

جامعة قاصدي مرياح ورقلة

كلية الرياضيات و علوم المادة

قسم الفيزياء



مذكرة ماستر أكاديمي

مجال : علوم المادة

شعبة : فيزياء

تخصص : فيزياء طاوقية

مقدمة من طرف الطالبتين : جعوبي سعيدة - رحمانى حيزية

بـعنوان :

دراسة تجريبية و تحليلية لتحسين أداء المقطر الشمسي

البيسط في منطقة ورقلة

نوقشت يوم 2017/05/24 أمام لجنة المناقشة المكونة من :

رئيسا	أستاذ مساعد - أ-	جامعة قاصدي مرياح - ورقلة	الزين عبد الله
مناقشا	أستاذ مساعد - أ-	جامعة قاصدي مرياح - ورقلة	سوداني محمد البار
مشرفا	أستاذ مساعد - أ-	جامعة قاصدي مرياح - ورقلة	تخة محمد

الموسم الجامعي : 2016-2017

# كلمة شكر

نشكر الله ونحمده حمدا كثيرا مباركا على هذه النعمة الطيبة والنافعة نعمة العلم والبصيرة. لا بد لنا ونحن نخطو خطواتنا الأخيرة في الحياة الجامعية من وقفة نعود إلى أعوام قضيناها في رحاب الجامعة مع أساتذتنا الكرام الذين قدموا لنا الكثير باذلين بذلك جهودا كبيرة في بناء جيل الغد لتبعث الأمة من جديد...

"كن عالما .. فإن لم تستطع فكن متعلما ، فإن لم تستطع فأحب العلماء ، فإن لم تستطع فلا تبغضهم"

وقبل أن نمضي نقدم أسمى آيات الشكر الجزيل والامتنان والثناء الخالص والتقدير، إلى نبع العون إلى من وجهنا دون وهن إلى أستاذنا الفاضل المشرف محمد تخته الذي نقول له بَشْرَاك قول رسول الله ﷺ:

"إن الحوت في البحر ، والطير في السماء ، ليصلون على مُعَلِّمِ الناس الخير"  
كما يشرفنا أن نتقدم بالشكر الجزيل إلى الذين حملوا أقدس رسالة في الحياة إلى الذين مهدوا لنا طريق العلم إلى جميع أساتذتنا الأفاضل.....

ونخص بالذكر الأستاذ الزين عبد الله و الأستاذ محمد البار سوداني

اللذين قَبلا الإشراف على تقييم هذا العمل

وكذلك نشكر كل من ساعد على إتمام هذا البحث وقدم لنا العون ومد لنا يد المساعدة وزودنا بالمعلومات اللازمة لإتمام هذا البحث كل مسؤولي المخبر و العاملين به ونخص بالذكر الأستاذ حوتي محمد .

إلى من زرعوا التفاؤل في دربنا وقدموا لنا المساعدات والتسهيلات والأفكار والمعلومات فلهم منا كل الشكر

Saida et haizia

## فهرس العناوين

I	تشكرات.....
II	إهداء.....
III	فهرس العناوين.....
X	فهرس الجداول.....
VIII	فهرس الأشكال.....
XI	قائمة الرموز والمصطلحات.....
XIV	المقدمة.....

### الفصل الأول : أنواع المقطرات الشمسية

2	1-I) إشكالية الماء.....
2	2-I) وجهة النظر الاقتصادية حول إستغلال الطاقة الشمسية.....
3	3-I) التحليل الفيزيائي والكيميائي للمياه الجوفية بمنطقة ورقلة.....
3	4-I) التقطير الشمسي.....
3	1-4-I) لَمَحَة تاريخية عن التقطير الشمسي.....
5	2-4-I) أنواع المقطرات الشمسية.....
5	1-2-4-I) المقطرات البسيطة ( Distillateur a simple effet ).....
7	2-2-4-I) المقطرات المتعددة (Distillateurs a multiples effets).....
8	5-I) تقنيات تصفية المياه المالحة -dessalement-.....
8	1-5-I) تقنية التَقْطِير -mécánisme de distillation-.....
9	2-5-I) تقنية فصل الماء عن الأملاح الذائبة فيه -osmose inverse-.....
9	6-I) مبدأ عمل مصفيات المياه المالحة.....
9	1-6-I) التقطير البسيط - (SED) -.....
10	2-6-I) التقطير المتعدد - (MED) -.....
12	3-6-I) تقنية فصل الماء عن الأملاح الذائبة بالأغشية -Membranes-.....

12	.....(1-3-6-I) الأسموز العكسي (التناضح العكسي)
13	.....(2-3-6-I) الأسموز الكهربائي ( التناضح الكهربائي –Electrodialyse)
<b>الفصل الثاني : الدراسة النظرية للمقطر الشمسي البسيط</b>	
15	.....(2- I) مقدمة
15	.....(2-II) الظواهر الفيزيائية الأساسية في التقطير
15	.....(1-2-II) انتقال الحرارة
15	.....(1-1-2-II) تعريف "انتقال الحرارة"
15	.....(2-1-2-II) أشكال انتقال الحرارة
15	.....(1-2-1-2-II) التوصيل الحراري (الانتشار الحراري)
15	.....(1-1-2-1-2-II) قانون " فوريه " (1 <sup>er</sup> loi de Fourier) الأول في الانتشار الحراري
16	.....(2-2-1-2-II) الحمل الحراري
16	.....(1-2-2-1-2-II) قانون "نيوتن"
16	.....(3-2-1-2-II) الإشعاع الحراري
16	.....(1-3-2-1-2-II) قانون "ستيفان- بولتزمان"
17	.....(2-3-2-1-2-II) استقبال الجسم للإشعاع (الانعكاس-الامتصاص-الإمرار)
17	.....(4-2-II) تحول طور المادة
17	.....(1-4-2-II) تعريفات ومفاهيم فيزيائية
18	.....(5-2-II) ظاهرة التبخر
19	.....(6-2-II) ظاهرة التكثيف "نظرية نوسالت"
20	.....(7-2-II) الإشعاع الشمسي
20	.....(1-7-2-II) الشمس
21	.....(2-7-2-II) الأرض
21	.....(3-7-2-II) المعالم الفضائية لتحديد موقع الشمس
23	.....(8-2-II) الهواء الرطب
24	.....(1-8-2-II) الهواء الجوي

24	..... (2-8-2-II) مقادير خاصة بالهواء الرطب
24	..... (1-2-8-2-II) الرطوبة المطلقة $r^S$
25	..... (2-2-8-2-II) الرطوبة النسبية $\bar{\Psi}$
25	..... (3-2-8-2-II) درجة التشبع

### الفصل الثالث : التوازن الحراري في المقطر الشمسي البسيط

27	..... (1-III) مقدمة
27	..... (2-III) التدفقات الحرارية في المَقْطَر
30	..... (1-2-III) التدفقات الحرارية الخارجية
30	..... (2-2-III) التدفقات الحرارية الداخلية
33	..... (3-III) التوازن الحراري على مستويات أجزاء المقطر
34	..... (1-3-III) معادلة حفظ الطاقة حول الزجاج g
34	..... (2-3-III) معادلة حفظ الطاقة حول الماء w
35	..... (3-3-III) معادلة حفظ الطاقة حول السطح الماص للحرارة b
35	..... (4-3-III) قيمة التدفق الكتلي للماء المقطر

### الفصل الرابع : الدراسة التجريبية للمقطر الشمسي البسيط

37	..... (1-IV) مقدمة
37	..... (2-IV) النماذج الأولية للأجهزة التجريبية
37	..... (3-IV) أجهزة القياس المستعملة في التجارب
38	..... (4-IV) الأدوات المستعملة في التجارب
39	..... (5-IV) التجارب
39	..... (1-5-IV) التجربة الأولى : المقارنة بين مقطرين شمسين بسيطين مختلفين في سُمْك الزجاج...
39	..... (1-1-5-IV) وصف التجربة الأولى
40	..... (2-1-5-IV) الظروف الجوية الخاصة بالأيام الذي تمت فيه التجربة الأولى
40	..... (3-1-5-IV) المنحنيات التجريبية للتجربة الأولى
40	..... (1-3-1-5-IV) منحنيات الإشعاع الشمسي خلال أيام التجربة الأولى

- 41 ..... (2-3-1-5-IV) مقارنة درجات الحرارة بين مقطرين شمسين بسيطين مختلفين في السمك.....
- 42 ..... (3-3-1-5-IV) مقارنة كمية الماء المجمعة نظريا و تجريبيا في المقطرين الشمسين المختلفين  
في الشئك.....
- 43 ..... (4-1-5-IV) النتائج المستخلصة من التجربة الأولى.....
- 43 ..... (2-5-IV) التجربة الثانية : المقارنة بين مقطرين شمسين بسيطين مختلفين في عدد طبقات  
الزجاج.....
- 43 ..... (1-2-5-IV) وصف التجربة الثانية.....
- 44 ..... (2-2-5-IV) الظروف الجوية الخاصة بالأيام التي تمت فيها التجربة الثانية.....
- 44 ..... (3-2-5-IV) المنحنيات التجريبية للتجربة الثانية.....
- 44 ..... (1-3-2-5-IV) منحنيات الإشعاع الشمسي خلال أيام التجربة الثانية.....
- 44 ..... (2-3-2-5-IV) مقارنة درجات الحرارة بين مقطرين شمسين بسيطين مختلفين في عدد  
طبقات الزجاج.....
- 45 ..... (3-3-2-5-IV) مقارنة مستويات درجات الحرارة للأجزاء المتماثلة في المقطرين المختلفين في  
الشئك.....
- 46 ..... (4-3-2-5-IV) مقارنة كمية الماء المُجمَّعة نظريا وتجريبيا في مقطرين مختلفين في عدد  
طبقات الزجاج.....
- 47 ..... (3-5-IV) التجربة الثالثة : المقارنة بين مقطرين شمسين بسيطين مختلفين في طبيعة  
السطح الأسود.....
- 48 ..... (1-3-5-IV) وصف التجربة الثالثة.....
- 48 ..... (2-3-5-IV) الظروف الجوية الخاصة بالأيام التي تمت فيها التجربة الثالثة.....
- 49 ..... (3-3-5-IV) المنحنيات التجريبية للتجربة الثالثة.....
- 49 ..... (1-3-3-5-IV) منحنيات الإشعاع الشمسي خلال أيام التجربة الثالثة.....
- 49 ..... (2-3-3-5-IV) مقارنة درجات الحرارة بين مقطرين شمسين بسيطين مختلفين في طبيعة  
السطح الأسود.....
- 50 ..... السطح الأسود.....

51	3-3-3-5-IV مقارنة كمية الماء المجمعة نظريا و تجريبيا في مقطرين مختلفين في طبيعة السطح الأسود.....
52	4-3-5-IV النتائج المستخلصة من التجربة الثالثة.....
52	4-5-IV التجربة الرابعة : تأثير سرعة الهواء الجوي على كمية الماء المقطر.....
52	1-4-5-IV وصف التجربة الرابعة.....
53	2-4-5-IV الظروف الجوية الخاصة بالأيام الذي تمت فيه التجربة الرابعة.....
53	3-4-5-IV المنحنيات التجريبية الرابعة.....
53	1-3-4-5-IV منحنيات الإشعاع الشمسي خلال أيام التجربة الرابعة.....
54	2-3-3-5-IV مقارنة درجات الحرارة الماء والزجاج في السرعات المختلفة.....
55	3-3-4-5-IV تأثير سرعة الهواء الجوي على كمية الماء المقطر المجمعة.....
55	3-3-4-5-IV مقارنة كمية الماء المجمعة نظريا وتجريبيا عند سرعات مختلفة للهواء..
56	4-4-5-IV النتائج المستخلصة من التجربة الرابعة.....
56	6-IV دراسة المردود الطاقوي الخاص بالتجارب الأربعة.....
57	1-6-IV تعريف المردود الطاقوي.....
57	2-6-IV طريقة العمل.....
57	3-6-IV منحنيات المردود الطاقوي.....
59	الخاتمة.....
61	المراجع.....
63	الملحق A(الأرقام اللابعدية).....
65	الملحق B(الخواص الحراروفيزيائية والكتل السطحية للمواد المستعملة).....

## فهرس الجداول

### الفصل الأول : أنواع المقطرات الشمسية

- جدول (1-1) تركيز الأملاح الشوارد الكيميائية في مياه منطقة ورقلة..... 3
- جدول (2-1) المسار التاريخي للمقطر الشمسي ذو الحوض..... 4

### الفصل الثالث : التوازن الحراري في المقطر الشمسي البسيط

- جدول (1-3) تصنيف أنواع العوازل المستعملة في المقطرات الشمسية..... 32
- جدول (2-3) يوضح عوامل الامتصاصية والإمرارية..... 33

### الفصل الرابع : الدراسة التجريبية للمقطر الشمسي البسيط

- جدول (1-4) النتائج الخاصة بأعظم قيمة للمردود الطاقوي..... 58

### ملحق B : الخواص الحراروفيزيائية و الكتلة السطحية للمواد المستعملة

- جدول (1-B) الخواص الحراروفيزيائية لبعض المواد الصلبة..... 65
- جدول (2-B) الكتلة السطحية للمواد المستعملة في التجربة..... 65



## فهرس الأشكال

### الفصل الأول : أنواع المقطرات الشمسية

5	.....	مقطر بسيط بميل واحد	الشكل (1-1)
5	.....	المقطر البسيط بميلين	الشكل (2-1)
6	.....	مقطر شمسي أرض - ماء	الشكل (3-1)
6	.....	مقطر كروي بماسح	الشكل (4-1)
7	.....	المقطر الشمسي المتعدد الطوابق	الشكل (5-1)
8	.....	المقطر الشمسي بالخاصية الشعرية	الشكل (6-1)
10	.....	التقطير البسيط	الشكل (7-1)
11	.....	التقطير المتعدد	الشكل (8-1)
11	.....	مبدأ التقطير بالتبخر بطوابق متعددة	الشكل (9-1)
12	.....	تنقية المياه المالحة بتقنية الأسموز العكسي	الشكل (10-1)
13	.....	تقنية الأسموز الأيوني (الأسموز الكهربائي) لفصل ملح NaCl عن الماء المالح (ماء البحر مثلا)	الشكل (11-1)

### الفصل الثاني : الدراسة النظرية للمقطر الشمسي البسيط

17	.....	إستقبال الإشعاع	الشكل (1-2)
18	.....	تحولات الحالة الفيزيائية	الشكل (2-2)
18	.....	منحني الأطوار الفيزيائية لمعظم الأجسام المادية في الطبيعة	الشكل (3-2)
19	.....	وعاء به ماء سائل تحت التبخير في غياب الحمل الكتلي والحراري	الشكل (4-2)
20	.....	الطبقة القشيرية للماء السائل	الشكل (5-2)
23	.....	الزوايا الستة المحددة للمواضع النسبية للنقاط الثلاثة في الفضاء	الشكل (6-2)

### الفصل الثالث : التوازن الحراري في المقطر الشمسي البسيط

28	.....	رسم تخطيطي للتدفقات الحرارية على المقطر الشمسي	الشكل (1-3)
29	.....	مخطط يوضح الإشعاعات الحرارية المارة عبر مختلف أجزاء المقطر	الشكل (2-3)

## الفصل الرابع : الدراسة التجريبية للمقطر الشمسي البسيط

38	.....	الأدوات المستعملة في التجارب	الشكل (1-4)
39	.....	الأدوات المستعملة في التجارب	الشكل (2-4)
39	.....	تركيب المقطر في التجربة 1 و المزدوجات الحرارية داخله	الشكل (3-4)
40	.....	منحنيات الإشعاع الشمسي الخاصة بالتجربة 1	الشكل (4-4)
41	.....	منحنيات درجات الحرارة الخاصة بالتجربة 1	الشكل (5-4)
42	.....	منحنيات كمية الماء المجمعة تجريبيا و نظريا الخاصة بالتجربة 1	الشكل (6-4)
43	.....	تركيب المقطر في التجربة 2 و المزدوجات الحرارية داخله	الشكل (7-4)
44	.....	منحنيات الإشعاع الشمسي الخاصة بالتجربة 2	الشكل (8-4)
45	.....	منحنيات درجات الحرارة الخاصة بالتجربة 2	الشكل (9-4)
46	.....	منحنيات مستويات درجات الحرارة للأجزاء المتماثلة في الأدوار الخاصة بالتجربة 2	الشكل (10-4)
47	.....	منحنيات كمية الماء المجمعة الخاصة تجريبيا و نظريا بالتجربة 2	الشكل (11-4)
48	.....	تركيب المقطر في التجربة 3 و المزدوجات الحرارية داخله	الشكل (12-4)
49	.....	منحنيات الإشعاع الشمسي الخاصة بالتجربة 3	الشكل (13-4)
50	.....	منحنيات درجات الحرارة الخاصة بالتجربة 3	الشكل (14-4)
51	.....	منحنيات كمية الماء المجمعة تجريبيا و نظريا الخاصة بالتجربة 3	الشكل (15-4)
52	.....	تركيب المقطر في التجربة 4 و المزدوجات الحرارية داخله	الشكل (16-4)
53	.....	منحنيات الإشعاع الشمسي الخاصة بالتجربة 4	الشكل (17-4)
54	.....	منحنيات مقارنة بين مختلف السرعات لدرجات الحرارة للماء والزجاج في التجربة 4	الشكل (18-4)
55	.....	منحنى تأثير سرعة الهواء الجوي على كمية الماء المقطر المجمعة بين مختلف السرعات في التجربة 4	الشكل (19-4)
56	.....	منحنيات كمية الماء المجمعة نظريا و تجريبيا الخاصة بالتجربة 4	الشكل (20-4)
57	.....	منحنيات مقارنة المردود الطاقوي في التجارب الأربعة	الشكل (21-4)

## قائمة الرموز و الإصطلاحات

الرموز	الإصطلاحات الرموز اللاتينية	الوحدة
	المساحة.....	
	الإنتشارية الحرارية.....	
	التركيز الكتلي.....	
	سرعة الموجة في الوسط.....	
	سرعة الموجة في الفراغ.....	
	التركيز المولي.....	
J	الحرارة النوعية.....	
	الكثافة المتوسطة للشمس.....	
	الكثافة المتوسطة للأرض.....	
	سمك الطبقة القشرية.....	
	تسارع الجاذبية الأرضية.....	
	التدفق الإشعاعي الشمسي الساقط على السطح الزجاجي.....	
	معامل الإنتقال الحراري الموضعي.....	
	معامل الإنتقال الحراري المتوسط.....	
	معامل الحمل الحراري.....	
	زاوية الارتفاع الشمس.....	
	الأنتالي الماء الخاصة بالتبخير.....	
	توقيت الغروب.....	
	توقيت الشروق.....	
	الحرارة الكامنة للتبخير.....	
	معامل الإنتقال الكتلي.....	
	طول الصفيحة المستوية.....	
	الانبعاثية الإشعاعية للسطح الباث.....	
	الكتلة المولية للهواء.....	

	كتلة الأرض الظاهرية.....
	كتلة الشمس.....
	التدفق الكتلي.....
	عدد الجسيمات.....
	عدد المولات.....
	الضغط الجزئي للغاز.....
<i>Pa</i>	الضغط الجزئي للبخر.....
	الضغط الجزئي للغاز عند الارتفاع.....
	الضغط الجزئي للغاز عند السطح الحر للماء.....
	الضغط الجوي.....
	الضغط الجزئي للبخر المشبع.....
<i>W</i>	الإستطاعة الحرارية.....
<i>W</i>	الطاقة المشعّة للشمس.....
	ثابت الغازات المثالية.....
—	رقم رايلي (RAYLEIGH) لإنتقال الحرارة بالحمل الحر.....
	القطر المتوسط للشمس.....
—	الرطوبة النوعية.....
	نصف قطر دوران المدار الإهليجي.....
	المدى النهاري.....
	الزمن.....
	درجة الحرارة.....
	الزمن الشمسي الحقيقي.....
	السرعة.....
	الحجم.....

### الرموز الإغريقية

- ..... معامل الامتصاص الإشعاعي
- ..... معامل الانبعاث الإشعاعي للسطح الباث

- .....معامل الإمرار الحراري
- .....التوصيلية الحرارية
- .....زاوية خط الطول
- .....اللزوجة التحريكية
- .....الكتلة الحجمية
- .....معامل الانعكاس الحراري
- .....ثابت ستيفان-بولتزمان
- .....الرطوبة النسبية
- .....زاوية السمات الشمسي
- .....درجة التشبع
- .....زاوية دائرة العرض
- .....زاوية ميل الشمس
- .....زاوية الساعة الشمسية (الزاوية الزمنية)
- .....سمت الرأس
- .....المردود الطاقوي

#### الدليل السفلي

- .....الوسط الخارجي ( المحيط Ambiente )
- .....الهواء الرطب داخل خلية التقطير
- .....حوض الماء المالح (Bassin)
- .....التبادل الحراري بالحمل بين الغطاء الزجاجي و الهواء
- .....التبادل الحراري بالحمل بين الماء و الغطاء الزجاجي
- .....التبادل الحراري بالحمل بين الغطاء الزجاجي و الماء
- .....المنتشر (diffusion)
- .....المباشر (direct)
- .....الغطاء الزجاجي (giass)
- .....التبادل الحراري بالتبخير بين الماء و الغطاء الزجاجي

- .....الضباغات الحرارية عبر طبقة البوليستيران
- .....الضباغات الحرارية عبر العوازل الخشبية
- .....التبادل الحراري بالإشعاع بين الغطاء الزجاجي و الهواء
- .....التبادل الحراري بالإشعاع بين الماء و الغطاء الزجاجي
- .....القبة السماوية
- .....الكلي (Total)
- .....الماء (Water)

## المقدمة

منذ القدم إرتبط الماء بالحياة نفسها لقوله تعالى في كتابه الكريم : " و جعلنا من الماء كل شيء حي أفلا يؤمنون" فالماء يعد ذلك السائل العجيب، و القاعدة الأساسية التي تقوم عليها الحياة فوق الأرض و مما لاشك فيه أن الماء كان و لا يزال أولى أساسيات بقاء الإنسان و ازدهاره.فهو يعتبر مصدرا حيويا أساسيا و بالرغم من أن نسبة الماء على سطح الكرة الأرضية 71 % إلا أن 95 % مياه مالحة و 3 % مياه عذبة ، ثلثي هذه المياه العذبة متجمد في القطبين الشمالي و الجنوبي إلا أن الكثير من الدول في العالم تعاني نقص المياه الصالحة للشرب فمياه الأنهار ليس من السهل الوصول إليها. هذا من جهة و من جهة أخرى غالبا ما تكون غير مطابقة لقواعد حفظ الصحة. و تعتبر الجزائر واحدة من بين الدول التي تعاني من ندرة المياه الصالحة للشرب، لهذا لجأت إلى تحلية ماء البحر، بالرغم من أنه يتواجد بها مصادر طبيعية لمياه الشرب، لكنها محدودة جدا، ولا تكفي لسد الحاجيات الضرورية التي تتزايد بشكل سريع جدا فمن الطبيعي و المنطقي إذا 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). و بما أن للماء هاته الخصائص فقد توصل الإنسان إلى استخراج الماء الصالح للشرب بكميات كافية و ثمن معتدل من مختلف المياه المالحة لتحقيق التوازن بين الطلب و العرض و هذا بتصفية المياه أو مياه البحر التي تسمح بإنتاج الماء عندما جزء من هذا الماء يغذى من معمل يحوله إلى ماء نقي باستعمال الطاقة الكهربائية أو الحرارية، و لكن هذا غير مناسب لأن العالم الآن يتجه نحو إستغلال الطاقة الشمسية و التي تعتبر المصدر الأساسي لجل الطاقات المتجددة المعروفة في حاضرتنا الآن، و يعتبر التقطير الشمسي كحل يطرح لحل مشكلة نقص المياه الصالحة للشرب في المناطق الجافة الصحراوية حيث أن إنتاج الماء النقي بتقنية التقطير الشمسي لها آفاق كبيرة في الصناعة و الاقتصاد، و ذلك لأن الطاقة المستهلكة في الإنتاج هي طاقة حرارية أصلها الإشعاع الشمسي الملتقط من سطوح سوداء، هذه السطوح تسخن عند استقبالها لأشعة الشمس و منه يمكن الاستفادة من الحرارة التي يمكن تحويلها إلى حرارة تبخير

للماء المالح، فتبقى الأملاح مترسبة فوق السطح الساخن و ينتج لنا بخار ماء نعرض البخار لسطح بارد فتحدث عملية التقطير.

و هذا ما سنتناوله في هذه الأطروحة بالاستعانة بمقطين شمسيين بسيطين وحيدى الميل على مستوى وحدة البحث بمخبر الطاقات المتجددة للمناطق الجافة و الصحراوية (LENREZAS) بكلية الرياضيات و علوم المادة بجامعة قاصدي مرباح بورقلة، ذلك لأن منطقة ورقلة تتميز بمقادير جوية خاصة (إشعاع شمسي معتبر، طول مدة التشميس، درجة حرارة الهواء المحيط معتبرة.....).

و هدفنا الأساسي في هذا البحث هو إنشاء خلية تقطير شمسي دائمة لتزويد مخابر الفيزياء بالماء المقطر اللازم للأجهزة التي تستعمل في حصص الأعمال التطبيقية من قبل الطلبة.

تحتوي هذه الأطروحة إجمالاً على أربعة فصول حيث نتطرق في البداية في الفصل الأول إلى أنواع المقطرات الشمسية بالتفصيل و بالرسومات التخطيطية لكل نوع من الأنواع، كما سنتعرف إلى تقنيات تصفية المياه المالحة ومبدا عملها ، أما في الفصل الثاني سنهتم بالدراسة النظرية للمقطر الشمسي البسيط وحيد الميل حيث سنتطرق لمختلف العلاقات النظرية الخاصة بمختلف الظواهر الفيزيائية الداخلة في عملية التقطير(انتقال الحرارة، تغير الطور، ظاهرتا التكثيف و التبخير، الإشعاع الشمسي، الهواء الرطب)، وفي الفصل الثالث سنقوم بدراسة معادلات التوازن الحراري و الكتلي على مستوى مختلف أجزاء المقطر (الزجاج، الماء، السطح الأسود)، ثم يأتي سرد للتجارب التي تمت على المقطين المقترحين في الدراسة و النتائج المتحصل عليها من خلال سلاسل التجارب و مناقشتها في الفصل الرابع، و في الأخير الخروج بخلاصة عامة.



# الفصل الأول

## بحث في المراجع حول مختلف المقطرات

يحتوي هذا الفصل على تقنيات تصفية المياه المالحة و بعض أنواع المقطرات الشمسية والمتمثلة في

- أنواع المقطرات الشمسية (المقطر البسيط، المقطر المتعدد).
  - تقنيات تصفية المياه المالحة ومبدأ عملها.
-

**I-1) إشكالية الماء**

إن الحاجة لإيجاد مصادر للمياه الصالحة للشرب في العالم في تزايد مستمر وذلك راجع لنقص المياه الجوفية وخاصة في المناطق الجافة، والمناطق شبه الجافة، ونجده في المناطق الحضرية مطروحا بشكل واضح وذلك راجع لأسلوب الحياة و تزايد عدد السكان في هذه المناطق.

وبما أن مياه الأمطار لا تتساقط بشكل مستمر، وذلك يرجع دائماً للجفاف والتصحر، وهذا الوضع يؤدي للبحث عن مصادر للمياه لا تنفذ حتى وإن كانت مالحة مثل المياه الجوفية والتفكير منصب كذلك في الطرق التي تجعل المياه المالحة (l'eau saumâtre) صالحة للشرب (potable)، فمثلا مياه منطقة ورقلة لها خصائص بعيدة عن المقاييس المتفق عليها في منظمة الصحة العالمية، كمية الملوحة فيها تقدر من 1500 إلى 2000 (p.p.m). ونزع الأملاح من هذه المياه غير الصالحة للشرب يتم بطرق تقليدية باستعمال الطاقة الكهربائية أو الحرارية. ومن أجل تحديد المشاكل والتغلب عليها يجب توفير كمية كافية من المياه في المناطق التي تشكو نقصاً فيه وخاصة المناطق الجافة .

