

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة غرداية

N° d'enregistrement

Université de Ghardaïa



كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم الآلية والكهروميكانيك.

Département d'automatique et électromécanique

Mémoire de fin d'étude, en vue de l'obtention du diplôme

Master

Domaine : Sciences et technologie

Filière : Energie renouvelable

Spécialité : Energie renouvelable en mécanique.

Thème

Forecasting the 2022–2023 Indoor Greenhouse Temperature Using artificial Intelligence

Présenté par:

Soufi Mohammed

Zahi Abdelhadi

Soutenue publiquement le 15/09/2024

Devant le jury composé de:

Faouzi AKRMI	MCB	Université Ghardaia	Président
Djemoui LALMI	MCB	Université Ghardaia	Encadrant
Abdelouahab BENSEDDIK	MRA	URAER Ghardaia	Co-encadrant
Toufik CHERGUI	MRA	URAER Ghardaia	Examineur
Abdelmadjid KADDOUR	Pr	URAER Ghardaia	Examineur

Année universitaire 2023/2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicace

J'adresse ce travail à :

*Mes chers parents, qui ont toujours été une source de soutien et d'inspiration
pour moi.*

*À mes sœurs et mes frères, qui ont toujours été à mes côtés,
À tous les membres de ma famille, grands et petits, qui m'ont soutenu et
encouragé.*

*Je tiens également à exprimer ma gratitude sincère à tous les professeurs, et
en particulier aux professeurs enthousiastes : DJEMOUI LALMI
.BEN SEDDIK ABDELOUAHAB et SALH
BOUHOUN, avec qui nous avons partagé une expérience unique. Leur
patience tout au long de la préparation de cette thèse, ainsi que leurs conseils,
leur orientation et leur aide, ont été inestimables.*

*Enfin, je remercie mes amis qui ont toujours été présents pour moi. Leur
soutien inconditionnel et leurs encouragements ont eu un impact considérable.*

Mohammed

Dédicace

J'adresse ce travail à :

*Mes chers parents, qui ont toujours été une source de soutien et
d'inspiration pour moi.*

*À mes sœurs et mes frères, qui ont toujours été à mes côtés,
À tous les membres de ma famille, grands et petits, qui m'ont soutenu et
encouragé.*

*Je tiens également à exprimer ma gratitude sincère à tous les
professeurs, et en particulier aux professeurs enthousiastes :*

**DJEMOUI LALMI , BEN SEDDIK
ABDELOUAHAB et SALH BOUHOUN**, avec qui nous
*avons partagé une expérience unique. Leur patience tout au long de la
préparation de cette thèse, ainsi que leurs conseils, leur orientation et leur
aide, ont été inestimables.*

*Enfin, je remercie mes amis qui ont toujours été présents pour moi.
Leur soutien inconditionnel et leurs encouragements ont eu un impact
considérable*

Abdel Hadi.

ملخص

يهتم هذا البحث باستخدام العديد من طرق الزراعة المسمية لتعديل البيئة لنمو النبات. من الناحية المثالية، سيتم إنتاج المحاصيل في مناطق لا تتطلب ظروف مناخية وبيئية مشجعة بشكل خاص، ولكن يتم تعديل ظروف الحرارة والرطوبة النسبية لتكون مثالية. الهدف من هذا العمل البحثي هو تصميم وتشغيل دفيئتين نفقيتين، وقد تم تهيئة هاتين الدفيئتين لتكونا قادرتين على دراسة سلوكهما الحراري مع وبدون أنظمة التبريد. الأولى بدون أنظمة التبريد، بمثابة دفيئة تحكم، بينما سيتم تعديل الثانية لاختبار تأثير أنظمة التبريد وأي تعديلات تم الإبلاغ عنها.

الكلمات الدالة: دفيئة نفقية؛ التبريد الطبيعي؛ التهوية الطبيعية والقسرية؛ الطاقة الشمسية.

Abstract

This research uses various named agricultural methods to modify the environment for plant growth. Ideally, crops will be produced in areas that do not require particularly favorable climatic and environmental conditions, but the temperature and relative humidity conditions are adjusted to be optimal. This research work aims to design and operate two tunnel greenhouses, which have been prepared to be capable of studying their thermal behavior with and without cooling systems. The first one, without cooling systems, will serve as a control greenhouse, while the second will be modified to test the effect of cooling systems and any reported modifications.

Keywords: tunnel greenhouse; natural cooling; natural and forced ventilation; solar energy.

Résumé

Cette recherche se concentre sur l'utilisation de diverses méthodes agricoles nommées pour modifier l'environnement pour la croissance des plantes. Idéalement, les cultures seront produites dans des zones qui ne nécessitent pas de conditions climatiques et environnementales particulièrement favorables, mais les conditions de température et d'humidité relative sont ajustées pour être optimales. Le but de ce travail de recherche est de concevoir et d'exploiter deux serres tunnels, qui ont été préparées pour être capables d'étudier leur comportement thermique avec et sans systèmes de refroidissement. La première, sans systèmes de refroidissement, servira de serre de contrôle, tandis que la seconde sera modifiée pour tester l'effet des systèmes de refroidissement et de toute modification signalée. Mots-clés : serre tunnel ; refroidissement naturel ; ventilation naturelle et forcée ; énergie solaire.

Liste Des Figures

Chapitre 11	
Fig 1: Structure de la serre	15
Fig 2: Largeur d'une serre chronologique	16
Fig 3: Différents types d'ouvertures de serre	18
Fig 4: Une serre équipée de dispositifs de ventilation forcée	20
Fig 5 : Coussinets de refroidissement	21
Fig 6: refroidissement par système d'évaporation du toit	23
Fig 7: refroidissement par un système de brumisation	23
Chapitre 111	
Fig 8 : Schéma du montage expérimental du système de tunnel aérien souterrain	27
Fig 9 :Température à l'intérieur et à l'extérieur	29
Fig 10 : Toit de serre vu de l'intérieur	30
Fig 11 : Serre à double toit avec technologie de refroidissement par pulvérisation	30
Fig 12 : Changements de température à l'intérieur et l'extérieur	31
Chapitre 1V	
Fig 13 : Localisation des travaux appliqués sur la carte	33
Fig 14 : Courbe de température et d'humidité pour juin 2024	34
Fig 15 : Courbe et direction du vent pour juin 2024	34
Fig 16 : Radiation solaire global 2024	34
Fig 17 : Capteur SHT 30	35
Fig 18 : Dimensions de la serre	38
Fig 19 : Filtres à insectes	39
Fig 20 : Emplacement du capteur	39
Fig 21 : Système PAD	40
Fig 22 : Pompe à eau	40
Fig 23 : Pompe à eau à l'intérieur du réservoir	40
Fig 24 : Fermez et ouvrez la ventilation latérale	41
Fig 25 : Système de Câblage	41
Chapitre V	
Fig 26 : Evolution de la température dans la serres et l'extérieure	43
Fig 27 : Evolution de l'humidité dans la serres et l'extérieure	43
Fig 28 :Environnement de formation de réseau neuronal.	45
Fig 29 : Tracé de performance.	45
Fig 30 : Graphe de Régression	46
Fig 31 : Température estimé et réelle à l'aide de modèles empiriques ANN.	47
Fig 32 : Validation des modèles empiriques ANN.	47

Liste des tableaux

Tableau 1: Température à l'intérieur et à l'extérieur de la serre.	28
Tableau 2 : Les composants utilisés	36

SOMMAIRE

DEDICACE

RÉSUMÉ

INDEX DES IMAGES

INDEX DES TABLEAUX

CHAPITRE I

Introduction.....	8
Etude bibliographique.....	9
Théorie de la ventilation naturelle.....	11
Théorie de la ventilation mécanique.....	12
Théorie de la ventilation hybride.....	12

CHAPITRE II

Généralités sur les serres.....	14
Agriculture protégée :.....	15
Systèmes de refroidissement dans la serre.....	16
Refroidissement passif.....	17
Principes fondamentaux du refroidissement passif.....	17
Ventilation dans les serres.....	18
Types de ventilation dans les serres.....	18
Ventilation naturelle.....	18
Ventilation mécanique :.....	19
Le principe de fonctionnement de la ventilation mécanique.....	20
Échangeurs de chaleur.....	20

Types d'échangeurs de chaleur.....	20
Refroidissement par évaporation.....	21
Système de refroidissement par ventilateur et tampon.....	21
Système d'évaporation de surface.....	22
Systèmes d'évaporation de toit.....	22
Systèmes de brumisation.....	23

CHAPITRE III

Etude Bibliographiques.....	25
Introductions.....	26
Etude de la performance énergétique d'une serre tunnel (étude expérimentale).....	26
Conclusion.....	28
Évaluation des performances de trois types différents de coussins de refroidissement par évaporation locaux dans les serres au Soudan.....	28
Résultats.....	28
Une étude sur l'impact de différentes méthodes de refroidissement sur l'environnement intérieur des serres utilisées pour les Lentinula Edodes pendant l'été.....	29

CHAPITRE IV

Matériels et méthodes.....	32
Caractéristiques de la zone d'étude.....	33
Partie expérimentale.....	35
Capteur utilisé.....	35
Système d'acquisition utilisé.....	36
Conception de serre.....	38
Système de refroidissement.....	39
Pompe à eau pour réutilisation.....	40
Ventilation latérale.....	41
Câblage et système d'acquisition.....	41

CHAPITRE V

Résultats et Interprétations.....	42
--	-----------

Introduction.....	43
Qu'est-ce qu'un réseau de neurones artificiels ?.....	44
Comment prédire dans le MATLAB.....	44
Conclusion Générale.....	48
Références Bibliographiques.....	50

CHAPITRE I

Introduction

La production de cultures sous serre est une industrie en croissance dans les régions aux conditions climatiques modérées et même dans les régions tropicales où les températures sont convenables toute l'année. Ce système agricole constitue une source majeure de revenus et de sécurité alimentaire pour les habitants de ces régions. Cependant, l'agriculture traditionnelle en plein champ est confrontée à de nombreux défis qui la rendent impossible dans certaines régions ou difficile en raison de conditions climatiques inappropriées. L'agriculture sous serre permet de résoudre ces problèmes, mais nécessite une adaptation aux conditions climatiques locales et une formation des agriculteurs aux techniques appropriées. Dans ce contexte, des réseaux de neurones artificiels sont utilisés pour prédire les températures internes des serres à l'aide de données sur la température extérieure, l'humidité, le rayonnement et la vitesse du vent, et cette méthode s'est avérée très efficace.

Etude bibliographique

Les projections de croissance démographique indiquent que la population mondiale atteindra probablement environ 9,1 milliards de personnes d'ici 2050. Cette augmentation attendue de la population, combinée aux défis auxquels est confrontée l'agriculture en raison du changement climatique, constitue une menace sérieuse pour la sécurité alimentaire au niveau mondial

La production alimentaire devrait donc être augmentée dans les années à venir, ce qui pose de nouveaux défis au secteur agricole. Il est également nécessaire de développer des stratégies pour augmenter la productivité à l'aide de la technologie, dans le but d'augmenter la production alimentaire jusqu'à 70% en utilisant moins de ressources naturelles telles que l'eau et le sol [1]. L'idée de l'agriculture sous serres ou serres est l'une des principales stratégies qui contribuent à améliorer les processus de production agricole et à améliorer les rendements. La recherche a montré de nombreux avantages que cette méthode offre dans l'amélioration de l'efficacité de la production alimentaire. L'idée de l'agriculture sous serre est basée sur l'utilisation de structures en verre ou en plastique pour couvrir les cultures agricoles, permettant un meilleur contrôle des facteurs environnementaux intérieurs tels que la température, l'humidité et la quantité de lumière. Grâce à cette méthode, il est possible de créer des conditions idéales pour la croissance des plantes tout au long de l'année, augmentant ainsi l'efficacité et la qualité de la production agricole et la fourniture de ressources pour l'agriculture

Les techniques utilisées dans la culture des cultures ont connu un grand développement ces dernières années, car les processus et les techniques ont été intensifiés pour améliorer l'efficacité de la production agricole. Cela a contribué à répondre aux besoins alimentaires croissants tout en réduisant la disponibilité des ressources naturelles

L'agriculture sous serre ou sous serre est une stratégie agricole sophistiquée développée en réponse aux défis croissants de la disponibilité des ressources naturelles pour la production alimentaire. Cette stratégie dispose d'un environnement contrôlé et protégé, permettant aux agriculteurs de contrôler des facteurs tels que la température, l'humidité et le flux d'air, ce qui stimule la croissance et la production de nombreuses cultures. De plus, les serres permettent de cultiver toute l'année au lieu d'une seule saison, ce qui augmente la quantité de récolte produite et améliore ainsi la sécurité alimentaire, et cette technologie contribue à la conservation des ressources en rationalisant la consommation d'eau et en réduisant l'utilisation de pesticides. Avec le développement continu des techniques agricoles sous serre, cette stratégie est devenue un outil clé pour atteindre les objectifs de développement durable, tels que la sécurité alimentaire, la préservation de l'environnement et la promotion de pratiques agricoles durables [2] .

