

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR - ANNABA
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté : Science de l'ingénierat

Département : Électronique

Domaine : Sciences et technologies

Filière : Électronique

Spécialité : Instrumentation

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Thème :

**Étude, conception et simulation des éléments de contrôle
d'une serre agricole**

Présenté par : *BOUDIAR CHERIF*

Encadrant : *ABBASSI HADJ AHMED* Grade : *Professeur* Université : *UBM-ANNABA*

Jury de Soutenance :

BEKAIK Mounir	MCB	UBMA	Président
ABBASSI Hadj Ahmed	Pr	UBMA	Encadrant
LARBI Allal	Pr	UBMA	Examineur

Année Universitaire : 2020/2021

منذ ظهورها قبل ما يزيد قليلاً عن خمسين عامًا، أصبحت زراعة الدفيئة الآن نظامًا أساسيًا للإنتاج الضخم يضمن إمداد السكان بالفواكه والخضروات الطازجة ونباتات الزينة على مدار السنة، في جميع المناطق وفي جميع مناخات العالم. هذا نظام إنتاج زراعي مكثف تتفاعل تفاعلاته مع البيئة الطبيعية والاجتماعية والاقتصادية بشكل قوي للغاية ويعرض كلاً من نقاط الضعف وحتى أوجه القصور والأصول التي لا يمكن إنكارها.

ظهرت تقنيات جديدة، بما في ذلك استخدام أدوات للتحكم في المتغيرات المناخية وتنظيمها في الدفيئة (درجة الحرارة والرطوبة وتركيز ثاني أكسيد الكربون والإضاءة). تقدم المعالجات الرقمية حاليًا خدمات متعددة وتحل المشكلات المتعلقة بالتنظيم والتحكم والأوامر.

في هذا السياق، يقدم هذا المقال نهجًا تجريبيًا لإدارة دفيئة باستخدام منصة اكتساب وتحكم إلكترونية تعتمد على لوحة Arduino Mega 2560 R3. يتم الاتصال بجهاز الكمبيوتر من خلال برنامج إدارة واتصالات.

الكلمات الرئيسية: الدفيئة الزراعية، المناخ المحلي، التحكم في المناخ، جهاز الاستشعار، المحرك، اردوينو ميغا بورد.

Abstract

Since their appearance a little over fifty years ago, greenhouse cultivation is now an essential mass production system which ensures the supply of populations with fresh fruits and vegetables and ornamental plants all year round, in all regions and in all climates of the world. This is an intensive agricultural production system whose interactions with the natural, social and economic environment are very strong and which presents both weaknesses and even deficiencies and undeniable assets.

New techniques have emerged, including the use of instruments for controlling and regulating climatic variables in a greenhouse (temperature, humidity, CO₂ concentration and lighting). Currently, digital processors offer multiple services and solve problems relating to regulation, control and commands.

In this context, this communication presents an experimental approach to managing a greenhouse using an electronic acquisition and control platform based on an Arduino Mega 2560 R3 board. The interfacing with a computer is carried out via a management and communication program.

Keywords: Agricultural greenhouse, microclimate, Climate control, Sensor, Actuator, Arduino Mega board.

RESUME

Depuis leurs apparitions il y a un peu plus de cinquante ans, La culture sous serre est maintenant un système de production de masse incontournable qui assure l'approvisionnement des populations en fruits et légumes frais et en végétaux d'ornement toute l'année, dans toutes les régions et sous tous les climats du monde. Il s'agit d'un système de production agricole intensif dont les interactions avec l'environnement naturel, social et économique sont très fortes et qui présente tout à la fois des faiblesses voire des déficiences et des atouts indéniables.

De nouvelles techniques ont émergées, parmi lesquelles l'utilisation instruments de contrôle et de régulation des variables climatiques dans une serre (température, humidité, concentration en CO₂ et éclairage. Actuellement les processeurs numériques offre de multiples prestations et permet de résoudre les problèmes relatifs à la régulation, au contrôle et aux commandes.

Dans ce cadre, cette communication présente une approche expérimentale de gestion d'une serre en utilisant une plateforme électronique d'acquisition et de contrôle à base d'une carte Arduino Méga 2560 R3. L'interfaçage avec un ordinateur est réalisé via un programme de gestion et de communication.

Mots-clés : Serre agricole, microclimat, Contrôle climatique, Capteur, Actionneur, Carte Arduino Méga.

Remerciement

Arrivé au terme de ce travail, je suis heureux de pouvoir remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin par leur appui scientifique ou leur collaboration.

*Je voudrais tout d'abord adresser toute ma gratitude à mon directeur de mémoire, **Pr. ABBASSI HADJ AHMED** et **Mr SOUAIKI HICHEM** pour leurs patiences, leurs disponibilités et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.*

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leur écrit, leurs conseils et leurs critiques ont guidé ma réflexion.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

L'âme de mon père

Ma mère pour tous sacrifice, son amour, sa tendresse, son soutien et ses prières tout au long de mes études.

Mes sœurs pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

Mes chers frères sur tout RAHIM, pour leur appui et leur encouragement, A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

Tous mes amis AHMED, HOUSSEM, ZAKI Merci d'être toujours là pour moi

Rania

Merci d'être toujours là pour moi

CHERIF BOUDIAR

Liste des tableaux

Tableau III.1: Grandeurs d'entrée et de sortie et effet utilisé pour les capteurs actifs... ..	17
Tableau III.2 : Type de matériau utilisé et caractéristique électrique des capteurs passifs	18
Tableau VI.1 : Estimation du prix de revient de notre projet.....	50

Liste des figures

CHAPITRE I

Figure I.1 : une serre tunnel	3
Figure I.2 : Serre multi-chapelle.....	4
Figure I.3 : Serre de jardin.....	5

CHAPITRE II

Figure II.1 : les paramètres climatiques.....	8
---	---

CHAPITRE III

Figure III.1 : Représentation fonctionnement de capteur.....	15
Figure III.2 : Capteur TOR.....	16
Figure III.3 : Capteur analogique.....	16
Figure III.4 : Capteur numérique	16
Figure III.5 : Transmetteur d'humidité TESTO 6631	19
Figure III.6 : Le générateur d'air chaud	20
Figure III.7 : Le système de réfrigération	20
Figure III.8: L'éclairage LED	20
Figure III.9 : lampes SHP.....	21
Figure III.10 : L'éclairage par lampes fluorescentes	21
Figure III.11 : Capteurs d'humidité volumétrique	22

Figure III.12 : Les électrovannes.....	23
Figure III.13: Technique d'arrosage entrée	23
Figure III.14 : Technique d'arrosage goutte-à-goutte	25
Figure III.15 : La ventilation naturelle	25
Figure III.16: Ventilation forcée	26
 CHAPITRES VI	
Figure IV.1 : ARDUINO MEGA 2560.....	31
Figure IV.2 : Symbole d'une photorésistance	32
Figure IV.3 : photorésistance.....	33
Figure IV.4 : Module capteur humidité DHT11	33
Figure IV.5 : Capteur de l'humidité de sol (YL-38-96)	34
Figure IV.6 : capteur de gaz MQ135	35
Figure IV.7 : Fil De Nickel-Chrome.....	36
Figure IV.8 : : Pompe D'arrosage Utilisée	37
Figure IV.9 : Un Servomoteur.....	38
Figure IV.10 : Ventilateur.....	38
Figure IV.11 : Module Relais.....	39
Figure IV.12: Ecran LCD-I2C (16x2)	39
Figure VI.13 Schéma De Câblage Lcd-I2c.....	44
Figure IV.14: Branchement du capteur d'humidité et température avec Arduino.....	44
Figure IV.15 : Branchement du capteur de la LDR avec Arduino.....	45
Figure IV.16 : Branchement du capteur d'humidité du sol avec Arduino.....	45
Figure IV.17 : Branchement du capteur du gaz avec Arduino.....	46

Figure IV.18 : Schémas de câblage final.....	46
Figure IV.19 : Arduino IDE.....	47
Figure IV.20 : La structure de notre serre prototype.....	47
Figure IV.21 : Montage Des Capteurs Et Actionneurs	48
Figure IV.22 : Montage De La Partie Electrique	49
Figure IV.23 : Montage final de prototype.....	49

SOMMAIRE

Introduction générale

Chapitre I

I.1	Introduction	1
I.2	La serre agricole et son histoire.....	1
I.3	Les avantages de la serre	1
I.4	Le choix et l'installation d'une serre.....	2
I.5	Structure et matériaux pour la serre	3
I.6	Types de la serre.....	3
I.6.1	Serres tunnels	3
I.6.2	Serres multi-chapelle	4
I.6.3	Serre de jardin :	5
I.7	Intérêt de la serre	5
I.8	Conclusion.....	6
	Bibliographie :	7

Chapitre II

II.1	Introduction	8
	Principaux paramètres climatiques	8
II.2	Température	9
II.2.1	Chauffage	9
II.2.2	Système d'ouverture de serre.....	9
II.2.3	Ventilation.....	10
II.3	Humidité.....	10
II.3.1	Humidification	11

II.3.2	Déshumidification.....	11
II.4	Eclairage.....	12
II.4.1	Eclairage naturel	12
II.4.2	Eclairage artificiel.....	12
II.5	L'irrigation	12
II.6	Ombrage.....	13
II.7	Conclusion.....	13
	Bibliographie :	14

Chapitre III

III.1	Introduction :	15
III.2	Définition et caractéristique.....	15
III.3	Classification des capteurs.....	15
III.3.1	Classification selon la nature de sortie.....	15
III.3.1.1	Capteurs logiques ou capteurs TOR	15
III.3.1.2	Capteurs analogiques	16
III.3.1.3	Capteurs numériques.....	16
III.3.2	Classification selon le principe de fonctionne	17
III.3.2.1	Capteur actif.....	17
III.3.2.2	Capteur passif.....	17
III.4	Caractéristiques de capteur.....	18
III.5	La contrôle du Microclimat	18
III.5.1	Gestion de température et d'humidification :	19
III.5.1.1	Transmetteur d'humidité pour serre – Testo 6631 :.....	19
III.5.1.2	Le système de Chauffage :	20
III.5.1.3	Le système de réfrigération :.....	20

III.5.2	Gestion d'éclairage	21
III.5.2.1	L'éclairage LED.....	21
III.5.2.2	L'éclairage par lampes SHP.....	22
III.5.2.3	L'éclairage par lampes fluorescentes.....	22
III.5.3	Gestion d'arrosage	23
III.5.3.1	Capteurs d'humidité volumétrique	23
III.5.3.2	Principe de fonctionnement	23
III.5.3.3	Électrovannes	24
III.5.3.4	Les électrovannes fonctionnement.....	24
III.5.3.5	Les différentes techniques d'arrosage.....	24
III.5.4	Gestion de Ventilation	25
III.5.4.1	Ventilation naturelle.....	25
III.5.4.2	Ventilation forcée.....	26
III.6	Conclusion :.....	26
	Bibliographie :	27

Chapitre VI

IV.1	Introduction	29
IV.2	Description de système	29
IV.2.1	Schéma synoptique :	30
IV.3	Description les blocs du système.....	31
IV.3.1	Circuit commande	31
IV.3.1.1	Définition	31
IV.3.1.2	Présentation d'Arduino Méga 2560 :.....	31
IV.3.1.3	Principaux fonctionnements.....	32
IV.3.2	Capteurs	32

IV.3.2.1	Le capteur de lumière (LDR).....	32
IV.3.2.2	Capteur humidité DHT1	33
IV.3.2.3	Capteur de l'humidité de sol (YL-38-96) :	34
IV.3.2.4	Capteur de Gaz MQ135 (qualité d'air) :	35
IV.3.3	Actionneurs	36
IV.3.3.1	Résistance chauffante.....	36
IV.3.3.2	La pompe d'arrosage.....	37
IV.3.3.3	Servomoteur	38
IV.3.3.4	L'extracteur.....	38
IV.3.3.5	Les relais	39
IV.3.3.6	Afficheur.....	39
IV.4	Gestion de système	40
IV.4.1	Gestion d'éclairage dans la serre :	40
IV.4.1.1	L'organigramme de la Gestion d'éclairage :	40
IV.4.2	Gestion d'arrosage dans la serre :	41
IV.4.2.1	L'organigramme de la Gestion d'arrosage :	41
IV.4.3	Gestion de la température dans la serre :	42
IV.4.3.1	L'organigramme de la Gestion de température :	42
IV.4.4	Gestion d'humidité dans la serre :	43
IV.4.4.1	L'organigramme de la Gestion d'humidité :	43
IV.5	Description des principes de connexions :	44
IV.5.1	L'afficheur (Ecran (I2C-LCD TWI 2004)).....	44
IV.5.2	Capteur de température et d'humidité.....	44
IV.5.3	Capteur de lumière (LDR)	45
IV.5.4	Capteur d'humidité du sol.....	45

IV.5.5	Capteur de Gaz MQ135 (qualité d'air)	45
IV.5.6	Le schéma de câblage	46
IV.6	Logiciel et programmation	46
IV.7	Réalisation de la serre	47
IV.7.1	Construction de la structure en bois :.....	47
IV.7.2	Montage des capteurs et actionneurs	48
IV.7.3	Montage de la partie électrique.....	49
IV.7.4	Le projet final.....	49
IV.8	Etude socio-économique.....	50
IV.9	Conclusion	51
	Bibliographie	51

Conclusion générale

L'annexe

Introduction Générale

Depuis longtemps, l'homme cherche à trouver les meilleures méthodes adaptées au secteur d'agriculture, cela pour améliorer les produits cultivés, comme les légumes et les fruits, cela en matière de qualité, quantité et coût et jusqu'à maintenant, l'agriculture sous serres et presque le système le plus renommé, car il essaie d'accroître certains facteurs essentiels liés au développement des plantes afin de reproduire leur climat d'origine et ainsi pouvoir contrôler leur production. Aussi recréer un environnement dans lequel la température, l'humidité, la lumière et l'apport nutritif sont contrôlés et modifiés pour optimiser la croissance et le développement des plantes mêmes en hors saison de croissance.

Pour cela on a choisi dans ce modeste travail de projet de fin d'étude de proposer aux agriculteurs un modèle d'une serre agricole qui peut satisfaire les meilleures conditions de développements des plantes telle que la température, l'humidité, la lumière et qualité de l'atmosphère en assurant le contrôle de ces paramètres clés.

Nous avons proposé un dispositif piloté par une plateforme électronique d'acquisition et de contrôle à base de carte **Arduino** Méga qui joue un rôle de régulateur des paramètres microclimatiques selon les mesures prises par des capteurs adéquats.

