

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université -Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'hydraulique



Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme de Master en: Hydraulique
Domaine: Sciences et techniques
Filière: Hydraulique
Spécialité: Hydraulique urbaine
Thème

**Analyse expérimentale et optimisation des systèmes
de dessalement solaire pour une production durable
d'eau**

Présenté Par :

1) Mr. GHORZI Redouane

Devant le jury composé de :

Dr. GENDOUZ Bouhelal	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Président
Dr. BENAICHA Mohamed	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Examinateur
Dr. BENMIA Kouider	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Examinateur
Dr. MILOUD ABID Oussama	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Encadrant
Dr. NEHARI Abderrahmane	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Co-Encadrant

Année Universitaire 2024/2025

Dédicaces

A mes parents

A ma famille

A mes amis

Et enfin, à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Remerciements

Je Commence par remercier Allah pour la patience et le courage qu'il nous a donné pour élaborer ce travail.

Je remercie sincèrement mes encadreurs **Dr. MILOUD ABID Oussama** et **Dr. NEHARI Abderrahmane** pour leur disponibilité, leurs conseils avisés, leur bienveillance et leur accompagnement tout au long de ce travail. Leur remarques constructives ont été précieuses à chaque étape de la rédaction.

Je remercie sincèrement **Dr. BENAICHA Mohamed**, **Dr. GHENDOUZ Bouhelal** et **Dr. BENMIA Kouider** d'avoir accepté de consacrer le temps nécessaire pour évaluer mon travail et participer au jury.

Un grand merci à mes camarades et collègues pour leurs encouragements, leurs échanges stimulants et leur soutien moral.

À toutes et à tous, merci du fond du cœur.

Résumé :

L'eau représente un enjeu mondial majeur, étroitement lié au développement humain, tandis que la recherche de nouvelles sources durables devient une nécessité urgente. L'Algérie fait face à une pénurie croissante en eau et a recours au dessalement de l'eau de mer. Cependant, les méthodes conventionnelles s'avèrent coûteuses et énergivores. Ce travail propose une solution expérimentale basée sur un concentrateur solaire parabolique pour la distillation d'eau salée, offrant une alternative économique et écologique. Le système, fonctionnant exclusivement à l'énergie solaire, a été optimisé pour maximiser son rendement. Nos résultats démontrent qu'une parabole de 3 mètres de diamètre couplée à une enceinte d'absorption en cuivre permet d'atteindre une efficacité optimale.

Abstract :

Water has become a critical global challenge, closely tied to human development, while the search for sustainable sources grows increasingly urgent. Algeria faces severe water scarcity and relies on seawater desalination. However, conventional methods remain costly and energy-intensive. This study presents an experimental approach using a parabolic solar concentrator for saltwater distillation, providing an economical and eco-friendly alternative. The system operates solely on solar energy and was optimized for maximum efficiency. Our findings demonstrate that a 3-meter-diameter parabolic reflector paired with a copper absorption chamber delivers optimal performance.

المخلص:

أصبحت المياه تحديًا عالميًا حاسمًا، يرتبط ارتباطًا وثيقًا بالتنمية البشرية، بينما يزداد البحث عن مصادر مستدامة إلحاحًا. مثل العديد من الدول، تواجه الجزائر ندرة حادة في المياه وتعتمد على تحلية مياه البحر. ومع ذلك، تظل الطرق التقليدية مكلفة وتستهلك الكثير من الطاقة. تقدم هذه الدراسة حلاً تجريبياً يعتمد على مركز شمسي قطع مكافئ لتنقية المياه المالحة، كبديل اقتصادي وصديق للبيئة. يعمل النظام بالاعتماد الكامل على الطاقة الشمسية وتم تحسينه لتعزيز الكفاءة. تظهر نتائجنا أن عاكساً قطعياً بقطر 3 أمتار مع غرفة امتصاص من النحاس يحقق أداءً مثالياً.

Table des matières

Chapitre 1 : Introduction

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre 2 : Technologies de dessalement solaire

2.1. Historique sur la distillation solaire	6
2.2. Les Procédés de distillation	7
2.3. Les Caractéristiques d'un distillateur solaire	8
2.4. Les différents types de distillateur solaire	9
2.4.1. Distillateur solaire à effet de serre	10
2.4.2. Les concentrateurs solaires	14

Chapitre 3: Indicateurs clés de performance de distillation

3.1. Processus d'évaporation	20
3.2. Taux de évaporation	21
3.3. Processus de condensation.....	21
3.4. Taux de condensation	22
3.5. Efficacité énergétique et volume de eau produit	22
3.6. Les paramètres de constructions	22
3.7. Les paramètres atmosphériques	23
3.8. Les Paramètre optique.....	24
3.9. Défis et Lacunes de Recherche	24
3.10. Facteurs affectant l'évaporation de surface	24

3.11. Facteur affectant la condensation.....	25
3.12. Distillateurs avec évaporateur et condenseur séparé.....	26
3.13. Limitations des matériaux	26
3.14. Problèmes de mise à l'échelle pour des applications industrielles	27

Chapitre 4: Etude théorique du concentrateur parabolique

4.1. Description du concentrateur parabolique.....	30
4.1.1 La géométrie parabolique.....	30
4.1.2. Equation de la parabole.....	31
4.1.3. Caractéristiques d'une parabole.....	32
4.1.4. Système optique d'une surface parabolique.....	34
4.2. Composants d'un concentrateur solaire parabolique.....	35
4.3. Principe de fonctionnement	37
4.4. Les avantages et les inconvénients	37
4.5. Pertes et efficacité lors de l'utilisation des concentrateurs	38
4.5.1. Le Réflecteur.....	38
4.5.2. Concentration	39
4.5.3. Stockage d'énergie thermique.....	40
4.5.4. Concentration optique	40
4.6. Localisation géographique.....	41
4.7. L'irradiance solaire.....	42

Chapitre 5: Réalisation d'un concentrateur solaire Parabolique

5.1. Description des différentes parties du prototype	45
5.2. Absorbeur.....	48

5.3. Support de l'absorbeur	49
5.4. Réglage du concentrateur	50
5.5. Analyses physico-chimiques	51
5.6. Résultats du processus de distillation	53
5.7. Discussion des résultats.....	56
Conclusion générale	58

Liste des tableaux

Tableau 1.1: Caractéristiques des centrales solaires à concentration..	14
Tableau 5.1 : Caractéristiques du réflecteur	46
Tableau 5.2: Résultats des analyses physico-chimiques d'eau salées avant et après distillation	55

Liste des figures

Figure 2.1: Distillateur solaire à pente unique	10
Figure 2.2 : Distillateur solaire a double pente.....	11
Figure 2.3 : Distillateur sphérique à balayage.....	12
Figure 2.4: Distillateur solaire incliné à film capillaire	12
Figure 2.5: Distillateur solaire à cascades.....	13
Figure 2.6 : Schéma d'un concentrateur solaire parabolique.....	15
Figure 2.7: Schéma d'un concentrateur solaire de Fresnel.....	16
Figure 2.8: Schéma d'un Centrale solaire à tour	17
Figure 2.9: Schéma d'un concentrateur solaire cylindro-parabolique	18

Figure 2.10: Schéma général du système hybride.....	19
Figure 4.1 : Propriétés géométriques de la parabole	31
Figure 4.2 : Graphe d'une parabole d'équation.....	32
Figure 4.3 : Système optique d'une surface parabolique	35
Figure 4.4 : Paraboloïde de révolution	36
Figure 4.5 : Concentrateur solaire parabolique.....	37
Figure 4.6: Concentration géométrique à différentes valeurs du récepteur	40
Figure 4.7 : Latitude et Longitude.....	42
Figure 5.1 : le squelette de la parabole	47
Figure 5.2 : Mise en place des triangles métalliques sur le squelette ...	47
Figure 5.3 : Le réflecteur parabolique utilisé	48
Figure 5.4 : l'absorbeur	49
Figure 5.5 : Support de l'absorbeur	50
Figure 5.6 : Turbidimètre.....	52
Figure 5.7 : PC650.....	53
Figure 5.8 : Echantillon d'eau prélevé avant et après distillation.....	54

Chapitre I : Introduction

L'eau est source de vie, c'est un élément indispensable à la survie des êtres vivants, malheureusement certaines régions de notre planète sont menacées par de graves pénuries d'eau [1]. Le manque d'eau ne concerne pas seulement les régions confrontées à la sécheresse ou à une démographie galopante. Il touche également une grande partie du monde industrialisé, où les exigences de confort plus élevées et les importantes quantités d'eau consommées par les industries à grande échelle appauvrissent les réserves aquatiques naturelles [2].

L'eau est essentielle pour notre vie, notre survie et notre développement. Elle est également source d'existence dans un sens bien plus large. Toutes les populations ont besoin d'une eau salubre, et de bonne qualité pour pouvoir rester en bonne santé [3]. L'eau permet également de préserver les écosystèmes et fournit une aide précieuse aux systèmes de production qui garantissent les moyens de subsistance. Actuellement, l'eau n'est plus considérée comme une ressource abondante et toujours disponible [4].

La croissance démographique, la civilisation, le développement socioéconomique de la population et les conditions de vie exercent une forte pression sur les ressources en eau. Sur le plan mondial, les besoins en eau potable et de bonne qualité ne cessent d'augmenter, en effet, une

augmentation rapide des populations, et les besoins pour l'industrie et l'agriculture sont de plus en plus élevés [5].

L'eau est une nécessité de base pour toutes les espèces vivantes. Son importance s'est considérablement accrue avec l'augmentation des besoins de l'humanité. Depuis les temps les plus reculés, l'homme s'est concentré autour des rivières, des lacs et des réservoirs d'eau souterraine pour couvrir ses besoins hydriques à des fins domestique, agricole et industrielle [6]. Ainsi, le secteur de l'agriculture compte pour environ 70% de l'ensemble d'eau douce consommée dans le monde entier. Au Moyen-Orient et en Afrique du Nord, cela va au-dessus de 85%, alors qu'il est de 94% dans le Sultanat d'Oman. Inévitablement, des conséquences économiques et sociales sont apparues dans de nombreuses régions côtières des pays arides [7]. En outre, la surexploitation des eaux souterraines a conduit à la réduction de la capacité productive des terres arables par suite de leur salinisation progressive [8].

Les technologies actuelles de dessalement des eaux sont classées en trois catégories, selon le principe appliqué:

- Procédés membranaires : osmose inverse et électrodialyse [9]
- Procédés thermiques : la congélation et la distillation [10]
- Procédés agissant sur les liaisons [11]

L'Algérie qui est actuellement en situation économique confortable a choisi de s'impliquer fortement dans le dessalement de l'eau de mer pour alimenter en eau potable une population d'environ 11 millions d'habitants répartie sur un littoral de 1200 km, ainsi qu'une industrie grande consommatrice d'eau se trouvant à proximité de la mer [12]. Le littoral de l'Algérie compte 25 stations de dessalement d'eau de mer en exploitation, réparties sur les 14 wilayas côtières qui relèvent du Ministère des Ressources en Eau (MRE). Elles fournissent 18 % de l'eau consommée dans le pays et alimentent 6 millions de personnes avec un volume de 2.6 millions m³/jour [13]. L'inconvénient majeur de ces systèmes est qu'ils sont très coûteux. L'utilisation de ces systèmes de production d'eau potable reste donc encore très marginale et il est recommandé que l'utilisation de cette eau dessalée doive être destinée principalement aux centres touristiques et les grosses industries, situés sur la bande côtière. Pour cette raison, il faut essayer d'améliorer l'efficacité des distillateurs solaires plans à effet de serre et distillateurs à film capillaire, dont la construction est simple et à faible coût [14].

L'utilisation du distillateur solaire est une solution parmi tant d'autres. C'est un appareil simple d'utilisation et d'entretien, de technologie rustique qui ne contient que des matériaux peu coûteux, disponibles et faciles à manipuler. Quoique souvent moins rapide et

efficace, cette technologie laisse de côté la haute technologie et ses prix exorbitants pour utiliser des mécanismes simples, de faibles demandes en énergie ou de sources d'énergie gratuites et un coût de base très abordable [15].

Le distillateur solaire est le procédé de dessalement le plus ancien et le plus simple puisqu'il utilise l'énergie du soleil pour distiller l'eau. Ce procédé élimine également les impuretés telles que le sel, les métaux lourds et les microorganismes [16].

Chapitre II : Technologies de dessalement solaire

Les besoins en eau potable augmentent rapidement tandis que la disponibilité de l'eau potable diminue [17]. Pour surmonter ce problème, il est nécessaire de recourir à une source d'énergie durable, telle que l'énergie solaire, pour dessaler l'eau non traitée.

L'application la plus essentielle et la plus simple du dessalement de l'eau saumâtre est la distillation solaire. Cependant, son faible rendement limite son utilisation généralisée. Plusieurs recherches ont donc été menées pour améliorer sa productivité [18].