La classification des structures agricoles protégées est au cœur des stratégies agricoles contemporaines, car elle vise à fournir un environnement idéal pour la croissance et la production des plantes. En fonction du niveau de technologie et d'intervention humaine dans la gestion de l'environnement au sein des structures, elles peuvent être divisées en structures actives et structures passives

Les structures actives s'appuient sur une technologie de pointe et des dispositifs avancés pour gérer l'environnement intérieur, permettant aux agriculteurs de contrôler avec précision les facteurs environnementaux tels que la température, l'humidité, le rayonnement et les niveaux de dioxyde de carbone. Ces structures utilisent des systèmes de contrôle automatique et des capteurs pour affiner les conditions environnementales, améliorer la productivité et améliorer la qualité des cultures

D'autre part, les structures passives se caractérisent par leur simplicité et leur faible coût, car la gestion du climat à l'intérieur de celles-ci dépend principalement de la ventilation naturelle et des techniques d'ombrage ou de blanchiment du toit. Bien que ces structures offrent moins de contrôle de l'environnement que les structures actives,

elles constituent une option intéressante dans les régions à climat tempéré où elles ne nécessitent pas l'utilisation de technologies coûteuses

Pour choisir le bon type de structure, plusieurs facteurs doivent être pris en compte, notamment le climat local, l'objectif de production et le budget disponible. En conclusion, les structures actives offrent le plus haut niveau de contrôle de l'environnement et conviennent à la culture dans des environnements difficiles, tandis que les structures passives sont une option abordable adaptée aux zones au climat tempéré

La température à l'intérieur de la serre est grandement influencée par plusieurs facteurs différents. L'un de ces facteurs est le transfert de chaleur par rayonnement, car l'environnement atmosphérique à l'intérieur de la serre absorbe la lumière du soleil et emprisonne la chaleur, ce qui entraîne une augmentation de la température. La chaleur est également transférée par conduction thermique à travers les matériaux de construction utilisés dans la serre. De plus, la convection générée par les plantes et les équipements à l'intérieur de la serre contribue à une augmentation de la température. Le processus d'évaporation de l'eau du sol et des plantes consomme également de la chaleur, ce qui refroidit la serre. Le rôle du dioxyde de carbone (CO_2), qui affecte le taux de croissance des plantes à l'intérieur de la serre, ne peut être ignoré. Par conséquent, dans une serre passive qui s'appuie sur la ventilation naturelle comme moyen de contrôle du climat, il est nécessaire d'assurer un mouvement fluide et uniforme du flux d'air

Des contrôles appropriés sur ces facteurs maintiennent une température idéale dans la serre, notamment en utilisant des systèmes de chauffage et de ventilation et en gérant correctement les conditions environnementales [3].

Au XXe siècle, au début de la Révolution verte, les premières études sur la circulation de l'air dans les serres ont été développées. Quatre décennies plus tard, certains chercheurs ont proposé d'utiliser l'équation de Bernoulli pour calculer la quantité d'air pouvant traverser une zone de ventilation, ce qui a donné lieu à des théories de base sur la ventilation dans les serres

Théorie de la ventilation naturelle

La théorie de la ventilation naturelle dépend de la différence de densité entre l'air intérieur et extérieur de la serre. L'air chaud à l'intérieur de la serre a tendance à monter

tandis que l'air froid à l'extérieur descend, provoquant un mouvement naturel de l'air. Ce mouvement est contrôlé grâce à des trous d'aération répartis dans la serre

Théorie de la ventilation mécanique

D'un autre côté, la théorie de la ventilation mécanique repose sur l'utilisation de systèmes mécaniques tels que des ventilateurs et des climatiseurs pour générer la ventilation. Cela permet un contrôle précis de la température, de l'humidité et du débit d'air. Mais en revanche, la ventilation mécanique nécessite une énergie supplémentaire pour faire fonctionner ces systèmes

Théorie de la ventilation hybride

Enfin, la théorie de la ventilation hybride combine les avantages des deux théories précédentes. Il utilise la ventilation naturelle comme base et l'enrichit ensuite de systèmes mécaniques lorsque cela est nécessaire. Cela établit un équilibre entre l'efficacité et la capacité de contrôler l'environnement de la serre [4].

La simulation de la dynamique des fluides numérique implique l'utilisation des lois de base de la mécanique, des équations régissant la dynamique des fluides et de la modélisation pour formuler un problème physique mathématiquement. Une fois formulées, les ressources informatiques utilisent des méthodes numériques pour résoudre des équations à l'aide d'un logiciel CFD afin d'obtenir des solutions approchées des propriétés physiques impliquées

Les simulations numériques de la dynamique des fluides sont basées sur l'équation de Navir-Stokes, utilisée pour décrire le mouvement des fluides. La précision de la simulation CFD dépend de la précision du modèle, des estimations approximatives, des hypothèses utilisées, de la vérification empirique et des ressources informatiques disponibles. Il est nécessaire de décrire les incertitudes et les erreurs dans la simulation de la dynamique des fluides numérique afin d'être utilisée comme un outil efficace dans la conception et l'analyse

Il existe trois façons principales de prédire le comportement des fluides et l'interaction avec l'environnement environnant : expérimentale, analytique et numérique. La dynamique des fluides numérique est la méthode numérique permettant de simuler le mouvement des fluides statiques et instables à l'aide de méthodes et de dispositifs informatiques

La dynamique des fluides numérique est une méthodologie bien établie souvent utilisée pour remplacer ou compléter les méthodes expérimentales et analytiques afin d'aider à la conception technique et à l'analyse de produits de tous les jours [5].

En mécanique des fluides, les équations de Navier-Stokes sont des équations non linéaires qui décrivent le mouvement des fluides newtoniens, déterminant, par exemple, le mouvement de l'air, les courants marins et les fuites de tuyaux. Ces équations tirent leur nom de deux physiciens, Claude Navier et Georges-Gabriel Stokes, du 19^{ème} siècle

Ces équations résultent de l'application de la deuxième loi de Newton au mouvement du fluide, en supposant que la contrainte du fluide est la somme de la propagation de la viscosité (proportionnelle au changement de vitesse) plus la pression

Les équations de Navier-Stokes sont l'une des équations physiques les plus importantes car elles décrivent un grand nombre de phénomènes ayant des applications dans de nombreux domaines de recherche et d'application, et peuvent être utilisées dans la modélisation météorologique, l'écoulement des fluides dans les égouts et les tuyaux, l'écoulement des gaz autour des objets volants et le mouvement des étoiles dans la galaxie [6] .

CHAPITRE II

Généralités sur les serres

1- Agriculture protégée :

L'agriculture protégée est définie comme une culture dans des serres fermées en verre ou en plastique visant à fournir des conditions optimales pour la croissance des cultures végétales. Ces conditions se caractérisent par un contrôle précis de la température, de l'humidité, de l'éclairage et de la ventilation, garantissant une production de qualité et augmentant le rendement [7].

En outre, dans les régions au climat rigoureux et à la pénurie d'eau, l'agriculture en plein air est confrontée à de nombreux défis de taille, tels que des températures extrêmement élevées, des pluies peu fréquentes, des vents violents et de longues périodes de sécheresse. Cependant, les serres se sont révélées efficaces pour surmonter ces problèmes et fournir l'environnement idéal pour la croissance des cultures tout au long de l'année [8].

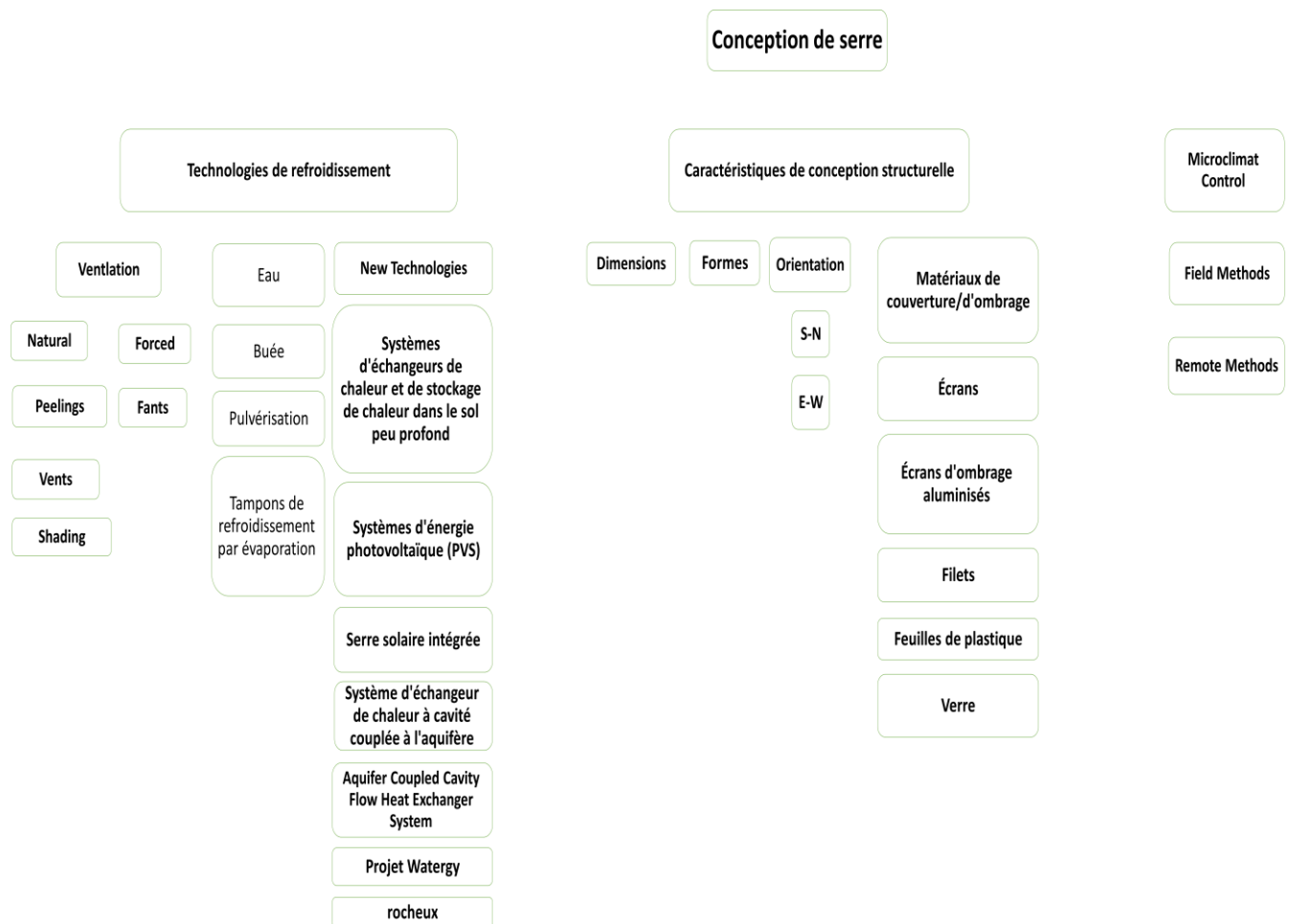


Fig 1: Structure de la serre[08]

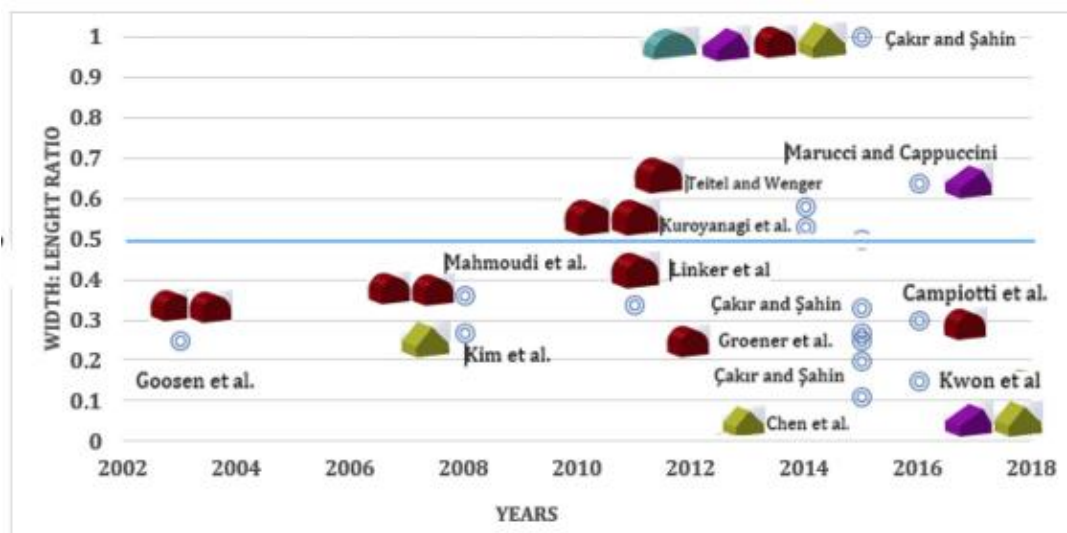


Fig 2: Largeur d'une serre chronologique[08]

2- Systèmes de refroidissement dans la serre

Le processus de refroidissement dans les serres est extrêmement important pour que les plantes et les cultures se développent correctement en fonction de la température.

