الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

رقم الترتيب :

رقم التسلسل :

جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي

كلية التكنولوجيا

قسم هندسة ميكانيكية

مذكرة تخرج لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

تخصص : طاقات متجددة في الميكانيك

الموضوع

دراسة تجريبية لتأثير حجر زهرة الرمال على مردود المقطر الشمسي لمنطقة وادي سوف

من إعداد :

-عطاالله عبد العزيز

-عمـري عبد السـلام

-لطيـرق عبد الرحيم

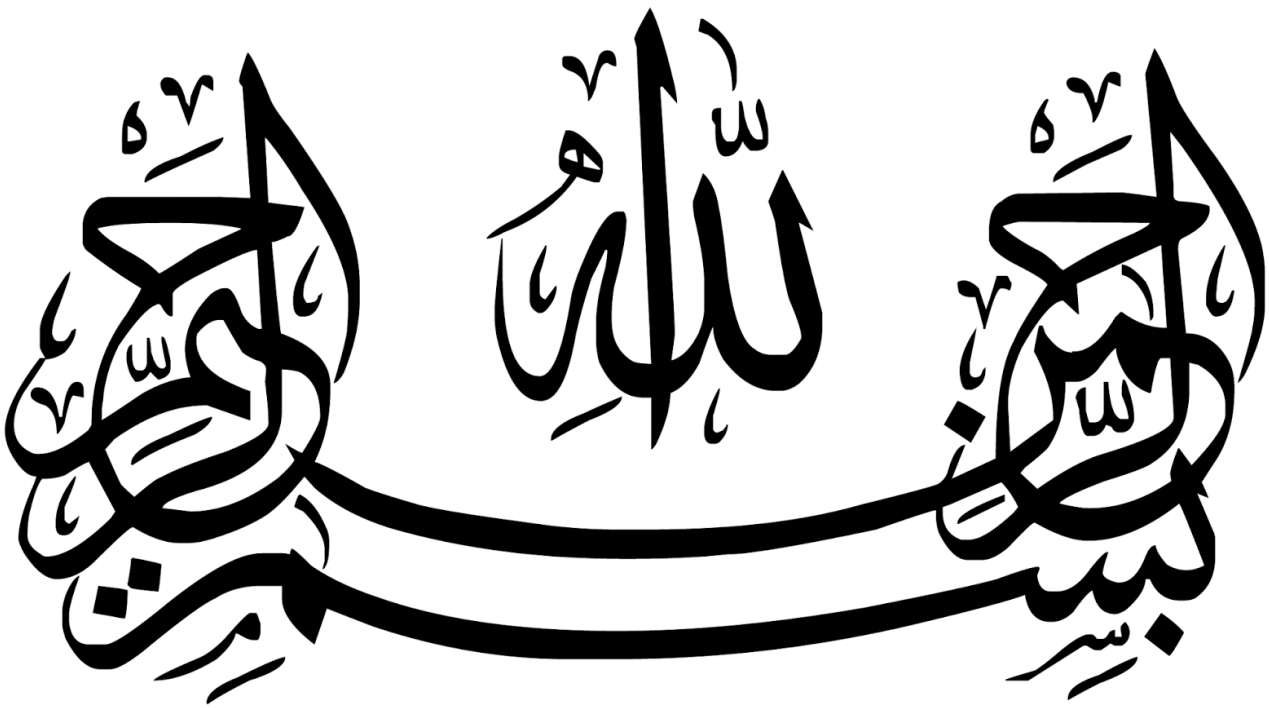
تحت إشـراف:

حـاج عمـار محمد عـلي

مساعد مشرف:

الزيـن علـي

الموسم الجامعي : 2020/2019


بسم الله الرحمن الرحيم

الإهـــداء

نحمد الله عز وجل على منه وعونه لإتمام هذا البحث.

إلى الذين وهبونا كل ما يملكون حتى نحقق لهم آمالهم، إلى من كانوا يدفعوننا قدما نحو الأمام لنيل المبتغى، إلى الناس الذين امتلكوا الإنسانية بكل قوة، إلى الذين سهروا على تعليمنا بتضحيات جسام مترجمة في تقديسهم للعلم، إلى مدرستنا الأولى في الحياة، أباءنا الغاليين على قلوبنا أطال الله في عمرهم؛ إلى اللواتي وهبن فلذات أكبدهن كل العطاء والحنان، إلى اللواتي صبرن على كل شيء، اللواتي رعونا حق الرّعاية و كانوا سندا في الشدائد، وكانت دعواتهن لنا بالتوفيق، تتبعونا خطوة خطوة في عملنا، إلى من ارتحنا كلما تذكرنا ابتسامتهن في وجوهنا نبع الحنان أمهاتنا أعز ملاك على قلوبنا والعين جزاهم الله عنا خير الجزاء في الدارين.

إليهم نهدي هذا العمل المتواضع لكي ندخل على قلوبهم شيئا من السعادة إلى إخوتنا وأخواتنا الذين تقاسموا معنا عبء الحياة إلى الاساتذة المشرفين **حاج عمار محمد علي والزين علي** والى أفراد أسرنا، سندنا في الدنيا ولا نحصي لهم فضل إلى كل أقاربنا و إلى كل أصدقائنا وأحبابنا من دون استثناء إلى أساتذتنا الكرام و كل رفقاء الدراسة.

وفي الأخير نرجو من الله تعالى أن يجعل عملنا هذا نفعا يستفيد منه جميع الطلبة المقبلين على التخرج.

" عبد العزيز، عبد السلام، عبد الرحيم "

الشكر والعرفان

لك الحمد ربنا يا من مننت علينا بنعمة العلم، ويسرت لنا سبله، وأعنتنا على تحصيله، وعلمتنا ما لم نعلم، الصلاة والسلام على خير المعلمين محمد سيد الخلق وعلى آله وصحبه أجمعين وبعد:

نتوجه بالشكر الجزيل والإمتنان الكبير لأساتذتنا الأفاضـل "حاج عمار محمد علي" و"الزيـن علـي" لتتويجهما لعملنا بإكليل من النصح والإرشادات فكانا لنا خير معين وسند في إنجاز هذا البحث رغم إنشغالهما.

أيضا نتوجه بالشكر لكل من ساعدنا في هذا العمل عن قريب أو بعيـد.

" شكـرا "

الفهـارس

الإهداء	.....	I
التشكرات	.....	II
فهرس المحتويات	.....	III
فهرس الأشكال	.....	X
فهرس الجداول	.....	XIII
فهرس الرموز	.....	XIV

العنوان	الفصل	الصفحة
	مقدمة العـــامة	
مقدمة العامة	.....	2
	الفصل الأول :دراسة عامة حول الماء وطرق تصفيته	
1-1 تمهيد	.....	4
1-2 تعريف الماء النقي	.....	4
1-3 المنابع المائية	.....	4
1-3-1 الماء السطحي	.....	5
1-3-2 المياه الجوفية	.....	5
1-4 معالجة المياه	.....	6
1-4-1 الفحص	.....	6
1-4-1-1 اضافة مواد للمعالجة	.....	6
1-5 تنقية المياه	.....	6
1-6 تقنيات تصفية المياه المالحة	.....	7
1-6-1 تقنية التقطير	.....	7
1-6-1-1 تقطير بسيط	.....	7
1-6-1-2 التقطير المتعدد	.....	8
1-6-1-3 التقطير اللحظي	.....	9
1-6-2 تقنية فصل الماء عن	.....	10

الاملاح الذائبة بالاغشية
1-6-1-1 الأسموز العكسي 10
1-6-2-2 الأسموز الكهربائي 11
1-7 خلاصة 12
مراجع الفصل الأول 13

الفصل الثاني : دراسة أهمية الطاقة الشمسية في تصفية المياه عن طريق تقنية التقطير

2-1 تمهيد 14
2-2 الطاقة المتجددة 14
2-3 الطاقة الشمسية 15
2-3-1 لمحة تاريخية 15
2-3-2 مفهوم الطاقة الشمسية 15
2-3-3 تعريف الطاقة الشمسية 16
2-3-4 أقسام الاشعاع الشمسي 17
2-3-5 ايجابيات الطاقة الشمسية 17
2-3-6 معوقات الطاقة الشمسية 18
2-4 استخدامات الطاقة الشمسية 18
2-5 توليد الطاقة الكهربائية بالطاقة الشمسية 18
2-6 الاستخدامات الحرارية 19
2-6-1 تسخين المياه 19
2-6-2 الطبخ الشمسي 20
2-6-3 التدفئة 20
2-6-4 التبريد الشمسي 21
2-6-5 تجفيف المحاصيل 22
2-7 تحلية المياه 22
2-7-1 لمحة تاريخية 22
2-7-2 تعريف المقطر الشمسي 23

2-7-3 أنواع المقطرات الشمسية 24
2-7-4 خصائص المقطرات الشمسية 29
2-7-5 العوامل الداخلية والخارجية المؤثرة على مردود المقطر 31
2-7-6 الطرق المستعملة في تحلية المياه 33
2-8 خلاصة 37

الفصل الثالث: دراسة تجريبية لمقطر شمسي في منطقة وادي سوف

3- 1 تمهيد 39
3-2 المقطر الشمسي البسيط 39
3-2-1 مبدأ عمل المقطر الشمسي 39
3-2-2 طريقة العمل المقطر الشمسي 39
3-2-3 مكونات المقطر الشمسي 39
3-3 أجهزة وأدوات القياس المستعملة في التجربة 42
3-3-1 جهاز قياس درجة الحرارة 42
3-3-2 جهاز قياس الاشعاع الشمسي 43
3-3-3 جهاز قياس سرعة الرياح 44
3-3-4 الأنابيب المدرجة 44
3-4 المكونات اللازمة لتصنيع المقطر الشمسي 45
3-5 خطوات تصنيع المقطر الشمسي 47

3.6 الخطوات التجريبية 52
3-6-1 التجربة الأولى 52
3-6-1 التجربة الثانية 52
3-7 الخلاصة 54

الفصل الرابع: تحليل النتائج التجريبية ومناقشتها

4- 1 تمهيد 56
4-2 التجارب 56
4-2-1 التجربة الأولى 56
تحليل ومناقشة 60
4-2-3 التجربة الثانية 61
تحليل ومناقشة 65
4-3-1 الخلاصة 66

الخاتمة العـــامة

الخاتمة العامة 62

المـــراجع

المراجع 71

رقم الجدول	عنوان الجدول	الصفحة
	الفصل الثاني	
(1-2)	طيف الاشعاع الشمسي	16
	الفصل الثالث	
(1-3)	المكونات اللازمة لتصنيع المقطر الشمسي	45
(2-3)	خطوات تصنيع المقطر الشمسي	48
(3-3)	الأدوات المستخدمة لتصنيع المقطر الشمسي	51
	الفصل الرابع	
(1-4)	الظروف الجوية للتجربة	57
(2-4)	الظروف الجوية للتجربة	61

رقم الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
	الفصل الأول	
(1-1)	دورة المياه في الطبيعة	5
(2-1)	التقطير البسيط	8
(3-1)	التقطير متعدد التأثير	9
(4-1)	التقطير مع التبخير	9
(5-1)	تقنية المياه المالحة بتقنية الأسموز العكسي	11
(6-1)	تقنية الأسموز الكهربائي لفصل ملح NaCI عن الماء المالح	12
	الفصل الثاني	
(1-2)	طيف الاشعاع الشمسي	16
(2-2)	استخدامات الطاقة الشمسية	18
(3-2)	تسخين المياه بطاقة الشمسية	19
(4-2)	استغلال الطاقة الشمسية في عملية التبريد الشمسي	21
(5-2)	المبدأ الأساسي للمقطر الشمسي البسيط	23
(6-2)	مقطر بسيط بميل واحد	24
(7-2)	مقطر بسيط بميلين	24
(8-2)	مقطر شمسي أرض – ماء	25
(9-2)	مقطر شمسي ذو ماسح كروي	25
(10-2)	مخطط يوضح مقطع جانبي للمقطرين	26
(11-2)	المقطر بالانتشار	27
(12-2)	المقطر بالمدخنة الشمسية	27
(13-2)	مقطر تبخر الفتيل	28
(14-2)	المقطر الشمسي متعدد الطوابق	28

(2-15)	المقطر الشمسي بالخاصية الشعرية	29
(2-16)	مبدأ التناضح العكسي	35
(2-17)	التقطير بالتناضح العكسي	35
(2-18)	رسم تخطيطي لوحدة الفرز الغشائي الكهربائي	36
	الفصل الرابع	
(4-1)	منحنى تغيرات شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض بدلالة الزمن (2020/06/09-08).	57
(4-2)	منحنى تغيرات سرعة الرياح بدلالة الزمن (2020/06/09-08).	58
(4-3)	منحنى فرق درجة الحرارة (Te-Tv) بدلالة الزمن (2020/06/08).	58
(4-4)	منحنى تغيرات حجم الماء المجمع بدلالة الزمن (2020/06/08).	59
(4-5)	منحنى فرق درجة الحرارة (Te-Tv) بدلالة الزمن (2020/06/09).	59
(4-6)	منحنى تغيرات حجم الماء المجمع بدلالة الزمن (2020/06/09).	60
(4-7)	منحنى تغيرات شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض بدلالة الزمن (2020/06/11-10).	62
(4-8)	منحنى تغيرات سرعة الرياح بدلالة الزمن (2020/06/11-10).	62
(4-9)	منحنى فرق درجة الحرارة (Te-Tv) بدلالة الزمن (2020/06/10).	63

(10-4)	منحنى تغيرات حجم الماء المجمع بدلالة الزمن (2020/06/10).	63
(11-4)	منحنى فرق درجة الحرارة (Te-Tv) بدلالة الزمن (2020/06/11).	64
(12-4)	منحنى تغيرات حجم الماء المجمع بدلالة الزمن (2020/06/11).	64

رقم الصورة	عنوان الصورة	الصفحة
	الفصل الثاني	
(2-1)	مكونات الإشعاع الشمسي الكلي الواصل لسطح الأرض	17
(2-2)	أنظمة الخلايا الكهروضوئية	19
(2-3)	الطبخ الشمسي	20
(2-4)	نظام التدفئة الشمسية باستخدام المياه والهواء	21
(2-5)	تجفيف المحاصيل	22
	الفصل الثالث	
(3-1)	أبعاد المقطر الشمسي	40
(3-2)	شكل صندوق الحديد	41
(3-3)	جهاز قياس درجة الحرارة (Temperature Recorder)	42
(3-4)	المستشعر الخارجي لجهاز قياس الحرارة	43
(3-5)	جهاز قياس الإشعاع الشمسي	43
(3-6)	جهاز قياس سرعة الرياح	44
(3-7)	الأنابيب المدرجة	45
(3-8)	شكل الحجارة في التجربة الأولى	52
(3-9)	شكل الحجارة في التجربة الثانية	53
(3-10)	البروتكول التجريبي	54

الرموز: الاصطلاحات (الرموز اللاتينية)	الوحدة
P_e : قوة إمتصاص الماء الموجود في قاعدة المقطر	
A : المساحة	m^2
G: التدفق الإشعاعي الشمسي الساقط على السطح الزجاجي	W/m^2
h : معامل الحمل الحراري	$W/m^2 . K$
K: معامل الانتقال الكتلي	m/s
L: طول الصفيحة المستوية	m
M: الانبعاثية الإشعاعية للسطح الباث	W/m^2
Pg: الضغط الجزئي للغاز	Pa
Pv: الضغط الجزئي للبخار	Pa
Q: الاستطاعة الحرارية	W
Qs : الطاقة المشعة للشمس	W
t: الزمن	s
T: درجة الحرارة	°C
$\dot{m}$: التدفق الكتلي	Kg/s
H_w : الحرارة الكامنة للتبخير	J/Kg
Q_{evap} : حراري بالتبخير– التكثيف بين فيلم الماء و الزجاج	W
Q_{cva} : التدفق الحراري الضائع للزجاج بالحمل نحو الخارج	W
$Q_{rev\ ciel}$: التدفق الحراري الضائع للزجاج بالاشعاع نحو الخارج	W
V : الحجم	m^3

الرمـــــــوز الاغريـــقية

α: معامل الامتصاص الإشعاعي..... –

τ : معامل الإمرار الحراري ..... –

ε: معامل الانبعاث الإشعاعي للسطح الباث ..... –

λ: التوصيلية الحرارية..... $W/m\,.\,K$

ρ: الكتلة الحجمية..... Kg/m^3

ρ: معامل الانعكاس الحراري ..... –

σ: ثابت ستيفان–بولتزمان..... $\mathrm{W}/m^2.\,\mathrm{K}^4$

η: المردود الطاقوي..... –

a_s : إمتصاصية الفعالة للماء المراد تقطيره..... –

a_b :إمتصاصية الحوض ..... –

a_w : إمتصاص فعال للماء المراد تقطيره..... –

τ_e : نفاذية الماء المراد تقطيره..... –

τ_v : نفاذية غطاء الزجاج..... –

الدليل السفلي

a الوسط الخارجي (المحيط **Ambiante**) ..... –

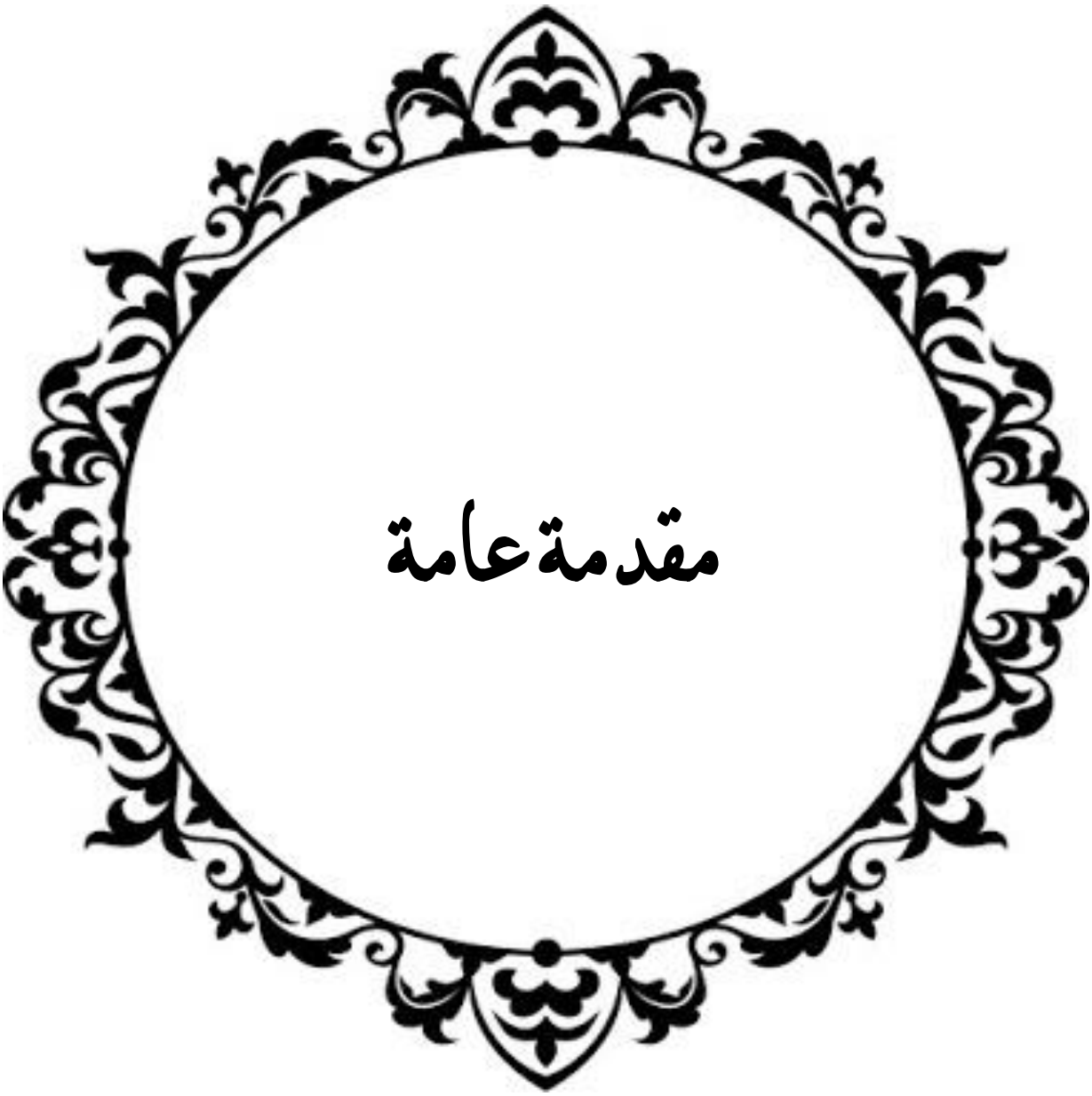
b حوض الماء المالح (**Bassin**) ..... –

$c, g-a$ التبادل الحراري بالحمل بين الغطاء الزجاجي والهواء..... –

$c, w-g$ التبادل الحراري بالحمل بين الماء والغطاء الزجاجي..... –

$c, w-b$ التبادل الحراري بالحمل بين الماء والصفيحة الماصة..... –

- g الغطاء الزجاجي .....
- $e, w-g$ التبادل الحراري بالتبخير بين الماء والغطاء الزجاجي.....
- $r, g-a$ التبادل الحراري بالإشعاع بين الغطاء الزجاجي والهواء.....
- $r, w-g$ التبادل الحراري بالإشعاع بين الماء والغطاء الزجاجي . .....
- sky القبة السماوية.....
- tالكلي (Totale) .....
- w الماء (Water) .....
- cb الضياع الحراري عبر الصفيحة الماصة .....
- Cdالتبادل الحراري بالتوصيل بين السطح الخارجي والداخلي للزجاج .....
- Outالضياع الحراري مع الماء المقطر الناتج .....
- Inالضياع الحراري مع ماء التغذية .....
- αwالحرارة الممتصة من طرف الماء .....
- ρw الإشعاع المنعكس على مستوى الماء المالح .....
- $c, i-a$التبادل الحراري بالحمل بين العازل والهواء .....
- $r, i-a$: التبادل الحراري بالإشعاع بين العازل والهواء.....



مقدمةعامة

المقدمة العامة:

الماء هو ذلك السائل العجيب الذي أودع الله سبحانه وتعالى سرّه فيه، فهو أساس استمرار حياة الكائنات الحية، فلولاه لما كانت الحياة موجودة أصلاً، ولهذا وصفه الله جلّ وعلا في القرآن الكريم بقوله : "**وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ**" (الأنبياء- آية 30)، ولا عجب أن الماء هو المكون الرئيسي لأجسام الكائنات الحية، كما أنه يغطي ما يقارب ثلاثة أرباع الكرة الأرضية من بحار ومحيطات وأنهار، ويمثل الماء موطناً لملايين الكائنات الحية البحرية كالأسماك وغيرها من النباتات البحرية.

يتجه العلم الحديث الآن للبحث في إمكانية 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). وهكذا نقلل اعتماد مصادر الطاقة التقليدية كالنفط والغاز والفحم الحجري والطاقة النووية، لأن استخدام مثل هذه العناصر يسبب مشاكل بيئية [1-3].

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، حيث يعتبر التقطير بالبيوت المحمية أحد تطبيقات الطاقة الحرارية المنخفضة الحرارة التي تنطوي على تحويل الطاقة الشمسية (الإشعاعية) إلى طاقة حرارية لإنتاج المياه العذبة من المياه المالحة، حيث تتكيف بشكل فردي أو جماعي مع المناطق النائية أو المعزولة التي تتطلب استهلاكا منخفضا من المياه [4-6].

