



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



رقم الترتيب:

رقم التسلسل:

جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي

كلية العلوم الدقيقة

قسم الفيزياء

مذكرة تخرج لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة

تخصص: فيزياء وإشعاع

من إعداد: فريد عبد الباسط وعاشور أحمد ولبزة خير الدين

الموضوع

معالجة نقص إنتاجية التقطير الشمسي التقليدي باستعمال المبادل الحراري في المناطق الجافة

نوقشت يوم 2021/03/27

أمام اللجنة المكونة من الأساتذة

رئيسا

د.جاج عمار محمد علي

مناقشا

أ.مفتاح محمد الصالح

مؤطر

د.عطية محمد الهادي

الموسم الجامعي : 2021/2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

إِهْدَاء

بسم الله الرحمن الرحيم

أحمد الله عز وجل على منه وعونه لإتمام هذا البحث....

إلى الذي وهبني كل ما يملك حتى أحقق له آماله، إلى من كان يدفعني قدما نحو الأمام لنيل المبتغى، إلى الإنسان الذي إمتلك الإنسانية بكل قوة، إلى الذي سهر على تعليمي بتضحياته جسام مترجمة في تقديسه للعلم، إلى مدرستي الأولى في الحياة، أبي الغالي على قلبي أطال الله في عمره....

إلى التي وهبت فلذة كبدها على العطاء والحنان، إلى التي صبرت على كل شيء، التي مرعنتني حق الرعاية وكانت سندي في الشدائد، وكانت دعواها لي بالتفوق، تتبعتني خطوة خطوة في عملي، إلى من إمرحت كلما تذكرت إبتسامتها في وجهي نبع الحنان أمني أعز ملاك على القلب والعين جزاها الله عني خير الجزاء في الدارين، إليهما أهدي هذا العمل المتواضع أحيى على قلبهما شيئا من السعادة، إلى إخواني وأخواتي الذين تقاسموا معي عبء الحياة.....

كما أصدي ثمرة جهدي لأستاذي الكريم الدكتور القدير * الدكتور عطية محمد الهادي * الذي كلما نظلمت الطريق أمامي لجأت إليه فأناثره إلي وكلما دب اليأس في نفسي نزع فيا الأمل لأسير قدما وكلما سألته عن معرفة نروذي بها وكلما طلبته كمية من وقته الثمين وفره لي بالرغم من مسؤولياته المتعددة، إلى كل أساتذة قسم علوم دقيقة وإلى أصدقائي وأحبي وكل من يؤمن بأن بذور نجاح التغيير هي في ذواتنا وفي أنفسنا قبل أن تكون في أشياء أخرى.....

شكركم

قال رسول الله صلى الله عليه و سلم:

"من لم يشكر الناس لم يشكر الله"

صدق رسول الله صلى الله عليه و سلم

الحمد لله على إحسانه و الشكر له على توفيقه و إمتنانه و نشهد أن لا إله إلا الله وحده لا شريك له تعظيما لشأنه و نشهد أن سيدنا ونبينا محمد عبده و رسوله الداعي إلى رضوانه صلى الله عليه وعلى آله وأصحابه و أتباعه و سلم.

بعد شكر الله سبحانه و تعالى على توفيقه لنا لإتمام هذا البحث المتواضع أتقدم بجزيل الشكر إلى الوالدين العزيزين الذين أعانوني و شجعوني على الإستمرار في مسيرة العلم و النجاح، و إكمال الدراسة الجامعية و البحث، كما أتوجه بالشكر الجزيل إلى من شرفني بإشرافه على مذكرة بحثي الدكتور " عطية محمد الهادي" الذي لن تكفي حروف هذه المذكرة لإيفائه حقه بصره الكبير علي، ولتوجيهاته العلمية التي لا تقدر بثمن، و التي ساهمة بشكل كبير في إتمام و إستكمال هذا العمل وكذلك لا ننسى الدكتور المستقبلي* عبد القادر بليلة* الذي نشكره على المجهودات المبذولة والمقدمة من طرفه فمهما شكرناه فلن نوفيه حقه.

كما أتوجه بخالص شكري وتقديري إلى كل أساتذة علوم دقيقة و أصدقائي وكل من ساعدني من قريب أو من بعيد على إنجاز و إتمام هذا العمل.

"رب أوزعني أن أشكر نعمتك التي أنعم علي و على والدي وأن أعمل صالحا ترضاه وأدخلني برحمتك في عبادك الصالحين."

أشكرهم جميعا على تكريمهم بالإطلاع على البحث وعلى ما أبدوه من تعاون وما أفادوه من ملاحظات سائلا الله أن يجعل ذلك في موازين حسناتهم وأن يوفق الجميع لما يحبه ويرضاه .

فهرس المحتويات

الصفحة	العنوان
I	الإهداء
II	شكر وتقدير
IV	فهرس المحتويات
VI	فهرس الجداول
VII	فهرس الأشكال
VIII	قائمة الرموز
مقدمة عامة	
02	مقدمة عامة
07	- مراجع المقدمة
الفصل الأول: الدراسة النظرية للمقطر الشمسي البسيط	
12	1-1 مقدمة
12	1-2-1 خصائص المقطرات الشمسية
12	1-2-1-1 المردود
12	1-2-2-1 الفعالية
14	1-3-1 خصائص مكونات المقطر الشمسي
14	1-3-1-1 الزجاج
14	1-3-2-1 الصفيحة المعدنية (Plaque metallique)
15	1-3-3-1 العازل (Isolant)
15	1-4-3-1 دراسة المردود الطاقوي
15	1-4-1 العوامل المؤثرة في عمل المقطر الشمسي
15	1-4-1-1 العوامل الخارجية
15	1-4-1-1-1 شدة الإشعاع الشمسي
16	1-4-1-2 سرعة الرياح
16	1-4-1-3 درجة حرارة الهواء المحيط

16	2-4-1-العوامل الداخلية
16	1-2-4-1- ميل الزجاج على السطح الأفقي
16	2-2-4-1- ارتفاع مستوى الماء المالح في المقطر
16	3-2-4-1- المسافة التي تقسم السطح الحر إلى لاقطين
16	5-1-تأثير البارامترات المختلفة على أداء المقطرات الشمسية
16	5-1-تأثير البارامترات المختلفة على أداء المقطرات الشمسية
16	1-5-1- تأثير العزل الحراري لجسم المقطر
17	2-5-1 - تأثير عمق الماء المالح في قاعدة المقطر
17	3-5-1 - تأثير تسرب البخار من المقطر
17	4-5-1 - تأثير تسرب الماء المقطر الناتج
17	5-5-1 - تأثير زاوية ميل الغطاء الزجاجي
17	6-5-1 - تأثير المسافة بين الغطاء و سطح الماء
17	7-5-1-تأثير تراكم الملح في قاعدة المقطر
18	6-1- الدراسة النظرية للمقطر الشمسي
18	1-6-1-التوازن الطاقوي للمقطر
18	2-6-1-التوازن الطاقوي للزجاج
19	3-6-1- الميزان الحراري للماء
19	4-6-1- الميزان الحراري للحوض الداخلي
19	5-6-1- التوازن الحراري للعازل
20	1-6-6- تدفق الماء المقطر
20	7-6-1- معادلات التبادل الحراري
20	1--7-6-1 انتقال الحرارة بالإشعاع ماء-زجاج
21	2-7-6-1-انتقال الحرارة بالحمل ماء - زجاج
21	3-7-6-1- انتقال الحرارة بالتبخير
21	4-7-6-1 انتقال الحرارة بالإشعاع زجاج - وسط
22	5-7-6-1 انتقال الحرارة بالحمل زجاج - محيط
22	6-7-6-1 انتقال الحرارة بالحمل حوض- ماء
23	7-7-6-1التدرج للحرارة

24	8-7-6-1 انتقال الحرارة بالتوصيل العازل – الحوض
24	9-7-6-1 انتقال الحرارة بالتوصيل عبر العازل
24	10-7-6-1 انتقال الحرارة بالحمل عبر العازل
24	11-7-6-1 انتقال الحرارة بالإشعاع عبر العازل
25	7-1-الخاتمة
26	8-1 مراجع الفصل الأول
الفصل الثاني: أنواع المقطرات الشمسية	
28	1-2- مقدمة
28	2-2- مبدأ عمل المقطر الشمسي
29	3-2- أنواع المقطرات الشمسية
29	1-3-2- المقطرات البسيطة
29	1-1-3-2 مقطر بميل واحد (Distillateur a pent unique)
30	2-1-3-2 مقطر بميلين (Distillateur a doublé)
30	4-2 مقطرات شمسية تعمل بمبدأ التسخين بالبيت الزجاجي
30	1-4-2- المقطر الشمسي الكروي (Distillateur sphérique)
32	2-4-2- المقطر الشمسي الاسطواني (Distilateurcylinder)
32	3-4-2- المقطر الشمسي المخروطي (Distillqteurenforme de cone):
33	4-4-2- المقطر الشمسي الشلال (Distillateur solaire cascade)
33	5-2- المقطرات التي تعمل بمبدأ استرجاع الحرارة
33	1-5-2 المقطر الشمسي المتعدد الطوابق
33	2-5-2 المقطر الشمسي بالخاصية الشعيرية (DIFICAP)
34	6-2 المقطر الشمسي أرض-ماء
34	7-2- المقطر الشمسي ذو مجمع مركز
35	8-2- المقطرات ذات الغطاء الزجاجي
36	9-2- الخاتمة
37	10-2 مراجع الفصل الثاني

الفصل الثالث: الدراسة التجريبية للمقطر الشمسي

40	1-3- مقدمة
40	2-3- موقع المنطقة
40	3-3- المقطر الشمسي البسيط
40	1-3-3- تعريفه
40	2-3-3- مبدأ عمله
40	3-3-3- طريقة عمله
41	4-3-3- المقطر الشمسي ذو الميل الواحد
41	5-3-3- مكوناته
42	4-3- مكونات اللازمة لتصنيع المقطر الشمسي البسيط
45	5-3- خطوات تصنيع المقطر الشمسي البسيط
47	6-3- خطوات تصنيع اللاقط الشمسي
49	7-3- أجهزة وأدوات القياس المستعملة في التجربة
49	1-7-3- جهاز متعدد القياسات
50	2-7-3- بيرانومتر
50	3--7-3- جهاز آل PH متر
51	4-7-3- جهاز قياس الناقلية الكهربائية
51	5-7-3- الأنبوب المدرج
51	8-3- الخطوات التجريبية
51	1-8-3- التجربة الأولى
52	2-8-3- التجربة الثانية
53	9-3- النتائج التجريبية
54	10-3- تحليل ومناقشة النتائج
54	1-10-3- تطور شدة الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الجو
55	2-10-3- تطور درجة حرارة الماء
56	4-10-3- تطور درجة حرارة الزجاج الخارجي
58	5-10-3- تطور كمية الماء
59	11-3- خاتمة

61

الخاتمة العامة

/

المخلص

فهرس الجداول

الصفحة	العنوان	الرقم
43	الأدوات اللازمة لصناعة المقطر	1.3
46	مراحل تصنيع المقطر الشمسي البسيط.	2.3
48	مراحل تصنيع اللاقط الشمسي.	3.3
53	الأحوال الجوية للتجربة	4.3
54	نتائج تحليل للماء المستعمل	5.3

فهرس الأشكال

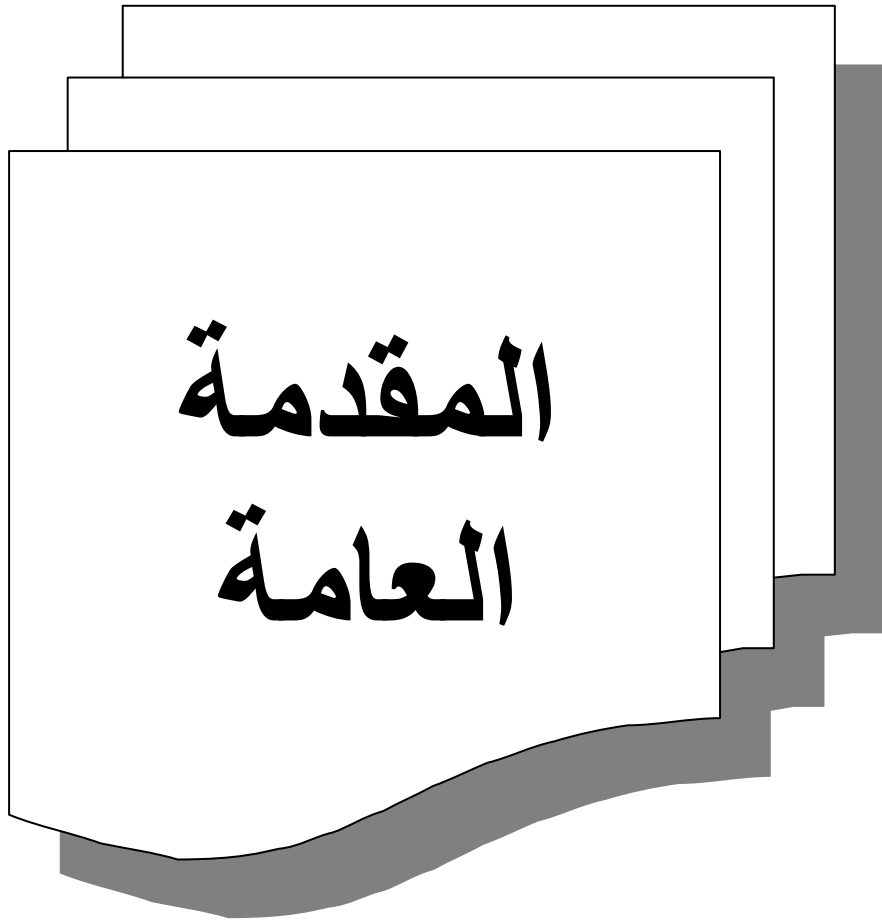
الصفحة	العنوان	الرقم
18	التوازن الطاقوي للمقطر الشمسي.	1.1
28	مبدأ عمل المقطر الشمسي.	1.2
29	مقطر بسيط بميل واحد	2.2
30	مقطر بسيط بميلين	3.2
31	مقطر شمسي كروي مزود بماسح للماء	4.2
31	المقطر الشمسي الاسطواناني	5.2
32	المقطر الشمسي المخروطي	6.2
32	مقطر الشلال الشمس	7.2
33	المقطر الشمسي المتعدد الطوابق	8.2
34	المقطر الشمسي الشعيري	9.2
34	مقطر شمسي ارض-ماء	10.2
35	المقطر الشمسي ذو مجمع مركز	11.2
35	المقطر الشمسي ذو الغطاء الزجاجي	12.2
41	مقطر بسيط بميل واحد.	1.3
42	رسم تخطيطي للهيكل الخارجي	2.3
50	جهاز متعدد القياسات	3.3
50	جهاز قياس أل PH متر.	4.3
51	جهاز قياس الناقلية الكهربائية.	5.3
51	الأنبوب المدرج.	6.3
52	صورة فوتوغرافية للمقطرين الشمسيين .	7.3
53	صورة توضيحية للمقطر الشمسي الشاهد والمحسن قبل و بعد التجربة.	8.3

54	تحليل الماء المالح و الماء المقطر.	9.3
55	التغير في قيمة شدة الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الجو بدلالة الزمن.	10.3
55	التغير في درجة حرارة الماء المالح.	11.3
56	التغير في درجة حرارة الزجاج الخارجي بدلالة الزمن.	12.3
57	التغير في درجة حرارة الزجاج الداخلي بدلالة الزمن.	13.3
57	التغير في كمية الماء المنتجة بدلالة الزمن.	14.3
58	مدرج تكراري يبين كمية الماء المنتجة خلال كل ساعة.	15.3

قائمة الرموز

الوحدة	الإصطلاحات	الرمز
W/ m ²	التدفق الحراري بالتبخير	Q _{ev}
m ²	سطح الغطاء الزجاجي	S
kg/s	تدفق الماء المقطر	m _d
W/ m ²	الطاقة الأفقية الشمسية الواردة	G _h
j/kg	الحرارة اللاتونية	l _v
W	التدفق الكتلي للماء	Q _{eau}
-	نفاذية غطاء الزجاج	τ _v
-	نفاذية الماء المراد تقطيره (الماء المالح)	τ _e
-	معامل امتصاص الماء	α _e
-	معامل إمتصاص لعمق المقطر.	α _f
-	معامل الإمتصاص الفعال للمقطر.	α _t
kg	كتلة الماء المقطر	m _d
kg	الكتلة	M
kJ/kg.K	الحرارة النوعية للماء	C _{ps}
W	التدفق الحراري بالأشعاع بين فيلم الماء والزجاج	Q _{r.e.vi}
W	التدفق الحراري بالتبخير-التكثيف بين فيلم الماء والزجاج	Q _{evap}
W	التدفق الحراري الضائع للزجاج بالأشعاع نحو الخارج	Q _{r.v.e-ciel}
W	التدفق الحراري الضائع للزجاج بالحمل نحو الخارج	Q _{c.v.-a}
W	التدفق الحراري بالحمل بين فيلم الماء والزجاج	Q _{c.e.vi}
M	سمك الزجاج	δ _v
-	الناقلية الحرارية للزجاج	λ _v
W	التدفق الحراري بالحمل بين قاعدة المقطر وفيلم الماء	Q _{c.b.e}
-	قوة امتصاص الماء الموجود في قاعدة المقطر	P _e
W	التدفق الحراري الضائع بالتوصيل للحوض	Q _{c.d.b}
W	التدفق الحراري بالتوصيل بين الحوض والعازل الحراري	Q _{c.d.b-ioc.i}
kg	كتلة الماء المقطر	m _d

C	حرارة الماء	T_e
C	حرارة الزجاج	T_v
-	معامل التحويل الحراري بالاشعاع بين فيلم الماء والزجاج	$Q_{r.e-v}$
W/ m^2	الانبعاثية الفعالة	ϵ_{eff}
$W/ m^2 .K^4$	ثابت ستيفان بولتزمان	Σ
W/ m^2	انبعاثية الماء	ϵ_e
W/ m^2	انبعاثية الزجاج	ϵ_v
$W/ m^2 .K$	معامل تحويل الحرارة بالحمل بين فيلم الماء والزجاج	$h_{c.e-v}$
$W/ m^2 .K$	معامل تحويل الحرارة بالتبخير - التكثيف بين فيلم الماء والزجاج	h_{evap}
$W/ m^2 .K$	معامل انتقال الحرارة بالاشعاع من الزجاج الى السماء	$Q_{r.v-ciel}$
-	درجة حرارة السماء	T_{ciel}
m/s	سرعة الريح	V
$W/ m^2 .K$	معامل تحويل الحرارة بالحمل بين قاع الخزان و فيلم الماء	$h_{c.b_e}$
$W/ m.K$	الموصلية الحرارية للمائع (الماء)	λ_f
-	عدد براندل	Pr
-	رقم كيرشوف	Gr
m	طول الحوض الماص	L
kg/m^3	الكتلة الحجمية للماء	ρ
m^2/s	تسارع الجاذبية	g
$kg/m .s$	اللزوجة الديناميكية	μ
	معامل التمدد الحجمي للماء	
C	درجة حرارة الحوض	T_b
C	درجة حرارة العازل	T_i
$W/ m.K$	الموصلية الحرارية للعلبة	λ_b
m	سمك الحوض	δ_b
m	سمك العازل	δ_{iso}
$W/ m.K$	موصلية العازل	λ_{iso}
$W/ m^2 .K$	معامل انتقال الحرارة بالحمل بين العازل والهواء الخارجي	$h_{iso.e-a}$
-	الفعالية الكلية	η_g
-	الفعالية الداخلية	η_i



**المقدمة
العامّة**

لقد جعل الله عز وجل من الماء كل شيء حي، فلا يمكن أن تكون روح بدون ماء بقوله تعالى : "وجعلنا من الماء كل شيء حي أفلا يؤمنون" (سورة الانبياء- الاية30) وهذا من عجائب قدرة الله في خلقه أن تكون ديمومة أو فناء حياة الكائنات الحية مرتبط بسائل عجيب لا طعم له ولا لون له ولا رائحة له.

