

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE CHIMIE

N° :...../2019.....



DOMAINE : Sciences de la matière
FILIERE : CHIMIE
OPTION : CHIMIE DE
L'ENVIRONNEMENT

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Réalisé par:

HADOUD ZOHRA

CHEBABHI SAMIA

Intitulé

**DISTILLATION DE L'EAU PAR ENERGIE
SOLAIRE**

devant le jury composé de:

Dr. Ben Yahia Azzedine	Université Mohamed Boudiaf- M'sila	Président
Dr. Djehiche Mokhtar	Université Mohamed Boudiaf- M'sila	Rapporteur
Dr. Torchi Ismail	Université Mohamed Boudiaf- M'sila	Examineur

Année universitaire : 2019/2020

Dédicace

Je dédie ce modeste travail en premier lieu à mes chers parents pour leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières le long de mes études jusqu'à ce que je parvienne à ce jour.

*A mes chères sœurs **HADOUD AHLEM** et **HADOUD WIAM** pour leurs encouragements permanents et leur soutien moral.*

*A Mon cher frère, **HADOUD KAMEL EL DINE** et pour leur appuis et leur encouragements.*

*A ma chère collègue **SAMIA**.*

A tous et toutes mes ami(e)s.

Remerciements

Nous remercions d'abord Dieu pour son soutien, son aide et pour nous avoir donné la force et la volonté d'accomplir ce modeste travail.

*Nous remercions notre encadreur **Mr. DJEHICHE MOKHTAR** pour son suivi, ses orientations, ainsi que pour ses conseils précieux et ses encouragements durant la réalisation de ce mémoire.*

*Nous exprimons nos vifs remerciements à Monsieur **Ben Yahia Azzedine** qui a bien voulu présider notre jury de soutenance.*

*Nous remercions également **Torchi Ismail** nous a fait l'honneur d'examiner se mémoire et de participer à notre jury de soutenance.*

Sans oublier de remercier tous nos enseignants ainsi que nos collègues.

Résumé

L'approvisionnement en eau potable est devenu le problème le plus préoccupant de notre époque, puisque la demande en eau croît tandis que les ressources naturelles diminuent ou tendent à disparaître.

Une des solutions qui peut contribuer à l'augmentation des potentialités en eau est le dessalement de l'eau de mer ou des eaux saumâtres. Le procédé le plus adéquat pour effectuer ce dessalement est la distillation solaire, vu sa simplicité, son moindre coût et surtout la disponibilité de la source d'énergie.

Notre travail a pour but l'étude de l'influence des paramètres internes et externes sur le fonctionnement d'un distillateur solaire afin d'optimiser ces paramètres et améliorer ainsi sa production et ses performances.

Mots clés : Distillation solaire - Production - Performance-Rendement.

Abstract

Supply drinking water became the most alarming problem of our time, since the demand for water grows while the natural resources decrease or tend to disappear.

One of the solutions which can contribute to the increase in the water potentialities is the desalination of sea water or brackish water. The most adequate process to carry out this desalination is solar distillation, considering its simplicity, its lower cost and especially the availability of the source of energy.

The aim of our work has been to study the effect of external and internal parameters on the working characteristics of a solar still in order to optimize those parameters and improve the out put and the production.

Key words: solar still, transition regime, production, performance, out put

Nomenclature

MSF : Multi stage flash

q : flux de chaleur.

K : coefficient de conductivité thermique.

A : surface d'échange.

q : le flux échangé par convection.

h : coefficient de convection.

S : surface de la paroi solide en contact avec le fluide.

T_p : température de la paroi solide.

T_f : température du fluide.

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1: distillation à simple effet.

Figure I.2 : distillation a multiples effets.

Figure I.3 : La distillation à détente successives ou Multi stage flash (MSF).

Figure I.4 : Distillation par compression de la vapeur.

Chapitre II

Figure II.1: les composantes de rayonnement solaire.

Figure II.2: Gisement solaire en Algérie.

Chapitre III

Figure III.1 : Concentrateur solaire parabolique.

Figure III.2 : Système optique d'une surface parabolique.

Figure III.3 : Capteur cylindro-parabolique.

Figure III.4 : processus dans un capteur solaire plan.

Figure III.5 : Cycle naturel d'eau.

Figure III.6 : Principe de fonctionnement.

Figure III.7: capteur solaire plan non vitré.

Figure III.8: capteur solaire plan vitré.

TABLE DES MATIERES

Dédicace.....	viii
Remerciements	viii
Résumé.....	viii
Nomenclature.....	viii
Liste des figures.....	viii
Table des matières	viii
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Généralité Sur Les Techniques De Distillation

I.1. Introduction.....	3
I.2. Historique	3
I.3. Les procédés de distillation.....	4
I.3 .1. Distillation simple effet.....	4
I.3 .2. Distillation à multiples effets.....	5
I.3.3. La distillation à détente successives ou Multi stage flash (MSF).....	6
I.3.4. Distillation par compression de la vapeur.....	7
I.4. Conclusion.....	8

CHAPITRE II : Energie Solaire Et Ses Applications

II .1. Introduction.....	10
II.2. Définition de l'énergie solaire	11
II.3. Le rayonnement solaire	11
II.3.1. Le rayonnement solaire direct	11
II.3.2. Le rayonnement solaire diffus	12
II.3.3. Le rayonnement réfléchir.....	12
II.3.4. Le rayonnement solaire globale.....	12
II.4. Energie solaire en l'Algérie.....	12
II.5. Application de l'énergie solaire	13
II.6. Les avantages et les inconvénients de l'énergie solaire	14
II.7. L'effet sur l'environnement.....	14
II.8. Conclusion.....	15

CHAPITRE III : Les Capteurs Solaires Thermiques

III.1.Introduction	16
III.2.Les Différents types Capteurs thermiques.....	16
III.2.1.Captation sans concentration	16
III.2.2.Captation avec concentration.....	18
III.3.Composants d'un capteur thermique.....	19
III.4.Classification des capteurs thermiques.....	20
III.4.1.Le fluide de travail utilisé	20
III.4.2.L'orientation des capteurs	20
III.5.Les différentes modes de transfert thermique dans un capteur solaire	20
III.5.1.Conduction.....	20
III.5.2.Convection	21
III.6.Les paramètres influant le rendement d'un capteur solaire.....	21
III.6.1.Les paramètres internes	21
III.6.2.Les paramètres externes	22
III.7.Distillation solaire à effet de serre.....	22
III.7.1.Historique.....	22
III.7.2.Effet de serre naturel	23
III.7.3.Principe de distillation à effet de serre.....	23
III.7.4.Types des capteurs à effet de serre.....	24
III.8. Conclusion.....	25
CONCLUSION GENERALE	26

Introduction générale

L'eau est la source de vie, elle se trouve dans les océans, les mers, les lacs, les nappes souterraines,...etc. Dans l'atmosphère, l'eau se trouve à l'état vapeur, puis sous l'effet du refroidissement, l'eau passe de l'état vapeur à l'état liquide (pluie) ou solide (neige). Le moteur de ce cycle est l'énergie solaire qui est responsable de ce changement d'état de l'eau pure.

Le manque de cette dernière et la rareté des ressources naturelles, causée à la fois par la sécheresse et la surexploitation des nappes phréatiques, devient un grand problème qui menace la vie des habitants dans plusieurs régions du Monde.

