



REPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

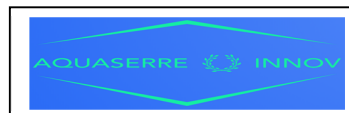
## UNIVERSITÉ IBN-KHALDOUN DE TIARET

FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES  
DÉPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE  
MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme de Master  
Domaine : Sciences et Technologie  
Filière : Automatique  
Spécialité : Automatique et informatique Industrielle

### En vue de créer une startup

AquaSerre Innov



Préparé par :  
OUAHRANI Nacira

Sur le thème

---

**La conception d'un système intelligent pour anticiper et prédire les maladies des plantes dans une serre aquaponie alimentée par un système photovoltaïque (PV).**

---

Devant le jury composé de :

Noms et Prénoms	Grade	Qualité
HASSAINE Said	Pr	Président
ALLAOUI Tayeb	Pr	Encadrant
MAASACRI Mustapha	MCB	Co-Encadrant
OTHMANI Redouane	MAA	Examinateur
GUEMMOU Mohamed	MCA	Représentant de l'incubateur
BOUDALI Abdelkader	Directeur de CC Tiaret	Représentant du partenaire Economique

Année universitaire : 2023-2024

## **Remerciements**

*Au nom d'Allah, le Miséricordieux, le Compatissant Ayant été béni par Allah pour l'achèvement de ce travail, je me tourne avant tout vers Allah le Tout-Puissant avec toutes les couleurs de la louange et de la reconnaissance pour la générosité qu'Il m'a accordée, et j'espère qu'Il perpétuera ses bénédictions et sa générosité à mon égard, conformément à la parole du Prophète (que la paix soit sur lui) : "Quiconque souhaite rencontrer Allah le Tout-Puissant alors qu'Il est satisfait de lui, qu'il fasse l'éloge d'Allah le Tout-Puissant" : Je tiens à exprimer mes remerciements, mon appréciation et ma gratitude à mon encadrant , **Pr. Allaoui Tayeb**, pour avoir supervisé ce rapport, pour ses efforts considérables et pour ses précieux conseils, pour lesquels j'éprouve la plus grande reconnaissance et le plus grand respect.*

*Je tiens à exprimer mes remerciements et mon appréciation à mon Co- encadrant **M. MAASACRI MUSTAPHA** ainsi qu'aux honorables membres du jury qui ont accepté d'évaluer mon travail.*

*Je tiens également à exprimer mes remerciements à tous nos professeurs qui nous ont aidés tout au long de nos années d'études.*

*Je remercie également les membres du Laboratoire d'Energie et d'Informatique - L2GEGI - de l'Université de Tiaret.*

## ***Dédicace***

*Loué soit Allah pour son succès dans l'accomplissement de cet humble travail. Je dédie le fruit de mes efforts et la cristallisation de ce travail à : Du paradis sous ses pieds à celle dont les mots ne peuvent te rendre justice... A celle dont les prières ont été le secret de ma réussite... À celle qui m'a enseigné et qui a souffert des épreuves pour arriver là où je suis... À celle qui, du bout des doigts, a semé l'optimisme et m'a donné un moment de bonheur... À celle qui m'a appris à être inébranlable quelles que soient les circonstances... A celle qui m'a élevée et qui a éclairé le chemin de*

*De ma réussite... A la personne la plus précieuse de cette existence, ma mère, puis ma mère, puis ma mère.*

*À celle dont les vertus ne se comptent pas en nombre ... À celle que Dieu a dotée de majesté et de dignité ... A celle qui m'a appris à donner sans attendre ... À celle dont je porte le nom avec fierté et honneur ... À celui dont les mots resteront des étoiles pour me guider aujourd'hui Demain et pour toujours... À celle qui a travaillé dur pour moi ... À la raison d'être de ma vie, mon cher père.*

*À mes collègues de la salle de recherche, sans lesquels ce fruit, qui était un effort commun, n'aurait pas fleuri, à **Abdellah Ismail et Allaoui Abed***

***ElGhani.***

*À tous les membres de la famille, aux parents, aux proches et aux amis, chacun en son nom propre.*