تتنوع مصادر وأشكال الطاقة على كوكبنا الأزرق الذي يمثل الماء فيه النسبة الأكبر من مكوناته بنسبة 71%، بالرغم من هذه الكمية الهائلة من الماء إلا أن نسبة المياه الصالحة للشرب منها قليلة جدا والحاجة إليها تزداد يوما بعد يوم حتى أنها أصبحت تشكل أزمة في دول عديدة من العالم [1-2]، لذلك تم اللجوء الى تحلية المياه المالحة للبحار والمحيطات باعتبارها المخزون الذي لا يغير، وذلك باستخدام تقنيات و أساليب تكلف الدولة مبالغ جد طائلة (مثلا :تحلية 2 m3 من الماء المالح يعطينا مقدار L1 من الماء الصالح للشرب بتكلفة 100دج، كتقنية الاسموز الكهربائي Electro dialyse، أو تقنية الاسموز العكسي osmose [3]، وهذه الطرق تستخدم الطاقة الكهربائية المستخرجة من مشتقات البترول، والتي تعتبر مصادر طاوقية غير متجددة أي في طريقها للزوال وتستغرق الاف السنين للتجدد، كما أنها تعتبر مصادر ملوثة للبيئة لأنها تبعث غازات وفضلات سامة ملوثة للجو والبحر[4]. وهذا ما أدى الى اتخاذ طرق أخرى والتفكير في إقتراحات بديلة تعتمد على الطاقة الشمسية المتجددة، وهذه الطاقة نظيفة وهي في تجدد مستمر في الحياة وغير قابلة للزوال [5].

تتعدد المصادر الطاوقية المتجددة على كوكب الارض، فالشمس التي تشع كل يوم تعتبر مصدر طاوق، المياه الجارفة في البحار، الشلالات، السدود تعتبر مصدر طاوق والحرارة العالية المخزنة في باطن الارض تعتبر مصدر طاوق، وكذلك حركة الرياح العالية تعتبر مصدر طاوق، ولعل أكثر مصدر طاوق تم الاعتماد عليه في تحلية مياه البحار والمحيطات هي الطاقة الشمسية، وذلك بابتكار طريقة فعالة وجد سهلة خصوصا في المناطق الصحراوية التي تكون فيها حرارة الشمس مرتفعة، وهذه الطريقة تعتمد على استخدام المقطرات الشمسية باستغلال ظاهرتي تبخير ثم تكثيف المياه المستخرجة من باطن الارض وتحويلها الى مياه صالحة للشرب بعد إضافة كمية قليلة من الماء المالح إليها [6].

الجزائر بلد غير مستثنى من مشكلة ندرة المياه الصالحة للشرب نظرا لشاسعة الرقعة الجغرافية وعدد السكان المتزايد يوما بعد يوم حيث أنشأت سنة 2005 عشر محطات تحلية والتحضير لإطلاق خمسة أخرى وقد ساهمت المحطات في ضمان الامن المائي لـ 25% من الجزائريين وتمثل صحراء الجزائر ثلثي المساحة الاجمالية التي يتوزع فيها السكان في مناطق مختلفة حضارية ومناطق نائية معزولة عن المصادر الطاوقية الاعتيادية، وفكرة انشاء محطات تحلية بهذه المناطق أمر في غاية الصعوبة كون تلك المناطق تفتقر لأدنى مستلزمات الحياة كاتصالات الشبكة الكهربائية ذات الجهد العالي، لذلك أصبح استخدام المقطرات الشمسية الحل الامثل لعلاج هذا المشكل بطاقة نظيفة وبأقل تكاليف [7].

وقد تعود طريقة التقطير الشمسي لألاف من السنين من أوائل البحارة اليونانيين الى الكيميائيين الفارسيين، تم استخدام هذه التقنية لإنتاج المياه العذبة والمقطرات الطبية، وكانت اللاقطات الشمسية هي في الواقع الطريقة الاولى المستخدمة على نطاق واسع لمعالجة المياه الملوثة و تحويله الى شكل قابل للشرب [8].

في عام 1870 تم منح براءة أول براءة اختراع أمريكية لجهاز التقطير الشمسي الى Ralionaml et Stavi. وبعد عامين قام المهندس السويدي Charles Wilson ببناء محطة التقطير بالطاقة الشمسية لتوفير المياه العذبة للعمال في منقار الملح والفضة، وقد عملت بشكل مستمر لمدة 40عاما، و بإنتاج متوسطه $m322,4$ من الماء المقطر يوميا باستخدام النفايات السائلة الناتجة عن عمليات التعدين كمياه تغذية [9].

من ثم بدأ العديد من الباحثين في استعراض أنواعا مختلفة من مواد تخزين الطاقة، ومواد تغيير الطور والزعانف لتعزيز ناتج التقطير المتحصل عليه من المقطر التقليدي، حيث أضاف بعضهم الى جهاز التقطير التقليدي حوض امتصاص أسود و تركبه مرايا لزيادة الانتاجية، كما درس Joan et al تأثير اضافة المواد النانوية على انتاجية التقطير، حيث أجريت التجربة باستخدام أنواع من المركبات النانوية بتركيزات مختلفة، وقد وجدوا أن توفر أجهزة التقطير التي تستخدم موائع نانوية ذات تركيزات عالية أكثر إنتاجية بسبب الموصلية الحرارية الافضل [10].

Mahian and al. درسوا تجريبياً جهازاً شمسياً مع سوائل نانوية ذات أساس مائي SiO_2 و CuO . تم توصيل اثنين من مجمعات الألواح المسطحة المتطابقة بمبادل حراري المقطر الشمسي أحادي المنحدر في وضع التسلسل. بعد التسخين، نقلت مضخة السوائل النانوية إلى المنحدر الشمسي الأحادي عبر الأنابيب لتعزيز نقل الحرارة بالإضافة إلى الإنتاجية. تم فحص حجمين مختلفين من الجسيمات النانوية (7 و 40 نانومتر) وعمقين من ماء الحوض (4 و 8 سم) ومعدلي تدفق جماعي (0.04 و 0.12 كجم / ثانية). كما تم تطوير نموذج رياضي والتحقق من صحته بالنتائج التجريبية. وقد وجد أن السوائل النانوية القائمة على الماء من أكسيد النحاس لها معدل تبخر أعلى من السوائل النانوية SiO_2 [11].

Joy and al. درسوا تجريبياً المنحدر الشمسي ذو الميل الواحد بمنفاخ الهواء الساخن لتعزيز إنتاجية النظام. خلصت النتيجة إلى أن المقطر الشمسي بدون ترتيب منفاخ الهواء يمكن أن تنتج 1.5 إلى 2.5 لتر/م²/يوم، بينما تنتج المقطر الشمسي مع حقن منفاخ الهواء في الحوض من 5 إلى 7 لتر/م²/يوم. يتم الحصول على كفاءة 32% بدون منفاخ وباستخدام المنفاخ فإنه يتحسن بنسبة تصل إلى 65% [12].

Xiong and al. أجروا تجارب باستخدام أنبوب حراري للأنبوب المفرغ بمساعدة التقطير الشمسي متعدد الطوابق. تقوم مجمعات الأنبوب المفرغ بامتصاص الطاقة الواردة من الشمس وتسخين أحواض المقطر الشمسي متعدد الطوابق. يتكثف بخار الماء المتولد ويطلق الحرارة الكامنة باستمرار لتسخين الماء

في صواني الأخرى المكدسة. التقطير الشمسي متعدد الطوابق بمساعدة الأنبوب المفرغ ينتج 9.61 كجم/م²/يوم [13].

Chen and al. أجروا تجارب على لوح شمسي متعدد الطوابق. كانت الصواني عبارة عن صفيحة من الفولاذ المقاوم للصدأ بسمك 0.75 مم ومساحة 0.40 م × 0.55 م. تم استخدام الحرارة الكامنة المنبعثة من الحوض السفلي بشكل صحيح بواسطة الصواني المكدسة الأخرى في جهاز التقطير. تم الإبلاغ عن الإنتاجية الإجمالية لهذا النظام على أنها 8.1 كجم/م²/يوم [14].

Estahbanati and al. درسوا ساكن شمسي متعدد الطوابق بأربع طوابق مختلفة. كانت مساحة التبخر الأفقية للغرفة 0.47 متر مربع. صُنعت الصواني والمبادل الحراري المستخدمان في المقطر الشمسي من الألمنيوم والنحاس على التوالي. يعمل زيت نقل الحرارة كسائل لنقل الحرارة في المبادل الحراري لنقل الحرارة من المبادل الحراري إلى الحوض السفلي للمقطر الشمسي. يتكثف البخار ويطلق الحرارة الكامنة في الصينية الأعلى. المقطر الشمسي ينتج 23.8 كجم من المياه العذبة كحد أقصى عند تشغيلها ليوم كامل [14].

Shatat and Mahkamov. أقاموا تجارب في جهاز شمسي متعدد الطوابق باستخدام مجمع شمسي متكامل مفرغ. كان طول وعرض الحوض متعدد الطوابق 1200 ملم و 400 ملم على التوالي. المقطر الشمسي متعدد الطوابق ينتج 10 كجم من المياه العذبة يوميًا [16].

Panchal and al. درسوا تجريبيا المنحدر الشمسي المفرد المدمج مع المجمعات الأنبوبية المفرغة. تم تصميم وتصنيع 14 مصفوفة أنبوبية بطول 1.5 متر وقطرها الداخلي والخارجي 47 ملم و 58 ملم على التوالي. تم الحصول على إنتاجية 5 كجم/يوم/م² من النظام [17].

Panchal. أجروا دمج نظام التقطير الشمسي ذو طابقين مع مجمعات أنبوبية مفرغة. تم دمج الحوض السفلي للمقطر الشمسي مع مجمعات الطاقة الشمسية الأنبوبية المفرغة. خلصوا إلى أن نظام التقطير الشمسي ذو طابقين مع المجمعات المفرغة كان له عائد من المياه العذبة 20 لتر/يوم [18].

MohitBhargva and AvadheshYadav. قاموا بتركيب مبادل حراري من أنبوب نحاسي في حوض ثابت ويتم استخدام زيت محرك النفايات كسائل عامل في مجمع الأنبوب المفرغ ودائرة المبادل الحراري. تم فحص المادة الثابتة المعدلة بشكل تجريبي على أعماق مياه مميزة تبلغ 4 سم و 5 سم و 6 سم، وتمت مقارنة الأداء في نفس الوقت مع جهاز التقطير التقليدي. أظهرت النتائج التجريبية إنتاجية يومية قصوى تبلغ 7.38 لتر/م²/يومياً وكفاءة يومية بنسبة 30.5%. تم تحقيقها للمقطر المعدل عند عمق 4 سم في هذه الحالة ، كانت التحسينات في الإنتاجية والكفاءة اليومية 138.9% و 2.1% على التوالي ، مقارنة بالتقطير التقليدي [19].

Shafii and al. استخدموا الأنابيب المفرغة كمجمع شمسي وحوض لتبديد المقاومة الحرارية بين الحوض والمجمع. أظهرت النتائج إنتاجية قصوى قدرها 0.83 كجم/م²/ساعة. زادت الإنتاجية الثابتة بنسبة 21.6% عندما تمتلئ الأنابيب المفرغة بصوف الفولاذ المقاوم للصدأ [20].

Badran and Al-Tahaine. بشكل تجريبي درسوا تأثير دمج مجمعات الألواح المسطحة على إنتاجية المقطر الشمسي في أعماق المياه المختلفة. تستخدم المرايا كعاكسات داخلية مثبتة على الجدران الداخلية للمقطر. أظهرت النتائج زيادة بنسبة 36% في الإنتاجية للمقطر الشمسي مع مجمعات الألواح المسطحة [21].

Arunkumar et al. صنعوا جهازًا شمسيًا ثابتًا مع حوض نصف كروي تم دمج مع مكثف مكافئ. يتم وضع الكرات المملوءة بمواد متغيرة الطور المصنوعة من النحاس داخل حوض نصف كروي لتعزيز الأداء المقطر. أدى استخدام الكرات المملوءة بمواد تغيير الطور والمكثف المكافئ إلى زيادة الإنتاجية بنسبة تصل إلى 26% [22].

Singh. قاموا بمقارنة المجمعات الأنبوبية المفرغة من المقطر الشمسي ذو المنحدر الواحد المُدمجة بالحرارة الكهروضوئية ومركب مكافئ مركب مجمع من المقطر الشمسي ذو المنحدر الواحد. وقد لوحظ أن المقطرات الشمسية ذات المنحدر الواحد المتكاملة الأنبوبية التي تم تفريغها لا تزال تعمل بشكل أفضل مقارنة بالآخرين من حيث وقت الاسترداد وكفاءة تحويل الدورة [23].

Singh and Al-Helal. لوحظ نفس الاتجاه عند استخدام المجمعات المذكورة أعلاه مع المقطر الشمسي مزدوج منحدر [24].

Singh and Kumar et al. حللوا تأثير استخدام المجمعات الأنبوبية المفرغة على أداء المقطر الشمسي ذو المنحدر الواحد بعمق 3 سم من الماء. لوحظ أن أقصى إنتاجية تبلغ 3.8 كجم/م² باستخدام 10 أنابيب مفرغة تعمل بالضغط الحراري [25].

Kabeel and Abdelgaied. قاموا بتصميم حوض مكافئ مكثف متكامل مع المقطر الشمسي. قارنوا تجريبياً بين أدائه مع نوع الحوض التقليدي. أظهرت النتائج زيادة بنسبة 140.4% في إنتاجية المياه العذبة للمقطرات الشكسية المعدلة [26].

Eltawil and Omara. قاموا بدمج مجمّع مسطح ، وسخان هواء شمسي ومكثف خارجي إلى حوض مقطر شمسي. المقطر الشمسي يتم تعديله بوحدة رش المياه التي تعمل بواسطة الألواح الكهروضوئية. تراوحت إنتاجية التقطير الشمسي التقليدي من 3 إلى 4 لتر / م² . كانت إنتاجية التقطير الشمسي المطورة أكثر من إنتاجية التقطير الشمسي التقليدي بنسبة 51-148% اعتمادًا على نوع التعديل. أدى استخدام المكثف الخارجي التقطير الشمسي إلى زيادة الإنتاجية بنسبة 51%. أدى استخدام الماء الساخن المتداول في البخاخات السلبية والنشطة بدون مكثف إلى زيادة إنتاجية التقطير الشمسي المطورة

بنسبة 56% و 82% على التوالي. أثبتت التقطير الشمسي المطورة مدى ملاءمتها لعملية تحلية المياه عندما تكون الظروف الجوية مناسبة والطلب على المياه ليس كبيراً جداً [27].

Kabeel and Abdelgaied et al. وضع جهاز تقطير شمسي مع ترتيب حقن الهواء الساخن في ماء الحوض. يتم تسخين الهواء باستخدام مجمّع الهواء الشمسي بترتيب مزدوج. تستخدم مواد تغيير الطور أيضاً لتحسين الإنتاجية خلال ساعات المساء. أظهرت النتائج التجريبية أن إنتاجية المياه العذبة وصلت تقريباً إلى 9.36 لتر/م² يومياً لمجمّع الهواء الشمسي المزدوج الممر - إلى جانب التقطير الشمسي المعدل، مع مادة متغيرة الطور، بينما تم تسجيل قيمته 4.5 لتر/م² يومياً للتقطير الشمسي التقليدي. إن إنتاجية المياه العذبة لمجمّع الهواء الشمسي المزدوج الممر - إلى جانب التقطير الشمسي المعدل مع مادة تغيير الطور أعلى بنسبة 108% من تلك التقطير الشمسي التقليدي في المتوسط [28].

يساهم بحثنا ولو بقدر بسيط في معالجة مشكلة نقص المياه الصالحة للشرب في صحراء الجزائر وخصوصاً في المناطق النائية وذلك بدراسة وتصنيع مقطر شمسي بسيط يعمل بالطاقة الشمسية المتجددة، وهذا المقطر يمكن لأي شخص صناعته فهو لا يحتاج إلا لأشعة الشمس، والهدف الأكبر من هذه الدراسة هو العمل على محاولة الرفع والتحسين من مردودية التقطير لزيادة كمية الماء المتحصل عليها.

السعة الحرارية لبعض السوائل عالية جداً مقارنة بالسعة الحرارية للماء وهذا ما جعلنا نفكر في طريقة ذكية تمكننا من استغلال الطاقة الحرارية التي تخزنها السوائل عالية السعة في زيادة فعالية مقطر شمسي وهذا لا يتحقق بمزج السائلين معاً، فهل سيتحسن مردود هذا المقطر عند تمرير هذه الموائع في أنابيب نحاسية؟ وهذا ما سنتناوله تجريباً في هذه المذكرة.

تحتوي هذه المذكرة بالإضافة للمقدمة العامة والخاتمة العامة ثلاثة فصول مقدمة على النحو التالي :

الفصل الأول : سنتطرق إلى دراسة نظرية للمقطر الشمسي، مبدأ عمل، أنواعه، مميزاته، وأهم المعادلات التي تحكم في القطر الشمسي وأخيراً الظواهر الفيزيائية المؤثرة في المقطر الشمسي بما فيها العوامل الداخلية و العوامل الخارجية.

