

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd- Tlemcen –
Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Génie-mécanique & Hydraulique

Spécialité : Energie Renouvelable & Hydraulique Urbaine

Par :

M^{lle}. CHERIFI SARA & Mr. ABDERRAHIM MOHAMMED SOFIANE

Sujet

Mise en point d'un prototype de distillation solaire des eaux de mer

Soutenu publiquement, le **26 juin 2023** devant le jury composé de :

Mr. GUELIL Hocine	MCA	Université de Tlemcen	Président
Mme. BENHAMED Lamia	MCB	Université de Tlemcen	Examinatrice
Mme. BENACHENHOU Kamila	MCB	Experte I2E	Examineur
Mr. SARI HASSOUN Zakaria	MCA	Université de Tlemcen	Encadreur
Mr. BENADDA LOTFI	MCB	Université de Tlemcen	Encadreur
Mme. ABIDAT Nour El Houda	PHD	Université de Tlemcen	Co-encadreur

Année universitaire : **2022 /2023**

Remerciements

En premier nous remercions DIEU miséricordieux pour le soutien tout au long de notre parcours académique, et plus particulièrement pour nous avoir guidés à travers l'élaboration de notre mémoire.

Nous voulons également exprimer notre gratitude envers nos encadreurs, Mr. Zakaria SARI HASSOUN, Mr. Lotfi BENADDA et Madame Nour El Houda ABIDAT, pour leur soutien et leur guidance tout au long de la réalisation de notre mémoire. Leurs conseils, leur expertise et leur patience nous ont permis de mener à bien ce projet et de le présenter avec confiance.

Nous sommes reconnaissants pour les compétences intellectuelles et les connaissances que nous avons acquies, ainsi que pour les opportunités qu'ils nous ont offertes.

Nous tenons à remercier l'ensemble des membres des jurys d'avoir pris la peine d'examiner ce travail, nous leurs seront très reconnaissants.

Nous remercions Dieu d'avoir mis ces personnes merveilleuses sur notre chemin et pour les bénédictions que vous nous avez accordées tout au long de ce parcours. Nous sommes reconnaissants pour leur soutien et leur encouragement, qui nous ont permis de donner le meilleur de nous-même dans la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions encore Dieu pour le soutien dans notre vie, ainsi que pour le soutien de nos encadreurs. Nous sommes reconnaissants pour tout ce que vous avez fait pour nous, et nous continuerons à honorer votre grâce en cherchant à faire le bien autour de nous et en vivant notre vie selon vos enseignements.

Dédicaces

Mes chers parents, mes frères, ma sœur et mes amis,

Je voulais prendre un moment pour vous exprimer toute ma gratitude et mon amour. Vous avez été un pilier essentiel dans ma vie et je ne serais pas la personne que je suis aujourd'hui sans vous.

Pour mes parents, vous m'avez donné la vie et vous m'avez guidé tout au long de mon parcours. Votre amour inconditionnel, vos conseils avisés et votre soutien ont été inestimables pour moi et je vous en suis vraiment reconnaissante.

Pour mes frères et ma sœur, je suis fière de vous avoir comme compagnons de vie et mes confidents, nous avons partagé des moments inoubliables ensemble.

Pour mes amis, Vous avez été là pour moi dans les moments difficiles, vous m'avez fait rire aux éclats et m'avez soutenu dans mes projets, je suis honorée de vous avoir dans ma vie et de pouvoir compter sur vous.

Dédicace à l'âme de ma chère grand-mère qu'Allah Miséricordieux l'accueille dans son vaste Paradis.



Chérifi Sara

Dédicaces

Avec un cœur plein de joie, avec un grand plaisir et une grande fierté que je dédie ce
modeste travail :

Aux êtres les plus chers à mes yeux

A ma mère « BOUHADI Aïcha » et mon père « ABDERRAHIM Djamel »
Qui ont toujours été derrière moi depuis le début de mes études, c'est grâce à leurs
encouragements et à leurs prières que je suis là aujourd'hui.

A ma sœur « FARAH »

A mes frères « ZAKARIA ET WAÏL »

Qui n'ont jamais cessé de m'encourager surtout à des moments difficiles dont j'ai passé.

À mes amis qui ont été toujours près de moi avec leur aide et leur soutien morale



Abderrahime Mohamed Sofiane

Résumé

L'eau est l'élément essentiel pour tous les êtres vivants sur notre planète dont le manque de l'eau douce représente un défi majeur. Ce qui oblige de chercher des procédés permettant de produire de l'eau potable, tel que le dessalement et la distillation. Dans ce contexte, on a fait la mise en point d'un prototype prismatique de distillation en verres et miroirs. Après la conception et la mise en marche de prototype réalisé nous avons obtenus des résultats excellents qui montrent l'efficacité d'augmenter la production des eaux douces en concentrant et gardant les rayons solaires à l'intérieur de prisme ce qui en résulte le croisement des températures internes, évaporation accélérée, condensation concentrée et par conséquent l'obtention d'un bon volume de l'eau distillé.

Mots clés : distillation solaire, rayonnement solaire, prototypes de distillation des eaux de mers.

Abstract

Water is the essential element for all living beings on our planet. The problem of freshwater scarcity represents a major challenge in the world, which has led us to search for and offer processes to produce drinking water from saltwater and unconventional water sources. In this context, a prototype of solar distillation of seawater was developed by improving some parameters and adding mirrors around the prism and at the center of the tank to study their influences on product yield during different weather conditions, in order to diagnose production variation. After the design and operation of the prototype, excellent results were obtained which show that the added mirrors help to increase production by concentrating and keeping the solar rays inside the prism, resulting in increased internal temperatures, accelerated evaporation of water in the tank, concentrated condensation, and consequently obtaining a good volume of distilled water produced.

Keywords: solar distillation, solar radiation, seawater distillation prototypes.

تلخيص:

الماء هو العنصر الأساسي لجميع الكائنات الحية على كوكبنا. تمثل مشكلة نقص المياه العذبة تحدًا كبيرًا في العالم، مما دفعنا إلى البحث وتقديم عمليات لإنتاج مياه الشرب من المياه المالحة والمصادر غير التقليدية. وفي هذا السياق، تم تطوير نموذج لتقطير المياه البحرية بالطاقة الشمسية عن طريق تحسين بعض المعلمات وإضافة مرايا حول الزاوية وفي وسط الحوض لدراسة تأثيراتها على إنتاج المنتج خلال أيام مختلفة من الطقس، لتشخيص التغير في الإنتاج بعد التصميم والتشغيل للنموذج، تم الحصول على نتائج ممتازة تظهر أن المرايا المضافة تساعد في زيادة الإنتاج عن طريق تركيز وحفظ الأشعة الشمسية داخل الزاوية، مما يؤدي إلى زيادة درجات الحرارة الداخلية، تسريع التبخر للماء في الحوض، تركيز التكثيف، وبالتالي الحصول على حجم جيد من الماء المقطر المنتج.

الكلمات الرئيسية: تقطير الطاقة الشمسية، الإشعاع الشمسي، نماذج تقطير المياه البحرية.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : RECHERCHES BIBLIOGRAPHIQUE
1.1. Introduction	3
1.2. Bref aperçu historique	3
1.3. Définition.....	4
1.4. Principe de fonctionnement.....	4
1.5. Différentes types de distillateurs solaires	5
1.5.1. Distillateur solaire à effet de serre	5
1.5.1.1. Distillateur à pente unique.....	5
1.5.1.2. Distillateur à double pente	5
1.5.2. Distillateur solaire sphérique.....	6
1.5.3. Distillateur solaire à cascade	6
1.5.4. Distillateur solaire à meche	7
1.5.5. Distillateur solaire à film capillaire	7
1.5.6. Distillateur solaire à effet multiples	8
1.6. Différentes systèmes de distillateurs solaires	8
1.6.1. Distillateur solaire parabolique.....	8
1.6.2. Distillateur solaire prisme.....	9
1.6.3. Distillateur solaire pyramide	9
1.6.4. Distillateur hybride thermique.....	9
1.6.5. Distillateur hybride thermoelectrique.....	10
1.7. Conclusion.....	10
CHAPITRE II : GENERALITES SUR LE SOLEIL ET L'EAU.....
2.1. Introduction.....	11
2.2. Soleil	11
2.3. Position de soleil	12
2.3.1. Système des coordonnées horaires.....	12
2.3.2. Coordonnées horizontales	13
2.4. Mouvement de la terre autour de soleil.....	14
2.5. Coordonnées géographiques terrestre	14
2.6. Rayonnement solaire.....	15
2.6.1. Irradiation solaire incidente	15

2.6.2.	Types du rayonnement solaire incident	16
2.7.	Energie solaire	17
2.8.	Modes d'exploitation d'énergie solaire	17
2.8.1.	Energie thermique.....	17
2.8.2.	Energie photovoltaïques.....	17
2.9.	Définition de l'eau	18
2.9.1.	Origine et différents types d'eau.....	18
2.9.2.	Définition de l'eau de mer	20
2.10.	Définition de dessalement.....	20
2.10.1.	Principes de dessalement	20
2.10.2.	Procédés de dessalement.....	21
2.10.2.1.	Procédés membranaires	22
2.10.2.2.	Procédés par distillation.....	24
2.11.	Conclusion	25
CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES DE CONSTRUCTION		
3.1.	Introduction	26
3.2.	Choix du type de prototype 0 ameliorer.....	26
3.3.	Avantages et inconvenients de ce type de distillateur	26
3.4.	Dimensionnement de prototype.....	26
3.5.	Dimensionnement de prisme	27
3.6.	Dimensionnement de bac absorbant et le support de la table elevatrice	29
3.7.	Dimensions du support et miroirs.....	30
3.8.	Composants electroniques	30
3.9.	Capteurs de mesure	32
3.10.	Système d'isolation	33
3.11.	Système d'alimentation et recuperation d'eau	34
3.11.1.	Système d'alimentation	34
3.11.2.	Système de récupération de l'eau distillée	34
3.12.	Montage et logiciel avec programmation.....	36
3.12.1.	Montage des composants.....	36
3.12.2.	Logiciel ARDUINO IDE et programmation	36
3.13.	Conception de prototype.....	38
3.14.	Conclusion.....	39

CHAPITRE IV : RESULTATS EXPERIMENTAUX ET DISCUSSIONS.....	
4.1. Introduction	40
4.2. Résultats d'analyse de l'eau de mer	40
4.3. Tableaux des essais	40
4.4. Graphes et interprétations des résultats	42
4.5. Résultats d'analyse de l'eau distillée produite	56
4.6. Synthèse sur tous les résultats	57
4.7. Conclusion.....	57
CONCLUSION GENERALE.....	58
REFERENCES	59
ANNEXE	61
RESUME	68

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Principe de fonctionnement d'un distillateur simple.....	4
Figure 02 : Distillateur solaire à effet de serre à pente unique	5
Figure 03 : Distillateur solaire à effet de serre à double pente	5
Figure 04 : Distillateur solaire sphérique.....	6
Figure 05 : Distillateur solaire à cascade	6
Figure 06 : Distillateur solaire à meche	7
Figure 07 : Distillateur solaire à film capillaire.....	7
Figure 08 : Distillateur solaire à effet multiples	8
Figure 09 : Distillateur solaire parabolique	8
Figure 10 : Distillateur solaire prisme	9
Figure 11 : Distillateur solaire pyramide	9
Figure 12 : Distillateur hybride thermique	10
Figure 13 : Distillateur hybride thermoelectrique	10
Figure 14 : Structure de soleil.....	12
Figure 15 : Système des coordonnées horaires.....	13
Figure 16 : Système des coordonnées horizontales	13
Figure 17 : Mouvement de la terre autour de soleil.....	14
Figure 18 : Coordonnées géographiques terrestre	15
Figure 19 : Décomposition de rayonnement solaire.....	15
Figure 20 : Spectre d'irradiation solaire incidente.....	16
Figure 21 : Types du rayonnement solaire incident.....	16
Figure 22 : Energie solaire thermique (chauffage)	17
Figure 23 : Energie solaire photovoltaïque.....	17
Figure 24 : Molecule d'eau.....	18
Figure 25 : La mer	20
Figure 26 : Schéma des étapes de dessalement.....	21
Figure 27 : Techniques de dessalement	21
Figure 28 : Osmose inverse	22
Figure 29 : Nano filtration	23
Figure 30 : Principe de dessalement d'une eau saline par électrodialyse.....	24

Figure 31 : Distillation par compression de vapeur.....	25
Figure 32 : Organes de prototype	27
Figure 33 : Dimensionnement de prisme.....	28
Figure 34: Prisme avant et apres le nettoyage	28
Figure 35 : Dimensions de bac absorbant.....	29
Figure 36 : Dimensions de support.....	29
Figure 37 : Bac et support de la table elevatrice avant et apres le renouvellement	30
Figure 38 : Dimensions du support et miroirs	30
Figure 39 : Table electronique.....	31
Figure 40 : Carte ARDUINO UNO	31
Figure 41 : Ecran LCD	32
Figure 42 : Fils electroniques pour le raccordement	32
Figure 43 : Capteur DHT11	33
Figure 44 : Capteurs LM35 de l'air ambiante et de l'eau dans le bac	33
Figure 45 : Système d'isolation de distillateur	34
Figure 46 : Système d'alimentation.....	34
Figure 47 : Evaporation et condensation de l'eau	35
Figure 48 : Système de récupération de l'eau distillée.....	35
Figure 49 : Montage des composants sur la table electronique.....	36
Figure 50 : Interface du logiciel ARDUINO IDE	36
Figure 51 : Programme d'ARDUINO pour l'affichage sur LCD.....	37
Figure 52 : Conception de prototype	39
Figure 53 : Courbe d'evolution des temperatures eau dans le bac et de vapeur en fonction du temps (16 mai 2023).....	42
Figure 54 : Courbe d'evolution des temperatures eau dans le bac et de vapeur en fonction du temps (29 mai 2023).....	43
Figure 55 : Courbe d'evolution des temperatures eau dans le bac et de vapeur en fonction du temps (30 mai 2023).....	44
Figure 56 : Courbe d'evolution des temperatures d'air et de vapeur en fonction du temps (16 mai 2023).....	45
Figure 57 : Courbe d'evolution des temperatures d'air et de vapeur en fonction du temps (29 mai 2023).....	46
Figure 58 : Courbe d'evolution des temperatures d'air et de vapeur en fonction du temps (30 mai 2023).....	47

Figure 59: Courbe d'évolution des températures de vapeur et de l'humidité en fonction du temps (16 mai 2023).....	48
Figure 60: Courbe d'évolution des températures de vapeur et de l'humidité en fonction du temps (29mai 2023).....	49
Figure 61 : Courbe d'évolution des températures de vapeur et de l'humidité en fonction du temps (30mai 2023).....	50
Figure 62: Courbe de cumulation du volume distillé en fonction de l'humidité (16 mai 2023) 51	
Figure 63: Courbe de cumulation du volume distillé en fonction de l'humidité (29 mai 2023) 52	
Figure 64 : Courbe de cumulation du volume distillé en fonction de l'humidité (30mai 2023) 53	
Figure 65 : Courbe de cumulation du volume distillé en fonction de la température de vapeur (16 mai 2023).....	54
Figure 66: Courbe de cumulation du volume distillé en fonction de la température de vapeur (29mai 2023).....	55
Figure 67 : Courbe de cumulation du volume distillé en fonction de la température de vapeur (30mai 2023).....	56

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : Caractéristiques du soleil.....	12
Tableau 02 : Résultats des analyses de l'eau de mer.....	40
Tableau 03 : Les résultats de 16 Mai 2023.....	41
Tableau 04 : Les résultats de 29 Mai 2023.....	41
Tableau 05: Les résultats de 30 Mai 2023.....	42
Tableau 06 : Les résultats d'analyse de l'eau distillé produit.....	56

NOMENCLATURES

symboles	noms	unités
a	L'azimut	(°)
h	La hauteur angulaire	(°)
H	L'humidité	(%)
Na Cl	Le chlorure de sodium	(mg/L)
pH	Le potentiel hydrogène	
σ	La conductivité	(S/m)
T	La température	(°C)
TDS	La quantité totale d'ions chargés mobiles	(g/L) ou (ppm)

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'eau représente l'élément essentiel de toute vie sur notre planète. Elle est disponible sous forme de lacs, mers, fleuves, eaux souterraines. Les statistiques de l'eau douce à l'échelle mondiale sont inquiétantes. Environ 97% des sources d'eau disponibles sont des eaux de mer et des eaux saumâtres où contiennent des bactéries nocives ; 2% se trouve sous forme de glace. Par conséquent, seulement 1% de la totalité de l'eau existante est utilisable pour la consommation et l'usage domestique.

La problématique de rareté d'eau potable et le manque de ses ressources naturelles présente un défi majeur dans le monde à cause de la sécheresse et la surexploitation des nappes phréatiques et qui en résulte la menace des êtres vivants dans plusieurs régions ; Ce qui nous a poussé d'offrir et rechercher des procédés de production pour réutiliser les eaux non conventionnelles.

« Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres est désormais envisageable pour répondre à la demande en eau potable. Parmi les différents procédés on a la distillation solaire. C'est une solution intéressante pour les régions côtières ». [2]

La distillation solaire des eaux de mer (DSEM) est une technologie solaire qui a le potentiel de transformer le marché mondial du dessalement de l'eau de mer. L'intérêt de la DSEM et ses applications potentielles a considérablement augmenté au cours de la dernière décennie, avec près de 3 000 articles publiés à ce sujet.

Les distillateurs solaires sont capables de traiter l'eau saumâtre à haute salinité en éliminant jusqu'à 90 % du total des solides dissous (TDS). Ce procédé constitue une économie de coût importante puisqu'il ne nécessite que 1 kWh/m³, contre 10 kWh/m³ pour les traitements thermiques.

Plusieurs types de configurations de distillateurs solaires ont été construits et essayés à travers le monde. Dans le même temps beaucoup de chercheurs ont proposé des modèles mathématiques pour décrire les transferts de chaleur et de matière dans les distillateurs solaires. [4]

Dans ce travail, on a choisi l'un des prototypes existants de forme prismatique, on va changer quelques paramètres tel-que le verre du prisme ; le bac ; ainsi le remplacement de la table électronique par une carte électronique et le programme d'Arduino ; la tuyauterie ; les capteurs de températures et d'humidité...etc., et on fait la mise en marche afin de vérifier le fonctionnement et la performance par l'étude des résultats obtenus.

L'objectif principal de ce travail est l'optimisation de ce prototype de distillation solaire des eaux de mers, on va améliorer et valoriser quelques paramètres.

Ce mémoire est composé de 05 chapitres disposé comme suit :

- **Chapitre 01 : Recherche bibliographique :** consacré à l'étude bibliographique des prototypes de distillation solaire existants et le fonctionnement de chaque un.

- **Chapitre 02 : Généralités sur le soleil et l'eau:** comprend les notions de base et des généralités sur le soleil et l'énergie solaire reçue par la terre. Ainsi que aperçu général sur le comportement et les propriétés de l'eau en point de vue ses techniques de dessalement.
- **Chapitre 03 : Matériels et méthodes de construction :** définit les composants et dispositifs utilisés pour la conception du prototype ainsi que nous allons détailler les étapes de construction.
- **Chapitre 04 : Résultats expérimentaux et discussions :** description de la mise en marche de prototype réaliser et tester l'influence de changement de ses paramètres initiaux de fonctionnement et production ainsi que la discussion des résultats obtenus.

CHAPITRE I :
RECHERCHES
BIBLIOGRAPHIQUES

1.1. Introduction

Parmi les techniques de dessalement des eaux saumâtres, il existe une technique ancienne et fort intéressante, qui est d'un emploi commode dans les régions côtières ensoleillées utilisant des distillateurs solaires malgré qu'elle présente l'inconvénient de nécessiter des surfaces très importantes disponibles au sol, et des investissements importants, elle présente un meilleur avantage, car elle utilise une énergie gratuite, c'est la distillation Solaire.

Ce chapitre a pour but de présenter un bref historique sur la distillation solaire et les connaissances relatives aux mécanismes destinés aux processus du dessalement par l'énergie solaire au point de vue la conception des prototypes réalisés avec le fonctionnement de chacun ; ainsi les travaux effectués dans ce domaine.

1.2. Bref aperçu historique

Le dessalement de l'eau est considéré comme une technique aussi ancienne que la terre elle-même, en effet, le cycle naturel de l'eau, qui consiste à une évaporation à partir des océans et des mers suivie d'une condensation de la vapeur ainsi formée donnant de l'eau douce qui tombe sous forme de pluies et de chutes de neige, est considéré comme le plus grand système de dessalement sur terre.

Plus tard, Aristote (384 – 322), cite dans son livre « Météorologie » que si l'on place un récipient en terre, fermé dans l'eau de mer, l'eau qui rentre dans ce récipient est de l'eau douce suite à la séparation des sels. Quelques traces remontant au 4^{ème} siècle, prouvent également que l'homme connaissait à l'époque le principe de la distillation pour obtenir de l'eau de boisson.

Au 7^{ème} siècle, Jaber Ibn Hayane énonça quelques règles de la distillation, mais le premier travail scientifique publié est celui d'Ibn Mansour Moaffak Ibn Ali Adaoui vers la fin du 9^{ème} siècle. Quant à la première station rudimentaire, il semble qu'elle soit construite sur la plage de Tunis en 1650. En 1883, c'était la construction d'une station de dessalement par distillation solaire au Chili par Malik et al et l'ingénieur suédois Carlos Wilson, à Saint Salinas. La première station industrielle de capacité 2400 m³ par jour a été construite en 1930 dans une des îles Hollandaises.

Ces procédés de distillation se sont développés à travers le temps, et particulièrement au XIX^{ème} siècle à la suite de l'invention de la machine à vapeur. Durant la deuxième guerre mondiale, ces procédés ont connu une véritable révolution.

A partir des années cinquante, de nouveaux procédés ont fait leur apparition, il s'agit de méthodes qui ne nécessitent pas un changement d'état de l'eau salée pour la dessaler, mais plutôt par une séparation dans la même phase par l'intermédiaire de membrane. [3]

1.3. Définition

L'évolution des conditions climatiques et l'augmentation de la population amènent de nombreuses régions du monde à se trouver en manque d'eau. Or au voisinage de plusieurs régions, manquantes d'eau potable, existe des sources d'eaux saumâtres contenant un certain pourcentage de sel, si ce n'est l'eau de mer.

