

# وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJI MOKHTAR- ANNABA UNIVERSITY  
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA



جامعة باجي مختار عنابة

Année : 2021

Faculté: Sciences de l'Ingénierat  
Département: Électronique

## MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de : MASTER

**Intitulé :**  
**Implémentation d'un système de surveillance d'une  
serre agricole**

**Domaine : Sciences et Technique**

**Filière : Électronique**

**Spécialité: électronique des systèmes embarqués**

**Présenté par :**

**Zinee ddine BELOUIZA**

**DEVANT Le JURY**

**Président : S.BENMOUSSA**

**MCA**

**UBM Annaba**

**Directeur de mémoire: Mohamed. BENOURET**

**PR**

**UBM Annaba**

**Examineur : A.YAHI**

**MCB**

**UBM Annaba**

# ملخص

يتكون هذا العمل من دراسة وتصميم البيوت البلاستيكية و التحكم فيها.  
يتكون هذا المشروع من ثلاثة أجزاء:  
في الجزء الأول تعرف على البيوت البلاستيكية الحديثة وخصائصها الرئيسية.  
في الجزء الثاني قدمنا وصفاً مفصلاً للنظام المعني وكيفية تنفيذه باستخدام متحكم دقيق بالإضافة إلى اكتشاف وحدات جديدة لتحسين نظام التدفئة والتبريد.  
أخيراً ، أنتجنا نموذجاً أولياً لبيت زجاجي سمح لنا باختبار الأداء والتشغيل السليم لنظامنا.

## **ABSTRACT**

This work consists of studying, designing and building a platform for the automation and control of agricultural greenhouses.

This project is made up of three parts:

In the first part got acquainted with modern agricultural greenhouses their main features.

In the second part, we gave an in-depth description on the concerned system and how to implement it using a microcontroller in addition to the discovery of new modules for the optimization of the heating and cooling system.

Finally, we produced a prototype greenhouse which allowed us to test the performance and proper functioning of our system.

## **RESUME**

Ce travail consiste à faire l'étude, la conception ainsi que la réalisation d'une plateforme pour l'automatisation et le contrôle des serres agricoles.

Ce projet est constitué en trois parties :

Dans la première partie ont fait connaissance avec les serres agricoles modernes leurs principales caractéristiques.

Dans la deuxième partie, nous avons donné une description approfondie sur le système concerné et comment l'implémenter à l'aide d'un microcontrôleur de plus la découverte de nouveaux modules pour l'optimisation du système de chauffage et de refroidissement.

Enfin nous avons réalisé une serre prototype qui nous a permis de tester les performances et le bon fonctionnement de notre système.

# **REMERCIEMENTS**

En guise de reconnaissance, je tiens à témoigner mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribués de près ou de loin au bon déroulement de ce projet de fin d'étude et à l'élaboration de ce modeste travail.

Mes sincères gratitudees à Pr. **Mohamed BENOURET** pour la qualité de son enseignement, ses conseils et son intérêt incontestable qu'il porte à tous les étudiants.

Je tiens à remercier l'ensemble des doctorants M. OUSSAMA, ABDENNOUR, ABDELATIF, HICHEM, aussi mes amies ZAKARIA et ASMA pour leur soutien.

Dans l'impossibilité de citer tous les noms, nos sincères remerciements vont à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont permis par leurs conseils et leurs compétences la réalisation de ce mémoire

Enfin, je tien remercier les juré professeurs **YAHIA** et **S.BENMOUSSA** pour leur présence

*A ma mère, mon père et ma petite sœur...*

# Liste des Tableaux

<b>Tab</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
Tableau 1	Avantages et inconvénients des serres	05

# Liste des Figures

<b>Fig</b>	<b>Titre</b>	<b>Page N°</b>
Figure 01	Différents types de serres	03
Figure I.2	Serre type tunnel.	03
Figure I.3	Serres en verre	04
Figure I.4	Serres multi-chapelle	04
Figure I.5	Ventilation par extracteur d'air	09
Figure I.6	Ventilation par des fenêtres automatiques	09
Figure I.7	Ventilation par des fenêtres automatiques	09
Figure I.8	Exemple d'appareil de chauffage utilisé dans les serres	11
Figure I.9	Rideaux utilisés dans les serres pour réduire la lumière du soleil	12
Figure I.10	Systèmes de refroidissement "Cooling Pad	12
Figure I.11	Éclairage LED dans une serre agricole	13
Figure I.12	Éclairage SHP dans une serre agricole	14
Figure I.13	Réservoirs de CO2 liquide	15
Figure I.14	Irrigation par goutte-à-goutte	16
Figure I.15	Irrigation par aspersion	16
Figure II.1	Schéma explicatif du dispositif à réaliser	19
Figure II.2	Schéma synoptique	20
Figure II.3	Capteur humidité	23
Figure II.4	Relai de (12 V/10A)	24
Figure II.5	Module PELTIER	25
Figure II.6	Circuit thermoélectrique	25
Figure II.7	<i>Schéma d'une cellule à effet Peltier</i>	26
Figure II.8	Système d'irrigation	28
Figure II.9	Système d'humidification	29
Figure III.1	Circuit du module PELTIER	33
Figure III.2	circuit de ventilation au module PELTIER	33
Figure III.3	Organigramme de commande de Température	34
Figure III.4	Humidification	34
Figure III.5	Organigramme de commande d'humidité	35
Figure III.6	Menu déroulant	36
Figure III.7	TIMER WATCH-DOG (WDT externe)	36
Figure III.8	Conception globale	37
Figure III.9	circuit de commande de la pompe a l'aide d'un relais.	38
Figure III.10	Organigramme de commande d'humidité du sol	38
Figure III.11	module PELTIER	39
Figure III.12	DHT22	39

## **Liste des Figures**

Figure III.13	ventilation	40
Figure III.14	circuit humidificateur	40
Figure III.15	Système d'irrigation	41
Figure III.16	Assemblage des cartes	41

# Table des matières

<b>Liste des figures</b>	I
<b>Liste des tableaux</b>	II
<b>Remercîment et remerciement</b>	III
<b>Résumé</b>	VI
<b>INTRODUCTION GÉNÉRAL</b>	V
<b>Chapitre I</b>	<b>Généralité sur les serres modernes</b>
<b>I. Introduction</b>	02
I.1. Les serres agricoles	02
I.1.1. Définition	02
<b>I.2.1. Intérêt de la serre</b>	03
I.2.2. Les différents types de serres	03
I.2.2.1. Serres tunnel	03
I.2.3. Serres en verre	04
I.2.3.1. Serres multi-chapelle	04
I.2.3.3. Avantages et inconvénients des trois type de serres citées :	05
I.2.4. Les caractéristiques générales des serres agricoles	06
I.2.4.1. La structure de la serre	06
I.2.4.2. Le revêtement	06
I.2.4.3. Forme extérieure et Taille	06
<b>I.3. Le micro climat de la serre</b>	06
I.3.1. La température ambiant	07
I.3.2. Lumière et rayonnement solaire	07
I.3.3. Influence de l'humidité	07
I.3.4. Le gaz carbonique CO <sub>2</sub>	08
<b>I.4. la Technologie Dans Les Serres Agricoles</b>	08
I.4.1. Ventilation	08
I.4.1.1. Ventilation traditionnelle et naturelle	08
I.4.1.2. Ventilation développée	09
I.4.2. Chauffage de Serre	10
I.4.2.1. Le chauffage au gaz	10
I.4.2.2. Le chauffage à pétrole	10
I.4.2.3. Le Chauffage électrique	10
I.4.3. Systèmes de refroidissement	11
I.4.3.1. Rideaux d'ombrage	11
I.4.3.2. Panneaux humides de refroidissement (Cooling Pad)	12
I.4.4. Système d'éclairage artificiel	13
I.4.4.1. Éclairage par LED	13
I.4.4.2. Éclairage par lampe de sodium haute pression (SHP)	14
I.4.5. Système d'injection de CO <sub>2</sub>	15
I.4.6. Système Arrosage automatique	15
I.4.7. Caméra de Surveillance	16
<b>I.5. Conclusion</b>	17

# Table des matières

<b>Chapitre II</b>	<b>Description du système à réaliser</b>	
<b>II.1. Introduction</b>	.....	19
II.2.1. Le plan explicatif	.....	20
II.2.2. Principe de fonctionnement	.....	21
<b>II.3.La partie commande</b>	.....	21
II.2.1. Choix de carte (Arduino Nano)	.....	21
II.3.1.1 Caractéristiques	.....	22
II.3.2. La carte Arduino Nano	.....	22
II.2.3.2. Capteurs climatiques internes	.....	22
II.2.3.2.1. Capteur d'humidité DHT22	.....	23
II.2.3.2.2. Capteur d'humidité du sol	.....	23
II.2.3.2.3. Capteur fin de course	.....	24
II.2.4. Les circuits de puissance	.....	24
II.2.5. Les actionneur	.....	24
II.2.5.1 Système de chauffage et de refroidissement	.....	24
II.2.5.1.1. Module PELTIER	.....	24
II.2.5.1.2 Définition.	.....	25
II.2.5.1.3. principe du module PELTIER	.....	26
II.2.5.1.4. théorie du module PELTIER	.....	27
II.2.5.1.5. Effet Réciproque De La Cellule PELTIER	.....	27
II.2.5.2 Système d'irrigation	.....	27
II.2.5.3 Système d'humidification	.....	29
<b>III.3 Conclusion</b>	.....	30
<b>Chapitre III</b>	<b>Conception et réalisation</b>	
<b>III.1.Introduction</b>	.....	32
<b>III.2 Partie conception</b>	.....	32
<b>III.3 Partie Réalisation</b>	.....	36
<b>III.4 Conclusion</b>	.....	37
<b>CONCLUSION GÉNÉRAL</b>	.....	38
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	.....	
<b>Annexe</b>	.....	



## Introduction générale :

Depuis une dizaine d'années, les cultures maraîchères ont connu un développement considérable sur le pourtour du bassin méditerranéen. Nous remarquons lors de ces dernières années, les structures d'agriculture dans les pays méditerranéens se sont rapidement et profondément transformées. Ces changements se sont accompagnés de la consommation des fruits et des légumes dont la demande est continue toute l'année. Pour s'adapter et répondre efficacement à cette demande, les systèmes de production ont évolué, notamment vers une plus grande maîtrise des conditions de production microclimatique

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 [3].

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'automaticien est très sollicité pour réaliser cette gestion bioclimatique, il est confronté aux difficultés les plus grandes qu'il puisse rencontrer dans le cadre de sa science [4]. En effet, il lui est demandé de mettre en place des régulateurs pour une classe de systèmes parmi les plus difficiles à contrôler.

Nous présentons dans notre projet le système d'irrigation pour les serres modernes, tout en mettant en vigueur la faisabilité ainsi que le budget de réalisation du système.

En agriculture afin d'assurer la bonne croissance des plantes d'une serre, **la mesure** et le **contrôle** sont des facteurs nécessaires.

Notre projet a donc pour vocation la mesure et le contrôle de la température et l'humidité ainsi que la mise en place d'un système d'irrigation intelligent dédié à l'arrosage des plantes d'une serre agricole.

# **Chapitre I**

**Généralité sur les serres modernes**

## **I. Introduction :**

Dans ce chapitre, nous présenterons une vue globale sur comment cultiver les plantes, fruits et légumes dans les serres agricoles, les différents types de ces dernières, ainsi que les paramètres climatiques qui contrôlent la croissance des plantes, et aussi les derniers systèmes automatiques qui sont utilisés pour contrôler et réguler les paramètres climatiques avec précision, pour répondre aux besoins des plantes et leur libération du climat extérieur et même des saisons.

La technologie est conçue dans la serre pour contrôler et de gérer les paramètres climatiques (l'humidité, la température, le rayonnement solaire, l'irrigation et concentration de gaz CO<sub>2</sub>) en les maintenant aux voisinages des consignes tout en s'affranchissant des paramètres climatiques externes.

L'application des techniques de régulation automatique a permis de réaliser les objectifs techniques et économiques par le producteur tels que :

- Augmenter le rendement de la production agricole ;
- Se projeter vers les énergies renouvelables ;
- Améliorer la qualité des produits agricoles ;
- Production de légumes et de fruits en toutes saisons ;
- Contrôle et gestion à distance de la quantité et du type de production agricole.

### **I.1. Les serres agricoles :**

#### **I.1. 1. Définition :**

L'agriculture sous serre consiste principalement à faire pousser des plantes ou des cultures dans une structure avec des murs et un toit principalement en matériau transparent. L'intérieur d'une serre exposée au soleil est nettement plus chaud que la température extérieure, protégeant ses plantes des conditions extrêmes. Et offrant la possibilité de se développer toute l'année dans des conditions difficiles.

#### **I.2.1. Intérêt de la serre :**

La serre de culture est conçue pour recréer un environnement donné (microclimat), elle offre la possibilité de s'affranchir des contraintes climatiques extérieures (pluie, vent, froid). Elle assure le chauffage de l'air et des racines, l'enrichissement en CO<sub>2</sub>, le contrôle de l'humidité ainsi que l'irrigation et de la fertilisation. La serre de culture influe positivement sur le plan économique en présentant des produits sur le marché en contre saison.

Elle permet d'obtenir un résultat de produit végétale dans des conditions meilleures que celles existant naturellement par conséquent une meilleure qualité. Afin d'aboutir à ces résultats, il faut s'aligner aux exigences de la culture pour les différents paramètres de développement, ceci suppose la bonne application de ces divers paramètres.

## I.2.2. Les différents types de serres :

Le type de serre change selon les conditions ci-dessus (conditions de Choix), Il existe trois principaux types de structures de serre :

La serre en verre, les serre tunnel et multi chapelle(Figure I.1 A, B et C).



Figure 01 : Différents types de serres

### I.2.2.1. Serres tunnel :

La serre tunnel (Figure I.2) est Bien fixé dans la terre, elle est formée de beaucoup d'arches métalliques et, recouverts d'un film souple en plastique (généralement blanc transparent ou jaune transparent) et c'est ce qui lui donne la forme d'un tunnel.



Figure I.2 : Serre type tunnel.

### Caractéristique des serres tunnel :

- La hauteur varie généralement entre 02 et 2,50 mètres ;
- La largeur se situe entre 03 et 05mètres ;
- Une surface au sol minimal de 06 m<sup>2</sup> ;
- Généralement existe deux portes.

### I.2.3 Serres en verre :

Les serres en verre (Figure I.3) comme les serres multi-chapelle dans la structure la seule différence est dans la couverture où les plaques de verre sont utilisées dans ce type à la place du film plastique.



Figure I.3 : Serres en verre [5].

#### Caractéristique des Serres en verre:

- Matériaux utilisés dans la couverture (verre, métal, etc.);
- Couverture avec verre résistant au choc thermique ;
- Utilisation du verre résistant à haute température;
- Des éléments métallique (Aluminium, fer...).

#### I.2.3.1. Serres multi-chapelle :

Les serres Multi-chapelle (Figure I.4) 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 [6].



Figure I.4 : Serres multi-chapelle [4].

**Caractéristique des serres multi-chapelle :**

1-Matériaux utilisés dans la couverture :

- Film plastique ;
- Matériaux semi-rigides ;
- Plaque rigide.

2- Les éléments en aluminium ou fer :

- Poteaux d'installation ;
- Arches en tôle d'aluminium.

3. Grande volume intérieur : Sa hauteur atteint 06 mètres et la superficie peut dépasser 100m².

4- La nature de la structure permet la bonne exploitation du rayonnement solaire

5- Elles procurent une aération uniforme de l'installation Les différents modèles sont conçus pour résister à des conditions climatiques déterminées.

6- Aérations au faîtage ou latérales.

**I.2.3.3. Avantages et inconvénients des trois types de serres citées :**

Le tableau ci-dessous récapitule les différents types de serres ainsi que leurs avantages et inconvénients [17].

<b>Types de serres</b>	<b>Avantage</b>	<b>Inconvénients</b>
❖ Serres tunnels	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les plus utilisées par les agriculteurs.</li> <li>• Basiques et économiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas hautes et pas adaptées pour les tomates hors-sol</li> </ul>
❖ Serres plastiques Multi chapelles simple ou double paroi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un grand volume d'air grâce à leur hauteur optimale ainsi qu'une largeur importante pour une production intense.</li> <li>• Très isolantes.</li> <li>• Leur système d'aération avec ouverture permanente ou fermeture possible permet une ambiance saine et une aération optimale.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manque de lumière</li> </ul>
❖ Serres verres	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Très lumineuses</li> <li>• Hauteur optimale</li> <li>• Très robustes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plus coûteuses</li> <li>• Plus fragiles (sensibles à la grêle)</li> </ul>

Tableau 1 : Avantages et inconvénients des serres

## I.2.4. Les caractéristiques générales des serres agricoles :

### I.2.4.1. La structure de la serre :

En fonction du type de serre en choisissant le matériau et la structure, en tenant compte la faisabilité l'emplacement ainsi le budget disponible.