La température idéale pour la plupart des cultures se situe entre 22 et 27 °C, tandis que [09] l'humidité est comprise entre 70 et 80 % .

L'importance de la chaleur et de l'humidité La température et l'humidité relative des serres visent à créer des conditions optimales pour la croissance et la production des plantes, ainsi que pour les activités agricoles et horticoles. Ici, les technologies du système doivent être classées en « passive » et « active ». La classification « passive » dans une serre fait principalement référence aux méthodes de chauffage et aux emplacements de chauffage, de ventilation et de refroidissement présents dans la serre sans utiliser d'appareils. La classification « positive » définit également tous les types de technologies de chauffage qui chauffent ou refroidissent directement l'eau, l'air, les surfaces et les murs. Garantir des technologies de refroidissement actif dans la serre peut réduire les coûts de transport et de production des cultures de manière efficace et productive

1.2- Refroidissement passif

Le refroidissement passif est une technique de conception utilisée pour refroidir les bâtiments de manière naturelle sans consommer d'énergie, où le flux de chaleur et d'air à l'intérieur des bâtiments est contrôlé selon les principes de la physique [10]. Cette conception vise à ralentir le transfert de chaleur à l'intérieur du bâtiment en comprenant les mécanismes de transfert de chaleur, tels que la conduction, la convection et le rayonnement thermique, en particulier de la lumière du soleil, en plus d'éliminer l'excès de chaleur par des moyens tels que la ventilation nocturne dans les zones tempérées, et dans les zones chaudes et humides, utilise des systèmes de climatisation solaire. Les techniques de refroidissement passif comprennent la conception des bâtiments de manière à minimiser le gain thermique, l'utilisation de l'isolation thermique, de la ventilation naturelle, de l'ombrage et l'utilisation de matériaux de construction ayant des propriétés thermiques appropriées pour maintenir le confort thermique à l'intérieur des bâtiments [11].

2.1.1 Principes fondamentaux du refroidissement passif

De nombreux facteurs de conception contribuent à réduire la chaleur dans la serre, notamment la forme géométrique de la serre agricole, son emplacement, sa direction, le matériau de couverture et le motif des ouvertures. (Quonset) est idéal pour atteindre les températures les plus basses et la meilleure collecte de l'énergie solaire, par rapport aux formes irrégulières qui, bien qu'elles tirent le meilleur parti de l'énergie solaire, enregistrent des températures très élevées [12].

En ce qui concerne la direction, plusieurs études comparatives ont montré que la direction est-ouest (E-W) est la plus appropriée sous la plupart des latitudes, sauf dans les zones proches de l'équateur, où l'influence du soleil est moindre en été qu'en hiver. Dans les endroits où la direction du vent est nécessaire pour éviter les dommages causés par les tempêtes, d'autres directions peuvent être plus appropriées [13]. Par exemple, dans le sud de l'Algérie, les serres sont dirigées du sud vers le nord (S-N) en raison de la direction des rafales de vent.

En termes de matériaux de revêtement, les serres des régions chaudes et sèches utilisent une variété de matériaux tels que le verre, la fibre de verre, le polyéthylène et le polycarbonate, chacun ayant des propriétés optiques et thermiques différentes. L'ombrage et la réflexion sont des méthodes essentielles pour réduire le fort

rayonnement solaire et atténuer les besoins de refroidissement. Par exemple, 55 % d'ombrage sur le toit assure une réduction de 10 % de la température de l'air à l'intérieur de la serre [14].

2.1.1 Ventilation dans les serres

La ventilation est un facteur crucial pour une culture réussie dans les serres. Il aide à contrôler la température et l'humidité et empêche l'accumulation de gaz nocifs à l'intérieur de la maison. La ventilation peut être obtenue au moyen d'ouvertures sur les parois latérales et au plafond, ou en utilisant des ventilateurs répulsifs [15].

Les conditions climatiques doivent être prises en compte lors du choix de la bonne méthode de ventilation. Dans la plus par de temps chaud et ensoleillé, il est recommandé d'ouvrir les ouvertures latérales et de toit, en plus d'allumer les ventilateurs répulsifs, mais par temps froid et humide, il est recommandé de fermer les ouvertures latérales et d'ouvrir uniquement le toit.

Il est également important de prévoir une ventilation adéquate pour éviter une humidité élevée à l'intérieur de la serre, car une humidité élevée peut entraîner une croissance fongique et la pourriture des cultures,[16].

2.1.2 Types de ventilation dans les serres

2.1.2.1 Ventilation naturelle



(a) événements de toit ; (b) événements de faîte ; (c) événements latéraux

Fig. 3 : Différents types d'ouvertures de serre[10]

La ventilation naturelle dépend principalement à la fois des forces de pression générées par le vent et des forces de poussée thermique. La ventilation naturelle est considérée comme l'une des méthodes de ventilation les plus anciennes et les plus courantes, en raison de son faible coût initial ainsi que du coût de l'énergie utilisée. Cependant, cette méthode est critiquée pour sa dépendance à plusieurs facteurs, dont

les plus importants sont la nature du climat, les obstacles au vent et les exigences environnementales. Par exemple, le taux de ventilation obtenu dépend de la pente des pressions générées par le vent, de la vitesse et de la direction du vent, de l'interférence des obstacles à proximité des sommets et des bâtiments, ainsi que de l'emplacement des entrées et sorties d'air. Le taux de ventilation obtenu dépend également de la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. Lorsque l'air se dilate sous l'effet du chauffage à l'intérieur de la serre, il devient moins dense et monte plus haut. Les ouvertures au sommet de la serre permettent à l'air chaud de s'échapper et d'être remplacé par de l'air frais qui entre par les trous de ventilation inférieurs. Le choix de la taille des ouvertures est donc très important pour obtenir une ventilation efficace. Le mouvement de l'air et la ventilation naturelle peuvent se produire en fonction de l'un ou l'autre des facteurs ci-dessus uniquement ou de la combinaison des deux facteurs. En général, la ventilation est plus efficace lorsque des brises ou des vents soufflent, car les pressions et les forces de vitesse sont bien supérieures aux forces de flottabilité thermique [17] .

Certaines procédures peuvent également être suivies pour garantir un bénéfice maximal de la ventilation naturelle dans les serres, notamment :

1- Orienter les ouvertures de ventilation vers le vent: Les ouvertures de ventilation à l'intérieur de la maison doivent être orientées vers la direction habituelle du vent, ce qui permet de pousser l'air frais dans la serre et de le renouveler efficacement.

2- Utilisez des sorties appropriées: vous devez choisir des sorties de ventilation appropriées, telles que des fenêtres et des bouches d'aération, et vous assurer qu'un nombre suffisant d'ouvertures sont prévues pour garantir qu'une quantité suffisante d'air pénètre dans la serre.

3- Utilisez des couvercles ouvrants: des couvercles ouvrants peuvent être utilisés pour ajuster la quantité d'air entrant dans la serre et assurer un flux d'air frais régulier .

2.1.2.2 Ventilation mécanique :



Fig 4: Une serre équipée de dispositifs de ventilation forcée [11].

La ventilation mécanique dans une serre est le processus consistant à pomper l'air extérieur dans la serre et à remplacer l'air chaud et humide à l'aide de ventilateurs électriques.

. Cette méthode est essentielle pour réguler la température, l'humidité et les niveaux de dioxyde de carbone dans la serre, afin de fournir un environnement idéal pour la croissance des plantes.

3-1-2-1 Le principe de fonctionnement de la ventilation mécanique

Des ventilateurs d'extraction sont installés sur un côté de la serre pour évacuer l'air chaud et humide, créant ainsi un vide à l'intérieur de la serre .

.Cet espace est rempli d'air frais par les trous d'admission de l'autre côté [18], ce qui entraîne un flux d'air continu à travers la serre.

4- Échangeurs de chaleur

Les échangeurs de chaleur pour serre sont des systèmes mécaniques qui aident à contrôler la température de la serre et fournissent un environnement propice à la croissance des plantes. Ils sont utilisés pour transférer la chaleur d'une source chaude vers une source plus froide, ou vice versa, pour réchauffer ou refroidir la serre selon les besoins [19] .

4-1 Types d'échangeurs de chaleur

- Échangeurs sol-air : Des canalisations enterrées permettent d'échanger de la chaleur avec le sol

1. L'air de la serre passe par ces canalisations pour être chauffé en hiver ou refroidi en été avant de rentrer dans la serre
2. Échangeurs de chaleur à eau : Utilisés pour chauffer l'eau à l'aide d'une source d'énergie externe, puis l'eau chaude circule dans la serre pour libérer sa chaleur
3. Ces échangeurs peuvent également être utilisés pour refroidir l'eau par le sol avant qu'elle n'entre dans la serre. Echangeurs de chaleur à air : ils chauffent ou refroidissent l'air directement en le faisant passer à travers des tubes ou des feuilles métalliques chaudes ou froides [20].

5- Refroidissement par évaporation

C'est un processus qui réduit la température de l'air en évaporant de l'eau dans le flux d'air. Lorsque l'eau s'évapore, l'énergie est perdue dans l'air, ce qui fait baisser sa température [21].

5-1 Système de refroidissement par ventilateur et tampon



Fig. 5 : Coussinets de refroidissement [15].

Il s'agit d'un système bien connu pour refroidir l'air par évaporation de l'eau. Il se compose de plusieurs éléments de base pour garantir un flux de travail fluide et une efficacité de travail.

1-Hélice et moteur

Le ventilateur souffle de l'air à travers le système de refroidissement. Le ventilateur est entraîné par un moteur électrique. La taille du ventilateur et du moteur varie en fonction des besoins de l'espace à refroidir

2-Système de distribution d'eau

Il se compose d'un réservoir d'eau, d'une pompe à eau et de passages pour répartir l'eau uniformément sur les coussins de refroidissement. Maintient le tampon humide pour assurer l'évaporation

3- Tapis de refroidissement

C'est le composant principal dans lequel se produit le processus d'évaporation. Ils sont généralement constitués de cellulose ou de matières plastiques poreuses qui permettent à l'air et à l'eau de passer facilement.

4- Structure du système de refroidissement

Le terme "infrastructure" fait référence à l'ensemble des éléments qui composent un système et les protège des intempéries. Il comprend généralement des ouvertures permettant à l'air de circuler, ainsi que des conduites d'égout et des ouvertures de ventilation. Ces éléments permettent d'évacuer l'excès d'eau et de prévenir les inondations.

5- Système de contrôle

Vous permettez de contrôler la température et l'humidité et d'ajuster la vitesse du ventilateur et de la pompe selon les besoins.

En plus de ces composants principaux, le système peut également contenir des filtres de purification d'air et des filtres à eau pour maintenir la propreté de l'eau en circulation[22].

6- Système d'évaporation de surface

Le refroidissement par évaporation du toit est réalisé en faisant circuler une fine couche d'eau sur toute la surface du toit de la serre. Ainsi, l'énergie solaire thermique, qui est absorbée par le toit extérieur, est réduite et le toit et l'air ambiant sous le toit sont refroidis. En conséquence, la température de l'air diminue et l'humidité à l'intérieur de la serre augmente. Par conséquent, ce système fonctionne très efficacement dans des conditions chaudes et sèches [23].

7- Systèmes d'évaporation de toit

Le refroidissement par évaporation extérieur des serres est une technologie efficace et innovante utilisée pour réduire la charge thermique atteignant le toit. Cela se fait en faisant couler une fine couche d'eau sur la surface du toit,

convertissant la chaleur sensorielle en chaleur latente d'évaporation de l'eau. Des études ont montré que cette technologie réduit la température interne jusqu'à 6°C par rapport aux serres non ombragées.

L'ajout d'eau pulvérisée au plafond permet une diminution de la température interne allant de 1,1 à 5,4 degrés Celsius, ce qui rend cette technologie efficace et réalisable pour fournir un environnement intérieur confortable dans les climats chauds. [24].

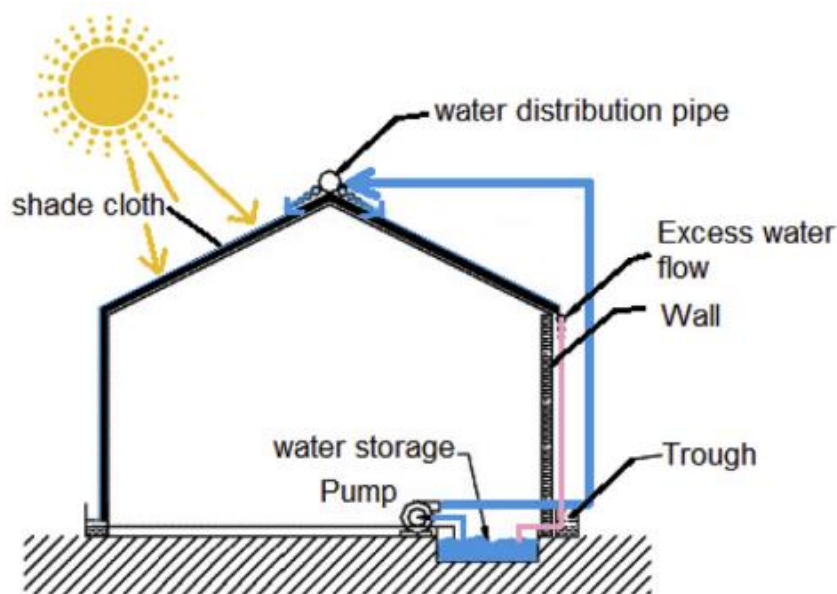


Fig. 6 : refroidissement par système d'évaporation du toit[27].

