهندسية باستثناء الغطاء الزجاجي حيث يوجد اختلاف في الزاوية ( $10^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $40^{\circ}$ ) , تم تعريض أربع مقطرات شمسية بسيطة لي أشعة الشمس بعد ان وضعت فيهما كمية من الماء المالح تقدر بـ 2.5 لتر، حيث تم قياس كال من درجة الحرارة للغطاء الزجاجي الداخلي والخارجي، ودرجة حرارة الماء والجو وتم قياس كمية الماء المقطر المنتج عند كل ساعة ،من الساعة 8:00 صباحا الي الساعة 16:00 مساء.



الشكل (3-6): التجربة

الجدول (2-3): يمثل خصائص المقطرات الشمسية

	المقتر 1	المقتر 2	المقتر 3	المقتر 4
مساحة الحوض	0.25m <sup>2</sup>	0.25m <sup>2</sup>	0.25m <sup>2</sup>	0.25m <sup>2</sup>
سمك الزجاج	3mm	3mm	3mm	3mm
الزاوية	10°	20°	30°	40°

● الأدوات التجريبية:

ماء مالح، أربع مقطرات، أربع قارورات صغيرة، كأس ببشر، جهاز قياس درجة الحرارة، جهاز الـ pH متر، جهاز قياس الناقلية الكهربائية، بيرانومتر.

1-4-3 مراحل تحضير التجربة:

- نضع ميزان الماء على الطاولة المراد وضع المقطرين عليها، ونتحقق انها على استقامة واحدة.
- نضع الأنابيب في موضعها وكذلك القارورات.
- نضع 2.5 لتر من الماء المالح في كل المقطرات.
- نغسل الغطاء الزجاجي جيدا من الشوائب كي يصبح نظيا يسمح بانزلاق الماء.
- نضع الزجاج على مستوى المقطرات.
- نتحقق من مستوى المقطرات بواسطة ميزان الماء.
- نضع اللواقط الحرارية على الزجاج الداخلي والخارجي وفي الماء لكالمقترين
- نسد المقطرات جيدا لمنع التسربات الحرارية.
- نقيس درجة حرارة الماء داخل المقطرين ودرجة حرارة الزجاج الداخلية والخارجية لكالمقترين وكمية الماء الناتجة كل ساعة عن طريق الأنبوب المدرج وتكون القراءة بشكل عمودي.
- بعد قياس كمية الماء المنتجة في كأس ببشر نضع جهاز PH متر داخل الكأس لمعرفة قيمة الـ PH متر ماء المقطر الناتج
- ومقارنته مع الـ PH الماء المالح.
- نستخدم جهاز قياس الناقلية الكهربائية للماء المقطر ومقارنتها بالمعايير المعروفة للماء النقي.



الشكل (7-3): بعض صور عند انتهاء من التجربة.

5-3 النتائج التجريبية:

لقد انجزت التجارب على مستوى كلية العلوم الدقيقة بجامعة الوادي تحت الظروف الجوية المسجلة في الجدول (3-1):

الجدول (2-3): الاحوال الجوية لأيام التجربة.

اليوم	شروق الشمس	غروب الشمس	درجة حرارة الجو (C°)	الرياح	الرطوبة	الضغط
2022/03/19	06:54	18:59	19°C- 31°C	18 km/h	96 %	10182 mPa

كما قمنا ايضا بقياس ال PH والناقلية الكهربائية للماء المستعمل قبل وبعد التجربة بمخبر الطاقات المتجددة في جامعة الوادي ولخصنا النتائج المتحصل عليها في الجدول (3-3) التالي:

الجدول (3-3): نتائج تحليل الماء المستعمل

الثوابت	الماء المالح	الماء المقطر
pH	7.92	7.05
الناقلية الكهربائية (µs/cm)	10185	28

لقد مرت التجربة بنجاح وأعطت نتائج مقبولة، حيث لاحظنا أن القيم ال PH والناقلية الكهربائية مختلفة وهذه النتائج مشجعة. الشكل (7-3) يمث المقطر الشمسي أثناء التجربة.

