



**UNIVERCITE KASDI MERBAH OUARGLA**

**Faculté des hydrocarbures, des 'énergies**

**Renouvelables et des sciences de la terre et de l'univers**

**Département des énergies renouvelables**

**Mémoire**

**Présenté pour l'obtention d'un diplôme de**

**Master académique**

**Filière : Génies Mécanique**

**Spécialité : Energies Renouvelables en mécanique**

**: Présenté par**

**Ammari Abderrahmane**

**Maamri Azeddine**

**Thème**

**Distillateur solaire pour traiter des eaux contaminé par des huiles  
pétrolières**

**Soutenu publiquement le : 05/06/2024**

**Dirigé par:**

**Président Hadjadj Abde ssami MAA (UKM Ouargla)**

**Examineur Djamale Benmnine MAA (UKM Ouargla)**

**Encadreur Chahinaz ZOBEIDI MCB (UKM Ouargla)**

**Année universitaire 2023/2024**

## Résumé

Le rejet d'eau huileuse et contaminée peut entraîner de graves problèmes de pollution environnementale affectant les écosystèmes et la santé publique. Diverses techniques de traitement ont été utilisées pour résoudre ce problème, mais certaines souffrent de défauts tels que le rejet de toxines ou des coûts opérationnels élevés. Par conséquent, il est devenu nécessaire de rechercher des solutions de traitement qui soient rentables et respectueuses de l'environnement. Dans cette recherche, le processus de distillation solaire a été étudié comme un moyen innovant d'atteindre ces objectifs. La distillation solaire est considérée comme une méthode prometteuse car elle repose sur l'énergie solaire renouvelable et largement disponible, réduisant les coûts opérationnels et minimisant l'impact environnemental. Le processus de distillation solaire ne libère pas de toxines nocives, ce qui en fait une option écologiquement durable pour le traitement des eaux contaminées. Les résultats expérimentaux ont montré que le rendement de la distillation était remarquable, avec un taux de séparation allant jusqu'à 93%, efficace pour un échantillon d'eau huileuse composé de 58% d'eau et de 42% d'huile. Cette séparation efficace indique la capacité de la distillation solaire à traiter efficacement l'eau huileuse, ce qui peut avoir un impact significatif sur l'amélioration de la qualité de l'eau et la réduction de la pollution environnementale.

Mots-clés : Eau huileuse, traitement de l'eau, distillation solaire, concentrateur solaire

## ملخص

يمكن أن يؤدي تصريف المياه الزيتية والمياه الملوثة إلى مشاكل تلوث بيئية خطيرة تؤثر على النظم البيئية والصحة العامة. تم استخدام العديد من تقنيات المعالجة لمواجهة هذه المشكلة، ولكن بعضها يعاني من عيوب مثل إطلاق السموم أو ارتفاع التكاليف التشغيلية. لذلك، أصبح من الضروري البحث عن حلول معالجة تكون فعالة من حيث التكلفة وصديقة للبيئة. في هذا البحث، تم دراسة عملية التقطير الشمسي كوسيلة مبتكرة لتحقيق هذين الهدفين. التقطير الشمسي يُعتبر طريقة واعدة لأنه يعتمد على الطاقة الشمسية المتجددة والمتوفرة بشكل واسع، مما يقلل من التكاليف التشغيلية ويقلل من التأثير البيئي. عملية التقطير الشمسي لا تطلق سمومًا ضارة، مما يجعلها خيارًا بيئيًا مستدامًا لمعالجة المياه الملوثة. أظهرت النتائج التجريبية أن محصول التقطير كان ملحوظًا، حيث وصلت نسبة لفصل الي 93% وهي فعّالة لعينة من الماء الزيتي، مكونة من 58% ماء و42% زيت. هذا الفصل الفعّال يشير إلى قدرة التقطير الشمسي على معالجة المياه الزيتية بكفاءة عالية، مما يمكن أن يكون له تأثير كبير في تحسين جودة المياه وتقليل التلوث البيئي.

الكلمات المفتاحية: الماء الزيتي، معالجة المياه، التقطير الشمسي، المركز الشمسي.

## Summary

The discharge of oily and contaminated water can lead to serious environmental pollution problems affecting ecosystems and public health. Various treatment techniques have been used to address this issue, but some suffer from drawbacks such as the release of toxins or high operational costs. Therefore, it has become necessary to seek treatment solutions that are cost-effective and environmentally friendly. In this research, the solar distillation process was studied as an innovative means to achieve these goals. Solar distillation is considered a promising method because it relies on widely available and renewable solar energy, reducing operational costs and minimizing environmental impact. The solar distillation process does not release harmful toxins, making it an environmentally sustainable option for treating contaminated water. Experimental results showed that the distillation yield was remarkable, with a separation rate of up to 93%, effective for a sample of oily water consisting of 58%

water and 42% oil. This effective separation indicates the ability of solar distillation to efficiently treat oily water, which can have a significant impact on improving water quality and reducing environmental pollution.

Keywords: Oily water, water treatment, solar distillation, solar concentrator

## Dédicaces

بسم الله الرحيم و صلاة و سلام علي اشرف مرسلين اما بعد  
الحمد لله أولا علي توفيقه لي و الي ما وصلت اليه من فضله  
علي اهدي هذا العمل الي أمي الغالية و أبي العزيز و  
اشكر اساتذتي التي ساندتني لتمام هذا العمل و أخوتي و  
أصدقائي و زملائي و اتمني لهم كل توفيق و نجاح

*Amnari Abderrhmane*

هدي ثمرة جهدي المتواضع

إلى من وهبوني الحياة والأمل، والنشأة على شغف

الاطلاع والمعرفة، ومن علموني أن أرتقي سُلّم الحياة بحكمة  
وصبر؛ براء، وإحسانا ووفاء لهما والدي العزيز، ووالدي  
العزيزة. إلى من وهبني الله نعمة وجودهم في حياتي إلى  
العقد المتين من كانوا عوناً لي في رحلة بحثي: إخواني  
وأخواتي. وأخيراً إلى كل من ساعدني، وكان له دور من قريب  
أو بعيد في إتمام هذه الدراسة، سائل المولى أن يجزي  
الجميع خير الجزاء في الدنيا والآخرة. ثم إلى كل طالب  
علم سعى بعلمه، ليفيد الإسلام والمسلمين بكل ما أعطاه الله  
من علم ومعرفة

*Mqamri Azeddine*

## **REMERCIEMENTS**

NOUS SOMMES RECONNAISSANTS A NOTRE CREATEUR DE NOUS AVOIR DONNE LA FORCE NECESSAIRE FAIRE LE TRAVAIL.

NOUS ADRESSONS NOS SINCERES REMERCIEMENTS A TOUS LES PROFESSEURS, CONFERENCIERS ET PERSONNES QUI NOUS ONT GUIDES PAR LEURS PROPOS, ECRITS, CONSEILS CRITIQUES, ET QUI ONT PRIS LE TEMPS DE REpondre A NOS QUESTIONS A TRAVERS. RECHERCHE.

NOUS SOMMES PARTICULIEREMENT RECONNAISSANTS AU DR. SHENAZ AL-ZUBAIDI L' ENCADREMENT, CONSEIL ET ASSISTANCE

NOUS REMERCIONS TOUS LES INFORMATEURS DJAMAL MAZAR, MALEKI ET ASMAHAN

NOUS SOUHAITONS A TOUS NOS COLLEGUES ET AMIS BONNE CHANCE ET SUCCES

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>1</b>
-----------------------------------	----------

## CHAPITRE I

### **EAU, DISTILLATEURS SOLAIRES ET CONCENTRATEUR PARABOLIQUE SOLAIRE**

<b>I.1. Introduction.....</b>	<b>3</b>
<b>I.2 Définition de l'eau.....</b>	<b>4</b>
<b>I.3. Types d'eau.....</b>	<b>5</b>
<input type="checkbox"/> <b>Eaux marines.....</b>	<b>5</b>
<input type="checkbox"/> <b>Eaux saumâtres.....</b>	<b>5</b>
<input type="checkbox"/> <b>Eaux potable.....</b>	<b>5</b>
<input type="checkbox"/> <b>Eaux usées.....</b>	<b>5</b>
<b>I.4. Répartition de l'eau sur La terre.....</b>	<b>5</b>
<b>I.5. Les eaux huileuses.....</b>	<b>6</b>
I.5.1. Définition des eaux huileuses.....	6
I.5.2. Méthodes de traitement des eaux grasses.....	7
I.5.3. Méthodes de traitement physique ou mécanique.....	7
I.5.4. Méthodes de traitement chimique.....	8
<input type="checkbox"/> <b>Précipitation chimique.....</b>	<b>8</b>
<input type="checkbox"/> <b>Adsorption.....</b>	<b>8</b>
I.5.5. Méthodes de traitement biologique.....	8
<b>I.6. Concentrateur.....</b>	<b>9</b>
<b>I.7. Distillateurs.....</b>	<b>9</b>
I.7.1. L'histoire de Distillateur solaire.....	10
I.7.2. Définition.....	10
I.7.3. Types de distillateurs solaires.....	11
I.7.3.1. Distillation solaire à effet de serre.....	11
<input type="checkbox"/> <b>Distillateurs simples.....</b>	<b>11</b>
<input type="checkbox"/> <b>Distillateur a double.....</b>	<b>11</b>
<input type="checkbox"/> <b>Distillateur sphérique.....</b>	<b>12</b>
<input type="checkbox"/> <b>Distillation aux effets multiples....</b>	<b>12</b>
I.7.3.2. Distillation solaire à multiples effets.....	13
<input type="checkbox"/> <b>Distillateur solaire à film capillaire:.....</b>	<b>13</b>
<input type="checkbox"/> <b>Distillateur solaire incline à cascade.....</b>	<b>14</b>

<input type="checkbox"/> Distillateur à mèche.....	14
<input type="checkbox"/> Distillateur solaire à cheminée.....	15
<b>I.8. Dimensions.....</b>	<b>15</b>
I.8.1 Concentrateurs solaires .....	15
I.8.2 Histoire des concentrateurs solaires .....	16
I.8.3 Dimensions concentrateur parabolique .....	16
<input type="checkbox"/> Equation d'une parabole.....	16
<input type="checkbox"/> Caractéristiques d'une parabole.. ..	16
<input type="checkbox"/> La profondeur d'une parabole (taille) .....	17
<input type="checkbox"/> Surface d'une parabole... ..	17
<input type="checkbox"/> Surface d'ouverture d'une parabole .....	17
<input type="checkbox"/> Angle d'ouverture d'une parabole... ..	18
<b>I.9. Absorbeur .....</b>	<b>19</b>
<b>I.10. Distillateur .....</b>	<b>19</b>
I.10.1. Principe de fonctionnement d'un distillateur solaire.....	19
I.10.2 Composants d'un distillateur solaire.....	20
I.10.3. Caractéristiques de fonctionnement d'un distillateur solaire .....	20
I.10.4. L'efficacité globale .....	20
I.10.5 L'efficacité interne .....	20
I.10.6. Performance .....	20
<b>I. Conclusion .....</b>	<b>20</b>

## CHAPITRE II

### DIMENSIONS DU CONCENTRATEUR PARABOLIQUE SOLAIRE AVEC CONTROLE AUTOMATIQUE

<b>II. Interdiction .....</b>	<b>22</b>
<b>II.1. Site d'expérimentation ses caractéristiques et les résultats de l'expérimentation....</b>	<b>22</b>
II.1.1. Présentation générale du lieu d'expérimentation (Ouargla).....	22
<b>II.2. Appareil de distillation solaire .....</b>	<b>23</b>
<b>II.3. Étapes de construction .....</b>	<b>24</b>
II.3.1 Concentrateur .....	24
<input type="checkbox"/> La profondeur de notre parabole.. ..	24
<input type="checkbox"/> Surface d'une parabole.... ..	24
<input type="checkbox"/> Surface d'ouverture d'une parabole .....	25
<input type="checkbox"/> Equation d'une parabole..... ..	25
<b>II.4. Le support .....</b>	<b>27</b>

<b>II.5. Distillateur .....</b>	<b>27</b>
<b>II.6. Récepteur .....</b>	<b>28</b>
<b>II.7. Carte électronique .....</b>	<b>29</b>
II.7.1.Composants de cartes électroniques .....	29
<b>II.8.Programmation de la carte électronique.....</b>	<b>31</b>
<input type="checkbox"/> Proteus Design Suite.....	31
<input type="checkbox"/> Arduino IDE.....	32
<b>II. Conclusion.....</b>	<b>34</b>

## **CHAPITRE III**

### **RESULTATS ET INFORMATIONS**

<b>III.1.Introduction .....</b>	<b>36</b>
<b>III.2.Les résultants de l'expérimentation .....</b>	<b>36</b>
III.2.2.Installationsµ .....	36
<b>III.3. Principe de fonctionnement .....</b>	<b>36</b>
<b>III.4. Instruments des mesures.....</b>	<b>37</b>
<input type="checkbox"/> Anémomètre pour mesure la vitesse du vent .....	37
<input type="checkbox"/> Thermomètre.....	37
<input type="checkbox"/> Sola mètre.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>III.5. Les mesure.....</b>	<b>38</b>
<b>III.6. Mesures de quantité de chaleur d'eau .....</b>	<b>44</b>
<b>III.7. Les problèmes techniques que nous avons rencontrés avec l'appareil .....</b>	<b>45</b>
<input type="checkbox"/> Défauts de dimensions au centre de la parabole solaire.....	45
<input type="checkbox"/> Fuites de tuyaux.....	46
<input type="checkbox"/> Problèmes de fuite dans le distillateur .....	47
<b>Conclusion.....</b>	<b>48</b>

