دراسة تجريبية لتأثير الصفيحة الماصة على فعالية المقطر الشمسي البسيط ذو الميل الواحد في منطقة ورقلة

قوارح مليكه، باباي سعاد، بوقطاية حمزة، بشكي جمال، بوغالي سليمان، بوشكيمة بشير
Department of Physics, Laboratory of New and Renewable Energy in Arid Zones (LENREZA), Ouargla University, 30000, Algeria.
Email: h_bouguettaia@yahoo.co.uk

الملخص: التقطير الشمسي باستعمال مقطر بسيط ذو ميل واحد هو أحد الطرق الحديثة والبسيطة المستعملة بكثرة في تحلية المياه المالحة نظرا لاعتماده على الطاقة الشمسية وهي جاهزة وغير مكلفة من جهة، و تركيبته التجريبية مبسطة وسهلة الصيانة من جهة أخرى. والهدف من هذه الدارسة هو المساهمة في زيادة وتحسين المعدل اليومي للمقطر الشمسي وذلك باستعمال مقطرين متماثلين وإجراء مقارنة بينهما الأول بصفيحة ماصة مطلية بالأسود واعتبرناه كشاهد، و الثاني(المدروس) أجرينا عليه عدة تحسينات باستعمال الرمل على مستوى الحوض لما له من مميزات في زيادة مساحة التقاط الإشعاع الشمسي من جهة ومضاعفة فترة تخزين الطاقة الحرارية من جهة أخرى . وقد تمت الدراسة على مستوى مخبر الطاقات الجديدة و المتجددة للمناطق الصحراوية (LENREZA) بقسم علوم المادة جامعة ورقلة، على مدار خمسة أشهر (فيفري – جوان 2009) . و انطلاقا من مجموعة السلاسل التجريبية المنجزة على المقطر الشمسي ذو ميل واحد نستنتج أنه كلما كان قطر حبيبات الرمل أصغر كانت كمية الماء المقطر المنتجة أكبر. وأن باستعمال طبقتين من الرمل على الحوض (مع طلاء الحوض بالأسود) تحصلنا على نسبة تحسين تقدر ب 10.98% في حالة حبيبات الرمل 0.3 mm) .

الكلمات الدالة: الطاقة الشمسية، التقطير الشمسي، المقطر الشمسي بميل واحد، الصفيحة الماصة، الرمل.

1. المقدمة:

كان الماء ولازال الوسيط بين الإنسان والطبيعة فهو عصب الحياة، لقوله تعالى : ﴿وجعلنا من الماء كل شيء حيٍّ أفلا يؤمنون﴾ الأنبياء: 30 . ازدهرت الحضارات المعروفة حيثما كانت مصادر الماء وفيرة، لكن أغلبية الناس يجهلون أنّ هذه المادة نادرة جدّا، فـ 97.5 % من ماء العالم مالحا . أما الماء العذب فلا يمثّل سوى 2.5% الباقية، والجزء الهام منها غير مستعمل ، لأن 70% من هذا الماء متراكم في أكوام ثلجية في القطبين[2,1] .

يمثّل نقص المياه المعضلة الأولى للقرن الواحد والعشرين .فمنذ قرن تزايد استهلاك الماء بوتيرة تفوق مرّتين زيادة السكان، فمن المتوقع أن يرتفع عدد السكان في العالم بحلول سنة 2025 من 6.7×10^9 الآن إلى 8×10^9[3] ، وستكون أحدى التحديات الرئيسية في ضوء هذا النمو السكاني هي القدرة على تحسين كفاءة استخدام المياه وإنتاجيتها، وكفالة الوصول المنصف إلى موارد المياه.

تشير تقديرات منظمة الأمم المتحدة واليونسكو إلى أن أكثر من 1.4×10^9 hab لا يتمتعون بالماء الصالح للشراب، هذا العدد سيبلغ 2.5×10^9 hab سنة 2025 أي ثلث سكان العالم. وهذه التقديرات تخلص إلى أنه في سنة 2025 سيعيش 10^9 hab × 1حالة من ندرة المياه (أقل من $1000\ m^3$ بالنسبة للشخص الواحد) وسيعيش 450×10^6 hab في بلدان ستستغل كامل قدراتها المائية (عوضا عن 32×10^6 hab اليوم) .

لقد ارتفع استهلاك المياه منذ بداية القرن العشرين بـ 6 أضعاف .فبينما كانت كمية المياه المتوفرة بالنسبة للفرد الواحد $18 \times 10^3\ m^3$ سنة 1950 أصبحت $7.5 \times 10^3\ m^3$ سنة 1995 لتنخفض إلى 5×10^3 سنة 2025 [4]. ويقدر الخبراء أن الطلب على الماء سيفوق

العرض فالمسألة لا تتوقف على كميات الماء المتوفرة بل تتعداها إلى تلوث المياه السطحية والجوفية على حدّ سواء وإلى الاستعمال الجائر لمصادر المياه .

