



**République Algérienne Démocratique et
Populaire**
**Ministère de l'Enseignement Supérieure et
de la Recherche Scientifique**



Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER 2

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Energies Renouvelables

Thème

**Utilisation des matériaux locaux pour
améliorer la performance d'un distillateur**

Sous la direction de Mr :

- Zine Ali

Présenté par :

- Zelaci Messaoud

- Labadi Abdelmalek

- Beggas Djilani

Devant le membre jury :

Mr. BOUGHAZALA HAMAD ahmed

Université d'El Oued

Président

Mr. Zine Ali

Université d'El Oued

Encadreur

Mr. BOUSBIA SALAH Seif eddine

Université d'El Oued

Examineur

Année universitaire 2018-2019

Remerciements

Nous remercions en premier lieu notre Dieu tout-puissant pour nous avoir accordé la puissance et la volonté de terminer ce travail

Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance à monsieur Zine Ali, Professeur à l'Université Hama Lakhdar, pour le sujet de recherche qu'il nous a proposé et lui exprimer nos profondes reconnaissances pour tout son aide , sa disponibilité, ses conseils, et surtout l'intérêt qu'il a porté à notre travail et l'attention toute particulière accordée à la lecture et à la correction de ce mémoire.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à monsieur le président du jury pour avoir accepté de présider le jury et nos vifs remerciements s'adressent aux membres de jury d'avoir accepté de nous honorer de juger ce travail et participer au jury de thèse

Tous nos remerciements et notre estime à toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste projet.

Dédicaces

Nous dédions ce travail à nos chères familles et à nos enfants, nous espérons être un exemple pour eux ; malgré la longue période d'interruption des études et les responsabilités de la vie, nous avons travaillé très dur afin d'atteindre le meilleur de nous-même.

نهدي هذا العمل لعائلتنا وأطفالنا، ونأمل أن نكون مثلاً لهم على الرغم من فترة الانقطاع الطويلة عن الدراسة ومسؤوليات الحياة، لكن قد عملنا بجد ودرسنا لتحقيق الأفضل.

Résumé

La demande mondiale en eau potable augmente parallèlement à l'augmentation de la population en raison de son importance pour le développement social et économique. Quoique le pourcentage de la disponibilité de l'eau sur la terre atteint 97,4% dans les océans (eau salée) et 5.053% dans les rivières, les lacs, les zones glaciaires et les souterraines (eau propre), nous avons un problème principal résidé dans la qualité de l'eau obtenue, car le pourcentage de l'eau propre est très faible par rapport à l'eau salée qui n'est pas directement utilisable, alors, le dessalement est la seule option restante. Les techniques de dessalement traditionnelles nécessitent une grande quantité d'énergie, principalement des combustibles fossiles qui participent à la dégradation de l'environnement. Pour cela, Il est nécessaire d'utiliser des sources d'énergie durables comme l'énergie solaire, qui représente l'une des solutions de rechange prometteuses.

Un grand nombre de chercheurs ont fait de grands efforts pour améliorer les performances des distillateurs solaires, en termes de qualité de l'eau extraite, de facilité de conception et de faible coût de fabrication. Fournir aux gens de technologie qu'ils peuvent construire, exploiter et entretenir pour profiter de l'eau potable au niveau local, on Profitant de l'énergie solaire maximale dans les zones où ils ont le plus grand potentiel. Parmi les recherches récentes faites de notre pays, nous citons quelques-uns :

- ❖ Mr.Mouâd BENBEKHTI d'université TLEMCEM ; avec un degré inclinaison de 18°, la quantité d'eau obtenue est 03 litre/M2/Jour.
- ❖ Mr.SELLAMI Mohamed Hassen d'université OUARGLA ; avec un degré inclinaison de 30°, la quantité d'eau obtenue est 4.02 litre/M2/Jour.
- ❖ Mr.BOUTEBILA Hichem d'université CONSTANTINE; avec un degré inclinaison de 36.5°, la quantité d'eau obtenue est 4.7 litre/M2/Jour.

NB : La période de test pour ces recherches est : Avril, Mai et Juin.

L'objectif de ce projet est la conception et le test du système de distillation d'eau solaire amélioré chaque fois par l'ajout d'un chauffe-eau-solaire ou des pierres locales teintées en noir "Rose de sable" et de le comparer à un système de distillation d'eau solaire incliné unique à 25° dans les conditions climatiques de d'El oued, cette structure du modèle se caractérise par un élément qui réduit et contrôle principalement le niveau d'eau dans le distillat pour aider à augmenter la température et le processus d'évaporation.

Mots Clés : distillateur solaire, chauffe-eau solaire, matériaux locaux ,amélioration performance.

ملخص

ان الطلب العالمي على المياه النظيفة في تزايد كبير تماشيا مع تزايد عدد السكان وذلك لأهميتها في التنمية الاجتماعية والاقتصادية. وبالرغم من ان النسبة المئوية لتواجد المياه على الارض تصل في المحيطات (مياه مالحة) الي 97.4% وفي الأنهار والبحيرات والمناطق الجليدية وتحت الارض (مياه عذبة) الي 5.053%، فائن المشكلة الاساسية تكمن في جودة المياه المتحصل عليها، حيث ان نسبتها ضعيفة جدا مقارنة بالمياه الغير قابلة للاستعمال المباشر وبالتالي فإن تحلية المياه هي الخيار الوحيد المتبقي. ان التقنيات التقليدية لتحلية المياه، تتطلب كمية كبيرة من الطاقة، معظمها من الوقود الأحفوري الذي يساهم في التدهور البيئي. وبالتالي، هناك *حاجة لاستخدام مصادر الطاقة المستدامة، حيث تعد الطاقة الشمسية أحد البدائل الواعدة.

قام عدد كبير من الباحثين بمحاولات جبارة لتحسين أداء المقطر الشمسي، من حيث جودة الماء المستخرج وبساطة وسهولة التصميم وانخفاض تكلفة التصنيع. وذلك لتزويد الناس بالتكنولوجيا التي يمكنهم بناءها وتشغيلها وصيانتها لتوفير مياه الشرب على المستوى المحلي، مع الاستفادة العالية من الطاقة الشمسية في المناطق التي تتمتع بأكبر قدر منها.

من بين البحوث الجامعية التي انجزت في بلدنا مؤخرا، نذكر منها:

❖ السيد / معاذ بن بختي من جامعة تلمسان. مع درجة ميل تبلغ 18 درجة، فإن كمية المياه التي تم الحصول عليها 03 لتر / م² / يوم.

❖ السيد سلامي محمد حسن من جامعة ورقلة؛ مع درجة ميل تبلغ 30 درجة، فإن كمية المياه التي تم الحصول عليها هي 4.02 لتر / م² / يوم.

❖ السيد بوطبيلة هشام من جامعة قسنطينة؛ مع درجة ميل تبلغ 36.5 درجة، فإن كمية المياه التي تم الحصول عليها 4.7 لتر / م² / يوم.

ملحوظة: فترة الاختبار لهذه البحوث: أبريل، ماي وجوان.

الهدف من هذا المشروع هو تصميم واختبار نظام تقطير المياه بالطاقة الشمسية المحسن في كل مرة (مع مسخن المياه بالطاقة الشمسية، ومع زيادة السطح بالحجارة المحلية ملون باللون الأسود "Lousse") ومقارنته بنظام تقطير المياه بالطاقة الشمسية في حوض واحد بزاوية ميل 25° في الظروف المناخية لولاية الوادي مع تميز هذا التركيب للنموذج بعنصر يقوم بشكل أساسي بتخفيض مستوى الماء في المقطر ليساعد علي زيادة درجة الحرارة والمساعدة في التبخر.

الكلمات المفتاحية:

المقطر الشمسي ، مسخن الماء الشمسي ، المواد المحلية ،تحسين الأداء.

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I : Généralités sur l'eau	3
1. Introduction	4
2. Les cycles de l'eau	4
2.1.Le grand cycle de l'eau (cycle de nature)	4
2.1.1. Evaporation	4
2.1.2. Précipitations	4
2.1.3. L'eau de ruissellement	4
2.1.4. Infiltration.....	5
2.2. Le petit cycle de l'eau (cycle domestique).....	5
3. L'eau sous toutes ses formes	5
4. L'eau dans tous ses états	6
4.1. L'eau sous forme solide	6
4.2. L'eau sous forme liquide.....	6
4.3. L'eau sous forme de gaz.....	7
5. Classification des eaux	7
6. Les ressources en eau en Algérie	7
7. Conclusion.....	8
Chapitre II : La distillation de l'eau	10
1. Contexte historique	11
2. Le principe de la distillation.....	12
3. Type des distillateurs.....	13
3.1. Distillation à simple effet	13
3.2. Distillation à multiples effets(MED).....	14
3.3. La distillation Multi stage flash (MSF)	14
3.4. Distillation par compression de la vapeur	15
3.5. Distillation solaire	16
3.5.1. Différent types de distillateurs solaires	16
3.5.1.1. Distillateurs à simple effet.....	16
3.5.1.1.1. Distillateur à pente unique.....	16
3.5.1.1.2. Distillateur à double pentes	17
3.5.1.1.3. Distillateur sphérique à balayage	17
3.5.1.1.4. Distillateur solaire à film capillaire.....	18

3.5.1.2. Distillateurs à multi effets	19
3.5.1.2.1. Distillateur solaire Multi étages avec récupération de chaleur	19
3.5.1.2.2. Distillateur solaire incliné à cascades	20
Chapitre III : Influence de rayonnement solaire sur l'efficacité d'un distillateur	21
1. Champ de rayonnement.....	22
1.1. Mouvement de la terre autour du soleil.....	22
1.2. Position de rayonnement solaire sur la Terre	22
1.3. Le soleil	23
1.4. Rayonnement solaire	23
1.5. Puissance du rayonnement solaire en fonction de la météo	24
1.6. Energie solaire mensuelle en Algérie.....	25
1.7. Disponibilité de l'énergie solaire	25
2. Etapes de calcul	25
2.1. Calcul la hauteur du soleil à un lieu (El oued) par géométrie et astronomie	25
2.2. Détermination l'angle d'inclinaison d'un plan incliné reçu du rayonnement solaire par rapport à la surface du sol	27
2.3. Calcul les flux thermiques absorbées par les différents composants d'un Distillateur	28
2.3.1. Les équations du bilan énergétique pour un distillateur solaire à effet simple (pente unique).....	28
Chapitre VI : étude expérimentale, résultats et interprétations	33
1. Description et réalisation du distillateur de test et leurs composants ajoutés pour améliorer ses performances.....	34
1.1. Conception et réalisation du distillateur solaire à effet de serre (le témoin et de l'essai)	34
1.2. Composants ajoutés pour améliorer la performance du distillateur.....	38
1.3. Montage.....	39
2. Procédure d'essais	41
2.1. Les principaux facteurs associés à l'expérience	41
2.2. Résultats et interprétations avec les composants variables dans l'expérience	42
2.2.1. Distillateur solaire avec chauffe-eau solaire vs distillateur solaire témoin.....	42
2.2.2. Distillateur solaire avec pierre (lousse) peinte en noir (60 pierres) vs distillateur solaire témoin	44
2.2.3. Distillateur solaire avec chauffe –eau solaire vs distillateur solaire avec pierre (lousse) peinte en noir (30pierres).....	45
2.2.4. Distillateur solaire avec chauffe –eau solaire vs distillateur solaire avec pierre (lousse) peinte en noir (60pierres).....	47

CONCLUSION49

Références bibliographiques 51

Liste des figures

Figure 1: Cycle naturel de l’eau 4

Figure 2:Cycle de l'eau domestique	5
Figure 3: La neige	6
Figure 4:La glace	6
Figure 5: <i>Une mer</i>	7
Figure 6: <i>Un lac</i>	7
Figure 7:La vapeur	7
Figure 8:La ressource en eau dans les cinq régions hydrographiques	8
Figure 9: Le principe de la distillation	13
Figure 10:Distillation à simple effet	14
Figure 11:Distillation à multiples effets(MED)	14
Figure 12:La distillation Multi stage flash (MSF)	15
Figure 13 : La distillation par compression de la vapeur	16
Figure 14:Distillateur à pente unique.....	17
Figure 15:Distillateur solaire à double pentes.....	17
Figure 16:Distillateur sphérique à balayage.....	18
Figure 17:Distillateur solaire à film capillaire	18
Figure 18:Distillateur solaire à étages multiples avec récupération de chaleur (Multi étages) ...	19
Figure 19:Distillateur solaire incliné à cascades	20
Figure 20:L'orbite de la Terre autour du Soleil.....	22
Figure 21:Position de rayonnement solaire sur la Terre pendant la rotation d'une année.....	23
Figure 22:Distance soleil terre	23
Figure 23:Les différents types de rayons solaires	24
Figure 24:Puissance solaire pour différents ciels.....	24
Figure 25:état de l'énergie au niveau de la terre	24
Figure 26:Moyenne mensuelle de l'irradiation globale reçue sur une surface horizontale, Période printemps 1992-2002	25
Figure 27:Déterminer l'angle (α) de l'inclinaison de l'axe de rotation de la terre.....	26
Figure 28:Déterminer l'angle (i).....	26
Figure 29:Déterminer l'angle de la hauteur du Soleil	27
Figure 30:Calcul la hauteur solaire pendant les quatre saisons	27
Figure 31:Détermination l'angle d'inclinaison d'un plan incliné par rapport à la surface au sol ..	28
Figure 32:Phénomène de répartition des flux thermiques dans un distillateur à pente unique.....	32
Figure 33:Les étapes de réalisation et dimensions des bacs d'absorptions	36
Figure 34:dimensions des vitres.....	36
Figure 35:Dimensions les bacs d'isolation (bac du témoin et bac d'essai)	37

Figure 36: Système de remplissage.....	38
Figure 37: Dimensions et composants du chauffe-eau solaire.....	39
Figure 38: Pierre (Rose de sable) tintée en noir	39
Figure 39: Distillateur solaire avec chauffe-eau solaire vs au distillateur solaire témoin	40
Figure 40: Distillateur solaire avec pierre (lousse) peinte (60 pierres) en noir vs au distillateur solaire témoin	40
Figure 41: Distillateur solaire avec pierres (rose de sable=lousse).....	41
Figure 42: Courbes d'évolution de la quantité d'eau distillée en fonction du temps Journée du 13 mai 2019.....	42
Figure 43: Courbes d'évolution de la quantité d'eau distillée en fonction du temps Journée du 14 mai 2019.....	43
Figure 44: Courbes d'évolution de la quantité d'eau distillée en fonction du temps Journée du 15 mai 2019.....	44
Figure 45: Courbes d'évolution de la quantité d'eau distillée en fonction du temps Journée du 16 mai 2019.....	44
Figure 46: Courbes d'évolution de la quantité d'eau distillée en fonction du temps Journée du 17 mai 2019.....	45
Figure 47: Courbes d'évolution de la quantité d'eau distillée en fonction du temps Journée du 18 mai 2019.....	46
Figure 48: Courbes d'évolution de la quantité d'eau distillée en fonction du temps Journée du 19 mai 2019.....	47
Figure 49: Courbes d'évolution de la quantité d'eau distillée en fonction du temps Journée du 20 mai 2019.....	48

Liste des tableaux

Tableau 1: Volume d'eau contenu dans le différent réservoir	6
---	---

Tableau 2: Classification des eaux selon la salinité	7
Tableau 3:La ressource en eau dans les cinq régions hydrographiques.....	8
Tableau 4:modèles de distillateurs solaires construits entre 1942 et 1961	12
Tableau 5:Moyenne mensuelle de l'irradiation globale reçue sur une surface horizontale, Période printemps 1992-2002	25
Tableau 6:Spécifications techniques du verre d'après MFG donne le coefficient d'absorption (av).....	30

Nomenclature

$\sum Q(\text{in})$	Quantité de chaleur totale entrante (W)
$\sum Q(\text{ex})$	Quantité de chaleur totale extraite (W)
G	le rayonnement solaire (W/m^2)
S_b	Surface de la plaque absorbante du bassin en m^2
S_v	Surface de la vitre en m^2
S_e	Surface de la couche d'eau en m^2
a_b	Le coefficient d'absorption le rayonnement par la plaque absorbante du bassin %
a_v	Le coefficient d'absorption le rayonnement par la vitre %
a_e	Le coefficient d'absorption le rayonnement par l'eau %
C_{pb}	Chaleur spécifique de la plaque absorbante du bassin, J / kg K
Q_{re}	Flux de chaleur échangée par rayonnement entre la surface de l'eau et la surface de la vitre (W)
Q_{ce}	Flux de chaleur échangée par convection entre la surface de l'eau et la surface de la vitre (W)
Q_{eve}	Flux de chaleur échangée par évaporation entre la surface de l'eau et la surface de la vitre (W)
Q_{rv}	Flux de chaleur échangée par rayonnement entre la surface de la vitre et l'air ambiante (W)
Q_{cv}	Flux de chaleur échangée par convection entre la surface de la vitre et l'air ambiante (W)
Q_{tb}	transfert de chaleur total dans le bassin (W/m^2)
$Q_{v\text{ ex}}$	Flux de chaleur échangée par conduction entre l'intérieur et l'extérieur de la vitre (W)
T_e	la température de l'eau salée en $^\circ\text{C}$
Q_{perte}	La perte de chaleur de la plaque absorbante du bassin (W/m^2)
h_{rv}	coefficient de transmission thermique de la vitre ($\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)
h_{cv}	coefficient de convection thermique de la vitre ($\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)
T_a	Température ambiante en $^\circ\text{C}$
T_{ma}	Température moyenne de l'air à l'intérieur du distillateur $^\circ\text{C}$
$T_{v\text{ in}}$	Température de la surface intérieure de la vitre en $^\circ\text{C}$
$T_{v\text{ ex}}$	Température de la surface extérieure de la vitre en $^\circ\text{C}$
T_{isolant}	Température de l'isolant $^\circ\text{C}$
h_{re}	Coefficient d'échange thermique par rayonnement entre la surface de l'eau et la surface de la vitre $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
h_{ce}	Coefficient d'échange thermique par convection entre la surface de l'eau et la surface de la vitre $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

h_{eve}	Coefficient d'échange thermique par évaporation entre la surface de l'eau et la surface de la vitre W/m ² . °C
h_{rv}	Coefficient d'échange thermique par rayonnement entre la surface de la vitre et l'air ambiante W/m ² . °C
h_{cv}	Coefficient d'échange thermique par convection entre la surface de l'eau et l'air ambiante W/m ² . °C
h_{cb}	Coefficient d'échange thermique par convection entre la surface de la plaque absorbante du bassin et la surface de l'eau W/m ² . °C
$h_{c.b-isol}$	Coefficient d'échange thermique par convection entre la surface de la plaque absorbante du bassin et la surface de l'isolant W/m ² . °C
λ_v	Coefficient d'échange thermique par conduction de la vitre W/m. °C
e_v	Epaisseur de la vitre (m)

Introduction générale

L'eau est une substance incolore, inodore, insipide qui couvre trois quart de la surface terrestre et qui joue un rôle primordial pour tout ce qui a trait à la vie.

