

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES
DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCEDES

MEMOIRE
MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie Chimique

Présenté Par : Benzaoui Asma et Nouasria Fatima Zohra

THÈME

DISTILLATION SOLAIRE DE L'EAU SAUMÂTRE
(AMÉLIORATION DU RENDEMENT PAR DIFFÉRENTES MÉTHODES)

Soutenue publiquement le : 26 / 06 / 2018

Devant le jury:

- **Dr .Aachi Fathi**
- **Dr. Bouziane Khadidja**

encadré par :

- **Dr. M.H.sellami.**

Année Universitaire : 2017 /2018

Remerciements

En préambule à ce mémoire nous remerciant ALLAH qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

Nous souhaitant adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Ces remerciements vont tout d'abord au corps professoral et administratif de la Faculté Sciences Appliquées , nos enseignants en particulier notre encadrant de mémoire de fin d'étude :

Mr : SELLAM MOHAMED HASEN

pour ses précieux conseils , la confiance, la patience et son orientation ficelée tout au long de notre recherche.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail Et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous remercions également Messieurs : Meddour Seif Eddine, mohamed ali ouar, mokrani omar, kouadri rachid pour leur aides et encouragements

Enfin, nous remercions vivement toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail dans les meilleures conditions.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Ma mère ;

la seule qui s'est sacrifiée pour mon succès,

Et toujours encouragé à atteindre le meilleur.

Ma chère sœur

et sa petite famille (mechmacha).

Mon cher frère

et son petite famille (karima, cimou , champanzi ; panda).

Ma chère amie Houda (pistacha) et ma binôme semsem .

Sans oublier my heart doudii .

Mon soutien spirituel Ahmed Emara .

A mes camarades de promo de génie des procédés en générale .



Neuasria Fatima zohra .

Dédicaces

Je dédie ce mémoire a :

Mes chers parents,

que nulle dédicace

Ne puisse exprimer mes sincères sentiments,

Pour leur patience illimitée, leur encouragement contenu,

Leur aide, et témoignage de mon profond amour

Et respect pour leurs grands sacrifices.

Mes chers frères Wissam, Khaled, Alla,

Pour leur grand amour soutien

Qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute gratitude.

Mon très cher neveu Karim (Kimo).

Mes chers amis Mazo, Aicha, Wafia, Ikrame, Fatima Zahra.

Et a toute ma famille Benzaoui, Dérai et a tous ceux que j'aime .



Benzaoui Asma.

SOMMAIRE

Listedes tableaux.....	i
Liste des figures et graphiques.....	iv
Introduction générale.....	01

Chapitre I : GISEMENT SOLAIRE ET LE TRANSFERT THERMIQUE

I-1- Introduction	02
I-2- Le soleil	02
I-3- L'énergie solaire	02
I-3-1- Les panneaux photovoltaïques.....	03
I-3-2- Les panneaux thermiques	03
I-4- Rayonnement solaire.....	03
I-5- Transfert thermique.....	04
I-5-1- Champ de température.....	04
I-5-2- Gradient de température.....	04
I-5-3 Flux de chaleur	04
I-5-4- Formulation d'un problème de transfert de chaleur	05
I-5-4-1- Bilan d'énergie	05
I-5-5- Les modes de transfert de chaleur	05
I-5-5-1- Conduction	05
I-5-5-2- Convection.....	07
I-5-5-2-1- La convection naturelle	08
I-5-5-2-2- La convection forcée.....	08
I-5-5-3- Rayonnement	08

Chapitre II : GENERALITE SUR LA DISTILLATION SOLAIRE

II-1- Introduction	10
II-2- L'eau.....	10
II-2-1- Les besoins et ressources en eau.....	10
II-2-2- Classification des eaux.....	11
II-2-3- Critères de qualité de l'eau	11
II-2-3-1- Eau potable	11
II-2-3-2- Eau de pluie	12
II-2-3-3 Eaux de mers	12
II-2-3-4- Eaux saumâtre	13
II-2-3-5- Eau distillée	13
II-3- Les procédés de dessalement	13
II-3-1- procédés membranaire.....	14
II-3-2- procédés par changement de phase	14
II-3-2-1- distillation solaire	14
II-3-2-1-1 Historique	14
II-3-2-1-2 types de distillation solaire	16
II-3-2-1-3- paramètres influant sur le fonctionnement du distillateur	17
II-3-2-1-4-caractéristiques de fonctionnement d'un distillateur solaire simple....	17
II-4- les avantages et les inconvénients des distillateurs solaires	18

Chapitre III : ETUDE EXPERIMENTALE

III-1- Introduction	20
III-2- Présentation générale de lieu d'expérimentation (Ouargla).....	20
III-3- Conception du distillateur solaire.....	20

III-3-1- Absorbeur	21
III-3-2- Couverture verrière (verre)	22
III-3-3- L'isolation thermique	22
III-3-4- Couverture extérieure	22
III-3-5- Les tuyauteries.....	22
III-3-6- Tubes gradués	22
III-4- Les types de transfert de chaleur dans le distillateur solaire simple.....	23
III-5- Les appareils de mesure utilisés dans l'expérience.....	23
III-5-1- Mesure du rayonnement solaire global (MacSolar)	23
III-5-2- Mesure de la vitesse du vent	24
III-5-3- Mesure de la température ambiante et l'humidité	24
III-5-4- Mesure de la température.....	25
III-5-5- Tubes Gradués.....	25
III-6- L'emplacement des thermocouples	25
III-7- Analyses de l'eau distillée	26
III-8- Expériences.....	27
III-9- Séries d'expériences.....	27
III-9-1- Première série.....	27
III-9-2- Deuxième série.....	27
III-9-3- Troisième série.....	28
III-10- Résultats	28
III-10-1- Première série	28
III-10-2- Deuxième série.....	29
III-10-3- Troisième série	33
III-11- La comparaison de la différence entre les températures ($T_e - T_v$).....	38
III-12- discussion et interprétation des résultats	40
III-13- Tests de quelques paramètres de l'eau produite	42
III-14- Résumé de résultat expérimentaux.....	42
Conclusion générale.....	43

Liste des Tableaux

Chapitre I	
Tableau(I.1) : Conductivité thermique de certains matériaux.	06
Chapitre II	
Tableau(II.1) : Classification des eaux selon la salinité.	11
Tableau(II.2) : Recommandations de l’OMS sur la qualité de l’eau potable.	12
Tableau(II.3) : Composition de l’eau de mer (35 g/l).	13
Chapitre III	
Tableau (III.1) : Données climatiques et géographiques.	20
Tableau (III.2) : Dimensions du distillateur solaire.	22
Tableau (III.3) : Paramètres de qualité de l'eau testée.	42
Tableau (III.4) : Les résultats expérimentaux réalisés.	42

Liste des Figures et des Graphiques

Chapitre I	
Figure (I.1) : Isotherme et gradient thermique	03
Figure(I.2) : Système et bilan énergétique	04
Figure (I.3) : Schéma du transfert de chaleur conductif	05
Figure (I.4) : Schéma du transfert de chaleur convectif	06
Chapitre II	
Figure (II .1) : Distillateur solaire simple à pente unique	15
Figure (II .2) : Distillateur solaire simple à double pentes	16
Chapitre III	
Figure (III.1) : Conception du distillateur solaire utilisé dans l'expérience	21
Figure(III.2) : Différents types de transferts thermiques dans le distillateur solaire simple	23
Figure (III. 3) : MacSolar	23
Figure (III. 4) : Anémomètre à coupelles (dit de Robinson)	24
Figure(III.5) : LCD Compteur numérique de température et d'humidité LCD HTC-1H596	24
Figure(III.6) : Thermometer Greisinger GTH 175/PT -199.9 up to +199.9 °C Sensor, TemperaturGTH 1150 C-50 bis + 1150 °C Type-K	25
Figure (III.7) : Tubes Gradués	25
Figure (III.8) : Emplacement des thermocouples	26
Figure(III.9) : HANNA Multiparameter < HI 9829 >	26
Figure(III.10) : Variation des différentes températures et de rayonnement solaire des deux distillateurs A et B1 en fonction du temps	29
Figure (III.11) : Variation de la quantité d'eau distillée de A et B1 en fonction de temps	29
Figure (III.12) : Variation de la quantité d'eau distillée et de rayonnement solaire de A et B1 en fonction de temps	29
Figure (III.13) : Variation des différentes températures et de rayonnement solaire des deux distillateurs A et B2 en fonction du temps	30
Figure(III.14) : Variation de la quantité d'eau distillée des deux distillateurs A et B2 En fonction de temps	30
Figure (III.15) : Variation de la quantité d'eau distillée et de rayonnement solaire des deux distillateurs A et B2 en fonction de temps	30
Figure (III.16) : Variation des différentes températures et de rayonnement solaire des deux distillateurs A et B3 en fonction du temps	31
Figure (III.17) : Variation de la quantité d'eau distillée de A et B3 en fonction de temps	31
Figure (III.18) : Variation de la quantité d'eau distillée et de rayonnement solaire de A et B3 en fonction de temps	31
Figure (III.19) : Variation des différentes températures et de rayonnement solaire des deux distillateurs A et B4 en fonction du temps	32
Figure (III.20) : Variation de la quantité d'eau distillée de A et B4 en fonction de temps	32
Figure (III.21) : Variation de la quantité d'eau distillée et de rayonnement solaire de A et B4 en fonction de temps	32

Figure (III.22) : Variation des différentes températures et de rayonnement solaire des deux distillateurs A et C1 en fonction du temps	33
Figure (III.23) : Variation de la quantité d'eau distillée de A et C1 en fonction de temps	33
Figure (III.24) : Variation de la quantité d'eau distillée et de rayonnement solaire de A et C1 en fonction de temps	33
Figure (III.25) : Variation des différentes températures et de rayonnement solaire des deux distillateurs A et C2 en fonction du temps	34
Figure (III.26) : Variation de la quantité d'eau distillée de A et C2 en fonction de temps	34
Figure (III.27) : Variation de la quantité d'eau distillée et de rayonnement solaire de A et C2 en fonction de temps	34
Figure (III.28) : Variation des différentes températures et de rayonnement solaire des deux distillateurs A et C3 en fonction du temps	35
Figure (III.29) : Variation de la quantité d'eau distillée de A et C3 en fonction de temps	35
Figure (III.30) : Variation de la quantité d'eau distillée et de rayonnement solaire A et C3 en fonction de temps	35
Figure (III.31) : Variation des différentes températures et de rayonnement solaire des deux distillateurs fonction du temps A et F1	36
Figure (III.32) : Variation de la quantité d'eau distillée de A et F1 en fonction de temps	36
Figure (III.33) : Variation de la quantité d'eau distillée et de rayonnement solaire A et F1 en fonction de temps	36
Figure (III.34) : Variation des différentes températures et de rayonnement solaire des deux distillateurs A et F2 en fonction du temps	37
Figure (III.35) : Variation de la quantité d'eau distillée de A et F2 en fonction de temps	37
Figure (III.36) : Variation de la quantité d'eau distillée et de rayonnement solaire de A et F2 en fonction de temps	37
Figure (III.37): Différence de températures : $(T_e - T_v)$ pour les différents distillateurs A, B1, B2, B3, B4 en fonction du temps	38
Figure (III.38): Différence de températures : $(T_e - T_v)$ pour les différents distillateurs A, C1, C2, C3 en fonction du temps	38
Figure (III.39): Différence de températures : $(T_e - T_v)$ pour les différents distillateurs A, F1, F2 en fonction du temps	39

Introduction

Introduction générale

Les besoins en eau potable dans le monde augmentent d'une manière continue, alors que les réserves souterraines se trouvent constamment diminuées. Les réserves d'eau saumâtres ont des teneurs en sel qui varient de 1500 à 2000(p p m), dépassant les normes exigées pour une eau potable.

Le dessalement des eaux saumâtres ou l'eau de mer par distillation solaire peut répondre à l'approvisionnement en eau potable ($\frac{1}{3}$ eau distillée et $\frac{2}{3}$ eau de robinet) particulièrement dans les régions arides ou semi-arides [1].

La distillation par effet de serre est l'une des applications énergétiques du solaire thermique à basse température (environ 20°C) qui consiste à la conversion de l'énergie solaire (rayonnement) en énergie thermique pour produire de l'eau à partir d'une eau saline, où elle s'adapte en mode individuel ou collectif à des régions éloignées ou isolées qui nécessite des consommations réduites [2].

Notre étude expérimentale a pour but d'améliorer le rendement de distillateur solaire simple à pente unique par augmentation de sa surface absorbante; pour cela nous avons utilisé trois techniques au niveau de l'absorbeur pour augmenter la production en eau distillée.

Durant nos expériences on va:

- Utiliser différentes masses de granit noire sur la surface du bassin dans l'absorbeur, et voir son effet sur le gain en eau distillée produite ;
- Etudier aussi l'effet de différentes masses de noyaux de dattes ;
- Voir l'effet de noyaux de dattes broyées avec différentes masses.

Le mémoire contient trois chapitres :

- Le premier chapitre comporte une étude sur le gisement solaire et le transfert thermique.
- Le deuxième chapitre contient une généralité sur la distillation solaire.
- Le troisième chapitre montre le matériel utilisé et les séries d'expériences réalisés, les résultats obtenus et leur interprétations .

Enfin, le mémoire est clôturé par une conclusion générale.

Chapitre I

Gisement solaire et transfert thermique

Ce chapitre est consacré à une présentation sur les notions du soleil et les différents types de transfert de chaleur

I. GISEMENT SOLAIRE ET LE TRANSFERT THERMIQUE

I.1. Introduction :

Le gisement solaire est un ensemble de données décrivant l'évolution du rayonnement solaire disponible au cours d'une période donnée. Il est utilisé dans des domaines aussi variés que l'agriculture, la météorologie, les applications énergétiques et la distillation d'eau [3].

Un transfert d'énergie sous forme de chaleur sera obtenu chaque fois qu'un gradient de température existera au sein d'un système. On distingue trois modes de transfert de la chaleur qui sont la conduction, la convection et le rayonnement, ces trois modes s'effectuent la plupart du temps en parallèle [4].

I.2. Le soleil :

Le soleil est une sphère gazeuse d'hélium et d'hydrogène (80 % H₂, 19 % H_e, 1 % autres éléments) son diamètre est d'environ $1,39 \cdot 10^9$ m, et sa masse est de l'ordre de $2 \cdot 10^{30}$ kg, son âge est d'environ $4,6 \cdot 10^6$ ans. Sa distance moyenne à la terre est de $1495 \cdot 10^5$ km. Sa densité moyenne au centre est de $76 \cdot 10^3$ kg/m³ au centre [5], la masse du soleil représente 99.85 % de la masse totale du système solaire et $33 \cdot 10^4$ fois celle de la terre. La température de cœur est de l'ordre de 10^7 K tandis que la température à la surface du soleil est de 5760 K [6]. La réaction fondamentale est la suivante :



I.3. L'énergie solaire :

Les conditions résidantes au cœur du soleil favorisent l'interaction des différents atomes d'hydrogène qui subissent une réaction de fusion thermonucléaire.

Le résultat de ce processus, lorsqu'il se répète est la fusion de quatre noyaux d'hydrogène en un noyau d'hélium avec émission d'énergie sous forme de rayonnements gamma et X.

Chaque seconde, 564 millions de tonnes d'hydrogène se transforment en 560 millions de tonnes d'hélium, cette différence de 4 millions de tonnes par seconde correspond à la différence d'énergie de liaison entre les protons d'hydrogène et ceux d'hélium donnant une énergie sous forme de rayonnement [7].



Figure I.1 - le flux de lumière solaire [8]

Là où est la Terre à $r = 1,496.10^{11}$ m du Soleil, si chaque mètre carré reçoit un flux de Lumière $\Phi_s = 1368$ w/m², alors une sphère de rayon r dont la surface $S = 2,81.10^{23}$ m² recevra une puissance, estimée à $3,84 . 10^{26}$ W [8] :

$$P = \Phi_s \times S$$

(I.2)

On distingue principalement deux voies d'exploitation de l'énergie solaire :

1. **Les panneaux photovoltaïques** qui transforment directement le rayonnement en électricité,
2. **Les panneaux thermiques** qui convertissent le rayonnement en chaleur.

Il existe également le solaire dit « thermodynamique ». Il s'agit d'une variante du thermique : la chaleur fournie par les rayonnements du Soleil est transformée en électricité dans un second temps [9].

I.4. Rayonnement solaire :

L'atmosphère ne transmet pas au sol la totalité du rayonnement solaire qu'elle reçoit :

- **Le rayonnement direct** est celui qui traverse l'atmosphère sans subir de modifications.
- **Le rayonnement diffus** est la part du rayonnement solaire diffusé par les particules solides ou liquides en suspension dans l'atmosphère. Il n'a pas de direction privilégiée.
- **Le rayonnement réfléchi**
- **Le rayonnement global** le rayonnement global sur une surface quelconque au voisinage du sol est la somme de ces deux composantes:

$$I_g = I_D + I_d$$

(I.3)

I.5. Transfert thermique :

I.5.1. Champ de température :

Les transferts d'énergie sont déterminés à partir de l'évolution dans l'espace et dans le temps de la température : $T = f(x, y, z, t)$. La valeur instantanée de la température en tout point de l'espace est un scalaire appelé champ de température. Nous distinguerons deux cas :

- Champ de température indépendant du temps : le régime est dit permanent ou stationnaire.
- Evolution du champ de température avec le temps : le régime est dit variable ou transitoire.