Dès que certains paramètres sont hors des limites fixées préalablement (consignes), une action adéquate est générée pour les corrections.

Ce travail est divisé en deux parties, une partie théorique et une partie pratique, qui sont représentées en 4 chapitres

- Dans le premier chapitre, nous avons présenté clairement des serres agricoles.
- Dans le deuxième chapitre nous avons présenté en détail la notion d'un microclimat. Il englobe les paramètres climatiques les plus agissants sur la croissance de la culture sous serre comme la température, l'humidité et l'éclairage.
- Le troisième chapitre sera consacré aux capteurs et les actionneurs nécessaires ainsi que leurs rôles dans la gestion des facteurs climatiques à l'intérieur de la serre.
- Et enfin, le quatrième chapitre est réservé à l'application pratique et la simulation Du prototype d'une serre agricole réelle avec les algorithmes et les résultats.

Chapitre I

Les serres agricoles

I.1 Introduction

La plupart des plantes qui poussent en plein air dans un jardin sont rustiques, c'est-à-dire qu'elles sont adaptées au cycle des conditions météorologiques auxquelles on peut s'attendre dans la région [1]

Les serres de production sont des abris destinés à la production de plantes ornementales, légumières ou fruitières et sont utilisées pour soustraire ces cultures aux contraintes climatiques extérieures afin de gérer au mieux les besoins des plantes, accélérer leur croissance et étendre les périodes de production à l'ensemble de l'année. Les serres constituent donc un enjeu économique majeur pour les horticulteurs et pour les maraîchers.

I.2 La serre agricole et son histoire

La serre est une construction destinée à abriter des cultures des plantes ornementale, légumières ou fruitières, et parfois dans un but expérimental ou didactique de toutes autres plantes, dans des conditions plus favorables ou plus sûres qu'en plein air.

La définition de la norme française NF U57-001, déc.1984 décrit la serre comme « une enceinte destinée à la culture ou à la production des plantes en exploitant à un homme de travailler aisément à l'intérieur »

Cette structure protège les plantes grâce à une maîtrise du climat qui permet d'obtenir des conditions optimales de croissance ou en minimisant les mécanismes de photosynthèse, mais aussi à travers le phénomène de l'effet de serre contribue à la bonne croissance de la plante[2].

I.3 Les avantages de la serre

Elle est principalement destinée à protéger du froid les plantes non rustiques et à favoriser la croissance des cultures (légumes, fleurs) en créant des conditions climatiques plus favorables que le climat local, elle permet de palier les problèmes rencontrés lors d'une culture en plein air, nous pouvons citer les avantages majeurs [1] :

- Assure des récoltes précoces ou retardées,
- Production plus élevée grâce à la possibilité de contrôler les conditions

- climatiques de la culture et de favoriser la production à toutes les saisons,
- Augmentation du rendement et de la qualité de la récolte, Précocité et retard de la production,
- Réduction de la consommation de fongicides et insecticides.

Ainsi, la serre agricole contribue largement à la modernisation du secteur agricole par l'implémentation de nouvelles technologies [2].

Inconvénients

- Incidence sur l'emploi (licenciement –chômage),
- Investissement pour l'achat de machines,
- Coût de maintenance et pannes,
- Consommation d'énergie,
- Formation d'un personnel plus qualifié (technicien de maintenance, de control, etc.).

I.4 Le choix et l'installation d'une serre

Les principaux critères de choix d'une serre et sa couverture d'après sont les suivants [3] :

- La transmission du rayonnement utile à la photosynthèse (elle détermine le potentiel de production) ;
- La solidité et la durabilité (attention aux zones comportant des risques climatiques) ;
- La fonctionnalité et la facilité de maintenance (elle joue un rôle dans les coûts de main-d'œuvre) ;
- Les économies d'énergie (quand il faut chauffer) ;
- Le prix

I.5 Structure et matériaux pour la serre

Il en existe quatre types pour la structure [01] : le bois, le PVC, l'aluminium, et l'acier et le verre.

- Le bois : est le matériau le plus esthétique et le meilleur isolant thermique.
- Le PVC : est en outre un bon isolant, qui limite la condensation et permet des économies d'énergie, de plus, son entretien est aisé. Cependant il faut savoir que le PVC ternit avec le temps.
- Le métal (aluminium ou acier) : il n'est pas un très bon isolant mais il est utile pour la construction de très grandes serres car il est mécaniquement résistant.
- Le verre plus lourd, est néanmoins plus translucide et meilleur vecteur de luminosité.

I.6 Types de la serre

La classification des serres est complexe et difficile ; Elle est souvent faite selon les formes données par les cadres porteurs qui constituent l'assemblage, on distingue deux principaux types appartenant à deux grandes familles de serres : Les serres tunnels et les serres chapelles [2].

I.6.1 Serres tunnels

Une serre tunnel (Figure I.1) est formée de plusieurs grands arceaux métalliques, recouverts d'un film souple en plastique transparent, qui lui donne la forme d'un tunnel. Les dimensions de la serre dépendent des besoins du jardinier [4].



Figure I.1 : Une Serre Tunnel.

Caractéristique des serres tunnel

- La hauteur varie généralement entre 2 et 2,50 mètres.
- La largeur se situe entre 3 et 5 mètres.
- Une surface au sol minimale de 6 m²
- La deuxième porte est nécessaire dès que la serre tunnel dépasse les 6 mètres de long

I.6.2 Serres multi-chapelle

Les différentes pièces qui composent la structure de la gamme à serres Multi chapelle (Figure I.2) sont conçues pour être parfaitement assemblées grâce à des joints vissés qui simplifient le montage tout en absorbant idéalement les différentes forces qui ont un impact sur la structure. Elles sont très demandées pour leur robustesse et leur grande capacité d'adaptation aux dimensions et aux caractéristiques du terrain [5].



Figure I.2 : Serre multi-chapelle.

Caractéristique des serres multi-chapelle :

1. Matériaux de revêtement : Film plastique, Matériaux semi-rigides, Plaque rigide
2. Les éléments en aluminium et les profils d'ancrage.
3. Un volume intérieur important.
4. L'inclinaison des arceaux permettent de tirer le meilleur parti des rayons solaires.

I.6.3 Serre de jardin

C'est un petit modèle, parfait pour faire pousser des plantes, idéale pour protéger ses plantes en hiver, récolter des fruits et légumes toute l'année ou réaliser des semis sous abri. Une serre peut être construite avec divers matériaux et selon différentes formes, même avec des matériaux de récupération [6] (figureI.3).



Figure I.3 : Serre de jardin.

Caractéristique d'une serre de jardin :

1. Les matériaux fréquemment utilisés pour l'armature de la serre :

Les structures en aluminium.

Les structures en acier.

Les structures en bois.

2. Les matériaux fréquemment utilisés pour les panneaux de la serre :

Le verre horticole.

Le verre trempé.

Le polycarbonate alvéolaire

I.7 Intérêt de la serre

La serre de culture offre la possibilité de s'affranchir des contraintes climatiques extérieures (pluie, vent, froid), elle est conçue pour recréer un environnement donné (microclimat). Elle permet le chauffage de l'air et des racines, le contrôle de l'irrigation et de la fertilisation, l'enrichissement en CO₂ et le contrôle de l'humidité. Elle joue un rôle économique en présentant des produits sur le marché en contre saison.

La serre permet ainsi d'obtenir une production végétale dans des conditions meilleures que

celles existant naturellement par conséquent une meilleure qualité, du produit. Pour aboutir à ces résultats, il faut répondre minutieusement aux exigences de la culture pour les différents facteurs intervenant dans sa croissance et son développement, ceci suppose la connaissance des interactions entre ces divers paramètres [3].

I.8 Conclusion

Le choix d'une structure de serre, des équipements et de la conduite climatique est le maillon clé de la qualité de la serre-culture.

Dans ce chapitre nous avons vu les types de serres agricoles les plus populaires, les avantages, et quelques concepts liés à la serre agricole. Cette dernière est devenue l'intérêt et l'objectif de plusieurs entreprises agricoles vu son rendement.

Bibliographie

- [1] Projet de fin d'étude d'un Système Automatisé « Cas d'une Serre » réalisé par Mr BENDIDANI Sohbi et Mr MILOUD ABID Aboubakar Essedik "Temouchent" (2017/2018).
- [2] B, Wassim « Gestion automatique des serres agricoles dans une ferme" master académique en Informatique ,2019
- [3] Y. Bouterraa, "Automatisation d'une serre agricole, " Magister en Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure D'agronomie-El Harrach, 2012.
- [4] Rapport de la société nationale d'Horticulture de France et l'Association des journalistes de jardin de d'Horticulture, "Serre tunnel," 2014. [En ligne]. Disponible : <http://www.gerbeaud.com/jardin/amenagement/serre-tunnel,1128.html>
- [5] Catalogue de la Société ULMA-Agricola, "Serres-multi chapelle," 2008. [En ligne]. Disponible : https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/1381/Serres_multichapelle-ULMA-Agricola.pdf
- [6] Rapport de la société de marketing euro-serre, « les serres », 2016. [En ligne]. Disponible : http://www.serre-jardin.com/img/cata_euro_serre_2016.pdf

Chapitre II

Etudes des paramètres climatiques des serres agricoles

II.1 Introduction

La maîtrise du climat est la raison d'être des serres ; on peut créer un environnement idéal pour la croissance des plantes. Sa gestion est souvent confiée à un microcontrôleur qui représente le cerveau du système. La température, l'humidité, irrigation et la lumière restent jusqu'à maintenant parmi les paramètres les plus influents dans la production des plantes. Pour améliorer leurs rentabilités, il est indispensable d'optimiser le climat environnant aux cultures. Il est donc important de contrôler les paramètres climatiques cités ci-dessus. Dans ce cadre, il est nécessaire d'équiper la serre par un ensemble de capteurs climatiques et d'actionneurs afin d'agir sur les paramètres climatiques [1]. Dans ce chapitre Nous allons présenter les principaux paramètres climatiques dans les serres agricoles.

Principaux paramètres climatiques

La température, l'humidité, la teneur en CO₂ et la lumière restent jusqu'à maintenant parmi les paramètres les plus influents dans la production des plantes. Pour améliorer leurs rentabilités, il est indispensable de faire d'optimiser le climat environnant aux cultures. Il est donc important de contrôler les paramètres climatiques cités ci-dessus. Dans ce cadre, il est nécessaire d'équiper la serre par un ensemble de capteurs climatiques et d'actionneurs afin d'agir sur les paramètres climatiques [2].

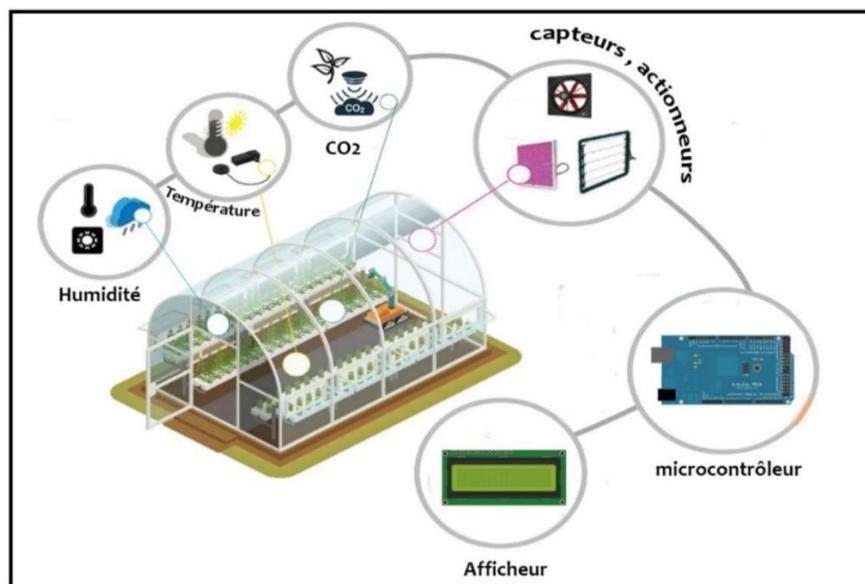


Figure II.1 : les paramètres climatiques

II.2 Température

La température sous serre est le paramètre le plus important pour la production des cultures sous serre [02]. Il se décompose en trois types :

- Température issue du sol.
- Température de la plante.
- Température ambiante à la culture.

Elle a une grande influence sur la croissance végétative. En effet, elle intervient dans beaucoup de phénomènes biologiques tels que la photosynthèse et la respiration. La vitesse de réaction augmente facilement avec la température ambiante. Citons par exemple la photosynthèse qui se multiplie presque en deux lorsque la température augmente de 10°C [2].

Sachant que la température monte et descend dans la serre, on doit utiliser le chauffage pour la chauffer et la ventilation pour le refroidissement (système d'ouverture du toit pour une ventilation naturelle).

II.2.1 Chauffage

Le chauffage permet d'adapter les apports thermiques aux besoins de la culture et d'éliminer l'humidité de l'air. Il fonctionne également sur la mesure de température. L'intensité du chauffage peut dépendre de l'éclairage avec peu de lumière solaire et vice versa.[01] Il existe deux types de radiateurs :

Émissions d'air chaud : Selon le produit d'une unité autonome générant de l'air chaud, ou d'un appareil de chauffage utilisant de l'eau chaude produite à partir d'une chaudière.

Les émissions d'eau chaude : sont envoyées dans des tubes métalliques répartis dans la serre. Les deux principaux types d'émissions sont caractérisés par des températures basses et élevées soutenues par la culture (émergence classique, condensation, brûleur, etc.).

II.2.2 Système d'ouverture de serre

Ce système considéré comme ventilation naturelle travaille sur l'échange d'air de l'extérieur par un capteur de température, qui est lu par un circuit électronique, et décide

jusqu'à quelle température il doit être maintenu ouvert (grâce à un petit moteur et un mouvement de rotation).

Lorsque le système fonctionne, la serre est complètement indépendante. Lorsque la température augmente, celle-ci s'ouvre pour laisser entrer l'air pour le refroidissement et la ventilation.

Une fois que le capteur de température atteint le maximum (imposé par l'utilisateur), elle conduit à ouvrir les engrenages de moteur à commande de toit pour ventilation des gaz à effet de serre, à une certaine température (réglée par l'utilisateur) supprime le signal pour fermer le toit [1].

II.2.3 Ventilation

Le traitement de l'air a une fonction tout aussi importante que la lumière lorsque la culture est dans un espace clos. Un ventilateur permet de renouveler l'air et d'apporter aussi le CO₂ nécessaire à la photosynthèse tout en garantissant une régulation de la température et de l'hygrométrie. Le mouvement horizontal de l'air offre plusieurs avantages. Plus particulièrement, il réduit sensiblement les gradients de la température dans la serre et enlève l'humidité dans le reste de la serre, ce qui favorise une grande homogénéité du climat sous serre [6]. Cette ventilation est considérée comme un refroidisseur mécanique (forcé)[2].