Le dessalement des eaux saumâtres ou des eaux de mer par distillation solaire est une Opération très utilisée dans les régions arides, à l'échelle d'un petit village ou même d'une famille. [4]

Trouver différentes manières d'utiliser nos ressources renouvelables (par exemple, l'énergie solaire) est devenu un intérêt. La distillation de l'eau solaire consiste d'utiliser l'énergie de la lumière solaire pour séparer l'eau douce des sels ou d'autres contaminants. [5]

1.4. Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement d'un distillateur solaire est analogue au cycle hydrologique naturel qui utilise le principe de l'effet de serre. L'irradiation solaire captée est utilisée pour chauffer l'eau saumâtre dans un bac enfermé par une vitre inclinée. L'eau s'évapore et la vapeur produite se condense sur la surface intérieure de la vitre. Le condensat (gouttelettes) est collecté et ensuite récupéré dans un récipient après élimination des impuretés. La productivité du distillateur solaire est déterminée par la différence de la température entre l'eau et la vitre. [1]

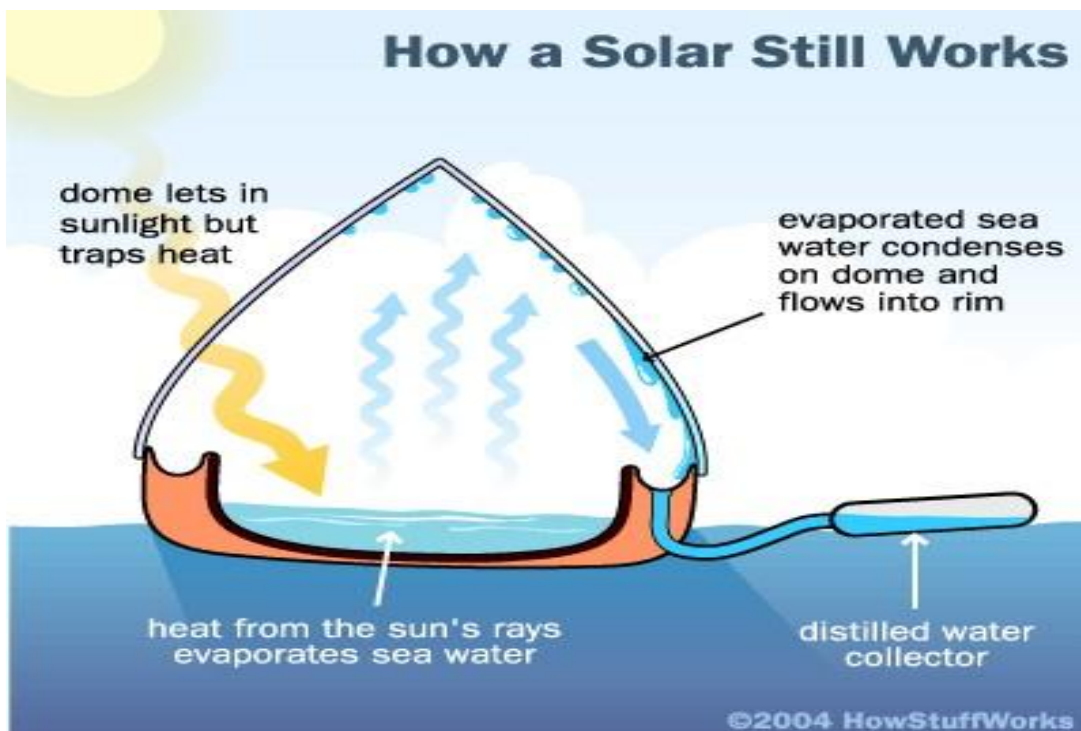


Figure 01 : Principe de fonctionnement d'un distillateur simple

1.5. Différents types de distillateurs solaires

1.5.1. Distillateur solaire à effet de serre

C'est le type le plus répandu, il présente l'avantage d'être simple, facile à réaliser, de conception rustique, et peu coûteux. Mais il présente le gros inconvénient d'une production très faible d'eau potable (2,5 à 3 litres par m² par jour). [4]

Il existe deux types qu'ils sont les plus utilisés pour ce procédé :

1.5.1.1. Distillateur à pente unique

Il s'agit d'un appareil de distillation à évaporateur unique, dont le plus célèbre est l'appareil de distillation de type bassin.

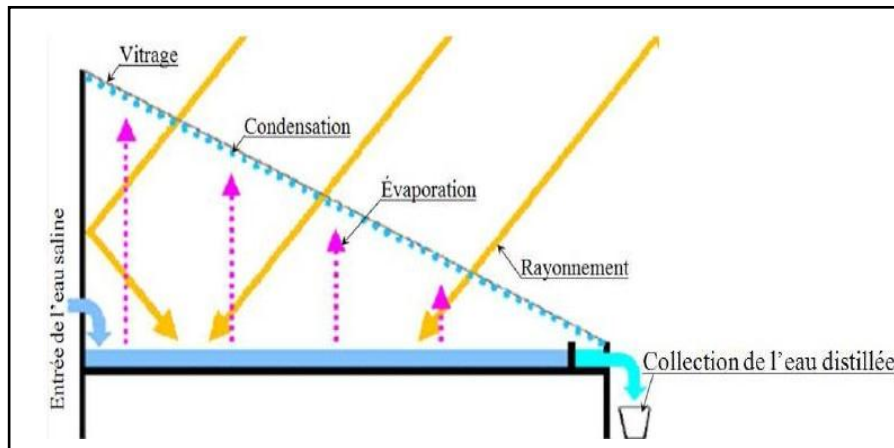


Figure 02 : Distillateur solaire à effet de serre à pente unique

1.5.1.2. Distillateur à double pente

Il est appelé un Distillateur à double pente ou les deux sont inclinés en biais, l'avantage d'exposer un capteur au soleil et l'autre à l'ombre pour accélérer le processus de condensation.

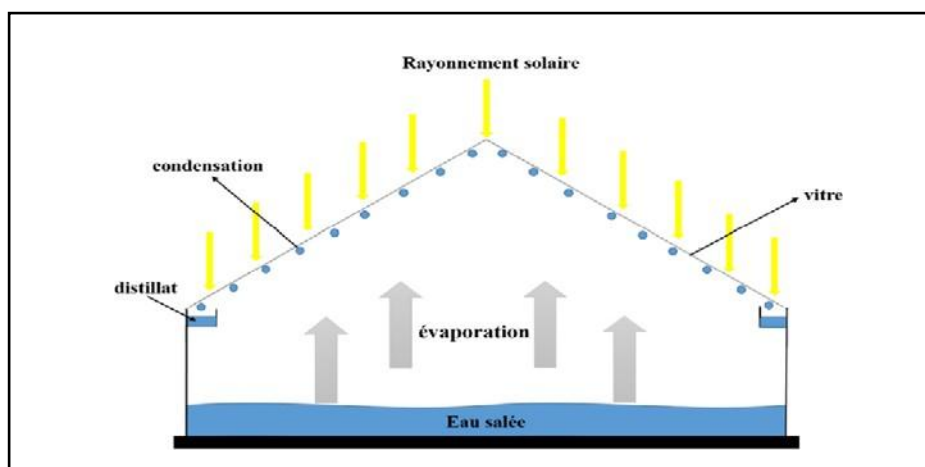


Figure 03 : Distillateur solaire à effet de serre à double pente

1.5.2. Distillateur solaire sphérique

Il s'agit d'un distillateur en verre ou autre matériaux en matière plastique transparente, principalement composé de trois parties, un hémisphère supérieur qui sert à transmettre le rayonnement solaire d'une part ; Il agit comme une surface de condensation d'autre part, un hémisphère inférieur servant à récupérer le distillat, une cuve horizontale en métal noir contenant l'eau à distiller au niveau moyen de la sphère.

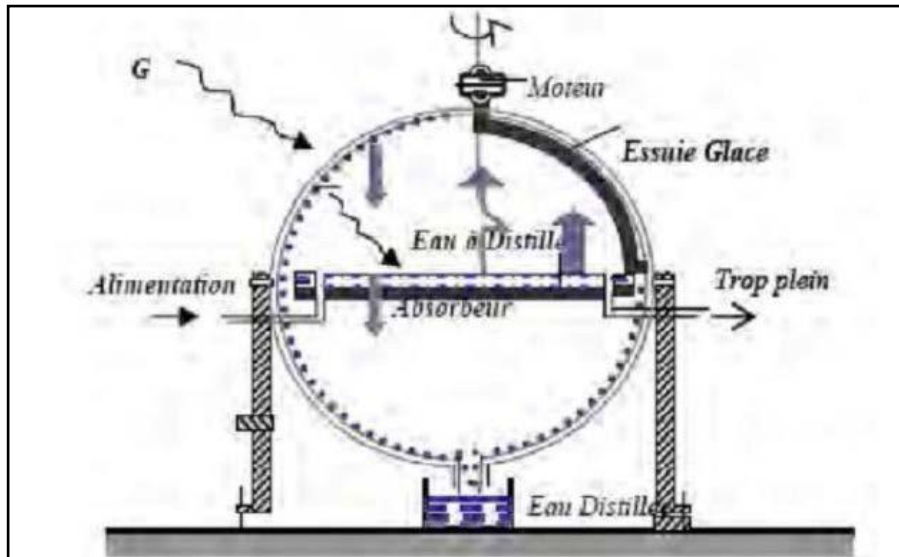


Figure 04 : Distillateur solaire sphérique

1.5.3. Distillateur solaire à cascade

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

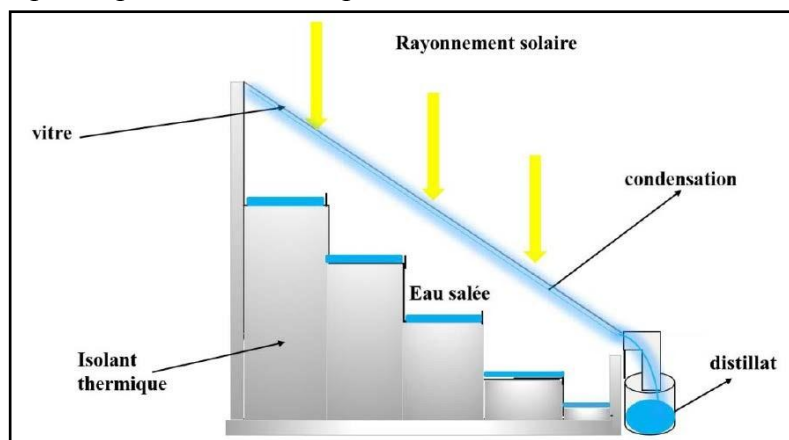


Figure 05 : Distillateur solaire à cascade

1.5.4. Distillateur solaire à mèche

Dans un distillateur à mèche, l'eau d'alimentation coule lentement à travers une garniture poreuse, absorbant les rayonnements (mèche). Deux avantages sont revendiqués sur les distillateurs de bassin. D'abord, la mèche peut être inclinée de sorte que l'eau d'alimentation présente un meilleur angle avec le soleil (réduisant la réflexion et présentant une grande surface efficace). En second lieu, moins d'eau d'alimentation est dans le distillateur à tout moment, donc l'eau est chauffée plus rapidement et à une température élevée. [4]

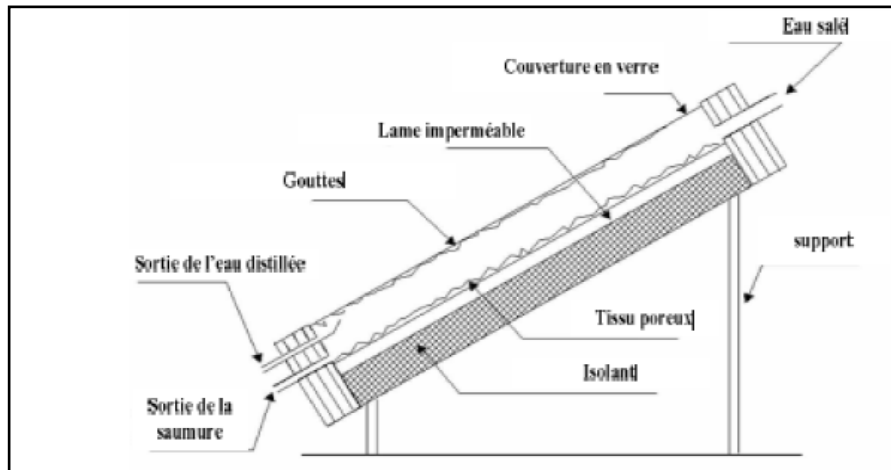


Figure 06 : Distillateur solaire à mèche

1.5.5. Distillateur solaire à film capillaire

Il se compose d'une très fine couche de microfibres imbibées d'eau qui maintient le contact avec la plaque, qui agit comme un évaporateur. Les forces de traction de la face interne, nettement supérieures à la gravité, jouent un rôle très important dans la formation du film capillaire, faible inertie thermique, évitent toute formation de bulles d'air.

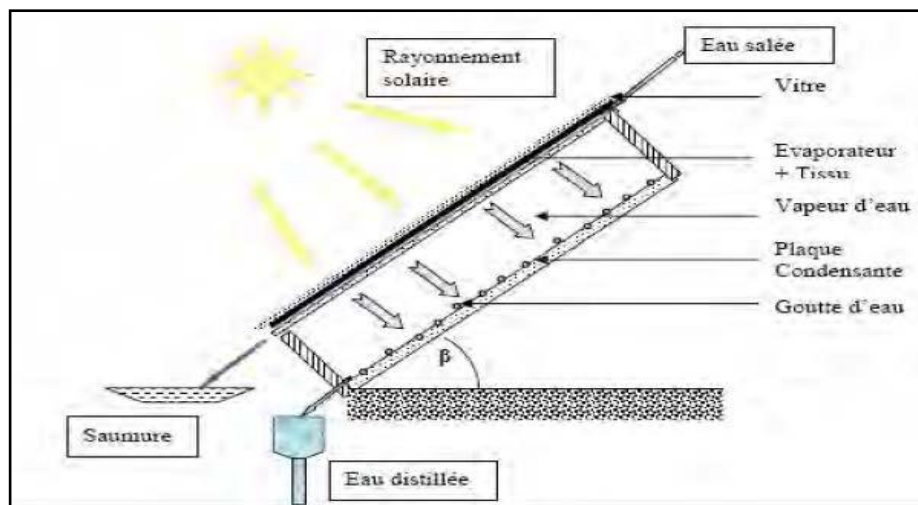


Figure 07 : Distillateur solaire à film capillaire

1.5.6. Distillateur solaire à effet multiples

Dans ce type de distillateurs, il existe plusieurs séries de vaporisateurs appelés effets. L'eau s'évaporant du premier effet se condense au niveau du second effet et l'énergie de la condensation est utilisée pour y vaporiser l'eau. Le troisième évaporateur sert de condenseur pour les vapeurs du deuxième effet et ainsi de suite. Cependant, plus l'écart de température est petit, plus la surface d'échange doit être grande pour assurer le transfert d'énergie. L'investissement est donc un peu plus important. Ainsi, doubler le nombre d'impacts permet de réduire la consommation spécifique (énergie / mètre cube d'eau douce).

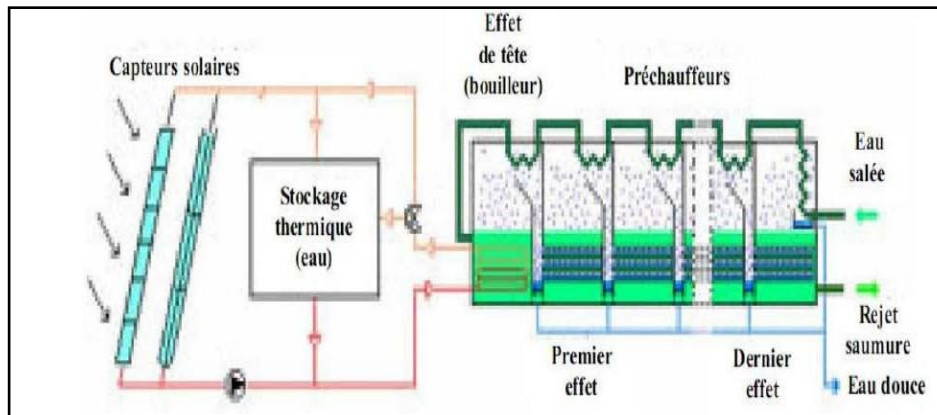


Figure 08 : Distillateur solaire à effet multiples

1.6. Différentes systèmes de distillateurs solaires

1.6.1. Distillateur solaire parabolique

L'appareil est constitué d'un capteur solaire parabolique qui concentre l'énergie vers l'absorbeur (air parabolique) et le condenseur de vapeur.

La conversion thermique de l'énergie solaire par un concentrateur parabolique permet des températures élevées capables de faire bouillir de l'eau à des pressions supérieures ou égales à celles de l'atmosphère.

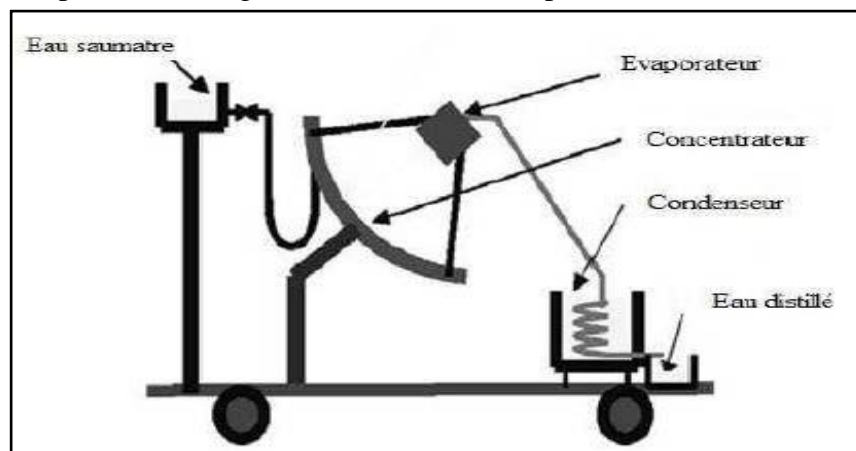


Figure 09 : Distillateur solaire parabolique

1.6.2. Distillateur solaire prisme

Le dispositif est sous forme d'un prisme triangulaire.

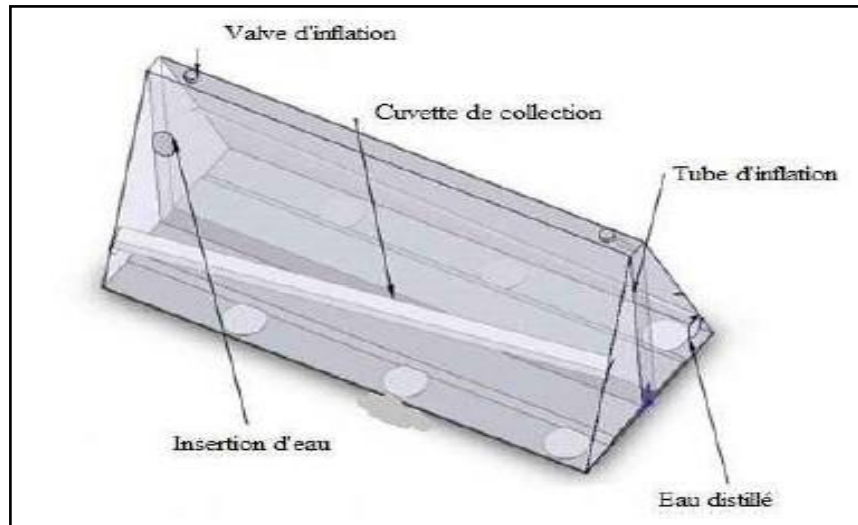


Figure 10 : Distillateur solaire prisme

1.6.3. Distillateur solaire pyramide

Le dispositif est sous forme pyramide fonctionne comme suit :

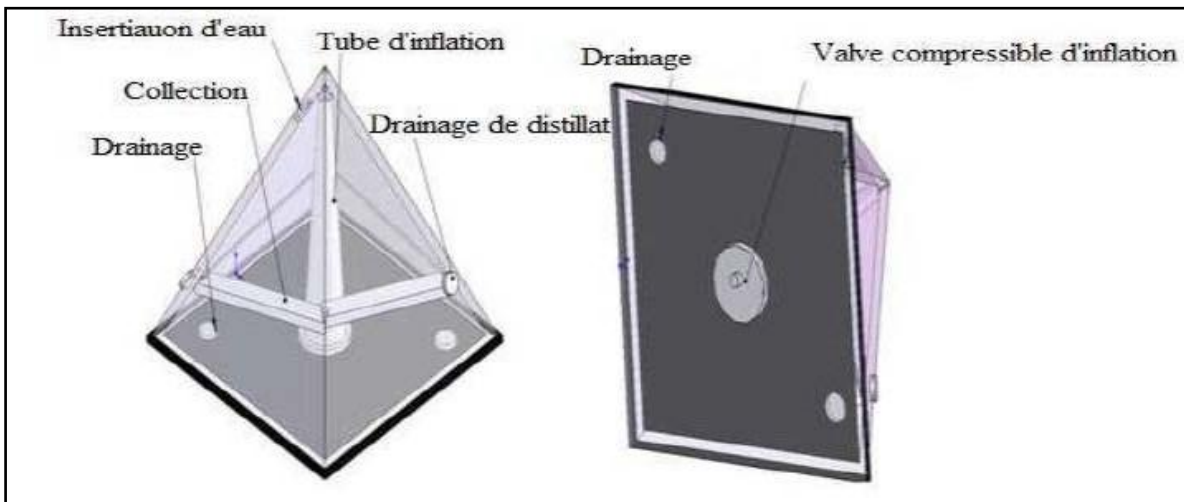


Figure 11 : Distillateur solaire pyramide

1.6.4. Distillateur hybride thermique

Une modification de la photovoltaïque thermique active (PVT) pour les sites éloignés est conçue et fabriquée. Le système a été installé sur le campus KIET, « Ghāziābād (Inde) » et ses performances ont été évaluées expérimentalement. Le taux de production a été accéléré à 1,4 fois plus que la seule rampe hybride solaire (PVT).

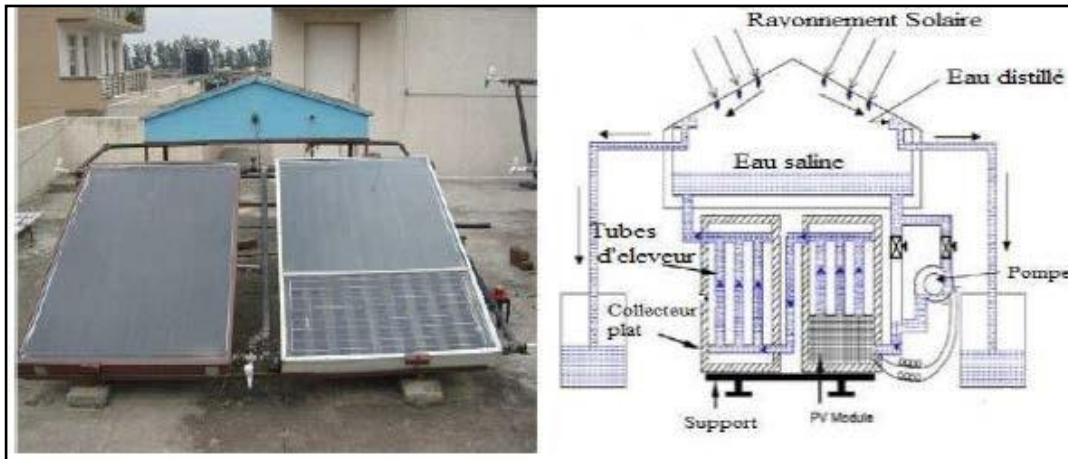


Figure 12 : Distillateur hybride thermique

1.6.5. Distillateur hybride thermoélectrique

Une tentative a été faite pour concevoir un nouveau type d'énergie solaire thermique, une unité thermoélectrique est utilisée pour améliorer la différence de température entre les zones d'évaporation et de condensation. De plus, un refroidisseur est utilisé pour refroidir le côté chaud du refroidisseur thermoélectrique.

