

République algérienne démocratique et populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب  
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib  
Faculté de Science et Technologie  
Département D'électronique et des Télécommunications



Projet de Fin d'Etudes  
**Dans le cadre de l'arrêté ministériel 1275**  
**« Un diplôme, une startup ou brevet d'invention »**  
Pour l'obtention du diplôme de Master en :  
Filière : Télécommunications  
Spécialité : Réseaux et Télécommunications

**FILAHATII**

Présenté Par :

1-Melle BOUKERMA Fedoua M2 Réseaux et Télécommunications  
2-Melle BOUKERMA Meriem M2 Réseaux et Télécommunications

Devant le jury composé de :

-Dr BENCHERIF Kaddour	MCA	U.AinTémouchent	Président
-Dr SEKKAL Mansouria	MCB	U.AinTémouchent	Examineur
-Dr BEMMOUSSAT Chems eddine	MCB	U.AinTémouchent	Encadrant (e)
-Dr BENZAZZA Baghdadi	MCB	U.AinTémouchent	Représentant de l'incubateur
-Mr BOUKRAA Omar		la chambre d'agriculture AT	Partenaire socioéconomique

*Année Universitaire 2022/2023*

Ce projet est labélisé par le ministère des startups le :

يقدر

**المادة الأولى:**

تمنح علامة "مشروع مبتكر" صالحة لمدة سنتين (02) قابلة للتجديد مرتين(02)، طبقا للمادة التاسع عشر (19) من المرسوم التنفيذي رقم 20-254 المؤرخ في 15 سبتمبر 2020، المعدل و المتمم.

إلى المشروع : ..... FILAHATI

صاحب \ أصحاب المشروع : ..... BOUKERMA FEDOUA

..... BOUKERMA MERIEM

..... BEMMOUSSAT CHEMS EDDINE

**المادة الثانية:**

ينشر هذا القرار في البوابة الالكترونية الوطنية للمؤسسات الناشئة.

درر بالجزائر في: ..... 04 ماي 2023

**رئيس اللجنة الوطنية**  
**اللجنة الوطنية لمنح العلامة**  
**مؤسسة ناشئة ومشروع مبتكر**  
**وحاضنة أعمال**

نور الدين ، واضح

رقم العلامة: .....

إن رئيس اللجنة الوطنية لمنح علامة "مؤسسة ناشئة" و "مشروع مبتكر" و "حاضنة أعمال".

- بمقتضى المرسوم الرئاسي رقم 21-281 المؤرخ في 26 ذي القعدة عام 1442 الموافق 7 يوليو سنة 2021 والمتضمن تعيين أعضاء الحكومة، المعدل والمتمم.

- بمقتضى المرسوم التنفيذي رقم 20-306 المؤرخ في 27 صفر عام 1442 الموافق 15 أكتوبر سنة 2020، يتضمن تحديد صلاحيات الوزير المنتدب لدى الوزير الأول، المكلف باقتصاد المعرفة والمؤسسات الناشئة.

- بمقتضى المرسوم التنفيذي رقم 20-254 المؤرخ في 27 محرم عام 1442 الموافق 15 سبتمبر سنة 2020 والمتضمن إنشاء لجنة وطنية لمنح علامة "مؤسسة ناشئة" و "مشروع مبتكر" و "حاضنة أعمال" وتحديد مهامها وتشكيلتها وسيرها، المعدل و المتمم.

- مقتضى القرار المؤرخ في 8 جمادى الثانية عام 1443 الموافق 11 جانفي سنة 2022، يعدل ويتمم القرار المؤرخ في 16 ربيع الأول عام 1442 الموافق 2 نوفمبر سنة 2020 والمتضمن تعيين أعضاء اللجنة الوطنية لمنح علامة "مؤسسة ناشئة" و "مشروع مبتكر" و "حاضنة أعمال".

- بناء على مداولت اللجنة الوطنية لمنح علامة "مؤسسة ناشئة" و "مشروع مبتكر" و "حاضنة أعمال" خلال الاجتماع المنعقد بتاريخ: ..... 03 ماي 2023

# *Remerciements*

*Au terme de ce travail,  
Nous tenons, en premier lieu, à remercier le Bon Dieu pour le  
courage et la patience qu'il nous a donné afin de mener ce  
projet à terme.*

*Nous remercions vivement notre promoteur  
« **Mr. BEMMOUSSAT Chmes Eddine** » d'avoir accepté de nous  
encadrer et de nous aider, ainsi que pour son travail encourageant  
et ses conseils judicieux lors de la mise en œuvre de ce projet.*

*Nous adressons également nos remerciements, à toute l'équipe de  
l'incubateur qui ont contribué à notre formation tout au long de  
notre travail.*

*Nous remercions également nos parents sans oublier de remercier  
les membres de jury « **Mr. BENCHERIF Kaddour** », « **Md. SEKKAL  
Mansouria** » et « **Mr. BENAZZA Baghdadi** »  
Et notre Partenaire socioéconomique « **Mr. BOUKRAA Omar** » qui  
nous ont fait l'honneur d'être des examinateurs de notre mémoire et  
qui ont consacré du temps pour lire, évaluer et examiner ce présent  
travail*

*Enfin, nos remerciements vont à tous ceux qui ont contribué, de près  
ou de loin, à l'élaboration de ce travail.*

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail en signe de respect, De tendresse et de beaucoup d'amour à Ceux qui ne sont les plus chères au monde :*

*A mon exemple éternel, l'homme de ma vie, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussite, j'espère qu'il serait très fières de moi, à toi mon père.*

*A la lumière de mes jours, la flamme de mon cœur, pour ton amour, ton affection et ton encouragement et ton soutien moral, à toi maman.*

*A mes frères Oussama, Adem, Anes et Rayan je vous aime*

*A mes deux petites princesses Sérine et Yasmine Que Dieu les protège*

*A mes grands-parents que j'aime beaucoup et toute ma famille*

*A ma sœur RANDA qui ma toujours soutenu et encouragé dans mon parcours aucun dédicace ne serait exprimer assez profondément ce que je ressens envers vous, grand merci je vous aime.*

*Sans oublier mon binôme MERIEM, en témoignage de l'amitié sincère qui nous a liées et des bons moments passe ensemble. Je vous dédie ce travail en vous souhaitant un avenir radieux et plein de bonnes promesses.*

***BOUKERMA Fedoua***

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents je vous dois ce que je suis Aujourd'hui grâce a votre amour, à votre patience vos innombrables sacrifices. Que ce modeste travail, soit pour vous une petite compensation et reconnaissance envers ce que vous avez fait d'incroyable pour moi. Que Dieu, le tout puissant, vous préserve et vous procure santé et longue vie afin que je puisse à mon tour vous combler.*

*A ma sœur « CHAHRAZED » qui ma toujours soutenu et encouragé dans mon parcours aucun dédicace ne serait exprimer assez profondément ce que je ressens envers vous, grand merci.*

*A mes frères ZAKI et MOUHAMED je vous aime.*

*Sans oublier mon binôme FEDOUA, en témoignage de l'amitié sincère qui nous a liées et des bons moments passe ensemble. Je vous dédie ce travail en vous souhaitant un avenir radieux et plein de bonnes promesses.*

*BOUKERMA Meriem*

## Sommaire

Remerciements .....	III
Dédicace .....	IV
Dédicace .....	V
Liste de figures .....	XII
Liste des tableaux.....	XI
Liste des annexes.....	XII
Introduction générale.....	13
chapitre I : Introduction à l'agriculture de la serre.....	16
1.1 Introduction.....	17
1.2 L'importance de l'agriculture .....	17
1.2.1 L'agriculture en Algérie .....	17
1.3 Définition de la serre classique .....	18
1.4 Importance de la serre .....	19
1.5 Les types des serres.....	20
1.5.1 La serre chapelle.....	20
1.5.2 La serre tunnel.....	20
1.6 Les problématiques de la serre .....	21
1.6.1 Les facteurs climatiques .....	21
1.6.1.1 La température.....	21
1.6.1.2 L'humidité.....	21
1.6.1.3 Le facteur biologique.....	22
1.6.1.4 Le rayonnement solaire.....	22
1.6.2 Arrosage .....	22
1.6.3 Le coût .....	22
1.6.4 Sécurité.....	22
1.7 Les serres agricoles automatiques, connectées et intelligentes.....	23
1.7.1 Les serres automatiques.....	23
1.7.2 Les serres connectées.....	23
1.7.3 Les serres intelligentes .....	23
1.8 Exemple d'une serre agricole connectée .....	23
1.8.1 La startup Myfood (en France).....	23
1.9 Conclusion .....	25

chapitre II	: Internet des objets .....	26
II.1	Introduction.....	26
II.2	Définition d'internet des objets .....	27
II.2.1	Caractéristiques d'un système d'Internet des objets.....	27
II.3	L'objet connecté (OC).....	28
II.4	Architecture de l'IoT.....	29
II.4.1	Les différentes couches de l'IoT .....	30
II.4.1.1	Couche de perception .....	30
II.4.1.2	Couche réseau .....	30
II.4.1.3	Couche middleware.....	30
II.4.1.4	Couche d'application .....	30
II.4.1.5	Couche commerciale .....	31
II.5	Le fonctionnement de l'IoT .....	31
II.6	Domaines d'applications .....	32
II.6.1	La domotique en milieux urbains .....	32
II.6.2	La santé.....	33
II.6.3	L'industrie.....	33
II.6.4	L'agriculture.....	34
II.6.4.1	L'agriculture de précision .....	34
II.6.4.2	Smart farming ou smart agriculture .....	35
II.7	Conclusion .....	35
chapitre III	: Structure matériels et logiciels utilisés.....	36
III.1	Introduction.....	37
III.2	Partie hardware.....	37
III.2.1	La carte ARDUINO.....	37
III.2.1.1	Définition .....	37
III.2.1.2	Les différentes cartes ARDUINO.....	37
III.2.1.2.1	ARDUINO Nano.....	37
III.2.1.2.2	ARDUINO Mega .....	38
III.2.1.2.3	ARDUINO Uno .....	38
III.2.1.3	Comparaison entre les différents types des cartes ARDUINO .....	39
III.2.2	Les capteurs utilisés.....	40
III.2.2.1	Le capteur de température et d'humidité DHT11.....	40
III.2.2.2	Capteur d'humidité du sol .....	40

III.2.2.3	Capteur d'obstacle infrarouge.....	41
III.2.2.4	Capteur ultrason.....	42
III.2.2.5	Capteur de détection de neige/gouttes de pluie MH-RD.....	42
III.2.2.6	Capteur de pression Barométrique GY-68 « BMP180 ».....	43
III.2.2.7	La Photorésistance « LDR » .....	44
III.2.2.8	Capteur de PH « DM PH-4502C » .....	44
III.2.3	Les modules utilisés.....	45
III.2.3.1	Le RFID-RC522.....	45
III.2.3.2	Le module GSM SIM800C .....	46
III.2.3.3	Le module de Bluetooth « HC-05 » .....	47
III.2.3.4	Le module Driver moteurL298N .....	47
III.2.4	Les actionneurs utilisés.....	48
III.2.4.1	Pompe électrique .....	48
III.2.4.2	Ventilateur / Extracteur.....	49
III.2.4.3	Le moteur DC.....	50
III.2.4.4	Relais.....	50
III.2.4.5	Buzzer .....	51
III.3	Partie software .....	51
III.3.1	L'environnement de la programmation (IDE Arduino).....	51
III.3.1.1	Structure générale du programme.....	51
III.3.2	RemoteXY .....	52
chapitre IV	: Conception et réalisation de notre projet.....	57
IV.1	Introduction.....	57
IV.2	Notre solution.....	57
IV.3	Pourquoi notre projet ?.....	58
IV.3.1	Besoin d'améliorer l'efficacité agricole .....	58
IV.3.2	Promotion de l'agriculture durable .....	59
IV.3.3	Exploitation des technologies émergentes .....	59
IV.3.4	Réponse aux besoins du marché .....	59
IV.3.5	Amélioration de la compétitivité agricole .....	59
IV.3.6	Renforcement de la résilience agricole .....	59
IV.3.7	Sensibilisation à l'agriculture urbaine .....	59
IV.4	Les tests des différents services de notre système .....	60
IV.4.1	Service de conception, d'installation et de montage de la serre.....	60

IV.4.2	Service Antivol .....	61
IV.4.3	Service arrosage automatique et précis.....	62
IV.4.4	Service régulation de température et humidité.....	64
IV.4.5	Service niveau et qualité d'eau .....	66
IV.4.6	Service régulation de la lumière.....	67
IV.4.7	Conception d'une station météo.....	69
IV.5	Conclusion .....	70
	Conclusion générale .....	71
	Bibliographie et Webographie .....	73
	Les annexes .....	77
	Annexe 1 : BMC.....	78
	Annexe 2 : Les diverses connexions et numéros des broches (pins) de circuit de sécurité.....	92
	Annexe 3: Les diverses connexions et numéros des broches (pins) de circuit électronique.....	93
	Résumé.....	94
	Abstract .....	94

---

## *Liste de figures*

---

- Figure I.1:** un cercle relatif montrent les terres cultivées et inutilisées
- Figure I.2:** une serre agricole
- Figure I.3:** la serre chapelle
- Figure I.4:** La serre tunnel
- Figure I.5:** la serre myfood
- Figure II.1 :** Internet des objets dans le monde
- Figure II.2 :** l'architecture de L'IoT
- Figure II.3:** mode de fonctionnement de l'Internet des objets
- Figure II.4 :** Domaines d'application de l'IoT
- Figure II.5 :** exemple de l'IoT dans La domotique
- Figure II.6 :** l'IoT dans la santé
- Figure II.7 :** exemple de l'IoT dans l'industrie
- Figure II.8 :** exemple de l'IoT dans l'agriculture de précision
- Figure II.9:** exemple de smart farming
- Figure III.1:** La carte ARDUINO Nano
- Figure III.2:** La carte ARDUINO Mega
- Figure III.3:** la carte ARDUINO Uno
- Figure III.4:** Capteur DHT11
- Figure III.5:** Capteur d'humidité du sol
- Figure III.6:** Capteur d'obstacle infrarouge
- Figure III.7:** Capteur ultrason HC-SR04
- Figure III.8:** Capteur de détection de neige/gouttes de pluie MH-RD
- Figure III.9:** Capteur de pression Barométrique.

- Figure III.10:** LDR
- Figure III.11:** Une sonde ph DM PH-450C
- Figure III.12:** Capteur RFID-RC522.
- Figure III.13:** Module GSM SIM800C
- Figure III.14:** Module Bluetooth HC-05
- Figure III.15:** Driver moteur L298N
- Figure III.16:** Pompe d'eau électrique
- Figure III.17:** Ventilateur /extracteur.
- Figure III.18:** Le moteur DC
- Figure III.19:** Carte relais.
- Figure III.20:** buzzer
- Figure III.21:** Interface IDE Arduino
- Figure III.22:** le fonctionnement de l'application RemoteXY.
- Figure III.23:** L'éditeur de l'application RemoteXY.
- Figure III.24:** la création de notre interface
- Figure III.25:** l'onglet "Configuration"
- Figure III.26:** notre interface d'accueil sur le téléphone
- Figure IV.1:** serre automatique et connecté
- Figure IV.2:** Schéma global fritzing
- Figure IV.3:** le design proposé de notre serre
- Figure IV.4:** montage et test de la carte RFID.
- Figure IV.5:** montage et test du capteur infrarouge avec GSM 800C
- Figure IV.6:** montage et test du capteur d'humidité de sol
- Figure IV.7:** les résultats du test sur le monitor
- Figure IV.8:** les résultats du test sur l'application
- Figure IV.9:** montage et test du capteur DHT11

- Figure IV.10:** les résultats du test sur le monitor
- Figure IV.11:** les résultats du test sur l'application
- Figure IV.12:** montage et test du capteur HC-04 et la sonde PH
- Figure IV.13:** les résultats du test ph sur le monitor
- Figure IV.14:** les résultats du test ph et niveau d'eau sur l'application
- Figure IV.15:** montage et test du LDR
- Figure IV.16:** les résultats du test sur le monitor
- Figure IV.17:** les résultats du test sur l'application
- Figure IV.18:** montage et test de la station météo
- Figure IV.19:** les résultats du test sur le monitor
- Figure IV.20 :** les résultats du test sur l'application

---

# *Liste des tableaux*

---

- Tableau III.1 :** Tableau de comparaison entre les caractéristiques des cartes ARDUINO
- Tableau III.2 :** Présentation des caractéristiques de DHT11
- Tableau III.3 :** Présentation des caractéristiques d'humidité de sol.
- Tableau III.4 :** Présentation des caractéristiques de l'infrarouge
- Tableau III.5 :** Présentation des caractéristiques de HC-SR04
- Tableau III.6 :** Présentation des caractéristiques de MH-RD.
- Tableau III.7 :** Présentation des caractéristiques de BMP180.
- Tableau III.8 :** Présentation des caractéristiques de LDR.
- Tableau III.9 :** Présentation des caractéristiques de la sonde PH.
- Tableau III.10 :** Présentation des caractéristiques du RFID-RC522.
- Tableau III.11 :** Présentation des caractéristiques du SIM GSM 800C
- Tableau III.12 :** Présentation des caractéristiques du HC-05
- Tableau III.13 :** Présentation des caractéristiques du L298N
- Tableau III.14 :** Présentation des caractéristiques de la pompe électrique
- Tableau III.15 :** Présentation des caractéristiques de ventilateur /extracteur.
- Tableau III.16 :** Présentation des caractéristiques de moteur DC

---

## *Liste des annexes*

---

*Annexe 1* : BMC

*Annexe 2*: Les diverses connexions et numéros des broches (pins) de circuit de sécurité

*Annexe 3*: Les diverses connexions et numéros des broches (pins) de circuit électronique

---

# *Introduction générale*

---

L'agriculture contemporaine se trouve confrontée à une pluralité d'enjeux majeurs : un monde qui se réchauffe de manière croissante en raison des bouleversements climatiques, une explosion démographique, des cultures plus intensives, l'épuisement des ressources fossiles, ainsi que des problématiques environnementales (comme la préservation de la biodiversité et la lutte contre la pollution) et sanitaires, qui exigent une adaptation immédiate et un changement de paradigme en vue d'une plus grande durabilité.

La pratique de la culture sous serre représente une réponse efficace à ces divers obstacles, car les serres permettent de surmonter ces défis en favorisant la diversification des cultures, en prolongeant la durée des saisons, en protégeant les végétaux contre les maladies et en augmentant les rendements.

Face à un marché de plus en plus concurrentiel, les systèmes de production sous serre deviennent extrêmement sophistiqués. Il est donc essentiel de maîtriser les conditions de production en contrôlant les paramètres climatiques afin de répondre aux objectifs visés. Afin d'accroître la rentabilité, il est impératif de faire croître les cultures dans des environnements optimaux.

Dans le contexte de ce projet de fin d'études, l'objectif ultime est de développer un système de serre agricole automatisée et connectée.

Notre principal objectif est d'apporter une assistance à un agriculteur ordinaire en lui fournissant un équipement extrêmement simple et facile à utiliser. L'objectif est de permettre un contrôle intelligent de la serre agricole et de fournir un suivi à distance ainsi qu'une automatisation sans nécessiter d'efforts considérables.

### **Le mémoire se divise en quatre chapitres :**

Dans le premier chapitre, nous approfondirons nos connaissances sur les serres agricoles en examinant les différents types de serres ainsi que les problèmes spécifiques rencontrés lors de la culture sous serres conventionnelles, qui nécessitent une attention particulière.

Dans le deuxième chapitre, nous parlerons sur les concepts généraux de l'IoT (Internet of Things), ainsi que ses différents domaines d'applications.

Dans le troisième chapitre, nous exposons la carte de contrôle de type ARDUINO, en détaillant ses différentes variantes, ainsi que les divers capteurs et actionneurs utilisés dans notre système et leurs caractéristiques spécifiques.

Enfin, dans le quatrième chapitre, nous aborderons l'implémentation et la réalisation concrète de notre système. Nous présenterons les divers tests effectués sur notre serre prototype pour évaluer le bon fonctionnement de nos services, ainsi que la démonstration des résultats obtenus sur notre application mobile.

Notre mémoire sera clôturé par une conclusion générale.

---

# **chapitre I : Introduction à l'agriculture de la serre**

---

## I.1 Introduction

La serre intelligente représente une révolution majeure dans le domaine de l'agriculture traditionnelle. Elle engendre un microclimat auto-régulé et spécialement adapté à la croissance des végétaux grâce à l'utilisation de capteurs, d'actionneurs et de systèmes de surveillance et de contrôle. Ces technologies permettent d'optimiser les conditions de croissance et d'automatiser le processus de culture. Le marché mondial des serres intelligentes, évalué à environ 680,3 millions de dollars en 2016, devrait atteindre environ 1,31 milliard de dollars d'ici 2023, avec un taux de croissance annuel moyen d'environ 14,12 % entre 2017 et 2022. [1]

Dans ce chapitre, nous aborderons la notion de serre agricole et nous offrirons un aperçu global de ses différents types, ainsi que des problèmes couramment rencontrés dans ces structures.

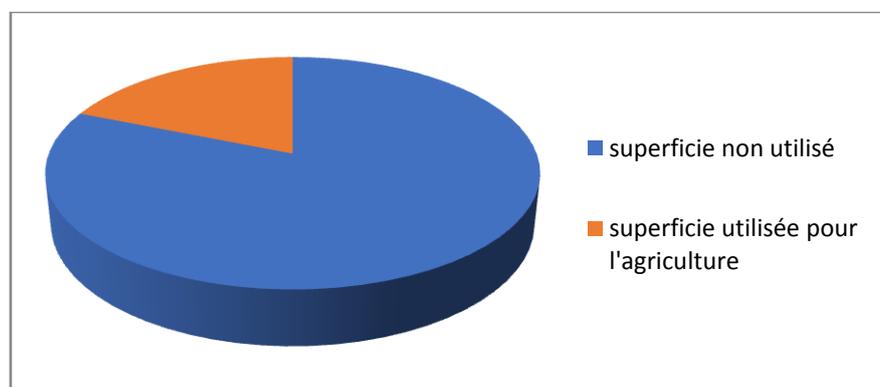
## I.2 L'importance de l'agriculture

L'agriculture constitue le socle même de la vie humaine, étant la principale source de nourriture et de matières premières. Par conséquent, la croissance du secteur agricole revêt une importance cruciale pour le développement économique d'un pays.