II.3 Humidité

L'humidité est la présence d'eau ou de vapeur d'eau dans l'air ambiant, elle influe sur la croissance de la plante et sur le développement des maladies.

En pratique quand on parle de la mesure de l'humidité on fait allusion au taux d'humidité exprimé en % ce qui représente l'humidité relative [3].

L'humidité de l'air et la température présentent une grande relation. En effet la capacité de l'air à retenir la vapeur d'eau double chaque fois que la température augmente d'une dizaine de degrés.

Le contrôle de tous ces paramètres se fait via de nombreux dispositifs des plus simples au plus complexes tels que : l'ouverture des toits ouvrant, les ventilateurs extracteurs, les

chauffages, les humidificateurs... [4].

II.3.1 Humidification

Plusieurs techniques d'humidifications permettent de faire augmenter l'humidité [01] :

- **Brumisateurs** : Fait augmenter l'humidité dans la serre. Il consiste à atomiser l'eau en fines particules (d'environ 10 μm). Ensuite un système à haute pression d'air les disperse dans le climat sous serre. Il s'agit d'un système qui produit de la brume sans laisser de gouttelettes sur les plants afin de ne pas favoriser le développement de maladies fongiques. L'augmentation de l'humidité dans la serre provoquée par le système de brumisation, peut entraîner une diminution de la température puisque l'eau nécessite de l'énergie pour qu'il s'évapore.
- **Écran de refroidissement** : Bien qu'utilisé pour réduire la température de la serre, l'écran de refroidissement peut également servir pour accroître l'humidité. L'eau s'écoule à travers l'écran et permet de refroidir et humidifier l'air qui y circule de l'extérieur vers l'intérieur de la serre.
- **Arrosage des allées** : Cette méthode, peu coûteuse, permet d'augmenter l'humidité de l'air mais de manière ponctuelle. Les effets bénéfiques de l'arrosage sur l'humidité se font sentir sur une très courte période.

II.3.2 Déshumidification

L'humidité de l'air est généralement exprimée en humidité relative ou déficit hydrique. On constate que la technique de déshumidification traditionnellement employée par les producteurs combine l'aération et le chauffage. Le chauffage permet d'une part de diminuer l'humidité relative de l'air en augmentant la pression de vapeur saturante, d'autre part de faciliter l'évacuation de l'air chaud chargé en humidité grâce à l'aération. Cette technique entraîne une perte d'énergie puisqu'une partie de l'énergie dégagée par le chauffage est évacuée par l'aération. La pratique de la déshumidification représente environ 20% à 30% des dépenses énergétiques. Afin de maintenir la transpiration active, il est essentiel d'éliminer l'excès d'humidité de la serre. L'évapotranspiration est fonction du déficit de pression de vapeur, de l'énergie disponible pour la vaporisation de l'eau et du

mouvement d'air à l'intérieur de la serre [2]

II.4 Eclairage

II.4.1 Eclairage naturel

La lumière et la chaleur du soleil se propagent jusqu'à la terre sous forme de radiations de courte longueur d'onde qui traversent aisément une feuille de plastique ou une plaque de verre, ces radiations échauffent tous ce qu'elles touchent, sol, tablettes, terre, pots et même les plantes elles-mêmes, réfléchissent une partie de cette chaleur sous forme de rayon de grande longueur d'onde, c'est parce que le verre ne permet pas le passage des rayons de grande longueur d'onde car il se produit une accumulation de chaleur à l'intérieur de la serre.

II.4.2 Eclairage artificiel

La lumière joue un grand rôle dans la croissance de la plante car elle intervient dans beau- coup de phénomènes physiologiques et conditionne surtout la photosynthèse. En effet, l'énergie lumineuse fixe dans la plante le gaz carbonique et l'eau de l'air pour produire le sucre et l'amidon. Par conséquent, la croissance et le niveau de production des plantes dépendent fortement de la quantité du soleil que la culture reçoit tout au long de sa croissance. Toutefois, on peut prolonger ou raccourcir l'éclairage en utilisant respectivement les lumières artificielles ou les stores.

II.5 L'irrigation

L'irrigation est une opération qui consiste à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour augmenter la production, et permettre leur développement normal en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides. [5]

Tout système d'irrigation se compose de quatre parties essentielles :

- Le pompage de l'eau
- Le traitement de l'eau
- La distribution de l'eau et/ou des solutions fertilisantes

- L'entreposage / Récupération de l'eau et/ou des solutions

II.6 Ombrage

Pour ombrager une serre, il y a deux moyens fondamentaux : peindre les vitres ou y pulvériser un liquide, ou bien utiliser des stores. L'inconvénient majeur de l'emploi des liquides pour ombrager est que, pendant les inévitables périodes de temps gris et frais de l'été, Les plantes souffrent d'un manque de lumière et de chaleur, juste au moment où elles en auraient le plus besoin, c'est pourquoi les stores sont préférables car plus efficaces, les stores a rouleau se fixent indifféremment à l'extérieur sont les plus efficaces car ils évitent l'accumulation de la chaleur, les stores montés à l'intérieur des vitres empêchent la lumière d'atteindre les plantes mais la chaleur traverse le vitre et chauffe la serre comme elle le ferait sans store, il vaut donc mieux, en général, monter les stores à l'extérieur, mais en tenant compte des intempéries, surtout des vents violents, on peut éventuellement les enrouler en hiver pour obtenir une certaine protection contre les gelées.[5]

II.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté en détail la notion d'un microclimat dans une serre on a exposé un bref aperçu sur le microclimat des serres. Il englobe les paramètres climatiques qui le plus agissant sur la croissance de la culture sous serre comme la température, l'humidité atmosphérique et du sol, l'irrigation, et l'éclairage, qui sont à mesurer et à maîtriser.

Bibliographie

- [1] Projet de fin d'étude d'un Système Automatisé « Cas d'une Serre » réalisé par Mr BENDIDANI Sohbi et Mr MILOUD ABID Aboubakr Essedik "Temouchent" (2017/2018).
- [2] Y. El afou, "Contribution au contrôle des paramètres climatiques sous serre". Thèse de Doctorat Université Lille 1, 2014.
- [3] R. Salazar, A. Rojano, I. Lopez, "A Model for the Combine Description of the Temperature and Relative Humidity Regime in the Greenhouse," Ninth Mexican International Conference on Artificial Intelligence, November 2010.
- [4] Projet de fin d'étude d'un Etude, conception et réalisation d'une plateforme pour l'automatisation et le contrôle à distance des serres agricoles réaliser par Mr. LEMDANI Rafik et Mr. MALOUADJMI Nabil
- [5] <https://agronomie.info/>

Chapitre III

*Les capteurs et les actionneurs
nécessaires pour les serres
agricoles*

III.1 Introduction

Dans ce chapitre on va décrire l'ensemble des capteurs qui peut être utiles et incontournables dans le prélèvement des grandeurs physiques clés dans les serres agricoles, en plus, on va détailler les actionneurs qui régissent le microclimat qui favorise l'évolution des plantes dans les serres agricoles.

III.2 Définition et caractéristique

Un capteur est un objet technique de prélèvement de l'information qui réalise une mesure du contenu informationnel d'une grandeur physique. Sa fonction globale est de convertir une grandeur physique à mesurer en une autre grandeur physique, accessible aux sens humains ou adaptée pour être transmise par un réseau à un système de traitement de l'information (grandeur électrique). [1] :

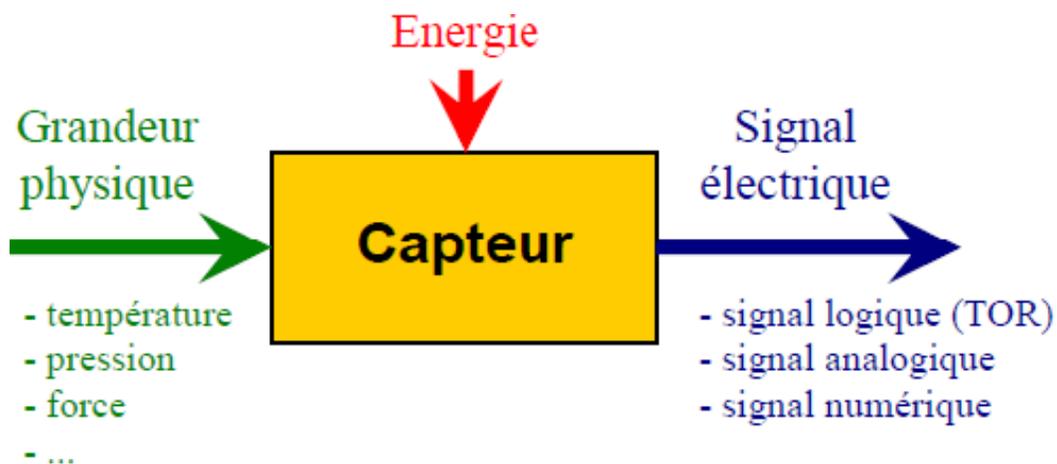


Figure III.1 : Représentation fonctionnement de capteur

III.3 Classification des capteurs

III.3.1 Classification selon la nature de sortie

III.3.1.1 Capteurs logiques ou capteurs TOR

Le signal de sortie ne présente que deux niveaux :

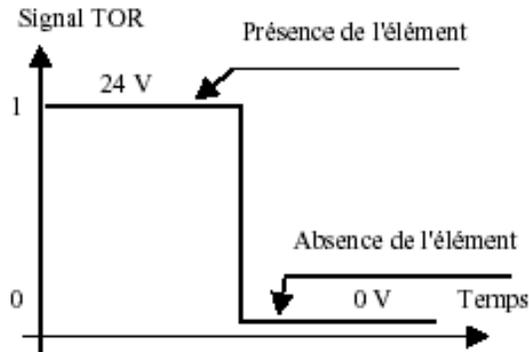


Figure III.2 : Capteur TOR.

III.3.1.2 Capteurs analogiques

Le signal délivré est la traduction de la loi de variation de la grandeur physique mesurée

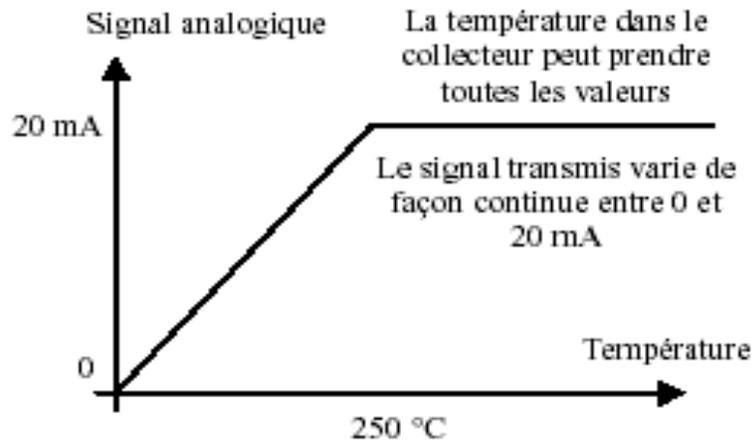


Figure III.3 : Capteur analogique.

III.3.1.3 Capteurs numériques

Le signal est codé au sein du capteur.

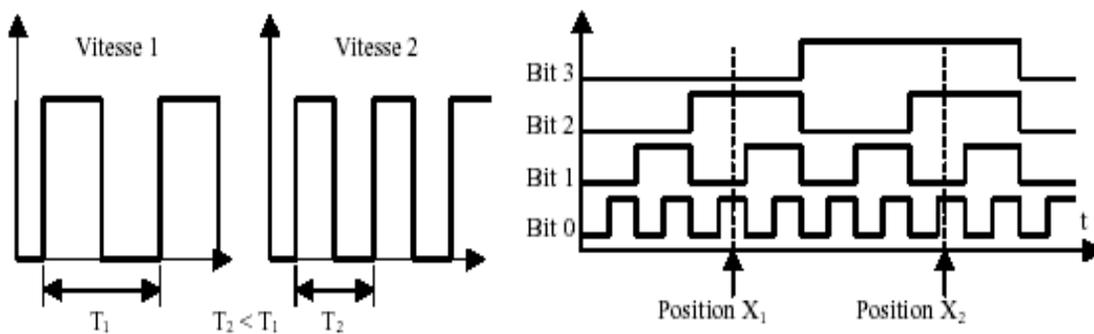


Figure III.4 : Capteur numérique.

III.3.2 Classification selon le principe de fonctionne

III.3.2.1 Capteur actif

Fonctionnant en générateur, un capteur actif est généralement fondé dans son principe sur un effet physique qui assure la conversion en énergie électrique de la forme d'énergie propre au mesurande : énergie thermique, mécanique ou de rayonnement. Il existe des capteurs actifs basés sur l'effet thermoélectrique, pyroélectrique, piézoélectrique, induction, électromagnétique, photoélectriques, photoémissif, photovoltaïque et photo électromagnétique. [3]

Tableau III.1: Grandeurs d'entrée et de sortie et effet utilise pour les capteurs

Grandeur physique mesurée	Effet utilisé	Grandeur de sortie
Température	Thermoélectricité	Tension
Flux de rayonnement optique	photoémission	Courant
	Effet photovoltaïque	Tension
	Effet photo-électrique	Tension
Force	Piézo-électricité	Charge électrique
Pression		
Accélération	Induction électromagnétique	Tension
vitesse		
Position (Aimant)	Effet hall	Tension
Courant		

III.3.2.2 Capteur passif

Il s'agit généralement d'impédance dont l'un des paramètres déterminants est sensible à la grandeur mesurée. La variation d'impédance résulte :

Soit d'une variation de dimension du capteur, c'est le principe de fonctionnement d'un grand nombre de capteur de position, potentiomètre, inductance à noyaux mobile, condensateur à armature mobile [3]

Soit d'une déformation résultant de force ou de grandeur s'y ramenant, pression accélération (armature de condensateur soumise à une différence de pression, jauge d'extensomètre liée à une structure déformable).