التقطير الشمسي أحد العمليات التي يمكن استخدامها لتنقية المياه ويمكن استخدام أي مصدر للطاقة الشمسية للتدفئة وهو خيار التكنولوجيا المنخفضة، في هذه العملية يتبخر الماء، باستخدام الطاقة الشمسية ثم يتكاثف البخار كمياه نقية، هذه العملية تزيل الأملاح والشوائب الأخرى. ومن المعروف أن تحلية المياه باستخدام أنظمة تعمل بالطاقة الشمسية تعتبر حل عملي لإنتاج الماء الصالح للشرب وخاصة في المناطق النائية التي تعاني من قلة في المياه الصالحة للشرب بسبب البنية التحية 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 تودي إلى زيادة إنتاجها.

تعتبر الجزائر من البلدان التي انتهجت هذا الخيار في توفير الماء الصالح الشرب، حيث أنجزت منذ 2005 عشر محطات بسعة إجمالية تقدر بحوالي مليوني متر مكعب في اليوم، وهي تحضر لإطلاق خمس محطات في المستقبل القريب وقد ساهمت هذه المحطات في ضمان الأمن المائي لـ 25% من الجزائريين. مادو وآخرون" درس تأثير الحصيرة المطاطية وحصيرة البوليستر كمواد تخزين طاقة حرارية معقولة على أداء اللاقط الشمسي المائل مع الحواجز، وجد الباحثون أن اللاقطات الشمسية المائلة مع مواد تخزين طاقة حرارية معقولة يحسن العائد بنسبة 57.1 و59.5٪ مع حصيرة البوليستر وحصيرة مطاطية على التوالي [7] "خشخوش وآخرون" أجرى دراسات أداء على الطبقة الرملية كعامل لتحسين الكفاءة على صورة شمسية. لاحظ المؤلفون انخفاضًا بمقدار 1.46 مرة في الإنتاجية عند استخدام طبقة الرمل مقارنة بـ المقطر التقليدي [8].

تهدف هذه الدراسة التجريبية إلى زيادة مردودية المقطر الشمسي البسيط أي زيادة كمية الماء المقطر المنتجة خلال اليوم، كما تهدف أيضا إلى معالجة مشكلة نقص مياه الشرب بمنطقة الوادي وذلك عن طريق استغلال حجارة زهرة الصحراء (اللوس)، حيث ستكون عبارة عن عمل مكمل لتجارب قام بها طلبة في السنة الماضية.

والسؤال الذي يطرح نفسه هو كيف تأثر حجارة زهرة الصحراء (اللوس) على مردود المقطر الشمسي؟

ولهذا سنقسم المذكرة إلى أربعة فصول على النحو التالي:

- **الفصل الأول**: دراسة عامة حول الماء وطرق تصفيته حيث سنتطرق الى تعريف الماء النقي واهم منابعه وكيف يتم معالجته وتصفيته عن طريق التقطير.
- **الفصل الثاني**: دراسة أهمية الطاقة الشمسية في تصفية المياه عن طريق تقنية التقطير وفي ما يلي سنتطرق الى مفهوم الطاقة الشمسية والمتجددة وكيف استخدام الطاقة الشمسية والى مبدأ عمل المقطر وأنواعه، مميزاته وأهم المعادلات التي تحكم القطر الشمسي وأخيرا الظواهر الفيزيائية المؤثرة في المقطر الشمسي.
- **الفصل الثالث**: سنتطرق الى دراسة تجريبية لمقطر شمسي في منطقة وادي سوف حيث سنتعرف على المراحل التجريبية التي قمنا بها لصنع مقطر شمسي بسيط والمكونات والاجهزة والادوات المستعملة.
- **الفصل الرابع**: سنخصصه لتحليل ومناقشة النتائج.

وأخيرا من كل ما تقدم أن المقطر الشمسي المسطح المنجز خلال هذه التجربة يحقق ما هو مطلوب من قيم لدرجات الحرارة وكمية الماء المنتج تحت ظروف مناخ ولاية الجنوب الشرقي (وادي سوف).

الفصل الأول:

دراسة عامة حول الماء وطرق تصفيته

1.1 تمهيد

منذ القدم ارتبط الماء بالحياة، ومما لا شك فيه أن الماء كان ولا يزال أول أساسيات بقاء البشرية وتطورها وازدهارها حيث يدخل في كل مجالات الحياة فهو مهم للإنسان والحيوان والنبات والغذاء والدواء والبناء والعمران والزارعة والتجارة وكافي مناحي الحياة الأخرى، ويتوفر للإنسان بطرق عديدة منها الأمطار والينابيع والأنهار والبحار والتقطير. في هذا الفصل سوف نتعرف على دورة المياه الطبيعة وأنواع المصادر الطبيعية للمياه إلى طريق تصفية وتنقية المياه .

2.1 تعريف الماء النقي

يتألف جزيء الماء من ذرتي هيدروجين H، وذرة أوكسجين واحدة، صيغته الجزئية H_2O، وهو عديم الرائحة و اللون والطعم و الصفة، ويكون سائلا عند درجة الحرارة بين الصفر والـ 100 مئوية، أو غازيا على شكل بخار عند درجة الغليان (درجة الغليان 100 م)، أو صلبا على شكل جليد أو ثلج عند الدرجة أقل من الصفر (درجة التجمد 0 ° م درجة الماء محلول (مذيب) جيد لكثير من الأجسام الصلبة والسائلة والغازية، وناقل للكهرباء، كتلته الحجمية، 1000 كلغ / م ^{3} (1 غ / سم^3) [09].

3.1 المنابع المائية

المصادر المائية في الطبيعة متنوعة، من بينها المياه الجوفية، وهي مياه ترشحت عند تسربها عبر سطح الأرض ويمكن ضخها بسهولة وهذا بحفر الآبار، وهنا ما يصعد من تلقاء نفسه مثل الآبار الارتوازية، وهي عادة صالحة للشرب، تمثل هذه المياه 3 % من حجم الماء على الأرض، أغلبها قريبة من السطح، ولها أهمية في دورة الماء في الطبيعة [09].

الشكل (1–1): دورة المياه في الطبيعة[10].

1.3.1 الماء السطحي

الماء الجاري أو الراكد على سطح الأرض: مجموعات المياه الطبيعية كالأنهار والوديان والمجاري والبحيرات إلخ...ومجموعات المياه الاصطناعية كقنوات الري والقنوات الصناعية وقنوات الملاحة وشبكات تصريف المياه والخزانات الاصطناعية.

تدخل مياه الترشيح على الضفاف في التصنيف الحالي ضمن فئة المياه السطحية. وعلى العكس، فإن ماء البحر ومجموعات المياه الدائمة الركود الطبيعية منها والاصطناعية ومياه المناطق التي هي في طور انتقالي كمستنقعات المياه الكريهة والبحيرات الشاطئية ومصبات الأنهار لا تعتبر مياه سطحية وهي مصنفة ضمن النوع "موارد أخرى"[11].

2.3.1 المياه الجوفية

هي مياه محجوزة ويمكن عموما استرجاعها أثناء أو من خلال تكوين جوفي. وان كل تنقيب عن الماء دائم أو وقتي متكون طبيعيا أو اصطناعيا موجود في طبقة التحتربة بكمية كافية لضمان إستعمال موسمي على الأقل .

هذا الصنف يجمع الطبقات المائية والطبقات العميقة تحت الضغط أو التي تحتويها صخور سامية مكسرة. وندرج في نهاية هذه الوثيقة المياه المحقونة والعيون المجمعة أو المنتشرة التي يمكن غمرها دون اعتبار مياه الترشيح التي عدت ضمن المياه السطحية [11].

4.1 معالجة المياه

توفر محطات تنقية المياه ضمان الوصول لمياه شرب آمنة، والتخلص من الملوثات الموجودة في المياه، ومنها الملوثات

- ✓ العضوية
- ✓ العضوية
- ✓ الميكروبية
- ✓ المشعة

وهناك خطوات لتنقية المياه منها ما يأتي [12]:

1.4.1 الفحص

يمر الماء من البحيرات أو الأنهار أو الأرض خلال شاشة، وذلك أثناء دخوله لمحطة معالجة المياه، وعندما يكون مصدر المياه من بحيرة أو نهر يكون دور الشاشة مهما، حيث تقوم بتنقية المياه التي مرت من خلالها بالتخلص من الشوائب، مثل: النباتات، والخشب، أو حتى الأسماك، وإذا كان مصدر المياه جوفيا لا يكون الفحص ضروريا؛ لأنه قد تم تصفيتها عبر مرورها في طبقات الأرض[12].

2.4.1 إضافة مواد للمعالجة

يتم إضافة مواد للمعالجة مثل المواد الكيميائية، التي تجذب الأوساخ وتجعلها ثقيلة معا، وفي النهاية تغرق في قاع خزان المياه[12].

5.1 تنقية المياه

يتم بعد معالجة المياه البدء في العلاج الكيميائي للمياه، وذلك من خلال اتباع الخطوات الآتية:

- ❖ **الترسيب:**

حيث تتدفق المياه والأوساخ الثقيلة من حوض الترويب إلى حوض الترسيب، وبالتالي تستقر وتبقى هذه الأوساخ في القاع حتى يتم إزالتها.

- ❖ **الترشيح:**

يزيل الجسيمات التي بقيت في الماء، مثل: الكتل غير المستقرة، والكائنات الدقيقة، والطحالب.

❖ **التطهير:**

هو الخطوة النهائية وبها يتم قتل الميكروبات الضارة، وهي مثل: الأوليات، والبكتيريا، والفيروسات، وذلك بإضافة مواد كيميائية مطهرة، وغالبا تنطوي هذه الخطوة على استخدام الكلور، مثل: ثاني أكسيد الكلور، والكلورامين، وقد تحتوي هذه المواد على غاز سام، ولتفادي هذه المخاطر تستخدم بعض محطات معالجة المياه الأوزون للتطهير أو الأشعة فوق البنفسجية، كما يمكن استخدام بيروكسيد الهيدروجين بدلا من استخدام الكلور.

6.1 تقنيات تصفية المياه المالحة :

1.6.1 تقنية التقطير

إن تقطير المياه باستعمال طاقات صناعية قابلة للنفاذ هو أسلوب قديم ومكلف وغير فعال، فالسياسات الاقتصادية الحالية تفرض استغلال أمثل للطاقة مهما كان شكلها أو مصدرها.

مبدأ عمل المقطر يعتمد مبدئيا على عمليتين: عملية تبخير تتم بفعل مصدر حراري ساخن، ثم تحول بخار الماء تجاه مكثف له درجة حرارة منخفضة نسبيا، وتتم العملية مادام هناك فرق في درجة الحرارة بين هذين العنصريين المركبين للمقطر، وعموم اكلما كان الفرق كبيرا كانت كمية المياه النقية المنتجة كبيرة. وينتج عن هذه العملية مياه شديدة الملوحة – محلول ملحي نستخلص منها الأملاح المعدنية الضرورية غذائيا ككلوريد الصوديوم NaCl– ملح الطعام– وفي حالة عدم استغلال هذه ا لمياه ذات الملوحة العالية، لوجود مصدر كافي من الأملاح نصرفها، وعموما كل المقطرات مهما كان شكلها أو مبدأ عملها تحتاج مصدر حراري ساخن للتبخير، ومصدر حراري رد للتكثيف [13].

1.1.6.1 تقطير البسيط

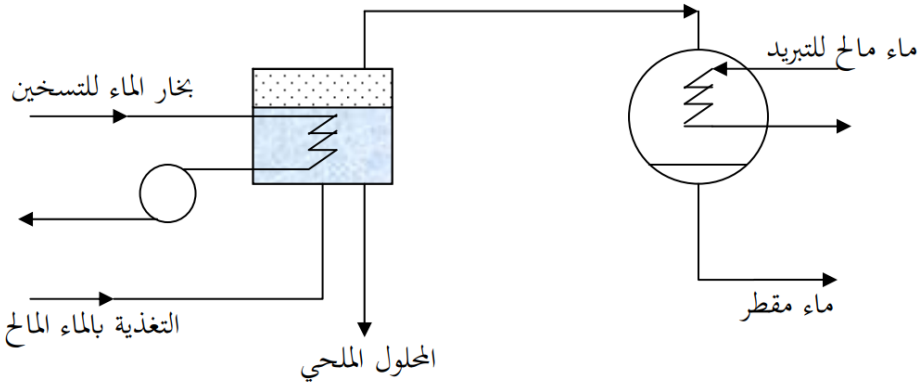
إن دوران البخار بجوار مبخر الماء يسمح بتبخير الماء تحت ضغط أقل من الضغط الجوي، مما يؤدي إلى تكثيف البخار مباشرة على سطح المكثف، وبدون استرجاع أو الاستفادة من الحرارة الضائعة، ومن المستحسن أن يكون فيه تسخين أولي للماء المالح قبل تبخيره في المبخر.

مبدأ عمل الجهاز: وهو موضح في الشكل ويعتمد مبدئيا على دخول الماء المالح إلى خلية التقطير بدرجة حرارة هو مقدار الزيادة في درجة الحرارة الناجم من التسخين الأولي.

- وفي داخل الخلية نجد مبدل حراري على شكل حلزوني أو أي شكل يضمن التبادل الحراري، بين الماء المالح وبخار الماء الداخل لهذا المبدل.

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

الجزء المفقود من الحرارة يكتسبه الماء المالح من أجل تبخيره، يتجه بخار الماء الناتج إلى خلية ثانية من أجل تكثيفه، ولتكثيفه ينبغي وجود عنصر بارد يتمثل في مبدل حراري ثاني، يسري فيه ماء مالح رد طبيعيا ماء البحر أو مياه جوفية [13].

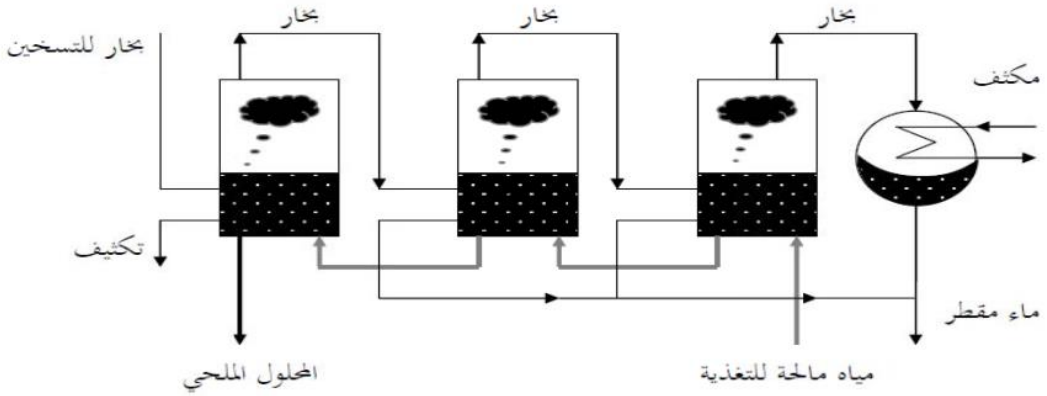


الشكل (1–2): التقطير البسيط [13].

2.1.6.1 التقطير المتعدد :

من أجل رفع مردود عملية التقطير، يجب استرجاع جزء من الحرارة الضائعة عن التكثيف في الخلية الثانية لاستعمالها كحرارة تسخين أولي، يحقق مبدأ العمل التالي:

مبدأ عمل الجهاز في الشكل (1–3) ويعتمد هذا الجهاز على عدة طوابق (خلايا) للتقطير، ونستعمل في كل طور مفعول بسيط للتقطير، بحيث أن البخار المنتج من المبخر الأول يكثف في مكثف الخلية الثانية ، ومنه يعطينا بخار قليل الضغط، وهكذا تتم العملية مع جميع الطوابق بنفس المبدأ، والحرارة المتبقية وإن وجدت تستخدم لتسخين المياه المعالجة، واستخدامها لأغراض أخرى. في المجال الصناعي يستخدم عادة من ستة إلى سبع مبخرات ومكثفات، تعمل بنفس المبدأ، وهذا المبدأ أستعمل لأول مرة أوائل القرن التاسع عشر ميلادي. ويتم اختيار عدد الطوابق لرفع معامل الفعالية للجهاز، والمتمثل في كمية الماء المنتج مقسومة على كمية البخار الناتج من التسخين الأولي لكل طابق، ويسمى أيضا قيمة الإنتاج للجهاز. والقيمة الفعالة لعدد الطوابق هي 40 [14].

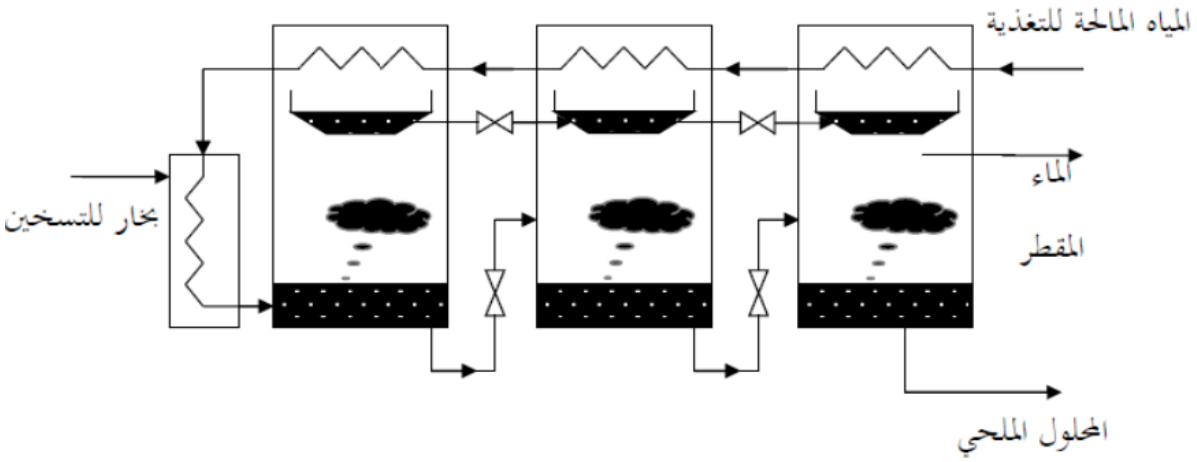


الشكل (1–3): التقطير متعدد التأثير[15].

3.6.1.1 التقطير اللحظي :

طريق التقطير مع التبخر اللحظي (السريع) بالتسخين المتوالي للبخار، تعتمد على مجموعة من الطوابق، وهي من أولى الطرق المستعملة في التقطير، من أجل إسترجاع الحرارة الضائعة، وقد طور هذا المبدأ بفضل أبحاث سليفر R.S.Sliver في مصنع تحلية المياه المالحة بمدنية ليل Lille بفرنسا .

مبدأ عمل الجهاز: ويعتمد على درجة حرارة نسبيا ضعيفة، واستخدام الماء المالح البارد لتكثيف البخار الناتج في كل طابق مبخر. داخل المبخر نجد الماء المالح ، تحت درجة حرارة معينة والضغط ينخفض تدريجيا، بحيث أن الماء والبخار في حالة توازن، فيعوض البخار التناقص في الضغط. دوران الماء البارد في مبدل حراري يضمن انخفاض في درجة حرارة البخار، وبالتالي يؤدي إلى تكثيفه على الجدار الخارجي للمبدل، وهكذا تتم العملية بالتوالي على كل الطوابق . وفي العالم يوجد العديد من المصانع التي تعمل على هذا المبدأ، منتجة ما يزيد على بضع المليارات من الأمتار المكعبة في اليوم [14].



الشكل (1–4): التقطير مع التبخير اللحظي [15].

2.6.1 تقنية فصل الماء عن الأملاح الذائبة بالأغشية:

هذه التقنية تعتمد على أغشية شبه نفاذة، تستعمل من أجل فصل الملح عن الماء، وتتم عملية الفصل تحت درجة حرارة الجو العادية – بدون تسخين – مع استهلاك لكمية من الطاقة الكهربائية، ويوجد أسلوبين في هذه التقنية وهما الأسموز العكسي الأسموز الكهربائي [16].

1.1.6.1 الأسموز العكسي:

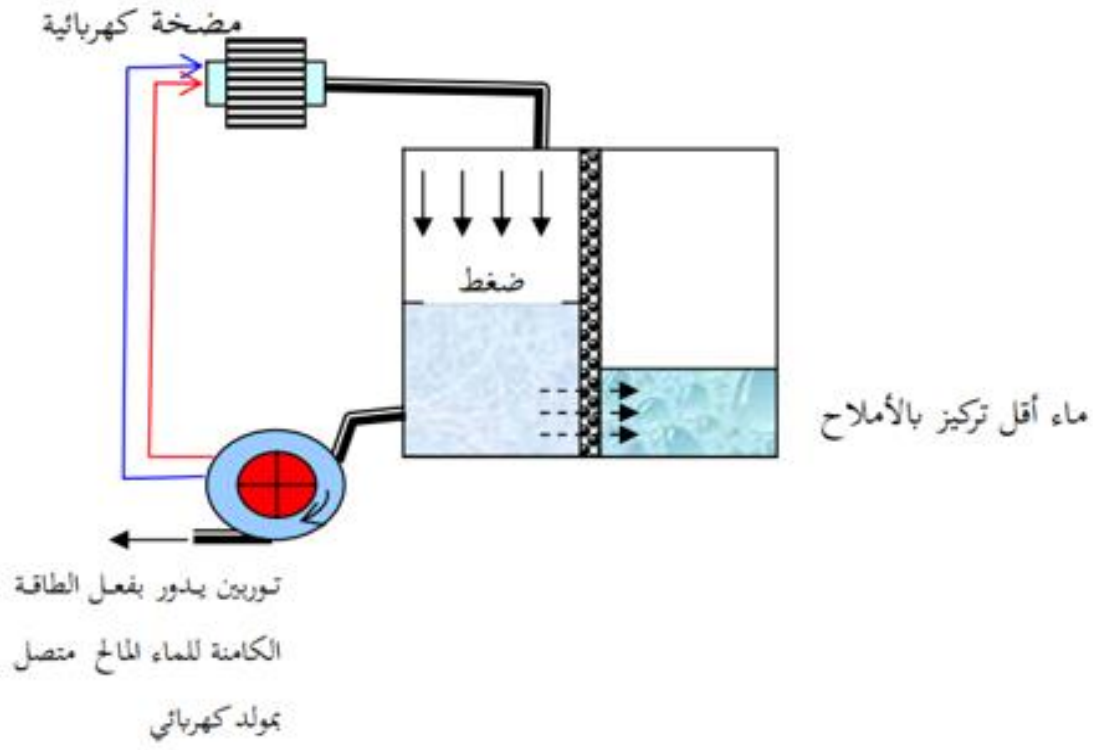
لمعرفة مبدأ هذا التقنية نعرف أولا ظاهرة الأسموز الطبيعية .

❖ **الأسموز :**

تتم ظاهرة الأسموز عند وجود محلولين سائلين مختلفين في تركيز المياه المذابة فيهما، فيتنقل المحلول من الوسط الأقل تركيزا الى الوسط الأكثر تركيزا وبوجود غشاء. ففي حالة الماء نفصل بين الوسطين المختلفين في التركيز بالأملاح بغشاء شبه نفاذ، لا يسمح للأملاح بالمرور عبره، نضع الماء المالح في حوض أول يفصل بينهما وبين الحوض الثاني غشاء شبه نفاذ، نطبق على الماء المالح ضغطا بواسطة مضخة ضغط خاصة، فيتسرب الماء ويتجه إلى الحوض الثاني، وهكذا حتى نتحصل على ماء أقل ملوحة، وبذلك نكون قد عكسنا الظاهرة الأسموزية.

إنتاج هذا الأسلوب يقارب $1m^3/jour/m^2$ من الغشاء، والطاقة المستهلكة تقدر ما بيم 4 إلى 7 KWh/m^3 من الماء المنتج .

ومن أجل الاقتصاد في الطاقة نستعمل الطاقة الكامنة في المياه المالحة التي نصرفها للتخلص منها، فوجودها في مكان مرتفع نسبيا، يمكنها من تدوير تربينات لإنتاج الطاقة الكهربائية، والشكل الموالي يوضح هذا المبدأ [16].