### 6-3 تحليل النتائج:

من خلال هذه التجربة تم اخذ القياسات التالية وذلك خلال يوم كامل من الساعة 08:00 صباحا الى غاية 16:00 مساء

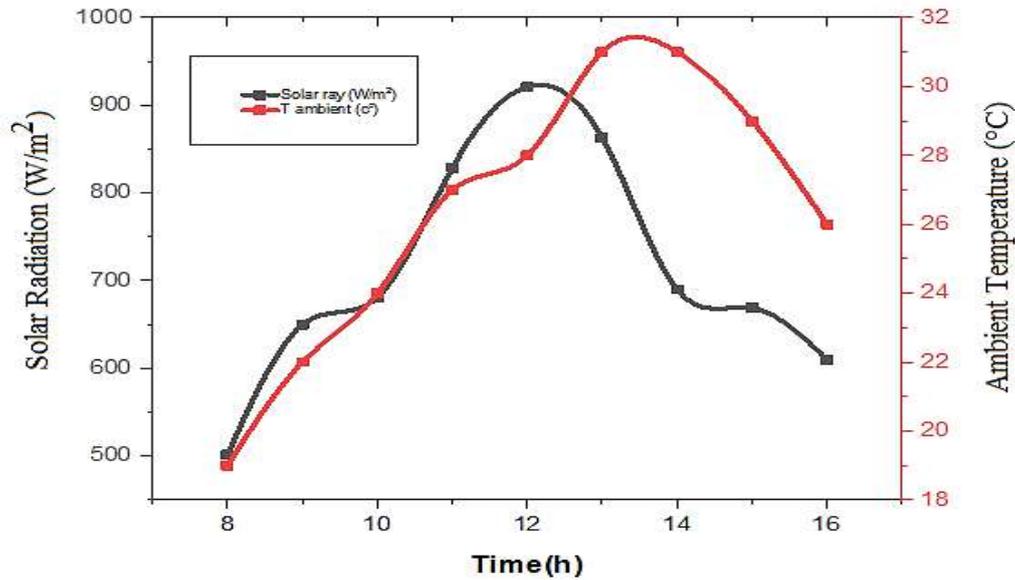
- شدة الاشعاع الشمسي.
- درجة حرارة المحيط.
- درجة حرارة الزجاج الداخلي.
- كمية الماء المقطر الناتج.

### 1-6-3 تطور درجة حرارة المحيط والاشعاع الشمسي:

تعتبر درجة حرارة المحيط العامل المؤثر بشكل كبير على عملية التقطير الشمسي، حيث هذا التأثير على الزجاج الخارجي وعلى عملية الانتقال الحراري بالحمل الطبيعي أو القيسري معا، يمثل الشكل (8-3) تغيرات درجة حرارة المحيط بدلالة الزمن خلال يوم التجربة. حيث نلاحظ انه في درجة حرارة 19° صباحا ثم بدأت هذه القيمة تزداد الي ان بلغت القيمة

