

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université KASDI Merbah Ouargla

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie Mécanique



Mémoire de fin d'étude en vue d'obtention

Du diplôme de Master Académique

Filière : Génie mécanique

Spécialité : Energétique

**PROPOSITION D'UNE TECHNIQUE DE CHAUFFAGE DES SERRES
AGRICOLES BASEE SUR L'ENERGIE BIOMASSE**

Présenté par:

- *BELAHBIB Zakaria Mohammed Seddik*
- *BEN ACHORA Mabrouk*

Soutenu le :

12/06/2023

Devant le jury composé de :

- | | | | |
|--------------------------|------------|-----------------|------------------|
| • <i>KEBDI Zakaria</i> | <i>MCB</i> | <i>univ kmo</i> | <i>président</i> |
| • <i>BELAHYA Hocine</i> | <i>MCB</i> | <i>univ kmo</i> | <i>examineur</i> |
| • <i>ACHOURI El Hadj</i> | <i>MCB</i> | <i>univ kmo</i> | <i>encadreur</i> |

2022-2023

REMERCEMENTS

*J'offre ma grande gratitude à Dieu qui m'a
Aidé à faire ce travail. J'exprime ma
Profonde gratitude à mes parents pour leurs
Encouragements, leurs soutiens et pour les
Sacrifices qu'ils ont endurés.*

*Je remercie mon promoteur Dr. Achouri
Elhadj pour les efforts qu'il a déployés, pour
M'aider, conseiller, encourager et corriger.*

*Je voudrais remercier les membres de jury
D'avoir accepté d'examiner mon travail.*

*Je remercie aussi tout le corps enseignant
Dans le département de génie mécanique
Qui a contribué à ma formation universitaire.*

*En fin, Je remercie tous ceux de près ou de
Loin qui ont contribué à la réalisation de ce
Travail. Trouvent ici ma sincère*

Reconnaissance.

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail, à nos parents,
À ma source de générosité, Et de patience
Tout au long de ma carrière scolaire. Que
Dieu vous protège, vous prêtez bonne
Santé et longue vie.*

*Aux frères et sœurs et à leurs familles, qui
M'ont toujours indiqué La bonne voie et qui
Ont su m'aider.*

*À tous les amis pour ses encouragements
Permanents, et son soutiennent
Aux personnes qui m'ont accompagné
Durant mon parcours d'étude.*

Sommaire

Introduction générale.....	2
Chapitre I : Généralités sur les serres agricoles.....	3
Introduction :	4
1- Serre agricole :	4
2- Les différents types des serres agricoles :	4
2-1- Les composante des serres agricoles :	4
2-1-1-Les armature (ossature) :	5
2-1-2- Les Couvertures (l'enveloppe) :	5
2-2-Exemple des types des serre agricoles :	6
2-2-1-Les serres tunnels "légères" :	6
2-2-2-Les serre multi chapelle :	7
2-2-3 -Les serre jardin :	8
3-Caractéristique des serre agricoles :	8
3-1 Les principaux paramètre climatique dans les serres :	8
3-1-1- La lumière :	8
3-1-2- Température :	9
3-1-3- Humidité :	10
3-1-4- Teneur en gaz carbonique :	10
3-2- Effet de serre :	10
3-3- Orientation de la serre :	11
3-4-Aspects de la serre :	11
4-Les sources d'Energie dans les serres agricoles :	13
4-1-L'énergie géothermique :	13
4-2- Énergie solaire :	13
5- Conditions climatiques d'une serre :	13
5-1-Transfert radiatif :	14
5-2-Echanges convectifs :	14
5-3-Échange conductif :	14
6- Mouvements d'air dans les serres agricoles :	14
7-Équipements de régulation dans les serres agricole :	15
7-1-Chauffage des serres agricoles :	15
7-2-La ventilation :	17
8- conclusion :	19
Chapitre II : Généralité sur l'énergie Biomasse	20

1-Introduction :	21
2-Définition d'énergie biomasse :	21
3-Les source d'énergie biomasse :	21
4- Utilisation de l'énergie biomasse :	22
5-Procède de conversion d'énergie biomasse :	23
5-1- Les procédés thermochimique :	24
5-1-1-Combustion :	24
5-1-2-La pyrolyse :	26
5-1-3-Gazéification :	28
5-2- Procède de conversion biochimique :	29
5-2-1-La fermentation :	29
5-2-2 La méthanisation (digestion anaérobie) :	29
6-Technique de chauffage des serres agricoles base sur l'énergie biomasse :	30
6-1-La technique utilisée :	30
6-2-Les matériaux utilisés :	31
6-3- Montage de cette technique :	32
6-4- Principe de fonctionnement :	34
7- Conclusion :	35
Chapitre III : Modélisation numérique et résultats.....	36
1- Introduction :	37
2- Description de la zone :	37
3-Modélisation numérique :	38
4- Définition de la CFD :	38
5-Présentation du code FLUENT :	38
6- Spécifications de l'ordinateur utilise pour l'étude :	39
7-Résolution du problème d'étude :	39
7-1- Modèle mathématique :	39
7-2- Conditions aux limites :	40
7-3- Hypothèse Simplificatrice :	40
7-4- Caractéristiques des matériaux utilisée dans la simulation :	41
7-5- Choix du type de solveur :	41
7-6- Géométrie :	41
7-7- Maillage :	42
8- Résultats et discussions :	42
8-2- Variation des contours des vitesse :	44
8-3- Variation des vecteurs de vitesse :	45
8-4- Contour de variation des températures de L'air :	46

8-5- Vitesse de l'air au milieu de la serre :	47
8-6- Variation de la température au milieu de la serre :	47
Conclusion générale	49
Références bibliographiques	51

Liste des figures

Figure I.1: Serre tunnel.....	7
Figure I.2: Serre multi chapelles.....	7
Figure I.3: Serre jardin.	8
Figure I.4: Effet de la serre [11].	11
Figure I.5: Schéma simplifié de la photosynthèse [14].	12
Figure I.6: Schéma du cycle de la photosynthèse et de la respiration chez la plante [14].	12
Figure I.7: Schéma général montrant l'organisation d'une feuille [14].	13
Figure I.8: Représentation d'un aérotherme à eau [35].	16
Figure I.9: Générateur d'air chaud à combustion direct [35].	17
Figure I.10: Exemple de la ventilation naturel.....	18
Figure I.11: Exemple de la ventilation forcée.....	18
Figure II.1 : Procèdes de conversion de la biomasse [27].	24
Figure II.2: Schéma simplifié la pyrolyse [26].	28
Figure II.3: Schéma simplifie la gazéification [26].	29
Figure II.4: Première étape [31].	32
Figure II.5: Deuxième étape [31].	33
Figure II.6: Quatrième étape [31].	33
Figure II.7: Cinquième étape [31].	34
Figure II.8: Montage de la technique de chauffage [32].	34
Figure III.1: Situation de Ouargla en Algérie [2].	37
Figure III.2: Structure de base du code "FLUENT [34].	38
Figure III.3: Conditions aux limites [34].	40
Figure III.4: Configurations géométriques utilisée dans la simulation.	42

Figure III.5: Maillage utilisé.	42
Figure III.6: Variations des contours de vitesse de l'air sans chauffage.	44
Figure III.7: Variations des contours de vitesse de l'air avec chauffage.	44
Figure III.8: Variations des vecteurs de vitesse de l'air sans chauffage.	45
Figure III.9: Variations des vecteurs de vitesse de l'air avec chauffage.	45
Figure III.10: Variation des contours de température de L'air avec chauffage.	46
Figure III.11: Variation de la vitesse au milieu de la serre avec chauffage.	47
Figure III.12: Variation de la température au milieu de la serre avec chauffage.	47

Liste des tableaux

Tableau I.1: Coefficient de transmission pour le verre, PE, PVC [8].	9
Tableau I.2: Températures optimales pour la croissance de certains légumes [26].	10
Tableau II.1: Conditions opératoires des différent Transformations Thermochimique [28]. ..	24
Tableau III.1 : Propriétés thermique des matériaux[2]	41
Tableau III.2 : Choix du type de solveur.....	41

Liste des symboles et acronymes :

- Symbole :

PC	Le polycarbonate (PC)
PE	Le polyéthylène
PVC	Le chlorure de polyvinyle
PVF	Le polyvinyle de fluorure
CFD	Computer fluide dynamics
GLO	Grande longour onde
E.	Est
N	Nord

- Acronymies :

%.	Porcentage
SO _x	Oxydes de soufre
°C	Degrés Celsius
CH ₄ .	Méthane
CO.	Monoxyde de carbone
CO ₂ .	Dioxyde de carbone, Dioxyde de carbone
HCL.	Chlorure d'hydrogène
J/kg. K	Joul par kilogram en kelvin
k.	Kelvin
Kg/m ³	Kilogram par metre cube
m	Metre
m/s	Metre par seconde
mm	Melimetre
N ₂ O	Protoxyde d'azote
nm	Nanometre
O ₂	L'oxygène
s	Seconde
W/m. k	Watt par metre en kelvin
Km	Kilometre
kWh/m ²	Kilowatt en hour par matre caree

Introduction générale

Introduction générale

L'agriculture est l'une des activités humaines les plus anciennes car elle est très importante dans la vie quotidienne car c'est l'un des principaux piliers de la vie, elle satisfait et produit différents besoins humains tels que l'alimentation et l'alimentation des animaux.

Il est bien connu que le climat a un impact énorme sur l'agriculture et ses produits. Parce qu'il affecte directement la force et la vitesse de croissance, en raison du froid rigoureux en hiver, la température baisse et la croissance ralentit et s'affaiblit. Et a déclenché la réflexion et l'utilisation des serres agricoles pour offrir à l'agriculture un environnement protégé, une atmosphère artificielle et des conditions propices à la production.

Les serres agricoles sont des outils de production permettant de créer artificiellement un microclimat favorisant la croissance et le développement des cultures. Grâce à sa présence, il protège la végétation des coups causés par les changements de facteurs climatiques. Les principaux facteurs climatiques qui rendent l'environnement à l'intérieur de la serre différent de l'extérieur sont : la température, la lumière et l'humidité. Mais malgré cela, le froid reste un problème affectant l'efficacité de ces serres agricoles.

La biomasse est une matière organique d'origine végétale, animale, bactérienne ou fongique qui peut être utilisée comme énergie. La biomasse peut être utilisée pour alimenter les systèmes de chauffage urbain et les réseaux de chaleur.

Ainsi dans notre travail, nous devons avoir installer un système de chauffage dans la serre, capable de lutter contre le froid sévère qui nuit à la croissance, et proposerons une technologie de chauffage des serres agricoles basée sur l'énergie biomasse. C'est pour cela on a orienté vers le programme ANSYS FLUENT, qui permet de faire toutes les analyses de la technique proposée. La simulation numérique de l'écoulement est faite, les dimensions de la serre tiennent compte de l'utilisation du système proposé pour la résolution et du traitement des résultats.

Notre travail est présenté sur un mémoire structuré en trois chapitres en plus d'une introduction et une conclusion générale :

Dans le premier chapitre, nous révélons quelques points communs et caractéristiques des serres en général.

Le deuxième chapitre donne des généralités sur la biomasse et ces sources d'énergie et les méthodes de leur utilisation et conversion. A la fin de ce chapitre la méthode de chauffage de la serre agricole est présentée.

Introduction générale

Les résultats de notre étude sont présentés dans le dernier chapitre où on a présenté les paramètres de fonctionnement de la serre grâce au logiciel ANSYS FLUENT, ainsi que l'interprétation des résultats obtenus.

Chapitre I : Généralités sur les serres agricoles.

Introduction :

Les serres agricoles sont des outils importants dans l'agriculture moderne, offrant un environnement serré et stable pour la croissance des plantes et l'amélioration de la productivité. Ces serres se caractérisent par leur capacité à maintenir la température et l'humidité idéales des plantes en saison froide, et à fournir une température appropriée en saison chaude. Les maisons protégées peuvent être utilisées pour développer des plantes sensibles aux conditions météorologiques défavorables et pour offrir un environnement sûr exempt de ravageurs et d'insectes nuisibles qui affectent la croissance et la productivité. Les maisons protégées sont disponibles dans un large éventail de tailles, de formes et de matériaux, permettant aux agriculteurs de choisir le type adapté à leurs besoins et à leurs budgets. Les foyers protégés sont un outil important pour améliorer la production végétale, assurer la durabilité de l'agriculture et améliorer les rendements économiques des agriculteurs.

1- Serre agricole :

Selon la norme française NF U57-001, décembre 1984, décrit la serre est une « enceinte destinée à la culture ou à la protection des plantes en exploitant le rayonnement solaire. Les dimensions de cette enceinte permettent à un homme de travailler aisément à l'intérieur » [1].

Ce t à dire qu'Une serre est une structure destinée généralement à la production agricole qui peut être parfaitement close (limitée par une paroi transparente) garder des certains effets mauvais et offrent la possibilité d'échapper aux contraintes climatiques extérieures (pluie, vent, froid). Elle est conçue pour protéger les plantes déstructurées et pour favoriser la croissance des cultures (légumes, fleurs, etc.),

Elle joue un rôle économique en présentant des produits sur le marché en hors saison. Ainsi, elle est possible d'obtenir une production végétale dans de meilleures conditions que les conditions naturelles et grâce à une meilleure qualité des produits.

2- Les différents types des serres agricoles :

On peut classer les types des serres agricole par ces structures composantes :

2-1- Les composante des serres agricoles :

En générale, la serre est composée par deux élément principal : une armature (ossature) qui constitue le squelette de la serre, et une couverture (enveloppe) qui couvre la serre et crée la microclimatique spécifique nécessaire dans la serre.

2-1-1-Les armature (ossature) :

Sont des cadres porteurs, ils constituent par des profils différents, plus ou moins lourd suivant le type de la serre, Elle peut être réalisée en acier et aluminium et en béton ou bois :

-Acier : ils utilisant dans la serre comme : une poteux, fermes, poutre ... etc., Le principale avantage d'une structure en acier est sa robustesse et sa maniabilité, elle offre aussi la possibilité de construire un toit avec des arceaux demi-cercle plus résistant qu'un toit en pente, Les caractéristiques mécaniques avantageuses d'acier sont : la limite de résistance à la rupture, la limite d'élasticité, l'allongement, la résilience, et la résistance à la rupture sont favorable à ce type de construction. On contre les inconvénients sont : Présenter une conductivité thermique élevée [2].

- L'aluminium : utilisé en association avec une ossature à base d'acier, Il a différents avantages comme : Ils résistent, à la corrosion grâce à la formation par oxydation de l'aluminium, L'inconvénient majeur que peut présenter ce matériau est sa faible résistance mécanique et sa Forte conductivité thermique supérieure à celle de l'acier [3].

-Le béton : il utilise dans les murets utilise à base des parois et pour recouvrement des alles, il a des inconvénients comme : il constituer un obstacle à la lumière solaire, Très coûteux pour les serres en verre [4].

-Le bois : Les structures à ossature en bois sont utilisées pour les serres d'une taille inférieure a 6 m, il possède une bonne résistance et une durée de vie d'un moins 15 ans en fonction du type de bois choisie [5].

