

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

Université de Ghardaïa

N°d'enregistrement

/...../...../...../.....



كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم آلية و كهرو ميكانيك

Département de l'automatique et électromécanique

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

Master

Domaine: Sciences et Technologies

Filière: Electrotechnique

Spécialité: Master Energies Renouvelables en Electrotechnique

Thème

**Prédiction et contrôle de la température
intérieure d'une serre agricole**

Présenté par :

ADDAOUD Abdelmadjid

ARIALLAH Billal

Soutenue publiquement le...../...../.....

Devant le jury composé de:

Prénom et nom	Grade	Université	
Dr. LALMI Djemoui	MCA	Université de Ghardaïa	Encadreur
Dr. BENSEDDIK Abdelouahab	MRA	URAER de Ghardaïa	Co-encadreur
Dr. BOUARAOUR Kamel	MCA	Université de Ghardaïa	Examineur
Mr. ALLALI Mohamed	MAA	Université de Ghardaïa	Examineur

Année Universitaire 2021/2022

A decorative border of palm trees surrounds the text. The border consists of a top row of 18 palm trees, a bottom row of 18 palm trees, and two vertical columns of 18 palm trees each on the left and right sides.

DEDICACE

Je dédie ce travail

À Mes parents qui me sont les plus chers

À Mes sœurs, mes frères

À Tous les membres de ma famille,

À Grands et petits.

Abdelmadjid



DEDICACE

Je dédie ce travail

À Mes parents qui me sont les plus chers

À Mes sœurs, mes frères

À Tous les membres de ma famille,

À Grands et petits.

Billal



Remerciements

« Avant de présenter ce travail, nous tenons à remercier Allah le tout puissant pour nous avoir donné beaucoup de patience et de courage pour réaliser ce travail ».

« En premier lieu, nous remercierons Dr. Djemoui Lalmi, ex Maître de Recherche A à l'Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, Ghardaïa et maître de conférence A, l'université de Ghardaïa, en tant qu'encadreur de notre mémoire, d'avoir proposé un sujet très intéressant et pour ses conseils, sa disponibilité et pour nous avoir fait profiter de sa connaissances et de sa qualité tant professionnelle qu'humaine ».

« On tient à remercier Dr. BENSEDDIK Abdelouahab et Dr. Salah BOUHOUN pour l'aide qu'ils ont fournis et les connaissances qu'ils ont su nous transmettre. Nous les remercierons également pour leur disponibilité et la qualité de leur conseils »

« Nos respectueux remerciements à l'ensemble des membres du jury pour l'intérêt porté à notre travail »

« Nous remercierons également le Directeur de l'Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables (URAE, Ghardaïa); qui nous a permis de réaliser ce travail au sein de «l'URAE»

Abdelmadjid et Bissal

Résumé

De nombreuses méthodes d'agriculture protégée sont utilisées pour modifier l'environnement de croissance des plantes. Idéalement, la production végétale aurait lieu dans des régions qui ne nécessitent pas de structures de protection, des régions qui présentent des températures idéales. Ce n'est cependant pas le cas, car la plupart des pays, exigent diverses formes d'agriculture à environnement contrôlé pour protéger les cultures contre les extrêmes climatiques et environnementaux. Les climats arides offrent un rayonnement solaire élevé, mais présentent des conditions de température et d'humidité relative difficiles. L'objectif de ce travail de Master est la réalisation et l'expérimentation de deux serres tunnels, ces deux serres tunnels ont été instrumentés de sorte à pouvoir étudier leur comportement thermique avec et sans systèmes de refroidissement. La première, sans systèmes de refroidissement, sert de serre témoin, alors que la deuxième sera modifiée afin de tester l'influence des systèmes de refroidissement et toute modification rapportée.

Mots clés : Serre de climat aride ; Refroidissement par évaporation ; Ventilation naturelle et forcée ; Energie solaire.

ملخص

تستخدم العديد من طرق الزراعة المحمية لتعديل البيئة لنمو النبات. من الناحية المثالية ، سيتم إنتاج المحاصيل في مناطق لا تتطلب هياكل واقية ، مناطق ذات درجات حرارة مثالية. ومع ذلك ، ليس هذا هو الحال ، لأن معظم البلدان تتطلب أشكالاً مختلفة من الزراعة الخاضعة للرقابة لحماية المحاصيل من الظروف المناخية والبيئية المتطرفة. توفر المناخات القاحلة إشعاعاً شمسياً مرتفعاً ، لكن درجات الحرارة وظروف الرطوبة النسبية صعبة. الهدف من عمل الماجستير هذا هو تحقيق وتجريب دفيئتين نفقيتين ، وقد تم تجهيز هاتين الدفيئتين النفقيتين بحيث تكون قادرة على دراسة سلوكها الحراري مع وبدون أنظمة التبريد. الأول ، بدون أنظمة التبريد ، بمثابة دفيئة تحكم ، بينما سيتم تعديل الثاني لاختبار تأثير أنظمة التبريد وأي تعديلات تم الإبلاغ عنها.

الكلمات الدالة : دفيئة مناخ جاف؛ التبريد التبخيري؛ التهوية الطبيعية والقسرية ؛ الطاقة الشمسية .

Abstract

Many protected agriculture methods are used to modify the environment for plant growth. Ideally, crop production would take place in regions that do not require protective structures, regions that have ideal temperatures. This is not the case, however, as most countries require various forms of controlled-environment agriculture to protect crops from climatic and environmental extremes. Arid climates offer high solar radiation, but have difficult temperature and relative humidity conditions. The objective of this Master's work is the realization and experimentation of two tunnel greenhouses, these two tunnel greenhouses have been instrumented so as to be able to study their thermal behavior with and without cooling systems. The first, without cooling systems, serves as a control greenhouse, while the second will be modified to test the influence of the cooling systems and any reported modifications.

Key words: Arid climate greenhouse; Evaporative cooling; Natural and forced ventilation; Solar energy.

Nomenclature

Paramètres	Signification	Unité (S.I)
P	Masse volumique de l'air	$[\text{Kg.m}^{-3}]$
T	Temps	[s]
P	Pression	[Pa]
F	Force par unité de volume	$[\text{N.m}^{-2}]$
M	Viscosité dynamique	$[\text{Kg.m}^{-1} \text{s}^{-1}]$
B	Coefficient de dilatation du fluide à pression [K-1] constante	
Λ	Conductivité thermique	$[\text{W.m}^{-1} \text{.K}^{-1}]$
T	Température	[K]
C_p	Chaleur massique à pression constante	$[\text{J.Kg}^{-1} \text{.K}^{-1}]$
Φ	Variable dépendante	/
L_v		$2,45.10^6 \text{ J/kg à } 20^\circ \text{ C}$
r_a	La résistance aérodynamique externe	/
r_i	La résistance stomatique foliaire (interne),	/
u, v	Composantes de vitesses	ms^{-1}
S	Surface	m^2
N	Viscosité cinématique	m^2s^{-1}
λ	Conductivité thermique	$\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}$

Liste Des Figures

FIG. II. 1 : LA STRUCTURE.	25
FIG. II. 2 : LARGEUR D'UNE SERRE CHRONOLOGIQUE.	26
FIG. II. 3 : DIFFERENTS TYPES D'OUVERTURES DE SERRE : (A) EVENTS DE TOIT ; (B) EVENTS DE FAITE ; (C) EVENTS LATERAUX.	28
FIG. II. 4 : UNE SERRE EQUIPEE DE DISPOSITIFS DE VENTILATION FORCEE A L'INSTITUT DES REGIONS ARIDES.	28
FIG. II. 5 : UN SYSTEME DE REFROIDISSEMENT PAR ABSORPTION COUPLE A DES CAPTEURS SOLAIRES CYLINDRE-PARABOLIQUES.	30
FIG. II. 6 : SYSTEMES DE REFROIDISSEMENT PAR VENTILATEUR ET TAMPON POUR LES SERRES DE L'INSTITUT DES REGIONS ARIDES	31
FIG. II. 7 : SCHEMA DU REFROIDISSEMENT PAR SYSTEME D'EVAPORATION DU TOIT.	31
FIG. II. 8 : SCHEMA DE REFROIDISSEMENT PAR UN SYSTEME DE BRUMISATION.	32
FIG. II. 9 : SCHEMA DU SYSTEME DE REFROIDISSEMENT PAR DESHYDRATANT SOLAIRE..	34
FIG. III. 1 : SITUATION DE GHARDAÏA	39
FIG. III. 2 : EVOLUTION DE LA TEMPERATURE AMBIANTE ET RADIATION SOLAIRE GLOBAL, JANVIER 2015.	40
FIG. III. 3 : VITESSE DU VENT ET HUMIDITE, JANVIER 2015.	40
FIG. III. 4 :CAPTEUR DHT22	41
FIG. III. 5 : FILTRES A INSECTES.	44
FIG. III. 6 : CONCEPTION DE LA SERRE TEMOIN.	45
FIG. III. 7 : EMLACEMENT DU CAPTEUR.	45
FIG. III. 8 : SYSTEME DE REFROIDISSEMENT FABRIQUE PAR FIBRE DE PALMIER.	46
FIG. III. 9 : A) FILTRES A INSECTES B) VENTILATION LATERALE.	46
FIG. III. 10 : OMBRES DE LA SERRE.	46
FIG. III. 11 : ENCLOS EN FEUILLES DE PALMIER.	47
FIG. III. 12 : SYSTEME DE CABLAGE.	47
FIG. III. 13 : ARDUINO ET CATRE MEMOIRE ET HORLOGE.	48
FIG. III. 14 : VENTILATEURS ALIMENTEES PANNEAU SOLAIRE.	48
FIG. III. 15 : EVOLUTION DE LA TEMPERATURE DANS LES DEUX SERRES ET L'EXTERIEUR	49
FIG. III. 16 : EVOLUTION DE L'HUMIDITE DANS LES DEUX SERRES ET L'EXTERIEUR	49
FIG. III. 17 : ENVIRONNEMENT DE FORMATION DE RESEAU NEURONAL.	51
FIG. III. 18 : TRACE DE PERFORMANCE.	52
FIG. III. 19 : GRAPHE DE REGRESSION.	53
FIG. III. 20 : TEMPERATURE ESTIME ET REELLE A L'AIDE DE MODELES EMPIRIQUES ANN.	53
FIG. III. 21 : TEMPERATURE ESTIME ET REELLE A L'AIDE DE MODELES EMPIRIQUES ANN.	54
FIG. III. 22 : VALIDATION DES MODELES EMPIRIQUES ANN.	54
FIG. III. 23 : COURBE DE REGRESSION AVEC MODELES EMPIRIQUES ANN.	55

Liste des tableaux

TABLEAU. II. 1 : Comparaison Entre Les Systemes Deshydratants Et Conventionnels.....	33
TABLEAU. III. 1 : Les Composants Utilises.....	44
TABLEAU. III.2 : Configuration Du Modele Reseau De Neurone.....	50

SOMMAIRE

DEDICACE

REMERCIEMENTS

RESUME

NOMENCLATURE

Liste des figures

Liste des tableaux

INTRODUCTION GENERALE	11
------------------------------------	-----------

INTRODUCTION	12
---------------------------	-----------

CHAPITRE I

ÉTAT DE L'ART

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE ET ETAT DE L'ART.....	15
--	-----------

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	19
---	-----------

CHAPITRE IIE

GENERALITE SUR LES SERRES, PRODUCTION, CHAUFFAGE ET REFROIDISSEMENT

1. INTRODUCTION	25
------------------------------	-----------

2. SYSTEMES DE REFROIDISSEMENT DANS LES SERRES	26
---	-----------

2.1. Systèmes de refroidissement passifs	26
--	----

2.2. Systèmes de ventilation	27
------------------------------------	----

2.2.1. Ventilation Naturelle	27
------------------------------------	----

2.2.2. Ventilation forcée	28
---------------------------------	----

2.3. Échangeurs de chaleur	28
----------------------------------	----

2.3.2. Échangeurs de chaleur air-liquide	29
--	----

2.4. Systèmes de refroidissement par pompe à chaleur	29
--	----

2.5. Le refroidissement par évaporation	30
---	----

2.5.1. Systèmes de ventilateur et de tampon	30
---	----

2.5.2. Systèmes d'évaporation de toit	31
---	----

2.5.3. Systèmes de brumisation	32
--------------------------------------	----

2.6. Systèmes déshydratants	32
-----------------------------------	----

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	35
--	-----------

CHAPITRE III

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

1. MATERIELS ET METHODES	39
1. 1. Caractérisations de la région d'étude	39
2. PARTIE EXPERIMENTALE	40
2. 1. Capteur utilisé	40
2.1.1. Description	41
2.1.2. Caractéristiques techniques	41
2.2. Système d'acquisition utilisé	42
2.3. Conception de la serre	44
2.4. Systèmes utilisés dans la serre expérimentale	45
2.4.1. Système de refroidissement.....	45
2.4.2. Ventilation latérale	46
2.4.3. Ombre de la serre	46
2.4.4. Enclos en feuilles de palmier	47
2.5. Câblage et système d'acquisition.....	47
3. PARTIE THEORIQUE	48
3. 1. Réseau neuronal artificiel	50
3. 2. Évaluation des performances de prédiction	50
3.3. Discussion et résultats	51
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	56
CONCLUSION GENERALE	58
CONCLUSION	59
ANNEXE.....	60

Introduction Générale

Introduction

La production de cultures sous serre dans les zones rurales est une industrie en croissance dans les pays aux conditions climatiques tempérées, même dans les régions tropicales où les températures sont favorables toute l'année. Il fournit une source majeure de revenus et est très important pour la population en tant que source de revenus et de sécurité alimentaire.

La culture conventionnelle en plein champ est soit impossible dans certaines zones (zones sèches ou tropicales), soit confrontée à un certain nombre de problèmes qui n'offrent pas un climat propice à l'agriculture locale, et la culture sous serre permet de les résoudre.

Une serre avec toutes les mesures de contrôle climatique est l'un des éléments importants de la production et de la protection intégrée des cultures en serre. Cependant, la période de croissance est souvent limitée à plusieurs mois de l'année, en raison d'une ventilation et d'un refroidissement insuffisants en été ainsi que d'un chauffage en hiver. Les structures et les formes des serres ne sont pas suffisamment adaptées aux conditions climatiques. Les structures de contrôle climatique et les difficultés agricoles doivent être adaptées et améliorées par rapport au climat extérieur, et les agriculteurs doivent être formés à ces techniques d'adaptation. Structure de serre avec transmission de la lumière (à travers les matériaux du cadre et du revêtement), ventilation, chauffage et refroidissement et protection contre les parasites par tamisage.

Les structures des serres doivent être conçues en fonction des conditions climatiques et des normes générales de conception, ainsi qu'en fonction des matériaux disponibles localement et d'un bon rapport coût-efficacité. L'importation des serres de pays aux climats différents échoue souvent, car elles ne sont pas adaptées aux conditions locales. Même une structure de serre appropriée peut échouer si l'installation et l'entretien continu ne sont pas assurés. La production de cultures dans des serres climatisées entraîne des rendements plus élevés et une meilleure qualité, de petits risques pour la qualité et le rendement, un temps de récolte plus long et une consommation d'eau réduite.

