

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT PHYSIQUE  
N° : Ph/ENR/15/2023



DOMAINE : Sciences de la matière  
FILIERE : Physique  
OPTION : Physique Énergétique et  
Energie renouvelable

Mémoire présenté pour l'obtention  
Du diplôme de Master Académique

Par : Omar Oucif

Intitulé

**Etude d'un distillateur solaire  
intégré à l'habitat**

Soutenu le 25/06/2023 devant le jury composé de :

MAHDI Khaled	Université M'sila	Président
HADDAD Zakaria	Université M'sila	Rapporteur
NAHOUI Azzedine	Université M'sila	Co-encadrant
BOURAS Abdelkrim	Université M'sila	Examineur
TALOUB Djedid	Université M'sila	Représentant de CATI

Année universitaire : 2022/2023

# Remerciement

Le grand remerciement à notre dieu créateur qui nous a aidés en nous donnant la force et le courage durant ce travail.

Je tiens à exprimer mon respect aux **membres du jury**.

Je souhaite en premier lieu à montrer toute ma gratitude à mon encadrant, **Dr. Haddad Zakaria**

J'ai pu bénéficier de leur encadrement et apprécier leur qualité scientifique et humaine.

Merci pour la bonne démarche qu'il m'a offert pendant la réalisation de ce mémoire, leurs précieux conseils, leur orientation et surtout leur patience.

Mes remerciements s'orientent ensuite vers **Dr. Nahoui Azzeddine** pour leur aide.

Mes remerciements vont également à tous ma **famille**, mes **parents**, mes **sœurs** et mes **frères**.

**Merci**

# *Dédicace*

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières  
tout au long de mes études,

A mes chères sœurs Noussiba, Zineb, Djihad, Mountaha et Anfal pour leurs encouragements  
permanents, et leur soutien moral,

A mes chers frères, Tarek, Abd Elkader et Mohamed pour leur appui et leur encouragement,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Merci d'être toujours là pour moi.

# Sommaire

Dédicaces

Remerciements

Nomenclature

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction Générale ..... 1

## Chapitre I : Consommation de l'eau

1. Consommation d'eau dans le monde .....	3
1.1. Pays les plus consommateurs d'eau.....	3
1.1.1. Chine .....	4
1.1.2. États-Unis d'Amérique .....	4
1.1.3. Russie .....	5
1.1.4. Canada .....	5
1.1.5. Australie .....	5
1.1.6. Angleterre .....	5
1.2. Pays les plus affectés par la pénurie d'eau.....	6
1.3. Consommation d'eau par personne .....	7
2. Cause d'évolution des besoins en eau dans le monde.....	7
2.1. Croissance démographique.....	8
2.2. Agriculteur.....	8
2.3. Augmentation des besoins énergétiques.....	8
3. Eau en Algérie.....	9
3.1. Consommation d'eau dans le secteur Agricole.....	10
3.2. Dessalement d'eau.....	11
3.3. Consommation d'eau projetée pour 2030.....	11

## Chapitre II : Distillateurs solaires

1. Introduction.....	13
2. Dessalement solaire.....	13

<b>3. Importance de dessalement solaire .....</b>	<b>13</b>
3.1 Fournir de l'eau douce durable.....	13
3.2 Réduction de la pression des eaux souterraines.....	13
3.3. Durabilité environnementale .....	13
3.4. Réduction des coûts à long terme.....	13
<b>4. Principe de fonctionnement d'un distillateur solaire .....</b>	<b>14</b>
<b>5. Les grandes familles des distillateurs solaires.....</b>	<b>14</b>
5.1. Distillateur solaire actif .....	14
5.2. Distillateur solaire passif .....	14
<b>6. Différents types des distillateurs solaires.....</b>	<b>14</b>
6.1. Distillateur solaire sphérique ... ..	14
6.2. Distillateur solaire incliné à mèche .....	15
6.3. Distillateur solaire à film capillaire .....	16
6.4. Distillateur solaire à cascade .....	16
6.5. Distillateur solaire à étages multiple .....	17
6.6. Distillateur solaire à effet de serre .....	17
6.6.1. Distillateur à pente unique .....	17
6.6.2. Distillateur à double pente .....	18
6.7. Distillateur solaire à effet multiples .....	19
6.8. Distillateur solaire terre-eau/eau-eau .....	19
6.9. Distillateur solaire de type pyramide .....	20
<b>7. Distillateur solaire vertical .....</b>	<b>20</b>
7.1. Définition.....	20
7.2. Principe de fonctionnement .....	21
7.3. Distillateur solaire vertical multi-effets actif.....	21
7.4. Distillateur solaire à mèche rotative verticale.....	22
7.5. Distillateur solaire à diffusion verticale couplé à un réflecteur plan .....	24

### **Chapitre III : Etude expérimentale & Résultats et discussion**

<b>1. Introduction.....</b>	<b>26</b>
<b>2. Présentation de la région d'expérimentation .....</b>	<b>26</b>
2. 1. Situation géographique.....	26
2.2. Coordonnées géographiques de la wilaya m'sila .....	26
2.3. Climat.....	27

<b>3. Différents composants de distillateur .....</b>	<b>27</b>
<b>3.1. Coffre extérieur .....</b>	<b>27</b>
<b>3.2. Isolation thermique.....</b>	<b>28</b>
<b>3.3. Couverture verrière (verre) .....</b>	<b>28</b>
<b>3.4. Absorbeur (plaque noire).....</b>	<b>29</b>
<b>4. Appareils de mesure .....</b>	<b>29</b>
<b>4.1. Station météorologique .....</b>	<b>29</b>
<b>5. Tests expérimentaux .....</b>	<b>30</b>
<b>5.1. Tests du mois de mai .....</b>	<b>30</b>
<b>5.1.1. Paramètres météorologiques .....</b>	<b>30</b>
<b>5.1.1.1. Irradiation solaire globale .....</b>	<b>31</b>
<b>5.1.1.2. Vitesse du vent .....</b>	<b>31</b>
<b>5.1.1.3. Température ambiante .....</b>	<b>32</b>
<b>5.1.1.4. Humidité .....</b>	<b>32</b>
<b>5.2. Températures des composants de distillateur solaire .....</b>	<b>33</b>
<b>5.3. Production .....</b>	<b>35</b>
<b>6. Etude économique de système .....</b>	<b>36</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>38</b>
<b>Références</b>	
<b>Résumé</b>	

## *Nomenclature*

<b>Symbole</b>	<b>Désignation</b>	<b>Unité</b>
<b>G</b>	Irradiation solaire globale	$\text{W/m}^2$
$T_{v \text{ int}}$	Température de la surface interne de la vitre	$^{\circ}\text{C}$
$T_{v \text{ ext}}$	Température de la surface externe de la vitre	$^{\circ}\text{C}$
<b>V<sub>v</sub></b>	Vitesse du vent	km/h
<b>H</b>	Humidité relative	%
$T_{\text{amb}}$	Température ambiante	$^{\circ}\text{C}$
$T_{\text{abs}}$	Température de l'absorbeur	$^{\circ}\text{C}$
$P_{\text{total}}$	Production totale	$\text{l/m}^2$
$P_{\text{horaire}}$	Production horaire	$\text{l/h.m}^2$

# Liste des figures

Figure I.1 Pays qui consomment le plus d'eau dans le monde .....	4
Figure I. 2 Consommation d'eau par activité pour chaque habitant .....	7
Figure I.3 croissance de la population par région .....	8
Figure I.4 utilisation de l'eau dans le monde.....	8
Figure I.5 Consommation d'eau par secteur en pays Maghreb.....	10
Figure I.6 Evolution de la consommation d'eau .....	12
Figure II.1 Distillateur solaire sphérique .....	15
Figure II.2 Distillateur solaire incliné à mèche .....	15
Figure II.3 Distillateur solaire à film capillaire.....	16
Figure II.4 Distillateur solaire à cascade.....	16
Figure II.5 Distillateur solaire à étages multiples.....	17
Figure II.6 Distillateur à pente unique .....	18
Figure II.7 Distillateur à double pente.....	18
Figure II.8 Distillateur solaire à effet multiples .....	19
Figure II.9 Distillateur solaire terre-eau/eau-eau.....	20
Figure II.10 Distillateur solaire de type pyramide .....	20
Figure II.11 Distillateur solaire vertical multi-effets actif .....	22
Figure II.12 Distillateur solaire à mèche rotative verticale .....	23
Figure II.13 Distillateur solaire à diffusion verticale couplé à un réflecteur plan.....	24
Figure III.1 Situation géographique de M'sila .....	26
Figure III.2 Coffre extérieur .....	27
Figure III.3 Isolation thermique .....	28
Figure III.4 Absorbeur (plaque noire) .....	29
Figure III.5 Station météorologique .....	30
Figure III.6 Variation de l'irradiation solaire globale .....	31
Figure III.7 Variation de la vitesse du vent .....	32
Figure III.8 Variation de la température ambiante.....	32
Figure III.9 Variation de l'humidité ambiante.....	33
Figure III.10 Variation de la température des composants de distillateur solaire .....	33
Figure III.11 Variation de la température des composants de distillateur solaire .....	34
Figure III.12 Variation de la température des composants de distillateur solaire .....	34
Figure III.13 Variation de la production totale .....	35
Figure III.14 Variation de la productivité horaire .....	35

# Liste des tableaux

Tableau I.1 Demande globale en eau par secteur en Algérie .....	12
Tableau III.1 Coordonnées géographiques de la wilaya m'sila .....	26
Tableau III.3 Prix des différentes parties du distillateur .....	36
Tableau III.3 Analyse économique de distillateur solaire.....	37

## *Introduction générale*

La rareté de l'eau pose un grand défi dans de nombreux pays du monde. Environ 2,2 milliards de personnes dans le monde vivent sans accès à des services d'eau potable et d'assainissement, et environ 4,2 milliards de personnes souffrent d'une pénurie d'eau à certaines périodes de l'année. La pénurie d'eau entraîne le décès de 500 000 enfants chaque année en raison de maladies liées à la pollution de l'eau. On prévoit une augmentation de la demande en eau de 30% d'ici 2030.

La croissance démographique mondiale a contribué à l'augmentation de la demande en eau pour différents usages tels que l'agriculture, l'industrie et la consommation, ce qui épuise les ressources naturelles.

L'Algérie est l'un des pays qui souffrent de fluctuations des précipitations en raison des changements climatiques ces dernières années. Le manque de précipitations a entraîné la sécheresse et la rareté de l'eau. Le gouvernement algérien met en œuvre des programmes pour faire face aux défis de la pénurie de pluie, développer des méthodes d'amélioration de la gestion de l'eau et augmenter la dépendance vis-à-vis d'autres sources d'eau, comme le dessalement de l'eau de mer.

L'augmentation de la demande en eau face au déclin des ressources naturelles pose un problème pour fournir de l'eau potable. Parmi les solutions possibles pour répondre à ce défi, il y a le dessalement de l'eau de mer, ainsi que le traitement des eaux polluées et peu salées. La méthode la plus appropriée pour cela est la distillation solaire.

L'objectif principal de ce travail repose sur l'étude expérimentale de l'intégration d'un distillateur solaire dans un habitat, en vue de produire de l'eau distillée qui pourrait répondre aux 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 la consommation de l'eau dans le monde et en Algérie.

- ✓ Le deuxième chapitre est consacré au dessalement solaire, les types des distillateurs solaires et à l'état de l'art des distillateurs solaires.
- ✓ L'étude expérimentale, les principaux résultats obtenus et leurs interprétations font l'objet du troisième chapitre.

**Chapitre 1**  
**Consommation**  
**de l'eau**

L'eau couvre 71% de la terre, donc chaque année, la quantité d'eau de la terre reste constante. Cependant, 97% de celle-ci est de l'eau salée dans les océans, ce qui ne nous laisse que 3% d'eau douce, et 2,5% de cette eau est gelée, ce qui signifie que seulement 0,5% de l'eau douce est propre à la consommation humaine. Depuis le début de 2022, la consommation mondiale a dépassé 2002 milliards de mètres cubes d'eau douce. Outre la consommation humaine, 70% des prélèvements d'eau douce sont utilisés à des fins agricoles, 20% à des fins industrielles et les 10% restants à des fins domestiques. À cet égard, dans ce chapitre une attention particulière a été portée aux statistiques sur la consommation d'eau dans le monde et en Algérie.

## **1. Consommation d'eau dans le monde**

Les ressources en eaux douces sont d'une importance environnementale et économique majeure. Leur répartition varie beaucoup entre pays et à l'intérieur d'un même pays. Dans les régions arides, elles sont parfois si limitées que la demande ne peut être satisfaite que grâce à des prélèvements incompatibles, du point de vue quantitatif, avec une exploitation durable. Les prélèvements d'eau, en particulier ceux destinés à l'approvisionnement public, à l'irrigation, à la production industrielle et au refroidissement des centrales électriques, exercent une forte pression sur les ressources avec des incidences importantes sur la quantité et la qualité des ressources en eau. Les principales préoccupations sont liées à l'utilisation irrationnelle de l'eau, et à ses conséquences environnement et socio-économiques telles que: réduction du débit des cours d'eau, pénuries, salinisation des eaux douces dans les zones côtières, problèmes de santé humaine, recul des zones humides, désertification et limitation de la production alimentaire.

