

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche
Scientifique



Université de Ghardaïa

Faculté des Sciences et Technologies
Département d'automatique et électromécanique

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences et Technologies

Spécialité : Maintenance industrielle

Par : BEN AMMAR MOHAMED RIDA – ATTACHI YAHIA

Thème

**Simulation numérique d'une serre agricole
chauffée en bas**

Devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Qualité
AKRMI Faouzi	MAA	Examineur
BENSEDDK Abdelouahab	MRA	Examineur
LALMI Djemoui	MCB	Encadreur

Année universitaire 2020/2021



DÉDICACE

JE DÉDIE CE TRAVAIL

À L'ÂME DE MA CHÈRE MÈRE.

À MON PÈRE, QUE DIEU LE PROTÈGE

À MA CHÈRE FEMME ET MES ENFANTS

À MES FRÈRES ET AMIS

À MES COLLÈGUES DE TRAVAIL

MOHAMED RIDA





DÉDICACE

Je dédie ce travail

À Mes parents qui me sont les plus chers

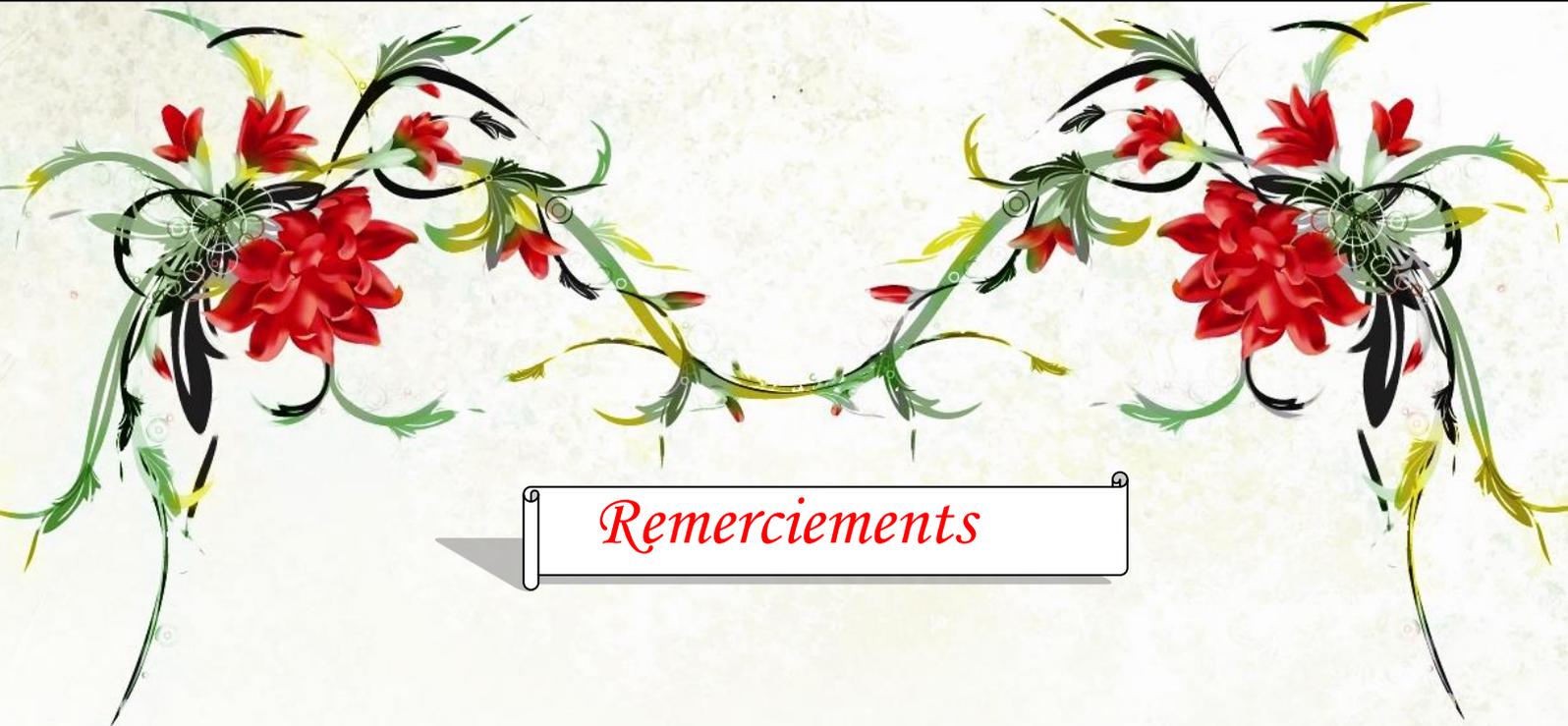
À Mes sœurs, mes frères

À Tous les membres de ma famille,

À Grands et petits.

Yaiha





Remerciements

Tout d'abord, merci pour le grand Dieu qui m'a donné la volonté et la patience de mener à terme ce présent travail.

Au cours de ce travail, j'ai été encadré par Dr. Lalmi Djemoui

Enseignant au département de science et technologie

l'université de Ghardaïa, et enseignant au département de

science et technologie à l'université de Ghardaïa, je tiens à

le remercier pour avoir accepté d'être le directeur de ce

mémoire, et pour ses encouragements, et les conseils

précieux tout le long du travail

Mohamed Rida +Yahia .



Résumé

Résumé

Le but de cette étude est de prédire par une simulation numérique le comportement de l'air à l'intérieur d'une serre tunnel dotée d'un système de stockage thermique sous le climat de la wilaya de Ghardaïa. L'étude est axée à la présentation de l'évolution temporelle des lignes de courant et des températures à l'intérieur de la serre. Les résultats obtenus nous donnent une vue générale de la circulation de l'air dans la serre selon des précédant travaux dans la littérature.

الملخص

الهدف من هذه الدراسة هو التنبؤ بمحاكاة عددية لسلوك الهواء داخل نفق بيت بلاستيكي مزود بنظام تخزين حراري في مناخ ولاية غرداية، لعرض التطور الزمني لخطوط التيار ودرجات الحرارة داخل النفق. النتائج التي تم الحصول عليها أعطتنا نظرة عامة لدوران الهواء في البيت البلاستيكي وفقا لعمل سابق.

Summary

this study is to predict by a numerical simulation the behavior of the air inside a tunnel greenhouse equipped with a thermal storage system in the climate of the wilaya of Ghardaïa. to the presentation of the temporal evolution of current lines and temperatures inside the greenhouse. The results obtained give us a general view of the air circulation in the greenhouse according to previous work in the literature.

Nomenclature

Paramètres	Signification	Unité (S.I)
ρ	Masse volumique de l'air	$[\text{Kg.m}^{-3}]$
t	Temps	[s]
P	Pression	[Pa]
F	Force par unité de volume	$[\text{N.m}^{-2}]$
μ	Viscosité dynamique	$[\text{Kg.m}^{-1}\text{s}^{-1}]$
β	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	/
r_a	La résistance aérodynamique externe	/
r_i	La résistance stomatique foliaire (interne),	/
$u, v :$	Composantes de vitesses	$m\text{s}^{-1}$
S	Surface	m^2
ν	Viscosité cinématique	$m^2\text{s}^{-1}$
λ	Conductivité thermique	$\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}$

Liste des Figures

N° Chapitre	N° Figure	Descriptions des figures	Page
<i><u>Chapitre II</u></i> <i><u>Généralité</u></i>	Figure 1	Serre chapelle[
	Figure 2	Structure d'une Serre d'horticulture constituée de deux chapelles et de trois module	
	Figure 3	Serre Tunnel	
	Figure 4	Serre petit Tunnel	
	Figure 5	La serre gonflable	
	Figure 6	Serre de multiplication	
	Figure 7	Schématisation de l'effet de serre	
<i><u>Chapitre III</u></i> <i>Résultats et interprétations</i>	Figure 1	Situation de Ghardaïa	
	Figure 2	Evolution de la température ambiante et radiation solaire global, Janvier 2015	
	Figure 3	Vitesse du vent et humidité, Janvier 2015	
	Figure 4	Dispositif expérimental avec configuration géométrique pour calcul	
	Figure 5	Système de stockage placé sous serre	
	Figure 6	Isolignes	
	Figure 7	Isothermes	
	Figure 8	Variation de la pression de saturation et de l'humidité relative dans la serre	40
	Figure 9	Nombre de nusselt local en fonction du nombre de Railyh	41
	Figure 10	Nombre de nuassent moyen	42
<i>Partie experimental</i>	Figure 1	Cart Arduino UNO	48
	Figure 2	Construction de la petite Serre	51
	Figure 3	Système de stockage placé sous petite Serre	51
	Figure 4	Présentation des équipements doit utilisé sur le projet	51
	Figure 5	placements les 2 Capteur d'humidité et de temperature DHT11	52
	Figure 6	Valeur d'humidité et de température Mesuré	52
	Figure 7	Courbe de changement d'humidité et de température qui est Mesuré pendant 24h	53

Liste des tableaux

N°	Descriptions des Tableaux	Page
<u>Tableaux 1</u>	Les capteurs utilisés	51
<u>Tableaux 2</u>	Les composant utilisés	51

SOMMAIRE

Dédicace

Remerciements

Résumé

Nomenclature

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction General 12

CHAPIRE I : ET ETAT DE L'ART

I. Etude Bibliographique et état de l'art : 15

CHAPITRE II : Généralité

I-Introduction 21

II- Serre agricole 21

III- Types de la serre 21

III .1 serres chapelle 21

III 2 La serre tunnel 22

III 3 La serre gonflable 23

III 4 la serre de multiplication 24

VI Orientation des serres 24

V L'effet De Serre : 25

IV Modélisation du système serre : 26

IV 1. Les échanges radiatifs 27

IV.2 Les échanges radiatifs de courtes longueurs d'ondes : 27

IV 3 Les échanges radiatifs de grandes longueurs d'ondes : 28

IV.4. Les échanges conductifs : 28

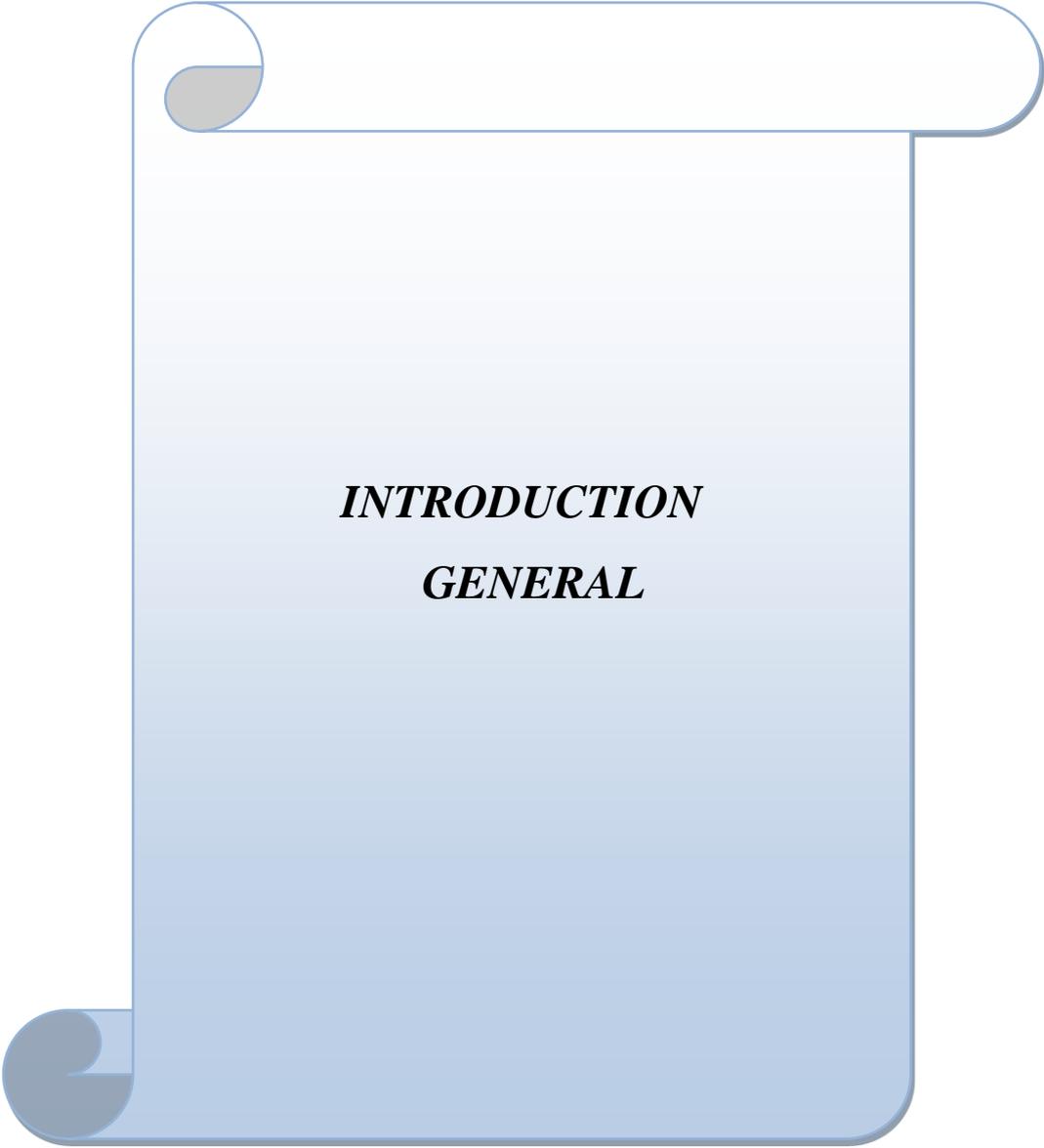
IV.5 Les échanges convectifs : 29

IV.6 Les échanges de vapeur d'eau :	30
IV.6.1. Transpiration :.....	30
IV.6.2 Aération naturelle des serres.....	31
VII CONCLUSIONS:.....	33

CHAPITRE III: RESULTATS ET INTERPRETATIONS

I- Problématique et configuration géométrique :	37
II- Modèle Mathématique :	39
III - Résultat et interprétations :	40
Conclusion Général.....	46

ANNAXE



INTRODUCTION
GENERAL

Introduction General

L'économie d'énergie constitue une des préoccupations des consommateurs, chercheurs et les concepteurs. La recherche actuelle dans le domaine de l'agriculture, nous est donné la possibilité d'une production sous serre solaire de légumes à empreinte écologiques fortes. Pour faire pousser, sous serre dans notre région saharienne, des légumes que nous consommons en hivers sans savoir recours à la consommation d'énergies, nous devons penser à optimiser la bioclimatique toute en réalisant une serre modèle à notre étage bioclimatique et répondant à toutes les exigences de la région.

