



جامعة قاصدي مرباح بورقلة
كلية العلوم والتكنولوجيا وعلوم المادة

الرقم
الترتيبي:.....
الرقم

قسم علوم المادة

مذكرة لنيل شهادة

الماجستير

تخصص: فيزياء

شعبة: فيزياء طاغوية الحرارية

من إعداد الطالب ة : نوادي رشيدة

تحت عنوان

دراسة مقطر شمسي ذي مكثف مظلل جزئيا،
بفعل الاحتباس الحراري الشمسي في المناطق
القاحلة.

تمت المناقشة بتاريخ: 21/06/2010.

أعضاء لجنة المناقشة:

رئيسا	(جامعة ورقلة)	أستاذ تعليم عالي	بوزيد نور الدين
ممتحنا	(جامعة ورقلة)	أستاذ محاضر	شحي إسماعيل
ممتحنا	(جامعة باتنة)	أستاذ تعليم عالي	بن موسى حسين
مقررا	(جامعة ورقلة)	أستاذ تعليم عالي	حمزة بوقطاية
مساعد المقرر	(جامعة ورقلة)	أستاذ مساعد مكلف بالدروس	جمال بشكي

إهداء

أهدي هذا العمل المتواضع إلى أحب وأغلى وأعز ما في هذا الوجود والدتي الغالية
العشي مسعودة,والذي العزيز نوادي محمد ,كما أهدي كذلك إلى زوجي الكريم
الذي طالما ساعدني وشجعني لإتمام هذه المذكرة,كما لأنسى إخوتي الثلاث
كلا

باسمه وأخواتي الست,وكذلك إلى كل عائلة نوادي والعشي وشبوب
وتارش صغيرا

وكبيراً، وأهدي كذلك هذا العمل إلى جميع صديقاتي

(لطيفة,أسيا,العتراء,سماح,سهيلة,نجمة,ربيعة...),وجميع زملائي.

تشكرات

بسم الله الرحمن الرحيم

أشكر الله تعالى الذي أوصلني إلى هاته الدرجة وأرجو مغفرته و عفوهِ و أن يبارك لي عملي هذا، ويوفقني للمضي قدما في هذا المجال فيما فيه خير لي وللأمة جمعاء.

الحمد لله رب العالمين نحمده ونشكره على نعمه، والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه وسلم تسليما كثيرا إلى يوم الدين، الحمد لله الذي أمدني بالقوة والصبر لإتمام هاته المذكرة، لذا فإنني أتقدم بالشكر الكبير إلى أستاذي الكريمين "بوقطاية حمزة" ومساعدته الفاضل "بشكي جمال" اللذان كان لهما الفضل العظيم في مساعدتي لإنجاز هذا المشروع سواء بنصائحهما القيمة أو بتوجيههما، وكذلك أخص بالذكر صديقتي العزيزة "قوارح مليكة" لمساعدتها لي في عملية انجاز و تركيب المقطرين اللذان أقيمت عليهما التجارب في مخبر تطوير الطاقات الجديدة والمتجددة في المناطق الجافة الصحراوية (LENERZA)، وكذا زميلتي "جاب الله دنيا" و "شويشة سميرة"، كما لا أنسى الرجل العظيم الذي وقف معي كثيرا وقدم لي الكثير من المساعدات المخبرية "حوتي أحمد" وكذا الأستاذ الكريم "تخة محمد"، ولا أنسى جميع العمال الذين ساعدوني في قطع الصفائح وتعديلها.

كما أقدم شكري الجزيل إلى الأساتذة الكرام الذين قبلوا مناقشة مذكرتي وهم:

- الأستاذ الدكتور: شيحي إسماعيل (من جامعة ورقلة).
- الأستاذ الدكتور: بن موسى حسين (من جامعة باتنة).
- رئيس لجنة المناقشة الأستاذ الدكتور : بوزيد نور الدين (من جامعة ورقلة) .

وأشكر أساتذتي الذين تلقيت على أيديهم دراساتي الابتدائية والمتوسطة والثانوية و الجامعية، وإلى جميع صديقاتي (مريم، زكية، أمال، فاطمة...) ولزملائي في جميع الأطوار الدراسية.

الملخص:

التقطير الشمسي هو أحد التقنيات البسيطة المستعملة في تحلية المياه، وهذا ما قمنا بدراسته في هذا العمل باستعمال مقطر شمسي بسيط ذي ميلين لكونه يعتمد على الطاقة الشمسية وهي جاهزة وغير مكلفة، وتركيبته التجريبية بسيطة وسهلة الصيانة. واختيار المقطر الشمسي متعلق أساسا بخصائص تشغيله، لهذا ركزنا في دراستنا هذه على دراسة كمية الماء المقطر الناتجة من المقطر، ومن خلال سلسلة التجارب المنجزة على المقطر الشمسي بهدف تحسين المردود اليومي للماء المقطر نستنتج:

-في تجربة التبريد بالماء يستحسن تبريد الجهتين الشمالية والجنوبية للمقطر خلال كامل فترة التجربة.

-في تجربة الظل يستحسن أن تكون المسافة بين الجهة الشمالية والحاجز 150 cm في الفترة (12h-14h)، وللحصول على فعالية أكثر نقوم بالتبريد بالماء في الجهة الجنوبية، فقد كانت نسبة التحسين في التبريد بالماء % 27.03 ، وفي الظل % 14.09 ، وعند التبريد وفي الظل % 22.67 .

الكلمات الدالة: المقطر، الماء، المكثف، السطح الماص، الإشعاع الشمسي، الطاقة الشمسية، انتقال الحرارة، التبخير، التكثيف .

Résumé:

La distillation solaire est l'une des techniques simples utilisées dans le dessalement de l'eau. Notre travail représente une étude expérimentale en utilisant un distillateur solaire à double pente, car il dépend de l'énergie solaire vue prête et peu coûteuse. Ce choix est justifié aussi pour sa composition expérimentale simple et son entretien facile.

Pour cela nous nous sommes concentrés dans cette étude à examiner le volume d'eau distillée résultant de la distillation, et par une série de tests effectués sur les distillateurs solaires en vue d'améliorer le rendement quotidien de l'eau distillée.

Les résultats expérimentaux montre que :

Dans l'expérience de refroidissement par l'eau : il est préférable de refroidir les deux côtés du Nord et du Sud du distillateur pendant toute la durée de l'expérience.

-l'utilisation de l'ombre pour l'amélioration du rendement est pratiquement efficace si la distance entre le côté Nord du distillateur et la barrière est de 150 cm pendant la période comprise entre (12H-14H)

Les meilleurs résultats sont obtenus par refroidissement à eau dans le côté Nord avec un taux d'amélioration de 27.03%, l'utilisation de l'ombre nous donne un pourcentage d'amélioration de 14.09%, la méthode expérimentale de refroidissement à eau dans le côté nord avec l'ombre est la plus pratique avec un rendement d'amélioration de 22.67%.

Mots clés: Distillateur, Eau, Condensateur, Surface absorbante, Radiation solaire, Energie solaire, Déplacement de chaleur, Evaporation, Condensation

Summary

Solar distillation is one of the simple techniques used in water desalination. Our work represents an experimental study using a double slope solar distiller as it depends on the available and inexpensive solar energy. This is justified also for its simple experimental composition and easy maintenance.

For this reason we focused in this study in examining the amount of distilled water produced by distillation, thus series of tests on solar distiller to improve the daily performance of distilled water.

The experimental results showed that:

In the experiment of cooling by water: it is preferable to cool both sides of North and South of the distiller for the whole duration of the experiment.

The use of shadow to improve performance is practically efficient if the distance between the north side of the distiller and the barrier is 150 cm during the period (12H-14H)

The best results have been obtained by cooling water in the North side with an improvement rate of 27.03%, the use of the shadow gives us a percentage improvement of 14.9%, the experimental method of cooling by water in the north side with the shadow is more convenient with a performance improvement of 22.67%.

Key words: Distiller, Water, Condenser, Absorbent surface, Solar radiation, Solar energy, Heat displacement, Evaporation, Condensation

فهرس العناوين

I	.....	اهداء	
II	.....	تشكرات	
III	.....	المخلص	
IV	.....	فهرس العناوين	
VI	.....	رموز ومصطلحات	
IX	.....	فهرس الأشكال	
XIII	.....	فهرس الجداول	
1	.....	مقدمة	
الفصل الأول: عموميات حول التقطير			
3	.....	إشكالية الماء	-1-1
3	.....	أنواع المياه وخصائصها	-1-1-1
5	.....	أزمة المياه في العالم	-2-1-1
5	.....	أزمة المياه في الوطن العربي	-3-1-1
6	.....	أزمة المياه في الجزائر	-4-1-1
9	.....	بعض الحلول المقترحة	-5-1-1
10	.....	التقطير الشمسي	-2-1
10	.....	لمحة تاريخية عن التقطير الشمسي	-1-2-1
11	.....	مبدأ عمل المقطر الشمسي	-2-2-1
11	.....	أنواع المقطرات	-3-2-1
17	.....	خصائص المقطرات الشمسية	-4-2-1
19	.....	العوامل الداخلية و الخارجية المؤثرة على مردود المقطر	-5-2-1
19	.....	المقادير الخارجية	-5-2-1
			-1
20	.....	المقادير الداخلية	-5-2-1
			-2
22	.....	الطرق المستعملة في تحلية المياه	-6-2-1
22	.....	تعريف التحلية	-1-6-2-1
22	.....	التقطير البسيط	-2-6-2-1
23	.....	التقطير المتعدد التأثير	-3-6-2-1
24	.....	التقطير الومضي المتعدد المراحل	-4-6-2-1
25	.....	التحلية باستخدام طرق الأغشية	-5-6-2-1
29	.....	بعض الأعمال للمقطرات الشمسية	-7-2-1
الفصل الثاني: الدراسة النظرية للمقطر الشمسي بفعل البيت الزجاجي			
32	.....	مقدمة	-1-2
32	.....	انتقال الحرارة	-2-2
33	.....	انتقال الحرارة بالتوصيل	-1-2-2
34	.....	انتقال الحرارة بالحمل	-2-2-2
34	.....	انتقال الحرارة بالإشعاع	-3-2-2

35	..... الطاقة الإشعاعية الواردة على سطح ما	-a-3-2-2
36	..... التبادلات الإشعاعية في الحيز الأسود	-b-3-2-2
37	..... التبادل الإشعاعي بين المساحات الرمادية	-c-3-2-2
38	مختلف الانتقالات الحرارية في المقطر الشمسي	-3-2
46	..... الموازنة الحرارية للمقطر الشمسي بفعل البيت الزجاجي	-4-2
47	..... المخطط الكهربائي المكافئ	-5-2
الفصل الثالث: الدراسات - التجريبية		
49	..... مقدمة	-1-3
49	..... مكونات المقطر الشمسي	-2-3
51	..... الأجهزة و أدوات القياس المستعملة في التجارب	-3-3
52	..... أماكن تموضع المزدوجات الحرارية	-4-3
54	..... سلسلة التجارب	-5-3
54	..... السلسلة الأولى: مقارنة بين المقطرين الشمسيين البسيطين	-1-5-3
54	..... السلسلة الثانية: تمرير الماء على المكثف	-2-5-3
55	..... السلسلة الثالثة: تظليل المكثف	-3-5-3
55	..... السلسلة الرابعة: تظليل المكثف وتبريده بالماء	-4-5-3
الفصل الرابع: النتائج التجريبية ومناقشتها		
56	..... مقدمة	-1-4
56	..... النتائج ومناقشتها	-2-4
82	..... الخلاصة العامة	

رموز ومصطلحات

الرموز	الاصطلاحات الرموز اللاتينية.	الوحدة
a	زاوية السميت	$(^\circ)$
A	المساحة	m^2
C_P	الحرارة النوعية	$J / Kg \ ^\circ C$
E	التدفق الإشعاعي الوارد على السطح (الاستتارة)	W / m^2
e_g	سمك الغطاء الزجاجي	m
F	معامل الشكل	-
$F.P$	معامل الفعالية اللحظية	-
$F.P.B$	معامل الفعالية الإجمالي	-
$F.P.H$	معامل الفعالية الساعية	-
g	تسارع الجاذبية الأرضية	m/s^2
G	الإشعاع الشمسي الإجمالي	W / m^2
h_c	معامل انتقال الحرارة عند السطح البيئي للمائع والسطح	$W / m^2 .k$
h_{v-a}	معامل الانتقال الحلمي بين الغطاء الزجاجي و الوسط الخارجي	$W / m^2 .k$
J	الفيض الحراري المنبعث من السطح (المتشعاعية)	W / m^2
K	معامل التوصيل الحراري	$W.m / k$
K_1, K_2, K_3	التوصيلية الحرارية للعازل	$KW / m.^0C$
L_v	تمثل الحرارة الكامنة لتبخير الماء	J / Kg
m	الكتلة	Kg
$m \cdot$	التدفق الكتلي	Kg
m_d	تدفق الماء المقطر	Kg / s
m_x	التدفق الكتلي بالنسبة لوحدة السطح والزمن	$Kg / s.m^2$

	الكتلة	
g/mol	المولية	M
W/m^2	الإنبعاثية الكلية للسطح S_1	M_1^0
W/m^2	الإنبعاثية الكلية للسطح S_2	M_2^0
$bars$	الضغط	P
W	كمية الحرارة المنتقلة بالحمل	Q
W	كمية الحرارة المنتقلة بالإشعاع	Q
m^2	مساحة الغطاء الزجاجي	S
s	الزمن	t
K	درجة الحرارة	T
m/s	سرعة الرياح	V
KWh/m^3	الطاقة المستهلكة	w
-	نسبة التحويل	Y
	الرموز الإغريقية	
-	معامل الامتصاص الإشعاعي	α
-	معامل الامتصاص الإشعاعي الفعال للمقطر	α_t
$(^\circ)$	زاوية ميلان الزجاج	β
-	معامل الانبعاثية الكلية	ε
$(\%)$	الفعالية الكلية	η_g
$(\%)$	الفعالية الداخلية	η_i
$(\%)$	مردود المجمع الإلكتروني مضخي	η_p
W	كثافة التدفق الحراري بالتوصيل	φ
$W/m.K$	التوصيلية الحرارية	λ
-	معامل الانعكاس	ρ
$W/m^2.K^4$	ثابت ستيفان-بولتزمان $5.67.10^{-8}$	σ
-	معامل الإمرار (النفاذ)	τ
	الدليل السفلي	
-	الوسط الخارجي (المحيط - Ambiente)	a
-	(	a
-	السطح الماص	b

.....الحمل	<i>c</i>
-التوصيل عبر الحوض	<i>cb</i>
-التوصيل بين خارج وداخل	<i>cd</i>
.....الزجاج	
-الحمل بين الزجاج و الوسط	<i>cga</i>
.....الخارجي	
-الحمل بين العازل و الوسط	<i>cia</i>
.....الخارجي	
-الحمل بين الماء و السطح	<i>cwb</i>
.....الماص	
-الحمل بين الماء و الزجاج	<i>cwg</i>
.....التبخير	<i>e</i>
-التبخير بين الماء والغطاء	<i>ewg</i>
.....الزجاجي	
-عمق المقطر	<i>f</i>
.....الزجاج	<i>g</i>
-الوجه الخارجي للزجاج	<i>ge</i>
-الوجه الداخلي للزجاج	<i>gi</i>
-الوجه الداخلي للجهة الشمالية	<i>gin</i>
-الوجه الداخلي للجهة الجنوبية	<i>gis</i>
.....العازل	<i>i</i>
-السائل	<i>l</i>
-الإشعاع	<i>r</i>
-الإشعاع بين الوجهين (الشمالي والجنوبي)	<i>rg</i>
.....الإشعاع بين الزجاج و الوسط	
-الخارجي	<i>rga</i>
.....الإشعاع بين الماء	
-والزجاج	<i>rwg</i>
-القبة السماوية	<i>sky</i>
.....البخار	<i>v</i>
-الماء	<i>w</i>

فهرس الأشكال

الفصل الأول: عموميات حول التقطير

12	.....	مقطر بسيط بميل واحد	الشكل(1.1)
13	.....	مقطر بسيط بميلين	الشكل(2.1)
13	.....	مقطر شمسي أرض -ماء	الشكل(3.1)
14	.....	مقطر شمسي ذو ماسح كروي	الشكل(4.1)
15	.....	المقطر الشمسي المتعدد الطوابق	الشكل(5.1)
16	.....	المقطر الشمسي بالخاصية الشعرية	الشكل(6.1)
23	.....	التقطير البسيط	الشكل(7.1)
24	.....	التقطير متعدد التأثير	الشكل(8.1)
25	.....	التقطير الومضي متعدد المراحل	الشكل(9.1)
27	.....	التقطير بالأسموز العكسي	الشكل(10.1)
29	.....	رسم تخطيطي لوحدة الفرز الغشائي الكهربائي	الشكل(11.1)

الفصل الثاني: الدراسة النظرية للمقطر الشمسي بفعل البيت الزجاجي

39	.....	مختلف الانتقالات الحرارية في المقطر الشمسي	الشكل(1.2)
48	.....	المخطط الكهربائي المكافئ	الشكل(2.2)

الفصل الثالث: الدراسة التجريبية

49	.....	مكونات المقطر الشمسي	الشكل(1.3)
53	.....	أماكن تموضع المزدوجات الحرارية	الشكل(2.3)

الفصل الرابع: النتائج التجريبية ومناقشتها

56	.....	تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي، وبدلالة الزمن	المنحنى(4.1)
57	.....	تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح، وبدلالة الزمن	المنحنى(4.2)
57	.....	تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن	المنحنى(4.3)
58	.....	تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي، وبدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الشمالية للمقطر	المنحنى(4.4)
59	.....	تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح، وبدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الشمالية للمقطر	المنحنى(4.5)

- 59 الملنحى(4.6) تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الشمالية للمقطر.
- 60 الملنحى(4.7) تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي، وبدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الشمالية للمقطر.
- 61 الملنحى(4.8) تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح، وبدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الشمالية للمقطر.
- 61 الملنحى(4.9) تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الشمالية للمقطر.
- 62 المنحى(4.10) تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي، وبدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الجنوبية للمقطر.
- 63 الملنحى(41.1) تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح، وبدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الجنوبية للمقطر.
- 63 الملنحى(4.12) تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الجنوبية للمقطر.
- 64 الملنحى(4.13) تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي، وبدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الجنوبية للمقطر.
- 65 الملنحى(514.) تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح، وبدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الجنوبية للمقطر.
- 65 الملنحى(45.1) تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الجنوبية للمقطر.
- 66 الملنحى(4.16) تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي، وبدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الشمالية و الجنوبية للمقطر.
- 67 الملنحى(4.17) تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح، وبدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الشمالية والجنوبية للمقطر.
- 67 الملنحى(4.18) تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الشمالية و الجنوبية

	..... للمقطر	
68	تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي، وبدلالة الزمن.....	المنحنى (4.19)
69	تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح، وبدلالة الزمن.....	المنحنى (4.20)
69	تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن.....	المنحنى (4.21)
70	تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي، وبدلالة الزمن.....	المنحنى (4.22)
71	تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح، وبدلالة الزمن.....	المنحنى (4.23)
71	تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن.....	المنحنى (4.24)
72	تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي، بدلالة الزمن... .	المنحنى (4.25)
73	تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح، وبدلالة الزمن.....	المنحنى (4.26)
73	تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن....	المنحنى (47.2)
74	تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي وبدلالة الزمن.....	المنحنى (4.28)
75	تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح، وبدلالة الزمن.....	المنحنى (49.2)
75	تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن.....	المنحنى (4.30)
76	تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي وبدلالة الزمن.....	المنحنى (4.31)
77	تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح، وبدلالة	المنحنى (4.32)

	الزمن.....	
77	تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن.....	المنحنى(433).
78	تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي وبدلالة الزمن.....	المنحنى(434).
79	تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح، وبدلالة الزمن.....	المنحنى(435).
79	تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن.....	المنحنى(436).
80	مقارنة بين مختلف كميات الماء المقطر الناتجة من المقطرين الشاهد والمدروس في تجربة التبريد لمدة يوم كامل في السلسلة الثانية.....	المنحنى(437).
81	مقارنة بين مختلف كميات الماء المقطر الناتجة من المقطرين الشاهد والمدروس في تجربة التبريد في الفترة(من 11h30 إلى 14h) في السلسلة الثانية.....	المنحنى(438).
81	مقارنة بين مختلف كميات الماء المقطر الناتجة من المقطرين الشاهد والمدروس في تجربة الظل في السلسلة الثالثة والرابعة.....	المنحنى(439).

فهرس الجداول

الفصل الأول

4	المعايير العالمية لمياه الشرب	جدول(1.1)
4	تركيز الغازات في الماء المالح.....	جدول(2.1)
7	كمية الأمطار المتساقطة في الجزائر.....	جدول(3.1)
8	مشاريع التطوير المنجزة في الجزائر.....	جدول(4.1)
9	السدود المتواجدة في الجزائر.....	جدول (5.1)
9	توفر ماء الشروب في الجزائر.....	جدول (6.1)

الفصل الرابع

53	أماكن تموضع المزدوجات الحرارية.....	جدول (1.3)
----	--	--------------

المقدمة

يعتبر الماء مصدراً حيوياً أساسياً. وبالرغم من أن نسبة الماء على سطح الكرة الأرضية 71%، إلا أن 97% مياه مالحة و 3% مياه عذبة. $\frac{2}{3}$ من المياه العذبة

متجمد في القطبين الشمالي والجنوبي إلا أن الكثير من الدول في العالم تعاني نقص المياه الصالحة للشرب [1] ، فمياه الأنهار ليس من السهل الوصول إليها. هذا من جهة ومن جهة أخرى غالباً ما تكون غير مطابقة لقواعد حفظ الصحة . تعتبر الجزائر واحدة من بين الدول التي تعاني من ندرة المياه الصالحة للشرب، لهذا لجأت إلى تحلية مياه البحر ، بالرغم من أنه يتواجد بها مصادر طبيعية لمياه الشرب، لكنها محدودة جداً ، ولا تكفي لسد الحاجيات الضرورية التي تتزايد بشكل سريع جداً . من الطبيعي والمنطقي إذاً البحث عن طرق أخرى لحل هذا العجز لاستخراج الملح من ماء البحر بهدف الحصول على ماء صالح للشرب.

يمكن للماء أن يسخن فيتبخر (أي يتحول إلى الحالة الغازية) ، كما يمكن أن يبرد أو يتجمد (أي يتحول إلى الحالة الصلبة) . وبما أن للماء هاتاه الخصائص فقد توصل الإنسان إلى استخراج الماء الصالح للشرب بكميات كافية وثمن معتدل من مختلف المياه المالحة لتحقيق التوازن بين الطلب والعرض، وهذا بتصفية المياه المالحة أو مياه البحر التي تسمح بإنتاج الماء عندما جزء من هذا الماء يغذى من معمل يحوله إلى ماء نقي باستعمال الطاقة الكهربائية أو الحرارية، ولكن هذا غير مناسب لأن التفكير الحالي والعالم الآن يتجه نحو استغلال الطاقة الشمسية والتي تعتبر المصدر الأساسي لحل الطاقات المتجددة المعروفة في حاضرتنا الآن ، كالطاقة الكهروضوئية، و طاقة الرياح. ويعتبر التقطير الشمسي كحل يطرح لحل مشكلة نقص المياه الصالحة للشرب في المناطق الجافة والصحراوية، وهذا ما ستناوله في هذه الأطروحة بالاستعانة بمقترين شمسيين بفعل البيت الزجاجي على مستوى وحدة البحث بمخبر الطاقات الجديدة والطاقات المتجددة للمناطق الجافة والصحراوية (LENREZA) بكلية العلوم والتكنولوجيا وعلوم المادة بجامعة قاصدي مرباح بورقلة، ذلك أن منطقة ورقلة تتميز بمقادير جوية خاصة (إشعاع شمس معتبر، طول مدة التشميس، درجة حرارة الهواء المحيط معتبرة...)،

تحتوي هذه الأطروحة إجمالاً على أربعة فصول حيث نتطرق في البداية في الفصل الأول إلى عموميات حول التقطير حيث نتناول أنواع المياه وخصائصها، ثم نتطرق إلى أزمة المياه في العالم ثم في الوطن العربي ثم في الجزائر، وبعدها نذكر بعض الحلول المقترحة لحل إشكالية المياه، كما أننا في الفصل ذاته نسرّد لمحة تاريخية عن التقطير الشمسي، ثم نتناول مبدأ عمل المقطر الشمسي وأنواع المقطرات بالتفصيل وبالرسومات التخطيطية لكل نوع من الأنواع وكذلك نتطرق إلى خصائص المقطر والعوامل الداخلية والخارجية المؤثرة عليه، وفي الأخير نتطرق إلى الطرق المستعملة في التحلية بالتفصيل والرسومات التخطيطية لكل طريقة. نذكر في الفصل الثاني الدراسة النظرية للمقطر الشمسي بفعل البيت الزجاجي حيث نتطرق إلى مختلف آليات انتقال الحرارة في المقطر الشمسي، ثم يأتي سرد للتجارب التي تمت على المقطرين المقترحين للدراسة في الفصل الثالث، ثم النتائج المحصل عليها من خلال سلاسل التجارب و مناقشتها في الفصل الرابع، وفي الأخير الخروج بخلاصة عامة.

المراجع :

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

عمومیات حول التقطیر

1-1-إشكالية الماء:

منذ القدم ارتبط الماء بالحياة نفسها قال تعالى : " وجعلنا من الماء كل شيء حي "، فالماء يعد ذلك السائل العجيب، القاعدة الأساسية التي تقوم عليها الحياة فوق الأرض ومما لا شك فيه إن الماء كان ولا يزال أولى أساسيات بقاء الإنسان وازدهاره. قديماً نشأت الحضارات حول مصادر المياه وحتى يومنا هذا يعتبر الماء أولى أساسيات قيام الدول القوية. وإذا كانت معظم نزاعات وحروب البشر السابقة مردها التنافس على الثروات والأراضي والسلطة، فإن حروب البشر القادمة سوف تكون صراعاً على مصادر المياه كما تشير معظم الدراسات الإستراتيجية، خاصة و أن هناك تزايداً كبيراً على الماء بسبب تزايد سكان الأرض، وبسبب تصاعد النشاطات الصناعية والزراعية .

1-1-1-أنواع المياه وخصائصها:

1-ماء البحر:

سائل له تركيبة كيميائية غير اعتيادية، حيث يتكون من أكثر من 50 جسماً بسيطاً مثل: الأزوت (N)، الكالسيوم (Ca)، الكلور (Cl)، الهيدروجين (H)، الأكسجين (O). ويحتوي عموماً على ($35-42 \text{ g/l}$) ملح معدني، ونسبة الملوحة تختلف من بحر لآخر، حيث:
البحر المتوسط: ($36-39 \text{ g/l}$) ، البحر الأحمر 40 g/l ، المحيط الهندي 35.5 g/l ، البحر الميت 270 g/l ، كما أن نسبة الملوحة تختلف في نفس البحر من نقطة إلى أخرى [2].

2-الماء الشروب :

ماء صاف لا لون ولا رائحة ولا طعم له، يحتوي على كميات قليلة من الأملاح المعدنية منها :
المانيزيوم (Mg)، الصوديوم (Na)، البوتاسيوم (K)، الألمنيوم (Al)، الكبريتات (SO_4)، النترات (NO_3)،
الأزوت (N_2)، الكالسيوم (Ca) . الجدول التالي يوضح المعايير العالمية لمياه الشرب [1]:

المركب الكيميائي	التركيز (g/l)	المركب الكيميائي	التركيز (g/l)
------------------	-------------------	------------------	-------------------

الفصل الأول:

عموميات حول التقطير

$[\text{NO}_2^-] < 1 \times 10^{-4}$	النترت	$[\text{NH}_4] > 0.5 \times 10^{-3}$	الأمونيوم
$[\text{Mn}^{2+}] < 5 \times 10^{-5}$	المنغنيز	$[\text{Cl}^-] < 0.2 \times 10^{-3}$	الكلور
$[\text{PO}_4^{3-}] < 5 \times 10^{-3}$	الفوسفورات	$[\text{SO}_4^{2-}] < 0.25 \times 10^{-3}$	الكبريتات
$[\text{Al}^{3+}] < 10^{-3}$	الألومنيوم	$[\text{Zn}^{2+}] < 5 \times 10^{-3}$	الزنك
$[\text{K}^+] < 1.2 \times 10^{-2}$	البوتاسيوم	$[\text{Cu}^{2+}] < 1 \times 10^{-3}$	النحاس
$[\text{Na}^+] < 0.15$	الصوديوم	$[\text{Fe}^{3+}] < 0.2 \times 10^{-3}$	الحديد
$[\text{NO}_3^-] < 5 \times 10^{-3}$	النترات		

جدول (1-1): المعايير العالمية لمياه الشرب.

3-الماء المالح :

هو ماء غير صالح للشرب ملوحته أقل من ماء البحر، يمكن أن نجده في الطبقات السطحية والعميقة للأرض، كما يوجد أيضا داخل القارات على شكل بحيرات مالحة، ودرجة ملوحة المياه العميقة في مختلف أنحاء الأرض مختلفة، وتتراوح ما بين (2 - 10 g/l) ، أما بالنسبة لمياه الصرف فهي تحتوي على 4 g/l من الأملاح. والجدول التالي يوضح تركيز الغازات في الماء المالح [2، 3]:

العنصر	لتركيز (ppm)	بعض العناصر المحتملة الذوبان
النترجين	11.5	$N_2 \text{ gaz}, \text{NO}_3^-, \text{NH}_4^-$
الأكسجين	6	$O_2 \text{ gaz}$
الأرغون	0.43	$Argaz$

جدول (2-1): تركيز الغازات في الماء المالح.

1-1-2-أزمة المياه في العالم:

أصبحت المياه الصالحة للشرب سلعة عزيزة، إذ فاق سعرها في بعض الأماكن سعر البنزين، فبالرغم من أن المياه تغطي سطح الكرة الأرضية بنسبة 72% إلا أن نسبة المياه الصالحة للشرب لا تتجاوز 3% من مخزون المياه في الكرة الأرضية، ووفقاً لتقرير الأمم المتحدة لسنة 2006 فإن 20% من سكان الأرض (1.1×10^9 hab) يفتقرون إلى موارد عذبة للمياه، وستزداد هذه النسبة لتصل إلى 30% من السكان عام 2025، بينما يفتقر 2.6 مليار إنسان (40% من سكان الأرض) إلى شبكات للمجاري و الصرف الصحي .

فمشكلة نقص المياه لا تقتصر على الدول النامية فحسب، بل تشمل أيضاً الدول المتقدمة فقد أعربت المفوضية الأوروبية مؤخراً عن قلقها الشديد من النقص المستمر في مصادر المياه في أوروبا، فوفقاً لدراسة حديثة أجرتها المفوضية فإن غالبية الدول الأوروبية تستهلك كمية من الماء تفوق مخزونها، مما قد يؤدي على المدى الطويل إلى انخفاض منسوب المياه الجوفية [4].

3-1-1-أزمة المياه في الوطن العربي :

يعاني الوطن العربي من أزمة في المياه، حيث أن وضع المياه فيه يعتبر أسوأ وضع في العالم مقارنة بباقي المناطق الكبيرة في العالم، فمعدل نصيب الفرد من المياه في إفريقيا يقارب $5500 \text{ m}^3 / \text{an}$ وفي آسيا $3500 \text{ m}^3 / \text{an}$ ، وفي العالم $7180 \text{ m}^3 / \text{an}$ ، في حين لا يتعدى معدل نصيب الفرد بالوطن العربي m^3 / an 1027.

