

République algérienne démocratique et populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



## UNIVERSITÉ ABDELHAMID MEHRI – CONSTANTINE 2

Faculté des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC)

Technologies des Logiciels et des Systèmes d'Information (TLSI)

# MÉMOIRE DE MASTER

*pour obtenir le diplôme de Master en Informatique*

**Option: Génie logiciel (GL)**

---

## SmartFarm / Smart Greenhouse

---

Réalisé par :

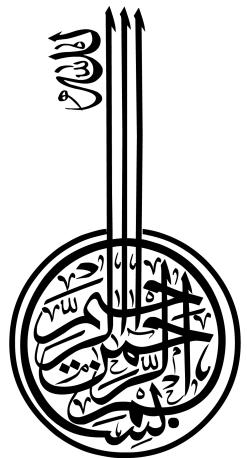
Mr. Gharzouli Abderahmane Mahdi

Mr. Sadi Belkacem

Sous la direction de :

Mr. Smain Nasr-Eddine Bouzenada

Juin 2023



---

## Remerciements

Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté de terminer ce parcours. Nous tenons aussi, à exprimer avec tous notre respect, notre sincère remerciement à nos enseignants qui nous ont aidés à acquérir les compétences nécessaires pour bien mener cette recherche, pour leur encadrement exceptionnel, leurs disponibilités, leurs conseils et leurs aides précieuse durant notre parcours. Nous sommes profondément reconnaissant envers eux et envers les tous gens à qui nous avons l'honneur de les rencontrer ; tous notre remerciements s'adressent également à tous nos enseignants et particulièrement envers notre encadreur Mr. Smain Nasr-Eddine Bouzenada pour son soutien et son effort son encouragement tout au long de notre parcours universitaire et durant la préparation de ce présent mémoire de Master. Votre expertise et votre patience ont été des facteurs déterminants dans l'aboutissement de notre travail, et nous sommes vraiment reconnaissant pour tout le temps que vous nous avez accordé pour discuter de nos idées et nous guider dans la bonne direction. Enfin, nous exprimons notre profonde gratitude surtout envers nos parents et nos proches qui nous ont soutenu tout au long de notre études et ont toujours cru en nous. Encore une fois, merci infiniment pour votre précieuse contribution à notre parcours universitaire.

---

# Résumé

## Abstract

Smartfarm in greenhouse is an advanced agricultural system that integrates smart technologies and data analytics to optimize crop growth and yield in a controlled environment. The proposed system uses a network of sensors and monitoring devices to collect data on various environmental parameters such as temperature, humidity and light intensity. All these collected data are then analyzed in order to produce crop growth patterns. This Smartfarm proposed system is designed to provide real-time feedback to farmers and greenhouse managers, allowing them to make informed decisions about crop management. The proposed system also provides remote access to monitor and control the environment, such as adjusting temperature and humidity levels, and ensuring optimal growing conditions.

## Résumé

Ferme intelligente en serre est un système agricole avancé qui intègre des technologies intelligentes et de l'analyse de données pour optimiser la croissance et le rendement des cultures dans un environnement contrôlé. Le système utilise un réseau de capteurs et de dispositifs de surveillance pour collecter des données sur divers paramètres environnementaux tels que la température, l'humidité et l'intensité lumineuse. Ces données sont analysées pour fournir des informations sur les modèles de croissance des cultures, prédire le rendement.

le system que nous proposons dans ce travail est conçu pour fournir des commentaires en temps réel aux agriculteurs et aux gestionnaires de serre, leur permettant de prendre des décisions éclairées en matière de gestion des cultures. Ce système fournit également un accès à distance pour surveiller et contrôler l'environnement, comme régler les niveaux de température et d'humidité, et assurer des conditions de croissance optimales.

## ملخص

المزرعة الذكية في البيوت البلاستيكية هو نظام زراعي متقدم يدمج التقنيات الذكية وتحليل البيانات لتحسين نمو المحاصيل والحداد في بيئة مراقبة. يستخدم النظام شبكة من الحساسات وأجهزة المراقبة لجمع البيانات عن مختلف المعلمات البيئية مثل درجة الحرارة والرطوبة وشدة الإضاءة. يتم تحليل هذه البيانات باستخدام خوارزميات التعلم الآلي لتوفير إدارات حول أنماط نمو النباتات، وتوقعات الحصاد.

تم تصميم المزرعة الذكية لتوفير ردود فعل في الوقت الحقيقي للمزارعين ومديري البيوت الزراعية، مما يتيح لهم اتخاذ قرارات مدروسة بشأن إدارة المحاصيل. كما يوفر النظام الوصول عن بعد لمراقبة والتحكم في البيئة، مثل ضبط درجة الحرارة والرطوبة، وضمان الظروف المثلى للنمو.

تميز تكامل المزرعة الذكية بالعديد من الفوائد، بما في ذلك زيادة الكفاءة، وتقليل استهلاك الموارد، وتحسين حصاد المحاصيل. يتيح النظام للمزارعين تحسين عملياتهم لإنتاج المزيد من الغذاء بشكل مستدام، مع تقليل التكاليف وتقليل الأثر على البيئة.

بشكل عام، تمثل المزرعة الذكية خطوة مهمة في الزراعة المستدامة، وإمكاناته تحول الصناعة هامة. من خلال الاستفادة من التكنولوجيا المتقدمة.

---

# Table des matières

<b>Remerciements</b>	ii
<b>Résumés</b>	iii
<b>Liste de figures</b>	vii
<b>Liste des abréviations</b>	viii
<b>Général Introduction</b>	1
<b>1 Présentation générale sur l'agriculture sous Serres</b>	3
1.1 Introduction . . . . .	3
1.2 Tomates de serre . . . . .	4
1.3 Caractéristiques . . . . .	5
1.3.1 Température et Humidité . . . . .	5
1.3.2 Lumière . . . . .	5
1.3.3 Sol . . . . .	6
1.3.4 Irrigation . . . . .	6
1.4 Conclusion . . . . .	7
<b>2 Présentation Général de l'IOT</b>	8
2.1 Définition de IOT . . . . .	8
2.2 Les Capteurs . . . . .	9
2.2.1 Capteur d'humidité température numérique DHT22 . . . . .	9
2.2.2 Capteur de Lumière TSL2561 . . . . .	9
2.2.3 Capteur d'humidité du sol FC-28 . . . . .	10
2.3 Micro-contrôleur Arduino Uno . . . . .	10
2.4 Relais . . . . .	11

2.5	Contacteur BE101 NP2 . . . . .	12
2.6	Unité de commande . . . . .	12
2.7	Conclusion . . . . .	12
<b>3</b>	<b>Présentation Général de Conception</b>	<b>13</b>
3.1	Introduction . . . . .	13
3.2	Conception Hardware . . . . .	13
3.2.1	Prototype de Système . . . . .	13
3.3	Conception Software . . . . .	14
3.3.1	Architecture global du système . . . . .	16
3.3.2	L'architecture Software du Micro-contrôleur . . . . .	17
3.3.3	L'architecture Software du Stockeur/Analyseur . . . . .	18
3.4	Diagramme de séquence . . . . .	19
3.4.1	Diagramme de séquence Micro-Controleur . . . . .	19
3.4.2	Diagramme de séquence Dashboard Des Évènements . . . . .	20
3.4.3	Diagramme de séquence Dashboard Des décisions . . . . .	21
3.5	Diagramme de classes . . . . .	22
3.6	Shéma de BD . . . . .	23
3.7	Conclusion . . . . .	24
<b>4</b>	<b>Implémentation de : Smart Greenhouse</b>	<b>25</b>
4.1	Introduction . . . . .	25
4.2	Langages de programmation . . . . .	25
4.2.1	PHP . . . . .	25
4.2.2	C++ . . . . .	26
4.3	Framework . . . . .	27
4.3.1	Laravel . . . . .	27
4.4	Environment . . . . .	27
4.4.1	Arduino IDE . . . . .	27
4.4.2	Visual Studio Code . . . . .	28
4.4.3	Visual paradigme . . . . .	28
4.4.4	Fritzing . . . . .	29
4.5	SGBD . . . . .	29
4.5.1	MySQL . . . . .	29
4.6	Protocole . . . . .	30
4.6.1	API . . . . .	30
4.6.2	MVC . . . . .	31
4.7	Application Serveur . . . . .	31

4.8	Web Application . . . . .	31
4.9	Réalisation . . . . .	32
4.9.1	Partie Hardware . . . . .	32
4.9.2	Partie Software . . . . .	33
4.10	Conclusion . . . . .	39
<b>5</b>	<b>Conclusion Général</b>	<b>40</b>
	<b>Références</b>	<b>42</b>

---

# Liste de figures

1.1	Une serre agricole [2] . . . . .	3
1.2	Exemple de calendrier de production de la tomate [3] . . . . .	4
1.3	Lumiere serres [6] . . . . .	5
1.4	Irrigation goutte-a-goutte [9] . . . . .	7
2.1	Capteur DHT22 [12] . . . . .	9
2.2	Capteur TSL2561 [13] . . . . .	10
2.3	Capteur FC-28 [14] . . . . .	10
2.4	Arduino Uno [15] . . . . .	11
2.5	Déclencheur 5V[16] . . . . .	11
2.6	Contacteur BE101 NP2 [17] . . . . .	12
3.1	Protoype . . . . .	14
3.2	Architecture global du système . . . . .	16
3.3	Architecture Software Micro-Controller . . . . .	17
3.4	L'architecture Software du Stockeur/Analyseur . . . . .	18
3.5	Diagramme de séquence Micro-Controleur . . . . .	19
3.6	Diagramme de séquence Dashboard Des Évènements . . . . .	20
3.7	Diagramme de séquence Dashboard Des décisions . . . . .	21
3.8	Diagramme de classe . . . . .	22
3.9	Shema BD . . . . .	23
4.1	PHP logo . . . . .	25
4.2	C++ logo . . . . .	26
4.3	Laravel Logo . . . . .	27
4.4	Arduino IDE . . . . .	28
4.5	VS code logo . . . . .	28

4.6	Visual Paradigme logo . . . . .	29
4.7	Fritzing logo . . . . .	29
4.8	MySQL logo . . . . .	30
4.9	API Protocol . . . . .	30
4.10	MVC . . . . .	31
4.11	Prototype En cours ... . . . . .	32
4.12	Login Page . . . . .	33
4.13	Home Page . . . . .	34
4.14	Create New Season . . . . .	34
4.15	Edit Parametre . . . . .	35
4.16	Notification Center . . . . .	35
4.17	SensorData Dashboard . . . . .	36
4.18	Graphe Linear de Temperature . . . . .	37
4.19	Graphe Linear de Temperature Filtré . . . . .	37
4.20	Devices Data . . . . .	38
4.21	Season View . . . . .	39

---

# Liste des abréviations

**IoT** Internet Of Things

**UML** Unified Modeling Language

**SI** Serre Intelligente

**BD** Base de Données

**SGBD** System de Gestion de Base de Données

**MVC** Model-View-Controller

---

# Général Introduction

## Domaine d'étude

L'agriculture a largement contribué à l'économie de l'Algérie pendant des siècles. L'Algérie est l'un des principaux exportateurs de produits agricoles. Ces dernières années, le gouvernement algérien a pris des mesures pour stimuler le secteur agricole en investissant dans la technologie, les infrastructures et la formation et il s'agit notamment du Plan national de développement agricole (PNDA), qui est conçu pour stimuler l'efficacité et la compétitivité. Dans son rapport [1], le bureau d'étude « Bureau Business France d'ALGER » précise qu'il a été décidé d'orienter les efforts vers une agriculture intelligente et solide face au changement climatique en tenant compte de l'environnement et de l'équilibre des écosystèmes sans négliger le gaspillage, grâce à une bonne gestion des excédents de production.

## Problématique

Les serres intelligentes(SI) et l'Internet des Objets (IoT) sont des technologies émergentes qui ont transformé l'agriculture. SI sont des structures utilisées pour cultiver des plantes sous un environnement contrôlé, offrant ainsi une solution efficace pour la production de cultures dans des conditions météorologiques défavorables ou dans des régions où les terres sont limitées. Les serres intelligentes utilisent des technologies de pointe pour optimiser les conditions de croissance des plantes. Ces technologies peuvent inclure des capteurs de température, d'humidité et de lumière, des systèmes d'irrigation automatisés et des logiciels d'analyse de données pour suivre les conditions de croissance des plantes.SI permettent également une surveillance et un contrôle précis des conditions environnementales. L'utilisation de l'IoT dans les SI offre une connectivité en réseau aux appareils électroniques, des capteurs..., afin de collecter une grande quantité de données, pour qu'elles puissent être analysées et interprétées de manière efficace en faveur d'augmenter la productivité.

# **Objectifs**

Pour bien répondre à notre problématique, nous nous sommes fixés les objectifs suivants :

1. Etudier les exigences pour l'obtention d'une bonne productivité agricole, en qualité et en quantité. Pour bien cerner cet objectif, nous concentrons cette étude sur la production de la tomate industrielle, en raison de sa forte productivité et la sa maîtrise en Algérie. Cette phase permettra de ressortir les paramètres importants pour atteindre les objectifs définis par un agriculteur .
2. Retrouver les capteurs nécessaires qui répondent au mieux à la collecte des informations .
3. Contrôle en temps réel, Le projet doit intégrer des capteurs pour collecter des données en temps réel sur les conditions environnementales.
4. Automatisation des tâches, Le système doit être capable de réaliser des tâches telles que l'irrigation, la ventilation, l'éclairage, la régulation de la température, etc.. de manière automatisée .
5. Proposer une architecture pour permettant une bonne exploitation d'une ferme agricole .
6. Tester le système sur un cas particulier sur un type de production agricole, la tomate par exemple.

# **Organisation de mémoire**

Notre mémoire est structuré comme suite :

**Chapitre 1:** Présentation général de l'agriculture sous Serres

**Chapitre 2:** Présentation général de l'IOT

**Chapitre 3:** Présentation Général de Conception

**Chapitre 4:** Implémentation de : Smart Greenhouse

**Chapitre 5:** Conclusion Général

# Présentation générale sur l'agriculture sous Serres

## 1.1 Introduction

L'agriculture sous serres est une méthode de production de cultures à l'aide de structures en plastique, en verre ou en polycarbonate pour créer un environnement contrôlé pour les plantes. Cette méthode est utilisée pour cultiver des plantes dans des environnements qui ne sont pas adaptés à leur croissance naturelle. Les serres permettent également de contrôler les niveaux d'humidité, de température, de lumière et de ventilation, ce qui permet aux agriculteurs de produire des cultures tout au long de l'année, indépendamment des conditions météorologiques extérieures. Cette méthode de production de cultures est de plus en plus utilisée dans le monde entier pour répondre aux besoins alimentaires croissants de la population mondiale et pour assurer la sécurité alimentaire dans des conditions climatiques changeantes. Bien que l'agriculture sous serres puisse offrir des avantages tels que des rendements plus élevés et une utilisation plus efficace des ressources.