- **Structure en aluminium** : C'est un matériau léger, très pratique et très utilisé, pour sa solidité et de résistance contre la corrosion. Une structure en aluminium de qualité peut durer une centaine d'années.
- **Structure en bois** : C'est le matériau le plus séduisant car le plus « noble » et le plus esthétique, il faut le choisir imputrescible et s'il est bien entretenu, il pourra durer lentement.
- **Structure en acier** : L'acier présente l'avantage d'être souple et résistant. Une serre en acier pourra avoir la longévité d'une serre en aluminium à condition de prendre garde à la rouille.
- **Structure en PVC** : Le PVC est relativement bon marché et c'est un des meilleurs isolant, mais il est peu apprécié esthétiquement et sa longévité n'est pas exceptionnelle [7].

### I.2.4.2. Le revêtement :

- Le film souple laisse parfaitement passer la lumière et retient bien la chaleur. C'est le revêtement le plus économique mais il devient jaune et cassant au bout de trois à quatre ans et doit donc être régulièrement remplacé.
- Le plastique est vendu sous forme de grandes feuilles légères et projette donc peu d'ombre.
- Il est aussi le plus hermétique des revêtements, donc le meilleur conservateur de chaleur. Il est cependant difficile à nettoyer.
- Le verre est parfaitement indiqué pour une serre pour ses qualités de transparence, sa durée de vie et sa facilité de nettoyage. Mais il est relativement lourd et fragile, donc potentiellement dangereux notamment pour les enfants, à moins d'être du verre trempé [7].

### I.2.4.3. Forme extérieure et taille :

Les serres sont différentes les unes des autres dans la forme extérieure, la taille et l'espace réservé, cette différence dépend du type d'utilisation, ainsi que l'environnement, le climat extérieur et le terrain.

Les entreprises de fabrication étudient l'emplacement géographique et choisiront la forme la mieux adaptée à cette zone.

## I.3. Le micro climat de la serre :

Le déroulement de la croissance et du développement des différents organes d'une plante, d'une culture, obéit étroitement aux conditions climatiques. Pour cela, les serristes considèrent le climat comme un facteur de rendement qu'il faut essayer de chiffrer afin d'avoir des rendements optimaux, en assurant des conditions climatiques dont elles ont besoin [3].

Les facteurs climatiques les plus importants dans la serre sont :

- La lumière
- L'humidité.
- La température.
- L'irrigation
- Les concentrations des gaz (CO<sub>2</sub>, et O<sub>2</sub>).

### **I.3.1. La température ambiante :**

Chaque espèce requiert une température optimale de croissance qui peut atteindre 18 à 20°C (notamment en cultures maraîchères et pour certaines plantes en pot d'origine exotique).

La température de l'ambiance joue un rôle important pour les fonctions vitales de la plante: la photosynthèse, la transpiration, la circulation de la sève, la multiplication et la différenciation des cellules des organes aériens. (Par exemple, en production de tomate, la température influence fortement le calibre du fruit, la coloration et la forme. La température optimale pour la photosynthèse de la tomate varie entre 22 et 25 °C. En ornement, les différentes espèces ont des températures de croissance optimales très variables. En dessous ou au-dessus de ce seuil de température, la qualité des plantes est plus ou moins dépréciée [3].

Donc Le maintien d'une température d'ambiance d'une serre nécessite l'utilisation d'un système de refroidissement et de chauffage.

### **I.3.2. Lumière et rayonnement solaire :**

Le rayonnement (solaire ou artificiel) active la photosynthèse des cultures et permet d'obtenir une bonne qualité des plantes et des fruits produits.

L'utilisation de la lumière artificielle (éclairage photosynthétique) pour une croissance optimale des plantes entraîne une consommation d'énergie électrique.

Pour que l'éclairage artificiel soit efficace, doit fournir entre 50 et 200W électriques par m<sup>2</sup>, ce qui nécessite l'installation de lampes de forte puissance électrique (400 à 600W). L'inconvénient réside donc dans le coût en électricité engendré [3].

### **I.3.3. Influence de l'humidité :**

En période nocturne, les serres étant généralement fermées l'humidité relative de l'air y est élevée. Des considérations se produisent fréquemment au niveau des parois et peuvent tomber sur la végétation créant ainsi des conditions particulièrement favorables au développement des maladies cryptogamiques. En période diurne, l'élévation de la température de l'air peut déterminer un abaissement exagéré de son humidité relative de l'air et provoque un véritable « stress hydrique » au niveau de la végétation, lorsqu'il s'agit d'abaisser le degré d'hygrométrie, l'aération où la ventilation s'impose [1].

### **I.3.4. Le gaz carbonique CO<sub>2</sub> :**

Le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) est indispensable au phénomène de la photosynthèse (également appelé assimilation chlorophyllienne), grâce auquel les plantes vertes utilisent l'énergie lumineuse pour transformer le CO<sub>2</sub> en eau et en sucre. Ces sucres servent ensuite à divers mécanismes de

croissance contrôlés par le processus de la respiration. La différence entre la photosynthèse et la respiration détermine l'importance de l'accumulation de matière sèche (croissance) dans la plante. L'objectif de tous les serriculteurs est d'accroître la teneur en matière sèche des plantes et d'obtenir un rendement maximum au moindre coût. Le CO<sub>2</sub> accroît la productivité en améliorant la croissance et la vigueur des plants. L'apport de CO<sub>2</sub> peut améliorer la productivité en favorisant notamment la floraison hâtive, en augmentant le rendement en fruits, en réduisant la chute prématurée du bouton chez les roses ou en améliorant la vigueur de la tige et la taille de la fleur. Les serriculteurs devraient considérer le CO<sub>2</sub> comme un élément nutritif. Photosynthèse. À titre indicatif, dans la majorité des cultures en serre, le rendement photosynthétique augmente de 50 % lorsque la concentration de CO<sub>2</sub> passe de 340 ppm (concentration de l'air ambiant) à 1000 ppm [8].

#### **I.4. la Technologie Dans Les Serres Agricoles :**

Il existe de nombreuses techniques et annexions modernes, qui sont incluses dans les serres pour contrôler les conditions climatiques dans la serre et pour fournir une atmosphère adaptée aux plantes agricoles, dans le but d'obtenir une production agricole supérieure à la normale. Exemple : la ventilation, chauffage, les systèmes de refroidissement...etc.

##### **I.4.1. Ventilation :**

Depuis l'invention de la serre, l'homme a mis au point une solution pour la ventilation des serres par des fenêtres avec différentes formes et tailles, ont été placées en fonction des besoins des plantes et de la forme de la serre.

Il y a deux méthodes de ventilation d'une serre :

##### **I.4.1.1. Ventilation traditionnelle et naturelle :**

Les agriculteurs ont utilisé la ventilation traditionnelle (Figure I.4) comme solution simple et peu coûteuse, pour contrôler le climat de serre, et adapté la température et l'humidité, pression atmosphérique au maximum possible par des fenêtres s'ouvrir et se fermer manuellement, et permettre à l'air de bien circuler.



Figure I.5 : Ventilation naturelle dans une serre agricole [6].

#### I.4.1.2. Ventilation développée :

En raison de la nécessité d'utiliser la ventilation développée (Figure I.6, Figure I.7), il existe de nombreuses technologies et les appareils électriques utilisés. Dans la ventilation des serres sont souvent constitués des fenêtres, portes et ventilateurs, Ils sont souvent connectés à une unité de contrôle central qui ouvre et ferme les ports en fonction des valeurs du capteur, ces types de ventilation développée sont utilisés pour l'adaptation du climat interne de la serre.



Figure I.6 : Ventilation par extracteur d'air [6].



Figure I.7 : Ventilation par des fenêtres automatiques [6].

La recirculation de l'air permet d'éviter les condensations, les maladies des cultures et améliore leur transpiration.

Ce type assure une ventilation adéquate à des moments précis, cela permet aussi de contrôler l'ouverture des fenêtres dans des conditions difficiles (fermeture complète des fenêtres lors de chutes de neige et de vents violents).

#### **I.4.2. Chauffage de Serre :**

Pour maintenir la température nécessaire à la survie des plantes, il faut installer un système de chauffage dans la serre. Il aura un rôle soit d'antigel en maintenant la température vers 2° C au minimum soit de chauffage au sens strict du terme pour obtenir une ambiance tempérée ou tropicale dans la serre. Le système de chauffage doit être suffisamment puissant pour atteindre et maintenir efficacement la température choisie. Quant à l'énergie utilisée, tout dépend de région climatique, des frais d'installation et des coûts d'utilisation compte tenu du système de chauffage qui équipe la serre [9].

##### **I.4.2.1. Le chauffage au gaz :**

Le chauffage au gaz s'avère très efficace dans la serre. Le gaz de ville étant naturellement exclu car son installation serait chère et compliquée, même le butane est inefficace car il est trop sensible au gel, donc il est mieux d'utiliser du propane, qui lui ne gèle pas, toutes les bouteilles de gaz doivent être sorties de la serre pour éviter tout risque d'explosion par surchauffe.

Il faut aussi surveiller avec plus d'attention l'aération de la serre car la combustion du propane dégage de la vapeur d'eau. S'il est mal réglé, il peut également émettre des vapeurs toxiques pour les plants [9].

##### **I.4.2.2. Le chauffage à pétrole :**

Le chauffage à pétrole est efficace mais peu précis. Économique et totalement autonome, il permet de gagner quelques degrés, Il faut aussi surveiller tous les jours le niveau de pétrole dans les réservoirs [9].

##### **I.4.2.3. Le Chauffage électrique :**

Le chauffage électrique est non contaminé mais coûteux et inefficace dans les grandes serres, donc il n'est pas utilisé beaucoup dans les grandes serres.

Afin de contrôler le chauffage de la serre, il est préférable de faire une étude pour déterminer le nombre de chauffages nécessaires pour la taille de la serre, et les installer dans des endroits

très précis, pour assurer une meilleure diffusion de chaleur. Comme nous le savons, la chaleur en haut sera plus élevée qu'en bas. Il est donc recommandé de placer de petits ventilateurs en haut pour distribuer l'air dans les quatre coins de la serre.



Figure I.8 : Exemple d'appareil de chauffage utilisé dans les serres [6].

### **I.4.3. Systèmes de refroidissement :**

Il existe plusieurs méthodes de refroidissement utilisées dans les serres. Nous expliquerons certaines méthodes de refroidissement.

#### **I.4.3.1. Rideaux d'ombrage :**

Les rideaux thermiques (Figure I.9) peuvent être utilisés pour ombrager la serre et limiter l'augmentation de la température à l'intérieur de celle-ci. Les rideaux thermiques peuvent réduire la température jusqu'à 6°C lorsque comparés à une serre qui n'utilise pas de rideaux thermiques, la configuration optimale d'un rideau thermique dans une serre dépend au besoin du producteur [10].



Figure I.9 : Rideaux utilisés dans les serres pour réduire la lumière du soleil [10].

#### I.4.3.2. Panneaux humides de refroidissement (Cooling Pad) :

Cette méthode de refroidissement (Figure 10) consiste à faire circuler de l'eau froide dans un panneau de cellulose à base de plastique ou à base de cellulose ayant reçu un traitement spécifique, combinée à des ventilateurs d'extraction d'air mécanique. Les panneaux de refroidissement sont installés dans une section de murs, idéalement, celle qui est exposée aux vents dominants. La Figure I.10 représente une installation de panneaux de refroidissement du côté extérieur du mur de la serre [10].

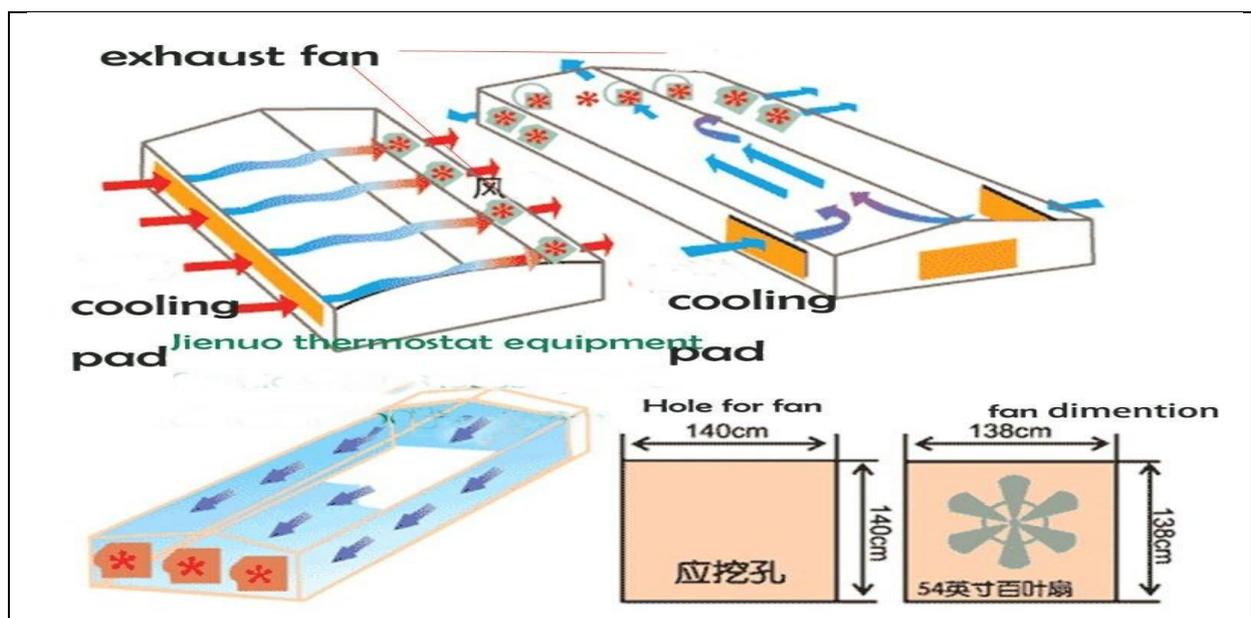


Figure I.10 : Systèmes de refroidissement "Cooling Pad "[10].

#### **I.4.4. Système d'éclairage artificiel :**

La lumière est un facteur essentiel pour la croissance des plantes. Les serres sont conçues pour créer un environnement optimal pour les plantes en croissance. Parce que la lumière du soleil est la source de lumière la moins chère, la translucidité des serres et l'ombrage à effet de serre sont des facteurs importants.

Malheureusement, la lumière naturelle n'est pas toujours disponible en quantité suffisante pour la culture commerciale. L'éclairage artificiel permet aux producteurs d'augmenter leur productivité et de prolonger la saison de croissance. Pour que les plantes poussent, elles utilisent une portion relativement faible de l'apport total (spectre).

Par conséquent, les systèmes d'éclairage de serre fournissent un spectre différent des sources lumineuses habituelles et innovent constamment pour optimiser leur efficacité énergétique [12].

##### **I.4.4.1. Éclairage par LED :**

La technologie LED a de plus en plus de succès comme source d'éclairage innovante dans le secteur mondial de l'horticulture sous serre. L'avenir des lampes LED est prometteur. L'éclairage par LED permet déjà actuellement une efficacité supérieure de 30 à 46%.

Ceci s'explique par le fait que les plantes utilisent l'énergie émise par la technologie LED de manière plus efficace que l'énergie émise par les lampes classiques. Les chiffres sont encore plus impressionnants en matière d'économie d'énergie : la différence avec les lampes classiques peut dans certains cas s'élever à 80%. Les lampes LED ont par ailleurs une durée de vie prolongée par rapport aux autres lampes [13].



Figure I.11 : Éclairage LED dans une serre agricole [13].

**Avantages de l'éclairage LED :**

- Très répandu;
- Peu onéreux;
- Chauffe très peu;
- Prend en général peu de place et peut couvrir de grandes longueurs;
- La concentration des ondes lumineuses bleues et rouges et violette : plus définie avec la technologie LED;
- On peut aussi trouver des lumières blanches dites plein spectre (spectre complet).

**I.4.4.2. Éclairage par lampe de sodium haute pression (SHP) :**

Cette lumière particulière stimule la croissance des plantes en diffusant la partie du spectre électromagnétique idéale pour l'ensemble du processus de photosynthèse. Elle imite les conditions extérieures, en particulier en ce qui concerne la couleur et la température. Les lampes SHP produisent moins d'émissions de carbone. Elles ont également tendance à durer plus longtemps. La plupart des systèmes d'éclairage au sodium haute pression durent normalement entre 12 000 et 24 000 heures [12]

**I.4.4.3. Les tubes fluorescents :**

Appréciés pour leur faible coût et la faible chaleur qu'ils dégagent, ils ont beaucoup été utilisés dans les serres. Leur rendement se situe entre 80 et 110 lm/W, mais le spectre se dégrade rapidement bien avant deux années d'utilisation. Le mercure contenu dans le tube est hautement toxique, ce qui le rend compliqué à recycler et très dangereux pour les plantes s'il se brise [14].



