

République Algérienne démocratique et populaire
Ministre de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté de génie de la construction

Département de génie mécanique



Mémoire de fin d'étude

**En vue de l'obtention du diplôme de Master en Génie
Mécanique
Option: énergétique**

Thème

**Réalisation d'un capteur parabolique pour le
traitement par voie thermique des margines.**

Proposé et dirigé par :

P_r. Said MAKHLOUF

Réalisé par:

KHALDI Ouahiba

BELARBI Amar

Promotion:2019/2020

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.

La première personne que je tiens à remercier est mon encadreur M. said MAKHLOUF pour l'orientation, la confiance, la patience qui a constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port.

Mes remerciements s'étendent également aux membres du jury pour l'honneur qu'ils me font en acceptant d'examiner et de juger le présent travail.

Je tiens à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui m'ont enseigné et qui par leurs compétences j'ai soutenu dans la poursuite de mes études.

Enfin, je remercie tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mon très cher père et ma très chère mère auxquels je dois tout dans la vie et que je ne remercierai jamais assez pour leurs soutiens, encouragements durant tout mon parcours d'études.

*A mon futur mari **Khalef Djamel**, qui est la chose la plus précieuse que j'ai dans cette vie, qui me soutient toujours et m'encourage.*

*A mon frère **Karim**.*

*A mes sœurs **Lynda et Souhila**, mes grandes sœurs **Sabrina, Lydia** et leurs enfants.*

*A mes amis en particulier **Yazid, Azwaw, Nadir, Mélissa**, et mon binôme **Amar**, à tous mes collègues de l'université je dédie ce modeste travail.*

A tous ceux qui me sont chères.

Khaldi Ouahiba

Dédicace

Je dédie ce modeste travail:

A mes chers parents qui m'ont toujours éclairé le chemin de la vie en me tendant la main et m'ont encouragé tout au long de mes années d'études « que dieu me les garde et Leur donner une longue vie ».

A mon frère et mes sœurs.

*A mes amis en particulier **Yazid** que je considère mon frère, **Azwaw**, **Nadir**, **Souhila**, **Mélissa**, mon binôme **Ouahiba**, a tous mes collègues de l'université.*

Toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin dans ce travail.

Belarbi Amar

Nomenclature

LETTRES LATINES

- h : Hauteur du soleil [degrés]
- a, b : coefficient traduisant les trouble atmosphérique /
- P : pression atmosphérique du lieu [pa]
- G : rayonnement globale [$\text{MJ}/\text{m}^2 \text{ j}$]
- G_{dif} : Rayonnement diffus [W/m^2]
- G_{dir} : Rayonnement directe [W/m^2]
- G_{alb} : Rayonnement albédo [W/m^2]
- C_p : Chaleur massique (J/Kg.K)
- DBO : demande biologique en oxygène
- DCO : demande chimique en oxygène
- CCP : concentrateur cylindro-parabolique
- k : coefficient de conductivité thermique [$\text{W}/\text{m.K}$]
- A : surface d'échange [m^2]
- Q : le flux échangé par conduction [W]
- h_c : Coefficient de convection [$\text{W}/\text{m}^2.\text{k}$]
- S : surface de la paroi solide en contact avec le fluide [m^2]
- T_P : température de la paroi solide [K]
- T_f : température de fluide [K]
- q : densité de flux de chaleur émis par le corps [W/m^2]
- D : diamètre de la parabole[m]
- f : la distance focale [m]
- p : paramètre de la parabole [m]
- S_x : surface de la parabole [m^2]
- pf : Profondeur de la parabole [m]
- A_{PAR} : La surface d'ouverture de la parabole [m^2]

s_f : Le petit rayon d'ellipse [m]
 r_f : Le grand rayon d'ellipse [m]
 d_r : diamètre de récepteur [m]
 L : la distance axiale arrière du point focal [m]
 C_g : concentration géométrique /
 C_{en} : concentration énergétique /
 Q_{ref} : Flux reçu à l'ouverture du récepteur [W]
 S_{dir} : Éclairement reçu à l'ouverture du récepteur [W/m^2]
 C : concentration maximale /
 A_{base} : Surface du récepteur [m^2]
 Q_u : flux utile [W]
 c_r : La chaleur massique du récepteur [j/kg K]
 m_r : La masse du récepteur [kg]
 c_f : La chaleur massique du fluide [K]
 m_f : La masse du fluide [kg]
 Q_{abs} : le flux absorbé [W]
 h_{cv} : le coefficient d'échange convectif [$W/m^2.k$]
 Nu : nombre de Nusselt /
 Re : nombre de Reynolds/
 Pr : nombre de Pradt/
 V_{vent} : vitesse de vent [m/s]
 $C_{p_{air}}$: Chaleur spécifique de l'air [j/kg]
 I_b : le rayon solaire parallèle à l'axe de la parabole [W/m^2]

LETTRES GRECQUES

α : Azimut du soleil [degrés]

ω : angle horaire [degrés]

φ : la latitude du soleil [degrés]

λ : la longitude [degrés]

δ : la déclinaison [degrés]

c^* : irradiation solaire [W/m^2]

λ : Conductivité thermique [$W/m.K$]

αl : Dilatation thermique [K^{-1}]

φ : Flux de chaleur [W]

α_a : Coefficient d'absorption/

ε_c : Coefficient d'émission/

τ^* : facteur de transmission [degrés]

ρ : masse volumique [Kg/m^3]

σ : constante de Stefan-Boltzmann [$W.m^{-2}.k^{-4}$]

Ψ : Angle d'ouverture d'une parabole [degré]

ε : L'angle pour laquelle on voit le soleil à partir la terre [rad]

ρ_{ref} : Coefficient de réflexion de l'aluminium/

τ_{rec} : Le facteur d'absorption de la surface de récepteur/

α_{rec} : le facteur de transmission de récepteur/

ν_{air} : Viscosité cinématique de l'air [m^2/s]

μ_{air} : Viscosité dynamique de l'air.[m/s]

η : Efficacité du récepteur /

η_{op} : Rendement optique de concentrateur /

Liste des figures

Chapitre I

| | |
|--|----|
| Figure I.1: Structure du soleil..... | 4 |
| Figure I.2: Schématisation les mouvements de la terre autour du soleil [2] | 5 |
| Figure I.3: les mouvements de la terre autour du soleil [2]..... | 6 |
| Figure I.4: les coordonnées géographiques terrestres | 7 |
| Figure I.5: mouvement de la terre autour du soleil | 8 |
| Figure I.6: les coordonnées horaires..... | 9 |
| Figure I.7: les coordonnées horizontales..... | 10 |
| Figure I.8: Répartition spectrale du rayonnement solaire | 13 |
| Figure I.9: Composantes du rayonnement global sur une surface | 14 |
| Figure I.10: Carte du monde de l'ensoleillement moyen annuel [9]..... | 15 |
| Figure I.11: Moyenne annuelle de l'irradiation solaire globale reçue sur un plan incliné à la latitude du lieu | 16 |

Chapitre II

| | |
|--|----|
| Figure II.1: Capteur solaire thermique | 17 |
| Figure II.2: L'effet de serre | 19 |
| Figure II.3: Capteur solaire non vitré | 22 |
| Figure II.4: Capteur solaire plan vitré | 23 |
| Figure II.5: capteur solaire sous-vide | 23 |
| Figure II.6: Système de concentration [33]..... | 24 |
| Figure II.7: Concentrateur centrale à tour | 25 |

| | |
|--|----|
| Figure II.8: Concentrateur cylindro-parabolique..... | 25 |
| Figure II.9: Concentrateur parabolique | 26 |
| Figure II.10: Miroirs de Fresnel | 27 |
| Figure II.11: Installation d'un capteur solaire | 28 |
| Figure II.12: Schématisation de principe de captation du rayonnement solaire. | 29 |

Chapitre III

| | |
|--|----|
| Figure III.1: Bouteille contenant des margines récoltées d'une huilerie de la région de Tizi-Ouzou | 32 |
| Figure III.2: conséquences environnementales des rejets des margines [36]..... | 40 |

Chapitre IV

| | |
|--|----|
| Figure IV.1: Graphe d'une parabole d'équation $Y=x^2/2P$ | 1 |
| Figure IV.2: Angle d'ouverture d'une parabole en fonction de f | 3 |
| Figure IV.3: Distance focale en fonction de l'angle d'ouverture d'une parabole..... | 3 |
| Figure IV.4: Système optique d'une surface parabolique | 4 |
| Figure IV.5: Concentrateur parabolique..... | 4 |
| Figure IV.6: Surface interne, cavité[12]..... | 5 |
| Figure IV.7: Surface externe [12]..... | 5 |
| Figure IV.8: La réflexion des rayons forme une image circulaire | 6 |
| Figure IV.9: Diamètre de l'image circulaire en fonction de l'angle d'ouverture de la parabole | 7 |
| Figure IV.10: Distance axiale arrière du point focal | 8 |
| Figure IV.11: diamètre du récepteur à différentes valeurs de L | 8 |
| Figure IV.12: Coupe méridienne d'un demi-parabole de révolution montrant les projections dans le plan focal de l'image du soleil. | 9 |
| Figure IV.13: Concentration géométrique à différentes valeurs de diamètre du récepteur | 10 |

| | |
|--|----|
| Figure IV.14: Le bilan énergétique sur un récepteur..... | 12 |
|--|----|

Chapitre V

Figure V.1 :Géométrie de la parabole

| | |
|---|----|
| Figure V.2: Courbe de la parabole à réaliser..... | 66 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| Figure V.3: La demie courbe parabolique..... | 66 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| Figure V.4: Réalisation du gabarit selon l'équation parabolique..... | 67 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| Figure V.5: Réalisation du moule | 67 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| Figure V.6: Le moule finale du concentrateur | 68 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| Figure V .7: Pose de la feuille de cellophane, la fibre de verre et la résine | 68 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| Figure V.8 La parabole en résine | 69 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| Figure V .9 : Finition de la surface intérieure | 69 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| Figure V.10 : Préparation des morceaux de film réflecteur sous forme de triangle..... | 70 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| Figure V.11 : Début de collage du film d'aluminium | 70 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| Figure V.12 : La surface finale de concentrateur | 71 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| Figure V 13: Le support du capteur..... | 71 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| Figure V.14 : Support du récepteur..... | 72 |
|---|----|

| | |
|----------------------------------|----|
| Figure V.15 : Le récepteur | 72 |
|----------------------------------|----|

| | |
|---------------------------------|----|
| Figure V.16 : Le flexible | 73 |
|---------------------------------|----|

| | |
|---------------------------------|----|
| Figure V.17 : Le serpentin..... | 73 |
|---------------------------------|----|

| | |
|--------------------------------|----|
| Figure V.18: USB Picolog | 74 |
|--------------------------------|----|

| | |
|----------------------------------|----|
| Figure V.19 : Thermocouple | 74 |
|----------------------------------|----|

| | |
|--|----|
| Figure V.20 : Schéma du principe du fonctionnement du prototype et le branchement de thermocouple..... | 75 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| Figure V.21 : mesure de la température du foyer au 1er essai | 77 |
| Figure V.22 : Evolution des températures lors du 5ème essai (test n°1) | 78 |
| Figure V.23 : Evolution des températures lors du 5ème essai (test n°2) | 79 |
| Figure V.24 : Quantités de l'eau distillée durant les essais..... | 81 |
| Figure V.25 : Quantités des résidus durant les essais | 81 |

Liste des tableaux

Chapitre I

| | |
|---|----|
| Tableau I.1: Caractéristiques principales du soleil..... | 3 |
| Tableau I.2: variation de la constance solaire au cours de l'année..... | 12 |
| Tableau I.3: ensoleillement reçu en Algérie par régions climatique [9]..... | 16 |

Chapitre II

| | |
|--|----|
| Tableau II.1: Le coefficient d'absorption α_a et le coefficient d'émission ϵ_c pour les matériaux les plus utilisés comme absorbeur [10] | 18 |
| Tableau II.2: Propriété de quelques surfaces transparentes au rayonnement solaire mais opaques au rayonnement infrarouge..... | 20 |

Chapitre III

| | |
|---|----|
| Tableau III.1: La production de l'huile d'olive en différents pays | 33 |
| Tableau III.2: Caractéristiques physico-chimiques de la margine mère..... | 33 |
| Tableau III.3: Les différents types des polyphénols | 35 |

Chapitre V

| | |
|--|----|
| Tableau V.1 : Tableau des valeurs de la parabole..... | 65 |
| Tableau V.2: Volume des échantillons du 1er essai..... | 76 |
| Tableau V.3: Volume des échantillons du 2ème essai | 77 |
| Tableau V.4 : Température obtenue lors du premier essai Test n°1 | 78 |
| Tableau V.5 : Température obtenue lors du premier essai Test n°2 | 80 |
| Tableau V.6: Volume des échantillons du 5ème essai | 80 |

Sommaire

| | |
|---|----|
| Introduction générale | 1 |
| Chapitre I: Gisement solaire | |
| Introduction | 3 |
| I.1 Le soleil | 3 |
| I.1.1 L'intérieur | 3 |
| I.1.2 La photosphère | 3 |
| I.1.3 La chromosphère et la couronne solaire | 4 |
| I.2 Mouvement du globe terrestre | 4 |
| I.3 La sphère céleste..... | 5 |
| I.4 Les coordonnées célestes | 6 |
| I.4.1 La coordonnée géographique terrestre..... | 6 |
| 1. La longitude λ | 6 |
| 2. Latitude φ | 6 |
| 3. L'altitude | 7 |
| I.4.2 Les coordonnées équatoriales | 7 |
| 1. la déclinaison δ | 7 |
| 2. l'angle horaire..... | 8 |
| I.4.3 Coordonnées horizontales..... | 9 |
| 1. l'azimut..... | 9 |
| 3. La hauteur..... | 10 |
| 4. Angle zénithal..... | 10 |
| 5. Angle d'incidence | 10 |
| I.5 Rayonnement solaire | 11 |
| I.5.1 Constante solaire | 11 |
| I.5.2 Rayonnement solaire hors atmosphère d'un lieu | 12 |
| I.5.3 Rayonnement solaire en atmosphère..... | 12 |
| I.6 Rayonnement arrivant au sol..... | 13 |
| I.6.1 Le rayonnement direct | 13 |
| I.6.2 Rayonnement diffus | 14 |
| I.6.3 L'albédo | 14 |
| I.6.4 Le rayonnement globale..... | 14 |
| I.7 Le gisement solaire en Algérie | 15 |
| Conclusion..... | 16 |

Chapitre II : Généralité sur les capteurs solaire

| | |
|---|----|
| Introduction | 17 |
| II.1 Définition d'un capteur solaire | 17 |
| II.2 Les différentes composantes du capteur solaire | 17 |
| II.2.1 L'Absorbeur | 17 |
| II.2.2 La couverture transparente | 18 |
| II.2.3 Le boîtier | 20 |
| II.2.4 L'isolant | 20 |
| II.2.5 Le fluide caloporteur | 21 |
| II.3 Les types des capteurs solaires | 21 |
| II.3.1 Capteur non concentrateur..... | 21 |
| II.3.1.1 Le capteur non vitré (capteur moquette)..... | 21 |
| II.3.1.2 Le capteur plan vitré | 22 |
| II.3.1.3 Les capteurs sous vides..... | 23 |
| II.3.2 Les concentrateurs..... | 24 |
| II.3.2.1 Les différents types des concentrateurs | 24 |
| 1. Concentrateur centrale à tour | 24 |
| 2. Concentrateur cylindro-parabolique..... | 25 |
| 3. Concentrateur parabolique | 26 |
| 4. Les miroirs de Fresnel..... | 26 |
| II.3.2.2 Les avantages et les inconvénients des systèmes à concentration..... | 27 |
| ▪ Avantages..... | 27 |
| ▪ Inconvénients..... | 27 |
| II.3.3 L'orientation et l'inclinaison du capteur | 28 |
| II.3.4 Principe de captation du rayonnement solaire..... | 28 |
| II.4 Quelques applications des capteurs solaires | 29 |
| II.5 Les différents modes de transferts thermiques dans un capteur solaire..... | 29 |
| II.5.1 Conduction | 30 |
| II.5.2 La convection | 30 |
| II.5.2.1 La convection forcée..... | 30 |
| II.5.2.2 La convection naturelle..... | 30 |
| II.5.3 Le rayonnement..... | 31 |
| Conclusion | 31 |
| Chapitre III : Traitement des margines | |
| Introduction | 32 |
| III.1 Définition..... | 32 |
| III.2 Production de l'huile d'olive | 33 |

| | | |
|-----------|---|----|
| III.3 | Caractéristiques physico-chimique | 33 |
| III.4 | Composition des margines..... | 34 |
| III.4.1 | Composition des résidus secs | 34 |
| III.4.2 | Fraction organique..... | 34 |
| III.4.3 | Fraction minérale..... | 35 |
| III.5 | Les principaux composés phénolique des margines | 35 |
| III.6 | Traitement et valorisation des margines | 36 |
| III.6.1 | Pouvoir polluant des margines | 36 |
| III.7 | Problématique environnemental des margines | 36 |
| III.7.1 | Pollution des eaux | 37 |
| III.7.2 | Pollution des sols..... | 37 |
| III.7.3 | Airs et paysages..... | 37 |
| III.8 | Les dangers des rejets | 38 |
| III.8.1 | Les dangers évidents | 38 |
| III.8.1.1 | Sous oxygénation..... | 38 |
| III.8.1.2 | Couleur, turbidité et odeur..... | 38 |
| III.8.1.3 | Eutrophisation..... | 38 |
| III.8.2 | Les dangers à long terme..... | 39 |
| III.8.2.1 | La persistance..... | 39 |
| III.8.2.2 | Toxicité des tannins | 39 |
| III.8.2.3 | Pollution atmosphérique..... | 39 |
| III.9 | Traitement des margines..... | 41 |
| III.9.1 | Les rocèdes biologique..... | 41 |
| III.9.1.1 | Traitements anaérobies | 41 |
| III.9.1.2 | Traitements aérobies | 41 |
| III.9.2 | Procédés thermique | 42 |
| III.9.2.1 | L'vaporation naturelle..... | 42 |
| III.9.2.2 | L'Evaporation forcée | 43 |
| III.9.3 | Addition de microorganisme de dégradation | 43 |
| III.9.4 | Élimination des margines par lagunage..... | 44 |
| III.9.5 | Traitement anaérobie et bio méthanisation | 44 |
| III.9.6 | Procédé physique..... | 45 |
| III.9.6.1 | Procédé des membranes | 45 |
| III.9.6.2 | Procédé ultrafiltration | 45 |
| III.9.7 | L'absorption | 45 |
| III.9.8 | Procédés chimiques | 46 |
| III.9.8.1 | Oxydation humide..... | 46 |

| | | |
|----------|--|----|
| III.10 | Valorisation agronomique des margines..... | 46 |
| III.10.1 | Pouvoir fertilisant des margines..... | 46 |
| III.10.2 | Le compostage..... | 47 |
| | Conclusion..... | 48 |

Chapitre IV : étude théorique d'un concentrateur solaire parabolique

| | | |
|----------|---|----|
| | Introduction..... | 49 |
| IV.1 | Forme géométrique..... | 49 |
| IV.1.1 | La parabole..... | 49 |
| IV.1.2 | La profondeur d'une parabole..... | 50 |
| IV.1.3 | La surface d'une parabole..... | 50 |
| IV.1.4 | La longueur d'une parabole..... | 50 |
| IV.1.5 | La surface d'ouverture de la parabole..... | 50 |
| IV.1.6 | L'angle d'ouverture d'une parabole..... | 51 |
| IV.2 | Le système optique d'une surface parabolique..... | 52 |
| IV.3 | Les composantes d'un concentrateur solaire parabolique..... | 52 |
| IV.3.1 | Le réflecteur..... | 53 |
| IV.3.2 | Le récepteur..... | 53 |
| IV.3.2.1 | Surface externe..... | 53 |
| IV.3.2.2 | Surface interne ou cavité..... | 53 |
| IV.3.3 | Dimension de récepteur..... | 54 |
| IV.4 | La concentration solaire..... | 57 |
| IV.4.1 | Concentration géométrique..... | 57 |
| IV.4.2 | Concentration optique..... | 58 |
| IV.5 | Calcul de la concentration maximale..... | 59 |
| IV.6 | Bilan thermique sur le concentrateur parabolique..... | 59 |
| IV.6.1 | Le Réflecteur..... | 59 |
| IV.6.2 | Le récepteur..... | 60 |
| IV.6.2.1 | Le flux utile..... | 61 |
| IV.6.2.2 | Le flux absorbé..... | 61 |
| IV.6.2.3 | Puissance correspondant aux pertes thermiques..... | 61 |
| | 1. Perte par évaporation de l'eau..... | 62 |
| | 2. Pertes par convection..... | 62 |
| | 3. Pertes par rayonnement..... | 63 |
| IV.7 | La température de récepteur..... | 64 |
| IV.8 | Efficacités énergétiques..... | 64 |

| | | |
|--------|--|----|
| IV.8.1 | Efficacité du concentrateur..... | 64 |
| IV.8.2 | Efficacité de récepteur..... | 65 |
| IV.9 | Résultats des calculs théoriques | 65 |
| | Conclusion..... | 67 |

Chapite V : Réalisation, résultats et discussions

| | |
|--|----|
| Introduction | 64 |
| V.1 Conception de la courbe parabolique | 64 |
| V.1.1 Représentation graphique..... | 65 |
| V.2 Conception des différentes parties de prototype :..... | 66 |
| V.2.1 Le réflecteur | 66 |
| 1. gabarit | 66 |
| 2. Réalisation de moule..... | 67 |
| 3. Construction du concentrateur | 68 |
| 4. Finition de la surface de réflecteur | 69 |
| 5. Réalisation de la surface réfléchissante..... | 70 |
| V.2.2 Les supports..... | 71 |
| V.2.2.1 Construction le support de la parabole :..... | 71 |
| V.2.2.2 Support de récepteur | 72 |
| V.2.2.3 Le récepteur : | 72 |
| V.2.3 La tuyauterie..... | 73 |
| 1. Le flexible de raccordement | 73 |
| 2. Le serpentin | 73 |
| V.3 Résultat et discussions..... | 74 |
| V.3.1 Les instruments de mesure et leur utilisation | 74 |
| 6. Le Picolog et les thermocouples | 74 |
| V.3.2 Résultats après le processus de distillation..... | 76 |
| a. Essai n°1 | 76 |
| b. Essai N°2..... | 77 |
| c. Essai N°5..... | 78 |
| Conclusion..... | 81 |

Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale

L'Algérie fait partie des principaux pays méditerranéens dont le climat est des plus propice à la culture de l'olivier .L'oléiculture est la première richesse arboricole de l'Algérie, elle constitue une source de subsistance pour plusieurs familles, et ainsi se placer parmi les premiers pays producteurs d'huile d'olive. Cette industrie bénéfique pour l'économie nationale engendre deux résidus : l'un solide, les grignons et l'autre liquide c'est les margines. Les grignons sont réutilisés en agriculture et en industries, alors que les margines sont rejetées directement dans les égouts ou dans la nature. Ces margines posent de sérieux problème lors de leur évacuation dans le milieu naturel tel que dans les cours d'eaux. Les eaux réceptrices deviennent en effet fortement chargées en matière organique et en polluants et perdent leur capacité de s'auto-épurer.

La forte charge organique des margines détruit totalement la faune et la flore aquatique par absorption de tout ou une partie de l'oxygène dissous dans de l'eau, le taux d'oxygène chute vers zéro et ce sur plusieurs kilomètres, la capacité d'autoépuration des rivières est ainsi annihilée, conjuguée aux effets de la salinité des margines, toute vie aquatique s'en trouve ainsi totalement inhibée.

Dans notre étude, le travail est basé sur réalisation d'un capteur parabolique pour le traitement par voie thermique des margines. Nous allonsréaliser un concentrateur solaire parabolique pour traiter les margines par évaporation force grâce à l'énergie solaire ; afin de les valoriser.

Notre mémoire est scindé en deux parties, Une partie théorique consacrée à la recherche bibliographique et une partie expérimentale. La partie théorique constituée de quatre chapitres.

- Le premier chapitre est consacré à l'étude de la course du soleil par rapport à la terre au cours de la journée et de l'année.

- Dans le deuxième chapitre, nous présentons des généralités sur les capteurs solaires et leurs caractéristiques.

- A travers le troisième chapitre, nous expliquons des généralités sur les margines et ses impact sur l'environnement.

Introduction générale

- Le quatrième chapitre est consacré à une étude théorique sur un concentrateur parabolique.

La deuxième partie est une étude expérimentale, dans laquelle nous avons réalisé notre concentrateur afin de traiter les margines. Le mémoire se termine par une conclusion qui reprend l'essentiel des résultats obtenus.

Chapitre I

Gisement solaire

Introduction

L'énergie solaire est une source d'énergie qui dépend du soleil sous deux formes, à savoir le solaire photovoltaïque et le solaire thermique. Le but de ce chapitre est de parler de certaines notions fondamentales concernant le soleil et les différents coordonnés ainsi que les paramètres célestes.

I.1 Le soleil

C'est une étoile du système solaire sous forme d'une grande sphère dans l'espace avec une matière chaude et gazeuse avec un diamètre de $1,39 \times 10^9$ m situé à une distance de $1,49 \times 10^{11}$ m de la terre. Le soleil est constitué de 80% d'hydrogène, 19% d'hélium et 1% composé de mélange de 100 éléments avec une masse d'environ $1,989 \times 10^{30}$ Kg. A sa surface la température atteinte est égale à 5778K.

Les caractéristiques principales du soleil sont regroupées dans le tableau ci-dessous :

Tableau I.1: Caractéristiques principales du soleil

| Caractéristique | Valeur | Unité |
|-------------------------------|-----------------------|-------------------|
| Diamètre | 14×10^5 | km |
| Masse | 2×10^{30} | kg |
| Surface | 6.09×10^{12} | km ² |
| Volume | 1.41×10^{18} | km ³ |
| Masse volumique moyenne | 1408 | kg/m ³ |
| Vitesse | 217 | km/s |
| Distance du centre de la voie | 2.5×10^{47} | km |

Le soleil n'est pas une sphère homogène, on peut y distinguer trois régions principales

I.1.1 L'intérieur

Contient 40% de la masse du soleil. C'est là où se crée l'énergie par réaction thermonucléaire. Cette région s'étend sur une épaisseur de 25×10^4 km. Cette couche est divisée en trois zones, le noyau, la zone radiative et la zone convective. Le rayonnement émis dans cette partie est totalement absorbé par les couches supérieures. La température atteint plusieurs millions de degrés, et la pression un milliard d'atmosphères.

I.1.2 La photosphère

Est une couche opaque, très mince, son épaisseur est d'environ 300km. Elle est responsable de la presque totalité du rayonnement qui nous parvient du soleil. C'est la partie visible du soleil. L'ordre de grandeur de la température n'y est plus que de quelques millions de degrés. Elle décroît très rapidement dans l'épaisseur de la couche jusqu'à une température dite de surface qui est de l'ordre de 4500°C.

I.1.3 La chromosphère et la couronne solaire

Ce sont des régions à faible densité où la matière est très diluée. Elles constituent l'atmosphère du soleil. Cette couche est caractérisée par un rayonnement émis très faible, bien que la température y est très élevée (un million de degrés Celsius). [11]

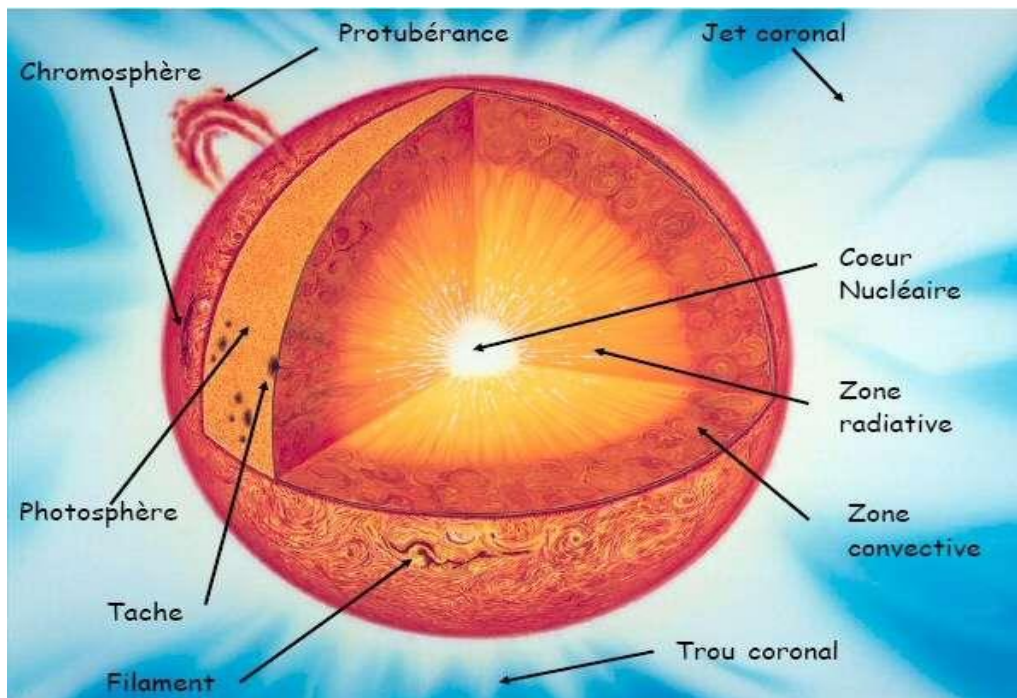


Figure I.1: Structure du soleil

I.2 Mouvement du globe terrestre

La terre tourne autour du soleil durant 365.25 jours (une année) et forme une trajectoire elliptique. Le soleil est l'un des foyers et le plan de cette ellipse est appelé l'écliptique durant 365.25 jour (une année).

