

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira -
Tasdawit Akli Muhend Ulhag - Tubirett -



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة أكلي محمد أولحاج
- البويرة -

Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées

كلية العلوم والعلوم التطبيقية

Référence :/MM/ 2024

المرجع :/م/م / 2024

Mémoire de Master

Présenté au

Département : Génie Électrique

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Electronique

Spécialité : Electronique des systèmes embarqués

Réalisé par :

SIRINE Oussama

ET

DJEMAOUNE Aissa

Thème

Conception et réalisation d'une serre agricole intelligente

Soutenu le :10/07/2024

Devant le Jury composé de :

Mme : AGGOUN GHANIA

M.A.A

Univ. Bouira

Encadreur

Année Universitaire : 2023-2024

DÉDICACE

Je consacre ce travail qui n'aurait jamais vu le jour sans le soutien indéfectible et illimité de mes chers parents qui continuent à me donner l'amour nécessaire pour arriver où je suis aujourd'hui. J'espère que Dieu vous protégera et que le succès sera toujours accessible à tous.

Je dédie aussi ce travail à :

- *Sirine Youcef*
- *Mon grand frère et mes sœurs.*
- *Toute la famille Sirine et la famille*

Djemaoune .

- *Tous mes amis et mes collègues.*

Oussama et Aiss

Remerciements

Nous remercions en premier lieu ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la foi et de nous avoir permis d'en arriver là

Nous tenons à exprimer nos remerciements et notre appréciation à Mme Aggoun Ghania pour ses conseils et son soutien tout au long de cette période. Son expérience, ses précieux conseils, son écoute et ses encouragements nous ont permis de progresser et de surmonter les difficultés rencontrées.

Nous adressons nos plus vifs remerciements envers les membres du jury qui ont eu la gentillesse d'examiner attentivement notre travail

En conclusion, nous souhaitons exprimer nos remerciements les plus sincères à nos familles pour leur soutien inconditionnel et leurs encouragements constants tout au long de notre parcours d'étude, en particulier Sirine Youcef, pour nous aider dans le projet.

Résumé

Ce mémoire de notre projet a pour objectif de concevoir et de mettre en œuvre un système d'automatisation et de contrôle à distance via Blynk pour les serres agricoles, dans le but de réduire les efforts des agriculteurs et d'améliorer la productivité, tant en quantité qu'en qualité. Le projet est structuré en trois parties. La première partie consiste à élaborer un système intelligent capable de reconnaître les conditions climatiques à l'intérieur de la serre grâce aux données des capteurs, et de prendre les décisions nécessaires pour activer les moteurs afin de maintenir des conditions optimales pour les plantes. La deuxième partie se concentre sur le développement d'une interface homme-machine permettant de visualiser en temps réel les paramètres climatiques et de définir des seuils à ne pas dépasser dans la serre. Enfin, la troisième partie a permis la création d'un prototype de serre, nous permettant de tester et de valider les performances et le bon fonctionnement du système

Mots clés : Serre agricole intelligente, ESP32, capteurs, actionneurs, Blynk.

Table des matières

Remerciements.....	I
Résumé.....	II
Liste des matières.....	III/VI
Liste des Figures	VII/ IX
Liste des tableaux	VII
Liste des Abréviations	X
Introduction générale	13

Chapitre1 : Etude générale sur les serres agricoles

1 Introduction :.....	4
2 Généralités sur les serres agricoles :.....	4
2.1 Définition d'une serre agricole :	4
2.2 Intérêt de la serre agricole :.....	4
2.3 Structure d'une serre agricole :	5
2.4 Les différents types de serres agricoles :.....	6
2.4.1 Les serres tunnels :.....	6
2.4.2 Les serres d'horticulture :	7
2.5 Classification des serres :.....	7
2.5.1 Serres à faible technologie :.....	7
2.5.2 Serres à moyenne technologie :.....	8
2.5.3 Serres de haute technologie :	9
2.6 Les conditions environnementales d'une serre agricole :.....	9
2.6.1 La température :.....	10
2.6.2 Le Rayonnement :.....	10
2.6.3 Lumière :.....	10
2.6.4 Influence de l'humidité :.....	11
2.6.5 Le gaz carbonique CO2 :	11
3 Les serres agricoles intelligentes :	11

3.1 Définition d'une serre agricole intelligente :	11
3.2 Avantages d'une serre agricoles intelligente :	11
3.3 Les différentes approches existantes pour les serres agricoles intelligentes :	12
3.3.1 La motorisation :	12
3.3.2 Les extracteurs d'air :	12
3.3.3 Le système d'irrigation :	13
3.3.4 Brasseur d'air	13
3.3.5 Chauffage d'air :	14
3.3.6 Ecran de refroidissement :	14
3.3.7 La technologie GSM :	15
3.3.8 Contrôle climatique :	15
4 Les capteurs :	16
4.1 Définition d'un capteur :	16
4.2 Les capteurs utilisés dans une serre agricole intelligente :	17
4.2.1 Capteur de gaz carbonique CO2 :	17
4.4.2 Capteur d'humidité du sol :	17
4.2.3 Le capteur de température et humidité :	18
4.4.4 Le capteur de lumière :	19
4.2.5 Le capteur de précipitation :	19
4.2.6 Le capteur de PH du sol :	20
5.Conclusion :	21

Chapitre 2 : Description du matériel et logiciels utilisés

1 Introduction :	23
2 Schéma synoptique du prototype :	23
3 Partie Hardware :	23
3.1 Choix de la carte électronique :	23
3.2 NodeMCUE ESP32 :	23
3.2.1 ESP-WROOM-32 Module :	24
3.2.2 La puissance :	25
3.2.3 Périphériques et E/S :	25
3.2.4 Interrupteurs embarqués et indicateur LED.....	26

3.2.5 Communication série :.....	26
3.3 Brochage de la carte de développement ESP32 :	27
3.4 Les capteurs utilisés :	28
3.4.1 Capteur humidité température DHT22 :.....	28
3.4.2 Capteur d'humidité du sol :	29
3.4.3 Capteur de pluie :.....	31
3.4.4 Débitmètre YF-S201 :	32
3.4.5 Le capteur DS18B20 :.....	33
3.4.6 La photorésistance LDR :.....	34
3.4.7 Présentation de la carte ESP32-CAM :.....	35
3.5 Actionneurs :.....	37
3.5.1 Mini pompe d'eau :	37
3.5.2 Humidificateur d'air :.....	38
3.5.3 Le servomoteur :	38
3.5.4 Le module Peltier :	39
3.5.5 Extracteur d'air :.....	41
3.5.6 Ecran LCD 16X2 I2C :	41
3.5.7 Tube LED	42
3.6 Autres composants nécessaires :.....	43
3.6.1 Relai 4 canaux :	43
3.6.2 Transformateur 12v	44
4 Partie logicielle :	44
4.1 Arduino IDE :.....	44
4.2 Fritzing :.....	46
4.3 La plateforme Blynk :	46
4.3.1 Différentes utilisations de Blynk :.....	47
4.3.2 Utilisations de Blynk :	47
5 Conclusion :	48

Chapitre 3.: Conception et mise en œuvre De la serre intelligent

1.Introduction :.....	50
2 Modélisation de la structure de la serre intelligente :.....	50

3 Construction du model de la serre :	50
4 Configuration de Carte ESP32 avec Arduino ide :	51
4.1 Installation :	52
4.2 Test :	53
5 La plateforme Blynk :	53
5.1 Créer un compte Blynk :	53
5.2 Créer un nouveau Projet :	54
5.3 Etapes de création de l'interface :	55
6 Programmation de Blynk.....	57
6.1 Connexion ESP32 et l'application.....	57
6.2 Programmation des broches virtuelles	57
6.3 Explication	58
7 Montages et organigrammes de fonctionnement.....	58
7.2 La température et l'humidité.....	58
7.3 Température extérieure :	61
7.4 Contrôle de la lumière :	62
7.5 Système de notifications :	63
7.6 Volume d'eau utilisé pendant l'arrosage :	63
7.7 Humidité du sol :	64
8 Le circuit électronique et le montage final du prototype réalisé :	65
9 Tests expérimentaux :	66
9.1 Choix de la plante :	66
9.2 Explication :	67
10 .Conclusion :	69
Conclusion Générale.....	70
REFERENCES.....	70

Liste des figures

Chapitre 1 : Etude générale sur les serres agricoles

Figure1- 1 : Image d'une serre avec structure en bois	5
Figure1- 2:Image d'une serre avec structure en verre	5
Figure1- 3: Image d'une serre avec structure en acier	6
Figure1- 4 : Image d'une Serre tunnel	6
Figure1- 5: Image d'une Serre chapelle.....	7
Figure1- 6: Image d'une Serre à basse technologie.....	8
Figure1- 7: Image d'une Serre à technologie moyenne	8
Figure1- 8: Image d'une Serres à haute technologie	9
Figure1- 9:Image d'un mécanisme de Motorisation.....	12
Figure1- 10: Extracteur d'air.....	13
Figure1- 11: Image d'une brasseur d'air	14
Figure1- 12: Caléfacteurs.	14
Figure1- 13: Image d'une système de refroidissement par écran	15
Figure1- 14: Image d'une Module GSM.	15
Figure1- 15: Ecran LCD de contrôle climatique.	16
Figure1- 16: schéma de principe de fonctionnement d'un capteur	16
Figure1- 17: Capteur de gaz carbonique CO2	17
Figure1- 18: Capteur de température et humidité	19
Figure1- 19: Capteur de précipitation	20
Figure1- 20: Capteur PH du sol.....	20

Chapitre 2 : Description du matériel et logiciels utilisés

Figure 2-1 : Schéma synoptique de la serre intelligente	23
Figure 2-2 : Carte ESP32 (NodeMCU)	24
Figure 2-3 : module ESP -WROOM-32	24
Figure 2-4 : les pins d'alimentation électrique de NodeMCUESP32	25
Figure 2-5 : Périphériques et E/S du ESP32	26
Figure 2-6 : Interrupteurs embarqués et indicateur LED	26
Figure 2-7 : Communication série	27
Figure 2-8 : : Correspondance des broches du NodeMCU ESP32.....	28
Figure 2-9 : Capteur humidité température DHT22	29

Figure 2-10 : Capteur résistif d'humidité du sol (avant et après l'utilisation).....	30
Figure 2-11 : Schématique de capteur d'humidité de sol	31
Figure 2-12 : capteur de pluie.....	32
Figure 2-13 : principe fonctionnement de débitmètre YF_S201	32
Figure 2-14 : Débitmètre	33
Figure 2-15 : Le capteur de température DS18B20.....	33
Figure 2-16 : La photorésistance	34
Figure 2-17 : Variation de la résistance	35
Figure 2-18 : Carte ESP32-CAM	36
Figure 2-19 : Brochure ESP32-CAM	37
Figure 2-20 : Mini-pompe d'eau.....	37
Figure 2-21 : Humidificateur d'air à ultrason	38
Figure 2-22 : Servomoteur SG90	3841
Figure 2-23 : Fonctionnement du Servomoteur	39
Figure 2-24 : Module Peltier TEC1-12715	40
Figure 2-25 : Fonctionnement de module Peltier	42
Figure 2-26 : Extracteur d'air	43
Figure 2-27 : Ecran LCD I2C.....	42
Figure 2-28 : Relai 4 canaux	44
Figure 2-29 : Tube LED.....	46
Figure 2-30 : Transfo 12V.....	44
Figure 2-31 : interface Arduino IDE.....	45
Figure 2-32 : Interface du logiciel Fritzing.....	46
Figure 2-33 : Fonctionnement de Blynk.....	47

Chapitre III : Conception et mise en œuvre de la serre intelligente

Figure 3-1 : : Plan trois dimensions de la serre agricole.....	50
Figure 3-2 : La structure réalisée de la serre agricole	51
Figure 3-3 : configuration de carte ESP32 dans Logiciel Arduino IDE	51
Figure 3-4 : : Ajoute L'URL de gestionnaire la carte ESP32.....	52
Figure 3-5 : Sélection de la carte ESP32 dans arduino	52
Figure 3-6 : avant d'installation des bibliothèques de ESP32.....	52
Figure 3-7 : après d'installation des bibliothèques de ESP32.....	53
Figure 3-8 : choisir le type de carte de ESP32	53
Figure 3-9 : Inscription dans Blynk.....	54
Figure 3-10 : Création du projet	54
Figure 3-11 : Liste des widgets	55

Figure 3-12 : Création d'une broche virtuelle.....	55
Figure 3-13 : création d'une notification	56
Figure 3-14 : interface finale de l'application	58
Figure 3-15 : Organigramme de la température	59
Figure 3-16 : Organigramme de l'humidité	62
Figure 3-17 : Montage du capteur DHT22.....	61
Figure 3-18 : montage du capteur DS18B20.....	61
Figure 3-19 : Organigramme de fonctionnement de l'LDR	64
Figure 3-20 : Montage LDR.....	63
Figure 3-21 : montage du détecteur de pluie.....	63
Figure 3-22 : Montage du débitmètre	64
Figure 3-23 : Montage du capteur d'humidité du sol	64
Figure 3-24 : Circuit fritzing de la serre réalisée.....	65
Figure 3-25 : Notre Serre agricole intelligente.....	66
Figure 3-26 : Avant régulation	66
Figure 3-27 : Après régulation	67
Figure 3-28 : :(A) et (B) détection <i>de précipitation</i> (C) <i>Réception</i> de la notification par <i>mail</i> .	70
Figure 3-29 : Les valeurs affichée du volume d'eau avant et après l'arrosage de la plante ...	70

Liste des tableaux

Tableau 2.1 : Caractéristique d'un capteur d'humidité de sol	30
---------------------------------------------------------------------------	----

Liste des Acronymes

ADC : Analogue to Digital Converter

CO2 : Dioxyde de Carbone

DAC : Digital to Analogue Converter

DC : Direct Current

E/S : Entrées / Sorties

GSM : Global System for Mobiles

Hz : Hertz

I2C : Inter-Integrated Circuit

IDE : Integrated Development Environment

IP 55 : Indice de Protection

Kb : Kilobyte

LCD:LiquidCrystal Display

LED : Light Emitting Diode

MHz : Mega Hertz

MLI : Modulation de largeur d'Impulsions

Mm : Millimeters

PH : Power of Hydrogen

PPM : Partie Par Million

PVC : PolyVinyl Chloride

RAM : Random Access Memory

RTC : Real Time Clock

SCL : Serial Clock

SDA : Serial Data

SMS : Short Message Service

USB : Universal Serial Bus

V : Volt



Introduction générale

Introduction générale

La culture sous serre a connu un développement majeur ces dernières années dans de nombreux pays, motivé par le désir d'améliorer la qualité et la quantité des produits agricoles destinés à la consommation [1]

Pour rester compétitifs sur un marché en pleine concurrence, les systèmes de production sous serre se sont considérablement perfectionnés, notamment grâce à la mécanisation des outils, à l'expansion des surfaces irriguées et à l'automatisation des processus. L'optimisation des paramètres climatiques est essentielle pour garantir des environnements de croissance optimaux, ce qui contribue à accroître la rentabilité de la production sous serre. En résumé, l'évolution vers des méthodes de culture plus sophistiquées et technologiquement avancées vise à répondre aux besoins croissants du marché tout en améliorant l'efficacité et la rentabilité de la production agricole sous serre.[2]

Les systèmes embarqués ont révolutionné divers secteurs, y compris l'agriculture, où l'utilisation croissante de ces technologies est manifeste dans la culture sous serre. Les progrès tels que les capteurs, les dispositifs de contrôle environnemental et les logiciels de traitement des données permettent une surveillance précise et une adaptation des conditions de croissance des plantes. Cette optimisation favorise une augmentation de la productivité tout en réduisant la consommation de ressources.

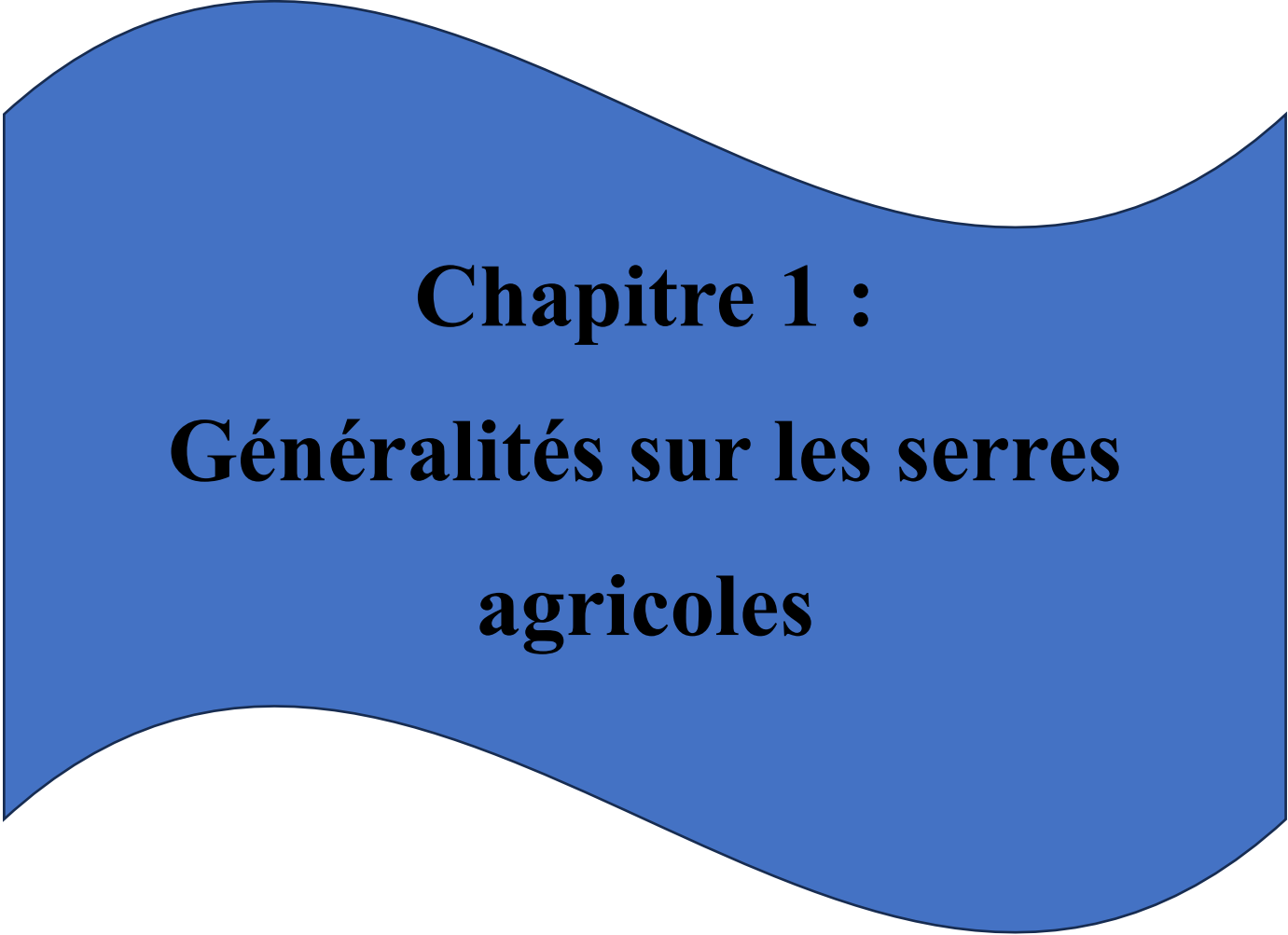
Outre les spécialistes de l'automatisation, les électroniciens jouent un rôle crucial dans la gestion bioclimatique des serres, en raison de l'émergence de nouvelles technologies telles que les cartes électroniques comme l'Arduino. Ces dispositifs sont largement adoptés pour contrôler divers systèmes en raison de leur simplicité et de leur facilité d'utilisation. Ainsi, les compétences des électroniciens sont de plus en plus sollicitées pour tirer parti de ces avancées technologiques dans l'optimisation des conditions de culture sous serre.

Dans ce contexte, notre projet de fin d'étude vise à concevoir et réaliser une serre agricole intelligente, contrôlée à distance via Wi-Fi grâce à l'application Blynk. L'objectif de ce prototype de serre est de faciliter le travail de l'agriculteur en lui permettant de surveiller et de contrôler la serre avec un minimum de déplacements.

Notre travail sera structuré en trois chapitres :

- Le premier chapitre présentera une généralité sur les serres agricoles, en abordant leurs différents types, structures et conditions climatiques nécessaires. Nous y discuterons également des serres intelligentes, en mettant l'accent sur les systèmes électroniques utilisés pour surveiller et gérer les conditions environnementales.
- Le deuxième chapitre sera consacré à la description des différents composants électroniques et logiciels utilisés pour atteindre notre objectif.
- Le troisième chapitre détaillera la conception et l'implémentation de notre système, en vue de réaliser des tests expérimentaux et d'en discuter les résultats.

Une conclusion générale clôturera notre mémoire en apportant une synthèse générale des résultats et des recommandations éventuelles pour les développements futurs



Chapitre 1 :
Généralités sur les serres
agricoles

1 Introduction :

L'augmentation démographique projetée par l'ONU souligne un défi majeur pour l'agriculture : répondre à la demande alimentaire croissante. Parallèlement, les perturbations météorologiques dues au réchauffement climatique menacent la sécurité alimentaire mondiale. Pour relever ces défis, les scientifiques explorent des techniques innovantes telles que l'agriculture intelligente, qui intègre des technologies avancées comme les capteurs et les actionneurs. Ces outils permettent l'automatisation des processus agricoles, la collecte de données précises sur le terrain et leur analyse, offrant ainsi aux agriculteurs les informations nécessaires pour une prise de décision éclairée et la production de cultures de qualité. Ce chapitre aborde l'agriculture intelligente de manière globale, avec un accent particulier sur les serres intelligentes.

2 Généralités sur les serres agricoles :

2.1 Définition d'une serre agricole :

Les serres sont des structures fermées ou semi-ouvertes, translucides, en verre ou en plastique, soutenues par des armatures métalliques ou en bois. Elles sont généralement destinées à cultiver ou protéger des plantes grâce à la lumière solaire. En tant que bâtiments industriels de production végétale, les serres visent à recréer un environnement adapté aux cultures, améliorant ainsi la productivité et la qualité des plantes en s'affranchissant du climat extérieur, des caractéristiques des sols locaux et même des contraintes saisonnières. [3]

2.2 Intérêt de la serre agricole :

La serre agricole (de culture) représente une solution innovante pour contourner les contraintes climatiques extérieures telles que la pluie, le vent et le froid. Sa conception vise à recréer un environnement spécifique, un microclimat, permettant ainsi un contrôle précis des conditions de croissance des plantes. À travers la régulation du chauffage de l'air et des racines, le contrôle de l'irrigation et de la fertilisation, l'enrichissement en CO₂ et la gestion de l'humidité, la serre offre un cadre idéal pour la culture des plantes. En outre, elle présente un intérêt économique significatif en permettant la mise sur le marché de produits agricoles en contre-saison. Grâce à la serre, il est possible d'obtenir une production végétale de qualité supérieure à celle qui serait réalisée dans des conditions naturelles. Cependant, atteindre ces résultats nécessite une attention minutieuse aux exigences spécifiques de chaque culture ainsi qu'à l'interaction complexe entre les différents facteurs influençant sa croissance et son développement [4]

2.3 Structure d'une serre agricole :

➤ Les serres avec structure en bois :

Les structures à ossature en bois sont utilisées pour les serres de moins de 6 mètres. Le bois, naturellement résistant, offre une durée de vie d'au moins 15 ans, en fonction du type de bois choisi et de son traitement. De plus, les structures en bois améliorent l'isolation thermique de la serre, contribuant ainsi à maintenir un microclimat propre à la serre. Cependant, le bois nécessite un entretien rigoureux car il est sensible à l'humidité interne de la serre et peut développer des parasites. [7]



Figure1- 1 : Image d'une serre avec structure en bois

➤ Les serres avec structure en verre :

Les serres agricoles avec ossature offrent une très bonne luminosité et très robustes, ils peuvent aussi être édifiées à des hauteurs optimales. Par contre, leur coût est important et elles souffrent de leur fragilité [7]



Figure1- 2: Image d'une serre avec structure en verre

➤ Les serres avec structure en acier :

Le principal avantage d'une structure en acier est sa robustesse et sa maniabilité. Elle permet également la construction d'un toit en arceaux demi-cercle, plus résistant qu'un toit en pente. Cependant, l'ossature en acier doit impérativement être traitée contre la rouille, car elle est exposée aux éléments extérieurs. C'est pourquoi elle est de plus en plus souvent remplacée par une structure en aluminium, qui est plus résistante et plus facile à entretenir. [7]



Figure1- 3: Image d'une serre avec structure en acier

2.4 Les différents types de serres agricoles :

Il existe deux types de serre : les serres d'horticulture (pour les cultures ornementales) et les serres tunnels.

2.4.1 Les serres tunnels [5]:

La serre tunnel se compose de nombreuses arêtes métalliques solidement enracinées dans le sol, et elle est enveloppée d'une membrane plastique souple, généralement transparente et parfois teintée en blanc ou en jaune, Cette configuration lui confère une allure caractéristique rappelant celle d'un tunnel.



