



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement Supérieur et de

La Recherche Scientifique

Université Kasdi Merbah Ouargla

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie des Procédés

Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie Pétrochimique

Présenté Par :

MATALLAH Abderrahim et KHIRANI Hicham

Thème :

***L'utilisation d'une argile locale dans le procédé
de distillation solaire***

Soutenu publiquement le : 06/06/2024

Devant le jury composé de :

Akriche Ahmed	MCA	Université de Ouargla	Président
Benarima Abdelhakim	MAB	Université de Ouargla	Examineur
Raache Mohamed Nasrdinne	MAB	Université de Ouargla	Encadreur
Kouadri Moulay Rachid	Dr	Université de Ouargla	Co-Encadreur

Année universitaire : 2023–2024

Remerciements

On remercie ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, nous aimerons à exprimer nos remerciements avec un grand plaisir et un grand respect à notre encadreur monsieur :

MR: Raache Mohamed Nasredinne

Pour ses conseils, pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur durant notre préparation de ce mémoire.

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.

Et un grand merci au MR: Kouadri Moulay Rachid pour sa patience et ses conseils.

Nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

En fin, nous voudrions aussi remercier notre famille pour leur soutien inconditionnel.

Dédicaces

Nous dédions ce travail

*A notre famille, elle qui nous a doté d'une éducation digne, son amour a fait
de nous ce que nous sommes aujourd'hui.*

A nos chers pères qui doivent notre vie, notre réussite et tout notre respect

*A nos très chères mères, Quoi que nous fassions ou que nous disions, nous ne
saurions point les remercier comme il se doit. Votre affection nous couvre, votre
bienveillance nous guide et votre présence à nos côtés a toujours été notre
Source de force pour affronter les différents obstacles.*

A nos frères

A nos chères sœurs

Pour leurs soutiens moraux et leurs conseils précieux tout au long de nos études.

Puisse Dieu vous donner santé, bonheur, courage et surtout réussite

*A tous nos amis qui ont toujours encouragé, et à qui nous leur souhaitons
plus de succès.*

Merci !

Bonne lecture !

Résumé

Cette étude a pour but de voir l'effet d'utilisation de l'argile local sur la performance de distillateur solaire, ainsi que la qualité de l'eau produite. Trois distillateurs solaires ont été utilisés au niveau de l'Université de Kasdi Merbah, dont l'un est le témoin, les autres contiennent des quantités d'argile.

Les résultats obtenus ont montré que :

- L'ajout d'argile dans le bassin de distillateur solaire diminue son efficacité, c'est-à-dire que le distillateur témoin produit mieux que celui muni par une masse d'argile.
- Ce phénomène augmente avec l'ajout de plus en masses d'argile, puisque la production journalière diminue à 25,79% par rapport à l'unité témoin lorsque 350 g de celui-ci sont ajoutés.
- L'argile joue le rôle d'un réservoir de chaleur important, à cause de leurs capacités thermiques très élevées, ce qui entraîne un retard dans le processus de distillation et donc à réduire la production journalière.
- L'ajout d'argile joue le rôle de purifiant, car la pureté de l'eau produite est proportionnelle à la masse ajoutée.

Mots-clés : L'énergie solaire ; la distillation solaire ; distillateur solaire a pente unique ; l'argile local ; stockage thermique.

ملخص

تهدف هذه الدراسة الى معرفة تأثير استخدام مادة الطين المحلي على أداء المقطر الشمسي وكذا جودة المياه المنتجة. تم استخدام ثلاث مقطرات بسيطة على مستوى جامعة قاصدي مرباح أحدها يقوم مقام الشاهد بينما يحتوي كل من الآخرين على كمية من الطين.

أثبتت النتائج المتحصل عليها أن:

- إضافة الطين الى حوض المقطر الشمسي يقلل من كفاءته، أي أن وحدة الشاهد تنتج كمية مياه أفضل من جهاز التقطير المجهز بكتلة من الطين.
- تزداد هذه الظاهرة مع إضافة المزيد من كتل الطين حيث ينخفض الإنتاج اليومي الى 25,79% مقارنة بوحدة الشاهد عند إضافة 350 غراما منه.
- يلعب الطين دور خزان حراري كبير، بسبب سعته الحرارية العالية جدًا ما يؤدي الى تأخير عملية التقطير الشمسي وبالتالي خفض الإنتاج.
- يعمل الطين دور المطهر حيث أن نقاوة المياه الناتجة تكون أجود كلما زادت كميته.

الكلمات الدالة: الطاقة الشمسية، التقطير الشمسي، المقطر الشمسي ذو الميل الواحد، الطين المحلي، التخزين الحراري.

Abstract

This study aims to see the effect of using local clay on the performance of the solar still, as well as the quality of the water produced. Three solar stills were used at the University of Kasdi Merbah, one of which is the witness, the others contain quantities of clay.

The results obtained showed that:

- The addition of clay to the solar still basin reduces its efficiency, that is to say that the witness still produces better than the one equipped with a mass of clay.
- This phenomenon increases with the addition of more masses of clay, since the daily production decreases to 25.79% compared to the witness unit when 350 g of it is added.
- Clay plays the role of an important heat reservoir, because of their very high thermal capacities, which causes a delay in the distillation process and therefore reduces daily production.
- The addition of clay acts as a purifier, because the purity of the water produced is proportional to the mass added.

Keywords: Solar energy; solar distillation; single slope solar still; local clay; thermal storage.

Liste des tableaux

Chapitre–I	
Tableau I.1 : Composition du Soleil (% en masse).	3
Chapitre–II	
Tableau II.1: classification des eaux selon la salinité.	14
Chapitre–III	
Tableau III.1. Données climatiques et géographique.	23
Tableau III.2 : Dimensions du distillateur solaire.	25
Chapitre–IV	
Tableau IV.1 : Paramètres de qualité de l'eau testée.	42
Tableau IV.2 : Les résultats expérimentaux réalisés.	42

Liste des figures

Chapitre–I	
Figure I.1: Composants du rayonnement solaire.	5
Figure I.2: Spectre du rayonnement solaire.	6
Figure I.3: Phénomènes de transfert de chaleur.	7
Figure I.4: Schéma du transfert de chaleur par conduction.	8
Figure I.5: Schéma représentatif de transfert par convection.	9
Figure I.6: Schéma représentatif de transfert par rayonnement.	10
Chapitre–II	
Figure II.1: Le cycle de l'eau.	12
Figure II.2: La part d'eau douce sur terre.	13
Figure II.3: Disponibilité en eau douce.	14
Figure II.4: Principe de fonctionnement d'un distillateur solaire.	17
Figure II.5: Distillateur solaire simple à pente unique.	18
Figure II.6: Distillateur solaire simple à double pentes.	18
Figure II.7: Distillateur sphérique à balayage.	19
Figure II.8: Distillateur solaire terre-eau.	19
Chapitre – III	
Figure III.1 : Conception du distillateur solaire utilisé dans les expériences.	24
Figure III.2 : Solaire-Mètre.	25
Figure III.3 : Compteur numérique de température et d'humidité (LCD HTC-1 H596).	26
Figure III.4 : Anémomètre à coupelles.	26
Figure III.5 : Thermomètre avec sonde.	27
Figure III.6 : Thermocouples avec lecteur-indicateur.	27
Figure III.7 : Tubes graduée.	28
Figure III.8 : Multi-paramètres (Hanna - HI9829).	28
Figure III.9 : Emplacement des thermocouples.	29

Chapitre–IV	
Figure IV.1 : Intensité du rayonnement solaire.	33
Figure IV.2 : Température ambiante.	33
Figure IV.3 : Variation des différentes températures pour le distillateur Témoin en fonction du temps.	34
Figure IV.4 : Variation des différentes températures pour le distillateur avec 50 g d'argile en fonction du temps.	34
Figure IV.5 : Variation de la quantité d'eau distillée pour les deux distillateur MA ₁ et T en fonction de temps.	35
Figure IV.6 : Cumul horaire d'eau distillée pour les deux distillateur MA ₁ et T en fonction de temps.	35
Figure IV.7 : Variation des différentes températures pour le distillateur et Témoin en fonction du temps.	36
Figure IV.8 : Variation des différentes températures pour le distillateur avec 150 g d'argile en fonction du temps.	36
Figure IV.9 : Variation de la quantité d'eau distillée pour les deux distillateur MA ₂ et T en fonction de temps.	37
Figure IV.10 : Cumul horaire d'eau distillée pour les deux distillateur MA ₂ et T en fonction de temps.	37
Figure IV.11 : Variation des différentes températures pour le distillateur et Témoin en fonction du temps.	38
Figure IV.12 : Variation des différentes températures pour le distillateur avec 250 g d'argile en fonction du temps.	38
Figure IV.13 : Variation de la quantité d'eau distillée pour les deux distillateur MA ₃ et T en fonction de temps.	39
Figure IV.14 : Cumul horaire d'eau distillée pour les deux distillateur MA ₃ et T en fonction de temps.	39
Figure IV.15 : Variation des différentes températures pour le distillateur et Témoin en fonction du temps.	40
Figure IV.16 : Variation des différentes températures pour le distillateur avec 350 g d'argile en fonction du temps.	40
Figure IV.17 : Variation de la quantité d'eau distillée pour les deux distillateurs MA ₄ et T en fonction de temps.	41
Figure IV.18 : Cumul horaire d'eau distillée pour les deux distillateur MA ₄ et T en fonction de temps.	41

Liste des abréviations

Symbole	Désignation	Unité
A	Superficie du capteur (aire de la vitre)	m ²
C	La vitesse de la lumière dans le vide	m/s
FPB	Facteur de performance brut	l/j
FPH	Facteur de performance horaire	l/j
G	Energie solaire globale	W/m ²
H	La constante de Planck	J.s
H	Coefficient de transfert de chaleur par convection	W/m ² /K
L_v	Chaleur latente de vaporisation	J/kg
m_d	Le débit de distillat	l/h/m ²
O M S	Organisation mondiale de la santé	/
P	La puissance	W
q_{ev}	Quantité de chaleur utilisée pour l'évaporation	j
Q	La productivité du distillat pour le distillateur témoin	L/h/m ²
Q_{MA}	La productivité du distillat pour le distillateur de chaque expérience	L/h/m ²
R	Le rendement	%
S	Surface	m ²
T_a	Température du fluide loin de la surface du solide	°C
T_{Abs}	Température de l'absorbeur	°C
T_{amb}	Température ambiante	°C
TDS	Total Dissolved Solid	1/Mg
T_{rs}	Température d'eau salée (dans le réservoir)	°C
T_{ea}	Température d'eau salée à l'intérieure de distillateur	°C
T_p	Température de la surface	K
T_s	Température de surface du solide	K
T_{vi}	Température de vitre	°C
T_∞	Température du milieu environnant la surface	K
X	Variable d'espace dans la direction du flux	M
ΔE	Transforme en énergie	J
Δm	Processus engendre un défaut de masse	G
η_i	L'efficacité interne	m ²
Λ	Conductivité thermique du milieu	W/m /°C
Φ	Flux de chaleur transmis par conduction	W
Φ	Flux de chaleur transmis par convection	W
Φ	Flux de chaleur transmis par rayonnement	W
Φ_s	Rayonnement solaire	W/m ²
αt G A	La quantité de chaleur absorbée par l'eau.	J
ε_p	Émissivité de la surface	/

σ	Constante de Stefan	$W/m^2/K^4$
λ	Longueur d'onde	M
η_g	L'efficacité globale	m^2
β^+	Rayonnement bêta	Mev
ν_e	Neutrinos	Mev
γ	Rayonnement électromagnétiques	Mev
I_D	Solaire direct	w/m^2
I_d	Rayonnement solaire diffus	w/m^2
I_G	Rayonnement solaire total	w/m^2
UV	La bande ultraviolette	μm
IR	La bande infrarouge	μm
h	La constante de Planck	J.s
C	La vitesse de la lumière dans le vide	m/s
ν	La fréquence	1/s
T	La Température	C°

SOMMAIRE

Remerciements.....	I
Dédicaces.....	II
Résumé.....	III
Liste des tableaux.....	IV
Liste des figures.....	V
Liste des abréviations.....	VII
Sommaire.....	IX
Introduction générale.....	1

Chapitre-I

I.1. Introduction.....	3
I.2. Le soleil.....	3
I.3. L'énergie solaire.....	4
I.4. Le rayonnement solaire.....	4
I.4.1. Le rayonnement direct.....	4
I.4.2. Le rayonnement diffus.....	4
I.4.3. Le rayonnement global.....	5
I.5. Spectre du rayonnement solaire.....	5
I.6. Les domaines d'applications de l'énergie solaire.....	6
I.7. Transfert de chaleur.....	7
I.7.1. Champ de température.....	7
I.7.2. Flux de chaleur.....	7
I.8. Les modes de transfert de chaleur.....	8
I.8.1. La conduction.....	8
I.8.2. La convection.....	8
I.8.2.1. La convection forcée.....	9
I.8.2.2. La Convection libre (ou naturelle)	9
I.8.3. Le Rayonnement.....	9
I.9. Conclusion.....	10

Chapitre-II

II.1. Introduction.....	12
II.2. L'eau.....	12
II.3. Le rôle de l'eau dans la vie.....	13
II.4. La distribution de l'eau sur le globe.....	13

II.5. Classification des eaux.....	14
II.6. Les différents types d'eau.....	15
II.6.1. L'eau de mer.....	15
II.6.2. Les eaux naturelles.....	15
II.6.3. Les eaux saumâtres.....	15
II.6.4. L'eau potable.....	15
II.7. Les besoins en eau potable dans le monde.....	15
II.8. Distillation solaire.....	16
II.8.1. Historique.....	16
II.8.2. Principe de fonctionnement d'un distillateur solaire.....	16
II.9. Les différents types de distillateurs solaires.....	17
II.9.1. Distillateurs a simple effet.....	17
II.9.1.1. Distillateur a pente unique.....	17
II.9.1.2. Distillateur a double pentes	18
II.9.1.3. Distillateur solaire sphérique a balayage.....	18
II.9.1.4. Distillateur solaire terre-eau.....	19
II.9.2. Distillateur solaire a multiples effets.....	20
II.10. Les paramètres influents sur le fonctionnement du distillateur.....	20
II.10.1. Les paramètres atmosphériques	20
II.10.2. Les paramètres de constructions	20
II.11. Conclusion.....	21

Chapitre-III

III.1. Introduction.....	23
III.2. Généralité sur le lieu d'expériences (ouargla)	23
III.3. Conception du distillateur solaire.....	23
III.3.1. Bac Absorbant.....	24
III.3.2. Couverture verrière.....	24
III.3.3. Collecteur d'eau distillée.....	24
III.3.4. L'isolation thermique.....	24
III.3.5. Couverture extérieure.....	24
III.3.6. Les tuyauteries.....	25
III.4. Appareillages de mesure utilisés dans les expériences.....	25
III.4.1. Solaire-Mètre (Macsolar)	25

III.4.2. Thermomètre (LCD HTC-1 H596)	26
III.4.3. Anémomètre.....	26
III.4.4. Thermomètre avec sonde.....	27
III.4.5. Thermocouples.....	27
III.4.6. Tubes gradués.....	28
III.4.7. Mesure de la qualité de l'eau.....	28
III.5. Emplacement des thermocouples.....	29
III.6. Expériences.....	29
III.6.1. L'argile.....	29
III.6.2. Utilisation d'argile.....	30
III.6.3. Procédure Expérimentale.....	30
III.7. Conclusion.....	30

Chapitre-IV

IV.1. Introduction.....	32
IV.2. Intensité du rayonnement solaire et la température ambiante.....	33
IV.3. Première expérience : MA1 (50 g) d'argile.....	34
IV.4. Deuxième expérience : MA2 (150 g) d'argile	36
IV.5. Troisième expérience : MA3 (250 g) d'argile.....	38
IV.6. Quatrième expérience : MA4 (350 g) d'argile.....	40
IV.7. Teste de quelques paramètres de l'eau produite.....	42
IV.8. Résumé de résultat expérimental.....	42
IV.9. Interprétation et discussion des résultats	43
IV.10. Conclusion.....	45
Conclusion générale.....	47
Références bibliographies.....	50

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

L'eau est un élément nécessaire pour la continuité et le développement de l'humanité. La demande humaine en eau douce a considérablement augmenté, en particulier au cours des dernières années, en raison de la croissance démographique et du développement social [1].

Environ 70 % de la Terre est recouverte d'eau, alors que L'eau de mer et l'eau des océans représentent 97 % de l'eau de la planète. De plus, l'eau douce ne représente que 3 % de l'eau mondiale représentée dans les glaciers, le sous-sol, les rivières et les lacs [2].

Pour surmonter ce problème de pénurie d'eau, l'élimination des sels de l'eau saumâtre à travers les différents systèmes de dessalement pour obtenir de l'eau potable représente une solution parfaite [3].

La distillation solaire représente un moyen efficace pour résoudre le problème de l'eau, en particulier dans les régions ensoleillées où l'eau souterraine saumâtre est abondante et où l'eau douce est très limitée. De nos jours, cette technique est de plus en plus utilisée grâce à ses avantages économiques ainsi que pour des raisons liées à la protection de l'environnement [4].

L'augmentation du taux d'évaporation de l'eau dans le bassin de distillateur solaire a fait l'objet de plusieurs études. Cela peut être fait par différentes méthodes parmi elles, l'utilisation des additifs, que ce soit pour accélérer le processus du transfert de chaleur, et/ou pour stocker la chaleur dans l'absorbeur, donc maintenir suffisamment la température de fonctionnement du distillateur [3]. L'argile est une matière première utilisée depuis la haute antiquité. L'abondance naturelle et la disponibilité immédiate des argiles expliquent leurs grandes utilisations à travers les temps [5].

L'objectif de ce travail expérimental est l'utilisation de différentes masses d'argile locale ajoutées à la surface du bassin dans l'absorbeur, et voir son effet sur la performance d'un distillateur solaire simple à pente unique, et sur la qualité de l'eau distillée produite.