الفصل الثاني : سنتطرق فيه إلى أهم المقطرات الشمسية المتواجدة عبر مخابر العالم و الأكثر استعمالاً منها والذي سوف نقوم بدراسته.

الفصل الثالث: سنحاول في هذا الفصل تحسين أداء المقطر الشمسي البسيط وذلك بتمرير الهواء داخل أنابيب مثبتة على المقطر المحسن وذلك بعد تسخينه بواسطة اللاقط الشمسي.

-مراجع المقدمة

- [1] موسوعة الشروق، القاهرة: دار الشروق، صفحة 79 بتصريف.
- [2] عقيل يوسف هاشم، المقطر الشمسي العمودي، ابحات البصرة، الجزء (3) العدد (38)، (201) .
- 75 محمد تخة، دراسة مقارنة وتحسين لمختلف المقطرات الشمسية لإنتاج المياه الصالحة للشرب في المناطق الجافة الصحراوية، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة، ص 20 - 22 الجزائر (2004) .
- [3] بلحاج محمد مصطفى، دراسة وتحسين اداء مقطر شمسي مقترن (احتباس حراري- فيلم شعيري) بمنطقة ورقلة، اطروحة دكتوراه، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر، 14 - 30 (2015) . د. سهيل فاضل، د. الياس الكبة، الطاقة الشمسية وتطبيقاتها، دار الحدائق لطباعة والنشر.
- [4] التوزيع ، بيروت لبنان ، ص ب 14 / 5636 . | نوادي رشيدة، دراسة مقطر شمسي ذي مكثف مظل جزئيا بفعل الاحتباس الحراري الشمسي في المناطق القاحلة، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة، الجزائر، 10 - 29 (2010) .
- [5] F. Livet: Besoins et Procèdes pour le dessalement de l'eau de Simp, UmrCnrs 5266, Inpg-Ujf, mer 24, 38402-St Martin d'Herès, France, (2007)
- [6] Y. Boualati, "Investigation sur la performance d'un distillateur solaire", thèse magister, Université de Ouargla, P.38-44, Algérie (2004)
- [7] H. Boudjerir, "Etude de l'impact de l'écart de température (Ambiance-Eau) sur le rendement d'un distillateur solaire à effet de serre", thèse magister, université de Constante, P.33-35, Algérie (2010).
- [8] N. Smakdji, "Impact de l'écart de température (eau-capteur) sur l'efficacité Globale d'un distillateur solaire" thèse de magistère, Université de Constantine, Département génie climatique, P.41-48, Algérie (2002).
- [9] Guemari et R. touahir, "Contribution à l'amélioration de rendement d'un distillateur solaire serre", thèse master Académique, Université d'Ouargla, P.12-20, Algérie (2015).

- [10] H. Salami, "Utilisation de l'énergie solaire pour la déminéralisation des Eaux saumatre dans les sud Algérien" thèse de magistère, Université de Ouargla, P.9-13 Algérie (2000).
- [11] O. Mahian, A. Kianifar, S.Z. Heris, D. Wen, A.Z. Sahin, S. Wongwises, Nanofluids effects on the evaporation rate in a solar still equipped with a heat exchanger, *Nano Energy*, 36 (2017) 134–155
- [12] Joy Nivin, Alphonsa Antony AA. Experimental study on improving the performance of solar still using air blower. *Int J Ambient Energy* 2017:1–4. <https://doi.org/10.1080/01430750.2017.1324817>.
- [13] Xiong J, Xie G, Zheng H. Experimental and numerical study on a new multi-effect solar still with enhanced condensation surface. *Energy Convers Manag* 2013;73:176–85. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.04.024>.
- [14] Chen Z, Peng J, Chen G, Hou L, Yu T, Yao Y, et al. Analysis of heat and mass transferring mechanism of multi-stage stacked-tray solar seawater desalination still and experimental research on its performance. *Sol Energy* 2017;142:278–87. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.12.028>.
- [15] KarimiEstahbanati MR, Feilizadeh M, Jafarpur K, Feilizadeh M, Rahimpour MR. Experimental investigation of a multi-effect active solar still: the effect of the number of stages. *Appl Energy* 2015;137:46–55. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.09.082>.
- [16] Shatat MIM, Mahkamov K. Determination of rational design parameters of a multistage solar water desalination still using transient mathematical modelling. *Renew Energy* 2010;35:52–61. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.06.022>.
- [17] Panchal H, Sathyamurthy R, Pandey AK, Kumar M, Arunkumar T, Patel DK. Annual performance analysis of a single-basin passive solar still coupled with evacuated tubes: comprehensive study in climate conditions of Mahesana, Gujarat. *Int J Ambient Energy* 2017:1–14.

<https://doi.org/10.1080/01430750.2017.1378720>.

[18] Panchal HN. Enhancement of distillate output of double basin solar still with vacuum tubes. J King Saud Univ - EngSci 2015;27:170–5.

<https://doi.org/10.1016/j.jksues.2013.06.007>.

[19] MohitBhargva and AvadheshYadav. Experimental comparative study on a solar still combined with evacuated tubes and a heat exchanger at different water depths. International Journal of Sustainable Engineering, Volume 13, 2020 - Issue 3, Pages 218-229. <https://doi.org/10.1080/19397038.2019.1653396>

[20] Shafii, M. B., M. Shahmohamadi, MeysamFaegh, and Hani Sadrhosseini. 2016. “Examination of a Novel Solar Still Equipped with Evacuated Tube Collectors and Thermoelectric Modules.” Desalination 382:21–27. <https://doi.org/doi:10.1016/j.desal.2015.12.019>

[21] Badran, O., and H. Al-Tahaineh. 2005. “The Effect of Coupling a Flat-plate Collector on the Solar Still Productivity.” Desalination 183(1–3): 137–142. <https://doi.org/doi:10.1016/j.desal.2005.02.046>.

[22] Arunkumar, T., D. Denkenberger, AmimulAhsan, and R. Jayaprakash.. 2013. “The Augmentation of Distillate Yield by Using Concentrator Coupled Solar Still with Phase Change Material.” Desalination 314: 189–192. <https://doi.org/doi:10.1016/j.desal.2013.01.018>

[23] Singh, D. 2018. “Energy Metrics Analysis of N Identical Evacuated Tubular Collectors Integrated Single Slope Solar Still.” Energy 148: 546–560.


doi:10.1016/j.energy.2018.01.130 **Mahian et al.**

[24] Singh, D., and I. Al-Helal. 2018. “Energy Metrics Analysis of N Identical Evacuated Tubular Collectors Integrated Double Slope Solar Still.” Desalination 432: 10–22. <https://doi.org/doi:10.1016/j.desal.2017.12.053>

[25] Singh, R. V., S. Kumar, M.M. Hasan, M. Emran Khan, and G.N. Tiwari. 2013. “Performance of a Solar Still Integrated with Evacuated Tube Collector in Natural Mode.” Desalination 318:2533.

<https://doi.org/doi:10.1016/j.desal.2013.03.012>.

- [26] Kabeel, A., and M. Abdelgaied. 2017. "Observational Study of Modified Solar Still Coupled with Oil Serpentine Loop from Cylindrical Parabolic Concentrator and Phase Changing Material under Basin." *Solar Energy* 144: 71–78. <https://doi.org/doi:10.1016/j.solener.2017.01.007>
- [27] Eltawil, M. A., and Z. Omara. 2014. "Enhancing the Solar Still Performance Using Solar Photovoltaic, Flat Plate Collector and Hot Air." *Desalination* 349: 1–9. <https://doi.org/doi:10.1016/j.desal.2014.06.021>.
- [28] Kabeel, A., M. Abdelgaied, and M. Mahgoub. 2016. "The Performance of a Modified Solar Still Using Hot Air Injection and PCM." *Desalination* 379: 102–107. <https://doi.org/doi:10.1016/j.desal.2015.11.007>



الفصل الأول:
الدراسة النظرية للمقتر
الشمسي البسيط

1-1-1- مقدمة:

بالنظر إلى خصوصية المنطقة الجغرافية لجأ الباحثون إلى دراسة إمكانية تحلية المياه المالحة وتنقية المياه الملوثة باستعمال عدد من التقنيات كل تقنية منها تعتمد على خصائص فيزيائية محددة، إلا أن بعض هذه التقنيات يكون مقيدا نظرا لعدد من العوامل أهمها التكلفة العالية واستعمال مواد غير متوفرة في البيئة المحيطة والاستعمال المفرط للطاقت غير متجددة المكلفة، ومن هنا كان الهدف من هذه الدراسة بحث إمكانية تحلية وتنقية المياه المحلية باستعمال تقنية التقطير الشمسي بكلفة محتملة وباستعمال مواد متوفرة وهذا ما هو إلا امتداد لدراسات سابقة [2-1].

1-2-1- خصائص المقطرات الشمسية:

هناك عدة معايير لتحديد إنتاج الماء للمقطر الشمسي، ومن بينها: المردود، الفعالية (الكلية - الداخلية)، مقياس الفعالية [3].

1-2-1-1- المردود:

هو عبارة عن كمية الماء المقطر الشمسي لوحدة السطح للصفحة السوداء في اليوم [3].

1-2-2-1- الفعالية:

* **الفعالية الكلية (ηg):** هي حاصل قسمة التدفق الحراري بالتبخير على الطاقة الشمسية الكلية الواردة الى السطح الافقي [3].

$$\eta g = \frac{Q_{ev}}{G_h \cdot S} = \frac{\dot{m}_d}{G_h \cdot S} \quad (1.1)$$

Q_{ev} : التدفق الحراري بالتبخير (W/m^2)

G_h : الطاقة الشمسية الواردة الى السطح الأفقي (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 (ηi):** هي حاصل قسمة الفعالية الكلية على كمية الماء المنتج بفعل الطاقة الشمسية الساقطة على السطح الأفقي.

$$\eta_i = \frac{Q_{ev}}{Q_{eau}} \quad (2.1)$$

حيث:

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

$$Q_{eau} = (\alpha_t \cdot G_h \cdot S)$$

τ_v : معامل الإمرار للزجاج.

τ_e : معامل الإمرار للماء.

α_e : معامل إمتصاص الماء.

α_f : معامل إمتصاص لعق المقطر.

α_t : معامل الإمتصاص الفعال للمقطر.

*مقياس الفعالية: يعرف Satcunathan و Hansen أن انواع عوامل الفعالية هي معامل الفعالية الاجمالية (FPB) ومعامل الفعالية الساعية (FPH)، معامل الفعالية اللحظية (FP) [4].

● معامل الفعالية الاجمالي :

$$FPB = \frac{24h \text{ Quantitié d'eau produite aubout d'une}}{\text{Quantitié d'ergie entréé aubout de } 24H} \quad (3.1)$$

● معامل الفعالية الساعية:

$$FPH = \frac{\text{Quantitié d'eau produite au bout d'une heure}}{\text{Quantitié d'ergie entréé au bout de heure.}} \quad (4.1)$$

● معامل الفعالية اللحظية:

$$FP = \frac{\dot{m}_d}{\alpha_t \cdot G_h \cdot S} \quad (5.1)$$

أداء المقطر:

هي النسبة بين الحرارة الكامنة لتبخير 1 كيلوغرام (kg) من الماء المالح الى الطاقة اللازمة لتقطير كيلوغرام (kg) من الماء العذب، والعيب الرئيسي من هذا المعيار هو انه لا يذكر الطاقة الشمسية التي تدخل في التقطير، والمحسوبة من النتائج التجريبية كالاتي:

$$(6.1) \quad rp = \frac{Q_{distillation}}{Q_{slab}}$$

$$Q_{distillation} = md \cdot l_v$$

$$Q_{slab} = mC_{ps}(T_{final} - T_{initial})$$

حيث أن:

r_p : نسبة الاداء.

m_d : كتلة الماء المقطر.

m : الكتلة (kg).

l_v : الحرارة الكامنة لتبخير الماء وتساوي (2.4 μj/kg)

Q_{slab} : الطاقة اللازمة لتقطير واحد كيلو غرام من الماء العذب.

C_{ps} : الحرارة النوعية للماء (kj/kg.K)

1-3-1- خصائص مكونات المقطر الشمسي :

1-3-1- الزجاج :

يختلف الزجاج حسب خصائصه:

اللون: يجب أن يكون شفافا [5]

السكك: 4 mm له امراية اكبر للإشعاع الشمسي [6].

الانعكاس: يجب أن يكون على الأقل ما بين (5-10%)

الامتصاص : يجب أن يكون من 5%

العبور: أكثر من 90% [5] .

1-3-1-2- الصفيحة المعدنية (Plaque metallique):

يوجد أنواع مختلفة من الصفائح المعدنية وفقا لخصائصها لذا يجب أن نختار صفيحة ملائمة لاستخدامها للماص وكذلك للغطاء الخارجي.

السكك: 4mm > e mm < 1 mm.

التوصيلية: يجب أن نختار صفيحة لها سعة حرارية مرتفعة .

مقاومة التآكل: يجب اختيار صفيحة تقاوم ظاهرة التآكل، لان الصفيحة المعدنية تكون في تلامس مع

الماء [5].

3-3-1- العازل (Isolant):

العازل في المقطر هو العنصر الرئيس، ولاختيار عازل جيد يجب معرفة كل الخصائص التالية :
التوصيلية الحرارية: التوصيلية الحرارية للعازل يجب أن تكون قليلة ليكون عزل حراري جيد
أمثلة:

Le polyuréthane: $K-2.25 \times 10^{-5} \text{ KW/m}^{\circ}\text{c}$

Le polystyrène: $K-0.364 \times 10^{-5} \text{ KW /mor}$

Le laine de verre: $K- 4 \times 10^{-5} \text{ KW mor}$

العازل الأحسن من بين هذه الثلاثة هو: polystyrene.

4-3-1- دراسة المردود الطاقوي:

تعريف : يعتبر المردود الطاقوي مقدار فيزيائي لا بعدي (بدون وحدة) يعطي للدارس فكرة على كفاءة أي جهاز يعمل بالطاقة، حيث هو عبارة عن حاصل قسمة الطاقة المنتجة على الطاقة المستهلكة من طرف الجهاز. ولدينا المقطر الشمسي يستهلك طاقة إشعاعية من الشمس متمثلة في الإشعاع الشمسي الكلي G_t الوارد للجهاز في كل لحظة، وينتج طاقة حرارية على شكل تبخير Q_{ev} لها علاقة بكمية البخار المنتج التي بدورها تساوي كمية الماء المقطر عند المكثف. ومنه المردود الطاقوي يعطى بالعلاقة التالية [6] :

$$\eta_{th} = \frac{\text{الطاقة المنتجة}}{\text{الطاقة المستهلكة}} = \frac{Q_{ev}}{G_t} = \frac{m \cdot H_w}{G_t} = \frac{\left(\frac{m}{3600}\right) \cdot H_w}{G_t} \quad (7.1)$$

4-1- العوامل المؤثرة في عمل المقطر الشمسي:

توجد عوامل مختلفة تؤثر في عمل المقطر الشمسي يمكن تصنيفها إلى نوعين : عوامل خارجية و أخرى داخلية:

1-4-1- العوامل الخارجية :

1-1-4-1- شدة الإشعاع الشمسي :

تعتبر الشمس و الإشعاع الشمسي من بين أهم العوامل التي تؤثر في عمل المقطر الشمسي، وهذه الطاقة الإشعاعية تأتي إلينا بواسطة جسيمات متناهية الصغر و عديمة الوزن تسمى الفوتونات فالفوتونات تتصرف كالموجات الكهرومغناطيسية حيث أن لها نفس الخصائص من (طول موجي و تردد و طاقة)، وهذه الطاقة الكامنة في الفوتونات هي التي تسبب في إثارة الإلكترونات عند اصطدامها بالخلايا الفولتوضوئية كل طاقة الفوتونات تعتبر طاقة كهرومغناطيسية تحتمل جميع الأطوال الموجية و الترددات الممكنة [7].

1-4-1-2- سرعة الرياح:

يلعب تأثير الحمل الحراري الذي يتعرض له الغطاء الزجاجي دوراً مهماً في تشغيل المقطر الشمسي في حين أن سرعة الرياح مرتبطة بالحمل الحراري القسري، الذي ينتج على مستوى الزجاج بفعل الهواء المحيط و بالتالي فهي تؤثر على درجة حرارة الزجاج [8].

1-4-1-3- درجة حرارة الهواء المحيط:

يكون تأثير درجة حرارة الهواء المحيط مهماً في تحديد التغيرات الحرارية بين الجزء الداخلي للمقطر و الوسط الخارجي و ترتبط مباشرة بالحمل الطبيعي على مستوى الزجاج، فتأثيرها يتناسب طردياً مع درجة حرارة الزجاج [8].

1-4-2- العوامل الداخلية :**1-2-4-1- ميل الزجاج على السطح الأفقي:**

ميل الزجاج له دور مهم في عمل المقطر الشمسي ولذا فانه من المهم اختيار ميلان أدين للزجاج بدون إحداث تسرب لقطرات الماء إلى حوض الماء المالح ، وتقدر القيمة التقريبية لهذا الميلان بعد دراسة أجريت لعدة قيم (زوايا) أن القيمة المثلى للميلان محصورة بين (50°-10) [9].

1-2-4-2- ارتفاع مستوى الماء المالح في المقطر:

لارتفاع مستوى الماء المالح في الحوض دور مهم في عملية التقطير، كلما كان عمق الماء صغير محصور بين 1cm و 1.5cm فانه يزداد الإنتاج اليومي للتقطير [9].

1-2-4-3- المسافة التي تقسم السطح الحر إلى لاقطين:

يكون التأثير مباشرة على الضغط الداخلي للمقطر، حيث أن الزيادة في حجم المقطر تسبب نقصاناً في الضغط، وهذا يؤثر على التغيرات الحرارية و يؤدي إلى نقصان في درجة الحرارة المقطر [5].

1-5-1- تأثير البارامترات المختلفة على أداء المقطرات الشمسية:**1-5-1- تأثير العزل الحراري لجسم المقطر:**

تعتمد إنتاجية المقطر الشمسي إلى حد كبير على مدى كفاءة العزل الحراري المستخدم وتعتمد هذه الكفاءة بشكل مباشر على قيمة العزل الحراري لذا يلزم الموازنة بين قيمة العزل الحراري وقيمة إنتاجية المقطر [10].

2-5-1 - تأثير عمق الماء المالح في قاعدة المقطر:

سعت عدة دراسات لإثبات تأثير سمك طبقة الماء في الحوض على الإنتاج اليومي من الماء المقطر، النتائج المصرح بها تؤكد تناقص مردود المقطر كلما زاد سمك الماء في الحوض [11].