Dans cette étude, un+ réseau de neurones artificiels (RNA) a été utilisé pour prédire les températures internes d'une serre agricole sur une période d'environ un mois à une certaine .les données utilisées sont obtenues expérimentalement durant le stage effectué dans l'URAER. Le modèle considéré pour la prédiction de la température s'est avéré très précis. En utilisant la température ambiante (extérieure,) l'humidité, le rayonnement global et la vitesse du vent, afin de prédire la température intérieure.

Les valeurs prédites et mesurées ont également une bonne relation d'ajustement.

Le plan de travail est conçu comme :

Introduction Générale

D'abord en a commencé par une introduction générale suivie par l'état récapitulative de l'art comme un premier chapitre. Le deuxième chapitre contient des généralités sur les serres, système de refroidissement, systèmes de chauffage et automatisation des serres agricoles.

Le dernier chapitre (chapitre III) est consacré au résultat et cette interprétation et le mémoire cloitrée par une conclusion générale.

CHAPITRE I

État de l'art

Etude Bibliographique et état de l'art

Les projections de croissance démographique montrent que d'ici 2050, il pourrait y avoir environ 9,1 milliards de personnes sur la planète Terre [1]. Ceci, combiné à la grande vulnérabilité de l'agriculture en raison de l'accélération du changement climatique, est devenue une menace sérieuse pour l'alimentation sécurité des nations, générant de nouveaux défis pour la productivité agricole [2-3]. Donc, il y a un besoin explicite d'augmenter la production alimentaire d'environ 70% dans les années à venir années, et il est également nécessaire de développer des stratégies d'intensification de la production pour solutions techniques. L'augmentation de la production alimentaire doit également se faire avec moins de ressources naturelles, comme l'eau et le sol, c'est pourquoi l'agriculture sous abri ou en les serres ont été proposées comme l'une des principales alternatives de production [4-5]. Dans le monde entier, cette alternative de production dans l'industrie agricole a été la stratégie utilisée ces dernières années pour améliorer les rendements dans la production alimentaire [6]. Ceci a été atteint par l'intensification et l'industrialisation des procédés et techniques de conduite des cultures, comme une réponse continue à la disponibilité réduite des ressources nécessaires à l'alimentation production [7]. Ce qui précède a permis une évolution constante de cette technique de production, faire de l'agriculture sous abri un outil clé pour la réalisation d'un développement durable objectifs [8].

La production agricole sous structures couvertes est considérée comme une forme de production où les facteurs microclimatiques affectant la croissance et le développement des plantes sont totalement ou partiellement contrôlée [9]. Par conséquent, en ce qui concerne la production agricole de plein champ, certains avantages peuvent être obtenus, tels que : (i) permettre la production agricole dans les régions lorsque les conditions climatiques sont défavorables aux cultures d'intérêt, (ii) l'augmentation de la production par unité de surface, (iii) optimiser la gestion des ressources en eau et la fertilisation des cultures, et (iv) améliorer la qualité commerciale du produit final [10,11]. Cependant, il convient de noter que pour obtenir ces avantages, il est nécessaire d'avoir une gestion adéquate du micro climat à l'intérieur des différents types de structures agricoles protégées utilisées dans les pays où ce type de technologie a été mis en œuvre [12].

Quant à la typologie des structures agricoles protégées, elles peuvent être classées en structures actives, où prédominent les serres high-tech, qui sont équipées des mécanismes et contrôleurs nécessaires pour gérer le comportement de la température, de l'humidité, rayonnement et les niveaux de CO₂ à l'intérieur de la serre [7]. Au contraire, passif structures sont celles qui sont très caractéristiques dans les régions à climat doux et où la gestion du microclimat se limite à la ventilation naturelle et aux techniques d'ombrage ou au toit blanchiment. [11]

Le microclimat fait référence à l'interaction des paramètres climatiques générés autour des plantes, y compris le transfert de chaleur par rayonnement, conduction et convection, ainsi que la masse équilibre de la vapeur d'eau et du CO₂ [12-13]. Une des alternatives pour la gestion du microclimat dans les serres passives est la ventilation naturelle, une méthode passive qui est considérée faible coût avec un faible impact environnemental. La ventilation naturelle est la plus important phénomène à maîtriser à l'intérieur d'une structure agricole protégée, car il facilite l'échange de masse et d'énergie entre les plantes cultivées, l'air ambiant à l'intérieur la structure et l'environnement extérieur [14-15]. Par conséquent, dans une structure qui s'appuie sur ventilation naturelle comme méthode de contrôle du climat, il est nécessaire d'assurer un et un mouvement uniforme du flux d'air, ce qui garantira que les variables microclimatiques resteront à des niveaux optimaux pour la croissance et le développement des plantes [16].

La ventilation naturelle dépend de deux forces motrices : convection forcée ou dynamique ventilation et convection libre ou ventilation thermique. La composante de convection forcée et dépend de la vitesse du vent extérieur et de la configuration de ventilation de la serre.

La composante de convection libre est générée à partir de l'effet de flottabilité ; cela se produit en raison au gradient thermique qui se présente dans l'air à l'intérieur et à l'extérieur de la serre ou structure agricole protégée. Ceci, à son tour, génère des différences de densité et de pression, qui produisent un mouvement vertical ou effet cheminée de l'air à l'intérieur de la structure [17,18].

Ce mouvement d'air permet de réguler les conditions de température et d'humidité, en évitant phénomènes tels que la condensation à l'intérieur de la serre ou de la structure agricole protégée. De même, le flux d'air du milieu extérieur est la seule source d'enrichissement en carbone dans les structures passives, il s'agit donc d'un facteur qui affecte positivement ou négativement le processus photosynthétiques des plantes [19,20]. De plus, il a été signalé que les la ventilation peut améliorer la pollinisation et, par conséquent, la fructification de certains produits horticoles comme les tomates [21].

L'efficacité de la ventilation naturelle dépendra des facteurs spécifiques et externes de chaque type de structure agricole protégée. Il s'agit notamment de la taille et de la hauteur du serre, la forme et la taille des zones de ventilation de la structure, la direction et la vitesse du vent extérieur, la présence de structures voisines ou de serres, l'utilisation des écrans anti-insectes dans les zones de ventilation, et le type de culture et sa phénologie stade [22,23]. Compte tenu de ces différents facteurs qui influencent la ventilation naturelle, il a conclu qu'il s'agit d'un phénomène physique qui n'est pas facile à comprendre.

Pour cette raison fils, le comprendre à travers l'utilisation de différents modèles mathématiques et mesures techniques offrent un point de départ pour la prise de décision dans la conception et la gestion de structures agricoles protégées [20,24]. Selon la littérature, il a été rapporté qu'au milieu du

XXe siècle, à la veille de la révolution verte, les premières études sur la circulation de l'air en serre structures ont été développées [25]. Quatre décennies plus tard, certains chercheurs ont proposé l'utilisation de l'équation de Bernoulli comme méthode de calcul pour estimer la quantité d'air qui peut circuler à travers une zone de ventilation, générant ainsi la théorie de base de la ventilation dans les serres [26–28]. Des méthodologies similaires ont également été proposées pour d'autres types de structures telles que les abris grillagés [16]. Actuellement, il existe déjà des calculs techniques permettant de comprendre le comportement de la ventilation naturelle, parmi lesquelles : (i) bilan massique avec un gaz traceur, (ii) méthodes indirectes de bilan énergétique et de bilan massique, (iii) méthodes directes mesures des vitesses et des pressions aux fenêtres, (iv) méthodes visuelles sur modèles réduits, et (v) des études en soufflerie [29].

Cependant, il convient de mentionner que certaines de ces méthodes de quantification nécessitent le développement de tests expérimentaux, parfois compliqués et coûteux à réaliser dehors.

De plus, ils permettent uniquement aux utilisateurs d'obtenir une valeur numérique du taux de ventilation, mais ne permettent pas de visualiser et de comprendre les mouvements des flux d'air [20,30].

Pour certaines de ces raisons, et compte tenu de l'évolution des outils d'ingénierie, en ces dernières années, l'utilisation de la dynamique des fluides computationnelle (CFD) a été proposée comme alternative agile et précise pour l'étude de la ventilation naturelle en milieu agricole protégé structures [31,32].

La simulation CFD est une méthodologie robuste et mature basée sur les équations non linéaires de la conservation de la masse, de la quantité de mouvement et de l'énergie dans l'écoulement d'un fluide ; le calcul et la solution de ces équations est effectuée par discrétisation numérique et calcul simulation [33]. Cette méthodologie de simulation est composée de trois phases : prétraitement, traitement et post-traitement. Dans la phase de prétraitement, la géométrie de la structure à évaluer est construite et le domaine de calcul extérieur à la structure est défini. Les conditions aux limites du domaine de calcul sont également définies et enfin le volume du domaine de calcul et la structure sont spatialement discrétisés en une grille numérique.

Dans la phase de traitement, les critères et conditions initiales de la simulation sont sélectionnés, ainsi que les modèles qui permettent de représenter le comportement microclimatique à l'intérieur la structure, telle que le modèle de rayonnement solaire, le modèle de turbulence, le modèle de flottabilité, et modèles de milieux poreux [33]. Enfin, il y a la phase de post-traitement, où les analyses qualitatives et des analyses quantitatives des résultats obtenus dans les simulations numériques peuvent être effectuées. Cependant, ces simulations doivent être validées avant mise en œuvre avec méthodologies expérimentales ou avec des comparaisons théoriques basées sur

l'exécution des modèles numériques ou avec des comparaisons de travaux précédemment effectués [34].

Une fois le modèle CFD validé dans cette phase de post-traitement, il est possible de décrire le mouvement du flux d'air à l'intérieur de tout type de structure agricole protégée, il est également possible d'optimiser la taille et la position des zones de ventilation [35]. C'est aussi possible de développer des analyses ou des études spécifiques de tout type de configuration de ventilation d'une structure et son effet sur la distribution spatiale des variables microclimatiques et même détecter les lacunes dans la conception des systèmes de ventilation utilisés dans les régions tropicales et subtropicales régions . Il est également important de mentionner qu'une fois un processus structuré et un modèle CFD validé est disponible pour un type de structure agricole protégée donné, il est possible de prendre des décisions sur sa gestion grâce à des simulations numériques, sans ont besoin de recourir à des tests expérimentaux, réduisant ainsi les coûts et optimisant les processus [36].

Références Bibliographiques

- [1]. 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.
- [2]. Rabbi, B.; Chen, Z.H.; Sethuvenkatraman, S. Protected cropping in warm climates: A review of humidity control and cooling methods. *Energies* 2019, 12, 2737. [CrossRef]
- [3]. 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.
- [4]. 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.
- [5]. 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.
- [6]. Graamans, L.; Baeza, E.; van den Dobbelsteen, A.; Tsafaras, I.; Stanghellini, C. Plant factories versus greenhouses: Comparison of resource use efficiency. *Agric. Syst.* 2018, 160, 31–43.
- [7]. 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.
- [8]. 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.
- [9]. 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/wp-content/uploads/2016/02/tesisadriana-rojas.pdf> (accessed on 10 May 2021).
- [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. Technol. 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]. VillagranMunar, E.A.; BojacáAldana, 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 back walls based on CFD. *Comput. Electron. Agric.* 2018, 149, 16–25.
- [16]. 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/5657/2/1072644298.2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed on 1 May 2021).
- [17]. 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).
- [18]. Espejel Trujano, D.; López Cruz, I.L. Determinación de las tasas de ventilación natural en un invernadero mediante modelos térmicos y gasestrazadores. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2013, 4, 185–198.
- [19]. López, A.; Valera, D.L.; Molina-Aiz, F. Sonic anemometry to measure natural ventilation in greenhouses. *Sensors* 2011, 11, 9820–9838.
- [20]. 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 Hort.* 2017, 1182, 283–292.

- [21]. 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.
- [22]. Arellano-García, M.; Marco, A.; Valera-Martínez, D.L.; Urrestarazu-Gavilán, A.; Murguía-López, M.R.; Zermeño-González, J. Ventilación natural Y forzada de invernadero tipo Almería Y su relación con el rendimiento de tomate. *Terra Latinoam.* 2011, 29, 379–386.
- [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: Bogotá, 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.; Meneses, J.F.; Mermier, M.; Papadakis, G. The mechanisms involved in the natural ventilation of greenhouses. *Agric. For. Meteorol.* 1996, 79, 31–77.
- [27]. 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.
- [28]. 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.
- [29]. 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.
- [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 airflow 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]. 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.
- [36]. Villagrán, E.A.; Gil, R.; Acuña, J.F.; Bojacá, C.R. Optimization of ventilation and its effect on the microclimate of a Colombian multispan greenhouse. *Agron. Colomb.* 2012, 30, 282–288.

CHAPITRE II

Généralité sur les serres, Production,
chauffage et refroidissement.

1. Introduction

L'agriculture et la culture sous serre ont été décrites comme « protégées » car elles fournissent des boucliers mécaniques contre les conditions climatiques extérieures, telles que les températures extrêmes, l'humidité relative et offrent un meilleur contrôle de la concentration de CO_2 requise [1]. La serre tente soit de « garder la chaleur à l'intérieur », soit de « garder la chaleur à l'extérieur » pour créer un environnement microclimatique favorable à une culture productive. Les serres sont considérées comme des « usines de production végétale » [2]. Le climat rigoureux et le déficit hydrique sont des obstacles à la culture en plein air toute l'année. Par conséquent, l'agriculture sous serre a démontré son efficacité dans les régions aux conditions météorologiques difficiles, telles que la région du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord (MENA) et les pays de coopération du Golfe (CCG).

