

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE : DES SCIENCES

DEPARTEMENT : PHYSIQUE

N° :...../2018.....



DOMAINE : Sciences de la matière

FILIERE : Physique

OPTION : Physique énergétique et énergies renouvelables.

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par: LAIFA Islam

Intitulé

**Etude expérimentale d'un distillateur
solaire à mèche**

Soutenu le 25 /06 /2018 devant le jury composé de:

NAHOUI Azzedine

Université de M'sila

Président

HADDAD Zakaria

Université de M'sila

Rapporteur

SALMI Mohamed

Université de M'sila

Examineur

Année universitaire : 2017/2018

Dédicaces

Je dédie ce travail

À mes Chers parents

À mes frères et soeurs

À tous mes amis et collègues

Pour tous les étudiants de l'université

Mohamed Boudiaf- M'sila, option

physique énergétique et énergies

renouvelables.

Remerciements

*En premier lieu, merci au grand Seigneur qui m'a donné la volonté
et le courage de faire ce travail.*

*Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Mr. Haddad
Zakaria, enseignant à l'université Mohamed Boudiaf- M'sila, pour le
sujet qu'il m'a proposé et lui exprimer ma profonde reconnaissance
pour tout son aide, sa disponibilité, ses conseils, et surtout l'intérêt
qu'il a porté à mon travail et l'attention accordé à la lecture et à
la correction de ce Mémoire.*

Mr. Salmi Mohamed, pour son aide et ses efforts.

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Mr. NAHOUI Azzedine.
enseignant à l'université Mohamed Boudiaf- M'sila, pour avoir
accepté de présider le jury.*

*Mes remerciements à Mr. Marwan Mestfaoui, le chef de station
météorologique de M'sila, d'avoir fourni toutes les données
météorologiques qui ont permis de conclure la présente étape de
travail.*

*Je remercie tous les enseignants de physique qui ont contribué à
l'enseignement.*

Et tous les travailleurs du département de physique.

*En fin, Tous mes remerciements à toute personne ayant contribué
de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste projet.*

Sommaire

Dédicaces

Remerciements

Liste des figures

Liste des tableaux

Nomenclature

Introduction Générale 1

Chapitre I : LES RESSOURCES EN EAU

1. Introduction.....	3
2. Le rôle de l'eau dans la vie.....	3
2.1. Le besoin en eau.....	4
2.2. Le besoin en qualité.....	4
2.3. Le besoin en quantité.....	4
3. Classification des eaux.....	4
4. Ressources mondiales en eaux.....	5
5. Ressources d'eau en Algérie.....	6
6. Consommation de l'eau en Algérie.....	7
7. Le dessalement de l'eau en Algérie.....	8
8. Les eaux distillables.....	9
8.1. L'eau de mer.....	9
8.2. Les eaux saumâtres.....	9
8.3. Les eaux naturelles.....	9
8.4. Les eaux usées.....	10
9. Les normes de l'O.M.S pour l'eau potable.....	10

Chapitre II : Les types de distillateur solaire

1. Principe de la distillation solaire	11
2. Types de distillateurs solaires	12
2.1. Distillateur à une seule pente	12
2.2. Distillateur à doubles pentes	12
2.3. Distillateur solaire à cascades	13
2.4. Distillateur solaire sphérique à balayage.....	13
2.5. Distillateur solaire terre-eau	14
2.6. Distillateur solaire a film capillaire.....	14
2.7. Distillateur solaire vertical.....	15
2.8. Distillateur solaire a mèche.....	16
2.8.1 Etat de l'art des distillateurs solaires à mèche	17
3. Transfert de chaleur à l'intérieur de la distillation solaire	19
3.1. Par rayonnement mèche-vitre	19
3.3. Par évaporation.....	20
4. Transfert de chaleur à l'extérieur de la distillation solaire.....	20
4.1. Par rayonnement vitre-ambiance	20
4.2. Par convection vitre- ambiance	20
4.3. Par conduction bac	21
4.4. Par conduction isolation.....	21
5. Bilans Energétiques	21
5.1. Bilan de mèche	21
5.2. Bilan du bac.....	22
5.3. Bilan du vitrage.....	22
5.4. Bilan de l'isolant	22

6. Débit du condensat.....	23
7. Efficacité de distillateur solaire	23
7.1. L'efficacité globale.....	23
7.2. L'efficacité interne.....	23

Chapitre III : Etude expérimentale & résultats et discussions

1. Présentation de la région d'expérimentation.....	22
1.1. Situation géographique	22
1.2. Le climat	22
2. Conception du distillateur solaire.....	23
3. Les différents composants de distillateur sont	23
3.1. Bac absorbant (plaque noire)	23
3.2. Couverture verrière (verre)	24
3.3. L'isolation thermique	24
3.4. Le coffre extérieur	24
4. Tests expérimentaux	25
5. Les tests du mois d'avril	26
5.1. Les paramètres météorologiques.....	26
5.1.1. L'irradiation solaire globale	26
5.1.2. La vitesse du vent	26
5.1.3. Température ambiante	27
5.2. Les températures des composantes de distillateur solaire	27
5.3. La production d'eau	30
6. Les tests du mois de mai	31
6.1. Les paramètres météorologiques	31
6.1.1. L'irradiation solaire globale.....	31
6.1.2. La vitesse du vent	32

6.1.3. La température ambiante	33
6.2. Les températures des composantes de distillateur solaire	33
6.3. La production d'eau.....	35
7. Les tests du mois de juin.....	36
7.1 Les paramètres météorologiques	36
7.1.1. L'irradiation solaire globale.....	36
7.1.2. La vitesse du vent	37
7.1.3. La température ambiante	37
7.2. Les températures des composantes de distillateur solaire.....	38
7.3. La production d'eau.....	39
8. L'étude économique de système.....	40
Conclusion générale	44

Références

Nomenclature

Symbole	Désignation	Unité
T_v	Température de la vitre.	°C
T_m	Température de mèche.	°C
v	La vitesse du vent	m/s
P_m	Pression de vaporisation à la température de la mèche	
P_{gi}	Pression de vaporisation à la température de la vitre.	
λ_b	Conductivité thermique du bac	W/m.K
λ_{is}	Conductivité thermique de l'isolation δ_{is} : Épaisseur de l'isolation	W/m.K
δ_b	Épaisseur de bac	m
\mathcal{E}_{eff}	Émissivité effectif	
\mathcal{E}_m	Émissivité de mèche.	
\mathcal{E}_{gi}	Émissivité de la vitre.	
G	Puissance de rayonnement solaire incident par unité de surface.	W/m ²
(σ)	Constante de STEAFFAN-BOLTZMAN	J/K ⁻¹
L_v	Chaleur latente d'évaporation de l'eau.	J/kg
h_e	Enthalpie d'évaporation.	W/m ² .K
$h_{r:m_gi}$	Coefficient de transfert de chaleur par rayonnement entre le mèche et la vitre.	W/m ² .K
$h_{c:m_gi}$	Coefficient de transfert de chaleur par convection entre le mèche et le vitrage	W/m ² .K
$h_{é:w_gi}$	Coefficient de transfert de chaleur par évaporation-condensation entre le film d'eau et le vitrage	W/m ² .K
$h_{r:go_a}$	Coefficient de transfert de chaleur par rayonnement par la vitre vers l'extérieur.	W/m ² .K
$h_{c:ge_a}$	Coefficient de transfert de chaleur par convection entre la vitre et l'extérieur.	W/m ² .K
$Q_{r:m_g}$	Flux thermique par rayonnement entre le mèche et le vitrage	W/m ²
$Q_{c:m_g}$	Flux thermique par convection entre le mèche et le vitrage	W/m ²
$Q_é$	Flux thermique par évaporation	W/m ²
$Q_{cd:m_bc}$	Flux thermique par conduction entre mèche et bac	W/m ²

$Q_{r:m,bc}$	Flux thermique par rayonnement entre mèche et bac	W/m^2
$Q_{cd:m,bc}$	Flux thermique par conduction entre mèche et bac	W/m^2
$Q_{r:bc, is}$	Flux thermique par rayonnement entre bac et isolant	W/m^2
$Q_{c:go,a} :$	Flux thermique perdu par convection par la vitre vers l'extérieur.	W/m^2
$Q_{cd:bc, is}$	Flux thermique par conduction entre isolant et bac	W/m^2

*

Indices	Désignation
vap	vapeur
gi	Vitrage intérieur
b	Bac absorbant
w	mèche
a	Air ambiant

Liste des figures

Figure I. 1. Pourcentage du potentiel hydrique de l'Algérie	5
Figure I. 2. Pourcentage de potentiel hydrique (A: Nord; B: Sahara).....	5
Figure II. 1. Le principe de fonctionnement d'un distillateur.....	10
Figure II. 3. Distillateur à simple effet avec un seul capteur	10
Figure II. 4. Distillateur solaire à simple effet avec deux capteurs	11
Figure II. 5. Distillateur solaire à cascades	11
Figure II. 6. Distillateur solaire sphérique à balayage.....	12
Figure II. 7. Distillateur solaire terre- eau	12
Figure II. 8. Distillateur solaire a film capillaire.....	13
Figure II. 9. Distillateur solaire vertical	14
Figure II. 10. Distillateur solaire à mèche.....	14
Figure II. 11. Les différents transferts thermiques dans le distillateur.....	19
Figure III. 1. Photo de l'installation expérimentale	23
Figure III. 2. Photo de l'installation expérimentale	23
Figure III. 3. Variation de l'irradiation solaire globale.....	26
Figure III. 4. Variation de la vitesse du vent.....	27
Figure III. 5. Variation de la température ambiante.....	27
Figure III. 6. Variation des températures des composantes	28
Figure III. 7. Variation des températures des composantes	28
Figure III. 8. Variation des températures des composantes	29
Figure III. 9. Variation des températures des composantes	29
Figure III. 10. La production totale des distillateurs solaires.....	30
Figure III. 11. La production horaire des distillateurs solaires	31
Figure III. 12. Variation de l'irradiation solaire globale.....	32
Figure III. 13. Variation de la vitesse du vent.....	32
Figure III. 14. Variation de la température ambiante.....	33
Figure III. 15. Variation des températures des composantes	33
Figure III. 16. Variation des températures des composantes	34

Figure III. 17. Variation des températures des composantes	34
Figure III. 18. La production totale des distillateurs solaires.....	35
Figure III. 19. La production horaire des distillateurs solaires.	35
Figure III. 20 .Variation de l'irradiation solaire globale.	36
Figure III. 21 .Variation de la vitesse du vent.....	36
Figure III. 22. Variation de la température ambiante.....	37
Figure III. 23 .Variation des températures des composantes	37
Figure III. 24. Variation des températures des composantes	38
Figure III. 25. La production totale des distillateurs solaires.....	38
Figure III. 26. La production horaire des distillateurs solaires.	39

Liste des tableaux

Tableau I. 1. Classification des eaux selon la salinité.....	3
Tableau I. 2. Réserves d'eau la planète.....	4
Tableau I. 3. Degré de salinité de l'eau.....	7
Tableau.III 1. Les Coordonnées géographiques.....	22
Tableau.III 2. Les dimensions des composantes du distillateur solaire.	25
Tableau.III 3. Les types des mèches.....	25
Tableau.III 4. Prix des différentes parties du distillateur.	40
Tableau.III 5. Analyse économique de distillateur solaire.	41

Introduction Générale

Deux milliards de personnes, soit 30% de la population mondiale, n'ont pas accès à des services d'alimentation domestique en eau potable et 4,5 milliards, soit 60%, ne disposent pas de services d'assainissement gérés en toute sécurité. En outre, les ressources en eau sont fortement impactées par le dérèglement climatique : 40% de la population mondiale sera confrontée à des pénuries d'eau d'ici 2050 [1]. L'eau de la planète est présente naturellement sous diverses formes dans l'atmosphère, sur et sous la surface de la terre, et dans les océans. L'eau douce ne constitue que 2,5% de l'eau de la planète et se présente essentiellement sous forme gelée dans les glaciers et les calottes glaciaires. Le reste de l'eau douce est principalement stockée dans les nappes phréatiques et seule une petite partie se trouve en surface et dans l'atmosphère

L'Algérie dispose de ressources en eau très limitées. Tout au moins au nord où vivent les trois quarts de la population. Sur les 100 milliards de m^3 que constituent les précipitations, nous concédons 85% à l'évaporation alors que sur les 12,5 milliards de m^3 qui ruissellent, 50% partent à la mer ou dans les chotts. Au nord, seuls 3,5 milliards de m^3 sont « régularisables ». La pluviométrie est le paramètre le plus important dans l'évaluation des ressources en eau. Elle varie de plus de 2000 mm/an sur les hauts reliefs en bordure de la mer méditerranéenne, à moins de 100 mm/an au nord de Sahara. Les moyennes annuelles des précipitations suivent une zonalité générale Nord-Sud, qui définit les zones climatiques. Cependant, on note également des écarts notables entre l'Est et l'Ouest du pays. La région Oranaise (Ouest) est en général moins arrosée que le constantinois (Est). Les précipitations sont croissantes d'Ouest vers l'Est. Les eaux souterraines sont évaluées à 1,8 milliards de m^3 dans le Nord de l'Algérie. Les potentialités du sud sont estimées à 60000 milliards de m^3 . Ces dernières sont difficilement exploitables et renouvelables et 4 à 5 milliards de m^3 sont exploitables annuellement. L'Algérie est l'un des pays qui s'intéresse à la recherche de nouvelles ressources et de nouveaux procédés de fournir de l'eau fraîche. Ce besoin en eau est dû principalement à la croissance rapide de la population, au développement des différents secteurs tel que l'agriculture et l'industrie, mais aussi à la sécheresse qui a pris de l'ampleur et qui est devenue un facteur menaçant même le mode de vie, pour combler à ce déficit, on a misé sur le dessalement solaire (distillation solaire), comme l'une des futures source d'eau, qui contribuer et porter des solutions d'avenir proposées pour la production d'eau douce, étant

donné que le pays est caractérisé par une forte intensité de rayonnement solaire durant la plupart des périodes de l'année.

L'objectif principal de ce travail est basé sur l'étude expérimentale d'un distillateur solaire à mèche afin d'obtenir de l'eau distillée qui pourra pallier les besoins en eau potable dans la vie quotidienne. Pour atteindre cet objectif, nous avons divisé notre travail en trois chapitres avec une introduction et une conclusion générales.

- Le premier chapitre présente les ressources mondiale et locales en eau, le dessalement de l'eau, les eaux distillables, et enfin les normes de l'OMS pour l'eau potable.
- Le deuxième chapitre est consacré à la distillation solaire, les types de distillateur solaire, l'état de l'art des distillateurs solaires à mèche et l'étude théorique du distillateur solaire.
- L'étude expérimentale, les principaux résultats obtenus et leurs interprétations font l'objet du troisième chapitre

CHAPITRE I : LES RESSOURCES EN EAU

1. Introduction

L'eau est un élément clé pour la vie, la source originelle de l'homme et aussi la matière première indispensable à la survie de notre société. En effet, l'eau est à la base de toute vie humaine sur la terre. À l'heure actuelle, le monde souffre de la pénurie d'eau pour faire face aux besoins des différents secteurs: agriculture, industrie...etc. Cette contrainte de la pénurie de l'eau est sources des conflits intersectoriels nécessitant des choix compliqués. Ainsi, elle rend difficile la réalisation des objectifs de développement durable pour plusieurs pays [2].