La terre tourne sur elle-même en une période de 24 heures sur un axe de rotation que l'on peut appeler aussi l'axe des pôles. Le centre de la terre est appelé l'équateur, l'axe des pôles n'est pas perpendiculaire à l'écliptique.

L'équateur et l'écliptique font un angle d'inclinaison de l'ordre de $23^\circ. 27'$.

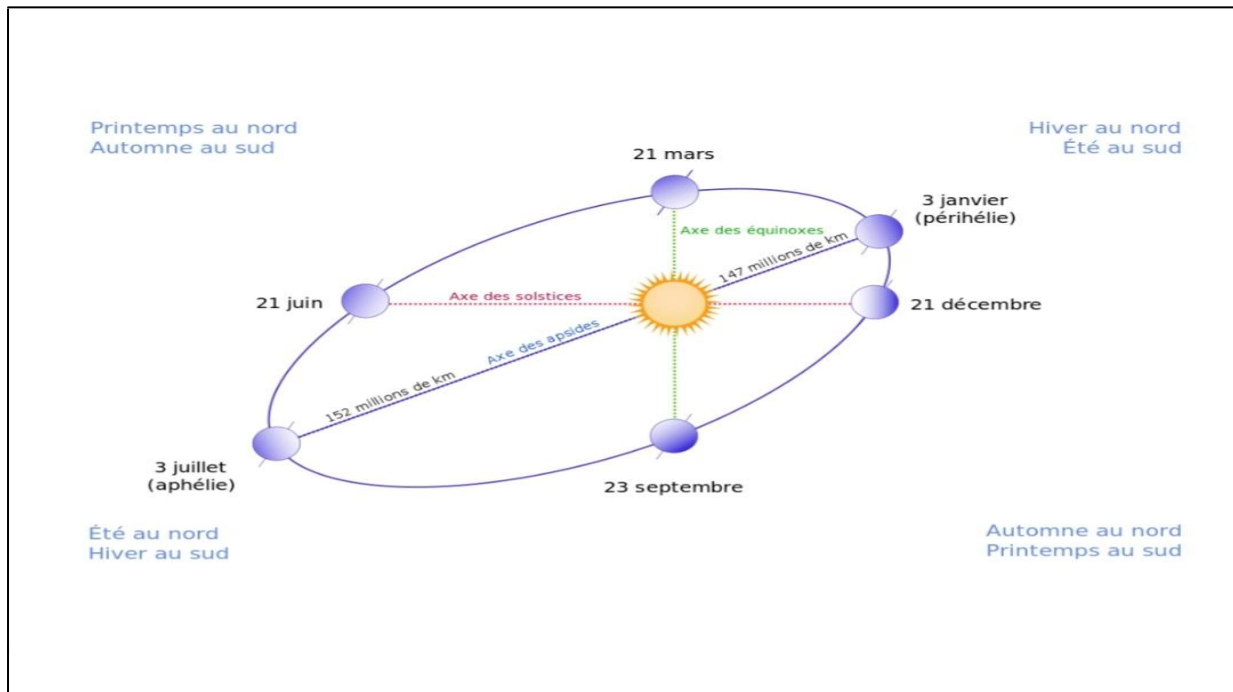


Figure I.2: schématisation les mouvements de la terre autour du soleil [2]

I.2.1 La sphère céleste

La sphère céleste est une sphère imaginaire d'un diamètre immense. La sphère a pour centre la terre et pour rayon la distance entre la terre et l'astre étudié, le soleil dans notre cas. On peut résumer les différentes caractéristiques sur la sphère comme c'est représenté sur la figure ci_ dessous :

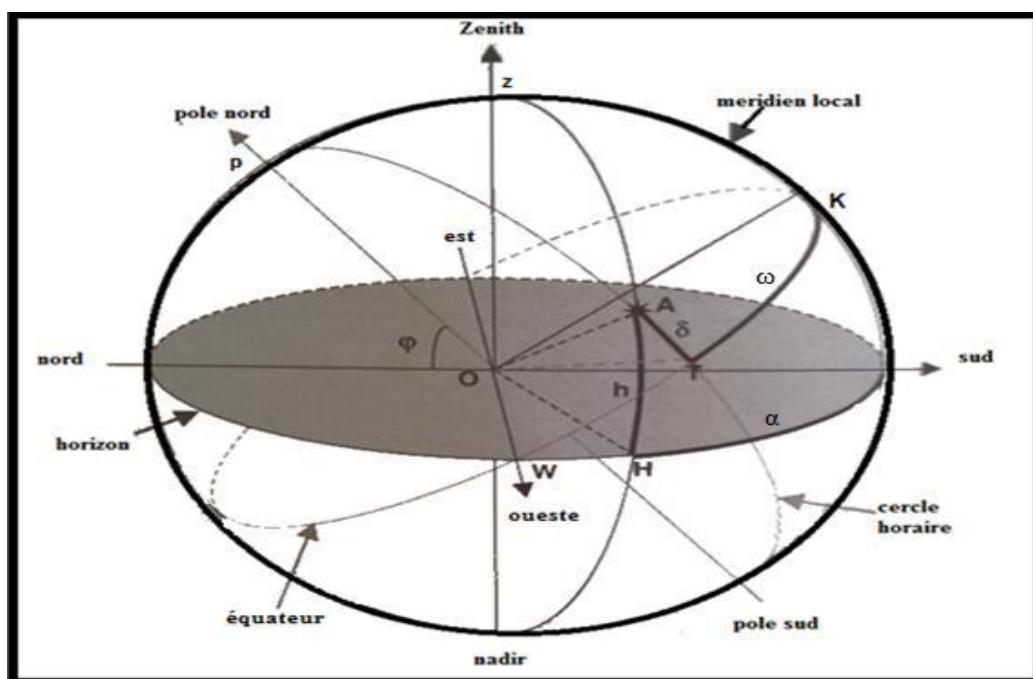


Figure I.3: les mouvements de la terre autour du soleil [2]

α : Azimut du soleil

ω : Angle horaire

h : Hauteur du soleil

ρ : La latitude du lieu. La direction des objets peut être quantifiée de façon précise à l'aide d'un système de coordonnées célestes.

I.2.2 Les coordonnées célestes

I.2.2.1 La coordonnée géographique terrestre

Tout point de la surface de notre planète peut être repéré par deux coordonnées appelées coordonnées terrestres [1].

➤ **La longitude λ**

La longitude d'un lieu λ correspond à l'angle que fait le plan méridien par ce lieu avec un méridien retenu comme origine. On a choisi pour méridien (origine 0°), le plan passant par l'observatoire de Greenwich. Par convention on affecte du signe (+) les méridiens situés à l'est de ce méridien, et du signe (-) les méridiens situés à l'ouest [2].

➤ **Latitude φ**

La latitude d'un lieu φ correspond à l'angle avec le plan équatorial que fait le rayon joignant le centre de la terre à ce lieu. L'équateur terrestre est donc caractérisée par une latitude égale à 0° , le pôle nord par la latitude $+90^\circ$ et le pôle sud par la latitude -90° . Cette convention de signe affecte le signe (+) à tous les lieux de l'hémisphère nord et le signe (-) à tous les lieux de l'hémisphère sud [2].

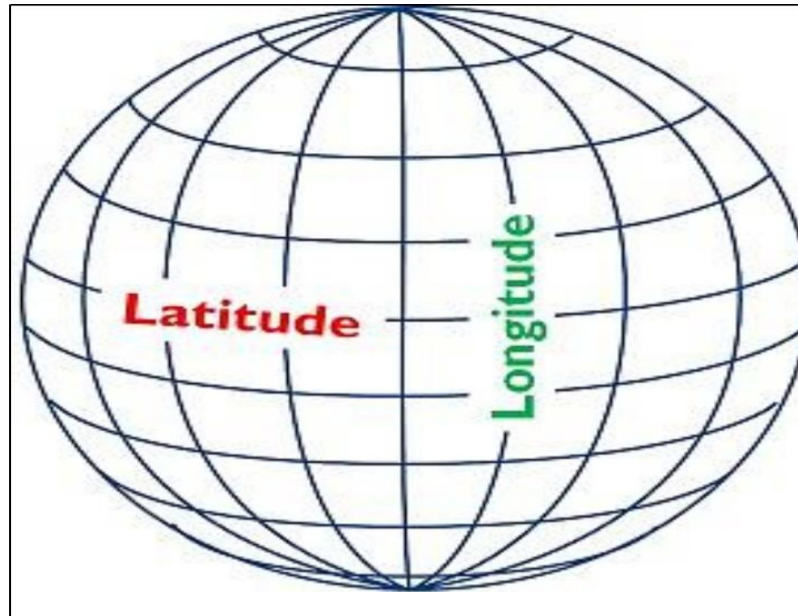


Figure I.4: les coordonnées géographiques terrestres

➤ **L'altitude**

L'altitude est l'élevation d'un lieu par rapport au niveau de la mer, mesurée en mètre (m).

I.2.2.2 Les coordonnées équatoriale

Permet de repères la position d'une étoile dans le ciel quels que soient le lieu de la date à l'aide de deux angles, la déclinaison δ et l'angle horaire ω .

➤ **la déclinaison δ**

C'est l'angle que fait la projection de soleil sur l'équateur avec un point de repère sur l'équateur. Cet angle varie au cours des saisons. La figure suivante donne les valeurs remarquables.

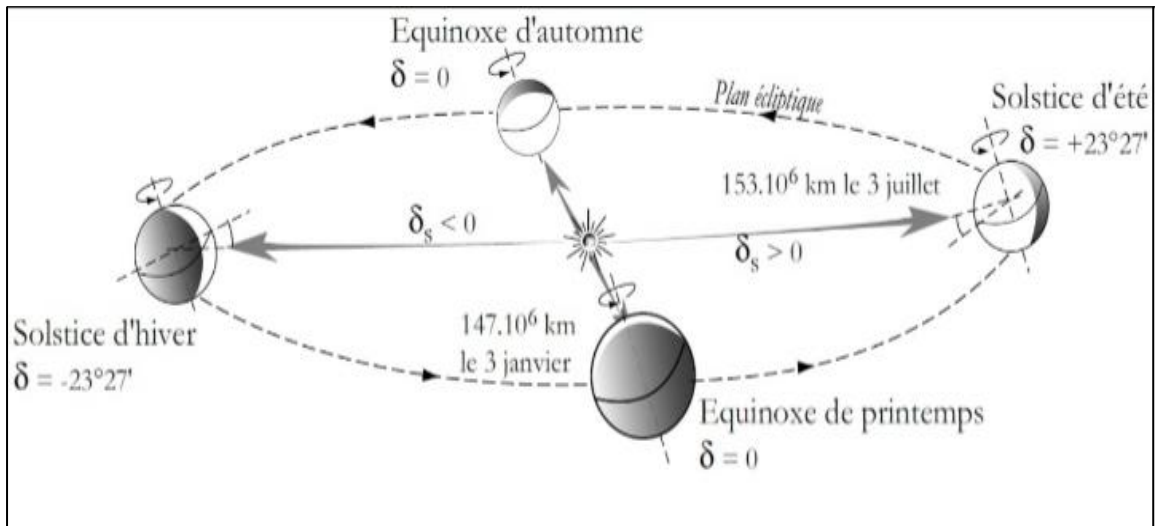


Figure I.5: mouvement de la terre autour du soleil

➤ **l'angle horaire**

L'angle horaire du soleil est l'angle formé par le plan méridien du lieu. Et celui qui passe par la direction du soleil ; on prend comme origine le méridien de Greenwich. A chaque moment, il est plus pratique de calculer le temps en degrés qu'en heures. L'angle horaire est compris entre 0° et 360°.

L'angle horaire se mesure à partir de midi solaire, il est positif s'il est avant midi et il négatif s'il est après midi.

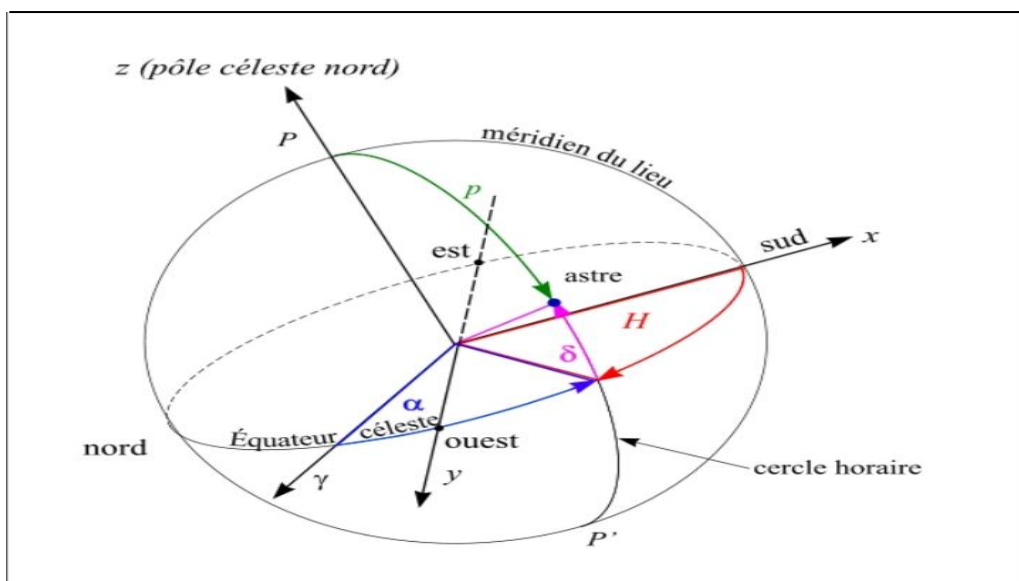


Figure I.6: les coordonnées horaires

I.2.2.3 Coordonnées horizontales

Appelé aussi un système local, est un système de coordonnées célestes utilisé en astronomie attaché à un observateur terrestre.

Le soleil est repère dans un système par l'intermédiaire de deux angles (la hauteur h ; l'azimut).

➤ l'azimut

C'est l'angle formé par la projection de la direction du soleil avec le plan horizontale [3]. Il est compté de 0° à 360° d'ouest en Est, ou de 0° à 180° à partir du sud vers l'ouest.

Sa forme est :

$$\sin(a) = \frac{\sin(\omega)\cos\delta}{\cos h} [3];$$

$$\arcsin \left[\frac{\sin\omega\cos\delta}{\cos h} \right]$$

Avec:

ω : angle horaire

δ : déclinaison du soleil

h : hauteur du soleil

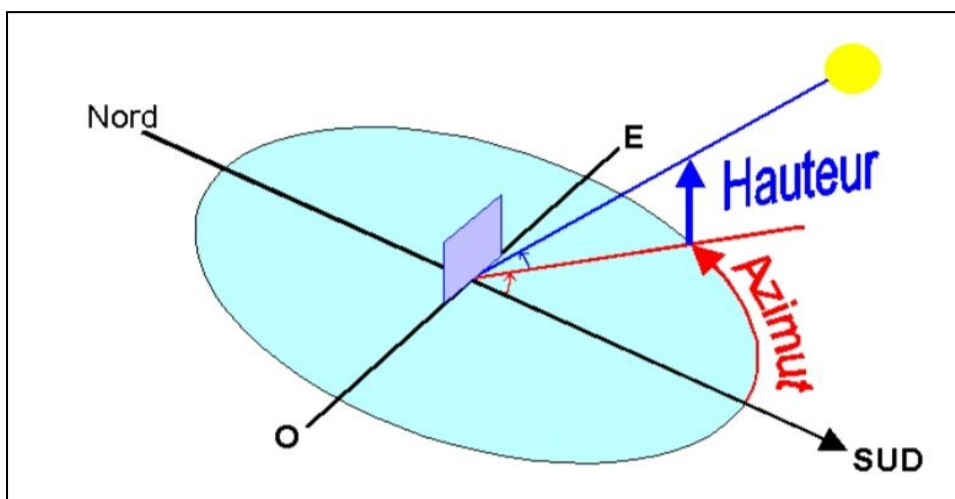


Figure I.7: les coordonnées horizontales

➤ **la hauteur**

Est l'angle vertical entre le plan horizontal et l'objet visé. Cet angle exprimé en degrés est compris entre 0° et 90° vers le zénith et de 0° à -90° vers le nadir [4] elle varie au cours de la journée en fonction de la δ déclinaison et l'angle horaire ω ; et latitude φ : $\sin h = \cos\varphi \cos\omega \cos\delta + \sin\varphi \sin\delta$ $\theta = \arcsin [\sin\delta \sin\varphi + \cos\delta \cos\varphi \cos\omega]$.

D'où on tire la relation de l'angle horaire au lever et coucher du soleil :

Au lever au coucher du soleil $h=0$ en remplaçant dans la formule précédente on trouve :

$$\omega_s = -\tan \delta \cdot \tan \varphi$$

D'où $\omega_s < 0$ au lever

$\omega_s > 0$ au coucher [3]

La hauteur maximale du soleil (à midi solaire) $h_{max} = \frac{\pi}{2} - \varphi + \delta$

Avec : φ longitude du lieu

➤ **angle zénithal**

C'est l'angle que fait la projection de la normale du plan horizontale avec la direction sud. [3] il est compris entre 0° et 90° .

$$\cos(\theta_z) = \cos \delta \cos \varphi \cos \omega + \sin \delta \sin \varphi$$

➤ **angle d'incidence**

C'est l'angle formé par la normale du plan et les rayons de soleil.

Pour une incidence parfaite $\theta=0$ (cas d'un système de poursuite du soleil) sa formule est : \cos

$$\theta = \vec{h} \cdot \vec{S} [3]$$

$$\theta = \sin(h) \cos(i) + \cos(h) \sin(i) \cos(\alpha - \gamma)$$

γ : l'orientation du capteur (plein sud = 0)

i : l'inclinaison du capteur [5]

I.3 Rayonnement solaire

Le rayonnement solaire c'est l'ensemble des ondes électromagnétique émises par le soleil. sa particularité tient au fait que l'essentiel du rayonnement est composé de lumière visible , dans la gamme de longueur d'onde λ qui va de 0.38 à 0.78 μm , de rayonnement infrarouge ($\lambda > 0.78 \mu\text{m}$) et d'un peu de rayonnement ultra-violet ($\lambda < 0.38 \mu\text{m}$) [6].

Le rayonnement solaire qui traverse l'atmosphère est en partie réfléchi et absorbé par celle-ci et par les nuages. La plus grande partie du rayonnement qui atteint le sol est absorbé, mais une partie est réfléchi vers l'atmosphère [6].

I.3.1 Constante solaire

Exprime la quantité d'énergie solaire que réservait une surface de 1m^2 situé à la limite de l'atmosphère terrestre exposée perpendiculaire aux rayon solaire .cette distance variant au cours de l'année tenu de la légère excentricité de l'orbite terrestre, la valeur moyenne de cette variation est appelée constante solaire au aussi irradiation solaire noté C^* égale à $1.367\text{KW}/\text{m}^2$ (soit $1367 \text{ W}/\text{m}^2$).

Pour avoir plus de précision, on prend en compte la variation de la distance terre-lune et on introduit un facteur appelé correction de distance qui s'écrit comme suite [1].

$$C_{t,s} = 1 + 0.034 \cos \left[\left(\frac{360}{365} \right) (n-2) \right]$$

Le constant solaire corrigé est exprimé donc par [5]

$$C_0 = C^* * C_{t,s}$$

| Date le 1er | Puissance surfacique W/m ² | Ecart relatif en C° |
|-------------|---------------------------------------|---------------------|
| Janvier | 1399 | 3.40 |
| Février | 1394 | 3.03 |
| Mars | 1397 | 1.92 |
| Avril | 1354 | 0.07 |
| Mai | 1333 | -1.03 |
| Juin | 1312 | -3.03 |
| Juillet | 1308 | -3.33 |
| Aout | 1312 | -3.03 |
| septembre | 1325 | -1.77 |
| octobre | 1350 | -0.22 |
| novembre | 1373 | 1.48 |
| décembre | 1392 | 2.88 |

Tableau 2: variation de la constance solaire au court de l'année

I.3.2 Rayonnement solaire hors atmosphère d'un lieu

Le soleil est le siège de réactions de fusion de l'hydrogène en hélium, qui libèrent une grande quantité d'énergie dispersée dans l'espace par rayonnement. La perte de masse du soleil est de l'ordre de $4 \text{ à } 5 \cdot 10^6 \text{ t} \cdot \text{s}^{-1}$

I.3.3 Rayonnement solaire en atmosphère

Le rayonnement reçu sur l'atmosphère terrestre n'occupe qu'une faible portion du spectre d'ondes électromagnétiques solaires. Il est caractérisé par des longueurs d'ondes comprises entre 0,2 et 2,5 μm . Il inclut le domaine du visible (ondes lumineuses de 0,4 à 0,8 μm).

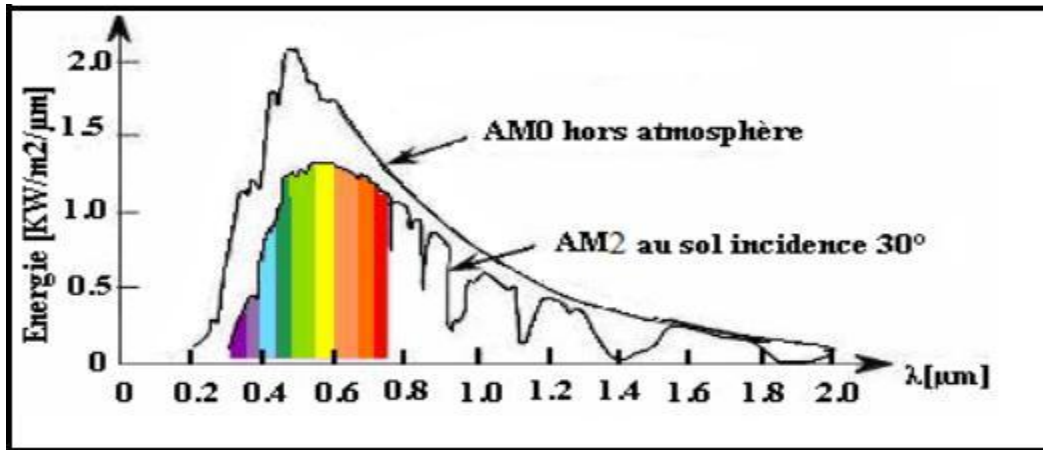


Figure I.8: Répartition spectrale du rayonnement solaire

I.4 Rayonnement arrivant au sol

Le rayonnement solaire est partiellement absorbé et diffusé au sol, on distingue plusieurs composantes.

I.4.1 Le rayonnement direct

Est reçu du soleil en ligne directe droite, sans diffusion par l'atmosphère. Ses rayons sont parallèles entre eux. Le rayonnement solaire forme donc des ombres et peut être concentré par des miroirs. [7]

La transmissivité totale de l'atmosphère pour le flux solaire incident est donné par :

$$\tau_{dir} = a \cdot \exp\left(\frac{-p \cdot b}{1000 \cdot \sin h}\right) \quad [8]$$

Ou :

a,b : coefficient traduisant les trouble atmosphérique

h : hauteur du soleil

p : pression atmosphérique du lieu [8]

Le rayonnement direct reçu sur un plan horizontal est donné par :

$$G_{dirh} = C^* \cdot \tau_{dir}$$

G_{dirh} : éclairement énergétique direct reçu sur un plan horizontal [8]

I.4.2 Rayonnement diffus

Il provient en effet de la diffusion de la lumière par les particules, les aérosols, les gaz et les nuages. On rend compte de ce phénomène complexe en utilisant un petit nombre de paramètres empirique comme le trouble atmosphérique et l'humidité de l'air [6].

La relation entre le coefficient de transmission du flux direct et diffus est :

$$\tau_{\text{dif}} = 0.271 - 0.2939 * \tau_{\text{dir}}$$

I.4.3 L'albédo

C'est une partie réfléchi par le sol il dépend de l'environnement du site [7].

I.4.4 Le rayonnement globale

Est la somme des trois types de rayonnement diffus et direct, albédo

$$G = G_{\text{dir}} + G_{\text{dif}} + G_{\text{alb}}$$

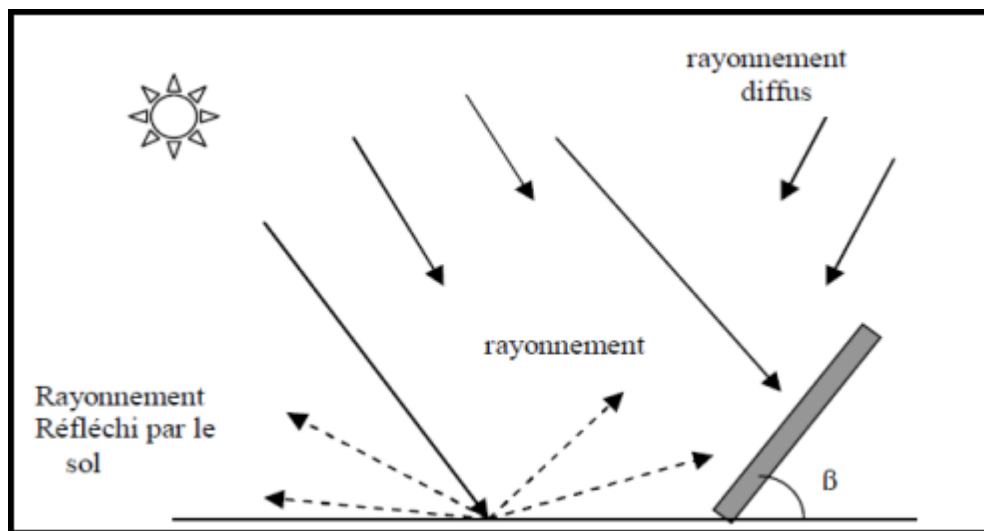


Figure I.9: Composantes du rayonnement global sur une surface

I.5 Le 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 fait un dimensionnement le plus exact possible compte tenu de la demande à satisfaire. De par sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un gisement solaire énorme comme montre la figure I.9.

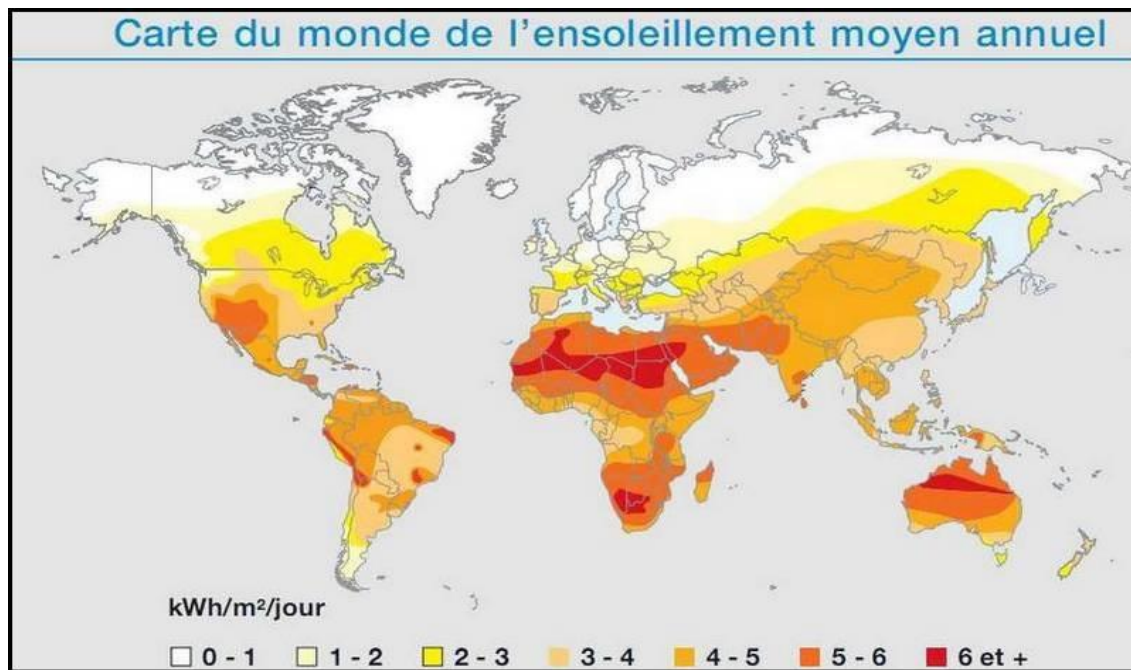


Figure I.10: Carte du monde de l'ensoleillement moyen annuel [9]

Suite à une évaluation par satellites, l'agence spéciale allemande (ASA) a conclu, que l'Algérie représente le potentiel solaire le plus important de tout le bassin méditerranéen, soit 169.000 TW/an pour le solaire thermique, 13.9TW/an pour le solaire photovoltaïque. Le potentiel Algérie est l'équivalent de 10 grands gisement de gaz naturel qui auraient été découverts à Hassi RMel. La répartition du potentiel solaire par région climatique au niveau du territoire algérien est représentée dans le tableau I.2 selon l'ensoleillement reçu annuellement :

| Région | Régions côtières | Hauts plateaux | Sahara |
|--|------------------|----------------|--------|
| Superficie (%) | 4 | 10 | 86 |
| Durée moyenne d'ensoleillement (h/an) | 2650 | 3000 | 3500 |
| Energie moyenne reçue (KWh/m ² /an) | 1700 | 1900 | 2650 |

Tableau I.3: ensoleillement reçu en Algérie par régions climatique [9]

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 ou elle baisse jusqu'à 6h/j en période estivale. La région d'Adrar est particulièrement ensoleillée et présente le plus grand potentiel de tout l'Algérie.