**CONCLUSION GENERALE.....50**

**REFERENCES .....51**



## Liste des figures

<b>Titre de figure</b>	<b>N° de page</b>
<b>Figure I.1.</b> Images montrant les liaisons de l'eau	<b>4</b>
<b>Figure I. 2.</b> Images montrant la quantité d'eau dans le monde	<b>6</b>
<b>Figure I.3.</b> concentrateur parabolique	<b>9</b>
<b>Figure I.4.</b> Principe de fonctionnement d'un distillateur solaire	<b>10</b>
<b>Figure I.5.</b> Distillateur a pente unique	<b>11</b>
<b>Figure I.6.</b> Distillateurs à double pentes	<b>11</b>
<b>Figure I.7.</b> Le distillateur sphérique	<b>12</b>
<b>Figure I.8.</b> Schéma d'une installation de dessalement par multiple-effets accouplés à des capteurs solaires	<b>13</b>
<b>Figure.1.9.</b> Distillateur à film capillaire Figure.1.9. Distillateur à film capillaire	<b>13</b>
<b>Figure 1.10.</b> Distillateur à cascade	<b>14</b>
<b>Figure 1.11.</b> Distillateur solaire à mèche	<b>15</b>
<b>Figure 1.12.</b> Distillateur à cheminé	<b>15</b>
<b>Figure I.13.</b> Schéma concentrateur Solari parabolique	<b>17</b>
<b>Figure I.14.</b> Schéma concentrateur Solari parabolique	<b>18</b>
<b>Figure I.15.</b> Angle d'ouverture d'une parabole en fonction de la distance focale	<b>18</b>
<b>Figure .II .1</b> Appareil de distillation solaire Shima	<b>23</b>
<b>Figure .II .2:</b> Photo du distillateur solaire avec tous ses composants	<b>24</b>
<b>Figure II.3:</b> Courbe montrant la forme de le parabole	<b>26</b>
<b>Figure II.4:</b> concentrateur parabolique solaire	<b>26</b>
<b>Figure II.5 :</b> Le support de concentrateur parabolique solaire	<b>27</b>
<b>Figure II.6.</b> Deux photos montrant le distillateur et son schéma de principe	<b>28</b>
<b>FigureII.7 :</b> Image de récepteur	<b>29</b>
<b>Figure II .a.</b> écran LCD 24*4	<b>30</b>
<b>Figure II.b.</b> Carte Arduino NANO	<b>30</b>
<b>Figure II. c .</b> Vanne électrique	<b>30</b>
<b>Figure II.d .</b> capteur de température	<b>30</b>
<b>FigureII.8.:</b> écran LCD et arduino	<b>31</b>
<b>FigureII.9.</b> Vanne électrique et capteur de température	<b>31</b>
<b>FigureII.10.</b> Shima électrique la carte électronique	<b>32</b>
<b>FigureII.11</b> Programmation de la carte électronique avec l'application Arduino IDE	<b>33 -34</b>
<b>FigureIII.1</b> Instruments des mesures	<b>37</b>
<b>Figures III.5.</b> Eau huileuse avant et après le processus de distillation solaire	<b>45</b>
<b>Figures III.6.</b> Défauts de dimensions au centre de la parabole solaire	<b>46</b>
<b>Figures III.7.</b> Où la fuite s'est produite	<b>47</b>
<b>Figures III.8.</b> Lieu de fuite dans le distillateur	<b>48</b>

## Liste des tableaux

<b>Titre de tableau</b>	<b>N° de page</b>
<b>Tableau I.1:</b> Taille des gouttelettes dans le mélange E/H	7
<b>Tableau I.2:</b> des paramètres concentrateur Solari parabolique	19
<b>Tableau .II.</b> Données climatiques et géographique	22
<b>Tableau .II.1.</b> Données concentrateur parabolique solaire	25
<b>Tableau II.2.</b> Donnés de concentrateur parabolique	27
<b>Tableau II.3.</b> Donnés de réservoir	28
<b>Tableau II.4</b> Caractéristiques du récepteur	29
<b>Tableau III.1</b> Condition météorologiques	36
Tableau III.2. Les mesures du jour (26/05/2024)	38
Tableau III.3. Les mesures du jour (27/05/2024).	40
<b>Tableau III.4.</b> Les mesures du jour (28/05/2024).	42
<b>Tableau III.6.</b> La quantité d'huile obtenue par distillation	44

## Liste de l'abréviation, notion et symboles

<b>T(c°)</b>	Température
<b>T e (c°)</b>	Température d'eau entre
<b>T s (c°)</b>	Température d'eau sorte
<b>T a(c°)</b>	Température ambiante
<b>T c(c°)</b>	Température réception
<b>V(m/s)</b>	Vitesse du vent
<b>G (w/m<sup>2</sup>)</b>	Radiation solaire
<b>m (kg)</b>	la masse de la substance
<b>Cp ( J/kg·°C).</b>	la capacité thermique massique

## Paramètres concentrateur Solari parabolique

<b>P : Paramètre de la parabole</b>	[m]
<b>h : Profondeur concentrateur solaire</b>	[m]
<b>D : Diamètre de la parabole</b>	[m]
<b>f : distance focale= p/2</b>	[m]
<b>S<sub>x</sub> : surface de la parabole</b>	[m <sup>2</sup> ]
<b>A<sub>p</sub> : surface d'ouverture d'une parabole</b>	[m <sup>2</sup> ]
<b>Ψ : angle d'ouverture d'une parabole</b>	[degré]

# **Introduction général**

## **Introduction générale**

À l'échelle mondiale, la demande d'eau potable de bonne qualité augmente considérablement. L'eau est un élément vital pour les organismes vivants. C'est la boisson naturelle par excellence et une ressource essentielle à la vie. L'eau joue un rôle crucial dans de nombreuses utilisations diverses de tous les organismes vivants connus. La nécessité de fournir cette eau est devenue plus importante dans divers domaines de la vie en raison de l'augmentation continue de la population et de l'amélioration du niveau de vie. [1]

En fait, la croissance démographique rapide et les besoins croissants en eau de l'industrie et de l'agriculture exercent une pression croissante sur les sources d'eau douce. Dans cette optique, le dessalement de l'eau légèrement salée ou de l'eau de mer par distillation solaire apparaît comme une solution innovante qui pourrait contribuer à fournir de l'eau potable, notamment dans les régions arides et semi-arides. La distillation solaire de l'eau légèrement salée constitue une alternative efficace pour les zones rurales qui ont besoin d'une source d'énergie décentralisée, où l'eau potable est insuffisante et l'énergie solaire abondante. La distillation solaire est considérée comme l'une des solutions possibles pour compenser cette pénurie d'eau dans ces zones. [2]

Ce travail expérimental porte principalement sur l'étude de la distillation solaire comme moyen de dessalement. Cette étude est divisée en trois sections principales comme suit:

Dans la première partie de l'étude, nous présentons le cadre théorique qui comprend une définition complète de l'eau, y compris l'eau huileuse, les méthodes de traitement et le phénomène de distillation solaire. Nous fournissons également des informations générales sur les distillateurs solaires et leurs types, en plus d'une étude théorique de la conception d'une parabole à énergie solaire concentrée. Cette section comprend une explication sur la façon de concentrer la lumière du soleil à l'aide d'une assiette pour atteindre des températures élevées adaptées au processus de distillation.

Dans la deuxième partie, nous avons détaillé le dispositif utilisé dans les expériences, en précisant ses dimensions et ses composants. Cette partie comprend également une explication du système de contrôle automatique de l'appareil et comment l'ajuster pour obtenir des performances optimales dans le processus de distillation solaire. L'accent est mis sur la conception technique du dispositif pour garantir une haute efficacité dans la collecte et la concentration de l'énergie solaire.

Quant à la troisième partie, qui est la partie expérimentale, nous avons discuté des résultats obtenus grâce à des expériences sur le terrain. Nous analysons les performances réelles de l'appareil dans diverses conditions environnementales et identifions les problèmes techniques rencontrés et les moyens de les résoudre. Cette section comprend une évaluation complète de l'efficacité de la distillation solaire pour séparer l'eau du pétrole et des méthodes de traitement de l'eau.

Cette étude vise à apporter des solutions durables pour traiter et purifier l'eau, extraire des matières réutilisables comme le pétrole et préserver l'environnement des risques de contamination des eaux polluées.

# Chapitre I

Eau, distillateurs solaires et  
concentrateur parabolique  
solaire

## **I.1. Introduction**

En 1872, des réalisations remarquables ont été accomplies dans le domaine de la distillation solaire près de Las Salinas, dans le nord du Chili. L'ingénieur suédois Carlos Wilson a été chargé de concevoir un modèle de distillateur solaire, et il a fabriqué un modèle contenant une surface vitrée de 5000 mètres carrés, produisant environ 20 mètres cubes d'eau douce par jour à partir d'eau salée, qui contenait 140 grammes par litre.[3]

La distillation solaire est une technique utilisant l'énergie solaire pour dessaler l'eau salée ou contaminée. Elle est considérée comme l'une des plus anciennes techniques utilisées pour dessaler l'eau, remontant à plusieurs siècles. Ce système repose sur la conversion de l'énergie solaire en chaleur, puis sur l'utilisation de cette chaleur pour évaporer l'eau, suivie de la condensation de la vapeur d'eau pure pour obtenir de l'eau douce.

Le distillateur solaire est une solution écologique et économique pour fournir de l'eau potable dans les régions reculées ou dans les environnements dépourvus de sources d'eau douce. De plus, la distillation solaire ne dépend pas de l'utilisation de combustibles fossiles ou de produits chimiques nocifs, ce qui en fait une option durable et sûre pour l'environnement.

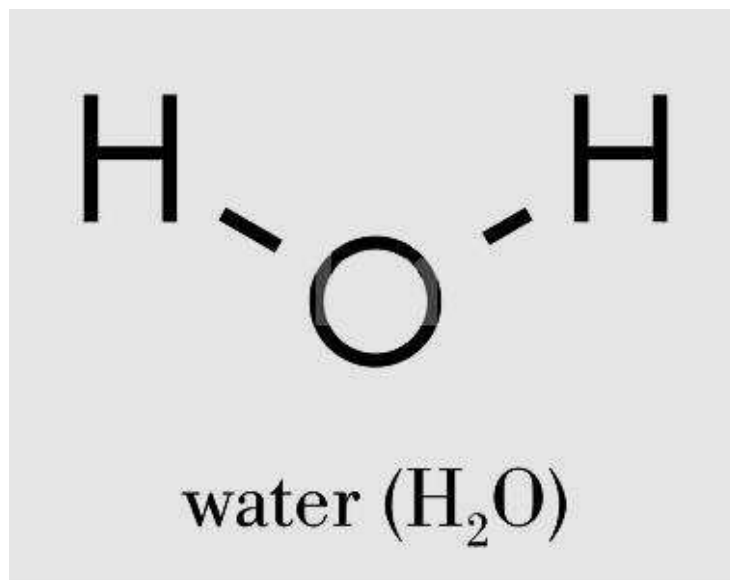
Les types de distillateurs solaires utilisés actuellement comprennent les distillateurs plats et les distillateurs concentrés. Chacun d'eux repose sur des conceptions différentes pour collecter l'énergie solaire et la convertir en chaleur, permettant ainsi la désaliénation de l'eau.

Les techniques de distillation solaire ont évolué au fil des ans pour devenir plus efficaces et plus performantes, en faisant un moyen important de fournir de l'eau potable dans les environnements

## I.2 Définition de l'eau

L'eau est une substance chimique composée de deux éléments : l'hydrogène et l'oxygène. Elle se trouve dans la nature sous forme liquide, solide et gazeuse. À température ambiante, l'eau est incolore, inodore et insipide. L'eau est l'un des composés chimiques les plus abondants dans la nature et constitue l'une des substances les plus essentielles à la vie. Elle est un excellent solvant pour de nombreuses substances chimiques nécessaires aux processus vitaux des organismes, comme les processus biologiques qui dépendent des solutions aqueuses, tels que le sang et les sucs digestifs. [4]

Une molécule d'eau est composée de deux petits atomes d'hydrogène chargés positivement et d'un grand atome d'oxygène chargé négativement, ce qui en fait une molécule polaire. Cette polarité détermine comment l'eau interagit avec d'autres composés [5].



**Figure I.1.** Images montrant les liaisons de l'eau [6]

### **I.3. Types d'eau**

#### **➤ Eaux marines**

L'eau de mer est l'eau salée présente dans les océans et les mers, contenant une concentration élevée de sels dissous, notamment du chlorure de sodium, ainsi qu'une variété de minéraux tels que le magnésium, le calcium et le potassium. L'eau de mer représente environ 97,5 % de l'eau totale de la Terre, ce qui en fait la principale source d'eau de la planète. Elle est utilisée dans de nombreuses applications, y compris le dessalement pour produire de l'eau potable, la pêche, le transport maritime et diverses industries.[7]

#### **➤ Eaux saumâtres**

Le terme « eaux moins salées » désigne des eaux salées non potables dont la salinité est inférieure à celle de l'eau de mer. La plupart de ces eaux contiennent entre 1 et 10 grammes de sels par litre. Elles peuvent être des eaux de surface, mais sont le plus souvent des eaux souterraines qui se sont enrichies en sels en dissolvant ceux présents dans les sols qu'elles traversent. La composition des eaux moins salées varie en fonction de la nature des sols et de la vitesse de circulation de l'eau dans ces sols. Les principaux sels dissous dans ces eaux comprennent le  $\text{CaCO}_3$ , le  $\text{CaSO}_4$ , le  $\text{MgCO}_3$  et le  $\text{NaCl}$ . [8]

#### **➤ Eaux potable**

L'eau potable peut être définie comme l'eau utilisée pour boire, cuisiner, laver les légumes et les fruits, préparer les aliments et les boissons, ou plus généralement, celle utilisée dans les foyers. L'eau potable doit être exempte de microbes et de tout agent pathogène, et contenir une quantité définie de sels minéraux essentiels. Les substances présentes couramment dans l'eau potable incluent les cations tels que le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) et le sodium ( $\text{Na}^+$ ), ainsi que les anions comme les carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ), les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) et les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). [9]

#### **➤ Eaux usées**

Les eaux usées sont l'eau définie comme résultant de l'utilisation humaine, comme l'eau utilisée dans les maisons, les usines, etc. Cette eau est un mélange de composants organiques et inorganiques, de produits chimiques, de bactéries et de virus. Cette eau est collectée via un système d'égouts. Être utilisé. Il est traité dans des stations d'épuration avant d'être réutilisé et éliminé dans l'environnement.

### **I.4. Répartition de l'eau sur La terre**

L'eau recouvre 71 % des 510 millions de  $\text{km}^2$  de la surface terrestre, ce qui vaut à la Terre son surnom de planète bleue. On estime le volume total d'eau à environ 1,4 milliard de  $\text{km}^3$ , soit l'équivalent d'un cube de plus de 1 000 km de côté. Ce volume d'eau reste stable au fil des âges.



La majeure partie de cette eau, soit 97,2 %, est salée et se trouve principalement dans les océans, les mers intérieures, ainsi que dans certaines nappes souterraines. L'eau douce ne représente que 2,8 % de l'eau totale de la planète. Parmi cette petite fraction, les glaces polaires constituent 2,1 % et l'eau douce accessible représente seulement 0,7 %.