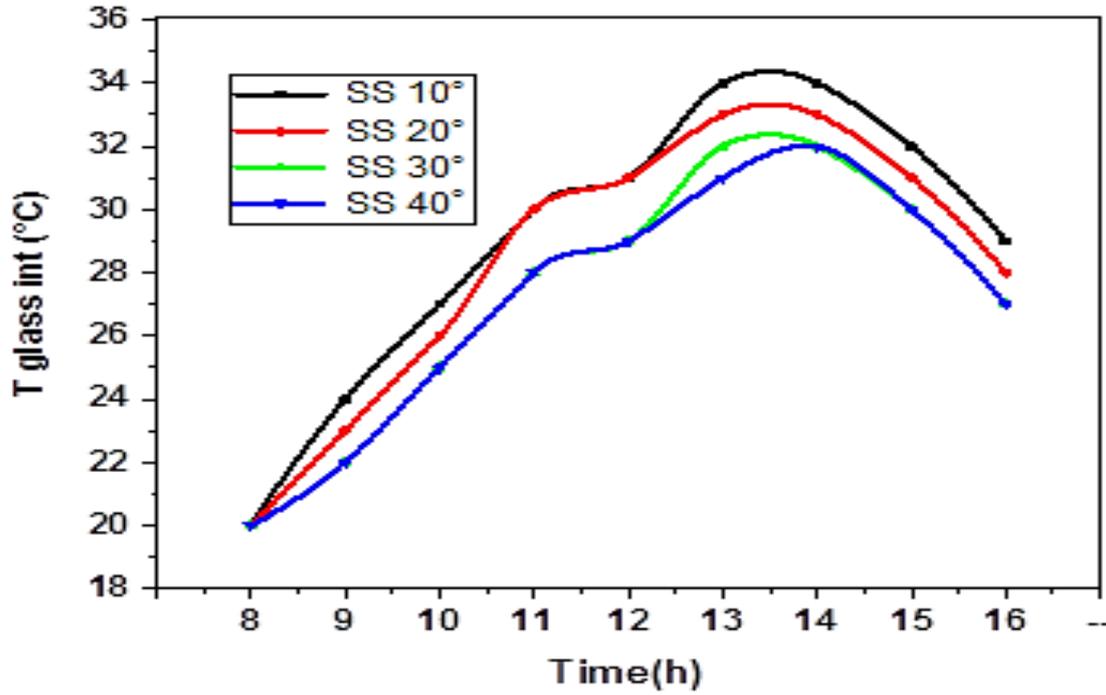
اعضمية 31 °C عند ساعة 13:00 أين كانت أشعة الشمس قوية ، ثم أخذت هذه القيمة في الانخفاض الي ان بلغت 20 °C عند الساعة 16:00 .

كما يمثل الشكل (8-3) تغيرات شدة الاشعاع الشمسي بدلالة الزمن خلال يوم التجربة ، حيث نلاحظ أن قيمة الاشعاع الشمسي يومها عند 8:00 صباحا كانت ،  $501 \text{ W/m}^2$  ، ثم بدأت هذه القيمة في الزيادة الي أن بلغت قيمة أعضمية تقدر  $938 \text{ W/m}^2$  وذلك في منتصف النهار 12:00 اين كانت أشعة الشمس في أوجها، ثم أخذت هذه القيمة في التناقص خلال الزمن الي أن بلغت  $622 \text{ W/m}^2$  عند الساعة 16:00 مساء



الشكل (8-3): منحي تغيرات كلا من درجة حرارة المحيط وشدة الاشعاع الشمسي بدلالة الزمن من خلال يوم التجربة.

