الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

رقم الترتيب: .....

رقم التسلسل: .....

جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي

كلية العلوم الدقيقة

قسم: الفيزياء

مذكرة تخرج مقدمة لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة

تخصص: فيزياء تطبيقية إشعاعات وطاقة

من إعداد: بن علي لويزة

مومن مسعود سارة

الموضوع

دراسة مقارنة بين تأثير الزعانف العمودية والمائلة على أداء المقطر الشمسي

نوقشت يوم: 2023/06/07

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة:

- بوراس فتحي	أستاذ تعليم عالي	جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي	رئيسًا
- حاج عمار محمد علي	أستاذ محاضر- أ -	جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي	مناقشًا
- عطية محمد الهادي	أستاذ تعليم عالي	جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي	مؤطرًا

الموسم الجامعي 2023/2022

بسم الله الرحمن الرحيم

إهداء

إلى الذي أفتخر به وأعتز به دائماً إلى رمز التضحية والسند والحماية

أبي الغالي

إلى التي عانت وعاشت أرق الليالي إلى رمز الحنان والعطاء

أمي الغالية

إلى من جمعتني بهم أسمى المشاهر وأوثق الروابط إلى رمز الأنس والتعاون

إخوتي الأعزاء

إلى رفيقة دربي ومن كانت لي سنداً

أختي وردة

إلى كل من نسيهم قلمي ... ولم ينسيهم قلبي ... ومن خط اسمه على خارطة دربي

لويزة

إهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين

أهدي هذا العمل إلى الوالدين الكريمين حفظهما الله وأطال في عمرهما

إلى الإخوة والأخوات

إلى كل الأهل والأقارب

إلى من رأى في هذا العمل نفعاً

وكل من سيكون له زاداً

سارة

الشكر والعرفان

نشكر الله سبحانه وتعالى على نعمه الجزيلة التي أنعمها علينا فلك الحمد كما ينغي لجلال وجهك وعظيم سلطانك

كما نتقدم بشكرنا الجزيل للأستاذ الفاضل "عطية محمد الهادي" على ما بذله من

جهد في تقديم التوجيهات وتذليل الصعوبات طيلة إنجازنا لهذا العمل، فله منا أخلص مشاعر التقدير والإحترام والعرفان

ولا ننسى أستاذنا الكريم "غوث الي مبروك" الذي لم يبخل علينا بتوجيهاته وإرشاداته

وعونه وتشجيعه لنا فله أسمى تعابير الشكر والتقدير

كما نتقدم بشكرنا إلى كل من الأستاذة الفاضلة " حرز الله كريمة"

والأستاذ الكريم "بليلة عبد القادر" على مساعدتهم لنا ومجهوداتهم

جعلها الله في ميزان حسناتهم

وفي الأخير نتقدم بالشكر إلى كل من مدّ لنا يد العون من بعيد أو قريب.

لويزة، سارة

الفهرس

الفهرس

إهداء.....I
الشكروالعرفان.....III
الفهرس.....IV
فهرس الاشكال IX
فهرس الجداول XII
قائمة الرموز XIII
مقدمة عامة 2

** الجزء النظري**

الفصل الأول: مدخل للطاقات المتجددة

I-1- مقـــــــدمة 8
I-2- الطاقات المتجددة.....8
I-2-1- طاقة الرياح.....9
I-2-1-1- مميزات طاقة الرياح.....10
I-2-2- طاقة المياه 11
I-2-2-1- مميزات طاقة المياه 11
I-2-3- طاقة باطن الأرض 12
I-2-3-1- مميزات طاقة باطن الأرض 12
I-2-4- طاقة الهيدروجين 13
I-2-4-1- مميزات طاقة الهيدروجين 13
I-2-5- طاقة الكتلة الحية 14
I-2-5-1- مميزات طاقة الكتلة الحية 14
I-2-6- الطاقة الشمسية 15
I-2-6-1- أهمية الطاقة الشمسية 15
I-2-6-2- مميزات الطاقة الشمسية 16
I-2-7- استخدامات الطاقة الشمسية 17
I-2-7-1- الطاقة الشمسية الكهروضوئية (توليد الطاقة الكهربائية) 17
I-2-7-2- الطاقة الشمسية الحرارية 17
I-2-7-2-1- تسخين المياه 18
I-2-7-2-2- تكييف الهواء والتبريد 18
I-2-7-2-3- الطهي المنزلي 19

I-2-7-2-4- التجفيف 19
I-2-7-2-5- التدفئة 20
I-2-7-2-6- تحليه المياه..... 21
I-3- خاتمة..... 21

الفصل الثاني: دراسة نظرية للتقطير الشمسي

II-1- مقدمة..... 23
II-2- لمحة تاريخية..... 23
II-3- مشكلة نقص المياه الصالحة للشرب..... 23
II-4- التقطير الشمسي 24
II-4-1- تعريف التقطير الشمسي..... 24
II-4-2- أنواع المقطرات الشمسية 24
II-4-2-1- المقطر البسيط (ذو الميل الواحد) 24
II-4-2-2- المقطر الشمسي بميلين 25
II-4-2-3- المقطر الشمسي أرض-ماء 25
II-4-2-4- المقطر الشمسي الكروي 26
II-4-2-5- المقطر الشمسي المخروطي 26
II-4-2-6- المقطر الشمسي الأسطواني..... 27
II-4-2-7- المقطر الشمسي المتعدد الطوابق 27
II-4-2-8- المقطر الشمسي الشلال 28
II-4-2-9- المقطر الشمسي بالخاصية الشعيرية 28
II-5- المقطر الشمسي البسيط..... 29
II-5-1- مبدأ عمل المقطر الشمسي البسيط 29
II-5-2- طريقة صنع المقطر الشمسي البسيط 29
II-5-2-1- الأدوات المستعملة..... 29
II-5-2-2- خطوات تصنيع المقطر الشمسي البسيط..... 30
II-5-3- العوامل المؤثرة على أداء المقطر الشمسي البسيط 32
II-5-3-1- تأثير شدة الإشعاع الشمسي (Hs)..... 32
II-5-3-2- تأثير درجة الحرارة المحيطة (Ta)..... 32
II-5-3-3- تأثير سرعة الرياح (V m/s)..... 32
II-5-3-4- تأثير معامل انتقال الحرارة من جسم المقطر إلى الجو المحيط 32
II-5-3-5- تأثير عمق الماء المالح..... 32

II-5-3-6- تأثير إحكام سد البخار.....32
II-5-3-7- تأثير تسرب الماء الناتج.....33
II-5-3-8- تأثير انحدار الغطاء.....33
II-5-4- خصائص مكونات المقطر الشمسي البسيط.....33
II-5-4-1- الزجاج.....33
II-5-4-2- الصفيحة المعدنية.....33
II-5-4-3- العازل.....33
II-5-5- التوزان الطاقوي للمقطر الشمسي البسيط.....34
II-5-5-1- توازن الطاقة على مستوى الغطاء الزجاجي للمقطر.....34
II-5-5-2- في الخارج.....34
II-5-5-3- في الداخل.....34
II-5-5-4- التوازن الطاقوي في الماء.....35
II-5-5-5- التوازن الطاقوي أسفل المقطر (الصفيحة الماصة).....35
II-5-5-6- التوازن الطاقوي في العازل.....36
II-5-6- الخصائص الرئيسية للمقطر الشمسي البسيط.....36
II-5-6-1- محصول المقطر الشمسي.....36
II-5-6-2- كفاءة التقطير الشمسي.....37
II-5-6-3- أداء المقطر.....37
II-5-7- مميزات المقطر الشمسي البسيط.....37
II-5-8- عيوب المقطر الشمسي البسيط.....38
II-6- خاتمة 38

الجزء العملي

الفصل الثالث: النتائج التجريبية ومناقشتها

III-1- مقدمة.....41
III-2- الموقع الجغرافي والفلكي للمنطقة.....41
III-3- تركيبة المقطر الشمسي البسيط.....41
III-3-1- الهيكل الخارجي (الصندوق) 41
III-3-2- الغطاء الزجاجي.....42
III-3-3- أنبوب تجميع المياه.....42
III-4- الأجهزة المستعملة في التجربة.....43
III-5- الخطوات التجريبية.....44

III-5-1- التجربة الأولى.....44
III-5-2- التجربة الثانية.....45
III-5-2-1- البروتوكول التجريبي.....45
III-6- النتائج التجريبية.....48
III-7- تحليل ومناقشة النتائج.....49
III-7-1- تطور شدة الاشعاع الشمسي (I) ودرجة الحرارة المحيطة (T_a) 49
III-7-2- تطور سرعة الرياح (V) 50
III-7-3- تطور درجة حرارة الزجاج الخارجي والداخلي.....51
III-7-4- تطور درجة حرارة ماء الحوض T_{wb}.....54
III-7-5- تطور درجة حرارة الزعانف (T_f) 55
III-7-6- تطور درجة حرارة الزجاج الداخلي والزعانف ودرجة حرارة ماء الحوض للمقطرات الثلاثة.....55
III-7-7- تطور كمية الماء المنتجة.....56
III-8- دراسة إقتصادية لجدوى إستخدام المقطرات الشمسية المستعملة في التجربة 58
III-9- الصعوبات والتوصيات.....59
III-10- خاتمة.....59
الخاتمة العامة.....61
قائمة المراجع 63

فهرس الأشكال

ترتيب الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
	الفصل الأول: مدخل للطاقات المتجددة	
الشكل (1-I)	مخطط يوضح أهم الطاقات المتجددة	**9**
الشكل (2-I)	صورة فوتوغرافية توضح حقل توربينات لطاقة الرياح	**10**
الشكل (3-I)	صورة فوتوغرافية توضح استغلال طاقة المياه	**11**
الشكل (4-I)	طاقة باطن الأرض	**12**
الشكل (5-I)	صورة فوتوغرافية توضح محطه لاستغلال طاقة الهيدروجين	**13**
الشكل (6-I)	صورة توضح استغلال طاقة الكتلة الحية	**14**
الشكل (7-I)	صورة فوتوغرافية لألواح شمسية	**15**
الشكل (8-I)	مخطط يوضح استخدامات الطاقة الشمسية	**17**
الشكل (9-I)	مخطط يوضح استخدامات الطاقة الشمسية الحرارية	**17**
الشكل (10-I)	استخدام الطاقة الشمسية لتسخين المياه	**18**
الشكل (11-I)	التبريد والتكييف بالطاقة الشمسية	**19**
لشكل (12-I)	استعمال الطاقة الشمسية للطهي	**19**
الشكل (13-I)	استعمال الطاقة الشمسية في التجفيف	**20**
الشكل (14-I)	نظام التدفئة الشمسية في المنازل	**20**
الشكل (15-I)	رسم يوضّح طريقة عمل نظام التحلية بالتقطير باستخدام الطاقة الشمسية	**15**
	الفصل الثاني: دراسة نظرية للتقطير الشمسي	
الشكل (1-II)	مقطر بسيط بميل واحد	**25**
الشكل (2-II)	المقطر البسيط بميلين	**25**
الشكل (3-II)	مقطر شمسي أرض-ماء	**25**
الشكل (4-II)	المقطر الشمسي الكروي	**26**
الشكل (5-II)	المقطر الشمسي المخروطي	**26**
الشكل (6-II)	المقطر الشمسي الاسطواني	**27**
الشكل (7-II)	المقطر الشمسي المتعدد الطوابق	**27**

الشكل (II-8)	المقطر الشمسي الشلال	**28**
الشكل (II-9)	المقطر الشمسي بالخاصية الشعيرية (طابق واحد)	**28**
الشكل (II-10)	رسم تخطيطي يوضح مبدأ عمل المقطر الشمسي	**29**
الشكل (II-11)	الأدوات المستعملة لصنع المقطر الشمسي البسيط	**30**
الشكل (II-12)	مخطط يوضح توازن الطاقة في الزجاج	**34**
الشكل (II-13)	توازن الطاقة في الماء	**35**
الشكل (II-14)	توازن الطاقة في أسفل المقطر (الصفيحة الماصة)	**35**
الشكل (II-15)	يمثل التوازن الطاقوي في العازل	**36**

الفصل الثالث: النتائج التجريبية ومناقشتها

الشكل (III-1)	الموقع الجغرافي لولاية الوادي	**41**
الشكل (III-2)	رسم تخطيطي للهيكل الخارجي للمقطر الشمسي البسيط	**42**
الشكل (III-3)	صورة للغطاء الزجاجي	**42**
الشكل (III-4)	صورة أنبوب تجميع المياه	**42**
الشكل (III-5)	صورة لتجربة الأولى	**44**
الشكل (III-6)	أبعاد زعنفة عمودية	**45**
الشكل (III-7)	أبعاد زعنفة مائلة	**45**
الشكل (III-8)	رسم تخطيطي يوضح مواضع الزعانف في حوض المقطر الشمسي المحسن	**46**
الشكل (III-9)	رسم ثلاثي أبعاد يوضح المقطر الشاهد	**46**
الشكل (III-10)	رسم ثلاثي أبعاد يوضح المقطر المحسن بالزعانف العمودية والظل المتشكل عنها	**47**
الشكل (III-11)	رسم ثلاثي أبعاد يوضح المقطر المحسن بالزعانف المائلة والظل المتشكل عنها	**47**
الشكل (III-12)	صورة للمقطرات الشمسية الثلاثة (الشاهد- المحسن بالزعانف العمودية- المحسن بالزعانف المائلة)	**48**
الشكل (III-13)	منحنى تغيرات كل من شدة الإشعاع الشمسي الساقط ودرجة الحرارة المحيطة بدلالة الزمن ليوم التجربة	**50**
الشكل (III-14)	منحنى تغيرت سرعة الرياح بدلالة الزمن	**51**
الشكل (III-15)	منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج الخارجي (T_{go}) بدلالة الزمن	**52**
الشكل (III-16)	منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج الداخلي (T_{gi}) للمقطرات الثلاثة بدلالة الزمن	**53**
الشكل (III-17)	منحنى تغيرات درجة حرارة ماء الحوض (T_{wb}) للمقطرات الثلاثة	**54**

	بدلالة الزمن	
الشكل (III-18)	منحنى تغيرات درجة حرارة الزعانف (T_f) العمودية والمائلة للمقطرين المحسنين بدلالة الزمن	**55**
الشكل (III-19)	منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج الداخلي والزعانف ودرجة حرارة ماء الحوض للمقطرات الثلاثة بدلالة الزمن	**56**
الشكل (III-20)	أعمدة بيانية لكمية الماء المنتجة من المقطرات الثلاثة (كل ساعة) بدلالة الزمن	**57**
الشكل (III-21)	منحنى تغيرات كمية الماء المقطر المنتجة (المجمعة) للمقطرات الثلاثة بدلالة الزمن	**58**

فهرس الجداول

ترتيب الجدول	عنوان الجدول	الصفحة
الفصل الثاني: دراسة نظرية للتقطير الشمسي		
الجدول (1-II)	يوضح خطوات تصنيع المقطر الشمسي البسيط (ذو الميل الواحد)	**30**
الجدول (2-II)	يمثل التوصيلية الحرارية لبعض العوازل	**34**
الفصل الثالث: النتائج التجريبية ومناقشتها		
الجدول (1-III)	أجهزة القياس المستعملة	**43**
الجدول (2-III)	الظروف الجوية يوم التجربة	**48**
الجدول (3-III)	نتائج تحليل الماء المستعمل	**48**
الجدول (4-III)	دراسة إقتصادية لجدوى إستخدام المقطرات الشمسية المستعملة في التجربة	**59**

فهرس الرموز

الرمز	المصطلح	الوحدة
M	الإنبعاثية الإشعاعية للسطح الباث	**(W/m^2)**
t	الزمن	**(s)**
Cp	السعة الحرارية النوعية	**(J/kg °C)**
A	المساحة	**(m^2)**
G	تدفق الإشعاع الشمسي الساقط على السطح الزجاجي	**(W/m^2)**
T	درجة الحرارة	**(°C)**
	الرموز الاغريقية	
α	معامل الإمتصاص الاشعاعي	
τ	معامل النفاذية الحرارية	
η	المردود الطاقوي	
	الدليل السفلي	
a	الوسط الخارجي (المحيط)	
g	الغطاء الزجاجي	
gi	السطح الداخلي للزجاج	
ge	السطح الخارجي للزجاج	
i	العازل	
b	الحوض	
w	الماء	
c	التبادل الحراري بالحمل	
r	التبادل الحراري بالإشعاع	
evap	التبادل الحراري بالتبخير	
c. i_a	التبادل الحراري بالحمل بين العازل والهواء	
r. i_a	التبادل الحراري بالإشعاع بين العازل والهواء	
c. b_w	التبادل الحراري بالحمل بين الحوض والماء	
c. b_i	التبادل الحراري بالحمل بين الحوض والعازل	
r. w. _g. i	التبادل الحراري بالإشعاع بين الماء والزجاج الداخلي	
c. w. _g. i	التبادل الحراري بالحمل بين الماء والزجاج الداخلي	

المقدمة العامة

مقدمة عامة

الطاقة هي محور إهتمام العالم لما لها من أهمية يومية وإستراتيجية تحدد من خلالها علاقات الدول سلماً أو حرباً. إرتفاع أسعار مصادر الطاقة التقليدية يرهق الحكومات ويؤثر بشكل سلبي على النمو الإقتصادي، نتيجة لذلك بدأ يزداد إهتمام الدول بالطاقات المتجددة.

مصادر الطاقة المتجددة الموجودة على سطح الأرض ثروة ضخمة، تغني البشرية عن استخدام الطاقة الأحفورية إذا تم إستثمارها بالشكل المناسب، فهذه المصادر والتي تتمثل في الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، طاقة الكتلة الحية، طاقة باطن الأرض وطاقة الهيدروجين تكمن أهميتها في كونها بديل دائم ونظيف للبترول والغاز الطبيعي التي تشكل مخلفاتها تهديداً كبيراً للبيئة وللحياة على سطح الأرض.

تعد الطاقة الشمسية أهم هذه المصادر حيث أن معظم دول العالم تبذل جهوداً كبيرة للإستفادة منها بإعتبارها البديل النموذجي للطاقة التقليدية، وتأخذ هذه الجهود عدة صور، بعضها يغوص في أعماق البحث العلمي، وأخرى تدور في فلك التطوير التكنولوجي للأجهزة والمعدات التي تحول الطاقة الشمسية إلى صور مألوفة من الطاقة سواء كانت كهربائية أو حرارية وثالثة تخطط من أجل بناء مشروعات ضخمة لاستغلالها.

قال الله تعالى في كتابه العزيز: ﴿وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ﴾ (الأنبياء: 30)، الماء هو أساس البقاء لجميع الكائنات الحية، فهو سبب حياة الإنسان، والحيوان والنبات، وهو نعمة كبيرة لا ندرك أهميتها إلا عند فقدانها، فيعتمد الإنسان على المياه لقضاء إحتياجاته في شتى مجالات الحياة المختلفة. ندرة المياه هي عجز موارد المياه العذبة على تلبية الطلب على المياه. ويؤثر ذلك على قارات العالم كافة، وقد أدرج المنتدى الإقتصادي العالمي هذا الملف في عام 2015 بإعتباره أكبر خطر عالمي من حيث تأثيره المحتمل خلال العقد القادم.

يظهر ذلك في غياب القدرة على تلبية الطلب على المياه أو التلبية الجزئية له، وفي المنافسة الإقتصادية على كمية المياه وجودتها، والنزاعات بين المستهلكين، ونضوب المياه الجوفية، والآثار السلبية على البيئة. ويعيش ثلث سكان العالم (2 مليار نسمة) في ظل ظروف يعانون فيها من ندرة شديدة في المياه خلال شهر واحد على الأقل في العام. بينما يعاني نصف مليار شخص في العالم من ندرة حادة في المياه على مدار العام. كما تعاني نصف أكبر مدن العالم من ندرة المياه.

على الرغم من أن 0.014% فقط من إجمالي المياه الموجودة على سطح الأرض صالحة للشرب ويمكن الوصول إليها بسهولة (من المياه المتبقية، 97% منها مالحة، وأقل بقليل من 3% يصعب الوصول إليها [1]، فمن الناحية الفنية، هناك كمية كافية من المياه العذبة على الصعيد العالمي، كي تدبر بها البشرية إحتياجاتها. ومع ذلك، وبسبب عدم التكافؤ في التوزيع (الذي تفاقم بسبب التغييرات المناخية) في بعض المناطق الجغرافية الرطبة والجافة للغاية، بالإضافة إلى الإرتفاع الحاد في الطلب العالمي على المياه العذبة في العقود الأخيرة بفعل الصناعة، تواجه البشرية أزمة مائية، في ظل توقعات بإرتفاع الطلب عن المعروض بنسبة 40% في عام 2030، في حال استمرت الإتجاهات الحالية.

التقطير الشمسي هو أحد طرق استخدام الطاقة الشمسية بشكل مباشر لغرض تقطير المياه، حيث يستخدم لذلك جهاز بسيط يدعى المقطر الشمسي الذي يشبه في عمله عملية التبخير الطبيعية للمياه الموجودة على سطح الأرض [2]، بالإضافة إلى أن الماء المقطر المنتج من هذه العملية صالح للشرب وذلك بعد أن يضاف إليه ضعفي الكمية المنتجة من المياه العادية (المياه الجوفية) وهي الطريقة المستعملة لتحلية مياه المنطقة (الوادي)، يستخدم الماء المقطر في الصناعة مثل تصنيع بعض العقاقير الطبية ومواد التجميل والبطاريات

وكذلك تعقيم الأدوات الطبية و المخبرية، لذا فاستغلال الطاقة الشمسية في عملية التقطير سيوفر المصاريف المستخدمة في عملية التقطير الحديثة، كون الطاقة الشمسية مجانية وتكلفة تصنيع المقطرات المستخدمة رخيصة.

هناك العديد من الأبحاث التجريبية التي أجريت على المقطرات الشمسية لتقييم فعاليتها وتحسين أدائها، وفيما يلي بعض الأمثلة على هذه الأبحاث:

لزيادة مردود المقطر الشمسي النصف كروي **Attia et al. (2021) [3]** حاولوا في هذا العمل الحصول على التركيز الأمثل لمواد التخزين ذات التوصيلية الحرارية العالية(الجرافيت)، الذي يحقق أعلى أداء للمقطرات النصف كروية، أظهرت النتائج التجريبية أن تركيز g/L 35 من الجرافيت يمثل التركيز الأمثل بنسبة تحسين بلغت 93.94% مقارنة بالمقطر التقليدي. خلصت النتائج أنه عند استخدام مواد تخزين حساسة للتوصيل الحراري العالي(الجرافيت)، يجب أن لا يزيد تركيزها عن g/L 35، لأن الإنتاجية ستستقر تقريباً بعد هذا التركيز.

لزيادة محصول المقطر الشمسي نصف الكروي **Kabeel et al. (2022) [4]** بحثوا تجريبياً تأثير زعانف إسطوانية حديدية ممتدة بقطر 1.2 cm على مسافات مختلفة في المقطر الشمسي نصف الكروي (0 cm، 1 cm، 2 cm، 3 cm، 4 cm و 5 cm)، حيث أظهرت النتائج أن زيادة عدد الزعانف الإسطوانية الممتدة في الحوض يزيد مردود المقطر الشمسي، فكانت أفضل نتيجة مسجلة للمردود عند مسافة التباعد صفر بنسبة تحسين بلغت 31.25%.

Attia et al. (2022) [5] استعملوا حوض من نوع خاص على شكل تموج مرة على شكل حرف V ومرة نصف أسطوانة ومرة مسطحه من أجل معرفة مدى تأثيره على إنتاجية التقطير الشمسي، فأظهرت النتائج أن المقطر الذي يملك حوض مموج على شكل حرف V أكثر إنتاجاً مقارنة بالباقي بنسبة تصل إلى 42.85%.

Vembu et al. (2023) [6] قاموا بدراسة أداء المقطر الشمسي بإضافة إسطوانات الفحم (مواد تخزين الطاقة)، أظهرت النتائج تحسين إنتاجية المقطر بنسبة 44.44%.

لتحسين إنتاجية العائد التراكمي اليومي للمقطر النصف الكروي، **Attia et al. (2023) [7]** قاموا بدراسة أداءه بإضافة مرايا عاكسة دائرية الشكل وأخرى مخروطية الشكل حيث شملت التجربة ثماني زوايا (10°، 15°، 25°، 30°، 35°، 40°، 45°، مع الرأسي) ، أظهرت النتائج أن استخدام المقطر النصف كروي المحسن بالمرايا المخروطية بزاوية ميل 25° أعطى أعلى عائد تراكمي بنسبة تحسين بلغت 42.74% مقارنة بالمقطر الشاهد.

Attia et al. (2022) [8] قاموا بدراسة أداء المقطر الشمسي ذو الميل الواحد بإضافة 25 كرة ملح كروية في حوضه بعمق ماء 1.5 cm (حالة 1) و 2 cm (حالة 2)، حيث وجد أن استخدام كرات الملح له دور جيد في زيادة إنتاجية المقطرات الشمسية، فكان المردود الإنتاجي للحالة 1 أعلى من الحالة 2 بحوالي 8.06% وأعلى من المقطر الشمسي التقليدي بحوالي 17.45%.

Baggas et al. (2023) [9] استعملو نفايات الألمنيوم كمادة لتخزين الحرارة في تقنية التقطير الشمسي، حيث عملت هذه المواد على تحسين الإنتاجية بنسبة 48.19% مقارنة بالمقطر الشاهد.

من أجل زيادة كمية الماء المقطر، **Attia et al. (2022) [10]** قاموا بدراسة مقارنة بين ثلاث مقطرات شمسية نصف كروية، أحدها شاهد وآخر ذو زعانف إسطوانية مجوفة والآخر ذو زعانف إسطوانية مملوءة بمواد تغيير الطور في الحوض للحصول على أعلى مردود، وذلك بدراسة أربع مسافات مختلفة

(0 cm، 2 cm، 3 cm و 4 cm)، أظهرت النتائج أن استخدام الزعانف الإسطوانية المملوءة بمسافة فجوة صفرية، يمثل التكوين الأمثل الذي يحقق أعلى مردود للمقطر بلغ 80.4% مقارنة بالمقطر الشاهد.

Attia et al. (2021) [11] درسوا تأثير الحصى السوداء مختلفة الأحجام (4 mm، 8 mm، 11 mm و 16 mm) على أداء المقطر الشمسي النصف الكروي، بينت النتائج أن مردود المقطر الشمسي نصف الكروي بحصى سوداء مختلفة الأحجام كانت على التوالي 16.3%، 31.6%، 40.8%، 57.1% مقارنة بالمقطر التقليدي.

Kabeel et al. (2016) [12] فحصوا المقطر المعدل المزدوج الممرر بهيكل الهواء الشمسي مع مادة تغيير الطور بشكل تجريبي لتعزيز إنتاج الماء المقطر، حيث تم التحقق من تأثير الهواء الساخن على أداء المقطر بإجراء مقارنة تجريبية بين مقطر تقليدي والمعدل، أظهرت النتائج أن مردود المقطر المعدل تحسن بنسبة 108% مقارنة بالمقطر الشاهد.

Kabeel et al. (2022) [13] استهدفوا في هذا العمل إضافة مادة الكتان طبيعي إلى مقطرين نصف كرويين حيث أن أحدها به ألياف صفراء طبيعية والآخر مصبوغة بالأسود، وبمقارنة النتائج المتحصل عليها من هذين المقطرين بمقطر نصف كروي تقليدي شاهد تبين أن الأول تحسن بنسبة 29.7% والثاني بنسبة 39.6%.

Kaviti et al. (2021) [14] أجروا دراسة لبحث تأثير ربط زعانف مخروطية مصنوعة من الألومنيوم، عددها 18 وإرتفاعها 50 mm وقطرها 30 mm وذلك بإضافتها على أعماق مختلفة للمياه (1 cm، 2 cm و 3 cm) في المقطرات ، أظهرت النتائج تحسن أداء المقطرات المستخدمة في هذه التجربة بنسبة 54.11% ، 45.52%، 33.12% على التوالي مقارنة بمقطر شاهد.