Figure 1.1: Une serre agricole [2]

## 1.2 Tomates de serre

La tomate est l'une des cultures les plus couramment cultivées sous serres en raison de sa rentabilité et de sa popularité auprès des consommateurs. Les serres permettent également de cultiver des variétés de tomates qui ne seraient pas viables dans des conditions extérieures. Les tomates de serre peuvent être cultivées tout au long de l'année, ce qui permet aux producteurs d'offrir des tomates fraîches en dehors de la saison de croissance traditionnelle. La culture des tomates en serre est un moyen de production de tomates efficace et peu coûteux en Algérie.

	Période	Stade physiologique à venir
Fin janvier, début février	Semis des variétés et porte-greffes (il est suggéré d'utiliser des plateaux de 72 cellules)	
Mi-février	Greffage dans les mêmes plateaux	
Mars	Empotage en pots d'au moins 10 cm (4 po) de diamètre	
Fin mars à début avril	Transplantation en serre	Implantation
Début mai (ou un peu plus tard selon la régie)	5 sem. après transplantation (entre 4 et 6 semaines)	5 grappes (stade critique car le plant est très chargé) Mise à fruit
	6 sem. après	Mise à fruit et grossissement des fruits
Début juin	8 sem. après	Début récolte
	10 sem. après	Forte récolte
Début juillet	12 sem. après	Fin forte récolte, début récolte stable (il peut y avoir des « poussées » de récolte pendant les vagues de chaleur)
Début aout	14 sem. après	Récolte stable

Figure 1.2: Exemple de calendrier de production de la tomate [3]

## 1.3 Caractéristiques

### 1.3.1 Température et Humidité

Dans le rapport qui rédigé par Anne Weill et Jean Duval [4] exprime que La température est le facteur le plus déterminant dans la production de la tomate. Celle-ci réagit énormément aux variations thermiques. Un écart de température d'un ou deux degrés Celsius entre le jour et la nuit est favorable à la production de fruits. Pour la production des plants et avant l'apparition des premières fleurs, il est préférable toutefois de maintenir la température plus constante à environ 20 °C. En été, l'aération doit être suffisante pour que la température ne dépasse pas 28 °C. Idéalement, il ne faudrait pas que la température dépasse 25 °C, car au dessus de cette température la tomate ne fait plus aucun gain. L'humidité devrait être maintenue entre 60 et 80 %. La culture elle-même génère beaucoup d'humidité et, par conséquent, le taux d'humidité de la serre est souvent trop élevé. Il faut donc ventiler et même souvent chauffer la serre pour déshumidifier.

### 1.3.2 Lumière

Eclairage Comme il explique dans l'article "Principes agronomiques de la tomate" [5] Les tomates sont sensibles aux conditions de faible luminosité. Elles exigent un minimum de 6 heures d'ensoleillement direct pour fleurir. Toutefois, en cas de trop grande intensité du rayonnement solaire, des fentes, des brûlures solaires et une coloration inégale peuvent apparaître au stade de maturité. Il est donc essentiel, dans le cas des cultures sous serre, de s'assurer que les fruits disposent de suffisamment d'ombre. La longueur du jour n'influence pas la production de tomates. Les cultures sous serre sont par conséquent répandues sous un large éventail de latitudes. elles ont besoin de 10 000 à 20 000 lux (mesure de l'éclairement) pendant la phase de croissance végétative et de 20 000 à 40 000 lux pendant la phase de fructification.

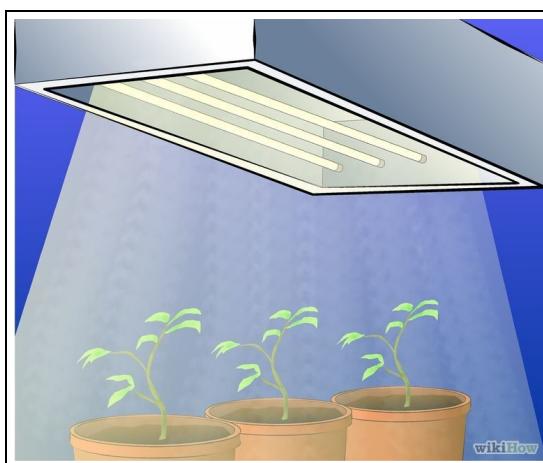


Figure 1.3: Lumiere serres [6]

### **1.3.3 Sol**

les plants de tomates poussent très bien sur les sols meubles(terre fin et légère ). Il faut également que le sol de culture soit plein d'engrais minéraux comme le zinc, le fer, le manganèse ect... Les tomates Ont besoin d'une profondeur de sol d'au moins 40 centimètres .

### **1.3.4 Irrigation**

les tomates cultivées sous serre dépendront de l'arrosage que vous leur apporterez. Comme précisé Antoine de France Serres[7] L'arrosage est essentiel pour réussir vos cultures de tomates. Il doit être régulier, c'est-à-dire que vous ne devrez pas arroser beaucoup d'un coup puis plus du tout pendant une longue période au risque de voir les fruits éclater. Environ 2 ou 3 litres d'eau sont nécessaires chaque jour à vos plants. Les apports en eau devront être plus importants entre la période de floraison et de développement des fruits. Un manque d'eau durant la phase de nouaison peut ruiner votre culture (la nouaison est la phase de formation initiale des fruits, lorsque l'ovaire de la fleur se transforme en fruit après fécondation). Au contraire, lorsque les tomates sont en phase de maturation, soit peu avant la récolte, vous devrez fortement limiter l'arrosage de façon à concentrer le goût et les saveurs de vos tomates. Veillez à arroser vos plants au niveau des pieds, jamais au niveau du feuillage. Mouiller les feuilles pourrait conduire au développement de maladies. Les systèmes de goutte à goutte sont un dispositif bien adapté pour la culture de tomates, car régulier et ciblé sur les pieds des plants. Laissez tout de même une certaine distance avec la base des plants de façon à optimiser le développement des racines en largeur .

-Pendant la phase de germination : 70-75% de la capacité de rétention en eau du sol

-Pendant la phase de croissance végétative : 60-80% de la capacité de rétention en eau du sol

-Pendant la phase de floraison et de formation de fruits : 70-80% de la capacité de rétention en eau du sol.

D'après OierSuamme dans son article explique les démentions [8] :

Pose de l'installation de goutte à goutte et du paillage plastique (épaisseur 25). Densité: en moyenne 1,8 plant par m? (de 1,4 à 3 plants selon les types de plants et de culture). Rangs simples : entre plants 0,5m ; entre rangs 1, Im Rangs doubles : entre plants 0,5m ; entre rangs 0,4m et entre rangs doubles 1,5m



Figure 1.4: Irrigation goutte-a-goutte [9]

## 1.4 Conclusion

En conclusion, les serres peuvent être utilisées pour produire des cultures de haute qualité, en particulier dans des environnements contrôlés où les conditions environnementales sont optimales pour la croissance des cultures. Les serres peuvent également être utilisées pour faire pousser des cultures plus rapidement et plus efficacement, augmentant ainsi la production alimentaire tout en réduisant les coûts.

# Présentation Général de l'IOT

## 2.1 Définition de IOT

L'Internet des objets (IdO) est un système d'appareils informatiques interconnectés, de machines mécaniques et numériques, d'objets, d'animaux ou de personnes avec des identifiants uniques (UID) qui nécessitent une communication inter-humaine. Interaction humaine Nécessite une connexion humaine. Interaction homme ou homme-ordinateur.[10] ses fondamentaux caractéristiques sont comme shivalibhadaniya écrit [11]:

### Connectivité

La connectivité est une exigence importante de l'infrastructure IoT. Les objets de l'IoT doivent être connectés à l'infrastructure IoT. N'importe qui, n'importe où, n'importe quand peut se connecter, cela devrait être garanti à tout moment. Par exemple, la connexion entre les personnes via des appareils Internet tels que les téléphones mobiles et d'autres gadgets, ainsi que la connexion entre les appareils Internet tels que les routeurs, les passerelles, les capteurs, etc.

### Intelligence et identité

L'extraction de connaissances à partir des données générées est très importante. Par exemple, un capteur génère des données, mais ces données ne seront utiles que si elles sont correctement interprétées. Chaque appareil IoT a une identité unique. Cette identification est utile pour suivre l'équipement et parfois pour interroger son état.

### Évolutivité

Le nombre d'éléments connectés à la zone IoT augmente de jour en jour. Par conséquent, une configuration IoT devrait être capable de gérer l'expansion massive. Les données générées en tant que résultat sont énormes et doivent être traitées de manière appropriée.

### Dynamique et auto-adaptatif (complexité)

Les appareils IoT doivent s'adapter de manière dynamique aux contextes et scénarios changeants. Supposons une caméra destinée à la surveillance. Il doit être adaptable pour travailler dans différentes conditions et différentes situations d'éclairage (matin, après-midi, nuit).

## Architecture

l'architecture IoT ne peut pas être de nature homogène. Il doit être hybride, prenant en charge les produits de différents fabricants pour fonctionner dans le réseau IoT. IoT n'appartient à aucune branche d'ingénierie. L'IoT est une réalité lorsque plusieurs domaines se rejoignent.

## Sécurité

Il existe un risque que les données personnelles sensibles des utilisateurs soient compromises lorsque tous leurs appareils sont connectés à Internet. Cela peut entraîner une perte pour l'utilisateur. La sécurité des données est donc le défi majeur. De plus, l'équipement impliqué est énorme. Les réseaux IoT peuvent également être à risque. Par conséquent, la sécurité des équipements est également essentielle.

## 2.2 Les Capteurs

Les capteurs de l'Internet des objets (IoT) sont des capteurs qui collectent des données environnementales et les envoient à un réseau pour traitement. Ils font partie d'un système en réseau qui peut être utilisé pour surveiller, contrôler et automatiser les processus dans divers domaines. Voici les capteurs qui sont nous soucions :

### 2.2.1 Capteur d'humidité température numérique DHT22

Le capteur numérique d'humidité et de température DHT22 est un capteur capacitif qui peut mesurer simultanément la température de l'air ambiant et l'humidité relative.

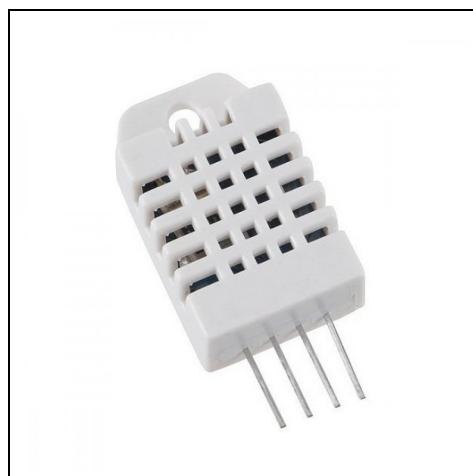


Figure 2.1: Capteur DHT22 [12]

### 2.2.2 Capteur de Lumière TSL2561

Le capteur de lumière TSL2561 est un capteur de lumière ambiante numérique qui mesure la lumière visible et infrarouge pour fournir des données précises sur la luminosité ambiante

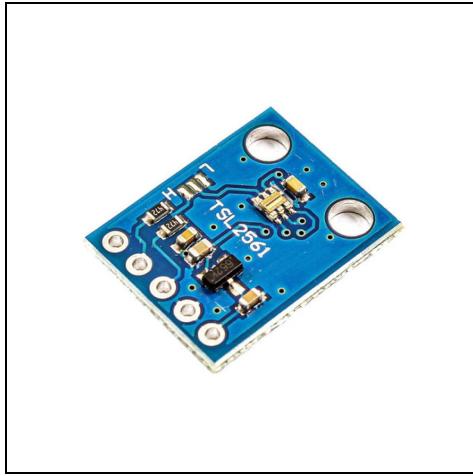


Figure 2.2: Capteur TSL2561 [13]

### 2.2.3 Capteur d'humidité du sol FC-28

Le capteur d'humidité du sol FC-28 est un capteur analogique pour mesurer l'humidité du sol. Il est souvent utilisé dans des applications telles que l'agriculture et l'irrigation automatique

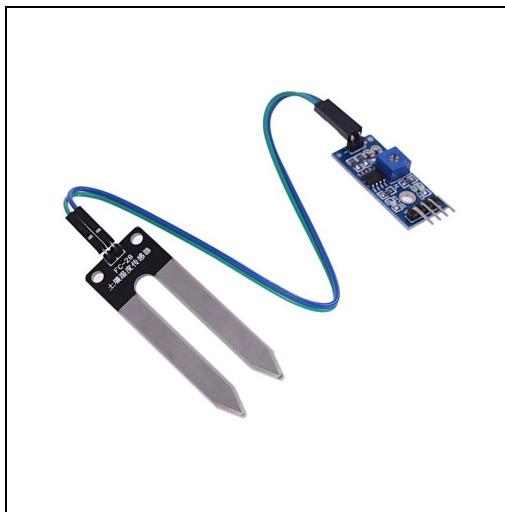


Figure 2.3: Capteur FC-28 [14]

## 2.3 Micro-contrôleur Arduino Uno

Un micro-contrôleur Arduino est une carte électronique basée sur un micro-contrôleur qui peut être programmée pour contrôler diverses tâches . Les micro-contrôleurs Arduino se composent généralement d'un processeur, d'une mémoire, d'entrées et de sorties numériques et analogiques et de circuits supplémentaires pour la communication et la programmation.