Elle représente 65 % de poids d'un adulte. Nos 50.000 milliards de cellules contiennent les deux tiers de l'eau de notre corps. A partir de ces informations on peut comprendre combien notre corps en est lié.

Comme l'air, l'eau est un élément essentiel à la vie. Aussi l'eau représente 91.5% du composant du plasma. Elle est nécessaire au maintien de la température (sudation) et à l'élimination des déchets solubles (urine). On peut survivre 03 jours sans l'eau. Une perte de 10 à 15 % peut entraîner la mort.

Donc, les besoins en eau potable dans le monde augmentent d'une manière continue, alors que les réserves souterraines se trouvent constamment diminuées.

Pour remédier à ce problème, les pays du tiers monde doivent essayer d'extraire de l'eau douce à partir de l'eau de mer ou de l'eau saumâtre, ce qu'on appelle le dessalement de l'eau.

Le dessalement devient une solution importante à la survie de l'humanité. Parmi toutes les techniques utilisées dans ce domaine, il est important de distinguer la distillation solaire qui peut être une solution très importante surtout pour les zones arides et désertiques.

La distillation solaire est un moyen de production de l'eau douce à faible coût, surtout dans les régions caractérisées par un bon ensoleillement, aussi l'homme de ces régions à des ressources limitées pourra s'intéresser à l'utilisation de l'énergie solaire pour le dessalement. Plusieurs types de distillateurs solaires ont été construits et essayés à travers le monde.

Dans cette orientation, plusieurs études ont été destinées à la distillation solaire et le principe objectif d'améliorer les performances du distillateur. On peut étudier cette dernière par la quantité d'eau produite dans une surface déterminé et par jours. La quantité d'eau produite change par rapport le dimensionnement du distillateur, l'ensoleillement et les Facteurs externes. Donc la performance du distillateur doit dépend principalement en fonction de l'ensoleillement et des conditions ambiantes.

L'objectif de ce travail est d'étudier d'une façon qualitative du distillateur solaire ; en déterminant la quantité d'eau distillée, les efficacités globale et interne de deux types de distillateurs (construction par des matières locales et prototype), la réalisation d'une comparaison entre les deux distillateurs et enfin l'étude de l'influence des paramètres météorologiques et de fonctionnement sur les caractéristiques de fonctionnement.

Ainsi notre projet de fin d'étude s'est décomposé en quatre grands chapitres, précédés d'une introduction générale et terminés par une conclusion qui seront décrites dans ce rapport :

- Le premier chapitre est consacré aux ressources en eau en Algérie. Il y a aussi quelques statistiques sur la répartition de l'eau sur notre planète et des valeurs certifiées pour déterminer leur salinité.
- Le deuxième chapitre présente un bref historique sur la distillation, le principe de fonctionnement d'un distillateur et une recherche bibliographique concernant les différents types de distillateurs, ainsi que quelques types de distillateurs solaires.
- Le troisième chapitre présente l'influence de rayonnement solaire sur l'efficacité d'un distillateur solaire qui comporte essentiellement la description de la source de l'énergie solaire 'le soleil', les données astronomique du soleil-terre, tenant compte aussi les calculs de la hauteur du soleil à un lieu, l'angle d'inclinaison d'un plan incliné reçoit du rayonnement solaire par rapport à la surface du sol et les équations du bilan énergétique pour un distillateur solaire à effet simple.
- Le quatrième chapitre est consacré à la réalisation des tests sur notre distillateur solaire en ajoutant ses différents composants pour améliorer ses performances, alors les principaux résultats obtenus et leurs interprétations
- Finalement la dernière partie de ce travail concerne la conclusion retenue de cette étude expérimentale.

Chapitre I : Généralités sur l'eau

1. Introduction

Depuis des milliards d'années, la même eau est en circulation permanente entre la terre et le ciel. Commencer à exister, il y a plus de 3 à 4 milliards d'années, l'eau est presque aussi ancienne que la Terre. C'est toujours la même eau qui circule et se transforme en permanence dans l'atmosphère, à la surface et dans le sous-sol de notre Terre.

2. Les cycles de l'eau

La présence d'eau sur terre et l'activité humaine permet de mettre en évidence deux cycles de l'eau :

2.1. Le grand cycle de l'eau (cycle de nature)

Dans la nature, l'eau circule en permanence dans l'atmosphère sur la terre et sous la terre, entraînée dans un cycle sans fin. C'est ce que l'on appelle le cycle naturel de l'eau.

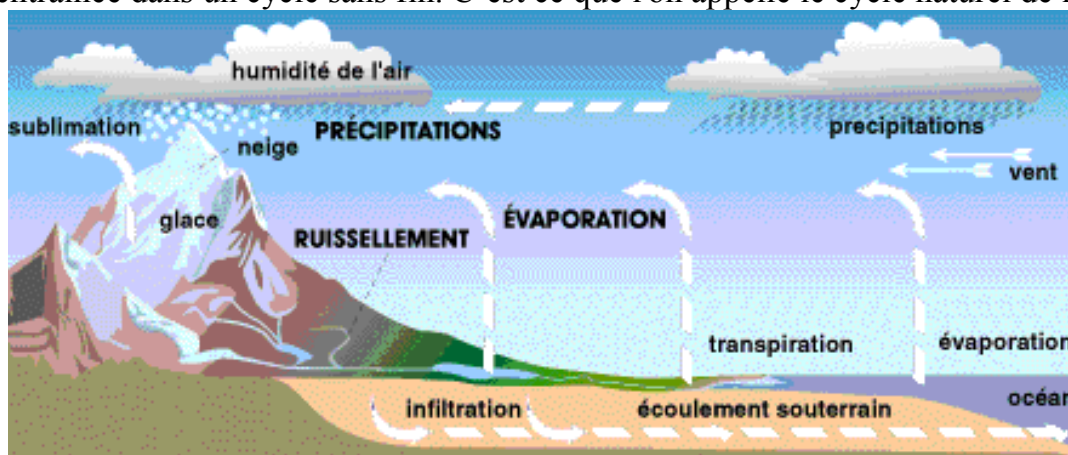


Figure 1: Cycle naturel de l'eau

Le parcours de la nature se compose de 04 étapes principales :

2.1.1. Évaporation

L'évaporation est le passage d'un liquide vers une forme gazeuse. Sous l'action du soleil, l'eau est chauffée par des rayons du soleil, devient vapeur et s'élève dans l'air pour former des nuages. Avec les vents, ces nuages arrivent au-dessus des continents, l'eau ainsi emmagasinée dans les nuages jour après jour retombe sous forme de pluie, grêle ou neige, et alimente les rivières et les fleuves.

2.1.2. Précipitations

Les précipitations résultent de la condensation atmosphérique, l'une des manières de recycler l'eau de l'atmosphère vers la Terre ou les océans en cas d'eau liquide, de pluie, d'eau solide telle que la neige. Le brouillard n'est pas une forme de précipitation, Parce que l'eau dans le brouillard ne se condense pas, ne se transforme pas en liquide et tombe ensuite au sol, mais le brouillard fait partie du cycle de l'eau où l'eau est en suspension dans l'atmosphère.

2.1.3. L'eau de ruissellement

L' eau de ruissellement est un phénomène d'écoulement de l'eau de pluie non infiltrée naturellement, de la fonte des neiges ou d'autres sources, s'écoulant sur le sol de manière diffuse (en nappe) ou concentrée (selon des axes d'écoulement), qui se poursuit

jusqu'à ce qu'il rencontre un élément du système hydrographique (une rivière, un marais), un réseau de drainage (enterré ou surfacique) ou un point bas où il s'accumulera.

2.1.4. Infiltration

Pour le reste, il s'infiltre dans le sol et est stocké dans des nappes. Cette eau finira aussi par retourner à la mer, à long terme, à travers des ruisseaux et des vallées alimentés par ces dernières.

2.2. Le petit cycle de l'eau (cycle domestique)

Dès le dix-neuvième siècle (XIXe), l'homme a élaboré un système pour capter l'eau, la traiter si nécessaire afin de la rendre potable et pouvoir en disposer à volonté dans son domicile, en ouvrant simplement son robinet. Depuis, il a aussi établi un système d'assainissement pour gérer cette eau une fois salie. Cela consiste à la collecter et la traiter pour la restituer suffisamment propre au milieu naturel. Ceci permet de ne pas altérer l'état des cours d'eau et d'éviter tout problème d'insalubrité pouvant provoquer des maladies. Ce cycle, totalement artificiel, est appelé « petit cycle de l'eau ». L'existence d'un tel cycle est un véritable indicateur du niveau de développement d'un pays.

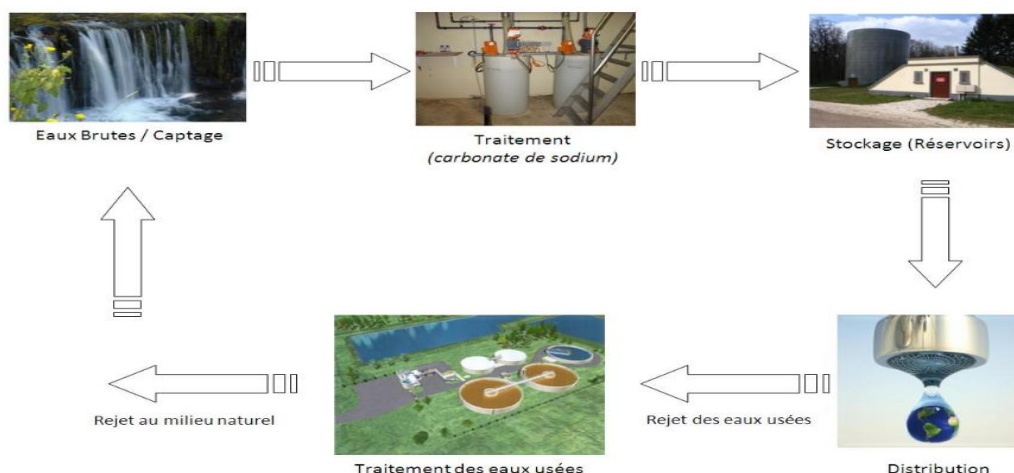


Figure 2: Cycle de l'eau domestique

3. L'eau sous toutes ses formes

Le pourcentage d'eau sur notre planète est de 72%, est un élément très important pour les êtres vivants, elle existe partout autour de nous sous des formes très diverses [1] :

- les océans et les mers ;
- les fleuves et les rivières qui s'enrichissent des eaux de pluie ;
- les nuages ;
- les glaciers et la neige ;
- les zones humides, comme les lacs, les barrages ;
- les eaux souterraines qui sont alimentées par les infiltrations d'eau de pluie et des rivières ;
- la vapeur d'eau présente en permanence dans l'atmosphère.

(Source : CNRS)

Stocks totaux d'eau	1,39 milliards de Km ³	%
Océans, mers	1,35 milliard de Km ³	97,4
Glaces	27,5 millions de Km ³	1,98

Eaux sous terraines	8,2 millions de Km	3 0,59
Lacs, étangs	100 000 de Km ³	0,0072
Mers intérieures	105 000 de Km ³	0,0075
Humidité du sol	70 000 de Km ³	0,0050
Humidité de l'air	13 000 de Km ³	0,0094
Rivières	1 700 de Km ³	0,00012
Eau des cellules vivantes	1 100 de Km ³	0,00008

Tableau 1: Volume d'eau contenu dans le différent réservoir

4. L'eau dans tous ses états

L'eau se présente sous différents états : sous forme solide, liquide et gazeuse [2].

4.1. L'eau sous forme solide

L'eau sous forme solide quand la température est inférieure à 0°C. C'est la neige sur laquelle nous pouvons skier, le givre qui se forme par temps froid sur les arbres en hiver et la glace d au niveau des pôles.

Figure 3: La neige



Figure 4: La glace



4.2. L'eau sous forme liquide

Les plus grands réservoirs d'eau liquide sont les océans et les mers constitués de 97 % de l'eau salée (non potable). Les autres réservoirs d'eau liquide sont les lacs, les rivières et les eaux souterraines qui sont constitués d'eau douce (potable).



Figure 5: Une mer



Figure 6: Un lac

4.3. L'eau sous forme de gaz

Dans l'atmosphère, l'eau existe sous forme de gaz. C'est la vapeur d'eau présente dans l'air humide.



Figure 7: La vapeur

5. Classification des eaux

La classification des eaux qui proviennent habituellement des nappes souterraines ou de la mer, contiennent le plus souvent des quantités de matières dissoutes entre 2000 à 10000 mg/L, par contre l'eau produite d'une usine de traitement biologique contient environ 750mg/l de matières dissoutes [3] [4].

Source Raymond Desjardins

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

Tableau 2: Classification des eaux selon la salinité

6. Les ressources en eau en Algérie

Le territoire algérien a été subdivisé en 5 grands bassins hydrographiques présentés au tableau 03. [5]

Source Ministère des Ressources en Eau

Régions hydrographiques	Eaux superficielles	Eaux Souterraines	Total de la ressource
<i>Oranie - Chott Chergui</i>	1 milliard de m ³	0.6 milliard de m ³	1.6 milliard de m ³
<i>Cheliff - Zahrez</i>	1.5 milliard de m ³	0.33 milliard de m ³	1 .83 milliard de m ³
<i>Algérois - Hodna - Soummam</i>	3.4 milliard de m ³	0.74 milliard de m ³	4.14 milliard de m ³
<i>Constantinois - Seybouse - Mellegue</i>	3.7 milliard de m ³	0.43 milliard de m ³	4 .43 milliard de m ³
<i>Sahara</i>	0.2 milliard de m ³	5 milliard de m ³	(il s'agit de la nappe albiene)

Tableau 3:La ressource en eau dans les cinq régions hydrographiques



Figure 8:La ressource en eau dans les cinq régions hydrographiques

7. Conclusion

Chapitre I : Généralités sur l'eau

Le Sahara algérien possède une immense réserve d'eau souterraine, laquelle présente un taux de salinité relative, ce qui nécessite le processus de dessalement pour l'utilisation domestique, agricole ou industriel.

Chapitre II : La distillation de l'eau

1. Contexte historique

Au début des siècles, l'homme pensait que le goût de l'eau était déterminé par sa pureté. Les anciens Grecs avaient utilisé l'évaporation de l'eau de mer pour obtenir de l'eau de boisson. Les Grecs et les Romains sont bien connus pour leurs systèmes d'eau élaborés.

Plusieurs méthodes utilisées depuis des siècles pour séparer l'eau de mer en eau douce contenant une faible concentration des sels dissouts. On citera notamment :

- la congélation,
- l'électrodialyse,
- l'osmose inverse,
- la distillation.

Mais, les deux technologies utilisées actuellement, à l'échelle industrielle, sont celles basées sur l'osmose inverse et la distillation.

On dit que la première référence sur l'utilisation de la distillation solaire pour la production de l'eau potable provient de l'italien Mr. NICOLO GHEZZI en 1742.

En 1872, l'ingénieur suédois Mr CHARLES WILSON a construit le premier distillateur à grand échelle dans le désert chilien, elle fonctionnait au moyen de l'énergie solaire et couvrait une superficie totale de 4760 m^2 de verre. La production d'eau était de 19 m^3 /j.

En 1875, Mr MOUCHOT conçut un système à multi-usager permettant entre autre d'avoir de l'eau distillée, de l'alcool et de cuire les aliments par focalisation des rayons solaires sur un ballon de distillation solaire, puis de 1926 à 1930 quelques distillateurs solaires furent construits par :

- Richard (Monaco) ; Maurian Et Brazier (Paris)
- Ginestous (Tunisie) ; Seltzer (Alger)
- Laparola (Benghazi) ; Veynberg (Urss)

Pour la période 1940 à 1961 les principaux concepteurs sont répertoriés dans le tableau04:
[6]

CONCEPTEURS	DATE
Massachusetts Ihstitute Of Technology (Mit)	1942

New york universty (Telkes)	1942
Virgih islahd (Rounds Lof)	1948-1949
University of california (Howe, Tleimat et Al)	1952
Univresity of wiconsin (Daniel,Duffie)	1952
Battelle memorial institute (Bloemer et Al)	1953
Australie, Csiro (Morse, Read Et Al)	1953
Algerie (Gomellia, Savorhin, Lejeune)	1953
Italie (Nebbia)	1953
Chypre (Fritzmaurice)	1954-1959
Kenya (Blake, Ramsay)	1954
Chille (Hirschmahn)	1955
Urss (Baum, Brdlik et Al)	1956
France (Trombe, Foex et Gomella)	1956
Sehegal (Masson)	1956-1961
Inde (Khanha, Mathur, Datta, Garg, Ahmed, et Al)	1951
Iran (Dejong)	1951
Georgia institute of technology (Grune et Al)	1958-1962
Espagne (Blanco • Fontan, Barasoain)	1958
Franklin institute (Erb)	1956-1961
Maroc (Ambroggi)	1956
Macracken	1959
Egypte (Hafez et Sakr)	1960
Hummel & Richard	1960
University of arizona (Hodges)	1961
Mcgill university (Lawand, Selcuk et Al).	1961
Thal lande (Wang)	1961

Tableau 4:modèles de distillateurs solaires construits entre 1942 et 1961

2. Le principe de la distillation

C'est l'évaporation de l'eau de mer ou de l'eau salée, soit en utilisant la chaleur des rayons solaire, soit en la chauffant par une source d'énergie électrique ou biomasse. Seules les gouttes d'eau pure s'échappent, laissant les résidus des sels dissous et toutes les autres substances contenues dans l'eau salée. Il suffit alors de condenser la vapeur d'eau pour obtenir une eau douce à usage domestique ou agricole. [7]

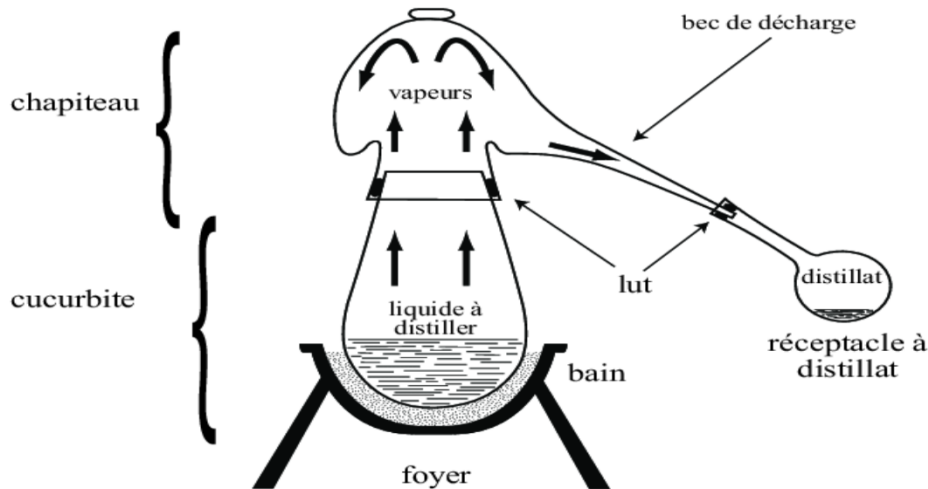


Figure 9: Le principe de la distillation

3. Type des distillateurs

3.1. Distillation à simple effet

Le principe de fonctionnement est simple. L'eau de mer froide passe à travers un serpentin à l'intérieur d'un récipient fermer. Suivez ensuite leur cycle à l'extérieur à travers un chauffage jusqu'à ce qu'elle arrive à l'intérieur du récipient, dans ce cas, l'eau est très chaude. La vapeur produite à partir de l'eau chaude de la mer monte comme la montre la figure pour se condenser sur le serpentin où elle s'est déplacée la première fois et qui contient de l'eau froide. Les gouttelettes d'eau douce sont alors regroupées. Pour cette raison, elle est utilisée uniquement dans les zones riches en champs de pétrole et de gaz. [8]

