

Ordre...../F.S.S.A/UAMOB/2019

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ-BOUIRA



Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées  
Département : Génie Electrique

**Mémoire de fin d'étude**

Présenté par :

**OULARBI Chemseddine**  
**SADOUNE Gaya**

En vue de l'obtention du diplôme de **Master** en :

Filière : ELECTRONIQUE

Option : ELECTRONIQUE DES SYSTEMES EMBARQUES

**Thème :**

**Etude et conception d'une serre agricole  
intelligente (Smart GreenHouse )**

**Devant le jury composé de :**

LADJOUZI .S	MAA	UAMOB	Président
AIT ABBAS .H	MCB	UAMOB	Encadreur
FEKIK .A	MAB	UAMOB	Examineur

Année Universitaire 2018/2019

## **Résumé**

L'exploitation des progrès technologiques dans le domaine agricole est devenue une priorité pour les chercheurs afin de satisfaire la demande, qui ne cesse de croître, des produits alimentaires. Dans ce contexte, une évolution immense est marquée dans le développement du matériel électronique (Arduino, Capteurs, Modules, Shield, actionneurs). Par conséquent, plusieurs projets de recherche exploitant ce développement sont lancés dans le but de donner de nouvelles horizons à l'agriculture.

Pour cela et dans le cadre de ce projet de fin d'étude, on se focalisera à l'exploitation de ces nouvelles technologies (Internet, module Wifi, Arduino, Capteurs, Actionneurs, Interface de commande) pour l'étude et la conception d'une serre agricole intelligente (Smart Green House) ce qui permettra de proposer des solutions meilleures (renforcer la sécurité et accroître la production) à des prix convenables.

**Mots clé :** Serre Agricole intelligente, Internet, Arduino, capteurs, Module, Shield actionneurs, interface de commande.

## **Abstract**

Exploitation of technological advances in the agricultural sector has become a priority for researchers, in order to satisfy the ever-increasing demand for food products. In this context an immense evolution is marked in the development of electronic equipment (Arduino, sensors modules, shield, actuators). As a result, several research projects that are exploiting this development is launched with the aim of opening new horizons to agriculture.

For this and in the framework of final year project, we will focus on the exploitation of these new technologies (internet, WIFI module, Arduino, sensors, actuators, control interface) for the study and design of Smart Greenhouse, which will achieve better solutions (enhance safety and increase production) at suitable prices.

**Key words:** Intelligent Agricultural Greenhouse, internet, Arduino, sensors, modules, shield, actuators, control interface.

# *Remerciements*

*Nos remerciements, avant tout, à DIEU tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donné durant toutes ces longues années d'études afin qu'on puisse arriver à ce stade.*

*On tient d'abord à remercier Dr. AIT ABBAS, qui nous a offert l'opportunité de travailler sur ce thème. On le remercie pour la grande confiance qu'il nous a accordée tout au long de ce projet. Sa rigueur scientifique, son esprit visionnaire et ses qualités humaines ont beaucoup contribué à la réalisation de ce travail.*

*Je remercie mes très chers parents qui ont toujours été là pour nous <<Vous avez tous sacrifié pour vos enfants n'épargnant ni santé ni efforts, vous nous avez donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Je suis redevable d'une éducation dont je suis fier>>.*

*Enfin je remercie tous mes amis que j'aime tant et toutes personnes qu'on connaisse de loin et du près pour leurs sincère amitié et confiance et à qui on doit nos reconnaissances et nos attachements*

*A tous ces intervenants, on présente nos remerciements notre respect et gratitude.*

*J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles leurs écrits leurs conseils et leurs critiques ont guidés nos réflexions et ont accepté en nous rencontrer et répondre à nos questions durant nos recherches.*

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail qui n'aura jamais pu voir le jour sans les soutiens indéfectibles et sans limite de mes chers parents qui ne cessent de me donner avec amour le nécessaire pour que je puisse arriver à ce que je suis aujourd'hui. Que dieux vous protègent et que la réussite soit toujours à ma portée pour que je puisse vous combler de bonheur.*

*Je dédie aussi ce travail à :*

- Mes grands-parents.*
- Mon petit frère et ma petite sœur.*
- Toute la famille OULARBI et la famille SAIDI.*
- Tous mes amis et mes collègues.*

*Chemseddine*

# *Dédicace*

*C'est avec profonde gratitude et sincères mots, que je dédie ce modeste travail de fin d'étude à mes chers parents, pour leur patience, leur encouragement et leur soutien. J'espère qu'un jour, je puisse leurs rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi. Que dieu leur prête bonheur et longue vie.*

*Je dédie aussi ce travail à ma sœur, mes frères et à mes amis .*

*Gaya*

# Table des matières

<b>Introduction générale</b> .....	1
------------------------------------	---

## **CHAPITRE 1**

### Généralité sur les serres agricoles

I.1 Introduction .....	3
I.2 les serres agricoles .....	3
I.3 Avantages de la production sous serre .....	3
I.4 Description de la serre et de son micro climat.....	4
I.4.1 Les serre tunnels.....	4
I.4.2 Les Serres multi-chapelles.....	4
I.5 Les matériaux de couverture ou de l'enveloppe.....	5
I.6 Aération de la serre.....	6
I.6.1 Ventilation naturelle.....	7
I.6.2 Ventilation forcée.....	7
I.7 Le Micro climat de la serre.....	8
I.8 Effet de serre.....	9
I.9 Composantes essentielles de gestion des paramètres climatiques de la serre.....	10
I.9.1.1 Capteur de température.....	10
I.9.1.2 Capteur d'humidité.....	10
I.9.2 Équipements de régulation.....	10
I.9.2.1 Chauffage.....	10
I.9.2.2 Ventilation .....	12
I.9.2.3 Humidification.....	12
I.9.2.4 Déshumidification.....	14
I.10 Conclusion.....	15

## **CHAPITRE 2**

### Description du Soft & Hard impliqués

II.1 Introduction.....	16
------------------------	----

II.2 Hard.....	16
II.2.1 Arduino.....	16
II.2.2 Capteur d’humidité DHT11.....	17
II.2.3 Capteur d’humidité de sol.....	19
II.2.4 Capteur de température LM35.....	20
II.2.5 Servomoteur.....	21
II.2.6 La photorésistance.....	24
II.2.7 Pompe d’arrosage.....	25
II.2.8 L’extracteur.....	26
II.2.9 Les relais.....	26
II.2.10 Afficheur LCD_ I2C.....	27
II.2.11 Boutons poussoirs.....	29
II.2.12 Capteur de flamme ST60.....	30
II.2.13- Humidificateur D'air.....	30
II.2.14. Module Peltier TECI-12705.....	31
II.3 Soft.....	32
II.3.1 IDE Arduino.....	32
II.3.2 Proteus.....	33
II.4 Conclusion.....	35

### **CHAPITRE 3**

#### Réalisation et teste de la serre agricole intelligente

III.1 Introduction.....	36
III.2 Réalisation de la serre.....	36
III.2.1 Dimension de la structure.....	36
III.2.2 Montage de la serre.....	37
III.2.3 Montage des capteurs et actionneurs.....	37
III.2.4 Simulation avec Proteus.....	38

III.3 Partie commande .....	40
III.3.1 organigramme de DHT11.....	40
III.3.2 Organigramme de LM35.....	41
III.3.3 Organigramme de LDR.....	42
III.3.4 Organigramme de capteur d'humidité de sol.....	42
III.3.5 Organigramme de capteur de flamme.....	43
III.3.6 Organigramme générale de système.....	44
III.4 Coût de projet .....	46
III.5 Résultats expérimentaux.....	47
III.5.1 Enregistrement sans contrôle.....	47
III.5.2 Enregistrement avec contrôle.....	48
III.6.Conclusion.....	49
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>50</b>

**Annexe I :** Structure de base d'IDE Arduino

**Annexe II :** Les valeurs recommandées pour l'éclairage

# Liste des figures

Figure I.1 : Une serre tunnel.....	4
Figure I.2. Une serre multi-chapelle.....	5
Figure I.3. Ventilation naturelle.....	7
Figure I.4. Ventilation forcée.....	8
Figure I.5. Générateur d'air chaud.....	11
Figure I.6. Chauffage d'eau.....	11
Figure I.7. Ventilateur.....	12
Figure I.8. Brumisateur.....	13
Figure I.9. Écran de refroidissement.....	13
Figure II.1 : les constituants d'une plateforme Arduino.....	16
Figure II.2 : DHT11.....	18
Figure II.3: capteur d'humidité de sol.....	19
Figure II.4 : LM35.....	20
Figure II.5: Servo moteur.....	21
Figure II.6: Constitution d'un Servo moteur.....	22
Figure II.7 : Principe de fonctionnement du servomoteur.....	23
Figure II.8 : LDR.....	24
Figure II.9 : pompe d'arrosage.....	25
Figure II.10: Extracteur.....	26
Figure II.11 : Relais.....	27
Figure II.12 : Afficheur LCD 16*2.....	28
Figure II.13 : Afficheur LCD_I2C 16*2.....	29
Figure II.14 : Bouton poussoir.....	29
Figure II.15 : Capteur de flamme ST60.....	30
Figure II.16 Humidificateur D'air .....	31
Figure II.17 : Module Peltier.....	31
Figure II.18 : IDE Arduino.....	32

Figure II.19 : Proteus Design Suit 8.1.....	33
Figure II.20 : Un TP réalisé avec ISIS.....	34
Figure II.21 : PCB avec ARES.....	34
Figure III.1 : Dimensions de la serre.....	36
Figure III.2 : notre serre après montage de la proie.....	37
Figure III.3 : Montage des capteurs et actionneurs.....	38
Figure III.4 : Simulation avec proteus de la serre intelligente.....	39
Figure III.5 : Organigramme de DHT11.....	40
Figure III.6 : Organigramme de LM35.....	41
Figure III.7 : Organigramme de LDR.....	42
Figure III.8 : Organigramme de capteur d'humidité de sol.....	43
Figure III.9 : Organigramme de capteur de flamme.....	44
Figure III.10 : Organigramme générale de la serre intelligente.....	45
Figure III.11 : Evolution de température sous serre sans contrôle au cours de 24h.....	47
Figure III.12 : Evolution d'humidité sous serre sans contrôle au cours de 24h.....	47
Figure III.13 : Evolution de température sous serre avec contrôle au cours de 24h.....	48
Figure III.14 : Evolution d'humidité sous serre avec contrôle au cours de 24h.....	49

# Abréviations

UV : Ultraviolet

CTN : Coefficient de Température Négatif.

IR : Infrarouge

LCD : Liquid Crystal Display

I2C : Inter-Integrated Circuit.

IDE : Integrated Development Environment.

T : La valeur lue par le capteur de température

L : La valeur lue par le capteur de lumière

H1 : La valeur lue par le capteur d'humidité

H2 : La valeur lue par le capteur d'humidité de sol

V1 : Consigne de température mise par l'utilisateur

V2 : Consigne d'humidité mise par l'utilisateur

# Introduction générale

La serre est un outil de production permettant de créer artificiellement un microclimat destiné à favoriser la croissance et le développement de culture. Par sa présence, elle protège la végétation des coups dus aux variations des facteurs du climat. Les principaux facteurs climatiques du milieu interne à une serre, qui sont différents par rapport à l'extérieur, sont : la température, la lumière et l'humidité. Chacun de ces facteurs est conditionné dans la serre, par l'influence des variations climatiques extérieures, par les propriétés du matériau de couverture et par les caractéristiques propres à cette serre [1].

Il est important de choisir un contrôle des paramètres climatiques qui correspond aux besoins visés. Pour améliorer la rentabilité, on doit faire croître les cultures dans des environnements optimaux, Il est donc important de bien contrôler les paramètres suivants [2] :

- La température et l'humidité de l'air : ce sont les variables les plus importantes à contrôler du point de vue de la survie et de la croissance des plantes.
- L'humidité du sol est moins cruciale pour des durées de quelques heures, mais c'est une variable importante pour que la plante puisse se nourrir.
- L'éclairage peut également être régulé au moyen d'un éclairage artificiel pour accélérer le développement des plantes.

Dans ce projet, deux objectifs ont été visés :

- ✓ Le premier est de regrouper suffisamment d'informations sur les serres, sa structure et son climat.
- ✓ Le deuxième consiste à réaliser une maquette à base d'Arduino et de la programmer afin de mesurer et contrôler des paramètres climatiques par l'intermédiaire des capteurs et actionneur.

Ce mémoire est organisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre portera sur une étude générale de la serre, des facteurs climatiques essentiels pour le développement de la plante et les composants importants pour la gestion de ces paramètres climatiques.
- Le deuxième chapitre sera consacré à présenter le matériels et logiciel que nous allons utiliser pour la réalisation de notre projet.

- Le troisième chapitre consistera à présenter les étapes de la construction du prototype de serre, le montage des différents capteurs et actionneurs. Et l'interprétation des résultats des tests effectués.

Enfin, nous terminerons ce mémoire par une conclusion générale et les perspectives qui résumeront l'intérêt de notre étude.

# *Chapitre I*

## **I.1. Introduction**

La pénurie alimentaire est l'un des plus grands problèmes auxquels l'humanité est confrontée au 21ème siècle. Le réchauffement de la planète et d'autres facteurs climatiques ont réclamé une masse de terres substantielle disponible pour la culture. À fin de résoudre ce problème, les pratiques en serre qui existent depuis très longtemps sont maintenant modernisées et déployées dans de nombreuses régions du monde.

Ce chapitre est consacré à l'état de l'art visant à présenter les serres et ses différents types, ainsi que les équipements et outils qui nous permettent de contrôler et de gérer les paramètres climatiques.

## **I.2. les serres agricoles**

Une serre est une structure close ou semi-ouverte translucide, en verre ou en plastique, soutenue par une structure métallique ou en bois, destinée en général à la culture ou à la protection des plantes en exploitant le rayonnement solaire, elle est devenue un local industriel de production de la matière végétale ou l'on tente d'adapter l'environnement immédiat de la plante. De façon à améliorer sa productivité et sa qualité, en l'affranchissant du climat extérieur, du sol local et même des saisons [3].

## **I.3. Avantages de la production sous serre**

La production sous serre est caractérisée par rapport à la culture en plein air par [4]:

- Fournir des légumes et des fleurs en dehors de la saison naturelle et au moment de l'absence.
- Réduire ou prévenir les pertes résultant des conditions météorologiques changeantes, il est donc considéré comme une garantie contre les symptômes de l'environnement naturel en cas de gestion réussie.
- Production plus élevée grâce à la possibilité de contrôler les conditions climatiques de la culture et de favoriser la production a toutes les saisons.
- Augmenter le rendement et de la qualité de la récolte.
- La productivité de la surface unitaire est beaucoup plus élevée que l'agriculture en plein air.

- Réduction de la consommation de fongicides et insecticides.

## I.4. Description de la serre et de son micro climat

Il existe deux types de serres : Les serres tunnels et les serres d'horticulture [5].

### I.4.1. Les serre tunnels

La serre tunnel (Figure. I.1) est composée d'une structure tubulaire la plupart du temps en acier galvanisé. Les dimensions de la serre dépendent des besoins du jardinier. 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. Certaines d'entre elles sont d'ailleurs convertibles pour leurs couvertures.



Figure I.1 : Une serre tunnel [6].