Par ailleurs, les ressources en eau douce sont très faibles. Les statistiques prévoient que dans la prochaine décennie, un tiers de la population mondiale n'aura pas accès à l'eau, ce qui risque d'engendrer des guerres.

Pour faire face à cette pénurie qui menace son existence, l'homme doit s'intéresser à la distillation de l'eau de mer et particulièrement à la distillation par voie solaire, parfaitement adapté aux régions arides et ou isolées dans lesquelles l'énergie solaire est largement disponible.

L'intérêt de ce travail est de réaliser un distillateur fonctionnant par énergie solaire, dont les paramètres de géométrie de position et la surface seront étudiés.

Le manuscrit est organisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre est consacré aux procédés de distillation et leurs principes
- Le second chapitre porte sur l'énergie solaire, ses applications et les effets sur notre environnement
- Le troisième chapitre est consacré aux types des capteurs solaires thermiques.

En fin, le mémoire est clôturé par une conclusion générale.

CHAPITRE I

Généralité sur les techniques de distillation

I.1. Introduction

Sur le plan mondial, la demande en eau potable de bonne qualité est de plus en plus en forte augmentation. En effet, la population augmente rapidement et les besoins en eau pour l'industrie et pour l'agriculture sont de plus en plus élevés.

Cela a nécessité l'utilisation de la procédé de distillation de l'eau de mer comme solution à ce problème. Alors, qu'est-ce que la distillation ? Et quels sont ses types ? Comment fonctionne ? Qu'utilisez-vous ?

I.2. Historique des procédés de distillation

Le procédé de distillation (du Latin 'de-stellaire' qui signifie 'égoutter') consiste à séparer un liquide à travers son évaporation et sa condensation. L'exemple le plus simple de ce procédé peut être observé quand la vapeur de la chaudière va se poser en gouttes d'eau distillée sur une superficie froide. La distillation est utilisée pour séparer les liquides des solides non volatils ainsi que dans la séparation des liqueurs d'alcool des matières fermentées, de deux liquides ou plus avec différents points d'ébullition, de l'essence, du pétrole et des huiles lubrifiants extraits à partir du pétrole brut. Il y a d'autres applications industrielles qui comprennent le dessalement de l'eau de la mer (extraire la salinité de l'eau pour la rendre potable).

Au IV^{ème} siècle avant J.C, Aristote a suggéré la possibilité d'effectuer des distillations et a écrit ceci: "Nous pouvons rendre l'eau de la mer potable à travers la distillation ainsi que d'autres liquides peuvent subir le même procédé ». En effet, la distillation est un ancien procédé qui remonte à l'an 2000 avant J.C. On considère que les premières distillations se sont réalisées en Chine, en Egypte et dans la Mésopotamie dans le cadre médicinal et également dans le but de créer du baume, des essences et des parfums [1].

Chapitre I

I.3. Les procédés de distillation

La distillation est un procédé de séparation de substances, mélangées sous forme liquide. Elle consiste à porter le mélange à ébullition et à recueillir une fraction légère appelée distillat, et une fraction lourde appelée résidu. C'est d'ailleurs ce procédé qui fait en sorte que le sel des mers ne s'évapore pas avec l'eau.

L'eau chauffée se transforme en vapeur d'eau pure qu'il suffit de le condenser pour obtenir de l'eau douce. [2]. On distingue plusieurs types de distillation

I.3 .1. Distillation simple effet

Le distillateur simple effet reste un dispositif très présent dans la littérature, malgré son très mauvais rendement énergétique. L'eau est chauffée dans un récipient étanche, la vapeur qui se condense est alors recueillie dans un réceptacle (figure I.), La température d'ébullition de l'eau peut être abaissée dans la mesure où l'on réduit la pression dans la chambre d'évaporation [3].

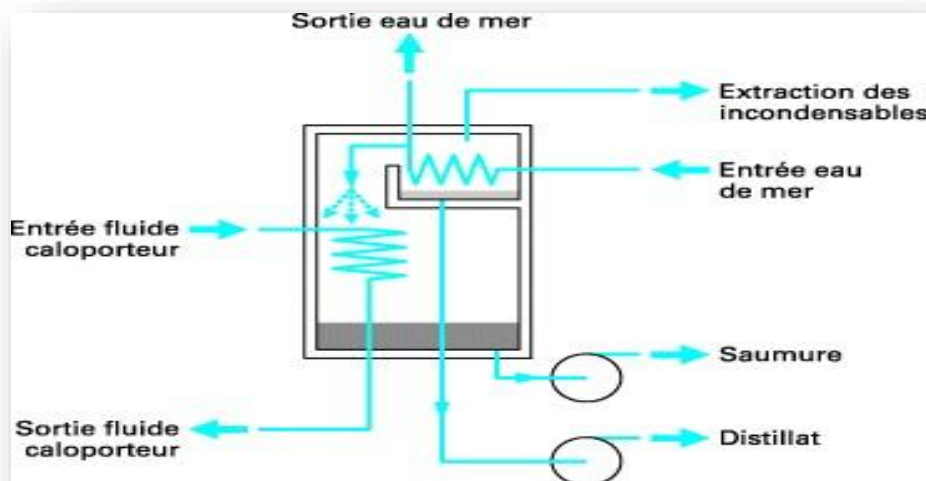


Figure I.1 : distillation à simple effet

I.3 .2. Distillation à multiples effets

Ce procédé permet d'améliorer la consommation spécifique de l'évaporateur à simple effet afin d'augmenter le rendement en récupérant la chaleur d'apport pour une nouvelle distillation et le processus s'effectue comme suit (figure 2) :

- Dans la première cellule de distillation, l'eau de mer ruisselle sur un serpentin de tubes chauffés ou sur des plaques, grâce à la chaudière. Elle se transforme ainsi en vapeur à seulement 70°C, grâce à une pression inférieure à la pression atmosphérique. Cela évite l'entartrage des tuyaux
 - L'eau non transformée en vapeur s'accumule au fond de la cellule. Elle se concentre davantage de sels car celui-ci n'est pas vaporisable
 - L'eau est pompée, puis envoyée dans la cellule 2
 - La vapeur entre dans la deuxième cellule, puis se condense dans le serpentin. Ce passage à l'état liquide dégage assez d'énergie pour en céder à l'eau. Celle-ci ruisselle sur les tubes ainsi chauffés et se vaporise
- Le même processus se répète dans la troisième cellule. En pratique, on peut placer en série jusqu'à 6 ou 7 cellules de distillation
- Le dernier serpentin est refroidi par l'eau. La vapeur condensée dans les serpentins donne de l'eau douce. Il faut 2 à 4 litres d'eau salée pour obtenir 1 litre d'eau douce [4].