Attia et al. (2022) [15] ليحددوا الحجم الأمثل للكرات الملح الصخري الكروية (مادة تخزين طاقة منخفضة التكلفة)، تم فحص أربعة أحجام متنوعة من كرات الملح (0.5 cm، 1 cm، 1.5 cm، و 2 cm) ومقارنتها بمقطر شمسي نصف كروي تقليدي، أشارت النتائج إلى تحسين إنتاج المياه المقطرة باستخدام كرات الملح الصخري الكروية بنسبة 45.6%، 34.4%، 27.3%، 21.9% على التوالي.

Sathyamurthy et al. (2022) [16] بحثوا في هذا العمل تحسين أداء المقطر الشمسي باستعمال مادة البارفين و Al_2O_3 من رتبة النانو، وذلك بوضع حوض شاهد وحوض به إسطوانات من النحاس مملوءة بالبارفين وآخر به إسطوانات من النحاس مملوءة بالبارفين مع Al_2O_3 من رتبة النانو، وفكانت نسبة التحسين 27.84% و71.13% على التوالي.

Kabeel et al. (2022) [17] أجروا في هذا العمل تعديل في حوض المقطر النصف كروي من أجل تحسين إنتاجية الماء المقطر، فكان الحوض على شكل تموج حرف V لكن مقلوب لزيادة في عكس المزيد من الإشعاع الشمسي، فكانت إنتاجية المقطر المزود بالحوض المموج والمجمع الشمسي محسنة بنسبة 68.82% مقارنة بالمقطر الشاهد، في حين تحسن أداء المقطر نصف الكروي ذو الحوض المموج فقط بنسبة 59.20% مقارنة بالمقطر الشاهد.

Attia et al. (2022) [18] قاموا بدراسة مقارنة لثلاث مقطرات شمسية نصف كروية، أحدها شاهد وآخر مغطى بالكامل بفتيل بسمك 8 mm مع تبريد غطاءه الزجاجي بمعدل 2 L في الساعة، بينت النتائج أن استخدام الفتيل في الحوض النصف كروي أعطى مردود عالي مقارنة بالمقطر التقليدي، في حين أن تبريد النظام بالإضافة لاستخدام الفتيل أعطى نتائج أفضل بلغت 69.23% وكانت في المقطر دون تبريد 40% مقارنة بالمقطر الشاهد.

Savithiri et al. (2022) [19] أجروا دراسة لبحث تأثير مواد مطاطية مختلفة السمك (2.5 cm، 5 cm، 7.5 cm و 10 cm) ومواد الفتيل بسمك (1.5 mm، 3 mm، 4.5 mm و 6 mm) على أداء المقطر الشمسي النصف كروي، أظهرت النتائج تحسن مردود المقطر بإضافة المواد المطاطية مختلفة السمك بنسبة 14.29 %، 26.53%، 35.71% ، 46.94% على التوالي، كما أن استخدام مواد الفتيل بسمك مختلف أدى إلى تحسين مردود المقطر الشمسي بنسبة 12.24% ، 22.45% ، 30.61% ، 40.81% على التوالي.

Attia et al. (2022) [20] فحصوا تأثيرات كرات الملح الصخري (مادة تخزين للطاقة) قطرها 20 cm متباعدة بمسافات (3 cm، 4 cm، 5 cm و 6 cm) ، ومقارنتها بمقطر شمسي نصف كروي تقليدي، أظهرت النتائج التجريبية أن استخدام كرات الملح بمسافة تباعد 4 cm تمثل التصميم الأمثل الذي يزيد من أداء المقطر بنسبة 49%.

Attia et al. (2022) [21] بحثوا في هذه الدراسة تأثير معدل تدفق الماء لتبريد الغطاء الزجاجي وذلك لتحسين أداء المقطر الشمسي نصف الكروي، وللحصول على المعدل الأمثل لتدفق الماء بإختبار ثمانية معدلات لتدفق المياه (0.5 L/h إلى 4 L/h)، بينت النتائج التجريبية أن معدل التدفق الأمثل للماء هو 2.5 L/h بنسبة تحسين بلغت 43.61% مقارنة بمقطر نصف الكروي التقليدي.

وتشير هذه الأبحاث إلى أن التقطير الشمسي يعد طريقة فعالة وصديقة للبيئة لتنقية المياه وتوفيرها للمجتمعات المحلية، وتحسين جودة الحياة في المناطق التي تعاني من نقص المياه النظيفة.

يهدف العمل التجريبي إلى دراسة إمكانية تحسين مردود المقطر الشمسي البسيط، وذلك بإضافة صفيحة من حديد تحتوي على زعانف حديدية عمودية وأخرى تحتوي على زعانف مائلة، تم إجراء مقارنة لإنتاجية المقطرات الشمسية ذات الصفائح الحديدية وبتثبيت 100 زعنفة حديدية عمودية ومائلة بنفس القطر (1.2 cm) ونفس الإرتفاع (3 cm) موزعة على تباعد ثابت وبإنتظام في قاع حوضي مقطرين ومقارنتها بمقطر شاهد.

تضم هذه الدراسة ثلاثة فصول:

- **الفصل الأول:** التعريف بالطاقات المتجددة ومزاياها حيث ركز عن الطاقة الشمسية ودورها في عملية التقطير الشمسي.
- **الفصل الثاني:** عموميات عن عملية التقطير الشمسي ودراسة نظرية للمقطر الشمسي البسيط.
- **الفصل الثالث:** يضم هذا الفصل النتائج التجريبية ومناقشتها ودراسة إقتصادية لجدوى إستخدام المقطرات الشمسية المستعملة في التجربة.

الجزء النظري

الفصل الأول

مدخل للطاقات المتجددة

I-1- مقـــــــــدمة:

الطاقة عصب الحياة وعلى أساسها قامت أكبر الإقتصادات العالمية، وبها تستمر دورة الطبيعة بعملية التركيب الضوئي، ومنه استمرار تكاثر الكائنات الحية وفق سلاسل غذائية يعتمد تشكلها على وجود الشمس.

تمثل الشمس المصدر الرئيسي لكثير من الطاقات الموجودة في الطبيعة، حيث أن البعض يطلق عليها مصطلح "أم الطاقات"، اذ لولاها لما وجدت الحياة بشكلها الحالي على سطح كوكبنا، وقد أدرك الإنسان منذ القدم أهميتها في حياته فلم يدخر جهداً في دراستها فكان يستخدم الطاقة الصادرة منها في مجالات عدة مثل التدفئة، التسخين، تجفيف المحاصيل الزراعية وتحليه المياه وغيرها.

وفي ظل الأزمات الطاقوية المتزايدة المتعلقة بالوقود والغاز في العالم، أصبح من الضروري التوجه نحو الطاقات المتجددة كونها بديل ممتاز للدول التي لا تملك إحتياطات طاقوية من الطاقات التقليدية، حيث اتجهت جل الدول الأوروبية على خلفية تداعيات الحرب الروسية على أوكرانيا، ولفك تبعيتها الطاقوية لروسيا لتكثيف دراساتها في مجال الطاقات المتجددة مثل استغلال طاقة الهيدروجين، من أجل البحث على بديل دائم ومتجدد عن المصادر التقليدية، وتعد الطاقة الشمسية من أهم الطاقات المتجددة الموجودة على سطح الأرض وذلك لتعدد استخداماتها.

I-2- الطاقات المتجددة:

الطاقة هي أحد المقومات الرئيسية للمجتمعات المتحضرة، وتحتاج إليها كافة قطاعات المجتمع بالإضافة إلى الحاجة إليها في تسيير الحياة اليومية [22].

الطاقة المتجددة هي الطاقة التي تستمد من الموارد الطبيعية التي تتجدد باستمرار أي لا تنفذ، ويطلق عليها أيضا إسم الطاقة المستدامة لكون مصادرها دائمة دوام الحياة ولا تحتاج إلى استخراج أو تعديل أو عمليات مكننة [22- 24].

تحقق الطاقات المتجددة أهدافاً إقتصادية عديدة من أهمها حماية البيئة، مما دفع دول عديدة للإهتمام بتطوير هذا المصدر من الطاقة ووضعه هدفاً تسعى لتحقيقه، وعليه أصبح خيار التوجه نحو إنتاج الطاقة المتجددة بواسطة المصادر غير التقليدية حتمياً في ضوء نجاح العديد من التجارب العالمية [25، 26].

للطاقات المتجددة عدة مميزات أكسبتها مكانتها الحالية وميزتها عن الطاقات التقليدية تتمثل في أنها طاقة نظيفة، غير قابلة للنفاذ ومحافظة على البيئة، حيث أنها لا تطلق ملوثات في الجو وتوفر بيئة أنظف وأكثر صحة ولا تسبب أضرار، توفر فرص عمل جديدة وتقي الإقتصاديات من الأزمات التي تحدثها التقلبات في أسعار الوقود التقليدي [27]، تساهم في خفض عدد وشدة الكوارث الطبيعية الناجمة عن الإحتباس الحراري وكذلك تحد من تشكل الأمطار الحمضية التي تلحق الضرر بكافة المحاصيل الزراعية [28].

للطاقات المتجددة عيوب تتمثل في كونها مصادر متقطعة، أي لا تتوافر على مدار اليوم وكذا إضطراب توزعها بالإضافة لصعوبة تخزينها ونقلها [29].

للطاقات المتجددة مصادر متنوعة تتعلق معظمها بشكل غير مباشر بالشمس، تتمثل أهم هذه المصادر في الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، طاقة المياه، طاقة باطن الأرض، طاقة الهيدروجين، طاقة الكتلة الحية كما هو موضح في الشكل (I-1).

تشهد هذه المصادر من الطاقة في الآونة الأخيرة تطور كبير في تقنيات استغلالها وذلك راجع لحاجة البشرية المتزايدة للطاقة وللحد من أزمة المناخ والإحتباس الحراري الناجم عن مخلفات استغلال الطاقات الأحفورية.

الشكل (I-1): مخطط يوضح أهم الطاقات المتجددة.

I-2-1- طاقة الرياح:

تعتبر طاقة الرياح أحد مظاهر الطاقة الشمسية فالشمس ترفع درجة حرارة طبقات الفضاء وهي ليست على درجة حرارة واحدة في كل الأماكن وفي الطبقات مختلفة الإرتفاع، بل وتتحكم في ذلك الزاوية التي تسقط بها الأشعة الشمسية على هذه الطبقة وينتقل الهواء البارد ليحل مكان الهواء الساخن وكذلك يرتفع الهواء الساخن في دوره إلى أعلى ليحل مكان الهواء البارد، هذه التحركات هي التي تسبب الريح فتختلف من موضع لآخر [29].

المبدأ الأساسي في هذا النوع من الطاقة هو استرجاع الطاقة الحركية المخزنة في جزيئات الهواء وتحويلها إلى طاقة ميكانيكية عن طريق العنفات، ثم تحويلها فيما بعد إلى طاقة ميكانيكية فعالة أو إلى طاقة كهربائية مع الأخذ بعين الإعتبار سرعة التدوير الدنيا.

لقد استخدم الإنسان طاقة الرياح منذ فترة طويلة، حيث استعملها في تسيير السفن الشراعية وطحن الحبوب، وضخ المياه من مصادر مختلفة إلى أماكن الحاجة لهذه المياه وتتم هذه العملية باستخدام توربينات الرياح ومضخات المياه.

كما تستخدم طاقة الرياح في توليد الكهرباء عن طريق تحويل الطاقة المحركة الموجودة في الرياح طاقة كهربائية وتسمى الماكينات التي تعمل في توليد الكهرباء بتوربينات الرياح كما هو موضح في الشكل (I-2)، بخلاف تلك المستخدمة في طحن الحبوب يطلق عليها طواحين الرياح [30].

الشكل (I-2): صورة فوتوغرافية توضح حقل توربينات لطاقة الرياح.

I-2-1-1- مميزات طاقة الرياح:

- ✓ غير مكلفة حيث أنه يمكن بأسبوع تأسيس مزرعة هواء تحتوي على أبراج كبيرة.
- ✓ لا تتأثر بإرتفاع أسعار الوقود الأحفوري.
- ✓ لا تحتاج للحفر والتنقيب ليتم استخراجها ولا حتى لمحطات توليد.
- ✓ كلفتها متدنية على الرغم من إرتفاع أسعار الوقود.
- ✓ قابلة للتجديد بإعتبارها طاقة غير نافذة.
- ✓ تقنياتها معروفة ومتطورة وتعمل مولداتها بصورة ذاتية ولا تحتاج إلى صيانة مستمرة أو وقود ولا تحرر غاز ثاني أكسيد الكربون.
- ✓ توفر طاقة الرياح مصدر كهرباء نظيف وملائم للمناخ وبأسعار تنافسية حيث أنها خالية من جميع الملوثات المتعلقة بالأحفور النووي والمصانع النووية.
- ✓ تخلق توربينات الرياح فرصاً للعمل وفوائد للمناطق التي تعاني ضعفاً من الناحية الإقتصادية، كما أنها تخلق فرصاً للعمل في تصنيع التوربينات وخدمات التخطيط والصيانة وتخلق دخلاً للمجتمعات المحلية من وراء جني عائدات الضرائب ودفع إيجارات لاستخدام الأراضي.
- ✓ تغطي توربينات الرياح مجموعة كبيرة من التطبيقات، فالتوربينات التي تقع خارج الشبكة وتصل طاقتها إلى 10 كيلو واط تمد المزارع والقرى الصغيرة بالطاقة، أما توربينات الرياح البحرية التي تصل طاقتها إلى عدة مئات من الميجا واط فلديها قدرة مثبتة على تغذية الشبكة الكهربائية التابعة للمناطق الصناعية بالطاقة.
- ✓ تعد توربينات الرياح أساساً مثالياً لمزج طاقة ما بغيرها من مصادر الطاقة المتجددة، سواء كان ذلك في شبكات الكهرباء العامة أو شبكات الكهرباء المصغرة [31].

I-2-2- طاقة المياه:

تعتبر الطاقة المائية من أهم مصادر الطاقة المتجددة وتشكل حوالي 20% من الإنتاج العالمي الكلي للطاقة الكهربائية [22].

تأتي الطاقة المائية من طاقة تدفق المياه أو سقوطها في حالة الشلالات (مساقط المياه)، كما هو موضح في الشكل(I-3)، أو من تلاطم الأمواج في البحار، حيث تنشأ الأمواج نتيجة لحركة الرياح وفعلها على مياه البحار والمحيطات والبحيرات، ومن حركة الأمواج هذه تنشأ طاقة يمكن استغلالها وتحويلها إلى طاقة كهربائية [32].

منذ القدم كان الإنسان يستخدم مياه الأنهار في تشغيل بعض النواعير التي كانت تستعمل لإدارة مطاحن الدقيق وآلات النسيج ونشر الأخشاب، أما اليوم، وبعد أن دخل الإنسان عصر الكهرباء بدأ استعمال المياه لتوليد الطاقة الكهربائية في العديد من الدول مثل النرويج السويد كندا والبرازيل من أجل هذه الغاية تقام محطات توليد الطاقة على متساقط الأنهار وتبنى السدود والبحيرات الإصطناعية لتوفير كميات كبيرة من الماء كما هو موضح في الشكل (I-3) تضمن تشغيل هذه المحطات بصورة دائمة [33].

الشكل (I-3): صورة فوتوغرافية توضح استغلال طاقة المياه.

I-2-2-1-مميزات طاقة المياه:

- ✓ طاقة متجددة ومرنة.
- ✓ متوفرة بكثرة وبكثافة عالية.
- ✓ لا تلوث البيئة بثاني أكسيد الكربون وغيره من الغازات السامة كالتي تنتج عن الوقود الأحفوري.
- ✓ سهولة التحكم في كمية الإنتاج حسب الطلب.
- ✓ ملائمة للتطبيقات الصناعية.
- ✓ رأس المال المنفق في هذه العملية يتمثل في بناء السد أو الخزان وهذا مفيد في عملية تنظيم الري.
- ✓ لا تحتاج تكاليف مرتفعة لعملية الصيانة.
- ✓ التوربينات المائية سهلة التركيب والصيانة.
- ✓ قليلة التكلفة لأن معظمها مصادر طبيعية.
- ✓ إمكانية استغلال البحيرات في الأنشطة الترفيهية مما يقلل من التكلفة.
- ✓ وجود وفرة في إنتاج الطاقة الكهرومائية يجذب المزيد من المستثمرين ومن ثم فإن وفرة الطاقة الكهرومائية يؤدي إلى وفرة معدل الإستثمار الصناعي.

- ✓ مورد طاقة مجاني وفعال.
- ✓ يمكنها مواكبة الطلب وتلبية الإحتياجات.
- ✓ يمكن استخدام محطات توليد طاقة المياه على المدى الطويل لأن معداتها لا تتلف سريعاً.
- ✓ لا تحتاج محطات الطاقة المائية إلى وقود للتشغيل بالتالي تكلفتها بالنسبة للمحطات العاملة بالوقود الأحفوري منخفضة جداً [34].

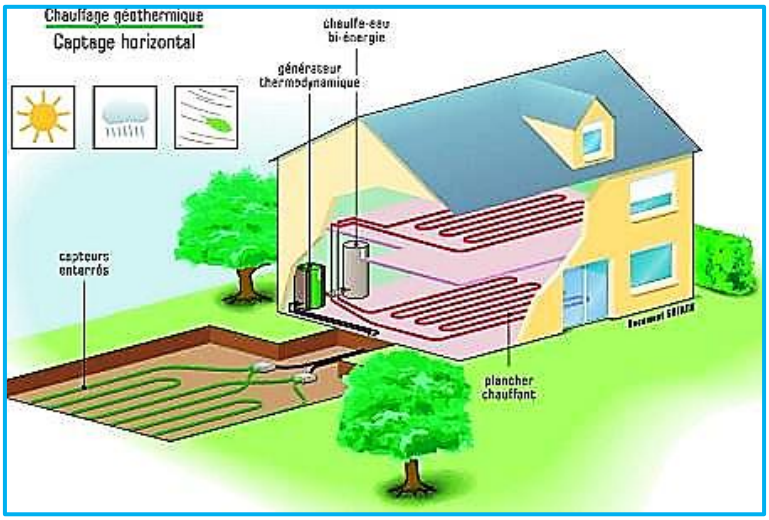
I-2-3- طاقة باطن الأرض:

تعود تسمية طاقة باطن الأرض إلى كلمة يونانية تنقسم إلى قسمين Geo وتعني الأرض وThermal ومعناها حرارة.

تتمثل طاقة باطن الأرض في الحرارة المخزنة تحت سطح الأرض والتي تزداد مع زيادة العمق وتخرج من جوف الأرض عن طريق الإتصال والنقل الحراري والينابيع الساخنة والبراكين الثائرة، ويمكن استغلال الطاقة الحرارية في جوف الأرض بالطرق التقنية المتوفرة بصورة إقتصادية [32]، ويمثل الشكل (I-4) استغلال طاقة باطن الأرض في التدفئة منزلية.

يعتبر استخدام طاقة باطن الأرض عملياً أكثر في الأماكن التي تكون فيها درجة حرارة الأرض عالية قريباً من السطح، ويكون هذا غالباً في الأماكن القريبة من المناطق النشطة جيولوجياً. وقد تم استغلال هذا المصدر من الطاقة بواسطة الإنسان قديماً، عادة ما يكون على شكل حمامات حرارية طبيعية، لكن البحث عن بدائل للوقود الأحفوري قاد إلى إهتمامات متجددة بطاقة باطن الأرض، حيث تستخدم الطاقة الحرارية الجوفية مباشرة لتوفير الحرارة للأبنية والعمليات الصناعية وذلك باستخدام أنظمة التدفئة المركزية [35].

إن أهم المشاريع والتطبيقات المستخدمة في حالة الطاقة الحرارية الأرضية هي محطات الطاقة الجوفية الحرارية وهي تشبه المحطات التقليدية، عدا أنها لا تستخدم وقود في تسخين المياه بغرض تحويلها إلى بخار، فالبخار أو الماء الساخن الصادرين من باطن الأرض يوجهان نحو توربينة تنتج الطاقة الكهربائية مباشرة.



الشكل (I-4): استغلال طاقة باطن الأرض.

I-2-3-1-مميزات طاقة باطن الأرض:

- ✓ طاقة متجددة.
- ✓ إمكانية استخدام الماء الساخن الصادر من الأرض مباشرة للأغراض المنزلية مثل الطبخ.
- ✓ المحافظة على البيئة المحيطة والتخلص من النفايات الصادرة عن الطاقات التقليدية.

- ✓ حماية صحة الإنسان والإستشفاء بالينابيع الحارة.
- ✓ طاقة نظيفة.
- ✓ مصدر طاقة صديق للبيئة.
- ✓ تتوفر طاقة باطن الأرض على مساحات شاسعة وبكميات هائلة.
- ✓ مصدر موثوق ومستمر للطاقة.
- ✓ يمكن استخدامها في التدفئة والتبريد.
- ✓ مصدر طاقة غير مكلف.
- ✓ يمكننا التنبؤ بمقدار الطاقة المستخرجة بدرجة عالية من الدقة [36].

I-2-4- طاقة الهيدروجين:

يمتلك الهيدروجين كل المقومات التي تجعله وقوداً ناجحاً، فهو الأخف والأنظف، ومن الممكن تحويله إلى أشكال أخرى من الطاقة بكفاءة تامة، ويعتبر أيضاً من أكثر العناصر تواجداً في الكون، وهو أرخص أنواع الوقود المحضر صناعياً نسبة إلى كمية الطاقة المختزنة فيه، يتم الحصول على الهيدروجين من الماء بتحلله إلى عنصري الأكسجين والهيدروجين [29]، الشكل (I-5) يمثل محطه لاستغلال طاقة الهيدروجين.

يمكن استخدام الهيدروجين في البيوت السكنية بدلاً من الغاز الطبيعي وبصورة خاصة لأغراض الطبخ والتسخين والتدفئة، كما يمكن استعماله وقوداً مستقبلياً لمختلف وسائل النقل دون إجراء تغييرات جذرية في أجهزة المحركات المعمول بها حالياً، بالإضافة إلى استعمالاته في صناعة الأسمدة الكيميائية وتوليد الطاقة الكهربائية [37].

الشكل (I-5): صورة فوتوغرافية توضح محطه لاستغلال طاقة الهيدروجين.

I-2-4-1- مميزات طاقة الهيدروجين:

- ✓ توفر الهيدروجين بكثرة لكونه العنصر الأكثر تواجداً على سطح الأرض.
- ✓ طاقة نظيفة وصديقة للبيئة ولا تلحق ضرراً بالكائنات الحية.
- ✓ -لا تنتج مخلفات سامة أو طاقة حرارية زائدة تؤثر على حرارة الكرة الأرضية واستقرار الحياة عليها.
- ✓ تعد الطاقة الهيدروجينية من أكثر مصادر الطاقة فاعلية.
- ✓ طاقة متجددة حيث يتصف الهيدروجين بالإستدامة.
- ✓ تخلق طاقة الهيدروجين المنتجة محلياً فرص عمل طويلة الأجل.

- ✓ قابلة للمزج مع الغاز الطبيعي.
- ✓ يسرع الهيدروجين استخدامات الطاقة المتجددة [36].

I-2-5- طاقة الكتلة الحية:

تتمثل في كل أشكال الكتل أو المواد العضوية المتواجدة على سطح الأرض والموضحة في الشكل (I-6)، ويرجع أصل هذه الطاقة أو جزء منها للطاقة الشمسية وذلك من خلال عملية التركيب الضوئي.

تحتل طاقة الكتلة البيولوجية منزلة خاصة نظراً لأهميتها القصوى لحاضر ومستقبل الطاقة في الدول النامية فيعتمد حوالي سبعون في المئة من السكان على الكتلة البيولوجية كالخشب وبقايا المحاصيل و روث البهائم للاستخدامات المنزلية وخصوصاً كوقود للطهي بالإضافة إلى ذلك فإن الكتلة البيولوجية مصدر طاقة متعدد الجوانب من الممكن تحويلها إلى وقود صلب وسائل وغاز، وتعتمد التقنيات التي تستخدم مصادر الكتلة البيولوجية لإنتاج الحرارة للعمليات الصناعية ولإنتاج الكهرباء على الإحتراق المباشر لواحد أو أكثر من أشكال الكتلة البيولوجية محل الوقود التقليدي مباشرة في محركات الإحتراق الداخلي [29].

الشكل (I-6): صورة توضح استغلال طاقة الكتلة الحية.

I-2-5-1- مميزات طاقة الكتلة الحية:

- ✓ طاقة متجددة مع دورة الطبيعة.
- ✓ طاقة نظيفة.
- ✓ طاقة مرنة مقارنة بالطاقات الأخرى بسبب إمكانية تخزينها.
- ✓ لا تسبب تلوثًا للبيئة.
- ✓ تقليل مركزية إنتاج الطاقة.
- ✓ تساعد على تقليل النفايات.
- ✓ تتميز بوفرتها الكبيرة وموثوقيتها كمصدر للطاقة المتجددة.

- ✓ سهولة نقلها وتخزينها.
- ✓ تخلق دورة للمادة والطاقة.
- ✓ إن عملية إحتراق CO_2 لا تنجم عنها أي أخطار للبيئة.
- ✓ توليد الطاقة من النفايات الصلبة.
- ✓ استخدام النباتات كمصدر للطاقة ويشمل عدة أوجه منها:
  - استخدام الأخشاب كوقود للطهي والتدفئة.
  - زراعة مواد قابلة للتحويل فيما بعد إلى وقود.
  - زراعة الأشجار القادرة على إنتاج المواد العضوية عالية الطاقة وسهلة الاستخلاص.
  - استخدام عمليات التمثيل الضوئي في استخلاص الطاقة [36].

I-2-6- الطاقة الشمسية:

تعد الطاقة الشمسية من أهم أنواع الطاقات المتجددة والتي يمكن استغلالها بصورة مستمرة أي لا ينتج عنها غازات أو مخالفات ضارة بالبيئة مقارنتاً بمصادر أخرى، ففكرة استخدام الطاقة الشمسية في التسخين أو تحريك الآلات ليست بجديدة على الإطلاق، لذا أصبحت الطاقة الشمسية في الوقت الراهن "أم الطاقات " كما يطلق عليها البعض فهي طاقة نظيفة لا تنضب مادامت الشمس موجودة فجميع مصادر الطاقة الموجودة على سطح الأرض نشأت من الطاقة الشمسية كما استخدمت الشمس قديمًا في تسخين المياه وتجفيف المحاصيل وحفظها من التلف، أما حالياً نجد أن التجارب تقوم على محاولة استغلال الطاقة الشمسية في إنتاج الكهرباء كما هو مبين في الشكل (I-7) والتدفئة وغيرها، وفي الوقت الحاضر ونظراً لإرتفاع أسعار الوقود وزيادة استهلاك الطاقة نجد أن طاقة الشمس تتصدر المكانة الأقوى لتحل محل البترول بعد نضوبه في إنتاج الكهرباء ومن المتوقع نجاح الألواح الشمسية في إنتاج الكهرباء [38].

الشكل (I-7): صورة فوتوغرافية لألواح شمسية.

I-2-6-1- أهمية الطاقة الشمسية:

تتعدى أهمية الطاقة الشمسية كونها مصدر النور على الأرض، فهي تلعب أدواراً بالغة الأهمية بداية من الضوء الذي تستفيد منه كل الكائنات من نبات وحيوان وإنسان، وصولاً إلى استخداماتها الحديثة التي توصل إليها عن طريق تطوير تكنولوجيات وتقنيات ونظم حديثة للطاقة.