Malheureusement, de nombreux agriculteurs continuent d'adopter des méthodes traditionnelles qui conduisent à des rendements faibles, tandis que les systèmes de production en serre se sont complexifiés pour répondre à une concurrence accrue sur le marché. Cette complexité est due à l'introduction de mécanisation et à l'incorporation de l'automatisation.

### I.2.1 L'agriculture en Algérie

Malgré la répartition généralisée des terres arables de 44 millions d'hectares et la disponibilité de tous les besoins d'une main-d'œuvre jeune, un climat quatre saisons et les incitations fournies par l'État, ces terres ne sont largement inexploitées que 8 millions d'hectares la figure ci-dessous montre le taux des terres cultivées et non utilisées. [W1]



**Figure I.1 :** un cercle relatif montrent les terres cultivées et inutilisées

Selon les données du ministère de l'agriculture, la production de blé dur est passée de 3,17 millions de tonnes en 2018 à 3,21 millions de tonnes en 2019. Malgré cela, l'Algérie continue d'importer environ 7 millions de tonnes de céréales chaque année, y compris du blé des deux types. En 2019, l'Algérie n'a produit que 2,8 millions de tonnes de céréales, dont 2 millions de tonnes de blé dur. En 2021, l'Algérie a été classée parmi les plus grands importateurs de blé au monde, avec 9,2 millions de tonnes importées. Selon nos recherches basées sur l'article "ARABIC.NEWS.CN", nous avons constaté une production inférieure lors de la saison de récolte 2020-2021 par rapport à la saison de 2019, qui avait atteint 3,9 millions de tonnes. [W2]

Selon les informations relayées par "Algérie aujourd'hui", l'un des objectifs que le gouvernement s'emploiera à atteindre est l'augmentation de la production de produit agricole, en particulier de céréales. L'objectif est que la production atteigne 6,5 millions de tonnes d'ici 2023 et 7,18 millions de tonnes d'ici 2024. [W3]

En raison des multiples défis auxquels le secteur agricole est confronté, tels que des problèmes de gestion, une organisation insuffisante et des efforts insuffisants pour promouvoir la recherche scientifique agricole, ses performances économiques sont faibles et il n'atteint pas les objectifs et l'efficacité souhaités. Cela se manifeste par sa contribution limitée au PIB et le déficit important dans la balance commerciale alimentaire et agricole. Par conséquent, le gouvernement algérien devrait accorder une attention accrue à ce secteur en adoptant des stratégies de développement visant à optimiser l'utilisation des ressources biologiques afin de réduire la dépendance de l'économie nationale au pétrole et de promouvoir le développement durable.

### **I.3 Définition de la serre classique**

Une serre est une construction fermée, translucide, composée de matériaux tels que le verre ou le plastique, soutenue par une structure en métal ou en bois. Son utilisation principale est la production agricole. Son objectif est de créer un environnement propice au développement des cultures en tirant parti de l'impact du climat, en établissant un microclimat spécifique pour répondre aux besoins des plantes, accélérer leur croissance et permettre une production indépendante des saisons la figure suivante montre une serre agricole. [2]



**Figure I.2** : une serre agricole [2]

#### **I.4 Importance de la serre**

La serre de culture offre la possibilité de se libérer des contraintes climatiques extérieures telles que la pluie, le vent et le froid. Elle est spécifiquement conçue pour recréer un environnement contrôlé, appelé microclimat. Elle permet le chauffage de l'air et des racines, le contrôle précis de l'irrigation et de la fertilisation et la régulation de l'humidité. Sur le plan économique, la serre permet de proposer des produits sur le marché en dehors de la saison habituelle. [3]

La serre offre ainsi des conditions de production végétale supérieures à celles présentes naturellement, garantissant une meilleure qualité des produits. Pour atteindre ces résultats, il est essentiel de répondre avec minutie aux besoins spécifiques de chaque culture en termes des différents facteurs qui influencent sa croissance et son développement. Cela nécessite une connaissance approfondie des interactions entre ces différents paramètres.

Parmi les avantages majeurs d'une production sous serre, nous citons : [4]

- Production et rendement satisfaisant.
- Production hors saisons des fruits, légumes et espèces florales.
- Diminution notable des maladies nuisible aux plantes grâce à la climatisation.
- Exploitation réduite des terres agricoles.
- Qualité et précocité des récoltes.

## **I.5 Les types des serres**

La classification des serres est d'une grande complexité, car elle repose généralement sur les formes données par les cadres porteurs qui composent leur structure. On peut distinguer deux principaux types de serres, appartenant à deux grandes familles : les serres de type chapelle et les serres de type tunnels. [5]

### **I.5.1 La serre chapelle**

La chapelle constitue l'élément de base de la structure d'une serre. Elle se compose de deux parois latérales verticales (ou légèrement inclinées) et d'un toit à double pente, souvent symétrique. Les serres de type chapelle se distinguent par leur largeur, qui varie généralement entre 3 et 16 mètres la figure ci-dessous est un exemple de serre chapelle. [5]



**Figure I.3:** la Serre chapelle [5]

### **I.5.2 La serre tunnel**

Généralement, la serre tunnel est composée d'une série d'éléments adjacents, chacun étant constitué d'une structure en tubes d'acier assemblés à l'aide de boulons. Sa largeur varie de 3 à 9 mètres. Le film plastique est fixé à l'aide de différents systèmes de clips.

La serre tunnel est spécifiquement conçue pour les cultures précoces. Elle joue un rôle essentiel dans le potager, car elle permet de prolonger la période de récolte des fruits et légumes en dehors de la saison habituelle, voire de favoriser les floraisons estivales, la figure (I.4) illustre l'exemple de la serre tunnel. [5]



**Figure I.4:**La serre tunnel [5]

## **I.6 Les problématiques de la serre**

### **I.6.1 Les facteurs climatiques**

Les conditions climatiques exercent une influence sur le microclimat à l'intérieur de la serre, comprenant des facteurs tels que la température, l'humidité, le rayonnement solaire, le vent et le couvert végétal. Chaque facteur, en réalité, engendre une combinaison d'effets qui peut être bénéfique ou défavorable au bon fonctionnement de la serre, en fonction des conditions locales prédominantes. [W4]

#### **I.6.1.1 La température**

La température joue un rôle crucial dans la croissance et le développement des plantes. Si la température est trop élevée, la plante augmentera sa respiration et épuisera les réserves de glucose (sucres) nécessaires à sa croissance. À l'inverse, une température trop basse peut avoir un effet négatif sur la photosynthèse et ainsi entraver le développement de la culture.

Les basses températures extérieures en hiver peuvent entraîner des températures intérieures en deçà de l'optimum biologique, en particulier pendant les nuits, nécessitant ainsi un chauffage. Par ailleurs, des températures intérieures excessivement élevées en été, voire parfois au printemps, peuvent avoir des conséquences néfastes sur les végétaux. [W4]

#### **I.6.1.2 L'humidité**

L'humidité se caractérise par la présence de vapeur d'eau dans l'atmosphère environnante, et elle exerce diverses influences sur la croissance et la santé des cultures. En cas de manque d'humidité, les nutriments peuvent se consumer et la croissance des plantes est ralentie. En revanche, un excès d'humidité rend la tâche d'absorption des nutriments et de l'eau plus difficile pour les plantes. [6]

### **I.6.1.3 Le facteur biologique**

La plupart des affections des cultures sont attribuables aux pathogènes fongiques, bactériens ou viraux. Les champignons sont responsables de la majorité écrasante (environ deux tiers) des infections végétales, tandis que les bactéries sécrètent des enzymes qui dégradent les parois cellulaires des plantes. Les virus, quant à eux, induisent des maladies systémiques, affectant l'ensemble de la plante. [W5]

### **I.6.1.4 Le rayonnement solaire**

Le rayonnement solaire joue un rôle primordial dans le processus de photosynthèse. Certains matériaux de couverture, transparents aux rayonnements de courte longueur d'onde et opaques aux rayonnements infrarouges, créent un effet de serre qui entraîne une augmentation de la température sous l'abri. En hiver, un éclairage insuffisant réduit considérablement la photosynthèse. Le rayonnement solaire est essentiel pour garantir une excellente qualité des plantes et des fruits produits. [W4]

## **I.6.2 Arrosage**

Lorsque le sol commence à se déshydrater, il est essentiel d'apporter de l'eau aux plantes par irrigation. Un arrosage insuffisant peut causer des dommages considérables aux plantes ou entraver leur croissance. Il est primordial de trouver un équilibre entre la conservation de l'eau et l'arrosage adéquat des plantes, en recherchant l'efficacité et en minimisant les coûts associés. Il est crucial de fournir de l'eau aux plantes au bon moment. [7]

## **I.6.3 Le coût**

Le coût varie selon deux critères :

- Plus le niveau de la technologie utilisé est élevé le cout est plus chère.
- Et aussi selon la matière dans la fabrication.

## **I.6.4 Sécurité**

La sécurité représente un défi majeur dans le domaine de l'agriculture en raison de la prévalence du vol lorsque les récoltes sont prêtes.

## **I.7 Les serres agricoles automatiques, connectées et intelligentes**

### **I.7.1 Les serres automatiques**

Au sein d'une serre automatisée, la gestion des installations est entièrement confiée à l'ordinateur central. Ainsi, les opérateurs se chargent uniquement d'entrer les paramètres requis et de vérifier périodiquement ceux-ci sont scrupuleusement obtenus. [3]

### **I.7.2 Les serres connectées**

Grâce à la connectivité présente dans la serre, vous pouvez recevoir des informations sur l'état de vos cultures directement sur votre Smartphone via une application dédiée. Cette serre est équipée de la technologie de l'Internet des objets, qui vise à accroître la productivité en collectant et en analysant les données en temps réel.[1]

### **I.7.3 Les serres intelligentes**

Les serres intelligentes sont des structures qui bénéficient d'un contrôle et d'une automatisation assurés par un système intelligent. Ce système, alimenté par l'intelligence artificielle, assure la surveillance de l'environnement dans lequel elles se trouvent. [6]

## **I.8 Exemple d'une serre agricole connectée**

### **I.8.1 La startup Myfood (en France)**

MyFood est une startup française fondée en 2010 par trois amis visionnaires : Mickaël Gandecki, Johan Nazary et Matthieu Urban. Elle se spécialise dans la conception et la commercialisation de serres connectées, basées sur les principes de l'aquaponie et de la permaculture, dans le but de promouvoir la culture de légumes à domicile ou en entreprise. Leur objectif est de faciliter l'accès à une autonomie alimentaire pour les utilisateurs.

Après six ans d'efforts, le succès est au rendez-vous. La société commercialise ses solutions dans plusieurs pays d'Europe, notamment en France, en Espagne, en Belgique et au Luxembourg. Les fondateurs garantissent que leurs solutions clés en main sont capables de répondre aux besoins alimentaires d'une famille de trois à quatre personnes tout au long de l'année la figure suivante représente la serre myfood.[W6]



**Figure I.5:** la serre myfood [W6]

De plus, la serre est équipée d'une connexion wifi qui permet un suivi à distance grâce à des capteurs mesurant la température de l'air à l'intérieur et à l'extérieur de la serre, ainsi que la température de l'eau, le taux d'humidité et le pH de l'eau des bacs de culture en aquaponie. Ces données sont transmises à une application mobile dédiée. L'application envoie des alertes en cas de mesures dépassant les niveaux de tolérance. [W6]

En outre, des panneaux solaires fournissent l'énergie nécessaire pour alimenter le système d'éclairage, qui complète l'exposition lumineuse des plantes après le coucher du soleil, ainsi que le filtrage des bassins d'eau et un petit ventilateur. La serre est également équipée de volets qui s'ouvrent automatiquement en fonction de la température à l'intérieur, se refermant si nécessaire. [W7]

Grâce à ces installations, il est possible de cultiver des aliments tout au long de l'année. Un poêle aux granulés permet de chauffer la serre lorsque les températures deviennent trop basses. "La serre est autonome pendant les quatre saisons. En hiver, elle nécessite peu d'entretien supplémentaire. La croissance est ralentie et nous y plantons principalement des légumes verts. Par exemple, tous les types de choux, le kale, le brocoli, les laitues, les carottes et les fines herbes poussent bien en hiver." L'environnement clos permet également d'étendre la saison pour certaines plantes, comme les tomates. [W7]

## **I.9 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons abordé le domaine de l'agriculture de manière générale, en discutant des différents types de serres et des problèmes auxquels elles sont confrontées. Nous avons également présenté un exemple spécifique de serres connectées, qui représentent l'essence de notre sujet. Les serres connectées sont des structures qui exploitent la technologie de l'Internet des objets (IoT) pour collecter et analyser en temps réel les indicateurs bioclimatiques de la serre. Cela permet de maintenir les conditions optimales pour la croissance des plantes dans ces serres.

Dans le prochain chapitre, nous explorerons en détail ce domaine et montrerons comment il est intégré à la technologie des serres.

---

## **chapitre II : Internet des objets**

---

## II.1 Introduction

Depuis la fin des années 1980, Internet a évolué de manière spectaculaire. Il est devenu comme un vecteur principal de diffusion de l'information, il s'est imposé dans de nombreux domaines comme une infrastructure essentielle pour les individus, les entreprises et les institutions toutefois, ses capacités d'extension, au-delà des seuls ordinateurs et terminaux mobiles, sont encore considérables, car il devrait permettre l'interaction d'un nombre croissant d'objets entre eux ou avec nous-mêmes qui sont les objets connectés.

Chaque année, de nouveaux termes émergent, la plupart étant liés au monde moderne et à la technologie. Récemment, le terme "Internet des objets" a fait son apparition, désignant la nouvelle génération d'Internet ou de réseau. Ce concept permet aux appareils interconnectés de communiquer entre eux via un protocole Internet. Ces dispositifs comprennent des instruments, des capteurs, des actionneurs et diverses technologies d'intelligence artificielle. L'Internet des objets s'est développé de manière fulgurante : depuis 2014, le nombre d'objets connectés dépasse celui des humains connectés, et il est prévu que 50 milliards d'objets seront connectés d'ici 2020 la figure ci-dessous montre l'utilisation de IoT dans des différents domaines. [8]

Ce chapitre se consacre à une étude approfondie des systèmes IoT afin de comprendre leurs caractéristiques et leurs applications, dans le but de développer un système Internet des Objets pour la gestion intelligente des serres agricoles.



**Figure II.1:** Internet des objets dans le monde [8]

## II.2 Définition d'Internet des objets

Le terme "Internet des objets" ne possède pas encore de définition standard car le concept est en constante évolution. Ainsi, il existe plusieurs définitions de l'IoT, mais celle qui est la plus pertinente pour notre recherche le décrit comme "une extension de l'Internet existant permettant à tout objet de communiquer directement ou indirectement avec des dispositifs électroniques connectés à Internet." Cette nouvelle dimension de l'Internet présente des enjeux technologiques, économiques et sociaux majeurs, notamment en termes d'économies potentielles grâce à l'adoption de technologies favorisant la standardisation de ce nouveau domaine, en particulier en matière de communication, tout en garantissant la protection des droits et des libertés individuelles.[8]

L'IoT peut être considéré comme l'infrastructure dynamique d'un réseau mondial, doté de capacités d'auto-configuration basées sur des normes et des protocoles de communication interopérables. Dans ce réseau, les objets physiques et virtuels possèdent des identités, des attributs physiques, des personnalités virtuelles et des interfaces intelligentes, et ils sont intégrés de manière transparente au réseau. [9]

Sur le plan technique, l'Internet des objets (IoT) repose sur l'attribution numérique directe et normalisée (adresse IP, http, etc.) à un objet physique, grâce à un système de communication sans fil tel qu'une puce RFID (Radio Frequency Identification), Bluetooth ou Wi-Fi. [10]

### II.2.1 Caractéristiques d'un système d'Internet des objets

Les caractéristiques fondamentales de l'IoT sont les suivantes : [11]

- **Inter-connectivité** : Grâce à l'infrastructure globale d'information et de communication, il est possible d'interconnecter tous les éléments.
- **Services liés aux objets connectés** : L'Internet des objets a la capacité de fournir des services liés aux objets tout en respectant certaines contraintes, telles que la protection de la vie privée et la cohérence sémantique entre les objets physiques et leurs représentations virtuelles associées. Pour offrir ces services liés aux objets tout en respectant les contraintes qui leur sont propres, il est nécessaire que les technologies tant dans le monde physique que dans le monde de l'information subissent des changements.
- **Hétérogénéité** : Les périphériques de l'Internet des objets sont diversifiés en fonction des plateformes matérielles et des réseaux. Ils ont la capacité d'interagir avec d'autres appareils ou plates-formes de services via une variété de réseaux.

- **Changements dynamiques** : Les états des dispositifs évoluent de manière dynamique, passant par des phases de sommeil et d'éveil, se connectant et se déconnectant, ainsi que leur contexte, incluant des informations telles que leur localisation et leur vitesse. De plus, le nombre d'appareils peut varier de manière dynamique. [12]
- **Énorme échelle** : Le nombre de périphériques nécessitant une gestion et une communication entre eux sera au moins d'un ordre de grandeur supérieur à celui des périphériques connectés à Internet. La gestion des données générées et leur interprétation à des fins d'application deviendra encore plus critique. Cela concerne à la fois la sémantique des données et une gestion efficace de celles-ci.
- **Sécurité** : Alors que nous tirons des bénéfices de l'Internet des objets, il est crucial de ne pas négliger la sécurité. En tant que créateurs et utilisateurs de l'IoT, il est de notre responsabilité de concevoir des mécanismes garantissant la sécurité. Cela englobe la protection de nos données personnelles et de notre bien-être physique. Assurer la sécurité des points d'accès, des réseaux et des données qui les traversent nécessite la création d'un paradigme de sécurité en constante évolution.
- **Connectivité** : La connectivité permet à un réseau d'être accessible et compatible. L'accessibilité se réfère à la capacité de se connecter à un réseau, tandis que la compatibilité permet une capacité partagée de consommer et de produire des données. [13]

### II.3 L'objet connecté (OC)

Avant d'aborder les principes de l'Internet des objets (IoT), il est essentiel de définir ce qu'est un objet lié ou connecté. Il s'agit d'un appareil dont la principale fonction n'est pas d'être un système informatique ou une interface web, tel qu'une serrure qui a été conçue sans intégration informatique ou connectivité Internet. Lorsqu'un objet connecté est relié à Internet, il peut être amélioré en termes de fonctionnalités et d'interaction avec son environnement, ce qui le transforme en un objet connecté enrichi (OCE). Il est conçu pour être utilisé et possède une intelligence sous la forme de la capacité à collecter et transmettre des données à l'aide d'un logiciel et de capteurs embarqués. Lorsqu'il est connecté à d'autres objets et composants logiciels, un objet connecté devient précieux. Un objet connecté à trois éléments clés : [14]

- Les données générées ou reçues, stockées ou transmises.
- Les algorithmes utilisés pour le traitement de ces données.

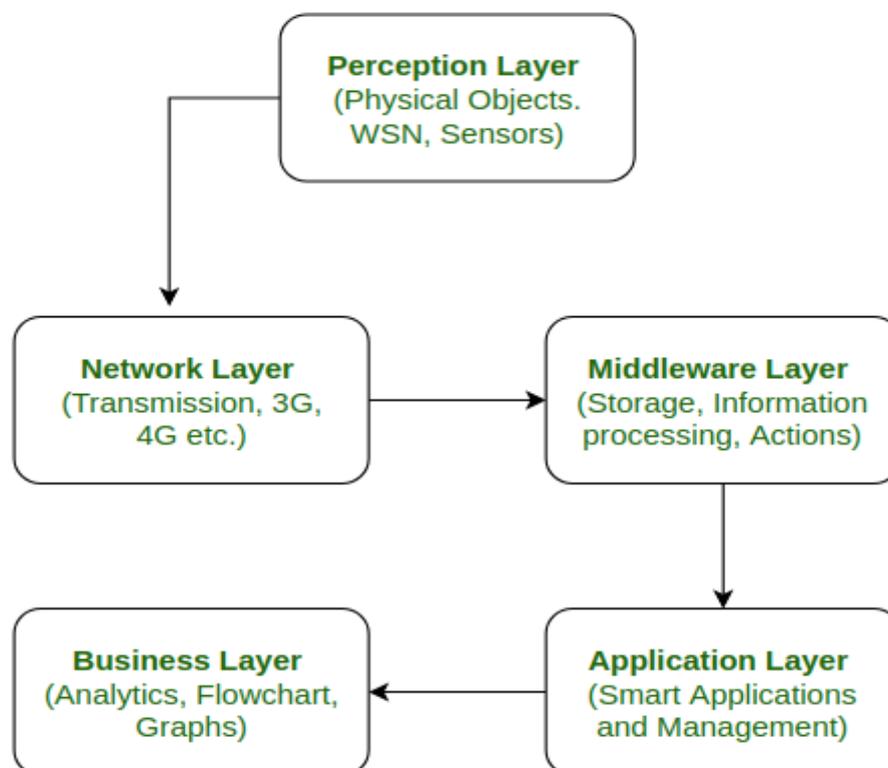
- L'écosystème dans lequel l'objet connecté va interagir et s'intégrer.

Et les caractéristiques d'utilisation d'un objet connecté :

- L'ergonomie (facilité d'utilisation, maniabilité, etc.).
- L'esthétisme (formes, couleurs, sons, sensations, etc.).
- L'usage (contexte culturel, profil utilisateur, interaction sociale, etc.).
- Le métamorphisme (adaptabilité, personnalisation, modulation, etc.).