أما بالنسبة للموارد المائية التقليدية المتجددة فإنها تقارب $265 \times 10^9 \text{ m}^3 / \text{an}$ مياه جوفية متجددة، يتحصل الفرد من هذه الموارد ما يقارب $1027 \text{ m}^3 / \text{an}$ و من المتوقع أن يتناقص إلى 464 m^3 عام 2025 بسبب ارتفاع معدل نمو السكان الذي يبلغ 2.5% وهذا يشكل خطورة كبيرة على الأمن المائي العربي .

إن الموارد المائية المتاحة في الوطن العربي تتميز بظاهرة مهمة للأمن المائي و ضمانات المستقبل مردها أن % 50 من هذه الموارد ينبع من خارج الوطن العربي مما يجعلها عرضة للنقص والتدهور المتوقع في النوعية وتتعلق هذه الموارد بكل من مصر والسودان نهر النيل والعراق دجلة والفرات وسوريا الفرات وموريتانيا ونهر السنغال، وهذه الموارد هي ليست معبأة بكاملها حيث يستغل منها حالياً أقل من $18 \times 10^{10} \text{ m}^3$ أي

بنسبة % 68 في حين تستغل كل من ليبيا ودول الخليج كامل مواردها التقليدية وتلجأ إلى الموارد غير التقليدية كالتحلية والمياه غير المتجددة، وفي حين تستغل مصر وتونس والأردن واليمن معظم هذه الموارد، أما الجزائر وسوريا ولبنان وعمان والمغرب وموريتانيا فإنها تستغل ما بين (35%-11%) من مواردها التقليدية المتجددة. يمكن أن نلخص النصيب العربي الأدنى في العالم بمايلي:

- يبلغ حجم الموارد المائية المتاحة في الوطن العربي حوالي $371.8 \times 10^9 m^3$ ، يستخدم منها $208.8 \times 10^9 m^3$ ، منها %3.6 للاستخدام البشري مقابل %3.7 للاستخدامات الصناعية والباقي للزراعة.

- تتفاوت أنصبة الدول العربية من المياه، حيث تحصلت دول المشرق العربي على %40.9 من إجمالي الموارد المائية العربية مقابل %23 لدول المغرب العربي و %31 للدول العربية في حوض النيل وأما النسبة المتبقية (%4.6) فقد كانت من نصيب الجزيرة العربية.

- تمثل تحلية المياه في الوطن العربي حوالي %60 من إجمالي تحلية المياه في العالم ولكنها مكلفة وما زال العالم العربي في حاجة إلى المزيد منها.

- يعتبر نصيب الفرد العربي من المياه أدنى نصيب للفرد في العالم حيث تراجع من m^3 / an 3300 عام 1960 إلى m^3 / an 1250 عام 2000، ومن المتوقع أن يصل إلى m^3 / an 650 عام 2025، وهذا بسبب تزايد عدد السكان العرب الذي تجاوز 250 مليون نسمة.

- تبلغ مساحة الأرض العربية الصالحة للزراعة حوالي 200 مليون هكتار لا يزرع منها سوى 47 مليون هكتار فقط، ويرجع السبب الرئيس في هذا إلى نقص المياه [5].

4-1-1- أزمة المياه في الجزائر:

الجزائر هي واحدة من بين دول العالم التي تملك مصادر للمياه وتنقسم إلى قسمين: النوع الأول هو مياه السدود وتمثل في مياه الأمطار المتساقطة موسمياً والتي تشكل في الجزائر $10^{11} m^3$ بحيث %85 تتبخر وتبقى $10^8 \times 12.5 m^3$ التي تجري في مياه البحر بنسبة %50 ويستغل منها $10^9 m^3 \times 3.5$ في الشمال الجزائري حيث يعيش ثلاثة أرباع سكان الجزائر. والأمطار المتساقطة تزداد من الغرب نحو الشرق كما هو في الجلول التالي [6]:

الفصل الأول:

عموميات حول التقطير

الشرق (mm)	الوسط (mm)	الغرب (mm)	المنطقة
900	700	400	الساحل
700	450	500	الأطلس التلي السهول
-	800-1600 700-1000	600	الأطلس التلي المرتفعات
400	-	-	الهضاب العليا التلية
-	250	50	الهضاب العليا السهوب
400-700	200	200	الأطلس الصحراوي
150	50-150	50	شمال الصحراء

جدول (3-1): كمية الأمطار المتساقطة في الجزائر.

والنوع الثاني فيتمثل في المياه الجوفية التي تعتبر خزان ضخيم يقدر بـ $1.3 \times 10^9 \text{ m}^3$ إلا أن الجزائر تعاني من أزمة المياه وذلك راجع إلى التوزيع الخاطيء للماء وعدم انتظام سقوط الأمطار فصليا وسنوياً وكذا ملئ الخزانات بالرسوبات وهذا بسبب قدم شبكات التوزيع المحلية والتلوث ونقص في الصيانة وقد سعت الجزائر إلى حل هذه الأزمة ففي الستينيات بدأت باستثمار مشاريع التقطير والجدول التالي يمثل معظم المشاريع التي تم بناءها خلال الأربعين سنة الأخيرة [7]:

الموقع	عدد الوحدات	التدفق m^3 / jour	الصناعة المستعملة	الطريقة

الفصل الأول:

عموميات حول التقطير

أرزيو	14	35328	البتروال/الغاز	الومضي المتعدد المراحل/ التبادل الأيوني/الضغط الحراري/الاستقطاب الكهربائي
سكيكدة	04	29750	البتروال/ السماذ	الومضي المتعدد المراحل/التبادل الأيوني
حاسي مسعود	06	4070	البتروال	الاستقطاب الكهربائي
عناية	09	30560	الفولاذ/ البتروال	الومضي المتعدد المراحل/التبادل الأيوني
مستغانم	01	57600	الورق	الأسموز العكسي
حاسي الرمل	06	2070	الغاز	الأسموز العكسي /الاستقطاب الكهربائي
وهران	02	1720	مركز كهرياء	-

جدول(4-1): مشاريع التقطير المنجزة في الجزائر.

لكن الجزائر وبالنظر إلى موقعها الجغرافي شمال الساحل الإفريقي، ومساحتها الكبيرة التي تقدر بـ km^2 2381741، إلا أن الجزائر تتميز بقلّة المياه السطحية التي تقدر بـ $10 \times 12.5 m^3$ المتمركزة في الغالب في إقليم التل. تملك الجزائر حوالي مئة سد يُعبأ منها $10 \times 4.5 m^3$ ، وتقسّم كمايلي :

السلود	العدد	السعة الكلية $m^3 \cdot 10^6$	الحجم المنظم $m^3/an \cdot 10^6$
المستغلة	107	4400	1901
المبينة	27	2726	1375
المدروسة	50	3000	-
المجموع	184	10126	3276

جدول(5-1): السدود المتواجدة في الجزائر.

وقد عرفت الجزائر في السنوات الأخيرة تناقصا تدريجيا في حجم المياه العذبة (جدول(5-1))، والعكس بالنسبة للمياه المالحة فإنها تتواجد بكميات كبيرة تصل إلى $6 \times 10^7 m^3$ ، ولهذا سعت الجزائر لتحقيق نحو خمسين محطة تنقية بسعة 4 مليون ساكن وفي سنة 2000 تم إنجاز نحو ستين محطة بسعة 25 مليون ساكن. أما بالنسبة للمياه الجوفية فإنها ترتفع إلى $1.8 \times 10^9 m^3$ في شمال الجزائر بينما تقدر في الجنوب بـ $6 \times 10^{13} m^3$ ، إلا أنها تملك صعوبات في الاستغلال المتجدد فيستغل منها سنويا من $(4 \times 10^9 - 5 \times 10^9 m^3)$ [8].

السنوات	1962	1990	1995	1998	2000	2020
m ³ /hab	1500	720	680	630	500	430

جدول(6-1): توفر ماء الشروب في الجزائر.

1-1-5- بعض الحلول المقترحة:

- توزيع الماء بشكل منتظم .
- التعبئة بأكبر حد من المياه السطحية .
- استغلال المياه الجوفية من أجل تجديد التربة في المناطق الجافة .
- التقليل من الضياع الناتج من شبكات التغذية .
- استعمال المياه المستعملة من أجل السقي ، واستخدام تقنيات السقي قطرة بقطرة والزراعات التي لا تستعمل الماء كثيراً .
- من الضروري أن يكون لكل منطقة عضو تنظيم دولي في مجال الماء لمتابعة تطورات العلوم التقنية.
- يجب تشجيع بحث التطوير في مجال المياه وخاصة الأبحاث المتعلقة بالشراكة بين عدة دول متوسطة .

1-2-التقطير الشمسي:

1-2-1-لمحة تاريخية عن التقطير الشمسي :

منذ القدم عرف الإنسان أن للشمس طاقة هائلة، وحاول إيجاد أساليب لاستغلال هذه الطاقة بالشكل الذي يجعلها مفيدة له. فمن أولى الاكتشافات لما وضع العالم Archimède أول نقطة في مجال الطاقة الشمسية باختراعه مادة الزجاج لما لديها من خواص، بحيث من الممكن تصنيع عدسات ومرايا تساهم في استغلال هذه الأشعة. وفي القرن 18 : اخترع الفيزيائي Saussure اللواقط الشمسية بغرض أهداف علمية ، وفي نفس العصر قام العالم الكيميائي والفيزيائي الفرنسي Lavoisier بصنع موقد شمسي لإذابة الذهب الأبيض ، وهذا الموقد يسخن حتى 1755 °C. وفي سنة 1839: اكتشف العالم الفيزيائي الفرنسي Edmond Becquerel التأثير الحراري- الكهربائي (l'effet photovoltaïque)، وأول استخدام لطاقة الشمس في التقطير كان من طرف الإنجليزي Harding سنة 1872 في شمال الشيلي (Chili) في صحراء (Lassalinas)، وكان على شكل أحواض سوداء مغطاة بالزجاج. فالقاعدة السوداء تستعمل كماص (Absorbant) لأشعة الشمس، ويوضع في هذا الحوض الساخن ماء على سمك رقيق، فيعمل السطح الأسود عمل المبخر، ويستقبل البخار المتصاعد من طرف السطح الداخلي للزجاج المائل بزواوية 20°، ذي درجة الحرارة الأقل من الصفيحة الماصة السوداء نسيبا، مما يؤدي إلى تكاثفه مباشرة، ويتجمع في قناة خاصة بالماء المقطر. وينتج هذا المقطر أكثر من 3 m20 من الماء الصالح للشرب في اليوم [9]. أما في سنة 1878 فقد أنشأ الفرنسي Auguste Mouchot آلة ذات بخار شمسي قابلة لقيادة آلة الطبع، وطوّر أول نظام لإنتاج الماء الساخن بكاليفورنيا سنة 1891. وفي سنة 1912 أستعملت الطاقة الشمسية من أجل قيادة السيارات. وفي سنة 1953: ركّب Mont-Louise موقداً شمسياً بـ 75 kW، وشُيد في 1970 موقد d'odeillo يسمح بالوصول إلى درجة حرارة 3500 °C. وفي سنة 1976 خلال أزمة البترول بفرنسا تم تحقيق أول مركز شمسي [10].

1-2-2-مبدأ عمل المقطر الشمسي:

التقطير الشمسي هو ظاهرة طبيعية، له نفس مبدأ الظواهر الحقيقية، فعندما تنبعث الأشعة الشمسية على ماء البحر (أو المحيط، البحيرات، الأنهار)، فإنها تسخن هذا الماء وهذا الأخير يتبخر ويرتفع إلى

الأعلى، ثم ينتقل البخار عبر الرياح حتى يصل إلى مكان أكثر برودة فيتكثف وتتشكل السحب، وبعد ذلك يمكن أن يكون مطراً أو ثلجاً [11].

*عمل المقطر الشمسي يكون كالتالي:

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

1-2-3- أنواع المقطرات:

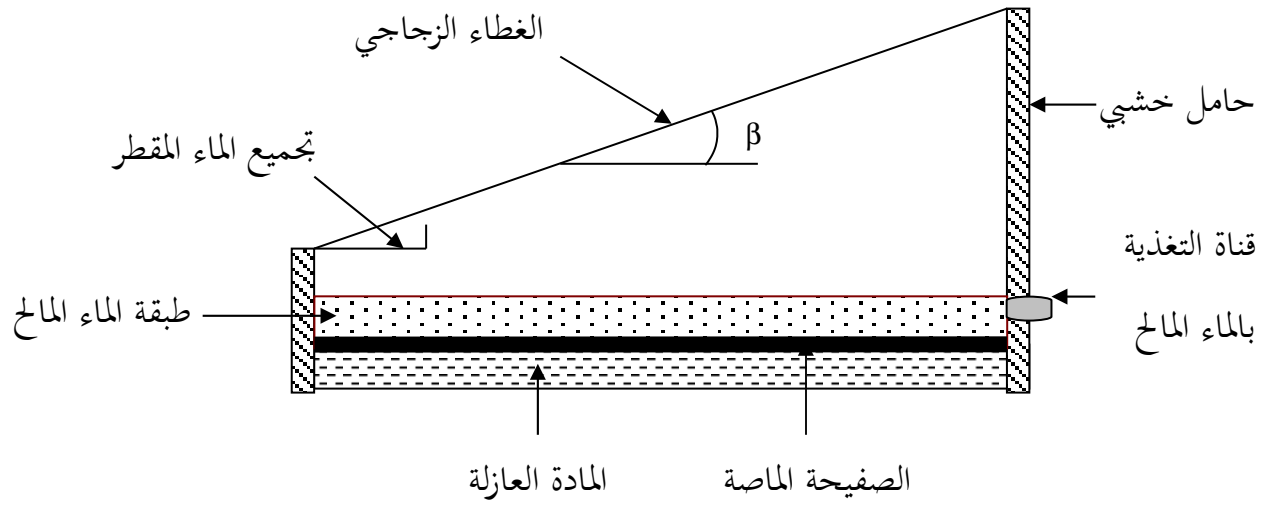
1-المقطرات البسيطة (Distillateur à simple effet):

هذا المقطر الأكثر استعمالاً في العالم، بحيث يحتوي على حوض مملوء بالماء المالح وملون (مدهون) باللون الأسود من أجل التقاط أكبر كمية من الإشعاع الشمسي ويغطي بلوح شفاف من الزجاج و يجب أن يكون هذا الأخير مائلاً ليتكثف البخار في الجزء الداخلي للغطاء، و من بين إيجابياته : تحقيقه وصيانتته بسهولة ، ثمنه نوعاً ما منخفض ، أما سلبياته فتتمثل في إنتاجه الضعيف جداً للماء الصالح للشرب فهو من درجة (2.5-3 L/m² j) بسبب انخفاض الفعالية ، وتوجد عدة نماذج لهذا النوع وهي [12، 13]:

a-مقطر بميل واحد (Distillateur à pente unique):

هو مقطر بلاقط واحد مائل بزاوية (β) ، وهو سهل التنظيف نظراً لسهولة تركيبه [1]، الشكل (1-1).

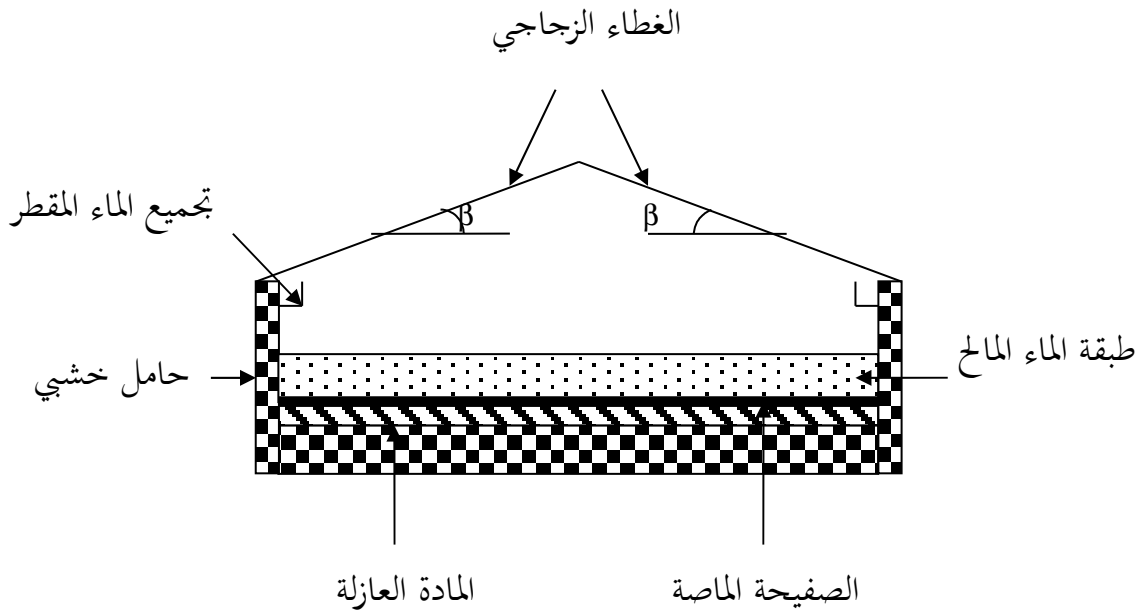
(1-1).



الشكل (1-1): مقطر بسيط بميل واحد.

b-مقطر بميلين (Distillateur à double pentes):

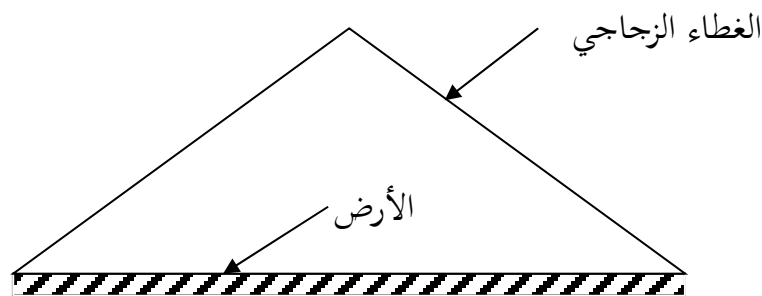
ويسمى كذلك مقطر بلاقطين بحيث كل واحد منهما يميل بزاوية (β) ، ومن ميزاته أنه إحداها يوجه للشمس والآخر للظل لتسريع عملية التكثيف [1]، الشكل (2-1).



الشكل (2-1): المقطر البسيط بميلين.

c- مقطر شمسي أرض-ماء (Distillateur solaire terre -eau):

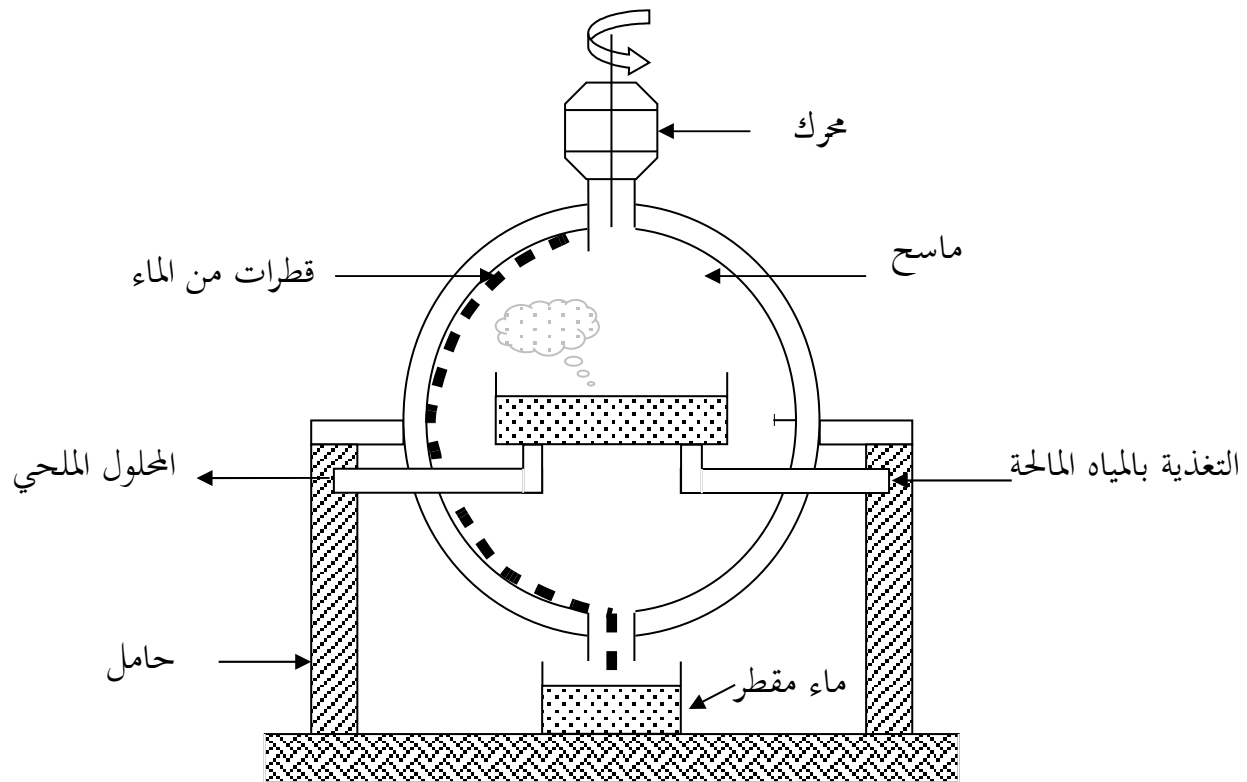
كميات كبيرة من الرطوبة تخزن (تدخر) في الأرض وفي المناطق الجافة بحيث هذه الرطوبة تعود إلى الغلاف الجوي خلال الفصل الساخن لإتمام الدورة الهيدرولوجية الطبيعية لهذا نستعمل المقطر الشمسي أرض-ماء الذي يشبه المقطر بميلين فقط نعوض الحوض الأسود بالأرض [12]، الشكل (3-1).



الشكل (3-1): مقطر شمسي أرض-ماء.

d- مقطر كروي بماسح (Distillateur sphérique à balayage):

هذا النوع من المقطر أول من اقترحه هو Pr. Menguy بجامعة لندن ويحتوي على كرة شفافة مصنوعة من الزجاج وفي وسطها يوجد حوض دائري أفقي ، له لون أسود يعمل كماص للإشعاع الحراري ، يوضع فيه الماء المالح لتبخيره ، ثم يتكاثف هذا البخار المتصاعد إلى أن يمس السطح الداخلي للزجاج ، ثم يجمع في أسفل الشكل الكروي ، ولجعل الزجاج شفافاً يستعمل في السطح الداخلي ماسح يدور بواسطة محرك كهربائي في أعلى المقطر [14، 15، 16]، الشكل (4-1).



الشكل (4-1): مقطر شمسي ذو ماسح كروي

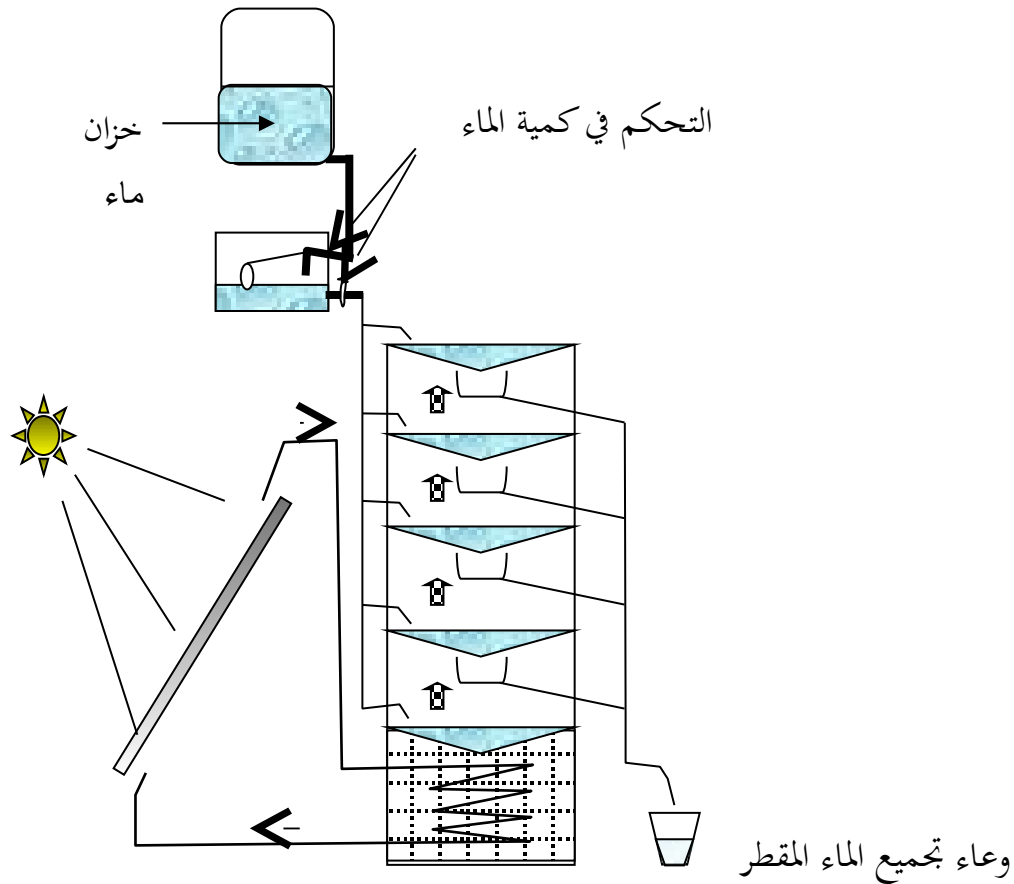
2-المقطرات المتعددة (Distillateurs à multiples effets):

في العموم المقطر المتعدد يحتوي على عدة مبخرات وهناك عدة نماذج لهذا المقطر وهي:

a-المقطر الشمسي المتعدد الطوابق (Distillateur solaire à multiples étages):

هو عبارة عن مجموعة من الطوابق كل طابق يحتوي على الماء المالح ، يسخن الطابق الأول عن طريق المبدل الحراري الذي استقبل الحرارة من المائع المسخن باللاقط الشمسي - فيتبخر الماء المالح،

ويتكاثف على السطح البارد المقابل ، وحرارة التكثيف بدورها تقوم باسترجاع البخار لتسخين الماء الموجود فوق سطح التكثيف وهكذا تتكرر العملية حتى الطابق الأخير [1، 14، 16]، الشكل (5-1).



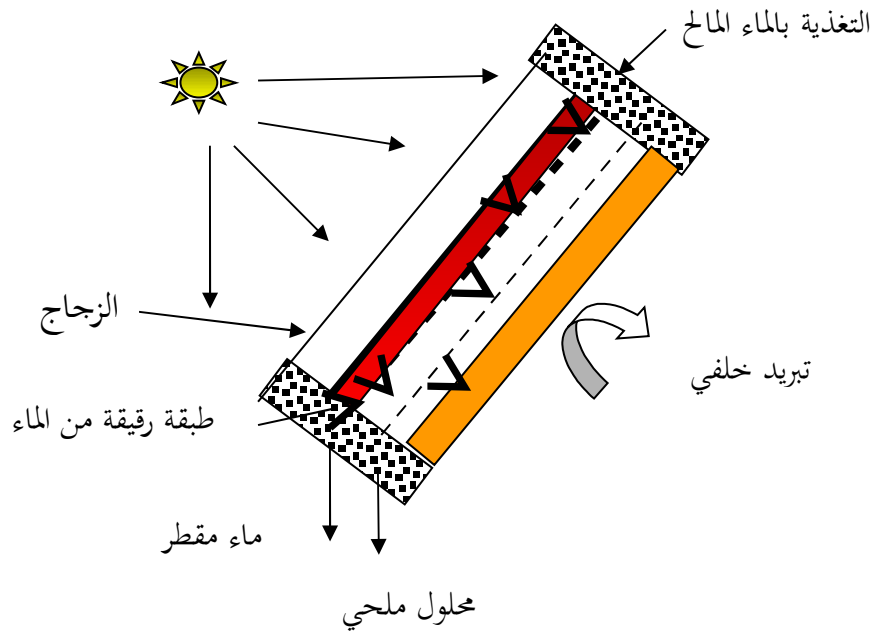
الشكل (5-1): المقطر الشمسي المتعدد الطوابق.

b-المقطر الشمسي بالخاصية الشعرية: (Distillateur solaire à film capillaire):

هذا النوع من المقطر أول من اقترحه هو Pr.P.Legofe بمخبر العلوم والهندسة الكيميائية ب Nancy بالتعاون مع Pr.Ouahes بجامعة الجزائر، وهو عبارة عن مجموعة من الطوابق المعدنية (من الألمنيوم مثلا) متقابلة ومتوازية عموديا ، مركبة داخل إطار خشبي معزول عزلا حراريا جيدا من الجهات الجانبية ، كما

يوجد غطاء زجاجي في الجهة العليا ، إن الطابق الأول مطلي باللون الأسود لامتناس أكبر قدر من الطاقة الشمسية الساقطة عليه ، وجميع الطوابق مغطاة من الخلف بقماش من نوع الشاش لامتناس و الاحتفاظ بالماء المراد تحليته ، والذي بدوره يمتص الحرارة من الطابق الأول (L'absorbeur) فيتبخر الماء بفعل الحرارة المكتسبة من الإشعاع الحراري، ويتكاثف على السطح البارد المقابل ، كما أن الحرارة المكتسبة من التكثيف تقوم بتسخين الماء السائل على الشاش الملتصق خلف سطح التكثيف ، وهكذا تتكرر العملية حتى الطابق الأخير [17، 18، 19]، الشكل (1-6).

ومن بين إيجابياته: المساعدة على تحسين انتقالات الحرارة والكتلة خلال عمليتي التكثيف والتبخير، وعند توفر الشمس بشكل جيد فإنه ينتج حوالي (10 - 15 L/m²) [1، 13، 15].



الشكل (1-6) : المقطر الشمسي بالخاصية الشعيرية.

4-1-2 خصائص المقطرات الشمسية:

هناك عدة مقادير لتحديد إنتاج الماء للمقطر الشمسي، ومن بينها: المرود، الفعالية (الكلية، الداخلية)، مقياس الفعالية [20].

1-المرود:

هو عبارة عن كمية الماء المقطر الناتجة من المقطر الشمسي لوحدة السطح للصفحة السوداء في اليوم.

2-الفعالية:

-الفعالية الكلية (η_g): هي حاصل قسمة التدفق الحراري بالتبخير على الطاقة الشمسية الكلية الواردة إلى السطح الأفقي .

(1-1)

$$\eta_g = \frac{\phi_{ev}}{G_h \cdot S} = \frac{m_d \cdot L}{G_h \cdot S}$$

بجيث:

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

G_h : الطاقة الشمسية الواردة إلى السطح الأفقي (W/m^2).

S : سطح الغطاء الزجاجي (m^2).

m_d : تدفق الماء المقطر (kg/s).

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

-الفعالية الداخلية (η_i): هي حاصل قسمة الفعالية الكلية على كمية الماء المنتج بفعل الطاقة الشمسية الساقطة على السطح الأفقي .

(1-2)

$$\eta_i = \frac{\phi_{ev}}{\phi_{eau}}$$

بجيث:

(1-3)

$$\phi_{eau} = (\tau_v \cdot \alpha_e + \tau_v \cdot \tau_e \cdot \alpha_f) \cdot G_h \cdot S$$

$$\phi_{eau} = \alpha_t \cdot G_h \cdot S$$

τ_v : معامل الإمرار للزجاج .

τ_e : معامل الإمرار للماء.

α_e : معامل الامتصاص للماء .

α_f : معامل الامتصاص لعمق المقطر.

α_i : معامل الامتصاص الفعال للمقطر.

3-مقياس الفعالية :

يعرف Hansen و Satcunathan أنواع عوامل الفعالية: معامل الفعالية الإجمالي (F.P.B) ، ومعامل الفعالية الساعية (F.P.H) ، ومعامل الفعالية اللحظية (F.P).