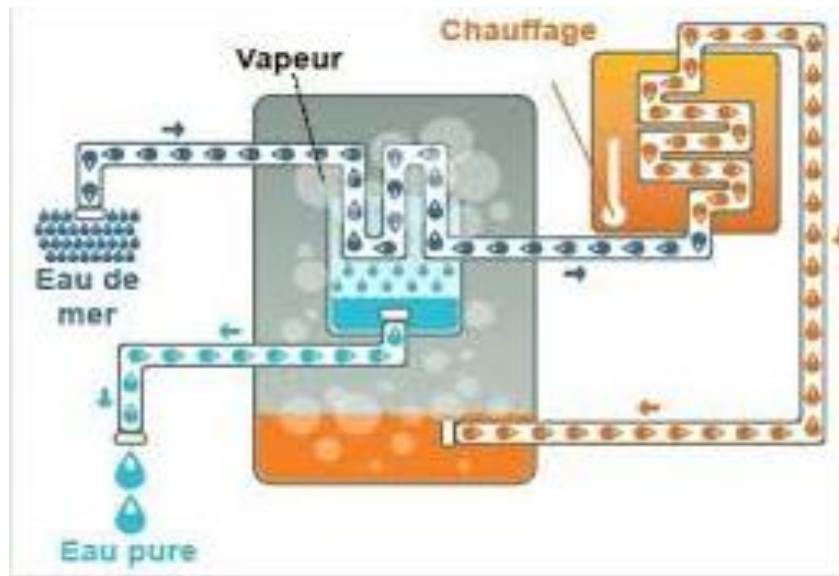


Figure 10: Distillation à simple effet

3.2. Distillation à multiples effets (MED)

Cette méthode augmente le rendement de la récupération de la chaleur d'apport pour une nouvelle distillation, le principe de ce phénomène est comme le suivant :

- La première étape, l'eau salée à l'intérieur du compartiment N°01 est pulvérisée sur un serpentin de circuit fermé (contient un liquide caloporteur) qui est chauffée à partir d'une chaudière et après le contact, elle se transforme en vapeur.
- La vapeur résultante est dirigée par pompage vers le deuxième compartiment à travers un autre serpentin et de la même manière, une eau froide salée est pulvérisée sur lui pour se former à l'extérieur de serpentin la vapeur et à l'intérieur de l'eau distillée après une condensation. (même chose pour le troisième compartiment). [8]

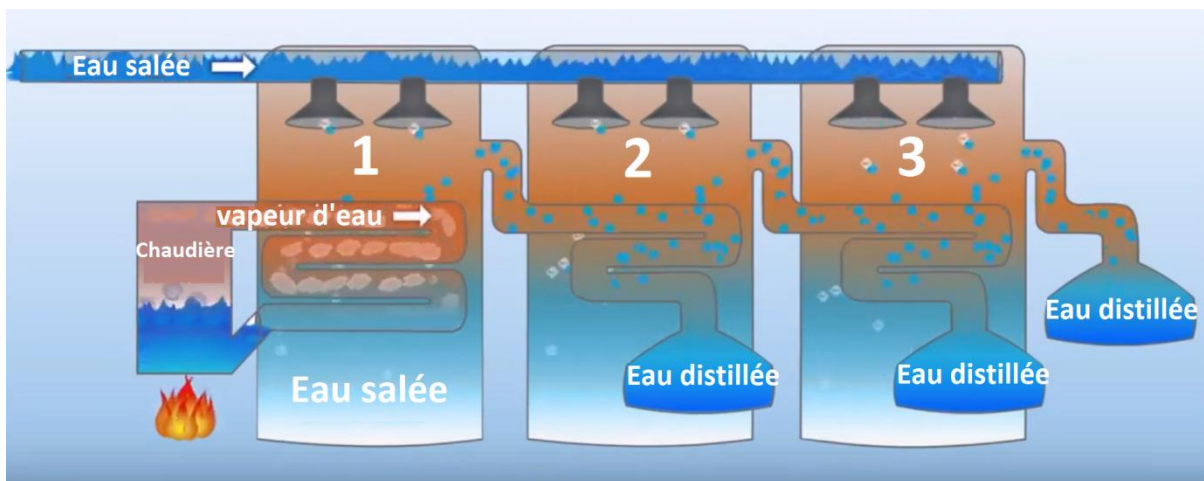


Figure 11: Distillation à multiples effets (MED)

3.3. La distillation Multi stage flash (MSF)

A partir de la figure ci-dessous, l'eau salée (froide) pénètre les tubes de serpentin dans quelques compartiments jusqu'à l'arrivée au chauffe-eau qui devient une eau chaude puis s'écoule vers le premier compartiment, lors de l'entrée dans ce compartiment, l'eau salée est surchauffée par rapport à sa température et sa pression. Elle va donc immédiatement

"clignoter", c'est-à-dire qu'elle va libérer de la chaleur, et donc de la vapeur, pour atteindre l'équilibre avec les conditions actuelles. La vapeur (vapeur flashée) produite est condensée dans de l'eau douce sur le serpentín tubulaire situé au sommet du compartiment. La partie non flashée de l'eau salée contient maintenant plus de sels et est envoyée au deuxième compartiment pour un clignotement supplémentaire.

Le deuxième compartiment fonctionne à une pression inférieure à celle du premier, afin d'abaisser le point d'ébullition de l'eau salée. La vapeur d'eau à nouveau récupérée sous forme d'eau douce par la condensation sur les tubes de serpentín. L'eau salée restante est ensuite envoyée au troisième compartiment, à une pression inférieure à celle du deuxième, pour plus de séparation. [8]

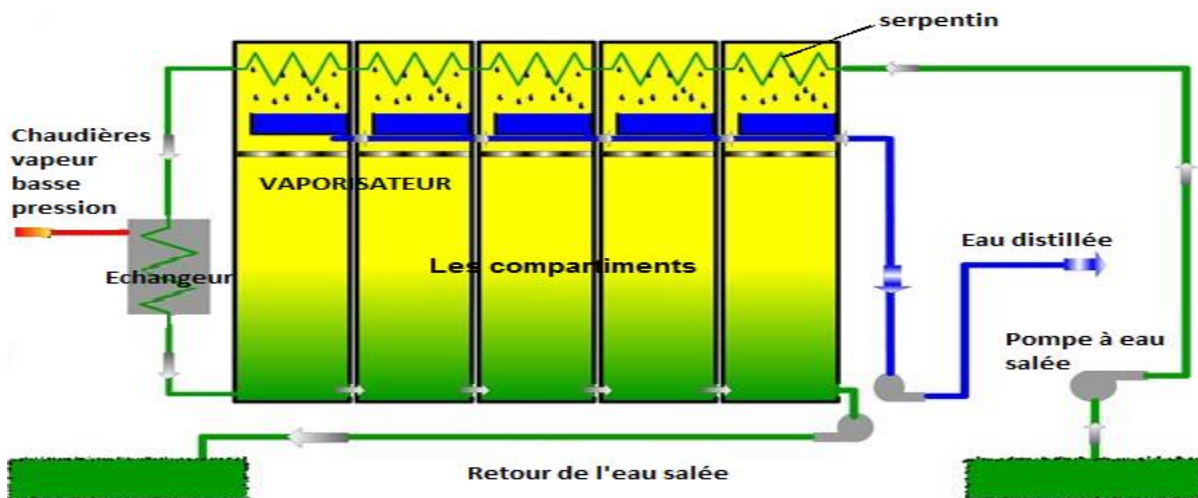


Figure 12: La distillation Multi stage flash (MSF)

3.4. Distillation par compression de la vapeur

L'eau salée est introduite dans un échangeur de chaleur pour être chauffée puis insérée dans un évaporateur, où elle est transformée en vapeur à travers la chaleur dégagée par la condensation de la vapeur d'eau à la surface de l'évaporateur.

La vapeur produite à partir de la zone (01) est transportée vers un compresseur mécanique ou thermique (02). Cette méthode est utilisée par exemple à bord des navires. Dans ce cas, la source d'énergie externe est nécessaire.

Cette vapeur à haute pression produite par le compresseur thermique à une température plus élevée que celle de l'évaporateur, est transportée vers l'échangeur de chaleur à travers un réseau de tuyauterie (03), ce qui peut donc de lui servir une source supplémentaire pour augmenter sa température et à la fin, elle est rejetée sous forme d'eau distillée. [8]

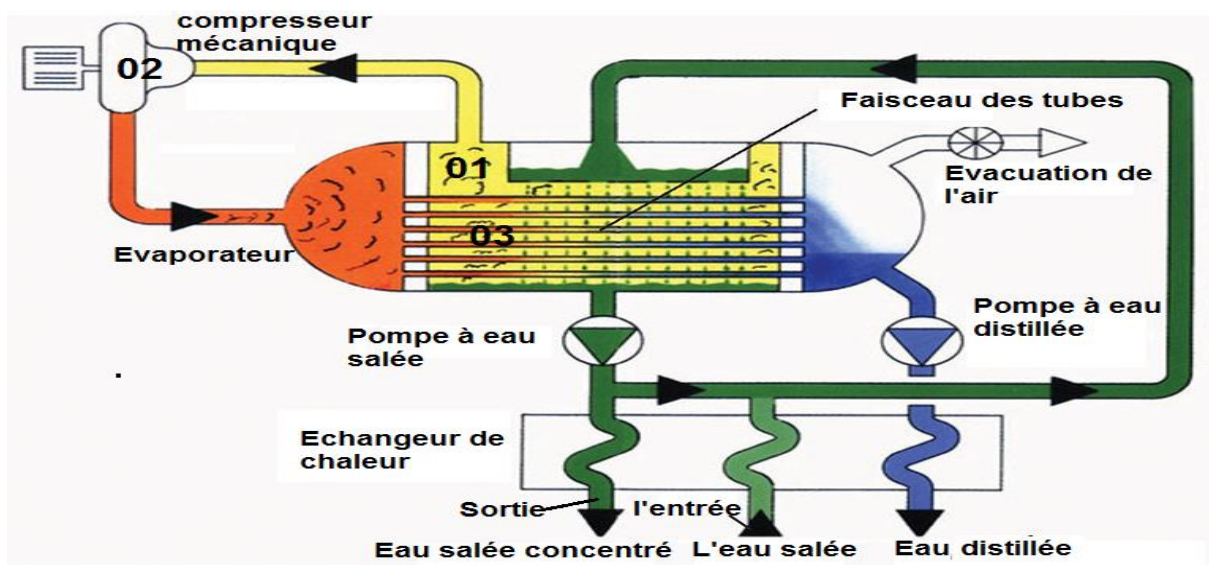


Figure 13 : La distillation par compression de la vapeur

3.5. Distillation solaire

Les distillateurs d'eau solaire utilisés dans des zones isolées ne contenant pas de ressources en eau potable (Eau salée) ; où l'accès à l'eau douce est limité. Le principe de fonctionnement de la distillation de l'eau solaire est simple, mais très utile, car la distillation reproduit la qualité d'eau douce d'une façon identique que la pluie. Un distillateur solaire est à deux principes scientifiques : évaporation et condensation. Les sels et les impuretés ne s'évaporent pas avec l'eau, car ils doivent atteindre une température supérieure à 1400°C.

La conception de la plupart des distillateurs d'eau solaire est simple, comporte un récipient à fond noir rempli d'eau et surmonté de verre ou de plastique incliné transparent. L'absorption de la lumière solaire par le matériau noir accélère le taux d'évaporation. La vapeur d'eau se condense sur la surface intérieure de la vitre transparente inclinée et évacuée par la canalisation.

3.5.1. Différent types de distillateurs solaires

3.5.1.1. Distillateurs à simple effet

Ce modèle des distillateurs est le plus connu dans le monde, car il est simple à construire et qui a un seul évaporateur mais son efficacité reste inférieure à celle d'un distillateur à multiples effets. On peut citer quelques modèles :

3.5.1.1.1. Distillateur à pente unique

C'est un distillateur à capteur unique incliné d'un angle (β). (Voir figure 14)

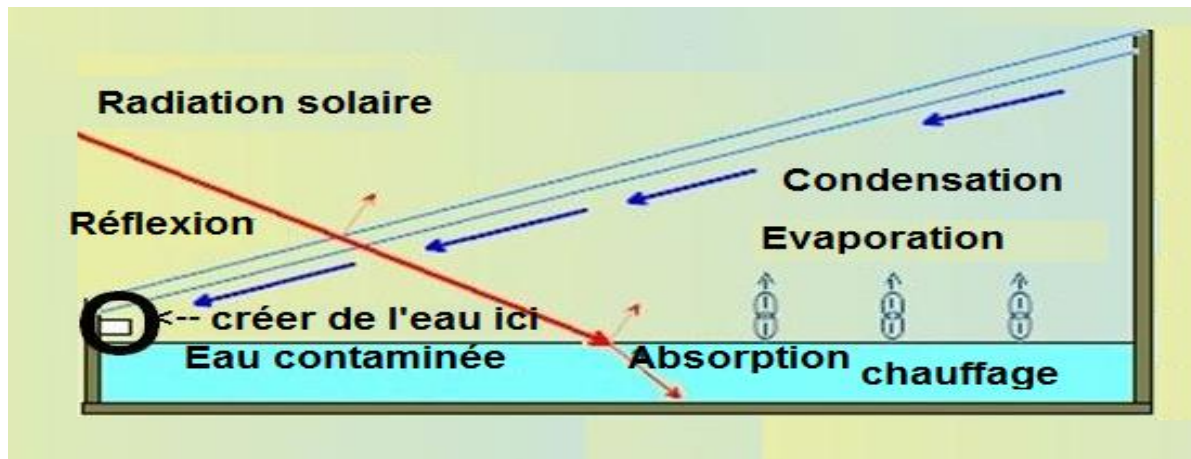


Figure 14: Distillateur à pente unique

3.5.1.1.2. Distillateur à double pentes

Même ce modèle de distillateur est simple [6]; mais à double capteur incliné d'un angle (β) pour chaque côté. Le but de cette conception est l'accélération et l'augmentation de taux de condensation en exposant un côté au soleil et l'autre à l'ombre. (Voir figure 15)



Figure 15: Distillateur solaire à double pentes

3.5.1.1.3. Distillateur sphérique à balayage

Ce type de distillateur est constitué d'une sphère en plastique dure, transparente et incassable à l'intérieur de laquelle est placé un bac contenant de l'eau salée. la condensation s'effectue sur la demi-sphère supérieur et le condensat est recueilli à la base de la demi-sphère inférieur. (Voir figure 16) [6]

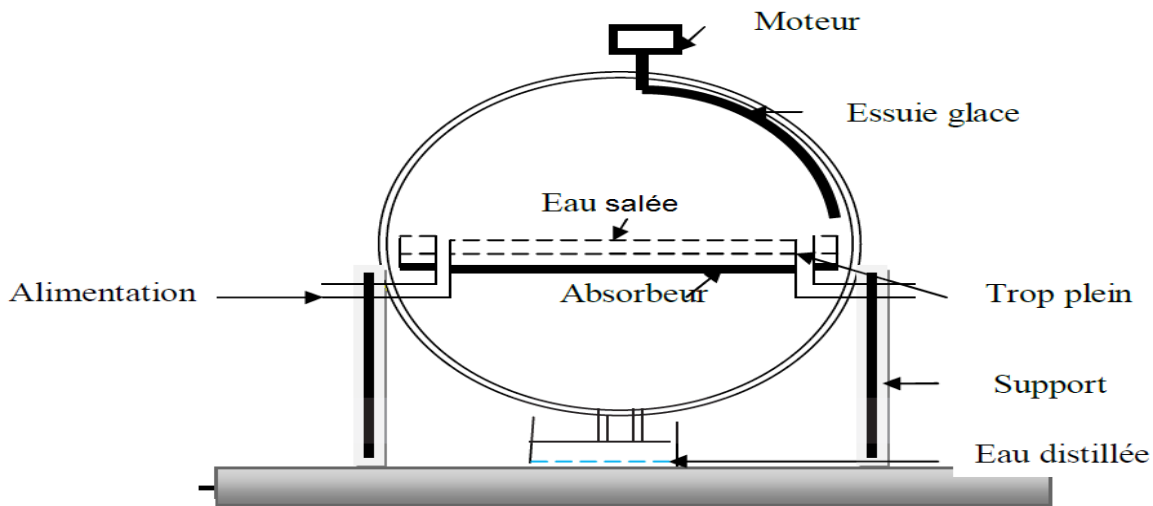


Figure 16: Distillateur sphérique à balayage

3.5.1.1.4. Distillateur solaire à film capillaire

Le distillateur à film capillaire est constitué d'un couvercle en vitre transparente (1) et de deux plaques métalliques disposées face à face et inclinées d'un certain angle. La face avant de la première plaque est peinte en noir (2). L'eau à distiller s'écoule lentement à l'aide d'un tissu (3) de l'autre côté ; ce tissu convient pour former un film d'eau capillaire. Cela justifie le nom donné à système (distillateur à film capillaire). La vapeur d'eau produite laisse le tissu et se condense au contact de la deuxième plaque (4). L'eau distillée et les résidus sont récupérés par les collecteurs. L'isolation thermique de l'unité est assurée par un coffre en bois (5), la Figure 17 montre le schéma général de fonctionnement de l'unité de distillation. [6]