## II.4 Architecture de l'IoT

Une architecture est une structure qui spécifie les composants physiques du réseau, leur organisation et leur configuration fonctionnelle, ainsi que les principes, les procédures opérationnelles et les formats de données utilisés dans son fonctionnement. Le développement de l'Internet des objets (IoT) dépend des technologies utilisées, des domaines d'application et des aspects commerciaux. Il existe différentes architectures IoT disponibles pour les appareils IoT. Cependant, l'architecture à 5 couches est considérée comme la proposition la plus solide pour l'IoT dans la figure (II.2) suivante on résume l'architecture de IoT . [W8]



**Figure II.2:**l'architecture de L'IoT [W8]

## **II.4.1 Les différentes couches de l'IoT**

### **II.4.1.1 Couche de perception**

La première couche de l'architecture de l'Internet des objets (IoT) est la couche de perception. Dans cette couche, différents capteurs et actionneurs sont utilisés pour collecter des informations précieuses telles que la température, l'humidité, la détection d'intrusion, les sons, etc. La fonction principale de cette couche est d'acquérir des informations sur l'environnement et de transmettre les données à une autre couche afin de permettre l'exécution d'actions basées sur ces informations.[W8]

### **II.4.1.2 Couche réseau**

Appelée également couche de communication, cette couche assure la liaison entre la couche de perception et la couche middleware. Elle récupère les données provenant de la couche de perception et les transmet à la couche middleware en utilisant des technologies de réseau telles que 3G, 4G, UTMS, Wi-Fi, infrarouge, etc. Cette couche est responsable de la communication sécurisée entre la couche de perception et la couche middleware, garantissant la confidentialité des données obtenues. [W8]

### **II.4.1.3 Couche middleware**

La couche middleware est dotée de fonctionnalités avancées telles que le stockage, le calcul, le traitement des données et la capacité d'entreprendre des actions. Elle stocke l'ensemble des données et, en fonction de l'adresse et du nom de l'appareil, fournit les données appropriées à cet appareil. Elle est également capable de prendre des décisions en se basant sur des calculs effectués sur les ensembles de données provenant des capteurs.[W8]

### **II.4.1.4 Couche d'application**

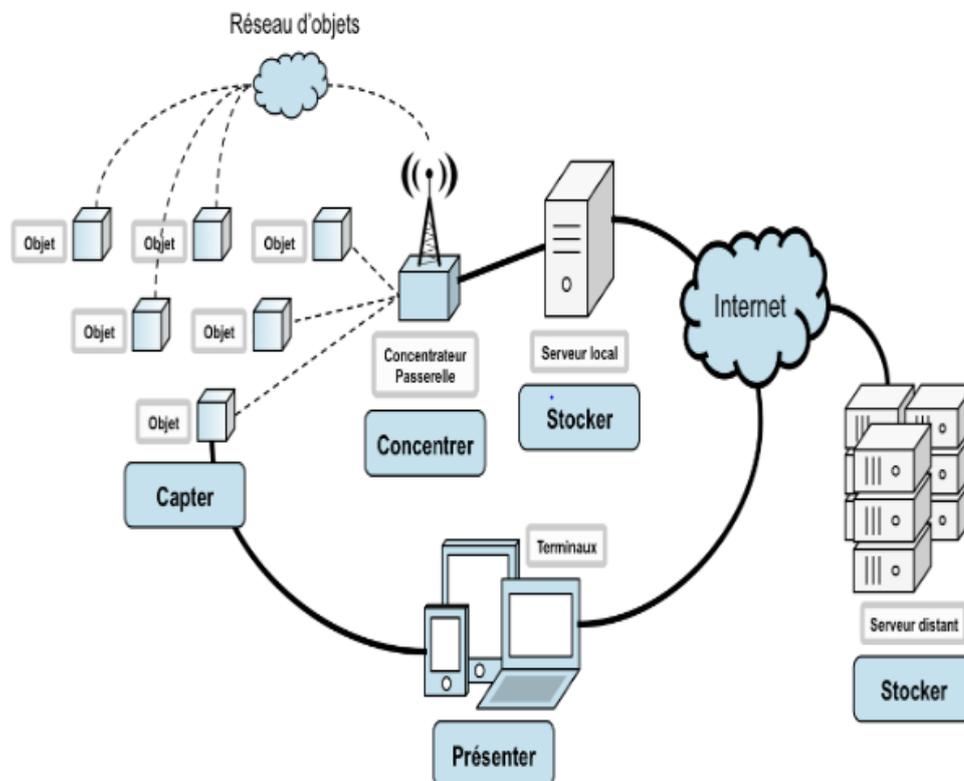
La couche d'application gère tous les processus applicatifs en fonction des informations obtenues à partir de la couche middleware. Cette application englobe des fonctionnalités telles que l'envoi d'e-mails, l'activation d'une alarme, la gestion d'un système de sécurité, la mise sous tension ou hors tension d'un appareil, l'utilisation de smartwatches, l'application à l'agriculture intelligente, etc. [W8]

### II.4.1.5 Couche commerciale

La réussite d'un appareil ne dépend pas uniquement des technologies utilisées, mais aussi de la manière dont il est livré aux consommateurs. C'est là que la couche métier intervient. Elle se charge de réaliser ces tâches pour l'appareil, ce qui comprend la création d'organigrammes, de graphiques, l'analyse des résultats et la réflexion sur les moyens d'améliorer l'appareil, entre autres. [W8]

## II.5 Le fonctionnement de l'IoT

Il est essentiel que les dispositifs du réseau soient interconnectés pour permettre l'Internet des objets (IoT). L'architecture du système IoT doit garantir le fonctionnement de cette technologie qui relie les mondes physique et virtuel. La conception de l'architecture IoT implique de prendre en compte de nombreuses variables, telles que la mise en réseau, la communication et les opérations. Lors de la création d'une architecture IoT, il est important de considérer des aspects tels que l'extensibilité, l'évolutivité et l'interopérabilité sur tous les appareils la figure (II.3) illustre le principe de fonctionnement de IoT. [15]



**Figure II.3:** mode de fonctionnement de l'Internet des objets.[15]

Précisons le rôle des différents processus présentés sur ce schéma :

- ✓ **Capter** : La numérisation fait référence au processus de conversion d'une grandeur physique analogique en un signal numérique.
- ✓ **Concentrer** : L'interfaçage permet de connecter un réseau spécialisé d'objets à un réseau IP standard, tel que le WiFi, ou à des dispositifs grand public.
- ✓ **Stocker** : La consolidation se réfère à la réunion de données brutes produites en temps réel, qui sont méta-étiquetées et qui arrivent de manière imprévisible.
- ✓ **Présenter** : l'interopérabilité permet de présenter les informations de manière compréhensible pour les êtres humains, tout en leur offrant la possibilité d'agir et/ou d'interagir. [15]

## II.6 Domaines d'applications

L'IoT favorisera le développement de diverses applications intelligentes (figure II.4) qui auront un impact significatif dans les domaines de la domotique, des villes intelligentes, de la santé et de l'industrie. [15]



**Figure II.4** : Domaines d'application de l'IoT. [15]

Dans ce qui suit, nous citons brièvement des exemples du domaine d'applications de l'IoT :

### II.6.1 La domotique en milieux urbains

L'Internet des objets (IoT) concerne la connectivité des dispositifs domestiques, permettant ainsi de contrôler différents équipements dans une maison à partir d'une interface unique, telle qu'une tablette ou un téléphone. De plus, l'IoT offre la possibilité de contrôler à distance ces équipements en utilisant des API accessibles via le web. L'IoT s'étend également aux villes, où il permettra une meilleure gestion de tous les réseaux qui alimentent les villes intelligentes, tels que le gaz, l'eau, l'électricité, etc. Des capteurs peuvent être utilisés pour améliorer la gestion des parkings et réduire les embouteillages comme montre la figure (II.5). [15]



Figure II.5: exemple de l'IoT dans La domotique [15]

### II.6.2 La santé

Dans ce domaine, il sera possible de surveiller les signes cliniques des patients grâce à la mise en place de réseaux personnels de surveillance (figure II.6). Ces réseaux seront composés de biocapteurs placés sur le corps des patients ou dans leurs lieux de soins. Cela permettra la télésurveillance des patients et offrira des solutions pour favoriser l'autonomie des personnes à mobilité réduite. [15]



Figure II.6: l'IoT dans la santé [15]

### II.6.3 L'industrie

Grâce à la technologie IoT, les usines peuvent améliorer l'efficacité de leurs opérations, optimiser leur production, renforcer la sécurité des employés, lutter contre la contrefaçon et la fraude, ainsi que suivre de manière complète les produits (figure II.7). [15]



**Figure II.7** : exemple de l'IoT dans l'industrie [15]

## **II.6.4 L'agriculture**

Etant donné que notre objectif est centré sur l'agriculture et son développement, nous aborderons les points suivants :

### **II.6.4.1 L'agriculture de précision**

Cela inclut la conception qui intègre les techniques de l'IoT pour l'agriculture urbaine et l'agronomie de précision dans les villes intelligentes. Les serres intelligentes sont de plus en plus populaires dans les zones métropolitaines, car elles permettent de surveiller de nombreux paramètres des solutions nutritives et d'améliorer la croissance, le rendement et la qualité des plantes comme montre la figure(II.8). [15]



**Figure II.8** : exemple de l'IoT dans l'agriculture de précision [15]

## II.6.4.2 Smart farming ou smart agriculture

Cette technologie vise à valoriser l'ensemble des données collectées par différents outils en les transformant en sources d'informations exploitables pour définir des axes de simplification des travaux agricoles. Elle permet également de réaliser des analyses précises et prédictive de diverses situations pouvant impacter les exploitations agricoles, telles que les conditions météorologiques (température, humidité, etc.) ainsi que les aspects sanitaires et économiques. Cela facilite l'organisation de l'approvisionnement en énergie, en eau, en alimentation pour le bétail et en engrais. [15]

Dans sa forme la plus avancée, l'agriculture intelligente (smart farming) favorise l'échange d'informations entre différentes exploitations, créant ainsi un réseau de fermes connectées accessible depuis un smartphone ou un ordinateur (figure II.9).



Figure II.9 : exemple de smart farming [15]

## II.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé l'Internet des objets (IoT), qui représente l'avenir de plusieurs domaines, ainsi que la notion d'objets connectés, qui constituent les unités de base de l'IoT.

L'IoT offre de nombreuses applications, notamment dans le domaine de l'agriculture intelligente, qui est le cœur de notre recherche. L'adoption de cette technologie a permis d'éliminer l'intervention humaine, ce qui rend l'ensemble du processus rentable et améliore la précision des opérations.

---

## **chapitre III : Structure matériels et logiciels utilisés**

---

## **III.1 Introduction**

Un bon contrôle et une bonne gestion des facteurs climatiques peuvent augmenter la rentabilité d'une serre. Ce chapitre se compose de deux parties : Dans la partie matérielle, nous abordons généralement les cartes à microcontrôleur telles qu'ARDUINO, les capteurs et les actionneurs dont les fonctions permettent de contrôler et de gérer les paramètres climatiques. Partie logicielle : Nous démontrerons également le logiciel utilisé, qui peut fournir une solution puissante. Les paragraphes suivants résumeront tout le matériel et les logiciels utilisés.

## **III.2 Partie hardware**

### **III.2.1 La carte ARDUINO**

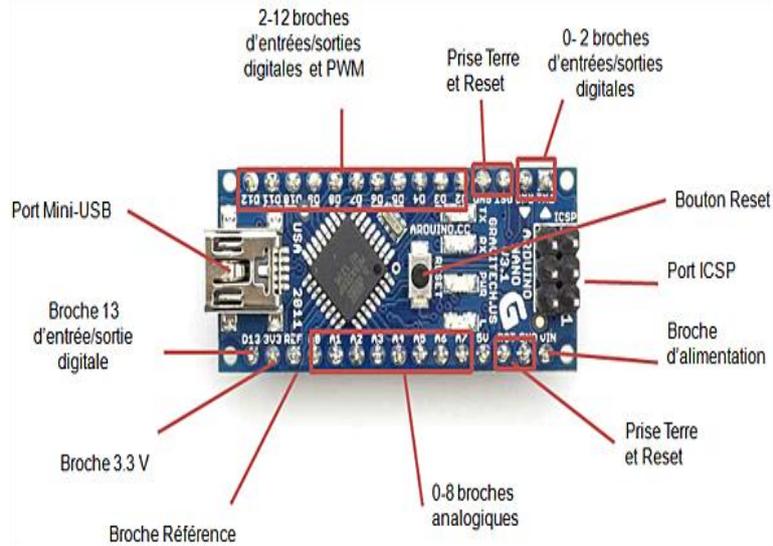
#### **III.2.1.1 Définition**

ARDUINO est un circuit imprimé doté d'un microcontrôleur qui peut être programmé afin d'analyser et de produire des signaux électriques, permettant ainsi d'accomplir diverses tâches telles que la domotique, le contrôle automatique des serres (température, arrosage, etc.) et la commande de robots, entre autres. [17]

#### **III.2.1.2 Les différentes cartes ARDUINO**

##### **III.2.1.2.1 ARDUINO Nano**

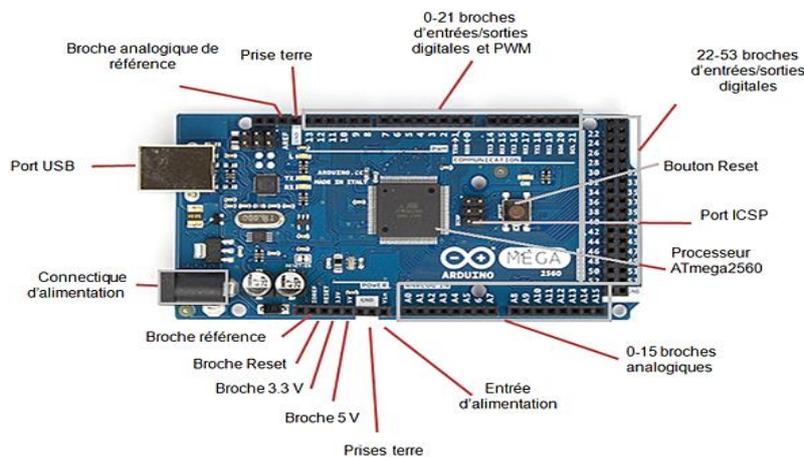
La carte ARDUINO Nano constitue un produit plus spécifique que les cartes ARDUINO Uno et ARDUINO Mega. Compacte, elle est idéale pour des applications de taille réduite, mais ne vous fiez pas à sa petite taille, car elle offre une puissance suffisante pour la création d'objets intelligents et portables la figure (III.1) représente la carte Nano. [17]



**Figure III.1:**la carte ARDUINO Nano. [17]

### III.2.1.2.2 ARDUINO Mega

L'ARDUINO Mega représente le modèle le plus sophistiqué et puissant de cette célèbre carte électronique (figure III.2). Elle offre une capacité d'action maximale et délivre un potentiel tel qu'elle permet d'aborder des projets complexes nécessitant une grande quantité de code. Cette carte convient aux amateurs expérimentés, mais elle est principalement destinée aux experts capables d'en faire une utilisation professionnelle avancée. [17]



**Figure III.2:**la carte ARDUINO Mega.[17]

### III.2.1.2.3 ARDUINO Uno

L'ARDUINO Uno se présente comme un microcontrôleur programmable qui offre la possibilité de contrôler divers éléments mécaniques tels que des systèmes, des lumières, des moteurs, et bien d'autres. Cette carte électronique permet ainsi à l'utilisateur de programmer

aisément des fonctionnalités et de créer des mécanismes automatisés, sans nécessiter de connaissances approfondies en programmation (figure III.3). Il s'agit d'un outil spécialement conçu pour les inventeurs, les artistes ou les amateurs souhaitant créer leur propre système automatisé en partant de zéro, en écrivant leur propre code.[17]

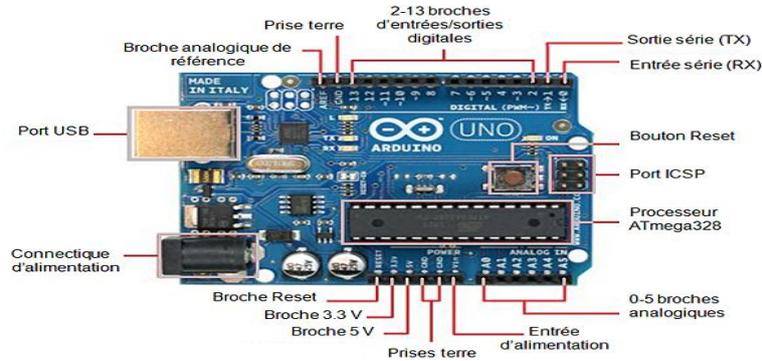


Figure III.3: la carte ARDUINO Uno.[17]

### III.2.1.3 Comparaison entre les différents types des cartes ARDUINO

Type ARDUINO	Carte Nano	Carte Uno	Carte Mega
<b>Microprocesseur</b>	ATMega328	ATMega328	ATMega 2560
<b>Broches E/S numériques</b>	3	14	32
<b>Broches d'entrées analogiques</b>	8	6	16
<b>Mémoire flash</b>	32 kb	32 kb	256 kb
<b>Mémoire SRAM</b>	2 kb	2 kb	8 kb
<b>Mémoire EEPROM</b>	1 kb	1 kb	4 kb
<b>Fréquence horloge</b>	16 MHz	16 MHz	16 MHz
<b>Dimensions</b>	45 x 18 x 18 mm	68.6 x 53.3 mm	101.9 x 53.6 x 15.29mm
<b>Alimentation</b>	5v	3.3 – 12 v	5v-12v

Tableau III.1 : tableau de comparaison entre les caractéristiques des cartes ARDUINO

Nous avons choisi les cartes ARDUINO Uno et Mega en raison de leur disponibilité, de leur capacité mémoire appropriée, ainsi que du nombre suffisant de ports analogiques et numériques pour répondre aux besoins d'interface de notre projet.

### III.2.2 Les capteurs utilisés

#### III.2.2.1 Le capteur de température et d'humidité DHT11

DHT11 est un capteur de température et d'humidité de l'air «deux en un », il fournit une information numérique proportionnelle à la température et l'humidité mesurée (figure III.4).

[18]



Figure III.4 : capteur DHT11. [19]

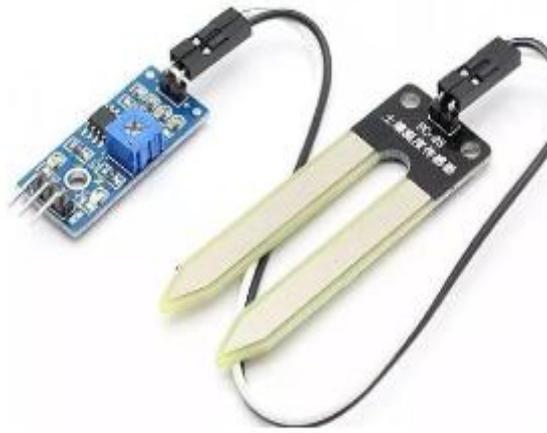
#### Caractéristiques :

<b>Alimentation</b>	<b>5V</b>
<b>Consommation du courant</b>	0.5 mA en nominal
<b>Etendue de la mesure de température</b>	0°C à 50°C avec une précision de $\pm 2^{\circ}\text{C}$
<b>Etendue de la mesure de l'humidité</b>	20% à 90% avec une précision de $\pm 5\%$

Tableau III.2 : Présentation des caractéristiques de DHT11. [18]

#### III.2.2.2 Capteur d'humidité du sol

Ce capteur mesure l'humidité du sol à partir des changements de la conductivité électrique de la terre .Leur fonctionnement électrique repose sur l'immersion des deux tiges qui, en contact avec le sol, laissent circuler un courant, permettant une lecture du taux d'humidité par rapport à la résistance (figure III.5). [19]



**Figure III.5 : Capteur d'humidité du sol. [19]**

**Caractéristiques :**

<b>Alimentation</b>	<b>DC 3.3 - 5V</b>
<b>Signal de tension</b>	0 ~ 4.2V
<b>Consommation du courant</b>	35mA
<b>Led</b>	Indicateur d'alimentation (rouge) Indicateur de sortie numérique (vert)
<b>Dimensions</b>	60 x 20 x 5 mm

**Tableau III.3 : Présentation des caractéristiques d'humidité de sol. [19]**

### **III.2.2.3 Capteur d'obstacle infrarouge**

Le capteur Infrarouge est un capteur numérique qui permet de détecter un mouvement dans son champ de vision en se basant sur l'infrarouge (figure III.6). [18]



**Figure III.6 : capteur d'obstacle infrarouge [18]**

### Caractéristiques :

<b>Alimentation</b>	<b>DC 3- 5V</b>
<b>Distance de détection</b>	2 ~ 30cm
<b>Consommation au repos</b>	35°
<b>Dimensions</b>	3.1 x 1.5 cm

**Tableau III.4 :** Présentation des caractéristiques de l'infrarouge. [21]

### **III.2.2.4 Capteur ultrason**

Le détecteur HC-SR04 utilise les ultrasons pour déterminer la distance à laquelle se trouve un objet (figure III.7). Il offre une excellente plage de détection sans contact, avec des mesures de haute précision et stables. [20]



**Figure III.7 :** Capteur ultrason HC-SR04. [20]

### Caractéristiques :

<b>Alimentation</b>	<b>5V</b>
<b>Plage de détection</b>	2cm à 4cm
<b>angle de détection</b>	15°
<b>Consommation</b>	15mA
<b>Largeur d'impulsion sur l'entrée</b>	10 $\mu$ s
<b>Dimensions</b>	45 x 20 x 15 mm

**Tableau III.5 :** Présentation des caractéristiques de HC-SR04. [20]

### **III.2.2.5 Capteur de détection de neige/gouttes de pluie MH-RD**

Ce capteur est hautement approprié pour la détection des précipitations dans les projets de domotique et dans notre projet dans le domaine agricole. Lorsque des gouttelettes d'eau entrent en contact avec les pistes du circuit imprimé, le capteur de pluie les détecte. Le

capteur agit comme une résistance variable, changeant d'état : 100k ohms lorsqu'il est mouillé et 2M ohms lorsqu'il est sec. Il dispose de deux sorties, une sortie numérique qui peut être 1 ou 0, et une sortie analogique qui peut varier de 0 à 1023 (figure III.8). [23]