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

$$(5-1) \quad F.P.H = \frac{\text{Quantité d'eau prouduite au bout d'une heure}}{\text{Quantité d'energie entrée au bout d'une heure}}$$

$$(1-6) \quad F.P = \frac{m'}{\alpha_i \cdot G_h \cdot S}$$

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

1-2-5-1-المقادير الخارجية:

1-شدة الإشعاع الشمسي:

هي العامل الأهم في دراسة المقطر الشمسي، ويكون طول الموجة في الطاقة المنبعثة ما بين

($0.17 - 4 \mu m$) وأعلى شدة نحصل عليها للإشعاع الشمسي عندما يكون طول الموجة $0.47 \mu m$ في المجال المرئي، وتصل الشدة الكلية للإشعاع الشمسي الواردة إلى السطح 1.3 kW/m^2 و هي قيمة ضعيفة وهذا نظرا لامتناس الغلاف الجوي جزء من هذا الإشعاع. ويكون بمقدار أحسن عندما يكون سمك الغلاف

الفصل الأول:

عموميات حول التقطير

الجوي رقيقا جدا. وتقدر الاستطاعة الشمسية المتوفرة نظريا على سطح الأرض ما بين (1.22 kW/m^2) [17].

2- سرعة الرياح :

يلعب التأثير الحملّي على الوجه الخارجيّ للزجاج دورا مهما في تشغيل النظام ، وتقاس سرعة الرياح بمقياس الريح (anémomètre) الموضوع قرب الزجاج . وقد اعتبر Duffie et Beckman بأن سرعة الرياح مرتبطة بمعامل الانتقال الحملّي بين الغطاء والوسط الخارجيّ بواسطة العبارة التالية [17]:

$$(1-7) \quad h_{v-a} = a + bv^n \quad (\text{W/m}^2 \cdot \text{°C})$$

بحيث أن من أجل:

$$(1-8) \quad v \leq 5 \text{m/s}: \quad a=2.8, \quad b=3, \quad n=1$$

$$(1-9) \quad v > 5 \text{m/s}: \quad a=0, \quad b=6.15, \quad n=0$$

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

3- درجة حرارة الهواء المحيط:

تدخل قيمة درجة حرارة الهواء المحيط في تحديد التغيرات الحرارية بين الجزء الداخلي للمقطر والوسط الخارجيّ وترتبط مباشرة بالحمل الطبيعي على مستوى الزجاج ، فتأثيرها يتناسب تناسباً طردياً مع درجة حرارة الزجاج [11، 17].

4- عوامل أخرى جوية:

بالإضافة إلى سرعة الرياح و درجة حرارة الهواء المحيط ، هناك عوامل أخرى جوية مثل رطوبة الهواء والمغناطيسية اللتين يجب أن تؤخذان بعين الاعتبار في القياس ، بحيث أنهما تغيران في الموازنة الحرارية للمقطر [17].

5-2-1-2 المقادير الداخلية:

ندرس تأثير العوامل التالية على فعالية النظام:

- عزل الأوجه الجانبية للمقطر.

- سمك الماء الموجود في المبخر.

- الخصائص الفيزيائية للجدار الداخلي [17].

1- ميل الزجاج على السطح الأفقي :

إن لميل الزجاج دوراً مهماً في عمل المقطر الشمسي، لذا فإنه من المهم اختيار ميلان أدنى للزجاج بدون إحداث تسرب (نزول) لقطرات الماء إلى حوض الماء المالح، وتقدر القيمة التقريبية لهذا الميلان بعد دراسة أجريت لعدة قيم (زوايا) أن القيمة المثلى للميلان محصورة بين (10-50°) [21، 22].

2- ارتفاع مستوى كتلة الماء المقطر :

إن ارتفاع مستوى الماء المالح في الحوض له دور مهم في عملية التقطير، فحسب [42] فإنه يزداد الإنتاج اليومي للتقطير كلما كان عمق الماء صغيراً ومحصوراً بين 1 cm كقيمة دنيا و 1.5 cm كقيمة عظمى.

3- المسافة التي تقسم السطح الحر إلى لاقطين :

تؤثر مباشرة على الضغط الداخلي للمقطر، فالزيادة في حجم المقطر تسبب نقصاناً في الضغط، وهذا يؤثر على التغيرات الحرارية ويؤدي إلى نقصان في درجات الحرارة لمركبات المقطر [11].

4- خصائص المكونات :

1- الزجاج (vitre):

يختلف الزجاج حسب خصائصه:

*السلك.

*اللون: يجب أن يكون شفافا.

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

*الامتصاص : يجب أن يكون من 5%.

*العبور: أكثر من 90% [24].

2-الصفحة المعدنية (plaque métallique):

توجد عدة أنواع من الصفائح المعدنية وفقا لخصائصها، لذا يجب أن نختار الصفحة الملائمة لاستخدامها للماص و كذلك للغطاء الخارجي.

*السلك: $1 \text{ mm} < e_{\text{plaque}} < 4 \text{ mm}$.

*التوصيلية: يجب أن نختار صفحة لها توصيلية حرارية مرتفعة إذا أمكن.

*مقاومة التآكل : الصفحة المعدنية تكون في تلامس مع الماء، من أجل هذا يجب اختيار صفحة تقاوم ظاهرة التآكل .

3-العازل (Isolant) :

العازل في المقطر هو العنصر الرئيس ، ولاختيار عازل جيد يجب معرفة كل الخصائص التالية:

التوصيلية الحرارية : التوصيلية الحرارية للعازل يجب أن تكون قليلة ليكون عزل حراري جيد.

أمثلة:

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

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

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

العازل الأحسن من بين هذه الثلاثة هو : polystyrène.

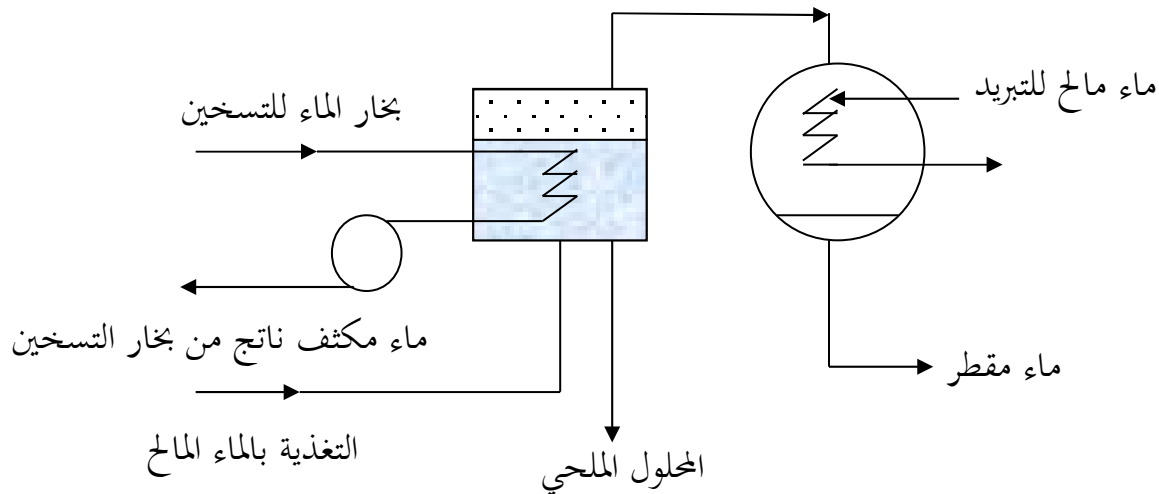
1-2-6-1- الطرق المستعملة في تحلية المياه:

1-2-6-1-1- تعريف التحلية :

هي تحويل المياه المالحة إلى مياه نقية من الأملاح صالحة للاستخدام ويتم ذلك عبر طرق عديدة. تستعمل خاصة في المناطق الجافة على مستوى القرى الصغيرة [13].

1-2-6-2- التقطير البسيط (La distillation à simple effet):

إن دوران البخار في المبخر يسمح بتسخين الماء المالح ، والذي يتبخر تحت ضغط أكبر بقليل من الضغط الجوي مما يؤدي إلى تكثيف البخار مباشرة على سطح المكثف ، وبدون استرجاع أو استفادة من الحرارة الضائعة ثم يتجه بخار الماء الناتج إلى المكثف من أجل تكثيفه ، حيث يوجد مبدل حراري يسري فيه ماء مالح بارد (ماء البحر أو مياه جوفية باردة)، وهذه الطريقة لا يمكن استخدامها في الصناعة نظرا للاستهلاك الكبير للطاقة ، والذي يكون حوالي $(840^3 - \text{kWh/m}1000)$ [2]، الشكل (7-1).

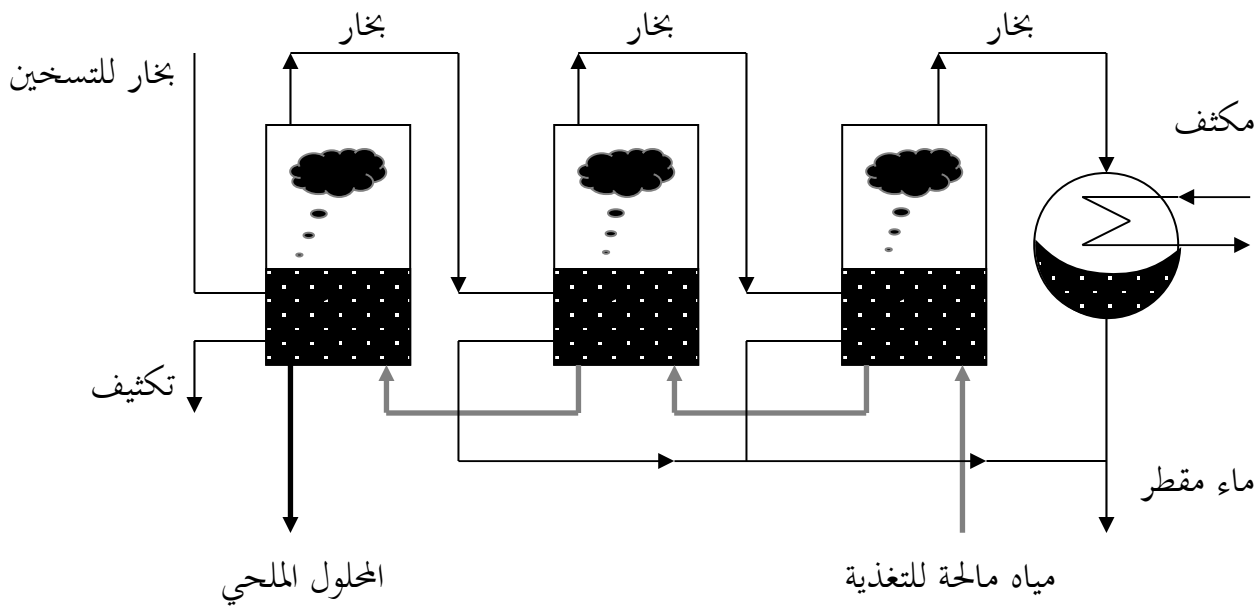


الشكل (7 1) : التقطير البسيط.

1-2-6-3- التقطير متعدد التأثير (la distillation à multiples effet):

من أجل الزيادة في مردود عملية التقطير يجب أن نسترجع الحرارة الضائعة في المكثف لاستعمالها كحرارة تسخين أولي وذلك يكون بعدة طوابق للتقطير والبخار الناتج من المبخر الأول يكتف في المبخر

الثاني ومنه نتحصل على بخار قليل الضغط وهكذا تتم العملية مع جميع الطوابق بنفس المبدأ، والحرارة المتبقية تستخدم في التبخير اللاحق أو في الصناعة حيث يستخدم لذلك ستة إلى سبعة مبخرات ومكثفات تعمل بنفس المبدأ، وهذا المبدأ استعمل لأول مرة في أوائل القرن التاسع عشر ميلادي [2]، الشكل (8-1).



الشكل (8-1): التقطير متعدد التأثير.

4-6-2-1- التقطير الومضي المتعدد المراحل: (Distillation multiple stage): (M.S.F) flash

تعتبر طريقة التقطير الومضي المتعدد المراحل من أولى الطرق المستعملة في التقطير لاسترجاع الحرارة الضائعة، وقد طور هذا المبدأ بفضل أعمال R.S.Silver. تعتمد طريقة التقطير الومضي المتعدد المراحل على عملية التبخير الومضي أي يلزم تسخين الماء المالح إلى درجة حرارة أعلى من درجة الغليان عند ضغط معين ثم فجأة يضح هذا الماء المالح الساخن إلى طابق ذي ضغط أقل من ضغط الغليان فيحدث التبخير الفجائي (الومضي) ويتكون البخار ويصعد إلى الأعلى ليقابل مجموعة من أنابيب التكثيف باردة

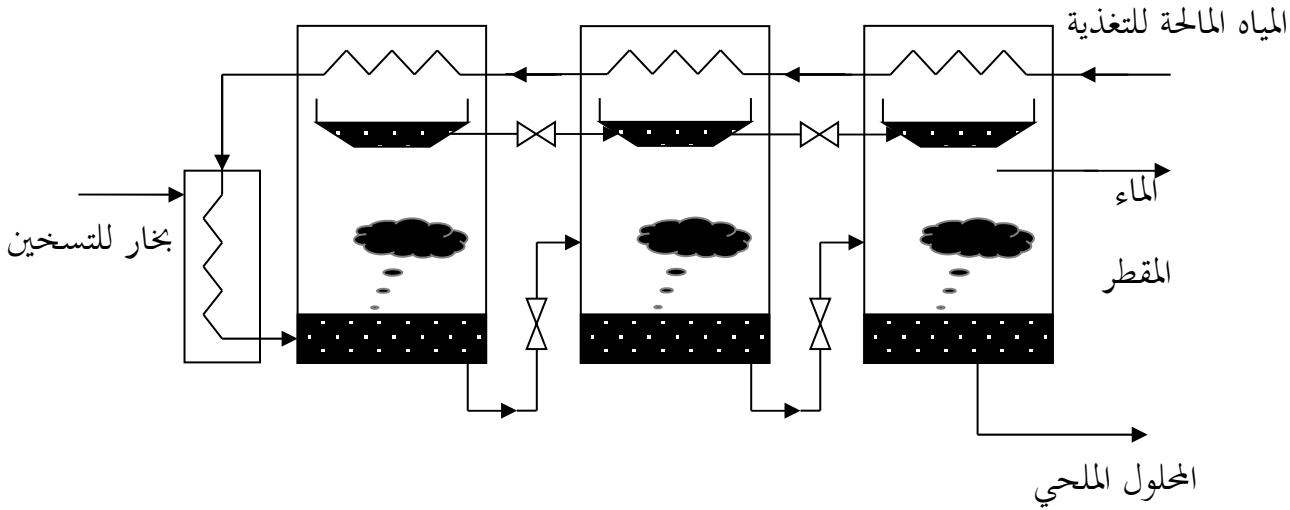
السطح (وعادة ما يكون بداخلها ماء البحر للتبريد) ، وعليه يتكثف البخار إلى ماء مقطر ويتم تجميعه وخروجه كماء منتج للاستفادة منه [2، 25]، الشكل (9-1).

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

* لتعطي تقنية multflash نتيجة عالية تتطلب على الأقل من 30 إلى 40 طابقاً ، في حين أن سعر تصنيعها مرتفع جدا خاصة من أجل الوحدات الصغيرة .

* الطاقة اللازمة للضخ لإعادة سريان ماء البحر تكون حوالي (4-5 kWh/ m³).

* طريقة ينقصها الخفة والليونة [15].



الشكل (9-1): التقطير الومضي متعدد المراحل.

5-6-2-1- التحلية باستخدام طرق الأغشية:

1-1- الأسموز العكسي (L'osmose inverse):

إذا وضعنا محلول ماء ملحي في جانب لغشاء شبه نفاذ، والجانب الآخر ماء عذب، فمن المعروف طبيعياً أن ينتقل الماء العذب (الأقل تركيزاً) إلى المحلول الملحي (الأكثر تركيزاً) ، وذلك لإحداث التوازن أو التعادل في عملية التركيز، وهذه تعرف بعملية التناضح أو الأسموز . إذن نستطيع أن نعرف الأسموز

العكسي بأنها : هي عملية فصل الماء العذب عن محلول ملحي من خلال غشاء نفاذ ، وذلك بضغط للمحلول الملحي أعلى من الضغط الأسموزي (الذي قيمته تعتمد على عدة عوامل منها: تركيز الملوحة للماء المالح ، وعلى نوعية الأملاح الذائبة وعلى درجة الحرارة) ، ولا يحتاج الأمر إلى تسخين أو تغيير في الشكل ، بل يلزم أن يوضع المحلول الملحي تحت ضغط أعلى من الضغط الأسموزي لكي تتم عملية التناضح العكسي [25] .

التقنية: نضع الماء المالح في حوض يفصل بينه وبين حوض ثاني غشاء شبه نفاذ، نطبق على الماء المالح ضغطاً بواسطة مضخة ضغط خاصة، فيتسرب الماء ويتجه إلى الحوض الثاني وهكذا حتى نتحصل على ماء أقل ملوحة وبذلك نكون قد عكسنا الظاهرة الأسموزية ، الشكل(1-10). كما يمكن اتخاذ الأسموز العكسي كثنائية مع الطاقة الشمسية وهذا لعدة أسباب هي [26]:

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

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

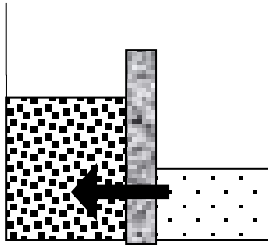
P : الضغط (bars).

η_p : المردود المجمع الإلكتروني ومضخني.

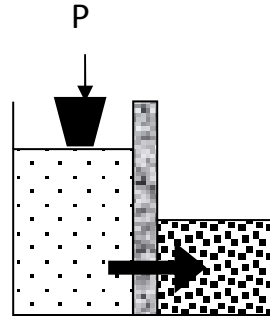
Y : نسبة التحويل .

2-طريقة نموذجية تسمح بالحصول على تركيبات مهمة بسعات مختلفة .

3-طريقة استهلاك الطاقة فيها يمكن استرجاعها بقيم ضعيفة جداً .



الأسموز



الأسموز العكسي

الماء العذب



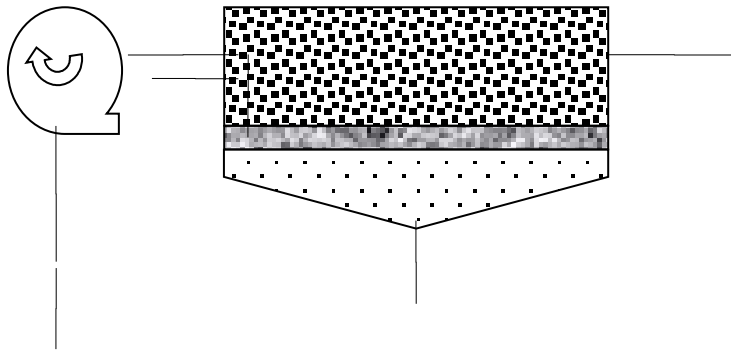
الماء المالح



الغشاء النفوذ



- مبدأ التناضح العكسي -



خروج المحلول الملحي

الماء العذب



الماء العذب



الماء المالح



2-الفرز الغشائي الكهربائي (L'électrodialyse):

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

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

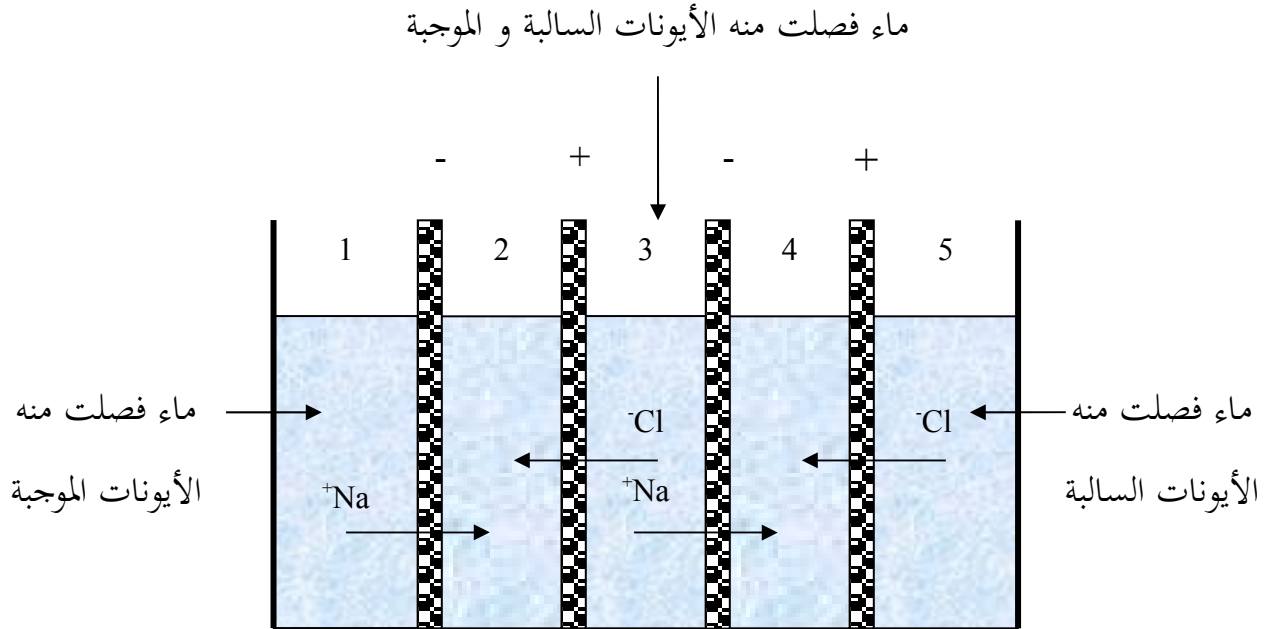
الحوض 1- به ماء فصلت منه الأيونات الموجبة.

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

الحوض 5- به ماء فصلت منه الأيونات السالبة.

يغذى الحوض 1 و 5 بالماء المالح، أما الحوض 3- يستخلص منه الماء الصالح للاستعمال [2,25]،

الشكل(11-1).



الشكل (11-1): رسم تخطيطي لوحدة الفرز الغشائي الكهربائي.

3-تحلية المياه بطريقة البلورة أو التجميد (Dessalement par congélation):

هي عملية فصل الماء العذب عن الماء المالح أي بتغيير الطور من السائل إلى الصلب وينتج لنا ماء من بلورات ثلجية خالية من الأملاح وإن وجدت فإنه يتم فصلها وذلك بغسلها لفصل الماء العالق ببلورات الثلج ثم تذاب فنحصل على الماء العذب [25].

7-2-1- بعض الأعمال للمقطرات الشمسية:

يعتبر نقص الماء الصالح للشرب مشكلة كبيرة في العديد من المناطق في العالم ، وكحل لهذه المشكلة لجأت معظم الدول إلى طريقة سهلة واقتصادية باستعمال التقطير الشمسي، فلهذا أجريت العديد من الأبحاث والدراسات النظرية والتجريبية للمقطرات الشمسية ، نذكر منها على سبيل المثال ، (et al Muhammad Ali Samee) [27] تم إنجاز مقطر شمسي ذي ميل واحد بزواوية 33.3° ، فوجد بأن فعالية هذا المقطر تقدر بـ 30.65%، كما درست كذلك PH، TDS، التوصيلية الكهربائية قبل وبعد التقطير فمثلا

كانت: 370ppm ، 1.291ms/cm ، 6.72 على التوالي. أما بعد التقطير- فكانت 30ppm ، $41\mu\text{s/cm}$ ، 6.5 . وفي المحيط المائي فكانت : 544ppm ، 1.688ms/cm ، 6.78 . أما بعد التقطير. فأصبحت : 84ppm ، $31\mu\text{s/cm}$ ، 5.74 (Imad Al-Hayek et al) [28] تم دراسة استعمال الطاقة الشمسية في نوعين من المقطرات الشمسية والعوامل المؤثرة على إنتاج الماء المقطر ، فتبين بأن إنتاجية و فعالية المقطر الشمسي ذو الميل الواحد الذي يملك مرآة داخل جدران المقطر أكثر من إنتاجية و فعالية المقطر الشمسي ذو الميلين. وأن مردود المقطر الشمسي ذو الميل الواحد أكثر بنسبة % 20 من المقطر الشمسي ذو الميلين. ، أما بالنسبة لأداء المقطرات فإنها لها علاقة بدرجة حرارة سطح الماء، وبالإشعاع الشمسي الوارد ، وزيادة كمية الماء المقطر يمكن أن تزداد بانخفاض عمق الماء.(Kaabi Abdenacer et al) [29] أظهرت هذه الدراسة بأن الفعالية الكلية للمقطر الشمسي تتأثر بسطح التبخير و التكثيف فكلما كان الفرق في درجة الحرارة بين السطحين أكبر كلما كان ذلك أحسن ، وأيضا كلما كان سمك الزجاج منخفضا، وزاوية الميلان تقارب سطح البحر. النتيجة من هذه الدراسة أظهرت بأهمية تبريد سطح التكثيف وتسخين سطح التبخير. (H. N. Singh et al) [23] دراسة لمختلف العوامل المؤثرة على عملية التقطير من: شدة الإشعاع الشمسي، درجة حرارة الهواء المحيط، عمق الماء في الحوض، سرعة الرياح، ميل الزجاج ، امتصاص الحوض. (Pinar Ilker Ayav et al) [30] الدراسة النظرية والتجريبية للتقطير الشمسي لمقطر أحادي الحوض بمساحة تقدر بـ $2100\text{mm} \times 700\text{mm}$ مع ميلان للغطاء الزجاجي يقدر بـ 38° ، وللحصول على أكبر اكتساب للإشعاع الشمسي استخدم الألمنيوم كعاكس بالأبعاد التالية: $2100\text{mm} \times 500\text{mm}$. ومقارنة النتائج النظرية و التجريبية أظهرت فوائد النموذج المقترح للمقطر وفعالية المعادلات الطاقوية للتوازن. (A.Badran,Ahmad et al) [31] تم دراسة تأثير زيادة صفيحة مستوية لاقطة لمقطر شمسي أحادي الحوض تحت ظروف محلية ، وتم قياس تغيرات الحرارة ، وشدة الإشعاع الشمسي وكمية الماء المقطر لعدة أيام وفي ظروف عمل مختلفة. حيث درس نوعين من الأعمال :الأول مقطر مجمع باللاقط لمدة 24h ، أما الثاني مقطر مجمع باللاقط في الفترة المشمسة من 8h إلى- 15h وهذا لمدة 24h ، وباستخدام ماء الحنفية والماء المالح لتغذية المقطر فوجد بأن كمية الماء المقطر في حالة التغذية بماء الحنفية تزداد بـ % 23.1 ، أما في حالة التغذية بالماء المالح فإنه يزداد بـ % 52. (A. Hanson et al) [32] دراسة أداء مقطر أحادي الحوض لإزالة اللاعضوية والبكتيريا العضوية والملوثات التي تتواجد في الماء داخل حوض المقطر ، وقد تبين من خلال هذه الدراسة بأن تصميم هذا المقطر أكثر نجاح في إزالة الجراثيم غير الزائلة في الماء، وكذا إزالة

البكتيريا والمركبات العضوية الزائفة مثل المبيدات . (Anil Kr. Tiwari et al) [33] دراسة تأثير ظاهرة التكثيف للغطاء الزجاجي المائل على درجة الحرارة الداخلية للمقطر وذلك باستخدام ثلاثة أسطح مكثفة مائلة بـ: 15° ، 30° ، 45° ، حيث أن هذا الغطاء المكثف مصنوع من الزجاج ، ومعدل درجة حرارة التجربة ثابت من 40° إلى 80° باستعمال حمام مائي ذو درجة حرارة ثابتة . فوجد بأن المردود يزداد عند ارتفاع درجة الحرارة وبميل للغطاء المكثف 30° بالمقارنة مع الميلين 15° و 45° . (Rajesh Tripathi et al) [34] تجارب لمدة $24h$ خلال فصل الشتاء لعدة ارتفاعات لعمق الماء في الحوض ($m\ 0.05$ ، $m\ 0.1$ ، $m\ 0.15$) لنظام تقطير شمسي بهدف دراسة تأثير الارتفاعات المختلفة لعمق الماء على الحرارة ومعامل انتقال الكتلة ، فوجد بأن معامل انتقال الحرارة الحلمي بين الماء وغطاء المكثف الداخلي يعتمد على عمق الماء في الحوض ، ووجد أيضا بأن المردود يزداد في الفترة المظلمة (الليل) بالمقارنة مع النهار لارتفاعات أكبر لعمق الماء في المقطر الشمسي ($m\ 0.15$ ، $m\ 0.1$) وهذا ناتج عن تأثير التخزين . (Anil Kr. Tiwari et al) [35] تجارب في الجهة الجنوبية لمقطر أحادي الميل وبزاوية ميلان 30° في ظرف مناخي صيفي لمدة $24h$ في خمسة أيام مختلفة لخمسة أعماق للماء من $m\ 0.04$ إلى $m\ 0.18$ بهدف دراسة التغيرات المسلكية لمعامل انتقال الحرارة الداخلية بالمقارنة مع عمق الماء في المقطر، فوجد معامل انتقال الحرارة يعتمد على عمق الماء وأن التقطير له معنى في حالة ارتفاع عمق الماء بسبب تخزين الطاقة في المقطر . (S.Nijmeh et al) [36] تجارب خلال شهري أبريل وماي لمقطر أحادي الحوض ، مساحته $m^2\ 3$ ، بحيث استعملت عدة مواد مثل برمغنات البوتاسيوم، ديكرومات البوتاسيوم لزيادة امتصاص الماء للإشعاع الشمسي الذي يحتوي على أملاح منحلّة وأشعة بنفسجية . فمثلا بإضافة مادة برمغنات البوتاسيوم ($KMnO_4$) فكانت هناك زيادة في فعالية وإنتاجية المقطر بنسبة 26% .

المراجع:

- [1] Selami M.Hassan, "Utilisation de l'énergie solaire pour la déminéralisation des eaux saumâtre dans les sud Algérien" thèse de magistère (2000) Université de Ouargla.
- [2] J.R.Vaillant "les problème du dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtre"- France-(1975).
- [3] Saleh Al-kharabsheh "A Dissertation presrnted to the graduate school of the university of Florida in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy" university of Florida 2003.
- [4] Khedim.A.H., Schawrzer. K, Faber. C. Nouveau système de dessalement de l'eau de mer à l'énergie solaire. Ginstereg Julich (Allemagne).
- [5
]
[6] Salim Kehel , "Rétrospective et perspectives du dessalement en Algérie" Algérie ELSEVIER Deaslation 136(2001) 35-42.
- [7] Seawater and Brackish water desalination in the middle east, north Africa and central Asia.
- [8] Ahmed Kettab, " Les ressources en eau en Algerie: stratégies, enjeux et vision". Desalination 136(2001)23-25.
- [9] Anil Kr. Tiwari, G.N. Tiwari, "Thermal modeling based on solar fraction and experimental study of the annual and seasonal performance of a single slope passive solar still: The effect of water depths" , Desalination 207 (2007) 184–204.
- [10] André Deslandes, " Historique de l'énergie solaire " publiée dans le périodique écologiste français silence numéro 206-207 de juillet –Août1996.
- [11] Boualati Yamina, "Investigation sur la performance d'un distillateur solaire" thèse de magistère. Université de Ouargla, département de physique (2004).
- [12] S.Makdji Nafila, " Impact de l'écart de température (eau-captur) sur l'efficacité globale d'un distillateur solaire " thèse de magistère, Université de Constantine, département génie climatique, 2002
- [13] M.El Haimer –M.Barkaoui-A.Irhzo-H.Legofl, "Distillateur solaire rustique a film capillaire et a multiples effets.essais experimentaux a casablanca".
- [14] تخة محمد، "دراسة مقارنة وتحسين لمختلف المقطرات الشمسية لإنتاج المياه الصالحة للشرب في المناطق الجافة الصحراوية" كلية العلوم والعلوم الهندسية، قسم الفيزياء (2004).
- [15] Alain Maurel (dessalement Solaire) CEA-Cadarache(1986).