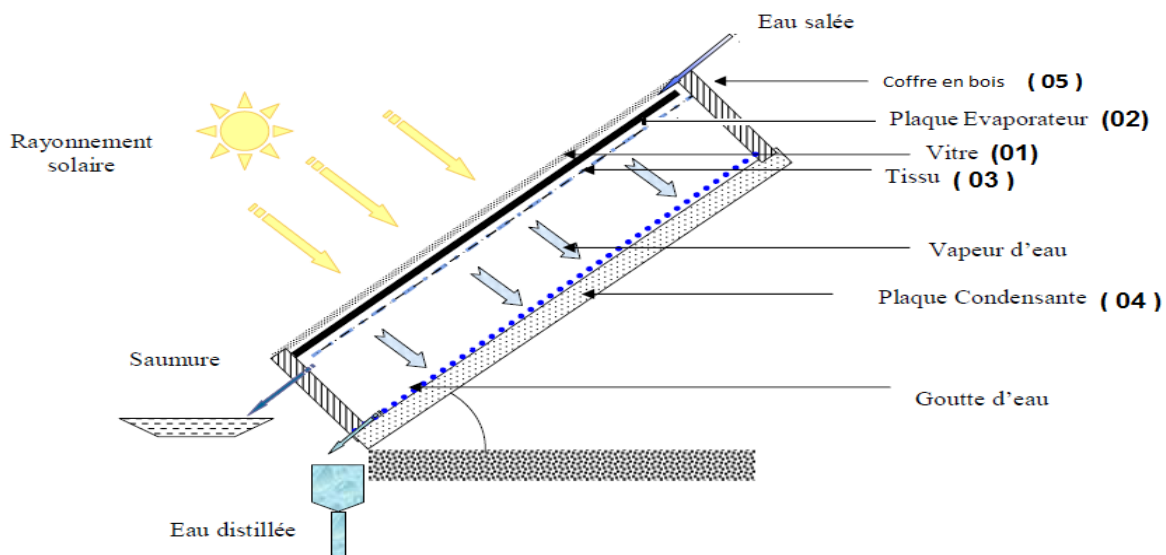


Figure 17: Distillateur solaire à film capillaire

3.5.1.2. Distillateurs à multi effets

C'est un distillateur qui contient plusieurs évaporateurs; parmi ces modèles nous avons:

3.5.1.2.1. Distillateur solaire Multi étages avec récupération de chaleur

Ce type du distillateur se compose de deux unités différentes, d'une unité de distillation et une source de chaleur (un chauffage solaire ou autre). La construction de ce modèle se compose de plusieurs bassins superposés les uns sur les autres contenant de l'eau saline. (Voir figure 18)

L'eau saline entre à travers le dernier étage en haut (4) et alimente les autres bassins en dessous à travers des tuyaux. Le responsable de l'échauffement de l'eau est le chauffe-eau solaire qui alimente le bassin inférieur en énergie thermique (1). Quand la température de l'eau atteint le degré d'évaporation, le vapeur se condense à la surface inférieure du bassin conique situé au-dessus (2) et qui forme de gouttes d'eau qui s'écoulent vers une gouttière (3) qui les mène au stockage. À la condensation de la vapeur d'eau, l'énergie de chaleur dégagée réchauffe l'eau contenue dans l'étage supérieur qui s'évapore à son tour et se condense à la surface inférieure de l'étage suivant et ainsi de suite... [6]

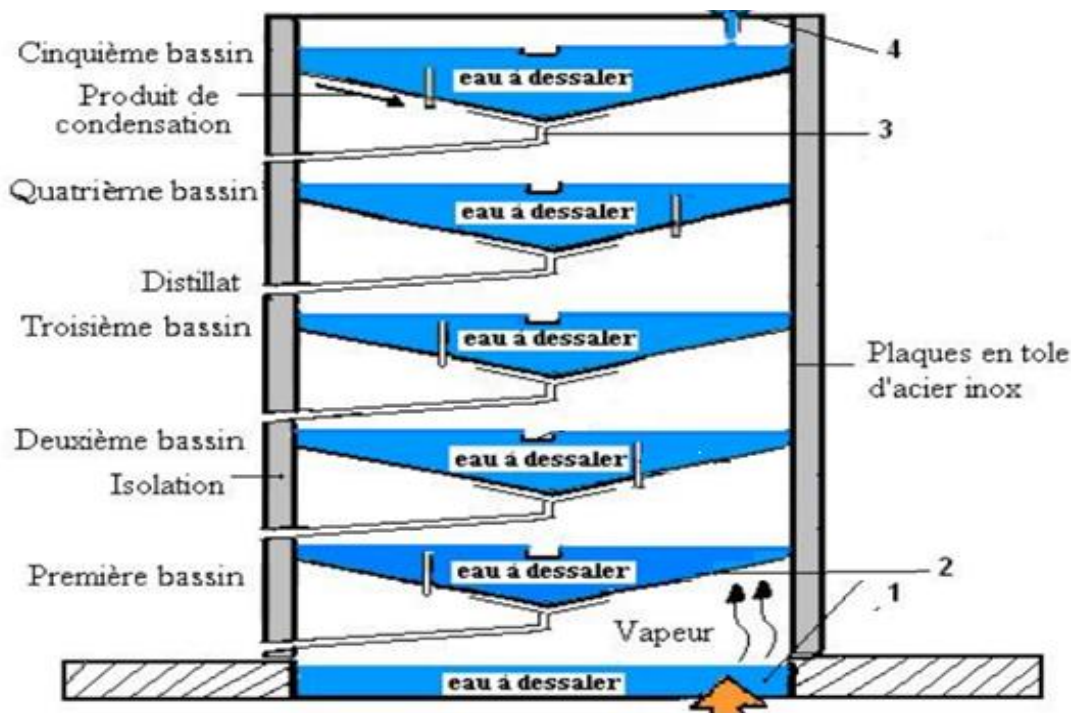


Figure 18: Distillateur solaire à étages multiples avec récupération de chaleur (Multi étages)

3.5.1.2.2. Distillateur solaire incliné à cascades

Ce type de distillation consiste en une structure inclinée avec des petits bassins (Barrages) en cascade. L'eau salée est alimentée par le haut et le condensat est rassemblé par le bas. L'eau d'alimentation traverse les petits bassins et les remplit tous de manière uniforme. Il y a une petite distance entre le verre et la plaque absorbante, ce qui accélère les processus de saturation et de condensation, ce qui rend le système en cascade plus efficace que d'autres distillateurs solaires. (Voir figure 19)[6]

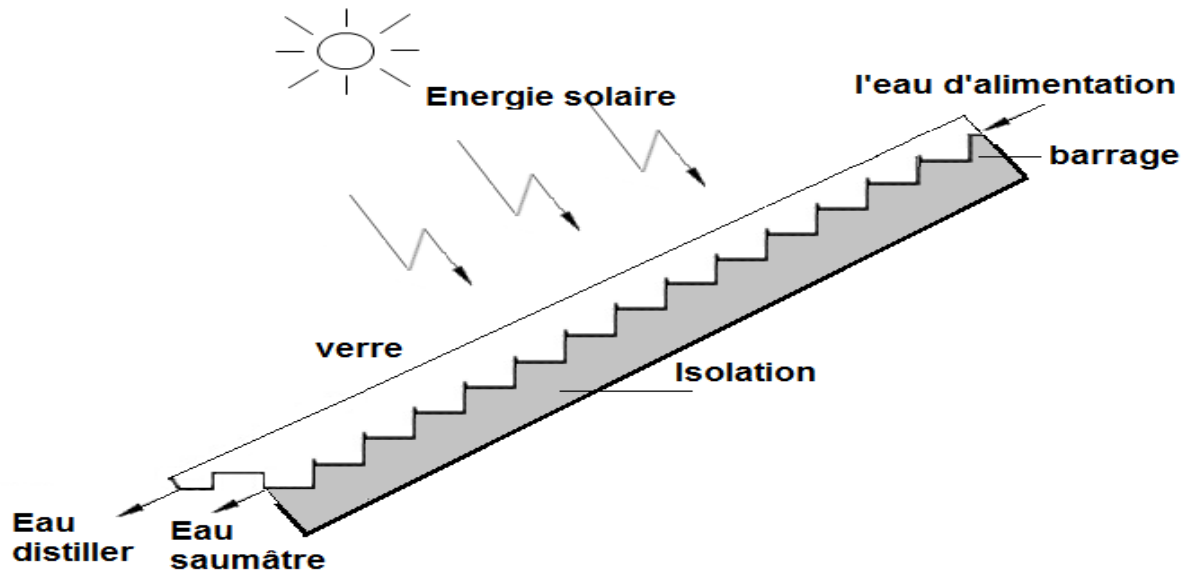


Figure 19: Distillateur solaire incliné à cascades

Chapitre III : Influence de rayonnement solaire sur l'efficacité d'un distillateur

1. Champ de rayonnement

1.1. Mouvement de la terre autour du soleil

La Terre tourne autour du Soleil en une année, c'est-à-dire, 365 jours, 6 heures, 9 minutes et 4 secondes (12 mois). L'orbite de la Terre autour du Soleil est une ellipse (n'est pas vraiment un cercle), alors ; la distance de la Terre par rapport au Soleil n'est pas constante mais varie dans l'année:

- ❖ la distance au mois de janvier est de 147 millions de kilomètres ;
- ❖ elle au mois de juillet est de 152 millions de kilomètres.

Malgré cette variation; la distance n'affecte pas sur les saisons de l'année, c'est l'inclinaison de la planète qui joue un rôle majeur dans l'existence des saisons, surtout aux moyennes et hautes latitudes. La Terre tourne sur elle-même autour de l'axe des pôles. Cet axe de rotation de la Terre est toujours incliné d'environ $23,26^\circ$ par rapport à la perpendiculaire au plan de l'écliptique (Plan de déplacement de la Terre autour du Soleil.) et garde toujours la même orientation ("Nord-Sud" d'après nos repères terrestres) quelle que soit la position de la Terre par rapport au Soleil. [10](Voir figure 20)

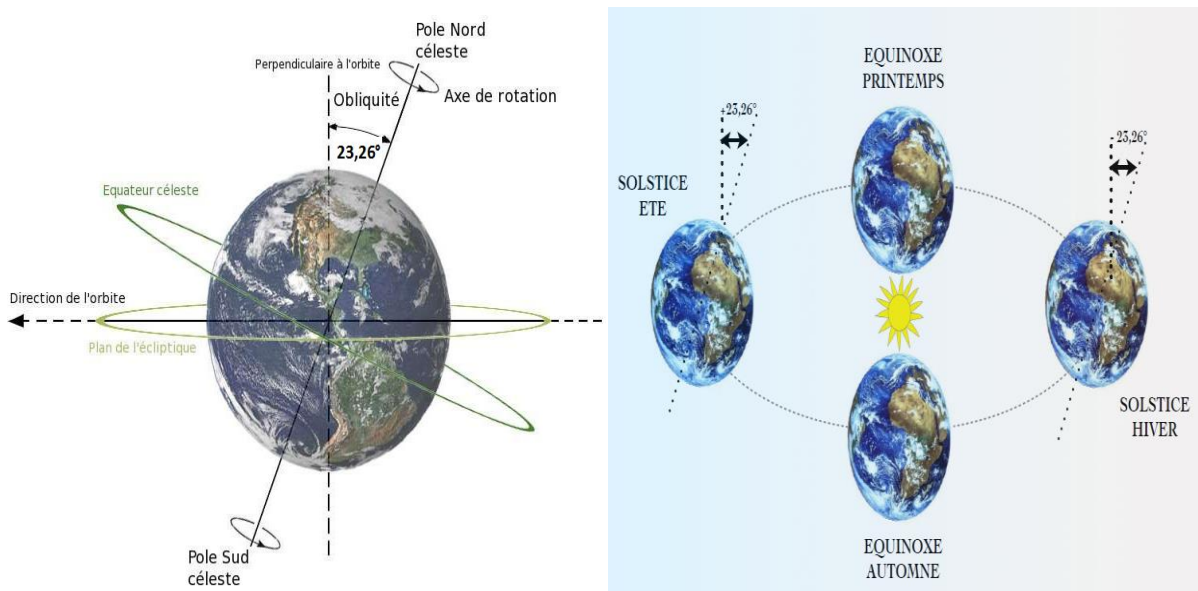


Figure 20: L'orbite de la Terre autour du Soleil

1.2. Position de rayonnement solaire sur la Terre

Pendant la rotation de la terre autour du Soleil en une année, elle change d'inclinaison par rapport au Soleil, ce qui modifie l'angle avec lequel le rayonnement solaire atteint la Terre, ainsi que la partie illuminée de la Terre changent durant l'année. La figure(21) montre les quatre périodes de l'année.

Tom Ruen, Full Sky Observa tory

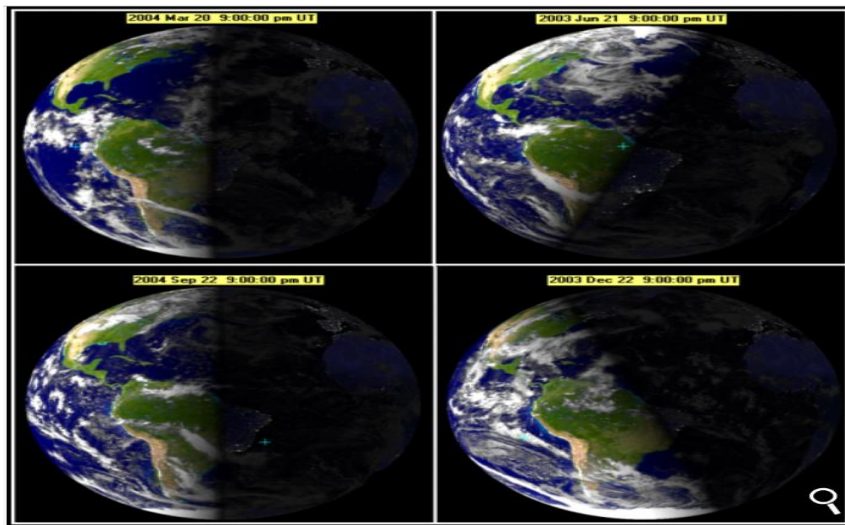


Figure 21: Position de rayonnement solaire sur la Terre pendant la rotation d'une année

1.3. Le soleil

Le soleil est l'étoile la plus proche de la Terre, la seule étoile dont la surface peut être vue par le télescope. Quant au reste des étoiles, il est si difficile de voir les détails de ses surfaces à cause de sa distance. La distance entre le soleil et la Terre est de 149 597 870 kilomètres ce qui permet à la lumière du Soleil ou rayonnement solaire parvienne jusqu'à la terre en 8 minutes et 19 secondes. [11]



Figure 22: Distance soleil terre

1.4. Rayonnement solaire

Le rayonnement solaire émis par le soleil se compose de plusieurs types de rayons, dont certains sont filtrés ou suspendus par l'atmosphère et les nuages, alors que des autres ne le sont pas. Les rayons du soleil sont aussi appelés radiations.

Les rayons solaires sont classés en fonction de leur longueur d'onde : les ondes courtes et les ondes longues. Plus une onde est longue plus qu'elle donne un bon rendement.

Les rayons à ondes courtes sont extrêmement dangereux pour la santé humaine mais, heureusement, ils sont absorbés par l'atmosphère terrestre et se divisent-en :

- ❖ Rayons X,
- ❖ Rayons bêta,
- ❖ Rayons Ultraviolet C (UVC),
- ❖ Rayons gamma.

Les rayons à ondes longues qui parviennent à la surface de la terre sont principalement:

- ❖ Les Ultraviolets A et B (UVA et UVB) - environ 56 %
- ❖ La lumière visible - environ 39%
- ❖ Les infrarouges (IR) - environ 5% (Voir figure 23). [9]

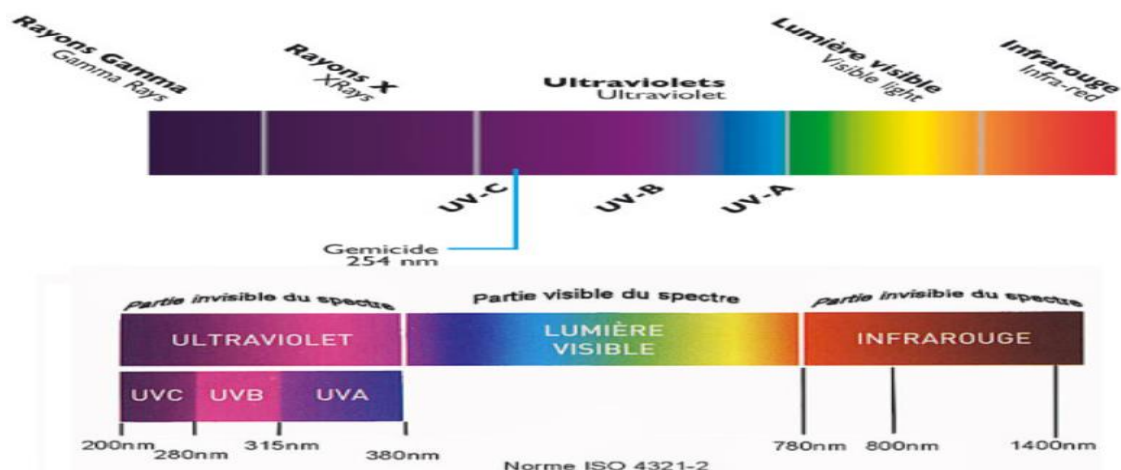


Figure 23: Les différents types de rayons solaires

1.5. Puissance du rayonnement solaire en fonction de la météo

Le rayonnement solaire reçu sur une surface varie donc au cours du temps en fonction de la position du Soleil et de la couverture nuageuse. La puissance solaire maximale à la surface de la Terre est d'environ $1\,000\text{ W/m}^2$ pour une surface perpendiculaire aux rayons. [11] [12]

Le rayonnement solaire reçu sur une surface varie donc au cours du temps en fonction de la position du Soleil et de la couverture nuageuse. La puissance solaire à l'entrée de l'atmosphère est d'environ 1360 W/m^2 et lorsqu'elle atteint la surface de la Terre $1\,000\text{ W/m}^2$ pour une surface perpendiculaire aux rayons. [11] [12]

Le rayonnement solaire global correspond à la somme de différents rayonnements :

- ❖ Le rayonnement direct : les rayons du soleil atteignent le sol sans subir aucune modification.
- ❖ Le rayonnement diffus : les rayons du soleil rencontrent des obstacles (nuages, poussières, ...) qui les redirigent dans de multiples directions.
- ❖ Rayonnement réfléchi: Ceci est dû à la réflexion de la lumière solaire sur une surface réfléchissante (telle qu'une surface de glace réfléchissant bien le rayonnement solaire). [10]

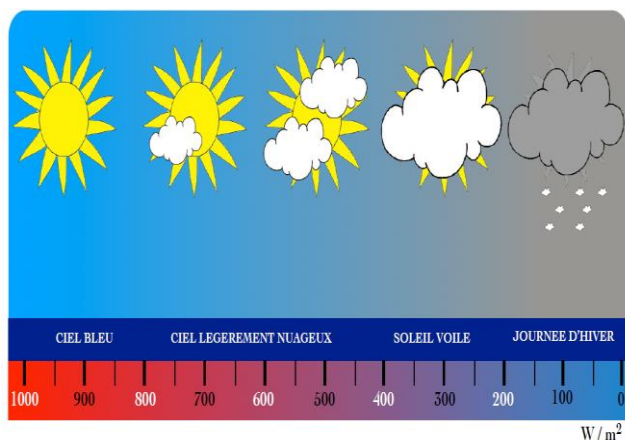


Figure 24: Puissance solaire pour différents ciels

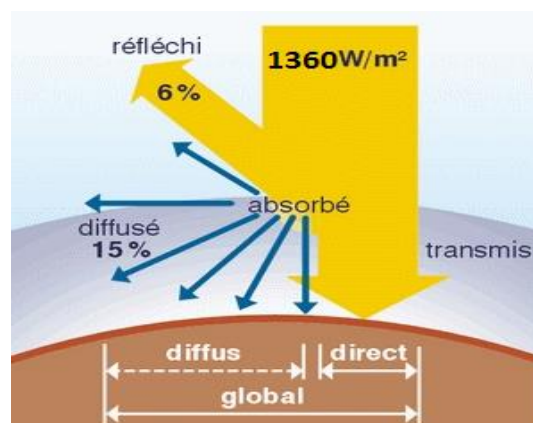


Figure 25: État de l'énergie au niveau de la terre

1.6. Énergie solaire mensuelle en Algérie

La moyenne mensuelle de l'irradiation globale qui compte 48 Wilaya représentée dans le tableau 05 et la figure 26. [9]