Les facteurs météorologiques, tels que le rayonnement solaire, la température ambiante et la vitesse du vent, sont incontrôlables, mais ils influencent les performances des alambics solaires. En revanche, les paramètres de fonctionnement et de conception des distillateurs solaires peuvent être modifiés, notamment la profondeur de l'eau de l'aquarium, l'épaisseur et l'angle d'inclinaison du couvercle en verre. Améliorer mécanismes d'évaporation et de condensation en augmentant la température de l'eau du bassin et en diminuant la température du couvercle du distillateur, ainsi qu'en renforçant l'isolation thermique afin de réduire les pertes de chaleur [19].

2.1. Historique sur la distillation solaire

La distillation solaire a été utilisée depuis plusieurs siècles où : En 1551, les premiers appareils pour distiller l'eau salée ont été conçus par les alchimistes arabes

[20]. En 1862, le chimiste français Lavoisier a utilisé de larges lentilles en verre pour concentrer les rayons solaires afin de distiller l'eau contenue dans des flacons. En 1872 près de Las-Salinas dans le nord du Chili Carlos Wilson, un ingénieur suédois fabriqué un modèle avec une surface vitrée de 5000 m², produisant jusqu'à 20 m³ d'eau douce par jour à partir d'une eau saline contenant 140 g/l [21]. En 1882, Charles Wilson a inventé le premier alambic conventionnel moderne, une immense installation d'alambics solaires qui a été utilisée pour alimenter en eau douce une communauté minière du nord du Chili. Aujourd'hui, des centaines d'installations d'alambics solaires et des milliers d'alambics solaires individuels ont été construits dans le monde entier [22]. 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 a connue une période creuse entre 1880 et la première guerre mondiale [23]. 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....) [24].

Depuis lors, le principe de fonctionnement n'a pas changé, même si plusieurs améliorations ont eu lieu.

2.2. Les Procédés de distillation

Pour leur fonctionnement, les procédés à distillation nécessitent en grande partie de l'énergie thermique pour assurer le chauffage de l'eau. Pour l'eau de mer, l'énergie thermique doit être fournie à un niveau de température relativement faible entre 60 et

120°C suivant la technologie adoptée. La source de chaleur peut être fournie, dans le cas d'un couplage solaire, par des capteurs plans ou à concentration [25].

La saumure dans le réservoir va chauffer ensuite L'eau s'évapore et la vapeur d'eau se condense puis des gouttelettes d'eau se forment et coulent dans le conduite de collection.

2.3. Les Caractéristiques d'un distillateur solaire

Un distillateur solaire est caractérisé essentiellement par les grandeurs suivantes : le rendement, l'efficacité globale, l'efficacité interne, et la performance.

- **Le rendement** : Qui est la quantité d'eau distillée journalière produite par unité de surface l'absorbeur. Il exprime la production journalière du distillateur par m^2 de la surface de l'eau saline ($l.j^{-1}.m^{-2}$) [26].
- **L'efficacité globale** L'efficacité globale est définie par le rapport :

$$n_g = \frac{Q_{ev}}{I_g A_g} \quad (2.1)$$

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

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

A_g : Superficie du capteur (aire de la vitre).

- **L'efficacité interne** : Si l'efficacité globale rapporte la quantité d'eau produite à l'énergie solaire tombant sur une surface horizontale, elle ne fait pas mention de la quantité d'énergie entrant réellement dans le distillateur, d'autant plus qu'un

distillateur est construit en général pour un lieu donné et avec une pente de couverture fixe. Un changement de pente et de la localité fait varier la quantité d'énergie qui entre dans le distillateur. On définit donc une efficacité dite interne qui tient compte de tous ces paramètres et qui est définie par [27]

$$n_i = \frac{Q_{ev}}{Q_w} \quad (2.2)$$

Q_{ev} : la quantité d'énergie évaporée par (m^2) de surface.

Q_w : la Quantité effectivement absorbée par la saumure par (m^2) de surface.

- **La performance** : Le souci de caractériser un distillateur d'une manière absolue a amené ainsi Satcunanathan et Hansen à définir le facteur de performance brut (F.P.B) et le facteur de performance horaire (F.P.H) [28].

F. P. B: C'est le rapport de la quantité d'eau produite au bout de 24 h sur la quantité d'énergie entrée durant cette période.

F. P. H: C'est le rapport de la quantité horaire d'eau produite sur la quantité d'énergie entrée en une heure.

Le Facteur de Performance « F.P » est donné par la relation :

$$F.P = \frac{m d}{a_t \cdot I_G \cdot A} \quad (2.3)$$

2.4. Les différents types de distillateur solaire

Il existe plusieurs types de distillateurs solaires. Ils peuvent être différents, en terme de conception (forme géométrique) et en terme de matériaux utilisés, mais ils utilisent

tous le même principe et servant aux mêmes fonctions. La littérature rapporte qu'il existe deux types de distillateurs solaires:

2.4.1. Distillateur solaire à effet de serre

C'est le distillateur le plus utilisé dans le monde. Il est constitué d'un absorbeur sous forme de bassin horizontal peint en noir (pour absorber le maximum de la radiation solaire) et rempli d'eau salée ou usée. Le tout est couvert d'une vitre transparente en verre, inclinée d'un certain angle pour transmettre le maximum de la radiation solaire et faciliter l'écoulement des gouttelettes vers une gouttière placée en bas de la vitre. De là, l'eau condensée qui est une eau pure passe au stockage. Pour minimiser les pertes d'énergie de l'absorbeur, un isolant thermique couvre le bas du distillateur. Généralement ce type est simple à construire et à maintenir mais son efficacité reste inférieure à celle d'un distillateur à multiple effets [29].

a. Distillateur à pente unique (simple pente)

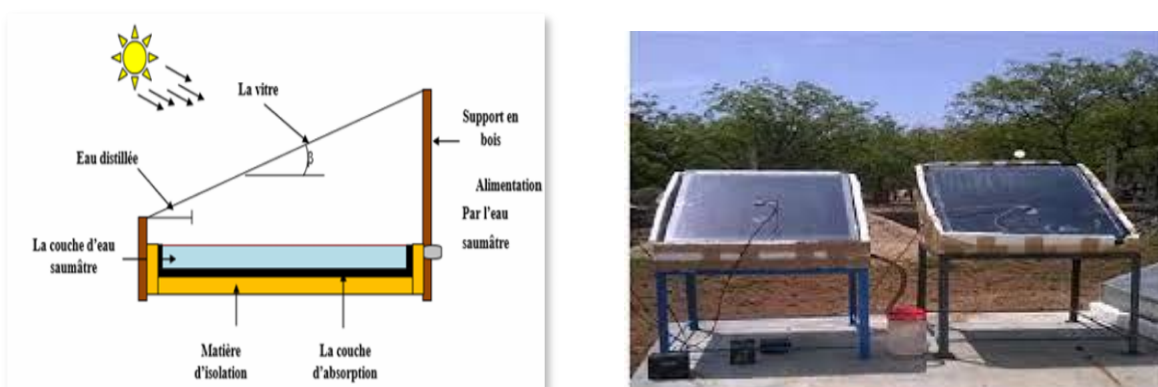


Figure 2.1: Distillateur solaire à pente unique [30].

Le distillateur solaire plan à simple pente est considéré comme le distillateur le plus simple et le plus reconnu dans le monde. Il est constitué d'un absorbeur sous forme de bassin horizontal, et rempli d'eau salée ou saumâtre et couvert d'une vitre transparente en verre, inclinée d'un certain angle pour être exposé au maximum de la radiation solaire et faciliter l'écoulement des gouttelettes vers une gouttière placée en bas de la vitre. L'eau condensée ensuite, est récupérée et stockée. Pour minimiser les pertes d'énergie un isolant thermique est utilisé en bas et aux cotés à l'extérieure de l'absorbeur [31].

b. Distillateur solaire à double pente

C'est un distillateur à double capteurs où chacun d'eux est incliné d'un angle, son avantage est d'exposer un capteur au soleil et un autre à l'ombre pour accélérer la condensation.

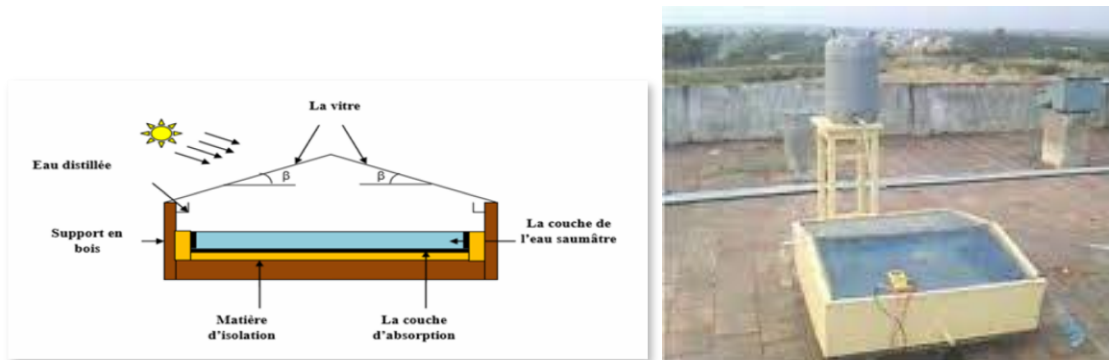


Figure 2.2 : Distillateur solaire a double pente [32].

c. Distillateur sphérique à balayage

C'est un distillateur en plexiglas ou autres matériaux plastiques 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 noirci contenant l'eau à distiller qui se trouve dans le plan médian de la sphère [33].

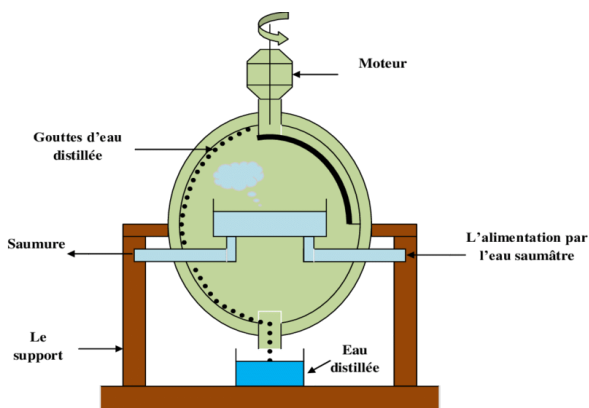


Figure 2.3 : Distillateur sphérique à balayage [34].

d. Distillateur solaire incliné à film capillaire

Le distillateur à film capillaire est une cellule parallélépipédique formée par deux plaques métalliques disposées face à face et inclinées d'un angle. L'eau saumâtre à distiller s'écoule simultanément par capillarité et gravité sur un côté de la plaque métallique à l'aide d'un tissu. L'autre côté de la même plaque est peint en noire et expose au rayonnement solaire. La vapeur d'eau produite quitte le tissu et va se condenser au contact de l'autre qui se trouve juste en face [35].

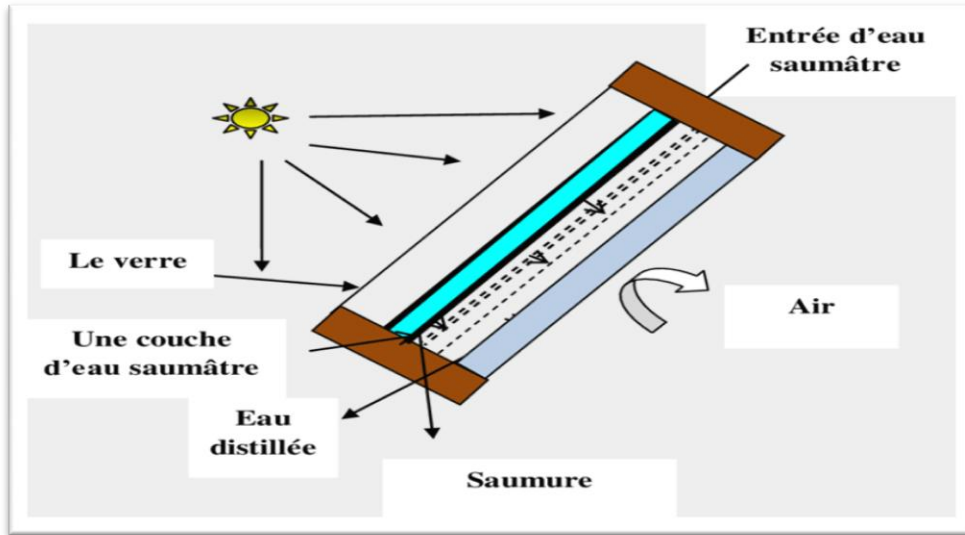


Figure 2.4: Distillateur solaire incliné à film capillaire [36].

e. Distillateur solaire à cascades

Un distillateur solaire à cascades est constitué d'une capacité étanche surmontée d'une vitre, le même principe appliqué dans un distillateur plan, sauf que l'absorbeur a une forme en cascade. L'eau salée versée dans le distillateur se répartie sur plusieurs petits bassins, on remarque que si la masse d'eau est faible, l'eau s'échauffe plus rapidement et s'évapore [37].