I.5.2. Gradient de température :

Si l'on réunit tous les points de l'espace qui ont la même température, on obtient une surface dite surface isotherme. La variation de température par unité de longueur est maximale le long de la normale à la surface isotherme. Cette variation est caractérisée par le gradient de température [10] :

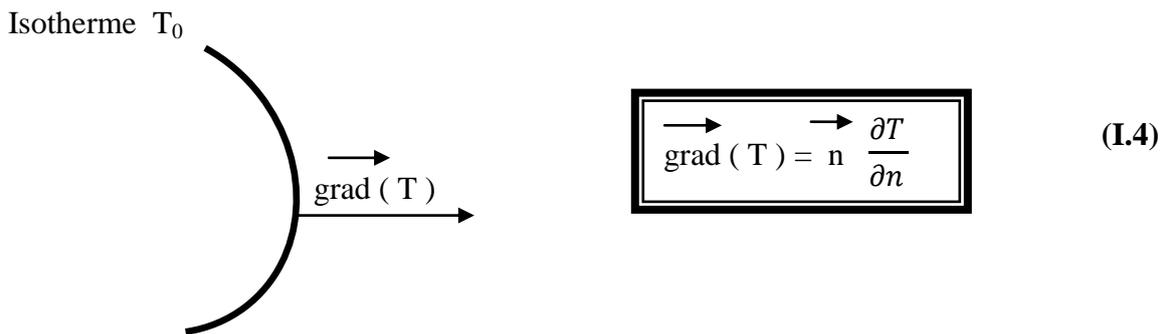


Figure I.2- isotherme et gradient thermique

Avec :

\vec{n} : vecteur unitaire de la normale

$\frac{\partial T}{\partial n}$: Dérivée de la température le long de la normale

I.5.3. Flux de chaleur :

La chaleur s'écoule sous l'influence d'un gradient de température par conduction des hautes vers les basses températures. La quantité de chaleur transmise par unité de temps et par unité d'aire de la surface isotherme est appelée densité de flux de chaleur :

$$\Phi = \frac{1}{S} \frac{dQ}{dt} \quad (\text{I.5})$$

Où S est la surface de l'aire (m^2)

Ou sous forme vectorielle :

$$\vec{\Phi} = -\lambda \text{grad}(\tau) \quad (\text{I.6})$$

Avec $\vec{\Phi}$: vecteur densité de flux de chaleur.

On appelle flux de chaleur la quantité de chaleur transmise sur la surface S par unité de temps

$$\mathcal{Q} = \frac{dQ}{dt} \quad (\text{I.7})$$

I.5.4. Formulation d'un problème de transfert de chaleur :

I.5.4.1. Bilan d'énergie :

Il faut tout d'abord définir un système (S) par ses limites dans l'espace et il faut ensuite établir l'inventaire des différents flux de chaleur qui influent sur l'état du système et qui peuvent être :

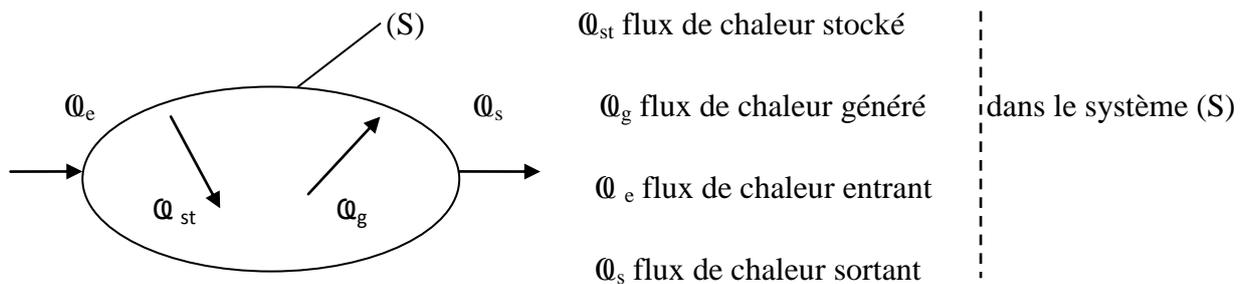


Figure 1.3 - Système et bilan énergétique

On applique alors le 1^{er} principe de la thermodynamique pour établir le bilan d'énergie du système (S) :

$$\mathcal{Q}_e + \mathcal{Q}_g = \mathcal{Q}_s + \mathcal{Q}_{st} \quad (\text{I.8})$$

I.5.5. Les modes de transfert de chaleur :

I.5.5.1. Conduction :

C'est le transfert de chaleur au sein d'un milieu opaque, sans déplacement de matière, sous l'influence d'une différence de température. La propagation de la chaleur par conduction à l'intérieur d'un corps s'effectue selon deux mécanismes distincts :

- ✓ une transmission par les vibrations des atomes ou molécules.
- ✓ une transmission par les électrons libres.

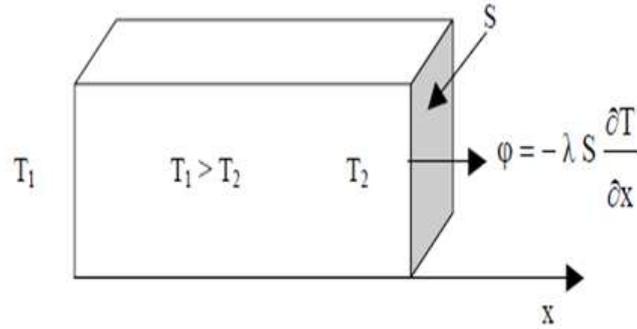


Figure I.4 - schéma du transfert de chaleur conductif

La loi fondamentale de transmission de chaleur a été proposée par Fourier en 1822. Cette loi donnant le flux de chaleur traversant une surface s'exprime par la relation :

$$\vec{\Phi} = -\lambda S \text{ grad } (T) \quad (\text{I.9})$$

Ou sous forme algébrique :

$$\Phi = -\lambda S \frac{\partial T}{\partial x} \quad (\text{I.10})$$

Avec :

- Φ flux de chaleur transmis par conduction (W)
- λ conductivité thermique de milieu ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$)
- x variable d'espace dans la direction de flux (m)
- S aires de la section de passage de flux de chaleur (m^2)

La présence du signe (-) dans le second membre des relations signifie que le flux de chaleur progresse dans le sens opposé au gradient de température, c'est-à-dire que le flux de chaleur se dirige des températures les plus élevées vers les températures les plus basses [23].

On trouvera dans le (tableau I.1) les valeurs de la conductivité thermique λ de certains matériaux parmi les plus courants.

Tableau I.1- Conductivité thermique de certains matériaux[10]

Matériau	λ (W. m ⁻¹ . °C ⁻¹)	Matériau	λ (W. m ⁻¹ . °C ⁻¹)
Argent	419	Plâtre	0,48
Cuivre	386	Laine de verre	0,035 – 0,051
Aluminium	204	Polystyrène expansé	0,036 – 0,047
Acier doux	45	Polystyrène extrudé	0,027
Acier inox	18	Air	0,026
Béton	1,4	Bois (feuillu-résineux)	0,12-0,23
Verre	1,05	Eau	0,60

I.5.5.2. Convection :

C'est le transfert de chaleur entre un solide et un fluide, l'énergie étant transmise par déplacement du fluide.

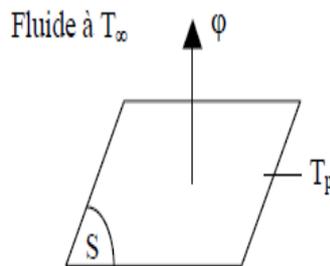


Figure I.5 - Schéma du transfert de chaleur convectif

Ce mécanisme de transfert est régi par la loi de Newton :

$$\mathbf{Q} = \mathbf{h} \cdot \mathbf{S} \cdot (\mathbf{T}_p - \mathbf{T}_\infty) \quad (\text{I.11})$$

Avec :

- Q** Flux de chaleur transmis par convection (W)
- h** Coefficient de transfert de chaleur par convection (W . m⁻² . °C⁻¹)
- T_p** Température de surface du solide (°C)
- T_∞** Température du fluide loin de la surface du solide (°C)
- S** Aire de la surface de contact solide/fluide (m²)

Remarque : La valeur du coefficient de transfert de chaleur par convection **h** est fonction de la nature du fluide, de sa température, de sa vitesse et des caractéristiques géométriques de la surface de contact solide/fluide.

Le mécanisme élémentaire de transfert de chaleur est la conduction thermique mais le phénomène global, qui est la convection thermique, résulte de la combinaison de cette conduction avec les mouvements du fluide qui obéissent à des lois spécifiques.

Deux types de convection sont généralement distingués :

I.5.2.2.1. La convection naturelle :

Dans laquelle le mouvement résulte de la variation de la masse volumique du fluide avec la température ; cette variation crée un champ de forces gravitationnelles qui conditionne les déplacements des particules du fluide ;

I.5.5.2.2. La convection forcée :

Dans laquelle le mouvement est provoqué par un procédé mécanique indépendant des phénomènes thermiques ; c'est donc un gradient de pression extérieur qui provoque les déplacements des particules du fluide.

I.5.5.3. Rayonnement :

Tout corps, plus chaud que le milieu dans le quel il se trouve, émet un rayonnement, c'est-à-dire de l'énergie en transit qui s'oriente toujours du plus chaud vers le plus froid. Le rayonnement émis est constitué de radiation dont les longueurs d'ondes sont en fonction de la température du corps.

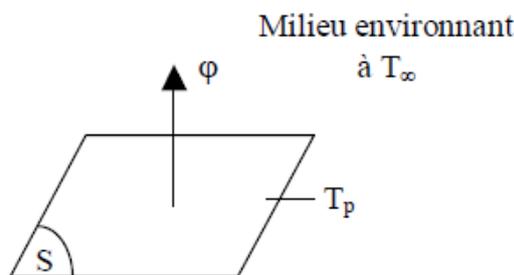


Figure I.6 - Schéma du transfert de chaleur radiatif

La puissance totale rayonnée augmente comme la quatrième puissance de la température suivant la loi de Stephan Boltzmann [11] :

$$\boxed{Q = \sigma \cdot T^4} \quad \text{W / m}^2 \quad (\text{I.12})$$

σ : Constante de Stefan ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ w. m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$)

Lorsqu'un flux d'énergie rayonnée rencontre un corps, une partie de l'énergie est absorbée (α), une partie est réfléchie (β), une partie continue (ρ) son trajet après avoir traversé le corps.

$$\boxed{\rho + \beta + \alpha = 1} \quad (\text{I.13})$$

- ⇒ Si toute l'énergie incidente est absorbée, le corps est appelé **corps noir**.
- ⇒ Si une partie de l'énergie est absorbée, mais que cette partie est constante quelle que soit la longueur d'onde de l'énergie incidente, on dit que l'on a affaire à un **corps gris** (dans le cas contraire, à un corps coloré).
- ⇒ Si la proportion d'énergie absorbée est indépendante de l'angle d'incidence du rayonnement reçu, on dit que le corps est **mat** (dans le cas contraire, on dit qu'il est poli).
- ⇒ Si aucune énergie ne traverse le corps, on dit que ce dernier est **opaque** (le contraire de transparent) [12].

Chapitre I I

Généralités sur la distillation solaire

Ce chapitre est consacré à une présentation des connaissances générales sur l'eau, les techniques de dessalement et surtout la distillation solaire.

II.GÉNÉRALITÉS SUR LA DISTILLATION SOLAIRE

II.1. Introduction :

Le manque d'eau potable et la rareté de ses ressources naturelles, causés, à la fois, par la sécheresse et la surexploitation des nappes phréatiques, deviennent un grand problème qui menace la vie des habitants dans plusieurs régions. Rechercher et produire de l'eau potable, à partir d'autres ressources naturelles, est d'une extrême importance.

Or, au voisinage de plusieurs régions, manquantes d'eau potable, existe des sources d'eaux saumâtres contenant un certain pourcentage de sel, si ce n'est l'eau de mer.

Le dessalement des eaux saumâtres ou des eaux de mer par distillation solaire est une opération très utilisée dans les régions arides, à l'échelle d'un petit village ou même d'une famille.[13] .

II.2. L'eau :

ALLAH a dit dans le saint Coran, sourate des Prophètes, V30 <<وجعلنا من الماء كل شيء حي>>

« A partir de l'eau, nous avons constitué toute chose vivante »

L'eau est la source de vie, elle se retrouve dans les océans, les mers, les lacs, les nappes souterraines,...etc

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, près de 700 millions de personnes, soit une personne sur dix, n'ont toujours pas accès à de l'eau potable en 2015[14]. Plus inquiétant, un rapport des Nations-Unies estimait en 2006 que 60% de la population mondiale sera confrontée à des problèmes d'eau à l'horizon 2025[15]. On entend par là que l'accès à une eau de qualité et en quantité suffisante ne sera pas assuré pour la majorité de l'humanité.

II.2.1. Les besoins et les Ressources d'eau :

Sur le plan mondial, la demande en eau potable de bonne qualité est plus en plus forte. En effet, la population augmente rapidement et les besoins en eau de l'industrie de l'agriculture sont de plus en plus élevés.

Les besoins en eau sont principalement répartis 4 types de consommation [16]. :

- 55% de l'eau consommée sert à fournir de l'énergie (barrage hydroélectrique, refroidissement des centrales nucléaires, énergie géométrique, etc....).
- 18% est consommée par les particuliers.
- 15%est utilisée par l'agriculture.
- 12% est consacrée par un usage industriel.

II.2.2. Classification des eaux :

Lorsqu'on classe les eaux en fonction des quantités de matières dissoutes qu'elles contiennent, on obtient les données présentées au (tableau II.1) .

Tableau.II.1. classification des eaux selon la salinité[17].

<i>Type d'eau</i>	<i>Salinité (mg/L)</i>
Eau douce	<500
Eau légèrement saumâtre	1000-5000
Eau modérément saumâtre	5000-15000
Eau très saumâtre	15000-35000
Eau de mer	35000-42000

II.2.3. Critères de qualité de l'eau :

Il existe ainsi près de 63 critères pour une eau propre à la consommation répartis en 7 groupes de la manière suivante :

- Critères organoleptiques : Coloration, turbidité, odeur, saveur.
- Substances « indésirables » : Nitrates, hydrocarbures.
- Substances toxiques : Arsenic, cadmium, cyanures.
- Microbiologie : Coliformes, streptocoques.
- Critères physico-chimiques : pH, oxygène dissous, DCO (Demande Chimique en Oxygène).
- Pesticides et produits apparentés : Aldrine, dieldrine, heptachlore.

II .2.3.1. Eau potable :

L'eau potable est une eau douce inodore et incolore, ne contient pas de produits toxiques ou dangereux, elle contient quelques sels nécessaires pour l'organisme humain mais avec des concentrations étudiées et limitées par les normes internationales et qui doivent être respectées.

En cas de non-respect de ces normes, la concentration excessive peut entraîner des maladies d'hypertension, maladies cancérogènes ...etc.

Selon les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), une eau destinée aux usages domestiques doit avoir (voir Tableau. II.2).

Tableau.II.2. Recommandations de l’OMS sur la qualité de l’eau potable. [18].

<i>Paramètres</i>	<i>Limites supérieures recommandées</i>	<i>Unités</i>
<i>Constituants inorganique</i>		
Arsenic	0.05	mg/ l
Cadmium	0.005	mg/l
Chrome	0.05	mg/l
Cyanide	0.1	mg / l
Fluor	1.5	mg / l
Plomb	0.05	mg / l
Mercuré	0.001	mg / l
Nitrate	10	mg / l (N)
Sélénium	0.01	mg / l
<i>Qualité Esthétique</i>		
Aluminium	0.2	mg/l
Chlorure	250	mg/l
Couleur	15	TCU
Cuivre	1	mg / l
Dureté	500	mg / l
Fer	0.3	mg / l
Manganés	0.3	mg / l
PH	6.5 – 8.5	-
Sodium	200	mg/ l
Solides dissous	1000	mg / l
Sulfate	400	mg/l
Gout et odeur	-	-
Turbidité	5	NTU
Zinc	5	mg / l

II.2.3.2. Eau de pluie.

L’eau de pluie comme telle est plutôt pure à moins que le niveau de pollution atmosphérique soit élevé. L’eau peut être cependant contaminée par la surface de collection. En effet, des excréments d’animaux, des matières organiques, ainsi que la poussière peuvent s’y trouver et ainsi contaminer l’eau. également, les matériaux servant à la construction des systèmes de collecte de l’eau peuvent aussi la contaminer (i.e. la chaume, la peinture, etc....).

II .2.3.3. Eaux de mers :

La caractéristique la plus importante des eaux de mer est leur salinité (voir tableau II.3), c'est-à-dire leur teneur globale en sels (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates) La salinité moyenne de l’eau de mer est de l’ordre de 35 g/l, cependant cette valeur varie fortement selon les régions et la saison .