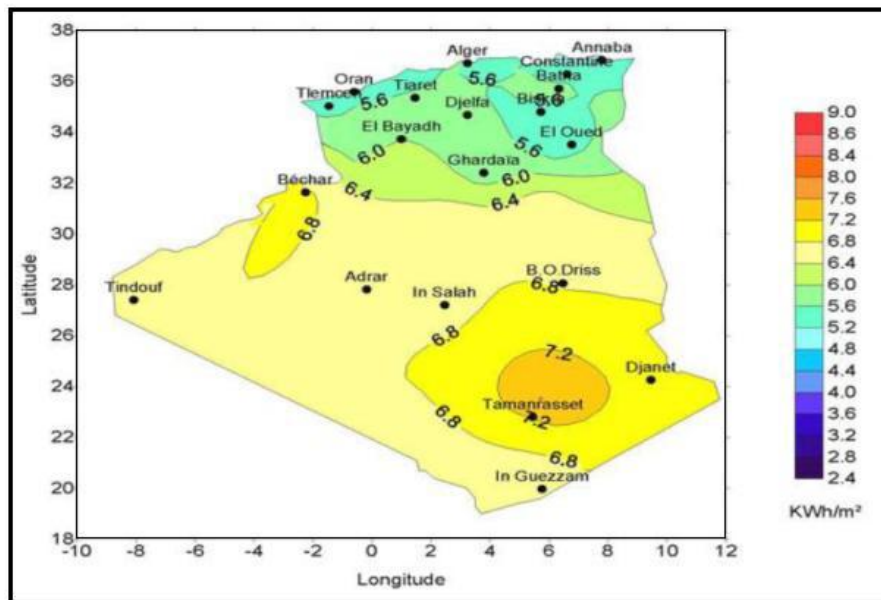


Figure I.11: Moyenne annuelle de l'irradiation solaire globale reçue sur un plan incliné à latitude du lieu

Conclusion

Dans chaque installation d'un système de captation solaire il est nécessaire de faire une étude sur les rayonnements solaire afin d'estimer au mieux le rayonnement solaire incident sur notre capteur.

Chapitre II

Généralités sur capteur solaire

Introduction

Avec les problèmes de changement climatique et l'épuisement des ressources d'énergie fossile (pétrole, gaz naturel, charbon,... etc.), il est nécessaire de trouver de nouvelles sources d'énergie propres et renouvelable. En effet le soleil est la meilleure source pour remplacer les autres énergies. L'énergie solaire permet de réduire la dépendance énergétique d'un pays et d'éviter les atteintes à l'environnement occasionnées par les sources d'énergie conventionnelles. Les technique pour tirer profit de l'énergie solaire ont été améliorées, aujourd'hui il y a plusieurs million de m² de capteurs et de systèmes solaires installés dans le monde utilisant les technologies les plus récente. [17]

II.1 Définition d'un capteur solaire

Un capteur solaire est un dispositif qui absorbe le rayonnement pour recueillir l'énergie solaire et la transférer à un fluide caloporteur (eau, air,... etc.) sous forme de chaleur.

II.2 Les différentes composantes du capteur solaire

Un capteur solaire est constitué de cinq éléments essentiels.

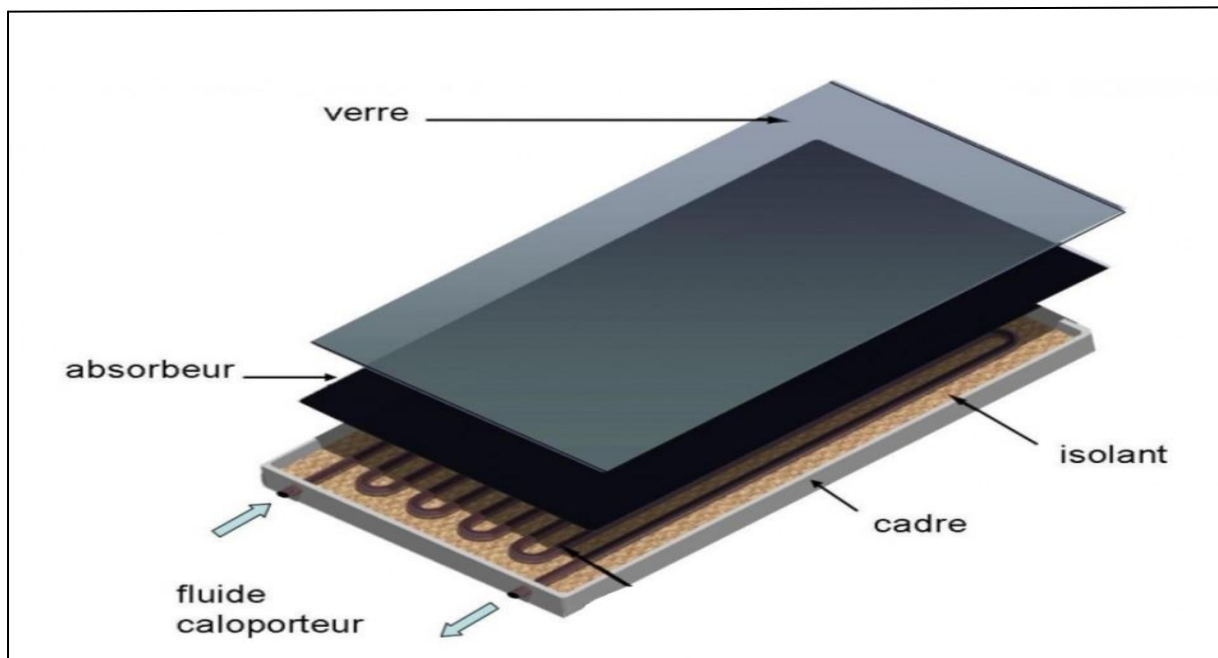


Figure. II.1. Capteur solaire thermique

II.2.1 Absorbeur

L'absorbeur est un élément essentiel du capteur. Il doit absorber les plus grands partis du rayonnement solaire et transmettre la chaleur produit vers le fluide caloporteur avec un

minimum de perte. Il est généralement peint en noir pour absorber tous les rayonnements dans le spectre du visible.

L'absorbeur est choisi selon les caractéristiques suivantes :

- -Un bon coefficient d'absorption.
- -Une bonne conductivité thermique.
- -Une bonne résistance à la corrosion.

Le choix des matériaux et le procédé de construction ont une grande influence sur la qualité d'un capteur. Ces matériaux les plus employés restent le cuivre, l'acier et l'aluminium.

Deux coefficients déterminent les caractéristiques des absorbeurs :

- α_a : coefficient d'absorption.
- ε_c : coefficient d'émission.

| Support et traitement | Absorptivité (α_a) | Emissivité (ε_c) |
|---|-----------------------------|--------------------------------|
| Acier nickel noir nickel | 0.95 | 0.07 |
| Acier et chrome nr sur nickel | 0.95 | 0.09 |
| Acier et chrome noir | 0.91 | 0.07 |
| Cuivre et chrome noir | 0.95 | 0.14 |
| Acier galvanisé et chrome noir | 0.95 | 0.16 |
| Cuivre et cuivre noir | 0.88 | 0.15 |
| Acier et oxyde de fer | 0.85 | 0.08 |
| Aluminium et oxyde de manganèse | 0.70 | 0.08 |
| Acier et couche organique sur chrome noir | 0.74 | 0.20 |
| Peinture noir époxy | 0.95 | 0.18 |
| Peinture blanche époxy | 0.25 | 0.91 |

Tableau II.1 : le coefficient d'absorption α est le coefficient d'émission ε pour les matériaux les plus utilisés comme absorbeur [10]

II.2.2 La couverture transparente

Une couverture transparente est la surface à travers laquelle le rayonnement solaire non concentré admis dans le capteur. On ne peut pas utiliser que des matériaux transparents. Cette couverture joue un rôle important dans le bilan thermique en réduisant les pertes de chaleur. Cette couverture doit assurer trois fonctions essentielles :

- Recevoir le maximum du rayonnement incident sans réflexion ni diffusion importante.
- Transmettre la plus part du rayonnement.
- S'opposer aux déperditions thermiques par convection et rayonnement.

La couverture doit présenter une bonne résistance aux chocs et les températures élevées.

La propriété physique intéressante du verre est qu'il permet de laisser passer le rayonnement solaire et d'arrêter le rayonnement infrarouge d'un émetteur tel que celui de l'absorbeur. La chaleur est donc bloquée entre l'absorbeur et la couverture : c'est l'effet de serre.

L'effet de serre :

L'effet de serre est un phénomène naturel provoquant une élévation de la température à la surface de notre planète. La surface de la terre absorbe naturellement 70% du rayonnement solaire tandis que le reste renvoyé vers l'espace. Le rayonnement solaire absorbé est alors transformé en rayonnement infrarouge et restitué dans l'atmosphère. Une partie de ce rayonnement infrarouge est alors à son tour renvoyée vers l'espace tandis que l'autre partie est retenue par les gaz à effet de serre présente dans l'atmosphère. Ce phénomène est indispensable à notre survie. Ce fragile équilibre est menacé par les activités humaines qui affectent la composition de l'atmosphère et entraînent l'apparition d'un effet de serre additionnel, responsable en grande partie du changement climatique actuel, sans l'effet de serre la température moyenne sur terre serait de -18°C .



Figure II.2 :L'effet de serre

Les couvertures transparentes habituelles sont pour la plupart en verre mais on peut trouver aussi des produits de synthèse tel que le polycarbonate et le polyester armé ...

Pour certaines applications telles que la réalisation de serres agricoles, on peut utiliser des films minces.

Le tableau II.2 fournit quelques indications sur ces matériaux :

| Matériaux | Facteur de transmission solaire τ^* (\square) | Masse volumique ρ (kg/m ³) | Chaleur massique C_p (j/kg.k) | Conductivité thermique λ (w /m.k) | Dilatation thermique αL (k ⁻¹) |
|-----------------------------|--|---|---------------------------------|---|--|
| Verre | 85-92 | 2700 | 840 | 0.93 | $0.9 \cdot 10^{-5}$ |
| Polycarbonate | 82-89 | 1200 | 1260 | 0.2 | $6.6 \cdot 10^{-5}$ |
| Poly méthacrylate | 89-92 | 1200 | 1460 | 0.2 | $7 \cdot 10^{-5}$ |
| Polyester armé | 77-90 | 1400 | 1050 | 0.21 | $3.5 \cdot 7 \cdot 10^{-5}$ |
| Polytéréphtalate | 84 | 1.38 | 1170 | 0.25 | $7 \cdot 10^{-5}$ |
| Ethylène | | | | | |
| Polyfluoroéthylène opoyléne | 97 | 2.15 | 1170 | 0.25 | 10^{-4} |
| Plyflurure vinyle | 93 | 1.50 | 1380 | 0.12 | $4 \cdot 10^{-5}$ |

Tableau II.2 propriété de quelque surfaces transparentes au rayonnement solaire mais opaque au rayonnement infrarouge.

II.2.3 Le boîtier

Le boîtier c'est l'ensemble qui supporte les différentes composantes du capteur, il constitue l'enveloppe du capteur.

Il est généralement en acier inoxydable ou bien par aluminium pur augmenter ça durée de vie.

Le boîtier doit être rigide pour supporter le poids de tous les éléments de système. [3]

II.2.4 L'isolant

L'isolant sert à réduire les pertes par convection et par conduction à travers la surface du boîtier, cette matière doit satisfaire les conditions suivantes :

- Ne doit pas être toxique ni explosif.
- Il doit résister à la gamme de température utilisée.
- Il doit résister à l'humidité présente dans le capteur.

L'épaisseur de l'isolant doit se situer dans la gamme indiquée ci-dessous :

Latérale : $0.035 < e < 0.075$ m

Arrière : $0.03 < e < 0.05$ m [3]

II.2.5 Le fluide caloporteur

Son rôle est de transporter la chaleur récupérée de la plaque absorbante au stockage ou à l'utilisation suivant le type de circuit utilisé.

Les fluides caloporteurs les plus utilisés sont : l'air et l'eau.

II.3 Les Types des capteurs solaires

L'industrie a pu classer les capteurs solaires en deux types sont :

- Capteurs non concentrateurs.
- Les concentrateurs.

II.3.1 Capteur non concentration

Trois types de capteurs existent. Ces types sont classés selon les températures entre l'intérieur du capteur et l'extérieur.

II.3.1.1 . Le capteur non vitré (capteur moquette)

C'est le capteur le plus simple, le plus économique mais le moins performant. Il est constitué de plusieurs tubes porteurs de fluide caloporteur dans une simple plaque de métal ou de plastique. Ces capteurs non sont pas isolés sur la face avant. C'est pourquoi leur rendement est très bon pour produire des températures proches de la température de l'air ambiant. Ils peuvent être utilisés pour le chauffage de piscines et le chauffage de l'eau sanitaire. La température de fonctionnement est inférieure à 30°C.



Figure II.3 : capteur solaire non vitré

II.3.1.2 Les capteurs plans vitrés

C'est un dispositif sans concentration dans lequel la surface de l'absorbeur est une plaque métallique sensiblement plane et noircie pour absorber le maximum de rayonnement. Elle est recouverte d'une vitre sur la face avant et isolée sur les faces latérales et arrière.

Les rayons solaires qui traversent la vitre sont absorbés par l'absorbeur qui s'échauffe et émet des rayons infrarouge. Ces derniers restent émet dans les capteurs à cause de la vitre et de l'isolant sur les autres parois. Un liquide dans des tubes récupère la chaleur et la véhicule jusqu'à point d'utilisation. [11]

Ce type de capteurs peut intégrer dans l'architecture du bâtiment. La température de fonctionnement est comprise entre 30° et 60°C.



Figure II. 4 : capteur solaire plan vitré

II.3.1.3 Les capteurs sous-vides

Le capteur sous-vides est composé d'une série de tube transparents en verre de 5 a 10 cm de diamètres. Dans chaque tube il y a un absorbeur pour capter le rayonnement solaire et un échangeur pour permettre le transfert de l'énergie thermique. Les tubes sont mis vide pour «éviter des déperditions thermique convective de l'absorbeur. Celui-ci reçoit un traitement sélectif pour empêcher le rayonnement. [8]



Figure II.5 : capteur solaire sous-vide

II.3.2 Les concentrateurs

Ces capteurs utilisent des surfaces réfléchissantes (miroir) parabolique ou cylindro-parabolique pour concentrer les rayons solaires respectivement dans le foyer de ses surfaces. Dans le foyer se trouve les récepteurs (absorbeur) qui captent la chaleur solaire ainsi concentrée.

Naturellement ces concentrateurs doivent suivre le mouvement du soleil.

II.3.2.1 Les différents types des concentrateurs

On distingue quatre types de concentrateur :

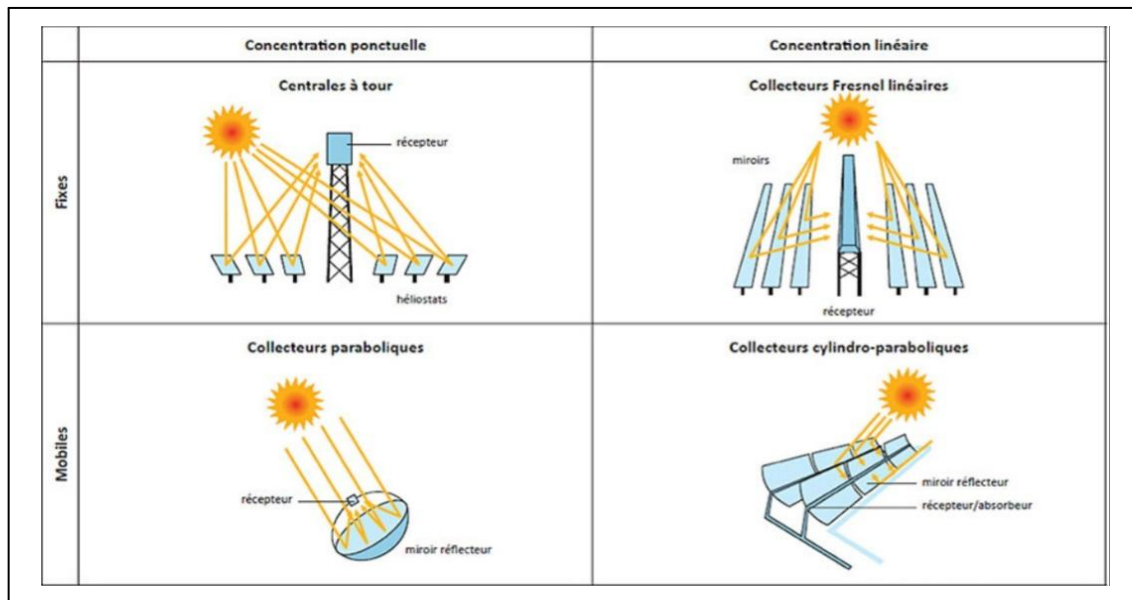


Figure II.6 : système de concentration [33]

1. Concentrateur centrale à tour

Dans ce type central, on utilise de nombreux miroirs qui concentrent le rayonnement solaire sur une chaudière placée en haut d'une tour. Les miroirs ou « héliostat » sont conçus pour tourner avec le soleil et ainsi, réfléchir les rayons du soleil sur le foyer de la chaudière.

Le rayonnement solaire doit être dirigé vers le foyer en haut de la tour avec une grande précision pour concentrer ce rayonnement solaire, ce qui permet d'attendre des températures importantes qui peut dépasser 100°C. De la vapeur à haute pression est généré afin de produire de l'électricité.

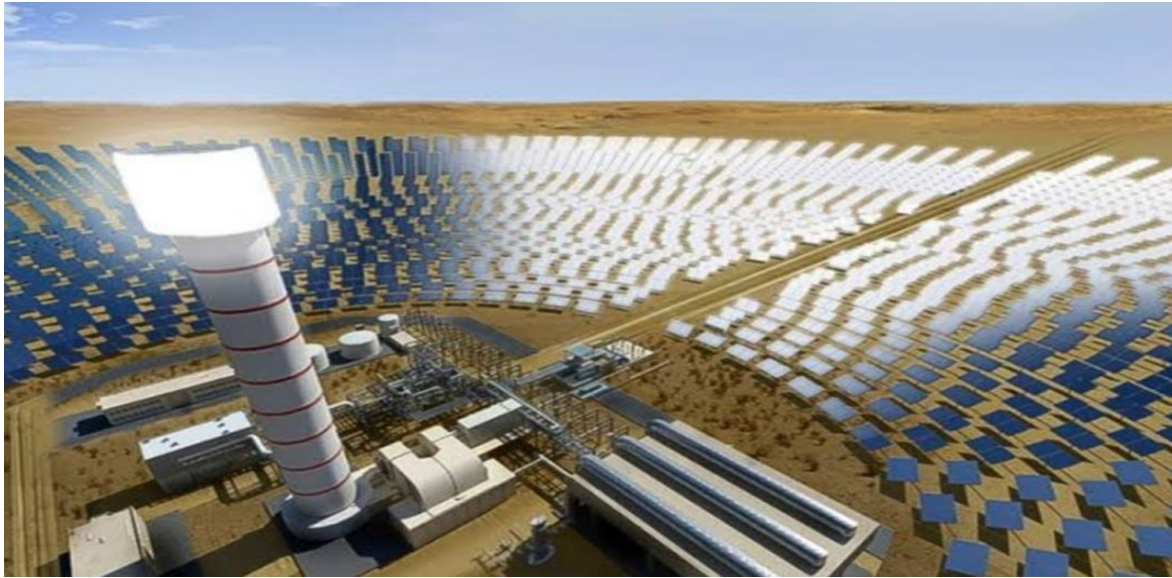


Figure II.6 : Concentrateur centrale à tour

2. Concentrateur cylindro-parabolique

Les concentrateurs solaires utilisent des miroirs paraboliques ou cylindro-parabolique pour concentrer les rayons solaires respectivement dans le foyer de ces surfaces. Dans le foyer se trouvent les récepteurs qui captent la chaleur solaire ainsi concentrée. Naturellement ces concentrateurs doivent suivre le mouvement e soleil. [8]



Figure II.7 : Concentrateur cylindro-parabolique

3. Concentrateur parabolique

Ces capteurs utilisent des surface réfléchissantes parabolique pour concentrer les rayons solaires dans le foyer ou se trouve l'absorbeur qui capte la chaleur ainsi concentrée. Naturellement ces concentrateurs doivent suivre le mouvement du soleil .peuvent atteindre des températures plus élevées jusqu'à 1500°C sur le récepteur.



Figure II.8 : Concentrateur parabolique

4. Les miroirs de Fresnel

Ce système est composé par des miroirs plans, ou faiblement paraboliques, disposées en lames parallèles qui s'inclinent sur un axe de façon à réfléchir les rayons du soleil vers le foyer. Les miroirs restent près du sol, cette position lui permettre d'éviter le vent. Un deuxième étage de réflecteurs redirige le rayonnement vers un récepteur tubulaire fixé au-dessus des miroirs dans le centre du champ solaire (figure II.13). Malgré la chute des performances optiques de cette technologie (2/3 de celle d'un CCP), une baisse des coûts de maintenance et d'investissement de 50% dans une centrale solaire basée sur cette technologie par rapport aux autres technologies (concentrateur parabolique et tour solaire). [13]



Figure II.9 : miroirs de Fresnel

II.3.2.2 Les avantages et les inconvénients des systèmes à concentration

Avantages

L'utilisation de concentrateurs permet :

- ✓ D'accroître le flux incident sur le capteur
- ✓ De diminuer la surface réceptrice
- ✓ De diminuer les pertes thermiques
- ✓ D'augmentation la température du récepteur

Inconvénients

- ✓ Le rayonnement diffus est très mal a utilisé. Dans les systèmes a concentration, seul le rayonnement direct est concentré.
- ✓ Les pertes optiques peuvent être importantes. elles sont dues aux phénomènes de réflexion et de réfraction et aux caractéristiques géométriques des systèmes.
- ✓ Les systèmes à forte concentration nécessitent des montages optique précis et donc chers.
- ✓ Dans la plupart du temps le flux n'est pas distribué de façon uniforme sur l'absorbeur.

[16]

II.3.3 L'orientation et l'inclinaison du capteur

L'fluence de l'orientation d'un capteur et de son inclinaison avec l'horizontal est due au fait que ces deux dernières changent le rayonnement solaire atteignant la surface du capteur.

L'inclinaison et l'orientation des panneaux solaire est importante pour optimiser l'irradiation du rayonnement direct et diffus reçus par les capteurs. Plus la surface des panneaux solaires est perpendiculaire aux rayons incidents du soleil, meilleur est le rendement. La meilleure orientation du capteur solaire est de l'orienter directement au sud. L'angle optimum d'inclinaison est appliqué à une variété de système, tels que les capteurs installés dans une position fixe. Cet angle joue un rôle important en augmentation la collection d'énergie par les capteurs solaire. [14]

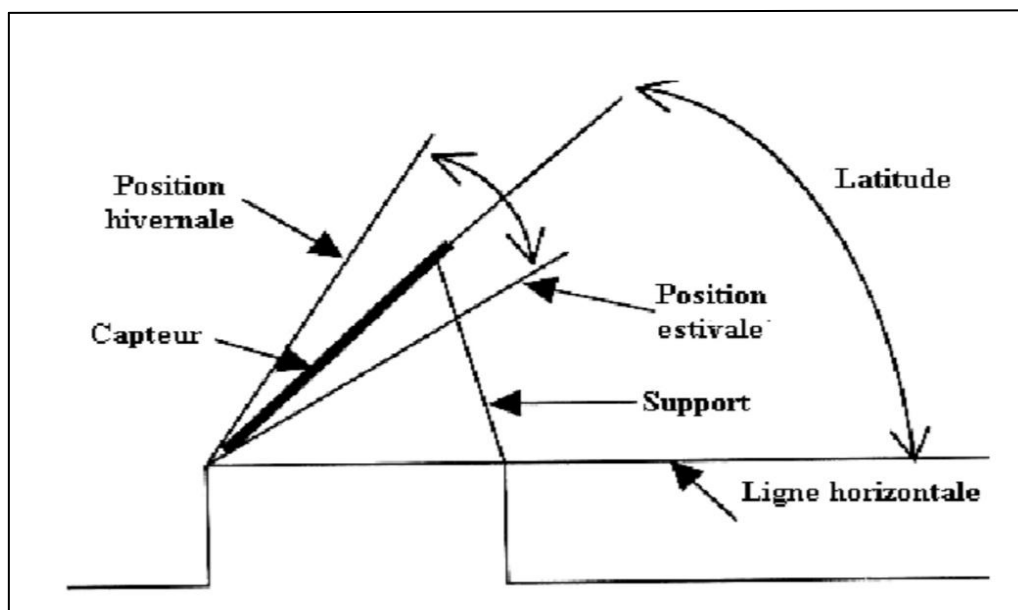


Figure II.10 : Installation d'un capteur solaire

II.3.4 Principe de captation du rayonnement solaire

Un capteur plan est relativement insensible aux conditions du ciel, dont la réalisation ne demande pas une conception compliquée. Cependant, la conception d'un collecteur avec effet de concentration, fait appel à des techniques au moins complexes dans le principe consiste à focaliser le rayonnement incident sur un absorbeur de surface réduite que la surface d'ouverture du collecteur, afin d'augmenter la concentration de rayonnement au niveau de l'absorbeur. Les capteurs plans utilisent le rayonnement diffus provenant du ciel et du sol, par contre les concentrateurs n'utilisent que le rayonnement direct. La figure suivante montre le principe de captation par les deux types de conversion thermique de l'énergie solaire. [18]

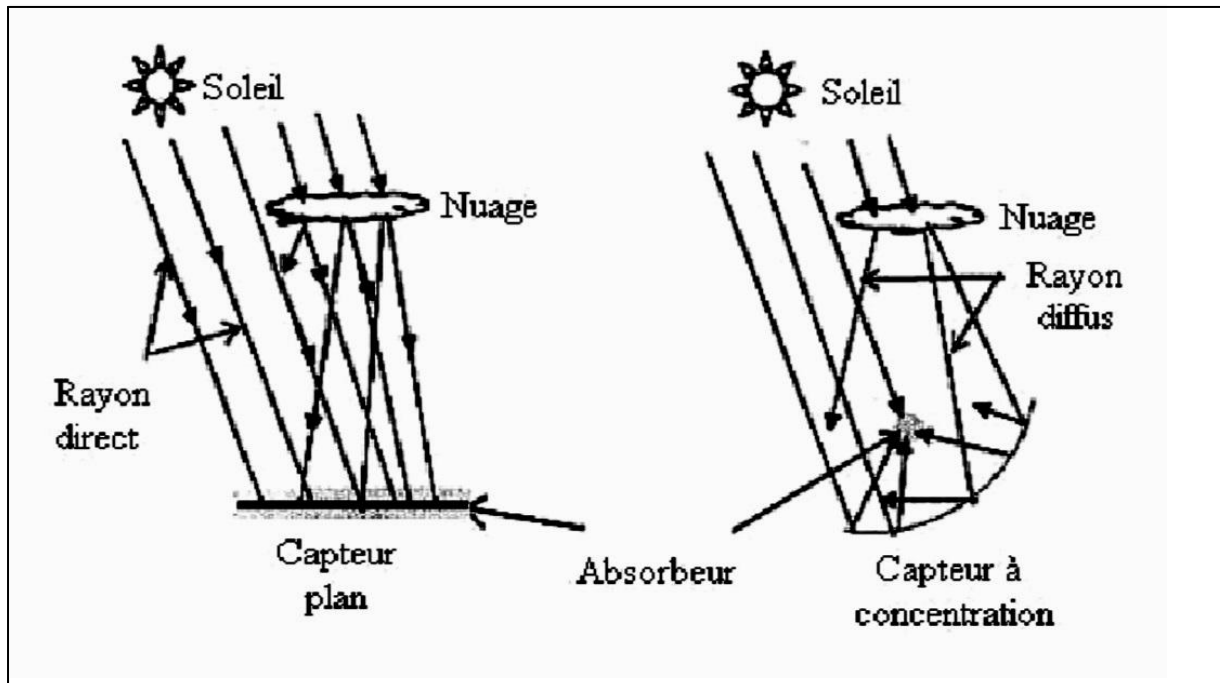


Figure II.11. Schématisation de principe de captation du rayonnement solaire.