2-1-2- Les Couvertures (l'enveloppe) :

Il existe différent méthodes et matériaux pour couvrir les serres :

2-1-2-1 -Le verre :

Le verre minéral plat transparent ou translucide est un silicate de chaux et soude (silice 71 à 74 % chaux 10 à 15 % et Soude 13 à 17 %)[6], il est le meilleur matériau pour la transmission lumineuse, Les différents types de verre utilisés dans les cultures sous serre sont : Le verre transparent ou clair (appelé verre horticole), Le verre martelé ou cathédrale (verre horticole coulé), le verre horticole à faible émissivité, le double vitrage, le verre isolant, le verre trempé, le verre armé, et le verre feuilleté.

2-1-2-2- Les matériaux plastiques :

Les matériaux plastiques sont transparents à la lumière visible, Il s'agit d'un type très isolant qui offre un grand volume d'air pour une production agricole importante.

Il existe plusieurs types des matériaux plastique chacun ayant des propriétés spécifiques qui peuvent être adaptées à différentes applications, sont utilisée pour couvrir les serres agricoles, et là plus utilise sont :

- **Le polyéthylène (PE)** : c'est le matériau plastique le plus couramment utilisé pour couvrir les serres. Il est peu coûteux, facile à installer et offre une bonne transmission de la lumière. Il est également disponible dans une variété d'épaisseurs pour offrir différentes propriétés thermiques et résistance à la déchirure.

- **Le polycarbonate (PC)** : le polycarbonate est un matériau plastique plus résistant que le polyéthylène, il est donc souvent utilisé dans les serres où la résistance à l'impact est importante. Il est également plus cher que le polyéthylène, mais offre une meilleure isolation thermique.

- **Le polyvinyle de fluorure (PVF)** : c'est un matériau haut de gamme qui offre une grande résistance aux rayons UV, une bonne isolation thermique et une longue durée de vie. Il est souvent utilisé pour les serres de haute qualité.

- **Le chlorure de polyvinyle (PVC)** : le PVC est un matériau plastique résistant qui peut être utilisé pour couvrir les serres. Il est moins cher que le polycarbonate et l'acrylique, mais il n'offre pas la même transmission de la lumière ou la même résistance aux chocs.

2-2-Exemple des types des serre agricoles :

2-2-1-Les serres tunnels "légères" :

Sont des serres qui construire par des armatures d'acier et plusieurs grand arceaux métallique et couvrir par un film plastique ou une bâche plastique, parce qu'elle permet de double l'efficacité de la serre, ce type de serre doit son nome a sa forme demi-circulaire.



Figure I.1: Serre tunnel.

2-2-2-Les serre multi chapelle :

Pour les cultures à forte valeur ajoutée (i.e. les plantes fleuries, les fleurs coupées, les tomates, les concombres...) car elles requièrent un coût d'investissement relativement élevé. Leur couverture est généralement en verre ou en double paroi plastique gonflable. Elles sont principalement utilisées dans les régions au climat tempéré.



Figure I.2: Serre multi chapelles.

2-2-3 -Les serre jardin :

C'est un petit modèle, parfait pour faire pousser des plantes, idéale pour protéger ses plantes en hiver, récolter des fruits et légumes toute l'année ou réaliser des semis sous abri. Une serre peut être construite par des armature en bois ou acier ou aluminium et couvrir par Le verre horticole ou Le verre trempé ou Le polycarbonate alvéolaire.



Figure I.3: Serre jardin.

3- Caractéristique des serre agricoles :

3-1 Les principaux paramètre climatique dans les serres :

Le climat est essentiel à l'activité physiologique des plantes. L'énergie du rayonnement solaire stockée sous forme d'énergie chimique dans les plantes contenant de la chlorophylle est la seule source primaire d'énergie en biologie. Le climat de la serre est représenté par un groupe de valeurs spatiales moyennes pour les facteurs climatiques, tels que la lumière, la température, l'humidité et la concentration de CO₂ qui affecte la croissance et le développement de la plante. Cet environnement qui a été créé et maintenu s'appelle le microclimat de la serre [7].

3-1-1- La lumière :

IL a un rôle important dans la croissance de la plante car elle participe à de multiples processus physiologiques et régule notamment la photosynthèse. En fait, l'énergie lumineuse convertit le dioxyde de carbone et l'eau de l'air en sucre et en amidon dans la plante. Par conséquent, la quantité de lumière solaire reçue par une plante pendant sa croissance a un impact significatif sur sa croissance et son niveau de production. Cependant, la quantité d'éclairage peut être

augmentée ou diminuée en utilisant respectivement de la lumière artificielle ou des stores. Le plus grand avantage de ce climat naturel proviendra du choix du matériau de toiture [8].

Matériau	Verre	Pvc	Polyethylene
Rayonnement solaire	0.86	0.5	0.8
Rayonnement infrarouge	0	0.3	0.8

Tableau I.1: Coefficient de transmission pour le verre, PE, PVC [8].

3-1-2- Température :

La température de la serre est la composante la plus importante de la température pour la culture des cultures en serre. Elle se décompose en trois catégories :

- Température depuis le sol.
- La température des plantes.
- La température du milieu en culture.

Il a un impact significatif sur la croissance des organes végétatifs. En fait, il est impliqué dans de nombreux processus biologiques, dont la photosynthèse et la respiration. La vitesse de la réaction augmente considérablement avec l'augmentation de la température.

La température de l'air à l'intérieur de la serre résulte du bilan énergétique de l'abri. L'effet de serre a généralement les conséquences suivantes :

- La nuit : Les températures minimales sont plus élevées qu'à l'extérieur du fait de la diminution des pertes de rayonnement infrarouge. Cependant, les nuits claires, il peut y avoir une inversion de température, c'est-à-dire un refroidissement plus prononcé qu'à l'extérieur.
- En journée : Du fait de l'absorption de l'énergie solaire et de la réduction des échanges convectifs, la température de l'air est beaucoup plus élevée qu'à l'extérieur et devient trop élevée lorsque le rayonnement est fort sans ventilation [9].

Culture	Température
Tomates	18 – 23 °C
Radis noir	20 – 26 °C
Haricots verts	18 – 25 °C
Melon miel	13 – 18 °C

Tableau I.2: Températures optimales pour la croissance de certains légumes [26].

3-1-3- Humidité :

L'humidité de l'air joue un rôle important dans la culture sous serre, elle dépend principalement des conditions climatiques extérieures (pluie, pression atmosphérique, etc.) et de la transpiration des plantes. Il affecte également la température et contribue ainsi à l'effet de serre [5]. Les conséquences de l'humidité sont :

- Le jour : L'augmentation de la température de l'air entraîne une diminution excessive de son humidité relative et provoque un véritable « manque d'eau » dans la végétation, nécessitant ainsi un système de ventilation de la serre.

- La nuit : La serre étant généralement fermée, l'humidité relative est élevée, pendant la nuit, la température baisse, il se produit souvent de la condensation sur les murs et des gouttes sur la végétation (conditions favorables au développement de certaines maladies, etc.) [10].

3-1-4- Teneur en gaz carbonique :

Dans le cas d'une serre très fermée avec peu de ventilation, un enrichissement en CO₂ est souhaitable, ce qui peut être très bénéfique pour le rendement et la précocité s'il est utilisé judicieusement. Dans les régions méridionales, les besoins de ventilation sont élevés dès le début de la saison de croissance, de sorte que la serre est ouverte la majeure partie de la journée, ce qui rend difficile l'application d'un enrichissement en CO₂ [7].

3-2- Effet de serre :

L'énergie solaire entrant dans la serre est absorbée par les plantes, le sol et les structures. Si le mur n'est pas autorisé, une partie des rayons infrarouges longs est émise, et par conséquent, l'énergie solaire est piégée par la serre, c'est "l'effet de serre". Cet effet permet de maintenir ou d'augmenter les températures de l'air et du sol lorsque la température extérieure est trop basse. Cependant, en été, lorsque la température extérieure est élevée, cet effet devient défavorable. L'effet de serre peut être vu comme la somme de deux phénomènes [5] :

- Le piégeage du rayonnement à ondes longues (GLO) par les matériaux de recouvrement. Plus important encore, le matériau est plus opaque pour le GLO.

- Pour effet de limiter la masse d'air à l'intérieur du volume de la serre, les échanges thermiques de la serre avec l'extérieur sont fortement ralentis du fait des parois [7].

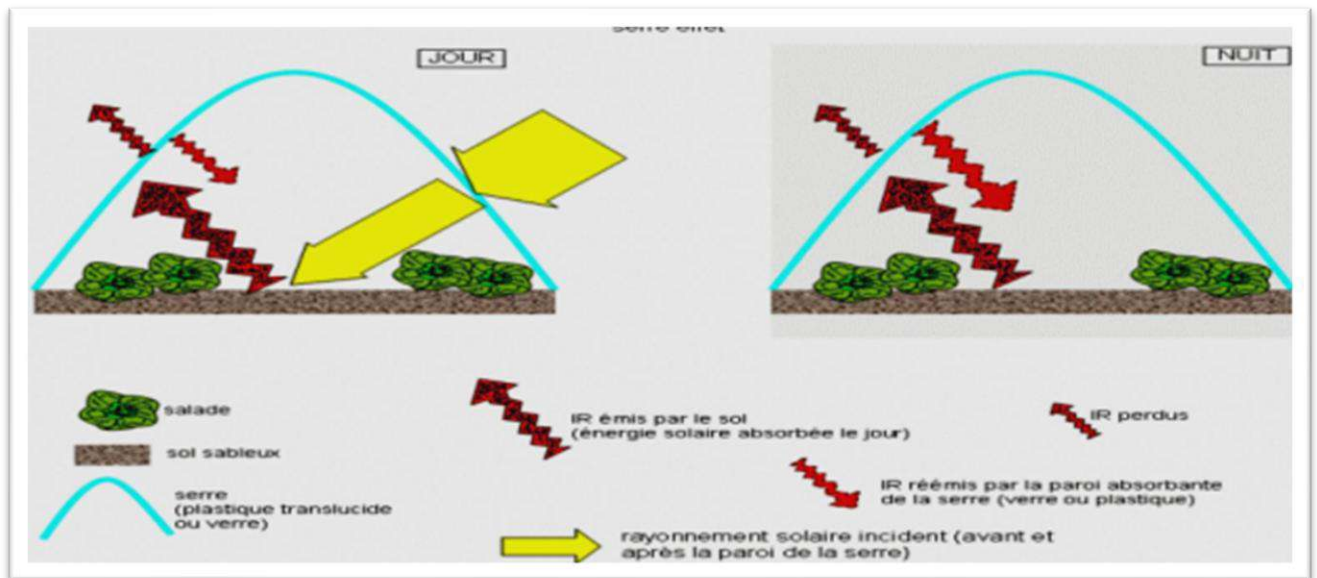


Figure I.4: Effet de la serre [11].

3-3- Orientation de la serre :

Le choix de l'orientation de la serre doit tenir compte de la lumière naturelle, du type de serre, de la direction des vents dominants et des caractéristiques particulières du sol. Il est difficile d'éviter l'existence d'une hétérogénéité climatique à l'intérieur de la serre (la répartition de la lumière dans serre n'est pas uniforme). Elle est plus lumineuse au sud, et la répartition devient inégale dans le temps car le matériau de couverture est plus diffus, atteignant un maximum à midi. De fin mars à septembre, une orientation nord-sud captera plus de lumière et la répartira plus uniformément, l'avantage de cette orientation (nord-sud) est qu'elle réduit les effets néfastes du vent sur les structures et les déperditions énergétiques [12].

3-4- Aspects de la serre :

3-4-1-La photosynthèse :

La photosynthèse est la conversion de l'énergie rayonnante en énergie chimique, portable et réutilisable. Il est dérivé de la conversion du monoxyde de carbone et de l'hydrogène avec une faible énergie chimique potentielle en glucides avec une énergie potentielle chimique élevée [13].

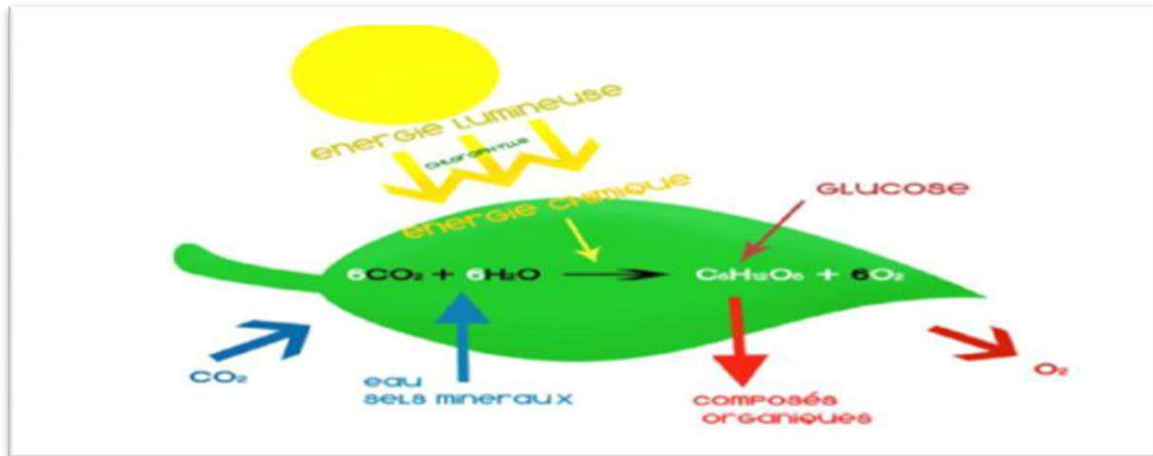


Figure I.5: Schéma simplifié de la photosynthèse [14].

3-4-2-Respiration :

Pour la respiration pendant la nuit (mode), le cycle inverse est utilisé dans lequel la plante absorbe de l'oxygène (O_2) et libère du dioxyde de carbone (CO_2), similaire à l'homme (mais avec des ratios différents). Ce phénomène est une réaction endothermique et ne nécessite pas de lumière [14].

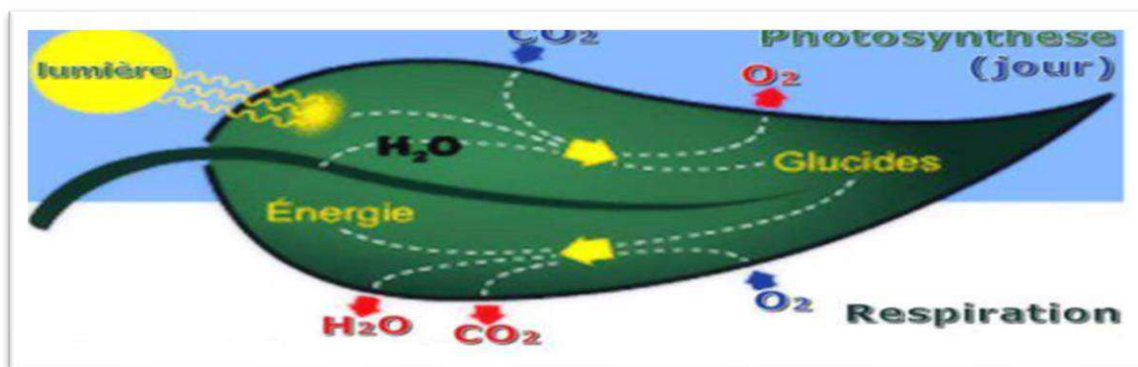


Figure I.6: Schéma du cycle de la photosynthèse et de la respiration chez la plante [14].