2. Le rôle de l'eau dans la vie

Les disponibilités hydriques naturelles doivent exister en quantités suffisantes, même dans les régions arides et désertées, pour que leur répartition et leur utilisation ne présentent pas de difficultés particulières. Mais en notre époque moderne, caractérisée par un essor démographique, industriel et agricole sans précédent, des utilisations nouvelles sont venues s'ajouter aux usages anciens et traditionnels de l'eau. L'exploitation de plus en plus poussée des potentiels de production jointe à la nécessité d'alimenter des collectivités plus nombreuses, et où les besoins de chaque individu sont en augmentation constante, exigera dans les années qui viennent des ressources hydriques toujours plus importantes. La marge excédentaire qui a pu longtemps exister entre ressources disponibles et besoins à satisfaire va ainsi en s'amenuisant de jour en jour. Tous les pays ont donc, ou auront à brève échéance, à faire face à un problème d'optimum, c'est-à-dire la recherche des solutions les plus rationnelles et les plus efficaces pour exploiter et répartir au mieux la totalité des ressources hydriques dont ils peuvent disposer. Certains pays, comme le Canada, ont beaucoup de ressources d'eau, d'autres pays en ont un manque comme ceux du Golfe et les pays arides du Moyen Orient et du nord de l'Afrique et de la région au sud du Sahara.

Le problème majeur, qui se pose aujourd'hui à l'homme avec une acuité de plus en plus accrue n'est certainement par d'ordre quantitatif, mais plutôt de nature qualitative. En effet, les eaux de qualité requise sont de plus en plus rares même dans les pays relativement bien dotés par la nature, suite à un processus de développement hautement polluant surtout dans le monde industrialisé. Population Action International (PAI) a mis ces estimations à jour en 1997, en prenant pour base les projections de population pour 2025 et 2050. Les résultats sont étonnants: en 1995, 31 pays où vivent près d'un demi-milliard d'habitants se sont trouvés régulièrement en présence de contraintes ou de pénuries d'eau. En 2025, 48 pays, avec une population d'environ 3 milliards d'habitants, devraient être confrontés à des pénuries d'eau.

Les 20 pays du Proche-Orient et de l'Afrique du Nord sont les plus mal lotis. En fait, le Proche-Orient "n'a plus d'eau" depuis 1972. L'Afrique a elle aussi de grave problème d'eau. Déjà, plus de 200 millions d'Africains vivent dans des pays à déficit hydrique et à contraintes d'eau. D'ici 2025, le nombre d'habitants pourra atteindre 700 millions, dont la moitié vivront dans des pays qui ont à faire face à de graves contraintes pendant la plus grande partie de l'année [3].

2.1. Le besoin en eau

Le besoin en eau est un concept théorique, il est exprimé le plus souvent de manière «unitaire» par habitant, par hectare irrigué, par tête de bétail, par unité de produit [4].

Les besoins en eau sont les volumes d'eau nécessaires aux différents usages correspondant au bien-être des activités humaines (besoins physiologiques, besoins essentiels, besoins culturels, besoins liés aux activités commerciales, agricoles, industrielles), ainsi qu'au fonctionnement de la nature (besoins nécessaires pour assurer les fonctions écologiques des hydro systèmes et le maintien de la biodiversité) [4].

2.2. Le besoin en qualité

La qualité de l'eau correspond à sa composition en éléments chimiques et bactériologiques, les besoins en qualité diffèrent d'une utilisation à l'autre et sont classifiés selon les normes de qualité. A titre d'exemple, la qualité de l'eau destinée à l'irrigation n'est pas la même que l'eau potable et la qualité de l'eau destinée aux produits pharmaceutiques est mieux traitée que celles de la production de la boisson [2].

2.3. Le besoin en quantité

Le besoin en quantité désigne le volume d'eau jugé nécessaire et suffisant pour un usage déterminé. Il est souvent considéré comme étant une quantité d'eau minimale qu'on ne peut pas diminuer pour satisfaire un besoin [2].

3. 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 (I.1). Les eaux saumâtres, qui proviennent habituellement des nappes souterraines, contiennent le plus souvent de 2000 à 10000 mg/L de matières dissoutes [6].

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

Tableau I. 1. Classification des eaux selon la salinité.

4. Ressources mondiales en eaux

Les ressources mondiales en eaux sont les mers, les océans, les glaciers, les fleuves, les eaux souterraines, et enfin les lacs, cependant l'eau douce ne représente que 2.5% de l'eau totale et sur les 2.5% d'eau douce, les lacs, les fleuves et les eaux souterraines représentent 14% soit l'équivalent de 0.35% de l'eau totale, et pour les 86% de l'eau douce qui reste sont gelés aux pôles [7].

Les précipitations (pluie, neige, rosée, etc.) jouent un rôle clé dans le renouvellement des ressources en eau. En fonction des conditions locales, les précipitations peuvent alimenter les rivières et les lacs, reconstituer les nappes phréatiques ou retourner dans l'atmosphère par évaporation. Les glaciers stockent l'eau sous forme de neige et de glace et alimentent les cours d'eau locaux de quantités d'eau qui varient en fonction des saisons. Cependant, beaucoup s'amenuisent à l'heure actuelle en raison du réchauffement climatique. Les bassins fluviaux constituent une « unité naturelle » très utile pour la gestion des ressources en eau et nombre d'entre eux s'étendent sur plus d'un pays. Le bassin fluvial de l'Amazonie et celui du Congo Zaïre comptent parmi les plus grands. Le débit des fleuves peut fortement varier d'une saison et d'une région climatique à l'autre. Comme les lacs contiennent de grandes quantités d'eau, ils peuvent atténuer les différences saisonnières dans le débit des rivières et des ruisseaux.

Les zones humides (notamment les marécages, tourbières, marais et lagunes) recouvrent 6% de la surface émergée de la Terre et jouent un rôle clé dans les écosystèmes locaux et les ressources en eau. Beaucoup de ces zones humides ont été détruites, mais celles qui subsistent aujourd'hui peuvent encore jouer un rôle important dans la prévention des inondations et le maintien du débit des rivières. La quasi totalité de l'eau douce non gelée se trouve sous la surface terrestre et constitue les nappes phréatiques. Généralement de très bonne qualité, l'eau des nappes phréatiques est principalement extraite pour fournir de l'eau potable ou pour arroser les cultures dans les zones arides. On considère que les ressources sont renouvelables

à partir du moment où la nappe phréatique n'est pas vidée plus rapidement que la nature ne lui permet de se reconstituer. Toutefois, dans de nombreuses régions sèches, les nappes phréatiques ne se renouvellent pas, ou alors très lentement. Peu de pays évaluent la qualité de leurs eaux souterraines ou la vitesse à laquelle elles sont exploitées, ce qui complique leur gestion [8].

Réservoirs	Volume (10^{15}m^3)	%Total	Temps de résidence
Océans	1350	97	2500ans
Glaciers (calotte glaciers)	33	2.4	1000 à 10000
Eaux souterraines	8	0.6	1500 ans
Lacs	0.1	0.01	17 ans
Eau dans le sol	0.07	0.01	1 an
Eau dans l'atmosphère	0.013	0.001	8 jours
Rivières	0.017	0.0001	16jours
Eau dans la matière vivante	0.0011	0.0001	Quelques heures
Total	1391	100%	

Tableau I. 2. Les réserves de l'eau dans la planète

5. Les ressources d'eau en Algérie

L'Algérie est un pays semi-aride où les ressources en eau sont faibles, irrégulières, et localisées dans la bande côtière. Avec une superficie de 2 381 741 km² dont près de 80% du territoire représente une zone désertique où les précipitations sont quasi-nulles et les ressources en eau superficielles sont très faibles et limitées essentiellement à la partie du flanc septentrional de l'Atlas [9]. Selon MOZAS et ALEXIS (2013), les potentialités hydriques de l'Algérie sont estimées en moyenne à 18 milliards de m³/an, dont 12.5 milliards de m³ dans les régions Nord (10 milliards de m³ d'écoulements superficiels et 2.5 milliards de m³ de ressources souterraines renouvelables), 5.5 Milliards de m³ dans les régions sahariennes (0.5 milliards m³ d'écoulements superficiels, 5.0 milliards de m³ ressources souterraines fossiles) [10] (Figure I.1). Les ressources hydriques algériennes sont renouvelables, 60% pour les eaux de surface et 15% pour les eaux souterraines (Figure I.2) [9], [11,12].

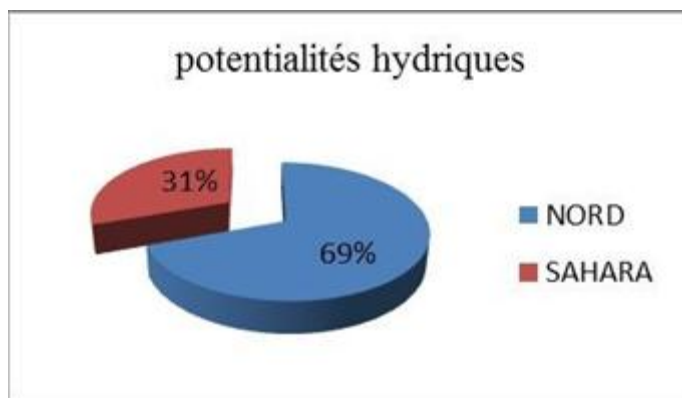


Figure I. 1. Pourcentage du potentiel hydrique de l'Algérie [10].

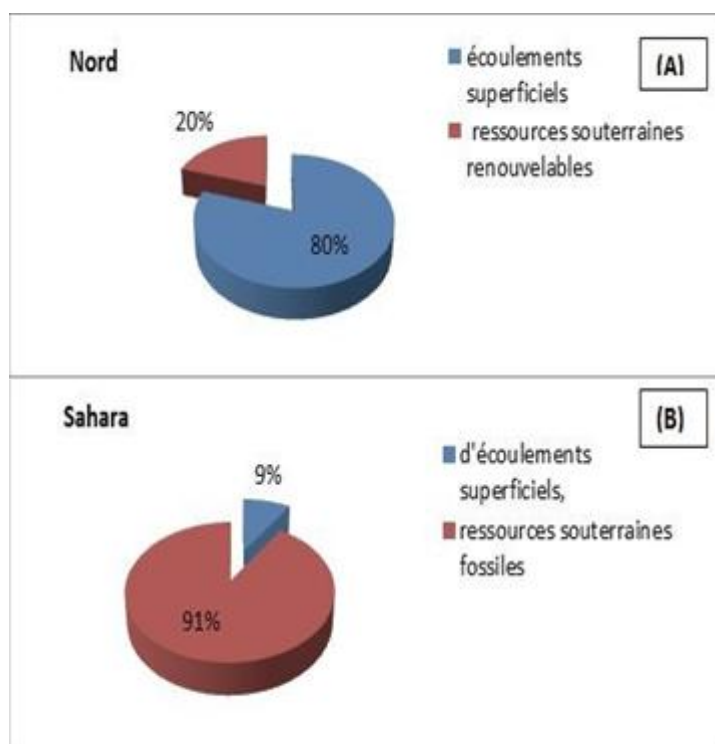


Figure I. 2. Pourcentage de potentiel hydrique (A: Nord; B: Sahara) [12].

6. Consommation de l'eau en Algérie

En Algérie, les besoins en eau potable et en eau pour usage industriel se font de plus en plus ressentir, surtout dans les régions sahariennes dont la superficie avoisine les deux millions de km^2 et où les eaux souterraines sont disponibles en grande quantité environ 60×10^3 milliards de m^3 . Ces dernières sont difficilement exploitables et difficilement renouvelables ; or de 4 à

5 milliards de m³ seulement sont exploitables annuellement malgré que la plupart de ces eaux sont saumâtres.

Dans le Nord de l'Algérie, les eaux souterraines sont évaluées à 1,8 milliards de m³ dans leur état naturel, ces eaux sont inutilisables alors qu'elles peuvent constituer un facteur important de développement et d'amélioration des conditions de vie dans ces régions. L'Algérie occupe actuellement le 14^{ème} rang mondial parmi les pays qui souffrent du manque d'eau, et s'il n'y'aura pas de démarches efficaces, elle sautera à la 6^{ème} place d'ici l'an 2025. L'Algérie reçoit 65 milliards de mètres cubes de pluie par an dont:

1. 15 milliards se dirigent vers les rivières.
2. 3 milliards alimentent les eaux souterraines.
3. 47 milliards s'évaporent dans l'atmosphère.

Par conséquent, on doit faire des efforts considérables en vue de :

1. Réduire les pertes en changeant les canalisations qui datent depuis 1960.
2. Augmenter la production d'eau dessalée en réalisant des unités de dessalement tout en veillant à réduire les coûts de traitement des eaux saumâtres ou usées en confiant la gestion de ces unités à des professionnels et non pas aux collectivités locales comme auparavant [13].

En Algérie, la population était de 23 millions en 1987, et sera de 46 millions en 2020, soit une consommation en eau potable et industrielle de l'ordre de 6 milliards de m³/an, alors que la mobilisation réelle, à l'époque, était à peine de 3 milliards de m³. Cela signifie qu'il fallait mobiliser, uniquement pour ces deux secteurs, 3 milliards de m³ supplémentaires, sans inclure les eaux d'irrigations ni les fuites dans les conduites, soit au total 10 milliards de m³ d'eau, un réel défi à relever mais surtout une stratégie et une politique à définir.

7. Le dessalement de l'eau en Algérie

L'Algérie, qui dispose de 1200 km de côtes, a mis en œuvre l'alternative du dessalement d'eau de mer (trois quarts) ou d'eau saumâtre (un quart) pour alimenter en eau potable des villes et localités du littoral, et jusqu'à 60 km aux alentours. Le coût de cette technique est passé de 10 \$/m³ à 0,6-0,8 \$/ m³ d'eau entre les années 1980 et aujourd'hui. Cette réduction des coûts a rendu cette technique compétitive et les spécialistes estiment à plus de 10 % par an l'augmentation de capacité installée grâce à ces usines à travers le monde. Nombre de pays méditerranéens, dont l'Espagne et l'Algérie en tête, développent cette technique. Le recours aux unités de dessalement permet également de réserver une partie plus importante des eaux

de barrages à l'agriculture. L'Algérie compte en 2013 neuf grandes stations de dessalement en exploitation à même de produire jusqu'à 1,4 millions de m³ d'eau dessalée par jour. La mise en exploitation de deux autres stations portera la capacité de production totale à 2,1 millions de m³/jour. En moyenne, ces stations ont une capacité de production qui se situe entre 100.000 et 200.000 m³ par jour. La station d'El-Mactaa, proche d'Oran, dont l'entrée en exploitation est prévue fin 2013 disposera d'une capacité de 500.000 m³/j., soit l'une des plus grandes unités de dessalement par osmose inverse, permettant la couverture à long terme des besoins de cinq millions de personnes en eau potable. Ces stations sont gérées par des sociétés de production pilotées par l'Algerian Energy Company (AEC), société créée par les groupes Sonatrach et Sonelgaz. La production d'eau dessalée est vendue à l'ADE sous le régime du *take or pay*. En complément de ces grandes stations, on relève la présence d'une vingtaine de stations monoblocs de petite capacité (entre 2500 et 7000 m³/j) dont certaines ont été délocalisées pour renforcer l'AEP des localités plus déficitaires [14].