II.4 Quelques applications des capteurs solaires

Les capteurs sont utilisés pour :

- La production d'eau chaude sanitaire.
- Le chauffage d'habitation.
- La production de la vapeur.
- La production d'électricité.
- La distillation de l'eau.
- La cuisson solaire.

II.5 Les différents modes de transferts thermiques dans un capteur solaire

Un capteur solaire met en jeu simultanément les trois modes de transfert thermique, conduction, convection et rayonnement. [3]

II.5.1 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.

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

$$\Phi = -K.A.\text{grad } T \quad [\text{II.1}]$$

Φ : Flux de chaleur. [W]

K : coefficient de conductivité thermique. [W/m.k]

A : surface d'échange. [m²]

II.5.2 Convection

La convection est un transport d'énergie dû à des mouvements macroscopique, on distingue deux types de convection :

II.5.2.1 Convection forcée

Le mouvement du milieu est engendré par un dispositif externe (le vent, une pompe, un ventilateur ...etc.).

II.5.2.2 Convection naturelle

Le mouvement du fluide est engendré par les variations de densité causées par des variations de températures au sein du fluide.

Le transfert thermique convectif est régi par la loi de Newton :

$$Q = h_c . S . (T_P - T_f) \quad [\text{II.2}]$$

Q : le flux échangé par convection [W].

h_c : Coefficient de convection [W/m².k].

S : surface de la paroi solide en contact avec le fluide [m²].

T_P : température de la paroi solide [k].

T_f : température de fluide [k].

II.5.3 Rayonnement

Le transfert de chaleur par rayonnement a lieu lorsque de l'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques est émise par une surface et absorbée par une autre. Cet échange peut avoir lieu lorsque les corps sont séparés par le vide ou par n'importe quel milieu intermédiaire suffisamment transparent pour les ondes électromagnétiques.

La loi fondamentale du rayonnement est celle de Stefan-Boltzmann :

$$q = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad [\text{II.3}]$$

q : densité de flux de chaleur émis par le corps [W/m^2].

ε : émissivité thermique du matériau.

σ : constante de Stefan-Boltzmann évaluée à : $5,6 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$.

T : température absolue du corps [K].

Conclusion

Ce chapitre nous a permis d'étudier les capteurs solaires, ses composants, leurs principes de fonctionnement et le domaine d'utilisation.

Le choix de ces capteurs dépend du domaine d'utilisation de l'énergie solaire (production d'eau chaude, la distillation des différents fluides ...).

Chapitre III

Les margines

Introduction

L'olivier constitue la principale espèce fruitière cultivée en méditerranée. sa faculté à croître et à produire dans diverses situation de culture ainsi que son adaptation aux conditions climatiques les plus critiques ont permis son développement . Dans ce chapitre on va définir les margines et ces procède et aussi impact sur l'environnement.

III.1 Définition

Les margines sont obtenus lors de l'extraction de l'huile d'olive à partir de l'eau contenue dans le fruit, les margines sont des affluent visqueux, acide, riches en matières organique (sucre totaux, substance azote, acides organiques polyalcools, pectines- mucilage, tannins et graisse) et aussi du poly phénols. Ces effluent se compose de 40 à 50% de l'eau végétale qui provient du fruit et tout le reste c'est de l'eau ajoutée lors de processus de trituration, la qualité et la quantité des margines dépendant de l'opération d'extraction d'olive.



Figure III.1: Bouteille contient de margine

III.2 Production de l'huile d'olive

La production mondiale de la campagne 2013/2014 atteignait 3 098 000 de tonne (COI, 2014), cette production se concentre principalement dans les pays du pourtour méditerranéen : Espagne, Italie, Grèce, Turquie, Syrie, Tunisie et Maroc (tableau 1). La production de ces pays représente 94% de la production mondiale.

Tableau III.1 : La production de l'huile d'olive en différents pays

| Pays | Production d'olive en tonnes(2015) | Production d'olive%(2010) | Consommation d'olives | Conso annuelle par habitant (kg) |
|-----------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| Monde | 3.269.249 | 100% | 100% | 0.43 |
| Espagne | 1.487.000 | 45.5% | 20% | 13.62 |
| Italie | 548.500 | 16.8% | 30% | 12.35 |
| Grèce | 352.800 | 10.8% | 9% | 23.7 |
| Syrie | 177.400 | 5.4% | 3% | 7 |
| Maroc | 169.900 | 5.2% | 2% | 11.1 |
| Turquie | 161.600 | 4.9% | 2% | 1.2 |
| Tunisie | 160.100 | 4.9% | 2% | 5 |
| Portugal | 66.600 | 2.0% | 2% | 1.8 |
| Algérie | 33.600 | 1.0% | 2% | 7.1 |
| Others | 111.749 | 3.3% | – | – |

Tableau III.1: La production de l'huile d'olive en différents pays

Les margines ont une couleur brun à brun rougeâtre, d'aspect trouble. Ces effluents ont une forte charge saline et sont très acides.

Les margines récoltées présentent un caractère acide avec un **Ph** de 4.56, valeur proche de celles citées dans la littérature. Cette acidité peut être expliquée par la présence organique [19].

Ces margines ont une densité et une conductivité proche de celle de l'eau. Cela peut être expliqué respectivement, par les fortes teneurs en eau (jusqu'au 90%) et la présence de sels minéraux dans les margines [20]. Les teneurs moyennes des margines en matière sèche et en matière volatile sont respectivement de 77,8 (g/l) et 67,6 (g/l). La nature organique des margines [21].

III.3 Caractéristiques physico-chimique

Tableau III.2: Caractéristique physico-chimiques de la margine mère

| Paramètres | Valeurs |
|------------------------|---------|
| Ph | 4.56 |
| Densité | 1.02 |
| Conductivité (ms/cm) | 8.64 |
| Indice de réfraction | 1.33 |
| Polyphénols (g/l) | 3.73 |
| DCO (g d' O_2 /L) | 165.6 |
| Matière sèche (g/l) | 77.8 |
| Matière volatile (g/l) | 67.6 |
| Taux de cendre (g/l) | 10.2 |

III.4 Composition des margines

En générale, les margines présentent une composition chimique très complexe et hétérogène :

- 83-88 % d'eau
- 10,5-15% de matière organique
- 1,5-2% de matière minérale
- 1,25-2.4% de matière azotée totale
- 0,03-1% de matière grasse
- 1,0-1.5% de polyphénols

Malgré le traitement des margines tout au long du processus, les margines finales contiennent. Elles contiennent toujours des résidus huileux qui n'ont pu être séparés lors des centrifugations verticales

. Elles contiennent une variété dépend de la nature des olives, de leur degré de maturation, des pratiques culturales et du procédé utilisé pour l'extraction d'huile d'olive [22].

III.4.1 Composition des résidus secs

Ces résidus secs contiennent 20kg de substances minérales et 150kg de substances organique par m³ des margines [23].

III.4.2 Fraction organique

Les margines comportant deux fractions organiques :

- Une fraction insoluble constituée essentiellement de pulpes d'olives qui représente la matière en suspension et colloïde.
- Une fraction soluble dans la phase aqueuse qui contient les sucres, les composés azotés, les vitamines, les acides organiques, les lipides et les composés phénoliques [24].

III.4.3 Fraction minérale

Les margines contiennent des quantités significatives de sels minéraux, dont 80% sont solubles (phosphates, sulfates et chlorures) et 20% insolubles (carbonates et silicates). Les éléments les plus représentatifs sont le potassium (47%) les carbonates (21%), les phosphates 14% et le sodium 7% [25-26].

III.5 Les principaux composés phénolique des margines

Les poly phénols sont molécules bioactives présentes dans les plantes, aux structures très hétérogènes ayant pour point commun la présence d'au moins un noyau aromatique (groupement phénol) sur lequel sont présents plusieurs groupement hydroxyyles (-OH)[27].

Les composantes phénoliques des margines provient de l'hydrolyse enzymatique des glucides et des esters de la pulpe d'olive au cours du processus d'extraction. Ils sont très divers et leur structure est très variable, ils sont plus solubles dans les eaux de végétation, ce qui explique leur concentration élevée dans les margines [28] la couleur des margines est fonction de l'état de dégradation des composés phénoliques et des olives dont ils dérivent [29].

| Les différents types des polyphénols | | | |
|--------------------------------------|------------------------|---|-------------------------|
| Monoméries aromatiques | | Composés phénoliques a haut poids moléculaire principalement les tanins | |
| -acide caféique | Hydroxyphényléthanol | -esters d'acides phénoliques | -le catécholmélaninique |
| -acide p | Dihydroxyphényléthanol | -esters d'acides phénoliques et sucres-glucosides | |
| -coumarique | Syringaldéhyde | | |
| -acide | | | |
| -protocatéchuique | | | |
| -acide vanillique | | | |
| -acide 4 | | | |
| -hydroxyphénylacétique | | | |
| -acide syringique | | | |
| -acide phydroxybenzoïque | | | |
| -acide vétratrique | | | |

Tableau III.3: Les différents types des polyphénols

III.6 Traitement et valorisation des margines

III.6.1 Pouvoir polluant des margines

L'autre caractéristique des margines est la très grande variabilité de leur composition et partant de leur propriétés. Les paramètres définissant le pouvoir de pollution du produit n'échappent pas non plus à cette variation. Il s'agit:

- de la DBO 20000 à 55000 milligrammes/l
- de la DCO 60000 à 180000 milligrammes/l
- des résidus solides 3 à 10 %
- des résidus insolubles. 0.04 à 0.5 %.

- les substances phénoliques sont partiellement toxiques et inhibent le développement des microorganismes aussi bien en présence ou en l'absence d'Oxygène.[Vaquez Rancero et al, 1974], ont identifié un certain nombre de flavonoïdes, de phénols et de glucosides phénoliques .il s'agit en particulier, de l'oleuropéine qui a la propriété d'inhiber le développement de certaines bactéries, dont les lactobacilles et des Champignons. Elles sont caractérisées par une forte odeur d'huile d'olive et d'une couleur brune à brun noirâtre, les margines sont assez acides (pH 5-5,5) présentant une demande chimique en oxygène (DCO)

supérieure à 200g/L [Fiorentino et al, 2003 ; Mulinacci et al, 2002]. En général, ces constituants attribuent au profil polluant des margines et par suite sont responsables des sérieux dégâts environnementaux [Ranalli et al, 2003]. Mais plus particulièrement, la toxicité des margines est attribuée aux composés phénoliques non biodégradables qui empêchent le processus d'autoépuration [Della Greca et al,]

III.7 Problématique environnemental des margines

Les margines, effluents d'extraction de l'huile d'olive, posent de sérieux problèmes de pollution par leur concentration élevée en matières organiques et en poly phénols. Des études de toxicité et de biodégradabilité ont montré que les composés phénoliques qui sont de nature humiques et responsables de la coloration noire sont très peu toxique et très difficilement biodégradables, par contre, les composés tannique sont très toxiques mais biodégradables.

En effet, le rejet des margines reste jusqu'à présent un problème écologique prépondérant ainsi qu'un redoutable souci pour les pays producteurs d'huile d'olive ou de larges volumes sont produits dans des intervalles de temps très bref s'étendant de Novembre jusqu'à Avril [30].

III.7.1 Pollution des eaux

Les margines sont rejetées le plus souvent dans des récepteurs naturels, des cours d'eau, sans aucun contrôle préalable et nuisent fortement à la qualité de ces eaux de surfaces. La très forte charge en matières organiques empêche ces eaux de s'auto-épurer et la pollution peut s'étendre sur de très longues distances [31]. Les margines sont peu dégradables à cause des substances phytotoxiques et antimicrobiennes (phénols, acides gras volatiles, insecticides, etc....) qu'elles contiennent [32]. Les effluents d'huileries d'olive sont peu dégradables à cause des substances phytotoxiques et antimicrobiennes (phénols, acides gras, etc.) qu'ils contiennent. Souvent rejetés dans des récepteurs naturels sans aucun traitement préalable, les effluents d'huileries d'olive nuisent fortement à la qualité des eaux de surfaces. La coloration des eaux naturelles due aux tannins est l'un des effets les plus visibles de la pollution. La très forte charge en DCO et surtout en DBO empêche les eaux de s'auto-épurer et la pollution peut s'étendre sur de très longues distances [33].

III.7.2 Pollution des sols

L'épandage directe des margines sur le sol est l'origine de nuisances diverses, leur pH acide, leur salinité élevée ainsi que leur abondance en composés phénoliques provoquent la destruction de la microflore du sol et induisent des effets toxique aux cultures végétales [34]. Ceci entraine la stérilisation du sol et le déséquilibre de la symbiose entre la microflore du sol et les plantes [35].

III.7.3 Airs et paysages

Les fortes teneurs en sels des margines, leur forte charge et leur acidité sursaturent le milieu récepteur et provoquent des conditions d'anaérobioses propices aux dégagements d'odeurs désagréables liées à la formation d'acide H₂S lors du processus de fermentation. Les odeurs incommodes forment les riverains du cours d'eau.

III.8 Les dangers des rejets

III.8.1 Les dangers évidents

En plus des désagréments visuels et des mauvaises odeurs, la forte charge organique des margines détruit totalement la faune et la flore aquatique par absorption de tout ou une partie de l'Oxygène dissous dans l'eau, le taux d'Oxygène chute jusqu'à zéro (anoxie) et ce sur plusieurs kilomètres, la capacité d'autoépuration de l'oued est ainsi annihilé, conjugué aux effets de la salinité des margines, toute vie aquatique s'en trouve ainsi totalement inhibée.

Les concentrations des phénols existant dans les margines constituent un risque de pollution important pour les nappes souterraines, les oueds étant des milieux favorables à une alimentation directe de la nappe.

III.8.2 Sous oxygénation

Lorsque les charges importantes de matières organiques sont apportées au milieu via des rejets ponctuels, les processus naturels de régulation ne peuvent plus compenser la consommation bactérienne d'oxygène. On estime que la dégradation de 7 à 8 mg de matières organiques par des microorganismes suffit pour consommer l'oxygène contenu dans un litre d'eau [Manahan, 1994].

III.8.3 Couleur, turbidité et odeur

L'accumulation des matières organiques et minérales dans les cours d'eau induit l'apparition de mauvais goût, prolifération bactérienne, odeurs pestilentielles et colorations anormales. En dehors de l'aspect inesthétique les agents colorants ont la capacité d'interférer avec la transmission de la lumière dans l'eau, bloquant ainsi la photosynthèse des plantes aquatiques. La couleur des eaux est due à des acides humiques, grosses molécules contenant des cycles aromatiques ou poly aromatiques avec des fonctions hydroxyles ou acides. Ces molécules sont très peu biodégradables. On a évalué qu'une coloration pouvait être perçue par l'œil humain à partir de $5 \cdot 10^{-6}$ g/l [Willmott et al, 1998,] Elles ont un pouvoir complexant vis-à-vis des métaux de transition [Roland Vilaginès, 2e Ed].

III.8.4 Eutrophisation

Sous l'action des microorganismes, les colorants libèrent des nitrates et des phosphates dans le milieu naturel, les ions minéraux induits en quantité trop importante peuvent devenir toxiques pour la vie piscicole et altérer la production d'eau potable, leur consommation par les plantes aquatiques accélère leur prolifération anarchique et conduit à l'appauvrissement en oxygène par inhibition de la photosynthèse dans les strates les plus profondes des cours d'eau et des eaux stagnantes; Il suffit d'une concentration de 4 mg/l pour provoquer ces conditions d'eutrophisation [Amirantes et al, 1999] .

III.8.5 Les dangers à long terme

III.8.5.1 La persistance

Les margines sont des composés difficiles à épurer par dégradation biologique naturelle, cette persistance est due surtout à la présence de composés phénoliques. Cette persistance est en étroite relation avec leur réactivité chimique:

- les composés insaturés sont moins persistants que les saturés.
- les alcanes sont moins persistants que les aromatiques.
- la persistance des aromatiques augmente avec le nombre de substituant.

III.8.5.2 Toxicité des tannins

Les tannins sont substances végétales de la famille des poly phénols ; le plus souvent hydrosolubles, d'origine végétale et qui possèdent la capacité de précipiter les protéines, alcaloïdes et polysaccharides de leur solution aqueuse [38].

III.8.5.3 Pollution atmosphérique

Une pollution atmosphérique considérable serait induite en raison de la fermentation anaérobie et de la production de gaz (méthane).

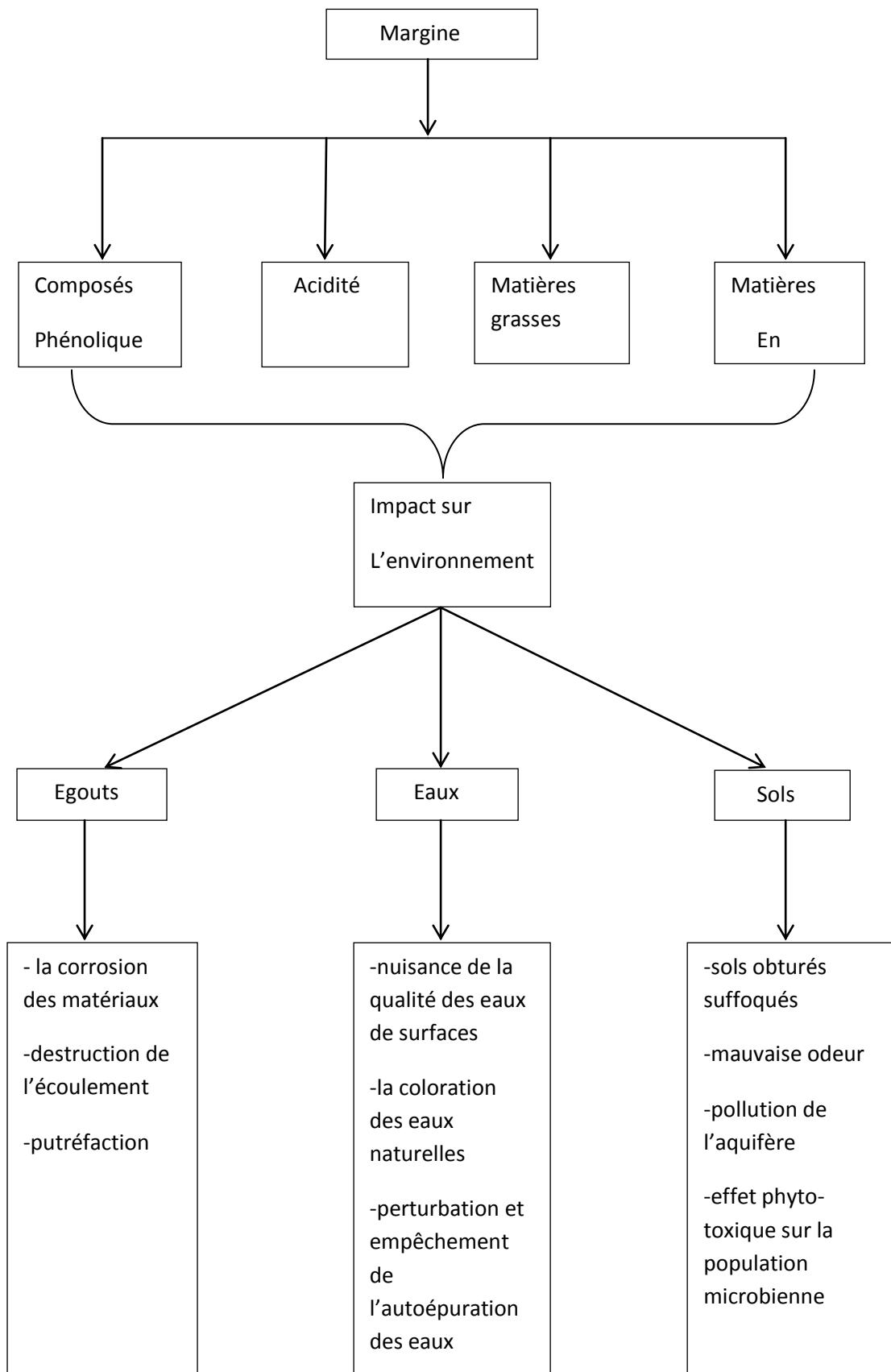


Figure III.2: conséquences environnementales des rejets des margines [36]

III.9 Traitement des margines

III.9.1 Procèdes biologique

Ces procédés consistent à utiliser les microorganismes pour dégrader les composés organiques des effluents d'huileries d'olive. Ils sont subdivisés en processus aérobie et anaérobie.

III.9.1.1 Traitements anaérobies

Les traitements anaérobies sont adaptés à plusieurs types de résidus : biomasse humide, sous-produits agricoles, déchets des eaux résiduaires. Ils sont le plus utilisés pour le traitement et l'exploitation des effluents d'huileries d'olive à cause de leur charge élevée en matière organique. Des études ont montré que pour une efficacité d'épuration de 80%, il faut un temps de rétention de seulement 20 jours, avec en plus l'avantage de produire une quantité non négligeable du biogaz : 855 L/Kg de matière organique digérée [37]. La digestion anaérobie permet une réduction de DCO de l'ordre de 70 à 85%. Son rendement est proportionnel à la concentration en microorganismes et varie largement selon la nature du support (montmorillonite ou sépiolite).

III.9.1.2 Traitements aérobies

Les effluents d'huileries d'olive étant très chargés en matière organique, ils ne peuvent pas être traités directement par voie aérobie. De ce fait plusieurs auteurs ont recommandé de les diluer avant leur traitement, soit avec l'eau, soit avec des eaux usées domestiques. Ont recommandé de diluer les effluents d'huileries d'olive 70 fois avec de l'eau claire non polluée lors de leur épuration avec les boues activées. Plusieurs travaux ont été réalisés sur le traitement et le prétraitement des effluents d'huileries d'olive par voie aérobie en utilisant des souches de microorganismes telles que les basidiomycètes, en raison de leur grand pouvoir de dégrader les composés phénoliques. D'autres auteurs ont utilisé des suspensions mixtes de microorganismes et ont abouti à des abattements très importants en termes de DCO et de polyphénols. Ces abattements sont très variables et varient en fonction de la performance des souches sélectionnées. Certaines souches de bactéries et de champignons ont été également testées pour décolorer les effluents d'huileries d'olive et réduire leur toxicité, parmi ces microorganismes on peut citer : (Sayadi et al. 1996 ; Martirani et al. 1996). Mais les effluents d'huileries d'olive étant très chargés en matière organique ne peuvent pas être traités directement par ces procédés.

La présence de produits toxiques doit être détectée au plus tôt car non seulement ils ne sont pas biodégradables, mais ils peuvent aussi entraîner des dysfonctionnements tels que :

- l'instabilité de biomasse bactérienne
- l'abaissement du rendement global d'épuration
- une mauvaise décantation des boues
- une adsorption des éléments toxiques par la biomasse, la rendant ainsi inapte à une utilisation agricole ou à une mise à décharge. [38].

III.9.2 Procédés thermique

III.9.2.1 *Evaporation naturelle*

L'évaporation naturelle est tributaire des conditions climatiques. En effet, elle dépend étroitement de la vitesse du vent, du degré d'ensoleillement et de l'humidité de l'air. Ce procédé consiste à stocker les margines dans des bassins de faible profondeur (0,7 à 1,5 m). Elles sont ensuite séchées pendant plusieurs semaines, voire plusieurs mois selon les conditions climatiques. Cette méthode simple permet d'éviter le rejet des margines dans les égouts et dans les rivières. Durant leur séjour dans les bassins d'évaporation, les margines subissent une autoépuration naturelle par une série de processus de fermentation aérobie et anaérobie. Les agents de cette biodégradation sont surtout des levures qui se trouvent à l'origine dans les olives. Les travaux de (L.Cabello, J.A. Fiestas Ros de Ursinos., 1981) ont montré qu'au cours de ces processus, une série de modifications est observée. Elle se manifeste par :

- une faible variation des microorganismes dépendant de la température ambiante et de la profondeur des bassins ;
- une diminution de la matière organique n'intervenant que pendant le premier mois du séjour ;
- une légère modification du pH ;

D'autres critères ont été signalés par (V.Balice et al, 1986), notamment une diminution progressive de la quantité de matières organiques solubles, tels que les tannins. Par contre, la quantité des matières en suspension décroît rapidement durant les deux premiers mois du stockage. Cependant, il s'est avéré que ce système présente plusieurs inconvénients, tels que :

- problèmes d'esthétiques et odeurs nauséabondes ;

- faible biodégradation ;
- formation d'une pellicule lipidique étanche à la surface qui entrave la pénétration de la lumière et limite l'évaporation naturelle. La faible biodégradation dans les bassins est compensée par l'augmentation de la surface des bassins d'évaporation ;

Cette compensation est traduite par l'occupation de grandes surfaces de terrain qui sont relativement difficiles à aménager dans les zones peuplées. Ainsi, en essayant d'éviter une pollution hydrique, on risque d'entraîner une pollution atmosphérique par dégagement d'odeurs fétides [29].

III.9.2.2 Evaporation forcée

Pour pallier les problèmes de l'évaporation naturelle, (J.A. Fiestas Ros de Ursinos, R.Borja., 1992) ont introduit des panneaux évaporateurs dans les bassins de stockage des margines. Elles sont pompées puis projetées par des asperseurs sur les panneaux juxtaposés, ayant une importante surface d'échange d'air. Cette installation permet de faciliter l'évaporation de la phase aqueuse des margines de 100 à 300 m² /m³ du bassin. Cette technique est basée sur la différence du potentiel hydrique entre les mailles des panneaux et l'eau. La déshydratation des margines est donc plus facile par arrosage sur un élément générateur de la surface exposé au vent.

Cette méthode a l'avantage d'utiliser une superficie réduite des bassins d'évaporation et permet de multiplier par 40 à 100 fois la quantité d'eau par m³ occupé du sol. Tandis que, les huiles et les graisses sont récupérées manuellement. Parmi les inconvénients de cette méthode, le dégagement de mauvaises odeurs et l'importance du coût d'énergie dépensée.

III.9.2.3 Addition de microorganisme de dégradation

Cette expérience est basée sur l'ajout d'un composé bactérien pourpre du genre thioalcools présenté sous forme commerciale. Cette préparation microbiologique dégrade la graisse contenue dans les margines de sorte qu'elle évite ou élimine la formation de pellicule superficielle améliorant ainsi notablement l'efficacité de l'évaporation, des essais ont été réalisés à l'institut de graisses de SEVILLE sur des margines hautement concentrées : DCO 112,30 mg d'O₂ /l, de Ph5,2 de solides totaux 71,745 mg/l et un taux de graisse de 10,6 % à une dose de 10 et 4ppm par semaine pendant 12 semaines dans des conditions aérobies et anaérobies (sans agitation).

Dans les conditions aérobies : la DCO est réduite à 75% au bout de 80 jours, la matière grasse est réduite à 100% au bout de 100 jours. Le **Ph** se stabilise à des valeurs proches de 8,11 ne se dégagea pas d'odeurs désagréables tout au long du processus. Dans les conditions facultatives on a constaté la réduction de la DCO de 40 % au bout de 20 jours, le taux de graisse a diminué et a atteint la valeur de 6,6 % tandis que le pH a atteint la valeur de 7,1 au bout de 80 jours, de même qu'il n'a pas eu de dégagement d'odeurs désagréables. En général, la DCO a diminuée considérablement, le pH a atteint des valeurs de 7,2 à 8 et les odeurs désagréables ont disparu .dans les bassins à l'échelle naturel, on recommande l'addition :

- d'un traitement de choc 5 litres de produits préparés pour 500 m³ de margines stockées
- apports mensuels additionnels de l'ordre de 1 litre pour 500m³.

On obtient ainsi une haute efficacité de l'évaporation et donc l'élimination des margines [42].