Tableau III.2 : Type de matériau utilise et caractéristique électrique des capteurs passifs

Grandeur mesurée	Caractéristique électrique	Type de matériau utilisé
Température	Résistivité	Métaux : platine, nickel, cuivre...
Très basse température	Constante diélectrique	Verre
Flux de rayonnement optique	Résistivité	Semi-conducteur
Déformation	Résistivité	Alliage de nickel, silicium dopé
	Perméabilité	Alliage ferromagnétique
Position (aimant)	Résistivité	Matériaux magnéto résistants : bismuth, antimoine d'indium
Humidité	Résistivité	Chlorure de lithium

III.4 Caractéristiques de capteur

Certains paramètres sont communs à tous les capteurs. Ils caractérisent les contraintes de mise en œuvre et permettent le choix d'un capteur [4] :

- L'étendue de la mesure.
- La sensibilité.
- Le temps de réponse.
- La précision.
- Sa bande passante.
- Sa gamme de température.

III.5 La contrôle du Microclimat

La régie de l'environnement s'avère cruciale dans la culture en serre. Pour arriver à gérer tous les paramètres permettant le maintien d'un environnement adéquat [5]. Il existe de

nombreux systèmes intégrés des capteurs et des actionneurs Il joue le rôle de gestion des facteurs climatiques à l'intérieur de la serre.

III.5.1 Gestion de température et d'humidification

Le contrôle adéquat de la température est le facteur le plus important pour garantir une bonne croissance des plantes. En effet, la température et l'un des paramètres le plus important dans la gestion du climat, et aussi le plus difficiles à gérer [6].

L'humidité est l'un des facteurs du microclimat. Ce qui est difficile à gérer, les niveaux d'humidité varient en fonction de la température à l'intérieur de la serre. Plus celle-ci est élevée et plus l'air peut être humide.

Afin pour de gérer la température et l'humidité parfaitement, nous devons être constamment informés des petits et grands changements qui se produisent dans le microclimat. Pour ce faire, nous utilisons un capteur de température spécial.

III.5.1.1 Transmetteur d'humidité pour serre – Testo 6631

Le transmetteur de température et d'humidité **Testo 6631** a été spécialement développé pour le contrôle du climat sévère dans des serres. Une mesure précise et fiable de l'humidité est incontournable dans ces applications afin d'éviter des frais.



Figure III.5 : Transmetteur d'humidité testo 6631

Avantage :

- Étendue : 0 à 100 % HR et -10 à 60°C.
- Surveillance en continue de l'humidité et la température.
- La stabilité à long terme et la fiabilité grâce au capteur d'humidité testo.
- Ventilateur intégré permettant de cibler le flux vers le capteur et

contribuant à la saisie d'un climat moyen dans l'enceinte de la serre.

- Gain de temps lors de la mise en service et de l'entretien.

Affichage (Option) [7].

III.5.1.2 Le système de Chauffage

Les générateurs d'air chaud (Figure 9) sont spécialement indiqués lorsqu'il n'existe pas de demande de chauffage importante de façon continue et comme défense ponctuelle face aux gelées. Avec ce système, il est possible d'obtenir une précocité et productivité majeures dans les saisons froides, avec un degré de technicité moyen [8].



Figure III.6 : Le générateur d'air chaud.

III.5.1.3 Le système de réfrigération

Une chaleur excessive et une humidité incorrecte peuvent causer de nombreux problèmes : croissance lente, feuilles brûlées et produits endommagés.

Dans ces conditions, le refroidissement par évaporation s'est avéré être la méthode la plus fiable et la plus économique.

Le système hydratant se compose d'extraits et de refroidisseurs. Les panneaux sont placés contre un mur contre les ventilateurs pour créer un espace de pression négative à l'intérieur de la serre. Cela provoque l'air extérieur qui passe à travers les panneaux humides pour charger les molécules d'eau, réduisant ainsi la température interne de la serre.



Figure III .7 : Le Système De Réfrigération.

III.5.2 Gestion d'éclairage

La lumière du soleil constitue la source de lumière la moins chère pour la croissance des plantes mais elle n'est pas toujours disponible. Grâce à une lumière d'intérieur, il est possible de mieux maîtriser la croissance des plantes et d'assurer une production effective tout au long de l'année [9].

III.5.2.1 L'éclairage LED

Au cours des dernières décennies, l'utilisation de l'éclairage à absorption dans le jardinage en serre a augmenté de 10% par an pour répondre aux demandes du marché de produits de qualité tout au long de l'année. La révolution de la technologie LED crée une opportunité unique de réaliser des systèmes de production à base de LED qui peuvent réduire les émissions de carbone jusqu'à 45% par rapport aux lampes au sodium haute pression traditionnelles [10].



Figure III.8 : L'éclairage LED.

III.5.2.2 L'éclairage par lampes SHP

Les lampes à sodium haute pression (SHP) produisent une lumière plus rouge, qui peut être comparée à la lumière naturelle d'un coucher de soleil en automne. Une couleur plus jaune/rouge du spectre et moins bleue favorise une fleur haute par rapport aux feuilles.

Les lampes à sodium haute pression sont utilisées pendant les heures de faible luminosité ou de totale obscurité [11].



Figure III.9 : lampes SHP

III.5.2.3 L'éclairage par lampes fluorescentes

Les lampes fluorescentes intégrées sont des lampes à faible puissance qui sont destinées à remplacer les lampes à incandescence traditionnelles. Plus propre et moins consommatrice d'énergie, elle réduit l'effet de serre ainsi que la facture énergétique locale.



Figure III.10 : L'éclairage Par Lampes Fluorescentes.

III.5.3 Gestion d'arrosage

Habituellement, le producteur décide du moment de l'arrosage selon son expérience et prend les éléments suivants en considération : méthode d'arrosage, type de plantes, stade de développement des plantes, conditions environnementales et conditions du substrat. Il fait aussi une inspection visuelle des plantes. Le côté négatif de ce type de gestion est que l'arrosage pourrait être excessif ou insuffisant et, dans le pire des cas, les plantes pourraient être stressées où mourir si les arrosages sont trop espacés durant la semaine [12].

Pour éviter ces problèmes, des capteurs d'humidité volumétrique peuvent être utilisés pour connaître le moment propice à l'arrosage. Les logiciels des capteurs d'humidité volumétrique ont évolué et il est possible d'obtenir l'humidité volumétrique 24 heures par jour, 7 jours par semaine.

III.5.3.1 Capteurs d'humidité volumétrique

Les capteurs d'humidité volumétrique (Figure III.11) sont insérés dans le substrat et mesurent l'humidité volumétrique du substrat en contact avec les capteurs. La zone de détection des capteurs varie entre 1 et 4 pouces de longueur (selon le modèle et le type de capteur) [13].



Figure III.11 : Capteurs D'humidité Volumétrique.

III.5.3.2 Principe de fonctionnement

Lorsque le capteur est placé horizontalement, l'humidité volumétrique sera mesurée seulement pour la hauteur où les tiges sont positionnées. En d'autres mots, si le capteur est placé à quatre pouces du fond du contenant, il fournira l'humidité volumétrique du

Substrat à la hauteur entre 2 et 6 pouces (dépendamment de la taille de la zone de détection du capteur) [14].

III.5.3.3 Électrovannes

Les électrovannes sont installées dans leur regard et assemblées par un raccord multiple (ou nourrice) à la conduite d'eau principale, branchée sur le point de puisage. Chaque circuit est, de même, raccordé à son électrovanne. Les liaisons filaires en très basse tension cheminent sous gaine jusqu'au programmeur [13].

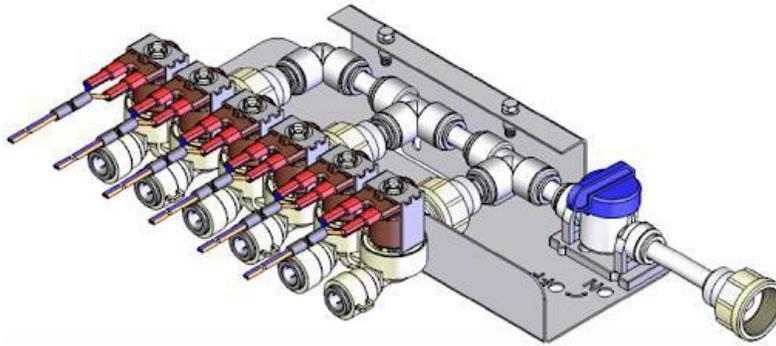


Figure III.12: Les Electrovanes

III.5.3.4 Les électrovannes fonctionnement

Les électrovannes fonctionnent en 24 Volts, leur alimentation se fait au moyen de deux câbles électriques. L'un est relié au programmeur, l'autre est dit « commun » et est relié aux autres « communs » (s'il y a d'autres électrovannes), puis au neutre du programmeur (le plus souvent repéré « commun 1 ») [14].

III.5.3.5 Les différentes techniques d'arrosage

L'arrosage enterré : C'est une technique visuellement très discrète puisqu'elle est dissimulée dans le sol de manière permanente [13].



Figure III.13 : Technique D'arrosage Enterre.

L'arrosage goutte-à-goutte : C'est un arrosage le plus souvent de surface, donc visible et peu esthétique. Mais il peut être camouflé par des écorces de pin sur les massifs de fleurs ou par un paillage dans le potager. Certains tuyaux goutte-à-goutte peuvent être enterrés [13].



Figure III.14 : Technique D'arrosage Goutte-A-Goutte.

III.5.4 Gestion de Ventilation

III.5.4.1 Ventilation naturelle

Ventilation naturelle par ouvrants extérieurs ou via des conduits à tirage naturel. Ou par l'enveloppe (ventilation « libre ») ou bien par des systèmes spécifiques qui créent un mouvement d'air naturel au moyen de différences de pression concentrées thermiquement ou induites par le vent. [15].



Figure III.15 : La Ventilation Naturelle.

III.5.4.2 Ventilation forcée

Pour utiliser la technologie de ventilation forcée, un certain nombre de ventilateurs doivent être installés qui fonctionnent en mode extracteur d'air (figure III.16).



Figure III.16 : Ventilation Forcée.

III.6 Conclusion

Dans ce troisième chapitre, on a bien clarifié les notions relatives aux dispositifs d'entrées /sorties qui régissent les serres agricoles et qui sont composés principalement par les capteurs et les actionneurs.

Le choix et le placement des capteurs et des actionneurs ainsi que leurs branchements seront détaillés dans le chapitre 4.

Bibliographie

- [1] Georges Asch et coll (LES CAPTEURS EN INSTRUMENTATION INDUSTRIELLE) 7 -ème Edition
- [2] Khenfouci Yamina, Badaoui Amel : " Approche d'authentification dans les réseaux de capteurs pour la pédagogie", Ecole nationale Supérieure d'Informatique. Pour obtenir le diplôme d'ingénieur d'état en informatique, 2009.
- [3] Christian BISSIERES <http://cbissprof.free.fr>
- [4] CIDES (2009). Fiche d'information #3 — Systèmes de contrôle du climat. Agri-réseau, section Cultures abritées. Repéré à <https://www.agrireseau.net/horticultureserre/documents/Fiche%20contrôle%20SPSQ.pdf>
- [5] R. Haxaire, J. C. Roy, T. Boulard, M. A. Lamrani, A. Jaffrin, "Etude numérique et expérimentale de la ventilation par convection naturelle dans une serre," In Colloque annuel FT, p. 64-69, 1998
- [6] R. Salazar, A. Rojano, I. Lopez, "A Model for the Combine Description of the Temperature and Relative Humidity Regime in the Greenhouse," Ninth Mexican International Conference on Artificial Intelligence, November 2010
- [7] [En ligne]. Disponible : https://sites.google.com/site/transmetteurs_tunisie/6631
- [8] Rapport de la société ULMA-Agricola, "l'équipement des serres," [En ligne]. Disponible : <http://www.ulmaagricola.com/fr/serres/equipements>
- [9] L. Rafik, M. Nabil, "Etude, conception et réalisation d'une plateforme pour l'automatisation et le contrôle à distance des serres agricoles.", mémoire de master, université m'Hamed bougara-boumerdes,2017.
- [10] J.P. Goure, L'optique dans les instruments : Généralités, Lavoisier, 2011. [En ligne]. Disponible : http://www.canna.fr/eclairage_pour_mes_plantes

[11] J.P. Goure, L'optique dans les instruments : Généralités, Lavoisier, 2011. [En ligne].
Disponible : http://www.canna.fr/eclairage_pour_mes_plantes

[12] Rapport de l'unité d'affaire de la compagnie Premier Tech Horticulture, "Capteurs d'humidité volumétrique," juillet 2016. [En ligne]. Disponible :
<http://www.pthorticulture.com/fr/zone-du-savoir/capteurs-dhumidite-volumetrique/>

[13] Rapport de l'unité d'affaire de la compagnie Premier Tech Horticulture, "Capteurs d'humidité volumétrique," juillet 2016. [En ligne]. Disponible :
<http://www.pthorticulture.com/fr/zone-du-savoir/capteurs-dhumidite-volumetrique/>

[14] [En ligne]. Disponible :
<http://bassindejardin.canalblog.com/archives/2013/01/29/26276220.html>

[15] M.L. Diaz, " Maitrise Des Ambiances 3 Thermiques», L'école nationale supérieure d'architecture de paris la villette,2012.

Chapitre VI

Réalisation expérimentale des éléments de contrôle de la serre

IV.1 Introduction

Avant d'entamer une quelconque réalisation. On devrait commencer par L'étude conceptuelle étape.

Notre problème est de savoir comment concevoir un dispositif de contrôle des paramètres climatiques d'une serre agricole il est nécessaire de bien choisir la solution technologique adéquate.

Dans cette solution.il est nécessaire de prendre en considération les solutions techniques actuelles utilisées dans ce domaine. Et conforme au cahier des charges, qui est résumé dans :

- Créer un microclimat contrôlé à l'intérieur de la serre.
- Accessibilité et modification des informations .
- Afficher et configurer les paramètres (selon le type de plantes cultivées).

IV.2 Description de système

Ce système se compose de différents capteurs, à savoir les capteurs de température, d'humidité ... etc. Ces capteurs détectent divers paramètres et sont ensuite envoyés à l'un circuit de command est utilisé pour contrôler la serre. Pour mettre en œuvre l'environnement de serre, Les informations des capteurs sont étudiées après cette étude, il existe un programme modifiable écrit sur un contrôleur pour adapter le microclimat en fonction des informations reçues des capteurs.

Les moteurs interfèrent directement avec la création du microclimat à l'intérieur de la serre selon les instructions du circuit de commande. Par conséquent, l'environnement de la serre est contrôlé automatiquement.