تأتي أهمية الطاقة الشمسية من إعتبارها أهم مصادر الطاقة المتجددة خلال القرن الحالي، لأن الطاقة التقليدية (الأحفورية) مهددة بالنضوب، وكذلك بما خلفته من آثار كارثية على بيئة الأرض من تلوث وإرتفاع

في درجة حرارة الأرض، والتي سببت تغيرات مناخية في جو الأرض، لذلك فإن جهود كثير من الدول تتوجه نحو إستثمار الطاقة الشمسية، وترصد لها المبالغ اللازمة لتطوير المنتجات والبحوث الخاصة باستغلال الطاقة الشمسية كإحدى أهم مصادر الطاقة البديلة للنفط والغاز، وقد أعطى النصيب الأوفر في البحوث والتطبيقات لمجال الطاقة الشمسية إلى الكهرباء وهو ما يعرف باسم photovoltaic ، وهذا المصدر من الطاقة هو أمل الدول النامية في التطور حيث أصبح توفر الطاقة الكهربائية من أهم العوامل الرئيسية لإيجاد البنى الأساسية فيها، ولا يتطلب إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية مركزية في التوليد بل تنتج الطاقة وتستخدم بالمنطقة نفسها أو المكان، وهذا ما يوفر الكثير من التكلفة في النقل والمواصلات.

الطاقة الشمسية هي المسؤولة عن عملية التركيب الضوئي التي تقوم بها الأجزاء الخضراء للنباتات حيث يصنع النبات غذاءه.

الطاقة الشمسية هي المسؤولة عن نمو النباتات والأشجار، التي دفنت منذ العصور القديمة في باطن الأرض مع غيرها من بقايا الكائنات الحية، حيث تحولت هذه البقايا وتلك الأشجار والنباتات بفعل الضغط والحرارة المرتفعة إلى بترول وفحم وغاز طبيعي، والتي تعد الآن من أهم المصادر التقليدية للطاقة.

ولقد أدرك الإنسان أهميتها، فوجهت العديد من المراكز البحثية إهتمامها وأبحاثها لدراسة إمكانية استخدام الطاقة الشمسية في كافة الأغراض الحياتية، مثل تسخين المياه، طهي الطعام وأغراض أخرى [39].

I-2-6-2- مميزات الطاقة الشمسية:

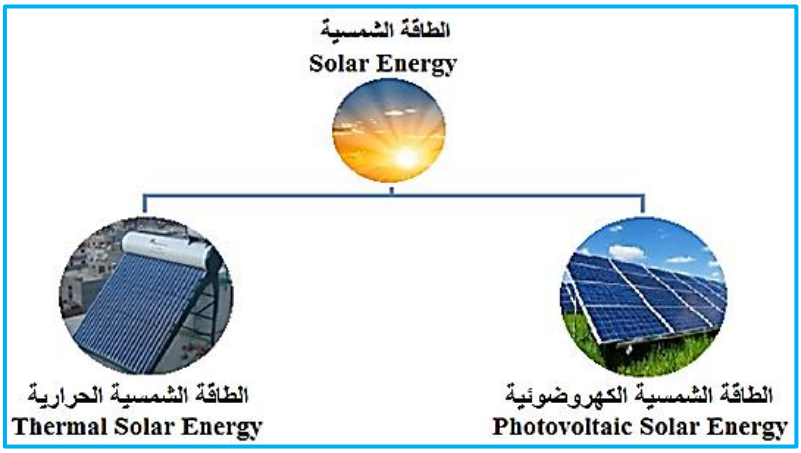
تمتاز الطاقة الشمسية بالمقارنة مع مصادر الطاقة الأخرى بما يلي:

- ✓ الطاقة الشمسية طاقة هائلة من حيث مخزونها وكميتها، حيث أن الشمس منبع لا ينتهي من الطاقة وكمية الأشعة الشمسية التي تصل إلى الأرض تعادل عدة أضعاف إحتياج البشرية من الطاقة.
- ✓ أسعارها ثابتة حيث أن تكلفة إنتاج الطاقة منها أكثر إستقراراً مقارنة مع الطاقة التقليدية كما أنها مجانية.
- ✓ تُعد الطاقة الشمسية عملية من ناحية استخدامها، فهي قابلة للتحول إلى أنواع أخرى من الطاقة كالطاقة الحرارية والميكانيكية والكهربائية.
- ✓ إن التقنية المستعملة فيها تبقى بسيطة نسبياً وغير معقدة بالمقارنة مع التقنية المستخدمة في مصادر الطاقة الأخرى.
- ✓ توفير عامل الأمان البيني حيث أن الطاقة الشمسية هي طاقة نظيفة لا تلوث الجو ولا تترك فضلات مما يكسبها وضعاً خاصاً في هذا المجال وخاصة في القرن الحالي.
- ✓ صعوبة توفير الوقود التقليدي اللازم لتشغيل مولدات الكهرباء في المناطق النائية والمناطق الجبلية الوعرة حيث تكون الطاقة الشمسية ميزة مهمة لهذه المناطق من الناحية الإقتصادية حيث توفر تكاليف الوقود واليد العاملة وصيانة الآلات في تلك المناطق.
- ✓ خلق العديد من فرص العمل في جميع أنحاء العالم.
- ✓ يمكن إنشاء محطات صغيرة مثلا للألواح الشمسية.
- ✓ يمكن استخدامها في بعض وسائل تخزين الطاقة مثل البطاريات.
- ✓ عدم تشكل الأمطار الحمضية المضرة بالمحاصيل الزراعية ونقصان في عدد وشدة الكوارث الطبيعية التي سببها التلوث.
- ✓ تضاعف الإنتاج الزراعي لتخلصه من الملوثات الكيميائية.

وبالمقابل فإن عدم استمراريتها خلال اليوم، حيث تتوفر فقط لساعات معينة في اليوم، يسبب مشاكل عملية في استخدامها [40،41].

I-2-7- استخدامات الطاقة الشمسية:

من أهم الطاقات المتجددة المستخدمة على مستوى العالم هي الطاقة الشمسية التي يمكن استخدامها بشكليها الحراري في التسخين والضوئي في إنتاج الطاقة الكهربائية كما هو مبين في الشكل (I-8).



الشكل (I-8): مخطط يوضح استخدامات الطاقة الشمسية.

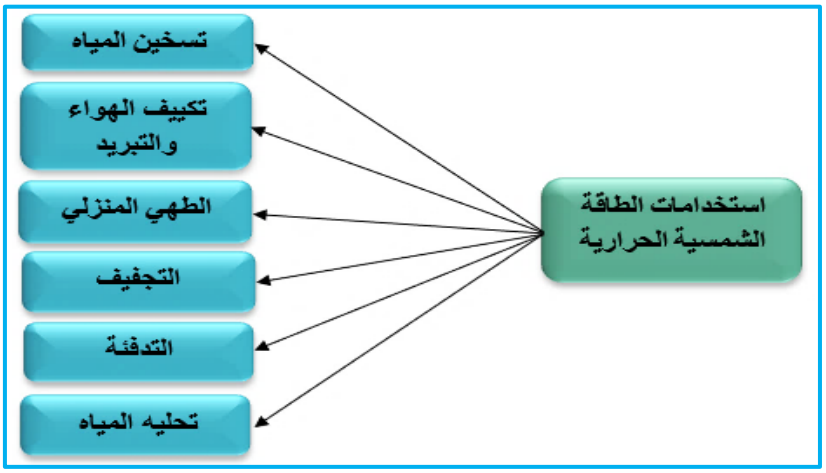
I-2-7-1- الطاقة الشمسية الكهروضوئية (توليد الطاقة الكهربائية):

أهم استخدامات الطاقة الشمسية هو تحويلها مباشرة إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الكهروضوئية، وتقوم هذه التقنية على توليد قوة دافعة كهربائية كنتيجة لإمتصاص الإشعاع الشمسي.

تصنع الألواح الكهروضوئية من مواد لها القدرة على القيام بعملية التحويل الكهروضوئي (تعتمد هذه العملية على ظاهرة تحرر الإلكترونات من سطح بعض المعادن)، وتدعى بأشباه الموصلات مثل الجرمانيوم ويمكن تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية بواسطة المجمعات (اللواقط الشمسية) أو المركزات الشمسية وتستطيع الطاقة الحرارية أن تدير محرك حراري، وبالتالي تتحول الطاقة الشمسية إلى طاقة ميكانيكية تدير محرك كهربائي [29].

I-2-7-2- الطاقة الشمسية الحرارية:

تستعمل الحرارة الصادرة من الشمس في مجالات متعددة، تيسر للإنسان حياته اليومية وتوفر عليه مصاريف استعمال الغاز الطبيعي مثلاً في الطبخ والتسخين والتكييف وتساهم في بناء بيئة نظيفة وذلك بالتقليل من استخدام الطاقة التقليدية تستغل الطاقة الحرارية الصادرة عن الشمس في عدة مجالات كما هو مبين في الشكل (I-9).

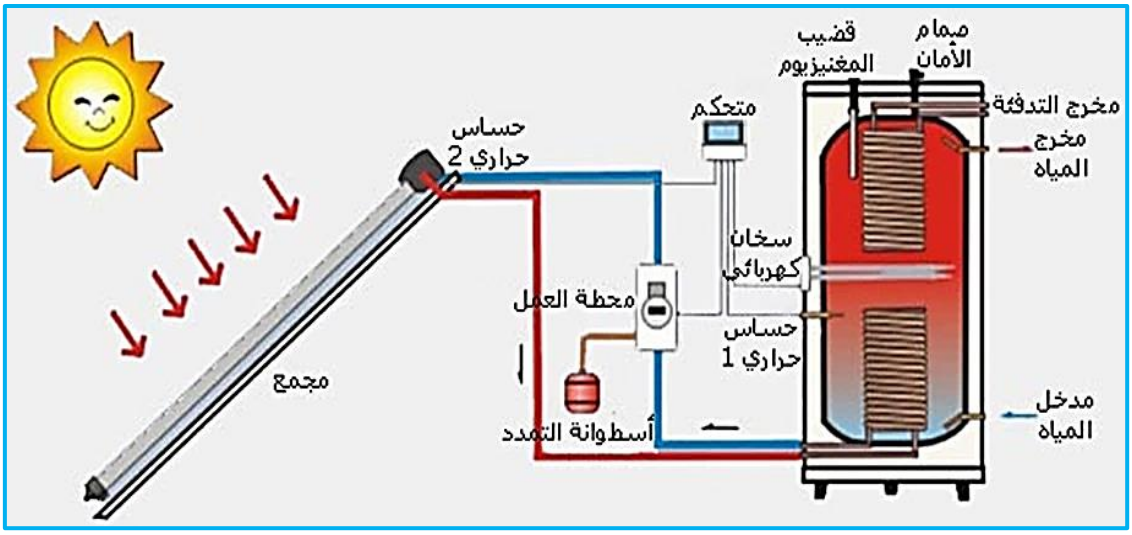


الشكل (I-9): مخطط يوضح استخدامات الطاقة الشمسية الحرارية.

I-2-7-2-1- تسخين المياه:

يستغل فيها الأمواج فوق البنفسجية وتحت الحمراء إلى جانب المرئية لاسترجاع الحرارة المصاحبة لإنتشار هذا الإشعاع عن طريق لواقط شمسية حرارية، فيتم من خلالها تسخين النظام عن طريق موائع خاصة.

يتكون اللاقط الشمسي الموضح في الشكل (I-10) من لوح ماص للحرارة على شكل صفيحة سوداء ذات قابلية إمتصاص عالية، تقوم بإمتصاص الأشعة الشمسية، تكون هذه الصفيحة ملامسة لمائع ما (هواء أو ماء)، ويتم تحريك المائع بواسطة مضخات، يتم تغطية اللوح الماص بطبقة من الزجاج لتقليل الخسائر الحرارية بواسطة الحمل أو الإشعاع حيث يقوم الزجاج بمنع خروج الشعاع المنعكس من اللوح الماص ومنع حدوث الخسائر الحرارية بواسطة الحمل، حيث يسمح لحوالي 90% من الأشعة الشمسية بالدخول إلى اللوح الماص ويمنع خروج الإشعاع ذي الموجات الطويلة المنعكسة من نفس اللوح، يتم توصيل الأنابيب التي يمر بها المائع مباشرة باللوح الماص أو تكون جزء منه، تستخدم غالباً مواد ذات توصيلية عالية للحرارة في صنع اللوح الماص مثل النحاس، الألمنيوم والحديد [22].



الشكل (I-10): استخدام الطاقة الشمسية لتسخين المياه.

I-2-7-2-2- تكييف الهواء والتبريد:

مشكلة المشاكل في الصحراء بوجه عام تلك الحرارة القاسية التي تدفع الإنسان إلى الهرب منها، لكن أشعة الشمس التي تلهب الصحراء يكمن فيها الحل الأمثل لتلك المشكلة، إنها قادرة بالفعل على تحويلها إلى جنة تجتذب الهاربين منها، ويتحقق ذلك عن طريق استغلال الطاقة الشمسية في تكييف الهواء كما هو مبين في الشكل (I-11) وإدارة المبردات مثل الثلاجات وغيرها من أجهزة التبريد [29].

الشكل (I-11): التبريد والتكييف بالطاقة الشمسية.

I-2-7-2-3- الطهي المنزلي:

تعتبر مواقد الطهي المنزلي إحدى الصور لتركيز أشعة الشمس بالمرايا [29] والشكل (I-12) يوضح ذلك، ويعتمد الطبخ الشمسي على الأساس العلمي للاستفادة من مبدأ الإحتباس الحراري الناجم عن سقوط الإشعاع الشمسي داخل الصندوق المعزول من جميع جوانبه بعازل حراري جيد، عدا الجانب العلوي الموجه للشمس لذا يغطى بالزجاج كما يتم طلاء أسطحه الداخلية بالأسود من أجل إمتصاص أكبر قدر ممكن من الإشعاع [42].

الشكل (I-12): استعمال الطاقة الشمسية للطهي.

I-2-7-2-4- التجفيف:

التجفيف 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 والشكل (I-13) يبين مجفف شمسي، أو التي ينتهي موسم ظهورها بعد فترة قصيرة، فهو بشكل عام من أقدم استخدامات الطاقة الشمسية،

وخاصة تجفيف المحاصيل فهو مسألة قديمة لتخليص المحاصيل من قسم من السوائل الموجودة فيها وذلك لمنعها من التلف وجعلها صالحة للتخزين لفترات طويلة [29].

الشكل (I-13): استعمال الطاقة الشمسية في التجفيف.

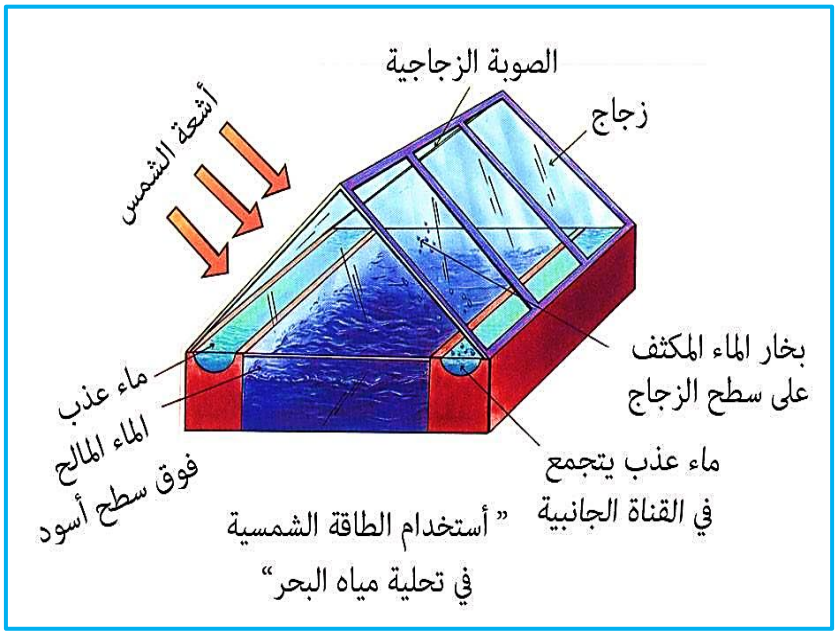
I-2-7-2-5- التدفئة:

نماذج التدفئة بالطاقة الشمسية متنوعة فمنها التدفئة المباشرة بأشعة الشمس، وفيها تصنع معظم واجهة المنزل من الزجاج الشفاف وتقابل هذه الواجهة الناحية الجنوبية، فتتلقى كل أشعة الشمس الساقطة عليها من وقت شروق الشمس إلى غروبها، وينفذ الزجاج أشعة الشمس إلى داخل البيت ولكن لا يسمح لها بالخروج فيصير عازل لكمية الحرارة المكتسبة، وعندما يحل الليل ويبرد جو المحيط الخارجي تستخدم الحرارة المختزنة في تدفئة المنزل، ومنها ما يستخدم أنظمة للتدفئة تعتمد على الهواء وأخرى على الماء عن طريق استخدام المجمعات الشمسية كما هو موضح في الشكل (I-14) وبعض المعدات والأجهزة لنقل التأثير الحراري من المجمع الشمسي إلى المكان المراد تدفئته [29].

الشكل (I-14): نظام التدفئة الشمسية في المنازل.

I-2-7-2-6- تحليه المياه:

لحل أزمه نقص المياه العذبة تستخدم طريقة تحليه المياه المالحة، والتي هي عبارة عن سلسلة من العمليات الصناعية يجري فيها إزالة كل أو جزء من الأملاح الزائدة والشوارد المعدنية من المياه تتم هذه العمليات باستعمال طرق متعددة بعضها معروف منذ القدم وبعضها حديث والطريقة الأكثر شيوعاً والتي ضلت مستخدمة طيلة هذه القرون هي تبخير المياه وتكثيفها على أسطح باردة باستخدام الطاقة الشمسية [43].
ويوضح الشكل (I-15) استخدام الطاقة الشمسية في تحليه مياه البحر.



الشكل (I-15): رسم يوضّح طريقة عمل نظام التحلية بالتقطير باستخدام الطاقة الشمسية.

I-3- خاتمة:

تطرق هذا الفصل إلى أهم مصادر الطاقة المتجددة الموجودة على كوكب الأرض، كونها مستقبل العالم لمزاياها المتعددة، وكذا الحاجة الماسة للبحث عن بدائل الطاقات الأحفورية التقليدية لما تخلفه من أضرار تهدد البيئة، حيث ركزنا على الطاقة الشمسية بإعتبارها أساس كل الطاقات المتجددة، واستخداماتها المتعددة خاصة جانبها الحراري المستخدم في تحلية المياه.
خصص الفصل الثاني لتبيان عملية التقطير الشمسي لما لها من فائدة إقتصادية للبشرية بإعتمادها على طاقة مجانية وصديقة للبيئة، ولما فيها من حلول عملية لأزمة نقص المياه.

الفصل الثاني

دراسة نظرية للتقطير الشمسي

II-1- مقـــــــــدمة:

يعد التقطير الشمسي أحد استخدامات الطاقة الشمسية المعروفة، والذي حاز إهتماماً كبيراً من قبل الباحثين لقابليته المستمرة للتحسن، ففيه تستخدم الطاقة الشمسية لتبخير الماء ثم تكثيفه داخل نظام مغلق وعلى عكس الأشكال الأخرى لتنقيه المياه، يمكن تحويل الماء المالح أو الذي يحتوي على أملاح مذابة إلى مياه عذبة صالحة للشرب وذلك باستعمال المقطرات الشمسية.

يعتبر المقطر الشمسي البسيط أسهل المقطرات تركيباً وأقلها تكلفة، وبالرغم من ضعف فعاليته إلا أنه يمكن تحسين مردوده بإضافة محسنات منخفضة التكلفة، تساهم في مضاعفة إنتاجيته للمياه المقطرة، وعموماً تتراوح إنتاجية المقطر الشمسي البسيط اليومية بين $2\ L/m^2$ و $7\ L/m^2$ [44].

II-2- لمحة تاريخية:

لقد اتجه الإنسان منذ أقدم العصور إلى الإستعانة بالتبخير الشمسي للحصول على ملح الطعام، كما استعمل العدسات والمرايا المركزة لتقطير مياه البحر المالحة في الأماكن المنعزلة على شواطئ البحار، فالمبادئ الأساسية لتقطير المياه بالطاقة الشمسية بسيطة وفعالة، حيث أن التقطير يكرر الطريقة التي تصنع بها الطبيعة المطر، تم بناء أول محطة للطاقة الشمسية التقليدية في عام 1872 من قبل المهندس السويدي تشارلز ويلسون في مجمع التعدين في لاس ساليناس، فيما يعرف الآن بشمال الشيلي وكانت هذه المحطة من نوع الأحواض الكبيرة والذي لا يزال يستخدم حتى الآن للحصول على المياه العذبة من المياه المالحة لمجمع تعدين النترات هناك، استخدم هذا المجمع الخلجان (الخليج) التي كانت تسود قيعانها بصبغة الأخشاب وحجر الشب، كانت المساحة الإجمالية لمصنع التقطير $4700\ m^2$ وكان هذا المصنع ينتج 4.9 L من الماء المقطر لكل متر مربع من سطح المقطر، وهذا يعادل أكثر من 23000 L في اليوم، ظل هذا المصنع الأول يعمل لمدة 40 عامًا [29،45].

تعتبر العالمة الأمريكية ماريا تلكس من أشهر الباحثين في ميدان الطاقة الشمسية وتصميم الآلات لاستغلالها، وكان من أوائل الأجهزة التي أعدتها جهازًا شبيهًا بمقطر ويلسون، بعد أن أدخلت عليه بعض التحسينات، وصممت جهازاً آخر يعكس الأشعة الشمسية من مرايا مصنوعة من الألمنيوم اللامع تحيط بالحوض من جهاته الأربع تتيح جمع الإشعاعات الشمسية خلال ساعات النهار كلها، وقد كشفت الأبحاث المستمرة والمتطورة عن لدائن ثبت أنها تشبه الزجاج في مواصفاته الحرارية وأنها أقل ثمناً وأكثر مقاومة للتغيرات الجوية، وقد أصبح في الإمكان إنشاء محطات تقطير شمسية كاملة من اللدائن والألواح الشفافة التي تمتص الأشعة ويطلق عليها إسم التيفلون، أما الأحواض فقد صنعت من المطاط الصناعي وصنعت الطبقة السوداء التي تغطي قاع الحوض من الألياف الصناعية لتزيد من عملية إمتصاص الأشعة وسرعة التبخير [29].

II-3- مشكلة نقص المياه الصالحة للشرب في العالم:

وفقاً لتقرير الأمم المتحدة فإن نسبة السكان الذين يفتقرون إلى موارد عذبة للمياه ستصل إلى 30% في 2025، ولا تقتصر هذه المشكلة على الدول النامية فحسب بل تشمل أيضاً الدول المتقدمة، فوفقاً لدراسة أجرتها المفوضية الأوروبية فإن غالبية الدول الأوروبية تستهلك كمية من الماء تفوق مخزونها، مما قد يؤدي على المدى الطويل إلى إنخفاض منسوب المياه الجوفية.

تمثل تحلية المياه في الوطن العربي حوالي 60% من إجمالي تحلية المياه في العالم ولكنها مكلفة ومازال العالم العربي في حاجة إلى المزيد منها حيث أن نصيب الفرد العربي من المياه يعتبر الأدنى في العالم بسبب

تزايد عدد السكان، وقد انعكست أزمة نقص المياه على المجال الزراعي في الوطن العربي فـ 23.5% فقط من الأراضي الصالحة للزراعة فيها مزروعة.

تنقسم مصادر المياه في الجزائر إلى قسمين:

- مياه السدود وتتمثل في مياه الأمطار المتساقطة موسمياً حيث أن نسبة 85% منها تتبخر ونصف النسبة الباقية تجري في البحر، ونسبة 3.5% تستغل في الشمال الجزائري، حيث يعيش ثلاثة أرباع سكان الجزائر [46].
- والنوع الثاني فيتمثل في المياه الجوفية التي تعتبر خزان ضخم، إلا أن الجزائر تعاني من أزمة نقص المياه وذلك راجع للتوزيع الخاطئ للماء وعدم إنتظام سقوط الأمطار فصلياً وسنوياً وكذا إمتلاء الخزانات بالرواسب.

II-4- التقطير الشمسي:

تلقى طريقة التقطير بأشعة الشمس إهتماماً كبيراً لأنها من أرخص الطرق، إذ لا تكلف شيئاً من الوقود فالشمس متوفرة على مدار السنة [29]، حيث تعتمد على استغلال الأشعة الشمسية مباشرة كمصدر حراري، ذلك لرفع درجة حرارة المياه المالحة إلى درجة التبخير ثم تكثيفها على أسطح باردة باستخدام المقطرات الشمسية [43]، فبالنظر للحاجة الماسة للمياه العذبة في المناطق الصحراوية والساحلية في الجزر الصغيرة ولصعوبة إيجاد مصادر الطاقة التقليدية بات من الضروري استخدام التكنولوجيا المتاحة لتحلية المياه بالطاقة الشمسية.

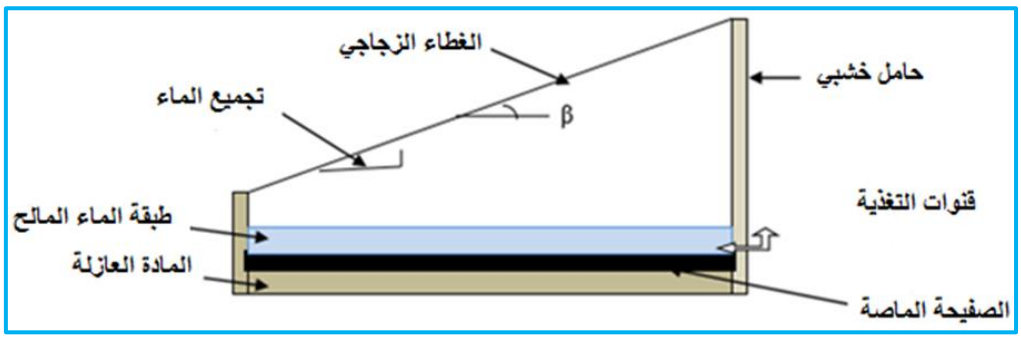
II-4-1- تعريف التقطير الشمسي:

التقطير الشمسي هو عملية تحويل المياه الملوثة أو المالحة أو غير الصالحة للشرب إلى ماء نقي وصالح للشرب باستخدام الطاقة الشمسية، يتم ذلك عن طريق تعريض الماء للأشعة الشمسية وتحويله إلى بخار ماء، ثم تجميع البخار وتكثيفه للحصول على ماء نقي، حيث تتم هذه العملية باستعمال مقطرات مختلفة تتكون من حوض ذو قاعدة سوداء ماصة للحرارة وغطاء زجاجي شفاف ليتكثف عليه البخار وقناة لتجميع الماء المقطر. يستخدم التقطير الشمسي عادة في المناطق النائية أو الصحراوية التي تفتقر إلى مصادر مياه نظيفة، حيث يمكن استخدامه لتحلية المياه المالحة أو إزالة الشوائب والملوثات من المياه العذبة، كما يعتبر التقطير الشمسي أيضاً وسيلة فعالة وبسيطة لتحلية المياه في المجالات الزراعية والصناعية.

II-4-2- أنواع المقطرات الشمسية:

II-4-2-1- المقطر البسيط (ذو الميل الواحد):

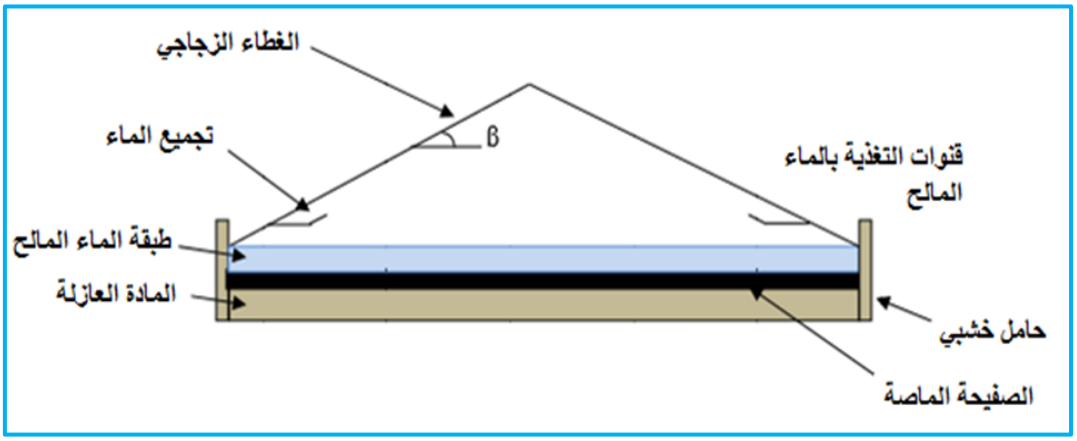
هو المقطر الأكثر استعمالاً في العالم، يحتوي على حوض مملوء بالماء المالح وملون بالأسود من أجل التقاط أكبر كمية من الإشعاع الشمسي ويغطى بقطعة زجاجية شفافة يجب أن تكون هذه الأخيرة مائلة ليتكثف البخار في الجزء الداخلي للغطاء، ومن إيجابياته إنشائه وصيانته بسهولة وثمنه منخفض نوعاً ما، وسلبياته تتمثل في إنتاجه الضعيف للماء المقطر بسبب إنخفاض فعاليته [47]، كما موضح في الشكل (II-1).