8. Les eaux distillables

Les différentes eaux qui peuvent être distillées sont [15] :

8.1. L'eau de mer

La salinité des mers varie d'une mer à l'autre et elle est en moyenne de 35g/l.

Mer	Salinité en (mg/l)
Mer Baltique	7 000
Mer Caspienne	13 500
Mer Noire	13 000
Mer Adriatique	25 000
Océan Pacifique	33 000
Océan Indien	33 800
Océan Atlantique	36 000
Mer Méditerranée	39 400
Golf Arabe	43 000
Mer Rouge	43 000
Mer Morte	270 000

Tableau I. 3 . Degré de salinité des mers et des océans.

8.2. Les eaux saumâtres

Ce sont les eaux non potables qui peuvent être classées selon la salinité en trois catégories:

- Eau légèrement saumâtres : 1000 à 3000 ppm.
- Eau moyennement saumâtres : 8000 à 10000 ppm.
- Eau très saumâtres : 10000 à 33000 ppm.

8.3. 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 la consommation. Elle représente près de 14% de l'eau douce [15].

8.4. Les eaux usées

Ce sont les eaux rejetées par les collectivités domestiques, industrielles ou agricoles.

9. Les normes de l'O.M.S pour l'eau potable

L'eau potable elle doit répondre à des normes de qualité très rigoureuses qui s'appuient sur des travaux médicaux de l'organisation mondiale de la santé (O.M.S). Ces critères peuvent être regroupés en six groupes [16].

- Paramètres organoleptiques : transparence, couleur, odeur et saveur.
- Paramètres physico-chimiques :
 - PH, température, concentrations en inorganiques minéraux conductivité.
 - Substances indésirables (nitrates, fluor..).
 - Substances toxiques (plomb, chrome..).
- Paramètres micro biologiques : bactéries nuisibles (coliformes les streptocoques fécaux...).
- Pesticides et produits apparentés.
- Paramètres concernant les eaux adoucies livrées à la consommation humaine.
- Paramètres relatifs aux substances indésirables, substances tolérées en très faible.

Quantité pouvant avoir une incidence sur la santé sans provoquer de désagréments à court termes.

D'après les normes sanitaires de l'O.M.S toute eau distribuée à une collectivité doit être potable. Une eau est considérée comme potable si sa salinité totale est comprise entre 100 et 1000 ppm (partie pour million), soit 0.1 et 1g/l [17].

CHAPITRE II :

Les types de Distillateur solaire

L'utilisation de l'énergie solaire pour le dessalement de l'eau a été envisagée dès 1872 dans le nord du Chili, par l'ingénieur suédois Carlos Wilson [18]. Il permettait de fournir de l'eau potable aux animaux de trait à partir de l'eau salée de la mer [18]. Ce système ne fonctionna que jusqu'en 1910 à cause de l'accumulation rapide des sels dans le bassin, nécessitant un nettoyage régulier du distillateur. La distillation solaire connut une période creuse entre 1880 et la première guerre mondiale. En 1920, Kaush utilisa des réflecteurs en métal pour concentrer les rayons solaires; il en résulta l'apparition de nouveaux appareils (types toit, couverture en V, plateau incliné...etc.) [18]. Une installation due à Ginistous groupant 30 appareils de 1 m² fut réalisée et exploitée à Bengardane en Tunisie en 1929. Au début des années 30, Trifinov proposa un distillateur incliné; en 1938 Abbot utilisa des réflecteurs cylindriques paraboliques pour concentrer le rayonnement solaire, le tout est acheminé dans des tubes contenant de l'eau [18]. Maria Telks inventa en 1945 un nouveau type de distillateur solaire de forme sphérique, qui fut utilisé par la marine américaine; un grand nombre de ce modèle, environ 2000 a été utilisé pendant la 2^{ème} guerre mondiale. En 1969, Cooper proposa une simulation pour analyser les performances d'un distillateur solaire type serre. Depuis les années 70, plusieurs autres types de distillateurs ont été élaborés et étudiés, parmi lesquels, nous pouvons, sans être exhaustif citer : le distillateur à multi-effet (Oltra, 1972; Bartali, 1976) [19], le plateau incliné ou le distillateur solaire incliné (Howa, 1961 Akhtamov et al, 1978) [20], le distillateur solaire de type mèche inclinée ou multi-mèches (Frick et Somerfeld 1973, Soda et al 1980, Moustafa 1979), combinaison du distillateur solaire à effet de serre (Salcuk 1970, 1971; Sodha et al, 1980).

1. Principe de la distillation solaire

La distillation solaire est un phénomène naturel, elle a le même principe du phénomène réel qui se déroule dans la nature, où le rayonnement solaire incident sur l'eau de la mer (ou l'océan, le lac, la rivière) chauffe cette eau, cette dernière s'évapore et s'élève haut. Puis cette vapeur se transporte par intermédiaire du vent jusqu'à elle arrive à un endroit plus froid, donc elle se condense et les nuages se forment. Après ça il peut être la pluie ou la neige. Les distillateurs solaires utilisent tous le même principe de fonctionnement, néanmoins ils peuvent différer les uns des autres en conception et en matériaux. Le fonctionnement d'un distillateur solaire repose sur l'effet de serre [21]. Sous l'action de flux solaire, transmis par la couverture transparente, l'eau s'échauffe et une partie de celle-ci s'évapore. La vapeur produite se condense sur la face intérieure de la vitre et le condensat est récupéré par un récepteur. Un appoint d'eau compense le débit de distillat [18].

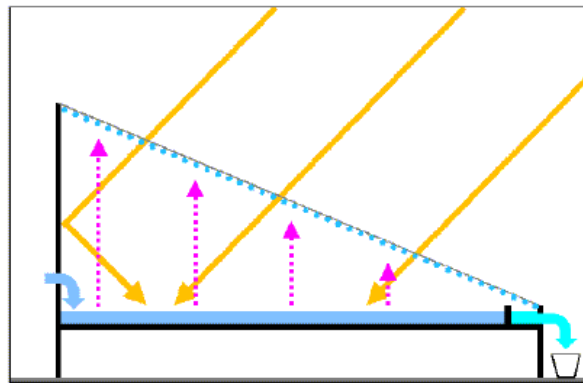


Figure II. 1. Le principe de fonctionnement d'un distillateur

2. Types de distillateurs solaires

Tous les distillateurs solaires ont le même principe de fonctionnement. Mais ils sont différents en termes de design et en termes de matériaux utilisés et en termes de rendement, et chaque type possède des avantages et des inconvénients.

2.1. Distillateur à une seule pente

Le distillateur à une seule pente, a une seule vitre inclinée d'un angle (β), Figure II.2.

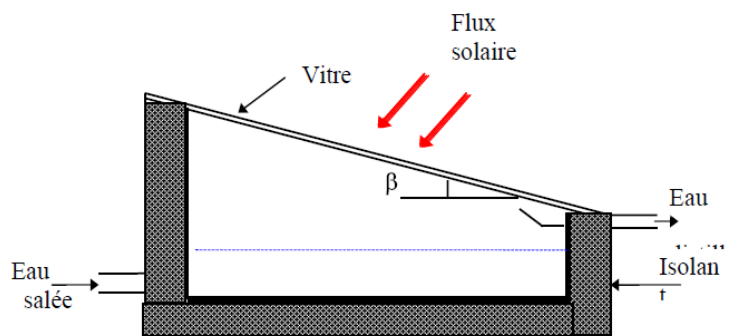


Figure II. 2. Distillateur à simple effet avec un seul capteur

2.2. Distillateur à doubles 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 [22] Figure II.3.

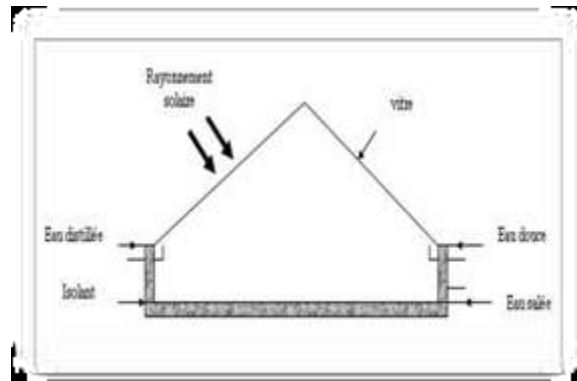


Figure II. 3. Distillateur solaire à simple effet avec deux capteurs [22]

2.3. Le distillateur solaire à cascades

Cet appareil présente deux avantages : la lame d'eau est très faible et l'orientation par rapport au rayonnement incident se rapproche davantage de l'optimum, un modèle de ce type représenté dans (Figure II.4) n'a été exécuté qu'en petites tailles, ces appareils fonctionnent bien mais leur construction et leur entretien sont coûteux [23].

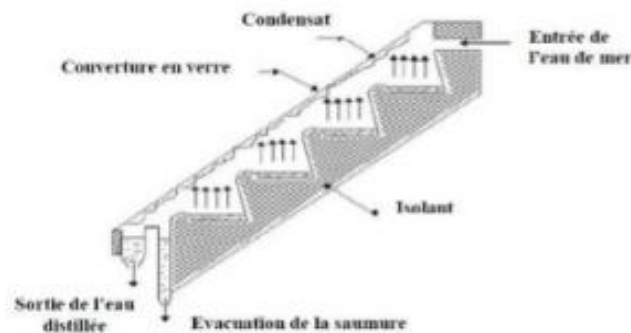


Figure II. 4. Distillateur solaire à cascades

2.4. Le distillateur solaire sphérique à balayage

C'est un distillateur en plexiglas ou autres matériaux plastique transparents 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 sert à récupérer le distillat, un bac horizontal en métal noir contenant l'eau à distiller qui se trouve dans le plan médian de la sphère [24].

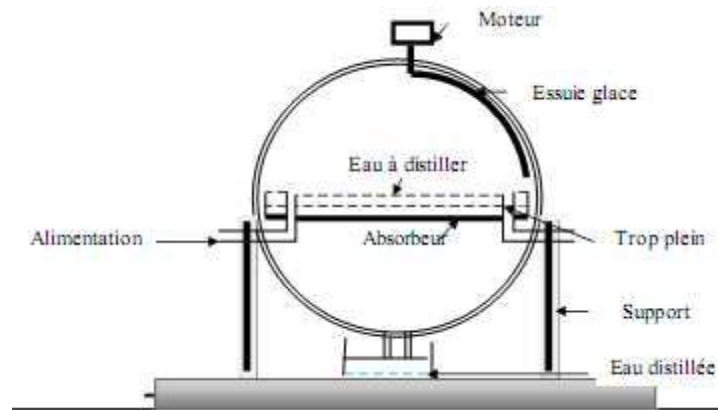


Figure II. 5. Distillateur solaire sphérique à balayage

2.5. Distillateur solaire terre-eau

C'est un distillateur contenu dans le sol. Il est similaire au distillateur à doubles pentes. De grandes quantités d'humidité sont accumulées dans la terre durant la saison froide, de même dans les zones arides. Pour exploiter cette hydrologie naturelle, on utilise le distillateur solaire terre-eau. Il est similaire à celui de l'effet de serre, sauf que le sol remplace le bassin noir. (Figure II.6) [25].

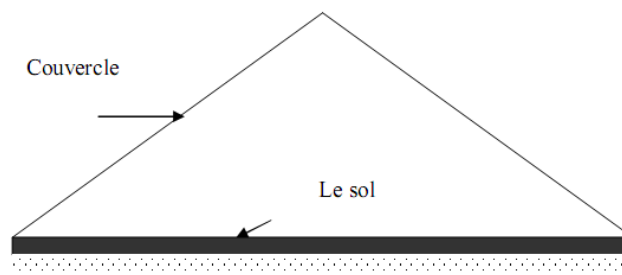


Figure II. 6. Distillateur solaire terre- eau

2.6. Distillateur solaire a film capillaire

Distillateur solaire à film capillaire : L'appareil est formé d'une vitre et de deux plaques métalliques disposées face à face et inclinées d'un certain angle. La face avant de la première plaque est peinte en noir. L'eau à distiller, s'écoule lentement à l'aide d'un tissu sur l'autre côté, ce tissu est convenable pour former un film capillaire d'eau. Ceci justifie le nom donné à l'appareil (distillateur à film capillaire) [26]. La vapeur d'eau produite quitte le tissu et va se condenser au contact de la seconde plaque. L'eau distillée et le résidu sont récupérés par des collecteurs. La (Figure II.7) montre le schéma de principe de fonctionnement.

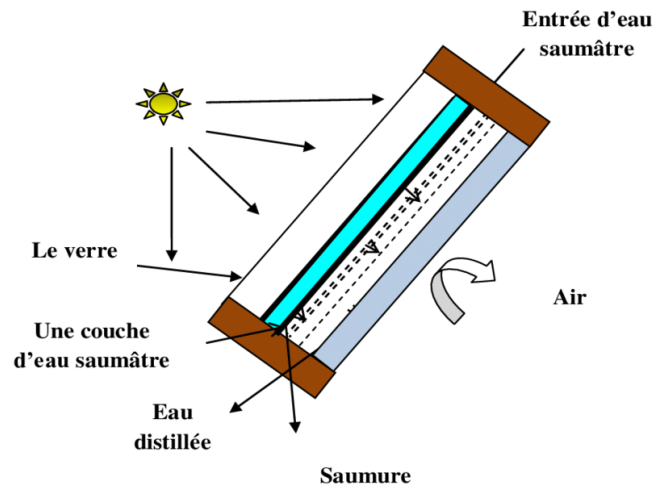


Figure II. 7. Distillateur solaire a film capillaire

2.7. Distillateur solaire vertical

- Le distillateur solaire vertical est composé :

D'un capteur solaire permettant la captation du rayonnement solaire. et d'un compartiment d'évaporation. et d'un compartiment de condensation. La (Figure II.8) présente le principe de fonctionnement du distillateur vertical, le distillateur est alimenté par l'eau saumâtre à partir d'un réservoir (1), le distillateur est connecté au réservoir à l'aide d'un tube en cuivre (2), le débit d'eau à l'entrée du distillateur est régulé à l'aide d'une vanne (3) et la position du réservoir d'alimentation permet l'alimentation du distillateur par un débit constant, un distributeur d'eau (4) est muni de perforations sur la longueur, permet la distribution de l'eau en film sur le tissu spongieux (5) l'eau ruisselle sur le tissu et la saumure est évacuée en bas (6). L'eau qui s'écoule derrière l'absorbeur (7) et s'évapore dans le compartiment d'évaporation, le mélange d'eau et d'air à l'intérieur saturé en vapeur d'eau circule naturellement à travers les deux ouvertures (8) réalisées dans une cloison isolée vers le compartiment de condensation (9) et la vapeur se condense au contact de la plaque de condensation à l'arrière du distillateur. La collecte de l'eau se produit dans la gouttière fabriquée en dessous de la plaque de condensation. Le distillateur à ruissellement présentent des inconvénients tels que :

- Un réglage difficile de débit de l'eau à distiller.
- Une perte de chaleur sensible emportée par l'excédent d'eau non évaporée [27, 28,29].