Figure I.12 : Éclairage SHP dans une serre agricole [15]

#### **I.4.5. Système d'injection de CO<sub>2</sub> :**

Le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) est ajouté dans les serres à l'aide de diverses méthodes, dont les meilleures sont les réservoirs de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) liquide, afin d'améliorer la croissance et l'activité des plantes et augmente la productivité. Le CO<sub>2</sub> favorise aussi la floraison hâtive par l'augmentation du rendement en fruits et par l'amélioration de la vigueur des tiges ou de la taille des fleurs [8]



Figure I.13 : Réservoirs de CO<sub>2</sub> liquide [16].

#### **I.4.6. Système Arrosage automatique :**

Il peut être bon de penser à un système d'irrigation, lorsqu'investir dans une serre, en effet, un système d'arrosage automatique comporte de nombreux avantages [17]:

- Adaptation de l'irrigation aux plantes, cela est permis grâce au système d'irrigation goutte à goutte à distance.
- Réglage temporaire : Permet d'arroser à certaines heures (par temps froid ou la nuit).
- Économisez de l'eau et arrosez plus précisément.
- L'irrigation peut être sélective, une ligne à la fois, par exemple.
- Permet d'économiser beaucoup de temps et un contrôle strict de l'approvisionnement en eau.
- Dans le cas de l'irrigation automatique, il faudra privilégier un système permettant d'apporter différentes quantités d'eau en fonction des plantes.

Il existe plusieurs méthodes principales utilisées en irrigation automatique [18]:

### - Le goutte-à-goutte :

Le goutte-à-goutte est conçu pour fournir une quantité d'eau mesurée à chaque plante et sert aussi bien à arroser les parterres que les pots.



Figure I.14: Irrigation par goutte-à-goutte [19].

**-Irrigation par aspersion :** C'est un système idéal pour arroser les jeunes plants, à utiliser de préférence en été, car l'hiver il laisse le feuillage humide et favorise ainsi les maladies.



Figure I.15: Irrigation par aspersion [19].

### I.4.7. Caméra de Surveillance :

Son objectif principal est de connecter les plantes avec les producteurs afin de créer une meilleure visualisation en ligne.

Le système de caméra se connecte depuis n'importe quelle source internet, ce qui permet une surveillance active de la serre 24/24h et 7/7j.

### **I.5. Conclusion :**

Le choix du type et de la structure de la serre dépend du climat de la région et du type de plante à cultiver dans cette serre.

Dans ce chapitre nous avons vu les types de serres agricoles les plus populaires, ensuite nous avons déterminé les paramètres les plus agissants sur la croissance de la culture sous serre, enfin nous avons défini les différents systèmes automatiques nécessaires à la gestion efficace des paramètres climatiques sous serre.

Dans cette partie nous avons mis l'accent sur la façon d'offrir le meilleur climat possible aux plantes en s'appuyant sur une bonne connaissance de leurs caractéristiques et de leurs besoins à tous les stades de leur croissance et en choisir les meilleures technologies dans les serres.

# **Chapitre II**

**Description du système à réaliser**

## II.1. Introduction

Avant de débiter, l'étude conceptuelle est une étape nécessaire. Pour bien concevoir un dispositif de contrôle des paramètres climatiques d'une serre agricole, il est recommandé de bien choisir la solution technologique adéquate. Cette dernière est inspirée des 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, se résument en :

- Contrôle et régulation des paramètres climatiques de la serre ;
- Le choix adéquat des actionneurs
- L'interface de communication

### II.2.1. Le plan explicatif

La figure II.1 présente le schéma synoptique englobant les différents modules de base du dispositif à réaliser.

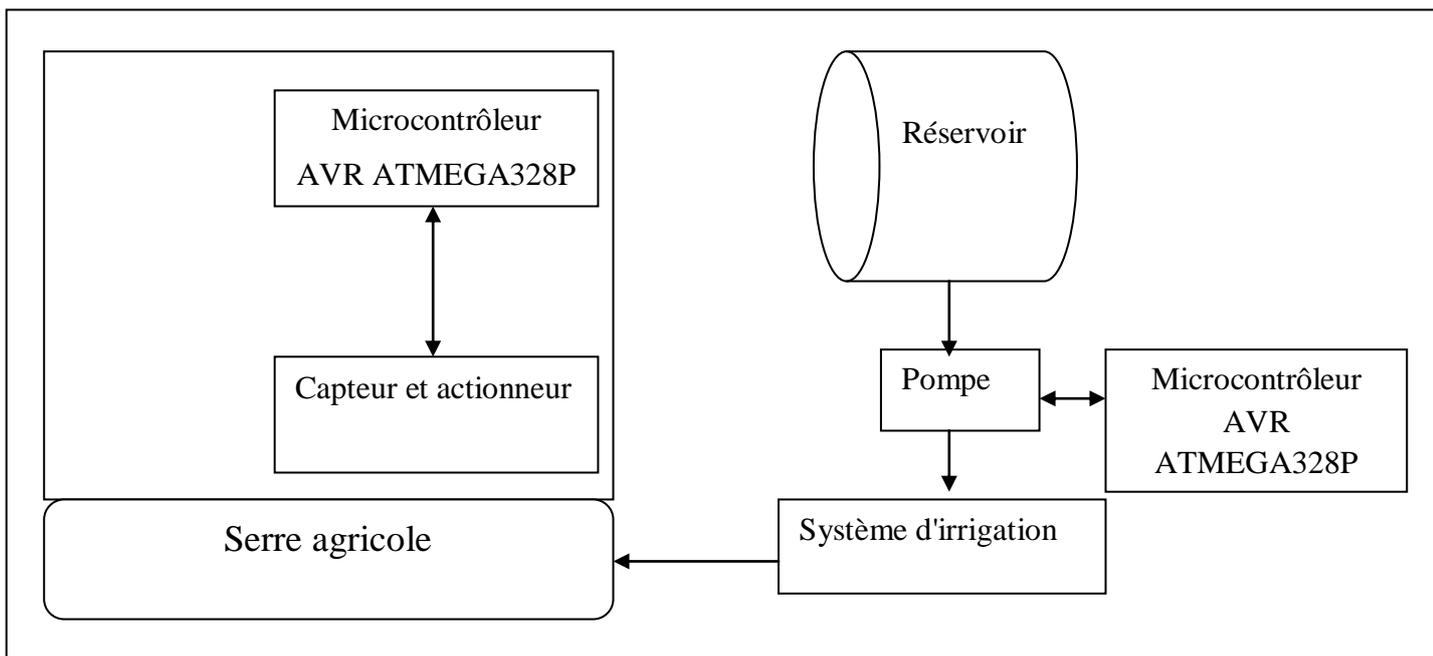


Figure II.1. Schéma explicatif du dispositif à réaliser

### II.2.2. Principe de fonctionnement :

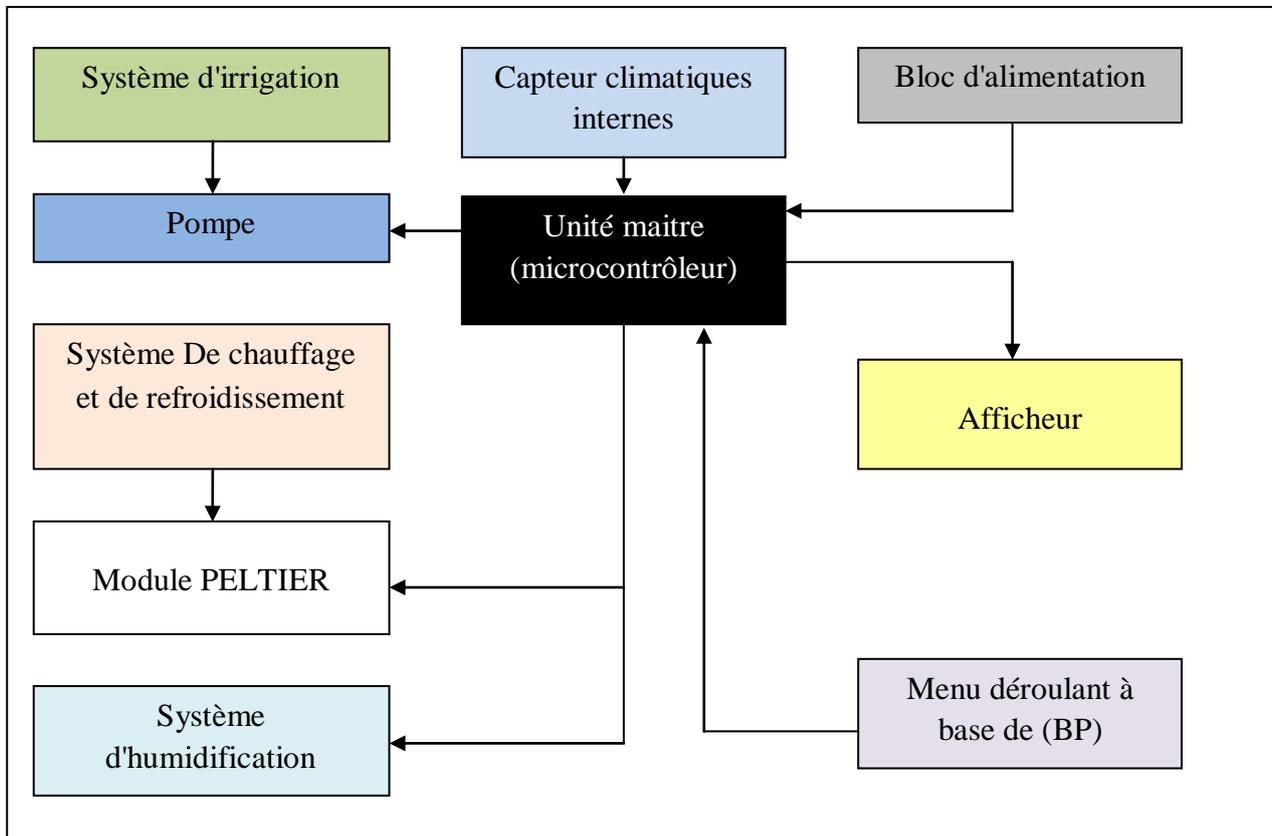


Figure II.2. Schéma synoptique

Le schéma synoptique est constitué de :

1. Un bloc d'alimentation constitué de (+12v et 220v);
2. Des actionneurs (Peltier, humidificateur, pompe à eau.) agissent sur les paramètres climatiques de la serre ;
3. Le process qui représente notre serre ;
4. Un afficheur pour la présentation des paramètres climatiques ;
5. Des capteurs (humidité, température, humidité du sol) pour la mesure des paramètres ;
6. Menu déroulant à base de bouton poussoir.

Le contrôle des paramètres climatiques d'une serre agricole nécessite des capteurs appropriés, son état doit aussi être traité par une carte de commande, qui transmet les signaux de commande aux actionneurs via une carte de puissance.

## II.3. La partie commande

La phase la plus cruciale dans notre projet c'est bien le choix du microcontrôleur, la bonne application des paramètres de ce processus nous assuré d'obtenir les objectives voulue avec des résultats performants

Beaucoup de critères de sélection dont nous devons tenir comptent comme :

- Le nombre d'entrées/sorties analogiques ;
- Le nombre d'entrées/sorties numériques ;
- Puissance de calcul suffisamment élevée pour gérer des algorithmes en temps réel ;
- Taille de la mémoire programmée (pour contenir l'ensemble du programme) ;
- La taille de la mémoire RAM (pour les calculs que le microcontrôleur doit effectuer) ;
- La mémoire EPROM (si on a besoin que certaines données soient sauvegardées si l'alimentation se coupe) ;
- Le prix et la disponibilité du microcontrôleur sur le marché.

### II.3.1. Choix du microcontrôleur :

#### II.3.1.1 Caractéristiques :

- Fréquence d'utilisation : 20 MHz max.
- Jusqu'à 20 MIPS à 20 MHz
- Flash 32 ko
- EEPROM 1 024 o
- SRAM 2 ko
- 131 instructions : la plupart des cycles d'horloge simples
- 32 registres d'usage général
- 23 GPIO
- Reset à la mise sous tension et détection de baisse de tension programmable
- Oscillateur étalonné en interne
- Sources d'interruption externe et interne
- Six modes veille d'économie d'énergie
- Interruptions interne et externe
- Fonctionnement entièrement statique

Le choix du microcontrôleur AVR ATmega328 est basé principalement sur les caractéristiques qui répondent aux exigences du fonctionnement de la serre moderne. En tenant compte du budget ainsi que sa facilité d'application.

### II.2.3.2. Capteurs climatiques internes :

#### II.2.3.2.1. Capteur d'humidité DHT22 :

La DHT22 est un capteur à bas cout permettant d'acquérir une température et une humidité ambiante d'une manière numérique. Il utilise un capteur d'humidité capacitif et une thermistance pour mesurer la température et l'humidité de l'air et la transmet d'une manière numérique sur un bus série. Les données sont actualisées toutes les 2 secondes.

#### Caractéristiques du capteur DHT22 [29] [30]:

- Tension de fonctionnement : 3.5V à 5.5V ;
- Courant de fonctionnement : 0.3mA (mesure) 60uA (standby) ;
- Sortie : données série ;
- Plage de température : 0 ° C à 50 ° C ;
- Gamme d'humidité : 20% à 90% ;
- Résolution : la température et l'humidité sont toutes deux en 16 bits ;
- Précision :  $\pm 1$  ° C et  $\pm 1\%$ .

#### II.2.3.2.2. Capteur d'humidité du sol :

Ce capteur est utilisé pour détecter l'humidité du sol ou pour déterminer s'il y a de l'eau autour du capteur.

- L'utilisation de ce capteur est facile.
- Il suffit d'entrer dans le sol et de lire à travers un microcontrôleur.
- 

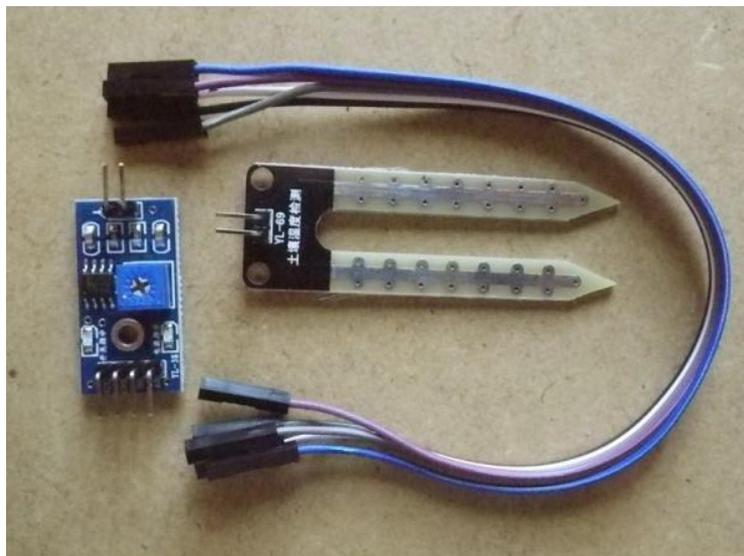


Figure II.3 : Capteur humidité du sol

### II.2.3.2.3. Capteur fin de course :

Les capteurs fins de course sont des capteurs de proximité à contact composés d'un actionneur relié mécaniquement à un jeu de contacts de sortie. Lorsqu'un objet entre en contact avec l'actionneur, le dispositif active les contacts.