Le manuscrit contient quatre chapitres :

- ✓ Le premier chapitre est consacré à l'étude de l'énergie solaire et le transfert de chaleur.
- ✓ Le deuxième chapitre comporte une étude sur l'eau et la distillation solaire.
- ✓ Le troisième chapitre montre le matériel utilisé et les séries d'expériences réalisées.
- ✓ Le quatrième chapitre présente les résultats obtenus sous forme des graphes avec leurs interprétations.

Enfin, la présente mémoire est achevée par une conclusion générale et références bibliographiques.

CHAPITRE-I
L'ÉNERGIE SOLAIRE ET
TRANSFERT DE CHALEUR

Chapitre-I : L'énergie solaire et transfert de chaleur

I.1. Introduction

Le soleil est la principale source d'énergie. Il est chargé de fournir de la chaleur et de la lumière à la terre. Comme d'autres étoiles, il est connu comme une énorme boule de gaz chauds, car il produit d'énormes quantités d'énergie en convertissant l'hydrogène en hélium dans sa profondeur [6].

Elle est considérée aussi comme une source principale pour d'autres types d'énergies par exemple les énergies fossiles telles que le pétrole, le gaz, le charbon et les ressources renouvelables. Tels que la biomasse, l'énergie hydraulique et éolienne [7].

I.2. Le soleil

Le soleil, c'est une étoile de forme pseudo sphérique de gaz chauds, de $1,392 \times 10^6$ km de diamètre et de masse $1,9 \times 10^{30}$ kg (soit $31,6 \times 10^4$ fois la masse de la Terre) il est situé à une distance moyenne de $149,598 \times 10^9$ km de la terre, si la température à la photosphère du soleil est de 5760 K, il n'en est pas de même pour la température en son cœur qui avoisine les 15 millions de degré Kelvin [8].

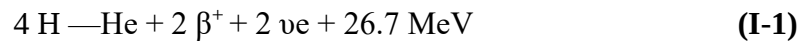
On sait maintenant que le soleil est essentiellement composé chimiquement d'hydrogène à 73,5% (en masse) et d'hélium à 24,9%, (en masse) le reste soit environ 1,6% est composé d'au moins 60 autres atomes dont les principaux sont donnés ci-dessous (Tableau I.1). La distance terre soleil est égale en moyenne et approximativement à 150×10^6 Km ; cette distance est si grande que sa lumière nous parvient 8 minutes après avoir été émise [9].

Tableau I.1 : Composition du Soleil (% en masse).

Composition du Soleil	(% en masse)
Hydrogène	73.5%
Hélium	24,9%
Oxygène	0,77%
Carbone	0,29%
Fer	0,16%
Néon	0,12%
Azote	0,09%
Silicium	0,07%
Magnésium	0,05%
Soufre	0,04%

I.3. L'énergie solaire

L'énergie solaire provient de la fusion d'hydrogène en hélium au sein du noyau, deux cycles ont été imaginés pour décrire les étapes conduisant à cette fusion. Le cycle proton–proton fournit 90% de l'énergie solaire, il y a émission de positons β^+ (rayonnement bêta), de neutrinos (ν_e) et de photons γ (rayonnement électromagnétiques). Le cycle de carbone (ou cycle de Bethe), fournit les 10% restants. Les deux cycles sont résumés par l'équation :



Quatre protons se fusionnent pour donner naissance à un noyau d'hélium avec émission de deux positons β^+ , de deux neutrinos ν_e , accompagnés d'une énergie égale à 26 MeV (1MeV = 1.6×10^{-13} joules). L'énergie émise par le soleil par seconde est donc d'environ 3.851.020 MW, seule une petite partie de cette puissance est reçue par la terre, environ deux milliards de fois moins. Le système terre-atmosphère réfléchit environ 30% de l'énergie solaire interceptée et absorbe les 70% restants qui sont presque intégralement transformés en chaleur.

En ce qui concerne l'Algérie, nous avons au nord du pays 1.700 kWh/m²/an pour 2.600 heures d'ensoleillement, dans les hauts plateaux 1.900 kWh/m²/an pour 3.000 heures d'ensoleillement et au sud 2.200 kWh/m²/an pour 3.400 heures d'ensoleillement.

La dispersion fait que l'énergie solaire est disponible, c'est une énergie qui couvre les besoins décentralisés et est à la portée des populations rurales [11].

L'énergie solaire est la plus dominante de toutes les énergies renouvelables, elle est l'une des plus facilement exploitables comme la plupart des énergies douces, elle donne à l'utilisateur la possibilité de subvenir sans intermédiaire à une partie de ses besoins [10].

I.4. Le rayonnement solaire

Le rayonnement solaire est la matière première de l'énergie solaire. C'est une propagation de différents types des ondes électromagnétiques, sans la nécessité d'un support physique pour se déplacer.

I.4.1. Le rayonnement direct

Se définit comme étant le rayonnement provenant du soleil et qui traverse l'atmosphère sans subir de modifications, il est reçu directement du sol, sans diffusion par l'atmosphère, ses rayons sont parallèles entre eux [11].

I.4.2. Le rayonnement diffus

Est constitué des photons diffusés par l'atmosphère (Air, Aérosols ... etc.). Sa structure varie avec les conditions météorologiques. Aussi on peut définir ce type de rayonnement comme suit, c'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 [12].

I.4.3. Le rayonnement global

Comme indiqué dans la figure (I.1), c'est l'ensemble du rayonnement d'origine solaire qui parvient sur une surface horizontale sur le globe terrestre, il comprend donc la somme du rayonnement solaire direct (ID) et rayonnement solaire diffus (Id) ont donné une formule qui détermine le rayonnement solaire total (global).

$$IG=ID+Id \quad (I-2)$$

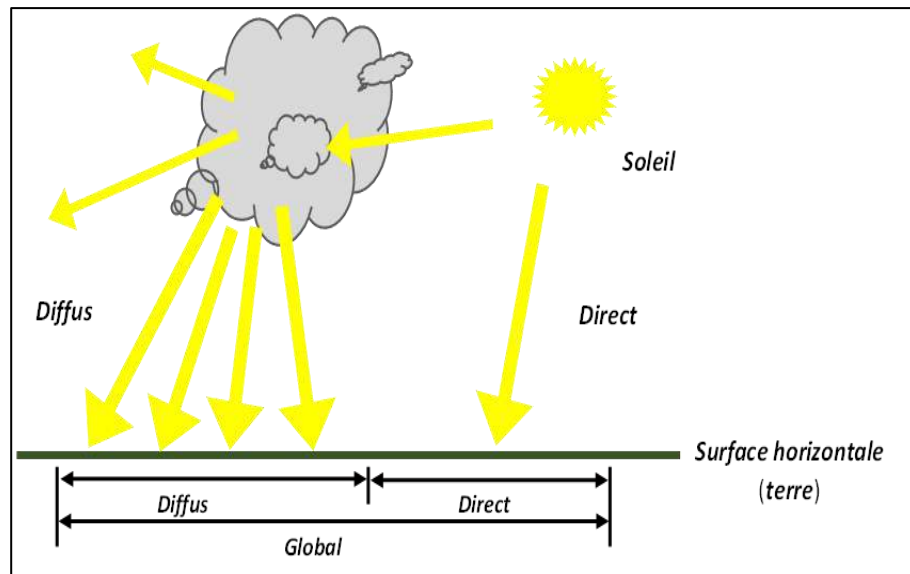


Figure I.1: Composants du rayonnement solaire.

I.5. Spectre du rayonnement solaire

La répartition spectrale du rayonnement solaire est déterminée par la température de sa surface, à savoir 5900 K.

Ces spectres montrent que le soleil émet un rayonnement électromagnétique compris dans une bande de longueur variant de 0,2 μm (ultraviolet) à 10 μm (infrarouge). Ce rayonnement solaire se décompose en bandes comme suit (voir figure I.2) [14].

- 6,4% dans la bande ultraviolette (UV) : $\lambda \leq 0,4 \mu\text{m}$.
- 48,0% dans la bande visible : $0,4 < \lambda \leq 0,8 \mu\text{m}$.
- 45,6% dans la bande infrarouge (IR) : $\lambda > 0,8 \mu\text{m}$.

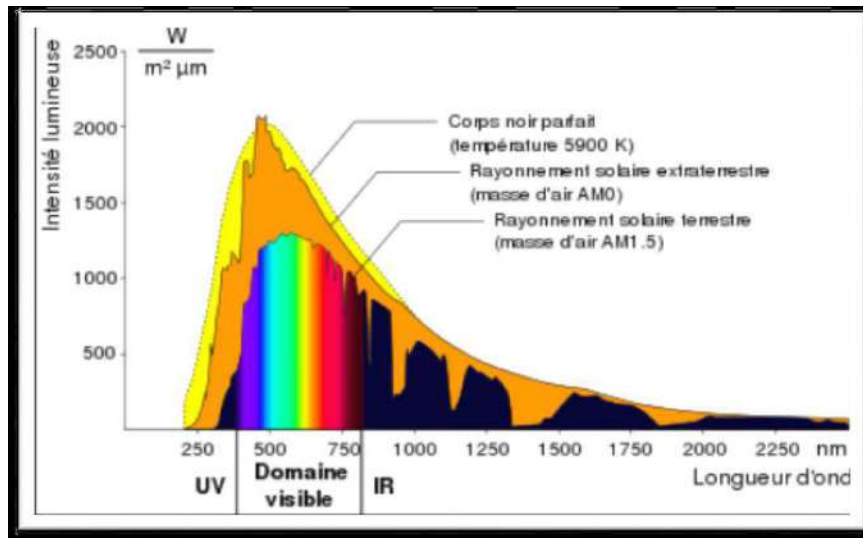


Figure I.2: Spectre du rayonnement solaire.

Le rayonnement électromagnétique est composé de « grains » de lumière : appelés photons. L'énergie de chaque photon est directement liée à la longueur d'onde λ [15].

$$E = h \times \nu = h \times c/\lambda \quad (\text{I-3})$$

Où :

$h = 6,62 \times 10^{-34}$ J.s : c'est la constante de Planck.

$c = 3 \times 10^8$ m.s⁻¹ : c'est la vitesse de la lumière.

ν : La fréquence en s⁻¹.

λ : la longueur d'onde en nm.

I.6. Les domaines d'applications de l'énergie solaire

La conversion de l'énergie solaire en énergie thermique peut constituer un apport d'énergie non négligeable pour un grand nombre d'applications thermiques, thermomécaniques et thermochimiques à condition que des rendements de conversion élevés puissent être atteints dans une échelle de températures relativement étendue.

Quatre catégories d'applications se dégagent, en fonction de la température [7].

- 1) Applications aux basses températures solaires ($T \leq 60$ °C) : chauffage de l'eau sanitaire, chauffage des piscines, ... etc.
- 2) Applications aux moyennes températures solaires (60 °C $\leq T \leq 150$ °C) : distillation solaire ou dessalement de l'eau mer, chauffage des habitations, réfrigération, climatisation, production d'énergie mécanique, ... etc.
- 3) Applications aux hautes températures solaires : (150 °C $\leq T \leq 800$ °C) : production d'énergie mécanique, production de vapeur, dissociation catalytique de l'eau, ... etc.
- 4) Applications aux très hautes températures solaires ($T > 800$ °C) : dissociation thermique de l'eau, magnétohydrodynamique, thermoélectricité.

I.7. Transfert de chaleur

Le transfert de chaleur peut être défini comme étant la transmission de l'énergie d'une région à une autre une fois la différence de température entre elles établie. Il est régi par une combinaison de lois physiques et de relations empiriques déduites de l'expérimentation dans la littérature relative à cette discipline, on reconnaît généralement trois modes distincts de transmission de la chaleur : la conduction, la convection et le rayonnement (figure I.3) [16,17].

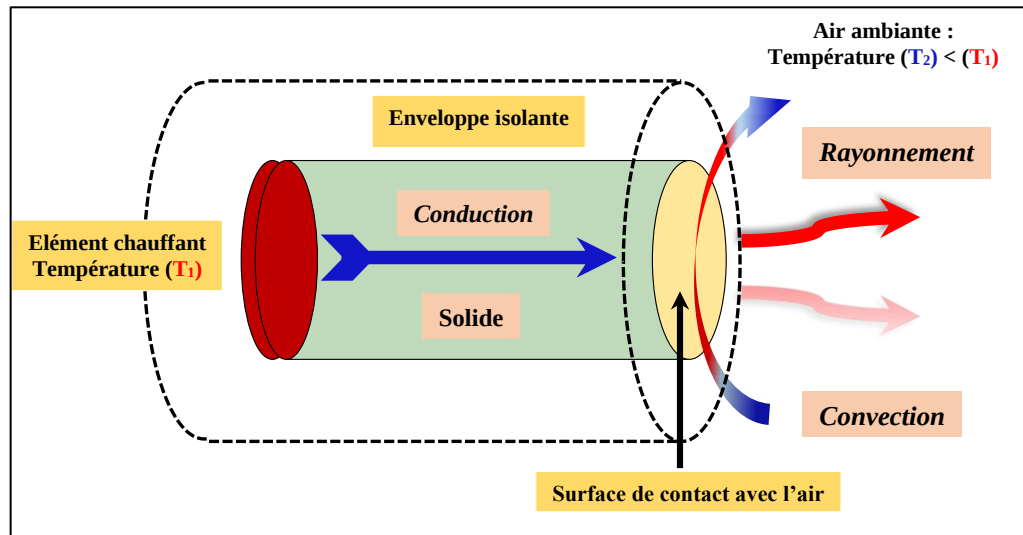


Figure I.3: Phénomènes de transfert de chaleur.

I.7.1. 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 [18].

- 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.7.2. 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 :

$$\theta = \frac{1}{S} \frac{dQ}{dt} \quad (\text{I-4})$$

Où :

S : est la surface de l'aire (m²).

On appelle flux de chaleur la quantité de chaleur transmise sur la surface S par unité de temps [10] :

$$\theta = \frac{dQ}{dt} \quad (\text{I-5})$$

I.8. Les modes de transfert de chaleur

Le transfert de chaleur est le flux d'énergie d'un point à un autre en raison des différences de température entre les points, et il peut avoir lieu par conduction, convection ou rayonnement.

Dans une installation solaire, de la chaleur est distribuée à partir de l'absorbeur à d'autres composants du système par le biais de l'un ou d'une combinaison de ces modes de transmission de transfert de chaleur dans les capteurs solaires où la couverture d'un distillateur solaire peut également conduire à une perte d'énergie et une réduction utile dans l'efficacité du système [17].

I.8.1. La conduction

La 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 et une transmission par les électrons libres [19].

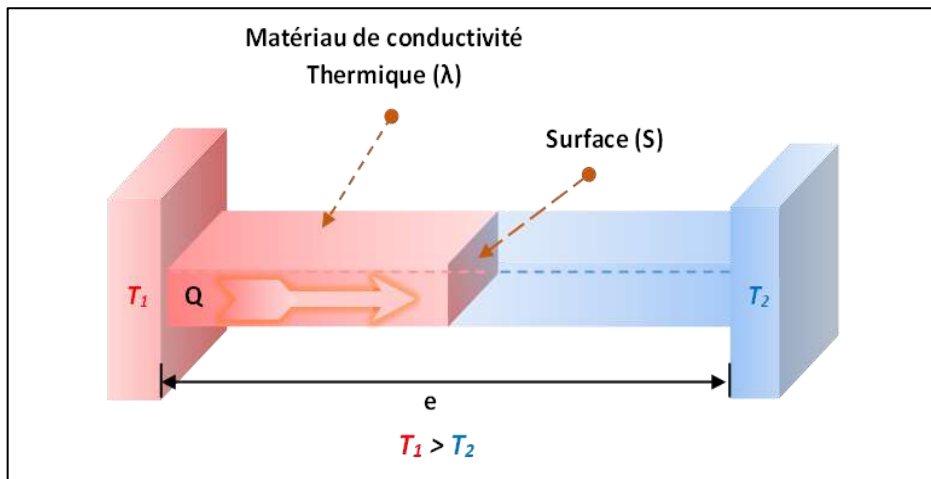


Figure I.4: Schéma du transfert de chaleur par conduction.

I.8.2. La convection

Lorsque le transfert de chaleur s'accompagne d'un transfert de masse, il est appelé transfert par convection. Ce mode d'échange de chaleur existe au sein des milieux fluides ou lorsqu'un fluide circule autour d'un solide.

Le transfert de chaleur par convection est complexe, car il résulte de la superposition de deux phénomènes :

- Conduction entre les particules de fluide qui se rencontrent ; Mélange de ces particules par suite du mouvement d'ensemble du fluide.
- Le transfert thermique par convection est divisé en deux parties suivant la nature de l'écoulement.

I.8.2.1. La convection forcée

Dans laquelle les mouvements du fluide sont imposés par un moyen extérieur (pompe, ventilateur, compresseur, etc.) ; c'est donc un gradient de pression extérieure qui provoque les déplacements des particules du fluide.

I.8.2.2. La convection libre (ou naturelle)

Dans laquelle les mouvements du fluide est dû aux variations de sa masse volumique avec la température ; cette variation crée un champ des forces gravitationnelles qui conditionne les déplacements des particules du fluide [21].

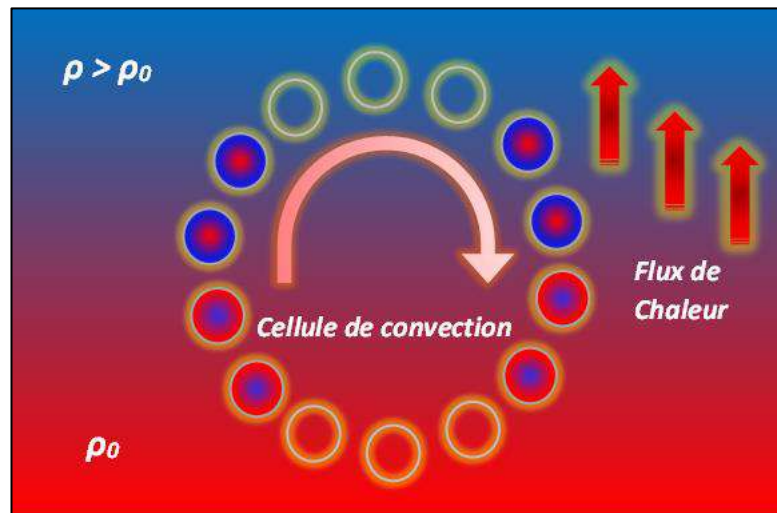


Figure I.5 : Schéma représentatif de transfert par convection.