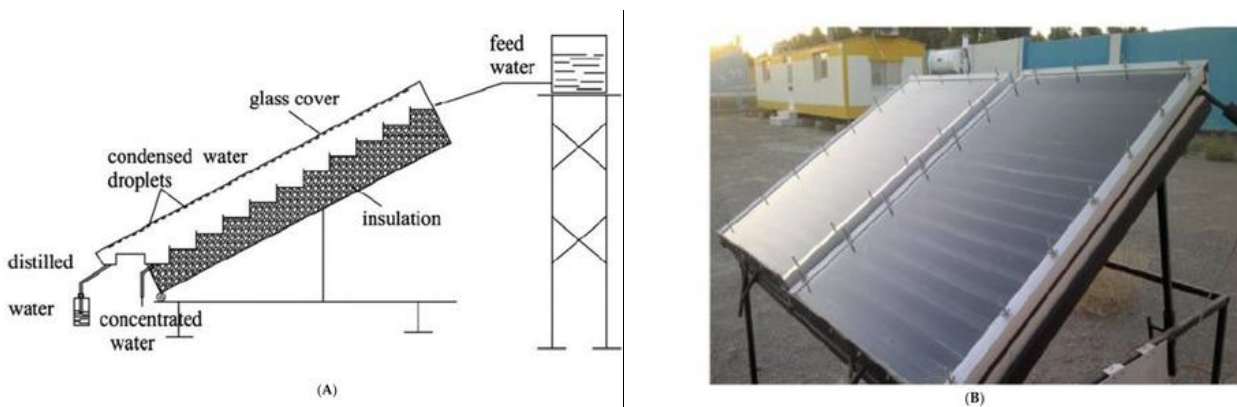


Figure 2.5: Distillateur solaire à cascades [38].

2.4.2. Les concentrateurs solaires

Les concentrateurs solaires focalisent les rayons du soleil dans un point comme la tour solaire et le concentrateur parabolique, ou dans une ligne comme le concentrateur cylindro parabolique et les miroirs de Fresnel. Les concentrateurs en lignes possèdent généralement un facteur de concentration inférieur à ceux des concentrateurs ponctuels, ce facteur caractérise la géométrie générale d'un concentrateur. Il représente le rapport entre la surface de captation et la surface d'absorption. Les systèmes utilisant les concentrateurs solaires sont capables de générer des températures au voisinage de 1000°C, ces systèmes ont été initialement développés pour la production d'électricité. Les caractéristiques techniques principales de ces centrales solaires à concentration (CSP) sont présentées dans le tableau ci-dessous [39].

Type de champ solaire	Facteur de concentration	Capacité d'unité (MW)	Prix du champ solaire (€/m ²)	Température d'opération (°C)
Miroirs de Fresnel	25-100	10-200	150-200	270-550
Cylindro-parabolique	70-80	10-200	200-250	390-550
Parabolique	1000-3000	0.01-0.04	> 350	800-900
Tour solaire	300-1000	10-150	250-300	550-1000

Tableau 2.1: Caractéristiques des centrales solaires à concentration [40].

a. Concentrateurs paraboliques

Ces capteurs utilisent des surfaces réfléchissantes paraboliques pour concentrer les rayons solaires dans le foyer où se trouve le récepteur (absorbeurs) qui capte la chaleur solaire ainsi concentrée. Naturellement ces concentrateurs doivent suivre le mouvement du soleil. Les systèmes à réflecteur parabolique peuvent atteindre des températures plus élevées (jusqu'à 1500°) sur le récepteur [41].

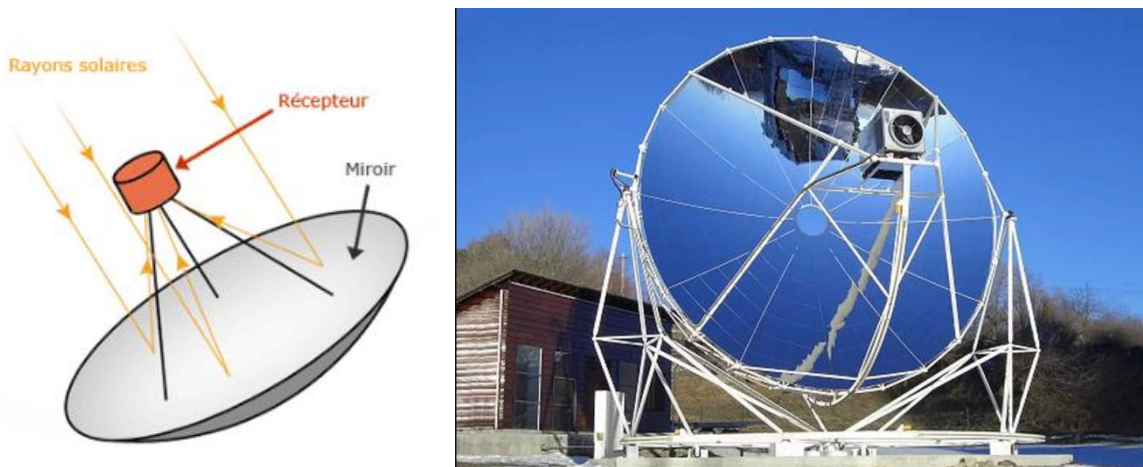


Figure 2.6 : Schéma d'un concentrateur solaire parabolique [42].

b. Les miroirs de Fresnel

Ce système est composé par des miroirs plans, ou faiblement paraboliques, disposées en lames parallèles qui s'inclinent sur un axe de façon à réfléchir les rayons du soleil vers le foyer. Les miroirs restent près du sol, cette position lui permette d'éviter le vent. Un deuxième étage de réflecteurs redirige le rayonnement vers un récepteur tubulaire fixé au-dessus des miroirs dans le centre du champ solaire (figure I .8). Malgré la chute des performances optiques de cette technologie (2/3 de celle

d'un CCP), une baisse des coûts de maintenance et d'investissement de 50% dans une centrale solaire basée sur cette technologie par rapport aux autres technologies (concentrateur parabolique et tour solaire)

Cette technologie a été récemment mis au point par plusieurs sociétés les premiers prototypes réalisés jusqu'à maintenant sont prometteurs, mais elle souffre encore d'un manque de maturité [43].

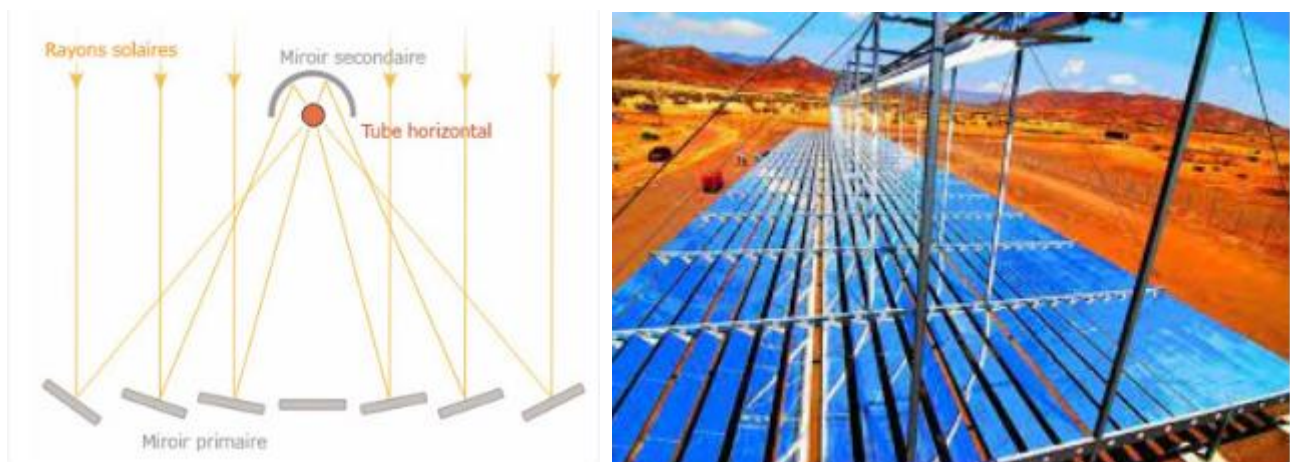


Figure 2.7: Schéma d'un concentrateur solaire de Fresnel [44].

c. Centrale solaire à tour

Les centrales à tour ont été développées pour des installations destinées à une production à grande échelle, développant de fortes puissances et travaillant à haute température [45].

Ce type de centrale se compose d'un champ d'héliostats et d'un absorbeur placé au sommet d'une tour au centre du champ solaire. Les héliostats ont deux degrés de liberté (hauteur solaire et azimut) et redirigent les rayonnements solaires vers le foyer de

l'absorbeur pendant toute la course du soleil. Un fluide caloporteur circule dans l'absorbeur et emmagasine l'énergie thermique produite. Un des avantages majeurs d'un tel procédé est le facteur de concentration qui peut être compris entre 300 et 1000 [46].

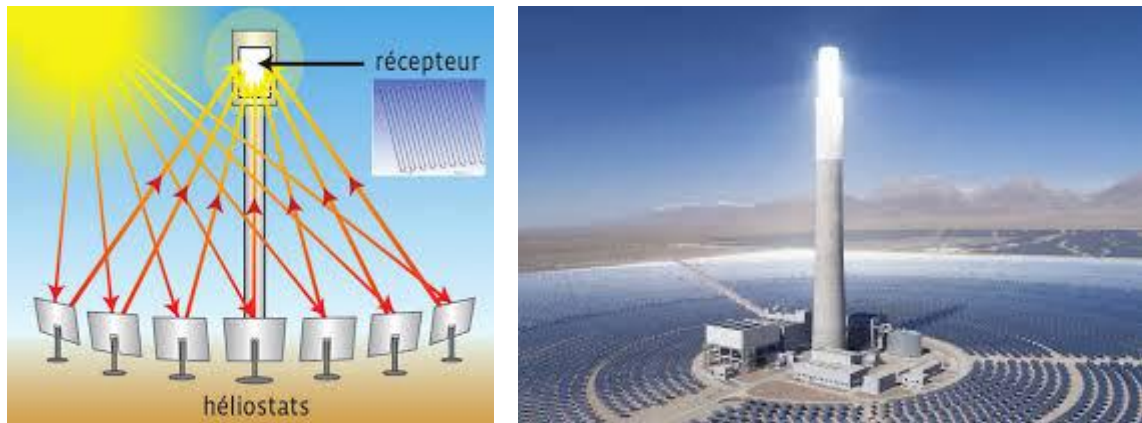


Figure 2.8: Schéma d'une centrale solaire à tour [47].

d. Les concentrateurs solaires cylindro-paraboliques

Le concentrateur CCP est en effet un cylindre de section parabolique. Il ne comporte qu'une seule direction de courbure ; sa fabrication et sa mise en forme sont donc considérablement simplifiées. Le miroir est animé d'un seul mouvement de rotation de façon à être éclairé par le rayonnement solaire selon l'axe optique de la parabole. La concentration est obtenue sur une ligne, matérialisée par le récepteur tubulaire dans lequel circule le fluide de transfert [48].

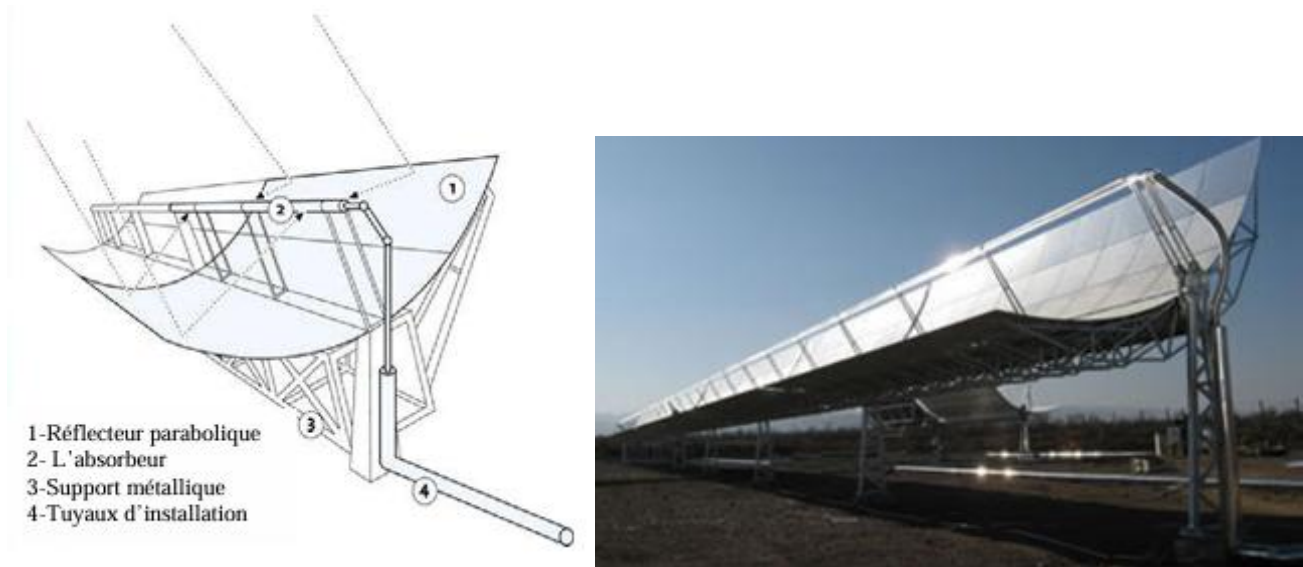


Figure 2.9: Schéma d'un concentrateur solaire cylindro-parabolique [49].

e. Systèmes hybrides

L'un des inconvénients des énergies renouvelables est qu'elles sont variables et non garanties, donc ce problème peut être résolu en couplage de nombreuses sources d'énergie entre certaines d'entre elles. Ce système s'appelle un système hybride (SH), et il combine deux ou plusieurs technologies d'énergie renouvelable telles que les éoliennes et les panneaux photovoltaïques et comprend également certains équipements électroniques de puissance et systèmes de stockage. Trois architectures s'imposent parmi les (SHR) à savoir : architecture à bus CC, architecture à bus CA et architecture mixte à bus CC-CA.