### I.4.2. Les Serres multi-chapelles:

La chapelle (Figure. I.2) est l'unité de construction de la serre formée par deux parois latérales verticales et un toit à deux pentes assemblées grâce à des joints vissés. La chapelle est caractérisée par sa largeur. Quand deux chapelles consécutives ne sont pas séparées par une paroi verticale interne, on parle de serre multi- chapelles ou chapelles jumelées. La ferme est l'élément de structure porteuse principale de la chapelle répétée à intervalles réguliers.

Elles sont très demandées pour leur robustesse et leur grande capacité d'adaptation aux dimensions et aux caractéristiques du terrain.



**Figure I.2. Une serre multi-chapelle [7]**

## **I.5 .Les matériaux de couverture ou de l'enveloppe :**

Le choix de matériaux de l'enveloppe de la serre constitue la partie la plus importante de tout le processus. C'est le principal élément responsable des pertes d'énergie à l'intérieur de la serre. Plusieurs matériaux de recouvrement sont disponibles [8] [9] :

❖ **Le Verre :** C'est le meilleur matériau. Il se caractérise par sa transmission de lumière élevée et bonnes propriétés d'isolation thermique. Sa capacité de rétention du rayonnement infrarouge lui permet de provoquer au mieux l'effet de serre

Son poids et sa fragilité, font que l'emploi de ces panneaux de verre soient coupés en dimensions réduites pour habiller les parois, ce qui entraîne par conséquent un renforcement de la charpente qui génère un peu plus d'ombrage.

❖ **Les matériaux plastiques :** L'utilisation de film plastique a permis un grand développement des serres au cours des dernières décennies. Le matériau le plus utilisé est le polyéthylène et le PVC, constitue l'un des matériaux les plus utilisés pour un revêtement de serre Ce type de revêtement présente plusieurs avantages :

- il est léger, facile à manipuler et incassable

- il s'agit d'un excellent conducteur de lumière
- il est présenté dans des dimensions variées
- il garantit une bonne isolation thermique
- il est facile à entretenir
- il est moins coûteux

Le polyéthylène se démarque par sa capacité à laisser passer la lumière (90%), sa facilité de transport et son faible encombrement. Il s'agit également de la solution la plus économique, mais qui présente une durée de vie assez faible comparée aux autres types de bâche en plastique.

Un revêtement de serre en PVC se distingue des autres matériaux par sa résistance face à l'usure. Il est indéchirable et traité contre les UV. En effet, le PVC armé est une bâche insensible aux éventuels accrocs et qui évite de les transmettre au reste de la serre. Grâce à un film souple en PVC, l'effet de condensation à l'intérieur de la serre est réduit, voire inexistant. Côté budget, ce type de revêtement assure un bon rapport qualité-prix en termes de finitions et de longévité [10].

#### ❖ Autres types de matériaux de couverture

D'autres revêtements plastiques rigides sont actuellement disponibles. À base de polycarbonate ou de poly méthacrylate, ces matériaux sont disponibles en plus grandes pièces que le verre, les fuites au niveau des joints en sont diminuées et le rayonnement solaire est moins intercepté par la structure. Les coûts très élevés de ces matériaux limitent actuellement leur utilisation qu'aux petites surfaces de culture. Tous les revêtements plastiques sont hautement inflammables. Il faut donc prendre toutes les précautions nécessaires pour éliminer les risques d'incendie. Un dégagement adéquat autour des fournaises et des tuyaux est requis.

## I.6. Aération de la serre

La température et le taux d'humidité à l'intérieur d'une serre dépendent de son aération. Il s'agit d'un processus complexe qui participe à l'essentiel des échanges de chaleur avec l'extérieur, sa maîtrise permet donc de contrôler certains paramètres essentiels au bon fonctionnement de la serre tels que la température, l'humidité, ou les concentrations de gaz comme le CO<sub>2</sub> par exemple [11].

### I.6.1. Ventilation naturelle

La ventilation naturelle (voir (Figure. I.3)) est le système le plus économique pour réguler le microclimat interne de la serre. Il s'agit des ouvrants disposés sur la structure. Les ouvertures doivent représenter environ 20% de la surface au sol et avoir un angle d'ouverture assez important pour permettre à l'air de bien circuler. Par le toit, une installation de l'ouvrant côté Nord est préconisée, les ouvertures au plafond permettent à l'air de se mélanger correctement dans la serre.

Ne négligez pas les ouvertures sur les côtés au niveau des plantes qui augmenteront l'efficacité de l'ouvrant du toit et qui moduleront la ventilation. La circulation de l'air sera alors optimale, créant un circuit interne autorégulé : l'air frais est aspiré par les ouvertures latérales, se réchauffe, se brasse à l'intérieur et ressort par le toit.

Au printemps et en été on peut bien évidemment, ajouter l'ouverture totale des portes pour faire encore baisser la température interne [11].



Figure I.3. Ventilation naturelle [12].

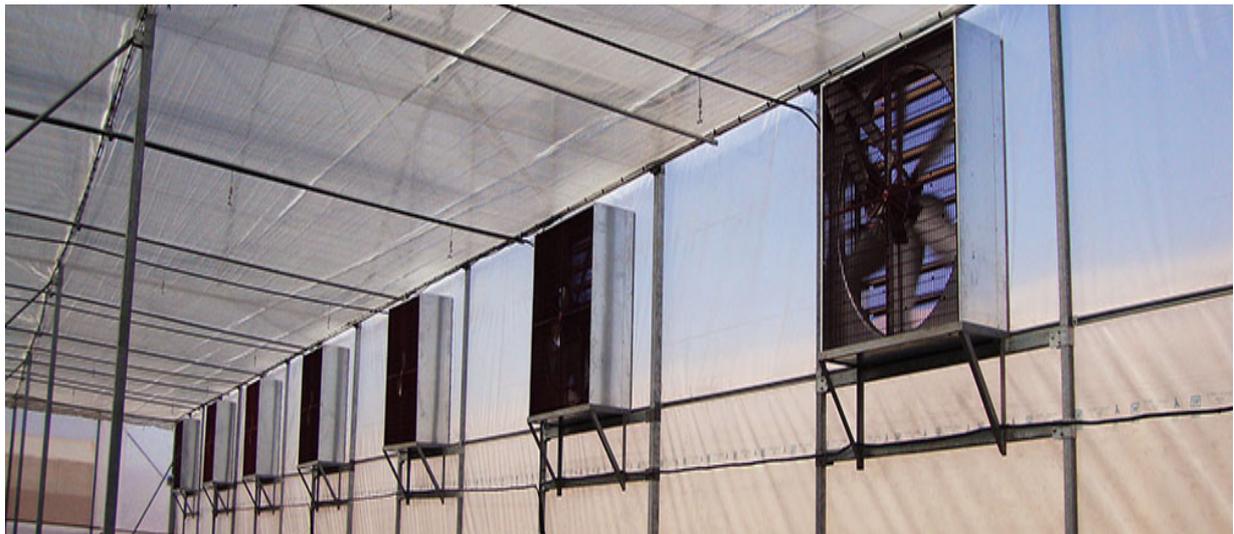
### I.6.2. Ventilation forcée

La ventilation forcée (voir (Figure. I.4)) nécessitera une installation électrique spécifique dans la serre : boîtiers électriques avec protections des circuits, démarreurs, lignes, canaux

électriques. Par la suite vous pourrez installer votre ventilateur : Il s'agit habituellement de ventilateurs de type hélicoïdal avec des persiennes, fonctionnant en mode extracteur d'air.

Par son action ces types de ventilateurs fournissent le renouvellement du volume d'air logé dans la serre et permettent l'extraction du CO<sub>2</sub> et le ré équilibrage du climat général. Ils peuvent être réglés selon le débit désiré, la plupart des modèles proposent trois à quatre niveaux de ventilation. Ces ventilateurs doivent de préférence être installés à l'opposé des vents dominants.

Ce type d'installation est adéquat pour suppléer le fonctionnement de l'aération naturelle dans les serres. Il est aussi utile pour aérer les locaux qui hébergent certains types de végétaux aux besoins spécifiques, garantissant l'aération à des moments déterminés pendant lesquels les conditions environnementales ne conviennent pas aux cultures (fort enneigement empêchant l'ouverture, vent violent) [11].



**Figure I.4. Ventilation forcée [13].**

## **I.7. Le Micro climat de la serre**

Les facteurs climatiques qui influent le plus sur le climat à l'intérieur de la serre sont la température, l'humidité de l'air, le rayonnement solaire et le vent extérieur. En réalité, chacun de ces facteurs engendre une combinaison d'effets qui peuvent être favorables ou non au fonctionnement de la serre selon les conditions locales qui prévalent. En Algérie, les aires

climatiques sont très diversifiées et le climat varie de type méditerranéen au type saharien. Au nord, les hivers pluvieux et froids, les étés chauds et secs tandis qu'au sud, les températures sont très élevées les jours (35°) et très bas la nuit (0°) et l'aridité des sols est extrême [14].

La température et l'humidité interviennent de façon prépondérante dans la croissance et le développement de la végétation puisque les espèces pour lesquelles sont mises en œuvre les techniques de cultures protégées sont essentiellement des espèces de saison chaude adaptées à des températures moyennes mensuelles de l'air situant entre 17°C et 28°C [15], ce qui correspond aux conditions limites ci-après :

- ✓ Moyenne mensuelle des températures minimales : 12°C
- ✓ Moyenne mensuelle des températures maximales : 32°C

#### ❖ Intérêts de la détermination du microclimat

Pour répondre à ces besoins, de nouveaux outils et techniques de production ont été développés. L'outil serre et ses équipements de chauffage permettent de mieux gérer la croissance des plantes car la gestion du climat est maîtrisée. Pour une croissance optimale, il y a la nécessité d'un climat maîtrisé. Plusieurs paramètres du climat influencent fortement la croissance de la plante [16].

## I.8. Effet de serre

La couverture de la serre est transparente. Elle laisse bien passer la lumière, mais empêche que la chaleur qui se forme à l'intérieur, sous l'effet de la lumière de soleil, ne se dissipe trop vite vers l'extérieur grâce à la couverture de la serre. La couverture transparente de la serre joue le même rôle que l'atmosphère de notre planète. L'effet de serre est donc le phénomène de réchauffement de la serre dû à la perméabilité de la couverture de cette dernière à certaines radiations solaires incidentes. La transmission de la lumière est fonction du type de la couverture utilisée. Cette transmission diminue en raison des saletés et des dépôts de poussières.

Par ailleurs, l'effet de serre génère durant la période estivale un accroissement de la température et une diminution considérable de l'humidité influe de manière négative sur la production sous serre. Inversement aux conditions hivernales, les niveaux de température, d'humidité et d'éclairement sous serre peuvent atteindre des valeurs basses. Le recours à des

techniques de contrôle des paramètres climatique sous serre s'avère nécessaire, il permet de maîtriser les influences indésirables liées à l'effet de serre. [17][18][19].

## **I.9. Composantes essentielles de gestion des paramètres climatiques de la serre :**

Obtention des données dans une serre a besoin d'installer des capteurs météorologiques. Il s'agit des composants électroniques qui transforment des grandeurs physiques en grandeurs électriques [20].

### **I.9.1.1. Capteur de température**

Sont des dispositifs permettant de transformer l'effet du réchauffement ou du refroidissement sur leurs composants en signal électrique. Plusieurs types de capteurs servent à mesurer la température. Sous serre la précision du capteur de température est un facteur supplémentaire à prendre en considération.

### **I.9.1.2. Capteur d'humidité**

Le capteur d'humidité permet, de mesurer l'humidité ambiante. Une mesure utile en matière de météorologie. L'humidité est la présence d'eau ou de vapeur d'eau dans l'air ou dans une substance. La teneur en eau varie en fonction du taux d'humidité de l'air avec lequel il est en équilibre.

## **I.9.2 Équipements de régulation**

### **I.9.2.1 Chauffage**

Le chauffage permet d'adapter les apports de chaleur nécessaire aux besoins des cultures sous abris et de déshumidifier l'air. Il agit simultanément sur l'hygrométrie et la température de l'air. Une augmentation de la température favorise la déshumidification de la serre. L'intensité du chauffage est fonction de l'éclairement. Il y a deux types de chauffages [20]:

- **Émission par air chaud**

L'émission de chaleur est provoquée par appareil autonome (voir (Figure.I.5)) qui génère l'air chaud, ou d'un aérotherme utilisant l'eau chaude produite à partir d'une chaudière.



Figure I.5. Générateur d'air chaud [21]

- **Émission par eau chaude**

Envoyée dans des tubes en PVC ou en multicouches répartis dans la serre à basse ou à haute température selon les exigences culturaux. Les différents systèmes peuvent être utilisés de façon à se compléter. Le choix de l'équipement de chauffage est influencé par le type et l'âge de la structure de la serre, par la température de consigne des cultures et le créneau de production. Les besoins en chauffage sous serre sont relativement élevés particulièrement en saison d'hiver (voir (Figure. I.6)).

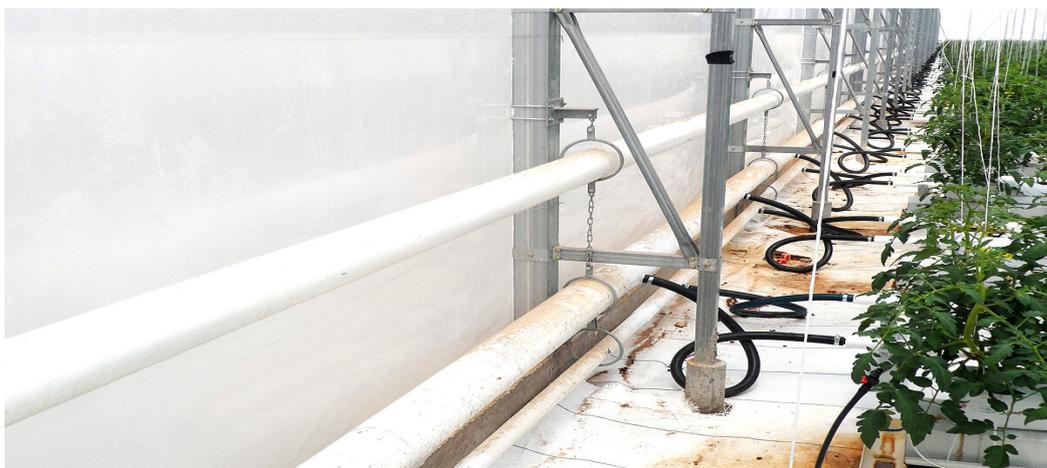


Figure I.6. Chauffage d'eau [22].

### I.9.2.2 Ventilation

Les brasseurs d'air ou ventilateurs (voir (Figure.I.7)) permettent d'obtenir un mouvement de l'air pour aider à maintenir un climat intérieur homogène, de façon à éviter l'accumulation d'air chaud dans la partie supérieure de la serre, ce qui réduit considérablement l'effet de condensation de l'eau et favorise la transpiration et l'absorption de CO<sub>2</sub> par les cultures.

Ils peuvent aussi être employés comme soutien des extracteurs ou bien comme systèmes d'humidification ou d'application de traitements [23].



Figure I.7. Ventilateur [24].

### I.9.2.3 Humidification

Le contrôle du taux correct d'humidité dans les serres c'est une prérogative fondamentale pour le rendement et la croissance des cultures, avec le but d'éviter la déshydrations de la plante.

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.[14].

Plusieurs techniques d'humidifications permettent de faire augmenter l'humidité [5] :

- **Brumisateurs**

Cet appareil fait augmenter l'humidité dans la serre (voir (fig.I.8)). Il consiste à pulvériser un liquide en très fines gouttelettes. 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. Les brumisateurs apportent d'importants avantages pour le maintien d'un microclimat avec

des conditions idéales pour la des plantes. Ce dernier augmente le taux d'humidité dans la serre et diminue la température interne.