Bien que l'eau soit abondante à la surface de la Terre, il est important de noter qu'elle est également présente à diverses profondeurs et à toutes températures au sein de la planète. Dans ces conditions, elle joue un rôle crucial, influençant la formation des reliefs, le mouvement des plaques tectoniques, la transformation des magmas et des roches, ainsi que la géothermie.[10]



Figure I. 2. Images montrant la quantité d'eau dans le monde [11]

## I.5. Les eaux huileuses

### I.5.1. Définition des eaux huileuses

Les eaux usées générées par divers processus industriels peuvent contenir plusieurs émulsions, telles que l'eau dans l'huile (E/H). Les eaux contenant des huiles sont souvent présentes sous forme émulsifiée et nécessitent une compréhension approfondie de leurs propriétés physiques et de leur composition chimique pour être en mesure de rompre l'émulsion et éliminer les huiles. Les huiles présentes dans les eaux usées peuvent être d'origine minérale, animale ou végétale, et sont généralement classées en quatre catégories en fonction de leur forme physique. [12]

**Tableau I.1:** Taille des gouttelettes dans le mélange E/H [13]

Type	d'huile Diamètre des gouttelettes Ds (µm)
Huile libre ( flottante)	$\geq 150$
Huile disperse	<b>0-150</b>
Huile émulsifiée	$2 \leq 20$
Huile dessolute	$\leq 5$

### **I.5.2. Méthodes de traitement des eaux grasses**

Le traitement des eaux huileuses et des eaux usées industrielles nécessite des mécanismes différents et multiples, et se divise en plusieurs méthodes, parmi lesquelles nous mentionnons

### **I.5.3. Méthodes de traitement physique ou mécanique**

Les méthodes basées sur les forces naturelles et physiques sont les méthodes les plus anciennes et les plus importantes utilisées pour le traitement des eaux usées et jouent encore aujourd'hui un rôle important. Ces méthodes impliquent un certain nombre de processus visant à éliminer les polluants et à améliorer la qualité de l'eau. Les principaux parmi ces processus sont:

**Séparation et filtration :** Pour éliminer les grosses particules et les impuretés solides de l'eau.

**Sédimentation :** Séparer les solides lourds de l'eau par gravité.

**Filtration :** L'eau passe à travers un matériau poreux pour éliminer les fines particules.

**Floculation :** Utilisation de substances chimiques pour combiner de petites particules en amas plus gros.

**Flottation :** Faire flotter des solides à la surface en introduisant de l'air dans l'eau afin qu'ils puissent être facilement éliminés.

**Fractionnement de l'huile :** processus d'élimination de l'huile et de la graisse de l'eau.

**Clarification :** Améliorer la clarté de l'eau en éliminant les matières en suspension.

**Aération :** Introduire de l'oxygène dans l'eau, améliorant ainsi la décomposition des matières organiques par les bactéries lors du traitement biologique.

Ces processus sont nécessaires pour garantir un traitement efficace et une amélioration de la qualité des eaux usées avant qu'elles puissent être réutilisées ou rejetées dans le milieu naturel.[14]

### **I.5.4. Méthodes de traitement chimique**

Les méthodes de traitement chimique des eaux usées industrielles incluent l'ajout de produits chimiques et reposent sur des réactions chimiques visant à éliminer les polluants ou à les transformer en substances facilement séparables. Parmi les méthodes chimiques les plus couramment utilisées dans ce domaine, on trouve la précipitation et l'adsorption.

#### **➤ Précipitation chimique**

La précipitation chimique se fait par la formation d'un précipité chimique. Ce précipité contient souvent les composants qui ont réagi avec les produits chimiques ajoutés, ainsi que d'autres composants pouvant se séparer pendant la précipitation.

#### **➤ Adsorption**

L'adsorption repose sur la force d'attraction entre les particules pour éliminer certains composés en les faisant adhérer à la surface des matériaux solides.

Les processus chimiques visent également à :

- Réguler la valeur du( pH).
- Ajouter des substances inhibitrices de formation de tartre et de dépôts.
- Oxydation.
- Élimination des métaux lourds.
- Élimination des substances toxiques.

Le traitement chimique est souvent accompagné de méthodes de traitement physique et peut également nécessiter certaines méthodes de traitement biologique pour garantir une élimination efficace des polluants.[15]

### **I.5.5. Méthodes de traitement biologique**

Les méthodes de traitement biologique reposent sur l'activité biologique pour éliminer les polluants organiques biodégradables (moussants ou dissous). Ce processus transforme les polluants en gaz qui se dissipent dans l'air extérieur ou en une masse de cellules biologiques (boues). Ces méthodes servent également à éliminer les nutriments tels que l'azote et le phosphore, le phosphore pouvant être éliminé par précipitation.

Les boues sédimentées dans les bassins de décantation finale sont recyclées dans les bassins d'aération, servant de milieu pour le processus d'oxydation organique. Un brassage continu est maintenu pour éviter la

sédimentation dans le bassin, empêchant l'accumulation de dépôts et assurant l'efficacité du processus d'oxydation, tout en évitant l'activation des bactéries anaérobies dans la zone de sédimentation. Les unités de traitement biologique sont suivies de bassins de décantation finale pour éliminer les matières en suspension oxydées. L'eau résultante de ces processus contient peu de matières en suspension et présente de faibles valeurs de demande biologique en oxygène (DBO)

Les méthodes de traitement biologique peuvent être aérobies ou anaérobies et comprennent de nombreux processus, plusieurs méthodes pouvant être utilisées dans une station de traitement pour atteindre les résultats souhaités.[14]

### **I.6. Concentrateur**

Ces capteurs utilisent des surfaces réfléchissantes paraboliques pour concentrer les rayons solaires sur un foyer où se trouve un récepteur (ou absorbeur) qui capte ainsi la chaleur solaire concentrée. Évidemment, ces concentrateurs doivent suivre le mouvement du soleil. Les systèmes à réflecteur parabolique sont capables d'atteindre des températures élevées, allant jusqu'à 1500°C, au niveau du récepteur. [16]



**Fig1.3.** concentrateur parabolique

### **I.7. Distillateurs**

Un distillateur est un appareil utilisé pour séparer les produits chimiques les uns des autres en fonction de leurs différents points d'ébullition. Le dispositif de distillation se compose d'un ballon contenant la substance à distiller, d'une source de chaleur pour la chauffer, d'un condenseur pour refroidir la vapeur résultante et d'un récipient pour collecter la substance distillée. Il existe

différents types de distillateurs utilisés à des fins différentes, telles que la distillation simple, la distillation fractionnée, la distillation à la vapeur et la distillation sous vide.[17]

### I.7.1. L'histoire de Distillateur solaire

La distillation solaire remonte à des milliers d'années, des premiers marins grecs aux alchimistes perses. La technique a été utilisée pour produire de l'eau douce et des distillats médicaux, et les alambics solaires ont en fait été la première méthode largement utilisée pour traiter l'eau polluée sous une forme potable [18]. Mais la plus grande réalisation a eu lieu en 1872 près de Las Salinas, dans le nord du Chili. Le modèle a été fabriqué par Carlos Wilson, un ingénieur suédois avec une surface vitrée de 5000 mètres carrés, produisant environ 20 mètres cubes d'eau douce par jour à partir d'eau salée contenant 140 g/L. Ce système a été utilisé jusqu'en 1910 en raison de la crise de l'accumulation rapide de sels dans le bassin, qui a nécessité un nettoyage régulier de l'appareil de distillation. La durée de la distillation solaire est minime entre 1880 et la Première Guerre mondiale. Dans les années 1920, Koch a fabriqué des réflecteurs métalliques pour concentrer la lumière du soleil [19].

### I.7.2. Définition

Un distillateur solaire est un dispositif technique qui utilise l'énergie solaire pour convertir l'eau salée ou polluée en eau pure potable. Les distillateurs solaires sont fabriqués à partir de matériaux transparents tels que le verre, ce qui permet le passage des rayons du soleil à l'intérieur de l'appareil. Ces rayons chauffent l'eau présente à l'intérieur du distillateur, provoquant son évaporation et la montée de la vapeur vers la partie supérieure du distillateur, appelée le condenseur. Là, la vapeur perd sa chaleur en entrant en contact avec une surface froide et se transforme à nouveau en liquide, laissant les impuretés et les substances dissoutes derrière elle. L'eau pure condensée se rassemble à la surface froide et descend dans un récipient spécifique.[20]

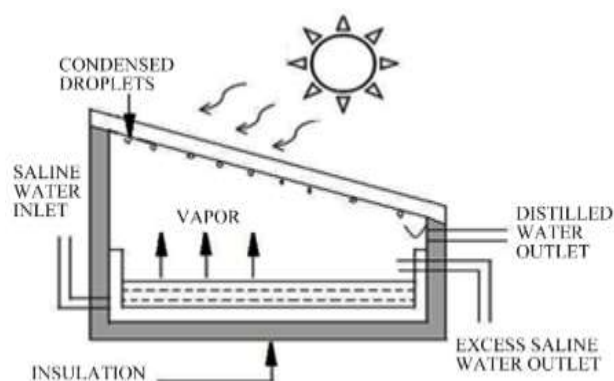


Figure I.4. Principe de fonctionnement d'un distillateur solaire

### I.7.3. Types de distillateurs solaires

#### I.7.3.1. Distillation solaire à effet de serre

##### ➤ Distillateurs simples

Les distillateurs solaires simples sont parmi les distillateurs les plus largement utilisés et répandus dans le monde. Ils se composent d'un réservoir rempli d'eau salée colorée en noir pour absorber le maximum de rayonnement solaire, recouvert d'un verre plat et incliné permettant à la vapeur de se condenser à l'intérieur du couvercle en verre. Leurs avantages résident dans leur facilité d'installation et de maintenance, ainsi que leur prix abordable. Cependant, leurs inconvénients comprennent une production très faible d'eau potable en raison d'une efficacité réduite. Il existe plusieurs modèles de ce type de distillateurs solaires [21].

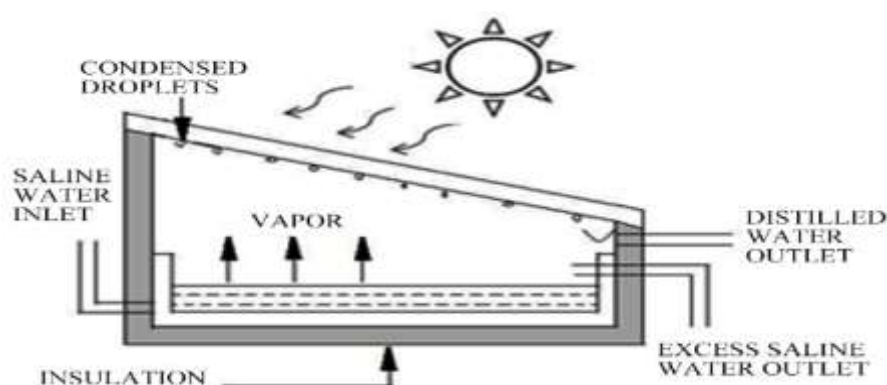


Figure I.5. Distillateur a pente unique

##### ➤ Distillateur a double

Un appareil de distillation avec deux collecteurs, chacun incliné selon un angle. L'un de ses avantages est que l'un d'eux est orienté vers le soleil et l'autre vers l'ombre pour augmenter la zone de captation du rayonnement solaire et accélérer le processus de condensation [21].

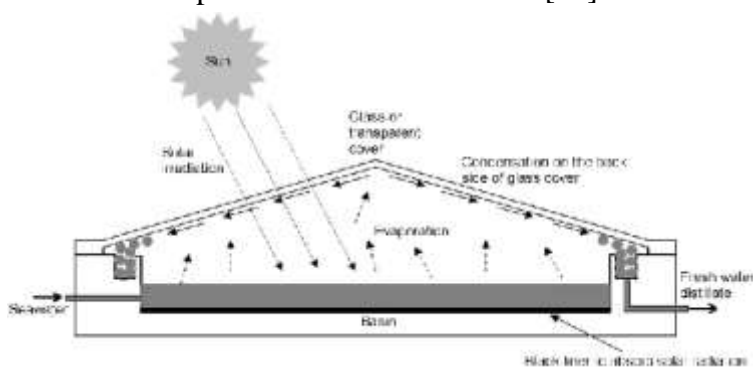


Figure I.6. Distillateurs à double pentes

## ➤ Distillateur sphérique

Il se présente sous la forme d'une boule de verre transparente et à l'intérieur se trouve un bassin circulaire de couleur noire qui agit comme un absorbeur de rayonnement thermique. On y place de l'eau salée pour l'évaporer. Ensuite, la vapeur montante se condense jusqu'à toucher la surface intérieure du verre, puis elle est collectée au bas de la forme sphérique. Pour rendre le verre transparent, du verre est utilisé sur la surface intérieure. Scanner entraîné en rotation par un moteur électrique en haut de l'alambic.[22]

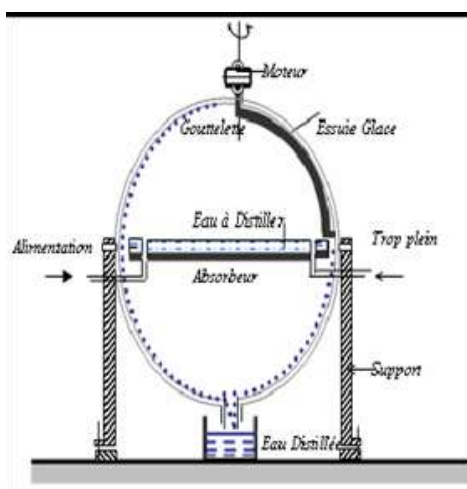
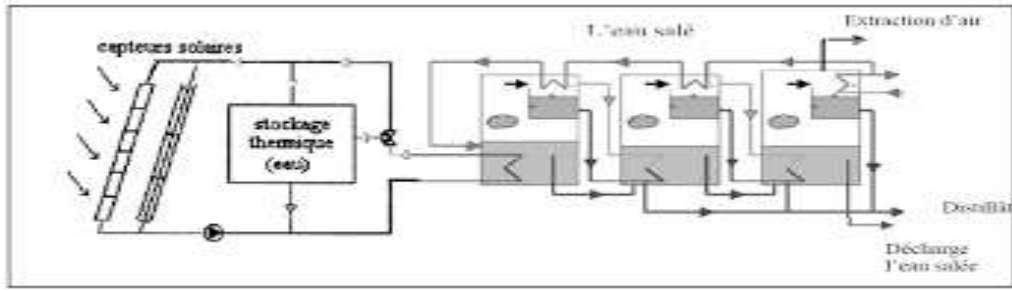


Figure I.7. Le distillateur sphérique

## ➤ Distillation aux effets multiples

Le premier utilise des tubes verticaux et le second utilise à la fois des tubes verticaux et horizontaux. L'utilisation de tubes horizontaux permet de réduire la résistance au pompage et d'augmenter le coefficient global d'échange thermique. Ce procédé consiste en une série d'effets successifs où la vapeur produite dans un effet est utilisée pour chauffer l'eau du prochain effet en se condensant, tandis que l'apport thermique initial est fourni au premier effet (le bouilleur). En raison de sa simplicité et de sa souplesse de fonctionnement, ce procédé est particulièrement adapté à l'utilisation de l'énergie solaire. Cette adaptation peut se faire soit avec des capteurs solaires plats pour les petites unités, soit avec des concentrateurs solaires pour des capacités plus importantes. Un stockage thermique est souvent utilisé, sous forme de réservoir d'eau chaude, pour assurer une certaine autonomie de fonctionnement en continu ou intermittent.[23]



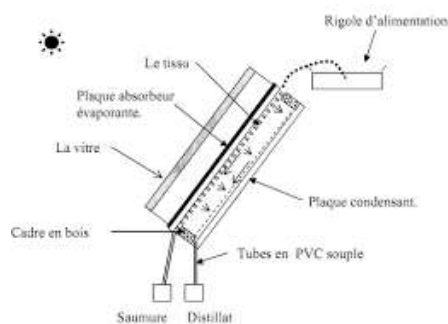
**Figure I.8.** Schéma d'une installation de dessalement par multiple-effets accouplés à des capteurs solaires

### I.7.3.2. Distillation solaire à multiples effets

#### ➤ Distillateur solaire à film capillaire:

Il est constitué d'une très fine couche de tissu à mailles fines, imbibée d'eau, qui maintient le contact avec la plaque qui fait office d'évaporateur. Les forces de tension superficielle, bien supérieures aux forces gravitationnelles, jouent un rôle très important dans la formation du film capillaire, qui présente une faible inertie thermique, en empêchant toute formation de bulles d'air. Le dispositif de distillation est constitué d'un ensemble d'éléments : le capteur - l'évaporateur, le condenseur et la source d'énergie thermique.