Les énergies renouvelables sont devenues incontournables. Durant ces dernières années L'Algérie met de plus en plus d'attention sur l'utilisation des sources d'énergies renouvelables. Les défis actuels renforcent la nécessité de profiter le maximum de grand nombre d'applications, telles que : le chauffage solaire, l'éclairage PV, le pompage et le dessalement des eaux. L'agriculture demeure encore l'essentiel de l'activité économique dans la région Saharienne. Pour obtenir des produits de meilleure qualité, de nombreuses améliorations techniques et économiques par l'introduction des énergies renouvelables trouvent leurs places au service du développement du milieu rural.

Les conditions climatiques de la région de Ghardaïa s'apprêtent très bien à une application des énergies renouvelables dans le domaine agricole. On peut donc envisager d'améliorer les techniques de la production agricole par l'introduction de procédés aussi simples tels que les serres agricoles et le séchage solaire.

Le travail consiste en une conception et réalisation d'une serre solaire modèle respectant la performance thermique. Vu la discontinuité de la présence de l'énergie durant la journée, la nécessité de recouvrir à des moyens permettant de décaler l'utilisation de l'énergie obtenue durant la journée vers des périodes plus froides durant la nuit.

Ce projet est basé aussi sur la conception et la réalisation d'une autre serre solaire équipée de certains systèmes à savoir : alimentation PV, ventilation, stockage de la chaleur et séchage solaire.

les plus chaudes de la journée, il arrive qu'il y ait un excédant d'énergie solaire captée nécessitant souvent un dispositif de ventilation. Par contre la nuit, en certaines

périodes, la serre nécessite un La serre est un capteur solaire qui ne comporte aucun système de stockage thermique. Alors qu'aux heures chauffage. Pour palier à ces contraintes, entre autre climatique et économique, la conception de la serre devra permettre minimiser les pertes énergétiques et maîtriser les apports qui seront d'origines renouvelables. Elle pourra être envisagée comme modulaire afin de ne pas limiter le champ d'expérimentation à venir.

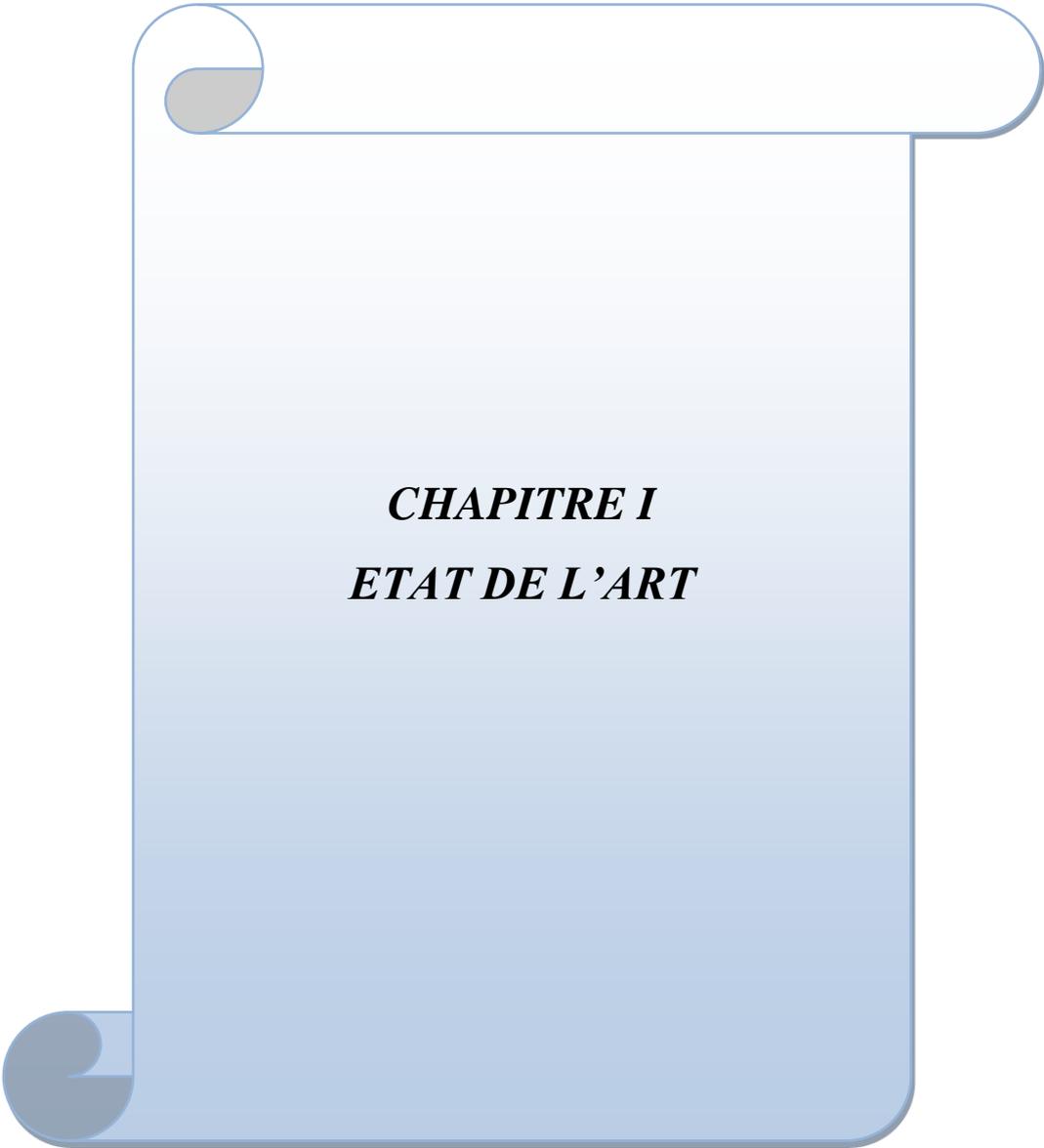
L'objectif principal de notre travail consiste à la réalisation d'une troisième serre solaire avec établissement d'un bilan énergétique du dispositif serre stockage thermique afin de déduire les conditions optimales de fonctionnement du système de production d'agriculture, ainsi qu'une étude économique pour la commercialisation. Il s'ensuit qu'il faut aussi démontrer les performances thermiques et son apport dans le domaine d'agriculture.

Le présent travail est constitué de trois chapitres

Le premier chapitre: Introduction générale sera consacré à une synthèse bibliographique on se basant sur les travaux de modélisation des écoulements d'air dans les serres.

Le deuxième chapitre : est consacré aux Caractéristiques des serres définition d'une serre agricole et différents types de la serre.

Le troisième chapitre est complètement dominé par une description du modèle physique utilisé pour le phénomènes de convection sous serres avec présentations des équations de bilan énergétique des équations de quantité de mouvement , l'équation de continuité ,l'équation d'énergie, les résultats de la simulation et leurs interprétations avec une conclusion pour clôturer de ce mémoire.



CHAPITRE I
ETAT DE L'ART

I. Etude Bibliographique et état de l'art :

Une serre est un outil de production pour créer artificiellement un microclimat pour la croissance et le développement de la culture. Par sa présence, il protège des coups de végétation en raison de changements dans les facteurs climatiques [1]. Un effet de serre est à la fois un système biologique et énergétique très complexe dans lequel tous les différents modes d'échanges sont impliqués [2]. Les principaux facteurs climatiques de l'environnement interne dans une serre sont la température et l'humidité. Chacun de ces facteurs est conditionné dans la serre, avec son niveau à l'extérieur, par les propriétés du matériau de couverture et des caractéristiques du système serre. De nombreux modèles ont été développés pour comprendre les phénomènes énergétiques dans les serres. Presque la majorité de ces modèles tournent autour de la formulation des différents paramètres instantanés d'énergie des composantes de la serre (l'air intérieur, le sol, la couverture végétale et les systèmes de chauffage) [3]. Un tel modèle optimise globalement et quantitative des échanges entre l'intérieur et l'extérieur, mais rien sur les détails de l'échange de température interne, de l'humidité relative et dioxyde de carbone CO₂ [4]. Avec les récents progrès dans le calcul des codes commerciaux puissants et de résolution des équations de la mécanique des fluides ces modèles sont devenus des compléments indispensables aux travaux expérimentaux et des outils dans l'étude du climat interne des serres. La simulation numérique utilisant les logiciels de calcul de la mécanique des fluides a été largement utilisée dans l'analyse de l'hétérogénéité climatique dans les serres fermées et ventilées [5]. La plupart des travaux dans la littérature sont basés à l'étude de la convection dans serres et principalement cathédrales (mono ou multi-chapelles), sur tous dans le nord de l'Europe [6-7]. Le but de notre travail est de donner une description générale de la distribution de l'air à l'intérieur d'une serre tunnel en raison du transfert de chaleur par convection chauffé au sol par un système de stockage thermique utilisant le code commercial de fluent dans sa version 16.00. Tous d'abord on commençant par une synthèse de citation pour quelques travaux et investigations réalisés dans le domaine de recherche des serre agricoles et liées directement à notre actuel étude.

C.L Chen et C.H Cheng [8], ont fait des études expérimentales et numériques pour l'étude du transfert thermique convectif naturel dans une enceinte en forme d'arc inclinée. Dans cette étude, le nombre de Grashof est compris entre 10^4 et 10^7 et l'angle

d'inclinaison θ l'est entre 0 et π . résultats obtenus Les indiquent que si le nombre de Grashof est supérieur à 10^5 , la convection naturelle devient significative. Ils ont aussi montré que l'intensité du vortex et le modèle dépendent de l'angle d'inclinaison

Brzanas et al [9], fait une étude numérique de l'influence d'arrangement de conduit sur la ventilation au vent d'une serre tunnel utilisant un code CFD. Le modèle numérique a été validé par des données expérimentales.

D.Jain, G.N.Tiwari [10] ont étudié l'effet de serre sur culture séchant sous convection naturelle et forcée pour évaluer le coefficient de transfert massif convectif [14].

I. Impron et al [11], fait un teste du modèle climatique dynamique pour le calcul de trois variables d'état : température moyenne de l'air ; la pression moyenne de vapeur d'eau et la température moyenne de la toiture. Le modèle a été paramétré et validé. Une performance cohérente du modèle a été observée, Cependant, la taille et la géométrie des ouvertures de ventilation réalisant la ventilation conçue doivent être déterminées par la suite par la modélisation de CFD.

C. Lebbal [12], fait un travail porté à l'étude de la convection dans deux types de serres tunnels, le tunnel de forme classique et celui de côtés verticaux à l'aide d'un CFD2000. Les résultats de la simulation ont été donnés sous forme, de champs de température et de vitesse [2008].

F.Z. Azil [13], fait une étude du mouvement d'air sous serres, avec et sans chauffage, fermées et ouvertes. Elle a déterminé le champ dynamique et thermique, pour différentes positions d'organes du chauffage, à l'aide d'un CFD2000.

F. Lebbal [14], fait une étude du comportement dynamique et thermique d'une serre fermée mono chapelle de type Venlo non chauffée et sans couvert végétal dans le cas de la convection naturelle, à l'aide du logiciel commercial "fluent ". Les résultats donnant la variation de la température à l'intérieur de la serre. Le bon travail concernant les serres et le stockage thermique que j'ai vu est les deux grandes serres réalisées dans le Jardin Botanique Royal de Madrid ; Espagne qui utilise des ressources naturelles pour obtenir la chaleur nécessaire aux plantes pendant la saison froide. La plus ancienne a été construite en 1856 et utilise l'énergie solaire et bio

thermique. La serre moderne a été inaugurée en 1993 et emploie l'énergie solaire et géothermique. Pour la culture des plantes tropicales, les températures et l'humidité doivent être élevées et uniformes pendant toute l'année. Ces caractéristiques ne correspondent pas au climat de Madrid. Cette ville (Madrid) se trouve au centre de la péninsule ibérique à une altitude moyenne de 667 mètres au-dessus du niveau de la mer et ses coordonnées géographiques sont de 40° 26' N et 3° 41' O. Son climat est classé parmi les méditerranéens avec une dégradation continentale. Cette dégradation continentale provoque une grande amplitude thermique annuelle. Les étés sont très chauds et secs, avec des températures maximales autour de 40 degrés, et les hivers sont froids avec des gelées et parfois de la neige.