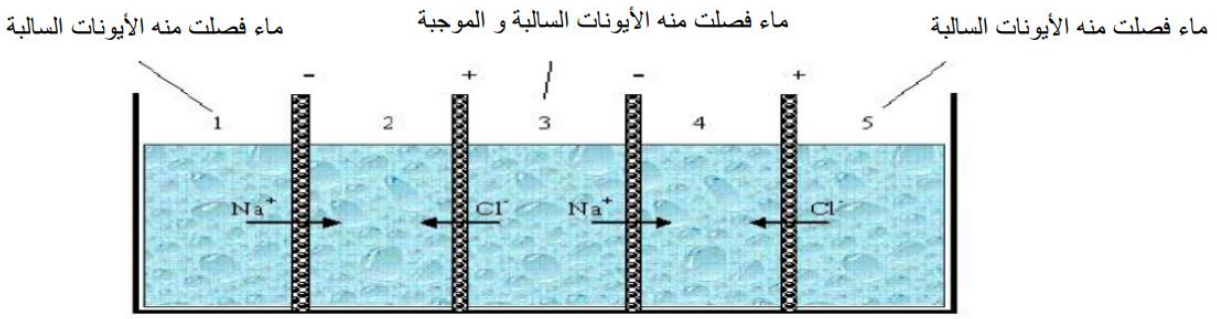
الشكل (1–5): تقنية المياه المالحة بتقنية الأسموز العكسي [15].

2.2.6.1 الأسموز الكهربائي :

يتم فصل الأيونات كيميائيا بفعل التجاذب الكهربائي، وتسمى هذه التقنية أيضا بتقنية الأسموز الأيوني، ونيتعمل في ذلك أغشية نفاذة للماء واختيارية، نختار نوعا خاصا من الأيونات السالبة أو موجبة حسب نوع الكهرباء المستقطبة في هذه الأغشية . كما هو موضح في الشكل، قسم الحوض إلى خمس أحواض مفصولة بأربعة أغشية مستقطبة بالتناوب (+ ، – ، +، –) [17].

- الحوض 01 به ماء فصلت من الأيونات الموجبة
- الحوض 05 به ماء فصلت منه الأيونات السالبة
- الحوض 03 به ماء فصلت من الأيونات السالبة و الموجبة ، و هو الماء الصالح للاستعمال .

يغذي الحوض 01 و05 بالماء المالح، أما الحوض 03 يستخلص منه الماء الصالح للاستعمال .



الشكل (1–6): تقنية الأسموز الكهربائي لفصل ملح NaCl عن الماء المالح [16].

7.1 خلاصة

في هذا الفصل تعرفنا على طبيعة المياه النقية ونسبة تواجدها في الطبيعية سواء ان كانت مياه مالحة أو عذبة وكذا طرق وتصفية المياه لإزالة الملوثات من المياه لتحسينها وجعلها صالحة للاستخدام البشري وجعلها صالحة لشرب.

الفصل الثاني:

دراسة أهمية الطاقة الشمسية في تصفية المياه عن طريق تقنية التقطير

1.2 تمهيد :

يبحث الإنسان دوما عن مصادر جديدة للطاقة التي اعتبرت من أهم المواضيع التي استقطبت أنظار الباحثين وذلك لتعدد وتنوع مجالات استخدامها وهذا لتغطية احتياجاته المتزايدة في تطبيقات الحياة المتطورة التي يعيشها نتيجة للتقدم الصناعي الكبير. وقد تنبه الإنسان في العصر الحديث إلى إمكانية الاستفادة من حرارة أشعة الشمس والتي تتصف بأنها طاقة متجددة ودائمة لا تنضب وأدرك جليا الخطر الكبير الذي يسببه استخدام مصادر الطاقة الأخرى والمتمثلة في الوقود الاحفوري والطاقة النووية في تلوث البيئة وتدميرها كالتلوث الجوي الناتج عن انبعاث الغازات السامة، الأمر الذي ساهم في تغيير مناخ الأرض مما يجعل الطاقة الشمسية الخيار الأفضل على الإطلاق ولهذا أضحت الطاقة الشمسية في عصرنا الحالي دخلا قوميا لبعض البلدان حتى انه في دول الخليج العربي والتي تعتبر من أكثر بلدان العالم غني بالنفط وتستخدم الطاقة الشمسية بشكل فعال، ذلك لاستحواذها على تفكير العديد من المهندسين والمعماريين لتكثيف جهود البحث العلمي حول هذه الطاقة للوصول إلى أفضل الطرق الممكنة للاستفادة منها. والتي نحن بصدد دراستها و السؤال المطروح هنا لماذا الطاقة الشمسية؟ وكيف يمكن الاستفادة منها واستخدامها في مجال تصفية المياه ؟

2.2 الطاقة المتجددة

لقد اتجه العالم في التقصي عن بدائل للوقود الأحفوري من خلال الطاقة المتجددة التي لا تنضب مقارنة بمصادر الطاقة الغير متجددة التي يعد وجودها محدود، فالطاقة المتجددة هي الطاقة الناشئة من المصادر التي لا تفنى اقتصاديا، أي غير قابلة للنضوب فهي تجدد باستمرار طالما هناك حياة على سطر الأرض ومن أهم هذه المصادر الطاقة الشمسية التي تعتبر في الأصل الطاقة الرئيسية التي تكون مصادر الطاقة، وكذلك طاقة الرياح وطاقة المد والجزر والأمواج والطاقة المائية وطاقة الحرارة الجوفية، وبعض مصادر الطاقة المتجددة مستغل والبعض الأخر ينتظر التقدم الفني والتطور العلمي مستقبلا، والطاقة المتجددة من الطاقات النظيفة والصديقة للبيئة [18].

إن صعوبة وضع تعريف شامل مقبول لفهم الطاقة المتجددة يرجع لأسباب عديدة منها:

- تنوع مصادر الطاقة المتجددة من بلد إلى أخر
- اختلاف الكميات التي تمتلكها كل دولة من مصادر الطاقات المتجددة
- تباين امدى التقدم العلمي الذي يؤثر على مستوى استغلال هذه الطاقات

3.2 الطاقة الشمسية

1.3.2 لمحة تاريخية:

إن استخدام الطاقة الشمسية للتسخين والتجفيف والتبخير معروف من قديم الزمان وقد تطورت صناعة توليد الطاقة من أشعة الشمس بحيث أصبحت تشمل العديد من الجوانب، وتم اكتشاف الأثر الكهروضوئي في عام 1839 من قبل العالم الفرنسي " إدمون بيركيل " وبقيت كذلك في إطار التجارب بالمختبر حتى إنتاج أول خلية من السيليكون للطاقة الشمسية في عام 1954 بمختبرات " بيل " في الولايات المتحدة الأمريكية، لكن بداية استخدام الطاقة الشمسية كان خلال القرن العشرين الذي شهد أكبر حركة تطور في تطبيقات الطاقة الشمسية، وفي نفس العام صنعت ماكنة البخار الشمسي، وبين عامي 1902-1908 تم بناء مكانة شمسية في كاليفورنيا قدرتها 20 حصان .

وفي عام 1911 بفيلادلفيا تم تصميم جهاز يستخدم الطاقة الشمسية لأغراض الزراعة، حيث أنتج قدرة 100 حصان، بعد ذلك بدأت المساكن الشمسية بالظهور والتي لم تكن تستند الى القيم الجمالية بحيث تم تصميم أول مسكن من طرف معهد ماتسوتش للتكنولوجيا عام 1939 .

وفي عام 1973 قبل الأزمة البترولية بشهور عقد مؤتمر اليونسكو في باريس بعنوان: الشمس في خدمة الإنسان حضره 800 عالم من 60 دولة، وتحولت الطاقة الشمسية فجأة في السبعينات من الفضول العلمي إلى حركة ثقافية و بديلا عن الوقود الأحفوري [18].

2.3.2 مفهوم الطاقة الشمسية :

تتمثل في الضوء المنبعث من الشمس والحرارة النابعة عنها، حيث استطاع الإنسان تسخيرها منذ العصور القديمة، باستخدام مجموعة من وسائل التكنولوجيا التي تتطور بإستمرار، وتقدر كمية الإشعاع الشمسي الواصلة إلى الأرض ب $36.1\ KW/m^2$ وأن حوالي 50 % منها تنعكس إلى الفضاء و15 % منها تنعكس على سطح الأرض و35 % تمتص من قبل الهواء والماء والأتربة .

بحيث أن مصدر كل الطاقة في الغذاء والوقود يرجع إلى الطاقة الشمسية بواسطة التمثيل الضوئي في النبات، التي بدورها تكون مصدر غذاء للمخلوقات الحية التي بعد ملايين السينين بفعل الحرارة والضغط تتحول الى الوقود الأحفوري. ويتم إستغلال الطاقة الشمسية إما عن طريق نقل الحرارة مباشرة أو تحويلها إلى شكل أخر للطاقة[19].

3.3.2 تعريف الإشعاع الشمسي :

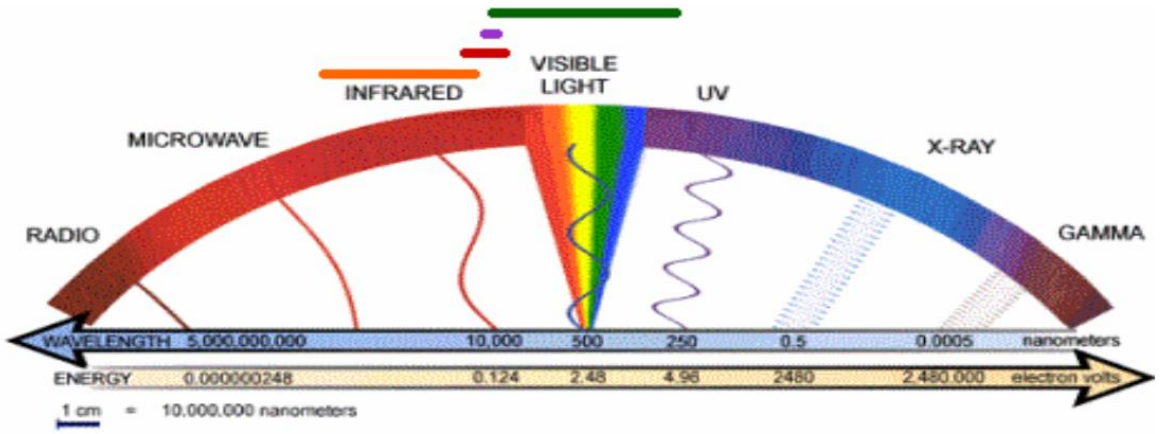
ينتج الإشعاع الشمسي من الفرق في الكتلة عند اتحاد أربع ذرات الهيدروجين لتنتج ذرة هليوم، بحيث تكون كتلة الهليوم الناتجة أقل من مجموع كتل ذرات الهيدروجين الداخلة فإن فرق الكتلة يتحول إلى حرارة وضوء يتنقل على هيئة أشعة بمعدل إنبعاث 3.8×10^{32} KW ويتنقل هذا الأخير بسرعة قدرها 3×10^{8} Km ومن المعروف أن المسافة بين الأرض والشمس تقدر ب 150×108 Km وبالتالي تأخذ 8.33min حتى تصل إلى الأرض .

بحيث لا تلتقط الأرض إلا قسما ضئيل جدا من الإشعاع يقدر ب 2×10^{-9} من مجموع الإشعاع، ويتميز الإشعاع الشمسي بموجات مختلفة الأطوال تسمى بالطيف الإشعاعي الشمسي والجدول الموالي يوضح مجالات طيف الإشعاع الشمسي [16].

الطول الموجي (µm)	المجال الطيفي	الطاقة
0.2 – 0.4	فوق البنفسجي	9 %
0.4 – 0.74	المرئي	41 %
0.74 – 4	تحت الحمراء	50 %

الجدول (2-1): طيف الإشعاع الشمسي

الموجات الكهرومغناطيسية مقسمة إلى نطاقات حسب أطوالها الموجية كما في الشكل التالي :



الشكل (2–1): طيف الإشعاع الشمسي [13].

ومن هذا الطيف الكبير للموجات الكهرومغناطيسية نشعر فقط بالموجات في نطاق الأطوال من 0.1 إلى 100 ميكرون والتي تسمى بالإشعاع الحراري، والجدير بالذكر أن نطاق الضوء المرئي يحتل جزءا يسيرا من الطيف الإشعاع الحراري [20].

4.3.2 أقسام الإشعاع الشمسي

تصدر الشمس الطاقة وتأتي على شكل إشعاع شمسي متدفق يخترف الغلاف الجوي الأرضي حيث ينعكس جزء منه في الفضاء خارج الغلاف الجوي، كما يتشتت جزء داخله، أما الجزء المتبقي فينفذ عبر الغلاف الجوي، وبالتالي فإن الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض يتكون من قسمين [20]:

- الإشعاع الشمسي المباشر
- الإشعاع الشمسي المنتشر

أ–الإشعاع الشمسي المباشر:

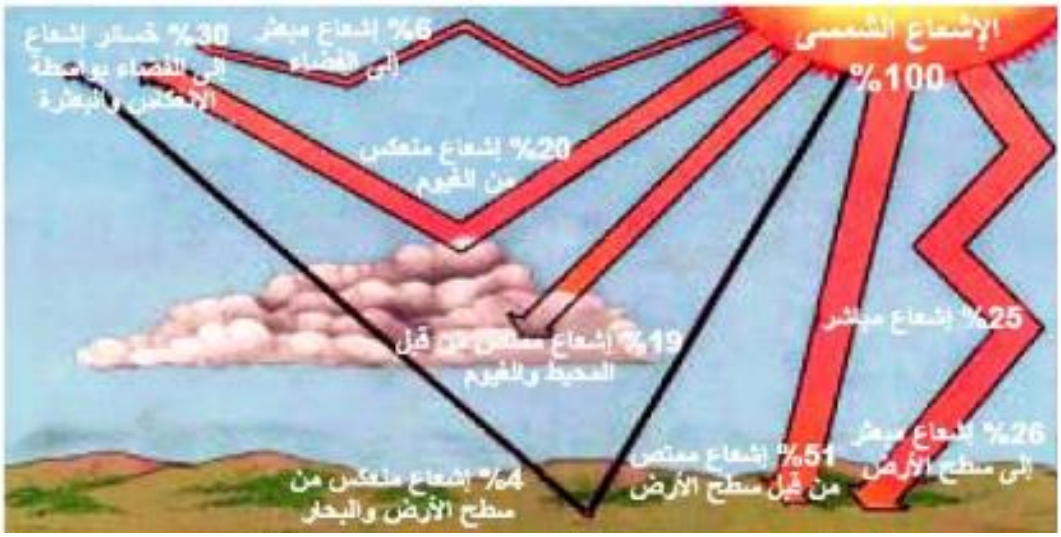
هو ذلك الجزء من الإشعاع الذي يعبر الغلاف الجوي دون انعكاس ولا تشتت، أي عبارة عن حزمة ضوئية مباشرة من الشمسي وتبقى على حالها دون ضياع.

ب– الإشعاع الشمسي المنتشر:

هو الجزء الذي يصل إلى الأرض بعد تعرضه لعدة عمليات منها البعثرة بواسطة الدقائق العالقة في الجو، والامتصاص بواسطة بخار الماء وبعض الغازات مثل ثاني أكسيد الكربون والانعكاسات بسبب الغيوم والعوائق الأخرى في طبقات الجو.

ج–الإشعاع الشمسي الكلي:

هو الإشعاع الشمسي الواصل إلى نقطة من سطح الأرض الناتج عن مجموع الإشعاعين المباشر والمنتشر



الصورة (2–1): مكونات الإشعاع الشمسي الكلي الواصل لسطح الأرض[21].

5.3.2 إيجابيات الطاقة الشمسية [22]

– تعتبر طاقة متجددة غير قابلة للنضوب.

- عدم خضوعها لسيطرة النظم السياسية أو الدولية أو المحلية التي تحد من استعمالها.
- توفرها في جميع الأماكن تقريبا بحيث لا تتطلب وسائل نقل.
- لا يتطلب تحويلها واستغلالها تكنولوجيا معقدة.
- توفر عامل الأمان البيئي حيث أن الطاقة الشمسية هي طاقة نظيفة لا تلوث الجو ولا تترك فضلات.

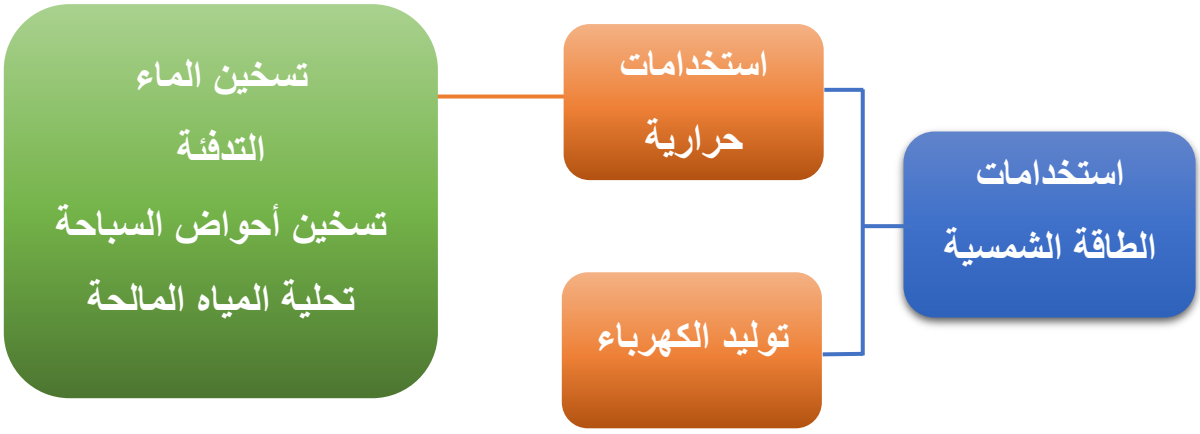
6.3.2 معوقات الطاقة الشمسية [22]

أما بالنسبة للمشاكل والمعوقات فتتلخص فيما يلي:

- يتطلب إنشاء حقول للطاقة الشمسية مساحات شاسعة، مما لا يتناسب مع خصوصية بعض الدول ذات المساحة الصغيرة والمتوسطة.
- تعتبر تكاليف إنشاء محطات الطاقة الشمسية وتجهيزاتها باهظة الثمن.
- تعتبر مشكلة التخزين من المشاكل المطروحة في استغلال الطاقة الشمسية.
- تتعرض الألواح الشمسية للغبار مما يستلزم معالجة هذا المشكل باستمرار وبشكل دوري.

4.2 استخدامات الطاقة الشمسية:

تأتي أهمية الطاقة الشمسية في كونها طاقة هائلة يمكن استغلالها في أي مكان وتشكل مصدرا مجانيا لوقود لا ينضب كما تعتبر طاقة نظيفة ويمكن استخدامها في العديد من المجالات أهمها [14].



الشكل (2-2): إستخدامات الطاقة الشمسية [14].

5.2 توليد الطاقة الكهربائية بالطاقة الشمسية:

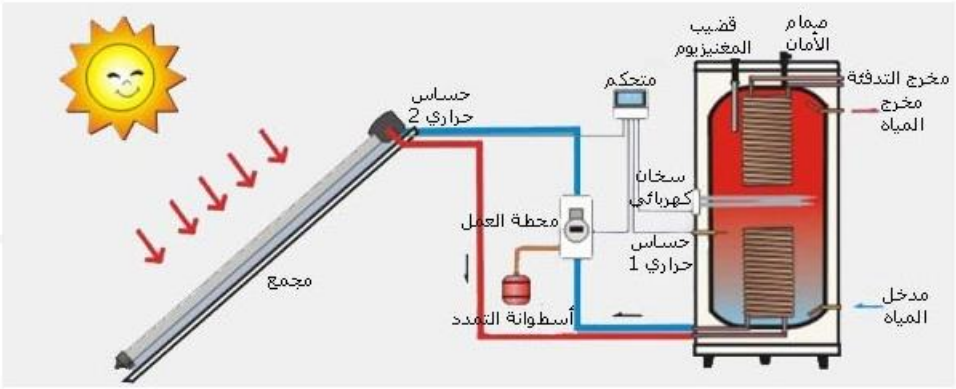
هي عملية التحويل المباشر للطاقة الشمسية الى الكهرباء بواسطة ألواح الخلايا الفوتو فولطية والتي تصنع من بعض المواد التي لها القدرة على القيام بعملية التحويل الكهروضوئي[23] .

الصورة (2–2): أنظمة الخلايا الكهروضوئية[24] .

6.2 الاستخدامات الحرارية:

1.6.2 تسخين المياه :

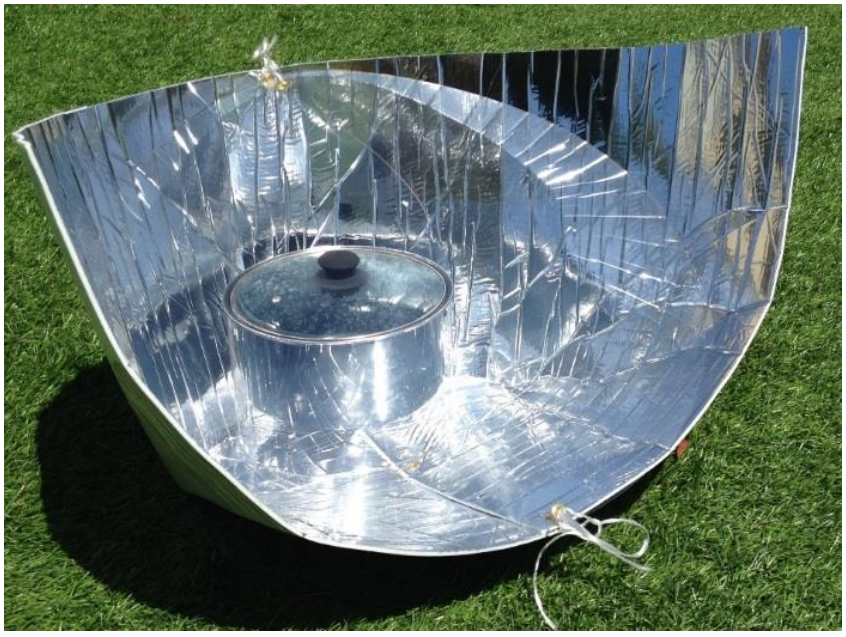
تستخدم أنظمة تسخين المياه التي تعمل بالطاقة الشمسية، فمن أكثر أنواع سخانات المياه التي تعمل بطاقة الشمسية الأنابيب المفرغة (44%)، والألواح المستوية المصقولة (34%)، التي تستخدم بصفة عامة لتسخين الماء في المنازل، وكذلك الألواح البلاستيكية غير مصقولة (21%) التي تستخدم بصفة رئيسية في تدفئة مياه حمامات السباحة. تعتمد عملية التسخين على استخدام المجمعات الشمسية المسطحة ذات التكلفة المنخفضة، عادة يثبت على أسقف المباني ليقوم بتجميع الشمسي، ومعظم هذه الخزانات بسطيه في تصميمها وتعمل على رفع درجة حرارة الماء (أقل من 100 درجة مئوية)، تستخدم السخانات الشمسية بكثرة في المناطق الدافئة والمشرقة، وهاذا النوع من السخانات يطلق عليه المجمع المسطح، بحيث تسخن القاعدة السوداء بأشعة الشمس الساقطة عليها، ومن ثم الأنابيب التي تحمل الماء ويقوم الغطاء الزجاجي بحبس الهواء الساخن داخل المجمع لزيادة سرعة رفع الحرارة [23].



