

المساهمة في تحسين التقطير الشمسي، في المناطق الجافة والصحراوية،

بواسطة المقطر الشمسي المزدوج.

محمد مصطفى بالحاج⁺، حمزة بوقطاية، جمال بشكي، ياسين معريف

Department of Physics, Laboratory of New and Renewable Energy in Arid Zones (LENREZA),

Ouargla University, 30000, Algeria

Email: mhmu_BELHADJ@yahoo.com

بالأليان (Albienne)، حيث تمتاز مياهها بدرجة حرارة عالية تقارب 52°C ، صعودها يكون تحت ضغطها العالي. لكن تركيبة العناصر الكيميائية لهذه الطبقات الثلاثة بعيدة عن المعايير المنصوص عليها في المنظمة العالمية للصحة (OMS)، بحيث ألا تتعدى نسب هذه العناصر للماء الصالح للشرب المقادير التالية: كالملحوة (Salinité) التي تقدر حوالي 500 mg/L ، والكالسيوم (Calcium) 200 mg/L ، الكلور (Chlore) حوالي 75 mg/L ، مغنيزيوم (Magnesium) 50 mg/L ، سولفات (Sulfates) 150 mg/L [1]. الدراسة التجريبية العملية تمت على نموذج، يعرف بالمقطر المزدوج، إذ هو تركيب لجهازين للتقطير؛ الأول يشبه المقترح من طرف الباحث P.I. Cooper [2] (Effet de Serre) - فعل البيت الزجاجي، والثاني يشبه المقترح من طرف الباحث R.Ouahes [3] (DIFICAP) - فعل الشريط الشعيري للماء). العناصر والمواد التي يتركب منها هذا الجهاز بسيطة ومتوفرة.

2. الوصف التجريبي للمقطر الشمسي المزدوج:

بدا بالمقطر الشمسي البسيط ذو الميل الواحد، والذي يعمل بفعل البيت الزجاجي، قاعدته مصنوعة من إطار خشبي بسمك يتراوح بين 0.7 m - 0.4 m ، مطلية بالبرنيق (Vernie) لتكون طبقة ضد التأكل. ولكي نقلل من تسربات الحرارة في الحوض وضعت وسادة أسفنجية بسمك 0.3 m من مادة البوليستيران، وفوقها مباشرة وعلى تماس منها صفيحة من الألمنيوم بسمك 0.03 m ، ومساحة $0.51 \text{ m}^2 \times 0.34$ تعتبر مرجل لطبقة الرقيقة للماء المالح الشبه الراكدة والتي يمكن التحكم بها بواسطة خزان فرعي يحتوي على عوامة، لا تتعدى سمكها 0.1 m [9]. وغطاء شفاف من زجاج العادي، حيث يمكننا اعتباره بعدة فواتر؛ من حيث إمراره للإشعاعات الواردة، وحجز تلك الناتجة من عملية التسخين (أشعة تحت الحمراء)، وهذا ما يعرف بفعل البيت الزجاجي، وكذا يعتبر سطح جيد لعملية التكثيف باعتبار سمكه المناسب والذي يتراوح 0.03 m . ومن صفيحة رقيقة من الفالغانيز (Galvanise) بسمك 0.006 m ، وهذا السمك مناسب لعملية التكثيف-التبخير [5]. وانتقالا للمقطر الثاني بنؤه بالنسيج الطبي ذو السمك 0.01 m ، ومن مساحة 1 cm^2 يحتوي على 64 خلية مربعة [1]، الذي استعمال بشكل يدع الماء المالح ينساب عليه بطريقة دائمة ومستمرة، وتتم عملية التحكم بهذا الانسياب عن طريق نظام تغذية يعمل بالخاصية الشعيرية كما يبينه الشكل 1.، والميزة في شكله الهندسي والذي لا تسمح للملح بالترسب والتراكم عليه، وبالمقابل له صفيحة أخرى من الفالغانيز (Galvanise) بسمك 0.009 m ، لعملية تكثيف البخار. في هذه الدراسة التجريبية سنستعمل مقطرين من نفس النوع، ويكمن الاختلاف بينها فقط في طلاء الصفيحة المشتركة البينية، حيث تصقل إحداها بالون الأسود غير البراق، بينما تبقى في المقطر الثاني دون طلاء.

3. مختلف العوامل والمؤثرات على المقطر المزدوج :

مختلف هذه العوامل والمغريات تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر في عمل الجهاز، وتميز منها نوعان؛ الداخلية والخارجية.