Références bibliographiques premier chapitre

- [1]. M. Santamouris, A. Balaras, E. Dascalaki, and M. Vallindras, "Passive solar agricultural greenhouses: a worldwide classification and evaluation of technologies and systems used for heating purposes," *Solar Energy*, vol. 53, n°5, pp 411–426, 1994.
- [2]. T. Boulard, Caractérisation et modélisation du climat des serres : application à la Climatisation estivale, *Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier*, France, 1996.
- [3]. S. Bezari, A. Bouhdjar, Réalisation d'un dispositif de stockage thermique. Premier Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables, Ghardaïa (2010).
- [4]. J. C. Roy, T. Boulard, Y. Bailly, étude expérimentale de la convection naturelle dans une serre chauffée, Congrès Français de Thermique, SFT. (Lyon, France, 15-17 mai. 2000), pp. 11-17, 2000.
- [5]. A. Mezrhab and M. Bouzidi, Computation of view factors for surfaces of complex shape including screening effects and using a boundary element approximation. *Engineering Computations. International Journal for Computer-Aided Engineering and Software*, vol. 22, N°2, pp. 132-148, 2005
- [6]. Hicham Bouali, Ahmed Mezrhab, Larbi Elfarh, Cherifa Abid, simulation numérique des transferts thermiques dans une serre agricole chauffée par un bloc solide isotherme, 13èmes Journées Internationales de Thermique
- [7]. Belgacem Draoui, Mebirika. Benyamine et Thierry. Boulard, influence du facteur de forme sur la convection naturelle en régime transitoire dans une serre monochapelle chauffée par le bas (flux), 12èmes Journées Internationales de Thermique.
- [8]. B. Draoui, M. Benyamine, Y. Touhami et B. Tahri, Simulation Numérique de la Convection Naturelle en Régime Laminaire Transitoire dans une Serre Tunnel Chauffée par le Bas (Flux), *Rev. Energ. Ren. : Valorisation* (1999) 141-145
- [9]. A. Bouhdjar, A. Boulbina, "Rockbed as a heat storage material for greenhouse heating," *Proceedings of Congress Energy and the Environment*, UK, London, pp 2325–2327, 1990.
- [10]. Chin-Lung Chen, Chin-Hsiang Cheng. Buoyancy-induced flow and convective heat transfer in an inclined arc-shape enclosure, *International Journal of Heat and Fluid Flow* 23(2002) 823–830.

- [11]. T. Bartzanas, T. Boulard, C.Kittas. Numerical simulation of the airflow and temperature distribution in a tunnel greenhouse equipped with insect-proof screen in the openings. *Computers and Electronics in Agriculture* 34 (2002) 207–221.
- [12]. Dilip Jain, G.N. Tiwari. Effect of greenhouse on crop drying under natural and forced convection (valuation of convective mass transfer coefficient), *Energy Conversion and Management* 45 (2004) 765–783.
- [13]. Impron, S. Hemmingb, G.P.A. Botb. Simple greenhouse climate model as a design tool for greenhouses in tropical lowland, *biosystems engineering* 98 (2007) 79 – 89.
- [14]. L. Chirine. Etude de la convection sous serres fermées et ouvertes en présence de la plante thèse de magistère En Physique Option : Physique Energétique, Université El-Hadjar Lakhdar – Batna. (2008).
- [15]. F. Z.Azil. Etude des paramètres climatique, sous serre, chauffée en présence de la plante. thèse de magistère en physique Option : Physique Energétique, Université El-Hadjar Lakhdar – Batna.
- [16]. L. Fatiha. Contribution à l'étude dynamique et thermique de l'air à l'intérieur d'une serre en verre de type Venlo dans les régions des Aurès; les hauts plateaux est d'Algérie (Etude de simulation). Thèse de doctorat de Science en Mécanique énergétique Université El-Hadjar Lakhdar Batna. (2010).
- [17]. M. Capderou, 'Atlas Solaire de l'Algérie', Modèles Théoriques et Expérimentaux, Vol. 1, T1, Office des Publications Universitaires, EPAU, Algérie, 375 p., 1987



CHAPITRE II

Généralité

I-Introduction

Né, il y a un peu plus de cinquante ans, le système de culture abritée, est devenu de nos jours un outil indispensable pour subvenir aux besoins alimentaires en produit frais, car la fonction essentielle d'une serre agricole est de créer un microclimat plus favorable aux exigences de la plante que le climat local ou régionale. La température représente l'un des paramètres les plus importants pour la gestion du climat malgré la difficulté de la contrôler. La culture sous abris est un système de production agricole intensif dont les interactions avec l'environnement naturel, social et économique sont très fortes. [1]

II- Serre agricole

Une serre est une structure qui peut être parfaitement close destinée en général à la production agricole. Elle vise à soustraire aux éléments climatiques les cultures vivrières ou de loisir pour une meilleure gestion des besoins des plantes et pour en accélérer la croissance ou les produire indépendamment des saisons. La serre, conçue à l'origine comme une simple enceinte limitée par une paroi transparente, est elle-même un agent de modification du climat le climat spontané s'établit " sous abri" ne répond qu'exceptionnellement à la totalité des exigences des cultures, il permet, certes, de se soustraire partiellement aux interdictions culturelles du climat extérieur, en particulier à celles liées aux basses températures, et d'éliminer les contraintes imposées par les épisodes pluvieux ou la violence de vent. La serre est une " enceinte" destinée à la culture ou à la protection des plantes en exploitant le rayonnement solaire les dimensions de cette enceinte permettent à un homme de travailler aisément à l'intérieur. [2],

III- Types de la serre

La classification des serres est très complexe est plus difficile, et de classer les serres de différentes façons : classification technologique, et professionnelle.

III .1 serres chapelle

La chapelle est l'unité de construction de la serre formée par deux parois latérales verticales (ou très légèrement penchées) et un toit à deux pentes, généralement symétriques, La chapelle est caractérisée par sa largeur, les dimensions courantes sont approximativement entre (3, 6, 9,12 et 16m).



Figure 1 : Serre chapelle [2].

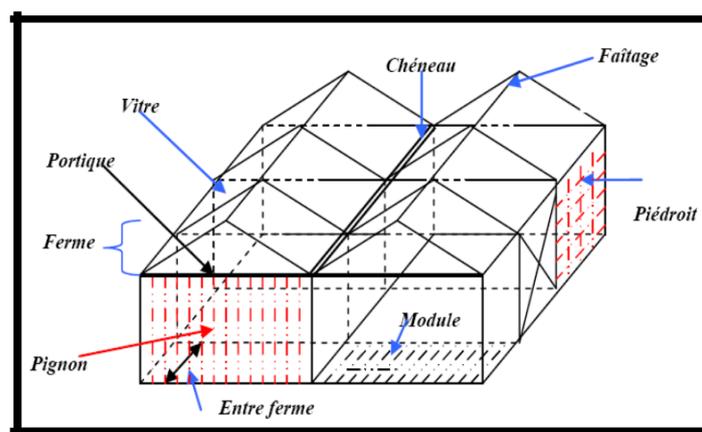


Figure 2 : Structure d'une Serre d'horticulture constituée de deux chapelles et de trois modules [2],

III 2 La serre tunnel

En général, la serre tunnel se compose d'une série d'éléments juxtaposés constitués chacun par une armature en tube d'acier et en profilés assemblés par des boulons.

La largeur est de (3 à 9) m. Le film plastique se fixe par divers systèmes de clips qui coincent le film contre le profil ou entre deux baguettes tout au long de la serre. La

serre tunnel classique est arrondie, mais il existe également des modèles à pieds droits comme pour les serres en verre, Certaines d'entre elles sont d'ailleurs convertibles pour leurs couvertures [3],



Figure 3 : Serre Tunnel [3]



Figure 4 : Serre petit Tunnel [3],

III 3 La serre gonflable

Est une serre dont les parois sont flexibles de la manière où leur volume varie avec l'état de leur climat "la température élevée provoque donc une détente qui fait augmenter la pression totale intérieure. la condensation de la vapeur d'eau diminue aussi la pression totale, et provoque une dépression par conséquent la paroi se rabat

sur l'armature de la serre. Il existe d'autre type de serre utilisé dans des applications particulières comme la serre adossée et la serre roulante. [3]



Figure 5 : La serre gonflable [3]

III 4 la serre de multiplication

C'est une serre donc de production rapide de plantules de semence. Elle est étroite et large, bien isolée de façon à pouvoir maintenir des températures élevées. La hauteur est basse et les largeurs de chapelles sont de l'ordre de 3 mètres [5]



Figure 6 : Serre de multiplication [5]

VI Orientation des serres

En raison de l'orientation adoptée par rapport à la course du soleil et à la direction du vent et les ombres créés par les éléments de charpente ou des divers équipements aériens, il est difficile d'éviter l'existence d'une hétérogénéité climatique à l'intérieur de la serre.

En zone méditerranéenne, où le soleil s'élève davantage, il a été vérifié qu'un éclairage satisfaisant peut s'obtenir en adoptant une orientation Nord- Sud, qui permet par compensation d'avoir une meilleure homogénéité du climat lumineux, cette orientation a l'avantage de réduire les effets néfastes des vent Nord- sud tant sur la structure que sur les déperditions énergétiques [3]

V L'effet De Serre :

Il résulte de deux phénomènes distincts : un effet d'abri lié à la réduction d'échange d'air avec l'atmosphère libre, et un effet de serre lié à la présence de la température d'un écran peut transparent au rayonnement infrarouge long dans la gamme de 10 à 15 μm , émis par le sol, la végétation à l'intérieur de la serre est ainsi exposée au rayonnement solaire visible et infrarouge court.

Ces deux phénomènes entraînent une élévation de température très nette pendant la journée. Cependant, cet effet est variable d'une part selon la porosité à l'air, (aération appliquée) et d'autre part selon la propriété de transmission et d'absorption par le matériau de couverture des rayonnement solaire et terrestre figure (I.7). [3]

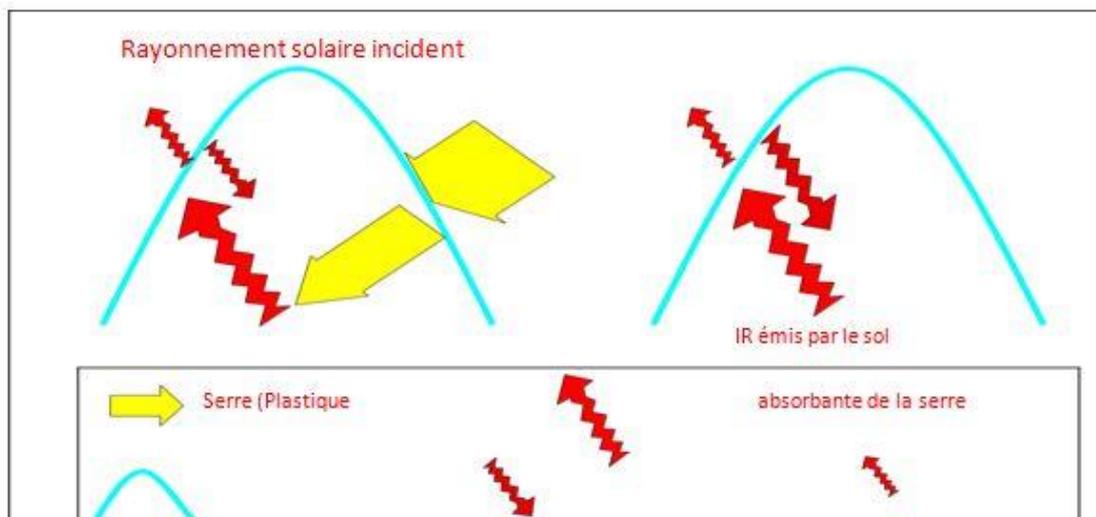


Figure :7 Schématisation de l'effet de serre [3]

En résumé ; d'une manière générale, on peut admettre que les interventions sur le climat d'une serre doivent s'inspirer des considérations suivantes :

V 1 Lumière : La recherche d'un éclairage maximum est la règle générale chaque fois que l'on recherche la précocité du fruit. Dans les régions à fort ensoleillement ceci expose a des risques d'échauffement excessif et de déséquilibre dans l'alimentation hydrique par exagération de la demande évaporation. [6]

V 2 Température : la recherche de la précocité passe le plus souvent par la nécessité d'un relèvement des températures par apport aux conditions naturelles. La régulation des températures doit prendre en compte :

- La nécessité d'un ajustement aux conditions d'éclairement.
- L'appréciation des exigences thermiques de jour et de nuit.
- Un équilibre entre condition de température dans l'air et dans le sol.
- Les contraintes économiques.

Dans les régions chaudes, de jour, la limitation des montées en température pose des Problèmes souvent plus difficiles à résoudre que ceux de chauffage. [6]

V 3 Humidité :

Le confinement de l'air est souvent à l'origine de sa saturation en vapeur d'eau, condition particulièrement favorable au développement des attaques parasitaires.

La régulation de cette caractéristique de l'air ne peut pas se faire indépendamment des autres. [6]

IV Modélisation du système serre :

La serre forme un système biologique et énergétique complexe dans lequel la plupart des modes d'échange thermique et de masse sont mis en jeu:

- les échanges radiatifs de courtes et grandes longueurs d onde.
- les échanges par conduction au travers du sol et des parois.
- les échanges par convection à la surface de la couverture, des plantes et du sol.
- les échanges de vapeur d eau au niveau du sol et des plantes (évapotranspiration).
- le renouvellement d air dû à la perméabilité de la serre ou à une ventilation.

Les différents modes d échanges définis ci-dessus n ont pas la même importance et certains peuvent être simplifiés ou négligés suivant la précision recherchée et l'objectif de la simulation. [8]

Cette approche système serre qui considère la serre comme étant un système de production, constitué de différents composants physiques et ainsi biologiques qui échangent entre eux des flux d énergie sensible et latent, était la base d un grand nombre de travaux de modélisation destinés à appréhender les phénomènes du

transfert de chaleur et de vapeur eau qui régissent le climat intérieur des serres agricoles [8]

IV 1. Les échanges radiatifs

Le rayonnement solaire constitue une source d'énergie naturelle faisant chauffer le système terrestre. La partie qui nous parvient se situe dans une bande spectrale grossièrement comprise entre 0.3 et 2.5 μm de longueur d'onde où, sa répartition par régions spectrales est:

- proche de l'ultra violet, caractérisé par une longueur d'onde comprise entre 0.3 et 0.4 μm . Cette partie du rayonnement ne représente que quelque % de l'énergie totale.
- le visible caractérisé par un domaine de longueur d'onde allant de 0.4 à 0.8 μm . Il représente environ 45% de l'énergie totale. infra rouge qui se caractérise par une longueur d'onde limitée entre 0.8 et 2.5 μm . Cette dernière représente la grande partie du rayonnement solaire arrivant à la terre (environ 55% de l'énergie totale).

