



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد العيد بن باديس - مستغانم
Université Abdel Hamid Ben Badis – Mostaganem
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie

N° d'ordre : M2...../GPE/2022

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie des procédés
Option : Génie des procédés de l'environnement

*Etude de l'influence de quelques paramètres sur la
performance d'un distillateur solaire*

Présenté par :

1. BENDREF Sarah
2. BELHOUARI Leyla

Soutenu le 07/07/2022 devant le jury composé de :

Président :	Dr BENZEKRI B. Mokhtar	U -Mostaganem
Examineur:	Prof. MANA Mohamed	U - Mostaganem
Examineur :	Dr MEKIBES Zohra	U - Mostaganem
Encadrant :	Prof. BENDERDOUCHE Nouredine	U - Mostaganem

Année Universitaire : 2021 - 2022

Dédicaces

Dédicaces



Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents pour leur soutien, leur patience, leur encouragement durant mon parcours scolaire,

A mon encadreur Prof. Benderdouche Nouredine qui m'a beaucoup aidée pendant la période d'attente,

A mes sœurs ainsi qu'à toute ma famille,

A tous mes amis,

Et à l'ensemble des étudiants de la promotion master GPE de l'année 2021/2022.

A tous ceux qui ont contribué de près et de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.

Je dédie cette remise de diplôme à ma chère mère décédée et je demande à Dieu de bénir son âme pure au paradis.

Leyla





Dédicaces

À mes chers parents,

À mes sœurs et mes frères,

À toute ma famille,

À tous mes enseignants,

À mon encadreur,

À mon binôme,

À tous mes amis et mes collègues

À Toute la famille du département de

Génie des procédés,

Je dédie ce modeste travail.

Sarah



Remerciements

Remerciements

Nous tenons en tout premier lieu à remercier Allah le Tout-Puissant qui nous a donné cette puissance et cette patience pour présenter ce travail. Nos premiers remerciements vont à notre directeur de mémoire, Prof. Benderdouche Nouredine. Nous le remercions pour tous les efforts qu'il a déployés dans la supervision du déroulement des manipulations, de sa contribution substantielle dans l'analyse et l'interprétation des résultats, des corrections du manuscrit, des encouragements et des conseils qu'il n'a cessé de me prodiguer. Nous tenons également à remercier Prof. Mana Mohamed, qui a contribué considérablement à cette étude et nous a dirigées et a accepté de juger ce travail.

Nous exprimons notre respectueuse gratitude au Dr BENZEKRI Mokhtar, MCA à l'université de Mostaganem, qui a bien voulu accepter de présider le jury de soutenance ainsi qu'à Mme MEKIBES Zohra, Maître de conférences à l'Université de Mostaganem pour avoir bien voulu examiner ce travail.

Nos profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidées et soutenues de près ou de loin.

Sommaire

Sommaire

Introduction Générale	1
Chapitre I : Généralités sur l'énergie solaire	
I.1. Introduction	5
I.2. Généralités sur soleil	5
I.2.1. Soleil	5
I.2.2. Carte d'identité du soleil	7
I.2.3. Constitution du soleil	7
I.3. Rayonnement solaire	8
I.3.1. Composantes rayonnement solaire	8
I.4. Constante solaire	9
I.5. Gisement solaire en Algérie	9
I.6. L'énergie solaire	10
I.6.1. L'énergie	10
I.6.2. L'énergie solaire et ses différentes transformations	10
I.6.2.1. Energie solaire passive	11
I.6.2.2. Energie solaire active	11
I.6.3. Energie solaire photo-thermique et ses différentes applications	11
Chapitre II : Etude bibliographique et généralités sur la distillation solaire	
II.1. Introduction	14
II.2. Définition	14
II.3. Procédés de distillation	14
II.4. Types de distillateur solaire	14
II.4.1. Distillateur à simple effet (SED)	14
II.4.2. Distillateur à pente unique	15
II.4.3. Distillateur à double pente	16
II.4.4. Distillateur solaires terre-eau	16
II.4.5. Distillateur sphériques à balayage	16
II.4.6. Distillateur solaire incliné à cascade	17

II.4.7. Distillateurs solaires à film capillaire	18
II.4.8. Distillateurs inclinés à matière poreuse noire	18
II.4.9. Distillateurs verticaux	19
II.4.10. Distillateurs à multi effets	20
II.5. Paramètres influant sur un distillateur solaire	21
II.5.1. Paramètres météorologiques	21
II.5.2. Intensité du rayonnement solaire	21
II.5.2.1. Température ambiante	21
II.5.2.2. Vitesse du vent	21
II.5.3. Paramètres externes	21
II.6. Avantages et inconvénients des distillateurs solaires	21
Chapitre III : Aperçu bibliographique sur l'éthanol	
III.1. Introduction	24
III.2. Définition l'alcool éthylique	24
III.3. Fabrication de l'alcool	24
III.3.1. Fabrication d'éthanol (alcool éthylique)	24
III.3.1.1. Hydratation indirecte de l'éthylique avec de l'acide sulfurique	24
III.3.1.2. Réhydratation directe de l'éthylène	25
III.3.2. Fabrication d'éthanol à partir de la fermentation des sucres (mélasses)	25
III.4. Bioéthanol	26
III.5. Définition du degré alcoolique	26
Chapitre IV : Résultats et discussion	
IV.1. Conception et réalisation du distillateur	28
IV.1.1. Caractéristiques du distillateur	28
IV.1.2. Principe de fonctionnement	28
IV.1.3. Méthodologie	28
IV.1.3.1. Mesure du degré alcoométrique	29
IV.2. Solution eau-alcool	29
IV.2.1. Effet de concentration en alcool	29
IV.2.1.1. Paramètres météorologiques et grandeurs physiques relatives au distillateur	29
IV.2.2. Effet des conditions météorologiques sur le rendement horaire	31
IV.2.3. Evolution du rendement du distillat au cours du mois de mai 2022	33

IV.3. Solution alcool - Bleu de méthylène – eau	34
IV.3.1 Effet de concentration en Bleu de méthylène	34
IV.4. Solution alcool – NaCl – eau	35
IV.5. Degré alcoométrique des Mélanges étudiés	36
Conclusion	40
Références	42

Introduction

INTRODUCTION

L'Algérie dispose du plus grand gisement solaire du bassin méditerranéen. La durée moyenne d'ensoleillement du territoire algérien dépasse les 2000 heures annuelles, pour atteindre près de 3500 heures d'ensoleillement dans le désert du Sahara.

La multiplication et l'aggravation des états de carence en eau sont en train de prendre mondialement une dimension du premier ordre. Le niveau des nappes phréatiques est en baisse et menace 1,5 milliards d'habitants sur la planète. Il n'est donc pas exclu que l'eau est amenée à devenir un enjeu stratégique international, pouvant engendrer de graves conflits régionaux. En Algérie, à la fin du siècle passé, le déficit inquiétant de cet or bleu a été confirmé par les diverses expertises, il a été conclu que notre pays, entre 2010 et 2025 sera confronté à cette pénurie quasi-endémique.

A cet effet, et pour mieux préserver l'avenir en matière de dégagement et de mobilisation des ressources en eau, l'Algérie a suivi une planification des ressources en eau conventionnelles et même l'utilisation des ressources en eau non conventionnelles, notamment le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres.

Néanmoins, le dessalement nécessite une grande quantité d'énergie dont le coût devient de plus en plus cher. Il paraît, à priori, intéressant d'envisager l'utilisation de l'énergie solaire (distillation solaire) dans le processus de dessalement de l'eau de mer ou des eaux saumâtres, non plus comme un vecteur écologique, mais aussi comme une réelle alternative aux ressources énergétiques.

Dans ce sens, plusieurs études ont été consacrées à la distillation solaire et ayant surtout pour but l'amélioration des performances de différents distillateurs, c'est-à-dire augmenter la quantité d'eau produite par unité de surface et par jour. Cette quantité varie avec la géométrie du distillateur,

Dans ce travail, nous nous sommes intéressées à l'étude de l'effet de quelques paramètres sur la quantité de distillat par énergie solaire simple en utilisant un appareil de distillation réalisé par l'équipe des matériaux carbonés du laboratoire Structure, Elaboration et Application des Matériaux Moléculaires (SEA2M) de l'université de Mostaganem.

Le présent manuscrit se décline en quatre chapitres :

Le premier chapitre présente des généralités sur le soleil et l'énergie solaire (différentes transformations), suivi par une définition du rayonnement solaire et le potentiel solaire en Algérie.

Le deuxième chapitre est consacré à une brève étude bibliographique sur la distillation solaire et explique quelques définitions importantes, sur la distillation solaire et décrit les caractéristiques et le principe de fonctionnement des différents types de distillateur.

Le troisième chapitre donne un aperçu bibliographique sur l'éthanol.

Le quatrième chapitre dépeint les différents résultats obtenus et leurs interprétations au cours du fonctionnement de ce distillateur.

Une conclusion générale est tirée de ce travail.



Chapitre I
Généralités Sur
L'énergie Solaire

I.1.Introduction

Les énergies renouvelables constituent une solution respectueuse de l'environnement, elles permettent d'acquérir une certaine autonomie énergétique et de réaliser des économies à moyen et long terme.

L'énergie solaire est la plus dominante de toutes ces énergies, elle est l'une des plus facilement exploitables. Comme la plupart des énergies douces, elle donne à l'utilisateur la possibilité de subvenir sans intermédiaire à partir de ses besoins.

La connaissance de la position du soleil dans le ciel à tout instant et en tout lieu est nécessaire pour l'étude de l'énergie interceptée, les heures du lever et du coucher ainsi que la trajectoire du soleil dans le ciel au cours d'une journée permettent d'évaluer certaines grandeurs ; cette dernière est l'énergie que dispense le soleil dans son rayonnement, direct ou diffus sur terre. Grâce à divers procédés, elle peut être transformée en une autre forme d'énergie utile pour l'activité humaine, notamment en chaleur, en électricité ou en biomasse.

I.2. Généralités sur le soleil

I.2.1. Le Soleil

Le soleil [1] est la seule étoile du système solaire et la plus proche de la terre, sa lumière met environ 8 mn à nous atteindre.

L'astre soleil est de constitution gazeuse, de forme sphérique de $1,4 \times 10^6$ km de diamètre, sa masse est de l'ordre de 2×10^{30} kg. Il est constitué principalement de 80% d'hydrogène, de 19% d'hélium et le 1% restant est un mélange de plus de 100 éléments ; il est situé à une distance de la terre égale à environ 150 millions de km. Sa luminosité totale, c'est –à-dire la puissance qu'il émet sous forme de photons, est à peu près égale à 4×10^{26} W.

Seule une partie est interceptée par la terre. Elle nous parvient essentiellement sous forme d'ondes électromagnétiques.

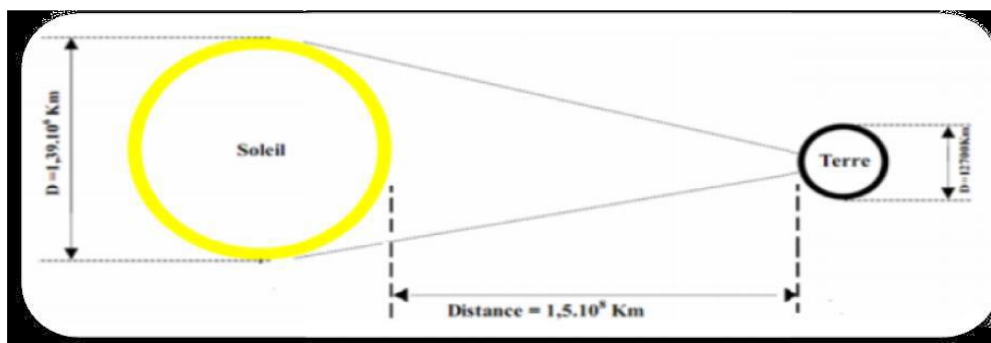


Figure I.1 : Situation terre-soleil [2]

Le soleil est une source immense d'énergie dont le cœur transforme chaque seconde plus de 4 millions de tonnes de matière en énergie. Certaines de ses caractéristiques sont citées dans le Tableau I.1.