Il existe plusieurs configurations pour les systèmes d'énergie renouvelable hybrides, leur intérêt essentiel est la possibilité d'autonomie énergétique qu'ils permettent vu qu'ils ne dépendent pas d'une seule source. Ils peuvent résoudre en très

grande partie le problème de la disponibilité de l'énergie. Les systèmes d'énergie hybrides peuvent être connectés aux réseaux électriques ou autonomes [50].

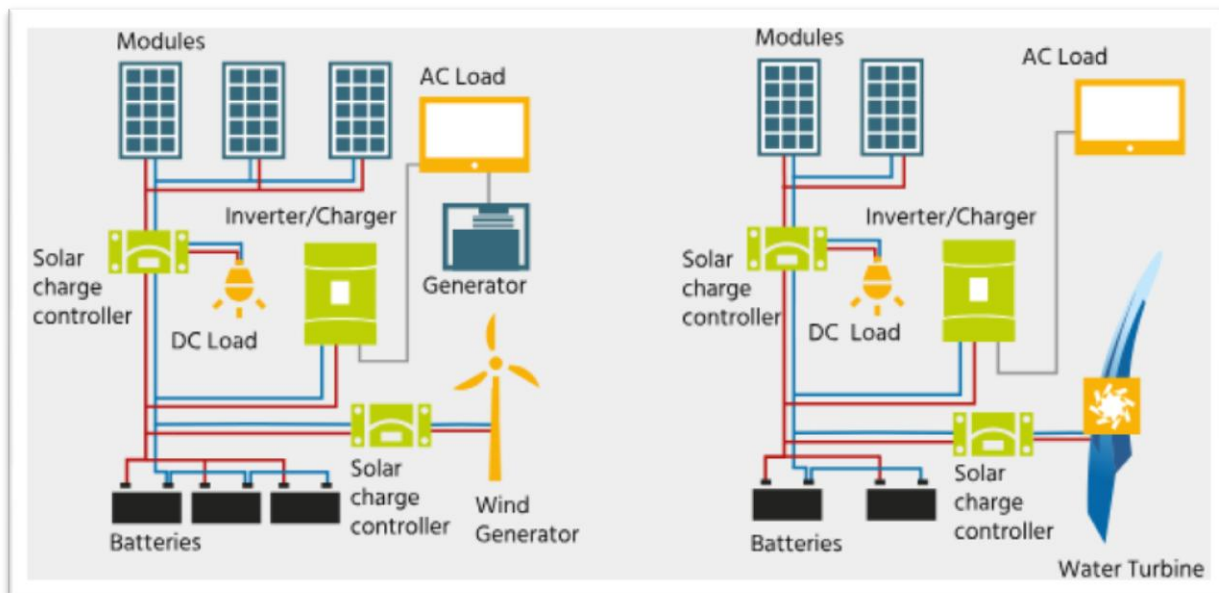


Figure 2.10 : Schéma général du système hybride [51].

Chapitre III : Indicateurs clés de performance de distillation

Chapitre 3 Indicateurs clés de performance de distillation

3.1. Processus d'évaporation

L'évaporation est un processus physique et correspond au phénomène de changement de phase de l'état liquide vers l'état gazeux. L'évaporation se fait même à une température du liquide inférieure à la température de son ébullition et à la pression ambiante. Le processus se produit lorsque les molécules d'eau sont animées d'un mouvement continu et acquièrent suffisamment d'énergie pour se libérer de la surface d'eau et s'échapper en se diffusant dans l'atmosphère. En effet dans ce cas le mouvement thermique moléculaire liquide est suffisant pour surmonter la tension superficielle. C'est-à dire que l'énergie cinétique dépasse le travail de cohésion appliqué par la tension superficielle à la surface du liquide [52].

3.2. Taux d'évaporation

Le taux d'évaporation est déterminé à partir de l'échange net par unité de temps à la surface du liquide. L'évaporation est maintenue par :

- La présence de la source d'énergie capable de fournir la chaleur latente d'évaporation nécessaire à la transformation de l'état liquide à celui du gaz.
- la présence du gradient de pression de vapeur au dessus de la surface libre de l'eau. En effet la pression de vapeur dans l'atmosphère voisine à

Chapitre 3 Indicateurs clés de performance de distillation

la surface d'eau doit être inférieure à la vapeur saturée du liquide pour que la diffusion soit possible [53].

3.3. Processus de condensation

Le passage d'une substance de l'état gazeux (vapeur) à l'état liquide est appelé condensation.

On distingue:

- **Condensation en gouttes:** Si la tension superficielle du liquide est suffisante pour que le liquide ne mouille pas la paroi, il va y avoir une formation de gouttes qui vont grossir puis se détacher de la paroi, libérant celle-ci pour une nouvelle phase de condensation sans barrière thermique [54].

- **Condensation en film sur une paroi verticale:** Cas d'une plaque plane inclinée d'un angle (β) par rapport à l'horizontale [55].

3.4. Taux de condensation

Le taux de condensation (R_c) s'exprime en litres par mètre carré par jour ($L/m^2/jour$) ou en pourcentage :

$$R_c = \frac{\text{Masse d'eau condensée}}{\text{Masse d'eau évaporée}} \times 100$$

Chapitre 3 Indicateurs clés de performance de distillation

3.5. Efficacité énergétique et volume d'eau produit

Pour tester un distillateur, il faut le placer dans les conditions réelles de fonctionnement.

Les paramètres clés influençant l'efficacité sont comme suit:

- Les paramètres atmosphériques (climatiques et locaux).
- Les paramètres de constructions (condenseur, absorbeur, profondeur de l'eau saline...etc).
- Epaisseur de l'eau ou de la saumure à distiller.
- Paramètres optiques.

3.6. Les paramètres de constructions

- **L'absorbeur** est construit généralement en métal peint en noir, et se caractérise principalement par une absorptivité aussi voisine que possible de l'unité, une bonne inertie thermique ainsi qu'une caractérisse principalement par une absorptivité aussi voisine que possible de l'unité, une bonne inertie thermique ainsi qu'une bonne résistance chimique à l'oxydation par les dépôts minéraux de la saumure. Il est généralement choisit en aluminium ou en cuivre [56].
- **Couverture** La couverture verrière intervient essentiellement par sa nature, tel que transmette le maximum de rayonnement solaire et

Chapitre 3 Indicateurs clés de performance de distillation

qu'elle soit opaque à l'infra-rouge. Il faut qu'elle soit non hydrophobe elle doit aussi résister aux attaques du vent et des particules solides [57].

3.7 Les paramètres atmosphériques

- **La vitesse du vent** L'effet convectif sur la face de la vitre joue un rôle important sur le fonctionnement du système. La vitesse du vent est liée au coefficient de transfert convectif entre la couverture et l'extérieur [58].
- **La température ambiante de l'air** La valeur de cette température intervient pour déterminer des échanges thermiques entre la partie interne et le milieu extérieur [59].

3.8. Les Paramètre optique

Ce sont les paramètres optiques (l'émissivité, l'absorptivité, la réflectivité et la transmittivité) de la surface de la couverture et de la surface absorbante [60].

3.9. Défis et Lacunes de Recherche

- **Faible productivité**

Plusieurs études ont été effectuées à travers le monde par des différents chercheurs et scientifiques pour améliorer la productivité du distillateur solaire, certains de ces auteurs ont essayé de modifier la forme

Chapitre 3 Indicateurs clés de performance de distillation

du bassin (design), d'autres ils ont joué sur les propriétés du distillateur comme l'angle d'inclinaison, la nappe d'eau, l'orientation, l'utilisation des matériaux de stockage de chaleur latente, les matériaux de changement de phase (PCM), ...etc., plusieurs types de distillateurs ont été développés, certains ont utilisé des concentrateurs plat et cylindro - paraboliques, d'autres ils ont utilisé des réflecteurs, certains ont utilisé des préchauffeurs, d'autres ont utilisé un système à hybride ...etc [61].

3.10. Facteurs affectant l'évaporation de surface

Plusieurs travaux ont étudié les facteurs affectant l'évaporateur dans les unités de distillation par détection des paramètres naturelles, ou par modification dans le design du distillateur solaire, Sartori , en comparant le comportement thermique des distillateurs solaires traditionnels (appareil fermé avec couvercle transparent) aux évaporateurs ouverts (de type bassin ouvert), a trouvé que même si la température était beaucoup plus haute dans les distillateurs solaires, la capacité d'évaporation était plus importante dans les évaporateurs ouverts. Selon le même auteur, les facteurs permettant d'augmenter le phénomène d'évaporation dans un distillateur solaire sont respectivement l'augmentation en conséquence de l'écart de température entre la surface d'évaporation et l'air ambiant, l'augmentation de la vitesse du vent et une faible valeur de l'humidité relative. Une expérience a été réalisée pour affirmer que l'accélération du

Chapitre 3 Indicateurs clés de performance de distillation

mouvement de l'air par un ventilateur augmente l'évaporation si en poursuivant le mouvement de l'air chaud provenant de l'évaporation de l'eau dans un distillateur solaire, de ce fait la production du distillateur solaire augmente automatiquement [62].

3.11. Facteur affectant la condensation.

Les paramètres climatiques liés à la condensation de l'air humide permettent de définir les effets des différents transferts d'énergie entre la surface du condenseur et l'air. La température d'un substrat dépend de plusieurs facteurs. Les échanges de chaleur peuvent se faire par conduction, avec le sol ou par convection avec l'atmosphère elle-même, ou enfin par radiation. Il faut aussi considérer le processus de condensation lui-même, qui s'accompagne d'une production de chaleur latente, chaleur qui fait augmenter la température du substrat. Les phénomènes radiatifs sont de grandes ou de courtes longueurs d'ondes. Le flux radiatifs de grandes longueurs d'ondes sont émis par l'atmosphère (R_i) ou par la surface du condenseur (R_c). Le rayonnement atmosphérique peut être abordé par le biais des grandeurs physiques telles que l'émissivité (ε_s) et la température du ciel (T_s). Le rayonnement infrarouge de la surface sera caractérisé par la température (T_s) et l'émissivité (ε_c) de cette surface [63].

Chapitre 3 Indicateurs clés de performance de distillation

3.12. Distillateurs avec évaporateur et condenseur séparés

Pour rendre les unités de distillation plus performantes, plusieurs études ont vu la nécessité de séparer la phase d'évaporation de celle de la condensation

3.13. Limitations des matériaux

La performance et la durabilité d'un distillateur solaire dépendent en grande partie des matériaux utilisés dans sa conception. Voici les principales limitations liées aux matériaux :

- **Conductivité thermique insuffisante** : Les matériaux à faible conductivité thermique peuvent limiter l'efficacité du transfert de chaleur, réduisant ainsi le rendement du distillateur. L'exploration de matériaux avec une meilleure conductivité thermique et une résistance accrue à la corrosion pourrait améliorer la production de distillation [64].
- **Résistance à la corrosion limitée** : Les matériaux exposés à l'eau salée ou saumâtre peuvent subir une corrosion, affectant la durabilité du distillateur. L'utilisation de matériaux résistants à la corrosion est donc essentielle pour assurer une longue durée de vie de l'appareil [65].

Chapitre 3 Indicateurs clés de performance de distillation

- **Dégradation des matériaux sous l'effet des UV** : Les matériaux exposés en permanence au rayonnement solaire, tels que les plastiques transparents (polycarbonate, acrylique), subissent une dégradation due aux UV, ce qui réduit leur efficacité optique et leur durabilité [66].