Par conséquent, le bilan radiatif sous n'importe quel élément terrestre est la somme des échanges radiatifs de courtes (le rayonnement proche de l'ultra violet et le visible) et de grandes longueurs d'ondes (le rayonnement infra rouge). [8]

IV.2 Les échanges radiatifs de courtes longueurs d'ondes :

La propriété de transparence de la couverture des serres vis-à-vis de certains rayonnements, permet de pénétrer une grande partie du rayonnement solaire et plus précisément celui qui est compris entre 0.4 et 0.7 μm (rayonnement visible) et qui contribue au processus de la photosynthèse. Sur un plan quantitatif, la portion du rayonnement extérieur transmis dans la serre a été estimée d'environ 60%, le reste étant absorbé ou réfléchi par les parois et les différentes structures. La grande partie du rayonnement pénétrant est interceptée ou absorbée par la culture surtout lorsque la culture est bien développée. La partie qui contribue à la photosynthèse peut être négligée car elle ne représente que 1 à 2% du rayonnement global incident au sommet de la culture, mais la part du rayonnement réfléchi vers l'extérieur n'est pas négligeable dans certains cas, notamment le cas de cultures hors sol.

IV 3 Les échanges radiatifs de grandes longueurs d'ondes :

Les échanges radiatifs de grandes longueurs d'ondes se font entre les éléments de la serre (sol, plante et parois) et l'extérieur. La paroi est l'élément le plus important dans ces échanges car ses propriétés de transmission dans l'infrarouge qui varient suivant la nature du matériau de couverture caractérisent la quantité du rayonnement (infrarouge) intercepté sous serre.

Donc, les matériaux utilisés pour la couverture doivent être le plus transparent possible dans le domaine du visible afin de ne pas pénaliser la photosynthèse et être opaques dans le domaine des infrarouges thermiques qui n'ont que peu d'action sur la physiologie des plantes.

Du fait de son importance, les échanges radiatifs entre les différents constituants de la serre ont été profondément étudiés par nombreux auteurs [10-11], où la simulation du rayonnement était l'objectif principal de ces études. Par conséquent, ces travaux ont conduit à élaborer des modèles très détaillés qui prennent en compte l'ensemble des échanges radiatifs en fonction de facteurs caractéristiques [12-13-14]. Ils ont démontré ainsi que :

- ◆ La proportion du rayonnement diffus sous serre est beaucoup plus forte qu'en plein air.
- ◆ La disposition des cultures en rang complique le traitement du problème [15-16]

IV.4. Les échanges conductifs :

Les échanges de chaleur par conduction s'effectuent au sein du sol et à travers les parois de la serre. Dans le cas des parois, on peut considérer que ces échanges sont stationnaires du fait de leur faible épaisseur et donc de les intégrer dans un coefficient global de transfert [10]. Le traitement du flux conductif dans le sol se fait d'une façon transitoire ou stationnaire suivant le pas du temps d'observation.

Les transferts conductifs dans le sol ont été simulés à l'aide de l'équation de chaleur le plus souvent, de façon monodimensionnelle selon les couches successives du sol [11]. Les travaux sur le chauffage du sol et le stockage de chaleur par tuyaux enterrés [12], ont utilisé les mêmes méthodes mais en bidimensionnel. Ces

simulations n ont pas pris en compte les transferts couplés de chaleur et de vapeur d'eau dans le sol et ainsi l'hétérogénéité de ce dernier

IV.5 Les échanges convectifs :

La convection est le mécanisme le plus important dans le transfert de chaleur sous serres. Il est évident que les transferts convectifs dans ce système s'effectuent entre leurs composantes solides (sol, plantes et parois) et l'air..

Ce processus d'échange se caractérise par trois formes de convection : libre, forcée ou mixte. La présence de ces modes sous serre dépend du climat extérieur, des conditions de ventilation (ventilation naturelle ou mécanique) et du type de serre. Dans les situations de bonne ventilation, la convection forcée due au vent extérieur est dominante par contre, si la serre est complètement fermée, c'est la convection libre due aux forces de flottabilité qui domine

D'après les études de la convection illustrées dans la littérature, le flux convectif est proportionnel à la différence de température entre les surfaces solides sous serre et l'air ambiant. La proportionnalité est souvent exprimée par le coefficient d'échange

L'estimation expérimentale de ce flux est extrêmement compliquée et parfois impossible de effectuer pour certaines formes de surfaces, telles que les feuilles. De ce fait, la plupart des auteurs ont utilisé des approches empiriques qui assimilent les surfaces d'échanges à des formes géométriques simples pour lesquelles les coefficients d'échange sont connus, par exemple les plaques planes dans des positions bien définies (horizontale, verticale ou oblique) où leurs coefficients d'échange ont été estimés en fonction des nombres adimensionnels.

En situation de convection libre sous serres, les valeurs des coefficients d'échange ont été déduits à l'aide du nombre [18] .

Alors que, les coefficients d'échange dans le cas de convection forcée sont liés à la vitesse du vent selon des lois de type linéaire[18] et pour décrire ce coefficient en situation de convection mixte caractérisée par une faible vitesse d'air, de nombreux auteurs ont additionné les deux coefficients d'échanges de la convection libre et celui de convection forcée. [19]

IV.6 Les échanges de vapeur d'eau :

IV.6.1. Transpiration :

Du point de vue physique, la transpiration est une évaporation qui correspond au passage de l'eau de l'état liquide à l'état gazeux dans les conditions naturelles. Elle permet de tirer l'eau extraite du sol à travers toute la plante et la jeter à l'air comme vapeur au niveau des stomates. Cette transformation de l'eau de l'état liquide à l'état gazeux s'accompagne de la consommation d'une importante quantité d'énergie (chaleur latente de vaporisation de l'eau, $L_v = 2,45.10^6 \text{ J/kg}$ à 20° C).

En situation de serres, la transpiration forme la voie la plus importante des échanges de vapeur d'eau (déperditions hydriques). Ces échanges dépendent en particulier, de la température et de l'humidité de l'air.

De nombreuses études traitant la transpiration du couvert de tomate de serre et de la rose de serre ont été mises en œuvre et, afin de mettre au point des modèles opérationnels qui peuvent être utilisés dans le contrôle de l'irrigation, certains auteurs ont développé pour ces espèces des modèles statistiques liés à la transpiration du couvert au paramètre climatique le plus influant, le rayonnement solaire. Cependant, les modèles physiques utilisés actuellement supposent que le transfert de vapeur d'eau entre la plante et l'atmosphère est régi par une loi classique de diffusion analogue à celle de la chaleur. Le flux de vapeur d'eau dans ce cas, est proportionnel au gradient de concentration de vapeur d'eau entre la surface des feuilles et l'air ambiant où la résistance totale au transfert est considérée comme la somme de deux résistances en série :

- La résistance aérodynamique externe, R_a .
- La résistance stomatique foliaire (interne), R_i .

Cette approche requiert la connaissance de la température à la surface des feuilles qui est difficile à mesurer.

La méthode combinatoire proposée par [19] puis modifiée permet de s'affranchir de cette mesure délicate et de calculer la transpiration en fonction des grandeurs physiques plus facilement accessibles, telles que le rayonnement absorbé par le couvert et le déficit de saturation de l'air. Cette méthode s'appuie sur le concept de grande feuille virtuelle possédant les propriétés moyennes des feuilles du couvert, tant du point de vue de ses résistances (stomatique et aérodynamique) que du point de vue climatique. Bien que simplifié, ce concept de grande feuille virtuelle a aidé les

chercheurs d'élaborer un grand nombre de modèles de transpiration pour une large gamme de cultures sous serre : une série d'espèces ornementales le concombre la tomate [19]

IV.6.2 Aération naturelle des serres

La ventilation naturelle (aération statique) est un processus important dans le contrôle du climat sous serre. Elle affecte significativement les bilans d'énergie, de vapeur d'eau et du CO₂ sous serre et influe sur le fonctionnement physiologique de la plante par l'intervention indirecte dans la photosynthèse et la transpiration des cultures .

En effet, la ventilation explique l'essentiel de la distribution des flux d'air et de hétérogénéité du climat sous serres. Donc, une connaissance exacte de l'aération est indispensable pour comprendre le mécanisme de formation du climat et pour aider les serristes à maîtriser bien la gestion du système.

Sont nombreux les travaux dans lesquels l'aération statique des serres a été plus particulièrement étudiée. Les premiers travaux traitant ce sujet, ont été publiés par [24] et par [24] qui ont effectué les premières mesures avec des gaz traceurs. Cette technique a été utilisée plus tard par [24] pour exprimer la relation entre le flux de ventilation et la vitesse du vent extérieur.

Par la suite, [24] ont proposé une relation liant le flux d'aération à deux termes l'un étant proportionnel à la vitesse du vent extérieur et l'autre à la racine carrée de la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur de la serre où les coefficients de proportionnalité ont été déterminés expérimentalement dans une petite serre en mesurant les taux de décroissance de gaz traceurs pour différentes vitesses du vent et écarts de température. De son côté, [13] a mesuré le taux des fuites d'une serre tunnel par la méthode du gaz traceur et a trouvé une dépendance linéaire de ce taux à la vitesse du vent extérieur.

Pour les serres multi chapelles de grande surface, notamment les serres hollandaises type Venlo, a mis au point plusieurs formules empiriques, identifiées à partir de mesures in-situ avec la technique du gaz traceur, décrivant le taux de ventilation en fonction de l'angle ou du pourcentage d'ouverture des ouvrants. Dans le

même type de serre, [14] a étudié l'influence de l'effet cheminée sur l'aération statique pour de faibles vitesses du vent ainsi que l'effet du vent sur le flux d'air. Une étude similaire a été faite par [15] et ils ont trouvé que la direction du vent n'influence pas le taux de renouvellement d'air..

Quant aux serres plastiques généralisées dans le bassin méditerranéen, il a fallu attendre les années 1990 pour voir apparaître les premières études sur ces serres. feuilloley et al .(1994) [25] ont étudié l'influence du climat méditerranéen sur la ventilation d'une serre tunnel. [25] ont analysé l'aération naturelle dans une serre plastique envraie grandeur à double chapelle équipée d'ouvrants continus en toiture utilisant différentes approches de mesure, les techniques du gaz traceur et la méthode du bilan de vapeur d'eau sous serre. Ils ont trouvé que l'effet du vent est la force motrice principale de l'aération naturelle et que le flux d'air échangé dépend linéairement de la vitesse du vent extérieur et de l'ouverture des ouvrants Ces données expérimentales ont été ultérieurement utilisées par [16] afin de modéliser le flux d'aération en se basant sur l'approche de Bernoulli et évaluer les contributions de l'effet du vent et de la température de leur côté, [17] ont étudié l'aération naturelle dans un tunnel plastique équipé d'ouvrants discontinus en toiture L'évaluation du renouvellement d'air a été effectuée à l'aide de deux méthodes différentes, la méthode du gaz traceur et la modélisation physique basée sur l'approche de Bernoulli.

Ils ont trouvé que l'effet du vent est la cause principale de l'échange d'air entre l'intérieur et extérieur du tunnel en considérant seulement les ouvrants en toiture. Tandis que, l'effet cheminée lié à la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur est important seulement si la vitesse d'air est inférieure à 2 m/s, dans le cas d'ouvrir les ouvrants et l'entrée en même temps.

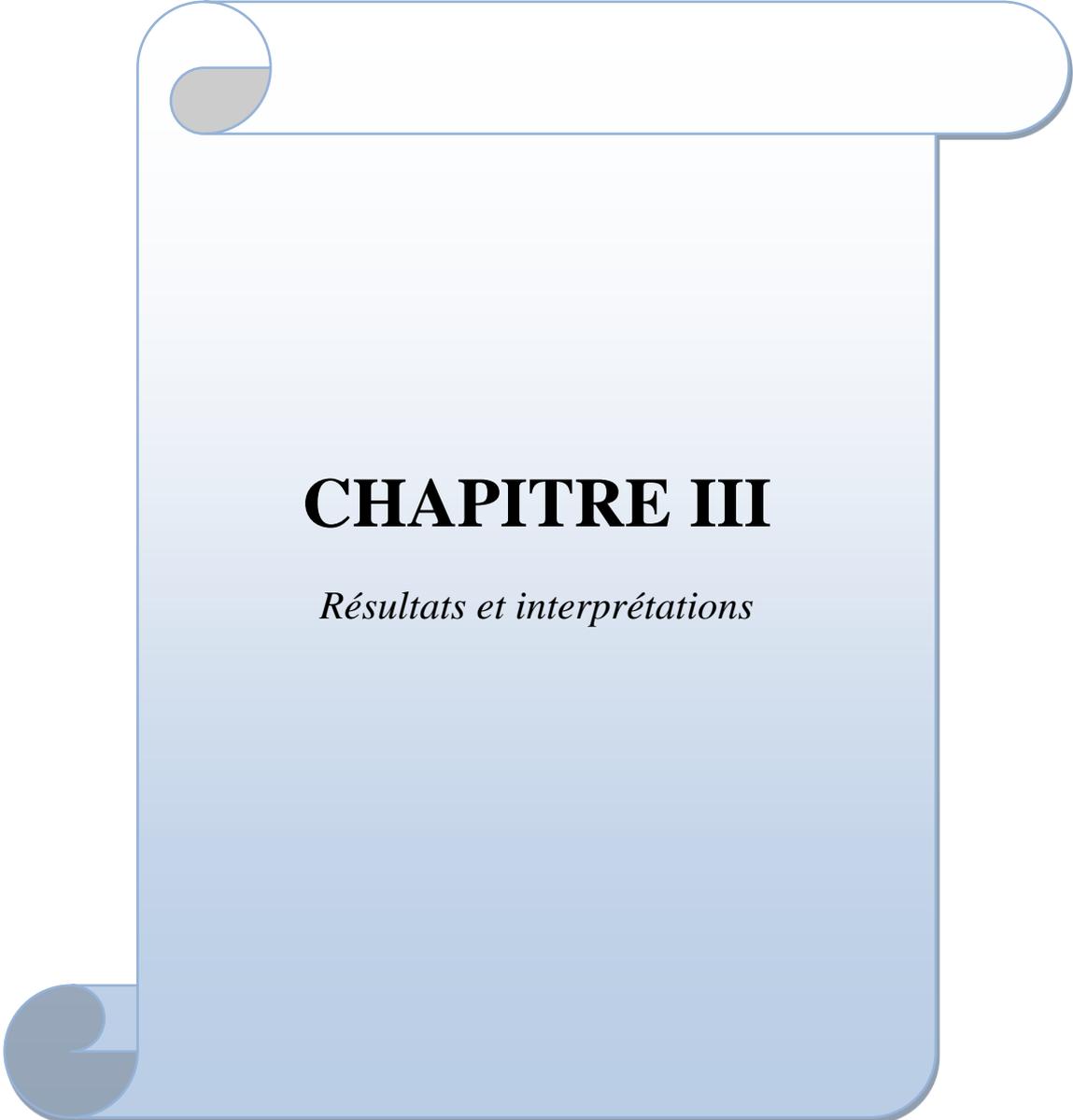
VII CONCLUSIONS :

Dans ce chapitre, on a abordé, les différentes variables climatiques que on peut trouver dans un climat sous serre, ensuit-on à vue les mécanismes biologiques d'une plante sous un climat abrités, et l'effet du climat sur la longévité des serres, comme on a traité les différents.