نسب المستهلكين للمياه (تستثنى منها مياه الري) [24] هي :

8% من المستهلكين يستغلون 5 L/ per /jour .

26% من المستهلكين يستغلون 5 إلى 20 L/per/jour .

50% من المستهلكين يستغلون 20 إلى 40 L/ per /jour .

16% من المستهلكين يستغلون أكثر من 40 L/ per /jour .

أقل كمية مقدره والضرورية للحياة هي 40 L/ per /jour، ومنه ينتج أن 84% من سكان المعمورة يعانون نقصاً في حاجتهم الضرورية للمياه.

**I-2) وجهة النظر لإقتصادية حول إستغلال الطاقة الشمسية**

نظرا لاستنزاف الطاقات التقليدية كطاقة النفط والفحم الحجري، وحتى الطاقات الفعالة وذات المردود العالي كالطاقة النووية، وجب البحث عن مصادر للطاقة دائمة أو لها دورة مُجدِّد فيها، ومن بين تلك الطاقات الواعدة هي الطاقة الشمسية بشكلها الحراري والمتمثل في الإشعاع الحراري، وشكلها الكهربائي والمتمثل في الفعل الكهروضوئي، وفي بحثنا هذا سوف ندرس النوع الحراري من الطاقة الشمسية لإنتاج المياه الصالحة للشرب، وتكون هذه المياه إما نقية تماما (بالتقطير) أو صافية من بعض الأملاح المعدنية التي كانت ذائبة فيها، وبعدها تعالج

للحصول على مياه قابلة للشرب. ونركز في دراستنا هذه على المقطرات الشمسية والتي تعتمد على الفعل الحراري الناتج من الإشعاع الحراري الشمسي، وكذلك لتحسين فعالية كل مقطر، واستنتاج المقطر الأكثر فعالية.

كما أننا استعملنا في التجارب مياه منطقة ورقلة كمياه جوفية ذات الخواص التالية [27]:

### I-2-2) التحليل الفيزيائي والكيميائي للمياه الجوفية بمنطقة ورقلة

كل الشوارد مقاسة بـ mg/L.

المجموع	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	قساوة	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
2961	---	38	749	19	103	106	249	107	625	965

جدول (1-1): تركيز الأملاح الشوارد الكيميائية في مياه منطقة ورقلة

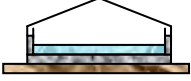
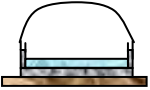
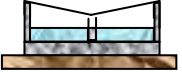
تركيز الأملاح في مياه منطقة ورقلة يقدر بـ : 2,961 g/L [6].

### 4-1) التقطير الشمسي

#### 1-4-1) لمحة تاريخية عن التقطير الشمسي

منذ القدم عرف الإنسان أن للشمس طاقة هائلة، وحاول إيجاد أساليب هذه الطاقة لاستغلالها بالشكل الذي يجعلها مفيدة له. فمن أولى الاكتشافات هو إدراك الإنسان لظاهرة تسخين مياه الأحواض المعرضة مباشرة لأشعة الشمس وبعد ذلك اخترع مادة الزجاج لِمَا لديها من خواص، بحيث من الممكن تصنيع عدسات ومرايا تساهم في استغلال هذه الأشعة. وأول استخدام لطاقة الشمس في التقطير كان سنة 1872 في شمال الشيلي (Chili) في صحراء (Las salinas)، وكان على شكل أحواض سوداء مغطاة بالزجاج. فالقاعدة السوداء تستعمل كماص (Absorbant) لأشعة الشمس، ويوضع في هذا الحوض الساخن ماء على سُمْك رقيق، فيعمل السطح الأسود عمل المُبَجِّر، ويُستَقْبَل البخار المتصاعد من طرف السطح الداخلي للزجاج المائل بزواية 20°، ذو درجة حرارة أقل من الماص الأسود نسبياً مما يؤدي إلى تكاثفه مباشرة، ويتجمع في قناة خاصة بالماء المُقَطَّر.

ويُعتمد هذا المبدأ إلى حد الآن مع تغير بعض العوامل الداخلة في زيادة كمية الماء المُقَطَّر، ويسمى أيضا هذا المبدأ بالتقطير الشمسي ذو الحوض أو حوض التقطير والجدول (1-2) يوضح المراحل التاريخية لهذا النوع والتحسينات التي تمت عليه. كمية الماء المُقَطَّر الناتج من المُقَطَّر الشمسي ذو الحوض تتراوح بين 1 إلى 5 لترات في اليوم لكل متر مربع من الحوض، وتتغير تبعا للعوامل الداخلية المُتعلِّقة بالجهاز والخارجية المتعلقة بحالة الجو وشدة الإشعاع الساقط. وما يهمنا هنا العوامل التي قد درست من طرف الباحثين في هذا المجال من حيث انتقال الحرارة كمفعول شدة الإشعاع ودرجة حرارة الغطاء.

المكان الذي تم فيه الإنجاز	تاريخ الإنجاز	الإنتاج بـ: L/m <sup>2</sup> /j	الإنتاج بـ: L/jour	الإشعاع الشمسي W/m <sup>2</sup>	الشكل المستعمل في الإنجاز
Muresk II(Australia)	1966	4,03	2,2	246	
Coober pedy	1966	3,987	3,22	246	
Caiguna	1966	4,03	-	246	
Hamelin pool	1967	3.87	-	-	
Las Salinas(Chili)	1872	3,99	-	-	
Bhavnagar(India)	1965	-	1,5	-	
Aldabra(Ind.ocean)	1969	3,8	-	250	
Bakharden(USSR)	1969	4	1,75	-	
Shafrikan(USSR)	1970	4	1,75	-	
Natvidad(Mexico)	1969	-	0,41	400	
Chakmou(Tunisia)	1967	1,8	0,75		
Mahdia	1968	5,23	4,48		
Haiti(Caribbean)	1969	4,03	0,81		
Patmos(Greece)	1967	3,95	8,08	-	
Kimolos	1968	3,9	8,14		
Nisoros	1969	3,99	6,51		
Fiskardo	1971	4,0	-		
Megisti	1973	3,99	-		
Gwadar I (pakistan)	1969	3,9	1,2		
Gwadar II	1972	3,96	-		
Purta Chale(Mexico)	1974	3,3	1,0	-	
Purta Eugenia	1974	-	1,5		
Townsville(Australia)	1969	0,56	-		
Petit st.Vincent (west Indies )	1967	3,97	5,29		

الجدول (2-1) : المسار التاريخي للمقطر الشمسي ذو الحوض

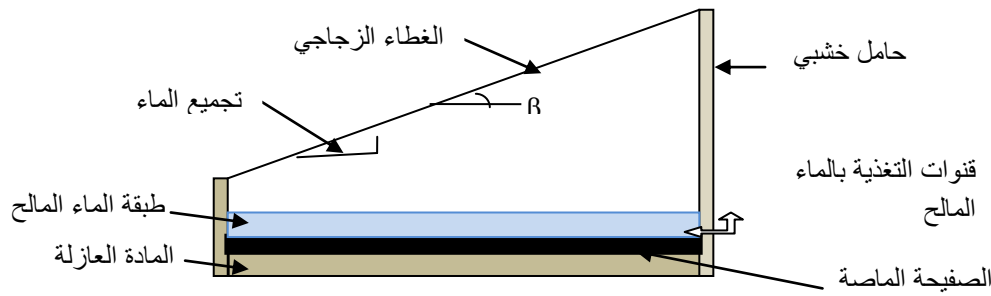
2-4-I أنواع المقطرات الشمسية

1-2-4-I المقطرات البسيطة ( Distillateur a simple effet )

هذا المقطر الأكثر استعمالا في العالم، بحيث يحتوي على حوض مملوء بالماء المالح وملون (مدهون) باللون لأسود من أجل التقاط أكبر كمية من الإشعاع الشمسي ويغطي بلوح من الزجاج ويجب ان يكون هذا الأخير مائلا ليتكثف البخار في الجزء الداخلي للغطاء، ومن بين ايجابياته تحقيقه وصيانته بسهولة، ثمنه نوعا ما منخفض، وتوجد عدة نماذج لهذا النوع [23][28] من بينها :

(a) مقطر بميل واحد ( Distillateur a pente unique )

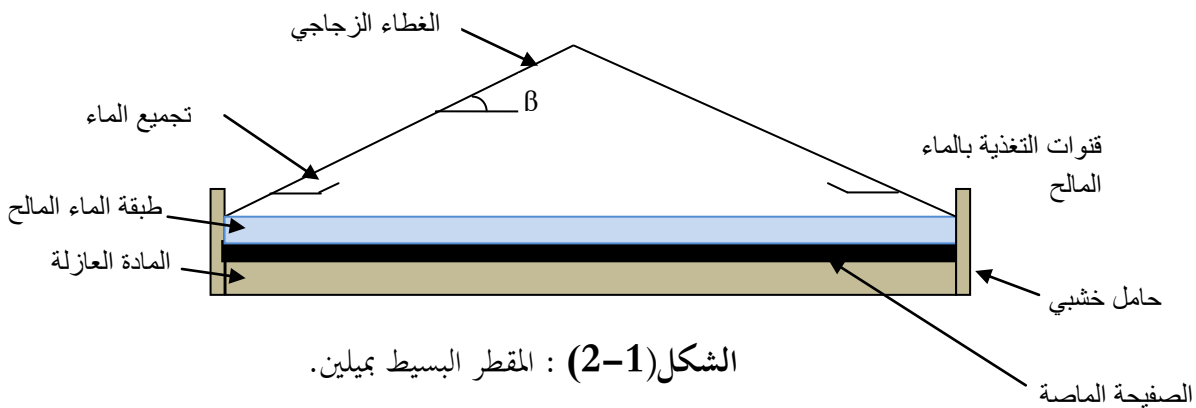
هو مقطر بلاقط واحد مائل بزاوية  $(\beta)$ ، وهو سهل التنظيف نظرا لسهولة تركيبه [19]، الشكل (1-1)



الشكل (1-1): مقطر بسيط بميل واحد

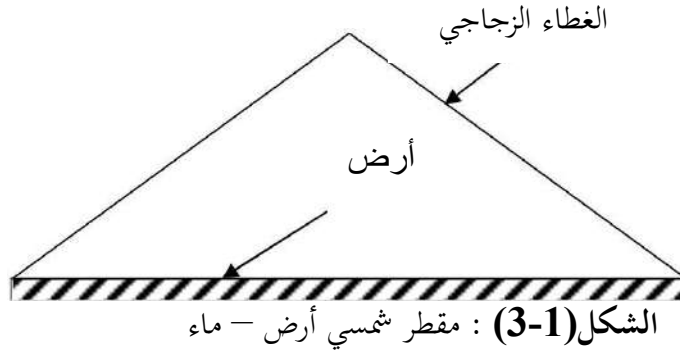
(b) مقطر بميلين ( Distillateur a double pentes )

ويسمى كذلك مقطر بلاقطين، بحيث كل واحد منها يميل بزاوية  $(\beta)$ ، ومن مميزات أنه إحداهما يوجه للشمس والآخر للظل لتسريع عملية التكثيف [19]، الشكل (2-1).



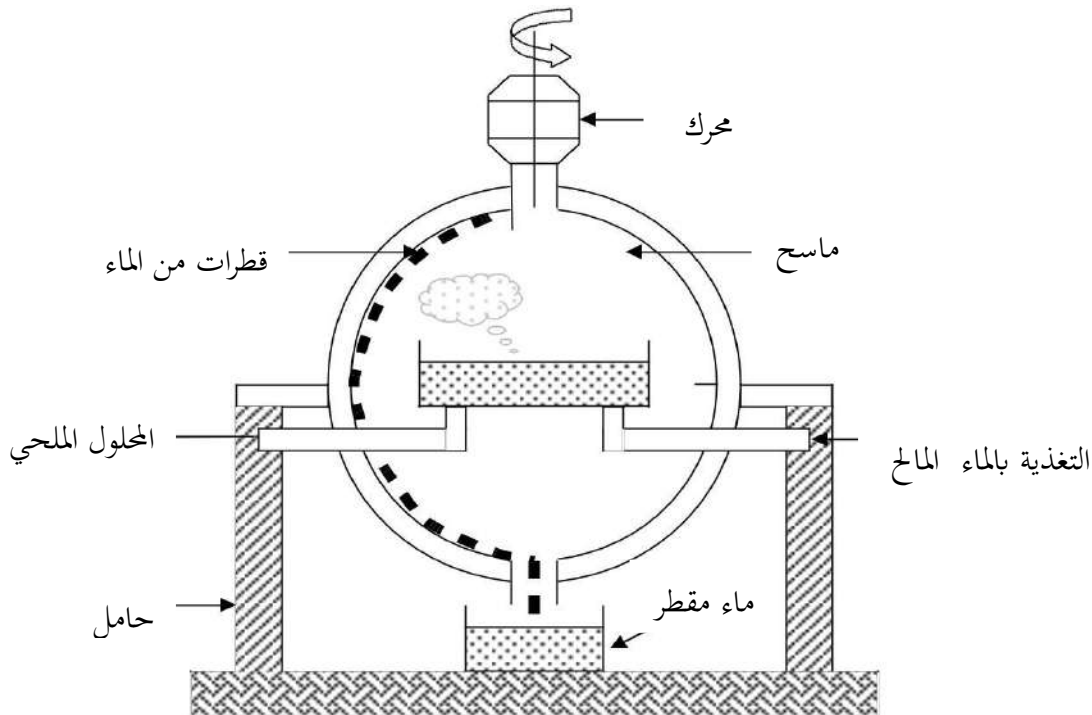
الشكل (2-1): المقطر البسيط بميلين.

(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 [28]، الشكل (3-1).



(d) مقطر كروي بماسح ( Distillateur spherique a balayage )

أول من إقترحه هذا المقطر 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 شفافا يستعمل في السطح الداخلي ماسح يدور بواسطة محرك كهربائي في أعلى المقطر [1][17][16]، الشكل (4-1).



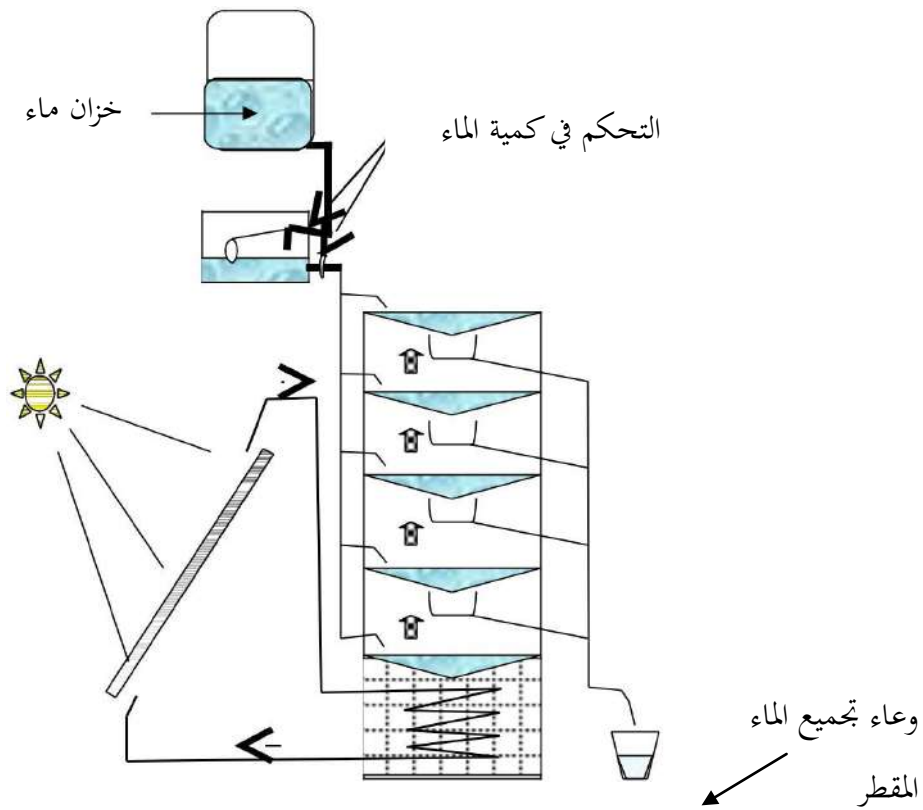
الشكل (4-1) : مقطر كروي بماسح.

### I-4-2-2) المقطرات المتعددة (Distillateurs a multiples effets)

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

#### a- المقطر الشمسي متعدد الطوابق (Distillateur solaire a multiples etages)

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 [19][1][16]، الشكل(1-5).

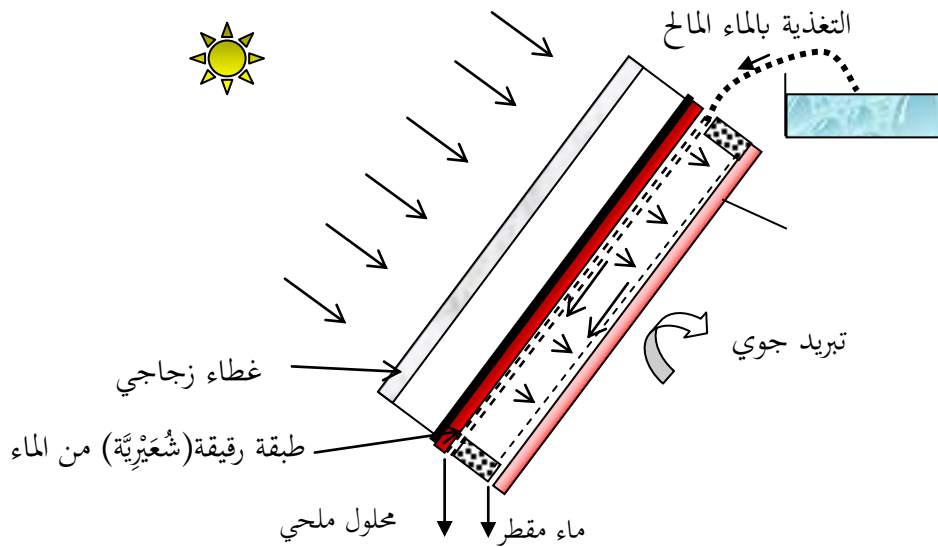


الشكل(1-5) : المقطر الشمسي المتعدد الطوابق.

#### b- المقطر الشمسي بالخاصية الشعرية (Distillateur solaire a film capillaire)

أول من اقترح هذا النوع من المقطر هو Pr.P.Legofe بمخبر العلوم والهندسة الكيميائية بـ Nancy بالتعاون مع Pr.Ouahes بجامعة الجزائر، وهو عبارة عن مجموعة من الطوابق المعدنية (من الألمنيوم مثلا) متقابلة ومتوازية عموديا، مركبة داخل إطار خشبي معزول حراريا جيدا من الجهات الجانبية، كما يوجد غطاء زجاجي في الجهة العليا، إن

الطابق الأول مطلي باللون الأسود لإمتصاص أكبر قدر من الطاقة الشمسية الساقطة عليه، وجميع الطوابق مغطات من الخلف بقماش من نوع الشاش للإمتصاص و الإلحفاظ بالماء المراد تحليته، والذي بدوره يمتص الحرارة من الطابق الأول (L'absorbeur) فيتبخر الماء بفعل الحرارة المكتسبة من الإشعاع الحراري، ويتكاثف على السطح المقابل البارد، كما أن الحرارة المكتسبة من التكثيف تقوم بتسخين الماء السائل على الشاش الملتصق خلف سطح التكثيف، وهكذا تتكرر العملية حتى الطابق الأخير [18][5][26]، الشكل (1-6).



الشكل (1-6): المقطر الشمسي بالشريط الشعيري للماء (طابق واحد) مزود بغطاء زجاجي

## 5-I) تقنيات تصفية المياه المالحة -dessalement-

### 1-5-I) تقنية التقطير -mécanisme de distillation-

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

عملية التقطير تنقسم مبدئياً إلى عمليتين : عملية تبخير (évaporation) تتم بفعل مصدر حراري، ثم تحوّل بخار الماء باتجاه مكثف (condenseur) له درجة حرارة منخفضة نسبياً، وتتم العملية مادام هناك فرق في درجة الحرارة بين هذين العنصرين المُركبين للمُقَطِّر، وعموماً كلما كان الفرق كبيراً كانت كمية المياه النقية المُنتجة كبيرة. وينتج عن هذه العملية مياه شديدة الملوحة -محلول ملحي saumure- نستخلص منها الأملاح المعدنية الضرورية



غذائياً . ككلوريد الصوديوم NaCL-ملح الطعام- وفي حالة عدم استغلال هذه المياه ذات الملوحة العالية، لوجود مصدر كافي من الأملاح نصرّفها . وعموماً كل المقطرات مهما كان شكلها أو مبدأ عملها تحتاج مصدر حراري ساخن للتبخير، ومصدر حراري بارد للتكثيف.

### I-5-2) تقنية فصل الماء عن الأملاح الذائبة فيه - osmose inverse -

وتتمثل هذه العملية كما سلف إيجازاً في تقنية النضح العكسي أو الظاهرة الأسموزية العكسية وتعتمد على السلوك الطبيعي الذي يسلكه أي مذاب (الأملاح)، بحيث أنه يتجه إلى المناطق الأقل تركيز في المذيب (الماء)

### I-6-6) مبدأ عمل مصفيات المياه المالحة [21]

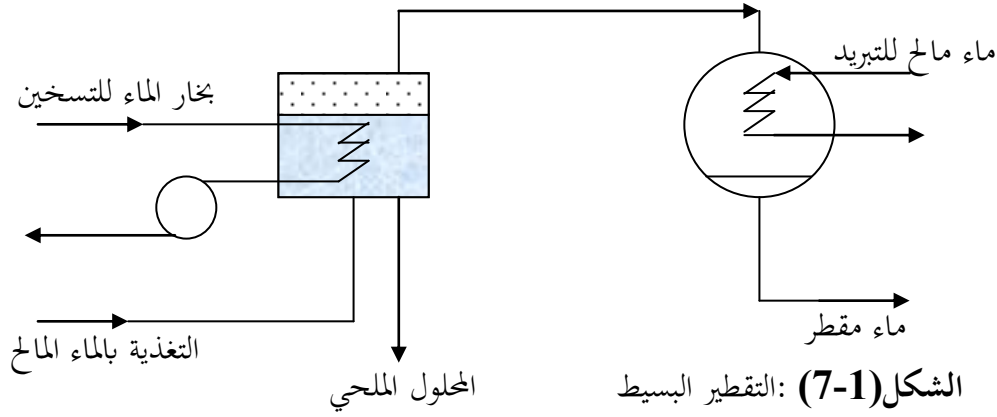
#### I-6-1) التقطير البسيط-(SED)

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

مبدأ عمل الجهاز: وهو موضح في الشكل (1-7)، ويعتمد مبدئياً على دخول الماء المالح إلى خلية التقطير بدرجة حرارة  $(T+\Delta T)$  و  $\Delta T$  هو مقدار الزيادة في درجة الحرارة الناجم من التسخين الأولي.

- و في داخل الخلية نجد مبدل حراري على شكل حلزوني أو أي شكل يضمن التبادل الحراري، بين الماء المالح وبخار الماء الدّاخِل لهذا المُبدّل.
- يفقد بخار الماء جزء من الحرارة ممّا يؤدي إلى تكثيفه، ويتحول إلى ماء سائل، ويسخن من جديد في دورة مغلقة.

الجزء المفقود من الحرارة يكتسبه الماء المالح من أجل تبخيره، يتجه بخار الماء الناتج إلى خلية ثانية من أجل تكثيفه، وتكثيفه ينبغي وجود عنصر بارد يتمثل في مبدل حراري ثاني، يسري فيه ماء مالح بارد طبيعياً (ماء البحر أو مياه جوفية باردة) .



التكلفة : هذا الأسلوب يُستعمل صناعياً، لكن تكلفته الإنتاج عالية، وتقدر بـ : 84 إلى 1000 كيلو واط / م<sup>3</sup> [21]

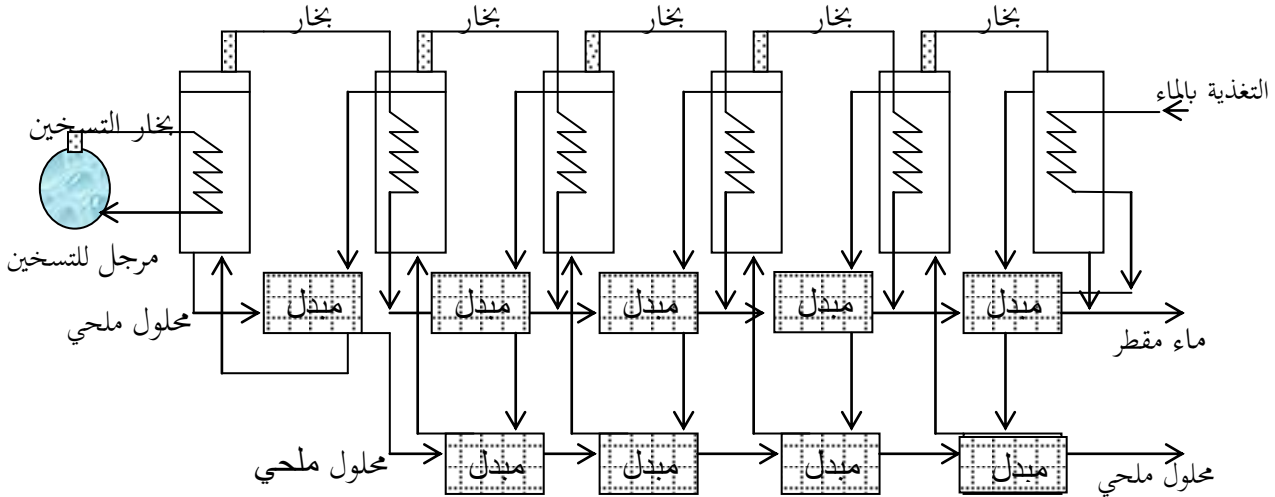
### (2-6-I) التقطير المتعدد (MED)

من أجل رفع مردود عملية التقطير، يجب استرجاع جزء من الحرارة الضائعة عند التكثيف في الخلية الثانية لاستعمالها كحرارة تسخين أولى، تُحقق مبدأ العمل التالي :

مبدأ عمل الجهاز : في الشكل (8-1)، ويعتمد هذا الجهاز على عدة طوابق-خلايا- للتقطير، ونستعمل في كل طور مفعول بسيط للتقطير، بحيث أن البخار المنتج من المبخّر الأول يُكثف في مكثف الخلية الثانية، ومنه يعطينا بخار قليل الضغط، وهكذا تتم العملية مع جميع الطوابق بنفس المبدأ، والحرارة المُتبقية إن وُجدت تُستخدَم لتسخين المياه المُعالجة، واستخدمها لأغراض أخرى. في المجال الصناعي يُستخدَم عادة من ستة إلى سبعة مبخّرات ومكثفات، تعمل بنفس المبدأ، وهذا المبدأ أستعمل لأول مرة في أوائل القرن التاسع عشر ميلادي . ويتم اختيار عدد الطوابق لرفع معامل الفعالية للجهاز، والمتمثل في كمية الماء المنتج مقسومة على كمية البخار الناتج من التسخين الأولي لكل طابق، ويسمى أيضاً قيمة الإنتاج للجهاز. والقيمة الفعالة لعدد الطوابق هي 40.