3-4-3-Transpiration :

Pendant la photosynthèse, les stomates s'ouvrent pour laisser entrer le CO_2 . La solution foliaire est ensuite exposée à l'air extérieur. La différence entre le potentiel hydrique atmosphérique et le potentiel hydrique des feuilles provoque le rejet d'eau (présente dans les feuilles) dans l'atmosphère. Ce phénomène, connu sous le nom de transpiration, aide les plantes à se refroidir en déplaçant les sels minéraux là où la plante en a besoin, principalement dans les feuilles qui servent de sites pour la photosynthèse [14].

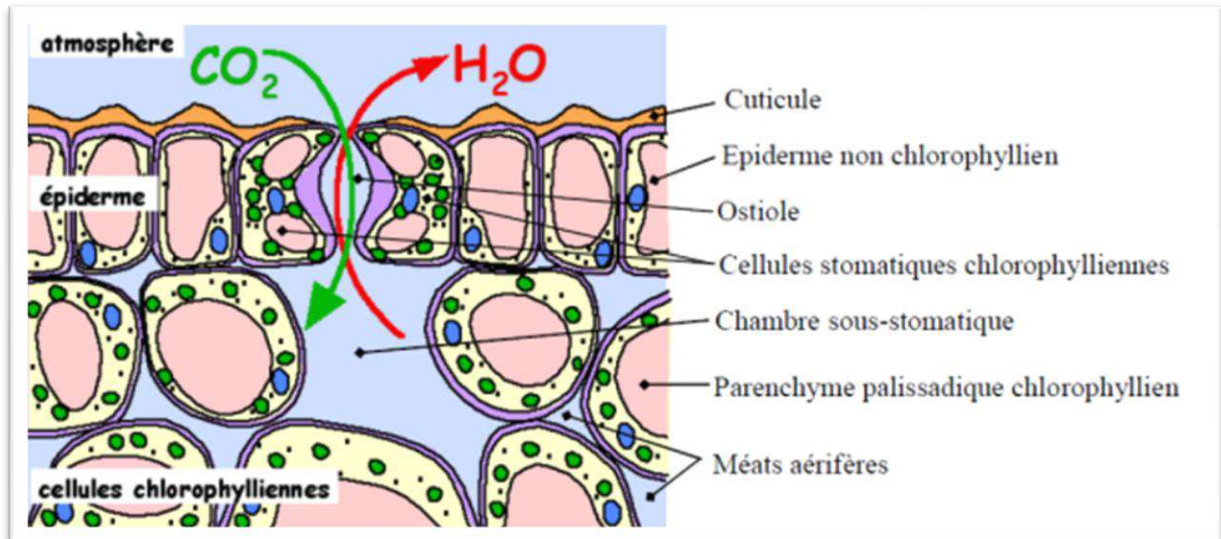


Figure I.7: Schéma général montrant l'organisation d'une feuille [14].

4-Les sources d'Energie dans les serres agricoles :

4-1-L'énergie géothermique :

Cela implique la création de poches d'eau situées à grande profondeur dans la couche de fondation ; ces poches ont une profondeur d'environ 1 000 à 2 000 m. L'eau dans ces poches est généralement comprise entre 50 et 70 degrés Celsius. Cette forme d'énergie géothermique est employée dans de nombreux pays dans le domaine agricole pour chauffer les serres agricoles, cela augmente le rendement des cultures. En Algérie, les puits d'eau chaude, utilisés pour la consommation humaine et l'irrigation pendant des décennies, n'ont été utilisés pour le chauffage des serres qu'en 1974[15].

4-2- Énergie solaire :

La serre recueille à la fois l'énergie solaire et biologique. Les capteurs thermiques sont souvent trop efficaces, car il est souvent nécessaire de ventiler la serre, ce qui a pour effet d'évacuer la chaleur de l'extérieur par l'évent. Considérez non seulement le rapport entre l'ensoleillement diurne et nocturne, mais également le contraste entre l'hiver et l'été, qui est un obstacle important [15].

5- Conditions climatiques d'une serre :

Les conditions climatiques au voisinage du sol résultent des échanges de chaleurs et de masse entre le sol, la végétation et l'atmosphère. Ainsi nous considérerons, dans cette étude que l'agro système serre peut-être décrit à partir des transferts d'énergie et de masse. Ces transferts peuvent s'effectuer sous trois formes différentes par rayonnement, convection et conduction [19].

5-1-Transfert radiatif :

Les courtes longueurs d'onde, directes et diffuses, sont transmises, réfléchies ou absorbées par les différents milieux considérés. Interactions radiatives ment actives impliquant des longueurs d'onde plus longues que ces milieux, le ciel et l'extérieur.

5-2-Echanges convectifs :

L'échange de chaleur entre les différents milieux et le milieu extérieur est facilité par l'aération, de plus, l'échange de chaleur par évaporation ou condensation est représenté.

-Convection libre : La convection est dite libre lorsque le mouvement du fluide est dû à l'action de différences de température qui existent dans le milieu et d'un champ de force massique. Par exemple, la surface du sol s'échauffe et la température de l'air croît et sa masse volumique décroît. Une particule d'air chaude reçoit une poussée d'Archimède qui s'élève et remplacée par l'air plus froid, Cet exemple ne fait intervenir des forces de pesanteur et la convection est libre, qualifiée de convection naturelle.

-Convection force : La convection est forcée lorsque le mouvement du fluide est provoqué par un champ de force extérieur.

-Convection mixte : Cette situation se rencontre souvent lorsque la vitesse du vent est faible Actions, L'air est alors créé par des facteurs et des gradients qui entraînent le vent température verticale. Les transferts de chaleur et de masse sont en partie dus à Convection naturelle et convection forcée mécanique.

5-3-Échange conductif :

Ce terme désigne essentiellement le transfert de chaleur entre la surface du sol et la perte de chaleur par les murs ou les fenêtres. La simulation du phénomène et l'établissement d'un modèle mathématique, traduisant les phénomènes observés, conduisent alors à la résolution d'un système d'équations, en l'occurrence par des méthodes numériques que l'on considère [16].

6- Mouvements d'air dans les serres agricoles :

Une différence significative entre le climat dans la serre et à l'extérieur est la vitesse du vent qui est impliquée. La vitesse typique du vent est de 4 mètres par heure. L'exposition de s-1 à l'extérieur d'est supérieure à celle à l'intérieur. La fonction d'abri procurée par la structure de la serre est primordiale, car la croissance des plantes est considérablement altérée lorsqu'elles sont exposées à des vitesses d'air supérieures à 0,5 m.s¹. Cependant, le mouvement de l'air est nécessaire car il facilite l'échange de chaleur, de vapeur d'eau et de dioxyde de carbone entre

les plantes et l'air ambiant [17], Même en l'absence de serre fermée, il existe des gradients thermiques dans l'air. Ces inclinaisons provoquent une convection dans l'air. De plus, la serre n'est pas complètement étanche à l'air, l'air peut entrer et sortir de la structure par le vent. Parfois également, les mouvements d'air sont créés par l'utilisation du chauffage ou de ventilateurs pour contrôler le microclimat à l'intérieure de la serre.

7-Équipements de régulation dans les serres agricole :

7-1-Chauffage des serres agricoles :

Le chauffage peut fournir la chaleur nécessaire selon les besoins des cultures et déshumidifier l'air. Il agit à la fois sur l'humidité et sur la température de l'air. L'augmentation de la température favorise la déshumidification dans les serres. L'intensité du chauffage dépend de l'éclairage [12].

Il existe deux types de chauffage :

-L'extraction d'air chaud est produite par des équipements autonomes produisant de l'air chaud, ou par des aérothermes utilisant l'eau chaude des chaudières [12].

-L'évacuation de l'eau chaude est distribuée dans des canalisations PVC ou multicouches dans la serre à basse ou haute température selon les besoins de culture [12].

Différents systèmes peuvent se compléter. Le choix de l'équipement de chauffage est influencé par le type et l'âge de la structure de la serre, la température cible de la culture et la fenêtre de production. Les besoins en chauffage sous serre sont relativement élevés particulièrement en saison d'hiver [19].

7-1-1-Production de chaleur :

La chaleur peut être générée soit par des générateurs d'air chaud, soit par des pompes à chaleur eau/air ou air/air.

Les climatiseurs qui libèrent de la chaleur dans l'air sont appelés aérothermes. Les chauffe-eaux sont le type de chauffage le plus courant dans les serres. Ils sont composés de tubes métalliques dans lesquels circule de l'eau chaude, la chaleur est transférée à l'air par convection. La surface d'échange est augmentée par la présence d'ailettes, et le coefficient de convection est augmenté par l'action d'un ventilateur. Les chauffe-eaux sont utilisés derrière Une chaudière ou sur de l'eau qui sort ou est forée.

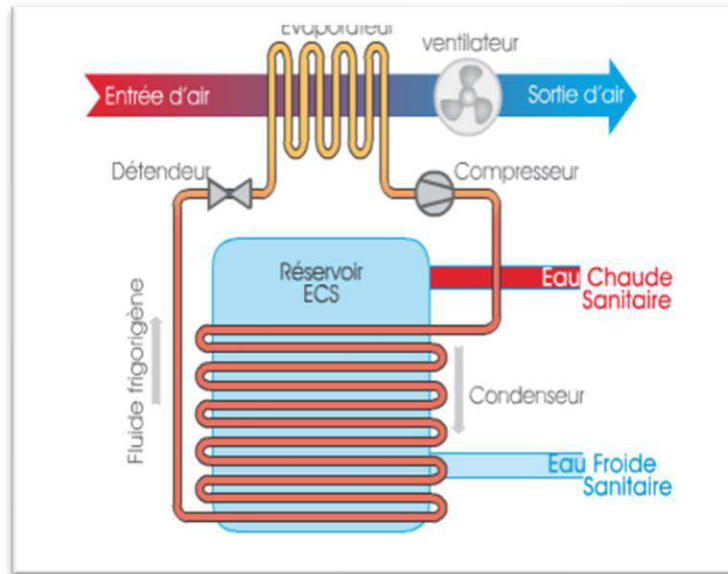


Figure I.8: Représentation d'un aérotherme à eau [35].

7-1-2-Générateur d'air chaud :

Les appareils de chauffage qui produisent de l'air chaud utilisent un combustible, généralement un gaz, pour chauffer l'air dirigé vers la serre.

Les générateurs d'échangeurs sont le type le plus courant. Les produits de la combustion circulent dans un échangeur avant d'être expulsés de la serre par une cheminée. Un ventilateur dédié favorise le chauffage de l'air par convection en association avec l'échangeur et la répartition de l'air dans la serre. Des couvercles en plastique perforés peuvent être utilisés pour améliorer la répartition de la chaleur dans la serre. Ces conduits sont en plastique souple et transparent perforé à intervalles réguliers ou irréguliers, ces conduits sont fixés à la sortie du générateur d'air chaud. La capacité de ces appareils est d'environ 80% du PCI. Cela dépend de la qualité du cadre et du carburant utilisé. Lorsque la chaleur de l'énergie latente des fumées est récupérée, le rendement peut approcher 100% du PCI [18].

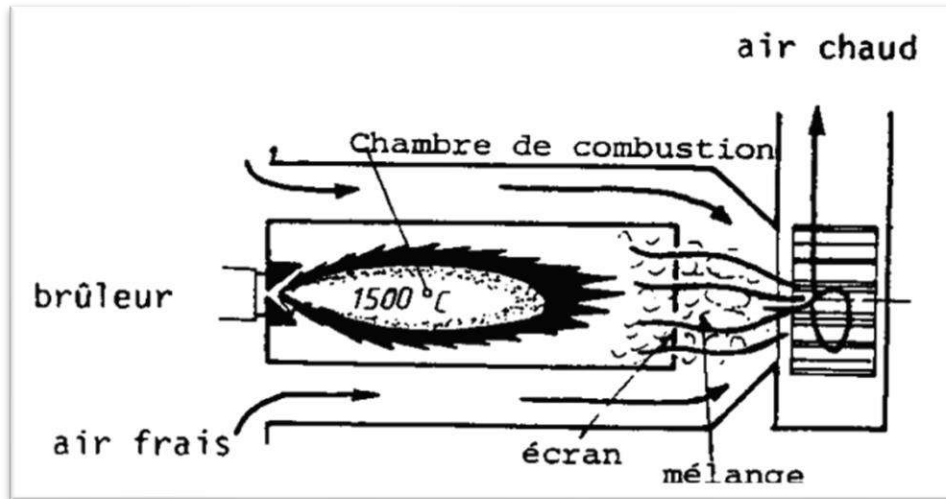


Figure I.9: Générateur d'air chaud à combustion direct [35].

7-2-La ventilation :

La gestion de l'air est aussi importante que la lumière lors de la culture dans un espace clos. Des ventilateurs permettent de renouveler l'air et d'apporter le dioxyde de carbone nécessaire à la photosynthèse, tout en assurant la régulation de la température et de l'hygrométrie. Le mouvement horizontal de l'air présente plusieurs avantages. Plus précisément, il réduit considérablement les gradients de température dans la serre et abaisse le taux d'humidité. Ainsi, il favorise un degré élevé d'homogénéité dans le climat de la serre [12].

7-2-1-Ventilation naturelle :

Ventilation naturelle est assurée par des aérateurs faîtières et latéraux et suffisante dans les serres en verre uni-chapelle. La circulation et le brassage de l'air s'opèrent, à l'intérieur de la serre, sous l'effet de forces naturelles exercées par le vent de l'extérieur et les différences de température. Il faut que l'air qui s'échappe soit remplacé par l'air frais et qu'en outre la surface des aérateurs soit suffisante. L'ouverture et la fermeture du vent dépendent de la température sous serre, mais le dispositif de commande de l'aérateur peut également comporter des sondes qui détectent ou mesurent la direction du vent et la vitesse du vent, la pluie et la teneur en CO₂.



Figure I.10: Exemple de la ventilation naturel.

7-2-2-Ventilation forcée :

Ventilation forcée est simple et s'applique à toutes les serres de construction classique ou complexe. Elle permet de permettre un réglage précis de la vitesse et de la direction de l'air, stimuler l'assimilation de CO_2 et d'éviter la condensation à la surface des feuilles. Les prises d'air et les ventilateurs d'extraction doivent être conçus de telles sortes et pour la ventilation d'été, la serre doit être dotée de prises sur toute sa longueur ou sa largeur et, si possible, du côté du vent dominant. L'air entre dans la serre suivant un plan horizontal à la hauteur des plantes.



Figure I.11: Exemple de la ventilation forcée.

8- conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons discuté des différentes variables climatiques que l'on peut trouver en climat de serre, suivons-nous les mécanismes biologiques des plantes en climat de serre, le climat de l'abri, et l'effet du climat sur la durée de vie d'une serre, puisque nous avons évoqué les différents systèmes de réglage qui permettent à la serre d'être dans des conditions climatiques favorables à la serre développement de la végétation.

Chapitre II : Généralité sur l'énergie Biomasse

1-Introduction :

Les énergies renouvelables sont des sources d'énergie qui proviennent de ressources naturelles telles que le soleil, le vent, l'eau et la biomasse. Contrairement aux énergies fossiles, ces sources d'énergie ne s'épuisent pas et sont considérées comme durables à long terme. Les énergies renouvelables ont connu une croissance exponentielle ces dernières années en raison de leur impact positif sur l'environnement et de leur coût de plus en plus abordable.

