



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



رقم الترتيب:

رقم التسلسل:

جامعة الشهيد حمه لخضر- بالوادي-

كلية العلوم الدقيقة

قسم: الفيزياء

مذكرة تخرج لنيل شهادة

**ماستر أكاديمي**

مجال: علوم المادة

تخصص: فيزياء إشعاع

من إعداد: أحلام هامل

الموضوع

دراسة التحويل الحراري عبر زجاج المقطر الشمسي

نوقشت يوم: 2018/06/09

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة

رئيسا  
مناقشا  
مؤطرا

أستاذ مساعد "أ"  
أستاذ تعليم عالي  
أستاذ محاضر "أ"

سهيلة عسكري  
فتحي بوراس  
عطية محمد الهادي

الموسم الجامعي: 2018/2017

# الإهداء

إلى الذي يعطي دوما القدرة على فك المستحيل،

إلى صانع الأقدار إليك إلهي أقدم لك حمدي وشكري فالحمد لله الذي يحكم بالحق قطعا ويجزي كل نفس بما تسعى.

إلى شمعة انطفئت أنوارها وإلى الغائب الحاضر في كل لحظة إلى الروح الطاهرة التي ستظل ترفرف على سماء حياتي إلى الذكرى الخالدة إلى من تمنيت أن أسرع بإسعاده بنجاحي ولكن الموت كان أسرع.

إلى الذي كلما ذكر اسمه رفعت رأسي تباها بنسبي إليه

والذي الغالي.

فحسبي من الفخر أنك والدي... وحسبي من الحزن أنك تحب الثرى...

إليك والدي رحمتك الله وأدخلك فسيح جناته.

أهدي ثمرة حمدي إلى القلب الحنون إلى من عانقتهم روحي بحبها وعطفها

"أمي الحبيبة حفظك الله وربك"

إلى منبر العنان أخواتي وإخوتي.

وإلى كل من عمل معي بكد من أجل إتمام هذا العمل، وإلى صديقاتي ورفيقاتي خولة، إيناس،

زهور، مها، جهينة، زهرة، وردة، صبرينة، ناريمان، إيناس، راجة...

وإلى جميع أسلحة تسمي وإلى جميع زملائي في القسم وإلى كل من يحبهم قلبي ولو يذكرهم لساني

أحلام

# التشكرات

قال تعالى: "لئن شكرتم لأزيدنكم" سورة ابراهيم من الآية 7

فالشكر الأول والأخير لله العلي العظيم،

من لم يشكر العباد لم يشكر الله،

أتقدم بجزيل الشكر وجميل العرفان وسمو الامتنان و... للأستاذ المشرف: عطية محمد الهادي.

وللتان كانتا لنا دافعا قويا ومحفزا كبيرا وناصحا أميناً وموجها بارعا ومرشدا صائبا... أثناء انجاز هذا البحث فلهما علينا فضل كبير و لهما منا شكر جزيلخولة دقة وجهينة بوصبيع صالح.

وعملا بقوله عليه أركى- الصلاة والسلام-" من استعانكم بالله فأعنيوه ومن سألكم بالهفأعطوه ومن دعاكم فأجيبوه ومن صنع إليكم معروف فكافئوه فان لم تجدوا ما تكافئوه فاعدوا له حتى تروا أنكم قد كافأتموه". "فاللهم أجزهما الجزاء الحسن وأحسن أعمالهما ووفقهما إلى ما تحبه وترضاه، وزدهما علما على علم.

إلى من أسهموا في مشوارنا الدراسي أساتذتنا الأعزاء حفظهم الله

كما أتوجه بالشكر الخالص إلى اللجنة المناقشة

وإلى جميع الأصدقاء والزملاء الذين ما بخلوا بنصائحهم و تشجيعاتهم الدائمة والمتكررة.

أحلام

## فهرس المحتويات

I	- الإهداء.....
II	- التشكرات.....
III	- فهرس المحتويات.....
IX	- فهرس الأشكال.....
XIII	- فهرس الجداول.....
XIV	- فهرس الرموز.....
2	.....المقدمة العامة
<b>الفصل الأول: عموميات حول التقطير الشمسي</b>	
6	1-1 لمحة تاريخية.....
6	2-1 تعريف المقطر الشمسي.....
7	3-1 مبدأ عمل المقطر الشمسي.....
7	4-1 أنواع المقطرات الشمسية.....
8	1-4-1 المقطر البسيط.....
8	2-4-1 مقطر شمسي بميل واحد.....
8	3-4-1 مقطر شمسي بميلين.....
9	4-4-1 مقطر شمسي أرض-ماء.....
9	5-4-1 مقطر كروي بماسح.....
10	6-4-1 المقطر الشمسي العمودي.....
10	7-4-1 المقطرات المتعددة.....
11	1-7-4-1 المقطر بالانتشار.....
11	2-7-4-1 المقطر بالمدخنة الشمسية.....
12	3-7-4-1 مقطر تبخر الفتيل.....

12	.....4-7-4-1 المقطر الشمسي متعدد الطوابق
13	.....5-7-4-1 المقطر الشمسي بالخاصية الشعرية
13	.....5-1 خصائص المقطرات الشمسية
13	.....1-5-1 المرود
13	.....2-5-1 الفعالية
14	.....3-5-1 مقياس الفعالية
14	.....6-1 العوامل الداخلية والخارجية المؤثرة على مرود المقطر
14	.....1-6-1 العوامل الخارجية
14	.....1-1-6-1 شدة الإشعاع الشمسي
15	.....2-1-6-1 سرعة الرياح
15	.....3-1-6-1 درجة حرارة الهواء المحيط
15	.....4-1-6-1 عوامل أخرى
15	.....2-6-1 العوامل الداخلية
16	.....1-2-6-1 ميل الزجاج على السطح الأفقي
16	.....2-2-6-1 ارتفاع مستوى كتلة الماء المقطر
16	.....3-2-6-1 المسافة التي تقسم السطح الحر إلى لاقطين
16	.....4-2-6-1 خصائص المكونات
16	.....1-4-2-6-1 الزجاج
16	.....2-4-2-6-1 الصفيحة المعدنية
16	.....3-4-2-6-1 العازل
17	.....7-1 الطرق المستعملة في تحلية المياه
17	.....1-7-1 تحلية المياه
17	.....2-7-1 التقطير البسيط
18	.....3-7-1 التقطير متعدد التأثير

18	.....4-7-1 التقطير الوميضي متعدد المراحل
19	.....2-7-1 التحلية باستخدام طرق الأغشية
19	.....1-2-7-1 التناضح العكسي
20	.....2-2-7-1 الفرز الغشائي الكهربائي
21	.....3-7-1 تحلية المياه بطريقة البلورة أو التجميد
21	.....8-1 خاتمة

### الفصل الثاني: الخصائص الجغرافية لمنطقة وادي سوف

23	.....1-2 الموقع الجغرافي
23	.....2-2 الموقع الإداري
24	.....3-2 أصل التسمية
24	.....4-2 الخصائص الطبيعية
24	.....1-4-2 طبيعة الأرض
25	.....1-1-4-2 التضاريس
25	.....5-2 طبوغرافيا المنطقة
26	.....6-2 صفة أرضها
26	.....1-6-2 الصحن
26	.....2-6-2 الحرة
26	.....3-6-2 السبخة
27	.....7-2 الخصائص المناخية
27	.....1-7-2 درجة الحرارة
29	.....2-7-2 التساقط
29	.....3-7-2 التبخر
30	.....4-7-2 الرطوبة
30	.....5-7-2 الرياح

31	..... 8-2 الدراسة الجيولوجية والهيدروولوجية للمنطقة
31	..... 1-8-2 الدراسة الجيولوجية
32	..... 1-1-8-2 التركيب الصخري
34	..... 2-1-8-2 تكوينات الزمن الجيولوجي الرابع
34	..... 1-2-1-8-2 الزمن الرابع القديم
35	..... 2-2-1-8-2 الزمن الرابع الحديث
35	..... 3-1-8-2 تكوينات الزمن الجيولوجي الثالث
35	..... 1-3-1-8-2 الأيوسان
35	..... 2-3-1-8-2 الميوبليوسان
36	..... 4-1-8-2 تكوينات الزمن الجيولوجي الثاني
36	..... 1-4-1-8-2 الأليان
36	..... 2-4-1-8-2 الأبتيان
36	..... 2-4-1-8-2 السينومنيان
36	..... 2-8-2 هيدروولوجية المنطقة
36	..... 1-2-8-2 الطبقة المائية السطحية
37	..... 2-2-8-2 الطبقة المائية المتوافقة للمركب النهائي CT
37	..... 3-2-8-2 الطبقة المائية المتوافقة مع القاري المتداخل (طبقة محصورة)
37	..... 1-9-2 الخصائص الفيزيائية
39	..... 2-9-2 الخصائص الكيميائية
42	..... 10-2 خاتمة

### الفصل الثالث: دراسة التحويل الحراري عبر زجاج المقطر الشمسي

44	..... 1-3 المقطر الشمسي البسيط
44	..... 1-1-3 تعريفه
44	..... 2-1-3 مبدأ عمله

44	..... 3-1-3 طريقة عمله
44	..... 4-1-3 مكوناته
45	..... 2-3 الدراسة النظرية للمقطر الشمسي البسيط
45	..... 1-2-3 التوازن الطاقوي للمقطر
46	..... 2-2-3 التوازن الطاقوي للزجاج
46	..... 3-2-3 الميزان الحراري للماء
47	..... 4-2-3 الميزان الحراري للحوض الداخلي
47	..... 5-2-3 التوازن الحراري للعازل
47	..... 6-2-3 تدفق الماء المقطر
48	..... 7-2-3 معادلات التبادل الحراري
48	..... 1-7-2-3 انتقال الحرارة بالإشعاع ماء- زجاج
48	..... 2-7-2-3 انتقال الحرارة بالحمل ماء- زجاج
48	..... 3-7-2-3 انتقال الحرارة بالتبخير
48	..... 4-7-2-3 انتقال الحرارة بالإشعاع زجاج- وسط
49	..... 5-7-2-3 انتقال الحرارة بالحمل زجاج- وسط
49	..... 6-7-2-3 انتقال الحرارة بالحمل حوض- ماء
50	..... 7-7-2-3 التدرج الحراري
51	..... 8-7-2-3 انتقال الحرارة بالتوصيل العازل- الحوض
51	..... 9-7-2-3 انتقال الحرارة بالتوصيل عبر العازل
51	..... 10-7-2-3 انتقال الحرارة بالحمل عبر العازل
51	..... 3-3 المكونات اللازمة لتصنيع المقطر الشمسي البسيط
54	..... 4-3 خطوات تصنيع المقطر الشمسي البسيط
56	..... 5-3 أجهزة وأدوات القياس المستعملة في التجربة
56	..... 1-5-3 جهاز متعدد القياسات

56	..... 2-5-3 بير انومتر
56	..... 3-5-3 جهاز الـ pH متر
57	..... 4-5-3 جهاز قياس الناقلية الكهربائية
57	..... 5-5-3 الأنبوب المدرج
57	..... 6-3 الخطوات التجريبية
57	..... 1-6-3 التجربة الأولى
58	..... 2-6-3 التجربة الثانية
59	..... 7-3 النتائج التجريبية
60	..... 8-3 تحليل النتائج
60	..... 1-8-3 الإشعاع الشمسي
61	..... 2-8-3 تطور درجة حرارة الجو
61	..... 3-8-3 تطور درجة حرارة الزجاج من الخارج
62	..... 4-8-3 تطور درجة حرارة الزجاج من الداخل
63	..... 5-8-3 درجة حرارة الماء
63	..... 6-8-3 تطور كمية الماء المقطر
64	..... 9-3 مناقشة النتائج
64	..... 1-9-3 حرارة الزجاج الداخلية والخارجية
64	..... 2-9-3 الفارق بين درجة حرارة الماء ودرجة حرارة الزجاج الداخلية
65	..... 3-9-3 درجة حرارة الماء داخل المقطر
66	..... 4-9-3 الإشعاع الشمسي
66	..... 5-9-3 مقارنة بين تحول درجة الحرارة الخارجية النظرية ودرجة الحرارة الخارجية التجريبية عبر زجاج المقطر
68	..... 10-3 خاتمة

الصفحة	عنوان الفصل	ترتيب الأشكال
	<b>الفصل الأول</b>	
7	المبدأ الاساسي للمقطر الشمسي البسيط	(1-1)
7	مقطر شمسي	(2-1)
8	مقطر بسيط بميل واحد	(3-1)
8	مقطر بسيط بميلين	(4-1)
9	مقطر شمسي أرض-ماء	(5-1)
9	مقطر شمسي ذو ماسح كروي	(6-1)
10	مخطط يوضح مقطع جانبي للمقطرين	(7-1)
11	المقطر بالانتشار	(8-1)
11	المقطر بالمدخنة الشمسية	(9-1)
12	مقطر تبخر الفتيل	(10-1)
12	المقطر الشمسي متعدد الطوابق	(11-1)
13	المقطر الشمسي بالخاصية الشعرية	(12-1)
17	التقطير البسيط	(13-1)
18	التقطير متعدد التأثير	(14-1)
19	التقطير الوميضي متعدد المراحل	(15-1)
20	التقطير بالتناضح العكسي	(16-1)
21	رسم تخطيطي لوحدة الفرز الغشائي الكهربائي	(17-1)
	<b>الفصل الثاني</b>	
24	الموقع الجغرافي لمنطقة الوادي	(1-2)
26	ولاية الوادي الطوبوغرافية	(2-2)
27	الصحن و الحرة والسبخة	(3-2)
29	التغيرات الشهرية لدرجة الحرارة (1978-2017)	(4-2)

29	التغيرات الشهرية للتساقط (1978-2017)	(5-2)
30	التغيرات الشهرية للتبخر (1978-2017)	(6-2)
30	التغيرات الشهرية للرطوبة (1978-2017)	(7-2)
31	التغيرات الشهرية للرطوبة (1978-2013)	(8-2)
32	مكاشف الطبقات الجيولوجية بالصحراء المنخفضة	(9-2)
33	الوحدة الستراتغرافية لإقليم الدراسة	(10-2)
34	مقطع جيولوجي في الطبقات السطحية بإقليم وادي سوف	(11-2)
37	التطورات الممكنة للماء في منطقة وادي سوف	(12-2)
<b>الفصل الثالث</b>		
45	رسم تخطيطي للهيكل الخارجي	(1-3)
46	التوازن الطاقوي للمقطر الشمسي	(2-3)
56	جهاز متعدد القياسات	(3-3)
57	جهاز قياس pH متر	(4-3)
57	جهاز قياس الناقلية الكهربائية	(5-3)
57	أنبوب مدرج	(6-3)
58	تجربة الفصل	(7-3)
59	خطوات التجربة	(8-3)
60	المقطرات أثناء التجربة	(9-3)
60	منحنى تغيرات شدة الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن. 2018/05/06	(11-3)
61	منحنى تغيرات درجة حرارة الجو بدلالة الزمن	(12-3)
62	تغيرات درجة حرارة الزجاج الخارجية للمقطرين (شاهد- مدروس) بدلالة الزمن	(13-3)
63	منحنى تغيرات درجة حرارة الماء المالح داخل المقطرين بدلالة الزمن	(14-3)
63	مخطط أعمدة لكمية الماء المقطر المنتجة من المقطرين (شاهد- مدروس) بدلالة الزمن	(15-3)

- 64 منحى تغيرات كمية الماء المنتجة بدلالة الفارق بين درجة حرارة الماء ودرجة حرارة الزجاج الداخلية للمقطرين (شاهد- مدروس) (16-3)
- 65 منحى تغيرات كمية الماء المنتجة بدلالة درجة حرارة الماء للمقطرين (شاهد- مدروس) (17-3)
- 66 منحى تغيرات كمية الماء المنتجة بدلالة الإشعاع الشمسي للمقطرين (شاهد- مدروس) (18-3)

الصفحة	عنوان الجدول	ترتيب الجدول
	<b>الفصل الثاني</b>	
28	المعدل الشهري لمختلف العوامل المناخية (1978-2013)	(1-2)
39	تركيز الأملاح وحالة الماء	(2-2)
	<b>الفصل الثالث</b>	
51	الأدوات اللازمة لصناعة المقطر	(1-3)
54	تصنيع المقطر الشمسي البسيط	(2-3)
59	الأحوال الجوية للتجربة	(3-3)
59	نتائج تحليل الماء المستعمل	(4-3)

الرموز	الاصطلاحات	الوحدة
$\eta_g$	الفعالية الكلية	-
	التدفق الحراري بالتبخير	$w/m^2$
	الطاقة الشمسية الواردة إلى السطح الأفقي	$w/m^2$
	سطح الغطاء الزجاجي	$m^2$
	تدفق الماء المقطر	kg/s
	الحرارة الكامنة لتبخير الماء	J/kg
$\eta_i$	الفعالية الداخلية	-
	معامل الإمرار للزجاج	-
	معامل الإمرار للماء.	-
	معامل امتصاص الماء	-
	معامل امتصاص لعمق المقطر	-
	معامل الامتصاص الفعال للمقطر	-
F.P.B	معامل الفعالية الإجمالي	-
F.P	معامل الفعالية اللحظية	-
	التناضح العكسي	kWh/m <sup>3</sup>
	الضغط	Bar
	المردود المجمع الالكترومضخي	-
	نسبة التحويل	%
	تدفق حراري بالإشعاع بين فيلم الماء والزجاج	W
	تدفق حراري بالحمل بين فيلم الماء والزجاج	W
	تدفق حراري بالتبخير-التكثيف بين فيلم الماء والزجاج	W
	التدفق الحراري الضائع للزجاج بالإشعاع نحو الخارج	W
	التدفق الحراري الضائع للزجاج بالحمل نحو الخارج	W

-	الناقلية الحرارية للزجاج	
M	سمك الزجاج	
W	التدفق الحراري بالحمل بين قاعدة المقطر وفيلم الماء	
Bar	قوة امتصاص الماء الموجود في قاعدة المقطر	
W	التدفق الحراري الضائع بالتوصيل للحوض	
W	تدفق حراري بالتوصيل بين الحوض والعازل الحراري	
Kg	كتلة الماء المقطر	
2.4μj/kg	الحرارة الكامنة للتبخير	
C°	حرارة الماء	
C°	حرارة الزجاج	
-	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 للمائع (الماء)	
W/m <sup>2</sup>	الإنبعائية الفعالة	
W/m <sup>2</sup> .k <sup>4</sup>	ثابت ستيفان بولتزمان	
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 إلى السماء	
K	درجة حرارة السماء	
m/s	سرعة الرياح	
-	رقم كيرشوف	G <sub>r</sub>
-	رقم براندل	P <sub>r</sub>
K <sup>-1</sup>	معامل التمدد الحجمي للماء	
m <sup>2</sup> /s	تسارع الجاذبية	

$\text{kg/m}^3$	الكتلة الحجمية للماء
M	طول العلبة الماصة
$\text{kg/m.s}$	اللزوجة الديناميكية
$\text{C}^\circ$	درجة حرارة الحوض
$\text{C}^\circ$	درجة حرارة العازل
$\text{w/m.k}$	الموصلية الحرارية للعلبة
m	سمك الحوض
$\text{w/m.k}$	موصلية العازل
m	سمك العازل
$\text{W/m}^2.\text{k}$	معامل انتقال الحرارة بالحمل بين العازل والهواء الخارجي

# المقدمة العامة

## المقدمة العامة:

الماء هو مصدر الحياة وهو العنصر الأساسي في حياة الإنسان ومنذ أقدم العصور و الإنسان 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، و استخدام 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 تكيف بشكل فردي أو جماعي مع المناطق النائية أو المعزولة التي تتطلب استهلاكاً منخفضاً من المياه [3].

الجزائر كذلك تعاني مشكلة نقص مياه الشرب، و لذلك 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 1872م حيث تم انشاء أول محطة تقطير شمسي من قبل مهندس سويدي بإنتاجية  $4.255 \text{ l/m}^2$  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 تنتج نتيجة حرارة الشمس ثم تتكاثف لتشكل الغيوم ثم تسقط على شكل قطرات كالماء المقطر [4]. إن التقطير الشمسي هو أكثر تنافسية من الناحية الاقتصادية عندما يكون الطلب على المياه العذبة كبيرا جدا . و بما 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 بـ  $400 \text{ 169 TWh/ann}$ ، 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  $1.5 \text{ g/l}$ ، وفقا لمعايير منظمة الصحة العالمية، يجب أن تكون الملوحة أقل من أو تساوي  $0.5 \text{ g/l}$  على نطاق صغير، لذا يجب تحلية مياه الشرب بتقطيره 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  $1-4 \text{ l/m}^2$  بكفاءة حرارية تصل إلى 50% اعتماداً 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 استعمالاً 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  $0^\circ$  تصل  $33.3^\circ$ ، وتصل المرودية تبعاً لذلك إلى 30.65% [10].

الدراسة النظرية والتجريبية التي أجريت على المقطر الشمسي ذو الميل الواحد [11-18] 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  $17^\circ$  إلى  $30^\circ$  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 أيضاً إلى معالجة مشكلة نقص مياه الشروب بمنطقة الوادي، لأن هذه المنطقة تتميز بالمياه الجوفية المالحة، فأغلب سكانها يدفعون أموالاً معتبرة للحصول على الماء المحلي ومن هنا يتبادر إلى أذهاننا فكرة توفير الماء للشروب محلياً 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 المرودية، لذلك سنحاول معالجة هذه المشكلة وذلك بإضافة محسن والذي يتمثل في وضع كرات من الألمنيوم على أمل زيادة المرودية. والسؤال الذي يطرح نفسه هو هل بالفعل عند إضافة الألمنيوم إلى المقطر الشمسي البسيط يعطينا نتيجة إيجابية أم سلبية؟

ولهذا سنقسم المذكرة إلى ثلاثة فصول على النحو التالي:

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

**الفصل الثاني:** سنتطرق إلى الخصائص الجغرافية لمنطقة وادي سوف، حيث سنخرج على الموقع الجغرافي للمنطقة وأصل تسميتها كما تطرقنا إلى الخصائص الطبيعية والتمثلة في نوعية التربة والتضاريس الموجودة بها والخصائص المناخية كدرجة الحرارة والرطوبة وكمية التساقط وسرعة الرياح... إضافة إلى هيدرولوجية المنطقة ونوعية وطبيعة المياه الموجودة فيها.

**الفصل الثالث:** سنتطرق إلى دراسة التحويل الحراري عبر زجاج المقطر الشمسي، حيث تم إعطاء لمحة تاريخية للمقطر ومبدأ عمله ثم سردنا طريقة صنعه مخبرياً والأدوات اللازمة للتجربة المنجزة على المقطرين (شاهد- مدروس)، ثم النتائج المتحصلة عليها ومناقشتها.

وفي الأخير الخاتمة العامة التي تحدثنا فيها عن أهمية كرات الألمنيوم الموضوعة على مستوى الحوض لما لها من مميزات في زيادة مساحة التقاط الإشعاع الشمسي من جهة ومضاعفة فترة تخزين الطاقة الحرارية من جهة أخرى ومدى تأثيرها على التحويل الحراري عبر زجاج المقطر الشمسي، وكيف ساهم في تحسين مردودية المقطر وأعطى نتائج أفضل من المقطر الشاهد.

# الفصل الأول

عموميات حول التقطير

الشمسي

### تمهيد:

التقطير الشمسي هو عملية إنتاج لمياه اقتصادية للغاية، وخاصة في المناطق ذات أشعة الشمس القوية [2]. كما يعد أيضا أحد التقنيات البسيطة المستعملة في تحلية المياه، فقد كان لإنشاء منشآت باستخدام الطاقة الشمسية موضوعا لعديد من الدراسات التجريبية والنظرية [19، 20]، فعندما تسقط الأشعة الشمسية على ماء البحيرات، المحيطات، والأنهار تسخنها ومن ثم تتبخر، لينتقل بعدها البخار عبر الرياح إلى مكان أكثر برودة، فيتكاثف هذا الأخير ليشكل سحبا محملة بالأطمار أو الثلوج . في الواقع فكر الإنسان في نموذجه الصغير للدورة الطبيعية المذكورة سماها التقطير الشمسي والذي يتكون من:

- إنتاج بخار الماء من ملح لمحي، تم تسخينه بالطاقة الشمسية عن طريق الاتصال.
- نقل البخار بالحمل الحراري إلى مكثف شفاف (غطاء زجاجي أو بلاستيكي) حيث يتم تكثيفه.
- جمع قطرات الماء المكثفة باستخدام المزاريب وتخزينها للاستخدامات المستقبلية.

حيث هناك عدة أنواع من المقطر الشمسي. قد تكون مختلفة في الشكل أو المواد؛ لكنها تستخدم نفس المبدأ والوظائف [21].