I.8.3. Le rayonnement

Tous les corps, quel que soit leur état : solide, liquide ou gazeux, émettent un rayonnement de nature électromagnétique. Si cette énergie rayonnée rencontre un corps absorbant pour ses longueurs d'onde, elle se transforme en chaleur.

Le rayonnement thermique, comme toutes les radiations électromagnétiques, n'exigeant pas de support matériel pour se propager, se produit même dans le vide.

Le rayonnement thermique est caractérisé par des longueurs d'ondes comprises entre 0.1 et 100 μm [21].

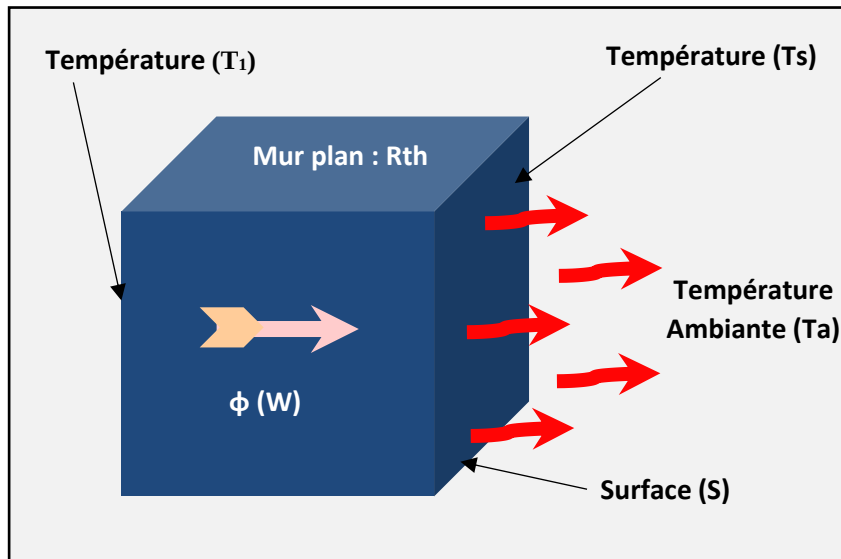


Figure I.6 : Schéma représentatif de transfert par rayonnement.

I.9. Conclusion

Pour la première partie de ce chapitre, nous avons traité la présentation des notions essentielles sur l'énergie solaire à savoir la composition du soleil, le rayonnement solaire avec ses types et autres. Dans la deuxième partie de ce chapitre, nous avons abordé la notion de transfert de chaleur, ainsi que les différents types de transfert de chaleur.

CHAPITRE-II
L'EAU ET
LA DISTILLATION SOLAIRE

Chapitre-II : L'eau et la distillation solaire

II.1. Introduction

L'eau est l'un des dons essentiels que la nature offre à l'homme. Il est aussi crucial que l'oxygène nécessaire à la survie. En effet, l'eau qui est omniprésente recouvre 72% de la surface de la terre dont 97% saumâtre, 2% sous forme de glace et de glaciers et seulement 1% est potable [22].

La circulation de l'eau entre les différents réservoirs est décrite par le cycle de l'eau (figure II.1). La dynamique du cycle hydrologique naturel d'eau dont le moteur est l'énergie solaire consiste en [23] :

- L'absorption de la radiation solaire par les océans, lacs, rivières etc..., va causer l'évaporation de l'eau.
- Le transport de la vapeur produite en tant qu'humidité de l'air vers les régions plus froides par les vents.
- Le refroidissement et la condensation de la vapeur qui va causer les précipitations de pluies et de neiges.

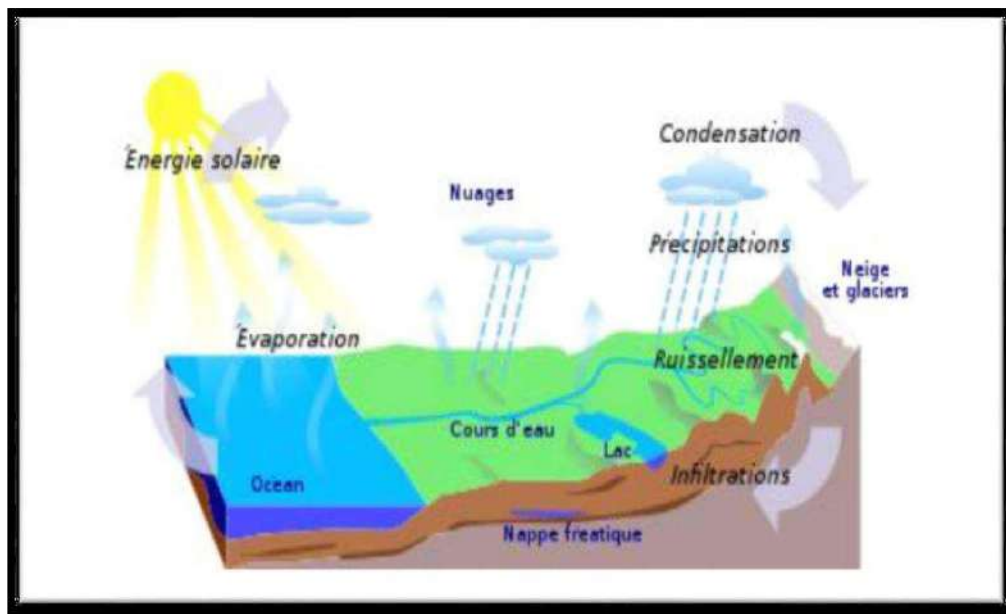


Figure II.1: Le cycle de l'eau.

II.2. L'eau

L'eau est un composé chimique ubiquitaire sur terre, essentiel pour tous les organismes vivants. Le corps humain est composé de 70 % d'eau.

L'eau se trouve en général à l'état liquide, c'est notamment un solvant très efficace, la formule chimique de l'eau pure, constituant principal de l'eau, est H_2O [24].

II.3. Le rôle de l'eau dans la vie

L'accès à l'eau potable est difficile car même abondante elle est rare et sa qualité est insuffisante. La demande en eau douce croît chaque année, cette pénurie en eau devient un grand problème qui menace la vie des habitants [25].

L'eau est un capital vital, qui ne cesse de se répercuter dans l'esprit de l'homme, surtout aux dernières années à vénérer ce liquide précieux et réagir contre toutes sortes de contaminations qui souillent ses ressources.

Dans ce contexte on peut dire sans doute que, l'eau représente la vie, elle se retrouve dans les océans, les mers, les lacs, les nappes souterraines, ... etc.

Dans l'atmosphère, l'eau se trouve à l'état vapeur, puis sous l'effet de refroidissement, l'eau passe de l'état vapeur à l'état liquide (pluie) ou solide (neige), le moteur de ce cycle est l'énergie solaire qui est responsable de ce changement d'état de l'eau pure.

En plus, l'eau est considérée comme un solvant de bon marché pour les produits minéraux et pour certains produits organiques [26].

II.4. La distribution de l'eau sur le globe

La planète Terre est couverte à plus de 70% d'eau. Malgré cette abondance, seulement 1% est disponible pour les besoins de l'humanité, car la majorité de cette eau est salée, donc non potable :

L'eau sur Terre se répartit comme suit [27] :

- ➔ 97 % d'eau salée
- ➔ 3 % d'eau douce.

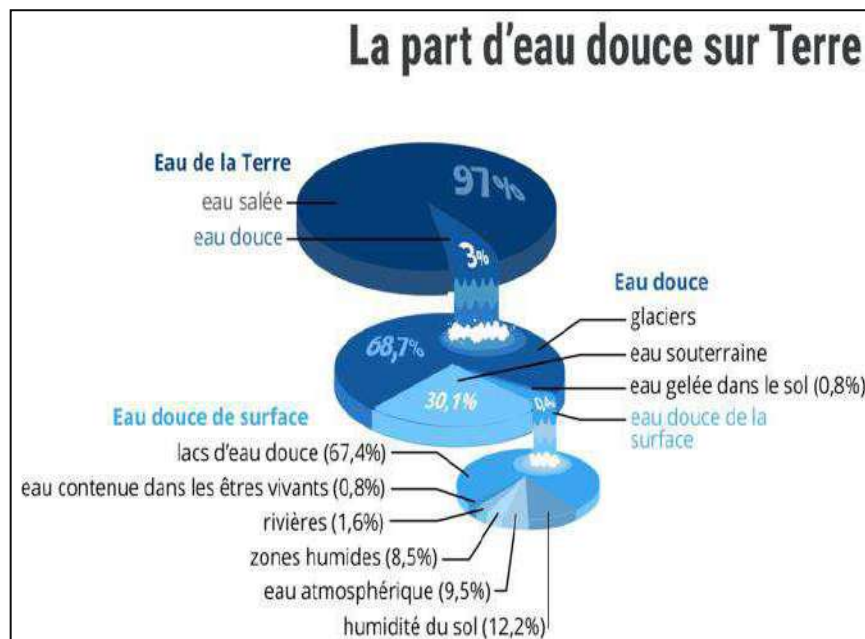


Figure II.2: La part d'eau douce sur terre.

De ce pourcentage, l'eau douce se répartit comme suit :

- 69,6 % de l'eau douce se retrouve sous forme solide (comme dans les glaciers) ;
- 30,0 % de l'eau douce se retrouve dans les eaux souterraines ;
- 0,4 % de l'eau douce est disponible en surface de la Terre sous forme liquide ou gazeuse (vapeur d'eau).

Cette eau douce et disponible à la consommation n'est pas répartie de façon équitable sur Terre. Certains pays se retrouvent donc confrontés à des problèmes d'approvisionnement en eau douce et potable. La carte suivante illustre la disponibilité de l'eau douce dans les différentes régions du monde.

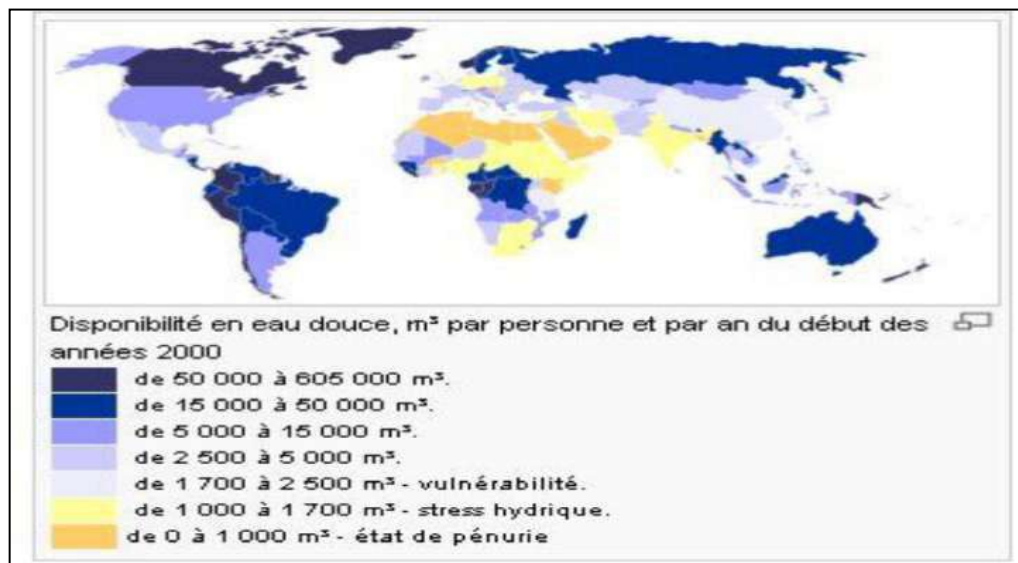


Figure II.3: Disponibilité en eau douce.

II.5. 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. Les eaux saumâtres, qui proviennent habituellement des nappes souterraines, contiennent le plus souvent de 2000 à 10000 mg/L de matières dissoutes. Signalons au passage que l'effluent d'une usine d'épuration (traitement biologique) contient environ 750 mg/L de matières dissoutes [28].

Tableau II.1: Classification des eaux selon la salinité.

Type d'eau	Salinité (mg/L)
Eau douce	Inférieure à 500
Eau légèrement saumâtre	De 1000 à 5000
Eau modérément saumâtre	De 5000 à 15000
Eau très saumâtre	De 15000 à 35000
Eau de mer	De 35000 à 42000

II.6. Les différents types d'eau

On peut classer les différentes eaux en quatre catégories.

II.6.1. L'eau de mer

La caractéristique la plus importante des eaux de mer est leur salinité, c'est-à-dire leur teneur globale en sels (chlorures de sodium de magnésium de sulfates et de carbonates). La salinité moyenne des eaux de mers et océans est de 35g /l. Cette salinité peut être différente dans le cas de mers fermées [29] :

PH moyen des eaux de mer varie entre 7,5 et 8,4, l'eau de mer est un milieu légèrement basique.

II.6.2. Les eaux naturelles

Ce sont les eaux qui proviennent des lacs, fleuves, rivières et nappes souterraines. Elles ont une composition chimique différente et parfois elles sont polluées et impropres à consommation [30].

II.6.3. Les eaux saumâtres

On appelle eau saumâtre une eau salée non potable de salinité inférieure à celle de l'eau par litre. Ce sont parfois des eaux de surface mais le plus souvent des eaux souterraines qui se sont chargées en sels en dissolvant certains sels présents dans les sols qu'elles ont traversés. Leur composition dépend donc de la nature des sols traversés et de la vitesse de circulation dans ces sols. Les principaux sels dissous sont le CaCO_3 , le CaSO_4 , le MgCO_3 et le NaCl [29].

II.6.4. L'eau potable

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau [30].

Selon l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) une eau est considérée comme potable si sa salinité totale est comprise entre 100 et 1000 mg/l, soit 0.1 et 1 g/l. L'objectif de la salinité de l'eau produite pour la consommation se situe en général autour de 400 mg/l [32].

II.7. Les besoins en eau potable dans le monde

Les besoins en eau potable dans le monde augmentent d'une manière continue, alors que les réserves souterraines se trouvent constamment diminuées. Plus d'un tiers de l'humanité, appartenant généralement aux pays du tiers monde, n'a pas accès à l'eau potable. Pour remédier à ce problème crucial, et augmenter les potentialités en eau dans le monde il faut envisager de produire de l'eau potable par le dessalement d'eau de mer ou d'eau saumâtre. Néanmoins le

dessalement de ces eaux par des unités classiques de traitement nécessite beaucoup d'énergie électrique et /ou calorifique [33].

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 :

- 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 [34].

II.8. Distillation solaire

II.8.1. Historique

La technique de dessalement de l'eau par l'énergie solaire utilisant un distillateur simple basée sur le principe de l'effet de serre n'est pas nouvelle, les alchimistes arabes auraient été les premiers à utiliser la distillation solaire. Ils ont utilisé des miroirs intérieurs nettoyés pour concentrer le rayonnement solaire sur un verre contenant de l'eau salée afin de produire de l'eau douce. Elle a été pour la première fois utilisée à grande échelle au Chili (1872) par l'ingénieur suédois Carlos Wilson pour alimenter en eau potable la localité de Salinas. Dans le désert d'Atacama au Chili, la seule eau naturelle qu'on y trouve contient 140 g de sel par litre. Avec une surface de verre de 4400 m² on obtenait en été environ 23 m³ d'eau douce par jour, et ce système fit ses preuves pendant des années. Depuis lors, le principe de construction n'a pas changé, même si quelques améliorations ont été obtenues aux matériaux de construction et aux méthodes de travail [35].

II.8.2. Principe de fonctionnement d'un distillateur solaire

La distillation solaire est l'analogie faite avec le cycle hydrologique naturel. En effet, l'homme a reproduit en un petit modèle ce cycle naturel qu'on appelle le distillateur solaire.

Le principe de la distillation solaire est mis en œuvre comme suit : Les rayons du soleil traversent le couvercle en verre jusqu'à l'eau salée au fond de la chambre du distillateur. La température de l'eau salée commence à augmenter et un transfert de chaleur est effectué entre l'absorbeur noir et l'eau saumâtre. Ensuite, l'eau commence à s'évaporer. La vapeur chaude arrive au niveau du verre froid. La condensation de cette vapeur donne des gouttelettes d'eau et tomber dans le récupérateur situé au coin [36].

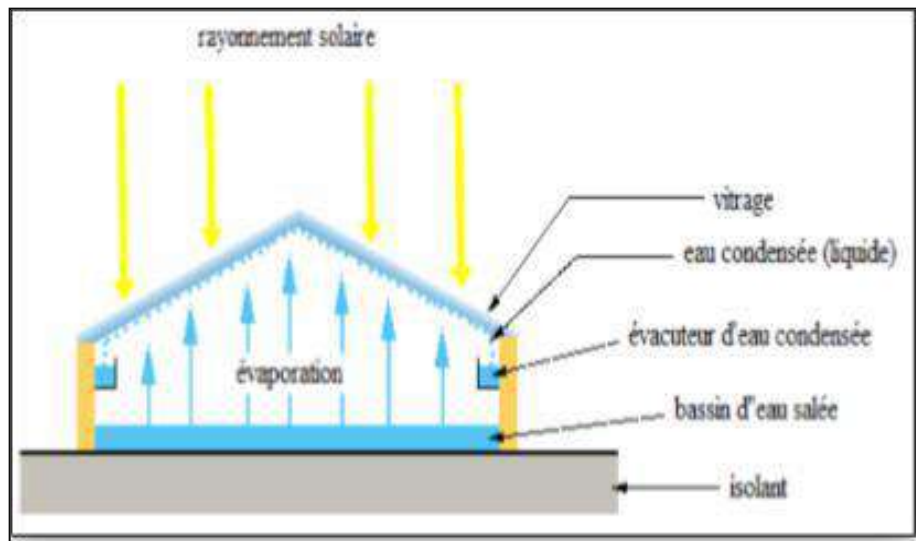


Figure II.4: Principe de fonctionnement d'un distillateur solaire.