بالنسبة للبلدان العربية فإن الفجوة المائية العربية بينها وبين بلدان العالم في اتساع مستمر. فإذا كانت بلدان الشرق الأوسط وبلدان الخليج تعاني من شحّ المياه فإن بلدان أخرى كالعراق ومصر تعتمد على مياه أنهار لا تنبع من بلادها .معظم الدول العربية تقع تحت خطّ الفقر المائي فهناك 50×10^6 hab محرومون من الماء الصالح للشرب و 70×10^6 hab محرومون من الصرف الصحي [3] .

والجزائر مثلها مثل باقي دول العالم مهددة بالجفاف في السنوات القادمة بسبب الخصائص المناخية التي تتراوح بين الجاف والشبه الجاف على معظم أراضيها. فهي غير وفيرة للأمطار في وقت يزداد فيه الطلب على المياه بسبب تنامي القطاعات المستهلكة كالصناعة والزراعة، بالإضافة إلى التزايد السكاني المستمر. عرفت الجزائر زيادة في معدل النمو السكاني منذ الاستقلال حيث قدر عدد سكان الجزائر بـ 23×10^6 hab سنة 1987 ، ويتوقع أن يصل إلى 46×10^6 hab سنة 2020 . وقد عرفت في السنوات الأخيرة تراجعا تدريجيا في حجم المياه العذبة حيث انخفض نصيب الفرد الجزائري من الماء من $1500\ m^3$ / an عام 1962 إلى حوالي $500\ m^3$ / an حاليا ويتوقع خبراء أن يتراجع المعدل إلى أدنى من $430\ m^3$ / an عام 2020 [5] .

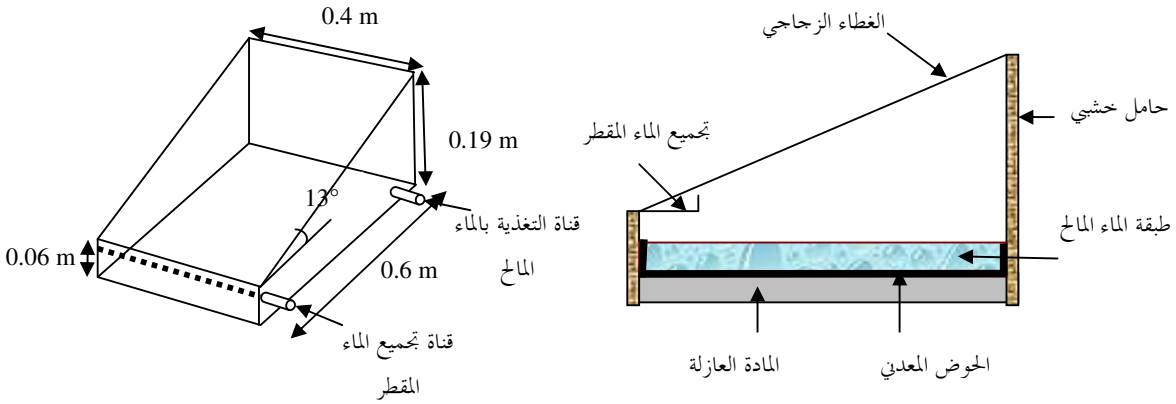
وبسبب الحاجة إلى الماء تطلع العالم مليًا عبر التاريخ إلى مياه البحار والمحيطات، هذا المعين الذي لا ينضب .ويعتقد حاليًا أكثر من أي وقت مضى أن تحلية المياه المالحة بطرقها المختلفة تعد خيارًا فنيًا لمواجهة الاحتياج المتزايد للماء العذب. ويعتبر التقطير الشمسي أحد التقنيات البسيطة المستعملة في تحلية المياه، إذ تعتبر الشمس المحرك الأساسي لهذه العملية ، و هذا ما سندرسه في هذا العمل باستعمال مقطر شمسي بسيط ذو ميل واحد .