**Figure I.8. Brumisateur [25].**

- **Écran de refroidissement**

Ils permettent de contrôler la quantité de lumière, réduire la température de la serre et 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 (voir (Figure.I.9)).



**Figure I.9. Écran de refroidissement [24].**

- **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.

- **Ventilation**

La réduction de la ventilation naturelle, par la fermeture partielle ou totale des ouvrants contribue à accroître l'humidité de la serre sous certaines conditions. Ainsi, pour une culture dont la surface foliaire est importante, la fermeture des ouvrants peut entraîner un accroissement de la quantité de vapeur d'eau dans l'air. Cette vapeur d'eau provient de la transpiration des plantes. Cependant, lorsque l'humidité atteint une certaine valeur, la transpiration cesse et l'humidité ne pourra s'accroître davantage. Les deux possibilités à envisager sont le refroidissement de l'air et l'enrichissement en vapeur d'eau par la méthode combinée.

#### **I.9.2.4. Déshumidification**

L'humidité de l'air est généralement exprimée en taux d'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 l'évacuation de l'air chaud chargé en humidité se fait par 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 et du mouvement d'air à l'intérieur de la serre [5].

- **Ventilation et chauffage**

Cette méthode de déshumidification est la plus utilisée. En faisant rentrer de l'air extérieur frais et en le chauffant, on augmente sa capacité à contenir de la vapeur d'eau et on réduit par conséquent l'humidité dans la serre. Cette méthode de déshumidification est efficace mais son utilisation est limitée par les conditions climatiques extérieures. En hiver, lorsque la température est très basse, le gel ou l'accumulation de neige empêche parfois l'ouverture des ouvrants. De plus, l'arrivée massive d'air froid dans la serre peut créer un stress considérable à la culture. Les coûts énergétiques associés à la déshumidification par le chauffage et la ventilation sont importants.

### ▪ **Condensation**

La condensation de la vapeur d'eau sur la face interne de la paroi de la serre permet également de réduire le contenu en vapeur d'eau. Les serres à double parois séparé par injection de l'air en tant qu'isolant entre les deux films en polyéthylène sont plus chaudes que les serres conventionnelles et les serres chapelle habillées en verre. En ce qui concerne les serres tunnel en polyéthylène, il est fortement recommandé d'utiliser un film en plastique anti-goutte, afin d'éviter les chutes de gouttes d'eau due à la condensation sur les plantes. En hiver, la température est généralement basse et l'enveloppe de la serre se refroidit intensément et privilège la condensation en film d'eau sur sa face interne.

## **I.10. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté les types de serres agricoles, ainsi que les facteurs climatiques qui peuvent influencer le plus sur le climat dans la serre. Enfin nous avons défini les Composantes essentielles pour une gestion adéquate des paramètres climatiques de la serre. Cette partie essentiel et primordiale dans chaque projet nous a permis de développer notre idée initiale, connaître les besoins de ce secteur mais aussi établir notre cahier de charge pour remédier en suite à la réalisation réelle de ce prototype.

# *Chapitre II*

## II.1. Introduction

Suite à notre étude théorique et relative au plan pratique nous nous sommes engagés à restituer une étude de faisabilité. Dans ce chapitre, nous présenterons les différents composants et logiciels que nous utiliserons pour réaliser notre projet. Cette étude est inspirée des solutions techniques existantes utilisées dans ce domaine et vise à répondre aux besoins et aux exigences du cahier des charges fonctionnel dont les fonctions de services à assurer.

## II.2. Partie Hard

### II.2.1. Arduino

Arduino (Figure II.1) est une plate-forme électronique open-source basée sur le matériel et le logiciel facile à utiliser. Ces cartes sont capables de lire les entrées, la lumière sur un capteur, un doigt sur un bouton ou un message Twitter, puis la transformer en une sortie ; activation d'un moteur, allumage d'une LED, publication de quelque chose en ligne. On peut communiquer avec lui et lui dire ce qu'il faut faire en envoyant un ensemble d'instructions au microcontrôleur sur la carte. Pour ce faire, nous utilisons le langage de programmation Arduino (basé sur un câblage ), et l'Arduino Software (IDE) , basé sur le traitement [26].

La plateforme Arduino basique, contient les éléments suivants :

- ✓ Port USB
- ✓ Microcontrôleur (B).
- ✓ Prise d'alimentation
- ✓ Entrées analogiques (D, C).
- ✓ Entrées / Sorties numériques (A)

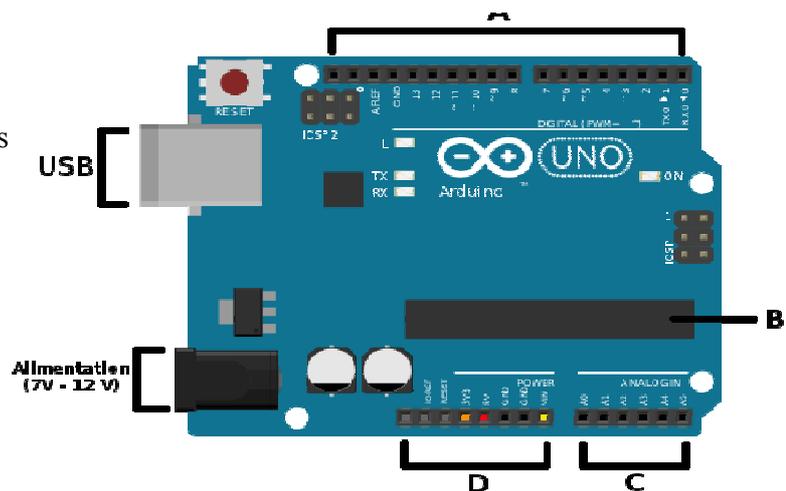


Figure II.1 : les constituants d'une plateforme Arduino [27]

### ❖ Les principales cartes Arduino

- Arduino Uno
- Arduino Leonardo0
- Arduino Due
- Arduino Mega 2560
- Arduino Nano
- Arduino Mini

### ❖ Le monde de l'Arduino

Arduino facilite autant que possible la programmation de petits ordinateurs appelés MICROCONTROLEURS, qui sont les éléments qui rendent les objets interactifs. On croise des douzaines chaque jour : ils sont dans les minuteurs, les thermostats, les jouets, les télécommandes, les fours à micro-ondes et même certaines brosses à dents. Ils font juste une tâche spécifique, et si on ne les remarque pas souvent c'est parce qu'ils la font bien, ils ont été programmés pour agir en fonction de stimuli, en utilisant des capteurs et des actionneurs

**Les capteurs écoutent le monde physique.** Ils convertissent l'énergie qu'on leur donne en pressant des boutons, on agitant nos bras ou on criant, en signaux électriques, Les boutons et les contacts rotatifs sont des capteurs qu'on touche avec nos doigts, mais il y a bien d'autres types de capteurs.

**Les actionneurs agissent dans le monde physique.** Ils convertissent l'énergie électrique en énergie physique, comme la lumière, la chaleur ou le mouvement.

**Les microcontrôleurs écoutent les capteurs et parlent aux actionneurs.** Ils décident quoi faire selon un programme qu'on écrit

Arduino peut rendre nos projets interactifs, mais seul nous pouvant les rendre beaux

#### II.2.2. Capteur d'humidité DHT11

Le capteur DHT11 (Figure II.2) fournit une information numérique proportionnelle à la température et l'humidité mesurée. Il est constitué d'un capteur de température à base de thermistances CTN, d'un capteur d'humidité résistif et un microcontrôleur qui s'occupe de faire

les mesures, de les convertir et de les transmettre. Il s'interface grâce au protocole OneWire qui permet de transmettre et de recevoir des données sur un seul fil [28]. Cette technologie utilisée par le capteur DHT11 garantie une grande fiabilité, une excellente stabilité à long terme et un temps de réponse très rapide.

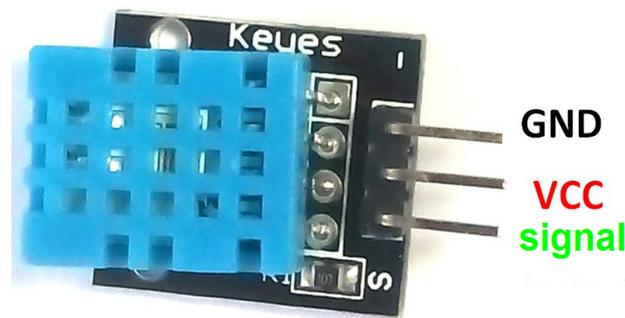


Figure II.2 : DHT11 [29].

❖ Caractéristiques techniques du DHT11

Ce capteur contient les caractéristiques suivantes :

- Alimentation : 5V
- Consommation : 0.5 mA en nominal / 2.5 mA maximum
- Etendue de la mesure de température : 0°C à 50°C ± 2°C
- Etendue de la mesure de l'humidité : 20-90%RH ±5%RH
- Période de mesure: 2s
- Dimensions: 12x15.5x5.5mm

### II.2.3. Capteur d'humidité de sol

Le capteur d'humidité du sol (Figure II.3) est un outil simple permettant de mesurer l'humidité dans le sol et des matériaux similaire. Le capteur d'humidité du sol est assez simple à utiliser. la fourche du capteur se plante verticalement dans la terre. On mesure la résistance électrique entre les deux électrodes. Plus il y a d'eau dans le sol, meilleure sera la conductivité entre les pads et il en résultera une résistance plus faible [30].

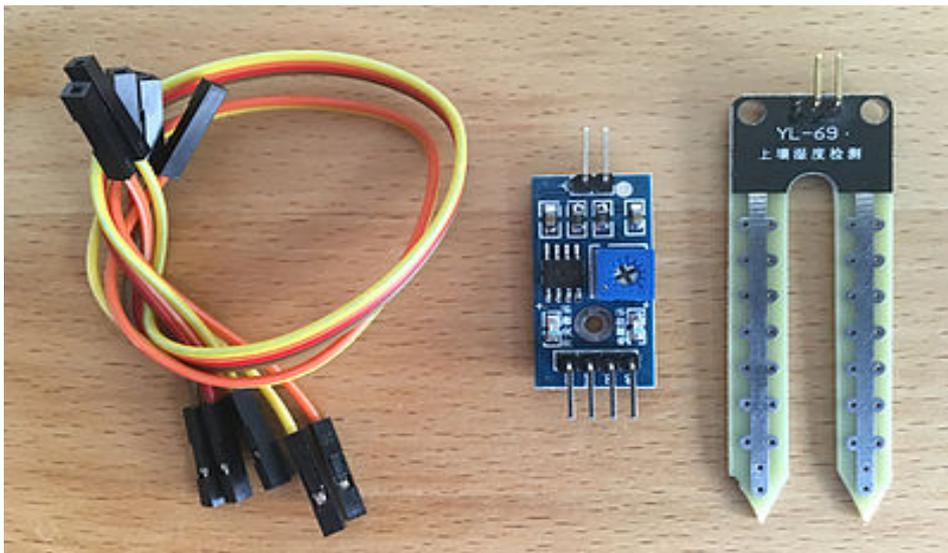


Figure II.3: capteur d'humidité de sol.

#### ❖ Caractéristiques techniques du capteur de sol

- Ceci est un capteur d'humidité simple qui peut être utilisé pour détecter lorsque qu'un sol est en déficit d'eau (niveau haut) et vice versa (niveau bas).
- La sensibilité de ce module est ajustable via un potentiomètre numérique
- Tension de fonctionnement : 3,3V-5V
- Module avec 2 sorties: Une analogique et une numérique. La sortie numérique est plus précise.
- Le module comprend des perçages pour faciliter la fixation.
- Taille du PCB: 3cm \* 1.6cm



- 1024 : résolution de l'entrées analogique.

❖ **Caractéristiques :**

- Etalonné directement en Celsius (Celsius)
- Facteur d'échelle linéaire + 10 mV / ° C
- Précision assurée est de 0,5 ° C pour chaque 25 ° C
- Conçu pour les températures allant de -55 ° C à 150 ° C
- Convient aux applications distantes
- Faible coût en raison de la découpe au niveau de la plaquette
- Fonctionne de 4 V à 30 V

### II.2.5. Servomoteur

A noter bien qu'il ne s'agit pas de cerveau, mais de **servo** (Figure II.5). Ce mot vient du mot latin « **Servus** », qui signifiait esclave. Alors un servo moteur est un moteur esclave. En effet, car quand on lui commande de se mettre à une position précise, il se positionne puis il ne bouge plus. C'est un dispositif typiquement utilisé en modélisme pour, par exemple, contrôler la direction d'une voiture télécommandé. Il a une rotation de 0° à 180° [32].



Figure II.5: Servo moteur [33].

### ❖ Caractéristiques

- Poids 9 g
- Dimensions 22.2 x 11.8 x 31 mm approximativement
- Couple de décrochage 1.8 kg·cm
- Vitesse de fonctionnement 60°/0.1S
- Tension de fonctionnement 4.8 V (~5V)
- Gamme de température 0 °C – 55 °C

### • Constitution :

- **Palonnier** c'est le levier accroché à l'axe du servomoteur
- **Réducteur** c'est l'ensemble d'engrenages (train d'engrenage) en sortie du moteur électrique fait pour avoir moins de vitesse et plus de couple ou de force
- **Moteur électrique (continu)** : généralement assez petit
- **Potentiomètre** joue le rôle d'un capteur, car c'est une résistance variable en fonction de l'angle, ce qui permet de mesurer l'angle de rotation sur l'axe de sortie, voir figure II.6

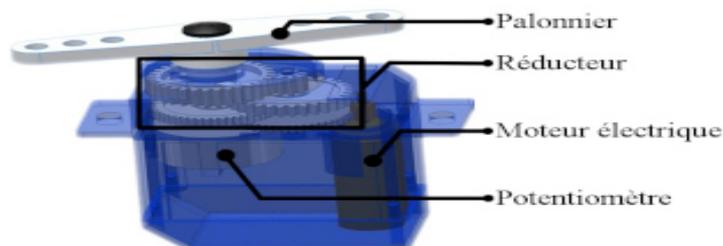


Figure II.6: Constitution d'un Servo moteur.

## • Principe de fonctionnement

Quand on demande au servomoteur de se placer à une certaine position grâce à un code que nous verrons plus tard, le moteur électrique va tourner et entraîner son train d'engrenages qui va faire tourner l'axe du servomoteur. À cet axe est lié un potentiomètre qui tourne au même temps et récupère de manière électrique la position de rotation du servomoteur, il la compare à la demande et ajuste la position en envoyant des ordres au moteur qui est son esclave (ce n'ai pas le potentiomètre qui envoie des ordres mais un petit circuit électronique contenu dans le servo moteur), du coup notre servomoteur maintient sa position [32].