IV.2.1 Schéma synoptique

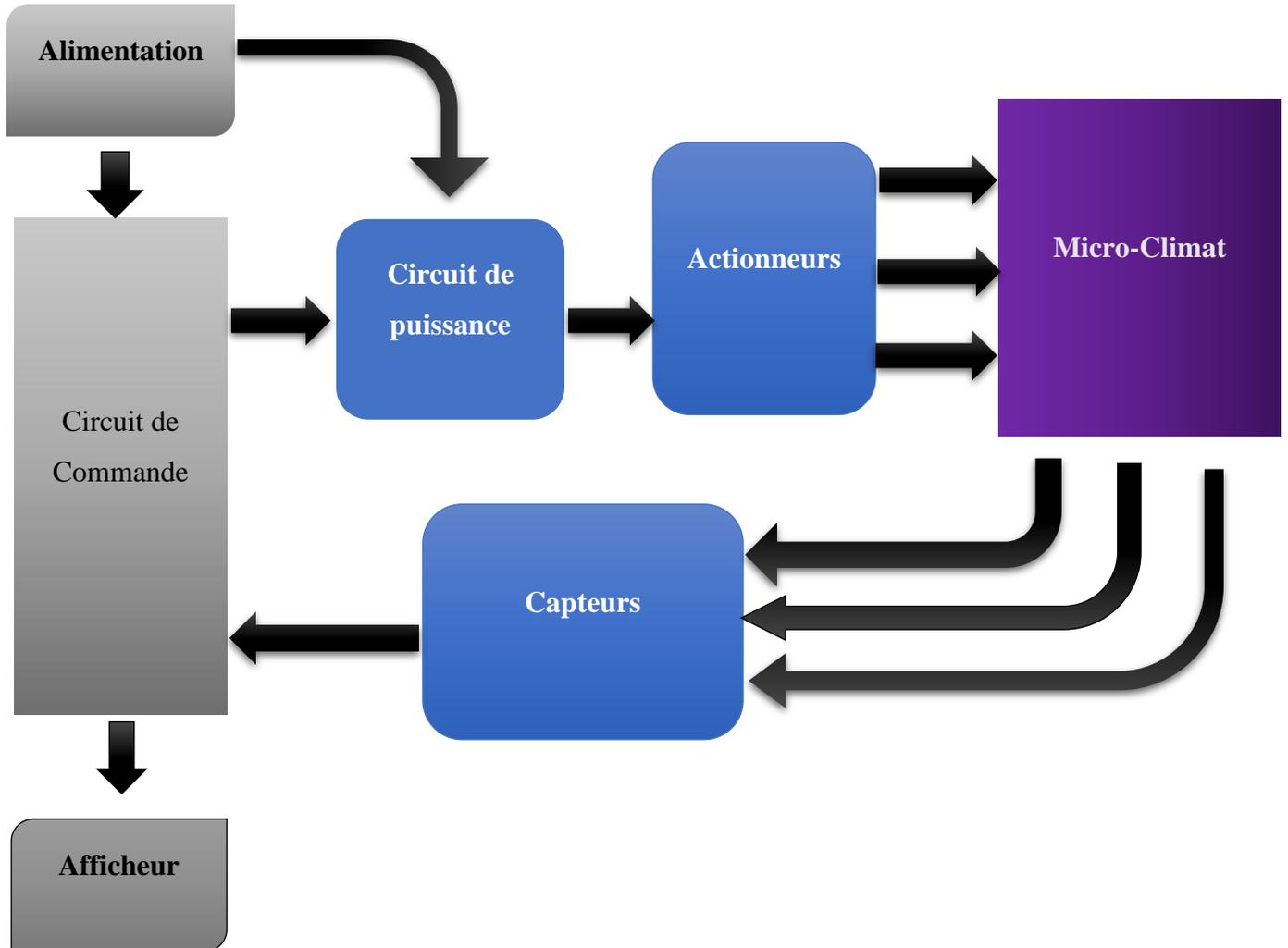


Figure VI.1 : schéma synoptique.

- **Capteurs** Il fait le rôle de mesurer les paramètres climatiques à l'intérieur d'une serre (température, humidité, photorésistance ... etc.).
- **Actionneurs** agissent sur les paramètres climatiques de la serre (chauffage, ventilateur, pompe d'arrosage, etc.)
- **Circuit de puissance** pour la connexion entre l'unité de commande et les actionneurs.
- **Circuit de commande** assurant la synchronisation des différentes fonctions de service : régulation des paramètres climatiques, acquisition des données, envoie des données vers le serveur distant, gestion de l'affichage.
- **Afficheur** pour la présentation des paramètres climatiques.
- **Microclimat** C'est le résultat que nous voulons obtenir.
- **Bloc d'alimentation** Le système d'alimentation alimente le circuit de puissance 12

Volts et le circuit de commande 5 volts.

IV.3 Description des blocs du système

IV.3.1 Circuit commande

IV.3.1.1 Définition

Arduino est une plate-forme de prototypage d'objets interactifs à usage créatif constituée d'une carte électronique et d'un environnement de programmation. Sans tout ne connaître ni tout comprendre de l'électronique, cet environnement matériel et logiciel permet à l'utilisateur de formuler ses projets par l'expérimentation directe avec l'aide de nombreuses ressources disponibles en ligne [1].

IV.3.1.2 Présentation d'Arduino Méga 2560

La carte Arduino repose sur un circuit intégré (un mini-ordinateur appelé également Microcontrôleur) associée à des entrées et sorties qui permettent à l'utilisateur de brancher différents types d'éléments externes [2] :

Côtés entrées, des capteurs qui collectent des informations sur leur environnement Comme la variation de température via une sonde thermique, le mouvement via un détecteur de présence ou un accéléromètre, le contact via un bouton-poussoir, etc. côtés sortis, des actionneurs qui agissent sur le monde physique telle une petite lampe qui produit de la lumière, un moteur qui actionne un bras articulé, etc. Comme le logiciel Arduino, le circuit électronique de cette plaquette est libre et ses plans sont disponibles sur Internet. On peut donc les étudier et créer des dérivés.

Plusieurs constructeurs proposent ainsi différents modèles de circuits électroniques programmables et utilisables avec le logiciel Arduino. Il existe plusieurs variétés de cartes Arduino. La figure ci-dessous montre par exemple ; la carte Arduino Méga :

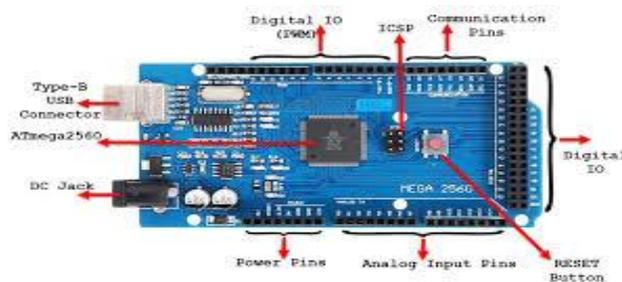


Figure IV.2 : Arduino Mega 2560.

IV.3.1.3 Principaux fonctionnements

Les principales fonctionnalités de l'interface de l'application Arduino vous permet de créer et éditer un programme (appelé sketch) qui sera compilé puis téléversé sur la carte Arduino. Ainsi, lorsque vous apportez des changements sur le code, ces changements ne seront effectifs qu'une fois le programme téléversé sur la carte. Il est à noter que ce manuel fait référence à la version en anglais de ce logiciel puisqu'elle comporte habituellement des mises à jour plus récentes que la version en français.

IV.3.2 Capteurs

IV.3.2.1 Le capteur de lumière (LDR)

Une photorésistance est un composant électronique dont la résistivité varie en fonction de la quantité de lumière incidente. On peut également la nommer résistance photo dépendante (Light dépendent resistor LDR) ou cellule photoconductrice. [3]



Figure IV.3 : Symbole D'une Photorésistance.

IV.3.2.1.1 Principe de fonctionnement

Une photorésistance est composée d'un semi-conducteur à haute résistivité. Si la lumière incidente est de fréquence suffisamment élevée, les photons absorbés par le semi-conducteur donneront aux électrons liés assez d'énergie pour sauter dans la bande de conduction, les électrons libres (avec leurs trous d'électron) ainsi produits abaissant la Résistance de l'ensemble incidente est de fréquence suffisamment élevée, les photons absorbés par le semi-conducteur [2].

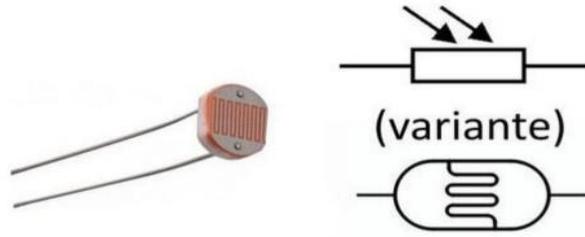


Figure IV.4: Photorésistance.

IV.3.2.1.2 Le rôle de la LDR dans notre système

Le rôle de la photorésistance dans notre système est la détection jour / nuit et la mesure de la lumière ambiante. Les données sont envoyées au circuit de commande pour traitement.

- * Dark FULL ➡ ADC output :1023 ➡ 0%
- * Full Ligh ➡ ADC output :0 ➡ 100%

IV.3.2.2 Capteur humidité DHT11

Dans notre système nous avons utilisé un capteur DHT11, il est capable de mesurer des températures de 0 à +50°C avec une précision de +/- 2°C et des taux d'humidité relative de 20 à 80% avec une précision de +/- 5%. Une mesure peut être réalisée toutes les secondes, il est aussi compatible 3.3 volts et 5 volts [2].

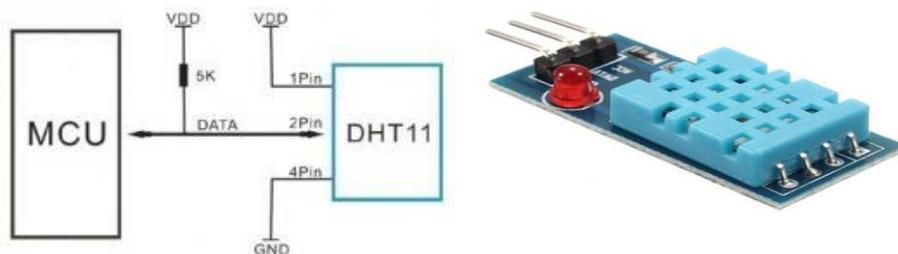


Figure IV.5: Module Capteur Humidité Dht11.

✓ Pour quoi le Dht11

Le DHT11 car c'est le moins cher mais cela fonctionnera de la même manière avec le DHT22 ou encore tout autre capteur du même type (comme le DHT21).

IV.3.2.2.1 Les caractéristiques de DHT11 [2]

- ✓ Coût faible.
- ✓ Alimentation 3 à 5 V.
- ✓ Bon pour 20-80% de lectures d'humidité avec une précision de 5%.
- ✓ Bon pour des conférences de température de 0-50 ° C Précision de ± 2 ° C.
- ✓ Pas plus de 1 Hz de fréquence d'échantillonnage (une fois par seconde) V.
- ✓ Taille du corps 15.5mm x 12mm x 5.5mm.
- ✓ 4 broches avec espacement de 0,1.

IV.3.2.2.2 Le rôle de la DHT11 dans notre système

Le capteur DHT11 permet de mesurer en plage de mesure et une précision plus importante de température et l'humidité l'intérieur d'une serre.

IV.3.2.3 Capteur de l'humidité de sol (YL-38-96)

Les hygromètres sont des instruments utilisés pour mesurer la quantité d'humidité et de vapeur d'eau dans l'atmosphère, dans le sol ou dans des espaces confinés [4].

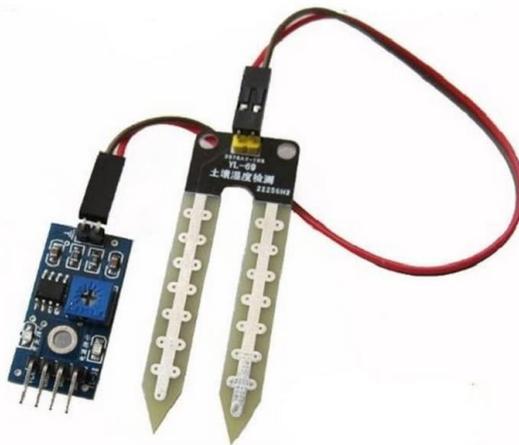


Figure IV.6 : Capteur De L'humidité De Sol (YL-38-96).

IV.3.2.3.1 Principe de fonctionnement

Le YL38 ne mesure pas l'humidité, pas directement. Le capteur est conçu pour mesurer la résistance électrique du sol entre les deux conducteurs de la sonde. N'oubliez pas que le sol est un mélange de diverses choses, dont certaines sont des sels et des minéraux. Lors de l'ajout d'eau, ces sels et minéraux agissent comme des électrolytes

capables de conduire l'électricité. Par conséquent, en ajoutant de l'eau, nous augmentons la conductivité ou réduisons la résistivité du sol [4].

Caractéristiques :

- ✓ VCC: .3V-5V.
- ✓ GND: GND.
- ✓ DO digital output interface (0 ou1).
- ✓ AO: Ana log Output Interface.
- ✓ Un câble au standard Grove est fourni avec ce module (Compatible de l'interface Grove, longueur : 50cm, nombre de pins : 4).
- ✓ Dimension : 20mm x 60mm.

IV.3.2.3.2 Le rôle de l'YL-38 dans notre système

Le capteur YL-38 permet la détection de l'état du sol. S'il est humide ou sec. Les informations sont envoyées au circuit de contrôle, qui contrôle le fonctionnement ou l'arrêt de la pompe d'irrigation.

IV.3.2.4 Capteur de Gaz MQ135 (qualité d'air)

La qualité de l'air est un paramètre important pour juger la croissance des récoltes, pour cela on a opté pour le capteur de qualité de l'air MQ135. Le MQ135 est un module doté de quatre pins dont on va utiliser que trois ; Vcc, GND et Aout qui est la sortie analogique du capteur, la pin digitale D out n'est pas exploiter dans notre système.

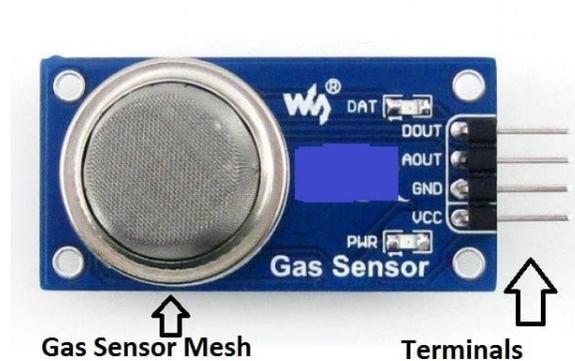


Figure VI.7 : Capteur De Gaz MQ135.