ملخص : في إطار تطوير، وتحسين منظومة التقطير الشمسي باستعمال الطاقة الشمسية، والسعي في زيادة الإنتاج اليومي من الماء المقطر من خلال النماذج التجريبية المقترحة والمتداولة حاليا، اقترحنا عمليا هذا النموذج الفعال ، وذلك من خلال الزيادة في كمية الإنتاج اليومي والذي يتجاوز خلال مدة الشمس $7 \text{ Kg/m}^2/\text{jour}$. هذا النموذج يتمثل في دمج، وتركيب لجهازين للتقطير ليعملا معا وهما؛ المقطر الشمسي البسيط ذو الميل الواحد ، أما الثاني المقطر الشمسي الذي يعمل بالخاصية الشعيرية للماء. الرابط المشترك بين الجهازين هي المساحة اللاقطة للإشعاع (حوض التبخر الأفقي)، حيث يعمل المقطر الشعيري من خلال الحصيصة الطاقوية للمقطر البسيط. تم العمل التجريبي على مستوى " مخبر الطاقات الجديدة والمتجددة في المناطق الصحراوية " (LENREZA) بمدينة ورقلة جنوب الجزائر، حيث نلتس وفره طاوقية، يصل متوسط الإشعاع الشمسي خلال السنة حوالي 800 W/m^2 . وإمكانية الحصول على المياه الجوفية بأساليب سهلة جدا، والتي يصل أعماق طبقة فيها إلى 2 km ، طبقة أليان (Albienne) التي تمتاز مياهها بدرجة حرارة عالية تصل 53°C ، ويمثل هذا ربح من الناحية الطاقوية.

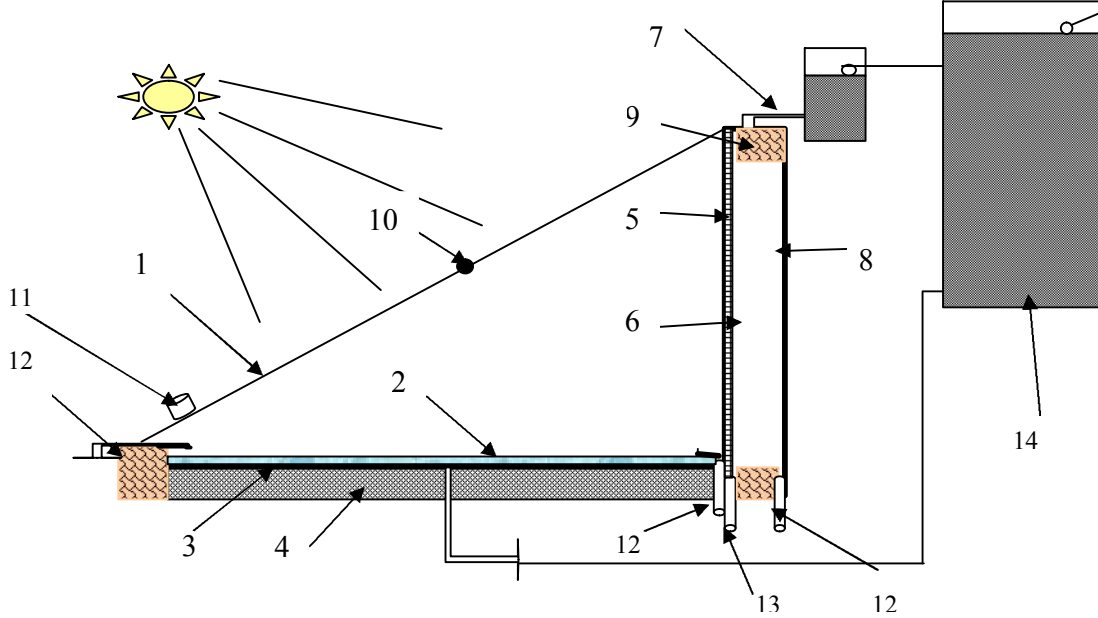
كلمات الدالة: - التقطير الشمسي، تحليه بالطاقة الشمسية، الماء، الطاقة الشمسية، المناطق الصحراوية.