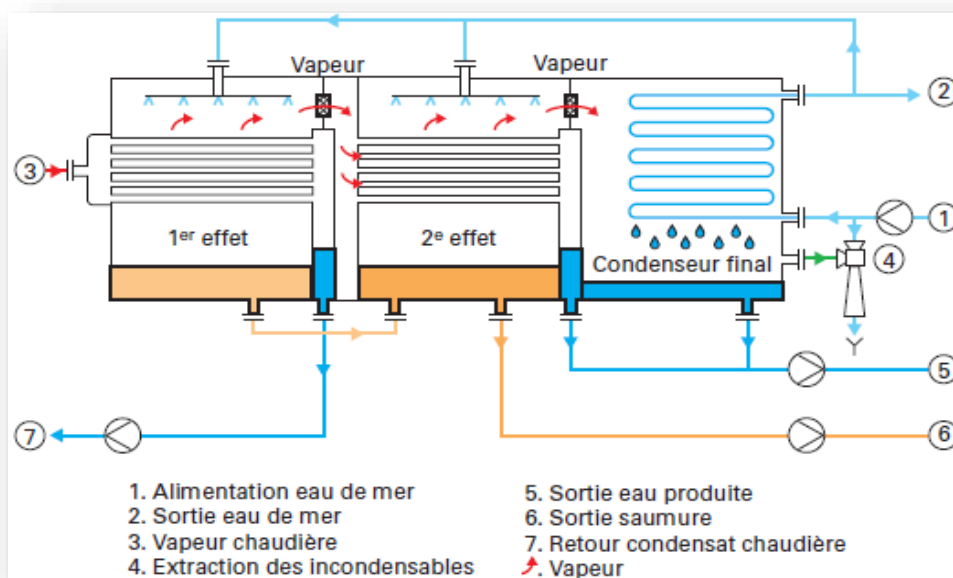


Figure I.2:distillation a multiples effets

I.3.3. La distillation à détente successives ou Multi stage flash (MSF)

La distillation Multi-Stage Flash, est une autre méthode généralement utilisée pour le dessalement de l'eau de mer. La pratique des performances maximales pour un ratio de MSF est de 5.17 Kg/MJ. Chaque étape d'une usine de MSF fonctionne progressivement à basse pression, que l'eau bouillie à plus faible températures (**figure 3**). Pour cette technique, l'alimentation en eau est chauffée en vertu de suffisamment pression élevé pour empêcher l'ébullition, jusqu'à ce qu'il atteigne le premier "flash chambre." Dans la première chambre de flash.

La pression est soudainement remise en liberté et l'évaporation ou «clignotant» a lieu. Ce clignotant d'une petite portion de l'aliment pour animaux continue à chaque étape, parce que la pression dans chacun d'eux est plus faible. Contrairement à l'effet de processus multiples, ce processus régénère et sa vapeur se condense dans le même effet (la scène). Ainsi, ce modèle offre l'avantage de la récupération de la chaleur.

C'est l'alimentation en eau en passant par l'échangeur de chaleur dans la section supérieure de la chambre de flash. La vapeur est condensée au niveau de cet échangeur où elle rétrocede sa chaleur latente de vaporisation.

Deux sections distinctes de chaque étape sont les clignotants chambre (où les vapeurs sont produites) et la section de condensation (où les vapeurs sont condensées). La quantité d'eau que les éclairs doit être proportionnel à la différence de température entre les étapes. Ainsi, plus la différence température, plus la quantité de vapeur flashée. Une fois que la vapeur est flashée, le concentré de la température diminue jusqu'à ce qu'elle soit en équilibre thermodynamique avec la pression.

Comme la vapeur est produite, le concentré d'eau devient de plus en plus concentré.

La section de condensation contient le tube échangeur de chaleur où les vapeurs sont condensés par refroidisseur d'eau de mer ou l'eau d'alimentation [5].

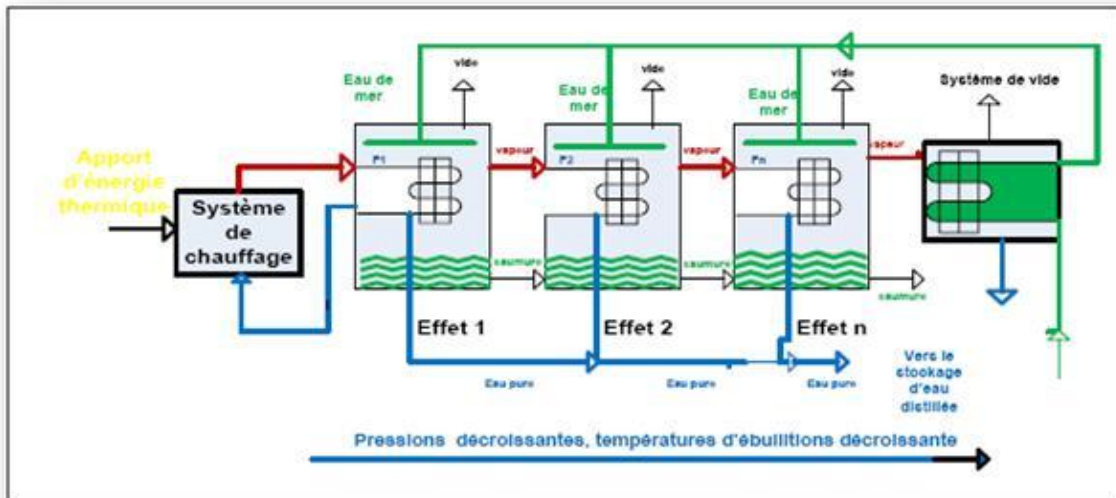


Figure I.3 : La distillation à détente successives ou Multi stage flash (MSF)

I.3 .4. Distillation par compression de la vapeur

L'eau est portée à ébullition dans une enceinte isolée, la vapeur est aspirée par un compresseur qui élève sa température et sa pression. Cette vapeur est envoyée dans un faisceau tubulaire en bas de l'enceinte, elle se condense en cédant sa chaleur à l'eau qui est portée à ébullition [6]. Ce procédé fonctionne exactement sur le principe d'une pompe à chaleur, où c'est un compresseur qui fournit l'énergie. La vapeur produite est comprimée adiabatiquement, ce qui accroîtra la température de saturation. Lors de sa condensation, elle peut donc transmettre sa chaleur de vaporisation à l'eau salée avec un bon gradient thermique, ce qui permet un bon rendement. Le compresseur assure une faible pression dans la cellule, permettant de fonctionner à une température réduite, d'environ 60°C et d'éviter ainsi l'entartrage (figure 4).

L'avantage du procédé est une faible consommation énergétique sous forme mécanique ou électrique (7 à 8 kWh/m³, pour des grandes installations). Toutefois la capacité des installations à compression de vapeur est limitée par la taille des compresseurs, elles s'étendent aujourd'hui, de 15 à plus de 3800 m³/j [7].