3.14. Problèmes de mise à l'échelle pour des applications industrielles

La mise à l'échelle des distillateurs solaires pour des applications industrielles présente plusieurs défis, notamment en termes de rendement, de dépendance aux conditions climatiques et de coûts initiaux élevés. Des solutions telles que l'optimisation de l'efficacité thermique, l'hybridation avec d'autres sources d'énergie et l'amélioration du design des distillateurs peuvent contribuer à surmonter ces obstacles.

Faible productivité : Les distillateurs solaires classiques ont un rendement relativement bas, ce qui les rend peu adaptés aux besoins industriels en grande quantité d'eau distillée [67].

Maintenance et durabilité : L'encrassement des surfaces de condensation et la dégradation des matériaux sous l'effet des conditions climatiques extrêmes posent des problèmes de longévité et d'entretien [68].

Chapitre 3 Indicateurs clés de performance de distillation

Adaptabilité aux processus industriels : L'intégration de la distillation solaire dans des chaînes de production industrielles nécessite des ajustements pour garantir une alimentation continue en eau traitée [69].

Chapitre IV: Etude théorique du concentrateur parabolique

Chapitre 4 Etude théorique du concentrateur parabolique

L'énergie solaire peut être exploitée de plusieurs manières, notamment par la conversion thermique, qui consiste en la conversion directe du rayonnement solaire en chaleur.

Le distillateur solaire et le concentrateur solaire sont deux dispositifs utilisant l'énergie du soleil, mais à des fins différentes, le concentrateur solaire utilise les miroirs pour focaliser les rayons du soleil sur un point spécifique, ce qui génère une température élevée pour l'évaporation de l'eau, puis en récupérant la vapeur condensée, ce qui la rend utile dans les zones éloignées. Le distillateur solaire est un dispositif de construction simple et facile, mais son rendement est limité.

4.1. Description du concentrateur parabolique

4.1.1 - La géométrie parabolique

Une parabole est l'ensemble des points situées à égale distance d'une droite fixe (D) appelée directrice, et un point fixe (F) appelé foyer. L'intersection de la parabole et de son axe est le sommet (V) qui est exactement intermédiaire entre le foyer et la directrice [70].

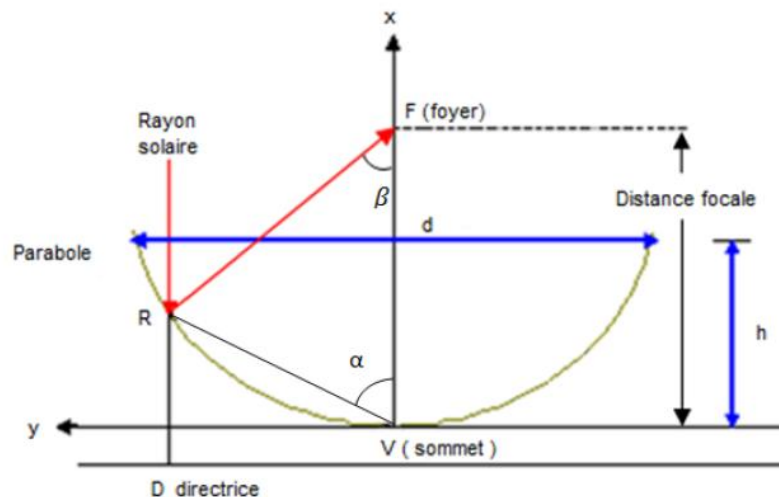


Figure 4.1 : Propriétés géométriques de la parabole [71].

4.1.2. Equation de la parabole :

Si la directrice d'une parabole a pour équation $y = -p/2$ et son foyer pour coordonnées $(0, p/2)$ alors la parabole aura pour équation [72].

$$y = \frac{x^2}{2p} \quad (4.1)$$

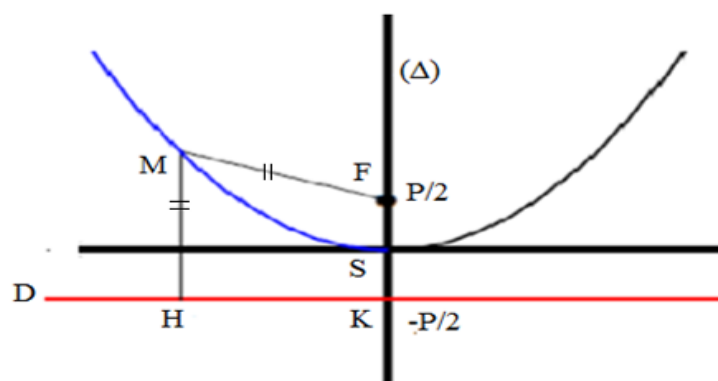


Figure 4.2 : Graphe d'une parabole d'équation $y = \frac{x^2}{2p}$ [73].

Chapitre 4 Etude théorique du concentrateur parabolique

4.1.3. Caractéristiques d'une parabole

Deux paramètres permettent de décrire de manière complète une parabole [74]:

- **Le coefficient p** qui intervient dans l'équation de la parabole génératrice du paraboloïde. Lorsque p augmente, la parabole devient plus « plate », et inversement, lorsque p diminue, la parabole devient plus profonde. Ce paramètre règle donc la profondeur de la parabole.

– **Le diamètre D** permet, une fois p déterminé, de fixer les dimensions de la parabole. Vu de haut, la parabole présente une ouverture circulaire dont le diamètre est D .

a) Profondeur d'une parabole :

La taille de la courbe parabolique (ou la profondeur) p_f peut être définie comme la distance maximale du sommet à une ligne tracée à travers l'ouverture de la parabole, elle est définie à partir de l'équation [75] :

$$p_f = \frac{D^2}{16f} \quad (4.2)$$

Avec

D : est le diamètre de la parabole.

Chapitre 4 Etude théorique du concentrateur parabolique

f : est la distance focale $f = \frac{p}{2}$

b) Surface d'une parabole

C'est l'espace inclus entre une parabole et une ligne à travers son ouverture, elle est donnée par [76]:

$$S_x = \frac{2}{3}\pi\sqrt{2f} \left[(2pf + 2f)^{\frac{3}{2}} - 2f^{\frac{3}{2}} \right] \quad (4.3)$$

c) Longueur d'une parabole

La longueur d'arc d'une parabole peut être trouvée en intégrant une surface différentielle de cette courbe, en appliquant les limites $x = p_f$

et $= \frac{D}{2}$, on trouve [77] :

$$lp = \left[\frac{D}{2} \sqrt{\left[\frac{4pf}{D} \right] + 1} + 2 \ln \left[\frac{4pf}{D} + \sqrt{\left[\frac{4pf}{D} \right]^2 + 1} \right] \right] \quad (4.4)$$

d) surface d'ouverture de la parabole :

La surface d'ouverture d'une parabole est la surface du disque supérieur de la parabole elle se calcule par la formule suivante [78] :

$$A_{par} = \pi \frac{D^2}{4} \quad (4.5)$$

e) Angle d'ouverture d'une parabole :

Une parabole avec un petit angle d'ouverture est relativement plate. L'augmentation de l'angle d'ouverture de la parabole fait diminuer la distance focale [79].

4.1.4. Système optique d'une surface parabolique

D'après les lois de réflexion, tout rayon lumineux parallèle à l'axe de la parabole est réfléchi par la parabole suivant une droite passant par le foyer. Donc la parabole focalise tous les rayons réfléchis en un point appelé foyer [80].

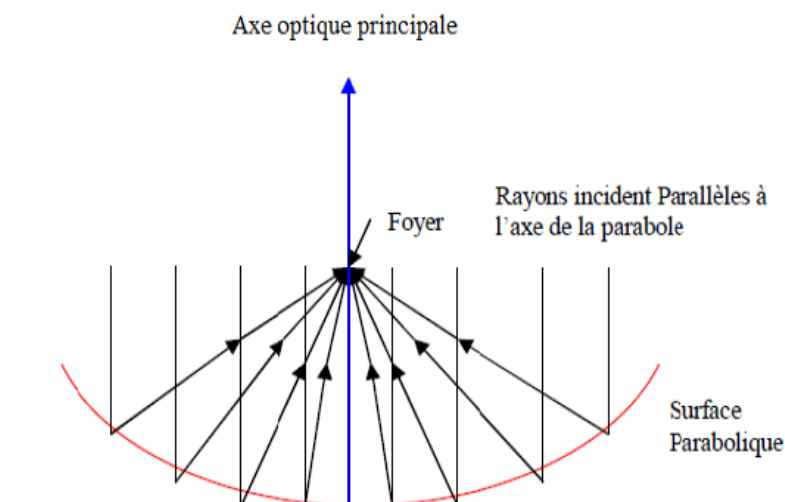


Figure 4.3 : Système optique d'une surface parabolique [81].

Chapitre 4 Etude théorique du concentrateur parabolique

4.2. Composants d'un concentrateur solaire parabolique

Le concentrateur solaire parabolique est composé de deux éléments :

- **Réflecteur (Paraboloïde)**

Le paraboloïde est obtenu par une rotation de la parabole autour de son axe. En prenant l'axe de symétrie est (O_z), L'équation pour

Le paraboloïde est donnée par :

$$x^2 + y^2 = 4.f.z \quad (4.6)$$

$$z = \frac{a^2}{4f} \quad (4.7)$$

En intégrant cette dernière équation, on trouve la surface d'un paraboloïde en fonction de la distance focale et le diamètre d'ouverture comme le montre la relation suivante [82].

$$A_s = 8\pi f^2 \left\{ \left[\left(\frac{d}{4f} \right)^2 + 1 \right]^{\frac{3}{2}} - 1 \right\} \quad (4.8)$$

Chapitre 4 Etude théorique du concentrateur parabolique

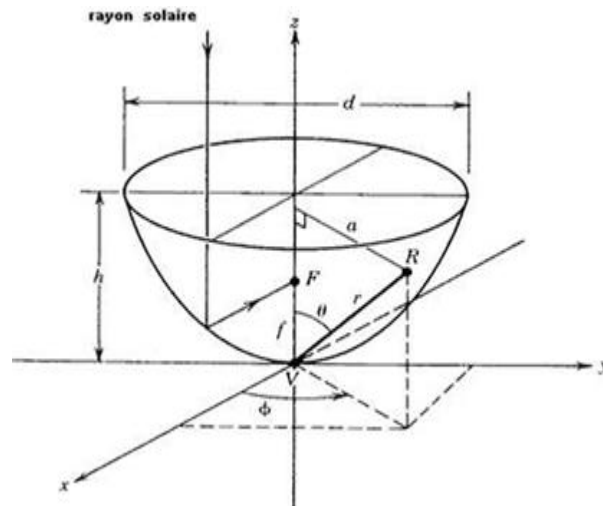


Figure 4.4 : Paraboloïde de révolution [83].

- **Récepteur (absorbeur) :** Le récepteur doit absorber autant de flux solaire concentré possible, et le convertir en énergie thermique, cette chaleur est transférée dans un fluide d'un certain type (liquide ou gaz) [84].

La surface du récepteur doit avoir les caractéristiques suivantes :

- Une bonne conductivité et diffusion thermique.
- Un facteur d'absorption aussi voisin que possible de l'unité.
- Une bonne résistance chimique vis à vis du fluide utilisé.

- **Le support :**

C'est l'élément qui maintient les composants du concentrateur. Il permet au capteur de tourner afin de suivre la course du soleil dans le

Chapitre 4 Etude théorique du concentrateur parabolique

ciel. Il assure également l'installation du panneau dans la position la plus favorable.



Figure 4.5 : Concentrateur solaire parabolique [85].

4.3. Principe de fonctionnement :

Ces concentrateurs utilisent des surfaces réfléchissantes paraboliques pour concentrer les rayons solaires dans le foyer où se trouve le récepteur (absorbeur) qui capte la chaleur solaire ainsi concentrée. Naturellement ces concentrateurs doivent suivre le mouvement du soleil [86].

4.4 Les avantages et les inconvénients [87]:

a) Avantages :

- Source d'énergie inépuisable et gratuite.
- Pas d'émission polluant.

Chapitre 4 Etude théorique du concentrateur parabolique

- Bon rendement (entre 31 % à 32%).
- Ils peuvent en effet être installés dans des endroits isolés non raccordés au réseau électrique.

b) Inconvénients :

- Fonctionnement par intermittence.
- La taille des capteurs est limitée afin d'obtenir une rotation sur deux axes pour suivre la course du soleil.
- Les capteurs sont difficiles à obtenir car ils nécessitent une double courbure pour obtenir la forme parabolique.

4.5. Pertes et efficacité lors de l'utilisation des concentrateurs paraboliques :

4.5.1. Le Réflecteur

Le miroir parabolique du concentrateur capte une partie des rayons solaire. Pour être rigoureux, il faut retrancher à la surface de l'ouverture du récepteur (fond de récepteur) qui bloque une faible partie des rayons, qui ne sont donc pas concentrés par le miroir.

Ces rayons sont ensuite réfléchis par l'aluminium. A ce niveau, il y a une perte de la puissance puisque 10 % des rayons sont absorbés par le métal (le coefficient de réflexion de l'aluminium est égal à 0.9) [88].