Figure II. 8. Distillateur solaire vertical

2.8. Distillateur solaire à mèche

Dans un distillateur à mèche, l'eau d'alimentation coule lentement à travers une garniture poreuse, absorbant les rayonnements (mèche). Deux avantages sont revendiqués sur les distillateurs de bassin. D'abord, la mèche peut être inclinée de sorte que l'eau d'alimentation présente un meilleur angle avec le soleil (réduisant la réflexion et présentant une grande surface efficace). En second lieu, moins d'eau d'alimentation est dans le distillateur à tout moment donc l'eau est chauffée plus rapidement et à une température élevée. Les distillateurs simples à mèche sont plus efficaces que les distillateurs à bassin et quelques conceptions sont prétendues pour coûter moins qu'un distillateur à bassin du même rendement [30].

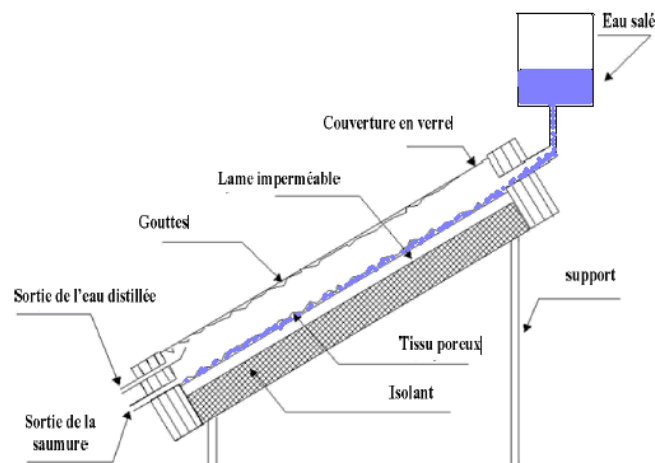


Figure II. 9. Distillateur solaire à mèche

2.9. Etat de l'art des distillateurs solaires à mèche

Aybar [31] a proposé une modélisation mathématique du distillateur solaire incliné avec une mèche. Ce type de distillateur solaire produit simultanément de l'eau distillée et de l'eau chaude. Dans les études paramétriques, plusieurs paramètres ont été étudiés, tels que le débit massique d'eau d'alimentation et l'intensité solaire. Le système peut générer 3,5 à 5,4 kg/j d'eau distillée (pour une surface de plaque absorbante de 1 m²). La température de l'eau chaude produite est d'environ 40 °C, ce qui est suffisant pour un usage domestique. Les résultats de la simulation sont en bon accord avec les résultats expérimentaux.

Aybar et al. [32] ont analysé expérimentalement le distillateur solaire incliné. Le système a été testé avec trois variantes: plaque nue, mèche en tissu noir et mèche en molleton noir. L'eau d'alimentation saumâtre provenant du réservoir est de 4060 ppm. Avec la plaque nue la dureté de l'eau douce est de 42 ppm, où elle est avec le tissu noir et le non-tissé noir 79 ppm et de 140 ppm, respectivement. En utilisant un molleton noir et une mèche en tissu noir, le débit massique d'eau d'entrée est minimisé. Toison noir et tissu noir produisant ainsi plus d'eau fraîche que la plaque nue. Avec la toison noire solaire produisent encore 2800 ml par jour.

Haddad et al. [33] ont été tenté d'améliorer la productivité de distillateur solaire classique de type bassin en utilisant une mèche rotative verticale (VRW). Une bande de mèche noire rotative est intégrée en face à la paroi arrière du distillateur pour agir comme une zone supplémentaire de captation et d'évaporation. Un ensemble de tests expérimentaux a été réalisé pour évaluer la contribution de VRW à l'amélioration des performances du distillateur. L'amélioration de la productivité du distillateur est démontrée par une étude comparative avec et sans VRW dans le distillateur. Il a été constaté que la productivité journalière du distillateur solaire proposé, pour les saisons d'hiver et d'été, est d'environ 5,03 kg/m² et 7,17 kg/m², respectivement. La comparaison avec le distillateur solaire simple (sans VRW) montre que la production de distillat du distillateur modifié (avec VRW) a été augmentée d'environ 14,72 en été et de 51,1% en hiver.

Kaushal et al [34] ont été étudié un distillateur solaire à diffusion par effet multiple avec récupération de chaleur résiduelle (FW-BVMED-HR) a été construit en modifiant la conception conventionnelle du distillateur solaire VMED de type bassin (distillateur de référence). Le distillateur de référence a été modifié en incorporant des améliorations comme des mèches flottantes multiples dans le bassin et un échangeur de chaleur pour la récupération de la chaleur résiduelle afin de déterminer l'effet cumulatif de ces deux améliorations. Les

performances du FW BVMED-HR ont été encore comparées au distillateur de référence dans des conditions météorologiques et opérationnelles identiques en les faisant fonctionner côte à côte simultanément. Les deux distillateurs ont été faites de mêmes dimensions et matériaux, et se composait de quatre effets. Par une journée claire et ensoleillée, la productivité du distillat de FW-BVMED-HR était supérieure de 21% à celle du distillateur de référence. La productivité élevée du distillat due au : transfert de chaleur par convection élevée, la surface de la mèche flottante avec haute température vers la première plaque de séparation, préchauffage de l'eau d'alimentation par la récupération de la chaleur, réduction des pertes latérales, la productivité élevée du distillat pendant le nuit et de la chaleur supplémentaire stockée dans les mèches flottantes.

S.K. Shukla et V.P.S. Sorayan [35], ont donnée des expressions pour les températures d'eau et de verre, le rendement et l'efficacité des systèmes de distillation solaires à multi mèche avec simple et double pente. L'analyse est basée sur le bilan énergétique pour les deux systèmes. La validation expérimentale du modèle thermique a été effectuée par des coefficients de transfert de chaleur modifiés. Des coefficients de transfert de chaleur internes ont été évalués à partir des températures intérieures et extérieures de verre pendant des jours typiques.

B. Janarthanan et al [36] ont présenté une nouvelle modification sur le distillateur solaire à mèche incliné avec l'introduction d'une mèche flottante. La validation de l'expression analytique de l'efficacité thermique, de la perte de chaleur par évaporation et des transferts thermiques pour les deux systèmes à cycle ouvert et fermé ont été commentés par des expériences pour les deux systèmes. Les calculs numériques ont été effectués pendant un jour typique d'été. La théorie proposée pour le distillateur solaire incliné avec une mèche peut être adoptée pour la conception optimale d'un refroidissement par évaporation (cycle ouvert) et le système de distillation (cycle fermé). De plus, il y a une augmentation de l'efficacité globale pour le système à cycle fermé.

B. Janarthanan et al [37]. Leur travail est une étude de la performance temporaire du distillateur solaire à mèche inclinée et émergée avec introduction des effets d'eau circulant sur la couverture verrière. Les résultats indiquent que les écarts relatifs entre les résultats théoriques et expérimentaux sont moins de 8% (couverture verrière), 2% (surface d'eau de la mèche inclinée), 1% (surface d'eau de la mèche flottée) et 2% (l'eau débordante à l'extrémité inférieure de la couverture verrière).

Hiroshi Tanaka , Koji Iishi [38] ont été proposé un distillateur de diffusion à un seule effet, au lieu d'un distillateur à diffusion multiple (MED) combiné à une mèche inclinée (TW), l'étude expérimentalement se faite dans des conditions météorologiques réelles pour déterminer si la convection naturelle peut transporter la vapeur du distillateur TW vers un MED. Il a été constaté que le distillateur à un seul effet peut être chauffé par la vapeur du distillateur TW et que le rayonnement solaire est absorbé par le distillateur à une seule effet. A partir des expériences d'été et d'automne, il a été constaté qu'un distillateur MED peut être chauffé au cours des deux saisons, que le distillateur MED absorbe directement ou non le rayonnement solaire. Les résultats expérimentaux concordent avec les résultats du calcul. Le maximum de production total obtenu dans les expériences était d'environ 4,88 kg/m²jour.

3. Transfert de chaleur à l'intérieur de la distillation solaire :

3.1. Par rayonnement mèche-vitre :

$$Q_{r.m_gi} = h_{r.m_gi} (T_m - T_{gi}) . \quad (\text{II.1})$$

$h_{r.m_gi}$: Coefficient de transfert de chaleur par rayonnement entre la mèche et la vitre.

$$h_{r.m_gi} = \epsilon_{eff} \sigma [(T_m + 273) + (T_{gi} + 273)](T_m + T_{gi} + 546). \quad (\text{II.2})$$

ϵ_{eff} : Émissivité effectif, σ : Constante de Steffan-Boltzman.

$$\epsilon_{eff} = \left[\frac{1}{\epsilon_m} + \frac{1}{\epsilon_{gi}} + 1 \right]^{-1}. \quad (\text{II.3})$$

ϵ_m : Émissivité de la mèche.

ϵ_{gi} : Émissivité de la vitre.

Par convection mèche-vitre :

$$Q_{c.m_gi} = h_{c.m_gi} (T_m - T_{gi}) \quad (\text{II.4})$$

$h_{c.m_gi}$: Coefficient de transfert de chaleur par convection entre la mèche et le vitrage.

$$h_{c.m_gi} = 0.884 \left[(T_m - T_{gi}) + \frac{(P_m - P_{gi})(T_m + 273)}{268.9 \times 10^3 - P_m} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (\text{II.5})$$

1.1. Par évaporation

La pression de la vapeur d'eau :

$$P_m = \exp \left[25.317 - \frac{5144}{(T_m + 273)} \right] . \quad (\text{II.6})$$

$$P_{gi} = \exp \left[25.317 - \frac{5144}{(T_{gi} + 273)} \right] \quad (\text{II.7})$$

P_m : Pression de vaporisation à la température de la mèche.

P_{gi} : Pression de vaporisation à la température de la face intérieur de la vitre .

$$Q_{\text{évap}} = h_e (T_w - T_{gi}) \quad (\text{II.8})$$

$h_{e:w_gi}$: Coefficient de transfert de chaleur par évaporation-condensation entre le film d'eau et le vitrage

$$h_e = 16.27310^{-3} h_{c:w_gi} \left[\frac{P_w - P_{gi}}{T_w - T_{gi}} \right] \quad (\text{II.9})$$

Le taux de transfert de chaleur par conduction de la surface interne du couvercle en verre à la surface externe du couvercle en verre est donné par

$$Q_{cd:gi_ge} = \frac{k_g}{ep} (T_{gi} - T_{ge}) \quad (\text{II.10})$$

2. Transfert de chaleur à l'extérieur de la distillation solaire

2.1. Par rayonnement vitre-ambiance :

$$Q_{r:ge_a} = h_{r:ge_a} (T_{ge} - T_a) \quad (\text{II.11})$$

$h_{r:go_a}$: Coefficient de transfert de chaleur par rayonnement par la vitre vers l'extérieur.

$$h_{r:ge_a} = \mathcal{E}_g \sigma \left[\frac{(T_{ge} + 273)^4 - (T_{ciel} + 273)^4}{(T_{ge} - T_a)} \right] \quad (\text{II.12})$$

$$T_{ciel} = T_a - 6$$

2.2. Par convection vitre- ambiance

$$Q_{c:ge_a} = h_{c:ge_a} (T_{ge} - T_a) \quad (\text{II.13})$$

$h_{c:ge_a}$: Coefficient de transfert de chaleur par convection entre la vitre et l'extérieur.

$$h_{c:ge_a} = 2.8 + (3.0 \times v), \text{ si la vitesse du vent : } V \leq 5 \text{ m/s.}$$

$$h_{c:ge_a} = 6.15 \times v^{0.8}, \text{ si la vitesse du vent : } V > 5 \text{ m/s.}$$

v : La vitesse du vent

2.3. Par conduction bac

$$Q_{cd:bi_be} = \frac{\lambda_b}{\delta_b} (T_{bi} - T_{be}) \tag{II.14}$$

λ_b : Conductivité thermique du bac.

δ_b : Épaisseur du bac.

2.4. Par conduction isolation

$$Q_{cd:isi_ise} = \frac{\lambda_{is}}{\delta_{is}} (T_{isi} - T_{ise}) \tag{II.15}$$

λ_{is} : Conductivité thermique de l'isolation δ_{is} : Épaisseur de l'isolation

3. Bilans Energétiques

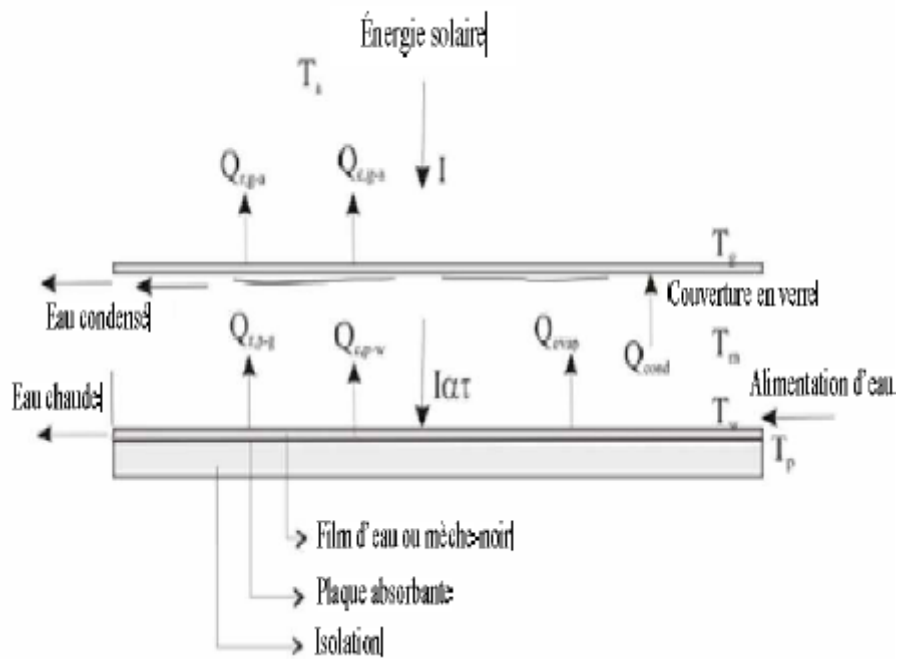


Figure II. 10. Les différents transferts thermiques dans le distillateur

3.1. Bilan de mèche

$$M_m C p_m \frac{dT_m}{dt} = \alpha_m \tau_m G - Q_{r:m_g} - Q_{c:m_g} - Q_{e:m_g} - Q_{cd:m_bc} - Q_{r:m_c} \tag{II.16}$$

$Q_{r:m_g}$: Flux thermique par rayonnement entre le mèche et le vitrage.

$Q_{c:m_g}$: Flux thermique par convection entre la mèche et le vitrage.

$Q_{\acute{e}}$: Flux thermique par évaporation.

$Q_{cd:m_{bc}}$: Flux thermique par conduction entre la mèche et le bac.

$Q_{r:m_{bc}}$: Flux thermique par rayonnement entre la mèche et le bac.