Il est composé de (03) trois PIN :

- Normally close
- Normally open
- Comun

### II.2.4. Les circuits de puissance :

Dans notre système, nous avons utilisé des relais de (12 V/10A), pour commander les actionneurs

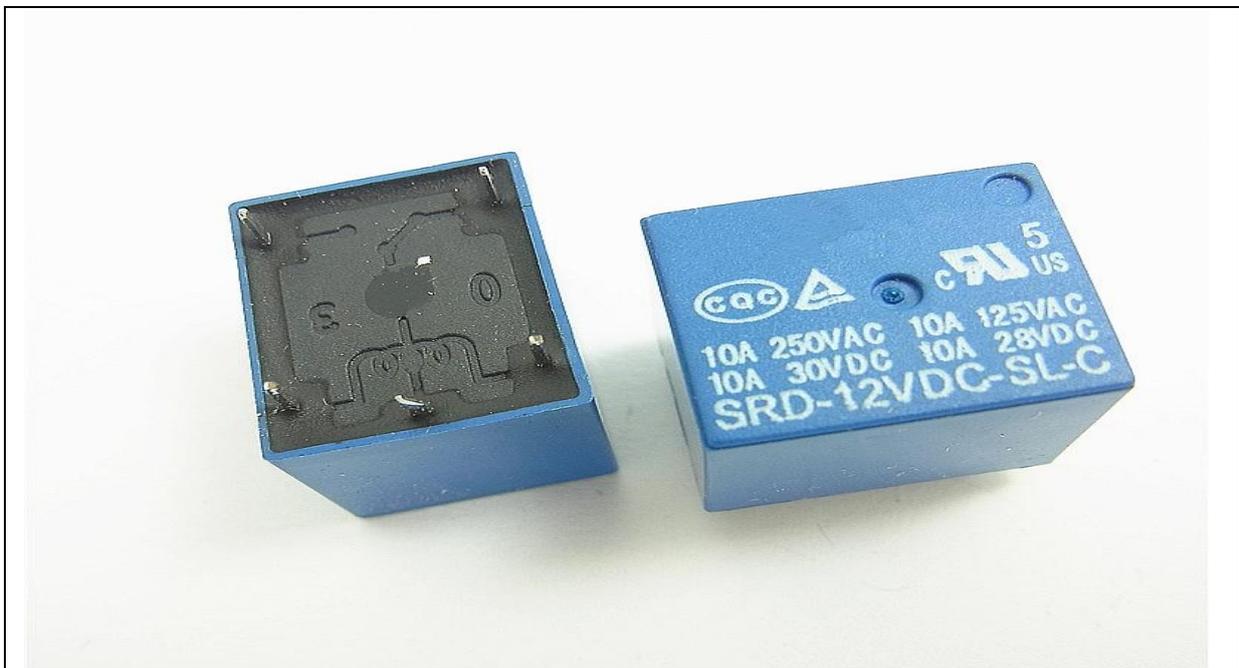


Figure II.4 : Relai de (12 V/10A)

### II.2.5. Les actionneurs :

#### II.2.5.1 Système de chauffage et de refroidissement :

L'utilisation du système de chauffage et de refroidissement est très importante dans les configurations des serres modernes.

Sous climat chaud, les hautes températures limitent le développement et la croissance des cultures, la qualité de la production et les bénéfices générés. Le refroidissement de l'air de la serre devient alors un objectif prioritaire pour palier à ces effets contraires.

##### II.2.5.1.1. Module PELTIER

Le système utilisé dans notre tunnel est basé sur le refroidissement thermoélectrique, (**le module PELTIER**) qui joue le rôle d'un chauffage et un refroidisseur à double faces.

### II.2.5.1.2 DÉFINITION.

Une cellule à effet Peltier peut se définir rapidement comme une plaque en céramique. Celle-ci fait du chaud et du froid quand du courant électrique est introduit. Un coté absorbe les calories et l'autre face les dissipe.

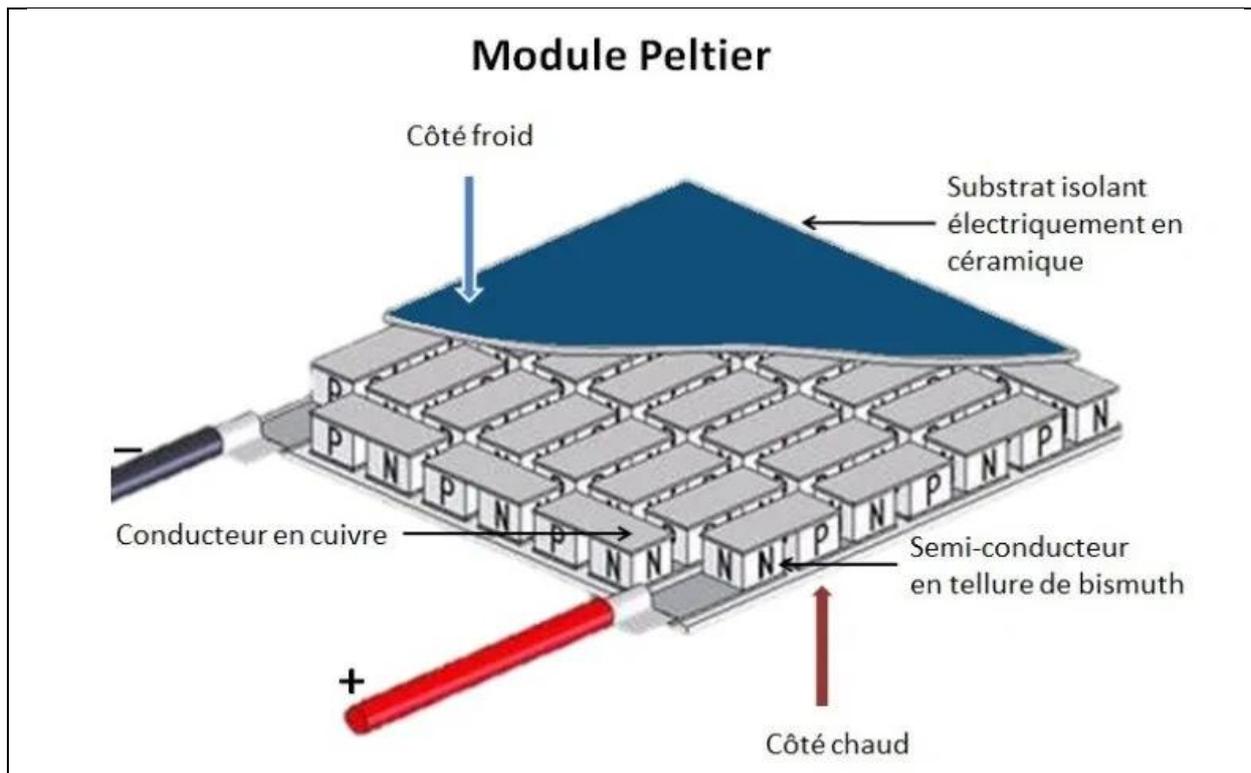


Figure II.5 : Module PELTIER

### II.2.5.1.3. PRINCIPE DU MODULE PELTIER

La figure ci-dessous montre le circuit thermoélectrique de base.

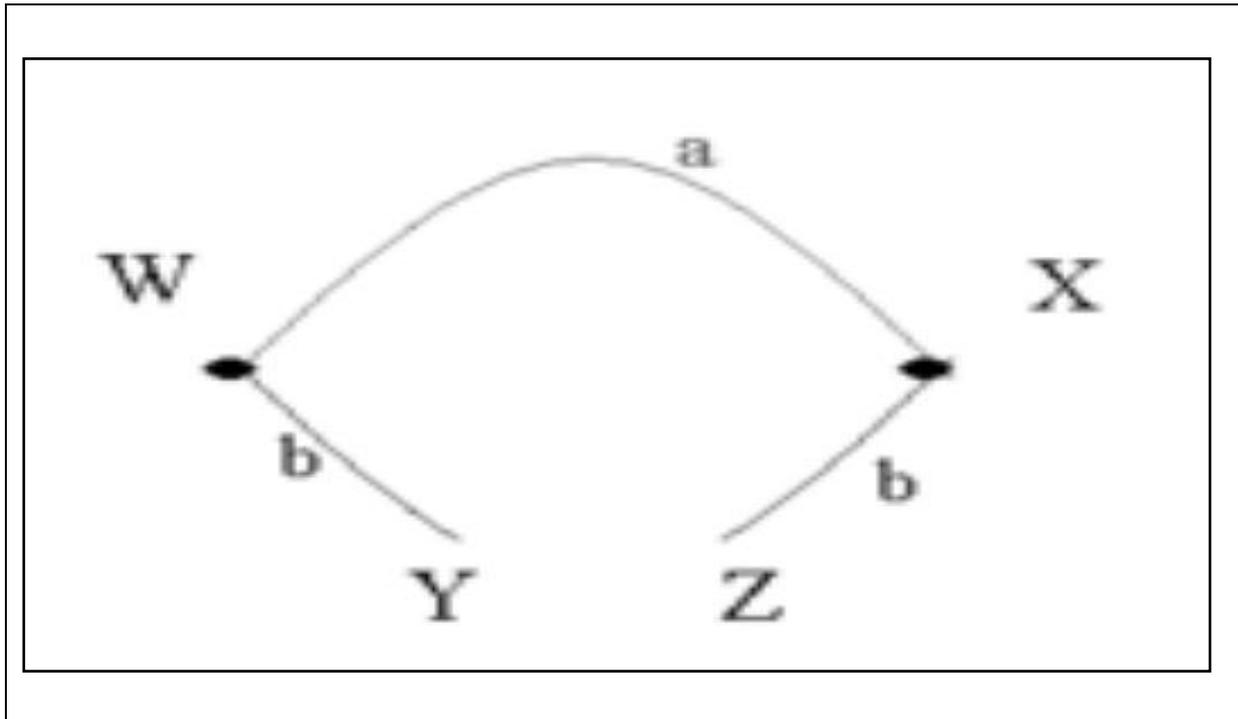


Figure II.6 : Circuit thermoélectrique

Deux matériaux conducteurs de natures différentes a et b sont reliés par deux jonctions en X et W. Dans le cas de l'effet Peltier, un courant électrique  $I$  est imposé au circuit, en plaçant par exemple une source de courant électrique entre Y et Z. Cela entraîne une libération de chaleur  $Q$  à une jonction et une absorption de chaleur à l'autre jonction. Le coefficient Peltier relatif au couple de matériaux a et b est défini comme la puissance thermique  $P$  dégagée ou absorbée par unité d'intensité de courant  $I$ . Il s'exprime en volts.

$A_B$  est alors défini par : 
$$\Pi_{ab} = \frac{P}{I}$$

Si un courant imposé dans le sens  $Y \rightarrow W \rightarrow X \rightarrow Z$  entraîne une libération de chaleur en W. Puis une absorption en X, alors  $A_B$  est positif.

\*

### II.2.5.1.4. THÉORIE DU MODULE PELTIER

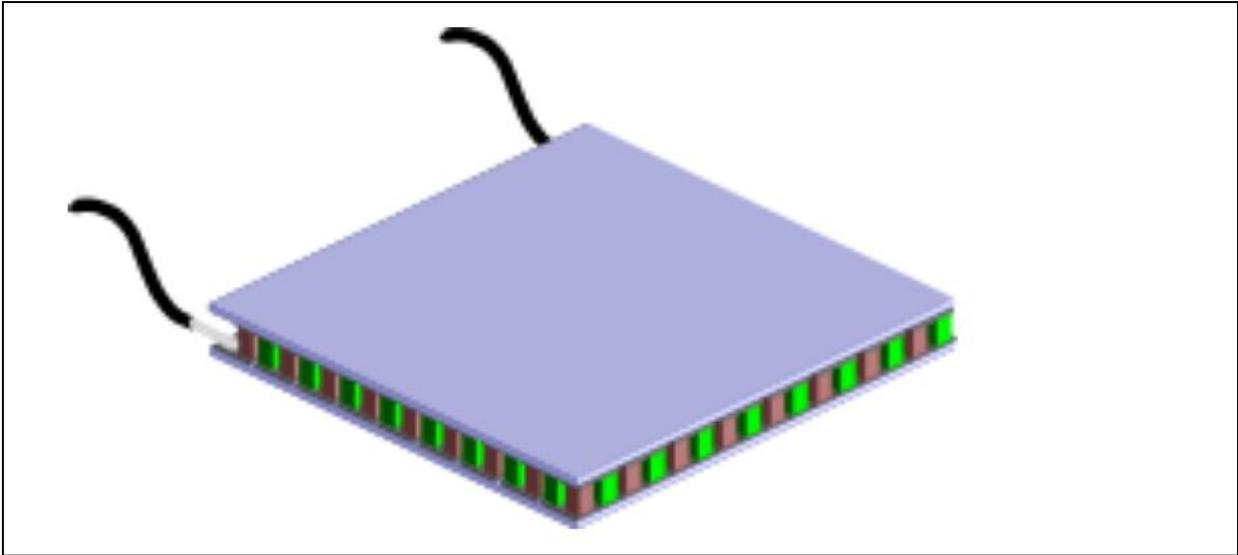


Figure II.7 : Schéma d'une cellule à effet Peltier

L'effet Peltier est lié au transport d'entropie par les porteurs de charge (électrons ou trous) au sein du matériau. Ainsi lorsqu'il y a dans le schéma de principe ci-dessus une absorption de chaleur en X et une libération en W. Les électrons ou les trous perdent de l'entropie en passant du matériau *b* au matériau *a* en W (il y a donc libération de chaleur). Réciproquement ils regagnent de l'entropie en passant du matériau *a* au matériau *b* en X (il y a donc absorption de chaleur). Car il y a conservation d'énergie, c'est le premier principe de la thermodynamique.

L'effet Peltier est utilisé comme technique de réfrigération. Elle est utilisée dans des domaines où une grande précision et fiabilité sont demandés : recherche, médical, spatial, militaire, etc...

#### II.2.5.1.5. EFFET RÉCIPROQUE DE LA CELLULE PELTIER : (L'EFFET SEEBECK)

On peut noter que le phénomène inverse existe : une différence de température entre les deux jonctions W et X peut induire une différence de potentiel électrique, c'est l'effet Seebeck.

Lord Kelvin a montré que les effets Peltier et Seebeck sont liés, et que le coefficient Peltier est lié au coefficient Seebeck *S* par la relation :

Où *T* est la température (en kelvins) de la jonction considérée.

L'effet réciproque permet d'induire un courant électrique lors d'un déplacement de chaleur sur cet assemblage. En effet, la conduction thermique ne se produit pas à la même vitesse entre les deux conducteurs. Les porteurs de charge sont les porteurs d'énergie thermique. Ils se déplacent plus vite

dans une direction plutôt qu'une autre. Cela induit donc une différence de charge suffisante pour alimenter un courant électrique. Cela permet d'en faire une pile électrique alimentée par une source de chaleur. Même très faible (comme la chaleur corporelle humaine), elle reste suffisante pour allumer une lampe de poche. [31].

### II.2.5.2 Système d'irrigation :

Le système d'irrigation idéal pour une culture en serre est influencé par divers facteurs, notamment le type de serre (les besoins en irrigation varient selon la surface et la hauteur de la serre), le type de sol (un sol sableux est plus difficile à étancher qu'un sol argileux), le travail du sol (avec la préparation du sol, la structure peut être améliorée et la capacité du sol améliorée), le climat (selon la région ou la saison, plus ou moins de chaleur pénétrera dans la serre), bien qu'il existe des systèmes de contrôle qui régulent les températures à l'intérieur), le type de culture et l'état de développement (selon la culture en question et son état de développement, elle aura besoin de certains besoins en eau ou d'autres) et, enfin, le comportement de l'eau dans le sol (selon le type d'irrigation utilisé, dans l'irrigation par aspersion, l'eau a tendance à se déplacer vers le bas, tandis que dans l'irrigation goutte à goutte, elle a tendance à se déplacer plus horizontalement).

Nous avons procédé le système d'irrigation par goutte à tout dans notre prototype, dont les principaux composants sont comme suit :

- **A. Pompe à eau**

Dans notre système, nous avons utilisé une pompe à eau dans le but de procéder le pompage d'eau via le réservoir.

- **B. Électrovanne**

Nous avons utilisé une électrovanne (12V) afin d'assurer l'ouverture et la fermeture du passage d'eau vers le système d'irrigation.