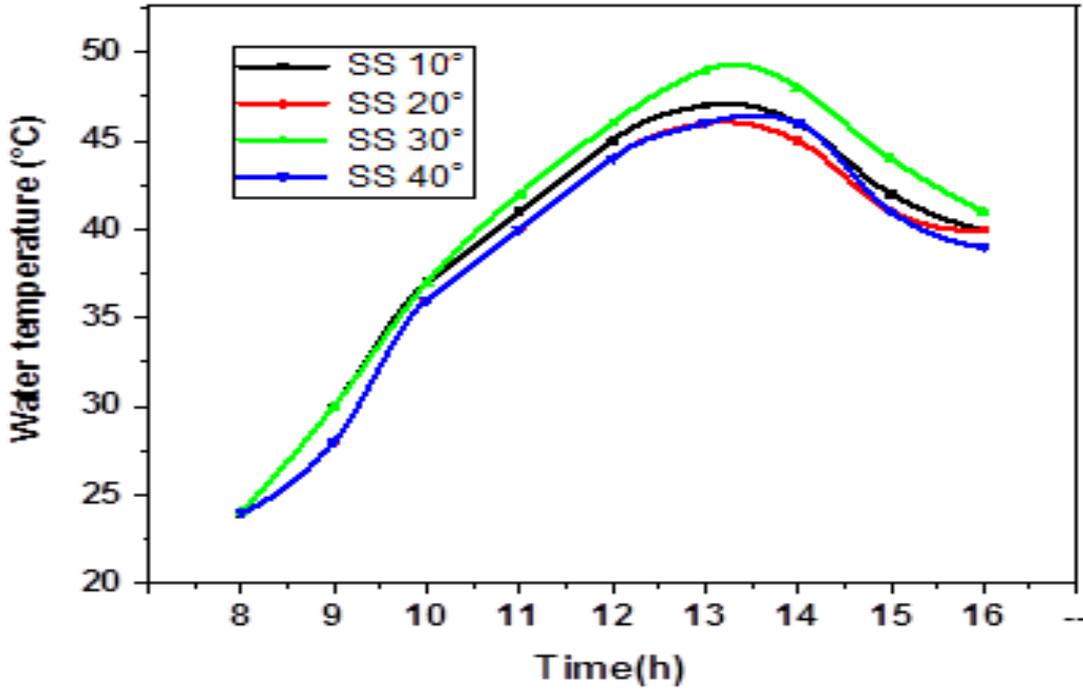
## 2-6-3 تطور درجة حرارة الزجاج الداخلية:



الشكل (9-3): تطور درجة الحرارة لسطح الداخلي لكل زاوية بدلالة الزمن

يمثل الشكل (9-3) تغيرات درجة الحرارة الزجاج الداخلي للمقطرات الشمسية بزوايا (10°، 20°، 30°، 40°) بدلالة الزمن، حيث نلاحظ أنه عند بداية التجربة عند الساعة 8:00 كانت درجة الحرارة 20° لكل الزوايا الغطاء الزجاجي وتزداد حتى تصل الي قيمتها القصوى 34° بين الساعة 13:00 و 14:00 ونلاحظ أيضا أن الزاوية 10° للغطاء الزجاجي سجلت أكبر درجة حرارة بالنسبة لزوثيا الأخرى، حيث نلاحظ بوضوح تأثير فارق اختلاف الزوايا حيث انه كلما كانت عموديا على سطح حصلنا على درجة حرارة أكثر، يتبعها مباشرة زيادة في كمية الماء المقطر