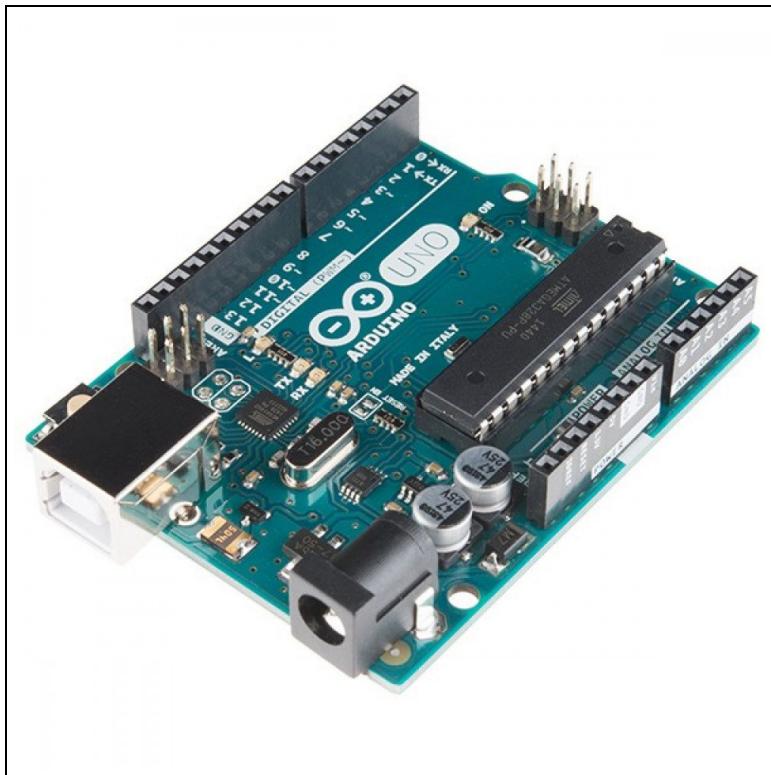


Figure 2.4: Arduino Uno [15]

## 2.4 Relais

Le relais est un composant électromécanique qui permet d'ouvrir ou fermer un contacteur et est un déclencheur de bas niveau 5V. que sera relais directement avec un Arduino d'un cote et de contacteur de l'autre cote . Comme c'est il n'y a pas des ventilateur de serres et électrovanne intelligentes et l'Arduino n'est pas compatible de déclencher des dispositifs de grands voltages d'électricité nous avons besoin de relais.



Figure 2.5: Déclencheur 5V[16]

## 2.5 Contacteur BE101 NP2

Un contacteur est un appareil électrotechnique destiné à établir ou interrompre le passage du courant, à partir d'une commande à distance. Il a la même fonction qu'un relais électromécanique, sauf que ses contacts sont prévus pour supporter un courant beaucoup plus important.



Figure 2.6: Contacteur BE101 NP2 [17]

## 2.6 Unité de commande

Dans notre système proposé est équipée d'un micro-contrôleur Arduino Uno , d'une connectivité réseau sans fil avec les capteurs , d'une mémoire pour stocker les données « application». Les unités de commande IoT peuvent être programmées pour surveiller en temps réel les données des capteurs, déclencher des actions en réponse à des événements, envoyer des alertes en cas de situations anormales et collecter des données pour l'analyse et la prise de décision soit localement ou niveau de l'Arduino ou bien dans le serveur.

## 2.7 Conclusion

Dans le contenu précédent nous avons précisé tous ce qui nous concerne dans notre système proposé et disponible dans le marché algérien , ce matériel nous aide à collecter les données en temps réel et les stockera dans une base de données.

# Présentation Général de Conception

## 3.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons détailler les différentes étapes du processus de conception pour la réalisation de le système proposé .Nous allons également discuter des technologies et des outils disponibles. Ansi nous avons divisé ce chapitre en deux phases. Dans la première phase qui intitulée la conception Hardware et la deuxième est Software.

## 3.2 Conception Hardware

Des dispositifs ou outils physiques utilisés dans le processus de conception et de réalisation du prototype proposé, ainsi que les matériels informatiques et autres dispositifs électroniques , se présente comme se qui suit.

### 3.2.1 Prototype de Système

Sur la base de l'étude des composants et le besoin fonctionnel de notre projet, présentée dans les chapitres précédents, on a put sélectionner les déférents composants (capteurs,..) et leur liaison avec ESP8266 (i.e. figure 3.1), qui va collecter les information provenant de ces capteurs a fin de les analyser et de réagir par conséquence aux événements en donnant des ordres au déférents composants électrique en temps réel. Tous les données et ordres enregistrés sont en suite envoyer à la machine relié au contrôleur système, par le biais un réseau local. Le système qui se trouve sur cette machine, (i.e. conception software) va les stocker et les analyser pour une future exploitation, par une machine Learning, pour une utilisation rationnelle de la serre.

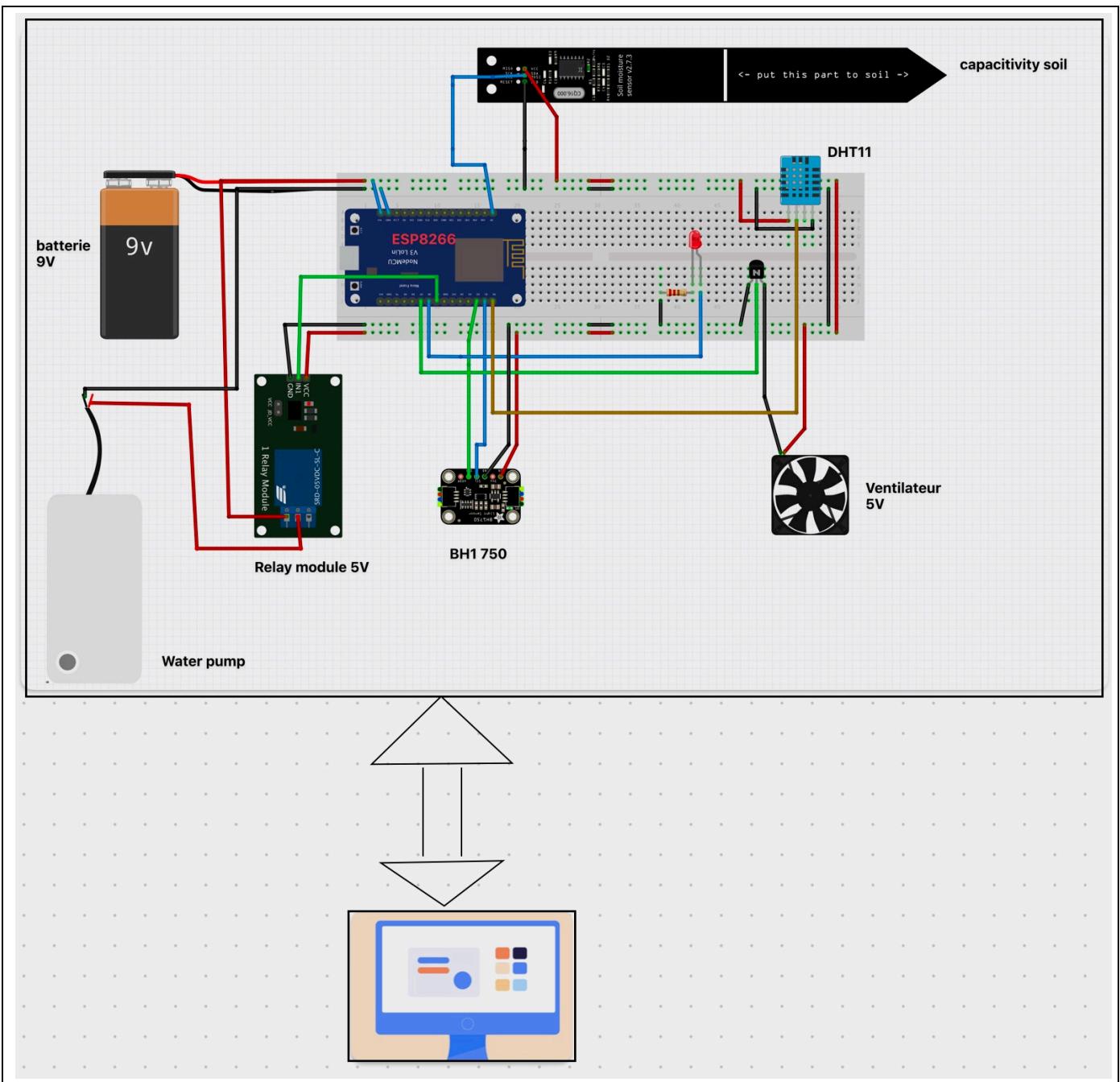


Figure 3.1: Prototype

### 3.3 Conception Software

La conception de logiciels est un processus critique pour le développement de logiciels efficaces, sûrs et fonctionnels. Elle implique l'élaboration de la structure, de l'architecture et de la fonctionnalité du logiciel. Notre projet, comme le montre dans le schéma de principe Hardware (i.e. Figure 3.1) et l'architecture globale du système (i.e. Figure 3.2)

prévoit deux parties de conception software à savoir :

**La conception software du micro contrôleur ESP8266** qui, selon la description fonctionnel de notre

projet présenté dans la section 3.3.1, à pour rôle de (i.e. future figure 3.3):

- Capter les paramètres de configuration provenant de la machine reliée au micro-contrôleur ESP8266 .
- Capter périodiquement les événements provenant des capteurs .
- Analyser ces événements et de réagir selon leurs situation .
- Informer la machine reliée au micro contrôleur ESP8266 de tout événement.

**La conception software du système** se trouve sur la machine relié au micro contrôleur ESP8266, qui selon les besoins fonctionnel de notre projet, présenté dans la section 3.3.2 à pour rôle de stocker/analyseur d'information enregistré par le contrôleur et qui se résume par :

- Capter les paramètres, ou information en provenance de l'utilisateur Humain par l'interface Humain .
- Informer le micro contrôleur ESP8266 de tout changement de paramètres par le biais de l'interface réseau .
- Capter les informations en provenance du micro contrôleur ESP8266, par le biais de l'interface réseau .
- Stocker toute les informations en provenance de l'utilisateur Humain et/ou le micro contrôleur ESP8266 .
- Analyser toute ces informations et informer l'utilisateur Humain par l'interface Humain sous la forme d'un tableau de bore décisionnel.

### 3.3.1 Architecture global du système

Sur la base de cette description fonctionnelle des rôles des deux parties software, l'architecture globale de notre prototype est comme indiqué sur la Figure suivante :

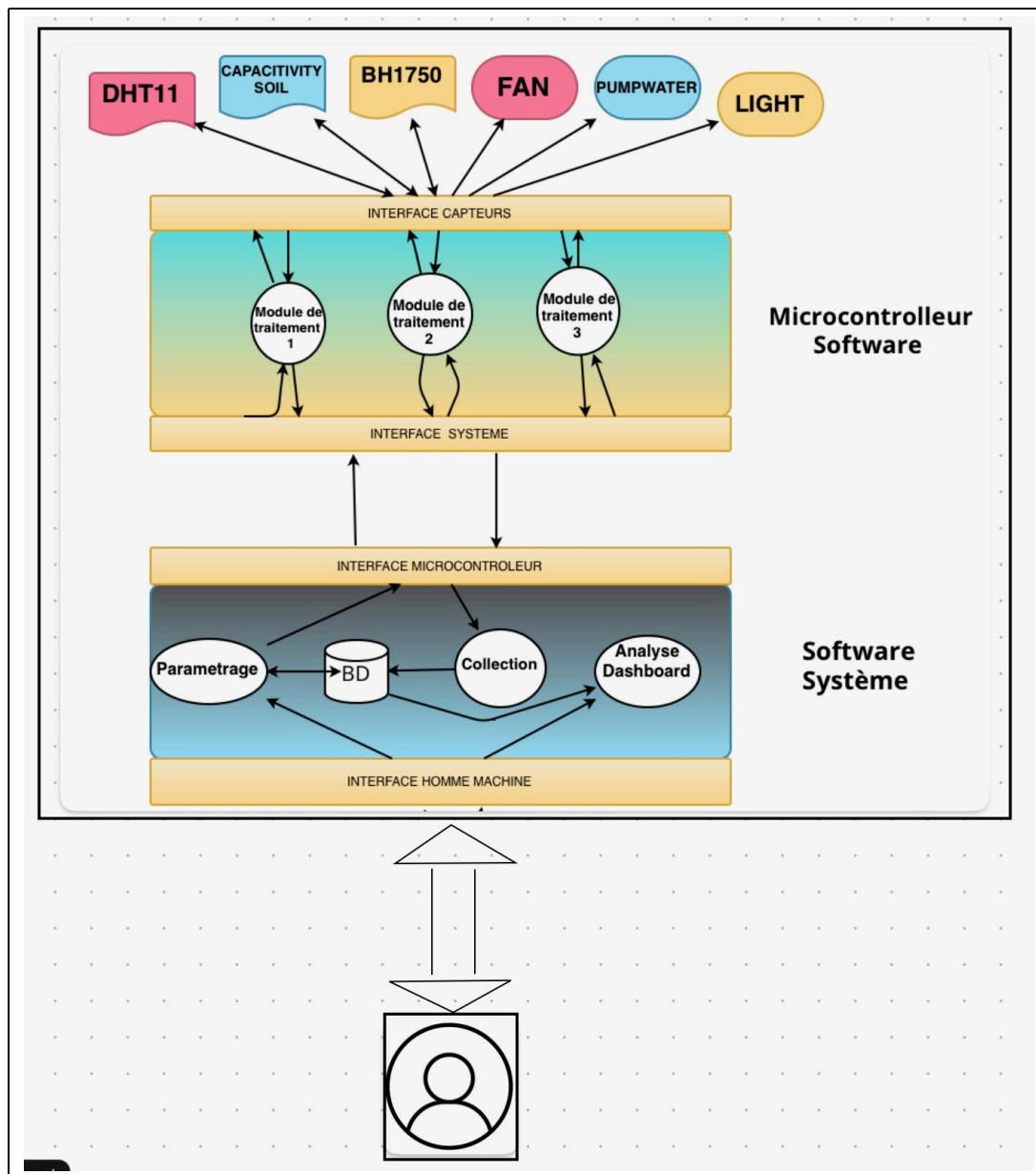


Figure 3.2: Architecture global du système

### 3.3.2 L'architecture Software du Micro-contrôleur

La décomposition de l'architecture Software du micro contrôleur ESP8266 est comme indiqué sur la Figure suivante :