- [16] Ahmed Khedim, Klemens Schwarzer, Christian Faber, Christoph Mtiller "Production de centralisée de l'eau potable l'énergie solaire", Desalination 168 (2004) 13-20.
- [17] Bachir .Bouchekima-Bennard .Gros-Ramdane Ouahes-Mostefa Int.J.therm,"Etude théorique et application pratique du distillateur solaire a film capillaire ". Sci (2002)39-442-459.
- [18] B.Bouchekima"a solar Desalination plant for domestic water need in arid areas of south Algeria ". Desalination 153(2002) 65-69.
- [19] R.Ouahes ,P.Legoff ,Ouahes(Le projets-Dificap-distillateur a film capillaire) Lab .des Sciences du genie à Nancy,France (1982).
- [20] E.Zayonti , L-Bouirden , A-Aharoune, M-Banouni "Distillation solaire:Amélioration dela condensation de la vapeur d'eau dans les distillateurs solaires".
- [21] S.Aboul-Enien, A.A.EL-Sebail and E.EL-Bialy"Investigation of a single basin solar still with deep basins "PII:SO 960-1481(98)00081-0.
- [22] A.K.Sinoh,G.N.Tiwari,P.B.Sharma and Emran Khan"Optimization of higher yield of solar still for a given location"Energy Convers ,Mgmt vol 36,No .3,pp175-187,1995.
- [23] H.N.Singh ,G.N.Tiwari "Monthly performance of passive and active solar stills for different Indian climatic conditions"Desalination 183(2005)151-165.
- [24] Elmadani Ramadane , "Etude critique et optimisation d'un distillateur solaire"- 2001- thèse de fin d'année.
- [25] إنتاج كيميائي " تحلية المياه".المملكة السعودية –المؤسسة العامة للتعليم التقني و التدريب المهني - الإدارة العامة للتصميم وتطوير المناهج.
- [26] Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Printed in the Netherlands. Desalination 31 (1979) 89–449 .
- [27] Muhammad Ali Samee ,Umar K.Mira ,Tariq Majeed,Nasir Ahmad"Design and performance of a simple single basin solar still"Renewable and Sustainable Energy Reviews xx(2005) 1-8.
- [28] Imad Al –Hayek ,Omar O.Badran "The effect of using different designs of solar stills on water distillation "Desalination 169(2004) 121-127.
- [29] Kaabi Abdenacer , Smakdji Nafila"Impact of temperature difference (water-solar collector)on solar global efficieny "Desalination 209(2007)309-316 .
- [30] Pinar Ilker Ayav,Gurbuz Atagunduz "Theoretical and experimental investigations on solar distillation of IZTECH campus area seawater" Desalination 208(2007) 169-180 .

- [31] Ali A.Badran ,Ahmad A.Al-Hallaq,Imad A.Eyal Salman,Mohammad Z .Odat"A solar still augmented with a flat –plate collector" Desalination 172(2005) 227-234 .
- [32] A.Hanson,W.Zachritz,K.Stevens,L.Mimbela,R.Polka,L.Cisneros "Distillate water quality of a single basin solar still :laboratory and field studies"Solar Energy 76(2004)635-645.
- [33] Anil Kr.Tiwari ,G.N.Tiwari"Effect of the condensing cover’s slope on internal heat and mass transfer in distillation : an indoor simulation" Desalination 180(2005) 73-88.
- [34] RajeshTripathi,G.N.Tiwari"Effect of water depth on internal heat and mass transfer for active solar distillation" Desalination 173(2005) 187-200 .
- [35] Anil Kr.Tiwari ,G.N.Tiwari "Effect of water depth on heat and mass transfer in a passive solar stil :in summer climatic condition" Desalination 195(2006)78-94.
- [36] S.Nijmeh,S.Odeh,B.Akash"Experimental and theoretical study of a single-basin solar sill in Jordan"International Communications in Heat and Mass Transfer 32(2005)565-572.

الدراسة النظرية للمقطر

الشمسي بفعل البيت

الزجاجي

1-2-مقدمة:

للطاقة الشمسية تطبيقات عديدة، تختلف من مجال إلى آخر. ومن بين هذه التطبيقات التقطير الشمسي الذي يحبس الطاقة الشمسية داخل المقطر الشمسي، و ينتج عن ذلك مايلي :

1. امتصاص الطاقة الشمسية الواردة يسبب ارتفاعاً في درجة حرارة الماء، وبالتالي يتبخر الماء.
2. الاختلاف في درجة الحرارة بين الزجاج و سطح الماء يؤدي إلى انتقال الهواء الرطب بالحمل.
3. تكثيف بخار الماء على سطح الزجاج البارد يشكل قطرات من الماء تتجمع في القنوات .

كل هذه الظواهر السابقة في المقطر الشمسي بفعل البيت الزجاجي تتم بآليات انتقال الحرارة بالحمل، و بالتوصيل وبالإشعاع. ولتشكيل معادلات الموازنة الطاقوية نفرض الفرضيات التالية :

- في بداية التجربة نعتبر درجات الحرارة لكل الأسطح مساوية درجة حرارة الهواء المحيط.
- درجات حرارة الأوجه الداخلية والخارجية: للزجاج و الماء المالح و السطح الماص والعازل تكون منتظمة .
- طبقة الماء الموجودة فوق السطح الماص يكفي أن تكون ذات سمك صغير ما بين (0.5 -2cm) حتى تكون درجة حرارة المائع الموجود أعلى صفيحة السطح الماص مساوية درجة حرارة السطح الماص .
- تكون الملوحة في الصفيحة ثابتة .
- صفيحة السطح الماص تكون رقيقة جداً ، و عطالتها الحرارية مهمة .

2-2- انتقال الحرارة:

تنتقل الطاقة من المناطق ذات درجات الحرارة العالية إلى المناطق ذات درجات الحرارة المنخفضة، وذلك عند وجود فرق في درجات الحرارة. ويطلق على الطاقة المنتقلة نتيجة فرق درجات الحرارة -من وجهة نظر الديناميكا الحرارية- اسم الحرارة. ولعمل تحليل كامل لانتقال الحرارة ينبغي دراسة آليات انتقال الحرارة الثلاثة وهي: التوصيل، الحمل، الإشعاع.

2-2-1- انتقال الحرارة بالتوصيل:

التوصيل هو الطريقة الوحيدة لانتقال الحرارة في الأوساط الصلبة ، فعند وجود تدرج في درجة الحرارة في مثل هذه الأجسام تنتقل الحرارة من الأجزاء الساخنة إلى الأجزاء الباردة . وتتناسب كثافة التدفق الحراري بالتوصيل (ϕ).

مع تدرج الحرارة (dT/dx) مضروباً في المساحة التي تنتقل خلالها الحرارة (A)، [1].

$$(1-2) \quad \phi \propto A \frac{dT}{dx}$$

حيث: T: درجة الحرارة.

x: اتجاه انتقال الحرارة.

وتعتمد كثافة التدفق الحراري على معامل التوصيل الحراري (k)، وهو أحد الخواص الفيزيائية للوسط الذي تنتقل الحرارة خلاله. ويمكن التعبير عنها كالتالي :

$$(2-2) \quad \phi = -k \frac{dT}{dx} \quad (W)$$

2-2-2- انتقال الحرارة بالحمل:

عند تلامس مائع وجسم صلب لهما درجتا حرارة مختلفتان تسمى عملية تبادل الطاقة الحرارية الناتجة بعملية انتقال الحرارة بالحمل. وعموما هناك نوعان من الحمل ، وهما الحمل الطبيعي (الحر) والحمل القسري . وفي النوع الأول تحدث حركة المائع نتيجة فرق الكثافة الناتجة من فرق درجات الحرارة بين الأجزاء المختلفة للمائع. ويحدث الحمل القسري نتيجة وجود مؤثر خارجي يحرك المائع بالنسبة لسطح أعلى أو أقل منه في درجة الحرارة . ولما كانت سرعة المائع في حالة الحمل القسري أكبر منها في حالة الحمل الحر ، لذلك يمكن نقل كميات من الحرارة أكبر عن طريق الحمل القسري . ولكي ننقل كميات أكبر من الحرارة عن طريق الحمل القسري لابد من بذل عمل لتحريك المائع بالنسبة للسطح . وفي الحالتين يمكن حساب كمية الحرارة المنتقلة من المعادلة الآتية [2]:

$$(3-2) \quad Q = h_c A (T_s - T_{f,\infty}) \quad (W)$$

حيث: h_c : معامل انتقال الحرارة عند السطح البيئي للمائع والسطح ($W/m^2.K$).

A : مساحة السطح الملامس للمائع (m^2).

T_s : درجة حرارة السطح (K).

$T_{f,\infty}$: درجة حرارة المائع البعيد عن السطح.

2-2-3. انتقال الحرارة بالإشعاع:

بالرغم من كون انتقال الحرارة بالتوصيل وبالحمل يستلزم وجود وسيط مادي ، فإن انتقال الحرارة بالإشعاع يمكن أن يتم حتى في الفراغ الكامل . وتنتقل الحرارة في

هذه الحالة على شكل موجات كهرومغناطيسية تتحرك بسرعة الضوء ، فالإشعاع الحراري ينقل الطاقة على شكل حرارة، وتعتمد كمية الطاقة التي يشعها جسم ما على هيئة حرارة على درجة حرارة السطح المطلقة وعلى طبيعة هذا السطح. والمشع المثالي أو الجسم الأسود يمكنه أن يشع طاقة من السطح بمعدل يساوي (Q) كما هو في المعادلة التالية [1]:

$$(4-2) \quad Q = \sigma AT^4 \quad (W)$$

Q : كمية الحرارة بالإشعاع (W).

A: المساحة (m^2).

σ : ثابت ستيفان بولتزمان ($\sigma = 5.67 \times 10^{-8} W/m^2.K^4$).

T: درجة الحرارة المطلقة (K).

2-2-3-a- الطاقة الإشعاعية الواردة على سطح ما:

عندما يصل شعاع إلى سطح ما فإنه ينقسم إلى ثلاثة أجزاء:

1- جزء (ρ) من الطاقة الكلية الواردة سينعكس ، ومعامل الانعكاس: $\rho = \frac{\phi_\rho}{\phi_i}$

2- جزء (α) يمتص من طرف الجسم، ومعامل الامتصاص: $\alpha = \frac{\phi_\alpha}{\phi_i}$

3- جزء (τ) ينفذ من خلال الجسم، ومعامل النفاذ: $\tau = \frac{\phi_\tau}{\phi_i}$

-والعلاقة بين هذه المعاملات :

$$\rho + \alpha + \tau = 1: \text{ ومنه ينتج أن: } \phi_i = \phi_\rho + \phi_\alpha + \phi_\tau$$

ϕ_i : الطاقة الكلية الواردة إلى السطح .

ϕ_p : الطاقة المنعكسة من السطح.

ϕ_a : الطاقة الممتصة من السطح.

ϕ_r : الطاقة النافذة إلى السطح .

2-2-3-b- التبادلات الإشعاعية في الحيز الأسود:

التدفق الصافي بين سطحين أسودين S_1 و S_2 يعطى بالعلاقة التالية:

$$(5-2) \quad \phi_{12}(net) = S_1 F_{12} (M_1^0 - M_2^0) \quad (W) \quad (5-2)$$

بحيث:

F_{12} : معامل الشكل.

M_1^0 : الإنبعائية الكلية للسطح S_1 (W/m^2).

M_2^0 : الإنبعائية الكلية للسطح S_2 (W/m^2).

-يمكن تشبيه التبادل الإشعاعي بين S_1 و S_2 بالتشبيه الكهربائي التالي:

$$\phi_{12} = I_{12}$$

$$\frac{1}{S_1 F_{12}} = R_{12}$$

$$M_1^0 - M_2^0 = V_1 - V_2$$

2-2-3-ع- التبادل الإشعاعي بين المساحات الرمادية :

هو عبارة عن الفرق بين التدفق الذي يبثه والذي يمتصه هذا السطح أي:

$$(6-2) \quad \phi(net) = S(\varepsilon M^0 - \alpha E) \quad (W)$$

ويمكن أيضا كتابته بالشكل التالي:

$$(7-2) \quad \phi(net) = S(J - E) \quad (W)$$

حيث أن:

ε : هو معامل الانبعاثية الكلية ويساوي إلى:

$\varepsilon = \alpha = 1$: بالنسبة للجسم الأسود.

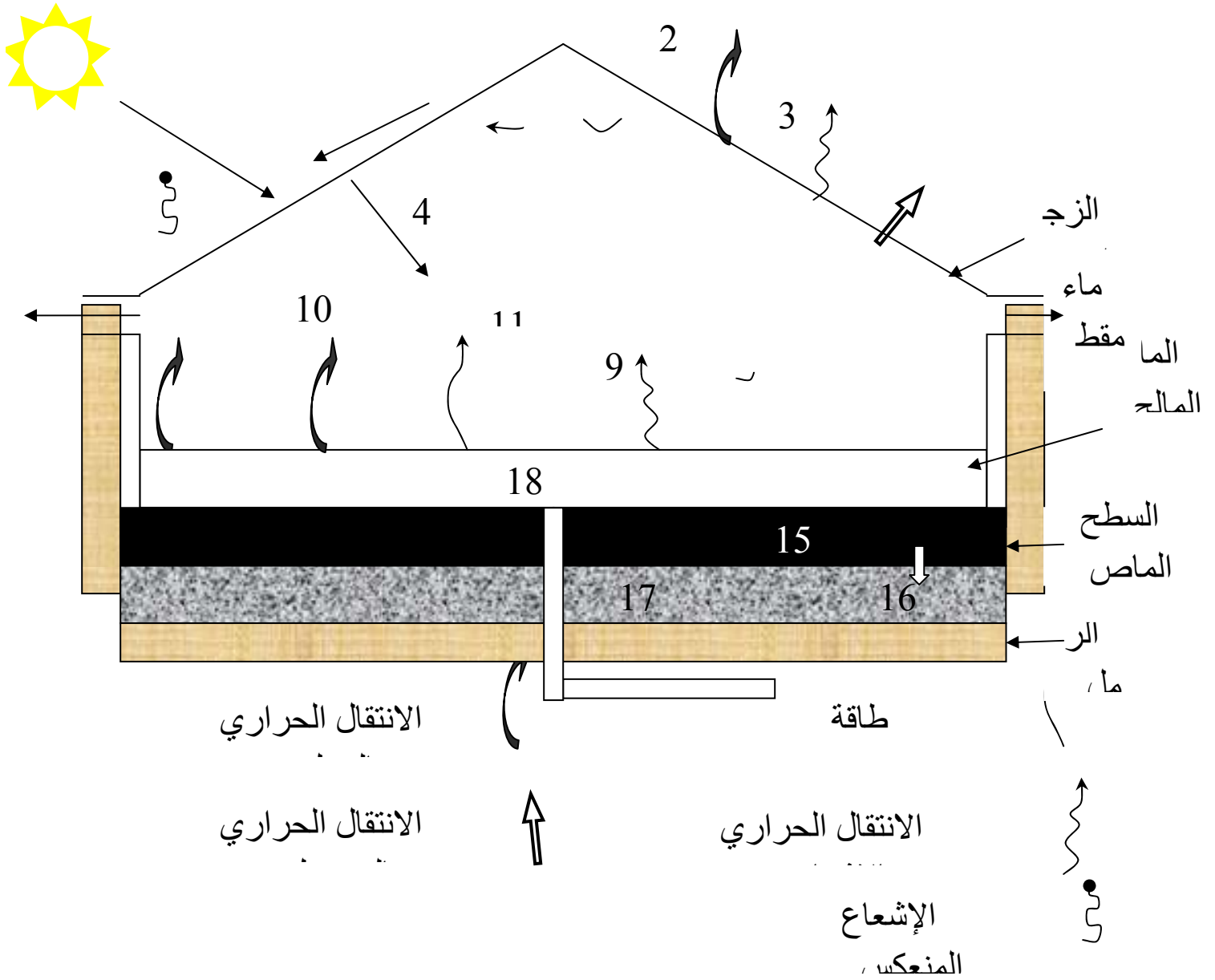
$\varepsilon < 1$: بالنسبة للجسم الرمادي.

E : التدفق الإشعاعي الوارد على السطح (الاستنارة) (W/m^2) .

J : الفيض الحراري المنبعث من السطح (المشعاعية) (W/m^2) .

3-2-مختلف الانتقالات الحرارية في المقتر الشمسي: يشير كل رقم من هذه الأرقام

في الشكل (1-2) إلى الانتقال الحراري في المقتر الشمسي.



الشكل (2-1): مختلف الانتقالات الحرارية في

1- الطاقة الشمسية الواردة على الزجاج :

تنوزع الطاقة الشمسية الواردة بطول موجة يتراوح ما بين $(0.17-4 \mu m)$ [3]، والطاقة الشمسية الكلية الواردة في اليوم هي كمية الإشعاع المتجمع على سطح أفقي عند ساعات إضاءة الشمس [4، 5].

$$(8-2) \quad G = \int q_s(t) dt \quad (W / m^2)$$

$q_s(t)$: كمية الإشعاع المتجمع على السطح الأفقي عند ساعات إضاءة الشمس.

2- إنتقال الحرارة بالحمل خارج المقطر :

تتعلق شدة التبادل بسرعة الرياح وبزاوية ميلان الزجاج، وعادة نستعمل من أجل ذلك عبارة معامل التبادل (h_{ca}) [6، 7]:

$$(9 - 2) \quad h_{cga} = 5.7 + 3.8V \quad (W/m^2 \cdot ^\circ C)$$

بحيث:

V : سرعة الرياح (m/s).

إذن الضياع الحراري بالحمل بين الزجاج والوسط الخارجي يعرف كمايلي :

$$(10-2) \quad Q_{cga} = h_{gca} (T_{ge} - T_a) \quad (W/m^2)$$

T_{ge} : درجة حرارة الوجه الخارجي للزجاج (K).

T_a : درجة حرارة الهواء المحيط (K).

3- إنتقال الحرارة بالإشعاع خارج المقطر:

يتعلق هذا الانتقال بدرجة حرارة القبة السماوية ، معامل التبادل h_{ra} يعطى من خلال قانون ستيفان ، في هذه الحالة نثبت انبعائية السماء في 1 ودرجة حرارتها T_{sky} تكون بدلالة درجة حرارة الهواء المحيط ومعامل الشكل F_{1-2} الذي يساوي 1 .

$$(11-2) \quad h_{rga} = \varepsilon_g \sigma (T_g^2 + T_{sky}^2) (T_g + T_{sky}) \quad (W/m^2 \cdot ^\circ C)$$

T_g : درجة حرارة الزجاج (K).

$$(12-2) \quad T_{sky} = 0.0552 T_a^{1.5} \quad (K)$$

وهناك علاقة أخرى لـ Whilier (1967) [8] :

$$(13-2) \quad T_{sky} = T_a - 12 \quad (K)$$

إذن الضياع الحراري بالإشعاع للوسط الخارجي يعرف كمايلي:

$$(14-2) \quad Q_{rga} = \varepsilon_g \sigma (T_{ge}^4 - T_{sky}^4) = \varepsilon_g \sigma (T_{ge}^4 - (T_a - 12)^4) \quad (W/m^2)$$

4- الطاقة الشمسية المارة عبر الزجاج:

تتعلق الطاقة الشمسية العابرة عبر الزجاج بإمرارية الزجاج المستعملة . ومجال الإمرارية هو

(70- 95%) من أجل مختلف أنواع الزجاج . وكنتيجة : كمية الطاقة الشمسية التي تمر من الزجاج باتجاه سطح الماء هي [5]:

$$(15-2) \quad Q_t = \tau_g . G \quad (W/m^2)$$

بحيث τ_g : معامل إمرارية الزجاج .

*الضياع بالانعكاس وبالامتصاص على مستوى الزجاج :

الطاقة الشمسية الواردة لا تمر كلها إلى داخل المقطر ، فكمية قليلة تنعكس باتجاه الغلاف الجوي وجزء يمتصه الزجاج ، ومنه [9]:

$$(16-2) \quad G = Q_t + Q_r + Q_a \quad (W/m^2)$$

5- الطاقة الشمسية الممتصة:

معامل الامتصاص لمختلف أنواع المواد الشفافة يكون ما بين (5% - 20%) من الطاقة الكلية الواردة ، إذن الطاقة الشمسية الممتصة تعطى كمايلي:

$$(17-2) \quad Q_a = \alpha_g \cdot G \quad (\text{W/m}^2)$$

α_g : معامل الامتصاص للزجاج .

6- الطاقة الشمسية المنعكسة:

$$(18-2) \quad Q_r = \rho_g \cdot G \quad (\text{W/m}^2)$$

ρ_g : معامل الانعكاس للزجاج .

7- التبادل بالتوصيل بين خارج وداخل الزجاج :

توجد في الزجاج آليات لانتقال الحرارة بالتوصيل بين الوجه الخارجي و الوجه الداخلي للزجاج Q_{cd} كالتالي :

$$(19-2) \quad Q_{cd} = \frac{\lambda_g}{e} (T_{gi} - T_{ge}) \quad (\text{W/m}^2)$$

e: سمك الزجاج (m) .

λ_g : التوصيلية الحرارية للزجاج .

T_{gi} : درجة حرارة الوجه الداخلي للزجاج (K).

8- إنتقال الحرارة بالإشعاع بين الوجوه الداخلية (شمال-جنوب) لزجاج المقطر:

كمية الحرارة المتبادلة بين الوجه الداخلي للزجاج المائل باتجاه الشمال و الوجه الداخلي باتجاه الجنوب تعطى بالعلاقة التالية [10]:

$$(20-2) \quad Q_{rg} = \varepsilon_g \sigma (T_{gin}^4 - T_{gis}^4) \quad (\text{W/m}^2)$$

و:

$$(21-2) \quad h_{rg} = \varepsilon_g \sigma (T_{gin}^2 + T_{gis}^2) (T_{gin} + T_{gis}) \quad (\text{W/m}^2)$$

T_{gin} : درجة حرارة الوجه الداخلي للزجاج في الجهة الشمالية (K).

T_{gis} : درجة حرارة الوجه الداخلي للزجاج في الجهة الجنوبية (K).

و-إنتقال الحرارة الداخلية بالإشعاع :

تدفق التبادل الحراري بالإشعاع بين الماء المالح و الزجاج يحسب بالعلاقة التالية [11] :

$$(22-2) \quad Q_{rwg} = F_{wg} \sigma (T_w^4 - T_{gi}^4) \quad (W/m^2)$$

F_{wg} : معامل الشكل ويساوي 0.8

σ : ثابت ستيفان بولتزمان ويساوي إلى $5.67 \times 10^{-8} (W/m^2.k^4)$ [12].

T_w : درجة حرارة الوجه الماء المالح داخل المقطر (K).

و:

$$(23-2) \quad Q_{rwg} = h_{rwg} (T_w - T_{gi}) \quad (W/m^2)$$

إذن:

$$(24-2) \quad Q_{rwg} = 0.8 \sigma (T_w^2 + T_{gi}^2) (T_w + T_{gi}) (T_w - T_{gi}) \quad (W/m^2)$$

ومنه :

$$(25-2) \quad h_{rwg} = 0.8 \sigma (T_w^2 + T_{gi}^2) (T_w + T_{gi}) \quad (W/m^2)$$

h_{rw} : معامل انتقال الحرارة بالإشعاع .

10-إنتقال الحرارة الداخلية بالحمل الطبيعي (ماء-زجاج) :

عبارة معادلة الحرارة في النظام المضطرب :

$$(26-2) \quad Q_{cwg} = h_{cw} (T_w - T_{gi}) \quad (W/m^2)$$

تدفق التبادل الحراري بالحمل بين الماء المالح و الزجاج يعرفه Dunkle بمايلي [13] :

$$(27-2) \quad Q_{cwg} = 0.884 \left[(T_w - T_{gi}) + \frac{P_w - P_{gi}}{268.9 \times 10^3 - P_w} (T_w) \right]^{\frac{1}{3}} (T_w - T_{gi}) \quad (\text{W/m}^2)$$

هذه العبارة مقبولة من أجل الانتقال الحلمي بين سطحين متوازيين وغير منتهيين ، لكن في حالتنا هذه الزجاج مائل بزاوية β ، إذن تصبح العبارة كالتالي [14] :

$$(28-2) \quad Q_{cwg} = 0.884 \left((T_w - T_{gi}) + \frac{P_w - P_{gi}}{268.9 \times 10^3 - P_w} (T_w) \right) \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right)^{\frac{1}{3}} (T_w - T_{gi}) \quad (\text{W/m}^2)$$

11- الطاقة المنتقلة بالتبخير والتكثيف (ماء-زجاج) :

انتقال الطاقة في هذه الحالة بتعلق بكمية الماء المنتقلة من حوض المقطر باتجاه الزجاج . وعبارة التدفق الحراري المنتقلة بالتبخير هي [15] :

$$(29-2) \quad Q_{ewg} = m \cdot e L_v \quad (\text{W/m}^2)$$

و Dunkle يقترح بأن كمية الحرارة المنتقلة بالتبخير هي كالتالي [16]:

$$(30-2) \quad Q_{ewg} = 16.276 \times 10^{-3} q_{cw} \frac{P_w - P_{gi}}{T_w - T_{gi}} \quad (\text{W/m}^2)$$

*الطاقة الممتصة والمنعكسة من الماء الموجود فوق صفيحة الماص :

الطاقة الشمسية المارة داخل المقطر هي الطاقة الواردة على سطح الماء وجزء صغير من هذه الطاقة يمتصه الماء والجزء الآخر ينعكس .

-الطاقة الواردة على سطح الماء هي [5] :

$$(31-2) \quad Q_{iw} = \tau_g \cdot G \quad (\text{W/m}^2)$$

12-الطاقة الممتصة من طرف الماء:

$$(32-2) \quad Q_{aw} = \alpha_w \tau_g G \quad (\text{W/m}^2)$$

. α_w : معامل امتصاص الماء .

13- الطاقة المنعكسة من الماء:

$$(33-2) \quad Q_{\rho w} = \rho_w \tau_g G \quad (\text{W/m}^2)$$

ρ_w : معامل انعكاس الماء .

14- انتقال الحرارة بالحمل بين الماء والسطح الماص :

ينتج هذا الانتقال الحراري عن الاختلاف في درجة الحرارة بين الماء والسطح الماص . هذه الكمية تعطى بالعلاقة التالية :

$$(34-2) \quad Q_{cwb} = h_{cwb} (T_{ab} - T_w) \quad (\text{W/m}^2)$$

15- الطاقة الممتصة بالسطح الماص :

يمتص الماص كمية قليلة من الطاقة التي تمر إلى الماء ، وهذه الكمية تعطى بالعلاقة التالية :

$$(35-2) \quad Q_{ab} = \alpha_b \tau_w \tau_g G \quad (\text{W/m}^2)$$

16- الضياع الحراري بالتوصيل عبر السطح الماص :

تضيع كمية صغيرة من الحرارة المتبادلة بين الحوض والعازل، هذه الكمية تعطى بالعلاقة التالية:

$$(36-2) \quad Q_{cb} = \frac{\lambda_b}{x} (T_b - T_i) \quad (\text{W/m}^2)$$

T_b : درجة حرارة السطح الماص (K).

T_i : درجة حرارة العازل (K).

17- الطاقة الممتصة بالعازل:

يمتص العازل كمية من الطاقة التي تمر إلى السطح الماص، وهذه الكمية هي :

$$(37-2) \quad Q_{ai} = \alpha_i \tau_b \tau_w \tau_g G \quad (\text{W/m}^2)$$

18- الطاقة التي يحملها الماء ذو التغذية الباردة :

مستوى الماء فوق صفيحة الماص هو ثابت لحظيا ، وكتلة دفق الماء في كل لحظة تساوي إلى نسبة كتلة التبخر بشرط أن يكون النظام دائم . إذن الطاقة المحملة بواسطة الماء هي [23]:

$$(38-2) \quad Q_{in} = m_w C_{pw} (T_w - T_{fw}) \quad (W/m^2)$$

19- الطاقة المحملة خارج التقطير:

التدفق الحراري الضائع بواسطة إضافة الماء يتناسب مع كمية الماء المقطر في نظام دائم ، ويمكن أن نعبر عنه بمايلي [32]:

$$(39-2) \quad Q_{out} = m_w C_{pw} (T_{dist} - T_a) \quad (W/m^2)$$

4-2- الموازنة الحرارية للمقطر الشمسي بفعل البيت الزجاجي: المعادلات تبرهن وفق القانون التالي:

$$(40-2) \quad C_{pi} \frac{M_i}{S_i} \frac{dT_i}{dt} = \sum_{i=1}^N Q_{ij} \quad (W/m^2)$$

نعتبر خمس مستويات في المقطر الشمسي بفعل البيت الزجاجي :

نعوض كل كمية بمفهومها فتحصل على:

المستوى الأول: الوجه الخارجي للزجاج:

$$(41-2) \quad C_{pg} \frac{M_g}{S_g} \frac{dT_{ge}}{dt} = \alpha_g G + Q_{cb} - Q_{rga} - Q_{cga} \quad (W/m^2)$$

المستوى الثاني: الوجه الداخلي للزجاج:

$$(42-2) \quad C_{pg} \frac{M_g}{S_g} \frac{dT_{gi}}{dt} = Q_{ewg} + Q_{cwg} + Q_{rwg} - Q_{cd} \quad (W/m^2)$$

المستوى الثالث: سطح الماء:

$$(43-2) \quad C_{pw} \frac{M_w}{S_w} \frac{dT_w}{dt} = \alpha_w \tau_g G + Q_{cwb} - Q_{ewg} - Q_{cwg} - Q_{rwg} - Q_{in} - Q_{out} \quad (W/m^2)$$

المستوى الرابع: السطح الماص:

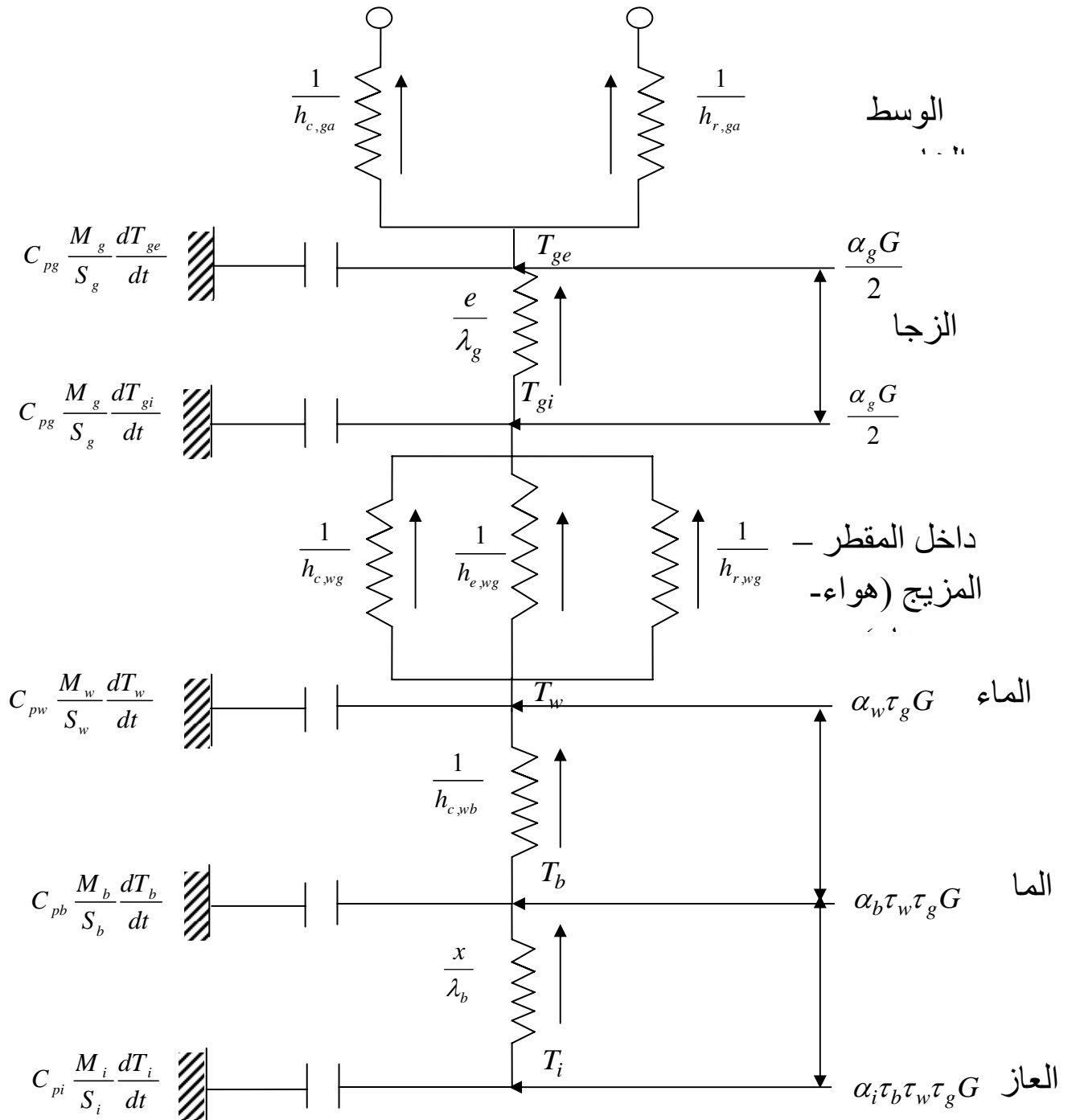
$$(44-2) \quad C_{pb} \frac{M_b}{S_b} \frac{dT_b}{dt} = \alpha_b \tau_w \tau_g G - Q_{cb} - Q_{cwb} \quad (\text{W/m}^2)$$

المستوى الخامس: العازل:

$$(45-2) \quad C_{pi} \frac{M_i}{S_i} \frac{dT_i}{dt} = \alpha_i \tau_b \tau_w \tau_g G + Q_{cb} \quad (\text{W/m}^2)$$

5-2- المخطط الكهربائي المكافئ:

يمكن أن نجمع كل التدفقات الحرارية التي يتعرض لها كل عنصر من المقطر في مخطط حراري بالمشابهة بالمخططات الكهربائية .