II.9. Les différents types de distillateurs solaires

Il existe plusieurs types de distillateurs solaires. Ils peuvent être différents, en termes de conception et en termes de matériaux utilisés, mais ils utilisent tous le même principe et servant aux mêmes fonctions [37].

II.9.1. Distillateurs à simple effet

Distillateurs à simple effet sont des configurations très simples utilisées pour obtenir de l'eau distillée à partir de saumure. Ces Distillateurs utilisent généralement un couvercle en verre en haut et un bassin d'eau en bas. Le verre est presque transparent au rayonnement solaire entrant. Le rayonnement transmis est capté par le bassin d'eau, qui chauffe l'eau. L'opacité du verre à un rayonnement thermique de plus grande longueur d'onde du bassin empêche le rayonnement thermique de s'échapper par la haute couverture. C'est l'effet de serre. La surface de verre supérieure perd de la chaleur à l'environnement par convection et rayonnement thermique et reste à une température inférieure à celle du bassin et sert ainsi à la surface de condensation.

Les vapeurs d'eau montent du bassin en raison de la convection naturelle et se condensent à la surface supérieure. Le distillat glisse le long du couvercle supérieur et est rassemblé dans un canal latéral.

Généralement ce type est simple à construire et à maintenir mais son efficacité reste inférieure à celle d'un distillateur à multiple effets [38].

II.9.1.1. Distillateur à pente unique

Le distillateur solaire à pente unique ou encore le distillateur de Charles Wilson (son créateur au Chili en 1872), et on peut aussi simplement appeler le distillateur conventionnel.

C'est un distillateur à capteur unique incliné d'un angle (α), généralement sa production est faible comparée avec les autres types de distillateurs à multiple effets, mais il est très souple vue son simple entretien et la facilité de son démontage et de son assemblage. Le principe de fonctionnement est représenté schématiquement dans la figure (II.5).

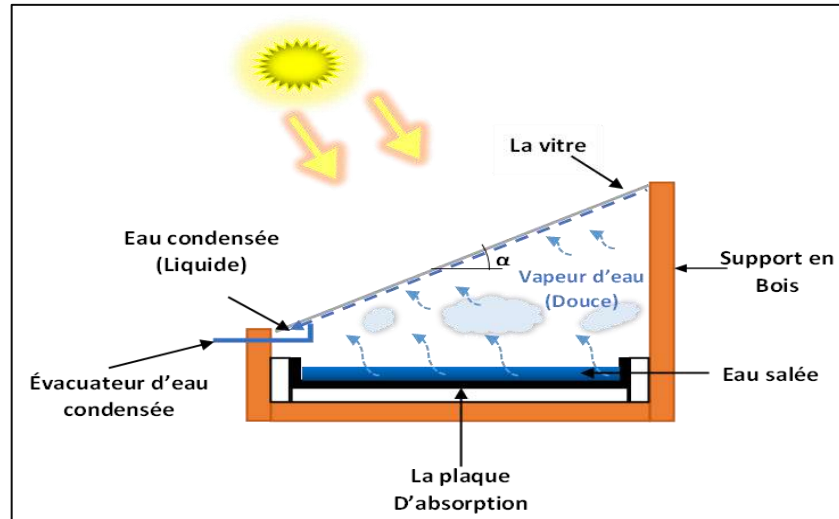


Figure II.5: Distillateur solaire simple à pente unique.

II.9.1.2. Distillateur à double pentes

C'est un distillateur à double capteurs (double pentes) où chacun d'eux est incliné d'un angle (α), son avantage est d'exposer, un capteur au soleil et un autre à l'ombre pour accélérer la condensation. Le principe de fonctionnement est représenté schématiquement dans la figure (II.6) [39].

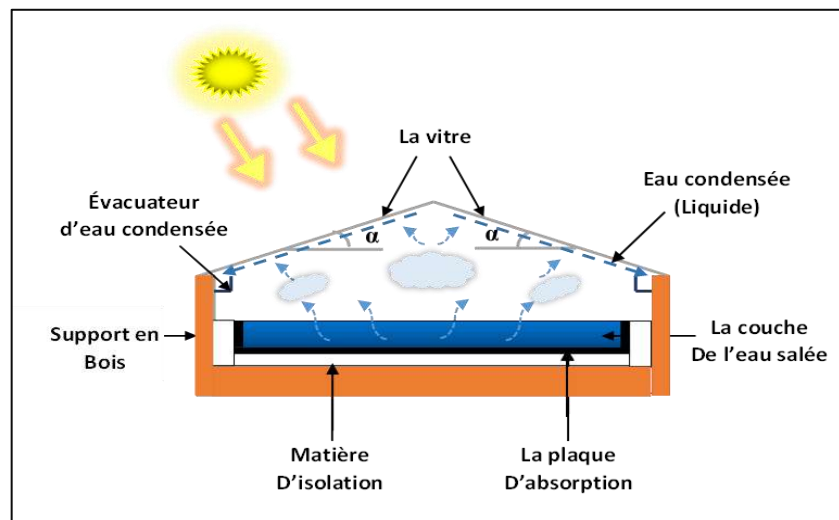


Figure II.6: Distillateur solaire simple à double pentes.

II.9.1.3. Distillateur solaire sphérique à balayage

C'est un distillateur en balayage ou en matériau plastique transparent de forme sphérique reposant sur des supports, il est essentiellement constitué par trois parties, une demi-sphère

supérieure qui sert à transmettre le rayonnement solaire d'une part et joue le rôle de surface de condensation d'autre part, une demi-sphère inférieure qui permet de récupérer le distillat, un bac horizontal en métal noirci contenant l'eau à distiller qui se trouve dans le plan médian de la sphère [10].

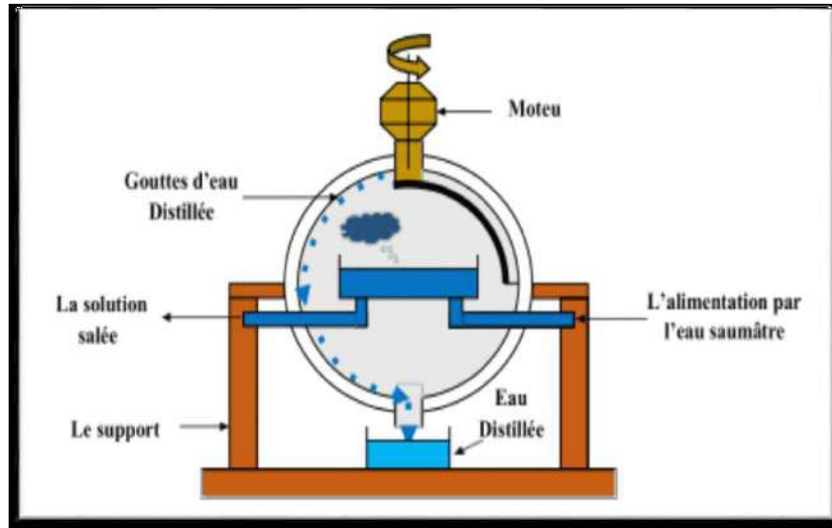


Figure II.7: Distillateur sphérique à balayage.

II.9.1.4. Distillateur solaire terre-eau

De grandes quantités d'humidité sont accumulées dans la terre durant la saison froide, de même dans les régions arides. Cette humidité est retournée à l'atmosphère durant la saison chaude pour compléter le cycle hydrologique naturel. Pour exploiter ceci, on utilise le distillateur solaire terre-eau. C'est un distillateur contenu dans le sol. Il est similaire au distillateur à doubles pentes, sauf que le sol remplace le bassin noir [10].

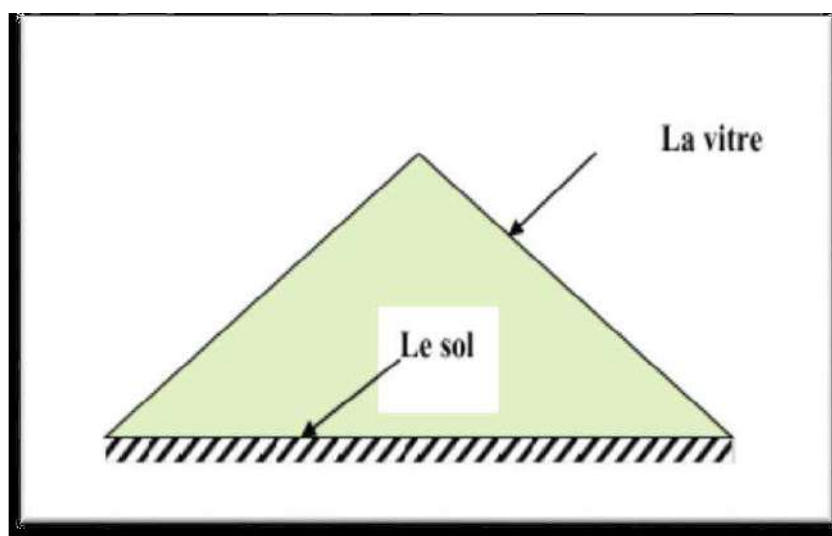


Figure II.8: Distillateur solaire terre-eau.

II.9.2. Distillateur solaire à multiples effets

Le distillateur solaire à multiples effets est constitué de plusieurs évaporateurs, mais il contient plusieurs modèles qui sont les suivants [35,41] :

- Distillateurs solaires à plusieurs bassins ;
- Distillateurs solaires inclinés à cascades.

II.10. Les paramètres influents sur le fonctionnement du distillateur

On peut diviser ces paramètres en deux grands groupes :

- Les paramètres atmosphériques (climatiques et locaux) ;
- Les paramètres de constructions (condenseur, absorbeur, profondeur de l'eau saline...etc.) [42].

II.10.1. Les paramètres atmosphériques

➤ *La radiation solaire*

La production en eau du distillateur solaire dépend essentiellement de l'intensité de la radiation solaire.

➤ *La température ambiante*

La production en eau augmente légèrement quand la température de l'air augmente.

➤ *La vitesse du vent*

La vitesse du vent est liée à la convection forcée qui se produit au niveau des vitres. Elle influe proportionnellement sur les températures des vitres, donc elle conduit à une augmentation de l'écart entre les températures de l'eau salée et celle de la vitre, ce qui contribue à l'élévation du taux d'évaporation de l'eau [43].

II.10.2. Les paramètres de constructions

➤ *La couverture*

La couverture verrière intervient essentiellement par sa nature, tel que transmette-le maximum de rayonnement solaire et qu'elle soit opaque à l'infrarouge. Il faut qu'elle soit non hydrophobe elle doit aussi résister aux attaques du vent et des particules solides.

➤ *L'inclinaison*

Son inclinaison par rapport à l'horizontale, pour déterminer la quantité d'énergie solaire introduite dans le distillateur et pour minimiser la distance entre saumure et vitre l'angle d'inclinaison doit faire l'objet d'un choix judicieux. L'inclinaison influe d'autre part sur les équations des bilans énergétiques des différents constituants du distillateur [44].

➤ ***L'absorbeur***

Il a pour rôle de transformer instantanément le rayonnement solaire qu'il reçoit en chaleur et de la transmettre par conduction à la solution salée. Un bon absorbeur doit avoir les propriétés et les qualités suivantes [23] :

- ➡ Une bonne conductivité thermique ;
- ➡ Imperméable ;
- ➡ Supporter de grandes températures sans qu'il y ait des effets de détérioration.

➤ ***La profondeur de l'eau saumâtre dans le bassin***

Pour les distillateurs dont la base est thermiquement bien isolée, la différence entre ceux à faible et ceux à grande profondeur de l'eau saumâtre est notable. La faible profondeur de l'eau saumâtre (faible masse d'eau) entraîne l'évaporation rapide à cause de l'énergie importante qui sera absorbée par l'eau saumâtre. La production est d'autant plus importante que la profondeur est faible ; d'autre part, plus la profondeur de l'eau saumâtre est grande, plus longtemps dure la distillation après le coucher du soleil [35].

II.11. Conclusion

Nous avons présenté dans ce présent chapitre l'importance de l'eau dans la vie, les différents types d'eau et autres, suivi d'une généralité sur la distillation solaire, principe de fonctionnement d'un distillateur solaire, et les différents types de distillateurs solaires ... etc.

CHAPITRE-III

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

III. Etude Expérimentale

III.1. Introduction

Pour améliorer l'efficacité des distillateurs solaires, plusieurs études ont été réalisées expérimentalement et théoriquement (simulation), dans le but d'augmenter leurs cumuls journaliers en eau distillée.

Notre but dans cette étude expérimentale réside dans l'essayer d'améliorer le cumul journalier en eau distillée produite par un distillateur conventionnel (à pente unique). Pour réaliser ce travail nous avons ajouté l'argile locale au bassin de distillateur, et voir son effet sur la performance du distillateur solaire en la comparant avec l'unité du témoin (sans argile).

Ce travail a été effectué au laboratoire de génie des procédés (LGP) faculté des sciences appliquées à l'université d'Ouargla.

III.2. Généralité sur le lieu d'expériences (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. Le tableau III.1 représente quelques données sur la région d'Ouargla [10].

Tableau III.1. Données climatiques et géographique.

Superficie totale	163233 Km²
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
Taux d'insolation sur plan horizontal	3500 h par année

III.3. Conception du distillateur solaire

Les distillateurs utilisés lors de nos expériences sont simples à réaliser ont une conception ne présentent pas de grandes difficultés techniques. Il s'agit des distillateurs solaires simples à pente unique, Ils ont les mêmes dimensions, pour faire cette étude on utilise l'un des distillateurs comme (témoin), et les autres font l'objet d'études.



Figure III.1 : Conception du distillateur solaire utilisé dans les expériences.

III.3.1. Bac absorbant

Le bac absorbant est l'élément le plus important du distillateur solaire, son rôle est d'absorber le maximum de rayonnement solaire global et transmettre la chaleur produite par cette absorption vers la saumure, c'est pour cette raison qu'il est peint en noir mat.

III.3.2. Couverture verrière

La couverture transparente (verre) est un élément très important pour le distillateur solaire car il joue un rôle primordial dans la création de l'effet de serre à l'intérieur du distillateur solaire. Elle est aussi le condenseur de la vapeur, le transporteur du condensat et le récupérateur de l'eau distillée.

III.3.3. Collecteur d'eau distillée

La récupération l'eau distillée est exécutée par une saignée en tôle galvanisée et soudée à l'intérieur du bac, est liée par un tube en plastique pour récupérer séparément le distillat à l'extérieur du distillateur solaire.

III.3.4. L'isolation thermique

Généralement, l'isolation thermique du distillateur est en laine de verre ou en polystyrène. Pour diminuer les pertes de chaleur, on a choisi dans notre étude le polystyrène comme isolant thermique, avec une épaisseur varie de 4 à 6 cm.

III.3.5. Couverture extérieure

Le coffre du distillateur renferme les différents éléments. Il devra donc assure une protection efficace aux agents atmosphériques. Le coffre du distillateur est réalisé en bois, son épaisseur est de 2 cm.

III.3.6. Les tuyauteries

Ce sont des tuyaux en plastique, de diamètre allant 1 à 1.5 cm pour lier les différentes parties du distillateur afin de transporter l'eau saumâtre, ou distillée.

Tableau III.2 : Dimensions du distillateur solaire.

Composants Dimensions	Bac Absorbant	Isolant Thermique	Couverture Extérieure	La vitre
Longueur (cm)	40	48	52	46
Largeur (cm)	30	38	42	30
Hauteur arrière (cm)	23	27	31	-
Hauteur avant (cm)	5	9	11	-
Epaisseur (mm)	20	40	20	30
Superficie (m ²)	0.12	0.18	0.23	0,13

III.4. Appareillages de mesure utilisés dans les expériences

Dans notre étude on a utilisé différents appareils de mesures, ils sont mentionnés comme suit :

III.4.1. Solaire-Mètre (MacSolar)

C'est un appareil simple sans enregistrement des données. Utilisé pour mesurer instantanée les radiations du soleil. Cet appareil peut mesurer le rayonnement jusqu'à 1500 W/m² et les températures de - 40 à +85 °C. il contient :

- Affichage des données mesurées : écran LCD.
- Alimentation en courant autonome (cellule solaire) grâce à l'énergie solaire.



Figure III.2 : Solaire-Mètre.

III.4.2. Thermomètre (LCD HTC-1 H596)

C'est un appareil simple qui est installé dans une structure appelée *Stevenson screen box* à une hauteur (1.5 m) sur la surface de la terre pour mesurer : la température ambiante et l'humidité relative.



Figure III.3 : Compteur numérique de température et d'humidité (LCD HTC-1 H596).

III.4.3. 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.

III.4.4. Thermomètre avec sonde

La mesure de température de l'eau salée à l'intérieur du réservoir d'alimentation s'effectue à l'aide de thermomètre électronique avec sonde.



Figure III.5 : Thermomètre avec sonde.

III.4.5. Thermocouples

Dans notre étude, la mesure des températures pour les différents points dans le distillateur s'effectue à l'aide des thermocouples. Chaque thermocouple est lié à un appareil spécial contenant un écran numérique. Cet appareil transforme la température en un courant électrique, d'où on peut lire à la suite la valeur de la température à l'endroit où les thermocouples ont été placés.



Figure III.6 : Thermocouples avec lecteur-indicateur.

III.4.6. Tubes Gradués

Les quantités de l'eau distillée obtenue pendant chaque heure sont mesurer par le tube gradué.



Figure III.7 : Tubes graduée.

III.4.7. Mesure de la qualité de l'eau

Multi-paramètres (Hanna instruments-HI9829), c'est un appareil utilisé pour mesurer plusieurs paramètres de l'eau tel que, pH, la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$), la salinité (%) et le TDS (solides dissous totaux) (mg/l). Ces analyses ont été effectuée au niveau de laboratoire du génie de l'eau et de l'environnement en milieu saharien.

L'objectif de mesurer ces paramètres est de faire une comparaison entre l'eau distillé produite par les unités de test et celle de témoin.



Figure III.8 : Multi-paramètres (Hanna - HI9829).