Tableau I.1 : Caractéristique du soleil [3]

Soleil	Demi -grand axe de l'orbite de la terre	Magnitude apparente	Magnitude absolue		
	149 597 870 km	-26,8	4,83		
Caractéristiques orbitales	Distance du centre de la voie lactée	Période galactique	vitesse		
	$2,50 \times 10^{17}$ Km (8700 pc)	$2,26 \times 10^8$ années	217 km		
Caractéristiques physiques	Diamètre moyen	Aplatissement aux pôles	surface	Volume	Masse
	1392000 km	9×10^{-6}	$6,09 \times 10^{12}$ km ²	$1,41 \times 10^{18}$ km ³	$1,989 \times 10^{30}$ kg
Masse volumique	Moyenne	Au centre	Gravité la surface	Vitesse de libération	
	1408 kg. m ⁻³	150000 kg. m ⁻³	273,95 m. s ⁻²	617,54 km /s	
Température	Au centre	A la surface	Couronne	Flux énergétique	Type spectral
	15,1 MK	5750 K	5 MK	$3,826 \times 10^{26}$ W	G2 - V
Rotation	Inclination de l'axe écliptique	Inclination de l'axe plan galaxie	Vitesse, latitude 0°		
	7,25°	6,23°	7008,17 km.h ⁻¹		
Période de rotation	Latitude 0°	Latitude 30°	Latitude 60°	Latitude 75°	Moyenne
	24 j	28 j	30,5 j	31,5 j	27,28 j

I.2.2 Carte d'identité du soleil [4]

L'étude astrophysique du soleil conduit aux valeurs suivantes :

- Masse : 2×10^{30} kg, soit 333432 fois celle de la terre.
- Diamètre : $1,39 \times 10^9$ m, soit 109 fois celui de la terre.
- Densité du soleil : 1400 kg/m^3
- Age de soleil : $4,7 \cdot 10^9$ années.
- Puissance rayonnée par le soleil : $4 \cdot 10^{23}$ W.
- Distance moyenne (d) à la terre : 149 597 870, 7 km.

I.2.3 Constitution du soleil [4]

C'est une sphère non homogène dans laquelle on peut distinguer 4 zones principales : l'intérieur, la photosphère, la chromosphère et la couronne solaire.

a) Intérieur

C'est la source d'énergie du soleil, il est composé de $\frac{2}{3}$ d'hydrogène et $\frac{1}{3}$ d'hélium. La température atteint de l'astre $15 \cdot 10^6$ K.

b) Photosphère

C'est la couche gazeuse qui enveloppe le soleil. Elle est responsable de presque la totalité du rayonnement que la terre reçoit. Elle est mince.

c) Chromosphère

Elle surmonte la photosphère. C'est une couche gazeuse qu'on assimile à l'atmosphère solaire dont l'épaisseur ne dépasse pas 800 km.

d) Couronne

C'est une auréole blanche irrégulière sans limites définies.

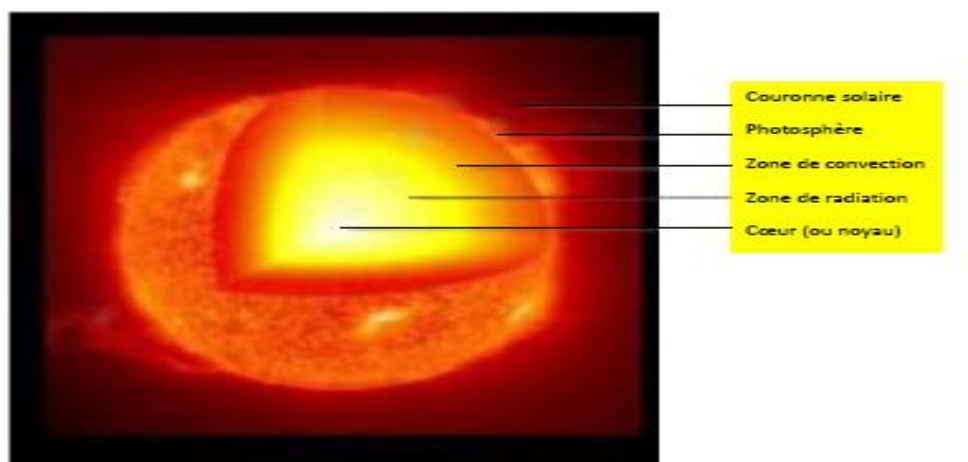


Figure I.2 : Structure du soleil

I.3. Rayonnement solaire [5]

Le rayonnement solaire est l'ensemble des rayonnements émis par le soleil. En plus des rayons cosmiques, particules animées d'une vitesse et d'une énergie extrême élevées, le soleil émet des ondes électromagnétiques dont le spectre s'étend des ondes radio aux rayons gamma, en passant par la lumière visible. Ce rayonnement transporte l'énergie solaire, indispensable à toute vie terrestre.

En effet, une partie du rayonnement solaire est réfléchi par l'atmosphère, une autre partie y est diffusée et le reste atteindra la surface de la terre, formant le rayonnement global qui est le rayonnement solaire restant à disposition à la surface de la terre.

I.3.1. Composantes du rayonnement solaire [6]

a) Rayonnement direct

Le rayonnement direct est la lumière parvenant directement du soleil par ciel clair.

b) Rayonnement diffus

Le rayonnement diffus est le rayonnement émis par des obstacles (nuages, sol, bâtiments) et provient de toutes les directions. La part du rayonnement diffus n'est pas négligeable et peut atteindre 50% du rayonnement global (selon la situation géographique du lieu). Le rayonnement global sur la terre et sa part de rayonnement diffus varie au cours de l'année.

c) Rayonnement global

Le rayonnement global est la somme des rayonnements diffus et direct.

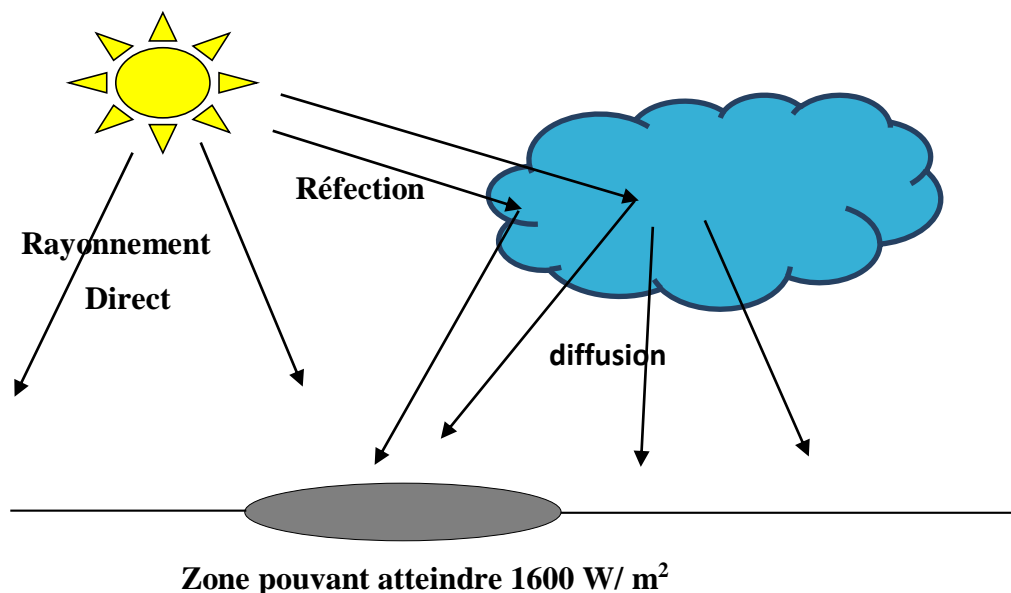


Figure I.3 : les composantes du rayonnement solaire

I.4. Constante solaire [7]

La valeur du rayonnement solaire " I_c ", reçu par une surface perpendiculaire aux rayons solaires placée à la limite supérieure de l'atmosphère terrestre (soit environ 80 km d'altitude) varie au cours de l'année avec la distance Terre/soleil. Sa valeur moyenne « I_0 » appelée constante solaire est de l'ordre de 1354 W.m^{-2} . En première approximation, on peut calculer la valeur de " I_c " en fonction du numéro du jour de l'année " n_j » par la relation suivante [5] :

$$I_c = I_0[1 + 0,033 \times \cos(0,984 \times n_j)]$$

I.5. Gisement solaire en Algérie

Le gisement solaire est un ensemble de données décrivant l'évolution du rayonnement solaire disponible au cours d'une période donnée. Il est utilisé pour simuler le fonctionnement d'un système énergétique solaire et faire un dimensionnement le plus exact possible compte tenu de la demande à satisfaire.

Par sa situation géographique, l'Algérie dispose de l'un des gisements solaires les plus élevés au monde comme le montre la Figure I.4.

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) (Tableau I.2).

L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale est près de $1700 \text{ (kW/h/m}^2)$ /an au Nord et $2263 \text{ (kWh/m}^2)$ /an au Sud.

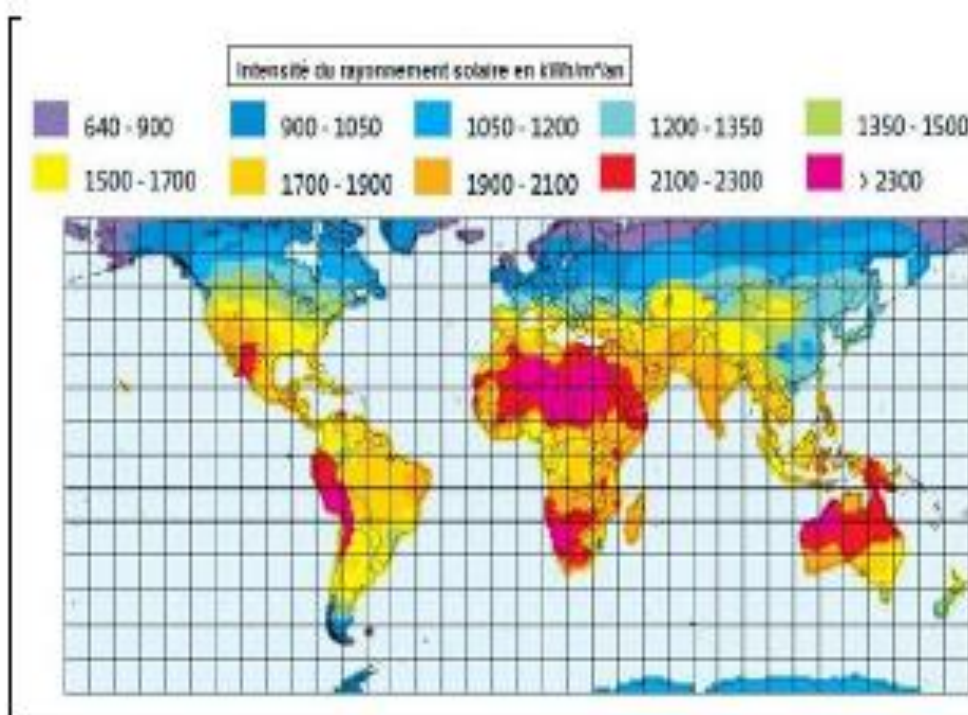


Figure I.4. : Rayonnement solaire annuel dans le monde

Le potentiel en énergie renouvelable le plus important, en Algérie, c'est le solaire. Il est le plus important de tout le bassin méditerranéen :

- 169 440 TWh /an [T] : Téra 10^{12}
- 5000 fois la consommation algérienne en électricité

La répartition du potentiel solaire par région climatique au niveau du territoire algérien est représentée dans le tableau I.2 selon l'insolation reçue annuellement :

Tableau I.2 : Ensoleillement reçu en Algérie par région climatique

Régions	Région côtière	Hauts plateaux	Sahara
Superficie %	04	10	86
Durée moyenne d'insolation h/an	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue kWh/m ² /an	1700	1900	2650

I.6. L'énergie Solaire

I.6.1. L'énergie

Qu'est-ce que l'énergie ? Est-ce une lumière ou une flamme ; pas réellement. Ce ne sont juste que deux formes d'énergie parmi tant d'autres (électrique, chimique, nucléaire, cinétique, gravitationnelle, magnétique, solaire, etc....).

Einstein dans sa fameuse formule, $E = mc^2$ a démontré que toute chose dans l'univers est énergie. La lumière, la chaleur, la matière ne sont qu'énergie dans une forme ou une autre ou en transformation entre plusieurs formes.

I.6.2. L'énergie solaire et ses différentes transformations

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. Il existe deux types d'énergie solaire passive et active :

I.6.2.1. Energie solaire passive

C'est une énergie disponible et non polluante. Elle est utilisée directement sous forme de chaleur ou pour éclairage lorsque la lumière du soleil pénètre à l'intérieur des maisons par les fenêtres et absorbée par les murs, planchées, meubles etc.