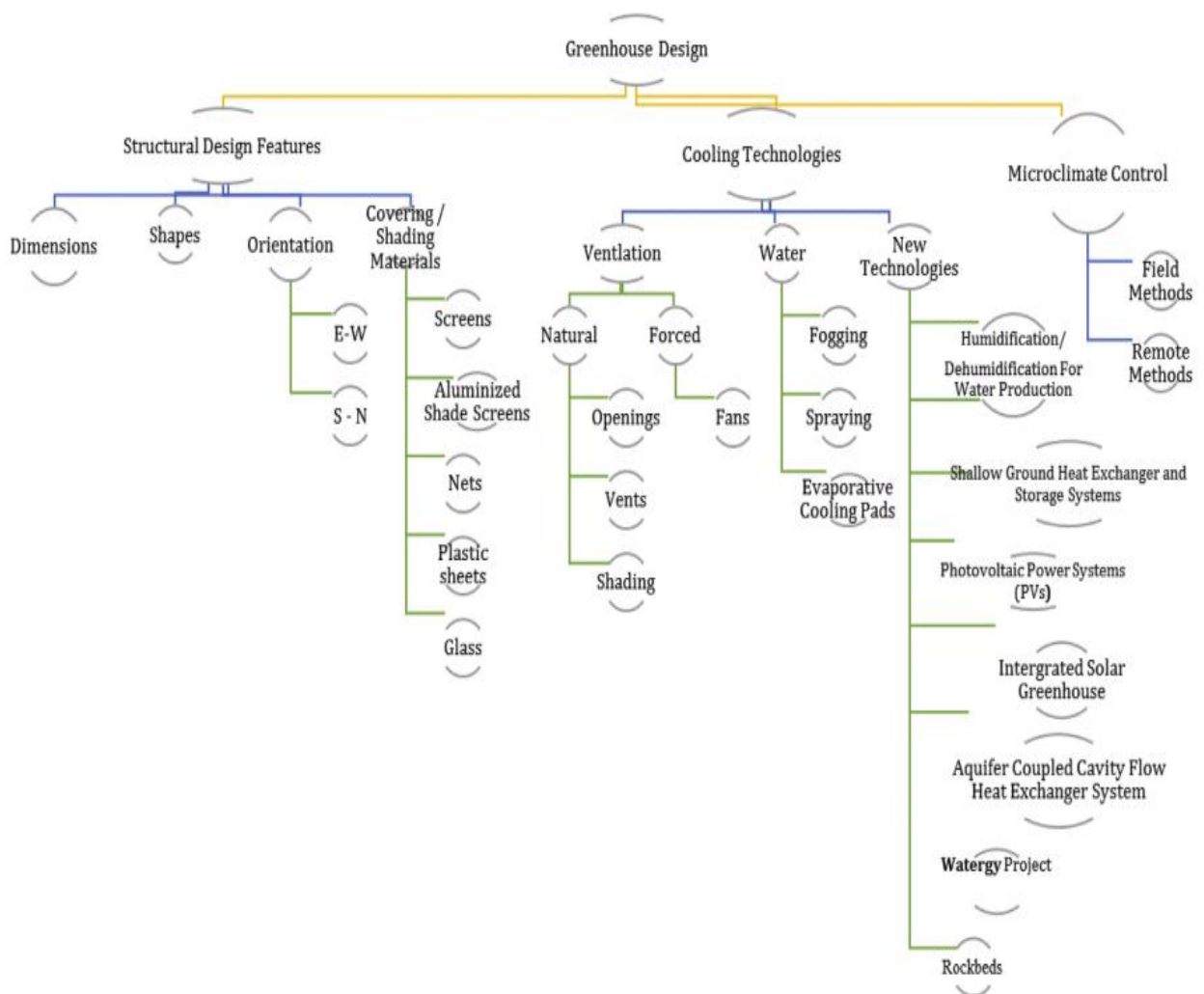


Fig. II. 1 : La structure.

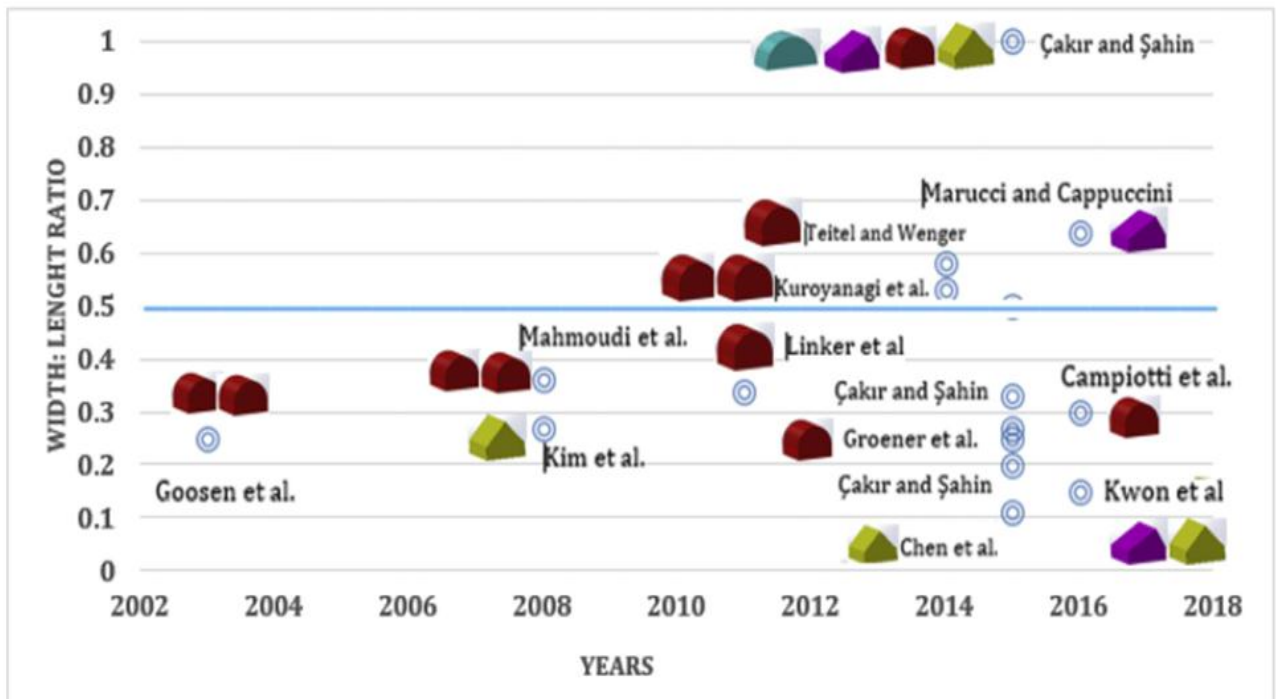


Fig. II. 2 : Largeur d'une serre chronologique.

2. Systèmes de refroidissement dans les serres

Le contrôle de la température et de l'humidité relative à l'intérieur de la serre est assuré par différentes technologies de refroidissement, telles que la ventilation, les systèmes de refroidissement externes utilisant des échangeurs de chaleur et les systèmes d'évaporation et de dessiccation. Les processus de refroidissement peuvent être classés en deux grandes catégories : les systèmes « passifs » et « actifs ». Le refroidissement "passif" dans la serre fait principalement référence à l'approche de conception (forme, matériaux de couverture, ouvertures, refroidissement nocturne passif du sol) pour réduire la température à l'intérieur de la serre sans consommation d'eau ou d'électricité supplémentaire. Le refroidissement « actif » fait référence à tous les systèmes de refroidissement qui utilisent des équipements électriques, tels que des pompes, des ventilateurs et des pompes à chaleur. L'intégration de techniques de refroidissement passif suivies d'un refroidissement actif pourrait simultanément assurer des conditions adéquates pour la croissance des cultures et une baisse de la consommation d'énergie.

2.1. Systèmes de refroidissement passifs

Plusieurs caractéristiques de conception contribuent fortement à la diminution des besoins en refroidissement, à savoir la forme et la géométrie de la serre, son emplacement et son orientation, le matériau de couverture et le motif des ouvertures. Selon Choab et al. Sethi [3], quel que soit le lieu considéré, la forme Quonset correspond aux valeurs minimales de la température et de la collecte

solaire, par opposition à la forme inégale qui permet une captation solaire maximale, ainsi qu'un fort record de chaleur. Quant à l'orientation, il est conclu dans de nombreuses études comparatives que l'orientation E-W est plus pratique à toutes les latitudes, sauf près de l'équateur, où l'été est faiblement insolé par rapport à l'hiver. D'autres directions se sont avérées plus appropriées lorsque la direction du vent pour éviter les pertes causées par les tempêtes est prise en compte. Par exemple, dans le sud de l'Algérie, les serres sont orientées S-N en raison de la direction des vents orageux.

Dans les régions chaudes et arides, les serres ont plusieurs types de matériaux de revêtement, tels que le verre, la fibre de verre, le polyéthylène et le polycarbonate, avec diverses performances optiques et thermiques. L'ombrage et la réflexion sont les concepts de base dans la réduction et l'évitement du rayonnement solaire intense, et ils réduisent donc les besoins de refroidissement. Une réduction de la température de l'air de la serre de 10 % est garantie par un toit ombragé à 50 % [4]. Plusieurs méthodes d'ombrage ont été utilisées et étudiées, telles que l'ombrage du toit, l'ombrage externe et différents filets d'ombrage de matériaux. Il a été prouvé que l'ombrage externe est plus efficace dans le contrôle du rayonnement que les placements sous le toit et sur les murs latéraux [5].

2.2. Systèmes de ventilation

Les systèmes de ventilation sont couramment utilisés pour maintenir un environnement approprié à l'intérieur de la serre, en particulier pour la déshumidification de l'air et pour diminuer la température. Deux types de systèmes de ventilation sont utilisés dans les serres : la ventilation naturelle et la ventilation forcée. La ventilation naturelle s'effectue principalement par le toit ou les ouvertures des murs latéraux, sans aucun apport extérieur. C'est donc la technique de ventilation la plus simple et la plus rentable pour contrôler l'humidité et la température. Cependant, dans les environnements de serre à taux d'humidité élevé, dans certaines conditions, une ventilation forcée est nécessaire et peut être réalisée à l'aide de ventilateurs.

2.2.1. Ventilation Naturelle

La ventilation naturelle à l'intérieur de la serre est entraînée par le vent et la flottabilité interne créée par le gradient de densité de l'air. Le gradient de densité de l'air est créé en augmentant les valeurs de température et d'humidité. La ventilation naturelle peut être considérée comme un système de refroidissement passif puisqu'elle est basée sur une conception de serre qui ne recourt pas à l'utilisation d'équipements. De nombreux travaux ont été réalisés sur les systèmes de ventilation naturelle des serres, qui sont contrôlés par les ouvertures des fenêtres au niveau des murs latéraux et du toit [6-7]. Avec simultanément différents types d'ouvertures (côté, faitage, toit), plutôt qu'un seul type d'évent (Fig.II.3).



Fig. II. 3 :Différents types d'ouvertures de serre : (a) événements de toit ; (b) événements de façade ; (c) événements latéraux.

2.2.2. Ventilation forcée

La ventilation forcée est assurée par des ventilateurs ou ventilateurs qui servent à l'évacuation de la chaleur et au contrôle de l'humidité relative (Fig. II 4).



Fig.II. 4 : Une serre équipée de dispositifs de ventilation forcée à l'Institut des Régions Arides.

2.3. Échangeurs de chaleur

Le transfert de chaleur est l'un des processus moteurs les plus influents des systèmes de refroidissement dans les serres, en particulier dans les climats chauds, où le flux de chaleur reçu par la serre est très important. Dans les systèmes de refroidissement, le transfert de chaleur se produit entre l'air intérieur de la serre et un second fluide à plus basse température, qui est la source froide de l'échange. Il peut s'agir non seulement de l'air ambiant, mais aussi de l'eau de refroidissement, par exemple de l'eau profonde de l'océan, ou de l'eau qui est refroidie dans une tour de refroidissement.

2.3.1. Échangeurs de chaleur air-air

Un échangeur de chaleur air-air est reconnu comme un ventilateur récupérateur de chaleur (VRC), et il constitue une technique alternative au mécanisme de condensation, et il est utilisé de préférence dans les climats froids ou doux. De nombreux travaux ont considéré que les VRC sont une technique efficace pour la déshumidification de la serre, en particulier pendant les périodes froides. De plus, le processus d'échange de chaleur air-air est plus précieux dans les serres fermées, où

l'énergie à l'intérieur de la serre est extraite et remplacée par l'air frais entrant. Les échangeurs de chaleur air-air sont généralement constitués de plaques en plastique ou métalliques, et ils fonctionnent soit en mode courant croisé, soit en mode contre-courant. De plus, la circulation du flux d'air et les turbulences nécessitent une ventilation supplémentaire, notamment en l'absence de vent. Par conséquent, ce processus de refroidissement entraîne des coûts d'échangeur de chaleur, ainsi que des équipements de ventilation et les coûts énergétiques associés [8].

2.3.2. Échangeurs de chaleur air-liquide

Les systèmes de refroidissement qui impliquent des échangeurs de chaleur air-liquide utilisent généralement de l'eau froide comme moyen de refroidissement, comme l'eau de mer, ou de l'eau refroidie qui circule à partir d'un refroidisseur à compression ou à absorption, ou d'un stockage frigorifique de jour à nuit.

2.4. Systèmes de refroidissement par pompe à chaleur

Les pompes à chaleur, ou systèmes de réfrigération mécanique, sont des unités électriques qui fonctionnent selon le processus de compression de vapeur à des fins de chauffage ou de refroidissement. Ainsi, la condensation contrôlée sur une surface froide qui provoque la déshumidification de l'air est garantie par des groupes de refroidissement mécaniques. Le principal inconvénient de ces unités à entraînement électrique est la quantité importante d'énergie qu'elles consomment. En fait, la condensation est initiée lorsque l'air intérieur chaud est refroidi jusqu'à son point de rosée. Par conséquent, la quantité d'énergie consommée comprend l'énergie nécessaire au refroidissement de l'air, plus l'énergie nécessaire au changement de phase de la vapeur à l'eau liquide, ce qui correspond à 680 kWh/m³ [8].

Les pompes à chaleur à absorption, communément appelées « refroidisseurs à absorption », sont également utilisées pour le refroidissement, soit dans les bâtiments, soit dans les serres. Les refroidisseurs à absorption sont des unités à entraînement thermique. Les refroidisseurs à absorption ont une intégration expansive dans les domaines industriels et des bâtiments, mais peu de cas de recherche ont été réalisés sur l'intégration de ce processus dans le refroidissement des serres. Par exemple, le principal avantage des refroidisseurs à absorption est leur capacité à être couplés à des capteurs solaires thermiques (Fig. II.5).

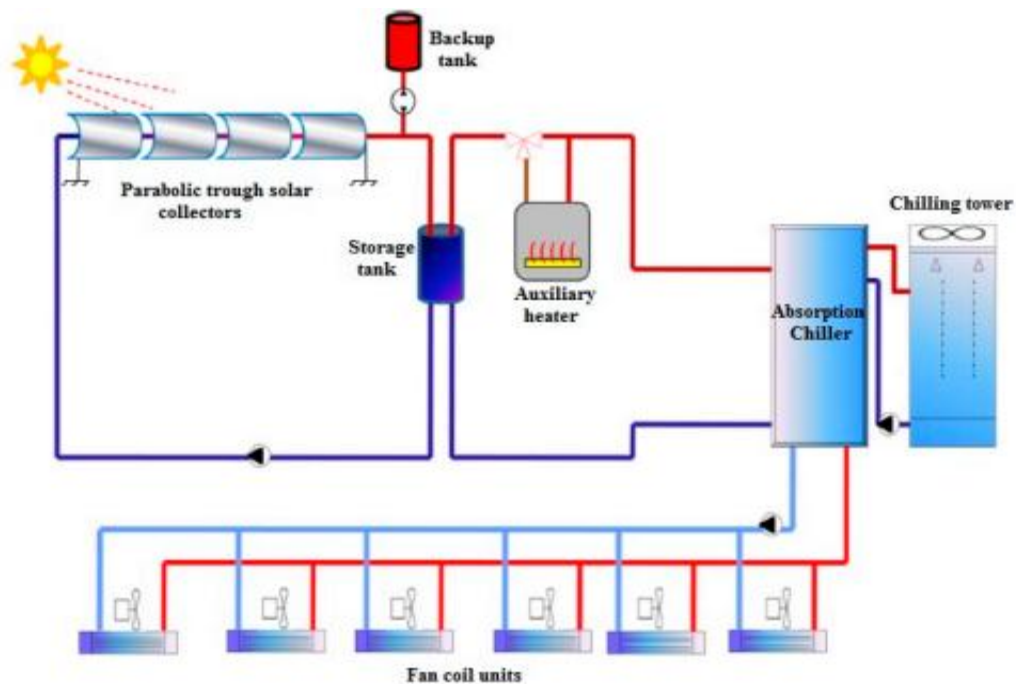


Fig. II. 5 :Un système de refroidissement par absorption couplé à des capteurs solaires cylindre-paraboliques. [9].