Sites	Latitude	longitude	Altitude	Avril	Mai	Juin	Gh
Adrar	27.80	-0.18	279	9.92	10.35	10.65	7272
Ain Sefra	32.76	-0.60	1058	9.94	10.42	10.44	7516
Dar El Beida	36.68	3.22	25	8.49	9.06	10.34	6664
Annaba	36.83	7.80	3	8.16	9.38	10.38	6758
Arzew	35.82	-0.27	3	8.92	8.80	8.40	6498
Barika	35.33	5.33	460	9.44	10.12	11.16	7376
Batna	35.75	6.32	822	8.73	9.53	10.40	7170
B-B-Argeridj	36.07	4.77	928	9.01	9.72	10.88	7332
Béchar	31.50	-2.25	809	10.65	11.04	11.37	7805
Bejaia-AE	36.72	5.07	2	8.02	8.86	9.90	6576
Béni Abbes	30.13	-2.17	500	10.71	11.06	11.35	7644
Béni Saf	35.30	-1.35	68	9.40	9.36	9.91	6787
Biskra	34.80	5.73	82	10.00	10.58	11.42	7427
Bou Saadia	35.33	4.20	459	9.09	9.61	10.11	7037
Chlef	36.20	1.33	143	7.60	8.70	10.90	6617
Constantine	36.28	6.62	693	8.25	9.38	10.58	7003
Dellys Afir	36.92	3.95	8	8.57	9.13	9.82	6658
Djanet	24.27	9.47	968	9.53	9.73	10.71	7782
Djelfa	34.33	3.38	1180	9.14	9.88	10.60	7431
El-Bayadh	33.67	1.00	1341	9.19	9.89	10.62	7491
El-Golea	30.67	2.87	397	10.10	10.29	10.76	7461
El-Oued	33.50	6.78	64	9.84	10.32	11.12	7302
Ghardaia	32.40	3.80	468	10.13	10.44	11.25	7501
Guelma	36.47	7.47	227	7.96	9.21	10.07	6729
In-Amenas	28.05	9.63	561	9.03	9.23	10.27	7286
In-Salah	27.23	2.50	268	9.43	9.73	10.64	7260
Ksar Chellala	35.17	2.32	890	7.29	8.02	8.77	6483
Mascara	35.60	0.30	474	9.24	9.55	10.05	7159
Mecheria	34.52	-0.28	1140	8.44	9.45	10.80	7116
Méclia	36.28	2.73	1030	8.44	9.45	10.80	7116
Misliana	34.82	-1.76	427	9.47	9.87	10.75	7027
Miliana	36.30	2.23	715	8.65	9.60	10.91	7130
Mostaganem	35.88	0.12	137	8.00	9.10	9.70	6617
M'Sila	35.67	4.50	441	9.32	10.07	10.82	7254
Nâma	33.27	-0.30	1166	9.43	9.75	10.15	7298
Oran-Sénia	35.63	-0.60	90	9.40	9.70	10.67	6896
Saida	34.87	0.15	750	9.05	9.64	10.85	7146
Sétif Ain-Silha	36.18	5.25	1033	9.05	9.81	10.97	7371
Sidi Bel Abbes	35.20	-0.62	475	9.44	9.94	11.32	7157
Skikda	36.88	6.90	2	8.20	9.27	10.29	6758
Souk Ahras	36.28	7.97	680	7.82	8.96	9.82	6870
Tamanrasset	22.80	5.43	1362	10.01	9.53	8.84	7502
Tébessa	35.42	8.12	621	8.40	9.42	10.18	7170
Tiaret	35.35	1.47	977	8.74	9.57	10.72	7226
Timimoun	29.25	0.28	312	9.63	10.40	10.95	7302
Tindouf	27.7	-8.17	443	10.60	11.40	11.90	7591
Tiencen Zenata	35.02	-1.47	246	9.29	9.61	10.60	6958
Touggourt	33.07	6.08	87	9.90	10.26	11.37	7314

Tableau 5: Moyenne mensuelle de l'irradiation globale reçue sur une surface horizontale, Période printemps 1992-2002

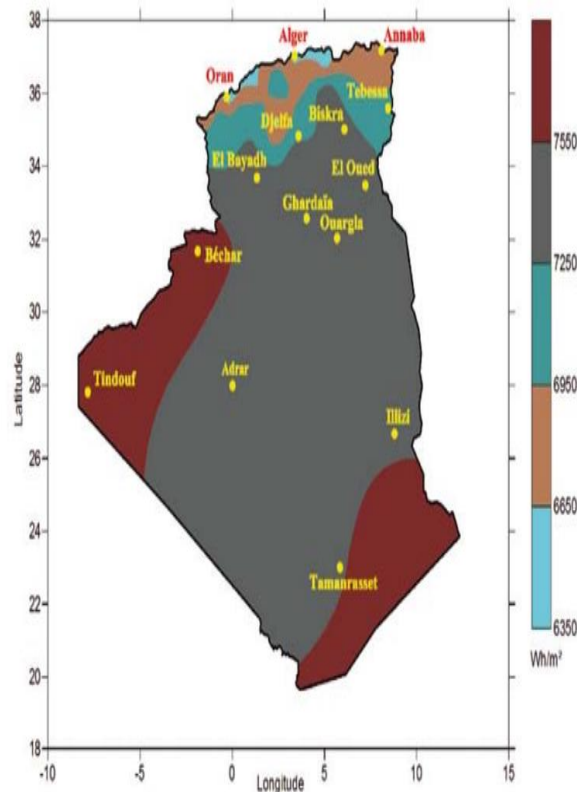


Figure 26: Moyenne mensuelle de l'irradiation globale reçue sur une surface horizontale, Période printemps 1992-2002

1.7. Disponibilité de l'énergie solaire

Le rayonnement solaire dépend fortement de nombreux paramètres [13]:

- ❖ la latitude de site (éloignement par rapport à l'équateur),
- ❖ La saison (inclinaison relative de la terre par rapport au soleil qui change au cours de l'année),
- ❖ L'heure de la journée (angle variable du soleil dans le ciel),
- ❖ Les conditions météo et atmosphériques (nébulosité, pollution, nuages....).

2. Étapes de calcul

2.1. Calcul la hauteur du soleil à un lieu (El oued) par géométrie et astronomie

Nous supposons que la surface de la terre est représentée par un cercle dans la figure(27), ce cercle contient deux axes l'un perpendiculaire sur l'autre; l'axe horizontal est le plan de l'écliptique.

Si nous traçons l'axe de rotation de la terre, qui est incliné par rapport à la perpendiculaire de l'écliptique par un angle de $23^{\circ}26'$. Ce sera l'angle de déclinaison α : donc $\alpha = 23^{\circ}26'$.

Puis nous traçons une perpendiculaire à la ligne de rotation de la Terre, et nous avons la ligne de l'équateur. L'équateur, étant une ligne imaginaire à la surface de la Terre (On prit le cas de la période de l'été). [10]

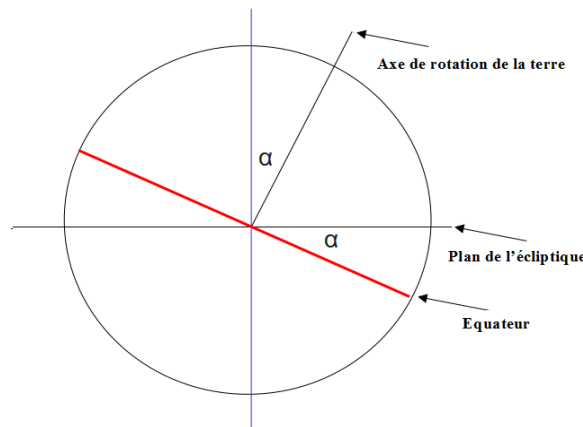


Figure 27: Déterminer l'angle (α) de l'inclinaison de l'axe de rotation de la terre

Maintenant, il faudra positionner la latitude de la localité (Exemple El oued), pour laquelle nous cherchons la hauteur du Soleil. El oued située à une latitude de $33^{\circ}50'$ Nord, à partir de l'équateur, on fait la mesure de l'angle formé avec la valeur de latitude d'El- oued.

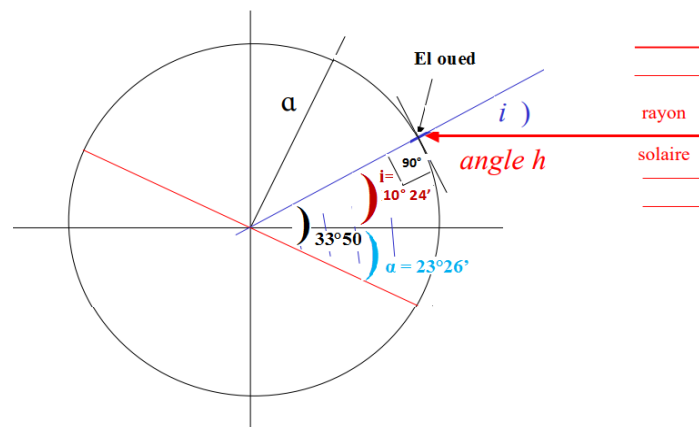


Figure 28: Déterminer l'angle (i)

Angle i = latitude – l'angle d'inclinaison (α) alpha

Donc : i est égal à $33^{\circ}50'$ MOINS $23^{\circ}26'$, Soit **Angle $i = 10^{\circ}24'$**

Pour trouver la hauteur, il faut tracer un trait Tangente au cercle, passant par El oued. Cette tangente est perpendiculaire au rayon partant du centre de la Terre (angle de 90°). Par la suite nous dessinons un rayon du Soleil arrivant directement sur El oued.

Puisque le rayonnement solaire est parallèle au le plan de l'écliptique et coupe le rayon venant du centre de la Terre et passant par El oued, on peut dire que l'angle(i) qui se trouve à l'extérieur et à l'intérieur du cercle est identique.

La hauteur du Soleil. (h) est l'angle d'incidence formé de deux angles complémentaires et qu'il suffit de retirer la valeur de l'angle i de 90° , pour obtenir la valeur de l'angle (h).

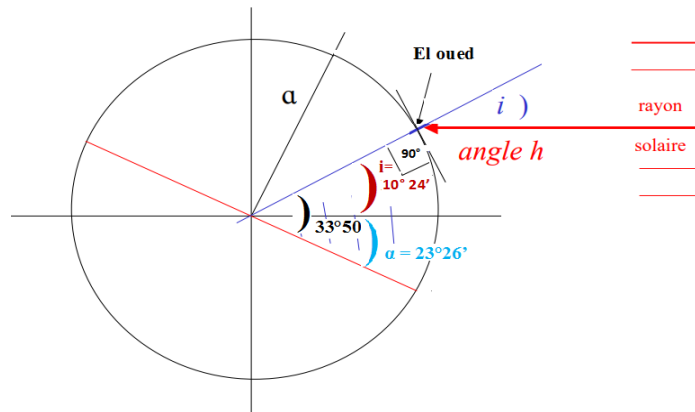


Figure 29: Déterminer l'angle de la hauteur du Soleil

Angle $h = 90^\circ - \text{l'angle } i$

Donc h est égal à 90° MOINS $10^\circ 24'$. Soit : **Angle $h = 79^\circ 76'$**

A partir de cette démonstration on peut écrire la formule générale (Voir figure 30):

- ❖ **Hauteur du soleil** = $(90^\circ + \text{alpha} (\square)) - \text{Angle de latitude}$ [Solstice été]
- ❖ **Hauteur du soleil** = $90^\circ - \text{Angle de latitude}$ [Equinoxes printemps & automne]
- ❖ **Hauteur du soleil** = $(90^\circ - \text{alpha} (\square)) - \text{Angle de latitude}$ [Solstice hiver]

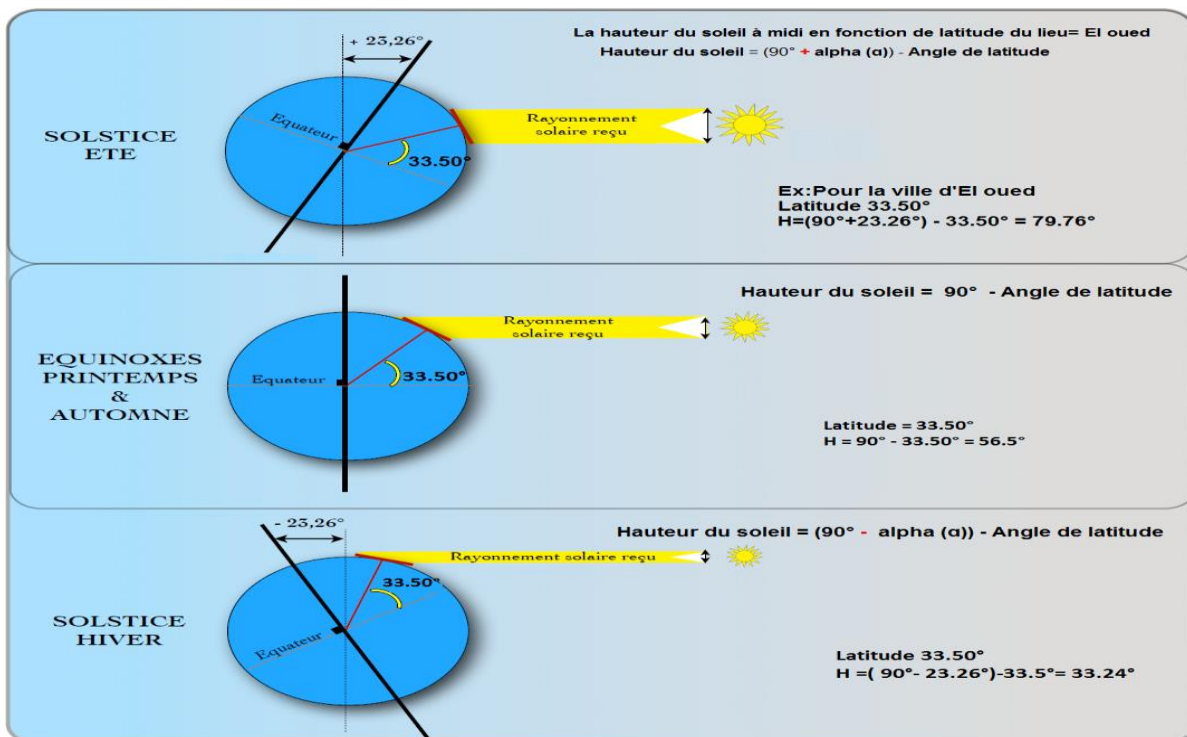


Figure 30: Calcul la hauteur solaire pendant les quatre saisons

2.2. Détermination l'angle d'inclinaison d'un plan incliné reçu du rayonnement solaire par rapport à la surface du sol

A travers les relations de la géométrie, le triangle présenté dans la figure (31) montre que nous avons deux angles connus (la hauteur solaire = $56,5^\circ$ et l'angle droit = 90°) ; reste de connaître l'angle d'inclinaison de la surface plan (capteur solaire, panneau solaire ou distillateur solaire).

Alors :

L'angle d'inclinaison de la surface plan = 180° (la somme des angles d'un triangle) - 90° (l'angle droit) - 56.50° (la hauteur solaire) = 33.50°

L'angle d'inclinaison de la surface plan (capteur solaire, panneau solaire ou distillateur solaire) pendant la période du printemps & automne = 33.50°

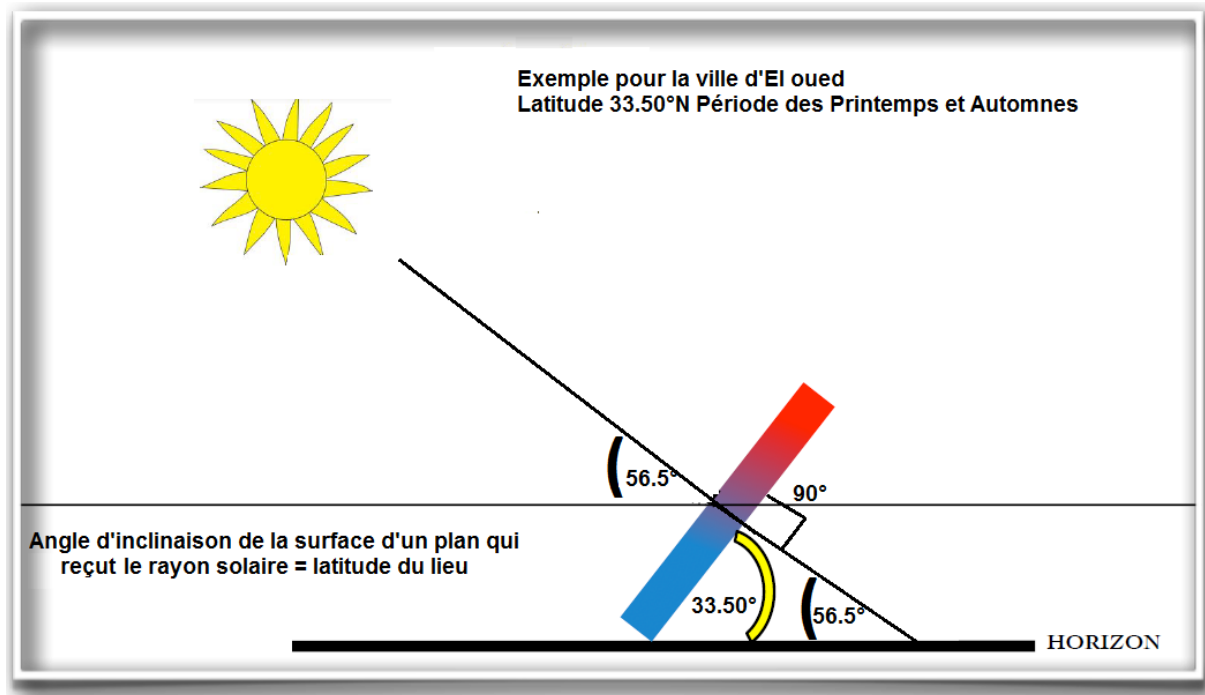


Figure 31: Détermination l'angle d'inclinaison d'un plan incliné par rapport à la surface au sol

2.3. Calcul les flux thermiques absorbées par les différents composants d'un

Distillateur

La performance d'un distillateur solaire est généralement exprimée en quantité d'eau évaporée ; un litre d'eau par mètre carré de surface de bassin par jour. Cette performance peut être prédite en écrivant les équations de bilan d'énergie et de masse sur les différentes composantes du distillateur.