I.6.2.2. Energie solaire active

On l'utilise après la transformation de l'énergie solaire. Il existe trois options de l'énergie solaire active :

- *L'énergie solaire thermique* : En utilisant l'effet ondulatoire des photons, les capteurs solaires photo-thermiques transforment le rayonnement solaire en chaleur.
- *L'énergie solaire photovoltaïque* : En utilisant l'effet corpusculaire des photons, la lumière du soleil excite les électrons des matériaux semi-conducteurs qui composent la cellule photovoltaïque tels que le silicium pour produire de l'électricité.
- *L'énergie solaire Thermodynamique (ou mécanique)* : Elle concerne les appareils qui transforment un rayonnement (ou une chaleur) solaire directement en énergie mécanique ou électrique. Le solaire mécanique est une technique très particulière, car chaque moteur solaire a des caractéristiques singulières. Il est donc très difficile, contrairement aux deux autres utilisations solaires, de présenter un principe de fonctionnement. Les moteurs solaires ont un seul point commun : La concentration de l'énergie solaire via des concentrateurs solaires (héliostats, miroirs, etc.) (voir Figure I.5)



Figure I.5. : Centrales thermodynamiques [3]

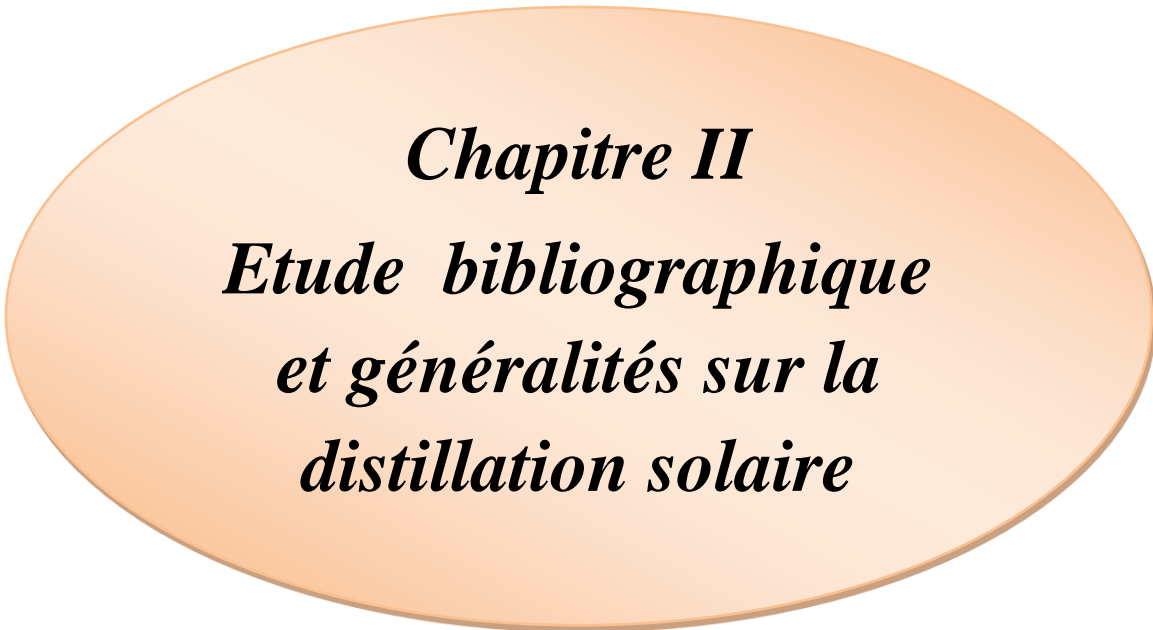
I.6.3. L'Energie solaire photo-thermique et ses différentes applications

Comme cela a été défini plus haut, l'énergie solaire thermique est la transformation du rayonnement solaire en chaleur par des capteurs solaires photo-thermiques. Le principe consiste à capter le rayonnement solaire et à redistribuer cette énergie selon son application, soit par le biais d'un fluide caloporteur (eau, liquide antigel ou air), soit par l'absorbeur directement.

Le capteur solaire thermique se compose en général d'un absorbeur (bon conducteur de chaleur) peint en noir (pour augmenter l'absorption de l'énergie solaire) placé dans un coffrage isolé thermiquement (pour diminuer les pertes de chaleur) en face arrière et recouvert d'un vitrage en face avant pour créer un effet de serre qui fait augmenter son rendement. C'est à la surface de l'absorbeur que le rayonnement solaire se convertit en chaleur.

Parmi les applications de l'énergie solaire thermique, on peut citer :

- La production d'eau chaude : chauffe-eau solaire
- Le chauffage des maisons : La maison solaire
- Le chauffage de l'eau des piscines
- Le séchage des récoltes : Le séchoir solaire
- La réfrigération par absorption : Le réfrigérateur solaire
- Le dessalement ou la distillation des eaux usées ou saumâtres : Le distillateur solaire
- Les étangs solaires pour produire de l'énergie
- La cuisson des aliments : La cuisson solaire, etc.



Chapitre II
Etude bibliographique
et généralités sur la
distillation solaire

II.1. Introduction

La distillation est une technique de séparation des constituants d'un mélange liquide. Cette méthode de séparation repose simplement sur le fait, qu'en général, la vapeur en équilibre avec un liquide qui lui a donné naissance, est plus riche en composé le plus volatil. Il sera d'autant plus facile de séparation les composés d'un mélange que leurs volatilités sont différentes.

La distillation est une opération très ancienne dont la première application la plus connue est la fabrication d'alcool à l'aide d'alambic. De nos jours, la distillation est encore la technique de séparation la plus largement utilisée bien qu'elle soit très énergivore : il est important de se rappeler que l'obtention d'une phase vapeur nécessite l'apport d'énergie afin d'obtenir l'ébullition du liquide. La consommation énergétique de l'ensemble des industries chimiques et pétrochimique est consacrée à la distillation. Toutes améliorations technologiques, visant à réduire la consommation énergétique des opérations de distillation, sont donc fortement recommandées.

II.2. Définition

La distillation est la principale opération unitaire utilisée industriellement pour la séparation et la purification des mélanges de constituants chimiques. Les plus grands utilisateurs de ce procédé sont les industries du pétrole, agroalimentaire et pharmaceutique.

La distillation est un procédé de séparation consistant à chauffer un liquide jusqu'à ce que ses constituants les plus volatils-ceux qui ont le point d'ébullition le plus bas passent en phase vapeur, cette dernière étant ensuite condensée pour récupérer les constituants devenus liquide.

II.3. Procédés de distillation

Les procédés les plus utilisés et qui sont susceptibles d'être couplés à une source d'énergie solaire sont [8] :

- Les procédés à distillation classique tel le procédé à Multi-étage flash, à compression de vapeur.
- La distillation solaire directe à effet de serre qui consiste en un procédé proprement solaire.

II.4. Types de distillateur solaire

Il existe plusieurs types de distillateur solaire utilisant le même principe de fonctionnement, mais ils peuvent être différents en termes de conception et en termes de matériaux utilisés par rapport à l'état physique de la solution.

II.4.1. Distillateurs à simple effet (SED)

Ce sont les distillateurs les plus utilisés dans le monde, le distillateur est constitué d'un bassin peint en noir pour capter le maximum de radiation solaire, rempli d'eau et couvert d'une vitre transparente aux rayons ; cette dernière est inclinée pour que la vapeur condensée dans sa face intérieure coule vers une gouttière qui placée en bas, généralement ce type est simple à construire et à maintenir mais son efficacité reste inférieure à celle d'un distillateur à multiple effets [9, 11].

Dans ce type on peut citer :

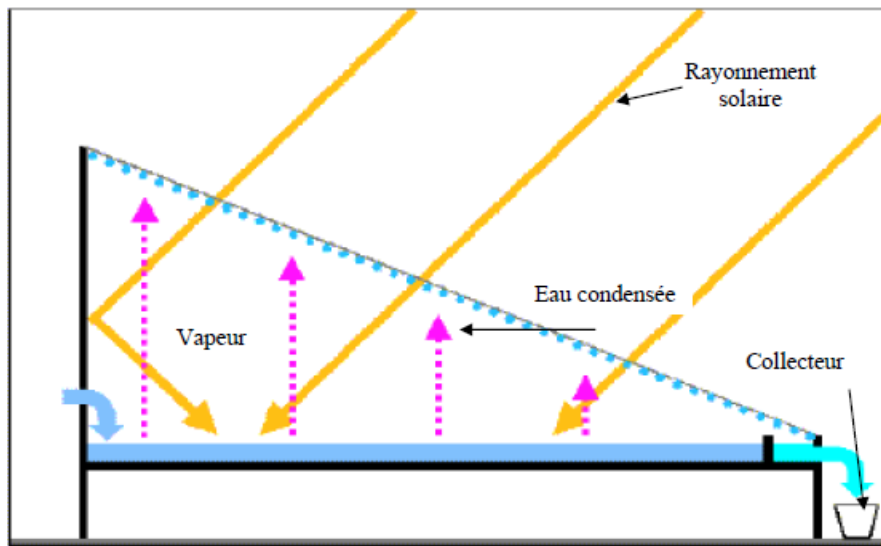


Figure II. 1 : Distillateur à simple effet (SED)

II.4.2. Distillateur à pente unique

C'est un distillateur à capteur unique incliné d'un angle 10° , il est appelé aussi distillateur simple.

C'est le prototype (Figure II.2) utilisé durant nos expériences, généralement sa production est faible comparée avec les autres types de distillateurs à multiple effets, mais il est très souple vue son simple entretien et la facilité de son démontage et de son assemblage. [12]

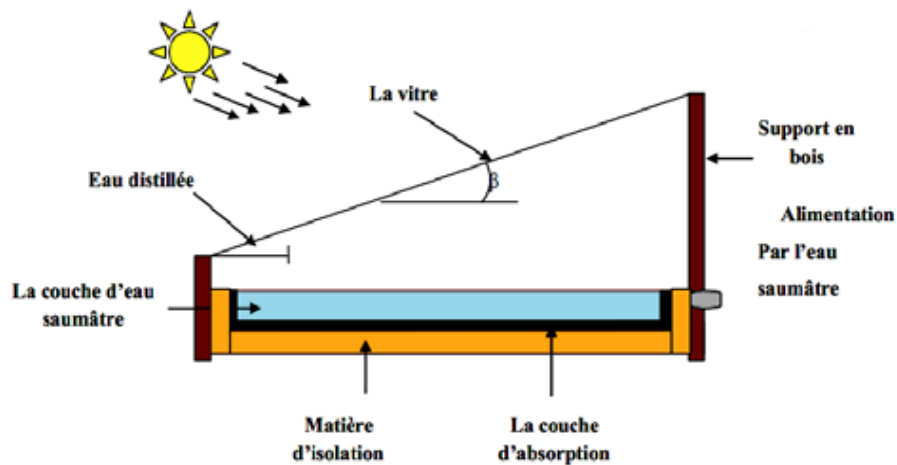


Figure II.2. : Distillateur solaire simple à pente unique

I.4.3. Distillateur à double pente

C'est un distillateur simple mais à double couverture verrière où chacune d'elles est inclinée d'un angle 10° , son avantage est d'exposer l'un de ses cotés au soleil et l'autre à l'ombre pour accélérer la condensation [12] (Figure II.3).

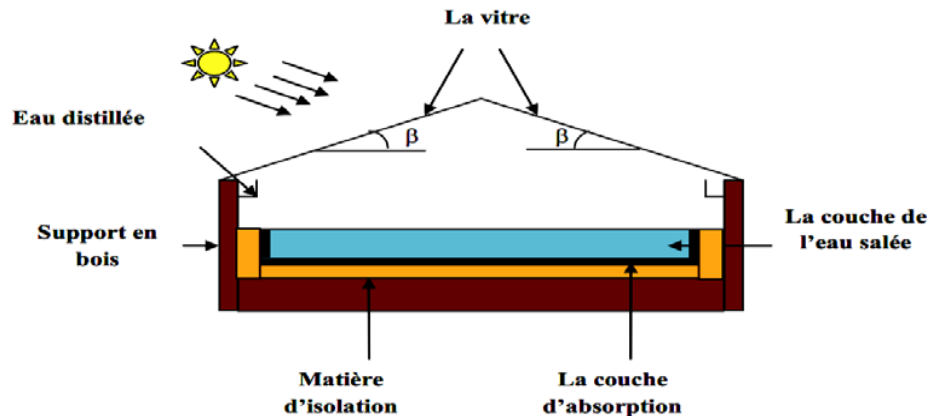


Figure II.3. : Distillateur solaire simple à double pente

II.4.4. Distillateur solaire terre-eau

De grandes quantités d'humidité sont accumulées dans la terre durant la saison froide, de même dans les zones arides. Pour exploiter cette hydrologie naturelle, on utilise le distillateur solaire terre-eau (Figure II.4). Il est similaire à celui de l'effet de serre, sauf que le sol remplace le bassin noir.

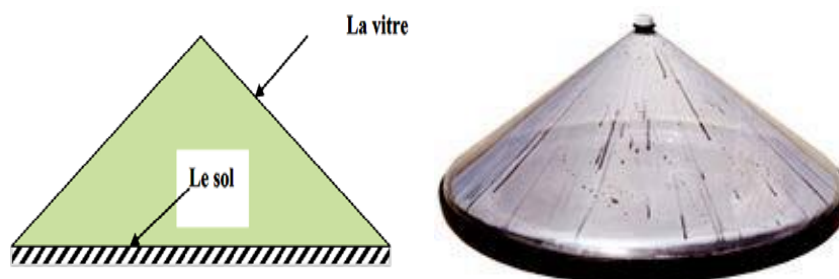


Figure II.4 : Distillateur solaire terre-eau

II.4.5. Distillateur sphérique à balayage

C'est un distillateur en plexiglas par exemple (Figure II.5), composé de trois parties principales ; une demi-sphère supérieure qui transmet le rayonnement solaire d'une part et joue le rôle de surface de condensation d'autre part, une demi-sphère inférieure qui récupère le distillat et un bac horizontal en métal noir contenant l'eau à distiller qui se trouve dans le plan médian.