III.9.3 Élimination des margines par lagunage

Le principe est basé sur la biodégradation des composés contenus dans les margines par lagunage ; les effluents sont collectés temporairement dans un bassin situé en aval des sites polluants. Un milieu riche en matière organique est crée dans le bassin et des conditions anaérobies s'y développent. Les matières organiques sont ainsi dégradées sous l'action des microorganismes et l'on peut aussi obtenir une dénitrification des eaux. En aval, l'eau obtenue est de qualité physico- chimique acceptable et peut être rejetée dans le milieu naturel. Ce mode de régénération des eaux nécessite par contre de grandes surfaces car les bassins de rétention doivent avoir une faible profondeur. L'inconvénient que peut revêtir cette méthode d'évacuation est qu'en essayant d'éviter une pollution hydrique, nous risquons de provoquer une pollution de l'environnement en raison des problèmes de manque d'esthétique et de mauvaises odeurs que présentent les bassins d'évaporation.

III.9.4 Traitement anaérobie et bio méthanisation

La digestion anaérobie utilisée pour produire du bio méthane est une technique bien établie et largement étudiée depuis déjà un siècle. Ce processus présente des avantages.

Par rapport aux procédés aérobies classiques, entre autres, d'être moins consommateur en énergie et de produire du méthane qui peut être utilisé pour l'obtention de l'énergie.

Selon Fiestas Ros de Ursinos, (1982) la digestion anaérobie des margines est une utilisation intéressante, car elle permet un apport énergétique important puisque chaque m³ de margines produit de 25 à 30 m³ biogaz (contenant 65-70% de méthane).

III.9.5 Procédé physique

III.9.5.1 Procédé des membranes

Les procédés à membranes comme l'ultra filtration et l'osmose inverse, s'emploient souvent dans le certains courants liquide résiduaire, ceci permettant d'éliminer les polluant de l'eau en générant un courant liquide et un courant concentré.

III.9.5.2 Procédé ultrafiltration

Ce procédé repose sur la filtration à travers une membrane, permettant ainsi la rétention des macromolécules de masse moléculaire supérieure à 500g/mol. La séparation se fait sous l'effet d'un gradient de pression de 3 à 10 bars. Les tests d'ultrafiltration ont donné un liquide limpide, une réduction de la DCO et des solides en suspension présents dans les eaux.

L'ultrafiltration, comme une technique physique, permet de réduire considérablement les polluants contenus dans les margines avec DCO dans la plage de 94%. Toutefois, en raison des substances présentes dans le permet restant, un traitement tertiaire est nécessaire.

III.9.6 L'adsorption

L'adsorption consiste en la concentration du polluant organique dans un support solide avec une grande spécifique, généralement du charbon actif (500-1500m²/g). Dans le traitement des margines, le principal objectif de l'adsorption est celui de biodégrader les composés organiques ayant des effets bactéricides, inhibiteur ou colorant (tanins-phénols).

Les principaux avantages de l'adsorption tiennent à la faible pollution que génère ce type de traitement sur le sol, dans l'air ou l'eau et à nécessité réduite du personnel qualifié. Les principaux inconvénients sont l'impossibilité de réutilisation de charbon actif, qui, toutefois, du fait de son pouvoir calorifique élevé, peut être employé dans des procédés de combustion et la nécessité de faire un prétraitement.

III.9.7 Procédés chimiques

III.9.7.1 Oxydation humide

L'oxydation par voie humide (OVH) est mise en œuvre pour traiter les effluents à forte charge organique difficilement dégradable. L'agent oxydant est l'oxygène de l'air ou l'oxygène industriel, en se servant de l'oxygène ou d'un autre oxydant chimique tel que l'ozone ou peroxyde d'oxygène. Le procédé se fait à hautes pressions (250-320 Bar) et à des températures relativement élevées (120-330°C), répond aux problèmes posés par les déchets organiques aqueuses toxiques non traitables par les procédés conventionnels. Cette technique consiste à favoriser le contact de l'oxygène avec la solution aqueuse de telle manière que les composés organiques soient convertis en dioxyde de carbone et l'eau. Rivas et Al (2001), ont obtenu une réduction de 50 % en DCO à 180 °C sous une pression de 7 MPA après 6 heures de traitement en utilisant le peroxyde d'hydrogène et l'oxyde de cuivre (CuO). L'association de ce procédé avec une réaction de Fenton a conduit à une décoloration complète des margines et un abattement de 77 % de la DCO après une heure de traitement à 200 °C [40].

III.10 Valorisation agronomique des margines

Compte tenu de leur pourcentage en matière organique et leur composition chimique, les margines seules ne peuvent constituer un produit de la valeur intéressante.

Enrichies, mélangées à d'autres résidus agricoles, concentrées, séchées et /ou purifiées. Elles peuvent être valorisées et employées pour la production de certains composants de valeur. Des études de plus en nombreuses ont été conduites par plusieurs chercheurs avec la vision de développer différentes applications de valorisations de margines en vue de limiter leur effet polluant.

III.10.1 Pouvoir fertilisant des margines

De nombreux travaux ont été publiés concernant les effets de l'épandage des margines sur des sols cultivés de céréales ou d'autres cultures annuelles. Des expérimentations agronomiques menées avec des doses d'apport conforme aux règles de fertilisation, ont toutes montré l'effet favorable des margines sur la fertilité des sols. Car d'une part, elles ne contiennent pas de métaux lourds et microorganisme pathogènes, et d'autre part, elles sont riches en éléments minéraux nutritifs (K, N, P) en plus comme elles sont constituées de matière organique, elles représentent un excellent substrat pour le développement de la microflore qui permet d'améliorer les propriétés physico-chimique du sol [41].

L.DiGiovacchin et Al (2002) ont fait une étude dont le but était de contribuer à la connaissance des effets de l'épandage des margines pendant une longue période sur des sols complantés de maïs (plus 10 ans) et de vigne (plus 5 ans). Les résultats obtenus ont montré que les deux sols la productivité augmentée. L'emploi des margines à des doses élevées a permis d'obtenir une biomasse totale supérieure de 30 à 40 % que celle obtenue sur des parcelles témoins. L'utilisation des margines comme fertilisant n'est pas sans inconvénients, ils génèrent une acidité et une salinité élevées, accumulation des lipides et des organique [41].

III.10.2 Le compostage

Le compost s'obtient principalement par dégradation aérobie- anaérobie de la substance organique des résidus solides (margines – résidus agricoles), afin que ce processus se réalise il faut plonger les résidus agricoles dans des margines dont le contenu en substances organiques et minérales est approprié pour mener à bien le processus d'obtention du compost (éléments nutritifs pour les microorganismes et enrichissement du produit final après évaporation naturelle) c'est ainsi que dans certaines régions d'Espagne , les margines sont stockées dans des bassins d'évaporation et on y ajoute d'autres résidus agricoles (bois détaillé) pour les absorber, on retourne le résidu dégradé avec une pelleteuse et on l'utilise directement comme fertilisant. Le compost produit à partir des margines est totalement libre des microorganismes pathogènes et plus riche en phosphate et en potassium que le compost obtenu à partir des résidus solides urbains [Fiestas Ros de Ursinos, 1983; Ranalli, 1998; 2000]. L'apport du compost peut s'effectuer en fonction d'un calendrier agricole traditionnel; dans cette solution les éléments fertilisants sont mieux intégrés dans le complexe humique et sont mis progressivement à la disposition de la plante par la biodégradation de la matière organique, de ce fait ils sont moins susceptibles de migrer en grosses quantité vers les nappes .les opérations se déroulent en trois phases :

- la préparation du support carboné: le support carboné (paille par exemple) est disposé en vrac dans une cuve bassin étanche.

-la macération: la margine est épandue sur le support carboné et l'imprègne durant 24 heures.

- le mélange est mis sur une aire de compostage Expérimentalement une tonne de paille, à 5% d'humidité absorbe trois fois son poids ($3m^3$ de margines).

Le traitement des margines par leur absorption sur un substrat carboné, et le compostage de l'ensemble, peut constituer une solution valable sur le plan technique et économique à condition toutefois d'avoir un substrat très absorbant et peu coûteux à l'achat [42].

III.11 Conclusion

Les déchets organique (liquide ou solide) sont souvent considérés comme problème pour l'environnement leur valorisation les transforme en avantage grâce à la biotechnologie, il est possible de trouver une solution adaptée à chaque problème pour une meilleure gestion des décher dans notre environnement

Chapitre IV

Etude théorique d'un concentrateur solaire parabolique

Introduction

L'énergie solaire peut être exploitée sous deux formes principales : la conversion photo thermique qui consiste en une transformation directe du rayonnement solaire en chaleur et la conversion photovoltaïque pour la production d'électricité.

Nous traiterons dans le cadre de ce travail seulement la première voie de conversion.

IV.1 Forme géométrique

IV.1.1 La parabole

Une parabole est le lieu géométrique de tous les points à égale distance d'une droite fixe (D) appelée directrice, et d'un point fixe (F) appelé foyer. Notons que la longueur FM est égale la longueur MH. La ligne perpendiculaire à la directrice et passant par un foyer F et appelé l'axe de la parabole. La parabole coupe son axe en un point S appelé sommet, situé au milieu entre le foyer et la directrice.

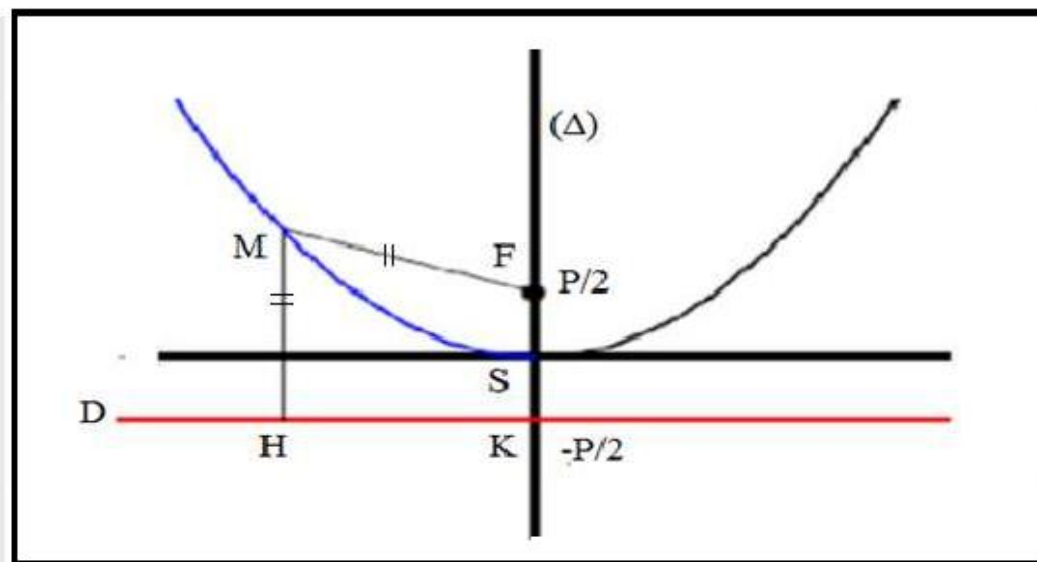


Figure IV.1 : Graphe d'une parabole d'équation $y=x^2 /2P$

Si l'origine est prise un sommet S et à l'axe des ordonnées (Δ) le long de l'axe de la parabole, tel que le point F a pour coordonnées $(0, p/2)$ et le point K a pour coordonnées $(0, -p/2)$. Soient $M(x, y)$ un point du plan et $H(-x, -p/2)$ son rejeté orthogonal sur (D).

Soit $M \in (P)$

$$MH^2=MF^2 \Leftrightarrow x^2 + (y - \frac{p}{2})^2 = (y + \frac{p}{2})^2$$

Chapitre IV : Etude théorique d'un concentrateur solaire parabolique

Si la directrice d'une parabole a pour équation $y=-p/2$ et son foyer pour coordonnées $(0, p/2)$, alors après simplification, l'équation de la parabole est :

$$y = \frac{x^2}{2p} \quad (\text{IV.1})$$

IV.1.2 La profondeur d'une parabole

La taille de la courbe parabolique (ou la profondeur) Pf peut être définie comme la distance maximale de sommet à une ligne tracée à travers l'ouverture de la parabole, elle est définie par :

$$Pf = \frac{D^2}{16f} \quad (\text{IV.2})$$

Avec :

D : diamètre de la parabole.

f : est la distance focale $f=p/2$.

IV.1.3 La surface d'une parabole

C'est l'espace inclus entre une parabole et une ligne à travers son ouverture, elle est indiquée par :

$$S_x = \frac{2}{3} \pi \sqrt{2f} [(2pf + 2f)^{\frac{2}{3}} - 2f^{\frac{2}{3}}] \quad (\text{IV.3})$$

IV.1.4 Longueur d'une parabole

La longueur d'arc d'une parabole peut être trouvée en intégrant une surface différentielle de cette courbe, en appliquant les limites $X=h$ et $Y=d/2$ on trouve :

$$S = \left[\frac{D}{2} \sqrt{\left[\frac{4h}{D} \right]^2 + 1} \right] + 2f \ln \left[\frac{4h}{D} + \sqrt{\left[\frac{4h}{D} \right]^2 + 1} \right] \quad (\text{IV.4})$$

IV.1.5 La surface d'ouverture de la parabole

La surface d'ouverture d'une parabole est la surface de disque de la parabole elle se calcule par la forme suivante :

$$A_{PAR} = \pi \frac{D^2}{4} \quad (\text{IV.5})$$

IV.1.6 L'angle d'ouverture d'une parabole

$$\tan(\psi_p) = \frac{f/d}{2(f/d)^2 - \frac{1}{8}} \quad (IV.6)$$

f : distance focale.

d : diamètre d'ouverture de la parabole.

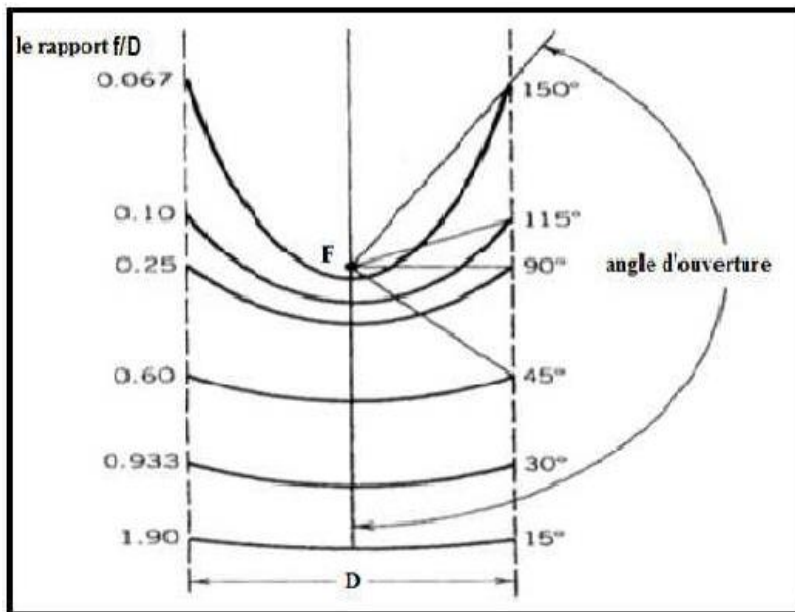


Figure IV.2: Angle d'ouverture d'une parabole en fonction de f

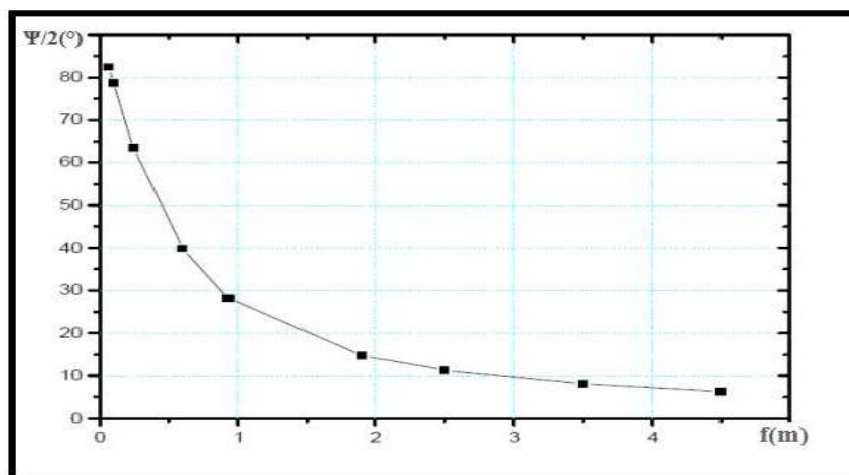


Figure IV.3: Distance focale en fonction de l'angle d'ouverture d'une parabole

On peut voir qu'une parabole avec un petite angle d'ouverture est relativement plate et que la distance focale est longue comparée à son diamètre d'ouverture. D'après la

Chapitre IV : Etude théorique d'un concentrateur solaire parabolique

figure(IV.3), une augmentation de l'angle d'ouverture entraîne une diminution de la distance focale.

IV.2 Système optique d'une surface parabolique

L'idée d'utiliser une surface parabolique vient du fait qu'elle est stigmatique pour les points à l'infini situé sur son axe. D'après les lois de réflexion, tout rayon lumineux parallèle à l'axe de la parabole est réfléchi suivant une droite passant par le foyer. Donc la parabole focalise tous les rayons réfléchis en un point appelé "foyer".

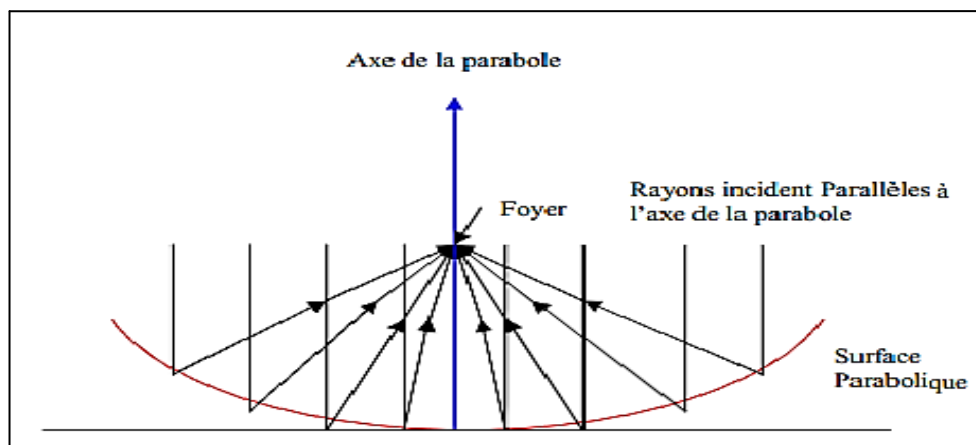


Figure IV.4: Système optique d'une surface parabolique

IV.3 Les composants d'un concentrateur solaire parabolique

Un concentrateur solaire parabolique est principalement composé de deux éléments comme illustré sur la figure III.5 ci-dessous :

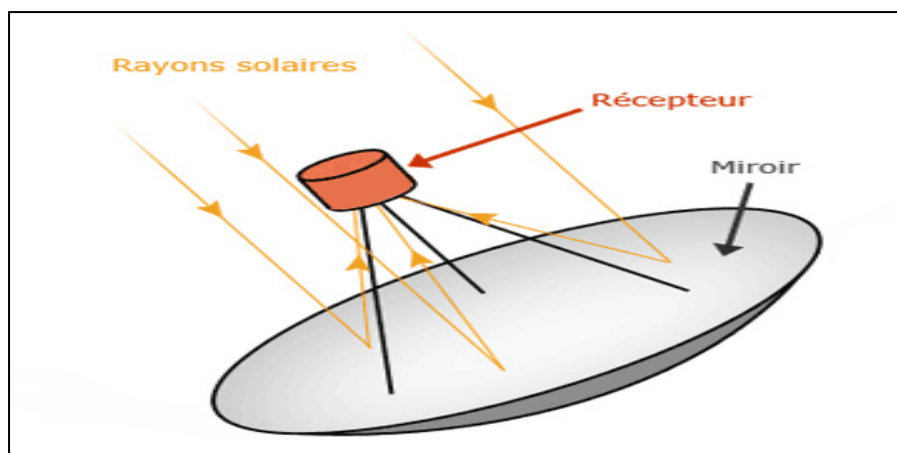


Figure IV.5 : Concentrateur parabolique

IV.3.1 Le réflecteur

Le réflecteur parabolique présente la surface réfléchissante du rayonnement solaire direct. La surface du réflecteur est donnée par la relation suivante :

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (\text{IV.7})$$

S : surface du réflecteur.

IV.3.2 Le récepteur

Le récepteur absorbe l'énergie réfléchié par le réflecteur et la transfère au fluide caloporteur (liquide ou gaz), tout en minimisant les pertes. La température de la source chaude peut être adaptée en plaçant le récepteur plus ou moins loin du foyer du collecteur. Le récepteur doit absorber autant de flux concentré possible. Les récepteurs peuvent être classés en deux familles en fonction de leur surface de transfert [43] :

1. Surface externe

Il y a plusieurs configurations possibles : plane, cylindrique, conique ou sphérique, dépendantes de la répartition, de l'intensité du flux, de la température et de l'application. Ce genre de récepteur s'applique généralement dans la gamme température de l'ordre 300 – 400°C maximum.

2. Surface interne ou cavité

Ce type de récepteur est bien adapté pour le cas où l'intensité du flux et la température de travail sont élevées. Le flux énergétique concentré entre dans le récepteur par l'ouverture dont la surface est généralement 5 à 10 fois inférieure à celle de la surface de transfert dans la cavité. C'est un moyen efficace pour augmenter le coefficient d'absorption et diminuer les pertes.

Il est préférable que le récepteur soit métallique car seuls les métaux ont de bons coefficients de conduction de la chaleur (cuivre $380 W m^{-1} \text{ } ^\circ C^{-1}$, aluminium $200 W m^{-1} \text{ } ^\circ C^{-1}$, acier $60 W m^{-1} \text{ } ^\circ C^{-1}$). Plus le coefficient de conduction est faible et plus l'absorbeur doit être épais, ce qui augmente le prix et l'inertie de l'absorbeur

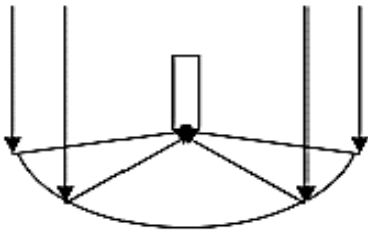


Figure IV.6: Surface interne, cavité [44]

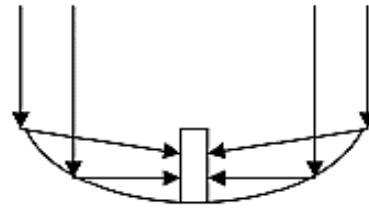


Figure IV.7: Surface externe [44]

Notre étude est concernée par des températures élevées, nous allons donc étudier un récepteur type cavité sous forme cylindrique.

IV.3.3 Dimension de récepteur

Nous avons vu que la parabole réfléchit tous les rayons lumineux parallèle à son axe en un point foyer, cela ne vaut pas pour des applications solaires, et en raison de la taille angulaire finie du disque solaire ε égale à 0.0093 rad. [45]

Quand l'angle d'ouverture d'une parabole en parfait état est aligné vers le soleil, la réflexion des rayons forme une image circulaire (tache solaire) centrée au point focal sous forme d'ellipse. Le petit rayon s_f et le grand rayon r_f de l'ellipse sont indiqués comme [45], [46] :

$$s_f = \frac{f \varepsilon}{(1 + \cos \Psi / 2)} \quad (\text{IV.8})$$

$$r_f = \frac{f \varepsilon}{\left(1 + \frac{\cos \Psi}{2}\right) \cos \Psi / 2} \quad (\text{IV.9})$$

ε : C'est l'angle sous lequel on voit le soleil à partir de la terre

ε : 0.0093 rad

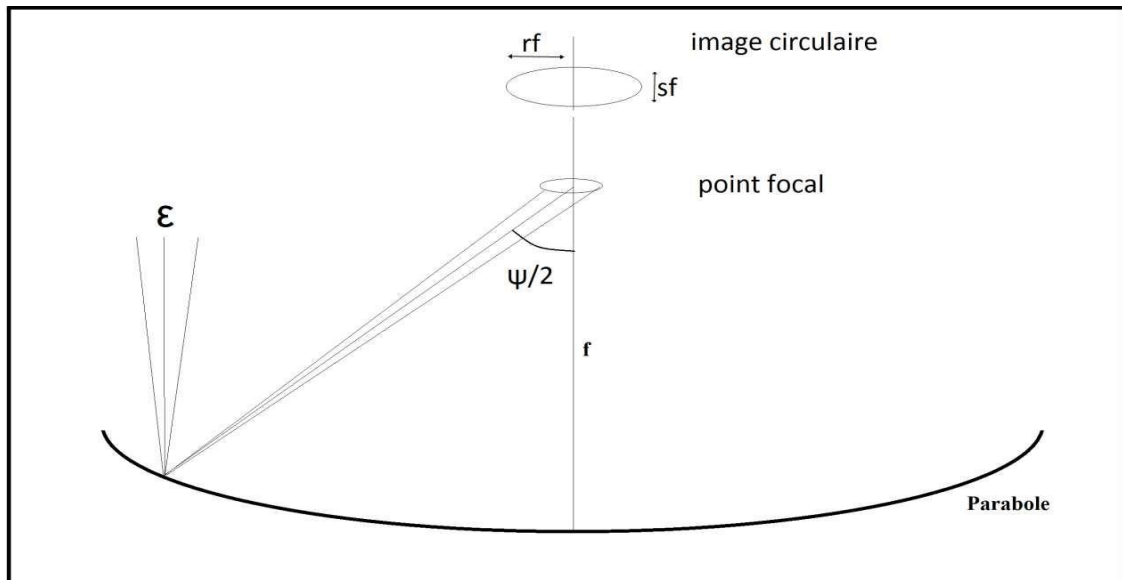


Figure IV.8: La réflexion des rayons forme une image circulaire

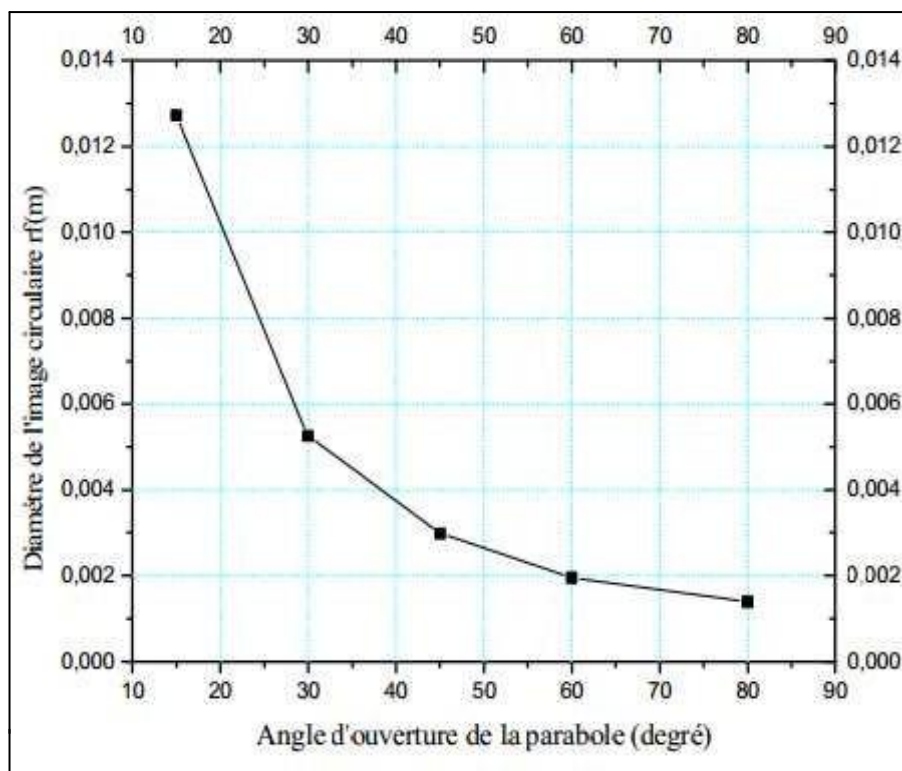


Figure IV .9 : Diamètre de l'image circulaire en fonction de l'angle d'ouverture de la parabole

On remarque que le diamètre de la tache solaire diminue qu'on l'angle de l'ouverture de a parable augmente.

Chapitre IV : Etude théorique d'un concentrateur solaire parabolique

Pour que l'ouverture du récepteur capte tous les rayons du champ arrivant au foyer, le récepteur doit avoir un rayon minimum égal à la taille de la tache solaire. Comme en application solaire, le diamètre de la tâche est petit, on peut augmenter ce diamètre qui varie selon la distance axiale arrière de point focal (L).

Le diamètre du récepteur est donné par:

$$d_r = \frac{d \cdot L}{f - h} \quad (\text{IV.10})$$

d_r : diamètre du récepteur.

L : distance axiale arrière du point focal.