Tableau II.3 : Composition de l'eau de mer (35 g/l) [19]

Sel	Concentration	
NaCl	27,2 g/l	78%
MgCl ₂	3,8 g/l	11 %
MgSO ₄	1,7 g/l	5 %
CaSO ₄	1,26 g/l	3,5%
K ₄ SO ₂	0,86 g/l	2,4%

II.2.3.4. eaux saumâtres :

On appelle eau saumâtre une eau salée non potable de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. Les eaux saumâtres contiennent entre 1 et 10 g de sels par litre. Ce sont parfois des eaux de surface mais le plus souvent des eaux souterraines qui se sont chargées en sels en traversant les sols. Leur composition dépend donc de la nature des sols traversés. Les principaux sels dissous sont le CaCO₃, le CaSO₄, le MgCO₃ et le NaCl. [19]

II.2.3.5. L'eau distillée :

L'eau distillée est un corps pur. Généralement, il est utilisée dans :

- Les laboratoires et Les hôpitaux pour toutes les analyses, les vaccins, les sérums, etc...
- Certaines industries pour l'utilisation dans les fabriques d'accumulateurs ; traitement nécessitant l'utilisation de l'eau pure (industrie photographique) [20]

II.3. les procédés de dessalement:

Le dessalement de l'eau (également appelé dessalage ou désalinisation) est un processus qui permet d'obtenir de l'eau douce (potable ou, plus rarement en raison du coût, utilisable pour l'irrigation) à partir d'une eau saumâtre ou salée (eau de mer notamment). En dépit du nom, il s'agit rarement de retirer les sels de l'eau, mais plutôt, à l'inverse, d'extraire de l'eau douce.

Les différents procédés peuvent être classés selon le principe sur lequel ils se basent comme présenté dans le schéma suivant :

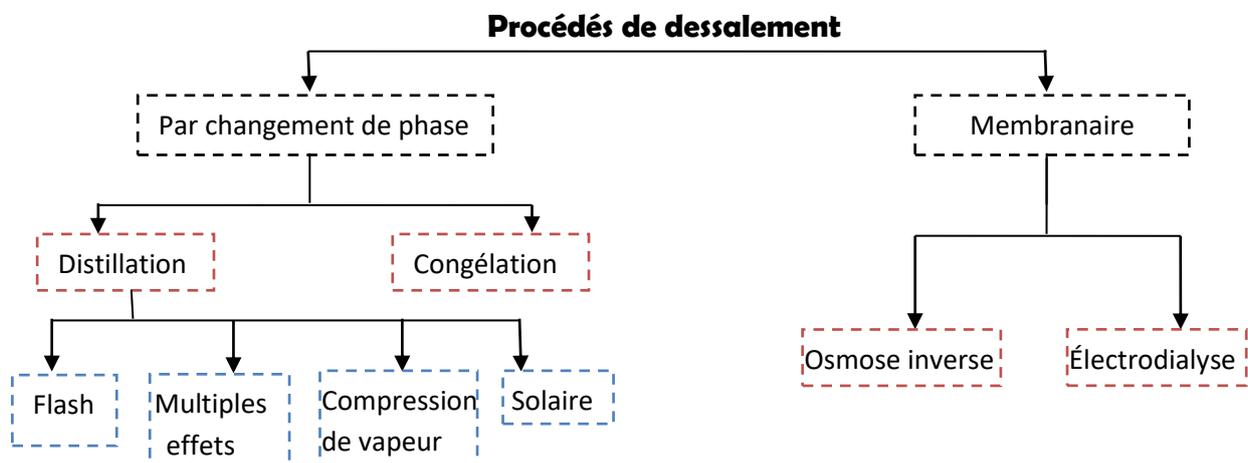


Figure II .1. Les procédés de dessalement [21]

Le choix du procédé mis en œuvre dépend de multiples paramètres mais en premier lieu de la nature de l'eau à traiter eau de mer ou eau saumâtre, de la capacité de production souhaitée, et de la source d'énergie disponible. Il existe aussi d'autres procédés de dessalement comme chimique et hybride

II.3.1. procédés membranaire :

- *Osmose inverse* : technique membranaire. Cette technique est en plein essor et a montré, depuis plusieurs années, sa fiabilité. La consommation est de l'ordre de : $\approx 4\text{-}5\text{kWh}/\text{m}^3$. [13]
- *Electrodialyse* : on applique un courant électrique qui fait migrer les ions vers les électrodes. Système très rentable pour les faibles concentrations, l'énergie à mettre en jeu dépend de la concentration en sel. La consommation est de l'ordre de : $5\text{kWh}/\text{m}^3$.

II.3.2. procédés par changement de phase :

- *distillation solaire* : Energie gratuite est propre.
- *Flash multi-étages* : ou système flash utilisé dans les pays du Golf, taux de sel résiduel non négligeable, coût énergétique important : $\approx 10\text{ kWh}/\text{m}^3$.
- *Distillation multi-effets* : système demandant beaucoup d'énergie, eau très pure : $\approx 15\text{kWh}/\text{m}^3$.
- *Compression de vapeur* : $\approx 5\text{ kWh}/\text{m}^3$.

II.3.2.1. La distillation solaire :

II.3.2.1.1. Historique :

Le premier distillateur solaire industriel a été construit en 1872 par un ingénieur suédois Charles Wilson. L'installation était conçue pour la ville minière de Las Salinas dans le nord de Chili.

Ce distillateur utilisait des bacs en bois sur une surface de 4.700 m^2 pour produire 23.000 litres d'eau pure par jour, soit 4,9 litres par mètre carré de distillateur solaire. L'installation a fonctionné pendant 40 ans.

Depuis un siècle, des milliers de distillateurs solaires fonctionnent à travers le monde. La plupart sert pour un usage domestique. Ils sont construits artisanalement. Suivant le climat et la saison, ils peuvent produire de 2 à 6 litres d'eau pure par mètre carré par jour. Plusieurs pays se sont intéressés à la distillation solaire parmi lesquels [22]:

La distillation solaire en L'Algérie :

En 1953 Cyril Gomela a développé différents types de distillateurs solaires; plus de 20 distillateurs solaires d'une dizaine de types ont été testés et certains d'entre eux ont été commercialisés à travers l'Afrique du Nord, le Sénégal et l'Australie .Des essais ont été effectués au Sahara de Biskra, à Tamanrasset et Adrar.

La distillation solaire en L'Australie :

Le CSIRO (Common Wealth Scientific and Industriel Research Organization) a entrepris des recherches sur ce type de distillation, une unité similaire à celle de Gomela a été développée. Entre 1963 et 1967 le CSIRO a construit et testé plus de 8 distillateurs. Le but de ces tests était d'améliorer l'efficacité du distillateur. Une variété de matériaux a été utilisée pour la construction du distillateur

La distillation solaire en Le Chili :

En plus de l'installation du premier distillateur construit en 1872, d'autres sites de distillateurs inclinés ont été installés entre 1969 et 1970. Le but de ce travail était de prédire les caractéristiques de fonctionnement d'un distillateur sous différentes conditions atmosphériques.

La distillation solaire en L'Inde :

En 1957, deux petits distillateurs solaires à effet de serre ont été construits pour étudier les effets de l'inclinaison de la vitre. Il a été constaté qu'un distillateur en verre avec un faible épaisseur de la solution donnait de bon rendement.

La distillation solaire en Les USA :

Des centres de recherche, dont l'université de Californie a entrepris, juste après la deuxième guerre mondiale, des recherches sur la distillation solaire. Plusieurs configurations d'un distillateur solaire simple ont été construites et testées pour essayer de réduire d'une part le coût et d'augmenter le rendement d'autre part ; les effets de nombreux paramètres, différents matériaux d'isolation ont été étudiés.

Plusieurs autres payés (Grèce, Tunisie, Maroc) se sont également consacrés à l'étude de la distillation solaire et ont ainsi réussi à améliorer la production

II.3.2.1.2. Types de distillation solaire :

Tous les types de distillateurs solaires possèdent le même principe de fonctionnement, mais ils peuvent être différents en termes de performance, de conception et de matériaux utilisés on distingue :

- Distillation solaire à multiples effets.
- Distillation solaire à effet de serre.

Dans le cadre de ce travail, notre intérêt portera, sur la deuxième catégorie.

II.3.2.1.2.1 Distillation solaire à multiples effets :

Le distillateur solaire à multiples effets est constitué de plusieurs évaporateurs placés en série et opérant à des pressions décroissantes; l'effet de tête et l'effet de queue.

II.3.2.1.2.2. Distillation solaire à effet de serre :

Soit une serre fermée et exposée au soleil à l'intérieure de laquelle se trouve une lame d'eau saumâtre de quelques centimètres d'épaisseur. L'air à l'intérieur de la serre est surchauffé et saturé de vapeur d'eau (douce) qui se condense au contact de la paroi en verre relativement froide [13]. Les gouttes d'eau douce peuvent être recueillies en bas du vitrage dans une gouttière par exemple

Dans ce type on peut citer :

- Distillateur à pente unique
- Distillateur à double pentes

II.3.2.1.2.2.1. Distillateur à pente unique :

C'est un distillateur à capteur unique incliné d'un angle (β), il est appelé aussi distillateur simple.

C'est le prototype utilisé durant nos expériences, généralement sa production est faible comparée avec les autres types de distillateurs à multiple effets, mais il est très souples vue son simple entretient et la facilité de son démontage et de son assemblage.

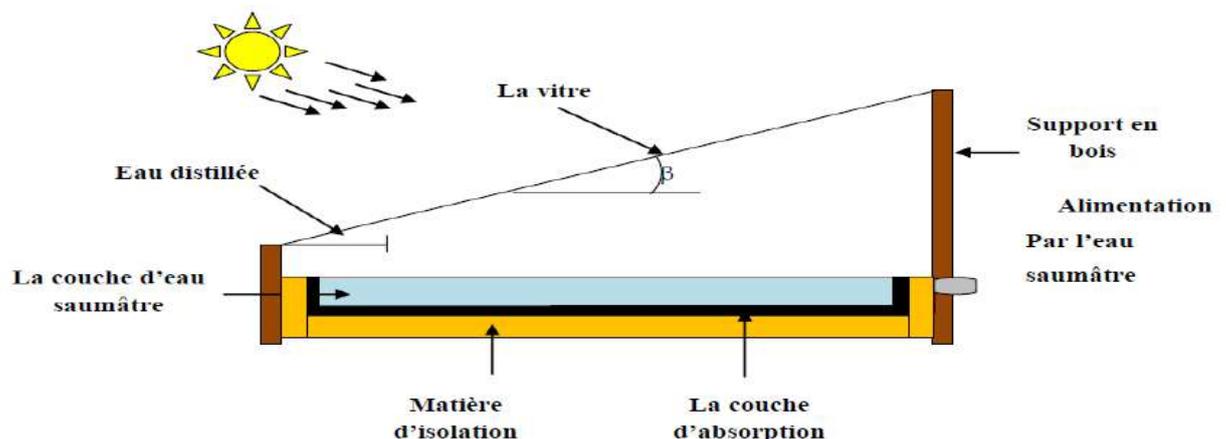


Figure II .1. Distillateur solaire simple à pente unique [23]

II.3.2.1.2.2. Distillateur à double pentes :

C'est un distillateur simple mais à double couvertures verrières où chacune d'elles est inclinée d'un angle (β), son avantage est d'exposer l'un de ses cotés au soleil et l'autre à l'ombre pour accélérer et augmenter le taux de condensation

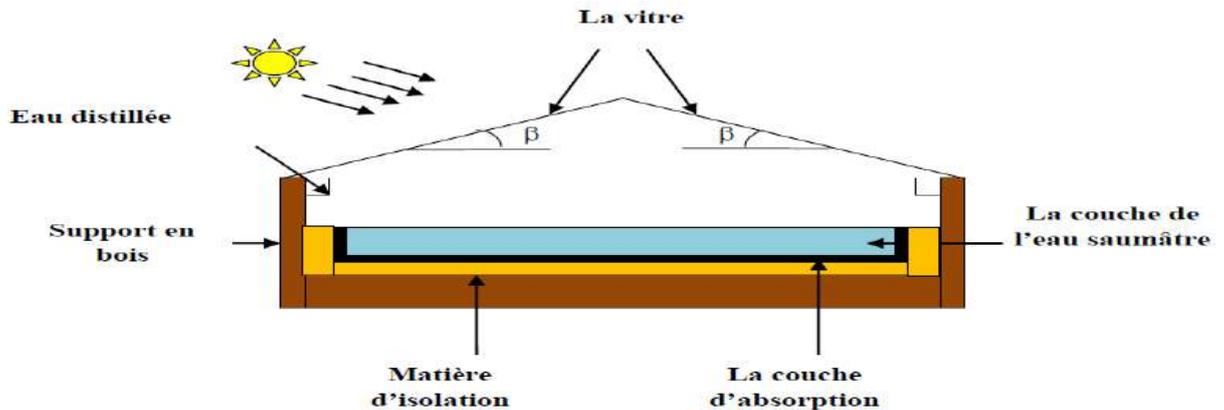


Figure II .2 .Distillateur solaire simple à double pentes [23]

II.3.2.1.3. Paramètres influant sur le fonctionnement du distillateur :

On peut classer les paramètres qui influent sur le fonctionnement du distillateur comme suite :

- ✚ Les paramètres de constructions : Couverture, inclinaison, absorbeur.
- ✚ Les paramètres métrologiques : L'intermittence des nuages, la variation du rayonnement, le vent et la température ambiante.
- ✚ L'épaisseur de l'eau ou de la saumure à distiller.

II.3.2.1.4. Caractéristiques de fonctionnement d'un distillateur solaire simple :

1. Le rendement : C'est le cumul journalier d'eau distillée produite par jour et par unité de surface de l'absorbeur, il exprime la production journalière du distillateur par m^2 de la surface de l'eau saline ($L/j.m^2$). [23]

2. L'efficacité globale : représentant le rapport de la quantité d'énergie évaporée par (m^2), à la quantité d'énergie globale incidente par (m^2) sur une surface horizontale. Elle est définie par le rapport:

$$\eta_g = \frac{q_{ev}}{G * A} \quad (II.1)$$

Avec :

q_{ev} : Quantité de chaleur utilisée pour l'évaporation par unité de temps.

G : Energie solaire globale incidente par m^2 sur une surface horizontale, pendant un jour.

S : superficie du capteur (aire de vitre).

3. L'efficacité interne : représente le rapport de la quantité d'énergie évaporée par (m^2) de surface, à la quantité d'énergie effectivement absorbée par la saumure par (m^2) de surface.

$$\eta_i = \frac{q_{ev}}{q_{eau}} = \frac{m_d * L_v}{G * A * \alpha_t} \quad (\text{II.2})$$

Avec :

q_{eau} : la quantité de chaleur absorbée par l'eau.

α_t : le coefficient d'absorption thermique. Le coefficient α_t dépend de l'angle d'incidence du rayonnement incident par rapport à la vitre

m_d : Le débit de distillat.

L_v : Chaleur latente de vaporisation

4. La performance : Satcunanathan et Hansen à définir le facteur de performance horaire (F.P.H) et le facteur de performance brut (F.P.B) par :

$$\text{(F.P.H)} = \frac{\text{Quantité d'eau produite au bout d'une heure}}{\text{Quantité d'énergie entrée au bout d'une heure}} \quad (\text{II.3})$$

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

II.4. Les avantages et les inconvénients des distillateurs solaires :

II.4.1/ Les avantages :

- ✓ Une technique facile, à petite échelle, et rentable pour fournir l'eau potable dans les maisons ou dans les petites communautés.
- ✓ La production d'eau distillée.
- ✓ La simplicité dans la conception.
- ✓ Aucune pièce mobile (pompes, moteurs, etc.) sont tenus de faire fonctionner l'unité en mode passif de l'opération.
- ✓ Pas de sources conventionnelles d'énergie sont nécessaires, qui contribue à réduire la pollution de l'environnement car elle nécessite uniquement l'énergie solaire, qui est renouvelable et non polluante.
- ✓ Aucun opérateur qualifié n'est nécessaire pour le fonctionnement et l'entretien.
- ✓ Fabrication locale / réparation est possible.

- ✓ Purification de l'eau très salée (même l'eau de mer).
- ✓ L'élimination efficace des agents pathogènes et de produits chimiques réduit les risques de problèmes de santé associés aux maladies d'origine hydrique.

II.4.2/ Les inconvénients :

Toutefois, un distillateur solaire a quelques inconvénients, qui limitent parfois l'utilisation de cette technique à grande échelle de production ; à savoir :

- ✓ La vulnérabilité aux dommages dus aux conditions météorologiques.
- ✓ Faible rendement.
- ✓ Une technologie moins demandée aux marchés.
- ✓ Le faible taux d'intérêt des fabricants.
- ✓ La surface d'absorption est en permanence horizontale au lieu de continuellement face aux rayons du soleil pour la récolte optimale.
- ✓ La surface de condensation est également celle à travers laquelle les rayons du soleil incidents passent. Cette surface est plus ou moins chaude, car elle absorbe le rayonnement solaire.
- ✓ Une faible efficacité :

Un moyen efficace de surmonter ces deux dernières inconvénients consiste à séparer la chambre de condensation de la chambre d'évaporation, la zone d'évaporation peut être agrandie pour augmenter le rendement de distillation. La productivité de ce type de distillateur solaire est augmentée par rapport à l'autre distillateur [24].

Chapitre III

Étude expérimentale

Ce chapitre expose le matériel utilisé dans l'étude présentée et les résultats obtenus sous forme de graphes avec leurs interprétations.

III. Etude expérimentale

III.1 Introduction :

Notre étude a pour but d'améliorer le cumul journalier en eau distillée produite par un distillateur conventionnel (à pente unique).

Dans notre travail on va citer trois (03) méthodes expérimentales réalisées séparément, et d'après les améliorations enregistrées dans les débits d'eau distillée on va ensuite suggérer et choisir la technique la plus convenable.

Deux prototypes de distillateurs solaires simples à pente unique ont été construits au niveau du laboratoire de génie des procédés de la faculté des sciences appliquées de l'Université de Ouargla.