الشكل (2-2): المخطط الكهربائي

المراجع:

- [1] د.قذري أحمد فتحي، د.ابراهيم شفيق طه، د.بسمير السيد علي، د.عامل محمد خليفة "أسس انتقال الحرارة". المملكة العربية السعودية 1994.
- [2] J.R.Vaillant "les problème du dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtre"- France-(1975).
- [3] Bachir .Bouchekima-Bennard .Gros-Ramdane Ouahes-Mostefa Int.J.therm,"Etude théorique et application pratique du distillateur solaire a film capilaire ".Sci (2002)39-442-459.
- [4] J.F. Sacadura "Initiation aux transferts thermiques" Coordonateur; Technique et Ocmentation.
- [5] F. Golestench. Thermal performance of a low thermal inertia solar still. Thesis Master of science. University of Texas et El Paso. 1980.
- [6] B. N'doye " Modélisation informatique des distillateurs solaires à effet de serre". Thèse de 3^{ieme} cycle, Perpignan.1979.
- [7] Kaabi Abdenacer ,Smakdji Nafila"Impact of temperature difference (water-solar collector)on solar global efficieny "Desalination 209(2007)309-316 .
- [8] P.I. Cooper and J.A. Appleyard, "the construction and performace of a three-effect, wick-type, tilted solar still Sun at Work, vol. 12 pp.4-8 (1967).
- [9] H. Hafi " Distillation solaire par serre agricole". Mémoire de magistère. Université de Constantine Institut de génie civil, 1994.
- [10] M.S. Maalem "Modélisation mathématique d'un distillateur solaire statique, à effet de serre et de géométrie régulière". Mémoire de magister. 1983.
- [11] S.B. Sadineni, R. Hurt, C.K. Halford, R.F. Boehm "Theory and experimental investigation of a weir-type inclined solar still" Energy 33 (2008) 71–80.
- [12] M.S. Sodha, J.K. Nayak "Double basin solar still" Energy Conv. Mgml. vol 20, pp. 23 to 32.
- [13] Eduardo Rubio,Mignel A.Porta ,José .L.Fernandez"Cavity geometry influence on mass flow rate for single and double slope solar stills "Applied thermalengineering 20(2000)1105-1111 .
- [14] G.N. Tiwari, A. Minocha, P.B. Sharma and M. Emran Khan. "Simulation of convective mass transfer in a solar distillation process". Energy convers. Mgnt.vol 38.No. 8. (1997). pp 761-770.

- [15] R.N.Morse, W.R. W. Read (Rational basis for engineering development of a solar still) solar energy .vol 12.pp 5-17 Pergamon printed in Great Britain(1968).
- [16] A. Chaker et G. Menguy " Efficacité interne d'un distillateur solaire sphérique". Rev. Energy. (2001) 53-58, p: 53, 85.
- [17] J.Taine, J.P.Petit "cours et données de base .Transfert thermiques" France -1995.

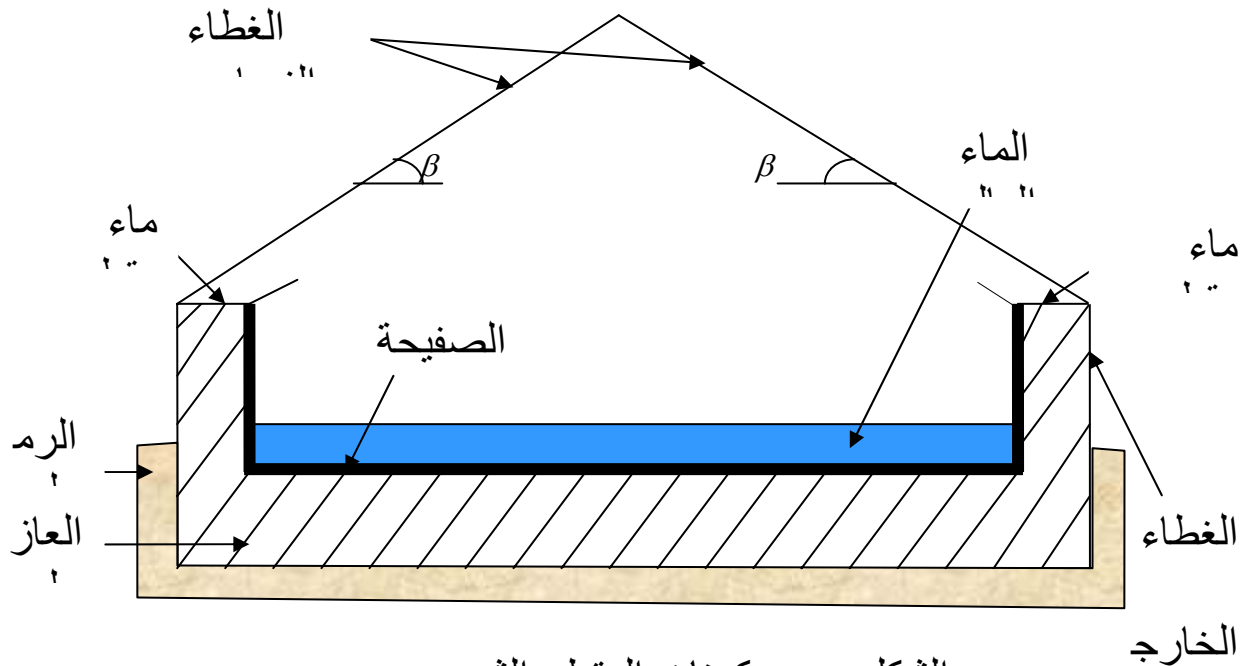
الدراسة التجريبية

1-3 مقدمة:

يضم هذا الفصل الدراسة التجريبية التي أنجزت على المقطرين الشمسيين، والهدف من هذه الدراسة هو تحسين إنتاج الماء المقطر للمقطر الشمسي بفعل البيت الزجاجي (ذي الميلين). وتمت هذه الدراسة بمخبر الطاقات ال ج ديدة والمتجددة للمناطق الصحراوية (LENREZA)، - قسم علوم المادة بكلية العلوم والتكنولوجيا وعلوم المادة - بجامعة قاصدي مرباح بور قلة.

3- 2 مكونات المقطر الشمسي:

المقطر المستعمل في تجربتنا ذو تركيب بسيط جداً ، ويعمل هذا المقطر الشمسي بفعل البيت الزجاجي الشكل (1-3) ، ويمتاز بعدة ايجابيات أهمها : أنه سهل التركيب ، وكذا سهل الصيانة و يتركب هذا المقطر ممايلي :



الشكل (1-3): مكونات المقطر الشمسي .

• الصفحة الماصة:

والهدف من استخدامه هو امتصاص أكبر قدر ممكن من الإشعاع الشمسي الإجمالي حتى يعاد على شكل حرارة للماء المالح. فلهذا السبب تدهن الصفيحة باللون الأسود غير البراق . وتصنع الصفيحة الماصة من مادة الألمنيوم وبسمك $3 \times 10^{-3} m$.

-أبعاد الصفيحة الماصة :

- الطول: 90 cm
- العرض: 70 cm
- المساحة: $0.63 m^2$
- اللون : أسود غير براق .

● **الغطاء الزجاجي:**

نظراً لسهولة الحصول عليه وثمانه المنخفض نوعاً ما نستعمله في المقطر الشمسي ذو الميلين بالتناظر وبالأبعاد التالية:

- الطول: 0.94 m
- العرض: 0.40 m
- ال سمك : 0.004 m
- ميلان الغطاء الزجاجي: 10°

وليس هذا فحسب وإنما كذلك يحمل عدة ايجابيات هي:
-يملك معامل توصيل حراري جيد .

-يسمح بالمرور الجيد للأشعة المرئية وعدم شفافيته للأشعة تحت الحمراء .

- أما فيما يخص المسافة بين الزجاج و الصفيحة الماصة فإننا استخدمنا معجون

(صمغ) عادي يسمى السيليكون (silicone).

● **الرمل:**

نستخدم الرمل النقي تحت وعلى جوانب المقطر بعمق 5 cm من أجل التقليل في ضياع الطاقة.

● **العازل:**

توضع تحت وفي جوانب الصفيحة الماصة وهي من البوليستران بسمك 0.06 m، وتستخدم للتقليل من الضياع في الطاقة الحرارية التي تكتسبها الصفيحة الماصة.

● **الغطاء الخارجي :**

مصنوع من مادة الغلفانيزيوم بسمك 0.5 mm ومطلي باللون الأسود لحمايته من الصدأ الذي يمكن أن يحدث عند ملامسته للرمل.

3-3- الأجهز و أدوات القياس المستعملة في التجارب :

1-جهاز قياس الإشعاع الشمسي (Solarimètre):

يتركب من جزء يوضع على الغطاء الزجاجي، يعطي قيمة جهاز إلكتروني يحول الإشعاع إلى قراءة مباشرة على شاشة صغيرة رقمية، تعطي القيمة الحقيقية للإشعاع الساقط على الغطاء الزجاجي ب W/m^2 .

2- جهاز قياس درجة الحرارة (Thermomètre digital) :

هو جهاز رقمي لقياس درجة الحرارة موصول بمزدوج حراري (Thermocouples) الذي هو عبارة عن زوج من المعدن (NiCr-Ni)، و تعطي قيمة درجة الحرارة في المكان الموضوعه فيه المزدوجة .

3- جهاز قياس الضغط الجوي (البارومتر - Baromètre) :

لقياس الضغط الجوي تستخدم البارومتر وهو يقيس الضغط المطلق في المنطقة التي تمت فيها التجربة .

4- جهاز قياس سرعة حركة الهواء (Anémomètre à fil chaud) :

وهو يعمل بسلك رفيع يمر عبره تيار كهربائي ضعيف ويعرض هذا السلك للجو الذي يعتبر باردا نسبيا ، فيعبر جهاز إلكتروني متصل بهذا السلك عن مقدار التبريد الذي تم من طرف الهواء على شكل قرانئين ، الأولى تعبر عن سرعة حركة الهواء و الثانية تعبر عن درجة حرارة الجو .

5- جهاز قياس الرطوبة الجوية (Hygromètre) :

لقياس الرطوبة النسبية للجو ، والتي هي حاصل قسمة الضغط الجزئي لبخار الماء على الضغط الجزئي في حالة التشبع وفي نفس درجة الحرارة . ويسمى الجهاز أيضا المرطاب .

6- جهاز قياس التوصيلية الكهربائية (Conductimètre) :

يستخدم لقياس التوصيلية الكهربائية للماء المقطر ومعرفة خواصه ، ومقارنتها بالمعايير المعروفة للماء النقي.

7- الأنابيب المدرجة (Tubes Gradués) :

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

8- حوض التغذية بالماء (Bassin d'Alimentation d'eau) :

هذا الحوض مزود بعوامة (flotteur) يسمح بالحفاظ على بقاء ارتفاع الماء المالح داخل الحوض ثابتاً، وفي حالتنا هذه يكون 1.5 cm.

9- أنابيب بلاستيكية (Tubes plastiques):

وهي أنابيب ذات قطر (5-10 mm) للتوصيل بين مختلف أجزاء المقطر ونقل الماء مهما كانت نوعيته (نقي -مالح -محلول ملحي) .

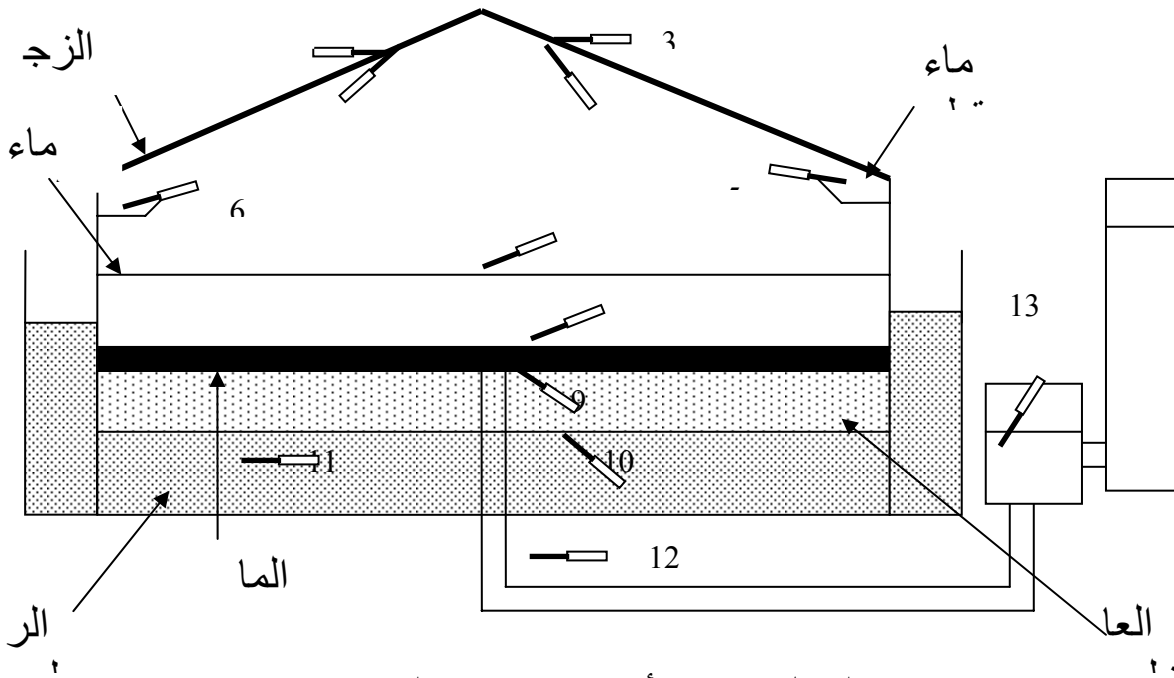
4-3- أماكن تموضع المزدوجات الحرارية:

يشير كل رقم من الأرقام الموجودة في الجدول (1-3) إلى المزدوج الحراري المتصل بالمنطقة المراد قياس درجة حرارتها كما في الشكل (2-3):

النقطة	درجة الحرارة المقاسة
1	درجة حرارة الوجه الخارجي للزجاج الموجهة نحو الجنوب ($T_g(ext-S)$) .
2	درجة حرارة الوجه الداخلي للزجاج الموجهة نحو الجنوب ($T_g(int-S)$) .
3	درجة حرارة الوجه الخارجي للزجاج الموجهة نحو الشمال ($T_g(ext-N)$) .
4	درجة حرارة الوجه الداخلي للزجاج الموجهة نحو الشمال ($T_g(int-N)$) .
5	درجة حرارة الماء المقطر بالجهة الشمالية ($T_D(N)$) .
6	درجة حرارة الماء المقطر بالجهة الجنوبية ($T_D(S)$) .
7	درجة حرارة الماء المالح داخل المقطر (T_w) .
8	درجة حرارة السطح الماص (الصفیحة السوداء) (T_b) .
9	درجة حرارة أسفل السطح الماص ($T_b(ext)$) .

10	درجة حرارة العازل (T_i) .
11	درجة حرارة الرمل .
12	درجة حرارة الهواء الخارجي .
13	درجة حرارة الماء الموجود داخل الخزان.

جدول (1-3) : أماكن تموضع المزدوجات الحرارية.



الشكل (2-3) : أماكن تموضع المزدوجات

5-3- سلسلة التجارب:

5-3-1- السلسلة الأولى: مقارنة بين المقطرين الشمسيين البسيطين:

وفي هذه التجربة نقيس مايلي :

- 1-مختلف درجات الحرارة في كل نقطة في هذا المقطر .
- 2-الإشعاع الشمسي الإجمالي.
- 3-سرعة الرياح .
- 4- درجة حرارة الهواء المحيط ، والرطوبة النسبية .
- 5-الضغط الجوي.
- 6-تدفق الماء المقطر في الجانبين (الشمال \ الجنوب).

5-3-2- السلسلة الثانية: تمرير الماء على المكثف:

نستعمل المقطر الأول كشاهد و الثاني نجري به تحسیناً على مستوى المكثف (condenseur) ، وذلك باستخدام الماء لما له من مميزات في زيادة تبريد المكثف ، ومضاعفة كمية البخار المتكثف على سطحه ، وكذا لقلّة

تكالفته، و نقوم بتبريد المكثف بالماء و ذلك بوضع أنبوب ملفوف بشاش و به ثقب لها نفس القطر و المسافة بين كل ثقب و آخر متساوية . مع ترك جزء من هذا الشاش فوق سطح المكثف لضمان سريان الماء عليه, ويكون هذا الأنبوب موصول بخزان للتغذية المستمرة بالماء , وكذا نزود المقطر بأنابيب بلاستيكية تسمح بمرور الماء الساري على المكثف إلى أنابيب استقبال الماء المالح. ونقوم في هذه السلسلة بالمراحل التالية:

❖ المرحلة الأولى: تمرير الماء في الجهة الشمالية للمقطر طيلة مدة التجربة.

❖ المرحلة الثانية: تمرير الماء في الجهة الشمالية للمقطر (من 11h30 إلى 14h).

❖ المرحلة الثالثة: تمرير الماء في الجهة الجنوبية للمقطر خلال كامل التجربة.

❖ المرحلة الرابعة: تمرير الماء في الجهة الجنوبية للمقطر (من 11h30 إلى 14h).

❖ المرحلة الخامسة: تمرير الماء في الجهة الشمالية و الجنوبية للمقطر طيلة مدة التجربة.

و نقيس في كل مرحلة من المراحل الخمس القياسات التي أجريناها في السلسلة الأولى.

3-5-3- السلسلة الثالثة : تظليل المكثف:

نترك ال مقطر الشمسي الأول كشاهد و نظل الجهة الشمالية للمقطر الشمسي الثاني بواسطة حاجز صنع خصيصا لذلك ، وفي كل مرة نغير في المسافة ما بين الحاجز و الزجاج (المكثف) وفق المراحل التالية:

-المرحلة الأولى: المسافة بين الحاجز و الزجاج تقدر بـ 30 cm .

-المرحلة الثانية: المسافة بين الحاجز و الزجاج تقدر بـ 60 cm .

-المرحلة الثالثة: المسافة بين الحاجز و الزجاج تقدر بـ 90 cm .

-المرحلة الرابعة: المسافة بين الحاجز و الزجاج تقدر بـ 120 cm .

-المرحلة الخامسة: المسافة بين الحاجز و الزجاج تقدر بـ 150 cm .

-أثناء المراحل الخمسة السابقة نقيس نفس القياسات التي أجريناها في السلسلة الأولى, ونستعمل الظل (من 12h إلى 14 h) .

4-5-3- السلسلة الرابعة : تظليل المكثف وتبريده بالماء:

بعد اختيار أحسن مسافة في السلسلة الثالثة وهي 150 cm نقوم بتظليل الزجاج في الجهة الشمالية للمقطر بهذه المسافة, وبتبريد الزجاج باستعمال الماء في الجهة الجنوبية للمقطر بنفس الطريقة التي قمنا بها في السلسلة الثانية وذلك يكون (من 12h إلى 14 h) . و نقيس نفس القياسات التي أجريناها في السلسلة الأولى.

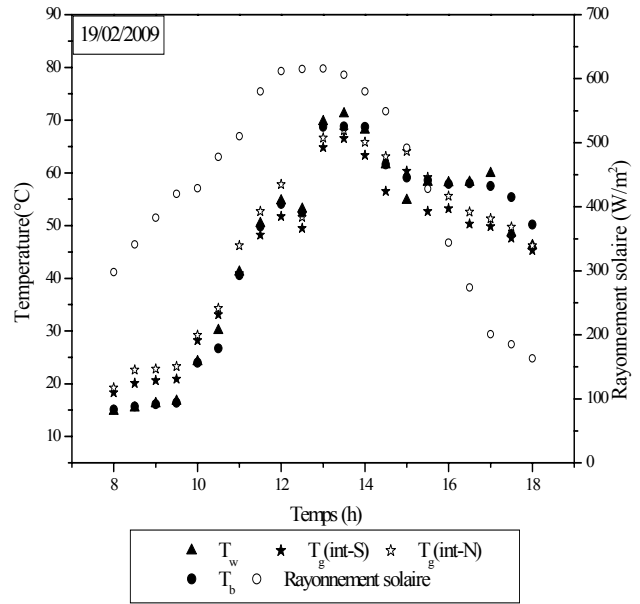
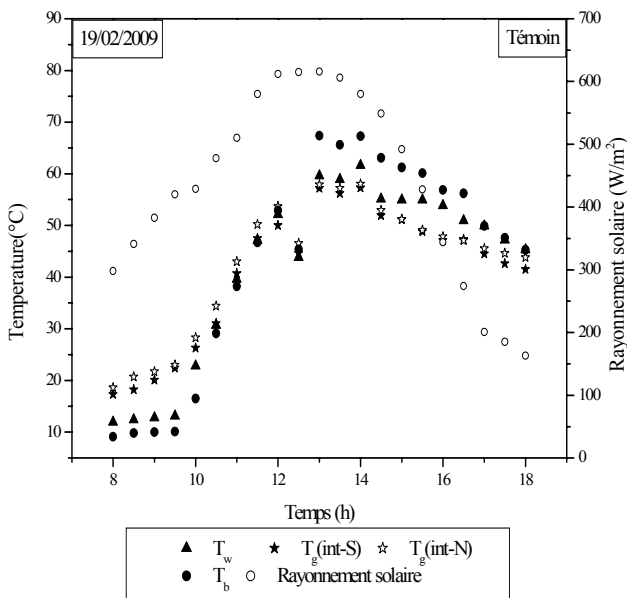
النتائج التجريبية ومناقشتها

1-4 مقدمة:

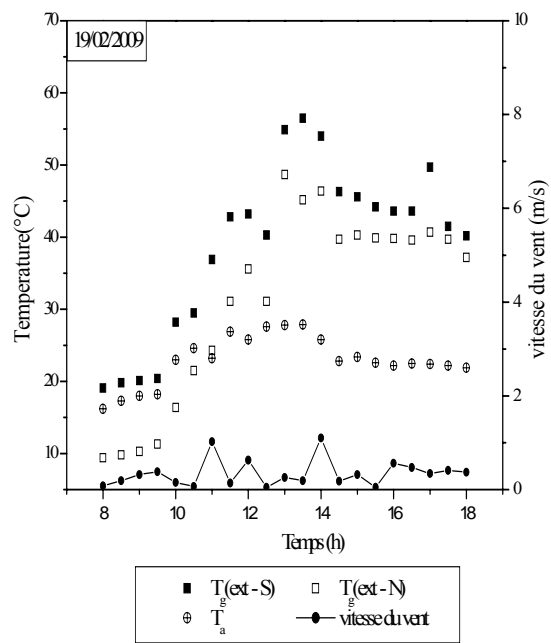
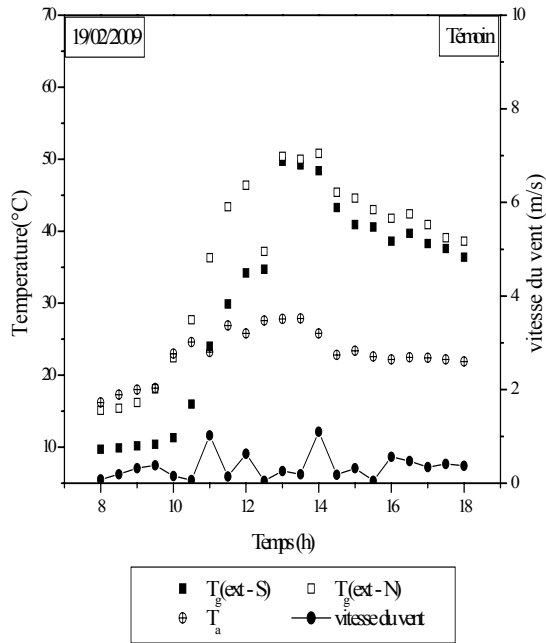
من خلال سلسلة التجارب المنجزة على المقطرين الشاهد والمدروس تمكنا من تمثيل النتائج المتحصل عليها على شكل منحنيات تمثل تغيرات مختلف درجات الحرارة الداخلية والخارجية للمقطرين ، وكذا الإشعاع الشمسي وكمية الماء المقطر المنتجة بدلالة الزمن .

2-4 النتائج ومناقشتها:

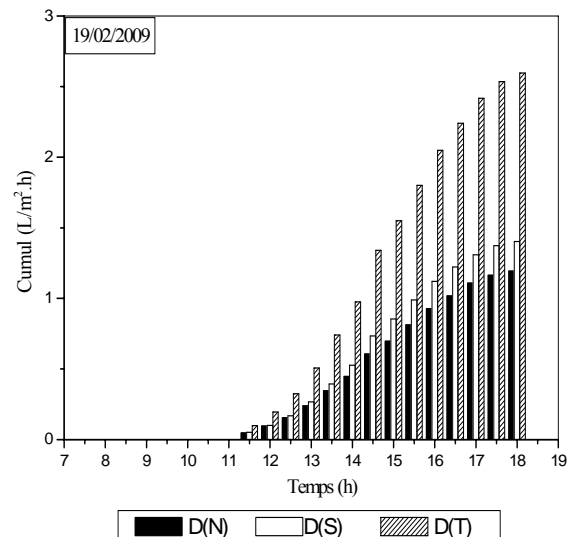
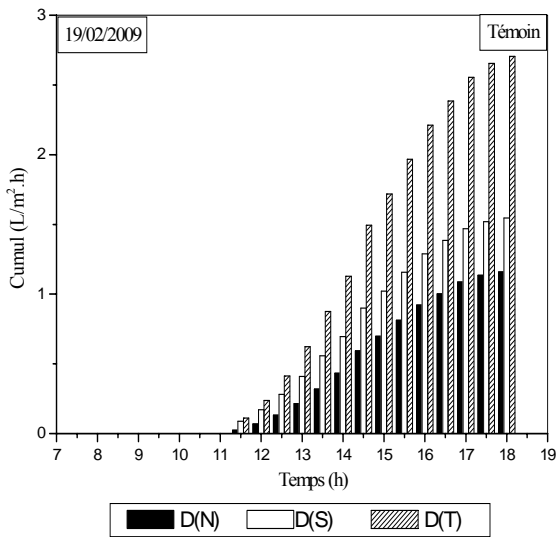
السلسلة الأولى :مقارنة بين المقطرين الشمسيين البسيطين:



الشكل (1-4) : تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي ، وبدلالة الزمن.



الشكل (4- 2): تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح ، وبدلالة الزمن.



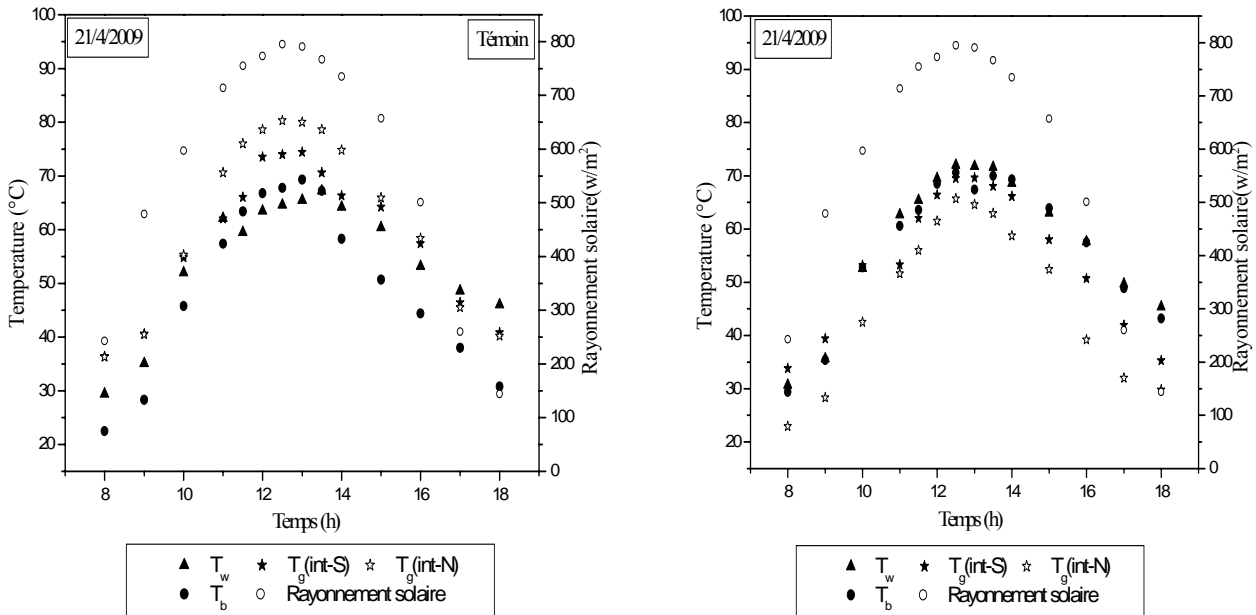
الشكل (4- 3) : تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن.

-نلاحظ بأن درجة حرارة الوجه الداخلي للزجاج من الجهة الشمالية أكبر من درجة حرارة الوجه الداخلي للزجاج من الجهة الجنوبية كما هو موضح في الشكل (1-4) .