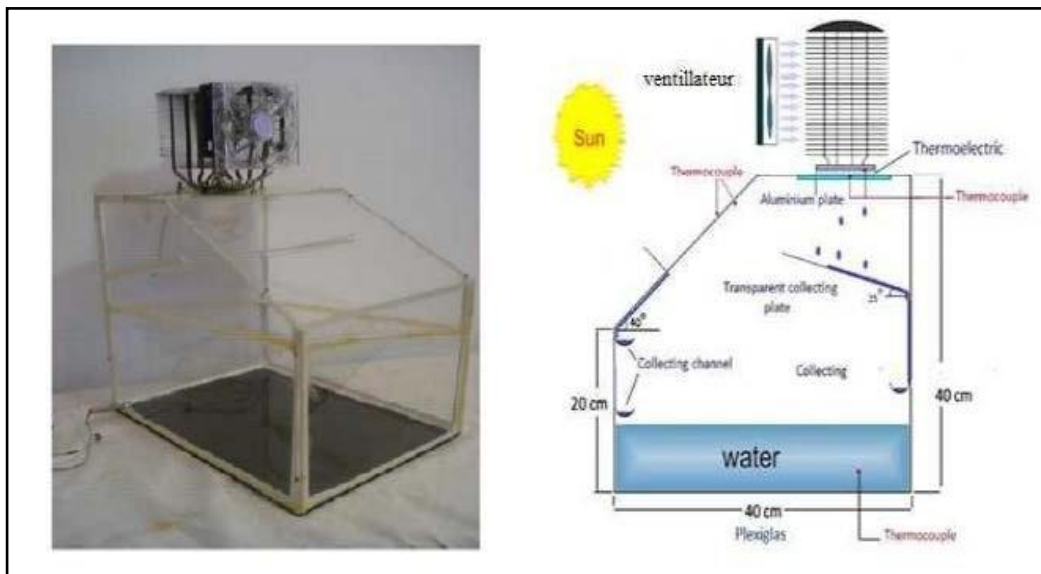


Figure 13 : Distillateur hybride thermoélectrique

1.7. Conclusion

La distillation solaire est un système relativement bon marché et nécessitant peu de maintenance, il peut être utilisé au niveau des ménages et élargi par des approches programmatiques, ce système s'adapte bien au changement climatique, avec un coût faible d'énergie. [12]

CHAPITRE II :
GENERALITES SUR
LE SOLEIL ET L'EAU

2.1. Introduction

Les énergies renouvelables sont des énergies qui se renouvellent assez rapidement pour être considérées comme inépuisables à l'échelle humaine du temps, sont souvent considérées comme des solutions alternatives aux problèmes actuels de la ressource énergétique ou moins dans le domaine de l'électricité.

L'énergie de soleil est la plus renouvelable de toutes, c'est même l'énergie primaire de toutes les énergies présentes dans la terre à l'exception de géothermie qui puise son énergie au cœur de la terre [6].

Les ressources mondiales en eau douce diminuent en raison de la croissance démographique, expansion de l'activité industrielle et du changement climatique.

Le manque d'eau potable concerne principalement certaines personnes disposant de réserves limitées ou dans des régions arides. Efficace, 97% de l'eau disponible sur notre planète se trouve dans les océans. Alors on doit la transformer pour la rendre potable. Les humains commencent par une petite production des simples chaudières à la production ces dernières années 815120 m³/jour.

2.2. Soleil

Le soleil est l'étoile la plus proche de la terre. C'est une sphère gazeuse composée presque totalement d'hydrogène (74 % de la masse ou 92,1 % du volume), l'hydrogène se transforme en hélium par fusion nucléaire, chaque seconde 700 milliards de kilogrammes d'hydrogène se transforme en 695.7 milliards de kilogrammes d'hélium. [8]

- Le noyau: il s'étend du centre à environ 0,2 rayon solaire. Sa masse volumique est supérieure à 150 000 kg/m³. C'est là qu'est produite l'énergie solaire.
- La zone radiative: elle s'étend de 0,2 à 0,7 rayon solaire environ. Sa température est bien plus basse que celle du noyau, mais sa densité reste très forte. Cette zone joue un rôle important dans les transferts et le filtrage de l'énergie, du cœur vers la surface du Soleil.
- La zone de convection: elle s'étend de 0,7 rayon solaire à 400 km de la surface du Soleil environ. Elle permet les échanges d'énergie entre la zone radiative et la photosphère. En raison de sa faible densité, les échanges dans cette zone se font par convection. Les gaz chauds remontent à la surface, se refroidissent, puis redescendent, se réchauffent, remontent, et ainsi de suite.
- La photosphère: elle s'étend sur les derniers 400 km du rayon de l'étoile. Une partie de la lumière visible que nous percevons y est produite. Elle est composée de gaz moins denses que les autres couches du Soleil [7].

Tableau 01 : Caractéristiques du soleil

Diamètre (km)	1392000
Masse (kg)	2.10^{30}
Surface (km ²)	$6.09.10^{12}$
Volume (km ³)	$1.41.10^{18}$
Masse volumique moyenne (kg/m ³)	1408
Vitesse (km/s)	217
Distance du centre de la voie lactée (km)	$2.5.10^{17}$

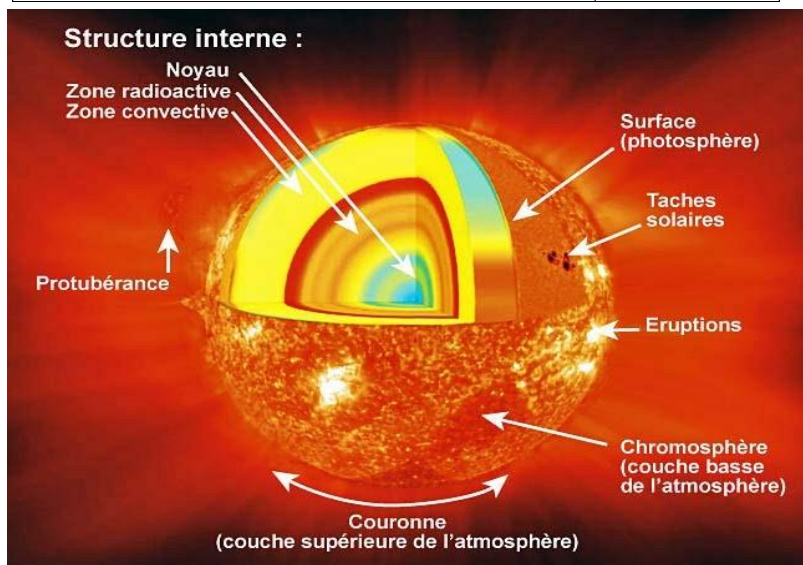


Figure 14 : Structure de soleil

2.3. Position de soleil

La position de soleil est répétée tous le temps par deux systèmes de coordonnées à savoir ; le système des coordonnées horaires et le l'autre horizontales.

2.3.1. Système des coordonnées horaires

Il est lié à l'heure de l'observation, et n'a aucune relation avec la position de l'observateur sur la terre. Il considère le plan de l'équateur comme plan de référence. Les coordonnées horaires sont deux la déclinaison et l'angle horaire de soleil.

- La déclinaison (δ) :

C'est l'angle que fait la direction d'observation du soleil avec le plan équatorial. Elle est positive au printemps et en été et elle est négative en automne et en hiver. Elle s'obtient par la formule suivante :

$$\delta = 23.45 \times \sin(360 \times ((284 + njj) / 365)) \quad (2.1.1)$$

njj : Le numéro du jour dans l'année.

- L'angle horaire (ω ou H) :

C'est le déplacement angulaire du soleil à l'Est ou à l'Ouest du méridien local dû à la rotation de la terre autour son axe par 15°/heure. Elle est négative le matin et positif après-midi.

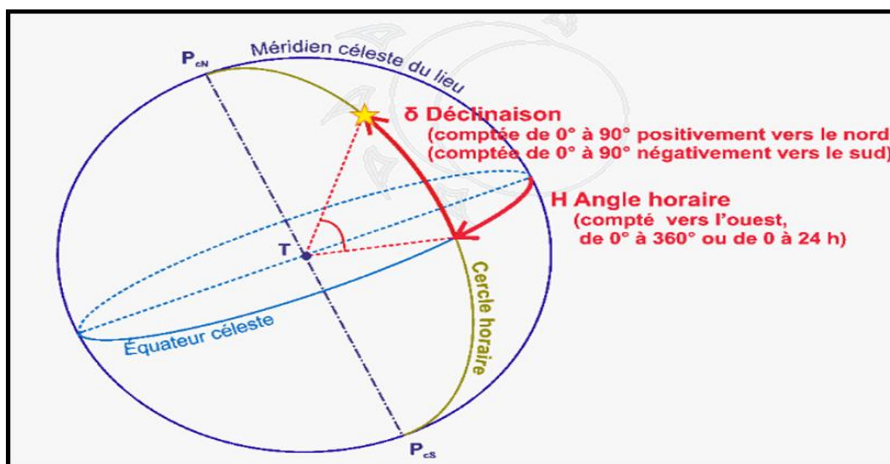


Figure 15 : Système des coordonnées horaires

2.3.2. Coordonnées horizontales

- Hauteur angulaire (h) :

C'est l'angle que fait la direction du soleil avec le plan horizontal.

$$\sin(h) = \sin(L) \sin(\delta) + \cos(L) \cos(\delta) \cos(\omega) \quad (2.2.1)$$

On définit aussi l'angle zénithal z qui est l'angle que fait la direction du soleil avec le vertical du lieu. Il est donné par la relation :

$$z + h = 90^\circ \quad (2.2.2)$$

- L'azimut (a) :

C'est l'angle que fait la projection de la direction du soleil sur le plan horizontal dans le sens du sud. Il est négatif quand le soleil est à l'Est et positif quand le soleil est à l'Ouest.

L'azimut est relié à l'angle horaire, à la déclinaison par la relation:

$$\sin(a) = \cos(\delta) \sin(\omega) / \cos(h) \quad (2.2.3)$$

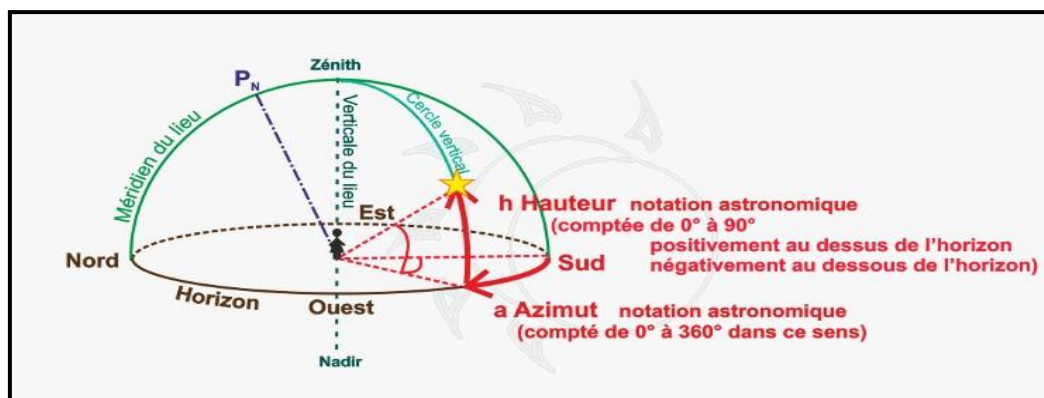


Figure 16 : Système des coordonnées horizontales

2.4. Mouvement de la terre autour de soleil

La terre est une sphère, son diamètre est $1.27 \cdot 10^7$ m, elle est entourée de l'atmosphère. Elle tourne autour de son axe, où ce que génère la rotation du jour et de la nuit.

La lumière du soleil met environ 8 minutes à nous atteindre, donc elle soit la seule étoile qui assure la vie sur terre.

La terre se déplace autour du soleil d'une trajectoire elliptique pendant une période de rotation complète dans une année de 365,25 jours.

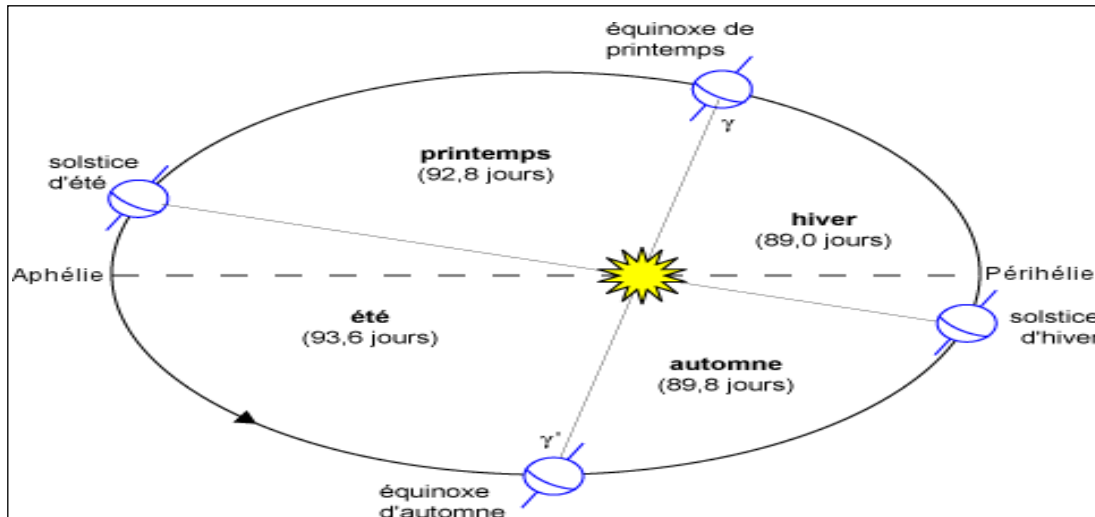


Figure 17 : Mouvement de la terre autour de soleil

2.5. Coordonnes géographiques terrestre

Ils représentent la position d'un lieu sur terre. Ils sont décomposés en trois dimensions : la latitude ; l'altitude ; la longitude.

- La latitude :

C'est l'angle formé entre un point sur la terre et l'équateur. Elle varie entre 0° et 90° dans l'hémisphère Nord ; et de 0° et -90° dans l'hémisphère Sud.

- L'altitude :

C'est la hauteur d'un point par rapport à un niveau de référence (niveau de mer altitude = 0)

- La longitude :

C'est l'angle formé entre le méridien de référence Greenwich et le méridien passant par un point donné. Elle est positive vers l'Est et négative vers l'Ouest.

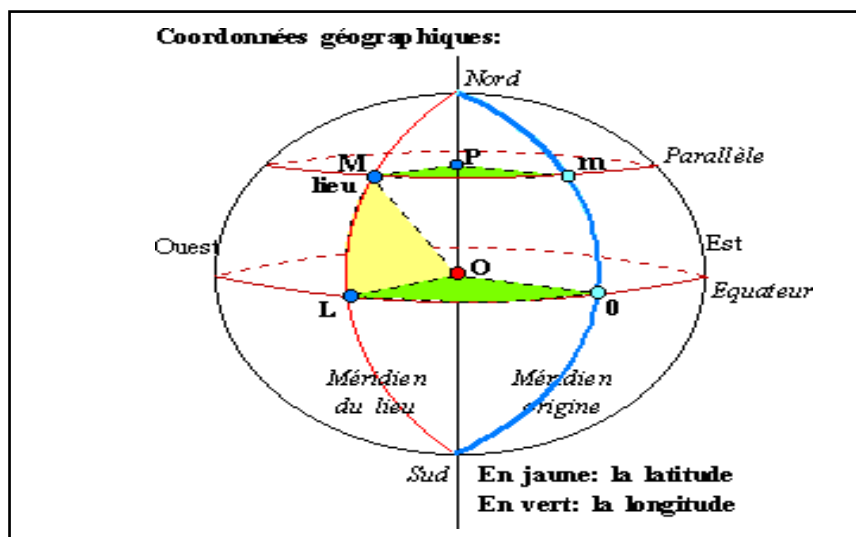


Figure 18 : Coordonnées géographiques terrestre

2.6. Rayonnement solaire

C'est l'ensemble des ondes électromagnétiques émises par le Soleil. Il se compose donc d'ultraviolets, de la lumière visible, mais également d'ondes radio en plus de rayons cosmiques. L'atmosphère absorbe environ 15% de ces rayonnements une partie est réémise dans toutes les directions sous forme de rayonnement diffus et environ 6% du rayonnement réfléchi par l'atmosphère vers l'espace. Le rayonnement global au niveau du sol est la somme du rayonnement direct et du rayonnement diffus. [9]



Figure 19 : Décomposition de rayonnement solaire

2.6.1. Irradiation solaire incidente

L'atmosphère reçoit irradiation solaire de 1367 W/m^2 ; et la partie incidente dans la terre est de 900 à 1000 W/m^2 . Cependant les rayonnements solaires traversent l'atmosphère sous formes de plusieurs types sont absorbés (directs) ; réfléchis ; et diffus. Ainsi, le soleil nous transmet l'énergie en fonctions de

nombreux facteurs telles l'épaisseur de l'atmosphère où l'on se trouve ou encore la position du soleil.

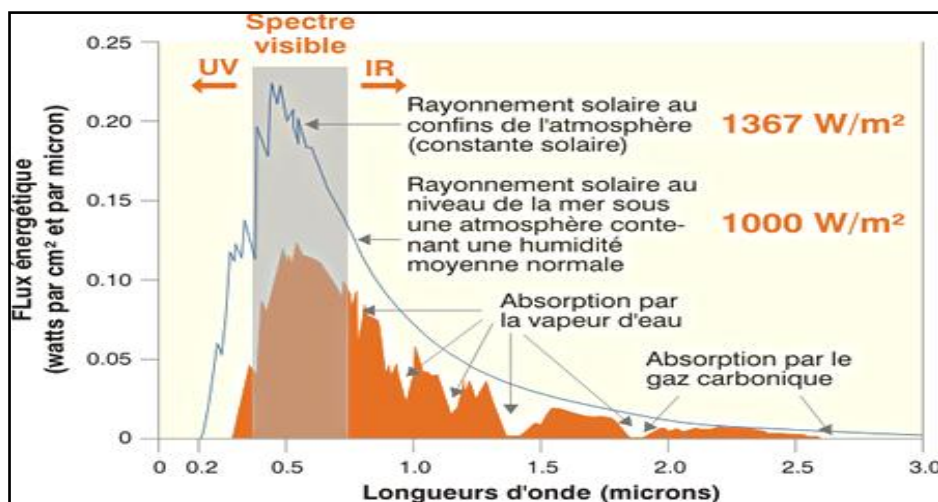


Figure 20 : Spectre d'irradiation solaire incidente

2.6.2. Types du rayonnement solaire incident

- Rayonnement direct :

Ce sont des rayons parallèles provient du soleil vers la terre directement et traversent l'atmosphère sans subir des modifications.

- Rayonnement réfléchi :

Ce type correspond à l'environnement de site en particuliers le sol, dont le coefficient de réflexion appelé « Albédo ».

- Rayonnement diffus :

C'est le résultat de la diffraction de la lumière par les molécules atmosphériques et de sa réfraction par le sol. Il n'a pas de direction privilégiée. [10]

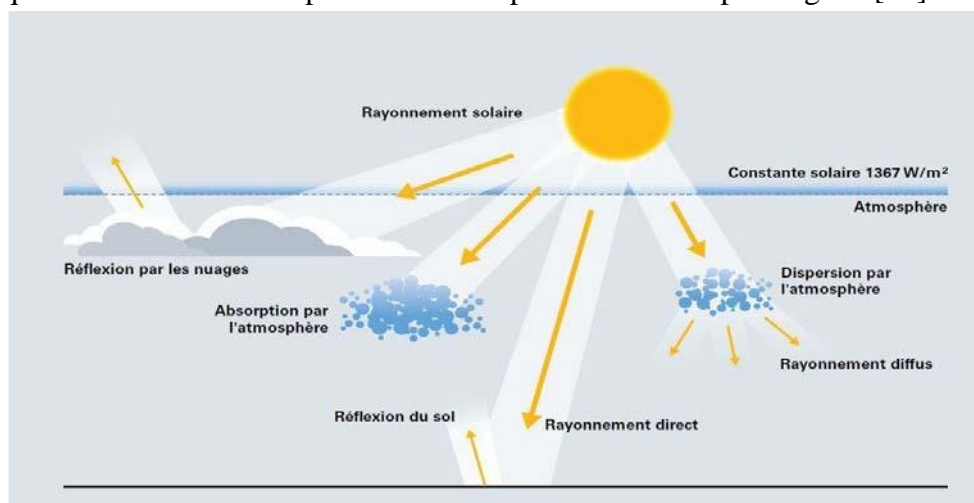


Figure 21 : Types du rayonnement solaire incident

2.7. Energie solaire

L'énergie solaire est la source de toutes les énergies sur terre à l'exception de l'énergie nucléaire, la géothermie et de l'énergie marémotrice. C'est elle qui est à l'origine du cycle de l'eau, des vents et de la photosynthèse. Pour ses besoins vitaux, l'homme utilise cette énergie directement ou il la transforme en d'autres formes d'énergie telles que l'énergie alimentaire, l'énergie thermique, l'électricité ou la biomasse. [11]

2.8. Modes d'exploitation d'énergie solaire

2.8.1. Energie thermique

Ce mode permet de récupérer la chaleur du rayonnement afin de chauffer un fluide (l'eau ; l'air) qu'il va exploiter à son tour dans plusieurs applications telles que la distillation ; les chauffages des maisons ; le séchage...etc.

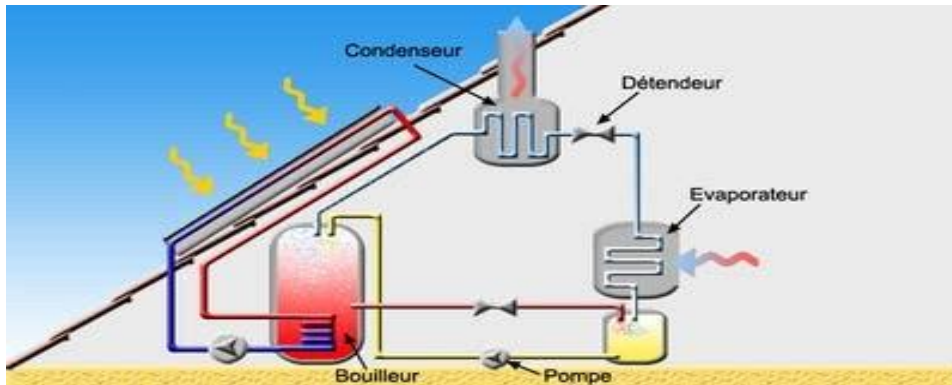


Figure 22 : Energie solaire thermique (chauffage)

2.8.2. ENERGIE PHOTOVOLTAÏQUES

Elle correspond à la transformation d'énergie des rayons solaires en électricité à base des cellules photovoltaïques dans un capteur et la stocker dans des batteries puis il transporte par le réseau de distribution et de transport électrique afin d'alimenter les consommateurs.