إذا رمزنا بـ :  $\eta_{mas}$  لمعامل الفعالية و  $\dot{D}$  كمية الماء المنتج و  $\dot{m}$  كمية البخار الناتج من المبخّرات يكون لدينا

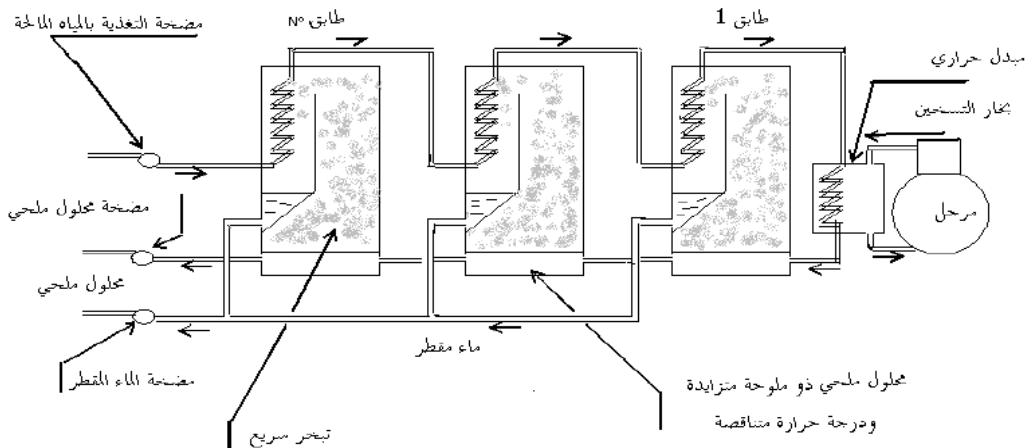
$$\eta_{mas} = \frac{\dot{D}}{\dot{m}} \quad \text{ما يلي :}$$



الشكل (8-1) : التقطير المتعدد

طريقة التقطير مع التَّبَخُّر اللحظي (vaporisation instantanée) - السريع - بالتمدد المُتَوَالِي للبخار، تعتمد على مجموعة من الطوابق، وهي من أولى الطرق المُستعملة في التقطير، من أجل استرجاع الحَرارة الضائعة، وقد طُوِّرَ هذا المَبْدَأُ بفضل أبحاث R.S.Silver في مصنع تَحْلِيَةِ المِيَاهِ المَالِحَةِ بِمَدِينَةِ "Lille" بفرنسا [20].

مبدأ عمل الجهاز: في الشكل (9-1)، ويعتمد على درجة حرارة نسبياً ضعيفة، واستخدام الماء المالح البارد لتكثيف البخار الناتج في كل طابق مُبَخَّر. داخل المُبَخَّر نُجِد المَاء المالح، تُحَتَّ درجة حرارة معينة والضغط ينخفض تدريجياً، بحيث أن الماء والبخار في حالة توازن، فيعوض البخار التَّنَاقُص في الضغط. دوران الماء البارد في مبدل حراري يضمن انخفاض في درجة حرارة البخار، وبالتالي يؤدي إلى تكثيفه على الجدار الخارجي للمُبَدِّل، وهكذا تتم العملية بالتوالي على كل الطوابق. وفي العالم يوجد العديد من المصانع تعمل على هذا المبدأ، منتجة ما يزيد على بضع المليارات من الأمتار المُكعَّبة في اليوم.



الشكل (9-1): مبدأ التقطير بالتبخير اللحظي بطوابق متعددة

### I-6-3) تقنية فصل الماء عن الأملاح الذائبة بالأغشية -Membranes-

هذه التقنية تعتمد على أغشية شبه نفاذة، تستعمل من أجل فصل الملح عن الماء، وتتم عملية الفصل تحت درجة حرارة الجو العادية -بدون تسخين - مع استهلاك لكمية من الطاقة الكهربائية، ويوجد أسلوبين في هذه التقنية وهما الأسموز العكسي (النضح العكسي) والأسموز الكهربائي (النضح الكهربائي) [21].

#### I-6-3-1) الأسموز العكسي (التناضح العكسي)

لمعرفة مبدأ هذه التقنية نعرف أولاً ظاهرة الأسموز الطبيعية .

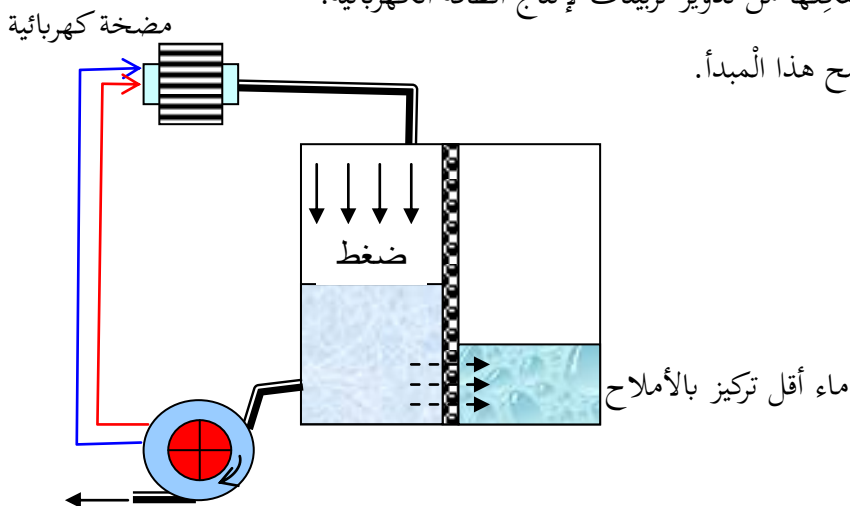
**الأسموز:** تتم ظاهرة الأسموز عند وجود محلولين سائلين مُختلِفَيْن في تركيز المادّة المُذابة فيهما، فينتقل المحلول من الوسط الأقل تركيز إلى الوسط الأكثر تركيز وبوجود غشاء .

ففي حالة الماء نفضل بين الوسطين المُختلِفَيْن في التركيز بالأملاح بغشاء شبه نفاذ، لا يسمح للأملاح بالمرور عبره، نضع الماء المالح في حوض أول يفصل بينها 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 .

إنتاج هذه الأسلوب يقارب  $1 \text{ m}^3/\text{jour}/\text{m}^2$  من الغشاء، والطاقة المُستهلكة تقدر ما بين 4 إلى  $7 \text{ KWh}/\text{m}^3$  من الماء المنتج.

ومن أجل الاقتصاد في الطاقة نستعمل الطاقة الكامنة في المياه المالحة التي نُصرفها للتخلص منها، فوجودها في مكان مرتفع نسبياً، يُمكنها من تدوير ترينينات لإنتاج الطاقة الكهربائية.

الشكل(1-10) يوضح هذا المبدأ.



توربين يدور بفعل الطاقة  
الكامنة للماء المالح متصل  
بمولد كهربائي

الشكل(1-10): تنقية المياه المالحة بتقنية الأسموز العكسي

**(2-3-6-I) الأسموز الكهربائي (التناضح الكهربائي - Electrodialyse)**

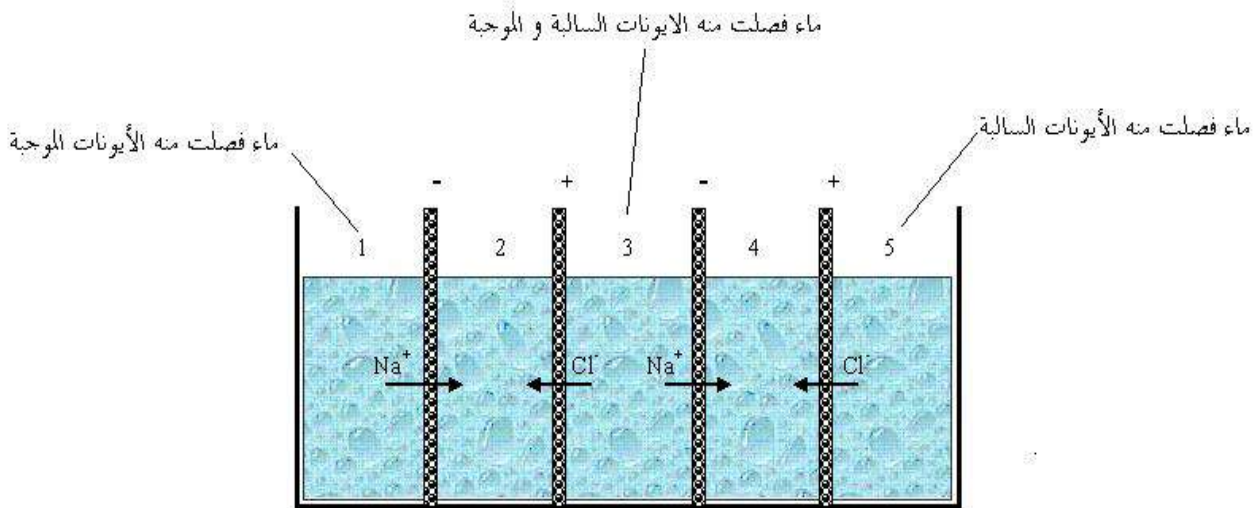
يتم فصل الأيونات كيميائياً بفعل التجاذب الكهربائي، وتسمى هذه التقنية أيضاً بتقنية الأسموز الأيوني، ونستعمل في ذلك أغشية نفاذة للماء واختيارية، تُختار نوعاً خاصاً من الأيونات سالبة (cation) أو موجبة (anion) حسب نوع الكهرباء المستقطبة في هذه الأغشية. كما هو موضح في الشكل (1-11)، قسم الحوض إلى خمس أحواض مفصولة بأربعة أغشية مستقطبة بالتناوب (+، -، +، -).

الحوض 1 به ماء فُصلت منه الأيونات الموجبة.

الحوض 5 به ماء فُصلت منه الأيونات السالبة.

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

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



الشكل (1-11) :تقنية الأسموز الأيوني (الأسموز الكهربائي) لفصل ملح NaCl عن الماء المالح (ماء البحر مثلاً)

## الفصل الثاني

### دراسة نظرية للمقتر الشمسي البسيط

يحتوي هذا الفصل على مختلف العلاقات النظرية الخاصة بالظواهر الفيزيائية الداخلة في عملية التقطير و المتمثلة في

- انتقال الحرارة
- تغير الطور
- ظاهرتا التبخير و التكثيف
- الإشعاع الشمسي
- نظريات الهواء الرطب

## 2-II مقدمة

الدراسة النظرية لعملية التقطير تعطي العلاقة بين المُقَادِير الفيزيائية الداخلة في هذه العملية، وتعطي تفسيرات لِمَا يَحْدُث من ظواهر فيزيائية مرتبطة مع بعضها البعض، وسَنَدْرُس الظواهر المُتَرَامِنَة منها وغير المُتَرَامِنَة من حيث الحُدُوث، ومن تلك الظواهر الفيزيائية نَحْدُ: انتقال الحُرارة (بالتوصيل و بالحِمْل و بالإشعاع) وَتَحْوُل طَوْر المَادَة (بين الأطوار الثلاثة غازي و سائل وصلب)، ونضيف إلى ذلك ظاهرتا التبخير و التكثيف ونظريات الإشعاع الشمسي و الهواء الرطب.

## 2-II الظواهر الفيزيائية الأساسية في التقطير [1]

### 1-2-II انتقال الحرارة

**1-1-2-II تعريف:** "انتقال الحُرارة" هو تَحْرُك كمية الحرارة من نقطة إلى نقطة بوجود تدرج في درجة الحُرارة

والانتقال يتم مهما كان نوع الوسط، حتى بعدم وجود وسط مادي (مثلا فراغ في حالة الإشعاع)، ويتم الانتقال بـ:

- 1) التفاعل المُباشر لِجَسِيَمَات المَادَة المُتَقَارِبَة (بالتصادم مثلا)، وهذا يَحْدُث في التوصيل الحراري.
- 2) الامتصاص أو البث للإشعاعات الكهرومغناطيسية، وهذا يَحْدُث في الإشعاع الحراري .
- 3) وفي حالة الغازات أو السوائل، بالحمل الحُراري تَحْمَل جسيمات المَادَة الطاقة الحرارية بشكل عشوائي بين نقطتين من الوسط المادي.

### 2-1-2-II أشكال انتقال الحرارة

#### 1-2-1-2-II التوصيل الحراري (الانتشار الحراري)

و يكون في الأوساط غير المُتَحَرِّكَة (الحُرَكَة النِسْبِيَّة للجسيمات مُهْمَلَة)، كالأوساط الصلبة. أما في الموائع فحركة الجَسِيَمَات ماكروسكوبية (عيانية)، لذلك فالتوصيل يكون ضعيفا، ويكون للتوصيل قيمة معتبرة في الطبقات الحَدِيَّة الحرارية (couche limite thermique) قرب سطوح الأجسام الصلبة، أو مائع داخل مسام صغير الأبعاد في جسم صلب.

#### 1-1-2-1-2-II قانون " فورييه " (1<sup>er</sup> loi de Fourier) الأول في الانتشار الحراري

نعتبر وسط غير متحرك (مستقر حركيا) ومتجانس (متشابه الخُوص) مُحْدُود بصفيحتين متوازيتين هُما مساحة تساوي A ومسافة بينية dx، وبينهما فرق في درجة الحُرارة dt، يكون بينهما تيار حراري (استطاعة حرارية كمية الحرارة المنقولة في وحدة الزمن  $Q = \frac{dQ}{dt}$  مقاسة بـ w= J/s) من الصفيحة الساخنة إلى الصفيحة الباردة، هذه الاستطاعة الحرارية تعطي بقانون " فورييه " الأول :

$$\frac{dQ}{dt} = -\lambda \cdot A \frac{dT}{dx} \quad (1.2)$$

بحيث المُعَامِل  $\lambda$  خاصية ذاتية لِمَادَة الوسط، تسمى التوصيلية الحراريّة (تقاس بـ  $[\lambda]_{SI} = W/m \cdot ^\circ C$ ).

### II-2-1-2-2) الحِمْل الحراري

في الانتقال الحراري بالحِمْل، تُنْقَل الحرارة مباشرة بالحركة الماكروسكوبية (العَيَانِيَّة) للمائع، و عندها يسمى المائع بـ: المائع الحامل للحرارة، والحِمْل هو شكل من أشكال الانتقال جد سريع بالمقارنة بالتوصيل. وعند ترك المائع يتحرك لوحده أو بفعل التيار الحراري الناتج من التسخين، نسمي هذا النوع بالحِمْل الحراري الطبيعي (الحر)، لكن عند التأثير على المائع بقوة فتعطيه عملا ميكانيكيا (مروحة -رج- ضخ -...) نسميه الحِمْل الحراري القسري .

### II-2-2-1-2-1) قانون "نيوتن"

نعتبر مائع حراري ذو درجة حرارة  $T_\infty$  . في تماس مع سطح جسم صلب، مساحته  $A$  ودرجة حرارته  $T_s$ ، يَحْدُث بينهما تبادل حراري (تسخين أو تبريد)، وينتقل تيار حراري  $\frac{dQ}{dT}$  قيمته حسب قانون "نيوتن":

$$\frac{dQ}{dt} = h \cdot A(T_\infty - T_s) \quad (2.2)$$

بحيث  $h$  معامل الانتقال الحراري السطحي أو معامل الحِمْل الحراري، ويعبر عن فعالية الحِمْل في نقل الحرارة (وحدته :  $[h]_{SI} = W/m^2 \cdot ^\circ C$ ).

### II-2-1-2-3) الإشعاع الحراري [16][20]

انتقال الحرارة بالإشعاع يتم بين سطحين، سطح باث و سطح ماص للإشعاعات الكهرومغناطيسية بعكس ما يَحْدُث في التوصيل والحِمْل، الإشعاعات الكهرومغناطيسية تنتشر بدون وجود وسط مادي ناقل للحرارة، فهي تنتشر حتى في الفراغ المِثَالِي .

### II-2-1-2-3-1) قانون "ستيفان- بولتزمان"

يعبر عن التدفق الحراري المُنبَث من السطح الباث :

$$M = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (3.2)$$

بحيث  $M$  : الانبعاثية الإشعاعية للسطح الباث ( $[M]_{SI} = W/m^2$ )

$\varepsilon$  معامل الانبعاث الإشعاعي للسطح الباث (بدون وحدة).

$\sigma$  ثابت "ستيفان-بولتزمان" ( $\sigma = 5.669 \cdot 10^{-8} (W/m^2 \cdot K^4)$ )



## II-2-1-2-3-2) استقبال الجسم للإشعاع (الانعكاس-الامتصاص-الإمرار)

عند استقبال جسم للإشعاع، فإن الاستطاعة الواردة له  $Q_{inc}$  تتوزع على ثلاث أجزاء : الشكل (1-2)

(1) جزء يمر عبر الجسم  $Q_{tra}$ ، ومعامل الإمرار :

$$\tau = \frac{Q_{tra}}{Q_{inc}} \quad (4.2)$$

(2) جزء يمتص عبر الجسم  $Q_{abs}$  ، ومعامل الامتصاص :

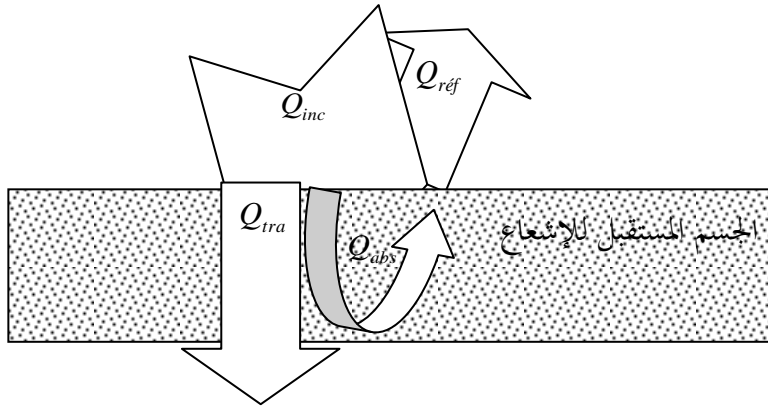
$$\alpha = \frac{Q_{abs}}{Q_{inc}} \quad (5.2)$$

(3) جزء ينعكس عبر الجسم  $Q_{réf}$  ، ومعامل الانعكاس :

$$\rho = \frac{Q_{réf}}{Q_{inc}} \quad (6.2)$$

العلاقة بين المعاملات: التوازن الحراري  $Q_{inc} = Q_{tra} + Q_{abs} + Q_{réf}$ ، معناه

$$\tau + \rho + \alpha = 1 \quad (7.2)$$

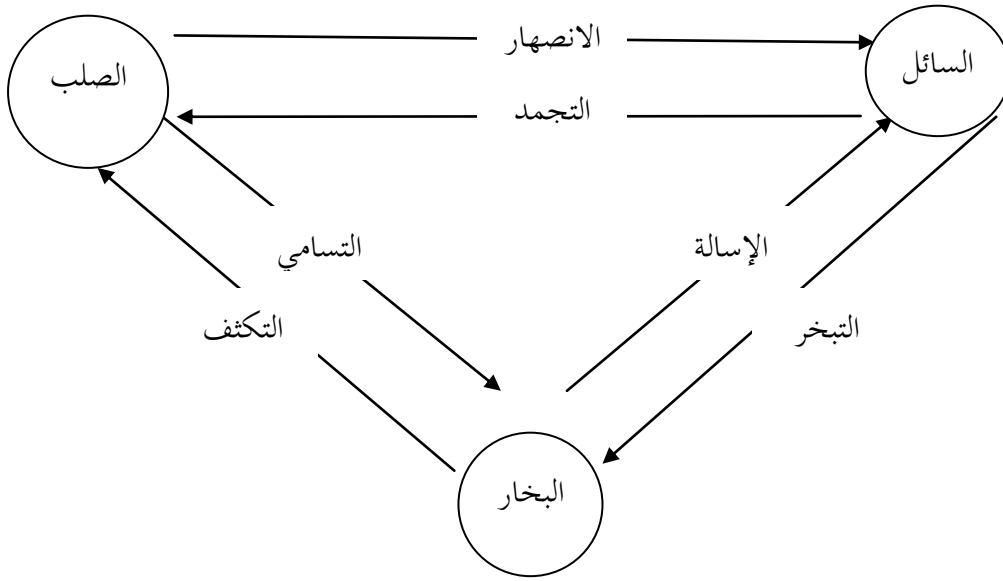


الشكل (1-2) : إستقبال الإشعاع

## II-2-2-4) تحول طور المادة

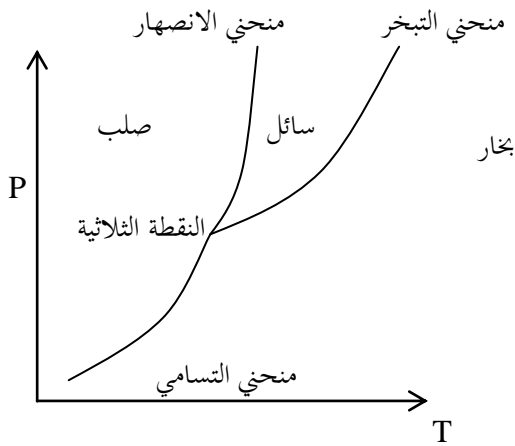
### II-2-4-1) تعريفات ومفاهيم فيزيائية

الطَّور (أو الحالة الفيزيائية) : تعريف الحالة هي كل جزء من جملة متجانس ومنفصل عن بقية الأجزاء بسطوح معلومة الحدود. والتعريف الفيزيائي يحدد عدد الحالات الفيزيائية للمادة بثلاثة، حالة صلبة وسائلة وغازية، والتحول بين هذه الحالات الثلاثة موضح في الشكل (2-2).



الشكل (2-2) : تحولات الحالة الفيزيائية

التوازن بين طورين : عند التوازن يكون فيه تواجد لطورين معا، بحيث الضغط له علاقة بدرجة الحرارة فقط ( $P = f(T)$  (monovariant))، ويصبح عندها الطورين في حالة تشبع (état de saturation) ونشكل بالمعادلة  $P = f(T)$  منحنيات التشبع، وهي ثلاثة تقسم المستوي المشكل من الضغط ودرجة الحرارة إلى ثلاثة أجزاء كل جزء يخص طورا من أطوار المادة حسب الشكل (3-2)

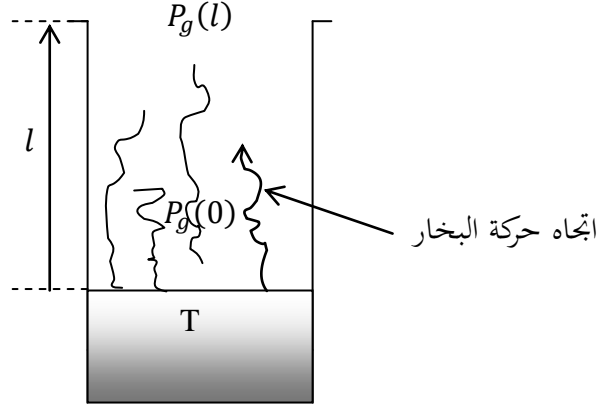


الشكل (3-2) : منحني الأطوار الفيزيائية لمعظم الأجسام المادية في الطبيعة

## 5-2-II (5-2-II) ظاهرة التبخر [20]

نعتبر حدوث ظاهرة التبخر بغياب الحِمل الكتلي بجوار سطح ماء، نسخن الماء فيحدث له تبخر (تغير في الطور من سائل إلى بخار) فوق السطح مباشرة، ثم ينتقل البخار إلى الأعلى بفعل الاختلاف في الضغط (وعموما نقول التركيز) في حركة بطيئة أو سريعة حسب نوعية التسخين. ومنه ينقسم التبخر (évaporation) إلى زمنين:

- (1) الزمن الأول : حركة جزيئات البخار (بخار الماء) في الطور الغازي للهواء المحيط، بفعل التدرج في الضغط الجزئي  $P_g$  و هي ظاهرة الانتشار الجزيئي في الطور الغازي (diffusion moléculaire en phase gazeuse).
- (2) الزمن الثاني : التحول (سائل-غاز) على مستوى سطح السائل، ويحدث عندها توازن بين الماء السائل والبخار، يخل بهذا التوازن حركة الانتشار. و هذه الظاهرة هي ظاهرة التبخر (vaporisation).



الشكل ( 4-2 ) : وعاء به ماء سائل تحت التبخر في غياب الحمل الكتلي والحراري.

## 6-2-II ظاهرة التكثيف "نظرية نوسالت"

فرضيات : التكثيف بجوار صفيحة مستوية طولها  $L$ . [7]

- (1) نعتبر البخار بخار نقي تماما، وفي حركة مستقرة ومشبع في درجة حرارة  $T(sat)$  وتحت ضغط  $P_{wv}$ .
- (2) درجة حرارة  $T_p$  ثابتة على مستوى سطح الصفيحة .
- (3) طبقة الماء السائل تتحرك إلى أسفل بفعل قوة الجاذبية الأرضية، وتكون هذه الطبقة رقيقة (قشيرية pelliculaire)
- (4) سريان الماء السائل المكثف ذو نمط رقائقي .
- (5) يجر البخار المكثف حرارة لاتونية، والسائل المُشكَّل يبرد تحت درجة حرارة أقل من  $T(sat)$ . والحرارة تكتسبها الصفيحة بالتوصيل فقط وتنتقل عبر الطبقة القشيرية.

التدفق الكتلي بالنسبة لوحدة العُرْض  $\dot{m}_x$

يزداد مع ازدياد الفرق في الكتل الحجمية للطورين السائل والغازي وسمك الطبقة، ويعطى بالعلاقة التالية:

$$\dot{m}_x = \frac{g \rho_{wl} (\rho_{wl} - \rho_{wv})}{3 \mu_{wl}} e_x^3 \quad (8.2)$$

سمك الطبقة القشيرية  $e_x$

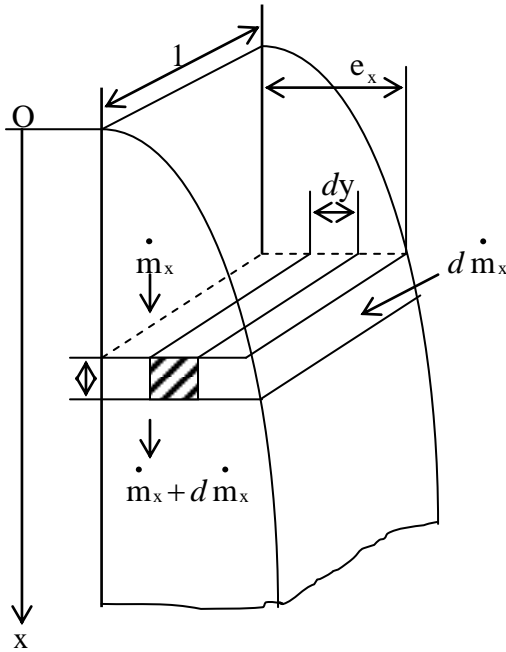
$$e_x = \left[ \frac{4\mu_{wl}\lambda_{wl}^3(T(\text{sat}) - T_p)}{g\rho_{wl}(\rho_{wl} - \rho_{wv})L_v} x \right]^{\frac{1}{4}} \quad (9.2)$$

معامل الانتقال الحراري  $h_x$

$$h_x = \frac{\lambda_{wl}}{e_x} = \left[ \frac{g\rho_{wl}(\rho_{wl} - \rho_{wv})\lambda_{wl}^3 L_v}{4\mu_{wl}(T(\text{sat}) - T_p)} \frac{1}{x} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (10.2)$$

معامل الانتقال الحراري المتوسط  $\bar{h}$

$$\bar{h} = \frac{1}{L} \int_0^L h_x dx = \frac{4}{3} (h_x)_{x=L} \quad (11.2)$$



الشكل (5-2) : الطبقة القشيرية للماء السائل

## II-7-2 (7-2-II) الإشعاع الشمسي [1]

II-7-2-1 (1-7-2-II) الشمس : الشمس هي نجم كروي الشكل، مادته من البلازما (مادة متأينة كلياً) له ضغط يتناقص من المركز إلى السطح الخارجي، وفي السطح يتفاعل الهيليوم تفاعلاً حرارياً-نووي (He أو جسيمات  $\alpha$ )، وينتج عنه طاقة معظمها إشعاع كهرومغناطيسي، تتوزع وتنتشر في مجال كبير لطول الموجات  $\lambda \in [10^{-10}, 10^4]m$ ، والطاقة المشعّة حوالي  $Q_s = 3,8 \cdot 10^{26}W$ ، وهي ثابتة على مدى عشرات السنين الشمس لها قطر متوسط يساوي  $2R_s = 1,39 \cdot 10^9m$  (أطول من قطر الأرض)، وكتلة في حدود  $m_s = 2 \cdot 10^{30}Kg$  (333432 مرة من كتلة

الأرض) وكثافة متوسطة  $1,41 \cong 3,88$  مرة أقل من كثافة الأرض، وتدور الشمس حول نفسها في 27 يوما أرضيا، وتحتل موقعا وسطا في مجرة درب التبانة<sup>1</sup> من حيث بعدها عن مركز وحدود المجرة.