### **1.1. Pays les plus consommateurs d'eau**

L'utilisation de l'eau diffère d'un pays à l'autre, elle est influencée par de nombreux facteurs, tels que la croissance démographique, l'utilisation industrielle et agricole. La figure I.1 montre quels pays consomment le plus d'eau sur la planète pour le bon fonctionnement des industries et des ménages [1].

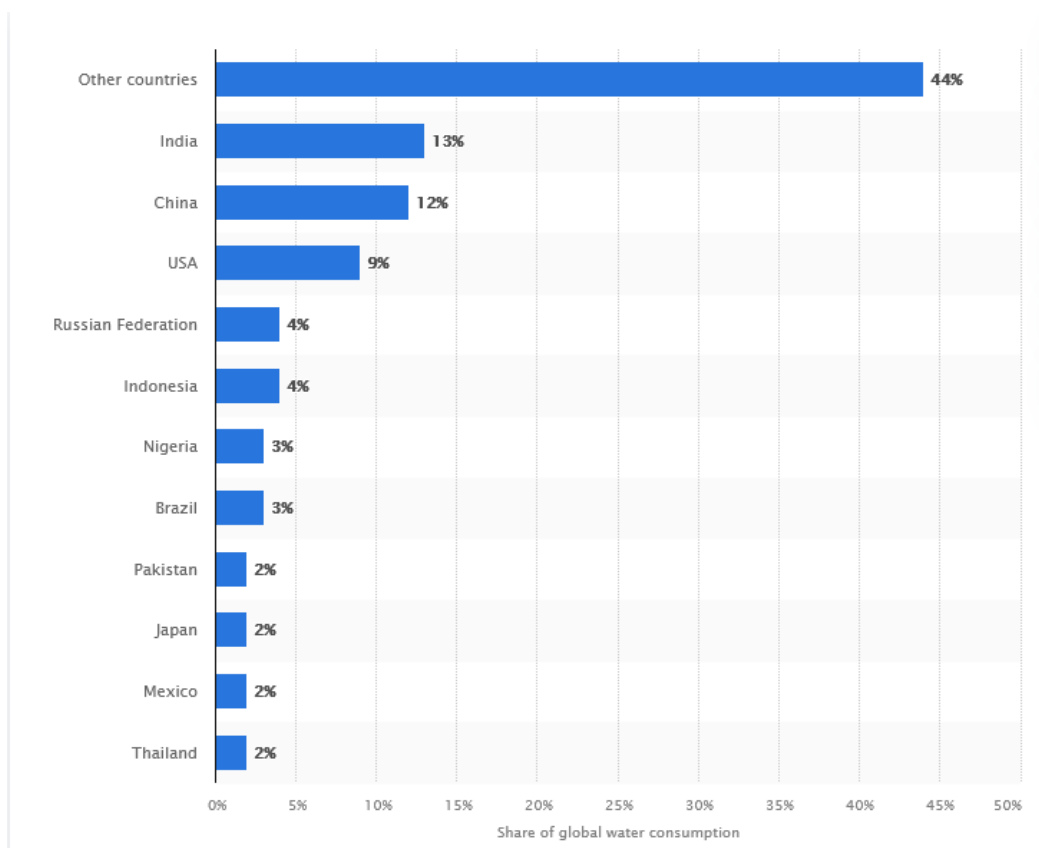


Figure I.1 Pays les plus consommateur d'eau dans le monde.

### 1.1.1. Chine

Selon les statistiques, la population de la Chine consomme 1370 trillions de litres d'eau par an. Cela le place sur la liste des pays ayant la plus grande consommation d'eau au monde. Dans la capitale - Pékin en 2016, environ 173 mille litres d'eau par habitant ont été consommés. En 2015, le gouvernement chinois a adopté un plan à long terme appelé Water ten, qui devrait permettre une réduction significative de son empreinte hydrique globale dans les années à venir. En 2020, le pays s'est engagé à réduire sa consommation à 670 milliards de litres d'eau par an.

### 1.1.2. États-Unis d'Amérique

Les États-Unis d'Amérique figurent régulièrement parmi les plus grands consommateurs d'eau au monde depuis plusieurs décennies. La population américaine d'environ 300 millions d'habitants consomme en moyenne 817 milliards de litres d'eau par an. La Californie et le Texas consomme l'eau principalement pour l'irrigation des terres agricoles, car il y a régulièrement de grandes sécheresses dans ces régions qui détruisent une partie importante de la récolte.

### **1.1.3. Russie**

La Russie consomme en moyenne 268 milliards de litres d'eau par an. En 2017, même la consommation d'eau en bouteille a commencé à augmenter car la qualité de l'eau dans l'approvisionnement en eau est très faible dans de nombreux endroits du pays. Bien qu'il existe jusqu'à un cinquième d'approvisionnement en eau douce sur la planète située en Russie, la répartition uniforme de l'eau propre à travers le pays est très problématique. Cependant, selon les recherches, les habitants des régions les plus précaires de l'Arctique, de la Sibérie et de l'Extrême-Orient ont entre 125 et 340 litres d'eau par jour, qui est souvent chimiquement ou autrement contaminée.

### **1.1.4. Canada**

Le Canada abrite également un cinquième de l'eau douce et propre dans le monde. En 2013, jusqu'à 38300 millions de litres cubes d'eau ont été récoltés dans les rivières, les lacs et les mers adjacentes du Canada, la majeure partie étant consommée dans la production d'énergie et de chaleur. Selon les statistiques, le Canadien moyen consomme environ 329 litres d'eau par jour, dont jusqu'à 65% sont utilisés dans les salles de bain pour l'hygiène personnelle. Jusqu'à 68% des approvisionnements en eau sont acheminés vers l'industrie manufacturière, 20% sont consommés dans les ménages déjà mentionnés et 12% dans l'agriculture.

### **1.1.5. Australie**

Selon les informations les plus récentes, les habitants de la région de Perth sont les plus touchés par l'eau. Dans un ménage, ils consomment en moyenne jusqu'à 327000 litres d'eau, ce qui dépasse de près de moitié la moyenne annuelle nationale. La moyenne nationale est d'environ 340 litres d'eau par jour et par habitant. Il est ahurissant que jusqu'à 35% de l'eau soit utilisée par les Australiens pour irriguer leurs jardins et 19% de l'eau pour chasser les toilettes.

### **1.1.6. Angleterre**

Un citoyen britannique consomme environ 141 litres d'eau par jour, avec une consommation moyenne dans le pays d'environ 75 milliards de litres d'eau par an. Les Britanniques utilisent jusqu'à 30% de ce volume total d'eau pour la chasse d'eau des toilettes. Viennent ensuite 21% d'eau pour le lavage, 25% d'eau pour l'hygiène personnelle,

12% d'eau utilisée dans la cuisine et pour boire, 8% d'eau pour l'entretien de la pelouse extérieure et jusqu'à 5% de l'eau non utilisée s'échappe dans les égouts [2].

## **1.2. Pays les plus affectés par la pénurie d'eau**

Selon la définition de l'ONU, "lorsqu'un territoire prélève 25% ou plus de ses ressources renouvelables en eau douce, on considère qu'il est en situation de stress hydrique". À l'échelle mondiale, seulement un peu plus de 18% du total des ressources renouvelables en eau douce étaient prélevées en 2018. Mais à l'échelle régionale cependant, certains territoires connaissent déjà de graves problèmes de pénurie d'eau. Dotés d'un climat naturellement aride ou semi-aride, l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient présentent les niveaux de stress hydrique les plus élevés au monde et subissent déjà de plein fouet les effets du changement climatique. Ailleurs sur la planète, certains pays d'Asie centrale et du Sud, mais aussi d'Amérique latine et d'Europe (Espagne, Italie,...) sont déjà classés en niveau de risque "élevé".

Comme le montrent les projections du World Resources Institute pour 2040, la raréfaction des ressources en eau est malheureusement amenée à s'aggraver. Un rapport de l'Economiste Intelligence Unit indique que "l'urbanisation galopante, la croissance démographique, le changement climatique et le développement économique exercent une pression sur les systèmes d'approvisionnement en eau". Selon les prévisions, 44 pays seront confrontés à des niveaux de stress hydrique "extrêmement élevés" ou "élevés" à l'horizon 2040. Comme l'avertit ce rapport, "dans le même temps, l'élévation du niveau des mers place un nombre croissant de territoires, notamment en Asie de l'Est et du Sud-Est, dans une situation de risque accru d'inondations, pouvant submerger les systèmes d'assainissement et polluer les sources d'eau potable"[3].

## **1.3. Consommation d'eau par personne**

Partout dans le monde, la consommation d'eau par habitant est très variable, par exemple un Américain a besoin d'en moyenne 500 litres d'eau par jour, un habitant de l'Europe de l'Ouest 150 litres par jour et un Africain seulement 50 litres d'eau par jour. Dans les pays du Sahel, les populations ont un accès très difficile à l'eau. Une consommation d'eau quotidienne de 10 à 15 litres ne fait pas exception. Les personnes dont la consommation d'eau est inférieure à 40 litres par jour sont dites « pauvres en eau ».

Même si ces différences tendent à diminuer avec le temps, personne n'est égal dans l'utilisation de l'eau. Une autre différence est la conséquence du mode de vie des populations, en effet les personnes des campagnes utilisent moins d'eau que celles des villes. Un autre exemple est l'âge des personnes. En effet, les jeunes et les personnes âgées utilisent moins d'eau que la moyenne.

Il y a plusieurs facteurs pour expliquer cette disparité. La quantité d'eau disponible est peut-être le facteur le plus important ; par exemple l'eau est un bien très précieux en Afrique parce qu'elle est rare. Un autre facteur est le prix de l'eau : plus les personnes sont riches, plus elles sont capables de consommer de l'eau [4].

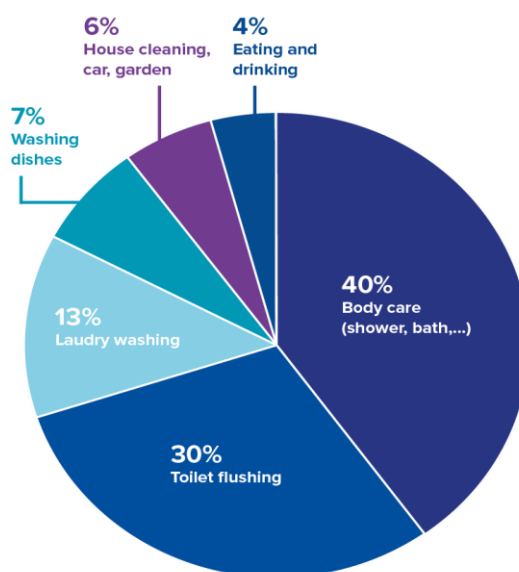


Figure I.2 Consommation d'eau par activité pour chaque habitant.

## 2. Cause d'évolution des besoins en eau dans le monde

### 2.1. Croissance démographique

La planète devrait accueillir près de 8 milliards d'habitants en 2030 et les prévisionnistes annoncent pour 2050 une population qui se situe entre 9 et 10 milliards, ce qui représente tout de même une croissance démographique de 80 millions d'habitants par an. Cela induit nécessairement une augmentation des besoins en eau. Sachant qu'en 2050, environ deux tiers de la population mondiale vivra dans les grandes villes, principalement dans les pays en développement comme la Chine ou l'Inde, l'accès à l'eau risque d'être rendu encore plus difficile qu'actuellement car ces zones géographiques sont déjà en situation de déficit

hydrique. Or, non seulement les besoins en eau vont considérablement augmenter pour la consommation domestique au vu de cette croissance démographique, mais d'autres besoins indirects vont également exploser, et notamment les besoins liés au secteur agricole.

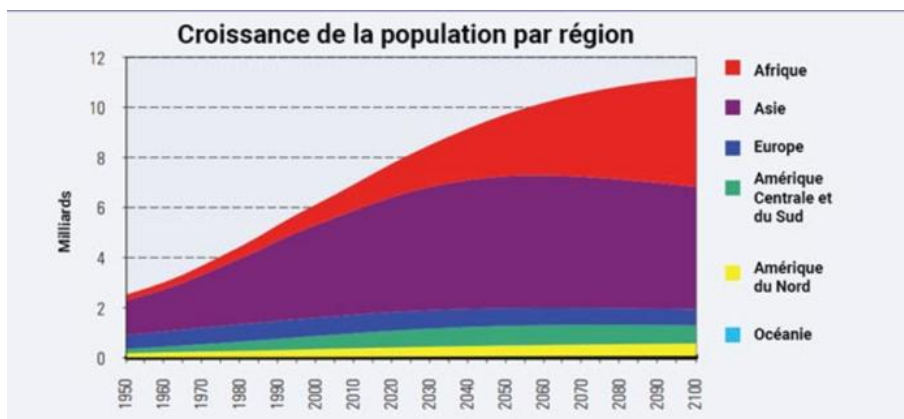


Figure I.3 Croissance de la population par région.