Chapitre 4 Etude théorique du concentrateur parabolique

4.5.2. Concentration :

La concentration du rayonnement solaire est l'action qui consiste à ramener toute la quantité d'énergie au centre réalisée par un collecteur donné.

4.5.3. Concentration géométrique :

On caractérise la performance du système par son facteur de concentration. Ce coefficient permet d'évaluer l'intensité de la concentration solaire: plus le facteur de concentration est élevé, plus la température atteinte sera importante [89].

- Le facteur de concentration géométrique est donné par :

$$C_g = \frac{A_p}{A_r} \quad (4.9)$$

A_p : la surface d'ouverture du collecteur (parabole)

A_r : surface de la base du cylindre

4.5.4. Concentration optique :

$$C_o = \frac{I_r}{I_a} \quad (4.10)$$

I_r : L'énergie reçue à l'ouverture du récepteur.

Chapitre 4 Etude théorique du concentrateur parabolique

I_a : L'énergie reçue à l'ouverture du paraboloïde.

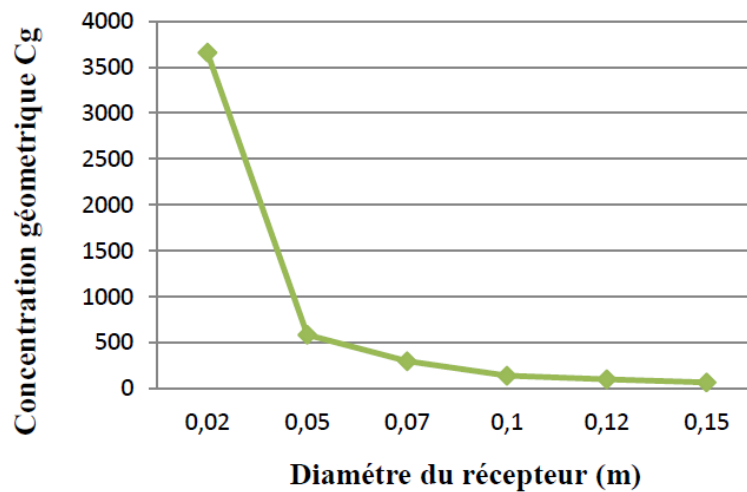


Figure 4.6: Concentration géométrique à différentes valeurs du récepteur [90].

4.5.5. Stockage d'énergie thermique

La nature de l'énergie solaire impose certaines limitations aux procédés solaires concentrés : l'intermittence (nuit, soleil occulté par les nuages) et le décalage offre/demande demeurent des contraintes importantes. L'alternance jour/nuit implique la mise en place de systèmes relais qui compense la faiblesse ou l'absence d'ensoleillement [91].

4.5.6. Puissance solaire absorbée par l'ouverture du récepteur

L'énergie reçue à l'ouverture d'un paraboloïde, en arrivant sur l'ouverture du récepteur, est réduite à cause des pertes.

Chapitre 4 Etude théorique du concentrateur parabolique

4.6. Localisation géographique

4.6.1. Repérage du soleil dans le ciel

La hauteur du soleil est une donnée principale car elle contribue clairement dans les calculs énergétiques. L'installation dans un site donné exige une étude de la position relative par rapport au soleil [92].

a. Longitude λ :

C'est l'une des coordonnées terrestres d'un point de notre planète. C'est l'angle que fait le méridien local passant par le point considéré avec le méridien d'origine passant par la ville de Greenwich.

λ varie de -180° à $+180^\circ$ tel que [93] :

- $\lambda > 0$ à l'est du méridien de Greenwich.
- $\lambda < 0$ à l'ouest de méridien de Greenwich.

b. Latitude φ :

La latitude d'un lieu correspond à l'angle avec le plan équatorial, que fait le rayon joignant le centre de la terre à ce lieu. L'équateur terrestre est donc caractérisé par une latitude égale à 0° , le pôle nord par la latitude $+90^\circ$ et le pôle sud par la latitude -90° . Cette convention de signe affecte

Chapitre 4 Etude théorique du concentrateur parabolique

le signe (+) à tous les lieux de l'hémisphère nord et le signe (-) à tous les lieux de l'hémisphère sud [94].

c. L'altitude (Z) :

Elle correspond à la distance verticale entre ce point et une surface de référence, le géoïde, figurant le niveau moyen de la mer [95].

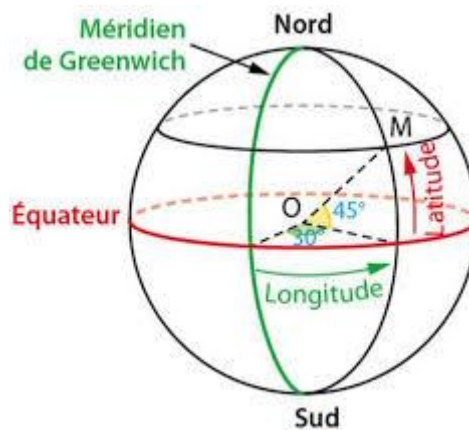


Figure 4.7: Latitude et Longitude [96].

4.7. L'irradiance solaire :

La mesure des performances d'un collecteur solaire est une étape importante et nécessaire pour la compréhension du fonctionnement du système. Cette efficacité se définit comme le rapport de l'énergie thermique absorbée par le récepteur à l'énergie reçue à l'ouverture du concentrateur [97].

Chapitre 4 Etude théorique du concentrateur parabolique

$$h = \frac{Q_u}{I_A A_a} \quad (4.11)$$

$$h = \frac{h_{opt} \cdot I_b A_a - A_r k_{v,r} (T_r - T_a)}{I_a A_a} \quad (4.12)$$

$$h = h_{opt} - \frac{A_r k_{v,r} (T_r - T_a)}{I_a A_a} \quad (4.13)$$

En fonction de la concentration géométrique :

$$h = h_{opt} - \frac{k_{v,r} (T_r - T_a)}{c_g I_a} \quad (4.14)$$

Le rendement atteint par le concentrateur dépend de l'intensité du rayonnement et de la différence de température entre l'absorbeur et l'air ambiant.

Chapitre V: Réalisation d'un concentrateur solaire parabolique

5.1. Description des différentes parties du prototype

a- Le concentrateur parabolique:

Plus le diamètre de la parabole est grand, plus le flux solaire capté est important, et donc plus l'énergie concentrée est concentrée au foyer. Un plat de grande taille est plus difficile à construire et coûte plus cher. Dans notre travail nous avons donc choisi un diamètre de 1.5 mètre. Les caractéristiques géométriques de la parabole sont données dans le tableau ci dessous :

Tableau 5.1 : Caractéristiques du réflecteur.

Caractéristique géométrique du réflecteur	
Diamètre	1.5 m
Profondeur	0.234 m
L'angle d'ouverture	64°
Distance focale	0.6 m
Surface d'ouverture	1.8 m ²

- b- Le squelette

Le squelette est composé de 8 tiges métalliques de 75 cm de longueur que nous avons soigneusement courbées selon l'équation de la parabole $y = \frac{x^2}{2p}$; toutes

les tiges se rejoignent au sommet du paraboloïde et elles sont soudées sur un anneau métallique pour maintenir leur forme.

La surface d'ouverture de la parabole est formée par une fine taule flexible et très légère qui nous a permis de former un cercle de 1.5 mètre et petite cercle de 18 cm de diamètre sur lequel on a posé le squelette, et nous l'avons soudé.



Figure 5.1 : le squelette de la parabole.

c- Les pièces métalliques

Sur le squelette nous avons posé et soudé des pièces métalliques galvanisées pour avoir une bonne réflexion et on a évité d'avoir des plis car cela pourrait nuire au rendement. Cette opération demande beaucoup d'attention et de précision car les feuilles peuvent facilement se déchirer, se plier ou se froisser.



Figure 5.2 : Mise en place des triangles métalliques sur le squelette.



Figure 5.3 : Le réflecteur parabolique utilisé.

5.2. Absorbeur :

Nous avons utilisé une cocotte de 5 litre pour supprimer les fuites lors de l'évaporation de l'eau. Le métal du récepteur est l'aluminium avec une conductance thermique égale à 220 W/K m^2). Le diamètre de la cocotte est 25 cm. Nous avons soudé un tuyau en cuivre sur l'échappement de la cocotte pour collecter la vapeur. Le tuyau passe par la suite dans une enceinte remplie d'eau pour permettre la condensation de la vapeur.

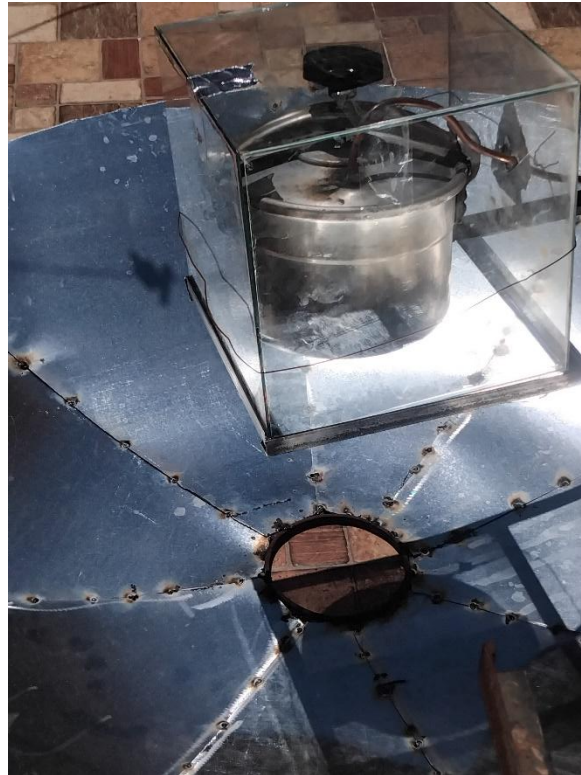


Figure 5.4 : l'absorbeur.

5.3. Support de l'absorbeur :

Nous avons utilisé un support mobile peut être déplacé afin d'obtenir la meilleure position pour l'absorbeur.



Figure 5.5 : Support de l'absorbeur.

5.4. Réglage du concentrateur :

Nous savons que le concentrateur parabolique fonctionne quand les rayons solaires sont parallèles à son axe. Donc il faut le placer dans un environnement clair et bien aéré, avec un ciel dégagé en évitant les zones d'ombres autour de l'équipement.

Il Doit être configuré et dirigé vers le soleil. Alors que le rayonnement du soleil se reflète dans le foyer. Le point de concentration doit apparaître sous l'absorbeur.

En utilisant le matériel décrit en haut nous avons put avoir 100 ml d'eau distillé en 2 heures.

Une grande optimisation doit avoir lieu pour améliorer le rendement :

- On doit utiliser un concentrateur plus grand.
- La taille de l'absorbeur doit être réduite.
- On doit utiliser une enceinte en cuivre.
- On doit suivre le mouvement du soleil lors de la distillation.

Récemment un groupe a rapporté un rendement de 10 litres par jour en utilisant un concentrateur de 2.4 m [98], 250 ml pendant 2h en utilisant un concentrateur de 1 m [99], 1 litre pendant 4h en utilisant un concentrateur de 1.5 m [100].

5.5. Analyses physico-chimiques:

Les analyses physico-chimiques d'échantillon prélevé ont été effectuées au laboratoire d'hydraulique de l'université d'Ain Témouchent – Belhadj Bouchaib – au sein de la faculté des sciences et de technologie.

5.5.1. Analyse de la turbidité:

- **Matériels utilisés:**

- Turbidimètre (AL450 TIR). (Fig 5-6)

- Une cellule cuvette de verre incolore de 25 ml avec bouchon.



Figure 5.6 : Turbidimètre.

- **Mode opératoire :**

- Nous avons rempli la cellule de mesure jusqu'à 25 ml de l'échantillon à analyser.

- Nous avons vérifié s'il y'a des bulles d'air et nous les a éliminées.

- Nous avons placé la cellule dans l'appareil.

- Nous avons appuyé sur le bouton «entrer» et lit le résultat affiché sur l'écran.

5.5.2. Analyse du pH, la température, la conductivité, TDS, la salinité et la résistivité

- Nous avons analysé les différents paramètres physiques de l'eau en utilisant le **PC650** et des Bêchers.



Figure 5.7 : PC650.

• Mode opératoire :

- Nous avons Remplit le bêcher avec l'échantillon à analyser.
- Nous avons Immergé complètement l'électrode dans l'échantillon d'eau.
- Nous avons appuyé sur le bouton « entrer » et fait la lecture une fois la valeur est stable.