La première cellule capte le rayonnement solaire traversant la couverture. La vapeur se condense sur la paroi opposée et la chaleur générée par cette condensation permet de s'évaporer le film qui s'écoule de l'autre côté de la même paroi [24].



**Figure.I.9.** Distillateur à film capillaire



## ➤ Distillateur solaire incline à cascade

Est un appareil qui exploite le principe de l'évaporation et de la condensation. Le système se compose d'une série de surfaces inclinées ressemblant à des marches qui captent l'énergie solaire. Ces surfaces sont souvent recouvertes de matériaux spéciaux favorisant l'évaporation de l'eau. Généralement, l'eau à purifier est placée en haut de cette série de surfaces inclinées.

Lorsque le soleil chauffe ces surfaces, l'eau s'évapore, laissant derrière elle les impuretés. Le vapeur d'eau ainsi produite se condense sur des surfaces plus froides (habituellement situées en bas) et se transforme en eau pure. Ce processus de condensation produit de l'eau propre et potable, tandis que les impuretés restent séparées.

La pente en cascade permet à l'eau de passer par plusieurs étapes de purification, augmentant ainsi l'efficacité de l'énergie solaire pour produire de l'eau potable à partir de sources initialement non potables. Ces systèmes sont souvent utilisés dans les zones où l'accès à de l'eau potable est limité ou lorsque les sources d'eau sont contaminées.[24]

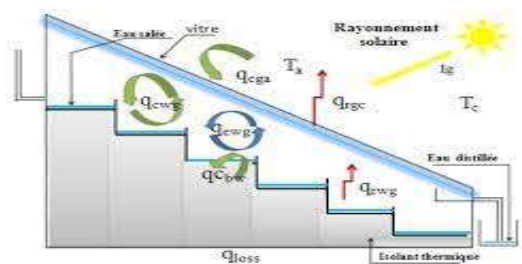
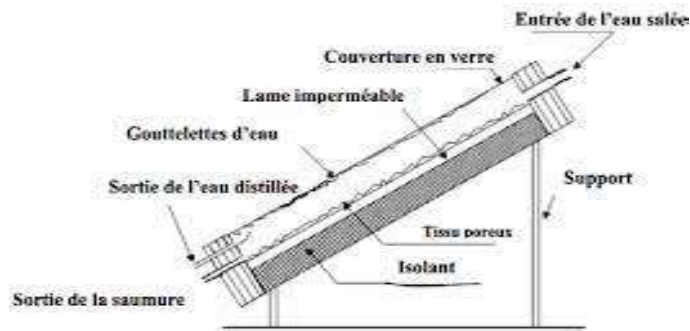


Figure I.10. Distillateur à cascade

## ➤ Distillateur à mèche

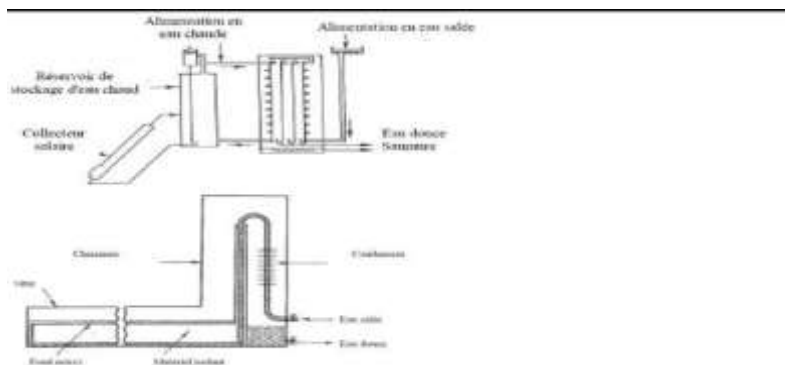
Distillateur à mèche d'un étage se compose de deux panneaux métalliques d'aluminium, de cuivre ou d'acier et d'une panne qui reçoit le rayonnement solaire est considéré comme froid pour augmenter la température de ce panneau correspondant qui est plus froid que le premier, ainsi que le cadre en bois épais de la boîte pour l'analyse de la vapeur, le système d'alimentation fonctionne avec une particulaire et les deux émissions sont l'une pour la purification de l'eau et l'autre pour le résultat [25].



**Figure I.11.** Distillateur solaire à mèche

### ➤ Distillateur solaire à cheminée

Un distillateur solaire à cheminée, également connu sous le nom de distillateur solaire à tour, est un dispositif conçu pour produire de l'eau potable en utilisant l'énergie solaire. Ce système fonctionne en exploitant l'énergie solaire pour chauffer de l'air, créant ainsi une différence de pression à l'intérieur du distillateur. Cette différence de pression entraîne le déplacement de l'air à travers le système, passant par une zone de condensation où la vapeur d'eau se transforme en liquide. En fin de compte, cela produit de l'eau potable propre [25].



**Figure 1.12.** Distillateur à cheminée

## I.8. Dimensions

Dans cette partie, nous étudierons les dimensions et mesures du distillateur solaire, du concentrateur solaire et de l'échangeur de chaleur, ainsi que les étapes les plus importantes à suivre.

### I.8.1 Concentrateurs solaires

La technologie du concentrateur solaire permet une exploitation généralisée de l'énergie solaire. Elle concentre le rayonnement solaire par le processus de réflexion dans une petite zone absorbante, où elle réduit les pertes thermiques et augmente ainsi l'efficacité et élève la température du fluide de chargement. Elle se distingue par le fait qu'il utilise uniquement le rayonnement solaire direct, ce qui nécessite un système de suivi solaire continu [26].

## **I.8.2 Histoire des concentrateurs solaires**

L'utilisation du rayonnement solaire concentré remonte à 212 avant JC, lorsqu'Archimède brûlait les navires romains avec des centaines de boucliers polis (miroir concave) en le dirigeant vers leur flotte navale <sup>[12]</sup>. Au deuxième siècle avant JC (295-375), le mathématicien grec Dioclès a décrit les propriétés optiques d'un creux parabolique (PT. [27]).

Au XVIIIe siècle, on utilisait des fours solaires, dont l'un fut conçu par le Français (Lavoisier) en 1774. La température du four atteignait 1750 pour faire fondre les métaux en concentrant le rayonnement solaire à l'aide de fer, de verre poli, de lentilles et de miroirs [28]

## **I.8.3 Dimensions concentrateur parabolique**

### **➤ Equation d'une parabole**

Si la parabole est donnée par son foyer F qui a pour coordonnées (0, p/2 ) et une directrice, qui a pour équation  $y = -p/2$  (on appelle p : Paramètre de la parabole), l'équation de la parabole sera [28]

$$y = x^2/(2*p)$$

### **➤ Caractéristiques d'une parabole**

Deux paramètres permettent de décrire complètement une parabole et de fixer ses

Dimensions :

-Le coefficient « p » est responsable de l'ouverture de la parabole, il intervient dans

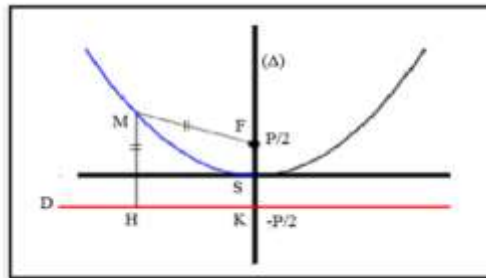
L'équation de la parabole génératrice du paraboléide. Plus le paramètre "p"

Augmente, plus l'ouverture de la parabole est petite donc la parabole devient plate, et

Inversement plus « p » diminue plus l'ouverture est grande et la parabole devient

Profonde. Ce paramètre règle donc la profondeur de la parabole.

-Le diamètre D : vu de haut, la parabole présente une ouverture circulaire dont le diamètre est D [28].



**Figure I.13.** Schéma concentrateur Solari parabolique

➤ **La profondeur d'une parabole (taille)**

La taille de la courbe ou la profondeur de la parabole peut être définie comme la distance maximale depuis le sommet jusqu'à une ligne tracée à travers l'ouverture de la parabole. Elle est définie par [29].

$$h = D^2 / 16f$$

D : diamètre de la parabole

f : distance focale

$$f = p/2$$

➤ **Surface d'une parabole**

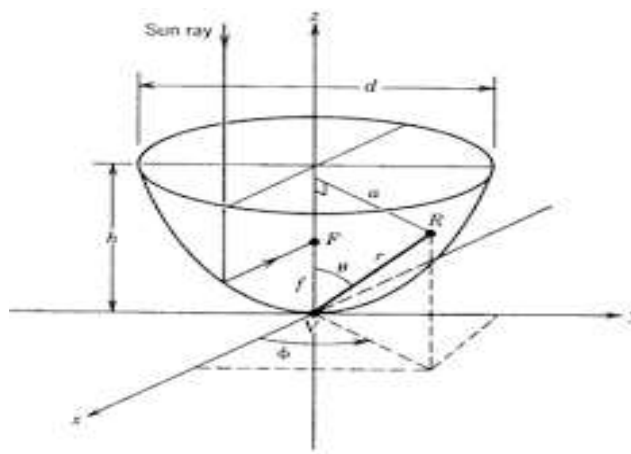
La surface de l'espace enfermé entre une parabole et une ligne à travers son ouverture est donnée par [29]

$$Sx = 2/3 \pi \sqrt{2f} [(2h + 2f)^{3/2} - 2f^{3/2}]$$

➤ **Surface d'ouverture d'une parabole**

La surface d'ouverture d'une parabole est la surface du disque supérieur de la parabole, elle se calcule par la formule suivante [30].

$$Ap = \pi * D^2 / 4$$

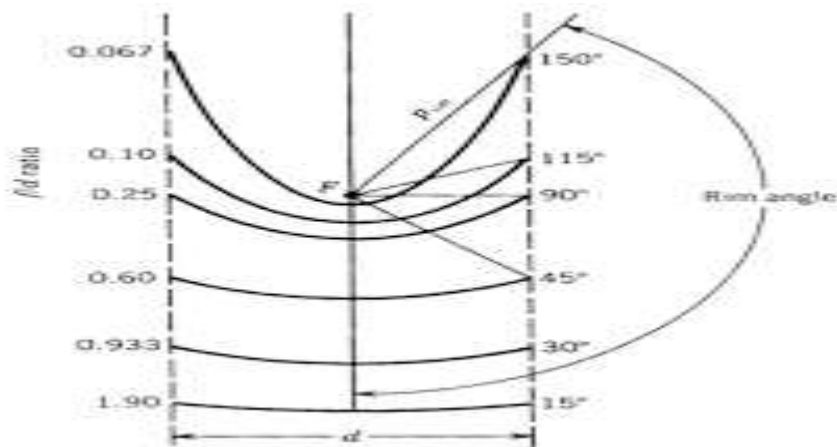


**Figure I.14.** Schéma concentrateur Solari parabolique

➤ **Angle d'ouverture d'une parabole**

L'angle d'ouverture d'une parabole augmente avec la diminution de la distance focale et devient plus petit avec l'augmentation de  $f$ . Plus  $f$  augmente, plus l'angle est petit, donc la parabole est relativement plate [31].

$$\tan \psi_p = \frac{1}{(d/8h) - (2h/d)}$$



**Figure I.15.** Angle d'ouverture d'une parabole en fonction de la distance focale

## I.9.Absorbeur

Le récepteur doit être capable d'absorber efficacement le flux solaire concentré et de le convertir en énergie thermique, qui est ensuite transférée à un fluide spécifique (liquide ou gaz). Pour ce faire, la surface du récepteur doit présenter plusieurs caractéristiques essentielles

- Une excellente conductivité thermique afin de faciliter le transfert de chaleur vers le fluide.
- Un facteur d'absorption aussi proche de l'unité que possible pour maximiser l'absorption du rayonnement solaire.
- Une résistance chimique élevée vis-à-vis du fluide utilisé pour assurer une durabilité à long terme.

Il est crucial que le récepteur soit fabriqué en métal, car seuls les métaux présentent des coefficients de conduction thermique élevés. Par exemple, le cuivre affiche une conductivité thermique de 360 W/m.K, l'aluminium de 200 W/m.K, et l'acier de 60 W/m.K. Ainsi, l'utilisation d'un matériau métallique garantit une efficacité optimale dans le transfert de chaleur du récepteur au fluide de travail. [30]

**Tableau I.2:** Paramètres concentrateur Solari parabolique

P : Paramètre de la parabole	[m]
h : Profondeur concentrateur solaire	[m]
D : Diamètre de la parabole	[m]
f : distance focale= p/2	[m]
$S_x$ : surface de la parabole	[m <sup>2</sup> ]
$A_p$ : surface d'ouverture d'une parabole	[m <sup>2</sup> ]
$\Psi$ : angle d'ouverture d'une parabole	[degré]

## I.10. Distillateur

### I.10.1. Principe de fonctionnement d'un distillateur solaire

Bien que les distillateurs solaires fonctionnent sur le même principe, leur conception et leur smarte ri aux peuvent varier. Le fonctionnement d'un distillateur solaire repose sur l'effet de serre. Cette technique utilise l'énergie solaire pour chauffer de l'eau salée dans un bac couvert par une vitre inclinée. L'eau salée se

chauffe et s'évapore, avant de se condenser sur la surface intérieure de la vitre transparente. Les gouttes d'eau ainsi formées tombent dans un récupérateur situé en dessous. Il est important de nettoyer régulièrement le bac pour éliminer les sels. [32]

### **I.10.2 Composants d'un distillateur solaire**

Dans notre article, nous examinerons les composants d'un simple distillateur solaire. L'énergie solaire simple consiste en un bassin noir qui absorbe la plus grande quantité de rayonnement solaire. À l'intérieur du bassin se trouve de l'eau salée recouverte de verre. Elle doit être plate et inclinée pour que la vapeur puisse se condenser à l'intérieur du couvercle en verre et commencer ensuite à glisser dans son passage de sortie.[33]

### **I .10.3. Caractéristiques de fonctionnement d'un distillateur solaire**

#### **I .10.4. L'efficacité globale**

L'efficacité globale journalière est le rapport entre la quantité de chaleur utilisée pour l'évaporation par la quantité d'énergie globale incidente [34].