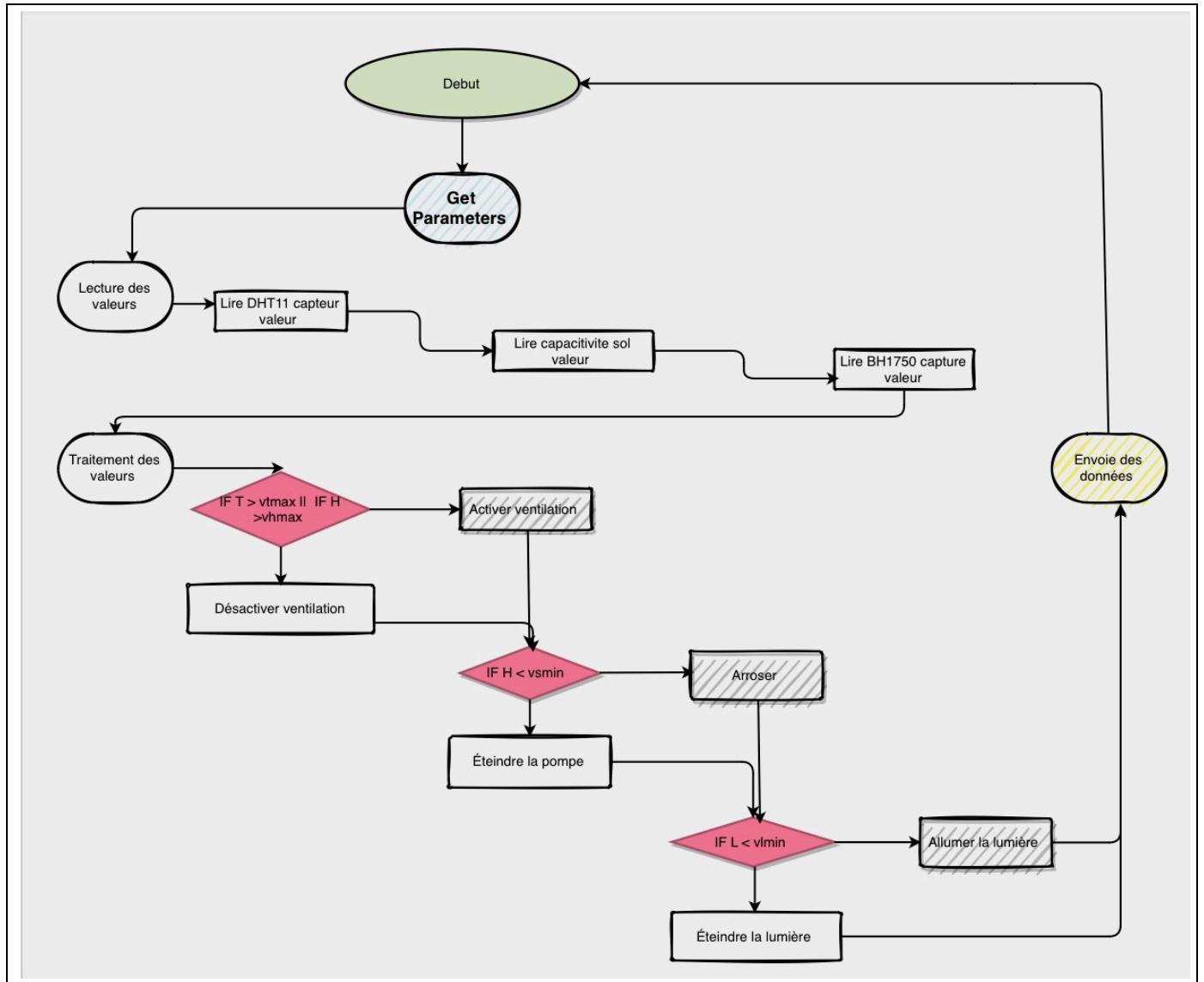


Figure 3.3: Architecture Software Micro-Controller

### 3.3.3 L'architecture Software du Stockeur/Analyseur

La décomposition de l'architecture Software du Système Stockeur/Analyseur des événements enregistrés est comme indiqué sur la Figure prochaine :

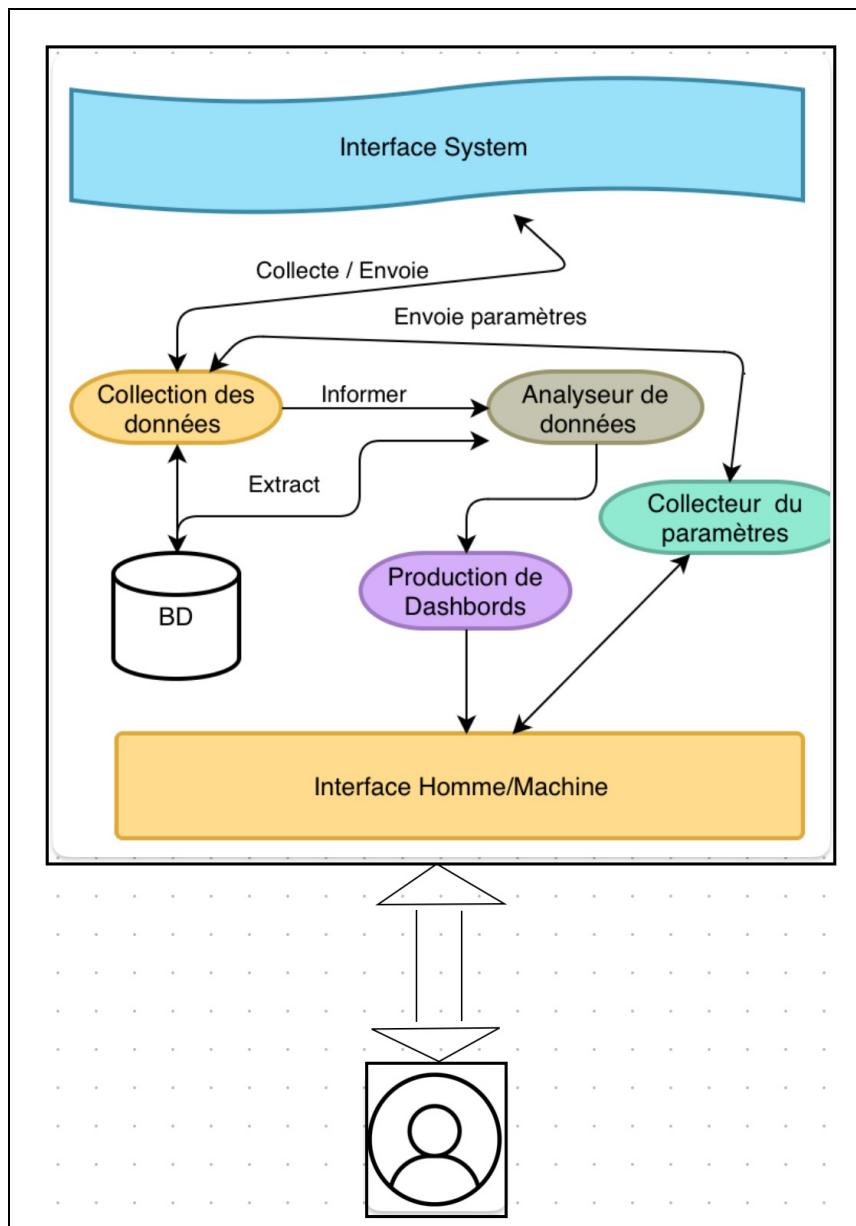


Figure 3.4: L'architecture Software du Stockeur/Analyseur

Il convient de noter que la conception du système est un processus complexe et nous serons la détailler par diagramme de classe et des diagrammes de séquence pour bien comprendre.

## 3.4 Diagramme de séquence

Les diagrammes de séquences permettent de décrire comment les éléments du système interagissent entre eux et avec les acteurs. Diagramme de séquence est d'identifier les objets et les acteurs, déterminez l'ordre des interactions, ajoutez les messages, incluez les conditions et les boucles. Il permet de comprendre comment les objets collaborent pour réaliser une fonctionnalité ou un processus donné.