Références bibliographiques désaime chapitre

- [1]. **Dalim M Et Mohellabi S** ” Simulation Numérique De L’ambiance Interne D’une Serre De Culture Sous Un Climat Chaud Et Sec Thèse Master Académique En Génie Mécanique Option Energétique Université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou 2017/ 2018
- [2]. **DJALAB Het GHADRI El Had]** ” Chauffage De Serre Par Energie Géométrique Master En Génie Mécanique Option : Energétique Année Universitaire 2019 / 2020
- [3]. **DJAFRI S:** Amélioration Du Rendement Des Cultures Sous Serre Par Stockage De L’énergie Solaire Master Académique Filière : Génie Mécanique Option : Energies Renouvelables Année Universitaire : 2014 / 2015
- [4]. **L .Chirine**"Etude De La Convection Sous Serres Fermées Et Ouvertes En Présence De La Plante Thèse De Magistère En Physique Option Energétique Université El Had] Lakhdar –Batna
- [5]. **Meguellatikh**" Etude Comparative Du Comportement Energétiques De Trois Types De Serres Agricoles Installées Dans Une Région Semi-Aride” Magistère En Physique Option Physique Energétique Université El Had] Lakhdar –Batna
- [6]. **LEBBAL Fatiha.** Contribution A L’étude Dynamique Et Thermique De L’air A L’intérieur D’une Serre En Verre De Type Venlo Dans Les Régions Des Aurès ; Les Hauts Plateaux Est d’Algérie (Etude De Simulation). Thèse De Doctorat De Science En Mécanique Energétique Université El- Hadj Lakhdar Batna. (2010)
- [7]. **Slatni Y** "Simulation De La Convection Naturelle Dans Une Serre Agricole Semi Cylindrique Fermée Chauffe Par Le Bas ” Thèse Magister En Physique Option ; Energie Renouvelables Université Mentouri Constantine 2012.
- [8]. **ISSANCHOU, G. MONTEIL, C., , Et AMOUROUX, M.** Modèle Energétique De La Agricole. Journal De Physique III, 1991, Vol. 1, No 3, P. 429- 454.
- [9]. **Monteil, C. (1985).** Contribution Informatique A L’analyse Energétique Des Serres Agricoles. Thèse De Doctorat, Institut Polytechnique De Toulouse

- [10]. **Stanhill, G., Fuchs, M., Bakker, J. Et Moreshet, S. (1973).**The Radiation Balance Of A Glass House Rose Crop. *Agricultural Meteorology*, 11: 385-404.
- [11]. **Tchamitchian, M. (1990).** Photosynthèse D'une Culture De Tomates De Serre : Mise Au Point Et Validation D'un Modèle Analytique. Thèse De Doctorat, Institut Polytechnique De Toulouse
- [12]. **Issanchou, G. (1991).** Modélisation Energétique Des Serres. Contribution A La Mise Au Point D'un Logiciel De Thermique Appliqué A L'ingénierie Des Serres. Thèse De Doctorat, Université De Perpignan
- [13]. **Kittas, C. (1994).** Détermination Du Coefficient Global De Transmission De Chaleur A Travers La Paroi D'une Serre. *Agricultural And Forest Meteorology*, 69: 205-221.
- [14]. **Deltour, J. (1985).** Dynamic Modelling Of Heat And Mass Transfer In Greenhouse. *Acta Horticulturae*, 174:119-126.
- [15]. **Kimball, B. A. (1986).** À Modular Energy Balance Program Including Subroutines For Greenhouses And Other Latent Devices. *Agricultural Research Service*.
- [16]. **Boulard T. (1996).** Caractérisation Et Modélisation Du Climat Des Serres : Application A La Climatisation Estivale. Thèse De Doctorat, Ecole National Supérieure Agronomique De Montpellier
- [17]. **Boulard T. Et Draoui B. (1995).** Natural Ventilation Of A Greenhouse With Continuous Roof Vents:Measurements And Data Analysis. *Journal Of Agricultural Engineering Research*, 61,27-36.
- [18]. Sbita L. ; Boulard T. Et Mermier M. Natural Ventilation Performance Of A Greenhousetunnel In Southtunisia. *Cahiers Options Méditerranéennes*, Vol.31.



CHAPITRE III

Résultats et interprétations

I- Problématique et configuration géométrique :

La serre expérimentale a une superficie de 176m^2 . Il se situe à l'Unité de Recherche Appliquée sur les Energies Renouvelables Ghardaïa d'Algérie. Environ 77% de la superficie algérienne présente des régions arides et semi-arides. Les caractéristiques de la région de Ghardaïa, Fig. 1 sont :

- Situation 595Km au sud de la mer Méditerranée.
- Latitude et $32^{\circ}36\text{ N}$.
- Longitude $3^{\circ}80\text{E}$.
- 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/m^2 , 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 a observé que le pic du rayonnement moyen mensuel enregistré en janvier (800W/m^2) avec une température ambiante mensuelle autour de 27°C . C'est le mois le plus froid à Ghardaïa.

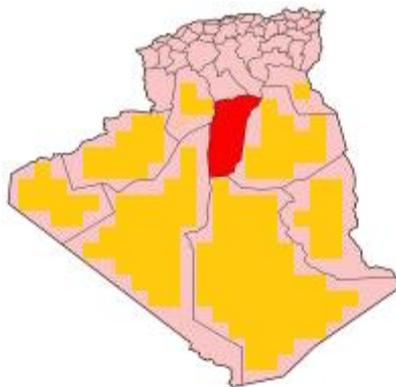


Figure 1. Situation de Ghardaïa

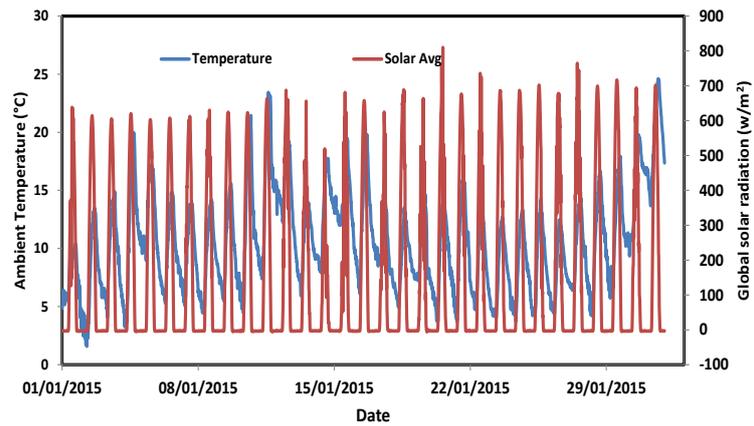


Figure 2. Evolution de la température ambiante et radiation solaire global , Janvier 2015

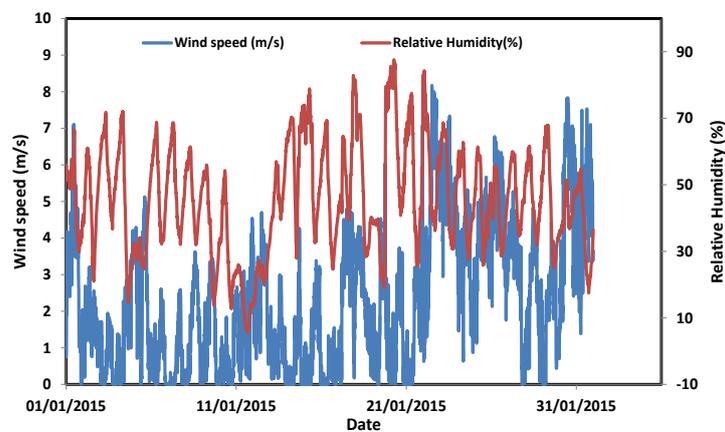


Figure 3. Vitesse du vent et humidité, Janvier 2015

Le fluide circulant à l'intérieur de la serre (air) est considéré laminaire et incompressible. Ces propriétés physiques constantes excepté de la densité volumique (ρ) est donnée par l'équation de Boussinesq. C'est l'hypothèse nous a permis de simuler la convection naturelle dans le cas à basses températures. La géométrie de la serre considérée dans cette étude a été présentée dans la **Fig. 4**

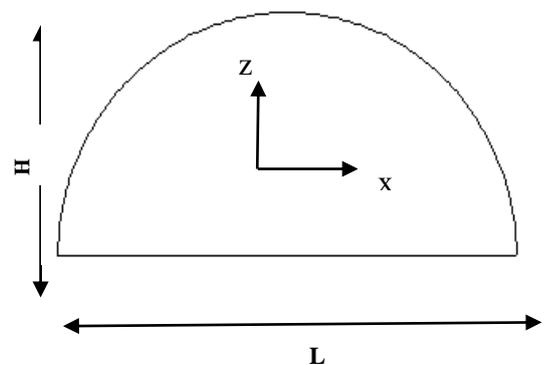


Fig. 4 Dispositif expérimental avec configuration géométrique pour calcul



Fig.5 : Système de stockage placé sous serre

Le sol nous avons supposé que la serre a été chauffée par un flux de la chaleur produit par un système de stockage thermique Fig5, imposé comme une condition aux limite, flux de chaleur QC. Le toi a été met à une température froide Tf. Le rayonnement n’était pas considéré. Les propriétés de l'air utilisé dans ce cas nous donnent les valeurs du nombre de Rayleigh et Prandtl 105 et 0.71. Dans notre étude, nous avons varié le nombre de Rayleigh entre 105 à 107. La résolution d'équations est effectuée par le code commercial Fluent version 16.0.

II- Modèle Mathématique :

La simulation numérique est faite avec la résolution des équations de dans le cas d’un écoulement stationnaire incompressible qui sont écrites comme suit :

$$\rho = \rho_0(1 - \beta(T - T_0)) \tag{1}$$

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial U}{\partial z} = 0 \tag{2}$$

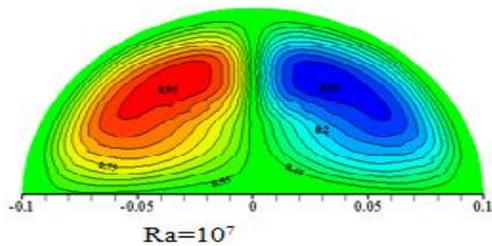
$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + w \frac{\partial u}{\partial z} = - \frac{\partial P}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \tag{3}$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + w \frac{\partial w}{\partial z} = - \frac{\partial P}{\partial z} + \nu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) + g\beta(T - T_0) \tag{4}$$

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + w \frac{\partial T}{\partial z} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \tag{5}$$

III - Résultat et interprétations :

Nous avons présenté les lignes de courantes et les isothermes de températures correspondant au cas de la convection naturelle à effet de rayonnement négligeable Fig.7et 8. Les lignes de courant nous a permis, la circulation d'air qui est caractérisée par deux cellules de recirculation disposées symétriquement par rapport à la médiane verticale de la serre[1-2]. Cette structure est expliquée par le fait que l'air froid est chauffé jusqu'au sommet de la serre et coule le long de la toiture, où elle se refroidit. Par conséquent, une partie vers le bas le long de la paroi de gauche et l'autre le long de la paroi de droite. Ainsi, la structure symétrique du toit et la position centrale sont responsable à structure bicellulaire des lignes de courant. Il se trouve que le débit d'air augmente avec le nombre de Rayleigh[3-4]. En effet à propos des isothermes, les parois adiabatiques isothermes de convection naturelle pure sont perpendiculaires, plus le Rayleigh grand plus la vitesse du fluide accélère et permet l'extraction d'une plus grande quantité de chaleur.