الشكل (2–3): تسخين المياه بطاقة الشمسية[24]

2.6.2 الطبخ الشمسي :

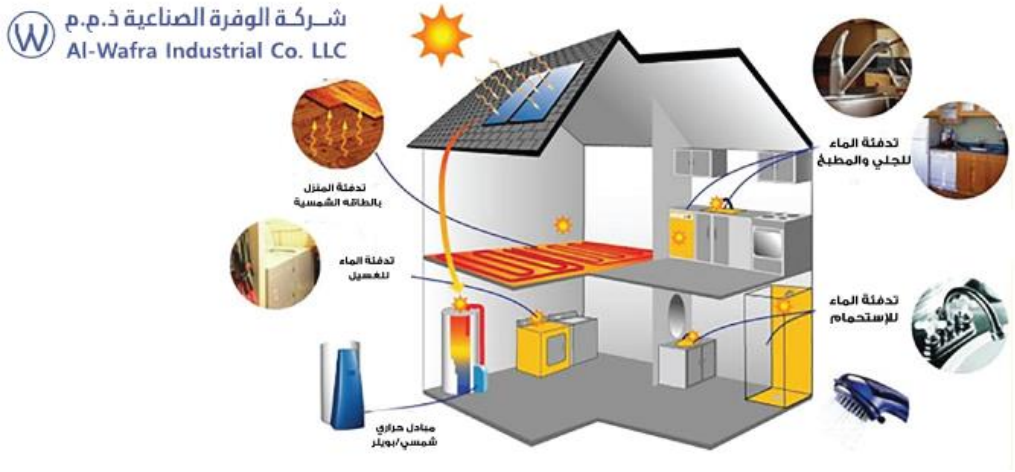
إن استخدام الطاقة الشمسة للطهي هو أحد حلول المهمة للتخلص من استخدام الخشب خصوصا أن كلفتها قليلة . ويتعمد الطبخ الشمسي على المبدأ الأساسي للاحتباس الحراري بحيث يستفيد من الحرارة الناجمة عن السقوط الشمسي داخل الصندوق المعزول من جميع جوانبه بعازل حراري جيد عدا الجانب العلوي الموجه للشمس إذ يغطي بالزجاج كما يتم طلاء أسطحه الداخلية بالأسود من أجل امتصاص اكبر قدر ممكن من الإشعاع كما هو مبين في الشكل أدناه [21] .



الصورة (2-3): الطبخ الشمسي [25].

3.6.2 التدفئة:

التدفئة هي عملية ضخ كمية من الحرارة المستمدة من الطاقة الشمسية إلى داخل الحجم المراد تدفئته، وتتعد نماذج التدفئة وتتوزع من حيث طريقتها وكذا كفاءتها فمنها التدفئة المباشرة بأشعة الشمس، وفيها تصنع معظم واجهات المنازل من الزجاج الشفاف كما يمكن استخدام الأنظمة للتدفئة بحيث يتم تسخين الهواء وهذا عن طريق المجمعات الشمسية ومن ثم يتم دفع الهواء داخل الوسط المادي المراد تدفئته وهذا بواسطة مروحة، وهناك نظام تدفئة آخر يعتمد على الماء الساخن، وهو نسخة مطابقة للنظام السابق لكن يختلف عنه في وسيلة التسخين الحراري فالأول يعتمد على الهواء في نقله للحرارة، أما الثاني فيعتمد على الماء المسخن بشكل أساسي عن طريق المجمعات الشمسية [26].



الصورة (2-4): نظام التدفئة الشمسية باستخدام المياه والهواء[27] .

4.6.2 التبريد الشمسي :

التبريد الشمسي هو نقيض لعمية التدفئة، وهو عبارة عن ضخ الحرارة من داخل حيز معين إلى الخارج وذلك باستخدام أداة ميكانيكية تعمل على ذلك .

يمكن أن تسهم التقنية الشمسية الحرارية إسهاما بارزا في تبريد الهواء إذ تستخدم الحرارة المكتسبة في السخان كطاقة تعمل على تشغيل معدات إنتاج الهواء البارد، ولعل من المميزات الهامة لهذه التقنية أن الحاجة للتبريد تظهر في نفس وقت سطوع الشمس ويشيع استخدام نظامين لتبريد الشمسي مختلفين هما على التوالي :[26]

أ–الأنظمة المغلقة: في هذه الأنظمة يتم استخدام الحرارة الشمسية لتشغيل عملية التبريد بالامتصاص ولا يكون للسوائل الموجودة في هذه العملية أي تلامس مع الهواء الجوي .

ب–الأنظمة المفتوحة: وعلى النقيض مما سبق " العملية المفتوحة " على تبريد المياه في تلامس مباشر مع الهواء الجوي وتعرف بطريقة المادة المجفف .

الشكل (2–4): استغلال الطاقة الشمسية في عملية التبريد الشمسي[29]

5.6.2 تجفيف المحاصيل:

التجفيف بشكل عام من أقدم استخدامات الطاقة الشمسية، هو عملية تخليص مواد مختلفة من كل السوائل الموجودة فيها بما في ذلك الماء، حيث كان الناس قديما يلجؤون إلى تجفيف الأغذية والخضروات والفواكه المعرضة للتلف، أو التي ينتهي موسم ظهورها بعد فترة قصيرة [26].

الصورة (2-5): تجفيف المحاصيل[29].

7.2 تحلية المياه:

عملية التحلية تعني تحويل المياه المالحة إلى مياه عذبة عن طريق المقطرات الشمسية المتنوعة، نأخذ مثلا المقطر الشمسي الحوضي الذي هو عبارة عن حوض ذو قاعدة سوداء اللون وسطح زجاجي مائل بزاوية، ويتكاثف على سطحه الداخلي بخار الماء الناتج من تسخين قاعدة الحوض .

فالعرب لهم الفضل في ذلك، فهم أول من بدأ فكرة لتحلية المياه المالحة باستخدام أشعة الشمس، وذلك في القرن السابع ميلادي، وهي تعتبر أحد الحلول المطروحة لحل أزمه المياه خاصة الدول العربية [30].

1.7.2 لمحة تاريخية :

منذ عصور ما قبل التاريخ كانت الشمس تجفف الطعام وتبخر مياه البحر لاستخراج الملح، فبدا الانسان بالتفكير لإيجاد اساليب لاستغلال هذه الطاقة

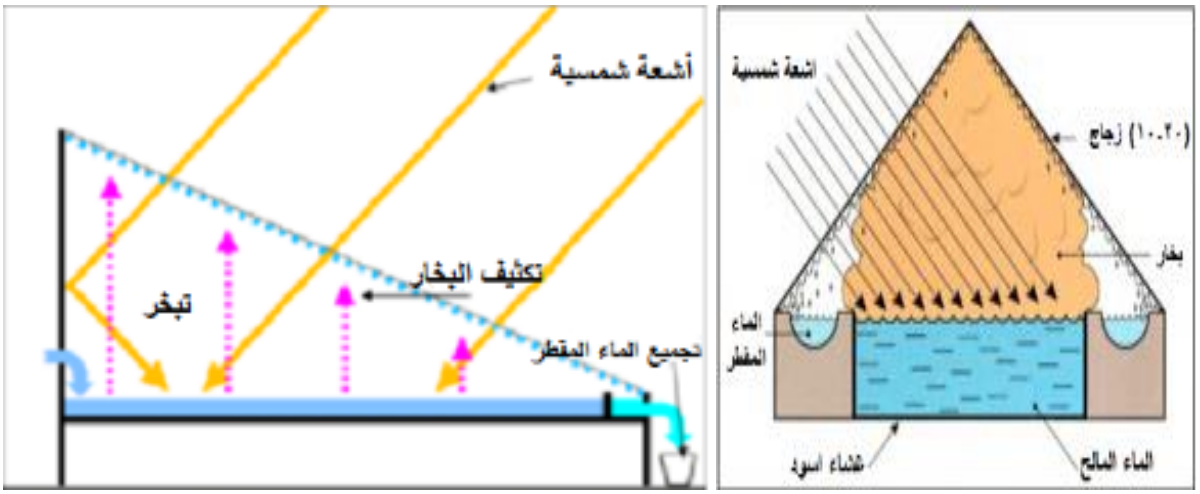
خلال القرن التاسع عشر اجريت محاولات لتحويل الطاقة الشمسية الى عدة اشكال اخرى تعتمد على توليد بخار منخفض الضغط لتشغيل الآلات البخارية .

في عام 1875، حققت شركة موتشوت Mouchot تقدما ملحوظا في تصميم عاكس ذو شكل مخروط للمجمع الشمسي. كما قامت شركة إينياس A.G. Eneas بتركيب جهاز تجميع قطره 10 متر، الذي سمح لتشغيل معدات لضخ المياه. خلال الـ 50 سنة الماضية تم تصميم العديد من المنشئات باستخدام الطاقة الشمسية لتسخين سائل التشغيل المحرك للمعدات الميكانيكية. بدا 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 الاولى 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 [31].

2.7.2 تعريف المقطر الشمسي:

المقطر الشمسي عبارة عن صندوق خشبي ذي غطاء زجاجي شفاف يسمح بنقل الإشعاع الشمسي، يحوي 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. ليتصاعد البخار ويتكاثف على السطح الداخلي للزجاج, ثم يتجمع في القناة الخاصة بالماء المقطر

حيث كان أول استغلال للطاقة الشمسية في مجال التقطير من طرف العالم الانجليزي هاردين (Harding) سنة 1872 في شمال الشيلي بصحراء لاس سلیناس (Las salinas) [32].



الشكل (2-5): المبدأ الاساسي للمقطر الشمسي البسيط [32].

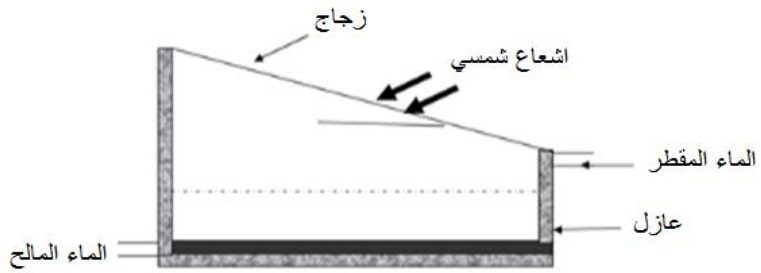
3.7.2 أنواع المقطرات الشمسية :

أ–المقطر البسيط:

هو المقطر الأكثر استعمالا في العالم, يحتوي على حوض مملوء بالماء المالح وملون بالأسود من اجل التقاط اكبر كمية من الاشعاع الشمسي ويغطى بقطعة زجاجية شفافة، يجب أن يكون هذا الاخير مائلا ليتكثف البخار في الجزء الداخلي للغطاء، ومن ايجابياته انشائه وصيانته بسهولة، ثمنه نوعا ما منخفض، أما سلبياته فتتمثل في انتاجه الضعيف للماء الصالح للشرب بسبب انخفاض الفعالية [33].

ب–مقطر شمسي بميل واحد:

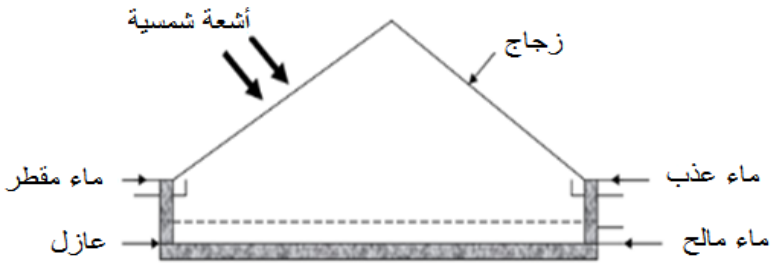
هو مقطر بلاقط واحد مائل بزاوية معينة، وهو سهل التنظيف نظرا لسهولة تركيبه [33].



الشكل (2-6): مقطر بسيط بميل واحد. [33]

ج–مقطر شمسي بميلين:

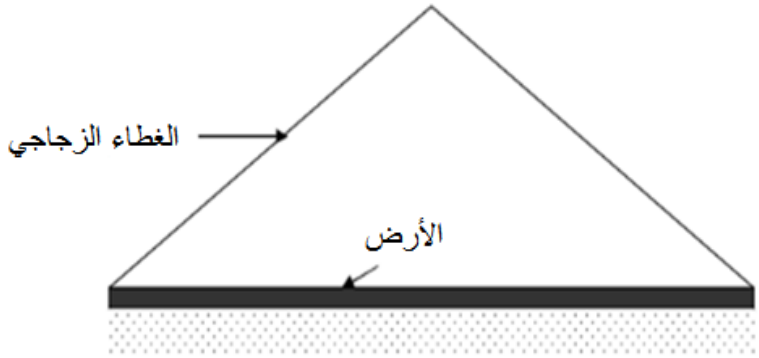
يسمى كذلك مقطر بلاقطين حيث كل منهما يميل بزاوية، ومن مميزاته أن أحداهما يوجه للشمس والأخر للظل لتسريع عملية التكثيف [33].



الشكل (2-7): مقطر بسيط بميلين[16].

د–مقطر شمسي أرض– ماء:

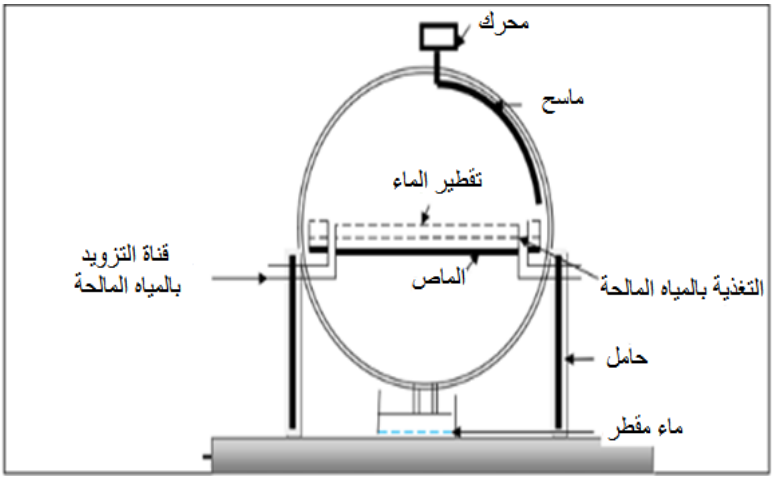
كميات كبيرة من الرطوبة تخزن وتدخر في الارض لتعود للغلاف الجوي في المناطق الجافة خلال الفصل الساخن لإتمام الدورة الهيدروجينية الطبيعية؛ لهذا نستعمل المقطر الشمسي (أرض–ماء) الذي يشبه المقطر ذو ميلين فقط نعوض الحوض الأسود بالأرض [33].



الشكل (2-8): مقطر شمسي أرض–ماء. [16].

ر– مقطر كروي بماسح:

هذا النوع من المقطرات اول من اقترحه هو البروفيسور مانقاي Pr. Menguy بجامعة لندن، ويكون على هيئة كرة شفافة مصنوعة من الزجاج في وسطها حوض دائري أفقي، له لون اسود يعمل كماص للإشعاع الحراري، يوضع فيه الماء المالح لتبخيره، ثم يتكاثف هذا البخار المتصاعد الى ان يمس السطح الداخلي للزجاج، ثم يجمع في اسفل الشكل الكروي، ولجعل الزجاج شفافا يستعمل في السطح الداخلي ماسح يدور بواسطة محرك كهربائي في اعلى المقطر [33].

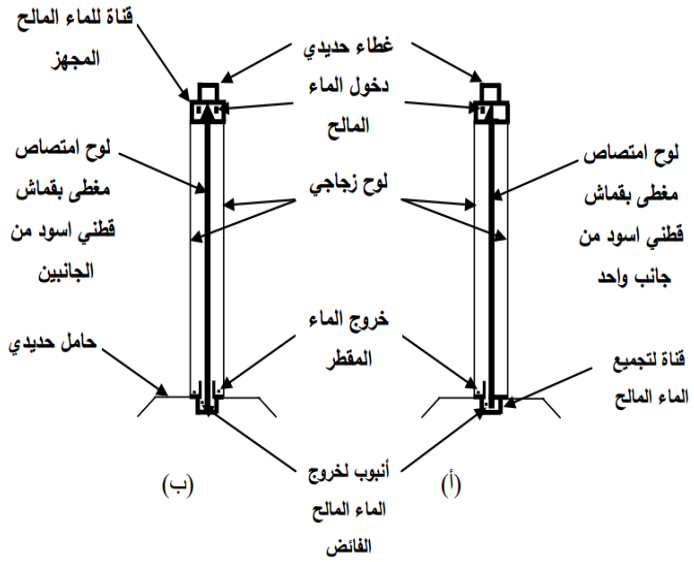


الشكل (2-9): مقطر شمسي ذو ماسح كروي [16].

س- 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 الى المقطر العمودي عن طريق الأنبوب الموجود في القناة العليا بعمق محدد والموجود فيها الطرف العلوي للقماش القطني الاسود 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 الى قناة تجميع الماء. الشكل

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 [33].



الشكل (2-10): مخطط يوضح مقطع جانبي للمقطرين[34].

(أ) مقطر شمسي عمودي ذو جانب واحد.

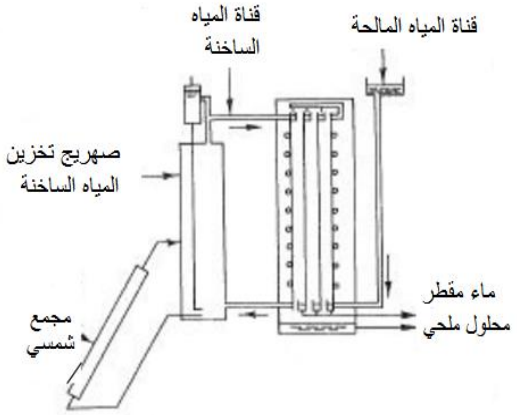
(ب) مقطر شمسي عمودي ذو جانبين.

ش- المقطرات متعددة التأثيرات:

يتكون المقطر الشمسي متعدد التأثيرات من عدة مبخرات موضوعة في سلسلة، تعمل في ضغط متناقص وهي عدة أنواع [33]:

- **المقطر بالانتشار:**

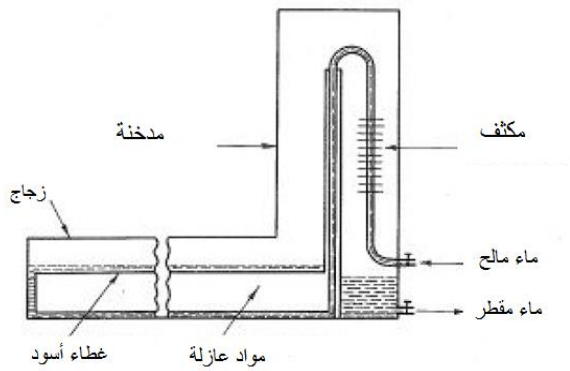
يتكون هذا الجهاز من صهريج تخزين موصول بجهاز الاستشعار وسلسلة من الصفائح المعدنية الموازية والعمودية. الماء الساخن من الخزان يسخن الصفيحة الأولى ويسبب تبخر الماء المتدفق على الجانب الأيمن منه، ويتكثف بخار الماء على الجانب الأيسر من اللوحة الثانية، أما الحرارة المحررة من التكثيف تستخدم لتبخير المياه المتدفقة على الجانب الأيمن من اللوحة الثانية؛ وهكذا تساهم حرارة التكثيف في التسخين المسبق لإمدادات المياه المالحة[33].



الشكل (2-11): المقطر بالانتشار [16].

- **المقطر بالمدخنة الشمسية:**

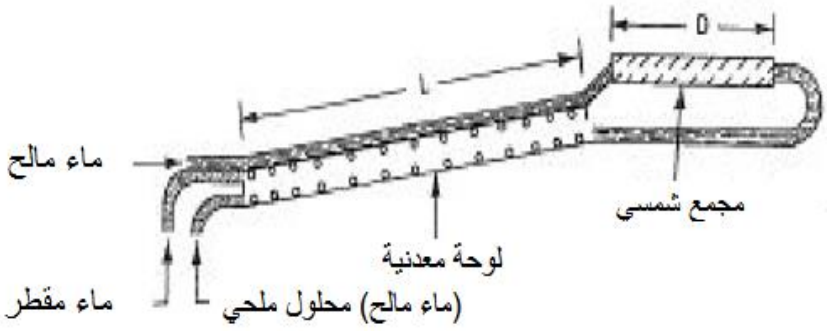
هذا المقطر يختلف عن غيره من المقطرات التقليدية بإضافة مدخنة للمبادلات الحرارية، وتستخدم القناة المسطحة التي تغطيها نافذة زجاجية لالتقاط الطاقة الشمسية. تحت تأثير الإشعاع الشمسي، المياه المالحة تتدفق إلى القناة فتبخر وترتفع إلى المدخنة حيث تتكثف، يمكن استخدام حرارة التكثيف لتسخين المياه التي تدخل إلى النظام [33].



الشكل (2-12): المقطر بالمدخنة الشمسية [33].

- **مقطر تبخر الفتيل:**

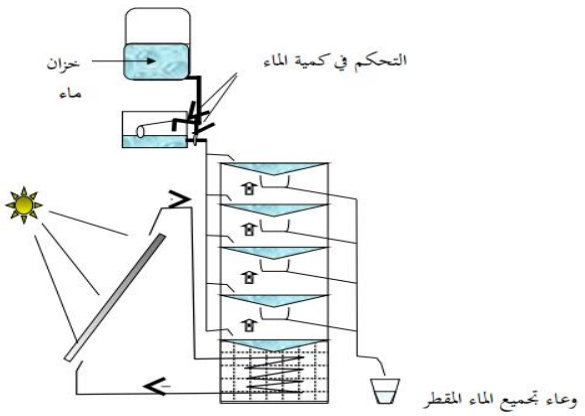
تم بناء هذا المقطر لتوفير كمية الحرارة المستخدمة في التبخر، يتكون مبخره من تجاور ثلاثة ألواح متوازية متباعد قليلا، ينقل الماء المقطر إلى الغرفة الأولى ليصل إلى جهاز الاستشعار أين يسخن ثم يتبخر في غرفة ثانية، ويتم التكثيف على الوجه السفلي من الوسط. وقد تم تجهيز آخر اثنين من لوحات مع الشبكة مما يزيد من التدفئة وتوحيد تدفق المياه[33].



الشكل (2-13): مقطر تبخر الفتيل[33].

- **المقطر الشمسي المتعدد الطوابق:**

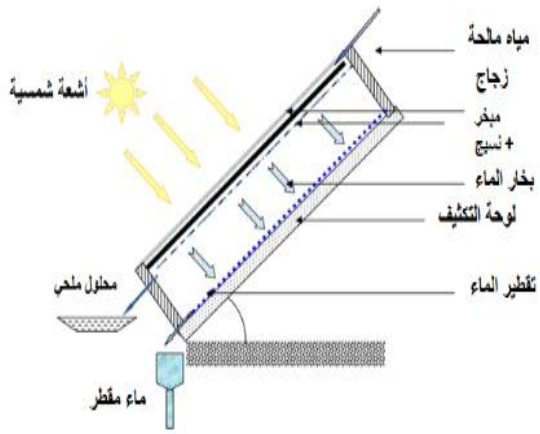
هو عبارة عن مجموعة من الطوابق كل طابق يحتوي على الماء المالح، يسخن الطابق الأول عن طريق المبدل الحراري الذي استقبل الحرارة من المائع المسخن باللاقط الشمسي، فيتبخر الماء المالح ويتكاثف على السطح البارد المقابل، وحرارة التكثيف بدورها تقوم باسترجاع البخار لتسخين الماء الموجود فوق سطح التكثيف؛ وهكذا تتكرر هذه العملية حتى الطابق الأخير[33].



الشكل (2-14): المقطر الشمسي متعدد الطوابق [33].

- **المقطر الشمسي بالخاصية الشعرية:**

أول من اقترح هذا النوع من المقطرات هو البروفيسور قوفي Pr. P.gofe بمخبر العلوم والهندسة الكيميائية بـ نانسي Nancy بأمريكا بالتعاون مع البروفيسور أوايهاس Pr. Ouahes بجامعة الجزائر، وهو عبارة عن مجموعة من الطوابق المعدنية (من الألمنيوم مثلا) متقابلة ومتوازية عموديا، مركبة داخل اطار 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[33].