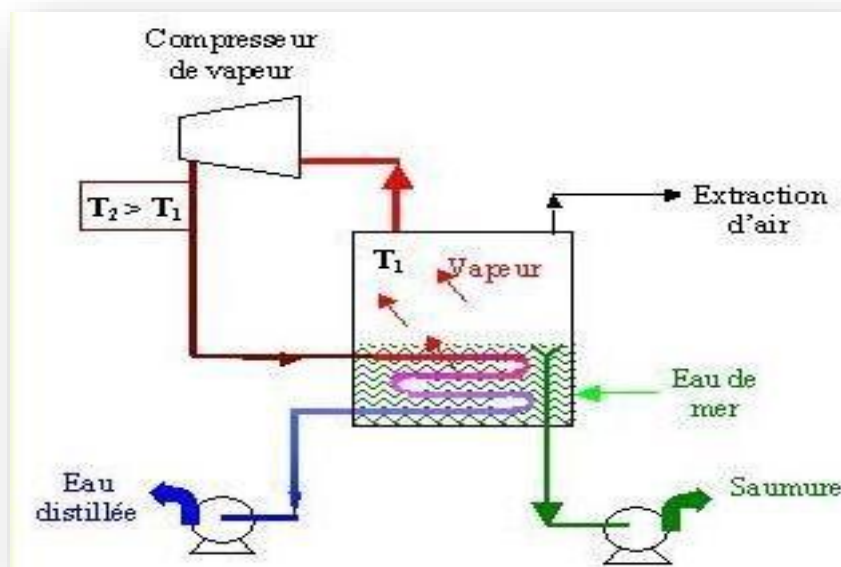


Figure I.4 : Distillation par compression de la vapeur

I.4. Conclusion

Ce premier chapitre porte sur les différents procédés de la distillation solaire et les différents modèles des distillateurs qui existent, comme il récapitule le principe de fonctionnement de chaque dispositif.

CHAPITRE II

Energie Solaire Et ses Applications

II .1.Introduction

Les énergies renouvelables sont des énergies qui peuvent être renouvelées ou régénérées naturellement. Elles peuvent donc être utilisées sans limite dans le temps tandis que les énergies fossiles proviennent de réserves qui s'épuisent.

Il y a cinq familles principales d'énergies renouvelables. Dans l'ordre d'importance de leur exploitation actuelle :

- l'énergie solaire
- l'énergie éolienne
- l'énergie hydraulique (hydroélectricité)
- la biomasse (avec le bois de chauffage, ainsi que biogaz...)
- la géothermie [8].

L'utilisation de l'énergie solaire remonte à l'Antiquité. Par exemple, les Grecs allumaient la flamme olympique grâce à un système de miroirs concentrant les rayons du Soleil. À la fin du XVIII e siècle, grâce à une lentille à liquide qui concentre les rayons solaires, Antoine Lavoisier construit un four solaire qui atteint la température de 1 800 °C. La conversion de la lumière en électricité, appelée effet photovoltaïque, est découverte par Edmond Becquerel en 1839 [4]. En novembre 2015 une « Alliance internationale pour l'énergie solaire » (ou ISA) pour « International solar alliance » a été créée. Cette alliance doit réunir les États disposant d'importantes ressources solaires afin de mieux coordonner le développement de leur exploitation (thermique et photovoltaïque) via des actions de formation, de standardisation de matériels, de partage d'expériences, co-entreprises...).

II .2.Définition de l'énergie solaire

L'énergie solaire est la lumière rayonnante et la chaleur du soleil qui sont exploitées à l'aide d'une gamme de technologies en constante évolution telles que le chauffage solaire, le photovoltaïque, l'énergie solaire thermique, l'architecture solaire, les centrales au sel fondu et la photosynthèse artificielle [9].

II .3.Rayonnement solaire

L'énergie solaire représentée par la constante solaire moyenne à l'entrée de l'atmosphère subit une altération à sa traversée de l'atmosphère, seulement une partie de cette énergie arrive au sol sous différentes formes. Ainsi, on définit [10] :

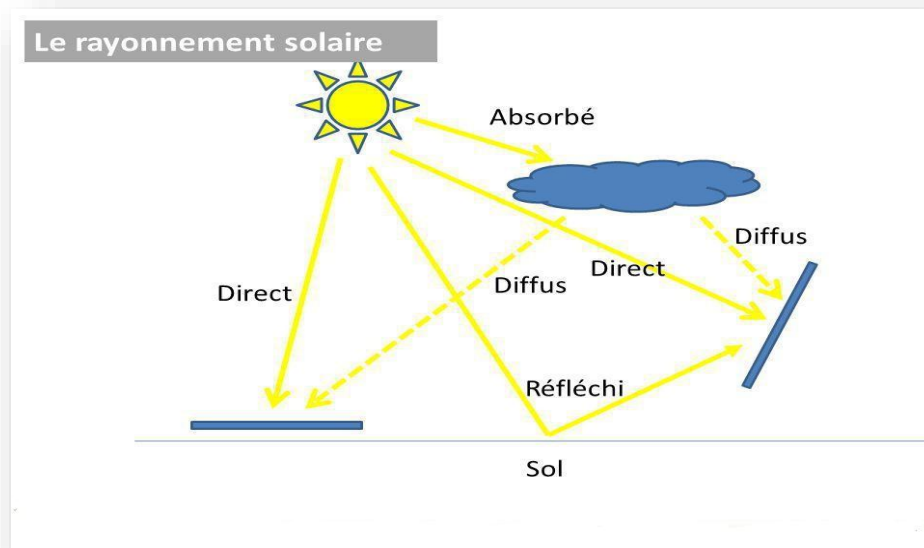


Figure II.1: les composantes de rayonnement solaire

II .3.1Rayonnement direct

Le rayonnement direct ou la composante directe du rayonnement solaire est celui incident sur un plan quelconque en provenant d'un angle solide autour du disque solaire. Il parvient en ligne droite et par temps clair [10].

II.3.2.Rayonnement diffus

C'est la composante du rayonnement solaire incidente sur un plan récepteur après avoir été diffusée par les nuages, les poussières, les aérosols et le sol. Elle parvient ainsi de toute la voute céleste [10].

II.3.3.Rayonnement réfléchi

Le rayonnement réfléchi ou l'albédo est le rapport de l'énergie solaire réfléchie par une surface sur l'énergie solaire incidente. Cet albédo peut être important lorsque le sol est particulièrement réfléchissant (eau, neige) [10].

Ainsi pour un corps noir parfait, l'albédo est nul.

II 3.4.Rayonnement global

Le rayonnement global correspond à la somme des composantes du rayonnement solaire définit précédemment [10].

II.4.Energie solaire en Algérie

De par sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus élevés au monde. La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures (Hauts-Plateaux et Sahara). L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1 m² est de l'ordre de 5 KWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700 KWh/m²/an au nord, et 2263 kWh/m²/an au sud du pays.

La durée d'insolation dans le Sahara algérien est de l'ordre de 3500h/an est la plus importante au monde, elle est toujours supérieure à 8h/j et peut arriver jusqu'à 12h/j pendant l'été à l'exception de l'extrême sud où elle baisse jusqu'à 6h/j en période estivale. La région d'Adrar est particulièrement ensoleillée et présente le plus grand potentiel de toute l'Algérie [11].