Caractéristiques :

- ✓ Alimentation : 5 Vcc
- ✓ Plage de mesure : 10 à 1000 ppm
- ✓ Sortie analogique et digitale (seuil ajustable via potentiomètre)
- ✓ Faible temps de réponse
- ✓ Haute sensibilité
- ✓ Température de service : -20 à 50 °C
- ✓ Compatibilité : Arduino et Raspberry Pi
- ✓ Dimensions : 52 x 20 x 13 mm

Le **capteur MQ135** permettant de détecter plusieurs types de gaz : le benzène (C₆H₆), l'ammoniaque (NH₃), le sulfure, la fumée et la pollution atmosphérique, CO...

IV.3.2.4.1 Le rôle de MQ135 dans notre système

Le capteur MQ135 permet la détection de gaz. S'il y a présence de gaz. Les informations sont envoyées au circuit de contrôle, qui affiche le taux de pollution atmosphérique.

IV.3.3 Actionneurs

IV.3.3.1 Résistance chauffante

La résistance chauffante est basée sur du Fil de nickel-chrome avec alimentation de 12 volts.

✓ **Quelle est Fil de nickel-chrome ?**

Le fil de nickel-chrome, communément appelé fil de nichrome, est l'un des plus anciens alliages enregistrés utilisés pour le chauffage par résistance. Cet alliage non magnétique, composé de nickel, de fer et de chrome, est très résistant à l'électricité et résiste également à l'oxydation à des températures élevées, ce qui en fait un choix idéal pour des applications telles que dans les fours comme fil de support ou dans les éléments chauffants de sèche-cheveux. Que vous ayez besoin de l'utiliser comme un pont, un fil de support ou comme un élément chauffant, il sera réactif et efficace [5].



Figure IV.8: Fil De Nickel-Chrome.

IV.3.3.1.1 Le rôle de la résistance chauffante dans notre système

Le rôle de la résistance chauffante est de recevoir les commandes du circuit de commande. Lorsque la température descend en dessous de la température minimale. La résistance chauffante fonctionne pour maintenir la température toujours au-dessus de la température minimale.

IV.3.3.2 La pompe d'arrosage

Une pompe est un dispositif permettant d'aspirer et de refouler un fluide, il existe une panoplie de pompes adaptées à chaque besoin. [6]



Figure IV.9 : Pompe D'arrosage Utilisée.

IV.3.3.2.1 Le rôle du La pompe dans notre système

Le choix d'une pompe s'effectue toujours selon son usage et la détermination des paramètres de performances. Pour notre système d'irrigation, nous avons besoin d'une pompe d'arrosage, c'est l'organe qui fournit au sol l'eau dont les plantes ont besoin pour garder l'humidité du sol au niveau de la consigne.

IV.3.3.3 Servomoteur

Un servomoteur est un moteur électrique « amélioré », dont la rotation de l'axe de sortie est paramétrable. C'est-à-dire que l'axe de sortie du servomoteur est capable de s'arrêter sur une position prédéterminée puis de rester sur cette position.



Figure IV .10 : Un Servomoteur.

Un servomoteur est capable d'atteindre des positions prédéterminées dans les instructions qui lui ont été données, puis de les maintenir. Le servomoteur à l'avantage d'être asservi en position angulaire, cela signifie que l'axe de sortie du servomoteur respectera la consigne d'instruction que vous lui avez envoyée en son entrée [2].

IV.3.3.4 L'extracteur

Un ventilateur est un dispositif électrique, elles sont employées pour canaliser le courant de vent dans une région particulière et employé pour propager l'air dans les parties plus grandes et ambiguës.

Dans la réalisation de notre prototype, nous avons utilisé un ventilateur de PC.



Figure IV.11 : Ventilateur .

IV.3.3.4.1 Le rôle du La ventilateur dans notre système

Les extracteurs permettent de forcer l'aération dans la serre afin de garder les paramètres climatiques (température et l'humidité) au voisinage des consignes choisies.

IV.3.3.5 Les relais

Afin de contrôler chaque appareil nous avons utilisé 6 modules de sortie relais, contacts de sortie relais Maximum 250A 10A. Entrée IN1, IN2, IN3, IN4 ligne de signal faible active. La puissance d'entrée de la source d'alimentation VCC, GND seule peut relayer l'entrée d'alimentation du relais JD-VCC.



Figure IV.12 : Module Relais.

IV.3.3.6 Afficheur

Afficheur LCD-I2C

Pour l'affichage il existe plusieurs technologies d'afficheurs, dont les afficheurs LCD ou OLED. Dans ce projet nous allons utiliser un afficheur LCD d'interface I2C nous permet d'afficher les informations que par 2 lignes I2C. L'adresse peut être définie à partir de 0x16-0x27 comme présenté dans la FIGURE IV.10.

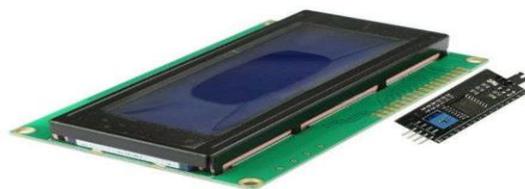


Figure IV.13: Ecran LCD-I2C (16x2).

IV.4 Gestion de système

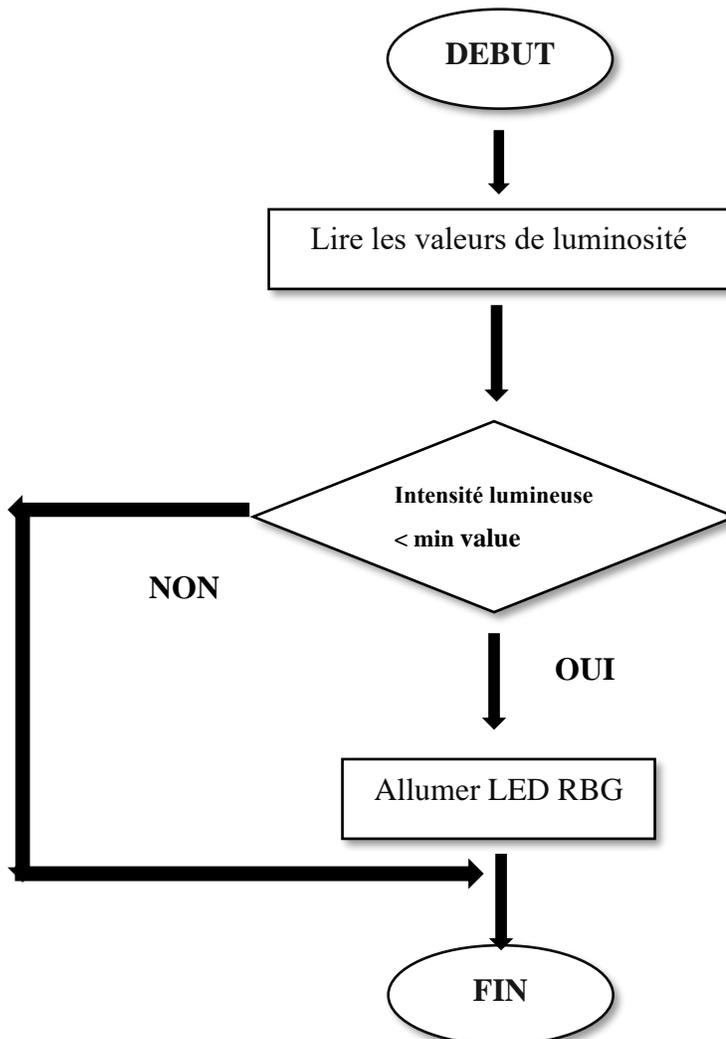
La maîtrise du climat est la raison d'être des serres ; on peut créer un environnement idéal pour la croissance des plantes.

IV.4.1 Gestion d'éclairage dans la serre :

Il est évident que les plantes ont besoin d'une bonne lumière du soleil pour préparer leur propre nourriture et ce processus s'appelle la photosynthèse. Les plantes ont besoin d'une quantité optimale de lumière, ni trop ni trop peu. La quantité de lumière reçue sur une parcelle de terrain peut être mesurée à l'aide d'un LDR ou photorésistance.

Dans ce cas de capteur qu'on utilise jouera le rôle d'un régulateur de lumière, en se basant sur une photorésistance LDR, une torche qui joue le rôle de la lumière et une LED RBG. La commande de la LED est faite à l'aide du capteur LDR.

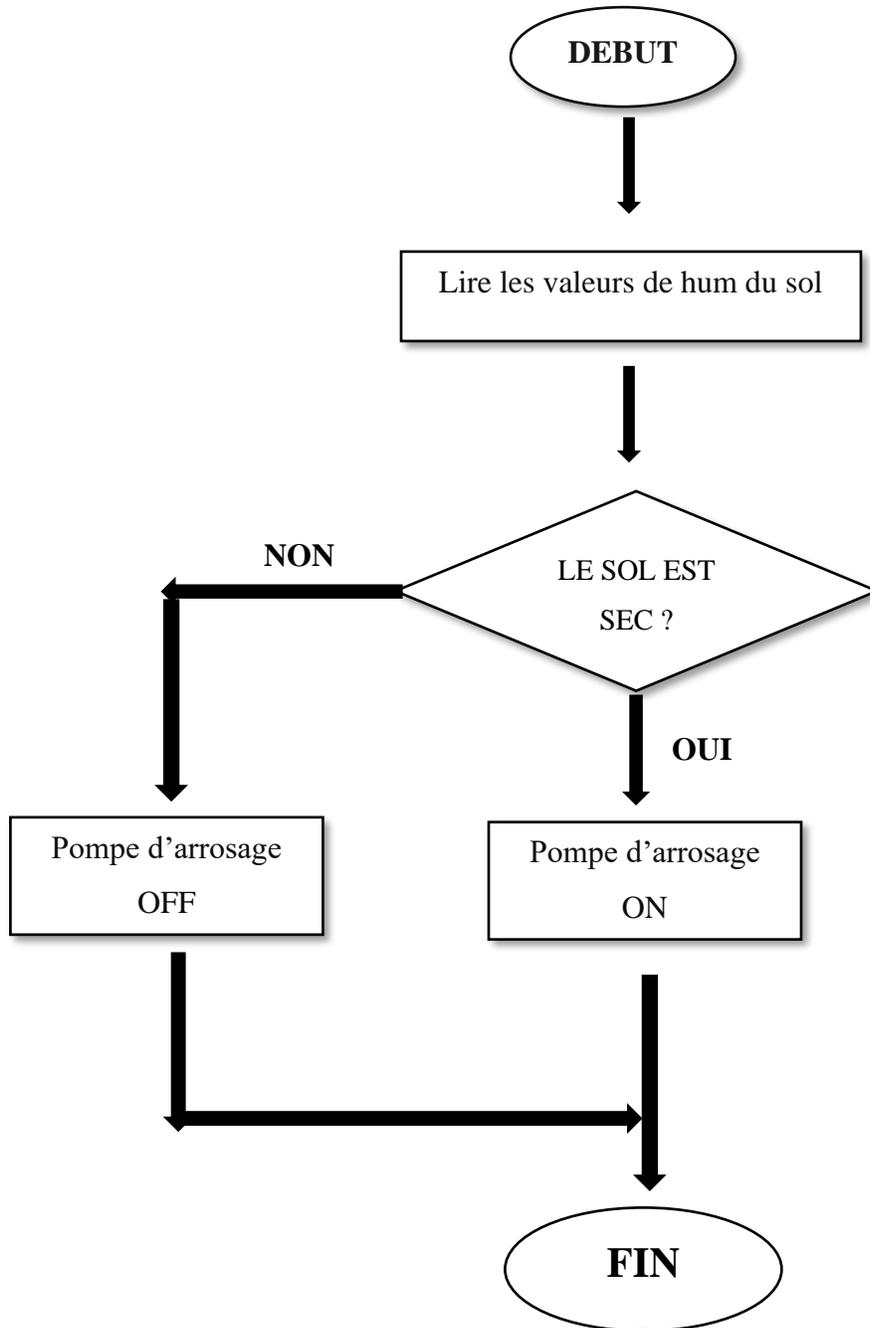
IV.4.1.1 L'organigramme de la Gestion d'éclairage :



IV.4.2 Gestion d'arrosage dans la serre

L'arrosage automatique fournit une humidité adéquate du sol et réduit la consommation d'eau. Le rôle du programme est de déterminer l'humidité du sol et de contrôler le fonctionnement de la pompe d'arrosage.

IV.4.2.1 L'organigramme de la Gestion d'arrosage

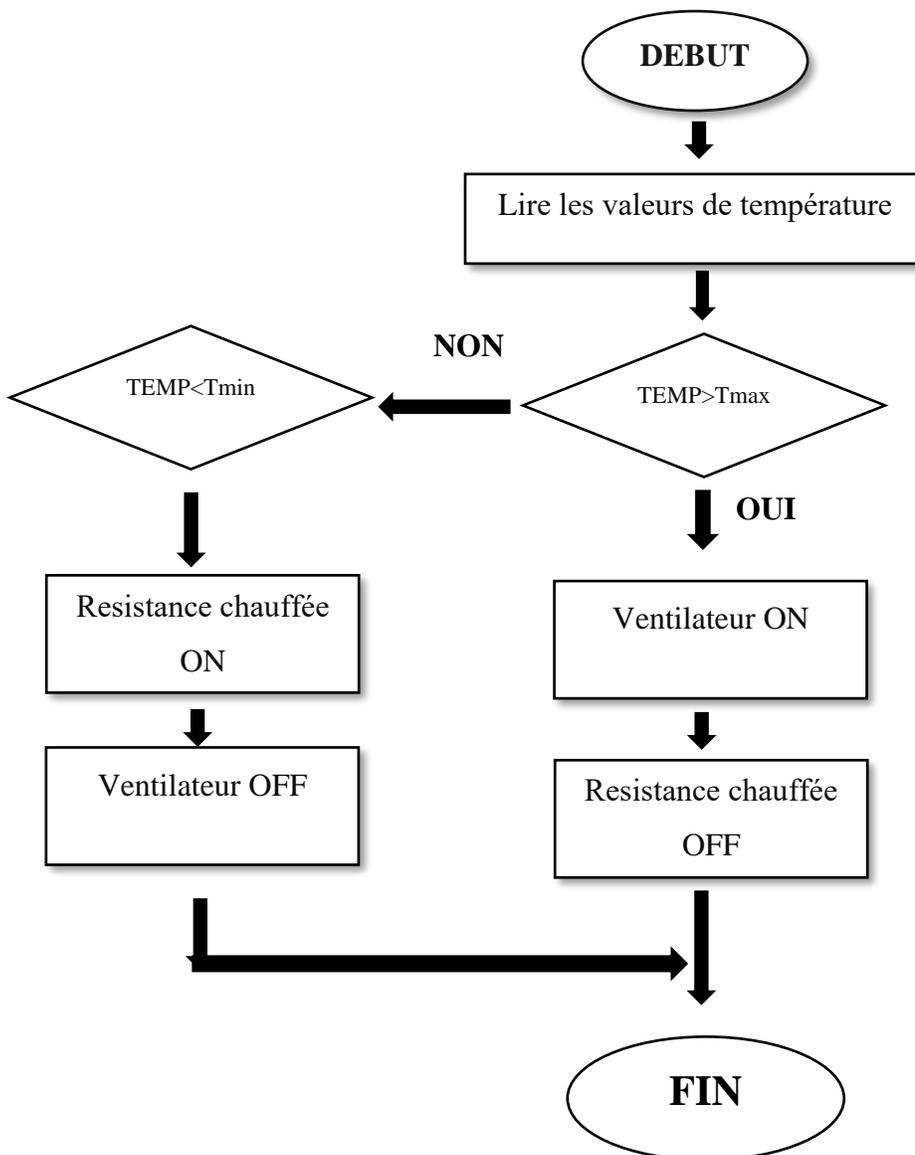


IV.4.3 Gestion de la température dans la serre

Chaque type de plante nécessite une température maximale et autre minimale pour bien grandir. Par conséquent, le programme doit atteindre les points suivants :

- Lire les informations du capteur de température.
- Traitement des informations et comparaison avec les valeurs spécifiées en tant que valeurs maximale ou minimale.
- Émettre des ordres au circuit de la capacité de faire fonctionner ou d'arrêter la ventilation et la résistance chauffée.