## 2.2. Agriculteur

L'agriculture est le secteur qui consomme le plus de ressources en eau, près de 70% de la consommation pour ce seul secteur, loin devant l'industrie (20%) et les utilisations domestiques (10%). Sans changement de paradigme en matière d'agriculture, l'augmentation des besoins en eau pour le secteur devraient bondir de 70 à 90% à l'horizon 2050.



Figure I.4 utilisation de l'eau dans le monde.

## 2.3. Augmentation des besoins énergétiques

Avec le développement des énergies renouvelables, la production de biocarburant ne cesse d'augmenter. Or, les besoins en eau pour produire cette énergie sont très importants. La production d'un seul litre de biocarburant peut nécessiter jusqu'à 4 mille litres d'eau [5].

### 3. Eau en Algérie

L'Algérie dispose de ressources naturelles en eau limitées, irrégulières et inégalement réparties. Le potentiel naturel en eau du pays est estimé à 19 milliards de mètre cube par an, mais la demande continue d'augmenter. La demande globale a quadruplé au cours des 40 dernières années et dépasse actuellement plus de la moitié du volume des ressources potentiellement mobilisables. A ce rythme, la limite maximale du potentiel hydraulique devrait être atteinte avant 2050. Dans ce contexte, une forte concurrence se développe entre les grands utilisateurs, aggravant les déséquilibres de disponibilité de la ressource entre les régions et rendant difficiles les décisions d'allocation.

L'eau potable a acquis une nette priorité sur les autres usages, priorité inscrite dans la législation algérienne sur l'eau. La part de l'eau potable a considérablement augmenté passant de 16% de la consommation globale en 1975 à 36% en 2019. En revanche, sur la même période, la part de l'agriculture est passée de 80% à 60%, même si elle reste le premier consommateur [6].

L'approvisionnement en eau provient principalement des eaux de surface allouées via des réservoirs, des installations de stockage et des transferts. Les eaux souterraines sont la principale source d'eau dans le sud. Les ressources en eau non conventionnelles, telles que le dessalement et les eaux usées traitées, deviennent de plus en plus importantes. En particulier dans le sud, qui représente la région la plus difficile pour la gestion de l'eau, la demande en eau est dominée par l'agriculture. Ceci est en partie le résultat d'importants investissements dans le développement des activités agricoles dans la région. Le volume d'eau souterraine prélevé pour l'agriculture et l'industrie est revu chaque année, mais les volumes réels ne sont pas clairs, car les données sont dispersées et souvent contradictoires.

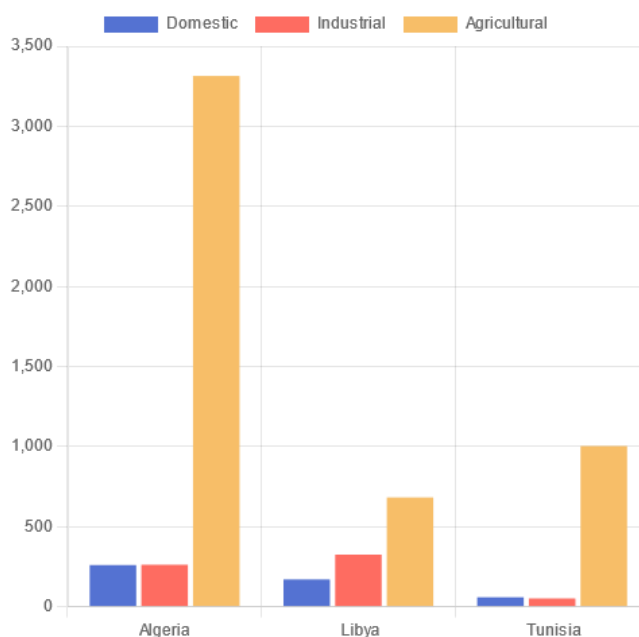


Figure I.5 Consommation d'eau par secteur en pays Maghreb.

### 3.1. Consommation d'eau dans le secteur Agricole

Le secteur agricole soit le plus gros consommateur d'eau en Algérie. L'agriculture repose à la fois sur de grands périmètres irrigués gérés par l'Office National de l'Irrigation et du Drainage ainsi que sur de petits et moyens périmètres et périmètres irrigués privés. La superficie totale irriguée a atteint deux millions d'hectares en 2019 (Figure 4) [6]. Au nord, de grands périmètres sont irrigués à partir de barrages et de forages. Au sud, les périmètres sont irrigués à partir de forages profonds dans les grands aquifères de l'interlayer continental. Parallèlement, les périmètres irrigués à petite échelle se sont remarquablement développés, grâce aux aides et subventions de l'état accordées aux agriculteurs ainsi qu'à la libéralisation du forage et du creusement des puits [7].

L'agriculture absorbe annuellement près de 70% de l'ensemble des volumes d'eau consommés au niveau national, alors que des systèmes d'irrigation alternatifs permettraient d'en faire d'importantes économies, a indiqué le directeur de l'alimentation en eau potable auprès du ministère des Ressource en eau. Selon le même responsable, la consommation en eau dans le secteur agricole est d'environ 7 milliards de  $m^3$  en moyenne annuelle, sachant que la consommation globale nationale (consommation de la population en eau potable, les besoins des secteurs industriel et agricole) est de 10,6 milliards de  $m^3$ /an. Il a également déclaré que si nous faisons des économies, ne serait-ce que de 10% du volume global mobilisé pour l'agriculture, nous récupérerons 700 millions de  $m^3$ , alors que des économies

de 20% permettraient de récupérer 1,4 milliard de m<sup>3</sup>, permettant d'alimenter la moitié de la population algérienne.

En termes de superficie plantée, ces volumes récupérables pourraient irriguer 300.000 ha de terres plantées supplémentaires, soit 30% de la surface totale irriguée. Pour ce faire, le même responsable évoque le renforcement des systèmes économisateurs d'eau tels le goutte-à-goutte et l'aspersion, et ce, en parallèle à la modernisation de l'agriculture.

A ce propos, il a indiqué que la superficie irriguée par les moyens économiseurs d'eau était à peine de 90.000 ha en 2000 pour passer actuellement à 600.000 ha. Mais ces 600.000 ha ne représentent que 50% de la superficie irriguée alors que les 50% restants utilisent encore les systèmes traditionnels lesquels gaspillent d'énormes volumes d'eau.

Par ailleurs, cette reconversion du caractère classique de l'irrigation vers un système moderne moins « vorace » en eau passe également par la mobilisation de l'eau non conventionnelle à travers le dessalement de l'eau de mer et la réutilisation des eaux usées épurées. A travers le parc de station d'épuration que le pays possède, 400 millions de m<sup>3</sup>/an d'eau sont produits à l'heure actuelle. Une multiplication de ces stations permettrait d'atteindre, progressivement, les 600 millions m<sup>3</sup>/an et même un milliard de m<sup>3</sup>/an.

### **3.2. Dessalement d'eau**

Les stations de dessalement d'eau de mer (SDEM) vont assurer la couverture de 42% des besoins nationaux en eau potable à l'horizon 2024, selon les prévisions énoncées par une représentante du ministère des travaux publics, de l'hydraulique et des Infrastructures de base.

La stratégie de l'Etat pour assurer l'eau potable misera principalement sur les eaux dessalées, à l'avenir. Elle a signalé une prévision à la hausse dans le taux de couverture des besoins en eau potable des wilayas du littoral du pays et des régions avoisinantes, à partir des eaux dessalées, qui passera ainsi de 17% actuellement à près de 42% en 2024, avant d'être porté à 60% en 2030, a-t-elle souligné. Le secteur national des ressources en eau compte actuellement 12 SDEM, dans l'attente de la réception de nouvelles unités, qui porteront leur nombre à 23 durant les deux prochaines années [8].

### **3.3. Consommation d'eau projetée pour 2030**

Sur la base de la croissance démographique, de l'exode rural et des projections de la demande en eau par habitant, la demande globale en eau pour tous les secteurs devrait être

d'environ 18,9 milliards de mètres cubes d'ici 2030 (tableau I.1) [4]. Les études d'aménagement menées par le ministère des ressources en eau permettent la construction d'environ 70 barrages supplémentaires sur l'ensemble des bassins fluviaux, pour atteindre un total de 139 retenues d'ici 2030.

Usage	2011 milliards m <sup>3</sup>	2030 milliards m <sup>3</sup>
Potable et industriel	2.9	3.5
Irrigation	8.6	15.4
Total	11.5	18.9

Tableau I.1 Demande globale en eau par secteur en Algérie

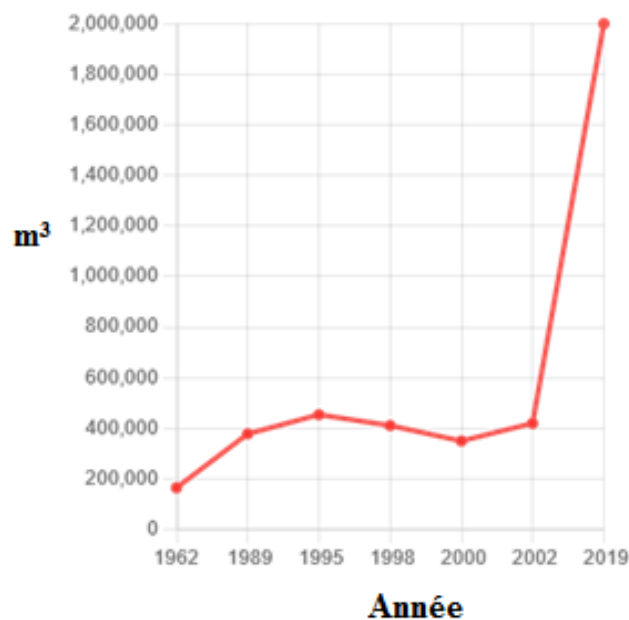


Figure I.6 Evolution de la consommation d'eau.

# **Chapitre II**

## **Distillateurs solaires**

## **1. Introduction**

L'utilisation des ressources renouvelables de diverses manières, comme l'énergie solaire, devient de plus en plus intéressante. La distillation solaire de l'eau utilise l'énergie solaire pour séparer l'eau propre des sels et autres impuretés. L'eau brute retient la chaleur et chauffe rapidement jusqu'à des températures élevées. La chaleur provoque l'évaporation, le refroidissement et la condensation de l'eau en vapeur, laissant derrière elle des impuretés [9].

## **2. Dessalement solaire**

Est un processus qui utilise l'énergie solaire pour produire l'eau douce à partir d'eau de mer ou d'autre source d'eau salée. Il existe de nombreuses façons pour exploiter l'énergie solaire. La plus courante, cependant, est l'utilisation de l'énergie solaire pour chauffer l'eau de mer, puis évaporer et condenser la vapeur pour produire de l'eau propre.

## **3. Importance de dessalement solaire**

L'importance du dessalement solaire de l'eau réside dans plusieurs aspects clés :

### **3.3. Fournir de l'eau douce durable**

Dans les régions où l'eau est rare, l'énergie solaire est une source fiable qui est exploitée pour produire de l'eau propre. Il contribue à accroître la disponibilité de l'eau potable et l'utilisation de l'eau dans l'agriculture, répondant ainsi aux besoins de la population et des collectivités [10].

### **3.4. Réduction de la pression des eaux souterraines**

Le dessalement solaire peut contribuer à alléger la pression exercée sur les ressources en eaux souterraines dans de nombreuses régions où elles sont fortement exploitées pour répondre aux besoins en eau. [11].

### **3.5. Durabilité environnementale**

Le dessalement solaire de l'eau est une source propre, renouvelable et non polluante, réduit la dépendance à l'énergie traditionnelle et réduit les émissions nocives de gaz à effet de serre et la pollution de l'air [12].

### **3.6. Réduction des coûts à long terme**

Les coûts d'exploitation et de maintenance des usines de dessalement solaire sont généralement inférieurs à ceux des méthodes conventionnelles, malgré les coûts initiaux élevés d'installation.

#### **4. Principe de fonctionnement d'un distillateur solaire**

L'une des appareils utilisant l'énergie solaire pour produire de l'eau potable à partir d'eau saumâtre et d'eau de mer est le distillateur solaire. Le principe de fonctionnement d'un distillateur solaire est basé sur les différents types de transfert de chaleur. L'eau salée dans le bac va se réchauffer, et au fur et à mesure que la température monte, une partie de l'eau disparaît, entraînant une accumulation de vapeur d'eau qui forme les gouttes d'eau qui tombent dans le récupérateur situé au coin. En fonction des efforts déployés pour améliorer les performances, ce distillateur est encore classé en distillateur passifs et actifs.