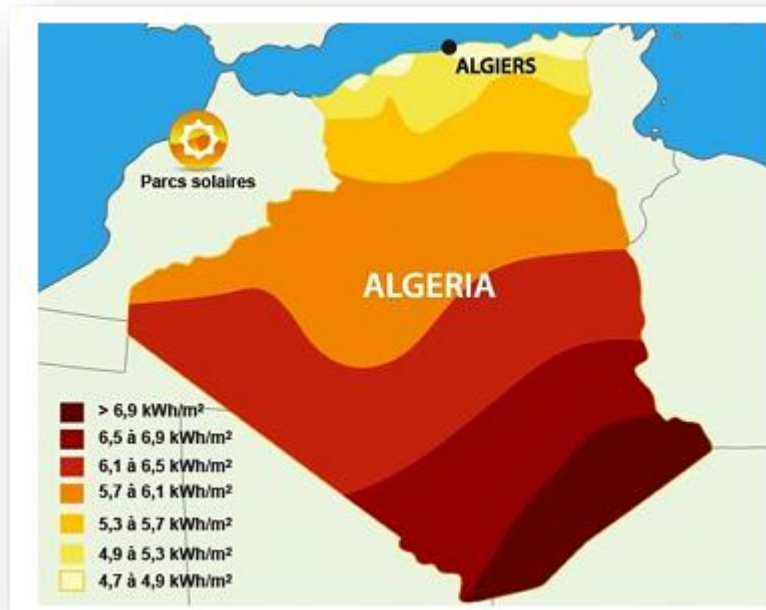


Figure II.2: Gisement solaire en Algérie

II.5. Application de l'énergie solaire

Le rayonnement solaire peut être utilisé de deux manières:

- soit en utilisant la chaleur produite par le rayonnement (énergie thermique),
- soit en convertissant l'énergie solaire en électricité (énergie photovoltaïque).

L'objectif de notre étude est focalisé sur l'énergie solaire thermique qui produit de la chaleur à partir des rayons du soleil. Elle peut être utilisée pour l'eau chaude sanitaire seule (chauffe-eau solaire) ou de manière combinée avec le chauffage (système solaire combiné). Le rendement de l'installation dépend de l'orientation (il est meilleur si les panneaux sont orientés plein Sud) et de l'inclinaison des panneaux (aux alentours de 50°) [12].

II.6. Les avantages et les inconvénients de l'énergie solaire

L'énergie solaire, est une énergie renouvelable qui comporte des avantages :

- L'énergie est propre et ne dégage pas de gaz à effet de serre
- L'énergie solaire thermique permet d'assurer une partie des besoins en eau chaude sanitaire et en chauffage.
- Le rendement énergétique est positif : il faut en moyenne entre 3 et 4 ans pour que le panneau produise l'énergie nécessaire à sa fabrication et un panneau solaire produit en moyenne entre 9 à 14 fois l'énergie qu'il a consommé pour sa fabrication.
- Les frais de maintenance et de fonctionnement d'une installation thermique sont relativement faibles **[13]**.

Mais aussi des inconvénients :

- Le coût d'investissement d'une installation solaire thermique est relativement élevé
- L'énergie solaire est une énergie intermittente. Il faut donc un système de chauffage d'appoint.
- La production d'énergie solaire n'est possible que lorsqu'il y a du soleil
- Il faut pouvoir stocker la chaleur dans des ballons ou des dalles chauffantes **[13]**.

II.7.L'effet sur l'environnement

L'impact environnemental se situe principalement :

- Au niveau de la fabrication, du transport, de l'installation et du recyclage de ces infrastructures.
- La transformation de l'énergie solaire en énergie électrique en tant que telle n'émet pas de pollution.
- L'utilisation du silicium dans la fabrication des panneaux photovoltaïques alourdit le bilan énergétique. En effet, les usines de silicium rejettent une grande quantité de CO₂ dans l'air.

- Les panneaux solaires sont aussi constitués en faible quantité de substances dangereuses comme le plomb, le brome ou le cadmium. Néanmoins, des efforts sont faits pour remplacer ces matériaux par d'autres, plus écologiques.
- les panneaux solaires peuvent modifier le paysage et déranger la faune locale principalement par la pose de clôture sur des terrains de grande superficie.

Aujourd'hui, l'énergie est essentielle pour répondre aux besoins des individus, des industries ou des transports. On cherche donc des solutions alternatives aux énergies fossiles polluantes et limitées, et l'énergie solaire en est une. Ces impacts environnementaux sont minimes par rapport aux avantages à long terme et les avancées dans ce domaine en feront une énergie de plus en plus propre aux fils des années [14].

II.8.CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons fait une étude approfondie sur l'utilisation de l'énergie solaire, nous avons montrés que l'utilisation de l'énergie solaire est divisée en plusieurs sujets, y compris leur utilisation dans le domaine de la production d'énergie thermique et le chauffage de l'eau et les chauffages des bâtiments ainsi que leur utilisation dans la production d'électricité. Ensuite nous avons montré que la connaissance de la quantité du rayonnement solaire incident dans un endroit est parmi les plus importants facteurs pour traiter un système énergétique solaire.

CHAPITRE III

Les Capteurs Solaires Thermiques

III.1.Introduction

Dans l'utilisation de l'énergie solaire, la faible densité de l'énergie et la fourniture instable de cette dernière est due aux variations des conditions atmosphériques. La plus grande part de recherche est consacrée au développement du chauffe-eau solaire du point de vue rendement thermique en général, mais rares sont les études sur les capteurs solaires utilisant l'air comme fluide caloporteur, car ce dernier a un coefficient de transfert de chaleur par conduction-convection entre l'absorbeur et le fluide caloporteur beaucoup plus faible que celui de l'eau.

Le rendement d'un capteur solaire, conçu pour convertir l'énergie solaire en énergie thermique ou photovoltaïque dépend de sa forme, de la technique choisie et de la façon dont on réduit les pertes de chaleur à la surface de celui-ci. Il existe une gamme étendue de capteurs solaires avec différentes dispositions de l'absorbeur. Pour cela on va étudier dans ce chapitre les types des capteurs solaires et leur fonctionnement [15].

III.2. Types des capteurs thermiques

On distingue deux types de captage thermique [16]:

- ✓ le captage à haute température : nécessite une concentration du rayonnement solaire
- ✓ le captage à basse température : ne nécessite aucune concentration.

III.2.1.Captation avec concentration

Quand les températures plus élevées sont exigées, des capteurs solaires à concentration sont utilisés. Ils utilisent l'énergie solaire arrivant sur une grande surface réfléchissante, et réfléchi sur une plus petite surface avant qu'elle ne soit convertie en chaleur qui entraînerait de températures plus élevées. La plupart des collecteurs à concentration peuvent seulement concentrer le rayonnement solaire parallèle venant directement à partir du disque solaire (rayonnement direct), donc ils doivent suivre le mouvement apparent du soleil. Les deux systèmes à concentration les plus importants dans l'application à grande échelle sont les concentrateurs paraboliques et cylindrons-paraboliques.

➤ Concentrateur parabolique

Ces capteurs utilisent des surfaces réfléchissantes paraboliques pour concentrer les rayons solaires dans le foyer où se trouve l'absorbeur qui capte la chaleur solaire ainsi concentrée [17].

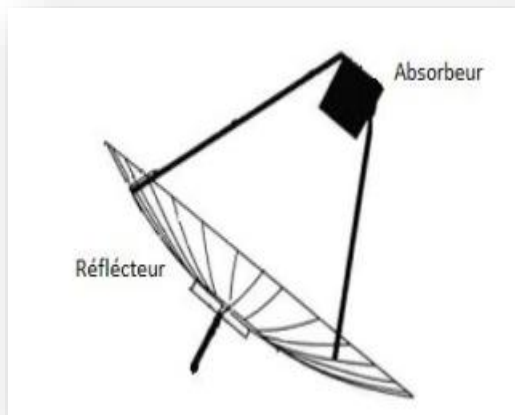


Figure III.1 : Concentrateur solaire parabolique.