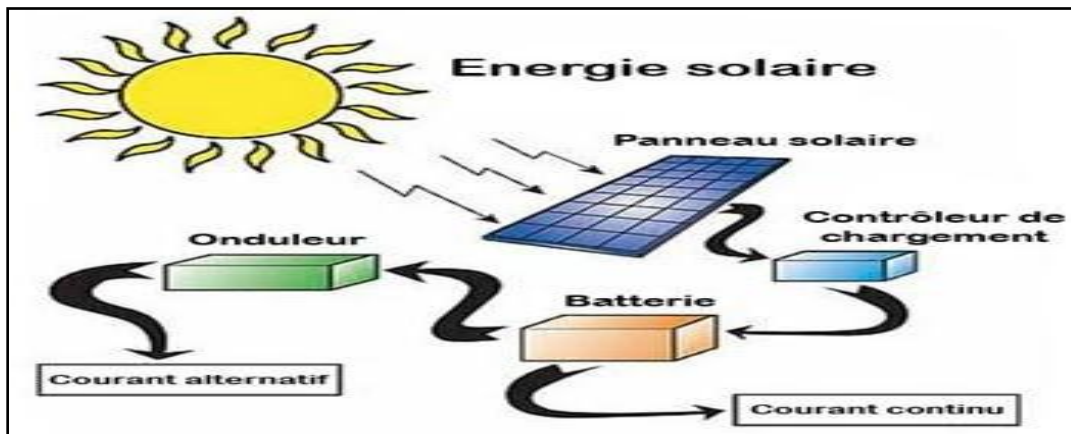


Figure 23 : l'énergie solaire photovoltaïque

2.9. Définition de l'eau

L'eau c'est la vie. Présente dans toutes les traditions et les religions du monde, l'eau est un élément primordial du patrimoine culturel de l'humanité à travers les mythes et les symboles. Ceux liés à l'eau entourent la création des formes terrestres, la naissance, la vie, le renouveau et la mort. Les sciences, l'art et les civilisations même ne sont pas pensables sans la présence de l'eau. L'eau a accompagné la vie des êtres humains. Elle est au cœur de notre pratique sociale, économique et sanitaire ; l'eau s'inscrit au cœur même du vivant et conditionne la civilisation humaine. H₂O est la formule chimique de cette molécule, elle est composée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène. L'eau est complexe, mystérieuse, inexplicable, exotique, exceptionnelle, particulière, et aussi c'est un élément rebelle, souple, labile et versatile au regard des autres liquide ; il se contracte quand on le chauffe, devient moins visqueux quand on le comprime et sa densité augmente en passant de l'état liquide à l'état solide. [13], [14]

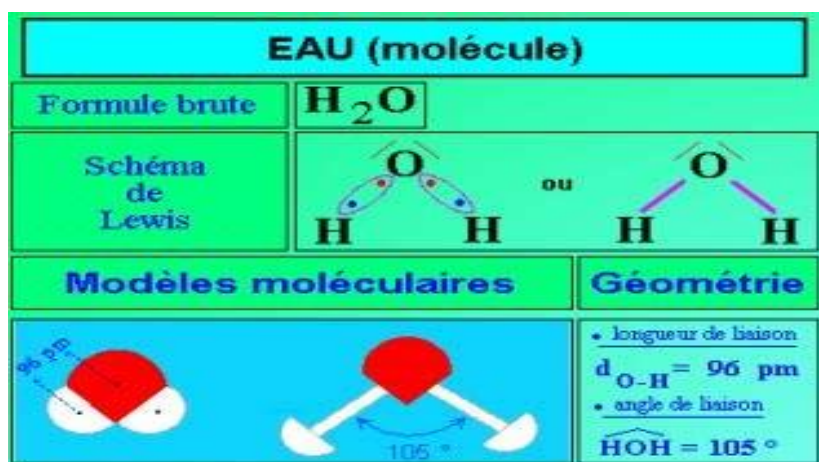


Figure 24 : Molécule d'eau

2.9.1. Origine et différents types d'eau

Sans rentrer dans les détails de l'origine des eaux et les relations entre leur composition, nous pouvons envisager selon le mode de gisement, deux sources principales d'eau :

Les eaux superficielles : les eaux des oueds, des lacs, des océans et des mers.

Les eaux souterraines accumulées dans les nappes.

Et sans empiéter encore sur les études particulières portant sur les types d'eau, lesquelles établissent précisément une certaine corrélation entre composition et origine, nous pouvons distinguer : Les eaux naturelles ; Les eaux potables ; Les eaux douces ; Les eaux dures ; Les eaux de marais ; Les eaux saumâtres ; Les eaux salées.

- Eaux naturelles :

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface stagnantes (lacs, retenues de barrage) ou en écoulement (rivières, fleuves) et des eaux de mer. [15]

- Eaux souterraines :

Les eaux souterraines sont toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol, dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol et se caractérise par une turbidité faible ou leurs eaux bénéficient de filtration naturelle importante. Comme elle se caractérise par une contamination bactérienne faible, car elle est habituellement à l'abri des sources de pollution. Par conséquent la dureté est souvent élevée, et les eaux souterraines peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalents comme le calcium ou magnésium. En plus, dans les eaux souterraines, le fer et le magnésium présentent une concentration élevée. [16]

- Eaux de surfaces :

Par opposition aux eaux souterraines, l'eau de surface est l'eau qui se trouve à la surface ou proche de la surface du sol. Dans une zone donnée, il s'agit pour l'essentiel des cours d'eau, des océans, des lacs et des eaux de ruissellement qui s'y trouvent. Sa température varie en fonction du climat et des saisons. Ces matières en suspension sont variables selon la pluviométrie, la nature et le relief des terres à son voisinage. Sa composition en sels minéraux est variable en fonction du terrain, de la pluviométrie et des rejets. Une eau de surface est ordinairement riche en oxygène et pauvre en dioxyde de carbone. [16]

- Eaux potables :

La notion de potabilité est liée directement à l'alimentation humaine. Une eau naturelle est dite potable si elle présente les qualités suivantes :

- Fraîcheur et limpidité.
- Absence d'odeur et de couleur.
- Goût agréable.
- Suffisamment douce, aérée.
- Minéralisation raisonnable.
- Absence de matières organiques et de germes pathogènes. [16]

- Eaux douces :

On parle d'eau douce par opposition aux eaux salées et aux eaux dures. [16]

- Eaux dures :

Une eau dure incruste à froid ou à chaud les récipients qui la contiennent. La dureté est engendrée par la présence des ions calcium ; magnésium, et un à degré moindre le fer et l'aluminium. [16]

- Eaux de marais :

Les eaux de « marais » ou « tourbier » sont des eaux douces caractérisées par une faible valeur de pH, due à la présence d'acides organiques et qui les rend très corrosives. On les appelle parfois « eaux rouges » en raison de la présence des particules à base d'oxyde de fer en suspension. [16]

- Eaux de mers et eaux saumâtres :

La salinité observée dans les différents océans ou mers du globe résulte d'un équilibre entre évaporation, pluies et apport des fleuves (salinité faible) d'une part et d'échange d'eau avec les autres mers ou océans auxquels ils sont reliés d'autre part. Une eau saumâtre est une eau dont la teneur en sel est sensiblement inférieure à celle de l'eau de mer. La concentration totale de sel dissous y est généralement comprise entre 1 et 10 g/l alors qu'elle est (en moyenne) de 35 g/l pour l'eau de mer. Dans les estuaires maritimes, la conjonction des courants d'eau douce avec l'eau de mer donne naissance à des poches d'eau saumâtre. [16]

2.9.2. Définition de l'eau de mer

L'eau de mer est l'eau salée des milieux marins et océaniques. Elle est une solution saline dont la concentration des sels minéraux dissous avoisine 35 parties pour mille (35 g/L) en moyenne. Sa principale substance chimique est le chlorure de sodium (le sel cuisine), mais 79 autres éléments la compose. [17]



Figure 25 : la mer

2.10. Définition de dessalement

Le dessalement de l'eau (également appelé dessalage ou désalinisation) est un processus qui consiste à obtenir de l'eau douce (potable ou plus rarement en raison du coût, utilisable pour l'irrigation), à partir d'une eau saumâtre ou salée (eau de mer).

En dépit du nom, il s'agit rarement de retirer le sel de l'eau, mais plutôt, à l'inverse, d'extraire de l'eau douce. [18]

2.10.1. Principe de dessalement

Les principes de dessalement d'eau de mer se font en quatre étapes :

- La captation de l'eau de mer
- Le prétraitement
- Les différents procédés de dessalement
- Le post traitement ou minéralisation

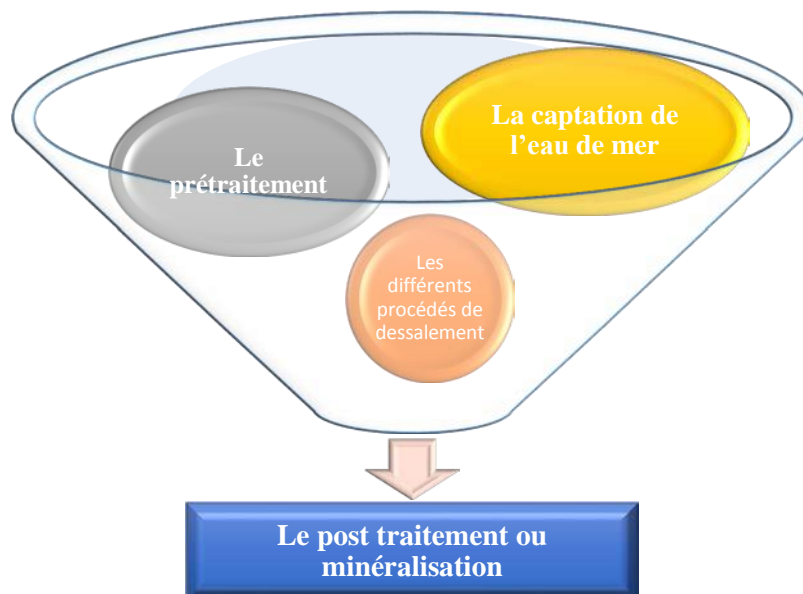


Figure 26 : Schéma des étapes de dessalement

2.10.2. Procédés de dessalement

Les principaux procédés industriels actuellement utilisés sont des développements des méthodes présentées précédemment ; ils se classent en deux catégories : les procédés de distillation et les procédés membranaires. Selon la nature du procédé mis en jeu, la capacité de production peut varier de quelques litres par jour à plusieurs centaines de milliers de mètres cubes par jour. Le choix du procédé mis en œuvre dépend de multiples paramètres mais en premier lieu de la nature de l'eau à traiter – eau de mer ou eau saumâtre, de la capacité de production souhaitée, et de la source d'énergie disponible. [19]

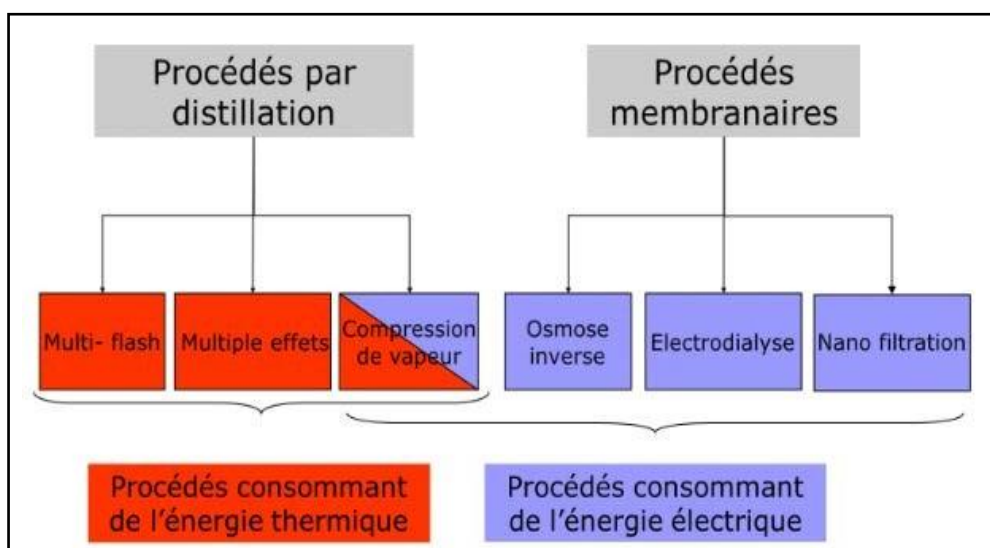


Figure 27 : Techniques de dessalement

2.10.2.1. Procédés membranaires

- L'osmose inverse :

L'osmose inverse est un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes semi-perméables sous l'action de la pression (54 à 80 bars pour le traitement de l'eau de mer). Ce procédé fonctionne à température ambiante et n'implique pas de changement de phase. Les membranes polymères utilisées laissent passer les molécules d'eau et ne laissent pas passer les particules, les sels dissous, les molécules organiques de 10-7 mm de taille.

L'énergie requise par l'osmose inverse est uniquement celle électrique consommée principalement par les pompes haute pression.

La teneur en sels de l'eau osmosée est de l'ordre de 0,5 g.L-1.

On appelle osmose le transfert de solvant (eau dans la plupart des cas) à travers une membrane semi-perméable sous l'action d'un gradient de concentration.

Soit un système à deux compartiments séparés par une membrane semi-perméable et contenant deux solutions de concentrations différentes. Le phénomène d'osmose va se traduire par un écoulement d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. Si l'on essaie d'empêcher ce flux d'eau en appliquant une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Il arrivera un moment où la pression appliquée sera telle que le flux d'eau s'annulera. Si, pour simplifier, nous supposons que la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique. [20]

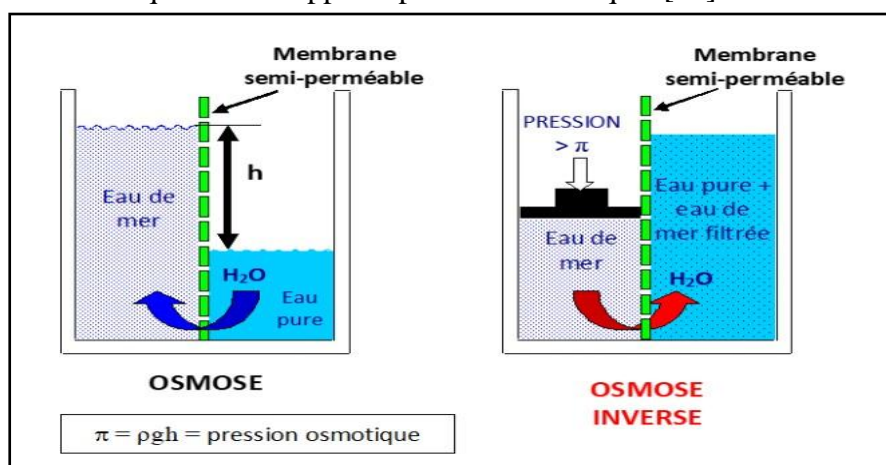


Figure 28 : Osmose inverse. [9]

- La nano filtration :

La nano filtration, tout comme l'osmose inverse, l'ultrafiltration et la microfiltration est un procédé de séparation effectué par l'application d'une pression qui en est la force motrice.

La nano filtration est effectuée sur une membrane semi perméable.

Elle a été surtout utilisée dans l'adoucissement de l'eau (enlèvement des ions bivalents, en l'occurrence le calcium et le magnésium responsables de la dureté). Actuellement, c'est un procédé de choix pour le traitement des eaux de surfaces

(eaux de lacs et rivières) et des eaux saumâtres (eaux de qualité intermédiaire entre une eau de surface et l'eau de mer du point de vue de la salinité).

La nano filtration se caractérise par :

- La taille des particules ciblées (1 à 10 nm)
- La pression d'opération : 40 à 250 psi (soit 3 à 15 - 20 bars). [22]

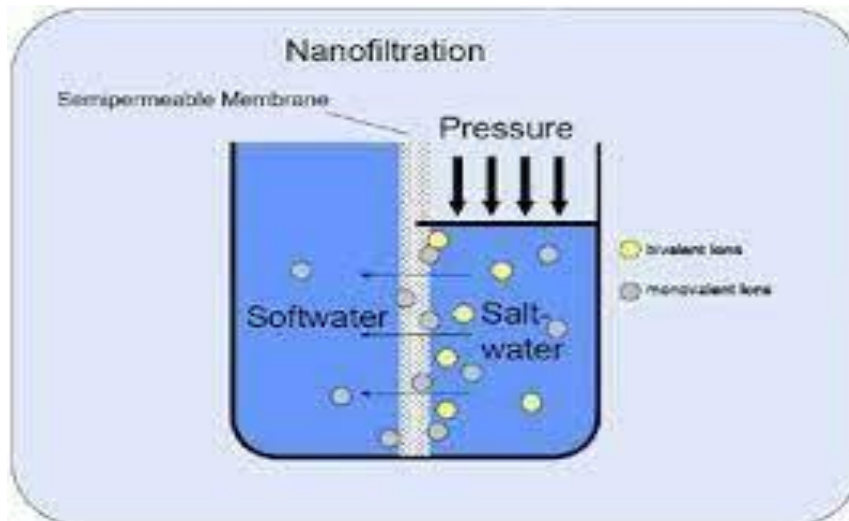


Figure 29 : Nano filtration

- Électrodialyse :

On sait que lorsqu'on soumet un liquide contenant des espèces ioniques à un champ électrique grâce à deux électrodes plongées dans le milieu entre lesquelles on applique une DDP, les cations et les anions migrent respectivement vers les électrodes positives et négatives où ils se déchargent : il y a électrolyse. Si l'on place sur le trajet des ions une série de membranes permselectives, les unes aux anions, les autres aux cations, alternativement, la migration est limitée dans les compartiments formés par cette série de barrières. Certains s'appauvrissent tandis que d'autres, dans le même temps, s'enrichissent en espèces ioniques. Ce procédé est appelé électrodialyse (par analogie à la dialyse qui se fait, ici, sous l'impulsion du champ électrique).

Fondée sur les propriétés des membranes échangeuses d'ions homopolaires à ne transférer qu'un seul type d'ions, l'application d'un champ électrique perpendiculairement au plan des membranes permet donc d'extraire en partie ou en totalité les ions contenus dans un fluide et d'opérer ainsi une séparation espèces chargées/espèces neutres. Un schéma explicatif permet de mieux comprendre le phénomène et les flux de transfert qui agissent pendant l'électrodialyse. [23]

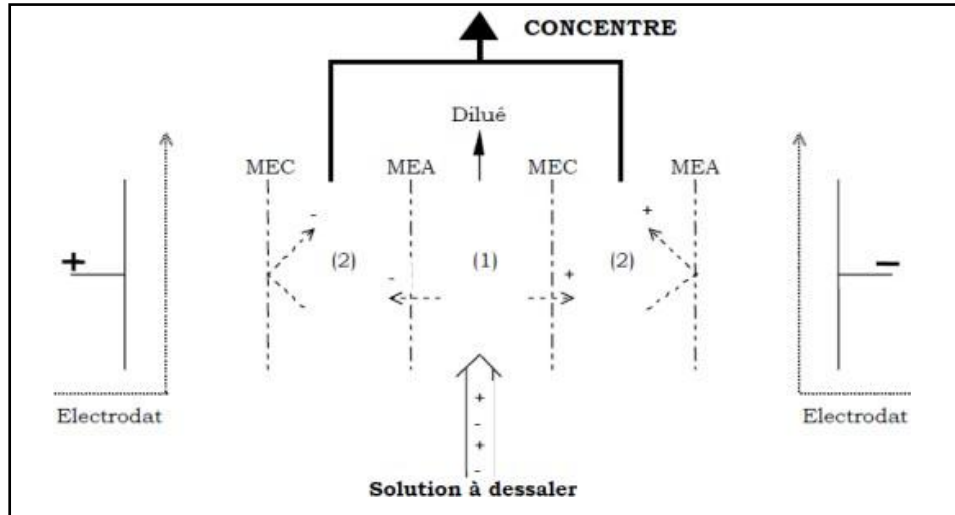


Figure 30 : Principe de dessalement d'une eau saline par électrodialyse

2.10.2.2. Procédés par distillation

- Distillateur solaire :

Un distillateur solaire est une technique, nécessitant des moyens limités pour le distillateur de l'eau salée, saumâtre ou souillée (par ex. contenue dans le sol ou provenant d'un cours d'eau) grâce à la chaleur du Soleil. Ce procédé élimine les impuretés telles que le sel, les métaux lourds et les micro-organismes. [24]

- Types de distillation solaire :

Les procédés de dessalement par distillation utilisant l'énergie solaire sous forme thermique sont :

- Distillation solaire à effet de serre :

Soit une serre fermée et exposée au soleil à l'intérieur de laquelle se trouve une lame d'eau de mer ou d'eau saumâtre de quelques centimètres d'épaisseur. L'air à l'intérieur de la Serre est surchauffé et saturé de vapeur d'eau (douce) qui se condense au contact de la paroi en Verre relativement froide. Les gouttes d'eau douce peuvent être recueillies en bas du vitrage dans une gouttière par exemple. [24]

- Distillation solaire à multiples effets :

Il est donc apparu absolument nécessaire d'améliorer la consommation spécifique de l'évaporateur à simple effet. Ceci a été obtenu grâce à la distillation à multiples effets. On sait en effet, que la température d'ébullition de l'eau varie avec la pression.

On peut donc utiliser la chaleur de condensation de la vapeur produite dans une première chambre d'évaporation pour faire fonctionner le faisceau de chauffe d'une seconde chambre à pression et température plus faibles, et ainsi de suite.

Le nom de multiples effets a été donné à ce type d'appareils parce que la vapeur initiale (Vapeur de chaudière) accomplit plusieurs fois son effet. [24]

- Compression de vapeur :

Dans cette méthode, la vapeur est utilisée comme fluide de chauffage et l'énergie électrique est appliquée pour la compression. Au cours de ce processus, le principe récupère la chaleur qu'il possède et l'aspire par l'intermédiaire d'un compresseur. En fait, la vapeur aspirée provient du dernier effet ou du seul effet si l'installation est petite. Cette vapeur est comprimée dans un compresseur, sa pression augmente et sa chaleur devient supérieure à celle présente dans l'évaporateur qui sert de condenseur pour la vapeur qui passe dans les tubes servant à chauffer l'eau à dessaler en lui donnant la chaleur de condensation et qui est utilisée dans un nouveau cycle avant de ressortir sous forme d'eau distillée.