2.5. Le refroidissement par évaporation

Les systèmes de refroidissement par évaporation, qui sont basés sur la conversion de la chaleur sensible en chaleur latente au moyen de l'évaporation de l'eau, sont couramment utilisés pour maintenir un climat confortable pour la croissance des cultures dans les zones chaudes et sèches. Il existe de nombreux types de systèmes de refroidissement par évaporation qui sont utilisés pour refroidir les serres, tels que les systèmes de ventilateur et de tampon, les systèmes de brumisation et les systèmes de refroidissement par évaporation sur le toit.

2.5.1. Systèmes de ventilateur et de tampon

Le système de refroidissement par évaporation à ventilateur et tampon est considéré comme une méthode de contrôle et de refroidissement efficace pour les climats de serre où la température dépasse 40 °C. Son principe est de placer un tampon humide et des ventilateurs dans des positions opposées dans la serre (Fig.II.6). L'évaporation de l'eau à travers le matériau du tampon humide entraîne une diminution de la température et une humidification de l'air à l'intérieur de la serre [10]. Il existe deux types de systèmes de refroidissement par évaporation : direct et indirect. En effet, un effet de refroidissement par évaporation directe est obtenu grâce à un échangeur de chaleur eau-air à courants croisés. L'air ventilé par les ventilateurs circule à travers un matériau poreux, et la surface est humidifiée par une goutte à goutte d'eau pompée verticalement via une pompe hydraulique. Cependant, le refroidisseur par évaporation indirecte est un échangeur de chaleur qui diminue la température tout en maintenant un taux d'humidité constant.



Fig. II.6 :Systèmes de refroidissement par ventilateur et tampon pour les serres de l'Institut des régions arides

2.5.2. Systèmes d'évaporation de toit

Le refroidissement par évaporation du toit est réalisé en faisant circuler un mince film d'eau sur toute la surface du toit de la serre (Fig. II.7). L'énergie solaire thermique, qui est absorbée par la surface extérieure, est donc réduite, et le toit, et l'air ambiant sous le toit, sont refroidis. En conséquence, les températures de l'air sont abaissées et l'humidité augmente à l'intérieur de la serre. Par conséquent, ce système fonctionne avec une grande efficacité dans des conditions chaudes et sèches [11].

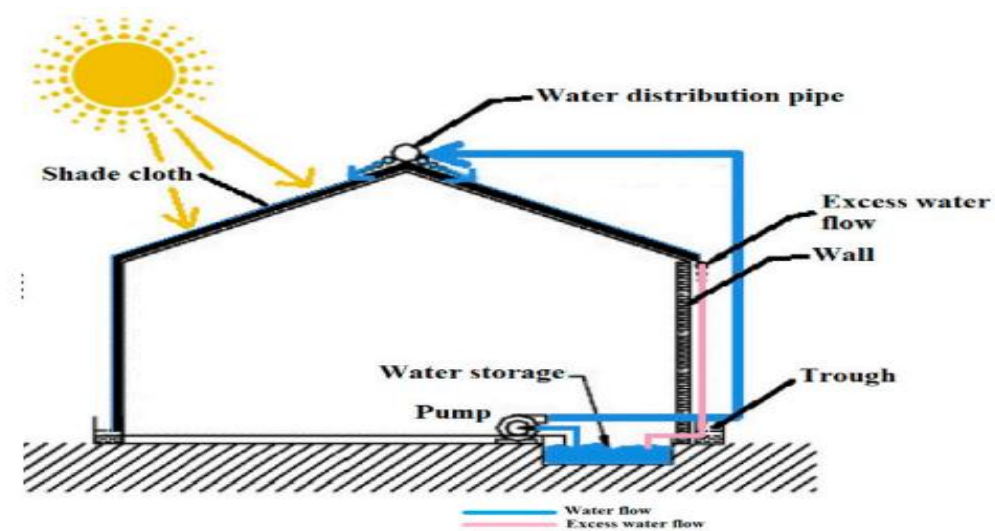


Fig. II. 7 : Schéma du refroidissement par système d'évaporation du toit [14].

2.5.3. Systèmes de brumisation

La nébulisation est une méthode de refroidissement simple et courante qui est principalement utilisée dans les serres commerciales. Ce système assure le refroidissement en humidifiant l'air ambiant à l'intérieur de la serre qui doit être conditionné en pressurant et en pulvérisant de l'eau à travers de petites buses dans le tuyau de brumisation qui est monté à un niveau élevé dans la serre (Fig. II.7). Les systèmes de nébulisation sont généralement appliqués en tant que système complémentaire au processus de refroidissement principal, en particulier pendant la saison estivale, et ils montrent de meilleurs résultats dans des conditions climatiques chaudes et sèches [12]. Les systèmes de brumisation pouvaient fonctionner à haute pression (40bars), propulsant des gouttelettes de 10 à 30 μm , ou à basse pression (5 bars), propulsant des gouttelettes de diamètre minimum de 200 μm [11].



Fig. II.8 :Schéma de refroidissement par un système de brumisation [14].

2.6. Systèmes déshydratants

Les systèmes de refroidissement par adsorption sont efficaces pour les applications dans plusieurs climats, y compris dans les régions chaudes et arides. Le principe de base de ces systèmes repose sur la combinaison du refroidissement et de la déshumidification de l'air ambiant en utilisant des matériaux déshydratants qui peuvent être solides ou liquides. Les systèmes de déshumidification basés sur le refroidissement couramment utilisés ont des consommations d'énergie très élevées, en fonction de la conception de la structure et des systèmes, du climat local, des réglages de température, des contrôles et des stratégies de culture . Par conséquent, l'utilisation de systèmes déshydratants couplés à des dispositifs solaires est un procédé efficace et économe en énergie. En fait, les capteurs solaires thermiques couplés à des systèmes déshydratants sont largement utilisés dans les secteurs du bâtiment et de l'agriculture comme alternative aux systèmes conventionnels de déshumidification et de refroidissement de l'air [13].

Une comparaison entre les systèmes de compression de vapeur déshydratants et conventionnels est présentée dans le (Tableau. II.1). Les systèmes de compression de vapeur conventionnels refroidissent l'air en dessous de son point de rosée afin de condenser la vapeur d'eau et d'éliminer

l'humidité. L'air de serre déshumidifié est ensuite chauffé à la température de consigne. Ces processus électriques de refroidissement profond et de réchauffage consomment de l'énergie par rapport aux processus de dessiccation, qui peuvent être alimentés par une énergie thermique de faible qualité. Les systèmes déshydratants sont considérés comme une technologie respectueuse de l'environnement, car ils peuvent fonctionner à l'énergie solaire ou à la chaleur perdue, et ils limitent l'utilisation de réfrigérants dangereux, qui sont largement utilisés dans les systèmes de compression de vapeur. De plus, ces systèmes sont capables d'éliminer tous les contaminants en suspension dans l'air (poussières, spores, bactéries, virus) grâce au contact direct entre l'air et la solution déshydratante hautement concentrée. Par conséquent, une qualité d'air intérieur élevée est atteinte, par rapport aux systèmes de compression de vapeur qui génèrent de grandes surfaces humides qui engendrent des bactéries.

La technologie de déshumidification par desséchant liquide s'est avérée très efficace pour contrôler le niveau d'humidité, mais elle est souvent plus complexe à utiliser et à contrôler que les systèmes conventionnels. Ainsi, la réduction des coûts initiaux doit être envisagée afin d'obtenir les avantages économiques des applications de refroidissement par desséchant dans les régions à climat chaud.

Tableau.II.1: Comparaison entre les systèmes déshydratants et conventionnels [14].

Paramètre	Système de compression de vapeur conventionnel	Système déshydratant
Performance	Haute	Bas
Coût d'opération	Haute	Bas
Source d'énergie	Principalement électricité	Énergie thermique de basse
Sécurité environnementale	Bas	qualité
Contrôle de l'humidité	Moyen	Haute
Qualité de l'air intérieur	Moyen	Précis
Contrôle du système	Moyen	Bon Complicé

Ghoulem et al. [15] ont été motivés à utiliser un régénérateur solaire combiné à un déshydratant pour déshumidifier et refroidir le climat à l'intérieur de la serre afin d'assurer la croissance des cultures pour les régions humides et chaudes en déshumidifiant et en refroidissant (Fig. II.9). varie entre 0,64 et 0,74 pendant les périodes les plus humides tout en maintenant une température requise pour la croissance des cultures de laitue.

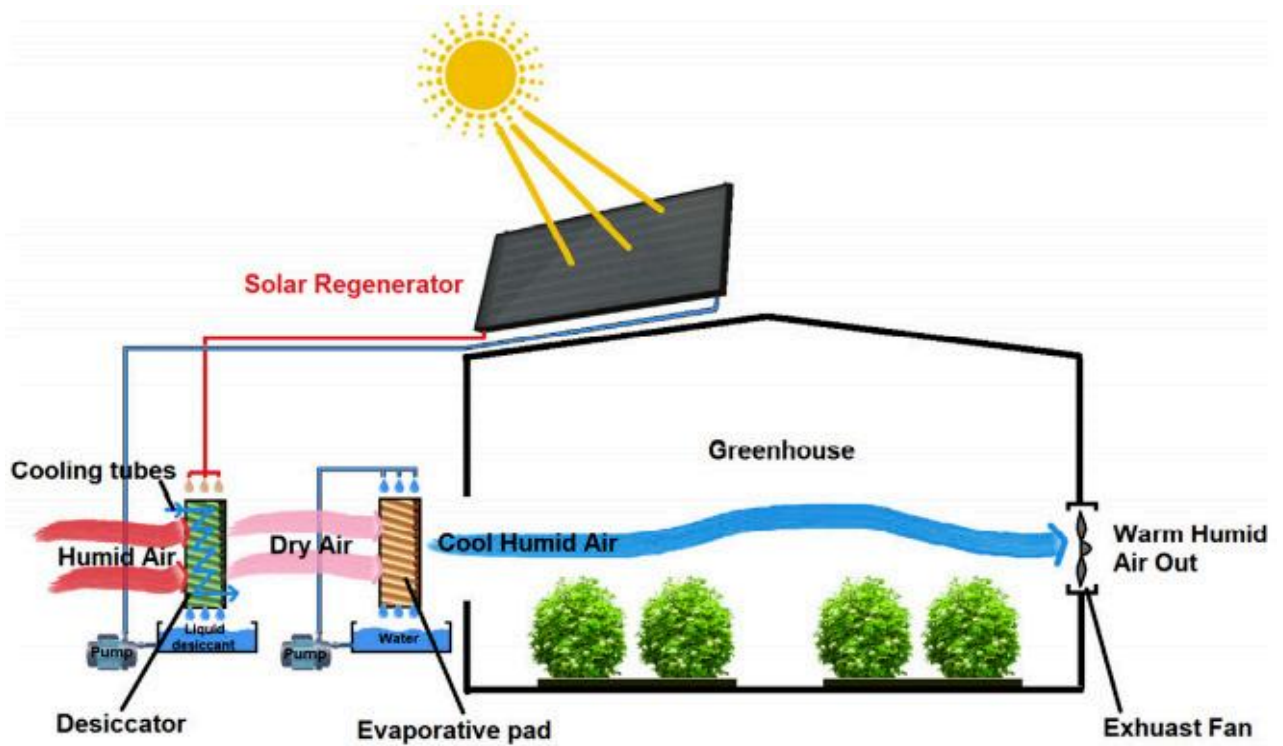


Fig. II.9: Schéma du système de refroidissement par déshydratant solaire.[14].

Références Bibliographiques

- [1]. Fatnassi, H., Boulard, T., Bouirden, L., 2003. Simulation of climatic conditions in fullscale greenhouse fitted with insect-proof screens. *Agric. For. Meteorol.* 118 (1), 97–111. [http://doi.org/10.1016/S0168-1923\(03\)00071-6](http://doi.org/10.1016/S0168-1923(03)00071-6).
- [2]. Russo, G., Anifantis, A.S., Verdiani, G., Mugnozza, G.S., 2014. Environmental analysis of geothermal heat pump and LPG greenhouse heating systems. *Biosyst. Eng.* 127, 11–23. <http://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.08.002>. Sabeh, N., Giacomelli, G., 2011. Water use in a greenhouse in a semi-arid climate. *Trans. ASABE* 54 (3), 1069–1077.
- [3]. Choab, N.; Allouhi, A.; El Maakoul, A.; Kousksou, T.; Saadeddine, S.; Jamil, A. Review on greenhouse microclimate and application: Design parameters, thermal modeling and simulation, climate controlling technologies. *Sol. Energy* **2019**, *191*, 109–137.
- [4]. Giraldo, S.A.C., Flesch, R.C.C., Normey-Rico, J.E., 2016. Multivariable greenhouse control using the filtered smith predictor. *J. Contr., Automat. Electric. Sys.* 27 (4), 349–358. <http://doi.org/10.1007/s40313-016-0250-6>.
- [5]. Abdel-Ghany, A.M.; Picuno, P.; Al-Helal, I.; Alsadon, A.; Ibrahim, A.; Shady, M. Radiometric Characterization, Solar and Thermal Radiation in a Greenhouse as Affected by Shading Configuration in an Arid Climate. *Energies* **2015**, *8*, 13928–13937.
- [6]. Kacira, M.; Sase, S.; Okushima, L. Effects of Side Vents and Span Numbers on Wind-Induced Natural Ventilation of a Gothic Multi-Span Greenhouse. *Jpn. Agric. Res. Q. JARQ* **2004**, *38*, 227–233.
- [7]. Ganguly, A.; Ghosh, S. A Review of Ventilation and Cooling Technologies in Agricultural Greenhouse Application. *Int. J. Energy Environ.* **2011**, *2*, 32–46.
- [8]. Buchholz, M. Innovative technologies and practices to reduce water consumption. In *Unlocking the Potential of Protected Agriculture in the Countries of the Gulf Cooperation Council—Saving Water and Improving Nutrition*; FAO: Cairo, Egypt, 2021; pp. 85–95
- [9]. Soussi, M.; Balghouthi, M.; Guizani, A. Energy performance analysis of a solar-cooled building in Tunisia: Passive strategies impact and improvement techniques. *Energy Build.* **2013**, *67*, 374–386.
- [10]. Ghani, S.; Bakochristou, F.; ElBialy, E.M.A.A.; Gamaledin, S.M.A.; Rashwan, M.M.; Abdelhalim, A.M.; Ismail, S.M. Design challenges of agricultural greenhouses in hot and arid environments—A review. *Eng. Agric. Environ. Food* **2018**, *12*, 48–70.
- [11]. Kittas, C.; Katsoulas, N.; Bartzanas, T. Greenhouse Climate Control in Mediterranean Greenhouses. 2012. Available online: <https://www.publicacionescajamar.es/publicacionescajamar/public/pdf/publicaciones-periodicas/cuadernos-de-estudios-agroalimentarios-cea/3/3-553.pdf> (accessed on 5 October 2021).