Figure1- 4 : Image d'une serre tunnel

➤ Caractéristiques des serres tunnel :

- La hauteur varie généralement entre 2 et 2,50 mètres.
- La largeur se situe entre 3 et 5 mètres.
- Une surface au sol minimal de 6 m².
- Généralement existe deux portes.

2.4.2 Les serres chapelle:

La chapelle est l'élément principal d'une serre, constituée de deux parois latérales et d'un toit à deux pentes. Ses dimensions varient généralement de 3 à 16 mètres de largeur. Les serres de la gamme Multi Chapelle sont conçues pour un montage facile grâce à des joints vissés absorbant les forces sur la structure. Leur robustesse et leur adaptabilité au terrain en font des choix populaires.[6]



Figure1- 5: Image de *Serre* chapelle

2.5 Classification des serres [8] :

Les serres dépendent fortement de la mise en œuvre de la technologie ; plus le niveau de technologie est élevé, plus l'utilisateur aura de contrôle sur les paramètres environnementaux et donc sur les cultures. Nous pouvons identifier trois principaux types de serres en fonction de la technologie utilisée

2.5.1 Serres à faible technologie :

Ces structures sont généralement des tunnels, d'une hauteur maximale de 3 mètres, sans parois verticales et mal ventilées. Ce type est le moins cher mais aussi le moins automatisé. Il est principalement utilisé pour la production en plein champ en raison de son faible coût. Les problèmes de ce type sont le potentiel de récolte limité, la gestion difficile des cultures, un environnement de croissance sous-optimal, le contrôle des parasites et des maladies est limité à un programme de pulvérisation chimique.



Figure1- 6: Image d'une serre à basse technologie

2.5.2 Serres à moyenne technologie :

Ces serres ont des murs latéraux de 2 à 4 mètres de haut et une hauteur inférieure à 5,5 mètres, elles peuvent avoir une ventilation par le toit ou par les murs ou parfois les deux, elles ont une couche simple ou double de film plastique ou de verre et divers degrés d'automatisation. Il représente un compromis entre la côte et l'efficacité, il permet également la possibilité de stratégies non chimiques de gestion des parasites et des maladies



Figure1- 7: Image d'une serre à technologie moyenne

2.5.3 Serres de haute technologie :

Les serres de haut niveau ont une hauteur de mur d'au moins 4 mètres, le sommet du toit pouvant atteindre 8 mètres au-dessus du sol. Cette structure offre un haut niveau d'intégration de la technologie et donc un haut niveau de contrôle environnemental. Le revêtement peut être un film plastique (simple ou double), une feuille de polycarbonate ou du verre. Bien que ces serres soient à forte intensité de capital, elles offrent une opportunité hautement productive et écologiquement durable pour une industrie avancée de produits frais.



Figure1- 8: Image d'une serre à haute technologie

2.6 Les conditions environnementales d'une serre agricole :

Pour garantir une croissance rapide et optimale des plantes, il est essentiel de créer des conditions climatiques idéales à l'intérieur de la serre intelligente, où nous jouons un rôle essentiel en tant que premier régulateur du microclimat des plantes. Bien que les serres agricoles offrent d'énormes avantages pour relever les défis de la production alimentaire, la gestion précise de l'environnement dans la serre reste un défi majeur. Cela implique notamment de réguler avec précision des paramètres tels que l'humidité de l'air et du sol, la température et l'éclairage. Les fluctuations de ces paramètres peuvent avoir un impact significatif sur la croissance des plantes et la qualité des cultures obtenues. Cela souligne l'importance cruciale de notre intervention proactive pour maintenir des conditions optimales, minimisant ainsi la dépendance des agriculteurs qui doivent souvent agir rapidement pour ajuster ces paramètres [9]

Les facteurs climatiques les plus importants dans la serre sont :

- ☒ La lumière.
- ☒ L'humidité.
- ☒ La température.

- ☒ Les concentrations des gaz (CO₂).
- ☒ Le Rayonnement

2.6.1 La température :

La température joue un rôle crucial dans la production de tomates, influençant directement la croissance et le développement des plantes. Les fluctuations thermiques ont un impact significatif, les températures basses ralentissant la croissance et favorisant la formation excessive de feuillage au détriment des fruits. Les températures inférieures à 10°C peuvent également entraîner des problèmes tels que des ramifications excessives, des difficultés de nouaison et des fleurs déformées. Les températures élevées, quant à elles, peuvent compromettre la formation des fruits, en particulier si le temps est chaud et sec, ce qui rend la pollinisation difficile. Au-dessus de 30°C, le pigment responsable de la couleur rouge des fruits cesse de se former, donnant aux tomates une teinte jaune-orange. Pour des résultats optimaux, il est recommandé de maintenir des températures diurnes entre 20 et 25°C et des températures nocturnes entre 13 et 17°C, avec une température du sol comprise entre 14 et 18°C. Cependant, dans des conditions climatiques comme celles de l'Algérie, atteindre ces valeurs peut être difficile, même avec l'utilisation de serres. La culture de tomates peut être affectée pendant environ trois mois par an par des conditions thermiques défavorables, en raison notamment d'une ventilation insuffisante et de problèmes d'étanchéité des serres [10]

2.6.2 Le Rayonnement :

Le rayonnement solaire reçu par la plante agit notamment sur la transpiration et la photosynthèse. Cette énergie est échangée directement des parois vers la surface des plantes et non vers l'air ambiant. Il transmet de l'énergie sans support physique à travers une onde électromagnétique solaire. La température causée par le rayonnement et le réchauffement climatique ne garantit pas des températures optimales pour la croissance des plantes tout au long de l'année, mais diminue avec la perte de chaleur. De plus, l'humidité à l'intérieur de la serre doit être ajustée, en fonction des conditions climatiques de transpiration des cultures selon les espèces considérées, afin de ne pas limiter la croissance des plantes et d'éviter les risques phytosanitaires [11]

2.6.3 Lumière :

Le rayonnement, qu'il soit solaire ou artificiel, active la photosynthèse des cultures, garantissant ainsi 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 être efficace, l'éclairage artificiel doit fournir entre 50 et 200 watts par m², ce qui nécessite l'installation de lampes à haute puissance électrique (400 à 600W). Le principal inconvénient réside donc dans le coût élevé de l'électricité. [12]

2.6.4 Influence de l'humidité :

Pendant la nuit, lorsque les serres sont généralement fermées, l'humidité relative de l'air est élevée à l'intérieur. Cette humidité peut se condenser sur les parois et goutter sur les plantes, créant ainsi des conditions propices au développement des maladies cryptogamiques. En revanche, pendant la journée, lorsque la température de l'air augmente, l'humidité relative peut chuter de manière significative, ce qui peut causer un stress hydrique pour les plantes. Pour réduire l'humidité excessive et soulager le stress hydrique des plantes, il est nécessaire d'assurer une bonne aération ou ventilation des serres.[12]

2.6.5 Le gaz carbonique CO₂ :

Le dioxyde de carbone (CO₂) est vital pour la photosynthèse des plantes, où il est converti en sucres pour alimenter leur croissance. Les agriculteurs en serre visent à maximiser la teneur en matière sèche des plantes pour obtenir un rendement optimal. Le CO₂ améliore la croissance et la vigueur des plantes, favorisant une floraison précoce, un rendement accru en fruits et une meilleure qualité des fleurs. En augmentant la concentration de CO₂ de 340 ppm à 1000 ppm, le rendement photosynthétique peut augmenter jusqu'à 50 % dans la plupart des cultures en serre[13].

3 Les serres agricoles intelligentes :

3.1 Définition d'une serre agricole intelligente :

La serre agricole intelligente n'est en réalité qu'une serre agricole simple mais dotée de composants électroniques tels que les capteurs et actionneurs et un système de traitement d'informations (ex : ordinateur). A l'intérieur de la serre les capteurs acquièrent les informations du milieu extérieur et seront immédiatement envoyer vers l'ordinateur pour que ce dernier les traite et décide les actions primordiales à entreprendre et ensuite les exécuter à l'aide des actionneurs

3.2 Avantages d'une serre agricoles intelligente :

- ☒ La serre intelligente est un système autonome et peut aussi être contrôlée à distance ce qui facilite le travail de l'agriculteur
- ☒ Contrôle du climat : une serre intelligente peut ajuster automatiquement les conditions climatiques pour optimiser la croissance des cultures, tout en économisant de l'énergie et

en améliorant l'efficacité.

☒ Surveillance en temps réel l'état de santé des plantes, ce qui permet de détecter rapidement les problèmes potentiels et d'y remédier.

☒ Utilise des techniques telles que la culture hydroponique et la fertilisation contrôlée pour améliorer la qualité et la quantité de la production

3.3 Les différentes approches existantes pour les serres agricoles intelligentes :

3.3.1 La motorisation :

Il permet l'ouverture et la fermeture des fenêtres d'aération de la serre. La motorisation utilisée est composée de motoréducteurs pour aérations latérales. Cet ensemble est équipé d'un moteur électrique entraînant un système de réduction de vitesse, assurant l'ouverture et la fermeture des aérations latérales en toute sécurité. Monté sur le châssis de la serre, il peut être couplé à un dispositif de gestion du climat.[14]



Figure1- 9: Image d'un mécanisme de motorisation d'une ouverture d'une serre agricole [14]

3.3.2 Les extracteurs d'air :

Les extracteurs sont utilisés pour renouveler l'air dans la serre, et il est possible de les utiliser en combinaison avec les panneaux colins pour réduire la température intérieure

Le logement du ventilateur et les venturis sont fabriqués en tôle d'acier galvanisé résistante. La partie centrale et la poulie en forme de V sont fabriquées en fonte d'aluminium. Les jalousies à ouverture automatique fabriquées en acier galvanisé pressé très résistant empêchent la poussière de pénétrer. L'hélice est équilibrée statiquement et dynamiquement pour produire de faibles niveaux de bruit et de vibrations, et est disponible galvanisée, prélaquée ou en acier inoxydable. Équipé d'un moteur de classe A, caractérisé par une efficacité excellente et une faible consommation d'énergie. Disponible pour fonctionner sur 230 v 1f ou 230/400 3f à 50 ou 60 Hz[14].

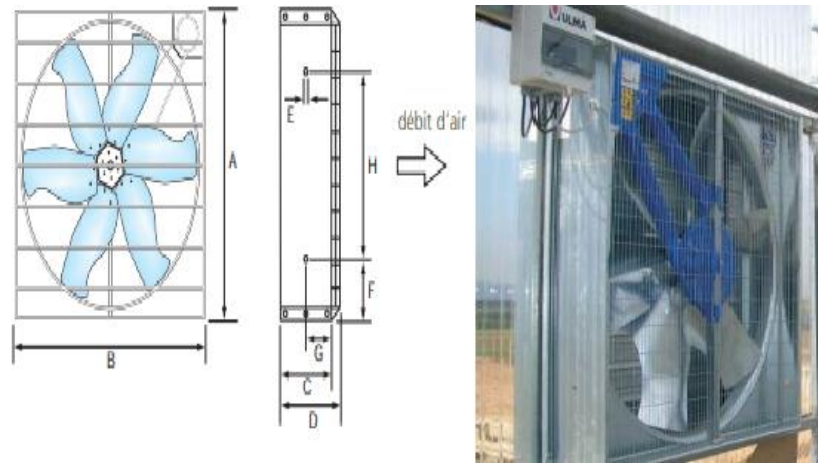


Figure1- 10: Extracteur d'air [14]

3.3.3 Le système d'irrigation :

L'irrigation est le processus consistant à fournir de l'eau artificiellement aux plantes cultivées afin d'améliorer leurs rendements et de favoriser leur croissance dans des conditions de déficit hydrique, telles que des précipitations insuffisantes, un drainage excessif ou une baisse du niveau des nappes phréatiques, particulièrement observées dans les zones arides. Outre ces aspects, l'irrigation est utilisée pour apporter des nutriments au sol et, par pulvérisation, pour fertiliser les feuilles (fertilisation foliaire). En hydroponie, l'irrigation et la fertilisation sont intégrées de manière étroite. Tout système d'irrigation se compose généralement de quatre grands secteurs : le pompage de l'eau, le traitement de l'eau, la distribution de l'eau et/ou des solutions nutritives, ainsi que le stockage/récupération de l'eau et/ou des solutions (dans les cultures hors sol). [14]

3.3.4 Brasseur d'air

Les brasseurs d'air ou ventilateurs, 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 CO₂ par les cultures.[15].



Figure1- 11: Image d'un brasseur d'air [15]

3.3.5 Chauffage d'air :

Les Caléfacteurs sont des dispositifs conçus pour chauffer l'air dans les serres tout en contrôlant l'humidité relative. Ils sont fabriqués avec un boîtier en acier galvanisé et une chambre de combustion en acier inoxydable. Leur fonctionnement repose sur le principe de combustion indirecte par échangeur de chaleur, assurant une séparation entre les gaz de combustion et le flux d'air. Ils sont équipés d'un thermostat à double commutateur pour garantir sécurité et stabilité. [14]



Figure1- 12: Caléfacteurs. [14]

3.3.6 Ecran de refroidissement :

C'est un système de réfrigération par évaporation d'eau, il est composé d'extracteurs et de panneaux de refroidissement placés sur les parois opposées de la serre, pour créer une zone de pression négative dans la serre. Il permet de contrôler la quantité de lumière, l'humidité et la température à l'intérieur de la serre, ce qui permet d'optimiser les conditions pour la culture et de réduire les coûts énergétiques. L'écran présente une structure flexible qui occupe très peu d'espace une fois replié et qui laisse passer le maximum de lumière. [14]



Figure1- 13: Image du système de refroidissement par écran [15]

3.3.7 La technologie GSM :

La technologie GSM est un élément de surveillance, de contrôle et de supervision à distance qui permet à l'agriculteur d'avoir l'esprit totalement tranquille lorsqu'il s'absente de l'installation ce qui est possible avec le téléphone portable qui peut être configuré par l'agriculteur et à partir duquel il est possible de demander des informations, de manipuler l'équipement et de recevoir des avertissements en cas d'incident dans l'installation grâce à de simples messages SMS, ainsi vous permettre de savoir à tout moment dans quel état se trouve votre installation, où que vous vous trouviez [16]

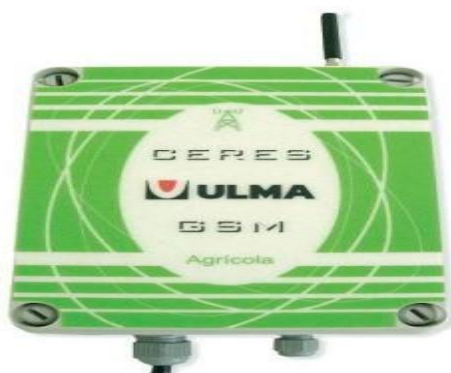


Figure1- 14: Image d'un module GSM. [16]

3.3.8 Contrôle des conditions climatique à l'intérieur de la serre agricole:

Le grand écran LCD avec ses menus détaillés font de cet appareil un outil très simple à manier malgré son grand niveau de sophistication ; c'est l'allié parfait si vous souhaitez tirer la meilleure rentabilité de votre installation [16]



Figure1- 15: Ecran LCD de contrôle climatique. [16]

4 Les capteurs :

La mesure de diverses grandeurs physiques est essentielle dans de nombreux secteurs tels que l'industrie, la recherche scientifique, les services et les loisirs. Pour réaliser cette mesure, l'élément clé utilisé est le capteur

4.1 Définition d'un capteur :

Un capteur est un dispositif qui recueille des informations à partir d'une grandeur physique et les convertit en une autre grandeur physique, généralement de nature électrique. Cette dernière est ensuite utilisée pour des applications de mesure ou de commande.

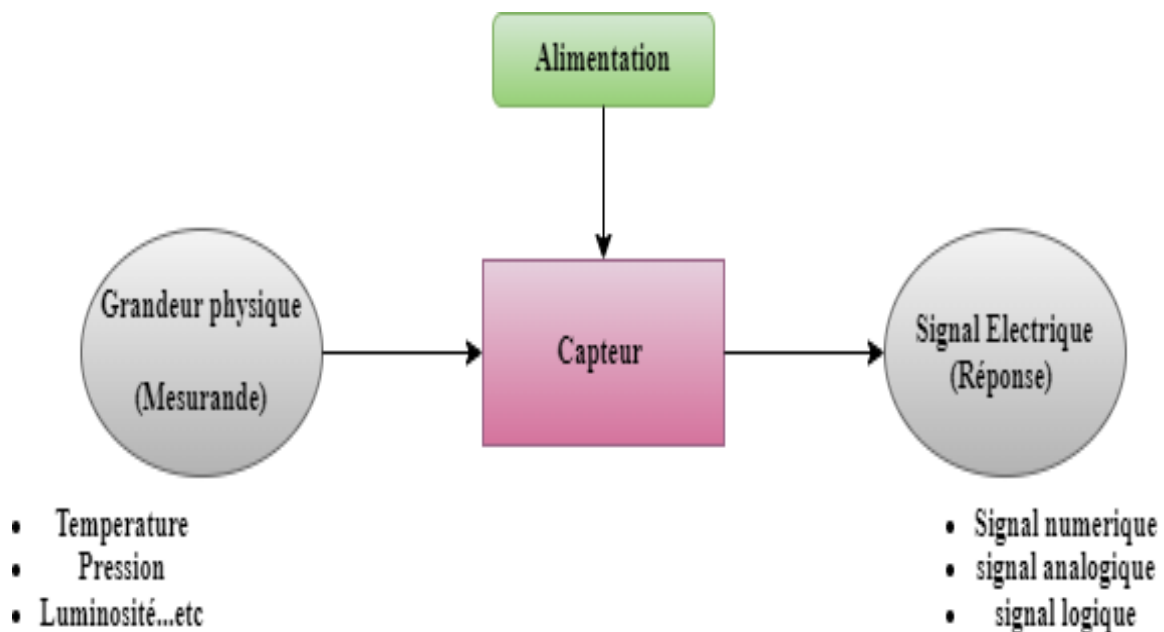


Figure1- 16: Schéma de principe du fonctionnement d'un capteur.

4.2 Les capteurs utilisés dans une serre agricole intelligente :

4.2.1 Capteur de gaz carbonique CO₂ :

Les capteurs de CO₂ permettent de détecter et de commander avec précision le taux de CO₂ en ppm utilisable en serre, Ainsi ils permettent d'une part d'obtenir un climat sain à l'intérieur de la serre et d'autre part d'assurer une croissance optimale des plantes[16]



Figure1- 17: Capteur de gaz carbonique CO₂ [16]

4.4.2 Capteur d'humidité du sol :

Les plantes absorbent les nutriments essentiels du sol par leurs racines. Donc, il est nécessaire de maintenir un niveau suffisant de teneur en eau dans le sol. Cependant, une quantité excessive d'eau peut augmenter la probabilité que les plantes contractent ou souffrent de différentes maladies. Il est donc impératif de maintenir précisément le niveau d'eau requis dans le sol. [17]

C'est là où venu l'utilité qui du capteur d'humidité du sol qui va déterminer de façon essentielle la variation des caractéristiques de différents matériaux ou sols. (Teneur en eau...) [18]

Il existe différentes techniques de mesure de l'humidité d'un sol, nous citons :

➤ **La méthode gravimétrique :**

Cette méthode consiste à sécher (passer dans un four à 105 °C) un échantillon de sol et connaître ensuite par pesée finale (ramenée à la pesée initiale) le poids d'eau contenu par l'échantillon.

➤ **La méthode par sonde à neutrons :**

Cette méthode reste particulièrement efficace mais chère et désormais beaucoup trop réglementée (caractère radioactif du principe de l'appareil) pour être utilisée simplement par un opérateur.

➤ **La méthode par mesure de la conductivité électrique :**

Cette méthode très économique est malheureusement très peu précise, et reste fortement influencée par la nature du sol et la salinité des sols.

➤ **La méthode capacimétrique :**

Méthode électromagnétique (mesure de la permittivité diélectrique) économique, mais au volume d'influence limité (1 à 2 centimètres autour des pointes du capteur) et influencée par le type de sol, la température et la salinité.

➤ **La méthode TDR :**

La méthode TDR (Time Domain Reflectométrie) a comme principe la détermination du temps de propagation d'un pulse électromagnétique le long d'une électrode introduite dans le sol. Le temps de propagation de ce pulse dépend étroitement de l'humidité du sol (mesure de permittivité diélectrique).

Son volume d'influence est supérieur à celui des techniques capacitives. La mesure est par ailleurs faiblement influencée par la température, la salinité et le type de sol.

4.2.3 Le capteur de température et humidité :

Les serres utilisent généralement un seul capteur qui combine les deux mesures, il permet de mesurer et Contrôler la température et l'humidité de l'air car Une humidité élevée favorise les problèmes de moisissures et de ravageurs dans les serres, Le froid ou la température élevée entravent sérieusement la croissance et le développement des plantes.

Le capteur de température et d'humidité peut être connecté à un contrôleur externe. Lorsque la lumière directe du soleil rend la température ou l'humidité intérieure trop élevée, ce dernier télécharge la valeur actuelle sur la plate-forme générale, et la plate-forme générale envoie un signal au contrôleur de ventilateur de la serre pour contrôler son aspiration ou son événement de travail [16] .



Figure1- 18: Capteur de température et humidité [16]

4.4.4 Le capteur de lumière :

Les capteurs de lumière couramment utilisés incluent les photorésistances, les photodiodes ou phototransistors, et les capteurs de caméra. Les photorésistances sont des semi-conducteurs dont la conductance varie avec la fréquence lumineuse, bloquant le courant dans l'obscurité avec une résistance quasi infinie. Elles sont utilisées dans des dispositifs comme les jouets, les caméras et les éclairages LED. Les photodiodes convertissent les rayonnements en signaux électriques proportionnels à l'intensité lumineuse, idéales pour les fibres optiques. Les capteurs de caméra transforment les signaux électromagnétiques en signaux électriques pour numériser la lumière en images numériques dans les appareils photo. [16]

4.2.5 Le capteur de précipitation :

Le pluviomètre est le capteur le plus couramment utilisé. Installé à l'extérieur de la serre pour mesurer les précipitations. Lorsque les précipitations atteignent une valeur prédéfinie, la plate- forme de surveillance peut contrôler la fermeture ou la limitation des événements de toit ou du toit escamotable. Ce sont les capteurs les plus appropriés à cet effet car ils permettent une réponse rapide. [16]



Figure1- 19: Capteur de précipitation [16]

4.2.6 Le capteur de PH du sol :

Si le sol est trop acide ou alcalin, cela affectera la croissance des racines des plantes dans une certaine mesure, ainsi la croissance et le développement optimal des plantes. Le déséquilibre acido-basique du sol peut également réduire la disponibilité des éléments nutritifs dans le sol et affecter la fertilité du sol.