8- Systèmes de brumisation



Fig.7 : refroidissement par un système de brumisation [27]

Les systèmes de brumisation sont une méthode de refroidissement efficace et populaire utilisée principalement dans les serres commerciales. Ces systèmes fonctionnent en humidifiant l'air ambiant à l'intérieur de la serre, qui est conditionné par la pression de

l'eau et pulvérisé par de petites buses dans un tube de brouillard monté en hauteur dans la serre. Les systèmes à brouillard sont généralement appliqués en complément du processus de refroidissement principal, notamment en été, et donnent de meilleurs résultats dans des conditions climatiques chaudes et sèches. Les systèmes de brouillard peuvent fonctionner à haute pression (40 bars), propulsant des gouttelettes de 10 à 30 μm , ou à basse pression (5 bars), propulsant des gouttelettes d'un diamètre d'au moins 200 μm [25-26].

CHAPITRE III

Etude Bibliographiques

3-introductions

Dans cette recherche, nous étudierons les systèmes de refroidissement des serres, en analysant les différentes technologies et méthodes utilisées pour refroidir la serre. Nous couvrirons les systèmes traditionnels et modernes, en nous concentrant sur l'efficacité, les coûts d'exploitation et l'impact environnemental de chaque système. Nous examinerons également les applications de ces systèmes dans diverses régions géographiques, les défis auxquels ils sont confrontés et les solutions possibles pour améliorer leurs performances.

Cette recherche vise à fournir une compréhension globale des systèmes de refroidissement des serres, de l'importance de leur rôle dans l'amélioration de la production agricole et la garantie de la durabilité des ressources naturelles. Nous espérons que ce travail contribuera à fournir des informations et des solutions qui aideront les agriculteurs et les chercheurs dans ce domaine à obtenir les meilleurs résultats.

3.1 Etude de la performance energetique d'une serre tunnel (étude expérimentale)

La présente étude met en évidence les caractéristiques de performance énergétique thermique d'une soufflerie souterraine pour le refroidissement des serres utilisant un plancher galvanisé enterré en forme de U d'une longueur horizontale de 47 mètres et d'un diamètre nominal de 56 cm comme échangeur de chaleur. Ce système est conçu et installé à l'Institut de l'énergie solaire de l'Université égéenne d'Izmir, en Turquie. Les systèmes de soufflerie souterrains, également connus sous le nom d'échangeurs de chaleur géopneumatiques, sont connus comme d'excellents systèmes de chauffage, de refroidissement et de chauffage. En revanche, ils n'ont pas encore été utilisés sur le marché turc. Les serres ont également un potentiel économique important en Turquie dans le secteur agricole. Les serres doivent être refroidies pendant l'été ou les journées chaudes. Afin d'établir des conditions de croissance optimales dans les serres, les sources d'énergie renouvelables doivent être utilisées autant que possible. L'utilisation efficace des souffleries souterraines avec une technologie appropriée dans le domaine

des serres modernes devrait jouer un rôle de premier plan en Turquie dans un avenir proche

.Le système de tunnel d'air souterrain a été installé à l'Institut de l'énergie solaire de l'Université égéenne à Izmir, en Turquie, où il est situé à 38,240 de latitude nord et 27,500 de longitude est. La serre solaire a été placée vers le sud le long de l'axe sud-nord, et la serre sera adaptée pendant l'été et l'hiver en fonction des besoins des produits agricoles qui y seront cultivés. Le schéma du système montre l'utilisation d'un tuyau galvanisé souterrain avec un ventilateur pour maintenir la température de la serre dans l'état sélectionné. Un ventilateur d'air de qualité positive (compresseur à deux lobes) d'une puissance de 736 W et d'un débit volumétrique de 5300 m³/h est installé avec la tête d'aspiration située dans le coin sud-ouest de la serre. Lorsque l'air chaud passe à travers le tuyau d'air souterrain, il se refroidit et le sol autour du tuyau est chauffé, réduisant ainsi le transfert de chaleur. Le système de tunnel d'air pour le battage est activé pendant la journée et éteint la nuit pour reconstituer le sol autour des tuyaux [27-28] .

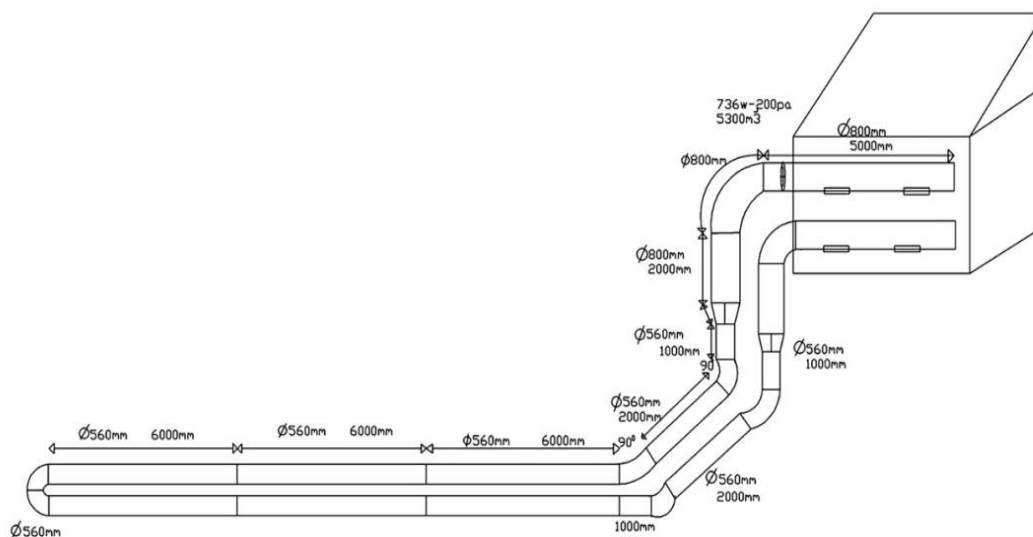


Fig. 8 : Schéma du montage expérimental du système de tunnel aérien souterrain [28]

3.1.2 Conclusion

Dans l'étude actuelle, les résultats ont été obtenus à partir d'expériences menées pendant la période de chauffage du 5 octobre 2009 au 9 octobre 2009. La température et l'humidité relative d'une serre ont été mesurées à 37 °C et 13 %, respectivement. Le débit d'air d'aspiration moyen a été établi à 459,27 m³ par heure par kilowatt de refroidissement, avec une puissance de circulation de 63,7 watts par kilowatt de refroidissement. La température moyenne d'entrée d'air maximale pendant cette période était d'environ 41,22 degrés Celsius. La différence de température moyenne maximale entre l'entrée et la sortie du tunnel de vent souterrain a été obtenue à environ 4,22 °C. [29-30] .

3.2 Évaluation des performances de trois types différents de coussins de refroidissement par évaporation locaux dans les serres au Soudan

Cette étude a été menée à la Palm and Dates Technologie Compagnie Limited, Shama, État de Khartoum. Évaluation de la performance de trois types de coussins de refroidissement par évaporation dans une serre par rapport aux conditions du coussin extérieur (de contrôle) de la serre. L'évaluation des performances comprend des facteurs environnementaux (température et humidité relative à certains moments) et des paramètres de culture (longueur et diamètre de la tige, nombre et largeur des feuilles, longueur et diamètre des fruits, poids des fruits, matière sèche et nouaison).

3.2.2 Résultats

Treatment	Temperature (°C)		
	at 8 am	at 1 pm	at 6 pm
Straw pads (SP)	25.10 b	30.73 d	27.40 d
Celdek pads (CP)	25.77 b	31.87 c	29.00 c
Sliced wood pads (SWP)	26.39 b	32.97 b	30.89 b
Outside	32.74 a	42.50 a	36.30 a
SE±	1.62	0.32	0.46
CV%	4.12	1.73	2.45

Tableau.1 : Température à l'intérieur et à l'extérieur de la serre.

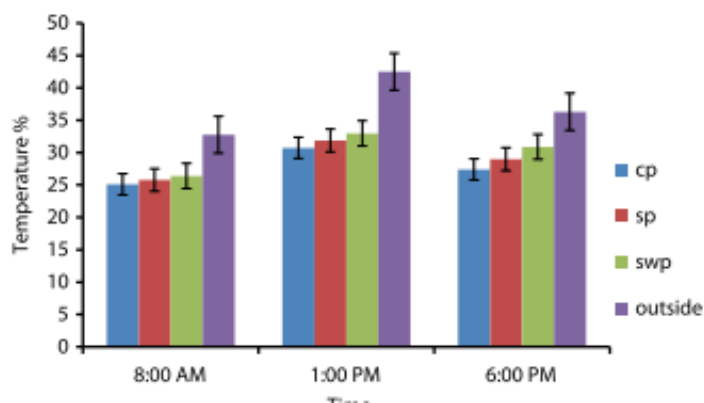


Fig. 9 : Température à l'intérieur et à l'extérieur de la serre à 8h, 13h et 18h

De l'ensemble des résultats obtenus à partir de ce travail de recherche, on peut conclure ce qui suit. Il n'y avait pas de différence significative de température entre les trois types de serres évaporatives à 8 heures du matin. Par conséquent, des résultats similaires ont été obtenus avec l'utilisation de différents types de coussins de refroidissement par évaporation.

Il existe des écarts de température importants entre les différents types de serres à 13 heures et à 18 heures. La serre avec des panneaux de bois coupés donnait la température la plus élevée, tandis que la serre avec des panneaux de paille donnait la température la plus basse.

Les conditions à l'extérieur des serres, en termes de température, étaient significativement différentes de celles à l'intérieur et donnaient des températures plus élevées dans les trois mesures [31-32].

3.3 Une étude sur l'impact de différentes méthodes de refroidissement sur l'environnement intérieur des serres utilisées pour les *Lentinula Edodes* pendant l'été

Les champignons shiitake (*Lentinula edodes*) sont fabriqués dans la région du désert de Gobi au sud, et le Xinjiang a connu un développement rapide et a atteint un certain niveau. Afin de clarifier les lois régissant les différentes méthodes de refroidissement dans les serres et de déterminer les méthodes appropriées de production de champignons dans ce domaine, cette étude s'est concentrée sur la surveillance de l'environnement et les changements dans les serres à l'aide de trois méthodes de refroidissement différentes : refroidissement par ventilation naturelle, refroidissement par pulvérisation d'eau sur le toit, système de refroidissement par ventilateur et coussin.



Fig 10 : Toit de serre vu de l'intérieur[32]

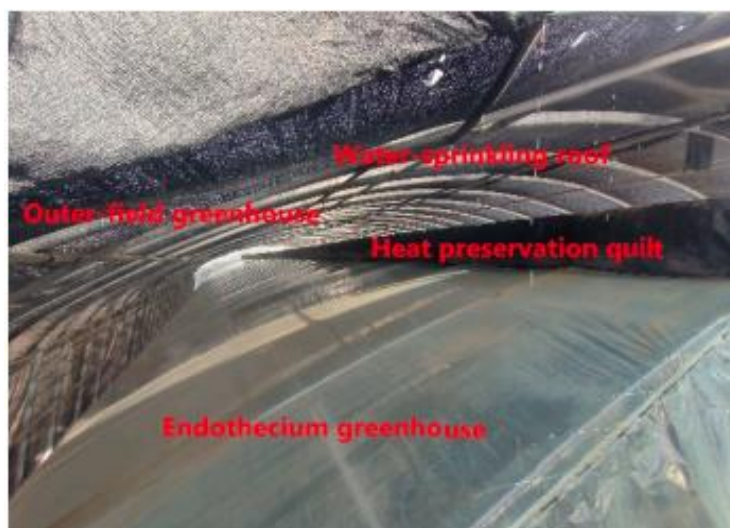


Fig. 11 : Serre à double toit avec technologie de refroidissement par pulvérisation[32]

Les données de surveillance environnementale d'une serre ont été recueillies pendant la période du 21 au 25 juillet 2022, pendant cinq jours consécutifs. Le changement quotidien de température à l'intérieur et à l'extérieur de la serre a été représenté à l'aide de différentes méthodes de refroidissement. Il a été observé que les températures les plus élevées à l'extérieur de la serre se produisent vers 17h00 tous les jours, atteignant un pic de 45,1°C à midi le 25 juillet. Les températures extérieures les plus basses ont été observées entre 7h00 et 8h00, et la température la plus basse a été enregistrée à 7h50 le 24 juillet à 21,3 degrés Celsius. Il a été démontré que les tendances de température des différentes méthodes de refroidissement correspondent aux différences de température extérieure, les routes NVC et FPC atteignant leurs niveaux les plus élevés

vers 17h00, atteignant respectivement 37°C et 31,1°C, tandis que la serre WSC atteint sa température la plus élevée entre 18h00 et 19h00 atteignant 27,2°C[33-34].