Dans notre sujet en va utiliser l'Energie de biomasse et nous explorerons les différentes sources de biomasse, les technologies utilisées pour la produire de cette forme d'énergie renouvelable.

2-Définition d'énergie biomasse :

L'énergie biomasse est une forme d'énergie renouvelable produite à partir de matières organiques telles que des résidus de bois, de l'herbe, des déchets alimentaires et des cultures énergétiques. Elle peut être transformée en électricité, en chaleur ou en carburant. La biomasse est considérée comme une alternative verte aux combustibles fossiles, car elle émet moins de gaz à effet de serre et peut aider à réduire la dépendance aux sources d'énergie non renouvelables.

3-Les source d'énergie biomasse :

Voici quelques exemples de sources d'énergie biomasse :

-Résidus forestiers : Ce sont les déchets de bois issus de l'exploitation forestière, tels que les branches, les troncs, les souches et les feuilles.

-Déchets agricoles : Ce sont les résidus des cultures agricoles, tels que les pailles, les tiges de maïs et les coques de noix.

-Déchets alimentaires : Ce sont les restes de nourriture provenant des restaurants, des cantines, des supermarchés et des ménages.

-Eaux usées : Les boues d'épuration et les déchets organiques provenant des stations d'épuration peuvent être utilisés pour produire de l'énergie de biomasse.

-Cultures énergétiques : Ce sont des cultures spécialement cultivées pour produire de l'énergie, telles que le miscanthus et le saule.

-Déchets de bois : Les déchets de bois provenant des scieries, des usines de traitement du bois et des chantiers de construction peuvent également être utilisés pour produire de l'énergie de biomasse.

-Les déchets des animaux : tels que le fumier, les litières, les déchets alimentaire, les graisses et les huiles Animals, peuvent également être considères comme une source de biomasse pour produire de l'Energie.

-Biogaz : Le biogaz est produit par la décomposition des déchets organiques dans les décharges et les installations de traitement des déchets. Il peut être utilisé pour produire de l'électricité et de la chaleur.

4- Utilisation de l'énergie biomasse :

Les usages de la biomasse sont variés et souvent anciens, Outre le but alimentaire de l'utilisation du fumier dans les champs, la biomasse a toujours été utilisée comme combustible ou matériau.

Utilisation de la biomasse en tant que précurseur chimique et source d'énergie, Nous avons l'intention de mentionner quelques exemples d'utilisation de la biomasse.

- Biomasse comme combustible pour produire de la chaleur et de l'électricité :

Le bois, sous diverses formes (bûches, copeaux forestiers comme sous-produits de la destruction des forêts, écorces, bois recirculé) est utilisé comme combustible, Ces combustibles peuvent être brûlés dans des appareils électroménagers qui génèrent de la chaleur (comme des chaudières, des poêles et des cuisinières). La paille, ainsi que d'autres résidus et productions spéciales, peuvent être utilisés comme combustible. Aussi, il est possible de torcher à grande échelle les marques de raisin, les boyaux de fruits, les déchets de papeterie (liqueur noire, boues papetières), les déchets des collectivités, etc. De plus, le biogaz est issu de la décomposition de divers déchets, tels que les déchets mis en décharge ou traités dans les méthaniseurs (déchets verts, animaux, déchets alimentaires, etc.) [27].

- Biomasse comme matériau traditionnel ou innovant : Le bois et ses dérivés (papier, carton, lambris), mais aussi le chanvre et autres végétaux textiles sont de plus en plus utilisés comme isolant, y compris dans le béton composite. L'amidon dérivé de céréales ou de pommes de terre peut être utilisé dans la production d'autres polymères biodégradables, ainsi que de plastiques [27].

- **Biomasse en tant que matériau chimique** : Elle est utilisée pour produire des tensioactifs, du bitume floconneux, des encres, des peintures, des résines, des liants, des lubrifiants, de l'antigel et de nombreux autres produits dans les industries pharmaceutiques et cosmétiques [27].

- **Biomasse pour les biocarburants** : Le tournesol, le soja ou l'huile de palme sont les principales matières premières pour la fabrication de biodiesel. L'utilisation d'huiles végétales pures comme combustible est possible [27].

5-Procède de conversion d'énergie biomasse :

Le développement de méthodes de biomasse pour la production et l'utilisation d'énergie agricole nette nécessite plusieurs processus de conversion et son utilisation sous forme d'énergie utilisable industriellement et agricole et à usage domestique.

La conversion de la biomasse permet d'obtenir trois formes de combustibles utiles :

- solides comme les pellets, les plaquettes, les semi-cokes, cokes, charbon de bois, etc.
- liquides comme l'éthanol, le biodiesel, les huiles pyrolytiques.
- gazeux comme les gaz de décharge, le biogaz, le gaz de bois ou d'autres résidus utilisables dans des moteurs, chaudières ou turbines.

Cette transformation peut se faire par divers processus. Le choix du type de processus de conversion de la biomasse dépendra du type d'énergie finale souhaitée, du type de la biomasse, sa composition chimique, ses propriétés physiques et de d'autres facteurs [20]. Selon la nature de la réaction appliquée à la biomasse, on distingue deux principales catégories de transformation : transformation thermochimique et transformation biochimique (biologique) [21].

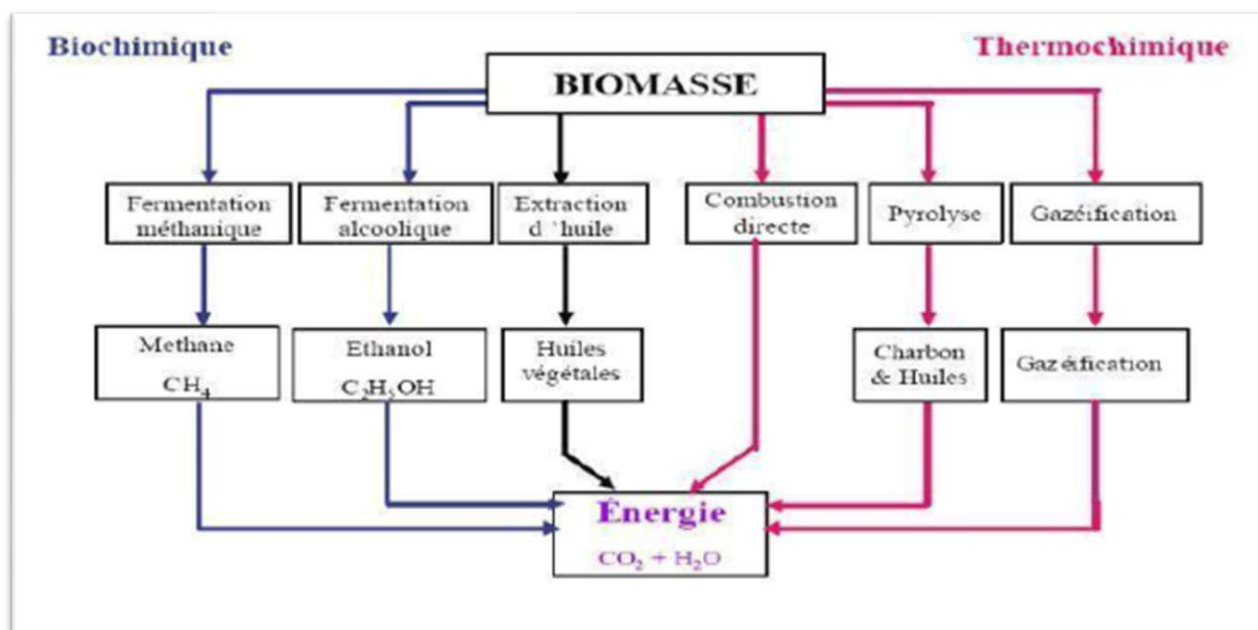


Figure II.1 : Procèdes de conversion d'énergie biomasse [27].

5-1- Les procédés thermochimique :

La voie thermochimique met en œuvre trois principaux procédés de transformation de la biomasse : la combustion, la pyrolyse, et la gazéification). Ces technologies s'appliquent la plupart du temps à une biomasse lignocellulosique. Les technologies de la conversion thermochimique de la biomasse telles que la gazéification et la pyrolyse ne sont pas certainement les technologies les plus importantes, c'est la combustion qui est la plus mature et qui assure la production de plus de 97% des bioénergies dans le monde [22].

Transformation thermochimique	Température	Atmosphère	Produits
Pyrolyse	< 700°C	Inerte (absence d'O ₂)	Solide carbonée (Carbon) + liquide (goudron) + gaz
Gazéification	>800 °C	Gaz réactif (air, O ₂ ...)	Essentiellement mélange gazeux H ₂ , CO, CO ₂ et CH ₄
Combustion	>900°C	O ₂ (air)	CO ₂ ,H ₂ O

Tableau II.1: Conditions opératoires des différent Transformations Thermochimique [28].

5-1-1-Combustion :

La combustion de la biomasse (combustion de matière organique) est le processus de conversion de la biomasse à des températures supérieures à 900°C en présence d'air dans une chaudière ou un générateur d'air chaud ou un four, qui est produit à partir de CO₂ et la chaleur

de combustion, lorsqu'elle est utilisée directement pour le chauffage ou indirectement pour la production d'électricité [29].

Le bois est le matériau le plus utilisable, mais il existe des matériaux plus efficaces tels que le foin, le grain de paille et le saule, qui est facile à cultiver et est dédié à la combustion, car la coupe du bois augmente la valeur calorifique [29].

-Phase de combustion :

La combustion du bois est divisée en différentes étapes, impliquant divers processus chimiques et physiques. La combustion de substances solides comprend des réactions hétérogènes : gazéification de substances solides, et étape d'oxydation de réactions homogènes. Le processus de combustion comprend plusieurs étapes :

- **Séchage** : l'humidité résiduelle de la biomasse s'évapore grâce à la chaleur du foyer.
- **Pyrolyse** : La chaleur dégagée par le foyer décompose les composants de la biomasse en gaz et en fines gouttelettes de goudron évaporé. La plupart de ces composés sont inflammables.
- **Combustion des gaz** : Les gaz s'échappant de la fraction biomasse se combinent rapidement avec l'oxygène et brûlent.
- **Combustion des résidus carbonés** : Après dégagement gazeux, les résidus carbonés brûlent. Plus la biomasse est importante, plus ces quatre étapes se chevauchent [23].

- Type de combustion :

1- Combustion complète :

Le bois est la matière première la plus couramment utilisée, mais une large gamme de matériaux peut être efficacement brûlée, y compris des résidus et des sous-produits tels que :

La paille, l'écorce, la sciure de bois et les raboteuses des scieries et (les cultures énergétiques) telles que le panic raide, le peuplier et le saule, qui sont cultivés spécifiquement pour la combustion de la biomasse. Les résidus agricoles et de bois granulaires gagnent en popularité en raison de leur facilité de manipulation [29].

- **Dioxyde de carbone (CO₂)** : est l'un des gaz à effet de serre émis par la combustion complète de la biomasse, bien que la biomasse puisse être considérée comme une source d'énergie.
- **Oxydes d'azote** : Les émissions de NOX issues de la combustion de la biomasse proviennent principalement de l'oxydation complète de l'azote contenu dans le combustible.

- **Protoxyde d'azote (N₂O)** : Le N₂O est un gaz produit par l'oxydation de l'azote contenu dans le carburant. Le N₂O est le gaz à effet de serre le plus puissant, mais le niveau d'émission est bien inférieur à celui du CO.

- **Oxydes de soufre (SO_x)** : Les SO_x proviennent de l'oxydation du soufre contenu dans le carburant. Le gaz formé est principalement du SO₂ (95%).SO (5%) Cependant, tout le soufre n'est pas converti en SO_x, et la quantité de soufre retrouvée dans les cendres est négligeable. Existe sous forme de sulfate.

Lorsqu'il est dissous dans la vapeur d'eau atmosphérique, il produit des acides et interagit avec les particules et les gaz en suspension dans l'air pour former des sulfates et d'autres composés nocifs pour l'homme et l'environnement.

-**Chlorure d'hydrogène (HCL)** : produit par la combustion de la biomasse contenant du chlore (el). Cet acide peut avoir un impact négatif sur l'environnement et la santé humaine lors de la biomasse [25].

2- Combustion incomplète :

Une combustion incomplète se produit lorsqu'il n'y a pas assez d'oxydant pour terminer la réaction de combustion. Les produits formés lors de cette réaction sont des fumées, des cendres et des produits toxiques pour l'homme (comme le monoxyde de carbone, les particules de carbone, etc.). Afin d'éviter une combustion incomplète, une quantité suffisante de O₂ doit être fournie [29].

- **Monoxyde de carbone (CO)** : le CO est le principal sous-produit de la conversion du carbone du carburant en CO₂ et est oxydé en CO dans des conditions de température spécifiques et en présence d'O₂ lors de la combustion complète.

CO : est alors considéré comme un bon indicateur de la qualité de la combustion

Par conséquent, il est souvent mesuré lors des tests d'efficacité des équipements de combustion.

- **Méthane CH₄** : La combustion de la biomasse CH₄ est un intermédiaire important pour convertir les éléments C et H du combustible en CO₂ H₂O, respectivement.

5-1-2-La pyrolyse :

La pyrolyse est le processus de décomposition de la matière organique en ses éléments constitutifs à des températures élevées.

Le procédé de pyrolyse est une forme de transformation de la biomasse qui dérive de sa racine étymologique pyro (feu) et lyse (coupe), ce procédé est basé sur la température de décomposition à des températures comprises entre 300 et 600 degrés Celsius en l'absence d'oxygène, ce Le processus est soit réalisé sous vide, soit en présence d'un gaz inerte (tel que l'azote), ce processus est également connu sous le nom de gazéification.

- le processus de pyrolyse primaire entraîne la décomposition du solide uniquement en gaz incondensables, vapeurs condensables et char.

- une pyrolyse ultérieure de nature homogène [24].

-Types de pyrolyse :

Deux méthodes différentes de pyrolyse existent en fonction de la vitesse de chauffage des particules (lente ou rapide). En effet, la rupture des liaisons complexes et le réarrangement des polymères qui constituent le bois conduisent à un volume important de produits.

- Pyrolyse classique ou lente :

C'est une méthode extrêmement ancienne qui a été utilisée pour produire du charbon de bois. Le but ultime de la pyrolyse lente est la production de charbon, c'est pourquoi le processus est appelé carbonisation. Le charbon produit est destiné à un usage domestique et industriel (métallurgie, charbon actif, chimie...).

Lorsque le bois est chauffé lentement (moins de 50°C/min), la progression des événements est documentée. Suivant :

- Autour de 100°C, déshydratation du bois

- De 100 à 250 degrés Celsius, le CO₂, le H₂O et l'acide acétique sont libérés.

- De 250 à 500 °C = dégagement rapide de gaz (CO.H₂CH₂) Méthane et formation de goudron

- T > 500 °C, la formation de charbon de bois [29].

- Pyrolyse rapide :

La pyrolyse rapide (ou pyrolyse éclair) est une forme de décomposition thermique qui se produit sans la présence d'oxygène.

La pyrolyse rapide est employée pour produire des liquides (huiles), ces huiles ont des compositions complexes et particulières, les autres produits de la réaction sont des résidus carbonisés (charbon) et des gaz inéluçtables (CO et CO₂.H₂CH₂).

Les circonstances suivantes entraîneront une augmentation de la quantité de charbon de bois produite.