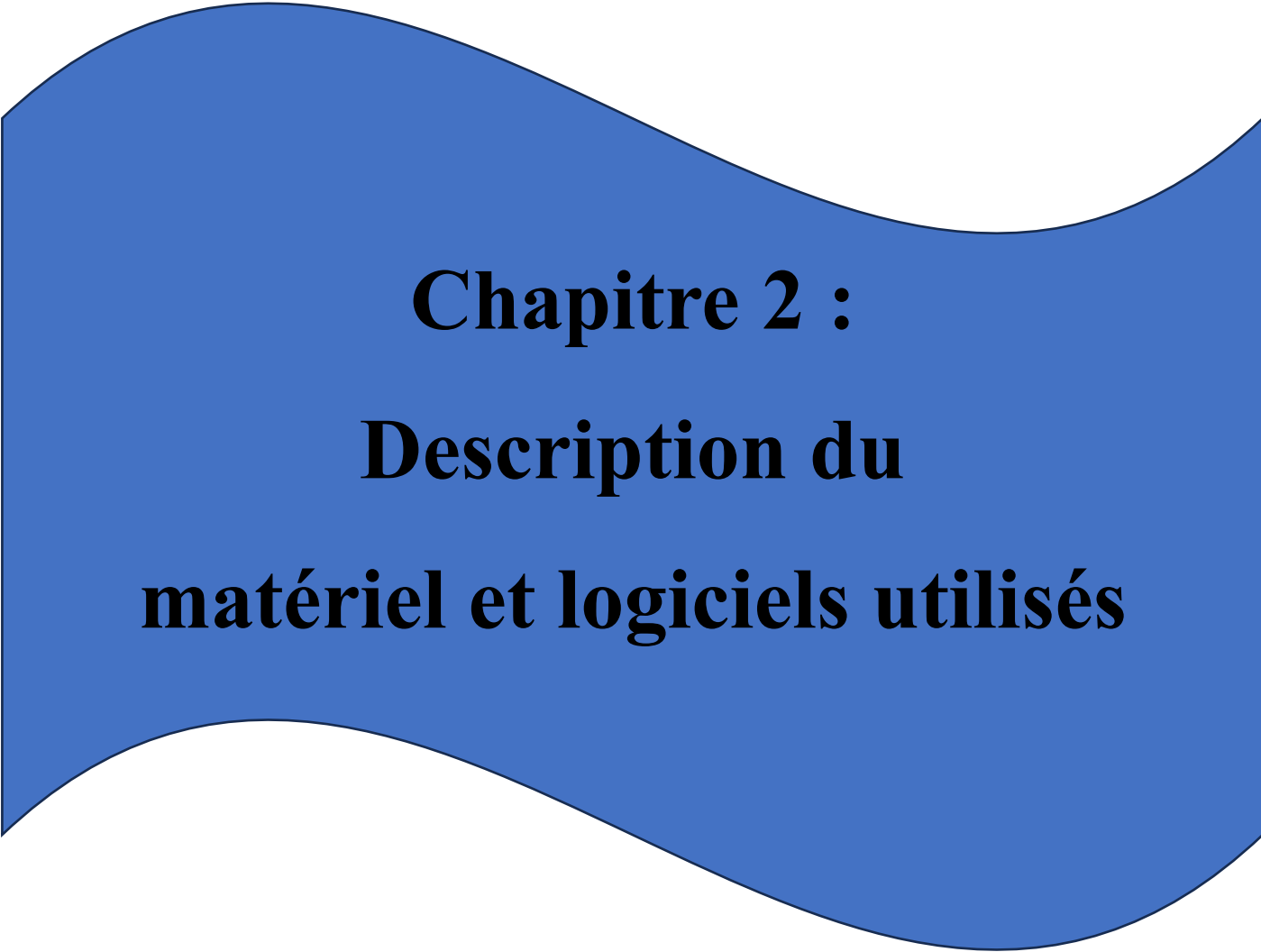
Par conséquent, il est nécessaire pour la croissance des cultures dans le hangar de surveiller le pH du sol via le capteur de pH du sol, de comprendre la qualité du sol, d'appliquer raisonnablement des engrais, d'accélérer l'amélioration du sol et d'améliorer la fertilité. [16]



Figure1- 20: Capteur PH du sol [16]

5 Conclusion :

Dans ce présent chapitre, nous avons exploré en profondeur le domaine des serres agricoles, en examinant divers aspects tels que les types de structures et l'importance du contrôle des paramètres climatiques. De plus, nous avons présenté le concept novateur de serre agricole intelligente, mettant en lumière ses nombreux avantages et les composants électroniques qui la rendent possible. Dans le prochain chapitre, nous irons encore plus loin en fournissant une analyse détaillée de notre prototype, en décrivant en détail l'équipement matériel et les logiciels utilisés pour sa conception et son fonctionnement.



Chapitre 2 :
Description du
matériel et logiciels utilisés

1 Introduction :

Avant de nous lancer dans la conception et le développement de notre serre agricole intelligente, nous devons prendre le temps de choisir avec soin la carte électronique et les différents composants requis. Dans cette partie, nous examinerons en détail le matériel et les logiciels que nous utiliserons pour réaliser nos objectifs.

2 Schéma synoptique du prototype :

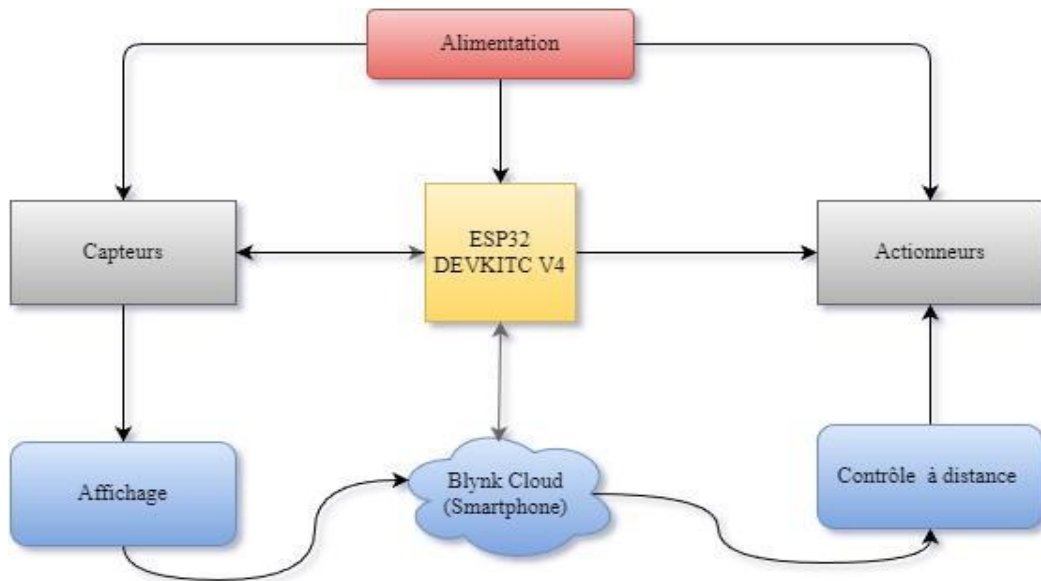


Figure 2-1 : Schéma synoptique de la serre intelligente

Le schéma ci-dessus représente les différentes unités du prototype. La carte électronique, les capteurs, actionneurs, alimentation électrique et l'application Blynk (affichage des valeurs des capteurs et commande des actionneurs).

3 Partie Hardware :

Dans cette partie nous allons présenter les différents composants électroniques utilisés :

3.1 Choix de la carte électronique :

Le choix de la carte électronique est une étape très importante dans notre réalisation, et pour la choisir nous devons par exemple savoir quel est le nombre d'entrées/sorties analogiques/numériques que la carte possède, sa vitesse de traitement de données, ainsi la possibilité de se connecter à internet vu que notre réalisation nécessite cette dernière. C'est pour Cela que nous avons choisi la carte **ESP32** de chez Expressif system.

3.2 NodeMCUE ESP32 :

En matière d'IoT, l'ESP32 est une puce puissante. L'ESP32 fait suite à l'ESP8266. Cette série de systèmes sur puce (SoC) à faible coût a été créée par Expressif Systèmes. Compte tenu de son rapport qualité-prix, de sa petite taille et de sa consommation d'énergie relativement faible, l'ESP32 est bien adapté à un certain nombre d'applications IoT différentes. [19]

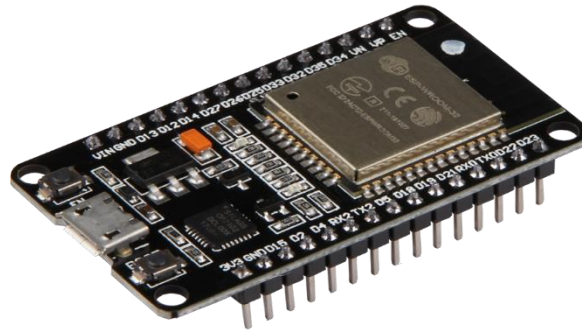


Figure 2 -2 : Carte ESP32 (NodeMCU) [19]

3.2.1 ESP-WROOM-32 Module :

Cette carte de développement est équipée du module ESP-WROOM-32, qui contient le microprocesseur Tensilica Xtensa® Dual-Core 32 bits LX6. Ce processeur est similaire à celui utilisé dans l'ESP8266, mais il possède deux cœurs de processeur (qui peuvent être contrôlés individuellement), fonctionne à une fréquence d'horloge réglable de 80 à 240 MHz et peut fonctionner jusqu'à 600 DMIPS (Dhrystone Million Instructions). Par seconde). Il existe également 448 Ko de ROM, 520 Ko de SRAM et 4 Mo de mémoire Flash (pour le stockage des programmes et des données), ce qui est suffisant pour gérer les longues chaînes qui composent les pages Web ou les données JSON/XML. [19]

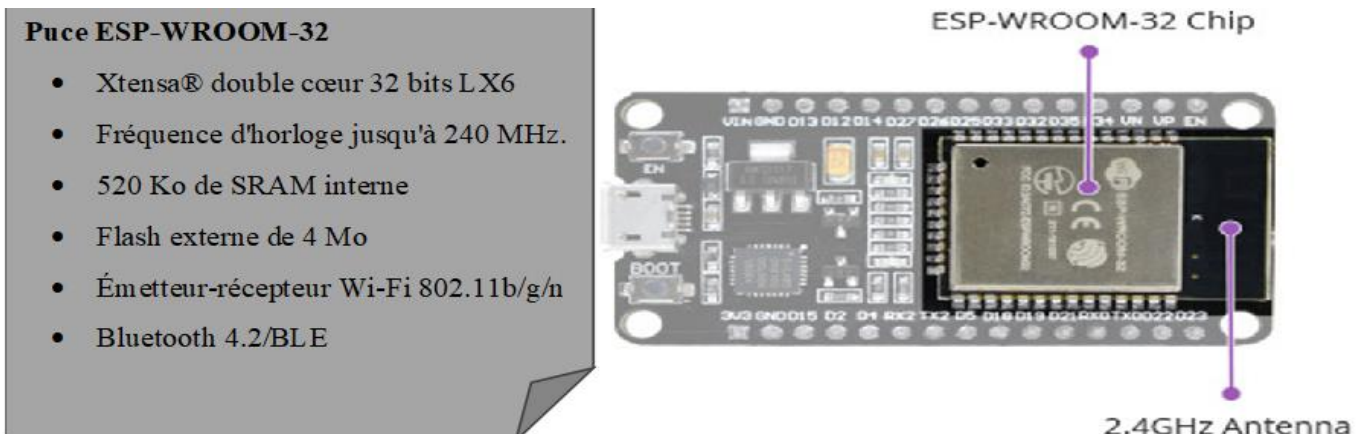


Figure 2-3 : Module ESP -WROOM-32 [19]

3.2.2 La puissance de ESP32:

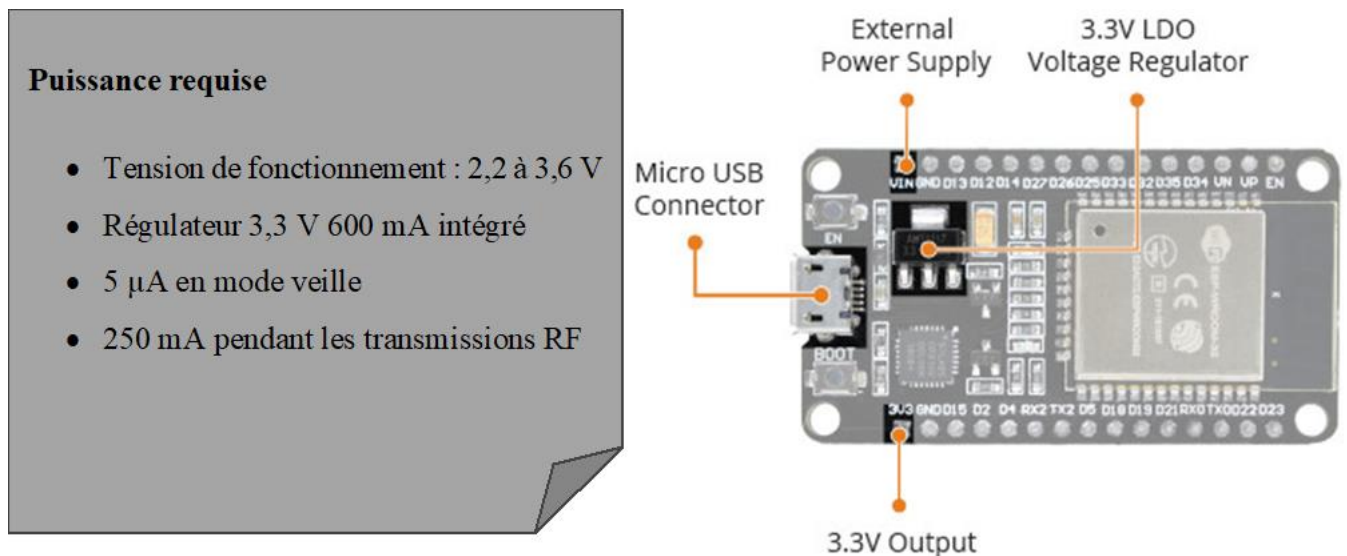


Figure 2-4 : les pins d'alimentation électrique de NodeMCUESP32[19]

La sortie du régulateur 3,3 V est reliée à la broche d'en-tête étiquetée 3V3. Cette broche peut être utilisée pour alimenter des circuits externes.

La carte de développement ESP32 est généralement alimentée par le connecteur USB MicroB intégré. Alternativement, si vous disposez d'une alimentation régulée de 5 V, vous pouvez utiliser la broche VIN pour alimenter directement l'ESP32 et ses périphériques. [19]

3.2.3 Périphériques et E/S :

Bien que l'ESP32 dispose de 48 broches GPIO au total, seules 25 d'entre elles sont réparties en entêtes de broches. Ces broches peuvent se voir attribuer diverses tâches périphériques, notamment [19] :

- 15 canaux ADC – 15 canaux de SAR ADC 12 bits avec plages sélectionnables de 0-1 V, 0-1,4 V, 0-2 V ou 0-4 V
- 2 interfaces UART – 2 interfaces UART avec contrôle de flux et prise en charge IrDA soutien
- 25 sorties PWM – 25 broches PWM pour contrôler des éléments tels que la vitesse du moteur ou la luminosité des LED.
- 2 canaux DAC – Deux DAC 8 bits pour générer de véritables tensions analogiques
- Interface SPI, I2C et I2S – Trois interfaces SPI et une I2C pour connecter divers capteurs et périphériques, ainsi que deux interfaces I2S pour ajouter du son à votre projet.
- 9 pavés tactiles – 9 GPIO avec détection tactile capacitive.

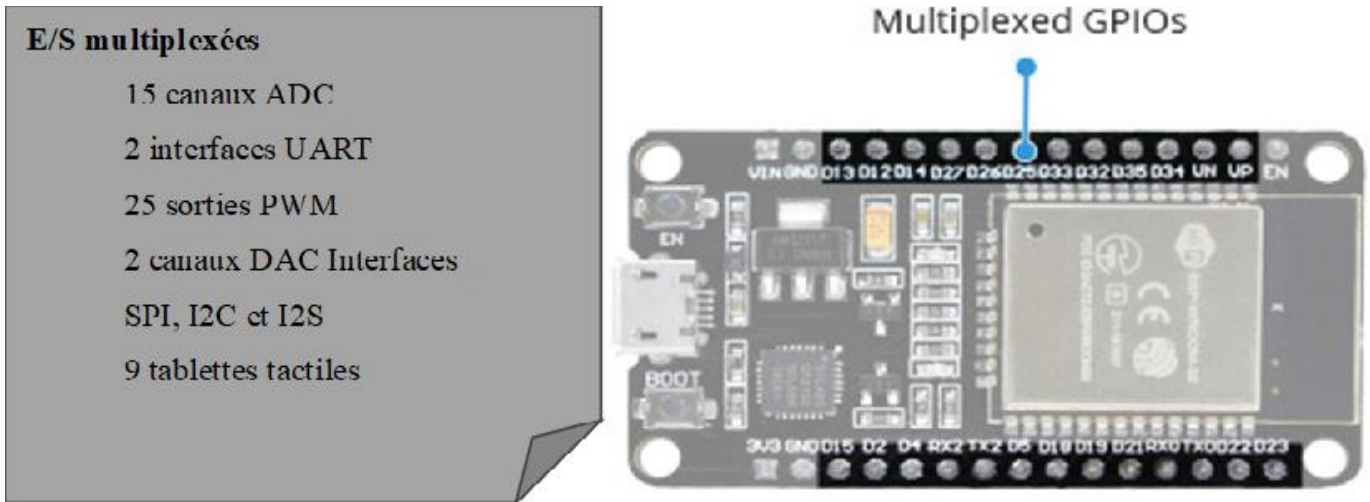


Figure 2-5 : Périphériques et E/S du ESP32[19]

3.2.4 Interrupteurs embarqués et indicateur LED

Il y a deux boutons sur la carte de développement ESP32. Le bouton Réinitialiser, étiqueté EN, est utilisé pour réinitialiser la puce ESP32. L'autre bouton est le bouton Boot, qui est utilisé pour télécharger de nouveaux logiciels ou programmes.

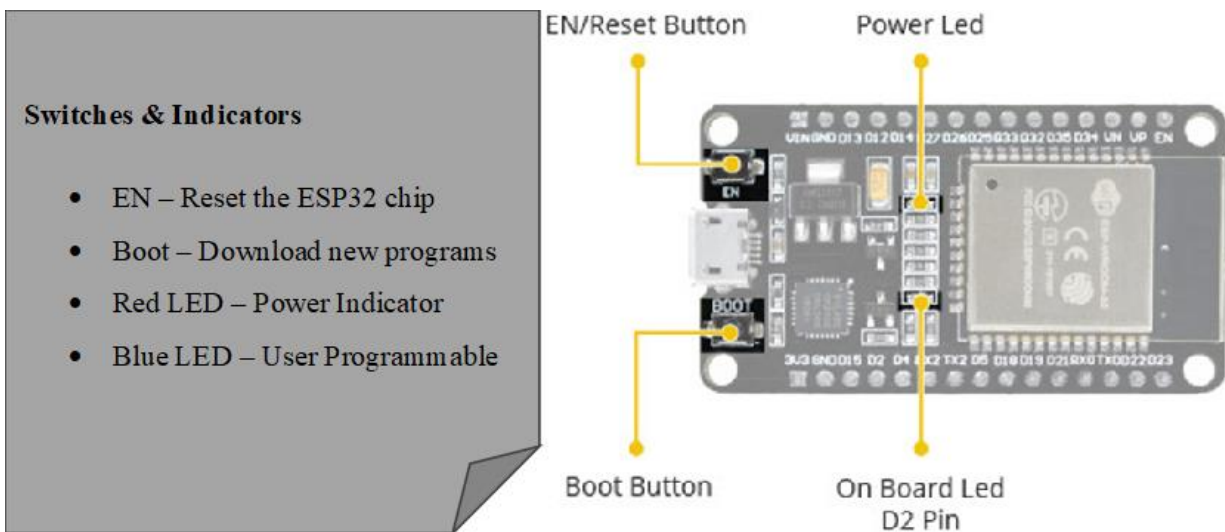


Figure 2-6 : Interrupteurs embarqués et indicateur LED[19]

La carte comprend également deux indicateurs LED. La LED rouge indique que la carte est allumée, tandis que la LED bleue est programmable par l'utilisateur et connectée à la broche D2 de la carte.[19]

3.2.5 Communication série :

La carte comprend le contrôleur de pont USB vers UART CP2102 de Silicon Labs, qui convertit les signaux USB en série et vous permet de programmer la puce ESP32.[19]

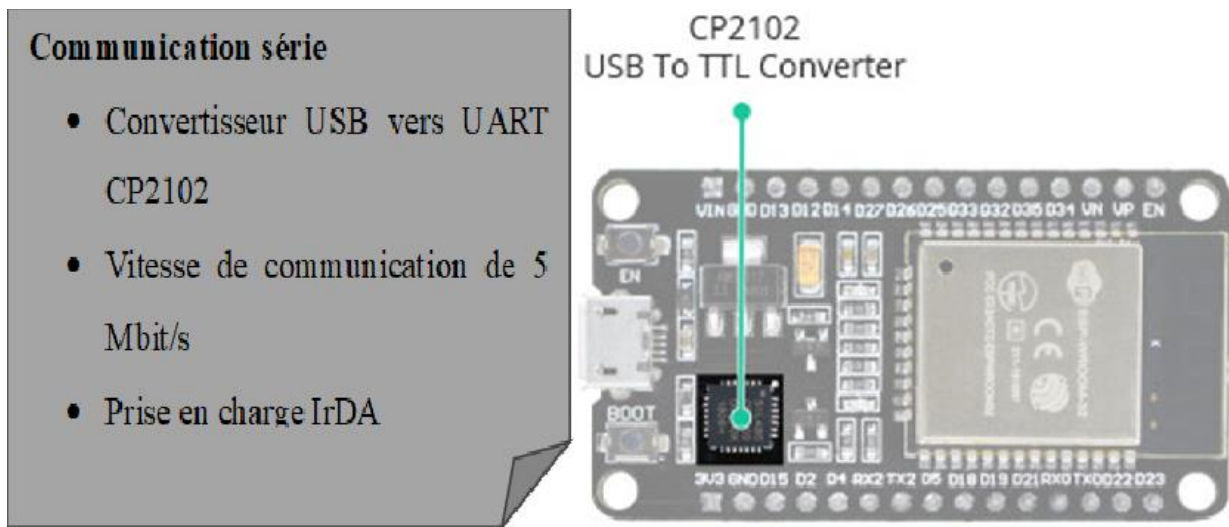


Figure 2-7 : Communication série [19]

3.3 Brochage de la carte de développement ESP32 :

La carte de développement ESP32 DevKit V1 dispose de 30 broches au total. Pour plus de commodité, les broches ayant des fonctionnalités similaires sont regroupées. Le brochage est le suivant

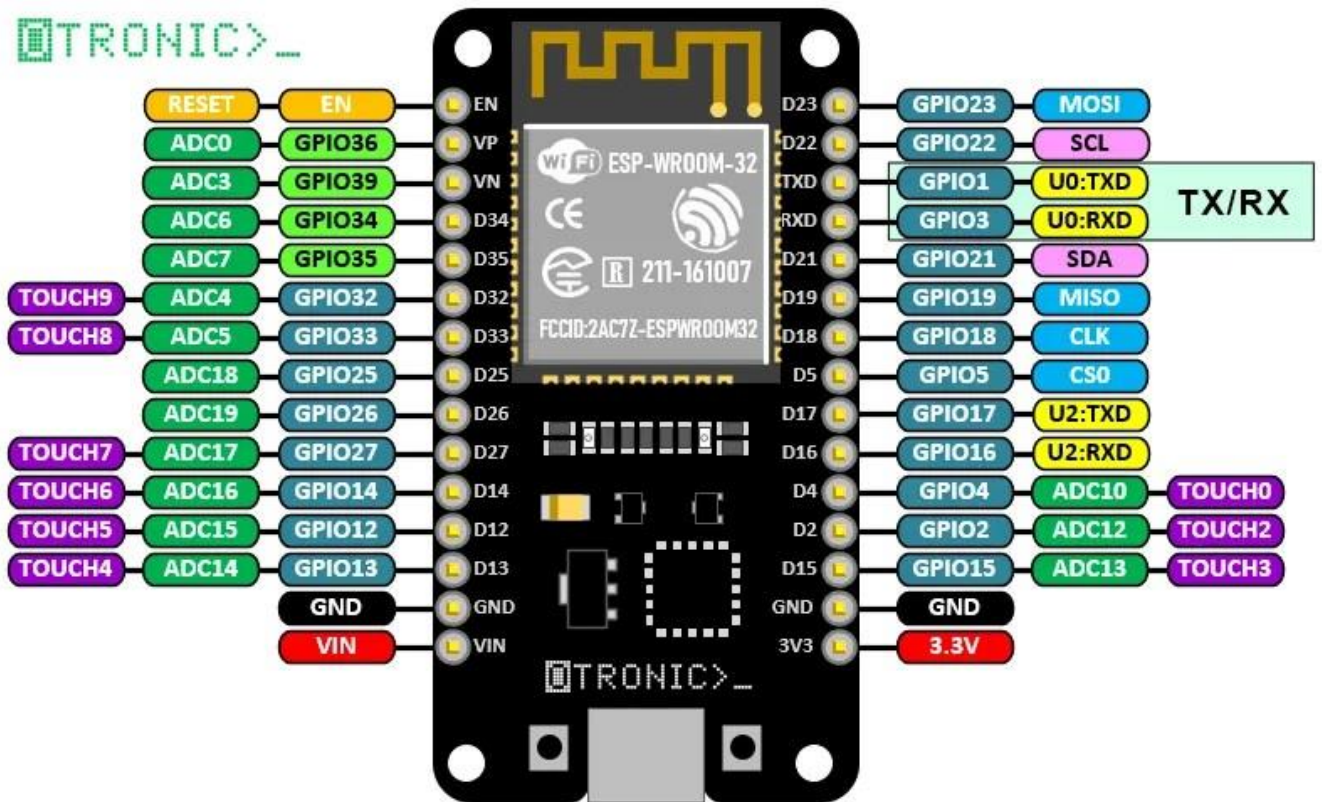


Figure 2-8 : Correspondance des broches du NodeMCU ESP32[20]

3.4 Les capteurs utilisés :

3.4.1 Capteur humidité température DHT22 :

Le DHT22 montré dans la figure (2.9) est un capteur qui permet de mesurer à la fois la température et l'humidité de l'air. Ayant une précision satisfaisante, son intervalle de mesure de température est de -40° allant jusqu'à 120° avec une précision de $\pm 0.5^{\circ}$ et pour l'humidité l'intervalle est de 0% à 100% avec 2-5% comme précision de mesure. [21]

Câblage :