ويوجد نوعان من الإشعاع الشمسي، حيث يكون لهما علاقة بتطبيقات الطاقة الشمسية و استعمالاتها :

1/ الإشعاع المباشر: وهو جزء من الإشعاع الشمسي الذي يصل سطح الأرض، حيث أنه لا يتأثر بعوامل الإمتصاص و الإنتشار.

2 / الإشعاع المنتشر : وهو جزء من الإشعاع الشمسي الذي يصل سطح الأرض بعد تعرضه لعوامل الانعكاس و الانكسار.

3 / الإشعاع الكلي : يكون الإشعاع الشمسي الكلي الواصل إلى سطح الأرض مجموع الإشعاعين المباشر و المنتشر .[3]

**II-2-7-2 (2-7-2) الأرض :** كوكب الأرض نعتبره كروي الشكل محاط بغلاف جوي، ومتأثر بضغط الهواء المتناقص

مع الارتفاع عن سطح البحر. و الأرض ذات قطر  $2R_{terre} = 12752293m$ ، وكتلة  $m_{terre} = 6.10^{24}Kg$  وكثافة 5,51. والأرض لها حركة معقدة فهي تدور حول نفسها في 23 ساعة و 56 دقيقة و 4 ثوان و  $100\backslash 91$  بسرعة زاوية تقارب  $5,5.10^{-5}rad/s$  وحول الشمس في 365 يوم و 9 ساعات و 10 دقائق، بسرعة زاوية  $7,3.10^{-5}rad/s$  محور القطبين (الشمالي و الجنوبي) ماثلين بزاوية  $2,45^\circ$  بالنسبة لناظم المدار الإهليجي.

نصف قطر دوران المدار الإهليجي  $r$  الذي تصنعه حركة الأرض حول الشمس :

$$r = a \frac{1-e^2}{1+e.\cos\theta} \text{ بحيث } a = 1,50.10^{11}m \text{ ، والمسافة المتوسطة ، و } e = 0,017 \text{ الانحراف عن مركز المدار.}$$

**II-2-7-2 (3-7-2) المعالم الفضائية لتحديد موقع الشمس**

لتحديد موقع الشمس نستعمل معلم أرضي أول  $\mathcal{R}$  مرتبط بمركز الأرض، ومعلم أرضي ثانٍ  $\mathcal{R}'$  مرتبط بالمنطقة قيد الدراسة، فيكون لدينا ثلاثة نقاط في الفضاء مركز الأرض نرسم له بـ " O " ، والشمس (نعتبرها نقطة لبعدها عن الأرض) نرسم لها بـ " S " ، والمنطقة قيد الدراسة بـ " M " .

وللربط بين النقاط الثلاث نحتاج إلى 6 زوايا في معلمين للإحداثيات الكروية الأولى  $\mathcal{R}(x,y,z)$  والثاني  $\mathcal{R}'(x',y',z')$  .  
الزوايا المحددة للمواضع النسبية للنقاط الثلاثة موضحة في الشكل (2-6) والمتمثلة في:

<sup>1</sup> مجرة درب التبانة : (المجرة التي تنتمي لها المجموعة الشمسية المحلية)

\* زاوية ميل الشمس  $\delta$  : هي الزاوية التي يصنعها الخط الواصل من مركز الأرض الى مركز الشمس مع خط الاستواء [2] تنعدم الزاوية في الاعتدالين (الربيعي : 21 مارس و الخريفي : 23 سبتمبر) بينما  $\delta = -23,45$  في الانقلاب الشتوي ( 22ديسمبر) و  $\delta = +23,45$  في الانقلاب الصيفي(22جوان) [29] تعطى زاوية الانحراف بالمعادلة التالية

$$\delta = 23,45 \sin(0,980(n_j + 284)) \quad (12.2)$$

\* زاوية الساعة الشمسية (الزاوية الزمنية)  $\omega$  : زاوية الساعة الشمسية تعين بالدوران المنتظم للأرض حول محورها القطبي، اذن يوجد ارتباط مباشر للتوقيت الشمسي الحقيقي الذي يكون متغير اساسي يسمح بالحساب الصحيح للاحداثيات الزاوية للشمس [22].

$$\omega = \frac{360}{24}(TSV - 12) \quad (13.2)$$

\* زاوية الارتفاع الشمس  $h'$  : هي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين نقطة على سطح الأرض و مركز الشمس والافق الذي تمر فيه النقطة على الأرض، هذه الزاوية تساوي صفر عند غروب و شروق الشمس وتأخذ القيمة العظمى عند وقت الزوال. إذا نكتب العلاقة التالية

$$\sin(h') = \sin\varphi \cdot \sin\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega \quad (14.2)$$

\* زاوية السميت الشمسي  $\Psi$  : هي الزاوية المحصورة بين الخط المار في النقطة على سطح الأرض و المتجه جنوبا بين المسقط الافقي للخط الواصل بين النقطة و الشمس [2]، هذه الزاوية تكون موجبة إذا كانت متجهة نحو الغرب.

$$\sin(\Psi) = \frac{\cos\delta \cdot \sin\omega}{\cosh'} \quad (15.2)$$

\* زاوية خط الطول  $\lambda'$  : هي الزاوية التي يصنعها خط الطول المار بالمنطقة مع خط الطول المار بخط غرينتش، والذي نعتبره خط الصفر و نقرأ الزاوية موجبة شرقا و سالبة غربا [2].

\* زاوية دائرة العرض  $\varphi$  : هي زاوية تحدد موقع النقطة على سطح الأرض حيث تعرف بأنها الزاوية المحصورة بين الخط الواصل إلى مركز الأرض و موضع النقطة على سطح الأرض مع مستوى خط الاستواء.

\* سميت الرأس  $\theta_s$  : هي زاوية متممة للارتفاع الشمسي أي :  $\theta_s = 90^\circ - h'$  ، و  $\cos\theta_s = \sinh'$ .

الزاوية الزمنية الأعظمية  $\omega_{max}$  : توافق انعدام قيمة الارتفاع الشمسي(عند الشروق والغروب):

$$\omega_l = \omega_{max} = \arctg(-tg\delta \ tg\varphi) \quad \text{عند الشروق}$$

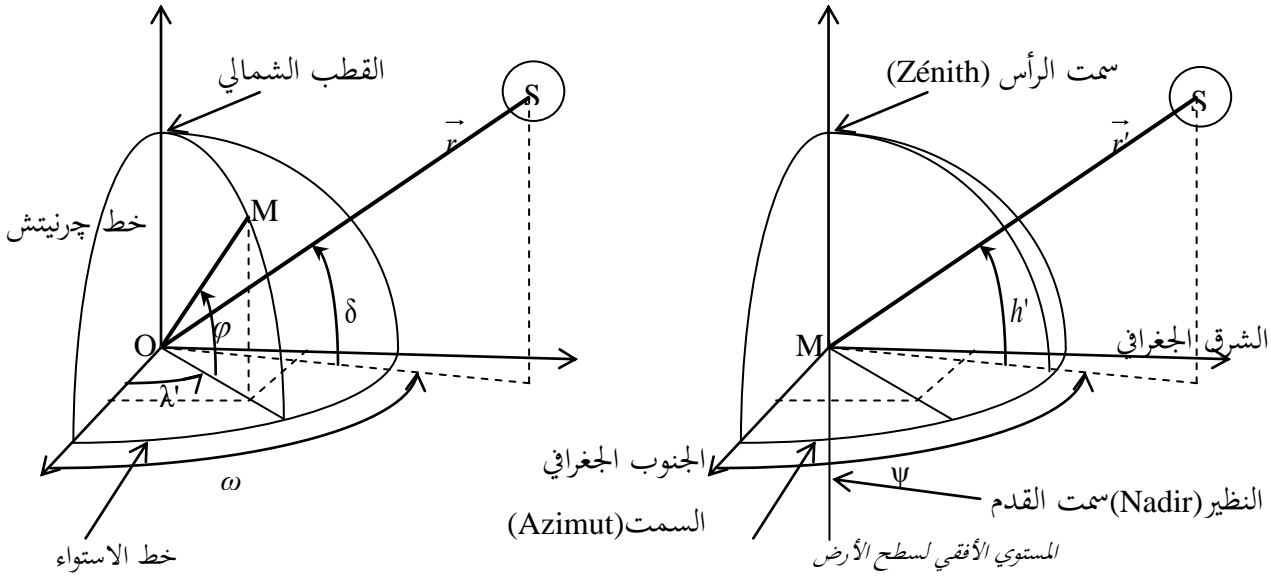
$$\omega_c = -\omega_{max} = -\arctg(-tg\delta \ tg\varphi) \quad \text{عند الغروب}$$

$$. H_l = 12 - \left(\frac{\omega_{max}}{15}\right) \quad \text{توقيت الشروق } H_l \text{ : لحظة شروق الشمس}$$

$$. H_c = 12 + \left(\frac{\omega_{max}}{15}\right) \quad \text{توقيت الغروب } H_c \text{ : لحظة غروب الشمس}$$

$$S_0 = H_c - H_l = 2 \left( \frac{\omega_{max}}{15} \right)$$

المدى النهاري  $S_0$  : هي المدة بين الشروق والغروب  
 ملاحظة : العدد 15 هو 15 درجة لكل ساعة عند التحرك (شرق-غرب) على نفس دائرة العرض، أي 1 درجة لكل 4 دقائق، أي مسافة 111 كم (شرق-غرب) لكل درجة عند دائرة خط الاستواء  $\varphi = 0$ ، و 96 كم عند دائرة العرض المارة عبر مدينة ورقلة  $\varphi = 30,75^\circ$ .



1- معلم أرضي أول  $\mathcal{R}(x, y, z)$  مرتبط بالأرض  
 2- معلم أرضي ثان  $\mathcal{R}'(x', y', z')$  مرتبط بالمنطقة المدروسة  
 الشكل (2-6): الزوايا الستة  $(\varphi, \lambda')$ ،  $(\omega, \delta)$ ،  $(h', \psi)$  المحددة للمواضع النسبية للنقاط الثلاثة في الفضاء

## II-2-8) الهواء الرطب [1]

في الحالة العامة هو مزيج من الهواء الجاف والماء بثلاث حالات (بخار-سائل-جليد)، ونعرف كتلة الهواء الرطب كما

$$m_{ah} = m_{wv} + m_{wl} + m_{ws} + m_a \quad (16.2) \quad \text{يلي :}$$

$$m_w = m_{wv} + m_{wl} + m_{ws} \quad (17.2) \quad \text{وكتلة الماء :}$$

بحيث :

$m_{ah}$  : الكتلة الإجمالية للهواء الرطب.

$m_w$  : الكتلة الإجمالية للماء.

$m_{wv}$  : كتلة بخار الماء الذائب في المزيج.

$m_{wl}$  : كتلة سائل الماء المعلق في المزيج.

$m_{ws}$  : كتلة الجليد و الثلج المعلقة في المزيج.

$m_a$  : كتلة الهواء الجاف.

وفي حالة الماء يكون على حالته الغازية (بخار ماء) فقط يصبح لدينا:

$$m_{ah} = m_{wv} + m_a \quad (18.2)$$

بحيث  $m_{wl} = m_{ws} = 0$

وهي حالة الهواء الرطب في التقطير، يكون وسط خلية التقطير عبارة عن مزيج من بخار الماء الذائب في الهواء الجاف ولدراسة انتقال الحرارة في هذا الوسط ندرس انتقال الكتلة وكذلك انتقال الحرارة المصاحب لها بين نقطتي التبخير و التكثيف.

## II-2-8-1) الهواء الجوي

حسب منظمة الطيران المدني الدولية. L'organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) تعرف

الهواء الجوي الجاف كما يلي:

(1) الهواء يعتبر غاز مثالي ويخضع لقوانين الغازات المثالية.

(2) الرطوبة موجودة لكنها مهملة .

(3) الثوابت الفيزيائية كالتالي :

الكتلة المولية  $M_a = 28,9644g/mol$ .

الضغط الجوي على مستوى البحر  $P_{atm} = 10132,5pa$ .

درجة الحرارة على مستوى البحر  $T_a = 15^\circ C$ .

الكتلة الحجمية على مستوى البحر  $\rho_a = 1,225Kg/m^3$ .

ثابت الغازات المثالية :  $R = 8,31432 J/K.mol$ .

## II-2-8-2) مقادير خاصة بالهواء الرطب

### II-2-8-2-1) الرطوبة المطلقة $r^s$

تعريف : و تسمى الرطوبة النوعية و هي حاصل قسمة كتلة بخار الماء  $m_{wv}$  المحتوية في حجم  $V$  على كتلة الهواء

الجاف  $m_a$  في نفس الحجم من الهواء الرطب و تعطى بالعلاقة التالية :

$$r^s = \frac{m_{wv}}{m_a} = \frac{\rho_{wv} \cdot V}{\rho_a \cdot V} = \frac{287,05}{461,51} \cdot \frac{P_{wv}}{(P_{ah} - P_{wv})} \quad (19.2)$$

$$r^s = 0,622 \cdot \frac{P_{wv}}{(P_{ah} - P_{wv})}$$

$$[r^s]_{SI} = (Kg \text{ d' eau} / Kg \text{ d' air sec})$$



الرطوبة المطلقة لها قيمة عظمى في حالة التشبع حيث تكون كتلة البخار أعظمية، والضغط الناتج منها أعظمي  
 ، قيمة الرطوبة عندها تساوي :  $m_{wv}(sa)$

$$r^s(sat) = 0,622 \cdot \frac{P_{wv}(sat)}{(P_{ah} - P_{wv}(sat))} \quad (20.2)$$

### II-2-8-2-2) الرطوبة النسبية $\bar{\Psi}$

تعريف : وهي حاصل قسمة الضغط الجزئي لبخار الماء  $P_{wv}$  على ضغط البخار في حالة التشبع  $P_{wv}(sat)$  في

$$\bar{\Psi} = \frac{P_{wv}}{P_{wv}(sat)} \quad (21.2) \quad \text{نفس درجة الحرارة:}$$

### II-2-8-2-3) درجة التشبع

تعريف : هي النسبة بين الرطوبة المطلقة للهواء  $r^s$  و الرطوبة النسبية للهواء المشبع  $r^s(sat)$  في درجة حرارة T

$$\Gamma = \frac{r^s}{r^s(sat)} = \frac{0,622 \cdot \frac{P_{wv}}{(P_{ah} - P_{wv})}}{0,622 \cdot \frac{P_{wv}(sat)}{(P_{ah} - P_{wv}(sat))}} \quad (22.2)$$

$$\Gamma = \frac{P_{wv}}{P_{wv}(sat)} \frac{(P_{ah} - P_{wv}(sat))}{(P_{ah} - P_{wv})}$$

هذا الفصل يضم مختلف الظواهر الفيزيائية التي يمكن أن تدخل بشكل مباشر أو غير مباشر في عملية التقطير، و  
 بعض العوامل التي تؤثر في التقطير بشكل عام، حيث أعطينا تعريفات للتدفقات الحرارية التي يتردد ذكرها عبر كامل  
 الأطروحة.

## الفصل الثالث

### التوازن الحراري في المقطر الشمسي البسيط

يحتوي هذا الفصل على مختلف معادلات التوازن الحراري و الكتلي الداخلة في عملية التقطير و المتمثلة في

- معادلة حفظ الطاقة حول الزجاج (g (glass)
- معادلة حفظ الطاقة حول الماء (w (water)
- معادلة حفظ الطاقة حول السطح الأسود الماص للحرارة (b (black)

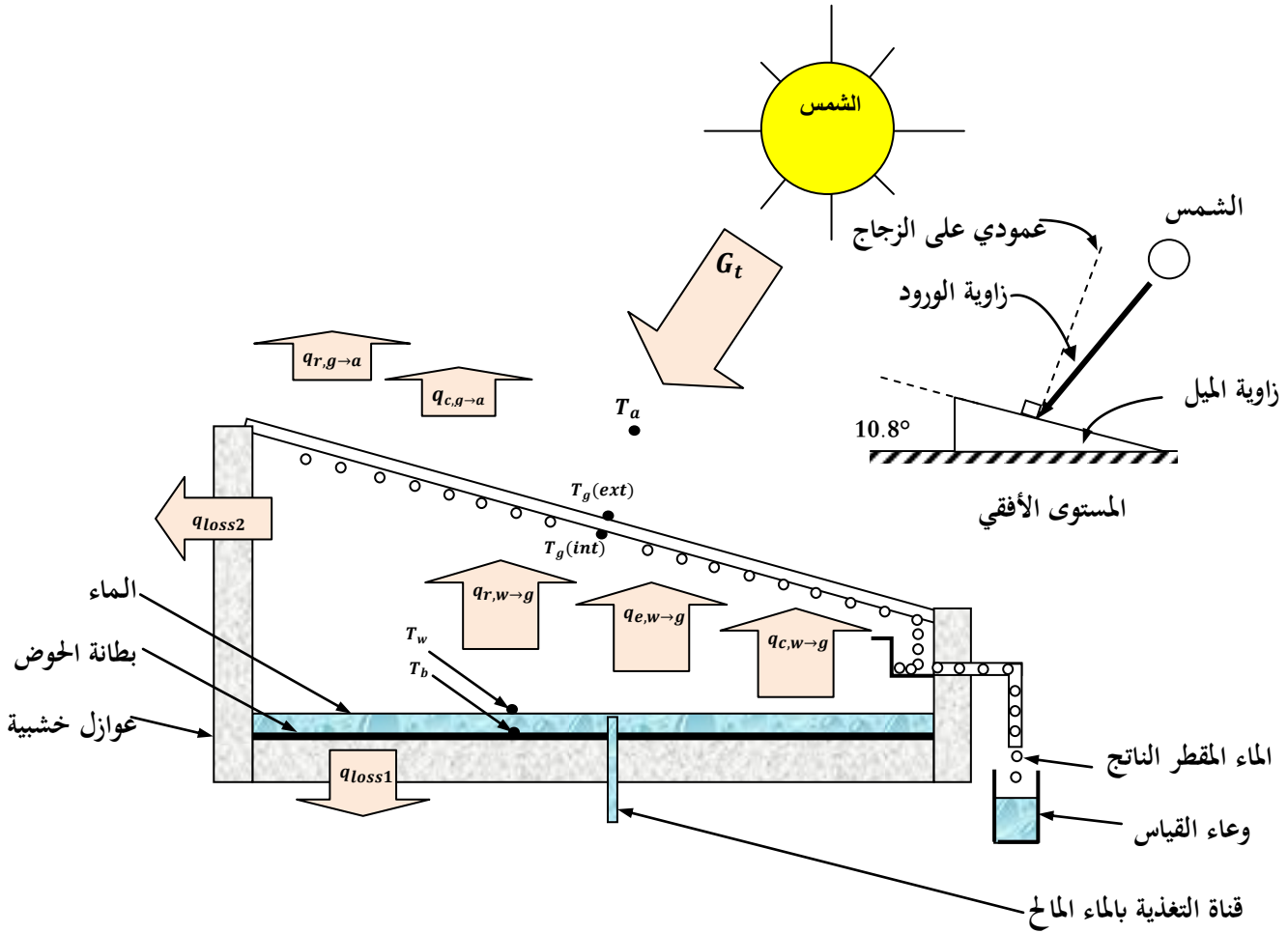
## 1-III مقدمة

إن العلاقات التي تربط بين انتقال الحرارة والمادة تعطينا فكرة عن الظواهر الفيزيائية التي تحدث في المَقْطَر وعن مبدأ عمله، وتأثير العوامل الخارجية والداخلية في إنتاجه للماء المقطر مرتبطة ببعضها البعض، ولوضع تلك العلاقات من الممكن الاعتماد على إحدى الطرق :

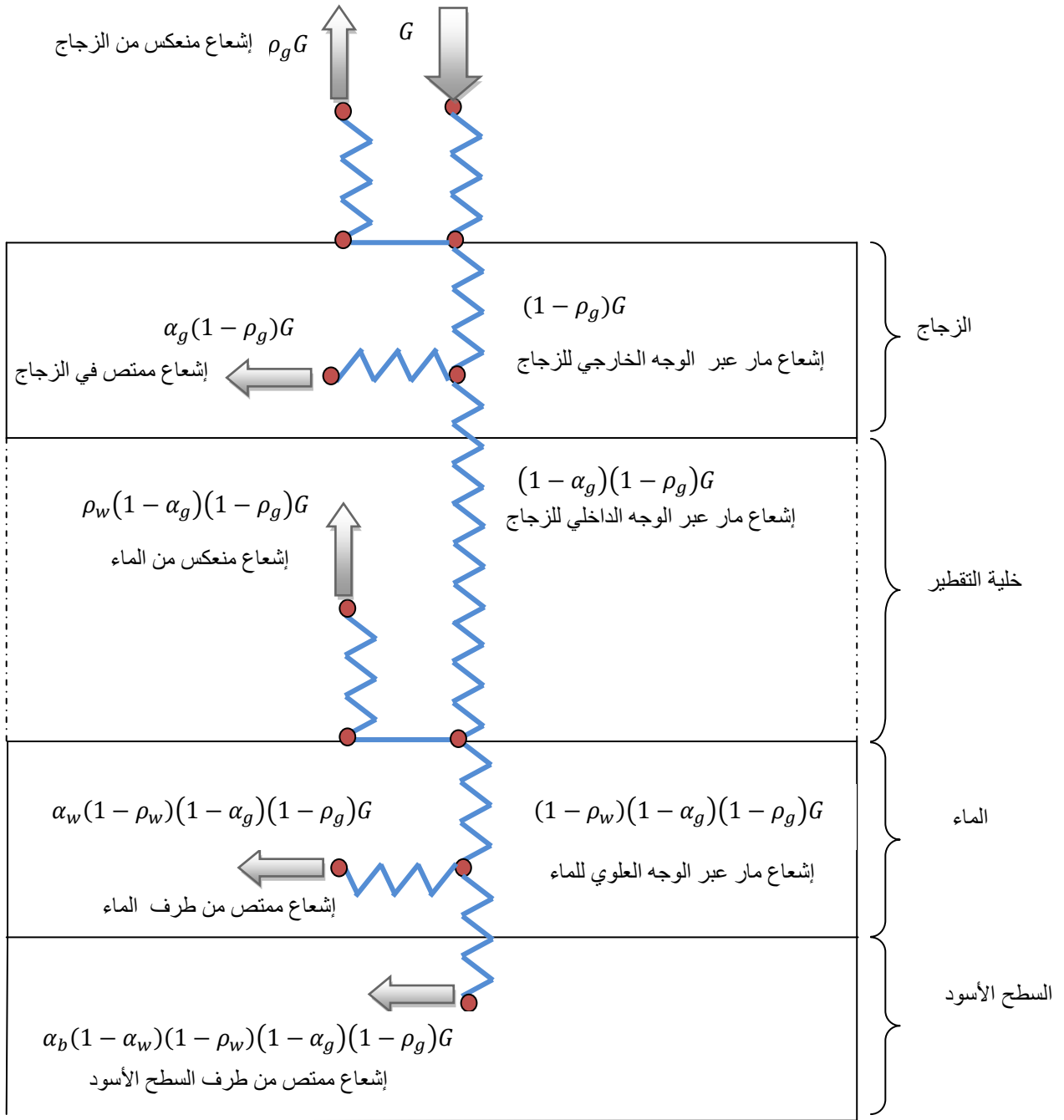
- (1). القوانين النظرية لانتقال الحرارة : كالتوصيل الحراري، والحمل الحراري، وكذا الإشعاع الحراري. وبواسطتها نستطيع وضع معادلات التوازن الحراري.
- (2). القوانين النظرية لانتقال المادة : كالانتشار الجزيئي والحمل الكتلي، نضع من خلالها معادلات التوازن الكتلي والمعادلات الممثلة لظاهرة التبخير (évaporations) والتكثيف (condensation).
- (3). طريقة جداول المعطيات التجريبية : وبها نملأ جداول تحتوي كل المقادير الطاقوية (الحرارية) والمقادير الفيزيائية المهمة كالتدفق الكتلي للماء، والمتغيرات والثوابت المأخوذة بعين الاعتبار في التجربة، ومن الممكن أن نضع علاقات تجريبية مفيدة لإعطاء فكرة تصور لنا ما يحدث، ويمكن اعتبارها نموذجاً تجريبياً يأخذ في عين الاعتبار في المقارنة و الدراسة .
- (4). طريقة المنحنيات : وهي منحنيات إما تجريبية ناتجة من ربط كل المتغيرات والثوابت والتوابع في الجداول التجريبية، أو نظرية ناتجة من ربط المتغيرات والتوابع في القوانين النظرية ومهما كان عدد هذه المتغيرات. ولهذه المنحنيات فائدة في القراءة المباشرة، وهي تستعمل كثيراً خاصة في قراءة الخواص الفيزيائية للهواء الرطب مثلاً، وحرارة التبخير للماء  $T_e$  بدلالة درجة حرارته  $T_w$  و درجة حرارة الغطاء  $T_g$ .

(2-III) التدفقات الحرارية في المَقَطَّر

تنقسم التدفقات الحرارية إلى نوعين خارجية وداخلية وهي موضحة في الشكلين (1-3) و(2-3).



الشكل (1-3): رسم تخطيطي للتدفقات الحرارية على المقطر الشمسي



الشكل (2-3) : مخطط يوضح الإشعاعات الحرارية المارة عبر مختلف أجزاء المقطر

### III-2-1) التدفقات الحرارية الخارجية

- ❖  $G$  : شدة الإشعاع الشمسي الحراري الساقط على السطح المائل لغطاء المقطر (زجاج مائل بزاوية  $\theta$ ) مأخوذ بـ  $\frac{W}{m^2}$  . وفي معظم المراجع يسمى الإشعاع المباشر الناظمي على السطح المائل بزاوية  $\theta$  ، ويسمى في المراجع المتخصصة في الإشعاع الاستنارة الأرضية (Luminance).
- ❖  $\rho_g G$  : مقدار الإشعاع الحراري المنعكس بفعل السطح الخارجي للغطاء، بحيث يساوي الإشعاع الساقط مضروب في معامل الانعكاسية  $\rho_g$  للغطاء.
- ❖ التدفقات الحرارية الضائعة من المقطر بين الغطاء الزجاجي والهواء، وذلك بالإشعاع والحمل تعطى حسب [13][25] بالعلاقات التالية :

$$Q_{r,g-a} = \varepsilon_g \cdot \sigma \cdot (T_{g(ext)}^4 - T_{sky}^4) = 0,9 \cdot \sigma \cdot (T_{g(ext)}^4 - T_{sky}^4) \quad (1.3)$$

حيث :  $\varepsilon_g \cong 0,9$  معامل الانبعاث الإشعاعي للسطح الخارجي للغطاء.