يعتبر المقطر الشمسي ذو ميل واحد من أكثر المقطرات الشمسية استعمال في العالم، وقد أجريت عليه عدة أبحاث نظرية وتجريبية نذكر منها: M.A.Samee [6] أجريت التجارب على مقطر الشمسي ذو ميل واحد (33.3°) ، و وجد أن فعالية المقطر تصل إلى 30.65 % . A .El-Sebaii et al [7] لوحظ تأثير كل من ميل الزجاج و عمق الماء في الحوض في فترة النهار و الليل ، و تم استنتاج أن إنتاج المقطر يقل إذا كان عمق الماء كبير خلال النهار والعكس خلال الليل، وأن ميل الزجاج يكون 10° و50° خلال فصلي الصيف والشتاء على التوالي . الفعالية اليومية للمقطر هي حوالي 27% . الدراسة النظرية والتجريبية التي أجريت على المقطر الشمسي ذو ميل واحد تمت من طرف A.Safwat Nafey [8] و H.N.Singh et al [9] لدراسة تأثير كل من الإشعاع الشمسي و سرعة الرياح و درجة حرارة الهواء المحيط و ميل الزجاج و عمق الماء في الحوض. M.A. Mohamad et al [10] استعملوا عدة عوازل لدراسة تأثير العازل على الإنتاج للمقطر، و أثبتت النتائج أن إنتاج المقطر يزداد بـ 35% إذا زادت درجة حرارة الهواء المحيط من 17° إلى 30° ، وأن نشارة الخشب من أحسن المواد التي تستعمل في عزل المقطر. Bassam et al[11] قاموا بدراسة تجريبية على مقطر شمسي يحتوي على مكعبات إسفنج في الحوض. R.Tripathi et al [12]قاموا بتقييم أداء المقطر الشمسي باستعمال مفهوم الانكسار الشمسي. R.Tripathi et al[13] درسوا تأثير عمق الماء على انتقال الحرارة و الكتلة الداخلية للتقطير الشمسي النشيط . A.Tiwari et al [14] درسوا تأثير ميل غطاء التكثيف على انتقال الحرارة و الكتلة الداخلية في التقطير(محاكاة داخلية) . المرجع Bilal A et al [15] يمثل التقييم التجريبي للمقطر الشمسي باستعمال مواد مختلفة لامتصاص اكبر قدر من الطاقة الشمسية.

2. الدراسة التجريبية:

تهدف هذه الدارسة إلى زيادة كمية الماء المقطر المنتجة خلال اليوم من طرف المقطر الشمسي. اعتمدنا في هذه الدارسة على مقطرين متماثلين لهما نفس الأبعاد ومكونات الصنع الشكل (1):

- الحامل الخشبي: وهو بمثابة عازل للمقطر الشمسي مصنوع من خشب سمكه 0.04 m .
- الغطاء الزجاجي: تتم على مستواه عملية التكثيف له الأبعاد: 0.49m × 0.36m وسمكه 0.003m يميل على الأفق بزاوية 13° .
- الحوض المعدني: تتم على مستـــواه عملية التبخر، له الأبعاد التالية : 0.48 m × 0.37 m × 0.03 m مصنوع من الغـــالفنيز (galvanise) ذو السمك 0.003 m.
- قناة تجميع الماء المقطر: وتوجد على مستوى الغطاء الخشبي موصولة بأنبوب بلاستكي لتجميع الماء المقطر خارج المقطر الشمسي.
- قناة تزويـــد المقطر بالماء المالح: موصولة بأحد جوانب الحوض المعدني، مصنوعة من أنبوب نحاسي (0.01m) مربوطة بـــأنبوب بلاستيكي يصل مباشرة إلى خزان التغذية بالماء المالح.
- العازل : وهو من مادة بولستيران موضوع تحت الحوض المعدني للتقليل من الضياع في الطاقة الحرارية سمكه 0.03 m .
- طبقة الماء المالحة في الحوض: يتراوح سمكها ما بين 0.01 m - 0.015 m.



الشكل(1): رسم تخطيطي لأهم مكونات وأبعاد المقطر

ومن أجل إجراء مقارنة بين أداء المقطرين قمنا بطلاء الحوض المعدني للأول بلون أسود غير براق حتى يحدث الامتصاص الأعظمـــي للإشعاع الشمسي واعتبرناه كشاهد (A)، و أجرينا عـــــدة تحسينات في الثاني(المدروس) (B) بوضع الرمل على مستوى الحوض بدل الطلاء الأسود.

الرمل المستعمل في التحسينات ذو أقطار مختلفة (0.3 mm ، 0.4 mm ، 0.5 mm) تم غسله بحمض HCl و تسخينه في درجة حرارة تصل إلى 900°C لتنقيته من الأملاح والشوائب.

1.2. العمل التجريبي:

1.1.2. السلسلة الأولى من التجارب:

في هذه السلسلة قمنا بإجراء مقارنة بين المقطر الشمسي ذو الصفيحة السوداء (الشاهد)(A) والمقطر المدروس(B) بوضع الرمل في الحوض.

1. وضـــع طبقـــة رمل سمكـــها يســـــاوي قطـــر حبيبات الرمـــل المستعمل:
   - حبيبات الرمـــل ذات قطر 0.5 mm .
   - حبيبات الرمـــل ذات قطر 0.4 mm .
   - حبيبات الرمـــل ذات قطر 0.3 mm .
2. وضـــع طبقـــة رمل سمكـــها يعادل مرتين قطـــر حبيبات الرمل المستعمل :
   - حبيبات الرمـــل ذات قطر 0.5 mm .
   - حبيبات الرمـــل ذات قطر 0.4 mm .
   - حبيبات الرمـــل ذات قطر 0.3 mm .