*À tous ceux qui ont contribué à la réalisation de cette recherche, ne serait-ce que par un mot d'encouragement. À tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à ce travail.*

### *Sommaire*

Remerciement	
Dédicace	
Sommaire	
Liste des figures	
Introduction générale .....	1
<b>Chapitre I Généralités sur les serres aquaponies</b>	
I.1. Introduction .....	5
I.2. La serre .....	5
I.2.1. Définition.....	5
I.2.2. Choix de la serre .....	5
I.2.3. Les architectures de serres.....	5
1. La serre adossée : .....	6
2. Serre traditionnelle .....	7
3. Serres à portée inégale .....	7
4. Serre à faîtage et sillon.....	8
5. Serre à toit rétractable .....	8
6. Maisons d'ombrage .....	9
7. Fermes froides.....	9
I.2.4. Matériaux de couverture et de structure .....	10
I.2.5. Classification de la serre.....	10
I.2.6. Surveillance des serres.....	11
I.2.7. Avantages de la serre .....	13
I.2.8. Inconvénients de la serre .....	13
I.3. Aquaponie.....	13
I.3.1. Définition.....	13
I.3.2. Histoire de l'aquaponie.....	14
I.3.3. Les acteurs d'un système aquaponie .....	15
I.3.4. Le principe de fonctionnement de l'aquaponie .....	16
I.3.5. Intérêt de l'aquaponie.....	18
I.3.6. Les différents types de cultures en aquaponie .....	19

a) Système Aquaponie radeau (DWC) .....	19
b) Système Aquaponie lits remplis de médias .....	19
c) Système Aquaponie (NFT).....	20
I.3.7. Principaux avantages et inconvénients de l'aquaponie .....	21
I.4. Conclusion .....	22

## **Chapitre II Conception de la serre aquaponie**

II.1. Introduction .....	24
II.2. Partie pratique .....	24
II.2.1. Structure et matériaux pour la serre .....	24
II.2.2. Les capteurs.....	24
II.2.2.1. Capteur de lumière (la photorésistance).....	24
II.2.2.2. Capteur de température et d'humidité atmosphérique .....	24
II.2.2.3. Capteur pH : .....	25
II.2.2.4. Capteurs de nitrate.....	25
II.2.2.5. Circuit de conditionnement des capteurs .....	26
II.2.3. Les actionneurs.....	27
II.2.3.1. Pompe électrique.....	27
II.2.3.2. Ventilateur artificielle .....	27
II.2.3.3. Pompe d'air .....	27
II.2.3.4. Chauffage .....	28
II.2.3.5. Thermostat.....	28
II.2.3.6. Éclairage.....	29
II.2.3.7. Distributeur automatique de nourriture des poissons.....	29
II.2.3.8. Filtre biomécanique.....	29
II.2.3.9. LCD.....	30
II.2.3.10. Relais.....	31
II.2.4. PV.....	31
II.2.5. Onduleur.....	32
II.2.6. Régulateur de Tension .....	32
II.2.7. Fusibles et Disjoncteurs .....	33
II.2.8. Batterie .....	33
II.3. Partie logicielle.....	34

II.3.1. Raspberry pi .....	34
□ Matériel Raspberry Pi .....	35
□ Logiciel Raspberry Pi.....	36
II.3.2. Langage de programmation.....	36
II.3.3. Le logicielle VNC .....	38
II.3.4. Configuration de VNC sur raspberry pi .....	39
II.4. Conclusion.....	39

### **Chapitre III Simulations et tests pratique de la serre aquaponie**

III.1. Introduction : .....	41
II.3. Simulation Proteus : .....	41
II.2.1. Contrôle de la lumière .....	43
III.2.2. Contrôle de température et humidité.....	44
III.2.3. Nourriture des poissons.....	46
III.2.4. Contrôle de qualité d'eau .....	48
III.3. Système d'alimentation.....	50
III.4. Test des capteurs .....	51
III.4.1. Capteur de température et d'humidité.....	51
III.4.2. Capteur de lumière .....	53
III.4.2. Capteur de pH .....	53
III.5. Conception de la serre aquaponie .....	54
III.6. Installation aquaponie .....	55
III.7. Réalisation de l'alimentation .....	56
III.8. Conclusion .....	56