الشكل (II-1): مقطر بسيط بميل واحد [48].

II-4-2-2- المقطر الشمسي بميلين:

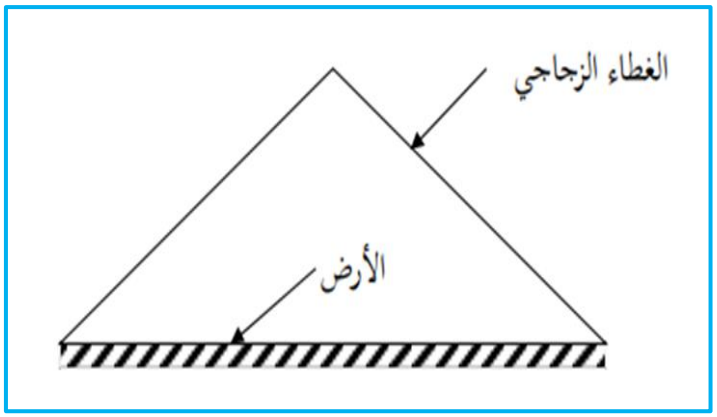
هو مقطر بلاقطين حيث كل منهما يميل بزاوية ومن مميزاته أن أحداهما يوجه للشمس والآخر للظل لتسريع عملية التكثيف [49]. كما موضح في الشكل (II-2).



الشكل (II-2): المقطر البسيط بميلين [48].

II-4-2-3- المقطر الشمسي أرض-ماء:

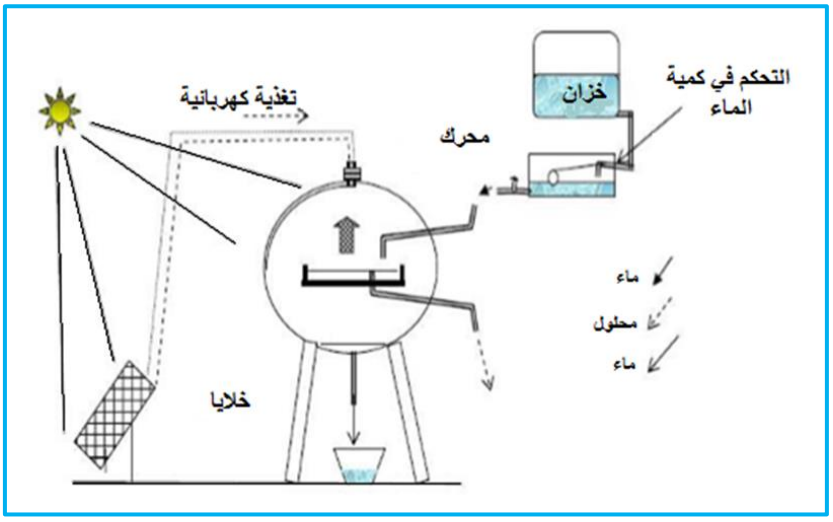
كميات كبيرة من الرطوبة تخزن في الأرض لتعود للغلاف الجوي في المناطق الجافة خلال الفصل الساخن لإتمام الدورة الهيدروجينية الطبيعية، لهذا يستعمل المقطر الشمسي (أرض-ماء) الذي يشبه المقطر ذو ميلين فقط نعوض الحوض الأسود بالأرض [49] كما موضح في الشكل (II-3).



الشكل (II-3): مقطر شمسي أرض-ماء.

II-4-2-4- المقطر الشمسي الكروي:

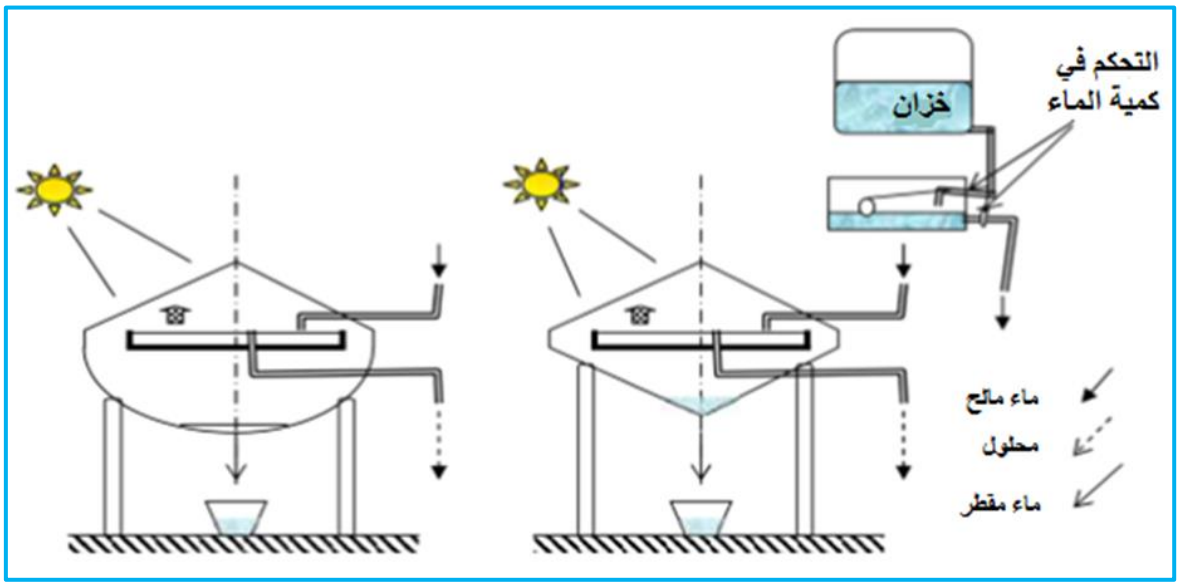
يكون على شكل كرة شفافة من الزجاج ويوجد داخلها حوض دائري له لون أسود، يعمل كماص للإشعاع الحراري يوضع فيه الماء المالح لتبخيره، ثم يتكاثف البخار المتصاعد إلى أن يمس السطح الداخلي للزجاج ثم يجمع في أسفل الشكل الكروي، ولجعل الزجاج شفاف يستعمل في السطح الداخلي للزجاج ماسح يدور بواسطة محرك كهربائي في أعلى المقطر [50] كما هو موضح في الشكل (II-4).



الشكل (II-4): المقطر الشمسي الكروي [50].

II-4-2-5- المقطر الشمسي المخروطي:

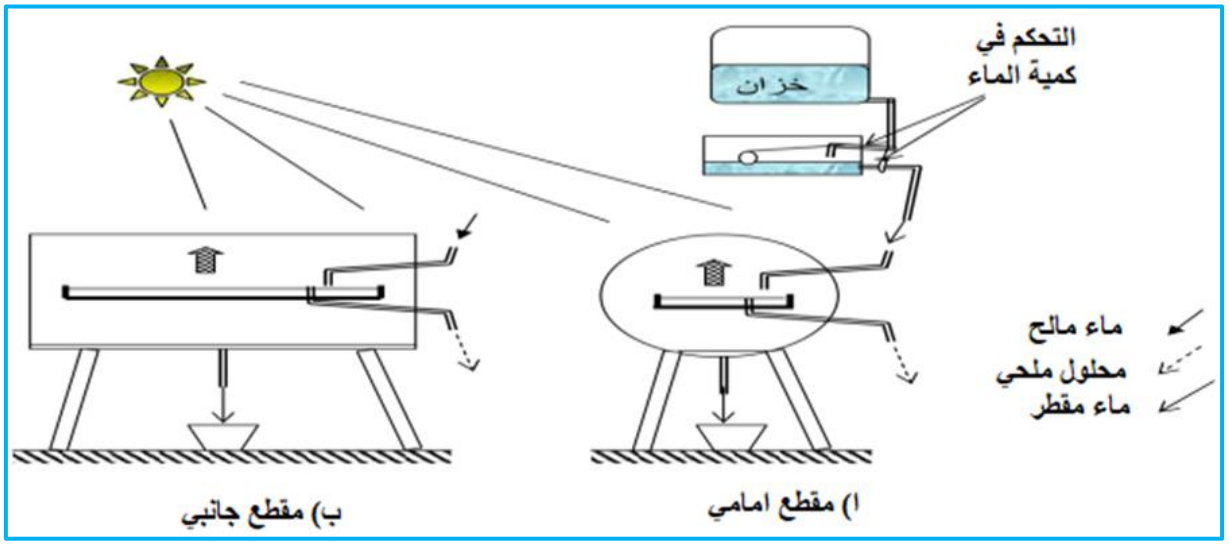
مشكل من غطاء مخروطي من الزجاج في الأعلى يسمح بمرور الإشعاع الشمسي ومن قمع مخروطي أو نصف كروي في الأسفل لتجميع الماء المقطر حسب الشكل (II-5) [50].



الشكل(II-5): المقطر الشمسي المخروطي [51].

II-4-2-6- المقطر الشمسي الأسطواني:

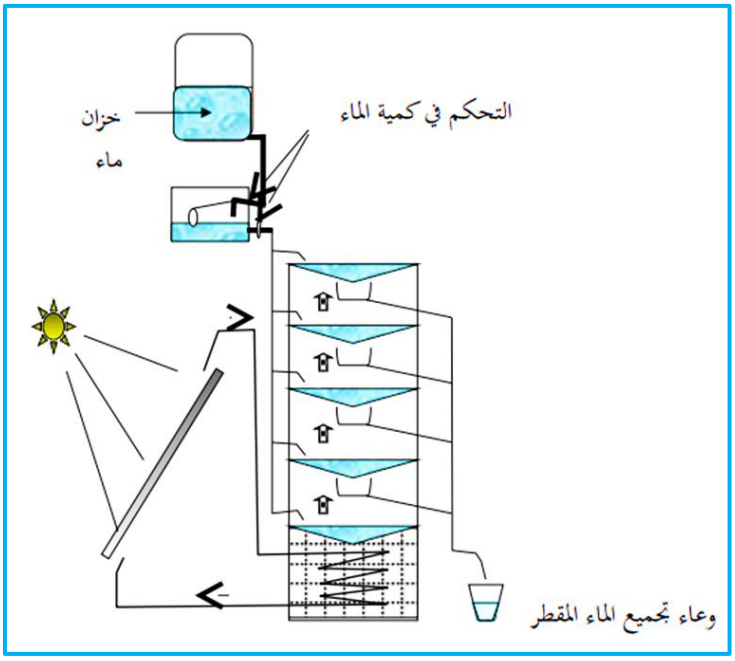
يعمل بنفس مبدأ المقطر الكروي، إلا أن نظام منح الماء المكثف على الجدار الداخلي للزجاج غير مستعمل [50] كما هو موضح في الشكل (II-6).



الشكل (II-6): المقطر الشمسي الإسطواني [51].

II-4-2-7- المقطر الشمسي المتعدد الطوابق:

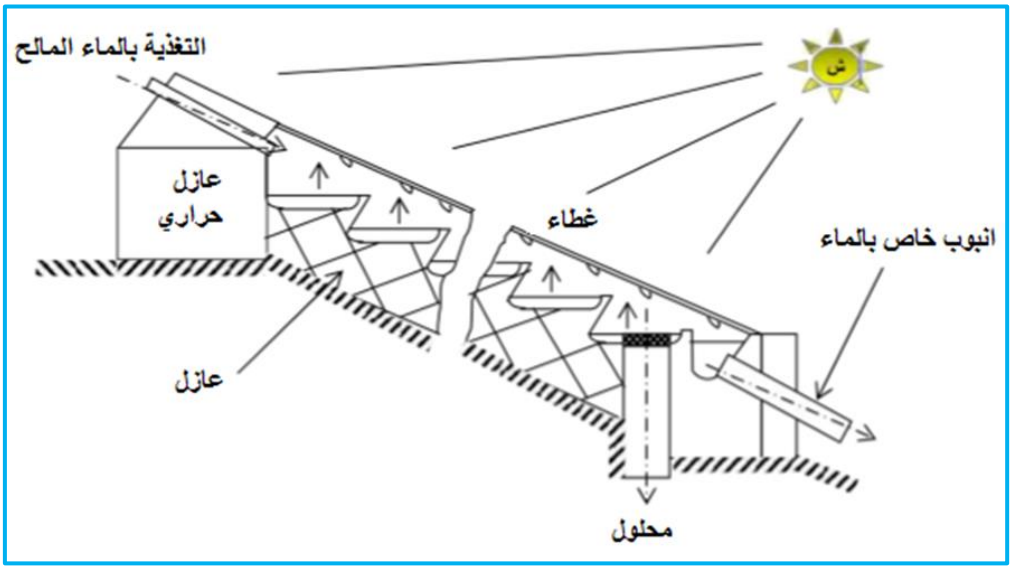
يعمل المقطر الشمسي المتعدد الطوابق بالاستعمال غير المباشر لأشعة الشمس، ويتم تخزين المائع الحراري في لاقط شمسي ثم ينتقل إلى ميدل حراري، ثم تنتقل الحرارة إلى حوض به ماء مالح، يتبخر الماء المالح ويتكاثف على السطح السفلي للحوض الثاني يوجد فيه الماء المالح [50] كما موضح في الشكل (II-7) التالي:



الشكل (II-7): المقطر الشمسي المتعدد الطوابق [51].

II-4-2-8- المقطر الشمسي الشلال:

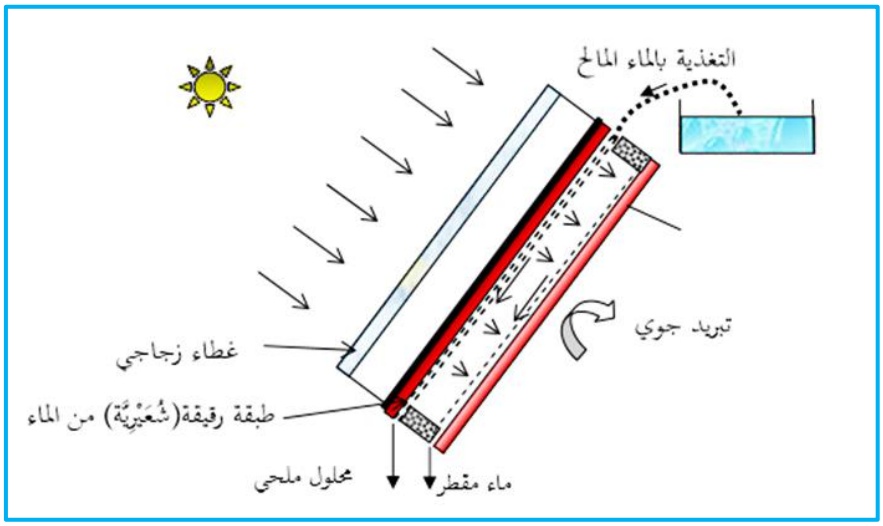
يتكون من طوابق من الأحواض السوداء بها ماء مالح وكل حوض يمد للحوض الذي أسفله بالماء حتى يصل الماء للطابق السفلي [52،53] كما هو موضح في الشكل (II-8) التالي:



الشكل (II-8): المقطر الشمسي الشلال [51].

II-4-2-9- المقطر الشمسي بالخاصية الشعيرية:

أول من اقترح هذا النوع من المقطر هو البروفسور "Pr.P.Legofe" بمخبر العلوم والهندسة الكيميائية في منطقة Nancyبفرنسا بالتعاون مع البروفسور "Pr.Ouahes" بجامعة الجزائر[50 ،51]، وهو عبارة عن مجموعة من الطوابق المعدنية (ألمنيوم، فولاذ، نحاس) متقابلة ومتوازية عمودياً، مركبة داخل إطار خشبي معزول حرارياً من الجهات الجانبية، كما يوجد غطاء زجاجي من الجهة العليا، الطابق الأول مطلي باللون الأسود فيتبخر الماء بفعل الحرارة المكتسبة من الإشعاع الشمسي، ويتكاثف على السطح البارد المقابل، كما أن الحرارة المكتسبة من التكثيف تقوم بتسخين الماء السائل على الشاش الملتصق خلف سطح التكثيف وهكذا تكرر العملية حتى الطابق الأخير كما في الشكل المقابل[51] ،الشكل (II-9).



الشكل(II-9): المقطر الشمسي بالخاصية الشعيرية (طابق واحد).

II-5- المقطر الشمسي البسيط:

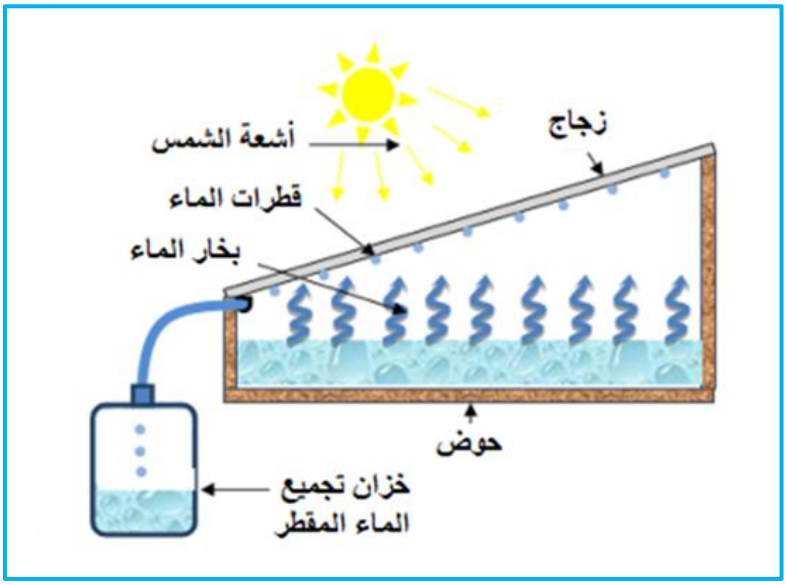
II-5-1- مبدأ عمل المقطر الشمسي البسيط:

مبدأ عمل المقطر الشمسي البسيط يعتمد على استخدام طاقة الشمس لتبخير الماء وتجميع بخار الماء في مكان معين (أنبوب تجميع المياه) للحصول على ماء نقي وخالي من الملوثات.

نملأ المقطر المبين أدناه (II-10) بكمية معينة من الماء المالح عبر قناة التغذية، ليتم تسخينه بالأشعة الشمسية التي تصل سطحه عبر الغطاء الزجاجي، فترتفع درجة حرارته إلى مستوى أعلى من درجة حرارة الغطاء الزجاجي وأعلى من درجة حرارة الهواء الموجود داخل الحوض بين سطح الماء والغطاء الزجاجي بفعل ظاهرة الإحتباس الحراري للإشعاع تحت الغطاء الزجاجي.

وعليه فإن ضغط البخار يرتفع مع إرتفاع درجة الحرارة ونتيجة لهذا الفارق في الضغط بين طبقة البخار الملامسة لسطح ماء الحوض والبخار الموجود في الهواء فإن ماء الحوض يأخذ في التبخر ليصل إلى السطح الداخلي للغطاء الزجاجي فيتكاثف عليه مشكلاً قطرات ماء عذب التي تنزلق بتأثير ثقلها في وعاء تجميع الماء المقطر انظر الشكل أدناه (II-10).

هناك نظامان لتغذية المقطرات الشمسية، ففي النظام الأول تتم التغذية على دفعات حيث يغذي ماء مالح إلى المقطر على فترات زمنية مختلفة أما في النظام الثاني فتكون التغذية مستمرة وبمقدار معين إلى المقطر [54].



الشكل (II-10): رسم تخطيطي يوضح مبدأ عمل المقطر الشمسي.

II-5-2- طريقة صنع المقطر الشمسي البسيط:

II-5-2-1- الأدوات المستعملة:

تم إختيار هذه المكونات بناء على مواد متوفرة في السوق المحلية وكذلك تكلفتها المنخفضة كما هو مبين في الشكل (II-11).

الشكل (II-11): الأدوات المستعملة لصنع المقطر الشمسي البسيط.

II-5-2-2- خطوات تصنيع المقطر الشمسي البسيط:

يبين هذا الجدول (II-1) أهم الخطوات المتبعة في صناعة المقطر الشمسي البسيط (ذو الميل الواحد).

الجدول (II-1): يوضح خطوات تصنيع المقطر الشمسي البسيط (ذو الميل الواحد) [55].

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

نضع الأنبوب في موضعه ونزيح إليه الزجاج ثم نسطر خطين متباعدين قليلاً بحيث يمكن أن يدخل الغطاء الزجاجي على مستواه بعد ثقبه	
نقوم بثقب الأنبوب البلاستيكي كي يدخل فيه الماء المتكاثف عبر السطح الداخلي للغطاء الزجاجي	
يدخل الغطاء الزجاجي داخل الأنبوب البلاستيكي لكي تنزلق قطرات الماء المتكاثفة وتسقط بفعل ثقلها داخل الأنبوب	
نقوم بتركيب كوع في آخر الأنبوب بالإضافة إلى أنبوب آخر صغير لكي يسمح بإنتقال الماء من المقطر إلى الإناء	
في الخطوة ما قبل الأخيرة نقوم بوضع السليكون وتمريره إلى الجوانب والقاعدة بواسطة مصقله بحيث نتحصل على طبقة رقيقة من العازل (السليكون)	
نقوم بطلاء المقطر من الخارج بأي لون يرغب به الصانع.	

	وأخيرًا نتحصل على المقطر الشمسي بميل واحد

II-3-5- العوامل المؤثرة على أداء المقطر الشمسي البسيط:

II-3-5-1- تأثير شدة الإشعاع الشمسي (Hs):

الإشعاع الشمسي هو مجموعة من الموجات الكهرومغناطيسية المنبعثة من الشمس، يصل الإشعاع الشمسي إلى سطح الأرض، حيث ينعكس منه جزء ويتم إمتصاص الأجزاء أخرى.

تعد شدة الإشعاع الشمسي من أهم العوامل التي تؤثر على أداء المقطرات الشمسية، حيث تقل إنتاجية المقطر الشمسي بقلة شدة الإشعاع الشمسي وبالعكس [56].

II-3-5-2- تأثير درجة الحرارة المحيطة (Ta):

درجة الحرارة هي مقياس غير مباشر لدرجة تحريض الجسيمات المجهرية، ويتم قياسها في عملنا بالدرجة المئوية (°C)، تساعد الزيادة في درجة الحرارة المحيطة على تحسين إنتاج المقطر ويعتبر هذا التحسين ملموساً في حالة المقطرات الرديئة العزل ويكون مهملاً للمقطرات جيدة العزل [56].

II-3-5-3- تأثير سرعة الرياح (V m/s):

الرياح هي حركة جماعية للغاز على سطح الكوكب، تحدث الرياح بشكل عام بسبب الإحتباس الحراري الموزع بشكل غير متساوي من الإشعاع الشمسي (الطاقة الشمسية)، ودوران الكوكب.

لا تؤثر التغيرات في سرعة الرياح على إنتاجية المقطر الشمسي بطريقة محسوسة إلا إذا كان التغير في السرعة بمقدار كبير، فتقل الإنتاجية بزيادة سرعة الرياح [56].

II-3-5-4- تأثير معامل إنتقال الحرارة من جسم المقطر إلى الجو المحيط:

تعتمد إنتاجية المقطرات الشمسية على مدى إحكام العزل الحراري لها. ويجب الموازنة بين تكلفة العزل وإنتاجية المقطر. وقيمة التي يتم الحصول عليها من الموازنة تكون في العادة في حدود [(0.9 w/m²)] [56].

II-3-5-5- تأثير عمق الماء المالح:

لقد وجد أن معدل التبخير يزداد مع درجة حرارة الماء المالح التي تزداد كلما كان الماء ضحلاً، مع تجنب تكون بؤرات جافة على سطح البطانة في القاعدة، وقد دلت التجارب التي أجريت على عدد كبير من المقطرات أن عمق الماء في القاعدة يجب أن يكون بحدود 5 cm للحصول على أفضل إنتاجية للمقطر [56].

II-3-5-6- تأثير إحكام سد البخار:

يعد إحكام سد البخار عاملاً هاماً لتحقيق أكبر قدر من الإنتاجية. لذا ينصح بإحكام وضع الغطاء على المقطر لمنع تسرب بخار الماء من المقطر إلى الجو المحيط ومن أجود الأنواع المتوفرة للمواد المانعة

للتسرب مادة مطاط السيليكون التي ينصح باستخدامها لإحكام حبس البخار. ويجب أن تكون هناك صيانة دائمة للكشف عن تسرب البخار للحفاظ على أكبر قدر من الإنتاجية [56].

II-5-3-7- تأثير تسرب الماء الناتج:

تقل إنتاجية المقطر بدرجة كبيرة بزيادة كمية تسرب الماء الناتج، 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 إحتمال التسرب [56].

II-5-3-8- تأثير إنحدار الغطاء:

عند الإنحدار الأمثل للغطاء تصل إنتاجية المقطرات الشمسية إلى أقصى قيمة لها. ويعتمد الإنحدار الأمثل للغطاء على الزمن خلال السنة والموقع الجغرافي للمقطر وعلى الظروف المحيطة. وقد أثبتت التجارب والدراسات أن تصميم الغطاء بإنحدار قدره من 20-25 درجة من الوضع الأفقي يعطي نتائج جيدة لعدد كبير من المقطرات الشمسية [56].

II-5-4- خصائص مكونات المقطر الشمسي البسيط:

II-5-4-1- الزجاج:

بالنسبة للتقطير الشمسي، يعتبر الزجاج المادة المناسبة حيث يتمتع بنفاذية أعلى للإشعاع الشمسي من زوايا مختلفة، يملك الزجاج أيضًا عمر أطول، ويمكنه بسهولة إحداث فرق في درجة الحرارة أعلى الغطاء وأسفله.

يمكن ملاحظة أن مع زيادة سماكة الغطاء الزجاجي، سيزداد إختلاف درجة الحرارة بين سطح الماء وغطاء الزجاج، مما سيزيد في النهاية من إنتاجية التقطير.

أظهر Ghoneye and ler 1997 في بحثهما أنه يمكن زيادة الإنتاج بنسبة 16.5% إذا تم استخدام زجاج بسمك 3 مم أكثر من سمك زجاج 6 مم. لذلك يجب أن يبقى سمك الزجاج أقل من أو يساوي 4 مم [57].

II-5-4-2- الصفيحة المعدنية:

لوحة الإمتصاص هي المكون الرئيسي لوحدة التقطير الشمسي. الغرض من لوحة الإمتصاص هو إمتصاص أقصى حد ممكن من الإشعاع الشمسي من أجل نقل الحرارة المحتجزة إلى الماء، ويتم استخدام مواد مثل النحاس والألمنيوم والصلب، ويجب طلاء سطح اللوحة بالأسود لتكون ذات إمتصاصية عالية وإنبعاثية ضعيفة. القاع وجوانب الممتص يجب أن تكون مغطاة بالعازل لتقليل فقدان الحرارة [58].