### 1 1 لمحة تاريخية:

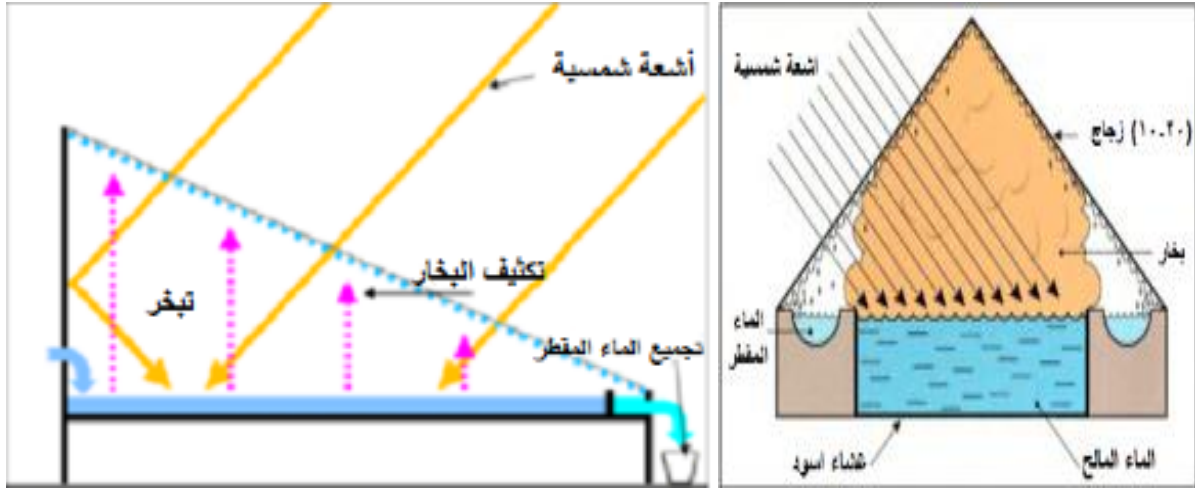
منذ عصور ما قبل التاريخ كانت الشمس تجفف الطعام وتبخر مياه البحر لاستخراج الملح، فبدأ الإنسان بالتفكير لإيجاد أساليب لاستغلال هذه الطاقة. خلال القرن التاسع عشر أجريت محاولات لتحويل الطاقة الشمسية إلى عدة أشكال أخرى تعتمد على توليد بخار منخفض الضغط لتشغيل الآلات البخارية [22].

في عام 1875، حققت شركة Mouchot تقدما ملحوظا في تصميم عاكس ذو شكل مخروطي للمجمع الشمسي. كما قامت شركة A.G. Eneas بتركيب جهاز تجميع قطره 10m، الذي سمح بتشغيل معدات لضخ المياه. خلال الـ 50 سنة الماضية تم تصميم العديد من المنشآت باستخدام الطاقة الشمسية لتسخين سائل التشغيل المحرك للمعدات الميكانيكية. بدأت تصنيع سخانات المياه الشمسية مع بداية الخمسينيات وزادت بسرعة كبيرة في العديد من البلدان حول العالم. كان نقص المياه دائما مشكلة، لذلك كان من بين الحلول الأولى استخدام الطاقة الشمسية لتحلية مياه البحر، حيث كان التقطير الشمسي عمليا لفترة طويلة، استخدمت المكثفات في التقطير الشمسي. وفي عام 1928 استخدم باستور المكثف لتركيز أشعة الشمس على غلاية نحاسية تحتوي على الماء [23].

### 1-2 تعريف المقطر الشمسي:

المقطر الشمسي عبارة عن صندوق خشبي ذو غطاء زجاجي شفاف يسمح بنقل الإشعاع الشمسي هوائي هذا الصندوق على كمية من الماء المالح فوق قاعدة سوداء؛ لامتصاص أكبر قدر من الإشعاع، وبتأثير حرارة الإشعاع تصبح درجة حرارة الماء داخل الصندوق أعلى مما يحيط به، الأمر الذي يساعد على تبخير الماء [24]. ليتصاعد البخار ويتكاثف على السطح الداخلي للزجاج، ثم يتجمع في القناة الخاصة بالماء المقطر (الشكل 1-1).

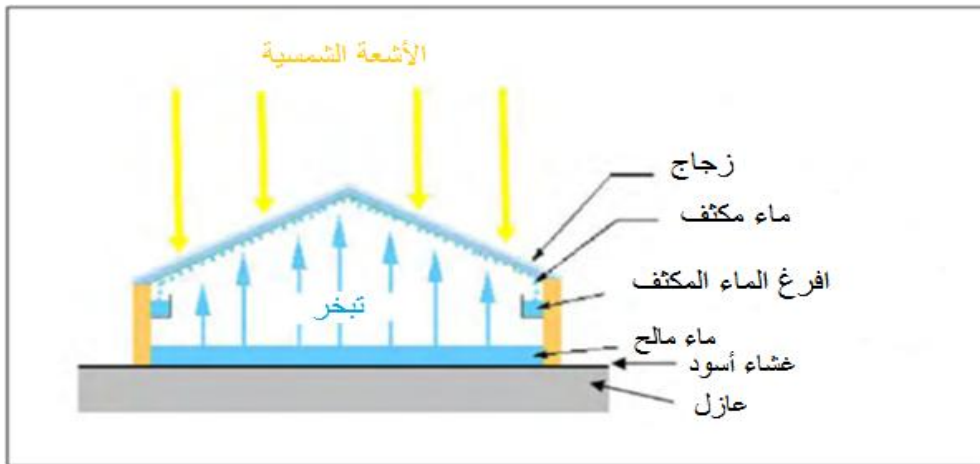
حيث كان أول استغلال للطاقة الشمسية في مجال التقطير من طرف العالم الإنجليزي (Harding) سنة 1872 في شمال الشيلي بصحراء [25] (Lassalinas).



الشكل (1-1): المبدأ الأساسي للمقطر الشمسي البسيط [26، 27].

### 3-1 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 [28]. 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) [29، 30].



الشكل (1-2): مقطر شمسي [29، 30].

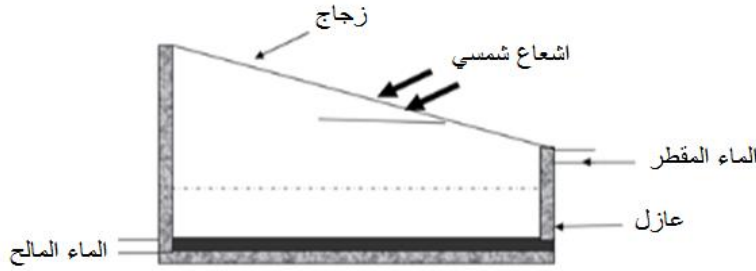
## 4-1 أنواع المقطرات الشمسية:

### 1-4-1 المقطر البسيط:

هو المقطر الأكثر استعمالاً في العالم، يحتوي على حوض مملوء بالماء المالح وملون بالأسود من أجل التقاط أكبر كمية من الإشعاع الشمسي ويغطي بقطعة زجاجية شفافة، يجب أن يكون هذا الأخير مائلاً ليتكثف البخار في الجزء الداخلي للغطاء، ومن إيجابيات انشاؤه وصيانته بسهولة، ثمه نوعاً ما منخفض، أما سلبياته فتتمثل في إنتاجه الضعيف للماء الصالح للشرب بسبب انخفاض الفعالية [31].

### 2-4-1 مقطر شمسي بميل واحد:

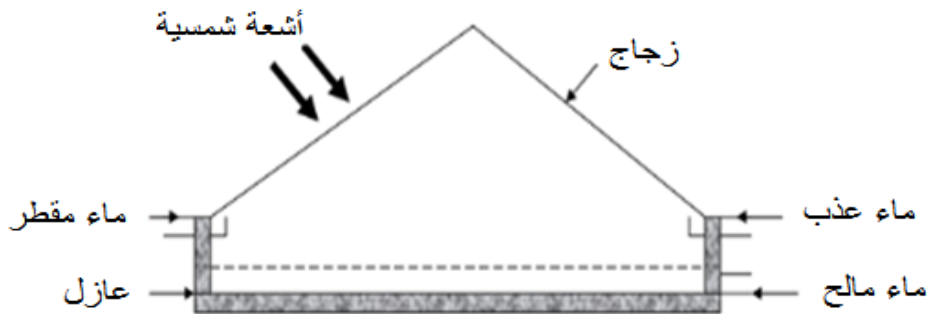
هو مقطر بلاقط واحد مائل بزوايا معينة، وهو سهل التنظيف نظراً لسهولة تركيبه، الشكل (1-3) [50،2].



الشكل (1-3): مقطر بسيط بميل واحد [50،2].

### 3-4-1 مقطر شمسي بميلين:

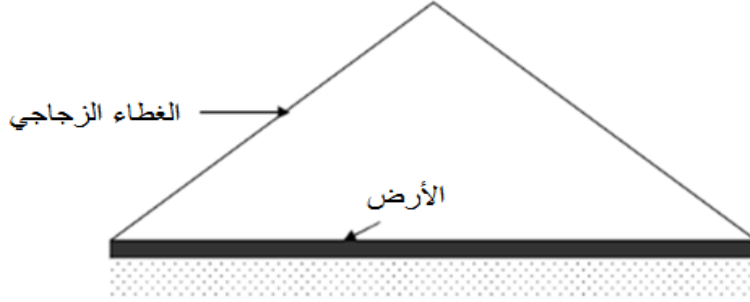
يسمى كذلك مقطر بلاقطين حيث كل منهما يميل بزوايا، ومن مميزاته أن أحدهما يوجه للشمس والآخر للظل لتسريع عملية التكثيف [2، 32، 50].



الشكل (1-4): مقطر بسيط بميلين [2، 32، 50].

#### 4-4-1 مقطر شمسي أرض-ماء:

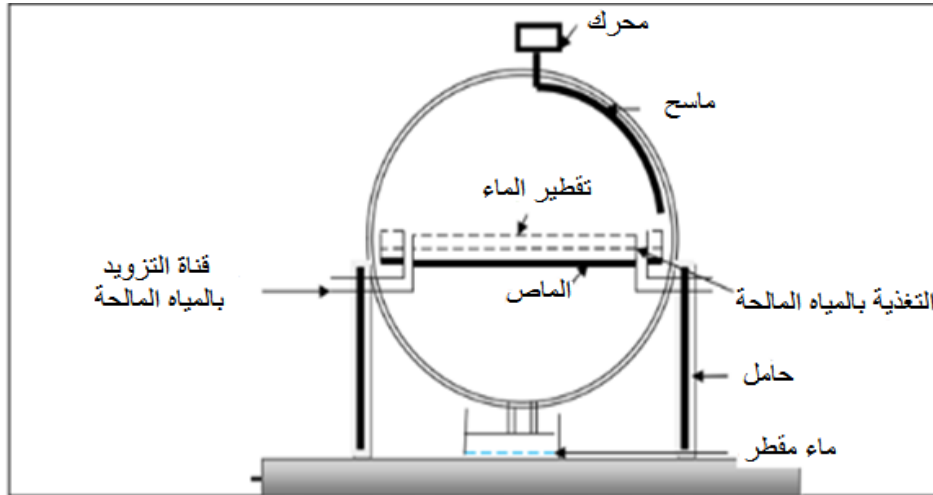
كميات كبيرة من الرطوبة تخزن وتدخر في الأرض لتعود للغلاف الجوي في المناطق الجافة خلال الفصل الساخن لإتمام الدورة الهيدروجينية الطبيعية؛ لهذا نستعمل المقطر الشمسي (أرض-ماء) الذي يشبه المقطر ذو ميلين فقط نعوض الحوض الأسود بالأرض [50،2].



الشكل(5-1): مقطر شمسي أرض-ماء [50،2].

#### 5-4-1 مقطر كروي بماسح:

هذا النوع من المقطرات أول من اقترحه هو Pr. Menguy بجامعة لندن، ويكون على هيئة كرة شفافة مصنوعة من الزجاج في وسطها حوض دائري أفقي، له لون أسود يعمل كماص للإشعاع الحراري، يوضع فيه الماء المالح لتبخيره، ثم يتكاثف هذا البخار المتصاعد إلى أن يمس السطح الداخلي للزجاج، ثم يجمع في أسفل الشكل الكروي، ولجعل الزجاج شفافا يستعمل في السطح الداخلي ماسح يدور بواسطة محرك كهربائي في أعلى المقطر [2، 33، 34، 50].

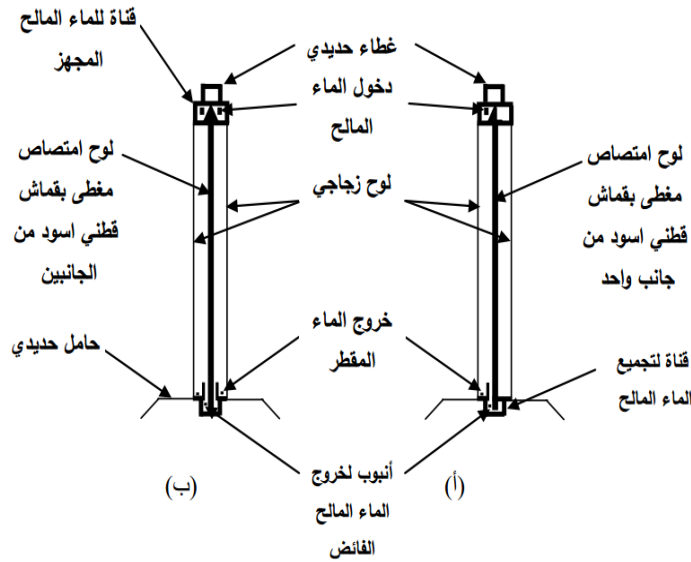


الشكل(6-1): مقطر شمسي ذو ماسح كروي [2، 33، 34، 50].

### 6-4-1 المقطر الشمسي العمودي:

يتكون هذا النوع من لوح امتصاص مصنوع من الألمنيوم 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 إلى المقطر العمودي عن طريق الأنبوب 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 إلى قناة تجميع الماء. الشكل (7-1).

أما الماء الفائض عن التبخير يتجمع في القناة السفلى الموجود فيها الطرف السفلي من قطعة القماش ليساعد أيضا على ابتلال قطعة القماش من الأسفل وصعوده بخاصية الأنابيب الشعرية وما فاض عن ذلك يخرج من أنبوب خروج الماء المالح الفائض المربوط في القناة السفلى [35].



الشكل (7-1): مخطط يوضح مقطع جانبي للمقطين [35].

(أ) مقطر شمسي عمودي ذو جانب واحد.

(ب) مقطر شمسي عمودي ذو جانبيين.

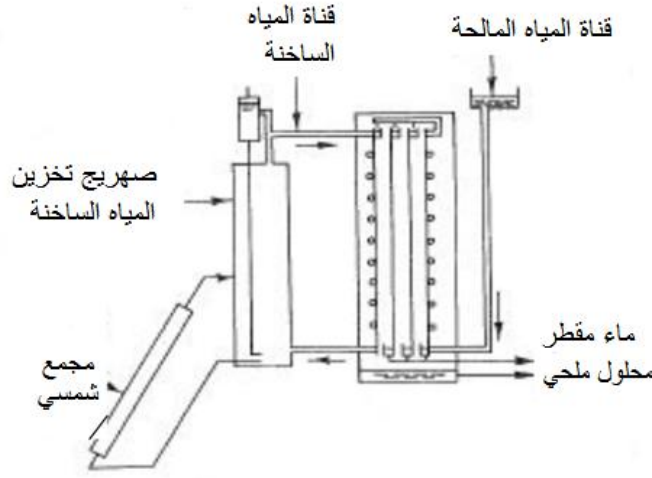
### 7-4-1 المقطرات متعددة التأثيرات:

يتكون المقطر الشمسي متعدد التأثيرات من عدة مبخرات موضوعة في سلسلة، تعمل في ضغط متناقص وهي عدة أنواع [2، 50]:

#### 1-7-4-1 المقطر بالانتشار:

يتكون هذا الجهاز من صهريج تخزيني موصول بجهاز الاستشعار وسلسلة من الصفائح المعدنية الموازية والعمودية. الماء الساخن من الخزان يسخن الصفائح الأولى ويسبب تبخر الماء المتدفق على الجانب الأيمن منه، و يتكثف بخار الماء على الجانب الأيسر من اللوحة الثانية، أما الحرارة المحررة من التكثيف تستخدم لتبخير

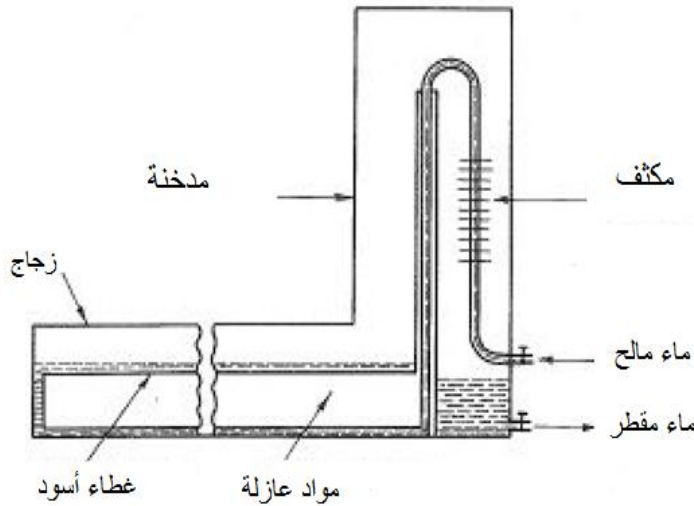
المياه المتدفقة على الجانب الأيمن من اللوحة الثانية ؛ وهكذا تساهم حرارة التكثيف في التسخين المسبق لإمدادات المياه المالحة [50،2].



الشكل (8-1): المقطر بالانتشار [50،2].

#### 1-4-7-2 المقطر بالمدخنة الشمسية:

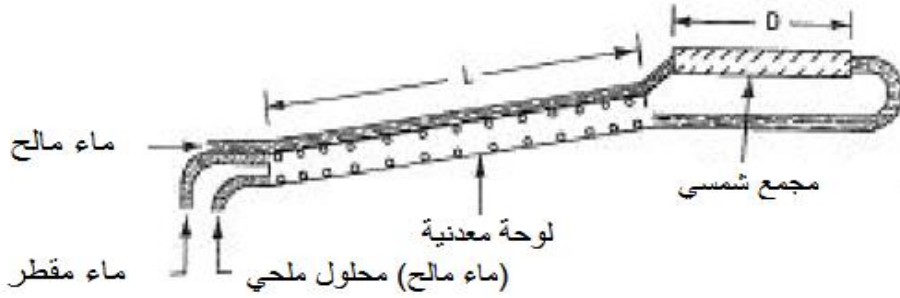
هذا المقطر يختلف عن غيرهم من المقطرات التقليدية بإضافة مدخنة للمبادلات الحرارية، وتستخدم القناة المسطحة التي تغطيها نافذة زجاجية لالتقاط الطاقة الشمسية تحت تأثير الإشعاع الشمسي، المياه المالحة تتدفق إلى القناة فتتبخر وترتفع إلى المدخنة حيث تتكثف، يمكن استخدام حرارة التكثيف لتسخين المياه التي تدخل إلى النظام [50،2].



الشكل (9-1): المقطر بالمدخنة الشمسية [50،2].

### 3-7-4-1 مقطر تبخر الفتيل:

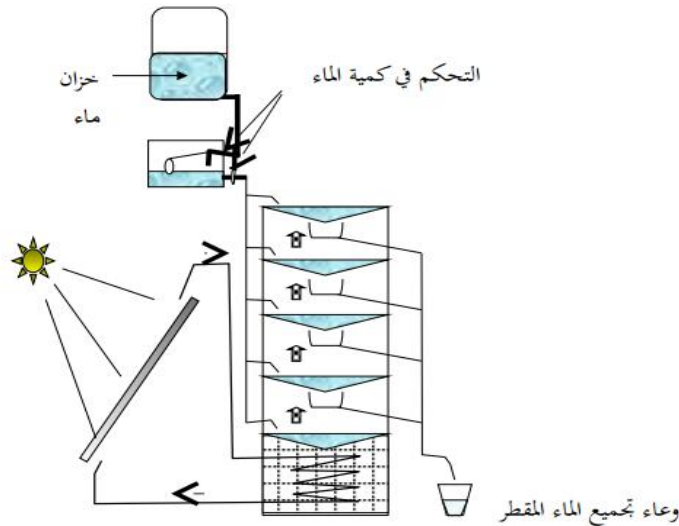
تم بناء هذا المقطر لتوفير كمية الحرارة المستخدمة في التبخر ،بتكونمبخرة من تجاور ثلاثة ألواح متوازية متباعدة قليلا، ينقل الماء المقطر إلى الغرفة الأولى ليصل إلى جهاز الاستشعار أين يسخن ثم يتبخر في غرفة ثانية، ويتم التكثيف على الوجه السفلي من الوسط. وقد تم تجهيز آخر اثنين من لوحات مع الشبكة مما يزيد من التدفئة وتوحيد تدفق المياه. [50،2].



الشكل(10-1): مقطر تبخر الفتيل [50،2].

### 4-7-4-1 المقطر الشمسي المتعدد الطوابق:

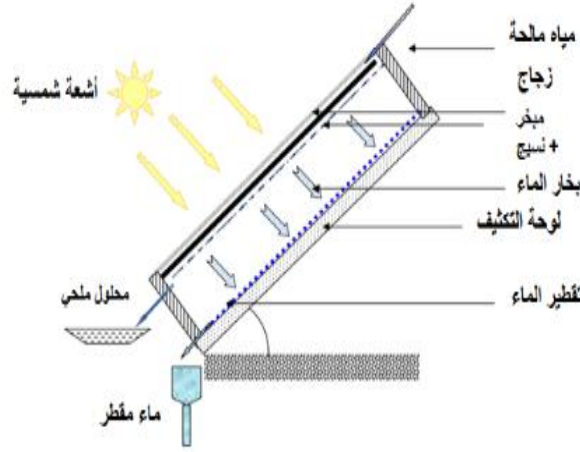
هو عبارة عن مجموعة من الطوابق كل طابق يحتوي على الماء المالح، يسخن الطابق الأول عن طريق المبدل الحراري الذي استقبل الحرارة من المائع المسخن باللاقط الشمسي، فيتبخر الماء المالح ويتكاثف على السطح البارد المقابل، وحرارة التكثيف بدورها تقوم باسترجاع البخار لتسخين الماء الموجود فوق سطح التكثيف؛ وهكذا تتكرر هذه العملية حتى الطابق الأخير الشكل(11-1) [36،32].



الشكل(11-1): المقطر الشمسي متعدد الطوابق [36،32].

### 1-4-7-5 المقطر الشمسي بالخاصية الشعرية:

أول من اقترح هذا النوع من المقطرات هو Pr. P.gofe بمخبر العلوم والهندسة الكيميائية بـ Nancy بالتعاون مع Pr. Ouahes بجامعة الجزائر، وهو عبارة عن مجموعة من الطوابق المعدنية (من الألمنيوم مثلا) متقابلة ومتوازية عموديا، مركبة داخل إطار خشبي معزول حراريا من الجهات الجانبية، كما يوجد غطاء زجاجي في الجهة العليا، الطابق الأول مطلي بالأسود فيتبخر الماء بفعل الحرارة المكتسبة من الاشعاع الحراري، ويتكاثف على السطح البارد المقابل، كما أن الحرارة المكتسبة من التكثيف تقوم بتسخين الماء السائل على الشاش الملتصق خلف سطح التكثيف، وهكذا تتكرر العملية حتى الطابق الأخير، الشكل (1-12) [38،37].



الشكل (1-12): المقطر الشمسي بالخاصية الشعرية [38،37].

### 1-5 خصائص المقطرات الشمسية:

هناك عدة معايير لتحديد إنتاج الماء للمقطر الشمسي، ومن بينها: المردود، الفعالية (الكلية، الداخلية)، مقياس الفعالية [39].

#### 1-5-1 المردود:

هو عبارة عن كمية الماء المقطر الشمسي لوحدة السطح للصفحة السوداء في اليوم [39].

#### 1-5-2 الفعالية:

الفعالية الكلية ( $\eta_g$ ): هي حاصل قسمة التدفق الحراري بالتبخير على الطاقة الشمسية الكلية الواردة الى السطح الافقي [39].

$$\eta_g = \frac{Q_{ev}}{G_h \cdot S} = \frac{\dot{m} d}{G_h \cdot S} L \quad (1-1)$$

حيث:

$Q_{ev}$  : التدفق الحراري بالتبخير ( $w/m^2$ ).

$G_h$  : الطاقة الشمسية الواردة الى السطح الافقي ( $w/m^2$ ).

$S$  : سطح الغطاء الزجاجي ( $m^2$ ).

$\dot{m}_d$  : تدفق الماء المقطر ( $kg/s$ ).

$L$  : الحرارة الكامنة لتبخير الماء ( $J/kg$ ).

■ الفعالية الداخلية ( $\eta_i$ ) : هي حاصل قسمة الفعالية الكلية على كمية الماء المنتج بفعل الطاقة الشمسية الساقطة على السطح الافقي.

$$\eta_i = \frac{Q_{ev}}{Q_{eau}} \quad (2-1)$$

حيث:

$$Q_{ev} = (\tau_v \cdot \alpha_e + \tau_v \cdot \tau_e \cdot \alpha_f) \cdot G_h \cdot S$$

$$Q_{eau} = (\alpha_T G_h \cdot S) \quad (3-1)$$

$\tau_v$  : معامل الامرار للزجاج.

$\tau_e$  : معامل الامرار للماء.

$\alpha_e$  : معامل امتصاص الماء.

$\alpha_f$  : معامل امتصاص لعمق المقطر.

$\alpha_t$  : معامل الامتصاص الفعال للمقطر.