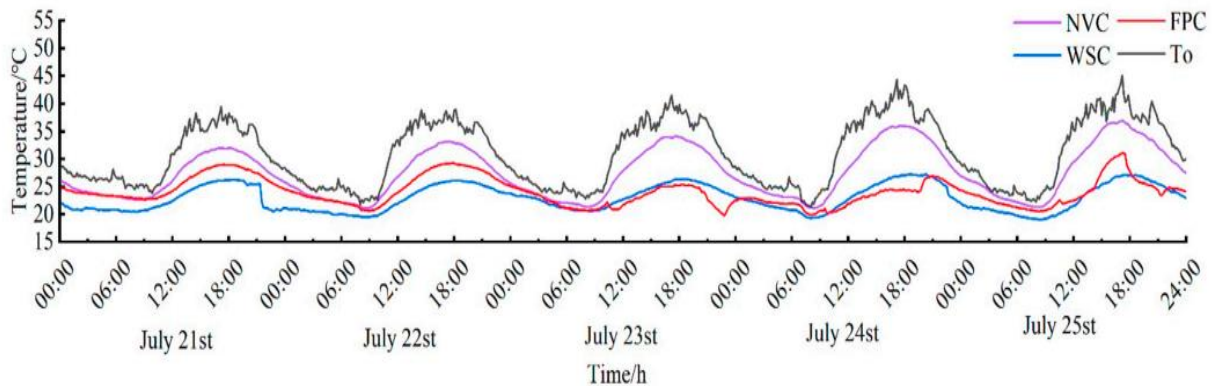


Fig. 12 : Changements de température à l'intérieur et à l'extérieur de la serre pendant 5 jours consécutifs avec différentes méthodes de refroidissement

Cette étude a abouti à plusieurs conclusions importantes :

- 1- Le refroidissement du toit par pulvérisation d'eau s'est révélé très efficace dans le contrôle de la température et de l'humidité à l'intérieur des bâtiments agricoles. Le degré de diminution de la température interne en utilisant différentes méthodes de refroidissement a atteint respectivement 8,6 degrés Celsius, 14,0 degrés Celsius et 15,2 degrés Celsius pour la ventilation naturelle, le ventilateur et l'oreiller, et le refroidissement du plafond par pulvérisation d'eau. L'humidité relative a également augmenté de 15,3 %, 43,3 % et 51,2 % pour la ventilation naturelle, le ventilateur et l'oreiller, et le refroidissement du toit par pulvérisation d'eau, respectivement.
- 2- Le refroidissement du toit par pulvérisation d'eau a montré une efficacité de refroidissement plus élevée avec une efficacité de refroidissement moyenne de 68,1 % et un maximum de 79,2 %. Alors que le refroidissement par ventilateur et par tampon a l'efficacité de refroidissement la plus faible, la ventilation naturelle a le niveau d'efficacité de refroidissement le plus bas.
- 3- Le refroidissement du toit par pulvérisation d'eau a montré la meilleure uniformité des changements de température à l'intérieur de la serre, tandis que la ventilation naturelle et le refroidissement par ventilateur et par coussin ont montré de fortes différences de température dans le sens de la hauteur et de la portée.

Sur la base de ces résultats, on peut conclure que le système de refroidissement du toit par pulvérisation d'eau offre le meilleur effet de refroidissement, la meilleure uniformité et les meilleurs avantages économiques, ce qui le rend plus adapté à la culture de champignons shiitake en été dans la région aride de Gobi, au sud du Xinjiang [35-36].

CHAPITRE IV

Matériels et méthodes

Caractéristiques de la zone d'étude

Ce travail a été réalisé à l'Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables à Ghardaïa, en Algérie, durant la période du 23-02-2024 au 30-06-2024

Ghardaïa est située dans le sud de l'Algérie, à environ 595 km au sud de la mer Méditerranée. À 32°36 N de latitude et 3°80 de longitude E, il a une altitude moyenne de 469 mètres au-dessus du niveau de la mer. Comme il s'agit d'une zone désertique, les jours d'ensoleillement moyens sont de 77 % et le rayonnement solaire quotidien total annuel moyen est d'environ 7 kWh/m² sur les surfaces horizontales.

Parce que la wilaya de Ghardaïa est située dans des zones désertiques, son climat est désertique sec et les températures varient entre le jour et la nuit, et entre l'hiver et l'été, la température varie entre 1 et 25 degrés, et entre 24 et 48 degrés en été. Le temps est doux au printemps et en automne, et le ciel est dégagé en été, la plupart des jours de l'année, les précipitations sont d'environ 60 mm par an, avec des vents de qualité variable d'une saison à l'autre. Venant du sud-ouest, surtout à la fin de l'hiver et au début du printemps, ce sont les vents froids qui provoquent les précipitations, avec une vitesse moyenne allant jusqu'à 22 m/s en hiver, tandis que les vents forts et secs sont connus sous le nom de vents secs. Il souffle du sud-est, atteignant une vitesse moyenne de 26 m/s pendant l'été [37].

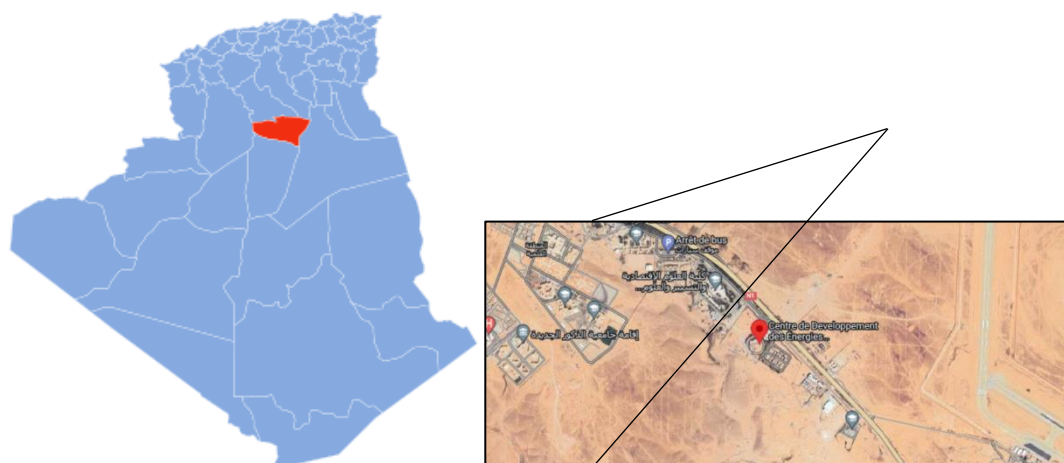


Fig. 13 : Localisation des travaux appliqués sur la carte [37]

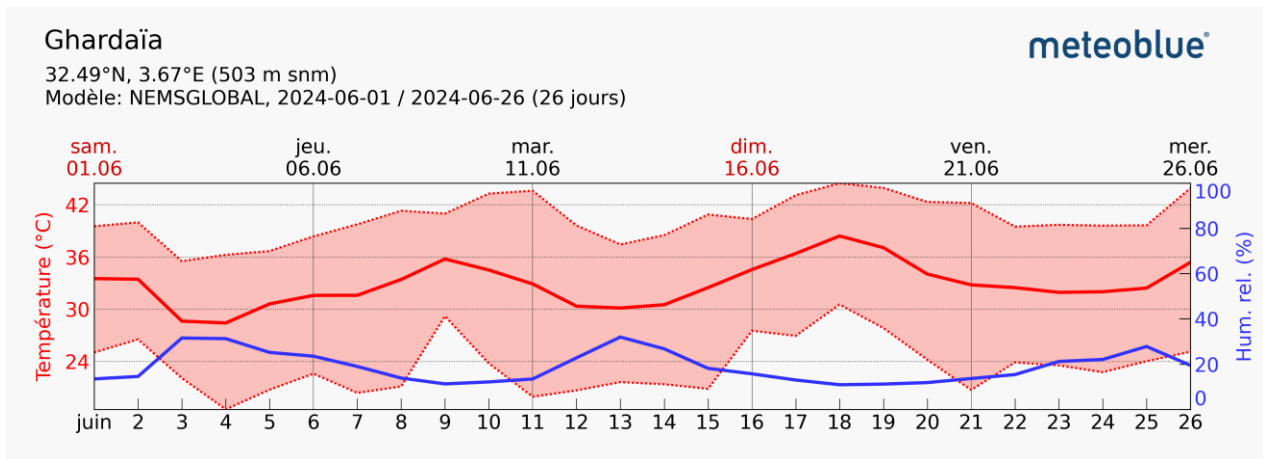


Fig. 14 : Courbe de température et d'humidité pour juin 2024

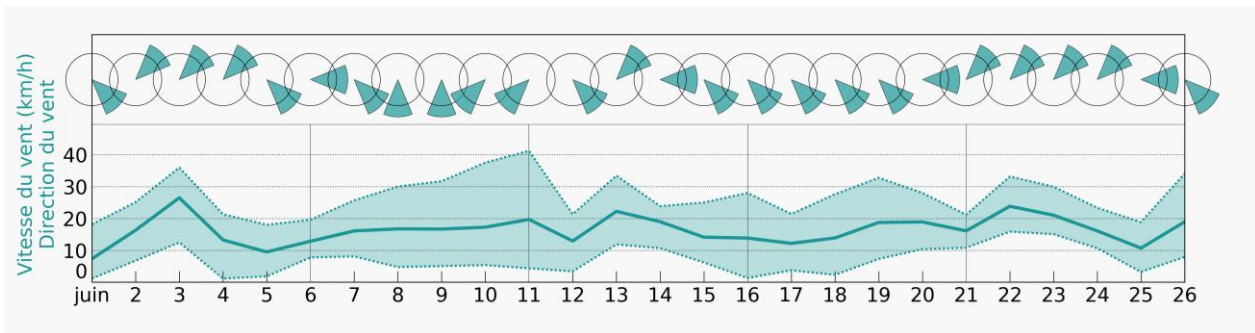


Fig. 15 : Courbe et direction du vent pour juin 2024

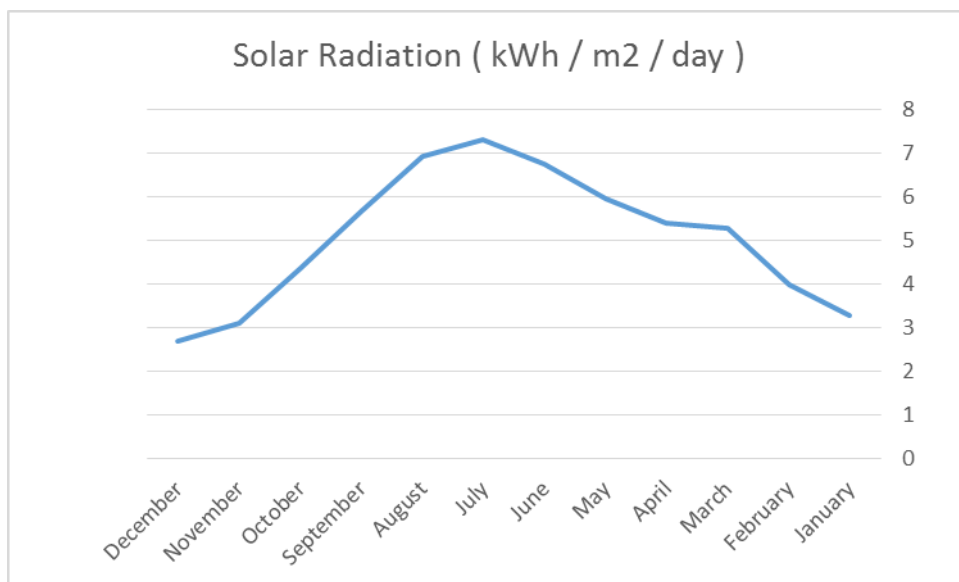


Fig. 16 : Radiation Solaire Global 2024

Partie expérimentale

Capteur utilisé

Dans notre projet, nous avons utilisés trois (3) capteurs de température et d'humidité de type _SHT30.



Fig. 17 : Capteur SHT 30[38]

Le SHT30 est utilisé dans de nombreuses applications, telles que les systèmes de contrôle du climat et de surveillance de l'environnement, les capteurs dans les bâtiments intelligents, les soins de santé, l'agriculture et autres. Il peut également être utilisé dans les capteurs portables et l'électronique domestique.

Le SHT30 est un capteur de température et d'humidité efficace et précis, combinant des performances élevées avec une faible consommation d'énergie dans une structure compacte, ce qui en fait un excellent choix pour une large gamme d'applications.