$T_{sky}$  درجة الحرارة الفعلية للقبة السماوية تعطى بالعلاقة التالية :

$$T_{sky} = T_a - 6 \quad (2.3)$$

$$Q_{c,g-a} = h_{c,g-a} \cdot (T_{g(ext)} - T_a) \quad (3.3)$$

حيث :  $h_{c,g-a}$  معامل الإنتقال الحراري بالحمل بين الغطاء الزجاجي والهواء يعطى حسب [4] بالعلاقة التالية :

$$h_{c,g-a} = 2,8 + 3 \cdot V \quad \text{عندما } V \leq 5 \text{ m/s} \quad (4.3)$$

$$h_{c,g-a} = 6,15 \cdot (V)^{0,8} \quad \text{عندما } V > 5 \text{ m/s}$$

حيث :  $V$  تمثل سرعة الرياح

### III-2-2) التدفقات الحرارية الداخلية

- ❖  $Q_{r,w-g}$  : التدفق الحراري بالإشعاع بين الماء المالح  $w$  والجدار الداخلي للغطاء  $g$  ويعطى حسب [11][25] بـ

$$Q_{r,w-g} = \varepsilon_w \cdot \sigma \cdot (T_w^4 - T_{g_1}^4) = 0,9 \cdot \sigma \cdot (T_w^4 - T_{g_1}^4) \quad (5.3)$$

حيث  $\varepsilon_w$  : معامل الانبعاث الإشعاعي للماء له قيمة تقريبية  $\varepsilon_w \cong 0,9$  .

❖  $Q_{c,w-g}$  : التدفق الحراري بالحمل بين الماء المالح والجدار الداخلي للغطاء ويعطى حسب [13][15] بالعلاقة :

$$Q_{c,w-g} = h_{c,w-g_1} (T_w - T_{g(int)}) \quad (6.3)$$

حيث  $h_{c,w-g}$  معامل الحمل الحراري بين الماء والغطاء الزجاجي ويعطى حسب [12] بالعلاقة :

$$h_{c,w-g} = 0,884 \left[ (T_w - T_{g(int)}) + \frac{(P_w - P_{g(int)}) (T_w + 273,15)}{268,9 \cdot 10^3 - P_w} \right]^{1/3} \quad (7.3)$$

$P_{g(int)}$  و  $P_w$  ضغط البخار عند الماء والغطاء الزجاجي على الترتيب ويعطى حسب [8] بالعلاقة :

$$P(T) = \exp \left( 25,317 - \frac{5144}{T + 273,15} \right) \quad (8.3)$$

❖  $Q_{ev,w-g}$  الحرارة بالتبخير بين الماء والغطاء الزجاجي وتعطى حسب [13][15] بالعلاقة :

$$Q_{ev,w-g} = h_{ev,w-g} (T_w - T_{g(int)}) \quad (9.3)$$

حيث  $h_{ev,w-g}$  معامل الانتقال الحراري بالتبخير بين الماء والغطاء الزجاجي ويعطى حسب [13][15] بالعلاقة

$$h_{ev,w-g} = 16,273 \cdot 10^{-3} h_{c,w-g} \frac{p_w - p_{g(int)}}{T_w - T_{g(int)}} \quad (10.3)$$

❖  $Q_{c,b-w}$  التدفق الحراري بالحمل بين الماء المالح وبطانة الحوض ويعطى حسب [8] بالعلاقة :

$$Q_{c,b-w} = h_{c,b-w} \cdot (T_b - T_w) \quad (11.3)$$

حيث  $h_{c,b-w}$  معامل الحمل الحراري بين الماء وبطانة الحوض ويعطى حسب [10] بالعلاقة :

$$h_{c,b-w} = 0,54 \cdot \frac{K_w \cdot Ra_w^{1/4}}{L_w} \quad \text{عندما } Ra = 10^4 - 10^7 \quad (12.3)$$

$$h_{c,b-w} = 0,15 \cdot \frac{k_w \cdot Ra_w^{1/4}}{L_w} \quad \text{عندما } Ra = 10^7 - 10^{11}$$

حيث  $Ra$  رقم رايلي

❖  $(1 - \alpha_g)(1 - \rho_g)G$  : التدفق الحراري المار عبر الغطاء إلى الماء، حيث  $\alpha_g$  الإمتصاصية الإشعاعية و  $\rho_g$

الانعكاسية الإشعاعية للغطاء الزجاجي  $g$  وهي مقادير لها قيم صغيرة، حيث الزجاج يعتبر جسم شفاف يتميز

$$\tau_g = (1 - \alpha_g - \rho_g) \cong 0.9 \text{ بإمرارية كبيرة}$$

❖ ويستقبل هذا التدفق من طرف الماء ذو الامتصاصية الإشعاعية  $\alpha_w$ ، والانعكاسية الإشعاعية  $\rho_w$ . وينتج لنا مقدارين مقدار منعكس من طرف الماء يساوي  $\rho_w(1 - \alpha_g)(1 - \rho_g)G$ ، ومقدار ممتص له العلاقة التالية

$$\cdot \alpha_w(1 - \rho_w)(1 - \alpha_g)(1 - \rho_g)G$$

❖ ويتم مرور المقدار الإشعاعي  $(1 - \alpha_w)(1 - \rho_w)(1 - \alpha_g)(1 - \rho_g)G$  عبر الماء .

❖  $\alpha_b(1 - \alpha_w)(1 - \rho_w)(1 - \alpha_g)(1 - \rho_g)G$  إشعاع الممتص من طرف السطح الأسود .

❖  $Q_{loss1}$  و  $Q_{loss2}$  : التدفق الحراري الضائع عبر السطح الأسود والعوازل على الترتيب ويعطى حسب

[11][15] بالعلاقات :

$$Q_{loss1} = U_{b1}(T_b - T_a) \quad (13.3)$$

حيث معامل الضياع  $U_{b1}$

$$U_{b1} = \left( \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \frac{1}{h_i} \right)^{-1} \quad (14.3)$$

$$Q_{loss2} = U_{b2}(T_b - T_a) \quad (15.3)$$

حيث معامل الضياع  $U_{b2}$

$$U_{b2} = \left( \frac{e_4}{k_4} + \frac{e_5}{k_5} + \frac{1}{h_i} \right)^{-1} \quad (16.3)$$

جدول (3-1) : تصنيف أنواع العوازل المستعملة في المقطرات الشمسية والموضحة في المعادلات (14.3)، (16.3).

الرمز	نوعية المادة	السُمْك $e$	التوصيلية الحرارية $\lambda$
1	طبقة ألومنيوم مطلية بصباغ أسود غير براق (السطح الأسود).	$e_1 = 3 \text{ mm}$	$\lambda_1 = 204 \text{ W/m.K}$
2	طبقة من البوليستران العازل.	$e_2 = 40 \text{ mm}$	$\lambda_2 = 0.037 \text{ W/m.K}$
3	طبقة ألومنيوم مطلية بصباغ أبيض غير براق.	$e_3 = 3 \text{ mm}$	$\lambda_3 = 204 \text{ W/m.K}$
4	طبقة ألومنيوم ذات لون براق من الجهات الجانبية الثلاث.	$e_4 = 0.01 \text{ mm}$	$\lambda_4 = 204 \text{ W/m.K}$
5	طبقة من الخشب الأحمر المقاوم للماء.	$e_5 = 40 \text{ mm}$	$\lambda_5 = 0.23 \text{ W/m.K}$



جدول (2-3) : يوضح عوامل الامتصاصية والإمرارية. في الجدول نلاحظ أن قيم  $\alpha_{b-eff}$  محصورة بين 70% و 80% والقيمة العظمى والتي تساوي 85,14% ، هي من أجل الزوايا الصغيرة والمحصورة بين 0% و 30% ومنه يجب أخذ زاوية الورود في هذا المجال حسب المرجع [1]. يتم حساب معامل الامتصاصية الفعال من العلاقة التالية :

$$\alpha_{b-eff} = \alpha_b(1 - \alpha_w)(1 - \rho_w)(1 - \alpha_g)(1 - \rho_g)$$

قيم الزوايا				الزاوية	نوعية الجسم
60	45	30	0	زاوية الورود للإشعاع $i$ (بالدرجات °)	
10	6	5	5	الانعكاسية الإشعاعية للغطاء $\rho_g$ %	الزجاج (شفاف)
5	5	5	5	الامتصاصية الإشعاعية للغطاء $\alpha_g$ %	
85	89	90	90	الإمرارية الإشعاعية للغطاء $\tau_g$ %	
6	3	2	2	الانعكاسية الإشعاعية للماء $\rho_w$ %	الماء (شفاف)
30	30	30	30	الامتصاصية الإشعاعية للماء $\alpha_w$ %	
64	67	68	68	الإمرارية الإشعاعية للماء $\tau_w$ %	
5	5	5	5	الانعكاسية الإشعاعية للسطح الأسود $\rho_b$ %	السطح الاسود (عاتم)
95	95	95	95	الامتصاصية الإشعاعية للسطح الأسود $\alpha_b$ %	
0	0	0	0	الإمرارية الإشعاعية للسطح الأسود $\tau_b$ %	
53,44	57,60	58,81	58,81	الامتصاصية الإشعاعية الفعالة للسطح الأسود $\alpha_{b-eff}$ %	

جدول (2-3) : يوضح عوامل الامتصاصية والإمرارية والانعكاسية.

### III-3) التوازن الحراري على مستويات أجزاء المقطر

في الحالة البسيطة يتركب المقطر من ثلاث مستويات :

❖ **المستوي الأول** : الغطاء (زجاج أو بلاستيك).

❖ **المستوي الثاني** : هو الماء المعرض للتبخير .

❖ **المستوي الثالث** : هو السطح الأسود (ذو اللون الأسود) والماص للإشعاع الحراري.

وهذا التقسيم ناتج من التدرج في درجة الحرارة بين هذه المستويات. ففي كل مستوى نحسب مجموع التدفقات الداخلية ومجموع التدفقات الخارجية من المستوي، ونساوي بين المجموعين فنحصل على معادلة التوازن الحراري في كل مستوى، وهذا تبعا لمبدأ التماثل بين انتقال الحرارة وانتقال الشحن الكهربائية، فقانون كيرشوف للعقد ينص على أن:

(مجموع التيارات الداخلة = مجموع التيارات الخارجة) من العقدة.

ملاحظة : في الحالة العامة نقسم الغطاء الزجاجي إلى مستويين حراريين (مستوي خارجي  $T_{g(ext)}$ ، مستوي داخلي  $T_{g(int)}$ ).

### III-3-1) معادلة حفظ الطاقة حول الزجاج g

على مستوي الغطاء  $g$  (درجة حرارته  $T_g$ ) يأخذ الغطاء عن الماء المالح المقدار التالي من الحرارة :

ويعتص كذلك من الإشعاع الشمسي الوارد له من الشمس المقدار التالي :  $(1 - \rho_g) \cdot \alpha_g \cdot G$

ويفقد الحرارة على شكل إشعاع و حمل إلى الجو المحيط به المقدار التالي :  $Q_{c,g-a} + Q_{r,g-a}$

ومنه معادلة التوازن الحراري هي :

$$m_g \cdot C_g \cdot \frac{dT_g}{dt} = (1 - \rho_g) \cdot \alpha_g \cdot G + (Q_{ev,w-g} + Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g}) - Q_{r,g-a} - Q_{c,g-a} \quad (17.3)$$

بحيث :  $C_g$  الحرارة النوعية للغطاء  $J/Kg \cdot K$ ،  $[C_g]_{SI} = J/Kg \cdot K$  الكتلة السطحية للزجاج  $m_g$ ،  $[m_g]_{SI} = Kg/m^2$

### III-3-2) معادلة حفظ الطاقة حول الماء w

على مستوى سطح الماء  $w$  (درجة حرارته  $T_w$ ) يمتص الماء المالح  $w$  الإشعاع المقدر ب :

$\alpha_w(1 - \rho_w)(1 - \alpha_g)(1 - \rho_g)G$ ، ويتوزع هذا المقدار على الأشكال التالية : ينتقل جزء بالحمل والإشعاع

والتبخير  $(Q_{ev,w-g} + Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g})$  إلى الجدار الداخلي للغطاء، وجزء يمر عبر الماء ليمتص من السطح

الأسود  $b$  مقداره :  $\alpha_b(1 - \alpha_w)(1 - \rho_w)(1 - \alpha_g)(1 - \rho_g)G$

ومنه معادلة التوازن الحراري هي :

$$m_w \cdot C_w \cdot \frac{dT_w}{dt} = (1 - \rho_g) \cdot (1 - \alpha_g) \alpha_w G - (Q_{ev,w-g} + Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g}) \frac{A_g}{A_w} + Q_{c,b-w} - Q_{lose2} \quad (18.3)$$

حيث  $A_g$  و  $A_w$  مساحة الزجاج والماء على التوالي  $(m^2)$   $[A_g]_{SI} = [A_w]_{SI}$

### III-3-3) معادلة حفظ الطاقة حول السطح الماص للحرارة b

على مستوى السطح الأسود b (درجة حرارته  $T_b$ ) يمتص السطح الأسود b الإشعاع المقدر ب :

$Q_{lose1}$  ، ويتوزع على كل من الماء وجزء يضيع عبر العوازل  $Q_{lose1}$  ،  $\alpha_b(1 - \alpha_w)(1 - \rho_w)(1 - \alpha_g)(1 - \rho_g)G$  وتكون معادلة التوازن الحراري بالشكل التالي :

$$m_b \cdot C_b \cdot \frac{dT_b}{dt} = (1 - \rho_g) \cdot (1 - \alpha_g) \cdot (1 - \alpha_w) \cdot (1 - \rho_w) \alpha_b G - Q_{c,b-w} - Q_{lose1} \quad (19.3)$$

### III-3-4) قيمة التدفق الكتلي للماء المقطر تعطى بالعلاقة التالية

$$\frac{dm}{dt} = \dot{m} = \frac{Q_{ev,w}}{H_w} \quad (20.3)$$

حيث  $H_w$  الحرارة الكامنة للتبخير الخاص بالماء تعطى حسب [9] بالعلاقة :

$$H_w = (h_{vapor} - h_{liquide})_{T_{moy}} \quad (21.3)$$

حيث  $(h_{vapor} - h_{liquide})$  هو الفرق في الأنتالبي الخاصة بالماء من حالة التشبع للبخر لحالة التشبع عند السائل

عند درجة الحرارة المتوسطة  $T_{moy}$  التي تساوي  $(T_w + T_g)/2$

## الفصل الرابع

### دراسة تجريبية للمقطر الشمسي البسيط

يحتوي هذا الفصل على مختلف التجارب العلمية التي تم دراستها في هذا البحث والمتمثلة في

- التجربة 1 : المقارنة بين مقطرين شمسيين بسيطين مختلفين في سمك الزجاج (الأول 4 مم والثاني 5 مم).
- التجربة 2 : المقارنة بين مقطرين شمسيين بسيطين مختلفين في عدد طبقات الزجاج (الأول أحادي الزجاج والثاني ثنائي الزجاج بينهما هواء محجوز).
- التجربة 3 : المقارنة بين مقطرين شمسيين بسيطين مختلفين في طبيعة السطح الأسود (الأول به سطح أسود من الألمنيوم والثاني به سطح أسود من الإسفنج 1سم).
- التجربة 4 : تأثير سرعة الهواء الجوي على كمية الماء المقطر.

#### 1-IV) مقدمة

التجارب العملية لهذا البحث تمت في مخبر الطاقات المتجددة للمناطق الصحراوية (LENREZAS) - قسم الفيزياء بكلية الرياضيات وعلوم المادة - بجامعة ورقلة (الجنوب الشرقي)، والتجارب اعتمدت لتصحيح الفرضيات النظرية ولوضع نماذج شبه تجريبية يمكن الاستفادة منها، وتمت هذه التجارب على مدى الأشهر من مارس إلى ماي 2017.

#### 2-IV) النماذج الأولية للأجهزة التجريبية

تم الاعتماد في إنجاز هذا العمل على مقطرين شمسيين بسيطين متشابهين لكل منهما حوض وحيد الميل له الأبعاد التالية :

- أبعاد الحوض : (الطول x العرض): (0,94m x 0,94m). - أبعاد الغطاء الزجاجي : (1m x 1m).
- لون الحوض : أسود غير براق. - سمك الزجاج : (4 مم في التجربة الأولى وباقي التجارب كلها 5 مم).
- مساحة الحوض :  $S_b = 0,8836m^2$ .

#### 3-IV) أجهزة القياس المستعملة في التجارب

- جهاز قياس الإشعاع الشمسي (Solari-mètre) : يتركب من جزء يوضع على الغطاء الزجاجي، وجهاز إلكتروني يحول الإشعاع إلى قراءة مباشرة على شاشة صغيرة رقمية، تعطي القيمة الحقيقية للإشعاع الساقط على الغطاء الزجاجي بـ  $W/m^2$ .
- جهاز قياس درجة الحرارة (المزدوجات الحرارية-Thermocouples) : وهي عبارة عن زوج من المعدن على شكل سلكين ملتحمين التحاماً ذاتياً، تربط كل مزدوجة حرارية بجهاز ميلي فولطمتر خاص، به شاشة رقمية يحول هذا الجهاز درجة الحرارة إلى تيار كهربائي، يقرأ على إثره قيمة درجة الحرارة في المكان الموضوعه فيه المزدوجة. وكان عدد المزدوجات كافياً لكي نقيس درجة الحرارة في كل السطوح والمواضع في النماذج الأولية.
- جهاز قياس درجة حرارة الجو (المحرار-Thermomètre) : يوضع مقياس درجة حرارة الجو على ارتفاع واحد متر من سطح التربة في مكان به ظل، والجهاز متصل بالكمبيوتر.
- جهاز قياس الضغط الجوي (البارومتر-Baromètre) : لقياس الضغط الجوي نستخدم البارومتر وهو يقيس الضغط المطلق في المنطقة التي تمت فيها التجربة و هو متصل بالكمبيوتر.
- جهاز قياس سرعة حركة الهواء الدوار (Anémomètre) : وهو مزود بمروحة تقيس السرعة حسب عدد دورات المروحة وهو متصل بالكمبيوتر.

- 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 نستعمل جهاز به مسبار (sonde)، وهو متصل بجهاز حاسوب . ويسمى الجهاز أيضا المرطاب.
- جهاز قياس ملوحة الماء (Salinmètre) : لقياس كمية الأملاح بالغرام لكل 1 لتر من الماء المقطر ومعرفته خواصه كالتوصيلية الكهربائية، ومقارنتها بالمعايير المعروفة للماء النقي وهي : (1,2 g/L)
- وتم إنشاء محطة أرصاد جوية تابعة للمخبر تقوم بجميع القياسات السابقة، والأجهزة السالفة الذكر كلها متصلة بهذه المحطة. وكانت النتائج التجريبية تأخذ من 8:00 صباحا إلى غاية 17:00 مساء على مدى 9 ساعات من المراقبة وتدوين النتائج التجريبية كل ربع ساعة، أما قيم الماء المقطر المنتج فكانت تأخذ كل ساعة.



الشكل (1-4) : أجهزة القياس المستعملة في التجارب

#### 4-IV) الأدوات المستعملة في التجارب

- الأنابيب المدرجة (Tubes Graduées) : تستعمل لقياس كمية الماء في كل مدة زمنية (30 دقيقة)، وبذلك نحسب التدفق الكتلي أو الحجمي للماء وكذلك حساب كمية الماء المُجمَّع.
- حوض التغذية بالماء (Basin d'Alimentation d'Eau) : وهو مزود بتركيبة تضمن بقاء مستوى الماء ثابتاً، ويستعمل هذا التجهيز في كل أنواع المقطرات.
- أنابيب بلاستيكية (Tubes plastiques) : وهي أنابيب ذات قطر 5mm إلى 10mm للتوصيل بين مختلف أجزاء المقطر ونقل الماء مهما كانت نوعيته (نقي-مالح-محلول ملحي).

		
الأنابيب المدرجة	أحواض التحكم في كمية الماء المالح	خزان التغذية بالماء المالح
		
أنابيب بلاستيكية	المقطرين المستعملين في التجربة	خلية تغذية اجهزة المخبر بالماء المقطر

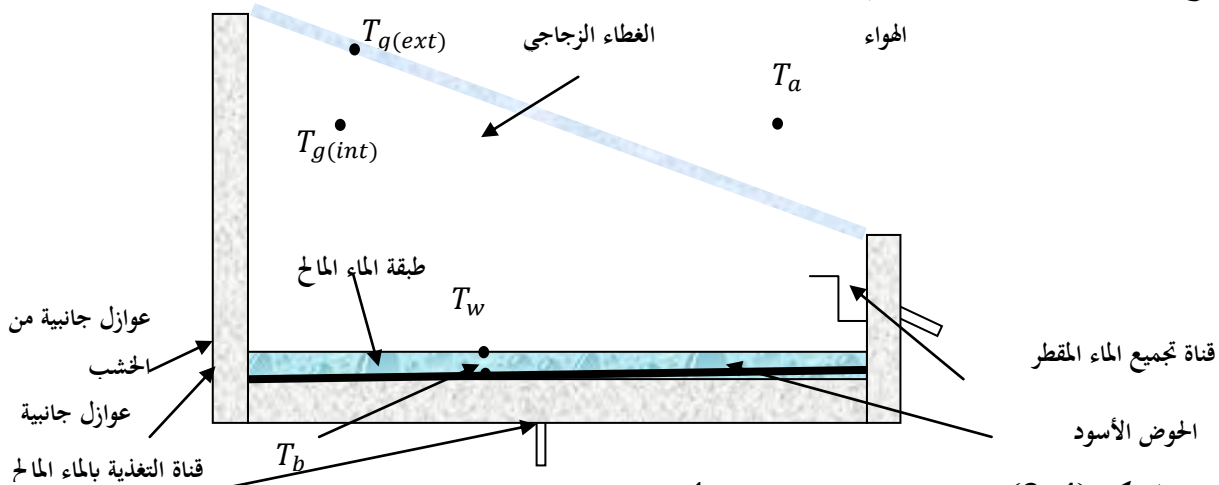
الشكل (2-4) : الأدوات المستعملة في التجارب

#### 5-IV التجارب

#### 1-5-IV التجربة الأولى : المقارنة بين مقطرين شمسين بسيطين مختلفين في سُمك الزجاج

(الأول : سُمك الزجاج 4 مم ، الثاني : سُمك الزجاج 5 مم)

**1-1-5-IV وصف التجربة الأولى :** تم القيام بتركيب مقطرين شمسين الأول سُمك الزجاج 4 مم والثاني سُمك الزجاج 5 مم، وتم تركيب المزدوجات الحرارية كما هو موضح في الشكل (3-4)، وتمت التجربة على النموذجين على مدى 3 أيام كاملة (12 و 13 و 14 مارس 2017) للمقارنة بين المقطرين، والظروف الجوية التي سادت هذه الأيام ظروف مختلفة، وتم ضبط أجهزة القياس لقياس المتغيرات والثوابت المأخوذة بعين الاعتبار في التأثير المباشر وغير المباشر في كمية الماء المقطر والتدفقات الحرارية الداخلية والخارجية والضائعة بالنسبة لكل نموذج، ثم دونت هذه النتائج في الجدول Excel وتم رسم المنحنيات الموضحة أدناه ببرنامج Origin 06.



الشكل (3-4) : تركيب المقطر في التجربة 1 والمزدوجات الحرارية داخله

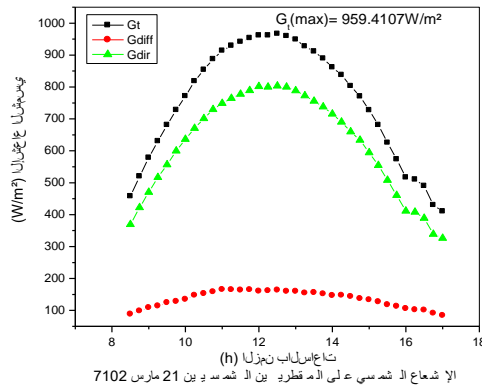
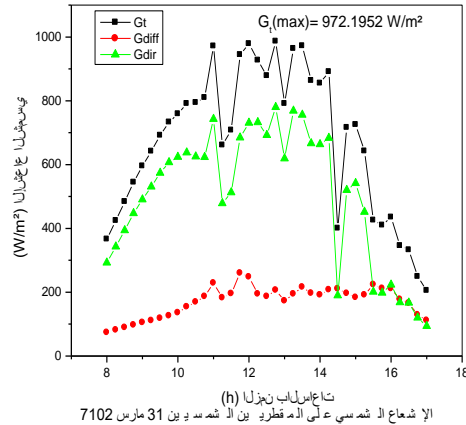
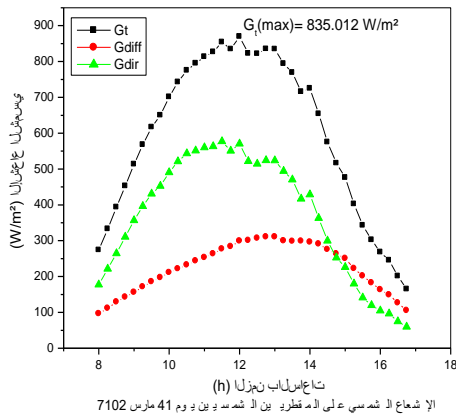
#### IV-5-1-2) الظروف الجوية الخاصة بالأيام التي تمت فيها التجربة الأولى

- الإشعاع الشمسي : كان في المجال، من  $164 W/m^2$  إلى  $959 W/m^2$  وقيمة الإشعاع هذه كافية لتسخين السطوح السوداء في النماذج الأولية للمقطرين.
- حركة الهواء : كانت حركة الهواء منعدمة تقريبا، من  $0 m/s$  إلى  $3,2 m/s$  واختيار هذا الشرط للتقليل من الضياع في التدفقات الحرارية على مستوى الغطاء الزجاجي في كل من المقطرين.
- الضغط الجوي : كان الضغط الجوي أقل من  $1 atm$  بقليل وذلك لارتفاع منطقة ورقلة عن البحر بـ  $140$  متر.
- الرطوبة الجوية النسبية : كان الجو جافا، بحيث أن قيمة الرطوبة النسبية للهواء في المجال من  $7\%$  إلى  $22\%$ .
- درجة الحرارة الجوية : تتراوح قيمتها  $18^\circ C$  إلى  $36^\circ C$ .

#### IV-5-1-3) المنحنيات التجريبية لتجربة الأولى

#### IV-5-1-3-1) منحنيات الإشعاع الشمسي خلال أيام التجربة الأولى : تم رسم منحنيات الإشعاع الشمسي

الكلبي والمباشر والمنتشر بدلالة الزمن.



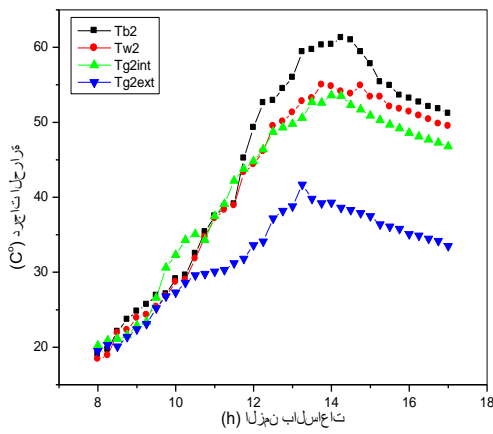
الشكل (4-4) : منحنيات الإشعاع الشمسي الخاصة بالتجربة 1



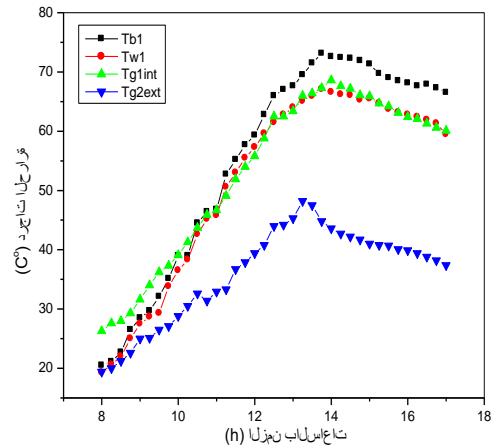
تفسير المنحنيات : نلاحظ أن كل من الإشعاع الشمسي الكلي والمباشر والمنتشر يرتفع تدريجيا مع مرور الزمن إلى أن يبلغ الذروة خلال فترة الزوال (من الساعة 12 إلى 13) خلال اليومين 12 و 14 مارس ويكون مذبذب خلال اليوم 13 مارس لأن الجو كان مغيماً خلال هذه الفترة، ثم يبدأ بالتناقص تدريجياً خلال الفترة المسائية.