### **Chapitre IV : Gestion de la serre aquaponie en utilisant l'IOT**

IV.1. Introduction .....	58
IV.2. Vue d'ensemble sur l'internet des objets.....	58
IV.2.1. Définition .....	58
IV.2.2. Caractéristiques .....	59
IV.2.3. Éléments du IOT .....	59
IV.2.3.1. Identification .....	60
IV.2.3.2. Détection .....	60
IV.2.3.3. La Communication.....	60

IV.2.3.4. Calcul .....	61
IV.2.3.5. Les Services .....	61
IV.2.3.6. Sémantique .....	61
IV.2.4. Comment fonctionne IOT .....	61
IV.3. Intérêt du IOT dans une serre aquaponie .....	62
1. Surveillance en Temps Réel.....	62
2. Automatisation.....	62
3. Gestion des Alarmes et Alertes .....	62
4. Optimisation des Ressources .....	62
5. Analyse des Données et Prédiction.....	63
6. Amélioration de la Traçabilité .....	63
7. Facilité de Gestion à Distance .....	63
IV.4. RaspController .....	63
IV.5. L'utilisation de RaspController dans la serre aquaponie .....	64
IV.6. Résultats de l'Utilisation de RaspController .....	64
IV.6.1. Informations sur le Raspberry Pi.....	65
IV.6.2. Gestionnaire de Fichiers.....	66
IV.6.3. Surveillance du CPU, de la RAM et du Disque .....	67
IV.6.4. Shell SSH .....	68
IV.6.5. Arrêt et Redémarrage .....	69
IV.7. Conclusion.....	70
Conclusion générale.....	72
Références	
Annexe	

## Liste des figures

### Chapitre I

Figure I.1: Modèles De Serres Les Plus Courants[9].....	6
Figure I.2 : La serre adossée[10]. .....	6
Figure I.3 : Serre à pignon[11].....	7
Figure I.4: Serre inégale [12].....	7
Figure I.5 : Serre à faitage et sillon[13]. .....	8
Figure I.6 : Serre à toit rétractable[14]. .....	8
Figure I.7 : Maisons d'ombrage[15].....	9
Figure I.8 : Fermes froides[16].....	9
Figure I.9 : Système aquaponie[20].....	14
Figure I.10 : Exemple d'aquaponie[22]. .....	15
Figure I.11 : Principe de fonctionnement d'un système aquaponie[25]. .....	17
Figure I.12 : Système Aquaponie radeau (DWC)[28]. .....	19
Figure I.13 : Système Aquaponie lits remplis de médias[29]. .....	20
Figure I.14: Système Aquaponie (NFT)[30].....	21

### Chapitre II

Figure II.1 : Capteur de lumière[32].....	24
Figure II.2 : Capteur de température et d'humidité atmosphérique[33].....	25
Figure II.3 : Capteur pH[34].....	25
Figure II.4 : Capteur de nitrate[35].....	26
Figure II.5 : chaîne de mesure [38]. .....	26
Figure II.6 : Pompe d'eau 12 V [40].....	27
Figure II.7 : Ventilateur artificielle[41]. .....	27
Figure II.8 : Pompe d'air [41].....	28
Figure II.9 : Chauffage[42].....	28
Figure II.10 : Thermostat [43]. .....	28
Figure II.11 : Éclairage [41]. .....	29
Figure II.12 : Distributeur automatique de nourriture des poissons[44]. .....	29
Figure II.13 : Mousse filtrante pour aquarium[46].....	30
Figure II.14 : Afficheur LCD[47].....	30
Figure II.15 : Relais[49] .....	31
Figure II.16 : Panneau solaire[41]. .....	32
Figure II.17 : Onduleur[41]. .....	32
Figure II.18 : Régulateur de tension[41]. .....	33
Figure II.19 : Fusible / Disjoncteur [41].....	33
Figure II.20 : Batterie[41].....	34
Figure II.21 : Raspberry pi[54].....	34
Figure II.22 : Raspberry pi OS[55].....	36
Figure II.23 : Classification de langage de programmation[57].....	37
Figure II.24 : VNC[60].....	38
Figure II.25 : configuration de VNC sur raspberry pi [61].....	39