III.2 Présentation générale du lieu d'expérimentation (Ouargla) :

La ville d'Ouargla est le chef-lieu de la troisième plus grande wilaya d'Algérie en superficie, elle est située au sud-est Algérien, au fond d'une cuvette très large de la vallée de L'OUED M'YA [5]. Le tableau III.1 représente quelque donnée sur la région d'Ouargla.

Tableau III.1. Données climatiques et géographique [5]

superficie totale	163233 Km ²
Altitude	164 m
Latitude	31°57' Nord
Longitude	5° 21'
Température	5 – 44 °C
Humidité	24 – 62 %
Pluviométrie	20 à 60 mm
Vitesse moyenne annuelle du vent	3,7 m/s

III.3. Conception du distillateur solaire :

Les distillateurs utilisés dans nos expériences ont une conception très simple. Il s'agit de distillateurs solaires simples à pente unique à effet de serre ; qui présentent l'avantage d'être facile à construire et surtout à maintenir. Ils ont les mêmes dimensions, l'un reste comme distillateur conventionnel (témoin) et l'autre fait l'objet d'étude

Le distillateur est essentiellement constitué de :

1. Un bac absorbant.
2. Une couverture verrière.

3. Une isolation thermique.
4. Une couverture extérieure.
5. Une tuyauterie.



Figure III.1. Conception du distillateur solaire utilisé dans l'expérience

III.3.1. Absorbeur :

Est réalisé dans le but d'absorber le maximum de rayonnement solaire global afin de le restituer en forme de chaleur à l'eau saumâtre, c'est pour cette raison qu'il est peint en noir mat.

Parmi les matériaux utilisés sont : le cuivre, l'acier, l'aluminium

III.3.2. Couverture verrière (verre) :

Pour sa simplicité et son bas coût, on a utilisé du verre ordinaire. Car ce type de distillateur ne nécessite pas des techniques avancées, la couverture est un matériau transparent servant à capter le rayonnement solaire. L'inclinaison de cette couverture est 30°.

On a choisi un verre ordinaire pour son bonne conductivité thermique ; son bonne transmission du rayonnement visible et sa mouillabilité.

III.3.3. L'isolation thermique :

Généralement, l'isolation thermique du distillateur est en laine de verre ou en polystyrène expansé. Il faut que les produits utilisés résistent aux températures de fonctionnement.

III.3.4. Couverture extérieure :

Le coffre du distillateur renferme les différents éléments actifs. Il devra donc assure une protection efficace aux agents atmosphériques. Le coffre du distillateur est réalisé en bois.

III.3.5. Les tuyauteries :

Ce sont des tuyaux en plastique, de diamètre 10 à 15 mm pour lier les différentes parties du distillateur et afin de transporter l'eau sans prendre en considération sa qualité (l'eau saumâtre-l'eau distillée).

III.3.6. Tubes graduées:

Ce sont des tubes gradués utilisés pour la mesure de la quantité d'eau distillée à chaque moment.

Les dimensions du distillateur solaire sont utilisées dans les expériences présentées au tableau suivant:

Tableau III.2 : dimensions du distillateur solaire

Les dimensions	Longueur(m)	Largeur(m)	Epaisseur(m)	Hauteur(m)	Superficie de la base (m2)
Bac Absorbant	0.57	0.40	0.003	0.04	0.2574
Couverture verrière (verre)	0.585	0.42	0.004	-	0.2475
L'isolation Thermique	0.65	0.48	0.004	-	0.312

III.4. Les types de transfert de chaleur dans le distillateur solaire simple :

Les différents types de transfert de chaleur gouvernant un distillateur solaire serre sont présentés dans la figure ci-dessous :

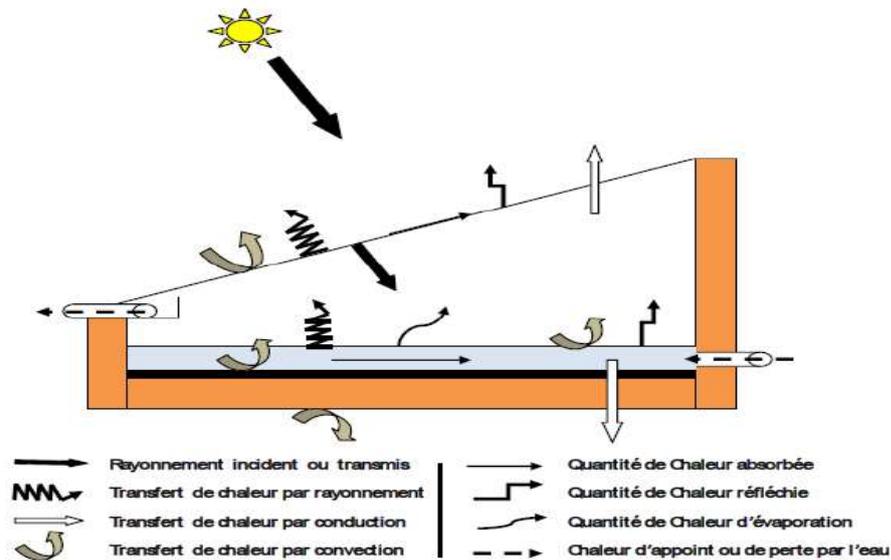


Figure III.2 : Différents types de transferts thermiques dans le distillateur solaire simple [23]

III.5. Les appareils de mesure utilisés dans l'expérience :

Les différentes mesures sont réalisées à l'aide des appareils suivants :

III.5.1. Mesure du rayonnement solaire global (MacSolar) :

Cet enregistreur de données photovoltaïque permet de déterminer l'intensité lumineuse et la température. La mesure de l'intensité lumineuse est réalisée via des cellules solaires au silicium monocristallin qui peuvent en outre fournir l'énergie de fonctionnement pour l'enregistreur de données photovoltaïques en (W/m^2)



Figure.III.3 : MacSolar

III.5.2. Mesure de la vitesse du vent : Anémomètre

On fait cette mesure à l'aide de l'anémomètre à coupelles, il se compose de trois demi sphères fixées sur trois bras horizontaux. Les bras sont disposés à 120 degrés et capables de tourner par rapport à un axe vertical

L'axe vertical est équipé d'un dispositif de comptage : la vitesse de rotation de l'anémomètre est proportionnelle à la vitesse du vent

L'appareil obtient la vitesse du vent par comptage des impulsions pendant un temps donné, Leur gamme de mesure : 0 à 70 m/s



Figure.III.4 : Anémomètre à coupelles (dit de Robinson)

III.5.3. Mesure de la température ambiante et l'humidité :

C'est un appareil qui est installé dans une structure appelée Stevenson screen box à une hauteur (1.25m) sur la surface de la terre pour mesurer : la température ambiante et l'humidité relative.



Figure.III.5 : LCD Compteur numérique de température et d'humidité LCD HTC-1 H596

III.5.4. Mesure de la température :

La mesure des températures s'effectue à l'aide des deux appareils montré dans la figure respectivement (mesure de température de réservoir et surfaces et endroits (emplacements) dans le distillateur solaire).

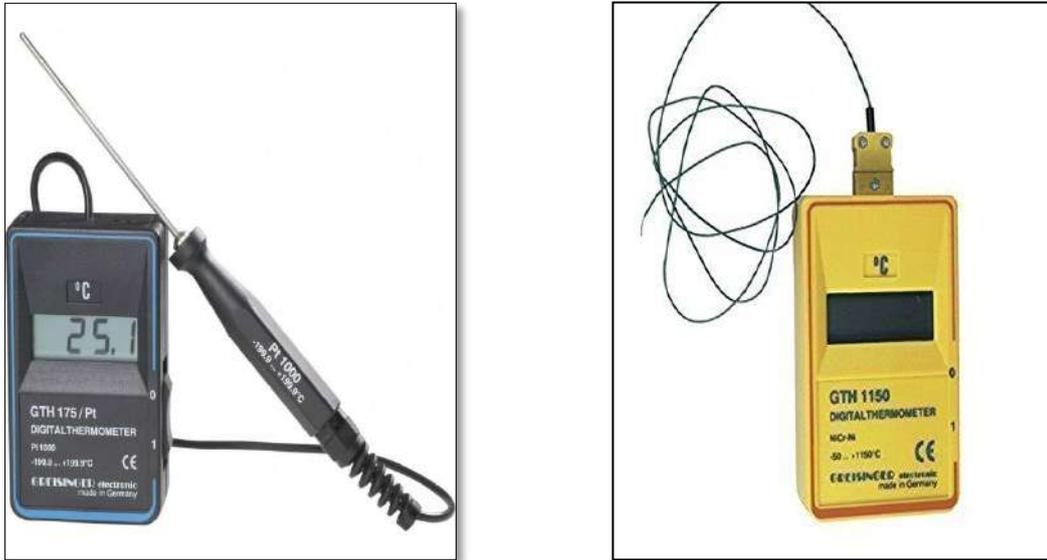


Figure.III.6 : respectivement (Thermometer Greisinger GTH 175/PT -199.9 up to +199.9 °C Sensor, TemperaturGTH 1150 C-50 bis + 1150 °C Type-K)

III.5.5. Tubes Gradués :

Pour la mesure de la quantité de l'eau distillée obtenue pendant chaque heure



Figure.III.7 : tubes graduée

III.6. L'emplacement des thermocouples :

Dans notre cas, la mesure des températures essentielles par des thermocouples de type (K) placés soigneusement à l'aide de silicone nous ramène à mesurer :

1. Température de la face intérieure de la vitre qui est orientée vers le nord (T_v).

2. Température de l'eau salée à l'intérieur (T_e).
3. Température de l'absorbeur (T_{abs}).
4. Température de l'eau à l'intérieur du réservoir d'alimentation (T_{er}).
5. Température ambiante (T_{amb}) à l'entourage externe du distillateur.

Le schéma suivant montre les composantes du système et l'emplacement des thermocouples.

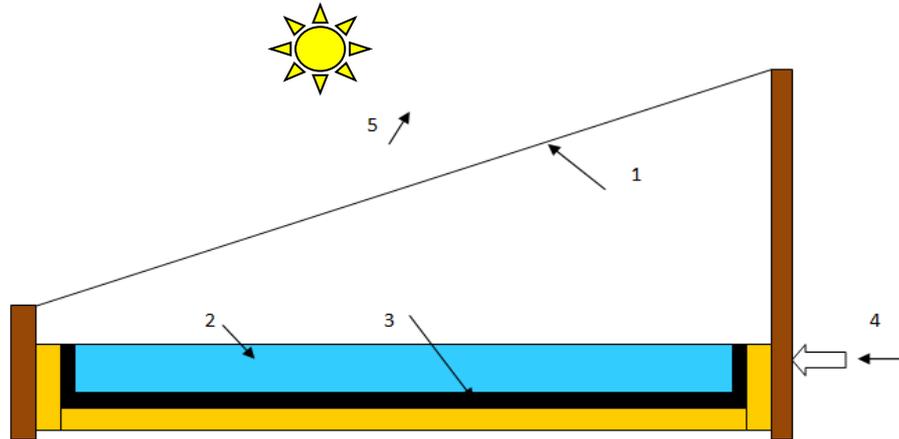


Figure III.8 : Emplacement des thermocouples

III.7. Analyses de l'eau distillée :

L'eau utilisée dans nos expériences est l'eau salée d'Ouargla. On a mesuré les grandeurs suivantes: TDS, pH, conductivité, salinité, au niveau du Laboratoire de centre de recherche de ouargla . On utilise l'appareil cité dans la figure III.9 :



Figure III.9 : HANNA Multiparameter < HI 9829 >

III.8. Expériences :

Les essais ont été réalisés au niveau du laboratoire de génie des procédés de la faculté des sciences appliquées de l'Université de Ouargla.

Au cours des différents essais étalés de 12/03/2018 à 14/05/2018, et pendant chaque heure : de (9h00 à 17 h00), on a mesuré les grandeurs suivantes :

1. Le rayonnement solaire global.
2. Les différentes températures relatives à la description des phénomènes physiques régissant le distillateur solaire : la couverture verrière, la plaque noire (l'absorbant), l'eau saumâtre dans le bassin, l'eau saumâtre d'alimentation.
3. La température ambiante.
4. Le débit horaire du distillat.
5. La vitesse du vent.

Nous n'avons mentionné et représenté dans notre étude que les paramètres clés, les autres paramètres tels que : l'humidité, la pression atmosphérique sont arbitraires car leur influence sur la distillation est négligeable.

III.9. Séries d'expériences :

Les deux distillateurs utilisés sont équipés par les différents éléments pour faire une comparaison entre la performance. le bassin métallique de premier distillateur de peinture noir (Matt) pour une meilleur absorption du rayonnement solaire et on le remplir avec une lamé d'eau saumâtre (1,5 cm) et on le prend comme témoin pour toutes les expériences, aussi on fait la même chose avec le deuxième distillateur utilisé pour nos expériences.

III.9.1. Première série :

Dans cette série d'expérience; dans le deuxième distillateur nous avons utilisé différentes masses de granite noir sur la surface du bassin dans l'absorbeur (750g ,1 kg ,1.25 kg, 1.5 kg). Durant cette expérience on a mesuré la quantité journalière d'eau distillée produite par chaque distillateur puis on calcule les gains journaliers en (%) d'eau distillée par rapport au distillateur conventionnel (témoin).

III.9.2. Deuxième série :

On utilise les mêmes distillateurs précédents, mais cette fois avec noix des dattes pour différentes masses (500g, 750, 1kg). On fait une comparaison entre la production des deux distillateurs solaires : le témoin et le distillateur qui fait l'objet d'étude. On refait les mêmes étapes de mesures et de calcul que précédemment.

III.9.2. Troisième série :

Dans cette expérience nous avons utilisé les noyaux des dattes broyées sur la surface du bassin, on utilise différentes masses (500g, 1kg) et toujours les mêmes étapes.

III.10. Résultats :

Nous allons partager les résultats en trois séries : la première série concerne les résultats de la comparaison entre le distillateur avec granite (variation de masse) et le témoin, la deuxième série concerne une comparaison entre le distillateur avec noix des dattes et celle de témoin, aussi noix des dattes broyées avec le témoin.

nous avons tracé la variation des températures avec le rayonnement solaire et temps locale, aussi la variation de débit volumique en fonction du temps.

Nous citons la nomenclature suivante qu'on va utiliser dans ce chapitre:

A : le distillateur témoin

B1: le distillateur avec le granite noir 750g

B2 : le distillateur avec le granite noir 1kg

B3 : le distillateur avec le granite noir 1.25kg

B4 : le distillateur avec le granite noir 1.5kg

C1 : le distillateur avec les noyaux des dattes 500 g

C2 : le distillateur avec les noyaux des dattes 750 g

C3 : le distillateur avec les noyaux des dattes 1kg

F1 : le distillateur avec les noyaux des dattes broyées 500g

F2 : le distillateur avec le noyaux des dattes broyées 1kg

Sachant que :

T_{abs} Température de l'absorbeur

T_e Température d'eau à l'intérieure de distillateur T_v

T_{er} Température d'eau salée (dans le réservoir)

T_{amb} Température ambiante

R Intensité de rayonnement solaire

Q: débit de distillats de distillateur témoin

Q1, 2,3... : débit de distillats de distillateur de teste de chaque série d'expérience

- Enfin, nous avons représenté les courbes existantes dans toutes les séries d'expériences réalisées.