2.1.2. السلسلة الثانية من التجارب :

في هذه السلسلة أجـــرينا تغيير على مستـــوى المقطر المدروس(B) وذلك بطلاء الحوض المعدني بالأسود مع وضع طبقة رمل سمكها يعادل مرتين قطر حبة الرمل المستعمل :

- حبيبات الرمـــل ذات قطر 0.5 mm .
- حبيبات الرمـــل ذات قطر 0.4 mm .
- حبيبات الرمـــل ذات قطر 0.3 mm .

تم خـــــــــلال التجـــارب أخـــذ القياسات التـــــالية وذلك كل نصف ســـاعة على مـــدار 12 ساعة وذلك من الساعة 8h إلى غاية الساعة 18h :

- شدة الإشعاع الشمسي (G) .
- درجات الحرارة لكل من السطح الداخلي للحوض المعدني (T_b) .و الماء المالح في الحوض (T_w) .
- كمية الماء المقطر الناتج .

3. النتائج :

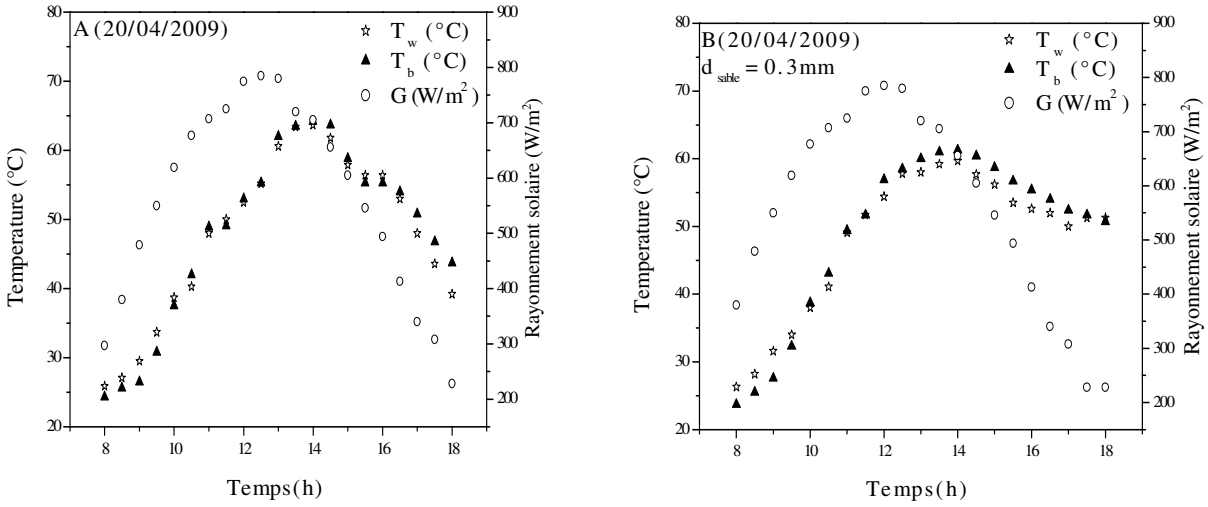
التجارب السابقة سمحت لنا بتمثيل تغيرات درجات الحرارة و الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن، و معرفة كمية الماء المقطر المنتجة من طرف كلا المقطرين خلال اليوم.

النتائج الخاصة بحبيبات الرمل ذات القطر 0.3 mm كانت أحسن من حبيبات الرمل ذات القطر 0.4 mm و 0.5 mm من حيـــث كمية الماء المقطر المنتجة خلال كل السلاسل [الشكل (4)،(7)،(10)] بحيث كلما كان قطر حبة الرمل أصغر كان المردود اليومي أكبر.

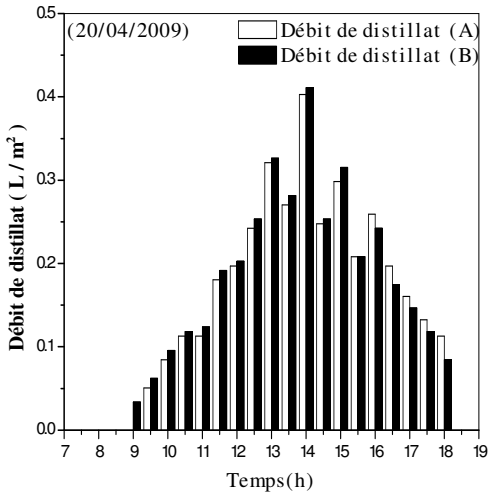
وفيما يلي النتائج الخاصة بالمقطرين الشاهد والمدروس الذي استعملنا فيه حبيبات الرمـــل ذات القطر0.3 mm.