### 3.4.1 Diagramme de séquence Micro-Controleur

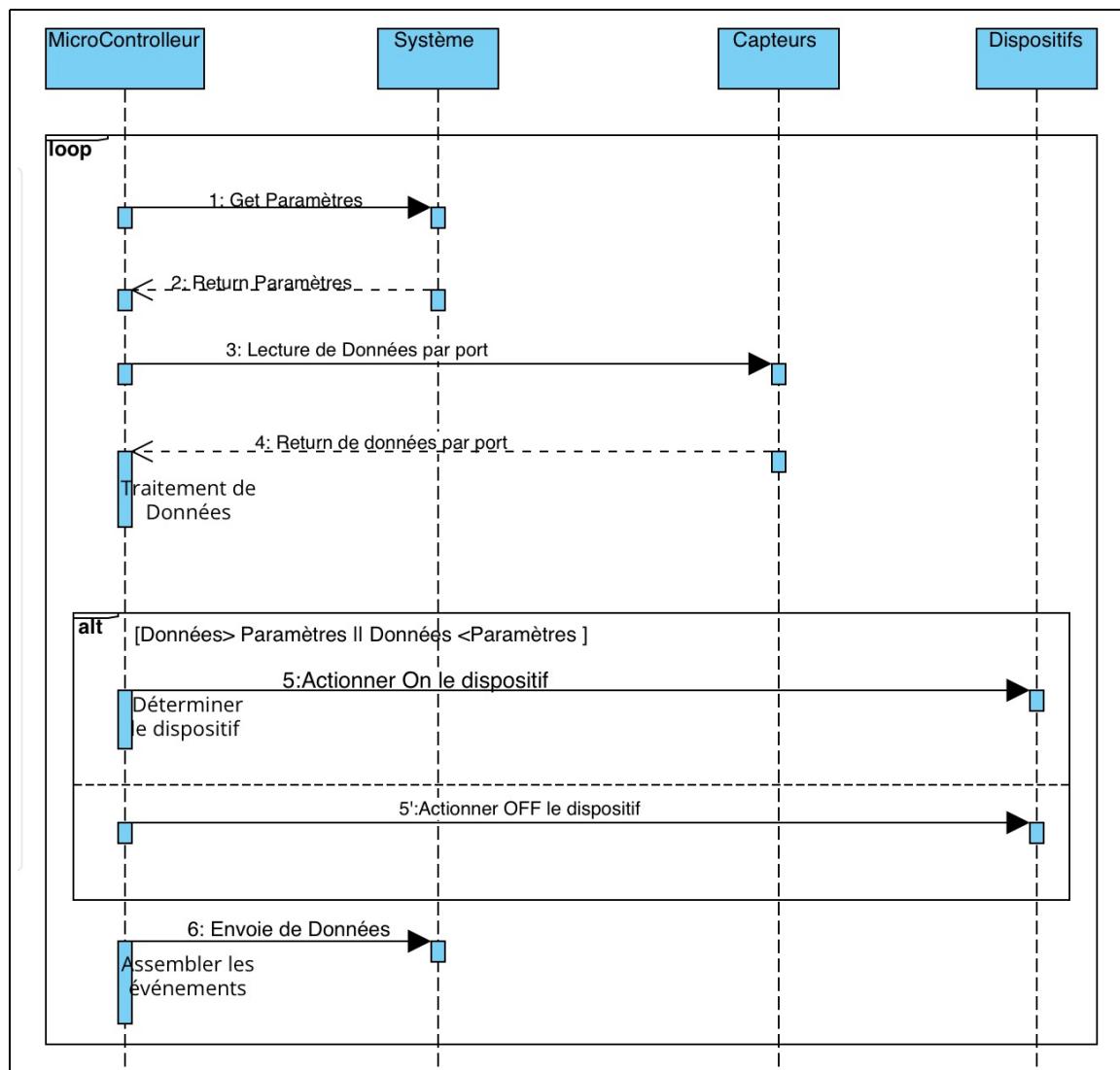


Figure 3.5: Diagramme de séquence Micro-Controleur

### 3.4.2 Diagramme de séquence Dashboard Des Évènements

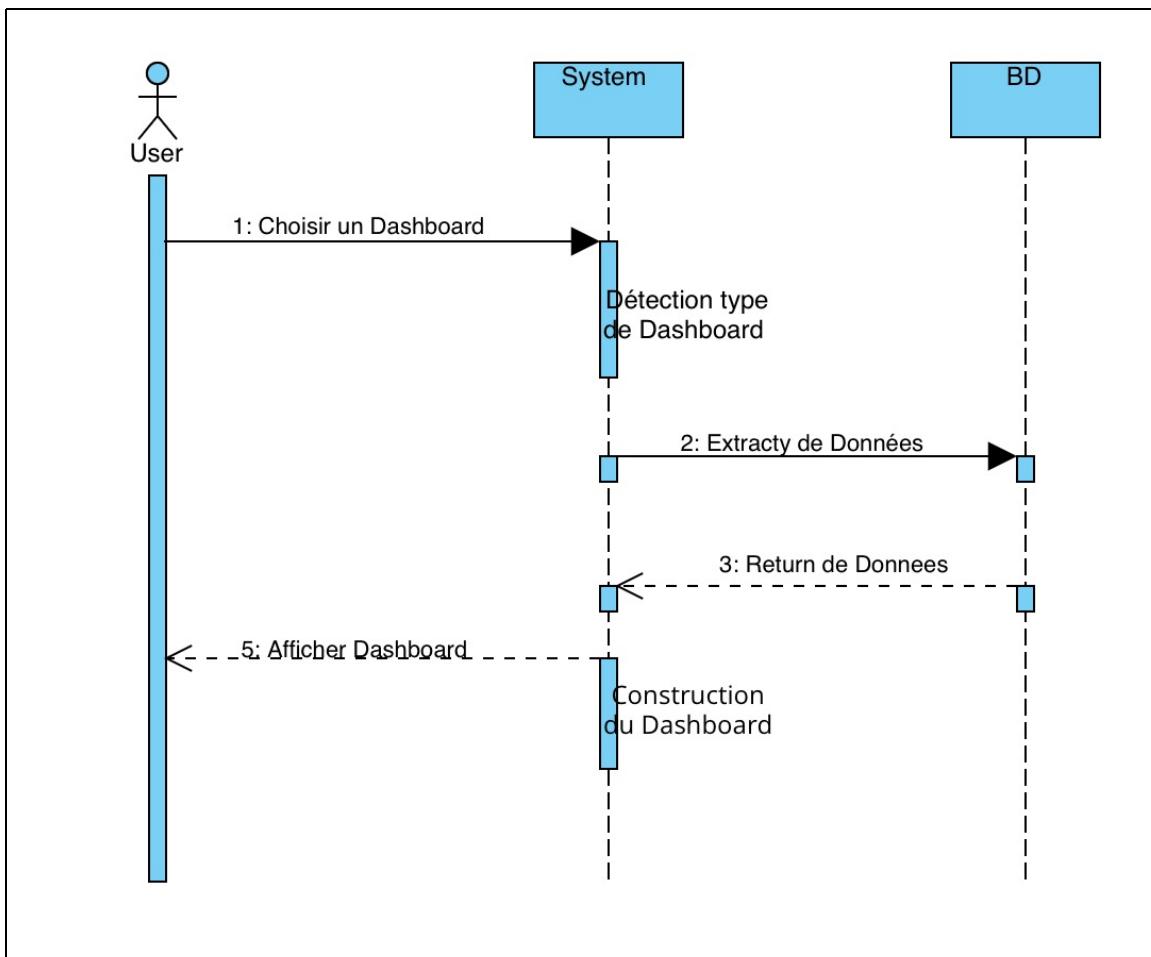


Figure 3.6: Diagramme de séquence Dashboard Des Évènements

### 3.4.3 Diagramme de séquence Dashboard Des décisions

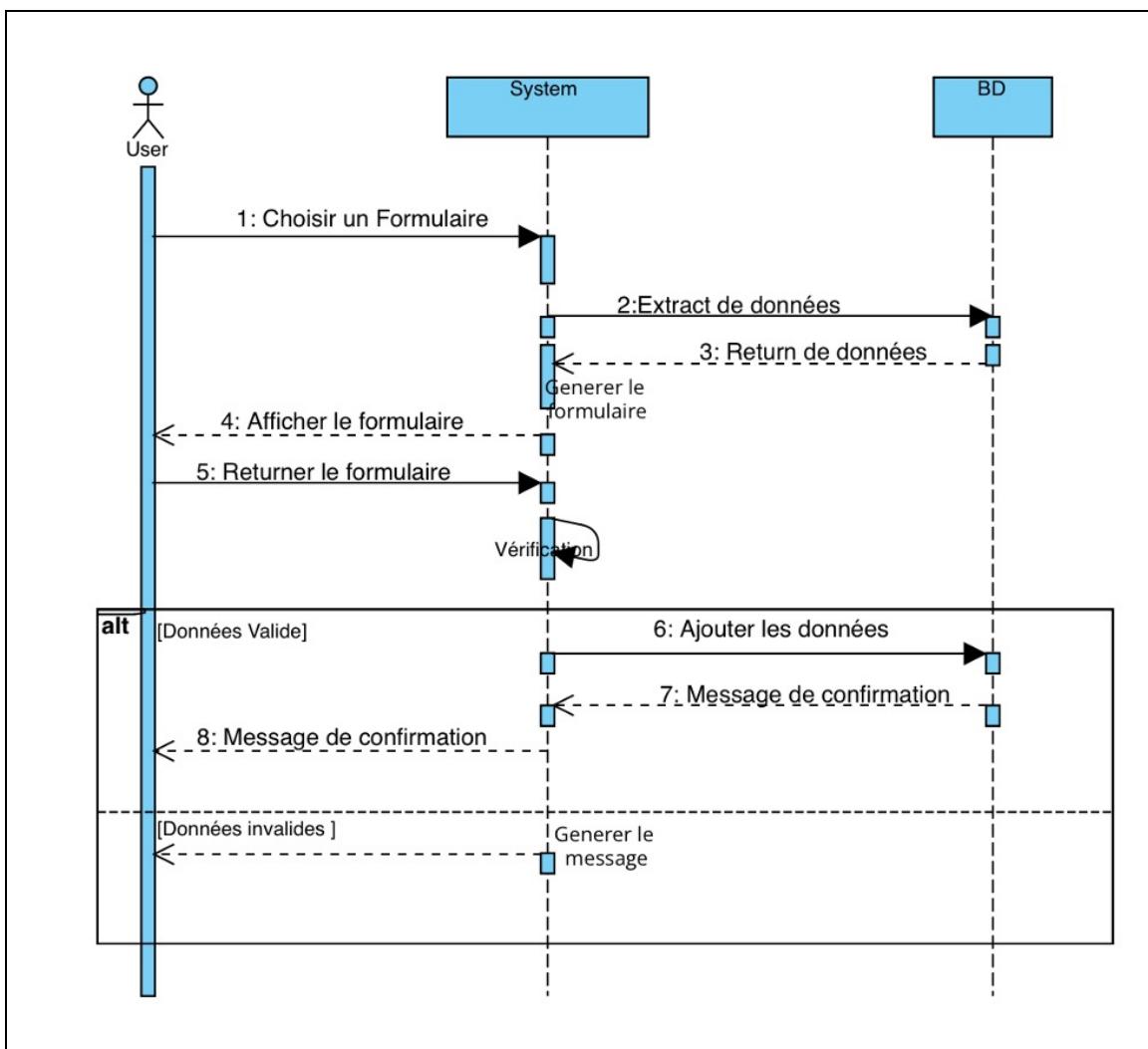


Figure 3.7: Diagramme de séquence Dashboard Des décisions

## 3.5 Diagramme de classes

Un diagramme de classes est un type de diagramme de modélisation qui représente les classes et les relations entre les classes. Il est utilisé dans la modélisation orientée objet pour visualiser la structure statique d'un système : les classes, les attributs, les opérations et les relations entre les classes. Notre diagramme du système figure prochaine :

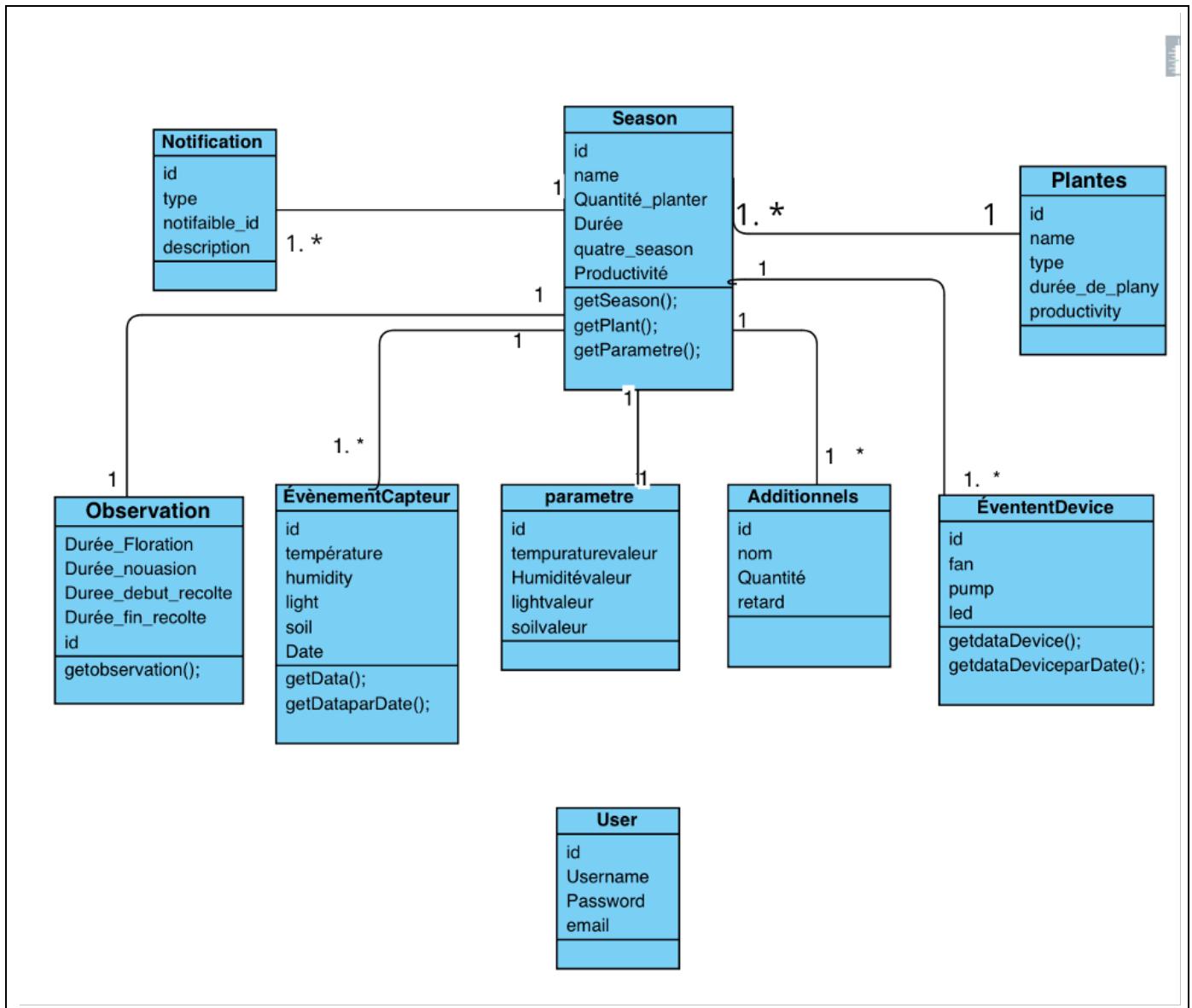


Figure 3.8: Diagramme de classe

## 3.6 Shéma de BD

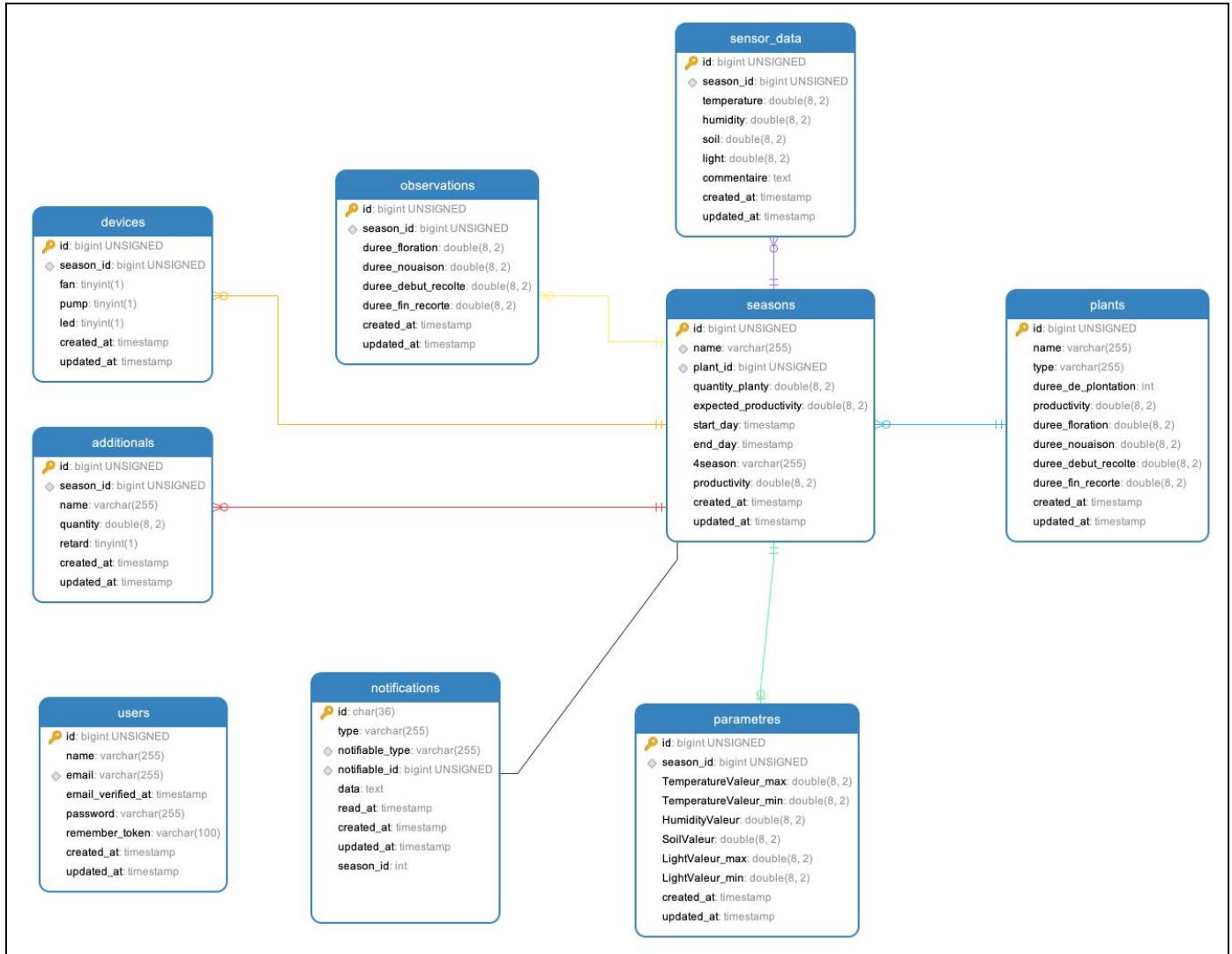


Figure 3.9: Shema BD

### **3.7 Conclusion**

Ce chapitre a couvert tous les détails structurels du système. On début , nous avons expliqué l'architecture globale du système et le principe de la solution . Ensuite, nous sommes entré dans les détails de chaque partie et nous avons fourni tout ce qui concernait la système . Dans le chapitre suivant, En décrire les résultats du projet, nous décrivons également l'organigramme et les technologies utiliser dans le système.

# Implémentation de : Smart Greenhouse

## 4.1 Introduction

Les chapitres précédent ont expliquées le software et le hardware utilisés et comment les deux interagissent. Dans cette partie nous allons présenter diverses technologies et les différentes interfaces de notre application et expliquer l'utilité de chacune d'entre elles.

## 4.2 Langages de programmation

### 4.2.1 PHP

PHP (officiellement, ce sigle est un acronyme récursif pour PHP Hypertext Preprocessor) est un langage de scripts généraliste et Open Source, spécialement conçu pour le développement d'applications web. Il peut être intégré facilement au HTML [18].



Figure 4.1: PHP logo

#### 4.2.2 C++

Le C++ est un langage de programmation permettant la programmation sous de multiples paradigmes comme la programmation procédurale, la programmation orientée objet et la programmation générique. C++ est actuellement le 3e langage le plus utilisé au monde. Le langage C++ n'appartient à personne et par conséquent n'importe qui peut l'utiliser sans besoin d'une autorisation ou obligation de payer pour avoir le droit d'utilisation [19].