1. مقدمة:

إن تحليه مياه البحر أو المياه الجوفية المتميزة بملوحتها، بمختلف الأساليب والتقنيات والتوفرة حاليا، ومن بين هذه التقنيات المستعملة والتي يتجه إليه جل دول العالم، بأقل التكاليف والمسماة بتحليه المياه المالحه باستعمال الطاقة الشمسية، وهو الأسلوب الذي أثبتت فعاليته من حيث الوفرة، وسهولة الحصول عليه خاصة في المناطق الصحراوية. المشكل الذي يتخبط فيه العالم الآن، والذي تتفاقم حدته يوما بعد يوم هو تراجع معدلات المياه الصالحة للشرب، وذلك لعدة عوامل؛ بيئية ومناخية... الخ. ولسنا نمتأى عن باقي دول العالم، حيث نفتقر بشكل ملح في المناطق الشمالية لبناء السدود لتجميع مياه الأمطار، هذا النقص ألقنا لتحليه مياه البحر - الذي يعد المخزون الذي لا يغور - باستعمال تقنيات وأساليب تكلف الدولة مبالغ جد طائلة، لأنها تستخدم الطاقة الكهربائية المستخرجة من بعض مشتقات البترول (مثلا: تحليه 2 m^3 من الماء المالح يعطينا مقدار 1 L من الماء الصالح للشرب بتكلفة 100 DA ، كتقنية الأموز العكسي (Osmose inverse)، أو تقنية الأموز الكهربائي (Electrodialyse). الأمر نفسه يخص المناطق الصحراوية، حيث أن تكلفة استخراج المياه الباطنية (الجوفية) معقول، لان طبقات الماء لا تبعد عن السطح إلا بضع أمتار، وأعمق طبقة هي أليان (Albienne) يصل عمقها حوالي 1.9 km . وكذلك لتأثير عدة عوامل مناخية وجغرافية في الطبقات السطحية طبقة فرياتييك (Phréatique)، إذ أن تعرضها - خاصة في فصل الصيف - للإشعاع الشمسي على طول مدة التشميس، يؤدي إلى تبخر كميات كبيرة منه، والتي تضيع سودا في الجو، أما المتبقى منها لا يصلح إلا للري أو في المجال الصناعي. لذلك المياه السطحية للمناطق الصحراوية لا يمكن أن تكون صالحة للشرب، فلهذا نضطر لتعمق في الأرض للوصول للطبقة الثانية والمسماة ب: طبقة ميو-بليوسان (Mio-pliocène)، ذات العمق 0.06 km - 0.07 km ، وهي الطبقة التي تكون درجة الملوحة فيها أقل من الطبقة الأولى السطحية. وبعض المناطق عندنا تزود من الطبقة التي تدعى

3.1- العوامل الخارجية :

شدة الإشعاع الشمسي؛ وهو العامل الأساسي في الدراسة، وتتميز هذه الإشعاعات بطول موجة يتراوح بين $0.17 - 4 \mu\text{m}$ ، الشدة الإشعاعية المتحصل عليها في النطاق المرئي لها طول الموجة بحدود $0.47 \mu\text{m}$ [1]. إما عن المختارة للغلاف الجوي لها الشدة الإشعاعية بحدود 1.35 kW/m^2 ، غير أن الطاقة الإشعاعية التي تصل الأرض أقل من تلك القيمة، وذلك لعدة عوامل منها : انعكاس جزء منها بواسطة الغلاف الجوي، وما يمتصه هذا خلال أيام السنة، ويتراوح بين $(0.7 - 0.9)$. كما أن قدرة الشمس الطاقوية على سطح الأرض يمكن أن تتراوح $(0.95 - 1.22)$. في مدينة ورقلة (جنوب الجزائر)، متوسط الإشعاع الشمسي الكلي هو 800 W/m^2 .



الشكل 1.: رسم تخطيطي لأهم أجزاء المقطر المزوج.

4.1- وصف للظروف التجريبية :

تم العمل التجريبي على نموذج من المقطرات الشمسية، ألا وهو مقطر المزوج (بفعل البيت الزجاجي - بفعل الشريط الشعيري)، في مخبر "LENREZA"، بجامعة ورقلة (جنوب الجزائر). الظروف المناخية السائدة أثناء إجراء القياسات كانت ملائمة (صفاء الجو، أيام مشمسة، هبوب تيارات هوائية ضعيفة). بالإضافة لوفرة المياه الجوفية لطبقة سينونيان حيث يبلغ مقدار الملوحة حوالي 2.3 g/mL (1.5). يتركب هذا المقطر من الخارج إلى الداخل من العناصر التالية حسب الشكل 1.