### 3-5-1 مقياس الفعالية:

يعرف Hansen و Satcunathan أنواع عوامل الفعالية كالاتي: معامل الفعالية الاجمالي (F.P.B)، معامل الفعالية الساعية (F.P.H)، ومعامل الفعالية اللحظية (F.P) [40].

$$F.P.B = \frac{\text{Quantité d'eau produite ou bout de 24h}}{\text{Quantité d'énergie entrée ou bout de 24h}} \quad (4-1)$$

$$F.P = \frac{\dot{m}}{\alpha_t \cdot G_h \cdot S} \quad (5-1)$$

## 6-1 العوامل الداخلية والخارجية المؤثرة على مردود المقطر:

### 1-6-1 العوامل الخارجية:

#### 1-1-6-1 شدة الإشعاع الشمسي:

هي العامل الأهم في دراسة المقطر الشمسي، ويكون طول الموجة في الطاقة المنبعثة ما بين (0.17-4μm) حيث أعلى شدة نحصل عليها للإشعاع الشمسي عندما يكون طول الموجة 0.47μm في المجال المرئي للطيف الكهرومغناطيسي، تصل الشدة الكلية للإشعاع الشمسي الواردة الى السطح 1.3kw/m<sup>2</sup> التي هي قيمة ضعيفة؛ نظرا لامتناس الغلاف الجوي جزء من هذا الإشعاع. و يكون بمقدار أحسن عندما يكون سمك الغلاف الجوي رقيقا جدا. تقدر الاستطاعة الشمسية المتوفرة نظريا على سطح الأرض ما بين (0.95-1.22kw/m<sup>2</sup>).

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 [37].

#### 2-1-6-1 سرعة الرياح:

يلعب التأثير المحلي 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 المحلي بين الغطاء والوسط الخارجي بواسطة العبارة التالية [37].

$$h_{a-v} = a + bv^n \quad (w/m^2.C^{\circ}) \quad (6-1)$$

من أجل

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

$$V > 5m/s \quad a=0 \quad b=6.15 \quad n=0.08 \quad (8-1)$$

وهذه العوامل تستعمل من أجل نمذجة اللواقط أو الضياع الحراري في العمارات.

#### 3-1-6-1 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 [28،37].

#### 4-1-6-1 عوامل أخرى:

بالإضافة الى سرعة الرياح ودرجة حرارة الهواء المحيط، هناك عوامل أخرى جوية مثل رطوبة الهواء أو المغناثية اللتين يجب ان تؤخذا بعين الاعتبار في القياس، بحث أنهما تغيران في الموازنة الحرارية للمقطر [37].

### 1-2-6-1 العوامل الداخلية:

سندرس تأثير هذه العوامل التالية على فعالية النظام

- عزل الأوجه الجانبية للمقطر.
- سمك الماء الموجود في المبخر.
- الخصائص الفيزيائية للجدار الداخلي [37].

### 1-2-6-1 ميل الزجاج على السطح الأفقي:

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 ( $10-50^{\circ}$ ) [39].

### 1-2-6-1 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 1cm و1.5cm.

### 1-2-6-1 المسافة التي تقسم السطح الحرالي 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 [42].

### 1-2-6-1 خصائص المكونات:

#### 1-4-2-6-1 الزجاج:

يختلف الزجاج حسب خصائصه:

- السمك.
- اللون: يجب أن يكون شفافا.
- الانعكاس: يجب أن يكون على الأقل ما بين (5-10%).
- الامتصاص: يجب أن يكون من 5%.
- العبور: أكثر من 90% [41].

#### 1-4-2-6-1 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 [43،44].

### 1-4-2-6-3 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 [43].  
أمثلة:

Le polyuréthane:  $k_1 = 2.25 \cdot 10^{-5} \text{ kW/m. C}^\circ$

Le polystyrène:  $k_2 = 0.364 \cdot 10^{-5} \text{ kW/m. C}^\circ$

La laine de verre:  $k_3 = 4 \cdot 10^{-5} \text{ kW/m. C}^\circ$

العازل الأفضل من بين الثلاثة هو polystyrène.

## 7-1 الطرق المستعملة في تحلية المياه:

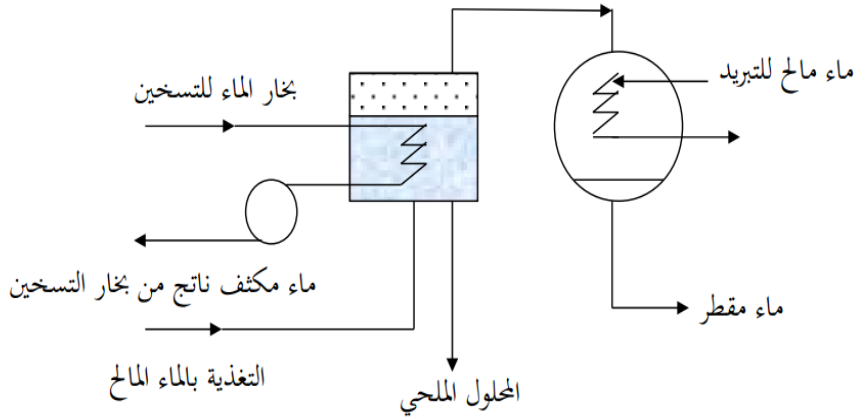
### 1-7-1 تعريف التحلية:

هي تحويل المياه المالحة إلى مياه نقية من الأملاح صالحة للاستخدام، يتم ذلك عبر طرق عديدة تستعمل خاصة في المناطق الجافة على مستوى القرى الصغيرة [45].  
تعتمد تحلية المياه على توفير الطاقة اللازمة لوحدة التحلية من الطاقة الشمسية التي يتم تحويلها إلى شكل آخر من الطاقة مثل الطاقة الحرارية، الطاقة الكهربائية، أو الميكانيكية ويتم استخدام هذه الطاقة لتشغيل محطات التحلية ومن بين هذه الطرق نذكر [46]:

### 1-7-2 التقطير البسيط:

إن دوران البخار في المبخر يسمح بتسخين الماء المالح، الذي يتبخر تحت ضغط أكبر بقليل من الضغط الجوي، ما يؤدي إلى تكثيف البخار مباشرة على سطح المكثف، وبدون استرجاع أو الاستفادة من الحرارة الضائعة، ثم يتجه بخار الماء الناتج إلى المكثف من أجل تكثيفه، حيث يوجد مبدل حراري يسري فيه ماء مالح بارد (ماء البحر، مياه جوفية باردة)، هذه الطريقة لا يمكن استخدامها في الصناعة نظرا للاستهلاك الكبير للطاقة، والذي يكون حوالي  $840^3 - 1000 \text{ kWh/m}^3$  كما يظهر في الشكل (1-13) [47].

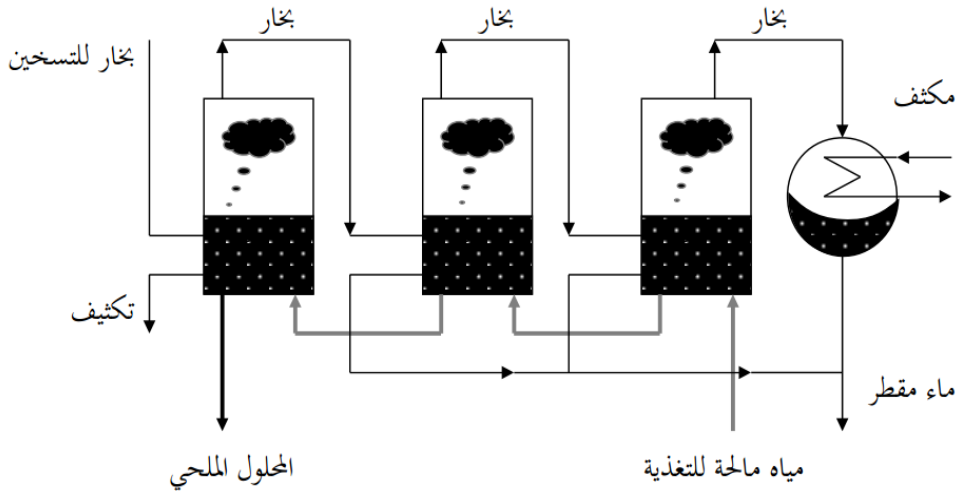
يمكن أن يسرع تبخير جزيئات الماء بواسطة تسخين مياه البحر إلى نقطة الغليان وتخفيض الضغط فوق سطح الماء [46].



الشكل(1-13): التقطير البسيط [47].

### 3-7-1 التقطير متعدد التأثير:

من أجل الزيادة في مردود عملية التقطير يجب أن نسترجع الحرارة الضائعة في المكثف؛ لاستعمالها كحرارة تسخين أولي وذلك يكون بعدة طوابق للتقطير، البخار الناتج من المبخر الأول يكثف في المبخر الثاني ومنه يتم الحصول على بخار قليل الضغط، لتتم العملية مع جميع الطوابق بنفس المبدأ، والحرارة المتبقية في تسخين المياه المعالجة أو في الصناعة حيث يستخدم لذلك 6 إلى 7 مبخرات ومكثفات تعمل بالمبدأ ذاته استعمل لأول مرة في أوائل القرن 19 ميلادي، الشكل (1-14) [47].



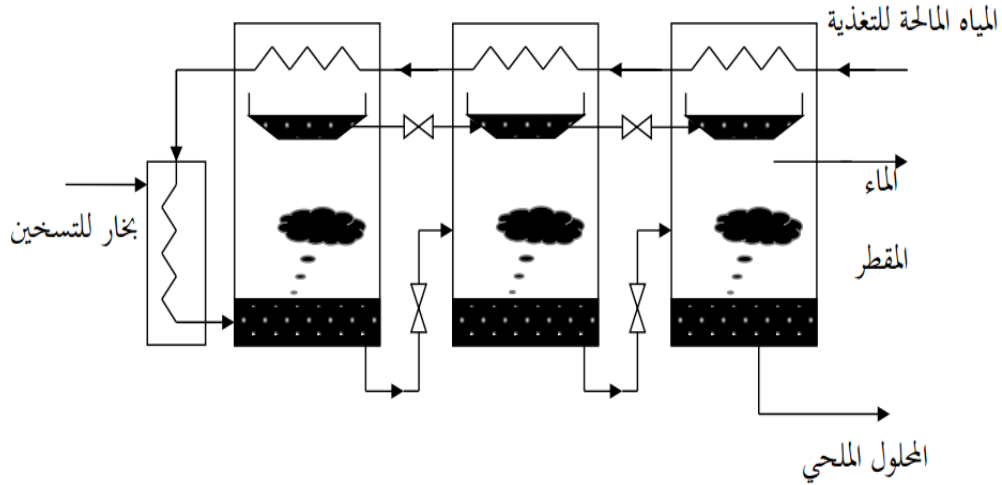
الشكل(1-14): التقطير متعدد التأثير [47].

#### 4-7-1 التقطير الوميضي متعدد المراحل:

تعتبر طريقة التقطير الوميضي متعدد المراحل من أولى الطرق المستعملة في التقطير لاسترجاع الحرارة الضائعة، وقد طور هذا المبدأ بفضل أعمال R.S.Silver تعتمد طريقة التقطير الوميضي متعدد المراحل على عملية التبخير الوميضي أي يلزم تسخين الماء المالح إلى درجة حرارة أعلى من درجة الغليان عند ضغط معين ثم فجأة يضخ هذا الماء المالح الساخن إلى طابق ذي ضغط أقل من ضغط الغليان فيحدث التبخر الفجائي (الوميضي) ويتكون البخار و يصعد إلى الأعلى ليقابل مجموعة من أنابيب التكثيف باردة السطح (وعادة ما يكون بداخلها ماء البحر للتبريد)، وعليه يتكثف البخار إلى ماء مقطر ويتم تجميعه وخروجه كماء منتج للاستفادة منه الشكل (15-1) [51،47].

وتقنية multi flash الآن هي الأكثر استعمالاً في العالم، لكن لا يمكن أن نأخذها كأحسن ثنائية مع الطاقة الشمسية وهذا بسبب مايلي:

- تعطي تقنية multi flash نتيجة عالية تتطلب على الأقل من 30 إلى 40 طابقاً، في حين أن سعر تصنيعها مرتفع جداً خاصة من أجل الوحدات الصغيرة؛
- الطاقة اللازمة للضخ لإعادة سريان ماء البحر تكون حوالي  $(4-5kWh/m^3)$ ؛
- طريقة ينقصها الخفة والليونة [51].



الشكل(15-1): التقطير الوميضي متعدد المراحل [51].

## 1-5-7-1 طرق باستخدام طرق الأغشية:

### 1-5-7-1 التناضح العكسي:

في هذه التقنية يوضع الماء المالح على أحد جانبي غشاء نصف نفوذ، والجانب الآخر للماء العذب، والمعروف أن ينتقل الماء العذب (الأقل تركيزاً) إلى المحلول الملحي (الأكثر تركيزاً)، وذلك لإحداث التوازن أو التعديل في عملية التركيز، هذه الأخيرة تعرف بعملية التناضح أو الأسموز؛ وعليه نستطيع أن نعرف التناضح العكسي بأنها عملية فصل الماء العذب عن المحلول الملحي عن طريق غشاء نفوذ، وذلك بوضع المحلول الملحي تحت ضغط أعلى من الضغط الأسموزي (الذي قيمته تعتمد على عدة عوامل نذكر منها: تركيز الملوحة للماء المالح، نوعية الأملاح الذائبة، وعلى درجة الحرارة)، فلا يحتاج الأمر إلى تسخين أو تغيير في الشكل، بل يلزم أن يوضع المحلول الملحي تحت ضغط أعلى من الضغط الأسموزي لكي تتم عملية التناضح العكسي [51].

تتم هذه التقنية بوضع الماء المالح في حوض يفصل بينه وبين حوض ثاني غشاء نفوذ، نطبق على الماء المالح ضغطاً بواسطة مضخة ضغط خاصة، فيتسرب الماء ويتجه نحو الحوض الثاني وهكذا حتى نتحصل على ماء أقل ملوحة وبذلك نكون قد عكسنا الظاهرة التناضحية، الشكل (1-16). كما يمكن اتخاذ التناضح العكسي كثنائية من الطاقة الشمسية وهذا لعدة أسباب هي [48]:

التناضح العكسي: هو طريقة بسيطة حيث يمكن اعتباره أول طريقة للترشيح بالضغط، ويعتبر الضغط المقدار الرئيسي في وحدة التناضح العكسي وذلك لأن استهلاك الطاقة يتناسب مباشرة مع الضغط حسب العلاقة التالية:

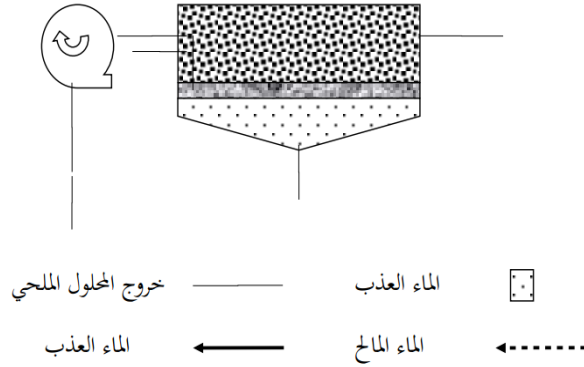
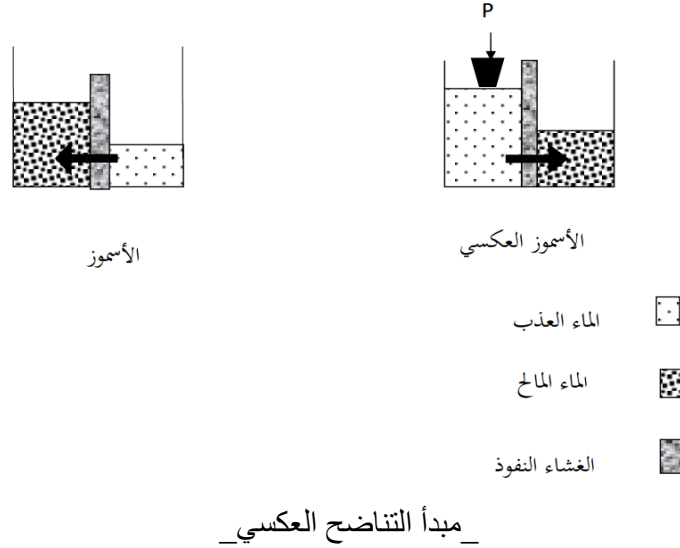
$$W = \frac{P}{36.7\eta_p Y} \quad (\text{kWh/m}^3) \quad (9-1)$$

P: الضغط (bar).

$\eta_p$ : المردود المجمع الالكتروميضحي.

Y: نسبة التحويل.

- 1 - طريقة نموذجية تسمح بالحصول على تركيبات مهمة بساعات مختلفة.
- 2 - طريقة استهلاك الطاقة فيها يمكن استرجاعها بقيم ضعيفة جداً [51].



الشكل (1-16): التقطير بالتناضح العكسي [51].

### 2-5-7-1 الفرز الغشائي الكهربائي:

تتواجد الأملاح في المحلول الملحي على صورة أيونات (أي جزيئات صغيرة من عناصر الأملاح تحمل شحنة كهربائية إما سالبة أو موجبة)، ولكن كل أيون مرتبط بالأيون الشريك بقوة جذب كهربائي، فمثلاً إذا ذابت كمية من ملح الطعام (NaCl) في الماء، تتفكك جزيئاته إلى جزيئين (أيونين) الأول هو أيون الصوديوم ( $Na^+$ )، ويكون على صورة أيون موجب ويسمى كاتيون والثاني هو الكلوريد ( $Cl^-$ )، ويكون على صورة أيون سالب ويسمى أنيون [49].

يتم فصل الأيونات كيميائياً بفعل التجاذب الكهربائي ونستعمل لذلك أغشية نفوذة للماء واختيارية حسب نوع الكهرباء المستقطبة في هذه الأغشية ونقسم الحوض إلى خمس أحواض مفصولة بأربعة أغشية مستقطبة بالتناوب (+،-،+،-).

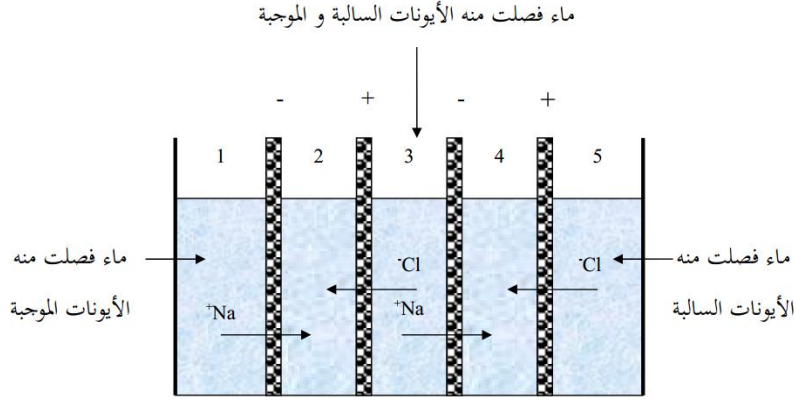
الحوض-1- به ماء فصلت منه الأيونات الموجبة.

الحوض-3- به ماء فصلت منه الأيونات السالبة والموجبة، وهو الماء الصالح للاستعمال.

الحوض-5- به ماء فصلت منه الأيونات السالبة.

يغذى الحوض 1 و5 بالماء المالح، أما الحوض -3- يستخلص منه الماء الصالح للشرب.

الشكل (1-17) [47،51].



الشكل (17-1): رسم تخطيطي لوحدة الفرز الغشائي الكهربائي [49].

### 6-7-1-1 تحلية المياه بطريقة البلورة أو التجميد:

هي عملية فصل الماء العذب عن الماء المالح أي بتغيير الطور من السائل إلى الصلب، ينتج عن ذلك ماء من بلورات ثلجية خالية من الأملاح، وإن وجدت فله يتم فصلها وذلك بغسلها لفصل الماء العالق ببلورات الثلج ثم تذاب فنحصل على الماء العذب [51].

### 8-1 خاتمة:

في هذا الفصل تمت دراسة عدة أبحاث ونتائج توصل إليها الباحثون في علم التقطير الشمسي وهي عبارة عن دراسة بيوغرافية تم بواسطتها معرفة مدى تقدم البحث العلمي في مجال المقطرات، كما يحتوي هذا الفصل على أنواع المقطرات المعروفة والمتداولة في أنحاء العالم، إضافة إلى العوامل الداخلية والخارجية المؤثرة على مردود المقطرات، و الطرق المتبعة في تحلية المياه. ولقد تم اختيار المقطر الشمسي المسطح إلى ذلك فهو غير مكلف، سهل الصيانة، وذو عمر طويل.

# الفصل الثاني

الخصائص الجغرافية لمنطقة

وادي سوف

**تمهيد:**

يتضمن هذا الفصل الخصائص الجغرافية لمنطقة وادي سوف التي لها تأثير كبير على الدراسة التي سنقوم بها، حيث تقع هذه المنطقة ضمن النطاق الصحراوي المعروف بقسوة مناخه وطول فترات الحر والجفاف فيه إضافة إلى الرياح على مدار السنة، كلها مميزات تعيق نشاط الإنسان، إلا أن الأمر لم يمنع استيطان الإنسان للمنطقة واستغلال الإمكانات البسيطة للعيش بها، والعامل الذي ساعد على هذا الاستقرار بالمنطقة هو الثروة المائية المخزونة في أعماق الطبقات الصخرية المتكونة عبر حقبة زمنية ماضية.

**1-2 الموقع الجغرافي:**

تقع منطقة وادي سوف في الجنوب الشرقي من الجزائر، وهي تنتمي إلى العرق الشرقي الكبير يحدها من الشمال إقليم الزاب (بسكرة والزرائب)، ويمتد حتى جبال الأوراس، والنمامشة، وإلى منطقة نقرين [52]. ومن جهة الشرق: الحدود التونسية عبر نفطة و حزوة، وبلدية نقرين التابعة لولاية تبسة. ومن الجنوب الحدود الليبية عبر واحات غدامس، ومن جهة الغرب: تقرت وتماسين بمنطقة ورقلة [53].

تمتد الرقعة الترابية لإقليم سوف من الجنوب إلى الشمال بين دائري عرض  $31^{\circ}$ - $34^{\circ}$  شمالاً. وبين خطي طول  $6^{\circ}$ - $8^{\circ}$  شرقاً [52].

وتقدر المسافة الرابطة بين سطيل شمالاً إلى غدامس جنوباً بحوالي: 620 km، وبين وادي ريغ غرباً إلى الحدود التونسية شرقاً بحوالي: 160 km. أما المساحة الإجمالية لوادي سوف فتقدر بحوالي: 44856.80 km<sup>2</sup>. وهي محاطة بثلاثة شطوط هي: ملغيغ، مروانة، والغرسة من جهة الشمال، وشط الجريد التونسي من الجهة الجنوبية [54].

وهذه الخصائص الجغرافية جعلت منطقة وادي سوف تتمتع بموقع استراتيجي متميز لأنها تجاور دولتي تونس وليبيا، كما أنها محاطة بخمسة ولايات هي:

- ❖ الشمال: ولاية تبسة، خنشلة و بسكرة.
- ❖ الجنوب: ولاية ورقلة.
- ❖ الشرق: الحدود التونسية.
- ❖ الغرب: ورقلة و بسكرة.

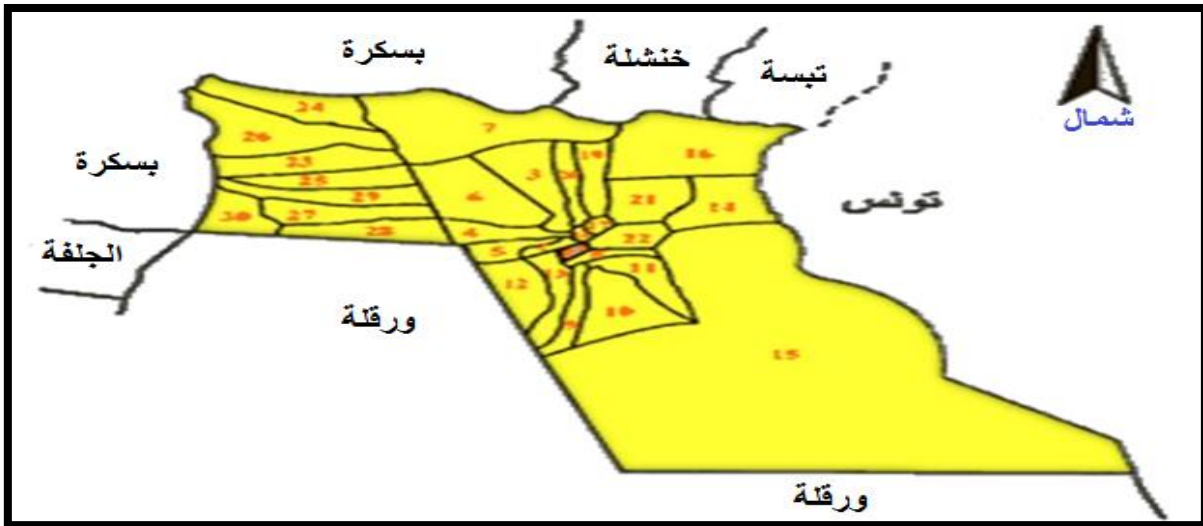
وهذا الموقع المتميز أكسب المنطقة أهمية تجارية وتاريخية [54].

**2-2 الموقع الإداري:**

انبثقت ولاية واد سوف من التقسيم الإداري لسنة 1984م وهي إحدى ولايات الجنوب تضم 12 دائرة و 30 بلدية وتنقسم ولاية الوادي إلى واديين مختلفين:

- **منطقة وادي سوف:** تقع وسط العرق الشرقي وتضم 22 بلدية.
- **منطقة وادي ريغ:** تقع في الأراضي المنبسطة وتضم 8 بلديات.

وبقي التقسيم ساري المفعول للوقت الحاضر دون تغيير.



الشكل (1-2): الموقع الجغرافي لمنطقة الوادي.