Un essuie-glace, entraîné par moteur électrique, permet de maintenir la surface de condensation au rayonnement et d'assurer un drainage rapide des gouttelettes. Le principe de fonctionnement est similaire à celui du distillateur plan [13].

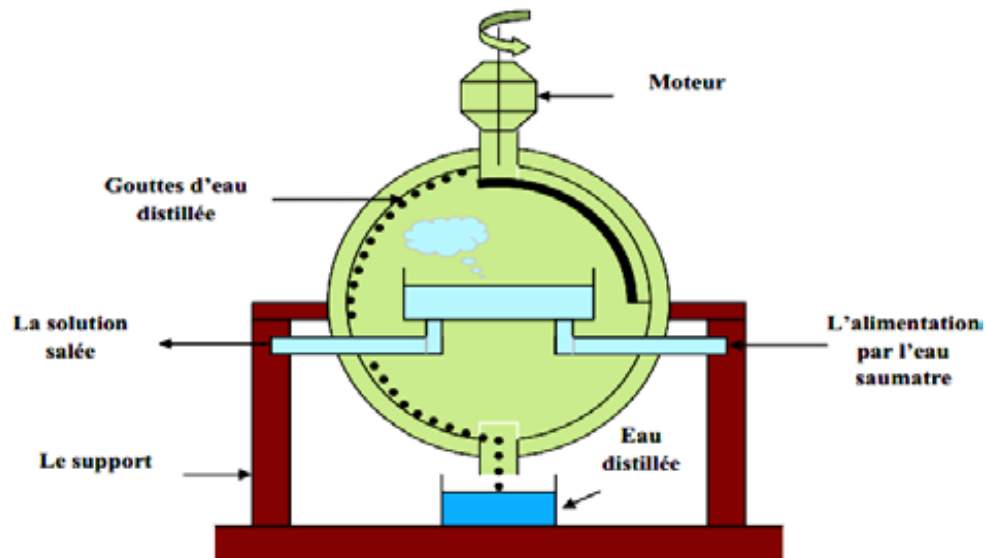


Figure II.5. : Distillateur solaire sphérique à balayage

II.4.6. Distillateur solaire incliné à cascades

Un distillateur solaire à cascades (Voir Figure II.6) est constitué d'une capacité étanche sur montée d'une vitre. Le même principe appliqué dans un distillateur plan, sauf que l'absorbeur a une forme en cascade. Le liquide est versé dans le distillateur et se répartit sur plusieurs petits bassins, on remarque que si la masse d'eau est faible, l'eau s'échauffe plus rapidement et s'évapore [14].

Cet appareil présente deux avantages : la lame d'eau est très faible et l'orientation par rapport au rayonnement incident se rapproche davantage de l'optimum.

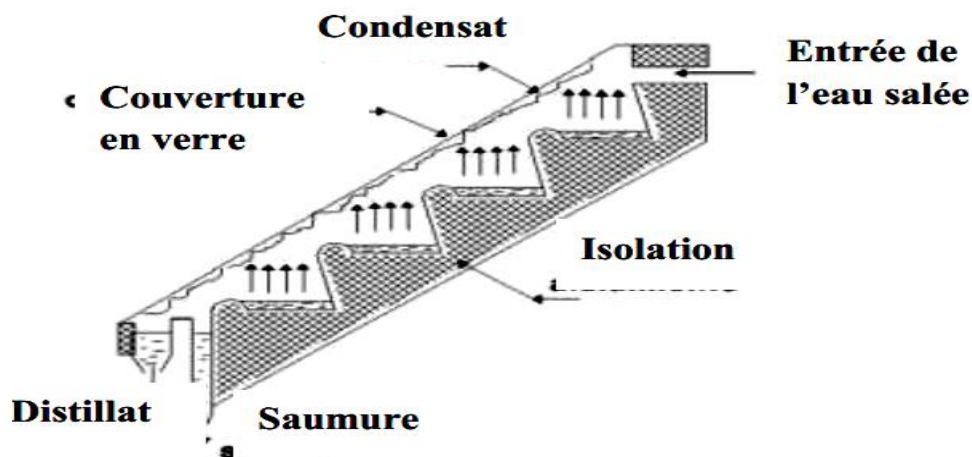


Figure II.6. Distillateur solaire incliné à cascades

II.4.7. Distillateur solaire à film capillaire

Le distillateur est incliné d'un angle (réglable), l'eau salée entre avec un débit très réduit en mouillant un tissu placé au verso d'une plaque métallique noircie et exposée aux rayonnements solaires.

L'eau chauffée à travers la plaque, s'évapore et se condense sur la plaque inférieure en libérant sa chaleur de condensation à l'étage inférieure et ainsi de suite [15].

Ce distillateur (Figure II.7.), est composé des éléments suivants : le capteur – évaporateur, le condenseur et l'alimentation. La première cellule capte le rayonnement solaire qui passe à travers la couverture. La vapeur se condense sur la paroi opposée et la chaleur dégagée par cette condensation permet l'évaporation du film qui ruisselle sur l'autre face de cette même paroi [16].

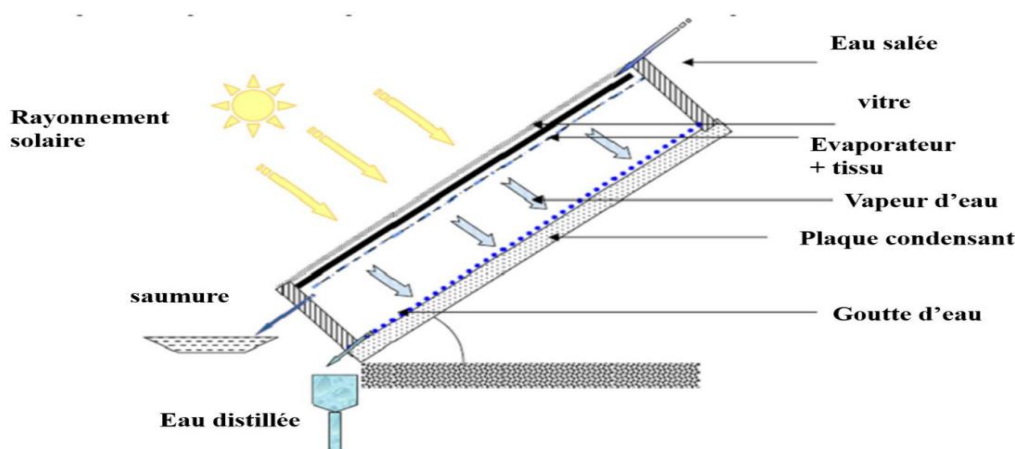


Figure II.7. : Distillateur solaire à film capillaire (DIFICAP)

II.4.8. Distillateur incliné à matière poreuse noire

Il est appelé aussi distillateur à mèche (Figure II.8.), où l'eau d'alimentation coule lentement à travers une garniture poreuse qui absorbe le rayonnement. La mèche peut être inclinée de sorte que l'eau d'alimentation, en faible quantité, présente un meilleur angle avec le soleil. Elle est également chauffée plus rapidement et à une température élevée. Ces distillateurs sont considérés plus efficaces que ceux à bassin [15].

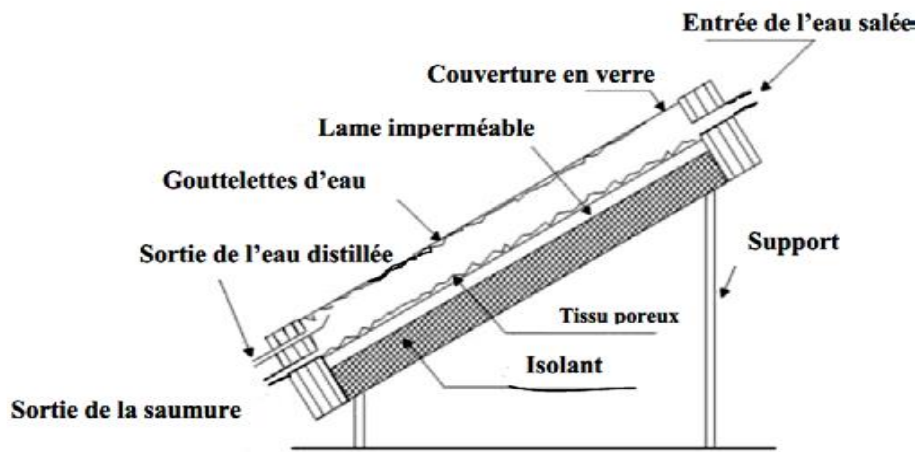


Figure II.8. : Distillateur incliné à matière poreuse noire

II.4.9. Distillateur vertical

Le distillateur solaire vertical est composé (Figure II.9) [16] :

- d'un capteur solaire permettant la captation du rayonnement solaire,
- d'un compartiment d'évaporation,
- d'un compartiment de condensation.

La Figure II.9. présente le principe de fonctionnement du distillateur vertical. Le distillateur est alimenté par le liquide à partir d'un réservoir (1), le distillateur est connecté au réservoir à l'aide d'un tube en cuivre (2), le débit à l'entrée du distillateur est régulé à l'aide d'une vanne (3). La position du réservoir d'alimentation permet l'alimentation du distillateur par un débit constant.

Un distributeur (4), muni de perforations sur la longueur, permet la distribution de l'eau en film sur le tissu spongieux (5), l'eau ruisselle sur le tissu, et la saumure est évacuée en bas (6).

L'eau qui s'écoule derrière l'absorbeur (7), s'évapore dans le compartiment d'évaporation, le mélange d'eau et d'air à l'intérieur saturé en vapeur d'eau circule naturellement à travers les deux ouvertures (8) réalisées dans une cloison isolée vers le compartiment de condensation (9), et la vapeur se condense au contact de la plaque de condensation à l'arrière du distillateur. La collecte de l'eau se produit dans la gouttière (Figure I.9.) située en dessous de la plaque de condensation.

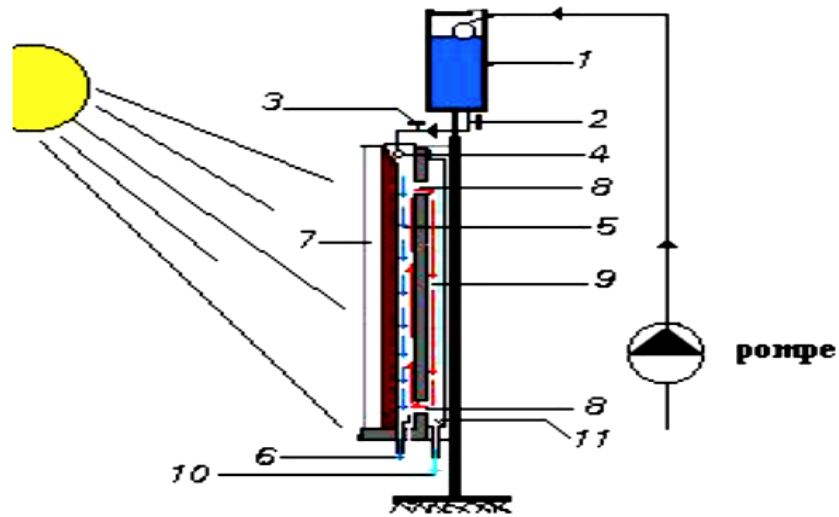


Figure II.9. : Schéma d'un distillateur solaire vertical

II.4.10. Distillateur solaire à effet multiples

Dans ce type de distillateur, il existe plusieurs évaporateurs en série que l'on appelle effets (Figure II.10.). L'eau évaporée du premier effet se condense au niveau du deuxième effet et l'énergie libérée par la condensation est consommée pour évaporer l'eau qui s'y trouve. Le troisième évaporateur, joue le rôle de condenseur pour les vapeurs issues du second effet et ainsi de suite. Cependant, plus l'écart de température n'est faible, plus la surface d'échange assurant le transfert d'énergie doit être grande. L'investissement est donc un peu plus important. La multiplication du nombre d'effets permet donc de réduire la consommation spécifique (énergie/m³ d'eau douce) [15].