III.10.1/Première série : variation de la masse de granite

1) le granite noir (m=750 g) le 09/04/2018

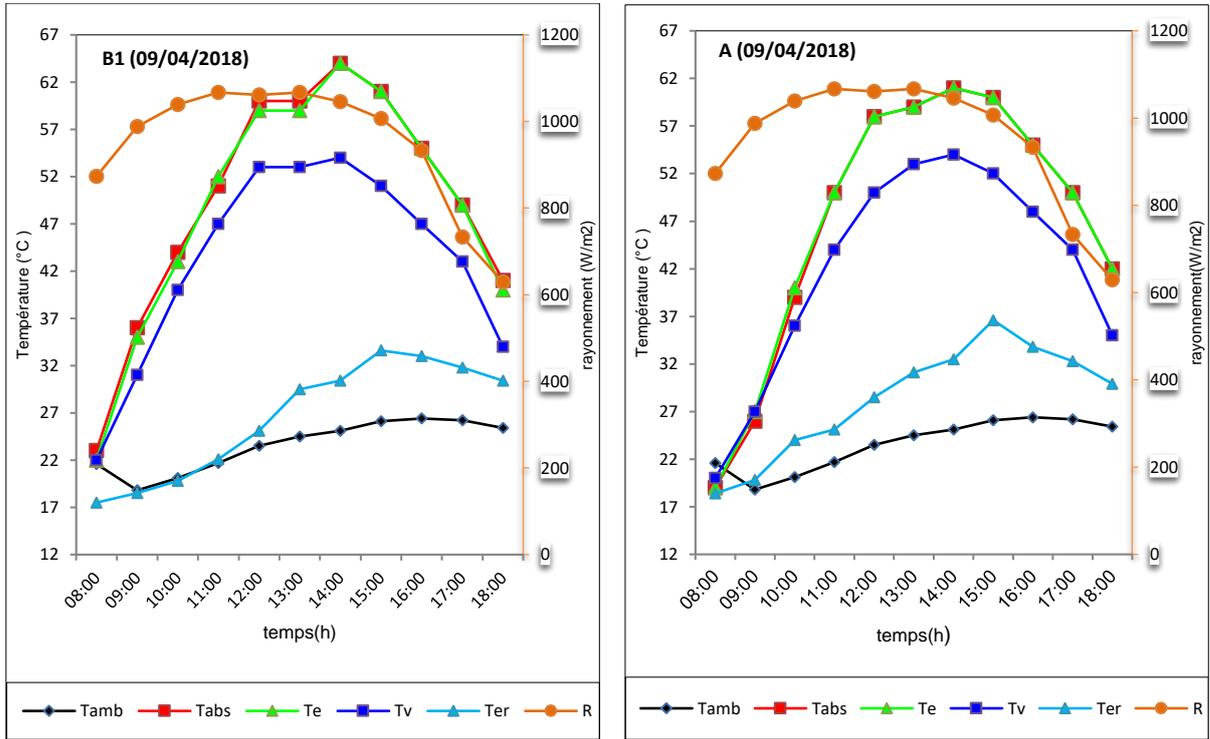


Figure III.10 : Variation des différentes températures et de rayonnement solaire des deux distillateurs A et B1 en fonction du temps

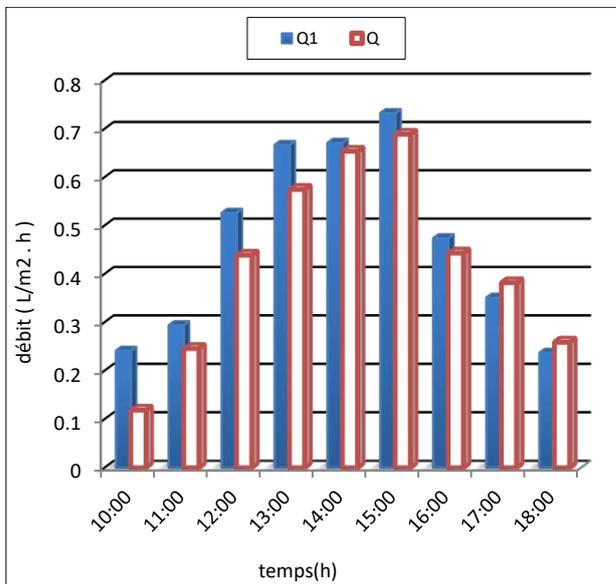


Figure III.11 : Variation de la quantité d'eau distillée des deux distillateur A et B1 en fonction de temps

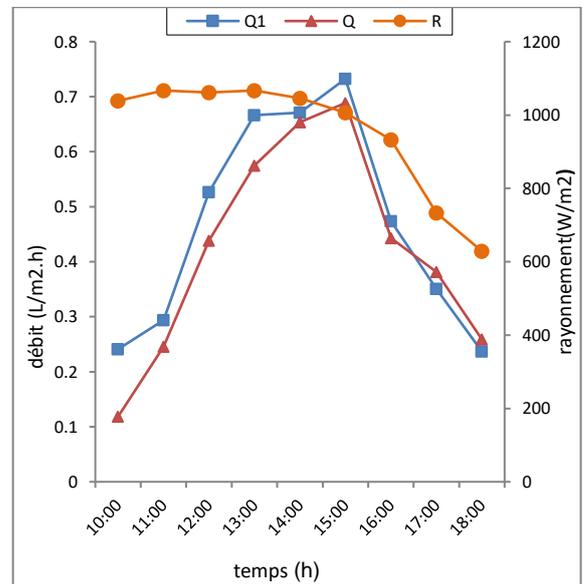


Figure III.12 : Variation de la quantité d'eau distillée et de rayonnement solaire de A et B1 en fonction de temps

2) le granite noir (m=1kg) le 12/03/2018

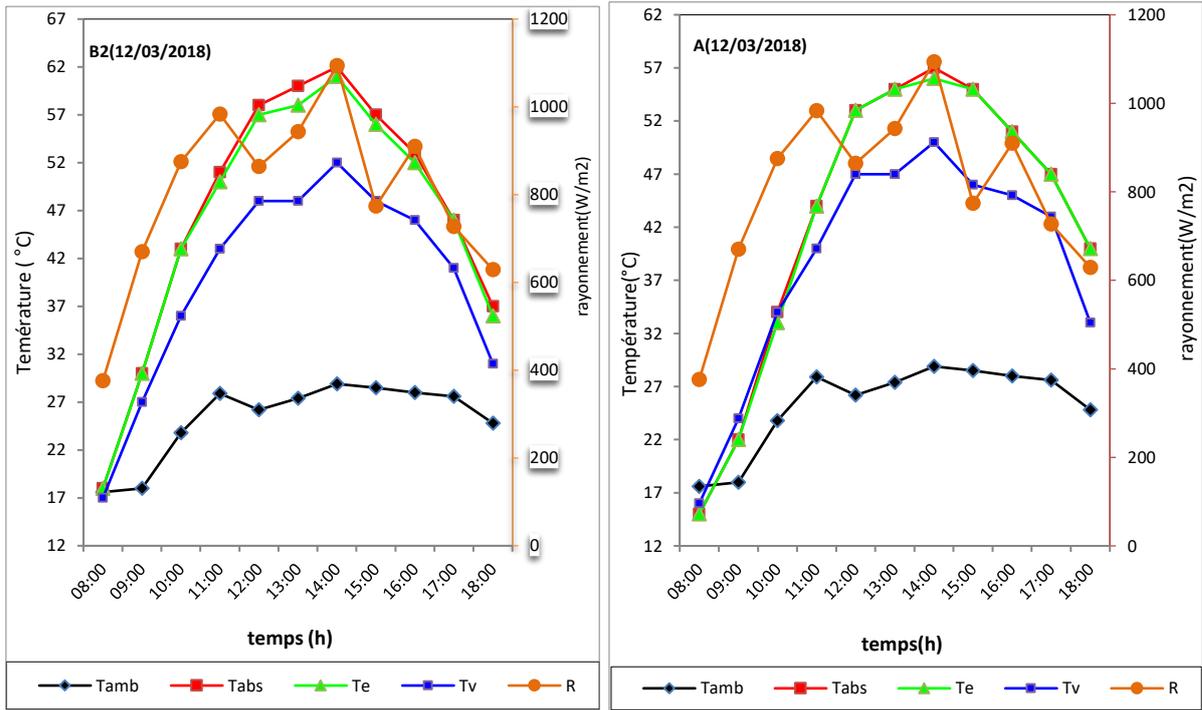


Figure III.13 : Variation des différentes températures et de rayonnement solaire des deux distillateurs A et B2 en fonction du temps

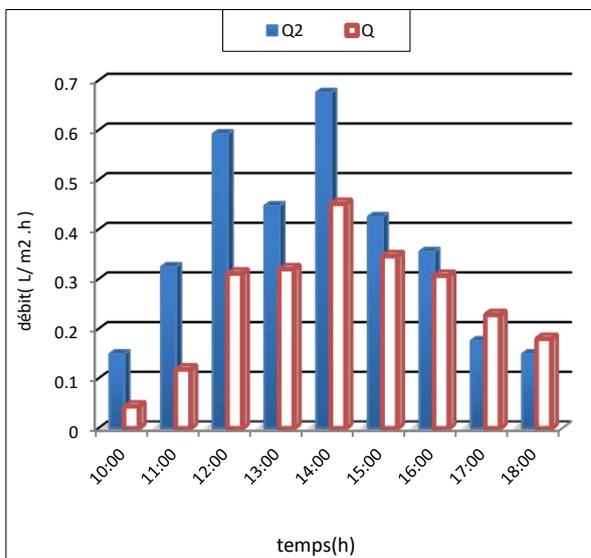


Figure III.14 : Variation de la quantité d'eau distillée de A et B2 En fonction de temps

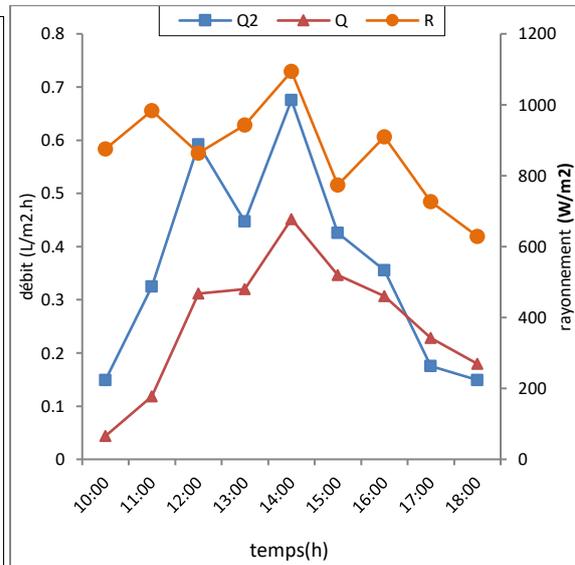


Figure III.15 : Variation de la quantité d'eau distillée et de rayonnement solaire de A et B2 en fonction de temps

3) le granite noir (m=1.25kg) le 19/03/2018

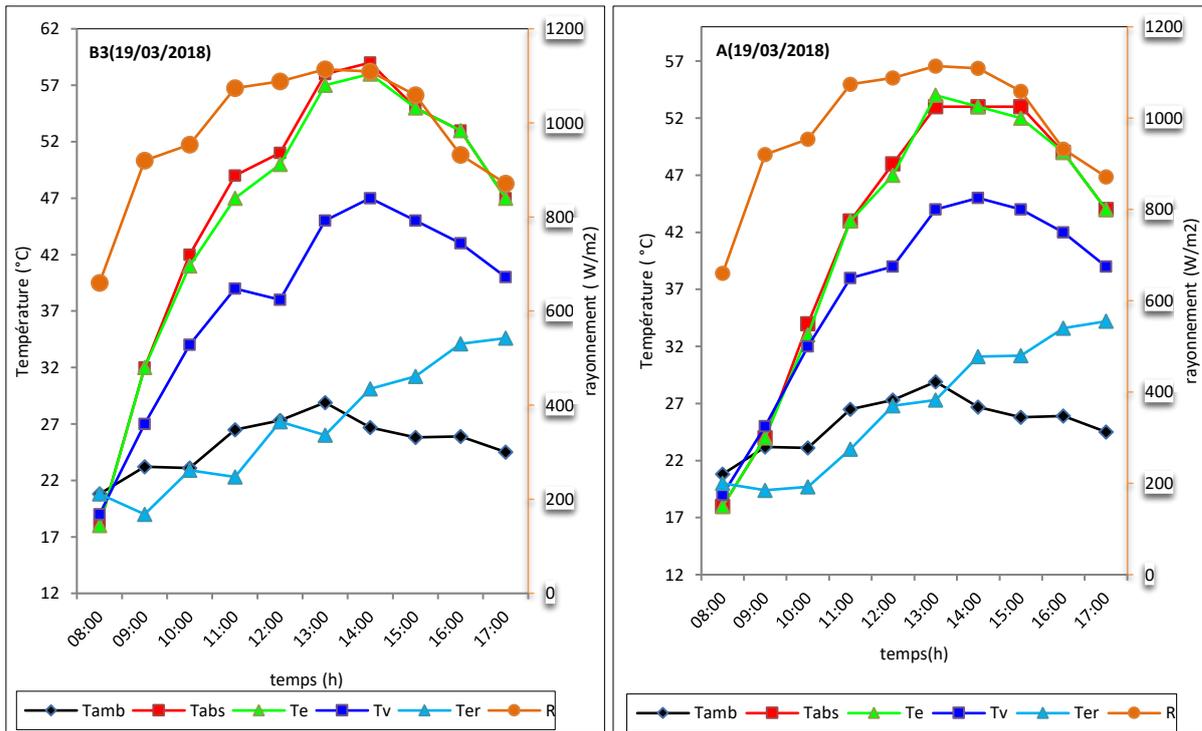


Figure III.16 : Variation des différentes températures et de rayonnement solaire des deux distillateurs A et B3 en fonction du temps

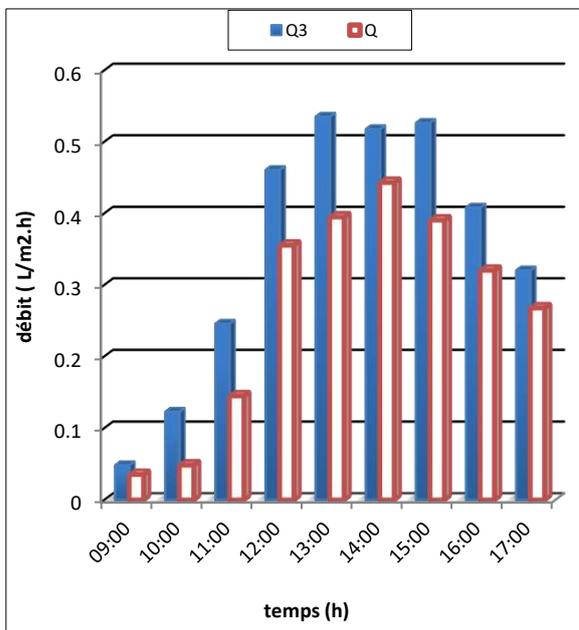


Figure III.17 Variation de la quantité d'eau distillée de A et B3 en fonction de temps

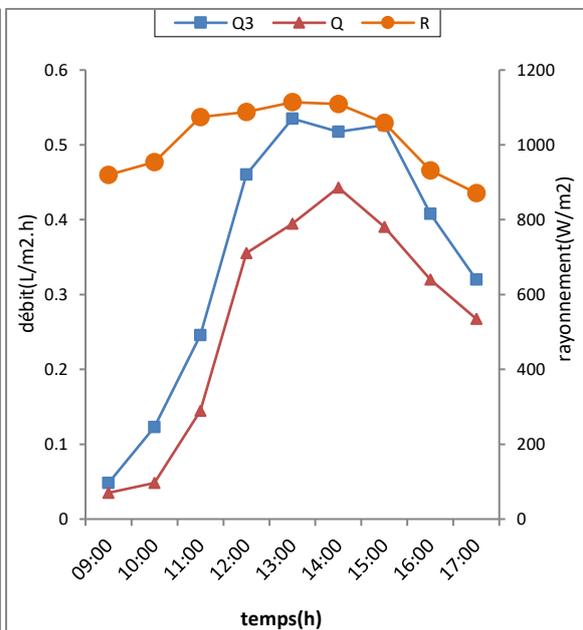


Figure III.18 Variation de la quantité d'eau distillée et de rayonnement solaire de A et B3 en fonction de temps

4) le granite noir (m=1.5kg) le 15/03/2018

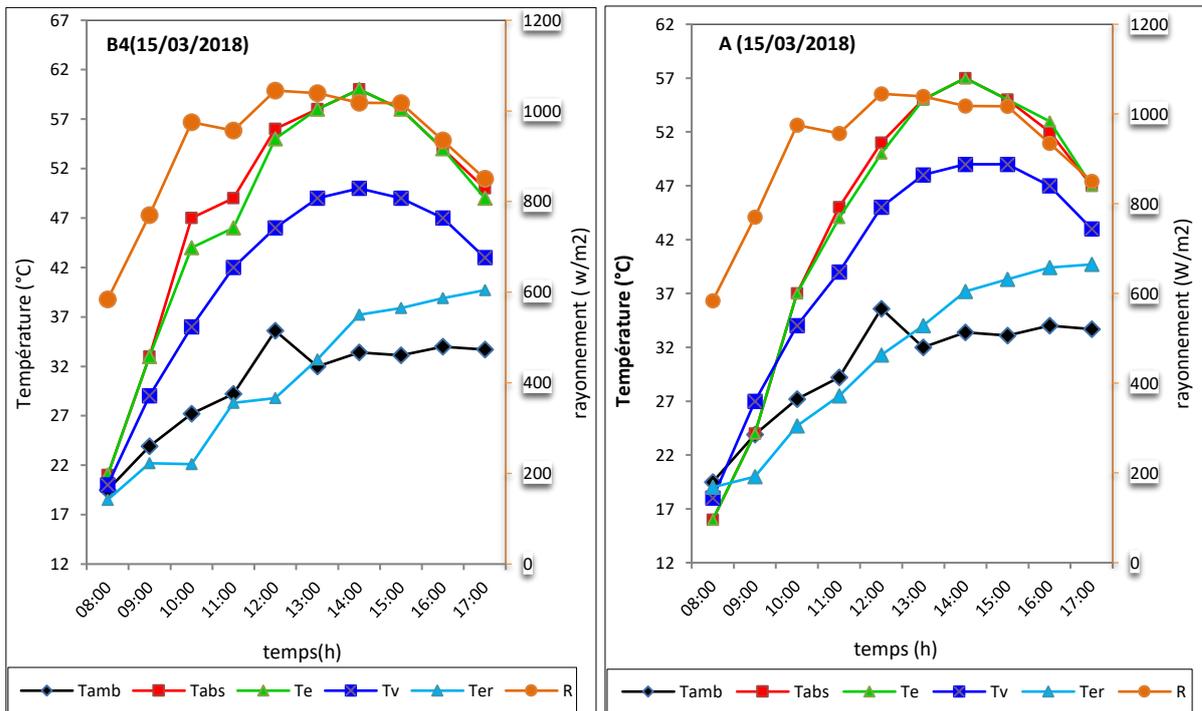


Figure III.19 : Variation des différentes températures et de rayonnement solaire des deux distillateurs A et B4 en fonction du temps