## 3-2 أصل التسمية:

من الملاحظ أن التسمية مركبة من كلمتين - وادي - و- سوف -

- **وادي:** يقصد بها وادي الماء الذي كان يجري في الزمن الغابر وغار داخل الأرض لعدة أسباب، ويقال أن منبعه من الجهة الشرقية الشمالية من جهة الأوراس صوب جهة الشطوط والعرق الشرقي في الجنوب كما يعتقد أن منبعه الأول هو جبل مجور بالقرب من نقرين التابعة لولاية تبسة وأن مجراه الأعلى يعرف بعيون النازية وقد سماه العدواني قديما - غديرة النيل - وقد سمته الطرود وادي الجردانية في مجراه الأدنى وفي ذلك إشارة إلى طبيعة المنطقة التي كانت قاحلة جرداء [55].
- **سوف:** معناها النهر المائي فالأساطير القديمة تطلق هذه الكلمة على نهر كان يجري بالمنطقة من الشمال نحو الجنوب ويدعى - واد أزوف - أي النهر الرقراق الذي كان يجري بالمنطقة ثم غار في الأعماق فبتغير اسمه إلى وادي سوف كما أن سوف تعني في لغة زناتة البربرية النهر وعندما نقارن هذه الكلمة مع الكلمات البربرية القديمة - Isouf- و- asouf - والتي تعني البربرية في الحديثة - أسيف - نجدها توافق معنى - الواد - أو بمعنى أشمل - النهر - وتلتقي أيضا مع اللهجة التارقية في - le soufmellon - وتعني النهر الأبيض ويعتبر كتاب طبقات المشايخ للدريجينيا لابي المصطفى سنة 670 هـ أقدم مصدر ذكر سوف بدون ألف فيكون ظهوره في حدود القرن 13 م أي حوالي سنة 1271 م [55].

## 4-2 الخصائص الطبيعية:

### 1-4-2 طبيعة الأرض:

تغطي الرمال معظم أراضي وادي سوف مشكلة ما يقارب ثلاثة أرباع المساحة الاجمالية. ومن مظاهرها الكثبان الرملية التي تسمى عند العامة "السيوف"، وعندما تكون شديدة العلو، يطلق عليها اسم "الغرود". وتسود في بعض المناطق الأخرى حمداً أرضية تشكل طبقات حجرية متنوعة منها: "الترشة" ويصنع منها الجبس. و"اللوس" وهي حجارة صلبة تستعمل في البناء. وهناك أنواع أخرى مختلفة مثل: "الصلصالة"، و"التافزة" وغيرهما [54].

أما الماء في أرض سوف الصحراوية، والذي يعد العنصر الأكثر أهمية بالنسبة لحياة الإنسان والمواشي والنبات، فإن أهم ميزة له المياه الجوفية المتحركة في باطن الأرض، والتي كان لها الدور الأساسي في حياة



الشكل (2-2): ولاية الوادي الطوبوغرافية [56].

## 2-6-2 صفة أرضها:

هناك عدة أنواع من الأتربة التي تتميز بها المنطقة وتنشأ بها الغيطان، - والتي عادة ما تتكون من تكوينات جبسية تستصلح قبل زراعتها، كما يمكن للإنسان أن يحفر هذه الغيطان، والتي يصل ارتفاعها إلى 5m فوق سطح البحر- وأهم هذه الأتربة [58]:

### 2-6-2-1 الصحن:

هو المساحة الشاسعة من الأرض تكون طبيعتها أرضها خشنة في العموم أي أن حبيبات الرمل متنوعة من الدقيقة إلى الحصى والحجارة وعموما ما تكون هذه الأرض تحتها طبقات من اللوس، فبعد إزاحة الرمل العلوي قلع واستخراج اللوس واستعماله في البناء أو تثبيت الرمال في مناطق أخرى، تكون تلك الحفرة هي أساس الغوط في الصحن. وعادة ما تكون قريبة من البلاد [59].

### 2-6-2-2 الحرة:

هي المناطق التي لا تحتوي أرضها على طبقات اللوس، وعادة ما تكون تربتها رمالا متوازنة الحبيبات، قريبة من الماء وغالبا ما يكون هذا الماء عذبا، وهي عبارة عن مجرى الوادي الذي ردم بالرمال، وعادة ما تكون بعيدة عن البلاد [59].

### 2-6-2-3 السبخة:

وهي أرض مياهها مالحة لا تصلح تربتها لغرس كل أنواع التمور، وإن صلحت لن تأتي بأنواع جيدة عكس نخيل الحرة التي مياهها حلوة، والسبخة تكون بين الصحن والحرة [59].



الشكل (2-3): الصحن و الحرة والسبخة.

## 2-7 الخصائص المناخية:

بحكم الطابع الصحراوي لمنطقة وادي سوف، فإن المناخ السائد فيها هو المناخ الصحراوي القاري الذي يتميز بشدة الحرارة صيفاً، وشدة البرودة شتاءً لجفافه ففي بعض أيام الصيف قد تتعدى درجة الحرارة  $50^{\circ}\text{C}$  وفي بعض ليالي الشتاء تنخفض إلى مادون الصفر.

والرياح تعرف بحسب مصدرها واتجاهاتها، وتأثيرها على الطقس، ومنها: "الشهيلي" الذي يأتي من جهة الجنوب ويتميز بشدة حرارته وجفافه. أما "البحري" فهو ريح رطب يغشى الإقليم ببرودة منعشة ويهب من الجهة الشرقية و بالتحديد من خليج قابس بتونس [55].

وهناك أنواع أخرى من الرياح "كالغربي" و"الظهراوي" وهي رياح قوية تثير في الغالب زوابع رملية مزعجة [53].

أما الأمطار في إقليم سوف، فهي - على العموم - نادرة بسبب بعد المنطقة عن البحار، فقد تهطل شتاءً في بعض الجهات دون غيرها، وقد تهطل فيها جميعاً ولكن ذلك نادر. وقد يكون هطولها في الخريف أو أوائل الربيع [52].

كل المعطيات المتعلقة بالمناخ (درجة الحرارة، الأمطار، التبخر، الرطوبة...) تحصلنا عليها من محطة الأحوال الجوية بمطار قمار وهي ملخصة كما يلي:

### 2-7-1 درجة الحرارة:

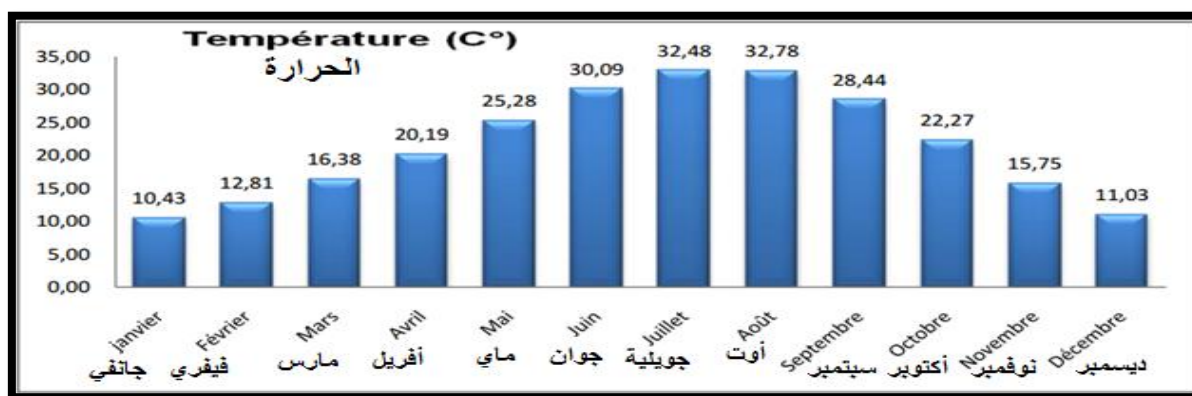
نظراً لطبيعة المنطقة الصحراوية، فإن للحرارة أهمية بالغة كونها من أهم العناصر التي تلعب دور المحدد للنشاط الفلاحي للمنطقة خاصة إذا ما تعلق الأمر بزراعة النخيل.

الجدول (1-2): المعدل الشهري لمختلف العوامل المناخية (1978-2017) [63].

Vent (m/s) الرياح	Humidité (%) الرطوبة	Evaporation (mm) التبخر	Précipitations (mm) التساقط	Temperature الحرارة			Paramètre العامل
				الحرارة الوسطى $T_{\text{moy}}^{\circ}\text{C}$	الحرارة القصوى $T_{\text{max}}^{\circ}\text{C}$	الحرارة الدنيا $T_{\text{min}}^{\circ}\text{C}$	
83.1	87.64	30.80	83.12	43.10	13.7	8.5	الأشهر Mois جانفي
34.2	22.56	10.93	93.6	81.12	15.6	10.8	فيفري
85.2	49.49	70.167	97.12	38.16	18.9	10.25	مارس

08.3	43.43	00.203	90.7	19.20	29.9	10.9	أفريل
07.3	50.38	50.288	14.4	28.25	28.7	00.22	ماي
92.2	74.34	70.337	84.1	09.30	39.3	20.3	جوان
45.2	90.31	50.361	18.0	84.32	35.8	27.4	جويلية
17.2	63.34	30.321	71.1	78.32	34.7	30.8	أوت
20.2	93.46	20.184	94.5	44.28	31.8	26.2	سبتمبر
69.1	72.52	80.144	35.6	27.22	24.8	18.6	أكتوبر
60.1	04.60	20.105	86.7	75.15	25.1	12.4	نوفمبر
56.1	81.66	30.87	13.7	03.11	00.14	8.5	ديسمبر
2.31	48.36	2374.60 cumulé	75.78 cumulé	12.25	26.02	17.22	المتوسط

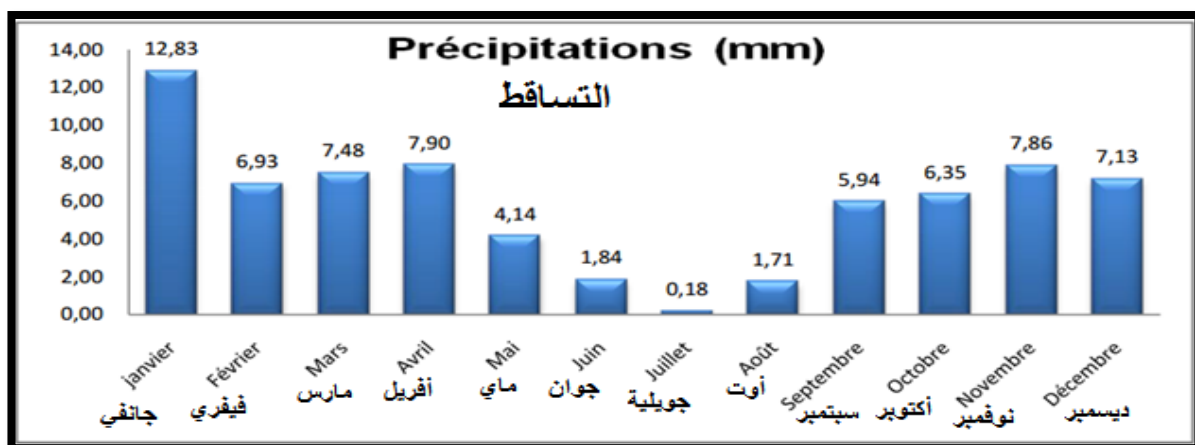
كما يبين الجدول (1-2) التغيرات الشهرية لدرجات الحرارة للفترة (1978-2017)، إن أقصى قيمة تسجل في شهر جوان  $39.8^{\circ}\text{C}$  وأدنى قيمة تسجل في شهري ديسمبر وجانفي  $8.5^{\circ}\text{C}$  الشكل (2-4).



الشكل (2-4): التغيرات الشهرية لدرجة الحرارة (1978-2017).

## 2-7-2 التساقط:

من خلال الجدول (1-2) تم ملاحظة أن أكبر نسبة للتساقط سجلت في شهر جانفي قدرت بـ  $12.83\text{mm}$ ، كما سجلت أضعف قيمة في شهر جويلية و قدرت بـ  $0.86\text{mm}$ ، أما التساقط يقدر بحوالي  $75.78\text{mm}$ ، وهي قيمة ضعيفة بمنطقة فيها نسبة تبخر عالية جدا (متوسط التبخر لفترة 35 سنة من 1978 إلى 2013 قدر بـ  $87.3\text{mm}$  لشهر ديسمبر) الشكل (2-5).



الشكل (2-5): التغيرات الشهرية للتساقط (1978-2017).

### 3-7-2 التبخر:

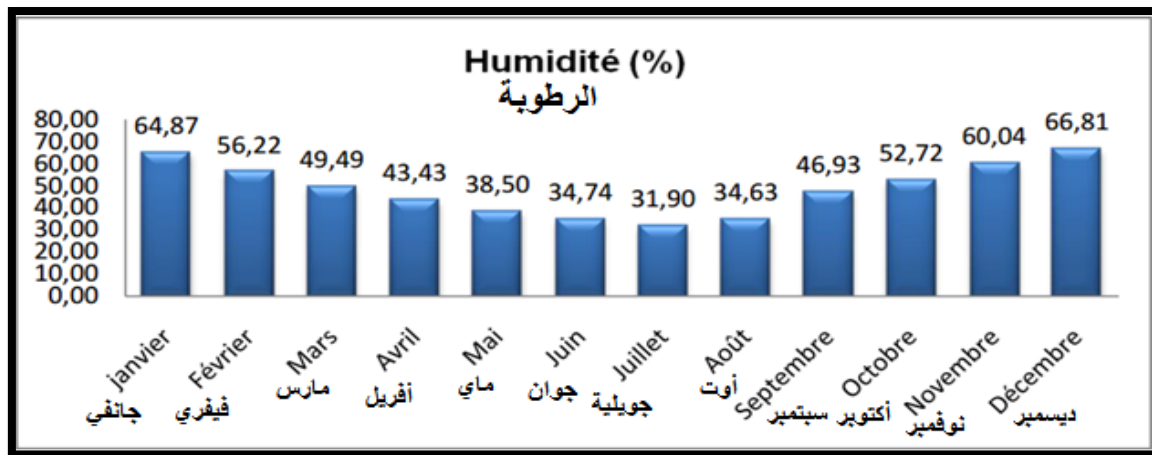
التبخر هو ظاهرة فيزيائية يحول فيها الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية ، و يتناسب في الحقيقة ارتفاع معدلات التبخر طردا مع ارتفاع درجة الحرارة، حيث سجل عامل التبخر في السنوات الأخيرة قيم مهمة محصورة بين (250mm - 300mm) ، يمكن تفسير هذه القيم بما يلي: شدة الحرارة وكثرة التساقط، حيث عرف هذان العاملان زيادة هامة دون أن ننسى تأثيرهما على الغطاء النباتي، الشكل (2-6) يمثل التغيرات الشهرية للتبخر.



الشكل (2-6): التغيرات الشهرية للتبخر (1978-2017).

### 4-7-2 الرطوبة:

ترتبط الرطوبة بدرجة الحرارة ووجود المسطحات المائية وتختلف باختلاف فصول المنطقة. من خلال الجدول رقم (1) نستطيع القول أن إقليم وادي سوف يعرف ستة أشهر رطبة تبدأ من شهر أكتوبر حتى شهر مارس تتعدى فيها نسبة الرطوبة 50% سجلت أقصى حد في شهر ديسمبر بنسبة 66.81% كما هو موضح في الشكل (2-7).



الشكل (7-2): التغيرات الشهرية للرطوبة (1978-2017).

## 5-7-2 الرياح:

حسب محطة الأرصاد الجوية بقمار اتجاه الرياح شرق - شمال شرق وهي المسيطرة تليها رياح ذات درجة أقل لها اتجاه جنوب - غرب تمتاز بارتفاع درجة حرارتها تسمى محليا بـ **الشهيلي**.

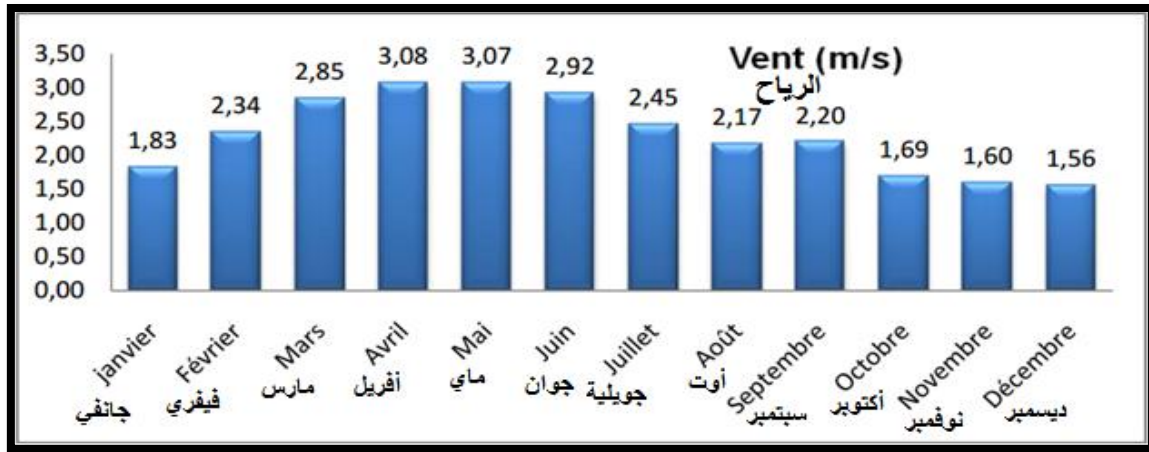
وفي فصل الربيع تكون الرياح قوية محملة بكميات كبيرة من الرمال تعطي لون أصفر فاقع للسماء، قد تدوم أحيانا ثلاثة أيام متتالية تصل سرعتها إلى أكثر من 50km/h.

نظرا لطبوغرافية الإقليم الذي تسيطر عليه الكثبان الرملية فهذه الرياح تعمل على تشكيل الكثبان والسيوف وتنقلها من مكان إلى آخر.

نميز ثلاث أنواع من الرياح بالمنطقة:

- **الظهراوي:** رياح تهب في فصل الربيع بالاتجاه شمال- غرب لها سرعة كبيرة تتراوح بين ( 16km/h - 13km/h)، لها تأثير سلبي على حركة المرور، كما تغمر الغيطان بالرمال [56].
- **الشهيلي:** رياح تهب في فصل الصيف تأتي من الجنوب، يكون هوائها حار، تؤدي لرفع درجة الحرارة مما يؤثر سلبا على الزراعات لكونها تسرع من عمليتي **التبخّر والنتح** و تتراوح سرعتها بين ( 17km/h - 10km/h) [56].
- **البحري:** رياح تهب في فصل الخريف بالاتجاه شرق- غرب، يكون هوائها محمل بدرجة معتبرة من الرطوبة، وتتراوح سرعتها بين (11km/h - 10km/h) [56].

الجدول (1-2): يمثل سرعة الرياح واتجاهها.



الشكل (8-2): التغيرات الشهرية للرطوبة (1978-2017).

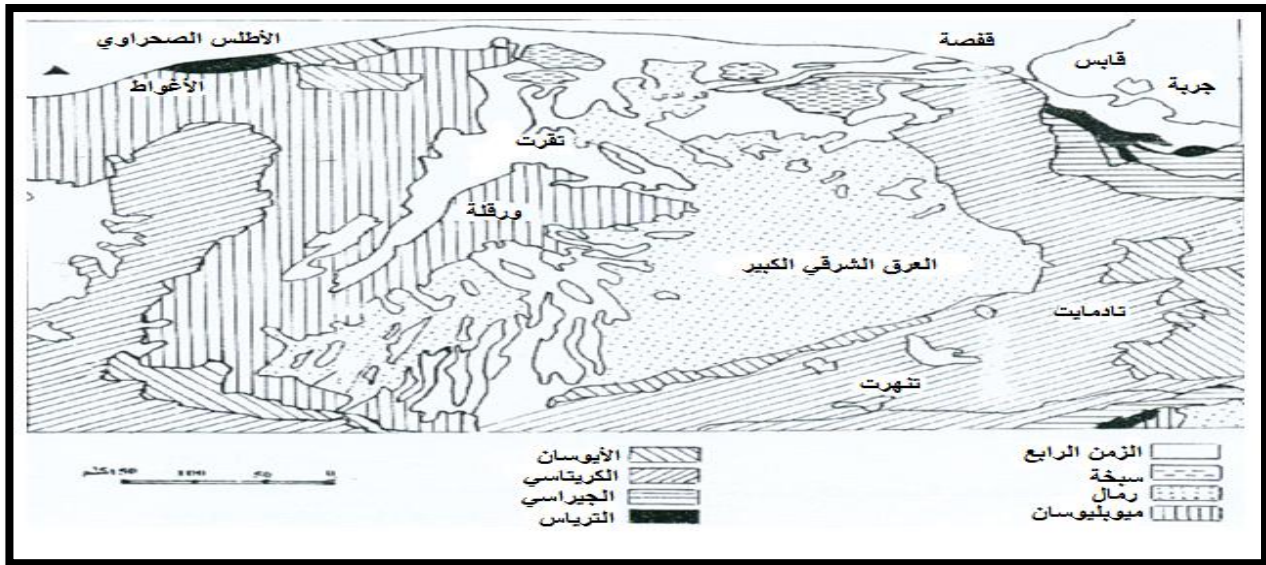
## 8-2 الدراسة الجيولوجية والهيدروجيولوجية للمنطقة:

تهدف الدراسة الجيولوجية والهيدروجيولوجية للمنطقة إلى معرفة هيكل طبقات الأرض والطبقات المائية المشكلة لمنطقة واد سوف ونوعية المياه التي تتمتع بها المنطقة [59].

### 1-8-2 الدراسة الجيولوجية:

عموما لا توجد دراسة جيولوجية حديثة شاملة ودقيقة متاحة لدينا، باستثناء أعمال التنقيب التي تعطي نظرة على مختلف التكوينات عبر مختلف الطبقات، وكذا دراسة اليونسكو عام 1972 م، وعموما تقع الصحراء المنخفضة ضمن حوض رسوبي شاسع يحده من الشمال الاطلس الصحراوي، ومن الجنوب الفالق الصحراوي تنهرت، وشرقا نجد تكشفتالكريتاسي بجمال الظهر التونسية، وغربا مرتفعات ميزاب، وتتطور الأشكال جيولوجيا من الجنوب نحو الشمال، حيث تكوينات الميولبوسان، وفي الجزء الأعلى لواد ريغ نجد تكوينات الزمن الرابع القديم، المتكونة من حبيبات جبسية كلسية مغطاة بتشكيلات رملية، بينما في العرق نجد رواسب رملية مع بعض الرواسب الطينية، ويوجد في قاعدة الحوض تكوينات بحرية تجري بداخلها مياه مالحة، تشكل السماط الملحي [56، 58، 59].

وطبقات من الزمن الكربوني التي تعلوها تكوينات الزمن الثاني، حيث يصل ارتفاعها إلى مئات الأمتار، وتظهر على الحوض كل التكشفتات من الزمن الكمبري حتى الزمن الثالث، وكل هذه التكشفتات مغمورة برمال العرق الشرقي الكبير. حيث تظهر لنا أن المنطقة مغطاة كلها بتكوينات الزمن الرابع، ولكن هذه المياه تختفي عند الاقتراب من الشطوط ليحل محلها تكوينات دقيقة وقشرة جبسية، وهذه هي مختلف الطبقات الصخرية لمختلف الأزمنة الجيولوجية. الخريطة (9-2) [56، 58، 59].

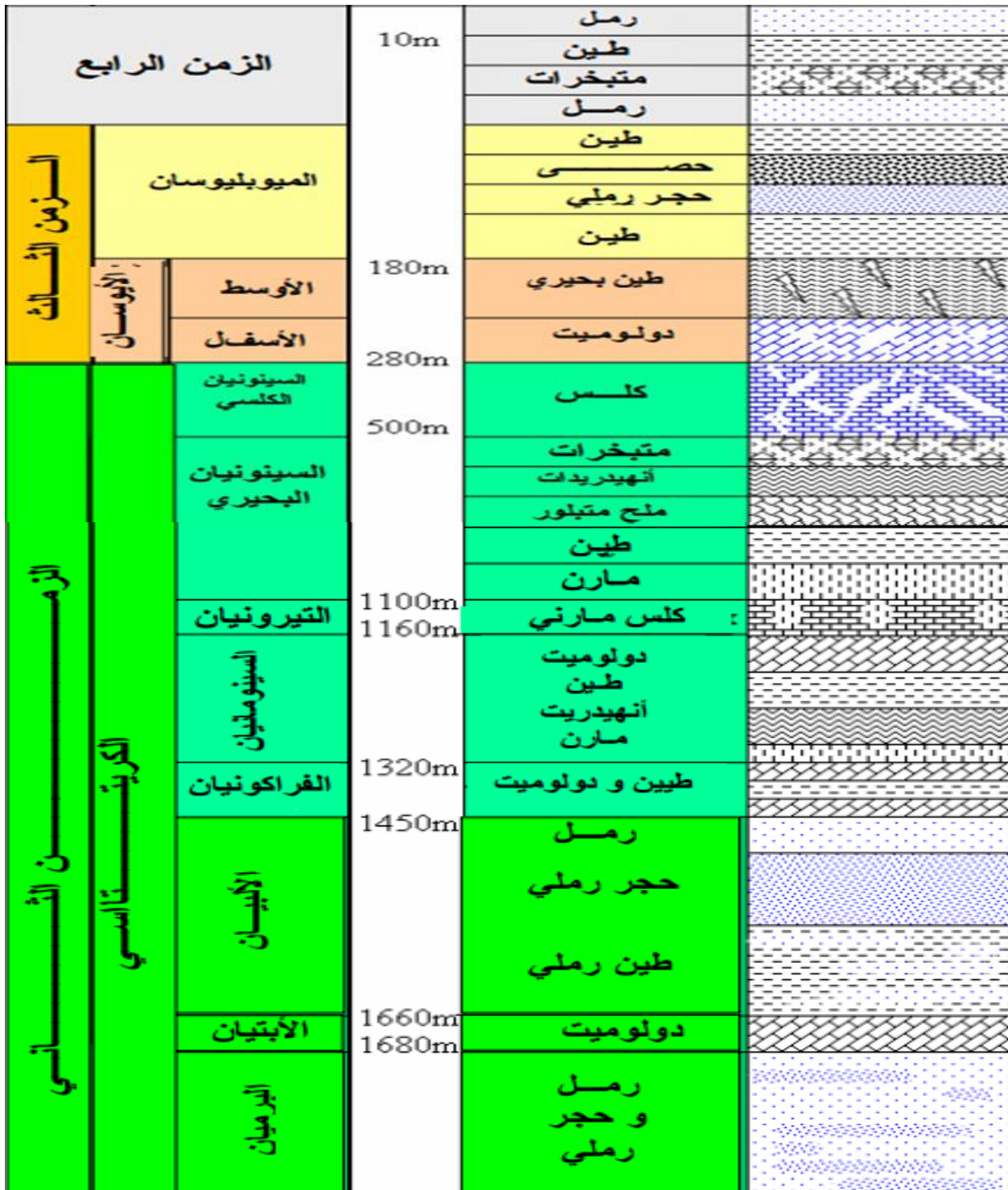


الشكل (2-9): مكاشف الطبقات الجيولوجية بالصحراء المنخفضة [64].