#### **I .10.5 L'efficacité interne**

L'efficacité interne est le rapport entre la quantité de chaleur utilisée pour l'évaporation unité de temps et la quantité d'énergie effectivement absorbée par la saumure par unité de temps [34]

#### **I .10.6. Performance**

Dans le souci de caractériser un distillateur d'une manière plus absolue ,nous avons été amenés à définir les facteurs de performance brut (F.P.B) et horaire (F.B.H) [35]

$$FBH = \frac{\text{Quantité d'eau produite au bout d'une heure}}{\text{Quantité d'énergie entrée au bout d'une heure}} \quad (\text{Eq.1})$$

$$FPB = \frac{\text{Quantité d'eau produite au bout de 24 heures}}{\text{Quantité d'énergie produite au bout de 24 heures}} \quad (\text{Eq.2})$$

## **I. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons mangé les types de distilles solaires, leurs propriétés et les composants de l'appareil que nous ferons avec le processus de distillation.

# Chapitre II

## **Dimensions du concentrateur parabolique solaire Avec contrôle automatique**



## II. Introduction

Les centrales solaires sont l'une des sources les plus importantes d'énergie renouvelable, utilisant l'énergie thermique du soleil et la concentrant dans un absorbeur qui absorbe ensuite la chaleur concentrée et élève la température du liquide qui y passe.

Dans ce chapitre, nous avons mené une étude appliquée sur l'appareil, ses composants et ses caractéristiques les plus importantes. Nous avons abordé le matériel utilisé, les mesures et les composants pour le construire, et nous l'expliquerons en détail dans ce chapitre.

Pour répondre à ce besoin crucial en eau propre, nous avons développé un appareil de filtration de l'eau utilisant l'énergie thermique du soleil. Cet appareil se compose d'un concentrateur solaire thermique, d'un échangeur de chaleur et d'un distillateur. Le principe de base de cet appareil est de faire évaporer l'eau pour la séparer des huiles et autres impuretés, afin d'obtenir de l'eau pure et potable pour un usage quotidien.

### II.1. Site d'expérimentation ses caractéristiques et les résultats de l'expérimentation

#### II.1.1.Présentation générale du lieu d'expérimentation (Ouargla)

Ouargla est située au nord-sud-est de l'Algérie. Elle est bordée à l'est par Touggourt qui en est distante de 160 km, à 190 km à l'ouest par Ghardaïa, et à 800 km de la capitale Alger. L'expérimentation a été menée au Pôle 3 et au Laboratoire des Energies Renouvelables de la Faculté des Hydrocarbures, des Energies Renouvelables, des Sciences de la Terre et de l'Univers de l'Université de Kasdi Merbah à Ouargla

#### II.1.2.Données climatiques et géographique

Tableau .II. Données climatiques et géographique

<b>Superficie totale</b>	<b>163233Km<sup>2</sup></b>
<b>Latitude</b>	<b>164m</b>
<b>Longitude</b>	<b>5°21Nord</b>
<b>Température</b>	<b>5-44 C°</b>
<b>Humidité</b>	<b>24-62%</b>
<b>Pluviométrie</b>	<b>20à60mm</b>
<b>Vitesse moyenne du vent</b>	<b>3.7m/s</b>

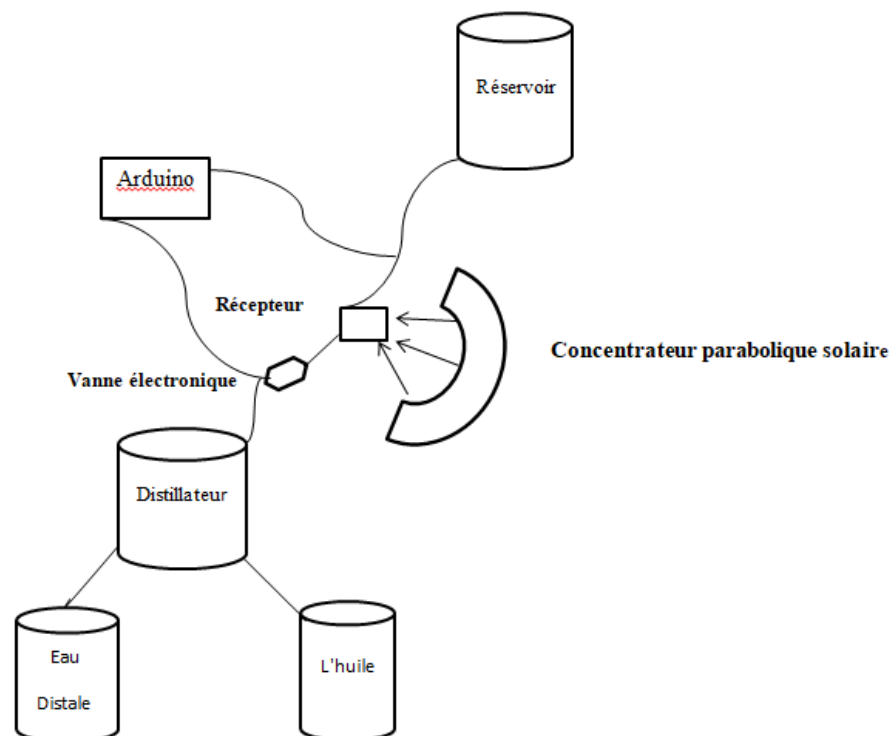
## II.2. Appareil de distillation solaire

Nous avons créé un dispositif de distillation et de filtration de l'eau alimenté par l'énergie solaire thermique, composé de

1. Réservoir
2. Absorbant
3. Centre solaire
4. Distillé
5. Système de contrôle automatisé

Le fonctionnement de notre appareil est le suivant:

Nous remplissons le réservoir avec l'eau huileuse à distiller. L'eau huileuse s'écoule du réservoir vers l'absorbant, où la température de l'absorbant est élevée à cause du centre solaire, qui réfléchit les rayons du soleil et les concentre dans l'absorbant. L'absorbant, et lorsque le liquide passe à travers l'absorbant, et ici le processus de séparation de l'eau de l'huile se produit au fur et à mesure qu'elle s'évapore. Ici, la vanne Arduino surveille la température du liquide si elle dépasse 110 degrés Celsius. , il ouvre la vanne et le flux d'huile et de vapeur chaude pour terminer son arrivée dans l'alambic. Ici, l'huile descend vers la chambre inférieure et la vapeur monte vers la chambre supérieure pour se condenser et se transformer en eau distillée.



**Figure .II .1** Appareil de distillation solaire Shima



**Figure .II .2:** Photo du distillateur solaire avec tous ses composants

### II.3.Étapes de construction

#### II.3.1 Concentrateur

Nous prenons l'angle d'ouverture comme 45 degrés et le diamètre = 1 m et :  $f/D = 0,6$

On retrouve la focale  $f = 0,6m$

#### ➤ La profondeur de notre parabole

$$h = D^2/16f$$

$$h = 1/16f = 0.104m = 10.4cm$$

#### ➤ Surface d'une parabole

$$Sx = 2/3 \pi \sqrt{2f} [(2h + 2f)^{3/2} - 2f^{3/2}]$$

$$Sx = 1.010 m^2$$

➤ **Surface d'ouverture d'une parabole**

$$A_p = \pi * D^2/4$$

$$A_p = 0.785m^2$$

➤ **Equation d'une parabole Y**

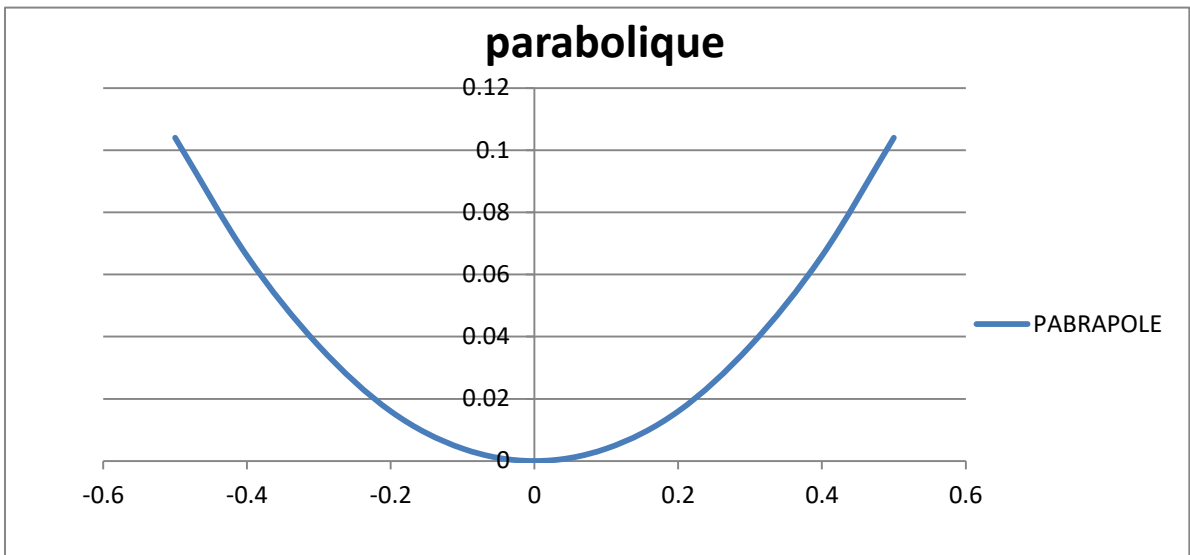
$$Y = x^2/ (2*p)$$

$$p = 2*f = 1.2m$$

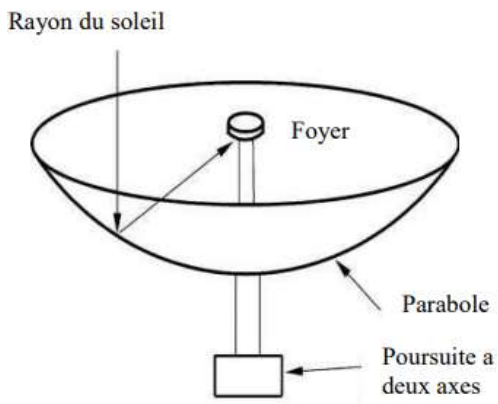
**Donc**  $Y = x^2/ 2.4$

**Tableau .II.1.** Données concentrateur parabolique solaire

X	X <sup>2</sup>	Y
0.5	0.25	0.104
0.4	0.16	0.066
0.3	0.09	0.037
0.2	0.04	0.016
0.1	0.01	0.004
0	0	0
-0.1	0.01	0.004
-0.2	0.04	0.016
-0.3	0.09	0.037
-0.4	0.16	0.066
-0.5	0.25	0.104



**Figure II.3:** Courbe montrant la forme de le parabole



**Figure II.4:** concentrateur parabolique solaire

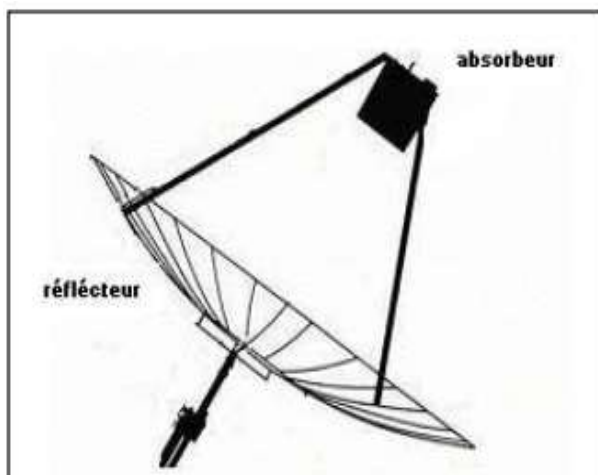
**Tableau II.2.** Données de concentrateur parabolique

<b>Diamètre de la parabole</b>	<b>D=1m</b>
<b>Taille de la parabole</b>	<b>H=0.104m</b>
<b>L'angle d'ouverture</b>	<b><math>\psi=45^\circ</math></b>
<b>Distance focal</b>	<b>F=0.6m</b>
<b>Surface d'ouverture</b>	<b>Ax=0.785m<sup>2</sup></b>

#### **II.4. Le support**

C'est un élément qui maintient l'absorbeur en place, le maintient et lui permet de tourner avec le centre suivant le soleil dans le ciel lorsqu'il se déplace [36]

La distance entre les pieds du support est de 83 cm, tandis que sa hauteur est de 60 cm

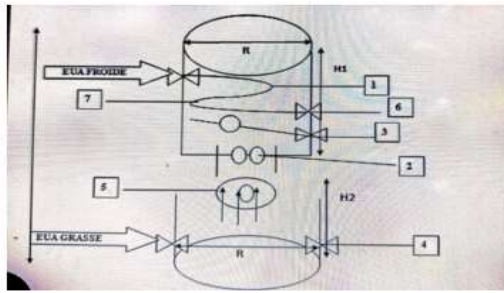


**Figure II.5 :** Le support de concentrateur parabolique solaire

#### **II.5. Distillateur**

Notre recherche se concentre sur la conception d'un réservoir comprenant deux chambres : une chambre supérieure et une chambre inférieure. Dans la chambre inférieure, un mélange de vapeur d'eau et d'huile est introduit, où il s'accumule, puis monte sous forme de vapeur vers la chambre supérieure, tandis que l'huile reste dans la partie inférieure. Ensuite, après l'ascension de la vapeur vers la chambre

supérieure, nous procédons à la condensation de la vapeur et à son refroidissement pour la transformer en eau, permettant ainsi de séparer l'eau de l'huile.



A

B

**.Figure II.6.** Deux photos montrant le distillateur et son schéma de principe

**A : Image schématique**

**B : Image réelle.**

1. Tube en spirale
2. Ouvertures d'aération
3. Robin d'eau du condenseur.
4. Robin d'huile.
5. Trou de passage de vapeur d'eau
6. Robin d'eau froide.
7. une plaque métallique aide à recueillir l'eau condensée.[30]

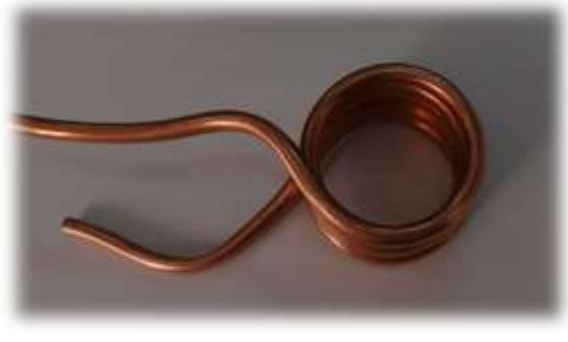
**Tableau II.3.** Donnés de réservoir

<b>Diamètre de réservoir</b>	R=0.26m
<b>Taille de réservoir H1+H2</b>	H=40cm

## II.6. Récepteur

Notre récepteur spécial est un tube en cuivre, et la raison de son choix est que le cuivre a une conductivité thermique élevée allant jusqu'à ( $\lambda= 401 \text{ W/m.K}$ ). Nous le mettons dans le poêle (l'endroit où les rayons sont focalisés) puis y faisons passer de l'eau huileuse pour le chauffer et évaporer l'eau (la longueur du tube est de 1,5 mètre et son diamètre est de 7,61 mm et la largeur du l'ouverture du tube est de 8 cm).