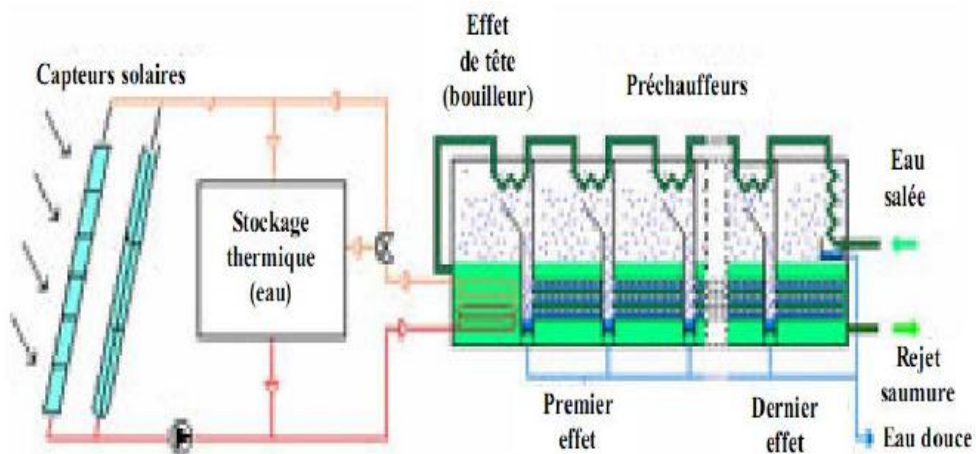


Figure II.10. : Distillateur solaire à effet multiple [17].

II.5. Paramètres influant sur un distillateur solaire

On peut classer les paramètres qui influent sur le fonctionnement du distillateur comme suit :

II.5.1. Paramètres météorologiques

II.5.1.1 Intensité du rayonnement solaire

Le rayonnement solaire incident est le paramètre le plus important ; la production de distillat dépend du rayonnement solaire global. C'est le facteur essentiel dans cette étude. C'est une énergie rayonnante d'onde de courte longueur (0,17 à 4 μm). Plusieurs études montrent que l'irradiation globale reste le paramètre le plus influent sur les caractéristiques de fonctionnement d'un distillateur solaire.

II.5.1.2. Température ambiante

La productivité du distillateur augmente légèrement avec l'augmentation de la température ambiante.

II.5.1.3. Vitesse du vent

Si la vitesse du vent augmente au-dessus du distillateur, il y a diminution de la température de la vitre et par conséquent, une légère augmentation de la productivité. Dans notre partie expérimentale, on n'a pas tenu compte de la vitesse du vent parce que notre distillateur se trouvait dans un endroit protégé par de hauts arbres.

II.5.2. Paramètres externes

- Paramètres d'enseillement.
- Paramètres météorologiques (la vitesse du vent et couverture nuageuse).

II.6. Avantages et les inconvénients des distillateurs solaires

a. Avantages

- ✓ Une technique facile, à petite échelle, et rentable pour fournir l'eau potable dans les maisons ou dans les petites communautés.
- ✓ La production d'eau distillée.
- ✓ La simplicité dans la conception.
- ✓ Aucune pièce mobile (pompes, moteurs, etc.) sont tenus de faire fonctionner l'unité en mode passif de l'opération.
- ✓ Pas de sources conventionnelles d'énergie nécessaires, ce qui contribue à réduire la pollution de l'environnement car cela nécessite uniquement l'énergie solaire, qui est renouvelable et non polluante.

b. Inconvénients

Toutefois, un distillateur solaire a quelques inconvénients, qui limitent parfois l'utilisation de cette technique à grande échelle de production ; à savoir :

- ✓ La vulnérabilité aux dommages dus aux conditions météorologiques.
- ✓ Faible rendement.
- ✓ Une technologie moins demandée aux marchés.
- ✓ Le faible taux d'intérêt des fabricants.
- ✓ La surface d'absorption est en permanence horizontale au lieu de continuellement face aux rayons du soleil pour la récolte optimale.
- ✓ La surface de condensation est également celle à travers laquelle les rayons du soleil incidents passent. Cette surface est plus ou moins chaude, car elle absorbe le rayonnement solaire.
- ✓ Une faible efficacité.



Chapitre III
Aperçu bibliographique
sur l'éthanol

III.1. Introduction

La distillation extractive à l'éthylène glycol représente l'alternative la plus compétitive pour la production d'éthanol anhydre.

III.2. Définition l'alcool éthylique

L'alcool éthylique est un liquide incolore, inflammable et volatil obtenu par distillation après fermentation de végétaux ou par synthèse. Il est principal ingrédient des boissons alcoolisées. Sa consommation entraîne une dépendance.

la formule semi – développée $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$

Formule : $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

Masse volumique : 789 kg/m^3

Masse molaire : $46,07 \text{ g/mol}$

Point d'ébullition : $78,37 \text{ }^\circ\text{C}$

Point de fusion : $-114,1 \text{ }^\circ\text{C}$

Nom : Ethanol

Volume : $298,57 \text{ A}^3$

Densité : $0,7893$

III.3. Fabrication de l'alcool

III.3.1. Fabrication d'éthanol (alcool éthylique)

III.3.1.1. Hydratation indirecte de l'éthylique avec de l'acide sulfurique

L'hydratation de l'éthylène est la plus importante source commerciale d'éthanol. L'éthanol a été fabriqué pour la première fois de cette manière, en 1930, aux États-Unis d'Amérique.

Le procédé utilisé était le procédé d'hydratation indirecte ou le procédé à l'acide sulfurique. Dans ce processus, l'acide sulfurique concentré absorbe l'éthylène, les sulfates l'hydrolysent en éthanol.

L'absorption a lieu dans un acide à une concentration comprise entre 94% et 98%, à une température comprise entre 17 et 35 atm.

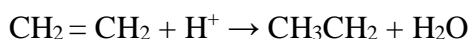
Une augmentation de la température ou une augmentation de la concentration en acide entraîne un taux d'absorption plus élevé, mais en même temps, cela provoque davantage de réactions secondaires. La phase d'absorption d'eau résultante est prolongée de telle manière que la force acide finale après hydrolyse soit d'environ 50% et que la température pendant l'hydrolyse soit comprise entre 60 et 100 degrés Celsius.

Le rendement en éthanol est d'environ 90%. L'un des inconvénients de cette méthode est la formation d'énormes volumes de soufre expansé, la nécessité de le reconcentrer ajoute une somme d'argent. Substantielle au capital du procédé et aux coûts d'exploitation (notamment les coûts énergétique). Procédé de fabrication d'éthanol par réhydratation directe.

III.3.1.2. Hydratation directe de l'éthylène

L'hydratation directe de l'éthylène, en phase vapeur, a été utilisée commercialement pour la première fois en 1947 et, depuis le début de son utilisation, ce procédé présente des avantages décisifs par rapport au procédé à l'acide sulfurique en ce qu'il ne comporte qu'une seule phase et ne nécessite pas beaucoup d'énergie pour reconcentrer l'acide.

Mais la question du choix économique entre ces deux opérations reste en suspens pour de nombreuses raisons. Le processus d'hydratation est réalisé sur un milieu solide appelé milieu acide phosphoreux et comprend la pyrogénéation de l'éthylène suivie de la réaction de l'eau et du chlore éthylique résultant :



Des réactions secondaires peuvent se produire conduisant à la formation d'éther d'éthylique et de polymères d'éthylène inférieurs.

L'hydratation est exothermique et réversible :



Les basses températures, la haute pression et la forte concentration en eau favorisent la conversion élevée en éthanol, à l'équilibre, dans la réaction entre des quantités équimolaires d'éthylène et d'eau.

Pour que la vitesse de réaction sur le milieu solide d'acide phosphoreux soit acceptable, une température de réaction proche de 300°C doit être utilisée.

A cette température et pression atmosphérique, la conversion en éthanol dans la réaction est faible. La pression utilisée est généralement proche de 70 atm.

III.3.2. Fabrication d'éthanol à partir de la fermentation des sucres (mélasses)

L'éthanol est produit dans les sucreries à partir des restes de betterave à sucre, appelée mélasse, qui est la bagasse restant après avoir pressé la canne à sucre, appelée mélasse, qui est la bagasse restant après avoir pressé la canne à sucre, et la mélasse se compose de saccharose, de glucose et de fructose à hauteur de 50 à 55%.

III.4. Bioéthanol

Le bioéthanol ou agro éthanol : est un biocarburant utilisable dans certains moteurs à essence. Le terme bioéthanol est un amalgame entre le préfixe bio du grec bios, vie vivante et du terme l'éthanol. Le préfixe bio indique que l'éthanol est produit à partir de matière organique (biomasse) et n'a pas de lien avec le terme « bio » généralement utilisé pour désigner l'agriculture biologique. Le préfixe « bio » est donc contesté dans certains pays vecteur énergétique issu de l'agriculture ou des déchets de l'industrie forestière et appartenant à la famille des énergies renouvelables. Cet éthanol d'origine végétale n'est rien d'autre que de l'alcool éthylique, le même que celui que l'on trouve dans toutes les boissons alcoolisées

III.5. Définition du degré alcoolique

Le degré d'alcool ou degré alcoolique ou titre alcoométrique volumique dans un liquide désigne le pourcentage du volume d'alcool par rapport au volume total de liquide à la température de 20 °C. On peut mesurer le degré alcoolique à l'aide d'instruments divers dont les densimètres électroniques, les aéromètres, les hydromètres et les pycnomètres. Dans notre cas, nous avons utilisé un hydromètre, schématisé sur la Figure III.1. L'hydromètre consiste en un cylindre creux, lesté (plomb par exemple) et gradué, qui s'enfonce plus ou moins dans le liquide selon sa densité. On lit directement la densité du liquide dans lequel il est plongé sur la graduation présente à la surface libre [18].



Figure III.1. : Hydromètre dans une éprouvette



Chapitre IV
Résultats et discussion

IV.1. Conception et réalisation du distillateur

IV.1.1. Caractéristiques du distillateur

Le distillateur solaire utilisé dans cette étude a été conçu et réalisé par Messieurs le professeur Benderdouche enseignant au département Génie des procédés université de Mostaganem et Dr Mana enseignants à l'école supérieure d'agronomie de Mostaganem et M. Nadir ingénieur de laboratoire au même établissement.

Le distillateur étudié est composé des éléments suivants

:

- Une couverture
- Un absorbeur
- Un isolant thermique
- Un scellement
- Deux gouttières



Figure IV.1.: Schéma du distillateur

IV.1.2. Principe de fonctionnement

L'eau est ajoutée manuellement ou de façon automatique par un système à flotteur. L'énergie solaire traversant les deux vitres externe et interne de l'enceinte du distillateur fait chauffer la solution de haut- alcool jusqu'à son point d'évaporation. La vapeur d'eau produite se condense sur la face interne de la vitre relativement plus froide. Celle-ci en pente légère, conduit ensuite alcool vers une gouttière liée à un récipient de stockage.

IV 1.3. Méthodologie

La méthode consiste à étudier l'effet des paramètres suivants sur le rendement de l'appareil en nombre de litres par mètre carré par heure pendant la durée d'ensoleillement :

- Effet de la concentration d'alcool
- Effet de l'addition du Bleu de Méthylène
- Effet de l'addition du chlorure de sodium

Les résultats sont exprimés en ml/h.m^2 (millilitres par mètre carré par jour). Les Tableaux regroupent les résultats obtenus en exprimant le rendement avec la relation suivante :

$$\text{RH} = V (\text{ml}) / S (\text{m}^2) \cdot h$$

RH : Rendement horaire (ml/h.m^2)

V : Volume de distillat (nombre de litre) (ml)

S: Surface (m^2); $S = 0,41 \text{ m}^2$

H: Heure

IV.1.3.1. Mesure du degré alcoométrique

Dans une éprouvette de 50 ml (Voir Figure III.1), on place le distillat et on lit la valeur avec un densimètre (hydromètre) qui contient du plomb au fond et on mesure la température de distillat avec un thermomètre.

Alternativement, nous avons essayé de déterminer le degré alcoolique par la méthode du permanganate de potassium. Cette méthode consiste en un dosage en retour du permanganate restant après avoir oxydé l'alcool éthylique présent dans une solution. Nous avons commencé par établir la courbe d'étalonnage. Malheureusement, cette méthode n'a pas fonctionné correctement et n'a pas donné des valeurs exactes pour des solutions étalon d'alcool. Nous nous sommes contentées de la mesure par hydrométrie.

IV.2. Solution eau- alcool

IV.2.1. Effet de la concentration eau- alcool

IV.2.1.1. Paramètres météorologiques et grandeurs physiques relatives au distillateur

Les conditions météorologiques telles que la température ambiante ($T_{\text{amb}} \text{ } ^\circ\text{C}$), l'humidité (Humid%), le refroidissement éolien (R-éolien), la vitesse de vent (V-vent(km/h)) et la direction du vent (D-vent), le point de rosée (P- rosée), la couverture nuageuse (C-nuag), le rendement (ml/h.m^2), la pression (hpa) ainsi que les paramètres physiques du distillat comme le volume (ml), la production horaire ($\text{RH}(\text{ml/m}^2 \cdot \text{h})$), et degré alcoolique sont enregistrés pour chaque heure d'ensoleillement. Parmi les résultats obtenus, seulement ceux de la journée du 19 Mai 2022 sont exposés au Tableau N°VI.1 et du 23 Mai 2022 au Tableau N°VI.2.