- Agrandir la taille des particules.
- Diminuer la température finale du réacteur.
- Diminuer la vitesse à laquelle le réacteur est chauffé.

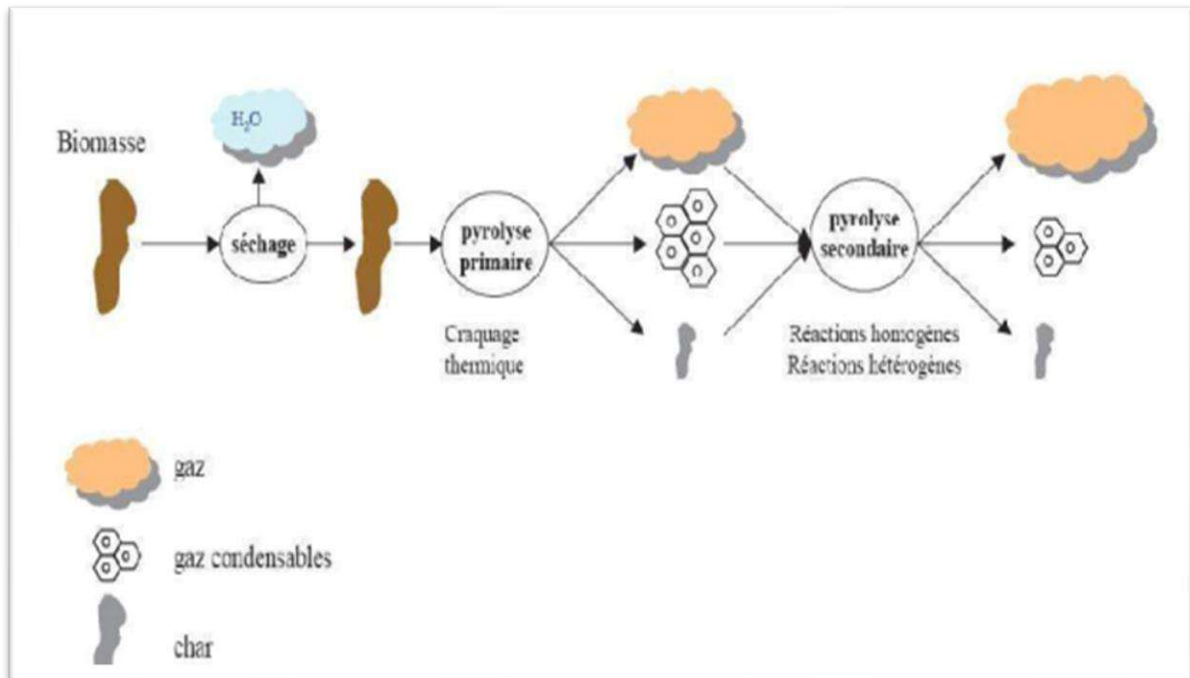


Figure II.2: Schéma simplifié la pyrolyse [26].

5-1-3-Gazéification :

C'est un processus thermo-chimique qui transforme un combustible solide hétérogène en un combustible gazeux homogène et facile à utiliser par oxydation.

Partiel (charbon, bois, autre biomasse) en gaz combustible, ce processus se produit à une température de plus de 800 degrés Celsius en présence de gaz réactif air, O₂, CO₂, H₂O, etc. ce processus produit un mélange gazeux de H₂, CO₂, CH₄, CO. L'utilisation de technologies de production d'énergie à haut rendement pour les petites et moyennes puissances (moteurs thermiques) ou les fortes puissances (turbine à gaz) à partir de la biomasse [23].

-Étapes de gazéification :

- Séchage pour évaporer l'humidité de la biomasse.
- La pyrolyse produit des gaz (goudrons et huiles).
- Gazéification ou oxydation du charbon solide, du goudron et des gaz de pyrolyse.

- La réduction du carbone produit une oxydation.

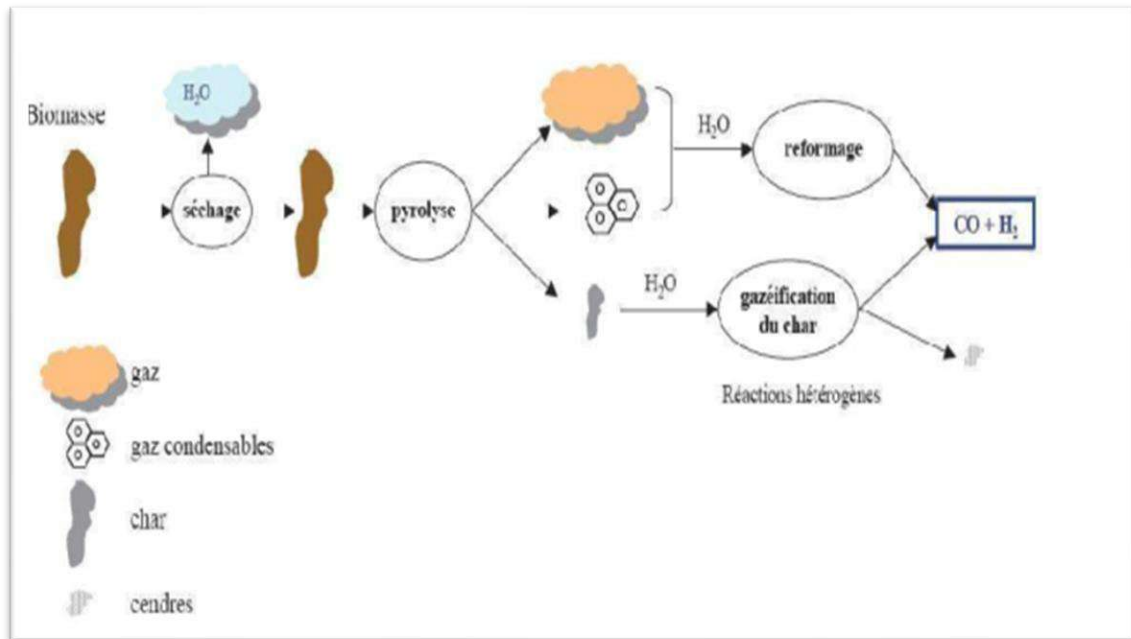


Figure II.3: Schéma simplifié la gazéification [26].

5-2- Procède de conversion biochimique

La conversion biochimique de la biomasse est un processus de décomposition sous l'action de bactéries. Il peut être contrôlé pour un accès facile au carburant. Trois voies de conversion biochimique de la biomasse sont particulièrement intéressantes. Deux filières principales sont utilisées pour produire des biocarburants de première génération (le bioéthanol pour les véhicules à essence et l'huile végétale ou le biodiesel pour les véhicules diesel), et une filière pour la production de biogaz [24].

5-2-1-La fermentation :

La fermentation de biomasse est un processus biochimique (est une réaction chimique) contenant du glucose, qui utilise de bactéries en l'absence d'air.

Le principe est : les déchets organiques sont stockés dans une cuve cylindrique et hermétique que l'on appelle (digesteur) ou (méthaniser) dans laquelle ils sont soumis à l'action de micro-organismes (bactéries) en l'absence d'oxygène [24].

5-2-2 La méthanisation (digestion anaérobie) :

La méthanisation est un procédé biochimique impliquant la fermentation de la matière organique pour la transformer en compost par des bactéries, du méthane et du dioxyde de

carbone en l'absence d'air, la méthanisation est le procédé des déchets organiques provenant de diverses sources originaires [29].

-Etape de méthanisation :

La méthanisation consiste en la fermentation de matières organiques. Ce processus naturel est assuré grâce à l'action de différents micro-organismes. Le processus peut être divisé en plusieurs étapes

- L'hydrolyse transforme des molécules complexes (cellulose, lipides, protéines...) en molécules plus simples (acides gras...).

- Acidogène : convertit ces acides en acide acétique, gaz carbonique et hydrogène.

- Les méthanogènes convertissent l'acide acétique en méthane et en dioxyde de carbone, et le dioxyde de carbone et l'hydrogène en méthane [29].

-Température de méthanisation :

Généralement entre 30 et 40°C, où la température est entre 45 et 60°C. Le dernier processus est plus rapide que le premier, mais aussi plus fragile [29].

6-Technique de chauffage des serres agricoles base sur l'énergie biomasse :

Après le grand développement qui a rejoint le domaine agricole et le succès de l'idée des serres agricole et lui montrant un grand succès sur la production agricole. Le grand froid reste un obstacle et un problème majeur auquel se heurte cette idée et nuit à son succès, surtout en saison hivernale, qui connaît une baisse de température à partir de là, nous avons cherché une technologie pour chauffer les serres pour les plantes, et après des recherches, nous avons abordé l'utilisation de biomasse pour produire de la chaleur, car c'est l'un des moyens les plus simples et les moins coûteux. Comme l'idée tourne autour de la création d'une technique base sur le chauffage d'eau à partir de sources d'énergie biomasse et de leur conversion dans l'une des méthodes de conversion pour produire de la chaleur.

6-1-La technique utilisée :

C'est une technique qui dépend de la production de chaleur à partir de sources biomasse, où elle est produite en fermentant un mélange de restes d'animaux et de copeaux de bois, en ne créant pas plusieurs transformations thermiques avec de l'eau, qui est utilisée comme caloporteur pour le produit de la fermentation au sol de la pièce protégée.

Le Suisse Jean Pain (1930-1981) a inventé cela pour la première fois en 1960 dans le Var, en France, et a été largement imité. Jean Pain compostage est une méthode de transformation rapide des copeaux de bois (déchets de taille) en bon compost. Cela génère également de la chaleur qui peut être transférée à l'eau au moyen d'un échangeur de chaleur dans ou sur le tas de compost. L'eau chaude peut ensuite être utilisée dans la maison ou dans une serre [30].

6-2-Les matériaux utilisés :

- **Les déchets des animaux :** Les déchets des animaux, également appelés excréments ou fèces, sont les matières organiques indésirables produites par les animaux lors de leur digestion. Ces déchets peuvent varier en composition et en quantité en fonction du régime alimentaire de l'animal.

Les déchets animaux peuvent jouer un rôle important dans les écosystèmes, car ils contribuent au recyclage des éléments nutritifs. Les excréments contiennent souvent des nutriments tels que l'azote et le phosphore, qui peuvent aide pour la production de chaleur.

- **Les déchets végétaux :** Les déchets verts sont les restes de matières végétales que les individus ou les collectivités qui entretiennent les espaces verts produisent lors du jardinage ou du fait de leurs responsabilités. Avec les débris alimentaires, ils représentent les principaux déchets organiques. Il peut s'agir de feuilles mortes, de restes de la taille d'une haie, de fleurs fanées, de paille, d'écorce ou même de sciure de bois. Les déchets de plantes vertes sont biodégradables, ce qui signifie qu'ils peuvent être réincorporés dans leur environnement d'origine sans effort supplémentaire. Une distinction est faite entre les restes ligneux, tels que les branches, et les produits "fermentescibles", qui sont définis comme des produits qui peuvent être réappliqués sur le sol comme matériel de fermentation.

- **Point d'eau :** Tels qu'un réservoir ou une source d'eau afin de fournir l'eau nécessaire pour fournir et transférer la température nécessaire.

- **Tube en plastique :** Un tuyau en plastique de 25 mm de diamètre est utilisé pour déterminer le trajet de l'eau et la transporter de la source à travers les transformations thermiques qui se produisent lorsqu'elle est affectée lors du passage à travers la pile thermique et que sa température augmente. Puis il passe à la serre où il passe sous le sol sous une forme circulaire.

- **Clôture métallique et pièces de bois :** Il est utilisé comme support pour aider à maintenir la forme de la pile thermique. Et ils peuvent être changés avec tout ce qui est disponible.

- **Tube en plastique de 100 mm de diamètre** : utilisé pour la ventilation par le bas et fournit un faible pourcentage d'air pour la fermentation.

- **Couper le foin** : pour l'isolation.

6-3- Montage de cette technique :

Après avoir préparé l'équipement et le matériel nécessaires, nous procédons à l'installation de cette technologie en plusieurs étapes :

1-Tout d'abord, nous préparons l'espace dont nous avons besoin pour installer le pieu thermique et l'entourer de morceaux de bois et de la clôture et y placer un tuyau de 100 mm dédié à la ventilation sous le pieu.



Figure II.4: Première étape [31].

- Deuxièmement, nous ajoutons une couche de copeaux de bois sur le tuyau, car ce trou aidera au processus de ventilation et au passage d'un pourcentage d'air. Il aide également dans le processus de fermentation des restes d'animaux.



Figure II.5: Deuxième étape [31].

- Troisièmement, nous commençons par remplir l'espace avec une couche de déchets d'animaux et les déchets agricoles et de sources de production de chaleur.
- Quatrièmement, nous plaçons la conduite d'eau à l'intérieur de la couche de résidus comme sur la photo afin de fournir la plus longue transformation thermique entre l'eau et la pile thermique. Et on ajoute un tube dans le centre pour la ventilation



Figure II.6: Quatrième étape [31].

- Cinquièmement. Ce tas est entouré d'un des isolants tels que le foin afin de l'isoler de la température extérieure et de réduire sa vulnérabilité, de laisser un petit espace afin de relier l'entrée du tuyau à la source d'eau et de connecter sa sortie au chemin qui passe vers la pièce plastique afin d'augmenter la température à l'intérieur de celle-ci.



Figure II.7: Cinquième étape [31].

- Après avoir installé la pile thermique, nous connectons les tuyaux entre la source d'eau, le tas et la pièce protégée séquentiellement

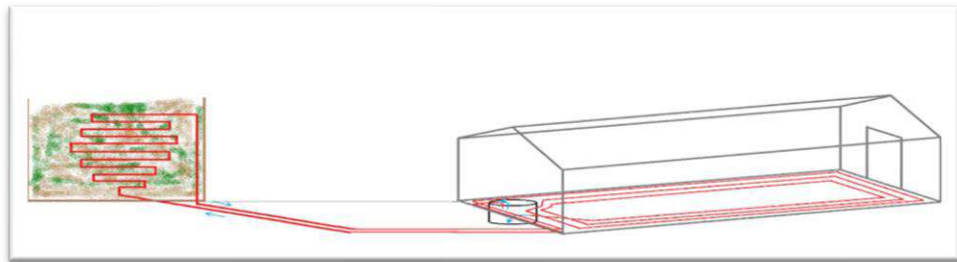


Figure II.8: Montage de la technique de chauffage [32].

6-4- Principe de fonctionnement :

Le principe de la technique se base sur la conversion des Energie du mélange de déchets des animaux et les déchets agricoles.

Ce mélange est composé de plusieurs éléments (molécules carbonées, azotées...), et ces éléments vont être dégradés par une multitude de micro-organismes. Des bactéries, des champignons, et autres petites bêtes invisibles à l'œil nu. En mangeant la matière organique et en se multipliant, ces micro-organismes vont dégager de la chaleur.

Si cette technique est bien formée le compost sain atteint naturellement des températures comprises entre 50 et 78 degrés C. Selon les matériaux utilisés, la chaleur du compost peut durer jusqu'à 18 mois en fournissant de l'eau chaude pour chauffer les maisons.

Les transitions thermiques sont réalisées dans cette technique entre l'eau froide et la pile thermique à chauffer, puis entre l'eau chaude et la sole de la serre pour le chauffage.

7- Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons discuté de l'énergie biomasse et découvert ses sources et comment le convertir et en tirer profit pour diverses utilisations, nous avons pu découvrir une technique à utiliser pour chauffer les serres en produisant de la chaleur à partir d'elles.

Chapitre III : Modélisation numérique et résultats

1- Introduction :

L'objectif principal de cette étude est de prédire l'impact du système de chauffage sur le comportement thermique des serres agricoles dans des climats extrêmement froids, dans le but ultime d'augmenter l'efficacité de la production en utilisant la chaleur générée par la conversion de l'énergie biomasse. Après une brève description de la zone d'étude, on a basé sur le programme ANSYS FLUENT pour simuler notre problème d'étude où on a obligé de fournir des données d'ingénierie pour fournir les caractéristiques physiques, la température et la vitesse du vent dans la serre sont contrôlés dans le but de l'étude de l'impact du climat extérieur sur le climat intérieur sous la serre.

2- Description de la zone :

Dans cette étude, des simulations ont été réalisées pour une serre appartenant à la région de Ouargla en Algérie., et le type de serre est serre tunnel.

Les caractéristiques de cette région (Ouargla) sont :

- Localisation : 785Km au sud de la mer Méditerranée
- Latitude : 31N. Longitude : 5 E.
- Altitude : 135 m au-dessus du niveau de la mer.
- Taux de jours ensoleillés par an : 77 %. Moyenne quotidienne annuelle de l'irradiation solaire globale : $\sim 7 \text{ kWh/m}^2$ sur les surfaces horizontales [33].



Figure III.1:Situation de Ouargla en Algérie [2].

3-Modélisation numérique :

La simulation est définie comme la représentation d'un phénomène physique dont le comportement est décrit à l'aide de modèles mathématiques simples. En d'autres termes, les simulations peuvent représenter différents phénomènes : le transfert de matière et de chaleur dans différentes opérations unitaires grâce à des modèles thermodynamiques, et la traduction de leur comportement grâce à l'analyse d'équations analytiques.

4- Définition de la CFD :

La CFD est l'étude des systèmes mettant en jeu les phénomènes physiques de transfert de chaleur et de masse, des écoulements fluides, de la combustion et de tout autre phénomène connexe à l'aide de simulations exécutées sur des ordinateurs [11].

5-Présentation du code FLUENT :

Les codes de calcul "fluents" sont commercialisés par le groupe ANSYS. le groupe est Actuellement l'un des centres d'expertise les plus importants dans le domaine de la mécanique fluide informatique. Elle développe et commercialise des solutions complètes sous forme de Logiciel universel CFD (Computer Fluide Dynamics) capable de simuler tous les écoulements Phénomènes physiques complexes, compressibles ou incompressibles, tels que Turbulence, transfert de chaleur, réactions chimiques, écoulement multiphasique industrie. Ce code est largement utilisé dans l'aérospatiale, l'automobile et hydraulique et fournit une interface sophistiquée mais facile à utiliser. Logiciel "ANSYS Fluent" Simuler différents flux en utilisant la méthode des volumes finis Configuration plus ou moins complexe. Comme tout logiciel de type CFD, il inclut Trois éléments principaux, à savoir le préprocesseur, le solveur et le postprocesseur [2].

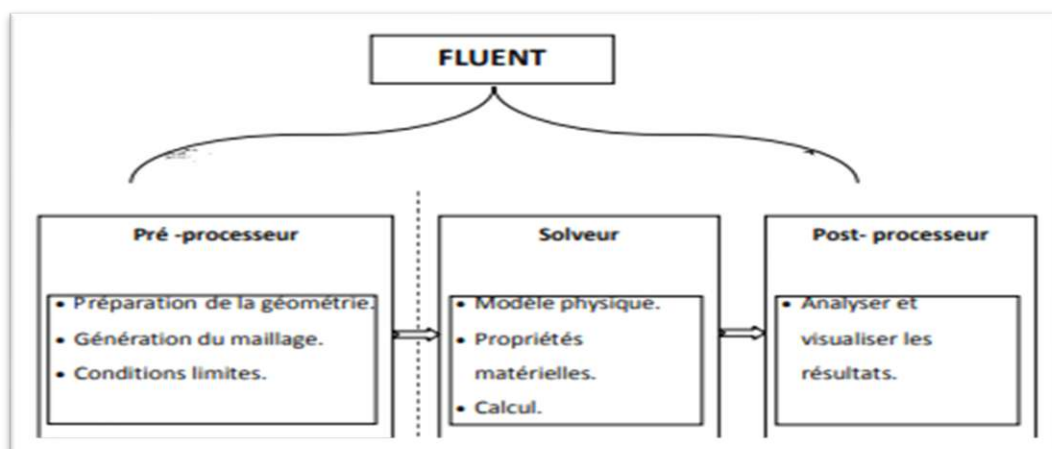


Figure III.2: Structure de base du code "FLUENT" [34].

6- Spécifications de l'ordinateur utilise pour l'étude :

- Fabricant de système : ASUSTEK Computer Inc.
- Nome de système d'exploitation : Microsoft Windows 10 Pro
- Processeur: Intel(R) Core (TM)2 Duo CPU, P8700 @ 2.53ghz, 2534 Mhz, 2 Core(s), 2 Logical Processor(s)
- Memory physique installe (RAM) :8.00 GB

7-Résolution du problème d'étude :

Dans cette partie, nous étudierons et simulerons la technique de chauffage et son effet sur le climat de la serre agricole à basse température en hiver par le programme **ANSYSFLUENT 2023 R1**. Nous étudierons sur une serre tunnel, d'une couverture en polyéthylène, où la température extérieure est 280 k. la technique de chauffage utilisée dépend du chauffage du sol de la serre en faisant passer de l'eau chaude à l'intérieur des tuyaux à l'intérieur du sol de la serre, des transformations thermiques sont créées et la température du sol ambiante est à l'envirant de 298 k.

7-1- Modèle mathématique :

- Equation de masse :

$$\frac{\partial x}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \tag{III.1}$$

- Equation de la quantité du mouvement :

Suivant x :

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u^2)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \rho g_x \tag{III.2}$$

Suivant y :

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v^2)}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \rho g_y \tag{III.3}$$

- Equation de l'énergie :

$$\frac{\partial(\rho E)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho uE)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vE)}{\partial y} = -\frac{\partial(pu)}{\partial x} - \frac{\partial(pv)}{\partial y} + \partial\left(\frac{k\partial T}{\partial x}\right) + \partial\left(\frac{k\partial T}{\partial y}\right) + \rho g_x u + \rho g_y v + Q \tag{III.4}$$

- Équation de transport de l'énergie cinétique turbulente k :

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho k u) = \nabla \cdot (\mu_{eff} \nabla k) + Pk - \varepsilon \tag{III.5}$$

- Equation epsilon :

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \varepsilon U) = \nabla \cdot (\mu_{eff} \nabla \varepsilon) + C\varepsilon 1 \left(\frac{\varepsilon}{k}\right) \nabla \cdot (k \nabla \varepsilon) - C\varepsilon 2 \left(\frac{\rho \varepsilon^2}{k}\right) \tag{III.6}$$

7-2- Conditions aux limites :

- Vitesse de l'air extérieur 1m/s.
- Température de l'air extérieur = 280.
- Couverture "Wall".

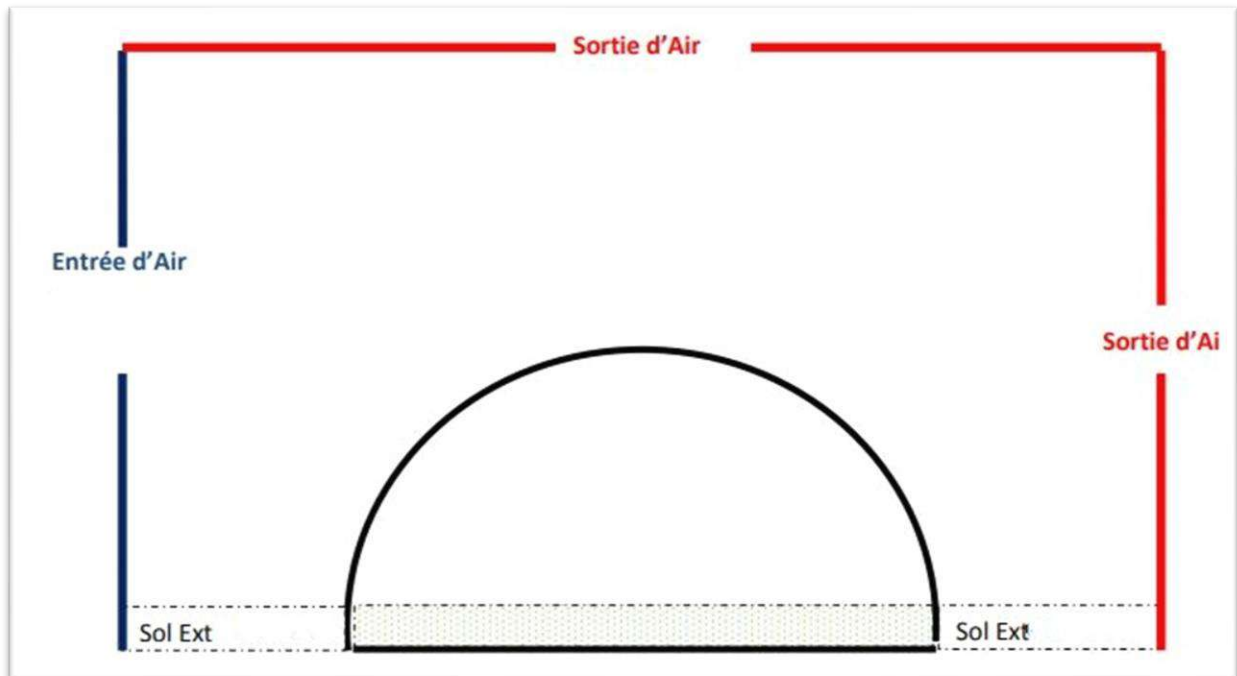


Figure III.3: Conditions aux limites [34].

7-3- Hypothèse Simplificatrice :

Construire un modèle suffisamment détaillé et précis pour s'attendre à réduire ce système et faciliter sa résolution, nous proposons certaines Valeurs approximatives et hypothèses simplificatrices :

- Le fluide (air) a des propriétés visqueuses et newtoniennes.
- Le fluide est supposé incompressible.
- Les propriétés thermophysiques du fluide sont supposées constantes. La dissipation visqueuse est négligeable en raison de la faible vitesse Fonctionnement (= 0)
- La puissance de chauffage par compression est négligeable par rapport à la puissance de chauffage par compression Autres termes énergétiques. (=) .
- Les forces du corps sont limitées à la gravité.

-La densité de puissance dissipée est négligeable ($q=0$).

Dans de nombreux cas, l'hypothèse d'un fluide incompressible est déraisonnable, il faut tenir compte de très petits changements de densité résultant d'un gradient de température ou de pression. Dans le cas de Convection naturelle, le flux dans la serre est dû au changement de densité dû au gradient de température interne fluide corporel. En supposant que la vitesse est suffisamment faible le changement de densité produit par le changement de pression est négligeable.

7-4- Caractéristiques des matériaux utilisée dans la simulation :

Matériels	Density [Kg/m ³]	Capacité calorifique Cp [J/kg. K]	Conductivity Thermique [W/m. k]	Emissivity [nm]
Air	1.222	0.042	1006.43	0.9
Polyéthylène	923	0.380	2300	0.7
Sol	1300	1	800	0.92

Tableau III.1 : Propriétés thermique des matériaux [2].

7-5- Choix du type de solveur :

Pour effectuer la simulation par ce logiciel, il faut décrire les paramètres de solution comme Suit :

Espace	2d
Visqueux	Turbulent
Énergie	Active

Tableau III.2 : Choix du type de solveur.

7-6- Géométrie :

Dans cette partie, nous allons définir la forme de l'étude où nous étudierons une serre agricole en 2d, et nous avons déterminé les dimensions, la largeur sera égale 4 m et sa hauteur sera 2m.

En définie notre géométrie par SPACECLAIM :

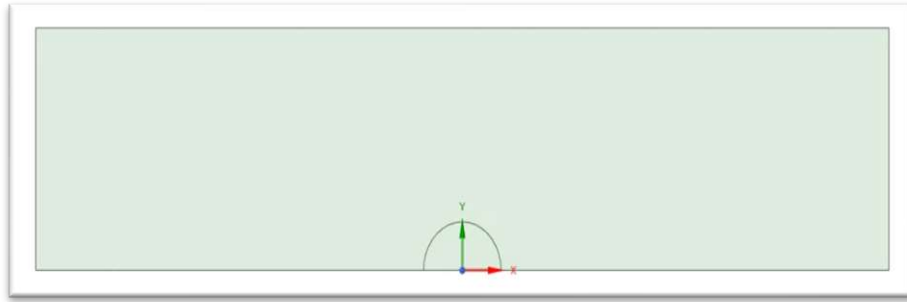


Figure III.4: Configurations géométriques utilisée dans la simulation.

7-7- Maillage :

Après avoir créé la forme de géométrie, nous pouvons maintenant générer le maillage :

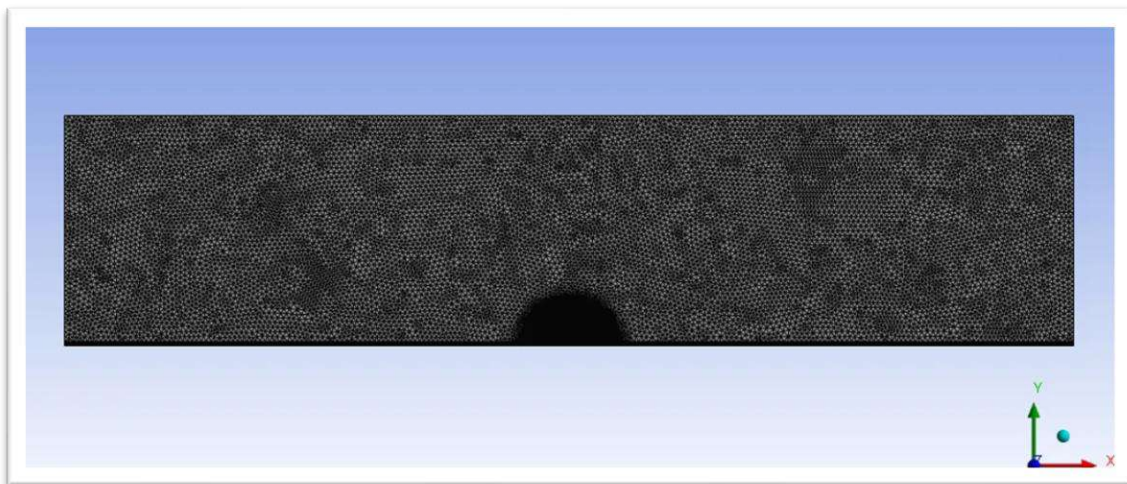


Figure III.5: Maillage utilisé.

- Etude de maillage :

- Cellules : 42654.
- Faces : 72295.
- Nodes : 29642.

8- Résultats et discussions :

Dans ce qui suit nous commencerons à résoudre les résultats de la simulation en suivant les étapes suivantes :

- Lancer FLUENT.
- Choix du modèle physique.
- Contrôle de la convergence.
- Afficher les résultats.