3.2. Bilan du bac

$$M_b C_p b \frac{dT_b}{dt} = Q_{cd:m_{bc}} + Q_{r:m_c} - Q_{r:b_{is}} - Q_{cd:bc_{is}} \quad (\text{II.17})$$

$Q_{cd:m_{bc}}$: Flux thermique par conduction entre mèche et bac

$Q_{r:m_{bc}}$: Flux thermique par rayonnement entre mèche et bac

$Q_{r:b_{is}}$: Flux thermique par rayonnement entre bac et isolant

$Q_{cd:bc_{is}}$: Flux thermique par conduction entre isolant et bac

3.3. Bilan du vitrage

La quantité de chaleur reçue par la vitre est évacuée par conductivité à travers celle-ci, soit

$$M_v C_p v \frac{dT_v}{dt} = (1 - \rho_v) \alpha_v G + Q_{r:m_{gi}} + Q_{c:m_{gi}} + Q_{\acute{e}vap} - Q_{r:go_a} - Q_{c:go_a} \quad (\text{II.18})$$

$Q_{r:m_{gi}}$: Flux thermique par rayonnement entre la mèche et le vitrage

$Q_{c:m_{gi}}$: Flux thermique par convection entre la mèche et le vitrage

$Q_{\acute{e}}$: Flux thermique par évaporation

$Q_{r:go_a}$: Flux thermique perdu par la vitre par rayonnement vers l'extérieur.

$Q_{c:go_a}$: Flux thermique perdu par convection par la vitre vers l'extérieur.

3.4. Bilan de l'isolant

$$M_i C_p i \frac{dT_i}{dt} = Q_{cd:bac_{isol}} - Q_{perte} \quad (\text{II.19})$$

$Q_{cd:bac_{isol}}$: Flux thermique par conduction entre le bac et l'isolant thermique.

Q_{perte} : Flux thermique perdu par l'isolant.

4. Débit du condensat

$$\frac{dM_C}{dt} = h_e \frac{T_m - T_v}{h_{fg}} \quad (\text{II.20})$$

M_C : Masse du condensat.

h_{fg} : Chaleur latente de vaporisation.

T_m : Température de la mèche.

T_v : Température de la vitre.

5. Efficacité

C'est la quantité d'eau produite par unité de surface de plan noir et par jour. L'inconvénient majeur de ce critère est qu'il ne fait pas mention de l'énergie solaire qui arrive sur le distillateur [39]. Khedim [40] a défini deux types d'efficacité :

5.1. L'efficacité globale

L'efficacité globale est donnée par la relation :

$$\eta_g (\%) = \frac{Q_e}{G.S} 100 = \frac{m_d L_v}{G.S} 100 \quad (\text{II.21})$$

m_d : Débit du distillat.

G : Puissance solaire incidente.

L_v : Chaleur latente d'évaporation de l'eau.

S : Superficie du capteur

Q_e : Puissance d'évaporation.

5.2. Efficacité interne

L'efficacité interne est donnée par la relation : $\eta_i (\%) = \frac{Q_e}{Q_{eau}} 100 \quad (\text{II.22})$

CHAPITRE III :

**ETUDE
EXPERIMENTALE
& RESULTATS ET
DISCUSSIONS**

La distillation solaire est l'une des solutions particulières pour résoudre le problème de manque en eau potable. Notre étude vise à améliorer la production journalière par un distillateur solaire inclinée à mèche. Ce travail a été effectué au laboratoire de physique énergétique de l'Université de M'sila, Algérie.

1. Présentation de la région d'expérimentation

1.1. Situation géographique

La wilaya de M'Sila a une superficie de 18 175 km², Elle est limitée par la wilaya de Médéa, Bouira, Bordj-Bou-Argeridj et Sétif au nord, Batna à l'est, Djelfa à l'ouest et Biskra au sud [41].



Les coordonnées géographiques de la wilaya sont présentées dans le tableau.III.1 : [42]

Altitude	441 m
Latitude	35°7058 Nord
Longitude	4°54194 Est
Albédo	0.2

Tableau III. 1. Les Coordonnées géographiques

1.2. Le climat

Le climat de la Wilaya est de type continental soumis en partie aux influences sahariennes. L'été y est sec et très chaud, alors que l'hiver y est très froid. Sur le plan pluviométrique, la zone la plus arrosée est située au nord, elle reçoit plus de 480 mm par an (Djebel Ech-Chouk, Chott de Ouenougha), quant au reste du territoire, la zone la plus sèche est située à l'extrême sud de la Wilaya et reçoit moins de 200 mm/an. Les précipitations moyennes annuelles de la wilaya en 2010 sont de 153 mm par ans. Les températures moyennes mensuelles de l'année sont de 20 C°, enregistrées au mois plus chaud (Août) sont de 32 C° et le mois plus froid (Janvier) sont de 11 C°. Les températures min et max, enregistrées (-0,2) C° en mois de janvier et (45,7) C° en mois de juillet [43].

2. Conception du distillateur solaire

Le distillateur solaire utilisé dans notre étude est d'une conception très simple. Il a été réalisé au niveau de laboratoire de physique énergétique, avec des matériaux locale cent pour cent.



Figure III. 1. Photo de l'installation expérimentale de distillateur à mèche



Figure III. 2 .Photo de l'installation expérimentale de distillateur conventionnel.

3. Les différents composants de distillateur sont

3.1. Bac absorbant (plaque noire)

Le bac en fer galvanisé, leur 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.

3.2. Couverture verrière (verre)

On a choisis le verre ordinaire à cause de:

- Longue durée du vie.
- Leurs caractères physiques et chimiques ne change pas avec les conditions météorologiques.
- Moins chère.
- Disponible

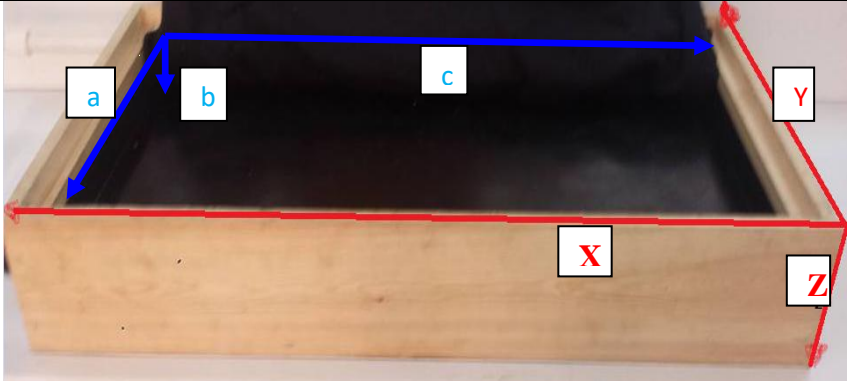

3.3. L'isolation thermique

L'isolation thermique du distillateur est en polystyrène.

3.4. Le coffre extérieur

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

Les dimensions et les caractéristiques des composantes de distillateur sont présentées dans le tableau Tableau.III 2.

Bac absorbant $c = 0.9 \text{ m}$ $a = 0.4 \text{ m}$ $b = 0.08 \text{ m}$	
Coffre extérieure en bois $X = 0.98 \text{ m}$ $Y = 0.48 \text{ m}$ $Z = 0.14 \text{ m}$ L'épaisseur = 0.04 m	
L'isolation thermique en Polystyrène L'épaisseur = 6 cm	

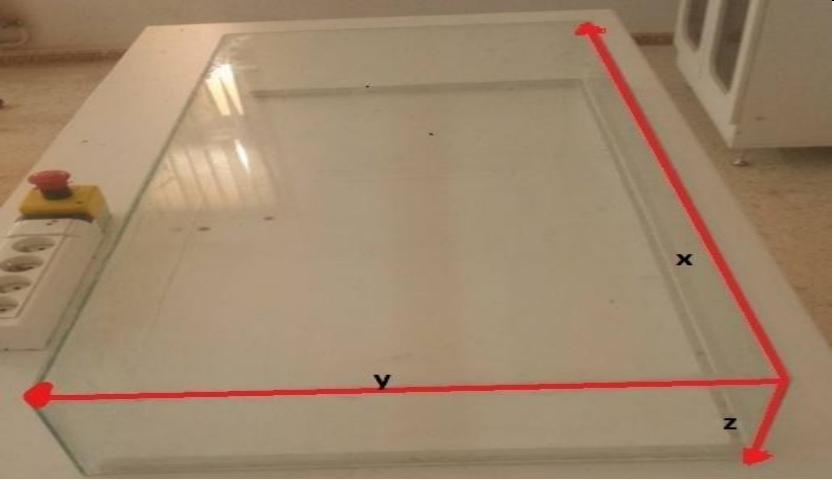
<p>Couverture en verre ordinaire</p> <p>X=0.94m Y=0.44m Z=0.12m</p>	
---	--

Tableau III. 2. Les dimensions des composantes du distillateur solaire.

<p>Les types des mèches</p> <p>Mèche 1 : en coton épais.</p> <p>Mèche 2 : en coton fin.</p> <p>Mèche 3 : en coton moyen.</p>	
--	---

Tableau III. 3. Les types des mèches

4. Tests expérimentaux

Le distillateur solaire a été construit et testé à la Faculté des Sciences, Université de Msila, Algérie. Les tests ont été réalisés entre avril et juin 2018, et les données expérimentales présentées dans cette étude concernent des jours typiques. L'alimentation de distillateur solaire en eau à distillé se fait par un système qui travaille en goutte à goutte à partir d'un réservoir d'eau, pour assurer que la mèche reste mouillée tout le temps.

Le distillateur solaire à mèche est posé sur un support incliné avec un angle égal à la latitude du site de M'sila (36°), et orienté vers la direction nord-sud pour recevoir la quantité maximale du rayonnement solaire pendant la journée.

Les températures de la mèche, la vitre, le bac et l'ambiance sont mesurées par des thermomètres digitaux. La température de l'air humide et l'humidité relative dans le distillateur sont également mesurées à l'aide d'un thermo-hygromètre digital.

L'irradiation solaire globale et la vitesse du vent sont obtenues par la station météorologique de Msila. Une bouteille graduée en verre transparent de 1L est utilisée pour recueillir et mesurer la production de condensat, et une autre bouteille placée sous le distillateur est utilisée pour collecter la saumure. Tous les paramètres mesurés sont enregistrés toutes les demi-heures de 7h00 à 17h00.

5. Les tests du mois d'avril

5.1. Les paramètres météorologiques

Les conditions atmosphériques pendant les jours d'essai, à savoir: L'irradiation solaire globale, la température ambiante et la vitesse du vent sont présentés sur les figures de (III.2) à (III.4).

5.1.1. L'irradiation solaire globale

La figure III.3 montre l'évolution de l'irradiation solaire pour tous les jours de test pour le mois d'avril en fonction du temps. On observe que l'irradiation solaire augmente avec le temps pour atteindre la limite la plus élevée à 12 h, puis elle est diminuée à la fin de la journée. L'irradiation solaire globale pour le mois d'avril était de l'ordre de 0-880 W/m² avec une durée d'ensoleillement d'environ 12 h.

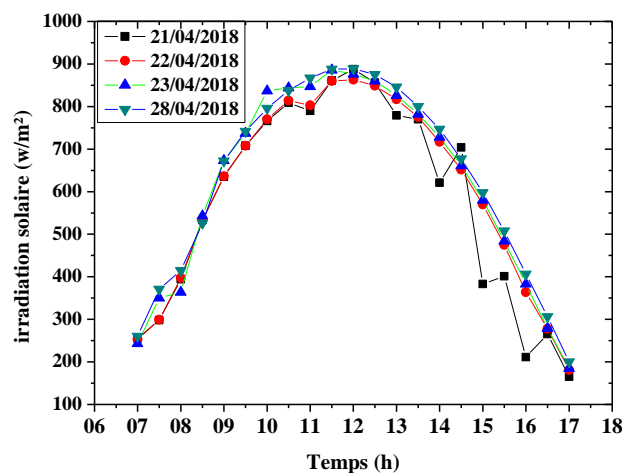


Figure III. 3. Variation de l'irradiation solaire globale.

5.1.2. La vitesse du vent

La figure III.4 montre que la vitesse du vent est instable, et varie de façon rapide et aléatoire. Elle atteint environ 6 m/s.

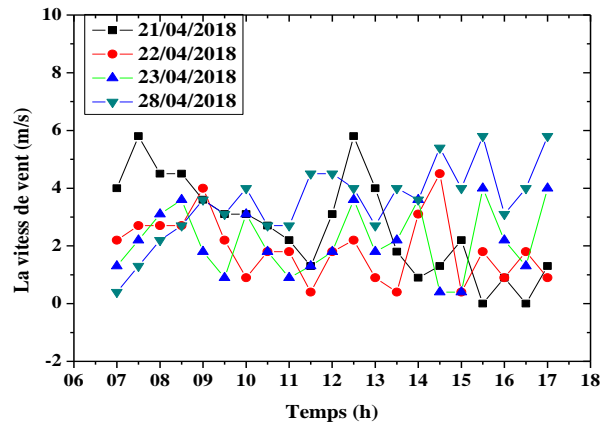


Figure III. 4. Variation de la vitesse du vent.

5.1.3. Température ambiante

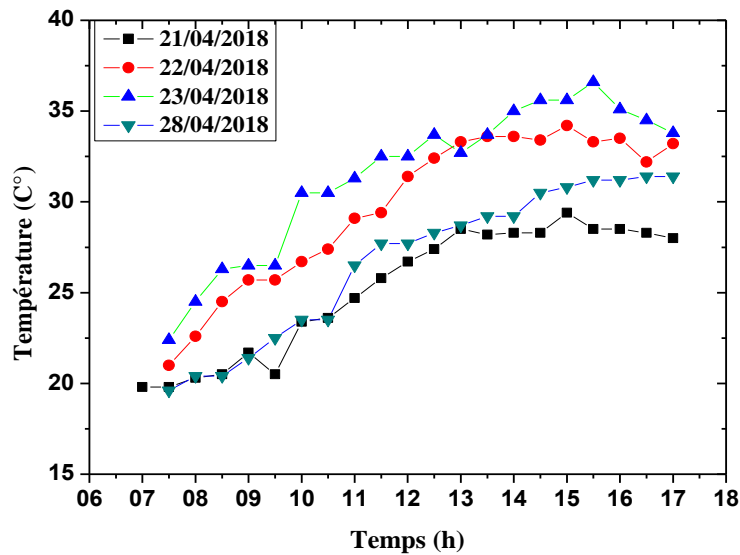


Figure III. 5. Variation de la température ambiante.

La température ambiante augmente avec le temps et passe de 19 C° à 36 C°. Il a des effets sur le processus de distillation solaire qui affecte directement le verre (convection naturelle).