3-5-1 - تأثير تسرب البخار من المقطر:

يعتبر تسرب البخار من المقطر من أهم العوامل التي تؤدي إلى انخفاض إنتاجية المقطر بدرجة كبيرة، لذا ينصح بإحكام وضع الغطاء على المقطر لمنع تسرب بخار الماء من المقطر إلى الجو المحيط، وأفضل المواد المستخدمة لهذا الغرض مادة مطاط السليكون مع وجود الصيانة الدائمة [10].

4-5-1 - تأثير تسرب الماء المقطر الناتج:

كلما زاد تسرب الماء المقطر الناتج تقل الإنتاجية، ومن أحد أسبابه تآكل قناة تجميع الماء المقطر، وكسر المادة المانعة للتسرب في أي وصلة في القناة، لذا يفضل استعمال مواد غير قابلة للصدأ أو يكون تصميم قناة تجميع الماء المقطر بدون وصلات لتقليل احتمال التسرب [10].

5-5-1 - تأثير زاوية ميل الغطاء الزجاجي:

عموما إنتاجية المقطرات الشمسية تعتمد على زاوية ميل الغطاء الزجاجي بشكل كبير، هذه الزاوية بدورها تعتمد على الوجهة الجغرافية للمقطر الشمسي، بالإضافة لخط العرض لمنطقة تواجده وعلى أساس هذه الاعتبارات سيستفيد المقطر عبر أيام السنة من كمية معتبرة من الإشعاع الشمسي [11].

التجارب المنجزة من قبل (Tiwari، 2005) [12] بخصوص دراسة تأثير زاوية إمالة الغطاء الزجاجي على أداء التقطير الشمسي حيث اثبتت انه هناك زيادة معتبرة في الناتج تقارب 63% من المردود اليومي للمقطر بإمالة الغطاء الزجاجي لوحده (Haini، 2002) [13] أنجز دراسة نظرية الاستقصاء تأثير زاوية الميل على نواتج التقطير. تبرز نتائج المحاكاة العددية بأن الإنتاجية تتزايد في فصل الصيف مع تخفيض في زاوية ميل الغطاء الزجاجي لكن تنعكس النتيجة في فصل الشتاء.

6-5-1 - تأثير المسافة بين الغطاء و سطح الماء:

دلت التجارب التي أجراها سانكونانثان و هانس (1973) أن إنتاجية المقطر البسيط تزيد كلما انخفضت المسافة الرأسية بين الغطاء و سطح الماء [10].

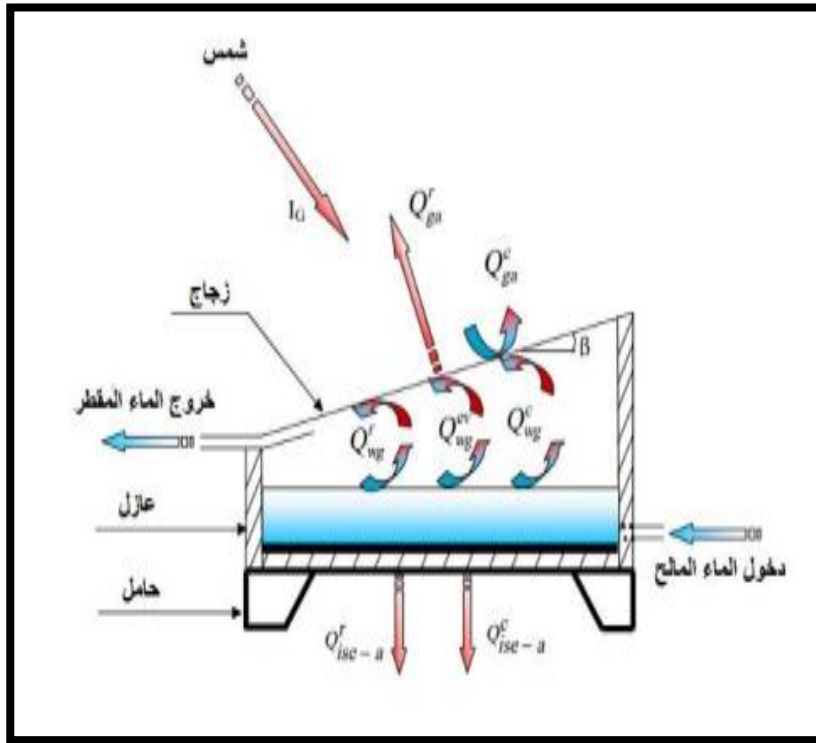
7-5-1 - تأثير تراكم الملح في قاعدة المقطر:

يؤدي تراكم الملح في القاعدة إلى تكوين طبقات عاكسة لأشعة الشمس مما يؤدي إلى انخفاض في إنتاجية المقطر بشكل محسوس لذا ينصح بالتنظيف المستمر لطبقات الملح المترسب في القاعدة [10].

6-1- الدراسة النظرية للمقطر الشمسي:

1-6-1- التوازن الطاقوي للمقطر:

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



الشكل (1-1): التوازن الطاقوي للمقطر الشمسي.

2-6-1- التوازن الطاقوي للزجاج:

كمية الحرارة المستقبلية من الزجاج تخرج عن طريق الوجه الخارجي:

$$\frac{M_v C_{pv}}{2.A_v} \frac{dT_{ve}}{dt} = \left(\frac{\lambda_v}{\delta_v}\right) (T_{vi} - T_{ve}) - Q_{r.v.e-ciel} - Q_{c.v.-a} + \frac{P_v}{2} \quad (8.1)$$

الوجه الداخلي:

$$\frac{M_v C_{pv}}{2.A_v} \frac{dT_{ve}}{dt} = - \left(\frac{\lambda_v}{\delta_v}\right) (T_{vi} - T_{ve}) + Q_{r.e.vi} + Q_{c.e.vi} + Q_{evap} + \frac{P_v}{2} \quad (9.1)$$

حيث:

$Q_{r.e.vi}$: تدفق حراري بالإشعاع بين فيلم الماء والزجاج.

$Q_{c.v.-a}$: تدفق حراري بالحمل بين فيلم الماء والزجاج.

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

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

$Q_{c.v.-a}$: التدفق الحراري الضائع للزجاج بالحمل نحو الخارج.

λ_v : الناقلية الحرارية للزجاج.

δ_v : سمك الزجاج.

3-6-1- الميزان الحراري للماء:

$$\frac{M_e C_{pe} dT_e}{A_e} = Q_{c.b.e} - Q_{c.b.v} - Q_{evap} - Q_{r.e.v.i} + P_e \quad (10.1)$$

حيث:

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

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

4-6-1- الميزان الحراري للحوض الداخلي:

$$\frac{M_d C_{pb} dT_b}{A_b} = P_b - Q_{c.b.e} - Q_{c.d.b-ioc.i} \quad (11.1)$$

حيث:

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

5-6-1- التوازن الحراري للعازل:

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

بالنسبة للجهة الداخلية:

$$\frac{M_i C_{pi} dT_{iso.i}}{2.A_i} = Q_{c.d.b-ioc.i} - \left(\frac{\lambda_i}{\delta_i}\right) (T_{iso.i} - T_{iso.e}) \quad (12.1)$$

حيث:

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

بالنسبة للجهة الخارجية:

$$\frac{M_i C_{pi}}{2.A_i} \frac{dT_{iso.e}}{dt} = \left(\frac{\lambda_i}{\delta_i} \right) (T_{iso.i} - T_{iso.e}) - Q_{r.iso.-soll} - Q_{c.iso.a} \quad (13.1)$$

1-6-6- تدفق الماء المقطر:

$$\frac{dM_c}{dt} = h_{evap} \frac{T_e - T_v}{L_v} \quad (14.1)$$

حيث:

M_c : كتلة الماء المقطر.

L_v : الحرارة الكامنة للتبخير.

T_e : حرارة الماء.

T_v : حرارة الزجاج.

1-7-6-1- معادلات التبادل الحراري:

1-7-6-1- انتقال الحرارة بالإشعاع ماء-زجاج:

$$Q_{c,wb} = h_{c,w}(T_{ab} - T_w) \text{ (W/m}^2\text{)} \quad (15.1)$$

$h_{c,w}$: معامل تحويل الحرارة بالإشعاع بين فيلم الماء والزجاج.

$$h_{r.e-v} = \epsilon_{eff} \cdot \sigma \cdot (T_e^2 - T_{v.i}^2) \cdot (T_e + T_{v.i}) \quad (16.1)$$

ϵ_{eff} : الإنبعائية الفعالة.

σ : ثابت ستيفان بلتزمان.

$$\epsilon_{eff} = \left[\frac{1}{\epsilon_e} + \frac{1}{\epsilon_v} - 1 \right] \quad (17.1)$$

ϵ_e : إنبعائية الماء.

ϵ_v : إنبعائية الزجاج.

1-6-7-2- انتقال الحرارة بالحمل ماء - زجاج □

$$Q_{c.e-v} = h_{c.e-v}(T_e - T_v)(18.1)$$

$$h_{c.e-v} = 0.884 \left[T_e - T_v + \frac{(T_e - T_v)(T_e + 273.15)}{268.9 \times 10^2 - P_e} \right] (19.1)$$

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

1-6-7-3- انتقال الحرارة بالتبخير □

$$Q_{evap} = h_{evap}(T_e - T_{v.i})(20.1)$$

□ h_{evap} معامل تحويل الحرارة بالتبخير - التكثيف بين فيلم الماء و الزجاج.

$$h_{c.e-v} \frac{(P_e - P_{v.i})}{(T_e - T_{v.i})} h_{evap} = 16.273 \times 10^3 (21.1)$$

□ ضغط بخار الماء يقدر بالعلاقة التالية

$$(22.1) P = 133.32 \exp\left(18.6686 - \frac{4030.1824}{T+273.15}\right)$$

1-6-7-4- انتقال الحرارة بالإشعاع زجاج - وسط □

$$Q_{r.v-ciel} = h_{r.v-ciel}(T_{v.e} - T_{ciel}) (23.1)$$

□ $h_{r.v-ciel}$ معامل انتقال الحرارة بالإشعاع من الزجاج إلى السماء.

$$h_{r.v-ciel} = \varepsilon_v \cdot \sigma \cdot (T_{v.e}^2 - T_{ciel}^2) \cdot (T_{v.e} + T_{ciel}) (24.1)$$

□ T_{ciel} درجة حرارة السماء.

□ درجة حرارة السماء يمكن إعطاؤها بالمعادلة التالية

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

بصفة عامة نستعمل المعادلة التالية □

$$T_{ciel} = 0.552. (T_a^{1.5}) \quad (25.1)$$

□ 5-7-6-1 انتقال الحرارة بالحمل زجاج - محيط

$$Q_{c.v_a} = h_{c.v_a} (T_{v.e} - T_a) \quad (26.1)$$

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

التالية □

$$h_{c.v_a} = 5.7 + 3.8 V \quad (27.1)$$

□ سرعة الرياح (m/s).

□ 6-7-6-1 انتقال الحرارة بالحمل حوض- ماء

$$Q_{c.b_e} = h_{c.b_e} (T_b - T_e) \quad (28.1)$$

□ معادلة تحويل الحرارة بالحمل بين قاع الخزان وفيلم الماء.

$$h_{c.b_e} = \frac{Nu. \lambda_f}{L} \quad (29.1)$$

□ λ_f الموصلية الحرارية للمائع (الماء).

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

$$Nu = c(GrPr)^n \quad (30.1)$$

مع العلم أن Gr رقم كيرشوف و Pr عدد براندل

حيث n و c ثوابت تعتمد على هندسة النظام و طبيعة التدفق (رقائقي و مضطرب)

7-7-6-1 التدرج للحرارة □

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

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

يتم تبادل الحرارة بين الماء المالح و العلبه الماصة فقط عن طريق التوصيل

$$Si 10^5 < Gr < 2.10^7 \Rightarrow Nu = \frac{\lambda_e}{L} 0.54. (Gr Pr) (31.1)$$

$$Si Gr > 2.10^7 \Rightarrow Nu = 0.14. (Gr Pr) (32.1)$$

عدد كيرشوف □

$$Gr = \frac{\beta \cdot g \cdot \rho^2 \cdot L^3 \cdot \Delta T}{\mu^2} (33.1)$$

□ معامل التمدد الحجمي للماء (K^{-1}) β

□ طول العلبه الماصة (m) L

□ الكتلة الحجمية للماء (kg/m^3) ρ

□ تسارع الجاذبية (m^2/s) g

□ اللزوجة الديناميكية ($kg/m \cdot s$) μ

عدد براندل □

$$Pr = \frac{\mu_e \cdot cp_e}{\lambda_e} (34.1)$$

الضياع الحراري للحوض بالتوصيل الحراري عبر العازل يعطي كالآتي □

$$Q_{c.d.b-iso.i} = K_b \times (T_b - T_{iso.i}) (35.1)$$

□ درجة حرارة الحوض. T_b

□ درجة حرارة العازل. T_i

مع □

$$K_p = \frac{\lambda_b}{\delta_b} (36.1)$$

□ λ_b الموصلية الحرارية للعبوة.

□ δ_b سمك الحوض.

8-7-6-1 انتقال الحرارة بالتوصيل العازل - الحوض □

$$Q_{cd.iso.i-b} = \frac{\lambda_b}{\delta_b} (T_b - T_i) (37.1)$$

9-7-6-1 انتقال الحرارة بالتوصيل عبر العازل □

$$K_i = \frac{\lambda_{iso}}{\delta_{iso}} (T_{iso.i} - T_{iso.e}) (38.1)$$

□ λ_{iso} موصلية العازل.

□ δ_{iso} سمك العازل.

10-7-6-1 انتقال الحرارة بالحمل عبر العازل □

$$Q_{c.iso.i-a} = h_{iso.e-a} \times (T_{iso.e} - T_a) (39.1)$$

□ $h_{iso.e-a}$ معامل انتقال الحرارة بالحمل بين العازل و الهواء الخارجي.

11-7-6-1 انتقال الحرارة بالإشعاع عبر العازل □

$$h_{r.e-v} = \epsilon_{iso} \cdot \sigma \cdot (T_{sol}^2 - T_{iso.e}^2) \cdot (T_{iso.e} - T_{sol.i}) (40.1)$$

7-1- الخاتمة □

لقد تطرقنا في هذا الفصل إلى الدراسة النظرية للمقتر الشمسي البسيط وبيننا الموازين و المعادلات الطاقوية المتحكمة في هذا النوع من التقطير والمؤثرات الخارجية التي تؤثر مرة سلبيا و مرة أخرى ايجابيا على مردود النظام الطاقوي، و من هنا سوف نقوم بالدراسة التجريبية للدراسة النظرية التي تطرقنا لها في الفصل الموالي.

1-8 مراجع الفصل الأول

- [1] Tiwari GN, Mukherjee K, Ashok K R, Yadav Y P. Comparison of various designs of solarstills .Desalination,1986, 60(2):191–202.
- [2] Phadatare, M.K,Verma S.K. Influence of water depth on internal heat and mass transfer in a plastic solar still Desalination, 2007, 217(1–3):267–75
- [3] S. Karroute, "Etude théorique et Numérique des Systèmes couples : Distillateur Plan-Capteur et Distillateur Hot Box-Capteur", thèse magister université Constantine, P 34-36,Algérie (2009).
- [4] B.BouchekimaB.GrosR.Ouahes, M. Int.J.therm Etude théorique et application pratique du distillateur solaire à film capillaire 39 (2002).
- [5] ذوادي رشيدة "دراسة مقطر شمسي ذو مكثف مظلل جزئيا، بفعل الإحتباس الحراري الشمسي في المناطق القاحلة" مذكرة ماجستير ، جامعة ورقلة، كلية العلوم والتكنولوجيا وعلوم المادة ، قسم الفيزياء (2010).
- [6] جغوبي، رحمانى "دراسة تجريبية وتحليلية لتحسين أداء المقطر الشمسي البسيط في منطقة ورقلة"مذكرة ماستر، جامعة ورقلة، كلية الرياضيات وعلوم المادة قسم الفيزياء(2017)
- [7]F.Golestench "Thermal performance of a low thermal inertia solar still" thesis Master of science, University of Texas and EL Paso(1980)
- [8] Gouareh Malika," Etude de l'influence des différentes variantes d'absorbeurs sur L'efficacité d'un distillateur solaire serre", Mémoire Magistère, Université de Ouargla, Faculté des sciences et Technologie et de la matière (2010).
- [9] ARTICLE "INCI solar _ solar water Heather PV Manufacture company solar water".
- [10] أ.د مصطفى محمد السيد، أ.د. قدري أحمد فتحي، د.إبراهيم السعيد مجاهد، النماذج الحاسوبية للنظم الحرارية الشمسية، مركز النشر العلمي جامعة الملك عبد العزيز-جدة، ط1، 1994.
- [11] بلحاج محمد مصطفى، دراسة وتحسين أداء المقطر الشمسي مقترن(إحتباس حراري-فيلم شعيري) بمنطقة ورقلة، أطروحة دكتوراه، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر، 14-30 (2015).

[12] Kr. Tiwari Anil, G. N. Tiwari," Effect of the condensing cover's slope on internal heat and mass transfer in distillation: an indoor simulation" ,Desalination 180,73-88 (2005).

[13] H. Al-Hinai, MS. Al-Nassri, BA. Jubran, Effect of climatic, design and operational parameters on the yield of a simple solar still, Energy Convers &Manag 43,1639–1650 (2002).