## 3-6-3 تطور درجة حرارة الماء:

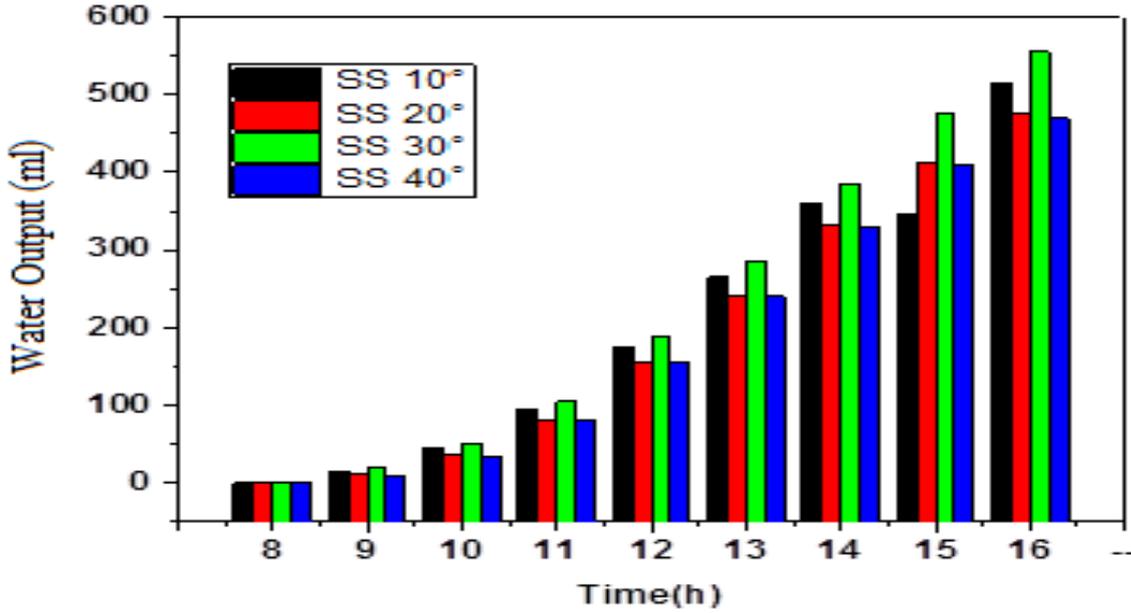


الشكل (10-3): تطور درجة حرارة الماء بدلالة الزمن

يمثل الشكل (10-3) منحي التغيرات درجة حرارة الماء المالح داخل المقطرات الشمسية بزوايا (10°، 20°، 30°، 40°) بدلالة الزمن، حيث نلاحظ أن المقطرات الشمسية تنطلق من نفس درجة حرارة 24° ثم تزداد هذه القيمة بمرور الزمن الي ان تصل الي قيمة أعظمية عند ساعة 13:30 بالنسبة للمقطرات الشمسية وسجلنا أكبر درجة حرارة للمقطر الشمسي ذو الزاوية 30° أعطي اعلي درجة حرارة عند 50 °C وتبدأ في الانخفاض هذه القيم حتى تصل الى حدود 41° عند الساعة 16:00 مساء.

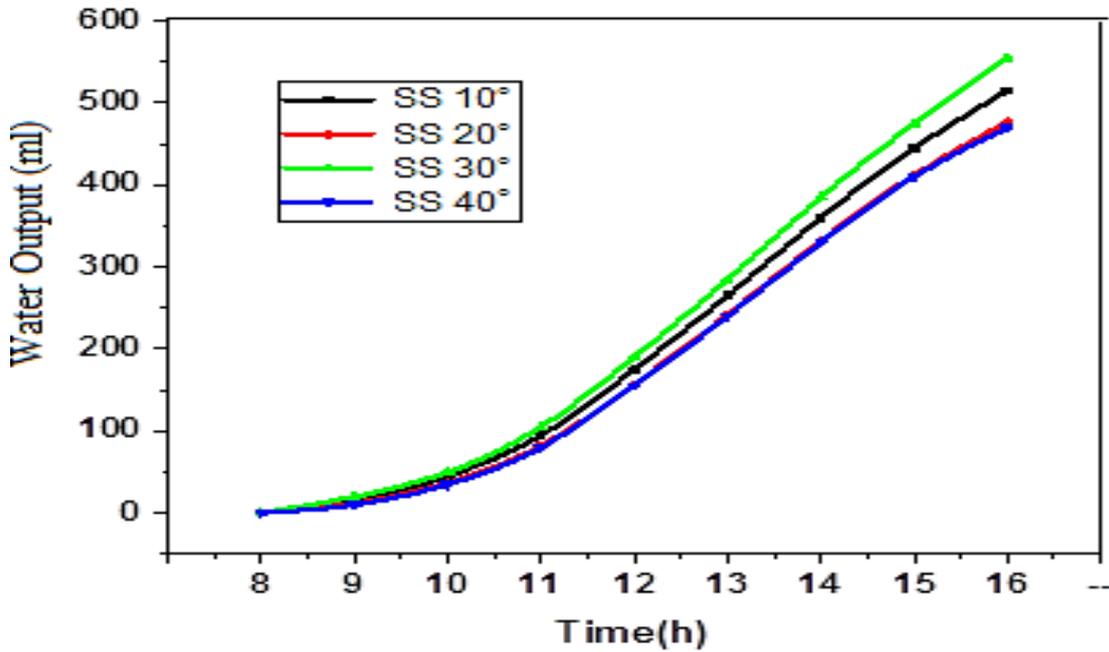
### 3-6-4 تطور كمية الماء المقطر المنتج:

يمثل الشكل (11-3) مخطط أعمدة لكمية الماء المقطر الناتج من المقطرات الشمسية بزوايا (10°، 20°، 30°، 40°) بدلالة الزمن، حيث نلاحظ ان المقطرات الشمسية لم تنتج الماء المقطر عند الساعة 8:00 والساعة 9:00، أما عند الساعة 10:00 بدأنا في تسجيل كميات متقاربة بين من الماء المقطر تقدر ب حوالي 50 ml بين المقطرات الشمسية، ثم تزداد كمية الماء المقطر بمرور الزمن بالنسبة لكل الزوايا وتبلغ قيمتها القصوى تبلغ حوالي 600 ml بالنسبة لزاوية 30°، عموما الزاوية 30° أعطت أكبر كمية بالمقارنة بزوايا الأخرى.



الشكل (3-11): مخطط أعمدة بيانية لكمية الماء المقطر الناتج من المقطرات الشمسية بالنسبة لكل زاوية مختلفة بدلالة الزمن.

### 5-6-3 تطور كمية الماء المنتج



الشكل (3-12): منحنى تغيرات كمية الماء المقطر المنتج بالنسبة لكل الزوايا بدلالة الزمن

يمثل الشكل (3-12) منحنى التغيرات كمية الماء المقطر المنتج بواسطة زاوية غطاء مختلفة بدلالة الزمن حيث نلاحظ أن كمية الماء المنتجة تتزايد مع اقتراب وقت الظهيرة ويرجع هذا الي عدة مؤثرات منها (فارق درجة الحرارة بين الماء والزجاج الداخلي، حرارة الزجاج الداخلي، كمية الاشعاع الساقط) بالنسبة الي الاشعاع الساقط فهو يمثل العنصر الأساسي

في التجربة وفي عملية التقطير، نلاحظ أن تغيره يؤثر على جميع المؤثرات الأخرى وخاصة المردود، ونلاحظ تقارب كمية الماء المقطر المنتج بواسطة الزوايا (20°، 40°). حيث يعود التزايد المستمر لإشعاع الشمسي الي خلو الجو من السحب في الفترة الصباحية. أما عند الزوال بين الساعة 12:00 و 13:00 زولا يبلغ الإشعاع الشمسي ذروته وهذا راجع الي وصول الشمس الي اعلي مركز في السماء حيث يصبح سقوط الاشعاع عموديا على سطح الأرض حينها يحصل المقطر الشمسي ذو الزاوية المثلي على الاشعاع الساقط. أما الفترة المسائية ينخفض الاشعاع الشمسي انخفاضا مستمرا وهذا يعود الي غروب الشمس نقص في الاشعاع الشمسي. ويشار الي انتاج الماء المقطر بنسبة جيدة الي اختيار الزاوية زاوية جيدة حيث تكون جامعة لي الاشعاع الشمسي الساقط على المقطر.

### 7-3 الخاتمة

عملية التقطير عملية بسيطة وغير مكلفة وتعتبر أحد الحلول لتحلية الماء في الجزائر وبالتحديد في المناطق الصحراوية التي تتميز بارتفاع درجة الحرارة في فصل الصيف وانخفاضها في فصول الشتاء الامر الذي يؤدي الي انخفاض الإنتاجية في هذا الفصل. في تجربتنا هذه قمنا بتعريض مقطرات الشمسية مع اختلاف الزوايا (10°، 20°، 30°، 40°) لهم نفس الابعاد ونفس المكان في فصل الربيع ومقارنة النتائج المتحصل عليها، فلاحظنا وجود فارق ملحوظ في إنتاجية الماء، وان المقطر الشمسي بزاوية 30° هو أفضل مقطر بالنسبة للمقطرات الأخرى في ولاية واد سوف