1.3. السلسلة الأولى :

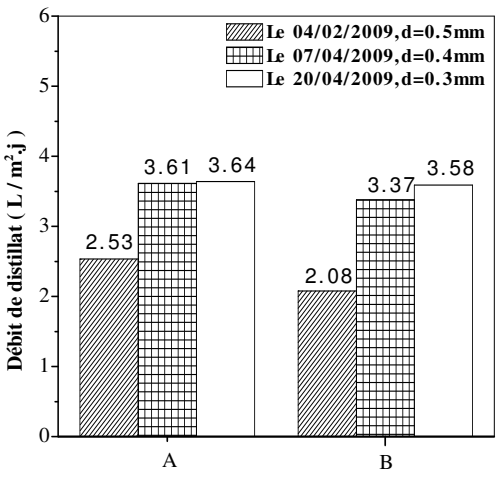
- **استعمال طبقة رمل سمكها يســـــاوي قطـــر حبيبات الرمـــل المستعمل:**



الشكل (2): تغيرات درجات الحرارة لكل من السطح الداخلي للحوض المعدني و الماء المالح في الحوض للمقطرين و الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن (A : الشاهد، B : المدروس)



الشكل (3): تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح بدلالة الزمن



الشكل(4): مقارنة بين مختلف كميات الماء المقطر الناتجة من المقطرين بطبقة واحدة من الرمل.

من المنحنيات نستنتج أن عملية التقطير الشمسي تتأثر بشكل مباشر بعـــدة عوامـــل كالإشعـــاع الشمسي الـــــذي يبلغ أقصـــى قيمـــــة له في الفتـــــرة الممتـــدة ما بين (12h30 – 13h30) والذي بدوره يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الماء في الحوض ، وبالتالي زيادة عملية التبخير .

– درجة حرارة الرمل في المقطر المدروس لم تتجاوز(62 °C) في حين وصلت درجة حرارة السطح الأسود في المقطر الشاهد إلى (64 °C) (خلال السلسلة الأولى).

– تكون درجة حرارة الرمل أقل من درجة حرارة السطح الأسود بدرجة أو درجتين ماعدا في الفترة ما بين (16h00 – 18h00) فتكون درجة حرارة الرمل أكبر، وهذا راجع إلى تخزين حبيبات الرمل للطاقة الحرارية لمـــدة أطول، في حين يفقد السطح الأســـود حرارته بسرعة اكبر.

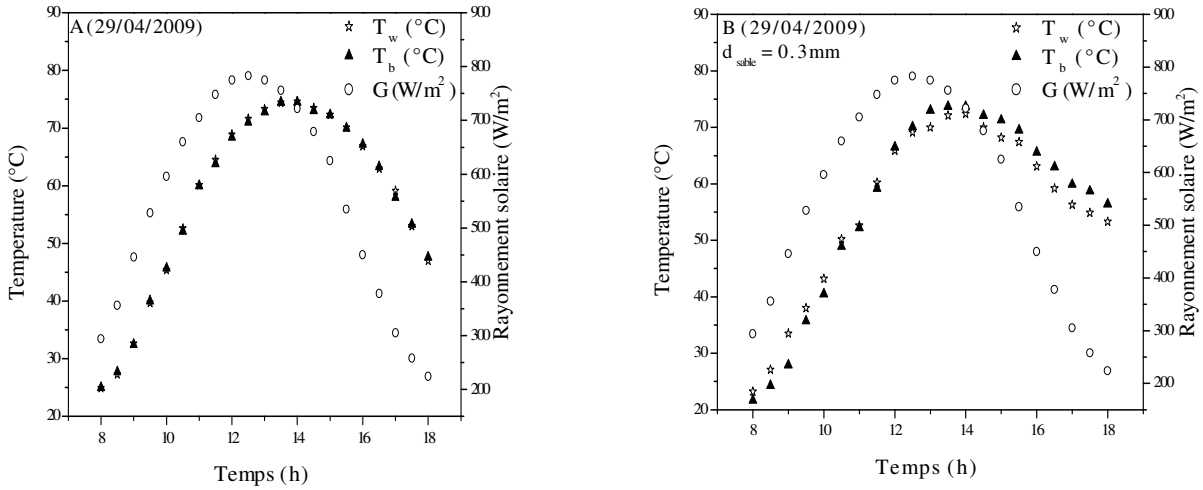
– وجود فارق بين درجـــة حرارة الرمل ودرجة حـــرارة الماء المالح في المقطر المـــدروس يقدر بـــ (3°C) في حين يقل هذا الفارق بين درجة حرارة السطح الأسود ودرجة حرارة الماء المالح في المقطر الشاهد والذي يقدر بـــ (1 °C) .

– تكون كمية الماء المقطر المنتجة من المقطر المدروس أقل من كمية الماء المقطر المنتجة من المقطر الشاهد بفـــارق ($0.03L/m^2$) في الساعات الأولى من عملية التقطير ليقل الفـــرق إلى ($0.015L/m^2$) في الفترة مابين (10h00 – 16h00) ، و ابتداء من 16h00 تصبح كمية الماء المقطر المنتجة من المقطر المدروس أكبر من كمية الماء المقطر المنتجة من المقطر الشاهد بفـــارق ($0.1\ L/m^2$) .