Il suffit d'envoyer une impulsion et c'est le temps que durera cette impulsion qui déterminera l'angle du servomoteur. Ce temps d'impulsion est de l'ordre de quelques millisecondes et doit être répété à un intervalle régulier (toutes les 20ms à 50ms). Le temps d'impulsion varie d'un fabricant à l'autre mais en générale c'est :

- 1 ms  $\Leftrightarrow$  0 degré
- 1.5ms  $\Leftrightarrow$  90 degrés
- 2 ms  $\Leftrightarrow$  180 degrés

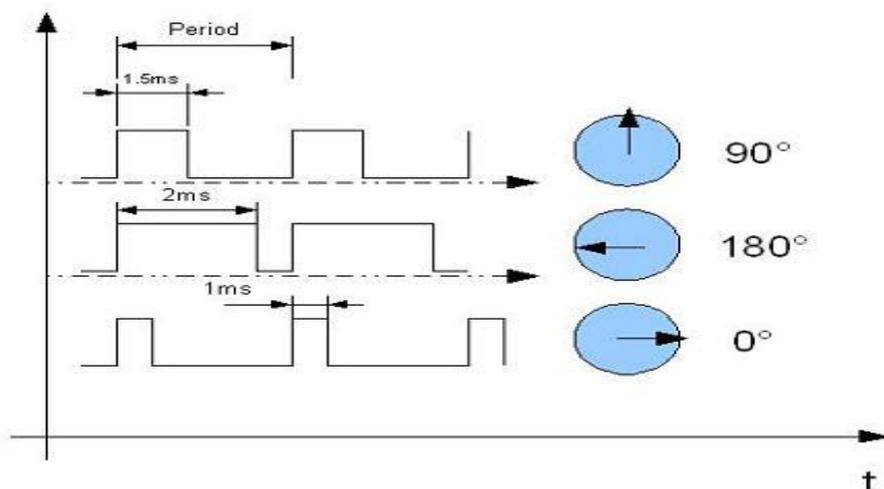


Figure II.7: principe de fonctionnement du Servo moteur.[34]

## II.2.6. La photorésistance

La photorésistance (Figure. II.8) est un dipôle dont la résistance dépend de la lumière qu'il reçoit. La partie sensible du capteur est une piste de sulfure de cadmium en forme de serpent : l'énergie lumineuse déclenche une augmentation de porteurs libres dans ce matériau, de sorte que sa résistance électrique diminue a priori.



Figure II.8 : LDR.

### ❖ Propriétés des capteurs LDR

- **Avantage :**

- Capteur sensible.
- Grandes gammes spectrales.
- De faible coût.
- Facile à mettre en œuvre.

- **Inconvénients :**

- Non linéaire.
- La vitesse de variation de la résistance avec l'éclairement est faible et non symétrique. (Temps de montée de l'ordre de 35 ms et temps de descente de l'ordre de 10 ms).

### ❖ Principe de fonctionnement :

Un cristal de semi-conducteur à température basse contient peu d'électrons libres. La conductivité du cristal est très faible, proche de celle d'un isolant. Lorsque la température du cristal augmente de plus en plus d'électrons qui étaient immobilisés dans les liaisons covalentes s'échappent et peuvent participer à la conduction. A température constante si le même cristal

semi-conducteur est soumis à une radiation lumineuse, l'énergie apportée par les photons peut suffire à libérer certains électrons utilisés dans les liaisons covalentes entre atomes du cristal. Plus le flux lumineux sera intense, plus le nombre d'électrons disponibles pour assurer la conduction sera grand, ainsi la résistance de la photorésistance est inversement proportionnelle à la lumière reçue [35].

### II.2.7. 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, 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. Pour notre prototype, nous avons utilisé Mini Pompe à Eau Moteur à Engrenages RS-360SH (Figure II.9), alimentée par une source de tension 12v.



Figure II.9 : pompe d'arrosage.

- **Propriétés de la pompe :**

- La pompe à eau est auto-amorçante, elle peut être montée au-dessus du réservoir, peut être séchée sans dommage.
- La pompe à engrenage auto-amorçante est largement appliquée au transfert de liquide, à la pulvérisation, à la circulation, à la filtration et à la distribution.
- Le sens de rotation peut être changé afin que l'entrée et la sortie soient interchangeables.

- L'alimentation 5-12V 2A comme le support de batterie ou l'ordinateur USB est recommandée pour un long travail.
- La pompe utilise un moteur haute qualité RS-360SH et la plage de levage maximale peut atteindre 1,5mètre.

### **II.2.8. L'extracteur**

Les extracteurs (Figure II.10) servant à extraire l'air chaud et humide d'une serre pour forcer la circulation de l'air afin de contrôler certains paramètres essentiels au bon fonctionnement de la serre tels que la température, l'humidité, ou les concentrations de gaz, au voisinage des consignes choisies. Dans la réalisation de notre prototype, nous avons utilisé un ventilateur d'alimentation de PC.



**Figure II.10: Extracteur.**

### **II.2.9. Le relais**

Un relais (Figure II.11) est un commutateur électrique qui peut être activé ou désactivé, laissant le courant passer ou non, et pouvant être contrôlé avec des tensions faibles. Un relais

électromécanique est doté d'un bobinage en guise d'organe de commande. La tension appliquée à ce bobinage va créer un courant, ce courant produisant un champ électromagnétique à l'extrémité de la bobine. Ce champ magnétique va être capable de faire déplacer un élément mécanique métallique monté sur un axe mobile, qui déplacera alors des contacts électriques.

Grace à cela, vous pouvez contrôler un circuit de haute tension a basse tension, disons 5V sur le contrôleur. Il y a un voyant sur la carte lorsque les terminaux contrôlés se ferment.



Figure II.11 : Relais.

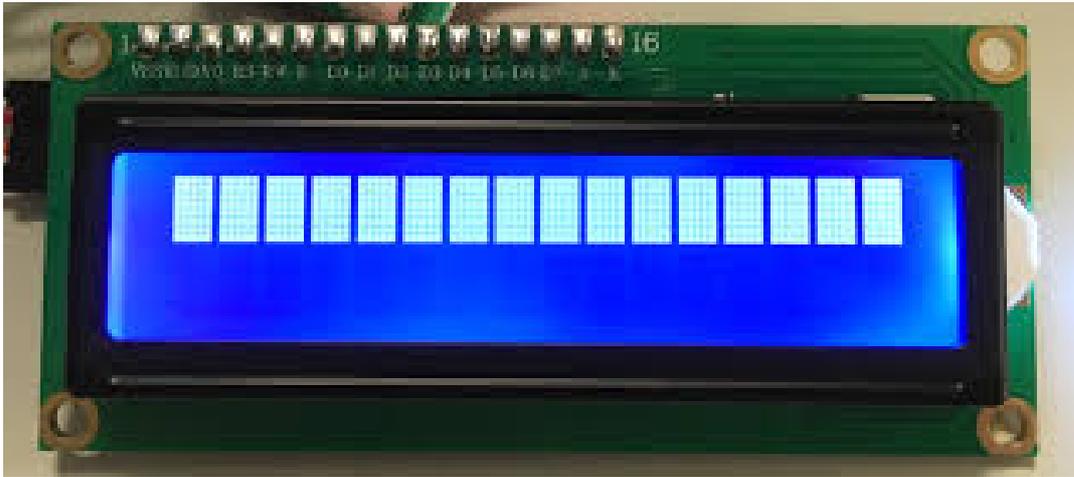
Tels que :

- C : broche commune
- **NC (normalement fermé)**: la configuration normalement fermée est utilisée lorsque vous souhaitez que le relais soit fermé par défaut, ce qui signifie que le courant circule sauf si vous envoyez un signal de l'Arduino au module de relais pour ouvrir le circuit et arrêter le courant.
- **NO (normalement ouvert)**: la configuration normalement ouverte fonctionne dans le sens inverse: le relais est toujours ouvert, le circuit est donc coupé sauf si vous envoyez un signal de l'Arduino pour fermer le circuit.

### II.2.10. Afficheur LCD\_ I2C

L'écran LCD (Figure II.12) contient des cristaux liquides capables de modifier leur orientation en fonction d'une tension appliqué, et de joue ainsi plus ou moins sur l'incidence de la lumière. L'affichage à cristaux liquides nécessite des données dans un format de série et également une alimentation 5V.

Un potentiomètre avec la sortie connectée à Vo vous permettra d'ajuster le contraste [31].



**Figure II.12 : Afficheur LCD 16\*2.**

- **Le protocole I2C**

I2C est un bus série permettant de transmettre des informations de façon asynchrone entre divers circuits connectés sur le bus. Le protocole de la liaison est du type MAITRE/ESCLAVE. Chaque circuit est reconnu par son adresse et peut être soit transmetteur soit receveur de l'information [36].

La connexion est réalisée par l'intermédiaire de deux lignes :

- SDA (Serial Data Line) : ligne de données bidirectionnelle,
- SCL (Serial Clock Line) : ligne d'horloge de synchronisation bidirectionnelle.

Notre écran LCD\_I2C 16\*2 (Figure II.13) utilise une interface de communication I2C, cela signifie qu'il n'a besoin que de 4 broches pour l'écran : VCC, GND, SDA, SCL.

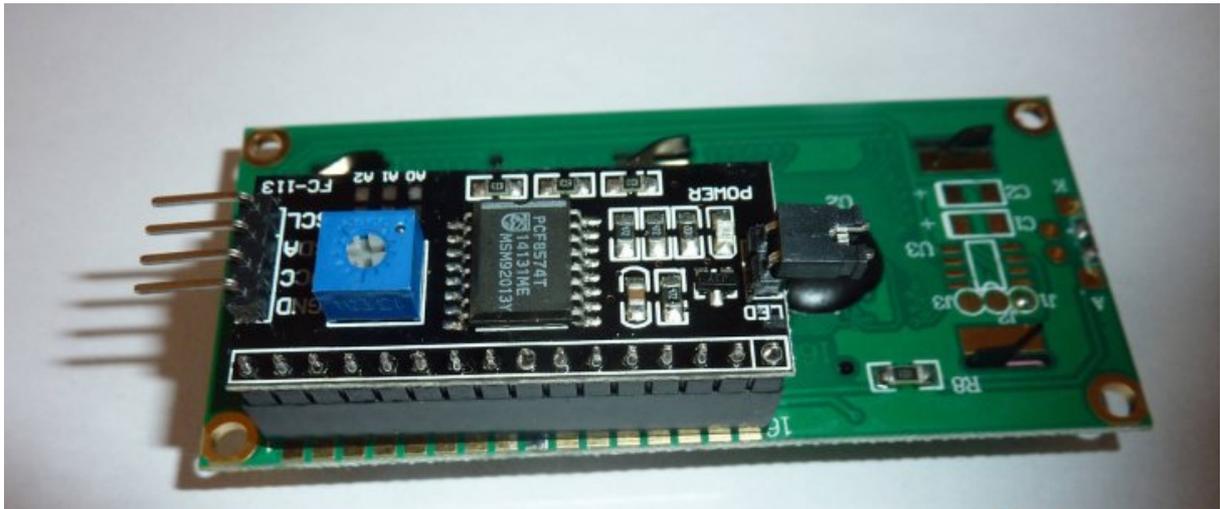


Figure II.13 : Afficheur LCD\_I2C 16\*2.

### II.2.11. Boutons poussoirs

Les boutons poussoirs (Figure II.14) sont des connecteurs tactiles servant à assurer la liaison électrique momentanée ou l'ouverture temporaire du contact électrique. C'est le principal moyen d'interaction entre l'homme et la machine [37].

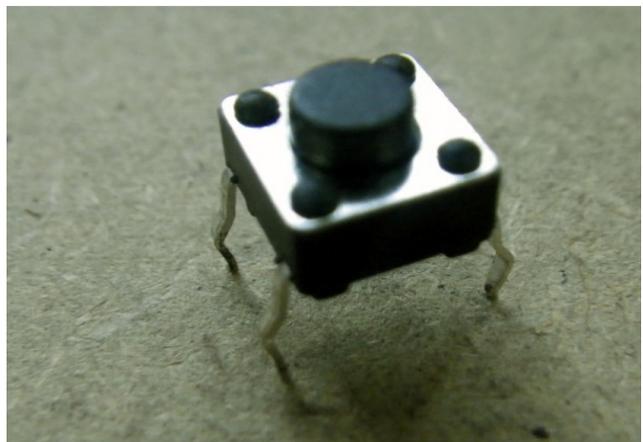
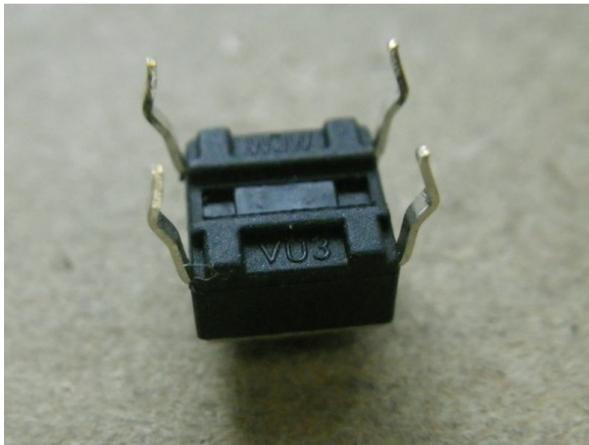


Figure II.14 : Bouton poussoir.

### II.2.12. Capteur de Flamme ST60

Module didactique basé sur un récepteur IR(Figure II.15) permettant la détection d'une flamme ou d'autres sources lumineuses. Ce module se raccorde sur une entrée analogique ou une entrée digitale d'une carte Arduino [38].

Un potentiomètre permet de régler le seuil de commutation du signal digital. Se caractérise par :

Alimentation : 5 Vcc

Plage de mesure : 760 à 1100 nm

Sorties : A0, Gnd, Vcc et D0

Température de service : -40 °C à +85 °C

Humidité de service : 30 à 90 % RH

Dimensions : 42 x 16 x 15 mm

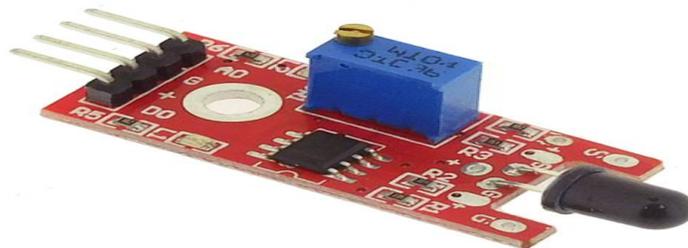


Figure II.15 : capteur de flamme ST60 [38].

### II.2.13. Humidificateur D'air

Un dispositif utile est utilisé pour l'humidification et de purification pour améliorer la qualité de l'air, il convient parfaitement à notre serre prototype, son utilisation est très simple, il suffit de le mettre dans un bac rempli d'eau et de l'alimenter avec une source de tension (voir figure II.16).



**Figure II.16 : Humidificateur d'air**

### **II.2.14. Module Peltier TECI-12705**

Pour produire de la chaleur dans notre serre, nous avons utilisé le module TECI à effet de Peltier.

Les modules TEC1 à effet Peltier fournissent des différences de température inégales dans les applications de refroidissement ou de chauffage.



**Figure II.17 : Module Peltier**

## II.3 Partie Soft

### II.3.1 IDE Arduino

Pour communiquer avec Arduino, on fera appel au logiciel ARDUINO IDE (Figure II.18). Ce logiciel de programmation des modules Arduino est une application Java, libre et multiplateforme, servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le firmware et le programme au travers de la liaison série (RS-232, Bluetooth ou USB selon le module). Il est également possible de se passer de l'interface Arduino, et de compiler et uploader les programmes via l'interface en ligne de commande [39].