5.2. Les températures des composantes de distillateur solaire

Les figures de III.6 à III.9 montre les variations de la température de la plaque absorbante, la mèche (Mèche 1 en coton épais, mèche 2 en coton fin, mèche 3 en coton moyen), le couvercle en verre, l'air humide dans le distillateur et la température de l'eau de distillateur conventionnel

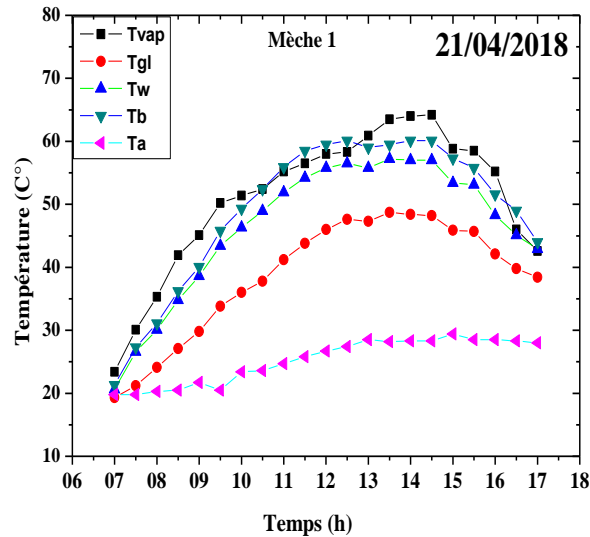


Figure III. 6 .Variation des températures des composantes de distillateur avec mèche 1.

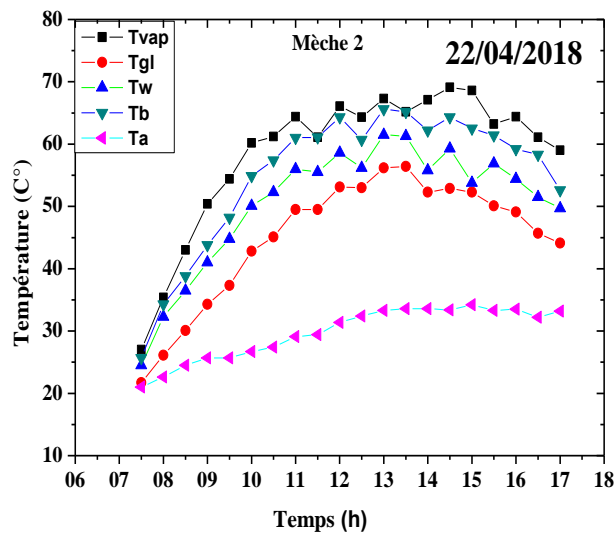


Figure III. 7. Variation des températures des composantes de distillateur avec mèche 2.

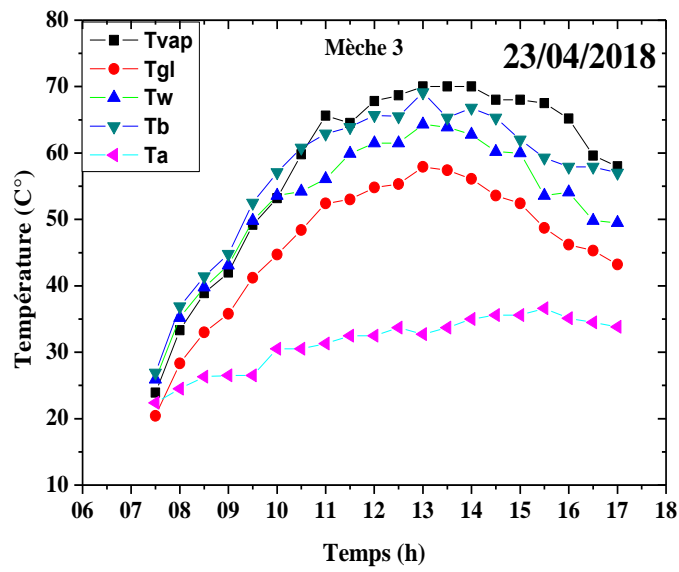


Figure III. 8. Variation des températures des composantes de distillateur avec mèche 3.

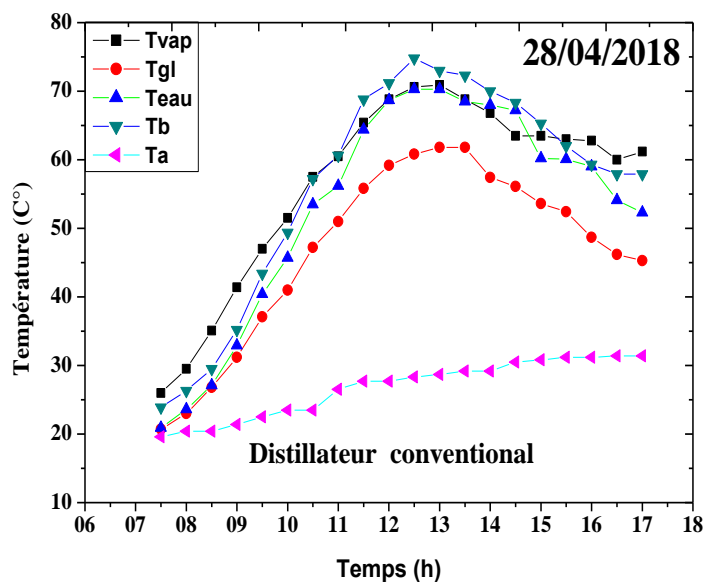


Figure III. 9 .Variation des températures des composantes de distillateur conventionnel.

Premièrement, l'effet des conditions atmosphériques sur le comportement thermique du distillateur solaire est apparent sur la variation des températures pendant les jours d'essai. Il est montré que, le matin de 7 à 11 h, toutes les températures augmentent à un rythme plus rapide d'environ 30 °C pendant cette période, puis elle atteint son maximum entre 12 et 13 h. La température de la surface intérieure de la vitre est dépassée le 50 °C.

L'élévation de cette dernière est due à l'absorption du rayonnement solaire incident et de la chaleur cédée par la surface d'évaporation (la mèche) par rayonnement, évaporation et convection naturelle. Enfin, les températures sont diminuées lentement par rapport au matin, ceci due à l'inertie thermique des composantes de distillateur solaire.

5.3. La production

Les variations de la production totale et horaire des tous les distillateurs solaires utilisés dans cette étude est présenté sur les figures III.10 et III.11.

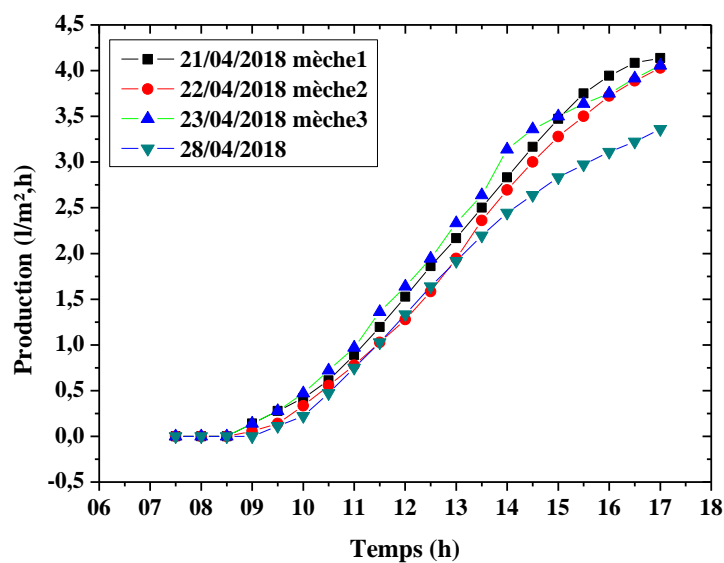


Figure III. 10. La production totale des distillateurs solaires.

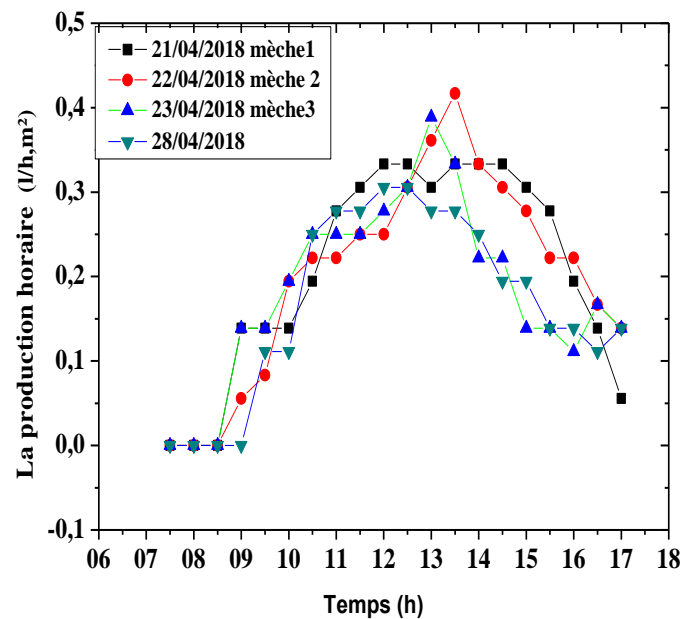


Figure III. 11. La production horaire des distillateurs solaires

La comparaison montre que la production des distillateurs solaires à mèche est meilleure que celle de distillateur conventionnel. La productivité journalière du distillateur solaire simple est d'environ $3,4 \text{ l/m}^2$, alors que pour les distillateurs à mèche, elle atteint $4,3 \text{ l/m}^2$, avec une amélioration de 27 %.

Ceci est principalement dû à l'effet de l'utilisation des mèches. Les courbes de la production horaire montrent que la production des distillateurs solaires à mèche commence avant le distillateur conventionnel, et elle est élevée pour les distillateurs à mèche par rapport à celle de conventionnel à partir de 13 h.

6. Les tests du mois de mai

6.1. Les paramètres météorologiques

Les conditions atmosphériques pendant les jours d'essai du mois de mai sont présentés sur les figures de (III.12) à (III.14).

6.1.1. L'irradiation solaire globale

En mai, la durée d'ensoleillement est augmentée à environ 14 h, et l'irradiation solaire est atteint 1010 W/m².

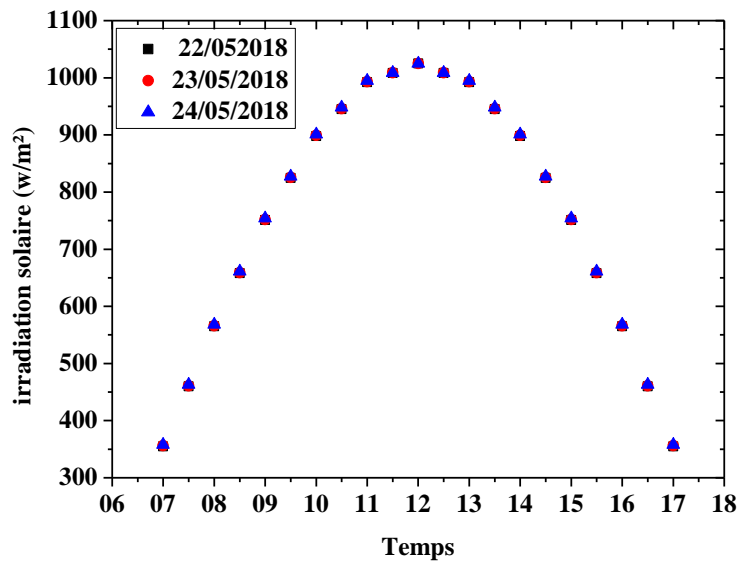


Figure III. 12 .Variation de l'irradiation solaire globale.

6.1.2. La vitesse du vent

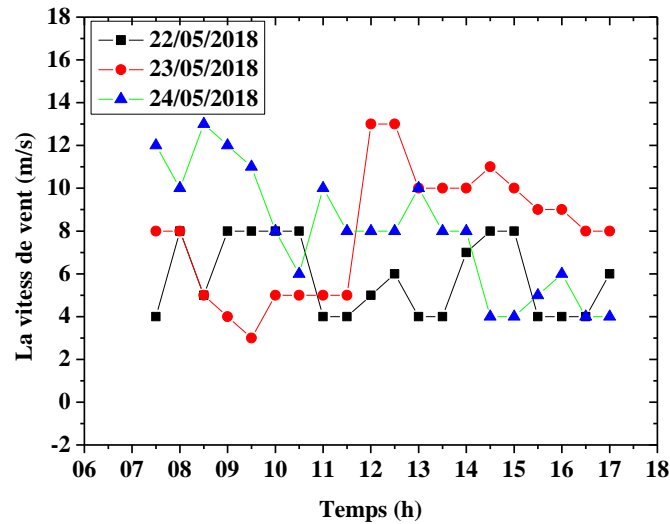


Figure III. 13. Variation de la vitesse du vent.

La figure III.14 montre que la vitesse du vent est instable, et varie de façon rapide et aléatoire. Elle présente des grandes valeurs qui atteignent environ 13 m/s.

6.1.3. La température ambiante

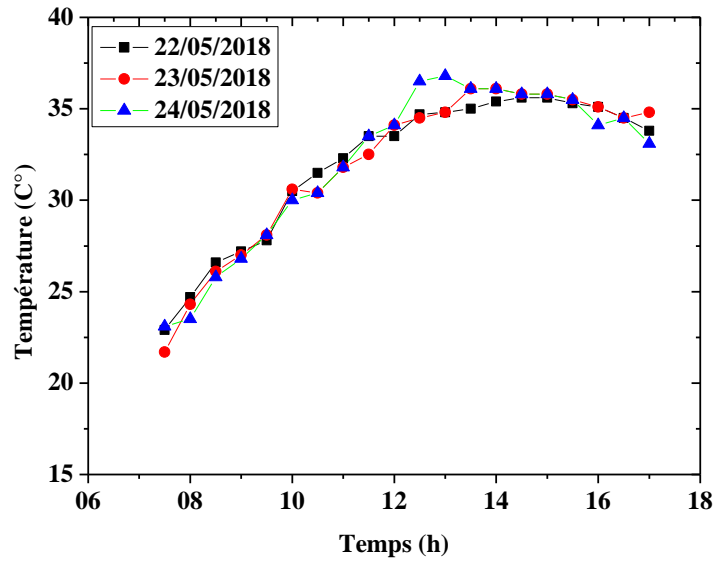


Figure III. 14. Variation de la température ambiante.

La température ambiante augmente avec le temps et varier entre 22 et 37 C°.

6.2. Les températures des composantes de distillateur solaire

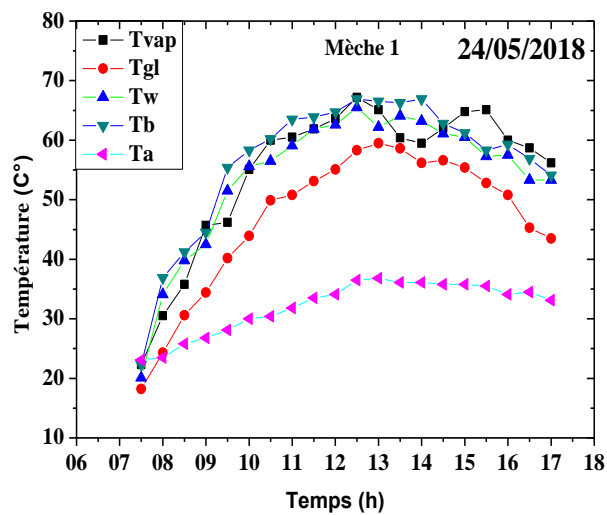


Figure III. 15. Variation des températures des composantes de distillateur avec mèche 1.