Les caractéristiques de ce capteur sont les suivants :

Nom de la pièce SHT30

Plage d'humidité Humidité relative de 0 à 100%

Plage de température -40°C à 125°C

Nombre de broches 4 broches

VCC* : Pour l'alimentation (généralement 3,3 V ou 5 V)

GND* : Terrestre

SCL* : Ligne d'horloge pour la communication I2C

SDA* : Ligne de données pour la communication I2C


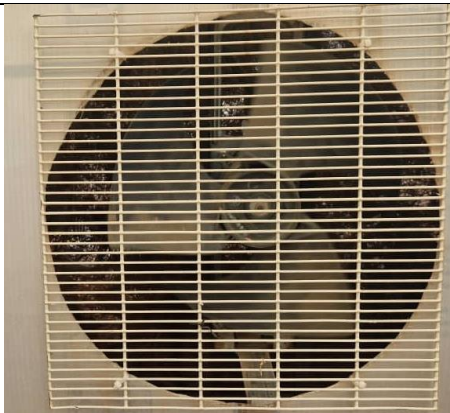
Température de fonctionnement -25 à 70°C

Tension d'alimentation : 3 à 5V

Forme cylindrique d'un diamètre de 14 mm et d'une longueur de 50 mm

Système d'acquisition utilisé ;

Le tableau suivant comprend les appareils utilisés dans notre projet d'application

Figure	Les composants	Caractérisation technique
	Une carte Arduino est une petite Carte électronique équipée d'un microcontrôleur. Permet à programmer et commander des actionneurs	Tension d'alimentation interne = 5V - Courant max sur sortie 3,3V = 50Ma - Dimensions = 68.6mm x 53.3mm - Entrées/sorties numériques : 14 dont 6 sorties PWM Entrées analogiques = 6
	3 Ventilateurs de refroidissement AC	Dimensions : 40 x40 x 10 cm •Tension : 220 V • Vitesse : 1800 tr/min •Longueur du câble : 60 cm


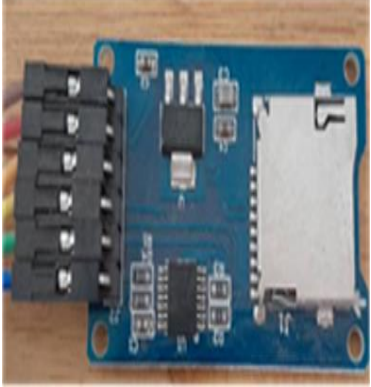
	<p>un horologe temps reel</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Alimentation : 4,5V à 5,5V -Consommation : 1,5 mA typ. (0,5 mA en mode batterie de secours) - Interface : I2C. -Heure : Minutes: secondes AM/PM. Jour mois, Date-Anne. -RTC basé sur DS1307 sans batterie LIR2032 - 56 octets de mémoire Non volatile disponibles pour l'utilisateur. -Taille : 2.9cm x 2.6cm - 1.14 pouces x 1.02 pouces. -Poids : 5g
	<p>Micro SD Carte Adapter Module</p>	<ul style="list-style-type: none"> --Operating Voltage: 4.5V - 5.5V DC - Current Requirement: 0.2-200 mA - 3.3 V on-board Voltage Regulator - Supports FAT file system - Supports micro-SD up to 2GB - Supports Micro SDHC up to 32GB

Tableau 1 : Les composants utilisés [39]

Conception de serre :

La serre se caractérise par ses grandes dimensions, puisqu'elle mesure 4,4 mètres de long, 3 mètres de large et sa hauteur varie de 190 cm à 210 cm .

Il est fixé par des poteaux en fer pour résister au vent et est équipé de filtres d'entrée et de sortie d'air pour garantir un flux d'air frais sans insectes et un transfert de chaleur efficace.

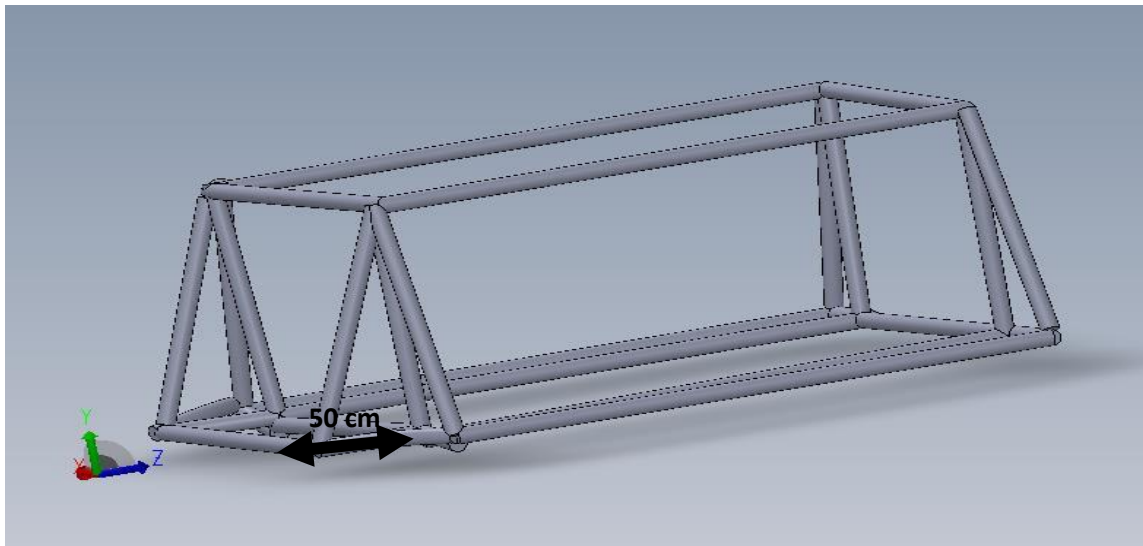


Fig 18: Dimensions de la serre



Fig 19: Filtres à insectes



Fig. 20 : Emplacement du capteur

Système de refroidissement

Le système de refroidissement par ventilateur est conçu pour répondre aux besoins de l'agriculture dans les régions chaudes et sèches où l'impact négatif de la chaleur sur les plantes est perceptible. Le système de refroidissement est fabriqué à partir de fibres naturelles extraites de palmiers locaux, ce qui le rend respectueux de l'environnement et efficace pour fournir des conditions optimales pour la croissance des plantes. Les dimensions de l'oreiller utilisé dans le système de refroidissement sont de 2 mètres de long et un mètre de large, et son épaisseur est de 10 centimètres. Ces fibres sont minutieusement installées dans le système de refroidissement pour assurer une répartition uniforme du froid et en tirer le meilleur parti



Côté inférieur



Côté intérieur

Fig 21: Système PAD

Pompe à eau pour réutilisation :

Pompe à eau pour réutilisation :

RS-033 est une petite pompe de filtration conçue pour la filtration de l'eau dans les aquariums et les petits systèmes de circulation d'eau. Voici quelques-unes des principales spécifications de cette pompe :

Spécification du RS-033

Débit d'eau : peut pomper jusqu'à 650 l/h

ce qui le rend adapté aux petits éviers et ,
.armoires

Hauteur de pression : peut pomper à une hauteur allant jusqu'à 1,6 mètre

Filtre : Équipé d'un filtre en coton amovible pour la purification de l'eau

Consommation électrique : ne consomme qu'environ 6 watts d'énergie électrique

Matériau : Fabriqué en plastique solide résistant .à la rouille et à la corrosion

Facile à installer : Livré avec des tubes de connexion et des accessoires pour une .installation facile



Fig 22 : Pompe à eau



Fig 23 : Pompe à eau à l'intérieur du réservoir

Ventilation latérale:

En cas de surchauffe, on ouvre les côtés pour ventiler et ajuster la température



Fig 24 : Fermez et ouvrez la ventilation latérale

Câblage et système d'acquisition :

Dans notre projet, nous devons utiliser 3 capteurs qui mesurent la température et l'humidité SHT30, système de câblage, Arduino et Carte mémoire et horloger Régulateur 24V et Ventilateurs alimentées avec Les ventilateurs 220V sont connectés au secteur.



Fig. 25 : Système de Câblage

CHAPITRE V

Résultats et Interpretations

1- Introduction

Les données collectées étaient des données quotidiennes, mais ont été traitées au sens avec le package Microsoft Excel. Les graphes tracés de la température de l'humidité montre qualitativement que la température dans les deux serre plus levée que l'extérieur mais elle est plus faible dans la serre expérimentale par rapport à la serre témoin, tandis que l'humidité est plus élevée dans la serre refroidis par le système utilisé avec un écart remarquable par rapport a la serre témoin et l'extérieur ces deux remarque nous a permis de dire que le système de refroidissement utilisé a fait atteint notre objectif

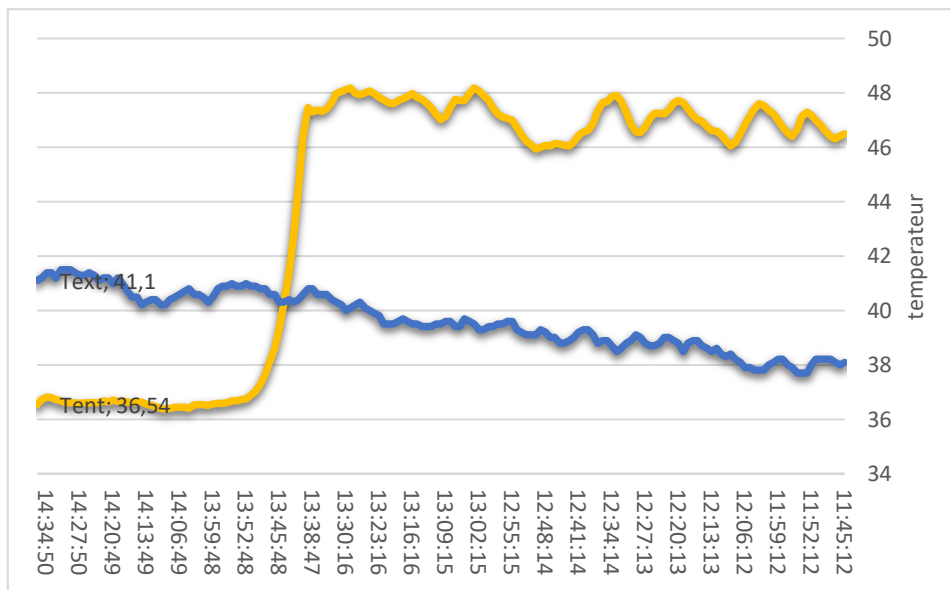


Fig. 26 : Evolution de la température dans la serre et l'extérieure

23-06-2024

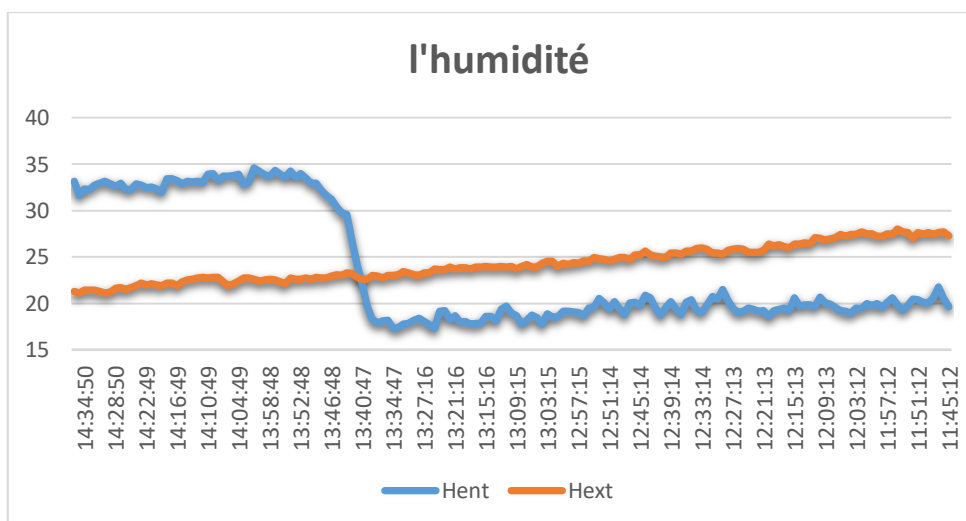


Fig 27 : Evolution de l'humidité dans la serres et l'extérieure

2- réseau de neurones artificiels

Un réseau neuronal artificiel (RNA) est un modèle informatique qui simule le fonctionnement des neurones du cerveau humain .

. Ils sont constitués d'unités simples connectées les unes aux autres, appelées « neurones synthétiques », qui traitent des informations provenant de sources externes

Les réseaux neuronaux sont conçus pour simuler la capacité d'apprentissage et le raisonnement humains, apprendre à partir d'exemples d'entraînement et développer des stratégies pour traiter des problèmes complexes tels que la reconnaissance et la classification des formes .

3- Comment prédire dans le MATLAB

L'outil ANN et la commande nntool ont été utilisés pour créer et entraîner des modèles dans MATLAB R2016b et tester. Dans cette étude, la couche de sortie se compose d'un neurone et les trois neurones de la couche d'entrée sont liés au nombre de variables d'entrée dans le réseau.