1. الغطاء الزجاجي الشفاف [10]، ذو السمك 0.004 m ، ومساحة (مائلة نحو الجنوب) ذات الأبعاد: $0.68 \text{ m} \times 0.37 \text{ m}$ ، ومساحتي جانبيتين $0.36 \text{ m} \times 0.54 \text{ m}$ ، كما يميل عن الأفق بزاوية 30° .
2. طبقة الماء المالح في الحوض، ذات السمك المناسب التقديري حسب [10]، والتي تتراوح بين $0.01 - 0.03 \text{ m}$.
3. الصفيحة الماصة (المبخرة)، من مادة الألمنيوم (Aluminium)، بسمك 0.003 m ، مطلية باللون الأسود غير البراق لزيادة معدل الامتصاص [10].
4. المادة العازلة في تحت الصفيحة الماصة من مادة البوليستيران (Polystyrène)، وذلك لتقليل من التسرب الحراري بالتوصيل للوسط الخارجي، لها السمك 0.03 m .

- سرعة الرياح؛ فعل الحمل الحراري الذي يتعرض له كلا من الغطاء الزجاجي، والصفيحة الخلفية للمقطر الشعيري له علاقة مباشرة بحركة الهواء، حيث يوضع أنيمومتر (Anémomètre) بجوارهما للسماح بقياس سرعة الرياح. ومن خلال أعمال الباحثين Beckman و Duffie [4]، سرعة الهواء متعلقة بمعامل الانتقال الحراري بالحمل بالعلاقة التالية:

$$(1) \quad h = a + b.V^n$$

حيث عندما تكون: $(a=2.8, b=3, n=1) \quad V \leq 5 \text{ m/s}$
وعندما تكون: $(a=0, b=6.15, n=0.8) \quad V > 5 \text{ m/s}$

درجة حرارة الجو؛ يصل متوسط درجة حرارة الوسط الخارجي للمنطقة حسب الفصول إلى غاية 25.91°C في الشهور الشتوية غير أنها تصل 43.53°C تحت الظل في الشهور الصيفية الجافة، مما يؤثر ذلك على التبادل الحراري بالحمل.

3.2- العوامل الداخلية :

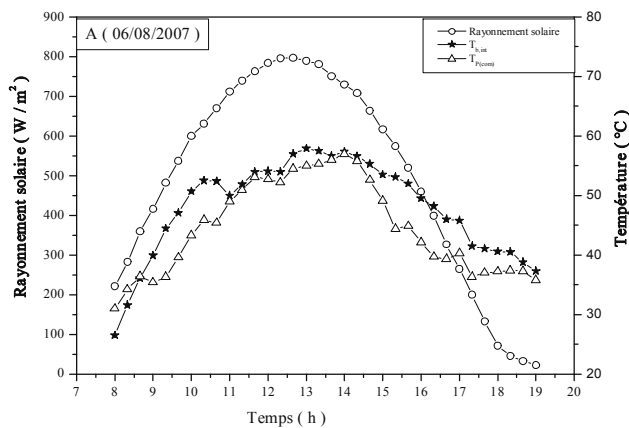
يمكن دراسة تأثير العوامل التالية في فعالية نظام التقطير وهي:
مدى عزل السطوح الخارجية والداخلية للمقطر المزوج، سمك شريط الماء المسالغ (الراكد- المنساب) لكلا المقطرين، خصائص الفيزيائية للجدران الداخلية.

تسخين الماء في الحوض تأخذ زمن معين لأنها متعلقة بشدة الإشعاع الشمسي الوارد. إنتاج الماء المقطر من الصفيحة المكثفة للمقطر الشعيري تتعلق بمدى ارتفاع درجة حرارة الصفيحة المشتركة، فهذه الأخيرة تستمد حرارتها من عملية التكثيف على سطحها من جهة غرفة المقطر الذي يعمل بفعل البيت الزجاجي.

الفارق الزمني بين تقطير الصفيحتين يعتبر فترة تسخين الماء المالح المنساب على النسيج الطي كما يبينه المنحنى في الشكل c.