#### **5. Les grandes familles des distillateurs solaires**

##### **5.1. Distillateur solaire actif**

Dans les distillateurs à bassin de type actif, certaines sources externes sont utilisées pour augmenter la température de l'eau dans le bassin. Parmi les sources externes connectées au bassin simple le: capteur plan, collecteur parabolique ou cylindro-parabolique, système hybride PV/T, échangeur de chaleur, bassins multiples, le condenseur supplémentaire...ect [13].

##### **5.2. Distillateur solaire passif**

Les distillateurs solaires passifs ont utilisé directement l'énergie solaire (comme une source principale) pour chauffer l'eau [14].

#### **6. Différents types des distillateurs solaires**

##### **6.1. Distillateur solaire sphérique**

Il s'agit d'un distillateur en plexiglas transparent avec un bassin horizontal et une surface de condensation hémisphérique (Figure II.1). Le rayonnement solaire incident chauffe l'eau. Une partie de l'eau s'évapore et puis elle est commencée à se condenser sur la surface en plexiglas. Par l'espace annulaire qui existe entre le bassin et la moitié inférieure de la sphère de distillateur, le distillat pénètre. [15]

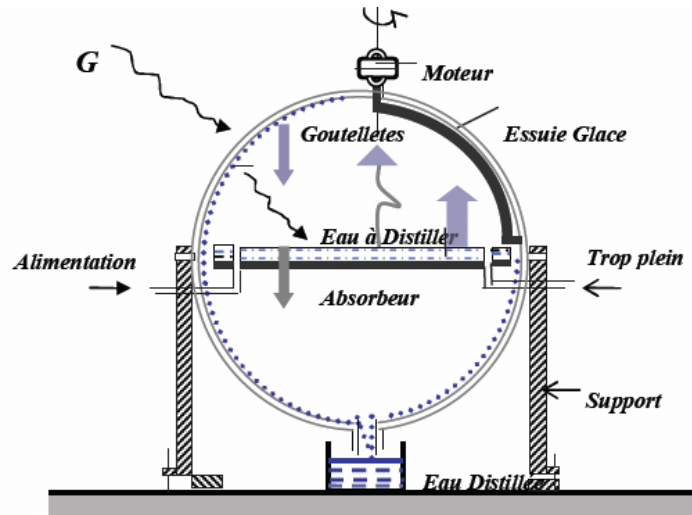


Figure II.1 Distillateur solaire sphérique

## 6.2. Distillateur solaire incliné à mèche

Le distillateur solaire à mèche est conçu de manière que l'eau saumâtre s'écoule à travers une garniture poreuse, favorisant ainsi son exposition au rayonnement solaire. La mèche est inclinée de manière que l'eau d'alimentation (en petite quantité) soit bien exposée au soleil avec un angle optimal (voir figure II.2). Cette configuration permet à l'eau de s'échauffer rapidement et a une température plus élevée. L'avantage de ce type de distillateur est que l'eau est bien exposée au soleil, grâce à une grande surface efficace, et que la lame d'eau d'alimentation est faible, ce qui facilite son échauffement [16].

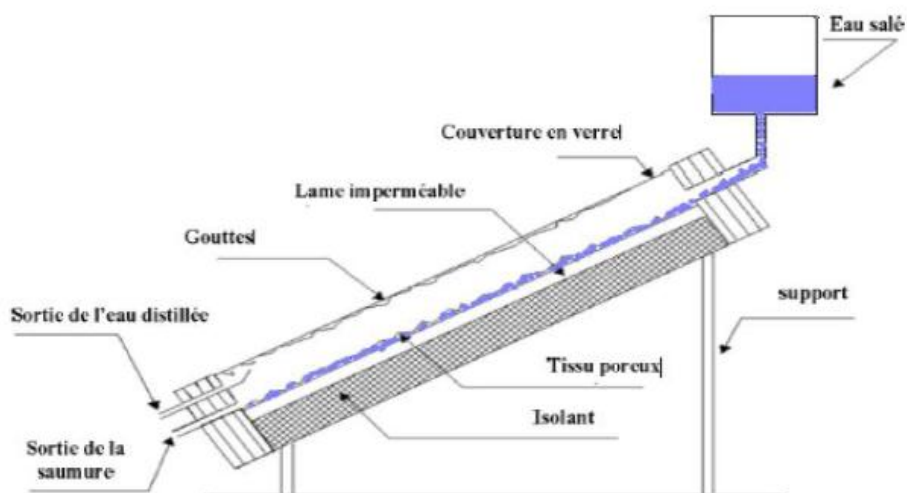


Figure II.2 Distillateur solaire incliné à mèche

### 6.3. Distillateur solaire à film capillaire

Le dispositif est constitué de verre et de deux plaques métalliques juxtaposées et inclinées. La couleur noire est sur le devant de la première tuile. Avec un deuxième chiffon sur le côté opposé, l'eau à distiller est rapidement évaporée ; Cette substance convient à la fabrication d'un capillaire d'eau. Cela justifie le nom de l'appareil. La vapeur d'eau qui en résulte quitte le tissu et se condense lorsqu'elle touche la deuxième plaque. Le distillat et les déchets sont recyclés à l'aide de collecteurs [17].

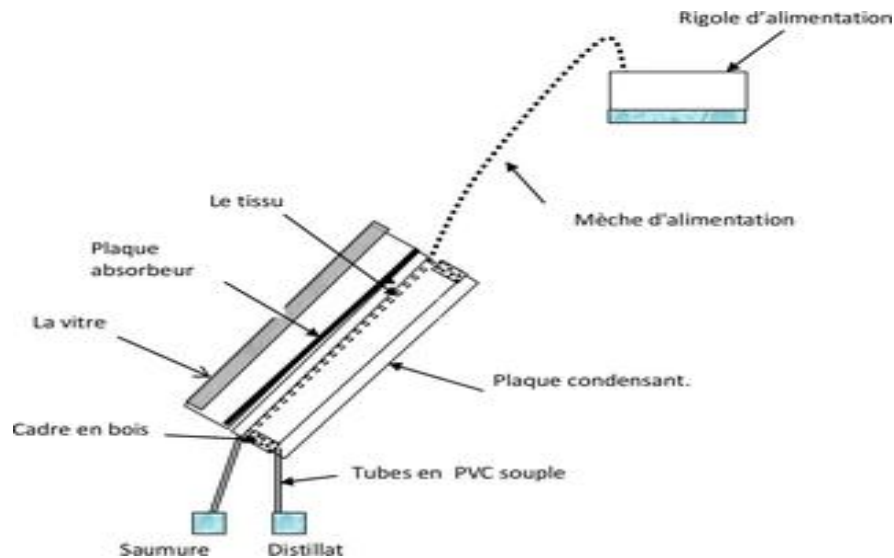


Figure II.3 Distillateur solaire à film capillaire

### 6.4. Distillateur solaire à cascade

Un distillateur solaire à cascade fonctionne toujours sur le même principe qu'un distillateur plan, sauf que l'absorbant a une forme de cascade. L'eau salée de distillateur est divisée en plusieurs petits bassins. On peut observer que l'eau chauffe et s'évapore plus vite avec une petite quantité d'eau.

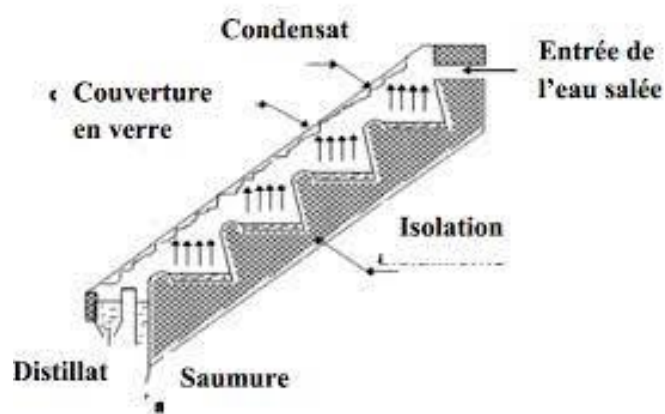


Figure II.4 Distillateur solaire à cascade

### 6.5. Distillateur solaire à étages multiples

Le distillateur est basé sur la construction d'un bâti, qui se compose de plusieurs bassins remplis d'eau salée et séparées par des superpiles. Le bassin inférieur est chauffée, l'eau dans le bassin s'évapore et se condense à la surface sous le bassin conique au-dessus. Des gouttes d'eau se forment et tombent dans l'entonnoir menant à la bouteille de collecte [18].

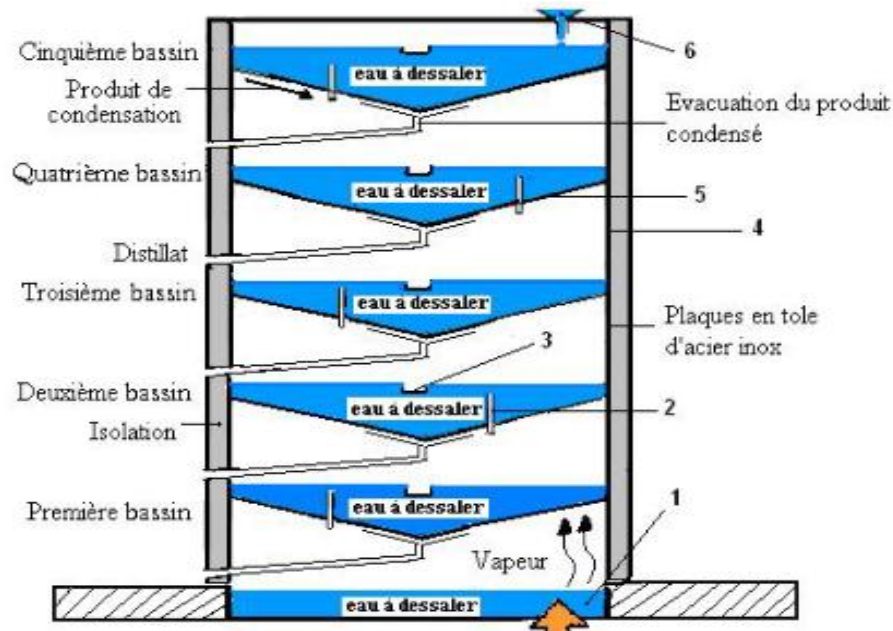


Figure II.5 Distillateur solaire à étages multiples

### 6.6. Distillateur solaire à effet de serre

Dans une serre fermée exposée au soleil, une lame d'eau de mer ou d'eau saumâtre d'épaisseur réduite est présente à l'intérieur. L'air à l'intérieur de la serre devient surchauffé et saturé en vapeur d'eau, qui se condense au contact de la paroi en verre relativement froide. Les gouttes d'eau douce résultantes peuvent être collectées dans une gouttière située en bas de la vitre [19]. Dans ce type on peut distinguer des modèles de distillateur plan à effet de serre.

#### 6.6.1. Distillateur à pente unique

Le distillateur solaire plan à simple pente est largement reconnu comme le distillateur le plus simple au monde. Il se compose d'un absorbeur, qui prend la forme d'un bassin horizontal rempli d'eau salée ou saumâtre, et est recouvert d'une vitre transparente en verre inclinée à un angle spécifique pour maximiser l'exposition à la radiation solaire et faciliter l'écoulement des gouttelettes vers une gouttière située en bas de la vitre. L'eau condensée

est ensuite récupérée et stockée. Pour réduire les pertes d'énergie, un isolant thermique est utilisé en bas et sur les côtés de l'absorbeur du côté extérieur.

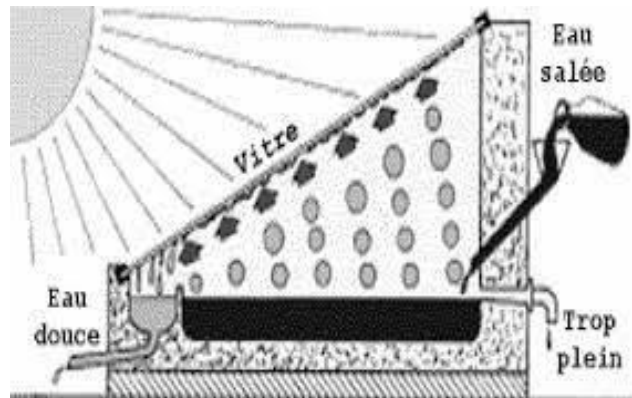


Figure II.6 Distillateur à pente unique

### 6.6.2. Distillateur à double pente

Le distillateur solaire à double pente suit le même principe que le distillateur à simple pente, mais il est composé de deux capteurs inclinés à des angles différents. L'un des capteurs est exposé directement au soleil, tandis que l'autre est placé à l'ombre. Cela permet d'accélérer le processus de condensation en créant une différence de température plus marquée entre les deux capteurs. Ainsi, l'eau salée ou saumâtre se condense plus rapidement sur la surface du capteur à l'ombre, augmentant l'efficacité globale du distillateur [20].