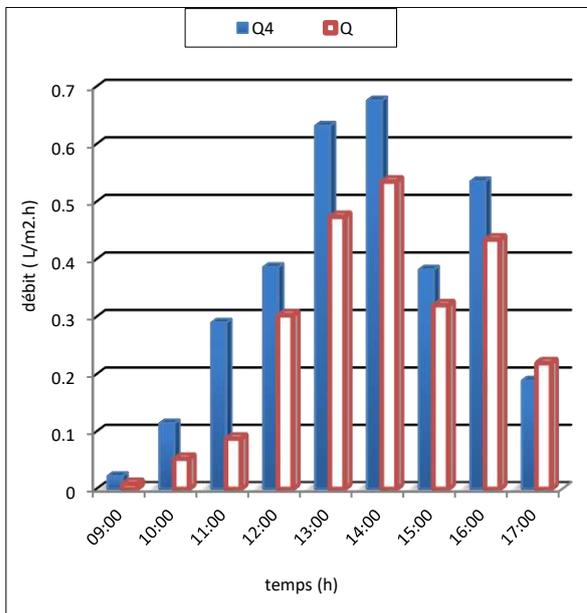


Figure III.20 Variation de la quantité d'eau distillée de A et B4 en fonction de temps

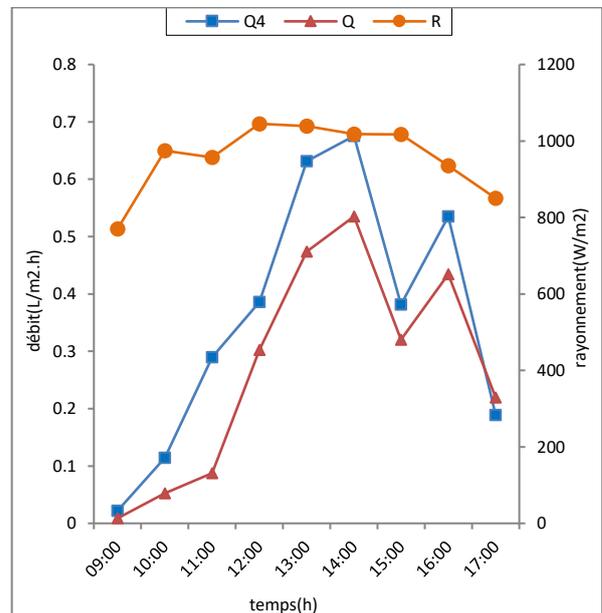


Figure III.21 Variation de la quantité d'eau distillée et de rayonnement solaire de A et B4 en fonction de temps

III.10.2/ deuxième série : variation de la masse de noyaux des dattes :

1) noyaux des dattes (m=500g): le 30/04/2018

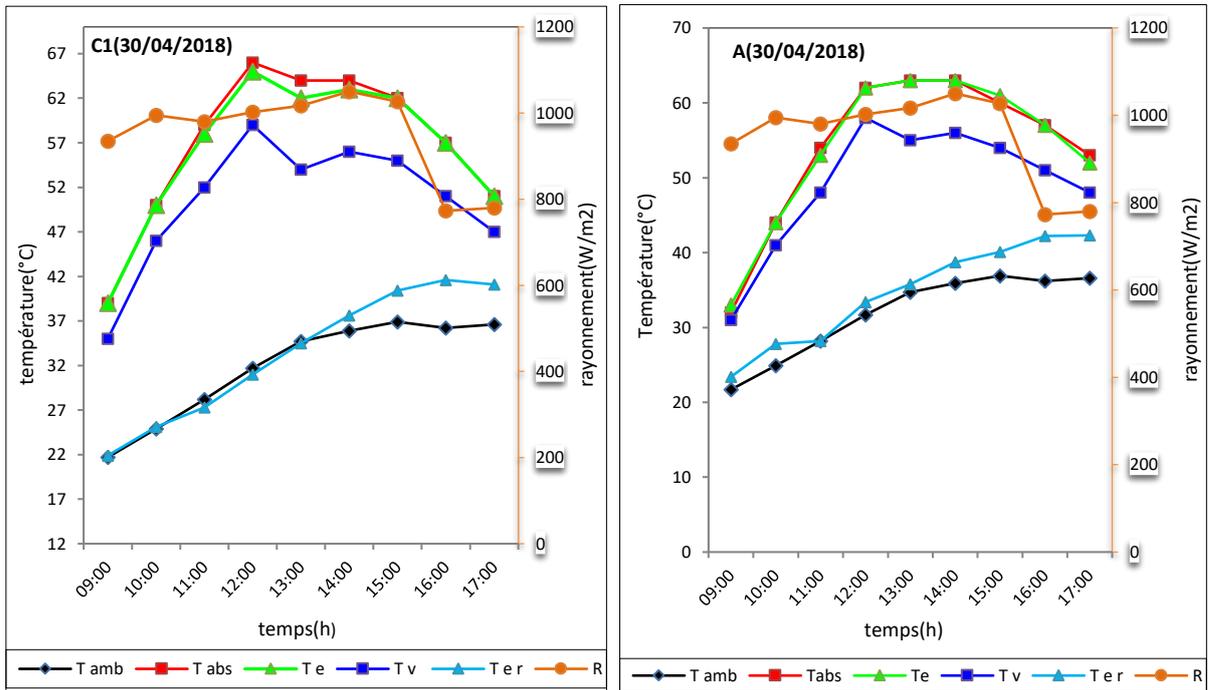


Figure III.22 : Variation des différentes températures et de rayonnement solaire des deux distillateurs A et C1 en fonction du temps

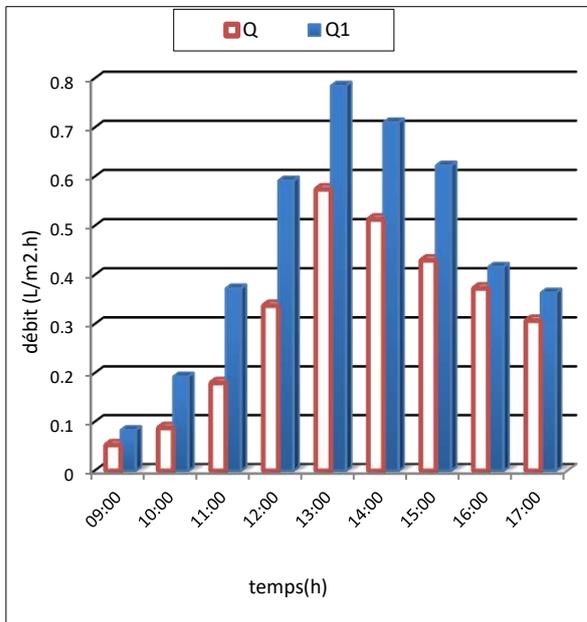


Figure III.23 Variation de la quantité d'eau distillée de A et C1 en fonction de temps

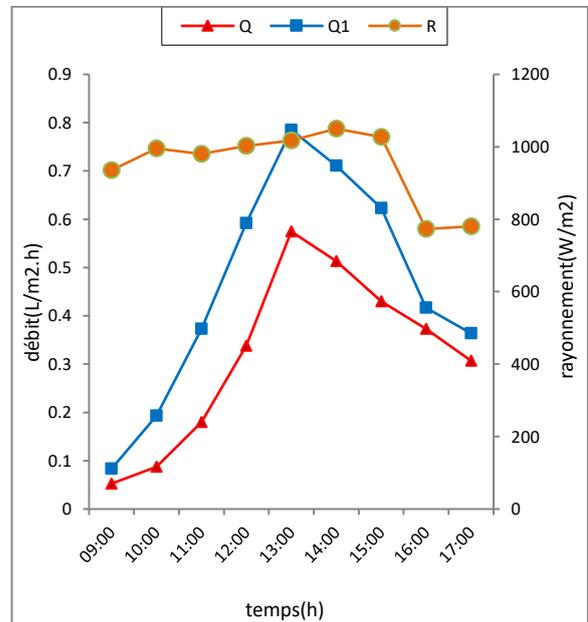


Figure III.24 Variation de la quantité d'eau distillée et de rayonnement solaire de A et C1 en fonction de temps

2) noyaux des dattes (m=750g):

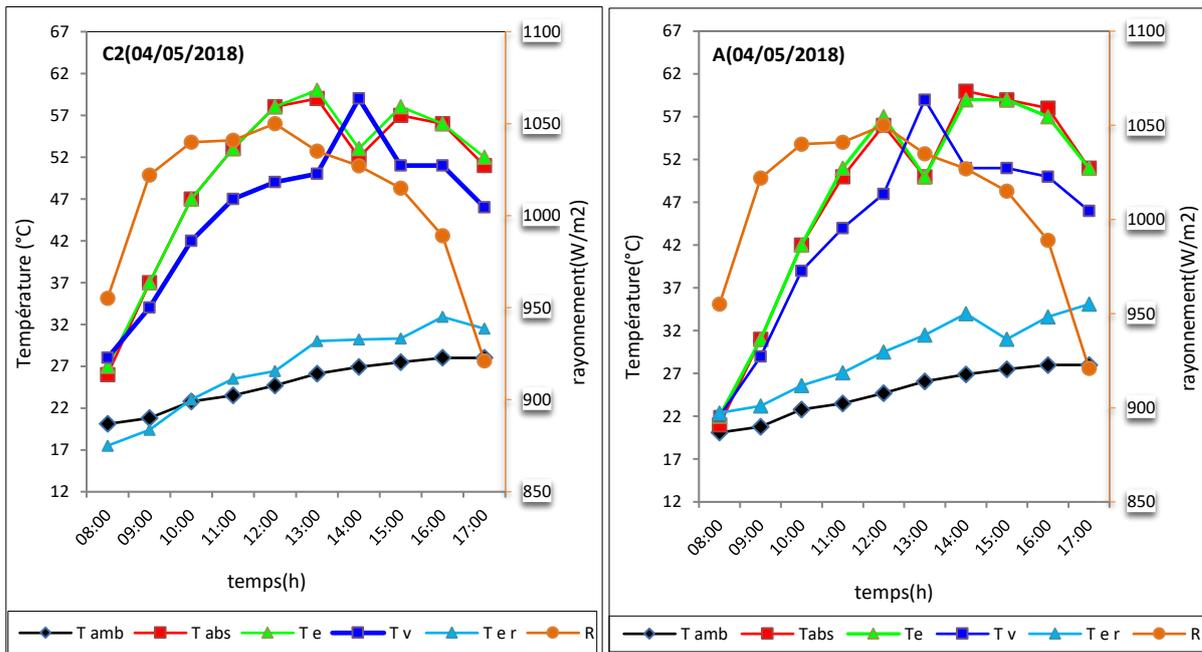


Figure III.25 : Variation des différentes températures et de rayonnement solaire des deux distillateurs A et C2 en fonction du temps

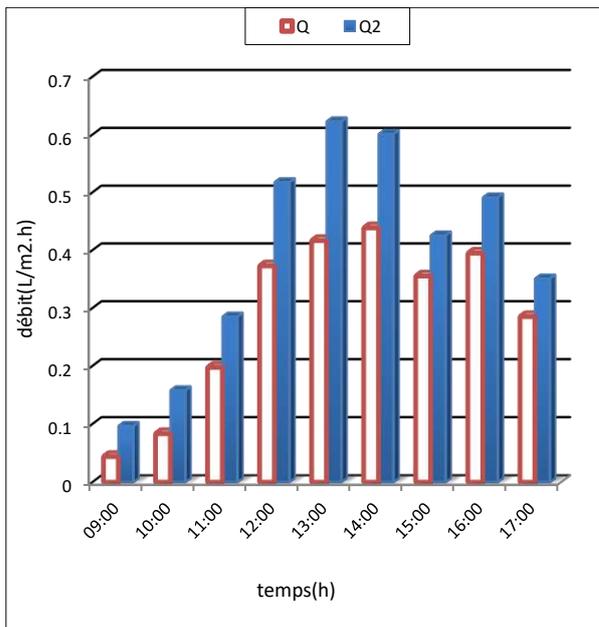


Figure III.26 Variation de la quantité d'eau distillée de A et C2 en fonction de temps

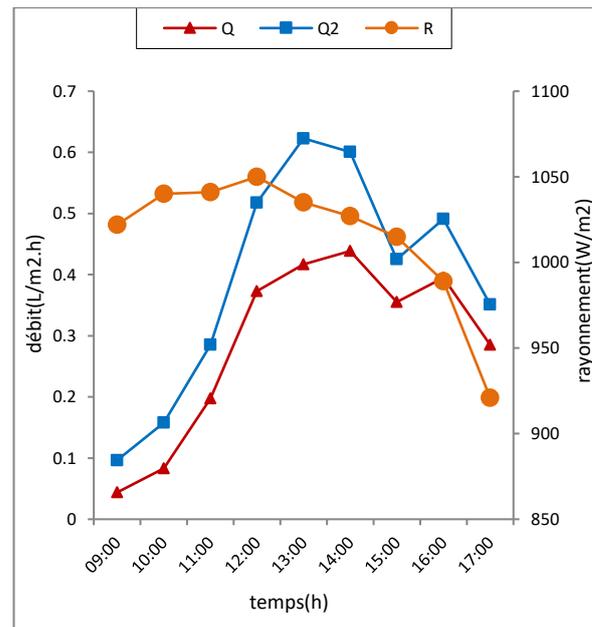


Figure III.27 Variation de la quantité d'eau distillée et de rayonnement solaire de A et C2 en fonction de temps

3) noyaux des dattes (m=1 kg):

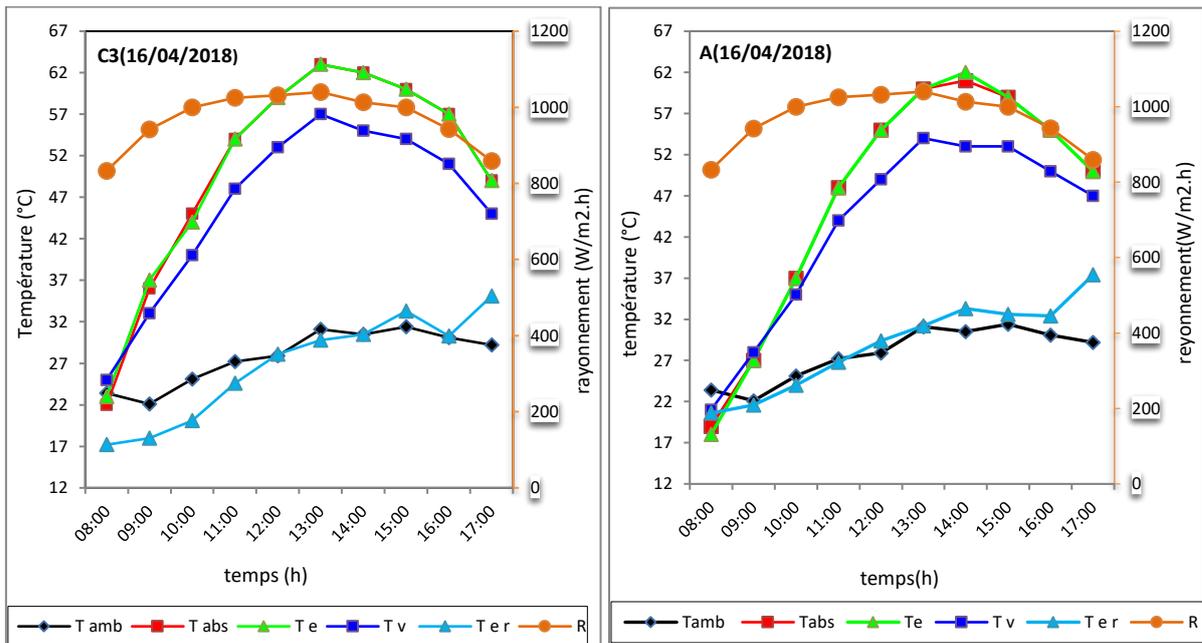


Figure III.28 : Variation des différentes températures et de rayonnement solaire des deux distillateurs A et C3 en fonction du temps

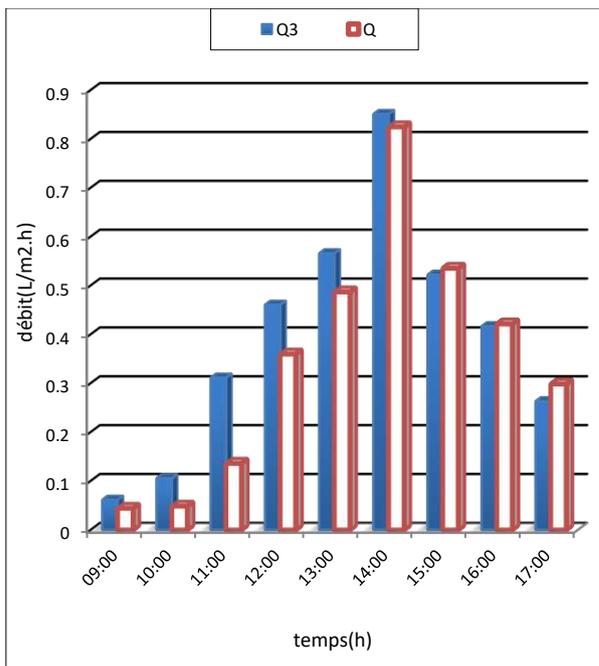


Figure III.29 Variation de la quantité d'eau distillée de A et C3 en fonction de temps