6. خلاصة :

1. كما تبينه النتائج المتحصل عليها تجريبيا فإن اللون الصفيحة العمودية المشتركة، تأثير على عمليتي التبخر-التكثيف نحصل على كميتين متباينتين من الماء المقطر والناجتين من وجه التكثيف للصفيحة المشتركة بحدود $2,034 \text{ L/m}^2$ ، 1.569 L/m^2 للمقطر ذو الصفيحة غير المطلية، والمطلية على الترتيب.
2. تكتسب الصفيحة المطلية حرارة إضافية لوجود اللون الأسود غير البراق، وهذا يساهم في عملية التبخر بالنسبة للمقطر الشعيري.
3. تتأثر عملية التبخر في المقطر الشعيري بتأثيرها درجة حرارة ماء التغذية، كما أن لطول النسيج المستعمل كمضخة والواصل بين الخزان الفرعي وشق المقطر تأثر بحركة الرياح، فكلما زادت سرعة الرياح ظهرت أماكن جافة على النسيج، مما يؤثر سلبا في ظهور مناطق جافة على النسيج الداخلي.
4. الإنتاج اليومي من الماء المقطر للنموذج المقترح يبلغ $7 - 8 \text{ L/m}^2/\text{jour}$ ، النتيجة التي لا يمكن الحصول عليها فيما إذا كانا الجهازين منفردين.



الشكل (1a): تغيرات درجة الحرارة كلا من الحوض، والصفيحة المشتركة بدلالة الإشعاع الشمسي الوارد، للمقطر ذو الصفيحة غير المطلية.

5. الصفيحة العمودية المشتركة [11]، سمكها الصغير يناسب عملية التبادل الحراري بالتوصيل بين غرفتي المقطر، ويكون بحدود 0.0006 m .
6. النسيج المسامي الذي ينساب عليه الماء المالح، ذاك المستعمل طبيا، الشد المحكم على الصفيحة يجعله كأنه ملتصق عليها مما لا يسمح لظهور فاصل هوائي، وهذا يعطي تبادل حراري جيد.
7. عملية تغذية غرفة المقطر الشعيري بالماء المالح المنساب على النسيج، يكون أيضا بالخاصية الشعيرية وبنفس النسيج. مستوى الماء المالح في الخزان الفرعي له تأثير مباشر على ظهور مناطق جافة على النسيج مما يقلل عملية التبخر [13].
8. صفيحة موازية للمبخر، ليتم عليها تكثيف البخار، مع سمك يقدر بـ: 0.0009 m
9. البعد الفاصل بين الصفيحتين (مبخرة-مكثفة) يتراوح بين $0.038 - 0.04 \text{ m}$ ، مقدر بعينية من أجل تفادي اختلاط الماء المالح المنساب مع الماء المقطر الناتج.
10. درجات الحرارة للغطاء الزجاجي والصفائح تقاس بتوصيل مزدوجات حرارية (Thermocouples)، نوع كروم-اليمال (Chrome-Alumel)، موضعه وسط الصفائح.
11. أما عن الإشعاع الشمسي الوارد يقاس باستعمال (Solarimètre) (Metrasol)، يوضع فوق الغطاء الزجاجي المائل نحو الجنوب.
12. نوعية الماء المقطر الناتجة يمكن مراقبتها نوعيتها باستعمال جهاز (Conductimètre)، أما حجم كمية الماء الناتجة يستعمل لها أنابيب مدرجة (Tubes graduées).
13. قناة للماء الشديد الملوحة المنساب على النسيج الطي.
14. الخزان الرئيسي لتغذية المقطر الشمسي المزدوج.

5- نتائج ومناقشات :

لقد أخذت القياسات النظامية التجريبية للنموذجين خلال شهر أوت 2007، لمدة التشميس (من 8:00 إلى 19:00)، نستعرض بالمنحنيات التغيرات والعوامل التي تؤثر في عملية التقطير، وذلك باستعمال برنامج راسم المنحنيات (Origine 6.0).

5.1- تأثير الإشعاع الشمسي على صفيحتي التبخر :

الشكل a. نلاحظ أن درجة حرارة الصفيحتين المبخرتين للمقطر تقريبا لهما نفس المنحنى، والفارق طفيف جدا. بينما يبدو جلليا التغير في درجتي الحرارة للصفيحتين المشتركة، المطلية وغير المطلية، حيث تكون مرتفعة في المقطر المزدوج الذي تكون فيه الصفيحة المطلية باللون الأسود غير البراق، حيث الطلاء باللون الأسود يزيد من معدل الامتصاص.