**Figure II.7 :** Image de récepteur

## Caractéristiques du récepteur

**Tableau II.4:** Caractéristiques du récepteur

<b>Diamètre</b>	<b>7.61mm</b>
<b>longueur</b>	<b>1.5m</b>
<b>taille de l'absorbeur</b>	<b><math>2.72 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3</math></b>
<b>Conductivité thermique</b>	<b>401W/mK</b>

## II.7. Carte électronique

Nous avons développé une carte électronique pour surveiller la température et le débit de l'eau de refroidissement dans notre appareil. Cette carte comprend deux capteurs de température, l'un installé dans le réservoir d'eau et l'autre à l'extrémité du tube en cuivre. Les capteurs sont connectés à un contrôleur Arduino pour mesurer la température de l'eau dans le réservoir et à l'extrémité du tube.

Ensuite, une vanne d'eau électronique située à l'extrémité du tube est contrôlée par l'Arduino. L'Arduino est programmé pour ouvrir la vanne lorsque la température de l'eau atteint 105 degrés Celsius, permettant ainsi à l'eau de circuler.

De cette manière, la température de l'eau dans l'appareil est automatiquement régulée selon les valeurs spécifiées, ce qui contribue à améliorer l'efficacité de fonctionnement et à garantir un fonctionnement en douceur.

### II.7.1. Composants de cartes électroniques

- LCD 24\*4
- Carte Arduino NANO
- Capteur de température
- Vanne électronique
- Réducteur électrostatique
- Plaque parfore 5\*7 cm





**Figure II .a.:** écran LCD 24\*4



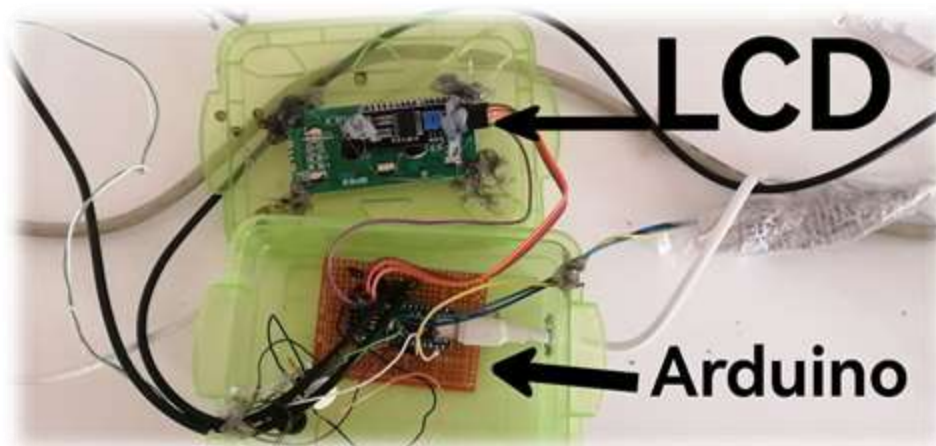
**Figure II.b.:** Carte Arduino NANO



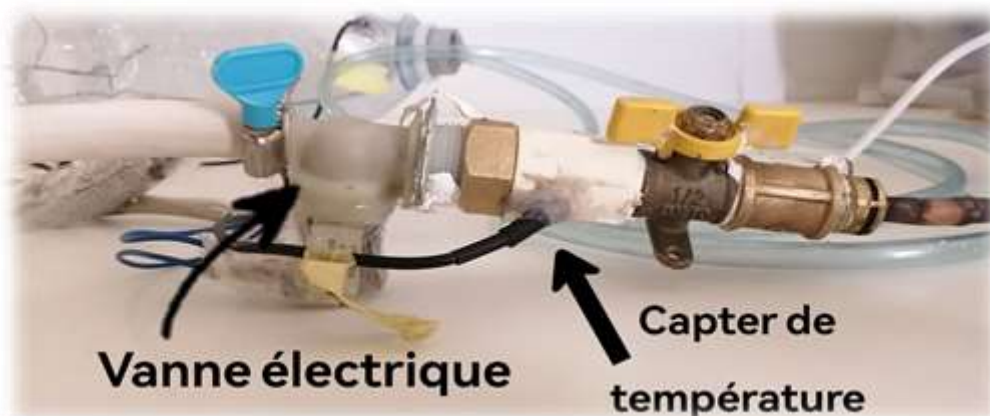
**Figure II. c :** Vanne électrique  
(FPD 180A – 220V)



**Figure II.d :** capter de température  
(Sonde étanche DS18B20)



**FigureII.8.:** écran LCD et arduino



**FigureII.9.:** Vanne électrique et capteur de température

## **II.7.Programmation de la carte électronique**

Pour programmer la carte électronique, nous avons utilisé deux applications : Proteus Design Suite pour le schéma et Arduino IDE pour la programmation.

### **➤ Proteus Design Suite**

Proteus Design Suite est une suite d'outils logiciels propriétaires, principalement employée pour l'automatisation de la conception électronique. Ce logiciel est utilisé par les ingénieurs et les techniciens en conception électronique pour créer des schémas et des impressions électroniques, destinés à la fabrication de cartes de circuits imprimés. Développé par Labcenter Electronics Ltd dans le Yorkshire, en Angleterre, il est disponible en plusieurs langues, dont l'anglais, le français, l'espagnol et le chinois.[37]

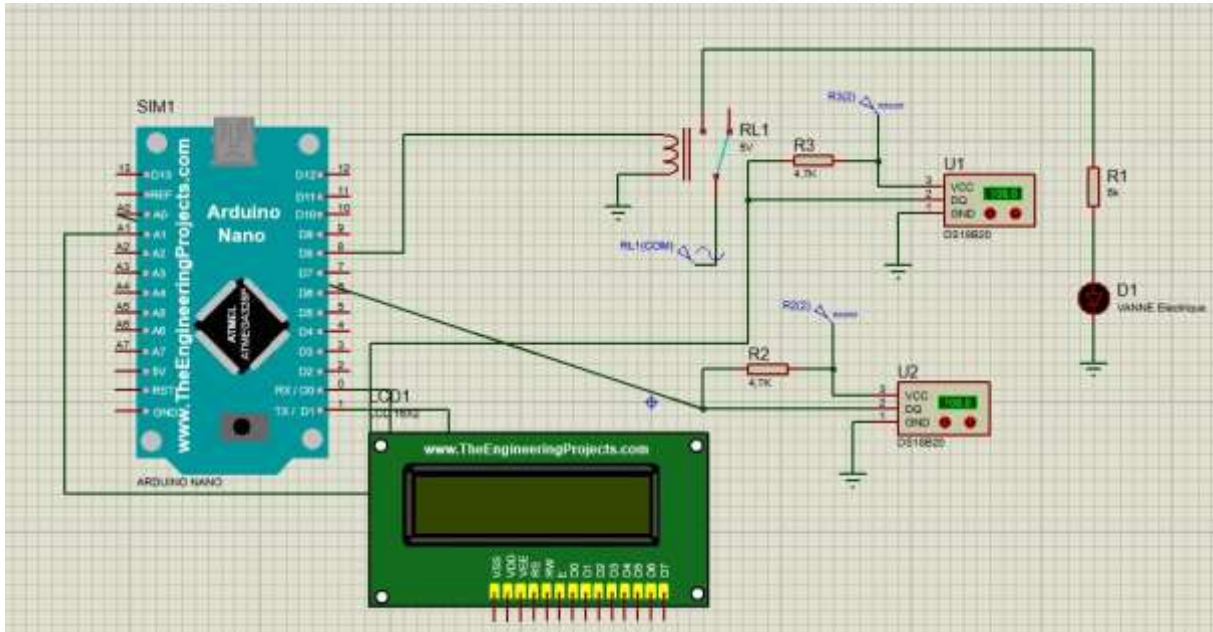


Figure II.10. : Shima électrique la carte électronique

### ➤ Arduino IDE

Arduino est une entreprise italienne spécialisée dans le matériel et les logiciels open source. Elle est à la fois un projet et une communauté d'utilisateurs qui conçoit et fabrique des microcontrôleurs monocarte ainsi que des kits de microcontrôleurs destinés à la création de dispositifs numériques. Les produits matériels d'Arduino sont sous licence Creative Commons Attribution-ShareAlike (CC BY-SA), tandis que les logiciels sont sous licence GNU Lesser General Public License (LGPL) ou GNU General Public License (GPL). Ces licences permettent à quiconque de fabriquer des cartes Arduino et de distribuer les logiciels associés.

Les cartes Arduino intègrent divers microprocesseurs et contrôleurs. Elles sont équipées de broches d'entrée/sortie (E/S) numériques et analogiques, pouvant être connectées à diverses cartes d'extension (« shields »), des breadboards pour le prototypage, et d'autres circuits. Plusieurs modèles disposent d'interfaces de communication série, dont le port Universal Serial Bus (USB), utilisé aussi pour le chargement des programmes. Les microcontrôleurs Arduino peuvent être programmés en utilisant les langages de programmation C et C++ (Embedded C), via une API standard connue sous le nom de langage de programmation Arduino, inspiré par le langage Processing et utilisé avec une version modifiée de l'environnement de développement intégré (IDE) Processing. En plus des chaînes d'outils de compilation traditionnelles, le projet Arduino propose un environnement de développement intégré (IDE) ainsi qu'un outil en ligne de commande développé en Go. [38]

```

#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

// تعريف دبابيس الأردوينو المستخدمة
#define ONE_WIRE_BUS A0 DS18B20 حساس البيانات لحساس //
const int VALVE_PIN = 8; دبوس التحكم في صمام الماء //

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

// متغير لتتبع حالة الصمام
bool valveOpen = false;

void setup() {
  // تهيئة الاتصال التسلسلي لمراقبة القيم على الكمبيوتر
  Serial.begin(9600);

  // تهيئة دبوس الصمام كخرج
  pinMode(VALVE_PIN, OUTPUT);

  // إغلاق الصمام عند البدء
  digitalWrite(VALVE_PIN, LOW);
}

```

**FigureII.11:** Programmation de la carte électronique avec l'application Arduino IDE

```

// تهيئة حساس درجة الحرارة
sensors.begin();
}

void loop() {
// طلب قراءة درجة الحرارة
sensors.requestTemperatures();

// قراءة درجة الحرارة (بالسلسيوس)
float temperature = sensors.getTempCByIndex(0);

// طباعة درجة الحرارة على الشاشة التسلسلية
Serial.print("Temperature: ");
Serial.print(temperature);
Serial.println(" C");

// التحقق من درجة الحرارة وفتح الصمام إذا وصلت إلى 110° مئوية أو أكثر
if (temperature >= 110.0) {
  valveOpen = true; // تعيين حالة الصمام إلى مفتوح //
} else if (temperature < 110.0 && valveOpen) {
  valveOpen = false; // تعيين حالة الصمام إلى مغلق عندما تنخفض درجة الحرارة //
Serial.println(" C");

// التحقق من درجة الحرارة وفتح الصمام إذا وصلت إلى 110° مئوية أو أكثر
if (temperature >= 110.0) {
  valveOpen = true; // تعيين حالة الصمام إلى مفتوح //
} else if (temperature < 110.0 && valveOpen) {
  valveOpen = false; // تعيين حالة الصمام إلى مغلق عندما تنخفض درجة الحرارة //
}

// فتح أو إغلاق الصمام بناءً على الحالة
if (valveOpen) {
  digitalWrite(VALUE_PIN, HIGH); // فتح الصمام //
  Serial.println("Valve Status: OPEN");
} else {
  digitalWrite(VALUE_PIN, LOW); // إغلاق الصمام //
  Serial.println("Valve Status: CLOSED");
}

// تأخير صغير قبل القراءة التالية
delay(1000);
}

```

**Figure II.12:** Programmation de la carte électronique avec l'application Arduino IDE

## II. Conclusion

À travers ce chapitre et notre étude des équipements que nous avons réalisée, nous avons remarqué que l'énergie solaire continue de bénéficier d'une efficacité acceptable dans le traitement et la purification des eaux grasses grâce au rayonnement solaire.

# Chapitre III

## Résultats et informations



### III.1.Introduction

Dans ce chapitre, nous analyserons les résultats que nous avons obtenus grâce à notre expérience.

### III.2.Les résultants de l'expérimentation

Tableau III.1: Condition météorologiques

	26-05-2024	27-05-2024	28-05-2024
Temperature	30.7-41.5	29.8-38.9	30-41
vent	3(m/s)	2.5(m/s)	2(m/s)
La météo	Nuageux	Modéré	Modéré

#### III.2.2.Installations $\mu$

Nous avons connecté le réservoir au récepteur avec un tube en plastique et l'avons placé 20 centimètres plus haut que le récepteur et y avons inséré un capteur de température pour mesurer la température du liquide. Ensuite, nous avons connecté la sortie à une vanne d'eau électronique avec un capteur de température. La fonction de la vanne est de permettre au liquide de s'écouler lorsque la température atteint 110 degrés Celsius, ce qui contrôle la vanne. Le capteur de température est un Arduino. Nous connectons la sortie de la vanne électronique à un tube en plastique de 60 cm de long avec le distillateur.

### III.3. Principe de fonctionnement

Le processus de distillation commence par l'installation de l'appareil. Nous remplissons le réservoir avec de l'eau huileuse, après quoi le liquide, dont le débit est estimé à 0,0-3 litres/minute, s'écoule automatiquement dans le récepteur, qui est chaud et dont la source de chaleur est une parabole.

Lorsque le liquide pénètre dans le récepteur, sa température augmente et en raison de. La température élevée fait évaporer l'eau et retient l'huile, et voici le rôle de la vanne électronique.