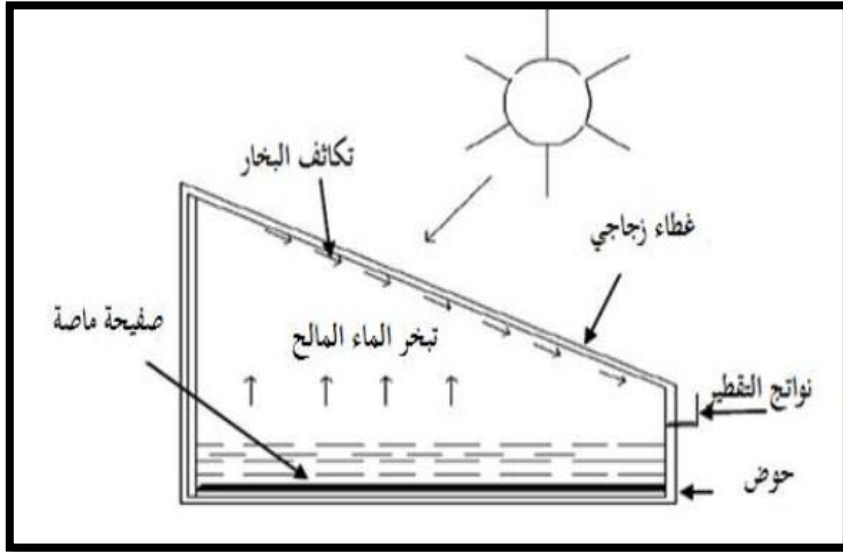
الفصل الثاني: أنواع المقطرات الشمسية

2-1- مقدمة:

تعتبر عملية التقطير من أقدم عمليات تحلية المياه في العالم، فتوفير المياه الصالحة للشرب ليس بالأمر السهل، انطلق العلماء في تطوير هذه الظاهرة و للحصول على كميات أكبر من الماء الصالح للشرب، لأنالماء من المصادر الحيوية والأساسية للإنسان ولكل الكائنات الحية، إن الحاجة الماسة إلى المياه الصالحة للشرب تزداد يوم بعد يوم، فعمل البعض منهم على تحسين الإنتاج في المقطر الواحد والبعض الآخر بحث عن مقطرات بأشكال مختلفة و ذات مردود أكبر [1]، فما هو مبدأ عمل هذه المقطرات؟ و ما هي أنواعها الأكثر انتشارا من المقطرات الشمسية؟.

2-2- مبدأ عمل المقطر الشمسي :

التقطير الشمسي هو ظاهرة طبيعية، له نفس مبدأ الظاهرة الحقيقية التي تحدث في الطبيعة حيث أن الإشعاع الشمسي الساقط على ماء البحر (المحيطات، الأنهار و البحيرات...)يقوم بتسخين الماء فيتبخر، ثم يتم نقله بواسطة الرياح حتى فيستقر به الأمر إلى مكان أكثر برودة، فيتكاثف ليشكل لنا الغيوم وبعد ذلك يمكن أن يكون مطر أو ثلوج أو برد [2] كما هو موضح في الشكل (2-1).



الشكل (2-1):مبدأ عمل المقطر الشمسي [3].

فمبدأ عمل المقطر الشمسي ينحصر في الخطوات التالية :

- ❖ دخول الإشعاع الشمسي عبر الغطاء الزجاجي نحو المقطر .
- ❖ تسخن الماء المالح الموجود في حوض المقطر بواسطة الإشعاع الشمسي الوارد(تسخن الصفحة الماصة).
- ❖ يتبخر الماء المالح (ظاهرة التبخير).
- ❖ البخار المنطلق يتم نقله عن طريق الحمل الحراري الطبيعي إلى سقف المقطر (الزجاج).

❖ يتكثف البخار على الزجاج أين يكون أكثر برودة وبفعل الجاذبية يسري وفق تدفقات رقيقة (ظاهرة التكثيف).

❖ بعد التكثيف يحدث امأهة ثم الحصول على ماء مقطر والذي يعبر عن قناة نواتج التقطير [4].

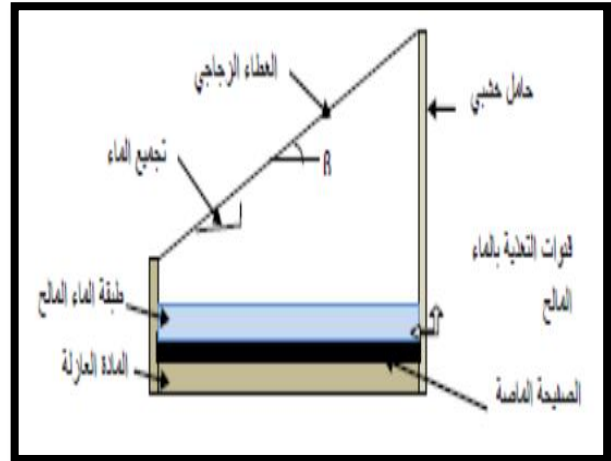
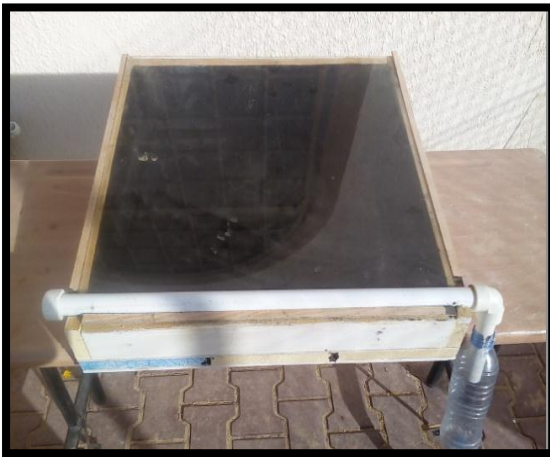
3-2- أنواع المقطرات الشمسية :

3-2-1- المقطرات البسيطة :

المقطرات البسيطة تعتبر من بين المقطرات الأكثر استعمالا في العالم، حيث يتكون المقطر الشمسي من حوض مملوء بالماء المالح يكون ملون بالأسود ليمتص أكبر قيمة من الإشعاع الشمسي ويغطي بالزجاج الذي يجب أن يكون مسطحا ومائلا ليتمكن البخار من التكاثف في الجزء الداخلي للغطاء الزجاجي، ومن بين ايجابياته سهولة تحقيقه وصيانته بالإضافة إلى ثمنه المنخفض، أما سلبياته فتتمثل في إنتاجه الضعيف جدا للماء الصالح للشرب وذلك بسبب انخفاض الفعالية، وتوجد عدة نماذج لهذا النوع منها [5]:

3-2-1-2- مقطر بميل واحد (Distillateur a pent unique):

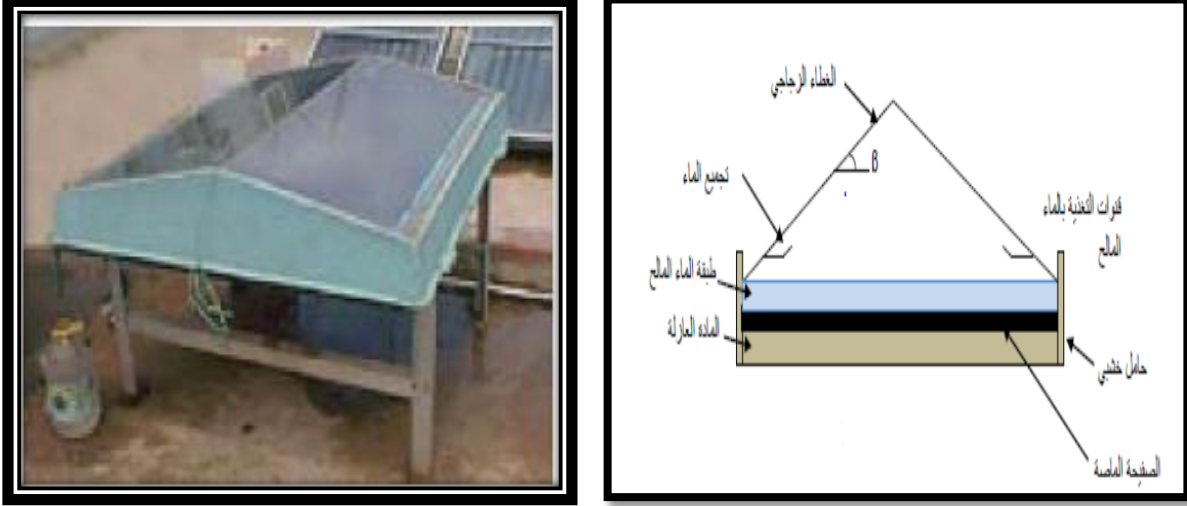
هو مقطر بلاقط واحد مائل بزاوية معينة β ، وهو كثير الاستعمال وذلك لسهولة تركيبه وتنظيفه [5] كما هو مبين في الشكل (2-2) التالي :



الشكل (2-2): مقطر بسيط بميل واحد [5].

3-1-3-2 - مقطر بميلين (Distillateur a double):

يسمى كذلك مقطر بلاطين، كل واحد منها مائل بزواوية β ، ومن بين مميزاته أنه أحدهما يوجه للشمس والآخر للظل لزيادة مساحة التقاط الإشعاع الشمسي ولتسريع عملية التكثيف [5] كما هو مبين في الشكل (3-2) التالي :



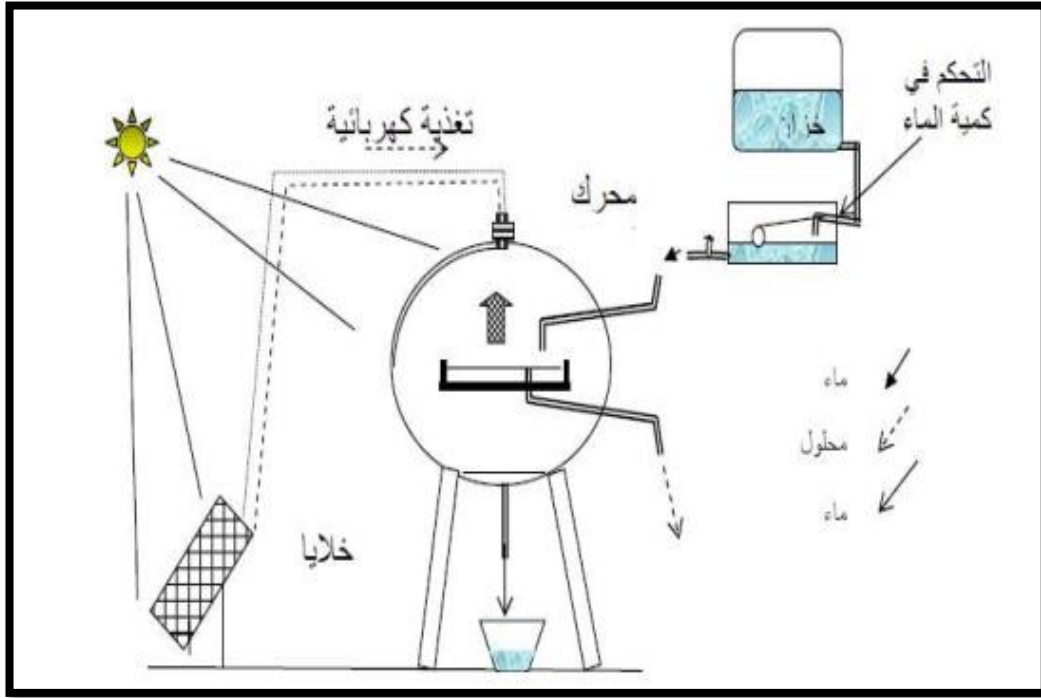
الشكل (3-2): مقطر بسيط بميلين [5].

4-2 - مقطرات شمسية تعمل بمبدأ التسخين بالبيت الزجاجي :

معظم المقطر تعتمد على نفس مبدأ العمل مع بعض الاختلاف في الشكل ومن بينها :

1-4-2 - المقطر الشمسي الكروي (Distillateur sphérique):

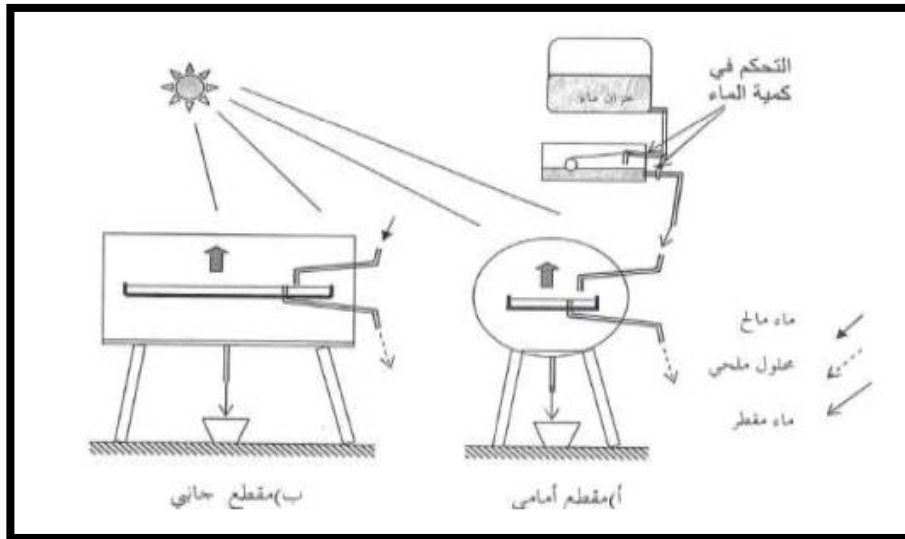
يكون على شكل كرة شفافة من الزجاج، ويوجد داخلها حوض دائري له لون أسود يعمل كماص للإشعاع الحراري، يوضع فيه الماء المالح لتبخيره ثم يتكاثف البخار المتصاعد إلى أن يمس السطح الداخلي للزجاج، ثم يجمع في أسفل الشكل الكروي ولجعل الزجاج شفاف يستعمل في السطح الداخلي لزجاج ماسح يدور بواسطة محرك كهربائي في أعلى المقطر [6]، كما هو موضح في الشكل (2-4) التالي :



الشكل (2-4): مقطر شمسي كروي مزود بماسح للماء [6].

2-4-2- المقطر الشمسي الاسطواني (Distillateur cylindrique):

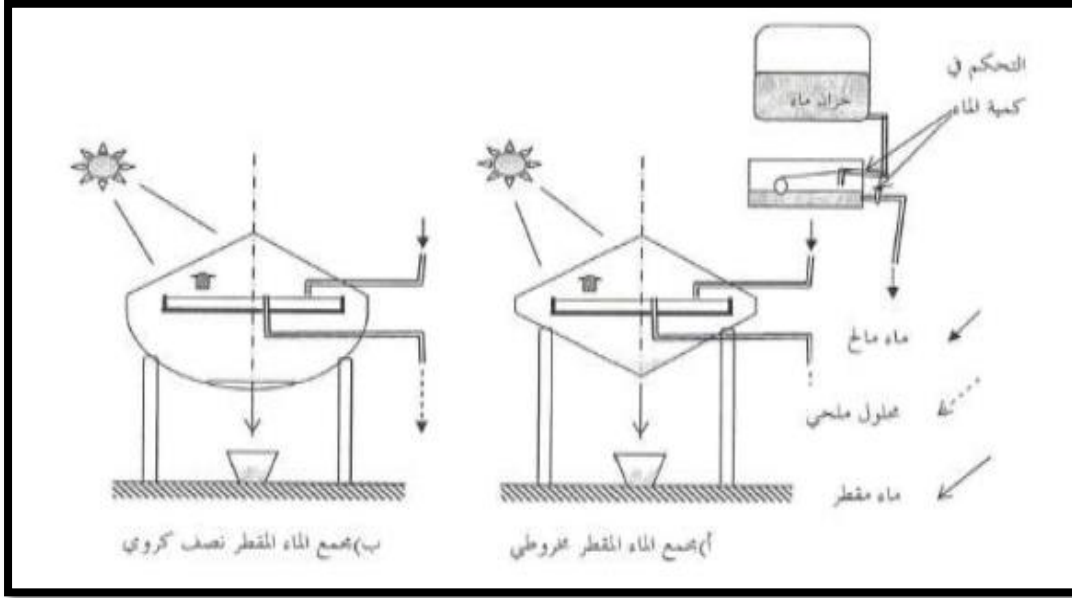
يعمل بنفس مبدأ المقطر الكروي، إلا أن نظام مسح الماء المكثف على الجدار الداخلي للزجاج غير مستعمل [6] كما هو موضح في الشكل (2-5) التالي :



الشكل (2-5): المقطر الشمسي الاسطواني [7].

2-4-3- المقطر الشمسي المخروطي (Distillqteurenforme de cone):

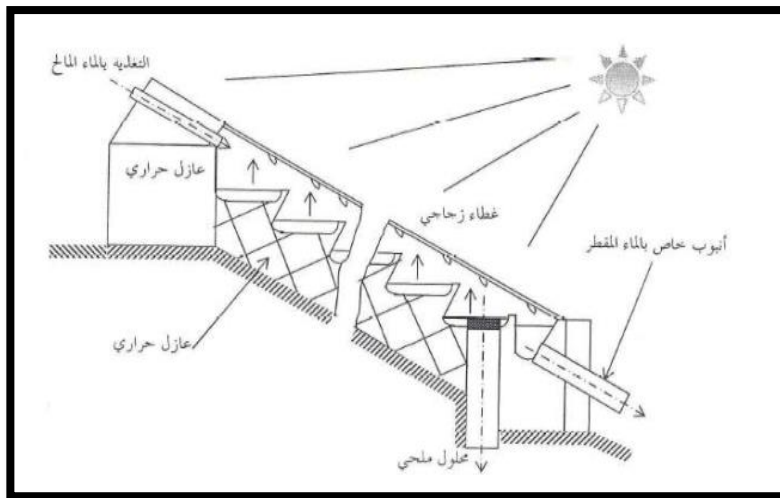
مشكل من غطاء مخروطي من الزجاج في الأعلى يسمح بمرور الإشعاع الشمسي، ومن قمع مخروطي في الأسفل لتجميع الماء المقطر [6] كما يوضحه الشكل (2-6):



الشكل (2-6): المقطر الشمسي المخروطي [7].

2-4-4- المقطر الشمسي الشلال (Distillateur solaire cascade):

يتكون من طوابق من الأحواض السوداء بها ماء ملحي وكل حوض يمد للحوض الذي أسفله بالماء حتى يصل الماء للطابق السفلي [6] كما هو موضح في الشكل (2-7):



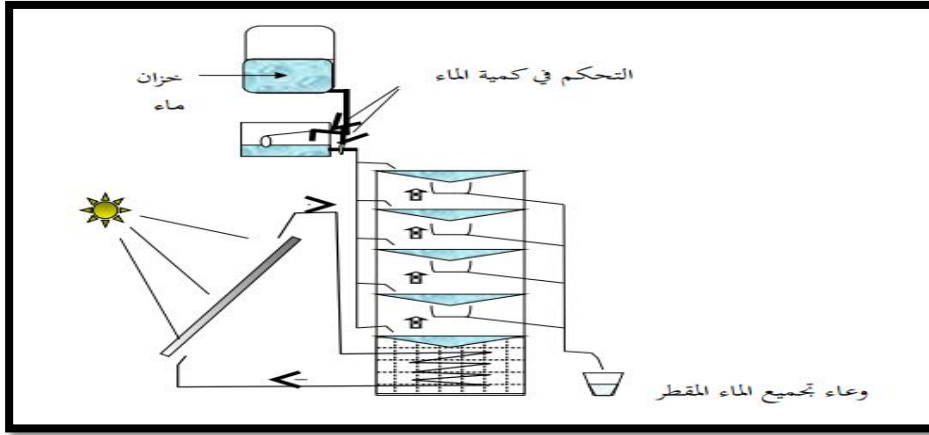
الشكل (2-7): مقطر الشلال الشمسي [7].