**Figure III.8 :** capteur de détection de neige/gouttes de pluie MH-RD. [23]

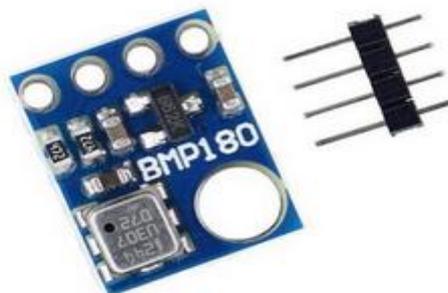
**Caractéristique :**

<b>Tension</b>	3,3V-5V
<b>Dimension du capteur</b>	40 x 54 mm
<b>Pistes sur capteur</b>	Double face. Les deux faces du capteur sont actives

**Tableau III.6 :** Présentation des caractéristiques de MH-RD. [23]

**III.2.2.6 Capteur de pression Barométrique GY-68 « BMP180 »**

Le capteur BMP180 est un capteur de pression atmosphérique et de température de la famille des capteurs de pression barométrique. Il est utilisé pour mesurer la pression atmosphérique et la température dans diverses applications (figure III.9). [W9]



**Figure III.9 :** Capteur de pression Barométrique. [W9]

### Caractéristique :

<b>Alimentation</b>	<b>5V</b>
<b>Plage de détection de pression</b>	300-1100 hPa
<b>Résolution</b>	0.25m
<b>Plage de détection de température</b>	-40 À + 85 ° C
<b>Précision de la température</b>	+ /-2 ° C

**Tableau III.7 :** Présentation des caractéristiques de BMP180. [W9]

### **III.2.2.7 La Photorésistance « LDR »**

Une photorésistance est un composant électronique dont la résistivité varie en fonction de la quantité de lumière incidente (figure III.10). On peut également la nommer résistance photo-dépendante (light-dependent resistor (LDR)).[18]



**Figure III.10 :** LDR. [18]

### Caractéristique :

<b>Tension</b>	<b>3.3V-5V</b>
<b>Sortie de commutation numérique</b>	<b>DO (0et 1)</b>
<b>sortie de tension analogique</b>	<b>A0</b>

**Tableau III.8 :** Présentation des caractéristiques de LDR. [18]

### **III.2.2.8 Capteur de PH « DM PH-4502C »**

C'est une sonde de mesure du pH utilisée pour mesurer l'acidité ou l'alcalinité d'une solution. Elle est couramment utilisée dans les applications de contrôle de la qualité de l'eau (figure III.11). [W10]



**Figure III.11** : une sonde ph DM PH-450C. [W10]

**Caractéristiques :**

<b>Tension de chauffage</b>	5 0,2 V (CA -• CC)
<b>Courant de fonctionnement</b>	5-10mA
<b>La plage de concentration de détection</b>	PH0-14
<b>Le temps de réponse</b>	5S
<b>Temps de stabilité</b>	60S
<b>Consommation électrique</b>	0.5W

**Tableau III.9** : Présentation des caractéristiques de la sonde PH. [W10]

### **III.2.3 Les modules utilisés**

#### **III.2.3.1 Le RFID-RC522**

C'est un lecteur de carte à puce utilisé pour la communication sans fil et l'identification des objets. Il est largement utilisé dans diverses applications telles que le contrôle d'accès, la gestion des stocks, etc. Le capteur RFID-RC522 fonctionne en émettant des ondes radio pour interagir avec des étiquettes ou des cartes RFID (figure III.12). [W11]



**Figure III.12 :** capteur RFID-RC522. [W11]

**Caractéristiques :**

Tension d'alimentation	<b>3.3V</b>
Fréquence de fonctionnement	13,56 MHz
le circuit	MFRC522
Courant	13-26mA

**Tableau III.10 :** Présentation des caractéristiques du RFID-RC522. [W11]

**III.2.3.2 Le module GSM SIM800C**

C'est un module de communication sans fil utilisé pour la transmission de données, la voix et les services de messagerie dans les réseaux de communication mobile GSM. Il est basé sur la technologie GSM/GPRS (Global System for Mobile Communications / General PacketRadio Service) et prend en charge plusieurs bandes de fréquences pour une utilisation mondiale (figure III.13).[25]



**Figure III.13 :** module GSM SIM800C. [25]

### Caractéristiques :

Les bandes utilisées	<b>Quadri-bande 850/900/1800/1900 MHz</b>
consommation d'énergie	0.6mA (mode veille)
Gamme de tension d'alimentation	5 -9V
Température de fonctionnement	-40 ° C à +85 ° C

**Tableau III.11 :** Présentation des caractéristiques du SIM GSM 800C. [25]

### **III.2.3.3 Le module de Bluetooth « HC-05 »**

Le HC-05 est un module Bluetooth sans fil largement utilisé dans le domaine de l'électronique et des communications. Il permet l'établissement de connexions sans fil avec d'autres appareils compatibles Bluetooth tels que les Smartphones, les tablettes, les ordinateurs, etc (figure III.14)[24]

Il existe deux sortes de module Bluetooth HC-05 et HC-06, tous deux compatibles arduino, mais le HC-05 est plus stable car il est un module « maitre », contrairement au HC-06 qui est un module « esclave ». [24]



**Figure III.14:** module Bluetooth HC-05. [24]

### Caractéristiques :

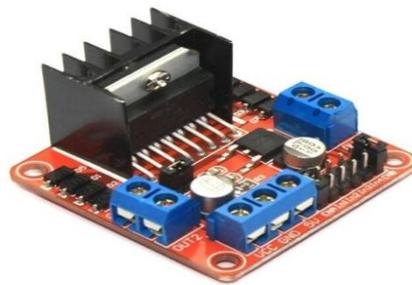
Tension de fonctionnement	<b>3.3V</b>
Tension d'entrée	3.3 à 6V
Protocole	Bluetooth standard V2.0

**Tableau III.12 :** Présentation des caractéristiques du HC-05. [24]

### **III.2.3.4 Le module Driver moteurL298N**

C'est un module d'amplification de puissance qui offre une compatibilité étendue avec la carte Arduino. Il présente une fonctionnalité polyvalente permettant de contrôler et d'alimenter

deux moteurs à courant continu simultanément. Ce module est conçu spécifiquement pour faciliter la gestion des moteurs dans les projets électroniques. [21]



**Figure III.15:**Driver moteur L298N. [21]

**Caractéristiques :**

Tension logique	5V
Tension d'entraînement	5à12V
Courant d'entraînement	2A
Puissance	25w

**Tableau III.13 :** Présentation des caractéristiques du L298N. [21]

### **III.2.4 Les actionneurs utilisés**

#### **III.2.4.1 Pompe électrique**

C'est une micro pompe submersible qui fonctionne sur DC 3-6v avec une rentabilité et portable. Elle est capable de prendre environ 120 litres par heure avec une utilisation en courant extrêmement faible. [22]



**Figure III.16:** pompe d'eau électrique. [22]

### Caractéristiques :

Tension DC	2,5 - 6 V
Levée maximale	40-110 cm
Débit	80-120 L/H
Vitesse nominale	9000 tr / min / 150 Hz

**Tableau III.14 :** Présentation des caractéristiques de la pompe électrique. [22]

### **III.2.4.2 Ventilateur / Extracteur**

Un ventilateur est un appareil destiné, comme son nom l'indique, à créer un vent artificiel pour diminuer la température et les extracteurs permettant d'évacuer l'air de la serre vers l'extérieur. Le ventilateur et l'extracteur sont les mêmes, ils se différencient dans le sens de rotation. [22]



**Figure III.17 :** ventilateur /extracteur. [22]

### Caractéristiques :

Tension nominale DC	5V
Courant nominal	0,1 A
Vitesse nominale	4500 ± 10% tr / min
Débit d'air	9.55CFM
Bruit	25 ± 10% dBA

**Tableau III.15 :** Présentation des caractéristiques de ventilateur /extracteur. [22]

### III.2.4.3 Le moteur DC

Appelé aussi moteur à courant continu (CC) s'agit d'un type courant de moteur utilisé dans de nombreux projets électroniques. Les moteurs à courant continu convertissent l'énergie électrique en mouvement mécanique rotatif. Ils se composent généralement d'un rotor (partie mobile) et d'un stator (partie fixe).[22]



Figure III.18 : Le moteur DC. [22]

#### Caractéristiques :

température de fonctionnement	-10 ° C à + 60 ° C
Tension nominale	6 V
Courant sans charge	70 mA max
Courant en charge	250 mA max
Tension de démarrage	2V

Tableau III.16 : Présentation des caractéristiques de moteur DC. [22]

### III.2.4.4 Relais

La carte relais est un commutateur électrique, qui permet de commander un second circuit utilisant une tension et un courant bien supérieur à ce qu'un dispositif électronique. Ou tout simplement, c'est un interrupteur qui se ferme, quand on lui place un certain courant ou une certaine tension sur sa patte de commande.

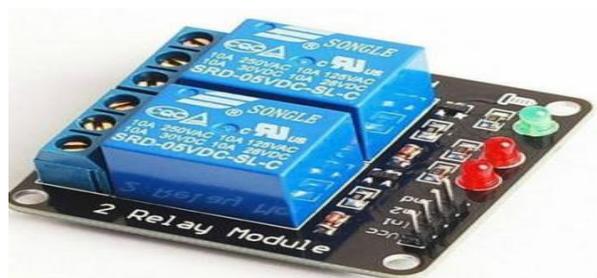


Figure III.19 : carte relais. [22]

### III.2.4.5 Buzzer

Le buzzer est un composant constitué essentiellement d'une lamelle réagissant à l'effet piézoélectrique. Il est principalement utilisé pour émettre un son lors d'une détection d'un mouvement dans la serre. [21]



Figure III.20: buzzer [21]

## III.3 Partie software

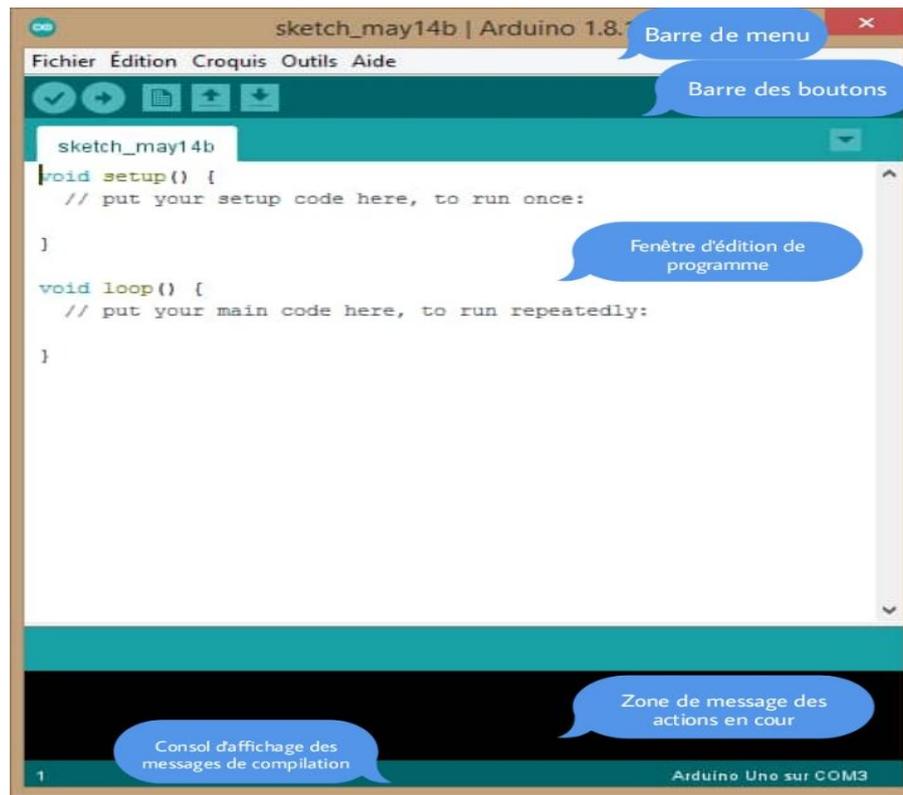
### III.3.1 L'environnement de la programmation (IDE Arduino)

L'IDE Arduino joue un rôle crucial en tant qu'outil de programmation pour la carte Arduino. Il agit en tant qu'éditeur de code, utilisant un langage similaire au C. Une fois que le programme est saisi ou modifié à l'aide du clavier, il est transféré et enregistré dans la carte via la connexion USB. Le câble USB joue un double rôle, à la fois en alimentant la carte en énergie et en transportant l'information de ce programme. [26]

#### III.3.1.1 Structure générale du programme

La figure III.21 illustre l'espace de développement intégré (EDI) dédié au langage Arduino et à la programmation des cartes Arduino, comprenant les éléments suivants :

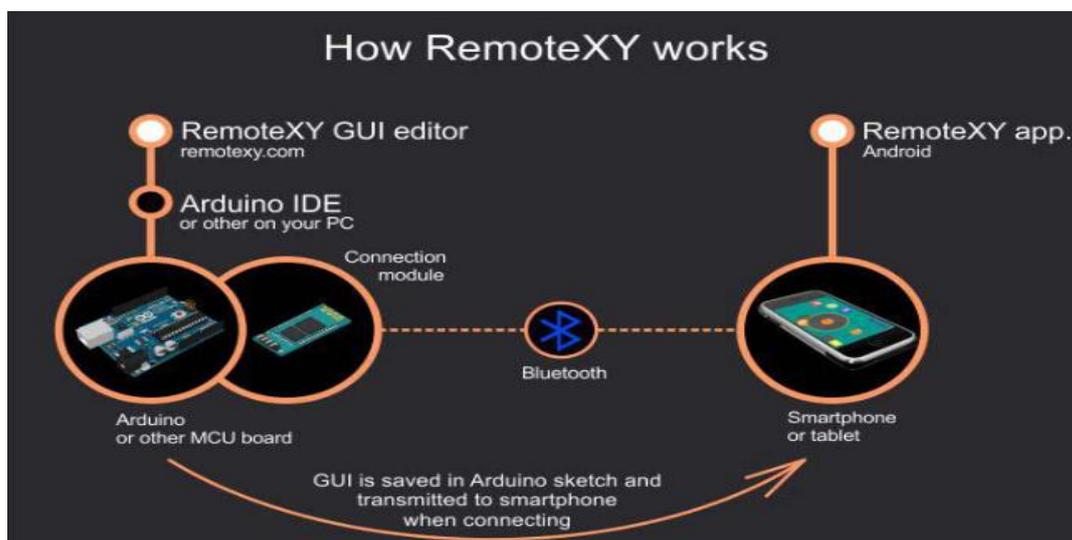
- Une barre de menus : semblable à celle de tout logiciel, elle offre une interface graphique permettant d'accéder à différentes options.
- Une barre de boutons : qui permet un accès direct aux fonctions clés du logiciel, contribuant ainsi à sa simplicité d'utilisation. Parmi ces fonctions, on retrouve notamment le téléversement du programme sur la carte Arduino, l'accès au moniteur série, etc.
- Une fenêtre d'édition du programme : permettant d'écrire le code de votre programme.



**Figure III.21:** Interface IDE Arduino

### III.3.2 RemoteXY

RemoteXY offre la possibilité de créer une interface graphique personnalisée pour les utilisateurs mobiles qui se connectent à l'Arduino via différents moyens de liaison, tels que le wifi ou le Bluetooth. En utilisant l'éditeur d'interfaces graphiques mobiles disponible sur le site <http://remotexy.com>, il est possible de concevoir notre propre interface graphique unique et de la charger dans le contrôleur. Grâce à cette application mobile, il est alors possible de se connecter au contrôleur et de le gérer à l'aide de l'interface graphique fournie.



**Figure III.22 :** le fonctionnement de l'application RemoteXY.

L'interface graphique prend en charge les éléments suivants :

- Bouton
- Interrupteur
- Sélectionnez
- Curseur
- Manette
- Couleur RVB
- LED
- Niveau
- Autres éléments de conception de l'interface graphique.

Le système comprend :

- ✓ Editeur d'interfaces graphiques mobiles pour les cartes contrôleurs.
- ✓ Application mobile qui permet de se connecter aux contrôleurs et de le contrôler via l'interface graphique.

Les particularités :

- ✓ La structure de l'interface est stockée dans le contrôleur. Lorsque, il n'y a pas d'interaction avec le serveur pour télécharger l'interface.
- ✓ La structure est téléchargée sur l'application mobile à partir du contrôleur. Une application mobile peut gérer tous vos appareils. Le nombre d'appareils n'est pas limité.

Connexion entre le contrôleur et le périphérique mobile en utilisant :

- Bluetooth
- Client Wifi et point d'accès
- Ethernet par IP ou URL
- Internet de n'importe où à travers le serveur Cloud.

Le générateur de code source supporte les contrôleurs suivants :

- Arduino Uno, Arduino Mega, Arduino Leonardo, Arduino Pro mini, Arduino nano, Arduino micro.

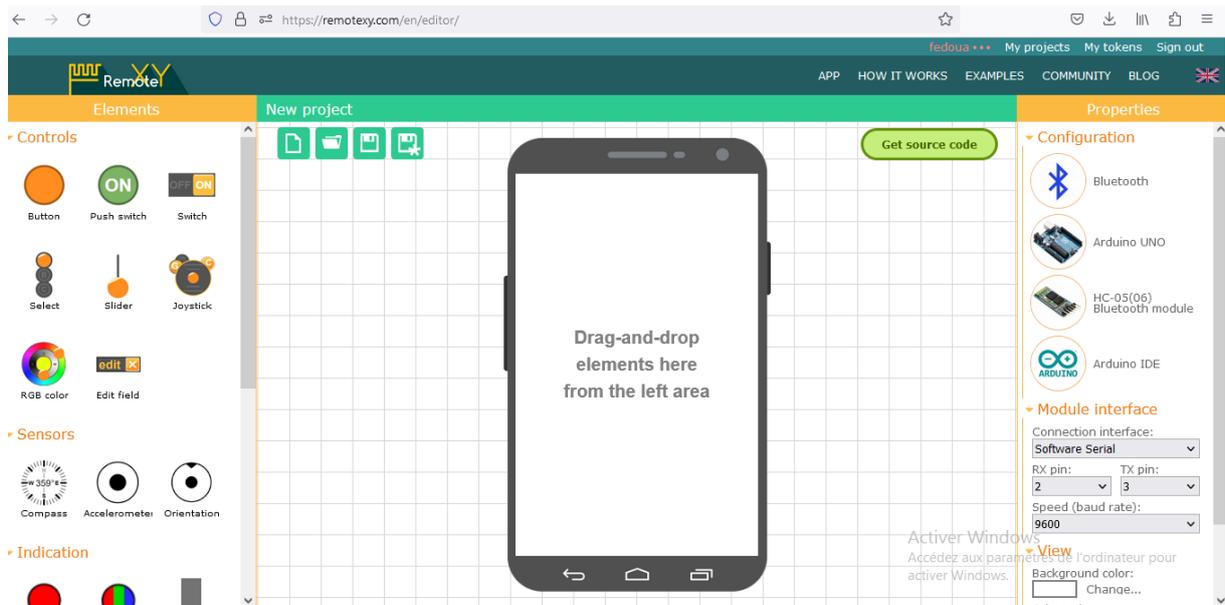


Figure III.23 :L'éditeur de l'application RemoteXY.

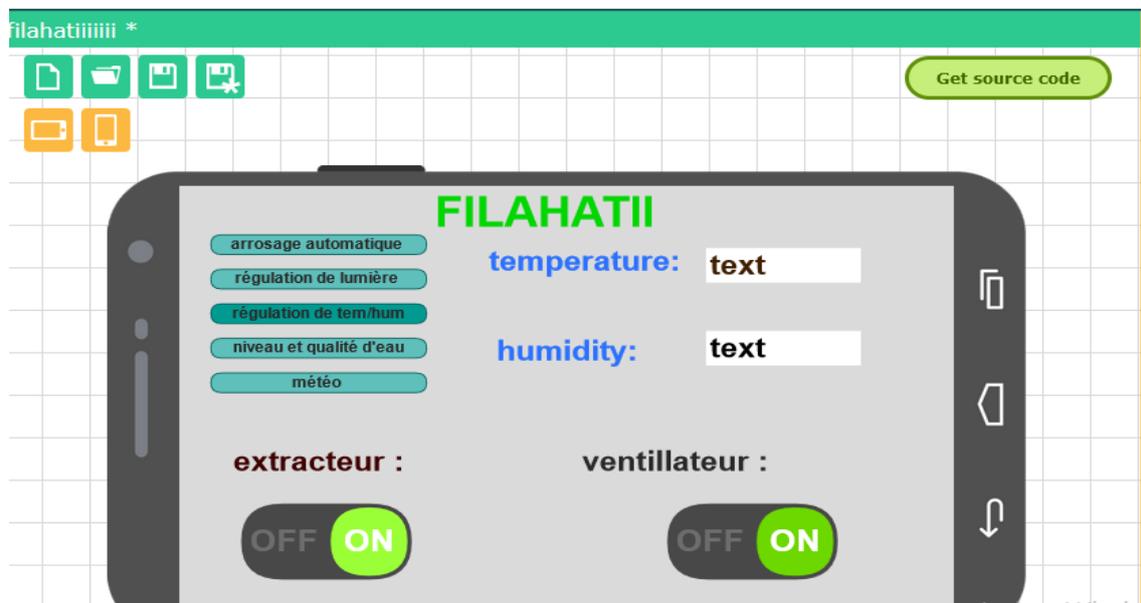


Figure III.24 : la création de notre interface

### Étape 2 : Configurer le projet

Dans le volet droit, sélectionnez les paramètres suivants sous l'onglet "Configuration" et définissez leurs paramètres.



**Figure III.25 :**l'onglet "Configuration"

**Étape 3 :** Obtenez le croquis de l'Arduino

Appuyez sur le bouton "Obtenir le code source".