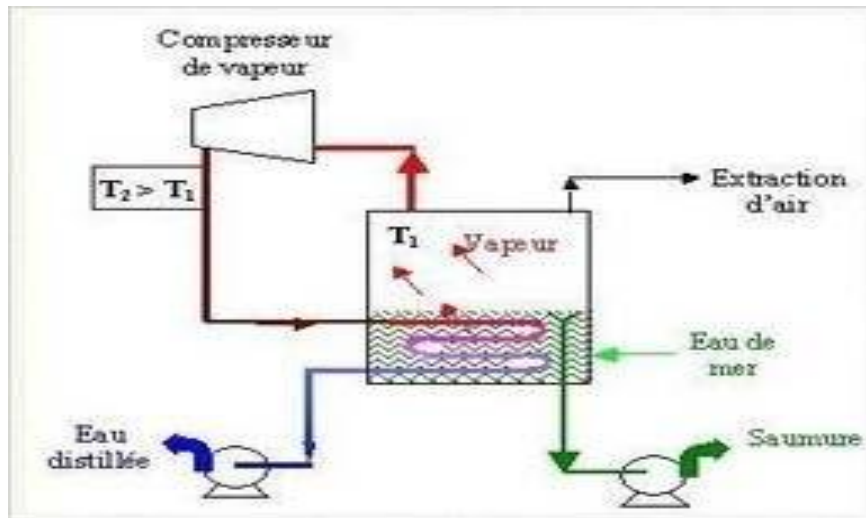


Figure 31 : Distillation par compression de vapeur [25]

2.11. Conclusion

Ce chapitre est montré l'intérêt bénéfique dans l'utilisation de l'énergie solaire, la conversion de l'énergie solaire en énergie thermique et leurs domaines d'application. Nous mettons aussi l'accent sur les principaux phénomènes intervenant dans la conversion thermique de l'énergie utilisant des systèmes solaires, en d'autres termes les mécanismes de transfert de chaleur et de masse qui s'imposent de façon appropriée pour modéliser et évaluer la nature et la quantité de l'énergie solaire mises en valeur.

Dans de nombreuses régions du monde, les sources d'eau douces sont inexistantes ou deviennent insuffisantes au regard de la croissance démographique ou de la production industrielle. Le dessalement de l'eau est un processus qui permet d'obtenir de l'eau potable ou de l'eau douce à partir d'une eau saumâtre ou d'eau de mer.

CHAPITRE III :
MATERIELS ET METHODES DE
CONSTRUCTION

3.1. Introduction

Le distillateur d'eau solaire est très intéressant car il est l'une des solutions pour réduire le problème de la pénurie d'eau utilisable. Nous avons eu la réflexion sur un appareil de distillation solaire existant et faire la mise en marche après avoir changé quelques paramètres afin d'améliorer ses performances.

Dans ce chapitre, nous présentons ses composants et la manière dont ils ont été améliorés.

3.2. Choix du type de prototype à améliorer

Il existe plusieurs types des distillateurs ont été réalisé pour le traitement des eaux saumâtres. Nous avons mis en évidence un distillateur de type effet de serre de forme prismatique en tant que prototype et référence expérimentale pour notre travail.

3.3. Avantages et inconvénients de ce type de distillateur

- C'est un prototype simple et modèle moderne pour dessaler l'eau.
- Le coût d'amélioration du modèle est bas, car les composants de base sont existants.
- L'intensité du rayonnement solaire à l'intérieur du réservoir de dessalement est un facteur météorologique, qui varie selon l'emplacement géographique et les fluctuations saisonnières. Il affecte directement la chaleur reçue par l'eau dans les tuyaux placés sur le toit, provoquant son échauffement.
- L'absorption de l'énergie solaire entraîne une augmentation de la pression de vapeur d'eau nécessaire pour humidifier l'air.
- Une valeur élevée d'humidité relative correspond à une valeur élevée de flux de condensats.
- Cependant, ce prototype présente quelques inconvénients, qui ne sont pas considérés comme trop importants :
- La diminution de l'humidité relative entraîne une augmentation de la quantité de gaz non condensable (air) qui, du fait de sa présence, forme une barrière sur les parois des tubes du condenseur, rendant ainsi la condensation inefficace. Ceci explique la diminution progressive du débit de condensat pendant la nuit.
- La nécessité d'économiser l'énergie est le souci de fournir de nouvelles ressources en eau.
- Efficacité limitée dans des zones bien définies de haute température.
- Ces inconvénients sont pratiquement communs à tous les types des distillateurs.

3.4. Dimensionnement de prototype

Le prototype que nous avons amélioré entre le mois de Mars 2023 au mois d'avril 2023, il est composé principalement de quatre (4) organes :

- Partie prismatique en verre.
- Bac en acier posé dessus d'une table coulissante.
- Table d'alimentation du distillateur.
- Partie de récupération de l'eau distillée.



Figure 32 : Organes de prototype

3.5. Dimensionnement de prisme

La couverture en verre intervient principalement par ses propriétés et sa forme prismatique, comme transmettre le maximum de rayonnement solaire. Il doit être non hydrophobe, il doit également être résistant aux agressions du vent et des particules solides.

La problématique du calcul de l'angle de rayonnement solaire sur une surface inclinée dans notre cas de manque de données d'ensoleillement nous avons trouvés certains ouvrages indiquant les meilleures inclinaisons des angles par rapport aux rayons du soleil variant entre 45° et 85° .

Ainsi dans notre cas, nous avons choisi un angle de lunettes de 70° , cet angle permet une captation optimale du rayonnement solaire, de plus il favorise un bon écoulement des gouttelettes d'eau évaporées sur ces parois.

Le prisme a une base carrée d'une largeur de 71,1 cm, une hauteur de 70 cm, une largeur de 10 cm au sommet pour assurer la stabilité du prisme. Il est également équipé de miroirs pour augmenter l'effet du rayonnement sur le bac, installés dans la partie inférieure du prisme, sur une hauteur de 10 cm dans la partie verticale et de 12 cm dans la partie inclinée.



Figure 33 : Dimensionnement de prisme



Figure 34 : Prisme avant et après le nettoyage

3.6. Dimensionnement de bac absorbant et le support de la table élévatrice

Dans notre cas, nous avons renouvelé le bac absorbant d'épaisseur 4mm en acier noir et le support de la table élévatrice, dont nous avons les nettoyé et peint en noir.

Le bac à litière est carré, large de 55 cm et haut de 10 cm, monté sur une plateforme élévatrice.

Il est équipé d'un indicateur de niveau d'eau et a une capacité maximale de 30 litres d'eau saumâtre ou salée.



Figure 35 : Dimensions de bac absorbant

Le plateau est soudé à une plaque de levage par un levier qui suit les pieds de la table, il peut monter et descendre avec une distance optimale pour son maintien.

Le prisme est maintenu sur la table carrée de 1,20 m de hauteur et 72 cm de largeur, le plateau est introduit dans le prisme jusqu'à une hauteur de 10 cm, où il sera bloqué par les nervures du plateau avec celles de la table.

La table est équipée de roues qui peuvent être bloquées, ce qui lui permet de se déplacer facilement dans l'espace.



Figure 36 : Dimensions de support



Figure 37 : Bac et Support de la table élévatrice avant et après le renouvellement

3.7. Dimensions du support et miroirs

Le support est fixé sur l'axe du centre de bac absorbant avec une hauteur de 15cm. Il porte 4 miroirs de forme carrée y sont installé, ils sont fixés entre eux par deux longues miroirs du forme X (voir figure IV.6), chacun des miroirs est trapézoïdal. La longueur de la grande base est de 10 cm, la plus petite base est de 7 cm et la hauteur est de 5 cm.



Figure 38 : Dimensions du support et miroirs

3.8. Composants électroniques

- Une table électronique est établie pour faciliter le raccordement entre les montages électroniques.

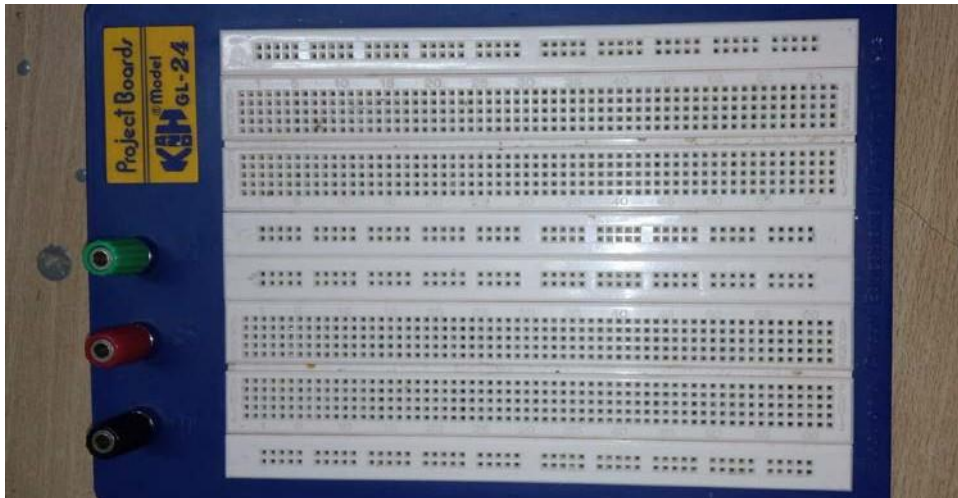


Figure 39 : Table électronique

- Une carte d'Arduino de type UNO est une carte électronique de prototypage rapide sur laquelle on peut raccorder des capteurs (entrées) et des actionneurs (sorties). Elle est constituée de plusieurs composants électroniques dont le principal est un microcontrôleur permettant de stocker et d'exécuter un programme informatique.

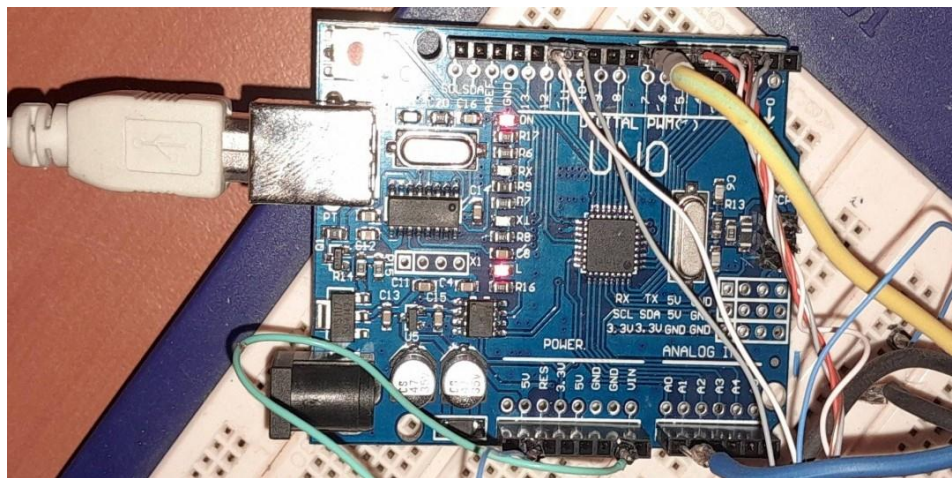


Figure 40 : Carte Arduino UNO

- Un écran LCD est une interface visuelle entre un système (projet) et l'homme (utilisateur), il permet d'afficher simplement quelques informations au format texte.



Figure 41 : Ecran LCD

- Les fils électriques sont les composants électrotechniques servant au transport de l'électricité, afin de transmettre de l'énergie ou de l'information.

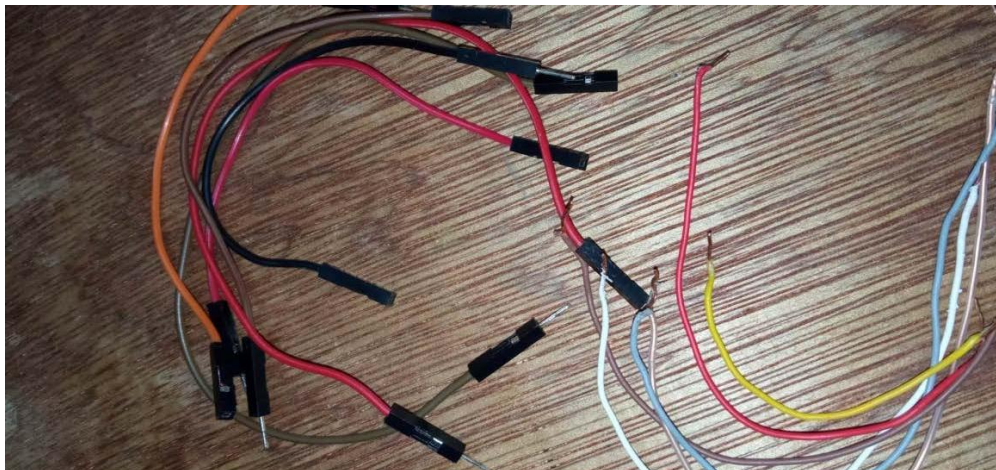


Figure 42 : Fils électroniques pour le raccordement

3.9. Capteurs de mesure

- Un DHT11 est un capteur numérique qu'il utilise un capteur d'humidité capacitif et une thermistance pour mesurer l'air ambiant et crache un signal numérique sur la broche de données. Il est destiné pour mesurer la température et l'humidité de la vapeur d'eau en haut du prisme.

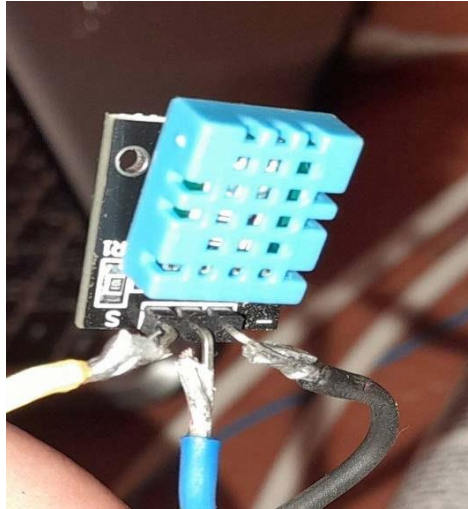


Figure 43 : Capteur DHT11

- Deux capteurs LM35 sont des capteurs analogiques de température. Ils sont extrêmement populaires en électronique, car précis, peu coûteux, très simples d'utilisation et d'une fiabilité à toute épreuve. L'un de ces capteur, on a le couvre pour éviter la dégradation car il est destiné pour mesurer la température de l'eau salé dans le bac ; et l'autre pour mesurer la température de l'air ambiante à l'extérieur.



Figure 44 : Capteurs LM35 de l'air ambiante et de l'eau dans le bac

3.10. Système d'isolation

Afin de garder la chaleur dans le bac et minimiser les échanges thermiques entre le milieu interne et externe, on a choisi la laine des moutons qu'il est un très bon isolant et a une forte résistance thermique.



Figure 45 : Système d'isolation de distillateur

3.11. Système d'alimentation et récupération d'eau

3.11.1. Système d'alimentation

Le bac en acier est alimenté par une cuve volumétrique de 20 litres munie d'une vanne et posée sur un socle en bois au-dessus de la cuve (1,5 m), permettant une alimentation directe par le tuyau à travers le prisme.

L'approvisionnement est équipé d'un flotteur qui se trouve à une hauteur d'eau constante dans le réservoir.



Figure 46 : Système d'alimentation

3.11.2. Système de récupération de l'eau distillée

Au fur et à mesure que l'eau de mer se distille, l'humidité devient de plus en plus élevée dans le prisme et la vapeur se condense sur les façades en verre.



Figure 47 : Evaporation et condensation de l'eau

L'eau douce condensée est ensuite collectée et amenée au mur, où elle est mise en circulation par des canaux jusqu'au point de récupération de l'eau distillée et amenée via des tuyaux à un réservoir de rétention dans le réservoir d'eau douce récupérée.



Figure 48 : Système de récupération de l'eau distillé

Après distillation de l'eau de mer, le réservoir doit être rincé et nettoyé afin de répéter l'expérience dans de meilleures conditions.

3.12. Montage et logiciel avec programmation

3.12.1. Montage des composants

L'équipement de mesure est équipé d'autres composants connectés à divers capteurs, tels que des résistances, pour diviser la tension de manière appropriée à la tension requise par chaque composant.

De plus, les fils de raccordement qui relient les différents composants à l'Arduino Uno, le tout monté sur la table de connexion électronique.

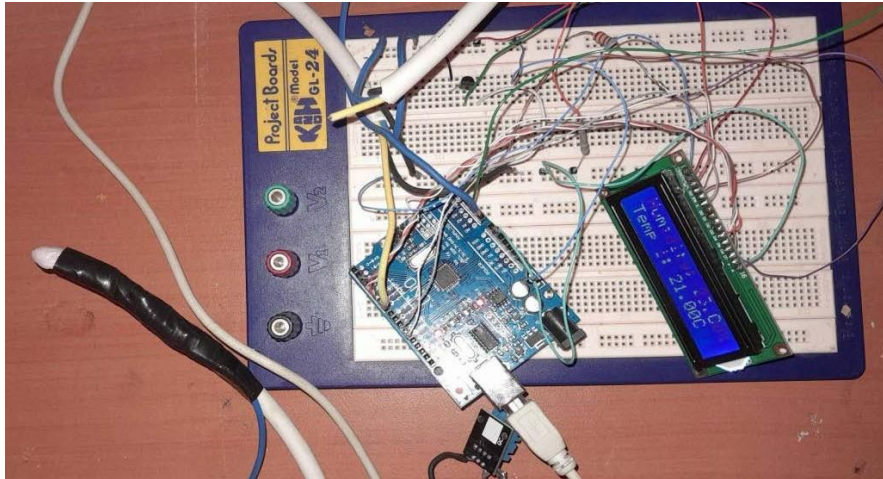


Figure 49 : Montage des composants sur la table électronique

3.12.2. Logiciel ARDUINO IDE et programmation

IDE signifie « Integrated Development Environment ».

L'IDE Arduino est le logiciel qui permet de programmer les cartes Arduino. Il affiche une fenêtre graphique qui contient un éditeur de texte et tous les outils nécessaires à l'activité de programmation.

On peut donc saisir un programme, l'enregistrer, le compiler, le vérifier, le transférer sur une carte Arduino et afficher sur un écran, tel que LCD ...

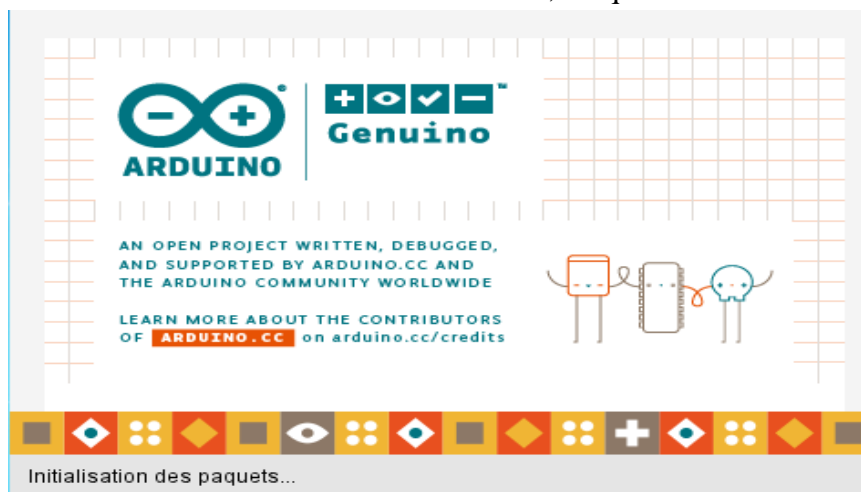


Figure 50 : Interface du logiciel Arduino IDE

```
sketch_may03a | Arduino IDE 2.1.0
File Edit Sketch Tools Help
Select Board

sketch_may03a.ino README.md dht11.cpp dht11.h
1  #include <LiquidCrystal.h>
2
3  // LCD module connections
4  LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
5
6  // LM35 temperature sensor connections
7  int lm35Pin1 = A0;
8  int lm35Pin2 = A1;
9
10 // DHT11 humidity and temperature sensor connection
11 int dhtPin = 7;
12 DHT dht;
13
14 void setup() {
15     lcd.begin(16, 2); // Initialize the LCD module
16 }
17
18 void loop() {
```

```
sketch_may03a.ino README.md dht11.cpp dht11.h
19 // Read temperature from LM35 sensor 1
20 float temp1 = getTemperature(lm35Pin1);
21
22 // Read temperature from LM35 sensor 2
23 float temp2 = getTemperature(lm35Pin2);
24
25 // Read humidity and temperature from DHT11 sensor
26 int chk = DHT.read11(dhtPin);
27 float humidity = DHT.humidity;
28 float temp3 = DHT.temperature;
29
30 // Display humidity and temperature 1
31 lcd.clear();
32 lcd.setCursor(0, 0);
33 lcd.print("Humidity: ");
34 lcd.print(humidity);
35 lcd.print("%");
36
```

```
37     lcd.setCursor(0, 1);
38     lcd.print("Temp 1: ");
39     lcd.print(temp1);
40     lcd.print("C");
41
42     delay(4000); // Display for 3 seconds
43
44     // Display temperature 2 and temperature 3
45     lcd.clear();
46     lcd.setCursor(0, 0);
47     lcd.print("Temp 2: ");
48     lcd.print(temp2);
49     lcd.print("C");
50
51     lcd.setCursor(0, 1);
52     lcd.print("Temp 3: ");
53     lcd.print(temp3);
54     lcd.print("C");
55
56     delay(4000); // Display for 3 seconds
57 }
58
59 float getTemperature(int pin) {
60     int sensorValue = analogRead(pin);
61     float voltage = sensorValue * 5.0 / 1024.0;
62     float temperature = voltage * 100.0;
63     return temperature;
64 }
65
```

Figure 51 : Programme d'Arduino pour l'affichage sur LCD

3.13. Conception de prototype

Après l'assemblage et le raccordement des dispositifs et composants, on a pris un prototype complet prêt pour le mise en marche.



Figure 52 : Conception de prototype

3.14. Conclusion

Dans ce chapitre, nous décrivons en détail le modèle de distillation simplifié que nous avons développé.

Il est conçu de manière à distiller l'eau quelle que soit la direction du rayonnement solaire, grâce à des miroirs dans et autour du prisme, et grâce à un système de mesure électronique à lecture directe.

De plus, on considère qu'il est amovible pour faciliter son déplacement, sa table est relevée et abaissée pour mieux la gérer, et quant au remplissage de ses plateaux se fait facilement.

CHAPITRE IV :
RESULTATS EXPERIMENTAUX ET
DISCUSSIONS

4.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous avons procédé à la mise en fonctionnement du prototype de distillation ; en analysant l'échantillon d'eau de mer que nous avons recueilli par la détermination de sa concentration en sel.

En parallèle, nous avons rempli le réservoir de saumure et mesuré les paramètres d'air, de vapeur, de température dans le réservoir, ainsi que l'humidité et le volume de l'eau distillée et brute toutes les heures (entre 9h et 17h). Ensuite nous avons procédé à l'analyse de l'eau distillée au laboratoire.

Enfin, nous avons procédé à une interprétation détaillée des valeurs et résultats obtenus.

4.2. Résultats d'analyse de l'eau de mer

Les analyses de l'eau de mer (OUED ABDALLAH) sont faites au niveau de laboratoire d'analyses et de contrôle de qualité et conformité « OPEN LAB » à BOUHANAK (TLEMCEM). Nous avons pris plusieurs mesures concernant les propriétés d'eau distillée, en l'occurrence le pH, la conductivité, le TDS et le Na Cl.