Nous avons choisi particulièrement ces jours pour la distillation de la solution eau-alcool à deux concentrations différentes, à savoir, 5% et de 10% en raison des conditions météorologiques favorables. Notons bien qu'on s'est servi d'une application dans le Smartphone pour déterminer ces conditions météorologiques.

Durant ces journées, un volume de 3000 ml d'une solution de eau-alcool a été introduit dans le distillateur fonctionnant depuis 8 h du matin jusqu'à 18 h. En vue d'une amélioration de la capacité de distillation du dispositif, plusieurs paramètres tels que la hauteur de l'eau dans le plateau, la

concentration de la solution de l'alcool ont été optimisés précédemment, en tenant compte des variations des conditions météorologiques.

a) Solution alcoolique à 5 %

Tableau N°IV.1 : Conditions météorologiques et paramètres physiques du distillat de 5% (2850 ml eau et 150 ml de l'alcool) pour le 19 mai 2022.

T	Tamb (°C)	Humid (%)	Ref-Eolien	V-vent (km/h)	D-vent	P-rosée	C-nuag (%)	P (hPa)	Tvit-ex (°C)	V _D (ml)	R (ml / h. m ²)
9h	23	68	23	5	Sud Oust	16	65	1016	25	0	0
10h	24	62	25	6	Sud Oust	17	57	1016	26	1	0
11h	26	58	26	7	Est Nord	17	46	1016	29	8.5	10,36
12h	26	56	26	8	Nord Oust	17	32	1016	29	40.5	32,92
13h	26	55	27	11	Nord	17	31	1016	30	100	60,98
14h	26	57	26	14	Nord	17	20	1016	30	172	83,90
15h	26	59	26	14	Nord Oust	17	20	1016	34	240	97,56
16h	26	60	25	18	Nord Oust	17	8	1016	29	280	97,56
17h	26	60	25	20	Nord Oust	17	7	1016	27	310	94,51
18h	26	60	26	18	Nord Oust	17	7	1016	25	320	86,72

b) Solution alcoolique à 10 %

Tableau N°IV.2 : Conditions météorologiques et paramètres physiques du distillat de 10% (2700 ml eau et 300 ml de l'alcool) pour le 23 Mai

T	Tamb (°C)	Humid (%)	Ref-Eolien	V-vent (km/h)	D-vent	P-rosée	C-nuag (%)	P (hPa)	Tvit-ex (°C)	V _{Dd} (ml)	R (ml / h. m ²)
9h	23	71	23	18	Oust Sud	18	8	1016	25	0	0
10h	24	71	24	18	Oust Sud	18	8	1016	25	0	0
11h	24	71	25	20	Sud Oust	19	8	1016	26	1	1,21
12h	25	69	25	20	Nord Oust	19	8	1016	27	42	34,14
13h	25	69	25	20	Oust	19	23	1016	29	135	82,31
14h	25	68	25	20	Oust	19	19	1016	31	222	108,29
15h	25	67	25	18	Oust	18	15	1016	30	314	127,64
16h	25	67	25	18	Oust	18	15	1016	28	329	114,63
17h	24	68	24	13	Oust Nord	18	10	1016	28	405	123,47
18h	24	68	24	11	Oust Nord	18	9	1016	22	425	115,17

La Figure IV.2. illustre l'évolution du rendement (production) horaire. L'expérience a été faite pendant une période de 15 jours (du 16 mai jusqu'à 25 mai). Il ressort de l'analyse des résultats que le rendement du distillateur augmente avec le temps. On peut constater que le rendement de 5% à 15 h est de 97,56 ml/m².h pour la journée du 19 Mai 2022 où la couverture nuageuse était de l'ordre de 20% et la température de 26°C. Il passe à 127,64 ml/m².h pour la solution à 10% enregistré le 23 Mai 2022 avec une couverture nuageuse de 15% et une température de 25 C à la même heure. A partir 16 h, on remarque que le rendement commence à s'abaisser dans les deux courbes. Lorsque la concentration augmente le rendement augmente ; on peut conclure que la concentration influe considérablement sur le rendement du distillateur solaire.

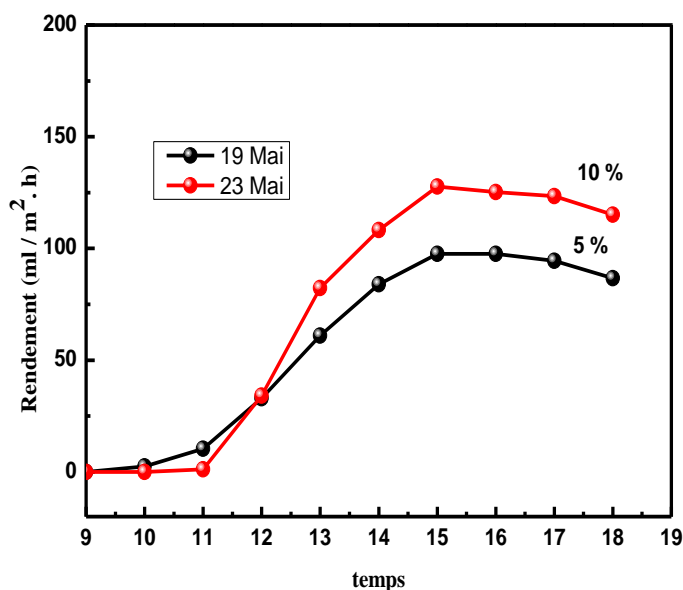


Figure IV.2.: Evolution du rendement horaire du distillateur solaire pour deux solutions d'alcool : à (5%) et de (10%) en fonction de temps d'exposition au soleil

IV.2.2. Effet des conditions météorologiques sur le rendement horaire

a) Température de la vitre externe

La Figure IV.3. représente les évolutions du volume du distillat et de la température de la vitre externe en fonction du temps d'exposition au soleil pour la solution à 10% en alcool. A travers cette figure, on remarque qu'au cours du temps, les deux paramètres évoluent dans le même sens, c'est-à-dire que lorsque la température est élevée, le rendement est relativement élevé.

Entre 10 h et 15 h, la température de la vitre externe passe de 20°C à 34°C et le rendement du distillat passe de 40,65 ml/m².h à 128,2 ml/m².h. Mais à partir de 16 h, cette température commence à s'abaisser, ce qui entraîne une diminution du rendement en distillat.

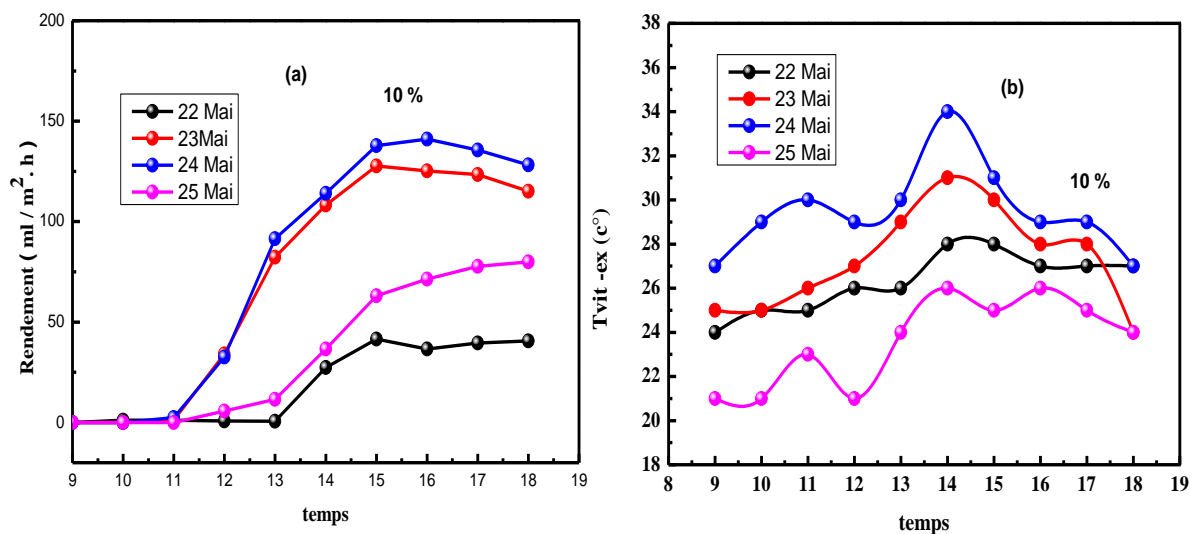


Figure IV.3 : Evolution du rendement horaire (a) et température de la vitre externe (b) en fonction du temps

b) Couverture nuageuse

La figure IV.4 présente l'effet de la couverture nuageuse sur la production totale du distillat. Nous avons sélectionné les résultats correspondant aux journées des 22, 23, 24 et 25 Mai 2022 pour lesquelles, les couvertures nuageuses ont atteint les valeurs maximales de 8 % (la plus faible couverture) et 82% (la plus forte couverture) et aussi avec des conditions opératoires proches (Il est clair, que la couverture nuageuse fait diminuer le rendement du distillat en empêchant une partie des radiations solaires d'arriver à la solution de l'alcool.), nous pouvons constater que lorsque la couverture nuageuse augmente, le rendement de distillat diminue. Pour la journée 24 mai à 15 h passe à 137,8 ml/m².h avec une couverture nuageuse de 15% et une température de 25 °C et à partir de 16 h, on remarque que le rendement commence à s'abaisser et la couverture nuageuse à augmenter.

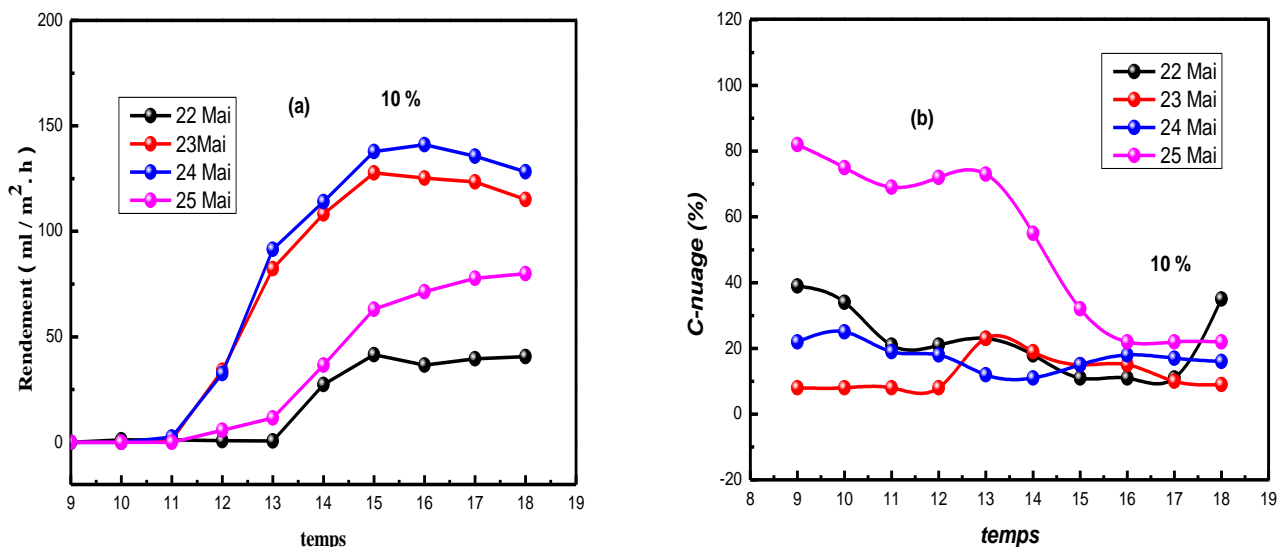


Figure IV.4. : Evolution en fonction du temps d'exposition au soleil : (a) du rendement horaire et (b) de la couverture nuageuse

IV. 2.3. Evolution du rendement du distillateur au cours du mois de mai 2022

La Figure IV.5 montre l'évolution du rendement du distillateur au cours du mois de mai où les conditions météorologiques ont varié considérablement. Nous constatons une augmentation puis une stabilisation du rendement et un fléchissement du rendement pour presque toutes les journées examinées.