Dans la page ouverte avec le code source du croquis, téléchargez-le sur votre ordinateur (le lien "Télécharger le code") et ouvrez-le dans l'IDE Arduino. Téléchargez également la bibliothèque RemoteXY (le lien "Télécharger la bibliothèque") à partir de cette page.

La bibliothèque étant installée correctement, le code source de l'esquisse doit être compilé sans erreur.

**Étape 4 :** Connectez-vous à partir de l'application mobile.

Après l'installation de l'application mobile RemoteXY sur le Smartphone et la connexion via bluetooth on obtient l'interface d'accueil suivante



**Figure III.26 :** notre interface d'accueil sur le téléphone

### **III.4 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons pu obtenir une brève introduction à Arduino, ainsi qu'une présentation des capteurs et des actionneurs avec leurs caractéristiques respectives. De plus, nous avons abordé les différents composants électroniques nécessaires pour compléter notre cahier des charges et aussi une vue globale sur les environnements de programmation que nous avons utilisée.

---

## **chapitre IV : Conception et réalisation de notre projet**

---

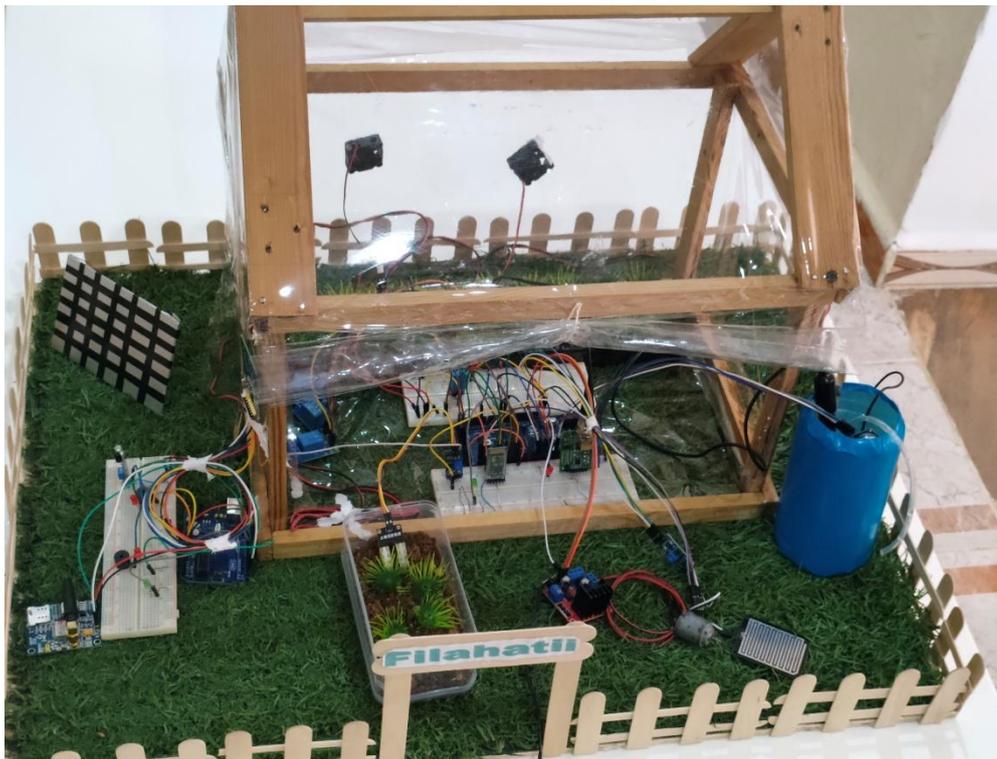
## IV.1 Introduction

Après avoir abordé la partie théorique et identifié les équipements nécessaires à notre projet, nous entrons maintenant dans la phase pratique de ce projet qui consiste à la conception et la réalisation de notre système destiné de notre serre. Dans un premier temps, nous présenterons les facteurs clés contrôlés par notre système, ainsi que les connexions des différents capteurs et actionneurs. Ensuite, nous expliquerons en détail les différents services que notre système offre. Enfin, nous conclurons en interprétant les résultats obtenus de l'application.

## IV.2 Notre solution

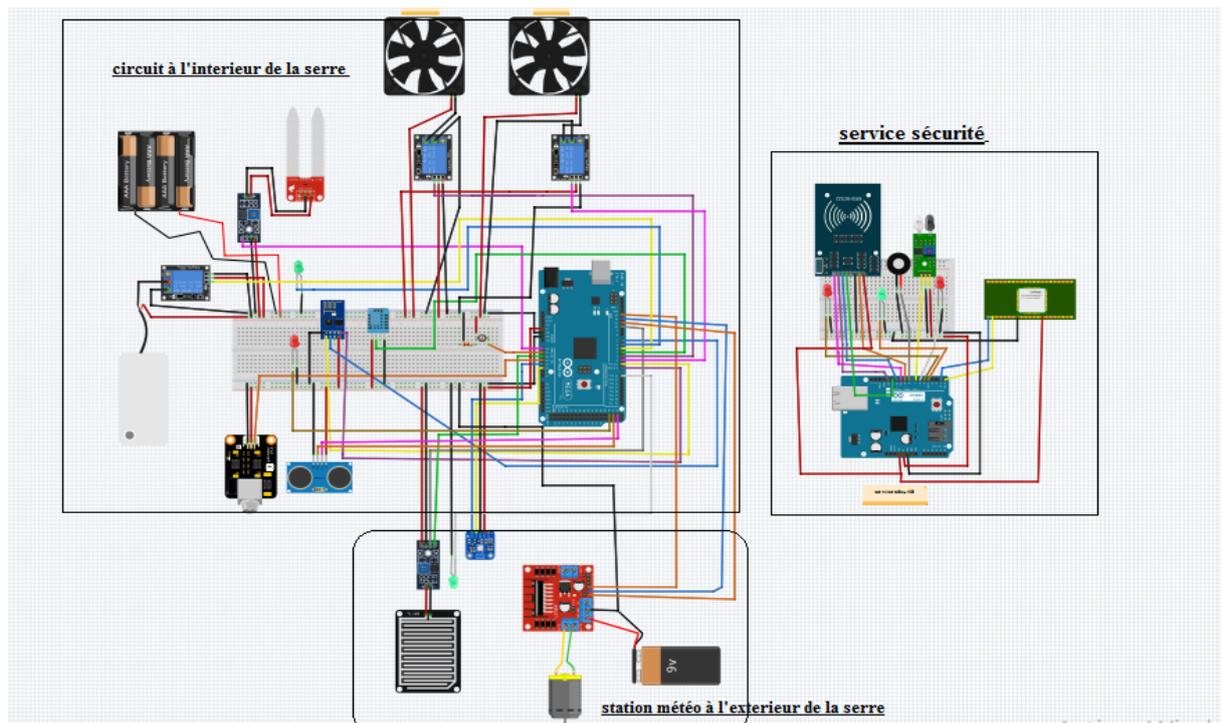
Notre serre nommée FILAHATII a pour but de contrôler les paramètres climatique que nous avons jugé pertinents dans la serre ; defaciliter le travail quotidien de l'agriculteur, augmenté le taux de production et réponsds aux exigences du client.

Nous proposons la fabrication, le montage et l'installation d'une serre automatique, autonome et connectée. Notre serre s'adapte avec les paramètres climatiques extérieure a fin de rentabilisé mieux les conditions bioclimatique a l'intérieure. De plus, nous avons développé une application mobile pour la visualisation et le contrôle à distance



**Figure IV.1** : serre automatique et connecté

La figure IV.1 représente le prototype de la serre conçue durant notre mémoire et la figure IV.2 illustre le schéma global de notre système réalisé à l'aide du logiciel FRITZING



**Figure IV.2 :** Schéma global fritzing

FILAHATI propose huit services aux clients que nous allons expliquer en détail par la suite :

- ✓ Service de conception, d'installation et de montage de la serre
- ✓ Service Antivol
- ✓ Arrosage automatique et précis
- ✓ Régulation de la température et l'humidité
- ✓ Régulation de la lumière
- ✓ Service de la détection de niveau et de la qualité d'eau
- ✓ Conception d'une station météo
- ✓ Développement d'une application Android

Comme nous avons abordé précédemment dans le premier chapitre, la serre classique présente de nombreux problèmes et défis majeurs. Ainsi, nous avons choisi d'intégrer les huit services dans notre serre afin de la rendre autonome, précise et capable de s'adapter aux conditions climatiques extérieures. Nous tenons à rappeler que les capteurs et les actionneurs ont été détaillés dans le chapitre précédent.

### **IV.3 Pourquoi notre projet ?**

#### **IV.3.1 Besoin d'améliorer l'efficacité agricole**

L'agriculture est un secteur vital en Algérie, et il peut y avoir un besoin de solutions innovantes pour améliorer l'efficacité agricole, augmenter la productivité et réduire les pertes de récoltes. La mise en place d'une serre connectée et automatique permet de contrôler et

d'optimiser les conditions de croissance des plantes, ce qui peut améliorer considérablement les résultats de l'agriculture. En plus de cela, la nouvelle gouvernance insiste que l'agriculture sera l'arme du pays pour une nouvelle économie sans les gains du pétrole ; et surtout de permettre à réduire la dépendance de l'importation et à renforcer la sécurité alimentaire du pays.

#### **IV.3.2 Promotion de l'agriculture durable**

L'agriculture durable est de plus en plus importante de nos jours. En mettant en place un projet de serre connectée et automatique, nous pouvons promouvoir des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement en minimisant les intrants chimiques, en réduisant les gaspillages et en favorisant une utilisation responsable des ressources naturelles.

#### **IV.3.3 Exploitation des technologies émergentes**

Les technologies connectées, telles que l'Internet des objets (IoT) et les applications mobiles, offrent de nouvelles opportunités pour moderniser l'agriculture. La réalisation d'une serre connectée et automatique nous permet d'explorer et d'exploiter ces technologies émergentes, ce qui peut ouvrir la voie à des avancées supplémentaires dans le domaine agricole.

#### **IV.3.4 Réponse aux besoins du marché**

Il se peut qu'il existe une demande croissante pour des produits agricoles de qualité supérieure, des cultures hors saison ou des variétés spécifiques. Une serre connectée et automatique peut nous permettre de répondre à ces besoins en fournissant un environnement contrôlé et en adaptant la production agricole en conséquence.

#### **IV.3.5 Amélioration de la compétitivité agricole**

En introduisant des technologies de pointe dans l'agriculture, le projet FILAHATII peut contribuer à améliorer la compétitivité du secteur agricole algérien sur les marchés nationaux et internationaux. Cela peut ouvrir des opportunités d'exportation de produits agricoles de haute qualité et de valeur ajoutée.

#### **IV.3.6 Renforcement de la résilience agricole**

Les changements climatiques et les aléas météorologiques peuvent affecter la production agricole. Une serre connectée et automatique offre un moyen de contrôler et d'atténuer certains des impacts négatifs, en fournissant un environnement de croissance stable et protégé contre les conditions externes défavorables.

#### **IV.3.7 Sensibilisation à l'agriculture urbaine**

La mise en place d'une serre connectée et automatique peut également encourager l'agriculture urbaine en Algérie. Elle peut inciter les communautés urbaines à cultiver leurs

propres aliments frais localement, ce qui peut avoir des avantages pour la santé, l'environnement et le lien social.

#### **IV.4 Les tests des différents services de notre système**

##### **IV.4.1 Service de conception, d'installation et de montage de la serre**

Il existe plusieurs matériaux pour la fabrication d'une serre, et le choix dépend de plusieurs facteurs tels que le budget, les conditions climatiques locales, la durabilité souhaitée et l'objectif de la serre. Pour mise en place de notre serre nous utilisons une équipe de main d'œuvre spécialisée et nous appuyons sur l'aluminium et le polycarbonate comme matière première. Nous avons choisi ces matériaux pour plusieurs avantages tels qu'ils offrent une excellente transmission de la lumière, une isolation thermique et une résistance aux rayons UV et aussi ils sont résistants aux chocs. Le choix de la matière et les dimensions de la serre vont être selon les besoins du client. La figure ci-dessous montre le design proposé de notre serre qui sera adéquat pour maximiser la sécurité de notre récolte.



**Figure IV.3** : le design proposé de notre serre

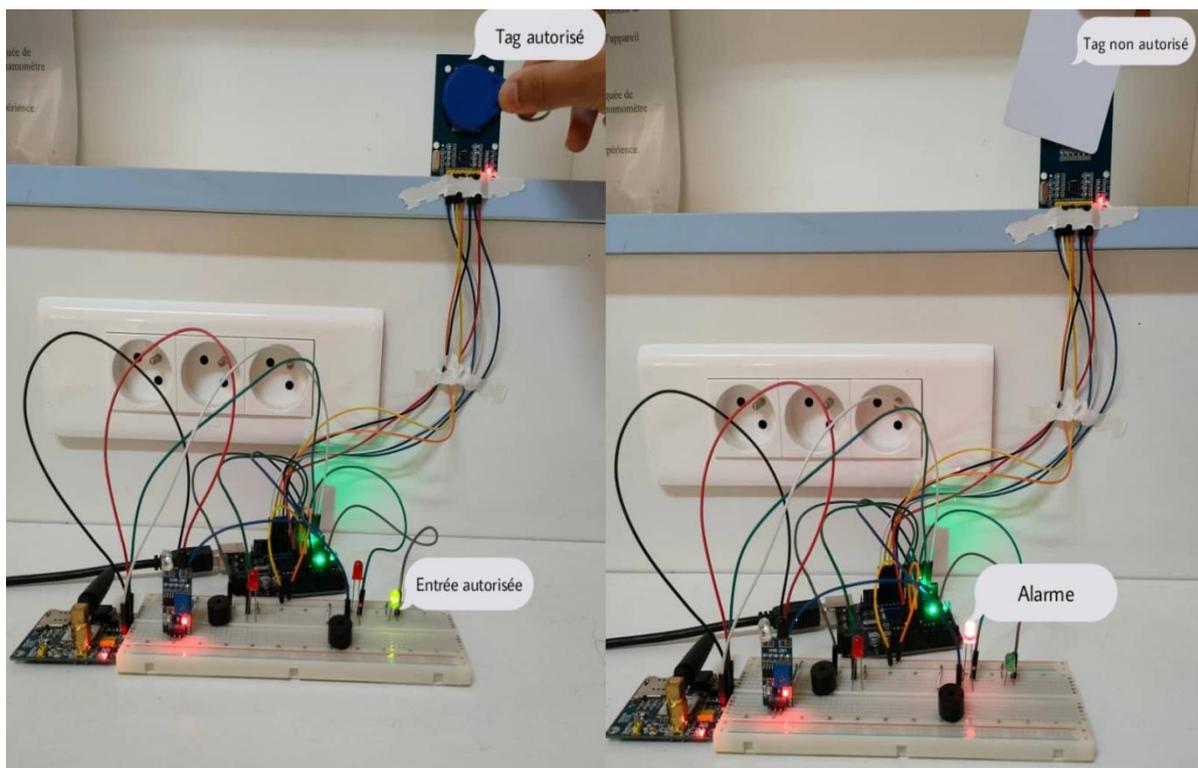
Pour le design, nous avons une équipe dédiée au design 3D, par contre pour le montage et l'installation nous collaborant avec des entreprises locales qui sont du domaine depuis plusieurs années.

## IV.4.2 Service Antivol

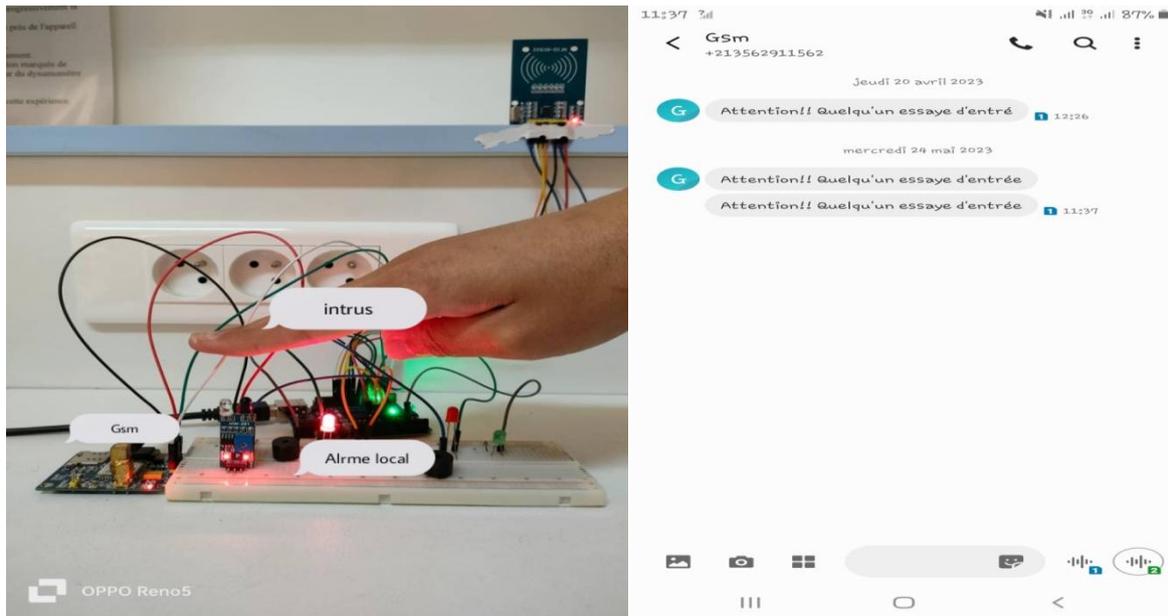
La sécurité est importante dans le domaine de l'agriculture, de nombreux agriculteurs **ont perdu des mois de travail et énergie car les intrusions durant la récolte deviennent très importantes. Nous avons utilisé le matériel suivant :**

- Carte Arduino Uno
- Capteur d'infrarouge
- Carte RFID
- GSM sim800C
- Buzzer
- Relais

Pour ce service nous avons installé un lecteur RFID à l'entrée de la serre et le personnel autorisé est doté de badge. Cela permettra de contrôler l'accès à la serre et de s'assurer que seules les personnes autorisées puissent y entrer. Et aussi des capteurs infrarouges sont utilisés pour détecter les mouvements non autorisés à l'intérieur de la serre. Ces capteurs peuvent déclencher des alarmes ou envoyer des notifications à l'agriculteur par le GSM pour une réponse appropriée les figures IV.4 et IV.5 montrent les résultats de ce service.



**FigureIV.4:montage et test de la carte RFID.**



**Figure IV.5 : montage et test du capteur infrarouge avec GSM 800C**

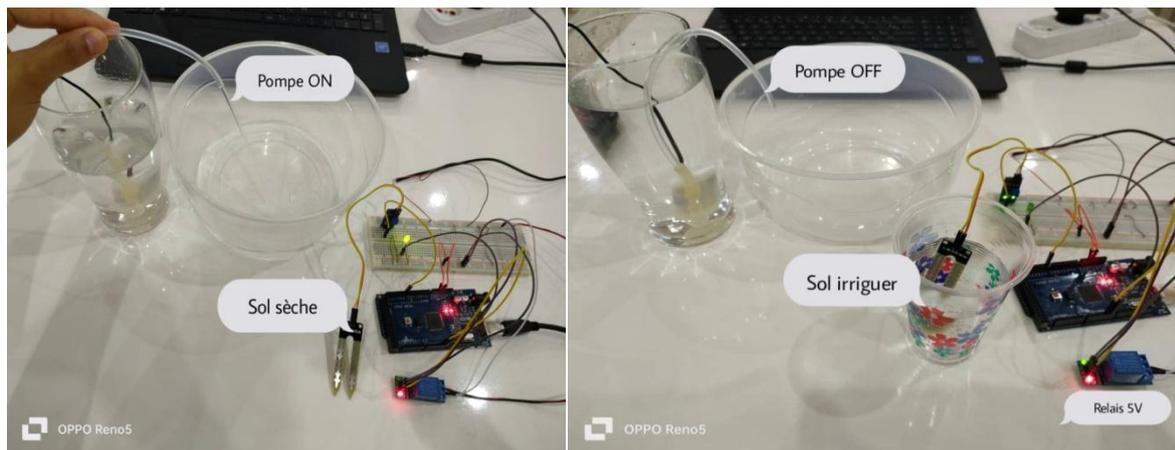
Nous avons discuté précédemment les étapes que nous avons suivies pour le développer notre application mobile (dans le chapitre 3), maintenant dans les services qui suit nous mettrons les interfaces de l'application mobile que nous avons obtenues dans chaque service ou nous pouvons visualiser les mêmes résultats soit on local via monitor soit à distance via notre application.

### **IV.4.3 Service arrosage automatique et précis**

L'irrigation joue un rôle crucial dans l'impact des ravageurs sur les cultures agricoles. En effet, lorsque les plantes subissent une période prolongée de sécheresse, elles deviennent plus vulnérables, se flétrissent et sont davantage exposées aux infections des ravageurs. Ainsi, augmenter la quantité d'eau fournie aux plantes accroît leur sensibilité à diverses maladies. Nous avons utilisé le matériel suivant dans ce service :

- ✓ Carte Arduino Mega
- ✓ Capteur d'humidité de sol
- ✓ Pompe 5V
- ✓ Relais

Vous trouverez ci-dessous les résultats des tests effectués en laboratoire pour notre système d'arrosage.



**Figure IV.6 : montage et test du capteur d'humidité de sol**

Dans cette perspective, nous avons développé un système d'irrigation automatisé et précis qui vise à résoudre les problèmes mentionnés précédemment en fournissant une quantité d'eau adaptée uniquement lorsque cela est nécessaire. Grâce à ce système, il est possible de prendre soin des plantes même en absence de l'agriculteur.