III.5. Emplacement des thermocouples

Dans notre étude, nous avons mesuré les températures à l'intérieur du distillateur solaire aux points matériels suivants :

- ❶ Température de l'absorbeur.
- ❷ Température de l'eau saumâtre à l'intérieur du distillateur.
- ❸ Température de la face intérieure de la vitre.

Le schéma suivant montre les différentes composantes du distillateur avec l'emplacement des thermocouples.

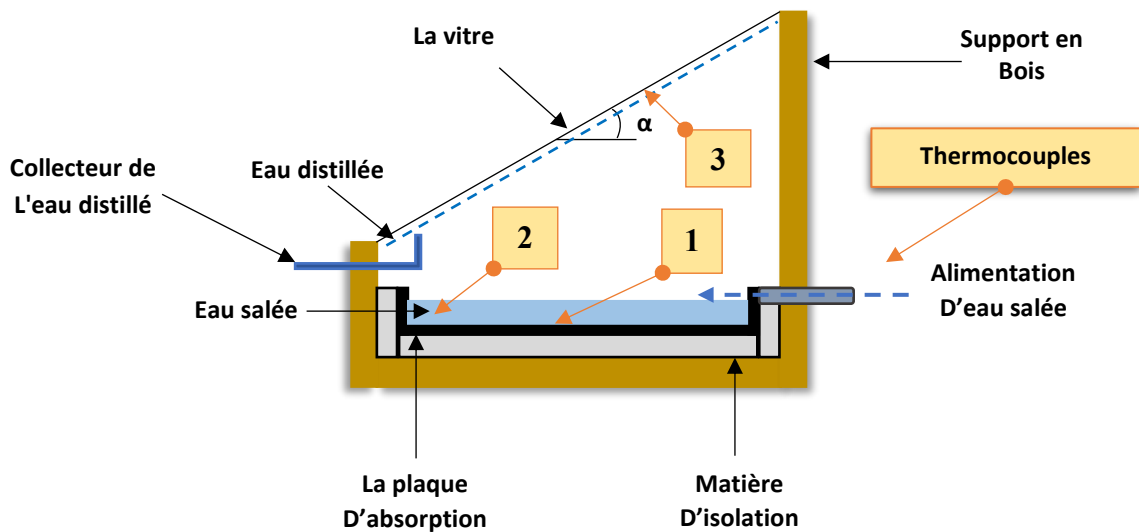


Figure III.9 : Emplacement des thermocouples.

III.6. Expériences

Notre but dans cette étude expérimentale est d'observer l'influence d'utilisation de l'argile locale sur l'efficacité d'un distillateur solaire conventionnelle.

III.6.1. L'argile

L'argile est une roche sédimentaire formée par matériaux polyphasés, composés à la fois de phase minérale qui sont les silicates en général d'aluminiums (des composés chimiques de l'oxyde d'aluminium Al_2O_3 et du dioxyde de silicium SiO_2) et phase organique, qui présente une structure feuilletée qui explique leur plasticité, ou bien une structure fibreuse qui explique leurs qualités d'absorption [45]. Elle définit également une gamme granulométrique comprenant des particules minérales, dont le diamètre des grains est inférieur à $< 2 \mu\text{m}$.

Les particules d'argile résultent de la désintégration physique ou mécanique des roches, ou d'une transformation chimique.

III.6.2. Utilisation d'argile

L'argile est employée dans de nombreux domaines industriels, on peut citer parmi elles :

- L'industrie pétrolière comme boue de forage.
- Dans les processus de transformation et de raffinage du pétrole [46].
- En industrie pharmaceutique : smectites (entre dans la préparation de Smecta).
- Traitement des eaux (élimination de métaux lourds par adsorption) [47].

III.6.3. Procédure expérimentale

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

Les expériences se sont étalées de 09h00 à 17h00, et pendant chaque heure on a mesuré les grandeurs suivantes :

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

Dans tous les séries d'expérience ; nous avons utilisé différentes masses d'argile locale à savoir : 50 g, 150 g, 250 g et 350 g ; ou respectivement : (0,416 ; 1,25 ; 2,083 et 2,916 kg/m² d'absorbeur), exprimées en densité surfacique (masse d'argile/surface horizontale de l'absorbeur).

Pour ce faire, trois distillateurs simples à effet de serre équipés par les différents éléments ont été utilisés dans cette étude, on utilise l'un des distillateurs pour le (50 g) par exemple, le deuxième pour (150 g), tandis que le troisième reste comme unité de témoin. Le niveau d'eau dans le bassin est fixé à 1 cm.

III.7. Conclusion

Dans ce présent chapitre nous avons présenté une généralité sur le lieu d'expériences, la conception du distillateur solaire, les différents appareils de mesure utilisés dans notre étude suivie d'une généralité sur l'argile avec son utilisation et en fine, la procédure expérimentale.

CHAPITRE-IV

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

IV. Résultats et Discussions

IV.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons exposer les résultats expérimentaux obtenus pendant les Expériences effectuées.

- Premièrement, nous avons tracé la variation de rayonnement solaire et la température ambiante en fonction du temps pour un jour choisi.
- Deuxièmement, dans chaque expérience nous avons tracé la variation des différentes températures pour les distillateurs (Test et Témoin), aussi la variation de débit volumique et le cumul horaire en fonction du temps.

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

T : distillateur témoin.

MA₁ : distillateur avec masse de 50 g d'argile.

MA₂ : distillateur avec masse de 150 g d'argile.

MA₃ : distillateur avec masse de 250 g d'argile.

MA₄ : distillateur avec masse de 350 g d'argile.

Sachant que :

T_{abs} : Température de l'absorbeur.

T_{ea} : Température d'eau salée à l'intérieure de distillateur.

T_{vi} : Température de vitre.

T_{amb} : Température ambiante.

T_{rs} : Température d'eau salée (dans le réservoir).

G : Intensité de rayonnement solaire.

Q : débit de distillat pour le distillateur témoin.

Q_{MA-1}, Q_{MA-2} ... : débit de distillat pour le distillateur test dans chaque expérience.

Enfin, nous avons fait une discussion des résultats qui correspondent tous les graphes existants pour tous les expériences réalisées.

IV.2. Intensité du rayonnement solaire et la température ambiante

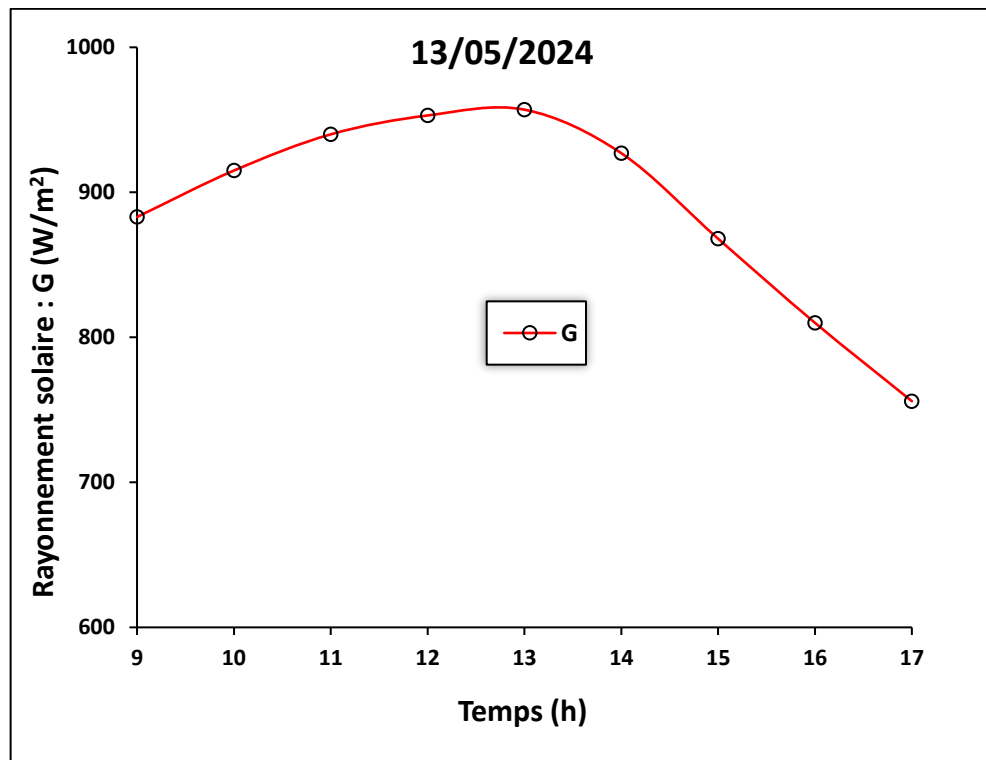


Figure IV.2 : Intensité du rayonnement solaire.

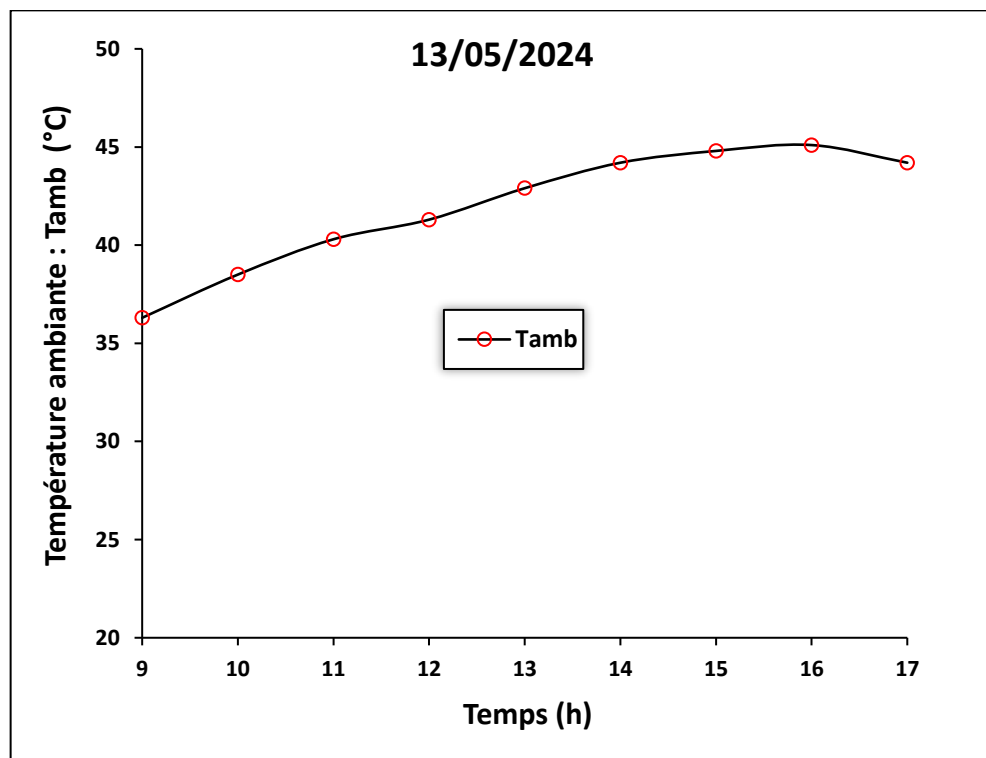


Figure IV.2 : Température ambiante.

IV.3. Première expérience : MA₁ (50 g) d'argile

A- Variation des différentes températures pour les distillateurs (Témoin et Test)

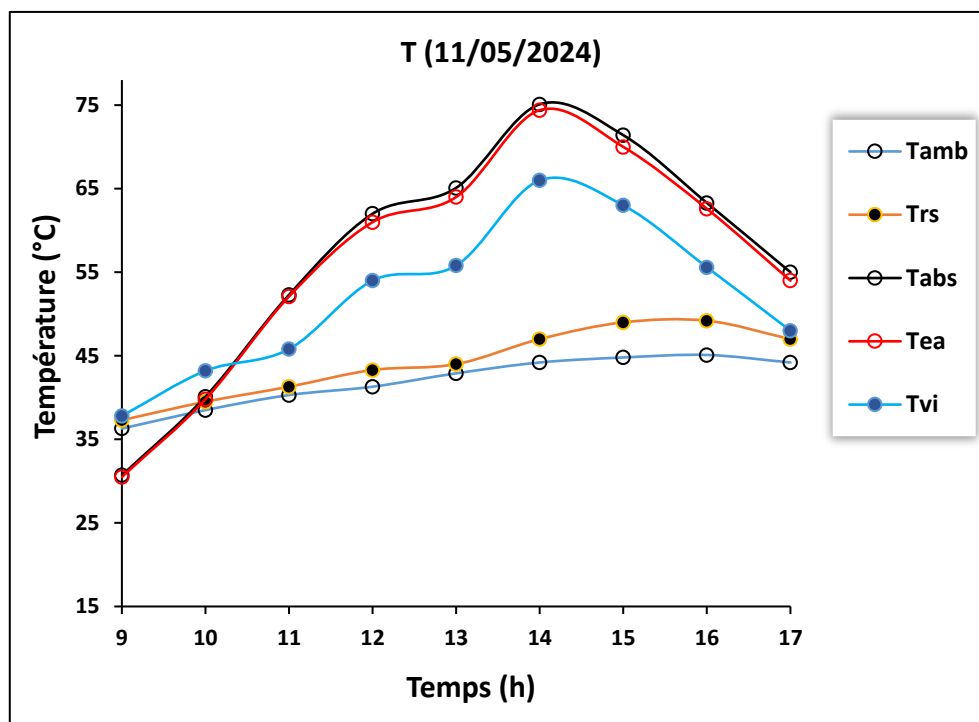


Figure IV.3 : Variation des différentes températures pour le distillateur Témoin en fonction du temps.

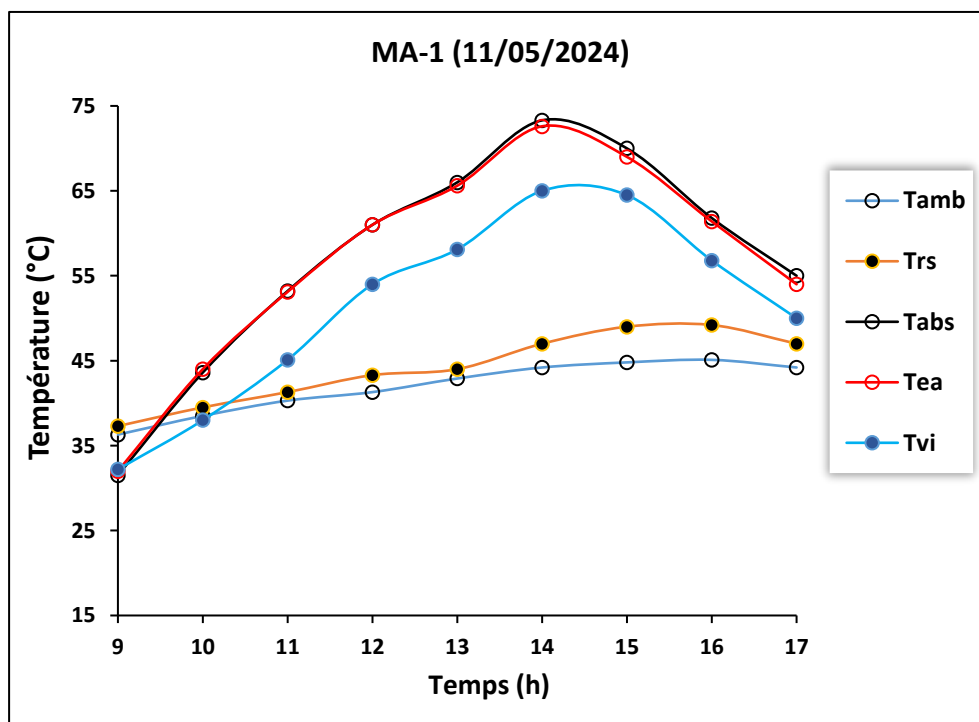


Figure IV.4 : Variation des différentes températures pour le distillateur avec 50 g d'argile en fonction du temps.

B- Variation de débit volumique et le cumul horaire

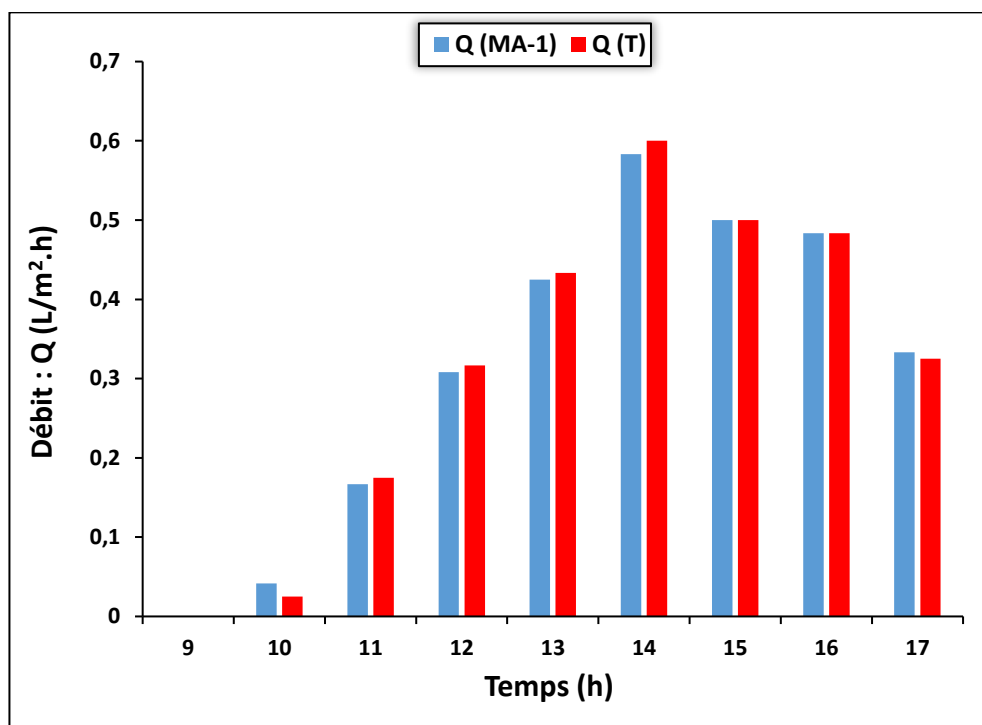


Figure IV.5 : Variation de la quantité d'eau distillée pour les deux distillateur MA₁ et T en fonction de temps.