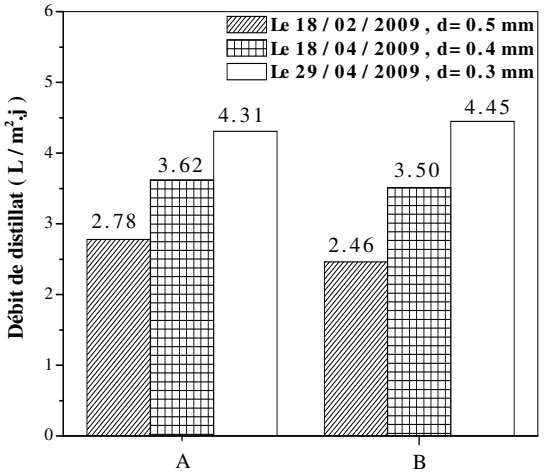
– لم نتحصل على أي تحسينات في هذا الجزء من السلسلة بحيث كانت كمية الماء المقطر الناتجة من المقطر الشاهد تساوي إلى 3.64 $L/m^2.j$ أما المقطر المدروس فأنتج حوالي $3.58\ L/m^2.j$.

- **وضـــع طبقـــة رمل سمكـــها يعادل مرتين قطـــر حبيبات الرمل المستعمل:**

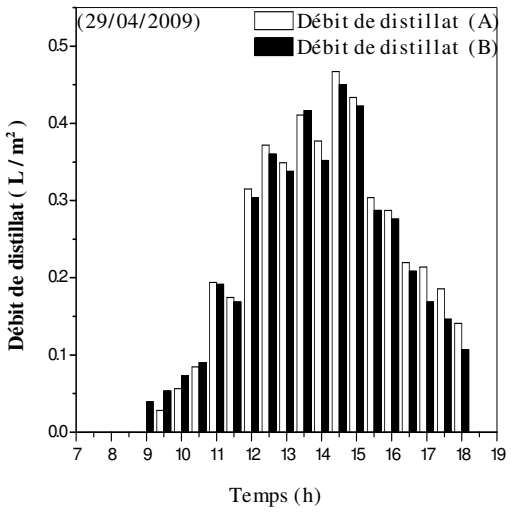
من خـــلال الجزء الأول من السلسلة الأولى لاحظنا أن الرمـــل يكـــون فعـــال أكثر من السطح الأســـــود في الفتـــــــــرة (16h00 – 18h00) وهذا راجع إلى تخزين حبيبات الرمل للطاقة الحرارية ، فقمنا في هذا الجزء الثاني من السلسلة الأولى بإضافة طبقة ثانية من الرمل لزيادة فترة التخزين ، وتحصلنا على النتائج التالية :



الشكل (5): تغيرات درجات الحرارة لكل من السطح الداخلي للحوض المعدني و الماء المالح في الحوض للمقطرين و الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن (A : الشاهد: B المدروس)



الشكل(7): مقارنة بين مختلف كميات الماء المقطر الناتجة من المقطرين بطبقتين من الرمل.



الشكل (6): تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح بدلالة الزمن

بالإضافة إلى الملاحظات التي لوحظت في الجزء الأول من هده السلسلة لاحظنا ما يلي:

– زيادة الفترة التي تكون فيها درجة حرارة الرمل أكبر من درجة حرارة السطح الأسود من ساعتين إلى 3 ســـاعات- – 15h00 18h00 وبالتالي زيادة الكمية المنتجة بالنسبة للمقطر المدروس.

– في الجزء الأول من السلسلة تكون درجة حرارة الرمل أكبر من درجة حرارة السطح الأسود بفارق يقدر بـــ (1 - 2 °C) من بداية التجربة حتى الساعة (16h) ويزداد بمرور الوقت ليصل إلى(6 °C) على الساعة (18h) ،أما في هدا الجزء فإن الفارق يكون بمقـــدار (10 °C) عند الساعة (18h) .