En va étudier notre simulation en deux cas :

- Premier cas : L'effet du climat extérieur sur le climat sous la serre agricole en sans chauffage : On met la température extérieure à 280 k et la vitesse du vent à l'extérieur à 1m/s, Dans ce cas on ne peut pas utiliser les équations d'énergie dans le cas de l'absence du chauffage.

- Deuxième cas : L'effet de chauffage sur le climat à l'intérieur de la serre Avec chauffage : On laisse la température extérieur égale à 280 k, et la vitesse du vent extérieur égale 1 m/s. on prend une température de sol après avoir appliqué la technique de chauffage égale à 298 k.

8-1- la convergence des problèmes :

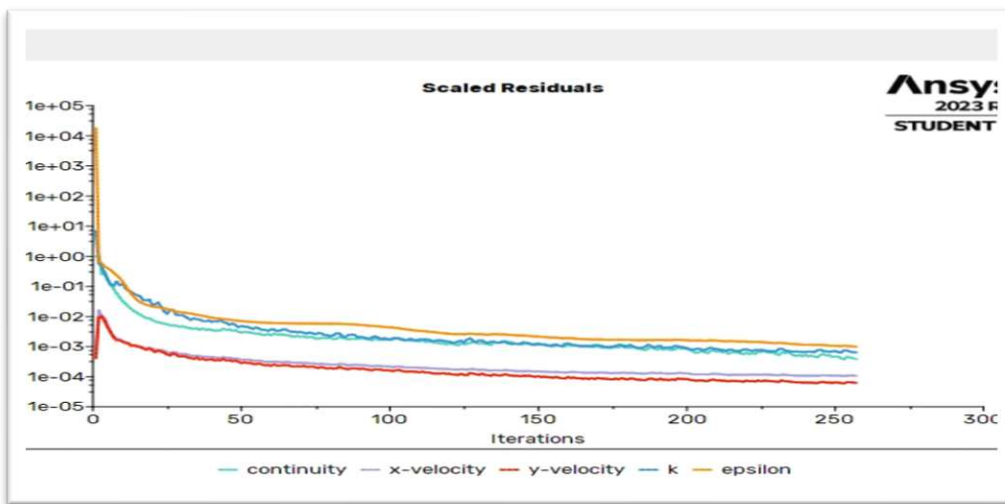


Figure III.6: Courbes des résidus pour différentes équations pour premier cas.

- Remarque : En remarque que le nombre de convergence de ce problème est 260.

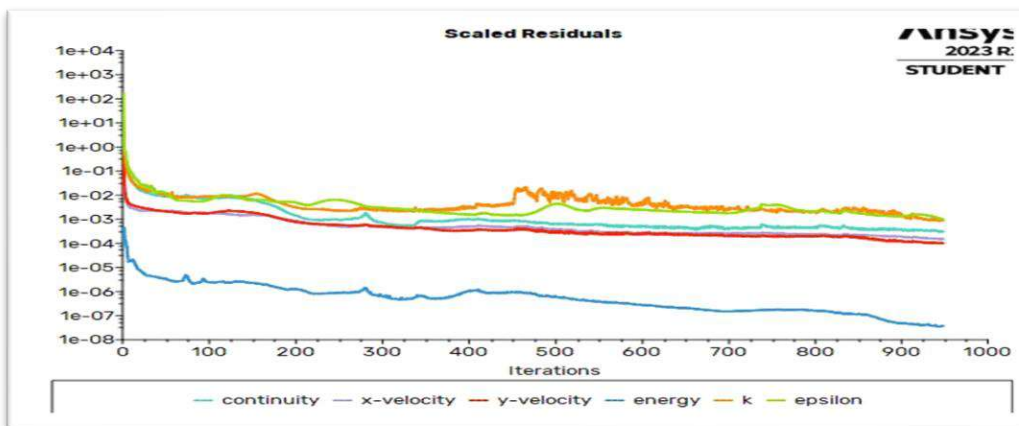


Figure III.7: Courbes des résidus pour différentes équations pour deuxième cas .

Remarque : En remarque que le nombre de convergence de ce problème est 959.

8-2- Variation des contours des vitesse :

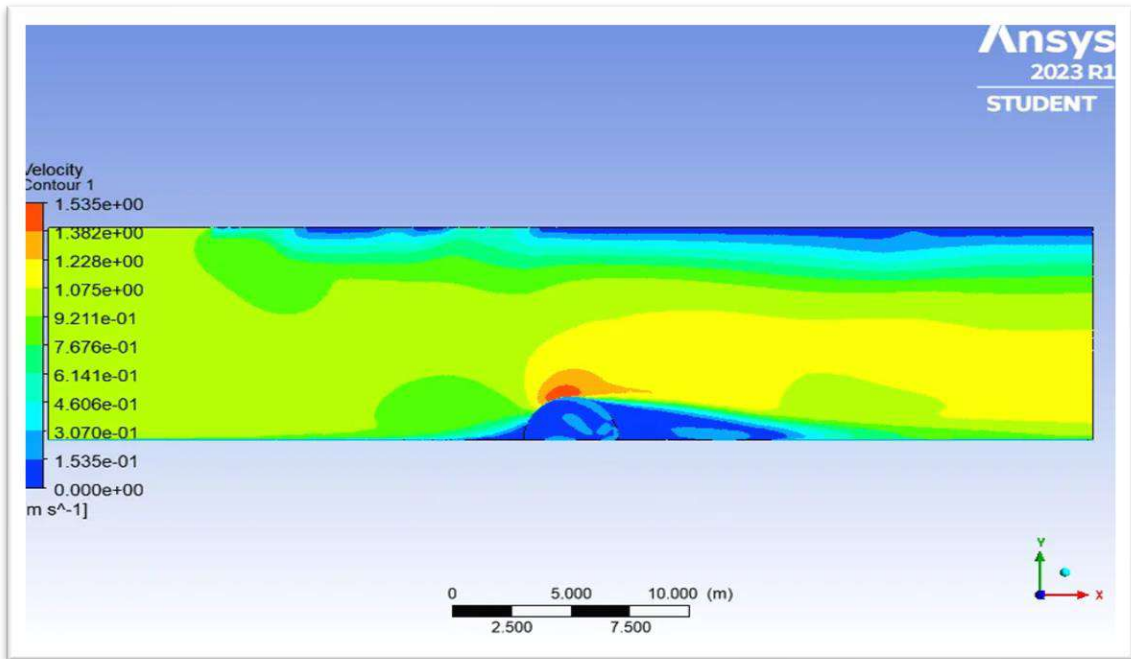


Figure III.8: Variations des contours de vitesse de l'air sans chauffage.

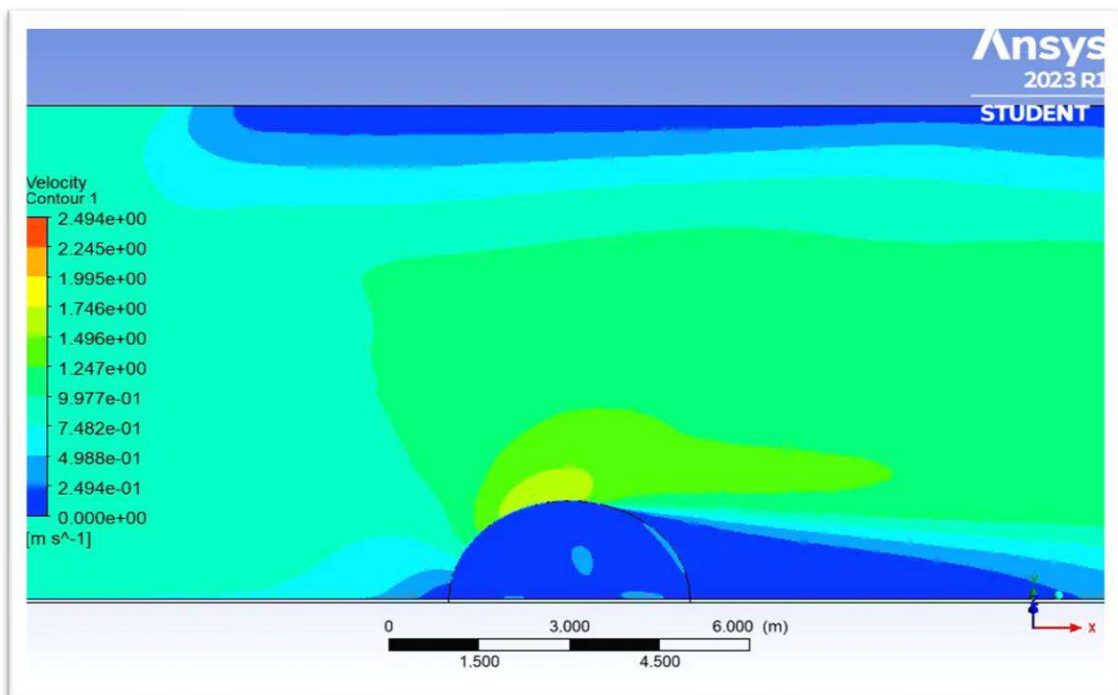


Figure III.9: Variations des contours de vitesse de l'air avec chauffage.

Les résultats dans les deux figures (Figure III.6) et (Figure III.7) que définie les contours de vitesse de l'air avant et après l'application de la technique de chauffage du sol sous la serre, nous

remarquons que le chauffage diminué la vitesse de l'écoulement et devenir faible qu'avant le chauffage à l'intérieur de la serre agricole, l'influence du climat extérieur sur le climat à l'intérieur a été réduit en raison d'augmentation de la température interne.

8-3- Variation des vecteurs de vitesse :

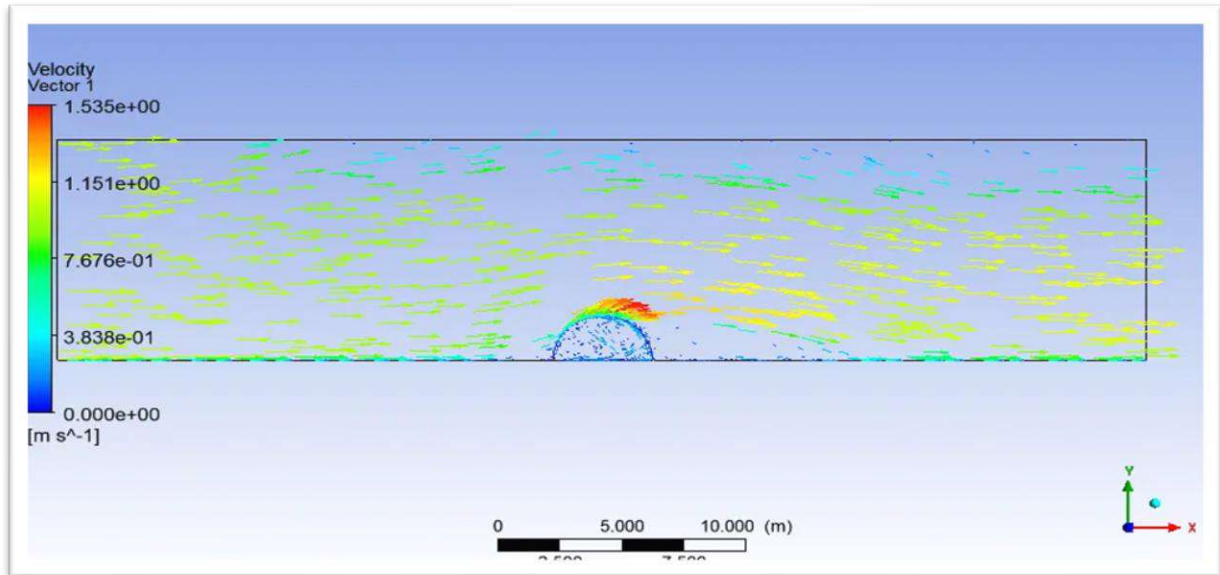


Figure III.10: Variations des vecteurs de vitesse de l'air sans chauffage.

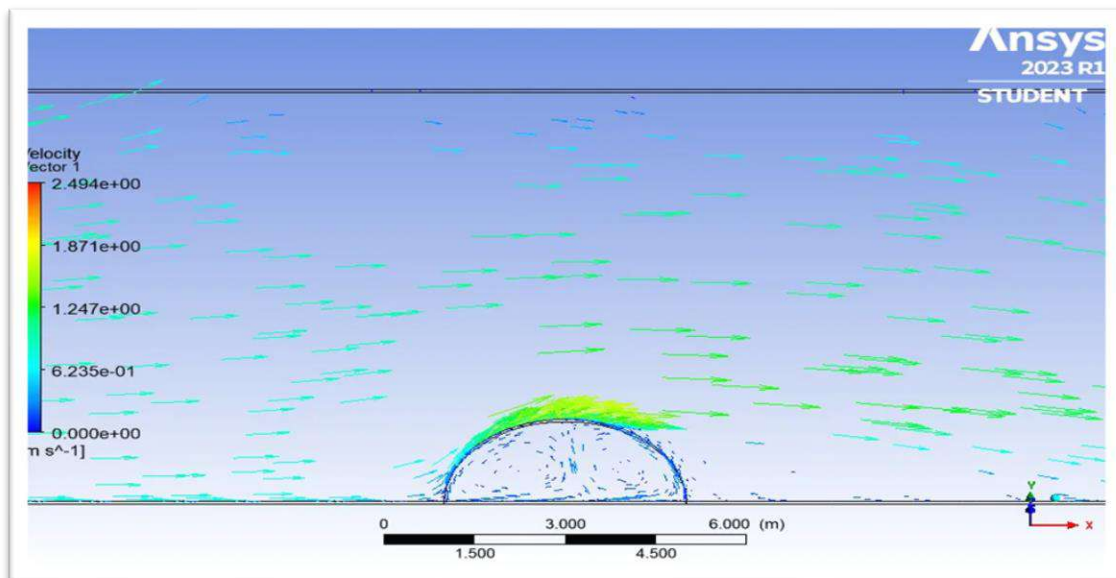


Figure III.11: Variations des vecteurs de vitesse de l'air avec chauffage.

La comparaison des deux figures (Figure III.8) et (Figure III.9) qui représentent les variations des vecteurs de vitesse de l'aire avec et sans chauffage de la serre agricole on remarque clairement un changement dans les directions du mouvement de l'air sous la serre,

due à l'augmentation de la température produite par la technique de chauffage utilisée. On voit que l'air est démarré par le sol, Cela indique qu'il y a une source d'énergie dans le sol de la serre agricole.

8-4- Contour de variation des températures de L'air :

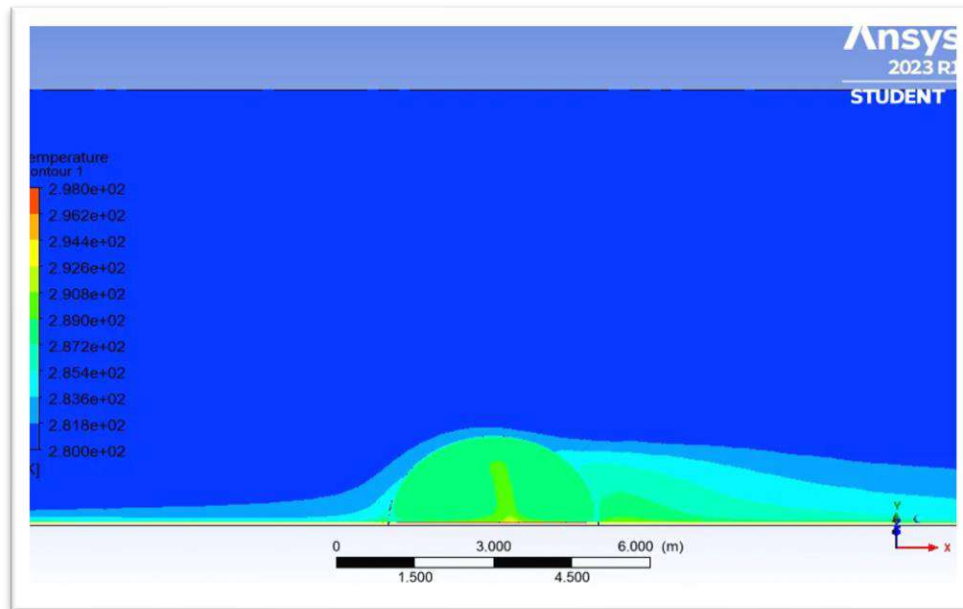


Figure III.12: Variation des contours de température de L'air avec chauffage.