وبعد المقارنة بين النتائج التجريبية خلال أيام التجربة من حيث الإشعاع الشمسي والظروف الجوية السائدة وكمية الماء المقطر المنتجة كان يوم 12 مارس الأحسن، لذلك سوف يعتمد في الدراسة على النتائج المأخوذة خلال هذا اليوم. ونلاحظ أن كل ما زاد الإشعاع الكلي قل الإشعاع المنتشر، وهذا ناتج من الشوائب الموجودة في الجو، بحيث كل ما زادت زاد الإشعاع المنتشر ويقل معه الإشعاع الكلي.

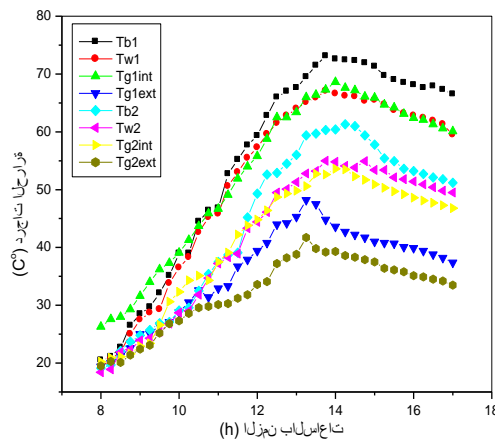
#### IV-5-1-3-2) مقارنة درجات الحرارة بين مقطرين شمسين بسيطين مختلفين في السمك



درجات الحرارة في المقطر ذو السمك 5 مم يوم 21 مارس 7102



درجات الحرارة في المقطر ذو السمك 4 مم يوم 21 مارس 7102



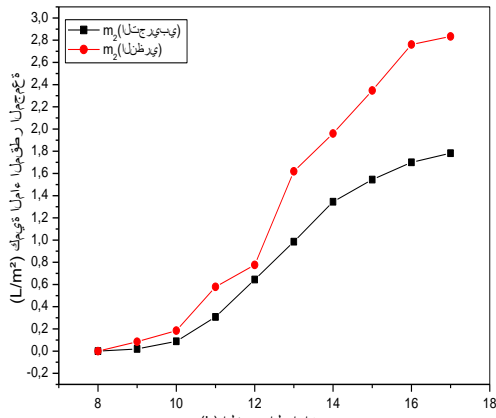
درجات الحرارة في المقطرين يوم 21 مارس 7102

#### الشكل (4-5) : منحنيات درجات الحرارة الخاصة بالتجربة 1

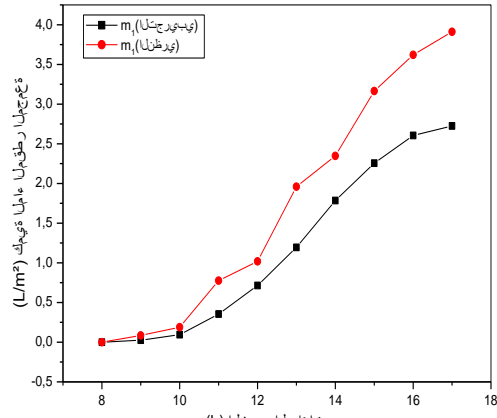
تفسير المنحنيات : نلاحظ أن درجات الحرارة في كافة أجزاء المقطرين الأول(ذو السمك 4 مم)والثاني(ذو السمك 5 مم)تكون متزايدة بدلالة الزمن لتبلغ الذروة عند الزوال(13.30 تقريبا )ثم تنخفض مرة أخرى، والسطح الأسود يكون أكبر جزء ترتفع درجة حرارته يليه الماء والسطح الداخلي للزجاج، أما السطح الخارجي للزجاج يكون أبرد جزء. ومنه يمكن اعتبار درجة حرارة الزجاج الفعلية الداخلة في العلاقات النظرية هي القيمة المتوسطة بين الوجه الداخلي والوجه الخارجي.  $T_g = \frac{T_g(int)+T_g(ext)}{2}$ .

وهذا يفسر بأن السطح الأسود يمتص حرارة تنتقل هذه الحرارة إلى الماء ليسخن ثم يتبخر ثم يتكثف على الزجاج. كما نلاحظ أن درجات الحرارة في مختلف أجزاء المقطر الأول تكون مرتفعة عن درجة حرارة أجزاء المقطر الثاني وهذا يفسر بأن الزجاج ذو السمك 4 مم له إمرارية أكبر للإشعاع الشمسي من الزجاج ذو السمك 5 مم.

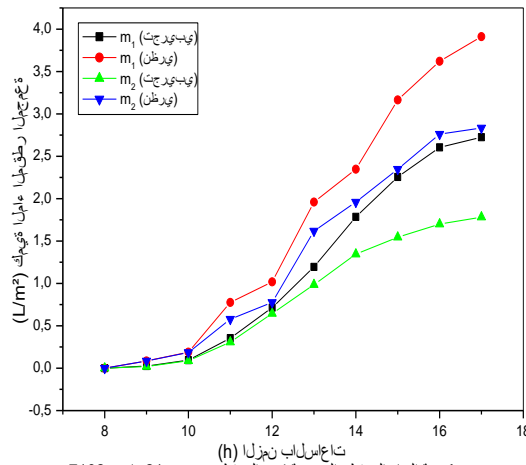
#### 3-3-1-5-IV مقارنة كمية الماء المجمعة نظريا وتجريبيا في المقطرين الشمسيين المختلفين في السمك



كمية الماء المقطر المجمعة في المقطر ذو السمك 5 مم يوم 21 مارس 7102



كمية الماء المقطر المجمعة في المقطر ذو السمك 4 مم يوم 21 مارس 7102



كمية الماء المقطر المجمعة في المقطرين يوم 21 مارس 7102

الشكل(4-6) : منحنيات كمية الماء المجمعة تجريبيا ونظريا الخاصة بالتجربة 1

تفسير المنحنيات : نلاحظ أن كمية الماء النظرية والتجريبية المجمعة في المقطر ذو السمك 4 مم أكبر منها في المقطر ذو السمك 5 مم، وهذا ما يفسر أن الزجاج ذو السمك 4 مم لديه إمرارية للإشعاع أكبر من الزجاج الآخر.

#### IV-5-1-4) النتائج المستخلصة من التجربة الأولى

النتيجة 1 : عند إستعمال الزجاج ذو السمك 4 مم كانت إنتاجية الماء المقطر تساوي  $m = 3L/m^2/jour$

النتيجة 2 : عند إستعمال الزجاج ذو السمك 5 مم كانت إنتاجية الماء المقطر تساوي  $m = 2L/m^2/jour$

النتيجة 3 : عند إستعمال الزجاج ذو السمك 4 مم كانت إنتاجية الماء المقطر أكبر ومن هنا نستنتج أن كل ما قل سمك الغطاء كانت إمرارية أكبر للإشعاع الشمسي وكانت إنتاجية الماء المقطر أكثر.

النتيجة 4 : عند استعمال الزجاج ذو السمك 5 مم كانت إنتاجية الماء المقطر أكبر في الفترة المسائية ومن هنا نستخلص أن هذا المقطر خزن حرارة، وهذا ناتج من العزل الحراري في الغطاء ذو السمك الأكبر.

النتيجة 5 : إستعمال الزجاج ذو السمك 5 مم يقلل من إحتماالية حدوث كسور للزجاج خاصة عند درجات الحرارة المرتفعة وهذا ما دفع لإستعماله في التجربة.

#### IV-5-2) التجربة الثانية : المقارنة بين مقطرين شمسين بسيطين مختلفين في عدد طبقات الزجاج

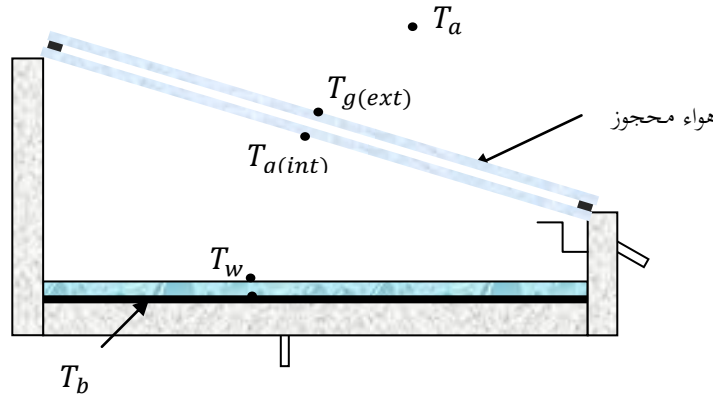
(الأول : أحادي الطبقة ، الثاني : ثنائي الطبقة)

IV-5-2-1) وصف التجربة الثانية : تم القيام بتركيب مقطرين شمسين الأول أحادي الطبقة والثاني ثنائي

الطبقة بينهما هواء محجوز وتم تركيب المزدوجات الحرارية كما هو موضح في الشكل (4-7)، وتمت التجربة على النموذجين على مدى 3 أيام كاملة (15 و 16 مارس و 5 أبريل 2017) للمقارنة بين المقطرين، والظروف الجوية التي

سادت هذه الأيام ظروف مختلفة، وتم ضبط أجهزة القياس لقياس المتغيرات والثوابت المأخوذة بعين الإعتبار في التأثير المباشر وغير المباشر في كمية الماء المقطر والتدفقات الحرارية الداخلية والخارجية والضائعة بالنسبة لكل نموذج، ثم

دونت هذه النتائج في الجدول Excel وتم رسم المنحنيات الموضحة أدناه ببرنامج Origin 06.



الشكل (4-7) : تركيب المقطر في التجربة 2 والمزدوجات الحرارية داخله

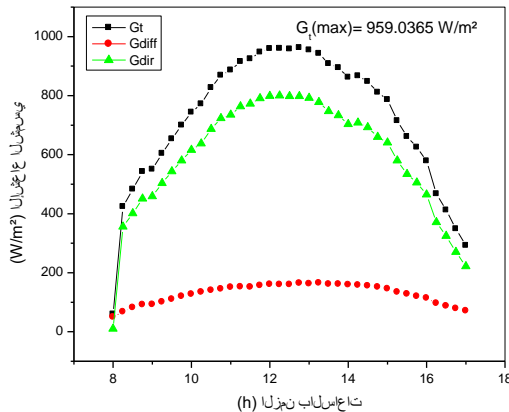
**IV-5-2-2) الظروف الجوية الخاصة بالأيام التي تمت فيها التجربة الثانية**

- الإشعاع الشمسي : كان في المجال، من  $59 W/m^2$  إلى  $998 W/m^2$ .
- حركة الهواء : كانت حركة الهواء منعدمة تقريبا، من  $0 m/s$  إلى  $2,4 m/s$  وإختيار هذا الشرط للتقليل من تأثير الضياع في التدفقات الحرارية على مستوى الغطاء الزجاجي في كل من المقطرين.
- الضغط الجوي : كان الضغط الجوي أقل بقليل من  $1 atm$ .
- الرطوبة الجوية : كان الجو جافا، بحيث أن قيمة الرطوبة النسبية للهواء في المجال من  $13\%$  إلى  $55\%$ .
- درجة الحرارة الجوية : تتراوح قيمتها  $16^\circ C$  إلى  $34^\circ C$ .

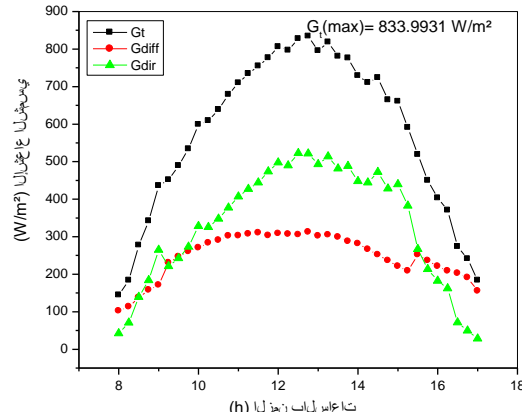
**IV-5-2-3) المنحنيات التجريبية للتجربة الثانية**

**IV-5-2-3-1) منحنيات الإشعاع الشمسي خلال أيام التجربة الثانية : تم رسم منحنيات الإشعاع الشمسي**

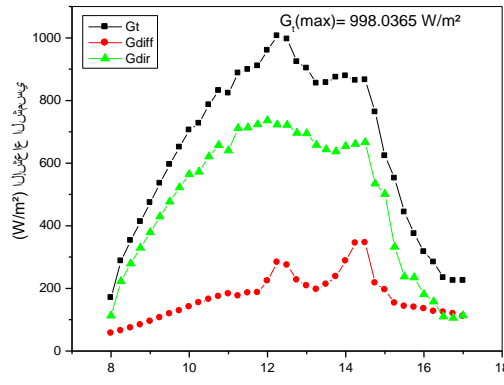
الكلية والمباشر والمنتشر بدلالة الزمن.



الإشعاع الشمسي على المقطريين بين الـ 5 آذار و 5 رول 7102



الإشعاع الشمسي على المقطريين بين الـ 51 آذار و 51 مارس 7102



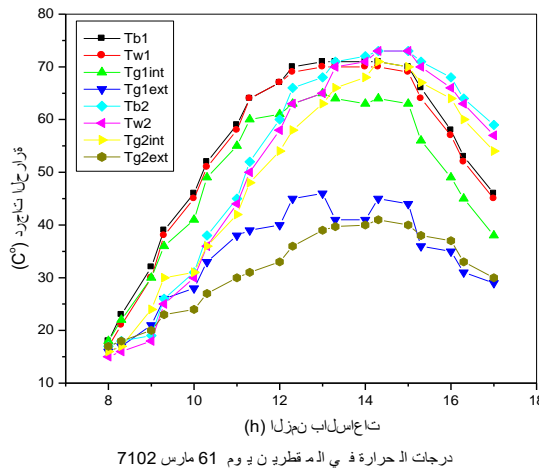
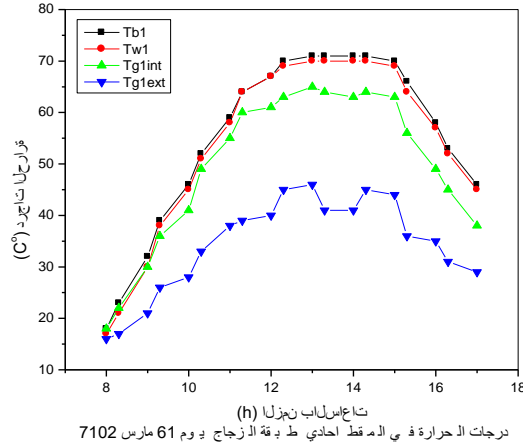
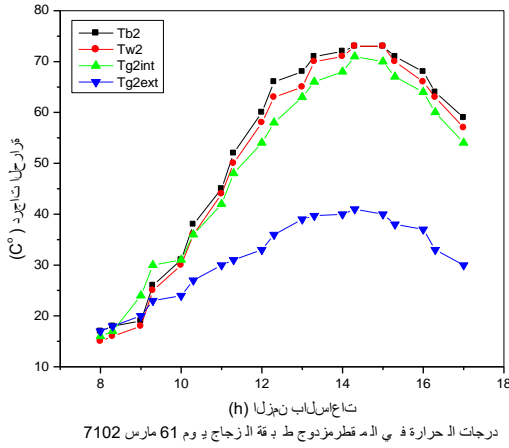
الإشعاع الشمسي على المقطريين بين الـ 61 آذار و 61 مارس 7102

**الشكل (8-4) : منحنيات الإشعاع الشمسي الخاصة بالتجربة 2**

تفسير المنحنيات : نلاحظ أن كل من الإشعاع الشمسي الكلي والمباشر والمنتشر يرتفع تدريجياً مع مرور الزمن إلى أن يبلغ الذروة خلال فترة الزوال (من الساعة 12 إلى 13) ثم يبدأ بالتناقص تدريجياً خلال الفترة المسائية.

وبعد المقارنة بين النتائج التجريبية خلال أيام التجربة من حيث الإشعاع الشمسي والظروف الجوية السائدة وكمية الماء المقطر المنتجة كان يوم 16 مارس الأحسن، لذلك سوف يعتمد في الدراسة .

#### 2-3-2-5-IV) مقارنة درجات الحرارة بين مقطرين شمسين بسيطين مختلفين في عدد طبقات الزجاج

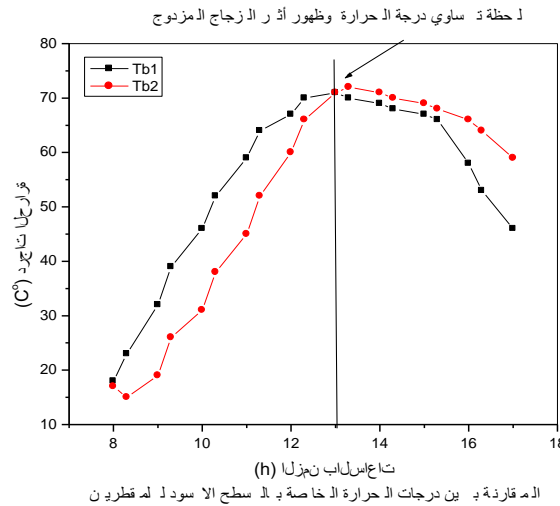
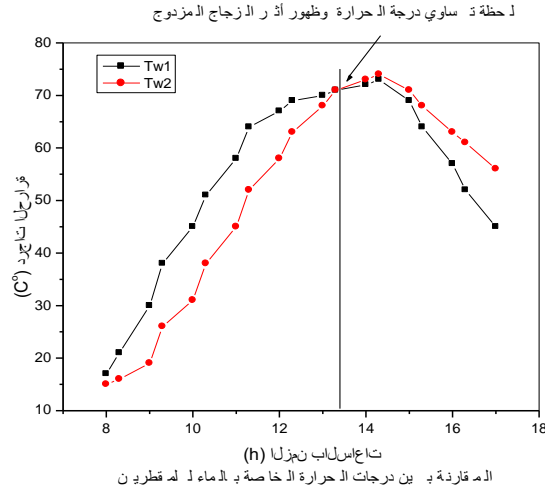
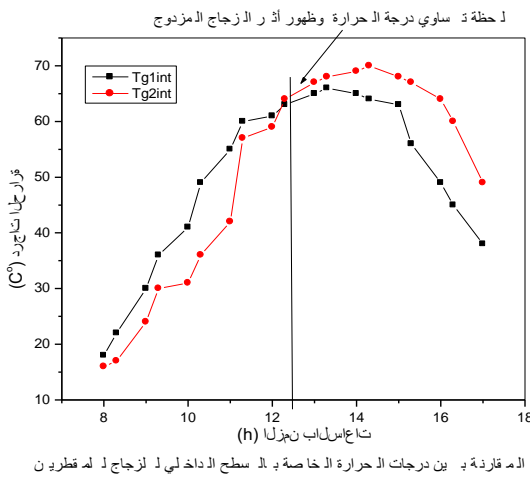


#### الشكل (4-9) : منحنيات درجات الحرارة الخاصة بالتجربة 2

تفسير المنحنيات : نلاحظ أن درجات الحرارة في كافة أجزاء المقطر تكون متزايدة بدلالة الزمن لتبلغ الذروة عند الزوال (13.30) بالنسبة للمقطر الأول وحوالي الساعة 14.30 المقطر الثاني) ثم تنخفض مرة أخرى، والسطح الأسود يكون أكبر جزء ترتفع درجة حرارته يليه الماء والسطح الداخلي للزجاج، أما السطح الخارجي للزجاج يكون أبرد جزء. وهذا يفسر بأن السطح الأسود يمتص حرارة تنتقل هذه الحرارة إلى الماء ليسخن ثم يتبخر ثم يتكثف على

الزجاج. كما نلاحظ أن درجات الحرارة في مختلف أجزاء المقطر الأول (أحادي الزجاج) تكون مرتفعة عن درجة حرارة أجزاء المقطر الثاني (مزدوج الزجاج) إلى غاية الزوال (من الساعة 13.30 - 14.30) ليصبح العكس درجة حرارة أجزاء المقطر الثاني أكبر وهذا يفسر بأن المقطر الثاني يخزن حرارة أكثر من المقطر الأول.

### 3-3-2-5-IV مقارنة مستويات درجات الحرارة للأجزاء المتماثلة في المقطرين المختلفين في عدد طبقات الزجاج

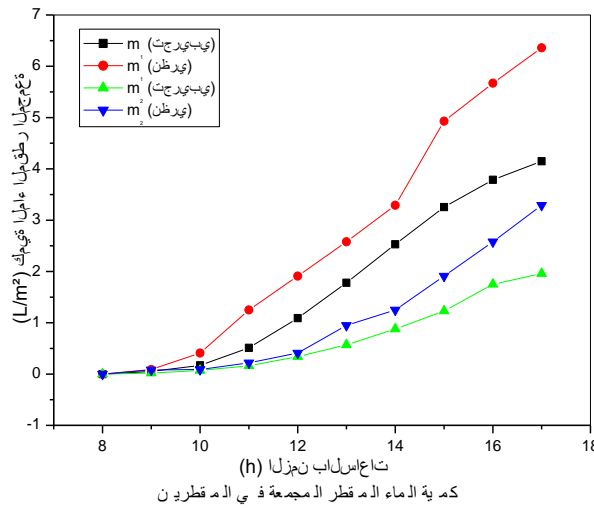
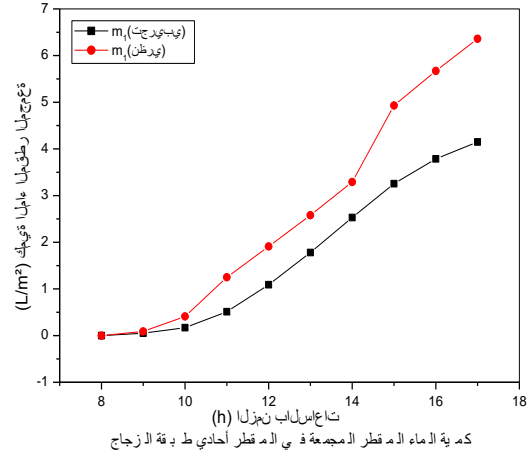
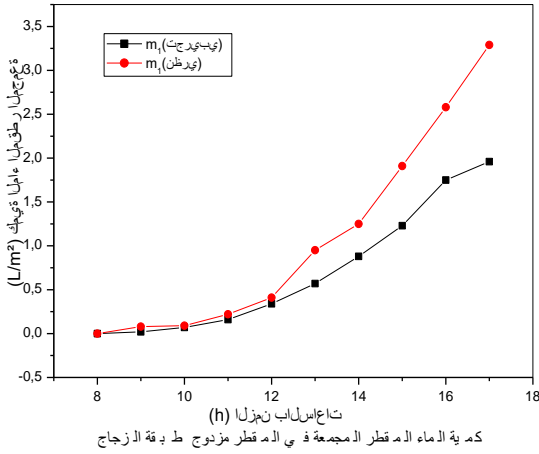


### الشكل (4-10) : منحنيات مستويات درجات الحرارة للأجزاء المتماثلة في الأدوار الخاصة بالتجربة 2

تفسير المنحنيات : نلاحظ أن درجات الحرارة الخاصة بالسطح الأسود تزداد مع مرور الزمن في كلا المقطرين بحيث أن درجات الحرارة في المقطر الأول تكون أكبر منها في الثاني، ثم تنعكس الآلية لتصبح درجات الحرارة في المقطر الثاني

أكبر منها في الأول وذلك بالترتيب بين أجزاء المقطر في السطح الأسود ابتداء من الساعة 13 والماء ابتداء من الساعة 12.30.

#### IV-5-2-3-4) مقارنة كمية الماء المُجمَّعة نظريا و تجريبيا في مقطري مختلفين في عدد طبقات الزجاج



#### الشكل (4-11) : منحنيات كمية الماء المجمعة الخاصة تجريبيا ونظريا بالتجربة 2

تفسير المنحنيات : نلاحظ أن كمية الماء النظرية والتجريبية المجمعة في المقطر أحادي الطبقة أكبر منها في المقطر المزدوج الطبقة، وهذا ما يفسر أن الزجاج ذو الطبقة المزدوجة له عزل حراري أكبر من الزجاج ذو طبقة الأحادية. وهذا ما يؤكد أن الهواء المحجوز عبارة عن عازل يقلل من كفاءة المكثف.

#### IV-5-2-4) النتائج المستخلصة من التجربة الثانية

النتيجة 1 : إستعمال زجاجتين بينهما هواء محجوز كان يهدف تبريد المكثف، لكن هذا التحسين كان له دور تخزين الطاقة داخل المقطر وتسخين المبخر، وكان أثره على المكثف بزيادة التسخين وإنتاجية الماء المقطر كانت أقل

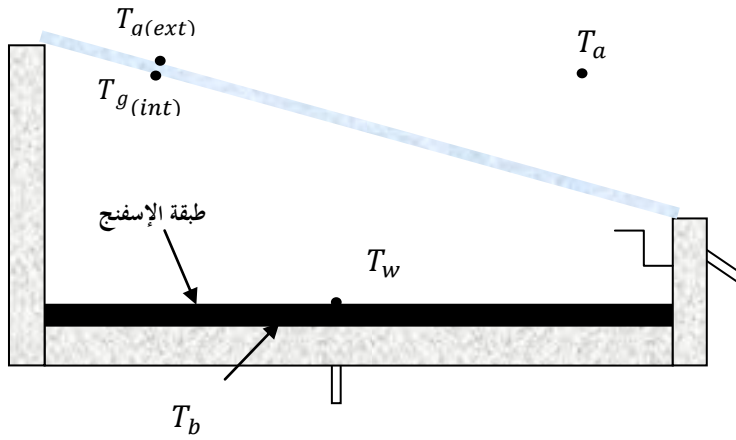
وهذا ما يدفع بنا للقول أن هذا التحسين لا يجدي نفعا لذلك ينصح بعدم تجربته في الدراسات المستقبلية.

### IV-5-3) التجربة الثالثة : المقارنة بين مقطرين شمسيين بسيطين مختلفين في طبيعة السطح الأسود

(الأول به سطح أسود من الألمنيوم والثاني به سطح أسود من الإسفنج 1سم).

#### IV-5-3-1) وصف التجربة الثالثة : تم القيام بتركيب مقطرين شمسيين الأول به سطح أسود من الألمنيوم والثاني

به سطح أسود من الإسفنج 1 سم وتم تركيب المزدوجات الحرارية كما هو موضح في الشكل (4-12) وفي هذه التجربة تم تغيير المزدوجات الحرارية بمزدوجات لها رأس حساس من الفولاذ نظرا لبعض المشاكل التي حصلت في المزدوجات السابقة (مزدوجات ذات رأس عادي)، وتمت التجربة على النموذجين على مدى 3 أيام كاملة (10 و 11 و 12 أبريل 2017) للمقارنة بين المقطرين، والظروف الجوية التي سادت هذه الأيام ظروف مختلفة، وتم ضبط أجهزة القياس لقياس المتغيرات والثوابت المأخوذة بعين الاعتبار في التأثير المباشر وغير المباشر في كمية الماء المقطر والتدفقات الحرارية الداخلية والخارجية والضائعة بالنسبة لكل نموذج، ثم دونت هذه النتائج في الجدول Excel وتم رسم المنحنيات الموضحة أدناه ببرنامج Origin 06.