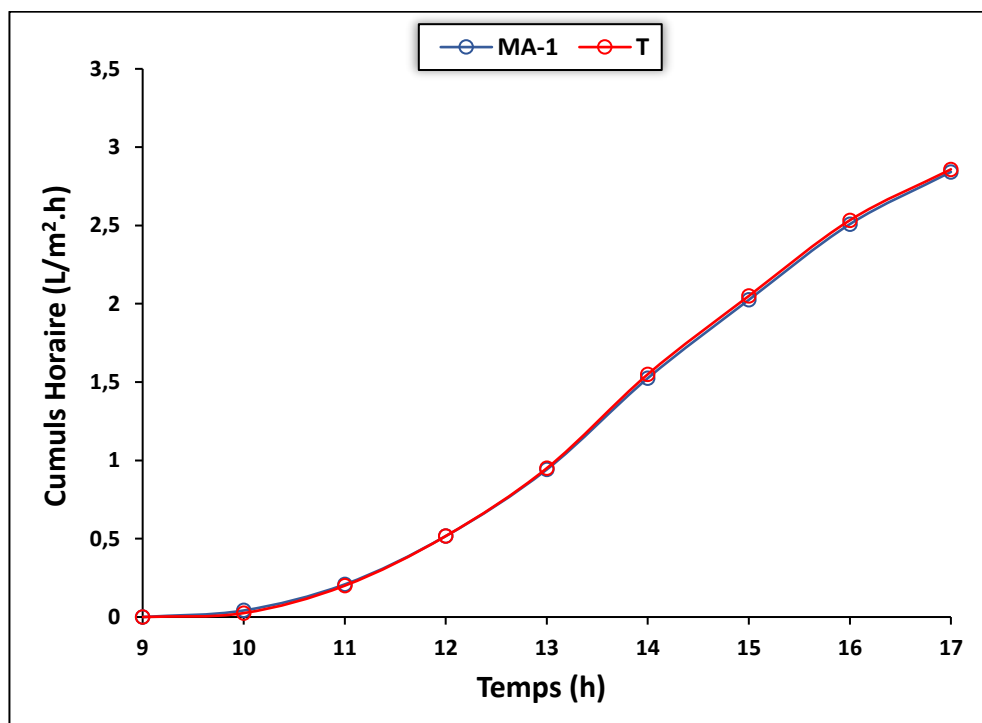


Figure IV.6 : Cumul horaire d'eau distillée pour les deux distillateur MA₁ et T en fonction de temps.

IV.4. Deuxième expérience : MA₂ (150 g) d'argile

A- Variation des différentes températures pour les distillateurs (Témoin et Test)

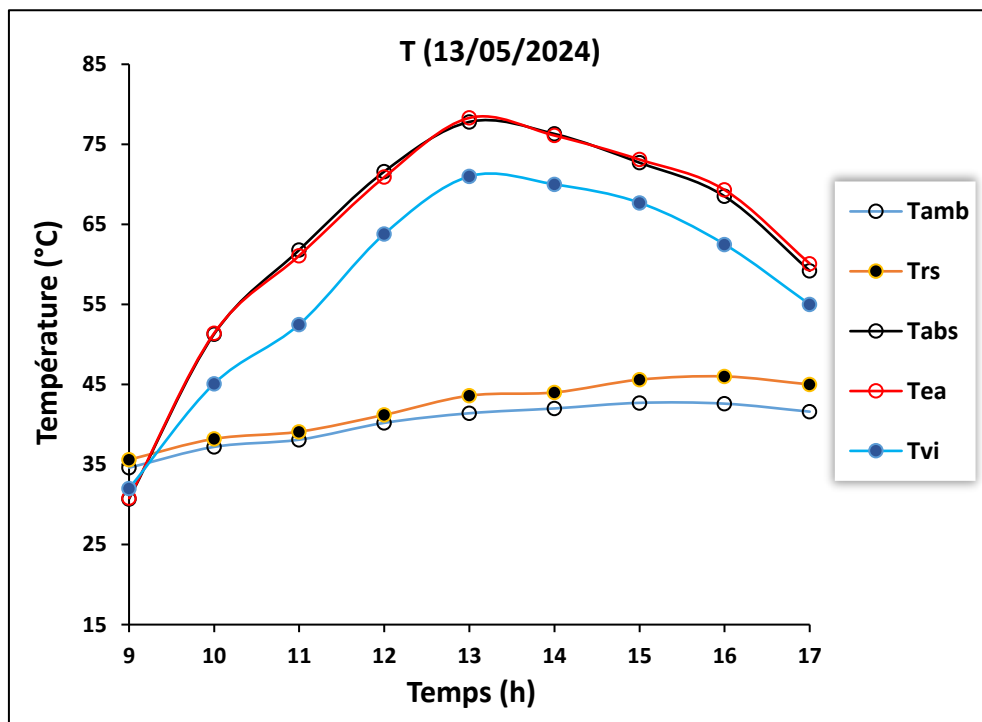


Figure IV.7 : Variation des différentes températures pour le distillateur Témoin en fonction du temps.

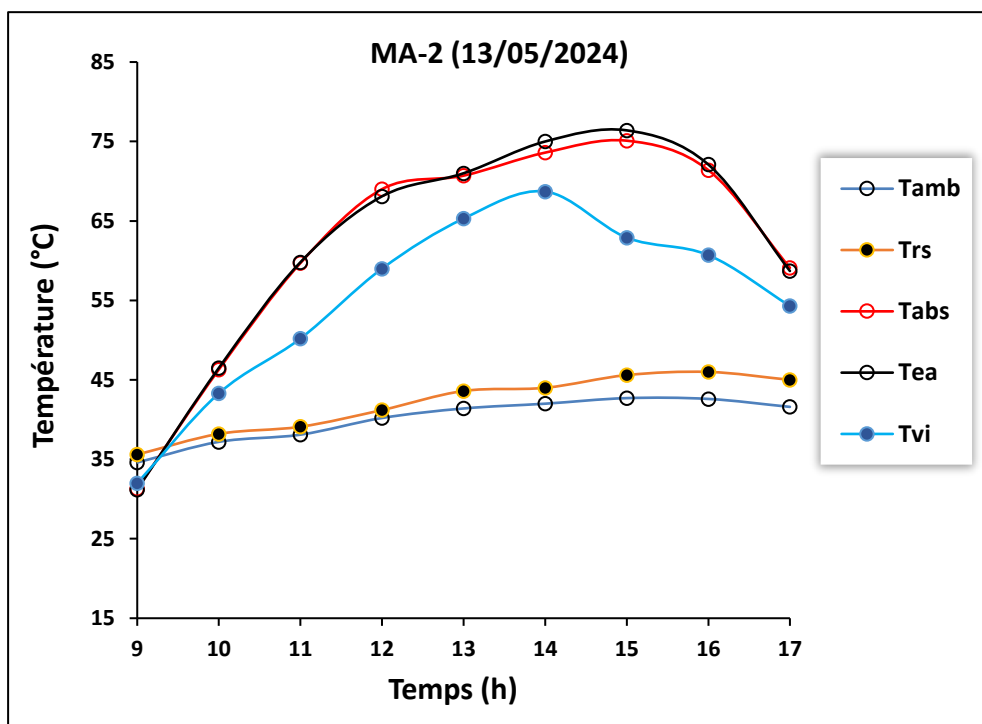


Figure IV.8 : Variation des différentes températures pour le distillateur avec 150 g d'argile en fonction du temps.

B- Variation de débit volumique et le cumul horaire

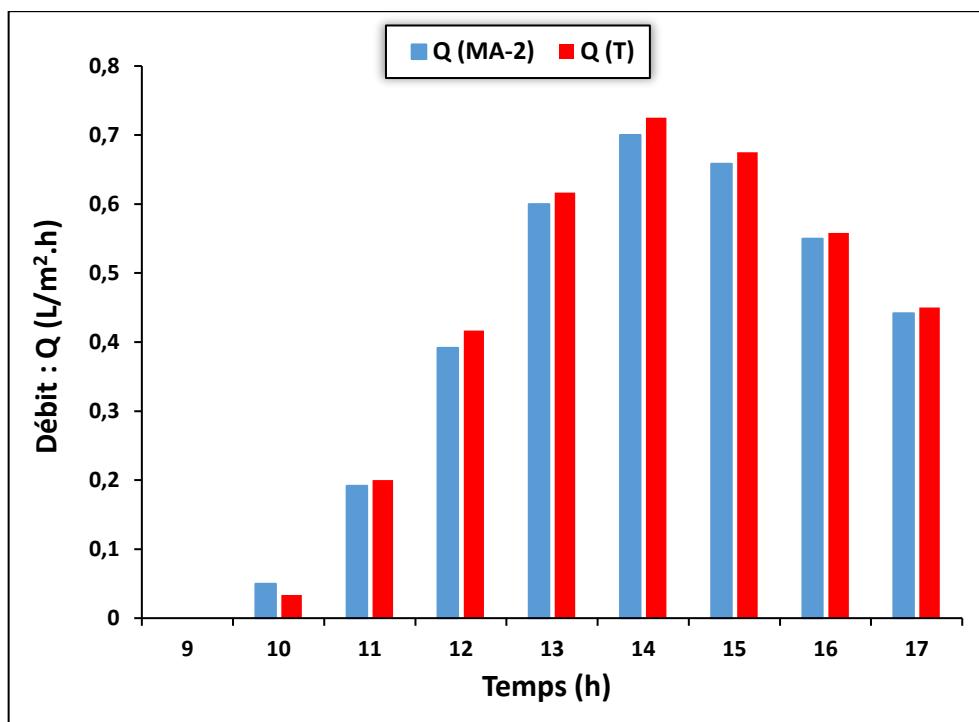


Figure IV.9 : Variation de la quantité d'eau distillée pour les deux distillateur MA₂ et T en fonction de temps.

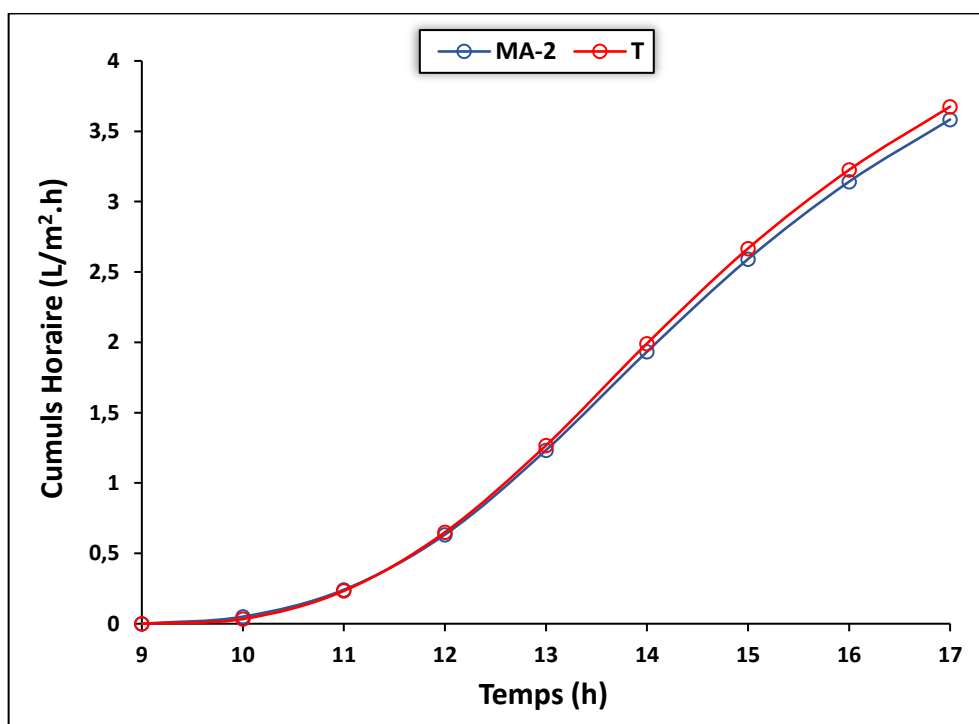


Figure IV.10 : Cumul horaire d'eau distillée pour les deux distillateur MA₂ et T en fonction de temps.

IV.5. Troisième expérience : MA₃ (250 g) d'argile

A- Variation des différentes températures pour les distillateurs (Témoin et Test)

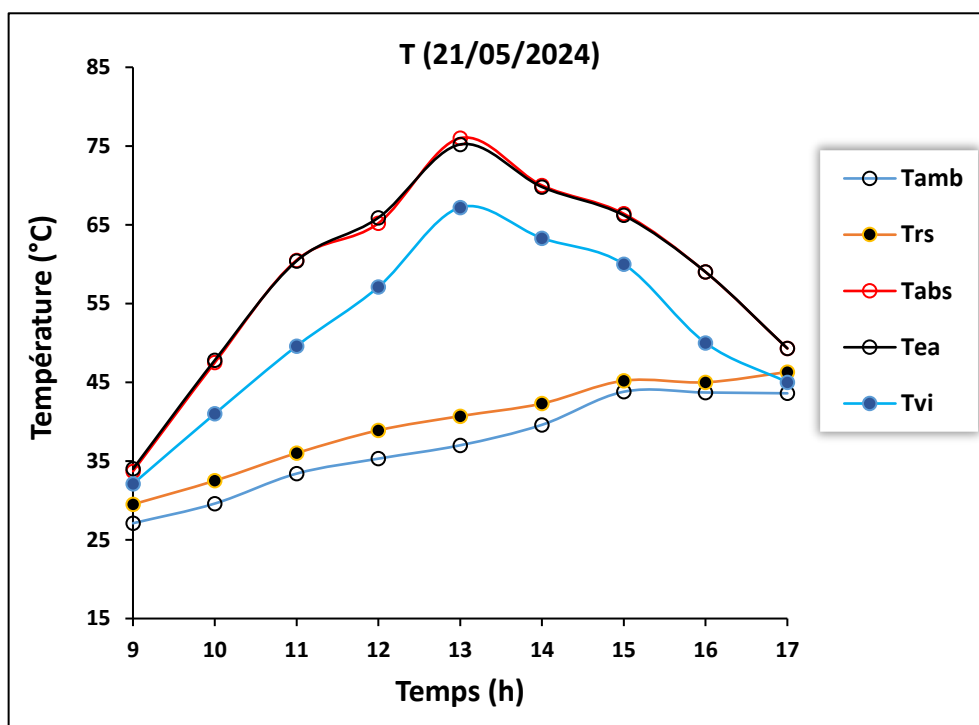


Figure IV.11 : Variation des différentes températures pour le distillateur Témoin en fonction du temps.

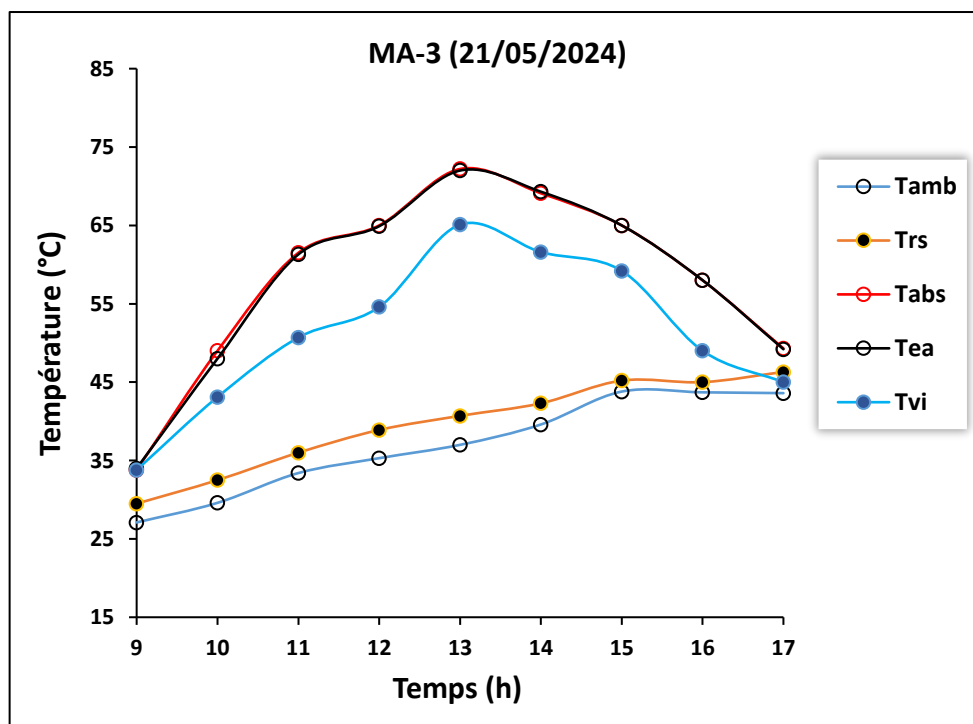


Figure IV.12 : Variation des différentes températures pour le distillateur avec 250 g d'argile en fonction du temps.