5.6. Résultats du processus de distillation

- Le test de distillation solaire a été réalisé avec le concentrateur solaire parabolique en, le 27 mai 2025 à 13h00 qui s'est déroulé sur une durée de 2 heures.
- Au début de ce test, nous avons mis 1 litre d'eau de mer dans le distillateur, et à la fin de la distillation nous avons obtenu 100 ml.
- Le système a bien chauffé l'eau jusqu'à ébullition. La faible quantité d'eau distillée récupérée (100 ml) est due à la qualité du réflecteur et absorbeur. L'enceinte au point focale du concentrateur doit être en cuivre et sa taille doit être réduite.

La comparaison entre l'échantillon d'eau prélevé avant et après distillation solaire est essentielle pour évaluer l'efficacité de la distillation dans l'élimination des impuretés et l'amélioration de la qualité de l'eau.

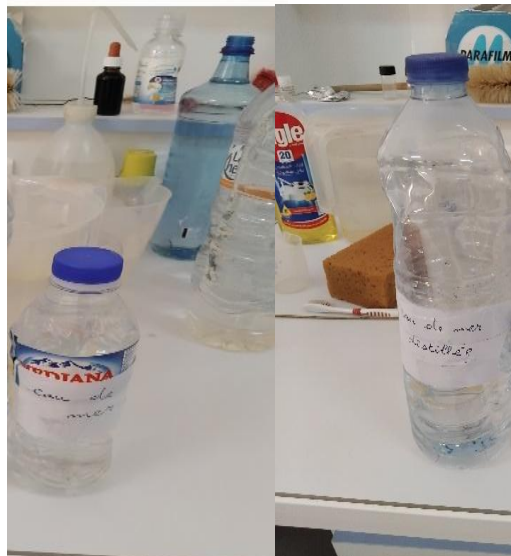


Figure 5.8 : Echantillon d'eau prélevé avant et après distillation

Le tableau 5.1 représente les résultats d'analyse des paramètres physico-chimiques. Ces données permettent d'évaluer l'efficacité du processus de distillation solaire, en particulier sur l'élimination des sels et des autres contaminants présents dans l'eau brute.

Tableau 5.2: Résultats des analyses physico-chimiques d'eau salées avant et après distillation.

	Eau de mer	Eau distillé	Eau de robinet
PH	8.13	8.05	8.49
NaCl (ppm)	504.4	13.84	20.21
TDS (ppm)	50810	99.350	1160
Résistivité (Ohm)	9.84	5023	430
Turbidité (NTU)	8.77	4.34	1.3

5.7. Discussion des résultats :

1. Conductivité:

- • Eau de mer : Les valeurs de résistivité faibles de l'eau de mer brute indiquent une forte concentration en sels dissous. Cela est caractéristique de ces types d'eau naturelle.
- • Eau distillée : L'eau distillée présente une augmentation de la résistivité après distillation, confirmant que le processus de distillation a permis d'éliminer efficacement les sels minéraux présents dans l'eau de départ.

2. TDS : Le TDS diminue significativement après distillation, témoignant de la déminéralisation de l'eau.

3. PH : Le pH de l'eau distillée est légèrement plus acide par rapport à l'eau brute, ce qui peut s'expliquer par la réduction de minéraux alcalins et la dissolution de certains gaz atmosphériques dans l'eau distillée.

4. Turbidité : La turbidité diminue significativement après distillation dans l'eau de mer.

5. Salinité : La distillation a pratiquement éliminé la salinité, ce qui confirme que ce procédé est particulièrement efficace pour le dessalement de l'eau de mer.

Le procédé de distillation solaire s'est révélé particulièrement efficace pour déminéraliser et purifier l'eau de mer, en réduisant significativement les impuretés et contaminants présents.

Conclusion générale

Le concentrateur parabolique s'impose comme une technologie prometteuse dans le domaine de la conversion de l'énergie solaire en énergie thermique. Grâce à sa géométrie spécifique, il permet de concentrer efficacement les rayons du soleil en un point focal, atteignant des températures élevées, ce qui le rend idéal pour des applications telles que la distillation.

Au fil de cette étude, Nous avons démontré que le rendement thermique d'un concentrateur parabolique dépend fortement de plusieurs facteurs comme la précision de la surface réfléchissante, la qualité de l'alignement avec le soleil, le matériau du récepteur.

Les analyses physico-chimiques réalisées sur l'eau distillée ont révélé une nette amélioration de sa qualité, Dans des conditions optimales, le prototype a atteint une température de 150°C, un niveau idéal pour une distillation efficace. Par ailleurs, je constaté une capacité de réduction des sels dissous dans l'eau de mer, passant d'une salinité, et une diminution significative de la turbidité. Un résultat particulièrement encourageant qui démontre le potentiel d'optimisation de cette technologie.

Le concentrateur parabolique représente une solution durable, fiable et efficace pour répondre aux défis énergétiques actuels, notamment en milieu rural ou dans des contextes de transition énergétique. Il s'inscrit pleinement dans la dynamique mondiale de promotion des énergies renouvelables. Pour un bon

rendement dépassant 10 litres par jour nous devons utiliser un réflecteur de 3 mètres de diamètre et un absorbeur en cuivre.

Références :

1. Emzaine Z., Azza F., *Étude d'une installation de dessalement fonctionnant en énergie solaire*, Mémoire de Master, Université Saad Dahlab, Blida, Algérie, 2015.
2. Nguimalet C.-R., Mahé G., Laraque A., Orange D., Yakoubou M., « Note sur le changement climatique et gestion des ressources en eau en Afrique : repenser l'usage et l'amélioration des services écosystémiques de l'eau », *Geo-Eco-Trop*, vol. 40, no 4, 2016, p. 317-326.
3. Benatallah A., *Étude expérimentale et optimisation d'un système de dessalement solaire en milieu saharien*, Thèse de Doctorat, Université Ahmed Draïa, Adrar, Algérie, 2020.
4. Ciobanu E., *L'eau, élément essentiel de la vie humaine*, Guide de bonnes pratiques, no 29, 2010.
5. Pezon C., *Le service d'eau potable en France de 1850 à 1995*, Presses du CEREM, Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris, 2000.
6. Tahri T., *Dessalement de l'eau de mer par l'énergie solaire en vue de l'irrigation d'une serre agricole*, Mémoire de Master, Université Hassiba Ben Bouali, Chlef, Algérie, 2010.
7. Kandalaf J.P., « L'accès à l'eau douce dans le monde : ses principaux enjeux », *Proche-Orient Études en management*, no 29, 2017, p. 159-185.

8. Petit O., « La surexploitation des eaux souterraines : enjeux et gouvernance », *Natures Sciences Sociétés*, vol. 12, no 2, 2004, p. 146-156.
9. El Harrak N.E.L., Elazhar F., Belhamidi S., Elazhar M., Tourir J., Elmidaoui A., « Performances comparées de deux procédés membranaires : nanofiltration et osmose inverse dans le dessalement des eaux saumâtres », *Journal of Materials and Environmental Science*, vol. 6, 2015, p. 383-390.
10. Mandri Y., *Étude paramétrique du procédé de dessalement de l'eau de mer par congélation sur paroi froide*, Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard Lyon 1 et Université Mohammed V-Agdal, Maroc, 2011.
11. Larbi S., Tatah B., Brakbi M., Tounsi A., « Contribution à l'étude du dessalement d'eau de mer par utilisation d'énergie nucléaire », *Journal International des Technologies de l'Hydrogène (JITH)*, 2007.
12. Bechki D., *Étude comparative et optimisation des procédés de distillation solaire en vue de la production d'eau potable dans les zones arides sahariennes*, Thèse de Doctorat, Université Hadj Lakhdar, Batna, Algérie, 2011.
13. Ministère des Ressources en Eau (MRE), *Site officiel*, [en ligne] disponible sur : <https://mre.dz> (consulté le 16 octobre 2023).

14. Salomon J.N., « Le dessalement de l'eau de mer est-il une voie d'avenir ? », *GOT : Revista de Geografia e Ordenamento do Território*, no 1, 2012, p. 237.
15. Bait O., *Étude numérique de la phénoménologie de la distillation : application à plusieurs systèmes solaires*, Thèse de Doctorat, Université Mostapha Ben Boulaid, Batna, Algérie, 2019.
16. Ameer A., Aït Allaoua R., *Étude et réalisation d'un distillateur solaire*, Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie, 2016.
17. Pezon C., *Le service d'eau potable en France de 1850 à 1995*, Presses du CEREM, 2000.
18. Bouchekima B., « Étude théorique et application pratique du distillateur solaire à film capillaire », *International Journal of Thermal Sciences*, vol. 39, no 3, 2000, p. 442-459.
19. Menina R., « Étude expérimentale de l'effet du préchauffage sur la productivité d'un distillateur solaire (type Hot-Box) », *Revue des Énergies Renouvelables : 11èmes Journées Internationales de Thermique*, 2001.
20. Velmurugan V., Srithar K., « Analyse des performances des distillateurs solaires en fonction de divers facteurs affectant la productivité – une revue », *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, no 2, 2011, p. 1294-1304

21. Hammi Y., *Distillation solaire des eaux salées par nouvelles techniques*, Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie, 2019.
22. Tiwari G.N., Singh H.N., Tripathi R., « Present status of solar distillation », *Solar Energy*, vol. 75, 2003, p. 367-373.
23. Gordes J., McCracken H., *Comprendre les distillateurs solaires*, Volunteers in Technical Assistance (VITA), 1985.
24. Elyannis E., « Contexte historique du dessalement et des énergies renouvelables », *Solar Energy*, vol. 75, no 5, 2003, p. 357-366.
25. Laib A., Mennana T., *Contribution à l'amélioration d'un distillateur simple pente : prédiction par la méthode des réseaux de neurones artificiels*, Mémoire de Master, Université Hamma Lakhdar, El-Oued, Algérie, 2018.
26. Cherrared L., « Amélioration du rendement d'un distillateur solaire à effet de serre », *Revue des Énergies Renouvelables : Valorisation*, 1999, p. 121-124.
27. Deliou A., « Étude expérimentale des caractéristiques d'un distillateur solaire à effet de serre », *Revue des Énergies Renouvelables : CISMO*, vol. 8, 2008, p. 109-118.
28. Kaabi A., Abderachid T., *Étude et modélisation de deux distillateurs solaires symétrique et asymétrique à effet de serre*, Thèse de Doctorat, Université Constantine 1, Algérie, 2014.

29. Ahmed Z., *Étude et conception d'un distillateur solaire à effet de serre*, Thèse de Doctorat en physique, Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, Madagascar, 2011.
30. Becheneb A., Kahoul C., *Effet de sel sur la productivité du distillateur solaire*, Thèse de Doctorat, Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie, 2023.
31. Boukabous F., Chelfi R., *Effet du refroidissement de la vitre par l'effet thermoélectrique sur la production d'un distillateur solaire simple : approche expérimentale*, Mémoire de Master, Université de Khemis Miliana, Algérie, 2021.
32. Benazzouz M., Bouzaheur M., *Dépollution des eaux par des filtres solaires*, Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie, 2023.
33. Oualid S., Abla C., « Distillateur solaire sphérique à balayage passif et actif : performance et production mensuelle », vol. 1, 2010.
34. Sellami M.H., *Étude et amélioration des techniques de distillation solaire dans la région sud-est algérien (Ouargla)*, Thèse de Doctorat, Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie, 2014.
35. Lagouch A., Benhadji M., Khelladi M.F., *Étude théorique d'un distillateur solaire simple*, Mémoire de Master, Université Ahmed Draïa, Adrar, Algérie, 2020.

36. Andriamanampisoa T.A., Andriamanampisoa E.N., Zimmermann K., Chaplin H., Andrianarison E., « Identification du modèle de distillateur solaire à effet de serre adapté au sud de Madagascar : approche par matrice de Pugh », *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 2024, p. 543-564.
37. Azeb C., Salaheddine L., *Amélioration des performances d'un distillateur solaire avec nanofluides : étude expérimentale*, Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie, 2020.
38. Vincent M., Jean L.R., Achille R., « Conception et réalisation d'un distillateur solaire en cascade avec appoint », *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, vol. 36, 2022.
39. Ghodbane M., *Étude et optimisation des performances d'une machine de climatisation à éjecteur reliée à un concentrateur solaire*, Mémoire de Master, Université de Blida, Algérie, 2017.
40. Marif Y., *Caractérisation d'un concentrateur cylindro-parabolique de dimensions réelles au sud de l'Algérie : région d'Ouargla*, Thèse de Doctorat, Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie, 2015.
41. Bensafi M., Zegnoun S., Draoui B., « Étude expérimentale et modélisation d'un concentrateur parabolique solaire dans la région de Béchar », *Journal of Scientific Research*, vol. 3, 2013, p. 43-47.