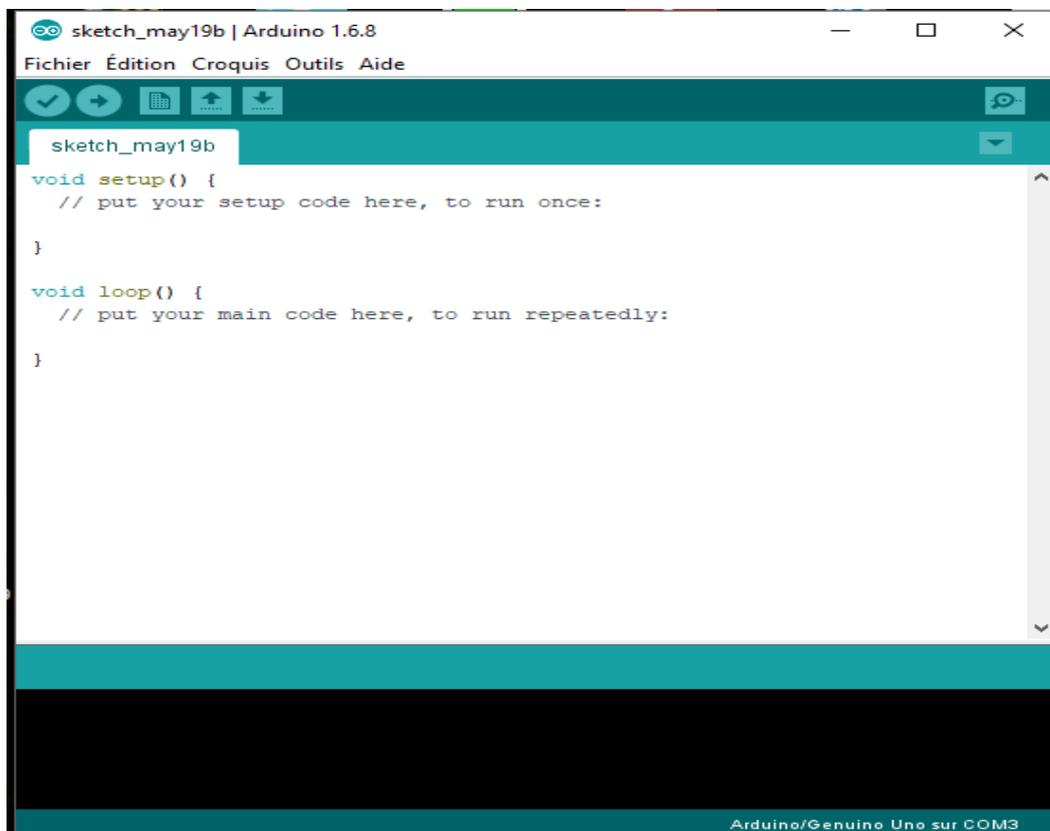
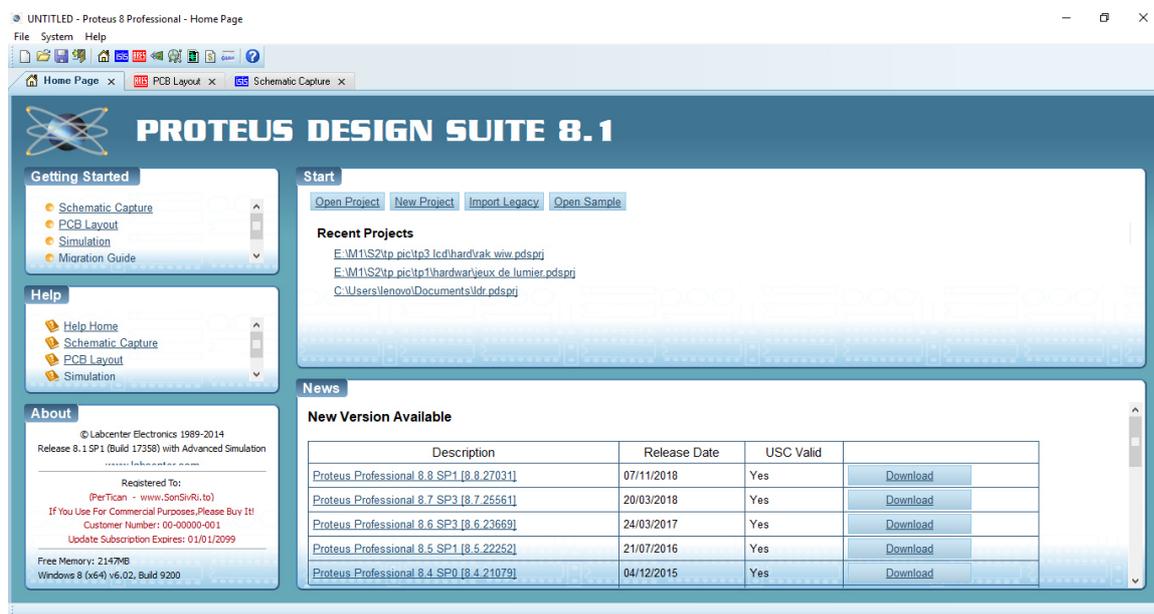


Figure II.18 : IDE Arduino.

### II.3.2 Proteus

Proteus Design Suite (Figure II.19) associe faciliter d'utilisation et fonctionnalités puissantes pour permettre la conception, le test et la mise en page rapides de circuit imprimés professionnels.

**Proteus** est une suite logicielle destinée à l'électronique. Développé par la société Labcenter Electronics, les logiciels incluent dans Proteus permettent la conception assistée par ordinateur dans le domaine électronique. Logiciels principaux composent cette suite logicielle : ISIS et ARES. [40]



**Figure II.19 : Proteus Design Suit 8.1**

- **ISIS**

Le logiciel ISIS (Figure II.20) de Proteus est principalement connu pour éditer des schémas électriques. Par ailleurs, le logiciel permet également de simuler ces schémas ce qui permet de déceler certaines erreurs dès l'étape de conception. Indirectement, les circuits électriques conçus grâce à ce logiciel peuvent être utilisés dans des documentations car le logiciel permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits.

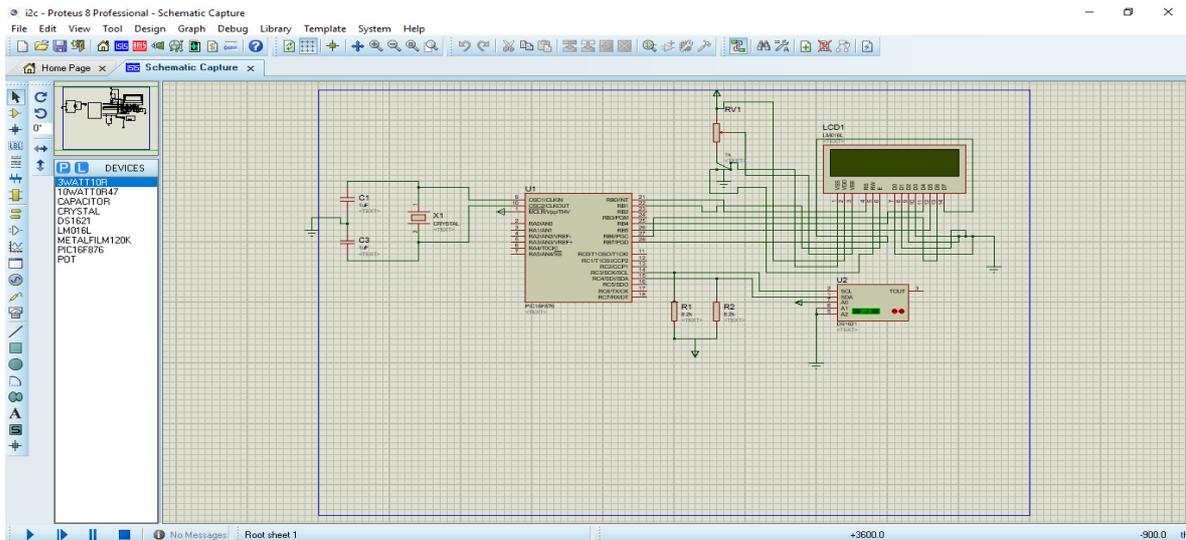


Figure II.20 : Un TP réalisé avec ISIS

- ARES

Le logiciel ARES (Figure II.21) est un outil d'édition et de routage qui complètement parfaitement ISIS. Un schéma électrique réalisé sur ISIS peut alors être importé facilement sur ARES pour réaliser le PCB de la carte électronique. Bien que l'édition d'un circuit imprimé soit plus efficace lorsqu'elle est réalisée manuellement, ce logiciel permet de placer automatiquement les composants et de réaliser le routage automatiquement.

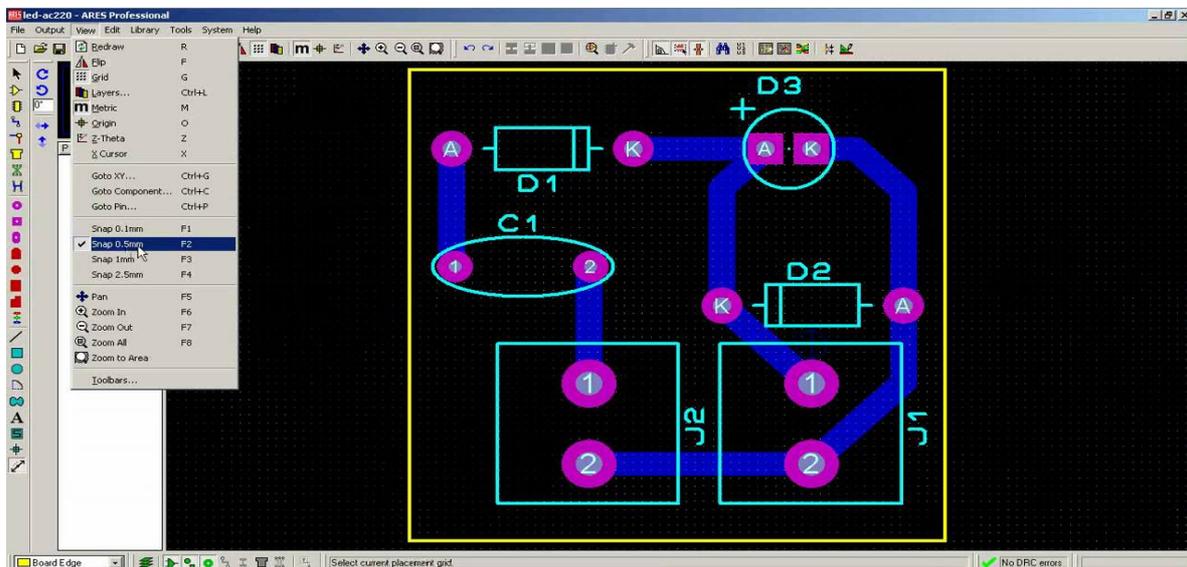


Figure II.21 : Exemple de réalisation d'un circuit intégré avec ARES

## **II.4 Conclusion**

Dans ce chapitre, on c'est focalisé à détailler l'Arduino qui est le principal outil dans notre projet. Nous avons cité et expliqué, ainsi, les accessoires nécessaires pour réaliser notre projet. Précisément, nous avons explicité les interactions entre l'ordinateur et le monde extérieur via la carte Arduino qui nous permettra de gérer et contrôler un nombre important de capteurs et d'actionneurs pour faire plusieurs tâches sans fournir le moindre effort.

On présentera les étapes de réalisation de notre prototype, ainsi que l'étude de l'évolution des paramètres climatiques de la serre dans le prochain chapitre.

# *Chapitre III*

## III.1 Introduction

Après avoir décrit la partie matérielle de notre système, nous sommes arrivés à la partie la plus importante de notre mémoire qui est la construction de la serre prototype, du montage de la structure jusqu'au placement des capteurs et actionneurs. Ensuite nous allons présenter le coût de notre projet, En dernier lieu nous allons interpréter les résultats des tests expérimentaux réalisés et obtenus avec et sans contrôle climatique

## III.2 Réalisation de la serre

### III.2.1 Dimension de la structure

Nous avons conçu la structure de notre serre avec des corniers en aluminium pour qu'elle soit solide et léger.

(Figure III.1) représente les dimensions de notre serre (500\*260\*360)mm

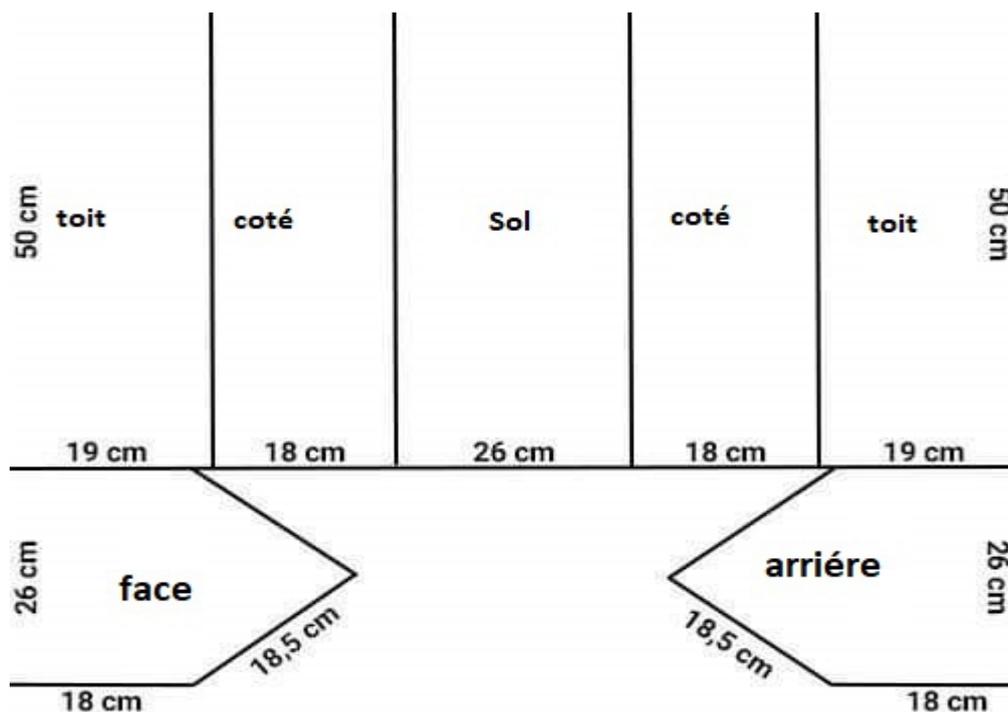


Figure III.1 : Dimensions de la serre

### III.2.2 Montage de la serre

Nous avons découpées 7 pièces en plexiglass que nous avons fixé sur la structure en aluminium, ces pièces vont constituer la paroi externe de la serre (voir figure III.2)



**Figure III.2 : Notre serre après montage de la paroi.**

### III.2.3 Montage des capteurs et actionneurs

Nous avons installé :

- les capteurs : DHT11, LM35, LDR, capteur d'humidité de sol ainsi capteur de flamme.
- les actionneurs : l'éclairage, servo- moteur, pompe d'arrosage et extracteur. (voir figure III.3).



**Figure III.3 : Montage des capteurs et actionneurs**

### **III.2.4 Simulation avec Proteus**

La figure III.4 présente le montage réalisé à l'aide du logiciel Proteus, elle montre la disposition des différents composants de la partie commande et leurs connexions, on a fait ce montage grâce a des bibliothèques qu'on a téléchargé puis les ajouter dans le proteus.

On a remplacé des actionneurs qui ne s'en trouvent pas dans le proteus par d'autres actionneurs ou par des LED.