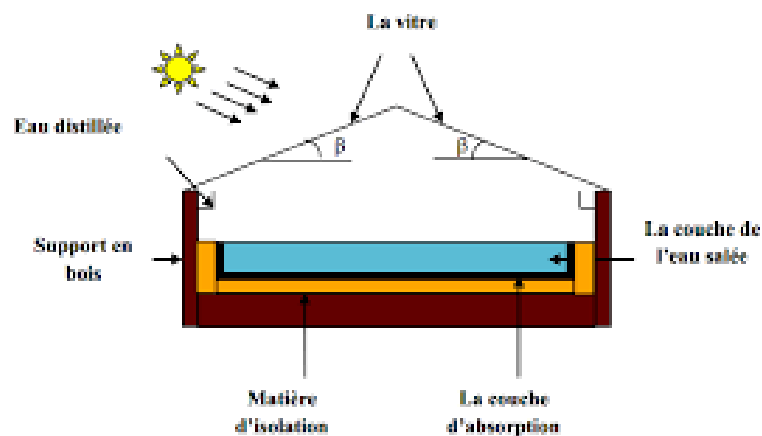


Figure II.7 Distillateur à double pente.

### 6.7. Distillateur solaire à effet multiples

Dans ce type de distillateurs, il y a plusieurs évaporateurs en série appelés "effets". L'eau évaporée du premier effet se condense ensuite au niveau du deuxième effet, et l'énergie libérée par la condensation est utilisée pour évaporer l'eau présente dans ce dernier. Le troisième évaporateur joue le rôle de condenseur pour les vapeurs provenant du deuxième effet, et ainsi de suite. Cependant, plus la différence de température entre les effets est faible, plus la surface d'échange nécessaire pour le transfert d'énergie doit être grande [21].

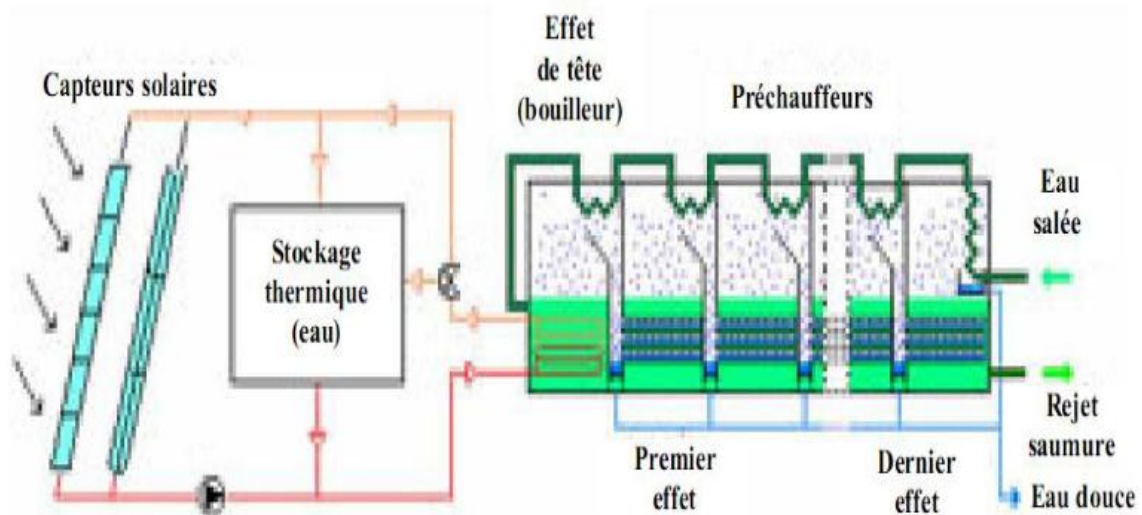


Figure II.8 Distillateur solaire à effet multiples

### 6.8. Distillateur solaire terre-eau/eau-eau

Un distillateur solaire terre-eau, également appelé distillateur solaire à effet de serre, fonctionne en utilisant un système de deux compartiments : l'un contenant l'eau à purifier (compartiment terre) et l'autre contenant l'eau de refroidissement (compartiment eau). Le compartiment terre est généralement recouvert d'une surface transparente, comme du verre ou du plastique, qui permet à l'énergie solaire de pénétrer. Lorsque le soleil brille, l'énergie solaire chauffe le compartiment terre, provoquant l'évaporation de l'eau qu'il contient. La vapeur d'eau ainsi formée monte et se condense sur la surface interne du couvercle transparent, qui est maintenue à une température plus basse grâce à l'eau de refroidissement du compartiment eau. La condensation de la vapeur d'eau se forme sous forme de gouttelettes sur la surface du couvercle et s'écoule ensuite vers le bas, où elle est collectée dans un récipient.

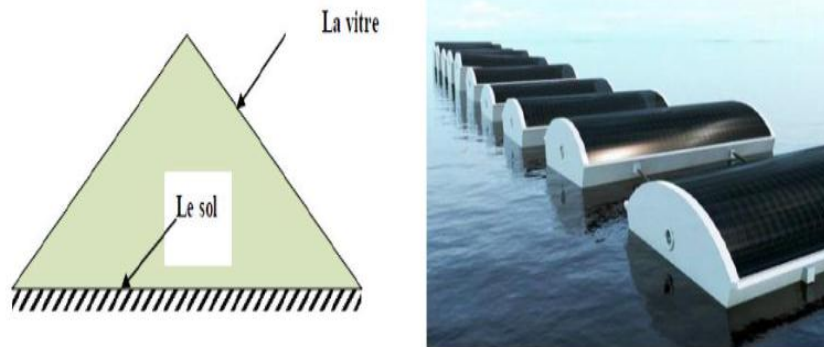


Figure II.9 Distillateur solaire terre-eau/eau-eau

### 6.9. Distillateur solaire de type pyramide

Dans ce distillateur, le récipient contenant l'eau à purifier est placé à l'intérieur de la serre en verre. Une cheminée est utilisée pour la circulation de l'air afin de favoriser le processus de condensation à l'intérieur. Le canal d'eau est un passage qui permet à l'eau douce condensée de s'écouler hors du distillateur. Le canal de sortie relie le canal d'eau à la gouttière ou au réservoir d'eau douce, permettant ainsi la collecte et le stockage de l'eau purifiée [22].

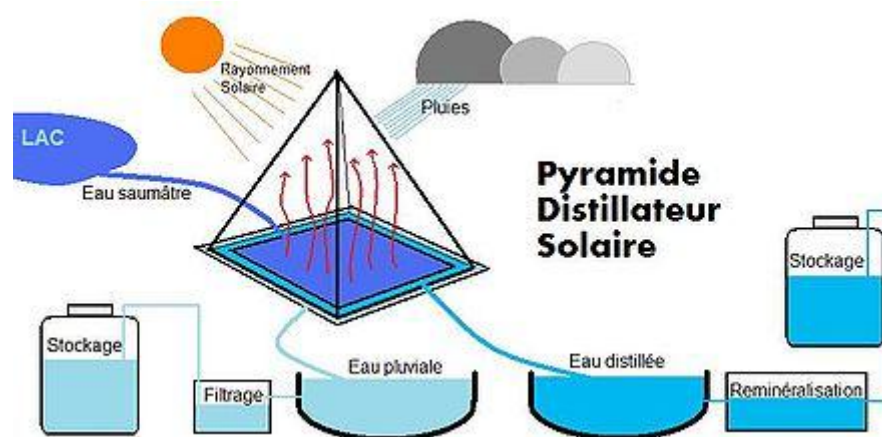


Figure II.10 Distillateur solaire de type pyramide

## 7. Distillateur solaire vertical

### 7.1 Définition

Un distillateur solaire vertical est un type de dispositif de distillation solaire qui utilise une configuration verticale pour purifier l'eau en utilisant l'énergie solaire. La configuration

typique d'un distillateur solaire vertical comprend un récipient ou une colonne verticale qui contient l'eau à purifier. Ce récipient est exposé à l'énergie solaire directe, ce qui provoque l'évaporation de l'eau.

Est souvent utilisé dans des zones où l'accès à l'eau potable est limité et où l'énergie solaire est abondante. Il utilise l'énergie solaire de manière efficace et offre un processus de purification de l'eau relativement simple [23].

## **7.2. Principe de fonctionnement**

Le distillateur vertical fonctionne selon le principe de distillation pour purifier l'eau saumâtre. Il est alimenté en eau saumâtre à partir d'un réservoir, un tube en cuivre relie le réservoir au distillateur, assurant ainsi l'approvisionnement en eau, le débit d'eau à l'entrée du distillateur est régulé à l'aide d'une vanne. Cela permet de contrôler la quantité d'eau qui entre dans le distillateur, assurant ainsi un débit constant.

Un distributeur d'eau, comportant des perforations le long de sa longueur, permet la distribution de l'eau en un film sur un tissu spongieux situé à l'intérieur du distillateur. L'eau ruisselle sur le tissu, tandis que la saumure (eau salée résiduelle) est évacuée vers le bas. L'eau qui s'écoule derrière l'absorbeur, le mélange d'air et de vapeur d'eau saturée circule naturellement à travers deux ouvertures réalisées dans une cloison isolée, du compartiment d'évaporation vers le compartiment de condensation, les gouttelettes d'eau purifiée s'écoulent le long de la plaque de condensation et sont collectées dans une gouttière placée en dessous de celle-ci. La gouttière permet de recueillir et de diriger l'eau purifiée vers un réservoir de collecte [24].

## **7.3. Distillateur solaire vertical multi-effets actif**

Le distillateur solaire vertical multi-effets actif est représenté schématiquement dans la Figure 1. Chaque plateau de distillateur agit à la fois comme évaporateur et condenseur, formant ainsi un effet. L'eau d'alimentation est chauffée par un capteur solaire à plaques planes et est distribuée uniformément à tous les effets à l'aide de connexions de canalisation appropriées. L'unité dispose également d'un réservoir d'eau d'alimentation, dont une partie de la surface sert de condenseur pour le dernier effet. Un bac à distillat est placé au fond de la surface du condenseur pour collecter le distillat. Le distillateur est considéré comme actif car l'eau d'alimentation est chauffée à l'extérieur de l'unité de distillation à l'aide de l'énergie solaire captée par le capteur solaire. L'évaporation de l'eau

chauffée se produit dans la surface d'évaporation de chaque effet, et les vapeurs se déplacent vers la surface du condenseur en raison de la différence de pression partielle entre l'évaporateur et le condenseur. La vapeur est condensée sur la surface du condenseur, libérant ainsi la chaleur latente de condensation vers l'effet suivant. Cela favorise une évaporation accrue dans l'effet suivant [25].

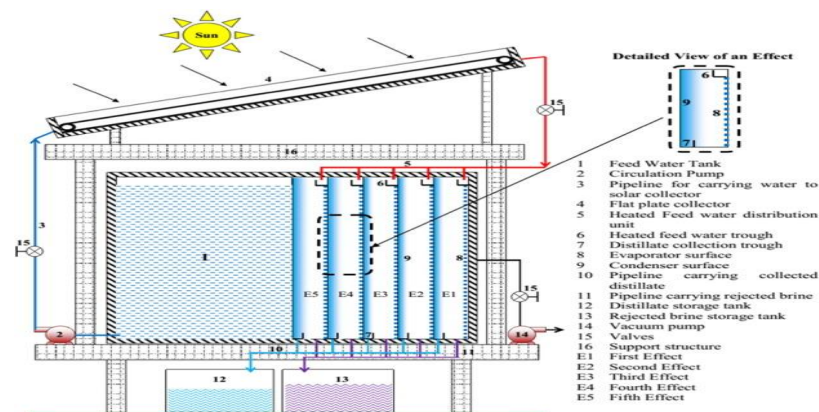


Figure II.11 Distillateur solaire vertical multi-effets actif

#### 7.4. Distillateur solaire à mèche rotative verticale

Le système de dessalement étudié est un système à mèche rotative verticale en acier inoxydable (VRWSS). Il se compose d'un cuboïde comprenant un bassin d'eau, des feuilles de verre, deux rouleaux en acier inoxydable, un moteur à courant continu, une bande de mèche et un système photovoltaïque.

Le VRWSS est formé à l'aide de cinq feuilles de verre d'une épaisseur de 4 mm, qui constituent les côtés du système. Deux rouleaux en acier inoxydable d'un diamètre de 6 cm sont utilisés pour faire tourner la bande de mèche, qui est étroitement enroulée autour des rouleaux pour former une ceinture. Le rouleau inférieur, fixé au système, est immergé dans l'eau du bassin à une distance de 0,5 cm au-dessus de la base du VRWSS. Le rouleau d'entraînement, quant à lui, est fixé près de l'extrémité supérieure du VRWSS. L'eau douce condensée était recueillie à l'aide de bacs inclinés fixés sur les bords des parois vitrées depuis l'intérieur.