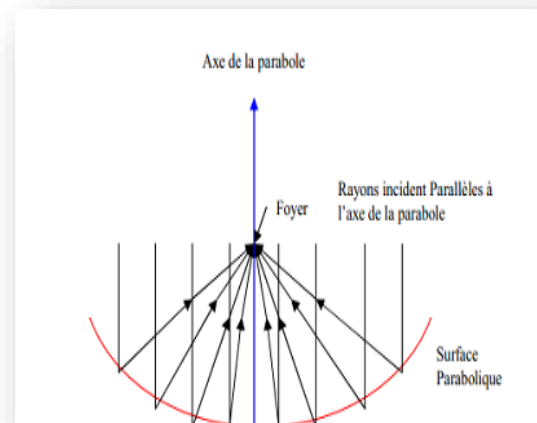


Figure III.2: Système optique d'une surface parabolique

L'idée d'utiliser une surface parabolique vient du fait qu'elle est stigmatique (donne à la sortie de la parabole un faisceau convergeant en un point) pour les points à l'infini situés sur son axe. D'après les lois de réflexion, tout rayon lumineux parallèle à l'axe de la parabole est réfléchi par la parabole suivant une droite passant par le foyer. Donc la parabole focalise tous les rayons réfléchis en un point appelé « foyer » [17]. Cela implique que ces concentrateurs doivent suivre le mouvement du soleil. Les systèmes à réflecteur parabolique peuvent atteindre des températures plus élevées (jusqu'à 1500°) sur l'absorbeur.

➤ Concentrateurs cylindro-paraboliques

Les réflecteurs cylindro-paraboliques sont des systèmes en forme de « U ». Ils concentrent les rayons du soleil sur un tube absorbeur situé le long de la ligne focale du réflecteur [17]. Parfois un tube en verre transparent entoure le tube absorbeur afin de réduire les pertes de

chaleur. Ces concentrateurs utilisent souvent un système de poursuite solaire à simple axe ou à double axe. Les températures de l'absorbeur peuvent atteindre 400°C.

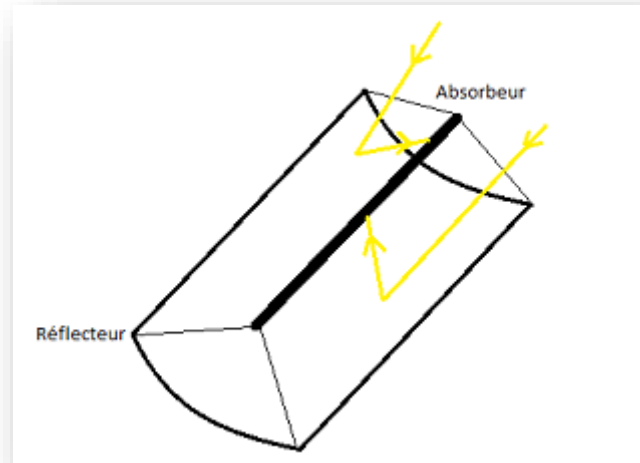


Figure III.3 : Capteur cylindro-parabolique.

III.2.2. Captation sans concentration

Cette application se base sur la conversion du rayonnement solaire en énergie thermique, dont une paroi absorbante qui s'échauffe sous l'effet de l'absorption du rayonnement solaire incident, et l'effet de serre qui consiste à accumuler la chaleur dans un capteur pour la transférer directement ou par l'intermédiaire d'un fluide qui circule sous cette paroi et récupère par convection une partie de cette énergie absorbée et subit une élévation de température ($T_{fs} - T_{fe}$) à la traversée du capteur[18][19].

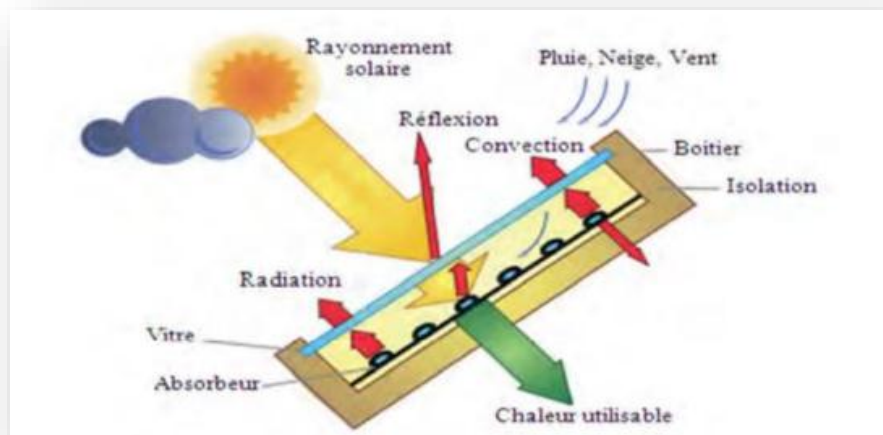


Figure III.4: processus dans un capteur solaire plan

III.3.Composants d'un capteur thermique

La composition d'un capteur varie en fonction du type de capteur considéré cependant les composants suivant se distinguent : [16]

- ✓ **Fluide caloporteur** (calorie porteur) : également appelé fluide de transfert, il est chargé de transporter la chaleur ainsi absorbée.
- ✓ **Absorbeur** (surface absorbante) : où s'effectue l'absorption, Son rôle est de transformer le maximum du rayonnement solaire incident en énergie utile et de transmettre celle-ci à un fluide caloporteur.

L'absorbeur peut être classé suivant sa forme, on trouve :

- Les capteurs plans.
- Les capteurs à cavités
 - ✓ **Réflecteur** (concentrateur) : Système permettant de renvoyer le rayonnement solaire vers l'absorbeur, où l'ouverture du capteur (ouverture du réflecteur) désigne la section de passage du rayonnement sur le réflecteur dans un concentrateur dirigé vers le soleil.

III.4. Classification des capteurs thermiques

III.4.1. Selon le fluide caloporteur :

- **Des capteurs solaires à air**

Ce type de capteurs s'adapte aux appareils de chauffage à air pour le séchage des produits agro-alimentaires, et le chauffage des locaux

- **Des capteurs solaires à eau**

Ils s'adaptent aux appareils de chauffage à liquide, y compris ceux dont le liquide entre en ébullition pendant le chauffage (la production de l'eau chaude sanitaire).

- **Des capteurs solaires à hydrocarbures**

Sont utilisés pour la réfrigération et la génération d'électricité.

III.4.2. Selon l'orientation des capteurs

Les capteurs solaires peuvent être :

- **Des capteurs fixes**

Ces capteurs ne bougent pas dans la journée, ce qui est le cas des chauffe-eaux solaires domestiques,

- **Des capteurs à poursuite**

Le capteur solaire peut être muni d'un dispositif de guidage automatique dans la direction de provenance du flux lumineux, ce qui va améliorer le rendement du capteur.

III.5. Les différentes modes de transfert thermique dans un capteur solaire

Une théorie de base de transfert de chaleur est présentée ci-dessous, étant appliquées plus particulièrement aux capteurs solaires [20].

III.5.1. La conduction

La conduction est le mode de transfert de chaleur caractérisé par la propagation de l'énergie thermique dans un milieu matériel sans déplacement de la matière [21].