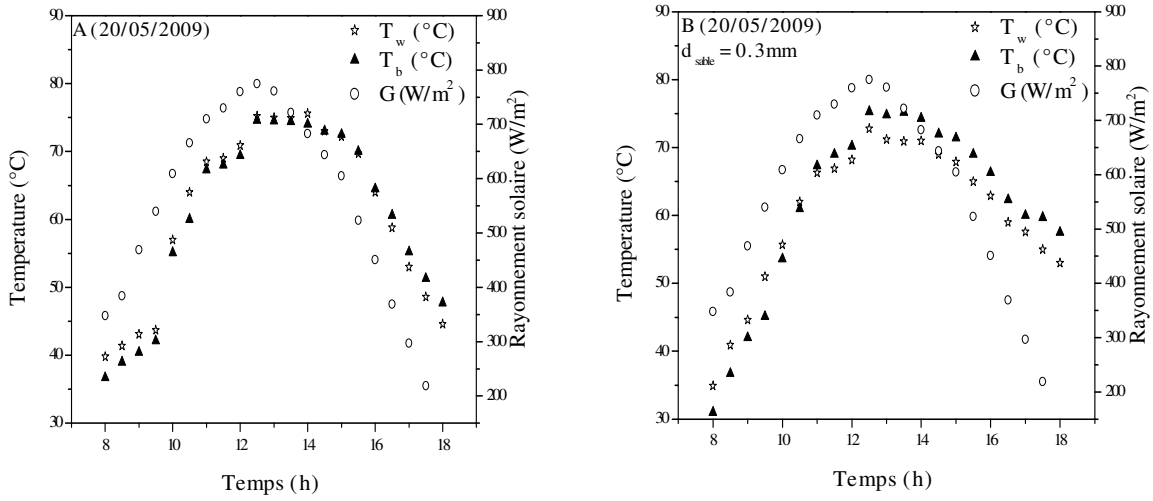
– بالنسبة لكمية الماء المقطر المنتجة نلاحظ أنه تقريبا هناك تساوي في الكمية، ماعدا في الفترة ما بين 14h00 – 18h00. فنلاحظ زيادة في الكمية المنتجة من طرف المقطر المدروس مقارنة بالمقطر الشاهد. و تحصلنا ، فتحصلنا خلال يوم على كمية ماء مقطر تقدر بـــ :

* 3.45 $L/m^2.j$ بالنسبة للمقطر المدروس

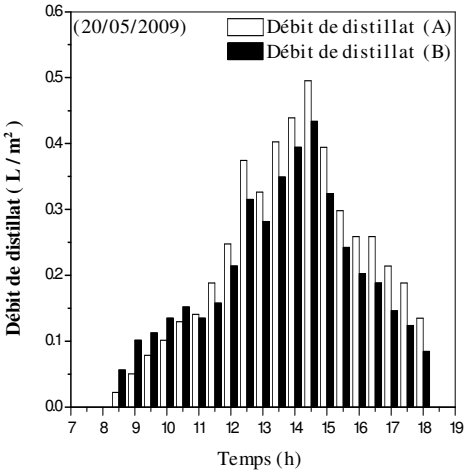
* 3.31 $L/m^2.j$ بالنسبة للمقطر الشاهد

هذه النتيجة دفعتنا إلى إضافة طبقة ثالثة ثم رابعة من الرمل فتحصلنا على نفس النتيجة السابقة من حيث كمية الماء المقطر المنتجة.

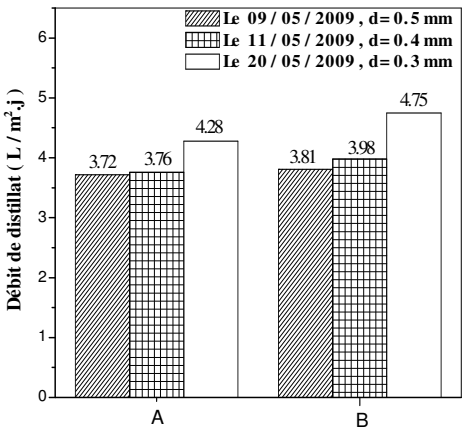
2.3. السلسلة الثانية: وضـــعنا طبقـــة رمل سمكـــها يعادل مرتين قطـــر حبيبات الرمل المستعمل مع طلاء حوض المقطر المدروس بالأسود، فتحصلنا على النتائج التالية:



الشكل (8): تغيرات درجات الحرارة لكل من السطح الداخلي للحوض المعدني و الماء المالح في الحوض للمقطرين و الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن (A : الشاهد، B : المدروس)



الشكل (9): تغيرات كمية الماء المقطر لوحدة السطح بدلالة الزمن



الشكل(10): مقارنة بين مختلف كميات الماء المقطر الناتجة من المقطرين بطبقتين من الرمل مع طلاء الحوض.

– درجة حـــرارة الرمل في المقطر المدروس تجاوزت 76 °C في حين وصلت درجة حرارة السطح الأسود في مقطر الشاهد إلى 74 °C ، ويزداد الفارق بين حوضي المقطرين بمـــرور الوقت إلى أن يصل إلى (10 °C) عند نهاية التجربة .

- زيادة كمية الماء المقطر المنتجة من طرف المقطر المدروس($4.75\ L/m^2.j$) مقارنة بالمقطر الشاهد ($4.28\ L/m^2.j$) .