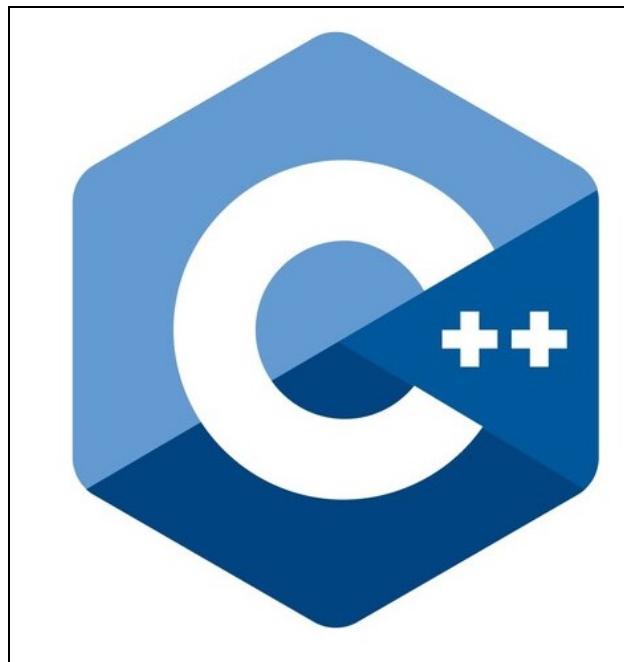


Figure 4.2: C++ logo

## 4.3 Framework

### 4.3.1 Laravel

LARAVEL est un Framework du langage de programmation PHP. Crée par Taylor Otwell, ce framework regroupe les meilleures librairies utiles pour créer un site web. En outre, l'excellent framework laravel intègre aussi bien d'autres fonctionnalités exclusives. C'est notamment le cas de son moteur de template Blade [20].

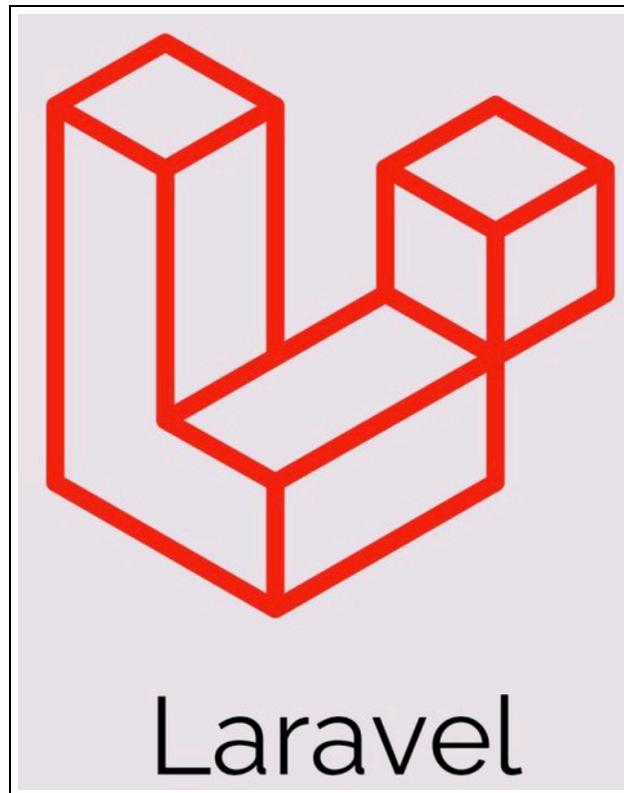


Figure 4.3: Laravel Logo

## 4.4 Environment

### 4.4.1 Arduino IDE

L'environnement de développement intégré Arduino - ou logiciel Arduino (IDE) contient un éditeur de texte pour écrire du code, une zone de message, une console de texte, une barre d'outils avec des boutons pour les fonctions courantes et une série de menus. Il se connecte au matériel Arduino pour télécharger des programmes et communiquer avec eux [21].



Figure 4.4: Arduino IDE

#### 4.4.2 Visual Studio Code

Visual Studio Code est un éditeur de code extensible développé par Microsoft pour Windows, Linux et macOS3. Le code source de Visual Studio Code provient du projet logiciel libre et open source VS Code de Microsoft publié sous la licence MIT permissive [22].

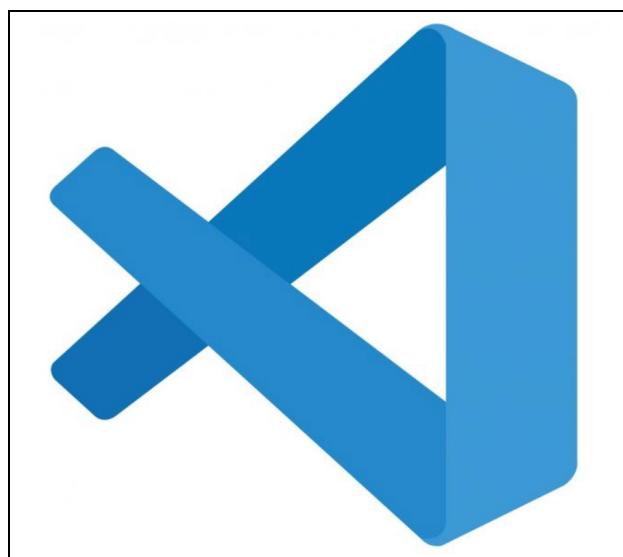


Figure 4.5: VS code logo

#### 4.4.3 Visual paradigm

Visual Paradigm Online est un outil de conception de diagrammes en ligne en vue d'une programmation. Il est capable de prendre en charge de nombreux diagrammes commerciaux et techniques comme UML, BPMN, URD, DFD et SysML. Cette plateforme possède une interface graphique simplifiant la manipulation de ses fonctionnalités, et s'adapte à votre manière de travailler [23].

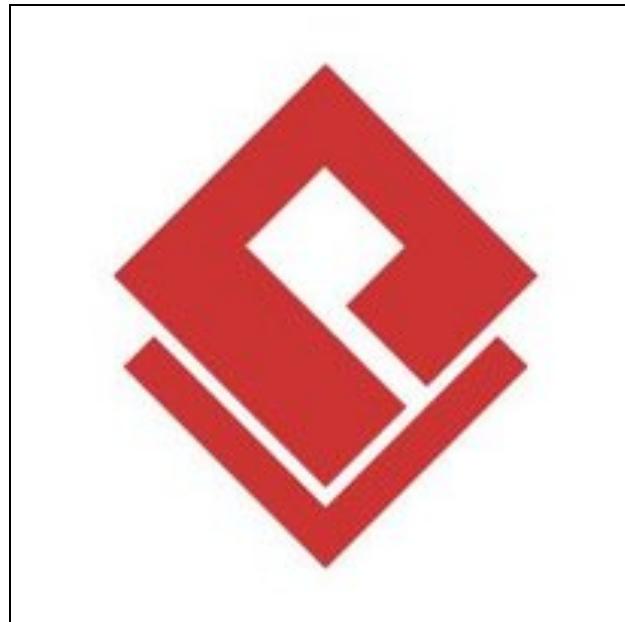


Figure 4.6: Visual Paradigme logo

#### 4.4.4 Fritzing

Fritzing est un logiciel libre de conception de circuit imprimé permettant de concevoir de façon entièrement graphique le circuit et d'en imprimer le typon [24].

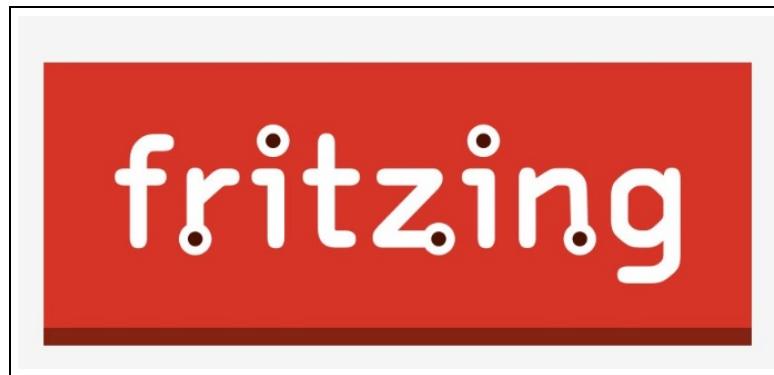


Figure 4.7: Fritzing logo

### 4.5 SGBD

#### 4.5.1 MySQL

MySQL est un Système de Gestion de Base de Données (SGBD) parmi les plus populaires au monde. Il est distribué sous double licence, une licence publique générale GNU et une propriétaire selon l'utilisation qui en est faite. La première version de MySQL est apparue en 1995 et l'outil est régulièrement entretenu. [25]



Figure 4.8: MySQL logo

## 4.6 Protocole

### 4.6.1 API

L'API est une solution informatique qui permet à des applications de communiquer entre elles et de s'échanger mutuellement des services ou des données [26].

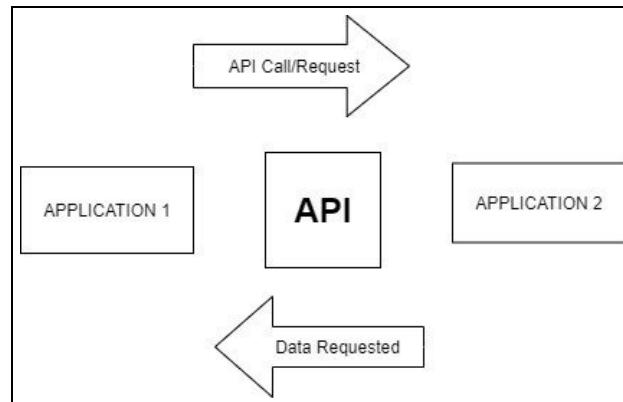


Figure 4.9: API Protocol

#### 4.6.2 MVC

Modèle-vue-contrôleur ou MVC est un motif d'architecture logicielle destiné aux interfaces graphiques, lancé en 1978 et très populaire pour les applications web. Le motif est composé de trois types de modules ayant trois responsabilités différentes : les modèles, les vues et les contrôleurs.

- Un modèle (Model) contient les données à afficher .
- Une vue (View) contient la présentation de l'interface graphique .
- Un contrôleur (Controller) contient la logique concernant les actions effectuées par l'utilisateur.[27]

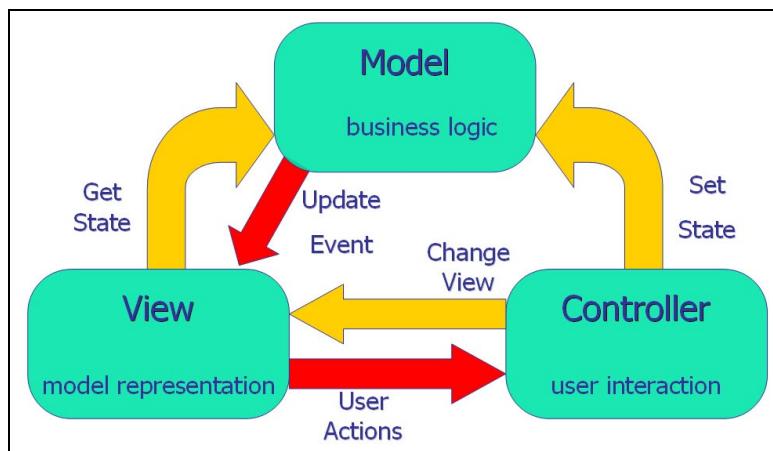


Figure 4.10: MVC

## 4.7 Application Serveur

Notre application implémenter sous forme client serveur . Ce serveur communique avec le micro-controlleur a travers l'api mentionnée 4.6.1 . Ce même serveur communique avec l'utilisateur a travers application web mentionnée en 4.8. Ce même serveur tourne sous le serveur d'application PHP .

## 4.8 Web Application

L'application permet aux utilisateurs de connaître toutes les évolutions de leurs exploitations, telles que la température de l'exploitation, l'humidité , humidité de sol et valeur du lumière . Après son implémentation en PHP nous citons quelques pages web du système proposé .

## 4.9 Réalisation

Comme indiqué précédemment, notre projet est composée de deux partie à savoir une partie Hardware qui permet de collecter les information nécessaire à une culture saisonnière et une deuxième software qui permet de traiter les information collecter du Hardware et de l'utilisateur .

### 4.9.1 Partie Hardware

Pour répondre au besoin de notre cahier de charge un prototype a été réalisé comme indique sur la figure suivant .

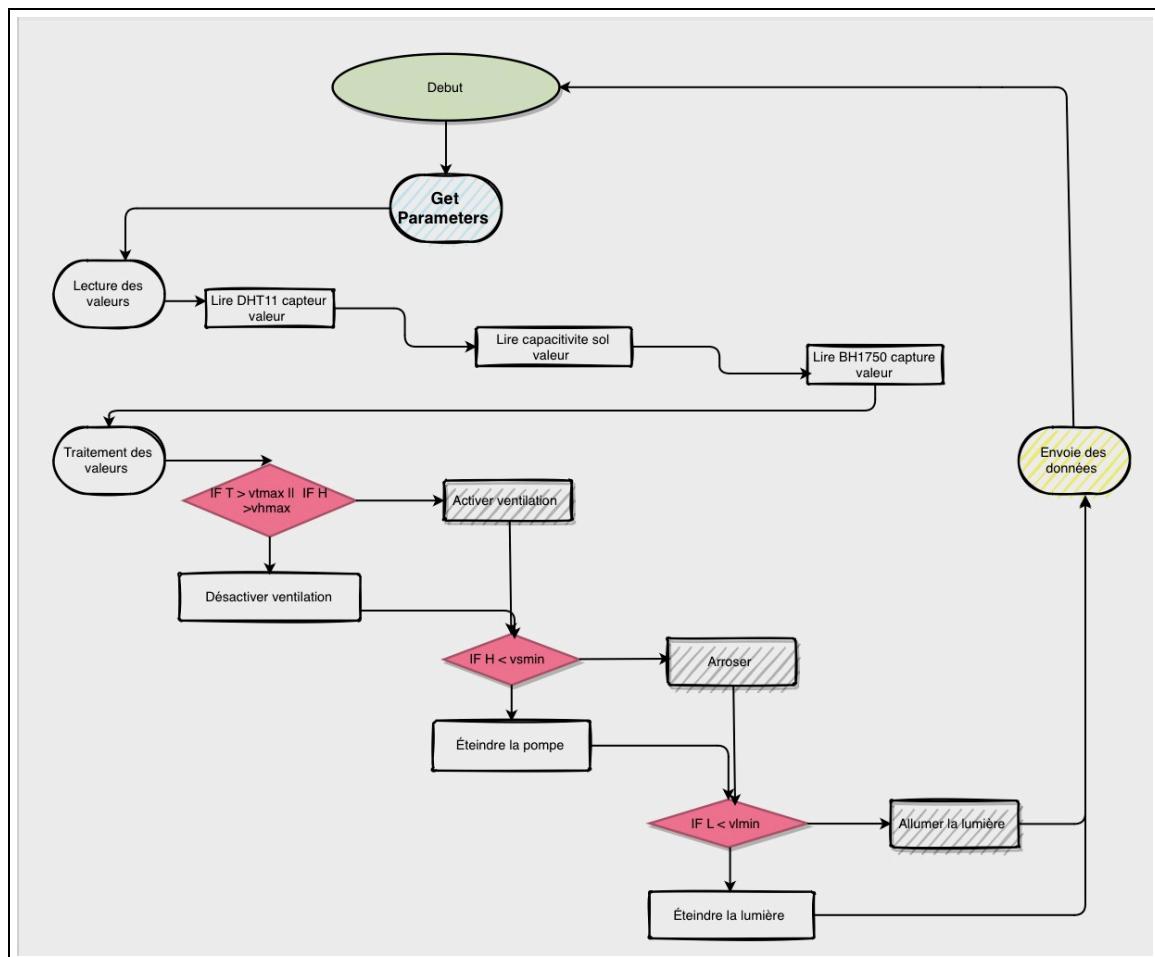


Figure 4.11: Prototype En cours ...