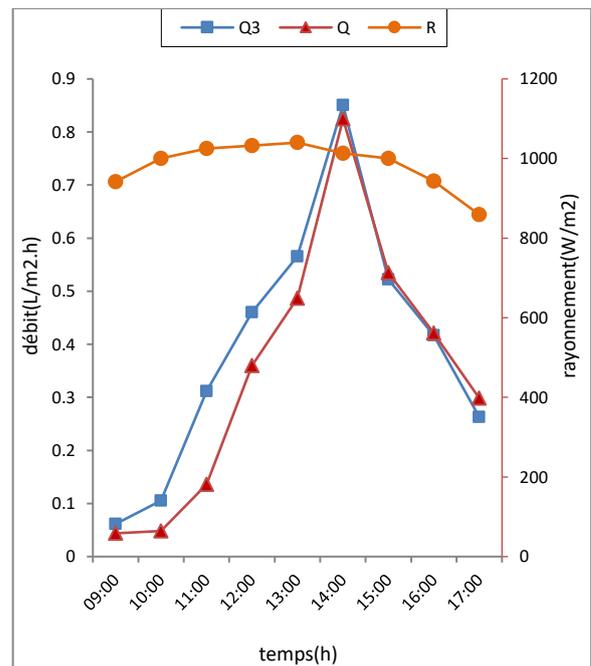


Figure III.30 Variation de la quantité d'eau distillée et de rayonnement solaire de A et C3 en fonction de temps

III.10.3/ Troisième série: variation de la masse de noyaux des dattes broyées :

1) noyaux des dattes broyées (m= 500g)

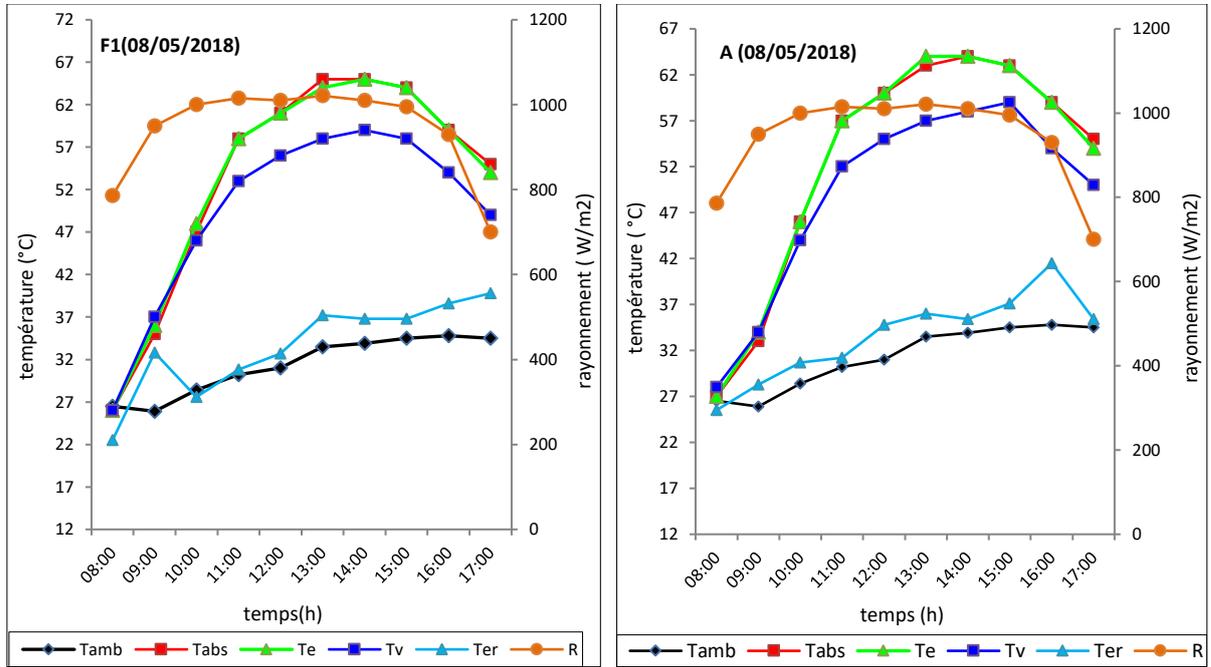


Figure III.31 : Variation des différentes températures et de rayonnement solaire des deux distillateurs A et F1 en fonction du temps

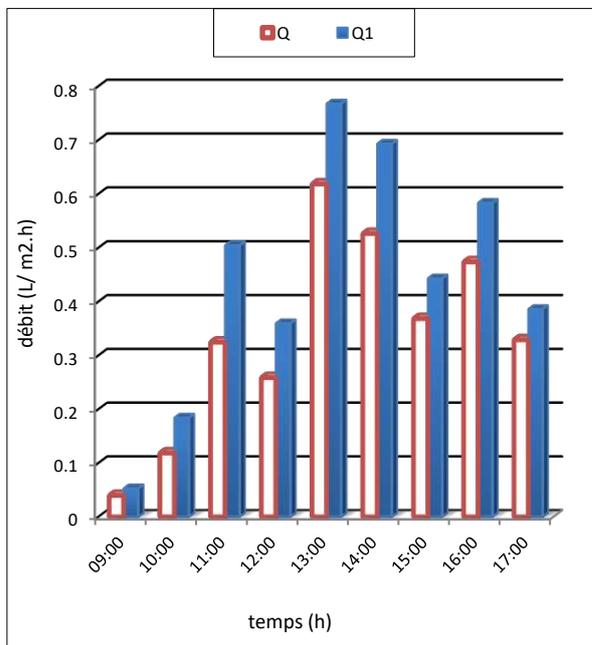


Figure III.32 Variation de la quantité d'eau distillée de A et F1 en fonction de temps

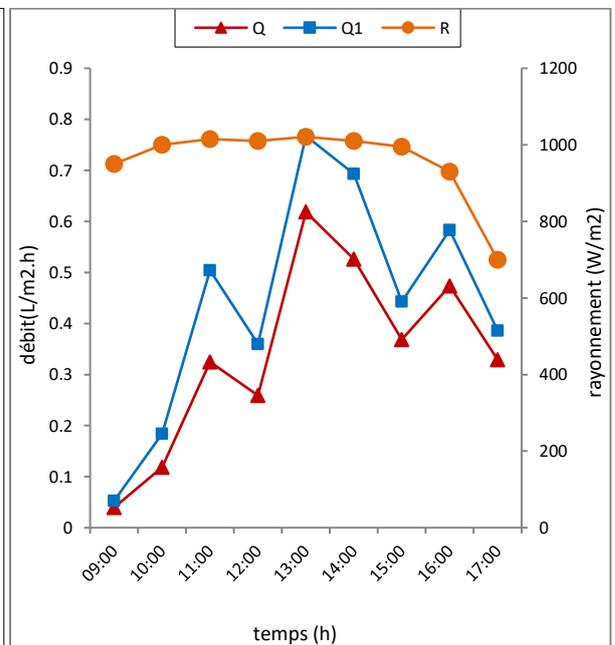


Figure III.33 Variation de la quantité d'eau distillée et de rayonnement solaire de A et F1 en fonction de temps

2) noyaux des dattes broyées (m= 1kg)

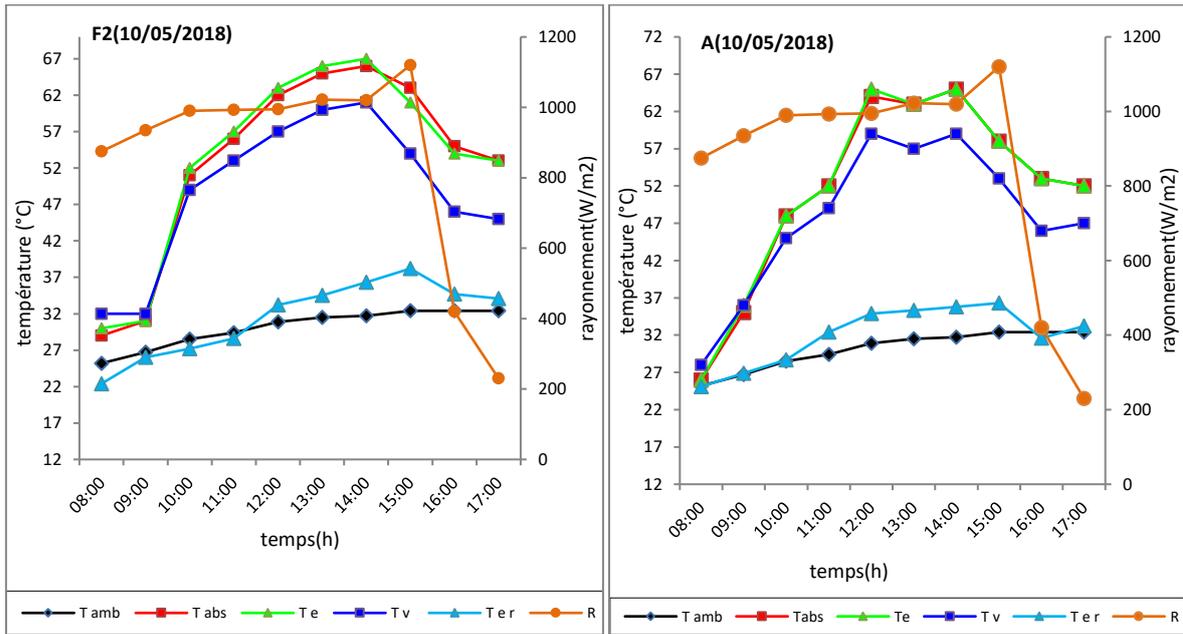


Figure III.34 : Variation des différentes températures et de rayonnement solaire des deux distillateurs A et F2 en fonction du temps

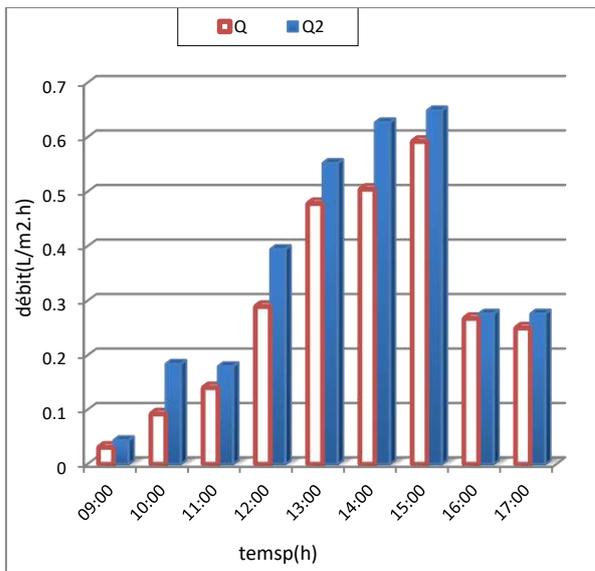


Figure III.35 Variation de la quantité d'eau distillée de A et F2 en fonction de temps

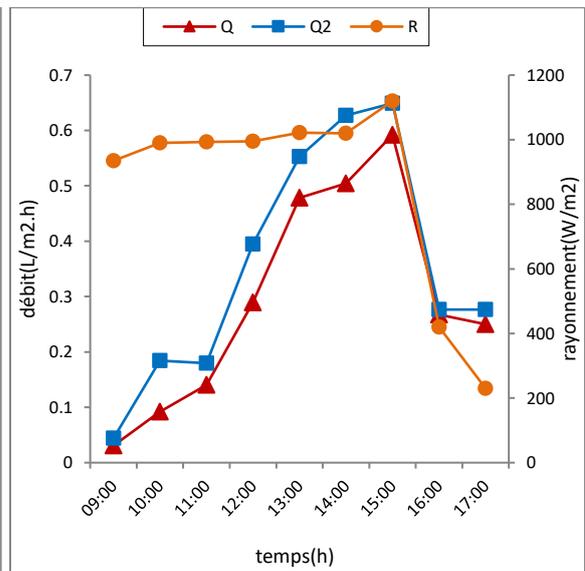


Figure III.36 Variation de la quantité d'eau distillée et de rayonnement solaire de A et F2 en fonction de temps

III.11/ La comparaison de la différence entre les températures ($T_e - T_v$)

1-Première série: variation de différence de températures ($T_e - T_v$) cas de granite ($m=750g$; $m=1kg$; $m=1.25kg$; $m=1.5kg$).

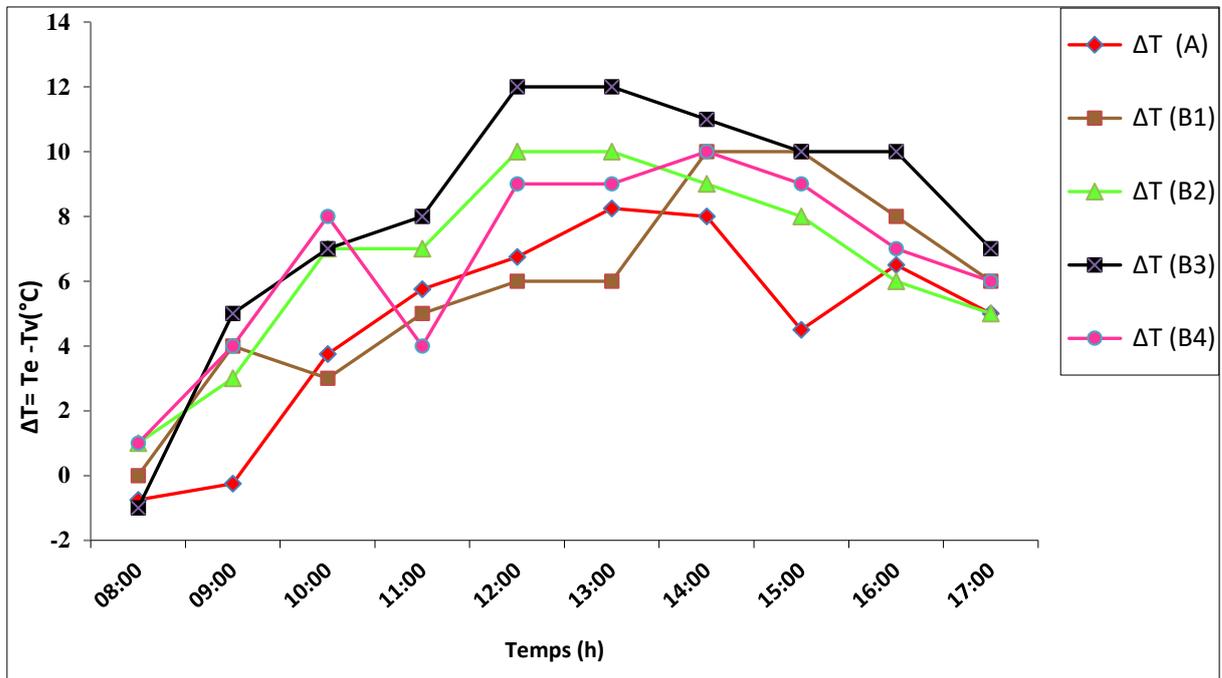


Figure III.37: Différence de températures : ($T_e - T_v$) pour les différents distillateurs A, B1, B2, B3, B4 en fonction du temps

2-Deuxième série: variation de différence de températures ($T_e - T_v$) cas de noyaux des dattes ($m=500g$; $m=750g$; $m=1kg$).

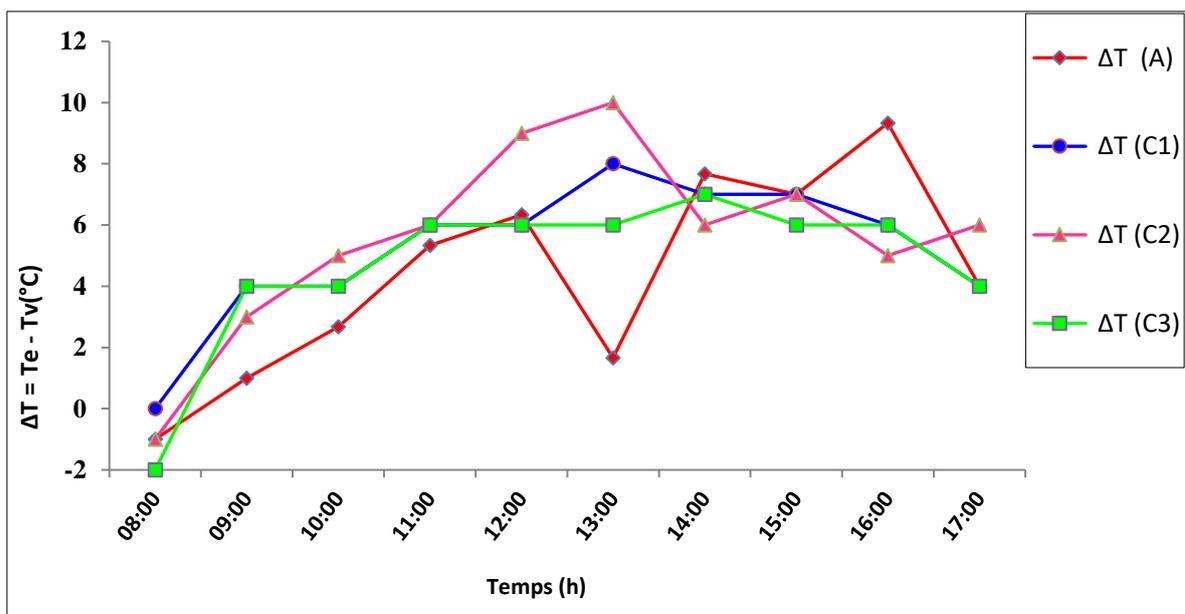


Figure III.38: Différence de températures : ($T_e - T_v$) pour les différents distillateurs A, C1, C2, C3 en fonction du temps

3-**troisième série**: variation de différence de températures ($T_e - T_v$) cas de noyaux des dattes broyées ($m=500g$; $m=1kg$).