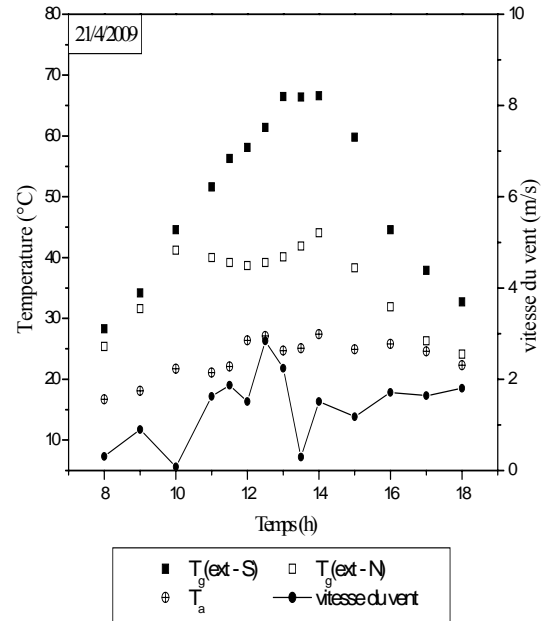
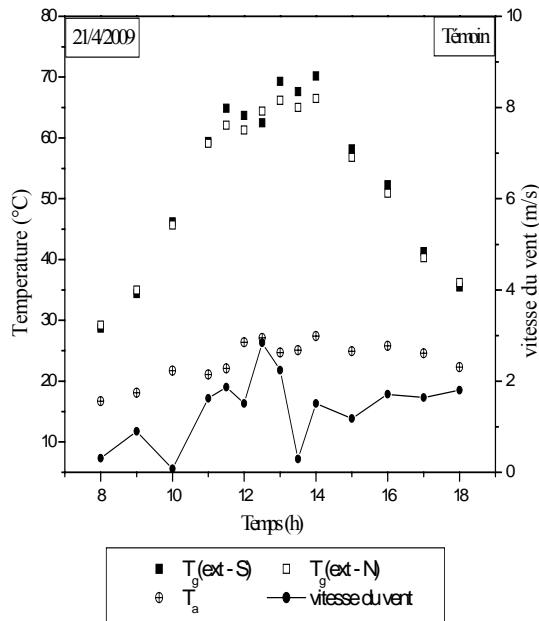
-درجة حرارة الوجه الخارجي للزجاج من الجهة الجنوبية أكبر من درجة حرارة الوجه الخارجي للزجاج من الجهة الشمالية كما هو موضح في الشكل (4- 2) .
-درجات الحرارة للماء المالح (الشكل (1-4) والصفحة الماصة تصل إلى 69° و 67° على التوالي الشكل (4- 2) .

-كمية الماء المقطر لا تزيد عن $2.7L/m^2.j$ كما موضح في الشكل (5- 2) .
-المقطر الشمسي البسيط (ذو الميلين) بفعل البيت الزجاجي يتكون من جزئين أساسيين هما : المبخر(السطح الماص) والمكثف (الزجاج) ويتميز هذا المقطر بتبخير مستمر وتكثيف ضعيف خاصة في الفترة التي يكون فيها الإشعاع أعظمية الذي يسبب زيادة في درجة حرارة الزجاج فلهذا نعطي أهمية كبيرة للمكثف في هذه الدراسة وهذا بسلسلة من العمليات لتبريده.

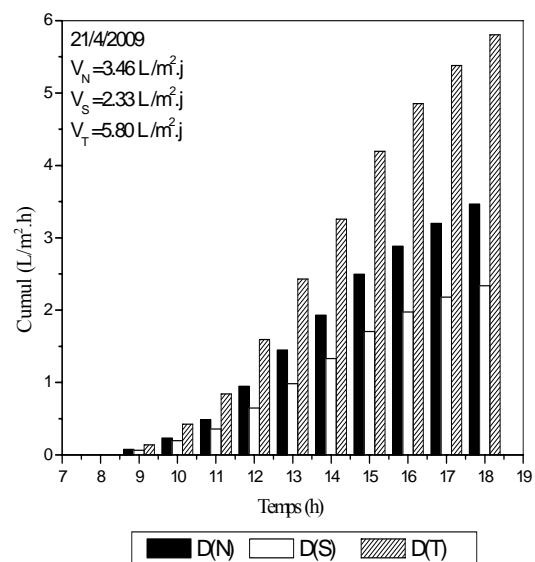
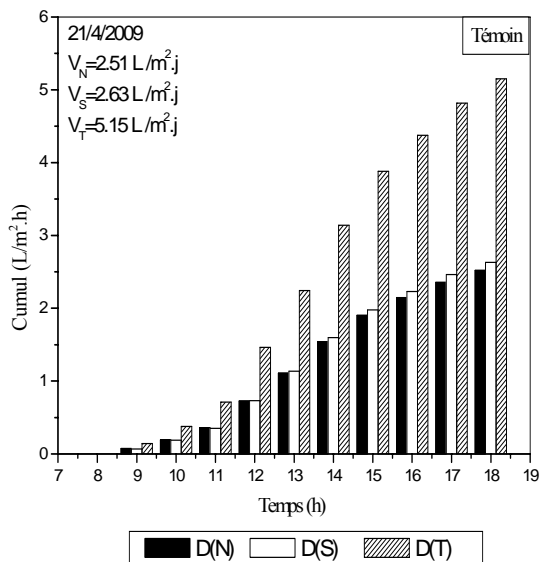
السلسلة الثانية: المرحلة الأولى: تمرير الماء في الجهة الشمالية للمقطر طيلة مدة التجربة.



الشكل (4- 4) : تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي ، وبدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الشمالية للمقطر.



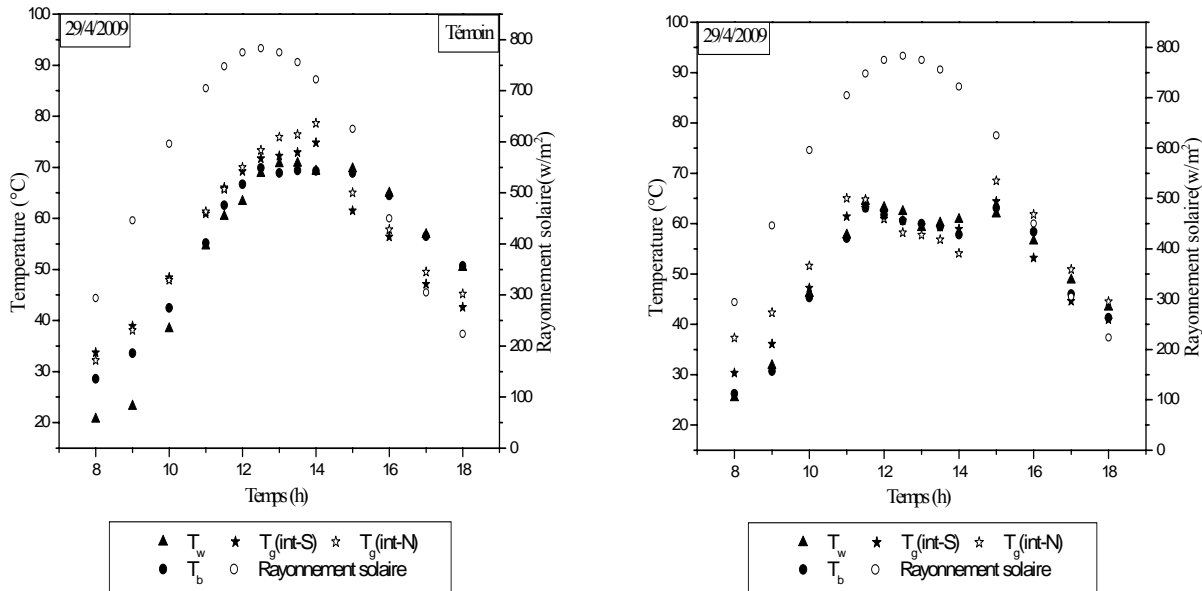
الشكل (4- 5) : تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح ، وبدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الشمالية للمقطر.



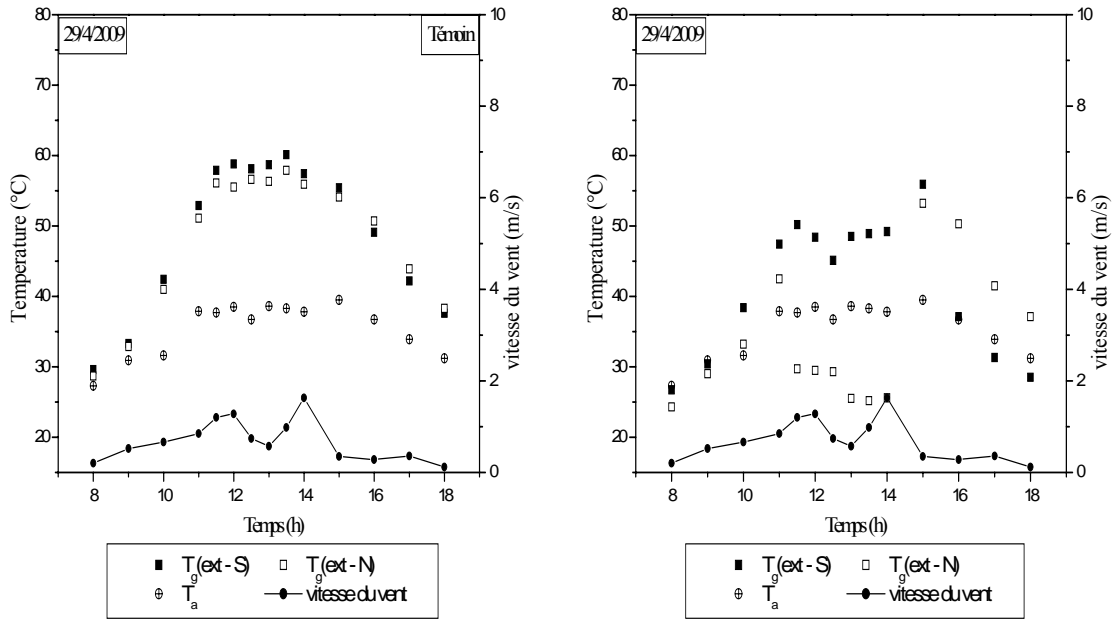
الشكل (4- 6) : تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الشمالية للمقطر.

الهدف من هذه المرحلة هو تبريد درجة حرارة الوجه الداخلي للزجاج من الجهة الشمالية باستعمال الماء ، فلاحظنا أن كمية الماء المقطر ($5.85L/m^2$) المنتجة من طرف المقطر المدروس كانت أكبر من كمية الماء المقطر ($5.15L/m^2$) المنتجة من طرف المقطر الشاهد ، وأيضا كمية الماء المقطر ($3.46L/m^2$) في الجهة الشمالية أكبر منها في الجهة الجنوبية ($2.51L/m^2$) كما في الشكل (4- 6) وهذا راجع إلى:

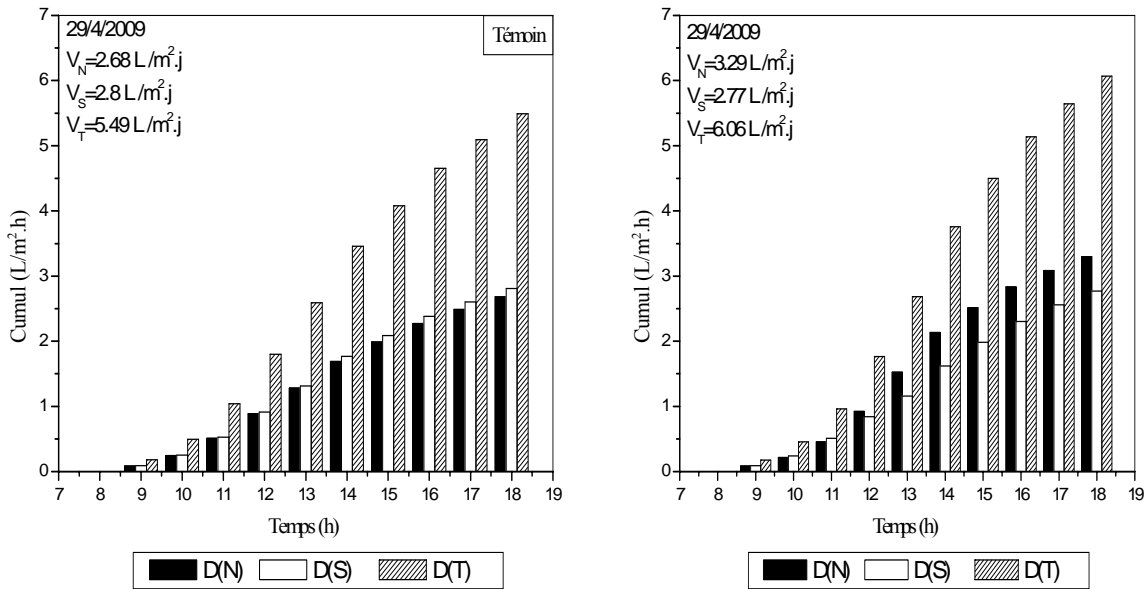
-انخفاض درجة حرارة للوجه الداخلي للزجاج من الجهة الشمالية وبالتالي تزداد عملية التكثيف في هذه الجهة بالمقارنة مع الجهة الجنوبية.
المرحلة الثانية: تمرير الماء في الجهة الشمالية للمقطر (من 11h30 إلى 14h).



الشكل (4- 7) : تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي ، وبدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الشمالية للمقطر.



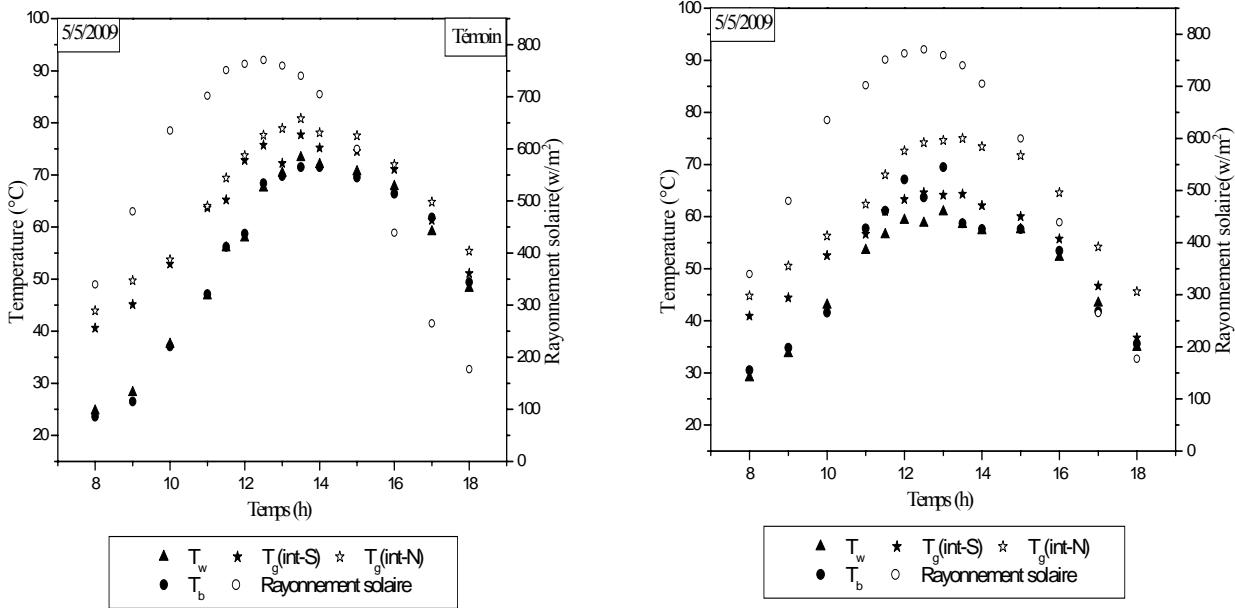
الشكل (4- 8) : تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقترين بتغير سرعة الرياح، وبدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الشمالية للمقتر.



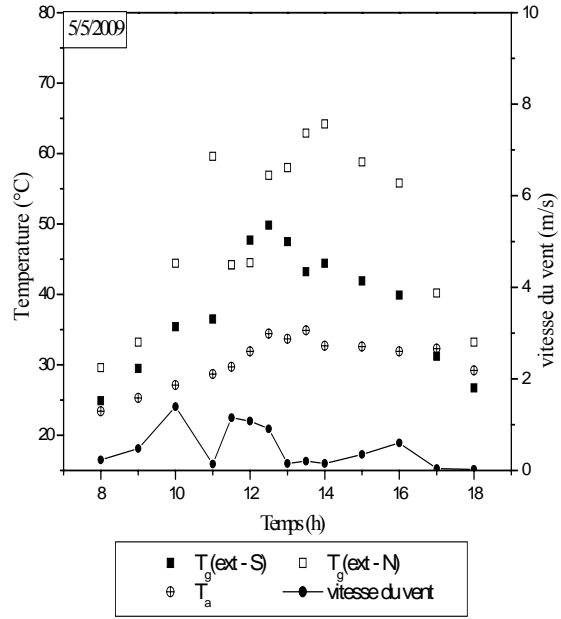
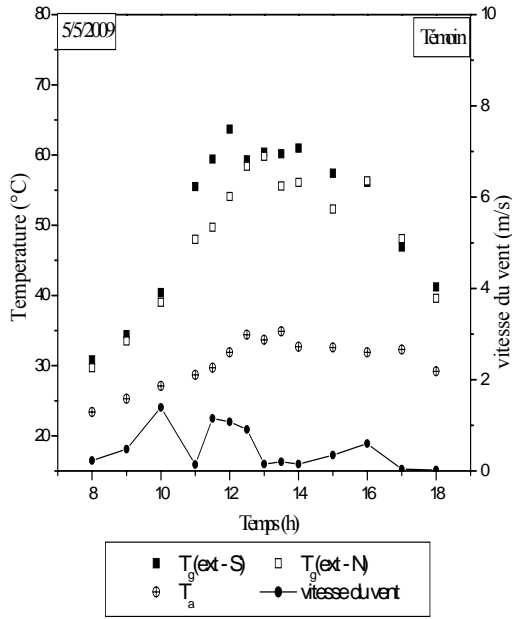
الشكل (4- 9) : تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الشمالية للمقتر.

في هذه المرحلة قمنا بالتبريد في الفترة التي يكون الإشعاع الشمسي أعظيما (11h30-14h) فلاحظنا خلال هذه الفترة انخفاض درجة حرارة اللوجه الداخلي للزجاج من الجهة الشمالية و الجهة الجنوبية و انخفاض درجة الحرارة للماء المالح والصفحة الماصة (الشكل (4-7)) والوجه الخارجي للزجاج من الجهة الشمالية (الشكل (4-8)). ونلاحظ أيضا أن كمية الماء المقطر ($6.06L/m^2$) المنتجة من طرف المقطر المدروس كانت أكبر من كمية الماء المقطر ($5.49L/m^2$) المنتجة من طرف المقطر الشاهد كما في الشكل (4-9)، ولكن بنسبة أقل من المرحلة الأولى. وهذا راجع إلى:

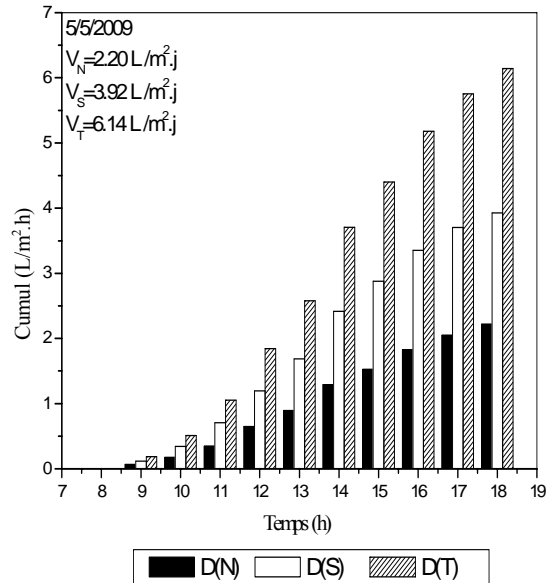
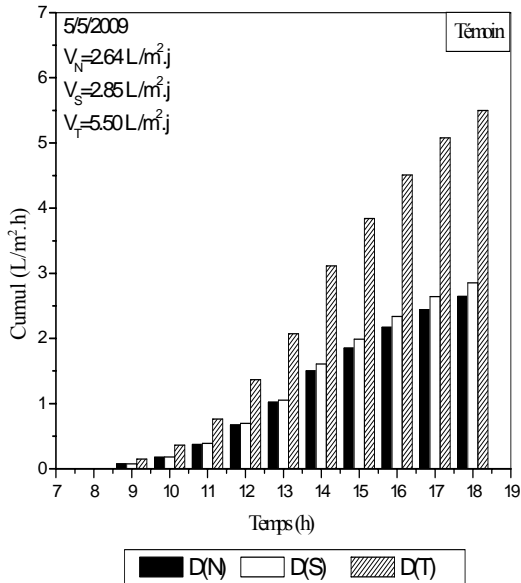
-انخفاض قليل لدرجة حرارة اللوجه الداخلي للزجاج من الجهة الشمالية وبالتالي تزداد عملية التكثيف نوعا ما في هذه الجهة بالمقارنة مع الجهة الجنوبية.
المرحلة الثالثة: تمرير الماء على الجهة الجنوبية للمقطر خلال كامل التجربة.



الشكل (4-10): تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي، وبدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الجنوبية للمقطر.



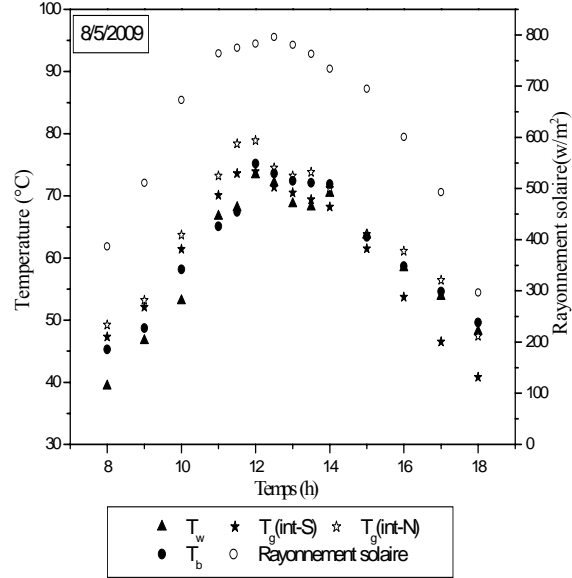
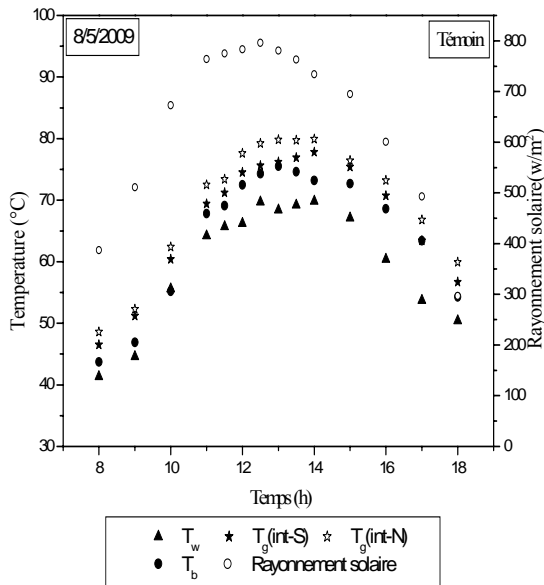
الشكل (4- 11) : تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح ، وبدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الجنوبية للمقطر.



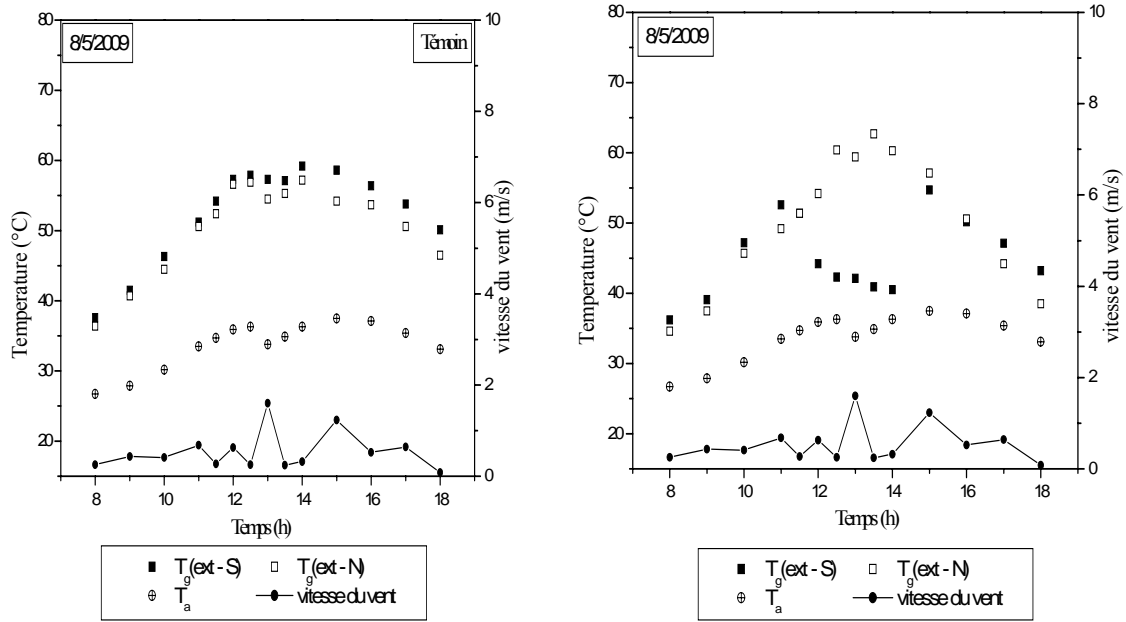
الشكل (4- 2- 1) : تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الجنوبية للمقطر.

الهدف من هذه المرحلة هو تبريد درجة حرارة الوجه الداخلي للزجاج من الجهة الجنوبية باستعمال الماء ، فلاحظنا أن كمية الماء المقطر ($6.14L/m^2$) المنتجة من طرف المقطر المدروس كانت أكبر من كمية الماء المقطر ($5.50L/m^2$) المنتجة من طرف المقطر الشاهد، وأيضا كمية الماء المقطر ($3.92L/m^2$) في الجهة الجنوبية أكبر منها في الجهة الشمالية ($2.85L/m^2$) كما في الشكل (4-12) وهذا راجع إلى: -انخفاض درجة حرارة للوجه الداخلي للزجاج من الجهة الجنوبية وبالتالي تزداد عملية التكثيف في هذه الجهة بالمقارنة مع الجهة الشمالية.

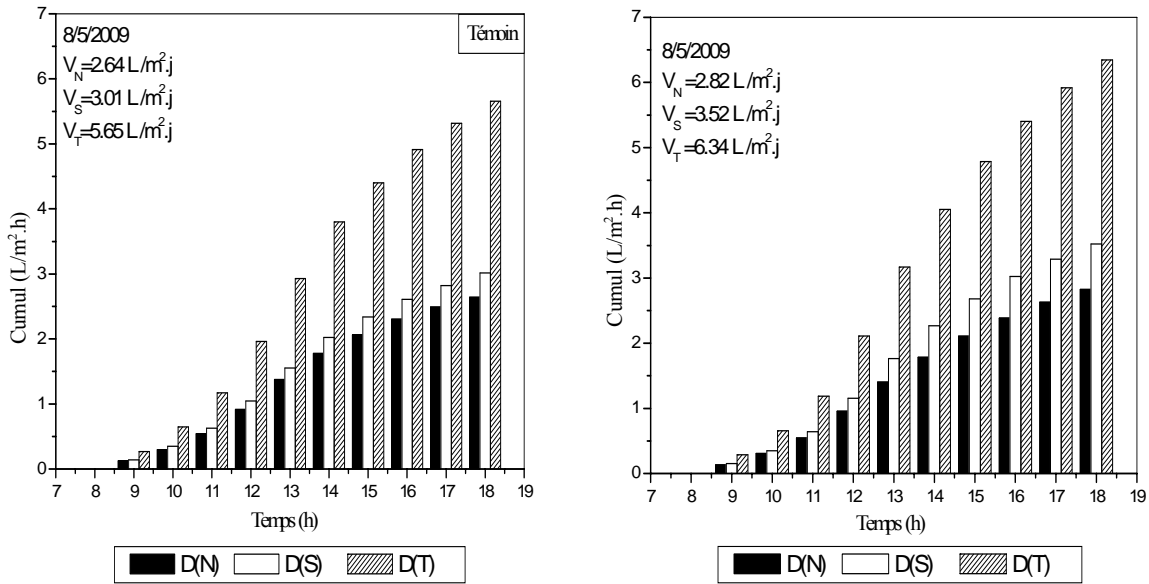
المرحلة الرابعة: تمرير الماء في الجهة الجنوبية للمقطر (من 11h30 إلى 14h).



الشكل (4-13) : تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي، وبدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الجنوبية للمقطر.



الشكل (4- 14) : تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح ، وبدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الجنوبية للمقطر.

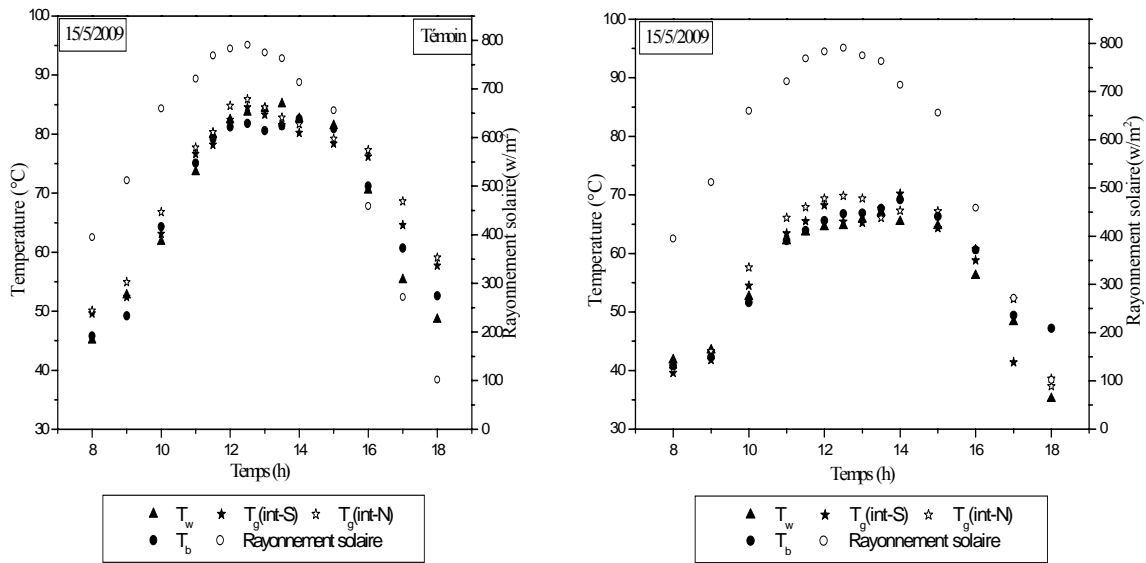


الشكل (4- 15) : تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الجنوبية للمقطر.