Tableau 02 : Résultats des analyses de l'eau de mer

Paramètres	Résultats	Normes internationales et méthodes
Température	24.8°C	Mesure de la température
pH	7,98	pH mètre
conductivité	50.1 mS/cm	Conductimètre
TDS	25,1g/L	Conductimètre
Na Cl	98.2%	Conductimètre

4.3. Tableaux des essais

Concernant les essais, nous avons choisi 03 jours de climat différent :

- Le 16 Mai 2023 : un jour chaud et bien ensoleillé ;
- Le 29 Mai 2023 : un jour contient des fluctuations de l'air et nuages la plupart de temps ;
- Le 30 Mai 2023 : était froid surtout l'après-midi et climat saturé.

Ces différences nous permettent de tester la mise en marche de notre prototype par les mesures des évolutions des températures internes et d'humidité ainsi que le volume d'eau distillé produit.

Tableau 03 : Résultats de 16 Mai 2023

	T _{air} ambiante (°C)	T _{eau} dans le bac (°C)	T Vapeur (°C)	humidité (%)	V _{eau} dans le bac (ml)	V _{eau} distillé (ml)	Niveau d'eau dans le bac (mm)
9 h	30.71	50	47	52	2500	00	25
10h	34.85	62	56	61	2260	120	22
11h	35.71	67	64	66	1970	395	20
12h	36.23	73	69	73	1710	615	17
13h	36.75	80	74	77	1390	990	14
14h	37.21	84	80	84	975	1315	10
15h	37.47	87	87	88	590	1745	6
16h	36.21	89	85	86	315	2015	3
17h	33.53	88	73	82	90	2390	1

Tableau 04 : Résultats de 29 Mai 2023

	T _{air} ambiante (°C)	T _{eau} dans le bac (°C)	T _{vapeur} (°C)	humidité (%)	V _{eau} dans le bac (ml)	V _{eau} distillé (ml)	Niveau d'eau dans le bac (mm)
9 h	35.64	50	59	42	2500	00	25
10h	31.25	54	58	44	2230	60	22
11h	32.71	60	64	50	1980	170	20
12h	31.25	63	66	53	1710	290	18
13h	31.5	63	60	58	1530	460	16
14h	32.23	63	62	57	1300	670	14
15h	28.32	60	52	63	1090	890	12
16h	25.39	57	47	66	980	1245	10
17h	21.76	55	44	50	920	1430	9

Tableau 05 : Résultats de 30 Mai 2023

	T _{air} ambiante (°C)	T _{eau} dans le bac (°C)	T Vapeur (°C)	humidité (%)	V _{eau} dans le bac (ml)	V _{eau} distillé (ml)	Niveau d'eau dans le bac (mm)
9 h	27	47	45	37	1500	00	15
10h	29.30	49	50	50	1340	50	13
11h	26.37	50	49	57	1210	130	12
12h	28.32	57	54	52	1030	210	10
13h	26.37	57	50	58	875	380	9
14h	23.44	54	40	66	810	510	8
15h	20.35	47	37	72	800	670	8
16h	24.5	55	47	70	650	820	6.5
17h	25.85	63	59	61	410	905	4

4.4. Graphes et interprétations des résultats

4.4.1. Variations des températures internes

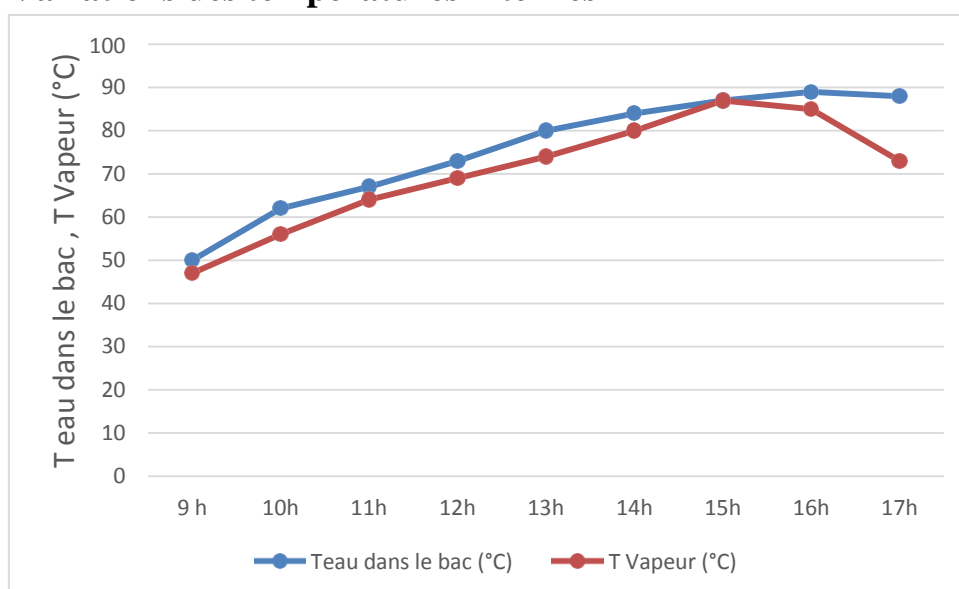


Figure 53 : Courbe d'évolution des températures eau dans le bac et de vapeur en fonction du temps (16 Mai 2023)

D'après la figure 53 on remarque que :

- Les températures de l'eau sont supérieures à celle des températures de la vapeur.
- Les températures de l'eau dans le bac et du la vapeur augmentent proportionnellement durant le temps jusqu'aux atteints les maximums environ 89°C pour l'eau environ 16h ; et 85°C. Pour la vapeur environ 15h, puis elle descend là où commence le coucher du soleil.

a. Pourcentage de T eau dans le bac :

$$\text{De 9h à 16 h : } \frac{16-9}{89-50} = 0.179 = 17.9\%$$

La courbe à une pente croissante de 17.9% jusqu'à la fin de journée grâce au bon ensoleillement de ce jour-là ; ce qui en résulte des températures élevées de l'eau dans le bac.

b. Pourcentage de T vapeur :

$$\text{De 9h à 15 h : } \frac{15-9}{87-47} = 0.15 = 15 \%$$

La courbe à une pente croissante 15% jusqu'à la l'après-midi grâce au bon ensoleillement de ce jour-là ; ce qui en résulte des températures élevées de vapeur dans le prisme.

$$\text{De 15 h à 17h: } \frac{17-15}{73-87} = - 0.143 = - 14.3 \%$$

La courbe décline de 14.3% vers le coucher du soleil impliquant une diminution des températures de vapeurs.

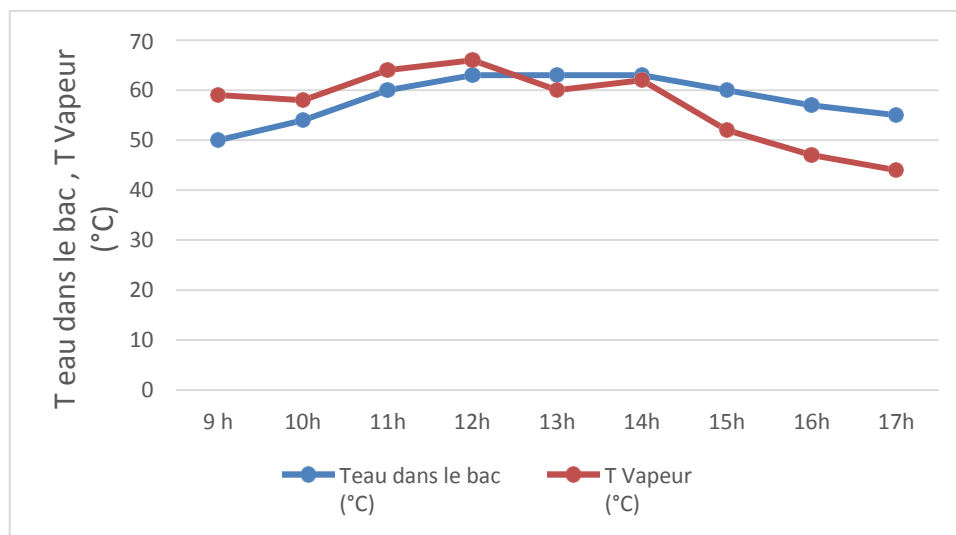


Figure 54 : Courbe d'évolution des températures eau dans le bac et de vapeur en fonction du temps (29 Mai 2023)

Selon les courbes, la température de vapeur était supérieure à celle de l'eau dans le bac jusqu'à l'après-midi où elle atteint le maximum de 66°C aux environ 12h, puis elle diminue et reste variable à cause des fluctuations météorologiques et l'occultation des rayons du soleil par les nuages à certains moments où la température ambiante décroît.

Pour la variation des températures de l'eau dans le bac, elles augmentent de 9h à 12h où elles atteignent le maximum de 63°C et reste stable jusqu'à 14h puis elles commencent à diminuer jusqu'à la fin de journée.

a. Pourcentage de T eau dans le bac :

$$\text{De 10h à 12 h : } \frac{12-10}{63-54} = 0.22 = 22 \%$$

La courbe à une pente croissante de 22% au début de journée jusqu'à l'après-midi et reste stable jusqu'à 14h.

$$\text{De 14 h à 17h: } \frac{17-14}{55-63} = - 0.375 = - 37.5 \%$$

La courbe à une pente décroissante du 37.5% de 14h à 17h où les températures commencent à diminuer jusqu'à la fin de journée.

b. Pourcentage de T vapeur :

$$\text{De 10h à 12 h : } \frac{12-10}{66-58} = 0.25 = 25 \%$$

La courbe à une pente croissante de 25% au début de journée jusqu'à l'après-midi, puis elle diminue et reste variable à cause des fluctuations météorologiques et l'occultation des rayons du soleil par les nuages (nébulosité supérieure) à certains moments.

$$\text{De 14 h à 17h: } \frac{17-14}{44-62} = - 0.166 = - 16.6 \%$$

La courbe à une pente croissante 16.6% de 14h à 17h où les températures commencent à diminuer jusqu'à la fin de journée.

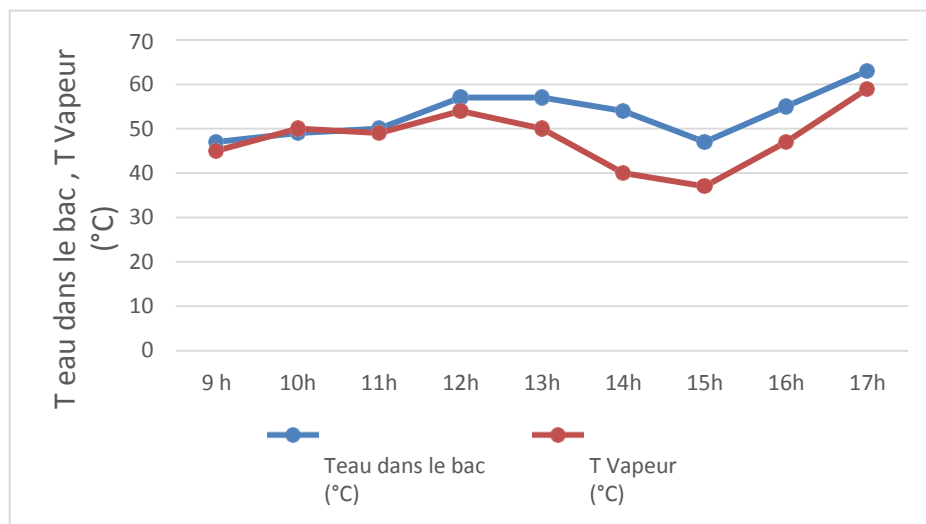


Figure 55 : Courbe d'évolution des températures eau dans le bac et de vapeur en fonction du temps (30 Mai 2023)

Ce jour-là, il faisait froid et les nuages couvraient souvent le soleil, ce qui était dû aux variations de température de l'eau et de la vapeur jusqu'à ce qu'elle atteigne des minimas entre 45°C et 37°C respectivement jusqu'à 15h.

a. Pourcentage de T eau dans le bac :

$$\text{De 12h à 15h : } \frac{15-12}{47-57} = -0.3 = -30 \%$$

La courbe à une pente croissante de 30% de l'après-midi jusqu'à 15h car il faisait froid et les nuages couvraient souvent le soleil, ce qui était dû aux variations de température de l'eau dans le bac.

$$\text{De 15 h à 17h: } \frac{17-15}{63-47} = 0.125 = 12.5 \%$$

La courbe à une pente croissante 12.5% en fin de journée où le climat devient ensoleillé.

b. Pourcentage de T vapeur :

$$\text{De 12h à 15h : } \frac{15-12}{37-54} = -0.176 = -17.6 \%$$

La courbe à une pente croissante de 17.6% de l'après-midi jusqu'à 15h car il faisait froid et les nuages couvraient souvent le soleil, ce qui explique les variations de température de vapeur.

$$\text{De 15 h à 17h: } \frac{17-15}{59-37} = 0.091 = 9.1 \%$$

La courbe à une pente croissante de 9.1% en fin de journée où le climat devient ensoleillé.

4.4.2. Variations des températures internes à celle de l'air

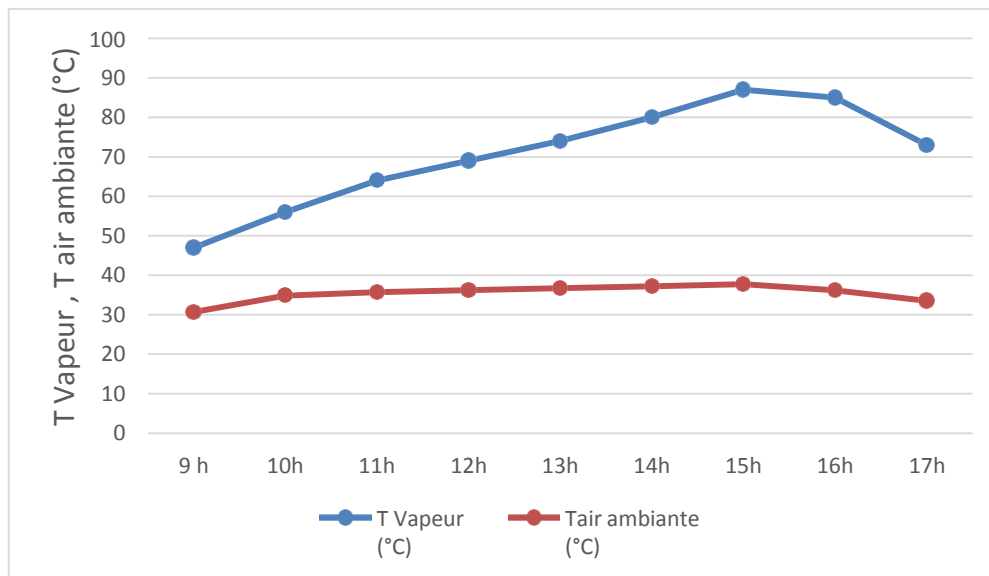


Figure 56 : Courbe d'évolution des températures d'air et de vapeur en fonction du temps (16 Mai 2023)

Ce jour était chaud et bien ensoleillé ce qu'il résulte des températures très élevées de vapeur en haut de prisme, elles atteignent la température maximum de 87°C environ 15h quand la température ambiante la plus élevée de 37.47°C environ 15h ; puis elles commencent décroître au coucher de soleil.

a. Pourcentage de Température de vapeur :

$$\text{De 9h à 15 h : } \frac{15-9}{87-47} = 0.15 = 15 \%$$

La courbe à une pente croissante de 15% car il faisait chaud et bien ensoleillé avec des températures très élevées de vapeur.

$$\text{De 15 h à 17h: } \frac{17-15}{73-87} = -0.143 = -14.3 \%$$

La courbe à une pente croissante de 14.3% en fin de journée où le soleil commence à décliner.

b. Pourcentage de Température ambiante :

$$\text{De 9h à 15h : } \frac{15-9}{37.47-30.71} = 0.887 = 88.7 \%$$

La courbe à une pente croissante 88.7% donc la température ambiante est presque stable de 9h à 15h.

$$\text{De 15h à 17h: } \frac{17-15}{33.53-37.47} = -0.507 = -50.7 \%$$

La courbe décroît de pente de 50.7% en fin de journée où le soleil commence à coucher.

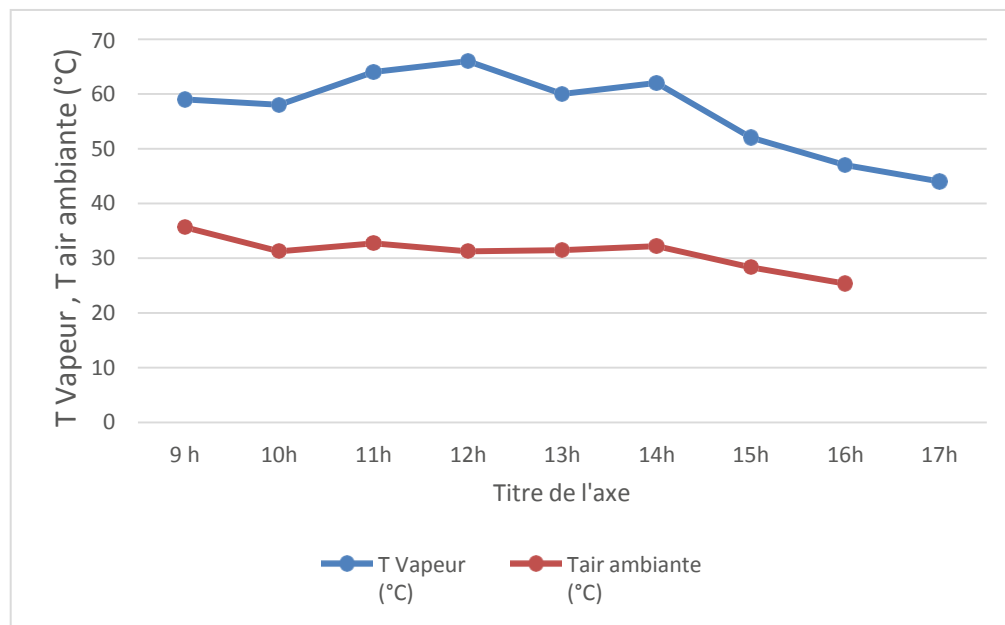


Figure 57 : Courbe d'évolution des températures d'air et de vapeur en fonction du temps (29 Mai 2023)

Nous remarquons que la température de vapeur varie proportionnellement avec la température ambiante suite aux rayonnements solaires.

a. Pourcentage de Température de vapeur :

$$\text{De 10h à 11 h : } \frac{11-10}{64-58} = 0.166 = 16.6 \%$$

La courbe à une pente croissante de 16.6% pendant cette heure puis elle varie selon l'ensoleillement et les fluctuations à certain moment.

$$\text{De 14 h à 16h: } \frac{16-14}{47-62} = - 0.133 = - 13.3 \%$$

La courbe à une pente croissante de 13.3% en fin de journée où le soleil commence à coucher.

b. Pourcentage de Température ambiante :

$$\text{De 10h à 11h : } \frac{11-10}{32.71-31.25} = 0.685 = 68.5 \%$$

La courbe à une pente croissante de 68.5% donc la température ambiante est presque stable de 9h à 15h.

$$\text{De 14h à 16h: } \frac{16-14}{25.39-32.23} = - 0.292 = - 29.2 \%$$

La courbe à une pente croissante de 29.2% en fin de journée où le soleil commence à coucher.

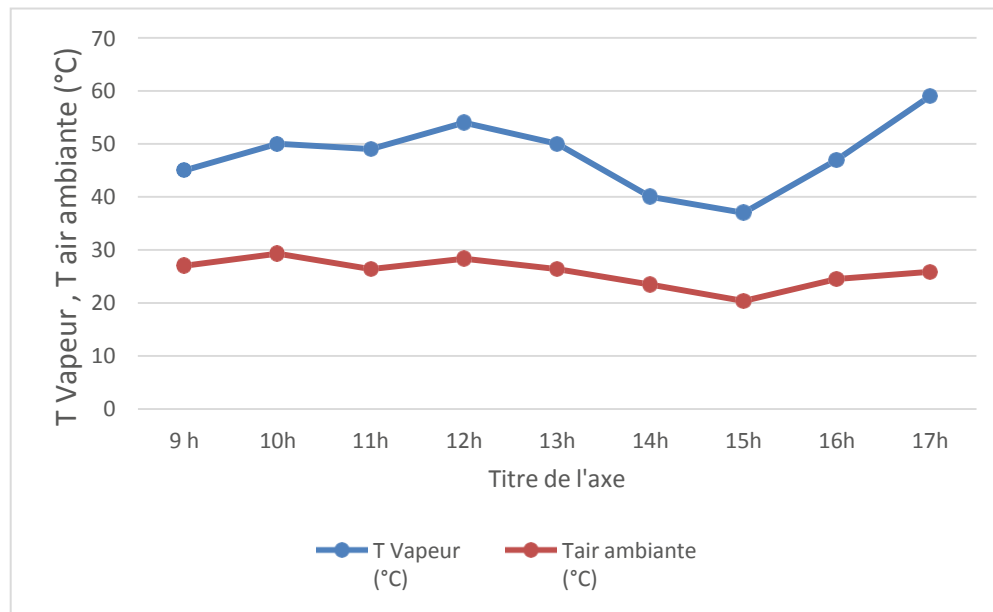


Figure 58 : Courbe d'évolution des températures d'air et de vapeur en fonction du temps (30 Mai 2023)

On remarque que la température de vapeur varie proportionnellement avec la température ambiante suite rayonnements solaires avec des minimas entre 37°C et 20.35°C.

a. Pourcentage de Température de vapeur :

$$\text{De 9h à 10 h : } \frac{10-9}{50-45} = 0.2 = 20 \%$$

La courbe à une pente croissante de 20% pendant cette heure puis elle varie selon l'ensoleillement et les fluctuations à certains moments.

$$\text{De 14 h à 15h: } \frac{15-14}{37-40} = - 0.333 = - 33.3 \%$$

La courbe à une pente croissante de 33.3% où le climat devient un peu froid et le soleil ombré par les nuages.

b. Pourcentage de Température ambiante :

$$\text{De 9h à 10h : } \frac{10-9}{29.3-27} = 0.435 = 43.5 \%$$

La courbe à une pente croissante de 43.5% pendant cette heure puis elle varie selon l'ensoleillement et les fluctuations à certain moment.

$$\text{De 14 h à 15h: } \frac{15-14}{20.35-23.44} = - 0.324 = - 32.4 \%$$

La courbe à une pente croissante de 32.4% où le climat devient un peu froid et le soleil ombré par les nuages.