2-5- المقطرات التي تعمل بمبدأ استرجاع الحرارة :

يوجد في كل المقطرات ضياع على مستوى أجزاء الجهاز مهما كان نوع المقطر، ومقدار هذا الضياع يحدد مدى فعالية التقطير، ولاستغلال الحرارة الضائعة نستخدم تركيبات تضمن استرجاع الحرارة ومن بينها نجد مايلي :

2-5-1- المقطر الشمسي المتعدد الطوابق:

يعمل المقطر الشمسي المتعدد الطوابق بالاستعمال غير مباشر لأشعة الشمس، ويتم تخزين المائع الحراري في لاقط شمسي ثم ينتقل الى ميدل حراري، ثم تنتقل الحرارة إلى حوض به مالح، يتبخر الماء المالح ويتكاثف على السطح السفلي للحوض الثاني يوجد فيه الماء المالح [6] كما هو موضح في الشكل (2-8):

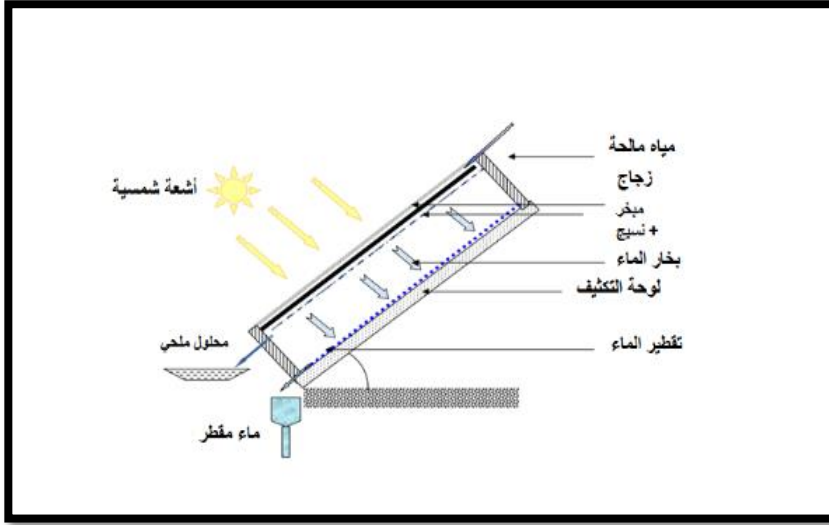


الشكل (2-8): المقطر الشمسي المتعدد الطوابق [7].

2-5-2- المقطر الشمسي بالخاصية الشعيرية (DIFICAP):

بحيث تم انجازه أول مرة من طرف البروفيسور « P.LEGOFF » بمخبر علوم الهندسة الكيميائية في منطقة NANCY بفرنسا مع البروفيسور « R.OUAHES » من جامعة الجزائر وقد جرب كل من النموذجين ذو الطابق الواحد وثلاث طوابق تحت ظروف طبيعية ، في الجزائر العاصمة شهر أوت 1983 [8].

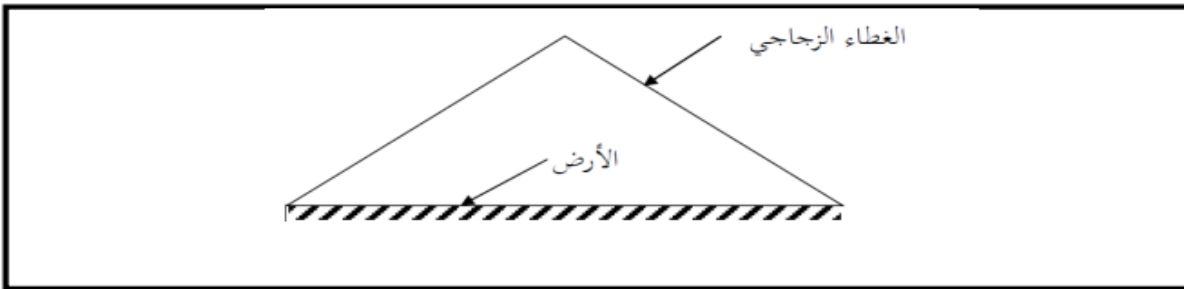
يتكون المقطر الشمسي الشعيري ذو الطابق الواحد من صفيحتين معدنيتين من الألمنيوم أو النحاس أو الفولاذ أحد أوجه الصفيحة التي تستقبل الإشعاع الشمسي يعتبر مبخر لرفع درجة حرارة هذه الصفيحة المقابلة التي تكون أبرد من الأولى، بالإضافة إلى إطار خشبي سميك مربع من أجل تحيز البخار، ومنظومة تغذية تعمل بالخاصية الشعيرية ومخرجين احدهما لتصريف الماء والآخر للماء المقطر الناتج [7] كما هو موضح في الشكل (2-9) :



الشكل (2-9): المقطر الشمسي الشعيري [7].

2-6- المقطر الشمسي أرض-ماء:

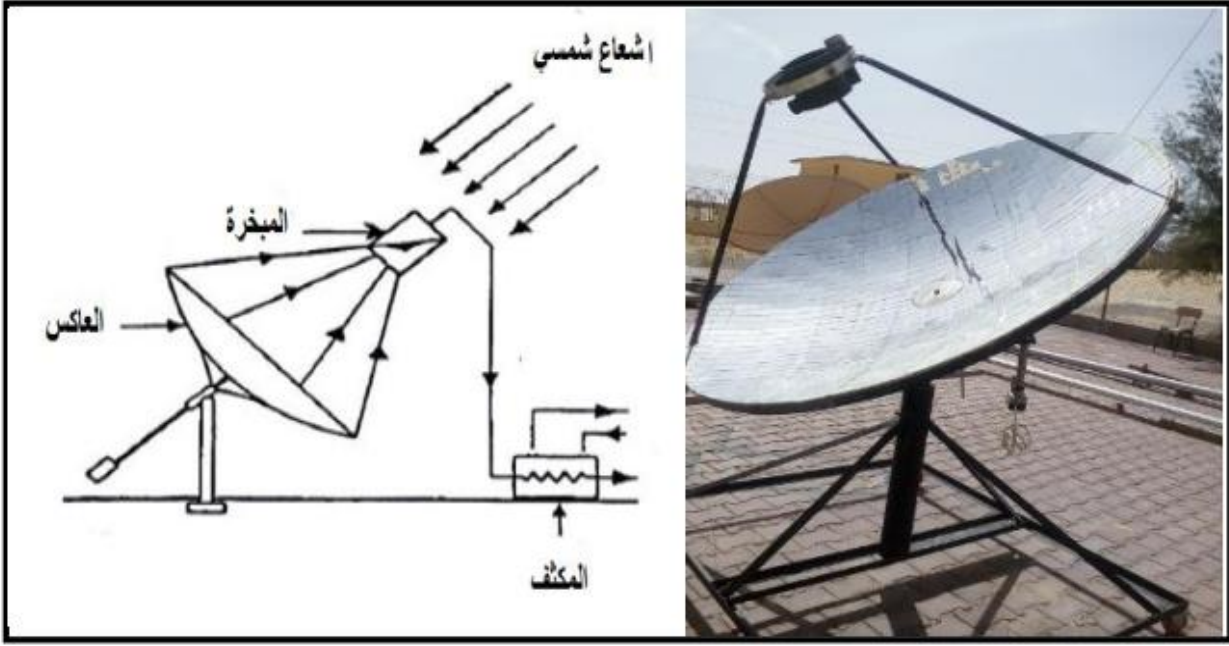
كميات كبيرة من الرطوبة تخزن في الأرض وفي المناطق الجافة بحيث هذه الرطوبة تعود الى الغلاف الجوي خلال الفصل الساخن لإتمام الدورة الهيدروجينية الطبيعية لهذا نستعمل المقطر الشمسي (أرض-ماء) الذي يشبه المقطر ذو ميلين فقط نعوض الحوض الأسود بالأرض [9] كم يوضحه الشكل (2-10):



الشكل (2-10): مقطر شمسي أرض-ماء [10].

2-7- المقطر الشمسي ذو مجمع مركز:

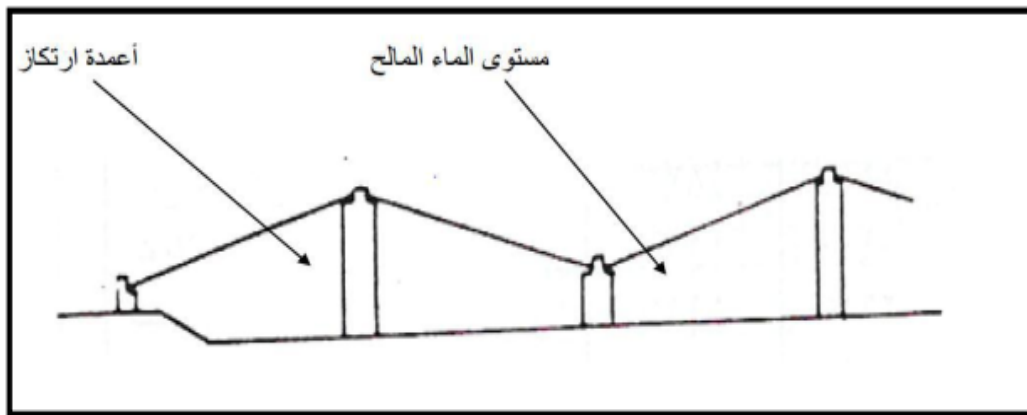
الشكل المقابل يمثل مقطر شمسي ذو مجمع مركز بحيث تنعكس الأشعة الشمسية على وعاء التبخير وتؤدي الى رفع درجة حرارة الماء الموجود بداخله بصورة كبيرة مما يؤدي إلى تبخر الماء ثم ينقل البخار إلى غرفة منفصلة لغرض تكثيفه ثم يخزن في أحواض خاصة [11] والشكل (2-11) يوضح ذلك.



الشكل (11-2): المقطر الشمسي ذو مجمع مركز [11].

8-2- المقطرات ذات الغطاء الزجاجي :

تتكون هذه المقطرات من حوض قاعدته سطح ماص للحرارة، أي أسود يحوي على الماء المالح ومغطى بصفيحة زجاجية لتحقيق الاحتباس الحراري من جهة ولتكاثر عليها البخار من جهة ثانية، ومن ايجابيات هذا المقطر بساطته، وانخفاض تكاليف بنائه، وتشغيله وقابلية تعطيله ضئيلة جداً، أما سلبياته فتتمثل في انتاجه الضعيف للماء صالح للشرب [12] الشكل (12-2):



الشكل (12-2): المقطر الشمسي ذو الغطاء الزجاجي [12].

9-2- الخاتمة :

يحتوي هذا المحور من العمل على مبدأ عمل المقطرات الشمسية، وكما يحتوي أيضا على أنواع المقطرات المعروفة والمتداولة في المخابر العلمية في أنحاء العالم، بحيث المقطر الشمسي المسطح ذو الميل الواحد يعتبر من بين المقطرات الأكثر استعمالا، وذلك لسهولة صنعه وتوفر المواد الأولية في الأسواق المحلية، بالإضافة إلى ذلك فهو غير مكلف، وسهل الصيانة وذو عمر طويل، وهذا النوع من المقطرات هو الذي سنستعمله في عملنا التجريبي.

10-2- مراجع الفصل الثاني

- [1] فروحات حدة، الطاقات المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر دراسة لواقع مشروع تطبيق الطاقة الشمسية في الجنوب الكبير بالجزائر، مجلة الباحث، العدد 11، سنة 2012.
- [2] Y.Boualati، "Investigation sur la performance d'un distillateursolaire،"thèse magister،université de ouargla، P.38-44،Algérie(2004).
- [3] بوقطاية حمزة ، بشكي جمال، ياسين معريف و محمد بالحاج المساهمة في تحسين التقطير الشمسي في المناطق الجافة والصحراوية بواسطة المقطر الشمسي المزدوج، جامعة ورقلة، قسم الفيزياء (ورقلة 2007).
- [4] H.Boudjerir، "Etude de l'impact de l'écart de température (Ambiance-Eau).
- [5] جغوبي و رحمانى "دراسة تجريبية وتحليلية لتحسين أداء المقطر الشمسي البسيط في منطقة ورقلة"، مذكرة ماستر، جامعة ورقلة، كلية الرياضيات وعلوم المادة، قسم الفيزياء (2017).
- [6] 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).
- [7] بالحاج محمد، "مساهمة في تحسين التقطير الشمسي بواسطة المقطر المزدوج، بمنطقة ورقلة"، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة، كلية العلوم والعلوم الهندسية، قسم الفيزياء (2008).
- [8] YacinMarif، " Contribution a l'amélioration du rendement d'un distillateur a film.capilairmulti etage".Mémoire demagister،Universitéouargla،départemant des sciences physiques(2008).
- [9] S.MakdjiNafila، "Impact de l'écart de temérature(eau-captur)surl'efficacitéglobale d'un distillatersolaire"these de magistère،Université de constantin،Algeria(2002).
- [10] Salami M.Hassan"Utilisation de l'énergiesolaire pour la déminéralisation des euaxsaumàtredans les sudd'algerien"،thèse de magistère،Université de ourgla،Algerie(2000).
- [11] د.أسعد رحمانى سعيد الحلفي، هندسة الأغذية بالطاقة الشمسية، رقم الايداع في دار الوثائق والكتب بغداد، البصرة جمهورية العراق ط1، 1493 (2010).

[12] د.سهيل فاضل و د.الياس الكبة ، الطاقة الشمسية وتطبيقاتها، دارالحدائثة لطباعة والنشر والتوزيع، بيروت لبنان، ص ب 14/5639.

الفصل الثالث:

الدراسة التجريبية
للمقطر الشمسي

3-1- مقدمة □

يحتوي هذا الفصل على النتائج المتحصل عليها من الدراسة التجريبية التي أجريت لصناعة مقطرين شمسيين ذو ميل واحد أحدهما شاهد والأخر أضيفت عليه بعض التحسينات، و كذلك يحتوي على البروتوكولات التجريبية وأدوات القياس، وسنقوم بمقارنة كمية الماء المقطر الناتج من هذه المقطرات الشاهد والمدرّوس، وذلك بعد إضافة أنابيب نحاسية يمر عبرها الهواء المسخن للمقطر المدرّوس و الهدف من هذه التجربة هو معرفة مدى تأثير الأنابيب النحاسية على مردود المقطر الشمسي، وسنترجم النتائج المتحصل على شكل منحنيات سنحلها ونناقشها في هذا الفصل.

3-2- موقع المنطقة □

أجريت التجربة على مقطرين شمسيين مسطحين على مستوى كلية العلوم الدقيقة جامعة الوادي حيث تملك مدينة الوادي إحداثيات التالية □

• خط طول □ 6.84°

• خط عرض □ 33.37°

3-3- المقطر الشمسي البسيط □

3-3-1- تعريفه □

وهو المقطر الأكثر استعمالا في العالم، وهو عبارة عن حوض مملوء بالماء المالح، قاعدته ذات لون اسود لالتقاط أكبر كمية من الإشعاع الشمسي، ومغطى بغطاء شفاف من الزجاج ويجب أن يكون مائلا بزاوية معينة لامتصاص البخار عليه.

3-3-2- مبدأ عمله □

التقطير الشمسي هو ظاهرة تجريبية لها نفس مبدأ عمل ظواهر الطبيعية فعندما تنبعث الأشعة الشمسية على ماء البحر أو المحيطات أو الأنهار فإنها تسخن هذا الماء وهذا الأخير يتبخّر و يرتفع إلى الأعلى، ثم ينتقل البخار بالرياح حتى يصل إلى مكان أكثر برودة فيتكاثف ويتشكل السحب وبعد ذلك ينزل مطر، ثلج أو باردا.

3-3-3- طريقة عمله □

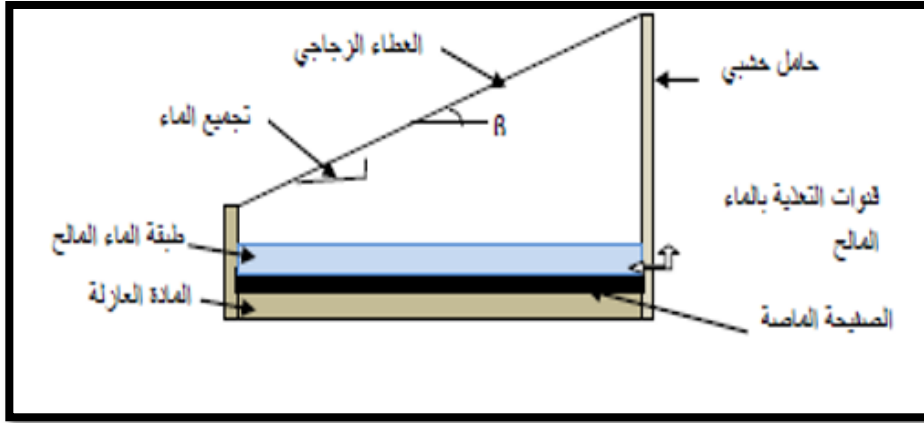
-يسخن الإشعاع الشمسي الساقط على الماء المالح الموجود داخل المقطر.
-يتبخّر الماء المالح.

-. ينتقل البخار بالحمل الحراري نحو السقف المقطر (الزجاج)

- يتكاثف البخار على سطح الزجاج مشكلا قطرات ماء عذب تنزلق بتأثير ثقلها في وعاء تجميع الماء المقطر.

3-3-4- المقطر الشمسي ذو الميل الواحد □

هو مقطر بسيط تقوم عليه كثير من التجارب من قبل الباحثين، وذلك لسهولة الفك والتركيب والصيانة، وهو مقطر بسطح زجاجي واحد مائل بزاوية، وصف هذا المقطر في الشكل التالي □



الشكل (3-1) □ مقطر بسيط بميل واحد.

3-3-5- مكوناته □

المقطر الشمسي المستعمل في هذه التجربة هو المقطر ذو التركيب البسيط، حيث يعمل هذا المقطر الشمسي بفعل البيت الزجاجي ذو الميل الواحد. من مميزات المقطر الشمسي أهمها سهل الصنع، كذلك سهل الصيانة.