IV.4.3.1 L'organigramme de la Gestion de température



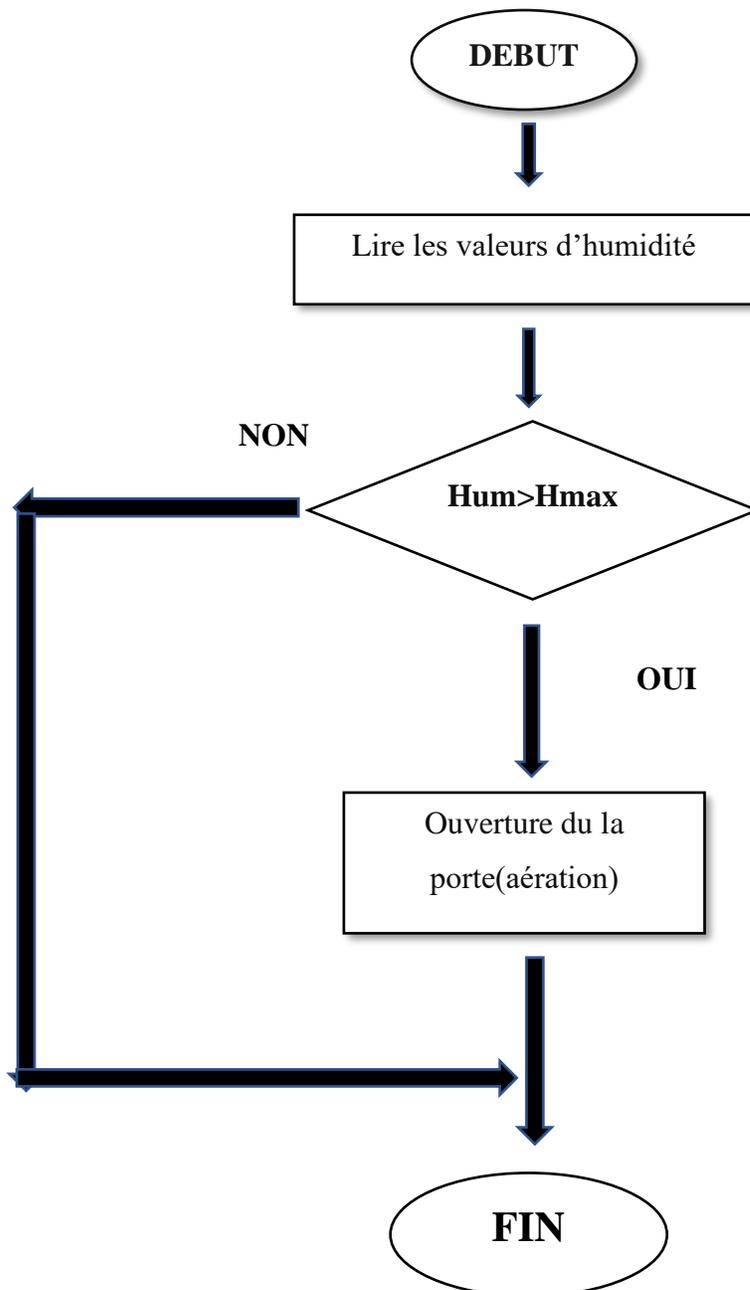
IV.4.4 Gestion d'humidité dans la serre

Toute diminution de l'humidité par rapport au pourcentage minimum entraîne une croissance incomplète des plantes, Nous devons donc créer un programme qui atteint les points suivants :

Lecture des informations du capteur d'humidité.

- Comparaison continue entre l'humidité minimale et l'humidité mesurée.
- Émettre des ordres au service de contrôle en fonction des résultats de comparaison pour le travail de d'humidificateur.

IV.4.4.1 L'organigramme de la Gestion d'humidité



IV.5 Description des principes de connexions

IV.5.1 L'afficheur (Ecran (I2C-LCD TWI 2004))

LCD <-> Arduino :

- GND <-> GND
- +5 V <-> +5 V
- SDA <-> SDA
- SCL <-> SCL

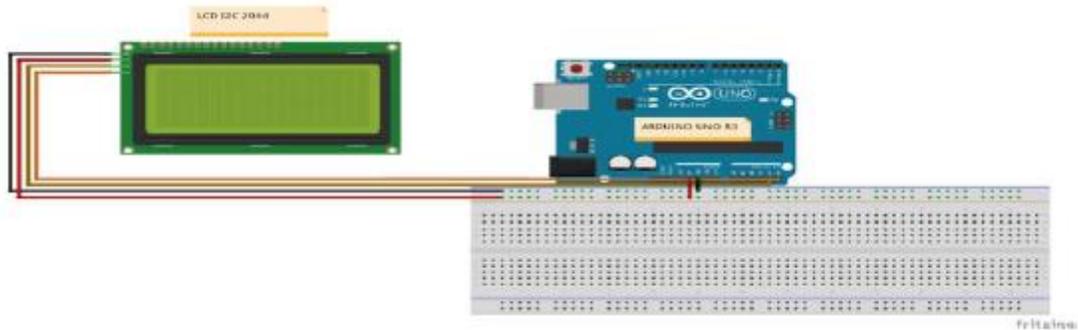


Figure VI.14 : Schéma De Câblage Lcd-I2c.

IV.5.2 Capteur de température et d'humidité

- GND <-> GND
- +5 V <-> +5 V
- D0 <-> pin 2

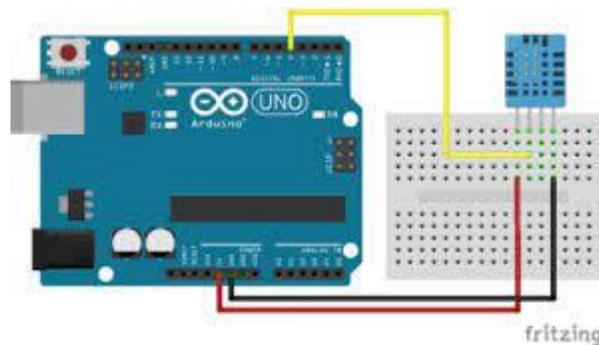
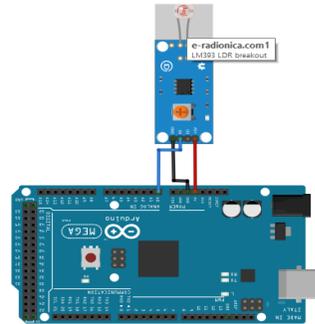


FIGURE IV.15 : Branchement du capteur d'humidité et température avec Arduino.

IV.5.3 Capteur de lumière (LDR)

- GND <-> GND
- +5 V <-> +5 V
- A <-> A0



fritzing

Figure IV.16: Branchement du capteur de la LDR avec Arduino.

IV.5.4 Capteur d'humidité du sol

- GND <-> GND
- +5 V <-> +5 V
- A <-> A1

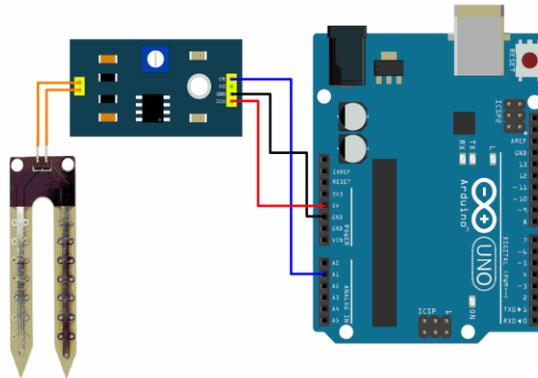


Figure IV.17: Branchement du capteur d'humidité du sol avec Arduino.

IV.5.5 Capteur de Gaz MQ135 (qualité d'air)

- GND <-> GND
- +5 V <-> +5 V
- A <-> A2

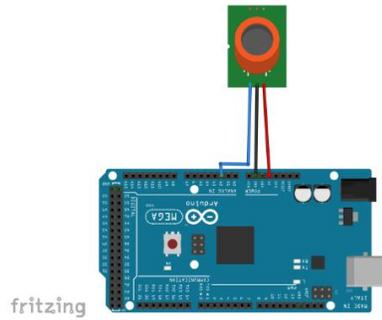


Figure VI.18 : Branchement du capteur du gaz avec Arduino.

IV.5.6 Le schéma de câblage

Après avoir câblé de quelque composant avec l'Arduino, voici ci-dessous le montage électrique final de notre réalisation.

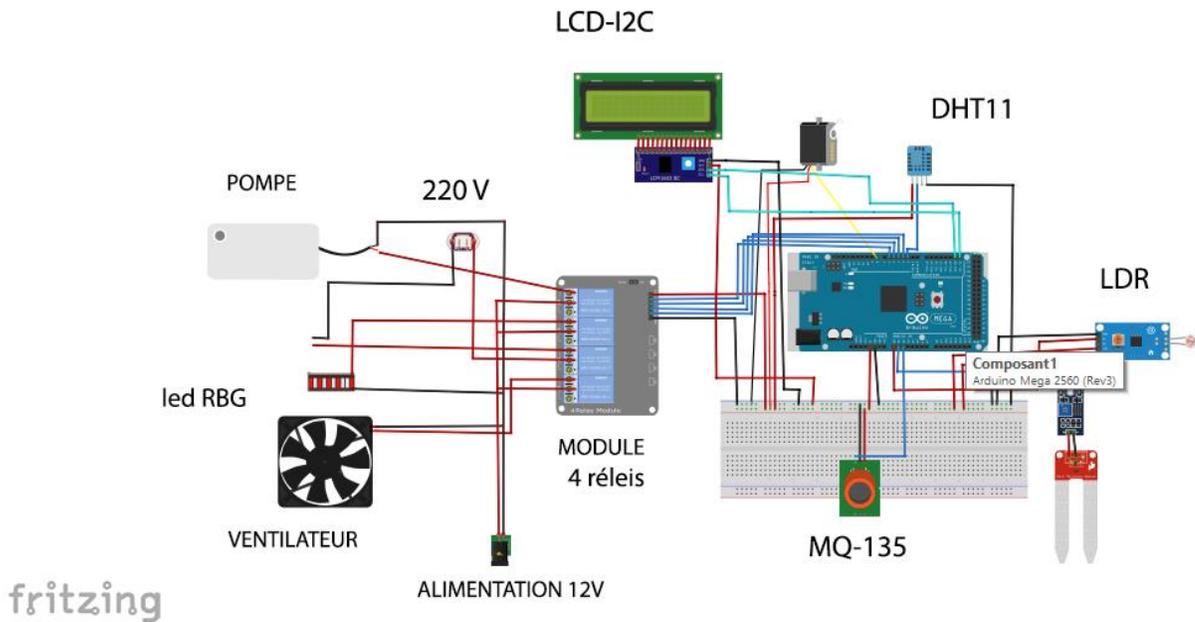


Figure VI.19 : Schémas de câblage final.

IV.6 Logiciel et programmation

Notre réalisation ne fonctionne pas sans la partie soft, la figure ci-dessous décrit celle-ci, et pour plus de détail sur la programmation des différents composants voir l'annexe.

```
PROJECT_PFE$
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include<Wire.h>
#include <Servo.h>
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // I2C address 0x3F, 16 column and 2 rows

const int FAN1_PIN = 3; //RELAY1 AERATION
const int CHAU2_PIN = 4; //RELAY3 CHAUFFAGE
const int RBG_PIN = 6; //RELAY4 ECLAIRAGE
const int PP_PIN = 7; //RELAY5 IRRIGATION

//init servo
const int SERVO_PIN = 8;
  Servo servo; // create servo object to control a servo
int angle = 0;
//SOIL//
int sensorPin = A6;
int sensorValue;
int soilVar = 600;
//AIRO
Enregistrement terminé.
Le croquis utilise 10692 octets (4%) de l'espace de stockage de programmes. Le maximum est de 253952 octets.
Les variables globales utilisent 749 octets (9%) de mémoire dynamique, ce qui laisse 7443 octets pour les variables locales. Le maximum est de 8192 octets.
```

Figure VI.20 : Arduino IDE.

IV.7 Réalisation de la serre

IV.7.1 Construction de la structure en bois

Nous avons conçu la structure de notre prototype de serre avec des baguettes de bois (dimension 60*40*50cm).



Figure VI.21: La structure de notre serre prototype.

IV.7.2 Montage des capteurs et actionneurs

Nous avons installé les capteurs (DHT11, capteur d'humidité de sol, etc.), les actionneurs (pompe, servomoteur, chauffage, etc.), l'éclairage et l'alimentation (Figure VI.22).