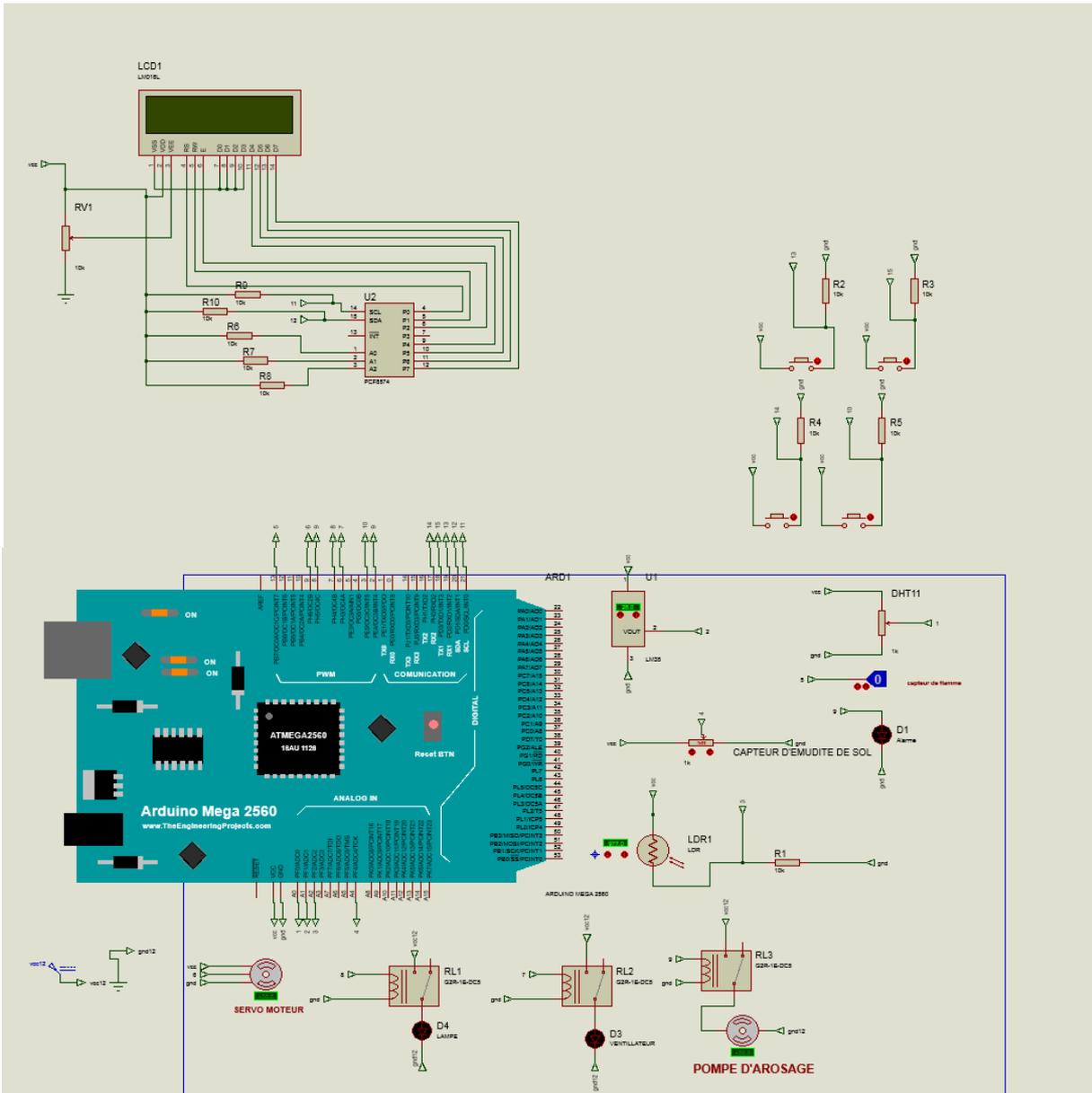


Figure III.4 : Simulation avec proteus de la serre intelligente

### III.3 Partie commande

#### III.3.1 Organigramme de DHT11

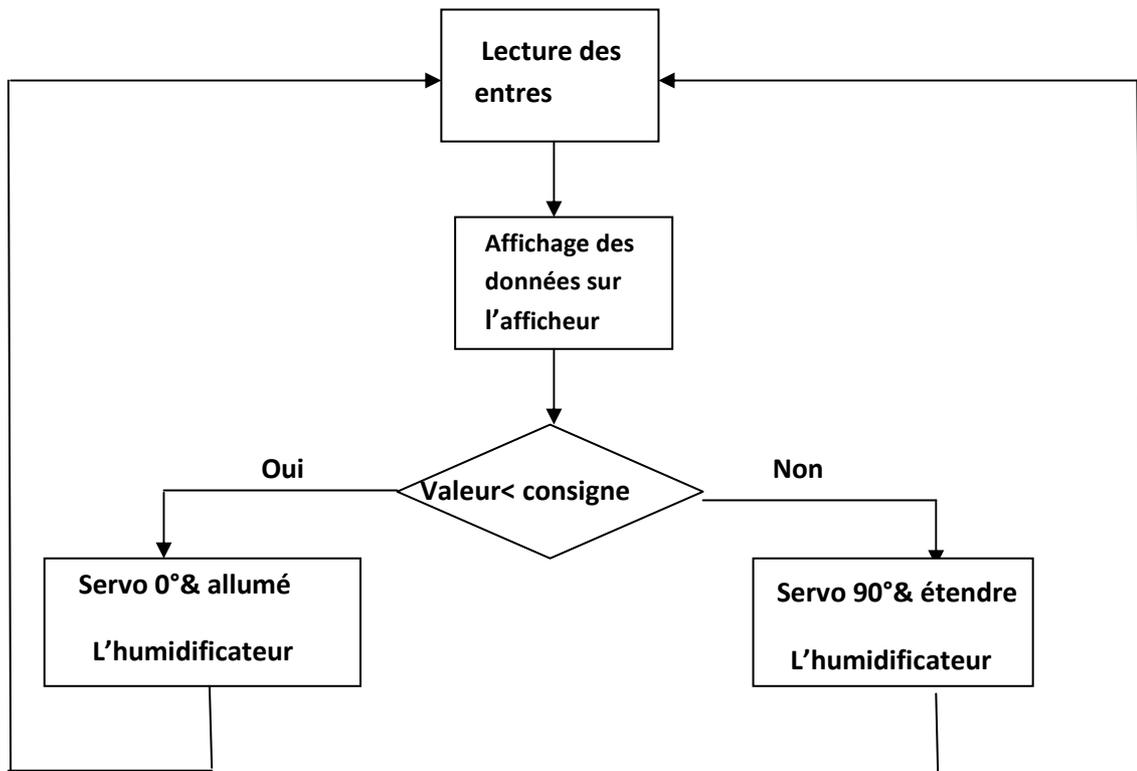


Figure III.5 : Organigramme de DHT11

La figure III.5 présente l'organigramme du programme DHT11 tels que :

- Le DHT11 lit les valeurs d'humidité dans l'aire puis les valeurs sont affichées sur l'afficheur.
- Le programme va comparer les valeurs lues avec la consigne donnée par l'utilisateur.
- Si la valeur lue est inférieure à la consigne rien ne va se passer.
- Si la valeur lue est supérieure à la consigne le toit de la serre va s'ouvrir par l'intermédiaire d'un servomoteur pour rafraîchir l'aire a l'intérieure de la serre.

### III.3.2 Organigramme de LM35

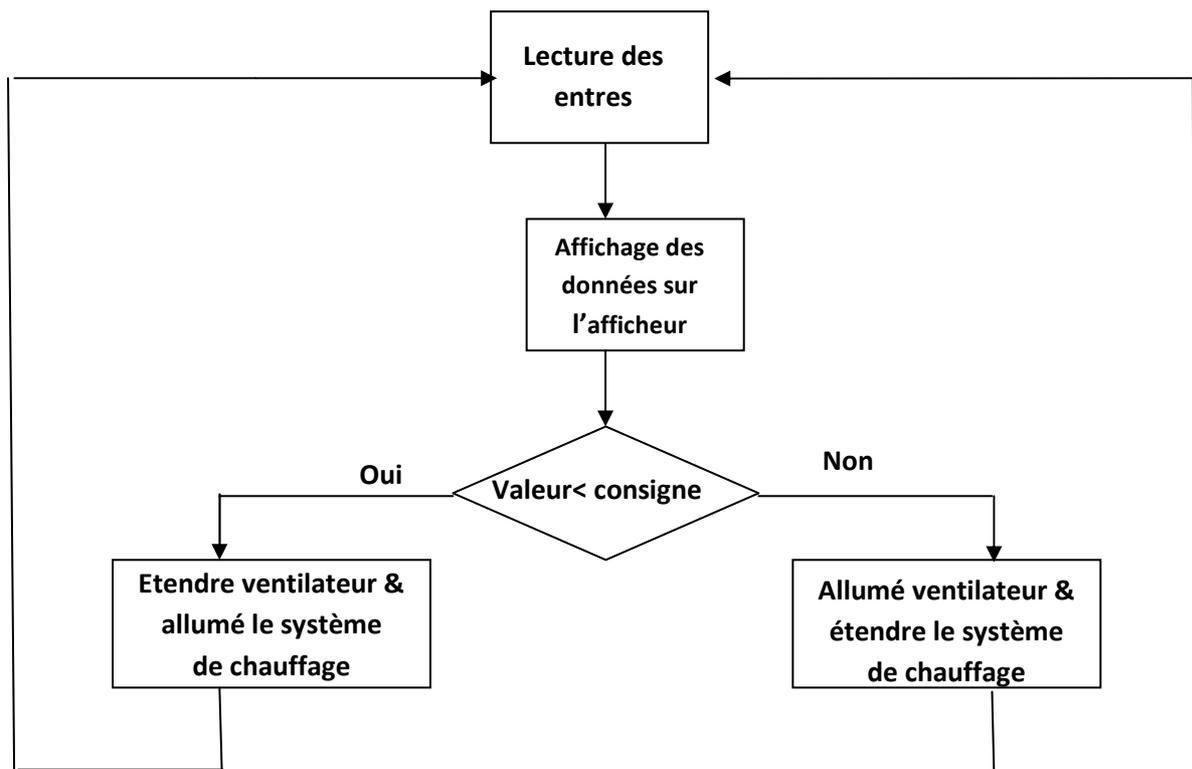


Figure III.6 : Organigramme de LM35

La figure III.6 présente l'organigramme du programme LM35 tels que :

- Le LM35 lit les valeurs de température dans la serre puis les affichées sur l'afficheur.
- Le programme va comparer les valeurs lues avec la consigne donnée par l'utilisateur.
- Si la valeur lue est inférieure à la consigne rien ne va se passer.
- Si la valeur lue est supérieure à la consigne, le ventilateur démarre pour extraire la chaleur dans la serre.

### III.3.3 Organigramme de LDR

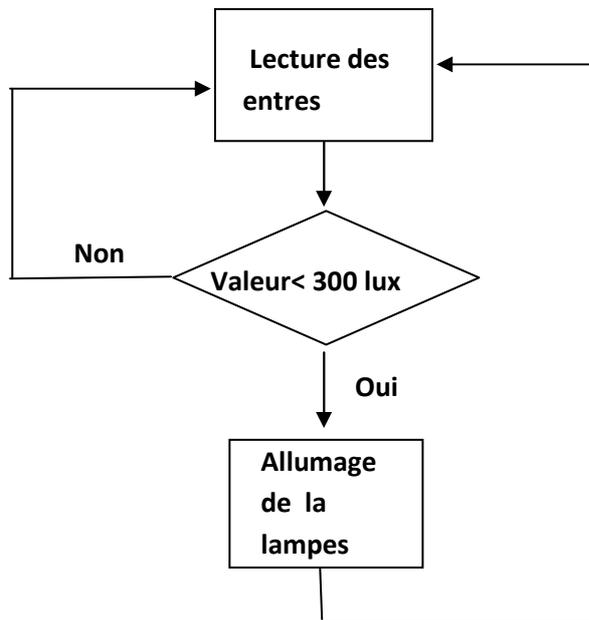


Figure III.7 : Organigramme de LDR

La figure III.7 présente l'organigramme du programme LDR tels que :

- LDR lit les valeurs de la lumière exposé sur la serre.
- Si la valeur lue est supérieure à 300 lux, rien ne va se passer.
- Si la valeur lue est inférieure à 300 lux, la lampe s'allumera.

### III.3.4 Organigramme de capteur d'humidité de sol

La figure III.8 présente l'organigramme du programme capteur d'humidité de sol tels que :

- Le capteur lit la valeur d'humidité dans de sol.
- Si la valeur lue est inférieure à 78%, rien ne va se passer.
- Si la valeur lue est supérieure à 78%, la pompe d'arrosage va s'allumer.

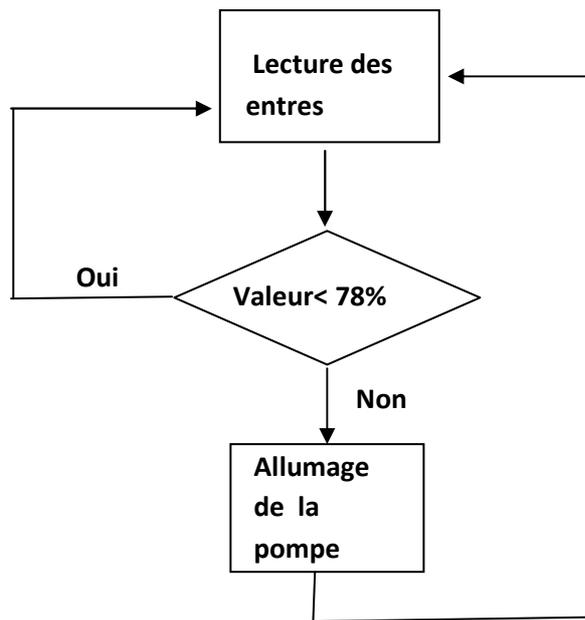


Figure III.8 : Organigramme de capteur d'humidité de sol

### III.3.5 Organigramme de capteur de flamme

La figure III.9 présente l'organigramme du programme capteur de flamme tels que :

- Dans ce cas on a programmé le capteur autant qu'une interruption, et on a utilisé le pin numérique donc on aura deux cas soit 1 soit 0.
- . si le capteur détecte la flamme (1), le programme va s'arrêter d'exécuter les autres processus et il exécutera la partie anti incendie.
- Si le capteur ne détecte rien (0), alors rien ne va se passer.

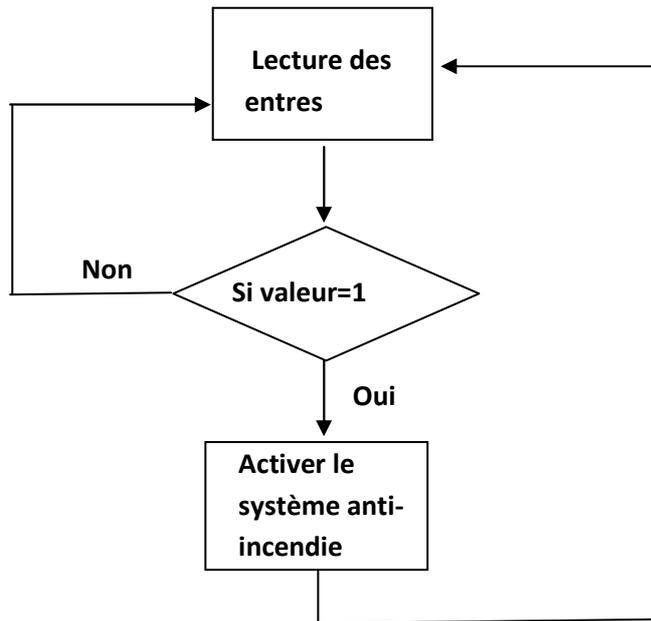


Figure III.9 : Organigramme de capteur de flamme

### III.3.6 Organigramme générale de système

La figure III.10 présente l'organigramme générale du système tels que :

T, L, H1, H2 représente les valeurs lues fixes par chaque capteur.