B- Variation de débit volumique et le cumul horaire

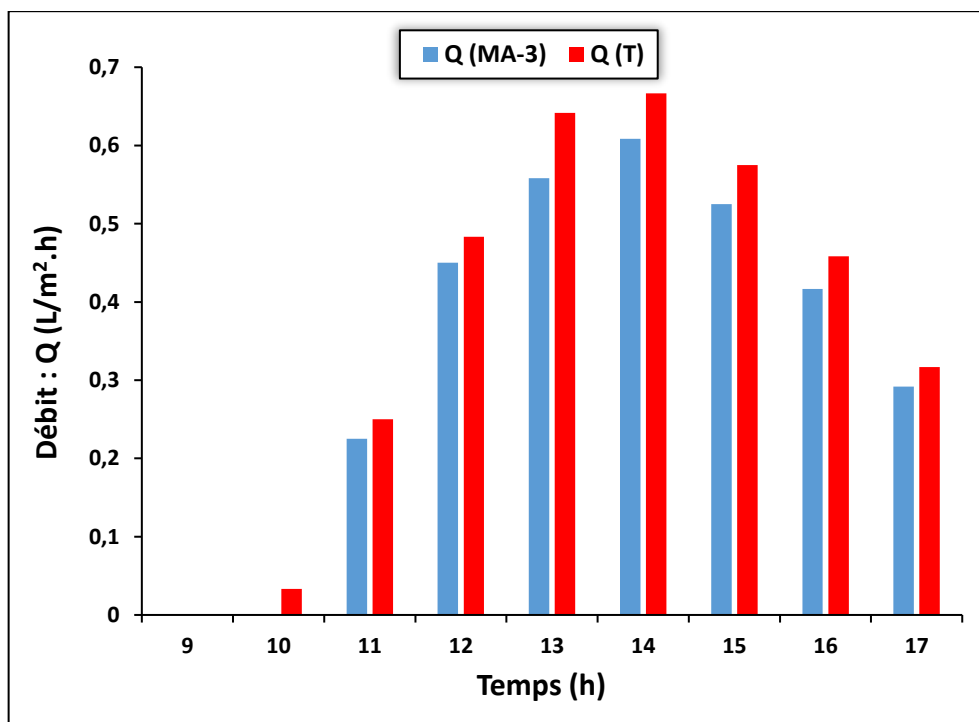


Figure IV.13 : Variation de la quantité d'eau distillée pour les deux distillateur MA₃ et T en fonction de temps.

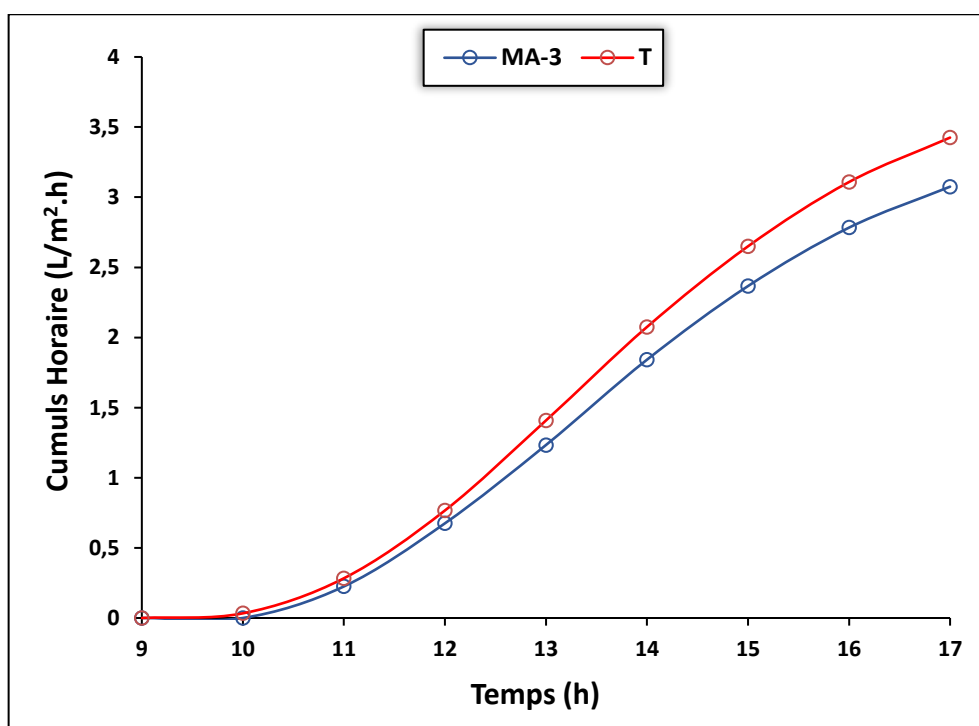


Figure IV.14 : Cumul horaire d'eau distillée pour les deux distillateur MA₃ et T en fonction de temps.

IV.6. Quatrième expérience : MA₄ (350 g) d'argile

A- Variation des différentes températures pour les distillateurs (Témoin et Test)

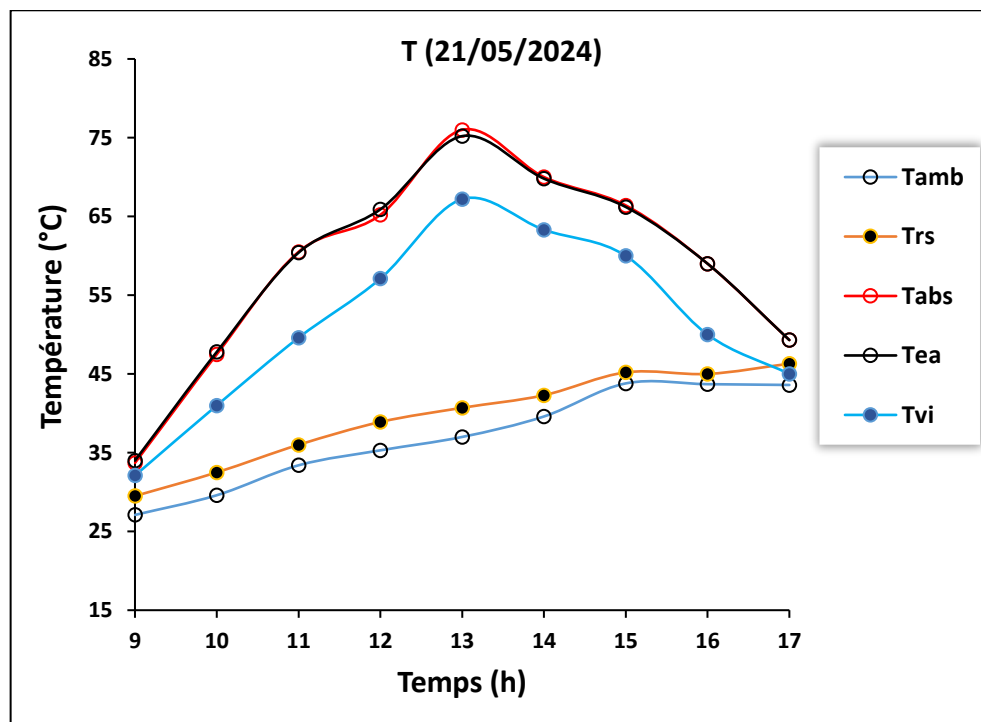


Figure IV.15 : Variation des différentes températures pour le distillateur Témoin en fonction du temps.

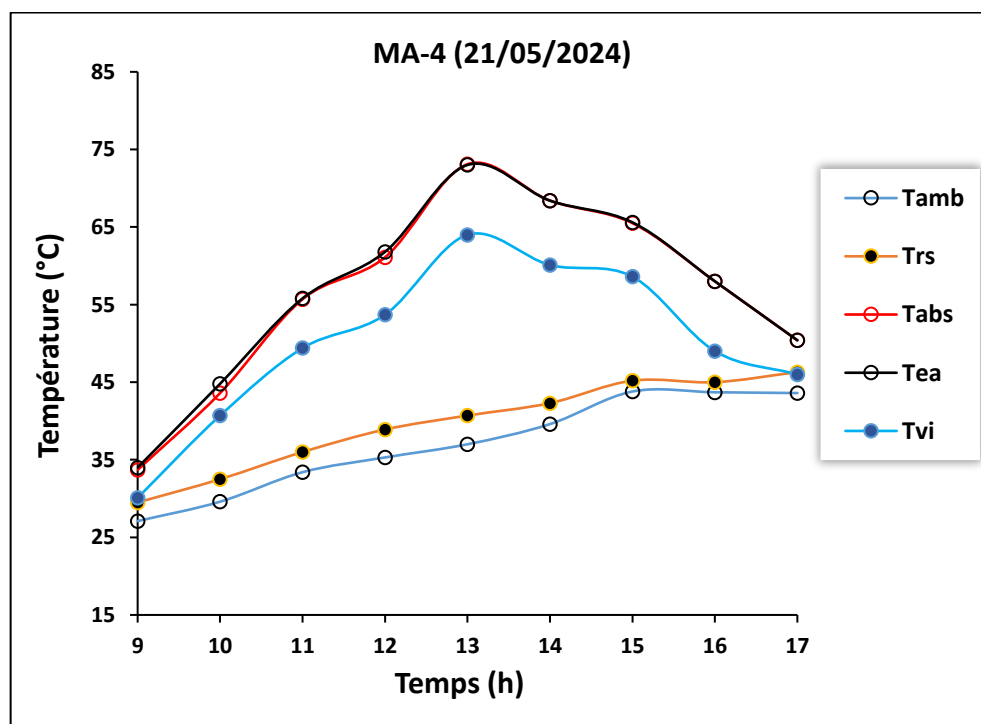


Figure IV.16 : Variation des différentes températures pour le distillateur avec 350 g d'argile en fonction du temps.

B- Variation de débit volumique et le cumul horaire

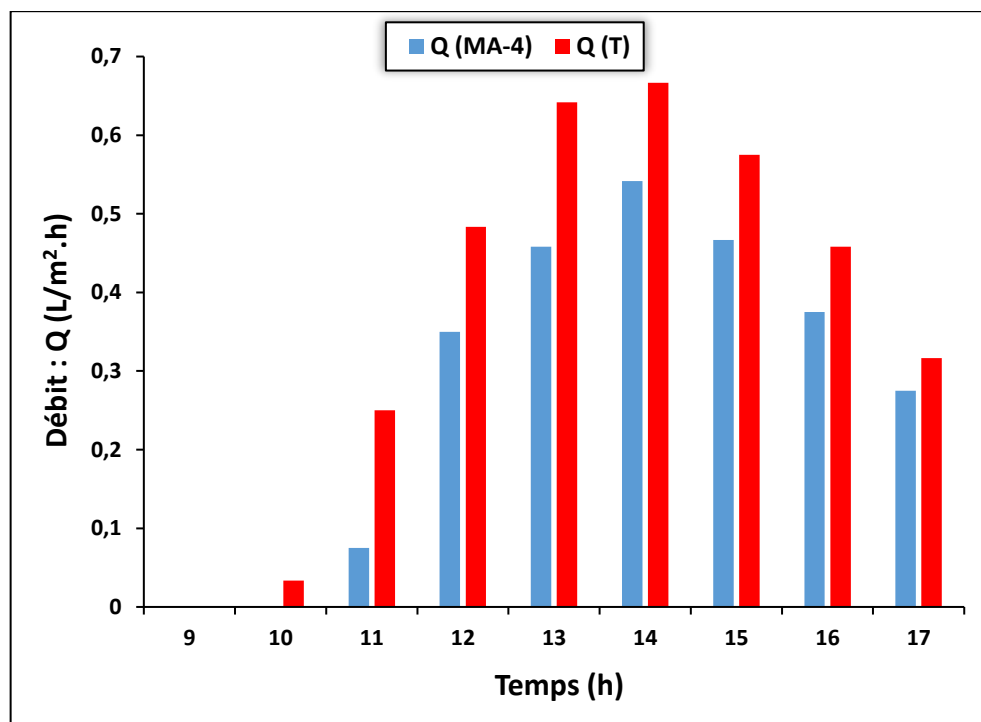


Figure IV.17 : Variation de la quantité d'eau distillée pour les deux distillateurs MA₄ et T en fonction de temps.

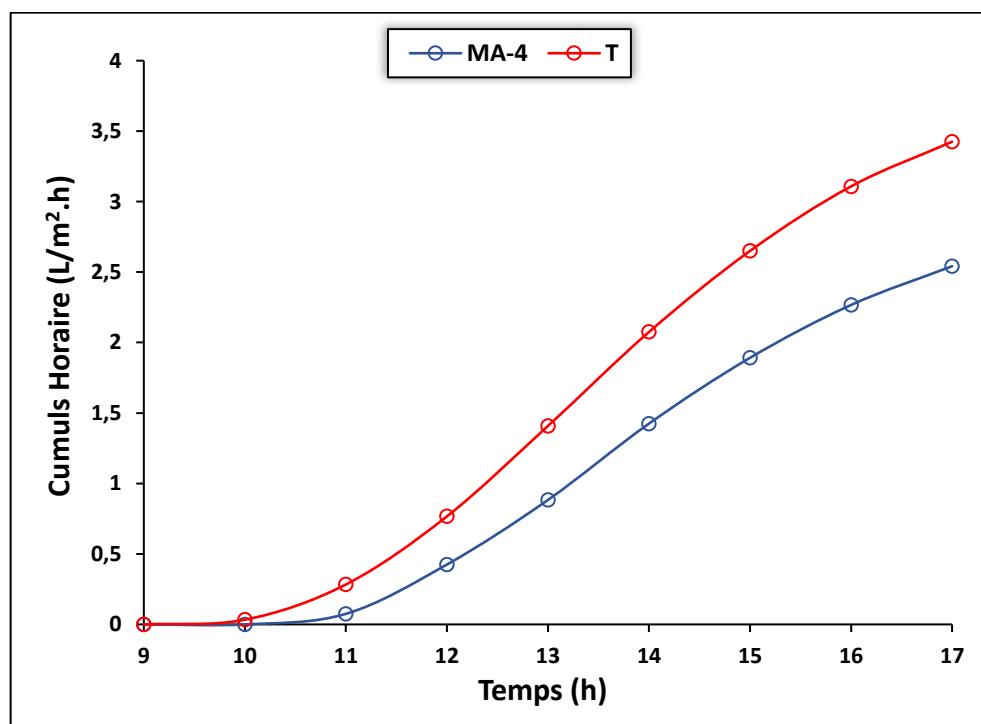


Figure IV.18 : Cumul horaire d'eau distillée pour les deux distillateur MA₄ et T en fonction de temps.

IV.7. Teste de quelques paramètres de l'eau produite

Tableau IV.1 : Paramètres de qualité de l'eau testée.

La qualité d'eau		Ph	TDS (mg/l)	Salinité (%)	Conductivité (µs/cm)
Avant		7,33	2052	2,16	4104
Masse d' argiles	MA ₁ (50 g)	5,11	117	0,11	234
	MA ₂ (150 g)	4,95	109	0,10	218
	MA ₃ (250 g)	4,82	106	0,10	212
	MA ₄ (350 g)	4,87	66	0,06	132

IV.8. Résumé de résultat expérimental

Les résultats expérimentaux sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau IV.2 : Les résultats expérimentaux réalisés.

La date	Expérience	Tea Max (°C)	Tabs Max (°C)	Tvi Max (°C)	ΔT (Te-Tvi) (°C)	Amélioration (%)
11/05/2024	MA ₁ (50 g)	72,6	73,3	65	7,6	-0,58%
13/05/2024	MA ₂ (150 g)	74,6	75,1	66	8,6	-2,49%
21/05/2024	MA ₃ (250 g)	74	73,6	65,1	8,9	-10,21%
21/05/2024	MA ₄ (350 g)	73,1	72,9	64	9,1	-25,79%

Remarque : le rendement est défini par la relation suivante.

$$R = \frac{Q_{MA2} - Q}{Q}$$

Sachant que : **Q** : Le débit horaire de distillateur témoin ;

Q_{MA2} : Le débit de distillateur d'étude.

IV.9. Interprétation et discussion des résultats

Dans cette partie, on va discuter et interpréter les résultats expérimentaux suivant :

- L'allure des courbes pour l'intensité de rayonnement solaire et la température ambiante.
- Les différentes températures enregistrées dans les distillateurs.
- L'influence de chaque quantité d'argile ajouté sur le gain en eau distillée.
- La comparaison entre les différentes masses d'argile ajoutés.
- Analyses physiques du l'eau distillée produite.

❖ Intensité de rayonnement solaire et la température ambiante

D'après les résultats mentionnés (figures IV.1 et IV.2), on peut voir que La variation de l'intensité du rayonnement solaire affecte directement la température ambiante. Ainsi, l'augmentation de l'intensité solaire est généralement suivie d'une augmentation de la température ambiante. Les valeurs maximales de ces deux paramètres climatiques sont observées pendant la journée dès le matin entre 12h00 et 15h00, puis diminuent progressivement pour le reste de la journée.

Le maximum de rayonnement solaire enregistré à 13h00 est de 957 W/m^2 tandis que la valeur maximale de la température ambiante enregistré est de $44,8^\circ\text{C}$ à 15h00. Les valeurs moyennes du rayonnement solaire et de la température ambiante sont respectivement : $889,8 \text{ W/m}^2$ et $41,9^\circ\text{C}$.

❖ Les différentes températures enregistrées dans les distillateurs

Presque toutes les courbes de température dans tous les distillateurs (test et témoin) suivent la même tendance que l'irradiation solaire, une logique par ce que ce dernier est représenté la seule source thermique du système. À l'intérieur des unités, les températures sont relativement élevées en raison de l'effet de serre.

On peut voir d'après les résultats mentionnés (figures IV.3, IV.4, IV.7, IV.8, IV.11, IV.12, IV.15 et IV.16) que toutes les températures augmentent avec le temps, depuis les premières heures du matin jusqu'aux valeurs maximales entre 13h00 et 15h00 lorsque le l'irradiation solaire est élevée, puis les températures baissent pour le reste de la journée.

La température de l'eau dans l'absorbeur (bassin) est toujours supérieure à celle du vitrage (condenseur) une logique et évidence pour avoir une condensation des vapeurs.

La température de l'eau dans le réservoir est un peu plus haute que celle de l'air ambiant à cause de l'effet de serre à l'intérieur du réservoir plastique.

❖ L'influence de chaque quantité d'argile ajouté sur le gain en eau distillée.