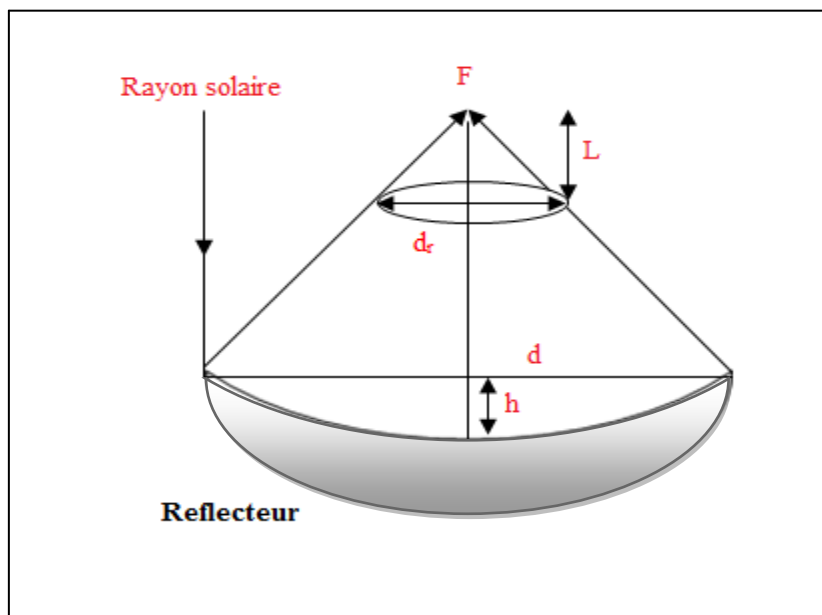


Figure IV.10 : Distance axiale arrière du point focal

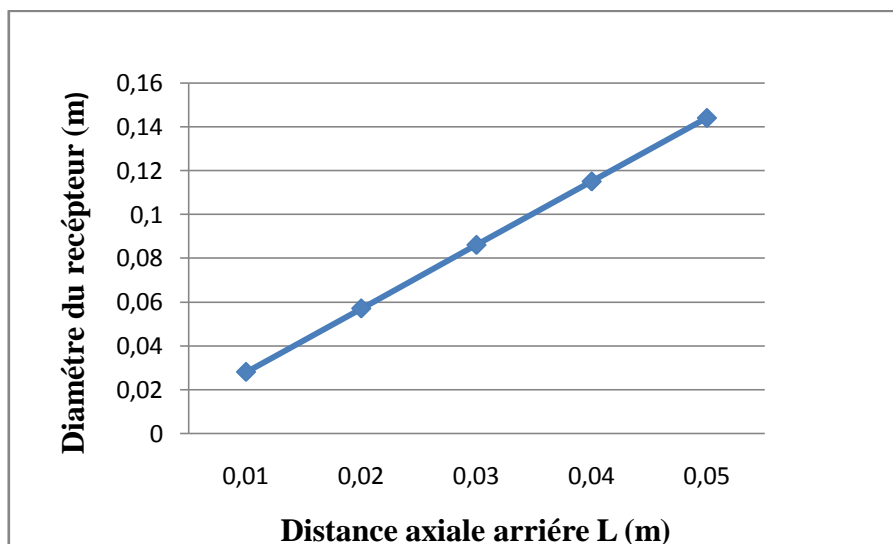


Figure IV.11: Diamètre du récepteur à différents valeur de L

Remarque

L'augmentation du diamètre de l'ouverture est linéaire.

IV.4 La concentration solaire

La concentration est une action qui consiste à ramener toute la quantité d'énergie au centre réalisée par un collecteur donné. Certains paramètres optiques liés au collecteur doivent être pris en compte lors de l'étude de la réalisation des concentrateurs solaire parabolique. La concentration définit les performances du capteur.

IV.4.1 Concentration géométrique

Ce facteur est défini comme étant le rapport entre la surface du collecteur et la surface du récepteur. La concentration géométrique est donnée par [47]:

$$C_g = \frac{A_{par}}{A_{rec}} \quad (IV.11)$$

Avec

A_{par} : Surface d'ouverture du concentrateur (m²).

A_{rec} : Surface du récepteur (m²).

En se référant à la figure IV .5 on pose : FJ =Y et FA= ρ_0 d'où l'image du soleil dans le plan focal a pour surface : $A_{rec} = \pi Y^2$.

La section d'ouverture d'un concentrateur parabolique s'écrit : $A_{par} = \pi \rho_0^2 \sin^2 \Psi$

$$\tan\left(\frac{\varepsilon}{2}\right) = \frac{FB}{\rho_0} \text{ Avec } \cos\left(\Psi + \frac{\varepsilon}{2}\right) = \frac{FB}{Y} \rightarrow Y = \frac{\rho_0 \cdot \tan\left(\frac{\varepsilon}{2}\right)}{\cos\left(\Psi + \frac{\varepsilon}{2}\right)}$$

Puisque $\frac{\varepsilon}{2} = \theta_s$ est très petit et $\frac{\varepsilon}{2} \ll \Psi$ on peut écrire $Y \approx \rho_0 \frac{\varepsilon}{2 \cdot \cos(\Psi)}$. Finalement pour un concentrateur parabolique le facteur géométrique est donné par :

$$C_g = \frac{A_{par}}{A_{rec}} = \frac{\pi \rho_0^2 \cdot \sin^2(\Psi)}{\pi \cdot Y^2} = \frac{\rho_0^2 \cdot \sin^2(\Psi)}{\rho_0^2 \frac{\varepsilon^2}{4 \cdot \cos^2(\Psi)}} = \frac{4 \cdot \sin^2(\Psi) \cdot \cos^2(\Psi)}{\varepsilon^2} = \left[\left(\frac{1}{\varepsilon} \right) \sin(2 \cdot \Psi) \right]^2$$

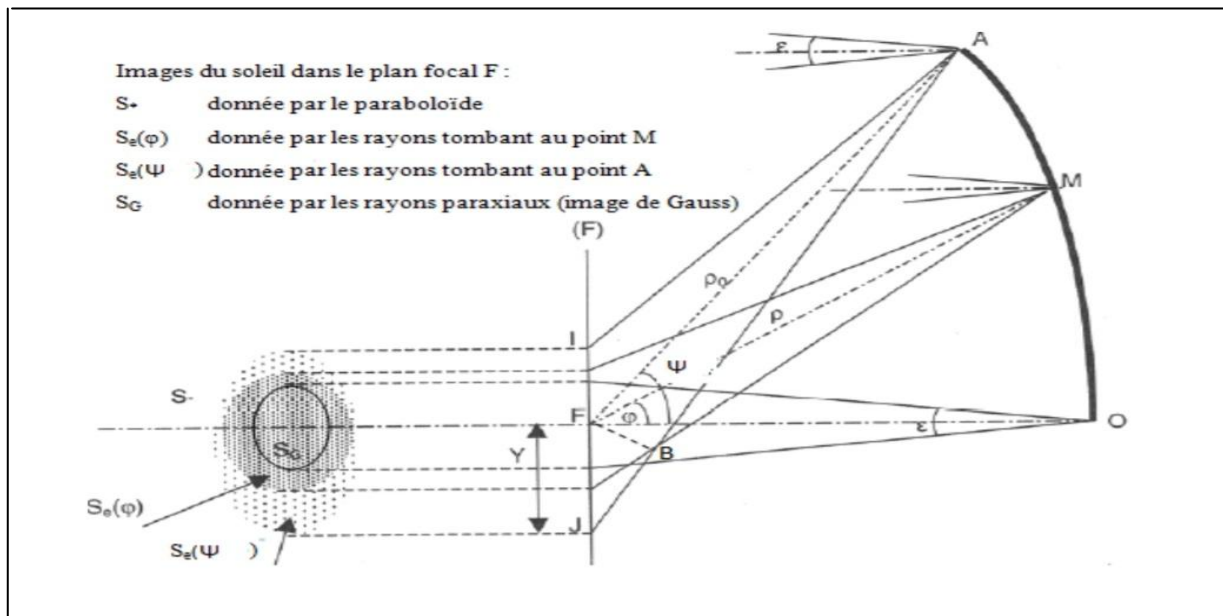


Figure IV.12: Coupe méridienne d'une demi-parabole de révolution montrant les projections dans le plan focal de l'image du soleil. [47]

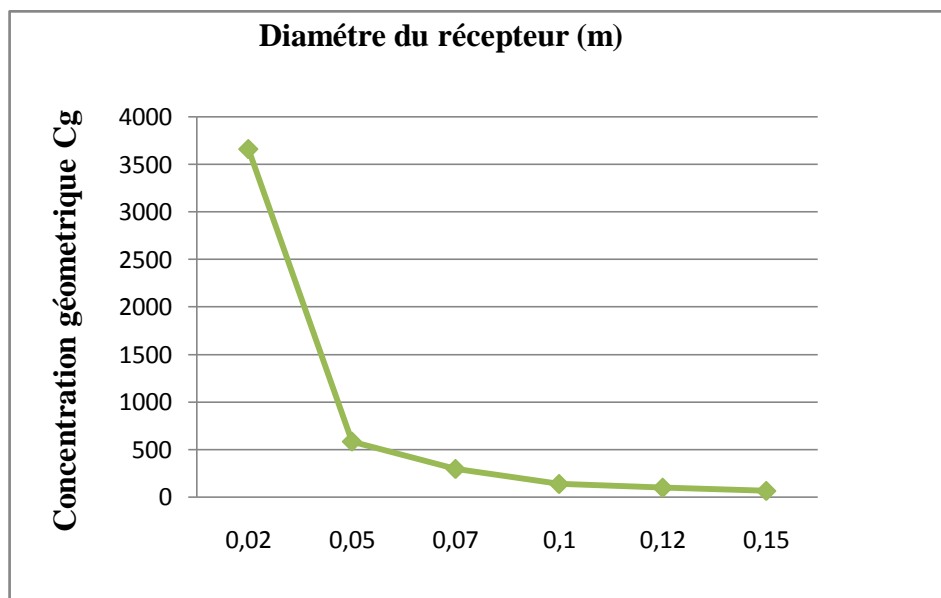


Figure IV.13: Concentration géométrique à différents valeurs de diamètre du récepteur

Plus le facteur de concentration est élevé, plus la température atteinte sera importante.

IV.4.2 Concentration optique

Est la relation entre le rayonnement incident sur la surface réfléchissante et le rayonnement qui atteint le récepteur.

$$C_{en} = \frac{Q_{rec}}{S_{dir(par)}} \quad (IV.12)$$

Chapitre IV : Etude théorique d'un concentrateur solaire parabolique

Qu'on peut écrire sous forme :

$$C_{en} = \left(\frac{2}{3} \sin \frac{\theta}{2} \right)^2$$

Q_{ref} : Flux reçu à l'ouverture du récepteur.

S_{dir} : Éclairement reçu à l'ouverture du récepteur.

IV.5 Calcul de la concentration maximale

D'après l'expression de la concentration géométrique (équation IV.11), on constate que pour un collecteur parabolique donné, plus la surface (le diamètre) du récepteur diminue plus la concentration est importante. L'optique peut délivrer des concentrations théoriques considérable qui, dans la pratique, peuvent être approchées mais ne sont jamais atteintes compte tenu de la qualité optique des surfaces qui ne sont jamais parfaitement réfléchissantes.

On peut définir la concentration d'un concentrateur parabolique par [48]

$$C = \left(\frac{2}{\varepsilon} \sin \Psi \right)^2 \quad (IV.13)$$

ε : L'angle sous lequel on voit le soleil à partir de la terre. Sa valeur est égale à $9.3 \cdot 10^{-3}$ radians.

Pour $\psi = \pi/2$ on trouve la concentration maximale:

$$C_{max} = 46250$$

IV.6 Bilan thermique sur le concentrateur parabolique

IV.6.1 Le Réflecteur

Soit S_{dir} (en W/m^2) le flux solaire qui arrive sur le concentrateur. Le miroir parabolique du concentrateur capte une partie des rayons dont la puissance (en W) est donnée par le produit du flux S_{dir} avec la surface A_{par} de l'ouverture de la parabole. Pour être rigoureux, il faut retrancher à A_{par} la surface A_{bace} de l'ouverture du récepteur (fond de récepteur) qui bloque une faible partie des rayons, qui ne sont donc pas concentrés par le miroir. Ces rayons sont en suite réfléchis par l'aluminium.

A ce niveau, il y a une perte de la puissance puisque 10 % des rayons sont absorbés par le métal (le coefficient de réflexion de l'aluminium est égal à 0,9).

La puissance réfléchi sur le récepteur est donc égale à :

$$Q_{ref} = S_{dir}(A_{par} - A_{base})\rho_{ref}$$

Soit :

$$Q_{ref} = S_{dir} \rho_{ref} A_{ref} \quad (III-14)$$

Avec :

A_{par} : Surface de la parabole

A_{base} : Surface du récepteur

A_{ref} : Surface rayonné

S_{dir} : Éclairement solaire arrivant sur le concentrateur (W/m^2)

ρ_{ref} : Coefficient de réflexion de l'aluminium

IV.6.2 Le récepteur

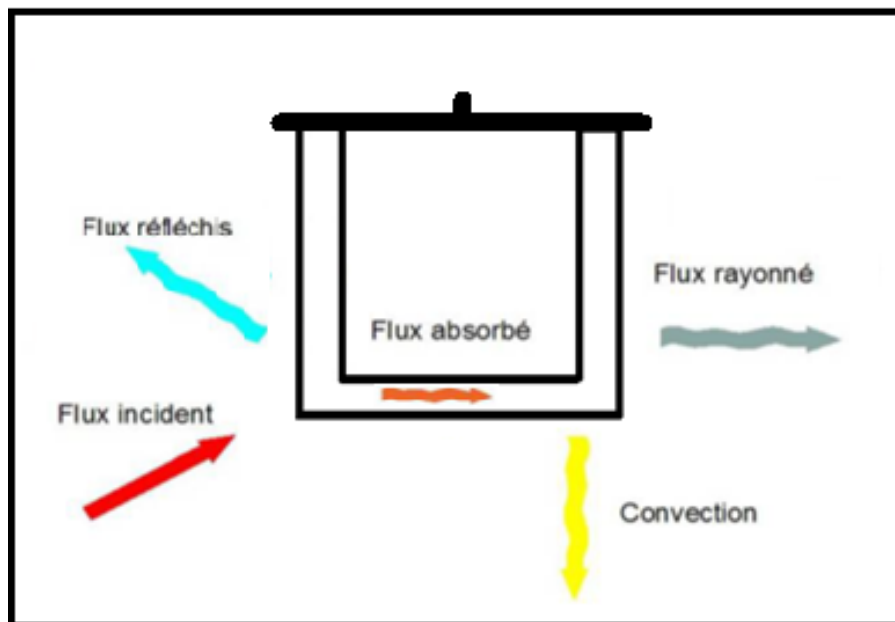


Figure IV.14 Le bilan énergétique sur un récepteur

Pour réaliser un bilan énergétique sur un récepteur sous forme cylindrique, on isole pour cela la surface qui absorbe le rayonnement solaire concentré par le réflecteur.

Le bilan énergétique de la surface absorbante de concentration solaire peut être écrit sous forme :

1) Le flux utile

$$Q_u = (c_r m_r + c_f m_f) \Delta T \quad (\text{III-15})$$

c_r : La chaleur massique du récepteur

m_r : La masse du récepteur

c_f : La chaleur massique du fluide

m_f : La masse du fluide

On a aussi :

$$Q_u = Q_{abs} - Q_{per} \quad (\text{IV.16})$$

2) le flux absorbé

$$Q_{abs} = \alpha_{rec} Q_{ref}$$

$$Q_{abs} = \tau_{rec} \alpha_{rec} \rho_{ref} A_{ref} S_{dir}$$

$$Q_{abs} = \eta_{opt} A_{ref} S_{dir} \quad (\text{IV.17})$$

α_{rec} : Le facteur de transmission de récepteur

3) Puissance correspondant aux pertes thermiques

Une fois que l'énergie solaire passe vers la surface d'ouverture du récepteur, elle relève sa température au-dessus de la température ambiante, cette variation de température provoque un processus des pertes de chaleur, ce sont des pertes par convection, par Rayonnement et par évaporation de l'eau.

La puissance correspondant aux pertes thermiques est donnée par l'expression suivante :

$$Q_{per} = Q_{cv} + Q_{ray} + Q_{evap} \quad (\text{IV.18})$$

Avec:

Chapitre IV : Etude théorique d'un concentrateur solaire parabolique

Q_p : puissance correspondant à la perte thermique.

Q_{conv} : pertes par convection.

Q_{cond} : pertes par conduction.

Q_{evap} : pertes par évaporation.

❖ Perte par évaporation de l'eau

Les pertes par évaporation sont importantes lorsque la masse d'eau contenue dans le récepteur est importante, elles se calculent par la formule suivante :

$$Q_{evap} = m C_p \Delta T + mL_v \quad (IV.19)$$

❖ Pertes par convection

Les pertes par convection sont dépendantes de la vitesse du vent et sa direction par rapport au site. Ces pertes sont proportionnelles à la surface du récepteur et la différence entre la température de surface d'absorbeur et l'air ambiant. Ces pertes sont données par la relation :

$$Q_{cv} = h_{cv} \cdot A_{rec} (T_{rec} - T_{am}) \quad (IV.20)$$

Avec :

A_{rec} : surface du récepteur

T_{rec} : température du récepteur

T_{am} : température ambiante

h_{cv} : Coefficient de transfert par convection

Il existe deux types de convection, forcée et naturelle :

- Convection forcée

Le coefficient d'échange de chaleur est donné par :

$$h_{cv \text{ forcée}} = \frac{Nu \lambda_{air}}{D_{rec}} \quad (IV.21)$$

Le nombre de Nusselt donné par la corrélation suivante :

$$Nu = 0,664 \cdot Pr^{0.33} \cdot Re^{0.5} \quad (IV.22)$$

$$R_e = \frac{V_{vent} D_{rec}}{\nu_{air}} \quad (IV.23)$$

$$P_r = \frac{\mu_{air} C_{p_{air}}}{\lambda_{air}} \quad (IV.24)$$

λ_{air} : Conductivité thermique de l'air.

D_{rec} : Diamètre du récepteur.

V_{vent} : vitesse de vent.

ν_{air} : Viscosité cinématique de l'air.

$C_{p_{air}}$: Chaleur spécifique de l'air.

μ_{air} : Viscosité dynamique de l'air.

- Convection naturelle :

Pour le cas d'un cylindre vertical [5] :

$$h_{cv \text{ naturel}} = 1.42 \left(\frac{\Delta T}{H} \right)^{0.25} \quad (IV.25)$$

H est la hauteur de récepteur.

En général, on prend [5] :

$$h_{cv} = 5.7 + (3.8 V_{vent}) \quad (IV.26)$$

h_{cv} : Le coefficient de transfert de chaleur par convection mixte (naturelle et forcé).

- Pert par rayonnement

Ces pertes dépendent de la forme du récepteur mais plus particulièrement de la température du récepteur. Ils sont proportionnels à l'émissivité de l'absorbeur.

$$Q_{ray} = \varepsilon_{rec} \sigma A_{rec} (T_{rec}^4 - T_{ciel}^4) \quad (IV.27)$$

ε_{rec} : Facteur émissivité de l'absorbeur.

σ : Constante Stefan-Boltzmann qui égale a $(5.6 \times 10^{-8} \text{ W/M}^2.\text{K}^4)$.

Chapitre IV : Etude théorique d'un concentrateur solaire parabolique

T_{ciel} : Température du ciel elle se calcule par la formule de Swinbank (1963). [5]

$$T_{ciel} = 0.0552 T_{am}^{1.5} \quad (IV.28)$$

On peut écrire l'équation sous la forme suivante

$$Q_{ray} = A_{rec} h_{ry} (T_{rec} - T_{ciel}) \quad (IIV.29)$$

Avec:

$$h_{ray} = \sigma \varepsilon_{rec} (T_{rec}^2 + T_{ciel}^2) (T_{rec} - T_{ciel}) \quad (IV.30)$$

IV.7 La température de récepteur

Le flux perdu est égal à :

$$Q_{per} = Q_{cv} + Q_{ray} + Q_{evap}$$

$$Q_{per} = h_{cv} A_{rec} (T_{rec} - T_{am}) + A_{rec} h_{ray} (T_{rec} - T_{ciel}) m L_v$$

$$Q_{per} = A_{rec} (T_{rec} (h_{cv} + h_{ray}) - h_{cv} T_{am} - h_{ray} T_{ciel}) + m L_v$$

On a aussi :

$$Q_{per} = Q_{abs} - Q_u$$

$$Q_{abs} = A_{rec} (T_{rec} (h_{cv} + h_{ray}) - h_{cv} T_{am} - h_{ray} T_{ciel}) + m L_v$$

Donc :

$$T_{rec} = \frac{(Q_{abs} - Q_u) + (h_{cv} T_{am} + h_{ray} T_{cie}) A_{rec}}{A_{rec} (h_{cv} + h_{ray})}$$

A l'équilibre on aura le flux absorbé égal au flux perdu donc l'équation devienne :

$$T_{rec} = \frac{(Q_{abs} - m L_v) + (h_{cv} T_{am} + h_{ray} t_{ciel}) A_{rec}}{A_{rec} (h_{cv} + h_{ray})} \quad (IV. 31)$$

IV.8 Efficacités énergétiques

Deux efficacités sont essentielles pour définir les performances thermiques du système.

IV.8.1 Efficacité du concentrateur

Cette efficacité se définit comme le rapport entre énergie utile au fluide et l'énergie totale capturée par la surface réfléchissante du concentrateur, exprimée par [49] :

$$\eta_{concentrateur} = \frac{Q_u}{A_{par} I_b} \quad (IV.32)$$

Chapitre IV : Etude théorique d'un concentrateur solaire parabolique

$$\eta_{\text{concentrateur}} = \frac{\alpha \tau \rho I_b A_{\text{par}} - U_L A_r (T_r - T_a)}{A_{\text{par}} I_b} \quad (\text{IV.33})$$

$$\eta_{\text{concentrateur}} = \eta_{\text{op}} - \frac{U_L A_r (T_r - T_a)}{A_{\text{par}} I_b} \quad (\text{IV.34})$$

En fonction de la concentration géométrique :

$$\eta_{\text{concentrateur}} = \eta_{\text{op}} - \frac{U_L (T_r - T_a)}{I_b C_g} \quad (\text{IV.35})$$

IV.8.2 Efficacité de récepteur

L'efficacité thermique du récepteur (équation IV.36) est défini comme le rapport entre l'énergie utile délivrée du récepteur au fluide et l'énergie tombant sur le récepteur.

$$\eta_{\text{récepteur}} = \frac{Q_u}{\alpha \tau \rho I_b A_{\text{rat}}} \quad (\text{IV.36})$$

$$\eta_{\text{récepteur}} = \frac{\alpha \tau \rho I_b A_{\text{par}} - U_L A_r (T_r - T_a)}{\alpha \tau \rho I_b A_{\text{par}}} \quad (\text{IV.37})$$

$$\eta_{\text{récepteur}} = 1 - \frac{U_L (T_r - T_a)}{\eta_{\text{opt}} C_g I_b} \quad (\text{IV.38})$$

IV.9 Résultats des calculs théoriques

Pour les calculs théoriques nous avons utilisé un algorithme de calcul sur le logiciel de calcul

MATLAB (Annexe) et nous avons obtenu les résultats suivants :

Ce calcul est effectué pour la ville de Tizi-Ouzou à la journée de 30/05/2021.

- Les données métrologiques et les coordonnées géographiques sont les suivantes :

Temps légal : 10 :00h

Humidité relative : 67%

Température ambiante : 36°C

vitesse du vent : 0.2m/s

Longitude du lieu : 4.052472°

La latitude du lieu : 36.696881°

- Et les paramètres géométriques du concentrateur sont :

Diamètre de la parabole : 1.3m

Diamètre du récepteur : 0.2m

Chapitre IV : Etude théorique d'un concentrateur solaire parabolique

Distance focal : 0.78m

Hauteur de récepteur : 0.2m

- Les propriétés des matériaux proposés :

Le coefficient de réflexion de la parabole : 0.9

Le coefficient d'absorption du récepteur : 0.75

Emissivité du récepteur : 0.04

- Les résultats obtenus sont les suivants :

Numéro du jour : 185

Déclinaison de la terre : 21.82433°

Angle horaire du lever : -108.212035°

Angle horaire du coucher : 108.212035°

Temps solaire vrai du lever : 5h30min

Temps solaire vrai du coucher : 19h52min

Correction du temps : 9.6188min

Temps légal du lever : 5h30min

Temps légal du coucher : 19h52min

Temps solaire vrai : 14.9535h

Durée du jour : 14h52min

Angle horaire : 40.331038°

Hauteur du soleil : 52,1466°

Inclinaison parfaite du capteur : 76.5641°

Azimute : 60.7°

Chapitre IV : Etude théorique d'un concentrateur solaire parabolique

Diamètre foyer : 4.29 e-004 m

Pression de vapeur : 0.0821mm Hg

Eclairement directe arrivant sur une surface horizontale : 496.6584w/m

Eclairement directe arrivant à la parabole : 702.9282W/m²

Surface d'ouverture de la parabole : 1.326m²

Surface d'ouverture du récepteur : 0.0314

Surface latérale du récepteur : 0.1257m²

Surface totale du récepteur : 0.1885m

Profondeur de la parabole : 13.54m

Longueur de l'arc parabolique : 1.34m

Surface de l'arc parabolique : 0.986m²

Coefficient de la réflexion : 0.9

Concentration géométrique : 0.9656

Concentration énergétique : 14.6245

Flux réfléchi : 842.2564W

Flux absorbé : 489.2584W

IV.10 Conclusion

A l'issue de l'étude théorique de ce modèle, nous avons pu déterminer plusieurs paramètres constitutifs du concentrateur, l'influence des différentes dimensions de ce dernier sur son efficacité et de calculer la température au niveau de la surface captatrice.

On a aussi constaté que l'erreur de poursuite influe considérablement sur le rapport de concentration, on conclue donc que l'efficacité du concentrateur dépend aussi de la précision du mécanisme de poursuite.

Chapitre V

Etude et réalisation

Introduction

Après avoir effectué une étude théorique du concentrateur solaire parabolique, nous présentons les différentes étapes de réalisation de notre prototype, avec une description des différentes parties et du matériel utilisé.

Notre prototype a été réalisé au laboratoire du MCI du département de Génie Mécanique de l'université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. Que les ingénieurs de ce laboratoire en soient remerciés pour nous avoir permis de concrétiser notre projet.

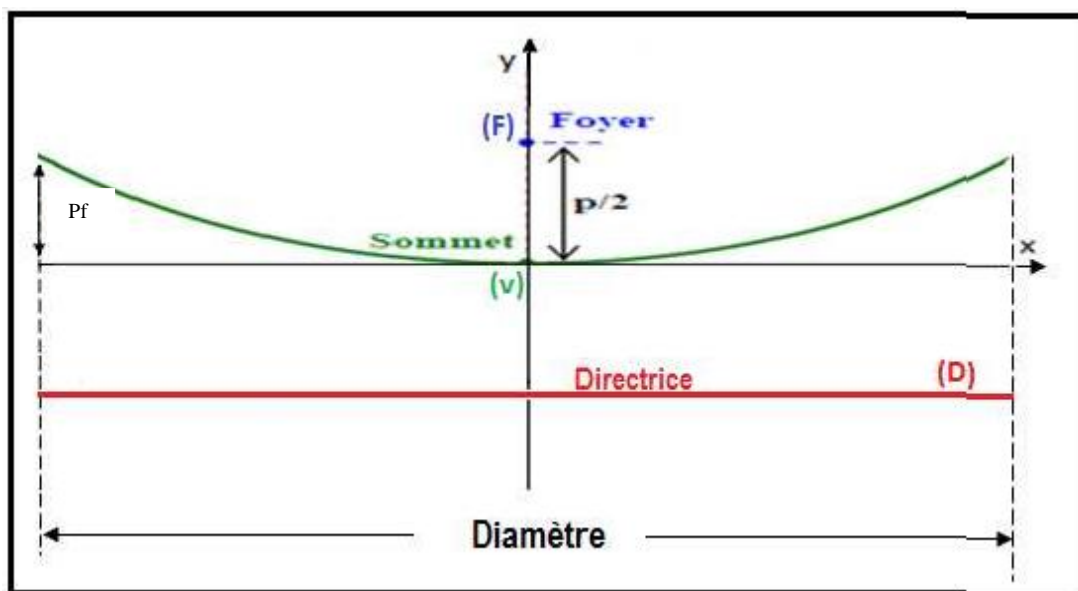


Figure V.1 Géométrie de la parabole

V.1 Conception de la courbe parabolique

Après l'étude théorique, nous avons retenu les paramètres et les caractéristiques géométriques pour réaliser la parabole.