L'entrée de chaleur externe, de carbone interne, d'humidité et de sortie est de la chaleur interventionnelle

Après avoir collecté des données pendant environ un mois, nous les classons en 4 entrées à traiter, et l'étude est réalisée comme suit :

Étape 1 : Division des données en 3 groupes Formation, évaluation et test

Étape 2 : Identifier les variables d'entrée pour le modèle

Étape 3 : Construire le modèle avec la structure ANN

Étape 4 : Évaluation de la prévisibilité du modèle proposé

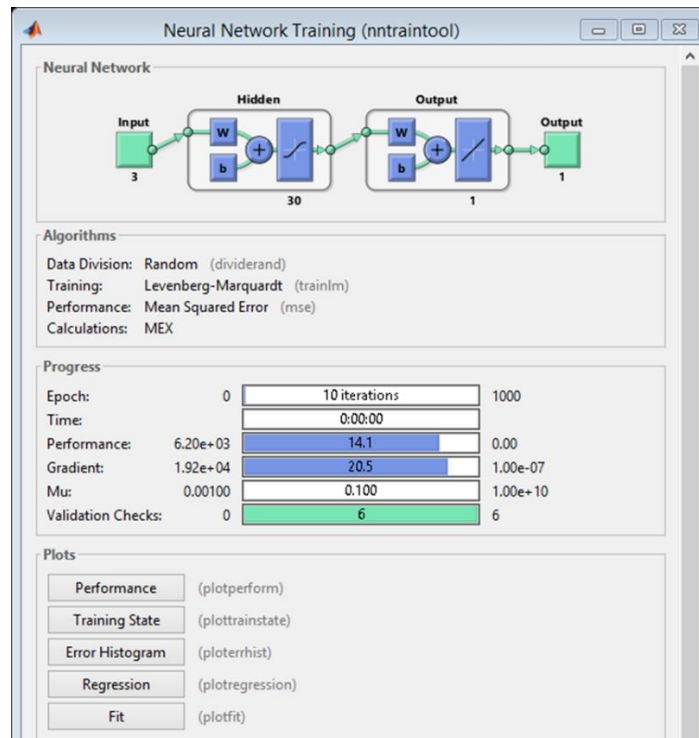


Fig28 : Environnement de formation de réseau neuronal.

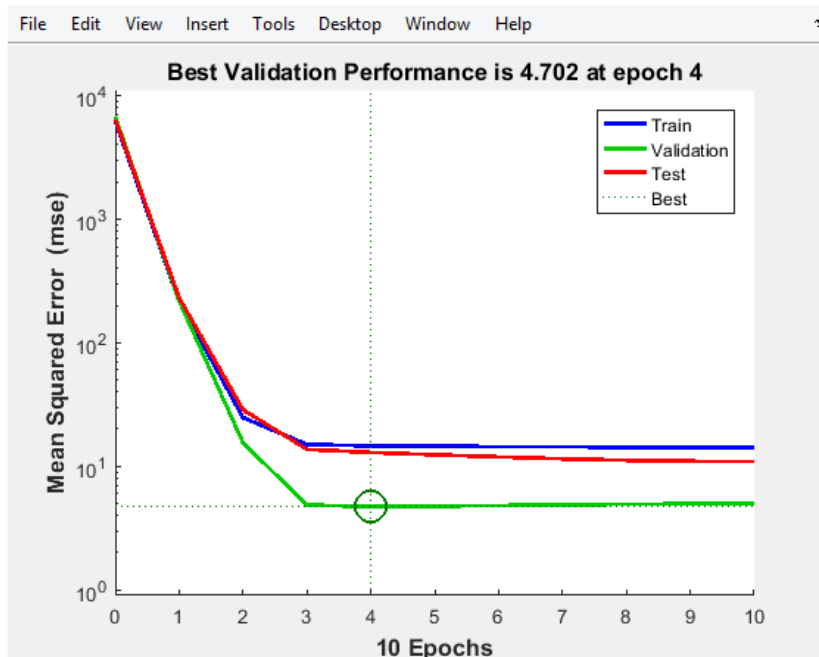


Fig29 : Tracé de performance.

La (Fig 29) est le tracé entre la cible et la sortie. Ce graphique est tracé pour la formation, les tests, la validation et tout. La valeur R de la formation est de 0,9708, pour la validation est de 0,99999, pour les tests et pour tous, elle est de 0,99939. Ces valeurs sont plus proches de 1. Quatre parcelles avaient montré la sortie des données de

formation, de validation et de test. Ces graphiques montrent comment le modèle sera capable de prédire les résultats après érudition à partir des relations entre les variables d'entrée et cibles.

Ces valeurs indiquent que l'ajustement est bon. La régression (valeur R) est de 97.07% pour la réponse totale. La (fig30), la courbe de validation entre la prédiction et les températures mesurées tandis que la (fig.31), représente un zoom de la figure précédentes, par contre la (fig.32) contient le rapport de validation avec une régression entre Target et entré représentés sur la (fig.32).

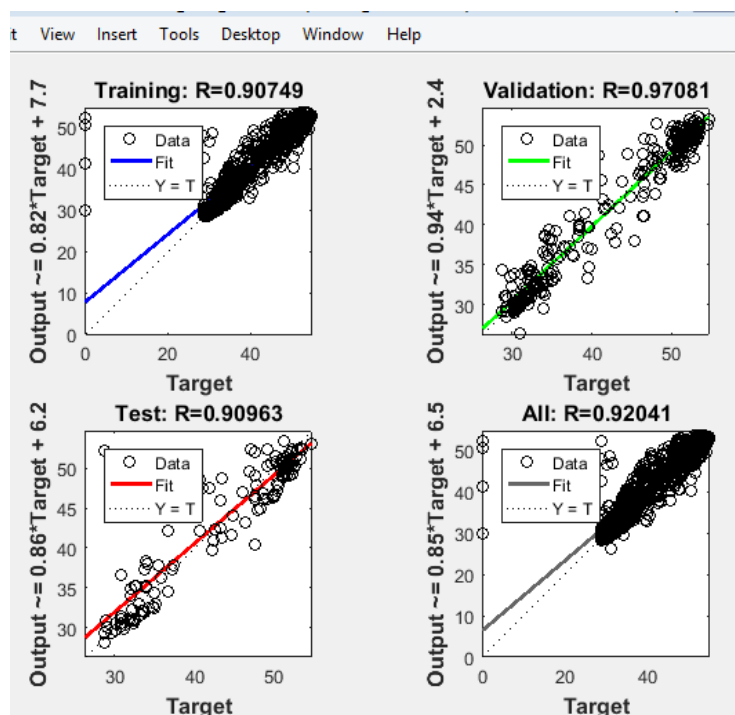


Fig30: Graphe de Régression

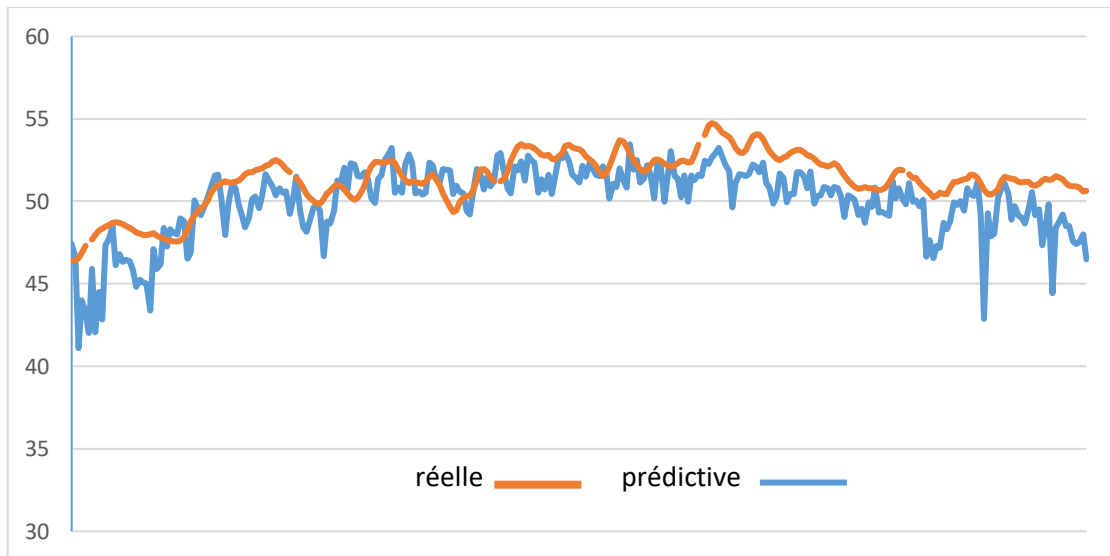
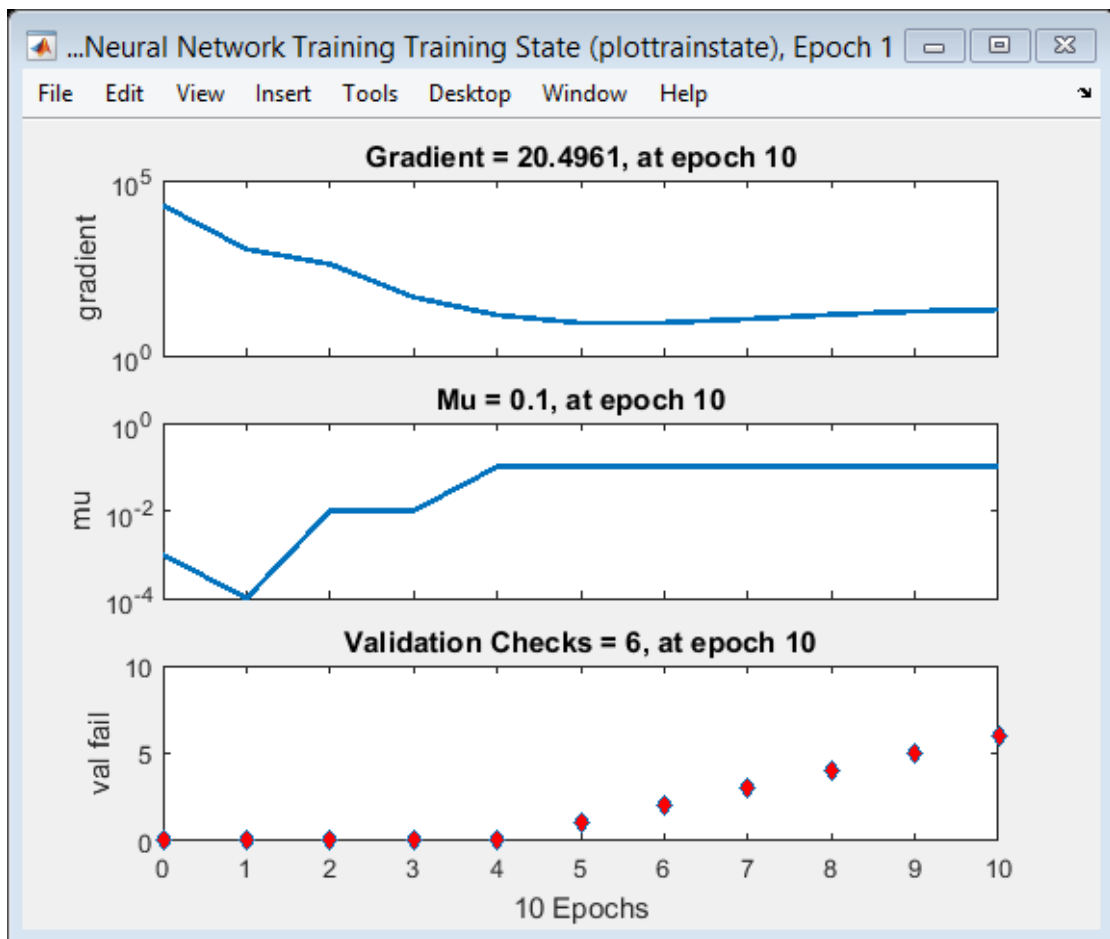


Fig.31: Température estimé et réelle à l'aide de modèles empiriques ANN.



.Fig. 32: Validation des modèles empiriques ANN

Conclusion Générale

Notre étude vise à prédire et contrôler la température à l'intérieur d'une serre agricole. Pour atteindre cet objectif, nous avons mené l'étude en deux parties : une expérimentale et une numérique. Dans la partie expérimentale, l'étude s'est concentrée sur la construction d'une serre agricole équipée d'un système de refroidissement et sur sa comparaison avec une autre serre dépourvue de ce système. À la fin de l'étude, nous avons observé que le système prévu dans la serre expérimentale était significativement plus performant que dans la serre témoin. Ce succès était visible dans la différence entre les températures internes moyennes, puisque la serre témoin a enregistré plus de 50 degrés Celsius, tandis que la serre expérimentale a enregistré des températures plus basses pendant la période de collecte de données.

En revanche, le système utilisé dans la serre expérimentale s'est révélé très efficace pour abaisser la température interne, grâce au système de refroidissement par coussin et aux ventilateurs solaires. Le système de refroidissement à vapeur augmente l'humidité, offrant ainsi un environnement propice à la croissance des cultures dans cette zone. La serre est conçue pour être bien ventilée grâce aux ouvertures latérales et peut être pliée. Des moustiquaires étaient également utilisées dans les ouvertures et les portes pour empêcher l'entrée d'insectes susceptibles d'altérer la qualité des produits ou de transmettre des maladies aux plantes.

L'utilisation d'ombrages permet de réduire le rayonnement solaire entrant dans la serre, ce qui contribue à abaisser considérablement la température après son installation. Les brise-vent se sont également révélés efficaces pour réduire la vitesse du vent et l'empiétement de sable, puisque la serre expérimentale n'a subi aucun dommage lorsque la vitesse du vent a atteint 65 km/h, tandis que la serre témoin a subi de graves dommages et a perdu toute sa couverture.