من خلال الخريطة ( 2-9 ) يتبين تكوين كل من الزمنين الجيولوجيين الثالث والرابع، بينما تكوين الزمن الجيولوجي الثاني يتم تسجيله من خلال التقنيات التي أجريت في المنطقة في مختلف الطبقات المائية العميقة وعمليات استكشاف البترول، والحقيقة أنه بفضل هذه التقنيات تم التعرف على التركيب الصخري للمنطقة بشكل مفصل ودقيق [59].

### 2-1-8-1 التركيب الصخري:

من خلال التقنيات المنجزة تم إيجاد مختلف التكوينات الجيولوجية، بداية بالزمن الجيولوجي الثاني وصولاً إلى الزمن الرابع. وهذا ما يوضحه الشكل (2-10) [56].



الشكل (10-2): الوحدة الستراتغرافية لإقليم الدراسة [64].

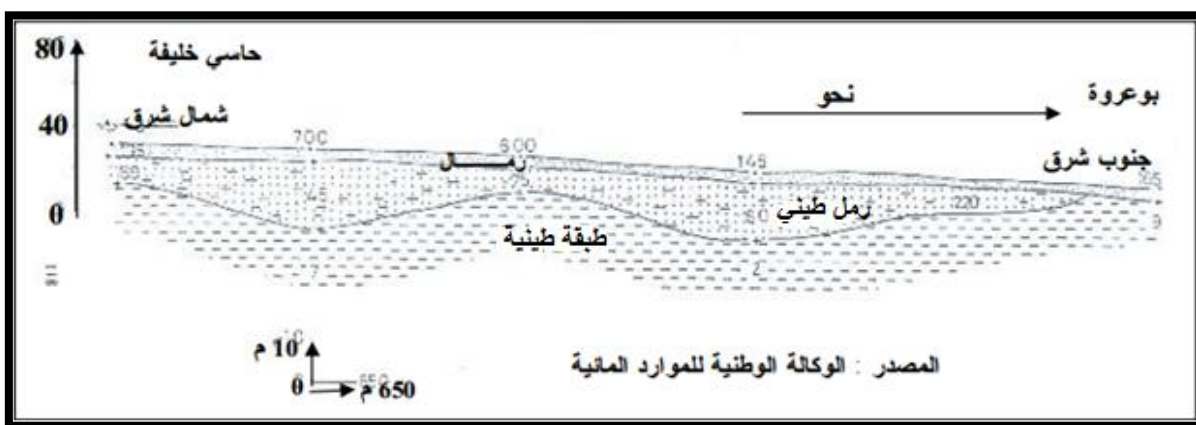
من خلال الشكل (10-2) الذي يبين الوحدة الستراتغرافية لإقليم الدراسة، يتبين بوضوح مختلف التشكيلات الصخرية التي يمكن أن نستفيد منها في تحديد الطبقات التي يمكن أن تشكل أسمطة مائية، كما نلاحظ أن الطبقة الطينية القريبة من رمال السطح تعد شكلا من أشكال حساسية المنطقة لأنها تمنع المياه من التسرب وكذا الصخور الكربونانية المتسببة بالملوحة التي يعود تكوينها إلى الفترات الممطرة في الزمن الرابع، ومن أشكال الحساسية أيضا نوعية المياه المالحة التي يعود السبب في ملوحتها إلى نوعية الصخور، وذلك يتجلى من خلال الوحدة الستراتغرافية [56، 58، 59].

## 2-1-8-2 تكوينات الزمن الجيولوجي الرابع:

تكوينات الزمن الجيولوجي الرابع عموماً تغطي معظم نطاق الدراسة، بل أن التشكيلات الحطامية للزمن الرابع تغطي كل المناطق الوسطى للحوض الشرقي الصحراوي باستثناء حاسي مسعود، وقد تم تسجيل تكوينات قارية ترسبت في الحوض الشرقي للصحراء الشرقية الجزائرية، حيث كشفت مختلف الدراسات من قبل الوكالة الوطنية للموارد المائية ومختلف مكاتب الدراسات الأجنبية والوطنية التمييز بين تكوينات ونواتج الزمن الجيولوجي الرابع الحديث والزمن الرابع القديم [60].

## 1-2-1-8-2 الزمن الرابع القديم:

لمعرفة التكوينات الموجودة فقد تم الاعتماد على مقطع من التربة، كما هو موضح في الشكل (11-2) والتكوينات كالتالي [60]:



الشكل (11-2): مقطع جيولوجي في الطبقات السطحية بإقليم وادي سوف.

من خلال الشكل (11-2) يتبين أن التشكيلات السطحية للزمن الرابع، تتكون من الطين والجبس والرمل.

### • الطبقة الرملية:

وهي التي تشكل السطاط السطحي يتراوح سمكها بين (50m-120m)، وتتميز بمجموعة من التكوينات القارية أهمها:

- ✓ الرمل الحديدي: يوجد على عمق يفوق 2m، وهو صخر متداخل البنية.
- ✓ الرمل الأبيض الصفاحي (التافزا): يعتبر مادة أولية يستخرج منها الجبس، سمكها في حدود 30cm، توجد على عمق يتراوح بين (1.5m-2m)، كما يتميز هذا الرمل بنفاذية عالية [58].

### • الصلصال:

يوجد في شكل صفائح صلبة، يتكون من بلورات حديدية متداخلة ورقيقة، وهو ذو سمك ضعيف ودرجة تماسك عالية [58].

• الجبس:

هو عبارة عن مادة أساسية للبناء كونه عازل جيد للحرارة و له معامل ناقلية ضعيف، سمكه في حدود 60cm[58].

• اللوس:

يعرف باسم ورده الرمال، يتكون من الجبس والرمل في شكل بلورات حديدية متداخلة وصلبة، كما يستعمل في البناء يصل سمكه إلى أكثر من 10cm[58].

**2-2-1-8-2 الزمن الرابع الحديث:**

على مستوى هذه الفترة تم إيجاد أنه قد تم تكوين أتربة صحراوية هيكلية هي أساسا:

• العروق:

هي عبارة عن مساحات شاسعة من الرمال [58].

**2-3-1-8-2 تكوينات الزمن الجيولوجي الثالث:**

تم التعرف على هذه التشكيلات بواسطة المقاطع الجيولوجية بين مختلف التنقيبات الموجودة في المنطقة حيث تم تسجيل عدة عصور من تكوينات الزمن الثالث بداية بـ:

**2-3-1-8-2 الأيوسان:**

يتكون من جزئين :

الجزء السفلي يتكون من الرمل والطين الكربوناتي، أما الجزء العلوي فيتكون من الطين البحري، وهو عبارة عن طبقة غير نفوذة، يتراوح سمكه بين [59](200m-150m).

**2-3-1-8-2 الميوبليوسان:**

يتميز الميوبليوسان بتموضعه في بعض المناطق على الكريتاسي السفلي، أو التيرونيان، أو فوق السيومانيان، وفي بعض المناطق الأخرى نجده فوق طبقة المركب النهائي CT. كما يتكون الميوبليوسان من عدة مستويات مختلفة:

- مستوى طيني.
- مستوى الحجر الرملي.
- مستوى الطين الجبسي.
- المستوى الرملي [59].

وتجدر الإشارة هنا إلى أن المستوى الأول والرابع يشكلان السماط الرملي للمركب النهائي CT.

**2-8-1-4 تكوينات الزمن الجيولوجي الثاني:**

وتتمثل في تكوينات الكريتاسي السفلي وهي:

**2 4 1 8 2 الألبان:**

يتكون من طبقات المارن والحجر الرملي، بالإضافة إلى طبقات من السيليس والطين، تنتهي هذه الطبقة عند سقف طبقة الأبتيان، بينما نهايتها العليا تتكون من طبقات كتيمة، يصل عمقها في بعض المناطق إلى 200m كما يتراوح سمكها بين (150m-200m) [59].

**2-4-1-8-2 الأبتيان:**

يتشكل من تكوينات دولوميتية مارنية سمكه لا يتعدى [59] 30cm.

**2 4 1 8 2 السينومانيان:**

نميز نوعان من السينومانيان

- السينومانيان البحري:

يتكون أساسا من الكلس الدولومتي والطين سمكه في حدود [59] 150cm.

- السينومانيان الكلسي:

يتكون من تشكيلات الدولوميت الممزوج بالمارن الطيني سمكه في حدود [59] 300m.

**2-8-2 هيدروولوجية المنطقة:**

بعد التحليل الهيدروولوجي تبين وجود ثلاثة اسمطة مائية :

- ❖ الطبقة المائية السطحية أو الحرة.
- ❖ الطبقة المائية الموافقة للمركب النهائي CT.
- ❖ الطبقة المائية المتوافقة مع القاري المتداخل (طبقة محصورة).

**1-2-8-2 الطبقة المائية السطحية:**

ويسمى كذلك بالسماط السطحي الحر، متواجد على كامل واحات سوف يتوافق أساسا مع الجزء العلوي للتكوينات القارية المتوضعة بنهاية الزمن الرابع، كما أن اتجاه صرفه الجوفي العام من الجنوب الشرقي نحو الشمال أين نجد الشطوط، وأهم مصادر هذا السماط مياه السقي ومياه الصرف الزراعي والصحي، ومياه الأمطار الغزيرة بنسبة قليلة، يمكن الوصول إليه على عمق يتراوح بين [59،58،56(40m-10m)].

## 2-2-8-2 الطبقة المائية الموافقة للمركب النهائي CT :

يتشكل نظام الطبقة المائية للمركب النهائي من ثلاثة أسمطة رئيسية وهي :

**السماط الأول CT1:** يتكون من الرمل والطين، ويتميز بمياه مالحة نسبياً، يتراوح عمقها بين (70m-10m)، ويعود تكونه إلى عصر البليوسين، وفي المدة الأخيرة قلت كثيراً التنقيبات في هذا السماط، خاصة في واد ريغ، بل قد أشرفت مديرية الري على سد العديد من الآبار في هذا السماط، وذلك بسبب زيادة معدلات صرف الاستهلاك، حتى نزل المستوى البيزومتري لهذا السماط بعدة أمتار حسب ANRH.

**السماط الثاني CT2:** هذا السماط هو الأكثر استغلال في منطقة واد سوف، حيث يستعمل في السقي على وجه الخصوص، ويتغير عمق هذا السماط من 140m إلى 280m، ويعود زمن تشكله إلى زمن الميوسان [58].



الشكل (2-12): التطورات الممكنة للماء في منطقة وادي سوف.

**السماط الثالث CT3:** هذا السماط غير مستغل في منطقة الوادي، يتكون هذا السماط من الكلس، و يعود تشكله إلى الأيوسين الأسفل، وهو ذو مياه مالحة نوعاً ما [58].

بعد التحاليل الفيزيوكيميائية لأسمطة المركب النهائي، تبين أن نسبة الأملاح في الأسمطة تتحكم فيها عوامل عدة، من بينها درجة الحرارة، حيث يوجد مجموعة من العناصر تزداد قابلية ذوبانها عند ارتفاع درجة حرارة المياه، مثل كبريتات الصوديوم و كلوريد الكالسيوم ... حيث يتأثر ذوبان الأملاح أيضاً، بنسبة غاز ثاني أكسيد الكربون إذ يتناسب ذوبان الأملاح طرداً مع نسبة  $CO_2$ ، كما يتأثر ذوبان الأملاح بالأس الهيدروجيني أيضاً، ولكن هذا التناسب عكسي، فكلما مال الـ PH المحلول الحمضي كلما زاد ذوبان كربونات الكالسيوم، وهذا عند درجات الحرارة العالية، وعند تزايد تركيز محلول التربة ووصوله حد الإشباع بالنسبة لبعض الأملاح، فإن هذه الأملاح تترسب بشكل بلورات ملحية، تتكون من ملح واحد أو مجموعة من الأملاح [58].

### 2-8-2 الطبقة المائية المتوافقة مع القاري المتداخل (طبقة محصورة):

وهو السماط الألبى يتراوح عمقه بين (1400m-1800m)، وهو مصدر المياه الارتوازية (الجوفية) لحوض الصحراء الشمالية. ويصل تدفق هذا السماط إلى 250l/s، لكن مياهه تتميز بسخونة شديدة تتراوح بين (40C°- 60C°)، مما يستدعي توفير إمكانيات للتبريد قبل توجيهها للسقي والشرب [56].

### 2-9 الخصائص الفيزيوكيميائية للماء:

#### 2-9-1 الخصائص الفيزيائية:

• **اللون:** حيث أن الماء لا لون له إلى درجة صفائه وشفافيته فالماء النقي لا لون له وشفاف ، وسبب تلوث الماء هو وجود المواد العضوية وغير العضوية على شكل مذاب أو معلق ، إضافة إلى ذلك العمليات الصناعية التي تنتج مخلفات ومواد ذائبة أو معلقة تؤثر في لون الماء [61].

إن اللون الناتج من المواد العالقة أو من انعكاس القاع أو السماء مثلاً: يسمى اللون الظاهري أما اللون الحقيقي فيكون ناتج من المواد المذابة فيه [61].

• **الطعم والرائحة:** هناك علاقة وثيقة بين جانبي الذوق والشم، حيث أن المادة التي تسبب رائحة معينة في الماء غالباً ما تؤدي إلى طعم معين ولكن هناك مواد معدنية تسبب طعماً دون رائحة [58].

تكون المياه النقية (غير الملوثة) عديمة الطعم والرائحة، فمن مسببات الرائحة والطعم في الماء وجود بعض المواد العضوية وغير العضوية أو الكائنات الحية الدقيقة مثل: الطحالب البكتيريا، وإذا احتوت المياه على كبريتيد الهيدروجين يصبح لها رائحة البيض الفاسد [56].

• **المواد الصلبة:** هي إحدى ملوثات الماء الرئيسية عند زيادة درجة تراكيزها في الماء فيصبح غير صالح للاستعمال المنزلي وقد تكون المواد سامة أو مسرطنة وهذه المواد ليس لها تركيز كيميائي معين لأنها تعتمد على طبيعة الفضلات المنزلية والصناعية [59].

✓ **تقسيم المواد الصلبة في الماء:**

تنقسم المواد الصلبة في الماء إلى نوعين:

- المواد العضوية: مثل: مركبات عضوية ناتجة من خلال تحلل النباتات.
- المواد غير العضوية: مثل: الفلزات والمعادن.
- المواد الصلبة الذائبة
- المواد الصلبة العالقة [61].

• **درجة الملوحة:** عامل هام لذوبان المواد الصلبة والغازات في الماء خصوصاً غاز الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون [61].

إن زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى نقصان ذوبان غاز الأوكسجين ومن ثم استنزافه من الماء والذي يؤدي إلى موت الكائنات الحية المائية حيث تزيد من عملية أكسدة المواد العضوية وتحللها [61].

• **العكارة:** خاصية ضوئية للماء ناتجة من تشتت الضوء وامتصاصه بواسطة المواد العالقة كالطين والكائنات الحية الدقيقة [61].

- **درجة الحرارة:** يفضل معظم الناس مياه الشرب التي تكون باردة بصورة منتظمة والتي لا تتذبذب درجتها إلا في مستوى محدود تستوفي المياه الجوفية من المناطق الجبلية هذه الموصفات والمياه التي تتراوح درجة حرارتها 10 درجات مئوية و 15 درجة مئوية، 50 و 60 درجة مئوية هي أكثر المياه استساغة [61].
  - **الكثافة:** تعرف كثافة المائع بأنها كتلة وحدة الحجم من هذه المادة وتقاس بوحدة  $\rho = \frac{P}{gK}$  وتتأثر كثافة أي سائل بدرجة الحرارة، فعلى سبيل المثال تكون كثافة الماء  $1000 \text{ Kg/m}^3$  عند درجة حرارة  $4^\circ\text{C}$  أو  $1 \text{ cm}^3/\text{mg}$  [61].
  - **الدليل الهيدروجيني pH:** الماء سائل معتدل كيميائياً إذ أن درجة الحموضة أو القاعدية فيه هي 7 وهذا يعني أنه لا يمكن اعتبار الماء مادة حمضية أو قاعدية، لأنها مادة معتدلة كيميائياً [61].
  - **الناقلية الكهربائية:** وتعرف بأنها ناقلية عمود الماء محصور بين قطبين مكونين من صفيحتين طول كل صفيحة  $1 \text{ cm}$  ومقطعها العرضي  $1 \text{ cm}^2$  [61].
- تحقوي المياه الطبيعية على تراكيز معينة من الأملاح الشاردية وبالتالي فهي التي تتسبب في الناقلية الكهربائية، والماء النقي خالي من الأملاح فهو معدوم الناقلية، والناقلية الكهربائية لها علاقة بالملوحة والمواد الصلبة المذابة [61].

## 2-9-2 الخصائص الكيميائية:

- تكمن أهمية هذه الخصائص في علاقتها بلذابة المواد الأخرى وتحدد هذه الخصائص بإجراء فحوصات للمياه ومنها:
- **الحموضة:** وتعرف حموضة المياه بقدرتها على أن تبطل الطعم والقلوية فيها وهي تطلق أيونات هيدروجينية أثناء التفاعلات الكيميائية وتدخل الحموضة للمياه عن طريق الأحماض الصناعية بالدرجة الأولى [61].
- غير أن بعض المياه الجوفية تكتسب حموضتها عن طريق ثاني أكسيد الكربون ومن أضرار الحموضة في الماء أنها سبب في تكون الصداء أو تآكل الأنابيب [61].
- **القلوية:** القلوية عكس الحموضة في الماء وتعرف بأنها تستقبل أيونات الهيدروجين في التفاعلات الكيميائية وهي ثلاثة أنواع:
- \*كربونات \* كربونات \* هيدروكسيدات [61].
- وتقاس كلا من الحموضة والقلوية للمحاليل عن طريق المعايرة ووحدة التركيز المستعملة هي كما في المحاليل وهي  $\text{mg/l}$  [61].
- **العسرة:** يعرف الماء العسر بأنه ماء لا يمتزج فيه البقوليات وتولد العسرة رواسب معدنية على أنابيب الماء الساخن و تختلف عسرة الماء من مكان لآخر نتيجة اختلاف التربة وتركيب الصخور حيث أن المياه السطحية هي أقل عسرة من المياه الجوفية .

تصنف عسرة الماء إلى نوعين :

- ✓ عسرة الماء المؤقتة.
- ✓ عسرة الماء الدائمة [61].

الجدول (2-2):تركيز الأملاح وحالة الماء [61].

حالة الماء	تركيز الأملاح
لا يوجد عسر	mg/L50-55
عسر نوعا ما	mg/L56- 100
عسر معتدل	mg/L102- 200
عسر شديد	mg/L201-500

#### • العناصر الأساسية للماء:

- ✓ **شوارد الكالسيوم  $Ca^{+2}$** : تحتوي المياه الطبيعية على الكالسيوم ، بنسب مختلفة وذلك تبعا للطبيعة البيولوجية للمجرى المائي وتنتج تلك الشوارد عن تفاعل ثاني أكسيد الكربون المنحل في الماء والصورة الكلسية أو نتيجة الانحلال المباشر لكبريتات الكالسيوم (الجبس) يتواجد الكالسيوم الحامضي المنحل مع وجود نسبة صغيرة من الأملاح الأخرى ، له (كربونات، كبريتات، كلور) وتختلف نسبته في مياه الأنهار باختلاف الصخور المتشكلة لمجراها، وتتراوح بشكل عام (8mg/L-2mg/L) علما أنها تصل في المناطق الكلسية إلى 20mg/L أحيانا يعبر عن تركيز أملاح الكالسيوم والمغنيزيوم باصطلاح شائعا ألا وهو قساوة الماء وتوزع القساوة إلى نوعين هما:
  - القساوة المؤقتة أو (القساوة الكربونية).
  - القساوة الدائمة أو (القساوة غير الكربونية) [61].

حيث تنتج هذه القساوة عن أملاح الكلور وكبريتات الكالسيوم والمغنيزيوم [61].

- ✓ **شوارد المغنيزيوم  $Mg^{+2}$** : تحتوي جميع المياه السطحية على المغنيزيوم الناتج عن انحلال الصخور المشكلة لمجرى المياه، يشابه المغنيزيوم الكالسيوم في تأثيراته على البيئة المائية وعلى مياه الشرب [61].
- ✓ **شوارد الصوديوم  $Na^{+2}$** : يشكل الصوديوم 83,2% من تركيب القشرة الأرضية ويتمتع بدرجة انحلال مرتفعة في الماء ، ولذلك فإنه متواجد في جميع أنواع المياه السطحية والجوفية بشكل طبيعي وتحتوي المياه الجوفية والصناعية على نسبة كبيرة منه ، حيث يعتبر الماء الحاوي على نسبة أقل من 15mg/L صالح للشرب علما أنه من الأفضل ألا تتجاوز تلك النسبة 10mg/L [61].
- ✓ **شوارد البوتاسيوم  $K^{+}$** : يتواجد البوتاسيوم في جميع أنواع المياه الطبيعية، وذلك لكونه يدخل في تركيب القشرة الأرضية (2.59%) ومركبات سهلة الانحلال في الماء، غير أن نسبته سطحية أقل من الصوديوم ، ويعود ذلك لامتناس التربة له [61].
- ✓ **الكبريتات  $SO_2$** : ترتبط شوارد الكبريتات بالشوارد الموجبة في الماء مثل: الكالسيوم والصوديوم وأهم مصدر طبيعي لها انحلال (الجبس) ( $H_2 Ca,SO, O$ ) وأكسيد الكبريت إلى الكبريتات بواسطة الهواء في الوسط المائي، أما المصادر الصناعية للكبريتات فهي عديدة ومتنوعة، لأن أكثر المصانع تستعمل أحماض أملاح الكبريتات وتطرحها مع مياه الصرف، تحدد المنظمة العالمية للصحة

الكبريتات في مياه الشرب بمقدار (200mg/L-400mg/L) علما أن وجود نسبة عالية منها لا يشكل خطرا على حياة الإنسان[61].

✓ **الكلوريد IC:** تحتوي جميع أنواع المياه السطحية والجوفية شوارد الكلور بتركيز مختلفة وأهم مصادرها :

ذوبان أملاح الكلور في المياه المارة ضمن الأراضي المحلية، و تسرب مياه البحار إلى الأحواض الجوفية أو السطحية و الفضلات الإنسانية (كالبول) و فضلات بعض الصناعات كالمصانع والمناجم والصناعات البيتروكيميائية [61].

تحتوي المياه الجوفية عادة على 20mg/L من الشوارد والكلور غير أن المياه الجوفية متواجدة ضمن طبقات صخرية معينة تحوي أكثر من 100mg/L، كما تحدد المنظمة العالمية للصحة نسبة شوارد الكلور في مياه الشرب بحدود 200mg/L وجود نسبة عالية من الكلور لا يؤثر على الإنسان[61].

✓ **شوارد النترات NO<sup>2</sup>:** ظهر في الفترة الأخيرة اهتمام كبير في مشكلة شوارد النترات المتواجدة في المياه الجوفية والسطحية على حد سواء، وذلك بعد أن أثبتت الأبحاث الطبية مضار النترات على الصحة وخاصة على الأطفال الرضع، وذلك راجع إلى تزايد النترات بشكل كبير في المياه الجوفية والسطحية نتيجة التوسع الكبير في استعمال الأسمدة الكيماوية[61].

#### • العناصر غير المرغوب فيها:

إن بعض العناصر لا يجب أن تتواجد في المياه إلا بكميات قليلة إما لأسباب تقنية أو لأسباب عضوية أو لسميتها بحيث يجب أن لا تتعدى نسبة تواجدهم في الماء، النسبة المسموح بها من طرف منظمة الصحة العالمية.

✓ **الكروم Cr<sup>-3</sup>:** يظهر الكروم في المياه السطحية نتيجة تلقيها مياه الصرف الصناعية وتختلف جميع الكروم المتواجدة في المياه باختلاف مصادرها، فهناك شوارد الكروم البسيطة (Cr<sup>-3</sup>) والشوارد المعقدة، ويعتبر الكروم السداسي التكافؤ ساما ولذلك وضعت قوانين صارمة لتحديد نسبته في مياه الشرب، بينما لم تتحدث تلك القوانين عن الكروم الثلاثي بصورة عامة حددت المنظمة العالمية للصحة النسبة العظمى للكروم السداسي في مياه الشرب بقيمة 0.05mg/L [61].