Lorsque la température du liquide dépasse 110 degrés Celsius,. La vanne s'ouvre et lui permet de s'écouler dans l'alambic, ce qui produit de l'eau chaude et de la vapeur d'huile. Ici, le distillateur sépare l'huile de la vapeur, où la vapeur monte vers la chambre supérieure et s'y condense pour produire de l'eau distillée. De l'huile dans la chambre inférieure. Le résultat final est de l'eau distillée et de l'huile

### III.4. Instruments des mesures

#### ➤ Anémomètre pour mesure la vitesse du vent

Le mot « anémomètre » est dérivé du mot grec « animos », qui signifie « vent », et du suffixe « mètre », qui fait référence à la mesure. L'anémomètre est donc un appareil utilisé dans le domaine de la météorologie pour mesurer la vitesse du vent et dans certains domaines de la recherche scientifique. [39]

#### ➤ Thermomètre

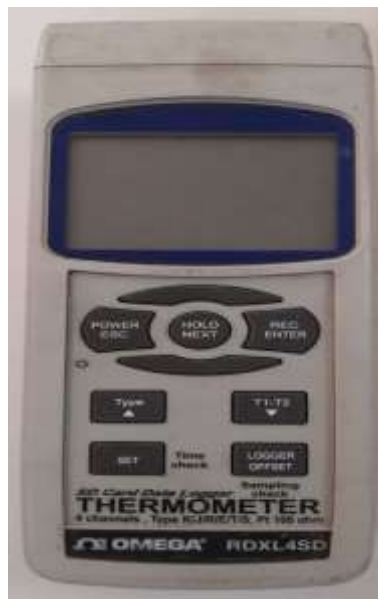
Un thermomètre est un instrument utilisé pour mesurer la température. Au fil des siècles, diverses propriétés physiques des matériaux ont été exploitées afin de concevoir des thermomètres très efficaces. Nous avons utilisé le thermomètre pour mesure la variation périodique de température ambiante en °C [39]

#### ➤ Pyranomètre

Un compteur d'énergie solaire est un appareil qui peut mesurer l'énergie solaire ou la lumière du soleil en unités de  $W/m^2$ , soit à travers les fenêtres pour vérifier leur efficacité, soit lors de l'installation d'appareils à énergie solaire [40]



Pyranomètre



Thermomètre



Anémomètre

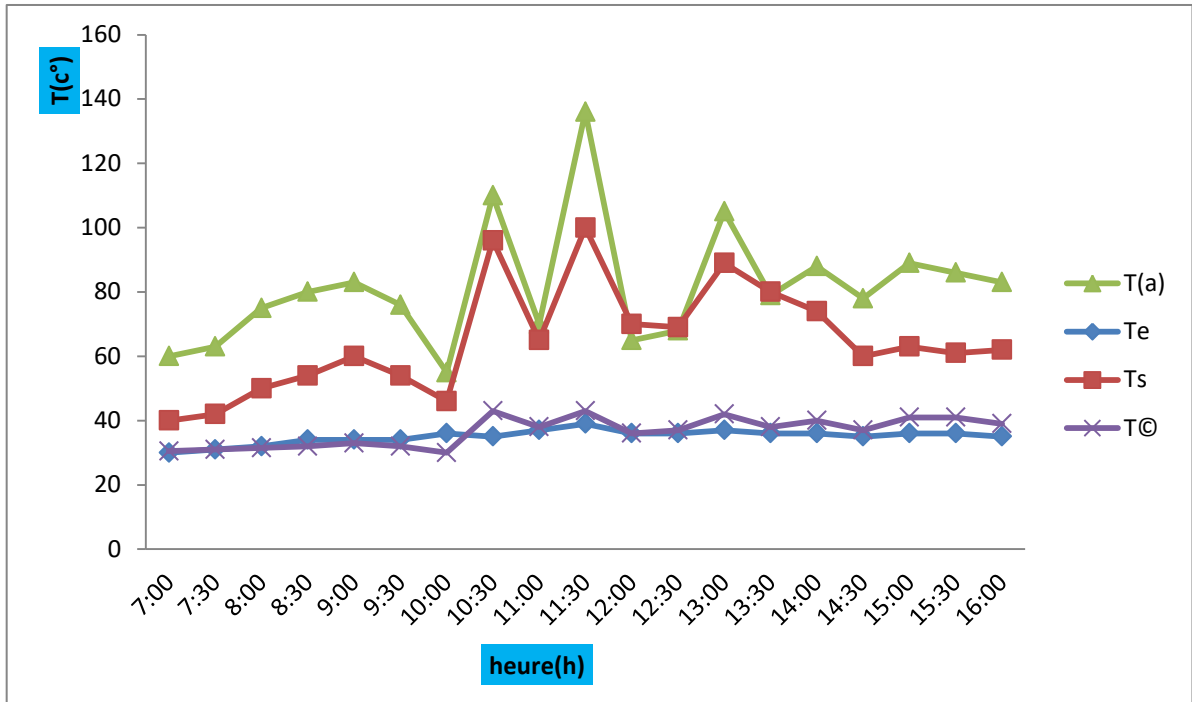
Figure III.1: Instruments des mesures



### III.5. Les mesure

Tableau III.2. Les mesures du jour (26/05/2024).

temps	Te	Ts	T(a)	T☉	G(W/m <sup>2</sup> )
7:00	30	40	60	30.5	650
7:30	31	42	63	31	690
8:00	32	50	75	31.5	750
8:30	34	54	80	32	800
9:00	34	60	83	33	820
9:30	34	54	76	32	786
10:00	36	46	55	30	524
10:30	35	96	110	43	990
11:00	37	65	70	38	700
11:30	39	100	136	43	1080
12:00	36	70	65	36	690
12:30	36	69	68	37	690
13:00	37	89	105	42	980
13:30	36	80	79	38	785
14:00	36	74	88	40	850
14:30	35	60	78	37	750
15:00	36	63	89	41	875
15:30	36	61	86	41	880
16:00	35	62	83	39	820

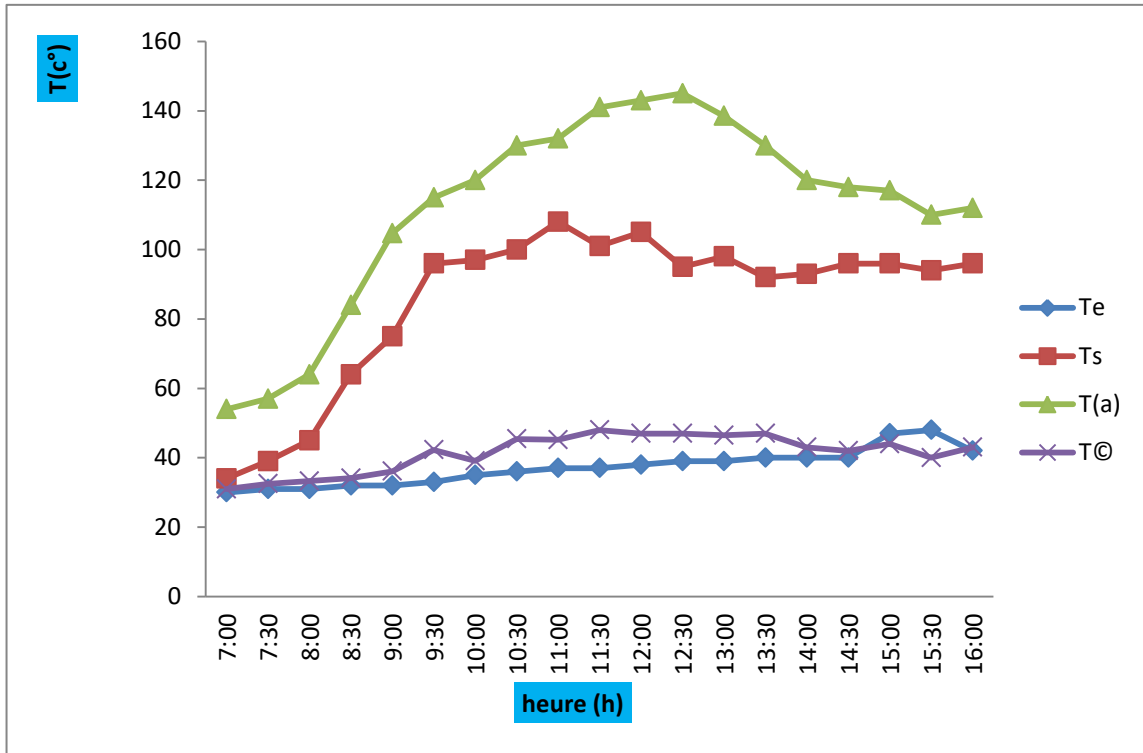


**Figure III.2:** La courbe représente l'évolution de la température du centre solaire et de la température du liquide que nous souhaitons filtrer au cours de la journée (26/05/2024).

La courbe est en hausse avec des fluctuations, en raison des conditions météorologiques partiellement nuageuses qui ont affecté le gain de chaleur du côté du récepteur et ralenti le processus. Cependant, il est important de surveiller la courbe et de prendre en compte les facteurs qui ont influencé et contribué à cette tendance.

**Tableau III.3.** Les mesures du jour (27/05/2024).

temps	Te	Ts	T(a)	T☉	G(W/m <sup>2</sup> )
7:00	30	34	54	31	613
7:30	31	39	57	32.5	680
8:00	31	45	64	33.3	750
8:30	32	64	84	34.1	820
9:00	32	75	104.7	36.1	884
9:30	33	96	115	42.3	912
10:00	35	97	120	39.1	936
10:30	36	100	130	45.4	940
11:00	37	108	132	45.2	945
11:30	37	101	141	48	950
12:00	38	105	143	47	955
12:30	39	95	145	47	960
13:00	39	98	138.5	46.5	973
13:30	40	92	130	47	942
14:00	40	93	120	43	919
14:30	40	96	118	42	832
15:00	47	96	117	44	885
15:30	48	94	110	40	860
16:00	42	96	112	43	772

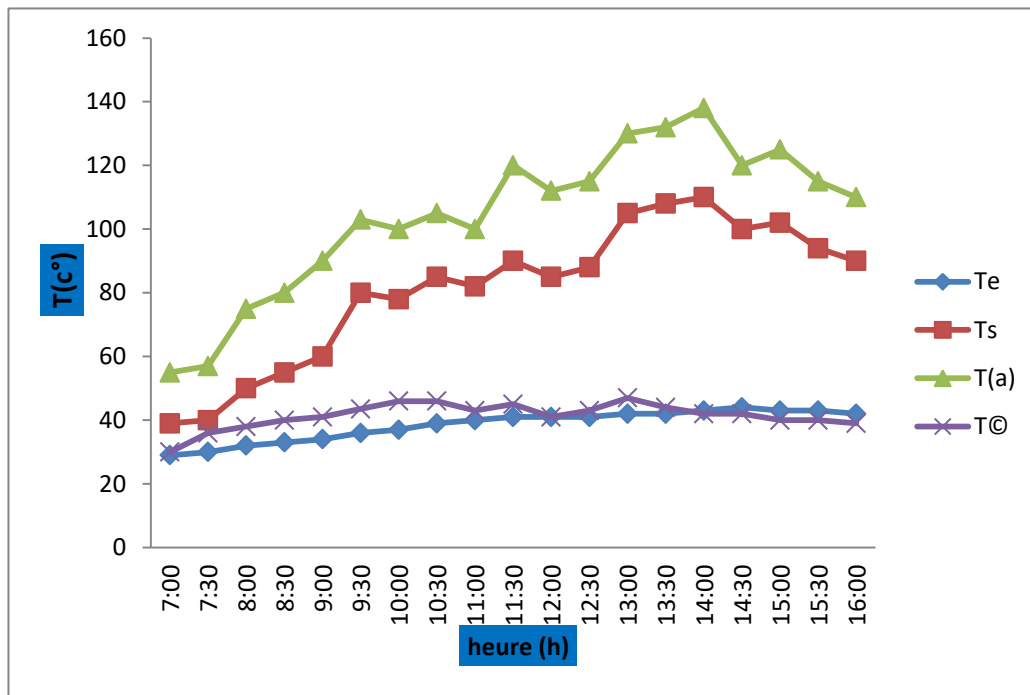


**Figure III.3.** La courbe représente l'évolution de la température du centre solaire et de la température du liquide que nous souhaitons filtrer au cours de la journée (27/05/2024).

La courbe est en hausse, ce qui est une bonne chose et a contribué au gain de chaleur du côté du récepteur et a aidé à accélérer le processus de filtration. Cependant, il est important de surveiller la courbe de près pour s'assurer des facteurs qui l'ont influencée.

**Tableau III.4.** Les mesures du jour (28/05/2024).

temps	Te	Ts	T(a)	T <sub>☉</sub>	G(W/m <sup>2</sup> )
7:00	29	39	55	30	550
7:30	30	40	57	36	600
8:00	32	50	75	38	680
8:30	33	55	80	40	800
9:00	34	60	90	41	890
9:30	36	80	103	43.5	920
10:00	37	78	100	46	890
10:30	39	85	105	46	900
11:00	40	82	100	43	756
11:30	41	90	120	45	810
12:00	41	85	112	41	780
12:30	41	88	115	43	790
13:00	42	105	130	47	930
13:30	42	108	132	44	940
14:00	43	110	138	42	920
14:30	44	100	120	42	911
15:00	43	102	125	40	910
15:30	43	94	115	40	866
16:00	42	90	110	39	800



**Figure III.4. .** La courbe représente l'évolution de la température du centre solaire et de la température du liquide que nous souhaitons filtrer au cours de la journée (28/05/2024).

La courbe est en hausse avec des fluctuations, cela est dû aux facteurs environnants, mais malgré cela, elle a donné des résultats acceptables. Cependant, les facteurs environnants affectent la capacité du centre solaire

### III.6. Mesures de quantité de chaleur d'eau

**Tableau III.5.** Les mesures de quantité de chaleur d'eau en trois jours

26-05-2024	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
Q(J)	11369.6	20465.28	29,561	11,370	31834.88	38656.64	59121.92	43204.48	30697.92	30697.92
27-05-2024	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
Q(J)	4547.84	15917.44	48,889	70,492	80724.16	76176.32	67080.64	60258.88	55711.04	61395.84
28-05-2024	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
Q(J)	11369.6	20465.28	34,109	46,615	47752.32	50026.24	71628.48	76176.32	67080.64	54574.08

$$Q=m \times C_p \times \Delta T$$

Le premier jour, nous avons remarqué que la quantité d'eau thermique était bien inférieure par rapport au reste des jours. Ce manque d'énergie thermique est principalement dû aux conditions nuageuses qui réduisent la quantité de rayonnement solaire disponible pour le centre solaire parabolique. Le temps nuageux réduit l'efficacité de la conversion du rayonnement solaire en énergie thermique, ce qui entraîne une diminution du rendement du concentrateur solaire. En revanche, le reste des jours, les conditions météorologiques ont été plus favorables, ce qui a permis au centre solaire d'obtenir de bien meilleurs résultats. La forte quantité de rayonnement solaire de nos jours a contribué à augmenter la quantité thermique d'eau à de bons niveaux, ce qui reflète l'amélioration des performances du centre solaire. Cette augmentation de la quantité de chaleur était suffisante pour réaliser le processus d'évaporation requis, ce qui a contribué à la séparation efficace de l'huile de l'eau.

**Tableau III.6.** La quantité d'huile obtenue par distillation

type d'eau	quantité d'eau
eau grasse	600ml
eau distillée	350ml
huileuse	250ml

Nous avons mélangé de l'eau et de l'huile dans des proportions de 42 % et 58 % d'eau, et selon les résultats obtenus, le dispositif de distillation a séparé l'eau de l'huile de 93 %, au fur et à mesure que l'eau s'évaporait, laissant les 7 % restants. Ceci est considéré comme un très bon pourcentage par rapport aux facteurs et influences, puisque le taux de séparation peut atteindre 100% en cas de problèmes liés au système.



**Figures III.5.** Eau huileuse avant (a)(42 % V/V de huile) et après le processus de distillation solaire (b) (le distillat de l'huile est 93 %).