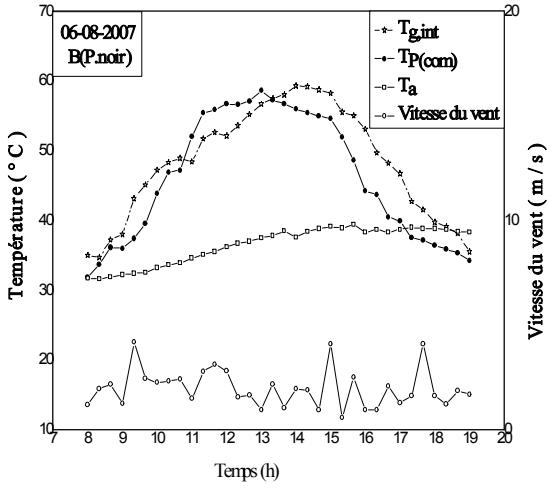
5.2- تأثير درجة حرارة الجو، وسرعة الرياح في المردود :

إن لدرجة حرارة الجو، وسرعة الرياح أثر واضح في مختلف أجزاء المقطر، ويكون سلبا إذا ارتفعت درجة حرارة الجو وكان الفرق بينها وبين سطوح التكثيف صغير، إذ أن عملية التبادل الحراري بالحمل تنقص لنقصان الفرق $(T_g - T_a)$.

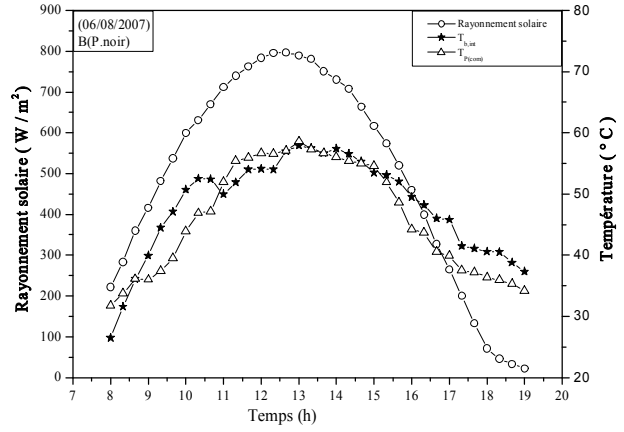
وزيادة معدل هبوب الرياح بشكل كبير يؤثر على نظام التغذية للمقطر الشعيري، وذلك ما تبين تجريبيا؛ بأن طول النسيج المستعمل للتغذية له فعالية في تحكم بسريران المياه بشكل دائم ومنسظم، فقد يؤدي ذلك لتجفيف هذا الجزء من النسيج، مما ينتج عنه اضطراب في التغذية، كما هو واضح في الشكلين (b1-b2).

5.3- تغيرات كميات الماء المقطر الناتجة من سطوح التكثيف :

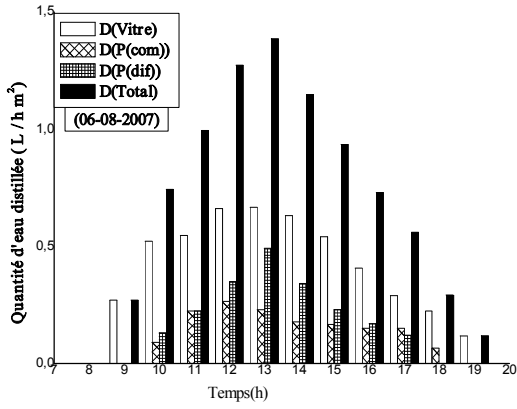
من الملاحظ في الشكل c. أن عملية التكثيف على الصفيحة العمودية المشتركة لا يتم إلا إذا تشبع الغطاء الزجاجي حراريا. ولا تبدأ عملية إنتاج الماء المقطر إلا بعد الزمن 9:30، لأن عملية



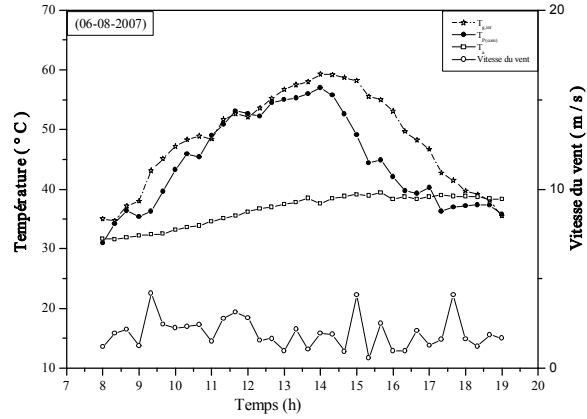
الشكل(2b): تأثير درجة حرارة الجو، وسرعة هبوب الرياح في عملية التكتيف، للمقطر ذو الصفيحة المطلية.