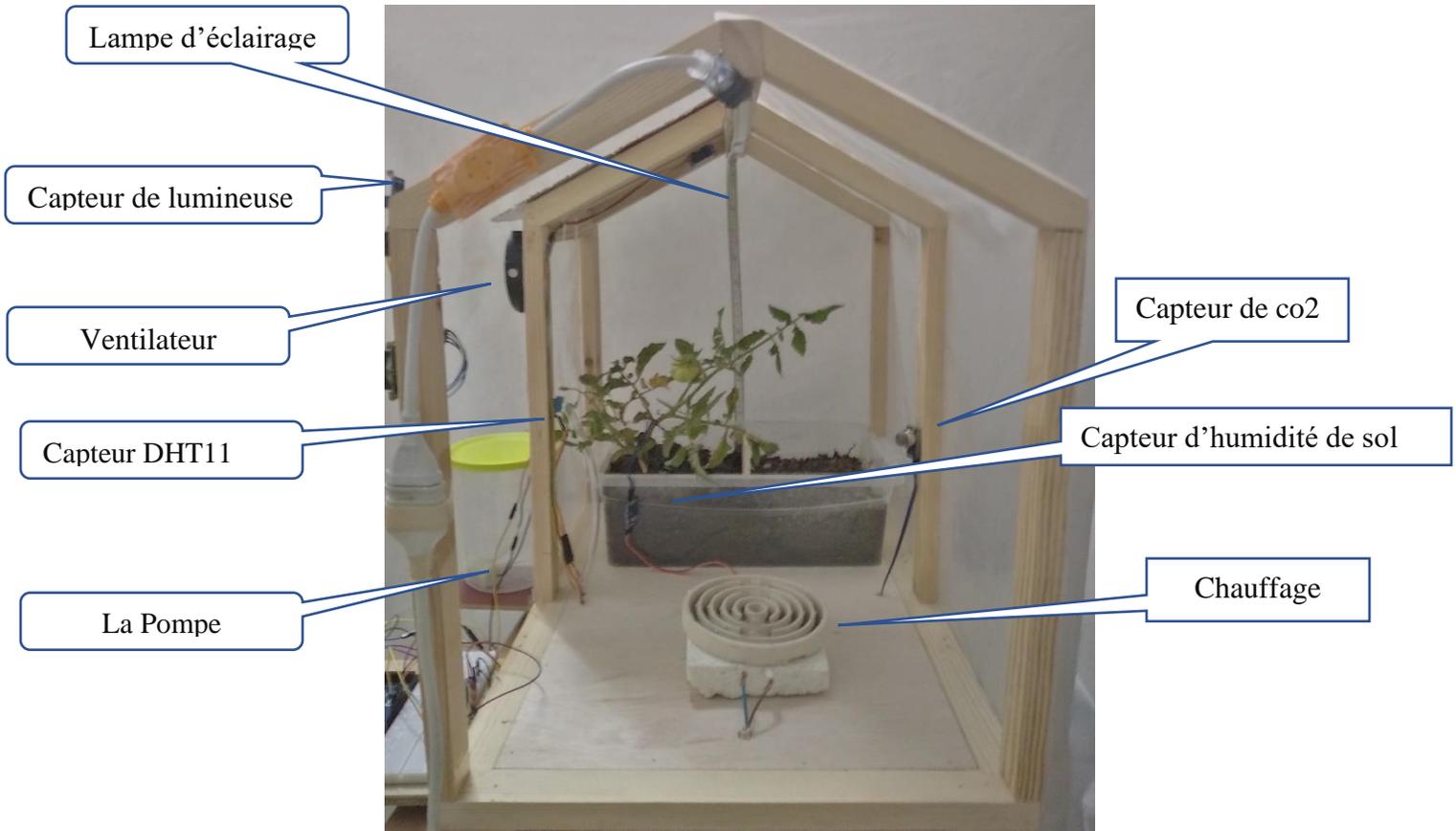


Figure VI.22 : Montage Des Capteurs Et Actionneurs.

IV.7.3 Montage de la partie électrique

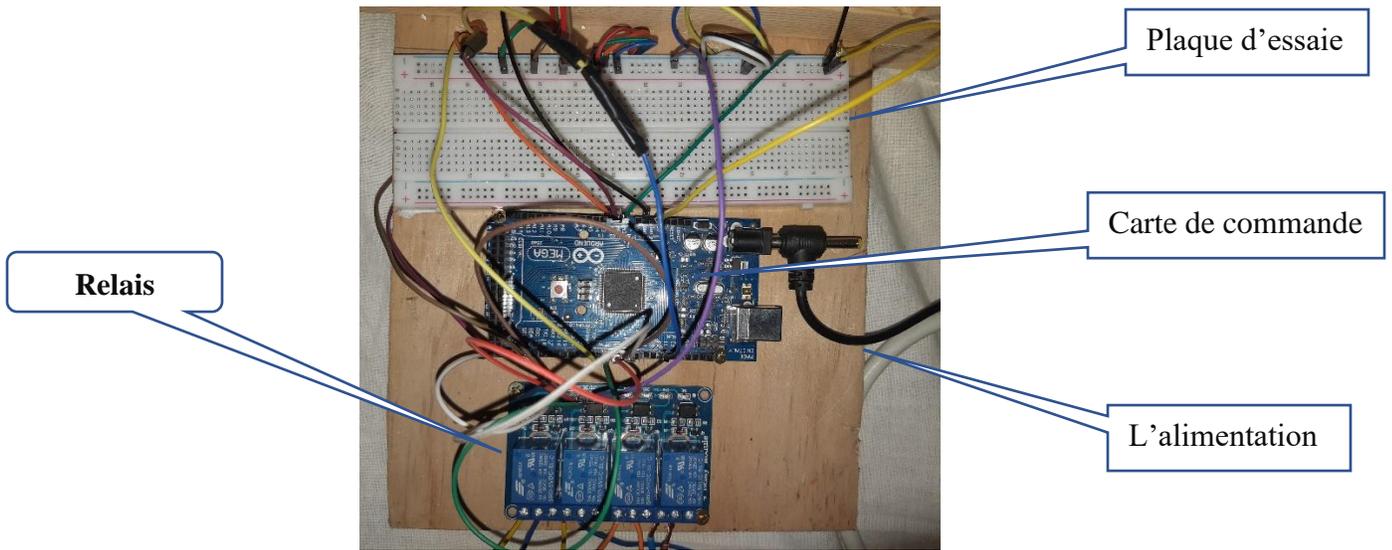


Figure VI.23 : Montage De La Partie Electrique

IV.7.4 Le projet final

Enfin, nous collectons les composants du système de contrôle automatique de serre. Et connectez les différentes parties ensemble.



Figure VI.20 : Montage Final De Prototype.

IV.8 Etude socio-économique

Tableau VI.1 : Estimation du prix de revient de notre projet.

Composant	Quantité	Total (DA)
Arduino mega	1	3800
Capteur DHT11	1	680
Capteur d'humidité du sol	1	450
LDR	1	300
Capteur de Gaz	1	850
Afficheur LCD-I2C	1	1350
Module 4 Relai	1	1200
Pompe d'arrosage	1	1500
Ventilateur	1	450
Servo moteur	1	800
LED d'éclairage (RBG)	1	320
Câble d'alimentation	1	200
Pin de connexion	45	450
Plaque d'essaie	1	700
	Totale	13500 DA

IV.9 Conclusion

Dans le dernier chapitre de ce projet, nous avons passé en revue les étapes de réalisation d'un prototype et du système de contrôle la serre a commencé par description de système et Ses bloc jusqu'à la conception représentant la serre. Nous avons installé les accessoires intérieurs et extérieurs pour a serre. Et Pu le tester et résoudre des problèmes techniques.

Bibliographie

[1] M. Amira, "Conception et réalisation d'un bras manipulateur commandé par l'Arduino Méga 2560 " mémoire master Université de Boumerdes, option construction mécanique,2017-2016

[2] [En ligne]. Disponible : https://arduino.technologiescollege.fr/IMG/pdf/cahier_0_initialisation

[3] M. Nourelhouda," Étude et réalisation d'un système intelligent pour la commande d'éclairage publique et surveillance de quelques paramètres atmosphériques" Mémoire de fin d'études, université Oum bouaghi,2018

[4] [En ligne]. Disponible : <https://medium.com/@chirag.parmar/know-your-sensor-y138-soil-hygrometer-fceca860faac>

[5] [En ligne]. Disponible : <https://www.arcorelectronics.com/uninsulated-wire/nickelchromium-resistance-wire>

[6] : 'Wikipédia

Conclusion générale

L'objectif principale était de montrer comment contrôler les paramètres climatiques d'une serre agricole.

Dans les serres agricoles, plusieurs paramètres doivent être contrôlés selon les plantes qui y sont cultivées. Cependant, parfois, la température, l'humidité, la lumière et d'autres paramètres dans la serre ne sont pas bons pour les plantes.

Dans le présent travail, nous avons conçu et réalisé un système pour obtenir un microclimat avec la régulation des paramètres très influant sur le développement des plantes, cela peut faire des économies en supprimons les frais de transports des produits non locale ainsi on diminue aussi la pollution des engins de transport, mais de l'autre côté la consommation énergétique causé pas les capteurs et les actionneurs a fait augmenter le coût. D'autre part, l'introduction de l'autonomie énergétique dans notre système est préférable afin de réduire au maximum le coût ainsi le projet serai vraiment rentable sur le long terme.

La réalisation d'un prototype expérimental a été une expérience stimulante et bénéfique à la fois. Où nous devons nous pencher sur différents domaines tels que le domaine de la biologie et de l'étude des plantes, le domaine de l'électronique et de l'électricité et enfin le domaine de l'informatique et de la programmation.

Enfin, ce projet est capable de développer et d'améliorer les performances pour fournir de meilleurs résultats, ce développement peut être représenté par :

- Utilisation des panneaux photovoltaïques, Energie éolienne pour réduire la consommation électrique.
- Emploi des capteurs numériques, pour éviter les pertes d'information.
- Utilisation d'une plateforme Android et L'IOT pour un contrôle et une gestion à distance.

L'annexe

La programmation des différents composants

Les Bibliothèques

```
sketch_jun23b $  
////////// Les Bibliothèques  
#include <LiquidCrystal_I2C.h>  
#include <Wire.h>  
#include <Servo.h>  
#include "DHT.h"
```

L'état de composent (les entrées, les sorties)

```
sketch_jun23b $  
  
//L'état de composant  
//output  
pinMode(FAN1_PIN, OUTPUT);  
pinMode(CHAU2_PIN, OUTPUT);  
pinMode(RBG_PIN, OUTPUT);  
pinMode(PP_PIN, OUTPUT);  
servo.attach(SERVO_PIN);  
//INPUT  
pinMode(LUXPin, INPUT); // light sensor  
pinMode(sensorPin, INPUT); // SOIL sensor
```

Initialisation des PIN

```
sketch_jun23b $  
////Initialitaton de composants  
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);  
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2 ); // I2C address 0x3F, 16 column and 2 rows  
//init RELAY  
const int FAN1_PIN = 3; //RELAY1 VENTILATION  
const int CHAU2_PIN = 4; //RELAY2 CHAUFFAGE  
const int RBG_PIN = 6; //RELAY3 ECLAIRAGE  
const int PP_PIN = 7; //RELAY4 ARROSAGE  
  
//init servo  
const int SERVO_PIN = 8;  
Servo servo; // create servo object to control a servo  
int angle = 0;  
int LUXPin= A0; // Init light sensor  
int sensorPin = A2; //init soil sensor  
int airdsensor=A3; //init airquality sensor  
int dim=200;  
////TEMP  
int Tmax=30;  
int Tmin=28;  
////HUM  
int Hmax=90;
```

Les fonctions

Système d'éclairage

```
sketch_jun23b $  
///FUCTION  
void LIGHTsys() {  
  int LUX= analogRead(A0);  
  Serial.print("LUX=");  
  Serial.print(LUX);  
  delay(1000);  
  if (LUX < dim) {  
    Serial.println(" - BRIGHT");  
    lcd.setCursor(0,0);  
    lcd.print("TOO BRIGHT");  
    delay(1200);  
    lcd.clear();  
    digitalWrite(LEDV_PIN,LOW);  
    digitalWrite(RBG_PIN,HIGH);  
  } if (LUX > dim){  
    digitalWrite(LEDV_PIN,HIGH);  
    digitalWrite(RBG_PIN,LOW);  
    Serial.println(" - DARK");  
  }  
}
```

Système d'arrosage

```
sketch_jun23b $  
//AIRSYS  
void airquality(){  
  sensorVal = analogRead(A3); // read analog input pin 3  
  Serial.print("AirQua=");  
  Serial.print(sensorValue); // prints the value read  
  Serial.println(" PPM");  
  lcd.setCursor(0,0);  
  lcd.print("ArQ=");  
  lcd.print(sensorVal,DEC);  
  lcd.print(" PPM");  
  lcd.println(" ");  
  lcd.print(" ");  
  delay(1200);  
  lcd.clear();  
}
```

Systeme d'humidite

```
sketch_jun23b $
```

```
void HUMsys() {  
    float h = dht.readHumidity();  
    Serial.print("Humidity: ");  
    Serial.print(h);  
    lcd.setCursor(0,0);  
    lcd.print("Hum:");  
    lcd.print(h);  
    lcd.print("%");  
    //lcd.clear();  
    delay(1500);  
    if (h>Hmax) {  
        servo.write(180);  
        delay(50);  
    }  
    else if (h<Hmax){  
        servo.write(0);  
        delay(50);  
    }  
}
```

Systeme surveillance qualite d'aire

```
sketch_jun23b $
```

```
//AIRSYS  
void airquality(){  
    sensorVal = analogRead(A3); // read analog input pin 3  
    Serial.print("AirQua=");  
    Serial.print(sensorValue); // prints the value read  
    Serial.println(" PPM");  
    lcd.setCursor(0,0);  
    lcd.print("ArQ=");  
    lcd.print(sensorVal,DEC);  
    lcd.print(" PPM");  
    lcd.println(" ");  
    lcd.print(" ");  
    delay(1200);  
    lcd.clear();  
  
}
```

Systeme de de temperature

```
sketch_jun23b $
```

```
void TEMPSys() {  
    float t = dht.readTemperature();  
    lcd.setCursor(0,0);  
    lcd.print("TEMP:");  
    lcd.print(t);  
    lcd.print("C");  
    delay(1200);  
    lcd.clear();  
    Serial.print("%TEMPERATURE");  
    Serial.print(t);  
    Serial.print("C°");  
    Serial.println();  
    if (t>Tmax) {  
        digitalWrite(FAN1_PIN, LOW); // turn on fan  
        digitalWrite(CHAU2_PIN, HIGH);  
    }  
    else if (t<Tmin) {  
        digitalWrite(CHAU2_PIN, LOW);  
        digitalWrite(FAN1_PIN, HIGH); // turn on fan  
    }  
}
```

Appeler fonction

```
sketch_jun23b $
```

```
void loop() {  
    LDRsys();  
    soilsys();  
    HUMsys();  
    TEMPSys();  
    airquality();  
}
```