- **C. Réservoir d'eau**

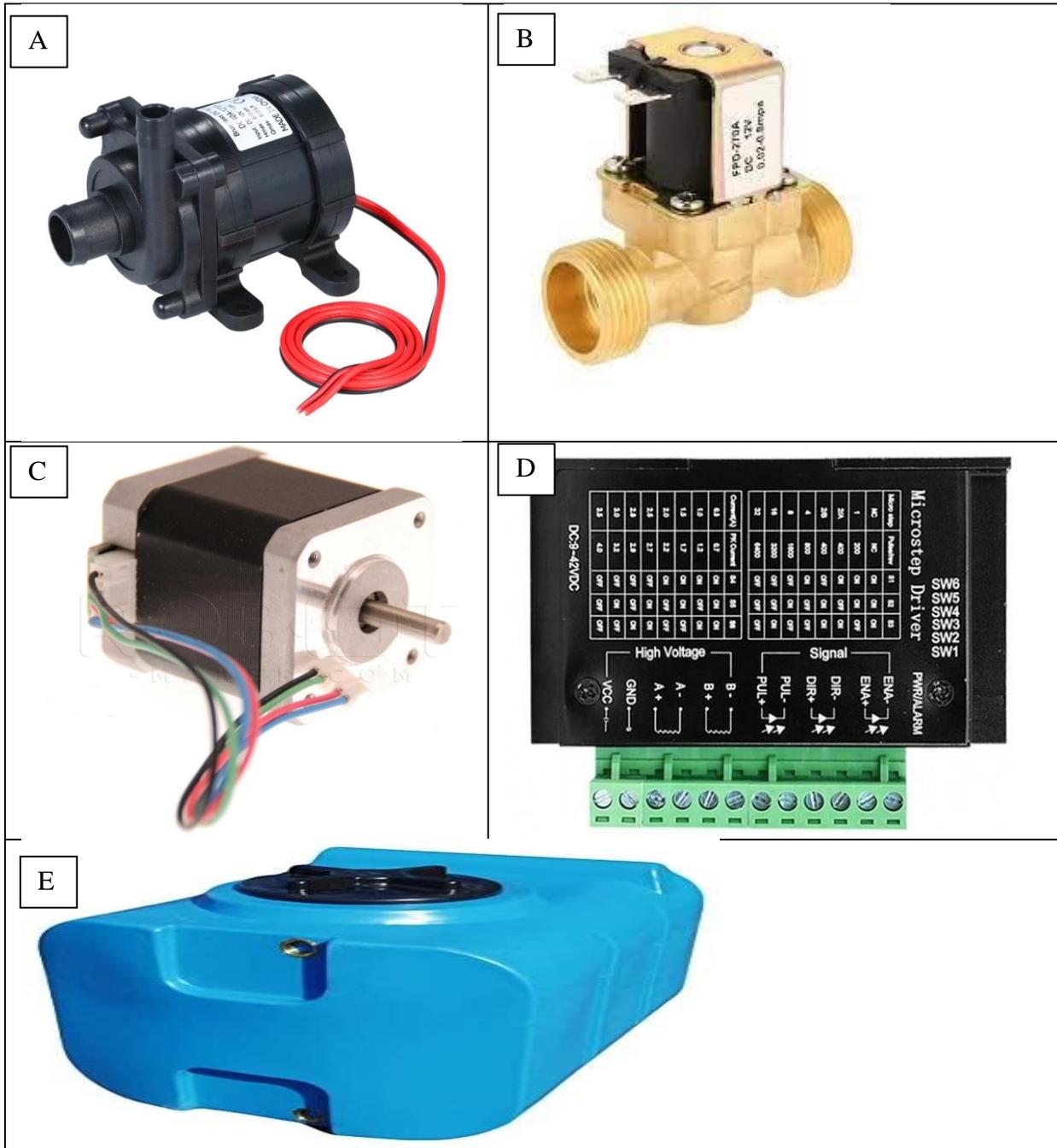
Le réservoir est utilisé pour le stockage et d'eau au niveau du système d'irrigation

- **D. Moteur pas à pas**

Un moteur pas à pas est un moteur électrique synchrone sans frotteurs qui convertit les impulsions numériques en rotation de l'arbre mécanique.

- **E. Driver TB6600**

Ce driver est utilisé pour le moteur pas à pas installé au niveau de la partie supérieur, qui a une relation avec le système d'irrigation goutte à goutte, car nous avons lié une tige vis sans fin à l'arbre du moteur que cette dernière contienne un tube polymère multi troué.



### II.2.5.3 Système d'humidification

Pour humidifier la serre, nous avons utilisé une ampoule de 220 V, d'une puissance de 200W commandé à partir d'un relais de 12V, cette dernière assure la vaporisation de l'eau par l'humidification de chaleur.

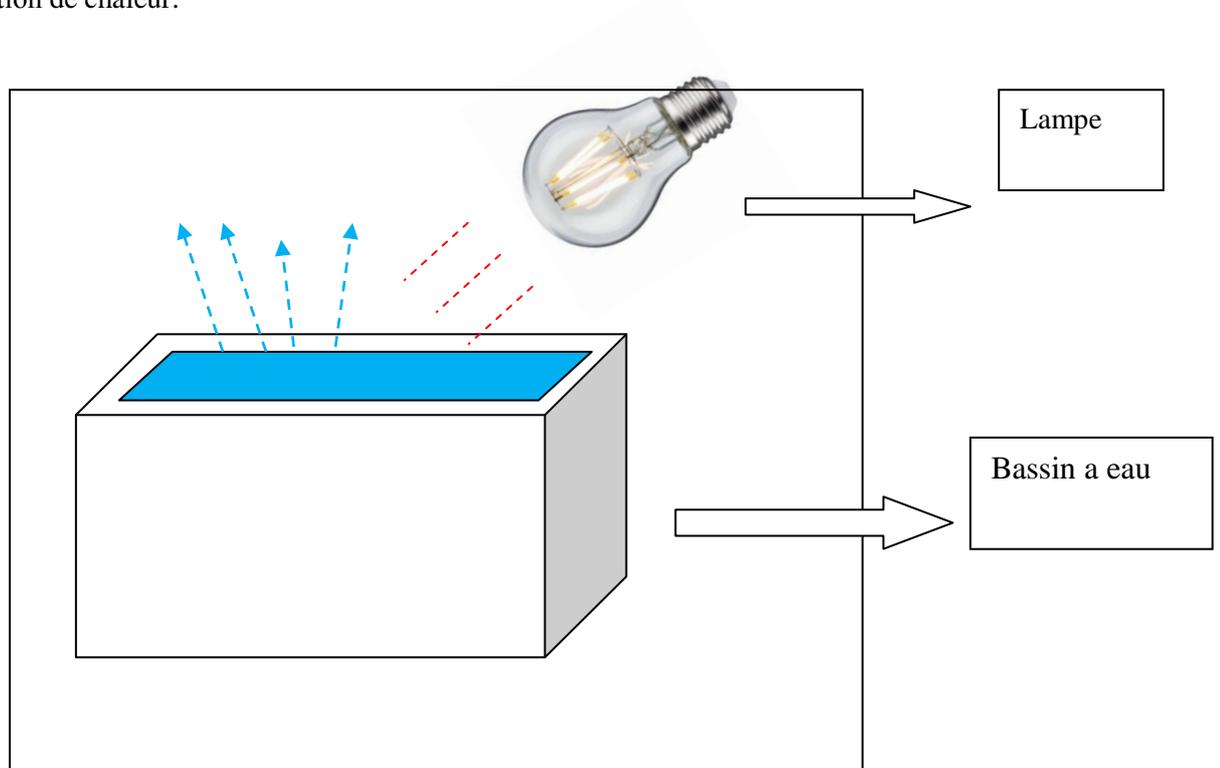


Figure II.9: Système d'humidification

### **III.3 Conclusion :**

Afin d'assurer le bon fonctionnement des serres modernes, il faut respecter le cahier des charges autant que possible et choisir les meilleurs composants électroniques qui répondent aux besoins du projet et qui sont peu coûteux.

L'automatisation des serres n'est pas facile, nous devons donc développer autant que possible un environnement développé et adapté aux exploitations agricoles algériennes.

Dans ce chapitre nous avons vu les différentes unités qui composent le système global, ensuite nous avons expliqué les composants de chaque unité en détail, enfin, dans le chapitre suivant, nous allons réaliser le circuit électronique de chaque unité.

# **Chapitre III**

**Conception et réalisation**

### III.1.Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter l'étude et la réalisation d'un système de surveillance d'une serre agricole, avec les différents éléments du prototype jusqu'au placement des capteurs et actionneurs ainsi que les cartes de commande (l'unité maitre, le système de refroidissement thermoélectrique, le système d'irrigation ainsi que le système d'humidification).

En premier lieu, nous allons réaliser le circuit électronique de chaque partie, le système de refroidissement thermoélectrique, le système d'irrigation ainsi que le système d'humidification à l'aide des plaques perforées. Ensuite, nous allons tester les performances des différents éléments du système.

En second lieu on présentera l'organigramme fonctionnel de chaque unité. Nous terminerons par une conclusion sur le rendement de nos paramètres microclimatique et leurs effets sur notre serre agricole.

### III.2 Partie conception

Pour notre projet nous avons conçu le système de surveillance d'une serre agricole,

- ✓ Le système de refroidissement thermoélectrique à base du module PELTIER celui si est commandé par (02) deux relais de (12 V), *pourquoi deux relais ?*, car nous voulons le fonctionnement bidirectionnel du module, soit la partie qui réchauffe devienne refroidissante.

Le circuit réalisé est appelé **H-BRIDGE** à base de transistor 3904 (02) deux relais 12v et deux (02) MOSFET IRFZ44 comme démontre le brochage suivant :

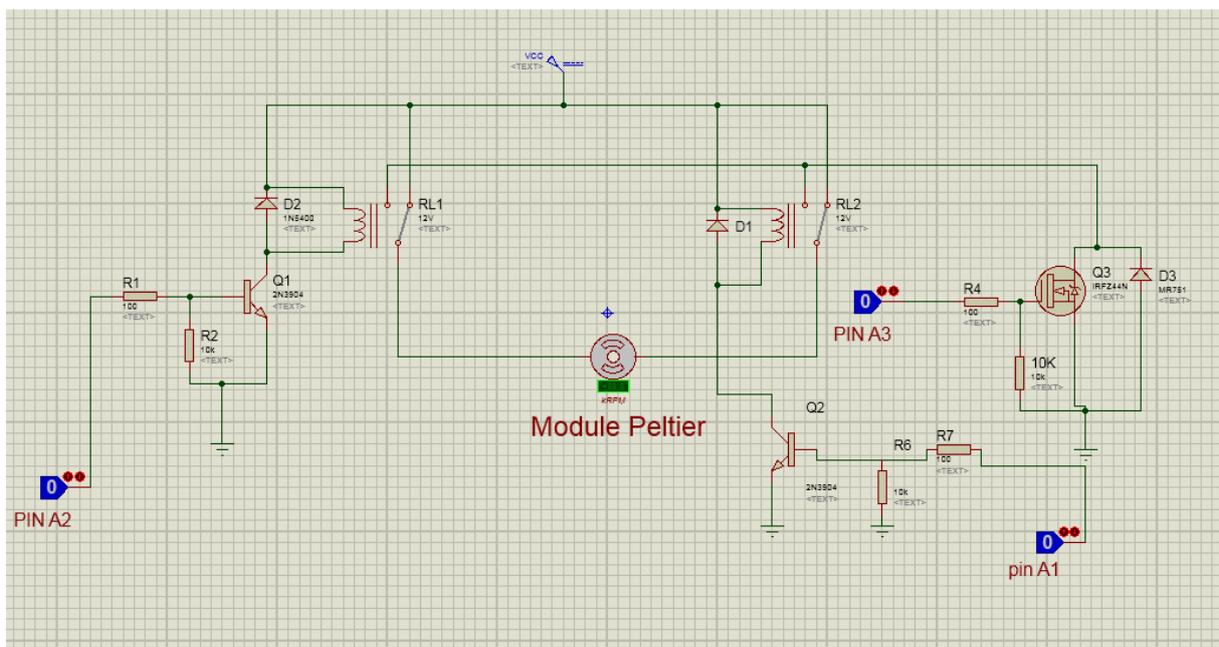


Figure III.1 : circuit du module PELTIER

- ✓ Pour assurer la bonne répartition du chaud et froid nous avons implanté un circuit de ventilation au module PELTIER comme démontre le schéma suivant

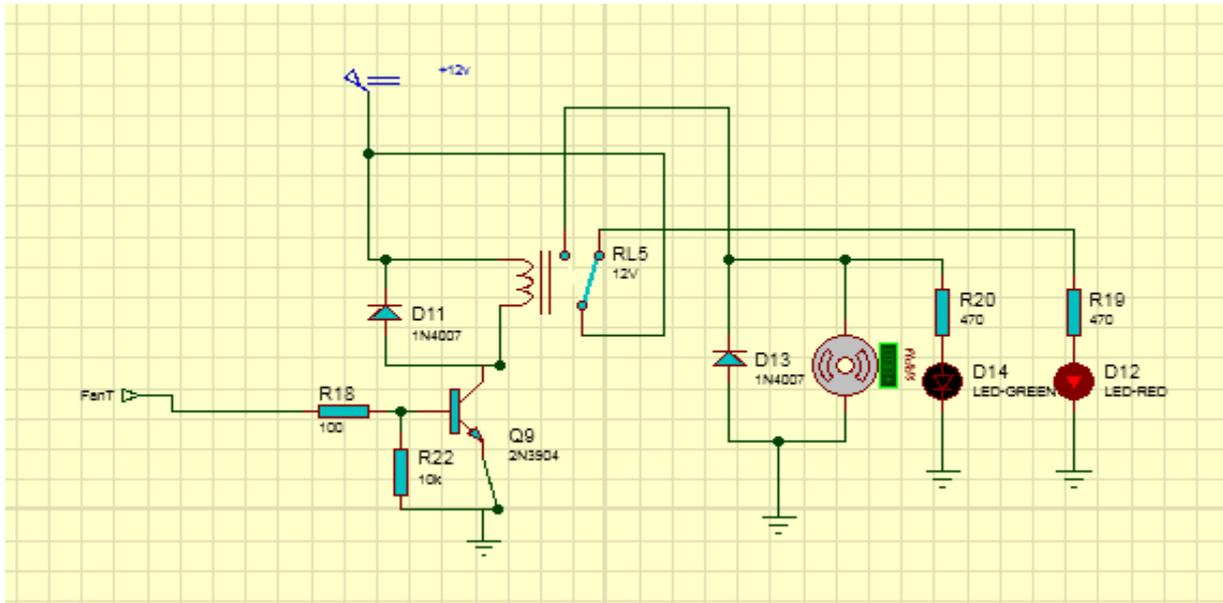


Figure III.2 : circuit de ventilation au module PELTIER

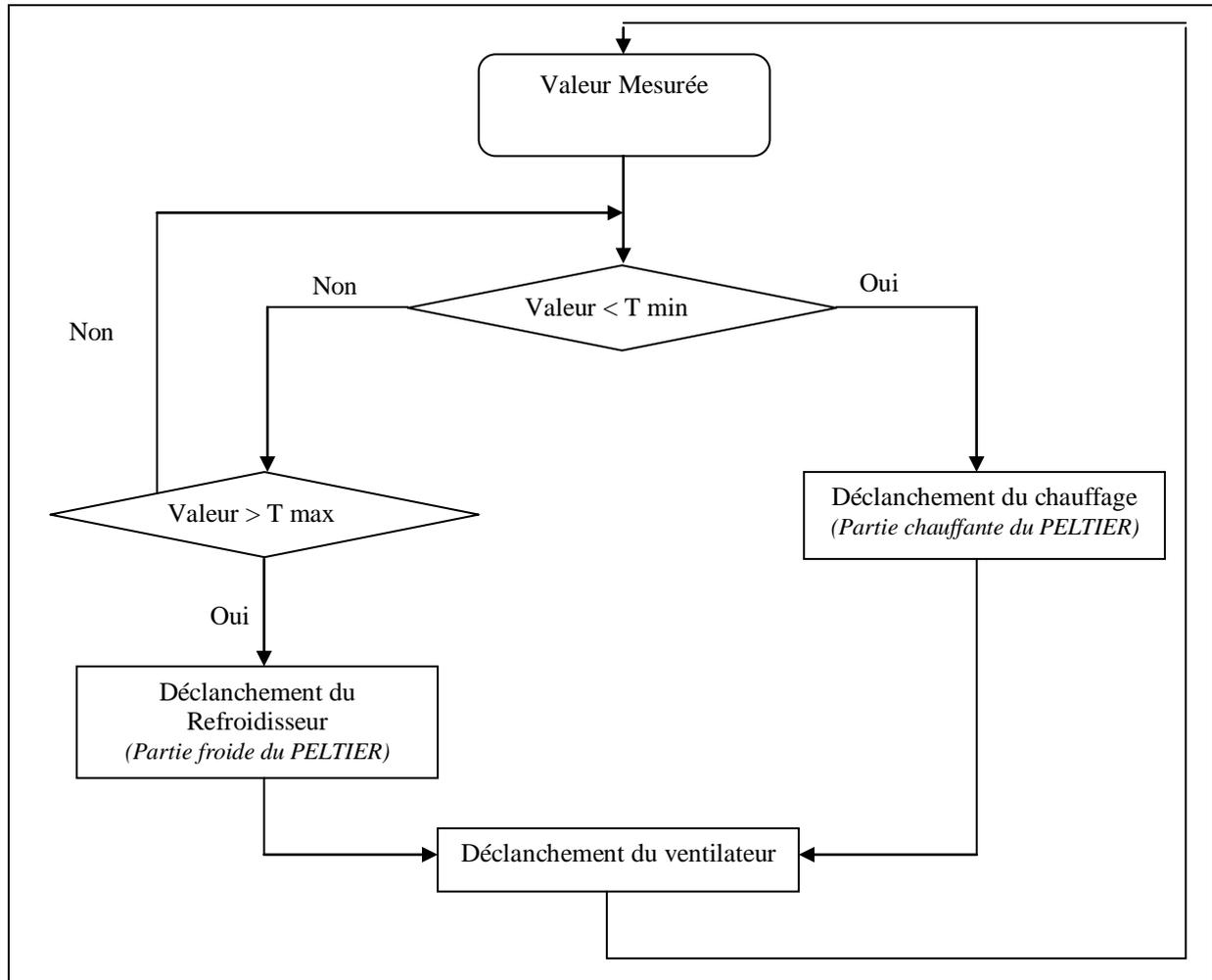


Figure III.3 : Organigramme de commande de Température

L'humidification : pour le système d'humidification nous avons opté pour la vaporisation de l'eau à partir de la chaleur émise par l'ampoule, cette dernière est commandée par un relai de (12V) et le transistor 3904. La figure suivante présente le schéma explicatif de cette phase.