## قائمة المراجع

## الفصل الثالث

- [1]: A. Safwat Nafey, M. Abdelkader, A. Abdelmotalip, and A. A. Mabrouk. Parameters affecting solar still productivity. *Energy Conversion and Management*, 41(16):1797– 1809, 2000.
- [2]: Ali F Muftah, MA Alghoul, Ahmad Fudholi, MM Abdul-Majeed, and Kamaruzzaman Sopian. Factors affecting basin type solar still productivity: A detailed review. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 32 :430–447, 2014.
- [7]: A. Safwat Nafey, M. Abdelkader, A. Abdelmotalip, and A. A. Mabrouk. Parameters affecting solar still productivity. *Energy Conversion and Management*, 41(16) :1797– 1809, 2000.
- [10]: W. A. Kamal. A theoretical and experimental study of the basin-type solar still under the arabian gulf climatic conditions. *Solar & Wind Technology*, 5(2) :147–157, 1988
- [21]: Hilal Al-Hinai, MS Al-Nassri, and BA Jubran. Effect of climatic, design and operational parameters on the yield of a simple solar still. *Energy Conversion and Management*, 43(13) :1639– 1650, 2002.
- [27]: HP Garg and HS Mann. Effect of climatic, operational, and design parameters on the year round performance of single-sloped and double-sloped solar still under indian arid zone conditions. *Sol. Energy ;(United States)*, 18(2), 1976.
- [46]: HN Singh and GN Tiwari. Monthly performance of passive and active solar stills for different indian climatic conditions. 2004.
- [48]: Bilal A Akash, Mousa S Mohsen, and Waleed Nayfeh. Experimental study of the basin type solar still under local climate conditions. *Energy conversion and management*, 41(9) :883–890, 2000.
- [53]: S Aboul-Enein, AA El-Sebaai, and E El-Bialy. Investigation of a single-basin solar still with deep basins. *Renewable Energy*, 14(1-4) :299–305, 1998.
- [55]: Rahul Dev and GN Tiwari. Characteristic equation of a passive solar still. *Desalination*, 245(1-3) :246–265, 2009
- [96-100] AS Al-Jubouri and Aj N Khalifa. An experimental study on the performance of a solar still in Iraq, pages 14–1–14–7. Elsevier, 1982.
- MN Bahadori and FE Edlin. Improvement of solar stills by the surface treatment of the glass. *Solar Energy*, 14(3) :339–352, 1973.

الخاتمة العامة

## الخاتمة العامة

تعاني المناطق الجافة و الصحراوية علي العموم من نذره مياه الشرب رغم توفر المياه المالحة، الامر الذي أدى للبحث علي وسائل لاستغلال هذه المياه، من بين هذه التقنيات تقنية التقطير الشمسي، الذي يعد من أبسط التقنيات في تحلية الماء و عموما يعتبر تقنية غير مكلفة لحل هذه المشكلة، ومع ذلك تنشأ مشكلة ثانية ، وهي المردودية المنخفضة و إعدادات المقطر الشمسي وهناك عدة عوامل مؤثر علي مردود المقطر الشمسي منها العوامل الداخلية و الخارجية ، ومن أهم العوامل الخارجية نجد الإشعاع الشمسي حيث يتناسب طردا مع المردود، بالإضافة أن الرياح تؤثر كذلك علي المردود حيث تزيد في عملية التقطير ، ذلك ان التيارات الهوائية تعمل علي تبريد الغطاء الزجاجي من جهة ويزيد من تكثيف الماء علي الزجاج الداخلي من جهة أخرى أيضا كمية الماء المقطر المنتجة تزداد كما نجد أيضا أن من أهم العوامل الداخلية التي تؤثر علي المردود عمق الماء المالح حيث يتناقص المردود كلما زاد السمك الماء بالإضافة الي عوامل اخري منها العزل و سمك .