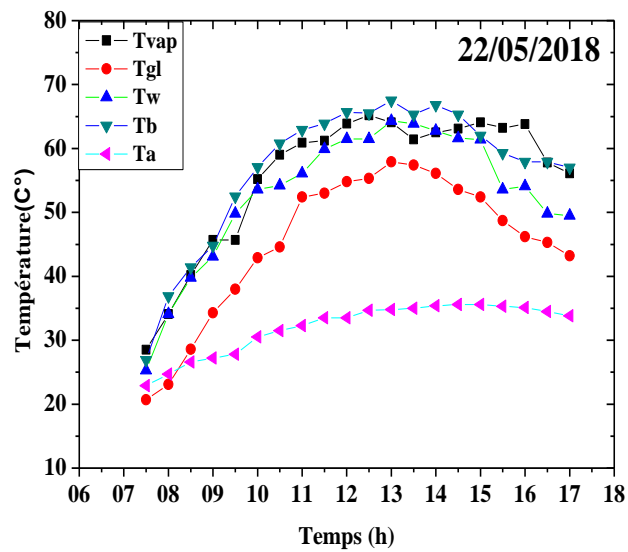


Figure III. 16. Variation des températures des composantes de distillateur avec mèche 2.

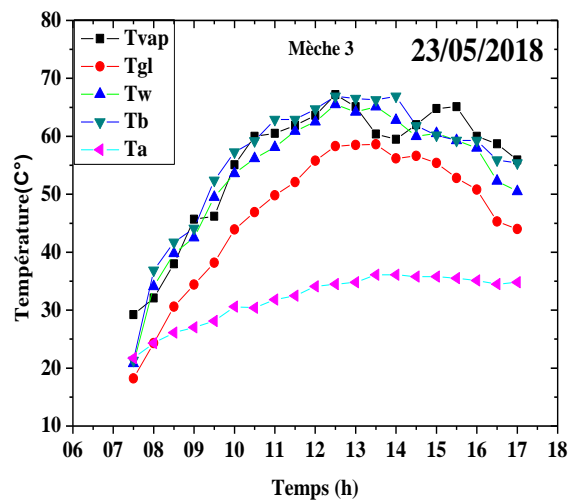


Figure III. 17. Variation des températures des composantes de distillateur avec mèche 3.

Les figures de III.15 à III.17 montre les variations de la température de : la plaque absorbante, la mèche, le couvercle en verre, l'air humide dans le distillateur et la température de l'eau de

distillateur conventionnel. On remarque que ces courbes ont les mêmes variations, et la même allure que celles du mois d'avril.

Pour le 4^{ème} jour de teste, nous avons rencontré des contraintes pour compléter notre travail, car les conditions météorologiques pour ce mois ne sont pas stable, où la plus part des jours sont nuageux, et le délai pour déposer les mémoires est terminé. Donc, nous nous sommes retrouvés obligés de nous arrêter là, espérant l'achever dans le futur.

6.3. La production

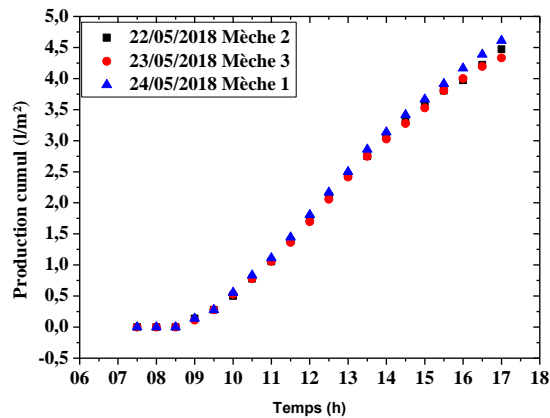


Figure III. 18. La production totale des distillateurs solaires.

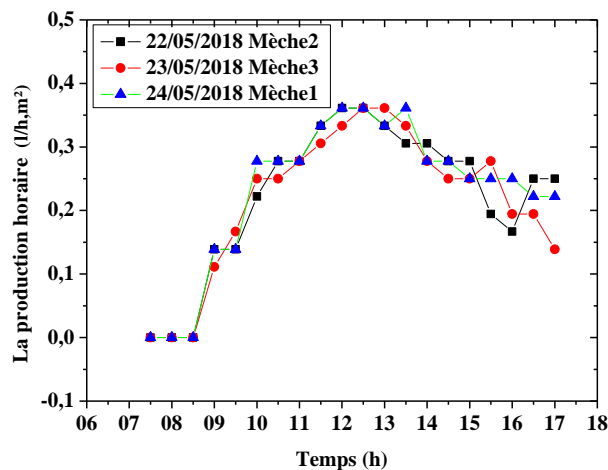


Figure III. 19. La production horaire des distillateurs solaires.

Les variations de la production totale et horaire des tous les distillateurs solaires utilisés pour le mois de mai est présenté sur les figures III.18 et III.19. La comparaison montre que la productivité journalière du distillateur solaire à mèche est d'environ $4,7 \text{ l/m}^2$. Ceci est principalement dû à l'effet de l'augmentation de l'irradiation solaire, et la durée d'ensoleillement. Les courbes de la production horaire ont la même allure.

7. Les tests du mois de juin

7.1. Les paramètres météorologiques

Les conditions atmosphériques pendant les jours d'essai du mois de juin sont présentés sur les figures de (III.20) à (III.22).

7.1.1. L'irradiation solaire globale

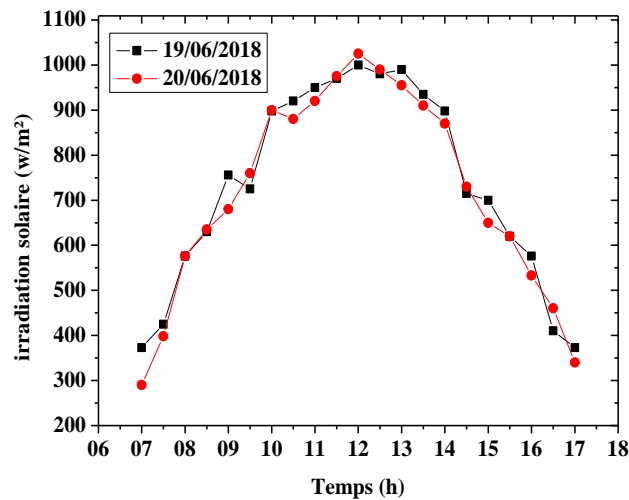


Figure III. 20. Variation de l'irradiation solaire globale.

La figure III.20 montre l'évolution de l'irradiation solaire pour tous les jours de test pour le mois de juin en fonction du temps. On observe que l'irradiation solaire augmente avec le temps pour atteindre la limite la plus élevée à 12 h, puis elle est diminuée à la fin de la journée. L'irradiation solaire globale pour le mois de juin était de l'ordre de 0-1020 W/m^2 avec une durée d'ensoleillement d'environ 14 h et 34 mn.

7.1.2. La vitesse du vent

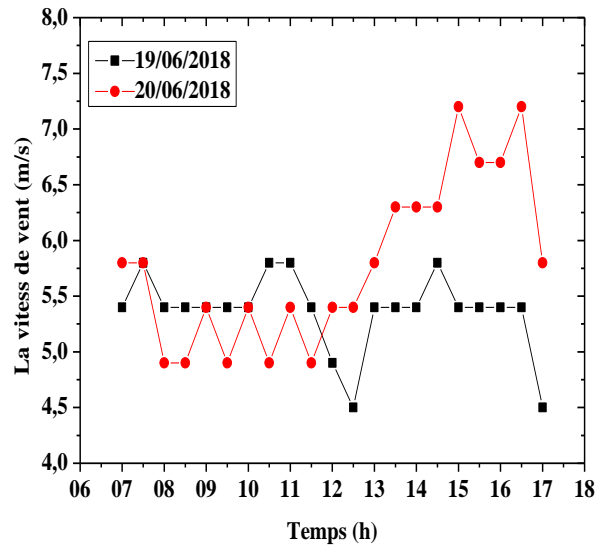


Figure III. 21 .Variation de la vitesse du vent

La figure III.21 montre que la vitesse du vent est instable, et varie de façon rapide et aléatoire. Elle atteint environ 7 m/s.

7.1.3. La température ambiante

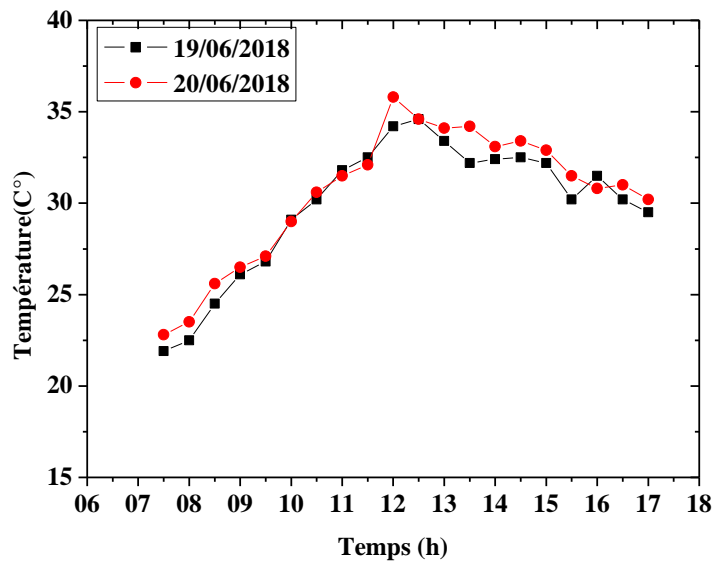


Figure III. 22. Variation de la température ambiante.

La température ambiante augmente avec le temps et varier entre 23 et 37 °C.

7.2. Les températures des composants de distillateur solaire

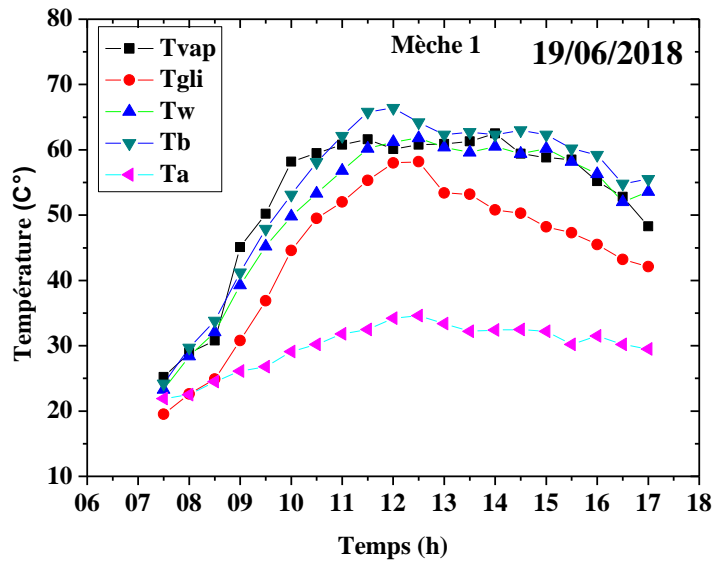


Figure III. 23 . Variation des températures des composants de distillateur avec mèche 1.

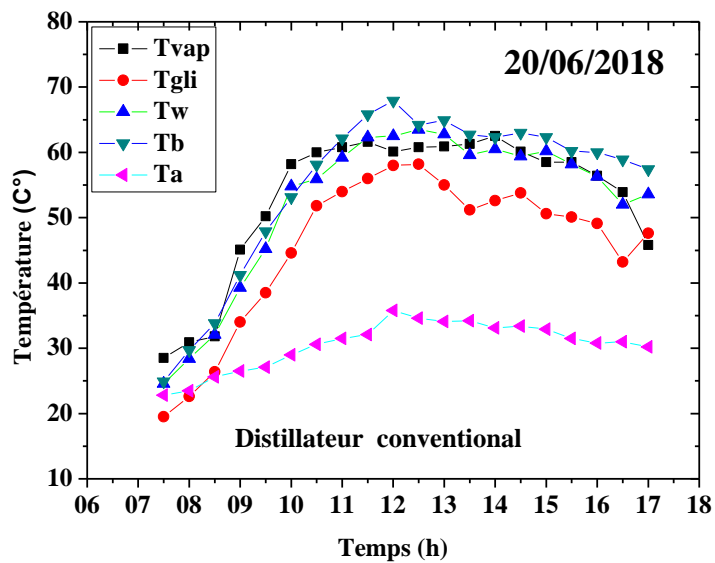


Figure III. 24. Variation des températures des composants de distillateur conventionnel.

Les figures de III.23 à III.24 montre les variations de la température de : la plaque absorbante, la mèche, le couvercle en verre, l'air humide dans le distillateur et la température de l'eau de distillateur conventionnel. On remarque que ces courbes ont les mêmes variations, et la même allure que celles du mois de juin.

7.3. La production

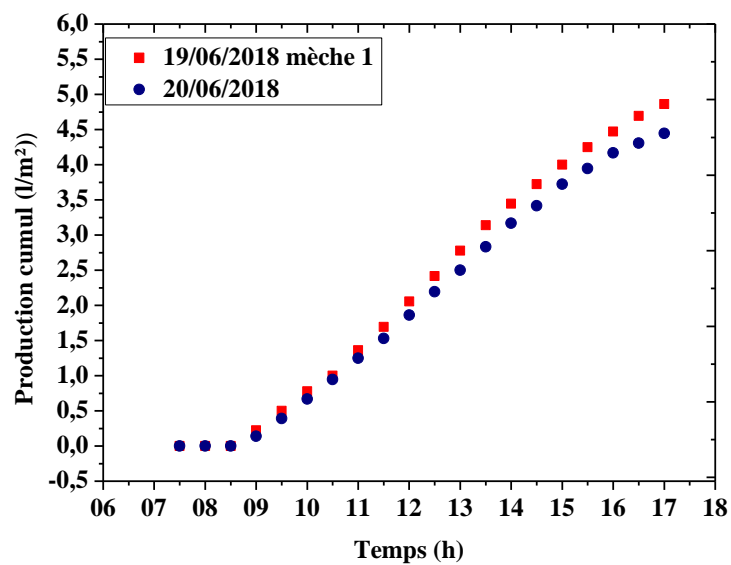


Figure III. 25. La production totale des distillateurs solaires.

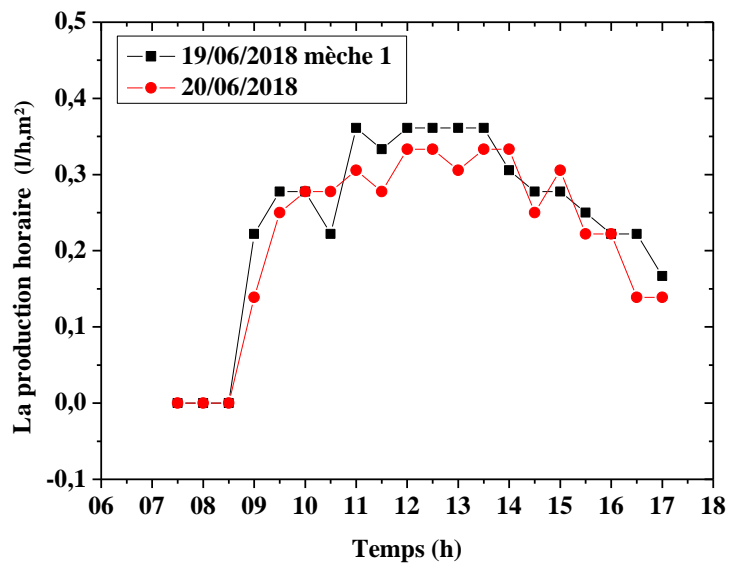


Figure III. 26. La production horaire des distillateurs solaires.