1

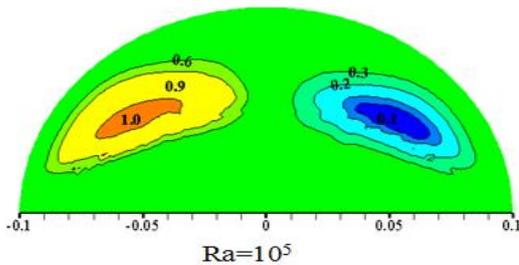
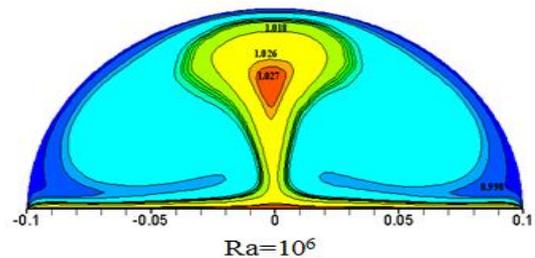
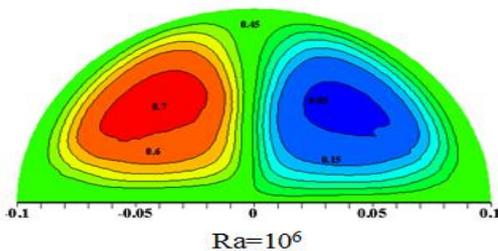
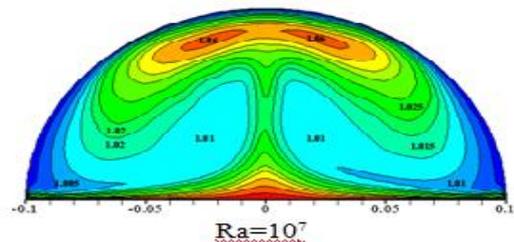


Fig. 6: Isolignes

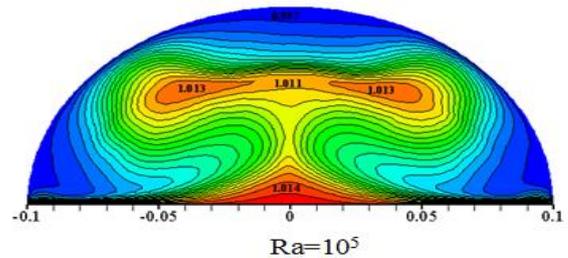


Fig.7: isothermes

Par conséquent les isothermes sont plus denses près du fond lorsque le nombre de Rayleigh est grand [5-6-7]. Cependant la variation de l'humidité et la pression est bien prédite ce qui nous donne une allure contrairement aux champs de température par contre la pression est aussi bien déterminée, elle était variable avec l'augmentation de température **Fig.9**.

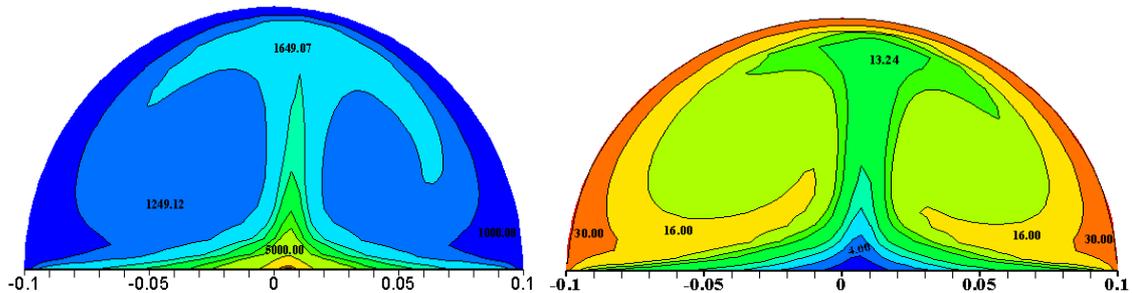


Figure 8 : Variation de la pression de saturation et de l'humidité relative dans la serre

L'échange de chaleur dans la serre avec différents nombres de Rayleigh, représenté par le nombre de Nusselt local (N_{ux}) est donné sur la Fig. 10 t 11. Par conséquent, la logique est respectée tant qu'il y à une concentration d'isothermes au (Sol), ce qui explique un grand nombre de Nusselt. Afin d'analyser l'influence du nombre de Rayleigh sur le taux d'échange de transfert de chaleur a partir de la variation du nombre de Nusselt local et moyen (N_{um}). On constate que pour un nombre de Rayleigh allant de 105 à 106, le nombre de Nusselt est petit et la conduction domine. Avec l'augmentation du nombre de Rayleigh, le taux d'échange augmente et le nombre de Nusselt devient important[8-910]. A partir de ces résultats, la bonne connexion entre la littérature et le présent travail est observée pour différents nombres de Rayleigh. Notre objectif était d'étudier le comportement de l'air à l'intérieur de la serre. Nous avons utilisé un code qui nous a permis de déterminer les distributions spatio-temporelles des isolignes et des isothermes dans l'ensemble du domaine d'étude. Nous avons également montré que pour des conditions d'écoulement imposées au chauffage et pour de faibles écarts de température entre sol et toit, la circulation de l'air est caractérisée par deux cellules de recirculation tournant en sens inverse. Par conséquent, cette étude devrait permettre d'améliorer la conception thermique de la serre ainsi que le positionnement des systèmes de chauffage avec stockage thermique.

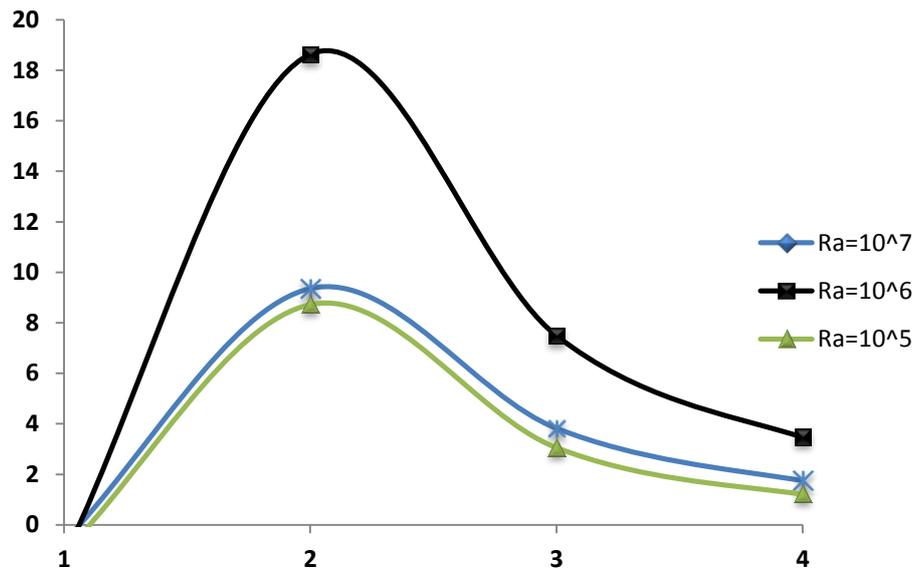


Figure 09: Nombre de nusselt local en fonction du nombre de Railyh

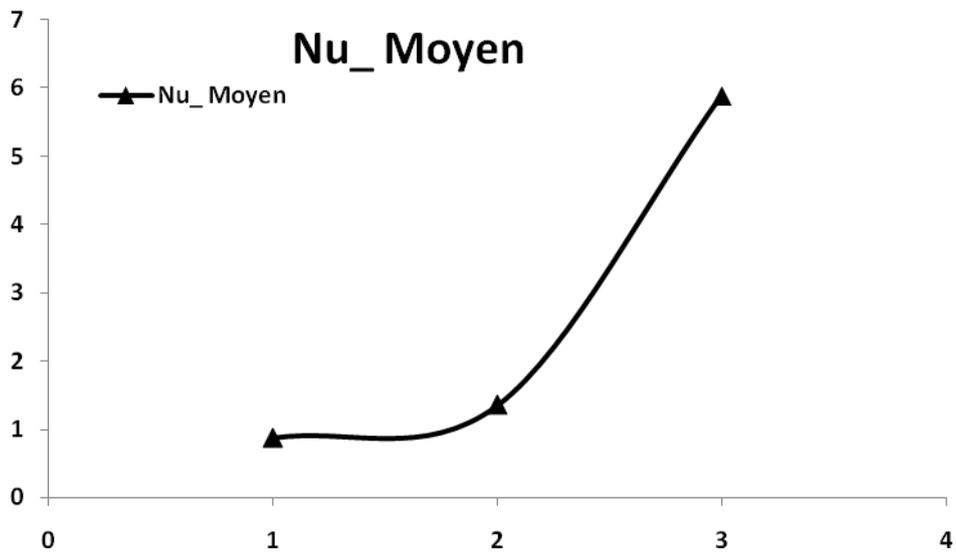
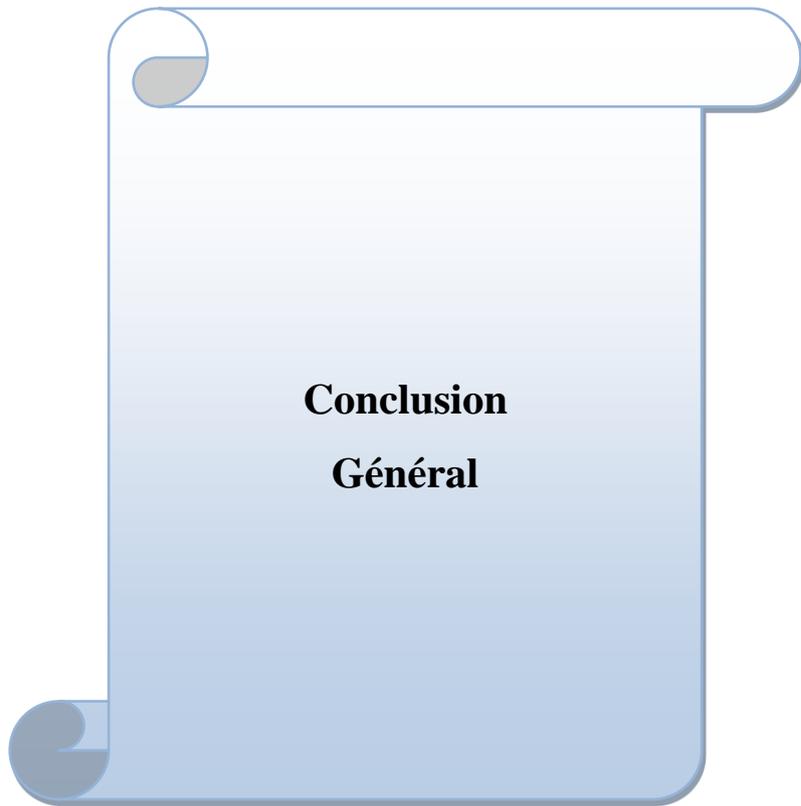


Figure10 : Nomre de nuassent moyen

Références troisième chapitre

- [1]. **T. Boulard, S. Wang**, Greenhouse crop transpiration simulation from external climate conditions, *Agricultural and Forest Meteorology* 100 (2000) 25–34
- [2]. **J. C. Roy, T. Boulard**, Y. Bailly, étude expérimentale de la convection naturelle dans une serre chauffée, *Congrès Français de Thermique, SFT.* (Lyon, France, 15-17 May. 2000), pp. 11-17, 2000
- [3]. **A. Mezrhab and M. Bouzidi**, Computation of view factors for surfaces of complex shape including screening effects and using a boundary element approximation. *Engineering Computations. International Journal for Computer-Aided Engineering and Software*, vol. 22, N°2, pp. 132-148, 2005
- [4]. **B. Draoui, M. Benyamine**, Y. Touhami et B. Tahri, Simulation Numérique de la Convection Naturelle en Régime Laminaire Transitoire dans une Serre Tunnel Chauffée par le Bas (Flux), *Revue. Energie. Renouvelables. : Valorisation* (1999) 141-145
- [5]. **D. Lalmi, R. Hadeff**, A. Babbou, H.Bensaha , S. Bezari & R. Zarit, Numerical study of air behavior in a greenhouse Equipped with a thermal storage system ,The 4th International Seminar on New and Renewable Energies, Ghardaïa – Algeria 24 - 25 October 2016
- [6]. **A Babbou, Y. K. Ziari**, D. Lalmi, S. Bezari, R. Zarit & H. Bensaha, Effect of operational parameters on the performance of heat storage in a rock bed used in a tunnel greenhouse The 4th International Seminar on New and Renewable Energies, Ghardaïa – Algeria 24 - 25 October 2016
- [7]. **S.Bezari**, D. Lalmi & A.BABOU, Chauffage des serres avec stockage thermique : étude & investigation. 4 ème conference international des energies Renouvelables (CIER_2016) proceedings of engineering and technology Vol.14, pp 23-28
- [8]. **Zarit, M.S. Boumaza**, S.Kherrou, A.Bobou l, D Lalmi, « Etude Numérique de la Convection Naturelle d'un Fluide Newtonien Confiné dans une Cavité Rectangulaire Chauffée Différentiellement." 1er Séminaire International sur l'Apport de la Simulation en Innovation Technologique, Université de Ghardaïa (SIASIT'2017), Ghardaïa – Algérie, le 07 et le 08 Mars 2017.

- [9]. **.Chin-Lung Chen, Chin-Hsiang Cheng.** Buoyancy-induced flow and convective heat transfer in an inclined arc-shape enclosure, *International Journal of Heat and Fluid Flow* 23(2002) 823–830
- [10]. **.T. Bartzanas, T. Boulard, C.Kittas.** Numerical simulation of the airflow and temperature distribution in a tunnel greenhouse equipped with insect-proof screen in the openings. *Computers and Electronics in Agriculture* 34 (2002) 207–221.