V1 représente la consigne de température mise par l'utilisateur et sera comparer avec la valeur lue par capteur LM35.

V2 représente la consigne d'humidité mise par l'utilisateur et sera comparer avec la valeur lue par capteur DHT11.

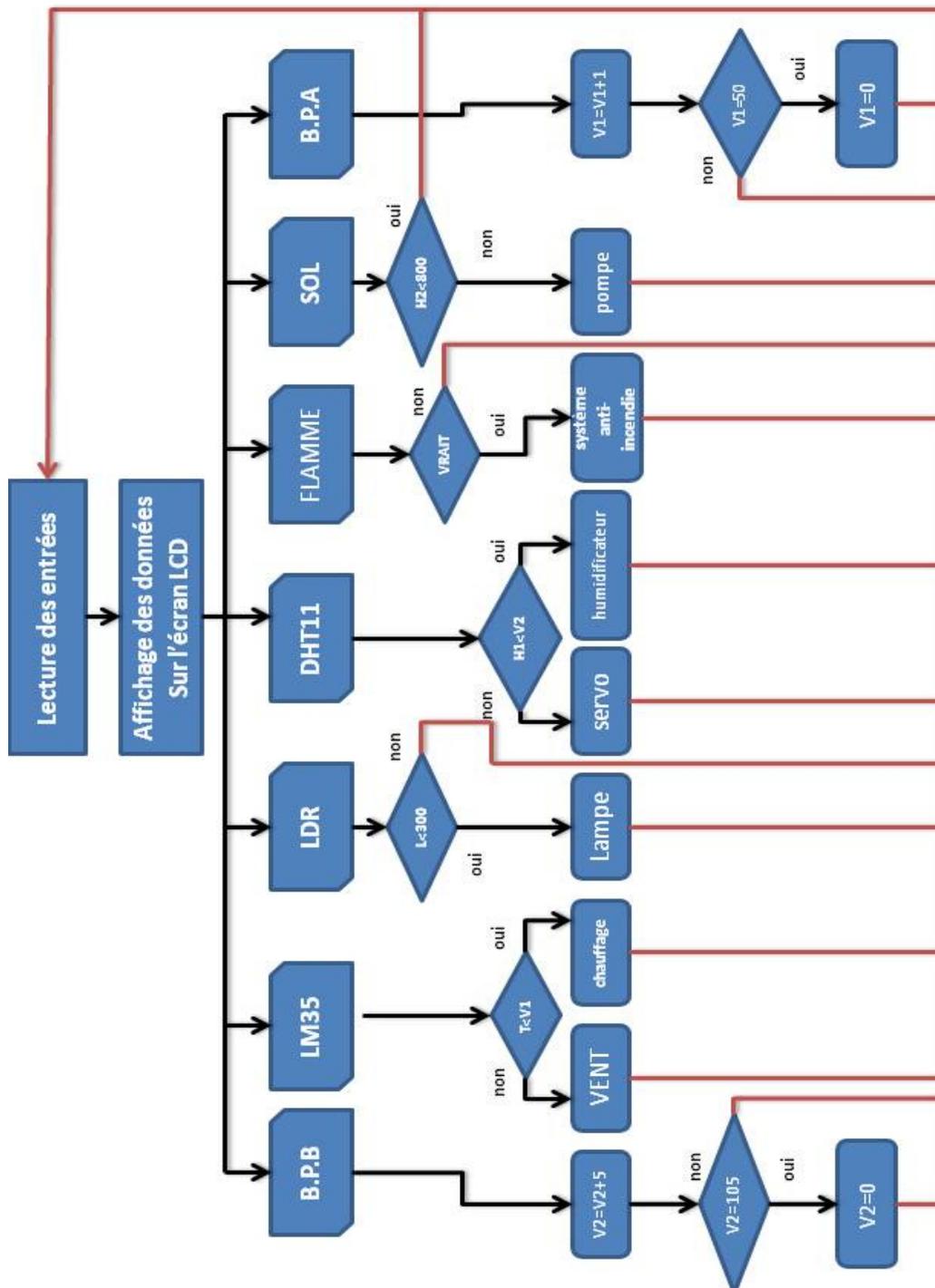


Figure III.10 : Organigramme générale de la serre intelligente

### III.4. coût de projet

Nous avons fait une étude financière de fabrication de la structure ainsi les équipements intérieurs et extérieurs de la serre, afin d'estimer le prix globale de notre prototype.

<b>Composant</b>	<b>Prix unitaire</b>	<b>Quantité (DA)</b>	<b>Total (DA)</b>
Arduino Méga	3500	01	3500
DHT11	500	01	500
LM35	350	01	350
Capteur de sol	500	01	500
Capteur de flamme	800	01	800
LDR	600	01	600
Servo moteur	900	01	900
Ventilateur	400	01	400
Pompe d'eau	1200	02	2400
Lampe	120	01	120
Relais	500	04	2000
Alimentation	350	01	350
Fils de connexion	15	30	450
Bouton poussoirs	20	04	80
Afficheur LCD	1800	01	1800
Feuilles en plexiglass	3000	01	3000
Cornière aluminium	270	07	1890
(estain+ ruban adhésif+...)			1500
		<b>Total</b>	<b>21140</b>

**Tableau III.1. Estimation du prix de revient de notre projet.**

### III.5 Résultats expérimentaux

#### III.5.1 Enregistrement sans contrôle

La figure III.11 et la figure III.12 présentent l'évolution des grandeurs physiques sous serre: sans contrôle au cours de 24h. Cet enregistrement a été effectué le 03/09/2019.

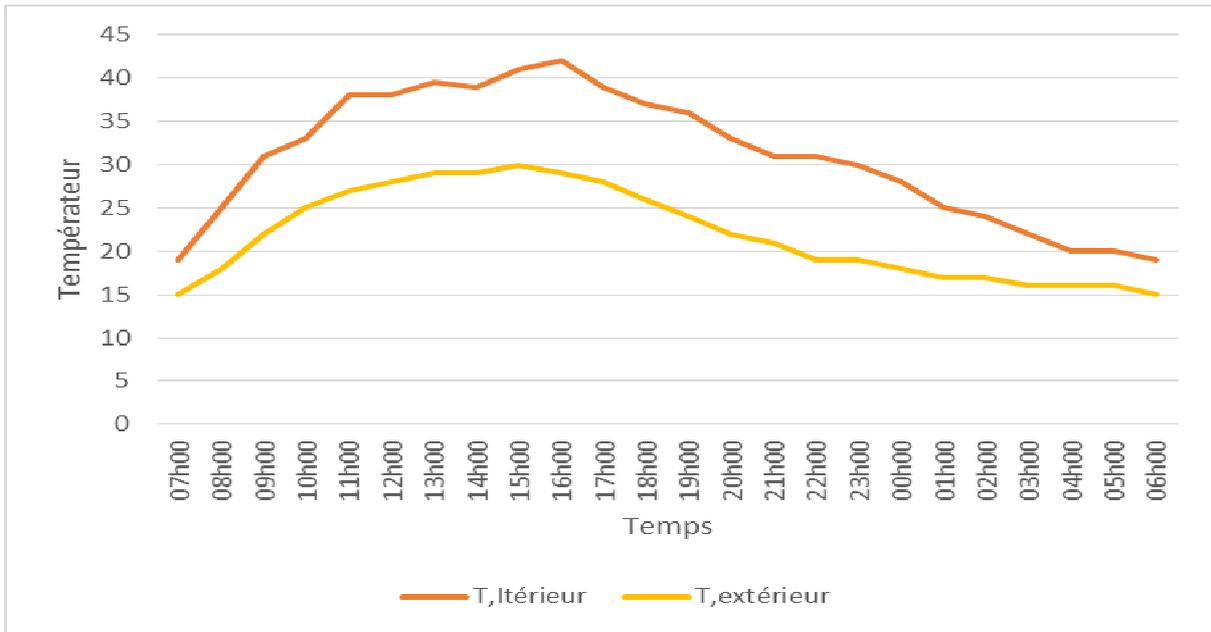


Figure III.11 : Evolution de température sous serre sans contrôle au cours de 24h

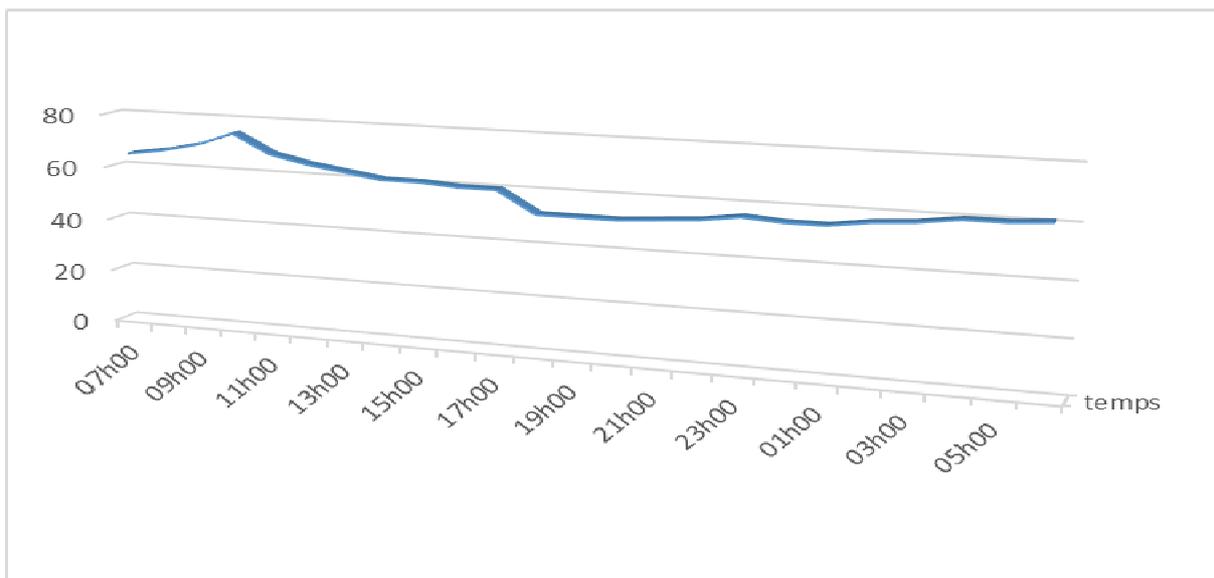


Figure III.12 : Evolution d'humidité sous serre sans contrôle au cours de 24h

## Interprétation :

D'après ces enregistrements, on peut conclure que le climat à l'intérieur de la serre est fortement influencé par les conditions externes (température, rayonnement solaire).

On remarque qu'il ya une différence entre la température intérieur et extérieur avec une plage de 8°C jusqu'à 15°C.

Un abaissement de température de l'air s'accompagne d'une hausse de son humidité relative.

### III.5.2 Enregistrement avec contrôle

Nous présentons dans cette partie les résultats obtenus suite à l'implantation des actionneurs qui aident à réguler le climat dans la serre, il s'agit de l'évolution de la température et de l'humidité de l'air. Cet enregistrement a été effectué le 05/09/2019.

Nous avons choisis comme consigne une température de 30°C et une humidité relative de 65%.

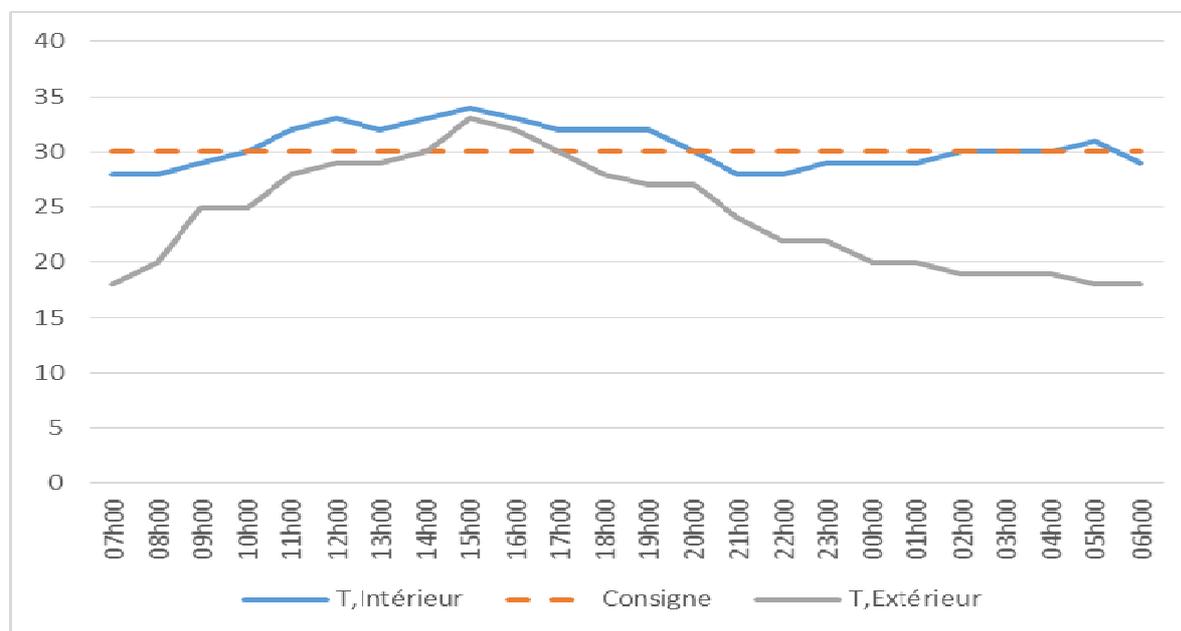
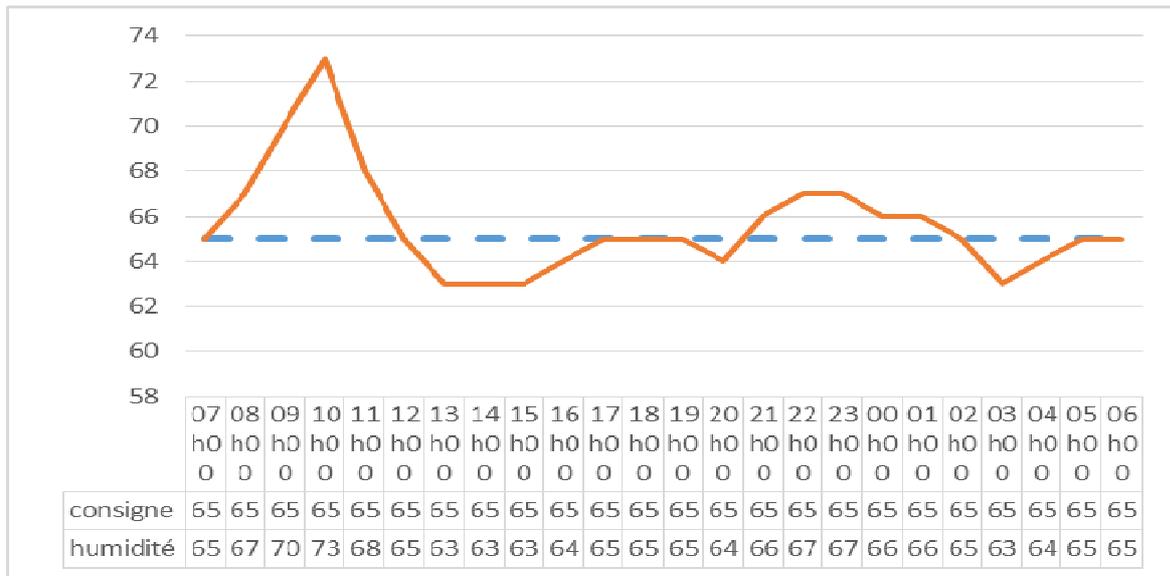


Figure III.13 : Evolution de température sous serre avec contrôle au cours de 24h



**Figure III.14 : Evolution d'humidité sous serre avec contrôle au cours de 24h**

### Interprétation :

on remarque que la température se varie entre 28°C et 34°C et ça grâce à l'extracteur qui aide à baisser la température et la lampe que nous avons utilisé comme une résistance pour augmenter la température.