Les variations de la production totale et horaire de tous les distillateurs solaires utilisés pour le mois de juin est présentée sur les figures III.25 et III.26. La comparaison montre que la productivité journalière du distillateur solaire à mèche est d'environ $4,9 \text{ l/m}^2$. Ceci est principalement dû à l'effet de l'augmentation de l'irradiation solaire, et la durée d'ensoleillement. Les courbes de la production horaire ont la même allure.

8. L'étude économique de système

Le prix global du système et les prix des différentes parties sont détaillés dans le tableau suivant :

Matériaux	Prix
Vitre	980 DA
Coffre en bois	2400 DA
Colle silicone	250 DA
Isolation	500 DA
Les tuyaux avec vanne	280 DA
Plaque galvanisée	400 DA
Revêtement noir	400 DA
Les mèches	175 DA
Pâte de colle	180 DA
Prix totale	5815 DA
Prix totale par m^2	16152,77 DA

Tableau III.4. Prix des différentes parties du distillateur.

L'étude économique de notre distillateur solaire est basée sur les travaux de Kabeel et al. [44] qui a fait une analyse économique détaillée des différents systèmes de distillation solaire en

incluant les paramètres qui influent sur le coût de l'eau distillée produite. Les paramètres calculés sont compris dans le tableau suivant :

Paramètres	Formule	mèche 1	mèche 2	mèche 3	Conventionnel
CRF (capital recovery factor)	$CRF = \frac{r \times (1 + r)^n}{(1 + r)^n - 1}$	0.17	0.17	0.17	0.17
SFF (sinking fund factor)	$SFF = \frac{r}{(1 + r)^n - 1}$	0.056	0.056	0.056	0.056
P (initial investment cost of a system)		16152.77 DA			15000 DA
FAC (fixed annual cost)	FAC= CRF × P	2745.972 DA/année			2550 DA/année
S (salvage value)	S = 0,2 × P	3230.554 DA			3000 DA
M (average annual productivity)	M= La quantité d'eau produite par jour ×340	1530 l/année	1445 l/année	1428 l/année	1138.86 l/année
AC (annual cost)	AC=FAC+ AMC- ASV	2652.82 DA/année			1125 DA/année
CPL (cost of distilled water per liter)	$CPL = \frac{AC}{M}$	1.733 DA/l	1.835 DA/l	1.857 DA/l	0.987 DA/l
Payback		71 jours	76 jours	77 jours	90 jours

Tableau III.5. Analyse économique de distillateur solaire.

n : est la durée du vie utile du distillateur (10 ans),

r : le taux d'intérêt annuel (12%).

Les analyses économiques montrés que le coût de l'eau distillée produit par le distillateur à mèche 1 et mèche 2 et mèche 3 est (1.73 DA/litre ,1.83 DA/litre ,1.85 DA/litre) respectivement, et le coût de l'eau distillée produit par le distillateur simple est 0.98 DA/litre, où il est à 50DA au marché. Le retour de cet investissement est 71 et76et 77 et 90 jours par rapport au coût de leur fabrication respectivement. Les résultats obtenus montrent que ce système de distillation est rentable.

CONCLUSION

Le dessalement de l'eau s'impose, dans un certain nombre de pays du pourtour méditerranéen en situation de stress hydrique, comme une option pour sécuriser l'alimentation en eau potable des populations des villes côtières, compte tenu de l'accroissement rapide de la demande en eau dans les secteurs de l'agriculture et de l'industrie.

En Algérie, comme dans les pays en voie de développement, le problème d'approvisionnement en eau potable devient de plus en plus crucial, du fait des aléas climatiques persistants, de la croissance démographique et de l'élévation du niveau de vie.

Pour subvenir à ses besoins en eau douce, l'homme a mis aux points, différentes méthodes de recyclage ou de séparation de l'eau de ses impuretés. Parmi les solutions qui peuvent accroître la disponibilité de l'eau potable, on peut citer le dessalement des eaux saumâtres et de l'eau de mer ; l'utilisation du distillateur solaire est une solution parmi tant d'autres

Après diverses expériences sur distillateur solaire à effet de serre, nous avons constaté que pour améliorer les performances, nous utilisons trois types de mèche. Les résultats obtenus mettent en lumière l'impact de la chute du rayonnement solaire, la production d'énergie solaire continue d'augmenter avec le rayonnement solaire et avec la différence de température croissante entre le verre et la mèche à l'intérieur du distillateur solaire.

Ce projet se voulait la recherche d'une solution réaliste pour maximiser la production d'eau distillée. Le distillateur solaire expérimenté, dans le cadre de cette étude, pourrait produire jusqu'à 4.5 litres par jour et par m² de surface.

Nous effectuons également une analyse économique de tous les cas, indiquant la bonne viabilité du système proposé où la période de récupération de cout d'investissement de système proposé est 71, 76 et 77 jours pour le distillateur à mèche 1 et 2 et 3 en ordre, où elle est 90 jours pour le distillateur conventionnel.

REFERENCES

REFERENCES

- [1] Journée mondiale de l'eau - 22 mars - une année pour l'eau, 2018.
- [2] S. Fahima, Gestion et valorisation des ressources en eau, cas de la daïra de Kherrata, Université Abderrahmane Mira, Bejaia, 2016.
- [3] L.G. Francoeur, Cinq milliards d'assoiffés en 2025, le devoir, 2001.
- [4] A.S Nagy, Les ressources en eau des pays de l'observatoire du Sahara et du sahel, évaluation, utilisation et gestion, septembre, 2001.
- [5] M. Caliano, A. Buchs, M. Milano, E. Reynard, Réflexions sur la notion d'usage de l'eau, université de Lausanne, institut de géographie et durabilité, aqueduc.info - lettre N°100 - Septembre, 2014.
- [6] O. Halloufi, étude de la performance d'un distillateur solaire par un system de préchauffage solaire de l'eau saumâtre, thèse de magister, université Frère Mentouri Constantine 1, 2010.
- [7] H. Boudjebir, Etude de l'impact de l'écart de température (ambiance-eau) sur le rendement d'un distillateur solaire à effet de serre, thèse de magister, 2011.
- [8] Green facts, Résumé du deuxième rapport mondial des nations unies sur la mise en valeur des ressources en eau.
- [9] A. Kettab, Les ressources en eau en Algérie: stratégies, enjeux et vision, Desalination, 136 (1): 25-33, 2001.
- [10] M. Mozas, G. Alexis, Etat des lieux du secteur de l'eau en Algérie, IPEMED, France, 2013.
- [11] Cate, Conseil économique et social, l'eau en Algérie le grand défi de domaine commission de l'aménagement du territoire et de l'environnement Algérie, <http://www.cnes.dz/eau>, 2000,
- [12] M. Terra, Les réalisations de l'Algérie dans le secteur de l'eau de 1962 à 2012, ministère des ressources en eau, Algérie, 2013.
- [13] S. Kachi, Etude et amélioration des techniques de la distillation solaire dans la région sud Algérien-Ouargla, master en génie chimique, universite Kasdi Marbah Ouargla, 2011.
- [14] M. Mozas , A. Ghosn, Etat des lieux du secteur de l'eau en Algérie , Octobre, 2013.
- [15] R. Desjardins, Le traitement des eaux, 2^{ème} édition de l'école polytechnique de Montréal, 1990.
- [16] M. Zerouali, Contribution l'optimisation de performances d'un distillateur solaire, thèse de magister, université hadj lakhdar, Batna, 2012.

REFERENCES

- [17] M.A.S. Malik, G.N. Tiwari, A. Kumar, M.S. Sodha, Solar distillation, a practical study of a wide range of stills and their optimum design, pergamon press ltd, P11-86, 1982.
- [18] M.A.S. Malik, G.N. Tiwari, A. Kumar, M.S. Sodha, Solar distillation, oxford, Pergamon press, 1982.
- [19] M. Al-Shammiri , M. Safar, Multi-Effect distillation plants, state of the art, Desalination 126. P 45–59,1999.
- [20] H.Ş. Aybar, Mathematical modeling of an inclined solar water distillation system, Desalination, 190, P 63–70, 2006.
- [21] B. Nassima, Etude de l'effet des pertes thermiques sur les caractéristiques de fonctionnement d'un distillateur solaire, thèse de magister, université Frère Mentouri Constantine 1, 2009.
- [22] D. Bechki, Etude comparative et optimisation des procédés de distillation solaire en vue de la production d'eau potable dans les zones arides sahariennes, thèse de doctorat en science, université de Batna, 2011.
- [23] S. Guemari , R. Touahir, Contribution a l'amélioration de rendement d'un distillateur solaire serre, mémoire master académique, universite Kasdi Marbah Ouargla, 2015.
- [24] A. Chaker, G. Menguy, Efficacité interne d'un distillateur solaire sphérique. energ.ren, 2001.
- [25] S. M. Hassen, Etude et amélioration des techniques de distillation solaire dans la région sud-est algérienne, thèse de doctorat, universite Kasdi Marbah Ouargla, 2014.
- [26] J. Duffie, W. A. Beckman, Solar engineering thermal processes, third edition library of congress cataloging USA, 2006.
- [27] O. Halloufi, Etude de la performance d'un distillateur solaire par un system de préchauffage solaire de l'eau saumâtre, magister en génie climatique, université Frère Mantouri Constantine 1, 2010.
- [28] H. Benbacha, A.Y. Maalej, H. Bendhia, Dessalement d'eau par l'énergie solaire, école nationale d'ingénieurs de Sfax, Vol.15, 2010.
- [29] O. Bait, Etude énergétique d'un distillateur solaire multi-étages, magistère en mécanique, université de Batna, Vol.72, 2014.
- [30] H. Ouahid, Etude de la performance d'un distillateur solaire par un système de préchauffage solaire de l'eau saumatre, mémoire de magister, université Frère Mentouri Constantine 1, 2010.

REFERENCES

- [31] H. S. Aybar, Mathematical modeling of an inclined solar water distillation system, *Desalination*, 190(1-3), 63-70, 2006.
- [32] H. S. Aybar, F. Egelioglu , U. Atikol, An experimental study on an inclined solar water distillation system , *Desalination*, 180(1-3), 285-289, 2005.
- [33] Z. Haddad, A. Chaker, A. Rahmani, Improving the basin type solar still performances using a vertical rotating wick, *Desalination* 418 , 71–78, 2017.
- [34] A.K. Kaushal, M.K. Mittal , D. Gangacharyulu, an experimental study of floating wick basin type vertical multiple effect diffusion solar still with waste heat recovery, 35-45, 2017.
- [35] S.K. Shukla, V.P.S. Sorayan , Thermal modelling of solar stills: an experimental validation , *renewable energy*, 30, 683-699, 2005.
- [36] B. Janarthanan, J. Chandrasekaran, S. Kumar ,Evaporative heat loss and heat transfer for open and closed-cycle systems of a floating tilted wick solar still , *Desalination*, 180, 291-305, 2005.
- [37] B. Janarthanan, J. Chandrasekaran, S. Kumar, performance of floating cum tilted-wick type solar still with the effect of water flowing over the glass cover, *desalination*, 2006.
- [38] H. Tanaka, K. Iishi, Experimental Study of a vertical single-effect diffusion solar still coupled with a tilted wick still, *Desalination* 402, 2017.
- [39] E. Zayouti, L. Bouirden , A. Aharoune, M. Banouni, Distillation solaire: amélioration de la condensation de la vapeur d'eau dans les distillateurs solaire , Tétouan-Maroc, Fier, 2002.
- [40] A. Khedim, Mesure et caractérisation thermodynamique d'un nouveau système solaire de dessalement de l'eau de mer avec récupération de chaleur, *energ. Ren*, 11^{èmes} j. int. de thermique, 2003.
- [41] https://fr.wikipedia.org/wiki/wilaya_de_m'sila
- [42] <http://data.cder.dz:81/#>
- [43] ANDI, invest in Algeria, wilaya de M'sila, 2013.
- [44] A.E. Kabeel, A. M. Hamed, S. A. El-Agouz, Cost Analysis of Different Solar Still Configurations, *Energy*, 35, 2901-2908, 2010.

Résumé

La distillation solaire est un processus très économique pour la production d'eau douce, en particulier dans les zones où l'énergie solaire est abondante. Plusieurs types de distillateur solaire ont été produits, dont les plus communs à effet de serre. Le but de ce travail est d'étudier deux types de distillateur solaire, le premier type avec des mèches et l'autre est conventionnel. La production du système proposé est de 4,3 litres/m²jour pour le mois d'avril et 4,6 litres/m²/jour pour le mois de mai, avec une bonne amélioration par rapport au distillateur conventionnel. L'analyse économique montre que la période de récupération de cout d'investissement de notre système est respectivement: 71, 76 et 77 jours pour trois types de mèche (épais, moyen et fin), et le prix de l'eau distillée (1.85, 1.83, 1.73) DA/litre.

Mots clés : distillation solaire, distillateur solaire à mèche, production, distillateur conventionnel.

Abstract

Solar distillation is a very economical process for the production of fresh water, especially in areas where solar energy is abundant. Several types of solar distillers have been produced, including the most common greenhouse effect. The purpose of this work is to study two types of solar still, the first type with wicks and the other is conventional. The production of the proposed system is 4.3 liters/m²day for the month of April, and 4.6 liters/m²/day for the month of May, with a good improvement compared to the conventional distiller. The economic analysis shows that the payback of our system is: 71, 76 and 77 days, and the price of distilled water is: 1.85, 1.83, 1.73 DA / liter for three types of wick (thick, medium and fine) respectively.

Key words: solar distillation, wick solar distiller, production, conventional distiller.

المخلص

التقطير الشمسي هو عملية اقتصادية للغاية لإنتاج المياه العذبة، خاصة في المناطق التي تكون فيها الطاقة الشمسية وفيرة. تم إنتاج عدة أنواع من المقطرات الشمسية، أغلبها تعمل بظاهرة الاحتباس الحراري. الغرض من هذا العمل هو دراسة نوعين من المقطرات الشمسية، النوع الأول مع القماش والآخر تقليدي. يبلغ إنتاج الجهاز المقترح 4.3 لتر / م² / 2 / يوم لشهر أبريل و 4.6 لتر / م² / 2 / يوم لشهر مايو، مع تحسن جيد مقارنة بالتقطير التقليدي. يظهر التحليل الاقتصادي أن فترة استرداد تكاليف الاستثمار في جهازنا هي: 71 و 76 و 77 يومًا، وسعر الماء المقطر: 1.85 ، 1.83 ، 1.73 دينار/لتر لثلاثة أنواع من القماش (سميكة ومتوسطة ورقيقة) على التوالي.

الكلمات المفتاحية: التقطير الشمسي، التقطير الشمسي مع القماش، الإنتاج، التقطير التقليدي.