الشكل (4-12) : تركيب المقطر في التجربة 3 والمزدوجات الحرارية داخله

#### IV-5-3-2) الظروف الجوية الخاصة بالأيام التي تمت فيها التجربة الثالثة

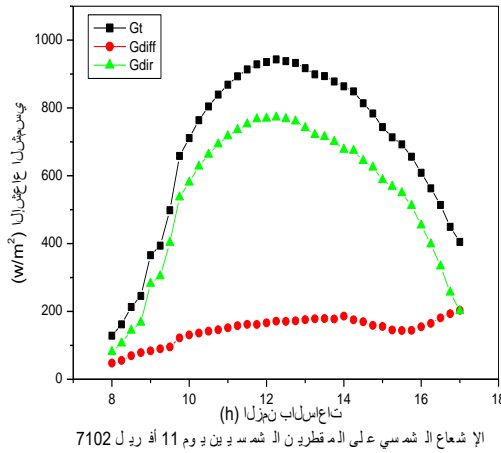
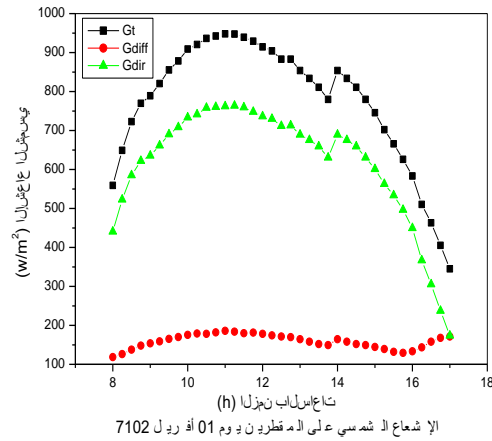
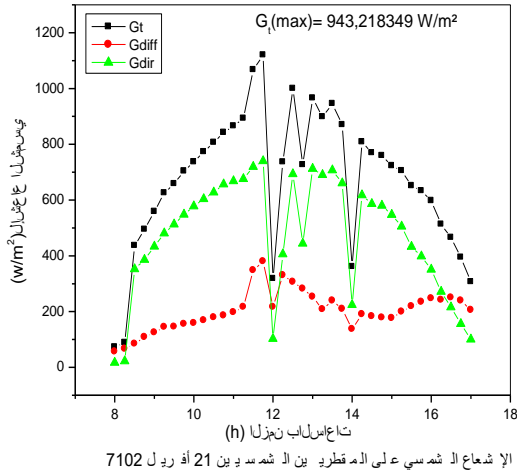
- الإشعاع الشمسي : كان في المجال، من  $73 W/m^2$  إلى  $948 W/m^2$  وقيمة الإشعاع هذه كافية لتسخين السطوح السوداء في النماذج الأولية للمقطرين.
- حركة الهواء : كانت حركة الهواء منعدمة تقريبا، من  $0 m/s$  إلى  $1,6 m/s$  واختيار هذا الشرط للتقليل من تأثير الضياع في التدفقات الحرارية على مستوى الغطاء الزجاجي في كل من المقطرين.
- الضغط الجوي : كان الضغط الجوي أقل بقليل من  $1 atm$ .



- الرطوبة الجوية : كان الجو جافا، بحيث أن قيمة الرطوبة النسبية للهواء في المجال من 17% إلى 63%.
- درجة الحرارة الجوية : تتراوح قيمتها 15°C إلى 35°C.

### 3-3-5-IV المنحنيات التجريبية للتجربة الثالثة

1-3-3-5-IV منحنيات الإشعاع الشمسي خلال أيام التجربة الثالثة : تم رسم منحنيات الإشعاع الشمسي الكلي والمباشر والمنتشر بدلالة الزمن.

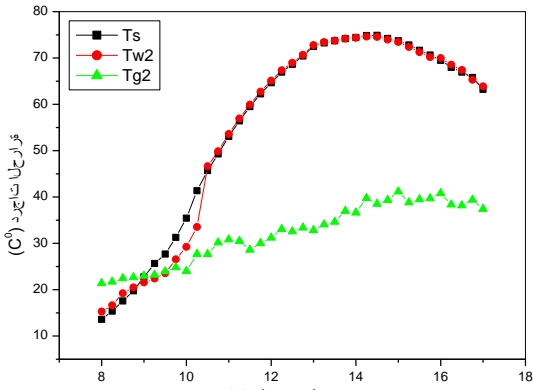


### الشكل (13-4) : منحنيات الإشعاع الشمسي الخاصة بالتجربة 3

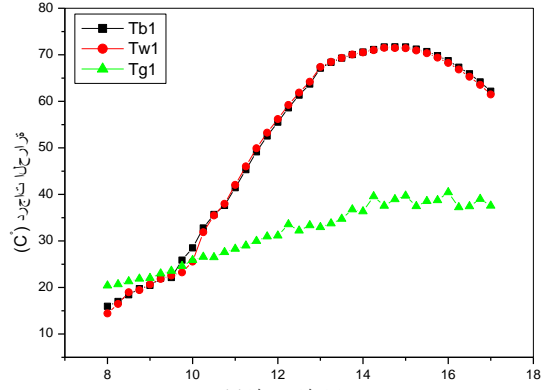
تفسير المنحنيات : نلاحظ أن كل من الإشعاع الشمسي الكلي والمباشر والمنتشر يرتفع تدريجيا مع مرور الزمن إلى أن يبلغ الذروة خلال فترة الزوال (من الساعة 11:30 إلى 13)، ما عدا في اليوم 12 أبريل فقد كان الجو مغيم خلال هذه الفترة، ثم يبدأ بالتناقص تدريجيا خلال الفترة المسائية، وكان الإشعاع المنتشر يتجاوز قيمة  $300\text{W/m}^2$  خلال فترة الزوال وهذا ناتج من الغيوم في الجو التي تؤدي إلى زيادة انتشار الإشعاع في الجو.

وبعد المقارنة بين النتائج التجريبية خلال أيام التجربة من حيث الإشعاع الشمسي والظروف الجوية السائدة وكمية الماء المقطر المنتجة كان يوم 11 أبريل الأحسن، لذلك سوف يعتمد في الدراسة على النتائج المأخوذة خلال هذا اليوم.

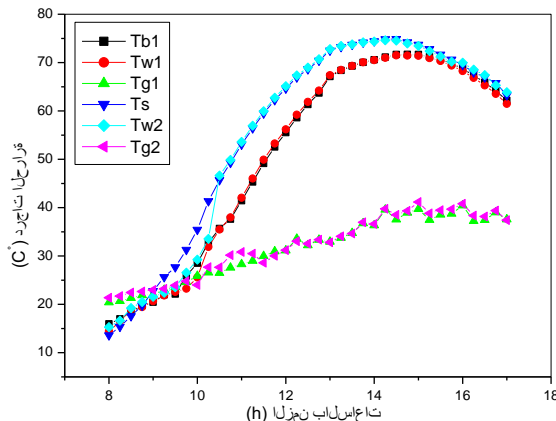
#### IV-3-3-2) مقارنة درجات الحرارة بين مقطرين شمسين بسيطين مختلفين في طبيعة السطح الأسود



درجات الحرارة في المقطر الثاني (المحسّن بالإسود) في يوم 11 أبريل 7102



درجات الحرارة في المقطر الأول (الأسود) في يوم 11 أبريل 7102



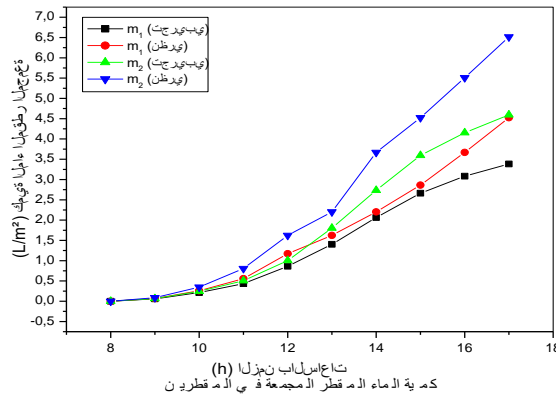
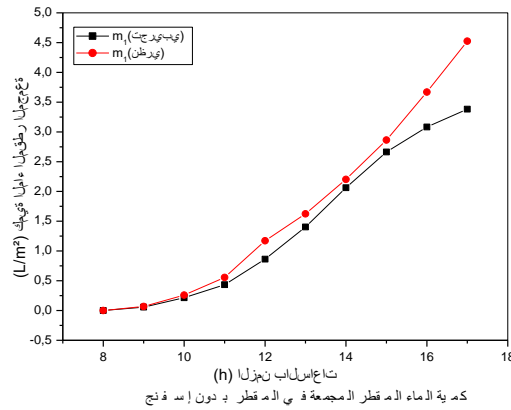
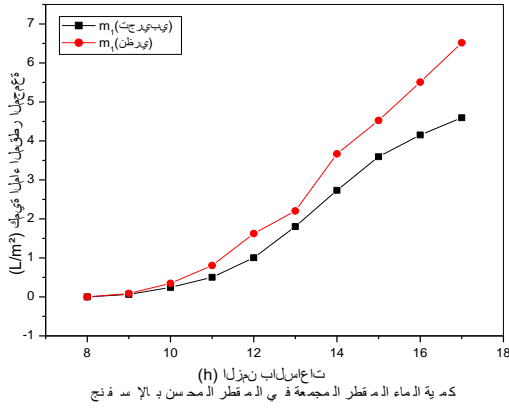
درجات الحرارة في المقطرين في يوم 11 أبريل 7102

#### الشكل (4-14) : منحنيات درجات الحرارة الخاصة بالتجربة 3

تفسير المنحنيات : نلاحظ أن درجات الحرارة في كافة أجزاء المقطر تكون متزايدة بدلالة الزمن لتبلغ الذروة على الساعة (14 تقريبا) ثم تنخفض مرة أخرى، ونلاحظ تساوي درجات الحرارة بين السطح الأسود والماء في كلا المقطرين، السبب في تساوي درجة حرارتهما يعود لسماك الماء الذي لا يتجاوز 1 سم، أما السطح الخارجي للزجاج يكون أبرد جزء نتيجة لتعرضه للهواء الخارجي ودرجة حرارة الزجاج هي المتوسط بين الوجه الداخلي والخارجي وهي محسوبة مباشرة وموضحة في الشكل (4-14).

كما نلاحظ أن الاختلاف في درجات الحرارة بين المقطرين الأول والثاني يكون في درجة حرارة الماء والسطح الأسود حيث يلاحظ ارتفاعها في المقطر الثاني وسبب هذا الارتفاع راجع لمساهمة الإسفنج في تخزين الحرارة.

### 3-3-3-5-IV مقارنة كمية الماء المجمعة نظريا وتجريبيا في مقطرين مختلفين في طبيعة السطح الأسود



### الشكل (4-16) : منحنيات كمية الماء المجمعة تجريبيا ونظريا الخاصة بالتجربة 3

تفسير المنحنيات : نلاحظ أن كمية الماء النظرية أكبر من التجريبية المجمعة في كل من المقطر 1 والمقطر 2 (المزود بالإسفنج)، وهذا ما يفسر أن النماذج النظرية هي نماذج مثالية. ويبقى أن المقطر 2 دائما أكبر إنتاجية للماء نظريا وتجريبيا.

### 4-3-5-IV النتائج المستخلصة من التجربة الثالثة

**النتيجة 1 :** السبب في تساوي درجة حرارة الماء والسطح الأسود يعود لسمك الماء الذي لا يتجاوز 1 سم وبالتالي كلما زاد السمك الخاص بكمية ماء التغذية كان الفرق في درجة الحرارة أكبر وكانت الكفاءة أقل.

**النتيجة 2 :** درجة حرارة الماء في لمقطر 2 أكبر من درجة حرارة الماء في المقطر 1 بسبب مساهمة الإسفنج في تكديس وتخزين الحرارة. ولو كان هناك مادة لها سعة حرارية أكبر من الإسفنج لكانت النتائج أكبر.

**النتيجة 3 :** درجة حرارة الوجه الخارجي مساوية تقريبا لدرجة حرارة الوجه الداخلي، وتعطينا قيمة درجة حرارة الزجاج

بحساب المتوسط بينهما، وكذلك نجد درجات الحرارة الداخلية كبيرة مقارنة بدرجة حرارة الزجاج  $T_g \ll T_b, T_w$ .

**النتيجة 4 :** زيادة كمية الماء ( حوالي 3 لتر في المقطر الأول و4.5 لتر في المقطر الثاني) يفسر بوجود سطح صلب

يتمثل الإسفنج ويساعد هذا السطح في ظاهرة التبخير أحسن من وجود سطح حر للماء السائل. وزيادة على ذلك

فإن عدم وجود الماء بشكل مباشر في المقطر 2 يجعل الإشعاع الشمسي لا يتعرض لانعكاس وامتصاص من طرف

الماء، وبالتالي هناك امتصاص مباشر للأشعة من طرف الإسفنج وإعطائها للماء الذي هو أصلا في الإسفنج.

#### IV-5-4 التجربة الرابعة : تأثير سرعة الهواء الجوي على كمية الماء المقطر.

**IV-5-4-1 وصف التجربة الرابعة :** تم القيام بتركيب مقطرين شمسيين الأول مقطر عادي والثاني به مروحة في

أعلى الزجاج من اجل تبريده وتم تركيب المزدوجات الحرارية كما هو موضح في الشكل (4-17)، وتمت التجربة على

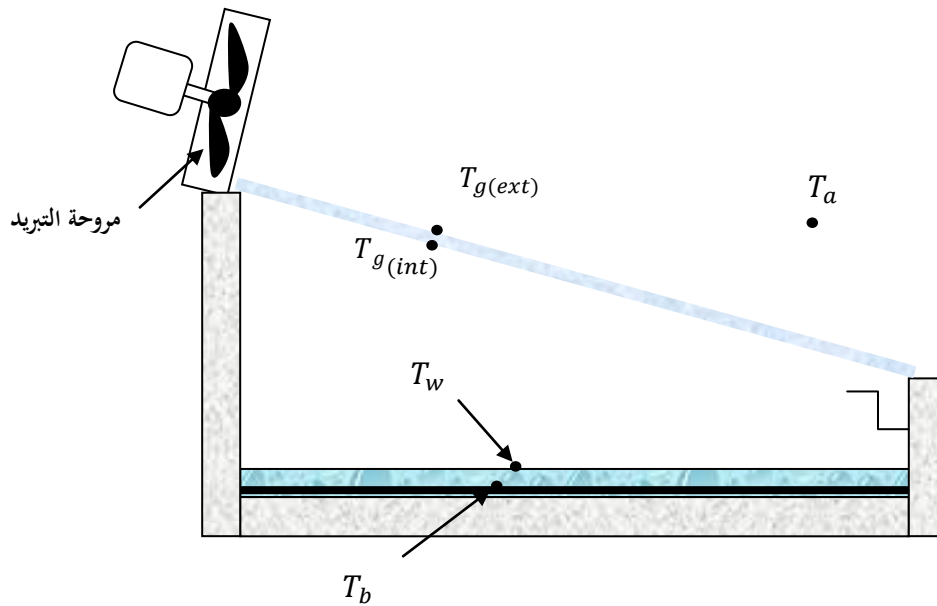
النموذجين على مدى 3 أيام كاملة (24 و25 و26 أفريل 2017 حيث في اليوم الأول والثاني سرعة المروحة كانت

3 m/s وفي اليوم الثالث كانت 1.5 m/s) للمقارنة بين المقطرين، والظروف الجوية التي سادت هذه الأيام

ظروف مختلفة، وتم ضبط أجهزة القياس لقياس المتغيرات والثوابت المأخوذة بعين الاعتبار في التأثير المباشر وغير

المباشر في كمية الماء المقطر والتدفقات الحرارية الداخلية والخارجية والضائعة بالنسبة لكل نموذج، ثم دونت هذه

النتائج في الجدول Excel وتم رسم المنحنيات الموضحة أدناه ببرنامج Origine



الشكل (4-17) : تركيب المقطر في التجربة 4 والمزدوجات الحرارية داخله

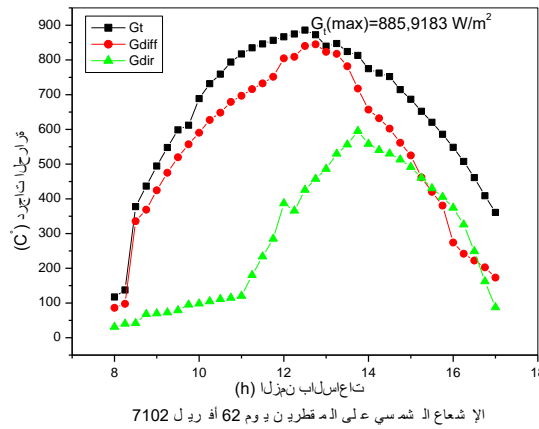
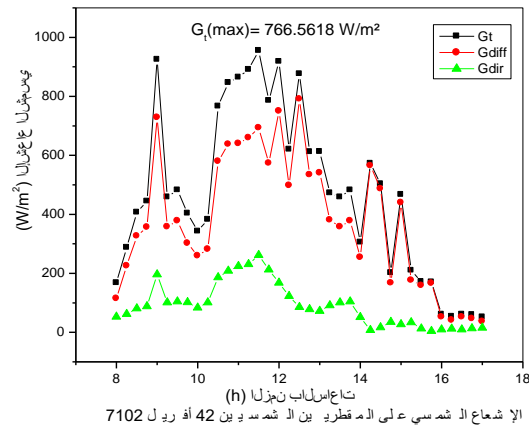
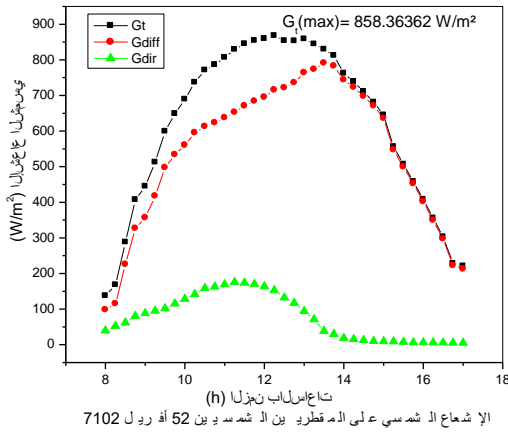
2-4-5-IV الظروف الجوية الخاصة بالأيام الذي تمت فيه التجربة الرابعة

- الإشعاع الشمسي : كان في المجال من  $117 W/m^2$  إلى  $917 W/m^2$  وقيمة الإشعاع هذه كافية لتسخين السطوح السوداء في النماذج الأولية للمقطرين.
- حركة الهواء : كانت حركة الهواء منعدمة تقريبا  $0 m/s$
- الضغط الجوي : كان الضغط الجوي أقل بقليل من  $1 atm$ .
- الرطوبة الجوية : كان الجو جافا، بحيث أن قيمة الرطوبة النسبية للهواء في المجال من  $14\%$  إلى  $48\%$ .
- درجة الحرارة الجوية : تتراوح قيمتها  $20^\circ C$  إلى  $41^\circ C$ .

3-4-5-IV المنحنيات التجريبية الرابعة

1-3-4-5-IV منحنيات الإشعاع الشمسي خلال أيام التجربة الرابعة : تم رسم منحنيات الإشعاع الشمسي

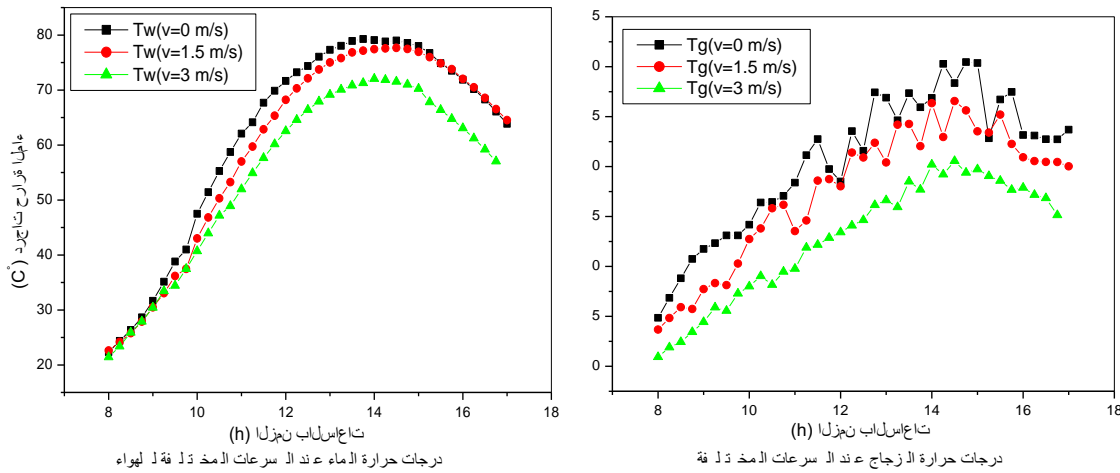
الكلية والمباشر والمنتشر بدلالة الزمن.



الشكل (4-18) : منحنيات الإشعاع الشمسي الخاصة بالتجربة 4

تفسير المنحنيات : نلاحظ أن كل من الإشعاع الشمسي الكلي والمباشر والمنتشر يرتفع تدريجياً مع مرور الزمن إلى أن يبلغ الذروة خلال فترة الزوال (من الساعة 11:30 إلى 13)، ما عدا في اليوم 24 أبريل فقد كان الجو مغيم خلال هذه الفترة، ثم يبدأ بالتناقص تدريجياً خلال الفترة المسائية. وبعد المقارنة بين النتائج التجريبية خلال أيام التجربة من حيث الإشعاع الشمسي والظروف الجوية السائدة وكمية الماء المقطر المنتجة كان يوم 25 أبريل أحسن من 24 أبريل عندما كانت سرعة المروحة 3 م/ثا، و عند المقارنة بين يوم 25 أبريل و 26 أبريل في المقطر العادي (بدون مروحة التبريد والتي تعتبر قيمة سرعة الهواء 0 م/ثا) كانت كمية الماء المنتجة نفسها لذلك سوف يعتمد في الدراسة على المقارنة بين المقطرات في حالة سرعة الهواء 0 م/ثا و 1,5 م/ثا و 3 م/ثا.

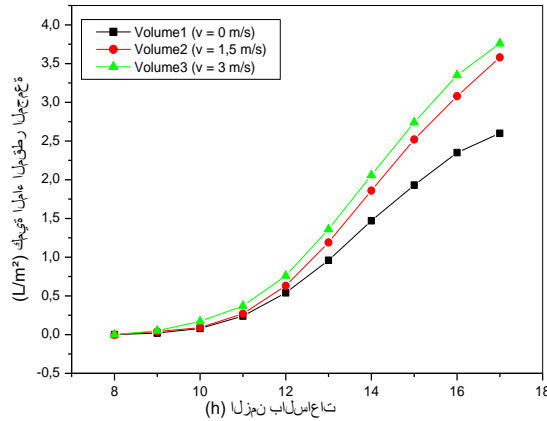
#### IV-5-3-2) مقارنة درجات الحرارة الماء والزجاج في السرعات المختلفة



الشكل (4-19) : منحنيات مقارنة بين مختلف السرعات لدرجات الحرارة للماء والزجاج في التجربة 4

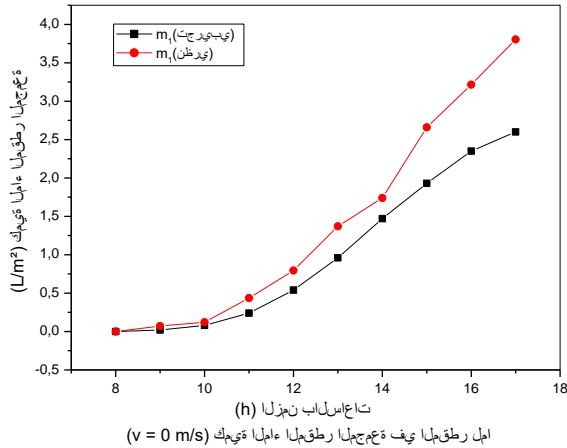
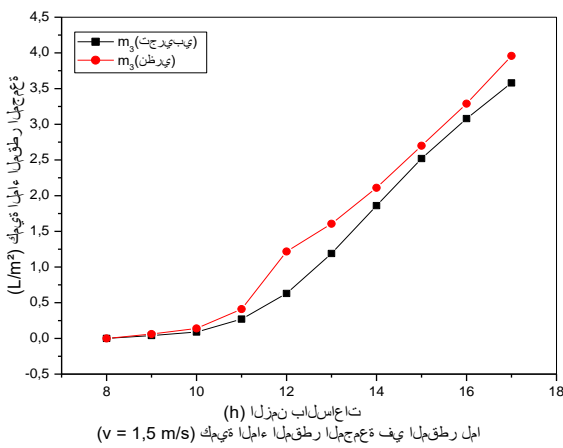
تفسير المنحنيات : نلاحظ أن درجات الحرارة الخاصة بكل من الزجاج والماء تكون متزايدة بدلالة الزمن، ثم تتناقص هذه الحرارة تكون مرتفعة عندما تكون سرعة الهواء (0 م/ثا)، أقل منها عندما تكون سرعة الهواء (1.5 م/ثا)، أقل منها عندما تكون سرعة الهواء (3 م/ثا). وهذا ما يفسر بتبريد المكثف بالمروحة وكلما زادت سرعتها يزيد تبريد المكثف، والذي يؤثر بدوره على المبخر فيبرد الماء لكن هذا لا يؤثر كثيرا على الفرق في درجة الحرارة داخل المقطر.

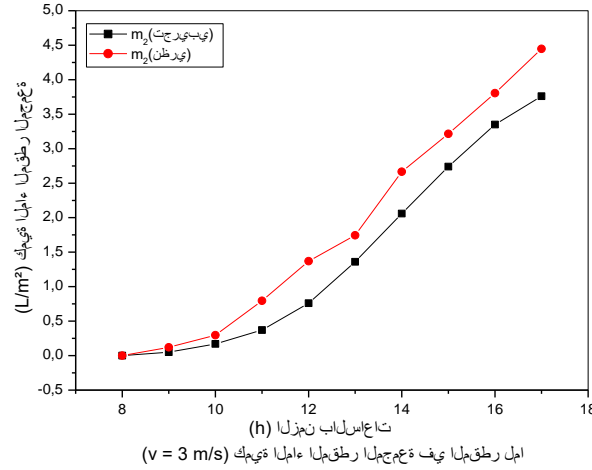
3-3-4-5-IV تأثير سرعة الهواء الجوي على كمية الماء المقطر المجمعة



الشكل (4-20): منحنى تأثير سرعة الهواء الجوي على كمية الماء المقطر المجمعة بين مختلف السرعات في التجربة 4 تفسير المنحنى: من المنحنى نلاحظ أن كمية الماء المجمعة في مختلف السرعات تزداد بدلالة الزمن وكلما كانت السرعة أكبر كانت الإنتاجية أكبر وهذا ما يفسر على أن السرعات الكبيرة للهواء الجوي تعمل على تبريد الزجاج فيزداد الفرق في درجة الحرارة بين الزجاج ( $T_g$ ) والسطح الأسود ( $T_b$ ) وبالتالي تكون الإنتاجية كبيرة.

3-3-4-5-IV مقارنة كمية الماء المجمعة نظريا وتجريبيا عند سرعات مختلفة للهواء





الشكل (4-20) : منحنيات كمية الماء المجمعة نظريا وتجريبيا الخاصة بالتجربة 4

تفسير المنحنيات : نلاحظ أن كمية الماء النظرية أكبر من التجريبية المجمعة من أجل السرعات المختلفة، وهذا ما يفسر أن النماذج النظرية هي نماذج مثالية. ونلاحظ أنه كلما زادت السرعة زادت إنتاجية الماء نظريا وتجريبيا.

#### IV-5-4-4) النتائج المستخلصة من التجربة الرابعة

النتيجة 1 : من تفسير المنحني الخاص بالمقارنة بين كمية الماء المقطر بدلالة سرعة الهواء نستنتج أنها كلما زادت سرعة الهواء زادت كمية الماء المقطر المجمعة .

النتيجة 2 : يمكن استخدام جسم بارد متصل بالمكثف لسحب حرارة منه وزيادة إنتاجية الماء المقطر .