- [12]. Ishii, M.; Okushima, L.; Moriyama, H.; Sase, S.; Takakura, T.; Kacira, M. Effects of natural ventilation rate on temperature and relative humidity in a naturally ventilated greenhouse with high pressure fogging system. *ActaHortic.* **2014**, *1037*, 1127–1132
- [13]. Büker, M.S.; Riffat, S.B. Recent developments in solar assisted liquid desiccant evaporative cooling technology—A review. *Energy Build.* 2015, *96*, 95–108.
- [14]. Ghoulem, M.; El Moueddeb, K.; Nehdi, E.; Boukhanouf, R.; Calautit, J.K. Greenhouse design and cooling technologies for sustainable food cultivation in hot climates: Review of current practice and future status. *Biosyst. Eng.* **2019**, *183*, 121–150.

CHAPITRE III

Résultats et Interprétations

1. Matériels et méthodes

1. 1. Caractérisations de la région d'étude

Notre travail expérimental entre dans le stage réalisé au niveau de l'Unité de Recherche Appliquée sur les Energies Renouvelables Ghardaïa d'Algérie pendant la période du 15-03-2022 au 15-05-2022. Avant de décrire la région de notre travail il, connaitre que d'environ de 77% de la superficie algérienne présente des régions arides et semi-arides. Les caractéristiques de la région de Ghardaïa, (Fig. III. 1) sont :

- Situation 595Km au sud de la mer Méditerranée.
- Latitude et 32°36 N.
- Longitude 3°80E.
- Altitude de 469 m au-dessus du niveau de la mer.
- Taux de jours ensoleillés par an : 77 %
- Moyenne quotidienne annuelle de l'irradiation solaire globale d'environ 7 kWh/m², sur les surfaces horizontales.

La température en juillet et août peut dépasser les 45°C, tandis que les hivers sont doux avec des températures dépassant rarement les 25°C. Les Fig. 2 et 3 donnent la variation des données météorologiques du rayonnement solaire global moyen mensuel, des températures ambiantes et de l'humidité relative pour la période de l'année 2015. On peut voir que le flux solaire global a la même tendance à la variation que la température ambiante. Il n'a observé que le pic du rayonnement moyen mensuel enregistré en janvier (800W/m²) avec une température ambiante mensuelle autour de 27°C. C'est le mois le plus froid à Ghardaïa.



Fig. III. 1 : Situation de Ghardaïa .

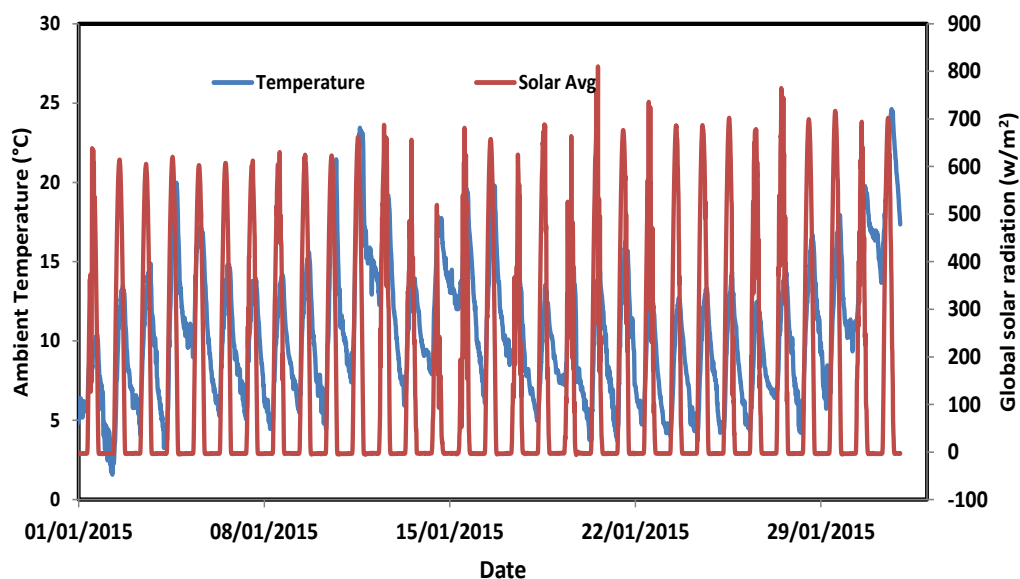


Fig. III. 2 : Evolution de la température ambiante et radiation solaire global, Janvier 2015.

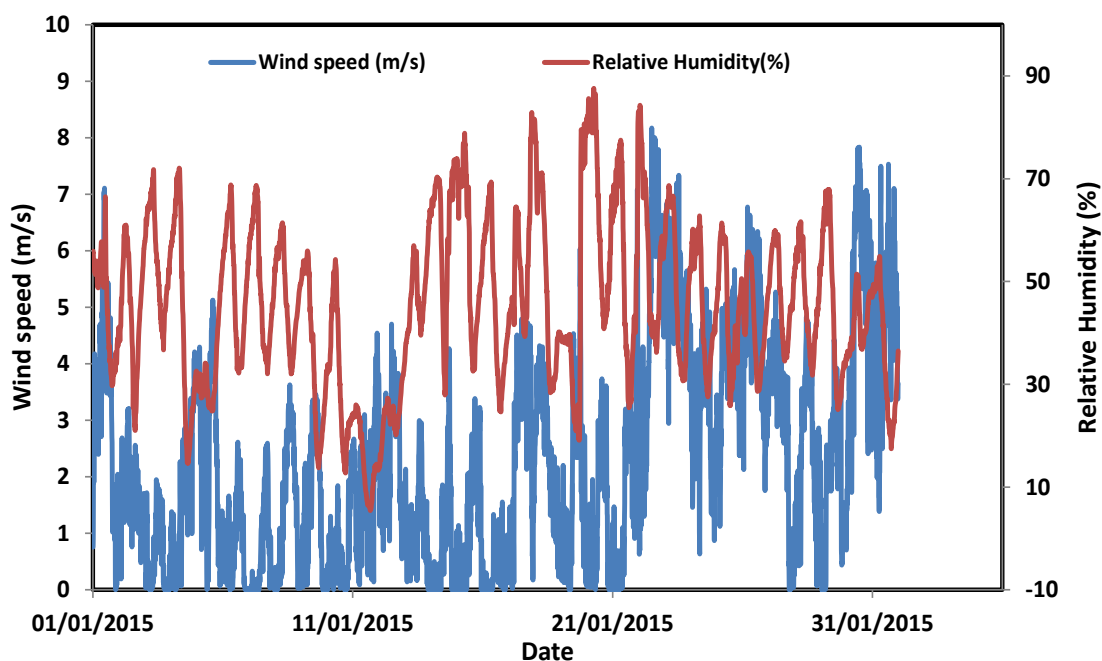


Fig. III. 3 :Vitesse du vent et humidité, Janvier 2015.

2. Partie expérimentale

2. 1. Capteur utilisé

Dans notre projet, nous devons utiliser 7 capteurs qui mesurent la température et l'humidité DHT22 (Fig. III.4).

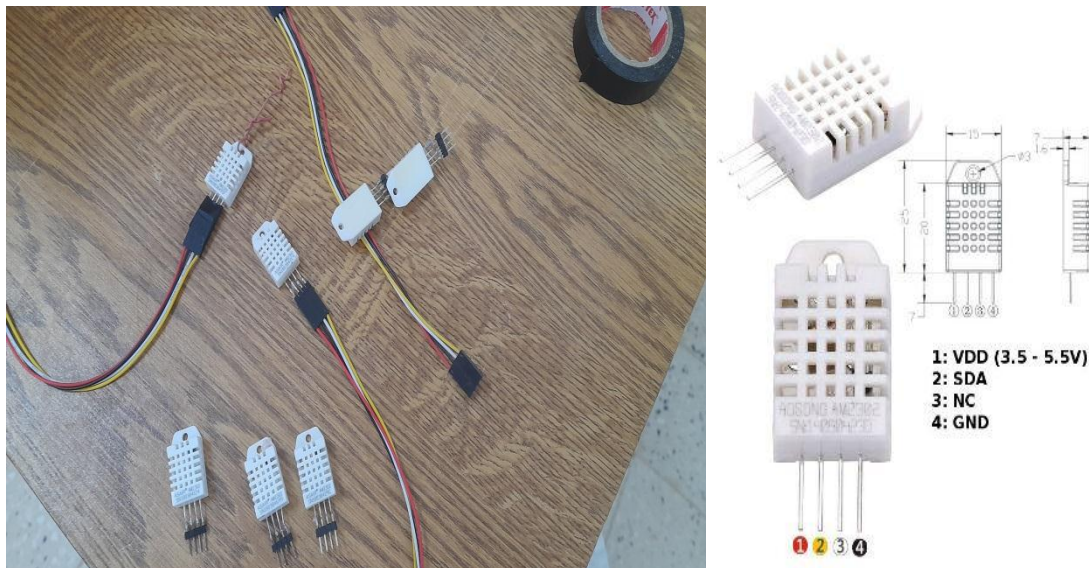


Fig. III.4 :Capteur DHT22

2.1.1. Description

Le DHT22 est un capteur numérique de base, à faible coût permettant de mesurer de manière efficace la température et l'humidité de l'air ambiant grâce à sa combinaison deux en un d'un capteur d'humidité capacitif et d'une thermistance. De plus il se connecte facilement à votre microcontrôleur préféré grâce à un signal numérique sur un seul fil.

Le seul véritable inconvénient de ce capteur est que vous ne pouvez obtenir de nouvelles données à partir d'une fois par secondes environ.

Bien qu'il utilise un seul fil pour envoyer des données, si vous voulez plusieurs capteurs, chacun doit avoir sa propre broche de données ! Il existe une bibliothèque Arduino avec un code d'exemple dédié à ce capteur. Par rapport à la DHT11 qui est un capteur de la même famille, le DHT22 est plus précis et fonctionne dans une plus grande gamme de température et d'humidité.

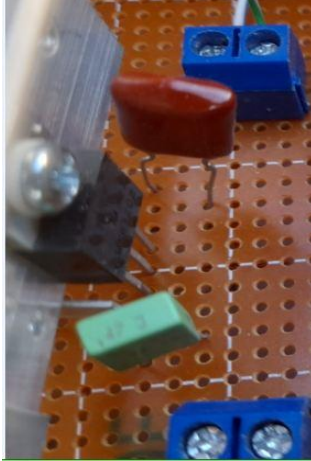

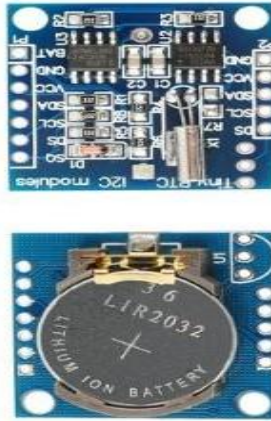
2.1.2. Caractéristiques techniques

- Tension d'alimentation: 3 à 5V.
- Plage de température: -40 à +80°C.
- Humidité: de 0 à 100% RH.
- Dimension: 15.1*25*7.7m.
- broche 1) à gauche à la tension d'alimentation comprise entre 3 et 5V.
- broche 2) à votre broche d'entrée de données.
- broche 3) non connecté.
- broche 4) Masse.

2.2. Système d'acquisition utilisé

Dans notre projet nous avons besoin d'utiliser Une carte Arduino Type Méga 2560 et bloc Relais

Les composants	Caractérisation technique	Figure
<p>Une carte Arduino est une petite Carte électronique équipée d'un microcontrôleur. Permet a programmer et commander des actionneurs</p>	<p>Tension d'alimentation interne = 5V</p> <ul style="list-style-type: none"> - Courant max sur sortie 3,3V = 50Ma - Dimensions = 68.6mm x 53.3mm - Entrées/sorties numériques : 14 dont 6 sorties PWM Entrées analogiques = 6 	
<p>Le Module à relais Interrupteurs qui se commandent avec une tension</p>	<p>Module avec protection de courant de diode, temps de réponse court.</p> <p>Taille de circuit imprimé: 17mm x 43.3mm</p>	
<p>2 Panneaux Solari monocristallin 100W 12V</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Puissance maximum (Pmax): 100 Wc. • Tolérance : entre 0 si + 3% la 25°C. • Tension optimale (Vmp): 18.4V. • Courant optimal (Imp): 5.40 A. • Tension de vide (Voc): 22,25V. • Courant de court-circuit (Isc): 5.8A. • 3 diode contourne, 36 de cellules en série de 125 x 125 mm • Taille: 1000 x 670 x 35 mm • Poids: 9 kg. 	

<p>Régulateur de tension positive à 3 bornes 7824 + 2 Condensateur en céramique 100nF et 330nF</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Courant de sortie supérieur à 1,5 A. • Tension de sortie de 24V. • Protection thermique interne contre les surcharges · • Protection contre le court-circuit · • Transition de sortie sûre -Compensation de zone · • Minimum Lot-to- Variations de lot pour des performances et un fonctionnement fiables de l'appareil °CTstg Température de stockage - 40~150. 	
<p>4 Ventilateur de refroidissement CC</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensions : 120 x 120 x 25 mm • Tension : 24 V • Vitesse : 2 200 tr/min • Longueur du câble : 23 cm • Type de roulement : palier lisse • Niveau sonore : 36 dB • Débit d'air : 79,0 CFM • Taux actuel : 0,15 	
<p>un horloge 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 	

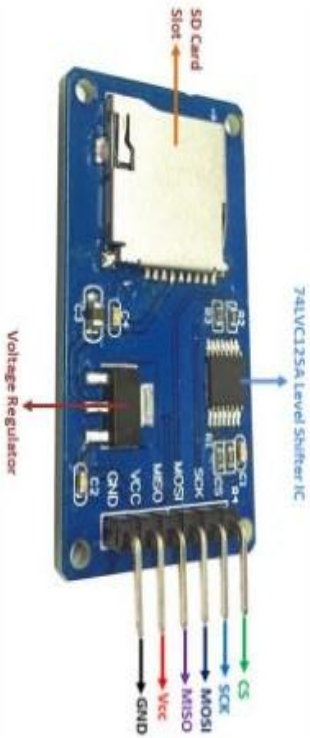
<p>Micro SD Carte Adapter Module</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Operating Voltage: 4.5V - 5.5V DC - Current Requirement: 0.2-200 mA - 3.3 V on-board Voltage Regulator - Supports FAT file system - Supports micro SD up to 2GB - Supports Micro SDHC up to 32GB 	
--------------------------------------	---	---

Tableau. III.1 : Les composants utilisés.

2.3. Conception de la serre

Afin de mener à bien cette étude, nous avons utilisé deux serres en plastique en forme tunnel ayons les mêmes dimensions (Longueur : 200cm, Largeur : 100cm, Hauteur : 80cm) et même conception l'une et considérée comme serre expérimentale et l'autre témoin.

Nous nous sommes appuyés sur des emballages en plastique et la structure est faite de tubes en plastique (Henco) pour une modification facile.

Et nous avons utilisé des filtres anti-insectes devant les trous de ventilation et les portes, et cela pour éviter qu'ils ne fuient à l'intérieur et cela est dû aux grands dégâts et à la transmission de maladies aux plantes.