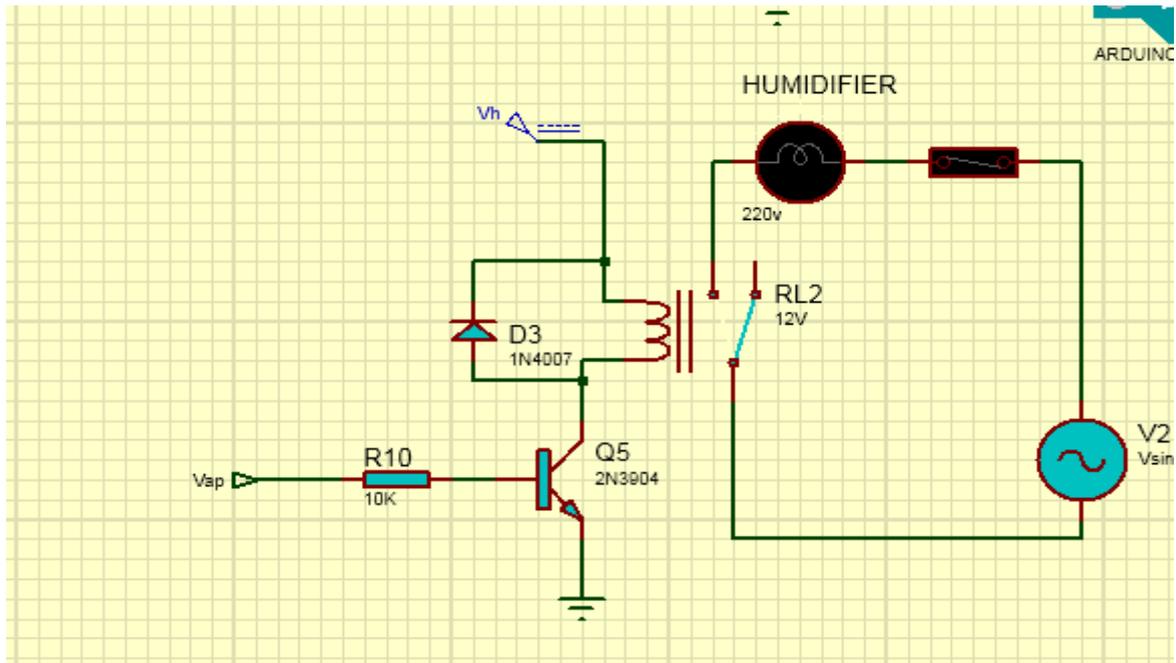


Figure III.4 : humidification

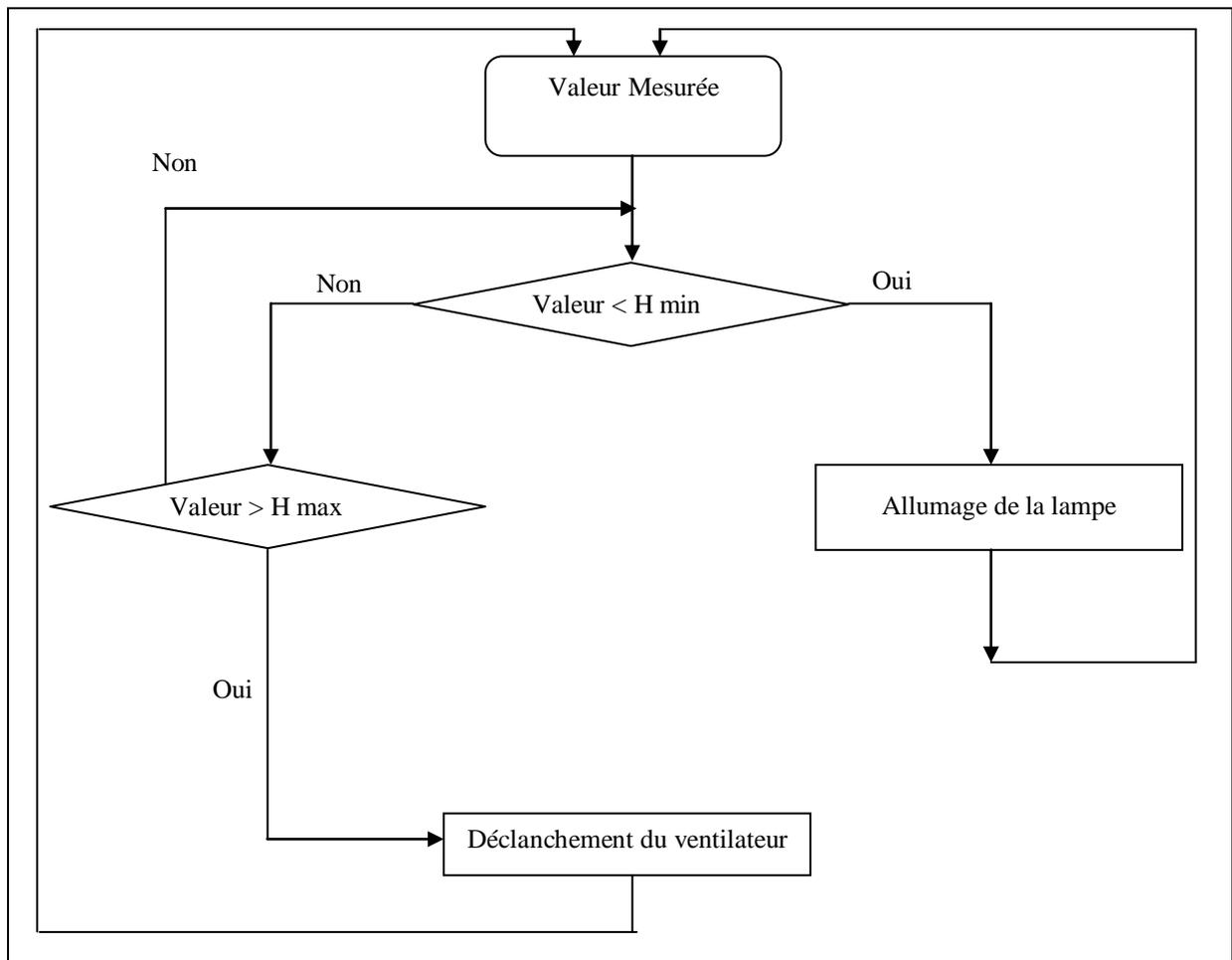


Figure III.5: Organigramme de commande d'humidité

- ✓ Pour l'affichage nous avons utilisé un écran LCD 16X 4 L'écran LCD affiche la température et l'humidité actuelle ainsi que la température et l'humidité de consigne.
- ✓ Aussi, nous avons intégré dans notre système un menu déroulant à l'aide du bouton poussoir afin pouvoir changer les paramètres climatique.

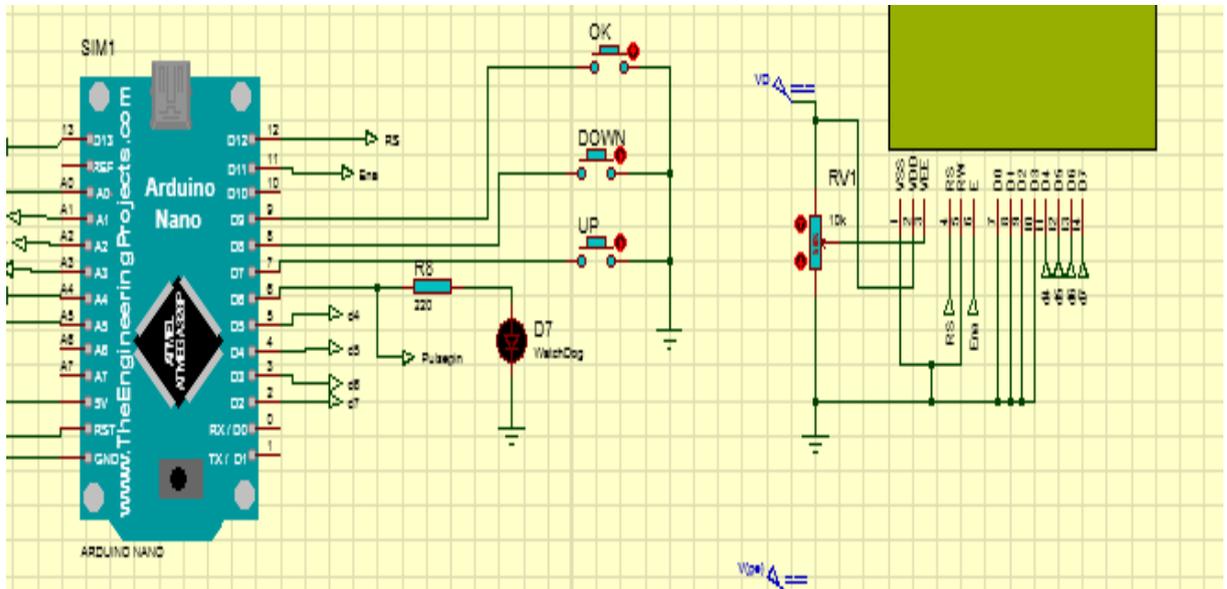


Figure III.6 : Menu déroulant

- ✓ Afin d'assurer l'efficacité de fonctionnement du microcontrôleur nous avons conçu le circuit du TIMER WATCH-DOG (WDT externe) comme cité dans le schéma suivant.

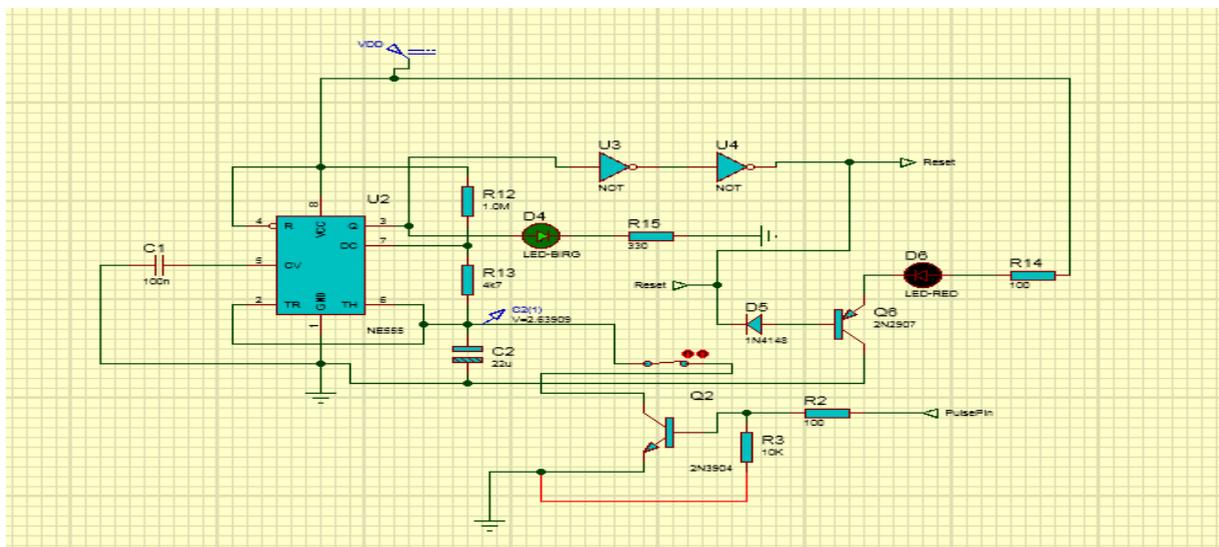


Figure III.7: TIMER WATCH-DOG (WDT extern)

- ✓ Le schéma ci-dessous représente la réalisation du circuit du système suivant :
  - L'unité maîtresse,
  - Le système de refroidissement thermoélectrique,
  - Système d'humidification
  - TIMER WATCH-DOG WDT externe
  - Menu déroulant (avec afficheur LCD)

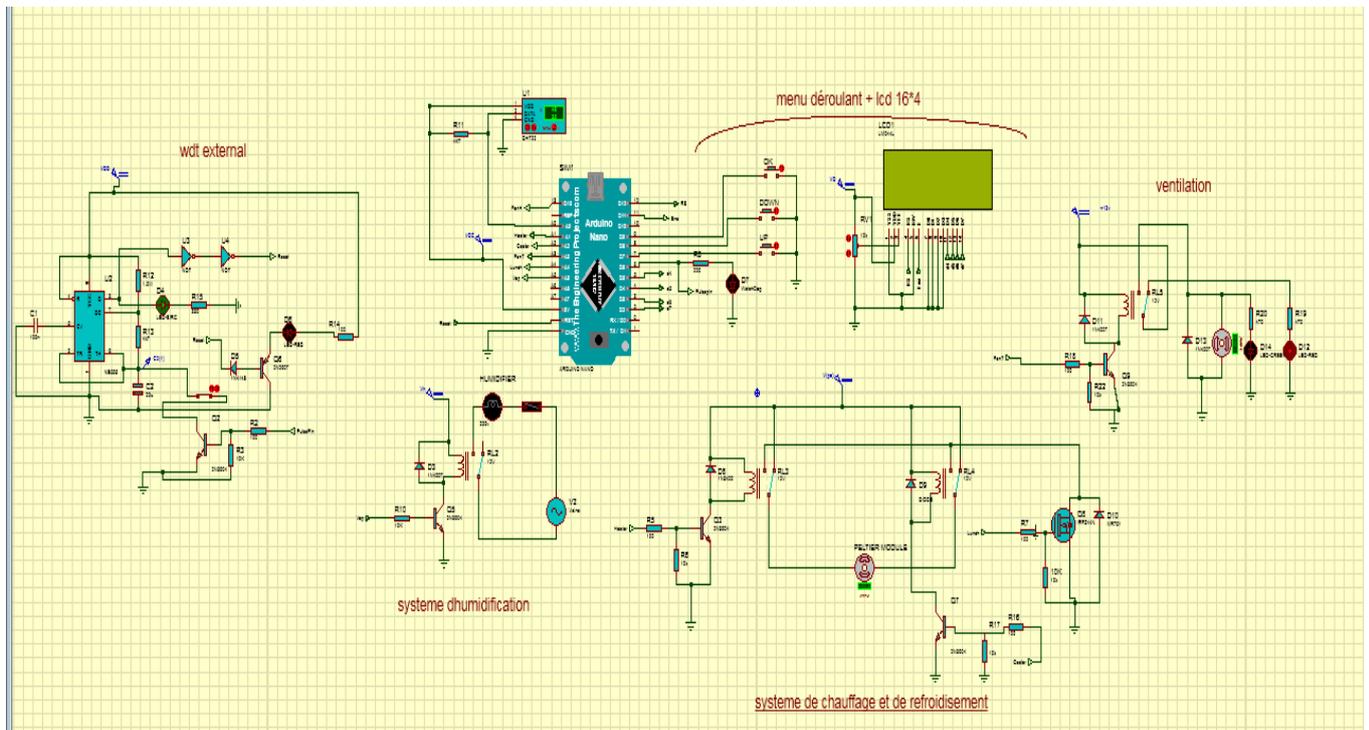


Figure III.8 Conception globale

Pour le système d'irrigation, nous avons conçu un circuit à base de :

- Une pompe
- Un débitmètre
- Un Moteur pas à pas
- Microcontrôleur de type ATmega328

Pour ce système nous avons opté pour l'arrosage goutte à goutte, qui ce dernier est relié a une tige vis sans fin au dessus des plantes pour augmenter le taux d'eau à fournir pour une plante, à l'aide d'un moteur la tige sans fin fait des aller retour jusqu'a ce que le sol soit bien humide.