La connexion de ce capteur est très simple, il suffit de relier le premier pin à gauche à l'alimentation (3V à 5V), le pin central sur un pin Arduino déclaré en entrée (INPUT) et le pin de droite à la masse (GND). Bien qu'il utilise un seul fil pour envoyer les données. Ce capteur est semblable au DHT11 mais il dispose d'une plus grande précision et plage de mesure, par contre il est un peu plus cher et un peu plus gros. Ce capteur est vendu avec une résistance de pull up entre $4,7K\Omega$ et $10K\Omega$ pour relier le pin DATA au VCC. Une rangée de ce capteur est emballée avec quatre broches, ce qui rend la connexion très pratique.[22]

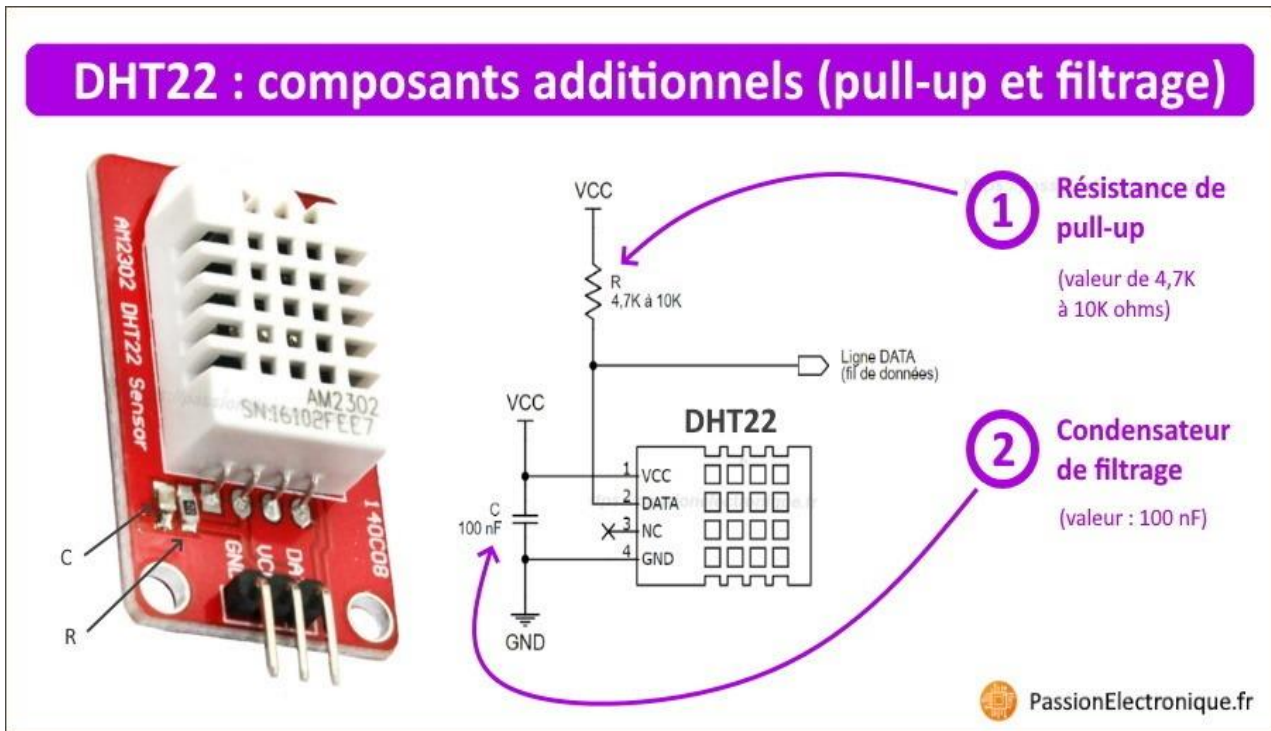


Figure 2-9 : Capteur humidité température DHT22[23]

3.4.2 Capteur d'humidité du sol :

Le capteur d'humidité du sol est un capteur qui mesure la teneur en eau dans le sol. La mesure de l'humidité du sol est importante pour aider les agriculteurs à gérer leurs systèmes d'irrigation. Il se compose de deux sondes qui servent à mesurer le contenu volumétrique de l'eau. Les deux sondes permettent au courant de passer à travers le sol, puis il obtient la valeur de résistance pour mesurer l'humidité. Quand il y a plus d'eau, le sol conduira plus d'électricité, ce qui signifie qu'il y aura moins de résistance. Par conséquent, le niveau d'humidité sera plus élevé. Un sol sec conduit mal l'électricité, donc quand il y aura moins d'eau, le sol conduira moins d'électricité, ce qui signifie qu'il y aura plus de résistance. Par conséquent, le niveau d'humidité sera plus faible. [8].

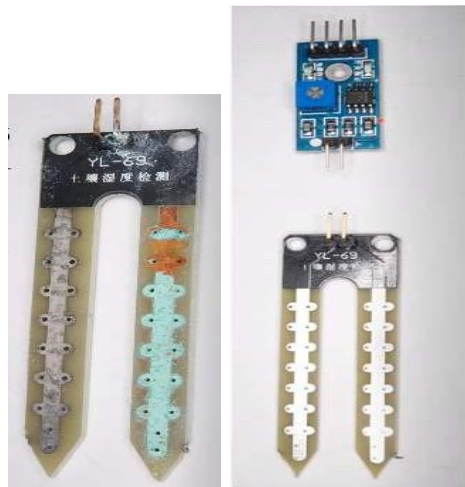


Figure 2-10 : Capteur résistif d'humidité du sol (avant et après l'utilisation)

- **Caractéristique d'un capteur d'humidité de sol :** Les caractéristiques d'un capteur d'humidité de sol sont résumées dans le tableau suivant

<i>Tension de fonctionnent</i>	<i>5volts</i>
<i>Courant de fonctionnent</i>	<i><20 mA</i>
<i>Interface</i>	<i>Analogique</i>
<i>Largeur de détection</i>	<i>40mm*16mm</i>
<i>Température de travail</i>	<i>10°C -30°C</i>
<i>Poids</i>	<i>3grs</i>
<i>Taille</i>	<i>65mm*20mm*8mm</i>
<i>Tension de sortie signal</i>	<i>0 - 4.2volts.</i>
<i>Faible consommation d'énergie</i>	
<i>Haut sensibilité.</i>	

Tableau 2.1 : Caractéristique d'un capteur d'humidité de sol :

- **Fonctionnement du schéma :**

Le schéma du capteur d'humidité du sol capacitif v1.2 peut être décomposé en plusieurs blocs fonctionnels :

- Filtre RC : Ce filtre est composé d'une résistance (R3) et d'un condensateur (C1). Il permet de lisser le signal provenant des électrodes du capteur.
- Détecteur de pic :

- Ce circuit est composé d'un circuit intégré TLC555, d'une résistance (R1) et d'un condensateur (C3). Il convertit le signal analogique provenant du filtre RC en un signal numérique.
- Générateur d'impulsions : Ce circuit génère une impulsion carrée d'une fréquence de 1,5 MHz. Cette impulsion est utilisée pour exciter les électrodes du capteur.
- Sortie : La sortie du capteur est un signal numérique qui représente l'humidité du sol.

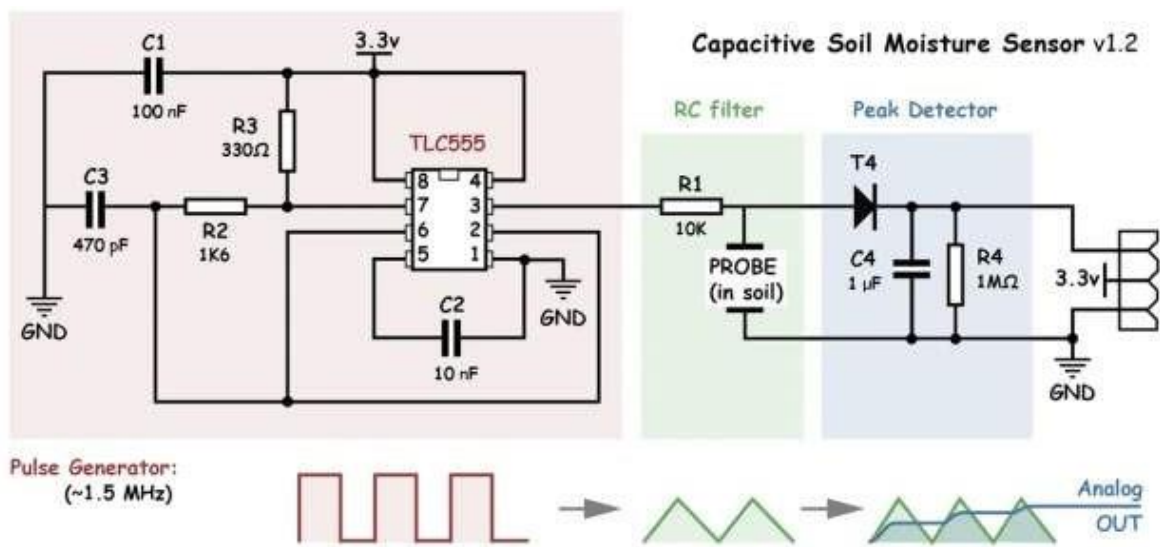


Figure 2-11 : Schématic de capteur d'humidité de sol [8]

3.4.3 Capteur de pluie :

Le capteur de niveau de l'eau illustré dans la figure (2.12) est un excellent moyen de détecter une fuite, un déversement, une inondation, une pluie, etc. Il peut être utilisé pour détecter la présence, le niveau, le volume et/ou l'absence d'eau ainsi peut être utilisé pour rappeler l'arrosage des plantes. Le capteur a un ensemble de traces exposées, qui permettent de créer un signal lorsque l'eau est détectée. [24]

Câblage : Le capteur se branche à l'aide de deux fils sur la platine (GND et signal). La platine de mesure est alimentée directement par l'Arduino sur 5V et possède une sortie analogique.

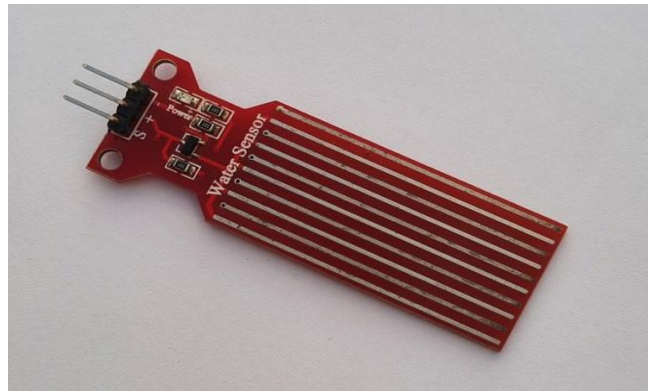


Figure 2-12 : capteur de pluie

3.4.4 Débitmètre YF-S201 :

Une alternative à l'utilisation d'une fonction d'interruption pour mesurer le débit d'eau avec le capteur YF-S402 est d'utiliser un compteur de temps. Cette méthode implique de mesurer la durée entre les impulsions de l'onde carrée générée par le capteur. En connaissant la fréquence de l'onde carrée, vous pouvez calculer le débit en utilisant la formule : Débit = Volume par impulsion / Temps entre les impulsions. Bien que cette méthode puisse être moins précise que l'utilisation d'interruptions, elle reste une alternative efficace si les interruptions ne peuvent pas être utilisées.[25]

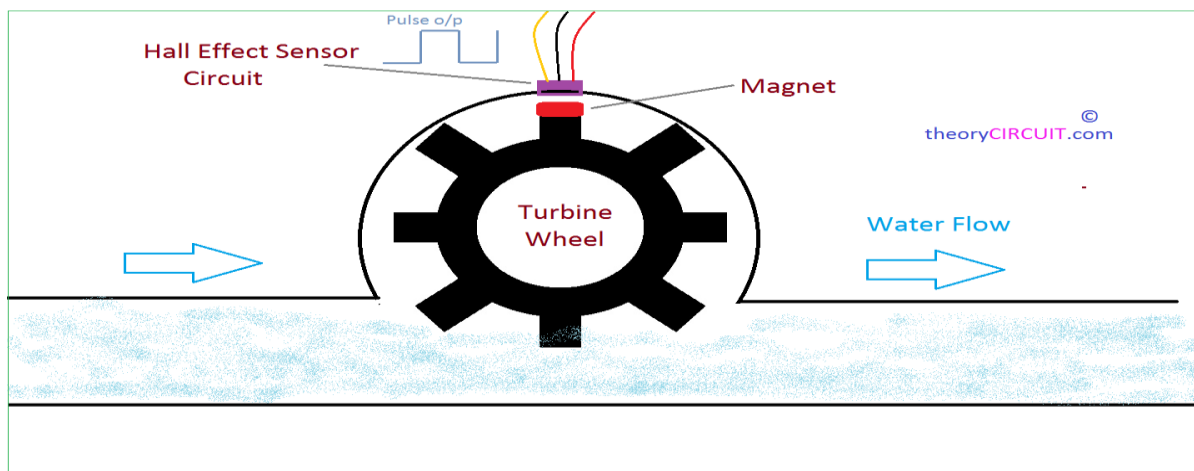


Figure 2-13 : principe fonctionnement de débitmètre YF_S201[28]



Figure 2-14: Débitmètre

3.4.5 Le capteur de température DS18B20 :

Le DS18B20 est un capteur de température numérique populaire qui utilise le protocole à 1 fil, ce qui lui permet de communiquer avec un microcontrôleur à l'aide d'un seul fil (plus la terre). Cela facilite la connexion de plusieurs capteurs à une seule broche de microcontrôleur, en utilisant le code série 64 bits unique de chaque capteur pour les adresser individuellement. Le capteur peut mesurer des températures de -55°C à $+125^{\circ}\text{C}$ avec une précision de $\pm 5\%$ et fournit des données dans la plage de 9 bits à 12 bits, donnant une résolution de $0,5^{\circ}\text{C}$ à $0,0625^{\circ}\text{C}$, selon les paramètres. Dans l'ensemble, le DS18B20 est un capteur polyvalent et fiable largement utilisé dans diverses applications, notamment les systèmes de surveillance et de contrôle de la température.[27].



Figure 2-15: Le capteur de température DS18B20

➤ Principe de fonctionnement du capteur de température DS18B20 :

Le DS18B20 est un capteur de température numérique utilisant l'interface 1-Wire, nécessitant un seul câble de données pour la communication avec le processeur. Son fonctionnement implique l'envoi d'un signal par le processeur pour démarrer la conversion, suivie par la mesure de la température par le capteur. Une fois la conversion terminée, la valeur numérique de la température est renvoyée au processeur par le même fil de données. Cette valeur est ensuite interprétée en fonction de la résolution en bits définie. Le DS18B20 offre une fonction de "résolution variable", permettant à l'utilisateur de choisir la précision de la lecture de température en sélectionnant le nombre de bits de la valeur de température [28]

3.4.6 La photorésistance LDR :

Le capteur de lumière à résistance variable (LDR), ou photorésistance, est sensible à l'intensité lumineuse et sa résistance électrique varie en conséquence. Pour éviter les interférences lumineuses parasites, il est souvent encapsulé dans un tube opaque. Les photorésistances utilisent une variété de composés semi-conducteurs tels que le sulfure de cadmium (CdS), le séléniure de cadmium (CdSe), le séléniure de zinc (ZnSe), etc., offrant ainsi une gamme de sensibilité spectrale adaptée à diverses applications comme l'imagerie thermique, la spectroscopie et l'astronomie. [29]

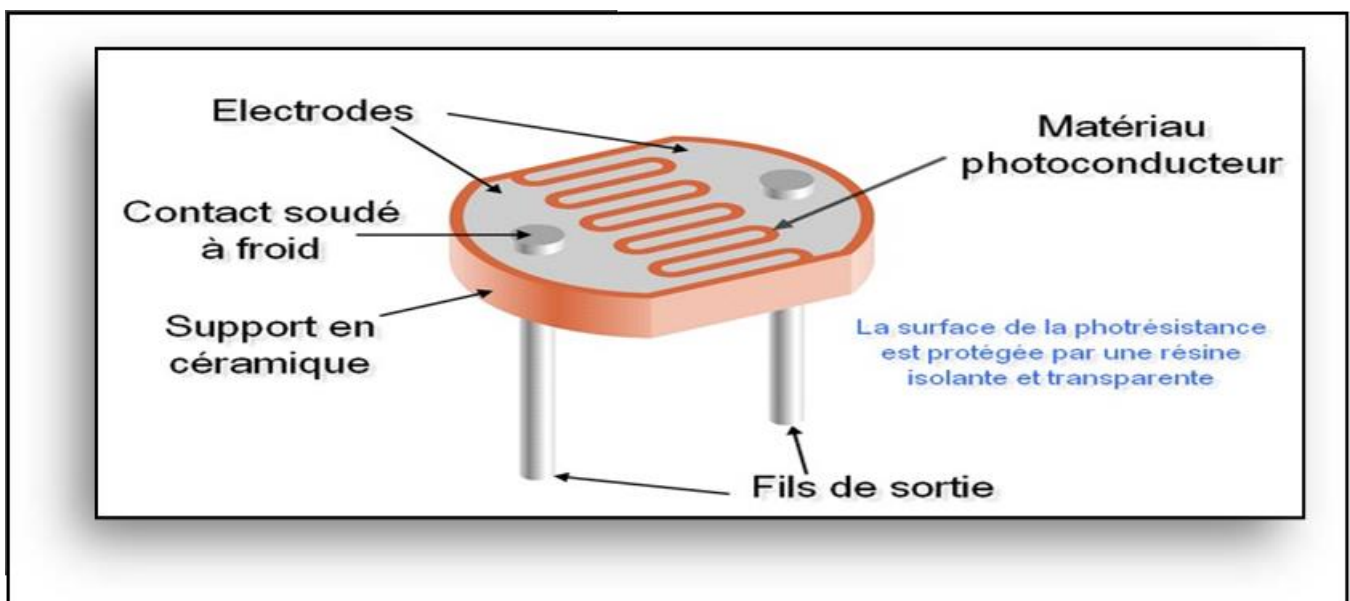


Figure 2-16 : La photorésistance [29]

➤ **Variation de résistance du LDR**

Dans des conditions de faible luminosité, la résistance d'une photorésistance (ou LDR) approche 1 mégaoctet (1 MΩ). Cependant, lorsque la luminosité augmente, la résistance diminue considérablement, se situant dans la plage de quelques kilooctets (KΩ). En utilisant un pont diviseur de tension, on peut obtenir une tension en sortie qui varie proportionnellement à l'intensité lumineuse détectée par la photorésistance. [29]

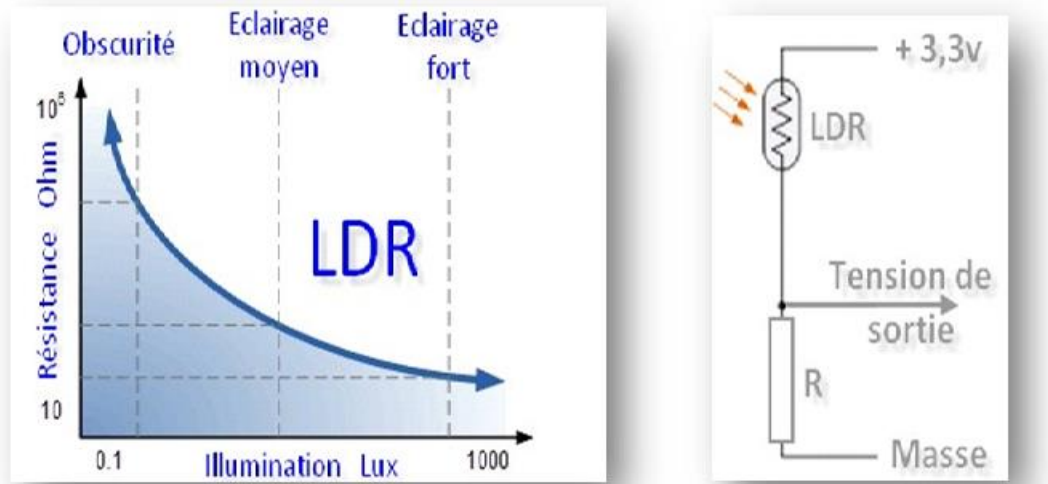


Figure 2-17 : Variation de la résistance [31]

3.4.7 Présentation de la carte ESP32-CAM :[30]

L'ESP32-CAM est une carte de développement avec une puce ESP32-S, une caméra OV2640, plusieurs GPIO pour connecter des périphériques et un emplacement pour carte micro SD qui peut être utile pour stocker des images prises avec l'appareil photo ou pour stocker des fichiers. L'ESP32-CAM est carte de développement ESP32 disposant de ses propres ressources additionnelles :

- Camera OV2640
- Interface USB – UART
- Bouton de réinitialisation (RST ou EN)
- 10 GPIO accessibles
- PSRAM 4 Mo
- Interface carte Micro-SD

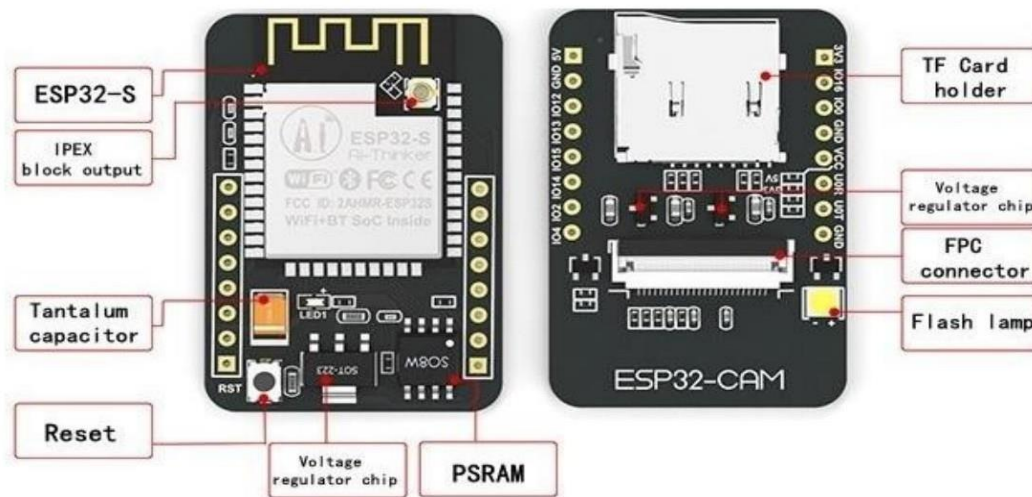


Figure 2-18 : Carte ESP32-CAM [30]

➤ **Caractéristiques ESP32-CAM [30] :**

- Flash SPI : par défaut 32 Mbit
- RAM : 520 Ko SRAM + 4M PSRAM
- Bluetooth : Bluetooth 4.2 and Bluetooth Low Energy (BLE)
- Wi-Fi : 802.11 b/g/n
- Prise en charge de l'interface : UART, SPI, I2C, PWM - Ports GPIO : 10
- Débit en bauds UART : par défaut 115200 bps
- Format de sortie d'image : JPEG (prise en charge OV2640 uniquement), BMP, GRAYSCALE
- Gamme de spectre : 2412 ~ 2484MH
- Antenne : Circuit imprimé intégré et connecteur IPEX
- Sécurité : WPA/WPA2/WPA2-Enterprise/WPS
- Gamme d'alimentation : 5V [2]

➤ **Brochage de la carte ESP32-CAM :[31]**

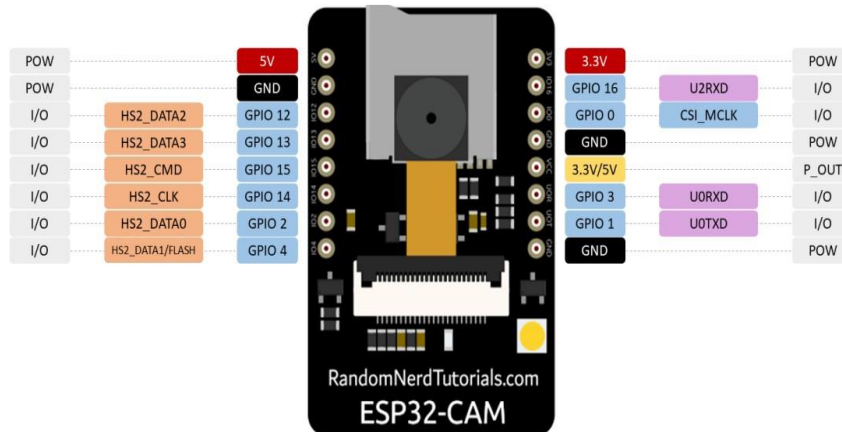


Figure 2-19 : Brochure ESP32-CAM [31]

- Il y a trois broches GND et deux broches pour l'alimentation : 3,3 V et 5 V.
- GPIO 1 et GPIO 3 sont les broches série (TX et RX, respectivement).
- GPIO 0 détermine si l'ESP32 est en mode programmation. Lorsque GPIO 0 est connecté à
- GND, l'ESP32 passe en mode programmation et il est donc possible de télécharger le code sur la carte

3.5 Actionneurs :

3.5.1 Mini pompe d'eau :

Pour établir le système d'irrigation de notre serre, il est nécessaire d'avoir une station de pompage d'eau. Pour cela nous avons choisis la mini pompe R385 DC 12V.