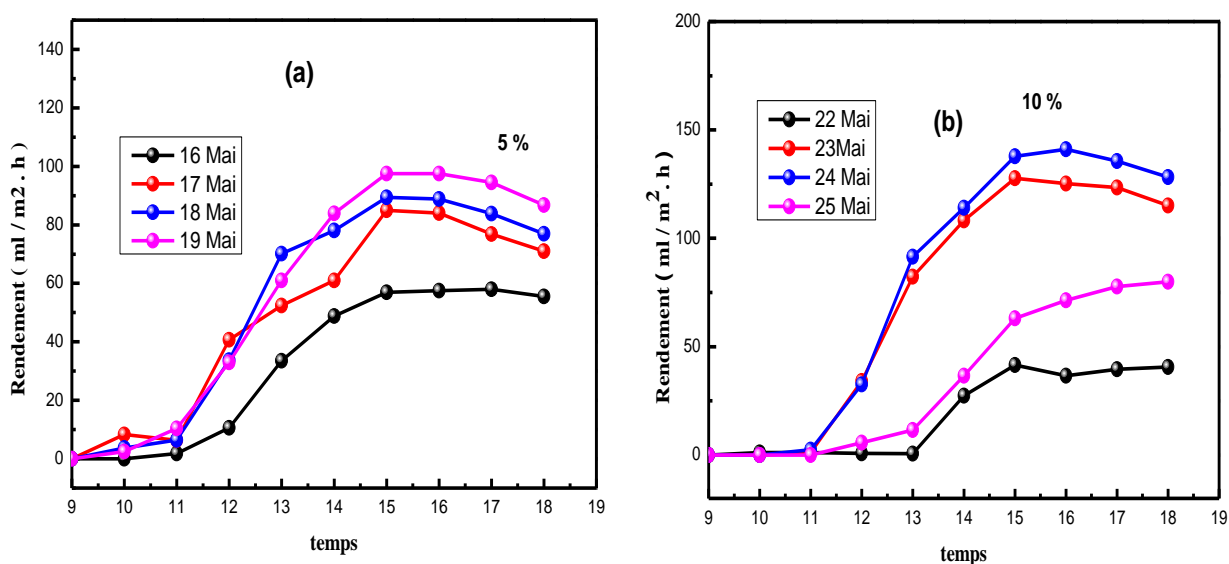


Figure IV.5: Evolution du rendement horaire pour une solution alcoolique à 5%(a) et à 10%(b) en fonction de temps

IV 3. Solution alcool bleu de méthylène-eau

Le tableau suivant présente les valeurs obtenues pour une solution alcoolique à 10% pour la journée du 31 Mai 2022.

Tableau N°IV.3.: Conditions météorologiques et paramètres physiques du distillat de 10% pour la journée du 31 mai 2022

T	Tamb (°C)	Humid (%)	Ref-Eolien	V-vent (km/h)	D-vent	P-rosée	C-nuag (%)	P (hPa)	Tvit-ex (°C)	V _D (ml)	R (ml / h. m ²)
9h	24	63	24	5	Oust Sud	16	20	1016	26	0	0
10h	25	62	25	6	Oust	17	7	1016	28	0	0
11h	26	59	26	8	Sud Oust	17	5	1016	29	6	7,31
12h	26	59	26	11	Nord	18	6	1016	30	70	56,91
13h	26	59	26	12	Nord Oust	18	4	1016	30	200	121,95
14h	26	58	27	12	Nord Oust	18	2	1016	30	280	136,58
15h	26	57	26	14	Nord Oust	17	2	1016	34	409	166,26
16h	26	59	26	14	Nord	17	1	1016	31	515	179,44
17h	25	60	26	12	Nord	17	1	1016	30	559	170,42
18h	25	63	25	12	Nord	17	1	1016	30	660	178,86

IV 3.1. Effet de concentration en bleu de méthylène

La solution d'alcool à 10% a été dénaturée en y ajoutant du Bleu de Méthylène, 0,1 ; 0,2 et 0,3 g/l, respectivement. La Figure IV.6 montre l'évolution du rendement du distillateur pour les trois solutions ternaires considérées.

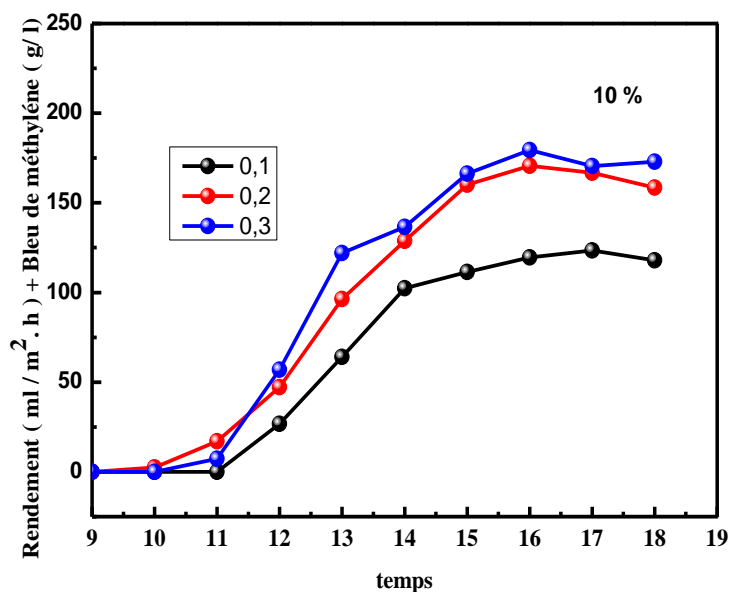


Figure IV.6 Evolution du rendement horaire en fonction de temps pour une solution-alcool-eau – Bleu de méthylène

On constate que le rendement, relativement aux solutions précédentes, a augmenté et que le distillateur a effectivement séparé le Bleu de méthylène du mélange eau-alcool. Ceci est dû à la masse molaire élevée du Bleu de Méthylène (très faible volatilité).

IV 4. Solution alcool- Na Cl-eau

Le Tableau suivant montre les conditions météo pour les journées du 23 mai et 1^{er} juin 2022 pour la distillation d'une solution alcoolique contenant du chlorure de sodium à 10%.

Tableau N°IV.4: Résultats obtenus pour une solution alcoolique contenant du chlorure de sodium à 10% pour les conditions météorologiques du 23 mai et 1^{er} juin 2022

heure	Journée du 23 Mai 2022				Journée du 1 Juin 2022 (Na Cl)			
	Rendement horaire (mL/h.m ²)	C-nuage (%)	Tvit-ex (°C)	V-vent (km/h)	Rendement horaire (mL/h.m ²)	Cnuage (%)	Tvit-ex (°C)	V-vent (km/h)
9h	0	8	25	18	0	1	24	12
10h	0	8	25	18	0	1	30	8
11h	1,21	8	26	20	12,19	1	28	10
12h	34,14	8	27	20	60,97	0	28	12
13h	82,31	23	29	20	107,92	16	30	13
14h	108,29	19	31	20	151,21	12	30	16
15h	127,64	15	30	18	164,63	12	30	17
16h	114,63	15	28	18	181,18	8	31	17
17h	123,47	10	28	13	172,25	7	28	13
18h	115,17	9	24	11	154,47	6	27	11

La Figure IV.7 montre clairement la différence en rendement pour les deux cas. Le rendement du distillateur en alcool-eau est nettement supérieur pour la solution contenant du chlorure de sodium. Ceci peut être expliqué par le fait que le sel augmente la volatilité relative de la solution alcool-eau, ce qui peut être utilisé avantageusement lorsqu'on veut augmenter le rendement en alcool.

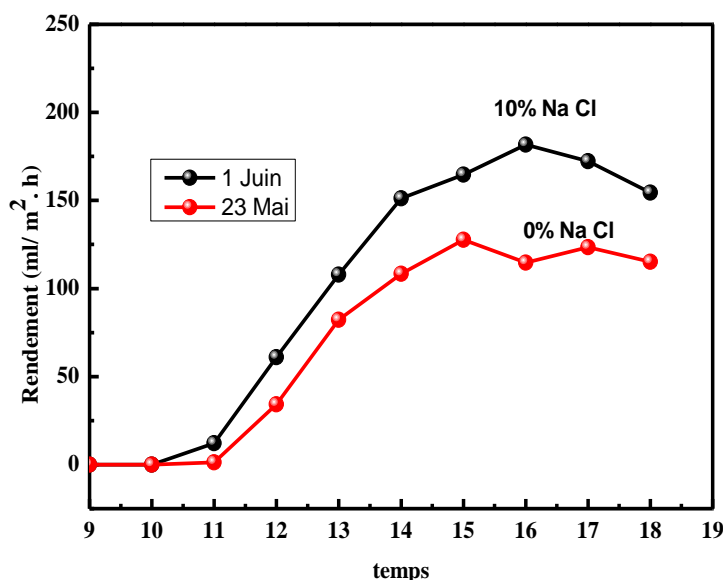


Figure IV.7 : Evolution du rendement horaire de 23 Mai et de Na Cl en fonction de temps

IV 5. Degré alcoométrique des solutions étudiées

Nous avons jusqu'à présent étudié le rendement de l'appareil solaire en termes du nombre de millilitres par mètre carré et par heure. Nous nous intéressons maintenant à la teneur en alcool du distillat obtenu et voir si la séparation alcool-eau s'est faite d'une manière satisfaisante. Comme indiqué plus haut, nous avons utilisé la méthode d'hydrométrie qui est une méthode simple et efficace après avoir essayé la méthode au permanganate.

La figure suivante montre le degré alcoolique du distillat obtenu par rapport à la solution initiale en utilisant les tables de correspondance degré-densité.

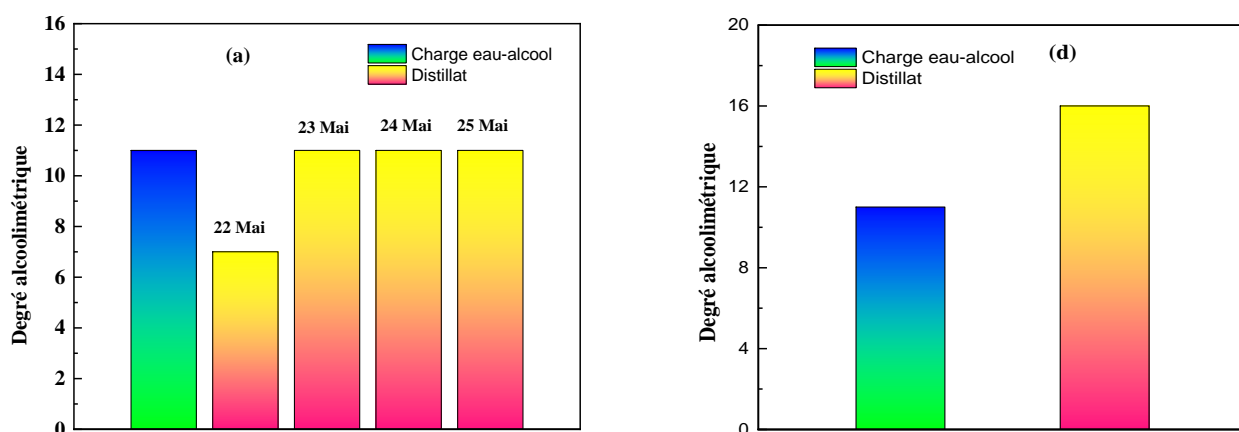


Figure IV.8 : Degré alcoolimétrique des solutions étudiées

Nous constatons que le degré alcoolique n'a pas beaucoup varié par rapport à la solution initiale (charge) dont le degré est égal à 11. Des études plus poussées sont à faire pour en étudier les causes et peut être changée la conception même de l'appareil.