الشكل (2–15): المقطر الشمسي بالخاصية الشعرية [33].

4.7.2 خصائص المقطرات الشمسية:

هناك عدة مقادير لتحديد انتاج الماء للمقطر الشمسي، ومن بينها: المردود، الفعالية (الكلية، الداخلية)، مقياس الفعالية [34].

أ–المردود:

هو عبارة عن كمية الماء المقطر الشمسي لوحدة السطح للصفيحة السوداء في اليوم .

ب–الفعالية:

❖ **الفعالية الكلية (η_g):** هي حاصل قسمة التدفق الحراري بالتبخير على الطاقة الشمسية الكلية الواردة الى السطح الافقي .

$$\eta_g = \frac{Q_{ev}}{G_h.S} = \frac{\dot{m}_d}{G_h.S} L \qquad (1.1)$$

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** (η_i): هي حاصل قسمة الفعالية الكلية على كمية الماء المنتج بفعل الطاقة الشمسية الساقطة على السطح الافقي.

$$\eta_i = \frac{Q_{ev}}{Q_{eau}} \qquad (1.2)$$

حيث:

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

$$Q_{eau} = (\alpha_T G_h . S) \qquad (1.3)$$

τ_v: معامل الامرار للزجاج.

τ_e: معامل الامرار للماء.

α_e: معامل امتصاص الماء.

α_f: معامل امتصاص لعمق المقطر.

α_t: معامل الامتصاص الفعال للمقطر.

ت–مقياس الفعالية:

يعرف هانسين وساتكوناثان (Hansen et Satcunathan) أنواع عوامل الفعالية كالآتي: معامل الفعالية الاجمالي (F.P.B)، معامل الفعالية الساعية (F.P.H)، ومعامل الفعالية اللحظية (F.P). [21].

$$F.P.B = \frac{Quantité\ d'eau\ produite\ ou\ bout\ de\ 24h}{Quantité\ d'energie\ entrée\ ou\ bout\ de\ 24h} \qquad (1.4)$$

$$F.P = \frac{\dot{m}}{\alpha_t . G_h . S} \qquad (1.6)$$

5.7.2 العوامل الداخلية والخارجية المؤثرة على مردود المقطر:

أ–العوامل الخارجية:

✓ **شدة الإشعاع الشمسي:**

هي العامل الأهم في دراسة المقطر الشمسي، ويكون طول الموجة في الطاقة المنبعثة ما بين (0.17-μ4m)، حيث أعلى شدة نحصل عليها للإشعاع الشمسي عندما يكون طول الموجة 0.17mμ في المجال المرئي للطيف الكهرومغناطيسي، تصل الشدة الكلية للإشعاع الشمسي الواردة الى السطح $1.3kw/m^2$ التي هي قيمة ضعيفة؛ نظرا لامتصاص الغلاف الجوي جزء من هذا الإشعاع. ويكون بمقدار أحسن عندما يكون سمك الغلاف الجوي رقيقا جدا. تقدر الاستطاعة الشمسية المتوفرة نظريا على سطح الأرض ما بين $(1.22kw/m^2 - 0.95)$.

وعليه تعد شدة الاشعاع الشمسي من أهم العوامل التي تؤثر على أداء المقطرات الشمسية، إذ تزداد إنتاجية المقطر بارتفاع قيمة شدة الاشعاع الساقط على سطح الغطاء وتقل بانخفاض شدته [35].

✓ **سرعة الرياح:**

يلعب التأثير الحملي على الوجه الخارجي للزجاج دورا مهما في تشغيل النظام، وتقاس سرعة الرياح بمقياس الرياح (المرياح – anémomètre) الموضوع قرب الزجاج. حيث اعتبر دافي وبيكمان (Duffie et Beckman) بأن سرعة الرياح مرتبطة بمعامل الانتقال الحملي بين الغطاء والوسط الخارجي بواسطة العبارة التالية [19].

$$h_{a-v} = a+bv^n \quad (w/m^2.C°) \qquad (1.7)$$

من أجل:

$V<5m/s \quad a=2.8 \quad b=3 \quad n=1 \qquad (1.8)$

$V>5m/s \quad a=0 \quad b=6.15 \quad n=.08 \qquad (1.9)$

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

✓ **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 [35].

✓ **عوامل أخرى:**

بالإضافة الى سرعة الرياح ودرجة حرارة الهواء المحيط، هناك عوامل أخرى جوية مثل رطوبة الهواء أو المغياثية اللتين يجب ان تؤخذا بعين الاعتبار في القياس، بحث أنهما تغيران في الموازنة الحرارية للمقطر [35].

ب–العوامل الداخلية:

سندرس تأثير هذه العوامل التالية على فعالية النظام

- عزل الأوجه الجانبية للمقطر؛
- سمك الماء الموجود في المبخر؛
- الخصائص الفيزيائية للجدار الداخلي .

✓ **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°) .

✓ **ارتفاع مستوى كتلة الماء المقطر:**

ان 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 .

✓ **المسافة التي تقسم السطح الحر الى لاقطين:**

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

✓ **خصائص المكونات[28]:**

- **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% .

✓ **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 .

✓ **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 .

أمثلة:

البوليثيلين: Le polyuréthane : $k_1 = 2.25.10^{-5}$ kW/m. C°

البوليستيرين: Le polystyrène : $k_2 = 0.364.10^{-5}$ kW/m. C°

الصوف الزجاجي: La laine de verre : $k_3 = 4.10^{-5}$ kW/m. C°

العازل الاحسن من بين الثلاثة هو البوليثيلين (polystyrene).

6.7.2 الطرق المستعملة في تحلية المياه:

أ–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 [36] .

تعتمد تحلية المياه على توفير الطاقة اللازمة لوحدات 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 .

ب–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 سيلفر R.S.Silver تعتمد طريقة التقطير الوميضي متعدد المراحل على عملية التبخير الوميضي أي يلزم تسخين الماء المالح الى درجة حرارة أعلى من درجة الغليان عند ضغط معين ثم فجأة يضخ هذا الماء المالح الساخن الى طابق ذي ضغط أقل من ضغط الغليان فيحدث التبخر الفجائي (الوميضي) ويتكون البخار ويصعد الى الأعلى ليقابل مجموعة من أنابيب التكثيف باردة السطح (وعادة ما يكون بداخلها ماء البحر للتبريد), وعليه يتكثف البخار الى ماء مقطر ويتم تجميعه وخروجه كماء منتج للاستفادة منه، أنظر الشكل (01–04).

وتقنية متعدد المراحل (multi flash) الآن هي الأكثر استعمالا في العالم, لكن لا يمكن أن نأخذها كأحسن ثنائية مع الطاقة الشمسية وهذا بسبب ما يلي:

تعطي تقنية متعدد المراحل (multi flash) نتيجة عالية تتطلب على الأقل من 30 الى 40 طابقا، في حين أن سعر تصنيعها مرتفع جدا خاصة من أجل الوحدات الصغيرة.

الطاقة اللازمة للضخ لإعادة سريان ماء البحر تكون حوالي ($4\text{-}5kWh/m^3$)

طريقة ينقصها الخفة والليونة [36].

ج–طرق باستخدام طرق الأغشية:

❖ **التناضح العكسي:**

في هذه التقنية يوضع الماء المالح على أحد جانبي غشاء نصف نفوذ، والجانب الآخر للماء العذب، والمعروف أن ينتقل الماء العذب (الأقل تركيزا) الى المحلول الملحي (الأكثر تركيزا) ، 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 [37] .

تتم هذه التقنية بوضع الماء المالح في حوض يفصل بينه وبين حوض ثاني غشاء نفوذ، نطبق على الماء المالح ضغطا بواسطة مضخة ضغط خاصة، فيتسرب الماء ويتجه نحو الحوض الثاني وهكذا حتى نتحصل على ماء

أقل ملوحة وبذلك نكون قد عكسنا الظاهرة التناضحية، كما يمكن اتخاذ التناضح العكسي كثنائية من الطاقة الشمسية وهذا لعدة أسباب هي .

- 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

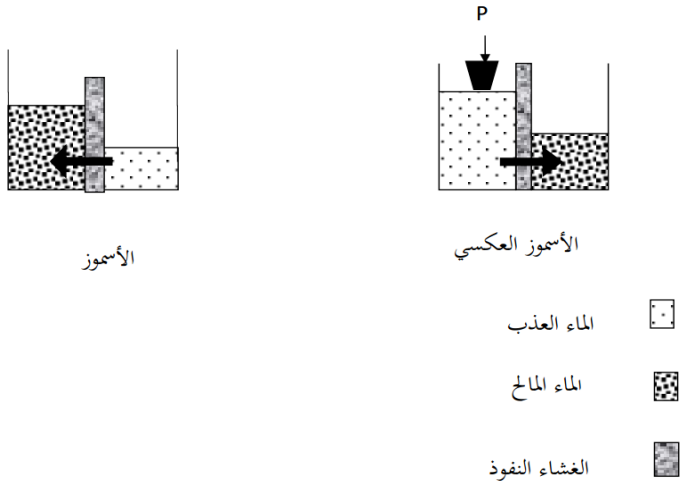
$$w = \frac{P}{36.7\eta_p Y} \quad (\mathrm{kWh/m^3}) \qquad (1\text{-}10)$$

P: الضغط (bar).

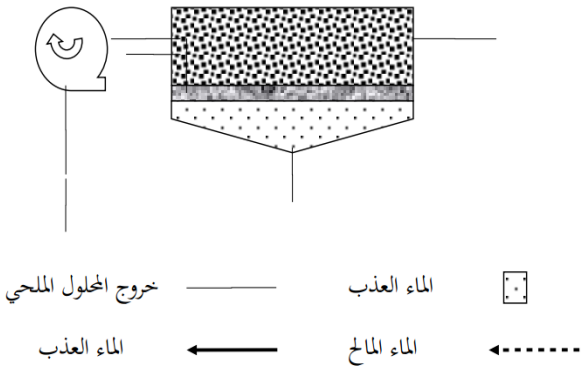
η_p : المردود المجمع الالكترومضخي.

Y: نسبة التحويل.

- طريقة نموذجية تسمح بالحصول على تركيبات مهمة بسعات مختلفة.
- طريقة استهلاك الطاقة فيها يمكن استرجاعها بقيم ضعيفة جدا [29].



الشكل (2–16): مبدأ التناضح العكسي [16].



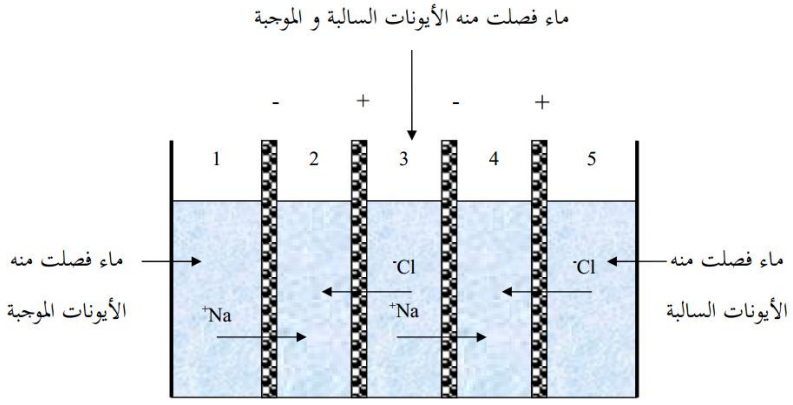
الشكل (2–17): التقطير بالتناضح العكسي[16] .

❖ **الفرز الغشائي الكهربائي:**

تتواجد الأملاح في المحلول الملحي على صورة أيونات (أي جزيئات صغيرة من عناصر الأملاح تحمل شحنة كهربائية اما سالبة أو موجبة)، ولكن كل أيون مرتبط بالأيون الشريك بقوة جذب كهربائي، فمثلا اذا ذابت كمية من ملح الطعام (NaCl) في الماء، تتفكك جزيئاته الى 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 .

يتم فصل الأيونات كيميائيا بفعل التجاذب الكهربائي ونستعمل لذلك أغشية نفوذة للماء واختيارية حسب نوع الكهرباء المستقطبة في هذه الأغشية ونقسم الحوض الى خمس أحواض مفصولة بأربعة أغشية مستقطبة بالتناوب (+,−,+,−). [24].

- 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 (2-18): رسم تخطيطي لوحدة الفرز الغشائي الكهربائي [16].

د−تحلية المياه بطريقة البلورة أو التجميد:

هي عملية فصل الماء العذب عن الماء المالح أي بتغيير الطور من السائل الى الصلب، ينتج عن ذلك ماء من بلورات ثلجية خالية من الأملاح، وان وجدت فانه يتم فصلها وذلك بغسلها لفصل الماء العالق ببلورات الثلج ثم تذاب فنحصل على الماء العذب [38].

8.2 خلاصة:

في هذا الفصل تمت دراسة عدة أبحاث ونتائج توصل اليها 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، والطرق المتبعة في تحلية المياه. ولقد تم اختيار المقطر الشمسي ذو ميل واحد إلى ذلك فهو غير مكلف، سهل الصيانة، وذو عمر طويل.

الفصل الثالث:

دراسة تجريبية لمقطر شمسي في منطقة وادي سوف

1.3 تمهيد

سنتطرق في هذا الفصل الى دراسة تجريبية تم إنجازها على مقطرين شمسيين، وسنعتمد في هذه التجربة على حجارة زهرة الرمال (اللوس) مطلي باللون الأسود، حيث سيتم المقارنة بينهما، وتحتوي ايضا على البروتوكولات التجريبية وأدوات القياس والتي استعمالنا فيها تكنولوجية حديثة: جهاز مسجل درجة الحرارة، جهاز لقياس الاشعاع الشمسي، جهاز قياس سرعة الرياح، الهدف من هذه الدراسة هو تحسين ورفع مردودية إنتاج الماء المقطر للمقطر الشمسي البسيط.

2.3 المقطر الشمسي البسيط:

تعريفه هو الأكثر استعمالا في العالم، بحيث يحتوي على حوض به ماء مالح مطلي (مدهون) باللون الأسود من أجل الالتقاط أكبر كمية من الاشعاع الشمسي ويغطى بغطاء شفاف من الزجاج ويجب أن يكون هذا الأخير مائلا التكثيف البخار في الجزء الداخلي للغطاء وتوجد عدة أنواع [16].

1.2.3 مبدأ عمل المقطر الشمسي:

التقطير الشمسي هو ظاهرة طبيعية له نفس مبدأ الظواهر الحقيقية، فعندما تنبعث الأشعة الشمسية على ماء البحر او المحيط او البحيرات الانهار فإنها تسخن هذا الماء و هذا الأخير يتبخر ويرتفع إلى الأعلى، ثم ينتقل البخار عبر الرياح حتى يصل الى مكان أكثر برودة فيتكثف وتتشكل السحب، وبعد ذلك يمكن أن يكون مطرا او ثلجا [16].

2.2.3 طريقة عمل المقطر الشمسي:

- الاشعاع الشمسي يسخن الماء المالح الذي يوجد في المقطر.
- يتبخر الماء المالح .
- ينتقل البخار بالحمل نحو سقف المقطر (الزجاج).
- يتكثف البخار على سطح الزجاج ويسري على شكل غشاء رقيق .

3.2.3 مكونات المقطر الشمسي:

المقطر الشمسي المستعمل في هذه التجربة هو المقطر ذو التركيب البسيط، حيث يعمل هذا المقطر الشمسي بفعل البيت الزجاجي ذو الميل الواحد، وصندوق داخلي من الحديد لوضع الماء.

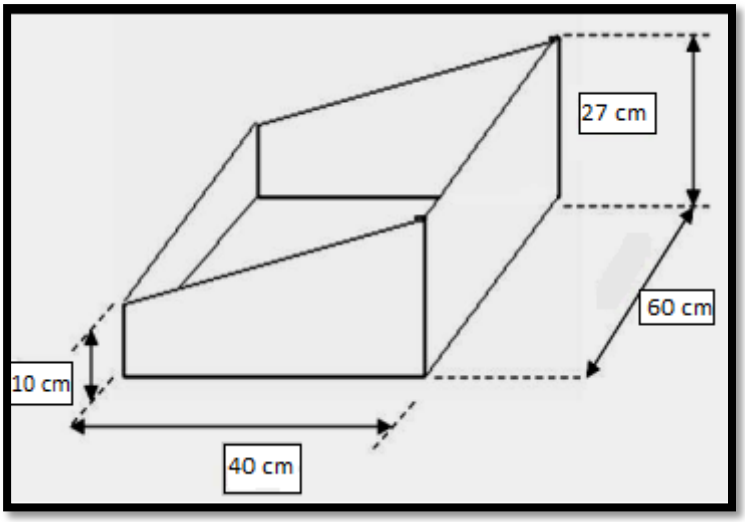
من مميزات المقطر الشمسي اهمها سهل الصنع، كذلك سهل الصيانة.

أ-الهيكل الخارجي (الصندوق)

ويكون مصنوع من مادة عازلة (الخشب) ويشمل كل أوجه المقطر ما عدا الجهة العلوية من الزجاج.

ب–أبعاد المقطر الشمسي

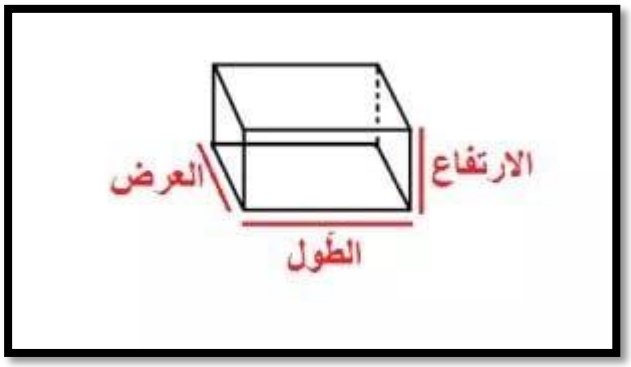
- ✓ الطول: 60 cm
- ✓ العرض: 40 cm
- ✓ مساحة الحوض: $2400\ cm^2$
- ✓ السمـك: 02 cm
- ✓ لـون الطلاء أسود
- ✓ الارتفاع الخلفي 27 cm
- ✓ الارتفاع الأمامي 10 cm
- ✓ زاوية الميـل 23°



الصورة رقم (3-1):أبعاد المقطر الشمسي

ت–أبعاد صندوق الحديد

- ✓ الطول: 55 cm
- ✓ العرض:35 cm
- ✓ الارتفاع:8 cm



الصورة رقم (3-2):شكل صندوق الحديد

ث–الغطاء الزجاجي

ويكون من الزجاج العادي الموجود في أسواق المنطقة، شفاف ذو قرينة انكسار معينة ذو الخصائص الهندسية والضوئية المعروفة، تسمح بتمرير أكبر كمية من المجال الضوئي.

ج–أبعاد الغطاء الزجاجي:

الطول 60 cm

العرض 41 cm

السمك 3 cm

أما فيما يخص تماسكه بين الزجاج والصندوق فاستخدمنا شريط مطاطي لاصق، وبرغي مثبت للزجاج.

د–المجمع الحراري (الجسم الأسود):

حيث يحول الاشعاع الضوئي إلى تدفق حراري والهدف من استخدمه هو امتصاص أكبر قدر ممكن من الاشعاع الشمسي الاجمالي حتى يعاد على شكل حرارة للماء المالح، لهذا السبب نطلي الصندوق الداخلي والخارجي (الحديد والخشب) باللون الأسود الذي هو عبارة عن معجون من الصمغ العادي.

ر–أنابيب بلاستيكية:

وهي أنابيبن ذات قطر (2.5 cm) وهي تأخذ دور المجمع وكذلك التوصيل بين مختلف أجزاء المقطر ونقل الماء النقي وكذلك تربط بين الزجاج والخزان.

هـ– الخزان:

وهو عبارة عن وعاء لتخوين الماء المقطر

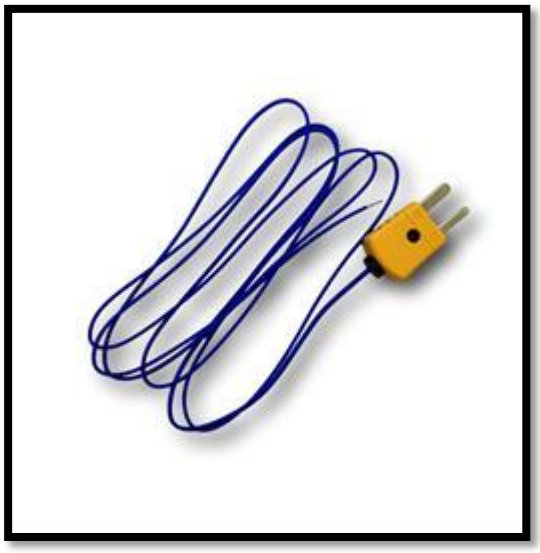
3.3 أجهزة وأدوات القياس المستعملة في التجربة

1.3.3 جهاز قياس درجة الحرارة (Temperature Recorder):

استعملنا في هذه التجربة جهاز (The 12-channel temperature recorder PCE-T 1200)، وهو ذو 12 قناة ببطاقة ذاكرة SD بسعة 2 جيجابايت (يمكن أن تحتوي بطاقات SD على مساحة بيانات تبلغ 16 جيجابايت كحد أقصى). يمكن قراءة البيانات المحفوظة على بطاقة الذاكرة SD عبر برنامج Excel على جهاز الكمبيوتر. الفاصل الزمني لتسجيل البيانات مؤهل بدءًا من ثانية واحدة لكل قناة وحتى 3600 ثانية كحد أقصى. يمكن للشاشة التي مقاسها 11.5 cm والتي تتميز بأضواء خلفية خضراء أن تشير إلى قيم ثماني قنوات كحد أقصى في وقت واحد (CH 1 ... CH 8). ولعرض بيانات القياس من القناة 9 إلى القناة 12، يكفي الضغط على مفتاح واحد [43].

الصورة رقم (3-3): جهاز قياس درجة الحرارة (Temperature Recorder)

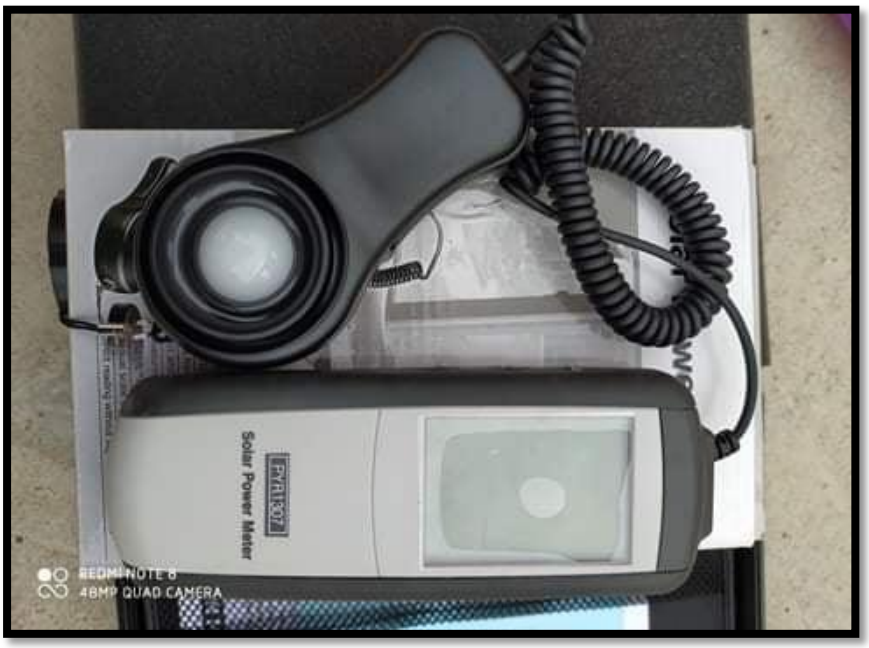
يحتوي هذا الجهاز على مستشعر خارجي اسمه مزدوج الحرارة (thermocouple).