42. Abdeldjalil C., Seddik E.L., *Commande robuste d'un concentrateur solaire cylindro-parabolique*, Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie, 2018.
43. Haffar A., Massiv A., *Étude de la performance d'un concentrateur cylindro-parabolique en vue de son utilisation dans un procédé de séchage*, Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie, 2019.
44. Montanet E., *Modélisation et optimisation des centrales solaires linéaires Fresnel à génération directe de vapeur*, Thèse de Doctorat, Université de Perpignan, France, 2024.
45. Derbane R., Salim S., *Étude et optimisation des centrales solaires thermiques à capteurs cylindro-paraboliques : application au gisement solaire en Algérie*, Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie, 2020.
46. Mohamed M., « Les types de récepteurs d'une centrale solaire à tour », Attaché de recherche, Division Solaire Thermique et Géothermie, CDER, document interne, 2012.
47. Farges O., *Conception optimale de centrales solaires à concentration : application aux centrales à tour et aux installations beam-down*, Thèse de Doctorat, École des Mines d'Albi-Carmaux, France, 2014.
48. Gama A., « Étude et réalisation d'un dispositif de poursuite solaire sensible destiné à un prototype de concentrateur cylindro-parabolique »,

Revue des Sciences Fondamentales et Appliquées, vol. 2, no 1, 2010, p. 137-148.

49. Bellel N., Lahlour R., Boughettaya N., Boumaaraf B., *Influence de l'orientation sur un système thermique de concentrateur solaire cylindro-parabolique et performance dans plusieurs positions*, Université Frères Mentouri, Constantine, Algérie, 2015.
50. Boutelli H., *Étude d'un système hybride à sources d'énergies renouvelables dans la région d'Ouargla : application au pompage de l'eau*, Thèse de Doctorat, Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie, 2023.
51. Bouharchouche A., Bouabdallah A., Berkouk E.M., Diaf S., Belmili H., « Conception et réalisation d'un logiciel de dimensionnement d'un système d'énergie hybride éolien-photovoltaïque », CDER, document interne, 2014.
52. Labied A., *Nanofluides et distillation solaire des eaux saumâtres : perspectives et défis*, Thèse de Doctorat, Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie, 2021.
53. Dubois J., « Mesures de la charge électrique de gouttelettes d'eau ou de solutions salines au cours des processus d'évaporation ou de condensation de vapeur d'eau sur elles », *Journal de Physique*, vol. 24, no 9, 1963, p. 661-664.

54. Graham C., Peter G., « Distributions de taille de gouttes et transfert de chaleur lors de la condensation goutte à goutte », *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 16, no 2, 1973, p. 337-346.
55. Benmaatallah N., Barazouk S., Roummani K., *Impact de l'inclinaison du vitrage sur la productivité d'un distillateur solaire*, Mémoire de Master, Université Ahmed Draïa, Adrar, Algérie, 2021.
56. Benhammou M., « Effet des paramètres géométriques d'un réflecteur plan vertical sur les performances d'un distillateur solaire mono-incliné couplé à un condenseur séparé », *Nature Technology*, vol. 11, 2014, p. 17.
57. Fedali S., *Modélisation et conception d'un distillateur solaire des eaux saumâtres à bas coût pour les communautés rurales*, Mémoire de Magister, Université de Batna, Algérie, 2008.
58. Settafi M., Imane Z., *Effet de quelques paramètres climatiques et opératoires sur la performance d'un distillateur solaire à parois vitrées*, Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie, 2021.
59. Boukerzaza N., Chaker A., Haddad Z., « Influence de l'irradiation globale sur les caractéristiques de fonctionnement d'un distillateur solaire », *Revue des Énergies Renouvelables : ICRESO-07*, Tlemcen, CDER, Algérie, 2007, p. 229-234.
60. Mohamed T., Abdelali K., Soufiane R., Meriem L., *Étude et conception d'un distillateur solaire à effet de serre*, Mémoire de Master, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Maroc, 2018.

61. Cherrared L., Hamid A., « Influence de la nature du vitrage sur la production journalière d'un distillateur solaire », *Revue des Énergies Renouvelables, Spécial Physique Énergétique*, 1998, p. 69-719.
62. Labuntsov D., Kryukov A., « Analyse de l'évaporation et de la condensation intensives », *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 22, no 7, 1979, p. 989-1002.
63. Imad L., *Production d'eau potable par condensation passive de l'humidité atmosphérique (rosée)*, Mémoire de Master, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI & Université Ibn Zohr, Agadir, 2010.
64. Manampy M., Andriamanampisoa T., *Détermination et analyse de la fiabilité d'un modèle de prédiction de performances d'un distillateur solaire : modélisation 2D des paramètres de conception sur COMSOL® Multiphysics*, Mémoire de Master, Université d'Antananarivo, Madagascar, 2024.
65. Laplante M., *Étude numérique et expérimentale d'un distillateur d'eau salée à énergie solaire*, Mémoire de Maîtrise, Bibliothèque et Archives Canada, Ottawa, 2005.
66. Andriamanampisoa T., « Identification du modèle de distillateur solaire à effet de serre adapté au sud de Madagascar : approche par matrice de Pugh », *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 2024, p. 543-564.

67. Mansouri T., Khadidja K., *Initiation au dessalement de l'eau de mer*, Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie, 2018.
68. Adaoui Y., *Contribution à l'amélioration de la production d'eau douce basée sur un processus de dessalement solaire*, Thèse de Doctorat, Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie, 2025.
69. Boutriaa A., Chaker A., *Effet des paramètres de fonctionnement sur les performances d'un distillateur solaire*, Mémoire de Master, Université Frères Mentouri, Constantine, Algérie, 2009.
70. Zeghib I., Kerbache T., *Étude et réalisation d'un concentrateur solaire parabolique*, Mémoire de Master, 2005.
71. Feir A.A., Guarracino G., *Ingénierie des systèmes solaires : application à l'habitat*, Technique et Documentation, 1981.
72. Kherous N., Jugurtha H., *Étude et réalisation d'un concentrateur solaire parabolique*, Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie, 2015.
73. Braun J.E., Mitchell J.C., « Solar geometry for fixed and tracking surfaces », *Solar Energy*, vol. 31, 1983, p. 394-444.
74. Bilal S., Haddadi A., *Étude et réalisation d'un distillateur solaire*, Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie, 2024.

- 75.Saridj Y., *Réalisation d'un mini concentrateur solaire parabolique*, Thèse de Doctorat, Université Ibn Khaldoun, Tiaret, Algérie, 2018.
- 76.Bouvier J.L., Mchaux G., Salagnac P., « Étude expérimentale d'un concentrateur solaire parabolique à génération directe de vapeur alimentant une centrale de micro-cogénération », *Congrès Français de Thermique*, Bordeaux, France, 2014.
- 77.Ghodbane M., *Étude et optimisation des performances d'une machine de climatisation à éjecteur reliée à un concentrateur solaire*, Mémoire de Master, 2017.
- 78.El Ouederni A.R., Wahabi A., Dhahri H., « Conception et simulation d'un mini-concentrateur solaire à faible coût », dans *Progrès en matériaux, mécanique et fabrication : Actes de la 2e conférence internationale A3M'2018*, Hammamet, Tunisie, Éditions Springer International, 2020, p. 94-102.
- 79.Ouederni E., Ahmed R., « Étude expérimentale d'un concentrateur solaire parabolique », *Journal of Renewable Energies*, vol. 12, no 3, 2009, p. 395-404.
- 80.Aoues K., *Dimensionnement, conception et réalisation d'un concentrateur solaire parabolique*, Mémoire de Master, 2023.
- 81.Dominique M.F., *Le monde et l'astronomie*, Quid 2001, France Loisirs, Paris, 2001.

82. Muhammad-Sukki F., Ramirez-Iniguez R., McMeekin S.G., Stewart B.G., Clive B., « Solar concentrators », *International Journal of Applied Sciences (IJAS)*, vol. 1, no 1, 2010.
83. Audibert M., *La concentration du rayonnement solaire*, International Centre for Theoretical Physics, 3e Séminaire sur l'énergie solaire, 6-17 septembre 1982.
84. Lounis R., *Étude et réalisation d'un concentrateur parabolique avec une poursuite automatique*, Mémoire de Master, Université Abderrahmane Mira, Bejaïa, Algérie, 2017.
85. Chekirou W., Boukheit N., Kerbache T., « Différents modes de transfert de chaleur dans un absorbeur d'un concentrateur solaire cylindro-parabolique », *Revue des Énergies Renouvelables : ICRESO-07*, Tlemcen, Algérie, 2007, p. 21-28.
86. Nuwayhid R.Y., Mrad F., Abu-Said R., « The realization of a simple solar tracking concentrator for university research applications », *Renewable Energy*, vol. 24, 2001, p. 207-222.
87. Mansouri N., Makhloof A., *Dimensionnement thermique d'un récepteur solaire à tour à génération directe de vapeur*, Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie, 2020.
88. Shuai Y., Xia X.L., Tan H.P., « Radiation performance of dish solar concentrator/cavity receiver system », *Solar Energy*, vol. 82, 2008, p. 13-21.

- 89.Hamed R., Ammar Z., *Étude et réalisation d'un concentrateur solaire de type parabolique*, Mémoire de Master, 2018.
- 90.Audibert M., *La concentration du rayonnement solaire*, International Centre for Theoretical Physics, 3e Séminaire sur l'énergie solaire, 6-17 septembre 1982.
- 91.Srinivasan M., Kulkarni L.V., « A simple technique of fabrication of parabolic concentrators », *Solar Energy*, vol. 22, 1978, p. 463-465.
- 92.Pasquetti R., Peri G., « Étude des performances optiques des concentrateurs paraboliques à facettes planes développés dans le cadre du programme THEK », *Revue de Physique Appliquée*, vol. 15, no 2, 1980, p. 123-129.
- 93.Stein E., Christian D., « L'importance de la longitude : fuseaux horaires et localisation des investissements directs étrangers », *Journal of International Economics*, vol. 71, no 1, 2007, p. 96-112.
- 94.Hysell D., Larsen M., Fritts D., Laughman B., Sulzer M., « Major upwelling and overturning in the mid-latitude F region ionosphere », *Nature Communications*, vol. 9, 2018, article 3326.
- 95.Racine R., « Altitude, elevation, and seeing », *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, vol. 117, no 830, 2005, p. 401.
- 96.El Gharbi N., Derbal H., Bouaïchaoui S., Saïd N., « A comparative study between parabolic trough collector and linear Fresnel reflector technologies », *Energy Procedia*, vol. 6, 2011, p. 565-572.

97. Charbonneau P., Ashley C., Tapping K., « L'irradiance solaire et ses variations », *La Physique au Canada*, vol. 201, 2008.
98. Wahab A., Javid W., Ahmed H., Sheikh A., Shahbaz M., Iqbal S., « Enhancing fresh water production in solar parabolic dish desalination system », *Materials Proceedings*, vol. 17, 2024, p. 22.
99. Aknouche T., Fekraoui Y., *Étude et réalisation d'un capteur solaire parabolique pour distillation d'eau de mer*, Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie, 2019.
100. Seddi B., Haddadi A., *Étude et réalisation d'un distillateur solaire*, Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie, 2025.

Résumé :

L'eau représente un enjeu mondial majeur, étroitement lié au développement humain, tandis que la recherche de nouvelles sources durables devient une nécessité urgente. L'Algérie fait face à une pénurie croissante en eau et a recours au dessalement de l'eau de mer. Cependant, les méthodes conventionnelles s'avèrent coûteuses et énergivores. Ce travail propose une solution expérimentale basée sur un concentrateur solaire parabolique pour la distillation d'eau salée, offrant une alternative économique et écologique. Le système, fonctionnant exclusivement à l'énergie solaire, a été optimisé pour maximiser son rendement. Nos résultats démontrent qu'une parabole de 3 mètres de diamètre couplée à une enceinte d'absorption en cuivre permet d'atteindre une efficacité optimale.

Abstract :

Water has become a critical global challenge, closely tied to human development, while the search for sustainable sources grows increasingly urgent. Algeria faces severe water scarcity and relies on seawater desalination. However, conventional methods remain costly and energy-intensive. This study presents an experimental approach using a parabolic solar concentrator for saltwater distillation, providing an economical and eco-friendly alternative. The system operates solely on solar energy and was optimized for maximum efficiency. Our findings demonstrate that a 3-meter-diameter parabolic reflector paired with a copper absorption chamber delivers optimal performance.

المخلص:

أصبحت المياه تحديًا عالميًا حاسمًا، يرتبط ارتباطًا وثيقًا بالتنمية البشرية، بينما يزداد البحث عن مصادر مستدامة إلحاحًا. مثل العديد من الدول، تواجه الجزائر ندرة حادة في المياه وتعتمد على تحلية مياه البحر. ومع ذلك، تظل الطرق التقليدية مكلفة وتستهلك الكثير من الطاقة. تقدم هذه الدراسة حلاً تجريبياً يعتمد على مركز شمسي قطع مكافئ لتنقية المياه المالحة، كبديل اقتصادي وصديق للبيئة. يعمل النظام بالاعتماد الكامل على الطاقة الشمسية وتم تحسينه لتعزيز الكفاءة. تظهر نتائجنا أن عاكسًا قطعيًا بقطر 3 أمتار مع غرفة امتصاص من النحاس يحقق أداءً مثاليًا.