**Tableau N°IV.5 : Tables de la densité de l'alcool
A différentes températures, d'après Tralles**

Alcool 0/0 en volume du liquide	Densité aux températures de								
	+1·1	+1·7	+4·7	+7·2	+10·	+12·8	+15·6	+18·3	+21·1
0	0.9994	0.9997	0.9997	0.9998	0.9995	0.9994	0.9991	0.9987	0.9981
5	0.9924	0.9926	0.9926	0.9926	0.9925	0.9922	0.9919	0.9915	0.9909
10	0.9868	0.9868	0.9868	0.9867	0.9865	0.9861	0.9857	0.9852	0.9845
15	0.9823	0.9820	0.9820	0.9817	0.9813	0.9807	0.9862	0.9796	0.9788
20	0.9786	0.9782	0.9777	0.9772	0.9766	0.9759	0.9751	0.9743	0.9733
25	0.9753	0.9746	0.9738	0.9729	0.9720	0.9709	0.9700	0.9690	0.9678
30	0.9717	0.9707	0.9695	0.9684	0.9672	0.9659	0.9646	0.9632	0.9618
35	0.9671	0.9658	0.9644	0.9629	0.9616	0.9599	0.9583	0.9566	0.9549
40	0.9651	0.9598	0.9581	0.9563	0.9546	0.9528	0.9510	0.9471	0.9472
45	0.9544	0.9525	0.9506	0.9486	0.9467	0.9447	0.9427	0.9406	0.9385
50	0.9460	0.9440	0.9420	0.9399	0.9378	0.9356	0.9335	0.9313	0.9290
55	0.9368	0.9347	0.9325	0.9302	0.9279	0.9226	0.9234	0.9211	0.9187
60	0.9267	0.9245	0.9222	0.9198	0.9174	0.9150	0.9126	0.9102	0.9076
65	0.9162	0.9138	0.9113	0.9088	0.9063	0.9038	0.9013	0.8988	0.8962
70	0.9046	0.9021	0.8996	0.8970	0.8944	0.8917	0.8892	0.8866	0.8839
75	0.8925	0.8899	0.8873	0.8847	0.8820	0.8792	0.8765	0.8738	0.8710
80	0.8798	0.8771	0.8744	0.8716	0.8688	0.8659	0.8631	0.8602	0.8573
85	0.8663	0.8635	0.8606	0.8577	0.8547	0.8517	0.8488	0.8458	0.8427
90	0.8517	0.8486	0.8455	0.8455	0.8395	0.8363	0.833	0.8300	0.8268

Historique de l'Alcool « 15 »

Densité des mélanges d'eau et d'alcool A+15

Alcool en volume degré alcoométrique	Densité	Alcool en volume degré alcoométrique	Densité	Alcool en volume degré alcoométrique	Densité
0	1.000	36	0.9581	71	0.8882
1	0.9985	37	0.9567	72	0.8857
2	0.9970	38	0.9553	73	0.8831
3	0.9956	39	0.9538	74	0.8805
4	0.9942	40	0.9523	75	0.8779
5	0.9929	41	0.9507	76	0.8753
6	0.9916	42	0.9491	77	0.8726
7	0.9903	43	0.9474	78	0.8699
8	0.9891	44	0.9457	79	0.8672
9	0.9878	45	0.9440	80	0.8645
10	0.9855	46	0.9422	81	0.8617
11	0.9844	47	0.9404	82	0.8589
12	0.9833	48	0.9386	83	0.8560
13	0.9822	49	0.9367	84	0.8531
14	0.9812	50	0.9348	85	0.8502
15	0.9802	51	0.9329	86	0.8472
16	0.9792	52	0.9309	87	0.8442
17	0.9782	53	0.9289	88	0.8411
18	0.9773	54	0.9269	89	0.8379
20	0.9763	55	0.9248	90	0.8346
21	0.9753	56	0.9227	91	0.8312
22	0.9742	57	0.9206	92	0.8278
23	0.9732	58	0.9185	93	0.8242
24	0.9722	59	0.9163	94	0.8206
25	0.9711	60	0.9141	95	0.8168
26	0.9700	61	0.9119	96	0.8128
27	0.9690	62	0.9096	97	0.8086
28	0.9679	63	0.9073	98	0.8042
29	0.9668	64	0.9050	99	0.7996
30	0.9657	65	0.9027	100	0.7947
31	0.9645	66	0.9004		
32	0.9633	67	0.8980		
33	0.9621	68	0.8956		
34	0.9608	69	0.8932		
35	0.9594	70	0.8907		

Conclusion

Conclusion

Cette étude nous a permis de mettre en pratique nos connaissances acquises en génie des procédés. Le but de ce travail est d'utiliser une énergie propre et durable sans dégagement de gaz à effet de serre pour distiller une solution aqueuse d'alcool à deux concentrations différentes en fonction des conditions météorologiques et du temps d'exposition. L'effet de l'addition du Bleu de méthylène d'une part et du chlorure de sodium, d'autre part sur le rendement est aussi examiné. Les observations importantes à tirer de ce travail sont : 1) le rendement du distillateur est largement influencé par les conditions météorologiques et par la présence du colorant dénaturant la solution alcoolique. Le distillateur étudié a séparé efficacement le colorant de la solution alcool-eau. 2) L'addition du chlorure de sodium a efficacement contribué à l'augmentation du volume de distillat en raison de l'augmentation de la volatilité relative du mélange eau-alcool.

Références

Références

- [1] ALAIN RICAUD, «GISEMENT SOLAIRE ET TRANSFERTS ENERGETIQUES, MASTER ENERGIES RENOUVELABLES A UNIVERSITE DE CERGY-PONTOISE (JAN-2011)
- [2] S. OUAHID, ETUDE DE LA PERFORMANCE D'UN DISTILLATEUR SOLAIRE PAR UN SYSTEME DE PRECHAUFFAGE SOLAIRE DE L'EAU SAUMATRE, MEMOIRE DE MAGISTER, UNIVERSITE MENTOURI CONSTANTINE, 2010
- [3] SIHOUB HOUARI, BELOUFA MOHAMED ADEM ABDELADJEBBAR « ETUDE DE LA PERFORMANCE D'UN DISTILLATEUR SOLAIRE »,28/06/2021 MASTER GENIE CHIMIQUE & MATERIAUX A UNIVERSITE DE MOSTAGANEM 2021
- [4] BENMEHDI RACHID, «CONCEPTION ET REGULATION DES SYSTEMES FERMES DE DISTRIBUTION ET DE CIRCULATION DE CHAUFFAGE/CLIMATISATION» SOUTENU LE 17 AVRIL 2013.
- [5] R. BERNARD, G. MENGUY, M.SCHWATZ, « LE RAYONNEMENT SOLAIRE, CONVERSION THERMIQUE ET APPLICATIONS», TECHNIQUE ET DOCUMENTATION, PARIS, 1980.
- [6] BOULKAM MOURAD, «CONTRIBUTION A L'ETUDE, LA SIMULATION ET L'ANALYSE DES POMPES A CHALEUR ASSISTEES PAR L'ENERGIE SOLAIRE »MAGISTER, SOUTENU LE 02./08./2008.
- [7] CHARLES CHAULIAGUET : L'ENERGIE SOLAIRE DANS LE BATIMENT, EDITIONS EYROLLE 1981 P22, 32 ET P147-148.
- [8] A. SADI, «LE DESSALEMENT SOLAIRE–CONSIDERATION TECHNIQUE »REV.ENERG.REN CHEMSS2000.
- [9] A. SAFWAT NAFEY, M. ABDELKADER, A. ABDELMOTALIB, A.A. MABROUK; PARAMETERS AFFECTING SOLAR STILL PRODUCTIVITY. ENERGY CONVERSION & MANAGEMENT VOL 41 (2000). PP.1797-1809.
- [10] B. N'DOYE; MODELISATION INFORMATIQUE DES DISTILLATEURS SOLAIRES A EFFET DE SERRE. THESE DE 3IEME CYCLE, PERPIGNAN. (1979).
- [11] G.N. TIWARI, A. MINOCHA, P.B SHARMA AND M.E. KHAN; SIMULATION OF CONVECTIVE MASS TRANSFER IN A SOLAR DISTILLATION PROCESS. ENERGY. CONV. MGNT. VOL 38. (1997). PP 761-770.
- [12] M. BENHAMMOU, B. OMARI, M. GAHGAH, L. AMER, A. BOUBGHAL, REALISATION ET EXPERIMENTATION D'UN DISTILLATEUR SOLAIRE COUPLE A UN CONDENSEUR, STATION D'EXPERIMENTATION DES EQUIPEMENT SOLAIRES EN MILIEU SAHARIEN, B.P. 478, ROUTE DE REGGANE-ADRAR, 2003.

[13] N. BELLEL ET AL, ETUDE, REALISATION ET SIMULATION NUMERIQUE D'UN DISTILLATEUR SOLAIRE A CASCADE, REVUE DES ENERGIES RENOUVELABLES SIENR'12 GHARDAÏA 2012, PP 49 – 57.

[14] P. HUNKYUN, LOW-COST MULTI-EFFECT SOLAR STILL: ALTERNATIVE APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR PERSONAL DESALINATION, IN: T. YONAR (ED.), DESALINATION, INTECHOPEN, RIJEKA, 2017.DOI: 10.5772/ INTECHOPEN. 68365.

[15] BENDIDA DJAMILA, BENNEDJAR NABILA « DISTILLATION SOLAIRE DE L'EAU DE MER BRUTE ET DILUEE », MASTER GENIE CHIMIQUE A UNIVERSITE DE MOSTAGANEM 2021

[16] S. FEDALI, MODELISATION ET CONCEPTION D'UN DISTILLATEUR SOLAIRE DES EAUX SAUMATRES A BAS COUT POUR LES COMMUNAUTES RURALES, THESE MAGISTERE 2013.

[17] : HAMRAT OUSSAMA, INFLUENCE DU DEBIT DE REFROIDISSEMENT SUR LES PERFORMANCES D'UN DISTILLATEUR SOLAIRE ACTIF AVEC CHAMBRE DE CONDENSATION SEPARÉE, APPROCHE EXPERIMENTALE, THESE MASTER, UNIVERSITE DE KHEMIS MILIANA,2016/2017.

[18] WIKIPEDIA, [HTTPS://FR.WIKIPEDIA.ORG/ WIKI /](https://fr.wikipedia.org/wiki/)

Liste des tableaux

TABLEAU I.1 : CARACTERISTIQUE DU SOLEIL

TABLEAU I.2 : ENSOLEILLEMENT REÇU EN ALGERIE PAR REGIONS CLIMATIQUE

TABLEAU IV.1 : CONDITIONS METEOROLOGIQUES ET PARAMETRES PHYSIQUES DU
DISTILLAT DE 5% (2850 ML EAU ET 150 ML DE L'ALCOOL) DE 19 MAI 2022

TABLEAU IV.2 : CONDITIONS METEOROLOGIQUES ET PARAMETRES PHYSIQUES DU
DISTILLAT DE 10% (2700ML EAU ET 300ML DE L'ALCOOL) DE 23 MAI 2022

TABLEAU IV.3 : CONDITIONS METEOROLOGIQUES ET PARAMETRES PHYSIQUES DU
DISTILLAT DE 10% POUR LA JOURNEE DU 31 MAI 2022

TABLEAU IV.4: RESULTATS OBTENUS POUR UNE SOLUTION ALCOOLIQUE
CONTENANT DU CHLORURE DE SODIUM A 10% POUR LES CONDITIONS
METEOROLOGIQUES DU 23 MAI ET 1^{ER} JUIN 2022

TABLES DE LA DENSITE DE L'ALCOOL

HISTORIQUE DE L'ALCOOL « 15 »

Liste des figures

FIGURES I.1 : SITUATION TERRE-SOLEIL

FIGURES I.2 : STRUCTURE DU SOLEIL

FIGURES I.3: LES COMPOSANTES DU RAYONNEMENT SOLAIRE

FIGURES I.4 : RAYONNEMENT SOLAIRE ANNUEL DANS LE MONDE

FIGURES I.5 : CENTRALES THERMODYNAMIQUES

FIGURES II.1 : DISTILLATEURS A SIMPLE EFFET (SED)

FIGURES II.2 : DISTILLATEUR SOLAIRE SIMPLE A PENTE UNIQUE

FIGURES II.3 : DISTILLATEUR SOLAIRE SIMPLE A DOUBLE PENTES

FIGURES II.4 : DISTILLATEUR SOLAIRE TERRE-EAU

FIGURES II.5 : DISTILLATEUR SOLAIRE SPHERIQUE A BALAYAGE

FIGURES II.6 : DISTILLATEUR SOLAIRE INCLINE A CASCADES

FIGURES II.7 : DISTILLATEUR SOLAIRE A FILM CAPILLAIRE (DIFICAP)

FIGURES II.8 : DISTILLATEUR INCLINE A MATIERE POREUSE NOIRE

FIGURES II.9 : SCHEMA D'UN DISTILLATEUR SOLAIRE VERTICAL

FIGURES II.10 : DISTILLATEUR SOLAIRE A EFFET DE SERRE MULTIPLE

FIGURE III.1 : HYDROMETRE PLONGE DANS UNE EPROUVETTE

FIGURES IV.1. : SCHEMA DU DISTILLATEUR SOLAIRE

FIGURES VI. 2 : EVOLUTION DU RENDEMENT HORAIRE DU DISTILLATEUR SOLAIRE

POUR DEUX SOLUTIONS D'ALCOOL : A (5%) ET DE (10%) EN FONCTION DE TEMPS
D'EXPOSITION AU SOLEIL

FIGURES IV.3. : EVOLUTION DU RENDEMENT HORAIRE (A) ET TEMPERATURE DE LA
VITRE EXTERNE (B) EN FONCTION DU TEMPS

FIGURES IV.4 : EVOLUTION EN FONCTION DU TEMPS D'EXPOSITION AU SOLEIL : (A)
DU RENDEMENT HORAIRE ET (B) DE LA COUVERTURE NUAGEUSE

FIGURES IV.5 : EVOLUTION DU RENDEMENT HORAIRE POUR UNE SOLUTION
ALCOOLIQUE A 5%(A) ET A 10%(B) EN FONCTION DE TEMPS

FIGURES IV.6 : EVOLUTION DU RENDEMENT HORAIRE EN FONCTION DE TEMPS POUR
UNE SOLUTION-ALCOOL-EAU – BLEU DE METHYLENE

FIGURES IV.7 : EVOLUTION DU RENDEMENT HORAIRE DE 23 MAI ET DE NA CL EN
FONCTION DE TEMPS

FIGURES IV.8 : DEGRE ALCOOMETRIQUE DES SOLUTIONS ETUDIEES