الصورة رقم (3-4): المستشعر الخارجي لجهاز قياس الحرارة

2.3.3 جهاز قياس الاشعاع الشمسي

هو أداة لقياس الشعاع المباشر للإشعاع الشمسي. ضوء الشمس يدخل الأداة من خلال نافذة ويتم توجيه الشعاع للصعود إلى أداه حرارية في الآلة والتي تحول الحرارة إلى إشارة كهربائية يمكن تسجيلها. يتم تحويل إشارة الجهد عبر صيغة لقياس القدرة بوحدة واط للمتر المربع الواحد [44].



الصورة رقم (3-5): جهاز قياس الإشعاع الشمسي

3.3.3 جهاز قياس سرعة الرياح

التغير في نسبة غازات الغلاف الجوي حيث تؤثر سرعة الرياح على التنبؤ بدرجة حرارة الجو وايضًا على كلًا من حركات الملاحة الجوية والبحرية والتمثيل الضوئي للنبات تقاس سرعة الرياح بجهاز المرياح أو الأنيمومتر، تتحدد اتجاه الرياح في الاغلب بواسطة دوارة الرياح هي عبارة عن ذراع حديدي على شكل سهم يوضع على عمود رأسي من الحديد الصلب يدور هذا السهم بسهولة شديدة ويرتكز هذا السهم والعمود على عمود أخر مثبت على ذراعين لتحديد الجهات الأصلية (الشمال، الشرق، الجنوب، الغرب) تكون مؤخرة السهم عريضة تدفعها الرياح بشكل مستمر وتسجل اتجاه الرياح في محطات الارصاد الجوية كل يوم في ساعة معينة ويتضح من النسب المئوية عدد تكرارات الرياح من الاتجاهات المختلفة هذا يعرف منه اتجاه الرياح [45].

الصورة رقم (3-6): جهاز قياس سرعة الرياح

4.3.3 الأنابيب المدرجة

تستعمل الانابيب لقياس كمية الماء في كل مدة زمنية وبذلك نحسب التدفق الكتلي أو الحجمي للماء

الصورة رقم (3-7): الأنابيب المدرجة

4.3 المكونات اللازمة لتصنيع المقطر الشمسي

قد تم اختيار هذه المكونات بناء على مواد متوفرة في السوق الجزائري كذلك وتكلفتها المنخفضة، أما الابعاد تناسب حجم النظام في المستقبل، وتتلخص هذه المكونات في الجدول التالي:

الجدول رقم (3-1): المكونات اللازمة لتصنيع المقطر الشمسي

الاسم	الصورة	دوره	الكمية
صندوق الخشب		وهو الهيكل الخارجي للمقطر	05
صندوق الحديد		يوضع فيه الحجارة والماء.	05
الزجاج		غطاء عازل.	01

كوع °90 مع أنبوبين PVC يحتوي على لولب خارجي		لوصل الأنبوب مع الخزان	01
أنبوب PVC مع لولب خارجي		يتجمع فيه الماء المتبخر.	01
علب دهـن		لطلاء الحجارة والصندوق.	01
قارورة مصنوعة من البلاستيك		لتخزين الماء المنتج	01
ماسك الخشب: مسامير ومطرقة		لتثبيت الصندوق.	100 غ
الميزان المائي		لقياس ميل الصندوق	01

حجارة زهرة الرمال		لإستخدامها كمحسن	4.5 كلغ
شريط لاصق مطاطي عازل		لعزل الفراغ بين الزجاج والصندوق الخشبي	02
الميزان		لوزن الحجارة.	01
المقطر في الحالة النهائية		/	/

5.3 خطوات تصنيع المقطر الشمسي

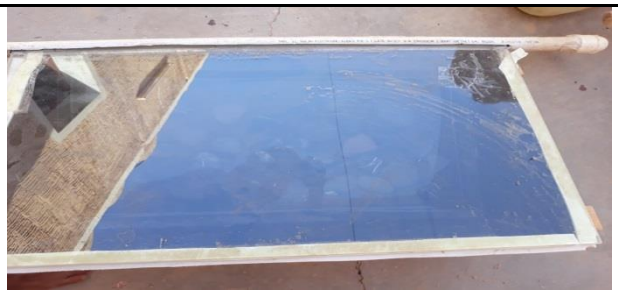
لتحقيق التقطير الحراري للطاقة الشمسية ليست بالأمر الصعب لأن المواد اللازمة للصنع متوفرة في السوق الجزائرية أنظر الجدول رقم (02-03) الجزء الصعب لتحقيق ذلك هو التخطيط والموقع وفتح أنبوب التجميع لأنه

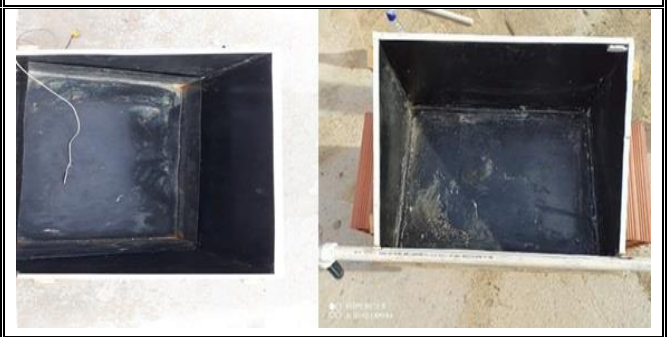
يعتمد النظام بأكمله على هذه الخطوة، إذا كان أحد المراحل الثلاثة السالفة الذكر ليست دقيقة الصنع قد لا تعطي سير حسن للعمل في هذا النظام لهذا السبب نحن بصدد شرح هذه الخطوات.

لم نضع لنظام طبقة العزل من البوليستران لأن سمك صندوق خشبي هو 2 سم وسماكة الزجاج هو 03 سم، أي السمك الكل حوالي 2.5 سم، هذه القيمة هي كافية لمقاومة نقل الحرارة من خلال جدار التقطير، وميزة هذا النظام أنه يتم نقل نواتج التقطير كامل الكمية المنتجة على الفور، بالإضافة أن الكمية المنتجة يتم قياسها كل ساعة، كذلك أن المقطر يتعرض لنفس الإشعاع الطاقة الشمسية والضغط ودرجة الحرارة، وزاوية ميل الزجاج هو 23 درجة.

الجدول رقم (3-2): خطوات تصنيع المقطر الشمسي

الصـورة	الشـرح
	صندوق المقطر: الصندوق يتكون من 4 لويحات ذات الأبعاد التالية 27 cm x 10 cm x 02 cm وتجمع مع بعض بواسطة براغي ومسامير مشكلة مستطيل ثم يلصق المستطيل مع لوحة القاعدة ذات الأبعاد التالية 40 cm x 60 cm بواسطة المسامير والبراغي
	ثقب الصندوق: نثقب اللوحتين الجانبيتين ثقبين على شكل نصف دائرة موازي للوحة ذات الأبعاد التالية 2 cm x 10 cm x 60 cm أي صنع مكان المجمع الذي هو عبارة عن أنبوب من نوع PVC طوله 80 cm
	إستعمال الميزان المائي: بغيت معرفة مدى توازن الأنبوب (المجمع) على التثقبين

	**موضع الغطاء الزجاجي**: يكون موضع في أنبوب التجمع اي جعل فتحة في الأنبوب على طول الزجاج
	نؤشر على الأنبوب: نوضع الزجاج على الأنبوب ونعلم عليه من بداية الغطاء إلى نهايته أي نرسم ثلث ونترك ثلثي أنظر مرحلة موضع الزجاج في الأنبوب.
	فتح الأنبوب: وهي من أصعب المراحل لأنه لا يمكن تثبيت الأداة على سطح الأنبوب كذلك لا نستطيع السيطرة
	موضع الزجاج في الأنبوب: بعد فتح الأنبوب نلقي الزجاج في الشق تاركين مسافة كافية تحت الزجاج والشق كما هو موضح في الصورة من أجل قطيرة الماء التي ستنزلق عبر الزجاج
	تحضير أنبوب التجميع: لغطاء أنبوب التجميع نستعمل غطاء من نفس طبيعة أنبوب في نهاية من النهايات الانبوب، الانبوب يحتوي على لولب خارجي من الطرفين ثم نلصقه بالغراء
	تركيب الكوع: نركب في نهاية المجمع الكوع 90° الذي يسمح بجريان الماء المقطر نحو الخزان، إن الكوع هو عبارة عن همزة وصل بين داخل المجمع والخزان.

	طلاء المقطر داخليا: عند طلاء سطح المقطر داخليا نستعمل دهن من نوع الصمغ الأسود العادي المسمى سيليكون كما هو موضح في الصورة، أفضل طريقة نطليه كاملا ثم نتركه يجف ثم نعيد طليه من جديد حتى نتأكد من أن كل المقطر قد طلي تماما ونغلق كامل الثغور الموجودة فيه.
	**اختبار المقطر**: بعد جفاف المقطر نختبر المقطر من خلال وضع كمية من الماء فيه ثم نتركه لمدة من الزمن لمعرفة ما إذا كان رشح أم لا وكذلك جاهز للاستعمال أم لا.
	وضع الحجارة: في الاخير يتم وضع الحجارة لإجراء التجربة.

الجدول رقم (3-3): الأدوات المستخدمة لتصنيع المقطر الشمسي

الاسم	الصورة	طريقة الاستعمال
المطرقة		تستعمل المطرقة لتثبيت اللويحات بالمسامير
أداة برد		تستعمل هذه الأداة لتسوية الحواف المقطر لتوضع الزجاج
منشار خشب		استعمل هذا الأخير لقطع اللويحات
مثقاب كهربائي		استعمل المثقاب بغية احداث الفوهتين
منشار كهربائي		نستعمل هذا الأخير من أجل إحداث شق في الأنبوب لتوضع الزجاجة
الكلابة، مفك، أداة برد		متعدد الاستعمال
فرشاة		لتدهن المقطر خارجيا

6.3 الخطوات التجريبية

فيما يلي سيتم التطرق الى الخطوات التي تمت فيه التجربة، وهي عبارة عن ثلاثة تجارب.

1.6.3 التجربة الأولى

عند اتمام انجاز المقطران، تم وضع في كلا النموذجين حجارة زهرة الصحراء (اللوس) وهي عبارة عن حجارة كبيرة الحجم مطلية بالأسود ومختلفين في الوزن، حيث وضعنا في النموذج الأول 3 كلغ من الحجارة، وفي النموذج الثاني 4.5 كلغ حيث يتم وضع 3 لتر في كلا النموذجين، ثم نعرض كلا النموذجين للأشعة الشمسية للمقارنة بينهما وذلك من خلال كمية الماء المنتجة، وقد توصلنا الى ان النموذج الأول ذو الكمية 3 كلغ هو الأكثر إنتاجا.

النموذج الأول **النموذج الثاني**

الصورة رقم (3-8): شكل الحجارة في التجربة الأولى

2.6.3 التجربة الثانية

بعد اتمام التجربة الأولى، وبعد تحصلنا على ان الكمية 3 كلغ هي أكثر انتاجا، سنقوم بالتجربة الثانية حيث سنقوم في هذه التجربة بتغيير حجم حجارة النموذج الثاني بحجارة أصغر منها حجما ونفس كتلة النموذج الاول 3 كلغ، مع نفس كمية الماء 3 لتر (حجارة النموذج الاول نصفها في الماء والاخر في الهواء، اما النموذج الثاني كلها مغموسة في الماء)، وسيتم عرض كلا النموذجين للأشعة الشمسية للمقارنة بينهما وذلك من خلال كمية الماء المنتجة، وقد توصلنا إلى أن الحجارة ذات الحجم الكبير أكثر انتاجا.

النموذج الأول

النموذج الثاني

الصورة رقم (3-9): شكل الحجارة في التجربة الثانية

7.3البـروتوكـول التجـريبي

الخطوات التجريبـيـة

-نضع المقطرين في المكان المناسب لتجربة (التوازن).

-نضع 3 لترات من الماء المالح في كلا المقطرين في كل التجارب.

-وضع الحجارة في الصناديق بعد الوزن.

-نغسل الغطاء الزجاجي جيدا من الغبار والأتربة.

-نضع اللواقط الحرارية على الزجاج الداخلي والخارجي وفي الماء لكلا المقطرين.

-نسد المقطرين جيدا لمنع التسربات الحرارية.

-نشغل جهاز مسجل الحرارة وجهاز قياس سرعة الرياح والإشعاع الشمسي وضبط الوقت لأخذ النتائج كل ساعة.

-نقيس كمية الماء المنتجة من المقطر لكل ساعة.

الصورة رقم (3-10): البروتكول التجريبي

8.3 الخلاصة

لقد درسنا في هذا الفصل الدراسة التجريبية للمقطر الشمسي حيث تم تصنيع مقطران انطلاقا من مواد أولية بسيطة، في مخبر طاقوي وطاقات المتجددة لكلية العلوم وتكنولوجيا في جامعة حمة لخضر بالوادي.

حيث واجهتنا العديد من الصعوبات وخاصة عند فتح الأنابيب البلاستيكية المجمعة للماء المقطر وتم تجاوز المشكلة بتخطيط وتحديد مكان مراد فتحه بمسطر وقلم ثم تثبيت الأنابيب وفتحها بمنشار كهربائي الدوار، وكذلك مشكلة الحصول على اجهزة قياس درجة الحرارة وسرعة الرياح والاشعة الشمسية، والغرض منها هو قياس تغيرات درجة الحرارة لكل من الزجاج الداخلي والخارجي للمقطرين وكذلك الماء في نفس الوقت، وسرعة الرياح وأشعة الشمس، وقد تم استخدام الماء المالح (ماء حنفية بضواحي المدينة)، تم الحصول على نتائج جد مرضية التي سنفسرها ونناقشها في الفصل الموالي.

الفصل الرابع:

تحليل النتائج التجريبية ومناقشتها

4-1 تمهيد

يتضمن هذا الفصل الخطوات والبروتوكول التجريبي المنجز على نماذج المقطر الشمسي المحضرة، وذلك في دراسة لأجل معرفة تأثير بعض المعلمات (حجارة زهرة الصحراء المطلية باللون الأسود، كمية وحجم الحجارة داخل كل نموذج) على مردود المقطر. كما تأتي هذه التجارب كعمل مكمل لتجارب قام بها كل من الطلبة بقاص الجيلاني، زلاسي مسعود ولعبيدي عبد المالك والتي كانت عبارة عن مقارنة بين مقطرين شمسيين احدهما عادي والاخر يحتوي على أحجار زهرة الرمال مطلية بالأسود وكان سمك طبقة الماء 20 ملم وأجريت هذه التجارب في الفترة الممتدة بين 13 و20 ماي من سنة 2019 التي أعطت النتائج التالية: المقطر الشمسي العادي ($\eta(jour/m^2) = 4.16L$) والمقطر الشمسي الذي يحتوي على حجر زهرة الرمال مطلية بالأسود ($\eta(jour/m^2) = 4.91L$)كانت في نفس المنطقة وبالضبط في ولاية وادي سوف الجزائرية والمعروفة بأنها منطقة مشمسة بامتياز وذات مناخ حار وجاف وتفتقد للمياه الصالحة للشرب وعموما ذات الخصائص التالية:

-تبعد عن البحر 390 كلم؛

-ارتفاع المنطقة عن سطح البحر 80 متر؛

-متوسط الحرارة المنطقة في فصل الصيف 34° ويتعدى أحيانا الـ 50°؛

-في فصل الشتاء يكون متوسط الحرارة 10° وتنخفض في الليل الى ما دون 0°.

ومن اجل الفهم اكثر سنقوم بترجمته النتائج الى منحنيات لتحليلها ومناقشتها بوضوح والخروج باستنتاج عام لمن اراد تصميم مقطر ذو مردود وفعالية جيدة خاصة في المناطق الصحراوية.

4-2 التجارب

4-2-1 التجربة الأولى من اجل معرفة مدى تأثير كمية الحجارة على مردود المقطر

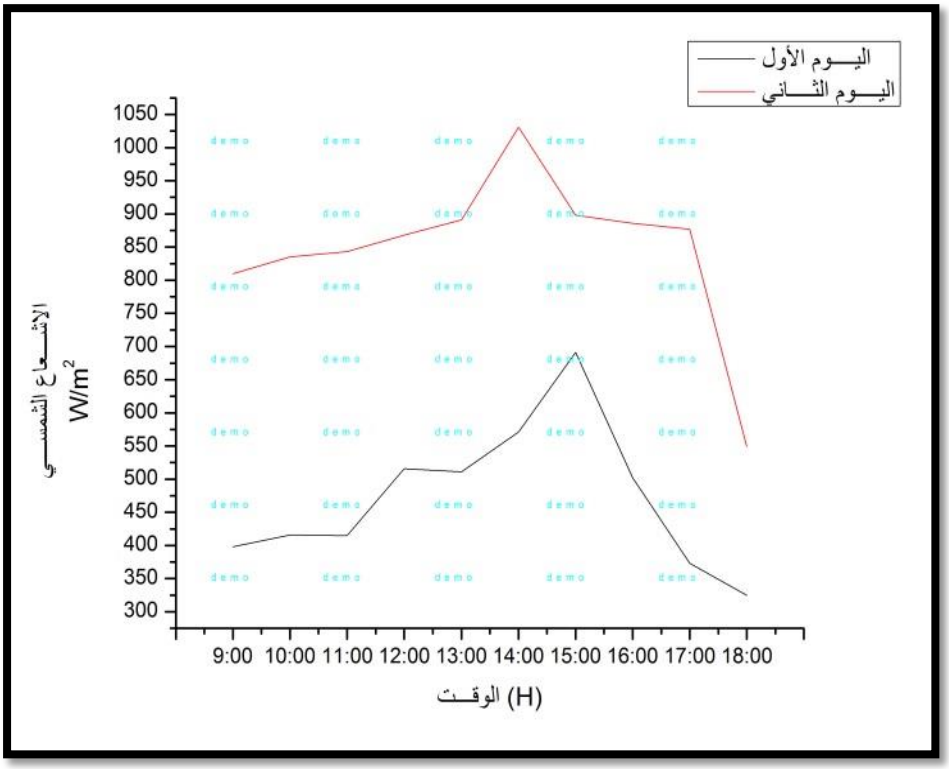
بعد التأكد من جاهزية النموذجين (الصندوقين) للتجريب والقياس، تم اخذ كمية من الحجارة تقدر ب 7.5 كلغ مطليي باللون الاسود، بعد ذلك قمنا بتقسم الحجارة الى مجموعتين الاولى 3 كلغ وضعت في الصندوق الاول والثانية 4.5 كلغ في الصندوق الثاني (مع نفس حجم الحجارة لكلا المقطرين نصفها مغمور والنصف الاخر فوق سطح الماء). ووضعنا في كل صندوق 3 لتر من الماء مع تثبيت زاوية الميل لكل صندوق 23 درجة.

عرضت النماذج الى الشمس لمدة يومين متتاليين 08-2020/06/09 تحت الظروف المناخية المسجلة في الجدول أدناه، بعد توصيل المزدوج الحراري "الترموكوبل" في المواضع المراد قياس درجة حرارتها مثل حرارة الماء، حرارة الزجاج من الداخل والخارج، إضافة الى جهاز قياس شدة الاشعاع الشمسي وسرعه الرياح.

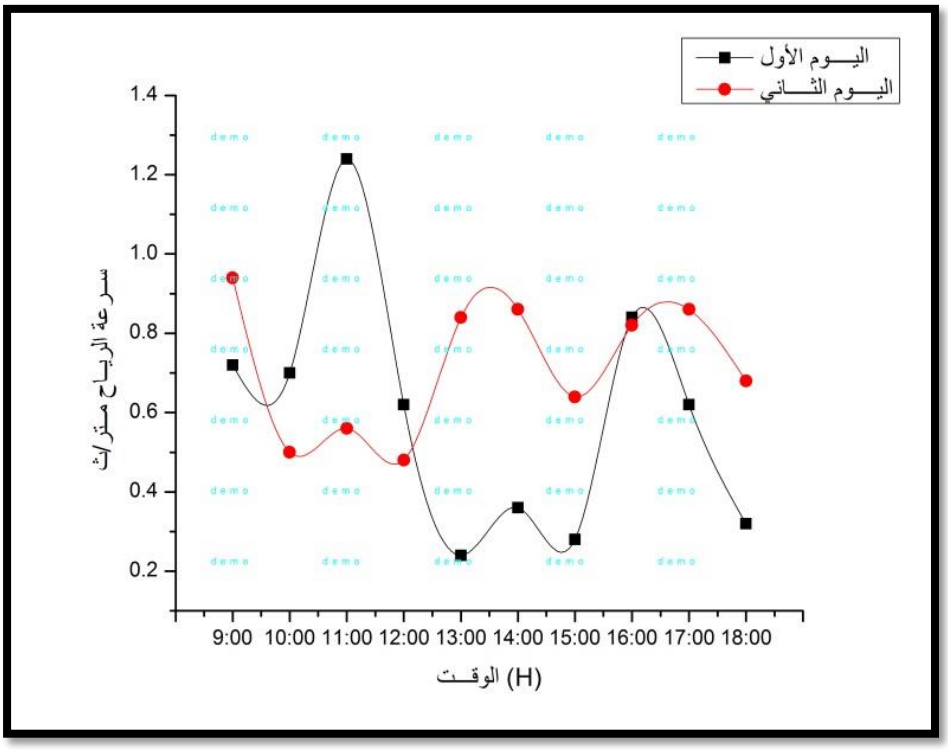
	اليوم الاول 2020/06/08	اليوم الثاني 2020/06/09
شروق الشمس	5:11	5:11
غروب الشمس	19:45	19:46
درجة حرارة الجو المحيط	36	35

جدول(4 -1): الظروف المناخية المسجلة ليومي الدراسة

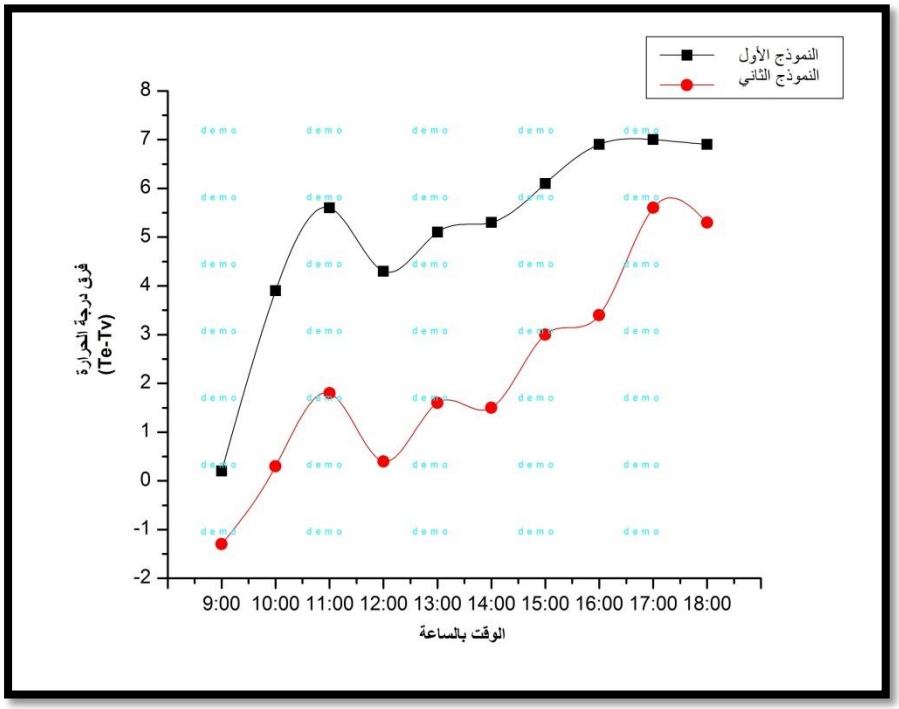
بعد إتمام خطوات العمل وتسجيل درجات الحرارة خلال كل ساعة لليومين [من 09:00 الى 18:00]، نلخص النتائج في المنحنيات التالية:



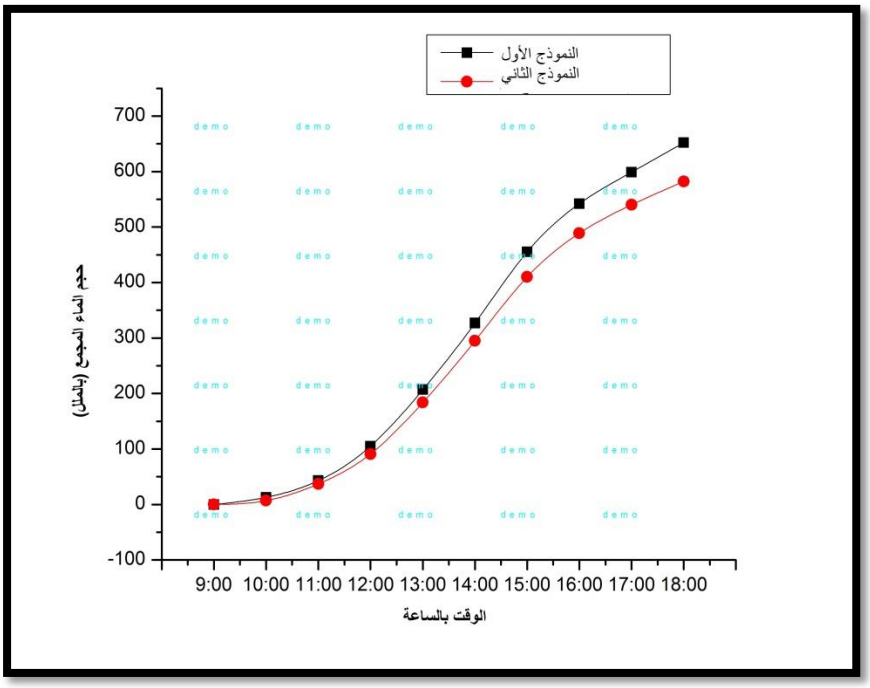
الشكل (4 -1): منحنى تغيرات شدة الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن



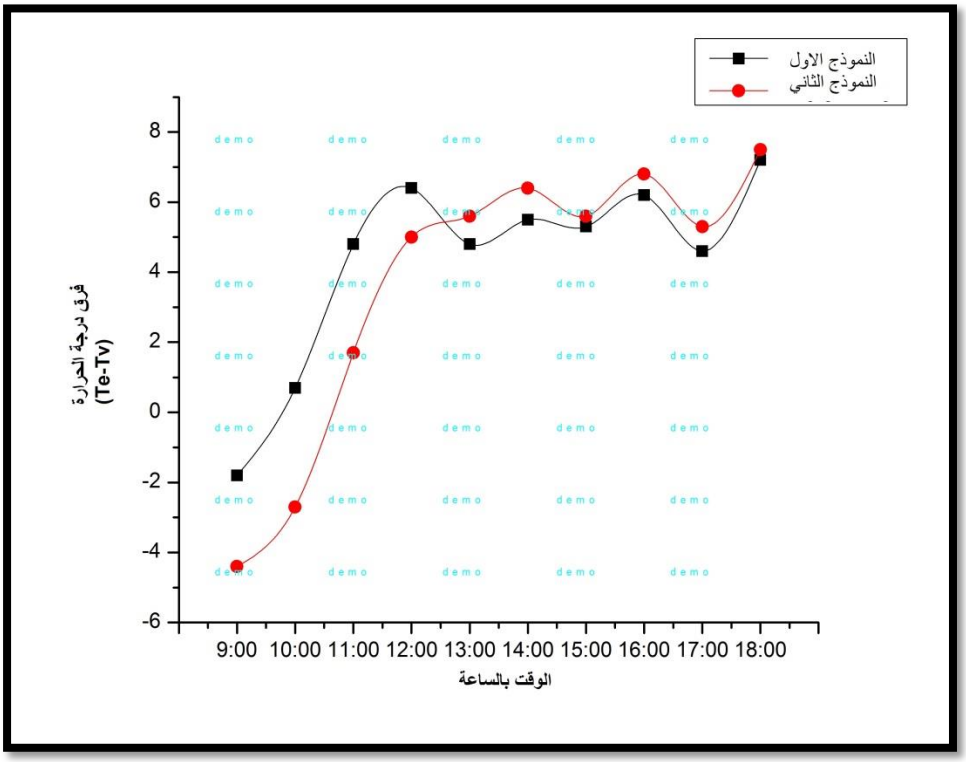
الشكل (4-2): منحنى تغيرات سرعة الرياح بدلالة الزمن



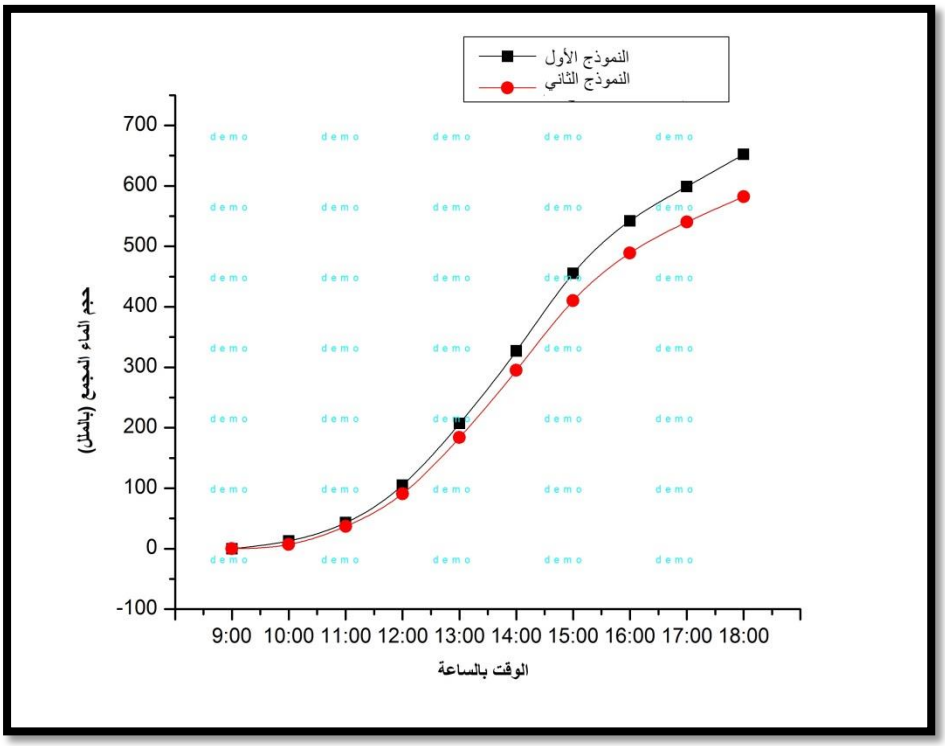
الشكل (4 -3): منحنى فرق درجة الحرارة (Te-Tv) بدلالة الزمن (2020/06/08).



الشكل (4 -4): منحنى تغيرات حجم الماء المجمع بدلالة الزمن (2020/06/08).



الشكل (4 -5): منحنى فرق درجة الحرارة (Te-Tv) بدلالة الزمن (2020/06/09).



الشكل (4 -6): منحنى تغيرات حجم الماء المجمع بدلالة الزمن

(2020/06/09)

تحليل ومناقشة

من خلال النتائج المتحصل عليها والمترجمة في المنحنيات السابقة نلاحظ أن الفارق في درجة الحرارة اكبر في النموذج الاول الحاوي على اقل كمية للحجارة حتى الى ما بعد زوال يومي الدراسة. ما بعد هذه الفترة نلاحظ ان الفارق في درجة الحرارة في زيادة بطيئة خاصتا عند النموذج الاول. يمكن تفسير ذلك كما يلي:

النموذج الحاوي على اقل كمية للحجارة يجعل الصفيحة المعدنية تمتص الاشعاع الشمسي أفضل مما يزيد في درجة الحرارة الماء يعني زيادة الفارق في درجة الحرارة مقارنة بالنموذج الثاني الذي يحتوي على اكبر كمية للحجارة. مع ذلك فان الزيادة الفارق في درجة الحرارة يؤدي الى زيادة في حجم الماء المنتج كما هو ملاحظ في الشكلين (4-4 و 6).

وفي الاخير ومن خلال هذه النتائج يمكن حساب مردودية كل مقطر، فكانت النتائج كما هو متوقع فالنموذج الاول اعطي افضل اداء ($\eta_{1.1}=2.43L/m^2$) مقارنتا بالثاني ($\eta_{1.2}=2.11L/m^2$).

4-2-2 التجربة الثانية: من اجل معرفة مدى تأثير حجم الحجارة على مردود المقطر

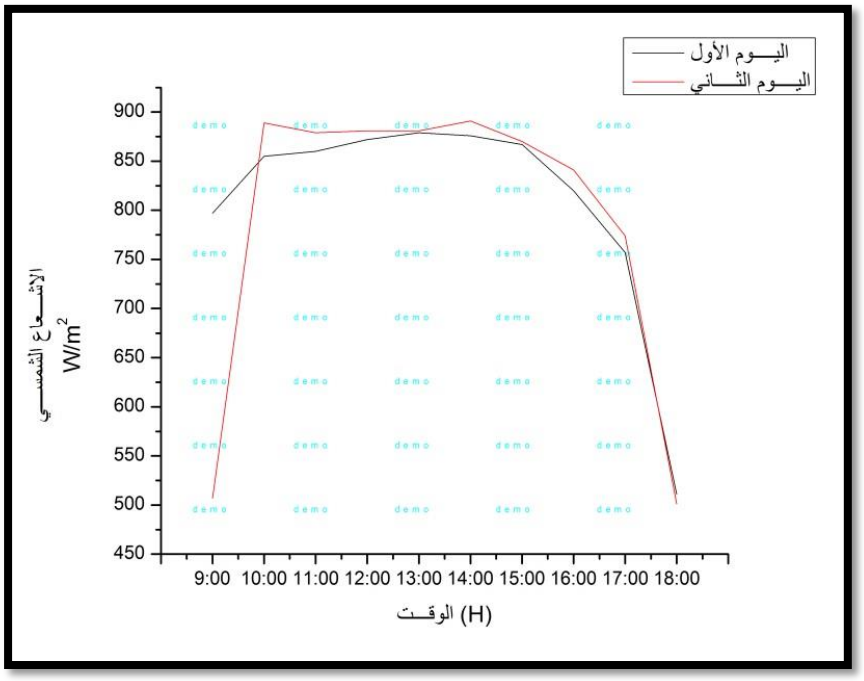
بناءا على خطوات التجربة السابقة ومن اجل معرفة مدى تأثير حجم الحجارة على مردود المقطر الشمسي تحت مناخ ولاية الوادي، أخذنا نفس النموذجين (الصندوقين) يحتويان على نفس الكمية الحجارة ويختلفان في الحجم المغمور في الماء، حيث تكون حجم الحجارة في النموذج الأول نصفها مغمورة ونصفها فوق الماء بينما الحجارة داخل النموذج الثاني تكون مغمورة كليا في الماء بعد تقطيعها الى اجزاء صغيرة مع الاحتفاظ على نفس كمية الماء في النموذجين.

عرضت النماذج الى الشمس لمدة يومين متتاليين 10-2020/06/11 تحت الظروف المناخية المسجلة في الجدول أدناه، بعد توصيل المزدوج الحراري "الترموكوبل" في المواضع المراد قياس درجة حرارتها مثل حرارة الماء، حرارة الزجاج من الداخل والخارج، إضافة الى جهاز قياس شدة الاشعاع الشمسي وسرعه الرياح.

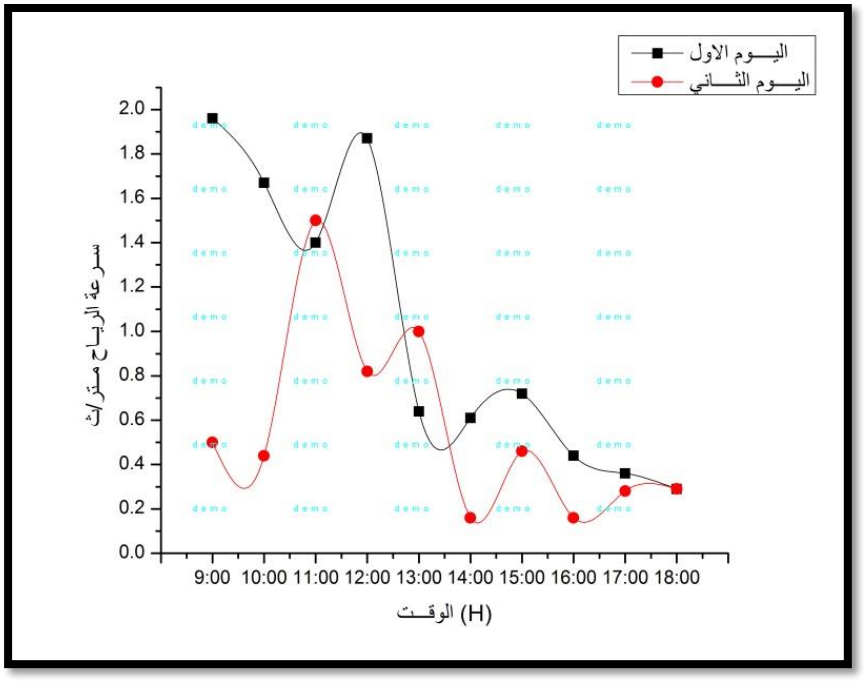
	اليوم الاول 2020 /06/ 10	اليوم الثانى 2020/06/11
شروق الشمس	5:11	5:10
غروب الشمس	19:46	19:47
درجة حرارة الجو	34	37

جدول(4 -2): الظروف المناخية المسجلة ليومي الدراسة

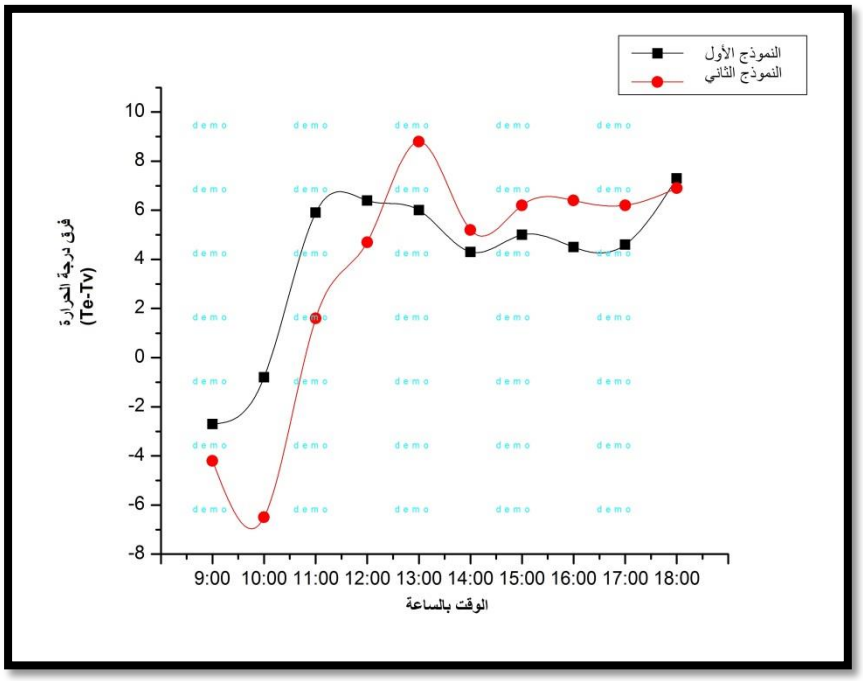
بعد إتمام خطوات العمل وتسجيل درجات الحرارة خلال كل ساعة لليومين [من 09:00 الى 18:00]، نلخص النتائج في المنحنيات التالية:



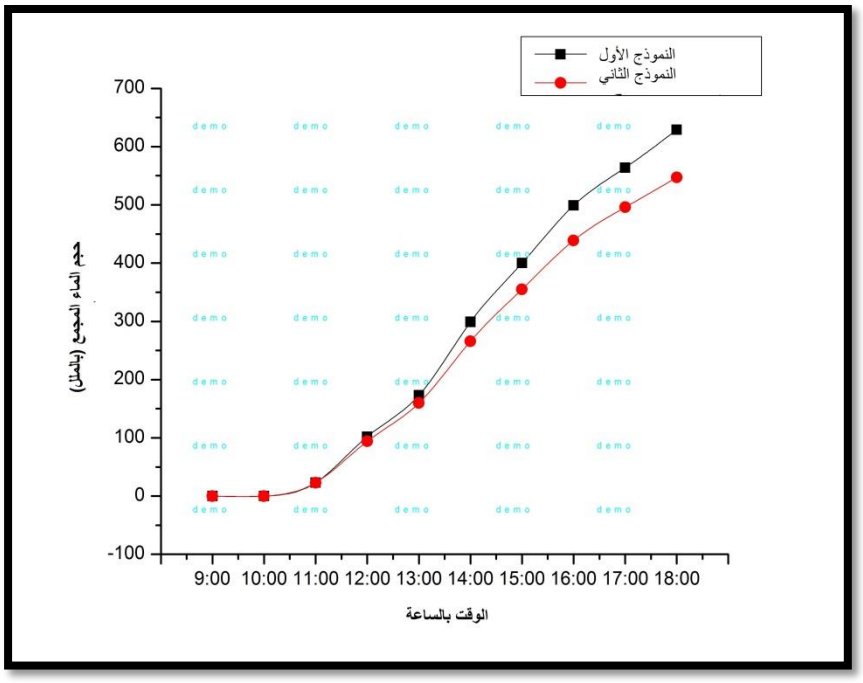
الشكل (4 -7): منحنى تغيرات شدة الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن



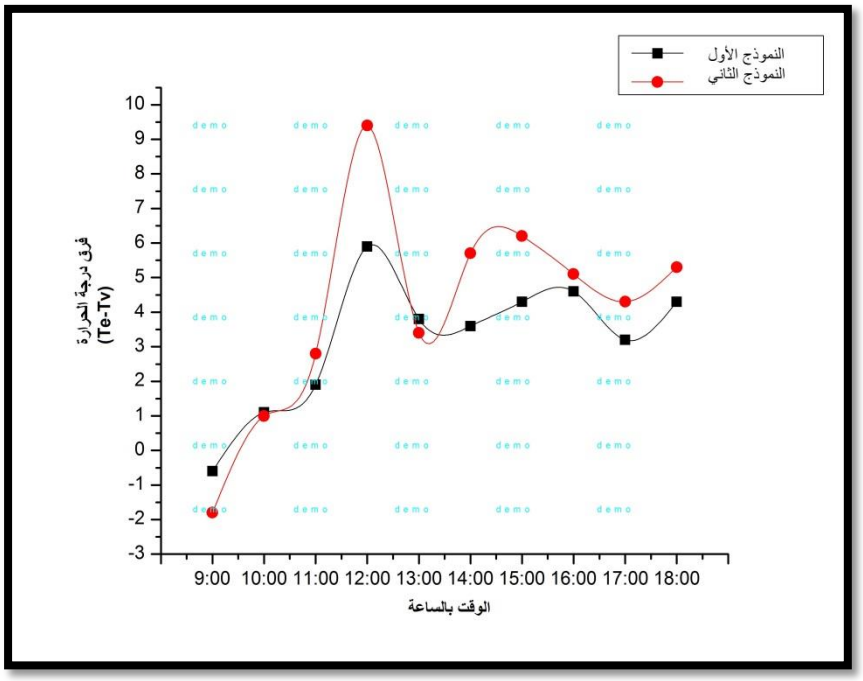
الشكل (4 -8): منحنى تغيرات سرعة الرياح بدلالة الزمن



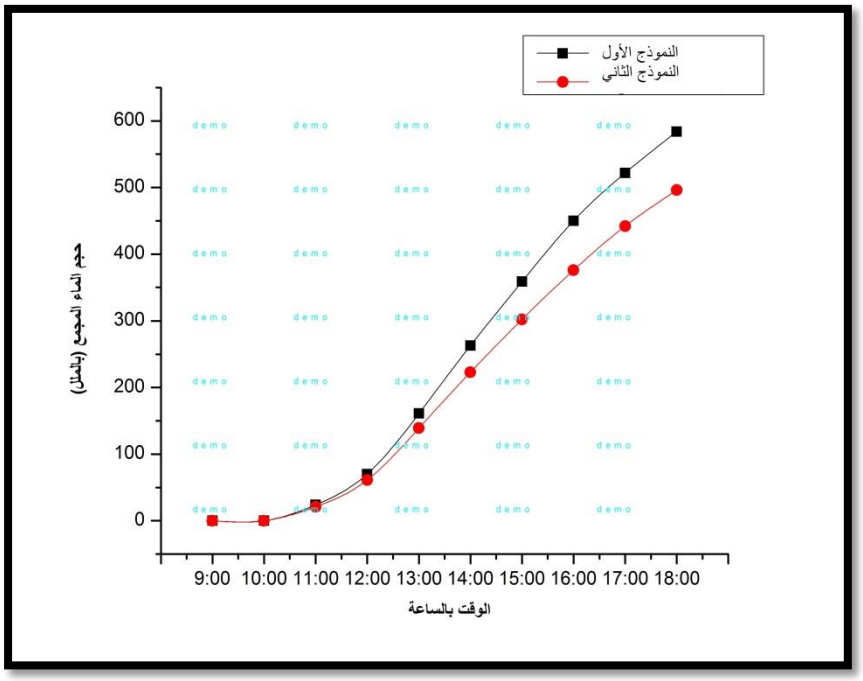
الشكل (4 -9): منحنى فرق درجة الحرارة (Te-Tv) بدلالة الزمن (2020/06/10).



الشكل (4 -10): منحنى تغيرات حجم الماء المجمع بدلالة الزمن (2020/06/10).



الشكل (4 -11): منحنى فرق درجة الحرارة (Te-Tv) بدلالة الزمن (2020/06/11).



الشكل (4 -12): منحنى تغيرات حجم الماء المجمع بدلالة الزمن (2020/06/11).

تحليل ومناقشة

من خلال النتائج المتحصل عليها والمترجمة في المنحنيات السابقة نلاحظ أن الفارق في درجة الحرارة يكون كبير في النموذجين حتى الى ما بعد زوال يومي الدراسة. ما بعد هذه الفترة نلاحظ ان الفارق في درجة الحرارة في زيادة بطيئة تكاد تكون ثابتة، اما بالنسبة الى كمية الماء المنتجة فهناك فارق بعد الزوال وتكون الكمية اكبر في النموذج الاول. يمكن تفسير ذلك كما يلي:

النموذج الحاوي على اقل حجم للحجارة في الماء (نصفها مغمور ونصفها فوق الماء) يعطي للصفيحة المعدنية مساحة اكبر لامتصاص الاشعاع الشمسي مما يزيد في درجة الحرارة الماء يعني زيادة الفارق في درجة الحرارة مقارنة بالنموذج الثاني الذي يحتوي على اكبر حجم للحجارة مغمورة في الماء. مع ذلك فان زيادة الفارق في درجة الحرارة يؤدي الى زيادة في جحم الماء المنتج كما هو ملاحظ في الشكلين (4 -10 و12). من جهة اخرى، يمكن القول ان المساحة المغطاة (الصفيحة) بحجارة صغيرة أكبر من المساحة المغطاة بالحجارة الكبيرة ويعود ذلك الى نقص فعالية المستقبل وبالتالي انخفاض درجة حرارة الماء، كذلك فان الحجارة المغمورة تمتص الحرارة من الماء عكس الحجارة الكبيرة التي تكون مساعدة على رفع درجة حرارة الماء.