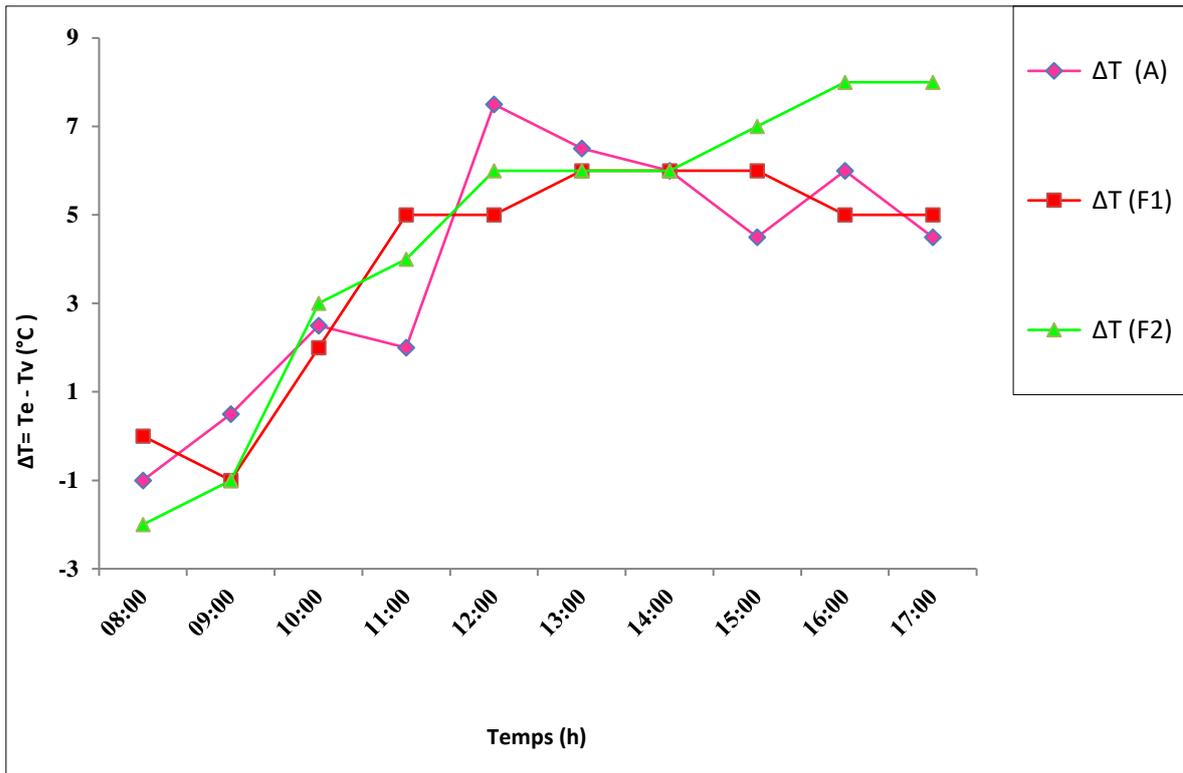


Figure III.39: Différence de températures : ($T_e - T_v$) pour les différents distillateurs A, F1, F2 en fonction du temps

III.12. discussion et interprétation des résultats :

❖ Dans chaque série on a représentés :

❖ **Série 1 :**

1/ Courbe des différentes températures et le rayonnement solaire en fonction du temps pour les deux distillateurs (témoin et test) et aussi l'écart entre la température de l'eau et de vitrage :

-Presque toutes les courbes de température (témoin et test) suivent la même tendance que l'irradiance solaire Ils ont augmentés durant la matinée et atteignent des valeurs maximales entre 13h00 et 14h30 heure locale.

→ **On a remarqué que :**

✓ la température du distillateur d'étude est toujours plus importante que celle du distillateur témoin à cause de l'utilisation de granite qui joue le rôle de stockage d'énergie .

✓ l'augmentation de la température ambiante augmente la production. donc la température ambiante à un effet sur toutes les températures du distillateur, la diminution de celle-ci entraîne une chute de la température de la saumure, le système a refroidi ce qui provoque la diminution de la production.

✓ Dans l'après-midi l'énergie stockée dans l'absorbeur de distillateur muni de granite noir conserve l'écart positif entre la température d'eau saumâtre dans le bassin et celle du vitrage.

2/ Courbe qui montre le débit volumique et le rayonnement solaire pour les deux distillateurs :

-La tendance des courbes indique que le débit volumique est directement proportionnel au rayonnement solaire. Les valeurs maximales ont été enregistrées entre 12:00 et 15:30 heure locale.

3/ Enfin un histogramme illustre le débit volumique aussi pour les deux distillateurs :

- Presque toujours le distillateur d'étude est le meilleur producteur au long de temps, c'était expliqué par le fait que le granite est vraiment stocke de l'énergie qui est transféré à l'eau donc l'augmentation de température de ce dernière, une évaporation plus rapide, et une production plus

-Le débit volumique de l'eau distillée est une fonction directe de l'écart entre la température de l'eau saumâtre dans le bassin et celle du vitrage, et puisque la température du condenseur ne varie pas d'une façon remarquable et rapide (faible conductivité du vitrage) le granite dans l'absorbeur augmente cet écart qui atteint une valeur maximale de 12 °C à 13h00

- La meilleure masse qui nous donne une bonne amélioration c'est 1k g de granite noir.

❖ **Série 2 :**

1/ Courbe des différentes températures et le rayonnement solaire en fonction du temps pour les deux distillateurs (témoin et test) et aussi l'écart entre la température de l'eau et le vitrage :

- Toutes les remarques de première série ont été observées, mais il y'a seulement une remarque c'est que la différence entre la température d'eau salée et celle de la vitre est diminués de celle de première série.

2/ Courbe qui montre le débit volumique et le rayonnement solaire pour les deux distillateurs :

Les mêmes remarques toujours de celle de première série

3/ Un histogramme illustre le débit volumique aussi pour les deux distillateurs :

→ **On a remarqué :**

- ✓ durant la période entre [16h – 17h] le débit volumique de distillateur d'étude reste important de celle de distillateur témoin malgré que l'intensité devient faible ce phénomène est expliqué par dans ce temps le noyau des dattes stocke de chaleur aussi par alimentation de l'eau saumâtre par cette énergie.
- ✓ La meilleure masse qui nous a donné une bonne amélioration c'est 500 g de noyaux des dattes.

❖ **Série 3 :**

1/ Courbe des différentes températures et le rayonnement solaire en fonction du temps pour les deux distillateurs (témoin et test) et aussi l'écart entre la température de l'eau et le vitrage :

Les mêmes remarque de celle des deux série mais la journée 10/05/2018 on remarque une chute de rayonnement solaire entre (15 :00h – 17 :00h) c'est due à la présence des nuages.

2/ Courbe qui montre le débit volumique et le rayonnement solaire pour les deux distillateurs :

Le débit volumique d'eau distillé est au maximum quand l'intensité d'ensoleillement est au maximum car avec des intensités maximales d'ensoleillement on aura des températures d'eau élevées ce qui augmente le taux d'évaporation.

3/ Un histogramme illustre le débit volumique aussi pour les deux distillateurs :

La même remarque de celle de deuxième série avec une bonne production quand on utilise 500 g des dattes broyées.

III.13. Tests de quelques paramètres de l'eau produite :

Tableau III.3. Paramètres de qualité de l'eau testée

La qualité d'eau	pH	TDS (ppm)	Salinité (pus)	Conductivité µs/cm
Avant	6.52	2004	2.13	3992
Après	5.04	49	0.05	99
eau potable	6.67	1464	1.52	2926

III.14. Résumé de résultat expérimental:

Les résultats expérimentaux sont résumés dans le tableau suivant

Tableau III.4. Les résultats expérimentaux réalisés

Expérience	T _{abs} (max) °C	T _e (max) °C	T _v (max) °C	ΔT (max) (T _e - T _v)°C	Amélioration %
Granite (1kg)	62	61	52	09	42.77
Granite (1.5kg)	60	60	50	10	32.43
Granite (1.25kg)	59	58	47	11	32.72
Granite (750g)	64	64	54	10	10.26
N.D.D (1kg)	63	63	57	06	12.79
N.D.D (500 g)	66	65	59	06	45
N.D.D (750 g)	59	60	50	10	37.11
N.D.D broyées (500g)	64	64	59	06	29.98
N.D.D broyées (1kg)	66	67	61	08	20.39

N.D.D = noyaux des dattes

Remarque : le rendement est définie par la relation : $r = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1}$



Sachant que : Q₁: débit de distillateur témoin, Q₂:débit de distillateur d'étude.

Conclusion
Et
Recommandations

Conclusion et recommandation :

La production d'eau douce par voie solaire est importante à deux points de vue : la nécessité d'économiser de l'énergie et le souci de procurer de nouvelles ressources en eau.

Le distillateur solaire à effet de serre est un dispositif très simple dans sa réalisation, il peut être réalisé avec des matériaux locaux, ce qui lui donne l'avantage d'être facilement exploitable en milieu rural par des gens peu qualifiés techniquement.

Dans le cadre de ce travail, nous avons réalisé un prototype d'un distillateur solaire à pente unique, sur lequel nous avons essayé d'apporter quelques améliorations pour augmenter la production d'eau distillée.

les expériences menées à l'université Kasdi Merbah - Ouargla - montrent que:

- ♣ Série 1 : l'ajout de : 750g, 1kg, 1.25kg, 1.5kg de granite noire améliore la production sont respectivement (10.26%, 42.77%, 32.72%, 32.43%).

D'après les pourcentages d'amélioration on peut conclure que le meilleur distillateur est celui d'une masse de **1kg** de granite noire.

- ♣ Série 2 : l'amélioration due à l'ajout de noyaux des dattes de (500g, 750g 1kg) sont respectivement (45 %, 37.11%, 12.79%)

D'où on peut conclure que le meilleur distillateur est celui d'une masse **m = 500g** de noyaux des dattes.

- ♣ Série 3 : l'utilisation de noyaux des dattes broyées avec des masses (500g, 1kg) donne une amélioration respectivement (29.98%, 20.39%)

Donc la masse la plus rentable est de **500g** de noyaux des dattes.

Le choix de la couleur noir dans nos teste est pour augmenter l'absorption de l'eau saumâtre et de l'absorbant aux rayons solaires et améliorer le rendement du processus.

Enfin, on recommande les points suivants:

-L'ajout des oxydes métalliques (quantité et qualité) comme photo-catalyseurs au niveau du bassin absorbant.

-l'ajout de charbon actif des noyaux des dattes comme un lit de stockage d'énergie au niveau de l'absorbant.

-L'application des techniques précédentes si possible sur un autre type de distillateur à plusieurs bassins ou à cascade.

Références
Bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] A.Boutriaa, "Effet des paramètres de fonctionnement sur les performances d'un distillateur solaire", mémoire de magister en physique, (2009), p1
- [2] N.Baba Ahmed, S.Ainad Tabet et B.Belhacene, "Stydy on the energetic parameters in A photothermic sensor with black polymeric film ", rev sci.fond.app, vol.2.N°.1, (2010)1-11
- [3] S.L.M. Zoumenou, " Etude expérimentale de la performance d'un capteur solaire thermique plan à absorbeur muni d'ailettes droites", ingénieur en énergétique, (2017), p5.
- [4] D. Bechki, " étude comparatvie et optimisation des procédés de distillation solaire en vue de la production d'eau potable dans les zones arides et saharinnes", doctorat en science en génie mécanique, (2011), p50
- [5] Dobbi. A, "Climatisation solaire : système à absorption", Mémoire de Magister, CentreUniversitaire de Ouargla, Département de Physique, 2000
- [6] P.H.Communay, "Héliothermique : Le gisement solaire: Méthodes et calcul" .
- [7] S.Saadi, " Effet des paramètres opérationnels sur les performances d'un capteur solaire", mémoire de magister en physique, 2010, p9
- [8] A. Bonnier, Ph.d "Le soleil démystifié», vol.74, p 40
- [9] C.Marjorie, Produire sa propre énergie solaire : un investissement rentable ? , 23/02/2017 (mis à jour le 17/01/2018)
- [10] J.Yves , "transferts thermiques ", Ecole des Mines Nancy, 2009, pp 5,7
- [11] J.F.Sacadura, J.P. Barrand, B. Paru. Initiation aux transferts thermiques. Ed :Tec & Doc (1977). Paris
- [12] L.René , 'transfert de chaleur ', Ingénieur IDN (Institut Industriel du Nord) Ancien Directeur technique de la Société Kestner Professeur à l'École Centrale de Lille , Techniques de l'Ingénieur, traité Génie des procédés , p11
- [13] S.Fedali , "modélisation et conception d'un distillateur solaire des eaux saumates a bas cout pour les communautes rurales" , mémoire de magister en génie mécanique énergétique, 2008 , pp 11,12,16,15

- [14] UNICEF,WHO, *"25 Progress on sanitation and drinking water"*, (2015), 90p
- [15] Nations-Unies, *"L'eau une responsabilité partagée (2^{ème} Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau)"*, (2006), (UNWATER/WWAP/2006/3)
- [16] A.Ragon, *"L'eau et la santé dans les Etablissements de Soins"*, Laboratoire de Contrôle des Eaux (LCE), Assistance Publique Hôpitaux de Marseille, Avril 2004.
- [17] O.Halloufi, *" Etude de la performance d'un distillateur solaire par un système de préchauffage solaire de l'eau saumâtre"*, mémoire de magister en génie climatique, univ Mentouri Constantine, 2010, p 5
- [18] J.F. Thivierge, *"Etude du potentiel des systèmes hybrides de pompage solaire"*, Thèse de M.Sc.A. en Génie Civil, présentée à l'Université d'Ottawa, Canada, 1995.
- [19] F. Tata Ducru, *" Dessalement de l'eau de mer : bilan des dernières avancées technologiques ; bilan économique ; analyse critique en fonction des contextes"*, Agence Française de Développement, vol.15, jan 2009, p 4.
- [20] M. Zerouali, *"contribution a l'optimisation des performance d'un distillateur solaire"*, mémoire de magister en physique : Physique Energétique, Batna, UNIV HADJ LAKHDAR, 2012, p16
- [21] A.Maurel, *" Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, 2nd ed. Lavoisier, Paris, France, 2006.*
- [22] H.Boutebila, *"Etude et conception d'un distillateur solaire à usage agricole"*, these de doctorat en d'Etat En Physique Energétique, 2012 ,pp37,38,39.
- [23] M.H.Sellami, *"étude et amélioration des techniques de distillation solaire dans la region sud-est algerien (ouargla)"*, these de doctorat en Sciences Physique : Physique Energétique, 2014, pp 29,34,57 .
- [24] A.KAABI, N.SMAKDJI, *"Impact of temperature difference (watersolar collector) on solar-still global efficiency"*, Desalination, PP 299-300, 2007.

Résumé

Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres est désormais envisageable pour répondre à la demande croissante en eau potable. Parmi les différents procédés, la distillation solaire est une solution intéressante pour les régions isolées arides et/ ou éloignées.

Le but de cette étude est d'améliorer la productivité des distillateurs solaires simples à pente unique par l'ajout d'autres matériaux qui joueront le rôle de stockeurs et/ou d'absorbeurs d'énergie.

Les matériaux ajoutés sont le granite et les noyaux de dattes.

Après les expériences nous avons obtenu les résultats suivants :

L'ajout d'une masse de 1 kg de granite noircie dans l'absorbeur améliore la production journalière de 42.77% en eau distillée.

L'utilisation de 750g de noyaux des dattes non broyés augmente la production de 37.11%. Par contre quand on utilise 500 g de noyaux des dattes broyées l'amélioration devient seulement 29.98%.

Mots clés : distillation solaire, granite noire, noyaux des dattes, rendement, eau saumâtre.

Abstract

Desalination of seawater and brackish water is now possible to respond to the growing demand for drinking water. Among the various processes, solar distillation is an interesting solution for isolated, arid and / or remote regions.

The purpose of this study is to improve the productivity of simple single-slope solar distillers by adding other materials that will act as storage and / or energy absorbers.

The added materials are granite and date kernels.

After the experiments we obtained the following results:

The addition of 1 kg of blackened granite in the absorber improves the daily production in distilled water by 42.77%.

The use of 750g of non-crushed date's kernels increases the production by 37.11%.

On the other hand, when 500 g of kernels of the crushed dates are used, the improvement becomes only 29.98%.

Key words: solar distillation, black granite, date kernels, yield, brackish water.

الخلاصة

أصبح من الممكن الآن تحليه مياه البحر و المياه المالحة لتلبية الطلب المتزايد على مياه الشرب من بين حلول المختلفة نذكر التقطير الشمسي الذي هو حل مثير للاهتمام بالنسبة للمناطق القاحلة و/أو النائية المعزولة.

الغرض من هذه الدراسة هو تحسين الإنتاجية المقطرات الشمسية بإضافة مواد أخرى المواد المضافة هي الجرانيت و انوية التمر. بعد التجارب حصلنا على النتائج التالية

إن إضافة 1كجم من الجرانيت المطلي بالأسود في الحوض يحسن الإنتاج اليومي ب **42.77** بالمئة من الماء المقطر.

يزيد استخدام **750** جم من انوية التمر غير المطحونة **37.11** بالمئة من الإنتاج اليومي .

من ناحية أخرى عند استخدام **500** غرام من انوية التمر المسحوقه يصبح التحسين **29.98** بالمئة فقط.

الكلمات المفتاحية " التقطير الشمسي. الجرانيت الأسود. انوية التمر. المرود. المياه المالحة "