II-5-4-3- العازل:

العازل في المقطر هو العنصر الرئيسي، ولإختيار عازل جيد يجب معرفة كل الخصائص التالية:

- **التوصيلية الحرارية:** التوصيلية الحرارية للعازل يجب أن تكون ضعيفة ليكون عزل حراري جيد. أمثلة:

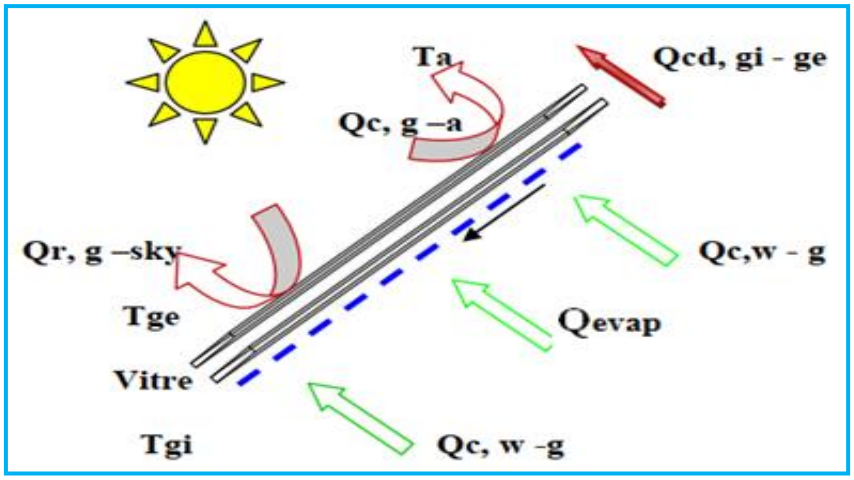
الجدول (II-2): يمثل التوصيلية الحرارية لبعض العوازل.

العازل	التوصيلية الحرارية
Le polyurethane	$k_1=2.25.10^{-5}$ kw/m.°C
Le polystyrene	$k_2=0.364.10^{-5}$ kw/m.°C
La laine de verre	$k_3=4.10^{-5}$ kw/m.°C
Le bois	$k_4=12.10^{-5}$ kw/m.°C

II-5-5- التوزان الطاقوي للمقطر الشمسي البسيط:

II-5-5-1- توازن الطاقة على مستوى الغطاء الزجاجي للمقطر:

تنقسم كمية الحرارة الكلية بين الزجاج والغلاف الجوي إلى قسمين هما: الحمل الحراري والإشعاع.



الشكل (II-12): مخطط يوضح توازن الطاقة في الزجاج.

II-5-5-2- في الخارج:

يتم تفريغ كمية الحرارة التي يتلقاها الزجاج بواسطة النقل الحراري بالتوصيل من خلال المعادلة التالية :[60،59]

$$\frac{M_g Cp_g}{A_g}\frac{dT_{ge}}{dt} = \alpha_g G + Q_{c.ge_gi} - Q_{r.g.w_a} - Q_{c.g._a} \quad (w/m^2) \qquad (1\text{-II})$$

II-5-5-3- في الداخل:

$$\frac{M_g Cp_g}{A_g}\frac{dT_{gi}}{dt} = Q_{r.w_gi} + Q_{c.w_gi} + Q_{evap} - Q_{c.gi_ge} \quad (w/m^2) \qquad (2\text{-II})$$

حيث:

$Q_{r.w_gi}$: تدفق الإشعاع الحراري بين الماء والزجاج (w/m^2).

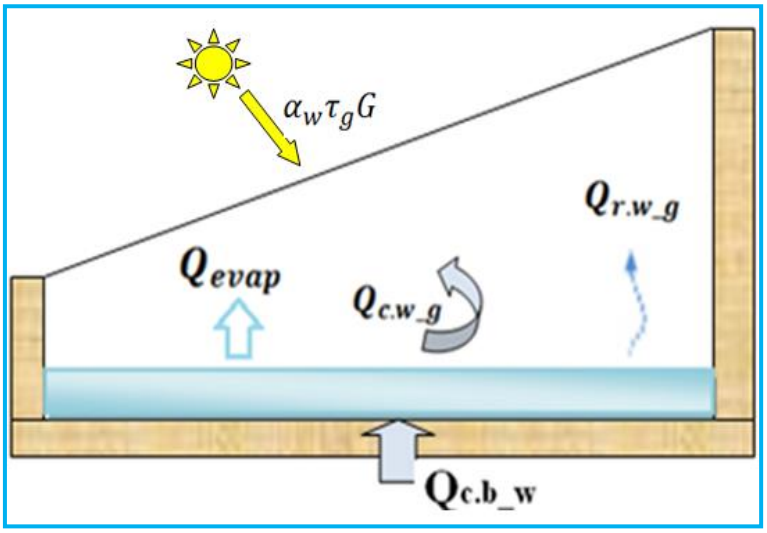
$Q_{c.w_gi}$: التدفق الحراري بالحمل الحراري بين طبقة الماء والزجاج.

Q_{evap} : التدفق الحراري للتكثيف البخاري بين طبقة الماء والزجاج.

$Q_{c.gi_ge}$: تدفق الحرارة بالتوصيل عبر الزجاج الى الخارج.

II-5-5-4- التوازن الطاقوي في الماء:

يوضح الشكل تبادل الحرارة بين الماء وداخل الزجاج، حيث توجد نفس كميات الحرارة بالحمل الحراري والإشعاع والتبخر على التوالي [59،60].



الشكل (II-13): توازن الطاقة في الماء.

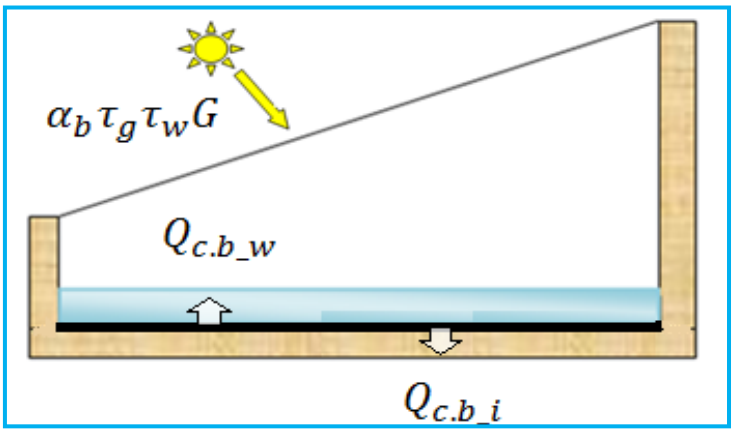
$$\frac{M_w Cp_w}{A_w}\frac{dT_w}{dt} = \alpha_w \tau_g G + Q_{c.b._w} - Q_{c.w._g} - Q_{evap} - Q_{r.w._g.i} \quad (w/m^2) \quad (3\text{-II})$$

حيث:

$Q_{c.b._w}$: تدفق الحرارة بالحمل بين قاع جهاز التقطير والماء.

II-5-5-5- التوازن الطاقوي أسفل المقطر (الصفيحة الماصة):

يوضح الشكل (II-14) جهاز الإمتصاص المعدني الأسود أسفل جهاز التقطير [59، 60].



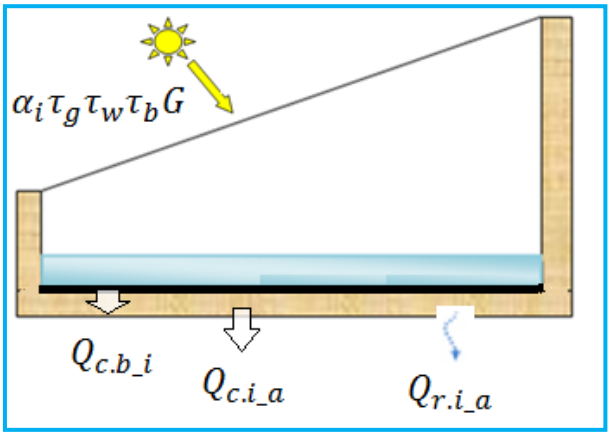
الشكل (II-14): توازن الطاقة في أسفل المقطر (الصفيحة الماصة)

ونكتب المعادلة على الشكل التالي:

$$\frac{M_b Cp_b}{A_b}\frac{dT_b}{dt} = \alpha_b \tau_g \tau_w G - Q_{c.b_w} - Q_{c.b_i} \quad (w/m^2) \qquad (4\text{-II})$$

II-5-5-6- التوازن الطاقوي في العازل:

نستخدم العزل الحراري لتقليل فقدان الحرارة لجهاز التقطير الشمسي [59، 60]. يوضح الشكل (15-II) توازن الطاقة للعوازل.



الشكل (15-II): يمثل التوازن الطاقوي في العازل

وتمثل المعادلة هذا التوازن:

$$\frac{M_i}{A_i}\frac{C_{pi}dT_i}{dt} = \alpha_i \tau_g \tau_w \tau_b G + Q_{c.b_i} - Q_{c.i_a} - Q_{r.i_a} \quad (w/m^2) \qquad (5\text{-II})$$

$Q_{c.b_i}$: التدفق الحراري بالتوصيل بين الصفيحة الماصة والعازل الحراري.

II-5-6- الخصائص الرئيسية للمقطر الشمسي البسيط:

II-5-6-1- محصول المقطر الشمسي:

هو الإنتاجية في عملية التقطير، والذي يمثل كمية الماء المقطر المنتج لكل (m^2) من سطح التبخر [60] يعطى بالعلاقة التالية:

$$M = \frac{Q_{evp}}{L_{Tw}} \qquad (6\text{-II})$$

حيث:

Q_{evp} : التدفق الحراري المستخدم لتبخر الماء.

L_{Tw} : الحرارة الكامنة لتبخير الماء عند درجة الحرارة المعتبرة.

II-5-6-2- كفاءة التقطير الشمسي:

- **الكفاءة العامة:**

الكفاءة العامة هي النسبة بين كمية الحرارة المستخدمة للتبخر وكمية الطاقة الإجمالية وتمثل النسبة مردود أو قدرة المقطر على تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية، والتي يمكن حسابها بالصيغة التالية :[60]

$$\eta_g = \frac{Q_{evp}}{G} \ (\%) \qquad (7\text{-II})$$

II-5-6-3- أداء المقطر:

بشكل عام هو النسبة بين كميات الماء المقطر التي ينتجها جهاز التقطير والطاقة التي يتلقاها جهاز التقطير.

وأنواع عوامل الأداء هي معامل الأداء الإجمالي GPF ومعامل الأداء الساعي GPH [60].

$$GPF = \frac{\text{كمية الماء المنتجة بعد } \mathbf{24} \text{ ساعة}}{\text{كمية الطاقة التي تم إستقبالها بعد } \mathbf{24} \text{ ساعة}} \qquad (8\text{-II})$$

$$GPH = \frac{\text{كمية الماء المنتجة بعد ساعة}}{\text{كمية الطاقة التي تم إستقبالها بعد ساعة}} \qquad (9\text{-II})$$

II-5-7- مميزات المقطر الشمسي البسيط:

يتميز المقطر الشمسي البسيط بما يلي:

- ✓ المقطر الشمسي البسيط من أسهل المقطرات تركيباً والأكثر شيوعياً في العالم.
- ✓ لا يتطلب مهارة في العمل وتقنيات معقدة وآلية عمله بسيطة.
- ✓ سهولة تنظيفه وإعادة استخدامه.
- ✓ تكلفة تصنيعه منخفضة والمكونات اللازمة لإنشائه متوفرة بشكل واسع.
- ✓ يعتمد في عمله على الطاقة الشمسية مباشرة (دون الحاجة إلى أي مصدر حراري آخر) في تسخين الماء الموجود داخل حوض المقطر.
- ✓ تعمل تقنيات المقطر الشمسي على تحسين جودة المياه.
- ✓ يقلل من مشاكل نقص المياه الصالحة للشرب.
- ✓ تحسين الوضع الإقتصادي.
- ✓ من أهم مميزاته أنه صديق البيئة [44].

II-5-8- عيوب المقطر الشمسي البسيط:

- ☒ إنتاجه ضعيف للماء المقطر بسبب إنخفاض فعاليته.
- ☒ يعتمد في تصميمه على الموقع الجغرافي والزمن خلال السنة حيث أن زاوية ميل المقطر الشمسي في فصل الشتاء تختلف عنها في فصل الصيف.
- ☒ تغير في المناخ ودرجات الحرارة ينعكس سلبًا على أداء المقطر الشمسي.
- ☒ يحتاج إلى طاقة شمسية كبيرة لذا في فصل الشتاء تنخفض كمية إنتاجه [56].

II-6- خاتمة:

تطرق هذا الفصل إلى مشكلة نقص المياه الصالحة للشرب، وإلى التقطير الشمسي كحل لهذه المشكلة ومختلف أنواع المقطرات الشمسية المستخدمة في هذه العملية وذلك لتأثيرها على كمية الماء المنتجة، حسب شكلها وطبيعة المواد المصنوعة منها، وخصصنا بالذكر المقطر البسيط حيث بينا طريقة صنعه والعوامل المؤثرة عليه وكذا مبدأ عمله وخصائصه، وذلك لاستعماله في التجارب الآتي ذكرها في الفصل الثالث.

الجزء العملي

الفصل الثالث

النتائج التجريبية ومناقشتها

III-1- مقـــدمة:

تعددت الأبحاث التجريبية لمحاولة تحسين مردود المقطرات الشمسية، باستعمال مواد رخيصة التكلفة، يحتوي هذا الفصل على النتائج التجريبية المتحصل عليها من مقارنة أداء ثلاث مقطرات شمسية بسيطة، الأول يحتوي على صفيحة حديدية فقط، والثاني يحتوي على صفيحة حديدية بالإضافة إلي زعانف حديدية عمودية، بينما المقطر الثالث يحتوي على زعانف مائلة بزاوية 45° عن الأفق إضافتاً إلى الصفيحة الحديدية، كما يشمل البروتوكولات التجريبية وتعريف لأجهزة القياس المستعملة، وفي الأخير دراسة إقتصادية لجدوى هذه المقطرات و الصعوبات التي واجهتنا خلال العمل التجريبي وأهم التوصيات، حيث تهدف هذه التجربة لمعرفة أي المقطرات الثلاثة أكثر إنتاجية للماء المقطر.

III-2-الموقع الجغرافي والفلكي للمنطقة:

تقع منطقة وادي سوف في الجنوب الشرقي من الجزائر، وهي محاطة بستة ولايات هي كما مبين في الشكل (III-1):

- الشمال: ولايات تبسة و خنشلة و وبسكرة.
- الجنوب: ولاية ورقلة.
- الشرق: الحدود التونسية.
- الغرب: ولايتي المغير وتقرت.

الشكل (III-1): الموقع الجغرافي لولاية الوادي.

وتقع فلكيًا ضمن الإحداثيات التالية: - بين خطي طول: 6.20° و 7.50° شرقًا.
- بين دائرتي عرض: 32.50° و 34.30° شمالًا.

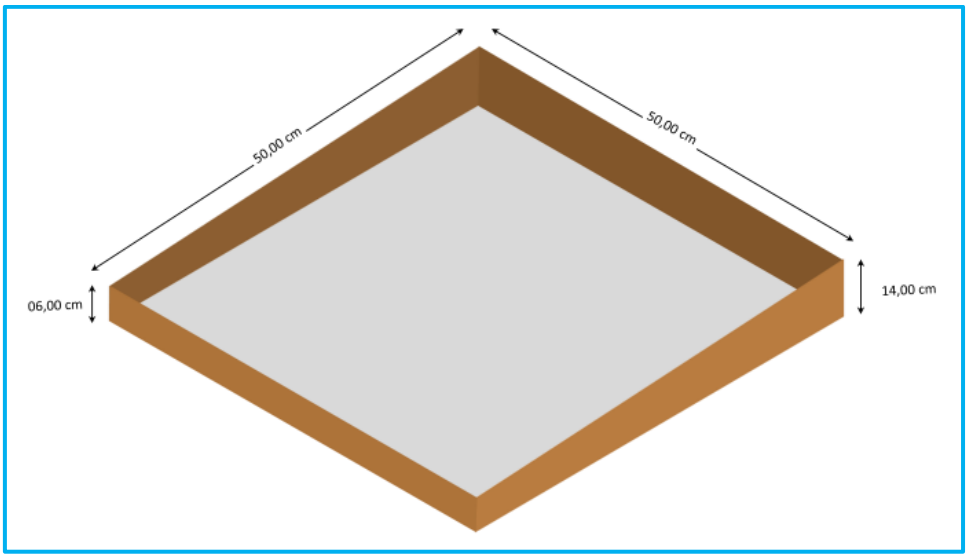
III-3- تركيبة المقطر الشمسي البسيط:

المقطر الشمسي البسيط (أحادي الميل) يتكون من:

III-3-1-الهيكل الخارجي (الصندوق):

مصنوع من مادة عازلة (الخشب)، وهو من أهم مكونات المقطر حيث يوضع فيه الماء المراد تقطيره وتطلى قاعدته وجوانبه باللون الأسود، وتكون أبعاده كما مبين في الشكل (III-2):

- الطول: 50 cm - العرض: 50 cm
- مساحة الحوض: $2500\ cm^2$ - السمك: 2 cm
- الإرتفاع الأمامي: 6 cm - الارتفاع الخلفي: 14 cm
- زاوية الميل: 10°



الشكل (2-III): رسم ثلاثي أبعاد للهيكل الخارجي للمقطر الشمسي البسيط.

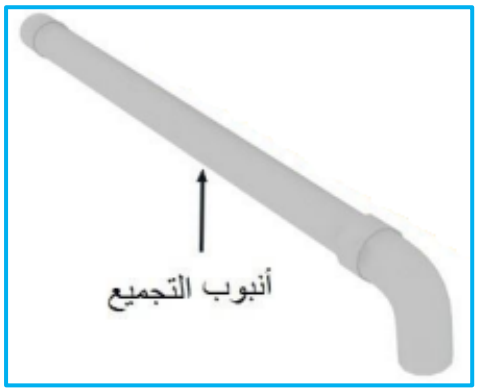
III-3-2- الغطاء الزجاجي:

يتكون من الزجاج العادي الموجود في أسواق المنطقة، شفاف يسمح بتمرير أكبر قدر من الإشعاع الشمسي كما مبين في الشكل (3-III) وتكون أبعاده كالتالي:

- الطول: 51cm
- العرض: 50 cm
- السمك: 3 mm

الشكل (3-III): صورة للغطاء الزجاجي.

III-3-3- أنبوب تجميع المياه:



هو عبارة عن أنبوب بلاستيكي قطره 2.5 cm يكون مثقوب طولياً، يسمح بدخول جزء من الزجاج لتنزل قطرات الماء المتكاثفة على مستوى الأنبوب، وتتجمع فيه لتعبر إلى إناء خاص بتجميع الماء المقطر كما مبين في الشكل (4-III).

الشكل (4-III): رسم ثلاثي أبعاد لأنبوب تجميع المياه.

III-4- الأجهزة المستعملة في التجربة:

أخذت النتائج التجريبية إبتداءً من الساعة 08:00 صباحاً إلى غاية الساعة 17:00 مساءً على مدى 09 ساعات من المراقبة تم تدوين النتائج التجريبية كل ساعة، استعملت من أجل ذلك الأجهزة التالية والموضحة في الجدول (III-1).

- جهاز متعدد القياسات.
- جهاز قياس الناقلية.
- جهاز قياس سرعة الرياح.
- الـ PH متر.
- مخبار مدرج.
- جهاز قياس شدة الإشعاع الشمسي.

الجدول (III-1): أجهزة القياس المستعملة.

جهاز متعدد القياسات	PH متر
جهاز قياس الناقلية	مخبار مدرج

جهاز قياس سرعة الرياح

جهاز قياس شدة الإشعاع الشمسي

III-5- الخطوات التجريبية:

III-5-1- التجربة الأولى:

أجريت التجربة يوم 2023/04/27 بكلية العلوم الدقيقة بجامعة الوادي، وتحت نفس الظروف المناخية، تم تعريض المقطرات الثلاثة المراد دراستها (الشاهد، ذو الزعانف العمودية وذو الزعانف المائلة) لأشعة الشمس كما هو مبين في الشكل (III-5)، بعد أن وضع في كل مقطر منها كمية كبيرة من الماء المالح تقدر بـ 7.5 L، حيث تم قياس درجة الحرارة للغطاء الزجاجي الداخلي والخارجي ودرجة حرارة الماء، ودرجة الحرارة المحيطة، لكل مقطر كل ساعة إبتداءً من الساعة 08:00 إلى غاية الساعة 12:00، والهدف من التجربة هو إختبار سلامة المقطرات من أي تسريبات للماء، وكذلك إختبار سلامة الأجهزة من أي عطل قبل استخدامها، لضمان الحصول على نتائج جيدة وصحيحة .

بعد مرور فترة من الزمن لوحظ وجود تسريبات للماء من طرف المقطر الشاهد وذو الزعانف المائلة، لذا قمنا بإصلاحها وإعادة إختبارها حتى ضمنا عدم وجود أي تسريب منهما.

الشكل (III-5): صورة لتجربة الأولى.

III-5-2- التجربة الثانية:

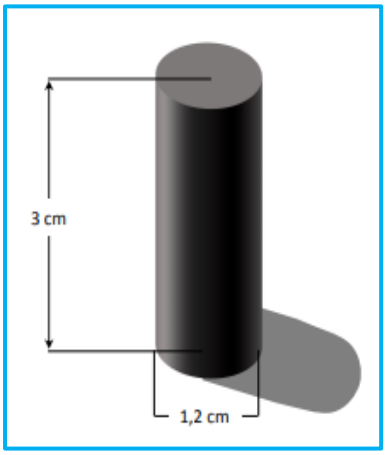
الهدف من هذه التجربة هو معرفة مدى تأثير الزعانف العمودية (90°) والزعانف المائلة بزاوية 45° عن الأفق في زيادة مساحة التقاط الإشعاع الشمسي ومضاعفة تخزين الطاقة الحرارية ومدى تأثيرها على درجة حرارة الزجاج الداخلية والخارجية من جهة، وعلى مردود المقطر الشمسي من جهة أخرى.

- **الأدوات التجريبية:**

✓ ماء مالح.
✓ ثلاث مقطرات.
✓ زعانف عمودية من حديد ذات قطر 1.2 cm وإرتفاع 3 cm وزعانف مائلة بزاوية 45° عن الأفق من حديد ذات قطر 1.2 cm وإرتفاع 3 cm.
✓ ست قارورات صغيرة.
✓ مخبار مدرج.
✓ جهاز قياس الناقلية.
✓ جهاز قياس درجة الحرارة.
✓ PH متر.
✓ جهاز قياس سرعة الرياح.

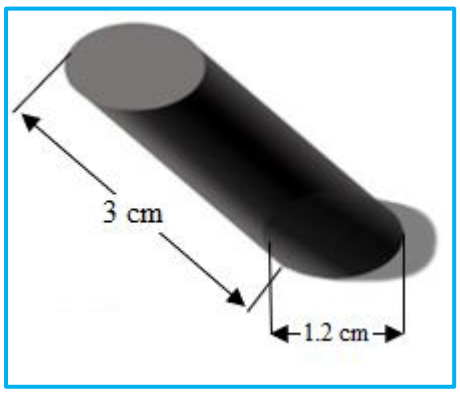
III-5-2-1- البروتوكول التجريبي:

توضح الخطوات التجريبية المذكورة أدناه، البروتوكول التجريبي للتجربة محور الدراسة، والتي تهدف لمقارنة أداء مقطر شمسي بسيط محسن بزعانف عمودية والموضحة في الشكل (III-6)، ومقطر محسن بزعانف مائلة، والمبينة في الشكل (III-7)، بأداء مقطر شمسي شاهد.



الشكل (III-6): أبعاد زعنفة عمودية

- نضع ميزان الماء على الطاولة المراد وضع المقطرات عليها، ونتحقق أنها على إستقامة واحدة.
- نضع المقطرات على الطاولة ناحية الجنوب.
- نضع الأنابيب في مواضعها وكذلك القارورات.
- نضع 5 L من الماء المالح في حوض كل مقطر.
- نغسل الغطاء الزجاجي جيداً من الشوائب كي يصبح نقياً يسمح بإنزلاق الماء.
- نضع الغطاء الزجاجي على كل مقطر.
- نضع اللواقط الحرارية على الزجاج الداخلي والخارجي، وفي الماء لكل المقطرات، وفي الزعانف للكل من المقطر المحسن بالزعانف العمودية والمحسن بالزعانف المائلة.
- نسد المقطرات جيداً لمنع التسربات الحرارية.
- نقيس درجة حرارة الجو وشدة الإشعاع الشمسي، وسرعة الرياح كل ساعة.
- نقيس درجة حرارة الماء داخل المقطرات ودرجة حرارة الزجاج الداخلي والخارجي لكل المقطرات وكمية الماء الناتجة كل ساعة عن

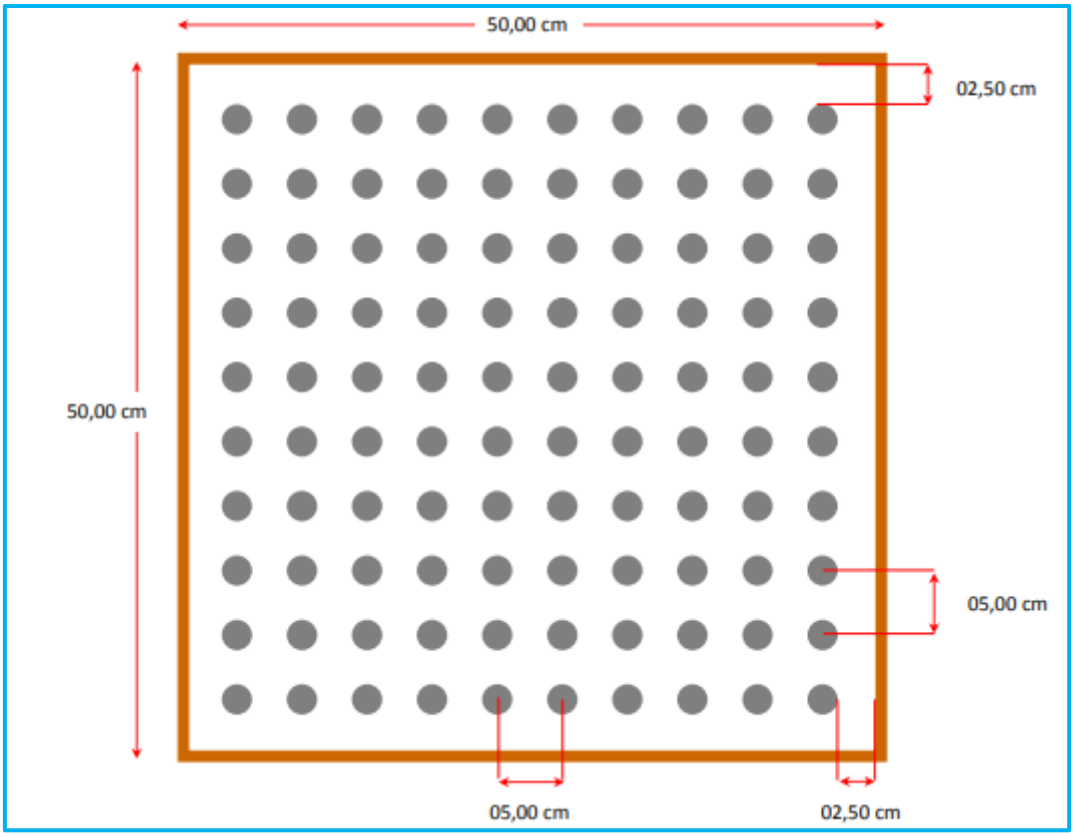


الشكل (III-7): أبعاد زعنفة مائلة

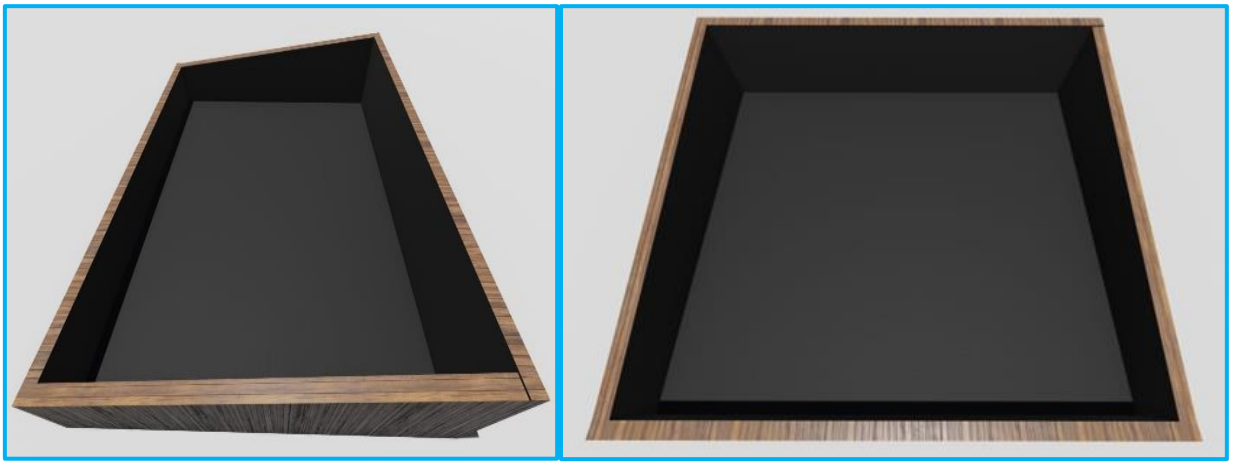
طريق الأنبوب المدرج، وتكون القراءة بشكل عمودي.