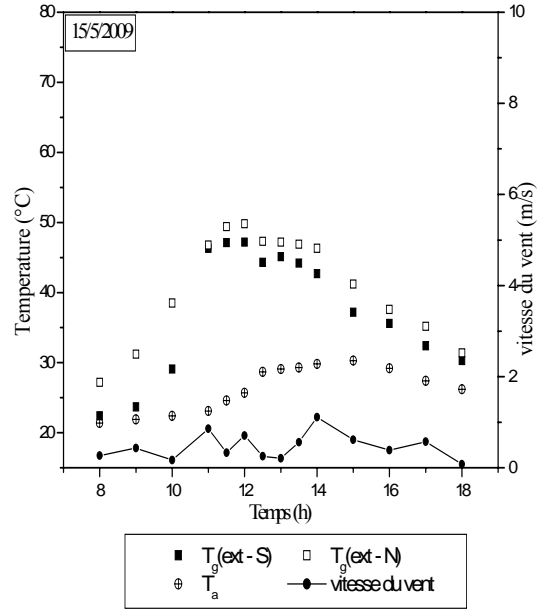
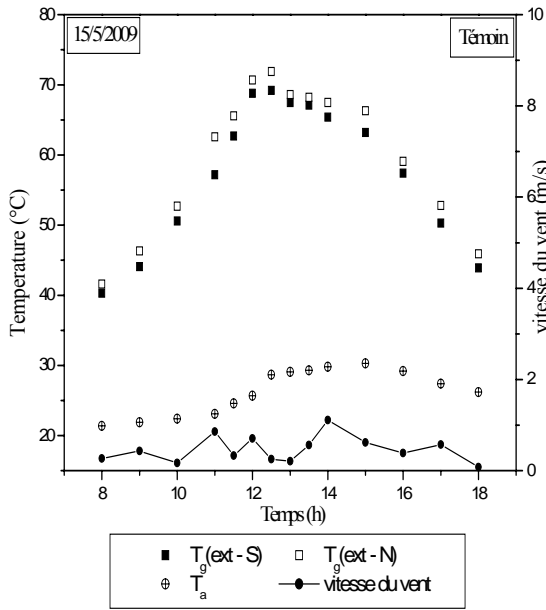
في هذه المرحلة قمنا بالتبريد في الفترة التي يكون الإشعاع الشمسي أعظما (11h30-14h) فلاحظنا خلال هذه الفترة انخفاض درجة حرارة اللوجه الداخلي للزجاج من الجهة الشمالية و الجهة الجنوبية و انخفاض درجة الحرارة للماء المالح والصفیحة الماصة (الشكل (4-13)) والوجه الخارجي للزجاج من الجهة الجنوبية (الشكل (4-14)). ونلاحظ أيضا أن كمية الماء المقطر ($6.34L/m^2$) المنتجة من طرف المقطر المدروس كانت أكبر من كمية الماء المقطر ($5.65L/m^2$) المنتجة من طرف المقطر الشاهد كما في الشكل (4-15)، ولكن بنسبة أقل من المرحلة الثالثة. وهذا راجع إلى:

-انخفاض قليل لدرجة حرارة اللوجه الداخلي للزجاج من الجهة الشمالية وبالتالي تزداد نوعا ما عملية التكثيف في هذه الجهة بالمقارنة مع الجهة الجنوبية.

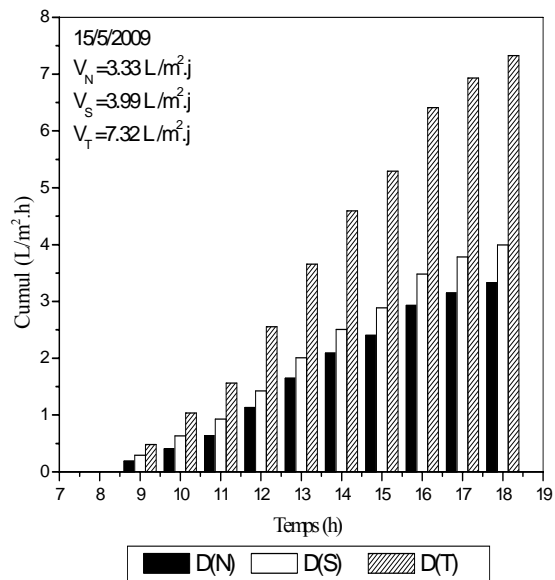
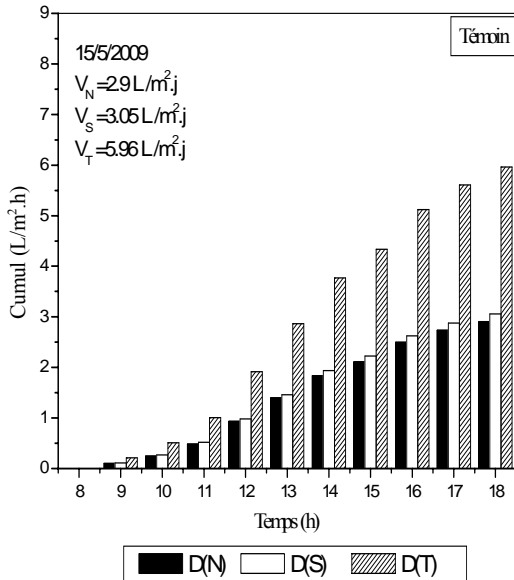
المرحلة الخامسة: تمرير الماء في الجهة الشمالية و الجنوبية للمقطر طيلة مدة التجربة.



الشكل (4- 16) : تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي، وبدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الشمالية و الجنوبية للمقطر.



الشكل (4- 17) : تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح ، وبدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الشمالية والجنوبية للمقطر.



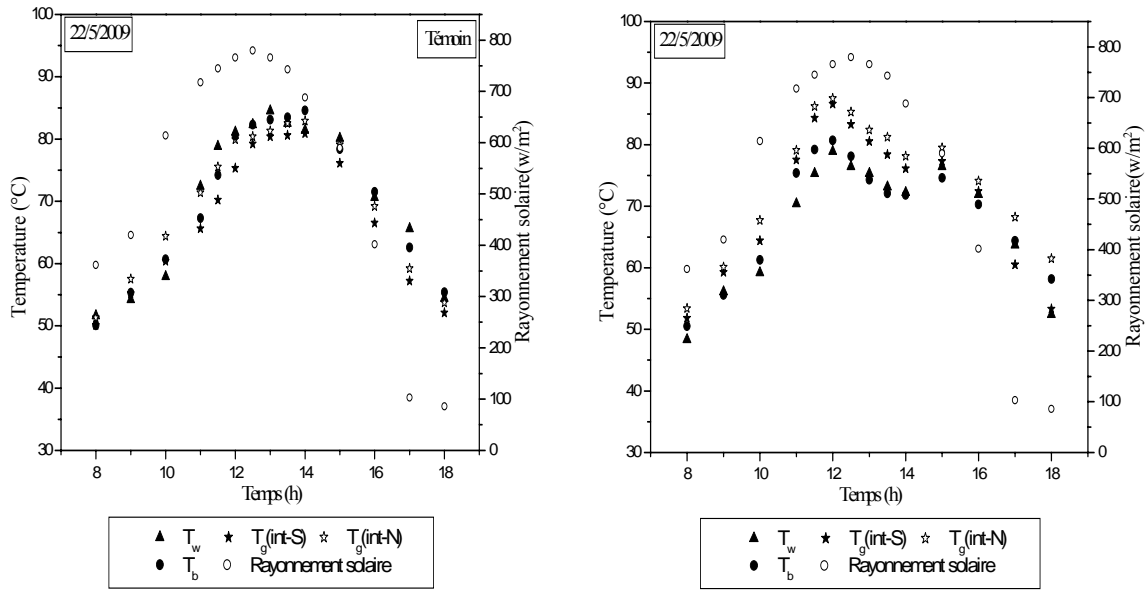
الشكل (4- 18) : تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن في تجربة التبريد بالماء في الجهة الشمالية و الجنوبية للمقطر.

في هذه المرحلة نقوم بالتبريد في الجهتين الشمالية و الجنوبية، فلاحظنا انخفاض درجة حرارة للوجه الداخلي للزجاج من الجهة الشمالية و الجهة الجنوبية و انخفاض درجة الحرارة للماء المالح و الصفيحة الماصة (الشكل (16-4)) و الوجه الخارجي للزجاج من الجهة الشمالية و الجهة الجنوبية (الشكل (17-4)). ونلاحظ أيضا أن كمية الماء المقطر ($7.32L/m^2$) في المقطر المدروس كانت أكبر من كمية الماء المقطر ($5.96L/m^2$) في المقطر الشاهد بنسبة كبيرة تصل إلى 31.79% كما في الشكل (18-4) وهذا راجع إلى:

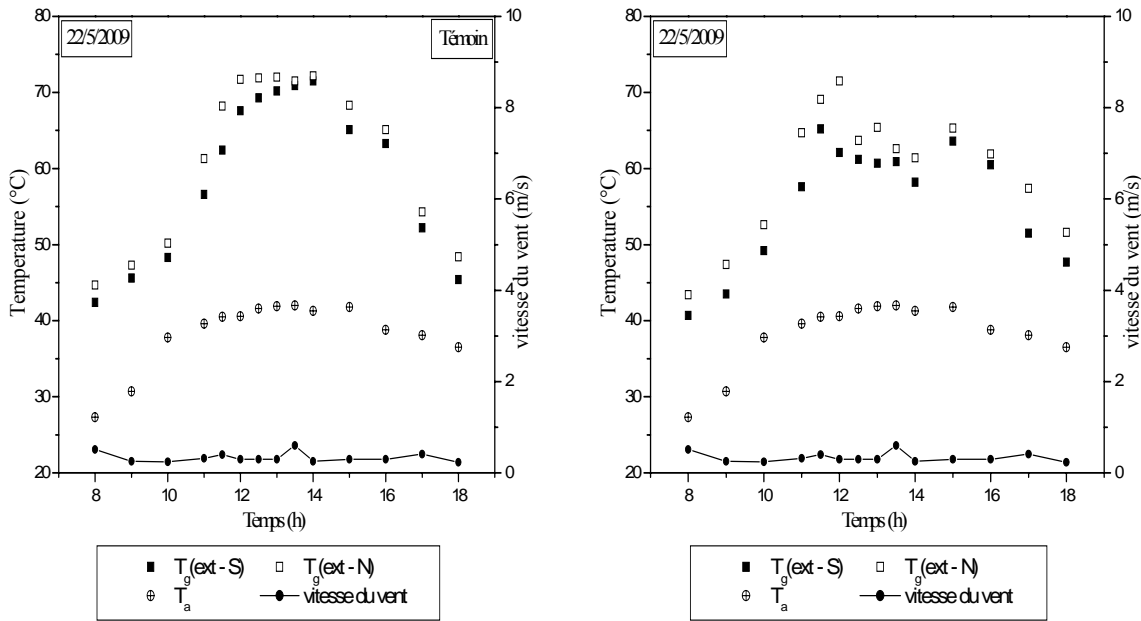
-انخفاض درجتي حرارة الوجهين الداخليين للزجاج من الجهتين الشمالية و الجنوبية، بالتالي تزداد عملية التكثيف في الجهتين الشمالية و الجنوبية.

السلسلة الثالثة: المرحلة الأولى: المسافة بين الحاجز و الزجاج تقدر بـ 30

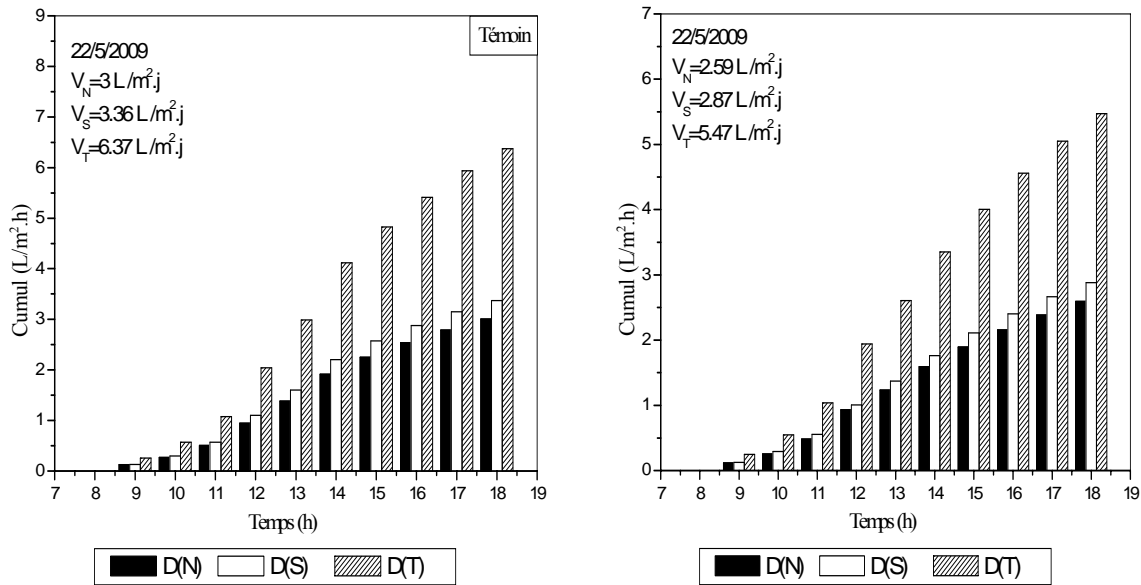
.cm



الشكل (4- 19) : تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي وبدلالة الزمن .



الشكل (4- 20) : تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح ، وبدلالة الزمن.



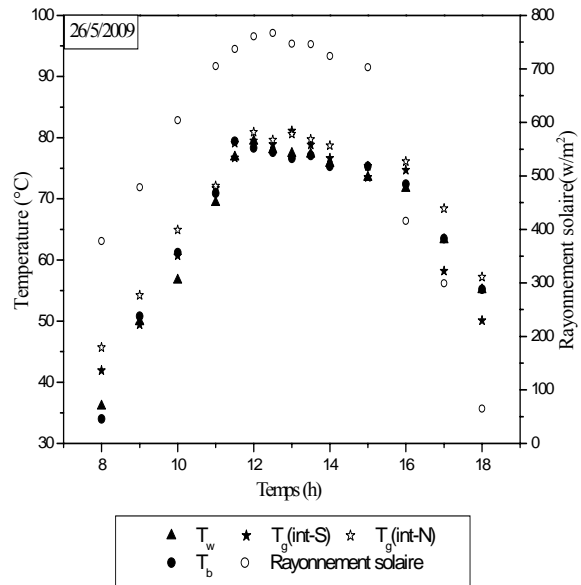
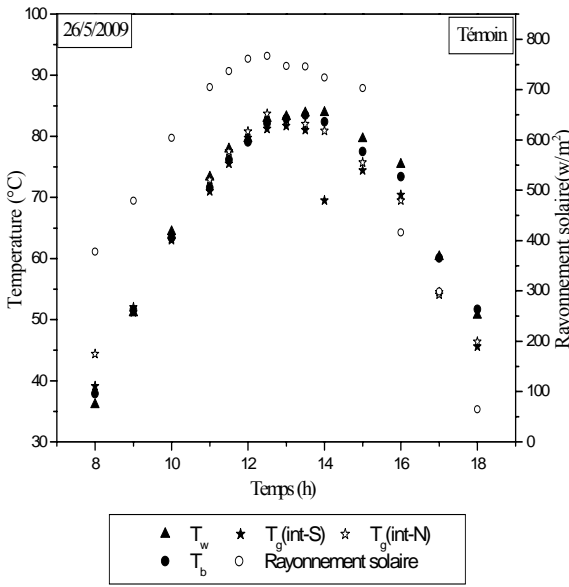
الشكل (4- 21) : تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن.

المسافة بين الحاجز والجهة الشمالية للزجاج هي 30 cm في الفترة (12h-14h) فلاحظنا خلال هذه الفترة انخفاض درجة حرارة اللوجه الداخلي للزجاج من الجهة

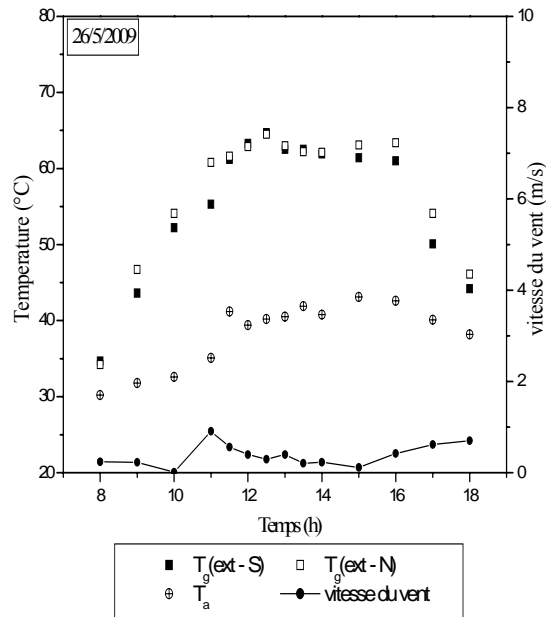
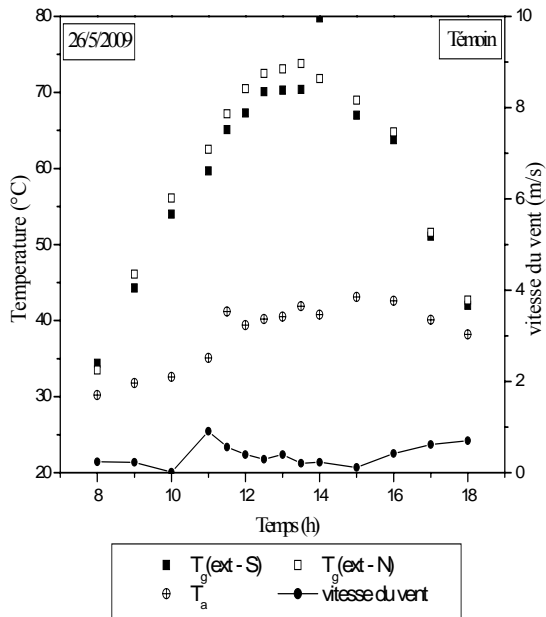
الشمالية و الجهة الجنوبية و انخفاض درجة الحرارة للماء المالح والصفحة الماصة (الشكل (4 - 19)) والوجه الخارجي للزجاج من الجهة الشمالية و الجهة الجنوبية (الشكل (4 - 20)). ونلاحظ أيضا أن كمية الماء المقطر ($6.37L/m^2$) في المقطر الشاهد كانت أكبر من كمية الماء المقطر ($5.47L/m^2$) في المقطر المدروس كما في الشكل (4 - 21). وهذا راجع إلى:

- انخفاض الفارق ما بين درجتي حرارة المكثف والمبخر من الجهة الشمالية في المقطر المدروس وبالتالي تقل عملية التكثيف.

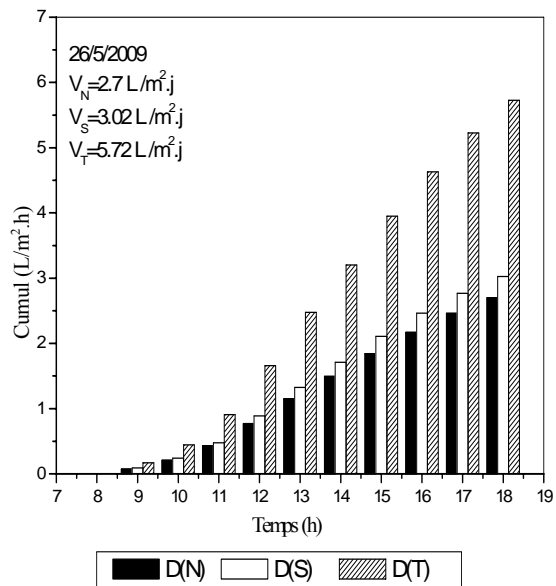
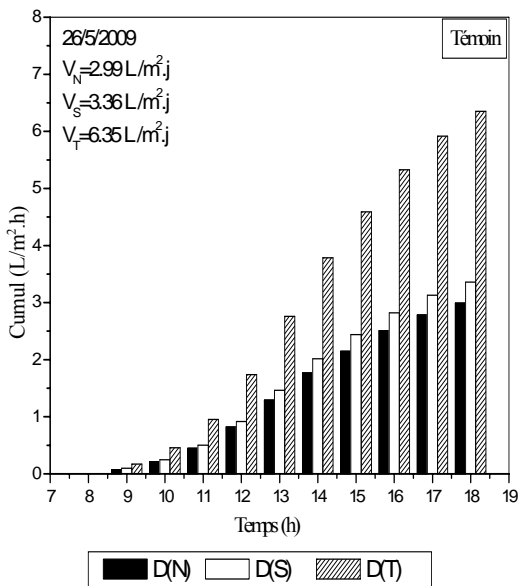
المرحلة الثانية: المسافة بين الحاجز و الزجاج تقدر بـ 60cm .



الشكل (4 - 22) : تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي وبدلالة الزمن .



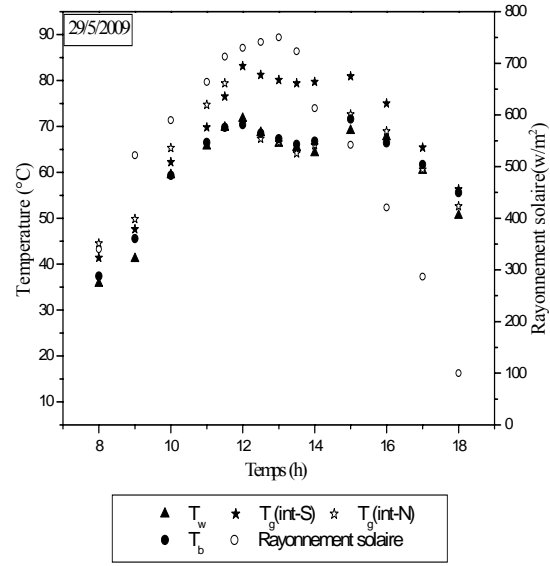
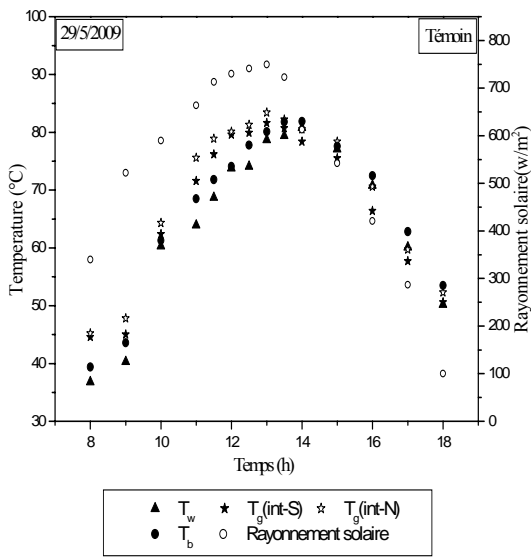
الشكل (4- 23) : تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح ، وبدلالة الزمن.



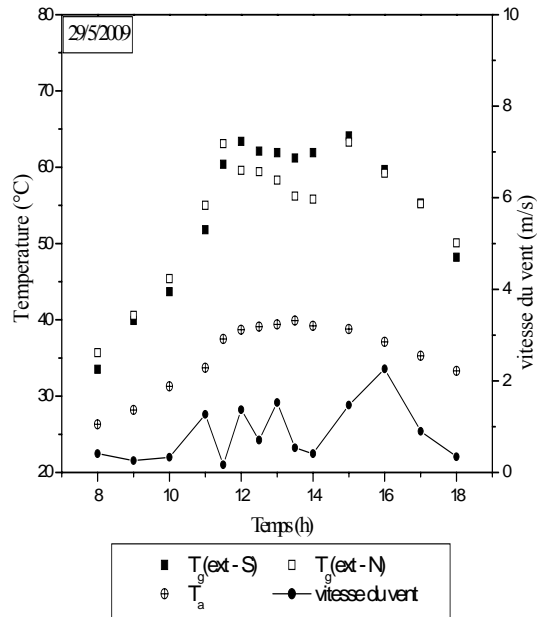
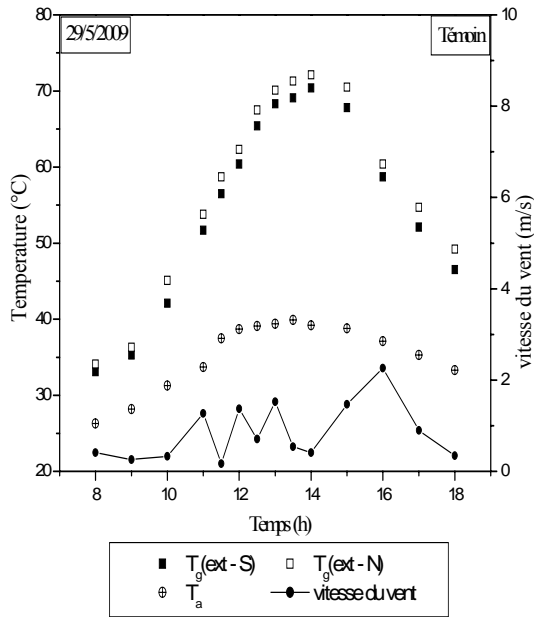
الشكل (4- 24) : تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن.

المسافة بين الحاجز والجهة الشمالية للزجاج هي 60 cm في الفترة (12h-14h) فلاحظنا خلال هذه الفترة انخفاض أقل من المرحلة الأولى في درجة حرارة للوجه الداخلي للزجاج من الجهة الشمالية و الجهة الجنوبية و انخفاض درجة الحرارة للماء المالح والصفحة الماصة (الشكل (4- 22)) والوجه الخارجي للزجاج من الجهة الشمالية و الجهة الجنوبية (الشكل (4- 23)). ونلاحظ أيضا أن كمية الماء المقطر ($6.35L/m^2$) في المقطر الشاهد كانت أكبر من كمية الماء المقطر ($5.72L/m^2$) في المقطر المدروس، ولكن بنسبة أقل من المرحلة الأولى كما في الشكل (4- 24). وهذا راجع إلى:

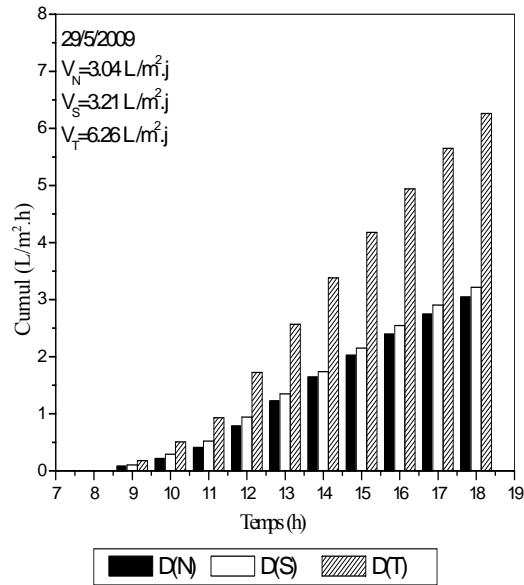
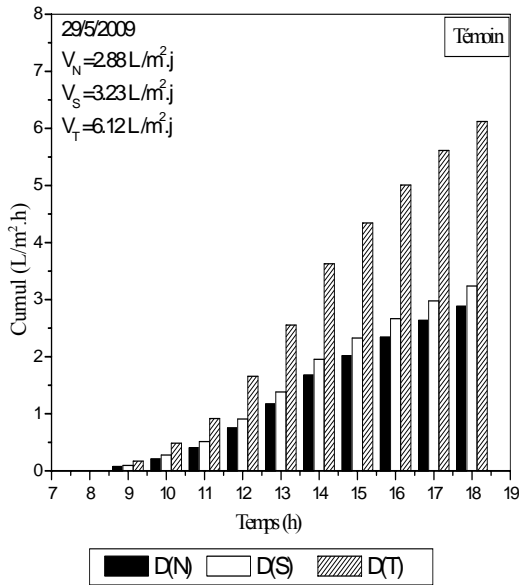
- انخفاض الفارق مابين درجتى حرارة المكثف والمبخر من الجهة الشمالية في المقطر المدروس وبالتالي تقل عملية التكثيف.
المرحلة الثالثة: المسافة بين الحاجز و الزجاج تقدر بـ 90cm .



الشكل (4- 25) : تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي وبدلالة الزمن .



الشكل (4 - 26) : تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح ، وبدلالة الزمن.



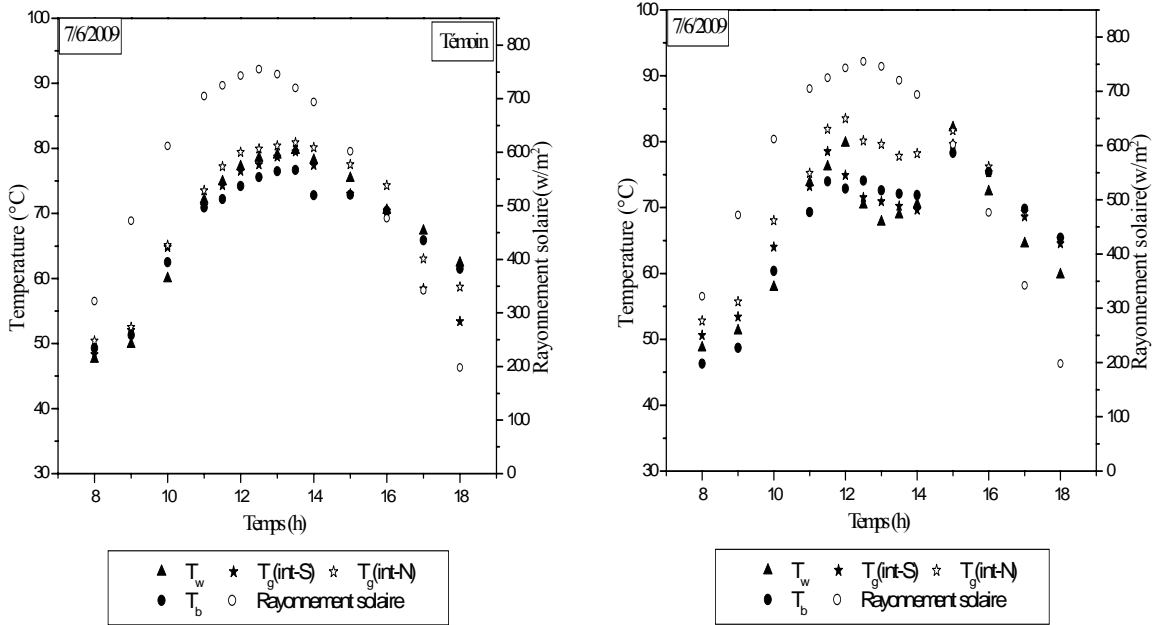
الشكل (4 - 27) : تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن.

المسافة بين الحاجز والجهة الشمالية للزجاج هي 90 cm في الفترة (12h-14h) فلاحظنا خلال هذه الفترة انخفاضاً كبيراً في درجة حرارة اللوح الداخلي للزجاج

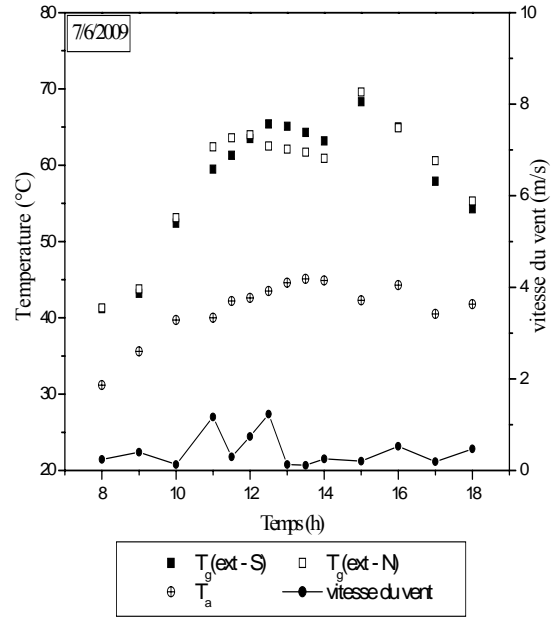
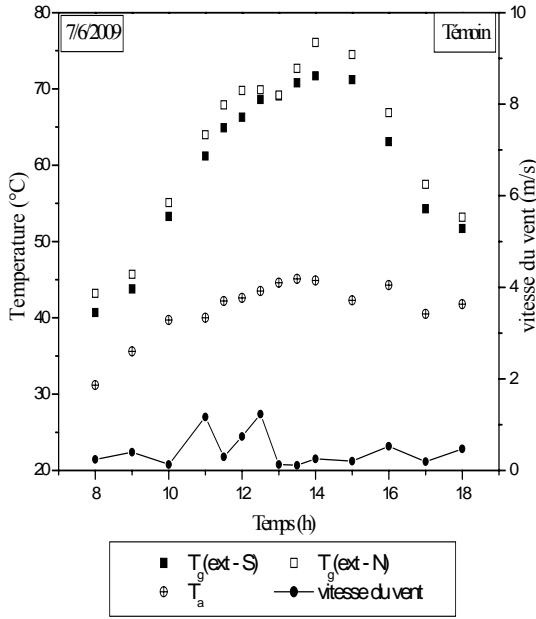
من الجهة الشمالية درجة الحرارة للماء المالح والصفحة الماصة (الشكل (4-25) و انخفاضاً كبيراً في درجة حرارة الوجه الخارجي للزجاج من الجهة الشمالية (الشكل (4-26). ونلاحظ أيضاً أن كمية الماء المقطر ($6.26L/m^2$) في المقطر المدروس أكبر بنسبة قليلة من كمية الماء المقطر ($6.12L/m^2$) في المقطر الشاهد كما في الشكل (4-27). وهذا راجع إلى:

- ارتفاع قليل في الفارق ما بين درجتي حرارة المكثف والمبخر من الجهة الشمالية في المقطر المدروس وبالتالي تزداد عملية التكثيف.