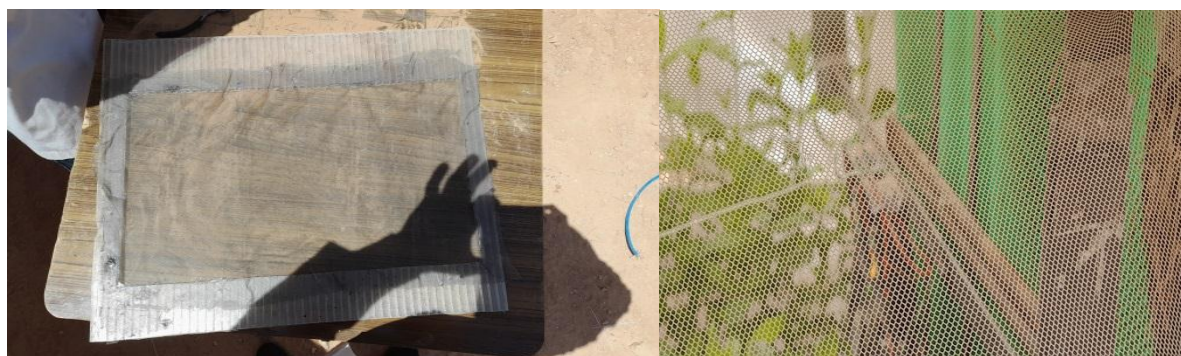


Fig. III.5 : Filtres à insectes.

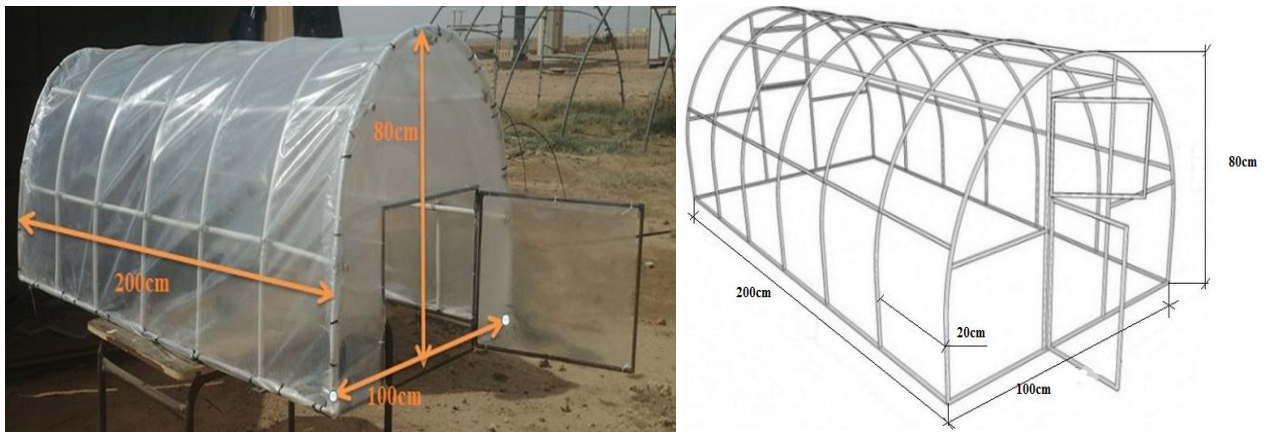


Fig. III.6 : Conception de la serre témoin.



Fig. III.7 : Emplacement du capteur.

2.4. Systèmes utilisés dans la serre expérimentale

Dans la serre expérimentale, nous avons utilisé un système de refroidissement qui réduit la lumière du soleil et les vents, Avec des côtés qui peuvent être ouverts en se pliant manuellement.

2.4.1. Système de refroidissement

Dans la serre expérimentale, nous avons utilisé un système de refroidissement qui réduit la lumière du soleil et les vents, Avec des côtés qui peuvent être ouverts en se pliant manuellement.

Le système de ventilateur et pad et les pads de refroidissement sont fabriqués à partir de matériaux locaux disponibles dans la région (Fig. III 8). Oreillers rafraîchissants, dont le composant principal est les fibres de palmier les fibres de palmier ont été placées à l'intérieur d'une passoire à mailles d'une longueur de 60 cm, d'une hauteur de 50 cm et d'une largeur de 5 cm des fentes ont été placées par le haut pour assurer l'humidité globale des fibres de palmier de manière uniforme et profonde. Les ventilateurs sont capables d'aspirer l'air extérieur à l'intérieur, à travers le coussin de refroidissement, tout en assurant le passage de l'air à travers celui-ci.



Fig. III. 8 : système de refroidissement fabriqué par fibre de palmier.

2.4.2. Ventilation latérale

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



Fig. III.9: a) Filtres à Insectes b) Ventilation Latérale.

2.4.3. Ombre de la serre



Fig. III.10: Ombres de la serre.

2.4.4. Enclos en feuilles de palmier

Le mouvement du vent dû à une vitesse de vent élevée endommage la structure et la végétation, érode le sol exposé et transporte le sable et la terre par infiltration dans la serre. Cela a également affecté la température à l'intérieur de la serre, c'est pourquoi nous avons ajouté des brise-vent naturels formés de feuilles de palmier par des haies et des ceintures de protection pour réduire la vitesse du vent et donc l'effet du vent.



Fig. III.11 :Enclos en feuilles de palmier.

2.5. Câblage et système d'acquisition

Dans notre projet, nous devons utiliser 7 capteurs qui mesurent la température et l'humidité DHT22, système de câblage, Arduino et Carte mémoire et horloger Régulateur 24V et Ventilateurs alimentées avec un panneau solaire (Fig.III.12).

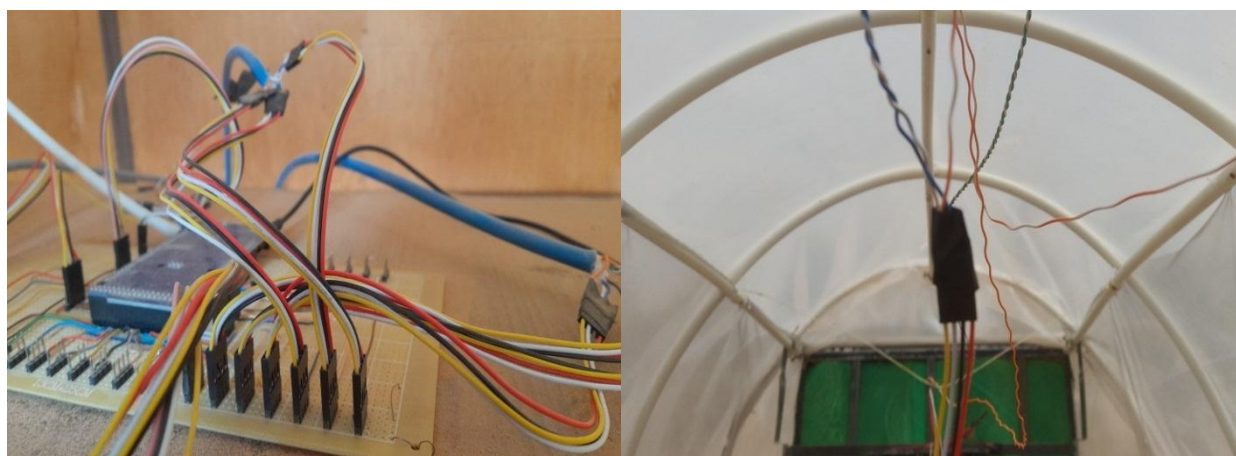


Fig. III.12 :Système de Câblage.

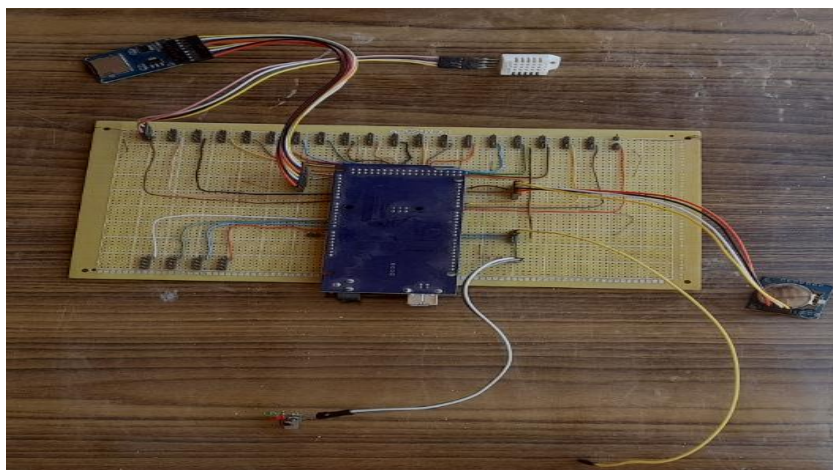


Fig. III.13 : Arduino et Catre Mémoire et Horloge.



Fig.III.14 : Ventilateurs Alimentées Panneau Solaire.

3.Partie théorique

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 .

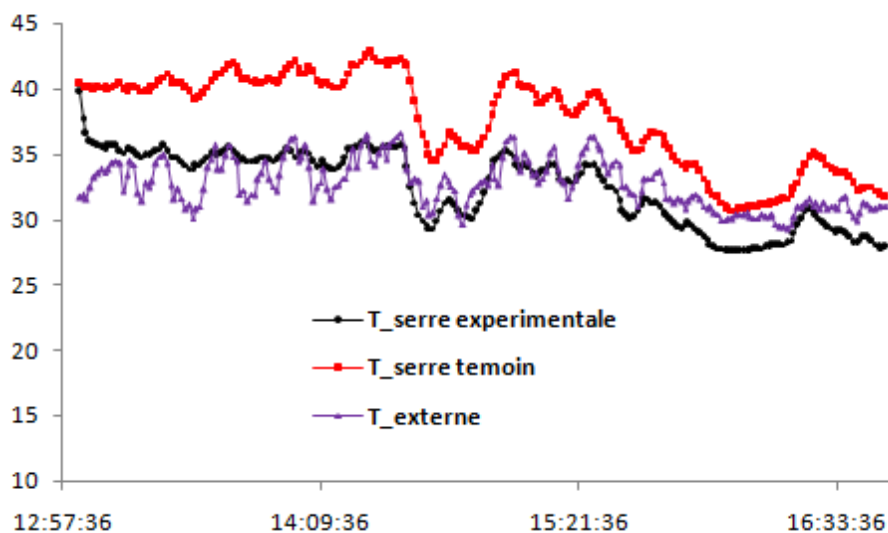


Fig. III.15 :Evolution de la température dans les deux serres et l'exterieur .

(26.04.2022 de 13h00 jusqu'a 17h00)

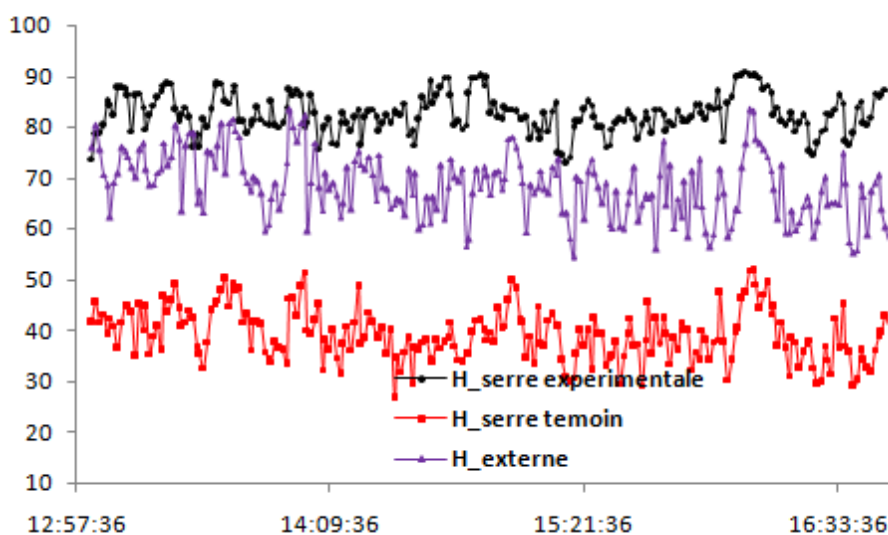


Fig. III.16 :Evolution de l'humidité dans les deux serres et l'exterieur .

(26.04.2022 de 13h00 jusqu'à 17h00)

L'entrée du traitement, classée sur les 4 colonnes en tant que données d'entrée, avec l'aide de MATLAB. Les données de résultats du Target ont également classées en tant que "données ciblées". Cette étude se déroule selon les étapes suivantes :

Étape 1 : Les données d'échantillon collectées sont divisées en deux ensembles, l'un pour construire le modèle, appelé l'ensemble de données d'apprentissage, et l'autre pour évaluer le modèle estimé, appelé l'ensemble de données d'apprentissage, testing data set.

Étape 2 : La détermination des variables d'entrée pour le modèle est effectuée.

Étape 3 : Construction du modèle : L'architecture d'ANN est construite et développée.

Étape 4 : La capacité de prédiction du modèle proposé est évaluée. De plus, les sorties prédites sont comparées au résultat des mesures et l'erreur est calculée. Un indicateur statistique, RMSE est utilisé pour valider les modèles.

Un MATLAB R2020b, Neural Network/Data Manager Tool : (nntool) a été utilisé pour créer, former et tester des modèles. Dans cette étude, la couche de sortie se compose d'un neurone et les sept neurones de la couche d'entrée sont en corrélation avec le nombre de variables d'entrée dans le réseau. Le nombre de neurones dans la couche cachée est déterminé par le processus d'exécution d'un modèle avec un petit nombre de neurones et d'augmentation jusqu'à ce que les résultats prédictifs et l'erreur prédictive atteignent la valeur autorisée (c'est-à-dire 12). La fonction mathématique sigmoïde tangente hyperbolique est utilisé pour transformer les informations dans les couches du réseau, et le réseau ANN est configuré et exécuté dans l'environnement MATLAB. Ses détails de configuration sont répertoriés dans le tableau 1 ci-dessous.

S.No	Particulars	ConfigurationDetails
1	NetworkType	FeedForwardBackPropagation
2	Trainingfunction	TRAINLM
3	AdaptationLearningFunction	LEANGDM
4	ErrorFunction	MSE
5	NumbersofHiddenlayers	02
6	Propertiesoflayer-1	TransferFunction:TANSIG, No. ofNeurons:12
7	Propertiesoflayer-1	TransferFunction:TANSIG
8	TrainingInfo	InputandOutput
9	TrainingParameters	Epochs:1000,max_fail:10
10	DataDivision	Random(dividerand)
11	Trainingfunction	Levenberg-Marquardt(trainlm)
12	Performancefunction	MeanSquaredError(MSE)
13	Plotinterval	1 Epochs

Tableau.III.2 : Configuration du modèle réseau de neurone.

3. 1. Réseau neuronal artificiel

ANN est un outil de solution idéal pour modéliser des systèmes avec des relations non linéaires et c'est une méthode largement utilisée à la fois pour les problèmes de régression et de classification. Il n'y a donc pas besoin d'expressions mathématiques complexes pour décrire de tels systèmes [1]. ANN est une structure de réseau composée d'éléments dotés d'une capacité de processus appelés neurones. Cependant, la structure de réseau de neurones créée doit être formée pour établir la relation entre les entrées et les sorties. À cet égard, il est très similaire au mécanisme de traitement de l'information du cerveau humain.