- نقيس درجة حرارة الزعانف العمودية والمائلة للمقطرين المحسنين.
- نضع كمية الماء الناتجة في كأس بيشر وندخل مسبار جهاز الـ PH متر داخل الكأس لمعرفة قيمة الـ PH للماء المقطر الناتج ومقارنته مع PH الماء المالح.
- نقيس الناقلية الكهربائية للماء المقطر الناتج ثم نقارنها بالمعايير المعروفة للماء النقي.

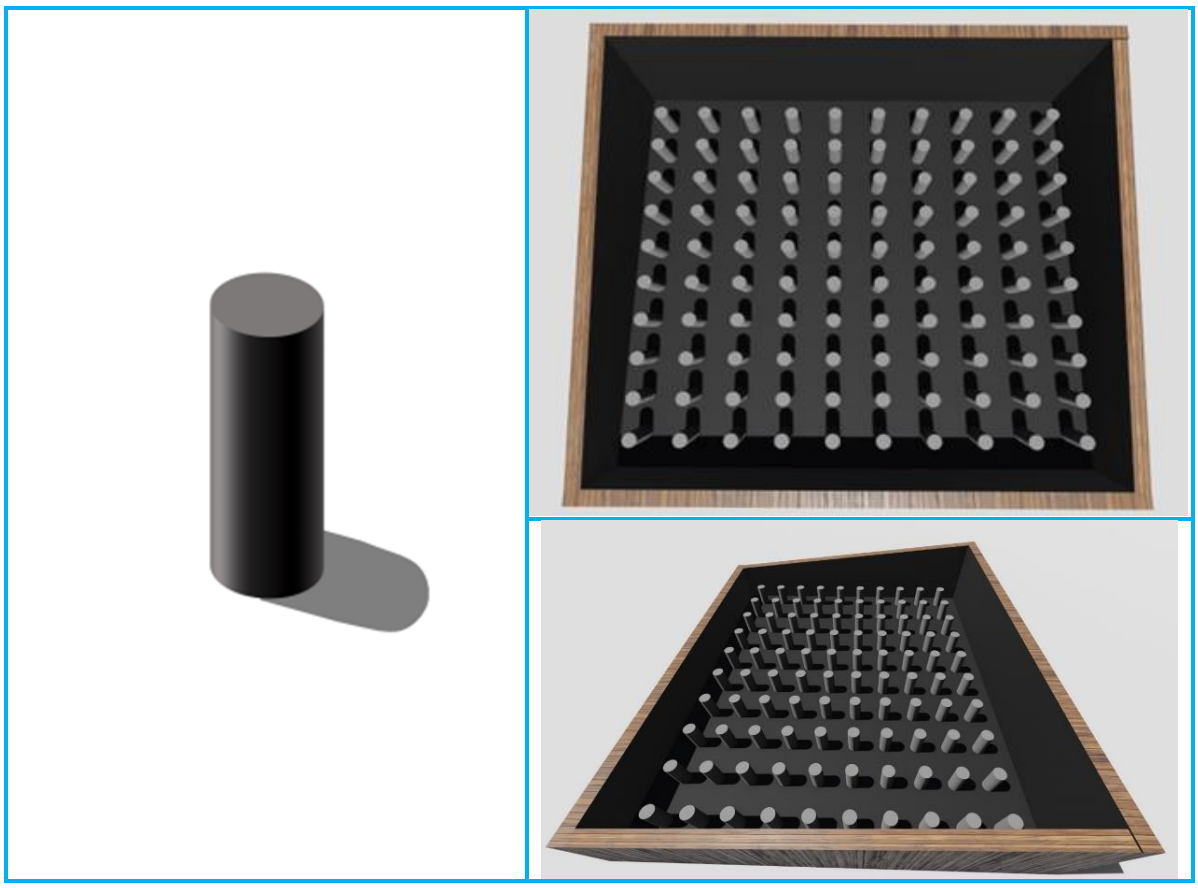
تمثل الأشكال ((III-8)، (III-9)، (III-10)، (III-11)، (III-12)) صوراً توضيحية عن المقطرات المستعملة.



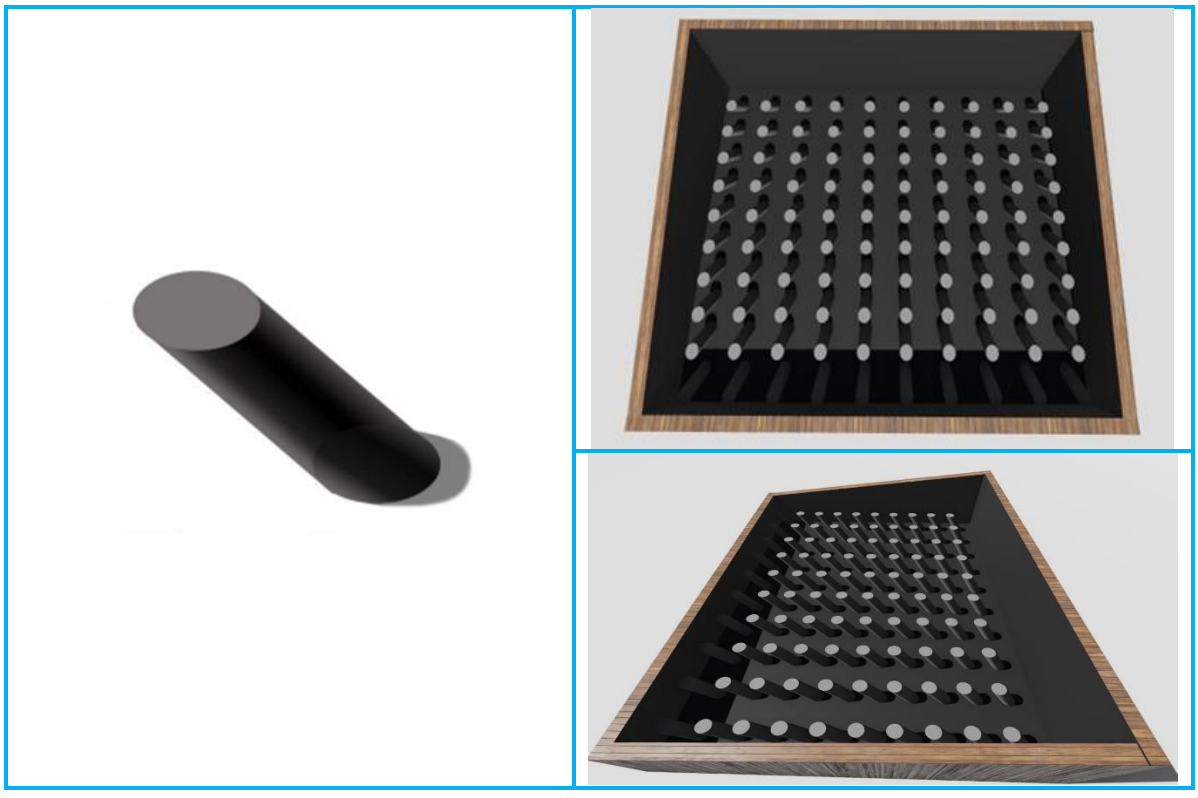
الشكل (III-8): رسم تخطيطي يوضح مواضع الزعانف في حوض المقطر الشمسي المحسن.



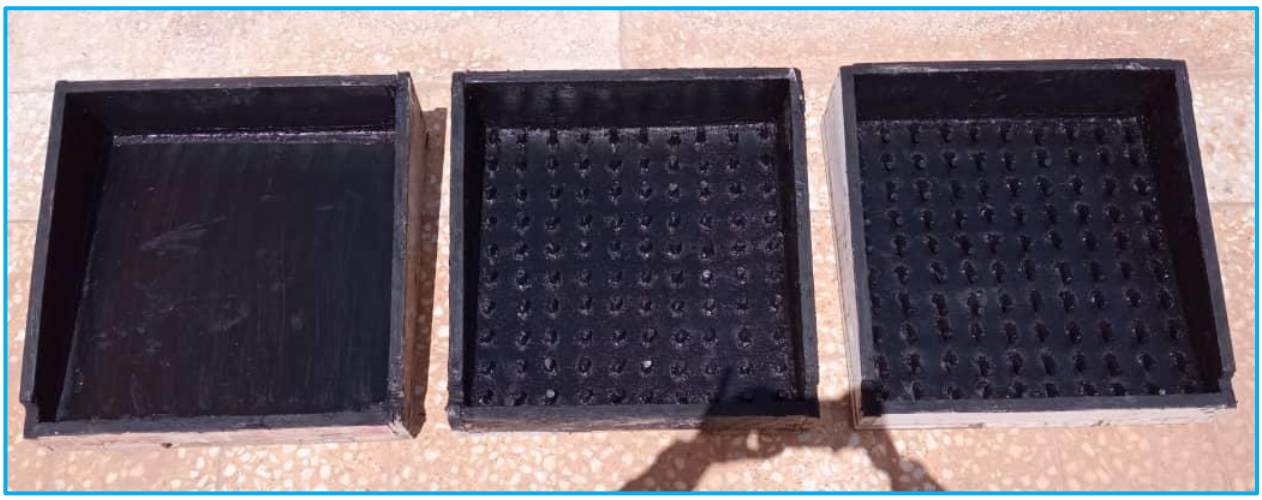
الشكل (III-9): رسم ثلاثي أبعاد يوضح المقطر الشاهد.



الشكل (III-10): رسم ثلاثي أبعاد يوضح المقطر المحسن بالزعانف العمودية والظل المتشكل عنها.



الشكل (III-11): رسم ثلاثي أبعاد يوضح المقطر المحسن بالزعانف المائلة والظل المتشكل عنها.



الشكل (12-III): صورة للمقطرات الشمسية الثلاثة
(الشاهد- المحسن بالزعانف العمودية- المحسن بالزعانف المائلة).

III-6- النتائج التجريبية:

أنجزت التجربة يوم 2023/05/11 على مستوى كلية العلوم الدقيقة بجامعة الوادي وذلك تحت الظروف الجوية المدونة في الجدول (III-2):

الجدول (2-III): الظروف الجوية يوم التجربة.

شروق الشمس	5:36 AM
غروب الشمس	7:22 PM
درجة حرارة الجو	35°C
الرطوبة	25%
سرعة الرياح	18.5 km/h

قياس قيمة الـ PH والناقلية الكهربائية للماء المالح والمقطر (قبل وبعد التجربة) بمخبر وحدة الجزائرية للمياه بالوادي أعطى النتائج المسجلة في الجدول (III-3).

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

المقدار / نوع الماء	PH	σ (µs/cm)	$[Ca^{2+}]$ mg/l	$[Mg^{2+}]$ mg/l	$[Cl^-]$ mg/l	$[NH_4^+]$ mg/l
الماء المالح	7.88	3774	220.44	97.220	517.613	0.012
الماء المقطر الناتج	7.05	157	8.03	4.861	18.271	0.01

النتائج المتحصل عليها من التجربة التي أنجزت مقبولة ومشجعة للغاية نظراً للفارق الملحوظ في قيم الـ PH والناقلية الكهربائية.

III-7- تحليل ومناقشة النتائج:

القياسات المأخوذة خلال يوم كامل من الساعة 08:00 صباحاً الى غاية 17:00 مساءً هي لـ:

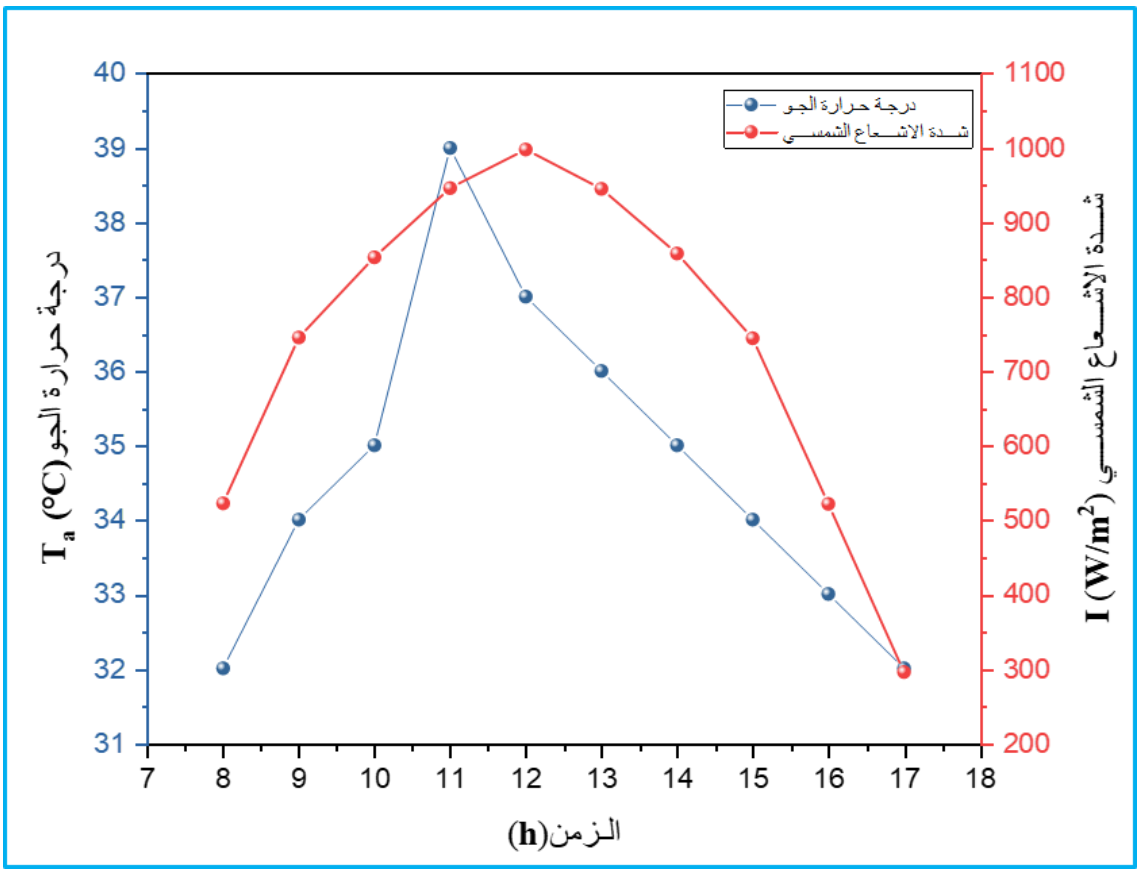
1- درجة الحرارة المحيطة.
2- شدة الإشعاع الشمسي.
3- سرعة الرياح.
4- درجة حرارة الزجاج من الداخل ومن الخارج.
5- درجة حرارة الماء المالح.
6- درجة حرارة الزعانف العمودية والمائلة.
7- كمية الماء المقطر الناتجة.

III-7-1-تطور شدة الاشعاع الشمسي (I) ودرجة الحرارة المحيطة (T_a) :

شدة الإشعاع الشمسي الساقط ودرجة الحرارة المحيطة من أهم العوامل المؤثرة على عملية التقطير الشمسي، حيث يكمن تأثيرها على الزجاج الخارجي وعلى عملية الإنتقال الحراري بالحمل الطبيعي والقسري معاً، يمثل الشكل (III-13) منحنى تغيرات كل من شدة الإشعاع الشمسي الساقط ودرجة الحرارة المحيطة بدلالة الزمن ليوم التجربة والموافق لـ 2023/05/11 حيث نلاحظ:

- أن شدة الإشعاع الشمسي على الساعة 08:00 صباحاً قدرت بـ $522\ W/m^2$، ثم أخذت في التزايد بسبب خلو الجو من السحب في الفترة الصباحية، إلى أن بلغت قيمة عظمى قدرت بـ $998\ W/m^2$ على الساعة 12:00 زوالاً وهذا راجع للسقوط العمودي للإشعاع الشمسي على سطح الأرض، ثم تناقصت مع مرور الزمن إلى أن وصلت إلى القيمة $295\ W/m^2$ عند الساعة 17:00 مساءً، وهذا يعود لغروب الشمس.

- الملاحظ أن درجة الحرارة المحيطة بلغت القيمة 32°C عند الساعة 08:00 صباحاً ثم تزايدت بسبب زيادة شدة الإشعاع الشمسي إلى أن وصلت إلى قيمتها العظمى والتي قدرت 39°C عند الساعة 11:00 ثم تناقصت بسبب إنخفاض شدة الإشعاع الشمسي إلى أن وصلت 32°C عند الساعة 17:00 مساءً.



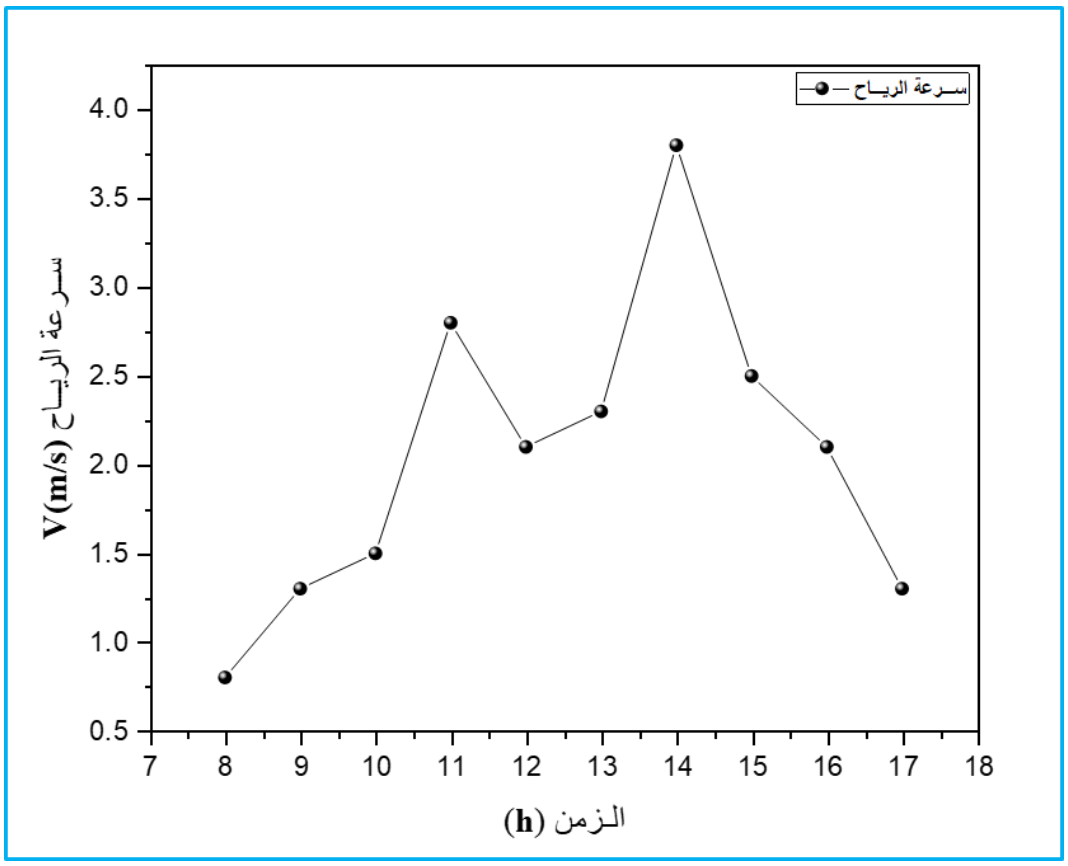
الشكل (13-III): منحنى تغيرات كل من شدة الإشعاع الشمسي الساقط ودرجة الحرارة المحيطة بدلالة الزمن ليوم التجربة.

III-2-7- تطور سرعة الرياح (V):

يمثل الشكل (14-III) منحنى تغيرت سرعة الرياح بدلالة الزمن حيث نلاحظ زيادة في سرعة الرياح بداية من الساعة 08:00 إلى غاية 11:00 حيث كانت قيمتها في هذه الساعة 2.8 m/s وهذا يوافق تسجيل أول كمية للماء المقطر من المقطرات الثلاثة وذلك راجع لمساهمة الرياح في تسريع عملية تكثيف البخار المتشكل داخل المقطر.

ثم إنخفضت سرعة الرياح في الفترة (11:00-12:00) حتى وصلت للقيمة 2.1 m/s، وزادت قيمتها في الفترة بين (12:00-14:00) فكانت عند الساعة 14:00 سرعة الرياح 3.8 m/s وهذا يوافق أعلى إنتاجية من الماء المقطر للمقطرات الثلاثة، ويعود هذا لخفض الرياح لدرجة حرارة الزجاج الخارجي، فتنتقل الحرارة بالتوصيل وتبرد الزجاج من الداخل مما يؤدي إلى تكثيف البخار المتشكل بسرعة وهو ما ينعكس إيجاباً على أداء المقطر الشمسي، فكلما إنخفضت درجة حرارة الزجاج الخارجية زاد المردود.

ثم نسجل إنخفاضاً في سرعة الرياح في الفترة (14:00-17:00)، رافقه إنخفاض في كمية الماء المنتجة من المقطرات الثلاثة.



الشكل (III-14): منحنى تغيرت سرعة الرياح بدلالة الزمن.

III-3-7- تطور درجة حرارة الزجاج الخارجي والداخلي:

- **تطور درجة حرارة الزجاج الخارجي (T_{go}):**

يمثل الشكل (III-15) منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج الخارجي (T_{go}) بدلالة الزمن.

الملاحظ أن:

- درجة حرارة الزجاج الخارجي (T_{go}) للمقطرات الثلاثة على الساعة 08:00 صباحاً قدرت بـ 30°C.

- **بالنسبة للمقطر الشاهد:**

إزدادت درجة الحرارة تدريجياً إلى أن وصلت قيمتها العظمى 39°C عند الساعة 13:00، ثم تناقصت إلى أن وصلت القيمة 34°C على الساعة 17:00 مساءً.

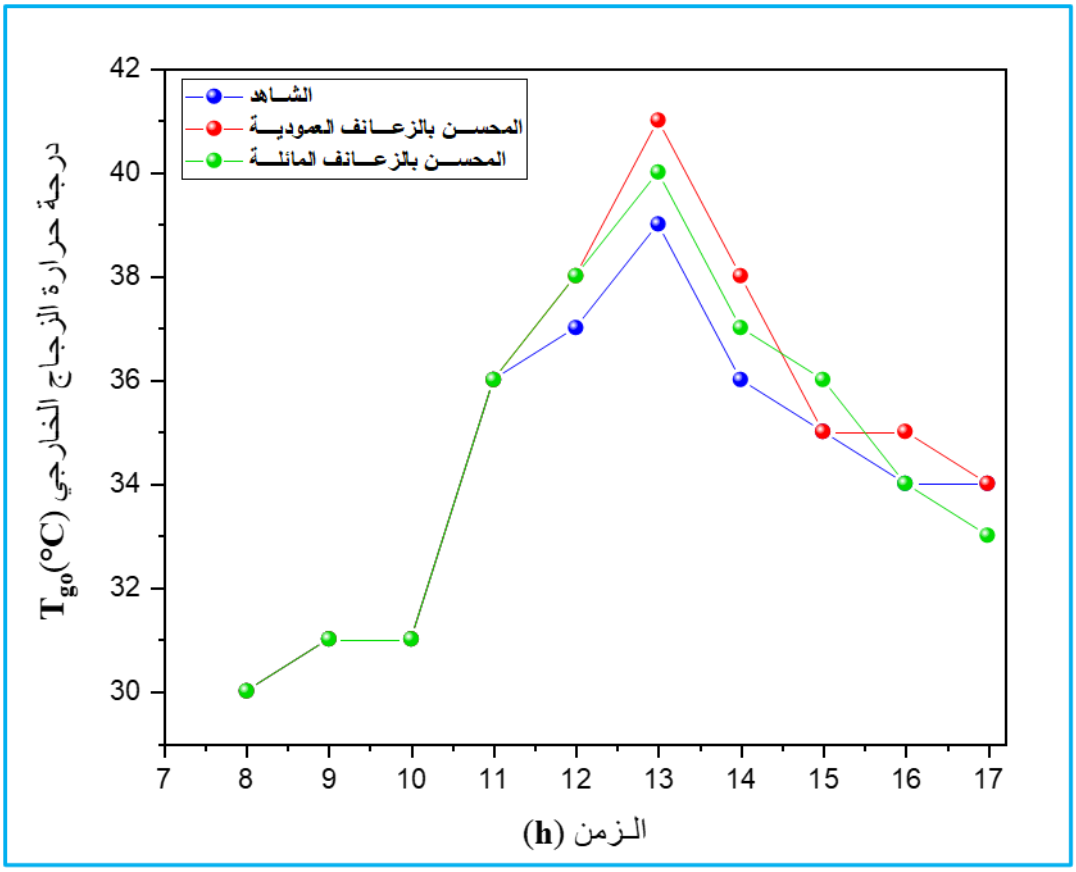
- **بالنسبة للمقطر المحسن بالزعانف العمودية:**

إزدادت درجة الحرارة تدريجياً إلى أن وصلت قيمتها العظمى 41°C عند الساعة 13:00، ثم إنخفضت إلى أن وصلت القيمة 34°C على الساعة 17:00مساءً.

- **بالنسبة للمقطر المحسن بالزعانف المائلة:**

إزدادت درجة الحرارة تدريجياً إلى أن وصلت قيمتها العظمى 40°C عند الساعة 13:00، ثم تناقصت إلى أن وصلت القيمة 33°C على الساعة 17:00 مساءً.

- نلاحظ أن درجة حرارة الزجاج الخارجي لكل المقطرات متقاربة جداً.



الشكل (15-III): منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج الخارجي (T_{go}) بدلالة الزمن.