✓ **الكادميوم:** تتواجد أملاح الكادميوم في المياه السطحية وخاصة كبريتات الكادميوم نتيجة تلقيها لفضلات مصانع التعدين والأصبغة والتصوير والمفاعلات النووية، يؤثر الكادميوم على الإنسان أيضا حيث تكفي جرعة قدرها 0.4mg/L لقتله ولذلك التركيز الأعظمى للكادميوم في مياه الشرب بمقدار 0.01mg/L

✓ **الزرنيخ (أرسينيك):** تعطي العديد من الصناعات الزرنيخ ضمن مياه صرفها، إضافة لانطلاقه من مداخن بعض المصانع على شكل أكسيد الزرنيخ أما تأثير الزرنيخ على البكتيريا المسؤولة عن التنقية الذاتية للمجرى المائي فيظهر في المياه الحاوية على تركيز أعلى من 4mg/L يعتبر التركيز الأعظمى المسموح به في مياه الشرب هو 0.05mg/L من الزرنيخ[61].

✓ **الزئبق:** تحتوي بعض مياه الصرف الصناعية على الزئبق إضافة لاستعماله في بعض المبيدات وبالتالي تلويثه للمياه السطحية نتيجة انتقاله بواسطة الهواء أو بمياه السيول، يوجد الزئبق أيضا ضمن المركب الكاوي التجاري بنسبة 2 gm في الكيلو غرام الواحد علما أن الصودا الكاوية المستعملة بشكل واسع في مجال معالجة المياه، يستقر الزئبق المحمول ضمن المياه السطحية في

- طبقة الأوحال المترسبة في قاع المجرى المائي حيث يتحول هناك إلى مثيل الزئبق بفعل البكتيريا اللاهوائية معطيا شوارد قابلة للانحلال في الماء [61].
- ✓ **شوارد الفلور F:** تظهر شوارد الفلور في المياه الطبيعية نتيجة انحلال مركبات الفلور (فلور الألمنيوم، فلور الصوديوم... الخ) الداخلة في تركيب بعض الصخور المشكلة في الحوض الجوفي أو المجاري السطحية للمياه الطبيعية، يضاف للمصدر الطبيعي السابق لشوارد الفلور المصدر الآخر غير طبيعي ينتج عن مياه الصرف الحضرية والصناعية [61].
- ✓ **النحاس  $Cu^{+2}$ :** لا يتواجد بشكل طبيعي في المياه السطحية إلا بنسبة ضئيلة جدا، أقل من  $0.05mg/L$  ولكن مياه الصرف الصناعية تحمل كميات كبيرة منه وخاصة صناعات التعدين والصناعات الكهربائية والنسيجية وغيرها، معدن النحاس غير قابل للانحلال في الماء بينما بعض أملاحه مثل الكلور والنترات وكبريتات النحاس شديدة الانحلال في الماء أما الكربونات فهي قليلة التحلل مما يؤدي إلى ترسبها في الوسط المعتدل [61].
- ✓ **الزنك  $Zn^{+2}$ :** يشبه النحاس من حيث تواجده في المياه السطحية ومصادره وأملاحه المنحلة، أما فعله السُمومي فيعتبر أقوى من النحاس علما أن ظهور حالة تسمم تتأخر عدة أيام بعد حدوثها، تتناقص السمية بتزايد القساوة  $50mg/L$  من الكالسيوم، يشكل وجود نسبة حقيقية من الزنك لأقل من كل  $1mg/L$  عاملا منشطا لبكتيريا النترجة بينما التراكيز العالية منه  $10mg/L$  تؤدي إلى تنشيط العمليات البكتيرية النترجة، نذكر أخيرا أنه لا يوجد دراسات واضحة تؤكد سمية الزنك في مياه الشرب، ولكن طعمه السيئ دعا المنظمة العالمية للصحة إلى تحديد نسبته في مياه الشرب بمقدار  $5mg/L$  كحد أعظمي [61].
- ✓ **الغازات المنحلة:** إن أهم الغازات المنحلة بالمياه الطبيعية هي الأكسجين والأزوت وثنائي أكسيد الكربون وغاز كبريت الهيدروجين والانحلالية متعلقة بشكل كبير بدرجة الحرارة، وتعد كمية الأكسجين المنحلة بالمياه السطحية ذات فائدة كبيرة في عملية التقهقر الحيوي للمركبات العضوية أو ما يسمى بعملية التنقية الذاتية للمياه [61].

## 10-2 خاتمة:

في هذا الفصل تم دراسة الخصائص الجغرافية لمنطقة وادي سوف، حيث تم ملاحظة أن هذه المنطقة ذات تضاريس وطبوغرافية متكونة من الكثبان الرملية والشطوط والمنخفضات، حيث تتميز بدرجة حرارة مرتفعة وتساقط قليل نسبيا وتبخر كبير، وذات رياح قوية خاصة في فصل الربيع، كما تم أيضا دراسة الخصائص الجيولوجية والهيدرولوجية للمنطقة إضافة إلى الخصائص الفيزيوكيميائية للمياه، كدرجة حرارة الماء ونسبة حموضته... الخ التي سنركز عليها ونقوم بدراستها في الفصل الثالث.

# الفصل الثالث

دراسة التحويل الحراري عبر  
زجاج المقطر الشمسي

## تمهيد:

يتضمن هذا الفصل النتائج المتحصل عليها من الدراسة التجريبية التي أجريت على المقطرين الشمسيين أحدهما شاهد والآخر أجرينا عليه بعض التحسينات، ويحتوي أيضا على البروتوكولات التجريبية وأدوات القياس، حيث سنقوم بمقارنة الزيادات في كمية الماء المقطر الناتج من المقطرين المدروس والشاهد. وذلك بعد إضافة كرات من الألمنيوم للمقطر المدروس، والهدف من هذه التجربة هو معرفة مدى تأثير كرات الألمنيوم على مردود المقطر الشمسي، وبناء على النتائج المتحصل عليها سنقوم بترجمتها على شكل منحنيات سنحللها ونناقشها في هذا الفصل.

## 3-1 المقطر الشمسي البسيط:

### 3-1-1 تعريفه:

هو المقطر الأكثر استعمالا في العالم، حيث يحتوي على حوض به ماء مالح، مطلي باللون الأسود من أجل التقاط أكبر كمية من الإشعاع الشمسي، ويغطي هذا الصندوق بغطاء شفاف من الزجاج ويجب أن يكون هذا الأخير مائلا لتكثيف البخار في الجزء الداخلي للغطاء [2، 25، 32، 50].

### 3-1-2 مبدأ عمله:

التقطير الشمسي هو ظاهرة تجريبية لها نفس مبدأ عمل الظواهر الطبيعية. فعندما تنبعث الأشعة الشمسية على ماء البحر أو المحيطات أو الأنهار فإنها تسخن هذا الماء وهذا الأخير يتبخر ويرتفع إلى الأعلى، ثم ينتقل البخار بالرياح حتى يصل إلى مكان أكثر برودة فيتكثف وتتشكل السحب، وبعد ذلك ينزل مطرا أو ثلجا أو بردا [28].

### 3-1-3 طريقة عمله:

- يسخن الإشعاع الشمسي الساقط الماء المالح الموجود داخل المقطر.
- يتبخر الماء المالح.
- ينتقل البخار بالحمل الحراري نحو سقف المقطر (الزجاج).
- يتكثف البخار على سطح الزجاج مشكلا قطرات ماء عذب تنزل بتأثير ثقلها في وعاء تجميع الماء المقطر.

### 3-1-4 مكوناته:

المقطر الشمسي المستعمل في هذه التجربة هو المقطر ذو الميل الواحد ويتكون مما يلي:

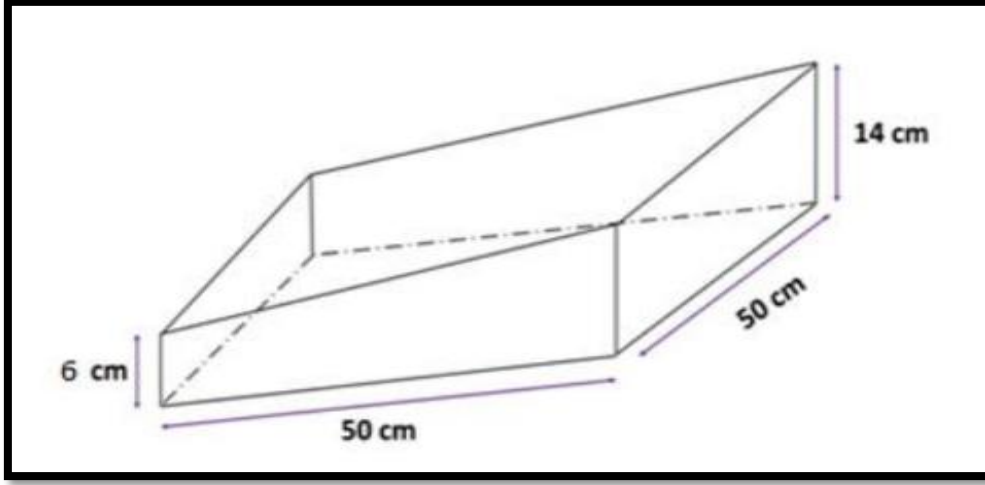
#### ✓ الهيكل الخارجي (الصندوق):

يكون مصنوع من مادة عازلة (الخشب)، وهو أحد أهم المكونات يتم على مستواه وضع الماء المراد تقطيره وتطلى قاعدته وجوانبه باللون الأسود.

ويكون وفق الأبعاد التالية:

- الطول: 50cm.
- العرض: 50cm.
- مساحة الحوض:  $2500\text{cm}^2$ .
- السمك: 2cm.

- الارتفاع الأمامي: 6cm.
- الارتفاع الخلفي: 14cm.
- زاوية الميل:  $10^\circ$ .



الشكل (1-3): رسم تخطيطي للهيكل الخارجي.

#### ✓ الغطاء الزجاجي:

يكون من الزجاج العادي الموجود في أسواق المنطقة، شفاف يسمح بتمرير أكبر قدر من الإشعاع الشمسي وتكون أبعاده كالتالي:

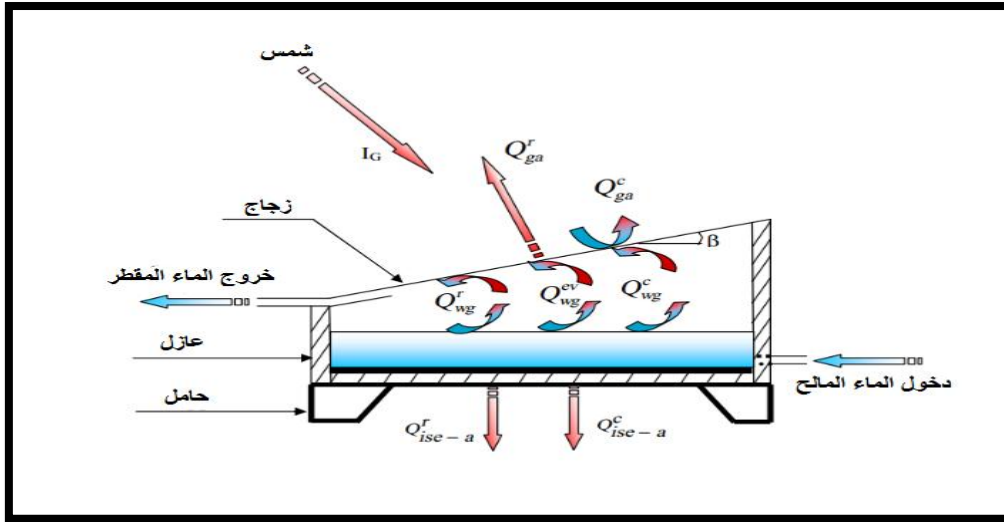
- الطول: 51cm.
  - العرض: 50cm.
  - السمك: 3mm.
- ✓ أنبوب تجميع المياه:

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

### 2-3 الدراسة النظرية للمقطر الشمسي البسيط:

#### 1-2-3 التوازن الطاقوي للمقطر:

إن مختلف التبادلات الحرارية المنتجة في المقطر الشمسي البسيط تقوم على أربعة نقاط وهي:  
التوازن الحراري بين الزجاج والهواء، التوازن الحراري بين الماء والزجاج، التوازن الحراري بين العازل والخارج وتدفق الماء المقطر.



الشكل (2-3): التوازن الطاقوي للمقطر الشمسي.

### 2-2-3 التوازن الطاقوي للزجاج:

كمية الحرارة المستقبلية من الزجاج تخرج عن طريق:

الوجه الخارجي:

$$\frac{M_v C_{p_v}}{2A_v} \frac{dT_{ve}}{dt} = \left(\frac{\lambda_v}{\delta_v}\right) (T_{vi} - T_{ve}) - Q_{r.v.e-ciel} - Q_{c.v-a} + \frac{p_v}{2} \quad (1-3)$$

الوجه الداخلي:

$$\frac{M_v C_{p_v}}{2A_v} \frac{dT_{ve}}{dt} = -\left(\frac{\lambda_v}{\delta_v}\right) (T_{vi} - T_{ve}) + Q_{r.e-vi} + Q_{c.e-vi} + Q_{evap} + \frac{p_v}{2} \quad (2-3)$$

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

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

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

$Q_{r.v.e-ciel}$ : التدفق الحراري الضائع للزجاج بالإشعاع نحو الخارج.

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

$\lambda_v$ : الناقلية الحرارية للزجاج.

$\delta_v$ : سمك الزجاج.

### 3-2-3 الميزان الحراري للماء:

$$\frac{M_e C_{p_e}}{A_e} \frac{dT_e}{dt} = Q_{c.b-e} - Q_{c.e-v} - Q_{evap} - Q_{r.e.v.i} + P_e \quad (3-3)$$

حيث:

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

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

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

$$\frac{M_d C_{p_b}}{A_b} \frac{dT_b}{dt} = P_b - Q_{c.b_e} - Q_{c.d.b_{-iso.i}} \quad (4-3)$$

$Q_{cd}$ : التدفق الحراري الضائع بالتوصيل للحوض.

### 3-2-5 التوازن الحراري للعازل:

للحد من فقدان الحرارة عبر القاعدة، نستخدم عازل حراري من البوليستيران في الجوانب الأربعة للمقطر وذلك لمنع التسرب الحراري بالحمل والإشعاع، وتمثل المعادلة التالية الميزان الحراري للعازل:

بالنسبة للجهة الداخلية:

$$\frac{M_i C_{p_i}}{2A_i} \frac{dT_{iso.i}}{dt} = Q_{c.d.b_{-iso.i}} - \left(\frac{\lambda_i}{\delta_i}\right) (T_{iso.i} - T_{iso.e}) \quad (5-3)$$

$Q_{c.d.b_{-iso.i}}$ : تدفق حراري بالتوصيل بين الحوض والعازل الحراري.

بالنسبة للجهة الخارجية:

$$\frac{M_i C_{p_i}}{2A_i} \frac{dT_{iso.e}}{dt} = \left(\frac{\lambda_i}{\delta_i}\right) (T_{iso.i} - T_{iso.e}) - Q_{r.iso.-soll} - Q_{c.iso.a} \quad (6-3)$$

### 3-2-6 تدفق الماء المقطر:

$$\frac{dM_c}{dt} = h_{evap} \frac{T_e - T_v}{L_v} \quad (7-3)$$

حيث:

$M$ : كتلة الماء المقطر.

$L_v$ : الحرارة الكامنة للتبخير.

$T_e$ : حرارة الماء.

$T_v$ : حرارة الزجاج.

### 7-2-3 معادلات التبادل الحراري:

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

$$Q_{r.e_v} = h_{r.e_v}(T_e - T_{v,i})(8-3)$$

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

$$h_{r.e_v} = \varepsilon_{eff} \cdot \sigma \cdot (T_e^2 - T_{v,i}^2) \cdot (T_e + T_{v,i}) \quad (9-3)$$

$\varepsilon_{eff}$ : الانبعاثية الفعالة.

$\sigma$ : ثابت ستيفان بولتزمان.

$$\varepsilon_{eff} = \left[ \frac{1}{\varepsilon_e} + \frac{1}{\varepsilon_v} - 1 \right] \quad (10-3)$$

$\varepsilon_e$ : انبعاثية الماء.

$\varepsilon_v$ : انبعاثية الزجاج.

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

$$Q_{r.e_v} = h_{r.e_v}(T_e - T_{v,i})(11-3)$$

$$h_{c.e_v} = 0.844 \left[ T_e - T_v + \frac{(T_e - T_v)(T_e + 273.15)}{268.9 \times 10^3 - p_e} \right] \quad (12-3)$$

$h_{c.e_v}$ : معامل تحويل الحرارة بالحمل بين فيلم الماء والزجاج.

#### 3-7-2-3 انتقال الحرارة بالتبخير:

$$Q_{evap} = h_{evap}(T_e - T_{v,i})(13-3)$$

$h_{evap}$ : معامل تحويل الحرارة بالتبخير - التكثيف بين فيلم الماء والزجاج.

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

ضغط بخار الماء يقدر بالعلاقة التالية:

$$P = 133.32 \exp \left( 18.6686 - \frac{4030.1824}{T + 273.15} \right) \quad (15-3)$$

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

$$Q_{r.v_ciel} = h_{r.v_ciel}(T_{v,e} - T_{ciel}) \quad (16-3)$$

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

$$h_{r.v\_ciel} = \varepsilon_v \cdot \sigma \cdot (T_{v.e}^2 - T_{ciel}^2) \cdot (T_{v.e} + T_{ciel}) \quad (17-3)$$

$T_{ciel}$ : درجة حرارة السماء.

درجة حرارة السماء يمكن اعطائها بالمعادلة التالية:

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

بصفة عامة نستعمل المعادلة التالية:

$$T_{ciel} = 0.0552 \cdot (T_a^{1.5}) \quad (18-3)$$

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

$$Q_{c.v\_a} = h_{c.v\_a} (T_{v.e} - T_a) \quad (19-3)$$

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

$$h_{c.v\_a} = 5.7 + 3.8V \quad (20-3)$$

$V$ : سرعة الرياح (m/s).

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

$$Q_{c.b\_e} = h_{c.b\_e} (T_b - T_e) \quad (21-3)$$

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

$$h_{c.b\_e} = \frac{Nu \cdot \lambda_f}{L} \quad (22-3)$$

$\lambda_f$ : الموصلية الحرارية للمائع (الماء).

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

$$Nu = c (G_r P_r)^n \quad (23-3)$$

$G_r$ : رقم كيرشوف.

$P_r$ : رقم براندل.

$n$  وثوابت تعتمد على هندسة النظام وطبيعة التدفق (رقائقي أو مضطرب).

### 7-7-2-3 التدرج الحراري:

عند تدرج درجة الحرارة (T) نحو الأعلى، يكون التدفق دائما رافئيا.

$$G_r < 10^5 \Rightarrow N_u = 1 \quad (24-3)$$

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

$$\text{Si } 10^5 < G_r < 2.10^7 \Rightarrow N_u = \frac{\lambda_e}{L} 0.54. (G_r P_r) \quad (25-3)$$

$$\text{Si } G_r > 2.10^7 \Rightarrow N_u = 0.14. (G_r P_r) \quad (26-3)$$

عدد كيرشوف:

$$G_r = \frac{\beta \cdot g \cdot \rho^2 \cdot L^3 \cdot \Delta T}{\mu^2} \quad (27.3)$$

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

g: تسارع الجاذبية ( $m/s^2$ ).

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

L: طول العلبة الماصة (m).

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

عدد براندل:

$$P_r = \frac{\mu_e \cdot C_{p_e}}{\lambda_e} \quad (28-3)$$

الضياع الحراري للحوض بالتوصيل الحراري عبر العازل يعطى كالاتي:

$$Q_{cd\_iso.i} = K_b \times (T_b - T_{iso.i}) \quad (29-3)$$

$T_b$ : درجة حرارة الحوض.

$T_i$ : درجة حرارة العازل.

حيث:

$$K_b = \frac{\lambda_b}{\delta_b} \quad (30-3)$$

$\lambda_b$ : الموصلية الحرارية للعلبة.

$\delta_b$ : سمك الحوض.

### 8-7-2-3 انتقال الحرارة بالتوصيل العازل- الحوض:

$$Q_{cd.iso.i-b} = \frac{\lambda_b}{\delta_b} (T_b - T_i)(31-3)$$

### 9-7-2-3 انتقال الحرارة بالتوصيل عبر العازل:

$$K_i = \frac{\lambda_{iso}}{\delta_{iso}} (T_{iso.i} - T_{iso.e})(32-3)$$

$\lambda_{iso}$ : موصلية العازل.

$\delta_{iso}$ : سمك العازل.

### 10-7-2-3 انتقال الحرارة بالحمل عبر العازل:

$$Q_{c.iso.i-a} = h_{iso.e-a} \times (T_{iso.e} - T_a) (33-3)$$

$Q_{c.iso.i-a}$ : معامل انتقال الحرارة بالحمل بين العازل والهواء الخارجي.

### 11-7-2-3 انتقال الحرارة بالإشعاع عبر العازل:

$$h_{r.e-v} = \varepsilon_{iso} \cdot \sigma \cdot (T_{sol}^2 - T_{iso.e}^2) \cdot (T_{iso.e} + T_{sol.i})(34-3)$$

### 3-3 المكونات اللازمة لتصنيع المقطر الشمسي البسيط:

الجدول التالي يحتوي على المواد الأولية لصنع المقطر الشمسي البسيط (بميل واحد)، وقد تم اختيار هذه المكونات بناء على وفرتها في السوق المحلي وانخفاض تكلفتها.

الجدول(1-3): الأدوات اللازمة لصناعة المقطر.

الكمية	الأبعاد	الاسم	الصورة
05 ألواح	L=50cm H1=14cm H2=6cm 50cm×50cm E=2cm	صندوق من الخشب	

01	51cm×50cm E=3mm	قطعة من الزجاج	
01	L=60cm Diam=25mm	أنبوب PVC	
01	Diam=25mm Diam=25mm L=10cm	كوع 90° مع أنبوبين PVC	
01		صمغ عادي أسود اللون	
01		علبة طلاء سوداء وعلبة طلاء بيضاء	

01		قارورة	
01		قمع	
100g		مسامير	
01		غراء لاصق	
01		ميزان مائي	
01		مطرقة	
01		منشار	

01		مثقاب كهربائي	
01		منشار كهربائي	
01		كلاية، مفك، أداة برد	
02		فرشاة	

### 4-3 خطوات تصنيع المقطر الشمسي البسيط:

صنع مقطر شمسي ليس بالأمر الصعب، لأن المواد اللازمة لصنعه متوفرة في السوق المحلية الجدول (1-3)، والجدول التالي يوضح خطوات التصنيع:

الجدول (2-3): مراحل تصنيع المقطر الشمسي البسيط.

الشرح	الصورة
بعد قطع الأخشاب وفق القياسات المطلوبة نقوم بتركيبها بالمسامير لتشكيل صندوق خشبي كما هو موضح في الشكل المقابل.	
نقوم بطلاء قاعدة الصندوق الخشبي والجوانب باللون الأسود لامتناسص أكبر قدر من الإشعاع الشمسي.	
نقوم بإحداث ثقبين على مستوى الاتجاه الأمامي (الجانبين) بواسطة ثاقبة الخشب ويكون على شكل نصف دائرة بحيث يمكن تثبيت الأنبوب على مستواه.	

<p>نقوم بوضع أنبوب التجميع في الثقبين بالتوازي مع اللوحة المواجهة.</p>	
<p>نستعمل الميزان المائي لأجل معرفة مدى توازن الأنبوب على الثقبين.</p>	
<p>نقوم بوضع الغطاء الزجاجي داخل أنبوب التجميع وذلك بجعل فتحة في الأنبوب على طول الزجاج.</p>	
<p>نضع الأنبوب في موضعه ونزيح إليه الزجاج ثم نسطر خطين متباعدين قليلا بحيث يمكن أن يدخل الغطاء الزجاجي على مستواه بعد ثقبه.</p>	
<p>نقوم بثقب الأنبوب البلاستيكي كي يدخل فيه الماء المتكاثف عبر السطح الداخلي للغطاء الزجاجي.</p>	
<p>ندخل الغطاء الزجاجي داخل الأنبوب البلاستيكي لكي تنزل قطرات الماء المتكاثفة وتسقط بفعل ثقلها داخل الأنبوب.</p>	
<p>نقوم بتركيب كوع في آخر الأنبوب بالإضافة إلى أنبوب آخر صغير لكي يسمح بانتقال الماء من المقطر إلى الإناء.</p>	
<p>نقوم بطلاء المقطر من الخارج بأي لون يرغب به الصانع.</p>	

وأخيرا نتحصل على المقطر الشمسي بميل واحد.



### 3-5 أجهزة وأدوات القياس المستعملة في التجربة:

#### 3-5-1 جهاز متعدد القياسات:

هو عبارة عن جهاز يمكن بواسطته قياس كل من التوتر، شدة التيار الكهربائي، المقاومة بالإضافة إلى وظائف أخرى تختلف من جهاز إلى آخر كتعيين درجة الحرارة، قياس التردد، تحديد نوعية الترانزيستور، كشف الصمام الثنائي... يلعب هذا الجهاز دور الفولط متر، الأمبير متر والأوم متر... كما هو موضح في الصورة التالية:



الشكل (3-3): جهاز متعدد القياسات.

#### 3-5-2 بيرانومتر:

هو عبارة عن جهاز يستعمل لقياس شدة الإشعاع الشمسي.

3-5-3 جهاز الـ pH متر:



الشكل (3-4): جهاز قياس pH متر.