- variation d'humidité entre 63% et 73%.

- les obstacles que nous avons croisés sont :

Augmentation d'humidité de l'air entraîne un abaissement de sa température. Cette maîtrise n'est jamais complète, il est difficile en fait d'agir sur un élément de l'environnement sans modifier un autre élément.

## III.6.Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté en détail la réalisation de notre projet. Nous avons commencé par montage de la structure et l'installation des capteurs et actionneurs. Ensuite, Nous décrivons le fonctionnement de la serre par a un organigramme fonctionnel qui décrit le fonctionnement global de notre système. Enfin, nous avons conclu ce chapitre avec des résultats obtenus durant des tests présenté sous forme des graphes.

# Conclusion générale

Dans le cadre de notre projet, nous avons réalisé une serre intelligente qui a pour fonction la gestion des différentes tâches qui ont lieu dans le milieu agricole tout en offrant un climat favorable à la culture. Dans un premier temps, nous avons dû nous documenter sur les serres et leur but. Ensuite, nous avons fait des recherches sur l'effet de la serre et son climat ambiant. De plus, autre étape importante du projet est le choix de l'Arduino comme outils de programmation de notre système offre la souplesse d'utilisation du module précité conformément aux exigences. À noter également l'utilisation des capteurs afin de transmettre la grandeur physique en forme de signal vers l'Arduino. Enfin, dernier objectif proposé, la gestion des différentes installations qui travaillent en fonction des données acquises et leur impact programmé.

Nous avons organisé ce mémoire en trois chapitres :

Dans le premier chapitre, nous avons déterminé les paramètres les plus agissants sur la croissance de la culture sous serre afin d'améliorer nos connaissances, nous avons effectué un état de l'art sur la présentation des serres et ses différents types, ainsi que les équipements et outils qui nous permettent de contrôler et de gérer les paramètres climatique afin de répondre au cahier de charge.

Dans le 2<sup>ème</sup> chapitre, nous avons présenté les différents composants et logiciels que nous avons utilisés dans notre réalisation, et l'étude de leur caractéristique et performances qui nous a mené à choisir ces derniers pour mieux répondre aux exigences et les objectifs du cahier des charges.

Dans le 3<sup>ème</sup> chapitre, nous avons entamé le montage de la structure ainsi que les équipements de régulation de la serre. Ensuite nous avons décrit le fonctionnement global de notre système par un organigramme fonctionnel. En fin nous avons mis en marche notre système et effectuer les premiers tests de fonctionnement qui nous ont donnés des résultats concluants.

Ce travail nous a donné la possibilité d'améliorer nos connaissances théoriques et pratiques.

Pour l'avenir le bagage technique développé au cours de cette expérience, nous a guidé a dégagé plusieurs pistes respectivement à savoir :

- ✓ Le passage de la maquette vers une réalisation officielle,
- ✓ La possibilité d'ajouter d'autres fonctionnalités à l'écart comme la commande à travers d'un site internet personnel,
- ✓ Utiliser des actionneurs et des capteurs industriels,

- ✓ Utiliser des panneaux solaires pour l'alimentation de la serre,
- ✓ Ajouter un système de sécurité pour protéger la serre.

# Références bibliographiques

## Bibliographie

- [1] CHAMCHAOUI Wahib , ELAYDI Younes , MAGZARNI Aïmane , SMAILI Anass , KADDOURI Hamz « Une Serre Intelligente », ECOLE POLYTECHNIQUE D'AGADIR
- [2] Mr. LEMDANI Rafik Mr. MALOUADJMI Nabil « Etude, conception et réalisation d'une plateforme pour l'automatisation et le contrôle à distance des serres agricoles. » mémoire de master, UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES.
- [3] Kamel MESMOUD. « Etude Expérimentale et Numérique de la Température et de l'Humidité de l'Air d'un Abri Serre Installé dans les Haut Plateaux d'Algérie, Région des Aurè ». Thèse de Doctorat. Batna. Décembre (2010).
- [4] Youcef El Afou « contribution au contrôle des paramètres climatique sous serre ». Thèse de Doctorat. Lille 1 .juin (2014).
- [5] DIDI Faouzi « Optimisation de la gestion du microclimat de la serre par l'introduction de l'intelligence artificielle ». Thèse de Doctorat .Tlemcen. Octobre (2018).
- [6] Image disponible sur : <http://www.agriexpo.online/fr/prod/zwirs-projects-bv/product-181093-46775.html>
- [7] Image disponible sur : <http://fr.construct-yourself.com/improvement/small-forms/how-to-make-the-ventilation-in-the-greenhouse-polycarbonate.html>
- [8] M. GUERBAOUI, Y. El Afou , A. ED-DAHAK, L. Ezzine, A. Lachhab, L. Belkouran, et B.Bouchikhi « Etude et dimensionnement d'une installation d'électrification hybride utilisant des photo piles solaire et groupe électrogène pour l'alimentation d'un prototype de contrôle et de supervision de paramètres climatique sous serre » CIEREE'2011 ; Faculté des Sciences et technique Fés Maroc . avril(2011).
- [9] A. Lachhab. A. ED-DAHAK, S. DIDI , L. Ezzine, J.R .Salinas , F.Garcia-Lagos, M, Atencia , G.J Gonzalo et B.Bouchikhi « Mise au point d'un système de conrole et de supervision du climat de la fertilisation goutte a goutte sous serre » communication orale présentée dans le journée Internationale des Science et Technologie . Malaga/Tanger Mars (2007).
- [10] <https://www.maison-travaux.fr/maison-travaux/amenagement-exterieur/jardin-amenagement-exterieur/serre/revetement-serre-de-jardin-differences-entre-pvc-polyethylene-fp-187997.html>
- [11] <https://www.aujardin.info/fiches/serre-ventilation.php>
- [12] Image disponible sur : <http://www.novagric.com/fr/technologie/controle-climatique/aeration/forcee>
- [13] Image disponible sur : <http://www.gome.it/fr-fr/catalogue/generateurs/ligne-classique/generateur-de-chaleur-mod-tgs-p-e>

- [14] 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, novembre 2010.
- [15] M. Kechir, H. Mahfoudi, "Acquisition et transmission sur bus CAN des paramètres bioclimatiques d'une serre agricole, " mémoire de master, Université des Sciences et de la technologie Houari Boumediene USTHB, 2012.
- [16] L.Ezzine, A. ED-DAHAK , M. GUERBAOUI , Y. EL AFOU, A. LACHHAB. L. BELKOURA et B. BOUCHKHI « Développement d'un modèle de régression multiple de la température sous serre » 2eme Congrès International Société Marocaine de Mathématiques Appliquées . Rabat . Maroc . octobre (2010).
- [17] M. ELHARZLI « Etude et réalisation d'un capteur multifonction ; flux thermique, température et humidité. Application a la régulation d'une serre » Thèse de Doctorat, d'Etat , Faculté des Sciences Meknés (2009).
- [18] M. ELHARZLI , B. BOUCHKHI « conception et caractérisation de nouveaux capteurs de flux thermique par couplage thermoélectrique dans les contacts bimétalliques » Phys. Chem News 20 ; 63-74 (2004).
- [19] <https://www.ulmaagricola.com/fr/serres/equipements/brasseur-d-air/>
- [20] Youcef El Afou « contribution au contrôle des paramètres climatique sous serre ». Thèse de Doctorat. Lille 1 .juin (2014).
- [21] Image disponible sur : <https://www.ulmaagricola.com/fr/serres/equipements/chauffage-d-eau/>
- [22] Image disponible sur : <https://www.cdiscount.com/jardin/arrosage/kit-de-brumisation-pour-serre/f-1632712-out3612441150496.html>
- [23] <https://www.serre-en-direct.fr/serre-d-occasion-et-materiel-de-serre/53-serre-tunnel-occasion-filclair.html>
- [24] Image disponible sur : <https://www.cdiscount.com/jardin/arrosage/kit-de-brumisation-pour-serre/f-1632712-out3612441150496.html>
- [25] <https://www.cdiscount.com/jardin/arrosage/kit-de-brumisation-pour-serre/f-1632712-out3612441150496.html>
- [26] Scott Fitzgerald, Micheal Shiloh et Tom Igoe ''Le livre de projet arduino'', (septembre 2012).
- [27] <https://docplayer.fr/7781775-Les-boutons-poussoirs.html>
- [28] M. Trigui, S. Barrington, L. Gauthier, Structures and environment, "A strategy for greenhouse climate control, " part i : model development. Journal of agricultural engineering research 78(4), p. 407-412, 2001.

- [29] <http://www.marvinsafe.com/wp-content/uploads/tutorial-06-blink-an-led-programming-electronics-academy-led-blink-arduino.png>
- [30] Datasheet Model #: 3190. [En ligne]. Disponible : <http://www.sunrom.com>
- [31] <http://www.datasheet.fr/datasheet/791970/SG90-pdf.html>
- [32] Jean-Noel Rousseau ''Programmer vos premiers montages avec Arduino'', <http://openclassrooms.com/courses/programmer-vos-premiers-montages-avec-arduino/donner-du-mouvement-a-vos-montages-avec-un-servo-moteur>
- [33] Datasheet du DHT11. [En ligne]. Disponible <http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf>
- [34] [http://wiki.sps\\_pi.cz/index.php?title=Soubor:AVR\\_How\\_Servo\\_Motor\\_Control\\_Work\\_s.jpg](http://wiki.sps_pi.cz/index.php?title=Soubor:AVR_How_Servo_Motor_Control_Work_s.jpg)
- [35] Image disponible sur : <https://eskimon.fr/tuto-arduino-602-un-moteur-qui-a-de-la-t%C3%A0te-le-servomoteur>
- [36] Erik Bartmann. « LE GRAND LIVRE D'ARDUINO » édition EYROLLES 2015.
- [37] Dr.Camille Diou.. «Introduction au bus I2C. » université de Lorraine, Nancy.
- [38] Site officiel de labcenter : <https://www.labcenter.com/>
- [39] <http://www.arduino.cc/en/main/software>
- [40] Datasheet RDL/SOM/13/001/V1.0 disponible sur : <http://researchdesignlab.com/index.php/sensors/soil-moisture-sensor-90.html>



# Annexe

## Structure de base d'IDE Arduino

### 1. La barre des icônes

La barre d'icônes se situe sous celles des menus



### 2. Le V de vérifier

Ce bouton permet de vérifier le programme. C'est-à-dire que le logiciel Arduino va chercher si ce que vous avez écrit est conforme à ce qui est attendu.

### 3. La flèche de téléverser

Pour transmettre le programme compilé avec succès sur la carte Arduino dans le microcontrôleur.

### 4. Bouton Nouveau

Permet de créer un nouveau programme.

### 5. Bouton ouvrir

Cette icône sert à charger un programme enregistré sur le disque dur dans l'IDE. Elle vous permet aussi d'accéder aux nombreux exemples livrés avec l'IDE.

### 6. Bouton enregistrer

Pour enregistrer le programme sur un support donné. L'enregistrement s'effectue par défaut dans le répertoire du livre de programme mentionné plus haut.

### 7. Le corps

Le programme doit être composé des deux fonctions obligatoires :

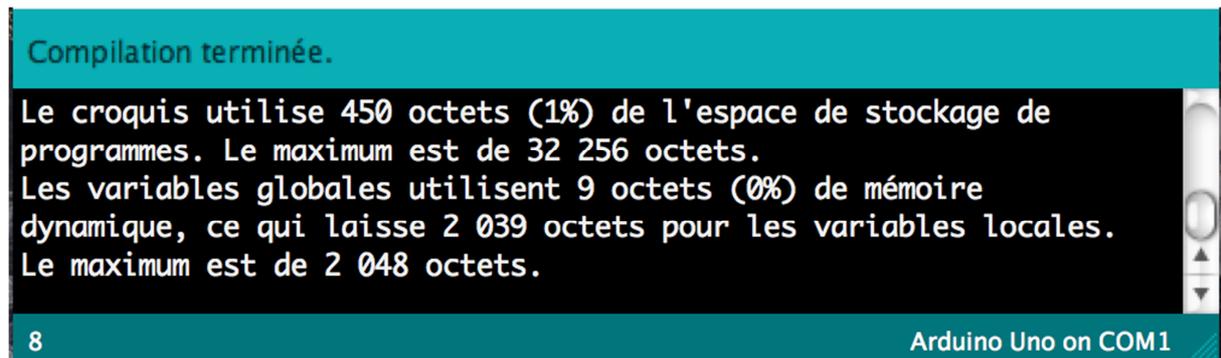
- la fonction d'initialisation `setup()` qui est exécutée une seule fois au démarrage.
- la fonction "boucle sans fin" `loop()` qui s'exécute à l'infini

```
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}
```

### 8. message de compilation

Si tout va bien, aucun message d'erreur ne doit apparaître dans la console et la zone de message doit afficher compilation terminé.

A screenshot of an Arduino IDE console window. The window has a teal header bar with the text "Compilation terminée." in white. Below the header, the main area is black with white text. The text reads: "Le croquis utilise 450 octets (1%) de l'espace de stockage de programmes. Le maximum est de 32 256 octets. Les variables globales utilisent 9 octets (0%) de mémoire dynamique, ce qui laisse 2 039 octets pour les variables locales. Le maximum est de 2 048 octets." On the right side of the console, there is a vertical scrollbar. At the bottom of the window, there is a teal footer bar with the number "8" on the left and "Arduino Uno on COM1" on the right.

```
Compilation terminée.  
Le croquis utilise 450 octets (1%) de l'espace de stockage de programmes. Le maximum est de 32 256 octets.  
Les variables globales utilisent 9 octets (0%) de mémoire dynamique, ce qui laisse 2 039 octets pour les variables locales. Le maximum est de 2 048 octets.
```

Les niveaux minimums requis pour l'éclairage public et l'éclairage des lieux de travail :

Activité ou lieu concerné	Éclairage moyen
Sensibilité d'une caméra	0,001 lux
Nuit de pleine lune	0,5 lux
Rue de nuit bien éclairée	20 à 70 lux
Local de vie	100 à 200 lux
Appartement bien éclairé	200 à 400 lux
Local de travail	200 à 3 000 lux
Stade de nuit (suivant les différentes catégories : E1, E2, E3, E4, E5)	150 à 1 500 lux
Extérieur par ciel couvert	500 à 25 000 lux
Extérieur en plein soleil	50 000 à 100 000 lux