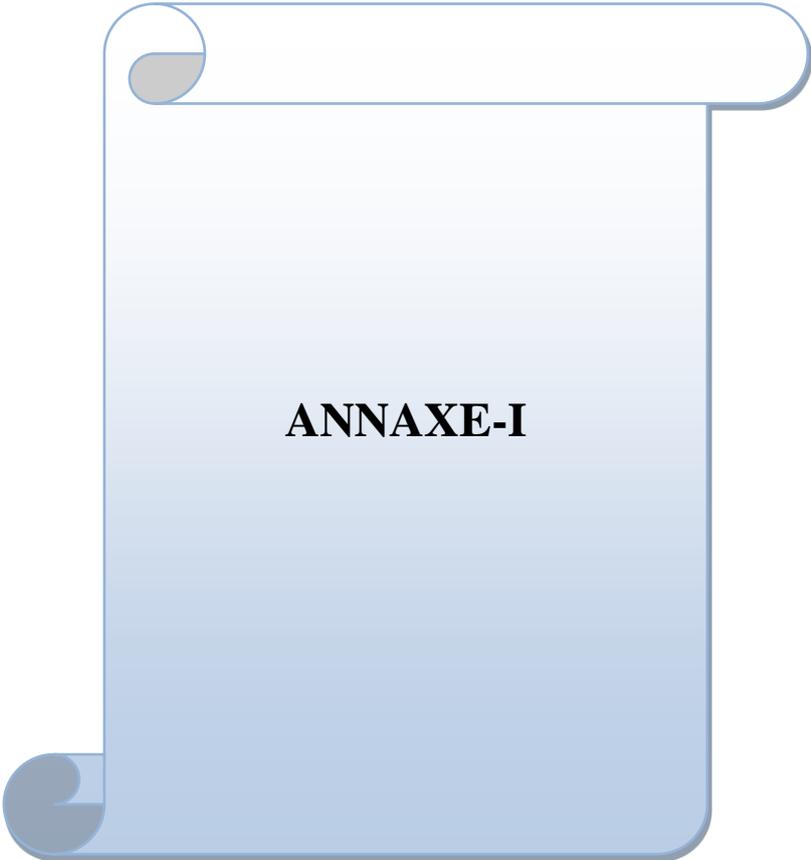


**Conclusion
Général**

Conclusion Général

Conclusion Général

En conclusion, des mesures minutieuses et une étude détaillée, sur un cycle complet de culture total, d'une serre agricole soumises au même programme agronomique, une avec système de stockage thermique permettent de tirer les conclusions suivantes : L'efficacité de stockage s'améliorerait si une solution pratique à la circulation de l'air n'ont pas trouvé le même ordre de stratification pour des besoins externes de la serre expérimentale avec un système de stockage sont devient plus faibles que sans système de stockage pour les périodes de chauffage . L'étude montre que les températures et les irradiances solaires sont des paramètres affectant significativement la production agricole en général. cette simulation numérique permet d'améliorer la conception thermique de la serre ainsi que le positionnement du système de stockage pour le chauffage. En fin ce travail est un premier pas au calcul par CFD dans le domaine de l'agriculture et spécialement les serre, il faut faire le continuer avec la considération d'autres paramètres pour minimiser les obstacles devant le développement de notre agriculture.



ANNAXE-I

I- Introduction

Cette partie est consacrée pour la présentation du microcontrôleur Arduino qui est le type utilisé dans la réalisation de notre projet. On présentera un petit aperçu sur L'arduinouno, son architecture interne, son brochage et sa communication avec d'autres supports

II Microcontrôleur Arduino

L'arduino est un circuit imprimé en matériel libre sur lequel se trouve un microcontrôleur qui peut être programmé. Les avantages de cette carte sont qu'elle est peu coûteuse, elle facilite les montages électriques, elle possède un environnement de programmation clair et simple et on peut effectuer des tâches très diverses comme la domotique (le contrôle des appareils domestiques - éclairage, chauffage...), qui est le but de notre pratique, le pilotage d'un robot, etc. Nous appelons cela: "une carte magique [1]

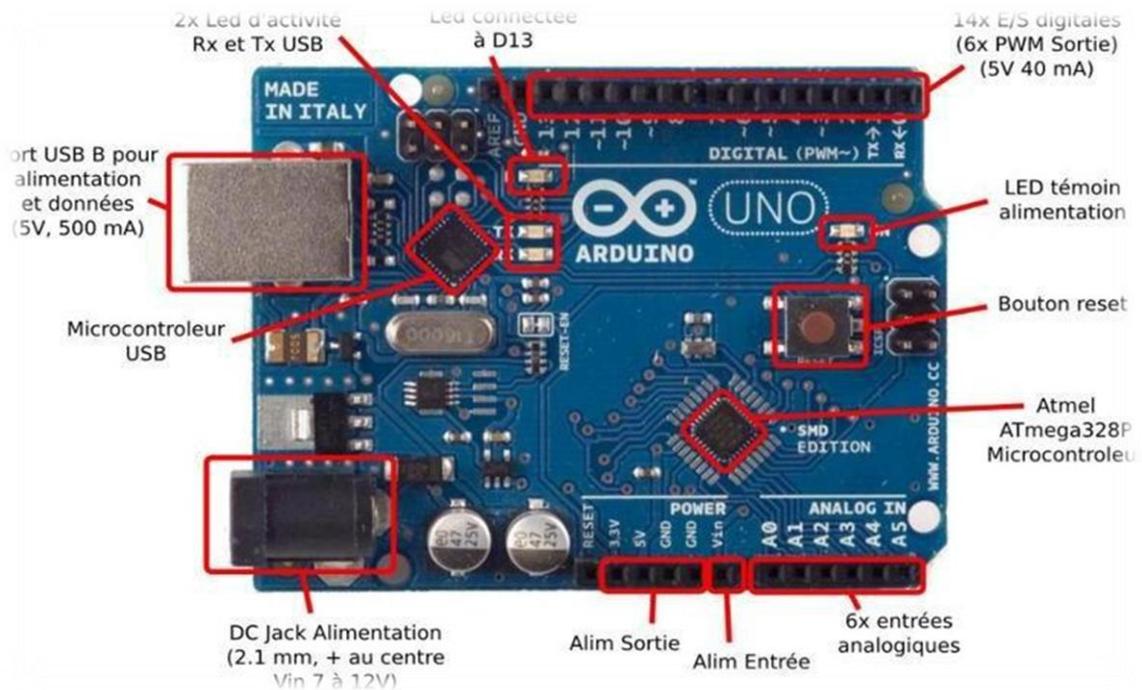


Figure 1 : carte Arduino UNO [1]

III les capteurs utilisés

Dans notre projet nous avons besoin d'utiliser deux capteurs qui vont nous servir à contrôler la serre agricole. Nous utilisons un capteur d'humidité du sol, un capteur d'humidité et de température.

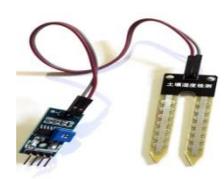
Capteur	Caractéristique	Figure
2 Capteur d'humidité et de température DHT11	Alimentation : 3 à 5 Vcc Consommation maxi : 2,5 mA Plage de mesure : - température : 0 à +50 °C - humidité : 20 à 100 % HR Précision : température : ± 2 °C humidité : ± 5 % HR Dimensions : 16 x 12 x 7 mm	 DHT11
Capteur d'humidité du sol FC-28	Tension de fonctionnement : 3.3v-5v. Taille de circuit imprimé : 3.2cm x 1.4cm.	 FC-28

Tableau 1 : Les capteurs utilisés [1]

III Les Composants Utilisés :

Dans notre projet nous avons besoin d'utiliser Une carte Arduino Type UNO et Afficheur LCD pour affiche les valeur Mesure, et bloc Relais .

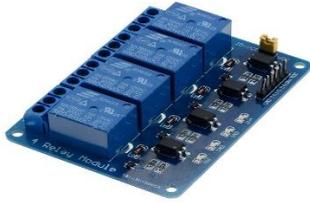
Les composants	Caractéristique	Figure
<p>Une carte Arduino est une petite Carte électronique équipée d'un microcontrôleur. Permet a programmer et commander des actionneurs</p>	<p>Tension d'alimentation interne = 5V - Courant max sur sortie 3,3V = 50Ma - Dimensions = 68.6mm x 53.3mm - Entrées/sorties numériques : 14 dont 6 sorties PWM Entrées analogiques = 6</p>	
<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. Taille de circuit imprimé : 45.8mm x 32.4mm</p>	
<p>LCD (Écran à Cristaux Liquides) C'est Un Appareil électronique disposant d'afficheur</p>	<p>Nom : VSS Rôle : Masse Vdd Rôle +5V D0 à D7 Rôle Bits de données E :Rôle Entrée de validation</p>	

Tableau 2 : Les composants utilisés [1]

IV Réalisation de la serre

IV 1 Construction de la petite serre en métalliques :

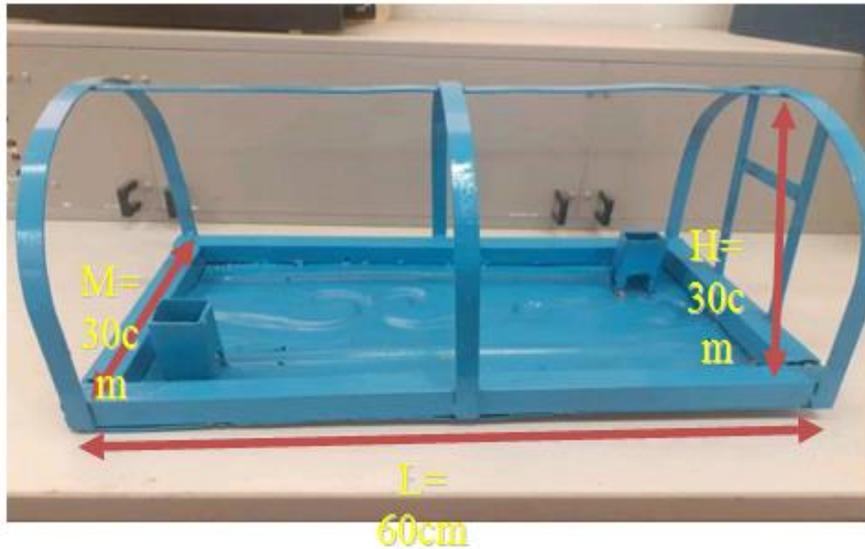


Figure 2 Construction la petite serre

V : Equipement doit utiliser sur le projet.



Figure 3: Système de stockage placé sous petite serre.

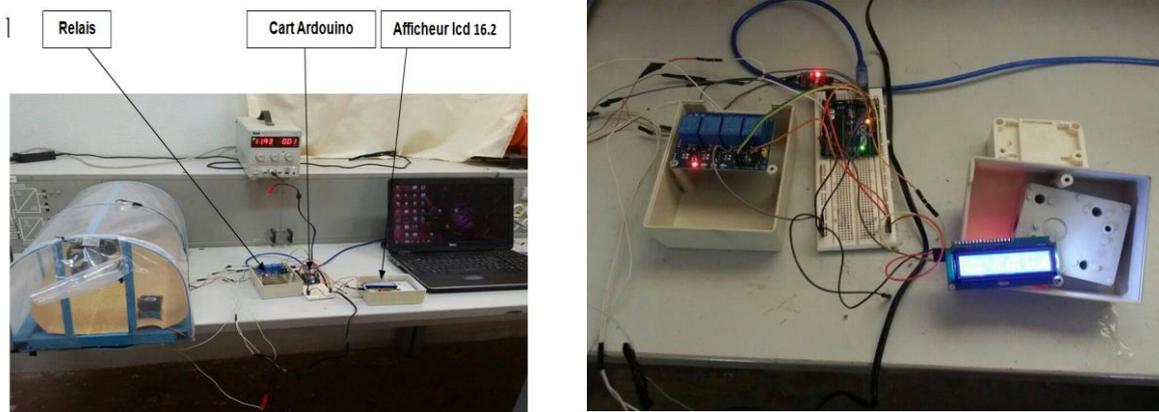


Figure 4 : présentation des équipements doit utiliser sur le projet

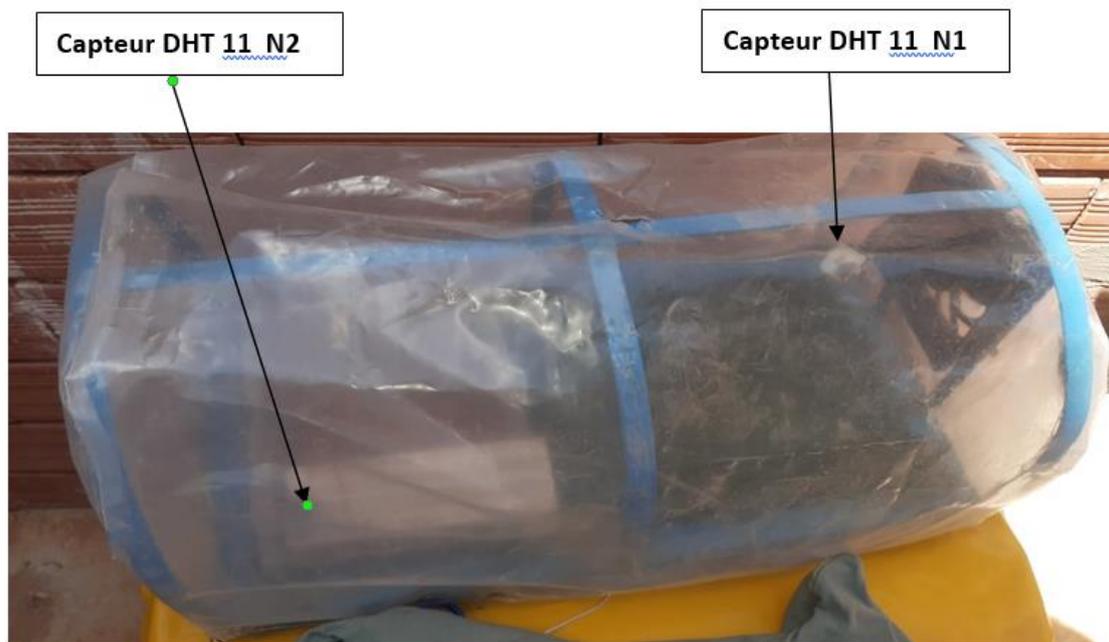


Figure 5 : placements les 2 Capteur d'humidité et de température DHT11

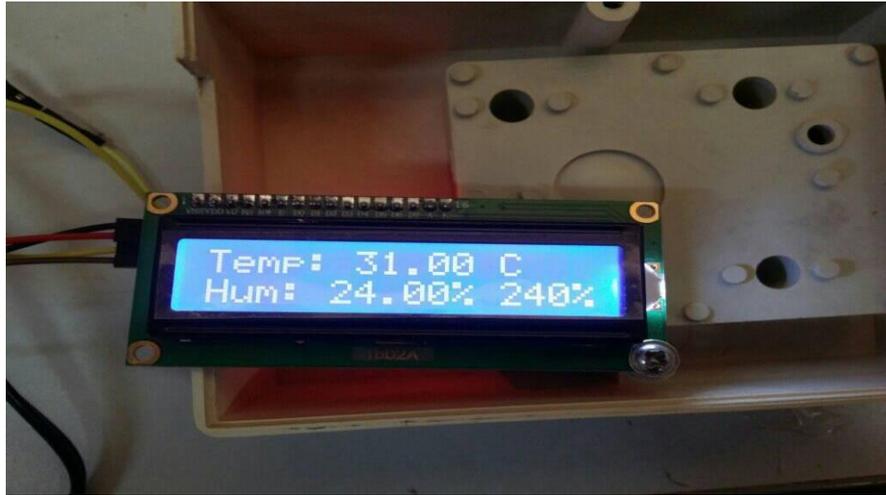


Figure 6 : Valeur d'humidité et de température Mesuré.