3-5-4 جهاز قياس الناقلية الكهربائية:



الشكل (3-5): جهاز قياس الناقلية الكهربائية.

3-5-5 الأنبوب المدرج:

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



الشكل (3-6): أنبوب مدرج.

### 6-3 الخطوات التجريبية:

#### 1-6-3 التجربة الأولى:

لقد تم اجراء التجربة الأولى يوم 15 أبريل 2018 على مستوى مخبر الطاقات المتجددة بجامعة الوادي وتحت نفس الظروف المناخية تم تعريض مقطرين شمسيين مسطحين لأشعة الشمس بعد أن وضعت فيهما كمية من الماء تقدر بـ 2 لتر، حيث تم قياس كل من درجة الحرارة للغطاء الزجاجي الداخلي والخارجي، ودرجة حرارة الماء والجو، وقيست كذلك كمية الماء المقطر المنتجة، وذلك عند كل ساعة، من الساعة 8:00 إلى 16:00، وهدف هذه التجربة هو اثبات أن المقطرين متشابهين. من خلال النتائج المتحصل عليها والمتمثلة في أن مردود المقطرين متشابهين إلى درجة كبيرة وبالتالي يمكن استعمال أحدهما كشاهد والآخر نضع به كرات الألمنيوم.



الشكل (3-7): تجربة الفصل.

#### 2-6-3 التجربة الثانية:

الهدف من هذه التجربة هو معرفة مدى تأثير كرات الألمنيوم في زيادة مساحة التقاط الإشعاع الشمسي ومضاعفة فترة تخزين الطاقة الحرارية من جهة ومدى تأثيره على التحويل الحراري عبر زجاج المقطر الشمسي وعلى درجة حرارة الزجاج الداخلية والخارجية من جهة أخرى.

##### • الأدوات التجريبية:

ماء مالح، مقطرين، كرات ألمنيوم ذات قطر 2cm، قارورتين صغيرتين، كأس بيشر، جهاز قياس درجة الحرارة الترموكوبل، pHمتر، جهاز قياس الناقلية. المد الزمنية اللازمة للتجربة يوم واحد.

##### • البروتوكول التجريبي ( مراحل التحضير للتجربة):

- نضع ميزان الماء على الطاولة المراد وضع المقطرين عليها، ونتحقق أنها في مستوى واحد أي على استقامة واحدة؛
- نثبت كرات الألمنيوم على قاعدة المقطر؛
- نغسل الغطاء الزجاجي جيدا من الغبار والأتربة؛
- نضع 2 لتر من الماء المالح في كلا المقطرين؛
- نضع الأنابيب في موضعها؛
- نضع اللواقط الحرارية على الزجاج الداخلي والخارجي وفي الماء لكلا المقطرين؛
- نضع الغطاء الزجاجي على المقطرين؛

- نسد المقطرين جيدا لمنع التسربات الحرارية؛
- نقيس درجة حرارة الماء داخل المقطرين ودرجة حرارة الزجاج الداخلية والخارجية لكلا المقطرين وكمية الماء الناتجة كل ساعة؛
- بعد قياس كمية الماء المنتجة في كأس بيشر نضع جهاز pH متر داخل الكأس لمعرفة قيمة الـ pH ماء المقطر الناتج ومقارنته مع pH الماء المالح؛
- نستخدم جهاز قياس الناقلية الكهربائية لقياس الناقلية الكهربائية للماء المقطر ومقارنتها بالمعايير المعروفة للماء النقي.



الشكل (3-8): خطوات التجربة.

### 7-3 النتائج التجريبية:

لقد تمت التجربة يوم 2018/05/06 على مستوى مخبر الطاقات المتجددة بجامعة الوادي تحت الظروف الجوية المسجلة في الجدول (3-3) التالي:

الجدول (3-3): الأحوال الجوية للتجربة.

5:40	شروق الشمس
19:19	غروب الشمس
22-38C°	درجة حرارة الجو
24%	الرطوبة
14km	الرياح

ولقد تم أيضا قياس pH الناقلية الكهربائية للماء المستعمل قبل وبعد التجربة بمخبر الطاقات المتجددة بجامعة الوادي ويلخص الجدول (4-3) النتائج المتحصل عليها.

الجدول (3-4): نتائج تحليل الماء المستعمل.

الماء المقطر	الماء المالح
pH=6.84	pH=5.79
$\sigma = 816 \mu\text{s/cm}$	$\sigma = 3701 \mu\text{s/cm}$

لقد مرت التجربة بكل سهولة ودون مشاكل و أعطت نتائج مقبولة. حيث لاحظنا أن هناك فارق ملحوظ في قيم pH و الناقلية الكهربائية وهذه النتائج مشجعة للغاية. الشكل (3-9) يمثل المقطر الشمسي أثناء التجربة.



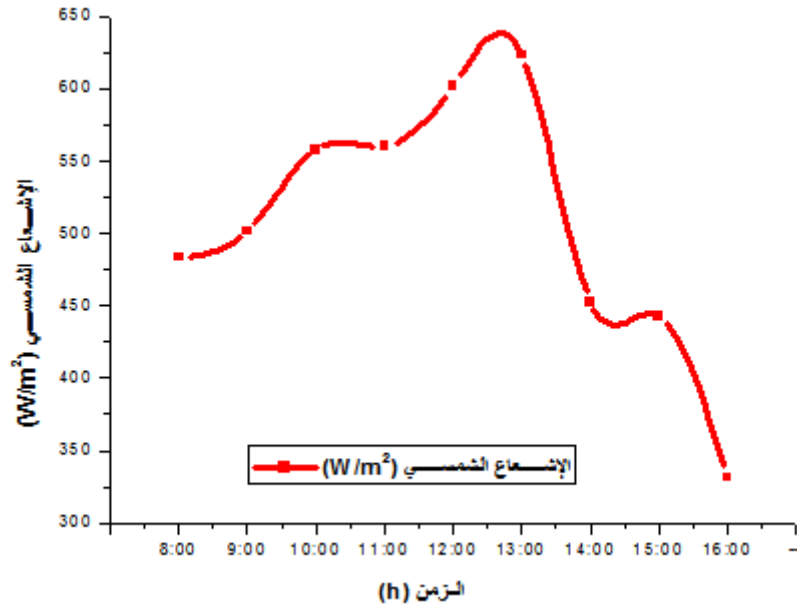
الشكل (3-9): المقطرات أثناء التجربة.

### 8-3 تحليل النتائج:

تم خلال هذه التجربة أخذ القياسات التالية: وذلك خلال يوم كامل من الساعة 8:00 إلى غاية الساعة 16:00

- الإشعاع الشمسي.
- درجات الحرارة لكل من السطحين الداخلي والخارجي للزجاج، والماء المالح في الحوض.
- كمية الماء المقطر الناتجة.

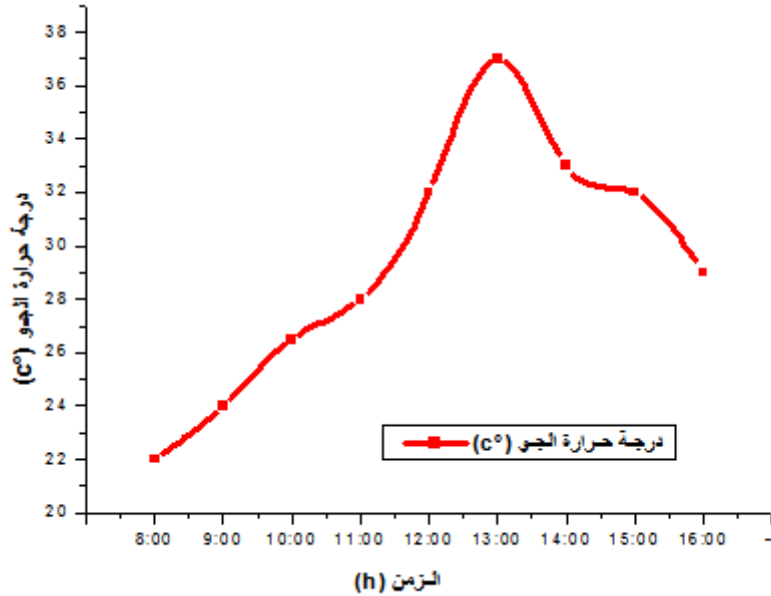
### 1-8-3 الإشعاع الشمسي:



الشكل (10-3): منحنى تغيرات شدة الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن. 2018/05/06.

يمثل الشكل (10-3) الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن يوم التجربة، حيث نلاحظ أن قيمة الإشعاع عند الساعة 8:00 صباحاً كانت  $483.525 \text{ W/m}^2$  ثم بدأت في الزيادة إلى أن وصلت إلى قيمة أعظمية  $623.2 \text{ W/m}^2$  وذلك عند الساعة 13:00 حيث كانت أشعة الشمس في أوجها ثم تناقصت مع مرور الزمن إلى أن بلغت  $331.4 \text{ W/m}^2$  وذلك عند الساعة 16:00.

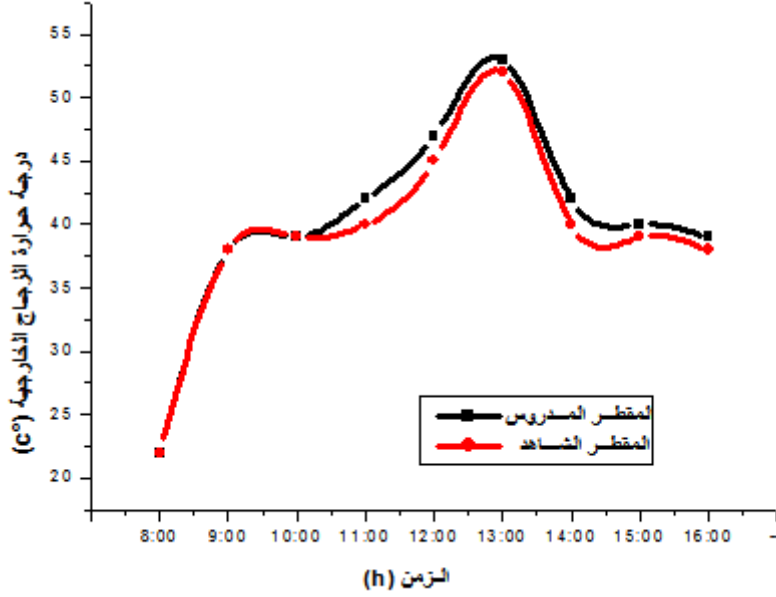
### 2-8-3 تطور درجة حرارة الجو:



الشكل (11-3): منحنى تغيرات درجة حرارة الجو بدلالة الزمن.

لدرجة حرارة الجو تأثير كبير في عملية التقطير، حيث يكمن تأثيرها الكبير على الزجاج الخارجي وعلى عملية الانتقال الحراري بالحمل الطبيعي و القسري أو معا. يمثل الشكل ( 3-11) منحنى تغيرات درجة حرارة الجو بدلالة الزمن حيث نلاحظ أن درجة الحرارة عند الساعة 8:00 كانت  $22^{\circ}\text{C}$  ثم تزداد مع مرور الزمن إلى أن بلغت قيمة أعظمية في حدود  $37^{\circ}\text{C}$  عند الساعة 13:00 لأن أشعة الشمس كانت قوية ثم تناقصت عند الساعة 16:00 إلى  $29^{\circ}\text{C}$ .

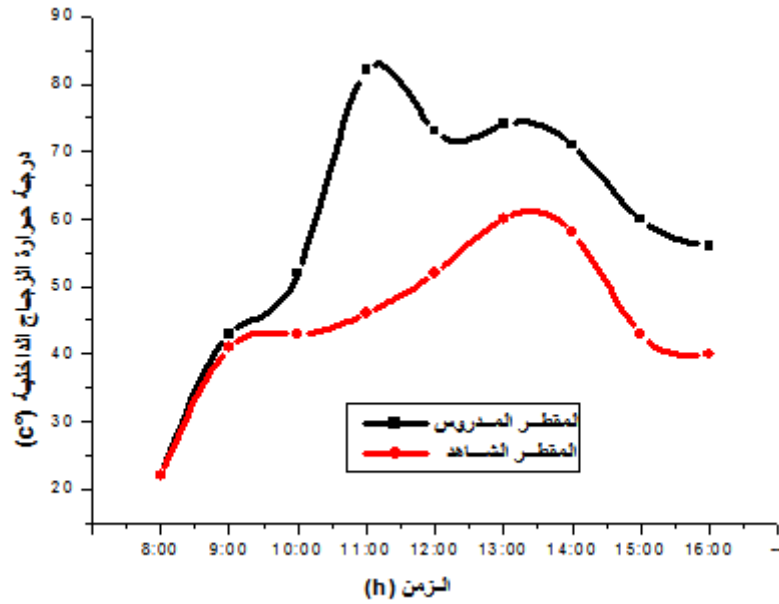
### 3-8-3 تطور درجة حرارة الزجاج من الخارج:



الشكل (3-12): منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج الخارجية للمقطرين (شاهد-مدروس) بدلالة الزمن.

درجة حرارة الجو عامل من العوامل المؤثرة في عملية التقطير الشمسي. يمثل الشكل (3-12) تغيرات درجة حرارة الزجاج الخارجية للمقطرين (شاهد-مدروس) بدلالة الزمن، حيث نلاحظ في بداية التجربة عند الساعة 8:00 كانت درجة الحرارة  $22^{\circ}\text{C}$  بالنسبة للمقطرين، ثم تبدأ هذه القيمة في الزيادة مع مرور الزمن لتبلغ قيمة أعظمية عند الساعة 13:00 فتكون  $53^{\circ}\text{C}$  بالنسبة للمقطر المدروس و  $52^{\circ}\text{C}$  بالنسبة للمقطر الشاهد ثم تتناقص إلى أن تصل  $39^{\circ}\text{C}$  بالنسبة للمدروس و  $38^{\circ}\text{C}$  بالنسبة للشاهد. نلاحظ عموماً أن درجة حرارة الزجاج الخارجية متقاربة إلى حد كبير بالنسبة للمقطرين مع تطابق درجات الحرارة عند الساعة 8:00 و 9:00 واختلاف طفيف عند الساعة 13:00.

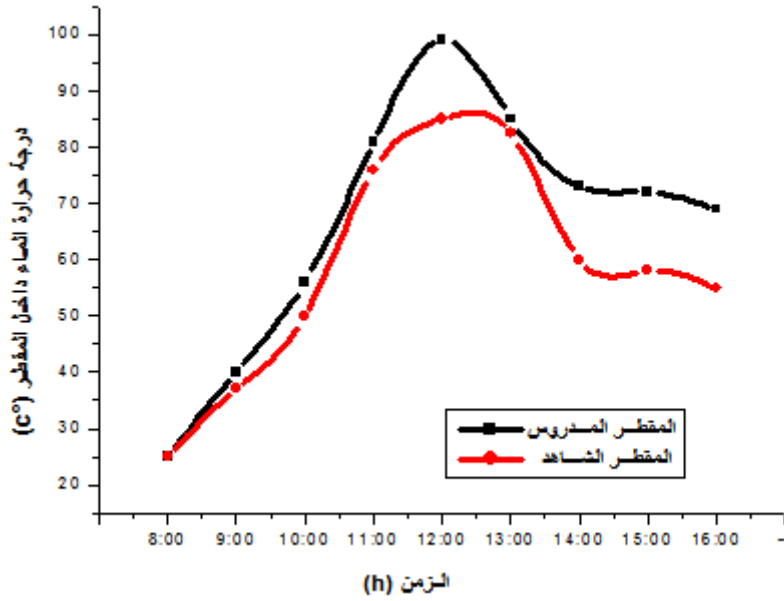
### 4-8-3 تطور درجة حرارة الزجاج من الداخل:



الشكل (3-13): منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج الداخلية للمقطرين (شاهد- مدروس) بدلالة الزمن.

يمثل الشكل (3-13) تغيرات درجة حرارة الزجاج الداخلية للمقطرين (شاهد- مدروس) بدلالة الزمن، حيث نلاحظ في بداية التجربة عند الساعة 8:00 كانت درجة الحرارة  $22^{\circ}\text{C}$  بالنسبة للمقطرين، ثم تبدأ هذه القيمة في الزيادة مع مرور الزمن لتبلغ قيمة أعظمية عند الساعة 13:00 فتكون  $74^{\circ}\text{C}$  بالنسبة للمقطر المدروس و  $60^{\circ}\text{C}$  بالنسبة للمقطر الشاهد ثم تتناقص إلى أن تصل  $56^{\circ}\text{C}$  بالنسبة للمدروس و  $40^{\circ}\text{C}$  بالنسبة للشاهد. نلاحظ عموماً أن درجة حرارة الزجاج الخارجية للمقطر المدروس أكبر منها عند المقطر الشاهد. تنتقل الحرارة عبر الزجاج بالتوصيل الحراري الذي يعتمد على علاقة Fourier. تنتقل الحرارة ما بين الماء بظاهرة الحمل وفق مبدأ Newton، وقد يكون هذا الحمل طبيعي أو قسري أو معاً.

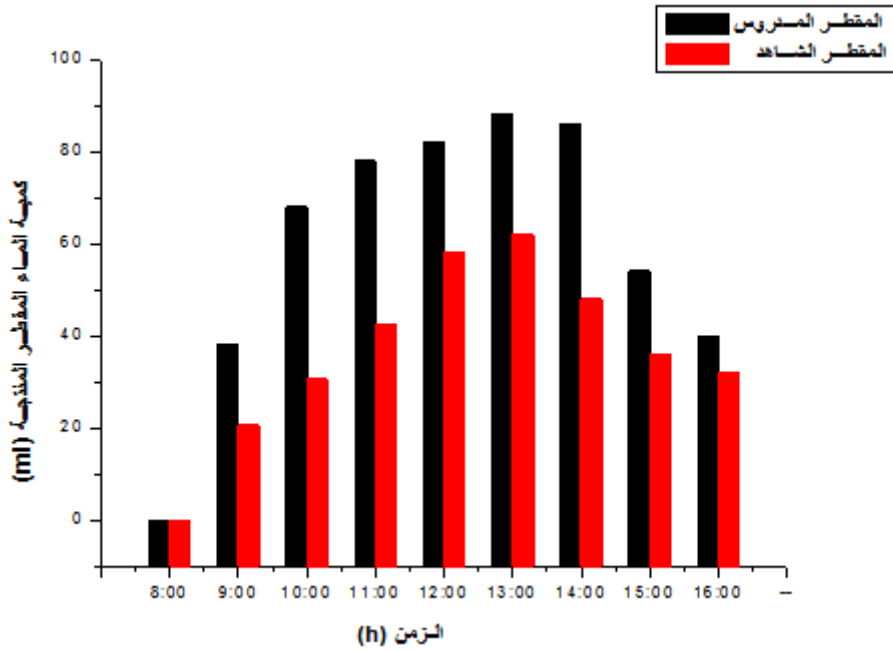
3-8-5 درجة حرارة الماء:



الشكل (14-3): منحنى تغيرات درجة حرارة الماء المالح داخل المقطرين بدلالة الزمن.

يمثل الشكل (14-3) تغيرات درجة حرارة الماء المالح داخل المقطرين بدلالة الزمن حيث نلاحظ أنهما انطلقا من نفس درجة الحرارة، ثم تبدأ هذه القيمة في الزيادة مع مرور الزمن لتبلغ قيمة أعظمية عند الساعة 12:00 فتكون  $99^{\circ}\text{C}$  بالنسبة للمقطر المدروس و  $85^{\circ}\text{C}$  بالنسبة للمقطر الشاهد ثم تتناقص إلى أن تصل  $69^{\circ}\text{C}$  بالنسبة للمدروس و  $55^{\circ}\text{C}$  بالنسبة للشاهد. نلاحظ عموما أن درجة حرارة الماء المالح للمقطر المدروس أكبر منها عند المقطر الشاهد ويعود هذا لوجود كريات الألمنيوم المثبتة على المقطر المدروس والتي لها مميزات في زيادة مساحة التقاط الإشعاع الشمسي من جهة ومضاعفة فترة تخزين الطاقة الحراري من جهة أخرى، فبذلك تزداد درجة حرارة ماء المقطر المدروس.

### 6-8-3 تطور كمية الماء المقطر:



الشكل (3-15): مخطط أعمدة لكمية الماء المقطر المنتجة من المقطرين (شاهد- مدروس) بدلالة الزمن.

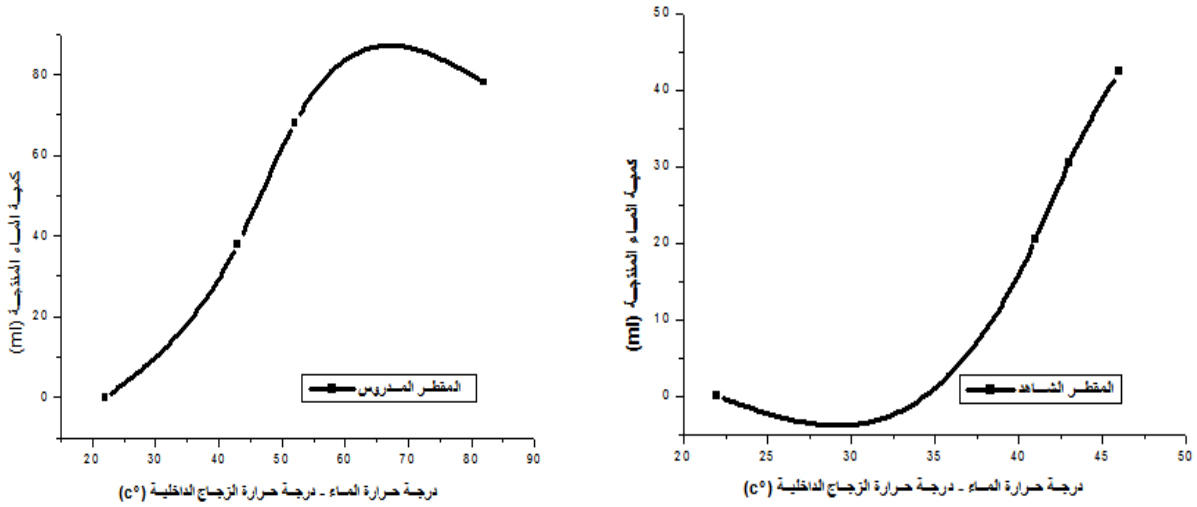
يمثل الشكل (3-15) مخطط أعمدة لكمية الماء المقطر المنتجة من المقطرين (شاهد- مدروس) بدلالة الزمن حيث نلاحظ أننا لم نسجل أي كمية منتجة من الماء المقطر بالنسبة للمقطرين وذلك عند الساعة 8:00، وعند الساعة 9:00 بدأت كمية الماء المقطر تتزايد لكلا المقطرين. إلى أن تبلغ قيمة عظمى تقدر بـ 88ml عند الساعة 13:00 ثم تبدأ في التناقص مع مرور الزمن إلى أن تصل إلى 40ml عند الساعة 16:00. وهذا بالنسبة للمقطر المدروس، أما بالنسبة للمقطر الشاهد فتصل إلى قيمة عظمى تقدر بـ 62ml وهي قيمة ضئيلة مقارنة بقيمة ماء المقطر المدروس، ثم تبدأ هذه الأخيرة في التناقص إلى أن تصل 32ml وذلك عند الساعة 16:00. نلاحظ عموماً أن كمية الماء للمقطر المدروس أكبر من كمية الماء للمقطر الشاهد.

### 3-9 مناقشة النتائج:

#### 3-9-1 درجة حرارة الزجاج الداخلية والخارجية:

بالنسبة لدرجة حرارة الزجاج الداخلية والخارجية والممثلتين في الشكلين (3-12) و (3-13) فهما متعلقتان ببعضهما. حيث أن ارتفاع درجة حرارة الزجاج من الداخل يتبعه ارتفاع في درجة حرارة الزجاج من الخارج. يعود هذا الفارق بين المقطرين في درجة حرارة الزجاج لكرات الألمنيوم المثبتة على المقطر المدروس والتي لها مميزات في زيادة مساحة التقاط الإشعاع الشمسي من جهة ومضاعفة فترة تخزين الطاقة الحرارية من جهة أخرى وهذا ينعكس على درجة حرارة الماء ومنه على الزجاج. كما نشير إلى عامل الرياح، ففي حالة هبوب الرياح هذا يؤثر على درجة حرارة الزجاج الخارجية ويبرد مما يسرع انتقال الحرارة ويبرد الجهة الداخلية للزجاج وهذا ينعكس إيجاباً على مردود المقطر فكلما كانت درجة حرارة الزجاج الخارجية ضعيفة كلما كان مردود المقطر أفضل.