Pour ce faire, nous avons utilisé un capteur d'humidité du sol afin de surveiller l'état de sécheresse du sol. Ce capteur est composé de deux sondes en contact avec le sol et permet de détecter la présence d'humidité pour activer l'arrosage de manière consciente. En effet, plus le sol contient d'eau, meilleure est sa conductivité, et vice versa. Notre dispositif est également équipé d'une pompe électrique ; si le sol est sec, la pompe se déclenche automatiquement grâce à un relais qui agit comme un interrupteur. Une fois que l'humidité du sol atteint un seuil (420 pour test), qui peut être ajusté en fonction des besoins, la carte Arduino interrompt simplement le fonctionnement de la pompe et donc de l'arrosage automatique.

### **Les résultats sur le monitor :**

```

COM7
09:51:38.672 -> la valeur d'humidité =
09:51:38.672 -> 435
09:51:38.672 -> POMPE ON
09:51:39.704 -> la valeur d'humidité =
09:51:39.704 -> 416
09:51:39.704 -> POMPE OFF
09:51:40.709 -> la valeur d'humidité =
09:51:40.709 -> 403
09:51:40.709 -> POMPE OFF
09:51:41.694 -> la valeur d'humidité =
09:51:41.694 -> 402

```

**Figure IV.7: les résultats du test sur le monitor**

### **Les résultats sur l'application**



**Figure IV.8 :** les résultats du test sur l'application

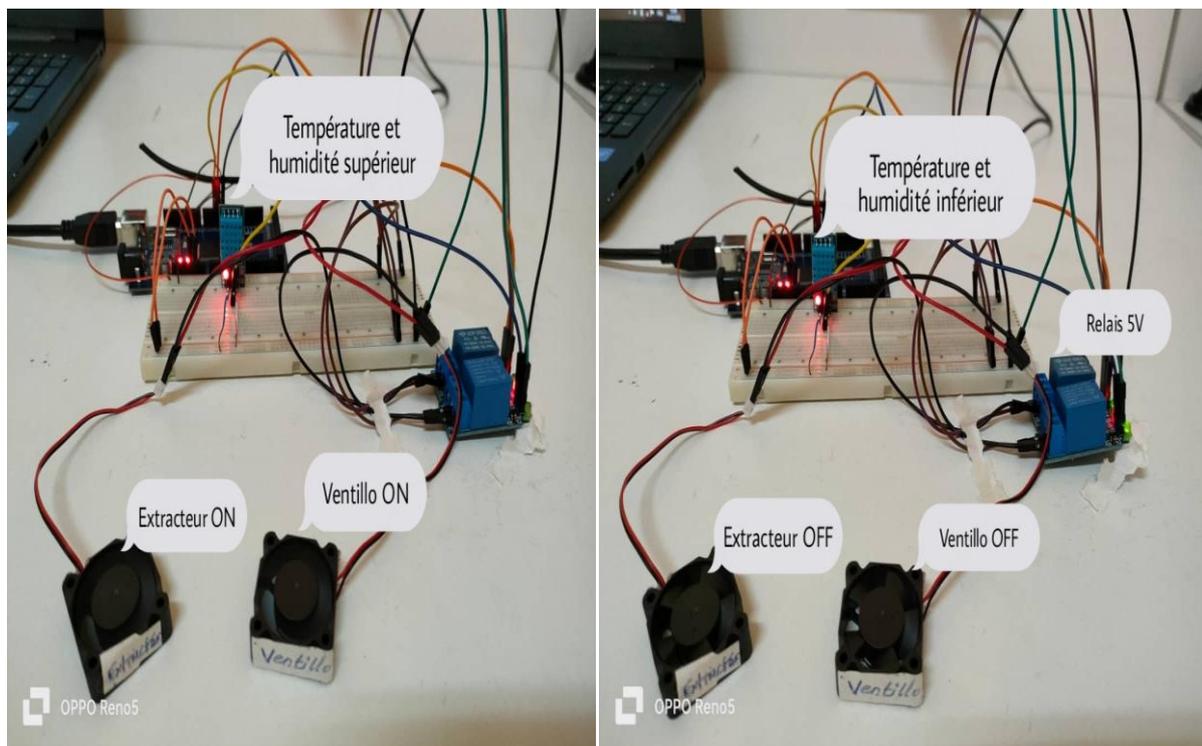
#### IV.4.4 Service régulation de température et humidité

L'humidité et la température sont deux facteurs clés à prendre en compte dans la gestion des serres, car ils peuvent avoir un impact significatif sur la croissance et la santé des plantes.

Dans ce service nous avons utilisé le matériel suivant :

- ✓ Carte Arduino Mega
- ✓ Capteur DHT 11
- ✓ Ventilateur 5V
- ✓ Extracteur 5V
- ✓ Relais

Vous trouverez ci-dessous les résultats des tests effectués en laboratoire pour notre système de régulation de l'humidité et la température



**Figure IV.9 :** montage et test du capteur DHT11

Au sein de ce service, nous entreprendrons la construction d'un système visant à réguler et extraire la température et l'humidité. Pour ce faire, nous faisons principalement usage du capteur DHT11 ainsi que d'un ventilateur pour ajuster la température, et d'un extracteur pour contrôler l'humidité si nécessaire. Lorsque la température relevée par le capteur DHT11 dépasse les 25°C (pour les besoins de test) et l'humidité dépasse les 60%, le ventilateur et l'extracteur se déclenche a fin de satisfaire les conditions bioclimatique souhaitées. Dans le monde réel, la valeur de la température est tributaire des cultures en serre. La température et l'humidité constituent des facteurs cruciaux pour la croissance des plantes cultivées. Les graines de plantes nécessitent généralement un apport adéquat en eau, et une certaine température stimule leur développement. Notre système est conçu pour s'adapter aux valeurs optimales de température et d'humidité requises. Ainsi, nous parvenons à une production optimale, tout en obtenant des produits hors saison. Par conséquent, nos serres sont équipées de dispositifs capables de mesurer la température et l'humidité idéales pour les graines de plantes.

#### Les résultats sur le monitor :

```
12:02:24.415 -> H = 78.00% T = 25.80C
12:02:25.432 -> extracteur on
12:02:25.432 -> ventilateur on
12:02:25.478 -> H = 78.00% T = 25.80C
12:02:26.413 -> extracteur on
12:02:26.413 -> ventilateur on
12:02:26.523 -> H = 93.00% T = 26.00C
12:02:27.482 -> extracteur on
12:02:27.482 -> ventilateur on
12:02:27.482 -> H = 93.00% T = 26.00C
12:02:28.467 -> extracteur on
12:02:28.467 -> ventilateur on
12:02:28.514 -> H = 95.00% T = 26.10C
```

Figure IV.10 :les résultats du test sur le monitor

#### Les résultats l'application :

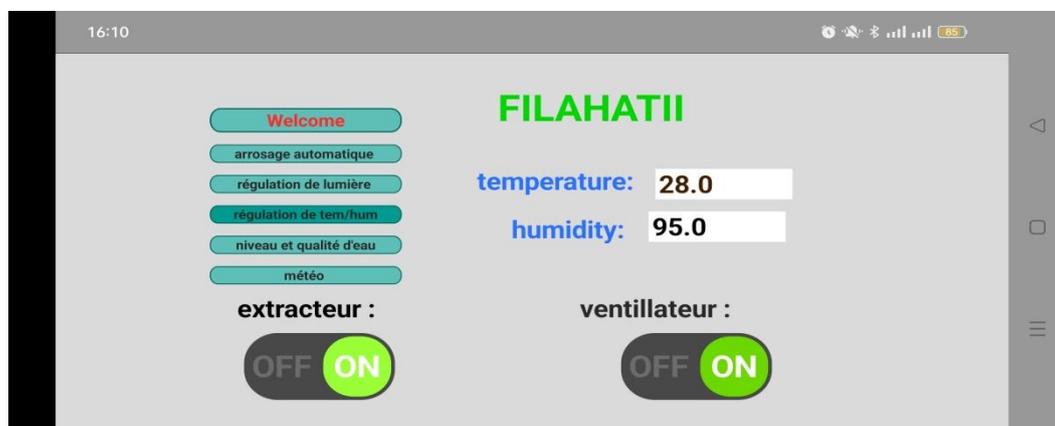


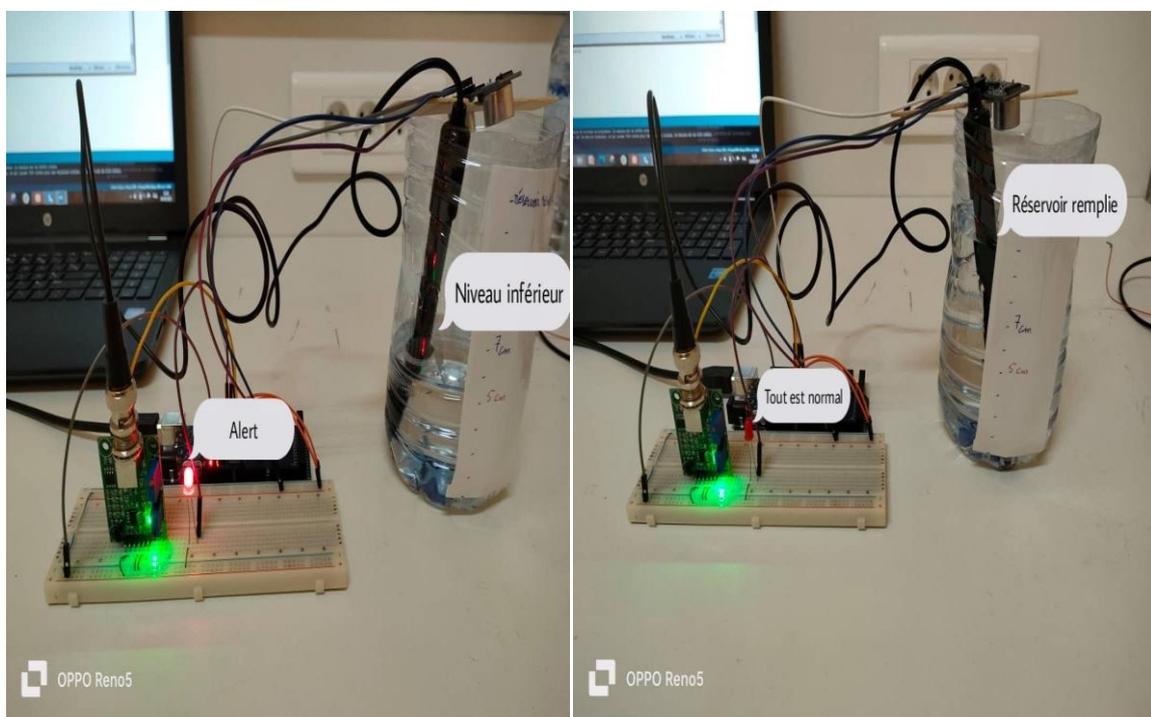
Figure IV.11 :les résultats du test sur l'application

#### IV.4.5 Service niveau et qualité d'eau

Les problèmes liés au niveau et à la qualité de l'eau du réservoir de la serre peuvent avoir un impact significatif sur la santé des plantes et la réussite de la culture comme niveau d'eau insuffisant ou excessif. Pour créer le système de ce service on a utilisé les équipements suivants :

- ✓ Carte Arduino Mega
- ✓ Capteur HC-04
- ✓ Sonde PH
- ✓ Led

Vous trouverez ci-dessous les résultats des tests effectués en laboratoire pour notre système de détection du niveau et qualité d'eau.



**Figure IV.12 : montage et test du capteur HC-04 et la sonde PH**

Le système que nous avons élaboré vise à assurer un contrôle précis de la qualité et du niveau d'eau dans un réservoir afin de faciliter l'arrosage automatique. Il repose sur plusieurs composants et fonctionnalités clés. En ce qui concerne le niveau d'eau, nous utilisons un capteur ultrasonique qui utilise des ondes sonores pour mesurer la distance entre lui-même et la surface de l'eau (7cm pour le test). En mesurant le temps que prend l'onde sonore pour revenir après avoir été réfléchié par la surface de l'eau, le capteur peut déterminer précisément la hauteur du niveau d'eau dans le réservoir. Cette mesure est ensuite transmise à l'arduino.

Quant à la sonde pH, elle est plongée dans l'eau du réservoir pour mesurer le niveau d'acidité ou d'alcalinité. Le pH de l'eau est une mesure importante pour garantir un environnement optimal pour les plantes. Si le pH est trop élevé ou trop bas, cela peut affecter la capacité des plantes à absorber les nutriments nécessaires à leur croissance

Nous avons effectué un test avec le ph mètre de laboratoire puis l'avons comparé avec les résultats obtenus par notre sonde et a la fin on a fait un étalonnage de +2.

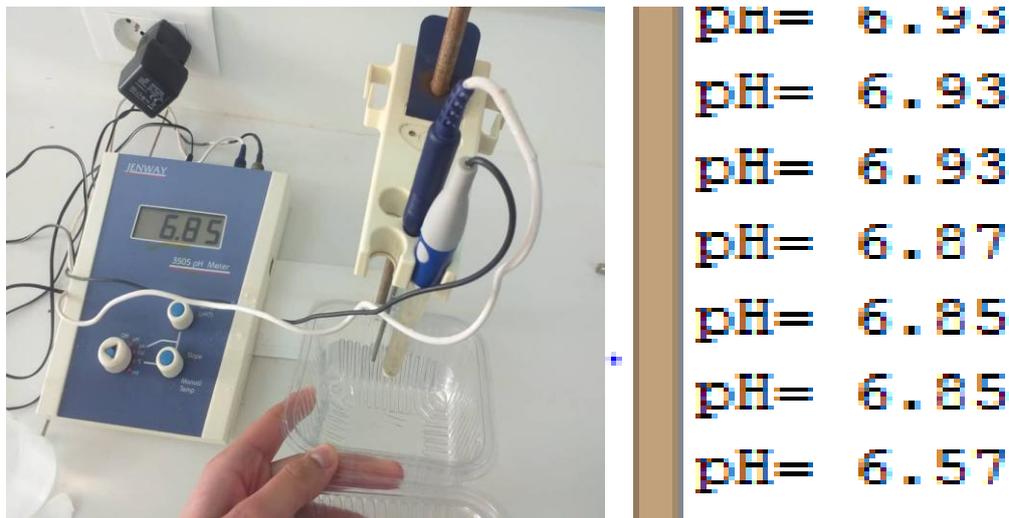


Figure IV.13 : les résultats du test ph sur le monitor

#### Les résultats sur l'application :

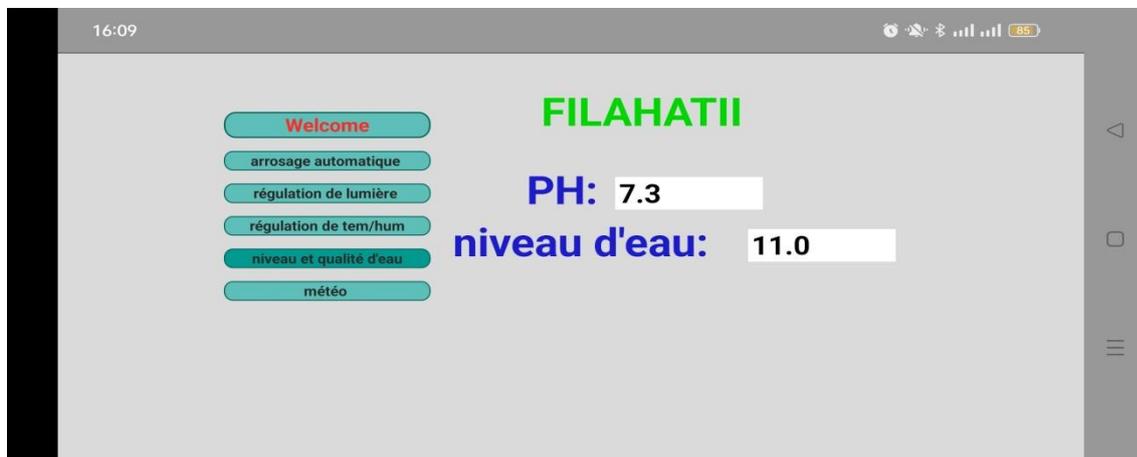


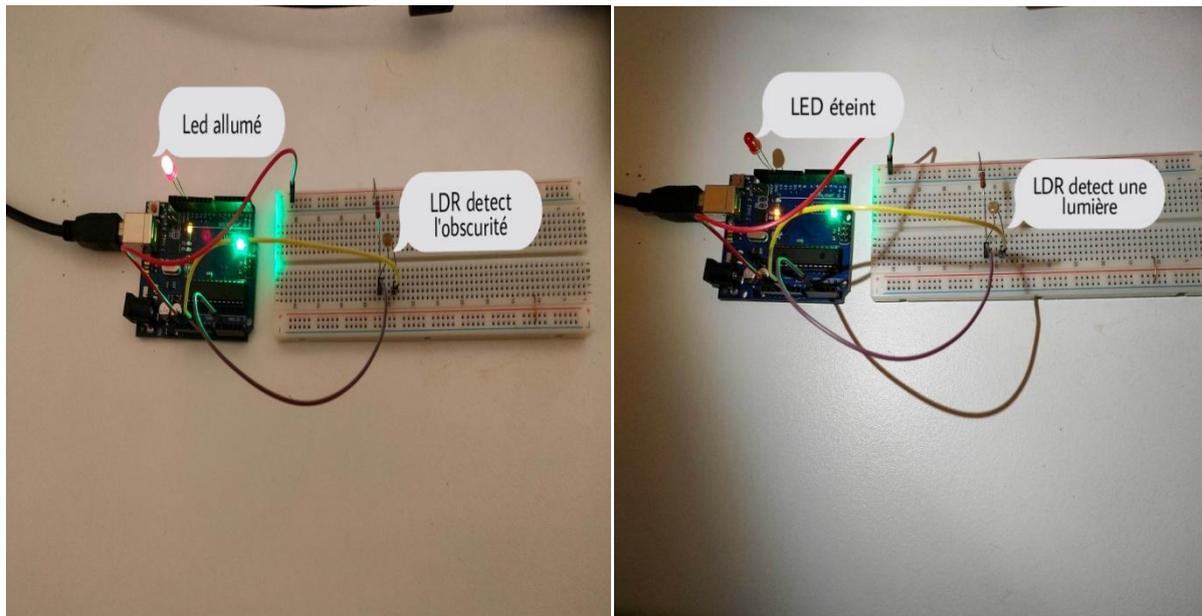
Figure IV.14 : les résultats du test ph et niveau d'eau sur l'application

#### IV.4.6 Service régulation de la lumière

Le problème d'un éclairage insuffisant pour les plantes dans une serre peut entraîner une croissance lente, un étiolement des plantes et une faible production de fleurs ou de fruits. on a utilisé le matériel qui suit :

- ✓ Catre Arduino Mega
- ✓ LDR
- ✓ Led

Vous trouverez ci-dessous les résultats des tests effectués en laboratoire pour notre système de régulation de lumière.



**Figure IV.15 : montage et test du LDR**

Les plantes ont besoin d'une quantité adéquate de lumière pour effectuer la photosynthèse et se développer correctement. Ce système permet de maintenir un éclairage optimal en ajustant automatiquement l'intensité lumineuse en fonction des besoins des plantes. La LDR est placée à un emplacement stratégique à l'intérieur de la serre, où elle peut détecter de manière représentative l'éclairage global. Les bornes de la LDR sont connectées à un circuit électronique qui mesure la résistance de la LDR, laquelle varie en fonction de l'intensité lumineuse détectée, et si la lumière est absente une lampe sera allumée automatiquement. Les figures ci-dessous représentent les résultats de ce service.

```
21:55:08.336 -> 906
21:55:08.336 -> ldr is dark, led is on
21:55:09.861 -> 900
21:55:09.861 -> ldr is dark, led is on
21:55:11.385 -> 899
21:55:11.385 -> ldr is dark, led is on
21:55:12.870 -> 342
21:55:12.870 -> il y a de la lumière
21:55:14.374 -> 244
21:55:14.374 -> il y a de la lumière
```

**Figure IV.16: les résultats du test sur le monitor**

**Les résultats sur l'application :**

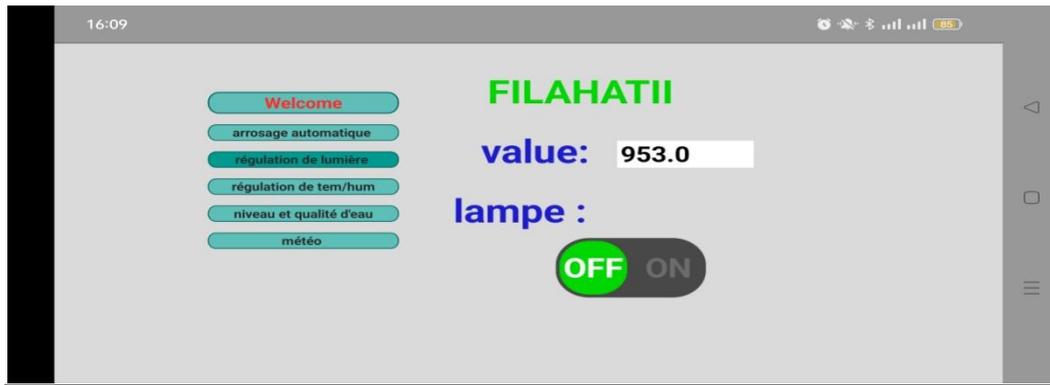


Figure IV.17: les résultats du test sur l'application

#### IV.4.7 Conception d'une station météo

L'utilisation de la trappe contrôlée par le système de station météo permet d'adapter les paramètres de l'intérieur et de l'extérieur de la serre de manière proactive, en fonction des conditions météorologiques détectées. Cela permet d'optimiser la croissance des plantes, de maintenir des conditions stables et d'économiser de l'énergie en évitant les fluctuations de température indésirables.