La loi correspondant à ce processus de diffusion thermique est la loi de Fourier donnée par la relation [21] :

$$q = -k \times A \times \text{grad}T$$

- q : flux de chaleur.

- k : coefficient de conductivité thermique.

- A : surface d'échange.

III.5.2. La convection

Le transfert de chaleur pour l'écoulement interne dans un passage est fortement dépendant si l'écoulement est laminaire ou turbulent. Le nombre de Reynolds pour l'écoulement dans un canal est donné par [22] :

La convection est un transport d'énergie dû à des mouvements macroscopiques [23]. On distingue deux types de convection :

- **La convection forcée**

Le mouvement du milieu est engendré par un dispositif externe (une pompe).

- **La convection naturelle**

Le mouvement du fluide est engendré par les variations de densité causées par des variations de température au sein du fluide, tel est le cas de la thermo-circulation.

Le transfert thermique convectif est régi par la loi de NEWTON [23] :

$$q = h \times s \times (T_p - T_f)$$

- q : le flux échangé par convection.
- h : coefficient de convection.
- s : surface de la paroi solide en contact avec le fluide.

T_p : température de la paroi solide.

T_f : température du fluide.

III.6. Les paramètres influant le rendement d'un capteur solaire

Le rendement d'un capteur solaire thermique est influencé par différents paramètres [24], [25],

On distingue généralement les points suivants [26], [27] :

III.6.1. Les paramètres externes

- Les paramètres d'ensoleillement :
 - Eclairement énergétique dû au rayonnement global.
 - Position du soleil et durée d'insolation.
 - L'heure de la journée et la saison.
 - La position géographique du lieu considéré (latitude).
 - Température ambiante.
 - Vitesse du vent.

III.6.2. Les paramètres internes

- Les paramètres de position :
 - Orientation, inclinaison et emplacement du capteur.
 - Capteur fixe ou suivant le soleil.
- Les paramètres de construction

Parmi lesquels nous citons :

- L'absorbeur :
- La surface sélective.
- Couverture transparente
- L'isolant
- Fluide caloporteur

III.7. Distillation solaire à effet de serre

III.7.1. Historique

Il est important de trouver des moyens pour fournir de l'eau à la population de la Terre. De nombreux pays sont confrontés à des pénuries d'eau et/ou ont des résidents qui utilisent et boivent de l'eau contaminée. 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.

La distillation solaire a été utilisée depuis plusieurs siècles; mais la plus grande réalisation est apparue en 1872 près de Las-Salinas dans le nord du Chili.

Le modèle a été fabriqué par Carlos Wilson, un ingénieur suédois avec une surface vitrée de 5000m², produisant jusqu'à 20 m³d'eau douce par jour à partir d'une eau saline contenant 140g/l.

Ce système fonctionna jusqu'en 1910 à cause d'un problème d'accumulation rapide des sels dans le bassin, nécessitant un nettoyage régulier du distillateur. La distillation solaire connut une période creuse entre 1880 et la première guerre mondiale. En 1920, Kaush utilisa des réflecteurs en métal pour concentrer les rayons solaires; il en résulte l'apparition de nouveaux appareils (types toit, couverture en V, plateau incliné...etc.)

En Algérie Cyril Gomela (1953) a développé différents types de distillateurs solaires; plus de 20 distillateurs solaires d'une dizaine de types ont été testés et certains d'entre eux ont été commercialisés à travers l'Afrique du Nord, le Sénégal et l'Australie. Des essais ont été effectués au Sahara de Biskra, à Tamanrasset et Adrar.

III.7.2. Effet de serre naturel

On appelle rayonnement solaire direct celui qui arrive au sol sans avoir subi de diffusion. Le spectre du rayonnement solaire direct reçu à la surface terrestre s'éloigne de façon notable du rayonnement atteignant la limite supérieure de l'atmosphère, en particulier du fait de l'absorption par les constituants gazeux de l'atmosphère. Dans certaines bandes de longueur d'onde, le rayonnement est atténué ou même annulé. Les principales bandes d'absorption sont dues à l'ozone entre 0,2 et 0,3 μm (dans le domaine ultraviolet), au dioxyde de carbone autour de 2,75 μm et 4,25 μm , mais surtout à la vapeur d'eau dont l'absorption est prépondérante (en particulier autour de 0,9 μm , de 1,1 μm , de 1,4 μm , de 1,9 μm , de 2,4 à 2,9 μm et de 3 à 4 μm) et qui module principalement l'allure du spectre solaire reçu au sol [22].

III.7.3. Principe de distillation à effet de serre

La distillation solaire est une technique utilisée pour la production de l'eau douce à partir d'eau saumâtre et d'eau de mer grâce à l'énergie solaire. Il s'agit de réaliser artificiellement et à petite échelle ce que la nature fait quotidiennement (Figure I.5) et à grande échelle. Cela consiste en, l'absorption de la radiation solaire, par les océans, les lacs, les rivières, provoquant l'évaporation de l'eau, cette dernière est transportée, vers des régions plus froides par l'intermédiaire du vent. Quand la vapeur est refroidie, la condensation commence à provoquer des précipitations de pluies et éventuellement de la neige. L'homme a reproduit, en un modèle miniaturisé, [29]. Ce cycle naturel

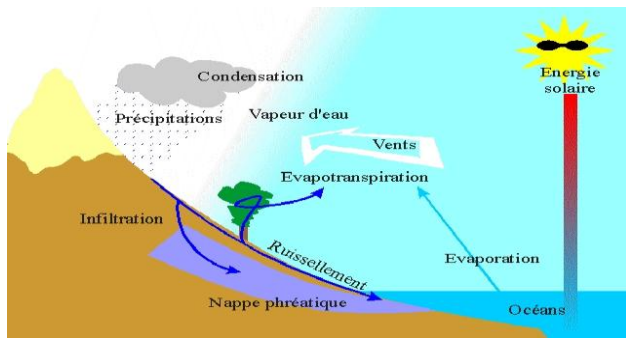


Figure III.5: Cycle naturel d'eau

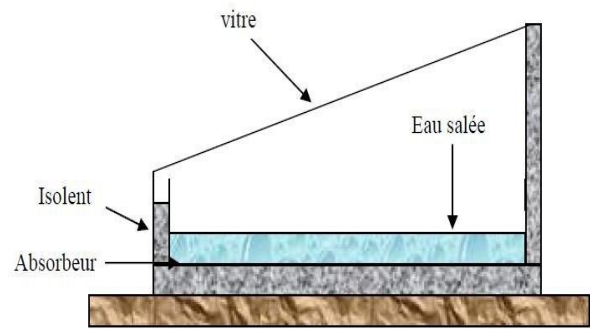


Figure III.6 : Principe de fonctionnement

III.7.4. Types des capteurs à effet de serre

* **Les capteurs solaires plans non vitrés** : Ils sont constitués d'un réseau de tubes peints en noir en plastique résistant aux rayons U.V, sans couverture transparente [16].



Figure III.7: capteur solaire plan non vitré

* **Les capteurs solaires plans vitrés** : Le vitrage crée un effet de serre qui permet d'atteindre des températures de 70°C à 90°C et augmente ainsi le rendement. Le capteur solaire peut avoir une ou plusieurs couvertures transparentes [16].