3. 2.Évaluation des performances de prédiction

Les performances des modèles ont été évaluées sur la base des indicateurs d'erreur statistique suivants ; Erreur quadratique moyenne (RMSE), et coefficient de corrélation (R) recommandés par [2].

La proximité de ces deux indicateurs à zéro conduit à une grande précision de modélisation.

Le coefficient de détermination (R^2) reflète la qualité du modèle. Le modèle tend à être plus performant lorsque R^2 est proche de 1.

3.3. Discussion et résultats

Pour l'évaluation de la température intérieure de la serre, les résultats obtenus de performance des modèles empiriques ANN, sont présentées dans le tableau 1. Le modèles empiriques ANN et est comparés aux valeurs expérimentales basées sur des paramètres statistiques, à savoir, RMSE et R^2 . On peut vérifier que la valeur du RMSE est de 1.025 et le coefficient de détermination (R^2) est de 0,99 pour le modèle ANN, De tous les paramètres statistiques calculés, on note que le modèle ANN proposé donne des meilleures caractéristiques de performance que les modèles empiriques pour température interne de la serre.

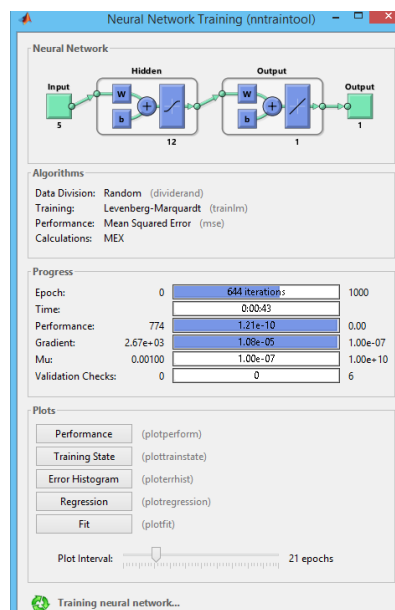


Fig. III.17 : Environnement de formation de réseau neuronal.

La (Fig. III.17) est le graphique des performances après la formation, les tests et la validation. Il s'agit d'un graphique des époques numériques et de l'erreur quadratique moyenne. La meilleure performance de validation s'est produite à zéro époque avec une valeur de performance de 0,024. Aussi, la formation, la validation, les tests et la meilleure courbe de performance sont représentés respectivement par des lignes rouges, vertes, pointillées et bleues.

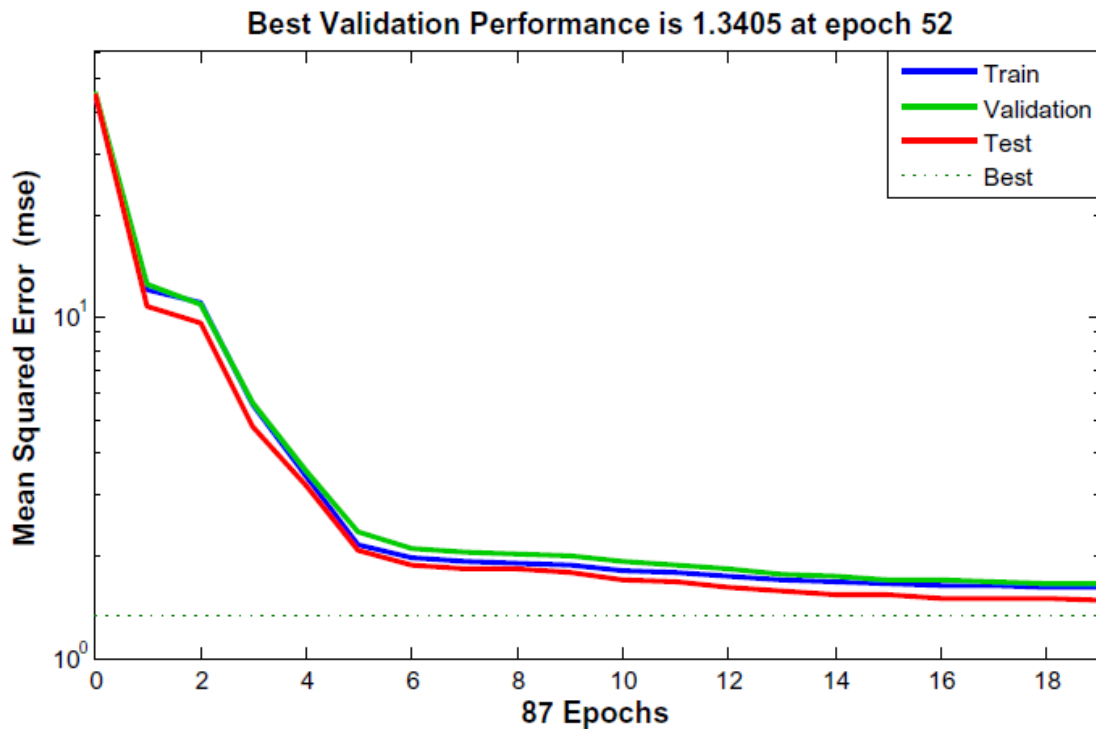


Fig. III. 18 :Tracé de performance.

La (fig. III.18) 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 0,9963, pour la validation est de 0,99959, pour les tests et pour tous, elle est de 0,99961. 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 99.61 % pour la réponse totale. La (fig. III.19), la courbe de validation entre la prédiction et les températures mesurées tandis que la (fig. III. 20), représente un zoom de la figure précédentes, par contre la (fig. III.21) contient le rapport de validation avec une régression entre Target et entré représentés sur la (fig. III.22).

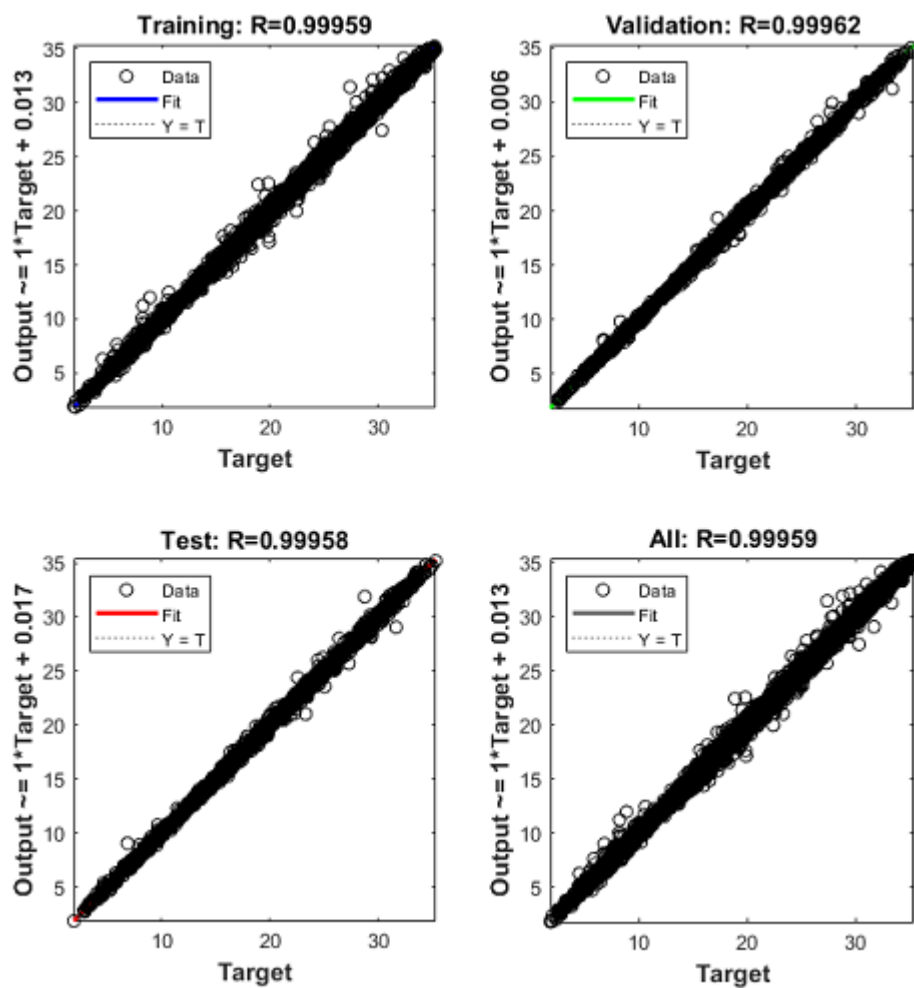


Fig.III. 19 : Graphe de Régression.

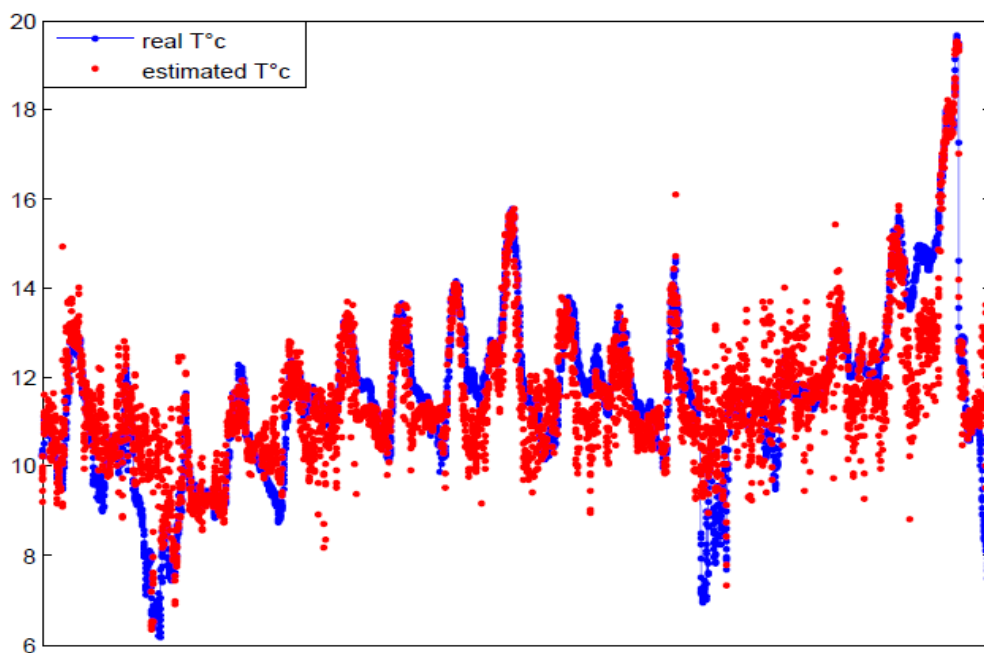


Fig. III.20 : Température estimé et réelle à l'aide de modèles empiriques ANN.

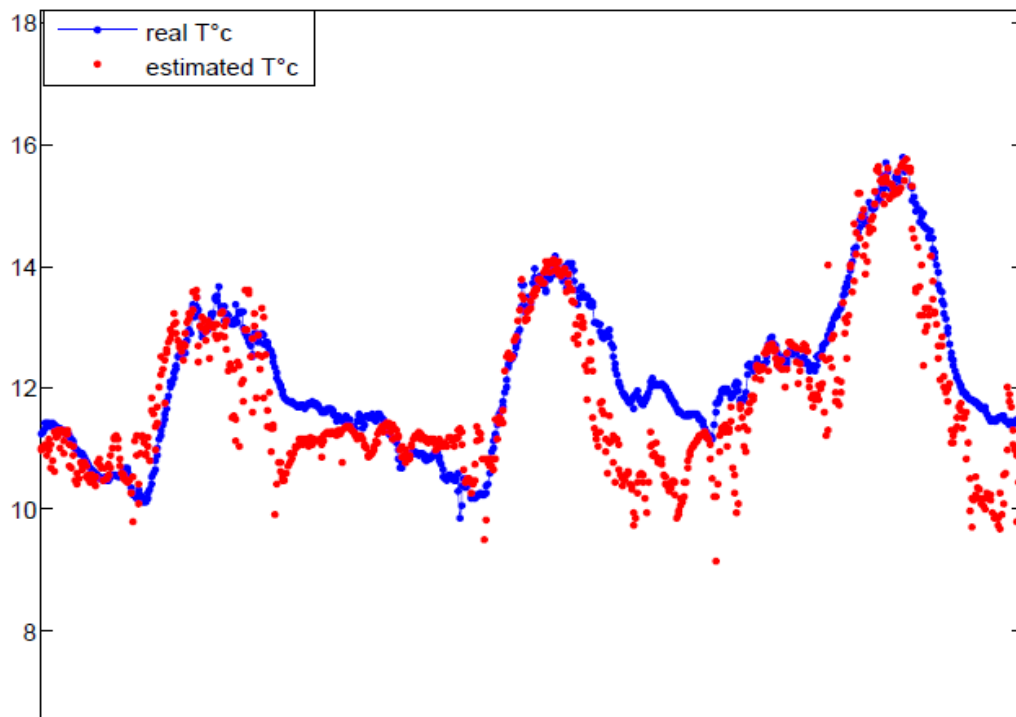


Fig. III.21: Température estimé et réelle à l'aide de modèles empiriques ANN.

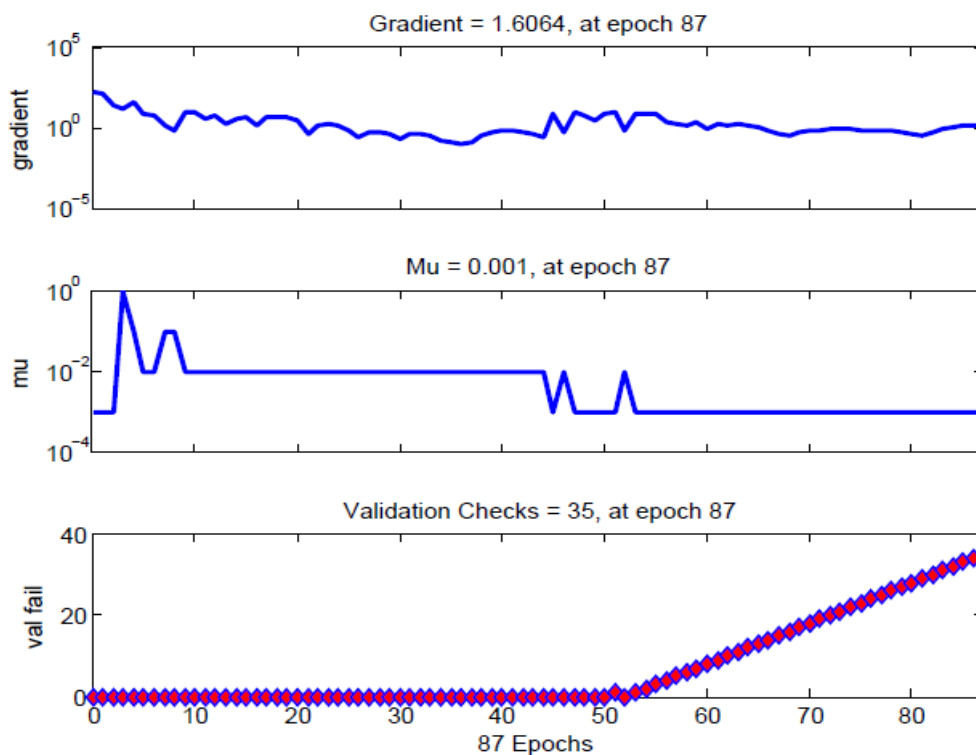


Fig. III.22: Validation des modèles empiriques ANN.