### III.7. Les problèmes techniques que nous avons rencontrés avec l'appareil

#### ➤ Défauts de dimensions au centre de la parabole solaire

Pendant la période de fonctionnement du centre solaire parabolique, nous avons rencontré un problème majeur concernant la faible température générée par le centre. Cette faiblesse est due à l'inexactitude de la fabrication réalisée par le forgeron, qui n'a pas suivi précisément les instructions fournies, entraînant des erreurs dans les angles et la forme géométrique du centre. La conception du centre solaire parabolique repose sur la précision de la surface réfléchissante et l'ajustement des angles pour collecter le maximum de rayonnement solaire en un point focal. Toute petite erreur peut entraîner une distribution inégale des rayons solaires, réduisant ainsi l'énergie thermique générée. Dans notre cas, ces erreurs ont conduit à des températures inférieures aux attentes, affectant directement l'efficacité de l'évaporation et de la séparation de l'huile de l'eau. Lors de la fabrication des centres solaires, il est essentiel de respecter scrupuleusement les instructions techniques. La surface réfléchissante doit garantir la concentration des rayons solaires sans déviation, et les angles doivent être précisément ajustés pour correspondre aux conditions de rayonnement solaire du site. Cette expérience a souligné l'importance de la précision dans la fabrication et le choix de professionnels qualifiés pour des travaux techniques complexes. À l'avenir, nous veillerons à choisir des fournisseurs et des professionnels plus rigoureusement. Nous réviserons les instructions techniques avec précision et effectuerons des tests rigoureux sur les composants avant leur installation pour garantir qu'ils répondent aux normes requises. En conclusion, la précision dans la fabrication et la conception est cruciale pour atteindre une performance optimale des centres solaires paraboliques.





**Figures III.6.**Défauts de dimensions au centre de la parabole solaire

➤ **Fuites de tuyaux**

Les fuites ont considérablement impacté le fonctionnement du système. En particulier, une fuite a été détectée à l'emplacement du capteur de température de l'eau (Ts). Cette fuite a eu pour conséquence de réduire la vitesse du processus d'évaporation en diminuant la pression à l'intérieur du collecteur. En raison de cette perte de pression, le processus d'évaporation s'est ralenti, compromettant ainsi l'efficacité globale du système. Le bon fonctionnement d'un système de collecte solaire repose non seulement sur la précision des composants et l'intégrité des connexions, mais aussi sur la capacité à maintenir des conditions optimales de pression et de température. Toute fuite, même mineure, peut entraîner des perturbations significatives. Dans notre cas, la diminution de pression due à la fuite a empêché l'eau d'atteindre les températures nécessaires pour une évaporation rapide et efficace. Cette situation met en évidence l'importance de la qualité de l'installation et de la maintenance. Pour éviter de tels problèmes à l'avenir, il est crucial de s'assurer que toutes les connexions sont parfaitement étanches et que les capteurs et autres composants sont installés correctement. Des tests rigoureux de pression et d'étanchéité devraient être réalisés avant la mise en service du système pour garantir son bon fonctionnement. En conclusion, les fuites peuvent avoir des conséquences majeures sur l'efficacité des systèmes solaires thermiques. Une attention particulière doit être accordée à l'installation et à la maintenance pour assurer des performances optimales et éviter les interruptions de service dues à des problèmes d'étanchéité.



**Figures III.7.** Où la fuite s'est produite

➤ **Problèmes de fuite dans le distillateur**

Nous avons rencontré des difficultés majeures pour collecter la vapeur produite par le processus de distillation. Le faible débit du liquide a été l'une des principales causes de ces difficultés, ce qui a réduit la quantité de vapeur formée, rendant ainsi le processus de collecte plus complexe. De plus, la présence de fuites dans le distillateur a permis à la vapeur de s'échapper, nous empêchant ainsi d'obtenir efficacement de l'eau distillée. Le contrôle du débit du liquide et le maintien d'une pression adéquate à l'intérieur du système sont essentiels pour garantir la formation d'une quantité suffisante de vapeur à collecter par la suite. Dans notre cas, le débit insuffisant du liquide a directement influencé la quantité de vapeur produite et, par conséquent, l'efficacité du processus de distillation dans son ensemble. De plus, la présence de fuites dans le distillateur a permis à la vapeur de s'échapper, entraînant la perte d'une grande partie de la vapeur produite et empêchant la collecte efficace de l'eau distillée. Assurer l'étanchéité de toutes les ouvertures et la solidité de l'ensemble du système est une étape cruciale pour empêcher les fuites de vapeur et garantir une collecte efficace. Pour éviter de tels problèmes à l'avenir, il est nécessaire de se concentrer sur l'amélioration du débit du liquide dans le système et de s'assurer que toutes les ouvertures sont bien étanches. Il est essentiel de réaliser des inspections et une maintenance régulières du système pour garantir qu'il n'y ait aucune fuite pouvant affecter l'efficacité de la distillation. De plus, des techniques supplémentaires peuvent être utilisées pour améliorer la collecte de la vapeur, comme l'amélioration de la conception du distillateur et l'utilisation de matériaux de haute qualité. En conclusion, un contrôle précis du débit du liquide et une étanchéité parfaite du système sont des facteurs clés pour atteindre une haute efficacité dans les processus de distillation. En prêtant attention à ces aspects, nous pouvons améliorer les performances du système et garantir une collecte efficace de l'eau distillée.



**Figures III.8.** Lieu de fuite dans le distillateur

## **Conclusion**

D'après les résultats obtenus, nous pouvons dire que l'expérience a donné de bons résultats, bien qu'ils soient considérés comme des résultats préliminaires. Avec les améliorations proposées, nous garantissons de bons et excellents résultats avec l'achèvement du processus et sans pertes majeures.

# Conclusion Générale

## Conclusion Générale

Les eaux usées huileuses représentent un grand problème environnemental qui menace de nombreux écosystèmes et habitats naturels. Dans cette étude, nous avons développé un dispositif fonctionnant à l'énergie solaire pour traiter les eaux huileuses et séparer efficacement l'huile de l'eau. Notre dispositif se compose d'un concentrateur solaire parabolique, d'un échangeur thermique et d'un distillateur, ainsi que d'un système de contrôle automatique pour améliorer la précision et l'efficacité du processus.

À travers l'étude que nous avons menée, nous avons obtenu des résultats encourageants. Notre dispositif a réussi à traiter les eaux huileuses avec un taux de traitement de 93%, un résultat excellent qui reflète l'efficacité de l'appareil. Le dispositif comprend plusieurs composants clés : le concentrateur solaire parabolique concentre les rayons du soleil pour augmenter la température des eaux huileuses, tandis que l'échangeur thermique transfère efficacement la chaleur au distillateur, qui condense la vapeur et sépare l'eau distillée de l'huile.

Malgré cette haute performance, nous avons rencontré quelques problèmes techniques qui nous ont empêchés d'atteindre le résultat complet souhaité. Ces problèmes incluent une fabrication imprécise du concentrateur solaire, ce qui a conduit à un positionnement sous-optimal des miroirs et à une réduction de la température générée. Nous avons également rencontré des fuites dans les tuyaux, ce qui a entraîné une baisse de pression dans l'échangeur thermique et un ralentissement général du processus. De plus, la collecte de la vapeur pour obtenir de l'eau distillée a été difficile en raison de fuites dans le distillateur, ce qui a entraîné une perte et une dispersion de la vapeur.

Malgré ces défis techniques, les résultats obtenus sont très encourageants. Un taux de traitement de 93% est une réalisation significative, montrant le potentiel immense de ce dispositif. Nous sommes convaincus qu'en résolvant les problèmes techniques rencontrés, tels que l'amélioration de la précision de fabrication du concentrateur solaire, la correction des positions des miroirs, et la prévention des fuites dans les tuyaux et le distillateur, nous pourrions atteindre des résultats encore plus impressionnants et un processus de traitement complet et efficace.

À l'avenir, nous concentrerons nos efforts sur l'amélioration du design du dispositif et la résolution de ces problèmes techniques pour garantir une efficacité accrue et de meilleurs résultats. Les capacités de ce dispositif à traiter les eaux huileuses et à séparer l'huile de l'eau de manière efficace renforcent l'importance de son développement et de son amélioration pour devenir une solution pratique et idéale pour le traitement des eaux usées huileuses, contribuant ainsi significativement à la protection de l'environnement et à la préservation des ressources en eau propres.

# Références bibliographiques

## Références bibliographiques

1. Sellami, M. Hassen, Et Al. "Effect of Absorber Coating on the Performance of a Solar Still in the Region of Ouargla (Algeria)." *Desalination and Water Treatment* 51.34-36 (2013): 6490- 6497.
2. Sellami, M. H., Et Al. "Improvement of Solar Still Performance by Covering Absorber with Blackened Layers Of Sponge." *Groundwater For Sustainable Development* 5 (2017): 111-117.
3. Rev. Energ. Ren. : Chemss 2000 91-97 91 Le Dessalement Solaire - Considérations Techniques A. Sadi Centre de Développement des Energies Renouvelables, B.P. 62, Route de l'Observatoire, Bouzaréah, Alger.
4. steven Zumdahl (2-6-2020), "Water" «www.britannica.com, Retrieved 27-10-2020
5. Molly Sargen (26-9-2019), "Biological Roles of Water: Why is water necessary for life?" «www.sitn.hms.harvard.edu, Retrieved 27-10-202.
6. Moataz1997 La composition de l'eau 20 novembre 2012, 16:18:58.
7. <https://www.britannica.com/science/seawater>
8. <https://culturesciences.chimie.ens.fr/thematiques/chimie-physique/thermodynamique-chimique/le-dessalement-de-l-eau-de-mer-et-des-eaux>
9. [https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%A7%D8%A1\\_%D8%A7%D9%84%D8%B4%D8%B1%D8%A8#cite\\_note-2](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%A7%D8%A1_%D8%A7%D9%84%D8%B4%D8%B1%D8%A8#cite_note-2)
10. <https://www.cieau.com/connaitre-leau/connaitre-leau/leau-dans-lunivers/>
11. <https://blogpeda.ac-poitiers.fr/developpement-durable-5-6/2017/05/20/la-repartition-de-leau-sur-terre/>
12. Coca,J.,G.et al ,Treatment of oily waste water, in *Water Purification and Management*. 2011, Springer. p.1-55
13. *Properties of Water and Steam in SI-Units - 1969* Prepared by Ernst Schmidt, Springer, Verlag Berlin Heidelberg New York - R. Oldenburg München.
14. Learning the way water is managed water introduction , NILCO water .
15. Cooling tower efficieng guide prepertry managers IMPROVING COOLING TOWER OPERATIONS.
16. <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/solaire-thermodynamique-concentration>
17. [تقطير – ويكيبيديا \(wikipedia.org\)](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%A7%D8%A1_%D8%A7%D9%84%D8%B4%D8%B1%D8%A8#cite_note-2)
18. ..A Dr Al-Jazi Bint Ibrahim (24 janvier 2007). *Chimie organique pratique complète* . Éditions Obeikan. ISBN : 9789960542416. Archivé de l'original le 26 janvier 2020

19. B.Bouchekima, B.Gros, R.Ouahes, M. Int.J.therm Etude théorique et application pratique du distillateur solaire à film capillaire 39 (2002)
20. N. Smakdji, "Impact de l'écart de température (eau-capteur) sur l'efficacité Globale d'un distillateur solaire" thèse de magistère, Université de Constantine, Département génie climatique, P.41-48, Algerie (2002).
21. H.Boudjerir, "Etude de l'impact de l'écart de température (Ambiance-Eau).
22. Boukerzaza Nassima, Etude De l'effet Des Pertes Thermiques Sur Les Caractéristiques De Fonctionnement d'un Distillateur Solaire, Mémoire De Magistère En Physique Energétique, Université Mentouri De Constantine, p15
23. جغوبي و رحمانى "دراسة تجريبية وتحليلية لتحسين أداء المقطر الشمسي البسيط في منطقة ورقلة" .. مذكرة ماستر، جامعة ورقلة، كلية الرياضيات وعلوم المادة، قسم الفيزياء (2017)
24. محمد تخة "دراسة مقارنة وتحسين لمختلف المقطرات الشمسية لإنتاج المياه الصالحة للشرب في المناطق الجافة الصحراوية"، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة، كلية العلوم والعلوم الهندسية، قسم الفيزياء (2004)
25. بالحاج محمد، مساهمة في تحسين التقطير الشمسي بواسطة المقطر المزوج، بمنطقة ورقلة"، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة، كلية العلوم والعلوم الهندسية، قسم الفيزياء (2008).
26. Srinivasan M, L.V Kulkarni.L.V and Pasupathy C S: a simple technique of fabrication of paraboloidal concentrators 1978
27. N.Kherous, J.Hamzaoui, étude et réalisation d'un concentrateur parabolique UMMTO
28. AKNOUCHE Thileli .FEKRAOUI Yakoub. Etude et réalisation d'un capteur solaire parabolique pour distillation d'eau de mer .2019
29. Dan dye, Byard Wood: non-imaging devices for uniform irradiation on planar surface for parabolic concentrators. Nevada August2002-April2003
30. B. Mohamed Farés. B. Mohammed Tekiedien . Dépollution des eaux par des filtres solaires 2023
31. R.S. Hansen, C.S. Narayanan, K.K. Murugavel, Performance analysis on inclined solar still with different new wick materials and wiremesh, Desalination. 358 (2015) 1–8 .
32. Boukerzaza Nassima, Etude De l'effet Des Pertes Thermiques Sur Les Caractéristiques De Fonctionnement d'un Distillateur Solaire, Mémoire De Magistère En Physique Energétique, Université Mentouri De Constantine, p15
33. Khennoua A.O, Lachibi B: étude d'un cuiseur solaire Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued\*
34. Fedali S. (2008). Modélisation et conception d'un distillateur solaire des eaux saumâtres à bas coût pour les communautés rurales (doctoral dissertation, université de batna 2).



35. Protection de l'eau contre la pollution. Journal de la rechercheislamique. Un exemplaire vous est réservé Les 8 juillet 2020 à la WaybackMachine
36. . Khennoua A.O, Lachibi B: étude d'un cuiseur solaire Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued
37. 3. Suite de conception Proteus (2023) Wikipédia. Disponible sur : [https://en.wikipedia.org/wiki/Proteus\\_Design\\_Suite](https://en.wikipedia.org/wiki/Proteus_Design_Suite) (Consulté le 26 mai 2024).
38. 4. (2023)arduino Wikipédia. Disponible sur : <https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A2%D8%B1%D8%AF%D9%88%D9%8A%D9%86%D9%88>.
39. F.boulifa et I.bousebsi et M.bendouma, étude traitement des eaux polluées par une membrane photocatytique suit une distillation solaire, mémoire de Master ,université kasdi Merbah Ouargla 12.06.2022.P45.46
40. Melissa Denchak (14-5-2018), "Water Pollution : Everything You Need toknow.