### 3-9-2 الفارق بين درجة حرارة الماء ودرجة حرارة الزجاج الداخلية:

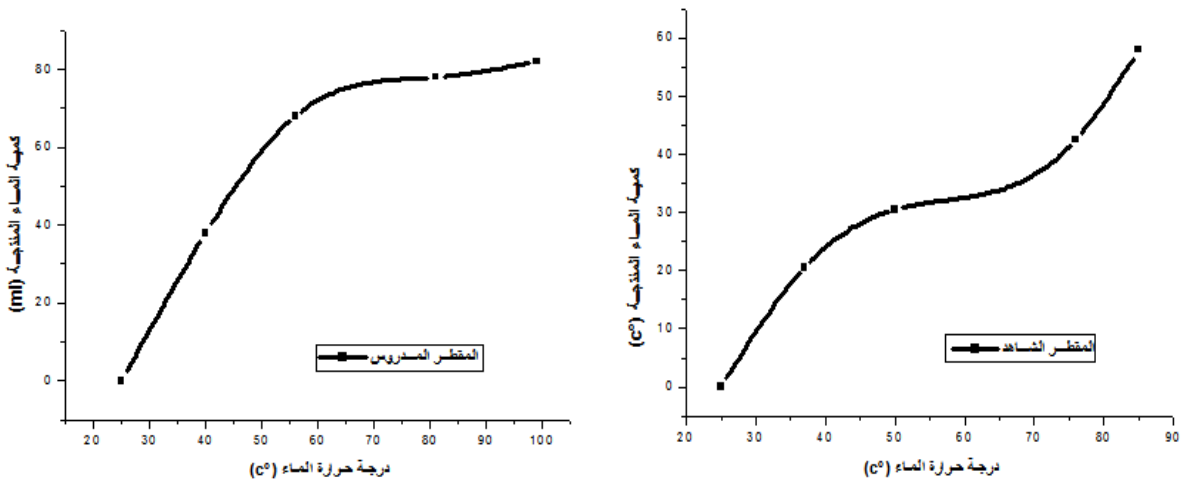


الشكل (3-16): منحنى تغيرات كمية الماء المنتجة بدلالة الفارق بين درجة حرارة الماء ودرجة حرارة الزجاج الداخلية للمقطرين (شاهد- مدروس).

يمثل الشكل (3-16) منحنى تغيرات كمية الماء المنتجة بدلالة الفارق بين درجة حرارة الماء ودرجة حرارة الزجاج الداخلية للمقطرين (شاهد- مدروس)، حيث نلاحظ بوضوح تأثير فارق درجة الحرارة حيث أنه كلما كانت الزيادة في الفارق كبيرة، يتبعها مباشرة زيادة في كمية الماء المقطر والعكس صحيح.

كما أن هذا الفارق (التدرج الحراري) من أهم العوامل المؤثرة في عملية التقطير الشمسي ولقد كان هدف تجربتنا هو زيادة هذا الفارق وذلك عن طريق تثبيت كرات الألمنيوم على سطح المقطر لأن للألمنيوم القدرة على تخزين الطاقة الحرارية وبالتالي يزيد من درجة حرارة الماء الداخلي وذلك لإحداث فرق معتبر.

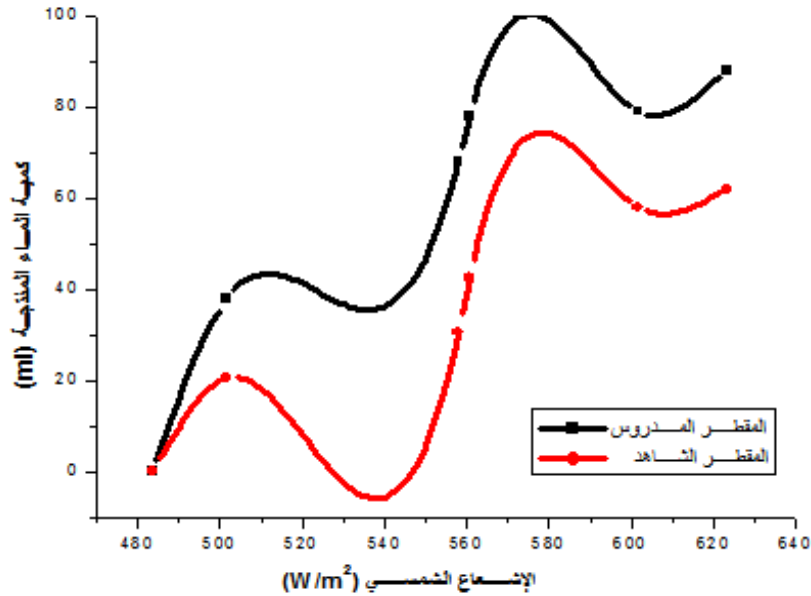
### 3-9-3 درجة حرارة الماء داخل المقطر:



الشكل (3-17): منحنى تغيرات كمية الماء المنتجة بدلالة درجة حرارة الماء للمقطرين (شاهد- مدروس).

يمثل الشكل ( 3-17) منحنى تغيرات كمية الماء المنتجة بدلالة درجة حرارة الماء للمقطرين (شاهد-مدروس)، حيث نلاحظ أن كمية الماء المنتجة من المقطر المدروس أكبر من كمية الماء المنتجة من المقطر الشاهد وهذا يعود إلى درجة حرارة الماء داخل المقطرين فكلما كانت درجة حرارة الماء أكبر كلما زادت كمية الماء المنتجة والسبب يعود إلى التحسينات التي أضفناها إلى المقطر المدروس (كرات من الألمنيوم) ولهذا الأخير خاصية امتصاص الإشعاع بشكل أفضل وتخزين الطاقة وبهذا ارتفعت درجة حرارة الماء في المقطر المدروس وتحصلنا على نتائج أفضل من المقطر الشاهد. حيث أنه كلما زادت درجة حرارة الماء يزيد الفارق بينه وبين درجة حرارة الزجاج الداخلي، وتزيد كمية الماء المتبخر وبالتالي يزيد المردود وهذا ما نلمسه في الشكل.

### 3-9-4 الإشعاع الشمسي:



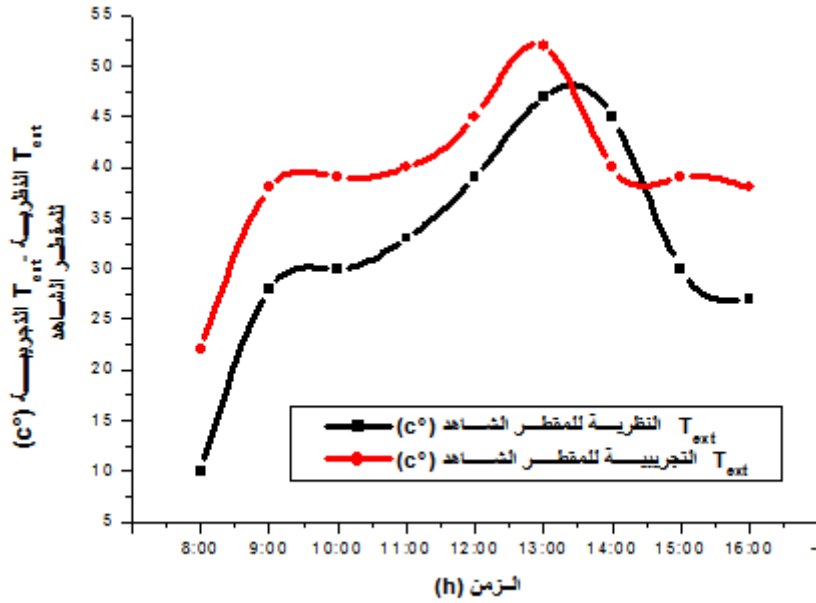
الشكل (3-18): منحنى تغيرات كمية الماء المنتجة بدلالة الإشعاع الشمسي للمقطرين (شاهد-مدروس).

يمثل الشكل (3-18) منحنى تغيرات كمية الماء المنتجة بدلالة الإشعاع الشمسي للمقطرين (شاهد-مدروس) حيث نلاحظ أن كمية الماء المنتجة تتزايد في المرحلة الأولى حيث تصل إلى الذروة وتثبت مع تذبذب معتبر في المرحلة الثانية ثم تعود لتستقر وتتزايد من جديد وهذا راجع إلى عدة مؤثرات منها (فارق درجة الحرارة بين الماء والزجاج الداخلي، حرارة الزجاج الداخلية، كمية الإشعاع الساقط...). وبالنسبة للإشعاع الساقط فهو يمثل العنصر الأساسي في التجربة وفي عملية التقطير، نلاحظ أن تغيره يؤثر على جميع المؤثرات الأخرى وخاصة المردود. حيث يعود التزايد المستمر لشدة الإشعاع الشمسي إلى خلو الجو من السحب في الفترة الصباحية. أما عند الزوال بين الساعة 12:00 و 13:00 زوالاً يبلغ الإشعاع الشمسي ذروته وهذا راجع إلى وصول الشمس إلى كبد السماء أي سقوط الإشعاع الشمسي عمودياً على سطح الأرض. أما في الفترة المسائية ينخفض الإشعاع الشمسي انخفاضاً مستمراً وهذا يعود إلى غروب الشمس.

يجدر الإشارة إلى أن إنتاج المقطر المدروس للماء بشكل جيد ناتج عن كرات الألمنيوم المثبتة على قاعدة المقطر حيث تعمل هذه الأخيرة على امتصاص الإشعاع الشمسي الساقط على المقطر لما لها من مميزات في

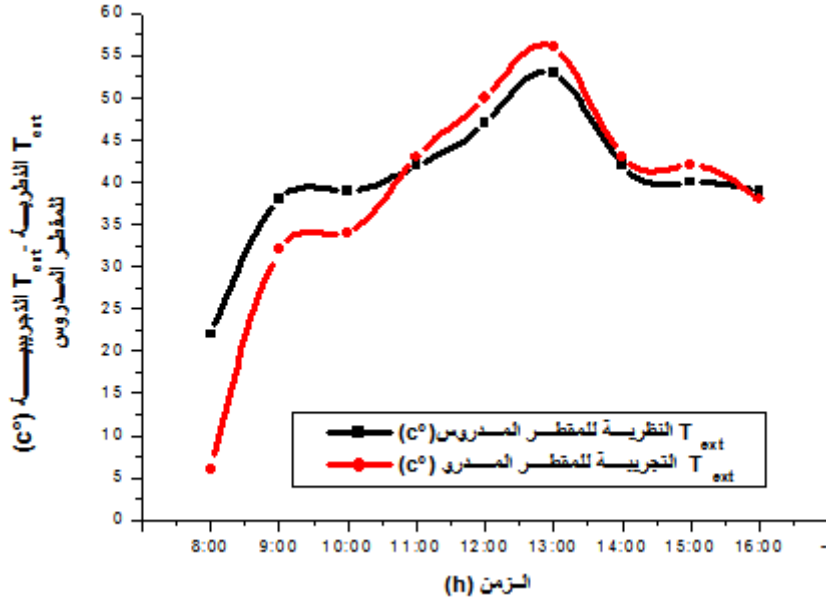
زيادة مساحة التقاط الإشعاع الشمسي من جهة ومضاعفة فترة تخزين الطاقة الحرارية من جهة أخرى ودراسة التحويل الحراري عبر زجاج المقطر الشمسي، حيث يعمل الإشعاع الشمسي على رفع درجة حرارة الماء المالح، حيث يعود ارتفاع درجة حرارة السطح الداخلي للغطاء الزجاجي للمقطرين إلى وجود انعكاسات للأشعة الشمسية التي بدورها تسخن الماء المالح، وتعود سرعة تكثيف الزجاج الداخلي إلى الفرق بين درجة الحرارة الداخلية والخارجية للمقطرين ونجد كذلك أن السطح الخارجي للزجاج أقل حرارة من السطح الداخلي وهذا بسبب انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي تبعاً لقانون فوري وقانون نيوتن.

### 3-9-5 مقارنة بين تحول درجة الحرارة الخارجية النظرية ودرجة الحرارة الخارجية التجريبية عبر زجاج المقطر:



الشكل (3-19): منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج الخارجية النظرية والتجريبية للمقطر الشاهد بدلالة الزمن.

يمثل الشكل (3-19) منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج الخارجية النظرية والتجريبية للمقطر الشاهد حيث نلاحظ أن ارتفاع درجة حرارة الزجاج الخارجية النظرية يتبعه ارتفاع درجة حرارة الزجاج التجريبية للمقطر نفسه حيث تكون درجة الحرارة الخارجية النظرية أكبر نوعاً ما من درجة الحرارة الخارجية التجريبية والسبب في هذا الاختلاف بين الحساب النظري والتجربي يعود إلى أخطاء في جهاز القياس الترموكوبل.



الشكل (3-20): منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج الخارجية النظرية والتجريبية للمقطر المدروس.

يمثل الشكل (3-20) منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج الخارجية النظرية والتجريبية للمقطر المدروس حيث نلاحظ أن ارتفاع درجة حرارة الزجاج الخارجية التجريبية يتبعه ارتفاع درجة حرارة الزجاج النظرية للمقطر نفسه حيث تكون درجة الحرارة الخارجية النظرية أكبر نوعاً ما من درجة الحرارة الخارجية التجريبية والسبب في هذا الاختلاف بين الحساب النظري والتجريبية يعود إلى أخطاء في جهاز القياس الترموكوبل.

### 10-3 خاتمة:

بعد الدراسة التجريبية للنتائج المتحصل عليها من خلال التجربة يمكن القول أنه كلما زاد امتصاص الإشعاع الشمسي كلما ارتفع الفارق بين الماء والزجاج الداخلي للمقطر، وبالتالي يزيد من إنتاج ماء المقطر وهذا ما توصلنا إليه من خلال تجربتنا بعد إضافة كرات الألمنيوم للمقطر، حيث ساهمت في زيادة مساحة التقاط الإشعاع الشمسي ومضاعفة فترة تخزين الطاقة، وبالتالي نستخلص أن المقطر المدروس أفضل من المقطر الشاهد بنسبة قدرت بـ 52% إلى 68%.

الخاتمة العامة

## الخاتمة العامة:

يعتبر التقطير الشمسي أحد التقنيات البسيطة المستعملة في تحلية المياه، فهو حل ناجح وغير مكلف خاصة للدول التي تعاني من نقص المياه الصالحة للشرب وتتمتع بطاقة شمسية كبيرة، وهناك عدة عوامل تؤثر على مردود المقطر الشمسي منها العوامل الداخلية والخارجية، ومن أهم العوامل الخارجية نجد الإشعاع الشمسي حيث يتناسب طردياً مع المردود، بالإضافة إلى أن الرياح تؤثر كذلك على المردود حيث تزيد في عملية التقطير، ذلك لأن التيارات الهوائية تعمل على تبريد الغطاء الزجاجي مما يزيد الفارق في درجة الحرارة بين الماء في الحوض والسطح الداخلي للغطاء الزجاجي من جهة ويزيد من تكثيف الماء على الزجاج الداخلي من جهة أخرى، أيضاً كمية الماء المقطر المنتجة تزداد كما نجد أيضاً أن من أهم العوامل الداخلية التي تؤثر على المردود عمق الماء المالح حيث يتناقص المردود كلما زاد سمك الماء.

نظراً لمشكلة نقص المياه الصالحة للشرب التي تعاني منها منطقة الوادي ، لأنها منطقة تتميز بالمياه الجوفية المالحة، فأغلب سكانها يدفعون أموالاً معتبرة للحصول على الماء المحلي، ومن هنا يتبادر إلى أذهاننا فكرة توفير الماء للشروب محلياً بأقل تكلفة ممكنة ، وذلك باستعمال المقطر الشمسي البسيط، لكن تواجهنا مشكلة أن هذا المقطر تبقى مردوديته منخفضة، لذلك قمنا بتصنيع مقطرين متشابهين وضعناهما تحت نفس الظروف المناخية، أحدهما شاهد والثاني قمناب إضافة بعض التحسينات عليه وذلك بتثبيت كرات من الألمنيوم على مستوى الحوض، وهذا لتسهيل عملية المقارنة.

لقد مرت التجربة بنجاح في ظروف مناخية جيدة حيث عرضنا مقطرين شمسيين مسطحين إلى أشعة الشمس من الساعة 8:00 صباحاً إلى غاية 16:00 مساءً تحت نفس الظروف المناخية من أجل إعطاء نتائج صحيحة ودقيقة. ومن أهم النتائج التي استنتجناها :

- كمية الماء المقطر المنتجة من المقطر المدروس أكبر منها عند المقطر الشاهد. حيث بلغت النسبة بين الماء المقطر للمقطر المدروس و الماء المقطر للمقطر الشاهد حوالي 150 %.

- كرات الألمنيوم امتصت الإشعاع الشمسي بشكل جيد وبالتالي ساهمت في رفع درجة حرارة الماء المالح ليتبخر بسرعة فتحصلنا على كمية كبيرة من الماء المقطر وعليه فإن كرات الألمنيوم أعطت نتيجة إيجابية.

كدراسة مستقبلية يمكن زيادة عدد كرات الألمنيوم لزيادة التقاط الإشعاع الشمسي ومضاعفة فترة تخزين الحرارة، للحصول على نتائج أفضل.

# قائمة المراجع

## قائمة المصادر والمراجع:

## ❖ المصادر العربية:

- [25] د. سهيل فاضل، الياس الكبة، " الطاقة الشمسية وتطبيقاتها "، دار الحداثة للطباعة والنشر والتوزيع، بيروت لبنان، ص ب 14/5636.
- [35] عقيل يوسف هاشم، المقطر الشمسي العمودي، ابحاث البصرة، الجزء (3) العدد (38)، (2012).
- [36] محمد تخة، دراسة مقارنة وتحسين لمختلف المقطرات الشمسية لإنتاج المياه الصالحة للشرب في المناطق الجافة الصحراوية، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة، ص 20-22 الجزائر (2004).
- [46] خلدون محمد سليم، تحسين أداء المقطر الصندوقي الشمسي باستخدام تقنيات جديدة، مذكرة ماجستير، جامعة تشرين اللاذقية، ص 4 سوريا (2010).
- [51] رشيدة نوادي، "دراسة مقطر شمسي ذي مكثف مظل جزئيا بفعل الاحتباس الحراري الشمسي في المناطق القاحلة"، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة، ص 24-28 الجزائر (2010).
- [52] إبراهيم مياسي، "الصحراء الجزائرية في ظلال واد سوف"، دار هومة للطباعة والنشر والتوزيع، ص 111، الجزائر (2014).
- [53] إبراهيم العوامر، "الصروف في تاريخ الصحراء و سوف"، الدار التونسية للنشر، تونس، الشركة الوطنية للنشر والتوزيع، ص 39 و 183 (1977).
- [54] كمال بن عمر، "الألغاز الشعبية في منطقة وادي سوف (جمع وتصنيف ودراسة)"، مذكرة ماجستير، جامعة باتنة، ص 16-18، الجزائر (2007).
- [55] علي غنابزية، "مجتمع وادي سوف من خلال الوثائق المحلية في القرن الثالث عشر (هـ) التاسع عشر (م)، مذكرة ماجستير، جامعة الجزائر، ص 7، الجزائر (2001).
- [56] ريان جابر، "الزراعة في إقليم وادي سوف الآليات - الواقع - الآفاق"، مذكرة ماجستير، جامعة قسنطينة، ص 21-38، الجزائر (2015).
- [57] بشير الوصيف، أيوب حني، "دراسة الطبقات المائية ومجرى وادي سوف القديم"، مذكرة ماستر، جامعة الوادي، ص 3-18، الجزائر (2015).
- [58] جيهان ريم عبدواي، "مشكلة صعود المياه وآثارها على البيئة بإقليم وادي سوف"، مذكرة ماجستير، جامعة قسنطينة، ص 15-25، الجزائر (2006).
- [59] الأخضر مرابط، "حساسية الصحراء المنخفضة وانعكاسات التدخل البشري مقارنة منطقتي واد ريغ وواد سوف الأسباب والنتائج"، مذكرة ماجستير، جامعة قسنطينة، ص 25، الجزائر (2005).
- [60] عمار مصطفىاوي، "القطاع الفلاحي بين القديم والجديد"، مذكرة ماجستير، جامعة قسنطينة، ص 10-16، الجزائر (2002).
- [64] الوكالة الوطنية للموارد المائية ANRH.

## ❖ المراجع الأجنبية:

- [1] S.A. Alajlan, An Overview of water Desalination Technologies, Presented at The Solar Energy Systems-Water Pumping and Desalination Workshop, Solar Village, Kacst, Riyadh, Saudi Arabia (1995).

- [2] S. Guemari et R. Touahir, "Contribution à l'amélioration de rendement d'un distillateursolaire serre", these master Académique, Université de Ouargla, P. 12-20, Algérie (2015).
- [3] N. Baba Ahmed, S. Ainad Tabet et B. Belhacene "Study on the énergétique paramètres in A photo thermiquesénior with black polymérique film" revécu. Fond. N°1, 2 (2010).
- [4] 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).
- [5] 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).
- [6] B. Nadir, T. Ismail, Etude réalisation et simulation numérique D'un distillateur solaire à cascade. Revue des Energies Renouvelables Siennr12, Ghardaïa, Algérie (2012).
- [7] M. Zerrouki, Y. Marif, M. Belhadj et N. Eddine Settou, Simulation et expérimentation d'un distillateursolaire à film capillaire dans le sud Algérien Laboratoire de Valorisation et de Promotion des Ressources Sahariennes 'LVPRS', N°1, 4 (2012).
- [8] W.H. Alawee, Improving the productivity of single effect double slope solar Still by simple modification, Journal of Engineering, N° 21, 8 (2015).
- [9] S.A. Kalogirou, Seawater desalination using renewable energy sources, Progress in Energy and Combustion Science 31, (2005).
- [10] 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).
- [11] A.S. Nafey, M. Abdelkader, A. Abdelmotalib and A.A. Mabrouk, Parameters affecting solar still productivity, Energy Conversion & Management 41(2000).
- [12] H.N. Singh and G.N. Tiwari, Monthly performance of passive and active solar Stills for different Indian climatic conditions, Desalination 168 (2004).
- [13] 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).
- [14] A. Bassam, A. Hamzeh and M. Rababah, Experimental Study of a solar still with sponge cubes in basin, Energy Conversion and Management 44 (2003).
- [15] R. Tripathi and G.N. Tiwari, Performance evaluation of a solar still by using the concept of solar fractionation, Desalination 169 (2004).

- [16] R. Tripathi and G.N. Tiwari, Effect of water Depth on internal heat and mass Transfer for active solar distillation, Desalination 173 (2005).
- [17] 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).
- [18] 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).
- [19] 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).
- [21] H. Boutebila, "Etude et conception d'un distillateur solaire à usage agricole", thèse de magister, université de Constantine, P. 19-27, Algérie (2012).
- [22] H. Ouahid, "Etude de la performance d'un distillateur solaire système de pré-chauffage solaire de l'eau saumâtre", thèse de magister, université de Constantine, P. 3, Algérie (2010).
- [23] D. Ababsa, "Optimisation Du Rendement D'un Capteur Solaire Par Minimisation Des Pertes Convectives", thèse magister, université de Batna, P. 25-30, Algérie (2009).
- [24] I. Tabet, "Etude d'un Distillateur Solaire a Cascade", thèse magister, université de Constantine, P. 17 Algérie (2010).
- [26] 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).
- [27] F. Livet; Besoins et Procèdes pour le dessalement de l'eau de Simp, Umr Cnrs 5266, Inpg-Ujf, mer, 38402-St Martin d'Herès, France, (2007).
- [28] Y. Boualati, "Investigation sur la performance d'un distillateur solaire", thèse magister, Université de Ouargla, P. 38-44, Algérie (2004).
- [29] 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).
- [30] 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).
- [31] N. Smakdji, "Impact de l'écart de température (eau-capteur) sur l'efficacité

- Globale d'un distillateursolaire "thèse de magistère, Université de Constantine, Département génie climatique, P. 41-48, Algérie (2002).
- [32] 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).
- [33] O. Sotahi, "Etude des caractéristiques de fonctionnement et de la performance d'un distillateursolaire" thèse magister université Constantine, P. 19-24, Algérie (2009).
- [34] A. Chaker. G. Menguy, Efficacité interne d'un distillateursolaire sphérique. Energ. Ren. (2001).
- [37] B. Bouchekima, B. Gros, R. Ouahes, M. Int. J. therm. Etude théorique et application pratique du distillateursolaire à film capillaire, 39 (2002).
- [38] B. Bouchekima, a solar Desalination plant for domestic water need in arid areas of south Algeria, Desalination 153 (2002).
- [39] E. Zayouti, L. Bourden, A. Ahroune, M. Banouni, Distillation solaire amélioration de la condensation de la vapeur d'eau dans les distillateurs solaires, Tétouan, Maroc, (2002).
- [40] 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).
- [41] R. Elmadani, Etude critique et optimisation d'un distillateursolaire, thèse de fin d'année, (2001).
- [42] I. Al Hayek, Omar O. Badran "The effect of using different designs of solar Stills on water distillation "Desalination 169 (2004).
- [43] R. Ouahes, P. Legoff, Le projet-Dificap-distillateur à film capillaire, Lab. des Sciences du génie à Nancy, France (1982).
- [44] P. I. Ayav, G. Atagunduz, Theoretical and Experimental investigations on solar distillation of Iztech campus area Seawater, Desalination 208 (2007).
- [45] M. El Haimier, M. Barkaoui, A. Irhzo, H. Legoff, Distillateursolaire rustique à film capillaire et à multiples effets. Essais expérimentaux à Casablanca Maroc, (2002).
- [47] J.R. Vaillant, les problèmes du dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, France (1975).
- [48] N. Smakdji, "Optimisation et modélisation d'un distillateursolaire à ailettes avec stockage de chaleur" thèse de Doctorat, Université de Constantine, Département génie climatique, P. 24-27, Algérie (2002).
- [49] P. Benoit, le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres : les techniques d'hier et d'aujourd'hui, contexte économique et perspectives,

(1998).[50] M. Al-Shammiri, M. Safar, Multi-effect distillation plants: state of the art, Desalination 126 (1999).

[61] O. Achiri, Y. Bouziane, "Diagnostic qualitative des eaux potables distribuées pour l'alimentation dans la ville d'El Oued" thèse magister, université EL oued, P. 19-24, Algérie (2014).

[62] H. Mokdadi, N. Messai Ahmed, "Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de quelques zones humides de la wilaya d'El-Oued," thèse master Académique, université EL oued, P. 19-24, Algérie (2014).

[63] O.N.M. El Oued Guemar, 2013. office national de météorologie.