Son fonctionnement est simple, car elle contient un moteur aspirateur, une entrée et une sortie de l'eau. Cette mini-pompe doit être placée à l'extérieur de l'eau.

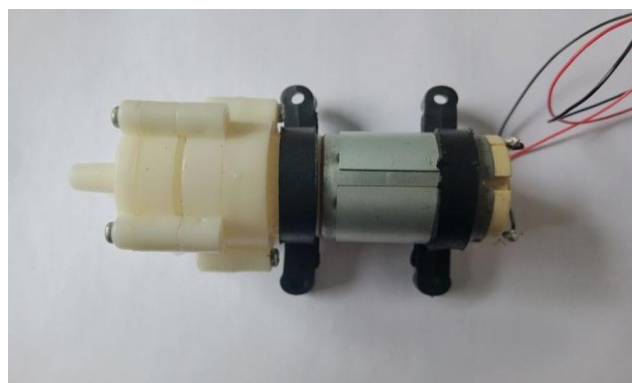


Figure 2-20 : Mini-pompe d'eau

3.5.2 Humidificateur d'air :

Nous avons opté pour un humidificateur à pulvérisation d'eau froide pour notre serre, qui peut être utilisé pour l'humidification directe des grands espaces ou comme composant dans une centrale de traitement d'air. Son fonctionnement repose sur la création d'un fin brouillard de microgouttelettes d'eau froide en suspension, favorisant une évaporation rapide de l'eau. Ce modèle est adapté à notre serre, fournissant une humidité de l'air optimale pour la croissance des plantes, avec une alimentation en 12V et un petit réservoir d'eau. [32]



Figure 2-21: Humidificateur d'air à ultrason

3.5.3 Le servomoteur :

Servomoteur est un type de moteur particulier. Sa fonction principale consiste à assurer la production d'un mouvement afin de répondre à une commande externe, il désigne simultanément un système asservi et un actionneur utilisé pour le déclenchement d'une action. Il embarque dans le même boîtier l'électronique et la mécanique. Un servomoteur est capable de maintenir une position prédéterminée dans les instructions.[33]



Figure 2-22 : Servomoteur SG90

➤ Principe de fonctionnement :

Le signal de commande d'un servomoteur est un signal MLI. Ce signal, illustré à la figure (II.13), est normalisé pour tous les servos utilisés en modélisme

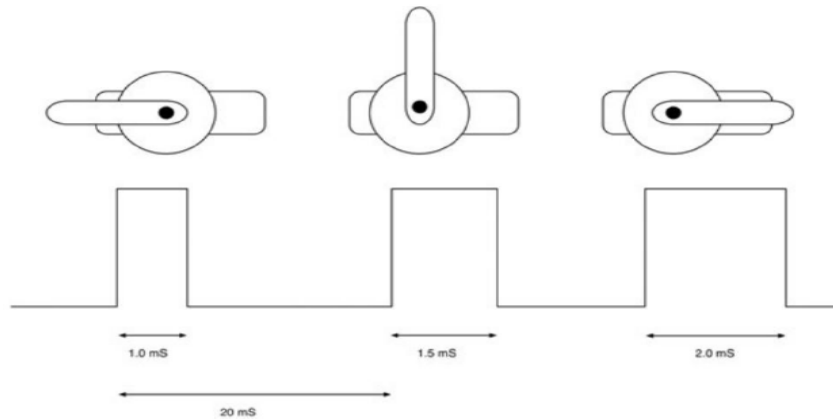


Figure 2-23 : Fonctionnement du Servomoteur [34]

Pour contrôler la position d'un servo, un train d'impulsions est utilisé. Lorsqu'une impulsion de 1,5 milliseconde est envoyée, le servo se positionne au centre, à 90 degrés. Une impulsion de 1 milliseconde le place à 0 degré, tandis qu'une impulsion de 2 millisecondes l'orienté à 180 degrés.

Toutefois, il est important de noter que la plage de mouvement peut être légèrement inférieure à 180 degrés. Par exemple, l'impulsion correspondant à 0 degré peut nécessiter 0,5 milliseconde, tandis que celle pour 180 degrés peut effectivement être de 2,5 millisecondes. De plus, pour un fonctionnement fluide, le servo s'attend à recevoir une impulsion toutes les 20 millisecondes. [34]

3.5.4 Le module Peltier :

Dans notre projet, nous utiliserons le module Peltier comme une résistance chauffante pour contrôler la température dans une serre. Le module Peltier, constitué d'une plaque en céramique, peut produire du chaud d'un côté et du froid de l'autre lorsqu'un courant électrique y est appliqué. En absorbant la chaleur d'un côté et en la dissipant de l'autre, il nous permettra d'atteindre et de maintenir une température allant jusqu'à 68°C avec précision. [35]



Figure 2-24 : Module Peltier TEC1-12715

➤ Le fonctionnement du module Peltier

Un module Peltier est composé de nombreux morceaux de semi-conducteurs de type P et N, électriquement connectés en série. Lorsque le module est alimenté en tension, les porteurs de charge, tels que les électrons et les trous, se déplacent dans la même direction d'une plaque à l'autre en raison de la disposition des éléments P et N. Ces porteurs de charge transportent de la chaleur avec eux, ce qui se traduit par un transfert de chaleur à travers le module.

Si la quantité de chaleur transportée par les porteurs de charge dépasse le transfert de chaleur dû à la conductivité thermique des matériaux, un phénomène contre-intuitif se produit : la chaleur se déplace du côté froid vers le côté chaud. Cela signifie que le module Peltier peut effectivement refroidir un côté tout en chauffant l'autre, même si cela semble à l'opposé de ce à quoi on pourrait s'attendre initialement. [35]

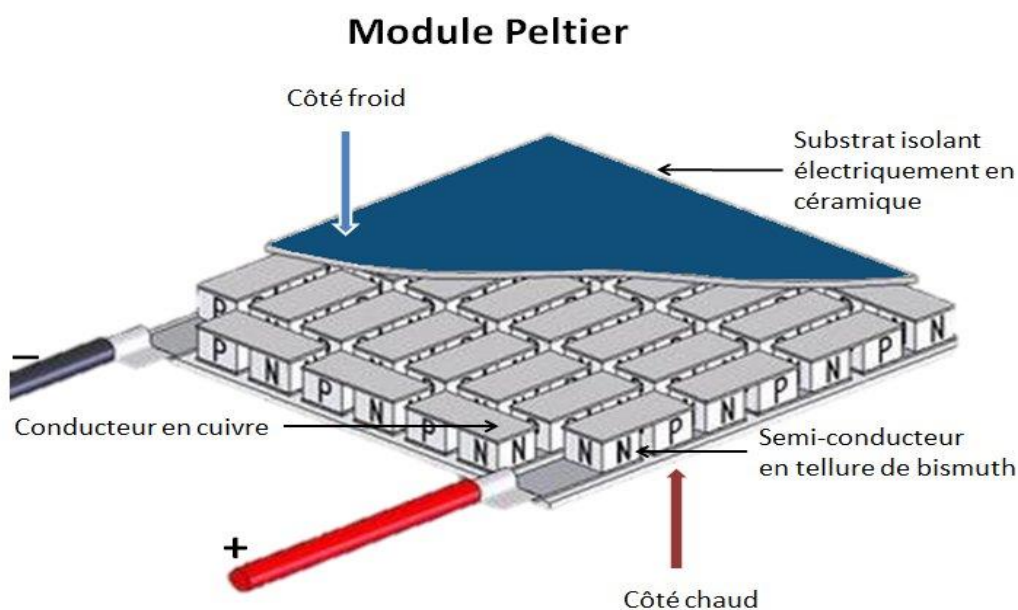


Figure 2-25 : Fonctionnement du module Peltier [36]

3.5.5 Extracteur d'air :

Dans notre projet, nous utilisons un ventilateur de 5 volts issu d'un ordinateur de bureau pour assurer la ventilation de la serre agricole. Ce ventilateur crée un flux d'air artificiel qui permet de réguler les paramètres climatiques tels que l'humidité et la température à l'intérieur de la serre. En somme, il contribue à maintenir un environnement optimal pour la croissance des plantes en favorisant la circulation de l'air. [37]



Figure 2-26 : Extracteur d'air

3.5.6 Ecran LCD 16X2 I2C :

Les écrans à cristaux liquides (LCD), également connus sous le nom d'afficheurs LCD, sont des dispositifs compacts et intelligents qui nécessitent peu de composants externes pour fonctionner

Correctement. Ils ont une faible consommation électrique (de 1 à 5 mA), sont abordables et simples à utiliser. Disponibles en différentes tailles (de 1 à 4 lignes de 6 à 80 caractères), ainsi qu'avec des caractéristiques techniques variées et des options de rétroéclairage, ces écrans sont largement utilisés dans les projets de microcontrôleurs en raison de leur convivialité. Ils permettent également d'afficher facilement les valeurs des variables lors du développement de logiciels. Nous avons choisi un écran LCD de 4 lignes sur 20 caractères pour notre projet, car il répond à nos besoins et offre une taille suffisante pour afficher des messages utilisateur. [38]

➤ Présentation du bus I2C :

I2C, ou Inter-Integrated Circuits, est une technologie qui permet à plusieurs appareils de communiquer efficacement en utilisant un minimum de connexions électroniques. Elle utilise deux fils de signalisation : une ligne de données série et une ligne d'horloge série. Chaque appareil possède un code ou une adresse

prédéfinie, similaire à une adresse IP sur Internet. Le microcontrôleur, comme l'ATMEGA328P, communique avec chaque appareil en fonction de son code et de l'horloge. Les appareils sont connectés en série, ce qui permet à chaque composant d'être manipulé indépendamment, et plusieurs appareils peuvent être actionnés simultanément, ce qui est appelé échange à chaud. Certains fabricants appellent ce bus TWI (Two Wire Interface) ou TWSI (Two Wire Serial Interface).[38]

➤ Objectif de l'installation de l'afficheur LCD 16x2 avec interface I2C :

Pour interfacer un écran LCD avec un bus I2C, on peut utiliser de petits modules. Cette approche est avantageuse lorsque les broches du microcontrôleur ATMEGA328P sont limitées, comme dans notre projet. Au lieu d'utiliser 6 à 7 broches, l'écran n'en nécessitera que 2. Le module le plus couramment rencontré est basé sur le PCF8574P de NXP, un circuit qui permet d'augmenter le nombre d'entrées/sorties numériques via l'I2C. En utilisant ce module, la communication avec l'écran LCD se fait via le bus I2C, offrant une solution efficace et économique pour les projets avec des contraintes de broches.[38]

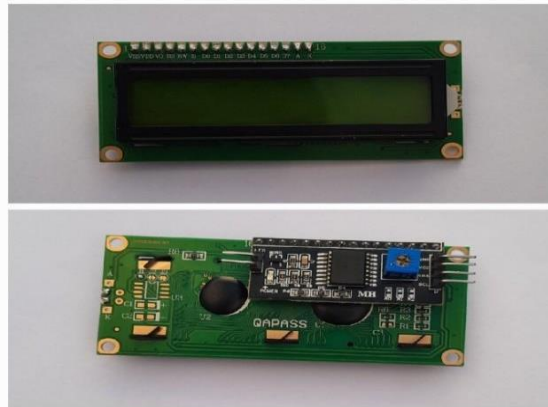


Figure 2-27 : Ecran LCD I2C

3.5.7 Tube LED

Le schéma (2.28) représente un tube LED récupéré à partir d'un écran LCD. Ce composant sera utilisé pour produire de la lumière à l'intérieur de la serre.



Figure 2-28 : Tube LED

3.6 Autres composants nécessaires :

3.6.1 Relai 4 canaux [39]:

Une alternative aux relais 5V avec optocoupleurs pour piloter des dispositifs externes à tension/courant élevés est l'utilisation de transistors de puissance tels que des MOSFET ou des relais à semi-conducteurs (SSR). Ces composants permettent une commutation rapide et efficace sans les limitations des relais électromécaniques. Vous pouvez les contrôler directement depuis un microcontrôleur comme Arduino en utilisant des circuits de commande appropriés. Assurez-vous d'intégrer les protections nécessaires et de fournir des bornes de raccordement sécurisées pour les dispositifs externes. Cette solution offre une flexibilité accrue et une meilleure efficacité dans la commutation des charges élevées tout en conservant le contrôle depuis Arduino.

➤ **Caractéristiques :**

- Sorties relais RTC (NO-COM-NF)
- Raccordement sur les relais via bornes à vis
- Pilotable direct depuis Arduino
- Entrées isolées par des optocoupleurs
- Pouvoir de coupure : 30V / 10A max.
- Dimensions : 75 x 55 x 19,3 mm
- Poids : 61 g

Dans notre réalisation, nous avons rajouté un cinquième relai (1 canal) pour le contrôle de la mini-pompe d'eau.

➤ **Principe de fonctionnement Relai 4 canaux :**

Une alternative à l'isolation galvanique dans un relai est l'utilisation de transformateurs d'isolement. Ces transformateurs ont deux enroulements séparés électriquement mais magnétiquement couplés. Le signal du circuit de commande est appliqué à l'enroulement primaire, tandis que le circuit de puissance est connecté à l'enroulement secondaire. Cette configuration assure une isolation électrique entre les deux circuits, protégeant ainsi le circuit de commande des interférences électromagnétiques et des surtensions.

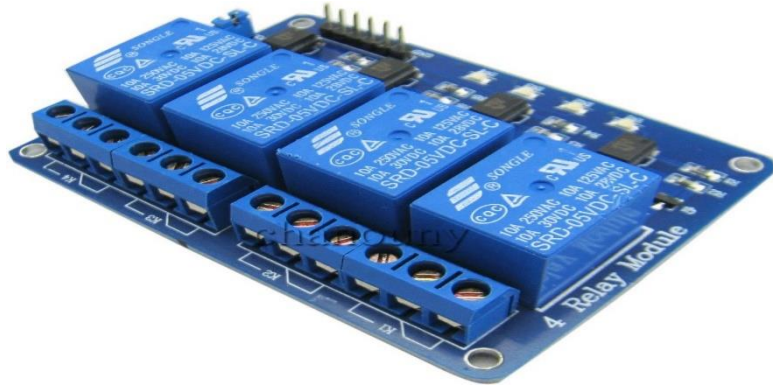


Figure 2-29 : Relai 4 canaux

3.6.2 Transformateur 12v

Dans une serre intelligente, l'alimentation des actionneurs est cruciale. Pour ce faire, un transformateur 220V/12V est utilisé. Ce dispositif convertit la tension électrique de 220V à 12V, assurant ainsi que les actionneurs reçoivent une tension sûre et compatible avec leurs spécifications. Cela évite les risques de surtension et protège les actionneurs contre les dommages. En résumé, le transformateur garantit un fonctionnement optimal et sécurisé des actionneurs dans la serre intelligente.



Figure 2-30 : Transformateur 12V

4 Partie logicielle :

Dans cette section, nous allons présenter les différents logiciels utilisés

4.1 Arduino IDE :

L'Arduino IDE est un environnement de développement pour Arduino où les utilisateurs peuvent écrire et tester différents types de programmes informatiques. Les utilisateurs peuvent écrire des codes

en langages C et C++ dans l'IDE. Le programme écrit dans l'IDE détermine quoi et comment le système fonctionne une fois téléchargé dans le microcontrôleur. L'IDE Arduino est livrée avec un "analyseur de code intégré" qui vérifie la validité du code avant de l'envoyer au microcontrôleur. Après compilation et traduction du code, l'IDE télécharge le programme sur le microcontrôleur. Le logiciel comprend une variété de programmes prêts à être testés sur l'appareil. Tout comme dans d'autres plates-formes de programmation, l'IDE Arduino peut également être étendu grâce à l'utilisation de bibliothèques. L'interface de programmation ressemble à celle illustrée dans la figure (2.30), avec deux fonctions principales : la fonction "setup ()" et la fonction "Loop ()".

La partie "setup" est l'endroit où les codes sont écrits pour que le programme s'exécute une fois, tandis que la partie "Loop" est l'endroit où les codes sont écrits pour que le programme s'exécute en boucle jusqu'à ce que le bouton de mise hors tension ou de réinitialisation soit enfoncé. L'IDE Arduino permet aux utilisateurs de programmer et d'éditer Arduino pour réaliser diverses tâches. Selon la fonctionnalité des différentes cartes, l'IDE permet la communication avec les cartes électroniques compatibles vi. [40]

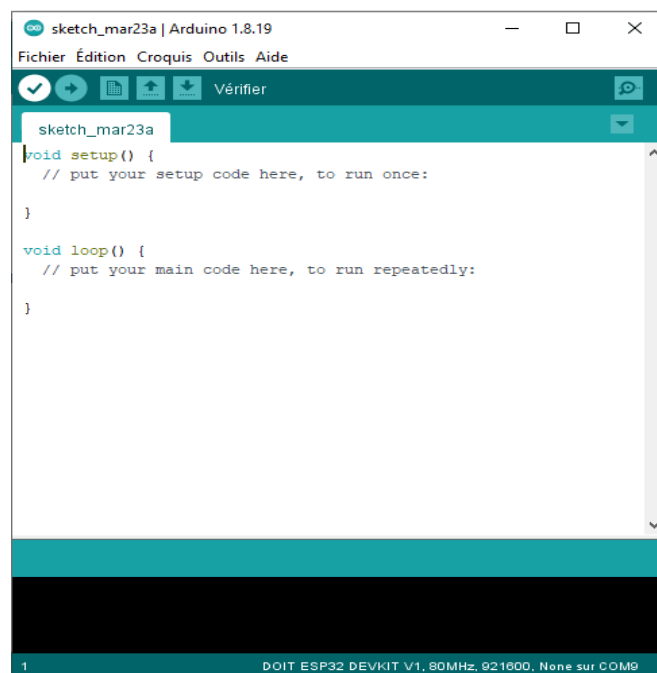


Figure 2-31 : interface Arduino IDE

4.2 Fritzing :

Fritzing est un logiciel open source conçu par l'université de Postdam qui rend l'électronique accessible à tout le monde que ça soit aux professionnels ou débutants permet de faire des circuits électroniques simples basés sur des microcontrôleurs, de mettre en page et de fabriquer des circuits imprimés personnalisés.[41]

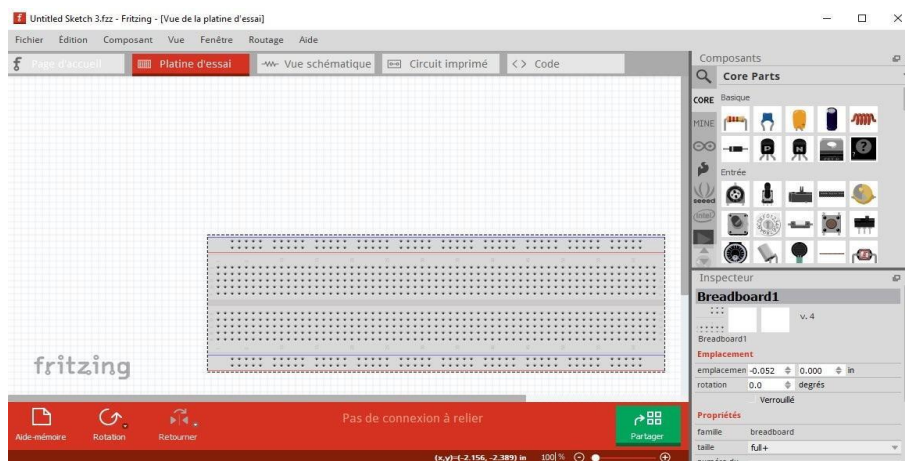


Figure 2-32 : Interface du logiciel Fritzing

4.3 La plateforme Blynk [42] :

Blynk est en effet une plateforme populaire pour l'Internet des Objets (IdO), offrant une gamme de fonctionnalités pour contrôler à distance du matériel, afficher des données de capteurs, stocker et visualiser des données, et bien plus encore. Avec Blynk, les utilisateurs peuvent créer des

Applications mobiles pour interagir avec leurs appareils connectés, ce qui simplifie la gestion et le contrôle de divers équipements à partir de n'importe où dans le monde.

Il y a trois composants majeurs dans la plateforme :

- ❑ **Application Blynk** : vous permet de créer de fantastiques interfaces pour vos projets en utilisant différents widgets que nous fournissons.
- ❑ **Serveur Blynk** : responsable de toutes les communications entre le smartphone et le hardware. Vous pouvez utiliser notre Cloud Blynk ou faire tourner votre Serveur privé Blynk localement. C'est open-source, ça peut facilement gérer des milliers de périphériques et peut même être démarré sur un Raspberry Pi.
- ❑ **Bibliothèque Blynk** : pour toutes les plateformes hardware populaires - active la communication avec le serveur et traite toutes les commandes entrantes et sortantes.

4.3.1 Différentes utilisations de Blynk :

- ☐ API et UI similaire pour tous les hardwares et périphériques supportés
- ☐ Connexion au Cloud via : Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth et US
- ☐ Collection de widgets faciles à utiliser
- ☐ Manipulation des broches directes sans code à écrire
- ☐ Facilité d'intégrer et ajouter de nouvelles fonctionnalités en utilisant les broches virtuelles
- ☐ Surveillance de l'historique des données via le widget « History Graph »
- ☐ Communication Périphérique-à-Périphérique en utilisant le widget « Bridge
- ☐ Envoi d'emails, de tweets, de notifications push, etc...

4.3.2 Utilisations de Blynk :

- **Hardware :**

Blynk fonctionne à travers Internet. Ce signifie que le hardware que vous choisissez doit être capable de connecter avec internet. Certaines cartes, comme l'Arduino Uno, auront besoin d'un un Shield Ethernet ou Wi-Fi pour communiquer, tandis que d'autres sont déjà capables de communiquer avec internet : comme l'ESP8266, le Raspberry Pi...etc.

- **Software :**

L'application Blynk est une bâtisseuse d'interface bien conçue. Elle marche à la fois sur iOS et Android et disponible aussi sur PC.

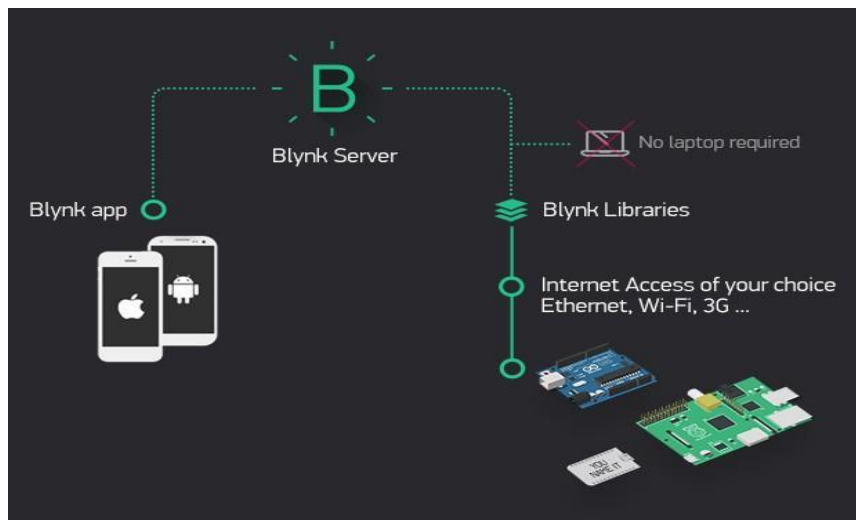
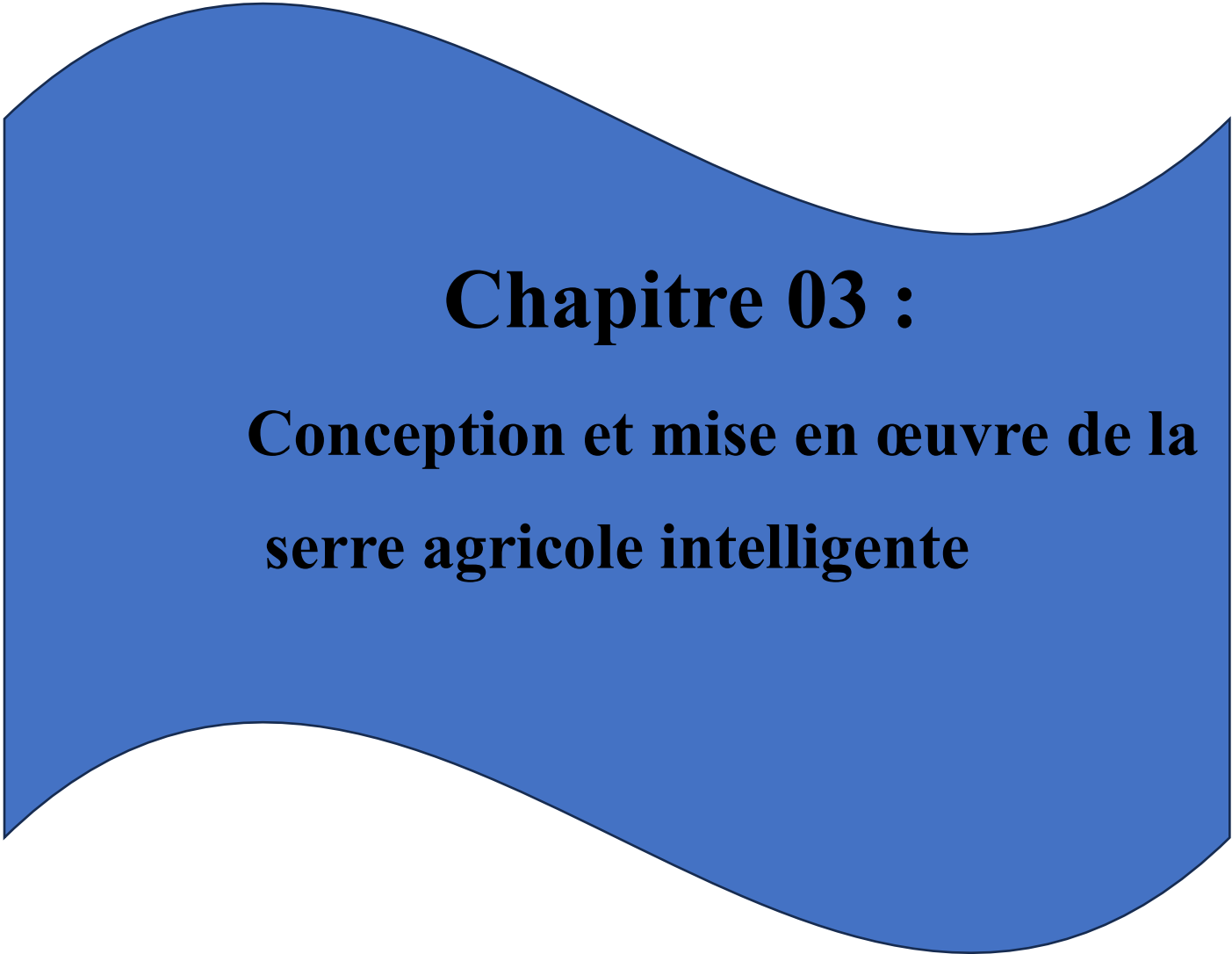


Figure 2-33 : Fonctionnement de Blynk

5 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons commencé par une introduction aux deux parties principales de notre projet : le volet matériel et le volet logiciel. Nous avons d'abord détaillé la dimension matérielle, explorant ainsi l'unité de traitement, les capteurs et les actionneurs. Ensuite, nous sommes passés vers le volet logiciel, mettant en avant l'interface de développement Arduino pour la programmation de la carte ESP32, ainsi que l'application Blynk qui sert de point central pour le contrôle de notre système. En complément, nous avons mentionné l'utilisation de Fritzing pour la simulation.