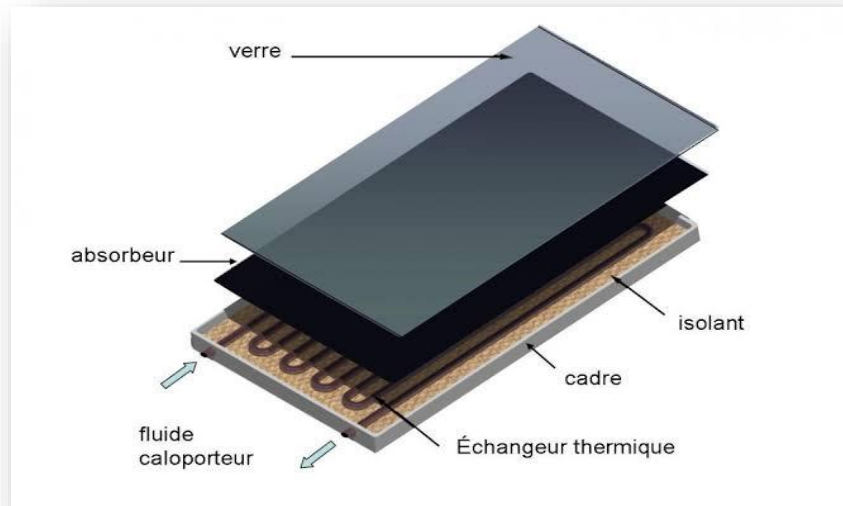


Figure III.8: capteur solaire plan non vitré

III.8.Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté de façon générale les concepts de base dont nous aurons besoin au cours de notre étude. Ainsi nous avons défini les principaux paramètres influant sur le rendement d'un capteur et décrit le fonctionnement des capteurs plan, parabolique et cylindro-parabolique.

Conclusion Générale

La production de l'eau distillée par voie solaire est importante à deux points de vue :

- la nécessité d'économiser de l'énergie et le souci de procurer de nouvelles ressources en eau.
- Le distillateur solaire à effet de serre est un dispositif très simple dans sa réalisation, il peut être réalisé avec des matériaux locaux, ce qui lui donne l'avantage d'être facilement exploitable en milieu rural par des gens peu qualifiés techniquement.

En utilisant des matériaux ordinaires, donc de qualités moindres, on atteint des températures qui dépassent 60 °C. Avec une température de cet ordre, le système fonctionne jusqu'à une certaine heure après le couché du soleil, en particulier pour un volume de nappe d'eau de 3 litre; il en résulte donc une légère augmentation du rendement global du distillateur.

Les paramètres qui influent sur la production du système de façon très marquée sont :

- Le rayonnement solaire incident,
- Les différentes expériences menées sur notre distillateur solaire à effet de serre, nous avons constaté que pour améliorer le rendement, nous avons examiné l'effet de l'épaisseur de la nappe d'eau sur la production journalière

En effet la production du distillateur solaire s'accroît avec l'irradiation solaire et l'augmentation de l'écart de températures entre le vitrage et l'eau au fond du bac, lorsque le gradient de température avoisine 13°C.

Référene

[1] : [IBERIAN COPPERS S.A _ DESTILARIAS EAU DE VIE].

[2] : La Distillation, Techno-Science.net : site d'actualité des sciences et des technologies, consulté le 14/03/2013.

[3] : A. Maurel, « Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce » 2e édition, Technique et documentation. Paris. 232p.

[4] : Production adduction d'eau potable, usine de dessalement. hmf.enseeiht.fr, BEI ERE 2009 2010, consulté le 02/03/2013

[5] : Ian C. Watson; O.J. Morin, Jr; Lisa Henthorne, « Desalting Han book for Planners», 3 ème Edition / Juillet 2003, RosTek Associates, Inc., Tampa, Florida.

[6] : Association des retraités du groupe CEA, groupe argumentaire sur le nucléaire, "Dessalement et réacteurs nucléaires", Fiche N°32, 1-4, Février 2008.

[7] : I. SAOUANE, "Etude des transferts de chaleur et de masse a l'intérieur d'un système de dessalement par voie solaire", Mémoire magister, Université Mentouri de Constantine, 2010.

[8] : Énergies renouvelables et de récupération (ENR&R) [archive] Driee Ile-de-France, consulté en mars

[9]: "[Solar Energy Perspectives: Executive Summary](#)" . International Energy Agency. 2011. Archived from [the original](#) on 13 January 2012.

[10] : R. Bernard, G. Menguy, M. Schwartz, « Le rayonnementsolaire conversion thermique et applications », Technique et documentation, Paris, 1983.

[11] : « Guide des Energies Renouvelables », Ministère de l'Énergie et des Mines, Edition 2007.

[12] : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Energie-solaire,418.html>. Document réalisé par le pôle énergies renouvelables des Ardennes version janvier 2015

- [13] : Jean-Paul Blugeon Produire son électricité : Avec les énergies solaire et éolienne : Principes, exemples de réalisation (2008-08-28)
- [14] : Canada. Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie (TRNEE) (2009). Dans l'engrenage du changement : Efficacité énergétique dans le secteur des bâtiments commerciaux du Canada. Ottawa, Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie, 93 p.
- [15] : Wikipédia, «Energie Solaire,» encyclopédie libre.
- [16] : Zahir BELKAID, «Etude des performances d'un capteur solaire plan,» mémoire de fin d'étude, Université Abderrahmane Mira Bejaia, promotion 2010/2011.
- [17] : Ilham ZEGHIB, «Etude et Réalisation d'un Concentrateur solaire parabolique,» mémoire de Magister en Physique Energétique, Université Mentouri – Constantine, 2005.
- [18] : A, Sfeir ; G, Guarracino. Ingénierie des systèmes solaires, Technique et Documentation, Paris. (1981).
- [19] : J, Bonal ; P, Rossetti. Les énergies alternatives, Omniscience. (2007).
- [20] : O, Sotehi. Etude des caractéristiques de fonctionnement et de la performance d'un distillateur solaire ; thèse de magistère, Université de Constantine. (2009). Arirabl, active solar collectors and their applications, New York Oxford university press, (1985).
- [21] : T, Enrênez; J, P, Bibring; M, Blanc; M, A, Barucci; F, Roques, P, Zarka. Le système solaire, Éditions et EDP sciences, Paris. (2003).
- [22] : A.MOUMMI. N.HAMANI. N.MOUMMI. Z.MOKHTARI, «Estimation du rayonnement solaire par deux approches semi empiriques dans le site de Biskra,» Centre Universitaire de Bechar, Bechar–Algérie, 11 et 12 Novembre 2006.
- [23] : M, Capderou. Atlas solaire de l'Algérie, O.P.U, Alger. (1985).
- [24]: N.enteria, A.Akbarzadeh, solar energy sciences and engineering applications, taylor&francis group, London, UK, (2014).
- [25] : D, K, Edwards. Capteurs solaires, Edition SCM, paris. (1979).

[26] : N, Bellel. Etude des transferts thermiques le long d'un tube cylindrique appliquée à deux géométries ; thèse de doctorat, Université de Constantine. (2004).

[27] : J, Desautel. Les capteurs héliothermiques, Edisud. (1979).