تحصلنا في هذه السلسلة على تحسين في المردود اليومي للمقطر مهما كان نوع الحبيبات الرمل المستعملة:

- 2.41% في حالة استعمال حبيبات رمل ذات قطر 0.5 mm
- % 5.85 في حالة استعمال حبيبات رمل ذات قطر0.4 mm
- 10.98% في حالة استعمال حبيبات رمل ذات قطر 0.3 mm

4. الخلاصـــــــــــة :

من خلال العمل التجريبي الذي أجري على المقطر الشمسي البسيط ذو ميل واحد والذي يهدف أساسا إلى تحسين المردود اليومي للمقطر باستعمال مقطرين شاهد ومدروس استنتجنا[16] ما يلي:

كان لقطر حبيبات الرمل (المستعملة في حوض الامتصاص) تأثير على عملية التقطير حيث كلما كان قطر حبيبات الرمل أصغر كانت كمية الماء المقطر المنتجة أكبر بحيث تحصلنا في السلسلة الأولى على المقادير التالية:

- لحبيبات الرمل ذات نصف القطر 0.5 mm تراجع معدل التقطير بـــ 11.5%.
- لحبيبات الرمل ذات نصف القطر 0.4 mm تراجع معدل التقطير بـــ 3.3% .
- لحبيبات الرمل ذات نصف القطر 0.3 mm ارتفع معدل التقطير قليلا 3.25% .

أردنا تحسين آداء المبخر فاستعضنا عن السطح الأسود بطبقة من الرمل، ذات حبيبات ذي قطر 0.3 mm، فلم تعط أية نتيجة معتبرة. لما ضاعفنا طبقة الرمل هذه مرتين كان المردود كما لو كان سطح المبخر أسودَ؛ إذْ كان معدل تقطير المقطر (B) المـــدروس $3.45\ L/m^2.j$، في حين كان معدل المقطر (A) الشاهد $3.31\ L/m^2.j$، كل هذا عند استخدام رمل ذي قطر 0.3 mm .

عند طلاء حوض المقطر المدروس بالأسود و استخدام طبقتين من الرمل زاد معدل التقطير بنسبة تقارب 11%.

يمكن تفسير ذلك باعتبار الرمل وسطا مساميا يخزن كمية إضافية من طاقة الشمس، يلفظها لاحقا، مما يؤدي إلى تبخر كمية أكبر من الماء. كل ذلك موضح في منحنيات تغير درجة الحرارة و كمية الماء المقطر مع الزمن، في الفترة الممتدة من الساعة 14h إلى الســـاعة 18h .

المراجع :

[1] J.R.Vaillant ; "Les problèmes du dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres" ; France (1970).

[2] J.R. Miller; "Review of Water Resources and Desalination Technologies"; SAND 2003-0800 Unlimited Release, Printed March (2003).

[3] FAO-HQ@fao.org الموارد الطبيعية " تحديات الندرة وتغير المناخ " المنظمة العالمية للتغذية

[4] " ندرة المياه والمخاطر والتعرض للضرر" تقرير التنمية البشرية 2006.

[5] A. Kettab ; "Les ressources en eau en Algérie : stratégies, enjeux et vision" ; Desalination, **136,** 25-33 (2001).

[6] M.A. Samee, U.K. Mirza, T. Majeed and N. Ahmad;"Design and performance of a simple single basin solar still»; Renewable and Sustainable Energy Reviews, **42,** 1–8 (2005).

[7] A.A .EL-Sebaii, S. Aboul-Enien and E.EL-Bialy; «Investigation of a single-basin solar still with deep basins"; PII: S0960-**1481**(98)00081-0.

[8] A.S. Nafey, M. Abdelkader, A. Abdelmotalib and A.A. Mabrouk; Parameters affecting solar still productivity; Energy Conversion & Management **41** (2000). 1797-1809.

[9] H.N. Singh and G.N. Tiwari; "Monthly performance of passive and active solar stills for different Indian climatic conditions"; Desalination **168**, 145-150 (2004).

[10] M.A. Mohamad, S.H. Soliman, M.S. Abdl-Salam and H.M.S. Hussein; Experimental and Financial Investigation of Asymmetrical Solar Stills With Different Insulation; Applied Energy **52** (1995) 265-271.

[11] A. Bassam, A. Hamzeh and M. Rababah; "Experimental study of a solar still with sponge cubes in basin"; Energy Conversion and Management **44**, 1411–1418 (2003).

[12] R. Tripathi and G.N. Tiwari; "Performance evaluation of a solar still by using the concept of solar fractionation" ; Desalination **169**, 69-80 (2004).

[13] R. Tripathi and G.N. Tiwari; "Effect of water depth on internal heat and mass transfer for active solar distillation"; Desalination **173,** 187-200 (2005).

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

[15] B.A. Akash, M.S. Mohsen, O. Osta and Y. Elayan; "Experimental evaluation of a single basin solar still using different absorbing materials"; Renewable Energy, Vol. **14**, pp.307-310 (1998).

[16] M. Gouareh; "Etude de l'influence de différentes variantes d'absorbeurs sur l'efficacité d'un distillateur solaire serre" ; Mémoire de magister ; Université de Ouargla (2010).