Dans le prochain chapitre, nous aborderons en détail la conception et les étapes de réalisation de notre prototype. Nous détaillerons également les différents tests que nous avons effectués sur notre système pour évaluer sa robustesse et ses performances.



Chapitre 03 :
Conception et mise en œuvre de la
serre agricole intelligente

1. Introduction :

Dans le chapitre précédent, nous avons fourni une description générale du cahier des charges de notre projet. Nous passons maintenant à la phase la plus cruciale de ce mémoire : la réalisation de notre serre agricole intelligente. Dans ce dernier chapitre, nous détaillerons les différentes étapes de la construction de notre prototype, ainsi que la conception de notre application Blynk. Pour conclure, nous effectuerons un test expérimental afin d'évaluer le succès de notre projet.

2 Modélisation de la structure de la serre intelligente :

Pour concevoir notre serre agricole, nous devons élaborer un modèle adapté qui garantit le bon fonctionnement du matériel utilisé. Pour ce faire, nous avons choisi d'utiliser SketchUp, un logiciel de modélisation 3D en ligne, reconnu pour sa simplicité d'utilisation. Ce logiciel est polyvalent et peut être utilisé dans divers domaines comme la mécanique, l'architecture, le design intérieur, et bien d'autres. SketchUp est particulièrement recommandé pour les débutants en modélisation 3D, grâce à son interface graphique interactive où la plupart des outils sont toujours visibles par défaut sur les nombreuses barres d'outils et menus. La figure (3.1) illustre le modèle que nous avons réalisé :

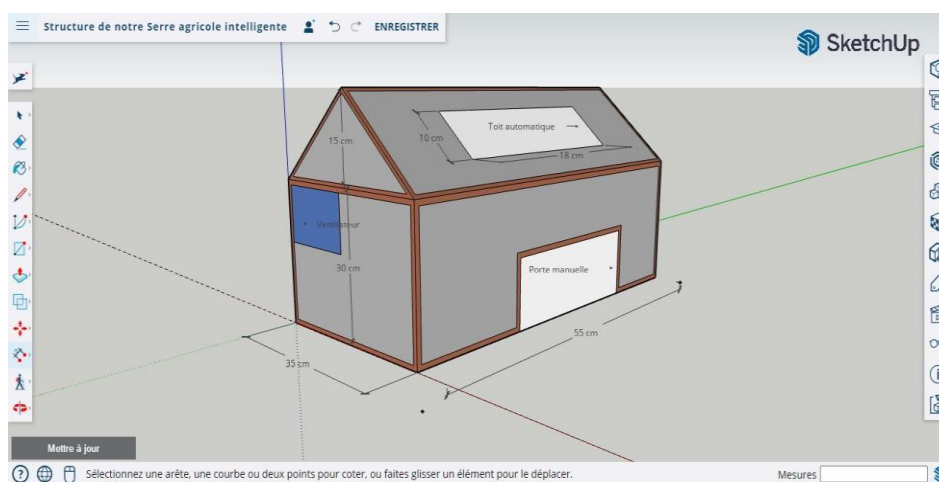


Figure 3-1 : : Plan trois dimensions de la serre agricole

3 Construction de la structure de la serre agricole :

Pour réaliser le modèle sous SketchUp, nous avons choisi une structure en bois. Pour les parois, nous avons opté pour du plexiglass, car, en combinaison avec le bois, ils offrent une excellente isolation par rapport à l'extérieur. Cela nous permet de contrôler efficacement les paramètres climatiques à l'intérieur de la serre. Le modèle construit est illustré dans la figure (3.2) :



Figure 3-2 : La structure réalisée de la serre agricole

4 Configuration de Carte ESP32 avec Arduino ide :

La première étape est la configuration de l'IDE Arduino pour la prise en compte de la carte Esp32.

- Ouvrir l'IDE Arduino.
- Ensuite : Fichier->Préférences

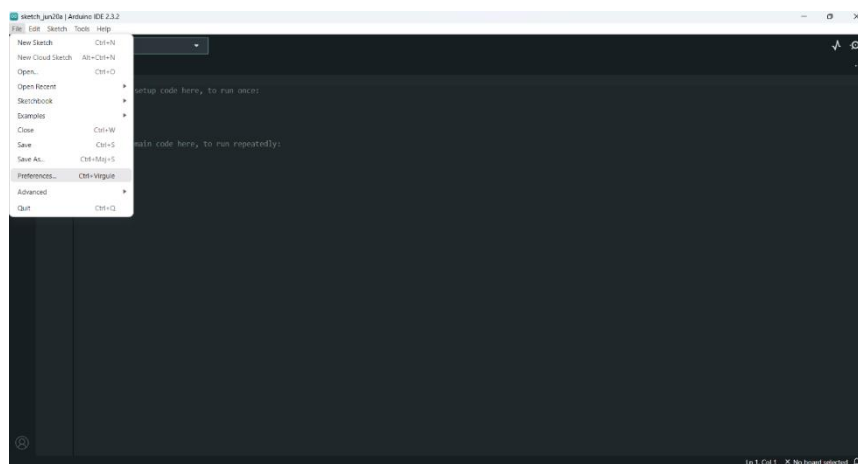


Figure 3-3 : configuration de carte ESP32 dans Logiciel Arduino IDE

Dans la boîte de dialogue des préférences, au champ intitulé “URL de gestionnaire de cartes supplémentaires“, vous pouvez coller l'adresse suivante :

<https://github.com/espressif/arduino-esp32.git>

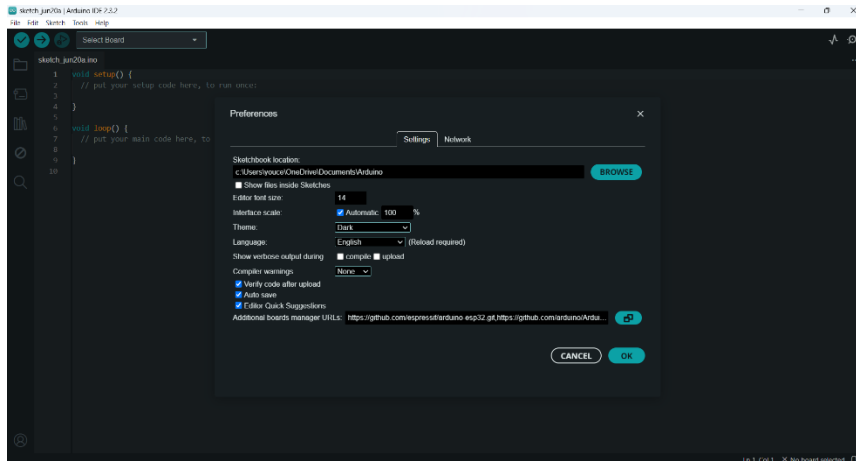


Figure 3-4 : Ajoute L'URL de gestionnaire la carte ESP32

- Validez cette modification avec le bouton OK.

4.1 Installation :

- Puis, dans le menu : Outils->Type de carte->Gestionnaire de cartes :

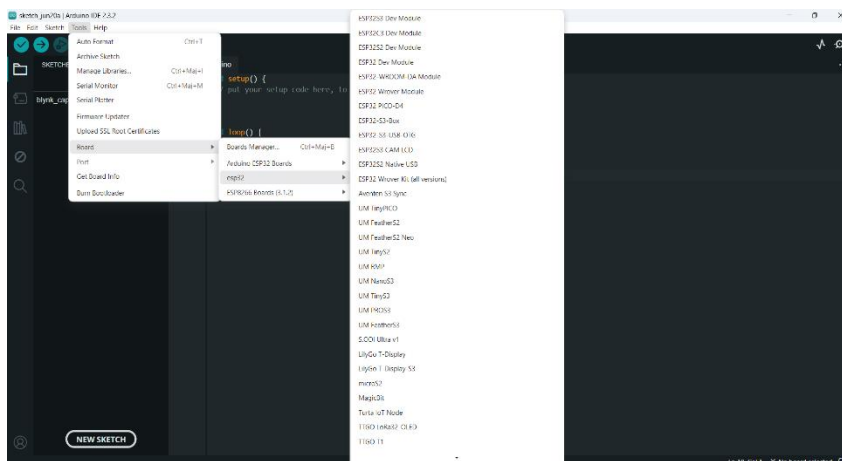


Figure 3-5 : Sélection de la carte ESP32 dans Arduino

- Ensuite, dans le champ de recherche, recherchez “esp32

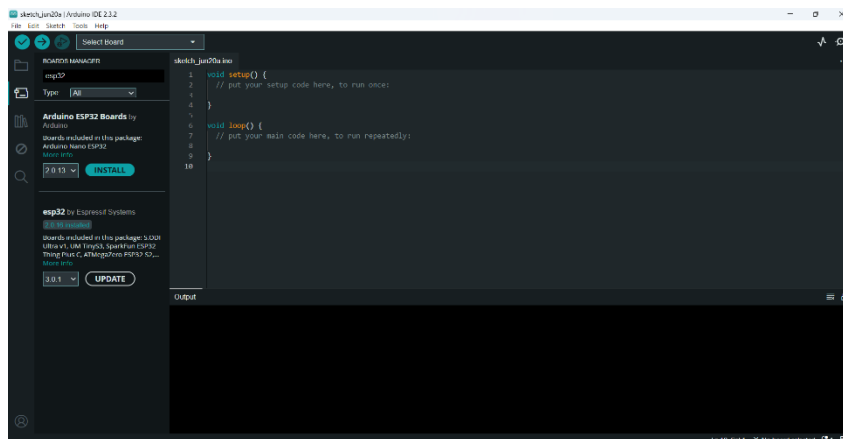


Figure 3-6 : avant d'installation des bibliothèques de ESP32

- Installez “esp32 by ESP32 Community” :

4.2 Test :

Après quelque minute d’installation, vous pouvez sélectionner la nouvelle carte dans :

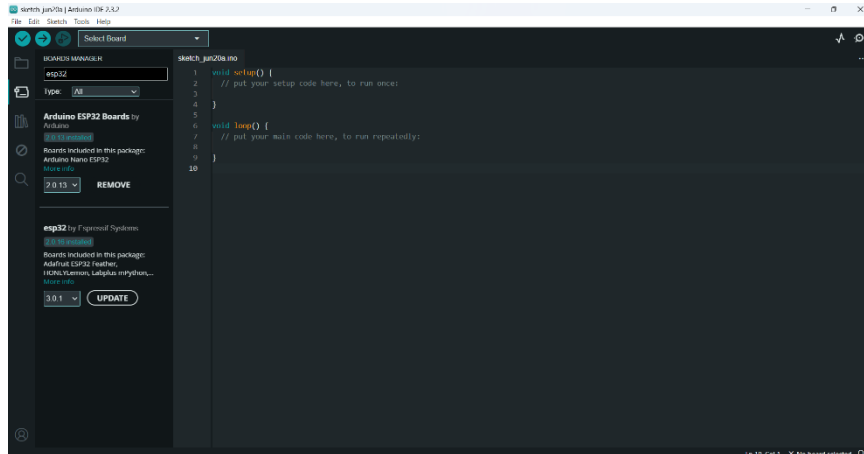


Figure 3-7 : après d’installation des bibliothèques de ESP32

- Outils->Type de carte

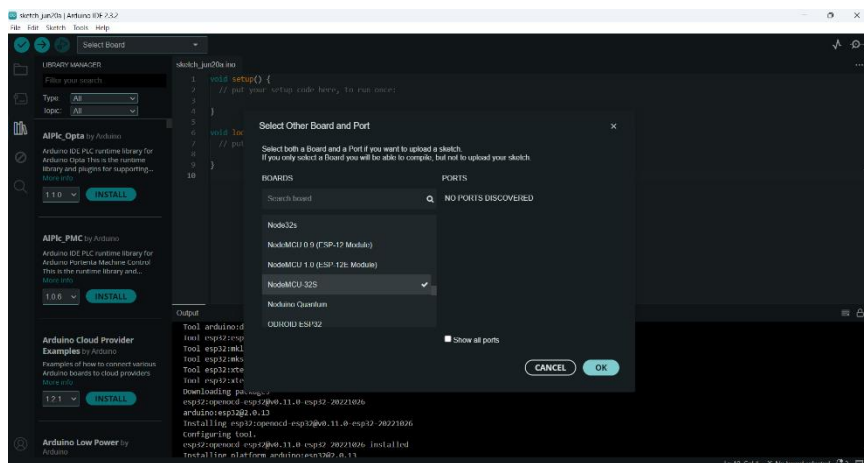


Figure 3-8 : choisir le type de carte de ESP32

Maintenant, vous pouvez tester un exemple conçu pour le microcontrôleur ESP32.

5 La plateforme Blynk :

5.1 Créer un compte Blynk :

Une fois l’application Blynk téléchargée, vous aurez besoin de créer un nouveau compte Blynk. Ce compte est séparé des comptes utilisés pour les Forums Blynk, au cas où vous en avez déjà un. Nous recommandons d’utiliser une réelle adresse e-mail car ça vous simplifiera les choses plus tard.

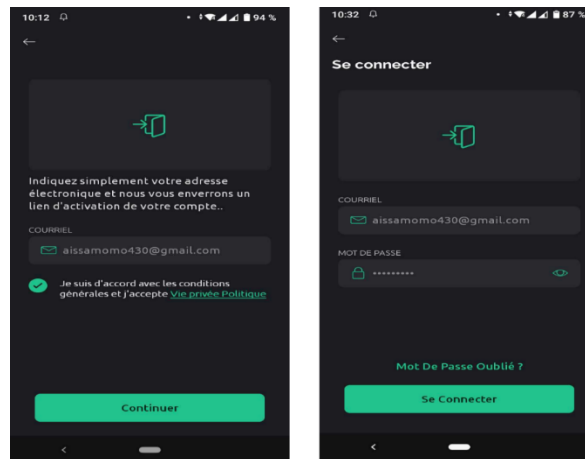


Figure 3-9 : Inscription dans Blynk

Pourquoi ai-je besoin de créer un compte ?

Un compte est nécessaire afin de sauvegarder vos projets et y avoir accès à partir de plusieurs périphériques et de n'importe où. C'est aussi une mesure de sécurité.

Vous pouvez toujours configurer votre propre serveur privé Blynk et avoir le contrôle absolu.

5.2 Créer un nouveau Projet :

Après avoir inscrit notre compte, nous allons lancer l'application et nous créons un nouveau projet nommé « serre agricole intelligente », ensuite il faut spécifier le type de carte utilisée qui est dans notre cas l'ESP8266, ainsi le type de connexion « wifi ». À la fin nous sauvegardons le projet

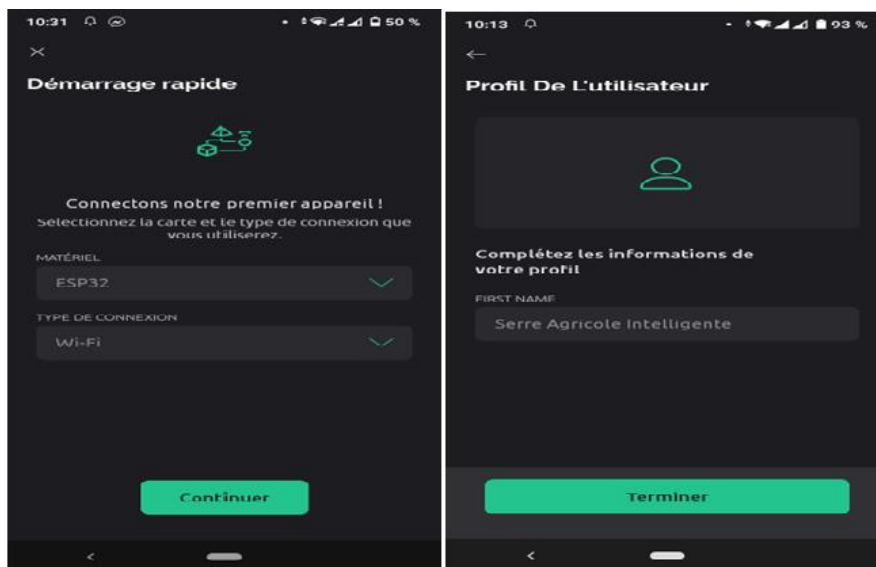


Figure 3-10 : Création du projet

5.3 Etapes de création de l'interface :

Une fois que la création du compte est finalisée, nous passons maintenant à l'étape de la conception de l'interface adaptée pour le suivi et le contrôle des paramètres de notre serre. Pour afficher les valeurs acquises par les capteurs et contrôler les actionneurs via l'application Blynk, nous aurons besoin de quatre jauges et de cinq boutons ON/OFF. Ces éléments peuvent être sélectionnés directement depuis la liste des widgets de Blynk, comme illustré dans la figure III.7.

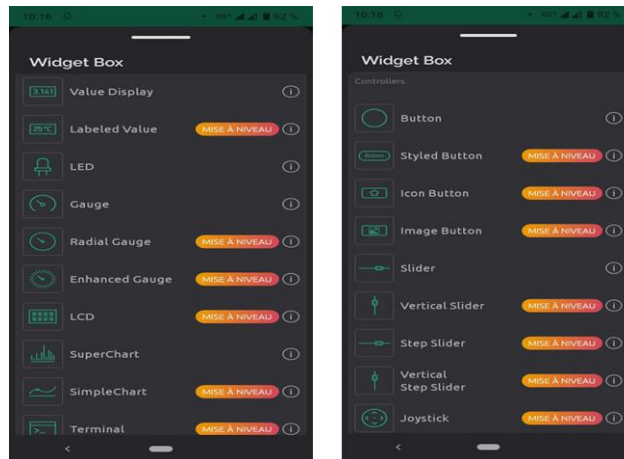


Figure 3-11 : Liste des widgets

Maintenant que l'interface de notre application est en place, il est temps d'attribuer à chaque jauge et bouton une broche virtuelle. Cette broche virtuelle servira de canal d'échange de données entre l'application Blynk et la carte ESP32 que nous utilisons. La figure (III.8) illustre les étapes de création d'une broche virtuelle pour l'humidité.

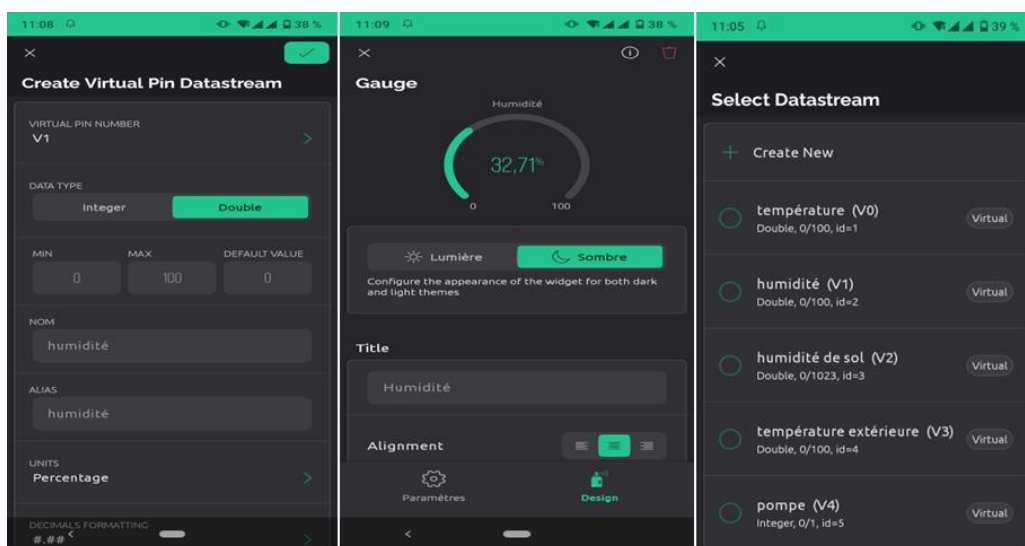


Figure 3-12 : Création d'une broche virtuelle

Pour activer le système de notifications, il est nécessaire d'utiliser la version PC de Blynk. En naviguant vers Template >> Events, nous pouvons créer un événement nommé "La Pluie". Cela nous permettra de recevoir une notification dès qu'il commence à pleuvoir.

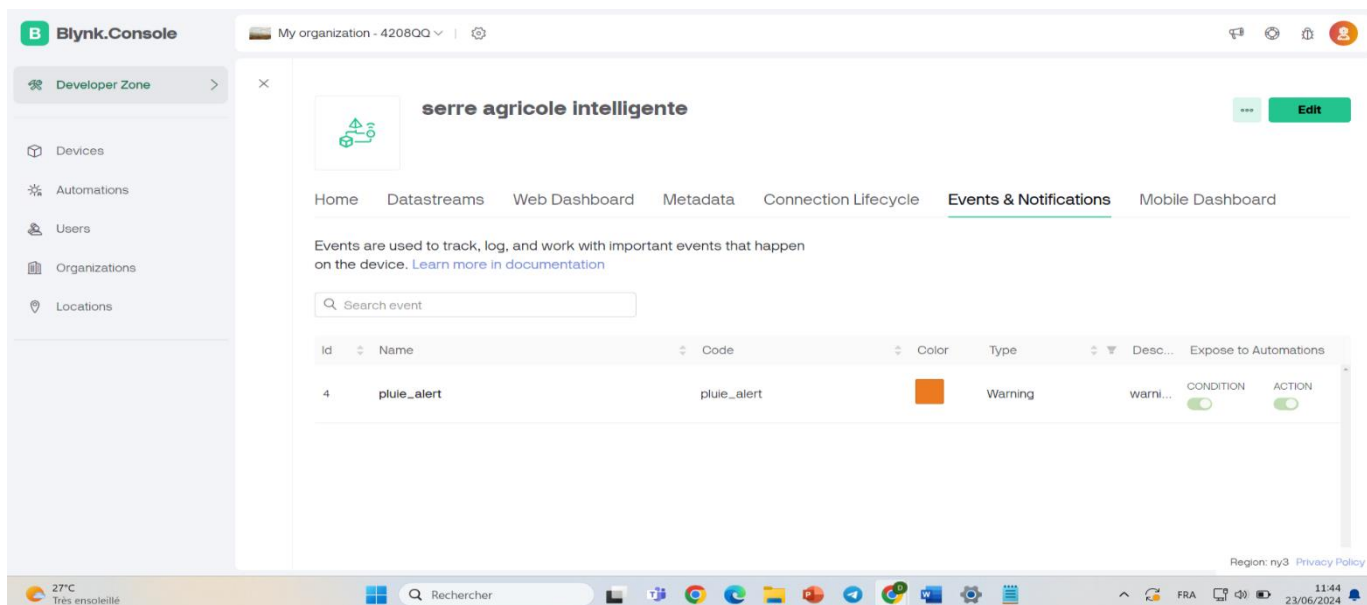


Figure 3-13 : création d'une notification concernant les précipitations

Explication des différentes connexions :

Nous avons créé une broche virtuelle de type double pour la température car nous voulons afficher une valeur (nous ferons de même pour les autres capteurs), par contre pour les actionneurs il suffit juste de créer une broche de type integer et limiter l'intervalle min/max de 0 à 1 car nous n'avons besoins que d'allumer/éteindre les actionneurs.