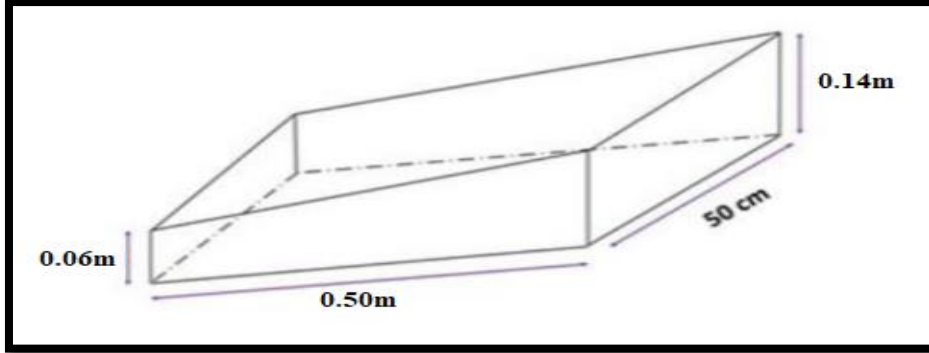
✓ الهيكل الخارجي (الصندوق) □

يكون مصنوع من مادة عازلة (الخشب) وهو أحد أهم مكونات، ويشمل كل أوجه المقطر ما عدا الجهة العلوية و يتم على مستواه وضع الماء المراد تقطيره و تظلي قاعدته و جوانبه باللون الأسود.

□ أبعاد المقطر الشمسي

- الطول: 0.5m.
- العرض: 0.5m.
- مساحة الحوض: 0.25m².
- السمك: 0.02m.
- الارتفاع الأمامي: 0.06m.

- الارتفاع الخلفي 0.14:m.
- زاوية الميل 10° .



الشكل (2-3): رسم تخطيطي للهيكل الخارجي.

✓ الغطاء الزجاجي

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

أبعاد الغطاء الزجاجي

- الطول 0.52 m.
- العرض 0.51: m.
- السمك 3: mm.





✓ أنبوب تجميع المياه

هو عبارة على أنبوب بلاستيكي قطره 0.025m، يكون مثقوب طوليا يسمح بدخول جزء من الزجاج لتتنزل قطرات الماء المتكاثفة على مستوى الأنبوب و تتجمع فيه لتعبر إلى إناء خاص بتجميع الماء المقطر.

4-3- مكونات اللازمة لتصنيع المقطر الشمسي البسيط

الجدول التالي يمثل المواد الأولية لصنع المقطر الشمسي البسيط، فقد تم اختيار هذه المكونات بناء على وفرتها في السوق المحلي وانخفاض تكلفتها.

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

الكمية	الأبعاد	الاسم	الصورة
05 ألواح	L=0.5m H ₁ =0.06m H ₂ =0.14m 0.5m×0.5m E=0.02m	صندوق من الخشب	
01	0.51m× 0.52m E=3mm	قطعة من الزجاج	
01	L=0.60m Diam=25mm	أنبوب PVC	
02	Diam=25mm L=0.10m	كوع 90° مع أنبوبين PVC	

01		صمغ عادي اسود اللون	
01		علبة طلاء سوداء وعلبة طلاء بيضاء	
01		قارورة	
01		قمع	
100g		مسامير	
01		غراء لاصق	
01		ميزان مائي	

01		مطرقة	
01		منشار	
01		مثقب كهربائي	
01		منشار كهربائي	
01		مفك، كلابه، أداة برد	
02		فرشاة	

5-3- خطوات تصنيع المقتر الشمسي البسيط □

صنع مقتر شمسي ليس بالأمر الصعب، لأن المواد اللازمة لصنعه متوفرة في السوق المحلي ،
والجدول (2-3) التالي يوضح خطوات التصنيع □

الجدول (2-3) □ مراحل تصنيع المقتر الشمسي البسيط.

الشرح	الصورة
بعد قطع الأخشاب وفق القياسات المطلوبة نقوم بتركيبها بالمسامير لتشكيل صندوق خشبي كما هو موضح بالشكل المقابل.	
نقوم بطلاء قاعدة الصندوق الخشبي والجوانب باللون الأسود لامتناس أكبر قدر من الإشعاع الشمسي.	
نقوم بإحداث ثقوب على مستوى الاتجاه الأمامي (الجانبين) بواسطة ثاقبة الخشب ويكون شكل نصف دائرة بحيث يمكن تثبيت الأنبوب على مستواه.	
نقوم بوضع أنبوب التجميع في الثقوب بالتوازي مع اللوحة المواجهة.	
نستعمل الميزان المائي لأجل معرفة مدى توازن الأنبوب على الثقوب.	
نقوم بوضع الغطاء الزجاجي داخل أنبوب التجميع و ذلك بجعل فتحة في الأنبوب على طول الزجاج.	
نضع الأنبوب في موضعه و نزيح إليه الزجاج ثم نسطر خطين متباعدين قليلا بحيث يمكن أن يدخل الغطاء الزجاجي على مستواه بعد ثقبه.	

<p>نقوم بثقب الأنبوب البلاستيكي كي يدخل فيه الماء المتكاثف عبر السطح الداخلي للغطاء الزجاجي.</p>	
<p>ندخل الغطاء الزجاجي داخل الأنبوب البلاستيكي لكي تنزلق قطرات الماء المتكاثفة وتسقط بفعل ثقلها داخل الأنبوب.</p>	
<p>نقوم بتركيب كوع في آخر الأنبوب بالإضافة إلى أنبوب آخر صغير لكي يسمح بانتقال الماء من المقطر إلى الإناء.</p>	
<p>نقوم بطلاء المقطر من الزجاج بأي لون يرغب به الصانع.</p>	
<p>وأخيرا نتحصل على المقطر الشمسي بميل واحد.</p>	



6-3- خطوات تصنيع اللاقط الشمسي □

صنع لاقط شمسي ليس أمرا صعبا كذلك، لأن المواد اللازمة لصنعه متوفرة في السوق المحلي،

والجدول (3-3) التالي يوضح خطوات التصنيع □

الجدول (3-3) □ مراحل تصنيع اللاقط الشمسي.

الشرح	الصورة
تحضير أنابيب نحاسية ذات قطر 1.5 سم كما هو موضح.	
كود نحاسي من أجل تركيب الأنابيب فيما بينها.	
نقوم بتسوية الأنابيب النحاسية كما هو موضح في الصورة المجاورة.	
نقوم بقياس القيمة المطلوبة و تحديدها.	
أداة قطع النحاس	
نقوم بقطع الأنابيب حسب الإحتياج.	
نثبت الكود في نهاية كل أنبوب .	
نقوم بتركيب الأنابيب حتى نتحصل على الشكل المبين في الصورة .	

<p>نحضر قطعة من البولسترين ذات أبعاد 80×70 سم .</p>	
<p>نقوم بتثبيتها داخل صندوق خشبي ذو الأبعاد 80×70 سم .</p>	
<p>نغطي مادة الولسترين بقطعة حديد ونثبت بها الأنابيب النحاسية المحضر سابقا</p>	
<p>نقوم بطليه بمادة سوداء ونحصل على لاقط شمسي</p>	
<p>عنفة هوائية من اجل دفع الهواء داخل الانبوب</p>	
<p>لوح شمسي من أجل تغذية العنفة الهوائية.</p>	

7-3- أجهزة وأدوات القياس المستعملة في التجربة □

7-3-1- جهاز متعدد القياسات □

يلعب هذا الجهاز دور الفولط متر، الأمبير و الاوم متر فهو عبارة عن جهاز يمكن بواسطة قياس كل من التوتر، شدة التيار الكهربائي، المقاومة بالإضافة إلى وظائف أخرى تختلف من جهاز إلى آخر كتعيين درجة الحرارة، تحديد نوعية الترانزيستور، كشف الصمام الثنائي كما هو موضح في الصور التالية □



الشكل (3-3) □ جهاز متعدد القياسات.

2-7-3- بيرانومتر □

هو عبارة عن جهاز يستعمل لقياس شدة الإشعاع الشمسي.

3-7-3- جهاز آل PH متر □



الشكل (4-3) □ جهاز قياس آل PH متر.

3-7-4- جهاز قياس الناقلية الكهربائية □



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

3-7-5- الأنبوب المدرج □



الشكل (3-6) □ الأنبوب المدرج.

3-8- الخطوات التجريبية □

3-8-1- التجربة الأولى □

لقد تم إجراء التجربة الأولى يوم 28 مارس 2021 على مستوى كلية العلوم الدقيقة بجامعة الوادي وتحت نفس ظروف المناخية تم تعرض مقترين شمسيين مسطحين لأشعة الشمس بعد أن وضعت فيها كمية من الماء تقدر ب 2.5 لتر، حيث تم قياس كل من درجة الحرارة للغطاء الزجاجي الداخلي والخارجي، ودرجة حرارة الماء والجو، وقيست كذلك كمية الماء المقطر المنتجة، وذلك عند كل ساعة، من الساعة 8□00 إلى 18□00، و هدف من التجربة هو إثبات أن المقترين متشابهين.

من خلال النتائج المتحصل عليها والمتمثلة في أن مردود المقطرين متشابهين إلى درجة كبيرة وبالتالي يمكن استعمال أحدهما كشاهد والآخر نضع به أنابيب نحاسية من أجل دخول الهواء الساخن.



الشكل (3-7) □ صورة فوتوغرافية للمقطرين الشمسيين .

2-8-3 التجربة الثانية □

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

● الأدوات التجريبية □

ماء مالح، مقطرين، أنابيب نحاسية ذات قطر 1.5 سم، لاقط شمسي، قارورتين صغيرتين، كأس بيشر، جهاز قياس درجة الحرارة الترموكوبل، PH متر، جهاز قياس الناقلية. المدة الزمنية اللازمة للتجربة يوم واحد.

● البروتوكول التجريبي (مراحل التحضير للتجربة) □

- نضع المقطرات بنفس الكيفية و في نفس الجهة نحو الجنوب ، ونتحقق انها في مستوى واحد أي على استقامة واحدة.
- نغسل الغطاء الزجاجي جيدا من الغبار والأتربة.
- نضع الأنابيب في موضعها.
- نضع 2.5 لتر من الماء المالح في المقطر الشاهد و 7.5 لتر في المقطر المدروس.
- نضع اللواقط الحرارية على الزجاج الداخلي والخارجي وفي الماء لكلا المقطرين.
- نضع الغطاء الزجاجي على المقطرين.
- نسد المقطرين جيدا لمنع التسربات الحرارية.

- نقيس درجة حرارة الماء داخل المقطرين ودرجة حرارة الزجاج الداخلية والخارجية لكلا المقطرين وكمية الماء الناتجة كل ساعة و درجة حرارة الهواء قبل وبعد دخوله للمقطر.
- نثبت عنفة هوائية من أجل دفع الهواء نحو الأنابيب تتغذى بالخلايا الشمسية.
- بعد قياس كمية الماء المنتجة في كأس بيشر نضع جهاز PH متر داخل الكأس لمعرفة قيمة الـ PH للمقطر الناتج ومقارنته مع الـ PH للماء المالح.
- نستخدم جهاز قياس الناقلية الكهربائية لقياس الناقلية الكهربائية للماء المقطر ومقارنتها بالمعايير المعروفة للماء النقي.



الشكل (3-8): صورة توضيحية للمقطر الشمسي الشاهد والمحسن قبل و بعد التجربة.

3-9- النتائج التجريبية:

لقد تمت التجربة يوم الأربعاء 2021/03/31 على مستوى كلية العلوم الدقيقة بجامعة الوادي تحت الظروف الجوية

المسجلة في الجدول (3-4) التالي □

الجدول (3-4) □ الأحوال الجوية للتجربة.

06 □ 20	شروق الشمس
18 □ 51	غروب الشمس
24-38 □	درجة حرارة الجو
18%	الرطوبة
10Km/h	الرياح

تم أيضا قياس PH و الناقلية الكهربائية للماء المستعمل قبل و بعد التجربة و يلخص الجدول (5-3) النتائج المتحصل عليها.

الجدول(5-3) □ نتائج تحليل للماء المستعمل.

الماء المقطر	الماء المالح
PH =7	PH = 6.5
$\sigma = 44 \mu\text{s/cm}$	$\sigma = 4620 \mu\text{s/cm}$



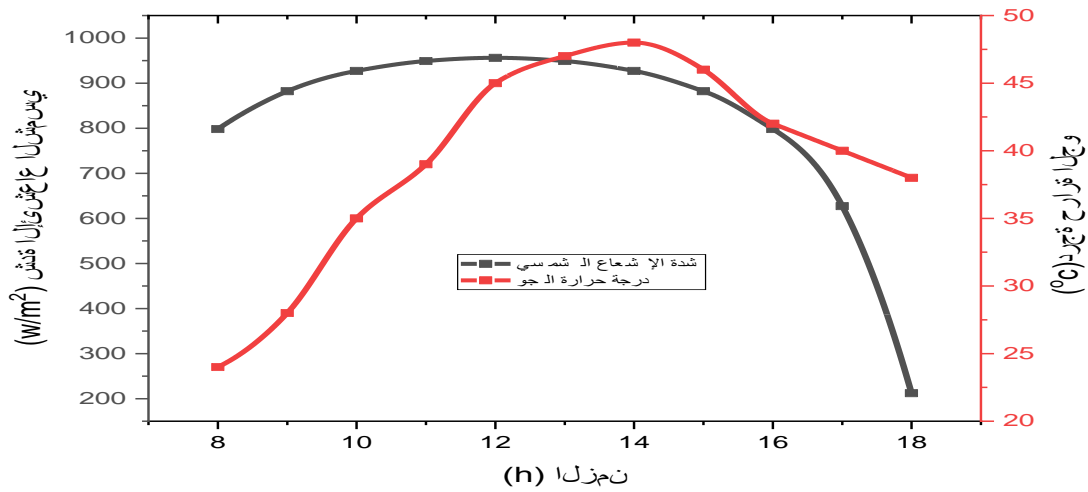
الشكل(9-3) □ تحليل الماء المالح و الماء المقطر.

لقد مرت التجربة بكل سهولة ودون مشاكل وأعطت نتائج مقبولة حيث لاحظنا أن هناك فارق ملحوظ في قيم PH الناقلية الكهربائية وهذه النتائج مشجعة جدا.

10-3- تحليل ومناقشة النتائج □

1-10-3- تطور شدة الاشعاع الشمسي ودرجة حرارة الجو:

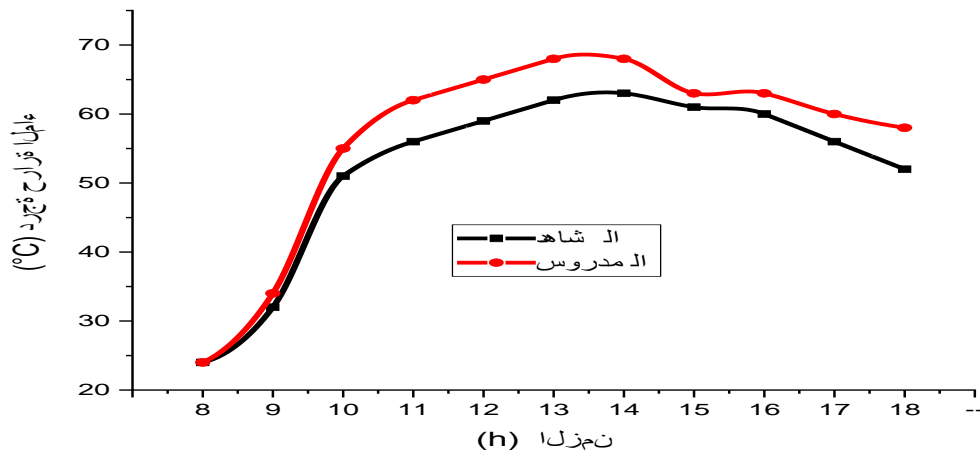
يوضح الشكل (10-3) التغير في شدة الاشعاع الشمسي ودرجة حرارة الجو بدلالة الزمن، حيث نلاحظ تزايد في شدة الاشعاع الشمسي لتبلغ قيمته القصوى عند الساعة 12:00 القيمة (956W/m^2)، ثم تبدأ بالتناقص كما نسجل زيادة في درجة حرارة الجو لتبلغ قيمتها القصوى عند الساعة 14:00 والتي تقدر بـ (45°C) ويعود كل هذه إلى تركز الشمس في منتصف السماء ثم تبدأ بالتناقص.



الشكل (10-3) □ التغير في قيمة شدة الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الجو بدلالة الزمن.

3-10-2- تطور درجة حرارة الماء :

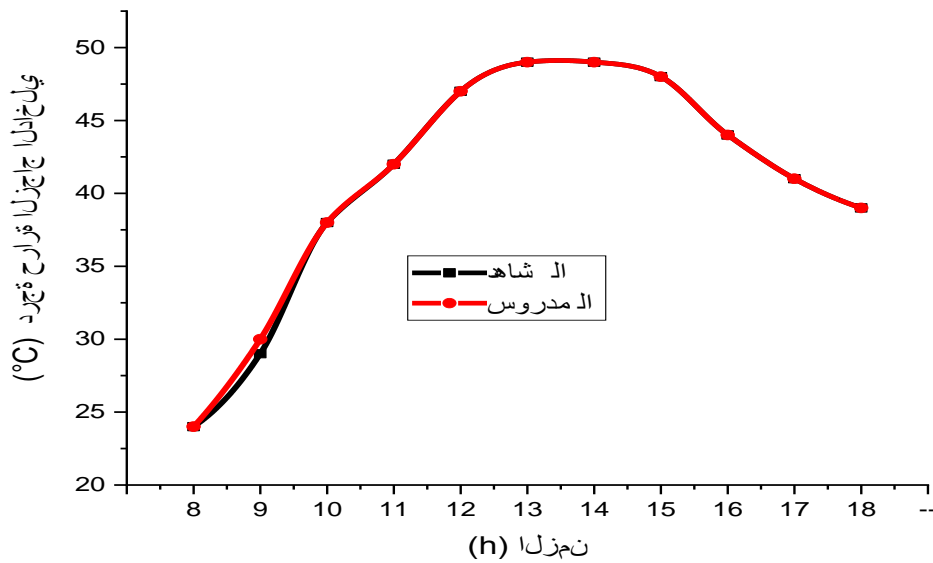
يوضح الشكل (3-11) التغير في درجة حرارة الماء لكل من المقطرين الشاهد و المدروس بدلالة الزمن، حيث لاحظنا أن درجة حرارة الماء لكلا المقطرين حيث تكون متطابقة تقريبا في بداية التجربة، وتبدأ في تغير تدريجيا حتى تبلغ القيمة القصوى عند الساعة 14:00 والتي تقدر بـ (69 °C) بالنسبة للمقطر المدروس، و القيمة (62 °C) بالنسبة للشاهد، و يعود هذا الفرق للمحسن الذي أضيف للمقطر المدروس حيث يعمل الهواء الساخن على تسخين أنابيب النحاس وهي بدورها تعمل على تسخين جزيئات الماء المحيطة بها، ثم تبدأ بالتناقص تدريجيا حتى نهاية التجربة



الشكل (11-3) □ التغير في درجة حرارة الماء للمالح.