4.4.3. Variation des températures internes - humidités

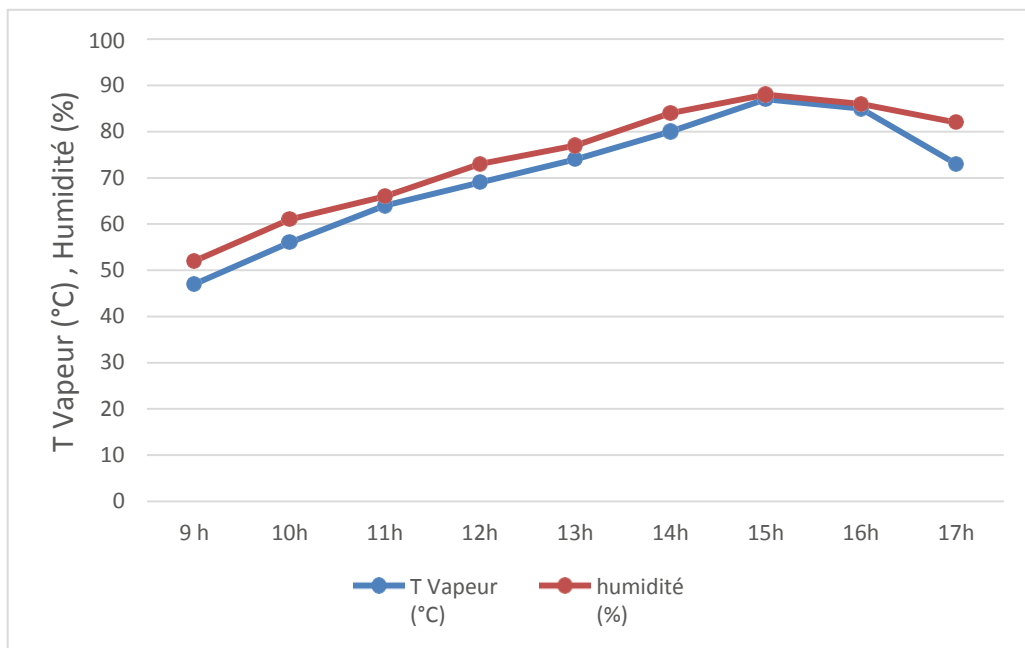


Figure 59: Courbe d'évolution des températures de vapeur et de l'humidité en fonction du temps (16 Mai 2023)

L'humidité varie en proportion avec la température de vapeur où elle atteint son maximum de 88% grâce au bon ensoleillement de ce jour-là.

a. Pourcentage de Température de vapeur :

$$\text{De 9h à 15 h : } \frac{15-9}{87-47} = 0.15 = 15 \%$$

La courbe à une pente croissante de 15% au début de journée jusqu'à 15h grâce à le bon ensoleillement de ce jour-là.

$$\text{De 15 h à 17h: } \frac{17-15}{73-87} = - 0.143 = - 14.3 \%$$

La courbe à une pente croissante de 14.3% après 15h au moment de coucher de soleil.

b. Pourcentage d'humidité :

$$\text{De 9h à 15 h : } \frac{15-9}{88-52} = 0.166 = 16.6 \%$$

La courbe à une pente croissante de 16.6% au début de journée jusqu'à 15h grâce à la saturation de climat ce jour-là ce qui en résulte plus d'humidité.

$$\text{De 15 h à 17h: } \frac{17-15}{82-88} = - 0.333 = - 33.3 \%$$

La courbe à une pente croissante de 33.3% après 15h au moment du coucher de soleil où le climat devient moins saturé et par conséquent diminution d'humidité.

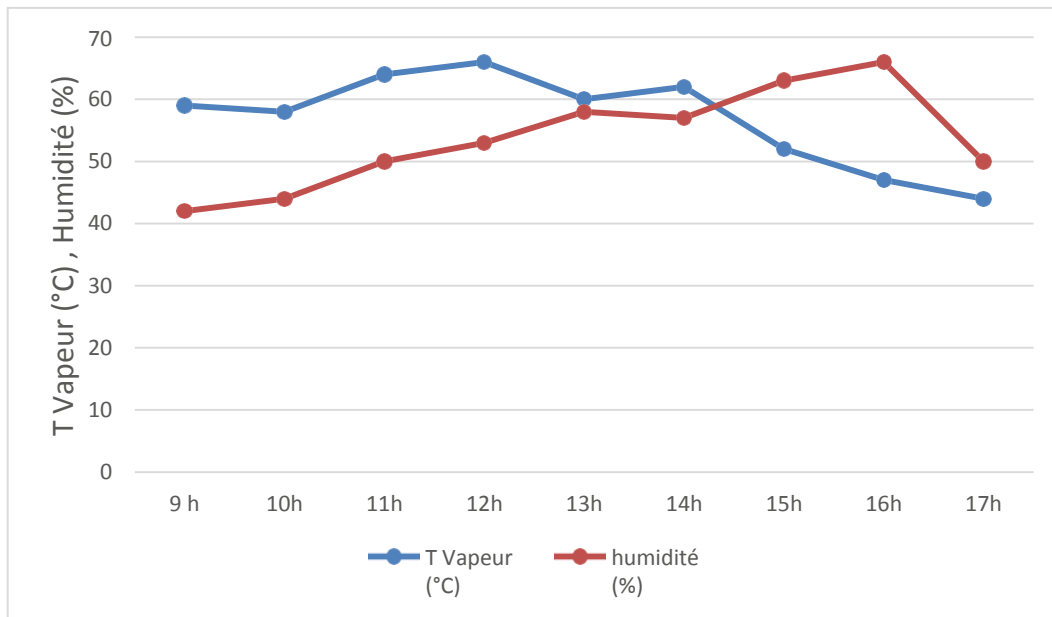


Figure 60: Courbe d'évolution des températures de vapeur et de l'humidité en fonction du temps (29Mai 2023)

Cette figure illustre l'instabilité de la température de vapeur en raison des fluctuations de la température de l'air et du manque de la concentration de rayonnement du soleil ; par contre l'humidité n'a cessé d'augmenter jusqu'à ce qu'elle atteigne la valeur de 66% à 16h à cause de la concentration de l'eau condensée sur les verres prismatiques.

a. Pourcentage de Température de vapeur :

$$\text{De 10h à 12h : } \frac{12-10}{66-58} = 0.25 = 25 \%$$

La courbe à une pente croissante de 25% au début de journée jusqu'à l'après-midi grâce à l'ensoleillement dans cette période.

$$\text{De 16 h à 17h: } \frac{17-16}{44-47} = - 0.333 = - 33.3 \%$$

La courbe à une pente croissante de 33.3% en fin de journée où moment de coucher de soleil.

b. Pourcentage d'humidité :

$$\text{De 10h à 12 h : } \frac{12-10}{53-44} = 0.222 = 22.2 \%$$

La courbe croisse de pente de 22.2% au début de journée jusqu'à l'après-midi grâce à la saturation du climat pendant cette période ce qui en résulte plus d'humidité.

$$\text{De 16 h à 17h: } \frac{17-16}{50-66} = - 0.063 = - 6.3 \%$$

La courbe décroisse de pente de 6.3% où moment de coucher de soleil et le climat devient moins saturé et par conséquent diminution d'humidité.

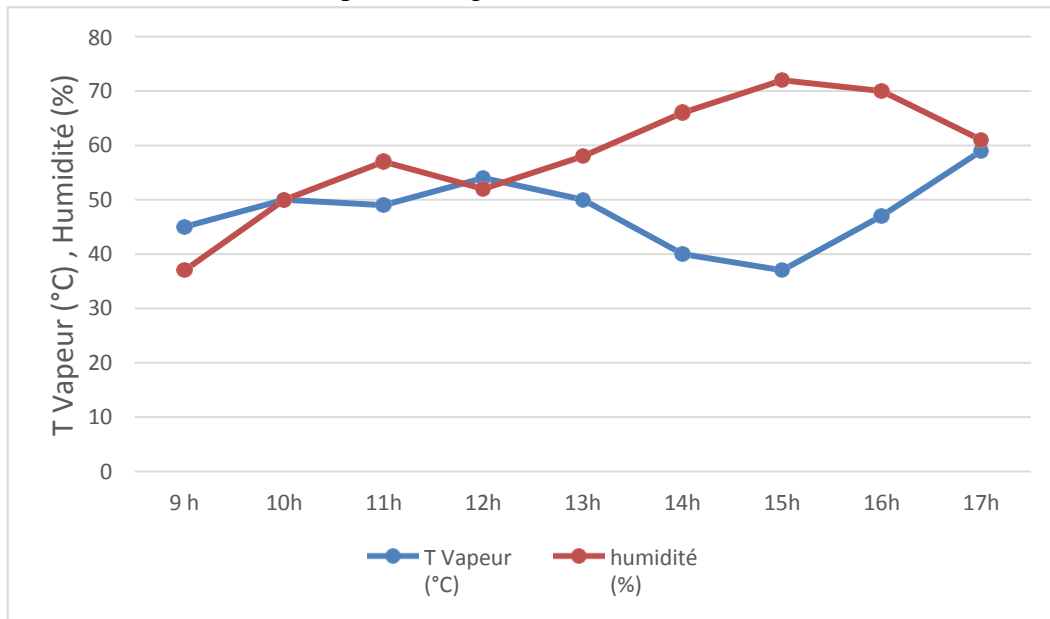


Figure 61 : Courbe d'évolution des températures de vapeur et de l'humidité en fonction du temps (30Mai 2023)

Cette figure montre que la température de vapeur était instable en raison des fluctuations de la température d'air et du manque de la concentration de rayonnement du soleil ce qui influe sur la variation d'humidité de 9h à 12h puis elle n'a cessé d'augmenter jusqu'à ce qu'elle atteigne une valeur de 72% à 15h à cause de la concentration de l'eau condensée sur les verres prismatiques.

a. Pourcentage de Température de vapeur :

$$\text{De 12h à 13h : } \frac{13-12}{50-54} = -0.25 = -25 \%$$

La courbe à une pente croissante de 25% pendant l'après-midi à cause des fluctuations d'air et nuages qu'ils ont ombrés les rayonnements solaires et par conséquent la diminution de température de vapeur dans cette période.

$$\text{De 15 h à 17h: } \frac{17-15}{59-37} = 0.09 = 9 \%$$

La courbe à une pente croissante de 9% en fin de journée au moment de la disparition d'ombrage de soleil.

b. Pourcentage d'humidité :

$$\text{De 12h à 13h : } \frac{13-12}{58-52} = 0.166 = 16.6 \%$$

La courbe à une pente croissante de 16.6% à l'après-midi grâce à la saturation de climat pendant cette période ce qui en résulte plus d'humidité.

$$\text{De 15 h à 17h: } \frac{17-15}{61-72} = -0.18 = -18 \%$$

La courbe à une pente décroissante de 18% au moment du coucher de soleil et du climat devient moins saturé et par conséquent diminution d'humidité.

4.4.4. Volume d'eau distillée en fonction d'humidité

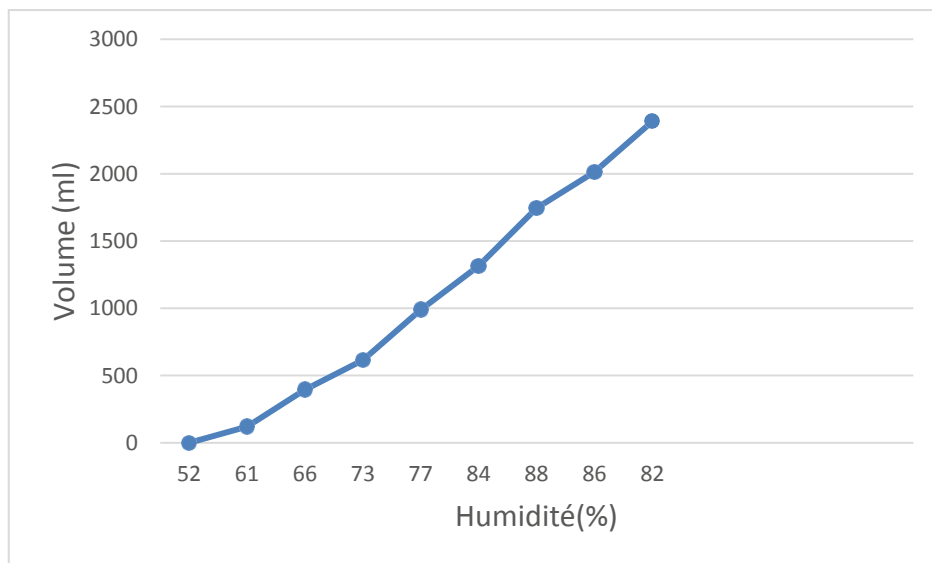


Figure 62: Courbe de cumulation du volume distillé en fonction de l'humidité (16 Mai 2023)

Cette courbe présente l'évolution du volume d'eau distillé en fonction d'humidité ; elle est linéaire durant le temps qu'il montre que tant que l'humidité augmente les gouttes d'eau se forment plus sur le verre ce qui en résulte plus de production d'eau distillée. Il nous donne un bon résultat à cause du bon ensoleillement de ce jour-là et à la saturation du climat qu'il était favorable pour une production de 95.6% d'eau distillé.

$$\text{De 9h à 15 h : } \frac{88-52}{1745-00} = 0.02 = 2 \%$$

La courbe est linéaire d'une pente de 2% donc elle a une relation proportionnelle entre l'humidité et le volume d'eau distillée, tant que l'humidité augmente, il y a plus de production de l'eau distillé surtout dans un climat saturé.

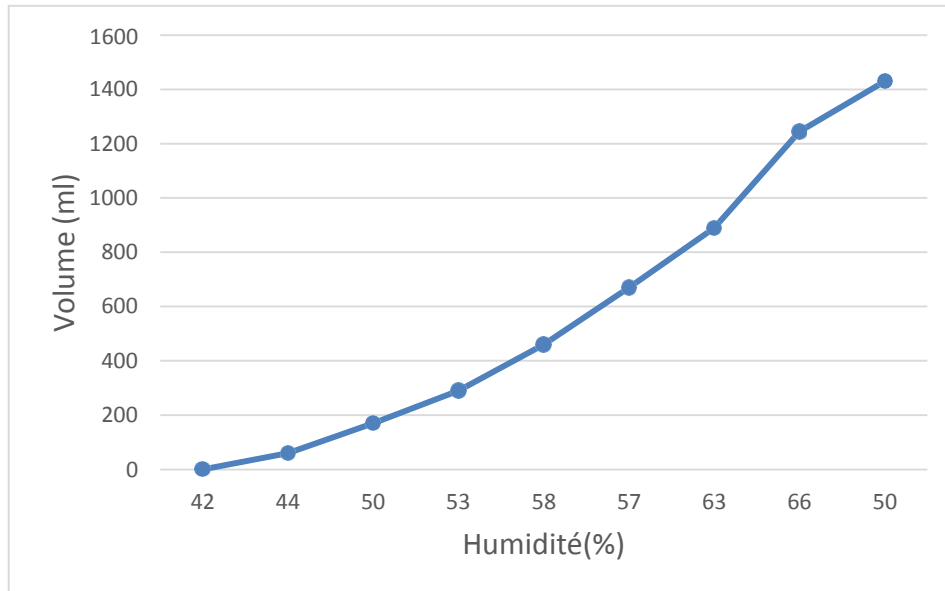


Figure 63: Courbe de cumulation du volume distillé en fonction de l'humidité (29 Mai 2023)

Cette courbe présente l'évolution de volume d'eau distillé en fonction d'humidité ; elle est linéaire pendant le temps ; ce qui montre que tant que l'humidité augmente les gouttes d'eau se forment plus sur le verre ce qui en résulte plus de production d'eau distillée.

Ceci nous donne un résultat moyen car ce jour-là il y avait des fluctuations d'air et de nuages. La production est de 57.2 % d'eau distillée.

$$\text{De 9h à 16h : } \frac{66-42}{1245-00} = 0.019 = 1.9 \%$$

La courbe est linéaire d'une pente de 1.9% donc il y a une relation proportionnelle entre l'humidité et le volume d'eau distillée, tant que l'humidité augmente, il y a plus de production de l'eau distillée.

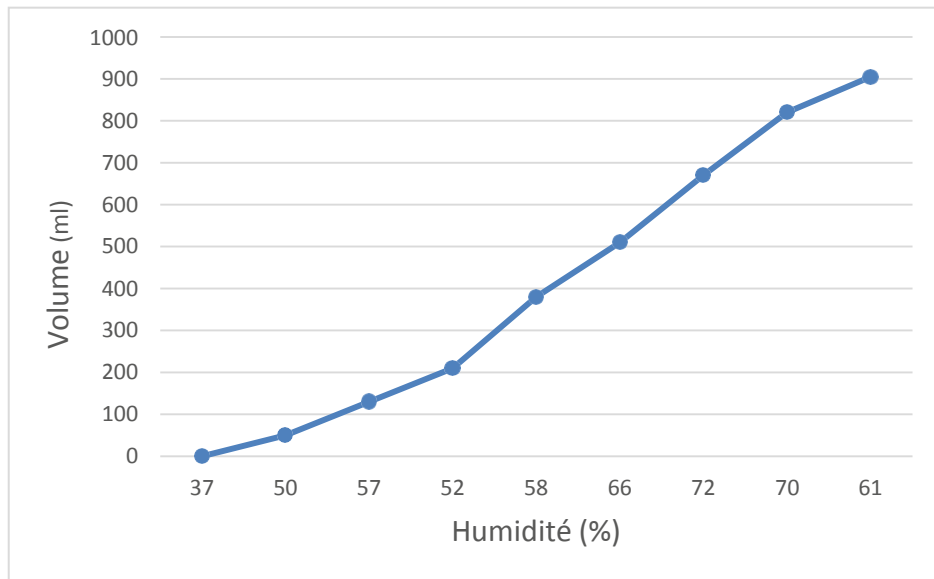


Figure 64 : Courbe de cumulation du volume distillé en fonction de l'humidité (30Mai 2023)

Cette courbe présente l'évolution du volume d'eau distillée en fonction d'humidité ; elle est linéaire pendant le temps ; ce qui montre que tant que l'humidité augmente les gouttes d'eau se forment plus sur le verre, ce qui en résulte plus de production d'eau distillée. Il nous donne un résultat moyen car ce jour-là il faisait chaud avant-midi puis un peu froid et faible d'ensoleillement pendant l'après-midi ; la production était de 60.3 % d'eau distillée.

$$\text{De 9h à 15 h : } \frac{72-37}{670-00} = 0.052 = 5.2 \%$$

La courbe est linéaire de pente du 5.2% donc il y a une relation proportionnelle entre l'humidité et le volume d'eau distillé, tant que l'humidité augmente, il y a plus de production de l'eau distillé.

4.4.5. Volume d'eau distillée en fonction de température de vapeur

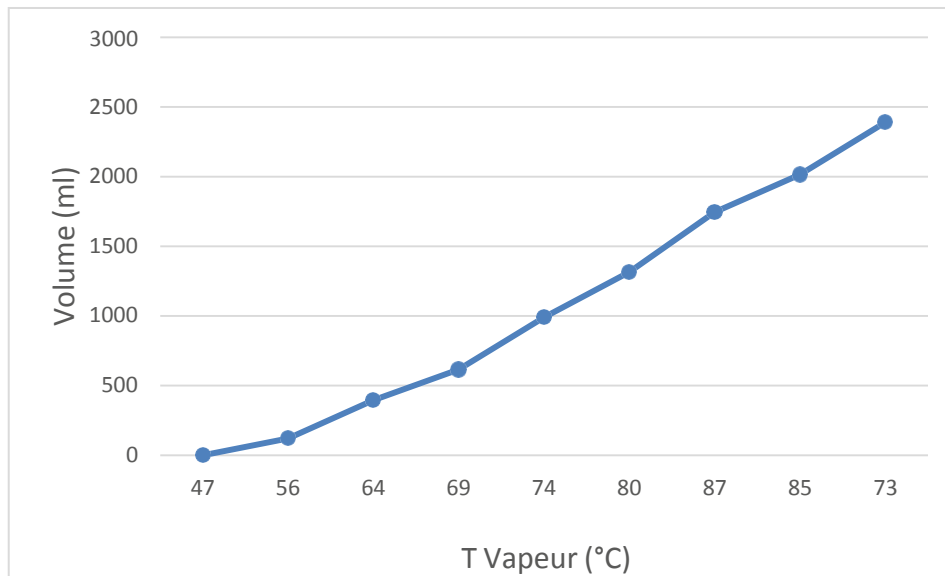


Figure 65 : Courbe de cumul du volume distillé en fonction de la température de vapeur (16 Mai 2023)

Cette courbe présente l'évolution de volume d'eau distillée en fonction des températures internes d'eau dans le bac et de vapeur ; il est linéaire durant le temps, ce qui montre que tant que les températures augmentent ; le milieu à l'intérieur devient saturé ; ce qui en résulte une humidité élevée et plus de production d'eau distillée.

Ce jour-là il faisait chaud et bien ensoleillé et par conséquent nous avons eu des températures élevées de l'eau dans le bac et la vapeur a atteint des maxima de 89°C aux environs 16h et 87°C aux environs 15h respectivement. Nous avons eu une production de 95.6 % d'eau distillée.

$$\text{De 9h à 15 h : } \frac{87-47}{1745-00} = 0.023 = 2.3 \%$$

La courbe est linéaire d'un pourcentage de 2.3% tant que la température de vapeur augmente il y en résulte plus de condensation et plus de production d'eau distillée spécifiquement dans le cas d'une journée bien ensoleillée.

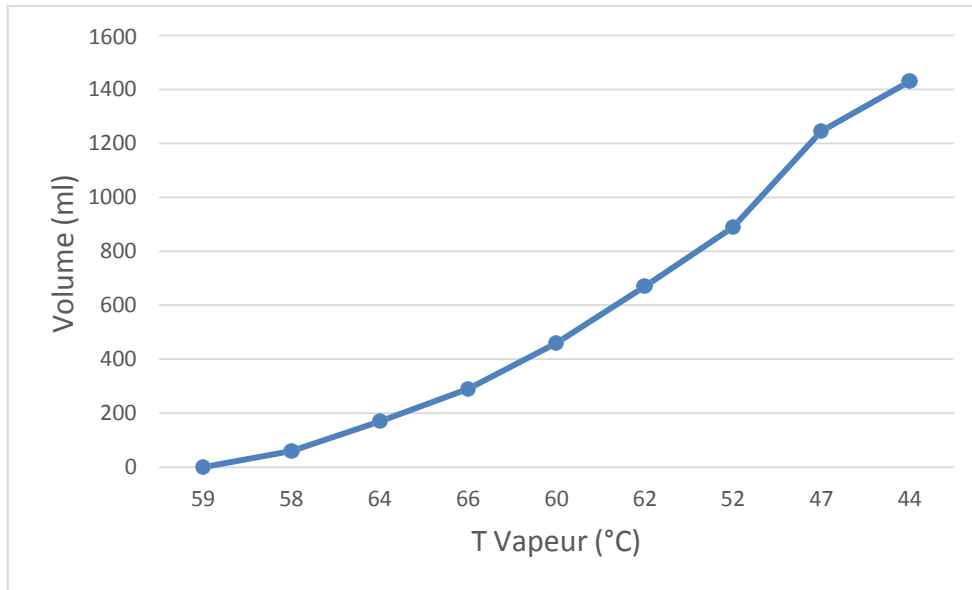


Figure 66: Courbe de cumulation du volume distillé en fonction de la température de vapeur (29Mai 2023)

Cette courbe présente l'évolution du volume d'eau distillée en fonction des températures internes d'eau dans le bac et de vapeur ; il est linéaire durant le temps, ce qui montre que tant que les températures augmentent le milieu à l'intérieur devient saturé donnant un résultat d'une humidité élevée et plus de production d'eau distillée.