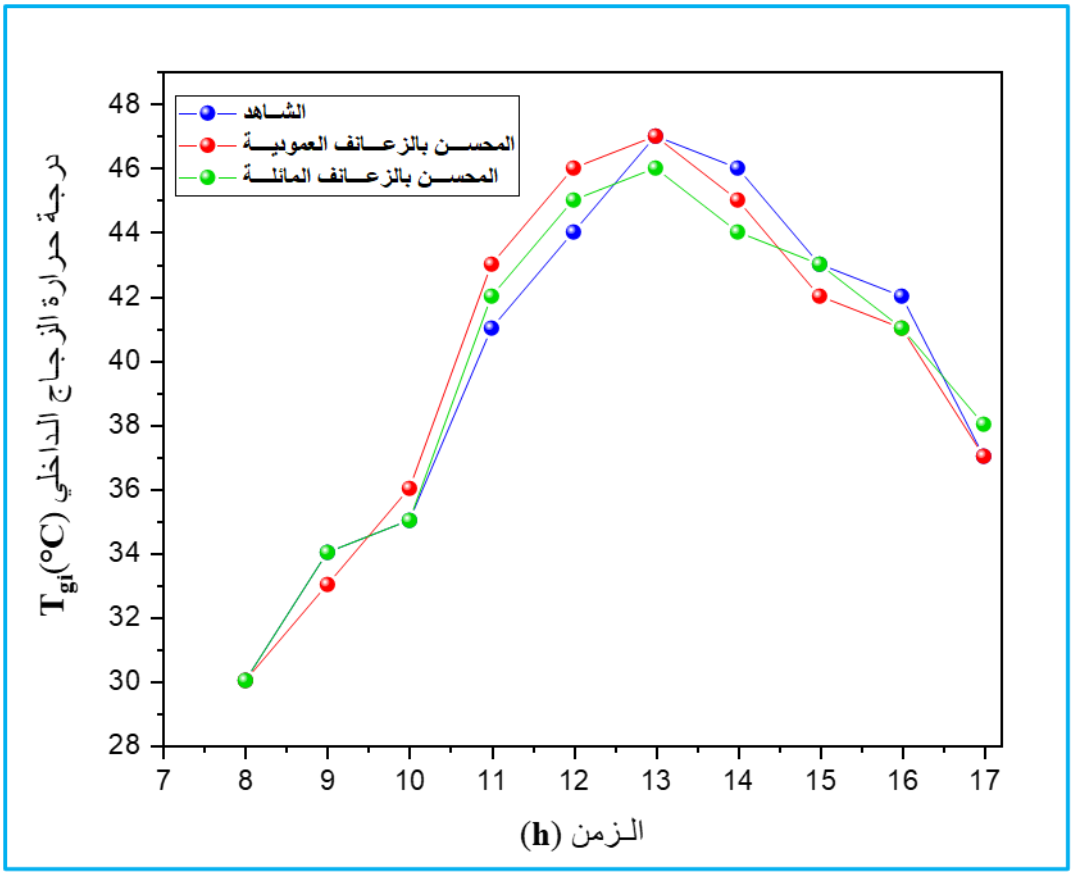
- **تطور درجة حرارة الزجاج الداخلي (T_{gi}):**

منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج الداخلي (T_{gi}) للمقطرات الثلاثة بدلالة الزمن، كما هو ممثل في الشكل (16-III). الملاحظ أن:

- درجة حرارة الزجاج الداخلي (T_{gi}) للمقطرات الثلاثة على الساعة 08:00 صباحاً قدرت بـ 30°C.

- درجة حرارة الزجاج الداخلي (T_{gi}) بالنسبة للمقطرين الشاهد والمحسن بالزعانف العمودية أخذت بالتزايد إلى أن وصلت إلى قيمتها العظمى 47°C عند الساعة 13:00، ثم إنخفضت إلى أن وصلت إلى القيمة 37°C على الساعة 17:00 مساءً.

- أما بالنسبة للمقطر المحسن بالزعانف المائلة تزايدت درجة حرارة الزجاج الداخلي (T_{gi}) له إلى أن وصلت للقيمة العظمى 46°C عند الساعة 13:00، ثم إنخفضت حتى وصلت للقيمة 38°C عند الساعة 17:00 مساءً.



الشكل (III-16): منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج الداخلي (T_{gi}) للمقطرات الثلاثة بدلالة الزمن.

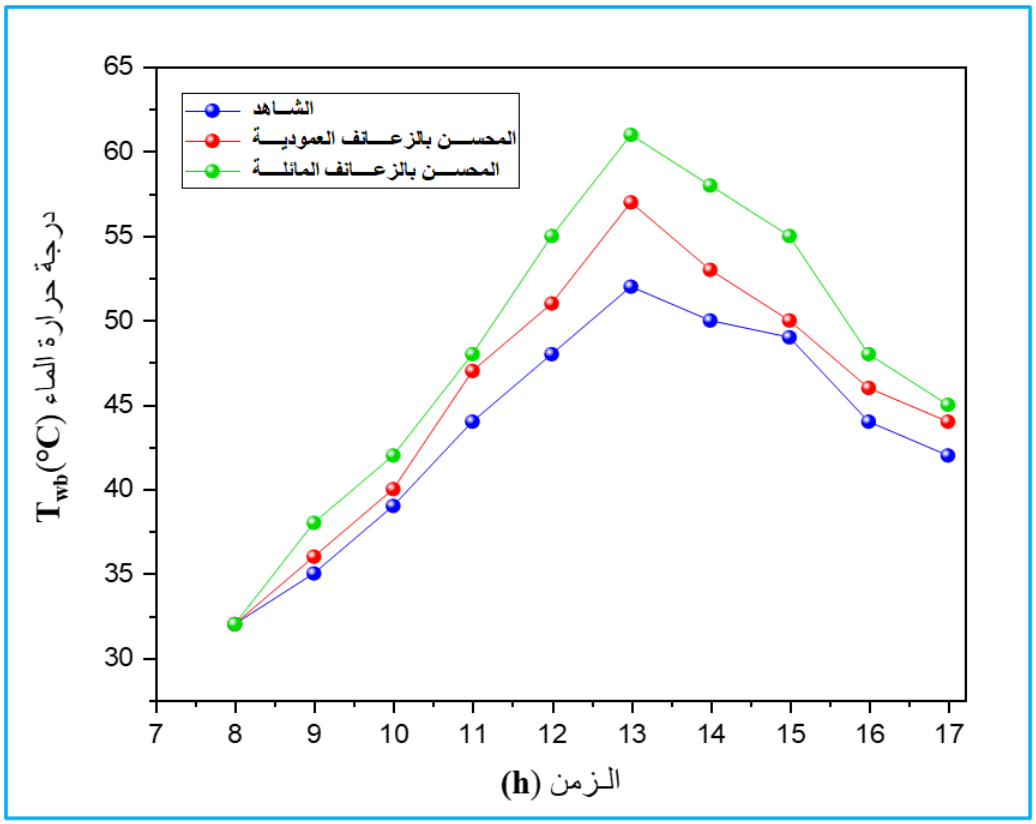
❖ **من خلال تحليل المنحنيين الشكل (III-15) والشكل (III-16) نستنتج أن:**

- ✓ هناك علاقة طردية بين درجة حرارة الزجاج الداخلية والخارجية حيث أن إرتفاع درجة حرارة الزجاج من الداخل يتبعه إرتفاع في درجة حرارة الزجاج من الخارج.
- ✓ يعود الفرق بين درجة الحرارة الداخلية والخارجية للزجاج لإنتقال الحرارة بالحمل الطبيعي أي لتبريد الرياح لسطح الزجاج من الخارج وهذا يفسر تقارب درجات حرارة الزجاج الخارجي للمقطرات الثلاثة.
- ✓ تعود سرعة تكثيف الزجاج الداخلي للبخار الناتج داخل المقطر للفرق بين درجة حرارة الزجاج الداخلية والخارجية.
- ✓ يعود إختلاف الفرق في درجة حرارة الزجاج الداخلي والخارجي بين المقطرات الثلاثة لمساهمة الزعانف المثبتة في قاع المقطرين المحسنين في زيادة كل من مساحة إلتقاط الإشعاع الشمسي وفترة تخزين الطاقة الحرارية مما ينعكس إيجاباً على درجة حرارة الماء ومنه على الزجاج الداخلي وبالتالي على الفارق في درجة الحرارة بين الزجاج الداخلي والخارجي.
- ✓ هناك عامل أخر يؤثر على الفرق في درجة الحرارة بين الزجاج الداخلي والخارجي وهو ظل الزعانف الذي يغطي مساحات من الحوض حيث تكون المساحات المغطاة بواسطة الظل صغيرة بالنسبة للمقطر المحسن بالزعانف المائلة مقارنة بالمساحات المغطاة في المقطر المحسن بالزعانف العمودية مما يجعل مساحة التقاط الإشعاع الشمسي أكبر في المقطر المحسن بالزعانف المائلة.

III-4-7- تطور درجة حرارة ماء الحوض T_{wb}:

يمثل الشكل (III-17) منحنى تغيرات درجة حرارة ماء الحوض T_{wb} للمقطرات الثلاثة بدلالة الزمن.
نلاحظ أن:

- درجة حرارة ماء الحوض للمقطر الشاهد على الساعة 08:00 صباحاً قدرت بـ 32°C ، ثم تزايدت إلى أن بلغت القيمة 52°C عند الساعة 13:00 وتناقصت بعدها إلى أن وصلت إلى القيمة 42°C على الساعة 17:00 مساءً.
- درجة حرارة ماء الحوض للمقطر المحسن بالزعانف العمودية على الساعة 08:00 صباحاً قدرت بـ 32°C ، ثم أخذت بالتزايد إلى أن بلغت القيمة 57°C على الساعة 13:00، ثم إنخفضت إلى أن وصلت القيمة 44°C على الساعة 17:00 مساءً.
- درجة حرارة ماء الحوض للمقطر المحسن بالزعانف المائلة على الساعة 08:00 صباحاً قدرت بـ 32°C، ثم تزايدت إلى أن وصلت القيمة 61°C على الساعة 13:00، وتناقصت بعدها حتى وصلت القيمة 45°C على الساعة 17:00 مساءً.
- درجة حرارة ماء الحوض للمقطرين المحسنين بالزعانف العمودية والمائلة أعلى من درجة حرارة ماء الحوض للمقطر الشاهد وهذا راجع للتحسينات التي أضيفت للمقطرين والمتمثلة في الزعانف العمودية والمائلة، والتي لها خاصية إمتصاص الإشعاع الشمسي بشكل أفضل وتخزين الطاقة الحرارية.
- درجة حرارة ماء الحوض للمقطر المحسن بالزعانف المائلة أعلى منها في المقطر المحسن بالزعانف العمودية، وهذا بسبب صغر مساحة الظل المتشكل عن الزعانف المائلة والذي يغطي مناطق من الحوض مقارنة بالظل المتشكل على الزعانف العمودية والذي يغطي مساحة أكبر من الحوض (14.4% من مساحة الحوض). بالإضافة لكون الزعانف المائلة مغمورة أكثر في ماء الحوض مقارنة بالزعانف العمودية مما يكسبه طاقة حرارية أكبر.



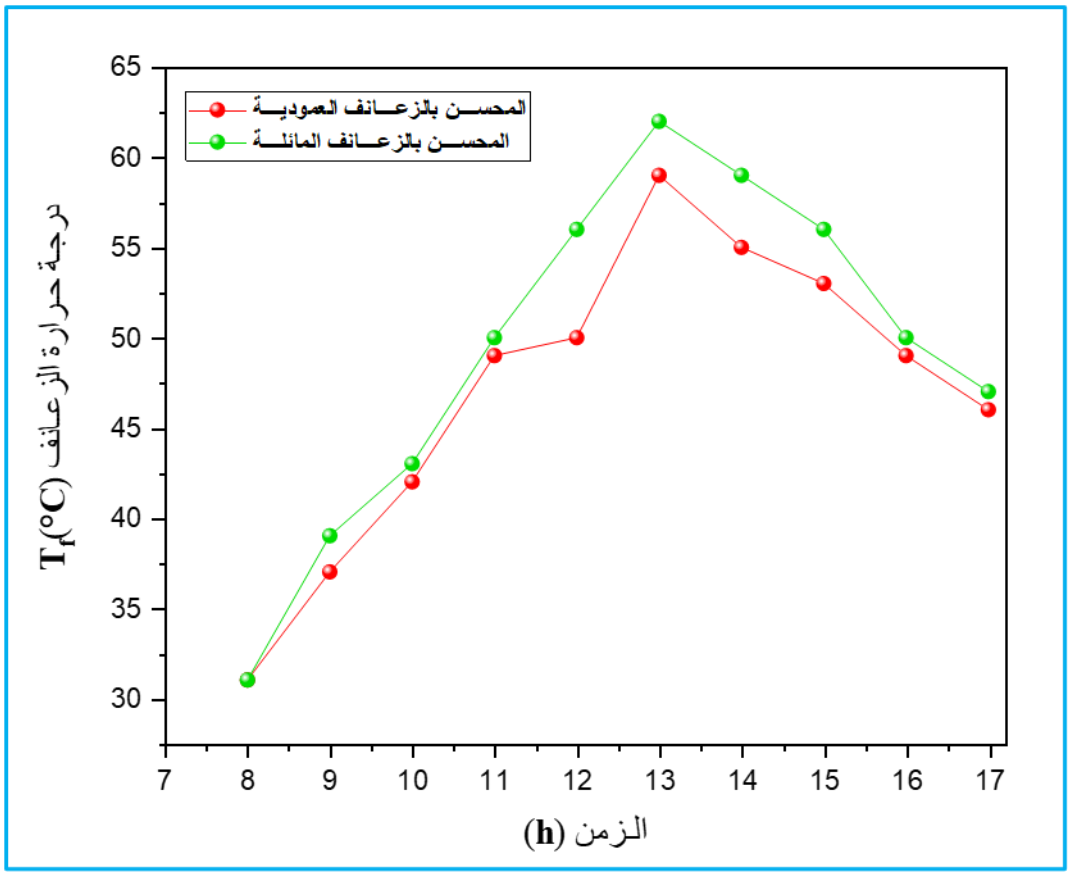
الشكل (III-17): منحنى تغيرات درجة حرارة ماء الحوض(T_{wb}) للمقطرات الثلاثة بدلالة الزمن.

III-7-5- تطور درجة حرارة الزعانف(T_f):

يمثل الشكل (III-18) منحنى تغيرات درجة حرارة الزعانف العمودية والمائلة للمقطرين المحسنين بدلالة الزمن حيث نلاحظ:

- أن درجة حرارة الزعانف العمودية والمائلة كانت متماثلة عند الساعة 08:00، حيث أخذت القيمة 31°C، ثم تزايدت لكلاهما حتى وصلت القيمة العظمى 59°C للزعانف العمودية والقيمة العظمى 62°C للزعانف المائلة عند الساعة 13:00، ثم إنخفضت إلى أن وصلت القيمة 46°C للزعانف العمودية و47°C للزعانف المائلة وذلك على الساعة 17:00 مساءً.

- درجة حرارة الزعانف المائلة أعلى من درجة حرارة الزعانف العمودية، وذلك راجع لإمتصاص الزعانف المائلة قدر أكبر من الإشعاع الشمسي الساقط على المقطر مقارنة بالزعانف العمودية، أي أن سطح التقاط الإشعاع الشمسي للزعانف المائلة أكبر من سطح التقاط الإشعاع الشمسي للزعانف العمودية.



الشكل (III-18): منحنى تغيرات درجة حرارة الزعانف (T_f)

العمودية والمائلة للمقطرين المحسنين بدلالة الزمن.

III-7-6- تطور درجة حرارة الزجاج الداخلي والزعانف ودرجة حرارة ماء الحوض للمقطرات الثلاثة:

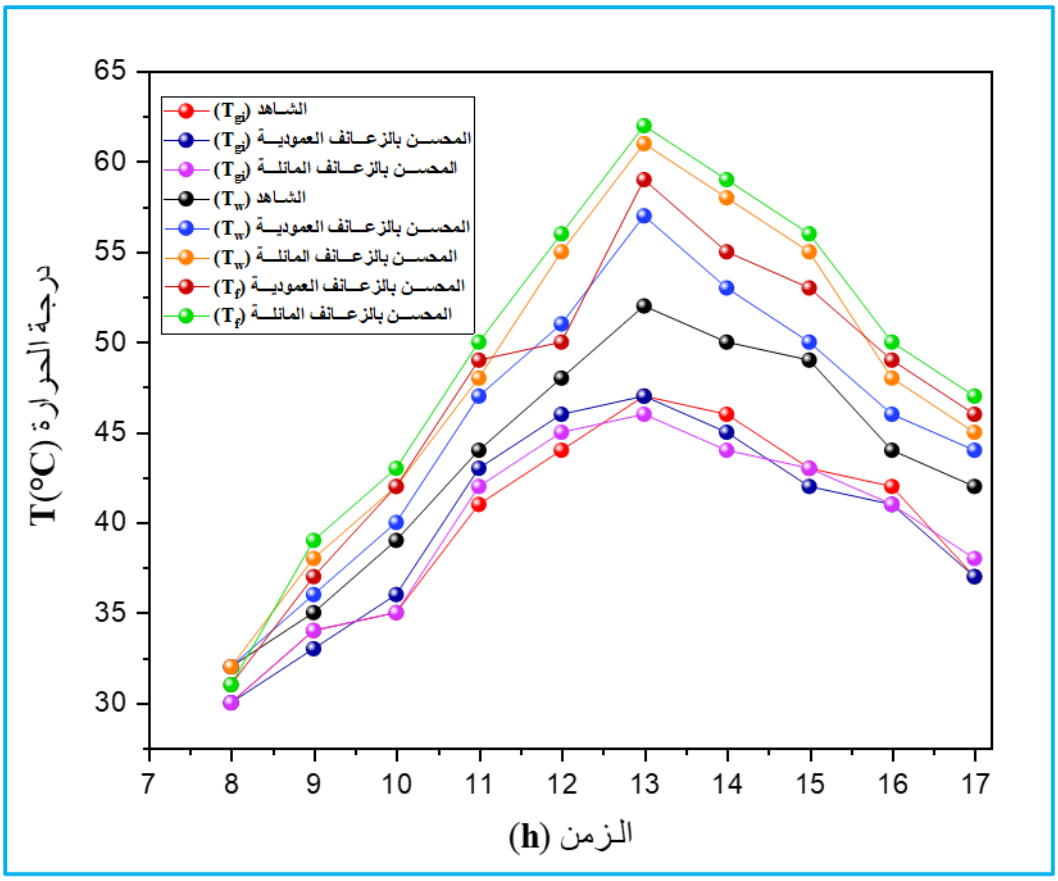
يمثل الشكل (III-19) منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج الداخلي والزعانف ودرجة حرارة ماء الحوض للمقطرات الثلاثة بدلالة الزمن:

- الملاحظ عموما أن درجة حرارة الزجاج الداخلي متقاربة للمقطرات الثلاثة.

- درجة حرارة ماء حوض المقطر المحسن بالزعانف المائلة أعلى من درجة حرارة ماء حوض المقطرين الآخرين، وهذا راجع لإكتسابه قدر أكبر من الطاقة الحرارية من الزعانف المائلة، بسبب نقص مساحة الظل المتشكل عنها، بالإضافة لكونها مغمورة أكثر في الماء من الزعانف العمودية، ودرجة حرارة ماء حوض المقطرين المحسنين أعلى من درجة حرارة ماء حوض المقطر الشاهد، وهذا يعود للتحسينات المضافة للمقطرين، والتي تزيد من مساحة التقاط الإشعاع الشمسي وفترة تخزين الطاقة.

- درجة حرارة الزعانف المائلة أعلى من درجة حرارة الزعانف العمودية، وهذا راجع لإمتصاص الزعانف المائلة قدر أكبر من الطاقة الحرارية، بسبب كبر مساحة إلتقاطها للإشعاع الشمسي مقارنة بالزعانف العمودية.

- درجة حرارة ماء الحوض ودرجة حرارة الزعانف للمقطرين المحسنين متقاربة وأعلى من درجة حرارة الزجاج الداخلي.



الشكل (III-19): منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج الداخلي والزعانف

ودرجة حرارة ماء الحوض للمقطرات الثلاثة بدلالة الزمن.

III-7-7- تطور كمية الماء المنتجة:

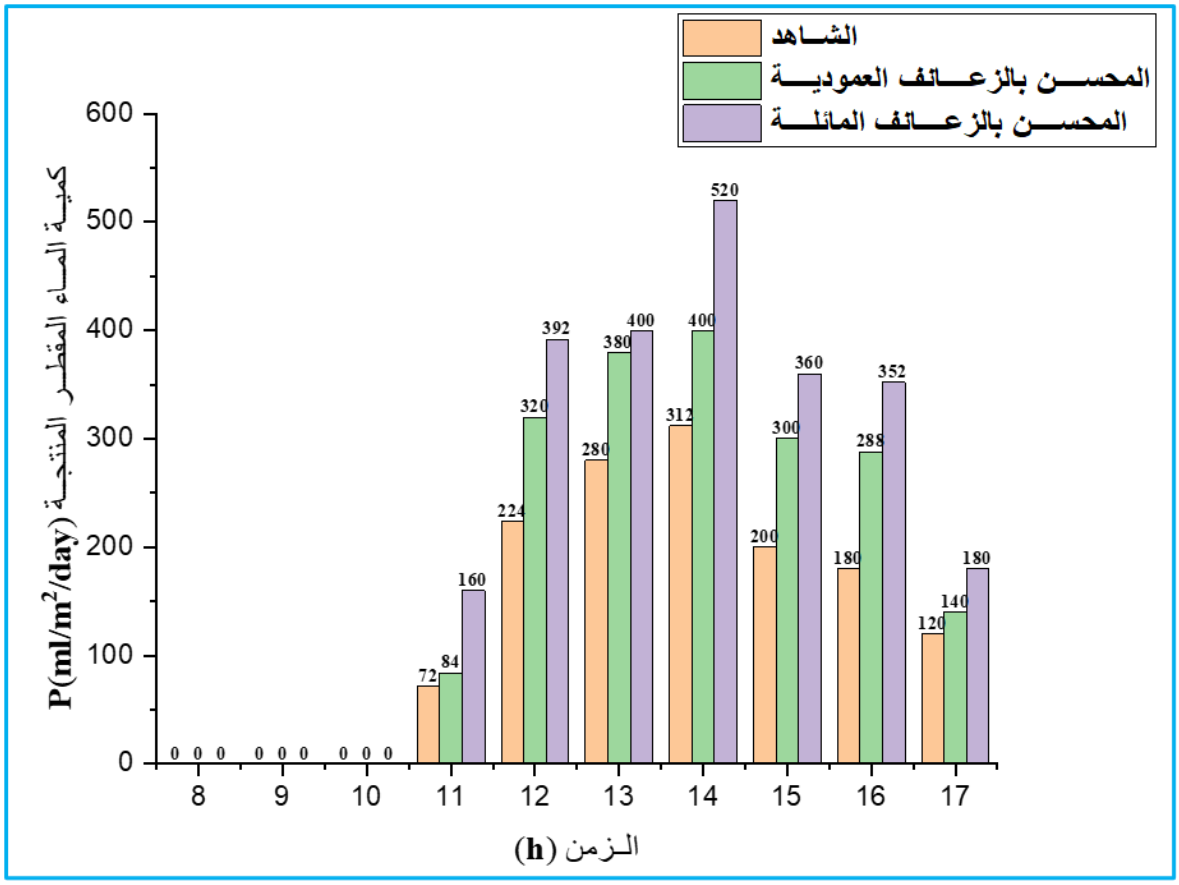
يمثل الشكل (III-20) أعمدة بيانية لكمية الماء المنتجة من المقطرات الثلاثة (كل ساعة) بدلالة الزمن حيث:

- نلاحظ عدم تسجيل أي كمية ماء في الساعات الأولى للتجربة (08:00 و09:00 و 10:00) وهذا راجع لعدم تبخر الماء داخل المقطرات بعد، لقلة شدة الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة المحيطة مما يؤدي لعدم تسخين الماء بشكل كافي ليصل لدرجة التبخر، ويعود تأخر إنتاج الماء المقطر كذلك لعدم وجود إختلاف في درجة الحرارة بين الماء والزجاج الداخلي للمقطر.

- بدأ إنتاج الماء المقطر من المقطرات الثلاثة على الساعة 11:00 حيث بلغت كمية الإنتاج للمقطر الشاهد 72 $ml/m^2/day$ وللمقطر المحسن بالزعانف العمودية 84 $ml/m^2/day$ بينما كانت للمقطر المحسن بالزعانف المائلة كمية الإنتاج 160 $ml/m^2/day$، تعود أفضلية الإنتاج للمقطرين المحسنين مقارنة بالمقطر الشاهد للتأثير الإيجابي للزعانف على أداء المقطرين، حيث ساهمت في زيادة كل من مساحة التقاط الإشعاع الشمسي الساقط على المقطر وفترة تخزين الطاقة، بينما تعود أفضلية الإنتاج للمقطر المحسن بالزعانف المائلة مقارنة بالمقطر المحسن بالزعانف العمودية إلى نقص مساحة الظل المتشكل عن الزعانف المائلة مقارنة بالظل المشكل عن الزعانف العمودية وبالتالي نقص مساحة تبريد الماء داخل المقطر وكذلك لكون الزعانف المائلة مغمورة أكثر في الماء داخل حوض المقطر.

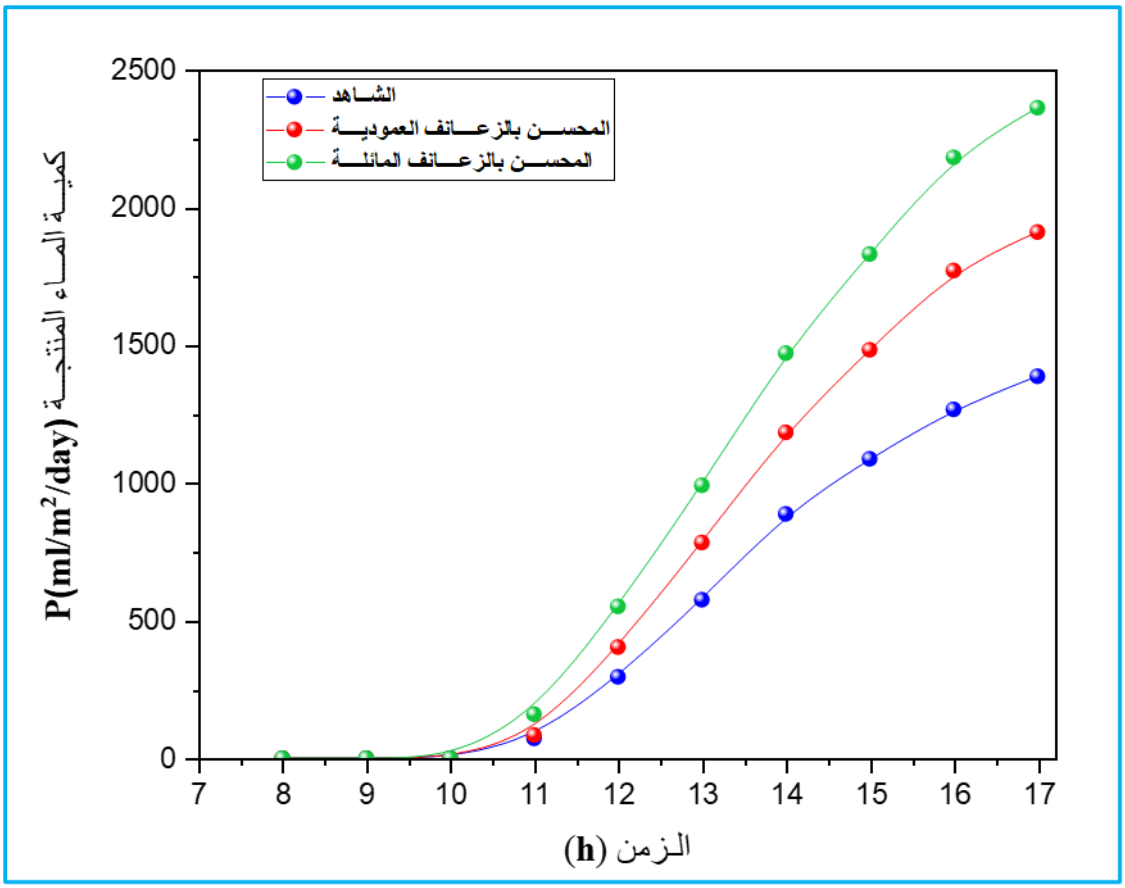
- تعود زيادة الإنتاج للمقطرات الثلاثة في الفترة (11:00-14:00) حتى بلوغه القيمة العظمى على الساعة 14:00 فبلغت للمقطر الشاهد 312 ml وللمحسن بالزعانف العمودية 400 ml أما للمقطر المحسن بالزعانف المائلة فبلغت كمية الإنتاج 520 ml، لزيادة شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض ودرجة الحرارة المحيطة.

- إنخفاض كمية الإنتاج للمقطرات الثلاثة (الشاهد، المحسن بالزعانف العمودية، المحسن بالزعانف المائلة) في الفترة (14:00-17:00)، حتى وصوله للكميات 120 ml، 140 ml، 180 ml على التوالي راجع لإنخفاض شدة الإشعاع الشمسي الساقط ودرجة الحرارة المحيطة بسبب غروب الشمس.



الشكل (III-20): أعمدة بيانية لكمية الماء المنتجة من المقطرات الثلاثة (كل ساعة) بدلالة الزمن.