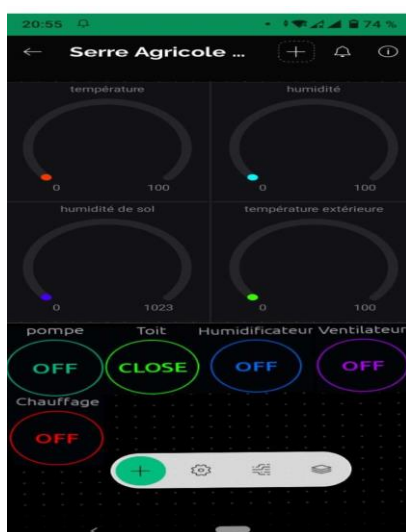


Figure 3-14 : interface finale de l'application

6 Programmation de Blynk

6.1 Connexion ESP32 et l'application

Afin d'assurer que la connexion Wi-Fi soit établie entre la carte ESP32 et Blynk nous devons connecter l'appareil Blynk en ligne, pour ce faire il faut définir les détails ci-dessous dans notre programme :

```
1  #define BLYNK_PRINT Serial
2  #define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL2j-QbcTx6"
3  #define BLYNK_TEMPLATE_NAME "serre agricole intelligente"
4  #define BLYNK_AUTH_TOKEN "PGgC34i2DceHx7ltU9SUPhV09UnN74A6"
```

Par la suite, nous rajoutons les détails du réseau Wi-Fi sur lequel l'ESP32 et l'application Blynk doit être connecté en utilisant les instructions suivantes :

6.2 Programmation des broches virtuelles

Après avoir créé une broche virtuelle pour échanger des données entre les appareils utilisés et l'application, nous devons l'intégrer dans notre logiciel pour en assurer le bon fonctionnement.

```
13 // Paramètres WiFi et Blynk
14 char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN; // Remplacez par votre Auth Token
15 char ssid[] = "*****"; // Remplacez par votre SSID WiFi
16 char pass[] = "*****"; // Remplacez par votre mot de passe WiFi
```

- Pour afficher les valeurs acquises par le capteur de DHT22 nous allons utiliser la boucle suivante :
- Lire la valeur de Température et d'humidité :

```
22 void sendSensor()
23 {
24     float h = dht.readHumidity();
25     float t = dht.readTemperature(); // Lire la température en Celsius
```

- Afficher La valeur dans serial moniteur de Arduino IDE 2.2.3

```
33 // Affichage sur le moniteur série
34 Serial.print("Humidité : ");
35 Serial.print(h);
36 Serial.print(" %\t");
37 Serial.print("Température : ");
38 Serial.print(t);
39 Serial.print(" *C ");
```

- Envoyer les valeurs de l'humidité et de température dans la plateforme Blynk :

```
43 // Envoi à Blynk
44 Blynk.virtualWrite(V1, h); // Envoyer l'humidité à l'application Blynk sur la broche virtuelle V1
45 Blynk.virtualWrite(V2, t); // Envoyer la température en Celsius à l'application Blynk sur la broche virtuelle V2
```

- Pour contrôler les actionneurs nous allons utiliser la boucle suivante :
- Exemple pour humidificateur d'air :

```
29 // Function to turn the humidifier on or off
30 BLYNK_WRITE(V5) {
31     int pinValue = param.asInt(); // Get value from Blynk app
32     digitalWrite(RELAY_PIN, pinValue);
33     if (pinValue == 1) {
34         Serial.println("Humidifier is ON");
35     } else {
36         Serial.println("Humidifier is OFF");
37     }
38 }
```

6.3 Explication du principe de fonctionnement

La broche virtuelle n°5 est liée à l'humidificateur d'air. Lorsqu'on appuie sur le bouton, un signal est envoyé à l'ESP32, qui à son tour envoie un signal au relais pour fermer le circuit et l'humidificateur d'air est activé et vice-versa. Ensuite, cette même boucle est répétée pour les autres actionneurs.

7 Montages et organigrammes de fonctionnement

7.2 La température et l'humidité

Le capteur DHT22 recueille les valeurs de température et d'humidité de l'air à l'intérieur de la serre et les envoie à la carte ESP32. Cette dernière transmet ensuite ces valeurs au Blynk Cloud via Wi-Fi pour les afficher dans l'application Blynk. Les organigrammes ci-dessous illustrent le fonctionnement du contrôle de la température et de l'humidité.

➤ La température

Le système de capteurs fonctionne en mesurant constamment la valeur de la température. Si la valeur mesurée est inférieure au point de consigne minimum (Température requise), le chauffage est activé pour augmenter la température. Si la valeur mesurée est supérieure au point de consigne maximum ($25 > t > 31$), le ventilateur sera activé pour fournir de l'air plus frais. Se répète à chaque intervalle de temps ($t + 1$) pour maintenir la température souhaitée. (Voir le schéma de la figure 3.15)

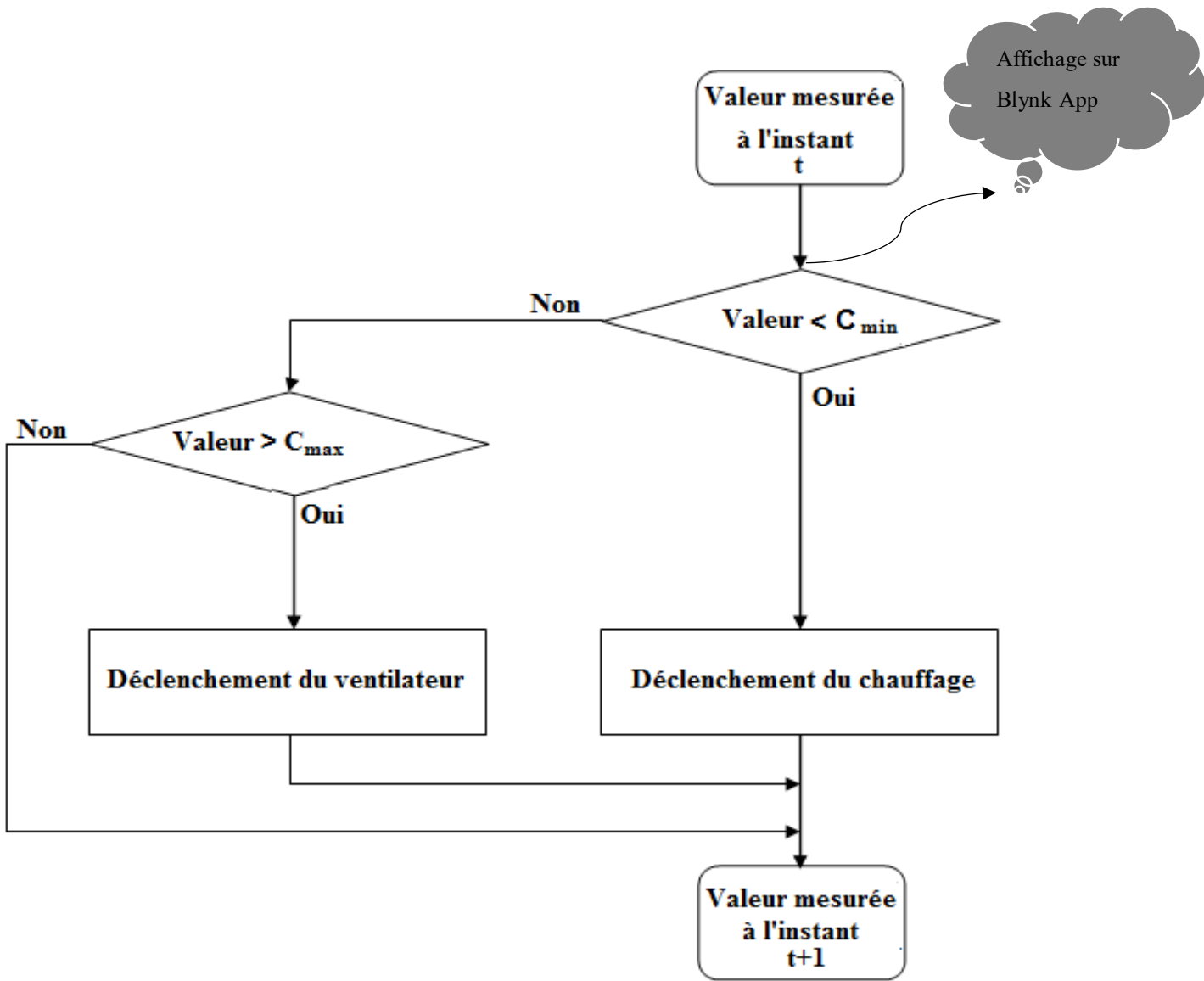


Figure 3-15 : Organigramme de la température

➤ L'humidité

L'humidité de l'air dans la serre est un autre paramètre climatique crucial pour assurer la croissance optimale des plantes. Pour la réguler, l'agriculteur peut utiliser son smartphone pour effectuer les actions suivantes :

- Si l'humidité mesurée par le capteur DHT22 est inférieure à la valeur souhaitée, l'agriculteur active le système de ventilation.
- Si l'humidité mesurée est supérieure à la valeur souhaitée, l'agriculteur met en marche le système d'humidification

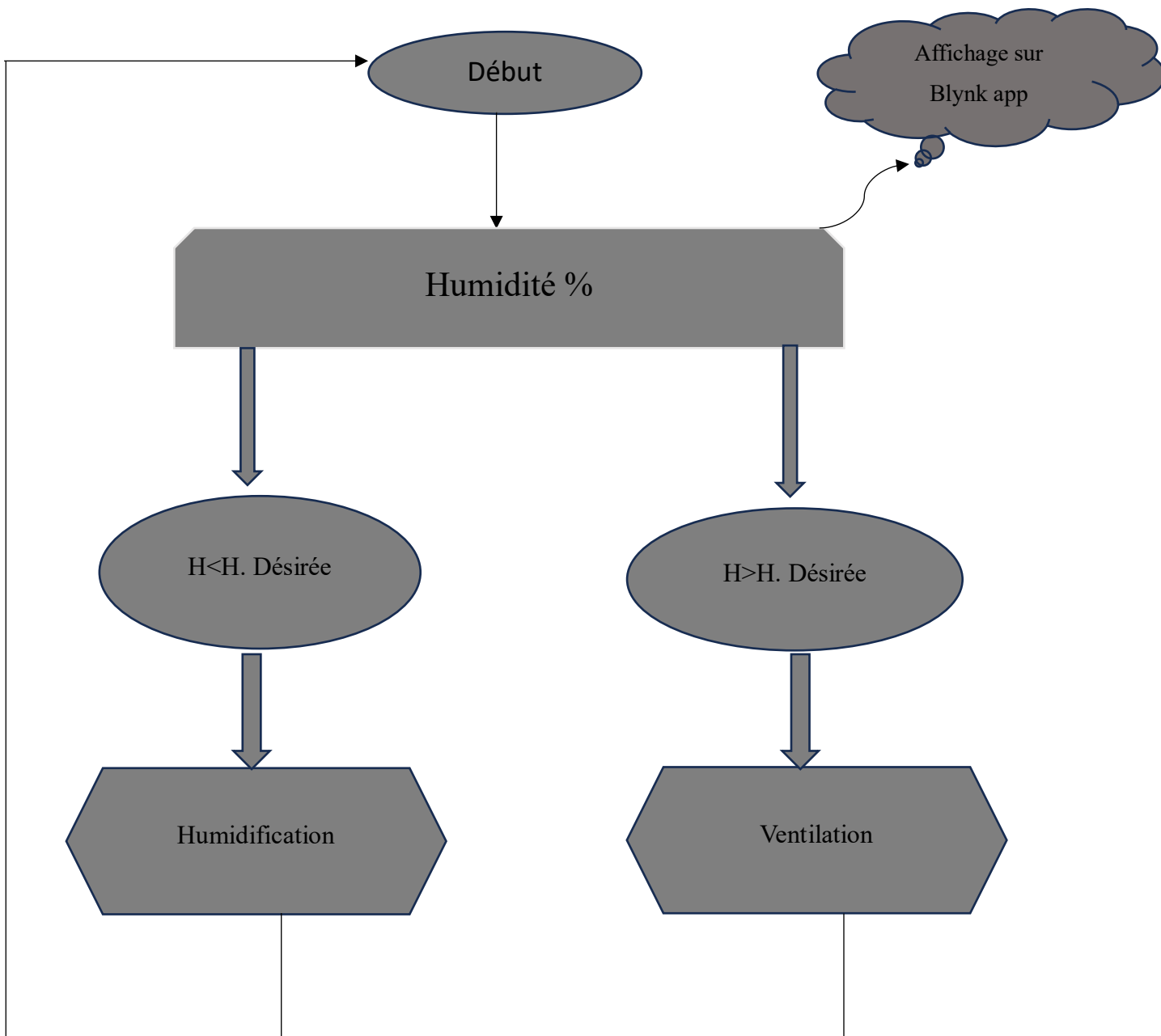


Figure 3-16 : Organigramme de l'humidité

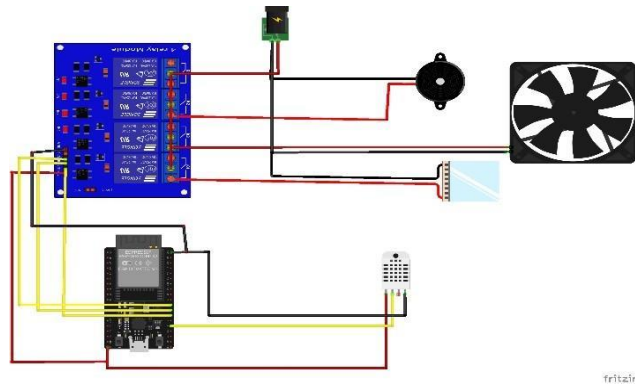


Figure 3-17 : Montage du capteur DHT22

7.3 Température extérieure :

Le capteur DS18B20 est utilisé pour mesurer la température extérieure et l'afficher dans l'application Blynk. Ensuite, grâce à un servomoteur, l'agriculteur peut ouvrir ou fermer le toit de la serre :

- Si la température extérieure est inférieure à la température intérieure et que l'agriculteur souhaite réchauffer la serre, il peut commander la fermeture du toit à distance.
- Si l'agriculteur souhaite aérer la serre naturellement et que la température extérieure est fraîche, il peut ouvrir le toit pour refroidir la serre

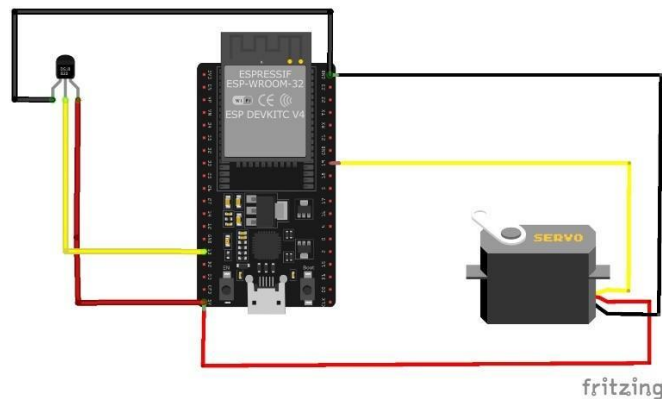


Figure 3-18 : montage du capteur DS18B20

7.4 Contrôle de la lumière :

La photosynthèse est un processus chimique essentiel à la croissance des plantes. Pour accélérer la production agricole dans la serre, nous avons conçu un système d'éclairage automatique avec le fonctionnement suivant :

- Si la photorésistance détecte une intensité lumineuse inférieure à 350 lux (une valeur prédéfinie dans notre programme), le système d'éclairage s'allume automatiquement.
- Si la photorésistance détecte une intensité lumineuse supérieure à 350 lux, le système d'éclairage s'éteint.

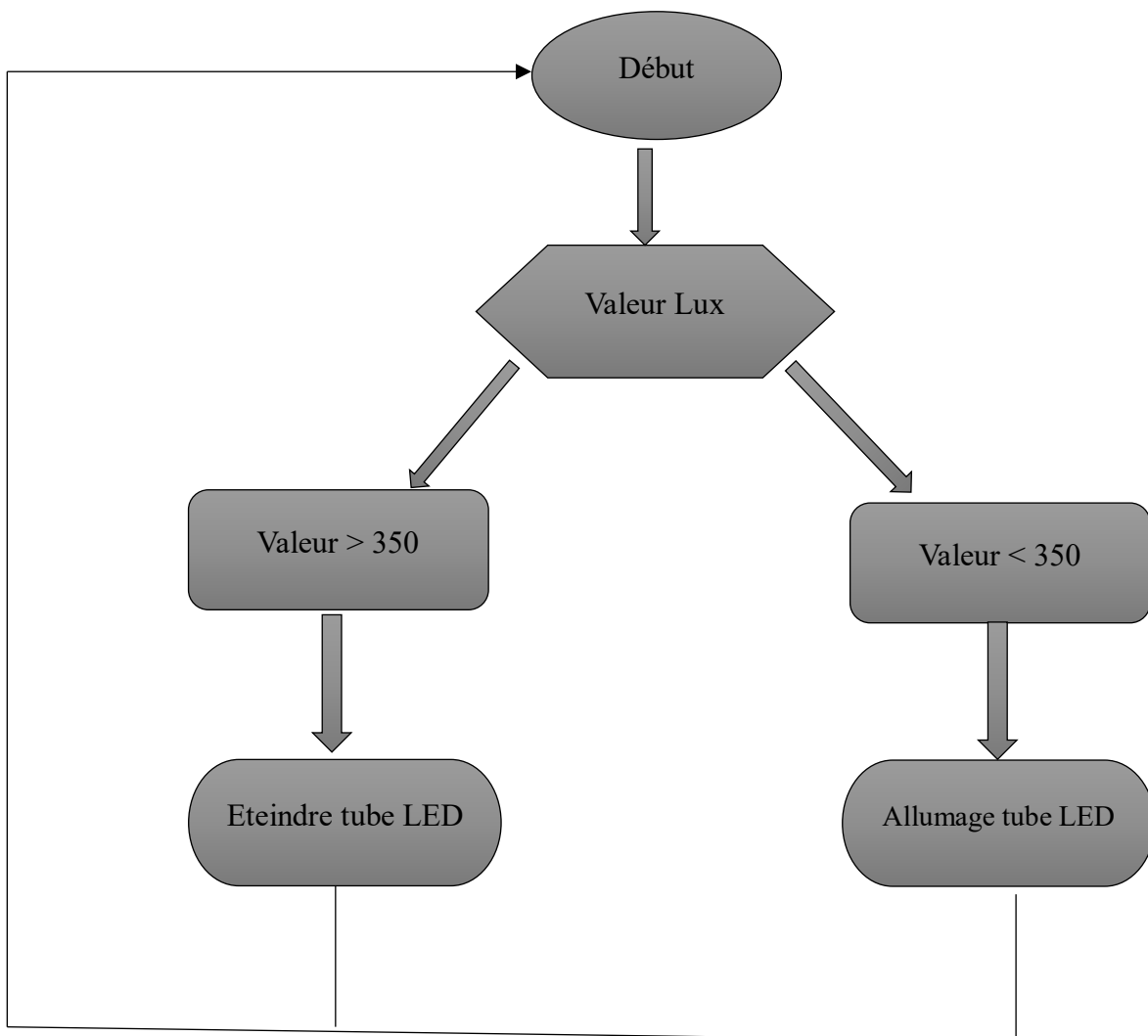


Figure 3-19 : Organigramme de fonctionnement de l'LDR

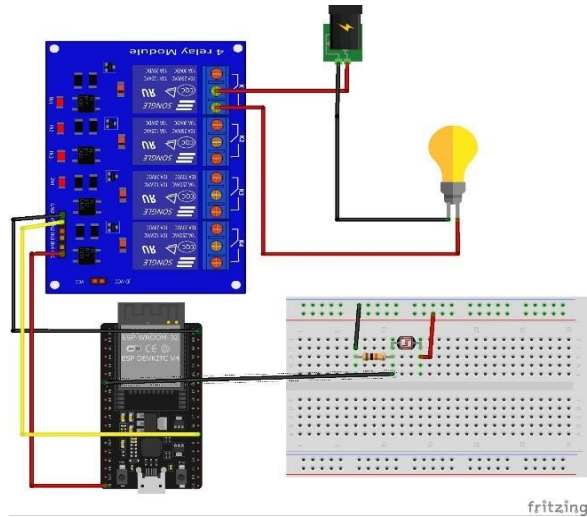


Figure 3-20 : Montage LDR

7.5 Système de notifications :

Dans notre projet, le capteur de niveau d'eau est utilisé comme détecteur de pluie. Son rôle est de détecter la présence de pluie. Lorsqu'il commence à pleuvoir, le capteur envoie un signal à l'ESP32, qui transmet cette information à l'application Blynk sous forme d'une notification avec le message « il pleut ». Si les plantes ont besoin d'arrosage, l'agriculteur peut ouvrir le toit pour permettre un arrosage naturel.

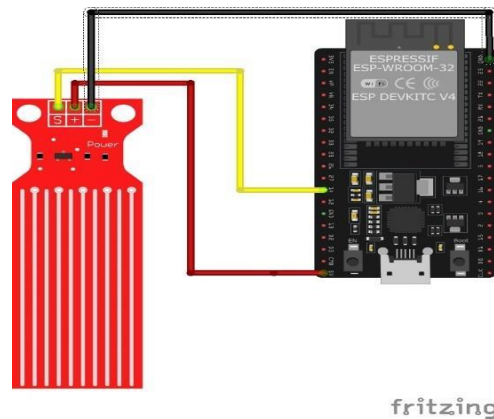


Figure 3-21 : montage du détecteur de pluie

7.6 Volume d'eau utilisé pendant l'arrosage :

Le fonctionnement du débitmètre est probablement le plus simple de notre projet, puisqu'il se contente de mesurer le volume d'eau (en ml) passant par la mini-pompe lors de l'arrosage des plantes. Ce volume est ensuite affiché sur un écran LCD.

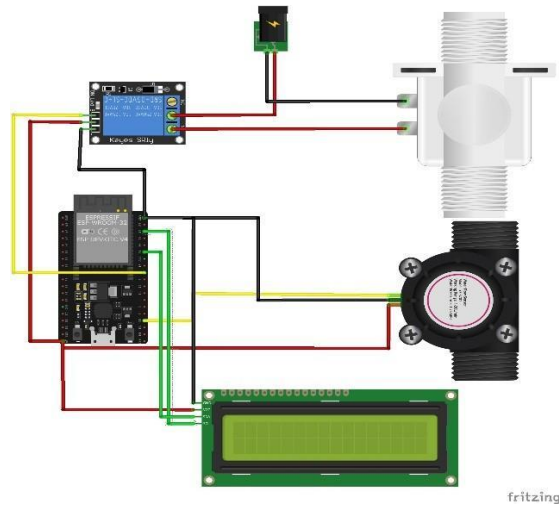


Figure 3-22 : Montage du débitmètre

7.7 Humidité du sol :

Pour réussir la culture en serre, il est essentiel de disposer d'un bon système d'irrigation. À cette fin, nous avons utilisé un capteur d'humidité du sol pour indiquer l'état du sol (sec ou humide). Lors de nos tests, le capteur a donné une valeur de 739.56 en état sec et de 212.16 en état humide. Nous avons donc établi un intervalle de [300,500] comme indicateur de bon arrosage des plantes. Si l'agriculteur observe une valeur supérieure à 500, il peut allumer la pompe jusqu'à ce que l'humidité atteigne la valeur minimale de l'intervalle (300).