تطرق الباحثون الي إعدادات زاوية الميل للمقطر الشمسي التي كانت موضوع بحثا ووجدوا ان كل منطقة لها زاوية ميل تعطي أفضل النتائج ولتأكيد هذا قمنا بوضع أربع مقطرات متشابهة وضعنهما تحت نفس تأثير الظروف المناخية، وغيرنا الزاوية

لقد مرت هذه التجربة بنجاح في ظروف مناخية جيدة حيث عرضنا أربع مقطرات الشمسية الي اشعة الشمس من 8:00 صباحا الي غاية 16:00 مساء تحت نفس الظروف المناخية من أجل اعطاء نتائج دقيقة وصحيحة وأهم النقاط التي استنتجناها من هذا التجربة والبحث:

- تحسين زاوية الميل للمقطر الشمسي يؤدي الي زيادة الماء المقطر بنسبة تصل الي 59%، ويرجع ذلك جزئيا الي زيادة درجة حرارة.
- من خلال التجربة توضح لنا أن زاوية ميل سطح التكثيف لها تأثير الكبير على أداء المقطر.
- كمية الماء المقطر التي تم الحصول عليها في اليوم بزاوية 30° بلغت حوالي ML580 و تم الحصول علي كمية ML 505 في زاوية 10° و بلغت حوالي ML 150 لزاوية 20° و زاوية

°40

تظهر النتائج التي تم الحصول عليها بوضوح الفرق في إنتاجية الماء المقطر بين الزوايا (10°، 20°، 30°، 40°) وبالتالي نوصي باستخدام إعدادات الزاوية المناسبة قبل استخدام المقطر الشمسي.

## الملخص

صحراء الجزائر تعاني من ندرة مياه الشرب، الامر الذي ادي الي تحفيز العلماء الي البحث عن تقنيات جديدة لتحلية المياه، من بين هذه التقنيات تقنية التقطير الشمسي الذي يعتبر من أبسط التقنيات لحل هذه المشكلة، غير أن مشكلة أخرى تظهر وهي تدني الإنتاجية بسبب في فصل الشتاء لأن المناطق الصحراوية تتميز بالحرارة الشديدة صيفا والبرودة في الشتاء او الإعدادات الخاطئة للمقطر الشمسي. تهدف دراستنا هذه الي التغلب على هذه الصعوبة من خلال تعديل الإعداد التجريبي في المقطر وذلك بتغيير الزاوية وإيجاد أفضل زاوية لطول العام انطلاق من دراسات سابقة قمنا بدراسة إنتاجية التقطير الشمسي في كل زاوية اقترحناه لي منطقتنا. حيث تؤكد النتائج التجريبية أن إنتاجية المقطر الشمسي تتأثر بالإشعاع الشمسي المستقبل ويكون استقباله علي حسب الزاوية، وتظهر النتائج التي تم الحصول عليها بوضوح فارق في إنتاجية الماء المقطر بين الزوايا، تحصلنا علي أفضل زاوية لمنطقة واد سوف وكانت 30°.

**الكلمات المفتاحية:** تحلية المياه، ماء الشروب، الإشعاع الشمسي، زاوية التقطير.

## Abstract

The Algerian desert suffers from a scarcity of drinking water, which has motivated scientists to search for new technologies for water desalination. Because the desert areas are characterized by extreme heat in the summer and cold in the winter, or the wrong settings of the solar drip. Our study aims to overcome this difficulty by modifying the experimental setup in the distillation and by changing the angle and finding the best angle for the length of the year. The experimental results confirm that the productivity of the solar distillate is affected by the received solar radiation and its reception is according to the angle, and the results obtained clearly show a difference in the productivity of distilled water between the angles, We got the best angle for the Oued Souf area and it was 30°.

**Keywords:** Water desalination, drinking water, solar radiation, distillation angle