- Diamètre de la parabole : $D = 1.3$ mètres
- l'angle d'ouverture : 45°

Donc on a le rapport $f/D = 0.6$ (voir figure....)

$$f = 0.6 * D \quad (V.1)$$

$$f = 0.6 * 1,30$$

$$f = 0.78 \text{ m}$$

La profondeur P_f de la parabole :

$$Pf = \frac{D^2}{16f} \quad (\text{V.2})$$

$$Pf = \frac{(1.3)^2}{16 * 0.78} = 0,1354 \text{ m}$$

$$Pf = 13.54 \text{ cm}$$

La longueur de l'arc :

$$LP = \left[\frac{D}{2} \sqrt{\left(\frac{4Pf}{D}\right)^2 + 1} + 2f \text{Ln} \left[\frac{4Pf}{D} + \sqrt{\left(\frac{4Pf}{D}\right)^2 + 1} \right] \right] \quad (\text{V.3})$$

$$LP = 1.34 \text{ m}$$

Surface d'ouverture de la parabole :

$$Ap = \pi \frac{D^2}{4} = 1.326 \text{ m}^2 \quad (\text{V.4})$$

L'équation de la parabole :

$$y = \frac{x^2}{2 * p} \quad (\text{V.5})$$

Avec :

$$f = \frac{p}{2} \quad (\text{IV.6})$$

Détermination de p :

$$p = 2 * f$$

A.N :

$$p = 2 * 0.78$$

$$p = 1.56$$

L'équation de parabole devient :

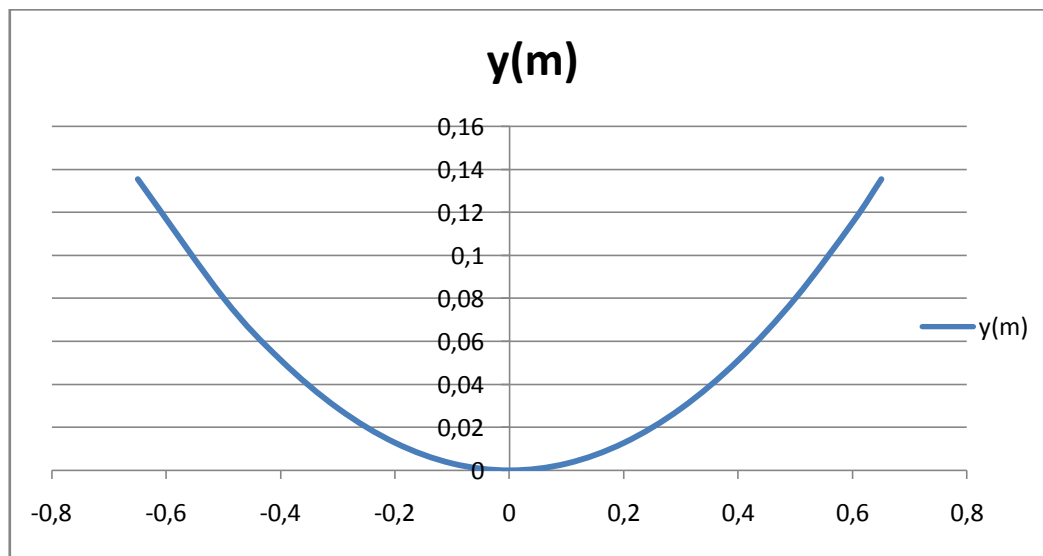
$$y = \frac{x^2}{2 * 1.56}$$

V.1.1 Représentation graphique

A l'aide d'un programme Excel, on a inséré l'équation de parabole et on a obtenu les points de la courbe.

Tableau V.1 : Tableau des valeurs de la parabole

| X | y(m) | y(cm) |
|-------|------------|------------|
| -0,65 | 0,13541667 | 13,5416667 |
| -0,6 | 0,11538462 | 11,5384615 |
| -0,5 | 0,08012821 | 8,01282051 |
| -0,4 | 0,05128205 | 5,12820513 |
| -0,3 | 0,02884615 | 2,88461538 |
| -0,2 | 0,01282051 | 1,28205128 |
| -0,1 | 0,00320513 | 0,32051282 |
| 0 | 0 | 0 |
| 0,1 | 0,00320513 | 0,32051282 |
| 0,2 | 0,01282051 | 1,28205128 |
| 0,3 | 0,02884615 | 2,88461538 |
| 0,4 | 0,05128205 | 5,12820513 |
| 0,5 | 0,08012821 | 8,01282051 |
| 0,6 | 0,11538462 | 11,5384615 |
| 0,65 | 0,13541667 | 13,5416667 |

**Figure V.2:** Courbe de la parabole à réaliser

V.2 Conception des différentes parties de prototype :

V.2.1 le réflecteur

➤ Le gabarit

A l'aide d'un programme, nous avons imprimé la moitié de la courbe parabolique et on obtient cette demi-courbe suivante :

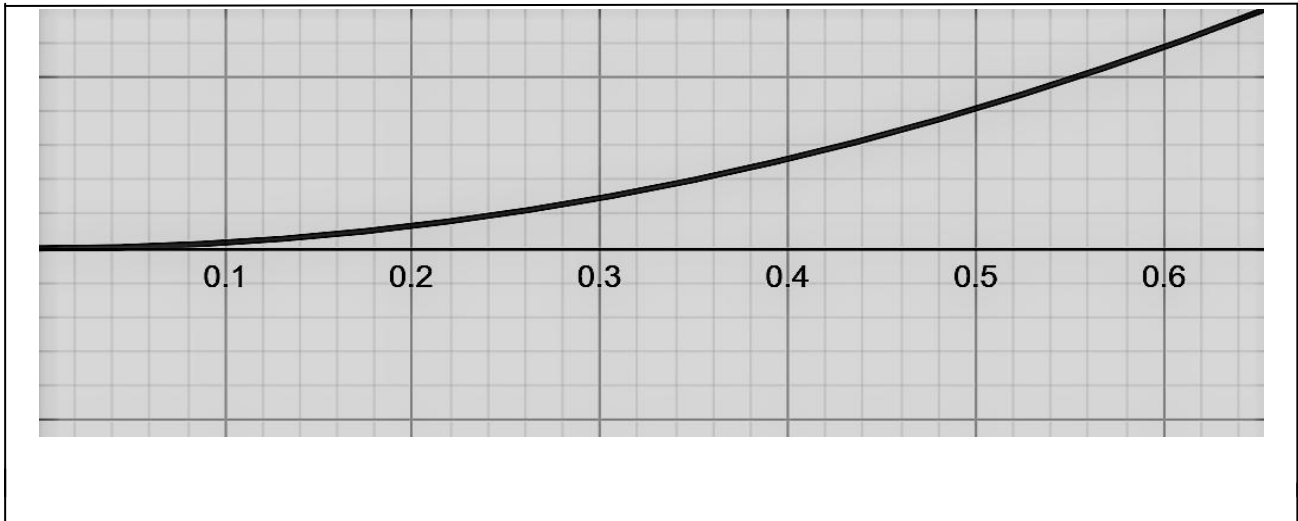


Figure V.3: La demi-courbe parabolique

Sur une plaque plane en bois, on a dessiné la moitié de la courbe pour fin faire la découpe suivant la demi-courbe pour obtenir la figure (V.2).

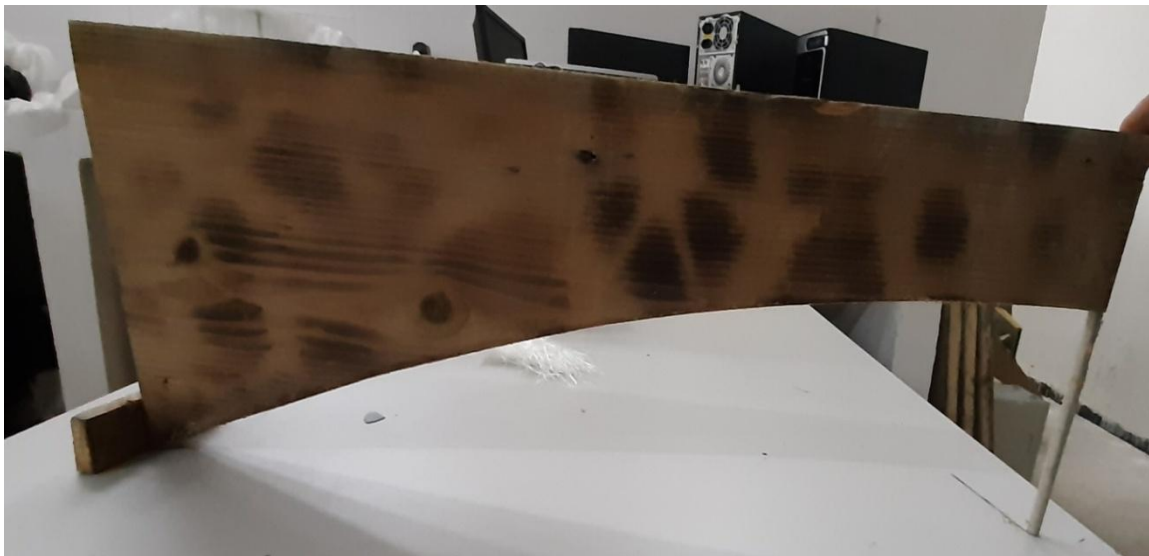


Figure V.4: Réalisation du gabarit selon l'équation parabolique

➤ **Réalisation de moule**

Nous versons le sable fin, en le saupoudrant avec de l'eau et en le pressant avec une planche pour obtenir un moule dure, puis on positionne l'extrémité du gabarit à la hauteur de 13.54 cm (la profondeur de la parabole), pour enfin faire des rotations pour obtenir la forme finale de la parabole.



Figure V.5: Réalisation du moule



Figure V.6: Le moule final du concentrateur

➤ **Construction du concentrateur**

On prépare la résine en ajoutant un durcisseur. La résine doit être mélangée en quantité à cause de sa durée de travail réduite.

Premièrement, on recouvre le moule avec une feuille de cellophane, puis on pose les fibres de verre et à l'aide d'un pinceau on applique la résine sur la fibre.



Figure V.7 : Pose de la feuille de cellophane, la fibre de verre et la résine



Figure V.8 : La parabole en résine

➤ **Finition de la surface du réflecteur**

Après le démoulage, on corrige les imperfections avec du mastic puis on ponce avec du papier verre.



Figure V.9 : Finition de la surface intérieure

➤ **Réalisation de la surface réfléchissante**

La surface du réflecteur doit être couverte avec un film d'aluminium, vu son bon coefficient de réflexion. Pour ce faire, nous prenons les morceaux de film réflecteur sous forme de triangles et nous collons sur l'assiette de la parabole en utilisant une colle résistante à la chaleur.



Figure V.10 : Préparation des morceaux de film réflecteur sous forme de triangle



Figure V.11 : Début de collage du film d'aluminium



Figure V.12 : La surface finale de concentrateur

V.2.2 Les supports

V.2.2. 1 Construction du support de la parabole :

Comme tous les systèmes de concentration, le concentrateur solaire parabole nécessite un système de poursuite du soleil afin de recevoir le maximum du rayonnement direct. Il est un support rigide fabriqué en métal sur mesure, attaché au sol avec un bras vertical par un support de récepteur parabolique de signal télévision. Ce qui nous permet d'orienter et d'incliner le capteur facilement suivant la direction du soleil.



Figure V 13: Le support du capteur

V.2.2.2 Support de récepteur

C'est un support rigide fixé au sol pour faciliter sa mobilisation et pour pouvoir déplacer d'un milieu à un autre. Il a été construit comme un système de poursuite manuel.



Figure V.14 : Support du récepteur

V.2.2.3 Le récepteur :

Le récepteur est une cocote de 20 cm de diamètre faite en aluminium de 2 mm d'épaisseur, récupérée, nettoyée et teinte en noir. Ce qui favorise l'absorption des rayons solaires. Le choix du récepteur s'est porté sur une cocote parce qu'elle est étanche. Pour

limiter au maximum les pertes de vapeur, notre récepteur est muni de deux sorties une sécurité (tête en rouge) et l'autre pour l'évacuation des vapeurs.



Figure V.15 : Le récepteur

V.2.3 La tuyauterie

- **Le flexible de raccordement :** c'est un flexible en téflon enveloppé dans un maillage en inox qui résiste à des températures de 150 ° qui relie la sortie de vapeur du récepteur et le serpentin de refroidissement.



Figure V.16 : Le flexible

- **Le serpentin :** c'est un tuyau en inox de 3 m de long enroulé et plongé dans un bac d'eau froide qui va servir de condenseur.



Figure V.17 : Le serpentin

V.3 Résultats et discussions

V.1.1 Les instruments de mesure et leur utilisation

➤ **Le Picolog et les thermocouples**

C'est un équipement de mesure de température muni d'une carte d'acquisition connecté à un ordinateur par port USB. Il est muni de 8 sorties pour brancher les sondes de mesure. Le thermocouple mesure les températures des différents endroits avec un pas d'une seconde pendant une période de 5 000 secondes.

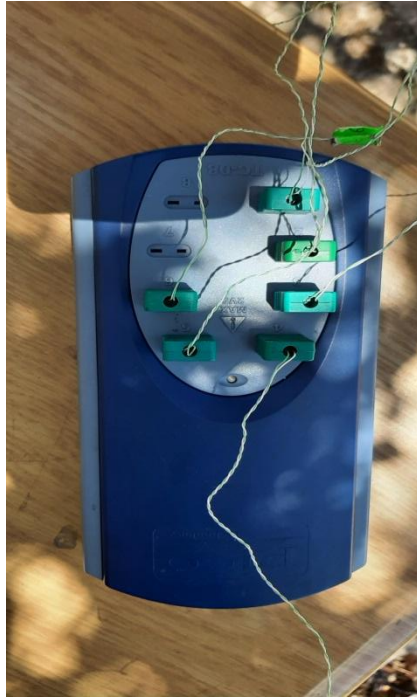


Figure V.18: USB Picolog

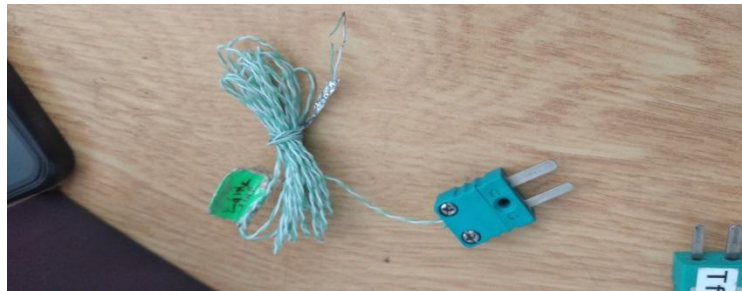


Figure V.19 : Thermocouple

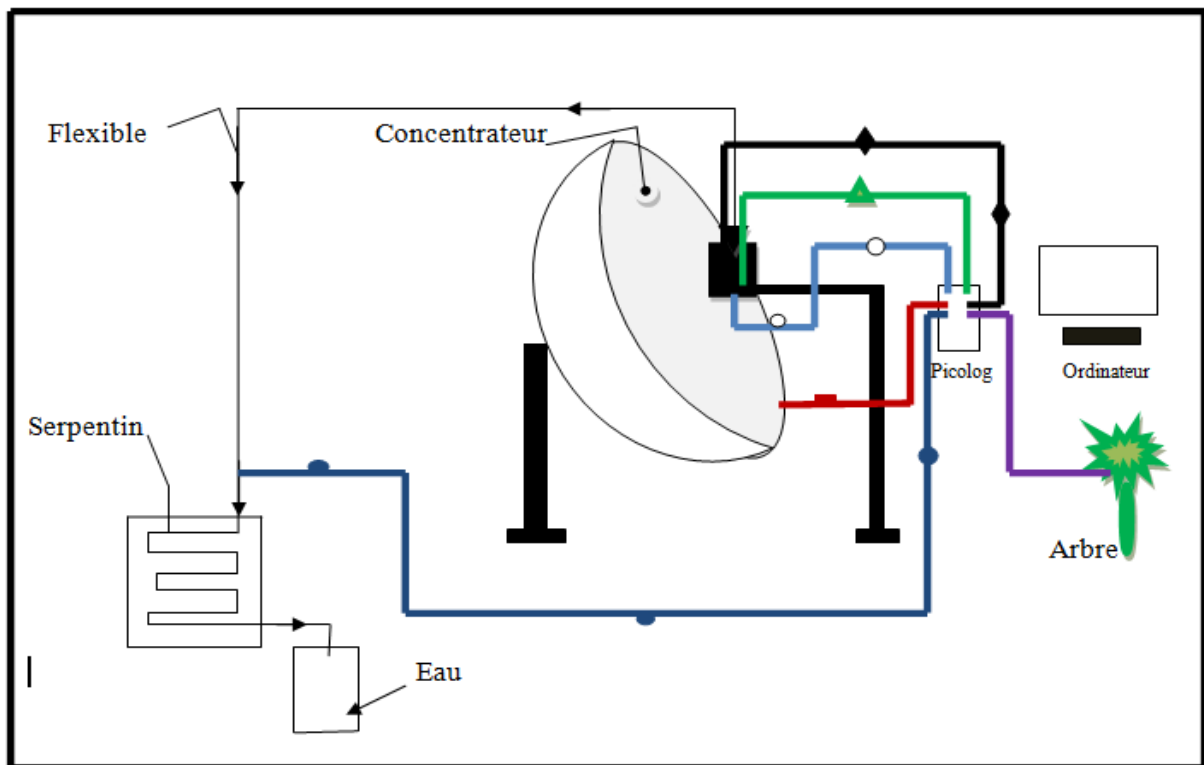


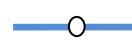



Figure V.20 : Schéma du principe de fonctionnement du prototype et le branchement de thermocouple

Principe de fonctionnement :

Le rayonnement solaire direct est capté par la parabole puis il est concentré vers le foyer où se trouve l'absorbeur rempli de margines. Une fois porté à ébullition, la vapeur d'eau formée circule à travers le flexible qui la conduit vers le condenseur pour en fin être récupérée sous forme d'eau distillée condensée dans le récipient.

Branchement des thermocouples : les thermocouples sont maintenus sur les différents composant du prototype (comme le montre la figure ci-dessu) à l'aide de l'aluminium adhésif, nous allons expliquer chaque branchement ci-dessous :

-  : Température du serpentin, le thermocouple est relié à l'entrée du condenseur sur le tube en inox.
-  : Température de l'air ambiant, le thermocouple est fixé sur un arbre.
-  : Température du foyer, le thermocouple est fixé sur la paroi de dessous de récepteur.
-  : Température de la surface de la paroi réfléchissante, le thermocouple est maintenu sur la surface de concentrateur.

—◆— : Température du vapeur, le thermocouple est maintenue sur le point où les rayons de soleil se concentrent.

—▲— : Température des margines, le thermocouple est dans les margines à l'intérieur du récepteur.

V.3.2 Résultats après le processus de distillation

Nous avons utilisé les margines de l'huile d'olive d'une huilerie de la région de Tizi-Ouzou.

a. Essai n°1

La première expérience s'est faite le 30/05/2021 à 10h, avec une température ambiante 29 °C, un ciel partiellement couvert et du vent relativement faible pour une période de 1h, nous avons traité les margines et obtenu les résultats suivants :

Tableau V.2: Volume des échantillons du 1^{er} essai

| 1 ^{er} expérience (1h de temps) | |
|--|-------------|
| Etat de l'échantillon | Volume ml |
| Les Margine | $V_1 = 500$ |
| L'eau distillée | $V_2 = 300$ |
| Les résidus | $V_3 = 130$ |

Discussion des résultats du 1^{er} essai :

Le volume des margine perdus

$$V_P = V_1 - V_2 - V_3 \Rightarrow V_P = 500 - 130 - 300 = 70 \text{ ml}$$

$$\text{Le débit volumique : } \dot{V}_2 = \frac{V_2}{h} = \frac{300}{1} = 300 \text{ ml/h}$$

A l'aide d'un thermomètre d'ambiance, on a mesuré la température au foyer, il a affiché sa valeur maximale (Hi °C) qui est 110°C. Alors la température est plus importante ce qui est favorable pour la distillation.

A la fin du test, nous avons récupéré une quantité d'eau distillée, et du résidu des margines à l'intérieur de la marmite.



Figure V.21 : mesure de la température du foyer au 1^{er} essai

b. Essai N°2

Le 2^{ème} essai a été fait le 31/05/2021 à 10:00 h avec une température ambiante de 32 °C, un ciel dégagé et du vent relativement faible pour une période de 2h, nous avons obtenu les résultats suivants :

Tableau V.3: Volume des échantillons du 2^{ème} essai

| 2 ^{ème} expérience (2h de temps) | |
|---|------------|
| Etat de l'échantillon | Volume ml |
| Les Margine | $V_1=500$ |
| L'eau distillée | $V_2= 360$ |
| Les résidus | $V_3= 110$ |

Discussion des résultats du 2^{ème} essai :

Le volume des margine perdues

$$V_P = V_1 - V_2 - V_3 \Rightarrow V_P = 500 - 110 - 360 = 30 \text{ ml}$$

$$\text{Le débit volumique : } \dot{V}_2 = \frac{V_2}{h} = \frac{360}{2} = 180 \text{ ml/h}$$

Remarque :

Les résidus des margines ont été brûlés et collés au fond de la proie intérieure du récepteur du fait de la température élevée du récepteur.

L'eau distillée a changé de couleur. Ce qui explique que nous avons atteint une température élevée qui a fait cramer les résidus.

Le 3^{ème} et le 4^{ème} essai sont faits dans les mêmes conditions de 1^{er} essai et on a obtenu les mêmes résultats.

c. Essai N°5

Le 5^{ème} essai a été réalisé le 07/06/2021 à 11:00 h avec une température ambiante de 27°C, un ciel dégagé et du vent relativement faible.

Dans cet essai on a fait deux tests.

Test N°1 :

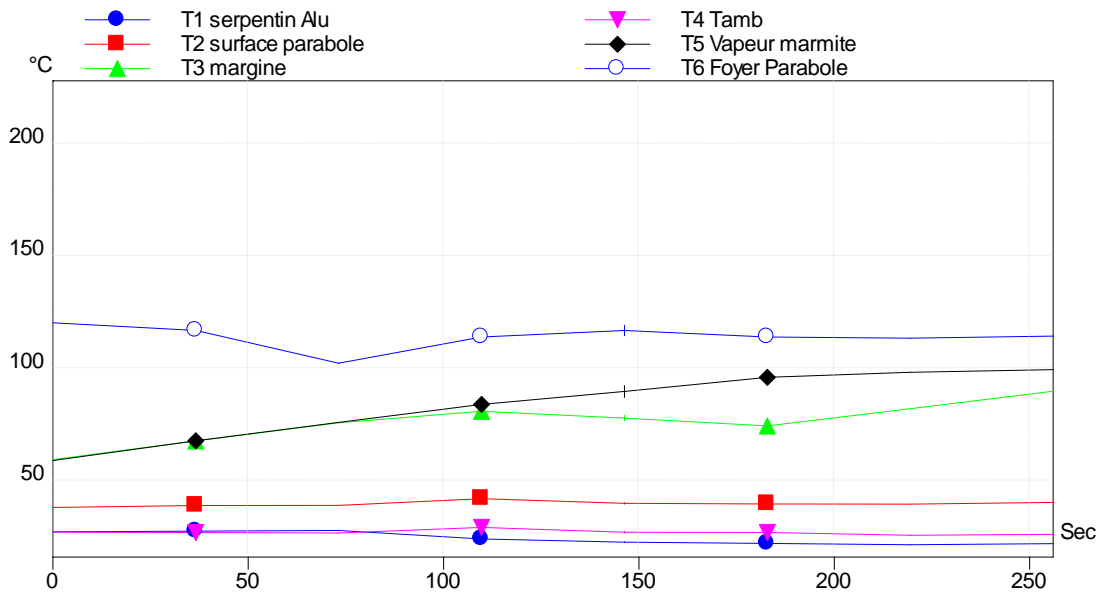


Figure V.22 : Evolution des températures lors du 5ème essai (test n°1)

Tableau V.4 : Température obtenu lors du premier essai Test n°1

| Heure | Température de la vapeur d'eau | Température de l'air ambiant | Température de margine | Température de la surface de la paroi | Température du foyer | Température serpentin |
|------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------|---------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| seconde | C° | C° | C° | C° | C° | C° |
| 0 | 57.45 | 27.25 | 58.33 | 37.84 | 117.34 | 27.02 |
| 60 | 60.67 | 27.01 | 67.78 | 39.05 | 116.98 | 27.61 |
| 180 | 92.39 | 27.41 | 76.78 | 40.25 | 119.22 | 22.77 |
| 300 | 99.99 | 26.69 | 90.38 | 40.91 | 144.98 | 32.21 |
| 750 | 103.35 | 27.4 | 103.98 | 42.09 | 114.09 | 57.76 |
| 810 | 104.01 | 27.76 | 104.28 | 42.25 | 103.31 | 54.66 |

Discussion des résultats :

Les mesures de températures avec le thermocouple ont été faites à 11:00 h locale; nous avons obtenu la température maximale de 144.38 °C.

Après 250 secondes de début d'expérience les margines sont à 89°C.

On constate une décroissance de température au niveau du foyer, ça revient à la rotation de la terre c'est pourquoi le récepteur est éloigné du foyer.

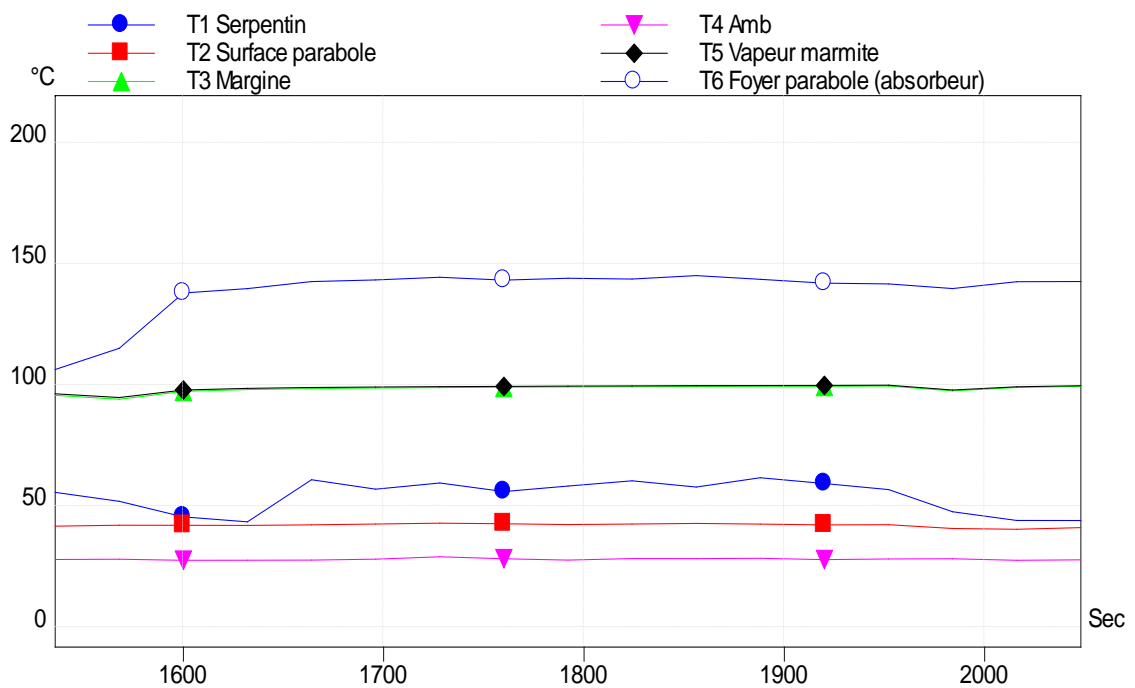
Test N°2

Figure V.23 : Evolution des températures lors du 5ème essai (test n°2)

Tableau V.5 : Température obtenu lors du premier essai Test n°2

| Heure | Température de la vapeur d'eau | Température de l'air ambiant | Température de margine | Température de la surface de la paroi | Température du foyer | Température serpentín |
|---------|--------------------------------|------------------------------|------------------------|---------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| seconde | C° | C° | C° | C° | C° | C° |
| 0 | 75.03 | 27.3 | 78.86 | 41.11 | 120.08 | 27.73 |
| 30 | 79.27 | 27.88 | 79.17 | 41.31 | 121.04 | 28.31 |
| 450 | 94.9 | 28.38 | 95.74 | 40.23 | 140.59 | 42.77 |
| 510 | 98.03 | 28.34 | 99.18 | 40.69 | 156.96 | 46.61 |
| 1890 | 99.98 | 27.56 | 99.62 | 42.68 | 143.8 | 61.85 |
| 2280 | 98.76 | 28.24 | 98.85 | 40.31 | 138.53 | 60.99 |
| 2310 | 99.09 | 27.84 | 99.16 | 40.42 | 137.73 | 59.08 |

Discussion des résultats :

La température maximale de foyer a atteint de 156 °C.

Après un moment on assiste à une diminution des températures mesurées, ce qui s'explique par l'éloignement du rayonnement solaire incident sur la surface réfléchissante.