Figure II.12 Distillateur solaire à mèche rotative verticale

Un moteur à courant continu de 6 watts est utilisé pour faire tourner le rouleau inférieur. Le moteur est placé en ligne avec l'axe du rouleau inférieur pour assurer un mouvement de rotation adéquat. Un système photovoltaïque de 10 watts, équipé d'une batterie, est utilisé pour alimenter le moteur à courant continu et garantir son bon fonctionnement.

Différents paramètres ont été étudiés expérimentalement, tels que la vitesse de rotation de la bande de mèche, le sens de rotation de la bande, les matériaux de mèche (coton et jute) et le suivi solaire. Les résultats ont montré que la production d'eau douce augmentait avec la vitesse de rotation de la bande jusqu'à une certaine valeur maximale, puis diminuait. De plus, la mèche en jute a montré de meilleures performances que la mèche en coton, à l'exception d'une faible vitesse de rotation. Le suivi solaire manuel a également augmenté la productivité de l'eau douce par rapport au cas sans suivi [26].

### 7.5. Distillateur solaire à diffusion verticale couplé à un réflecteur plan

Le distillateur comprend les éléments suivants : un réflecteur plat, des roulettes permettant un suivi manuel de l'azimut, et un distillateur solaire à diffusion verticale à effets multiples. Ce dernier est composé d'un couvercle en verre et d'une série de cloisons verticales et parallèles, étroitement espacées. Toutes les cloisons, à l'exception de la cloison extérieure, sont en contact avec une mèche imbibée de solution saline. L'eau salée est continuellement alimentée vers les mèches.

Le rayonnement solaire direct, diffus et réfléchi par le réflecteur plat pénètre à travers le couvercle en verre et est absorbé par la surface avant de la première cloison. L'énergie solaire absorbée est ensuite récupérée et recyclée à l'intérieur du distillateur solaire à diffusion verticale à effets multiples, dans le but d'augmenter la productivité du distillat.

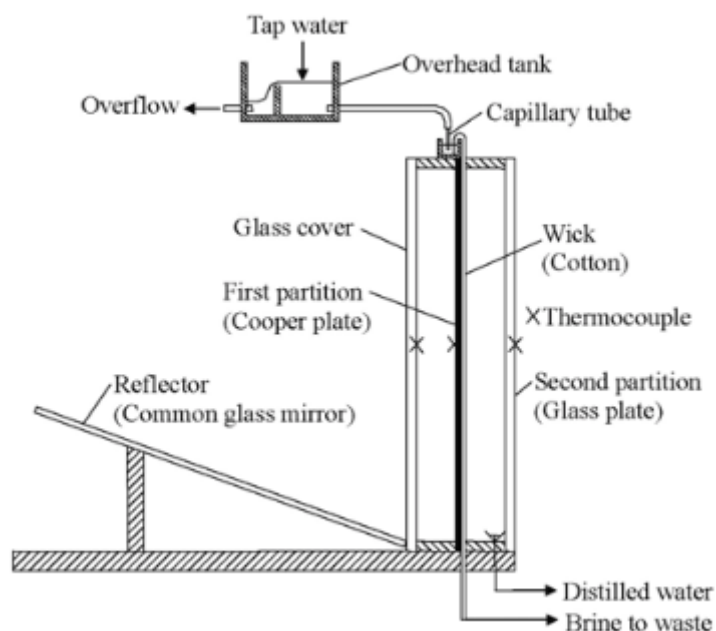


Figure II.13 Distillateur solaire à diffusion verticale couplé à un réflecteur plan

Des expériences en plein air ont été menées à Kurume, au Japon, de juillet à novembre 2005, utilisant un système de diffusion verticale à simple effet associé à un réflecteur à plaque plate. Les résultats de ces expériences peuvent être résumés comme suit :

- ✓ La productivité quotidienne des distillateurs est conforme aux prédictions théoriques avec une marge d'erreur d'environ 7 %, sauf pour les résultats par temps nuageux.

- ✓ La productivité quotidienne d'un distillateur à effets multiples avec 10 partitions a été prédite comme étant environ 5 ou 6 fois plus grande que celle d'un distillateur à simple effet [27].

# **Chapitre III**

## **Etude expérimentale & Résultats et discussion**

## 1. Introduction

Le manque d'eau potable et la rareté de ses ressources naturelles, deviennent un grand problème qui menace la vie des habitants dans plusieurs régions. Alors la recherche de produire de l'eau potable à partir d'autres ressources naturelles, est d'une extrême importance.

Dans cette étude, on a proposé l'intégration des distillateurs solaires à l'habitat pour résoudre ce problème.

## 2. Présentation de la région d'expérimentation

### 2.1. Situation géographique

La wilaya de M'Sila a une superficie de 18 175 km<sup>2</sup>. Elle est limitée par les wilayas de Médéa, Bouira, Bordj-Bou-Arreridj et Sétif au nord, Batna à l'est, Djelfa à l'ouest et Biskra au sud [28].



Figure III.1 Situation géographique de M'sila.

### 2.2. Coordonnées géographiques de la wilaya M'sila

<b>Altitude</b>	475 m
<b>Latitude</b>	35.677109N
<b>Longitude</b>	4.5418141E
<b>Albédo</b>	0.2

Tableau III.1 Cordonnées géographiques de la wilaya de M'sila [29]

### 2.3. Climat

M'Sila est doté d'un climat désertique et n'y a pratiquement aucune précipitation au cours de l'année. La carte climatique de Köppen-Geiger classe le climat comme BWh. La température annuelle moyenne est 18.6 °C et les précipitations sont en moyenne de 249 mm. L'été commence à la fin de Juin et termine en septembre [30].

## 3. Différents composants de distillateur

### 3.1. Coffre extérieur

Le coffre de distillateur contient divers éléments. Il doit donc assurer une protection efficace contre les éléments atmosphériques. La boîte du distillateur est en bois, les dimensions du coffre extérieur sont :

- ✓ Longueur : 1.07 m
- ✓ Largeur : 0.45m
- ✓ Epaisseur : 0.07m

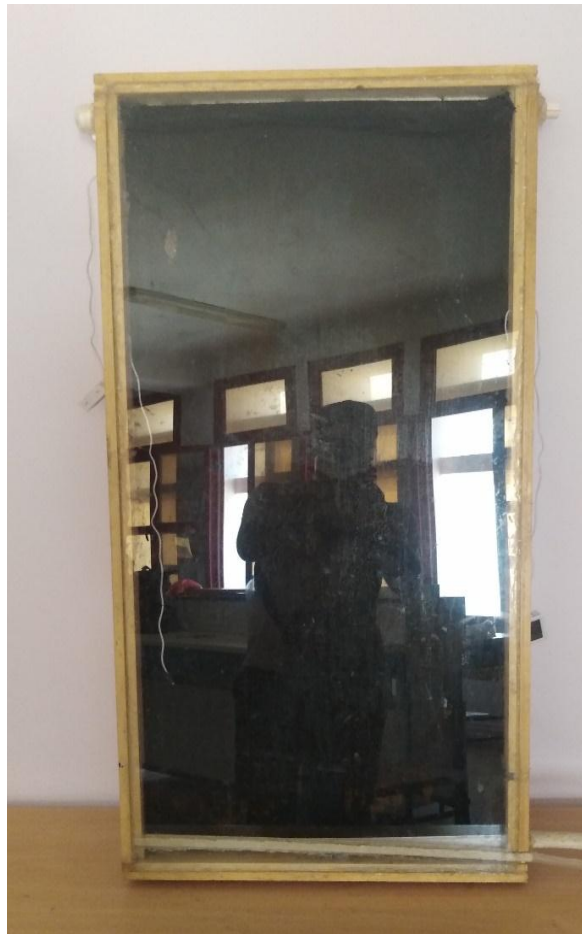


Figure III.2 Coffre extérieur.

### 3.2. Isolation thermique

L'isolation thermique du distillateur est en polystyrène. Les dimensions de l'isolant thermique :

- ✓ Longueur : 1.03 m
- ✓ Largeur : 0.42 m
- ✓ Epaisseur : 0.003 m



Figure III.3 Isolation thermique

### 3.3. Couverture verrière (verre)

Le verre ordinaire est utilisé en raison de sa simplicité et de son faible coût, car ce type de verre ne nécessite toujours pas de technologie avancée.

Le verre ordinaire a été choisi en raison de sa bonne conductivité thermique, de sa bonne transmission de la lumière visible et de ses propriétés de mouillage.

Les dimensions de la vitre sont:

- ✓ Longueur : 1.05 m
- ✓ Largeur : 0.43 m
- ✓ Epaisseur : 0.003 m

### 3.4. Absorbeur (plaque noire)

La fonction principale du bac en fer est d'absorber efficacement le rayonnement solaire et de transférer la chaleur générée par cette absorption vers la saumure. C'est pourquoi il est revêtu d'une peinture noire mate, les dimensions de l'absorbeur sont :

- ✓ Longueur : 1.03 m
- ✓ Largeur : 0.42 m
- ✓ Epaisseur : 0.001 m



Figure III.4 Absorbeur (plaque noire)

## 4. Appareils de mesure

### 4.1. Station météorologique

Fabriquée par Davis Instruments. Elle est conçue pour mesurer et enregistrer divers paramètres météorologiques tels que la température, l'humidité, la vitesse et la direction du vent, la pression atmosphérique, les précipitations, etc. Il dispose d'un écran numérique qui vous permet de visualiser les données en temps réel.



Figure III.5 Station météorologique

## 5. Tests expérimentaux

Le distillateur solaire a été conçu et évalué à l'université de Msila, en Algérie, au sein de laboratoire de physique et chimie des matériaux. Les tests ont été menés pendant le mois de mai 2023. Les conditions météorologiques au cours de ce mois sont instables, ce qui a affecté les valeurs de tous les paramètres mesurés. Le système d'alimentation en eau distillée du distillateur solaire se fait par un réservoir d'eau utilisant un système de goutte à goutte, afin de maintenir constamment la mèche humidifiée. Les températures de la vitre interne et externe, le bac sont mesurées par des thermomètres numériques. On mesure également la température de l'air humide et l'humidité relative dans le distillateur à l'aide d'un thermo-hygromètre numérique.

L'irradiation solaire globale et la vitesse du vent sont mesurées par la station météorologique. Une bouteille graduée en verre transparent de un litre est utilisée pour recueillir et mesurer la production de condensat, et une autre bouteille placée sous le distillateur est utilisé pour collecter la saumure. Tous les paramètres mesurés sont enregistrés toutes les demi-heures de 9h00 à 17h00.

### 5.1. Tests du mois de mai

#### 5.1.1. Les paramètres météorologiques

Les figures III 6, 7 et 8 illustrent les variations des paramètres météorologiques notamment le rayonnement solaire global, la température ambiante et la vitesse du vent en fonction du temps, tout au long des jours d'expérimentation.

### 5.1.1.1. L'irradiation solaire globale

Dans la figure III.6, on peut observer comment l'irradiation solaire évolue en fonction de temps pour chaque jour de test pendant le mois de mai. À partir de la courbe, nous pouvons observer que l'intensité du rayonnement solaire augmente avec le temps jusqu'à atteindre son niveau le plus élevé, atteignant son maximum entre 12h et 14h. Ensuite, elle commence à diminuer en fin de journée. Certaines baisses dans l'intensité du rayonnement peuvent être attribuées à la présence de nuages qui affectent sa densité. En mai, le rayonnement solaire global variait entre 0 et 1000  $w/m^2$ , avec une période d'environ 12 heures de luminosité.

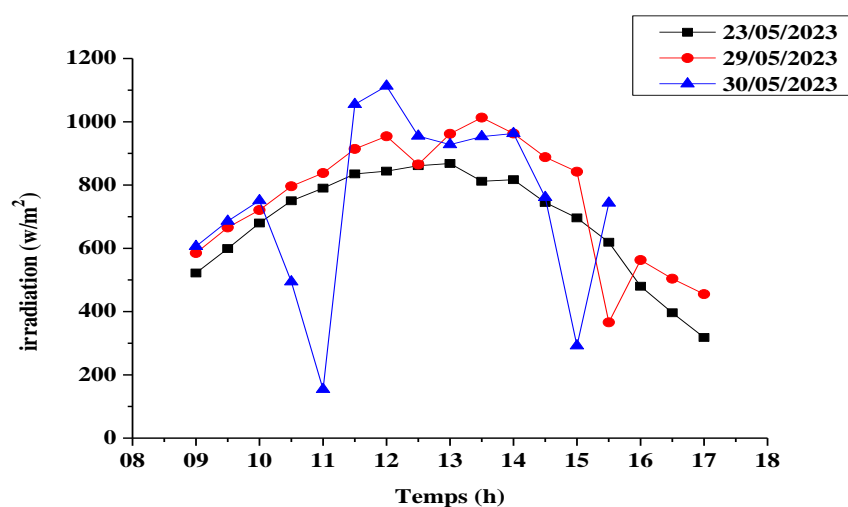


Figure III.6 Variation de l'irradiation solaire globale

### 5.1.1.2. Vitesse du vent

La figure III. 7 met en évidence l'instabilité de la vitesse du vent, qui fluctue rapidement et de manière aléatoire. Elle atteint environ 20 km/h.