#### IV-6) دراسة المردود الطاقوي الخاص بالتجارب الأربعة

IV-6-1) تعريف : يعتبر المردود الطاقوي مقدار فيزيائي لا بعدي (بدون وحدة) يعطي للدارس فكرة على كفاءة أي جهاز يعمل بالطاقة، حيث هو عبارة عن حاصل قسمة الطاقة المنتجة على الطاقة المستهلكة من طرف الجهاز. ولدينا المقطر الشمسي يستهلك طاقة إشعاعية من الشمس متمثلة في الإشعاع الشمسي الكلي  $G_t$  الوارد للجهاز في كل لحظة، وينتج طاقة حرارية على شكل تبخير  $Q_{ev}$  لها علاقة بكمية البخار المنتج التي بدورها تساوي كمية الماء المقطر عند المكثف. ومنه المردود الطاقوي يعطى بالعلاقة التالية :

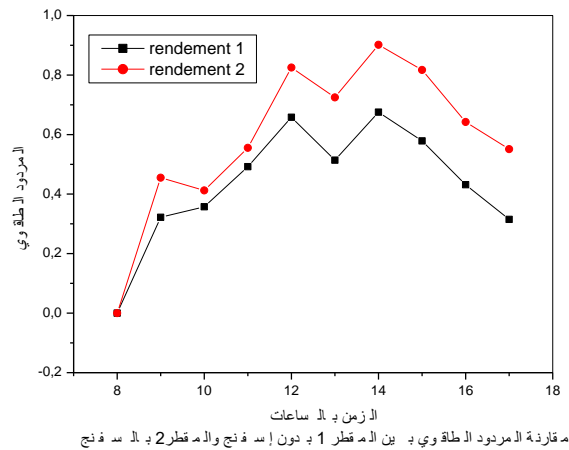
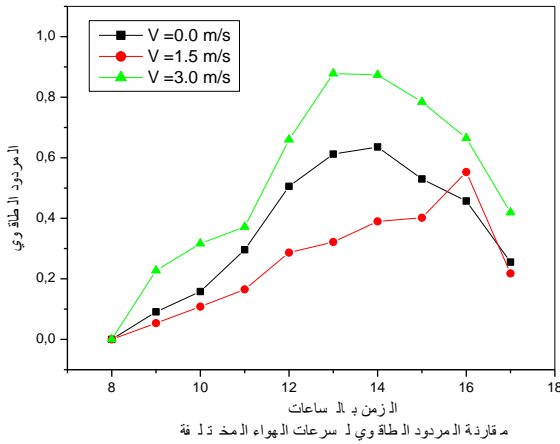
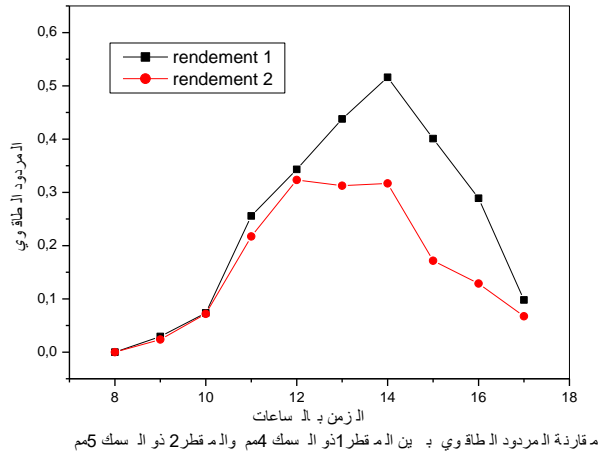
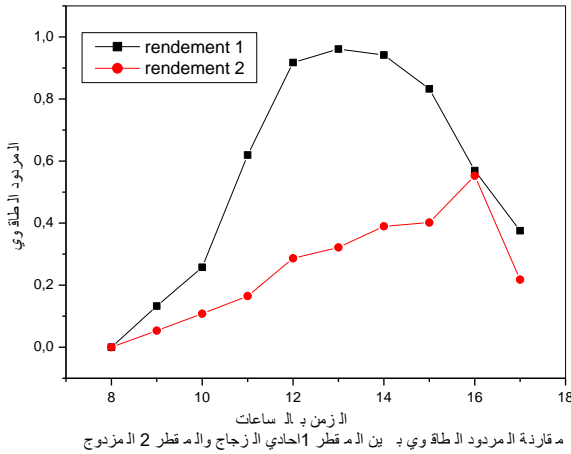
$$\eta_{th} = \frac{\text{الطاقة المنتجة}}{\text{الطاقة المستهلكة}} = \frac{Q_{ev}}{G_t} = \frac{\dot{m} \cdot H_w}{G_t} = \frac{\left(\frac{m}{3600}\right) \cdot H_w}{G_t} \quad (1.4)$$



حيث :  $m$  هي كمية الماء المنتجة كل ساعة ، وللحصول على التدفق الكتلي للماء  $\dot{m}$  نقسم الكتلة  $m$  على عدد الثواني في كل ساعة أي نقسم على 3600 . ونحصل في الأخير على  $\dot{m}$  الذي يمثل كمية الماء المقطر المنتج تجريبيا كل ثانية لكل 1 متر مربع من حوض التقطير.

**IV-6-2) طريقة العمل :** في كل تجربة من التجارب الأربعة يحسب المردود الطاقوي اللحظي على مدى تسع ساعات، ويقارن مردود المقطر 1 بدون تحسين بمردود المقطر 2 بوجود تحسين، ومنه يأخذ مقدار الإشعاع الكلي  $G_t$  التجريبي كل لحظة (كل ساعة) ، ويتم حساب المقدار  $Q_{ev}$  انطلاقا من العلاقة  $\left(\frac{m}{3600}\right) \cdot H_w$  ، حيث  $H_w$  هي الحرارة الكامنة للتبخير والمأخوذة عند درجة الحرارة المتوسطة بين  $T_g$  و  $T_w$  المعطاة تجريبيا.

**IV-6-3) منحنيات المردود الطاقوي**



الشكل(4-21) : منحنيات مقارنة المردود الطاقوي في التجارب الأربعة

تفسير المنحنيات والنتائج المستخلصة: نلاحظ أن المردود الطاقوي يختلف من مقطر إلى آخر حسب ظروف التجربة، لكن قيمة المردود الطاقوي تبقى متأثرة أكثر بشكل ونوعية المقطر والتحسين المضاف إليه، ويتميز المردود الطاقوي بما يلي :

1. قيمته محصورة بين 0 و 1 ، و هذا ناتج من كون أن المقطرات الشمسية يوجد ضياع للطاقة.
2. تبدأ قيمة المردود الطاقوي من 0 وتصل إلى الذروة عند الساعة 13:00 وتتناقص للوصول إلى قيمة دنيا عند المساء(من 0.1 إلى غاية 0.5) .
3. النتائج الخاصة بأعظم قيمة للمردود الطاقوي لكل تجربة مدونة في الجدول التالي :

القيمة العظمى للإشعاع الشمسي $G_t \left( \frac{W}{m^2} \right)$	القيمة العظمى للمردود $\eta_{max}$	لحظة الذروة	التجربة و نوعية المقطر الشمسي المستعمل
959,4107	0,55	14:00	المقطر 1 : سُمْك 4 مم
	0,32	14:00	المقطر 2 : سُمْك 5 مم
998.0355	0,97	13:00	المقطر 1 : أحادي الزجاج
	0,52	16:00	المقطر 2 : ثنائي الزجاج
928.5990	0,90	14:00	المقطر 1 : بدون إسفنج
	0,60	14:00	المقطر 2 : بوجود إسفنج
858.3636	0,60	14:00	المقطر 1 : سرعة الهواء 0.0 m/s
	0,50	16:00	المقطر 2 : سرعة الهواء 1.5 m/s
	0,80	13:00	المقطر 3 : سرعة الهواء 3.0 m/s

الجدول(4-1) : النتائج الخاصة بأعظم قيمة للمردود الطاقوي

## الخاتمة

هذه الدراسة تركز في الأساس على تحسين مردود الإنتاجية اليومية من الماء المقطر للمقطر الشمسي البسيط ذي الميل الواحد والمقارنة بين مقطرين من نفس النوع الأول (شاهد) والثاني (محسن).

وعلى ضوء النتائج المتحصل عليها من خلال التجارب، يمكننا أن نستخلص عدة نتائج تكون في المستقبل مرجعا مُهمًا لدراسات المستقبلية، كما بيّنت كذلك سلبيات والتي سنُدْرَج لها توصيات مستقبلية في آخر المطاف .

### التجربة الأولى بينت النتائج التالية :

- ان إنتاجية الماء بالنسبة للمقطر ذو سمك الزجاج 4مم تساوي  $m = 3L/m^2/jour$  اكبر من المقطر ذو السمك 5مم والتي تساوي  $m = 2L/m^2/jour$  ، ومن هنا نستنتج أن كل ما قل سمك الغطاء كانت إمرارية أكبر للإشعاع الشمسي وكانت إنتاجية الماء المقطر أكثر.
- عند استعمال الزجاج ذو السمك 5 مم كانت إنتاجية الماء المقطر أكبر في الفترة المسائية ومن هنا نستخلص أن هذا المقطر خزن حرارة، وهذا ناتج من العزل الحراري في الغطاء ذو السمك الأكبر.
- إستعمال الزجاج ذو السمك 5 مم يقلل من احتمالية حدوث كسور للزجاج خاصة عند درجات الحرارة المرتفعة وهذا ما دفع لإستعماله في التجربة .

### التجربة الثانية بينت النتائج التالية :

- استعمال زجاجتين بينهما هواء محجوز كان بهدف تبريد المكثف، لكن هذا التحسين كان له دور تخزين الطاقة داخل المقطر وتسخين المبخر، وكان أثره على المكثف بزيادة التسخين.

### التجربة الثالثة بينت النتائج التالية :

- كلما زاد السُمك الخاص بكمية ماء التغذية كان الفرق في درجة الحرارة أكبر وكانت الكفاءة أقل.
- يقوم الإسفنج بتكديس وتخزين الحرارة ولو كان هناك مادة لها سعة حرارية أكبر لكانت النتائج أحسن.
- زيادة كمية الماء المقطر (حوالي 3 لتر في المقطر الأول و 4.5 لتر في المقطر الثاني) يفسر بوجود سطح صلب يتمثل الإسفنج ويساعد هذا السطح في ظاهرة التبخير أحسن من وجود سطح حر للماء السائل.

- زيادة على ذلك فإن عدم وجود الماء بشكل مباشر في المقطر<sup>2</sup> يجعل الإشعاع الشمسي لا يتعرض لانعكاس وامتصاص من طرف الماء، وبالتالي هناك امتصاص مباشر للأشعة من طرف الإسفنج وإعطائها للماء الذي هو أصلا في الإسفنج.
- كفاءة المقطر المحسن في هذه التجربة كانت أكبر منها في التجارب الأخرى.

### التجربة الرابعة بينت النتائج التالية :

- كلما زادت سرعة الهواء كان لها أثر إيجابي في تبريد المكثف وبالتالي زيادة كمية الماء المقطر وكفاءة المقطر.
- يمكن استخدام جسم بارد متصل بالمكثف لسحب حرارة منه وزيادة إنتاجية الماء المقطر.

### توصيات:

- نوصي بدورنا وعلى ضوء النتائج الجيدة التي تحصلنا عليها من سلسلة التجارب التي تم القيام بها على المقطر الشمسي البسيط ذو ميل واحد، أن يتم التنبيه في التجارب المستقبلية للعواقب التالية :
- في الأوساط التي يكون فيها الإشعاع الشمسي قوي يجب استعمال زجاج ذو سمك معتبر لتجنب تشققه وانكساره.
  - التحسين باستعمال زجاجتين بينهما هواء محجوز للمقطر كان بهدف تبريد المكثف إلا أن ما حدث كان تخزين للطاقة داخل المقطر في الفترة المسائية وكانت إنتاجية الماء المقطر أقل، وهذا ما يدفع بنا للقول أن هذا التحسين لا يجدي نفعاً لذلك ينصح بعدم تجربته في الدراسات المستقبلية.
  - ننصح باستعمال المزدوجات الحرارية الخاصة بالماء التي يكون لها رأس مغطى بالبلاستيك، كما ننصح بعدم استعمال المزدوجات الحرارية التي تحتوي على رأس مصنوع من الفولاذ داخل الأوساط التي تحتوي على البخار لأنها تتأثر ولا تعطينا قيم حقيقية لدرجات الحرارة.
  - إذا قمنا بدمج تجربة التحسين بالإسفنج مع تجربة تبريد الزجاج بالمروحة، سوف نقوم بتحسينين في نفس الوقت تسخين المبخر وتبريد المكثف وستحصل على كمية ماء مقطر أكبر.
  - من بين التجارب التي نقترحها مستقبلاً والتي لم يسعفنا الحظ ولم يكفينا الوقت للقيام بها التحسين بإستعمال المضخة الحرارية التي تعمل على تبريد المكثف من جهة وذلك بسحب الحرارة من الزجاج ومن جهة أخرى يمكن الاستفادة من هذه الحرارة في تبريد ماء التغذية الخاص بالمقطر.

المراجع باللغة العربية

- [1] محمد تخة، "دراسة مقارنة وتحسين لمختلف المقطرات الشمسية لإنتاج المياه الصالحة للشرب في المناطق الجافة الصحراوية"، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة، كلية العلوم والعلوم الهندسية، قسم الفيزياء (2004)
- [2] سوداني محمد البار، "دراسة نظرية لمجمع شمسي أسطواني مقعر ذي غطاء زجاجي"، مذكرة ماجستير جامعة ورقلة 2009
- [3] د.سعود يوسف عياش، "تكنولوجيا الطاقة البديلة"، عالم المعرفة، الكويت فبراير 1981

المراجع باللغة الانجليزية

- [4] A.Madhlopa,C. Johnstone, Numerical study of a passive solar still with separate condenser, Renew . Energy 34(2009) 1668- 1677.
- [5] B.Bouhekima"a solar Desalination plant for domestic water need in arid areas of south Algeria ". Desalination 153(2002) 65-69.
- [6] B.Bouhekima & B.Gros & R.Ouahes & M.Diboun (performance study of the capillary film solar distiller ) Algérie ELSEVIER Deaslation 153(2002)65-69.
- [7] J.W.Rose "Condensation Heat Transfer Fundamentals" Trns Chem .Vol 76.Part A .(1998).
- [8] H . Al-Hinai, M.S.Al-Nassri, B.A. Jubran, Parametric investigation of a double effect solar still in comparison with a singl-effect solar still , Desalination 150 (2002) 75-83.
- [9] H.E.S.Fath ,H.M. Hosny, thermal performance of a single- sloped basin still with an inherent built – in additional condenser, desalination142(2002) 19- 27 .
- [10] H.S.Aybar, H. Assefi, simulation of a solar still to investigate water depth and glass angle, Desalin . Water Treat. 7(2009) 35-40 .
- [11] M. Abu-Arabi, Y . Zurigat, H. Al-Hinia, S. Al-Hiddabi, Modeling and performance analysis of a solar desalination unit with double- glass cover cooling, Desalination 143 (2002) 173-182.
- [12] S.K. Shukla, V.P.S.Sorayan. Thermal modeling of solar stills : an experimantale Validation, Renew . Energy 30 (2005) 683-699.
- [13] V.Velmurugan, M. Gopalakrishnan, R. Reghu, K. Srithar , Single basin solar still with fin for enhancing productivity , Energy Convers. Manag. 49 (2008) 2602-2608.
- [14] V.V.Slesarenko, Heat pumps as a source of heat energy for desalination of seawater, desalination 139 (2001) 405-410 .
- [15] Y.H.Zurigat, M.k. Arabi, Modeling and performance analysis of a regenerative solar desalination Unit, Appl. Them. Eng. 24 (2004) 1061-1072.

المراجع باللغة الفرنسية

- [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] Alain Maurel (dessalement Solaire) CEA-Cadarache (1986).
- [18] 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.
- [19] Eaux saumâtre dans les sud Algérien" thèse de magistère (2000) Université de Ouargla.
- [20] J.F. SACADURA "Initiation aux transfert thermique" France -1977.
- [21] J.R.VAILLANT "les problème du dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtre"- France-1975.
- [22] Hamani Nadjette, Modélisation du flux solaire incident et de la température de sortie dans un capteur solaire à eau avec effet de concentration du rayonnement solaire incident, mémoire de magister, Université Mohamed Khider- Biskra,200
- [23] M.El Haimer –M.Barkaoui-A.Irhzo-H.Legoffl, "Distillateur solaire rustique a film capillaire et a multiples effets.essais experimentaux a casablanca".
- [24] P.LE GOFF "Nouvelles techniques appropriées de production d'eau potable pour zones arides" –CNRS-ENSIC-INPL-France -1986.
- [25] R.Bernard,G.Menguy,M.Schwartz, Le rayonnement solaire conversion thermique et application, 2éme éd, Technique et Dcumentation, 1980.
- [26] R.Ouahes ,P.Legoff ,Ouahes(Le projets-Dificap-distillateur a film capillaire) Lab .des Sciences du genie à Nancy,France (1982).
- [27] 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
- [28] S.Makdji Nafila, " Impact de l'écart de température (eau-capteur) sur l'efficacité globale d'un distillateur solaire " thèse de magistère, Université de Constantine, département génie climatique, 2002
- [29] Yves JANNOT, Thermique solaire, Octobre 2003.

## الملحق A (الأرقام اللاحقة)

مقدمة : إن الأرقام اللاحقة الداخلة في العلاقات الرياضية المفسرة للظواهر الفيزيائية هي أرقام مقارنة بين ظاهرتين أو أكثر، ومن بين تلك الأرقام المستعملة في ظاهرتي انتقال الحرارة والكتلة وكمية الحركة نجد : رينولدز، نوسالت، براندل، جراشوف، رايلي. ولتعريف هذه الأرقام نعرف الأبعاد الفيزيائية التالية :

- "x" : البعد الخاص بسريان المائع في أي نظام سريان.
- d : نصف قطر الماسورة الخاصة بسريان المائع.
- $\delta$  : سمك الطبقات الحدية ( $\delta_h$  تحريكية،  $\delta_t$  حرارية،  $\delta_m$  كتلية).
- L : طول الصفيحة المستوية.

## (1) رقم "رينولدز" (REYNOLDS)

$$(A-1) \quad Re = \frac{\rho U^2/x}{\mu U/x^2} = \frac{\rho U x}{\mu} = \text{(قوة اللزوجة) / (قوة العطالة)}$$

يقارن بين قوة العطالة للمائع ( $\rho U^2/x$ ) وعمل قوة اللزوجة ( $\mu U/x^2$ ) في بعد خاص لسريان المائع X وذلك بعد أخذ مرجع لقياس هذا البعد الخاص، و X يساوي d في حالة السريان داخل أنبوب أو قناة للسريان.

## (2) رقم "نوسالت" (NUSSELT)

وله ثلاثة أشكال حسب هندسة النظام :

$$(A-2) \quad Nu = \frac{h.S.\Delta T}{\lambda.S.(\Delta T/x)} = \frac{h.x}{\lambda} = \text{(كمية الحرارة المتبادلة بالتوصيل) / (كمية الحرارة المتبادلة بالحمل)}$$

$$(A-3) \quad Nu = \frac{\left(-\frac{\partial T}{\partial y}\right)_{y=0}}{\frac{\Delta T}{L}} = \text{(متوسط تدرج درجة الحرارة) / (تدرج درجة الحرارة على الجدار)}$$

$$(A-4) \quad Nu = \frac{L}{\delta_t} = \text{(سمك الطبقة الحدية الحرارية) / (طول الصفيحة المستوية)}$$

## (3) رقم "برانتل" (PRANDTL)

$$(A-5) \quad Pr = \frac{v}{a} = \frac{\mu/\rho}{\lambda/\rho C_p} = \frac{\mu C_p}{\lambda} = \text{(الانتشارية الحرارية) / (الانتشارية الحركية)}$$

يقارن بين انتشار المقدارين الفيزيائيين الحرارة و الكتلة، ونقصد بانتشار الحرارة هو التوصيل الحراري و انتشار الكتلة هو الانتشار الجزئي للمادة. و يقارن كذلك بين توزيع السرعة الخطية و توزيع درجة الحرارة .

## (4) رقم "جراشوف" (GRASHOF)

إن الحركة بالحمل الطبيعي الناتجة من تغير الكتلة الحجمية ودرجة الحرارة و تركيز المادة في نقطة ما، يؤدي إلى تعريف رقم ذو أهمية كبيرة في الحسابات و العلاقات التجريبية، والحمل الطبيعي أو الحر سواءً كان حرارياً أو كتلياً يكون في حالة غياب أي محفز لحركة المائع (القوى الخارجية معدومة) ما عدى القوى الداخلية كقوة العطالة و قوة أرخميدس والقوة الناتجة من تغير الكتلة الحجمية للمائع .

ونعرف معاملات التمدد عند ثبوت الضغط الخارجي :

$\beta$  : معامل التمدد الحراري تحت ضغط ثابت .  $\xi$  : معامل التمدد الكتلي تحت ضغط ثابت .

$$(A-6) \quad Gr_t = \beta \Delta T \frac{gx^3}{\nu^2} \quad \text{ou} \quad \beta = -\frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial \rho}{\partial T} \right) \quad \text{GRASHOF thermique}$$

$$(A-7) \quad Gr_M = \xi \Delta y_M \frac{gx^3}{\nu^2} \quad \text{ou} \quad \xi = -\frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial \rho}{\partial y_M} \right) \quad \text{GRASHOF massique}$$

تعريف : يعبر رقم "جراشوف" عن جداء القوة الناتجة من تغيير الكتلة الحجمية و قوة العطالة مقسوم على مربع قوة الزوجة . ولدنا تغير الكتلة الحجمية يؤدي إلى حدوث قوة أرخميدس و التي لها علاقة مباشرة بالكتلة الحجمية . نقيس القوة بالنسبة لوحدة الحجم، فيكون لدينا :

قوة أرخميدس تساوي  $\Delta \rho . g$  ، قوة العطالة تساوي  $(\rho . U^2/x)$  ، وقوة الزوجة هي  $(\mu . U/x^2)$  فيكون لدينا :

$$(A-8) \quad Gr_{..} = \frac{(\Delta \rho . g)}{\left( \frac{\mu U}{x} \right)^2} \left( \rho \frac{U^2}{x} \right) = \left( \frac{\Delta \rho}{\rho} \right) \frac{gx^3}{\nu^2} \quad \text{حيث :} \quad \mu = \rho \nu$$

و الدليل السفلي  $\therefore$  يدل على الظاهرتين : انتقال الحرارة  $t = \therefore$  و انتقال الكتلة  $M = \therefore$  .

$$\left( \frac{\Delta \rho}{\rho} \right)_t = \beta \Delta T \quad \text{حرارياً :} \quad \left( \frac{\Delta \rho}{\rho} \right)_M = \xi \Delta y_M \quad \text{كتلياً :}$$

ملاحظة : نستبدل رقم "رينولدز" برقم "جراشوف" في العلاقات التجريبية و شبه التجريبية في الحمل الطبيعي .

(5) رقم "رايلي" (RAYLEIGH) : ويعطي بالعلاقة التالية :  $Ra = Gr . Pr$ 

$$Ra_t = Gr_t . Pr = \beta \Delta T \frac{gx^3}{\left( \frac{\mu}{\rho} \right)^2} \frac{\mu C_p}{\rho} = \beta \Delta T \frac{gx^3 \rho}{\mu} \quad \text{ou} \quad \beta = -\frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial \rho}{\partial T} \right)$$

$$Ra_M = Gr_M . Pr = \xi \Delta T \frac{gx^3}{\left( \frac{\mu}{\rho} \right)^2} \frac{\mu C_p}{\rho} = \xi \Delta T \frac{gx^3 \rho}{\mu} \quad \text{ou} \quad \xi = -\frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial \rho}{\partial y_M} \right)$$

وهناك عدة علاقات تربط بين هذا الرقم اللابعدى ورقم نوسالت  $Nu$  وهي من الشكل  $Nu = f(Ra)$  ، ونعرف نوعين من هذا الرقم هما :



## الملحق B (الخواص الحرارية فيزيائية و الكتلة السطحية للمواد المستعملة)

## (1) الخواص الحرارية فيزيائية لبعض المواد الصلبة المستعملة

طبيعة الجسم	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kg.k <sup>o</sup> )	$\lambda$ (w/m.k <sup>o</sup> )	$a$ (m <sup>2</sup> /s)
الألمنيوم	2700	0,86	204	0,86
الزجاج	2 530	0,84	1,2	0,58
الخشب	410	1,25	0,23	0,45
البوليستيران	44	-	0,037	-

جدول (1-B): الخواص الحرارية فيزيائية لبعض المواد و الكتلة السطحية للمواد المستعملة.

## (2) الكتلة السطحية للمواد المستعملة

المادة المستعملة	الكتلة السطحية (kg/m <sup>3</sup> )
زجاج ذو السمك 4مم	9.696
زجاج ذو السمك 5مم	11.937
الألمنيوم	7.629
الماء	10
الإسفنج	0.3861

جدول (2-B): الكتلة السطحية للمواد المستعملة في التجربة.

## الملخص

في مجال تحلية المياه في المناطق الصحراوية و المساهمة في تحسين أداء منظومة التقطير باستعمال الطاقة الشمسية ، أُعْتُمِدَ على المقطر البسيط ذو الميل الواحد ذو التركيبة التجريبية السهلة و البسيطة من جهة ، و الذي يعمل بالطاقة الشمسية لكونها متجددة و غير مكلفة من جهة أخرى . و الهدف من هذه الدراسة هو إيجاد أحسن مقطر من الناحية الاقتصادية، و المساهمة في تحسين كفاءته الطاقوية، و كانت التجارب تعتمد على مقطرين ؛ الأول (شاهد) قمنا بطلاء مبخره بالأسود غير البراق، والثاني تمت عليه تحسينات بالنسبة للمبخر وذلك باستعمال مادة الإسفنج، و النتيجة المحصل عليها هي زيادة الكفاءة الطاقوية للمقطر الذي به إسفنج. و الجانب الآخر للتحسينات تم على المكثف والمتمثلة في تبريد الزجاج بتغيير سرعة الهواء، واستنتج أنه كلما زادت السرعة زادت كمية الماء المقطر. و كذلك تمت الدراسة على مقارنة بين سمك الزجاج ب 4 مم و 5 مم، وكان المردود الخاص ب 4 مم أحسن، و تم كذلك المقارنة بين تأثير ازدواجية الزجاج في أداء المقطر، و النتائج بينت أن المقطر أحادي الزجاج له كفاءة أكبر. و في الأخير يمكن استنتاج انه كلما زاد التكثيف أو التبخير أو كلاهما زاد الفرق في درجة الحرارة بين المبخر و المكثف ومنه زادت كمية الماء المقطر المنتجة وبالتالي تحسين كفاءة المقطر.

**الكلمات المفتاحية :** عملية التقطير، التقطير الشمسي، المقطر الشمسي ذو ميل واحد، الإشعاع الشمسي، انتقال الحرارة، التكثيف، التبخير، الإسفنج .

## Résumé

dans le domaine de la dessalement des eaux dans les régions sahariennes et la participation dans amélioration du système de distillation en utilisant l'énergie solaire, et distillation simple a une seule pente, une composition expérimentale facile d'un cote et fonctionne a l'énergie solaire parce que elle est renouvelable et pas chère d'un autre coté. Le but de cette étude est de trouver le meilleur système de distillation du point de vue économique, l'expérience reposait sur deux systèmes de distillation ; le première (témoin) on a peint l'évaporateur du noir non luisant et on a introduit des améliorations sur le deuxième en ce qui concerne son évaporateur en utilisant une éponge; le résultat était une amélioration de son efficacité énergétique, les autre améliorations ont perte sur le condenseur en refroidissement le vitre en augmentant la vitesse de l'air et nous avons conclu que plus la vitesse est grande plus la quantité d'eau est grande. L'étude a perte sur l'épaisseur du vitre 4 et 5 mm; le rendement du 4 mm a été meilleur. On a comparer aussi l'impact du double vitre sur l'efficacité de système et le résultat est que le système a vitre simple est plus efficace. En conclusion nous pouvons dire que plus la condensation ou l'évaporation augmente ou les deux en même tempe la différence de températures augmente entre le condenseur et l'évaporateur d'où l'augmentation de la quantité d'eau produite d'où l'amélioration de l'efficacité du système du distillation.

**Mots clés :** le distillation, distillation solaire, distillateur a pente unique, rayonnement solaire, transfert thermique, condensation, évaporation, éponge.