Ce système rendait l'environnement intérieur de la serre adapté aux plantes des climats chauds, secs et semi-arides, où la culture était souvent confrontée à de grandes difficultés. Ces solutions peuvent être utiles, par exemple, dans la culture des tomates, où les températures élevées affectent leur productivité et provoquent des brûlures. Grâce à des outils d'intelligence artificielle, nous avons pu prédire la température interne de la serre grâce au réseau neuronal et aux données que nous avons collectées pendant environ un mois. Nous recommandons de tester ce système sur une ferme de notre région pour vérifier son efficacité dans différents environnements.

Références Bibliographiques

- [1]. Rabbi, B.; Chen, Z.H.; Seth Venkatraman, S. Protected cropping in warm climates: A review of humidity control and cooling methods. *Energies* **2019**, *12*, 2737.
- [2]. Villagran, E.; Leon, R.; Rodriguez, A.; Jaramillo, J. 3D numerical analysis of the natural ventilation behavior in a Colombian greenhouse established in warm climate conditions. *Sustainability* **2020**, *12*, 8101.
- [3]. Revathi, S.; Sivakumaran, N.; Radhakrishnan, T.K. Design of solar-powered forced ventilation system and energy-efficient thermal comfort operation of greenhouse. *Mater. Today Proc.* **2021**, in press.
- [4]. Villagrán, E.; Rodríguez, A. Analysis of the Thermal Behavior of a New Structure of Protected Agriculture Established in a Region of Tropical Climate Conditions. *Fluids* **2021**, *6*, 223.
- [5]. Ben Amara, H.; Bouadila, S.; Fatnassi, H.; Arici, M.; Allah Guizani, A. Climate assessment of greenhouse equipped with south-oriented PV roofs: An experimental and computational fluid dynamics study. *Sustain. Energy Technol. Assess.* **2021**, *45*, 101100. [CrossRef]
- [6]. Rojas-Rishor, A. Análisis del Comportamiento Térmico de un Invernadero Construido en Ladera, Aplicando Dinámica de Fluidos Computacional. Bachelor's Thesis, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Agrícola, Universidad de Costa Rica, San Pedro, Costa Rica, 2015. Available online: <https://www.ingbiosistemas.ucr.ac.cr/wpcontent/uploads/2016/02/tesisadriana-rojas.pdf> (accessed on 10 May 2021).
- [7]. Villagran, E.; Henao-Rojas, J.C.; Franco, G. Thermo-Environmental Performance of Four Different Shapes of Solar Greenhouse Dryer with Free Convection Operating Principle and No Load on Product. *Fluids* **2021**, *6*, 183.
- [8]. Zhou, D.; Meinke, H.; Wilson, M.; Marcelis, L.F.M.; Heuvelink, E. Towards delivering on the sustainable development goals in greenhouse production systems. *Resour. Conserv. Recycl.* **2021**, *169*, 105379.
- [9]. Graamans, L.; Baeza, E.; van den Dobbelaars, A.; Tsafaras, I.; Stanghellini, C. Plant factories versus greenhouses: Comparison of resource use efficiency. *Agric. Syst.* **2018**, *160*, 31–43.
- [10]. Ramírez Vargas, C.; Nienhuis, J. Evaluación del crecimiento y productividad del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo cultivo protegido en tres localidades de Costa Rica. *Rev. Tecnol. Marcha* **2012**, *25*, 3.
- [11]. Villagran, E.; Bojacá, C.; Akrami, M. Contribution to the sustainability of agricultural production in greenhouses built on slope soils: A numerical study of the microclimatic behavior of a typical Colombian structure. *Sustainability* **2021**, *13*, 4748.
- [12]. Akrami, M.; Javadi, A.A.; Hassanein, M.J.; Farmani, R.; Dibaj, M.; Tabor, G.R.; Negm, A. Study of the effects of vent configuration on mono-span greenhouse ventilation using computational fluid dynamics. *Sustainability* **2020**, *12*, 986.

- [13]. Villagran Munar, E.A.; Bojacá Aldana, C.R.; Rojas Bahamon, N.A. Determination of the thermal behavior of a Colombian spatial greenhouse through computational fluid dynamics. *Rev. UDCA Actual. Divulg. Cient.* 2018, 21, 415–426.
- [14]. McCartney, L.; Lefsrud, M.G. Field trials of the natural ventilation augmented cooling (NVAC) greenhouse. *Biosyst. Eng.* 2018, 174, 159–172.
- [15]. He, X.; Wang, J.; Guo, S.; Zhang, J.; Wei, B.; Sun, J.; Shu, S. Ventilation optimization of solar greenhouse with removable backwalls based on CFD. *Comput. Electron. Agric.* 2018, 149, 16–25.
- [16]. Espejel Trujano, D.; López Cruz, I.L. Determinación de las tasas de ventilación natural en un invernadero mediante modelos teóricos y gases trazadores. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2013, 4, 185–198.
- [17]. Villagrán-Munar, E.A.; Bojacá-Aldana, C.R.; Acuña-Caita, J.F. Diseño Y Evaluación Climática de un Invernadero Para Condiciones de Clima Intertropical de Montaña. Master's Thesis, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 2016. Available online: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/56572/1072644298.2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed on 1 May 2021).
- [18]. López, A.; Valera, D.L.; Molina-Aiz, F. Sonic anemometry to measure natural ventilation in greenhouses. *Sensors* 2011, 11, 9820–9838.
- [19]. Molina-Aiz, F.D.; Norton, T.; López, A.; Reyes-Rosas, A.; Moreno, M.A.; Marín, P.; Espinoza, K.; Valera, D.L. Using computational fluid dynamics to analyse the CO₂ transfer in naturally ventilated greenhouses. *Acta Hortic.* 2017, 1182, 283–292.
- [20]. De Pedro, L.F. Invernaderos en Regiones Tropicales Y Sub-Tropicales Balance de Energía, Diseño Y Manejo del Ambiente Físico. Master's Thesis, Universidad Nacional de Formosa en convenio con el Gobierno de la Provincia—Instituto Universitario de Formosa, Laguna Blanca, Argentina, 2015. Available online: <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/> (accessed on 23 March 2021).
- [21]. Arellano-García, M.; Marco, A.; Valera-Martínez, D.L.; Urrestarazu-Gavilán, A.; Murguía-López, M.R.; Zermeño-González, J. Ventilación natural Y forzada de invernaderos tipo Almería Y su relación con el rendimiento de tomate. *Terra Latinoam.* 2011, 29, 379–386.
- [22]. Espinoza, K.; López, A.; Valera, D.L.; Molina-Aiz, F.D.; Torres, J.A.; Peña, A. Effects of ventilator configuration on the flow pattern of a naturally-ventilated three-span Mediterranean greenhouse. *Biosyst. Eng.* 2017, 164, 13–30.
- [23]. Bojacá, C.R.; Villagrán, E.A. Diseño, construcción y evaluación de un invernadero para el cultivo de flores de corte en las condiciones del occidente de la Sabana de Bogotá. In *Productos Relevantes del Proyecto Fortalecimiento de la Competitividad del Sector Floricultor Colombiano Mediante el uso de*

- Ciencia, Tecnología e Innovación Aplicadas en Cundinamarca; Ediciones Unisalle: Bogota, Colombia, 2021; Volume 1, pp. 12–45.
- [24]. Ruiz-García, A.; López-Cruz, I.L.; Arteaga-Ramírez, R.; Ramírez-Arias, J.A. Tasas de ventilación natural de un invernadero del centro de México estimadas mediante balance de energía. *Agrociencia* 2015, 49, 87–100.
- [25]. Morris, L.G.; Neale, F.E. *Engineering, Infrared Carbon Dioxide Gas Analyser and Its Use in Glasshouse Research*; National Institute of Agricultural Engineering: City of York, UK, 1954.
- [26]. Boulard, T.; Kittas, C.; Roy, J.C.; Wang, S. Convective and ventilation transfers in greenhouses, part 2: Determination of the distributed greenhouse climate. *Biosyst. Eng.* 2002, 83, 129–147.
- [27]. Boulard, T.; Meneses, J.F.; Mermier, M.; Papadakis, G. The mechanisms involved in the natural ventilation of greenhouses. *Agric. For. Meteorol.* 1996, 79, 31–77.
- [28]. Baptista, F.J.; Bailey, B.J.; Randall, J.M.; Meneses, J.F. Greenhouse ventilation rate: Theory and measurement with tracer gas techniques. *J. Agric. Eng. Res.* 1999, 72, 363–374.
- [29]. Villagrán, E.A.; Baeza Romero, E.J.; Bojacá, C.R. Transient CFD analysis of the natural ventilation of three types of greenhouses used for agricultural production in a tropical mountain climate. *Biosyst. Eng.* 2019, 188, 288–304.
- [30]. Flores-Velázquez, J.; Mejía-Saenz, E.; Montero-Camacho, J.I.; Rojano, A. Análisis numérico del clima interior en un invernadero de tres naves con ventilación mecánica. *Agrociencia* 2011, 45, 545–560.
- [31]. Akrami, M.; Mutlum, C.D.; Javadi, A.A.; Salah, A.H.; Fath, H.E.S.; Dibaj, M.; Farmani, R.; Mohammed, R.H.; Negm, A. Analysis of inlet configurations on the microclimate conditions of a novel standalone agricultural greenhouse for Egypt using computational fluid dynamics. *Sustainability* 2021, 13, 1446.
- [32]. Benni, S.; Santolini, E.; Barbaresi, A.; Torreggiani, D.; Tassinari, P. Calibration and comparison of different CFD approaches for air flow analysis in a glass greenhouse. *J. Agric. Eng.* 2017, 48, 49–52.
- [33]. Fidaros, D.K.; Baxevanou, C.A.; Bartzanas, T.; Kittas, C. Numerical simulation of thermal behavior of a ventilated arc greenhouse during a solar day. *Renew. Energy* 2010, 35, 1380–1386.
- [34]. Perén, J.I.; van Hooff, T.; Leite, B.C.C.; Blocken, B. CFD analysis of cross-ventilation of a generic isolated building with asymmetric opening positions: Impact of roof angle and opening location. *Build. Environ.* 2015, 85, 263–276.
- [35]. Villagrán, E.A.; Gil, R.; Acuña, J.F.; Bojacá, C.R. Optimization of ventilation and its effect on the microclimate of a Colombian multi-span greenhouse. *Agron. Colomb.* 2012, 30, 282–288.
- [36]. Baeza, E.J.; Pérez-Parra, J.J.; Montero, J.I.; Bailey, B.J.; López, J.C.; Gázquez, J.C. Analysis of the role of sidewall vents on buoyancy-driven natural

- ventilation in parral-type greenhouses with and without insect screens using computational fluid dynamics. *Biosyst. Eng.* 2009, 104, 86–96.
- [37]. Villagran Munar, E.A.; Bojaca Aldana, C.R. Study of natural ventilation in a Gothic multi-tunnel greenhouse designed to produce rose (*Rosa spp.*) in the high-Andean tropic. *Ornam. Hortic.* 2019, 25, 133–143.
- [38]. Flores-Velázquez, J.; López-Cruz, I.L.; Mejía-Sáenz, E.; Montero-Camacho, J.I. Evaluación del desempeño climático de un invernadero baticenital del centro de México mediante dinámica de fluidos computacional (CFD). *Agrociencia* 2014, 48, 131–146.
- [39]. Fragos, V.P.; Kateris, D.; Ntinis, G.K.; Firfiris, V.; Kotsopoulos, T.A. Investigation of ventilation opening positions effect on the airflow inside and outside of a greenhouse. *Acta Hortic.* 2017, 1170, 151–157.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique

Faculté des sciences et Technologies

Département d'automatique et

d'électromécanique



كلية العلوم والتكنولوجيا

قسم الآلية والكهروميكانيك

غرداية في : 2024/10/15

إذن بالطباعة (مذكرة ماستر)

بعد الاطلاع على التصحيحات المطلوبة على محتوى المذكرة المنجزة من طرف الطلبة التالية أسماؤهم:

1 الطالب (ة): سوفي محمد(SOUFI Mohamed)

2 الطالب (ة): زحي عبد الهادي (ZEHI Abdelhadi)

تخصص : تخصص : طاقات متجددة في الميكانيك

نمنح نحن الأستاذ (ة) :

الاسم واللقب	الرتبة - الجامعة الأصلية	الصفة	الامضاء
عكري فوزي	أستاذ مساعد - جامعة غرداية	رئيس	
العلي الحنوني	أستاذ محاضر - جامعة غرداية	مؤطر	
عبد الوهاب بن صديق	أستاذ بحث - وحدة البحث في الطاقات المتجددة	مؤطر مساعد	
فدور عبد المجيد	مدير بحث - وحدة البحث في الطاقات المتجددة	ممتحن	
شرقي التوفيق	أستاذ بحث - وحدة البحث في الطاقات المتجددة	ممتحن	

الإذن بطباعة النسخة النهائية المذكرة مسار الموسومة بعنوان

Forecasting the 2022-2023 Indoor Greenhouse Temperature Using artificial Intelligence

إمضاء رئيس القسم

العلمي عبد اللطيف
رئيس قسم الآلية
والكهروميكانيك