3-10-3- تطور درجة حرارة الزجاج الداخلي:

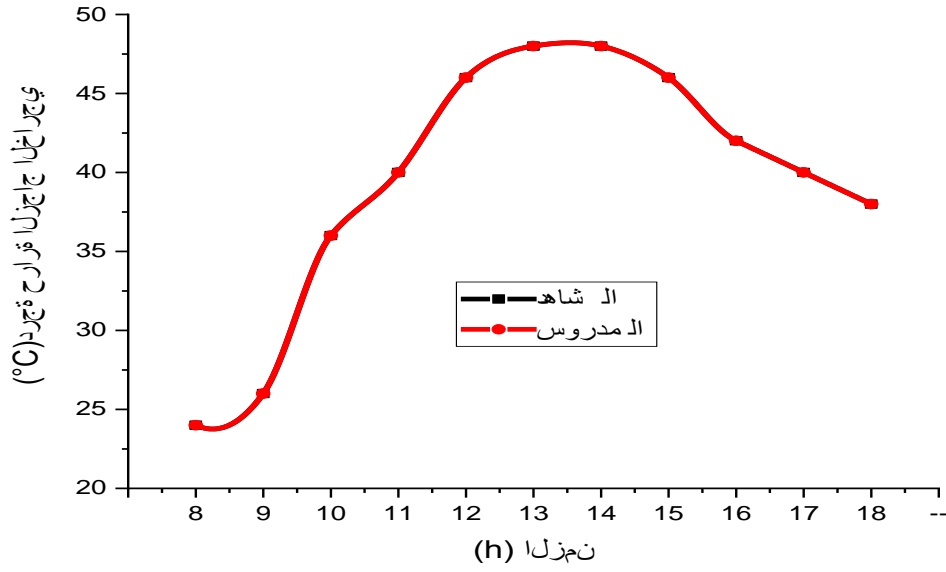
يوضح الشكل (3-12) التغير في درجة حرارة الزجاج الداخلي للمقطرين الشاهد والمدرّوس بدلالة الزمن، فنلاحظ الزيادة في درجة الحرارة من لحظة الانطلاق حتى تبلغ أقصاها عند الساعة 14:00 حيث قدرت بـ (49 °C) بالنسبة للمقطرين الشاهد والمدرّوس ، و من ثم تبدأ بالتناقص آخر التجربة كما نلاحظ تطابق في تغير درجة الحرارة الزجاج الداخلي للمقطرين، وهذا يدل على أن التحسين لم يشمل الزجاج الداخلي.



الشكل (3-12) □ التغير في درجة حرارة الزجاج الداخلي بدلالة الزمن.

3-10-4- تطور درجة حرارة الزجاج الخارجي:

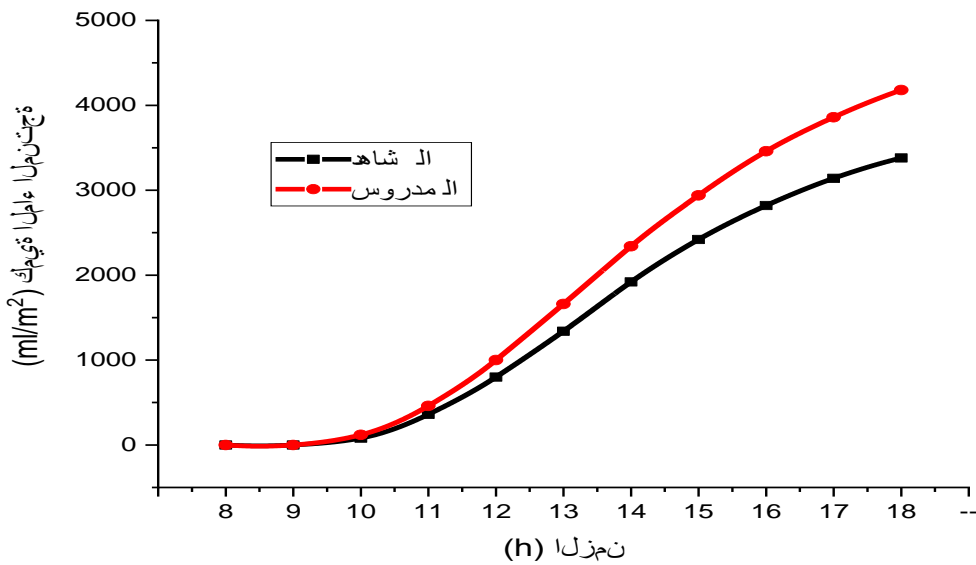
يوضح الشكل (3-13) التغير في درجة حرارة الزجاج الخارجي للمقطرين الشاهد والمدرّوس بدلالة الزمن، فنلاحظ زيادة في درجة الحرارة منذ ساعة الانطلاق حتى تبلغ قيمتها القصوى عند 14:00 حيث قدرت بـ (46 °C) بالنسبة للمقطرين الشاهد والمدرّوس ، وتبدأ بالتناقص حتى نهاية التجربة كما نلاحظ تطابق في تغير درجة الحرارة الزجاج الخارجي للمقطرين وهذا يدل على أن التحسين لم يشمل الزجاج الخارجي.



الشكل (13-3) □ التغيير في درجة حرارة الزجاج الخارجي بدلالة الزمن.

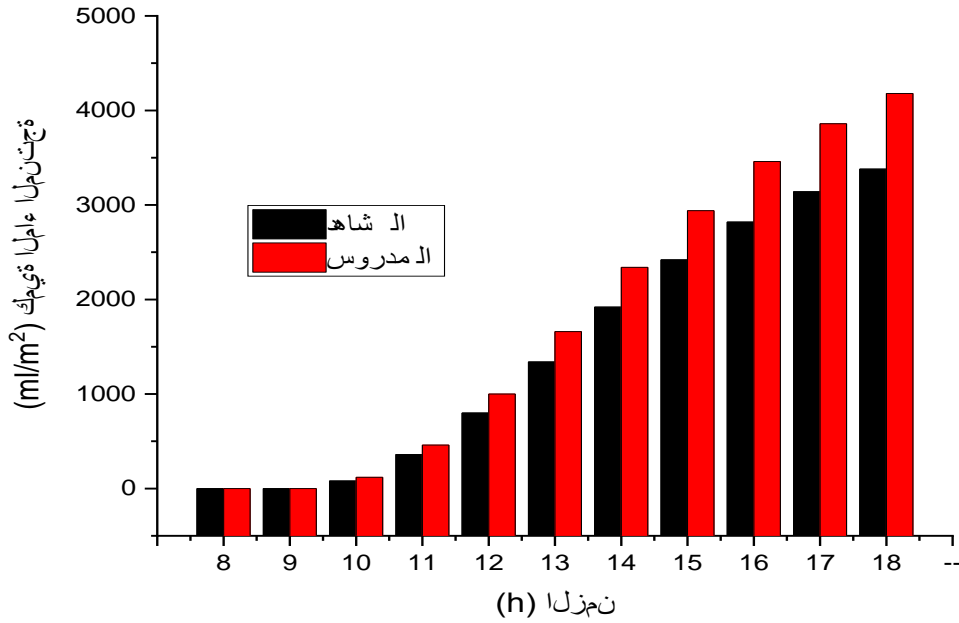
3-10-5- تطور كمية الماء:

يوضح الشكل (3-14) التغيير في كمية الماء المنتجة لدى المقطرين بدلالة الزمن، حيث كمية الماء المنتجة كل ساعة تمثل كمية الماء المنتجة خلالها بالإضافة إلى كمية الماء المنتجة من طرف المقطر خلال الساعات السابقة، حيث نلاحظ عدم انتاج ماء عند الساعة 08:00 ويبدأ في الانتاج تدريجيا كما نلاحظ اختلاف في كمية الماء المنتجة بين المقطرين، وهذا يعود الى المحسن المستعمل الذي قدم فارق شاسع في كمية الماء المنتجة ونقول ان هذا المحسن فعال .



الشكل (14-3) □ التغيير في كمية الماء المنتجة بدلالة الزمن.

كما يوضح الشكل (3-15) مخطط أعمدة بيانية لتطور كمية الماء المنتجة للمقطرين الشاهد والمدرّوس خلال ساعات التجربة، فنلاحظ أنه عند الساعة 08:00 أي عند الانطلاق نلاحظ عدم انتاج الماء وتزداد الكمية المنتجة تدريجيا مع الزمن لكل من المقطرين الشاهد و المدرّوس، كما نلاحظ الاختلاف في كمية الماء المقطر الناتج بين المقطرين ويعود هذا إلى المحسن المستعمل وهذا ما يجعلنا نقول أن هذه الطريقة فعالة.



الشكل (3-15) □ مدرج تكراري يبين كمية الماء المنتجة خلال كل ساعة.

11-3- خاتمة :

لقد قمنا من خلال هذا الفصل بإجراء دراسة تجريبية للمقطر الشمسي المدروس باستعمال أنابيب من النحاس وتميرير الهواء فيها، حيث انها وضعت داخل اللاقط والمقطر بشكل حلزوني كما شهدناه في الشكل (3-8) ، وقد انطلقت تجربتنا على الساعة الثامنة صباحا في يوم صافي نسبيا، حيث قمنا بوضع 7.5 لتر من الماء في المقطر المدروس و 2.5 لتر في المقطر الشاهد، حيث سجلنا في نهاية التجربة تحسن المقطر المدروس بنسبة تقدر بـ 25% مقارنة بالمقطر الشاهد، ومن هنا نستنتج أن هذه الطريقة المستعملة ناجحة و فعالة و هذا راجع الى قدرة جزيئات الهواء المارة عبر الانابيب النحاسية على حيث ساهمت في زيادة مساحة التقاط الإشعاع الشمسي ومضاعفة فترة تخزين الطاقة و تسخين الأنابيب النحاسية و التي هي بدورها تعمل على تسخين جزيئات الماء المحيطة بها ، إذن يمكننا اعتماد هذه الطريقة كحل فعال لزيادة الانتاج اليومي من الماء المقطر خصوصا في المناطق الصحراوية الجزائرية النائية.



الخاتمة
العامة

لقد أضحت التقطير الشمسي الحل الأمثل لمعالجة مشكلة ندرة المياه الصالحة للشرب التي أصبحت تشكل خطراً كبيراً على دول عديدة من العالم، فالتقطير الشمسي عملية بسيطة وغير مكلفة تعتمد على استغلال ظاهرتي تبخير ثم تكثيف المياه المالحة المستخرجة من باطن الأرض.

لقد تم ابتكار العديد من أنواع المقطرات أبرزها : المقطر البسيط الأكثر استعمالاً، والمقطر الشمسي بميل واحد، و المقطر الشمسي بميلين ، والمقطر الشمسي الكروي، والمقطر الشمسي العمودي، والمقطر الشمسي متعدد الطوابق، والمقطر الشمسي بالخاصية الشعرية.... الخ، الرغم من التنوع الهائل في تركيب المقطرات إلا أنها تعتمد على نفس مبدأ المقطر التقليدي.

تستعمل عدة مقادير لتحديد إنتاج المقطر الشمسي كالمردودية والفعالية الداخلية والفعالية الكلية ومقياس الفعالية و أداء المقطر، وهناك الكثير من العوامل المؤثرة على مردود وفعالية هذه المقطرات منها الداخلية ومنها الخارجية، ومن أهم العوامل الخارجية شدة الإشعاع الشمسي التي تتناسب طردياً مع المردود المتحصل عليه، ودرجة حرارة المحيط دور في زيادة الانتاجية فكلما كانت أكبر كلما كانت عملية التبخير أكبر، وكذلك قوة الرياح التي تقوم بتبريد الغطاء الزجاجي للمقطر مما يؤدي إلى الزيادة في عملية التكثيف والحصول على كمية أكبر من الماء المقطر، ومن أهم العوامل الداخلية التي تؤثر على كفاءة مقطر شمسي هي زاوية ميل الغطاء الزجاجي فكلما كانت أكبر كلما زادت كفاءة المقطر الشمسي، وكذلك عمق الماء المالح يؤثر سلباً على مردود المقطر الشمسي فكلما زاد السمك قلت إنتاجية التقطير، وهناك عدة معادلات وعلاقات رياضية حاکمة ومجسدة للعوامل المؤثرة على فعالية وكفاءة المقطر الشمسي.

من أجل معالجة معالجة هذا المشكل في صحراء الجزائر قمنا بانجاز مقطر شمسي بسيط واخر مماثل له في الخصائص وقمنا بإضافة له أنابيب نحاسية يمر فيها الهواء الساخن وبعد انجاز هاذين المقطرين قمنا بقياس مردوديهما والمقارنة بينهما بعد إجراء تجربتنا تحت نفس الظروف حيث كان الهدف من هذه التجربة هو معرفة مدى تأثير الأنابيب النحاسية في زيادة مساحة النقاط الإشعاع الشمسي ومضاعفة فترة تخزين الطاقة الحرارية من جهة ومدى تأثيره على التحويل الحراري عبر زجاج المقطر الشمسي وعلى درجة حرارة الزجاج الداخلية والخارجية من جهة أخرى.

انطلقت تجربتنا على الساعة الثامنة صباحاً في يوم صافى نسبياً حيث قمنا بوضع نفس الكمية من الماء في المقطر الشاهد والمقطر المدروس وتحت نفس المؤثرات الخارجية، وانتهينا من تجربتنا على الساعة السادسة مساءً ولقد كانت النتائج إيجابية نهاية العمل التجريبي حيث توصلنا إلى النتائج التالية :

-إضافة الأنابيب النحاسية الموضوعه داخل المقطر الشمسي وتميريرها عبر المحسن يحسن من انتاجية التقطير الشمسي .

-الأنابيب النحاسية الموضوعه داخل المقطر الشمسي يمر الهواء الساخن عبرها مما يزيد في درجة حرارة الماء المقطر وبالتالي زيادة في المردودية .

-بلغت انتاجية الماء المقطر الناتج عن المقطر الشاهد 3.4 لتر.

-بلغت انتاجية الماء المقطر الناتج عن المقطر المحسن 4.25 لتر.

-بلغت نسبة التحسن في انتاجية المياه المقطرة عند استخدام الأنابيب النحاسية داخل المقطر وتميريرها بها 25% مقارنة بانتاجية المياه المقطرة الناتجة من المقطر الشاهد.

- تجربتنا نجحت وتمكننا من تحسين مردود المقطرات الشمسية بنسبة جيدة، ولكن أهدافنا وأفاقنا المستقبلية أعلى حيث نطمح إلى تحسينات أكثر فعالية كتمرير داخل هذه الأنابيب موائع مثل الزيت... وكذلك يمكننا استخدام أنابيب ذات قطر اصغر وأكبر عدد من لفات أنابيب النحاس للاقط الشمسي و

المقتر الشمسي لزيادة نسبة الماء الصالح للشرب في المناطق الصحراوية التي تعاني منذ سنوات قديمة من هذا المشكل الخطير.

الملخص: يهدف هذا العمل إلى تحسين أداء المقطرات الشمسية باستخدام الهواء الساخن المسخن في مجمعات الطاقة الشمسية المسطحة (العمل في حالة الحمل القسري). في الدراسة التجريبية الحالية ، تم تركيب مبادل حراري (أنبوب نحاسي قطره 1.4 سم) في قاع حوض التقطير. يتم ضخ الهواء بالقوة بواسطة مروحة تعمل بألواح شمسية في مجمع الطاقة الشمسية المسطح. يقوم الأخير بتسخين الهواء ثم إدخاله في المبادل الحراري. يؤدي دفع الهواء الساخن إلى المبادل الحراري، الذي يتم تسخينه بواسطة المجمع الشمسي ، إلى تبادل كمية الحرارة بين أنابيب المبادل الحراري التي يمر من خلالها الهواء الساخن ومياه الحوض المالحة ، ويؤدي هذا التعديل إلى زيادة معدل التسخين من مياه الحوض، مما يزيد من كمية التبخر وبالتالي تحسين إنتاجية الماء المقطر. تم فحص التقطير الشمسي المعدل بشكل تجريبي على عمق ماء مميز يبلغ 3 سم (7.5 لتر من الماء المالح) ، وتمت مقارنة الأداء في نفس الوقت مع جهاز التقطير التقليدي على عمق ماء مميز يبلغ 1.5 سم (2.5 لتر من الماء المالح). أوضحت النتائج التجريبية أن الحد الأقصى للحاصل اليومي 2.5 لتر/م²/اليوم لنواتج التقطير التقليدية على عمق 1 سم ، والحد الأقصى للإنتاج اليومي 7.5 لتر/م²/اليوم لنواتج التقطير المعدلة على عمق 3 سم. أدت هذه القيم إلى تحسين الإنتاجية اليومية بنسبة 25٪ مقارنة بنتائج المقطرات التقليدية.

الكلمات المفتاحية: التقطير الشمسي؛ جامع الطاقة الشمسية؛ أنابيب النحاس؛ مبادل حراري؛ هواء ساخن؛ الماء المقطر؛ الطاقة الشمسية.

Abstract: This work aims to enhance the performance of solar distillates by using the heated hot air in the flat solar collectors (working in a forced pregnancy). In the present experimental study, a heat exchanger (copper tube a diameter 1.4 cm) is installed at the bottom of the distillation trough. The air is pumped by a fan powered by solar panels into the flat solar collector forcibly. The latter heats the air and then feeds it into the heat exchanger. The push of hot air into the heat exchanger, heated by the solar collector leads to an exchange in the amount of heat between the heat exchanger tubes through which the hot air passes and the saline basin water, this modification leads to an increase in heating rate of the basin water, increasing the amount of evaporation and thus enhancing water productivity distilled. The modified solar distillation was experimentally examined at characteristic water depth of 3 cm (7.5 L of salt water), and the performance was compared at the same time with the conventional distillation device at characteristic water depth of 1.5 cm (2.5 L of salt water). The experimental results showed that the maximum daily yield of 2.5 L/m² per day for the conventional distillate at a depth of 1 cm, the maximum daily yield of 7.5 L/m² per day for the modified distillate at a depth of 3 cm. These values improved daily productivity by 25%, compared to the results of conventional distillers.

Keywords: Solar still; Solar collector; Copper tubes; Heat exchanger; Hot air; Distilled water; Solar energy.