- ✓ Catre Arduino Mega
- ✓ Capteur BMP 180
- ✓ Capteur de pluie
- ✓ Led

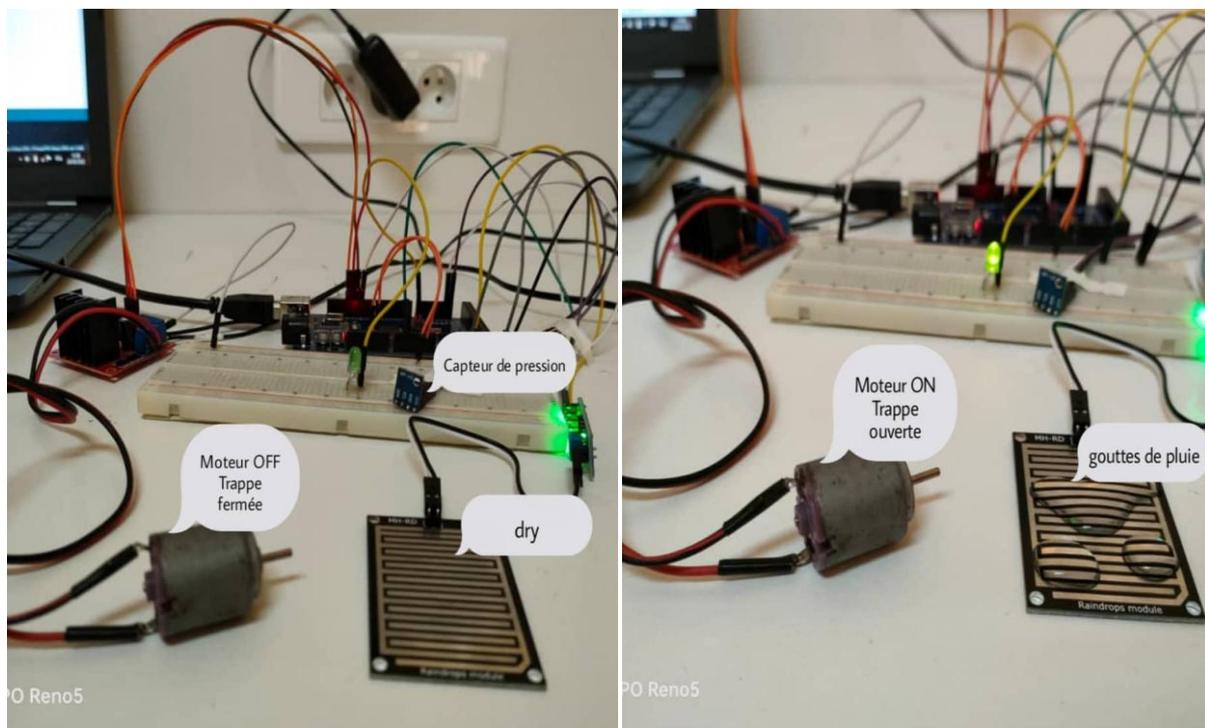


Figure IV.18 : montage et test de la station météo

Pour but d'adapte les paramètres de l'intérieur et de l'extérieur de la serre nous réalisons une station météo à cote de la serre, compose d'un capteur de pluie l'orsqu'il détecte la pluie la trappe installe au toit de notre serre s'ouvrira pou irriguer le sol sans gaspiller l'eau de réservoir, et un capteur Bmp180 pour mesure la pression et la température a l'extérieure pour but de réguler la température de la serre en se basant sur les valeurs mesures au sein de la station.

### Les résultats sur le monitor :

```

22:14:41.046 -> provided altitude: 1655 meters, 5430 feet
22:14:41.082 -> temperature: 24.36 deg C, 75.85 deg F
22:14:41.118 -> absolute pressure: 993.03 mb, 29.33 inHg
22:14:41.154 -> relative (sea-level) pressure: 1212.82 mb, 35.82 inHg
22:14:41.226 -> computed altitude: 1655 meters, 5430 feet
22:14:46.261 -> Digital value : dry
22:14:46.261 -> trappe fermé
22:14:46.297 -> Analog value : 1022
22:14:46.297 ->
22:14:47.256 ->
22:14:47.256 -> provided altitude: 1655 meters, 5430 feet
22:14:47.293 -> temperature: 24.36 deg C, 75.85 deg F
22:14:47.327 -> absolute pressure: 993.02 mb, 29.33 inHg
22:14:47.363 -> relative (sea-level) pressure: 1212.81 mb, 35.82 inHg
22:14:47.431 -> computed altitude: 1655 meters, 5430 feet
22:14:52.474 -> Digital value : wet
22:14:52.474 -> trappe ouverte

```

Figure IV.19 : les résultats du test sur le monitor

### Les résultats sur l'application :

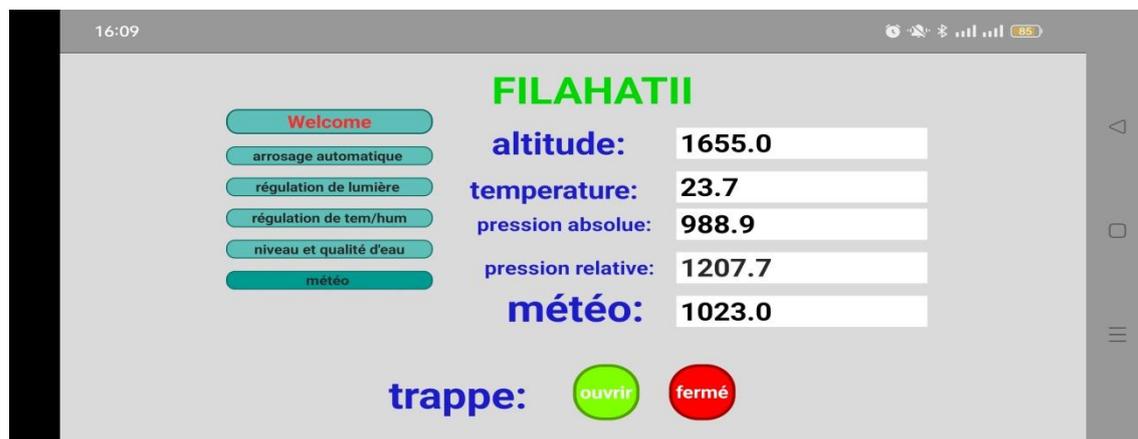


Figure IV.20 : les résultats du test sur l'application

## IV.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons débuté notre mise en pratique en décrivant les différentes procédures et étapes que nous avons suivies pour atteindre notre objectif.

Notre objectif était de concrétiser nos idées en mettant en œuvre les actions nécessaires.

---

# *Conclusion générale*

---

Le projet rentre dans le cadre de l'agriculture intelligente, en générale, et de la gestion des serres agricoles en particulier. Afin d'augmenter la qualité et la quantité des produits agricoles issue de la culture sous serres, et de faire face à un marché très concurrentiel, il est nécessaire d'avoir un contrôle climatique optimal. Pour cela, nous avons développé un système et une application pour l'automatisation et le contrôle à distance des serres agricoles.

Dans un premier temps, nous avons fait des recherches sur les serres agricoles, ce qui nous mis en évidence les différents paramètres à prendre en compte pour la réalisation du système de contrôle.. Ensuite, nous avons procédé à une documentation approfondie sur l'Internet des Objets (IoT), un concept largement utilisé dans l'agriculture intelligente. Enfin, nous avons parlé sur les différents équipements pour construire notre système.

Ce système est composé d'une partie embarquée constituée d'une Arduino Méga, pour capter et contrôler les données des différents capteurs. Avec sa capacité d'actionnement, le système peut fournir d'une manière automatique des services adéquats, à savoir : l'arrosage automatique et précis, l'éclairage, la ventilation et extraction automatique et l'adaptation des paramètres climatique de la serre avec la station météo d'extérieure. Nous avons construit un système de sécurité ou dans le cas de détection d'un accès no autorisé une notification sous forme d'un SMS est envoyée à l'agriculteur. La partie application mobile nous permet de visualiser les données issues de capteurs, de fixer les seuils des différents paramètres de la serre et de déclencher les actions nécessaires.

L'utilisateur du système est libre de basculer entre le contrôle semi-automatique, automatique et connecté.

La réalisation de ce projet nous a permis d'approfondir nos connaissances théoriques, et d'acquérir une certaine expérience au niveau de la réalisation pratique. Nous avons eu l'occasion d'étudier, de concevoir et d'utiliser une diversité de matériels et logiciels, et d'appliquer notre savoir et savoir-faire acquis lors de notre formation.

---

# *Bibliographie et Webographie*

---

## **Bibliographie**

- [1] :OULARBICHemseddine ,SADOUNE Gaya « Etude et conception d'une serre agricole intelligente (Smart GreenHouse ) »Mémoire de fin d'étude,2019,Université AKLI MOHAND OULHADJ-Bouira.
- [2]: LEMDANI, MALOUADJM « Etude, conception et réalisation d'une plateforme pour l'automatisation et le contrôle à distance des serres agricoles » Mémoire de master,Jun 2017, Université M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES.
- [3]:BouteraaYakoub« automatisation d'une serre agricole -Réalisation d'un prototype» master 2012, Ecole Nationale Supérieur d'Agronomie El Harrach.
- [4]: YUCEF AL AFOU « Contribution au contrôle des paramètres climatiques sous serre». Thèse de doctorat 2014, Université MOULAY ISMAIL.
- [5]:Loukal, kebir « Comparaison du champ thermique dans deux types de serre de culture». Mémoire de fin d'études 2017/2018, Université Mouloud Mammeri de tizi-ouzou.
- [6] : DIDI Faouzi « Optimisation de la gestion du microclimat de la serre par l'introduction de l'intelligence artificielle ». Thèse de Doctorat, Octobre 2018,Tlemcen.
- [7] : Matt J. Cumbria : " Making a Computer ControlledGreenhouse ".
- [8] M. Weill et M. Souissi, « L'Internet des objets : concept ou réalité ?" dans Réalités industrielles, ESKA », « ed. Les Annales des Mines. ESKA », pp. 90-96 2010.
- [9] Meliti N, « Architecture Basée Agents pour le diagnostic d'un système d'IoT (Internet of Things) » Université d'Oum Bouaghi Larbi Ben M'hidi ,2017.
- [10] Objetconnecte.Net, Article, [http : //www.objetconnecte.net/histoire-definitions- objetconnecte/](http://www.objetconnecte.net/histoire-definitions-objetconnecte/)

- [11]: P.-J. Benghozi, S. Bureau, F. Massit-Folléa, C. Waroquiers, and S. Davidson, L'internet des objets: quels enjeux pour l'Europe, Éd. de la Maison des sciences de l'homme éd., 2009
- [12]: <http://annales.com/ri/2010/ri-novembre-2010/Weill.pdf>
- [13]: Christian, Fnac, blog, <http://www.fnac.com/Avec-les-objets-connectes-le-changementcest-maintenant-MAJ-Mars-2017/cp20440/w-4>.
- [14]: Imad Saleh, "Internet des Objets (IdO) : Concepts, Enjeux, Défis et Perspectives", pp: 1- 19, 2018.
- [15]: Y.AitMouhoub et F.Bouchebbah, " Proposition d'un modèle de confiance pour l'Internet des objets", Université Abderrahmane Mira Bejaia, projet fin d'étude, 2015.
- [16]: Jayaraman, Prem, et al. "Internet of things platform for smart farming: Experiences and lessonslearnt."
- [17]: A.krama et A. Gougui « Etude et réalisation d'une carte de contrôle par Arduino via le système Androïde », mémoire MASTER, 2015, Université Sciences et technologies KasdiMerbah Ouargla Académique.
- [18]: P.Hoarau, "323-capteurs.docx", pdf, 2011.
- [19]: Z.Bensaidj, "gestion d'une serre agricole a base d'arduino", Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, projet fin d'études, 2018.
- [20]: Y. Benire et B. Baraza, " LE CAPTEUR ULTRASONIQUE ", Elèves de 1ère Sciences et Technologie de Laboratoire.
- [21]: M. Bour et É. Laurent et M. Matton " Picsou les capteurs", pdf.
- [22]: "Electronique Analogique modulaire, les actionneurs", pdf.
- [23]: GIRAUD, P. (2019, 07 13). pierre-giraud. Récupéré sur pierre-giraud: <https://www.pierre-giraud.com/liste-selecteurs-css-utilisation/>
- [24]: BENSALÉM Rania et BENDIF Nour El Houda « Communication entre deux Arduinos viaBluetooth », licence 2019, université annaba

[25] :[tml.alldatasheet.com/html-pdf/1150397/ETC2/SIM800C/1055/9/SIM800C.html](http://tml.alldatasheet.com/html-pdf/1150397/ETC2/SIM800C/1055/9/SIM800C.html)

[26] : Mr KAMBOUCHE Sofiane Mr ATTOU Ismail : « Conception et réalisation d'un système d'agriculture intelligente ». Pour l'obtention du diplôme de Master.

### **Webographie**

[W1] :[www.sahm-media.dz](http://www.sahm-media.dz)

[W2]:[http://arabic.news.cn/2021-07/15/c\\_1310061640.htm](http://arabic.news.cn/2021-07/15/c_1310061640.htm)

[W3] :[www.aljazairalyoum.dz](http://www.aljazairalyoum.dz)

[W4] :[www.vostermans.com](http://www.vostermans.com)

[W5] :<https://teca.apps.fao.org/teca>

[W6]<https://leshorizons.net/my-food-aquaponie-permaculture-serres-connectees/>

[W7]:<https://www.journalexpress.ca/2021/11/09/une-serre-connectee-a-lautonomie-alimentaire/>

[W8] :<https://stacklima.com/architecture-a-5-couches-de-l-internet-des-objets/>

[W9]:<https://letmeknow.fr/fr/environnementaux/510-bmp180-senseur-de-pression-barometrique-gy-68-0053119782589.html>

[W10]: [https://jcinfortr.com/index.php?route=product/product&product\\_id=1857](https://jcinfortr.com/index.php?route=product/product&product_id=1857)

[W11]!:<https://www.electronique-mixte.fr/microcontrolleurs/rfid-controle-dacces-par-badge-avec-arduino/>

---

# *Les annexes*

---

# Annexe 1 : BMC



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب

حاضنة الأعمال عين تموشنت



ملحق نموذج العمل التجاري

**البطاقة التقنية للمشروع** *Fiche technique du projet*

Boukermatedoua Boukermameriem Bemoussatchemseddine	الاسم و اللقب Votreprénom et nom Your first and last Name
FILAHATII	الاسم التجاري للمشروع Intitulé de votreprjet Title of your Project
0562911562	رقم الهاتف Votrenuméro de téléphone Your phone number
<a href="mailto:Filahatii46@gmail.com">Filahatii46@gmail.com</a>	البريد الالكتروني Votreadresse e-mail Your email address
Ain témouchent	مقر مزاولة النشاط ( الولاية- البلدية) Votrevilleou commune d'activité Your city or municipality of activity

**طبيعة المشروع** *Nature de projet*

**Le produit est de nature service**

## المشكلة المراد حلها وتكون مدعومة بالبيانات (إحصائيات إن وجدت)

Les serres classiques visent à créer un environnement favorable au développement des cultures. En Algérie, les cultures sous-serre occupent une superficie totale annuelle de 14.000 ha, soit près de 320.000 serres-tunnels de 400 m<sup>2</sup>. Mais elles ont beaucoup de problème nous citons :

- **L'absence de la sécurité** pendant le récolte à cause d'utilisation des matières comme le plastique dans la fabrication des serres qui donne un accès facile pour voler le récolte, même ces structure la sont pas solides et ne résistent pas aux catastrophes naturelles telles que les vents, ce qui entraîne la destruction de la récolte.
- **Irrigation inadequate** : l'arrosage excessif ou insuffisant peut entraîner des problèmes de croissance, des maladies et des pertes de rendement ou la solution des systèmes d'irrigation précis peuvent réduire la consommation d'eau de 70 à 90 %.
- **Problèmes de température**: la difficulté de gérer la température surtout en été lorsque la chaleur peut devenir excessive.
- **Maladies et ravageurs** : les serres classiques sont souvent des environnements humides et chauds, ce qui peut favoriser la croissance de maladies et de ravageurs.



### 1 - القيمة المقترحة: 1-Valueproposition:

ما القيمة التي نقدمها للزبون؟

( كيف نساعد الزبون على حل مشكلاته؟ (البحث عن حل وتحويله إلى نموذج تجاري

ما طبيعة هذا الحل للمشكلة هل هي قيم نوعية أو كمية؟(اختر من الرسم ما يوافق مشروعك)



1/1 - القيمة التي نقدمها للعميل:

- Améliorer et augmenté la production
- Économie l'effort, d'eau et de l'énergie électrique
- Permet de visualisé et de contrôler les paramètres de la serre à distance (jusqu'à 100km de rayon)
- Avoir une agriculture précise
- Fabrication et installation selon les besoins du client
- Automatisation total du système sans l'intervention humaine
- Maintenance préventive par notre équipe spécialiste
- Ajout/suppression d'un service selon les besoins des clients
- Facilité le travail de l'agriculteur
- Maintenance préventive par notre équipe spécialiste
- Mode manuel / automatique
- Adaptation automatique des paramètres de la serre et la station météo
- Fournir un service de sécurité pour la protection des cultures

2/1- ما هي المشاريع الأخرى التي استهدفت نفس المشكلة والتي جرى تنفيذها؟

Les projets ciblant le même problème sont :

➤ Au niveau national on a :

-**Sarl Flora plastic (Blida)** : représente une entreprise qui fait la fabrication des serres multi chapelle.

- **BARAKA green house(Blida)** : c'est une entreprise spécialisée dans la fabrication des serres semi automatique mais pas avec tous les services que nous proposons.

➤ Au niveau international et en France exact on a:

-**Myfood** : c'est une serre connecté (de petit échelle) distingués à une petite famille de 5 a 6 personnes et aussi elle ne contient pas tous les services que nous proposons dans notre solution.



2 - شرائح العملاء: Customer segments (حدد بالتفصيل)

- من أهم عملائنا؟ لمن نوجه القيمة؟ (حدد بالتفصيل)  
نحاول تحديد عدد العملاء من خلال استبيان أو سبر آراء إن وجد. بهدف تحديد السوق المحتمل. أو كيف العمل لتحديد سوق مستهدف.

### B to b :

- Les agriculteurs
- Les instituts agricoles
- les entreprises agricoles

### B to c :

- Toute personne intéressée par l'agriculture



3 - العلاقات مع العملاء: 3- Customer Relations

كيف تجذب انتباه العملاء إلى منتجاتك أو خدماتك؟

كيف تشجع العميل لشراء منتجك أو خدمتك؟

كيف يستفيد العميل من منتجك أو خدمتك؟

ما هي الطرق المستعملة لخدمة ما بعد بيع منتجك أو خدمتك؟

- Fournir un service de livraison gratuit
- Guide d'installation offert
- Formation gratuite
- Garantie d'usage
- Service d'installation et de configuration selon le type d'offres
- Maintenance préventive



4 - القنوات: 4- Channels: كيف يعلم الجمهور بوجودنا أو منتجنا أو خدمتنا؟

ما هي قنوات التوزيع التي يفضلها العملاء للتواصل معهم؟

ما هي القنوات الأكثر فعالية مقارنة مع تكلفتها

1/4- الآليات والطرق لإعلام بمنتوجنا أو خدمتنا:

- ✓ Création de notre propre site web
- ✓ Publicités via les réseaux sociaux
- ✓ Foires et expositions
- ✓ Contact direct avec les agriculteurs
- ✓ Publicités via la télévision

2/4- قنوات التوزيع التي يفضلها العملاء:

- ✓ Contact direct avec le client
- ✓ La publicité via les réseaux sociaux
- ✓ Les publicités sur les chaînes de télévision les plus populaires.



5 -الشركات الرئيسية: **Keypartners** -5

- من هم الشركاء الرئيسيون الذين يمكن مساعدتنا في الانتاج أو الخدمة أو في تسويقها أو توزيعها؟ (الشركاء الذين أضع معهم عقد).

- من هم الموردون الرئيسيين؟ (الذين يقدمون لنا: المواد الأولية + الآلات للإنتاج + برنامج لتقديم خدمة +...)  
قم بكتابة قائمة الشركاء الرئيسيون لمشروعك بالتفصيل مع ذكر الإسم، الهاتف، العنوان... إلخ

1/5- الشركاء الرئيسيون الذين يمكن مساعدتنا:

### **1. Institut agricole Ain Témouchent (pour les tests) :**

Adresse : (ITMASBP262, Ain Temouchent, Algeria

Téléphone : 043798368

### **2. Les SARL qui proposent l'installation des serres :**

**SARL Samox –Sétif, El Eulma**

Téléphone : 0541825318 @ : samoxsarl@gmail.com

MODERN AGRICULTURE COMPANY Cité Evolutive, Tranche 2

N°3216017 Rouiba

Fax : +21323894345

2/5-الموردون الرئيسيين:

### **Fournisseur de pièces électroniques :**

-Dzduino Electronics :

Site :www.dzduino.com

-PowerTech :

Téléphone :0558707032

-Techdz :

Téléphone :0665313368



6 - **Keyactivities:** الأنشطة الرئيسية: 6- ما هي أهم المراحل الرئيسية للإنتاج أو الخدمة؟ (نذكر المراحل من إقتناء المواد الأولية إلى المنتج النهائي) هل هناك أنشطة ثانوية؟ (نذكر الأنشطة الثانوية التي تدخل في منتجنا أو خدمتنا)

1/6- المراحل الرئيسية:

Les étapes de production de notre serre automatique et connectée dans notre FABLAB :

1. **Conception et planification** : Cette étape implique la définition des besoins spécifiques de la serre, tels que la taille, la configuration, les fonctionnalités requises, les systèmes de contrôle et de surveillance, etc. Elle comprend également la création des schémas et des plans techniques et le désigne du circuit.
2. **Sélection des composants et équipements** : Choix des différents composants et équipements nécessaires pour le système de serre automatisée et connectée, tels que les capteurs (température, humidité, luminosité, etc.), les actionneurs (systèmes d'irrigation, ventilateurs...) la carte de contrôle (Arduino), le système de communication (par exemple, Wi-Fi, Bluetooth) et autres éléments connexes.
3. **Assemblage et installation** : Cette étape consiste à imprimez le circuit .et assembler les différents composants et équipements conformément aux plans techniques. Cela peut inclure la construction de la structure de la serre, l'installation des capteurs, des actionneurs, des systèmes de contrôle, des câblages, etc.
4. **Programmation et configuration** : Le système de contrôle de la serre automatisée et connectée doit être programmé pour surveiller les données des capteurs, prendre des décisions en fonction de ces données et contrôler les actionneurs en conséquence. Cela implique le développement de logiciels adaptés et la configuration des paramètres de contrôle.
5. **Tests et débogage** : Une fois le système assemblé et programmé, des tests rigoureux doivent être effectués pour s'assurer du bon fonctionnement de tous les composants, de la communication entre eux et de la réaction appropriée aux différentes conditions environnementales. Les erreurs et les problèmes doivent être identifiés et résolus lors de cette étape.