Ce prototype a été réalisé et tester sur un certain nombre de condition d'enivrement. Ce test a répondu positivement aux différents exigence.

## 4.9.2 Partie Software

### 4.9.2.1 Utilisation du système

#### 1- Authentification :

Tout utilisateur de notre système doit passer par une authentification comme indiquée par la page web suivant :

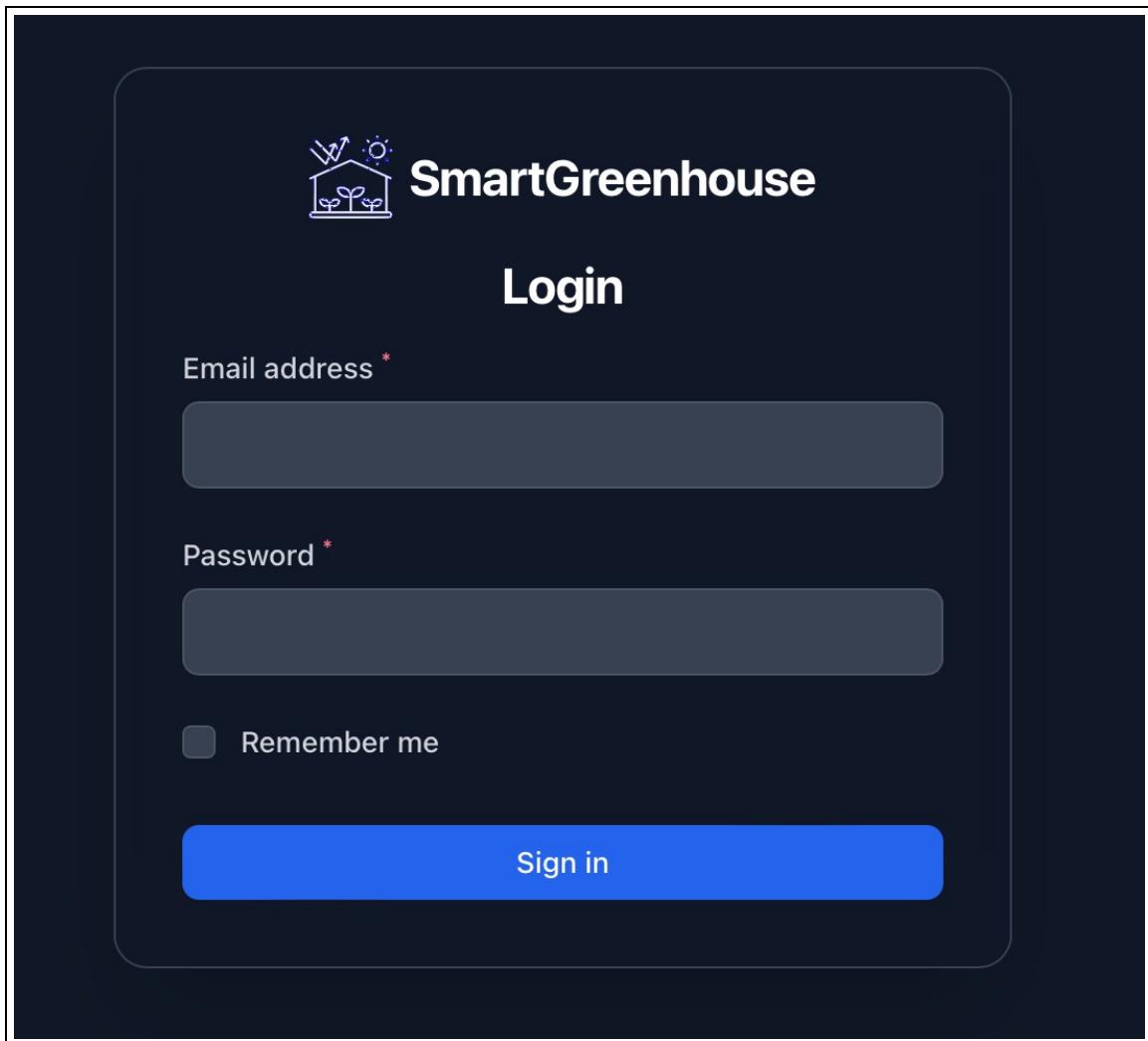


Figure 4.12: Login Page

**2- Page d'accueil :** Une fois l'utilisateur authentifier, la page d'accueil est afficher (voir figure 4.13). Cette page web illustre toutes les opérations prévus par ce système. De plus cette page visualise quelque informations standard sous forme textuelle et graphique .

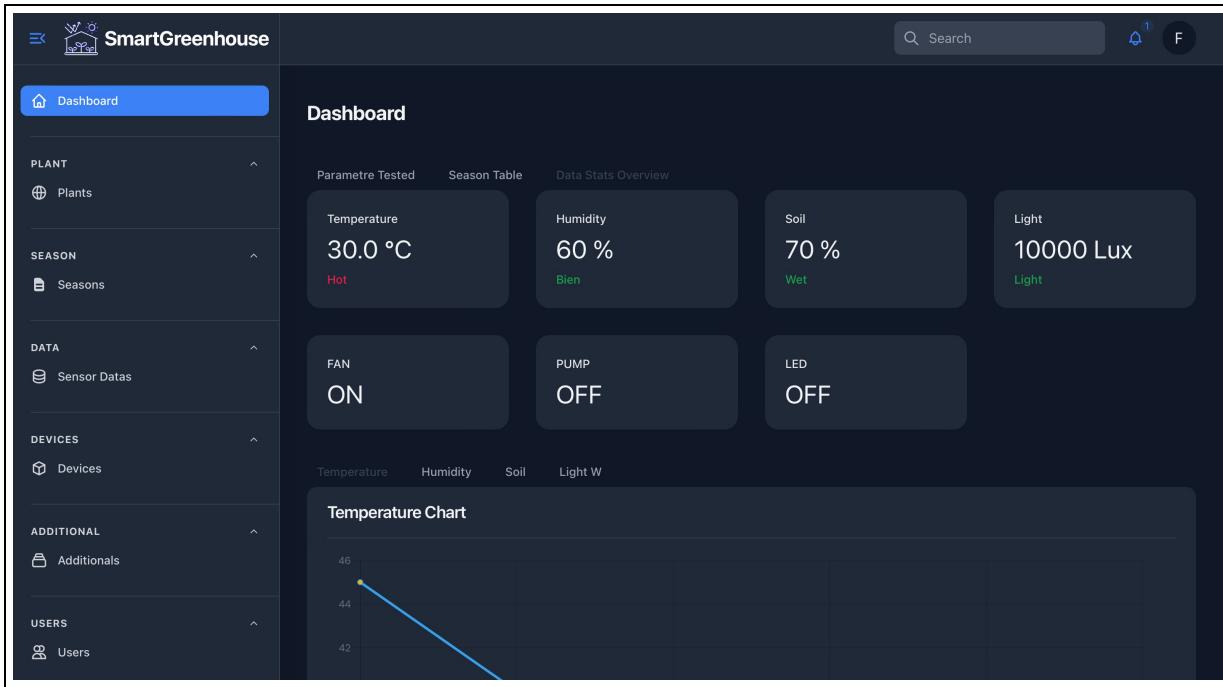


Figure 4.13: Home Page

#### 4.9.2.2 Introduction du données

##### 1- Formulaire de création d'une nouvelle saison du culture :

A chaque nouvelle saison, l'utilisateur doit initier cette dernière on introduisent les données nécessaire comme indiquer sur la figure suivant :

This is a screenshot of a "Create New Season" form. The fields are as follows:

- Name \*
- Plant Name \*
- Select an option
- Start day \*
- Select a date
- End day \*
- Select a date
- Quantity Planty \*
- KG
- Expected Productivity \*
- KG
- Les quatre saisons \*
- Select an option

At the bottom are three buttons: **Create** (blue), **Create & create another**, and **Cancel**.

Figure 4.14: Create New Season

## 2- Réglage des paramètres :

L'utilisateur peut également modifier les paramétrage de la saison à tout instant en utilisant la page web suivant .

The screenshot shows a dark-themed dialog box titled 'Edit parametre'. It contains four input fields for setting parameters:

- Temperature valeur max \*: 28 °C
- Temperature valeur min \*: 15 °C
- Humidity valeur \*: 75 %
- Soil valeur \*: 40 %
- Light valeur max \*: 20000 lux
- Light valeur min \*: 10000 lux

At the bottom are two buttons: 'Save changes' (blue) and 'Cancel'.

Figure 4.15: Edit Parametre

### 4.9.2.3 Notification

Utilisateur est notifier pour toute anomalies du hardware.

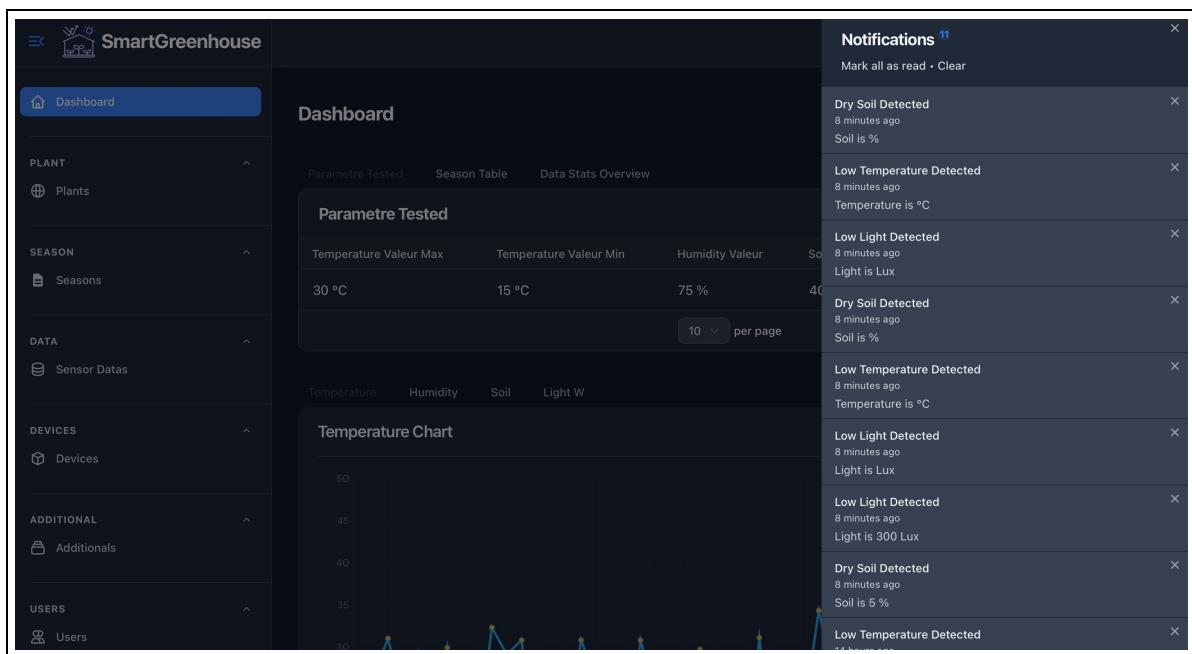


Figure 4.16: Notification Center

#### 4.9.2.4 Dashboards

Le menu de page d'accueil offre un certain nombre de dashboard dont voici quelque

##### 1- Dashboard des évènements de données

The screenshot shows a table of sensor data with the following columns: ID, Season ID, Temperature, Humidity, Soil, Lux, and Date. The data is as follows:

ID	Season ID	Temperature	Humidity	Soil	Lux	Date
1	1	17.79999924 °C	52 %	3 %		
2	1	17.70000076 °C	52 %	2 %		
3	1	17.70000076 °C	52 %	2 %		
4	1	17.89999962 °C	54 %	2 %		
5	1	18.10000038 °C	54 %	55 %		
6	1	18.10000038 °C	53 %	55 %	53 lux	May 17, 2023 12:24:38
7	1	18.20000076 °C	52 %	55 %	876 lux	May 17, 2023 12:24:52
8	1	18.29999924 °C	52 %	55 %	370 lux	May 17, 2023 12:25:05
9	1	18.29999924 °C	52 %	55 %	20 lux	May 17, 2023 12:25:19
10	1	18.39999962 °C	51 %	55 %	8255 lux	May 17, 2023 12:25:32

Created from: [ ]  Today  Last week

Created until: [ ]  Today  Last week

Reset filters

Show 1 to 10 of 201 results | 10 per page | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | ... | 20 | 21 | >

Figure 4.17: SensorData Dashboard

Ce Dashboard visualise les évènements qui ont eu lieu durant une période .

##### 2- Dashboard Graphe linière

Ce Dashboard affiche des courbes graphiques montrant les valeurs de température, d'humidité , humidité de sol et valeur du lumière durant la saison.