2.3.1. Les équations du bilan énergétique pour un distillateur solaire à effet simple (pente unique)

L'équation générale pour décrire divers transferts de chaleur dans un distillateur solaire est une équation de bilan énergétique, qui dit que la somme de la chaleur totale entrante doit être égale à la somme de la chaleur totale sortante. Ceci est basé sur la loi de la conservation de l'énergie qui dit que la chaleur ne peut n'être ni créée ni détruite, elle ne peut être changée que d'une forme à une autre [14] [15] [16].

$$\sum Q(in) = \sum Q(ex) \quad (1)$$

Pour écrire les équations du bilan thermique à chaque composant du distillateur solaire (de la plaque absorbante, de l'eau salée et de la vitre du distillateur solaire), on suppose que :

- ❖ Le régime est supposé quasi-stable.
- ❖ La vitre est propre.
- ❖ Les parois de côté sont supposées adiabatiques.
- ❖ La condensation se fait uniquement sur la vitre.
- ❖ Le distillateur est étanche.
- ❖ La condensation de l'eau sur la surface interne de la vitre est homogène.
- ❖ La concentration du sel dans l'eau n'influe pas sur les transferts de chaleur et de masse à partir de et vers l'eau salée.
- ❖ Les températures de face intérieure de la vitre, de l'eau salée, de l'absorbeur et du vide entre la vitre et l'eau salée sont tous uniformes.
- ❖ Transfert de chaleur est unidimensionnel.

2.3.1.1. Puissance absorbée par la vitre

L'équation générale est :

$$S_v a_v G + Q_{re} + Q_{ce} + Q_{eve} = Q_{rv} + Q_{cv} \quad (2)$$

$$Q_{re} = S_e h_{re}(T_e - T_{ma}) \quad (2a)$$

$$Q_{ce} = S_e h_{ce}(T_e - T_{ma}) \quad (2b)$$

$$Q_{eve} = S_e h_{eve}(T_e - T_{ma}) \quad (2c)$$

$$Q_{rv} = S_v h_{rv}(T_{vex} - T_a) \quad (2d)$$

$$Q_{cv} = S_v h_{cv}(T_{vex} - T_a) \quad (2e)$$

Puisque : $S_e = S_b$ (2f)

Alors $S_v = S_b \sin \theta$ (θ est l'angle de la pente) (2g)

Pour l'échange par conduction entre l'intérieur et l'extérieur est :

$$Q_{vex} = S_v \frac{k_v}{e_v} (T_{vin} - T_{vex}) \quad (3)$$

Source Mediterranean Float Glass

Verre plat clair Clear Flat Glass	PV8	Verre plat clair Clear Flat Glass	Verre Feuilleté clair Clear laminated glass	Domaine du visible Visible		Ultra Violet	Energie solaire/Solar energy					Glass EN 12600	Glass EN 356	Nuance Shade	Rendu des couleurs en transmission Ra % Co/or rendering transmission
				Trans-mission TL%	Réflex-ion R%		Trans-mission TUV%	Trans-mission Te%	Réflexion extérieure % Externat reflection RE %	Absor-ption av %	Facteur solaire g % (EN 410) Solar factors g % (EN410)				
3 mm	0.38 mm	3 mm	331	90	9	5	78	8	139	82	57	282	-	Neutre	99
4 mm	0.38 mm	4 mm	441	89	8	5	76	8	163	80	57	282	-	Neutre	98
5 mm	0.38 mm	5 mm	551	88	8	5	74	8	185	79	56	282	-	Neutre	98
6 mm	0.38 mm	6 mm	661	88	8	5	72	7	207	77	55	282	-	Neutre	97
8 mm	0.38 mm	8 mm	881	87	8	4	68	7	246	75	54	-	-	Neutre	96
10 mm	0.38 mm	10 mm	10 101	86	8	4	65	7	282	72	53	-	-	Neutre	95
3 mm	0.76 mm	3 mm	332	89	9	2	76	9	151	80	57	181	-	Neutre	99
4 mm	0.76 mm	4 mm	442	88	9	1	74	8	174	79	56	181	P2A	Neutre	98
5 mm	0.76 mm	5 mm	552	88	9	1	72	8	196	77	56	181	P2A	Neutre	97
6 mm	0.76 mm	6 mm	662	87	9	1	70	8	217	76	55	181	P2A	Neutre	97
8 mm	0.76 mm	8 mm	882	86	9	1	67	8	256	73	54	181	-	Neutre	96
10 mm	0.76 mm	10 mm	10 102	85	9	0	63	8	291	71	53	181	P2A	Neutre	95

Tableau 6:Spécifications techniques du verre d'après MFG donne le coefficient d'absorption (a_v)

2.3.1.2. Puissance absorbée par la nappe d'eau

L'équation générale est :

$$S_e a_e G + Q_{tb} = Q_{re} + Q_{ce} + Q_{eve} \quad (4)$$

$$Q_{tb} = S_b h_{cb} (T_b - T_e) \quad (4a)$$

2.3.1.3. Puissance absorbée par le bac absorbant

L'équation générale est :

$$S_b a_b G = Q_{tb} + Q_{perte} \quad (5)$$

$$Q_{perte} = S_b h_{c.b-isol} (T_b - T_{isolant}) \quad (5a)$$

Remarque :

D'après Bonn et Rochon (1992), Tous les objets sont ainsi caractérisés par un coefficient d'absorption noté(a), un coefficient de réflexion noté (R), et un coefficient de transmission noté(t), qui expriment respectivement la part d'énergie absorbée, réfléchie et transmise. Ces trois coefficients ont des valeurs qui varient entre 0 et 1 et leur somme est toujours égale à 1, selon le principe de la conservation de l'énergie. [17]

$$a + R + t = 1 \quad (6)$$

Le coefficient d'absorption (a) d'une surface est lié à un rapport entre le flux absorbé et le flux incident.

$$a = \frac{Q_{abs}}{Q_{inc}} \quad (7)$$

Ce rapport dépend de la longueur d'onde du rayonnement incident. Pour le Corps Noir, il est égal à (01).

$\sum Q(in) \text{ et } \sum Q(ex)$	Quantité de chaleur totale entrante et extraite (W)
G	le rayonnement solaire (W/m^2)
$S_b, S_v \text{ et } S_e$	Surface de la plaque absorbante du bassin, de la vitre et de la couche d'eau en m^2
$a_b, a_v \text{ et } a_e$	Le coefficient d'absorption le rayonnement par la plaque absorbante, la vitre et l'eau %
C_{pb}	Chaleur spécifique de la plaque absorbante du bassin, J / kg K
Q_{re}	Flux de chaleur échangée par rayonnement entre la surface de l'eau et la surface de la vitre(W)
Q_{ce}	Flux de chaleur échangée par convection entre la surface de l'eau et la surface de la vitre (W)
Q_{eve}	Flux de chaleur échangée par évaporation entre la surface de l'eau et la surface de la vitre (W)
Q_{rv}	Flux de chaleur échangée par rayonnement entre la surface de la vitre et l'air ambiante (W)
Q_{cv}	Flux de chaleur échangée par convection entre la surface de la vitre et l'air ambiante (W)
Q_{tb}	transfert de chaleur total dans le bassin (W/m^2)
Q_{vex}	Flux de chaleur échangée par conduction entre l'intérieur et l'extérieur de la vitre (W)
Q_{perte}	La perte de chaleur de la plaque absorbante du bassin (W/m^2)
h_{rv}	coefficient de transmission thermique de la vitre ($W/m^2. ^\circ C$)
h_{cv}	coefficient de convection thermique de la vitre ($W/m^2. ^\circ C$)
$T_a, T_{ma}, T_{vin}, T_{vex}, T_{isolant} \text{ et } T_e$	Température ambiante, de l'air à l'intérieur, de la surface intérieure et extérieure de la vitre, de l'isolant et l'eau salée en $^\circ C$
$h_{re} \text{ et } h_{rv}$	Coefficient d'échange thermique par rayonnement entre la surface de l'eau et la surface de la vitre et entre la surface de la vitre et l'air ambiante $W/m^2. ^\circ C$
$h_{ce}, h_{cv}, h_{cb} \text{ et } h_{c.b-isol}$	Coefficient d'échange thermique par convection entre la surface de l'eau et la surface de la vitre, entre la surface de l'eau et l'air ambiante, la plaque absorbante du bassin et la surface de l'eau et convection entre la surface de la plaque absorbante du bassin et la surface de l'isolant $W/m^2. ^\circ C$
h_{eve}	Coefficient d'échange thermique par évaporation entre la surface de l'eau et la surface de la vitre $W/m^2. ^\circ C$
λ_v	Coefficient d'échange thermique par conduction de la vitre $W/m. ^\circ C$
e_v	Epaisseur de la vitre (m)

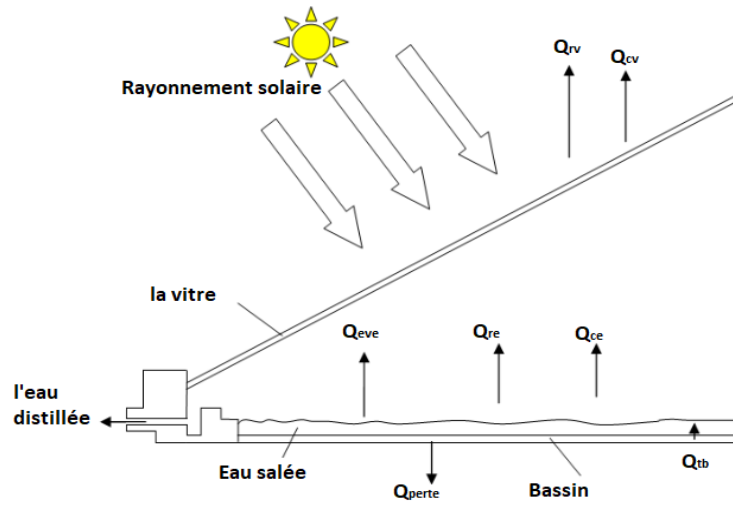


Figure32:Phénomène de répartition des flux thermiques dans un distillateur à pente unique

Chapitre VI : étude expérimentale, résultats et interprétations

1. Description et réalisation du distillateur de test et leurs composants ajoutés pour améliorer ses performances

Pendant les expériences d'utilisation du distillateur solaire à pente unique, nous avons ajouté plusieurs composants afin d'améliorer sa performance :

- ❖ chauffe-eau solaire,
- ❖ Ajout des prières (Rose de sable# lousse) pour augmenter la surface d'absorption.

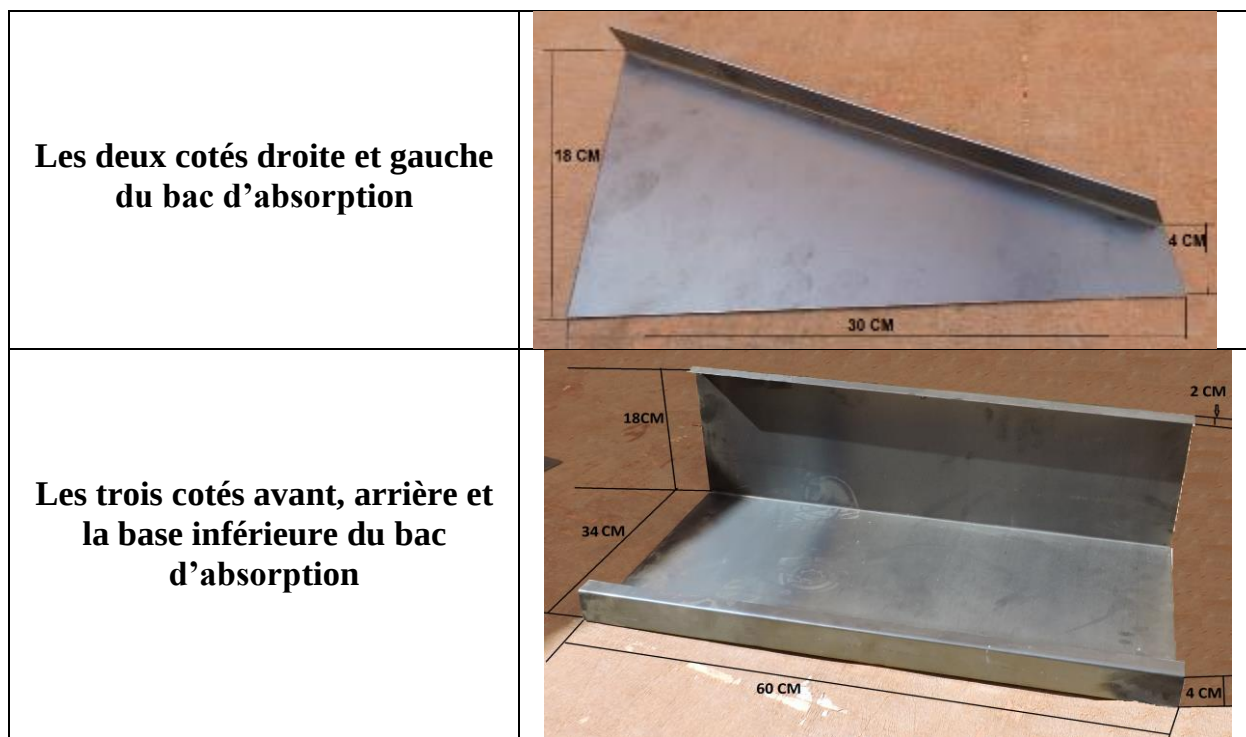
1.1. Conception et réalisation du distillateur solaire à effet de serre (le témoin et de l'essai)

Le distillateur solaire utilisé dans notre expérience est d'une conception simple. Il s'agit d'un distillateur à pente unique, il présente l'avantage d'être facile à construire et à maintenir.

Les éléments principaux du distillateur solaire à pente unique sont les suivants:

1.1.1. Bac absorbant

Le bac absorbant est construit par une tôle d'acier de 1 mm d'épaisseur avec une inclinaison modifiée à 25° quoique l'angle d'inclinaison trouvé pendant les calculs du chapitre III soit $33^\circ 50''$, nous avons pris en compte les expériences précédentes de certaines recherches et les résultats obtenus pour approcher le maximum du meilleur résultat . Le bac absorbant tinté en noir pour permettre d'absorber le maximum de rayonnement solaire global et transmettre la chaleur produite par cette absorption vers l'eau salée. Il se dispose de deux orifices l'un sert au remplissage du bac en eau salée et l'autre pour la récupération de l'eau distillée, aussi d'une rigole pour collecter de l'eau propre produite et pour éviter le maximum de la fuite de vapeur.



**Après l'assemblage :
les deux bacs d'absorption pour
le Bac de témoin et de l'essai
contiennent une rigole intégrée
à l'intérieur de 4 cm**



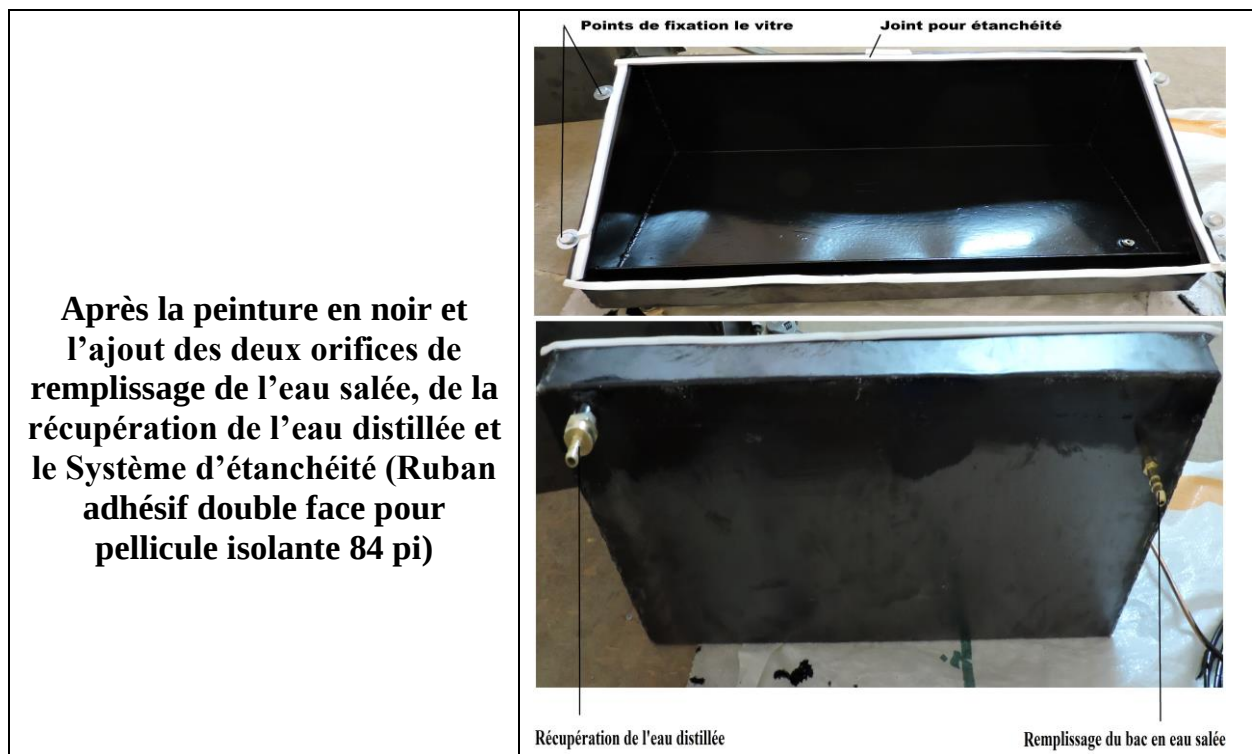


Figure 33: Les étapes de réalisation et dimensions des bacs d'absorptions

1.1.2. Vitres

Les vitres ont une double fonction de laisser passer le maximum de rayonnement solaire et d'éviter le refroidissement de l'absorbeur (Figure 34), aussi elle peut permettre d'accroître sensiblement le rendement du distillateur en « bloquant » les rayonnements infrarouges (effet de serre).

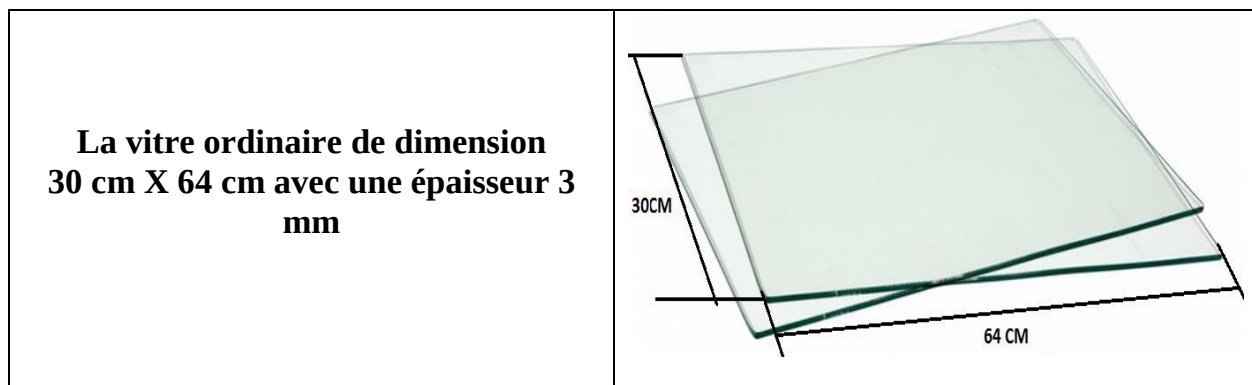


Figure 34: dimensions des vitres

1.1.3. Isolation thermique.

On a choisi de bois MDF épaisseur 1cm (Panneau de fibres à densité moyenne) Parce qu'il est bien moins cher que le bois traditionnel et efficace pour l'isolation thermique.