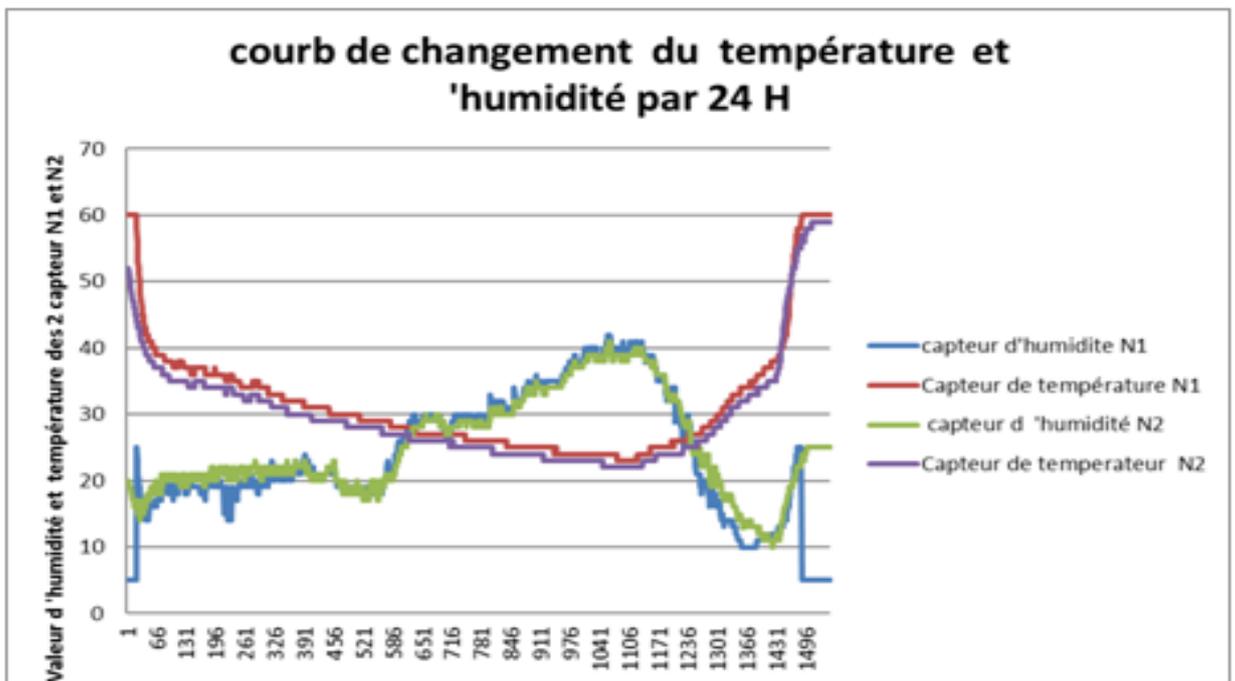
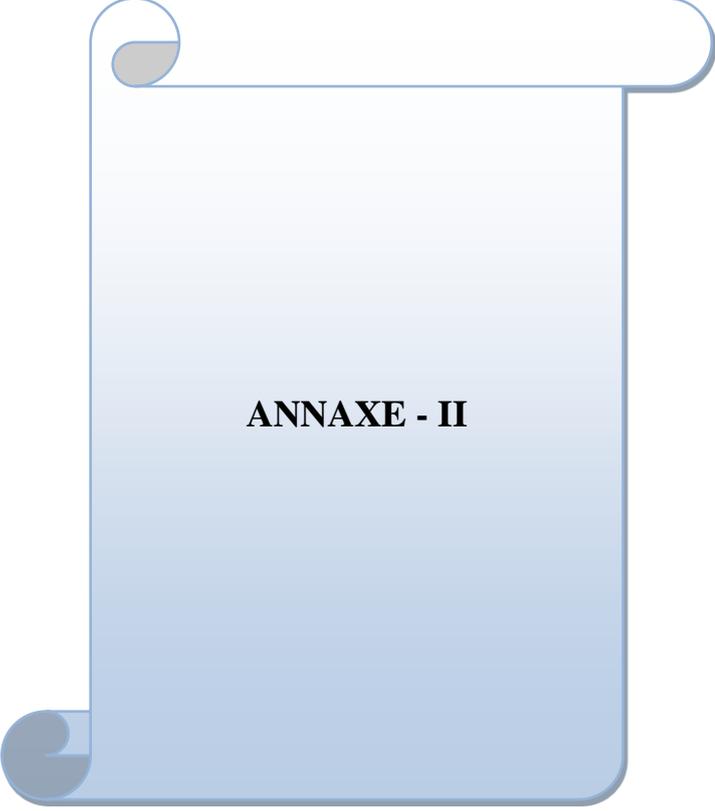


Figure 7 : courbe de changement d'humidité et de température qui est Mesuré pendant 24h.

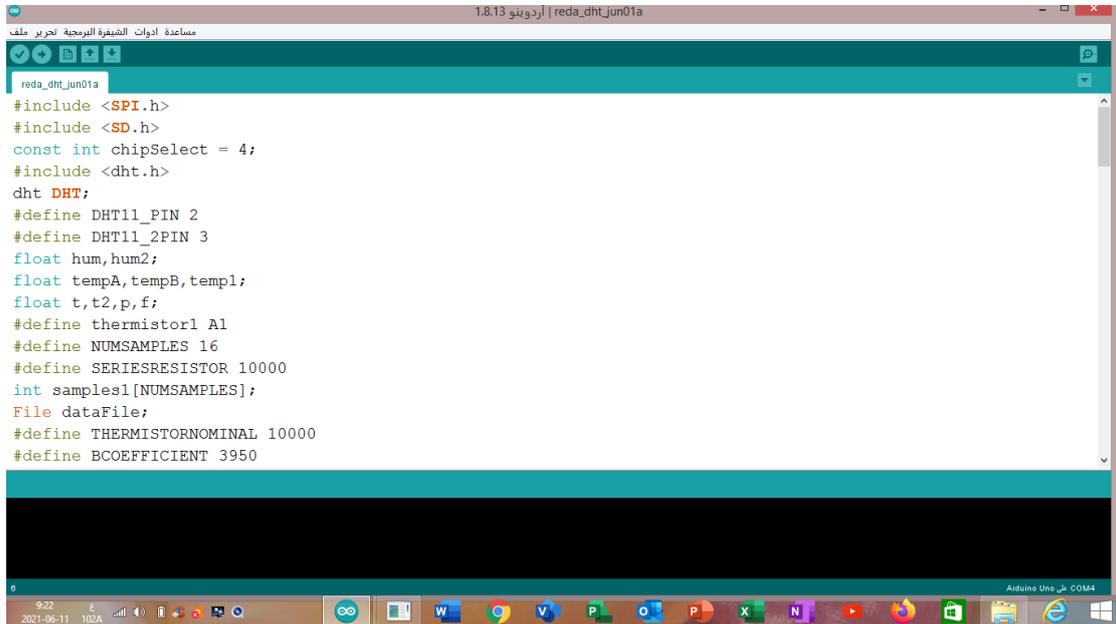
Références bibliographiques du Partie Expérimental :

[1] **Idris T et Talieb H** "Contrôle des paramètres climatiques d'une serre agricole" thés
Master Professionnel Génie électrique Spécialité : Electronique Industrielle Université
Mouloud Mammeri de Tizi –Ouzou Promotion 2017-2018

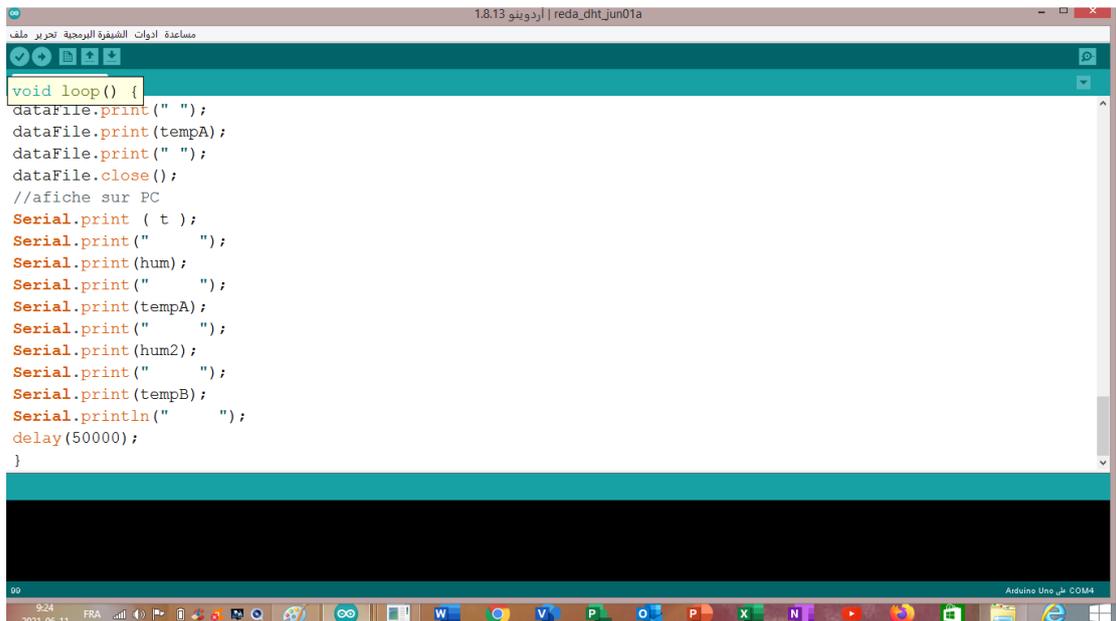


ANNAXE - II

ANNAXE II



```
reda_dht_jun01a
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
const int chipSelect = 4;
#include <dht.h>
dht DHT;
#define DHT11_PIN 2
#define DHT11_2PIN 3
float hum, hum2;
float tempA, tempB, temp1;
float t, t2, p, f;
#define thermistor1 A1
#define NUMSAMPLES 16
#define SERIESRESISTOR 10000
int samples1[NUMSAMPLES];
File dataFile;
#define THERMISTORNOMINAL 10000
#define BCOEFFICIENT 3950
```



```
void loop() {
dataFile.print(" ");
dataFile.print(tempA);
dataFile.print(" ");
dataFile.close();
//affiche sur PC
Serial.print ( t );
Serial.print(" ");
Serial.print(hum);
Serial.print(" ");
Serial.print(tempA);
Serial.print(" ");
Serial.print(hum2);
Serial.print(" ");
Serial.print(tempB);
Serial.println(" ");
delay(50000);
}
```

Code programmation.

ANNAXE II

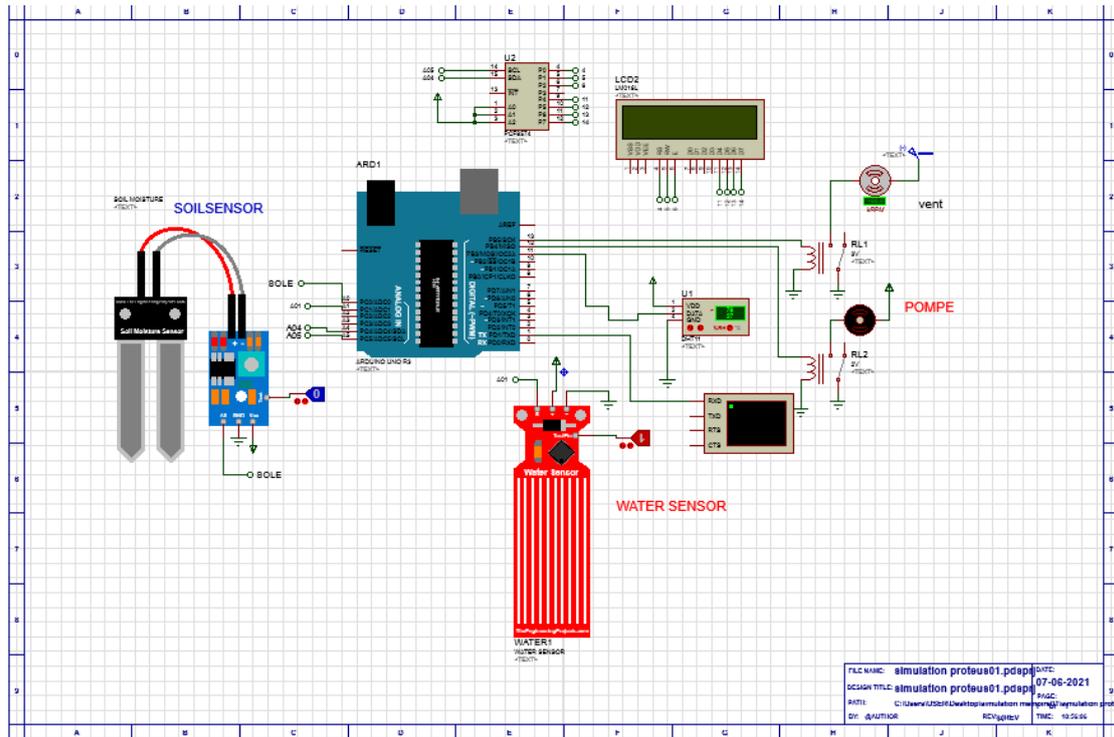


Schéma du Simulations de projet pas portées ISIS