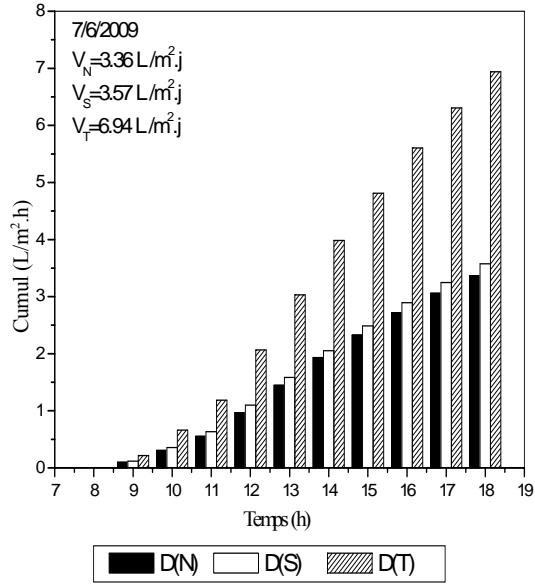
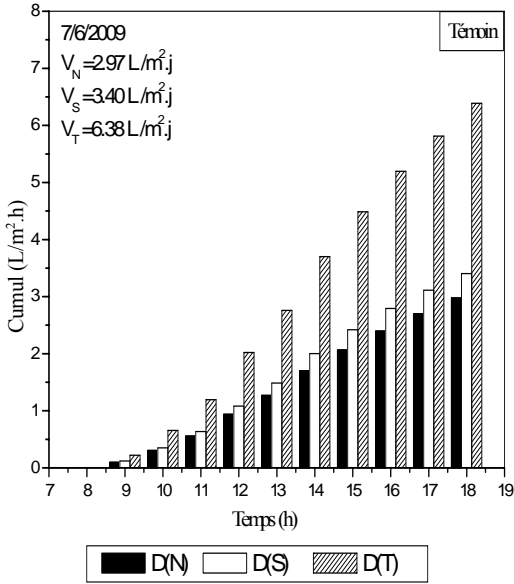
المرحلة الرابعة: المسافة بين الحاجز و الزجاج تقدر بـ 120cm .



الشكل (4-28) : تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي وبدلالة الزمن .



الشكل (29-4) : تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح ، وبدلالة الزمن.



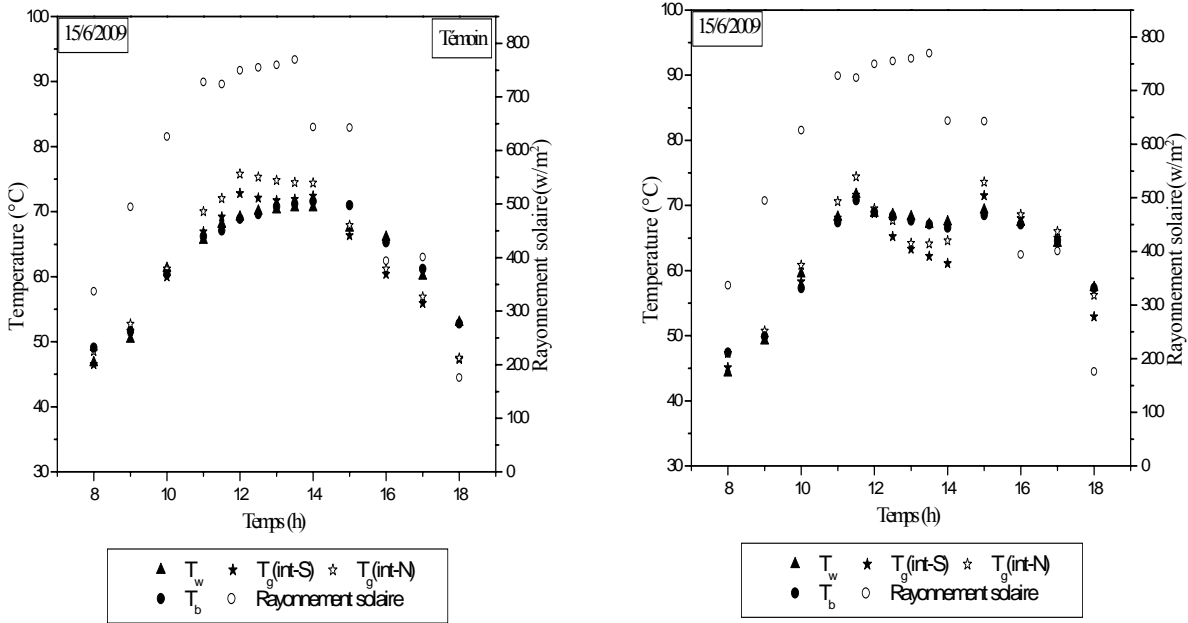
الشكل (30-4) : تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن.

المسافة بين الحاجز والجهة الشمالية للزجاج هي 120 cm في الفترة (12h-14h) فلاحظنا خلال هذه الفترة انخفاض كبير في درجة حرارة اللوح الداخلي للزجاج

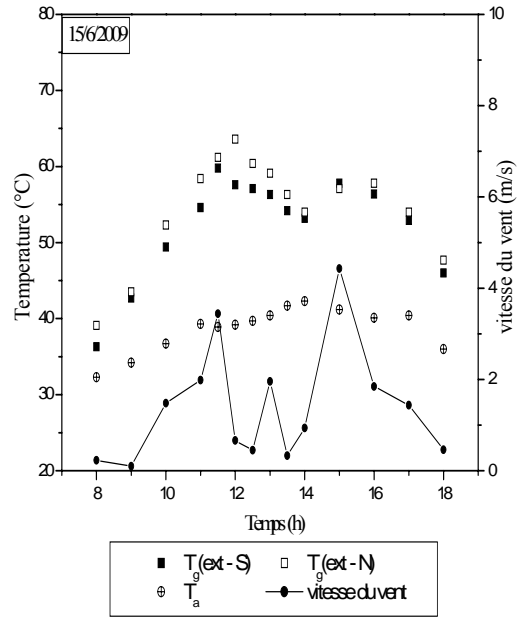
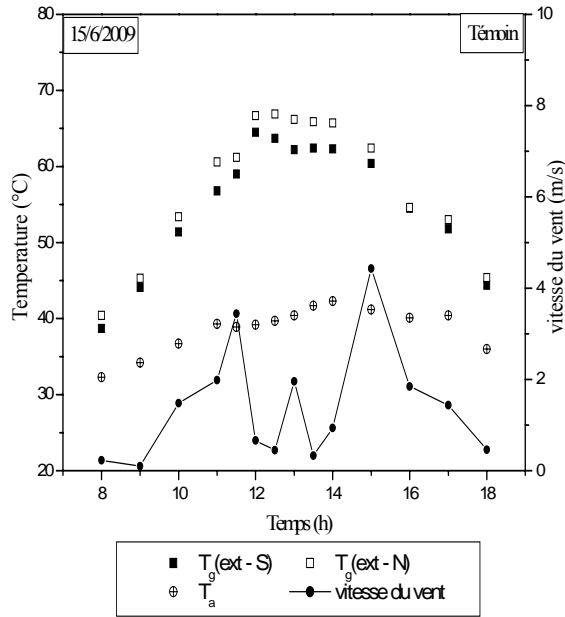
من الجهة الجنوبية ودرجة الحرارة للماء المالح والصفحة الماصة (الشكل (4-28) و انخفاض كبير في درجة حرارة الوجه الخارجي للزجاج من الجهة الشمالية (الشكل (4-26). ونلاحظ أيضا أن كمية الماء المقطر ($6.94L/m^2$) في المقطر المدروس أكبر بنسبة قليلة من كمية الماء المقطر ($6.38L/m^2$) في المقطر الشاهد بنسبة تصل إلى 9.11% كما في الشكل (4-30). وهذا راجع إلى:

- ارتفاع الفارق ما بين درجتي حرارة المكثف والمبخر من الجهة الشمالية في المقطر المدروس وبالتالي تزداد عملية التكثيف.

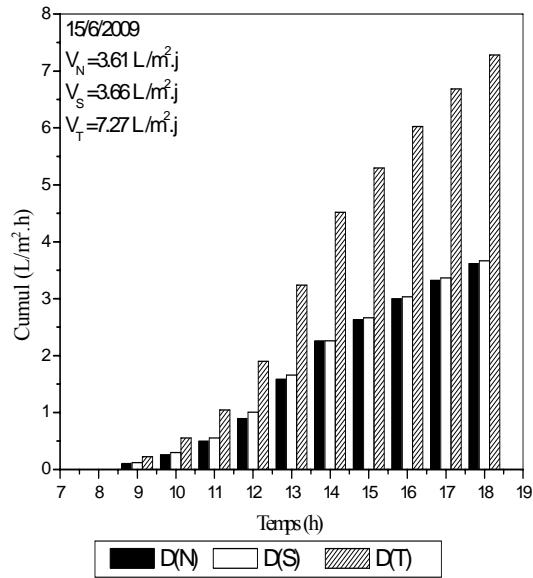
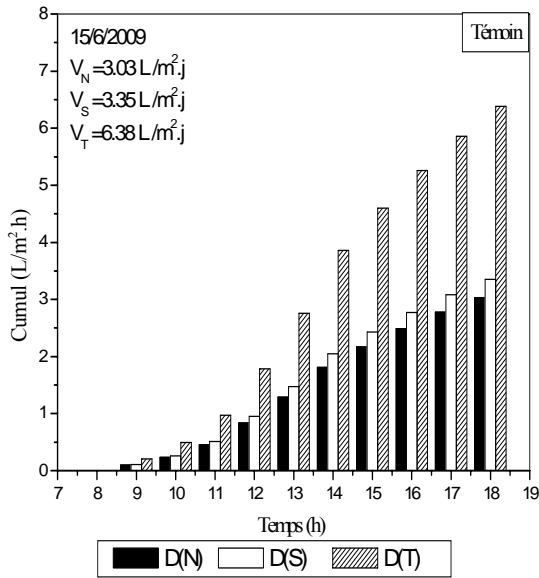
المرحلة الخامسة: المسافة بين الحاجز و الزجاج تقدر بـ 150cm .



الشكل (4-31) : تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي وبدلالة الزمن .



الشكل (4-32) : تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح ، وبدلالة الزمن.



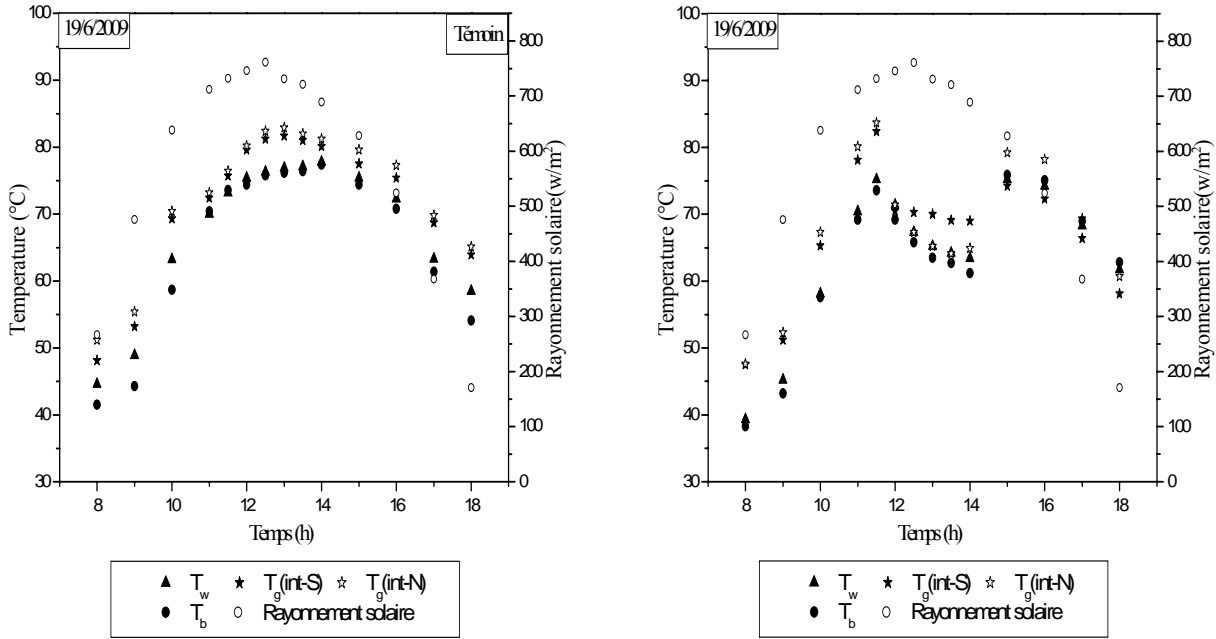
الشكل (4-33) : تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن.

المسافة بين الحاجز والجهة الشمالية للزجاج هي 150 cm في الفترة (12h-14h) فلاحظنا خلال هذه الفترة انخفاض كبير جدا في درجة حرارة اللوح الداخلي للزجاج من الجهة الشمالية والجهة الجنوبية ودرجة الحرارة للماء الملح

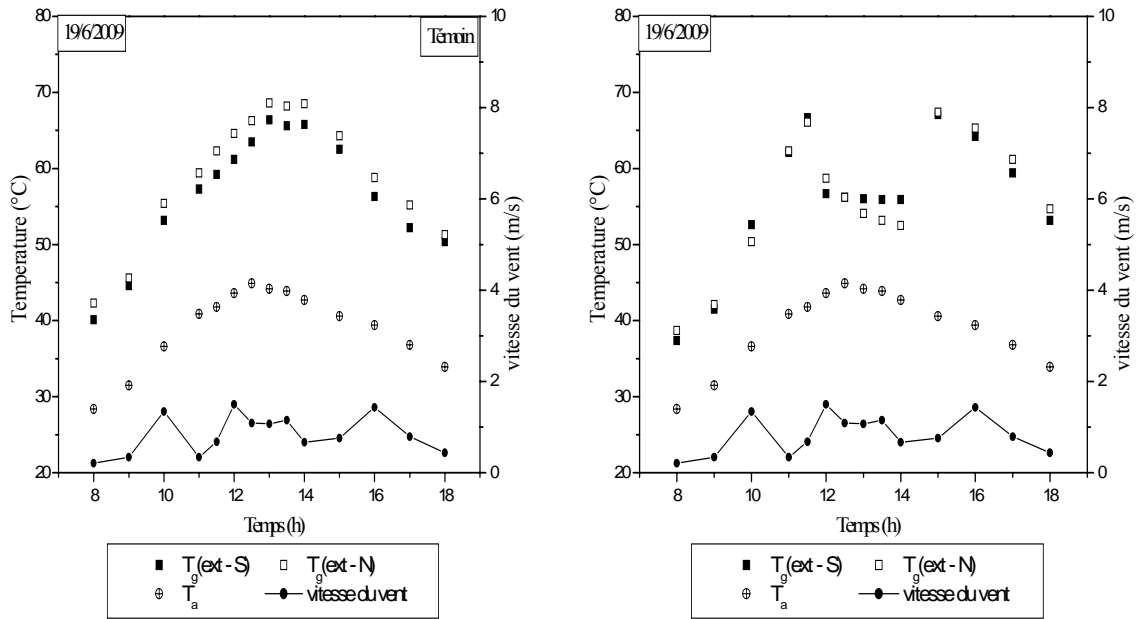
والصفيحة الماصة (الشكل (4-31)) و انخفاض كبير في درجة حرارة الوجه الخارجي للزجاج من الجهة الشمالية والجهة الجنوبية (الشكل (4-32)). ونلاحظ أيضا أن كمية الماء المقطر ($7.27L/m^2$) في المقطر المدروس أكبر بنسبة قليلة من كمية الماء المقطر ($6.38L/m^2$) في المقطر الشاهد بنسبة تصل إلى 16.29% كما في الشكل (4-33). وهذا راجع إلى:

- ارتفاع كبير في الفارق ما بين درجتي حرارة المكثف والمبخر من الجهة الشمالية في المقطر المدروس وبالتالي تزداد عملية التكثيف.

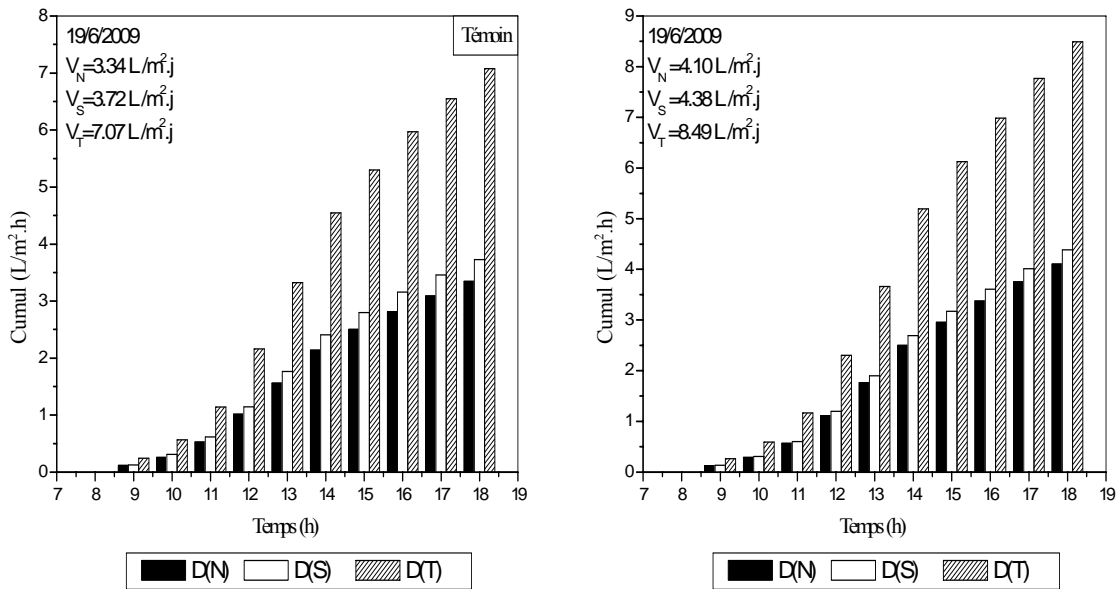
السلسلة الرابعة : تظليل الجهة الشمالية على ارتفاع 150 cm وتبريد الجهة الجنوبية بالماء (من 12h إلى 14h) :



الشكل (4-4) : تغيرات درجة حرارة الأجزاء الداخلية للمقطرين بتغير الإشعاع الشمسي وبدلالة الزمن .



الشكل (4- 35) : تغيرات درجة حرارة الأجزاء الخارجية للمقطرين بتغير سرعة الرياح ، وبدلالة الزمن.

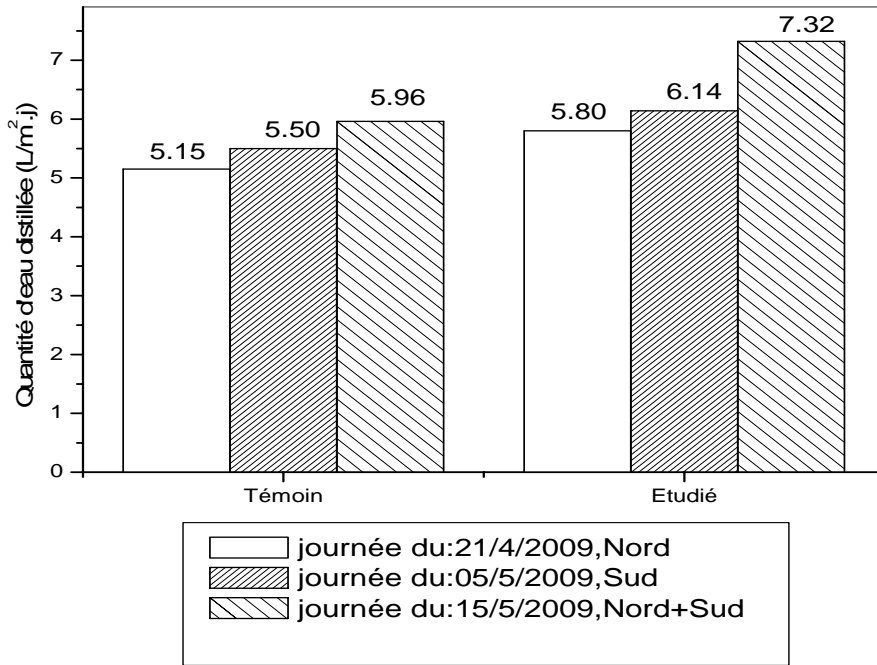


الشكل (4- 36) : تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح و الكمية التجميعية اليومية بدلالة الزمن.

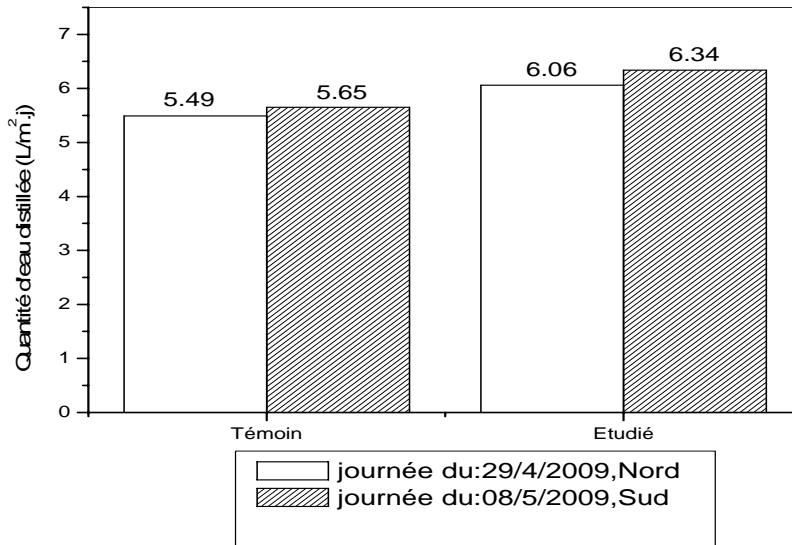
نقوم بالتبريد بطريقتين من الجهتين بحيث نبرد باستعمال الماء في الجهة الجنوبية وباستخدام الظل بارتفاع (150 cm) في الجهة الشمالية في الفترة (12h-14h) ،

فلاحظنا خلال هذه الفترة انخفاض كبير جدا في درجة حرارة اللوجه الداخلي للزجاج من الجهة الشمالية والجهة الجنوبية ودرجة الحرارة للماء المالح والصفحة الماصة (الشكل (4 -34)) و انخفاض كبير في درجة حرارة الوجه الخارجي للزجاج من الجهة الشمالية والجهة الجنوبية (الشكل (4 -35)). ونلاحظ أيضا أن كمية الماء المقطر ($8.49L/m^2$) في المقطر المدروس أكبر بنسبة قليلة من كمية الماء المقطر ($7.07L/m^2$) في المقطر الشاهد بنسبة تصل إلى 25.28% كما في الشكل (4-36) . وهذا راجع إلى:

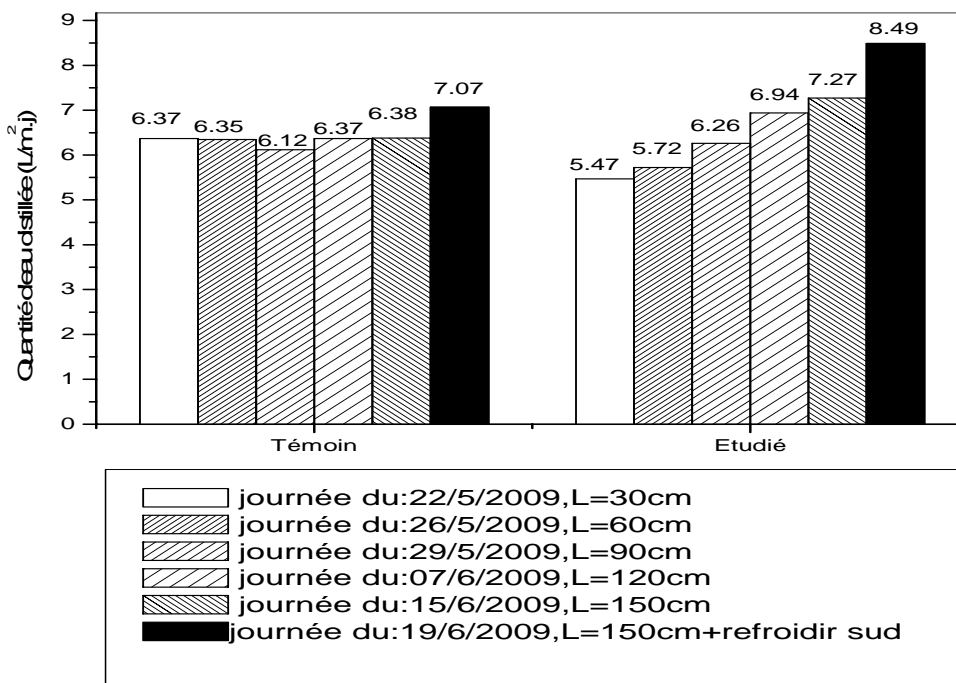
- ارتفاع كبير في الفارق مابين درجتي حرارة المكثف والمبخر من الجهتين الشمالية والجنوبية في المقطر المدروس وبالتالي تزداد عملية التكثيف.



الشكل (4 -37) : مقارنة بين كميات الماء المقطر الناتجة من المقطرين الشاهد والمدروس في تجربة التبريد لمدة يوم كامل في السلسلة الثانية.



الشكل (4- 38) : مقارنة بين كميات الماء المقطر الناتجة من المقطرين الشاهد والمدروس في تجربة التبريد في الفترة (من 11h30 إلى 14h) في السلسلة الثانية.



الشكل (4- 39) : مقارنة بين كميات الماء المقطر الناتجة من المقطرين الشاهد والمدروس في تجربة الظل في السلسلة الثالثة والرابعة.

الخلاصة

بعد الدراسة التي تمت في هذه المذكرة يمكننا أن نقول بأن التقطير الشمسي بواسطة مقطر شمسي بسيط يعمل بفعل البيت الزجاجي هو تقنية بسيطة يمكن استعمالها للتزويد بالماء المقطر أو الماء الصالح للشرب، وكذا استعمالها للاحتياجات المنزلية والصناعية ، وخاصة في المناطق المشمسة والمناطق المعزولة التي تتوفر فيها بكثرة المياه المالحة.

تحتوي هذه المذكرة ستة فصول تسمح لنا باكتساب معرفة حول التقطير الشمسي ، مختلف أنواع المقطرات الشمسية وخصائصها ، والمقادير المؤثرة على عملها، وتقنيات تحلية المياه المالحة ، أما الدراسة النظرية للمقطر الشمسي المدروس فكانت على شكل موازنة طاغوية. كما تم إعداد الدراسة التجريبية التي جمع فيها مختلف مكونات المقطر الشمسي ، وأجهزة القياس ومختلف سلاسل التجارب التي تم القيام بها ، ويتبع هذا الجزء بالنتائج المتحصل عليها من خلال التجارب على شكل منحنيات باستعمال برنامج Origin .

تمت هذه الدراسة من أجل تحسين إنتاج الماء المقطر للمقطر الشمسي البسيط الذي يعمل بفعل البيت الزجاجي، وبعد القيام بمجموعة من التجارب وحساب كمية الماء المقطر استنتجنا النتائج التالية:

❖ تأثير عملية التبريد بالماء على المكثف كان واضحا، فكلما كانت فترة تبريد أكثر كلما كان تكثيف أكثر لبخار الماء .

❖ من خلال النتائج التجريبية المتحصل عليها لتبريد المكثف تصل أعلى نسبة للتحسين حتى 31.29% في تجربة التبريد بالماء للجهتين الشمالية والجنوبية. أما باقي المراحل فكانت نسب التحسين كمايلي:

1-التبريد في الجهة الشمالية: يتراوح ما بين (9.25%-12.68%) بمتوسط (11.82%).

2- التبريد في الجهة الشمالية(14h-11h30) :يتراوح ما بين (7.09%-10.52%) بمتوسط (9.09%).

3- التبريد في الجهة الجنوبية:يتراوح ما بين (12.07%-14.76%) بمتوسط (13.91%).

4- التبريد في الجهة الجنوبية (14h-11h30):يتراوح ما بين(12.04%-12.85%) بمتوسط (12.43%).

❖ أفضل كمية للماء المقطر المتحصل عليها من خلال السلسلة الثانية تقارب $7.32 \text{ L/m}^2 \cdot \text{j}$ للمقطر المدروس في حين الشاهد بلغت $5.96 \text{ L/m}^2 \cdot \text{j}$.

❖ تأثير المسافة ما بين الحاجز والجهة الشمالية للزجاج كان واضحا ، فكلما ازدادت المسافة ازداد امتصاص الصفيحة الماصة للإشعاع الشمسي الوارد و ازداد التكثيف للمكثف .

❖ من خلال النتائج التجريبية المتحصل عليها لت ظليل المكثف

تصل أعلى نسبة للتحسين حتى 1 6 . 29 % عندما كانت المسافة ما بين الحاجز والجهة الشمالية للزجاج 150 cm . أما باقي المراحل فكانت نسب التحسين كمايلي:

1- L=30 cm: يتراوح ما بين (14.12% إلى -13.53%) بمتوسط (-13.89%).

2- L=60 cm: يتراوح ما بين (12.66% إلى -9.87%) بمتوسط (-11.55%).

3- L=90 cm: يتراوح ما بين (2.08% إلى 4.10%) بمتوسط (2.94%).

4- L=120 cm: يتراوح ما بين (7.08% إلى 9.11%) بمتوسط (8.20%).

❖ أفضل كمية للماء المقطر المتحصل عليها من السلسلة الثالثة تصل

7.27 L/m².j للمقطر المدروس في حين الشاهد تقارب 6.38 L/m².j .

❖ تأثير عملي تي التبريد بالماء والتظليل على المكثف كان

واضحاً، فكلما كان تا العمليتين معا كان تكثيف أكثر لبخار الماء .

❖ من خلال النتائج التجريبية المتحصل عليها لت ظليل و تبريد ال مكثف

تصل أعلى نسبة للتحسين حتى 25.28 % .

❖ أفضل كمية للماء المقطر المتحصل عليها من خلال السلسلة ال رابعة

تقارب 8.49 L/m².j للمقطر المدروس في حين الشاهد تقارب 7.07 L/m².j .

الصعوبات وبعض التوصيات:

من بين الصعوبات التي واجهتنا خلال أدائنا للعمل التجريبي:

-عدم ثبات أو استقرار المناخ طيلة السنة.

-بعض الأيام كانت ممطرة أو متقلبة (مشمسة ثم سحب في منتصف التجربة) ،

وبالتالي يتحتم علينا انتظار الأيام المعتدلة الجو.

- عدم نجاح حاجز الظل في فصل الشتاء ، وبالتالي يتحتم علينا انتظار فصل

الصيف حيث تكون الشمس عمودية.

ولمتابعة هذا العمل نقترح مايلي:

-استعمال الظل في الجهة الشمالية والتبريد في الجهتين الشمالية والجنوبية.

-الزيادة في الارتفاع ما بين الحاجز والمقطر.

-إستخدام التبريد بالهواء بواسطة مروحة ثم بالماء ثم بالهواء وكذا استخدام

الظل.