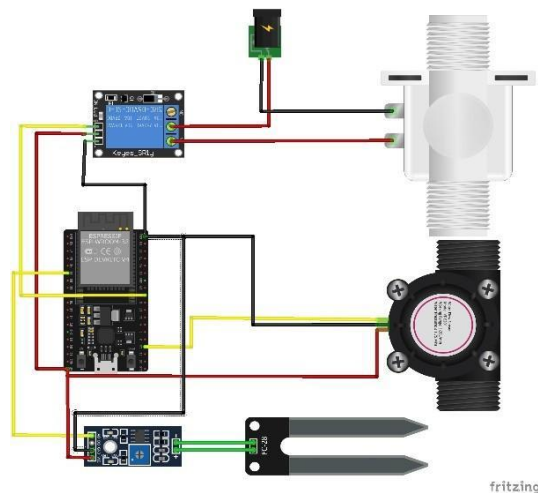


Figure 3-23 : Montage du capteur d'humidité du sol

- Le montage des différents capteurs & actionneurs :

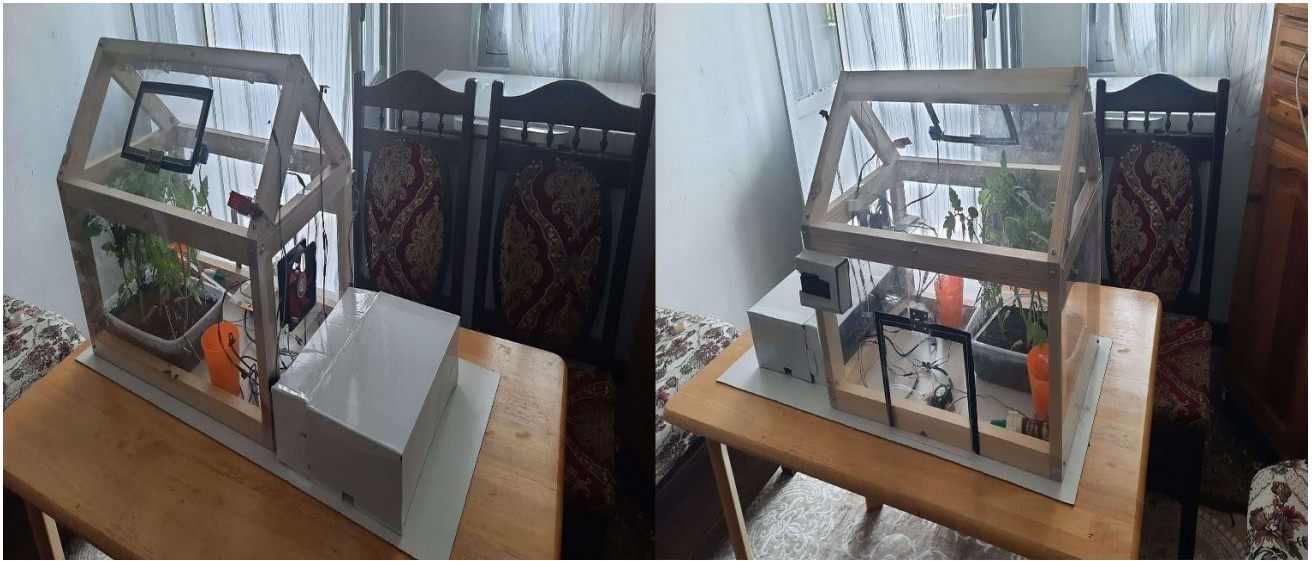


Figure 3-25 : Notre serre agricole intelligente

9 Tests expérimentaux :

9.1 Choix de la plante :

La tomate est un légume-fruit riche en eau, faiblement calorique, mais riche en vitamines et minéraux. Elle est cultivée de la mi-février à la mi-mars, à des températures comprises entre 18°C et 25°C. L'arrosage doit se faire tous les 4 à 5 jours, avec une quantité d'eau de 2 à 3 litres par plant de tomate.

En général, l'humidité relative de l'air dans les serres est située aux alentours de 40%-75%. Pour réussir notre test nous allons essayer de maintenir l'humidité relative de l'air de la serre entre 60% et 70%.

La figure si dessous représente l'état des paramètres climatiques à l'intérieur de la serre avant la régulation :

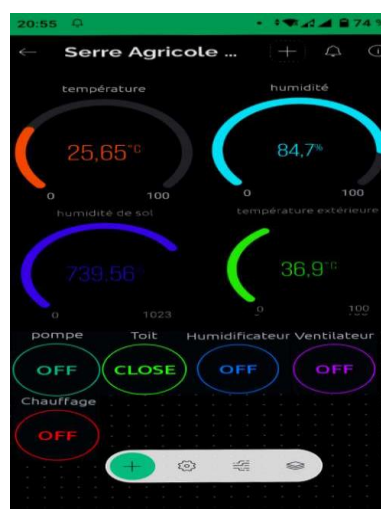


Figure 3-26 : L'interface de contrôle avant régulation

Selon la figure (3.23), nous observons que les différents paramètres climatiques de la serre ne sont pas propices à la croissance optimale de notre plante. Grâce à notre système de contrôle à distance, nous allons tenter de créer un environnement favorable pour assurer une croissance saine et vigoureuse de la plante.

La figure (3.24) montre l'état des paramètres climatiques après régulation :



Figure 3-27 : Après régulation

9.2 Explication :

Comme nous l'avons mentionné précédemment, la croissance optimale des tomates nécessite une humidité de l'air comprise entre 60% à 70%, ainsi qu'une température ambiante entre 18°C et 25°C. Grâce à notre système de contrôle à distance, nous avons réussi à maintenir une température de 20,4°C et un taux d'humidité de l'air de 68.89%, ce qui constitue des conditions idéales pour la croissance de notre plante.

Cependant, en ce qui concerne l'humidité du sol, bien que celui-ci soit arrosé, nous n'avons pas pu respecter l'intervalle cible de bonne irrigation (300-500). Cette non-conformité est due à l'instabilité du capteur d'humidité du sol, qui ne nous a pas fourni des résultats fiables quant à la teneur en eau du sol.

Un autre problème rencontré, c'est lorsque nous allumons le ventilateur pour baisser la température il entraîne une sorte de déshumidification, donc pour que nous puissions augmenter l'humidité de l'air de la serre il fallait attendre que la température baisse ensuite nous aurons la possibilité d'allumer notre humidificateur.

Autres résultats du test :

Nous montrons ci-dessous la notification, ainsi les résultats de mesure du débitmètre

- **Réception de la notification :**

Lorsque nous avons mis une goutte d'eau sur la surface du capteur, ce dernier a détecté sa présence donc il a envoyé un signal à l'Esp32 qui à son tour déclenche le système de notifications.

La figure (3-28), montre la notification reçue sur l'application Blynk :

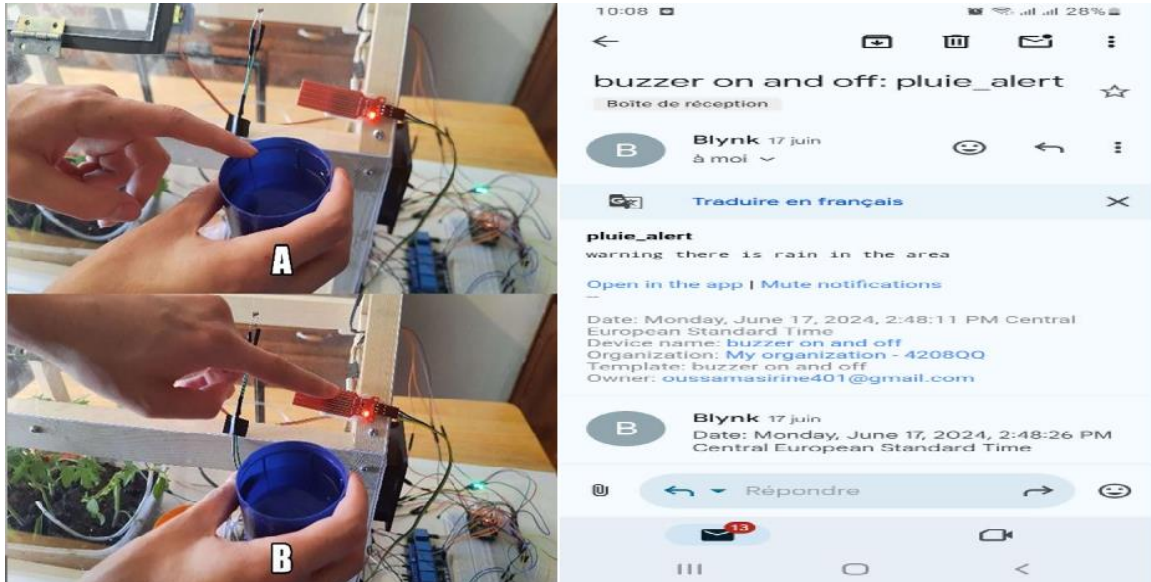


Figure 3-28 :(A) et (B) détection de précipitation (C) Réception de la notification par mail

- **Résultat de mesure du débitmètre**

Lors du démarrage de la pompe le débitmètre a pu mesurer le volume de l'eau utilisé pour l'arrosage de la plante, le résultat est montré dans la figure (3-29) :

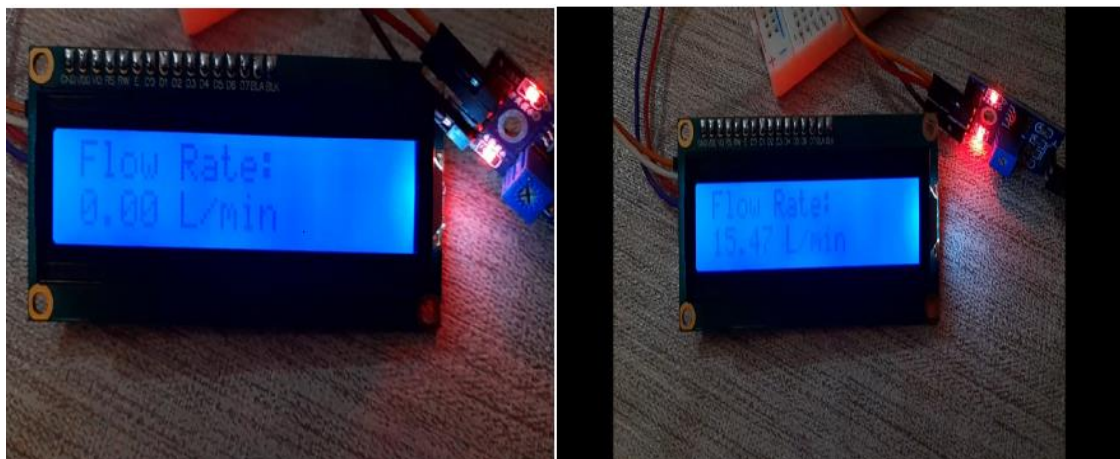


Figure 3-29 : Les valeurs affichées du volume d'eau avant et après l'arrosage de la plante.

10. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons décrit toutes les étapes de la réalisation et de la conception de notre prototype, allant de la modélisation trois dimension à l'assemblage final. Nous avons également détaillé les différentes phases de création de l'application Blynk. En outre, nous avons expliqué le fonctionnement du contrôle des paramètres climatiques dans notre serre. Pour conclure, nous avons réalisé un test expérimental de la serre et interprété les résultats obtenus.

Conclusion générale

Le projet est investi dans un cadre de l'agriculture intelligente en générale et de serres intelligentes en particulier... Notre objectif global était de développer des serres intelligentes avec la possibilité de contrôler les conditions climatiques et de fournir une atmosphère favorable grâce à blynk. Cette plateforme, avec sa capacité à contrôler les moteurs à distance et à connaître toutes les valeurs climatiques, peut fournir de manière intelligente (automatique et semi-automatique) des services adéquats tels que la gestion de la température, l'éclairage, la ventilation et les réservoirs. Le problème que nous avons abordé dans le projet était l'identification automatique des cas de serre à l'aide de données robustes, incertaines et incomplètes fournies par les capteurs déployés dans la serre. tout en nous initiant aux applications mobiles et à l'internet des objets (IoT).

En conclusion, notre projet de serre agricole intelligente représente une avancée significative dans le domaine de l'agriculture intelligente. En intégrant des technologies de surveillance et de contrôle avancées via Blynk, nous avons réussi à créer un environnement où les agriculteurs peuvent ajuster précisément les conditions climatiques essentielles à la croissance des plantes, même à distance. Ce système offre non seulement une gestion optimale de la température, de l'humidité et de l'éclairage, mais il contribue également à réduire les gaspillages de ressources tout en augmentant les rendements agricoles. En outre, notre approche démontre le potentiel des serres intelligentes pour soutenir une agriculture durable et adaptative aux défis environnementaux contemporains, ouvrant ainsi la voie à des pratiques agricoles plus efficaces et responsables à l'échelle mondiale.

Pour les perspectives futures, nous proposons plusieurs pistes d'amélioration. Premièrement, nous suggérons d'enrichir le système de notification en ajoutant des alertes à d'autres conditions climatiques telles que la présence de dioxyde de carbone. De plus, l'installation de panneaux photovoltaïques sur la surface de la serre rendra le système plus indépendant en termes d'alimentation électrique et renforcera le système de surveillance et de protection (mise en place de plusieurs caméras de surveillance). Nous prévoyons également de développer une application Android indépendante avec un système d'enregistrement pour une utilisation plus conviviale. En outre, nous proposons l'ajout de capteurs supplémentaires pour surveiller d'autres paramètres, ainsi qu'un système de pulvérisation automatisé pour la lutte contre les maladies et les ravageurs. Enfin, l'intégration d'un système d'alarme connecté au module GSM, capable de communiquer directement avec les services de protection civile en cas de détection d'incendie, serait une autre amélioration possible.

REFERENCES

- [1] F. Rodrigues, F. Rodrigues, M. Berenguel, M. Arahall, "A hierarchical control system for maximizing profit in greenhouse crop production," Proceeding in European Control Conference ECCO3, Cambridge, UK, 2003).
- [2] G.V. Straten, G.V. Willigenburg, E.V. Henten and R.V. Ooteghem, Optimal Control of Greenhouse Cultivation, Taylor and Francis Group, New York, Usa, 2011.
- [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] Y. Bouteraa, "Automatisation d'une serre agricole, " Magister en Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure D'agronomie-El Harrach, 2012.
- [5] <https://fr.scribd.com/document/642198576/Rapport-PFE-version-incompete>
- [6] H. Guedmim, "Conception et réalisation d'une serre agricole connectée". Mémoire de master, Informatique, Université Mouloud Mammerie, Tizi Ouzou, 2020
- [7] Laurent Lefebvre, 23/10/2014, "Quel matériau pour la structure de la serre : bois, aluminium, acier ou PVC ?", <https://www.baches-serre-direct.com/blog/54-quel-materiau-pour-lastructure-de-la-serre-bois-aluminium-acier-ou-pvc->.
- [8] Belmoumene Hakim, "Etude et conception d'une serre instrumentée et robotisée ", Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en électronique, Electronique, Université PARIS-SACLAY, 2022
- [9] labbes Anissa et Mechmache Asma, Serre Agricole intelligente, mémoire de fin d'étude, électronique instrumentation, université aboubakr belkaid Tlemcen 2022.
- [10] TOUCHERIFT IDRIS et TAIEB HAMID, Contrôle des paramètres climatiques d'une serre agricole. Mémoire de Fin d'étude en vue l'obtention du diplôme de master professionnel, Electronique Industrielle, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou 2017.

- [11]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.
- [12]I. Serroui, "Automatisation et surveillance d'une serre (Greenhouse) par Internet des objets (Internet of Things) ". Mémoire de Master, Electronique des Systèmes embarqués, Université de Biskra, 2019
- [13]<https://www.ontario.ca/fr/page/apport-supplementaire-de-gaz-carbonique-dans-les-serres> ; consulté le 13/02/2024
- [14] Technologies de serre : https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/1381/Serre-multichapelle-ULMA-Agricole.pdf ; Consulté le :21/03/2024.
- [15] <https://www.ulmaagricola.com/fr/serres/equipements/>
- [16] Les capteurs dans les serres intelligentes : <https://www.renkeer.com/sensors-for-greenhouse-remote-monitoring-systems/#:~:text=There%20are%20usually%20two%20types,plane%20of%20the%20receiving%20earth> ; Consulté le :21/03/2024.
- [17] A.Bhujel, J.Basaj, F.Khan et H.kim, »Sensor Systems for Greenhouse Microclimate Monitoring and Control: a Review », Journal of Biosystems Engineering, **Vol. 45 (N°4)**, 2020.
- [18]<https://www.sdec-france.com/mesure-humidite-volumique-des-sols-theorie.html> ; Consulté le :21/03/2024.
- [19]https://lastminuteengineers.com/getting-started-with-esp32/#google_vignette
- [20]<https://ls.codetech.nl/shops/346407/files/420565543/otronic-esp32-wroom-4mb-devkit-v1-avec-broches-den.jpg>
- [21]DHT22 : <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/dht11-dht22-sensors-temperature-and-humidity-tutorial-using-arduino/> ; Consulté le : 18/0/2024
- [22] AMIR Souhila, "Conception et réalisation d'un système. d'irrigation intelligent". Mémoire Magister, université MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU, 2019/2020
- [23] <https://passionelectronique.fr/tutorial-dht22/>.
- [24] Tutorials Point, " Arduino: Tutorials Point Simply Easy Learning ", 1^e édition, Tutorials Point, India, p-229, 2016.

- [25] https://www.hwlibre.com/fr/caudalimetro/#Que_es_un_caudalimetro ; Consulté le 10/04/2024
- [26] <https://theorycircuit.com/wp-content/uploads/2017/11/how-water-flow-sensor-works.png>.
- [27] Vishesh Pamadi and Bradford G. Nickerson, 3 Getting started with 1-wire bus Devices University of New Brunswick Fredericton, Canada August 25, 2015
- [28] Rishi Kant and Shantanu Bhattacharya / Sensors for Air Monitoring Microsystems Fabrication Laboratory, Mechanical Engineering Department, Indian Institute of Technology Kanpur, _Oct 2016
- [29] LABIOD Mohamed Rafik & YEZLI Mohamed el Hadi .“Un Système de navigation pour les handicapés visuels”. Mémoire Présenté en vue de l’obtention du Diplôme de Master, ELECTRONIQUE DES SYSTEMES EMBARQUES, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA,2021
- [30] <https://randomnerdtutorials.com/esp32-cam-video-streaming-face-recognition-arduino-ide>
- [31] <https://randomnerdtutorials.com/esp32-cam-ai-thinker-pinout/>
- [32]https://energieplus-lesite.be/techniques/humidification-e%20deshumidification5/types-d-humidificateurs/humidificateurs-a-pulverisation-d-eau-froide/#Principe_de_fonctionnement
- [33]<https://www.volta.ma/comment-controler-les-servomoteurs-avec-arduino/arduino/> ; Consulté le 15/04/2024
- [34] S. MONK, « Mouvement, Lumière et Son avec Arduino et Raspberry PI : Avec 30 projets ludiques », 1^e Edition, Eyrolles, Paris, p-349, 2016.
- [35] L. Chen, R. Liu ET X. Shi, « Thermoelectric Materials and Devices», 1^e Edition, Elsevier, China, p-282, 2020
- [36] <https://i0.wp.com/pitch-technologies.fr/wpcontent/uploads/2017/12/Module-Peltier.jpg?ssl=1>
- [37] I.Dogan, «Arm-Based Microcontroller Projects Using MBED», 1^e Edition, Newnes, p-904 2019.
- [38] MEGUIRECHE Noreddinne et GHADBAN Abdarrazzak « Réalisation d’une Carte d’acquisition et supervision en utilisant un module GSM » , Mémoire de Master ,Electronique des Systèmes Embarqués, Université Mohamed Boudiaf-M’SILA.
- [39] <https://www.lextronic.fr/module-relais-5v-a-4-canaux-40435.html/>

[40] Kamweru Paul Kuria, Owino Ochieng Robinson, Mutinda Mutava Gabriel, « Monitoring Temperature and Humidity using Arduino Nano and Module-DHT11 Sensor with Real Time DS3231 Data Logger and LCD Display », *International Journal Of Engineering Research & Technology (IJERT)*. **Vol. 09 (N°12)**, pp 416-422. 2020.

[41] <https://fritzing.org>

[42] <https://booteille.github.io/blynk-docs-fr/> ; Consulté le : 09/04/2024

Annexe I : états ON/OFF des différents actionneurs

- Le servomoteur (toit)



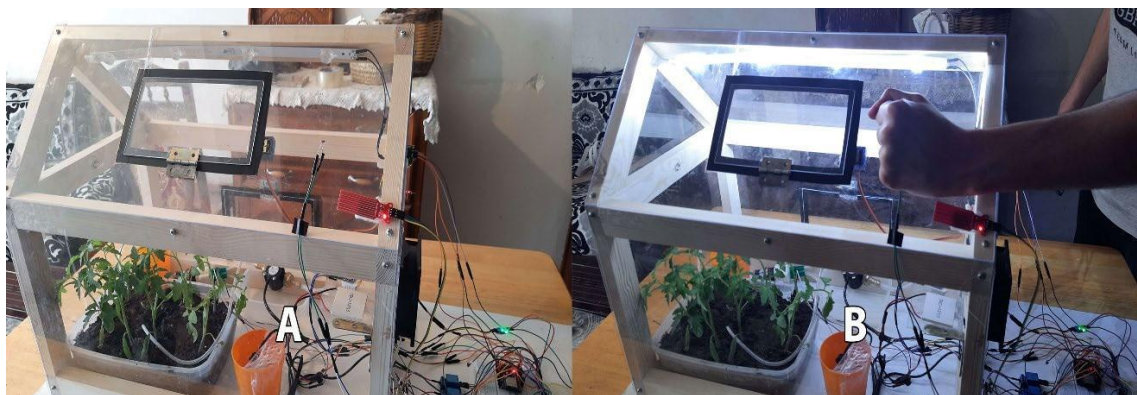
« A » Toit ouvert & « B » toit fermé.

- L'humidificateur d'air



« A » humidificateur éteint & « B » allumé.

- Le tube LED



« A » tube LED éteint & « B » allum

- **Le ventilateur**



« A » ventilateur éteint & « B » allumé.

Annexe II : Estimation du prix total des composants utilisés dans ce projet

Le tableau ci-dessous est une étude financière que nous avons effectuée pour évaluer le coût total de notre projet en prenant en compte la fabrication de la structure, ainsi les différents composants électroniques utilisés :

Composant	Prix (DA)
ESP32 DevkitC V4	2000
DHT22	1000
DS18B20	350
Capteur de pluie	450
Servomoteur SG90	700
Capteur d'humidité du sol	500
Débitmètre	1400
LDR	20
LCD I2C	1200
Mini-pompe d'eau 12V	1500
Ventilateur	400
Module Peltier 12715	1100
ESP32 CAM	2400

Tube LED	800
Humidificateur d'air	1200
Transfo 12V	1000
Feuille de plexiglass	1200
Modèle de serre en bois	4500
Relai 1 canal	350
Relai 4 canal	450
Câbles de connexion	800
Plaquettes d'essai	(700x2) 1400
Adhésifs, chatterton, colle...etc.	1000
Total	22.870

Prix des matériaux utilisé

ملخص

تهدف أطروحة مشروعنا هذه إلى تصميم وتنفيذ نظام أتمتة عن بعد والتحكم عبر Blynk للصوبات الزراعية، من أجل تقليل جهود المزارعين وتحسين الإنتاجية، كما ونوعاً. ويتألف المشروع من ثلاثة أجزاء. يتمثل الجزء الأول في تطوير نظام ذكي قادر على التعرف على الظروف المناخية داخل الدفيئة بفضل بيانات أجهزة الاستشعار، واتخاذ القرارات اللازمة لتنشيط المحركات من أجل الحفاظ على الظروف المثلى للنباتات. يركز الجزء الثاني على تطوير واجهة بين الإنسان والآلة مما يسمح بتصوير البارامترات المناخية في الوقت الفعلي وتحديد العتبات التي لا ينبغي تجاوزها في الدفيئة. أخيراً، سمح الجزء الثالث بإنشاء نموذج أولي لغازات الاحتباس الحراري، مما سمح لنا باختبار أداء النظام والتحقق من أدائه وسلامته.

الكلمات الرئيسية: صوبة زراعية ذكية، ESP32، أجهزة استشعار، مشغلات، بليנק.

Résumé

Ce mémoire de notre projet a pour objectif de concevoir et de mettre en œuvre un système d'automatisation et de contrôle à distance via Blynk pour les serres agricoles, dans le but de réduire les efforts des agriculteurs et d'améliorer la productivité, tant en quantité qu'en qualité. Le projet est structuré en trois parties. La première partie consiste à élaborer un système intelligent capable de reconnaître les conditions climatiques à l'intérieur de la serre grâce aux données des capteurs, et de prendre les décisions nécessaires pour activer les moteurs afin de maintenir des conditions optimales pour les plantes. La deuxième partie se concentre sur le développement d'une interface homme-machine permettant de visualiser en temps réel les paramètres climatiques et de définir des seuils à ne pas dépasser dans la serre. Enfin, la troisième partie a permis la création d'un prototype de serre, nous permettant de tester et de valider les performances et le bon fonctionnement du système.

Mots clés : Serre agricole intelligente, ESP32, capteurs, actionneurs, Blynk.

Abstract

This thesis of our project aims to design and implement a remote automation and control system via Blynk for agricultural greenhouses, in order to reduce the efforts of farmers and improve productivity, both in quantity and quality. The project is structured in three parts. The first part consists in developing an intelligent system capable of recognizing the climatic conditions inside the greenhouse thanks to the data of the sensors, and make the necessary decisions to activate the engines in order to maintain optimal conditions for the plants. The second part focuses on the development of a human-machine interface allowing to visualize in real time the climatic parameters and to define thresholds not to be exceeded in the greenhouse. Finally, the third part allowed the creation of a greenhouse prototype, allowing us to test and validate the performance and proper functioning of the system.

Keywords: Intelligent agricultural greenhouse, ESP32, sensors, actuators, Blynk.