Tableau V.6: Volume des échantillons du 5^{ème} essai

| 5 ^{ème} expérience (1h de temps) | |
|---|------------|
| Etat de l'échantillon | Volume ml |
| Les Margine | $V_1=500$ |
| L'eau distillée | $V_2= 110$ |
| Les résidus | $V_3= 320$ |

Discussion des résultats du 5^{ème} essai :

Le volume des margine perdus

$$V_P = V_1 - V_2 - V_3 \Rightarrow V_P = 500 - 110 - 320 = 70 \text{ ml}$$

$$\text{Le débit volumique : } \dot{V}_2 = \frac{V_2}{h} = \frac{110}{1} = 110 \text{ ml/h}$$



Figure V.24 : Quantités de l'eau distillée durant les essais



Figure V.25 : Quantités des résidus durant les essais

Tableau V.7 Résultats des analyses physico-chimiques

| Les éléments | | | |
|-------------------------------|---------------|---------------|-----------------|
| | Echantillon A | Echantillon B | Normes |
| Uv | 32,8 | 98,6 | / |
| O ₂ | 6,16 | 6,13 | mg/l |
| Conductivité | 386 | 448 | 2800 µS/cm |
| T c° | 26,0 | 26,5 | 25 °C |
| Turbidité | 1,85 | 2,25 | 5 NTU |
| Ph | 3,20 | 3,41 | ≥6,5 et ≤9 |
| Couleur | 13 | 41 | 15 mg/l platine |
| NO ²⁻ | / | / | 0,2 mg/l |
| NH ⁴⁺ | / | 1,02 | 0,5 mg/l |
| Al ³⁺ | 0,662 | 0,824 | 0,2 mg/l |
| NO ³⁻ | 2,39 | 8,54 | 50 mg/l |
| Fe ²⁺ | 0,21 | 0,96 | 0,3 mg/l |
| PO ₄ ³⁻ | 0,27 | 0,71 | 0-0,5 mg/l |
| SO ₄ ²⁻ | 01 | 03 | 400 mg/l |
| Mn ²⁺ | 0,081 | 0,085 | 0,050 mg/l |
| TDS | 296 | 330 | |
| Salinité | 0,1 | 0,1 | |
| | | | |
| | | | |

Les commentaires pour chaque test

Test UV

Il faut évaluer la transmittance de l'eau, c'est-à-dire la transparence de l'eau au rayonnement UV émis à la longueur d'onde de 254 nm, la couleur (plus une eau est claire, plus elle pourra être traversée par le rayonnement UV), sa turbidité (plus elle sera faible, moins le rayonnement UV émis sera freiné ou dévié de son chemin). L'analyse par spectroscopie UV permet, entre autres, la visualisation des nitrates et de la charge en matières organiques de l'eau.

Test O₂

C'est la mesure de l'oxygène dissous dans l'eau.

Test couleur

Les recommandations canadiennes par exemple sont placées à 15 UCV (Unité de couleur véritable), car la plupart des gens peuvent facilement détecter une couleur excédant ce niveau.

Le tableau V.8 : présente quelques couleurs fréquemment détectées dans l'eau potable et leurs causes les plus communes.

| Couleur | Cause | Risque sanitaire/Autre problème |
|-------------------------|---|--|
| Rouge ou Brun | Indique généralement la présence de fer ou de manganèse dans l'eau | Souille les lavabos et délave la lessive. |
| Jaune | Particules organiques en suspension | Pas de risque sérieux pour la santé (sauf en cas de chlore) |
| Bleu ou Vert | Généralement dû à la présence de cuivre dans les circuits de distribution ou à la corrosion de la canalisation en cuivre liées au réseau. | Peut endommager les installations et la lessive. Des niveaux élevés (plus de 30 ppm) peuvent causer des vomissements, des diarrhées et d'autres problèmes gastriques ou intestinaux. |
| Blanc, opaque, mousseux | Dû à la présence de particules fines, organiques ou inorganiques. | Pas de risque sérieux pour la santé, mais peut être abrasif pour la tuyauterie et certaines installations. |

Conclusion

A l'issu de l'étude théorique de ce modèle, nous avons pu déterminer plusieurs paramètres constitutifs du concentrateur, l'influence de différentes dimension de ce dernier sur son efficacité et de calculer la température au niveau de la surface captatrice.

On a aussi constaté que l'erreur de poursuite influe considérable sur le rapport de concentration, on conclut donc que l'efficacité du concentrateur dépend aussi de la précision du mécanisme de poursuite.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale :

A travers cette étude, on peut conclure que la capacité de l'énergie solaire en utilisant la parabole nous a permis de traiter la margine en faisant évaporer la forte teneur en eau et de réduire la demande chimique en oxygène (DCO) et d'avoir des résidus après évaporation totale de l'eau pour une valorisation. Malgré que le problème soit lié à une production saisonnière de margines, cette solution, qui consiste en un traitement avec un concentrateur solaire, peut être adaptée pour traiter plusieurs autres substrats (liquides ou solides).

L'étude que nous avons présentée à travers cette expérience pratique, consiste en la mise au point d'une solution efficace et plus écologique au problème des margines.

L'application de cette solution et son adaptation au contexte algérien mérite d'être encouragée à l'aide des investisseurs et des porteurs de projets dans le domaine de la valorisation des déchets organiques (liquides et solides).

Perspectives

- Développer ce système d'évaporation forcée avec la parabole solaire pour avoir beaucoup plus de matières sèches issues de ces margines pour une plus grande valorisation en agriculture
- Utiliser une parabole de plus grande surface
- Améliorer la qualité du récepteur et de la tuyauterie (cuivre) pour un meilleur rendement.
- Motoriser le capteur parabolique afin de suivre la course du soleil et permettre de capter une source de radiation perpendiculaire à l'assiette réalisée.

Annexes

Tableau : Température obtenu lors du premier essai Test n°1

| Heure | T1 serpentín Alu | T2 surface parabole | T3 margine | T4 Tamb | T5 Vapeur marmite | T6 Foyer Parabole |
|----------|------------------|---------------------|------------|---------|-------------------|-------------------|
| Secondes | °C | °C | °C | °C | °C | °C |
| 0 | 27,02 | 37,84 | 58,33 | 27,25 | 57,45 | 117,34 |
| 30 | 27,6 | 38,48 | 60,59 | 27,1 | 60,67 | 123,37 |
| 60 | 27,61 | 39,05 | 67,78 | 27,01 | 67,81 | 116,98 |
| 90 | 27,94 | 39,07 | 75,85 | 26,81 | 76,01 | 102,35 |
| 120 | 24,15 | 42,08 | 80,97 | 29,3 | 84,01 | 114,03 |
| 150 | 22,64 | 39,73 | 79,1 | 26,84 | 87,23 | 114,66 |
| 180 | 22,77 | 40,25 | 76,78 | 27,41 | 92,39 | 119,22 |
| 210 | 22,15 | 39,72 | 74,44 | 27,03 | 96,07 | 114,03 |
| 240 | 21,59 | 39,63 | 82,12 | 25,77 | 98,33 | 113,5 |
| 270 | 22,06 | 40,42 | 89,9 | 26,19 | 99,49 | 114,44 |
| 300 | 32,01 | 40,91 | 90,38 | 26,69 | 99,99 | 144,98 |
| 330 | 54,99 | 40,82 | 84,17 | 26,49 | 100,15 | 125,79 |
| 360 | 36,74 | 41 | 84,85 | 26,91 | 100,27 | 96,46 |
| 390 | 48,91 | 41,52 | 88,86 | 27,67 | 100,4 | 114,6 |
| 420 | 59,64 | 41,87 | 97,42 | 27,74 | 100,57 | 132,06 |
| 450 | 58,36 | 41,43 | 106,27 | 27,4 | 100,56 | 119,53 |
| 480 | 60,87 | 41,93 | 103,79 | 27,1 | 100,67 | 131,16 |
| 510 | 58,74 | 42,39 | 102,43 | 27,31 | 100,71 | 136,5 |
| 540 | 60,32 | 42,21 | 102,16 | 27,63 | 100,9 | 134,9 |
| 570 | 58,94 | 41,95 | 102,92 | 27,16 | 101,13 | 108,44 |
| 600 | 59,16 | 41,96 | 102,68 | 27,26 | 101,38 | 108,17 |
| 630 | 57,35 | 41,87 | 103,63 | 27,48 | 101,67 | 118,3 |
| 660 | 60,37 | 42,27 | 102,98 | 27,66 | 102,78 | 123,14 |
| 690 | 61,93 | 41,87 | 103,28 | 27,89 | 103,57 | 122,93 |
| 720 | 63,86 | 42,16 | 103,56 | 27,59 | 103,38 | 121,37 |
| 750 | 57,76 | 42,09 | 103,98 | 27,4 | 103,35 | 114,09 |
| 780 | 60,4 | 42,07 | 103,99 | 27,86 | 103,4 | 109,83 |
| 810 | 54,66 | 42,25 | 104,28 | 27,76 | 104,01 | 103,31 |

Tableau : Température obtenu lors du premier essai Test n°2

| Heure Secondes | T1 Serpentin °C | T2 Surface parabole °C | T3 Margine °C | T4 Amb °C | T5 Vapeur marmite °C | T6 Foyer parabole (absorbeur) |
|-------------------|--------------------|---------------------------|------------------|--------------|-------------------------|-------------------------------|
| 0 | 27,73 | 41,11 | 74,86 | 27,3 | 75,03 | 120,08 |
| 30 | 28,31 | 41,31 | 79,17 | 27,88 | 79,27 | 121,04 |
| 60 | 27,95 | 41,19 | 86,57 | 28,55 | 86,58 | 120,25 |
| 90 | 27,19 | 40,73 | 91,15 | 27,28 | 91,14 | 118,4 |
| 120 | 27,86 | 41,39 | 94,81 | 26,94 | 94,64 | 119,31 |
| 150 | 28,46 | 41,15 | 97,85 | 27,42 | 97,59 | 119,67 |
| 180 | 29,93 | 40,63 | 98,56 | 27,11 | 98,27 | 118,95 |
| 210 | 46,32 | 40,73 | 98,94 | 26,95 | 98,63 | 119,6 |
| 240 | 47,79 | 39,56 | 99,07 | 26,57 | 98,77 | 118,33 |
| 270 | 43,46 | 40,42 | 99,23 | 26,89 | 98,94 | 119,33 |
| 300 | 41,47 | 39,9 | 99,35 | 26,78 | 99,05 | 118,86 |
| 330 | 41,04 | 39,71 | 99,44 | 26,59 | 99,11 | 118,55 |
| 360 | 50,19 | 39,4 | 96,18 | 27,22 | 96,21 | 101,46 |
| 390 | 50,13 | 39,48 | 92,45 | 27,71 | 92,3 | 97,69 |
| 420 | 46,35 | 39,71 | 91,96 | 28,09 | 91,6 | 99,08 |
| 450 | 42,77 | 40,23 | 95,74 | 28,38 | 94,9 | 140,59 |
| 480 | 41,81 | 40,3 | 97,74 | 28,27 | 96,68 | 154,91 |
| 510 | 46,61 | 40,69 | 99,18 | 28,34 | 98,03 | 156,96 |
| 540 | 61,31 | 40,3 | 99,52 | 27,98 | 98,27 | 153,26 |
| 570 | 56,7 | 40,67 | 99,64 | 28,43 | 98,38 | 151,13 |
| 600 | 56,01 | 40,68 | 99,67 | 27,4 | 98,43 | 149,13 |
| 630 | 48,68 | 39,91 | 99,65 | 26,82 | 98,48 | 145,91 |
| 660 | 49,41 | 40,02 | 99,58 | 27,16 | 98,57 | 148,12 |
| 690 | 51,44 | 40,81 | 99,6 | 27,08 | 98,8 | 145,43 |
| 720 | 52,79 | 40,82 | 99,47 | 26,44 | 98,84 | 144,74 |
| 750 | 53,79 | 40,7 | 99,37 | 26,45 | 98,89 | 142,42 |
| 780 | 45,91 | 40,44 | 99,27 | 26,69 | 98,89 | 140,83 |
| 810 | 61,2 | 41,23 | 99,2 | 27,63 | 98,91 | 140,11 |
| 840 | 60,33 | 41,36 | 99,08 | 28,42 | 98,85 | 138,02 |
| 870 | 55,65 | 40,87 | 98,96 | 28,04 | 98,74 | 134,7 |
| 900 | 57,22 | 40,93 | 98,91 | 27,92 | 98,64 | 135,95 |
| 930 | 61,12 | 41,3 | 98,94 | 27,36 | 98,59 | 133,91 |
| 960 | 47,85 | 41,03 | 98,92 | 27,03 | 98,45 | 131,69 |
| 990 | 51,07 | 40,99 | 98,9 | 26,3 | 98,29 | 127,64 |
| 1020 | 47,87 | 41,16 | 98,94 | 26,75 | 98,11 | 127,5 |
| 1050 | 51,91 | 41,77 | 98,98 | 27,17 | 98,03 | 126,36 |
| 1080 | 61,02 | 41,81 | 98,99 | 27,33 | 97,87 | 124,68 |
| 1110 | 54,13 | 41,84 | 98,94 | 26,65 | 97,74 | 123,97 |
| 1140 | 48,35 | 41,37 | 98,14 | 26,97 | 96,92 | 120,83 |
| 1170 | 42,11 | 39,71 | 94,52 | 25,79 | 93,35 | 116,3 |
| 1200 | 37,45 | 38,89 | 94,57 | 25,41 | 93,46 | 115,38 |
| 1230 | 32,78 | 39,18 | 96,74 | 25,29 | 95,66 | 116,73 |
| 1260 | 37,05 | 40,65 | 98,72 | 25,57 | 97,7 | 117,74 |
| 1290 | 50,52 | 40,97 | 98,91 | 25,71 | 98,07 | 119,43 |
| 1320 | 55,69 | 41,3 | 98,98 | 25,96 | 98,36 | 112,08 |
| 1350 | 53,36 | 40,76 | 98,76 | 26,07 | 98,35 | 111,26 |
| 1380 | 49,62 | 40,92 | 98,68 | 26,3 | 98,5 | 117,27 |
| 1410 | 55,51 | 41,39 | 98,67 | 27,34 | 98,7 | 119,56 |
| 1440 | 55,57 | 41,45 | 98,57 | 28,34 | 98,73 | 118,51 |
| 1470 | 59,75 | 41,97 | 98,49 | 28,88 | 98,73 | 117,64 |
| 1500 | 60,79 | 42,36 | 98,35 | 28,76 | 98,69 | 117,59 |
| 1530 | 54,84 | 41,91 | 97,81 | 27,96 | 98,31 | 113,15 |
| 1560 | 56,8 | 41,79 | 93,98 | 28,19 | 94,67 | 99,97 |
| 1590 | 52,12 | 42,25 | 94,3 | 28,19 | 95 | 115,31 |
| 1620 | 45,71 | 42,2 | 97,55 | 27,76 | 98,1 | 138,16 |
| 1650 | 43,62 | 42,14 | 98,27 | 27,78 | 98,76 | 139,97 |
| 1680 | 61,05 | 42,4 | 98,66 | 27,83 | 99,13 | 142,87 |
| 1710 | 57,13 | 42,73 | 98,9 | 28,22 | 99,33 | 143,55 |
| 1740 | 59,68 | 43,09 | 99,09 | 29,22 | 99,49 | 144,63 |
| 1770 | 56,12 | 42,86 | 99,25 | 28,38 | 99,58 | 143,49 |
| 1800 | 58,42 | 42,5 | 99,37 | 27,83 | 99,71 | 144,25 |
| 1830 | 60,6 | 42,72 | 99,44 | 28,48 | 99,8 | 143,91 |
| 1860 | 58,01 | 42,97 | 99,53 | 28,43 | 99,89 | 145,37 |
| 1890 | 61,85 | 42,68 | 99,6 | 28,56 | 99,96 | 143,8 |
| 1920 | 58,6 | 42,53 | 99,62 | 28,18 | 100 | 142,98 |
| 1950 | 60,29 | 42,2 | 99,61 | 27,87 | 99,98 | 141,45 |
| 1980 | 56,96 | 42,45 | 99,72 | 28,31 | 100,08 | 141,89 |
| 2010 | 47,81 | 40,9 | 97,74 | 28,37 | 98,08 | 140 |
| 2040 | 44,22 | 40,57 | 99,13 | 27,76 | 99,44 | 142,81 |
| 2070 | 44,16 | 41,24 | 99,59 | 27,95 | 99,87 | 142,91 |
| 2100 | 48,22 | 41,28 | 99,51 | 28,24 | 99,72 | 139,52 |
| 2130 | 44,73 | 40,34 | 98,83 | 27,82 | 98,93 | 137,98 |
| 2160 | 51,86 | 40,71 | 99,31 | 28,1 | 99,36 | 139 |
| 2190 | 49,79 | 39,85 | 98,61 | 28,37 | 98,58 | 137,18 |
| 2220 | 41,65 | 39,61 | 97,53 | 27,54 | 97,51 | 138,35 |
| 2250 | 54,48 | 40,34 | 99,04 | 28,77 | 98,95 | 138,16 |
| 2280 | 60,99 | 40,31 | 98,85 | 28,24 | 98,76 | 138,53 |
| 2310 | 59,08 | 40,42 | 99,16 | 27,84 | 99,09 | 137,73 |

```
Dpar=1.3; %Diamètre de la parabole;

TL=10; %le temps légal
HR=0.67; % humidité relative
Tam=36;%température ambiante
Vvent=0.2; %vitesse du vent
%les données géographiques du lieu:
LST=0;% greenwich
L=4.05;%longitude du lieu
la=36.7;%latitude du lieu
DELTA=1; % décalage horaire administratif
%calcul des coordonnées célestes:
%1)declinaison
D=23.45*(sin((360*(284+Dpar))/365));
%2) angle de lever du soleil
omgal=-acosd(-tand(D)*tand(la));
% 3)angle de coucher du soleil
omegac=acosd(-tand(D)*tand(la));
%4)TSV du lever
TSVL=12+(omgal/15);
%5)TSV du coucher
TSVc=12+(omegac/15);
%6)correction du temps:
w=(360/366)*Dpar;
ET=-(0.002-0.4197*cosd(w)+3.2265*cosd(2*w)+0.0903*cosd(3*w)+7.3509*sind(w)+9.3912*sind(
(2*w)+0.3361*sind(3*w));
%temps solaire vrai:
TSV=(TL-DELTA)+(((L)*4+ET)/60);
% temps légal du lever et du coucher:
TLL=TSVL+DELTA-(((L)*4+ET)/60);
TLC=TSVc+DELTA-(((L)*4+ET)/60);
%MIDI TSV:
MIDITSV=12+DELTA-(((L)*4+ET)/60);
%Durée du jour:
Ddj=abs(2*omgal)/15;
%angle horaire
omega=(TSV-12)*15;
%hauteur du soleil
h=asind(cosd(D)*cosd(omega)*cosd(la)+sind(D)*sind(la));
%iclinison parfait du concentrateur:
in=90-h;
%azimut du soleil
alphaS=asind(sind(D)*sind(omega)/cosd(h));
W0=acosd(tand(D)/tand(la));
if ((abs(omega))<W0);
C1=1;
end
if ((abs(omega))>W0);
C1=-1;
end
if(la*(la-D))>0;
C2=1;
end
if(la*(la-D))<0
C2=-1;
```

```

end
if (omega>=0)
C3=1;
end
if (omega<0)
C3=-1;
end
%azimute
alpha=((C1*C2*alphaS)+(C3*((1-(C1*C2))/2)*180));
if TSV<12
m=-1;
end
if TSV>12
m=1;
end
%angle d'incidence
teta=(acosd(sind(h)*cosd(in)+cosd(h)*sind(in)));
%Eclairement directe sur un plan horizontal :
pvsat=611*(exp((17.25*Tam)/(237.8+Tam)));%pression de vapeur saturante
pvpas=(HR*pvsat)/100;%pression de vapeur en pascal
pv=pvpas*0.0075; %pression de vapeur en mmHg
B=0.05; %zone rurale
Tl=2.4+(14.6*B)+0.4*(1+2*B)*log(pv);
I0=1370*exp(-(Tl/(0.9+9.4*sind(h))));
SH=I0*sind(h);
%eclairement directe sur un plan incliné
SI=I0*cosd(teta);
%données géométriques du concentrateur;
Drec=0.2;% hauteur du casserole;
HAU=0.2;%hauteur du récepteur;
focal=0.78;%distance focale;
%calcul des surfaces;
Apar=pi*((Dpar/2)^2); %ouverture de la parabole;
Arec=pi*((Drec/2)^2); %surface du fond du récepteur;
Aref=Apar-Arec; %surface réfléchissant;
Alat=pi*Drec*HAU; %surface du fond du récepteur;
Atotal=(2*Arec)+Alat; %surface total du récepteur;
pf=(Dpar^2)/(16*focal); % profondeur la parabole
% la longueur de l'arc;
larc=((Dpar/2)*(sqrt((4*pf/Dpar)+1)))+(2*log((4*pf/Dpar)+sqrt(((4*pf/Dpar)^2)+1)));
%surface de l'arc parabolique;
Aarc=(2/3)*pi*sqrt(2*focal)*(((2*pf)+(2*focal))^3/2)-((2*focal)^3/2);
%angle d'ouverture de la parabole FI:
demiFI=atand ((Dpar/2)/(focal-pf));
FI=2*demiFI;
%propriétés des matériaux utilisé:
ALPHArec=0.75; %absorbitivité du récepteur
ROref=0.9; %réflexion de la parabole
EPST=0.14; %emissivité infrarouge du récepteur
%concentration geometrique
Cg=(sind(FI)/(0.53))^2;
%concentration energitique
C=((2/(0.53))*(sind(FI/2)))^2;
%concentration ideal
Ci=((4/0.53))*tand(FI/4)^2;

```

```
%flux refléchi  
Qref=SI*ROref*Aref;  
%flux absorbé  
Qabs=ALPHArec*Qref;
```

Bibliographie

Bibliographie

- [1] énergie solaire calculs et optimisation Jacques Bernard mai 2011
- [2] R. Bernard, G menguy, M Schwartz ; le rayonnement solaire, conversion thermique et application et documentation paris 1979. Omar kefri Djamel
- [3] le capteur solaire plan thermique Réalisationet expérimentation sur site Algérien en France.2015.
- [4] www .futura-Sciences.com
- [5] KHEROUS, Nabil, HAMZAOUI Jugurtha(2015) étude et réalisation d'un concentrateur solaire université Tizi-Ouzou.
- [6] Benjamin dessus, François pharabob l'énergie solaire octobre 2002.
- [7] Ame labourt, Michel villos énergie solaire photovoltaïque, paris, 2009.
- [8] Messaoud Sandali, Abdilah Nabil Korti étude dynamique d'un capteur solaire avec milieu poreux 2017
- [9] S.Souad « effet des paramètres opérationnels sur les performances d'un capteur solaire plan »thèse de magister (2010)
- [10] Bermer, c, Purt, Mc Eligot, DM. (1984) « Numerical study of fluid flow and heat transfer in a parallel plant channel with baffles, Journal of Heat transfer .pp. 106 .743.
- [11] K. Salima.” Étude théorique et numérique des systèmes couplés : distillateur plan
- [12] Abelhafid Moummi, Nordine Moummi, mémoire magister « simulation de la température de sortie de l'eau parabolique dans un capteur solaire cylindro-parabolique dans le site de Biskra, 2007 »
- [13] Quoilin. S, 2007. Les centrales solaires à concentration. Université de liège.
- [14] Université Kasdi Merbeh mémoire de master (Etude expérimental d'un concentrateur solaire cylindro-parabolique) HAMDI Mohammed
- [15] SAFA SKOURI, Intitulée contribution a l'étude des concentrateurs solaire, 30/05/2016

- [16] B.Mourd “ contribution a l’étude, la simulation et l’analyse des pompes a chaleur assistées par l’énergie solaire “ thèse de magister (2008) 03-15.
- [17] Z. Jayoo, tracking solar concentrators, Edition SCM, Paris
- [18] D. Guerraiche. “ Simulation et prédiction de la radiation solaire directe absorbée par un champ de capteurs cylindro-parabolique, Mémoire de magister, Batna, Algérie, 2002.
- [19] BEKDAH. 2014 traitement des margines des huileries d’olives par les procédés d’oxydation avancée bases sur le système fouton. Like ($H_2 O_2$) thèse de doctorat chimie des matériaux
- [20] Vitolo S, petrca L, Bresci B 1999 treatment of olive oilindustrywaster. Boire source techmology 67, 129-137.
- [21] ASSAM HALAH 2003.étude de la biodégradions des effluents des huileries (margine) et leur valorisation par production de l’enzmetamase . These de doctorat : microbiologie et l’environnement Maroc.
- [22] Mulinacci N. Romani A. Galardi polyphenolic coutent in olive oil waste waters and Related olive sanples journal of agricultural and food chemistry.
- [23] Lounis Djadane. M Mahdi Cheruef. M Tayeb Ait Madetude et realization d’un sechoire pour margine (effet de serre).
- [24] Fki I. Allouche N et Saydi S. (2005) the use of polyphenolic extract, purifird hydroxytyrosole and 3_4_dihydroxyphenyl acetic acid from olive mill wastewater for the stabilization of refied oils : a potentiel altemative to synthetic antioxidats food chemistry.
- [25] D Schenell, technique de sechage, tuadyst de l’allemend, GMBH? ESCHBORN ? 1983.
- [26]Bernard R , Menguy G, Schwartz M, le rayonnement solaire, conversion thermique et application, chimique et documentation, paris,1980.
- [27] Crozier A. Jagannath and Clifford MN [2004]
- [28] Ranalli.A 1991 l’effluent des huiles d’olives.
- [29] Hamdi M et Ellouz R. 1993 environnemental technology

- [30] Fiorentino A ; A. Gentil, M. Isidori , P. Monaco A Nardelli, A. Panella et T. Fablo (2003). Environnement effects caused by olive mill waste waters: Toxicity comparison of low-molecular-weight phenolecomounds. J. Agr. Food Chem ; 51, 1005-1009.
- [31] B. Samia 2012 margines 4 du janvier 2012
- [32] R.A Vazequez ; les polyohénoles de l'huile d'olive et leur influence sur les caractéristiques de l'huilerie, 25 (1974)
- [33] M. Mebirouk , rejet des huileries, développement d'un procède intègre pour la biodégradation des poly phénols dans la margines : cmpp News (11, 2002)
- [34] J A fistas ros de ussinos, différentes utilisation des margines organisation des nation unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- [35] A. marisot ; j p Tournierrépercutions agronomique de l'épandage d'effluent et déchets a moulins d'huile d'olive.
- [36] Mme IboukhouléfHmida traitement des margines des huileries d'olive par les procédés d'oxydation avancée basés sur le système fenton_like(H_2O_2/Cu) 2014.
- [37] B. EL Alami contribution à l'étude de l'activité anti-oxydante de la fraction phénolique des margine – mémoire de 3eme cycle ; Maroc 2002.
- [38] M. LounisDjadane , M Mahdi Cherief, M Tayeb Ait Madi, mémoire de fin d'étude et réalisation d'un séchoir pour margine (effet de serre)
- [39] syndicat des énergies renouvelables, mai 2010, WWW.enr.fr.
- [40] M .Chakchouk, E. puech-costes, J.N.Foussard, H. Debellefontaine; Wet air oxidation of organic pollutants using molecular oxygen; determination of the operating parameters for the optimum promoting effect of hydrogen peroxide and ferrous salts, revue des sciences de l'eau 7(1994),405-425.
- [41] Yaakobi,A . chahlaoui 1. M Rahmani, M Elyachioui, Y.oulhote ; effet de l'épandage des margine sur la microflore de sol ; agro solutions 20(2009)
- [42] Boudoukhana HOCINE, impacts des margines sur les eaux de oued Bouchtata(Wilaya de Skikda)

- [43] Abdrazak Allah mémoire de magister « procédé de dessalement et qualité physicochimique dessalée par la station de humaine». Université Tlemcen (2016).
- [44] Zaghbi Ilhem, mémoire de magister « étude et réalisation d'un concentrateur solaire parabolique » Université de Constantine, 2005.
- [45] D. Kedwards, L Marlot 'capteur solaire ', Edition SCM. Paris 1979.
- [46] J.E. Braun et K.C. Mitchell, 'Solar geometry for fixed and tracking surface'. Solar Energy, vol.31.N°.pp394-444,(1983)
- [47] Safa Skouri 'contribution à l'étude des concentrateurs solaire ' Thèse de doctorat en énergétique, 23/05/2016.
- [48] Jacques Bernard, génie énergétique : calculs et optimisation (ISBN 978-2-7298-6492-7), Ellipses edition marketing S.A, 2011.
- [49] Development of solar concentrator with tracking system : Flávia V. Barbosa João L.Afonso 2, Elise B. Rodrigues and José C.F. Teixeira.