Ce jour-là il existait des fluctuations de l'air et nuages et par conséquent nous avons eu des températures un peu élevées de l'eau dans le bac et de vapeur atteignant des maximums de 63°C et 66°C respectivement environ 12h ; on avait une production de 57.2 % d'eau distillée.

$$\text{De 9h à 12h : } \frac{66-59}{290-00} = 0.024 = 2.4 \%$$

La courbe est linéaire de pente de 2.4% tant que la température de vapeur augmente elle se résulte plus de condensation et plus de production d'eau distillé, dans notre cas ce jour était un peu ensoleillée.

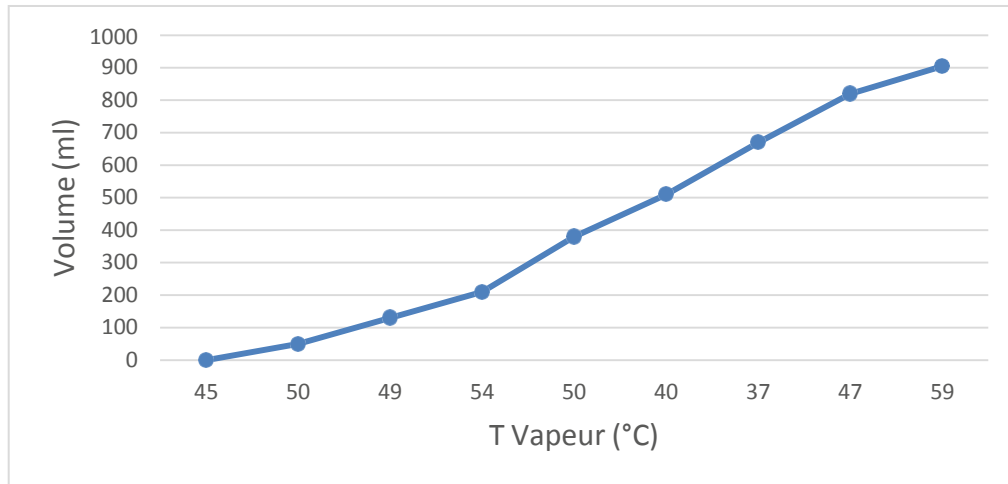


Figure 67 : Courbe de cumulation du volume distillé en fonction de la température de vapeur (30Mai 2023)

Cette courbe présente l'évolution de volume d'eau distillée en fonction des températures internes d'eau dans me bac et de vapeur. La forme de l'allure est linéaire durant le temps, ce qui indique que tant que les températures augmentent ; le milieu à l'intérieur devient saturé avec une humidité élevée et plus de production d'eau distillée.

Ce jour-ci il y avait des fluctuations d'air avec un froid l'après-midi ; par conséquent nous avons eu des températures moins élevées de l'eau dans le bac et la vapeur a atteint des maximums respectifs de 63°C et 53°C en fin de journée vers 17h ; la quantité de l'eau distillée était de 60.3 %.

$$\text{De 9h à 17h : } \frac{59-45}{905-00} = 0.015 = 1.5 \%$$

La courbe est linéaire de pente de 1.5% tant que la température de vapeur augmente il en résulte plus de condensation et plus de production d'eau distillée, dans notre cas ce jour était un peu froid contient des fluctuations de nuages la plupart du temps.

4.5. RESULTATS D'ANALYSE DE L'EAU DISTILLEE PRODUIT

Les analyses de l'eau de distillée sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 06 : Résultats d'analyse de l'eau distillée produit

Paramètres	Résultats	Normes internationales
Température	24.8°C	Mesure de la température
pH	6.9	pH mètre
conductivité	733 µS/cm	Conductimètre
TDS	367 ppm	Conductimètre
Na Cl	1.4%	Conductimètre

Ces résultats nous ont permet de vérifier l'efficacité de fonctionnement de notre prototype.

4.6. Synthèse sur tous les résultats

Lors de notre travail pratique, nous avons remarqué que les conditions météorologiques ont une grande influence sur l'évolution des températures internes et l'humidité et par conséquent affectant le volume de l'eau distillée produit.

Les températures internes se varient de façon proportionnelle et la plupart de temps la température de l'eau dans le bac est supérieur à celle de vapeur grâce à la couleur noire qui a une propriété d'absorber le maximum des rayons solaires et le système d'isolation qu'il l'entoure permet de minimiser les pertes thermiques.

Chaque fois la température ambiante augmente, la température de vapeur augmente ce qui en résulte plus de condensation saturée et humidité élevée.

Le volume d'eau distillé produit se dépend de la température de vapeur et de l'humidité.

4.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons testé notre prototype après avoir analysé plusieurs paramètres des eaux de mer, qui ont été le pH, conductivité, le TDS, et Na CL.

Nous avons effectué des variations sur les différents paramètres observés pendant toute la durée de l'expérimentation.

Nos observations ont montré une corrélation claire entre la température, l'humidité et le volume distillé, lequel augmente en fonction de l'augmentation de la température et de l'humidité pendant la journée.

L'analyse du distillat a confirmé que notre modèle est efficace pour distiller les eaux de mer par comparaison avec les analyses initiales d'eau salée.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Cette étude vise à explorer la possibilité d'utiliser la distillation solaire pour produire de l'eau potable à partir d'eau de mer. Pour atteindre cet objectif, nous avons examiné diverses références bibliographiques sur les techniques de dessalement et l'utilisation de l'énergie solaire pour traiter l'eau de mer.

Nous avons choisi de nous concentrer sur un prototype de distillation par rayonnement solaire, l'un des procédés de traitement les plus simples. Pour mieux comprendre ce processus, nous avons conçu à améliorer ce prototype de distillation solaire par changement de quelques paramètres et l'ajout des autres dans le but de valoriser le fonctionnement et augmenter le rendement de production.

Ce contexte est divisé en quatre parties principales : la conception du prototype de distillation, les essais et mesures sur le prototype, les analyses en laboratoire et la discussion des résultats. Après avoir étudié plusieurs références et publications, nous avons décidé de concevoir ce prototype prismatique composé de trois compartiments essentiels, car nous avons constaté que les distillateurs solaires prismatiques peuvent fournir les meilleurs résultats.

D'une part, nous avons renouvelé le prototype par nettoyage de verre, de bac, et de table élévatrice ainsi les peints en noir. Puis, nous avons ajouté un support des miroirs y sont installés de forme carré au centre de bac et des miroirs autour de prisme afin de focaliser les rayons solaires à l'intérieur. Ensuite, on a réalisé un montage de différents composants sur une table électronique reliés avec des capteurs de mesures programmés avec une carte Arduino et afficher les résultats sur un écran LCD.

D'autre part, après la conception nous avons fait la mise en marche de prototype et faire les essais pendant 03 jours choisis de différent climat afin de tester et comparer les résultats de l'un par rapport à l'autre dans le but d'évaluer l'état de fonctionnement de notre prototype et le taux de production de l'eau distillée.

Enfin, nous avons pris des résultats et discuté sur les évolutions de différentes grandeurs des températures internes, ambiante, et l'humidité qu'ils ont montré que le prototype amélioré est capable de produire de l'eau distillée avec une qualité satisfaisante en utilisant l'énergie solaire. Ainsi que nous avons vérifié les propriétés de l'eau de mer et l'eau distillé produit par des analyses de plusieurs paramètres le pH, la conductivité, le TDS, le Na CL et nous avons confirmé l'efficacité de production de notre prototype.

En conclusion, Nos études ont montré la valeur d'invention d'ajouter les miroirs nous ont permet d'augmenter les températures internes par la focalisation et la concentration des rayons solaires dans le prisme et par conséquent nous avons eu plus de production d'eau distillée, ce travail de recherche contribue à l'amélioration de la production d'eau potable en utilisant l'énergie solaire pour les zones côtières où l'accès à l'eau douce est limité.

REFERENCES

REFERENCES

- [1] SAADI ZINE, Étude et réalisation d'un distillateur solaire à ruissellement, Thèse de doctorat En physique Energétique Photo thermique, Université Larbi Ben M'hidi Oum El-Bouaghi.
- [2] 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 Mantouri De Constantine p25.
- [3] BAIT Omar, Etude Energétique d'un Distillateur Solaire MULTI-ETAGES, Mémoire De Magistère En Mécanique Energétique, Université de Batna p25; p26.
- [4] TABET Ismail, Etude d'un distillateur à cascade, Mémoire de Magister En Physique de les Energies Renouvelables, Université de Mantouri Constantine.
- [5] <https://www.safewater.org/french-fact-sheets/2018/8/21/distillation-de-leau-solaire#> consulté le 2/2/2023.
- [6] KAHILA Saïd & BOUAKLINE Ibtissem, Etude conception et réalisation d'un suiveur solaire bi-axiale, Mémoire De Master En Electronique Option Electronique des systèmes embarqués, Université de Akli Moand Ouladj de Bouira.
- [7] SEBBAGH Khadidja & CHERFAOUI Imane, Etude du séchage des produits agricoles dans un séchoir solaire-cas de poivron rouge, Mémoire De Master En Energétique Option Energie Renouvelables, Université de M'Hamed Bougara de Boumaades.
- [8] LAGOUCH Akila & BENHADJI Mohamed, Etude théorique d'un distillateur solaire simple, Mémoire De Master En Physique Energétique, Université de Ahmed Draia de Adrar.
- [9] ABBAS Nassima, Conception et réalisation d'un suiveur solaire à base d'une carte Arduino nano, Mémoire de Master en Micro électrique, Université Miloud Mammeri de Tizi Ouzo.
- [10] Cherifi Younes, « étude et réalisation d'un suiveur de soleil a base d'un microcontrôleur, Master académique, télécommunication et réseaux, UMMTO
- [11] Beloufa Mohamed Adem Abdeldjebbar & Sihoub Houari, Etude de la performance d'un distillateur solaire, Mémoire de Master en Génie de procédés, Option de Génie des procédés des matériaux & Génie chimique, Université Abdel Hamid Ben Badis de Mostaganem.
- [12] ABIDAT Nour El Houda, Etude d'un modèle réduit d'une station de traitement des eaux de mers par énergie solaire : Etude cas El-Bekhata, Mémoire de Master en Hydraulique Urbaine, Université Abou Bakr Belkaid de Tlemcen.

-
- [13] THIELBORGER, P, the righth (s) to wather Ed.springer –Verlag. Berlin 231p, 2014.
- [14] OLIVAUX Y, la nature de l'eau, Ed, Marco peietteur, France 563p, 2007
- [15] DESJARDINS, (1990).
- [16] DEGREMONT, «Mémento technique de l'eau », Deuxième édition Tom1, (2005). 3950.
- [17] site aquaporttall.com
- [18] Maurel A, Dessalement de l'eau de mer des eaux saumâtres et d'autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce. Technique et Documentation 2^{ème} Edition (2006).
- [19] B, CHENAOU, Dessalement de l'eau de mer à la station de MAINIS et son impact sur l'environnement, thèse d'ingénieur, Université de Chlef, 2010.
- [20] C. Gallus, Les techniques de dessalement de l'eau de mer prennent de l'essor, extrait du Monde, 12 Janvier 2000, p.24
- [21] Auteur(s)/Autrice(s) : Viviane Renaudin
- [22] <https://www.techno-science.net/definition/8161.html>
- [23] SHAPOSHNIK (V.A.) ET KESORE (K.). – A nearly history of electrodialysis with permselective membranes. Journal of Membrane Science, 136, p. 35-39 (1997).
- [24] <https://bu.umc.edu.dz/theses/physique/TAB5738.pdf>
- [25] <https://tpedessalementmaroc.weebly.com/distillation-par-compression-de-vapeur.html>

ANNEXE



Annexe



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة البحث و التعليم العالي جامعة
ابو بكر بلقايد تلمسان

Business Model Canevas

نموذج العمل التجاري

تاريخ الابداع: 11/06/2023

الطالب:

الاسم : صارة و محمد سفيان

اللقب : شريفي و عبد الرحيم

رمز المشروع : FT-28

اسم المشروع:

Montage d'un prototype de
distillation solaire des eaux de
mer

الموظف:

الاسم : زكريا و لطفي

اللقب : صاري حسون و بن
عدة

السنة الجامعية : 2022/2023

1- Value proposition :**1: القيمة المقترحة**

Fournir de l'eau potable à partir de sources d'eau salée, ce qui réduit la dépendance à l'égard des sources d'eau douce limitées.

Utilisation de la technologie de distillation solaire, qui est une méthode durable et respectueuse de l'environnement pour produire de l'eau potable.

Réduction des coûts de production d'eau potable par rapport aux méthodes traditionnelles de dessalement de l'eau de mer.

Une production des eaux potables sans besoin des énergies externes, ce qui permet de réduire les couts.

Le distillateur peut produire une grande quantité de l'eau conventionnel dans une courte durée surtout pendant les jours bien ensoleillés grâce à son forme prismatique et les miroirs qu'ils le contiennent permet de garder la réflexion des rayons solaires à l'intérieur.

Le distillateur a un fort pouvoir de garder la chaleur durant la nuit grâce à le système d'isolation qu'il le entoure.

2- Customer segments:**2- شرائح العمال:**

Les communautés côtières qui ont un accès limité à l'eau douce.

Les organisations humanitaires qui fournissent de l'eau potable aux populations touchées par des catastrophes naturelles ou des conflits armés.

Les propriétaires des hôtels, des complexes touristiques, et des usines côtiers.

Les habitats des régions côtiers ; rurales ; et isolés.

Les organisations humanitaires et les gouvernements qui cherchent à fournir de l'eau potable à faible revenu.

Les plages privés, les bateaux, les ports et institutions de la pêche.

Les bases de ville.

3- Customer relationships**3- العلاقات مع العملاء:**

Offrir un service pour faire une étude et conception sur mesure selon le volume d'utilisation de l'eau du client requise.

Fournir une assistance technique pour aider les clients à installer et à utiliser le distillateur.

Offrir un service après-vente pour la maintenance et la réparation.

4- Channels**4- القنوات:**

Vente directe de l'appareil et les formations aux communautés côtières et aux organisations humanitaires.

Plates-formes des entreprises.

Les champs de commerce.

Les publicités dans les réseaux sociaux.

5- Key partners



5- الشراكات الرئيسية :

Fournisseurs de matériaux pour la fabrication des équipements de distillateur solaire.

Les partenariats des organisations humanitaires et des gouvernements pour atteindre les zones qui ont besoin de l'eau potable.

Les usines de verre et d'acier.

Les organisations humanitaires et gouvernements pour l'accès des zones nécessitants de l'eau potable.

Les ingénieurs et les spécialistes dans le domaine de distillation solaire.

6- Key activities



6-1 الأنشطة الرئيسية :

Recherche et développement de la technologie de l'appareil de distillation solaire.

Etude et dimensionnement pour la conception.

Conception et installation de distillateur solaire.

Tests et validations des distillateurs solaires.

Marketing et promotions des distillateurs.

7-Key resource



7- الموارد الرئيسية:

Expertise technique pour l'étude, dimensionnement, conception et fabrication de la technologie de distillation solaire.

Personnel qualifié dans le domaine d'hydraulique et énergétique pour l'étude, la conception, l'installation, la maintenance et la réparation des équipements de distillation solaire

Financement pour la recherche et le développement de la technologie de distillation solaire.

Accès à des matériaux peu coûteux pour la fabrication des appareils.

8- Cost structure



8- هيكل التكاليف:

Le prisme en verre 5000 DA	Deux capteurs LM35 600DA
La table élévatrice et le bac 15000 DA	Les tuyauteries 400 DA
Le support et les miroirs 1500 DA	La peau des moutons 9500 DA
Les accessoires (colle, polystyrène, peinture, joins, câble) 2900 DA	La table et les files électroniques 900 DA
La carte Arduino 1300 DA L'écran LCD 1000 DA Le capteur DHT11 900 DA	Les accessoires (colle, polystyrène, peinture, joins, câble) 2900 DA
Le montage 6000DA	Le transport 10000 DA

TOTALE : 60000 DA










**a. Revenue
streams**



**9- مصادر
الإيرادات:**

Prix d'étude et dimensionnement à partir de : 30000 DA.
Prix de conception et d'installation à partir de : 50000 DA.
Prix totale de prototype réduit à partir de : 80000 DA.

BUSINESS MODEL CANVAS

<p>partners </p> <ul style="list-style-type: none"> -Fournisseurs de matériaux. -Les usines de verre et d'acier. -Les partenariats et les organisations pour l'accès des zones nécessitants de l'eau potable. 	<p>Activités </p> <p>Etude et dimension pour la conception.</p> <p>Installation, tests et validations, marketing et promotions des distillateurs solaires.</p> <p>Ressources clés </p> <ul style="list-style-type: none"> -Expertise technique pour l'appareil. -Personnel qualifié et financement. -Accès des matériaux coûteux. 	<p>Propositions</p> <p>valeur </p> <ul style="list-style-type: none"> - Un distillateur solaire pour produire de l'eau potable à partir de sources d'eau salée -Une méthode durable respectueuse de l'environnement. -Réduction des couts (source d'énergie gratuite naturelle). -Un pouvoir important de quantité de production. -Une forte capacité d'absorber et de garder la chaleur. 	<p>Relation </p> <ul style="list-style-type: none"> -Service d'étude et conception de distillateur solaire. -Assistance d'aide pour l'installation et l'utilisation de l'appareil. -Service pour la réparation et la maintenance. <p>Canaux </p> <ul style="list-style-type: none"> -Vente directe. -Les plates-formes des entreprises. -Les champs de commerce. -Les réseaux sociaux. 	<p>Clients </p> <ul style="list-style-type: none"> -Les communautés côtières. -Les organisations touchées par les catastrophes naturelles ou conflits armée. -Les propriétaires des hôtels, des complexes touristiques, les usines côtiers -Les bases de villes, les plages privés, les bateaux, les ports et les institutions de la pêche. -Les habitats des régions côtiers, isolés, rurales 												
<p>Coûts </p> <p>TOTALE : 60000 DA</p> <table border="1"> <tr> <td>Le prisme en verre 5000 DA</td> <td>Deux capteurs LM35 6000DA</td> </tr> <tr> <td>La table élévatrice et le bac 15000 DA</td> <td>Les tuyauteries 400 DA</td> </tr> <tr> <td>Le support et les miroirs 1500 DA</td> <td>La peau des moutons 9500 DA</td> </tr> <tr> <td>Les accessoires (colle, polystyrène, peinture, joins, câble) 2900 DA</td> <td>La table et les files électroniques 900 DA</td> </tr> <tr> <td>La carte Arduino 1300 DA L'écran LCD 1000 DA Le capteur DHT11 900 DA</td> <td>Les accessoires (colle, polystyrène, peinture, joins, câble) 2900 DA</td> </tr> <tr> <td>Le montage 6000DA</td> <td>Le transport 10000 DA</td> </tr> </table>		Le prisme en verre 5000 DA	Deux capteurs LM35 6000DA	La table élévatrice et le bac 15000 DA	Les tuyauteries 400 DA	Le support et les miroirs 1500 DA	La peau des moutons 9500 DA	Les accessoires (colle, polystyrène, peinture, joins, câble) 2900 DA	La table et les files électroniques 900 DA	La carte Arduino 1300 DA L'écran LCD 1000 DA Le capteur DHT11 900 DA	Les accessoires (colle, polystyrène, peinture, joins, câble) 2900 DA	Le montage 6000DA	Le transport 10000 DA	<p>Revenu </p> <ul style="list-style-type: none"> -Prix d'étude et dimensionnement à partir de : 30000 DA. -Prix de conception et d'installation à partir de : 50000 DA. -Taux de profits : 75% . 		
Le prisme en verre 5000 DA	Deux capteurs LM35 6000DA															
La table élévatrice et le bac 15000 DA	Les tuyauteries 400 DA															
Le support et les miroirs 1500 DA	La peau des moutons 9500 DA															
Les accessoires (colle, polystyrène, peinture, joins, câble) 2900 DA	La table et les files électroniques 900 DA															
La carte Arduino 1300 DA L'écran LCD 1000 DA Le capteur DHT11 900 DA	Les accessoires (colle, polystyrène, peinture, joins, câble) 2900 DA															
Le montage 6000DA	Le transport 10000 DA															

Résumé

L'eau est l'élément essentiel pour tous les êtres vivants sur notre planète dont le manque de l'eau douce représente un défi majeur. Ce qui oblige de chercher des procédés permettant de produire de l'eau potable, tel que le dessalement et la distillation. Dans ce contexte, on a fait la mise en point d'un prototype prismatique de distillation en verres et miroirs. Après la conception et la mise en marche de prototype réalisé nous avons obtenus des résultats excellents qui montrent l'efficacité d'augmenter la production des eaux douces en concentrant et gardant les rayons solaires à l'intérieur de prisme ce qui en résulte le croisement des températures internes, évaporation accélérée, condensation concentrée et par conséquent l'obtention d'un bon volume de l'eau distillé.

Mots clés : distillation solaire, rayonnement solaire, prototypes de distillation des eaux de mers.

Abstract

Water is the essential element for all living beings on our planet. The problem of freshwater scarcity represents a major challenge in the world, which has led us to search for and offer processes to produce drinking water from saltwater and unconventional water sources. In this context, a prototype of solar distillation of seawater was developed by improving some parameters and adding mirrors around the prism and at the center of the tank to study their influences on product yield during different weather conditions, in order to diagnose production variation. After the design and operation of the prototype, excellent results were obtained which show that the added mirrors help to increase production by concentrating and keeping the solar rays inside the prism, resulting in increased internal temperatures, accelerated evaporation of water in the tank, concentrated condensation, and consequently obtaining a good volume of distilled water produced.

Keywords: solar distillation, solar radiation, seawater distillation prototypes.

تلخيص:

الماء هو العنصر الأساسي لجميع الكائنات الحية على كوكبنا. تمثل مشكلة نقص المياه العذبة تحديًا كبيرًا في العالم، مما دفعنا إلى البحث وتقديم عمليات لإنتاج مياه الشرب من المياه المالحة والمصادر غير التقليدية. وفي هذا السياق، تم تطوير نموذج لتقطير المياه البحرية بالطاقة الشمسية عن طريق تحسين بعض المعلمات وإضافة المرايا حول الزاوية وفي وسط الحوض لدراسة تأثيراتها على إنتاج المنتج خلال أيام مختلفة من الطقس، لتشخيص التغيير في الإنتاج بعد التصميم والتشغيل للنموذج، تم الحصول على نتائج ممتازة تظهر أن المرايا المضافة تساعد في زيادة الإنتاج عن طريق تركيز وحفظ الأشعة الشمسية داخل الزاوية، مما يؤدي إلى زيادة درجات الحرارة الداخلية، تسريع التبخر للماء في الحوض، تركيز التكتيف، وبالتالي الحصول على حجم جيد من الماء المقطر المنتج.

الكلمات الرئيسية: تقطير الطاقة الشمسية، الإشعاع الشمسي، نماذج تقطير المياه البحرية.