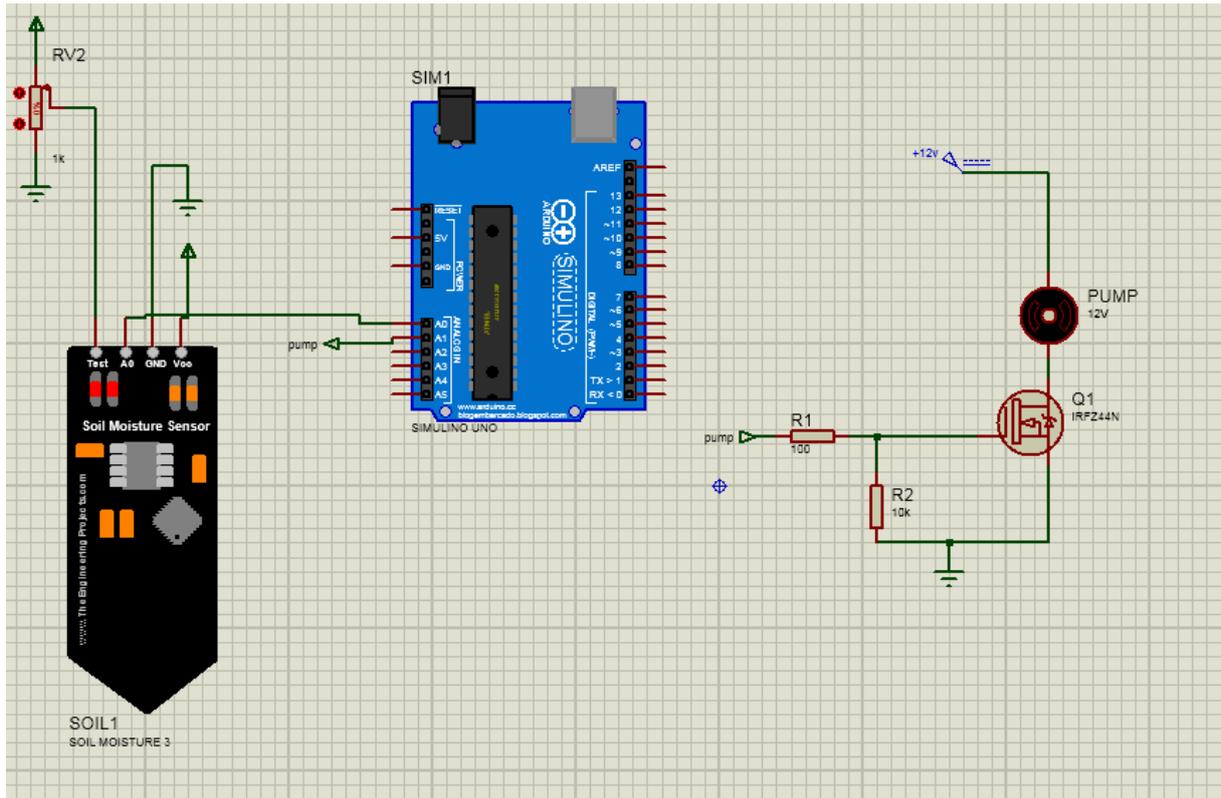


Figure III9: circuit de commande de la pompe à l'aide du mosfet irfz44

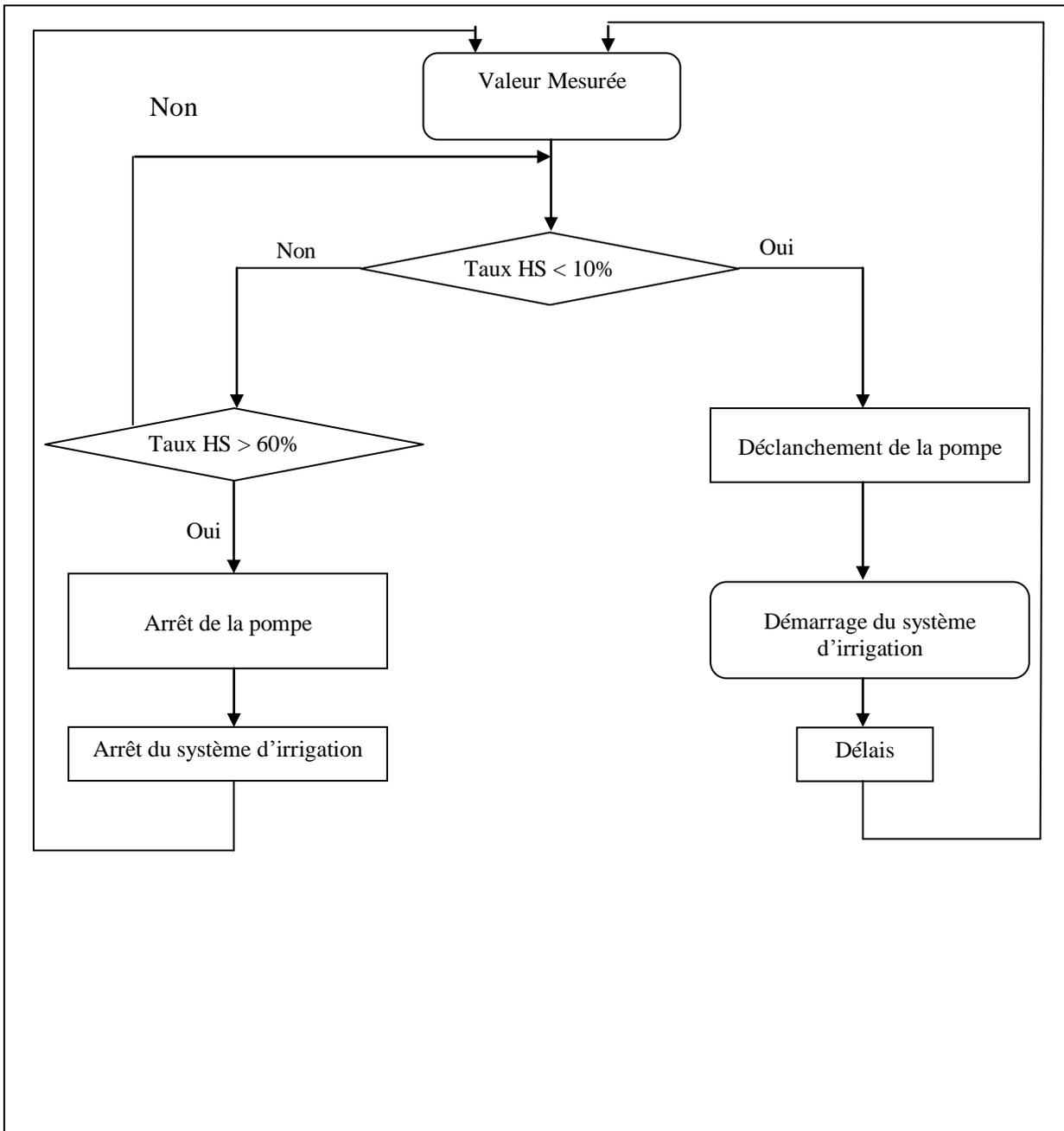


Figure III.10 Organigramme de commande d'humidité du sol

### III.3 Partie Réalisation

Dans cette partie nous verrons chaque élément utilisé ainsi que les raccordements de l'installation afin d'obtenir notre réalisation du système complet.

- ✓ Nous avons réalisé le circuit de refroidissement thermoélectrique on peut voir dans la figure ci-dessous

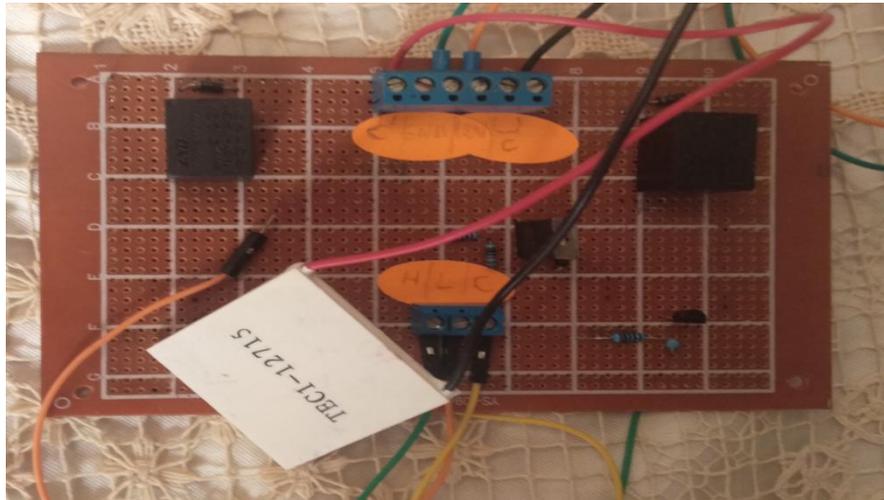


Figure III.11 module PELTIER

- ✓ Le capteur DHT 22 sera relié aux pins A0 du microcontrôleur pour procéder à l'acquisition de la température et l'humidité.
- ✓ Ensuite nous avons relié notre LCD ainsi que le bouton poussoir aux pins du microcontrôleur pour voir le menu déroulant.

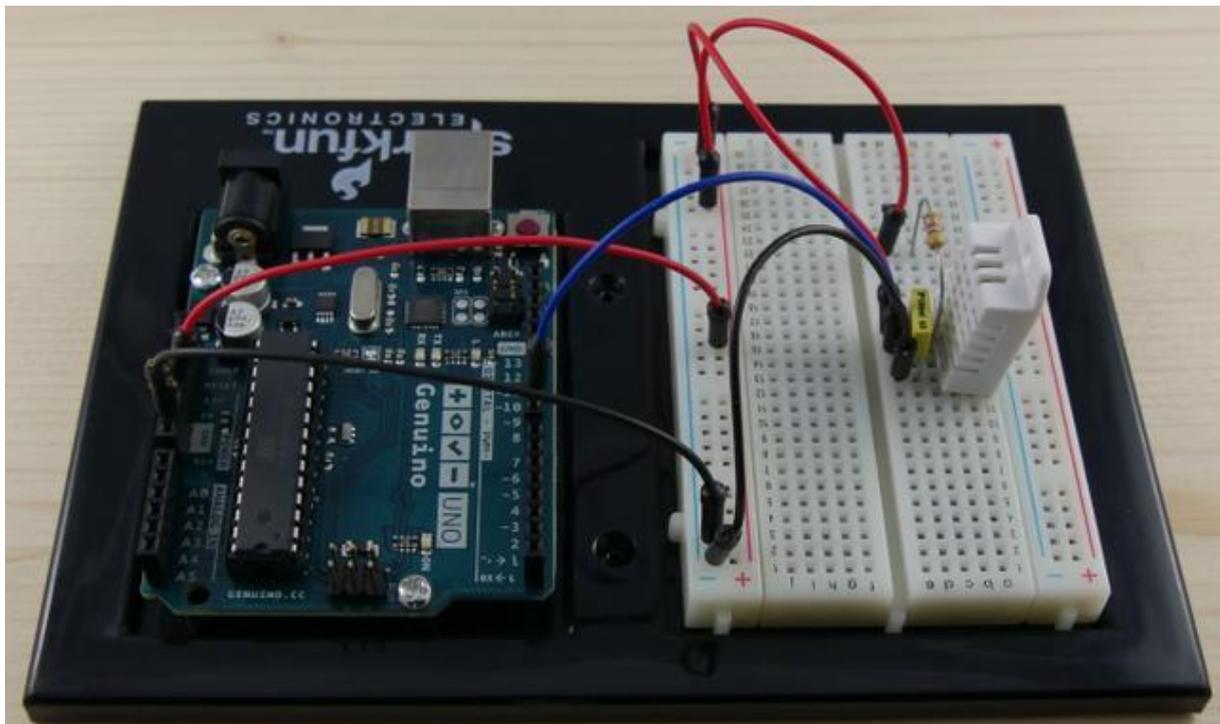


Figure III.12 DHT22

- ✓ Après, nous avons relié les pins de commande de chaque circuit que ce soit (le circuit de refroidissement thermoélectrique, le circuit d'humidification et le circuit de ventilation) (A1, A2, A3) avec l'ARDUINO pour commander les transistors (3904).

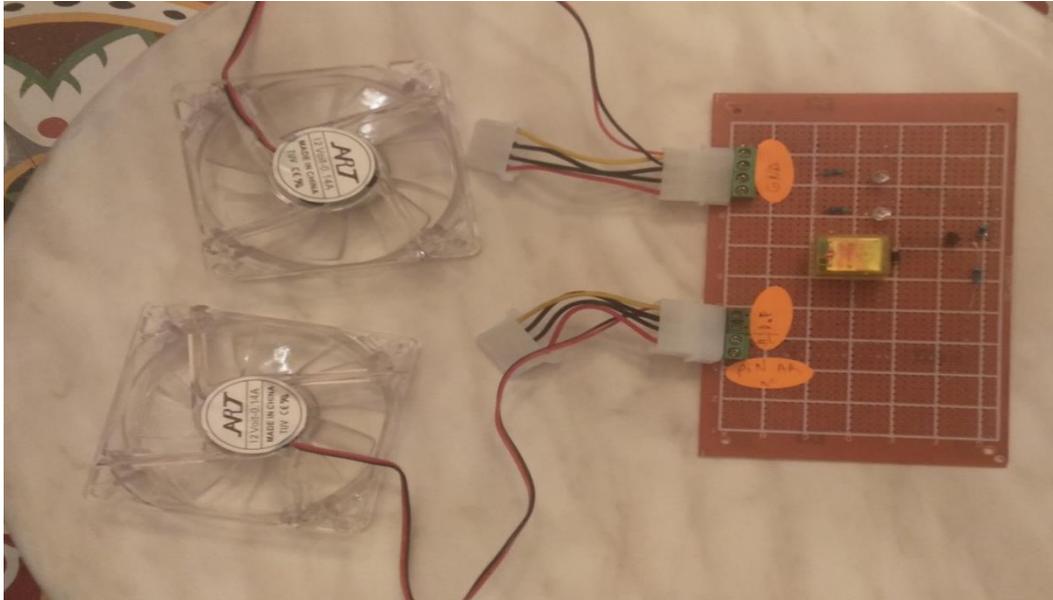


Figure III.13 ventilation

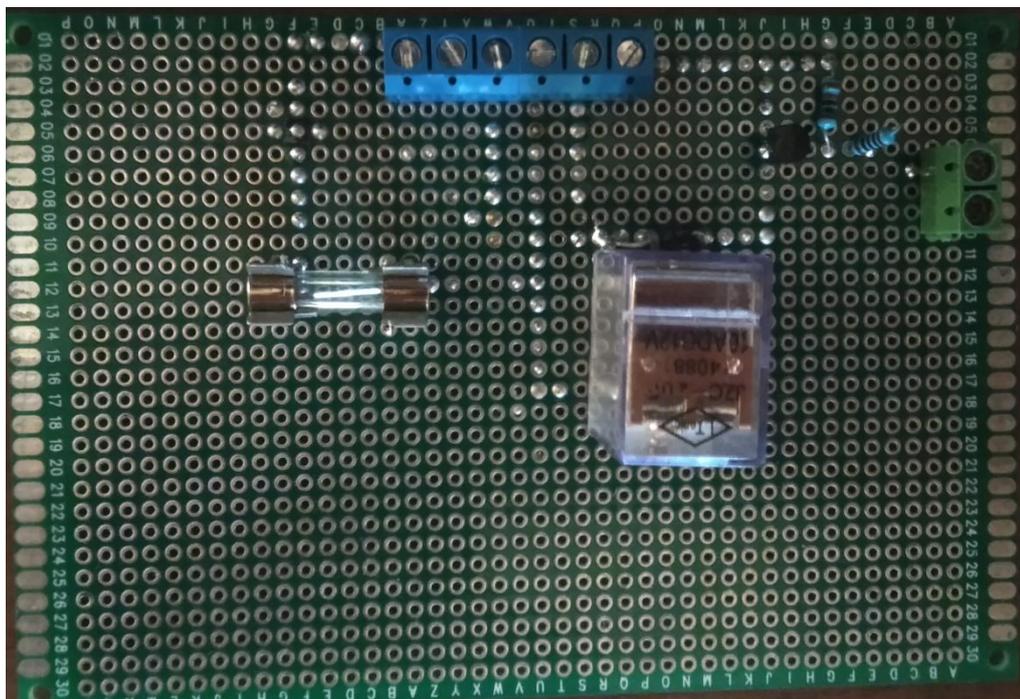


Figure III.14.circuit humidificateur

- ✓ Enfin le circuit d'irrigation sera lui lié à un autre microcontrôleur avec le driver BT6600 et un moteur pas a pas comme le montre la figure suivante



Figure III.15 Système d'irrigation

### Câblage final

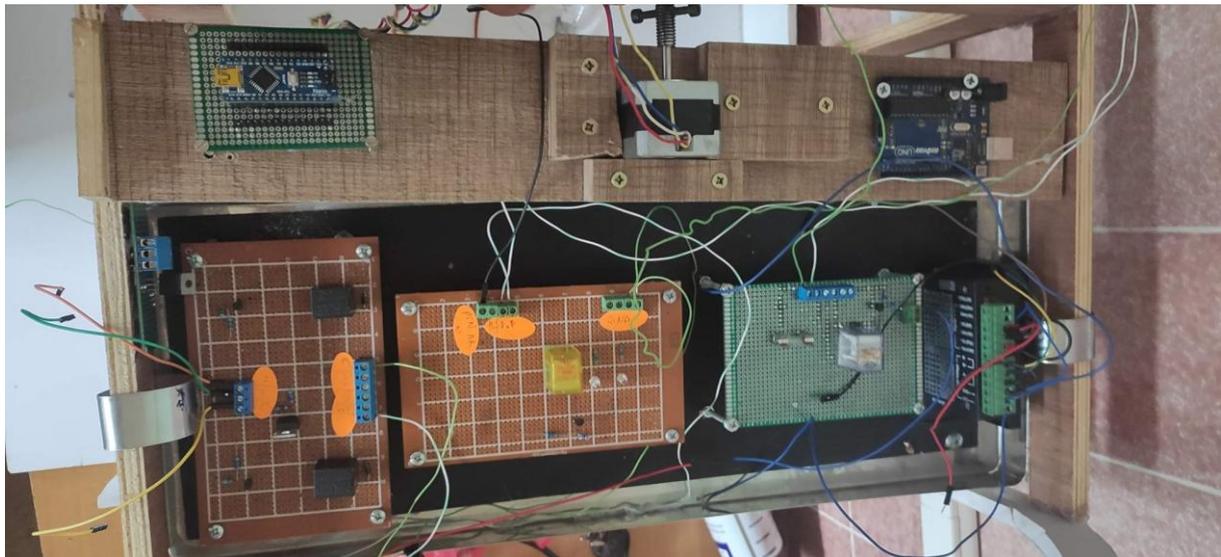


Figure III.16. Assemblage des cartes

### **III.4 Conclusion**

En premier lieu, grâce au travail réalisé nous avons pu acquérir des connaissances tant au niveau théorique que pratique, nous avons développé nos connaissances dans le domaine agricole spécialement dans tout ce qui est culture des plantes, nous avons également pu mettre en pratique les connaissances acquises durant le parcours universitaire tout en nous familiarisant avec les outils de travail nécessaires à la réalisation des cartes électroniques. Nous avons pu découvrir les difficultés auxquelles se sont confrontés les électroniciens et nous nous sommes parvenu à les surmonter sans oublier que nous avons pu nous perfectionner dans le domaine de la programmation via l'IDE ARDUINO.