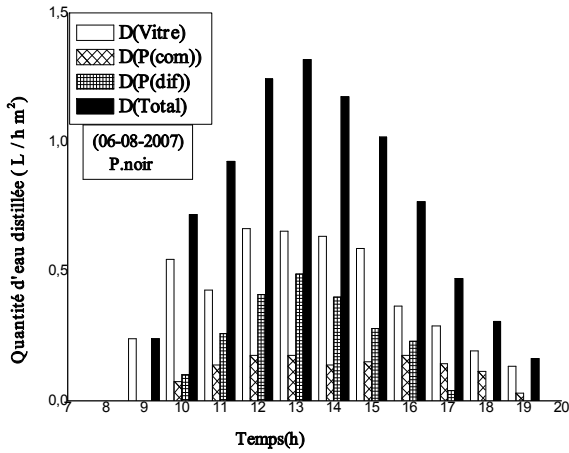
الشكل(2a): تغيرات درجة الحرارة كلا من الحوض، والصفیحة المشتركة بدلالة الإشعاع الشمسي الوارد، للمقطر ذو الصفيحة المطلية.



الشكل(1c): تغيرات كميات الماء المقطر الناتجة من سطوح التكتيف، للمقطر ذو الصفيحة غير المطلية.



الشكل(1b): تأثير درجة حرارة الجو، وسرعة هبوب الرياح في عملية التكتيف، للمقطر ذو الصفيحة غير المطلية.



الشكل(2c): تغيرات كميات الماء المقطر الناتجة من سطوح التكتيف، للمقطر ذو الصفيحة المطلية.

7. المراجع :

- [1] B.Bouchekima, B.Gros, R.Ouahes, M.Diboun, "Performance study of the capillary film solar distiller", Desalination 153(2002)65-69.
- [2] P.I. Cooper "The maximum efficiency of single-effect solar stills", Solar Energy. Vol. 15, pp, 205-217. (1973).
- [3] R. OUQHES et P. et J. LE GOFF " UN DISTILLATEUR SOLAIRE MULTI-ETAGE, A FILM CAPILLAIRE " (1987).
- [4] [4] Duffie J,Beckman WA. Solar Engineering Thermal Processes. John Wiley and Sons, NY, 1980.
- [5] H.Tanaka, T.Nosoko, T.Nagata, "A highly productive basin-type-multiple-effect coupled solar still. Desalination Vol130 (2000) pp279-293.
- [6] بالحاج محمد مصطفى، " مساهمة في تحسين التقطير الشمسي بواسطة المطر المزوج، من جامعة قاصدي مننطقة ورقلة " ماجستير(2008) مرياح ورقلة.
- [7] P. I. COOPER «DIGITAL SIMULATION OF TRANSIENT SOLAR STILL PROCESSES» & (1968).
- [8] E.ZAYOUTI; L. BOUIRDEN; A. AHAROUNE, M. BANOUNI " solar distillation: AMELIORATION OF THE CONDENSATION OF THE WATER VAPOR IN SOLAR DISTILLERS " & (2002).
- [9] Ahmed Khedim, Klemens Schwarzer, Christian Faber, Christoph Muller " Production décentralisée de l'eau potable à l'énergie solaire ", Desalination Vol 168 (2004) pp13-20.
- [10] M.K. Phadatare*, S.K. Verma " Influence of water depth on internal heat and mass transfer in a plastic solar still. "& Desalination pp217(2007).
- [11] ANIL K. RAJVANSHI «EFFECT OF VARIOUS DYES ON SOLAR DISTILLATION», solar energy (1981).
- [12] Prida Wibulswas and Somyos Tadtiam " IMPROVEMENT OF BASIN TYPE SOLAR STILL BY MEANS OF A VERTICAL BACK WALL " & (1984).
- [13] Y. Marif, "Etude d'un distillateur solaire a film capillaire dans le sud Algérien " & MAGISTER université du KASDI MERBAH Ouargla(2008).
- [14] C. OUAHES and P. and J. LE GOFF " A HARDY, HIGH-YIELD SOLAR DISTILLER OF BRACHISH WATER ", Desalination, Vol 67 (1987) pp43-52.