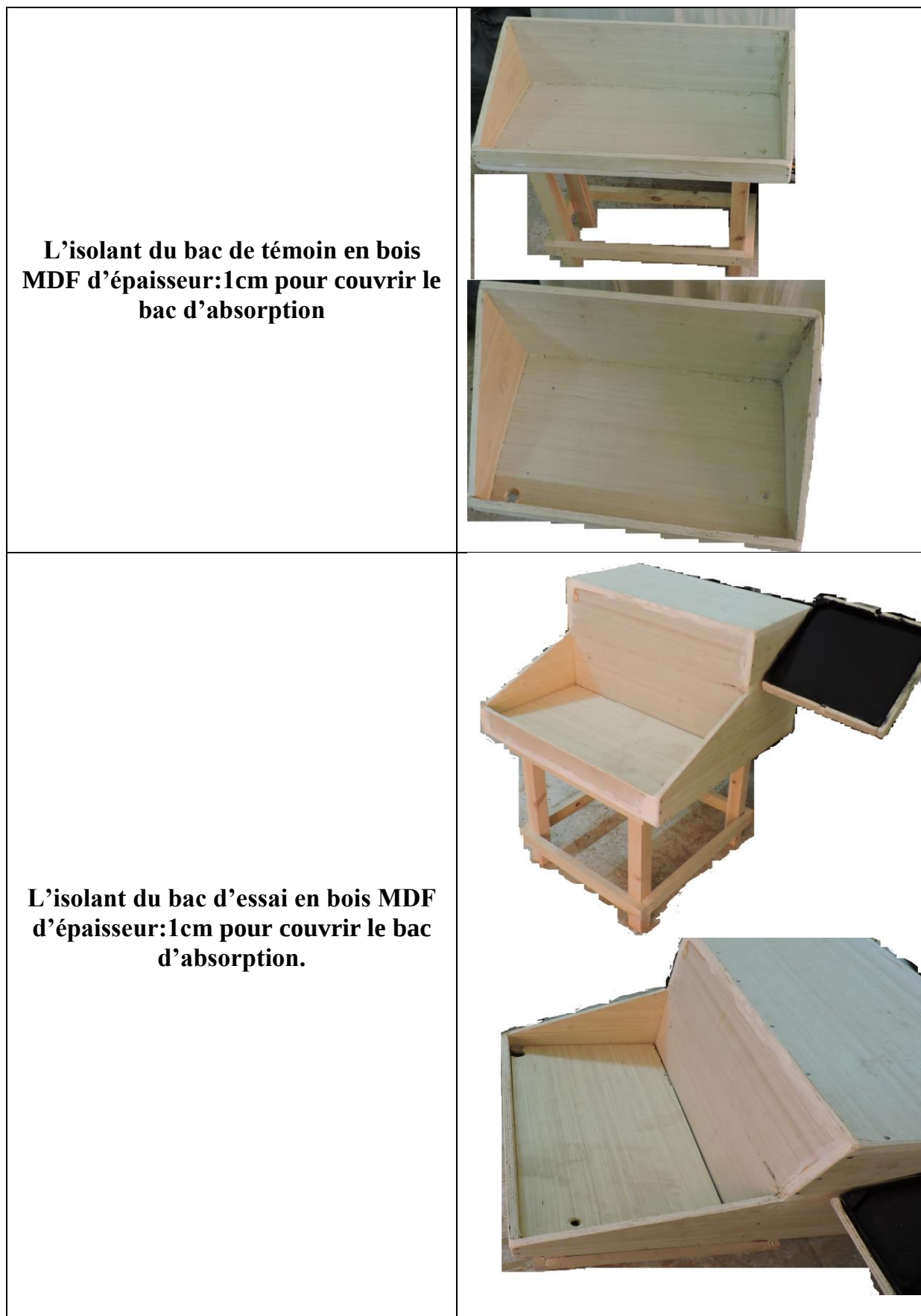


Figure 35:Dimensions les bacs d'isolation (bac du témoin et bac d'essai)

1.1.4. Système de remplissage



Figure 36: Système de remplissage

1.2. Composants ajoutés pour améliorer la performance du distillateur

Pour améliorer la performance du distillateur, on doit ajouter et changer quelques composants tels que :

1.2.1. Chauffe-eau solaire

la base de la plaque absorbante de chauffe-eau solaire de la tôle 1mm ; dimension 30 cm X 30 cm	
❖ La plaque absorbante teintée en noir avec l'isolant en bois MDF d'épaisseur 10 mm ❖ Verre d'épaisseur 3 mm et dimension 30cm x 30 cm	
Tube de cuivre de diamètre 6 mm et longueur 10m prend la forme d'un serpentin, teinté en noir	

L'assemblage du tube de cuivre de forme serpentine teinté en noir avec La plaque absorbante et la vitre

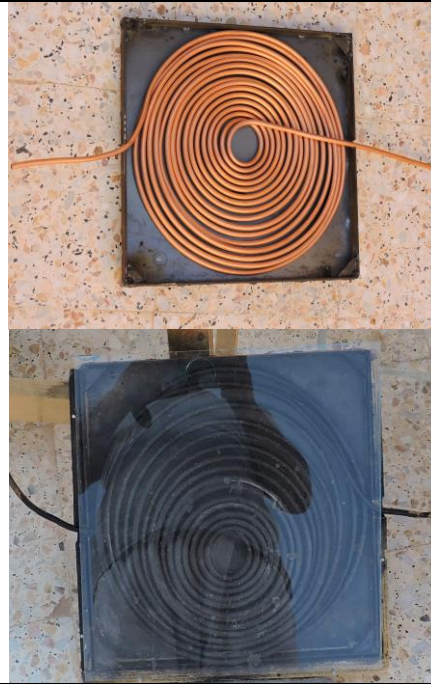


Figure 37:Dimensions et composants du chauffe-eau solaire

1.2.2. Pierre (Rose de sable) teintée en noir



Figure 38:Pierre (Rose de sable) teintée en noir

1.3. Montage

Le bac est équipé d'un système de remplissage pour garder la même quantité d'eau dans le bac avec une couche mince afin d'accélérer l'évaporation et d'une rigole de récupération de l'eau distillée.

- ❖ Le remplissage se fait du côté droit du bac de témoin et d'essai à l'aide d'un tuyau transparent souple de 6 mm qui pénètre le système de remplissage du côté inférieur (en bas) et qui alimenté par un autre tuyau de même qualité en haut lié à un flotteur, lequel est directement connecté au réservoir d'alimentation qui équipé dans sa sortie par une robine pour faciliter le changement des composants sans perte d'eau .A

Chapitre VI : étude expérimentale, résultats et interprétations

l'intermédiaire du bac et système de remplissage, on a utilisé un chauffe-eau solaire qui est interchangeable pendant les expériences.

- ❖ Pour l'évacuation de l'eau distillée, on utilise une tige de diamètre 6 mm et de longueur 50 mm liée à un tuyau connecté à un récipient gradué.



Figure 39: Distillateur solaire avec chauffe-eau solaire vs au distillateur solaire témoin



Figure 40: Distillateur solaire avec pierre (lousse) peinte (60 pierres) en noir vs au distillateur solaire témoin



Figure 41: Distillateur solaire avec pierres (rose de sable=lousse)

2. Procédure d'essais

2.1. Les principaux facteurs associés à l'expérience

a. les coordonnées géographiques

Les deux distillateurs ont été placés sur une terrasse de hauteur 3M dans la ville d'el oued avec les coordonnées géographiques (pour connaître le degré d'inclinaison du chauffe-eau solaire, la vitesse du vent, la température ambiante..) :

- ❖ Latitude : $+33^{\circ}.50''$ N
- ❖ Longitude : $+6^{\circ}.84''$

b. Durée de l'expérience par jour

Les tests ont été effectués de 05 h et quelques minutes de matin à 19h et quelques minutes par jour pour distillateur solaire avec chauffe-eau solaire et distillateur solaire avec pierre (Rose de sable=lousse) peinte en noir.

c. Concentration de sels

La concentration du sel en eau (chlorures) du château d'eau est 1029.50 mg/l [18] [19] et très fortes dépassant également la norme Algérienne de l'eau potable (500 mg/l) (voir tableau N°02).

d. La hauteur de la lame d'eau salée dans le bassin (couche mince)

La hauteur est gardée constant pendant les tests 1,5 cm par un système de réglage contient un flotteur (maintien le même niveau).

2.2. Résultats et interprétations avec les composants variables dans l'expérience

Les résultats sont présentés sous forme des courbes pour chaque journée avec l'explication des paramètres prise en compte.

Définition des symboles utilisés :

VED : le volume d'eau distillée (ml)

S_b : Surface du bassin absorbant (m^2)

2.2.1. Distillateur solaire avec chauffe-eau solaire vs distillateur solaire témoin

Test N°01

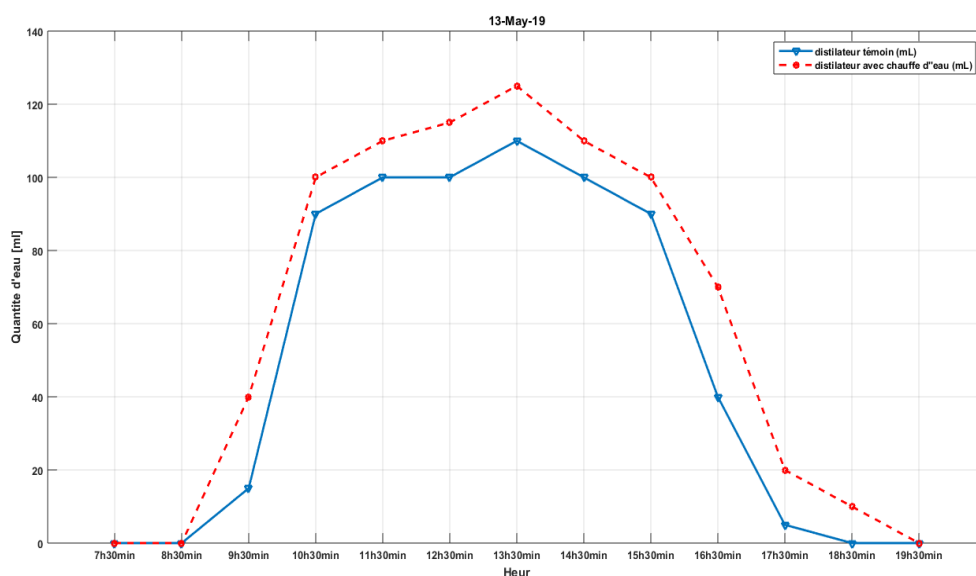


Figure 42: Courbes d'évolution de la quantité d'eau distillée en fonction du temps Journée du 13 mai 2019

$$\text{VED total (jour/m}^2\text{)} = \frac{\sum \text{VED (les heures de jour)}}{S_b \text{ (en } m^2\text{)}}$$

▪ Distillateur chauffe-eau solaire :

$$\text{VED total (jour/S}_b = 0,18m^2\text{)} = 0,785 \text{ L}$$

$$\text{VED total (jour/m}^2\text{)} = 4,37 \text{ L}$$

▪ Distillateur témoin :

$$\text{VED total (jour/S}_b = 0,18m^2\text{)} = 0,650 \text{ L}$$

$$\text{VED total (jour/m}^2\text{)} = 3,61 \text{ L}$$

Test N°02

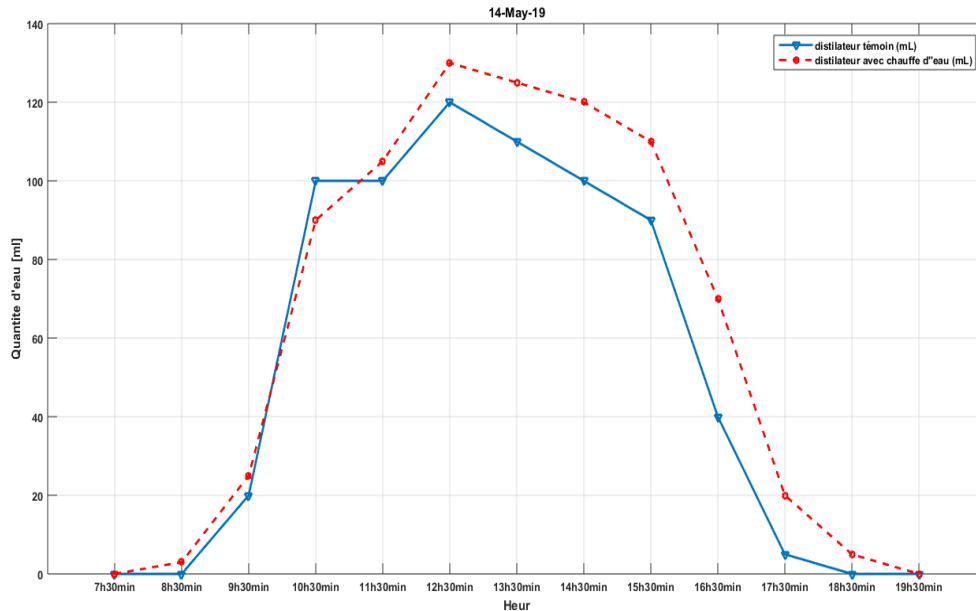


Figure 43: Courbes d'évolution de la quantité d'eau distillée en fonction du temps Journée du 14 mai 2019

$$\text{VED total (jour/m}^2\text{)} = \frac{\sum \text{VED (les heures de jour)}}{S_b \text{ (en m}^2\text{)}}$$

▪ Distillateur chauffe-eau solaire :

$$\text{VED total (jour/S}_b = 0,18\text{m}^2\text{)} = 0,803 \text{ L}$$

$$\text{VED total (jour/m}^2\text{)} = 4,46 \text{ L}$$

▪ Distillateur témoin :

$$\text{VED total (jour/S}_b = 0,18\text{m}^2\text{)} = 0,685 \text{ L}$$

$$\text{VED total (jour/m}^2\text{)} = 3,80 \text{ L/m}^2$$

La Fig.42 et 43 représente l'évolution quotidienne de la production de l'eau distillée pour le distillateur témoin et distillateur lié au chauffe-eau solaire en fonction du temps. Nous notons que la production de condensat augmente régulièrement entre les heures 10H 30 min à 15H 30 min pour les deux distillateurs et que la quantité d'eau obtenue du distillateur avec chauffe-eau dépasse la quantité d'eau obtenue du témoin d'environ 126 ml. La quantité maximale obtenue est du distillateur avec chauffe-eau solaire qui atteint 803 ml, le jour du 14 mai 2019.

En fait, nous avons conclu que la production de l'eau distillée est améliorée par l'ajout d'un chauffe-eau solaire qui prépare de l'eau chaude avant d'entrer dans le distillateur pour accélérer l'évaporation.

2.2.2. Distillateur solaire avec pierre (lousse) peinte en noir (60 pierres) vs distillateur solaire témoin

Test N°01

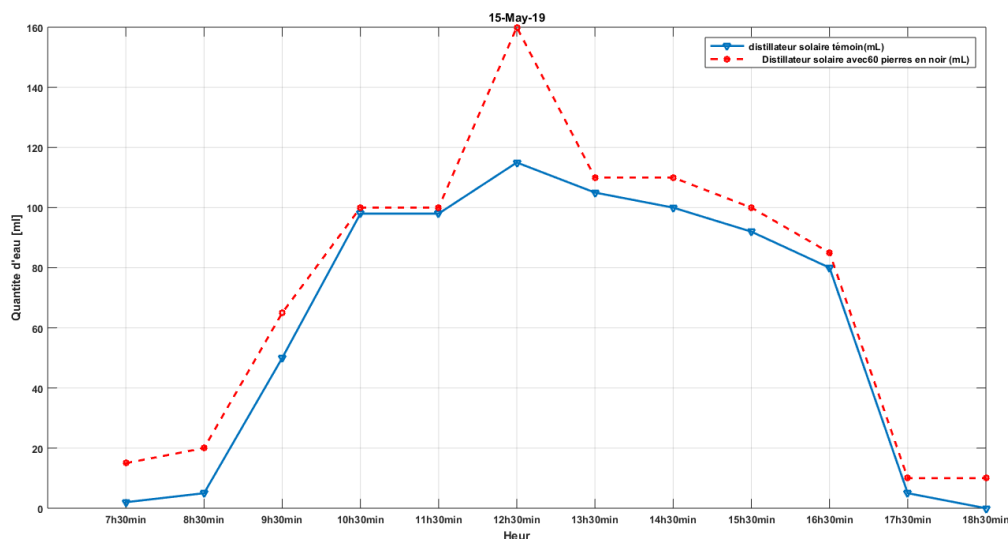


Figure 44: Courbes d'évolution de la quantité d'eau distillée en fonction du temps Journée du 15 mai 2019

$$\text{VED total (jour/m}^2\text{)} = \frac{\sum \text{VED (les heures de jour)}}{S_b \text{ (en m}^2\text{)}}$$

- Distillateur avec pierre (lousse) peinte en noir :

$$\text{VED total (jour/S}_b = 0,18\text{m}^2\text{)} = 0,885 \text{ L}$$

$$\text{VED total (jour/m}^2\text{)} = 4,91 \text{ L}$$

- Distillateur témoin :

$$\text{VED total (jour/S}_b = 0,18\text{m}^2\text{)} = 0,750 \text{ L}$$

$$\text{VED total (jour/m}^2\text{)} = 4,16 \text{ L}$$

Test N°02

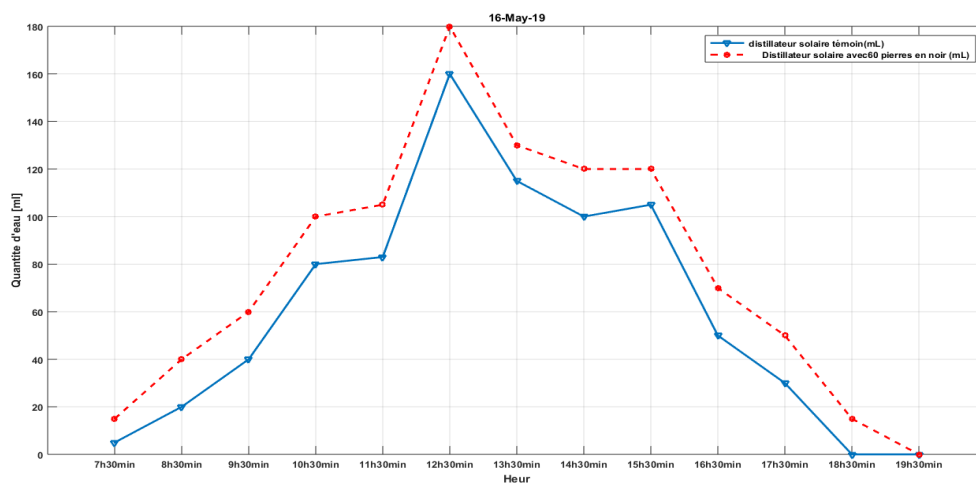


Figure 45: Courbes d'évolution de la quantité d'eau distillée en fonction du temps Journée du 16 mai 2019

$$\text{VED total (jour/m}^2\text{)} = \frac{\sum \text{VED(les heures de jour)}}{S_b \text{ (en m}^2\text{)}}$$

- **Distillateur avec pierre (lousse) peinte en noir :**

$$\text{VED total (jour/S}_b = 0,18\text{m}^2\text{)} = 1,005 \text{ L}$$

$$\text{VED total (jour/m}^2\text{)} = 5,58 \text{ L}$$

- **Distillateur témoin :**

$$\text{VED total (jour/S}_b = 0,18\text{m}^2\text{)} = 0,788 \text{ L}$$

$$\text{VED total (jour/m}^2\text{)} = 4,37 \text{ L}$$

La Fig.44 et 45 présente les résultats des mesures liées au changement des paramètres internes du distillateur par l'ajout des pierres (rose de sable) tintées en noir dans le bassin et l'annulation du chauffe-eau solaire. Nous remarquons que la production de l'eau distillée augmente régulièrement cette fois entre les heures 9H 30 min à 16H 30 min pour les deux distillateurs et que la quantité d'eau obtenue du distillateur qui contient des pierres (rose de sable) tintées en noir dépasse la quantité d'eau obtenue du témoin d'environ 217 ml.