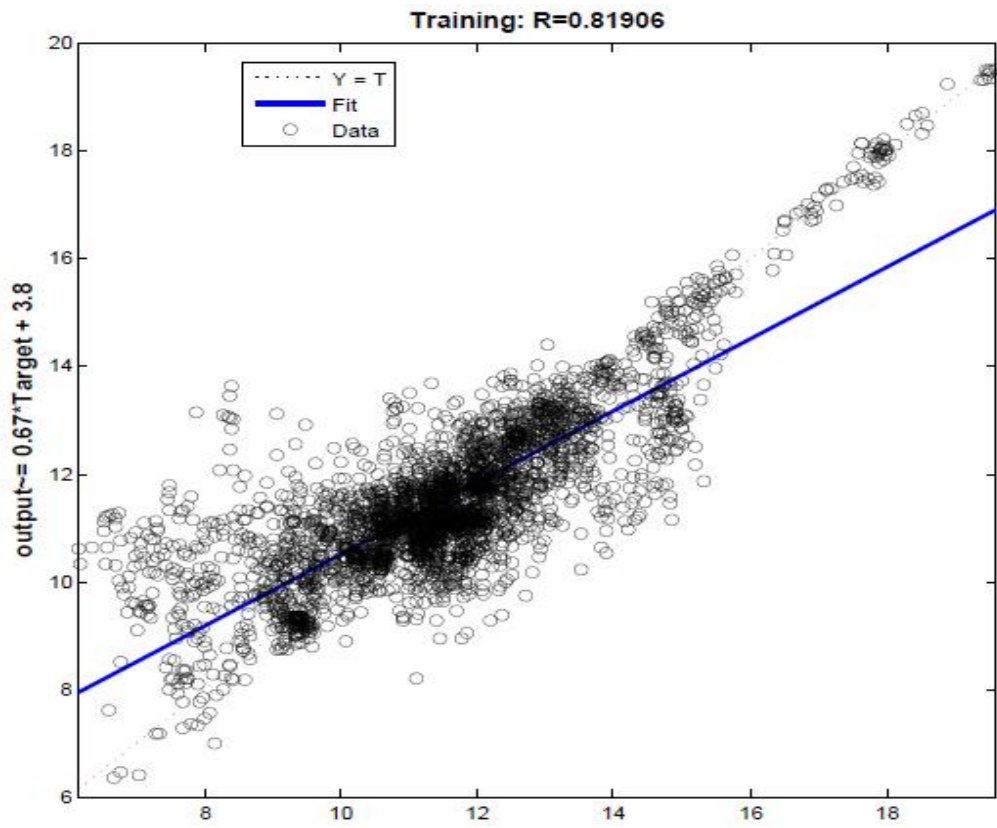


Fig. III.23: Courbe de régression avec modèles empiriques ANN.

Références Bibliographiques

- [1].Methaprayoon K., Yingvivanapong C, Lee WJ and Liao JR (2007) An integration of ANN wind powerestimation into unit commitment considering the forecasting uncertainty. IEEE Transactions on IndustryApplications, 43(6):1441-1448.DOI: 10.1109/TIA.2007.908203.
- [2]. Mabel MC and Fernandez E (2008) Analysis of wind power generation and prediction using ANN: A casestudy.Renewableenergy, 33(5):986-992. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2007.06.013>.
- [3]. Palani S, Liong SY and Tkalich P (2008) An ANN application for water quality forecasting. Marine pollutionbulletin, 56(9):1586-1597.<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.05.021>.
- [4]. Behrang MA, Assareh E, Ghanbarzadeh A and Noghrehabadi AR (2010) The potential of different artificialneural network (ANN) techniques in daily global solar radiation modeling based on meteorological data. Solar Energy,84(8):1468-1480. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2010.05.009>.
- [5]. Wainaina PM, Owino GO and Njue MR (2017) Solar Radiation Prediction Models Analysis for VaryingClimaticConditions,(IJET),9(3):.2571-2580.DOI:10.21817/ijet/2017/v9i3/1709030222.
- [6]. Akinoğlu BG and Ecevit A (1990) Construction of a quadratic model using modified Ångstrom coefficients toestimateglobalsolarradiation.Solarenergy,45(2),pp.85-92. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(90\)90032-8](https://doi.org/10.1016/0038-092X(90)90032-8).

Conclusion Générale

Conclusion

L'objectif de notre étude est de prédire et contrôler la température dans une serre agricole. Pour ce faire l'étude est déroulée en deux tranches, l'une est expérimentale et l'autre numérique.

Dans la partie expérimentale l'étude est axée à la réalisation d'une serre agricole occupée d'un système de refroidissement comparée avec une autre serre témoin.

A l'issue de cette étude, nous avons constaté le succès du système prévu dans la serre expérimentale dans une certaine mesure par rapport à la deuxième serre (témoin).

Cela est remarqué à la différence de température interne moyenne, où la serre témoin a enregistré 40 et la serre expérimentale moins de cette valeur le long de la durée de collection de données.

D'autre part, le système fourni dans la serre expérimentale s'est avéré un grand avantage en termes d'effet sur la réduction de la température interne, du au système de refroidissement des oreillers et des ventilateurs alimentées par panneau solaire. L'activation du système de refroidissement par vapeur dans le refroidissement augmente l'humidité afin de faire pousser des cultures dans une atmosphère appropriée dans cette région.

La conception de la serre ventilée à travers les ouvertures latérales, te peuvent être pliées. Il convient de mentionner que l'utilisation de tamis anti-insectes dans les trappes et les portes, car les insectes peuvent affecter la qualité des produits et transmettre des maladies aux plantes. Ou ils peuvent le détruire.

L'utilisation de l'ombrage, aide à réduire le rayonnement solaire entrant dans la serre, impliquant donc à réduire la température d'un pourcentage notable après l'avoir installé.

Les avantages des brise-vent, qui dépendaient de la réduction importante de la vitesse du vent et de l'empiétement du sable, si lors d'une des journées d'étude, la vitesse du vent atteignait 65 km/h, la serre expérimentale n'en subissait aucuns dommages, et l'autre serre (le témoin) s'est déplacée de sa place et a subi des dommages.

Tout ce système a rendu la serre avec une atmosphère adaptée aux plantes dans une certaine mesure dans les climats chauds de la région sèche et semi-aride, qui connaît souvent ces difficultés dans l'agriculture, comme ces solutions peuvent être, par exemple, dans la culture de tomates, où les températures élevées affectent leur productivité et les font brûler.

L'utilisation d'outils d'intelligence artificielle, d'un réseau de neurones et de données que nous avons recueillies sur une période d'environ un mois nous a permis de prédire la température interne dans la serre. Et comme perspectives nous recommandons le test de ce système dans une ferme de notre région.

Annexe

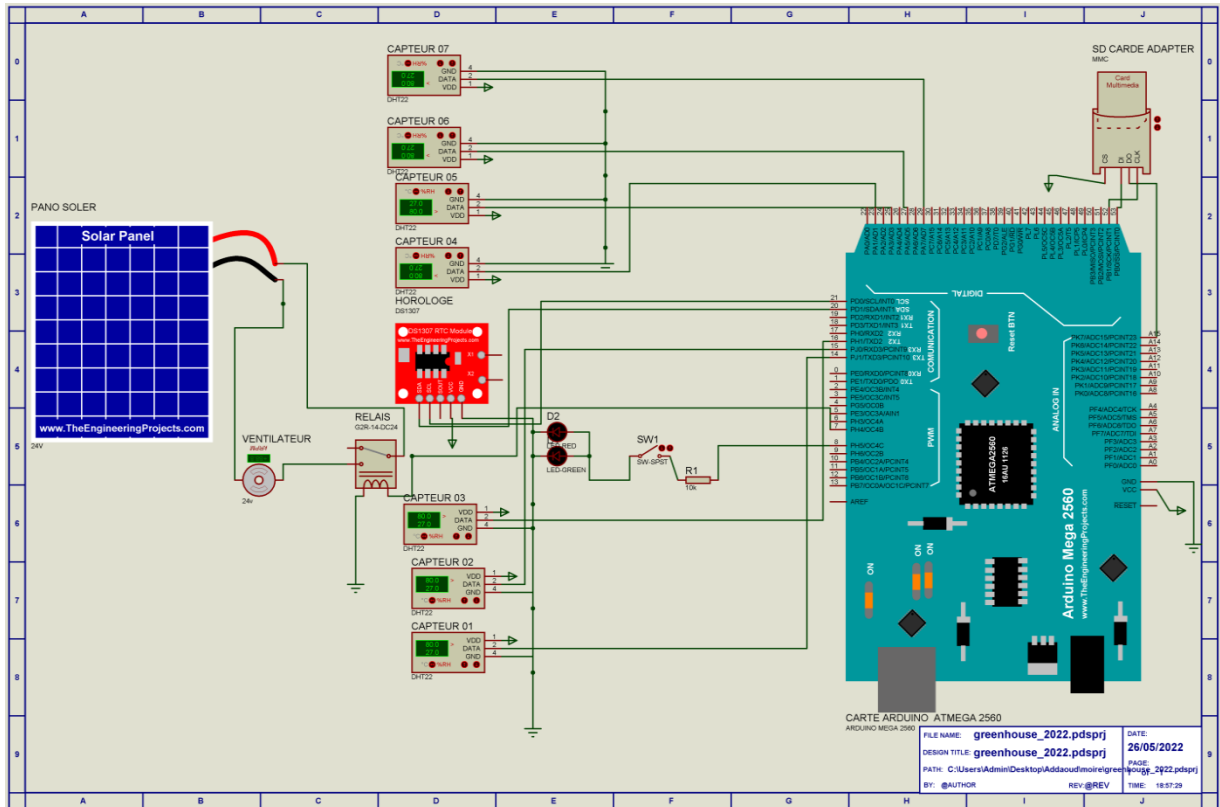


Schéma du Simulations de projet pas portées 8.

PREDICTION ET CONTROLE DE LA TEMPERATURE INTERNE D'UNE SERRE AGRICOLE (Neural network prédiction and fuzzylogic Controller)

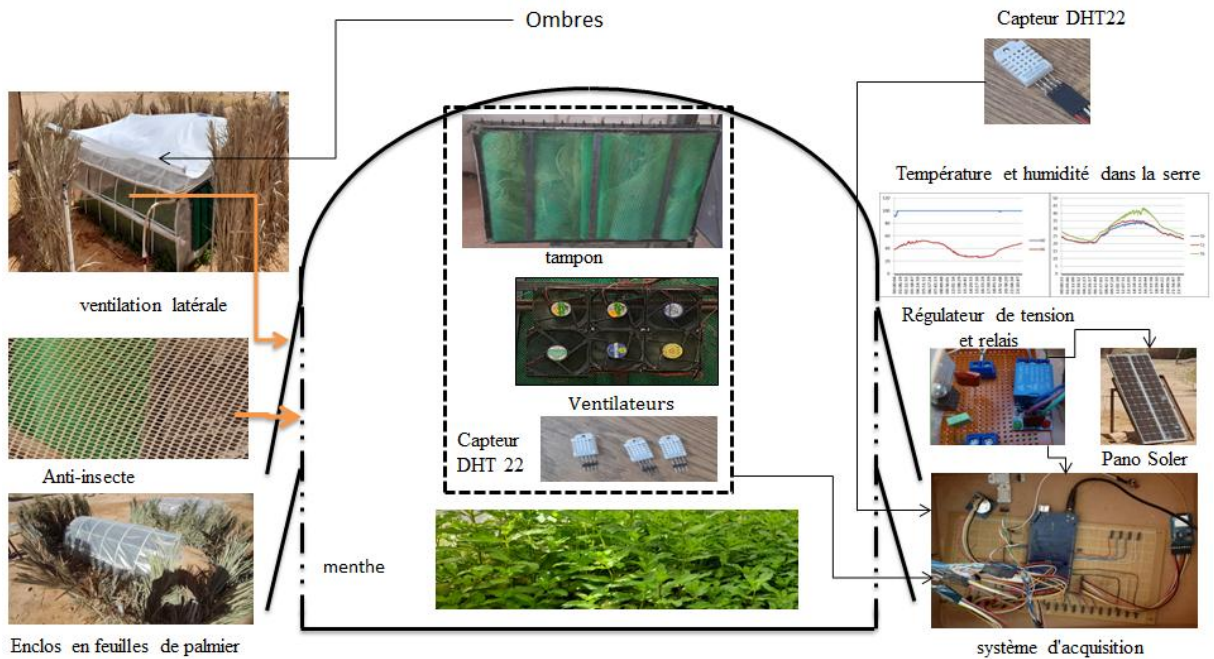
ADDAOUD Abdelmadjid, ARIALLAH Billal, BENSEDDIK Abdelouahaband LALMI Djemoui

¹Laboratory of Materials, EnergySystemsTechnology andEnvironment, Faculté des Science et Technologie, Département d'automatique et électromécanique Université de Ghardaia, Algeria
Emails: eldjemoui@gmail.com, abdelouahabbenseddik@gmail.com

Résumé :

Le présent travail est un peu d'originalité à savoir la sécurité alimentaire et mis men ouvre des outils d'intelligence artificielle .L'étude est décomposée en deux tranches comme habitude expérimentale et théorique .La première partis est de réalisé un système de refroidissement dans une serre agricole de type tunnel compare avec une autre témoins .le système de refroidissement est compose de plusieurs ventilateurs alimenté avec un panneau solaire en prenons en considération l'ouverture des fenêtres des deux cotée de la serre .**Fig.1**.La collection des données expérimentale est assuré par un système de d'acquisition par Arduino pour une période presque d'un mois .Ces données sont ensuite avec celle externes utilisées pour la prédiction de la température interne avec le neural network . Les résultats obtenus montrent la fiabilité du modèle utilisé qu'on peut généraliser à d'autres régions.

Mots clés : Serre agricole, Prédiction neural network, Sécurité alimentaire.



Capteurs de surveillance et actionneurs de contrôle environnemental utilisés pour l'acquisition de données dans la serre.

Fig.1 : Montage expérimentale.

ملخص:

يعتبر هذا العمل من الأصالة في بعض الشيء وهو الأمن الغذائي وتنفيذ أدوات الذكاء الاصطناعي. تنقسم الدراسة إلى قسمين تجريبيًا ونظريًا كالعادة. الجزء الأول هو إنشاء نظام تبريد في دفيئة. نوع النفق الزراعي يقارن بعنصر تحكم آخر. نظام التبريد يتكون من عدة مراوح تعمل بلوح شمسي مع مراعاة فتح النوافذ على جانبي البيت الزجاجي. يتم ضمان جمع البيانات التجريبية بواسطة نظام اقتناء Arduino لمدة شهر تقريبًا. هذه البيانات بعد ذلك مع البيانات الخارجية المستخدمة للتنبؤ بدرجة الحرارة الداخلية مع الشبكة العصبية. أظهرت النتائج موثوقية النموذج المستخدم، والذي يمكن تعميمه على مناطق أخرى.

الكلمات المفتاحية: الدفيئة الزراعية، شبكة التنبؤات العصبية، الأمن الغذائي.