يمثل الشكل (III-21) منحنى تغيرات كمية الماء المقطر المنتجة (المجمعة) للمقطرات الثلاثة بدلالة الزمن، عموماً من الملاحظ أن كمية الماء المقطر الناتجة تتزايد مع مرور الزمن في كل المقطرات، لكنها كانت أفضل بالنسبة للمقطر المحسن بالزعانف المائلة.



الشكل (III-21): منحنى تغيرات كمية الماء المقطر المنتجة (المجمعة) للمقطرات الثلاثة بدلالة الزمن.

III-8- دراسة إقتصادية لجدوى إستخدام المقطرات الشمسية المستعملة في التجربة:

تحلية المياه الغير صالحة للشرب (المياه الجوفية، مياه البحر، مياه ملوثة وغيرها) باستعمال تقنيات وأساليب مثل مشتقات البترول (البنزين، الديزل، الغاز وغيره) أو الطاقة الكهربائية تكلف الدول مبالغ مالية طائلة، لذا فاستخدام تقنية التقطير الشمسي في توفير مياه الشرب يعد حلاً جيداً لمشكلة نقص المياه الصالحة للشرب بالإضافة إلى أنها طريقة نظيفة وآمنة وصديقة للبيئة. ونشير أن المواد المكونة للمقطرات الشمسية متوفرة محلياً وبأسعار منخفضة حيث لا تتجاوز تكلفة تصنيع المقطر الشمسي البسيط ($1m^2$) 10000 DA، وسعر اللتر الواحد من الماء المقطر حوالي 100 DA.

بالإضافة إلى ذلك فإن المقطر المصنوع يدوم استخدامه سنوات عديدة، ومنه فقيمة الربح الناتجة عنه كبيرة، وكذلك لأن عملية صيانته وتنظيفه غير مكلفة.

الجدول (III-4) أدناه يمثل دراسة إقتصادية لجدوى إستخدام المقطرات الشمسية المستعملة في التجربة على المدى المتوسط، وجب التنويه إلى أن هذه الدراسة لم تأخذ بعين الإعتبار عدة عوامل مهمة تؤثر على مردود هذه المقطرات، مثل التأثير الموسمي لفصول السنة على المردود، وإضطراب الجو خلال بعض أيام

السنة، لأن الهدف من هذه الدراسة هو بيان أفضلية المقطرين المحسنين مقارنة بالمقطر الشاهد، رغم إرتفاع تكلفة تصنيعهما مقارنتاً بتكلفة تصنيعه.

الجدول (III-4): دراسة إقتصادية لجدوى إستخدام المقطرات الشمسية المستعملة في التجربة.

	المقطر الشاهد	المقطر المحسن بالزعانف العمودية	المقطر المحسن بالزعانف المائلة
تكلفة التصنيع والصيانة (DA)	14100	18100	18100
كمية الماء المنتجة ($L/m^2/day$)	1.388	1.912	2.364
مدة تسديد تكلفة تصنيع المقطر (day)	102	95	77
قيمة الربح الصافي خلال 5 سنوات (DA)	239210	330840	413330
نسبة الربح الصافي مقارنة بالمقطر الشاهد	/	38.30%	72.79%

يتضح أن الإستثمار في عملية التقطير الشمسي مربحة جدًا ويمكن إنشاء مشاريع مستقبلية لحقول تقطير شمسية تشبه الألواح الشمسية ومزارع إنتاج الطاقة من الرياح، مع الأخذ بعين الإعتبار العوامل المؤثرة على عمل هذه الحقول والمعرقلة لها.

III-9- الصعوبات والتوصيات:

- إضطراب الجو في الفترة المسائية للتجربة، حيث تشكلت بعض السحب.
- إضطررنا لإعادة التجربة بوضع كمية الماء المالح داخل المقطرات 5 L بدل 7.5 L، وذلك بسبب ضعف الإنتاجية.
- تلحيم الزعانف في الصفيحة الحديدية أدى إلى تشكل ثقوب داخل الصفيحة، مما نتج عنه ضياع لكمية من الماء، حاولنا إصلاح هذا المشكل، ولكن يستحسن مستقبلاً إيجاد طريقة أسهل لتثبيت الزعانف الحديدية داخل المقطرات.
- رغم وجود طلاء أسود على الصفيحة الحديدية والزعانف، إلا أنه لوحظ وجود صدأ عليهما بعد إجراء التجربة، لذا يجب تجفيف المقطرات جيداً من الماء بعد استعمالها.
- يجب الوقاية من أشعة الشمس أثناء أخذ قياسات التجربة كل ساعة.
- عدم استقرار الجو في بعض أيام السنة من المشاكل التي تعيق أداء المقطرات الشمسية.

III-10- خاتمة:

بينت النتائج المتحصل عليها من الدراسة التجريبية أن إضافة الزعانف الحديدية للمقطر الشمسي تزيد من مردوده، وذلك بمساهمتها في زيادة كل من مساحة التقاط الإشعاع الشمسي وفترة تخزين الطاقة، حيث أن المقطر المحسن بالزعانف العمودية أفضل من المقطر الشاهد بنسبة قدرت بـ 37.75%، والمقطر المحسن بالزعانف المائلة أفضل من المقطر الشاهد بنسبة قدرت بـ 70.32%.

كان مردود المقطر الشمسي المحسن بالزعانف المائلة أفضل من مردود المقطر الشمسي المحسن بالزعانف العمودية بنسبة قدرت بـ 23.64%، ويعود ذلك لصغر مساحة الظل المتشكل عن الزعانف المائلة مقارنتاً بالظل المتشكل عن الزعانف العمودية، والذي يعمل على تبريد الماء المالح داخل المقطر وبالتالي نقصان مردوده، ومنه نستنتج من هذه المقارنة أن ميل الزعانف يؤثر على مردود المقطر الشمسي.

الخاتمة العامة

خاتمة العامة

أزمة قلة المياه الصالحة للشرب من الأزمات الكبرى التي يعاني منها العالم حالياً، والتي من المرتقب أن تتفاقم أكثر مستقبلاً، بسبب النمو الديمغرافي الرهيب في العالم، حيث أن عدد سكان العالم تضاعف لأكثر من ثلاثة أضعاف منذ منتصف القرن العشرين، والجزائر ليست ببعيدة عن هذه المشكلة، كونها تعاني من نقص مياه الشرب خاصة في المناطق النائية، الأمر الذي جعلها تبحث عن طرق لتحلية المياه المالحة، أسهل هذه الطرق وأقلها تكلفة هي تحلية المياه بالطاقة الشمسية، فثلثي مساحة الجزائر عبارة عن صحاري تمتلك مخزون كبير من المياه الجوفية غير الصالحة للشرب، كما هو الحال في ولاية الوادي، لذا يعد التقطير الشمسي حل مناسب لمشكلة نقص مياه الشرب في هذه المناطق.

إنتاجية المقطر الشمسي البسيط ضعيفة، ولا تلبي الحاجة لمياه الشرب ولا تعالج مشكلة نقصها في المناطق النائية والمعزولة بشكل كبير، لذا لجأ الكثير من الباحثين لمحاولة تحسين أداء المقطرات الشمسية وزيادة إنتاجيتها، الهدف من التجربة التي أنجزت بجامعة حمة لخضر بالوادي هو تحسين المردودية اليومية للمقطر الشمسي البسيط، وذلك بمقارنة كمية الماء المنتجة من ثلاثة مقطرات شمسية متماثلة، أحدها شاهد، أما الآخرين فتم تثبيت 100 زعنفة حديدية عمودية في قاع حوض أحدهما و100 زعنفة حديدية مائلة بزاوية 45° عن الأفق في الآخر، تحمل هذه الزعانف نفس الأبعاد (قطرها 1.2 cm وارتفاعها 3 cm)، موزعة بإنتظام على مساحة الحوض (تحتوي المقطرات الثلاثة على صفيحة من حديد أبعادها 50cm×50cm)، تستهدف التجربة كذلك دراسة تأثير الزعانف وزاوية ميلها بالنسبة للأفق على أداء المقطر الشمسي البسيط.

التجربة أجريت في ظروف مناخية جيدة ومرت بنجاح، حيث تم تعريض المقطرات الشمسية الثلاثة لأشعة الشمس من الساعة 08:00 صباحاً إلى غاية الساعة 17:00 مساءً، تحت نفس الظروف المناخية، نلخص نتائج التجربة في النقاط التالية:

- إضافة الزعانف الحديدية العمودية والمائلة ساهم في زيادة مساحة التقاط الإشعاع الشمسي وفترة تخزين الطاقة الحرارية وزيادة المردود
- بلغت كمية الماء المنتجة من المقطر الشاهد 1388 $ml/m^2/day$
- بلغت كمية الماء المنتجة من المقطر المحسن بالزعانف العمودية 1912 $ml/m^2/day$
- بلغت كمية الماء المنتجة من المقطر المحسن بالزعانف المائلة 2364 $ml/m^2/day$
- المقطر المحسن بالزعانف العمودية أفضل من المقطر الشاهد بنسبة قدرت بـ 37.75%
- المقطر المحسن بالزعانف المائلة أفضل من المقطر الشاهد بنسبة قدرت بـ 70.32%
- المقطر المحسن بالزعانف المائلة أفضل من المقطر المحسن بالزعانف العمودية بنسبة قدرت بـ 23.64%، وذلك راجع لكون مساحة الظل المتشكلة عن الزعانف المائلة أقل من المساحة المتشكلة عن الزعانف العمودية، وكذلك لكون الزعانف المائلة مغمورة أكثر في الماء داخل المقطر من الزعانف العمودية
- تكلفة تصنيع المقطر الشاهد أقل من تكلفة تصنيع المقطرين المحسنين في حين أن مدة تسديد تكلفة تصنيعه أطول منهما
- قيمة الربح الصافي الناتج عن استخدام المقطر المحسن بالزعانف العمودية لمدة خمس سنوات أكبر من قيمة الربح الصافي الناتجة عن استخدام المقطر الشاهد بنسبة قدرت بـ 38.30%

- قيمة الربح الصافي الناتجة عن استخدام المقطر المحسن بالزعانف المائلة أكبر من قيمة الربح الصافي الناتجة عن استخدام المقطر الشاهد بنسبة قدرت بـ 72.79%

أظهرت الدراسة أن إستخدام الزعانف وخاصةً المائلة يعزز أداء المقطرات الشمسية، وذلك بمساهمتها في زيادة كل من مساحة التقاط الإشعاع الشمسي وفترة تخزين الطاقة.

كدراسة مستقبلية للحصول على نتائج أفضل يمكن تغيير زاوية ميل الزعانف، لتقليل مساحة الظل المتشكلة عنها أكثر، أو زيادة عدد الزعانف داخل المقطر لزيادة مردوده.

قائمة المراجع

قائمة المراجع

[1] Khedim, A. H., Schawrzer, K., Faber, C.," Nouveau système de dessalement de l'eau de mer à l'énergie solaire", Ginstereg Julich (Allemagne).

[2] Boualat, Y.(2004), "Investigation sur la performance d'un distillateur solaire", Thèse Magister, Université de Ourgla, P.38-44, Algérie.

[3] Attia, M. E. H., Kabeel, A. E., Abdelgaied, M., Bellila, A., & Abdel-Aziz, M. M. (2021). "Optimal concentration of high thermal conductivity sensible storage materials (graphite) for performance enhancement of hemispherical distillers". Desalination and Water Treatment, 231, 263-272. https://doi.org/10.5004/dwt.2021.26756

[4] Kabeel, A. E., Attia, M. E. H., Abdelgaied, M., Abdullah, A. S., Bellila, A., & Abdel-Aziz, M. M. (2022). "Performance assessment of the hemispherical solar distillers with the extended cylindrical iron fins: An experimental investigation". Alexandria Engineering Journal, 61(12), 11149-11157. https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.04.018

[5] Attia, M. E. H., Zayed, M., Abdelgaied, M., Sharshir, S., Kabeel, A. E., & Abdalla, A. (2022). "Experimental investigation on a modified design of hemispherical solar distiller with v-corrugated iron trays and wick materials for improving freshwater production". Environmental Science and Pollution Research, 29, 83756-83769. https://doi.org/10.1007/s11356-022-21693-x

[6] Vembu, S., Attia, M. E. H., Thangamuthu, M., Abdelgaied, M., Kabeel, A. E., & Abdel-Aziz, M. M. (2023). "Energy, exergy, and economic analysis of solar still using coal cylinder fins: an experimental study". Environmental Science and Pollution Research, 30, 2597-2606. https://doi.org/10.1007/s11356-022-22325-0

[7] Attia, M. E. H., Kabeel, A. E., Elbar, A. R. A., Abdelgaied, M., & Abdallah, A. E. (2023). "Hemispherical solar distiller with truncated circular cone-shaped reflector mirrors (TCC-RM): optimum inclination of reflector mirrors". Environmental Science and Pollution Research International, 30(13), 36769-36781. https://doi.org/10.1007/s11356-022-24774-z

[8] Attia, M. E. H., Hussein, A. K., Abdul-Ammer, H. J., Abdelgaied, M., Kabeel, A. E., & Abdel-Aziz, M. M. (2022). "Experimental investigation of spherical salt balls effect on solar distillers' thermal performance at various water depths". International Journal of Environmental Science and Technology. https://doi.org/10.1007/s13762-022-04724-5

[9] Beggas, A., Kabeel, A. E., Abdelgaied, M., Attia, M. E. H., Abdullah, A. S., & Abdel-Aziz, M. M. (2023). "Improving the freshwater productivity of hemispherical solar distillers using waste aluminum as store materials". Journal of Energy Storage, 60, 106692. https://doi.org/10.1016/j.est.2023.106692

[10] Attia, M. E. H., Kabeel, A. E., Abdo, A., Abdelgaied, M., Bellila, A., Abdullah, A. S., & Abdullah, A. (2022). "Optimal configurations of hemispherical solar distillers using the higher conductivity extended hollow cylindrical fins filled with latent heat storage materials". Journal of Energy Storage, 50, 104706. https://doi.org/10.1016/j.est.2022.104706

[11] Attia, M. E. H., Kabeel, A. E., Abdelgaied, M., Abdel-Aziz, M. M., Bellila, A., & Abdullah, A. (2021). "Optimal size of black gravel as energy storage materials for performance improvement of hemispherical distillers". Journal of Energy Storage, 43, 103196. https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103196

[12] Kabeel, A. E., Abdelgaied, M., & Mahgoub, M. (2016). "The performance of a modified solar still using hot air injection and PCM". Desalination, 379, 102-107. https://doi.org/10.1016/j.desal.2015.11.007

[13] Kabeel, A. E., Abdelgaied, M., Attia, M. E. H., Arıcı, M., & Abdel-Aziz, M. M. (2022). "Enhancing the productivity of hemispherical solar distillers using dyed flax fibers as natural inexpensive porous materials". Journal of Cleaner Production, 379(Part 1), 134674. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134674

[14] Kaviti, A. K., Naike, V. R., Ram, A. S., Hussain, S., & Kumari, A. A. (2021). "Energy and exergy analysis of double slope solar still with aluminium truncated conic fins". Materials Today: Proceedings, 45(Part 6), 5387-5394. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.047

[15] Attia, M. E. H., Kabeel, A. E., Zayed, M. E., Arıcı, M., & Abdelgaied, M. (2022). "Optimal size of spherical rock salt balls as low-cost thermal storage materials for performance augmentation of hemispherical solar distillers: Experimental investigation and thermo-economic analysis". Journal of Cleaner Production, 374, 134006. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134006

[16] Sathyamurthy, R., et al. (2022). "Hemispherical Solar Distiller Performance Utilizing Hybrid Storage Media, Paraffin Wax with Nanoparticles: An Experimental Study". Molecules, 27, 8988.

[17] Kabeel, A. E., Attia, M. E. H., Zayed, M. E., Abdelgaied, M., Abdullah, A. S., & El-Maghlany, W. M. (2022). "Performance enhancement of a v-corrugated basin hemispherical solar distiller combined with reversed solar collector: An

experimental approach". Renewable Energy, 190, 330-337. https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.03.107

[18] Attia, M. E. H., Kabeel, A. E., Bellila, A., El-Maghlany, W. M., Abdelgaied, M., El Agouz, S. A., Abdel-Aziz, M. M. (2022). "Enhancing hemispherical solar still yield via wick materials and glass cover cooling". Desalination and Water Treatment, 247, 1-9.

[19] Savithiri, V., Attia, M. E. H., Kabeel, A. E., Vaithilingam, S., Radhakrishnan, G. (2022). "Enhancing the productivity of hemispherical solar distillation by using energy storage (rubber) and wick materials at different thickness". Solar Energy Materials and Solar Cells, 248, 112006. https://doi.org/10.1016/j.solmat.2022.112006.

[20] Attia, M. E. H., Kabeel, A. E., Zayed, M. E., Abdelgaied, M., Sharshir, S. W., Abdulla, A. S. (2022). "Experimental study of a hemispherical solar distillation system with and without rock salt balls as low-cost sensible storage: Performance optimization and comparative analysis". Solar Energy, 247, 373-384. https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.10.049.

[21] Attia, M. E. H., El-Maghlany, W. M., Kabeel, A. E., et al. (2022). "Technically and economically optimal water flow rate glass film cooling for hemispherical drinking water distillers". International Journal of Environmental Science and Technology, 19, 11435-11446. https://doi.org/10.1007/s13762-021-03859-1.

[22] د. رائد خضر سلمان الفهداوي. (2015-2016)، "الطاقات المتجددة"، جامعة الأنبار، كلية التربية للعلوم الصرفة، ص1.

[23] هيثم عبد الله سلمان. (2016)، "إقتصاديات الطاقة المتجددة في ألمانيا ومصر والعراق"، الطبعة الاولى، المركز العربي للأبحاث ودراسة السياسات، لبنان، ص40.

[24] Same, M. A., Mirza, U. K., Majeed, Ahmad, N. (2005), "Design and performance of a simple basin solar still", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 42, P.1-8.

[25] د.يحي محمود حسن. (2013)، "الطاقات المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة في دولة الإمارات العربية المتحدة "، مركز دراسات الخليج العربي، قسم الدراسات الإقتصادية.

[26] وليد حماش. (2021)، "التكنولوجيا النظيفة كآلية للحد من التلوث الصناعي لتجسيد التنمية الصناعية المستدامة -دراسة حالة الطاقة النظيفة في الجزائر-"، أطروحة مقدمة لنيل شهادة الدكتوراة، جامعة فرحات عباس، سطيف1، الجزائر.

[27] ياسمينة مرزوق. (2018)، "دور الطاقة المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة في الجزائر -دراسة حالة الطاقة الشمسية-"، جامعة المسيلة، الجزائر، ص19.

[28] سليمان كعوان وأحمد جابة. (2015)،"تجربة الجزائر في استغلال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح"، مجلة العلوم الإقتصادية والتسيير والعلوم التجارية، العدد 14، ص58.

[29] رمضان محمد رأفت وعلي جمعان التشكيل. (1988)، "الطاقة المتجددة"، الطبعة الثانية، دار الشروق، القاهرة، بيروت.

[30] محمد مصطفى محمد الخياط. (2006)، ترجمة محمد مصطفى محمد الخياط، "طاقة الرياح والية التنمية النظيفة هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة"، وزارة الكهرباء والطاقة، مصر، ص21.

[31] تقرير عن الوكالة الألمانية للطاقةDENA، " الطاقة المتجددة، تقنيات الطاقة المتجددة قصة نجاح ألمانية " ص5.

[32] أ.د.يونس حسن عقل ، أ.م.د.محمد حسن ناصف ، حسن كمال مكي. (2017)، "المشكلات الضريبية لشركات الطاقة المتجددة في مصر"، المجلة العلمية للبحوث والدراسات التجارية، المجلد 31، العدد3.

[33] حافظ برجاس ومحمد المجذوب. (2000)، الصراع الدولي على النفط العربي، بيسان للنشر والتوزيع، لبنان، ص 57.

[34] د.هشام طراد خوجة. (2017)، "الطاقة المتجددة الفعالية الإقتصادية والإيجابية البيئية"، مجلة رماح للبحوث والدراسات، العدد 23.

[35] أحلام زواوية. (2014)، "دور اقتصاديات الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية الإقتصادية المستدامة في الدول العربية"، مكتبة الوفاء القانونية، الإسكندرية، الطبعة الأولى، ص 133-134.

[36] وسام نزيه عبد القادر. (2014)، "تقييم عملية فصم الرابطة O-H القوية والضعيفة وبوجود محفز بالإثارة الليزرية لتأمين الطاقة الهيدروجينية"، رسالة ماجستير، جامعة دمشق، سوريا، دمشق.

[37] أمينة مخلفي. (2011)، "النفط والطاقة البديلة المتجددة وغير المتجددة"، مجلة الباحث، العدد 09، ورقلة، الجزائر، ص 229-230.

[38] Nafey, A. S., Abdelkader, M., Abdelmotalib, A., Mabrouk, A. A. (2000), "Parametres affecting solar still productivity", Energy Conversion & Management 41. P.1797-1809.

[39] أسمهان بوعشة. (2018)، "جدوى استغلال الطاقة الشمسية كطاقة متجددة وإمكانية استخدامها في التبادلات التجارية الخارجية -دراسة حالة الجزائر-"، أطروحة دكتوراه، كلية العلوم الإقتصادية وعلوم التسيير، جامعة محمد خيضر بسكرة، الجزائر.

[40] كاميليا يوسف محمد. (2016)، "الطاقة الكهرو شمسية"، مراجعة محمد صلاح السبكي، دار الكتب والوثائق القومية، مصر.

[41] عمر الشريف. (2007)، "استخدامات الطاقات المتجددة ودورها في التنمية المحلية المستدامة -دراسة حالة الطاقة الشمسية في الجزائر-"، أطروحة دكتوراه، كلية العلوم الإقتصادية وعلوم التسيير، جامعة الحاج لخضر باتنة، الجزائر.

[42] عبد البادر سوداني. (2009)، " الدراسة النظرية للمركز الشمسي الإسطواني المقعر"، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة، الجزائر.

[43] فاطمة بلقاضي، مريم سعيدي. (2004)، " الطاقات المتجددة "، مذكرة تخرج لنيل شهادة استاذ التعليم الثانوي، المدرسة العليا للأساتذة، القبة القديمة – الجزائر، ص9.

[44] جاسم مهدي الأسدي، أحمد جاسم محمد، عقيل يوسف هاشم. (2013)، "أنواع المقطرات الشمسية السلبية"، مجلة أبحاث ميسان، المجلد 9، العدد18.

[45] أ.د.مصطفى يسري، د.الطاهرالحسيني، أ.د.الشهاوي محمد سرور. (2020)، " الطاقات المتجددة الموارد والتكنولوجيا"، دار عبيد للنشر والتوزيع والطباعة، الطبعة الأولى.

[46] Kehel, S.(2001), "Rétrospective et perspectives du dessalement en Algérie ", Algérie Elsevier Deaslination 136, P.35-42.

[47] Boudjerir, H.(2010), "Etude de l'impact de l'écart de température (Ambiance - Eau) sur le rendement d'un distillateur solaire à effet de serre", Thèse Magister, University of Constantine, P.33-35, Algérie.

[48] محمد تخة. (2004)، "دراسة مقارنة وتحسين لمختلف المقطرات الشمسية لإنتاج المياه الصالحة للشرب في المناطق الجافة الصحراوية"، مذكرة ماجيستر، جامعة ورقلة، الجزائر، 20-22.

[49] Smakdji, N. (2002), " 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.

[50] محمد بالحاج. (2004)، " مساهمة في تحسين التقطير الشمسي بواسطة المقطر المزدوج، بمنطقة ورقلة "، مذكرة ماجستير جامعة ورقلة، كلية العلوم والعلوم الهندسية.

[51] Marif, Y. (2008), " Contribution à l'amélioration du rendement d'un distillateur à film capillaire multi étage ", Mémoire de magister, Université Ouargla, Département of Physical Sciences.

[52] Nia, M., Chegaar, M., Benatallah, M. F., Aillerie, M. (2013), "Contribution to the quantification of solar radiation in Algéria", Terra Green 13 International Conference 2013-Advancements in Renewable Energy and Clean Environment. Energy procedia.

[53] Manokar, A. M., Winston, D. P., Mondol, J. D., Sathyamurthy, R., Kabeel, A. E., Panchal, H. (2018), "Comparative study of an inclined solar panel basin solar still in passive and active mode". Solar Energy, 169, P.206-216.

[54] E-Deoja, et al. (2013), "Investigation of the effect of angle of cover inclinations on the yield of a single basin solar still under Makurdi climate", the International Journal of Engineering and Science (IJES), vol2, P.131-138.

[55] سمية نفيدي، أسماء صوالح. (2017)، " تأثير تراب الكثبان الرملية على التقطير الشمسي"، مذكرة ماستر، جامعة الوادي-الجزائر.

[56] مهندس محمد الشيخ (2010)، "المقطرات الشمسية" www.kawngroup.com

[57] Sarkar, M. N. I., Sifat, A. I., Reza, S. M. S., Sadique, M. S. (2017), "A review of optimum parameter values of a passive solar still", Bangladesh, 10.

[58] Kalita, P., Dewan, A., Borah, S. (2016), "A review on recent developments in solar distillation units", vol. 41, P.204. India.

[59] Bechki, D. (2011), "Etude comparative et optimisation des procédés de distillation solaire en vue de la production d'eau potable dans les zones arides sahariennes", Thèse de Doctorat, Université Batna, Algérie.

[60] Khechekhouche, A., Boukhari, A., Driss, Z., Benhissen, N. E. (2017), Seasonal effect on solar distillation in the El-Qued region of south-east Algeria. International Journal of Energetica, vol 2, no 1, P.42-45.

الملخص

تفاقم مشكلة نقص المياه الصالحة للشرب في المناطق المعزولة، دفعنا لاستغلال تقنية التقطير الشمسي لتحلية المياه المالحة. تم تحسين أداء المقطر الشمسي البسيط عن طريق إضافة زعانف حديدية، حيث زادت مساحة التقاط الإشعاع الشمسي وفترة تخزين الطاقة، ولكن ظل الزعانف أثر على إنتاجية المقطر. قمنا في هذا العمل التجريبي بمقارنة أداء ثلاث مقطرات شمسية بسيطة، تحتوي كل منها على صفيحة حديدية بنفس الأبعاد، يحتوي أحدهما على زعانف حديدية عمودية والآخر على زعانف حديدية مائلة بزاوية 45° عن الأفق، لهذه الزعانف نفس الأبعاد (قطرها 1.2 cm وإرتفاعها 3 cm)، و الثالث شاهد، أظهرت النتائج أن استخدام الزعانف الحديدية، خاصة الزعانف المائلة يعزز أداء المقطرات الشمسية، حيث تم تحسين إنتاجية المقطر المحسن بالزعانف المائلة بنسبة 70.32%، و تحسين إنتاجية المقطر المحسن بالزعانف العمودية بنسبة 37.75% مقارنتاً بالمقطر الشاهد.

الكلمات المفتاحية: مقطر شمسي بسيط، زعانف عمودية، زعانف مائلة، تخزين الطاقة، الإشعاع الشمسي، ماء مقطر.

Abstract

The exacerbation of the problem of lack of potable water in isolated areas prompted us to exploit the solar distillation technique to desalinate salty water. The performance of the single slope solar distiller was improved by adding iron fins, as the solar radiation capture area and energy storage period were increased, but the shadow of the fins affected the distiller's productivity. In this experimental work, we compared the performance of three single slope solar distillers, each containing an iron plate with the same dimensions, first distiller containing vertical iron fins and the second distiller containing iron fins inclined at an angle of 45° from the horizon, these fins have the same dimensions (1.2 cm in diameter and 3 cm in height), and the third distiller is a witness. The results showed that the use of iron fins, especially the oblique fins, enhances the performance of solar distillers, as the productivity of the improved distiller with oblique fins was improved by 70.32%, and the productivity of the improved distiller with vertical fins was improved by 37.75% compared to the witness distiller.

Keywords: Single slope solar distiller, Vertical fins, Blique fins, Energy storage, Solar radiation, Distilled water.