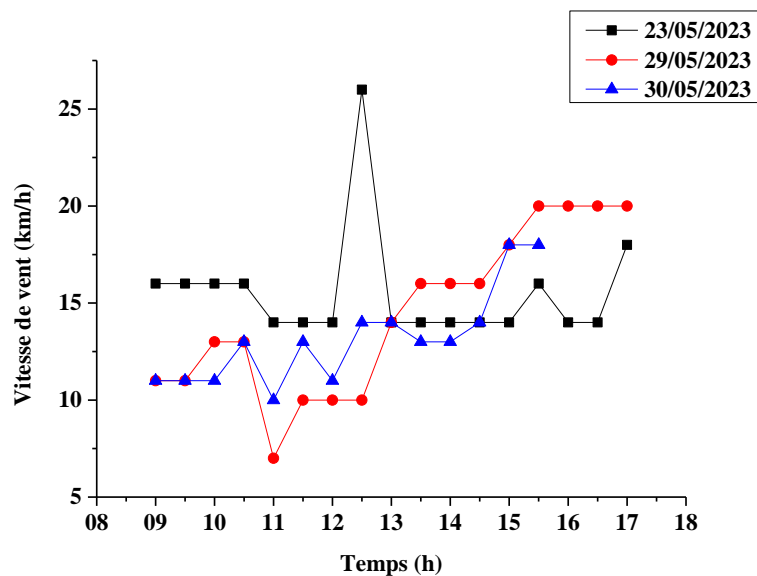


Figure III.7 Variation de la vitesse du vent.

### 5.1.1.3. Evolution de la consommation d'eau

La température ambiante augmente progressivement avec le temps, variant entre 18 °C et 33,5°C. Cela affecte le processus de distillation solaire et entraîne un impact direct sur le verre (convection naturelle).

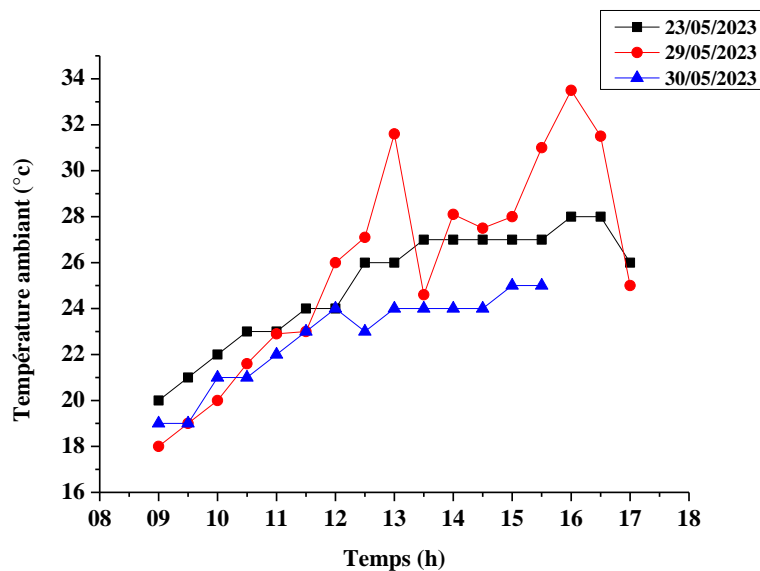


Figure III.8 Variation de la température ambiante.

### 5.1.1.4. Humidité

La figure (III.9) montre les variations de l'humidité en fonction de temps

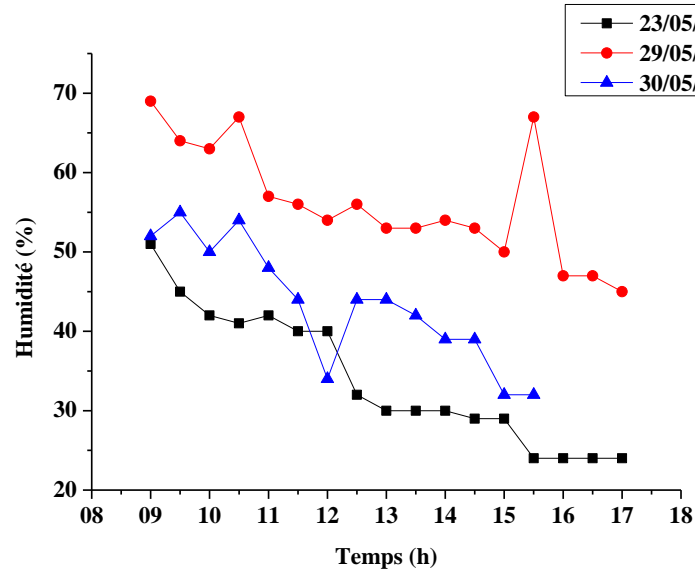


Figure III.9 Variation de l'humidité

L'humidité diminue progressivement avec le temps, varie entre 69% et 32% cela affecte le processus de distillation solaire.

La température a un impact significatif sur l'humidité ; des températures élevées entraînent une diminution de l'humidité relative dans l'air.

## 5.2. Températures des composants de distillateur solaire

Les figures de III.10 jusqu'à III.12 montrent les variations de la température de l'absorbeur et les deux surfaces de la vitre interne et externe en fonction de temps.

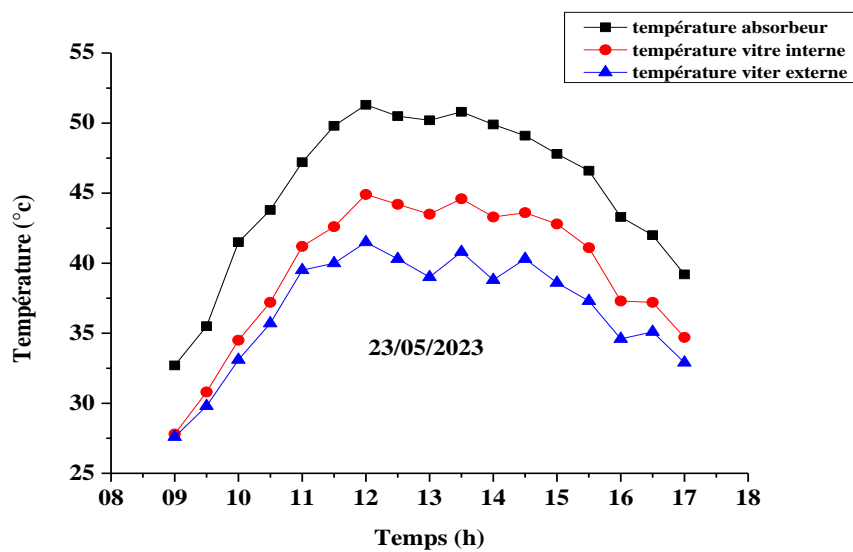


Figure III.10 Variation des températures.

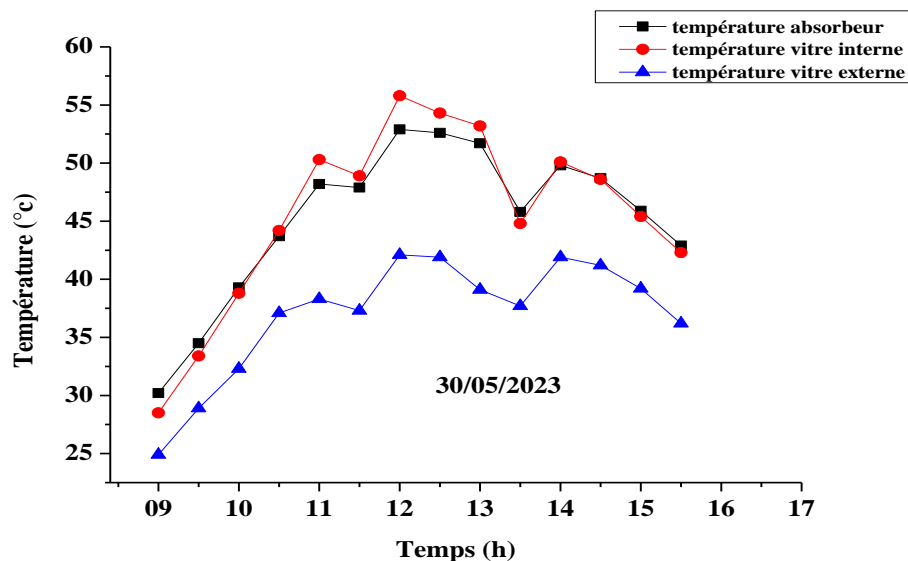


Figure III.11 Variation temporelle de la température des composants

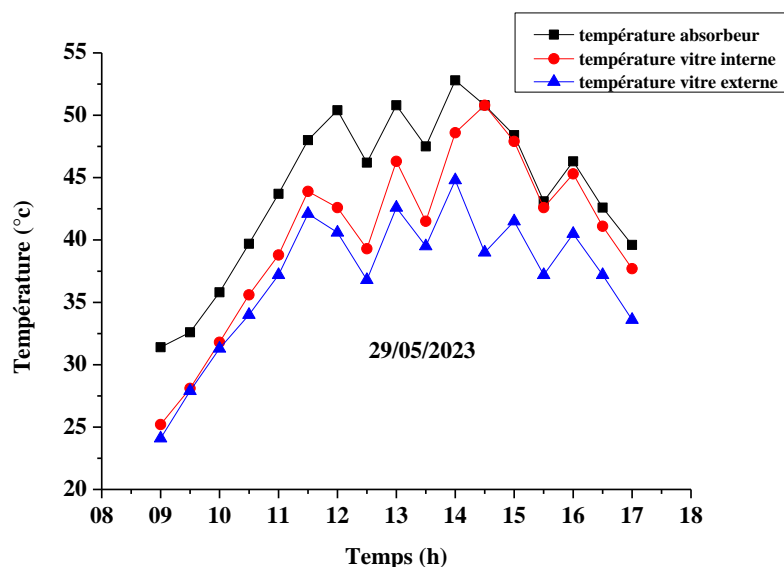


Figure III.12 Variation de la température des composants

D'abord ; l'effet des conditions atmosphériques (température, irradiation, humidité, vitesse du vent) sur le comportement thermique de distillateur solaire, est évident sur la variation de la température pendant les jours d'essais. Il montre que l'augmentation de la température à partir du 9.00h jusqu'à 11.30h à un rythme plus rapide, puis elle atteint son maximum à 50°C entre 12h-13h. L'élévation de cette température est due à l'intensité des rayonnements solaires globales et la chaleur cédée par la surface d'évaporation de l'absorbeur (plaque noire).

À la fin de jour, on observe la diminution de la température qui due à l'effet de irradiation et l'effet de l'ombre.

### 5.3. Production

Les variations de la productivité totale et horaire du distillateur solaire.

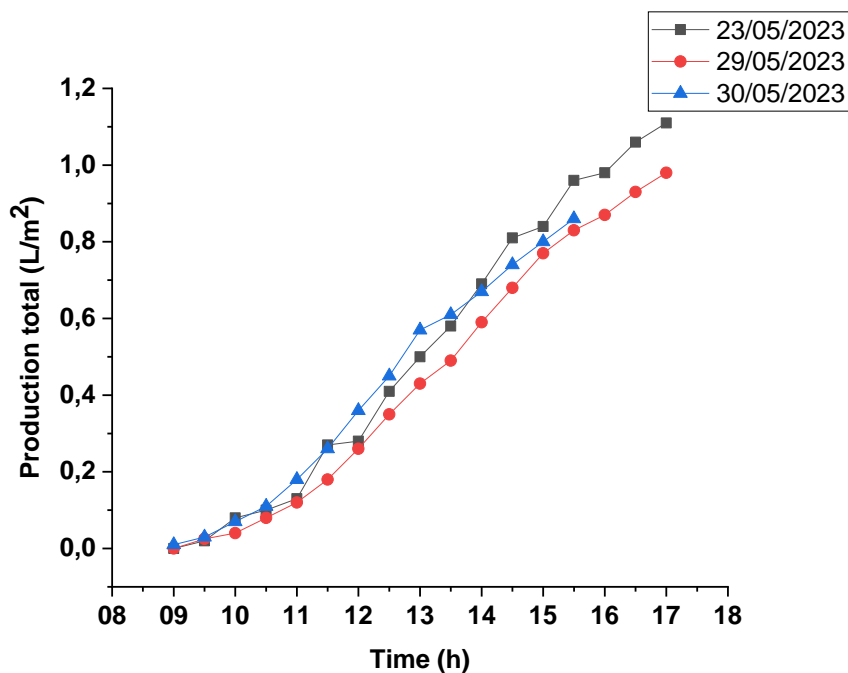


Figure III.13 Variation temporelle de la production totale.