- D'après les figures (IV.5, IV.9, IV.13 et IV.17), qui montrent les productions horaires en eau distillée lorsque nous avons varié la masse d'argile entre 50 et 350 g par ajout d'une quantité régulière de 100 g d'argile chaque fois. On peut voir que :
- ✓ La tendance des histogrammes indique que le débit volumique en eau distillée est directement proportionnel au rayonnement solaire. Les valeurs maximales ont été enregistrées entre 13h00 et 15h00 pour tous les distillateurs (témoin et test).
- Généralement, tous les distillateurs avec l'argile (quel que soit la masse) produisent de l'eau distillée moins que le distillateur conventionnelle (témoin), mais le phénomène observé c'est que plus on augmente la masse d'argile plus on retarde le processus de la distillation ; on peut expliquer ce phénomène par le fait qu'au début de l'expérience, le distillateur avec l'argile commence à stocker de l'énergie vu sa capacité thermique importante qui est une fonction directe de la masse d'argile.
- Le retard observé est directement proportionnel à la masse d'argile au point où la production des distillateurs avec 50 g et 150 g d'argile n'égale celle du témoin qu'aux alentours de 15h00 et 17h00, respectivement.
- Dans ces cas (50 et 150 g d'argile), on peut dire que le stockage de l'énergie pour ces distillateurs est arrivé à la saturation thermique en ces heures.
- Pour les deux distillateurs avec une masse plus de 150 g d'argile c'est-à-dire les unités munies par 250 g et 350 g, le débit horaire en eau distillée produisent par ces deux unités est inférieur à celle du témoin. Ce phénomène dure jusqu'à la fin de l'expérience (17h00), cela est due aux capacités thermiques très élevée vue la quantité d'argile qu'ils contiennent.
- Le retard observé dans ces cas (250 et 350 g d'argile), c'est que à partir de 17h00 ces deux unités elles deviennent proches de l'unité témoin en point de vue production, mais sont productions restent inférieure au distillateur témoin, on peut dire que le stockage de l'énergie pour ces distillateurs est presque arrivé à la saturation thermique durant ces dernières heures de la journée (coucher de soleil).
- D'après les figures (IV.6, IV.10, IV.14 et IV.18), qui montrent les cumuls horaires (rendement journalier) pour tous les cas on peut voir que :
- Les taux de diminutions pour tous les masses d'argile : 50 g ; 150 g ; 250 g et 350 g sont respectivement : -0,58% ; -2,49% ; -10,21% et -25,79%.

❖ Comparaison

D'après les résultats obtenus, on peut voir clairement que l'ajout de l'argile a un effet négatif sur le gain en eau distillée. Le rendement journalier obtenu quand la moindre masse est

ajoutée (50 g en argile) à la fin de la journée est de -0,58% par rapport au témoin. Dans le même contexte, lorsque on a ajout une masse de 350 g en argile (la plus grande masse), le gain en eau distillée s'abaisse à -25,79% par rapport au distillateur témoin.

❖ **Analyses physiques du l'eau distillée produite**

Pour déterminer la qualité de l'eau avant et après la distillation, plusieurs paramètres à savoir : la salinité, le pH, le TDS et la conductivité électrique sont analysés. D'après le tableau (IV.1) qui résume les valeurs de ces analyses, il est clair que l'ajout de l'argile purifie l'eau d'une manière très remarquable du fait de son propriété adsorbant, l'ajout de 350 g d'argile influe mieux sur la qualité de l'eau distillée ; on peut dire que la qualité de l'eau distillée est proportionnelle à la masse de l'argile ajouté.

IV.10. Conclusion

Dans ce chapitre, les résultats obtenus pour les différentes expériences ont été présentés sous forme des graphes, les résultats des analyses physiques de l'eau distillée ont également été présentés dans un tableau. Finalement, nous avons faire une interprétation et discussion des résultats.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion générale

La distillation solaire est une solution intéressante pour l'approvisionnement en eau potable, spécialement dans les régions caractérisées par un climat aride et/ou désertiques où la présence des eaux saumâtres et l'énergie solaire est largement disponible durant la majeure partie de l'année.

Pour ramener un apport supplémentaire d'énergie au bassin du distillateur, des quantités d'argile locale avec différentes masses ont été ajoutées au niveau de la surface horizontale de l'absorbeur pour voir leur influence sur la performance d'un distillateur solaire simple à pente unique et sur la qualité de le distillée produite.

Notre étude expérimentale a été effectuée à l'université Kasdi Merbah (Ouargla).

Les résultats obtenus sont comparés avec ceux obtenu par le distillateur témoin dans les mêmes conditions opératoires :

- ✧ L'utilisation de l'argile au niveau de l'absorbeur dans le distillateur diminue son efficacité, c'est-à-dire que le distillateur témoin produit mieux que celui muni par une masse d'argile.

Le cumul enregistré à la fin de la journée permet de calculer le rendement dans la production en eau distillée pour chaque distillateur de test par rapport au distillateur témoin.

Après calcul on a trouvé :

- Une diminution de la production journalière de 0,58% par rapport au distillateur témoin est observée en utilisant le distillateur ayant une masse d'argile de 50 g.
- L'ajout d'une masse de 150 g en argile diminue la production en eau distillée à 2,49% par rapport au distillateur témoin.
- La production en eau distillée s'abaisse à 10,21% par rapport au distillateur témoin après l'ajout d'une masse de 250 g d'argile.
- Le gain en eau distillée diminue à 25,79% par rapport au distillateur témoin après l'ajout d'une masse de 350 g en argile.
- D'après ces résultats on peut constater que l'efficacité (rendement) de distillateur diminue rapidement lorsqu'en augmente la masse d'argile.
- Finalement on peut conclure dans notre cas, que l'utilisation de l'argile au niveau de l'absorbeur joue le rôle d'un réservoir de chaleur très important, à cause de leurs capacités thermiques très élevées ce qui entraîne un retard dans le processus de distillation.
- ✧ Les résultats des analyses physiques du l'eau distillée produite montrent que l'ajout de ces quantités d'argile améliorent la qualité du distillat grâce à son rôle comme matériaux

adsorbants. La qualité de l'eau produite par l'unité contenue 350 g d'argile est plus pure que celle produite par les autres unités d'études et l'unité de témoin.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références Bibliographies

- [1] Kouadri, M. R., et al. "The Effective Behavior of ZnO and CuO During the Solar Desalination of Brackish Water in Southern Algeria." *Desalination and Water Treatment* 218 (2021) 126-134.
- [2] Sellami, M.H., Belkis, T., Ali Ouar, M.E., Meddour, S.E., Bouguettaia, H., Loudiyi, K., Improvement of Solar Still Performance by Covering Absorber with Blackened Layers of Sponge, *Groundwater Sustainable Dev*, 5 (2017) 111–117.
- [3] Ali Ouar, M.E., Sellami, M.H., Meddour, S.E., Touahir, R., Guemari, S., Loudiyi, K., Experimental yield analysis of groundwater solar desalination system using absorbent materials, *Groundwater Sustainable Dev*, 5 (2017) 261–267.
- [4] Sellami, M.H., Touahir, R., Guemari, S., Loudiyi, K., Use of Portland cement as heat storage medium in solar desalination, *Desalination*, 398 (2016) 180–188.
- [5] Mekhermeche, Abdessalam., Hatia, M., Kriker, A., Contribution à l'étude des propriétés thermiques des briques en terre. *Annals of Science and Technology*, 2013, vol. 5, no 1, p. 9-9.
- [6] Saïdi Khadidja, Chenine Maroua, Chetibi sana , Distillation solaire des eaux saumâtres dans le sud algérien, influence des paramètres clés Mémoire De Master Génie Chimique Université Kasdi Merbah-Ouargla , 2022.
- [7] Abderachid ; Etude et modélisation de deux distillateurs solaires symétrique et asymétrique à effet de serre, *UNIVERSITE DE CONSTANTINE 1*, 2014.
- [8] Satcunathna et Hansen, an investigation of some of the parameters involved in solar distillation. *Solar Energy*, Vol 14, pp 353-363, 1973.
- [9] Sedik, Noun Mohamed, Etude Des Paramètres Impactant Sur Le Rendement D'un Capteur Solaire, Master- Université Badji Mokhtar D'Annaba, 2018.
- [10] Kouadri, M.R., Application de la nanotechnologie dans les systèmes d'ingénierie solaire, 2021.
- [11] BAIT, O., Etude énergétique d'un distillateur solaire multi-étages, Université de Batna 2 , 2014.
- [12] Bendjamaa, I.J.m.d.m., Modélisation et commande d'un système de stockage photovoltaïque, Université Abou-Bakr Belkaid–Tlemcen 2012.
- [13] Brahimi, A., Etude de performances d'un capteur solaire plan a eau, Université de Lorraine ,2016.
- [14] Zerguine Bilal, Modélisation D'un Système De Production Electrique Par La Cellule Photovoltaïque, Magister-Université Badji Mokhtar D'annaba,2010.
- [15] Nyamsi, William Wandji, Vers Une Méthode Automatique D'estimation De La Distribution Spectrale Du Rayonnement Solaire. Cas Du Ciel Clair. Applications _A La

Lumière Du Jour, Photosynthèse Et Ultraviolet Thèse Doctorat, L'école Nationale Supérieure Des Mines De Paris 2015.

[16] H.J. Xu, Z.B. Xing, F.Q. Wang, Z.M. Cheng Review on heat conduction, heat convection, thermal radiation and phase change heat transfer of nano-fluids in porous media: Fundamentals and applications, Chemical Engineering Science., 195 462-483. (2019).

[17] W. Lipiński, J.H. Davidson, S. Haussener, J.F. Klausner, A.M. Mehdizadeh, J. Petrasch, L. Venstrom Review of heat transfer research for solar thermochemical applications Journal of thermal science and engineering applications., 5 (2) (2013) 1-13.

[18] KOUADRI Moulay Elmecheri, Distillation solaire avec couplage Photo-catalytiques, Génie d'environnement, Université Kasdi Merbah Ouargla 2023.

[19] Bechki, D. Etude comparative et optimisation des procédés de distillation solaire en vue de la production d'eau potable dans les zones arides sahariennes , Université de Batna 2, 2011 .

[20] HAMMI, Y. Distillation solaire des eaux salées par nouvelles techniques. Mémoire de master : Sciences et Technologies, Génie des Procédés, Génie Chimique 2019.

[21] Enseignant Dr : M. LATI, LICENCE ACADEMIQUE : Raffinage et Pétrochimie, Université Kasdi Merbah Ouargla.

[22] Patel, R.V., et al. Solar still performance investigation by incorporating the shape of basin liner: A short review Materials Today: Proceedings, 43: p. 597-604. 2021.

[23] Boutebila, H. Etude et conception d'un distillateur solaire à usage agricole , 2012.

[24] Karout, Souad, Estimation des pertes thermiques dans des systèmes de dessalement par voie solaire. Diss, Université Mentouri de Constantine, 2009.

[25] Sellami, M. H., Et Al. " Solar Distillation Using a Blackened Mixture of Portland Cement and Alluvial Sand as A Heat Storage Medium." Désaliénation 394 : 155-161, 2016.

[26] Seifeddine, Zeghoud Mohamed, Etude De Système D'épuration Des Eaux Usées Urbaines Par Lagunage Naturel De Village De Méghibra, Memoire Master Université el Oued, 2014.

[27] Bechki, D., Et Al "Effect of Partial Intermittent Shading on the Performance of a Simple Basin Solar Still in South Algeria" Desalination 260.1-3: 65-69.2010.

[28] Desjardins, Daymond, le traitement des eaux » deuxième édition, 1997.

[29] Boutriaa Abdelouahab, Effet Des Paramètres De Fonctionnement Sur Les Performances d'un Distillateur Solaire, Mémoire De Magister En Physique, Université Mentouri De Constantine, 2009.

[30] Foutia, Y. And M. Djelmami Hani, Amelioration Des Performances D'un Distillateur Solaire Avec Nanoparticule Etude Experimentale, 2021.

- [31] Zohra, Benaissa Fatima, Etude Sur Le Procédé d'osmose Inverse Pour Le Dessalement Des Eaux Faiblement Saumâtres, Mémoire De Master En Hydraulique Université Aboubakr Belkaïd Tlemcen, 2013.
- [32] Rym, Rahmani, Rendement d'un Distillateur Solaire A Film Capillaire A Plusieurs Etages, Effet De Certains Paramètres Thermo Physiques Sur Le Rendement, Mémoire Magister.
- [33] Sellami, M. H. Utilisation de l'énergie solaire pour la déminéralisation des eaux saumâtres dans le sud Algérien. Mémoire de magistère, Université de Ouargla, 2000.
- [34] O. Halloufi, étude de la performance d'un distillateur solaire par un system de préchauffage solaire de l'eau saumâtre, Magister En Génie Climatique, Université Mantouri Constantine, 2010.
- [35] Sellami, M. H. Etude et amélioration des techniques de distillation solaire dans la région Sud-Est Algérien (Ouargla). Diss. Thèse de Doctorat : Sciences Physiques, Physiques Energétique, Université Kasdi Merbah Ouargla : Algérie ,2014.
- [36] ATTIA, Mohammed El Hadi, DRISS, Zied, MANOKAR, A. Muthu, et al, Effect of aluminum balls on the productivity of solar distillate. Journal of Energy Storage, vol. 30, p. 101466. 2020.
- [37] Zine El Abdine, Benarima, Amélioration De La Capacité De l'absorbeur d'un Distillateur Solaire Simple Par l'ajout d'une Couche De Sable, Mémoire Master, Université Kasdi Merbah Ouargla ,2012.
- [38] MITTAL, Gaurav. An unsteady CFD modelling of a single slope solar still. Materials Today: Proceedings ,2021.
- [39] Salima, Guerfi Née Karroute, Optimisation Et Dimensionnement D'un Systeme De Dessalement Performant, These Doctorat En Physique Energetique ,2017.
- [40] HIND, Boudjebir. Étude de l'impact de l'écart de température (ambiance-eau) sur le rendement d'un distillateur solaire à effet de serre. Mémoire de magister, Université Mentouri Constantine ,2010.
- [41] Abdine, Benarimazine El, Amélioration De La Capacité De l'absorbeur d'un Distillateur Solaire Simple Par l'ajout d'une Couche De Sable, Mémoire De Master En Génie Chimique, Université Kasdi Merbah Ouargla ,2012.
- [42] Ataouat, Amina, Effet de carbones nanotubes sur la performance d'un distillateur solaire à parois vitrées, Master Academique, Génie Chimique, université kasdi merbah ouargla, 2021.
- [43] ISMAIL, TABET, Etude d'un distillateur solaire à cascade. Mémoire de magister, Université Mentouri Constantine, 2010.

- [44] Zerouali, Mekki, Contribution à l'optimisation des performances d'un distillateur solaire, Université de Batna 1-Hadj Lakhder, 2012.
- [45] Djemai, Ismahane, Elimination des polluants organiques des eaux de surfaces par adsorption, 2021, Thèse de doctorat, Université de Batna 2.
- [46] Ali Mohri, Imane., Caractérisation Et Valorisation Des Argiles De La Wilaya D'adjar En Vue De Leur Utilisation Dans L'industrie Des Matériaux De Construction En Terre Cuite. 2018. Thèse De Doctorat. Université Ahmed Draia D'adjar.
- [47] Hernot François, L'argile, Son Utilisation A L'officine, 2016, Thèse De Doctorat, Université Angers.

Résumé

Cette étude a pour but de voir l'effet d'utilisation de l'argile local sur la performance de distillateur solaire, ainsi que la qualité de l'eau produite. Trois distillateurs solaires ont été utilisés au niveau de l'Université de Kasdi Merbah, dont l'un est le témoin, les autres contiennent des quantités d'argile.

Les résultats obtenus ont montré que :

- L'ajout d'argile dans le bassin de distillateur solaire diminue son efficacité, c'est-à-dire que le distillateur témoin produit mieux que celui muni par une masse d'argile.
- Ce phénomène augmente avec l'ajout de plus en masses d'argile, puisque la production journalière diminue à 25,79% par rapport à l'unité témoin lorsque 350 g de celui-ci sont ajoutés.
- L'argile joue le rôle d'un réservoir de chaleur important, à cause de leurs capacités thermiques très élevées, ce qui entraîne un retard dans le processus de distillation et donc à réduire la production journalière.
- L'ajout d'argile joue le rôle de purifiant, car la pureté de l'eau produite est proportionnelle à la masse ajoutée.

Mots-clés : L'énergie solaire ; la distillation solaire ; distillateur solaire a pente unique ; l'argile local ; stockage thermique.

ملخص

تهدف هذه الدراسة الى معرفة تأثير استخدام مادة الطين المحلي على أداء المقطر الشمسي وكذا جودة المياه المنتجة. تم استخدام ثلاث مقطرات بسيطة على مستوى جامعة قاصدي مرباح أحدها يقوم مقام الشاهد بينما يحتوي كل من الآخرين على كمية من الطين.

أثبتت النتائج المتحصل عليها أن:

- إضافة الطين الى حوض المقطر الشمسي يقلل من كفاءته، أي أن وحدة الشاهد تنتج كمية مياه أفضل من جهاز التقطير المجهز بكتلة من الطين.
- تزداد هذه الظاهرة مع إضافة المزيد من كتل الطين حيث ينخفض الإنتاج اليومي الى 25,79% مقارنة بوحدة الشاهد عند إضافة 350 غراما منه.
- يلعب الطين دور خزان حراري كبير، بسبب سعته الحرارية العالية جدًا ما يؤدي الى تأخير عملية التقطير الشمسي وبالتالي خفض الإنتاج.
- يعمل الطين دور المطهر حيث أن نقاوة المياه الناتجة تكون أجود كلما زادت كميته.

الكلمات الدالة: الطاقة الشمسية، التقطير الشمسي، المقطر الشمسي ذو الميل الواحد، الطين المحلي، التخزين الحراري.

Abstract

This study aims to see the effect of using local clay on the performance of the solar still, as well as the quality of the water produced. Three solar stills were used at the University of Kasdi Merbah, one of which is the witness, the others contain quantities of clay.

The results obtained showed that:

- The addition of clay to the solar still basin reduces its efficiency, that is to say that the witness still produces better than the one equipped with a mass of clay.
- This phenomenon increases with the addition of more masses of clay, since the daily production decreases to 25.79% compared to the witness unit when 350 g of it is added.
- Clay plays the role of an important heat reservoir, because of their very high thermal capacities, which causes a delay in the distillation process and therefore reduces daily production.
- The addition of clay acts as a purifier, because the purity of the water produced is proportional to the mass added.

Keywords: Solar energy; solar distillation; single slope solar still; local clay; thermal storage.