ومن خلال هذه النتائج يمكن حساب مردودية كل مقطر، فكانت النتائج ان النموذج الاول اعطي افضل اداء ($\eta 2.1=3.19 L/m^2$) مقارنتا بالثاني ($\eta 2.2=2.74 L/m^2$).

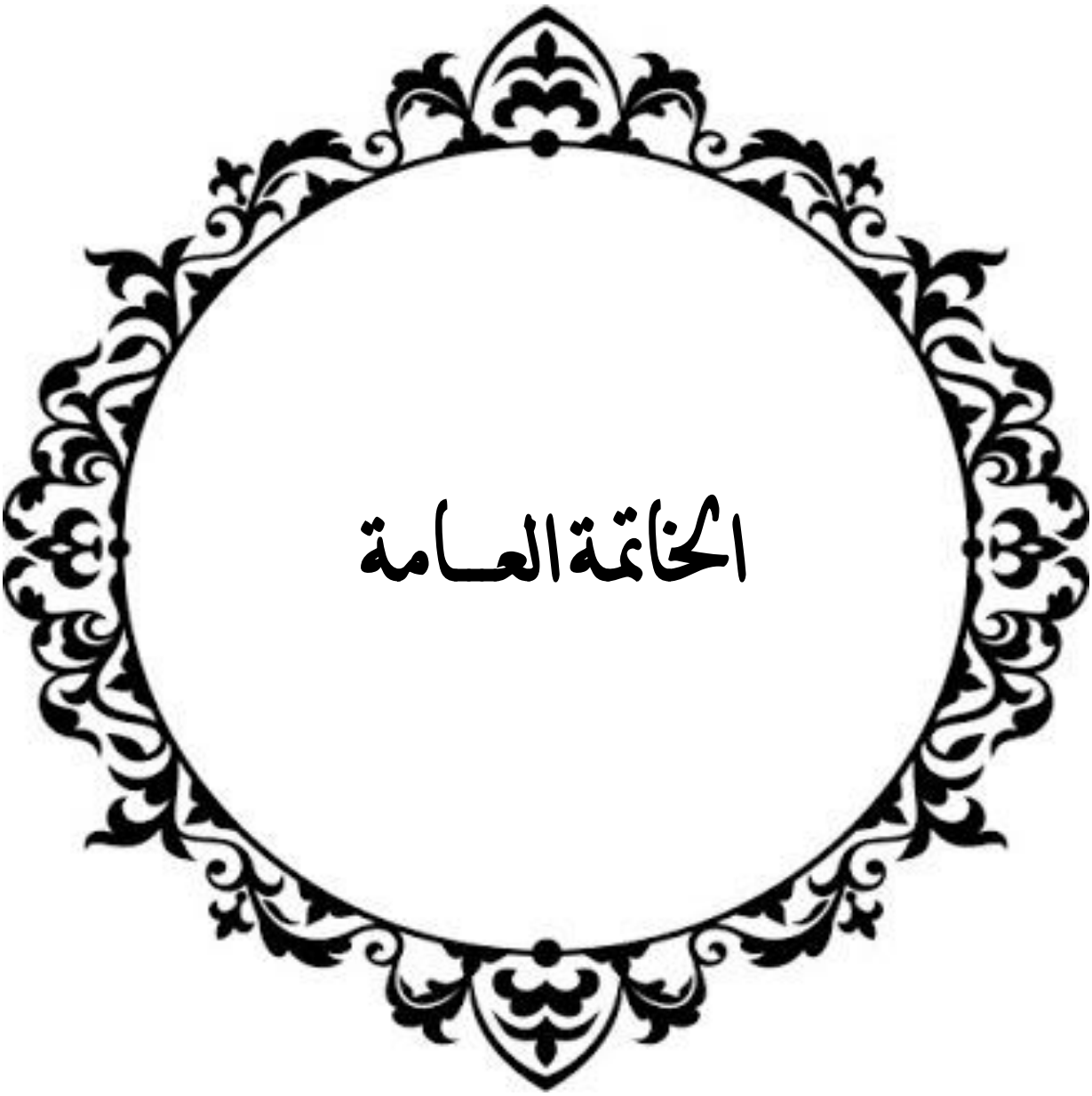
الخلاصة:

نستنتج من كل ما تقدم أن المقطر الشمسي المسطح المنجز خلال هذه التجربة يحقق ما هو مطلوب من قيم لدرجات الحرارة وكمية الماء المنتج تحت ظروف مناخ ولاية الجنوب الشرقي (وادي سوف)، وبناءا على ذلك يمكن استنتاج جملة من النقاط المراد اتباعها من اجل العمل على تحسين مردود المقطر كما يلي:

- ❖ إمكانية الحصول على مردود افضل للمقطر الاقل كمية حجارة في حدود ابعاد وشكل المقطر المستعمل،
- ❖ إمكانية الحصول على مردود افضل للمقطر الاقل حجم للحجارة مغمورة في الماء في حدود ابعاد وشكل المقطر المستعمل.

وفي الاخير وحسب النتائج المتحصل عليها يمكن القول ان انجاز و تحقيق نظام بعمل بالطاقة الشمسية من اجل سد حاجيات الانسان من المياه الصالحة في منطقتنا اصبح من الضروريات لما في ذلك من مزايا اقتصادية وبيئية ندكر منها:

- ❖ يتكون لاقط المقطر من مواد سهلة وبسيطة مما يمنحها خصائص سهولة الصيانة وتكاليف التشغيل،
- ❖ عدم وجود مواد واجهزة ضخمة، يعني عدم وجود اهتزاز وضجيج،
- ❖ استخدم المقطر الشمسي مباشرة، أي تجنب الاستهلاك الكهربائي فهو صديق للبيئة،
- ❖ يمكن أن يكون عمر هذه المقطرات طويلًا ، اذا مردود على طول السنة،
- ❖ توفير المياه الصالحة في المناطق التي تفتقد لذلك.



الخاتمة العـامة

الخاتمة العامة:

تطرقنا في هذه الدراسة الى طبيعة المياه النقية ونسبة تواجدها في الطبيعية سواء ان كانت مياه مالحة أو عذبة وكذا طرق وتصفية المياه لإزالة الملوثات من المياه لتحسينها وجعلها صالحة للاستخدام البشري وجعلها صالحة لشرب.

وقد تمت دراسة عدة أبحاث ونتائج توصل اليها الباحثون في علم التقطير الشمسي وهي عبارة عن دراسة بيوغرافية تم بواسطتها معرفة مدى تقدم البحث العلمي في مجال المقطرات، كذلك على أنواع المقطرات المعروفة والمتداولة في أنحاء العالم، إضافة إلى العوامل الداخلية والخارجية المؤثرة على مردود المقطرات، والطرق المتبعة في تحلية المياه. ولقد تم اختيار المقطر الشمسي ذو الميل الواحد لانه غير مكلف، سهل الصيانة، وذو عمر طويل.

كذلك تمت هذه الدراسة التجريبية للمقطر الشمسي حيث تم تصنيع مقطران انطلاقا من مواد أولية بسيطة، في مخبر طاقوي وطاقات المتجددة لكلية العلوم وتكنولوجيا في جامعة حمة لخضر بالوادي.

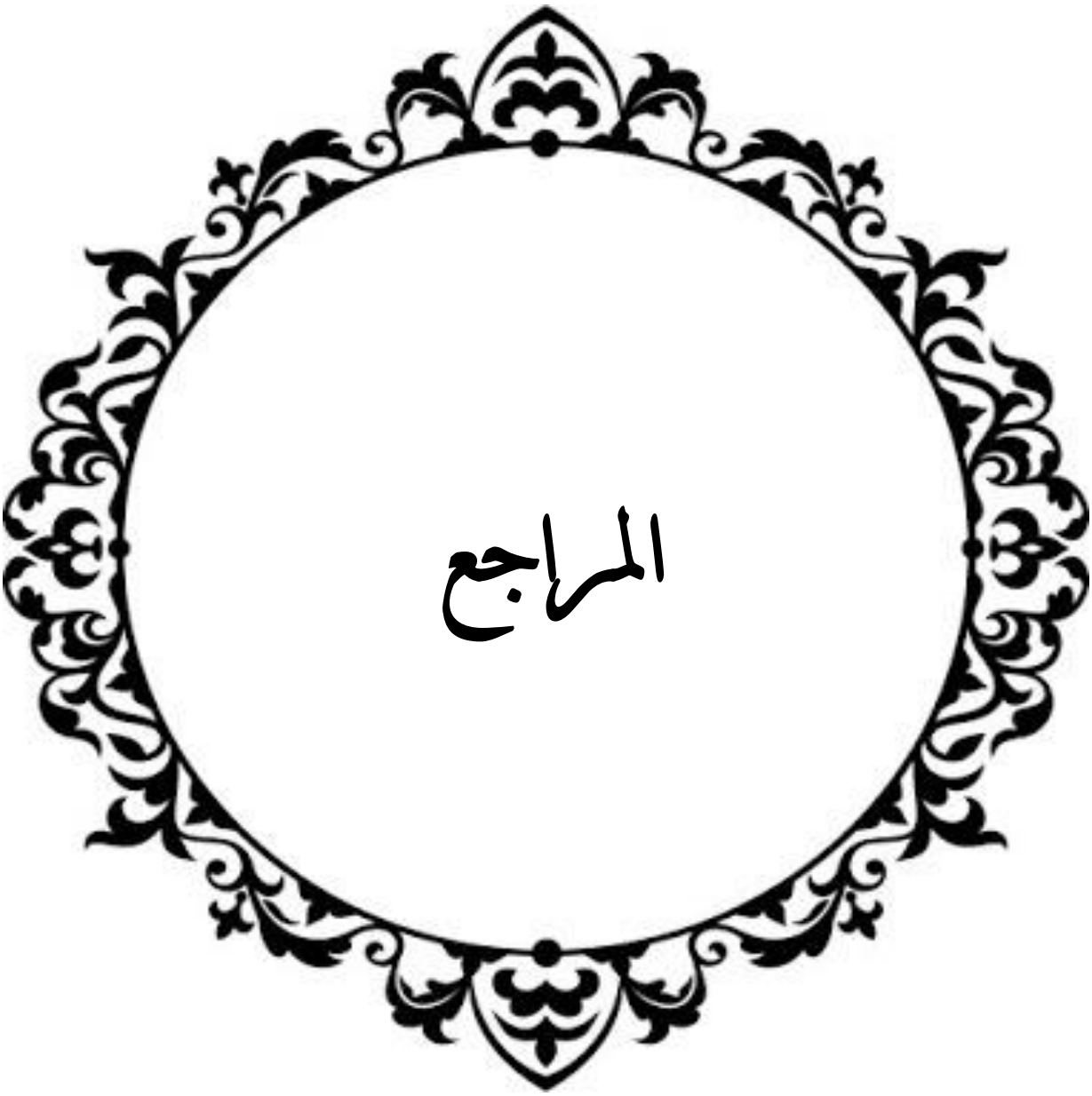
وقد واجهتنا العديد من الصعوبات وخاصة عند فتح الأنابيب البلاستيكية المجمعة للماء المقطر وتم تجاوز المشكلة بتخطيط وتحديد مكان مراد فتحه بمسطر وقلم ثم تثبيت الأنابيب وفتحها بمنشار كهربائي الدوار، وكذلك مشكلة الحصول على اجهزة قياس درجة الحرارة وسرعة الرياح والاشعة الشمسية، والغرض منها هو قياس تغيرات درجة الحرارة لكل من الزجاج الداخلي والخارجي للمقطرين وكذلك الماء في نفس الوقت، وسرعة الرياح وأشعة الشمس، وقد تم استخدام الماء المالح (ماء حنفية بضواحي المدينة)، تم الحصول على نتائج جد مرضية التي سنفسرها ونناقشها في الفصل الموالي.

ونستنتج من كل ما تقدم أن المقطر الشمسي المسطح المنجز خلال هذه التجربة يحقق ما هو مطلوب من قيم لدرجات الحرارة وكمية الماء المنتج تحت ظروف مناخ ولاية الجنوب الشرقي (وادي سوف)، وبناءا على ذلك يمكن استنتاج جملة من النقاط المراد اتباعها من اجل العمل على تحسين مردود المقطر كما يلي:

- ❖ إمكانية الحصول على مردود افضل للمقطر الاقل كمية حجارة في حدود ابعاد وشكل المقطر المستعمل،
- ❖ إمكانية الحصول على مردود افضل للمقطر الاقل حجم للحجارة مغمورة في الماء في حدود ابعاد وشكل المقطر المستعمل.

وفي الاخير وحسب النتائج المتحصل عليها يمكن القول ان انجاز و تحقيق نظام بعمل بالطاقة الشمسية من اجل سد حاجيات الانسان من المياه الصالحة في منطقتنا اصبح من الضروريات لما في ذلك من مزايا اقتصادية وبيئية ندكر منها:

- ❖ تتكون لاقط المقطر من مواد سهلة وبسيطة مما يمنحها خصائص سهولة الصيانة وتكاليف التشغيل،
- ❖ عدم وجود مواد واجهزة ضخمة، يعني عدم وجود اهتزاز وضجيج،
- ❖ استخدم المقطر الشمسي مباشرة، أي تجنب الاستهلاك الكهربائي فهو صديق للبيئة،
- ❖ يمكن أن يكون عمر هذه المقطرات طويلًا ، اذا مردود على طول السنة،
- ❖ توفير المياه الصالحة في المناطق التي تفتقد لذلك.


المراجع

1- S.Guemari et R. Touhir", Contribution a l'améioration de rendement d'un distillateur solaire serre" these master Académique, Université de Ouargla, P.12-20, Algérie (2015)".

2- Ravishankar Sathyamurthy, A. Muthu Manokar, Swellam W. SharshirF.A. Essa, Ammar H. El shiekh, Experimental study on tubular solar still using Graphene Oxide Nano particles in Phase Change Material (NPCM's) for fresh water production. Journal of Energy Storage, 28 (2020) 101-104.

3- A.E. Kabeel, Mohamed Abdelgaied, A. Eisa, Enhancing the performance of single basin solar still using high thermal conductivity sensible storage materials, Journal of cleaner production 183 (2018) 20-25.

4- N.Baba Ahmed, S.Ainad Tabet et B. Belhacen "Study on the énergétique paramétres in A photo thermique sénior with black polymérique film " revécu Fond,N 1,2 (2010).

5- A.E. Kabeel, K. Harby, Mohamed Abdelgaied, A. Eisa, Augmentation of a developed tubular solar still productivity using hybrid storage medium and CPC: An experimental approach, Journal of Energy Storage 28 (2020).

6- A.M. Manokar, D.P. Winston, A.E. Kabeel, R. Sathyamurthy, Sustainable fresh water and power production by integrating PV panel in inclined solar still, Journal of Cleaner Production 172 (2018) 2711-2719.

7- Sakthivel M, Shanmugasundaram S, Effect of energy storage medium (black granite gravel) on the performance of a solar still. Energy Res 2008; 32-68–82.

8- El-Sebaii AA, Aboul-Enein S, Ramadan MRI, El-Bialy E. Year-round performance of a modified single-basin solar still with mica plate as a suspended absorber. Energy 2000; 25:35–49.

9- ANN WOLTERS (3-10-2017), "5 Steps of Water Purification, www.livestrong.com, Retrieved 11-7-2018. Edited.

10- السيد عبد الفتاح بلاط، عباس الطيب بابكر، المنظور القرآني لدورة الماء الطبيعية ومكوناتها وعلاقاتها العملية، مجلة علمية سنوية محكمة، دراسات اسلامية، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية، السودان، 2011

11- PATRICK J. KIGER, "Salt for Purification", science.howstuffworks.com, Retrieved 11-7-2018. Edited. -Stephen

12- T. Schroth Archis Ambulkar Jordan K. Lanfair, "Water purification", www.britannica.com, Retrieved 11-7-2018. Edited.

13- محمد تخة ،" دراسة مقارنة وتحسين لمختلف المقطرات الشمسية لإنتاج المياه الصالحة للشرب في المناطق الجافة الصحراوية"، مذكرة ماجستير ، جامعة ورقلة ،كلية العلوم والعلوم الهندسية ، قسم الفيزياء)(2004.

14- سوداني محمد البار،" دراسة نظرية لمجمع شمسي بأسطواني مقعر غطاء زجاجي" ،مذكرة ماجستير جامعة ورقلة.

15- J.R.VAILLANT "les problème du dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtre"- France-1975.

16- دوادي رشيدة، دراسة مقطر شمسي ذي مكثف مظلل جزئيا، بفعل الاحتباس الحراري الشمسي في المناطق القاحلة، مذكرة ماجستير، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2010.

17- J.F. SACADURA"Initiation aux transfert thermique" France -1977

18- أحمد بخواش، علي بطاش " الطاقات المتجددة كبديل لقطاع النفط دراسة الحالة بوحدة البحث التطبيقي في مجال الطاقة المتجددة ARAER (غرداية) " مذكرة ماستر أكاديمي، جامعة ورقلة، 2013 .

19- الشريف عدة، أحمد لبوابي " دراسة تجريبية لمقطر شمسي بمدينة ورقلة " مذكرة ماستر أكاديمي، جامعة ورقلة، 2016 .

20- Electromagnetic Radiation & Electromagnetic Spectrum, https://chandra.si.edu/resources/em_radiation.html

21- سماحي سهيلة، فعالية أداء الخلايا الشمسية الكهروضوئية في ورقلة وتأثير شدة الاشعاع الشمسي والعوامل المناخية عليها، مذكرة ماستر، تخصص فيزيا إشعاعات، كاشف وبصريات إلكترونية، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، 2016/2015.

22- 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)

23- د . سعود يوسف عايش، تكنولوجيا الطاقة البديلة "، عالم المعرفة، الكويت، فبراير 1981.

24- أنظمة الطاقة الشمسية المنزلية، https://masdar.ae/ar/masdar-clean-energy/projects/solar-home-systems

25- How Does Solar Cooking Work?, https://www.solarcooker-at-cantinawest.com/solarcooking-howitworks.html

26- د. بن حميدة سفيان ود. مبروك غوقالي، ط1، سلسلة الطاقات المتجددة :" الطاقة الشمسية "، مذكرة ماجستير, مطبعة مزوار – 2009 .

27- شركة الوفرة الصناعية ذات مسؤولية محدودة.

28- التبريد والتكييف بالطاقة الشمسية، https://www.arabsolarenergy.com/2015/12/solar-air-condition.html

29- وكاغ فرمان، الطاقة الشمسية دعوة لاستغلالها قبل فوات الاوان، مجلة فيلادلفيا الثقافية، جامعة فيلادلفيا، الأردن.

30- S. Guemari et R. Touahir ،"Contribution à l'amélioration de rendement d'un distillateursolaireserre"،these master Académique،Universitéde Ouargla ،P. 12-20،Algérie (2015.)

31- عبد البار سوداني، الدارسة النظرية للمركز الشمسي الأسطواني المقعر (CCP)، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة، 2009 .

32- الغزالي سهير، محمود طلعت، التقييم الاقتصادي للأثار البيئية لتحلية المياه باستخدام الطاقة الشمسية، مذكرة ماجسيتر، جامعة عين الشمس، 2006 .

33- أحلام الهامل،" دراسة التحويل الحراري عبد زجاج المقطر الشمسي "، مذكرة ماستر أكاديمي، جامعة الوادي، 2018.

34- عقيل يوسف هاشم، المقطر الشمسي العمودي، مجلة أبحاث البصرة، العراق، العدد 38، الجزء 3، 2012.

35- فاطمة الزهرة رضواني، هادية معامير، استعمال الطاقة الشمسية لتحلية المياه المالحة في المناطق الصحراوية، مذكرة ماستر أكاديمي، جامعة الوادي، 2017.

36- بن سليمان نور الهدى، شلغام منيرة، " دراسة تجريبية لتحسين أداء المقطر الشمسي البسيط بإستعمال المخضة الحرارية، مذكرة ماستر أكاديمي، جامعة ورقلة، 2017.

37- B. Nadir ،T. Ismail ،Etude réalisation et simulation numérique d'un distillation solaire à cascade le 2 ème séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables،UniversitéMentouri de Constantine،Algérie (2012)

38- Gopal Nath Tiwari and Hriday Narayan Singh, Solar distillation, History, development and management of water resources – vol II solar distillation.

39- https://www.industrial-needs.com/technical-data/12-channel-temperature-recorder-pce-t-1200.htm

40- https://ar.wikipedia.org/wiki/مقياس_الإشعاع_الشمسي

41- https://www.almrsal.com/post/316765

الملخص

نظرا للمشكلة الكبيرة التي تعاني منه معظم الدول وخاصة الجزائر في قلة المياه الصالحة للشرب، وكحل لهذا المشكل نقدم في هذه الدراسة طريقة سهلة لإنتاج الماء الشروب وبأبسط الإمكانيات وأقل تكلفة وذلك باستغلال أشعة الشمس، ولرفع مردودية المقطر الشمسي البسيط ارتأينا أن ندرس مدى تأثير حجارة زهرة الرمال (اللوس) المطلية باللون الأسود المتوفرة بكثرة في منطقتنا على مردودية المقطر.

تمت الدراسة على مرحلتين (تجربتين)، تم اخذ كمية من الحجارة تقدر ب 7.5 كلغ مطليي باللون الاسود، بعد ذلك قمنا بتقسم الحجارة الى مجموعتين الاولى 3 كلغ وضعت في الصندوق الاول والثانية 4.5 كلغ في الصندوق الثاني (مع نفس حجم الحجارة لكلا المقطرين نصفها مغمور والنصف الاخر فوق سطح الماء). ووضعنا في كل صندوق 3 لتر من الماء مع تثبيت زاوية الميل لكل صندوق 23 درجة، فكانت النتائج أن النموذج الاول اعطي افضل اداء ($\eta_{1.1}=2.43L/m^2$) مقارنتا بالثاني ($\eta_{1.2}=2.11L/m^2$).

أما التجربة الثانية اخذنا نفس النموذجين يحتويان على نفس الكمية من الحجارة ويختلفان في الحجم المغمور في الماء، حيث تكون حجم الحجارة في النموذج الأول نصفها مغمور ونصفها فوق الماء بينما في النموذج الثاني تكون مغمورة كليا في الماء بعد تقطيعها الى اجزاء صغيرة مع الاحتفاظ على نفس كمية الماء في النموذجين، فكانت النتائج ان النموذج الاول اعطي افضل اداء ($\eta 2.1=3.19L/m^2$) مقارنتا بالثاني ($\eta 2.2=2.74L/m^2$).

Abstract

In view of the big problem that most countries, especially Algeria, suffer from in the lack of potable water, and as a solution to this problem, this study offers an easy way to manufacture simple solar distillates to produce drinking water with the simplest and least expensive possibilities by using only the rays of the sun falling on it, and to increase the cost-effectiveness of the simple solar distillate. We add sand flower stones (loess) coated in black that are available in abundance in our area of Oued Souf as an improvement to the efficiency of the distillate, and it was two experiments, where in the first experiment 7.5 kg of stones were placed, where we divided the stones into two groups, the first 3 kg were placed in the first and the second form 4.5 kg in the second model (with the same size of stones for both distillates, half submerged and the other half above the water surface), so the results were that the first model gave the best performance ($1.1 = 2.43L/m^2$) compared to the second ($1.2 = 2.11L/m^2$).

As for the second experiment, we took the same two models that contain the same amount of stones and differ in the size submerged in the water, where the size of the stones in the first model is half submerged and half above the water, while in the second model they are completely submerged in water after cutting them into small parts while maintaining the same amount Water in the two models, and the results were that the first model gave the best performance ($\eta 2.1 = 3.19L/m^2$) compared to the second ($2.2 = 2.74L/m^2$).