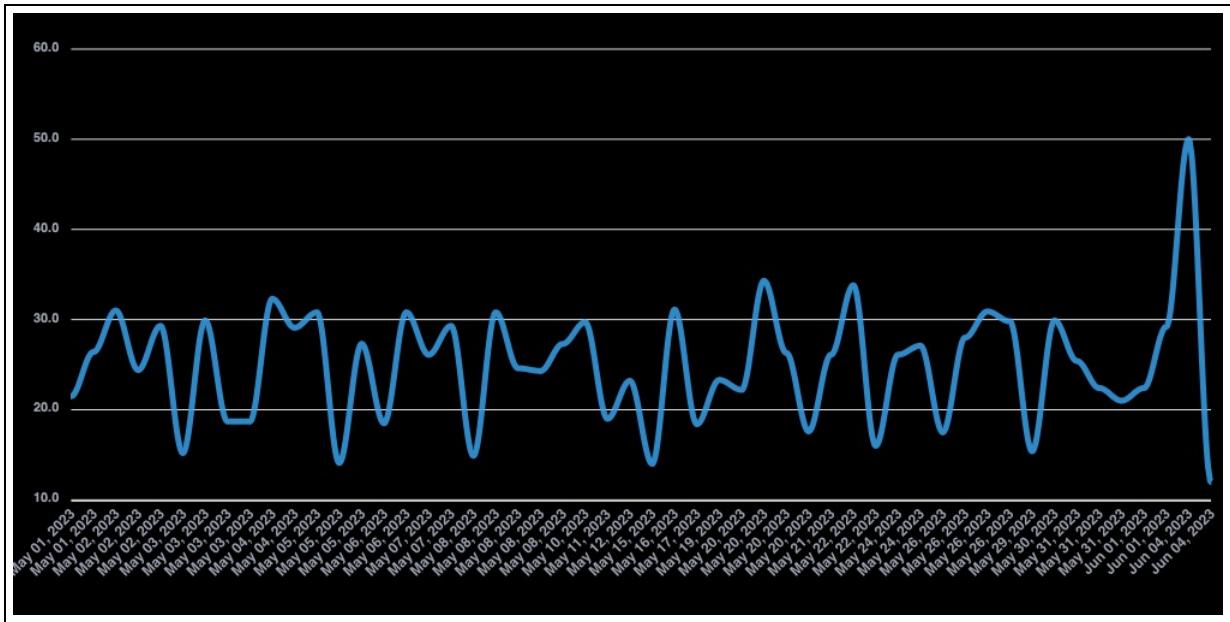


Figure 4.18: Graphe Linear de Temperature

il peut filtrer par date :

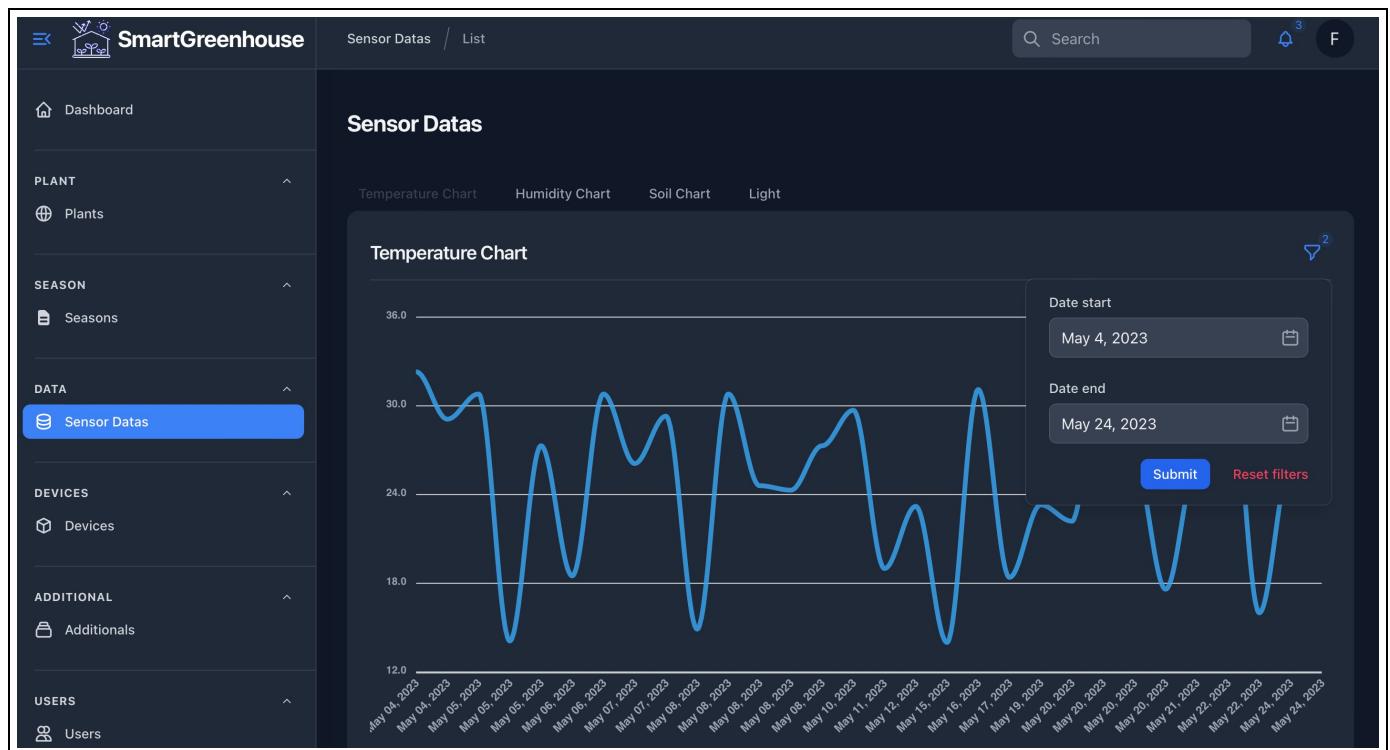


Figure 4.19: Graphe Linear de Temperature Filtré

### 3- Dashboard des états tous dispositifs

Un Dashboard de visualisation des statuts de tous les dispositifs disponible dans le système hardware

ID	Season Name	FAN	PUMP	LED	Created	FAN
1	Season 1	✗	✓	✓	Jun 6, 2024	All
2	Season 1	✗	✓	✓	Jun 6, 2024	All
3	Season 1	✗	✗	✓	Jun 6, 2024	All
4	Season 1	✗	✗	✗	Jun 6, 2024	All
5	Season 1	✓	✗	✗	Jun 6, 2024	All
6	Season 1	✓	✓	✓	Jun 6, 2024	All

Showing 1 to 6 of 6 results 10 per page

▼

FAN  
All

PUMP  
All

LED  
All

Created from  
All

Created until  
All

Today

Last week

Figure 4.20: Devices Data

### 4- Dashboard Saison Vue

Dans ce Dashboard en présente les informations de saison choisi ainsi que tout les relations liée à cette saison comme paramètre, évènement de données, évènements de dispositifs, additionnels et observation.

**View Season 1**

**Edit**

Name *	Season 1
Plant Name *	Tomato
Start day *	May 15, 2023
End day *	Jun 30, 2023
Quantity Planty *	20
Expected Productivity *	100
Les quatre saisons *	Été
Productivity	0

Parametres    Sensordata    **Device**    Extra    Observation

**Device**

ID	Season Name	FAN	PUMP	LED	Created at
1	Season 1	🕒	🕒	🕒	Jun 6, 2023 10:58:20
2	Season 1	🕒	🕒	🕒	Jun 6, 2023 12:19:52
3	Season 1	🕒	🕒	🕒	Jun 6, 2023 12:19:56
4	Season 1	🕒	🕒	🕒	Jun 6, 2023 12:20:00
5	Season 1	🕒	🕒	🕒	Jun 6, 2023 12:20:02
6	Season 1	🕒	🕒	🕒	Jun 6, 2023 12:20:15

Showing 1 to 6 of 6 results    10 per page

Current Week  
2

duree floraison  
4 week

duree nouaison  
6

duree debutrecolte  
8

duree fin recolte  
10

Figure 4.21: Season View

## 4.10 Conclusion

En utilisons les outils et les langages indique dans ce chapitre, un prototype (Hardware et Software) a été réalisé et tester sous diffèrent condition environnementale et a donné satisfaction.

## Conclusion Général

L'internet des objets (IoT) est une technologie révolutionnaire qui permet à des objets physiques de collecter, de communiquer et d'interagir avec le monde numérique. Il s'agit d'un réseau de dispositifs connectés qui peuvent échanger des données et effectuer des actions autonomes en fonction de ces données. L'IoT repose sur l'utilisation de capteurs, de réseaux pour la communication et de logiciels pour permettre la connectivité entre les objets et mettre l'échange d'informations facile.

Notre projet vise l'agriculture intelligente en général et les SI particulièrement. Le projet a mis en place un système intelligent de contrôler et automatisé les actions des cultures afin de notre objectifs étaient d'améliorer la productivité, l'efficacité et la durabilité de l'agriculture et comme présenté au introduction général "objectifs" :

- 1- Une étude a été réalisée sur la production de la tomate industrielle et des paramètres a été ressorties pour l'agriculture du tomate sous serres.
- 2- Ce système répond à des exigences de culture sous serres et se base d'une partie sur Hardware qui est représenté par des capteurs dans l'intention de collecter les données à travers l'Arduino .
- 3- Des taches automatiser avec certain dispositifs électroniques après le collecte et le traitement des données sous des conditions a fin de l'envoyer à l'application serveur.
- 4- D'autre part, le côté Software, ceci nous a permis de réaliser une maquette basée sur Arduino et d'un système Client Serveur interfaçer d'une partie a cette maquette et d'autre partie a l'utilisateur sous forme Web. Le système récupéré les données pour l'objectif de les exploiter au l'utilisateur, de les stocker afin d'analyser futurement et pour suivre l'évolution de la saison.
- 5- Notre système a été tester sur plusieurs conditions et donne satisfaction. Le taux de réalisation de ce prototype est d'enivrant 80 %. Vu que seulement quelque capteurs ont été utilisé et non pas la totalité pour une agriculture sous serre .

## Perspectives

En guise de perspectives, nous comptons en premier, d'intégrer plus des dispositifs électriques pour donner à l'utilisateur un contrôle complet de son environnement. Puis, nous aura développer les points suivants futurement :

- Renforcer la maquette par des capteur qui manquant comme chauffage , AC ...
- Faire évoluer le système pour qu'il puisse serve plusieurs personnes.
- Intégrer des solutions basées sur l'apprentissage automatique pour analyser et traitement des données.
- Intégration des énergies renouvelables.

**En conclusion**, ce projet final nous a été très bénéfique, et nous avons acquis diverses connaissances et compétences en matière de : synthétiser des documents scientifiques, concevoir et modéliser des projets informatiques, notamment programmer avec différents outils et plateformes. Nous espérons que ces compétences nous aideront à l'avenir, et nous espérons que ce travail sera une référence pour ceux qui veulent développer des systèmes dans ce domaine avec d'autres fonctionnalités. manière automatisée.

---

## Références

- [1] Bureau Business France d'ALGER , "Point sur l'agriculture en 2020 - Algérie" , Presse République Française Liberté Égalité Fraternité , 10 Janvier 2021 (<https://ume.la/1gGgfr>).
- [2] Une serre agricole (<https://ume.la/vJQB16>).
- [3] Exemple de calendrier de production de la tomate , Anne Weill et Jean Duval,Module 4, Production de transplants et de légumes en serres - Chapitre 7, « Cultures en serre », manuscrit du Guide de gestion globale de la ferme maraîchère biologique et diversifiée, page 2.
- [4] Anne Weill et Jean Duval,Module 4, Production de transplants et de légumes en serres - Chapitre 7, « Cultures en serre », manuscrit du Guide de gestion globale de la ferme maraîchère biologique et diversifiée, page 4.
- [5] Article sur Nutrition de la tomate "Principes agronomiques de la tomate" , Knowl- edge grows yara france,paragraph 2. (<https://ume.la/WXiNWQ>).
- [6] Lumiere serres (<https://ume.la/EKMJVZ>).
- [7] Antoine de France Serres, Article « La culture de tomates de A à Z » (<https://ume.la/my8elh>).
- [8] OierSuamme, article "Tomate sous tunnel",janvier 2013 (<https://ume.la/pOTVXZ>).
- [9] irrigation goutte-a-goutte (<https://ume.la/MAUKYO>).
- [10] Alexander S. Gillis, "What Is IoT (Internet of Things) and How Does It Work?" IoT Agenda, TechTarget,11 Feb 2020. (<https://ume.la/P64Xw3>).
- [11] Article written by shivalibhadaniya and translated by Acervo Lima,"Caractéristiques de l'Internet des objets",StackLima,juillet 5, 2022. (<https://ume.la/YhvW7R>).
- [12]Capteur d'humidité Température numérique DHT22 . (<https://ume.la/0Rgym6>)
- [13] CAPTEUR DE LUMIÈRE TSL2561. (<https://ume.la/y6kRpZ>)
- [14] Capteur d'humidité du sol. (<https://ume.la/dI7FZk>)
- [15] Arduino uno . (<https://ume.la/HgTH8Q>)
- [16] Relais . (<https://ume.la/GPYhEA>)
- [17] CONTACTER BE101 NP29 . (<https://ume.la/1hCdDU>)
- [18] Article "Qu'est ce que php ?" (<https://ume.la/SyzRps>)

- [19] Bjarne Stroustrup, Article "C++", 1983 (dernière révision en 2008) (<https://ume.la/9ZNoPp>)
- [20] Agence digital PAPPLEWEB, Article " Définition de LARAVEL (<https://ume.la/9FLSx8>)
- [21] Article "Arduino Integrated Development Environment (IDE) v1 (<https://ume.la/mNdbIA>)
- [22] Wikipedia , Article "Visual Studio Code" 25 février 2023,(<https://ume.la/hjnHpP>)
- [23] Article "Qu'est-ce que Visual Paradigm Online ?", (<https://ume.la/KsYyTL>)
- [24] Wikipedia ,Article "Fritzing" , (<https://ume.la/eGOVGe>)
- [25] Article "MySQL", (<https://ume.la/zie02y>)
- [26] JDN,Article "API (interface de programmation) , (<https://ume.la/RGPDkI>)
- [27] wikipedia ,Article "Modèle-vue-contrôleur",(<https://ume.la/muacZ6>)