Enfin, nous sommes partis du domaine agricole jusqu'à la réalisation d'une serre agricole répondant parfaitement aux critères fixés dans le premier chapitre, la serre offre un environnement adéquat offrant la possibilité de cultiver des plantes grâce aux systèmes de technologie de pointes qui y ont été intégré.

## **Conclusion générale :**

Afin d'améliorer la qualité et la quantité des produits agricoles issue de la culture sous serres et de faire face à un marché très concurrentiel, il est nécessaire d'avoir un contrôle climatique optimal.

Pour cela, nous avons développé une plateforme pour l'automatisation et le contrôle des serres agricoles. Elle est composée d'une partie électronique constituée d'une carte de commande autour du microcontrôleur ARDUINO NANO. 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. Pour mener à bien notre travail et d'améliorer nos connaissances dans le domaine agricole, nous avons effectué un état de l'art sur les types de serres agricoles les plus populaires et les différents composants nécessaires à la gestion efficace des paramètres climatiques. Ces connaissances nous ont aidés par la suite, à l'élaboration de la commande climatique afin de répondre au cahier des charges.

Dans le 2eme chapitre, nous avons présenté la réalisation du système et avons mis l'accent sur les principaux outils conceptuels pour la réalisation de la serre. Pour bien concevoir un dispositif de contrôle des paramètres climatiques d'une serre agricole, il est recommandé de bien choisir la solution technologique adéquate.

Dans le 3eme chapitre, nous avons entamé le montage de la structure ainsi que leséquipements de la serre. Ensuite nous avons mis en marche notre système et effectuer les premiers tests de fonctionnement qui nous ont donnés des résultats concluants.

Cette expérience pratique m'a permis d'enrichir mes connaissances pratiques bien que théorique dans plusieurs domaines, partant de l'agriculture et la culture des plantes en passant par la réalisation des circuits électronique, tout en développant nos connaissances dans tout ce qui est mécanique et les mouvements de translation (principe d'une visse sans fin), avant de finir avec la mise en pratique des connaissances acquises dans le domaine de l'automatique et l'informatique notamment dans tout ce qui est régulation tout et rien ainsi que la programmation en utilisant l'IDE d'Arduino.

# ANNEXES

```
#include "DHT.h"

#include <LiquidCrystal.h>

#define DHTPIN A0 // what pin we're connected to

#define DHTTYPE 11 // DHT 22 (AM2302)DHT11

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); //// Initialize DHT sensor for normal 16mhz Arduino

#define DEBOUNCE 10 // how many ms to debounce, 5+ ms is usually plenty

//define the buttons that we'll use.

byte buttons[] = {7, 8, 9}; // UP,Down, OK buttons

//determine how big the array up above is, by checking the size

#define NUMBUTTONS sizeof(buttons)

//track if a button is just pressed, just released, or 'currently pressed'

byte pressed[NUMBUTTONS];

byte previous_keystate[NUMBUTTONS], current_keystate[NUMBUTTONS];

const int Heater = A1;

const int Cooler= A2;

const int FanT = A3;

const int FanH= A7;

const int Lunch = A4;

const int Vap = A5;

const int rs = 12;

const int en = 11;

const int d4 = 5;

const int d5 = 4;

const int d6 = 3;
```

# ANNEXES

```
const int d7 = 2;

LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);

static unsigned long lastInput=0;

static float Hum,H_setpoint; //Stores humidity value

static float Temp,T_setpoint; //Stores temperature value

enum operatingState{OFF,RUN, SET_Temp,SET_Hum};

operatingState opState=OFF;

unsigned long waitTime = 0;

unsigned long lastUptimeReport = 0;

void setup()

{

    dht.begin();

    pinMode(Heater, OUTPUT);

    pinMode(Cooler, OUTPUT);

    pinMode(FanT, OUTPUT);

    pinMode(FanH, OUTPUT);

    pinMode(Vap, OUTPUT);

    pinMode(Lunch, OUTPUT);

    digitalWrite(Heater, LOW);

    digitalWrite(Cooler, LOW);

    digitalWrite(FanT, LOW);

    digitalWrite(FanH, LOW);

    digitalWrite(Vap, LOW);
```

# ANNEXES

```
digitalWrite(Lunch, LOW);

for (byte i=0; i< NUMBUTTONS; i++) {

    pinMode(buttons[i], INPUT);

    digitalWrite(buttons[i], HIGH);

}

H_setpoint=45;

T_setpoint=35;

lcd.begin(20, 4);

Serial.begin(9600);

lcd.setCursor(1, 0);

    Hum = dht.readHumidity();

    // Read temperature as Celsius (the default)

    Temp = dht.readTemperature();

    // Check if any reads failed and exit early (to try again)

    if (isnan(Temp) || isnan(Hum)) {

        lcd.clear();

        lcd.setCursor(5, 0);

        lcd.print("Error");

        return;

    }

}
```

# ANNEXES

```
void loop()
{
  //while(Button_Pressed()!=1){}

  lcd.clear();

  switch(opState){

    case OFF: Off(); break;

    case RUN: Run(); break;

    case SET_Temp :Tune_TSP();break;

    case SET_Hum :Tune_HSP();break;

  }
}

void Off(){

  lcd.clear();

  digitalWrite(Heater, LOW);

  digitalWrite(Vap, LOW);

  digitalWrite(Lunch, LOW);

  digitalWrite(Cooler, LOW);

  lcd.setCursor(2,0);

  lcd.print(" green House ");

  lcd.setCursor(2,1);

  lcd.print(" Smart System ");

  byte key =0;

  while(key !=1){key = Button_Pressed();}
```

# ANNEXES

```
opState=RUN;

}

void Run(){

  lcd.clear();

  // Reading temperature or humidity takes about 250 milliseconds!

  // Sensor readings may also be up to 2 seconds 'old' (its a very slow sensor)

  Hum = dht.readHumidity();

  // Read temperature as Celsius (the default)

  Temp = dht.readTemperature();

  // Check if any reads failed and exit early (to try again)

  if (isnan(Temp) || isnan(Hum)) {

    lcd.clear();

    lcd.setCursor(5, 0);

    lcd.print("Error");

    return;

  }

  byte key=0;

  while(true){

    lcd.setCursor(0,0);

    lcd.print(F(" TSp: "));lcd.print(T_setpoint);lcd.print(char(223));

    lcd.setCursor(0,1);

    lcd.print(F(" TPV: "));lcd.print(Temp);lcd.print(char(223));
```

# ANNEXES

```
lcd.setCursor(0,2);

lcd.print(F(" HSp: "));lcd.print(H_setpoint);lcd.print(F(" %"));

lcd.setCursor(0,3);

lcd.print(F(" HPV: "));lcd.print(Hum);lcd.print(F(" %"));

key=Button_Pressed();

if(key==1){opState=SET_Temp;return;}// UP button

else if(key==2){opState=OFF;return;}// Down Button

if (millis() < waitTime) {

    waitTime = millis();

}

if((millis()-waitTime>2500)){

    Temp = dht.readTemperature();

    Hum = dht.readHumidity();

    if (isnan(Temp) || isnan(Hum)) {

        lcd.clear();

        lcd.setCursor(5, 0);

        lcd.print("Error");

        return;

    }

    waitTime=millis()+2500;

}

DriveOutput();

}
```

# ANNEXES

```
}
```

```
void DriveOutput(){
```

```
    if(Temp == T_setpoint) {
```

```
        digitalWrite(Lunch,LOW);
```

```
        digitalWrite(Heater,LOW);
```

```
        digitalWrite(FanT,LOW);
```

```
        digitalWrite(Cooler,LOW);
```

```
    }
```

```
    else if(Temp>= T_setpoint+1) {
```

```
        digitalWrite(Lunch,HIGH);
```

```
        digitalWrite(Heater,LOW);
```

```
        digitalWrite(Cooler,HIGH);
```

```
        digitalWrite(FanT,HIGH);
```

```
    }
```

```
    else if(Temp< T_setpoint-1) {
```

```
        digitalWrite(Lunch,HIGH);
```

```
        digitalWrite(Heater,HIGH);
```

```
        digitalWrite(Cooler,LOW);
```

```
        digitalWrite(FanT,HIGH);
```

```
    }
```

```
    if(Hum>= H_setpoint+1) {
```

# ANNEXES

```
digitalWrite(Vap,LOW);

digitalWrite(FanH,HIGH);

}

else if(Hum< H_setpoint-1) {

    digitalWrite(Vap,HIGH);

    digitalWrite(FanH,LOW);

}

}

void Tune_TSP(){

    lcd.clear();

    lcd.print(F("Set Temperature: "));

    byte key=0;

    while(true){

        key=Button_Pressed();

        if(key==3) {opState=SET_Hum; return;}

        if(key==1){

            if(T_setpoint<38) {T_setpoint+=1;}

        }

        if(key==2){

            if(T_setpoint>18) {T_setpoint-=1;}

        }

        lcd.setCursor(0,1);
```

# ANNEXES

```
lcd.print(T_setpoint);lcd.print(" ");

DriveOutput();

}

}

void Tune_HSP(){

lcd.clear();

lcd.print(F("Set Humidity: "));

byte key=0;

while(true){

key=Button_Pressed();

if(key==3) {opState=RUN; return;}

if(key==1){

if(H_setpoint<60) {H_setpoint+=1;}

}

if(key==2){

if(H_setpoint>35) {H_setpoint-=1;}

}

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print(H_setpoint);lcd.print(" ");

DriveOutput();

}

}

void check_switches()

{
```

# ANNEXES

```
static byte previousstate[NUMBUTTONS];

static byte currentstate[NUMBUTTONS];

static long lasttime;

byte index;

if (millis() < lasttime) {

    // we wrapped around, lets just try again

    lasttime = millis();

}

if ((lasttime + DEBOUNCE) > millis()) {

    // not enough time has passed to debounce

    return;

}

// ok we have waited DEBOUNCE milliseconds, lets reset the timer

lasttime = millis();

for (index = 0; index < NUMBUTTONS; index++) {

    currentstate[index] = digitalRead(buttons[index]); //read the button

    if (currentstate[index] == previousstate[index]) {

        pressed[index] = !currentstate[index]; //remember, digital HIGH means NOT pressed

    }

    previousstate[index] = currentstate[index]; //keep a running tally of the buttons

}

}

byte Button_Pressed() {

byte thisSwitch = 255;

check_switches(); //check the switches & get the current state
```

# ANNEXES

```
for (byte i = 0; i < NUMBUTTONS; i++) {
  current_keystate[i]=pressed[i];
  if (current_keystate[i] != previous_keystate[i]) {
    if (current_keystate[i]) thisSwitch=i+1;
  }
  previous_keystate[i]=current_keystate[i];
}

//if(thisSwitch !=0){lastInput=millis();}

if (thisSwitch<255) {Serial.print("Button is");Serial.println(thisSwitch);}

return thisSwitch;
}
```

# BIBLIOGRAPHIE

- [1] K. Mesmoudi, "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 Aurès," Thèse de Doctorat Physique Energétique, option énergétique Université de Batna, 2010.
- [2] [fr.wikipedia.org/wiki/Serre](http://fr.wikipedia.org/wiki/Serre)
- [3] Y. Bouteraa, "Automatisation d'une serre agricole," Magister en Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure D'agronomie-El Harrach, 2012
- [4] <https://www.solutecagri.re/fr/serres-multi-chapelles/14-serre-multi-chapelle-largeur-650m.html>
- [5] <https://www.cmf-groupe.com/cmf-cultures/serres-verre/>
- [6] 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](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/1381/Serres-multichapelle-ULMA-Agricola.pdf)
- [7] I. Telli, "Gestion Automatique d'une Serre Agricole", Mémoire de Fin d'Etudes En vue de l'obtention du diplôme MASTER, Université de Biskra 2015.
- [8] Khosla, S. (2002) Le gaz carbonique dans les serres. Repéré à : <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/00-078.htm>
- [9] <http://www.acd-serres.fr/fr-8825-4813-6707-sitemap-chauffage-serre.html>
- [10] Valléres, Marise. Comparaison de méthodes de refroidissement et de déshumidification pour une production en serre de tomates biologiques. 2018.
- [11] <https://richel-group.fr/produits/refroidissement/>
- [12] <https://www.hortere.fr/eclairage/>
- [13] <https://www.certhon.com/fr/greenhouse-solutions/innovations/eclairage-de-croissance-led>
- [14] <https://serre.ooreka.fr/fiche/voir/728061/installer-un-eclairage-horticole-dans-une-serre>
- [15] <https://fr.madlovefarms.com/1041-sodium-lamps-for-greenhouses-characteristics-principle-of-operation-types-and-features-advantages-and-disadvantages>
- [16] <https://www.inverca.es/en/sistemas/co2/>
- [17] <https://blog.jardincouvert.com/utiliser-et-entretenir-une-serre-tunnel/systeme-irrigation-serre/>
- [18] <https://serre.ooreka.fr/comprendre/serre-arrosage>
- [19] <http://www.arrosage-techno.com/arrosage-automatique-pour-serre/>
- [20] <https://www.wkbw.com/longform/360-video-the-ultimate-greenhouse>
- [21] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Station\\_m%C3%A9t%C3%A9orologique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Station_m%C3%A9t%C3%A9orologique)
- [22] Datasheet de PIC16F877A-I/P. [En ligne]. Disponible : [http://www.farnell.com/datasheets/1693496.pdf?\\_ga=2.81822288.736215843.1557575731-698422036.1557575731](http://www.farnell.com/datasheets/1693496.pdf?_ga=2.81822288.736215843.1557575731-698422036.1557575731)
- [23] Datasheet de PIC18F4550 -I/P. [En ligne]. Disponible : <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf>
- [24] Datasheet de l'ATMEGA328. [En ligne]. Disponible : <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/SMD/ATMega328.pdf>
- [25] Datasheet de l'ATMEGA2560[En ligne]. Disponible : [http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-2549-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega640-1280-1281-2560-2561\\_datasheet.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-2549-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega640-1280-1281-2560-2561_datasheet.pdf)

# BIBLIOGRAPHIE

[26] <https://www.gotronic.fr/art-module-arduino-nano-12422.htm>

[27] <https://pighixxx.tumblr.com/post/42591353009/arduino-nano-pinout>

[28] Datasheet du capteur de température lm35. [En ligne]. Disponible : [http://www.datasheetcatalog.net/datasheets\\_pdf/L/M/3/5/LM35.shtml](http://www.datasheetcatalog.net/datasheets_pdf/L/M/3/5/LM35.shtml)

[29] Datasheet du capteur DHT11 [En ligne]. Disponible : <https://components101.com/dht11-temperature-sensor>

[30] <https://www.carnetdumaker.net/articles/utiliser-un-capteur-de-temperature-et-dhumidite-dht11-dht22-avec-une-carte-arduino-genuino/>

[31] I. « Thermoelectric Modules - General-Purpose Coolers » [archive], sur [thermal.ferrotec.com](http://thermal.ferrotec.com) (consulté le 20 mai 2016)