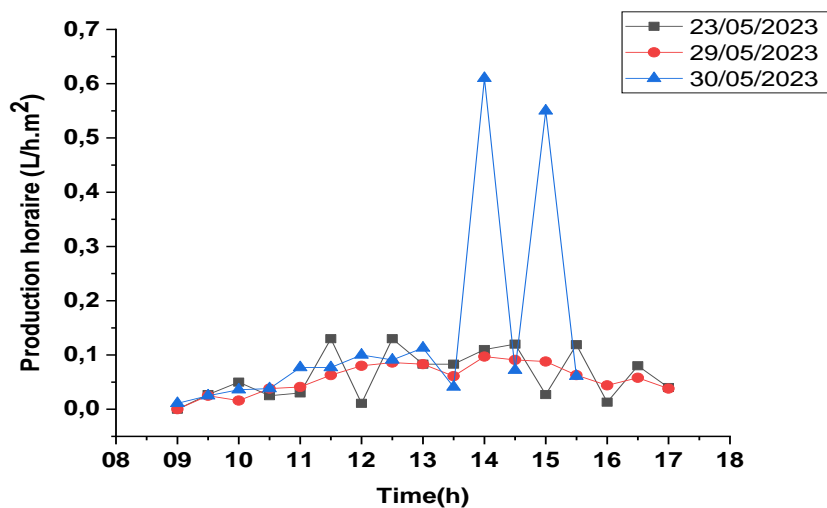


Figure III.14 Variation temporelle de la productivité horaire.

La productivité totale de distillateur solaire élevée progressivement avec le temps, elle atteint son maximum environ 400 ml.

La productivité horaire de distillateur solaire variée sous l'effet de l'irradiation globale et la température ambiante, elle atteint son maximum entre 12:30h à 13:00h.

## 6. Etude économique de système

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

Matériaux	Prix
Coffre en bois	1500 DA
Plaque en fer galvanisé	1000 DA
Tuyaux avec vanne	500 DA
Isolation	500 DA
Vitre	1500 DA
Colle silicone	1000 DA
main d'œuvre	500 DA
Prix total	6500 DA
Prix total par m <sup>2</sup>	18055.55 DA

Tableau III.2 Prix des différentes parties du distillateur.

L'étude économique de notre distillateur solaire repose sur les recherches de Kabeel et al. [31] ainsi que les travaux de Haddad et al. [32-34], qui ont effectué une analyse économique approfondie des divers systèmes de distillation solaire, en prenant en compte les paramètres qui influencent le coût de production de l'eau distillée. Les résultats de calculs sont présentés dans le tableau suivant :

Paramètres	Formule	valeur
CRF (capital recovery factor)	$CRF = \frac{r \times (1 + r)^n}{(1 + r)^n - 1}$	0.17
SFF (sinking fund factor)	$SFF = \frac{r}{(1 + r)^n - 1}$	0.056
P (initial investment cost of a system)		18055.55 DA
FAC (fixed annual cost)	$FAC = CRF \times P$	3069.44 DA/année
S (salvage value)	$S = 0.2 \times P$	3611.11 DA
M( average annual productivity)	M= la quantité d'eau produite par jour $\times$ 300	333 l/année

AC (annual cost)	$AC = FAC + AMC - ASV$	3327.64 DA/année
CPL (cost of distilled water per liter)	$CPL = \frac{AC}{M}$	10 DA/l
Payback		146 jours

Tableau III.3 Analyse économique de distillateur solaire.

n : Est la durée du vie utile de distillateur (10 ans).

r : Taux d'intérêt annuel (12%).

Les analyses économiques montrés que le coût de l'eau distillée produit par le distillateur est 10 DA/litre, où il est à 50DA au marché. Le retour de cet investissement est 146 jours par rapport au coût de leur fabrication. Les résultats obtenus montrent que ce système de distillation est rentable.

## Conclusion générale

L'un des plus grands problèmes auxquels l'humanité est confrontée au 22<sup>ème</sup> siècle est le manque d'eau potable, l'accès à l'eau potable représente un grand problème dans le monde en raison de la rareté des ressources en eau douce.

L'Algérie est confrontée à des grands problèmes en matière de ressources en eau, car elle souffre de la rareté de l'eau douce et sa forte dépendance aux ressources en eau souterraines. Le dessalement est donc une option vitale pour le pays pour répondre à ses besoins en eau potable.

Pour réduire ce problème il existe plusieurs solutions, telles que le dessalement des eaux par distillation solaire. C'est une méthode qui utilise l'énergie solaire pour produire de l'eau potable à partir d'eau saumâtre et d'eau de mer.

L'étude expérimentale qui a été menée au mois de mai sous les conditions météorologiques de m'sila, permet de conclure que :

Le rayonnement solaire est le facteur le plus influent sur la production d'eau distillée, car une augmentation de la production est obtenue par une augmentation de la température de l'eau et une diminution de la température du condenseur externe

Ce distillateur solaire n'a pas atteint sa productivité maximale, car les conditions météorologiques pendant cette période d'essais sont instables, et par conséquent sa production n'était que de 1.11 l/h.m<sup>2</sup> par jour.

La période de récupération des coûts d'investissement du système proposé est de 146 jours.

Les calculs sont basés sur la production réalisée.

## REFERENCES

- [1] <https://www.hydrotech-group.com>
- [2] <https://www.hydrotech-group.com/blog/9-countries-that-consume-the-biggest-amount-of-water>
- [3] <https://fr.statista.com>, Tristan Gaudiaut, 21 mars 2022.
- [4] <https://www.lenntech.fr/francais/eau-minerale/consommationeaudomestique.htm#ixzz7 u 2 Rxf2Uv>
- [5] <https://www.cieau.com/eau-transition>
- [6] [https://www.amenhyd.com/contribution-damenhyd-spa-dans-les-eaux-non-conventionnelles -en-algerie](https://www.amenhyd.com/contribution-damenhyd-spa-dans-les-eaux-non-conventionnelles-en-algerie)
- [7] <https://water.fanack.com>
- [8] <https://www.algerie-eco.com/2022/10/16/leau-de-mer-dessalee-assurera>.
- [9] <https://www.safewater.org/french-fact-sheets/2018/8/21/distillation-de-leau-solaire>
- [10] G.V. Gude, Solar-powered desalination technology and its future prospects, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012.
- [11] Al-Karaghoul A, Renne D., Solar desalination for agriculture and the potential of desalination in the Gulf countries, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013.
- [12] M. Elimelech, Renewable energy powered desalination: A review, Environmental Science & Technology, 2013.
- [13] K. Murugavel, P. Anburaj, R. S. Hanson, T. Elango, Progresses in inclined type solar stills, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013.
- [14] Mohammad Abd Al Amir Khadim, Wisam A. Abd AL-Awahid, Dhafer M.Hachim, Review on the types of solar stills. OP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 928, 2nd International Scientific Conference of Al-Ayen University (ISCAU-2020) 15-16 July 2020, Thi-Qar, Iraq.
- [15] A. Chaker, G. Menguy, Efficacité Interne d'un Distillateur Solaire Sphérique, Rev. Energ. Ren., Journées de Thermique (2001) 53-58.
- [16] R.S. Hansen, C.S. Narayanan, K.K. Murugavel, Performance analysis on inclined solar still with different new wick materials and wire mesh, Desalination. 2015.
- [17] M. Zerrouki, Y. Marif, M. Belhadj et N. Settou, Simulation et expérimentation d'un distillateur solaire à film capillaire dans le sud Algérien, revue des énergies renouvelables, Juin 2012.

- [18] A. Khedim, K. Schwarzer, C. Faber, C. Mtiler, F.H. Aachen, Production décentralisée de l'eau potable à l'énergie solaire, Germany, 2004.
- [19] Fedali Saida, Modélisation et conception d'un distillateur solaire des eaux saumâtres à bas coût pour les communautés rurales, mémoire de magistère, université de Batna, 2008.
- [20] Benhadji Mohammed, Étude théorique d'un distillateur solaire simple, mémoire de master, université Ahmed Draia Adrar, 2020.
- [21] P. Hunkyun, Low-cost multi-effect solar still: alternative appropriate technology for personal desalination, Desalination, 2017.
- [22] R. Damayanti, G. Djojowasito, F.A. Dharmawan, Performance of the solar distillation pyramid type to desalinate seawater into freshwater. Earth and Environmental Science, 733 (2021).
- [23] K.S. Reddy, H. Sharon, Distillateur solaire vertical multi-effets actif : Modélisation mathématique, investigation des performances et analyses environ-économiques. Heat Transfer and Thermal Power Laboratory, Department of Mechanical Engineering, Indian Institute of Technology Madras, Chennai 600 036, Indi
- [24] M. Boukar, A. Harmim, M. Amar, Construction et expérimentation d'un distillateur solaire vertical indirect à simple effet, Revue des Energies Renouvelables ICRES-07 Tlemcen (2007) 75 – 81.
- [25] Z.M. Omara, A.S. Abdullah, F.A. Essa, M.M. Younes, Évaluation des performances d'un distillateur solaire à mèche rotative verticale. Process Safety and Environmental Protection 148 (2021) 796–804.
- [26] Hiroshi Tanaka, Yasuhito Nakatake, Outdoor experiments of a vertical diffusion solar still coupled with a flat plate reflector, Desalination 214 (2007) 70–82
- [27] [wikipedia.org/wiki/wilaya\\_de\\_m'sila](https://wikipedia.org/wiki/wilaya_de_m'sila).
- [28] <https://www.gps-longitude-latitude.net/coordonnees-gps-de-m-sila>
- [29] <https://fr.climate-data.org/afrique/algerie/m-sila/m-sila-3700>
- [30] A.E. Kabeel, A.M. Hamed, S.A. El-Agouz, Cost Analysis of Different Solar Still Configurations, Energy 35 (2010) 2901-2908.
- [31] Z. Haddad, A. Chaker, A. Rahmani, Improving the basin type solar still performances using a vertical rotating wick, Desalination, Desalination 418 (2017) 71–78.
- [32] Z. Haddad, A. Chaker, A. Nahoui, M. Salmi, I. Laifa, Experimental study of an inclined wick solar still operating in drop by drop system under the climatic conditions of Hodna's region, Algeria, Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences, 94 (2022) 188-199.

[33]Z. Haddad, Contribution à l'étude de nouvelles technologies solaires destinées à la production d'eau pour les sites isolés, Thèse de doctorat en sciences, Université Frères Mentouri Constantine, 2020.

## ملخص

يعتبر التقطير الشمسي عملية اقتصادية لإنتاج المياه العذبة. يهدف هذا العمل إلى دراسة مقطر شمسي مدمج في السكن. أجريت الدراسة التجريبية في شهر مايو بمدينة المسيلة. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن المقطر الشمسي المقترح لم يصل إلى أقصى إنتاجيته، لأن الظروف الجوية خلال فترة الاختبار كانت غير مستقرة، وبالتالي كانت إنتاجيته 1.11 لتر/ساعة م<sup>2</sup> فقط في اليوم. كما أظهر التحليل الاقتصادي الذي اعتمد على الإنتاج المحقق أن فترة استرداد تكلفة الاستثمار للجهاز المقترح هي 146 يومًا، وسعر الماء المقطر 10 دج / لتر.

**الكلمات المفتاحية:** التقطير الشمسي، الإنتاج، السكن، الطقس، المسيلة.

## Résumé

La distillation solaire est un procédé économique de production d'eau douce. Ce travail vis à étudier un distillateur solaire intégré à l'habitat. L'étude expérimentale a été menée au mois de mai à la ville de m'sila. Les résultats obtenus montrent que le distillateur proposé n'a pas atteint sa productivité maximale, car les conditions météorologiques pendant la période des essais sont instable, et par conséquent sa productivité n'était que de 1.11 l/h.m<sup>2</sup> par jour. L'analyse économique qui a été basé sur la production réalisée montre que la période de récupération de cout d'investissement de système proposé est 146 jours, et le prix d'eau distillée 10 DA/litre.

**Mots clés :** Distillation solaire, Production, Habitat, Conditions météorologiques, M'sila.

## Abstract

Solar distillation is an economical process for producing fresh water. This work aims to study a building integrated solar still (BISS). The experimental study was conducted in May in the city of m'sila. The results obtained show that the proposed still did not reach its maximum productivity, because the weather conditions during the test period were unstable, and therefore its productivity was only 1.11 l/h.m<sup>2</sup> per day. The economic analysis which was based on the production achieved shows that the recovery period of the proposed system investment cost is 146 days, and the price of distilled water 10 DZ/liter.

**Keywords:** Solar distillation, Production, Building, Weather conditions, M'sila.