6. **Mise en service** : Une fois que tous les tests et les ajustements ont été réalisés avec succès, la serre automatique et connectée peut être mise en service pour une utilisation régulière dans l'agriculture.

2/6 - الأنشطة الثانوية:

• **Livraison et installation** : Assurer une livraison sécurisée de la serre automatique et connectée chez le client. Veiller à ce que l'installation soit réalisée correctement, en respectant les spécifications techniques et les normes de sécurité.

• **Formation à l'utilisation** : Fournir une formation approfondie aux clients sur l'utilisation de la serre automatique et connectée. Expliquer les fonctionnalités du système, les procédures d'exploitation, la navigation dans l'interface utilisateur et les bonnes pratiques pour obtenir des résultats optimaux.

• **Assistance technique** : Offrir une assistance technique continue aux clients pour résoudre les problèmes et répondre à leurs questions. Mettre en place un support téléphonique, une assistance en ligne ou un service d'assistance dédié pour aider les clients en cas de besoin.

• **Suivi et évaluation** : Effectuer un suivi régulier avec les clients pour évaluer leur satisfaction et recueillir leurs commentaires. Organiser des réunions de suivi pour comprendre leurs besoins, identifier les points d'amélioration et proposer des solutions adaptées.

• **Maintenance préventive** : Proposer des services de maintenance préventive pour assurer le bon fonctionnement de la serre. Effectuer des inspections régulières, nettoyer les capteurs, vérifier et remplacer les pièces défectueuses si nécessaire.

• **Mises à jour et améliorations** : Fournir des mises à jour logicielles et matérielles pour améliorer les performances de la serre et intégrer de nouvelles fonctionnalités. Informer les clients des améliorations disponibles et les aider à mettre à jour leur système en conséquence.

• **Assistance agronomique** : Offrir des conseils et des recommandations agronomiques aux clients pour optimiser leurs cultures dans la serre. Fournir des informations sur les bonnes pratiques de culture, l'irrigation, la gestion des maladies et des ravageurs, ainsi que sur l'interprétation des données collectées par le système.

• **Évolution et expansion** : Si les clients souhaitent étendre ou améliorer leur serre, notre équipe peut les conseiller sur les services disponibles, telles que l'ajout de nouveaux capteurs, l'intégration de systèmes de contrôle supplémentaires ou l'optimisation des ressources énergétiques.

• **Fablab** : de notre fablab on peut faire

- **Services de fabrication** : nous Offrons des services de fabrication personnalisés aux clients. Cela peut inclure la découpe laser, l'impression 3D, la gravure, la fabrication de circuits imprimés, la découpe CNC, etc. Facturez vos clients en fonction de la quantité de matériel utilisé, du temps de travail ou de la complexité du projet.
- **Location d'équipements** : nous pouvons les louer aux utilisateurs qui souhaitent les utiliser pour leurs projets. Facturez un tarif horaire ou journalier pour la location de chaque équipement.
- **Services de prototypage** : En tant que fablab, nous pouvons offrir des services de prototypage rapide aux entrepreneurs et aux inventeurs. Aidez-les à concrétiser leurs idées en réalisant des prototypes fonctionnels de leurs produits. Facturez vos services de prototypage en fonction de la complexité du projet et des matériaux utilisés.
- **Projets collaboratifs** : nous pouvons Collaborer avec des clients ou des entreprises sur des projets spécifiques peut être une source de revenus intéressante. Et travailler en partenariat avec des startups, des designers ou des artistes pour développer des produits innovants ou des installations artistiques.



7- Key Resources: الموارد الرئيسية:  
نقوم بتحديد فقط الموارد دون ذكر التكلفة.

1/7- الموارد المادية:

المورد fournisseur	مصدر محلي أو أجنبي	الموارد Ressources
-DZduino -PowerTech -Techdz	-National	-Les pièces électroniques

### Matériel de Fablab prototypage

Désignation des Lots	Caractéristiques	Nombre
Découpe laser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Model : Speedy 300 / Laser CO2 30W et 80W</li> <li>• Dimensions maxi : 610 x 305 mm</li> <li>• Épaisseur de matériaux : 0 &gt; 20 mm</li> </ul>	1
Fraiseuse CNC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modèle : Shapeoko XXL</li> <li>• Forme : 2D/3D</li> <li>• Surface d'usinage : 820 x 820 mm</li> </ul>	1

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bois / metal</li> </ul>	
Imprimante 3D	<ul style="list-style-type: none"> <li>• double buse à filament grand volume</li> <li>• Volume d'impression max : 250 x 250 x 250 mm (FLA) / 130 x 80 x 200 (DLP)</li> <li>• Epaisseur impression : 5µm (FLA) / 20µm (DLP)</li> <li>• Précision : 12µm (FLA) / 100 µm (DLP)</li> </ul>	1
Scanner 3D	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modèle : (REVOPOINT POP 2 ou EinScan-S)</li> <li>• Dimensions des objets : de 20 cm &gt; 2m</li> <li>• Précision : 1 mm</li> <li>• Vitesse de scan : environ 5 min / scan</li> </ul>	1
Imprimante grand format	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modele : HP / Epson</li> <li>• Format : A1</li> <li>• Dimension : 24 pouces</li> <li>• Vitesse moyenne : 35s / A1</li> </ul>	1
POSTE ELECTRONIQUE :	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oscilloscope numérique 2 voies 70MHz avec grand écran couleur, port USB, et décodage de protocoles série</li> <li>• Générateur de signaux</li> <li>• Station de soudage/dessoudage avec affichage numérique 230V - 40W</li> <li>• Absorbeur de fumée avec filtre à charbon</li> <li>• Multimètre (avec mesure de capacité et d'inductance)</li> <li>• Alimentation de laboratoire 0-30V 3A avec limitation de courant, affichage digital de la tension et du courant, et sorties 5V et 12V séparées</li> <li>• Platine d'essai, connectique (fils équipées de pinces crocodile)</li> <li>• Consommables inclus : fil de soudure sans plomb, tresse à dessouder, fils de câblage de différentes couleurs, bandes d'isolation électrique</li> </ul>	02
Les micro controleurs	Made in Italy + cable USB	30
Outillage à main	Outillage professionnelle (pinces, tournevis, pince a dénudé, niveau, serre joints...)	2

2/7- الموارد البشرية:

العدد	صنف المورد البشري
01	Ingénieur en informatique (développeur web)
01	Ingénieur en informatique (Designer )
01	Ingénieur en contrôle de qualité
01	Ingénieur en biologie
01	Ingénieur en agronomie
01	Ingénieur en électronique
03	Délégué commercial
01	Femme de ménage
02	Agent de sécurité

3/7- الموارد المالية:

المورد المالي	الاحتياج
الكهرباء والغاز والماء	
كراء	
عناصر أخرى	



8 - هيكل التكاليف: Cost Structure



1/8: هيكل التكاليف structure Costs

60.000	تكاليف التعريف بالمنتج أو المؤسسة Frais d'établissement
--------	--

50.000	تكاليف الحصول على العدادات ( الماء- الكهرباء ..... ) Frais d'ouverture de compteurs (eaux-gaz- ....)
100000	تكاليف (التكوين- برامج الاعلام الالي المختصة) Logiciels, formations
12500	Dépôt marque, brevet, modèle تكاليف براءة الاختراع و الحماية الصناعية و التجارية
0.00	Droits d'entrée تكاليف الحصول على تكنولوجيا او ترخيص استعمالها
0.00	Achat fonds de commerce ou parts شراء الأصول التجارية أو الأسهم
360.000	Droit au bail الحق في الإيجار
0.00	Caution ou dépôt de garantie وديعة أو وديعة تأمين
50000	Frais de dossier رسوم إيداع الملفات
50000	Frais de notaire ou d'avocat تكاليف الموثق-المحامي-.....
200000	Enseigne et éléments de communication تكاليف التعريف بالعلامة و تكاليف قنوات الاتصال
Les investissements 0000	Achat immobilier شراء العقارات
10000	Travaux et aménagements الأعمال والتحصينات الاماكن
4080000	Matériel

	الألات- المركبات- الاجهزة
300000	Matériel de bureau تجهيزات المكتب
/	Stock de matières et produits تكاليف التخزين
/	trésorerie de départ التدفق النقدي ( الصندوق) الذي تحتاجه في بداية المشروع.

## المجموع = 5272500

▪ 2/8- نفقاتك أو التكاليف الثابتة الخاصة بمشروعك

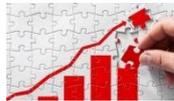
420000	Assurances التأمينات
12000	Téléphone, internet الهاتف و الانترنت
/	Autres abonnements اشتراكات أخرى
/	Carburant, transports الوقود و تكاليف النقل
/	Frais de déplacement et hébergement تكاليف التنقل و المبيت
50000	Eau, électricité, gaz فواتير الماء - الكهرباء- الغاز
/	Mutuelle <u>التعاضدية الاجتماعية</u>
/	Fournitures diverses لوازم متنوعة
/	Entretien matériel et vêtements

	صيانة المعدات والملابس
/	Nettoyage des locaux تنظيف المباني
300.000	Budget publicité et communication ميزانية الإعلان والاتصالات

المجموع = 782000

▪ 3/8 - رواتب الموظفين و مسؤولين الشركة

414.000	رواتب الموظفين Salaire employés
210.000	صافي أجور المسؤولين Rémunération nette de dirigeant



Revenue Streams



9 - مصادر الإيرادات

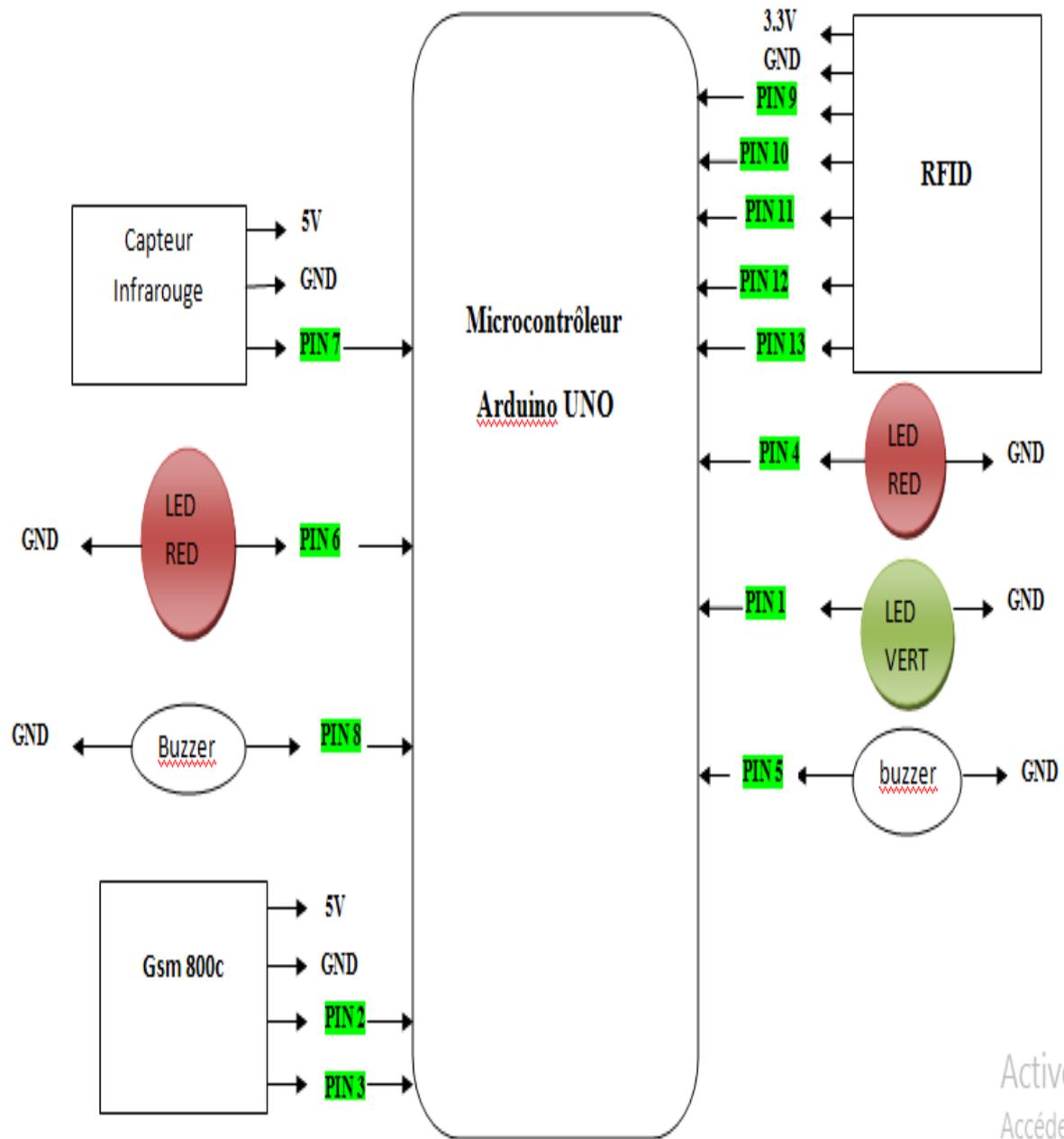
1/9 - الإيرادات الاجمالية:

البيان	القيمة
عدد الوحدات المنتجة	50
سعر البيع	1000000
سعر البيع × عدد الوحدات المنتجة = الإيرادات الاجمالية	50000000

2/9 - مصادر الدخل:

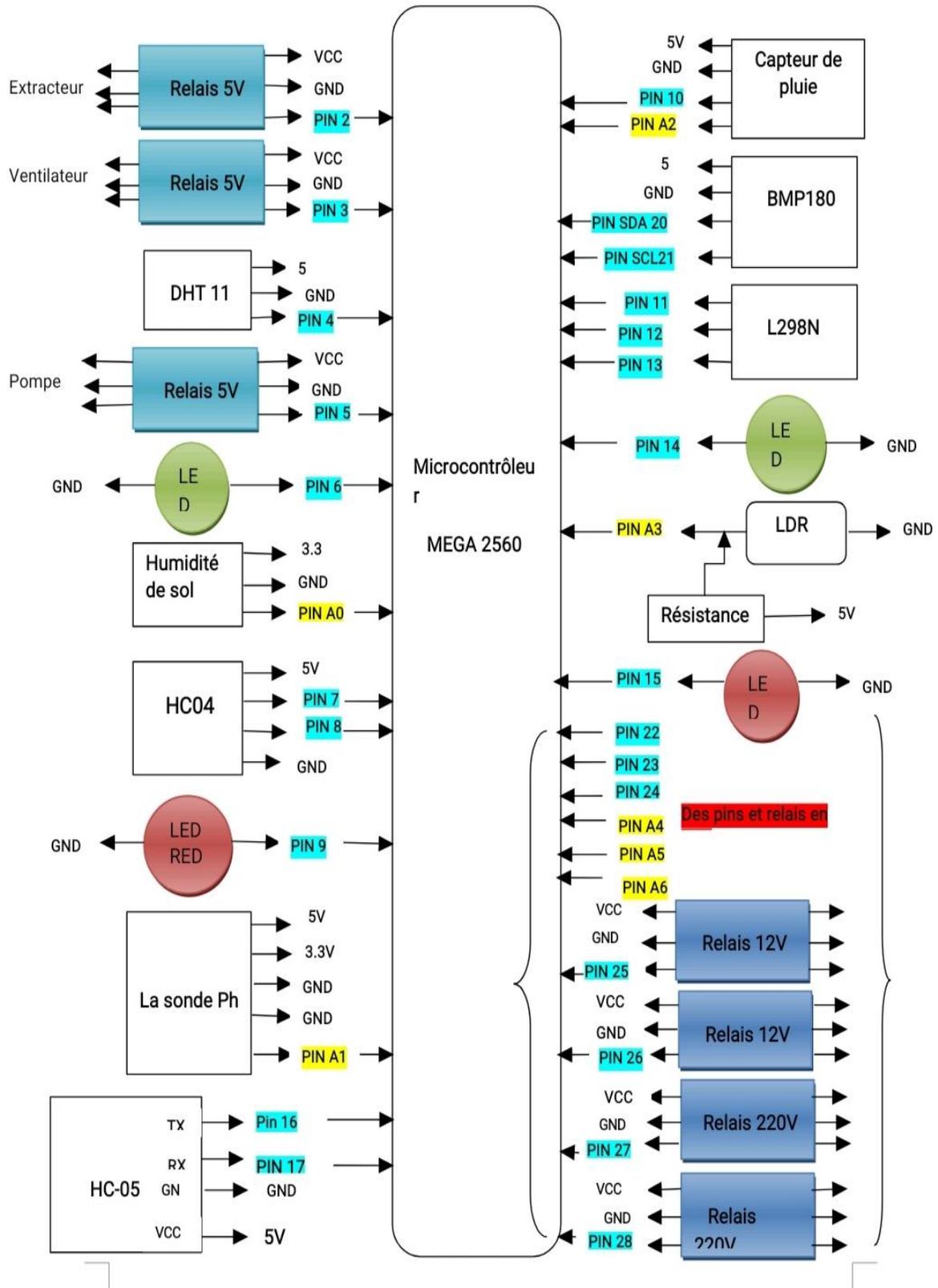
- Fablab
- Production
- Le design

## Annexe 2 : Les diverses connexions et numéros des broches (pins) de circuit de sécurité



Active  
Accède:  
.....

### Annexe 3: Les diverses connexions et numéros des broches (pins) de circuit électronique



## Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une étude, conception et réalisation pratique d'une serre agricole, où l'idée principale de ce travail s'articule autour de trois principaux axes dont le premier est consacré à la conception d'une unité de commande et de contrôle électronique basée sur l'utilisation du microcontrôleur ARDUINO, qui permet le contrôle automatique des paramètres climatiques à l'intérieur et l'extérieur de la serre agricoles (tels que : la température, l'humidité, l'intensité lumineuse ...) grâce à un algorithme développé de contrôle et de supervision et l'envoi des données acquises simultanément et en temps réel via Internet.

Quant à la deuxième partie, elle est dédiée au développement de l'interface homme-machine basée sur l'application Android des téléphones intelligents qui permet, via Internet, d'afficher les paramètres climatiques (température, humidité, intensité lumineuse. .) simultanément et en temps réel sur l'interface de supervision, comme l'affichage des états de fonctionnement et le non-fonctionnement des équipements et des équipements ou composants utilisés, tels que : les radiateurs, les lampes d'éclairage, la pompe d'arrosage, etc., et permet aussi, l'introduction des paramètres climatiques souhaités (tels que : la température, l'humidité ...)

La dernière partie de ce travail a été réservée à la création d'un prototype d'une serre agricole, à travers lequel la performance et le bon déroulement des travaux menés à bien ont été testés et validés avec succès.

## ملخص

هذا العمل جزء من دراسة وتصميم وإدراك عملي لبيت زجاجي زراعي ، حيث تدور الفكرة الرئيسية لهذا العمل حول ثلاثة محاور رئيسية ، الذي يسمح بالتحكم التلقائي في المعلمات ARDUINO أولها مخصص لتصميم وحدة قيادة وتحكم إلكترونية تعتمد على استخدام متحكم درجة الحرارة ، والرطوبة ، وضوء الشدة ... بفضل خوارزمية التحكم والإشراف المتطورة : المناخية داخل وخارج الدفيئة الزراعية (مثل وإرسال البيانات المكتسبة في نفس الوقت وفي الوقت الفعلي عبر الإنترنت

للهواتف الذكية والذي يسمح عبر الإنترنت بعرض Android أما الجزء الثاني فهو مخصص لتطوير واجهة الإنسان والآلة على أساس تطبيق المعلمات المناخية (درجة الحرارة ، الرطوبة ، شدة الضوء.) في وقت واحد وفي الوقت الفعلي على واجهة الإشراف ، مثل عرض حالات المشعات ، ومصابيح الإضاءة ، ومضخة الرش ، وما إلى ذلك ، :التشغيل وعدم تشغيل المعدات والمعدات أو المكونات المستخدمة ، مثل ويسمح أيضاً بإدخال المناخ المطلوب المعلمات (مثل: درجة الحرارة والرطوبة وما إلى ذلك

تم تخصيص الجزء الأخير من هذا العمل لإنشاء نموذج أولي لبيت زجاجي زراعي ، تم من خلاله اختبار الأداء والتشغيل السلس للأعمال المنفذة والتحقق من صحتها بنجاح

## Abstract

This work deals with the study, the design and the real time implementation of an electronic card designed for the self and remote control of a greenhouse, where the main idea of this work revolves around three main axes. The first one is dedicated to the design of an electronic control board based on the use of the ARDUINO microcontroller, which allows the automatic control of the climatic parameters inside greenhouse (such as: the temperature, humidity, light intensity ...) based on the developed control and supervision algorithm where the collected data are simultaneously sent on real time via the Internet.

The second part is reserved to the development of a human-machine interface based on the Android application of the smart phones which allows, via the Internet, to display the climatic parameters (temperature, humidity, light intensity. .) simultaneously in real time on the supervision interface, such as the display of operating states and the non-operation of the used components such as: radiators, lighting lamps, sprinkler pump , etc., which also allows the introduction of the desired climatic parameters (such as: temperature, humidity, etc.)

The last part of this work was dedicated to the design of a prototype greenhouse, through which the performance and the smooth running of the works carried out were successfully tested and validated.