La quantité maximale obtenue est du distillateur à l'intérieur des pierres (rose de sable) tintées en noir (60 pierres) qui atteint 1005 ml, le jour du 16 mai 2019.

A partir de ces résultats, nous avons conclu que l'augmentation de la surface du bassin par l'ajout des pierres (rose de sable) tintées en noir augmente la surface d'absorption des flux thermiques qui augmente de sa part la production de l'eau distillée.

2.2.3. Distillateur solaire avec chauffe –eau solaire vs distillateur solaire avec pierre (lousse) peinte en noir (30pierres)

Test N°01

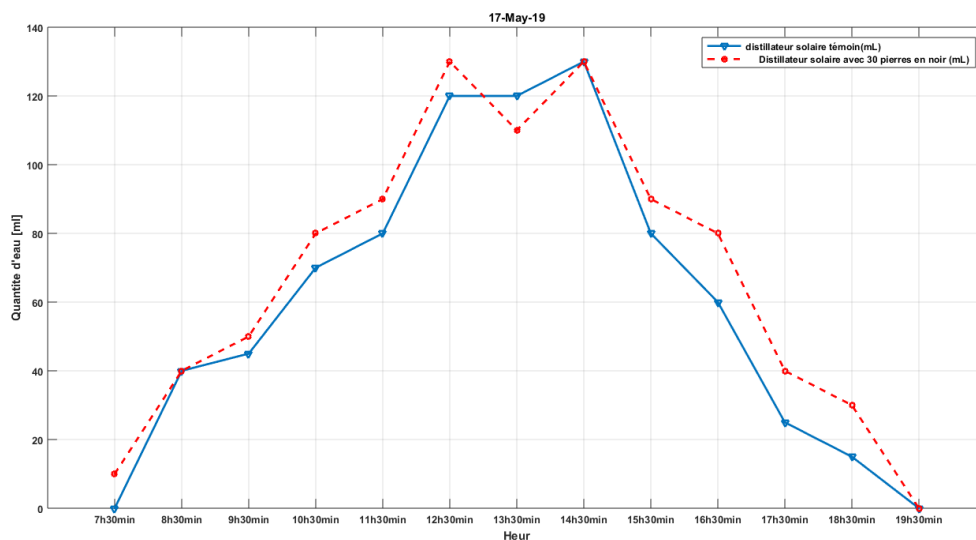


Figure 46: Courbes d'évolution de la quantité d'eau distillée en fonction du temps Journée du 17 mai 2019

$$\text{VED total (jour/m}^2\text{)} = \frac{\sum \text{VED(les heures de jour)}}{S_b \text{ (en m}^2\text{)}}$$

- **Distillateur avec chauffe-eau solaire :**
 $\text{VED total (jour}/S_b = 0,18\text{m}^2) = 0,870 \text{ L}$
 $\text{VED total (jour}/\text{m}^2) = 4,83 \text{ L}$
- **Distillateur avec pierre (lousse) peinte en noir :**
 $\text{VED total (jour}/S_b = 0,18\text{m}^2) = 0,795 \text{ L}$
 $\text{VED total (jour}/\text{m}^2) = 4,41 \text{ L}$

Test N°02

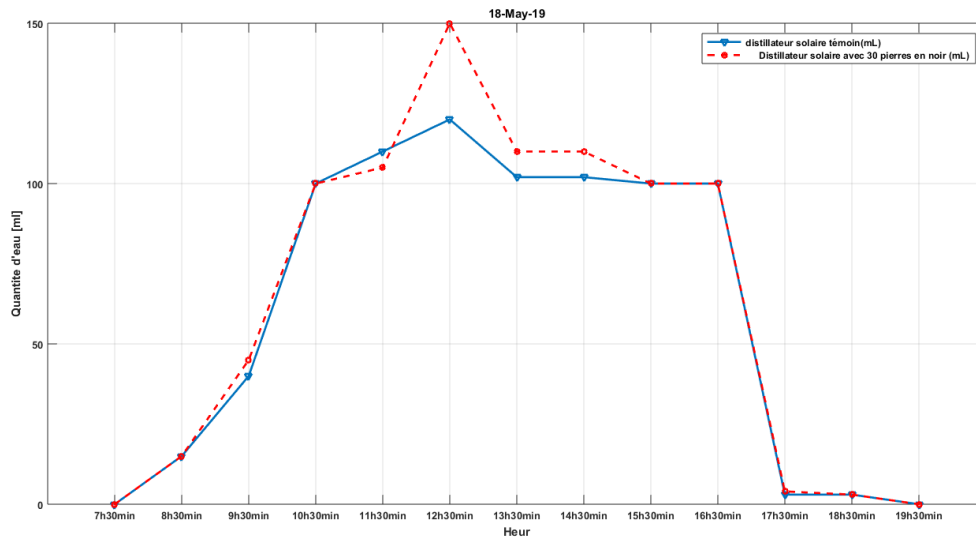


Figure 47: Courbes d'évolution de la quantité d'eau distillée en fonction du temps Journée du 18 mai 2019

$$\text{VED total (jour}/\text{m}^2) = \frac{\sum \text{VED (les heures de jour)}}{S_b \text{ (en m}^2)}$$

- **Distillateur avec chauffe-eau solaire :**
 $\text{VED total (jour}/S_b = 0,18\text{m}^2) = 0,842 \text{ L}$
 $\text{VED total (jour}/\text{m}^2) = 4,67 \text{ L}$
- **Distillateur avec pierre (lousse) peinte en noir :**
 $\text{VED total (jour}/S_b = 0,18\text{m}^2) = 0,795 \text{ L}$
 $\text{VED total (jour}/\text{m}^2) = 4,41 \text{ L}$

Les figures 46 et 47 montrent des résultats obtenus sur les variations horaires de l'eau distillée produite par jour. En comparant les courbes des figures, on voit qu'il n'y a pas une grande différence entre eux. Mais, il existe une différence entre les quantités d'eau distillée produite entre les deux modèles où la quantité produite pour le distillateur avec chauffe-eau solaire est supérieure à la quantité produite de distillateur avec Pierre (rose de sable) peinte en noir (quantité pierres 30), approximativement d'une moyenne de 61 ml par (0,18m²/ jour).

La quantité maximale obtenue est du distillateur avec chauffe-eau solaire qui atteint 870 ml par (0,18m²/ jour), le jour du 17 mai 2019.

Nous avons conclu que la diminution de la surface du bassin par l'élimination d'une partie des pierres (rose de sable) teintées en noir baisse la surface d'absorption des flux thermiques qui réduit de sa part la production de l'eau distillée.

2.2.4. Distillateur solaire avec chauffe –eau solaire vs distillateur solaire avec pierre (lousse) peinte en noir (60pierres)

Test N°01

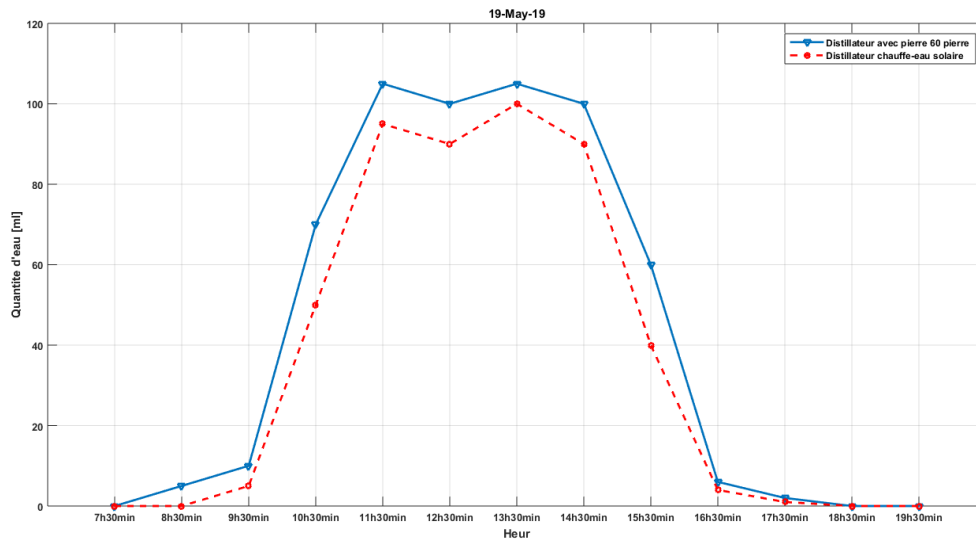


Figure 48: Courbes d'évolution de la quantité d'eau distillée en fonction du temps Journée du 19 mai 2019

$$\text{VED total (jour/m}^2\text{)} = \frac{\sum \text{VED (les heures de jour)}}{S_b \text{ (en m}^2\text{)}}$$

- Distillateur avec chauffe-eau solaire :

$$\text{VED total (jour/S}_b = 0,18\text{m}^2\text{)} = 0,475 \text{ L}$$

$$\text{VED total (jour/m}^2\text{)} = 2,63 \text{ L}$$

- Distillateur avec pierre (lousse) peinte en noir :

$$\text{VED total (jour/S}_b = 0,18\text{m}^2\text{)} = 0,563 \text{ L}$$

$$\text{VED total (jour/m}^2\text{)} = 2,94 \text{ L}$$

Test N°02

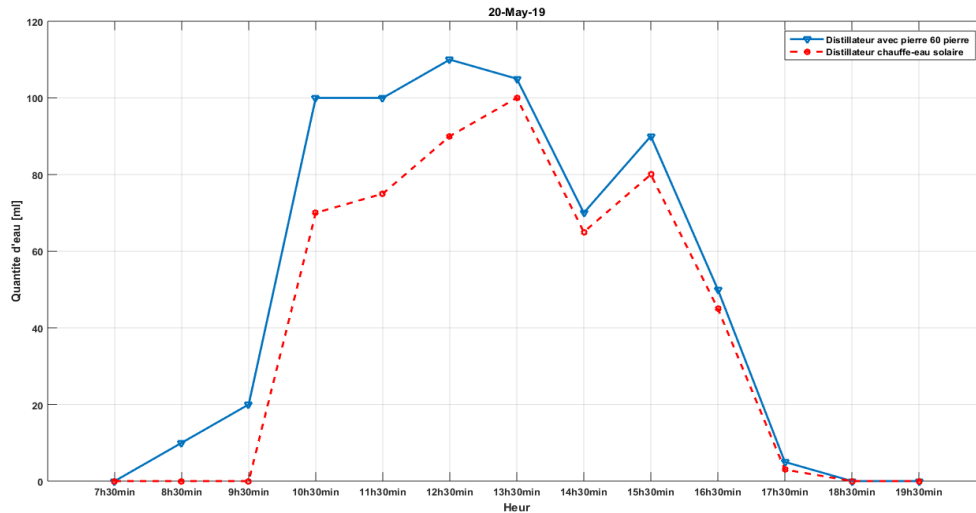


Figure 49: Courbes d'évolution de la quantité d'eau distillée en fonction du temps Journée du 20 mai 2019

$$\text{VED total (jour/m}^2\text{)} = \frac{\sum \text{VED (les heures de jour)}}{S_b \text{ (en m}^2\text{)}}$$

- Distillateur avec chauffe-eau solaire :

$$\text{VED total (jour/S}_b = 0,18\text{m}^2\text{)} = 0,528 \text{ L}$$

$$\text{VED total (jour/m}^2\text{)} = 2,93 \text{ L}$$

- Distillateur avec pierre (lousse) peinte en noir :

$$\text{VED total (jour/S}_b = 0,18\text{m}^2\text{)} = 0,660 \text{ L}$$

$$\text{VED total (jour/m}^2\text{)} = 3,66 \text{ L}$$

D'après les figures 48 et 49 nous remarquons que le taux de production commence très lentement vers 9 h 30 min en raison des nuages élevés. Un taux de production de pointe est obtenu entre 11h 30 min à 14h 30 min. Et puis ça commence à diminuer. Le rendement maximal journalier total est du distillateur avec 60 pierres était de 660 ml / $S_b=0,18\text{m}^2$ ou 3,66 L / m^2 par rapport au distillateur avec chauffe-eau solaire qui a produit environ 528 ml / $S_b=0,18\text{m}^2$ ou 2,93 L / m^2 de même journée.

A partir du résultat obtenu lors de la dernière expérience (04); nous avons remarqué que le placement de même nombre des pierres pour l'expérience n°2 (60 pierres) au lieu (30 pierres) augmente plus le rendement du distillateur et dépasse le rendement du chauffe-eau solaire. Donc, nous concluons que l'ajout d'un certain pourcentage des pierres mieux qu'un chauffe-eau solaire pour la production de l'eau distillée.

CONCLUSION

CONCLUSION

Dans cette étude, nous avons comparé les performances du distillateur solaire modifié et du distillateur solaire simple (témoin). Le nombre de jours pendant lesquels les études expérimentales ont été menées était de 12 jours. Les expériences ont été réalisées dans les conditions météorologiques et climatiques de la commune de d'El oued. L'eau salée du château a été utilisée pour remplir automatiquement les deux bassins de distillateur solaire au même temps et avec la même quantité.

La production quotidienne maximale d'eau distillée obtenue pendant la période des tests est avec le distillateur solaire modifié (avec 60 pierres (lousse) peintes en noir), par une journée ensoleillée de 16 mai 2019 était de 1,005 L / 0,18m²/ jour ou 5,58l (m²/ jour). La production maximale d'eau distillée en distillateur solaire de témoin était de 0,788 L / 0,18m²/ jour ou 4,37l / m²/ jour de même jour.

Grâce aux résultats obtenus, nous avons conclu que le facteur le plus important qui affecte directement sur la productivité du distillateur solaire pendant l'expérience est le rayonnement solaire. Plus le rayonnement solaire est important, plus la quantité d'eau distillée produite dans les deux distillateurs est importante et en plus l'augmentation de la surface absorbante est l'un des éléments les plus importants pour accélérer l'évaporation et ainsi élever la production d'eau distillée. Nous avons conclu aussi que les facteurs qui affectent négativement sur les performances du distillateur solaire sont la température ambiante trop élevée (plus la température ambiante est élevée, plus le rendement de distillateur devient faible) et la couverture de rayonnement solaire par les nuages. Mais le distillateur modifié produit davantage par rapport au distillateur simple (de témoin).

Références bibliographiques

- [1] François Anctil, « L'eau et ses enjeux », 2e édition revue et augmentée, De Boeck Supérieur S.A, 2017.
- [2] Mireille Defranceschi, « L'eau dans tous ses états ».
- [3] HENRI boyé, Eau, énergie, « dessalement et changement climatique en Méditerranée », France, 2008
- [4] Raymond Desjardins, « Le Traitement des eaux », 2e éd, 2007.
- [5] Bouche Dja Abdellah - Directeur Général ABHCSM, « la politique nationale de l'eau en Algérie », Ministère des Ressources en Eau, 2012.
- [6] S. G. Talbert, et al, « manual on solar distillation of saline water », Battelle Memoria l'Institut e Columbus, Ohio, April 1970
- [7] Olivier Deleuze, « l'énergie solaire: SES utilisations dans les pays en voie de développement », rapport de stage, septembre 1981
- [8] Mr. Shailesh A. Khaparde¹, Prof. A .G. Bhuibhar² & Prof. P. P. Pande³ « DESIGN AND PERFORMANCE OF SOLAR STILL »
- [9] Mohamed Rédha yaiche et Abdellah Bouhanik, (Atlas Solaire Algérien – CDER), Centre de Développement des Energies Renouvelables, 2002.
- [10] Dossier installation solaire, « les bases de l'énergie solaire».
- [11] Hacène ABDENEBI et Pr. Hocine BEN MOUSSA «Étude d'un système de dessalement solaire à étages multiples avec récupération de la chaleur », article, le 2ème Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables, Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012.
- [12] BOUZIANI née BOUBOU Naima, THÈSE « Eau, environnement et énergies renouvelables: vers une gestion intégrée de l'eau en Algérie », 2014
- [13] Sophia Antipolis, « Changement climatique et énergie en Méditerranée », juillet 2008
- [14] Kiam Beng Yeo, Kenneth Tze Kin Teo and Cheah Meng Ong. (2014). Temperature Distribution of Single Slope Solar Still by Finite Difference Method, Journal of Applied Sciences 14(22), pp 3101-3105.
- [15] Badran, O.O. and Abu-Khader, M.M. (2007). Evaluating Thermal Performance of a Single Slope Solar Still, Heat Mass Transfer 43, pp 985–995.

Références bibliographiques

- [16] Olivier PERROT, « Cours de rayonnement», 2010-2011.
- [17] Ferdinand J Bonn; G Rochon; UREF, « Précis de télédétection, Principes et methods» Volume 1, Sillery, Québec: Presses de l'Université du Québec, 1992.
- [18] S. Khechana et E. Derradji « Qualité des eaux destinées à la consommation humaine et à l'utilisation agricole ».
- [19] Zobeidi., 2010 - Distribution des ions fluorures dans les eaux et les principaux Aliments Consommés dans la wilaya d'El-Oued.