La Figure III.10 définit le contour de de la température de l'air après l'application la technique de chauffage. La figure montre l'efficacité de la technique de chauffage et son succès dans les transformation thermique et l'élévation de température, on remarque que la température intérieure de la serre est supérieure que la température extérieure, la température extérieure est de 280 k où la température intérieure est de 290k lorsque la température du sol est 298 k.

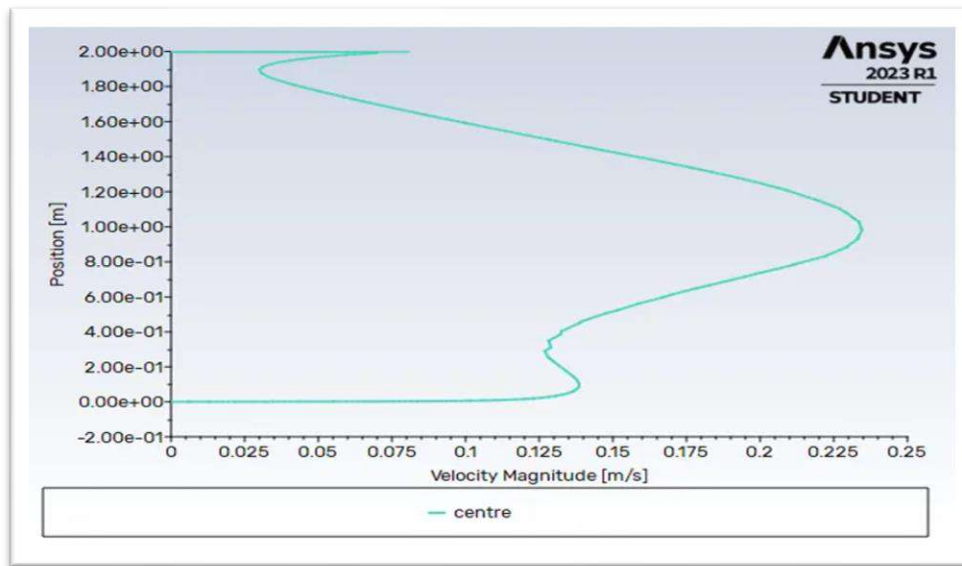
8-5- Vitesse de l'air au milieu de la serre :

Figure III.13: Variation de la vitesse au milieu de la serre avec chauffage.

Selon la Figure III.11 qui représente la variation de la vitesse de l'air au milieu de la serre agricole, on remarque que l'air est libéré du sol de la serre, puis la vitesse augmente au milieu de la serre, ensuite, la vitesse de l'air diminue à mesure qu'il monte vers le toit de la serre, celui qui montre la présence de la source d'énergie dans le sol de la serre agricole.

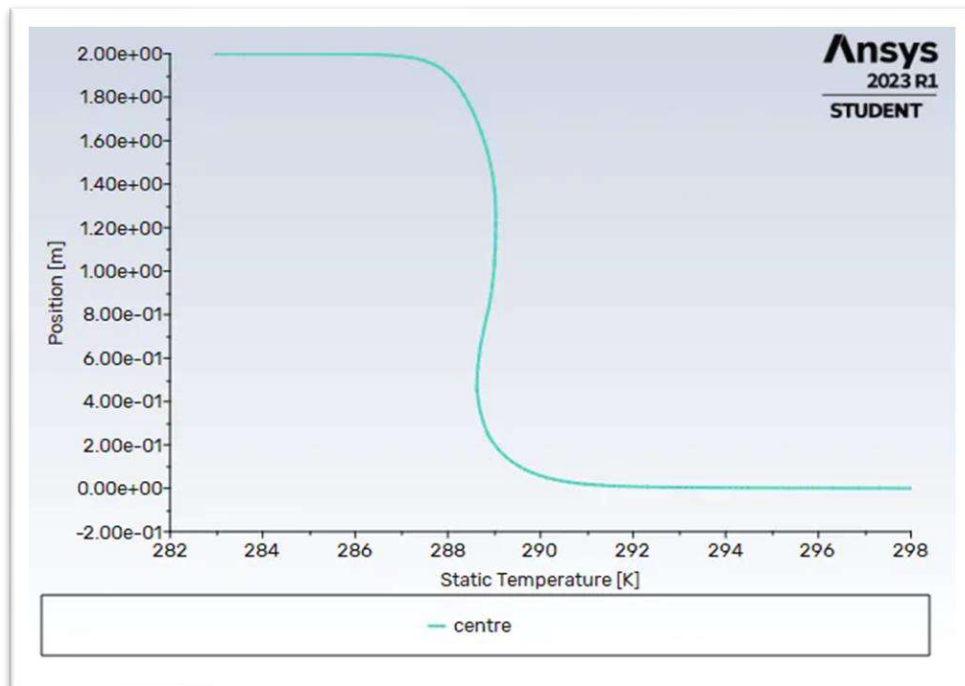
8-6- Variation de la température au milieu de la serre :

Figure III.14: Variation de la température au milieu de la serre avec chauffage.

La Figure III.12 représente la courbe de variation de la température au milieu de la serre après l'application de la technique de chauffage. Nous observons des changements thermiques à l'intérieur de la serre. Comme la température élevée de la terre a effectué la température ambiante. Et la température a été augmenté avec succès jusqu'à 289 k au milieu de la serre.

Conclusion générale

Conclusion générale

Cette étude se concentre sur la lutte contre l'impact négatif du froid en hiver sur l'efficacité des serres agricoles dans l'amélioration de la production agricole en chauffant les serres avec une technologie basée sur l'énergie biomasse pour produire de la chaleur, l'efficacité de cette technique a été vérifiée par le programme ANSYS FLUENT, ce qui nous permet de simuler et d'attendre des résultats très encourageants. Le programme donne la forme technique nécessaire inspirées de caractéristiques réelles des matériaux utilisés après la simulation.

Le programme ANSYS FLUENT nous permis de simuler les résultats dans divers cas (avants et après l'application de la technique de chauffage) et de montrer les changements de température, de la vitesse de l'air et autre...

Les déférentes comparaisons ont montré un effet positif et un succès dans le chauffage et l'élévation de la température dans la serre. Cette technique peut également réussir dans le chauffage dans divers domaines tel que le chauffage des maisons et le chauffage de l'eau pour l'utilisation et d'autre domaines.

Dans des études complémentaires et comme perspectives on propose de refaire la même étude sur une serre d'une échelle réelle et pourquoi pas de la complétée par une étude expérimentale.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] : C. WACQUANT, C. SEILOT, G. GRAT, P. ROUX. "Les constructions des serre et abris " ctifl, France (2000).
- [2] : DHIKELABDELKADER, HADJHADJ ABDELGHANI." Proposition d'une technique de chauffage des serre agricole ". Université kasdi merbah ouargla (2022).
- [3]: WIFAYA, AHMED, E.AL."Problématique de gestion du climat en serre horticole au maroc ". Revue marocaine des sciences agroéconomique et vétérinaire (2020)
- [4]: K. MESMOUDI. "Etude expérimentale et numérique de la température et de l'humidité de l'air d'un abri serre installé dans les hauts plateaux d'Algérie, région des Aurès." thèse de doctorat physique énergétique, option énergétique université de Batna, 2010
- [5]: BENDJEDDOU ISLAM. "Conception, réalisation et identification d'une model de serre agricole ". Mémoire master, (2021)
- [6] WEQEPEDIA." Les serre en verre ".
- [7] NISEN A. "L'éclairage naturel des serres. Presse agronomique". Gembloux, (1969).
- [8] N. REKE, ET A. KEBSI. "Etude de refroidissement d'une serre vide par humidification de l'air". (2015).
- [9] BOUZAFFA, M. AND H.N. EDDINE. "Etude expérimentale du bilan énergétique d'une serre tunnel a couverture de polyéthylène".
- [10] AZIL FATIMA ZOHRA." Etude des paramètres climatiques, sous serre, chauffée en présence de la plante. Thèse de magister en physique option : physique énergétique, université el-hadj Lakhdar – Batna.
- [11] DLIM, M., S. MOHELLEBI, AND K. SADI. "Simulation numérique de l'ambiance interne d'une serre de culture sous un climat chaud et sec promotion". Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. (2018)
- [12] DIDI FOUZI." Optimisation de la gestion du microclimat de la serre par l'introduction de l'intelligence artificielle". Thèse de doctorat, université abou-bekr belkaid – Tlemcen (2018).
- [13] MME LEBBAL FATIHA. "Contribution à l'étude dynamique et thermique de l'air à l'intérieur d'une serre en verre de type venlo dans les régions des aures ; les hauts plateaux est d'Algérie (étude de simulation)". Thèse de doctorat de science en mécanique énergétique université Elhadj Lakhdar Batna, (2010).
- [14] KHERBOUCHE ABDALLAH. "Analyse de comportement thermique des parois transparente a faible 'inertie thermique application aux serre agricole". Université abou-bekr belkaid, Tlemcen (2019).
- [15] DJEGHEL, RACHIDA. "Modélisation thermique d'une serre agricole". Thèse de magister département de physique. Université de ouargla (2004).
- [16] T. BARTZANAS, T. BOULARD, C. KITTAS."Effect of vent arrangement on windward ventilation of a tunnel greenhouse". biosystems engineering, inrae france (2004).

Références bibliographiques

- [17] OULD KHAOUA, SID ALI. "Modélisation de l'aération naturelle et du microclimat des serres en verre de grande portée sous climat tempère océanique". Thèse de doctorat, école doctorale d'angers (2006).
- [18] LA PRODUCTION SOUS SERRE, EN 2 TOMES (2° ÉD.). TOME 1. LA GESTION DU CLIMAT.
- [19] B. YAKOUB, "Automatisation d'une serre agricole". Ena el- Harrach. 2012
- [20] GIL M. V., OULEGO P., CASAL M. D., PEVIDA C., PIS J. J, RUBIERA F. "Mechanical durability and combustion characteristics of pellets from biomass blends". bioresource technol, (2010).
- [21] CAPUTO A. C., PALUMBO M., PACIFICO M. PELAGAGGE, SCACCHIA F. "Economics of biomass energy utilization in combustion and gasification plants: effects of logistic variables, biomass and bioenergy", (2005).
- [22] DEMIRBAS A. "biorefineries, springer", (2010).
- [23] FARADJI NEE KHERBOUCHE DJAMILA. " Contribution a la valorisation énergétique de la biomasse ", mémoire doctorat (2011).
- [24] KHALIFA ANISSA. "Etude des étapes primaires de la dégradation thermique de la biomasse lignocellulosique ", mémoire doctorat (2011).
- [25] IRDA. " Institut de recherche et de développement en agroenvironnement ", (2012).
- [26] DIDI FAOUZI, N. BIBI-TRIKI, B. DRAOUI, A. ABÈNE, 2016 "Modeling, simulation and optimization of- agricultural greenhouse microclimate by the application of-artificial intelligence and/or fuzzy logic". international journal of scientific & engineering research (2016).
- [27] LATIFA BENDIAF. " Etude des propriétés thermodynamiques et thermophysiques des mélanges contenant des composés dérivés de la biomasse". Thèse doctorat, université abou-bekr belkaid de Tlemcen.
- [28] ADEME, "La valorisation de la biomasse, guide d'information à l'attention des administrations et des établissements publics, (2007)
- [29] Y. DRIDI, M.L. BENDADA. "Estimation du potentiel biomasse en Algérie ". Mémoire master, ukmo (2015).
- [30] FONDATION BIOMEILER. "Qu'est-ce qu'un biomeiler". biomeiler.nl.
- [31] SIMON CULVERHOUSE. "Compost heating system". myprojectcorner.com.
- [32] KAI REINACHER ET FABIANE ESERT. "The heat of compost ". umweltbasel.ch.
- [33] OHANNESSIAN, AURELIE. "Composés organiques volatils du silicium : un frein a la valorisation énergétique des biogaz." rapport biogaz, Lyon (2008).
- [34] A. BAKBAK "Modélisation et simulation d'une serre agricole sous différents conditions". Thèse master, université adrar.

Références bibliographiques

[35] BELKESSA LYES. "Simulation numérique d'une serre de culture refroidie en milieu sec et chaud". Mémoire master, université mmto (2017).

ملخص : يدور موضوع هذه الدراسة حول اهمية البيوت المحمية للنباتات و تأثيرها الايجابي الكبير على المجال الزراعي حيث اظهرت نجاح واسع في تحسين الانتاج الزراعي و توفير المنتوجات حتى في الوقت الخطأ، لكن يبقى البرد الشديد في فصل الشتاء من اكبر المشاكل التي تأثر على فاعلية هذه الغرف ، لذلك تطرقنا الى اقتراح تقنية للتدفئة اعتمادا على الطاقة الحيوية ، و تمت محاكاة هذه التقنية عن طريق برنامج ANSYS FLUENT من اجل التجريب و توضيح النتائج ، و قد اظهرت ان التقنية فعالة و ناجحة لتحسين الحرارة داخل البيت و بالتالي تحسين المنتج .

الكلمات المفتاحية : البيوت المحمية للنباتات , درجة الحرارة , طاقة الكتلة الحيوية , ANSYS FLUENT.

Abstract : The subject of this study revolves around the importance of greenhouses for plants and their great positive impact on the agricultural field, as it showed wide success in improving agricultural production and providing products even at the wrong time, but the extreme cold in the winter remains one of the biggest problems that affect the effectiveness of these rooms, so we touched on proposing a heating technique based on bioenergy, and this technique was simulated by the ANSYS FLUENT program for experimentation and clarification of the results .It has shown that the technology is effective and successful to improve the temperature inside the house and thus improve the product.

Key words: Greenhouse, temperature, biomass, ANSYS FLUENT.

Résumé: Le sujet de cette étude tourne autour de l'importance des serres agricole pour les plantes et de leur grand impact positif sur le domaine agricole, car il a montré un large succès dans l'amélioration de la production agricole et la fourniture de produits même au mauvais moment, mais le froid extrême en hiver reste l'un des plus gros problèmes qui affectent l'efficacité de ces pièces, nous avons donc abordé la proposition d'une technique de chauffage basée sur la bioénergie, et cette technique a été simulée par un programme ANSYS FLUENT pour l'expérimentation et de clarification des résultats, Il a été démontré que la technique est efficace pour améliorer la température à l'intérieur de la maison et ainsi améliorer la production .

Les mots clé : Serres agricoles, température, biomasse, ANSYSFLUENT