### *Chapitre III*

<b>Figure III.1</b> : Organigramme. ....	42
<b>Figure III.2</b> : Simulation de la luminosité. ....	43
<b>Figure III.3</b> : Simulation de la température et l'humidité.....	45
<b>Figure III.4</b> : Simulation de contrôle de Nourriture des poissons. ....	47
<b>Figure III.5</b> : Simulation de contrôle de qualité d'eau.....	48
<b>Figure III.6</b> : Système d'alimentation de la serre. ....	51
<b>Figure III.7</b> : Test du capteur DHT11. ....	52
<b>Figure III.8</b> : Résultat de l'essai. ....	52
<b>Figure III.9</b> : Test du capteur de lumière. ....	53
<b>Figure III.10</b> : Résultat de l'essai. ....	53
<b>Figure III.11</b> : Teste du capteur de pH. ....	54
<b>Figure III.12</b> : Résultat de l'essai. ....	54
<b>Figure III.13</b> : La serre. ....	55
<b>Figure III.14</b> : Installation aquaponie. ....	55
<b>Figure III.15</b> : réalisation de l'alimentation. ....	56

### *Chapitre IV*

<b>Figure IV.1</b> : L'internet des objets[65]. ....	59
<b>Figure IV.2</b> : Eléments du IOT. ....	60
<b>Figure IV.3</b> : Diagramme de fonctionnement de l'Internet des objets.....	62
<b>Figure IV.4</b> : RaspController [74]. ....	63
<b>Figure IV.5</b> : Options de gestion pour Raspberry Pi via RaspController. ....	65
<b>Figure IV.6</b> : Informations sur le Raspberry Pi. ....	66
<b>Figure IV.7</b> : Gestionnaire de Fichiers. ....	67
<b>Figure IV.8</b> : Surveillance du CPU, de la RAM et du Disque du Raspberry pi. ....	68
<b>Figure IV.9</b> : La surveillance en temps de la serre aquaponie.....	69
<b>Figure IV.10</b> : Arrêt et Redémarrage du Raspberry pi. ....	70

# **Introduction générale**

### Introduction générale

L'aquaponie se présente comme une solution prometteuse pour relever les défis contemporains de sécurité alimentaire et de durabilité. L'intégration de serres aquaponies offre plusieurs avantages économiques, environnementaux et technologiques, notamment en matière de sécurité alimentaire, d'utilisation d'énergie renouvelable et de contrôle systématique via des technologies avancées comme le Raspberry Pi.

Les serres aquaponies possèdent un potentiel significatif pour dynamiser l'économie locale et globale. En permettant la production locale de nourriture, elles réduisent les coûts de transport et les émissions de carbone associées, tout en créant des emplois dans les communautés rurales et urbaines. Selon Love et al., l'aquaponie commerciale est en pleine expansion, avec une augmentation notable des installations à travers le monde. Les systèmes aquaponies peuvent être adaptés à différentes échelles, allant des petites unités familiales aux grandes exploitations commerciales, offrant ainsi une flexibilité économique et une accessibilité accrue pour divers groupes socio-économiques[1].

La sécurité alimentaire est un enjeu crucial du XXI<sup>e</sup> siècle, et les serres aquaponies offrent une solution viable pour assurer une production alimentaire durable et résiliente. Elles permettent une production continue de légumes frais et de poissons, indépendamment des conditions climatiques et des saisons. La recherche menée par dos Santos souligne que l'aquaponie peut contribuer de manière significative à la sécurité alimentaire urbaine en réduisant la dépendance aux importations alimentaires et en offrant une source stable de nutrition de haute qualité. De plus, les systèmes aquaponies sont particulièrement bénéfiques dans les zones urbaines où l'espace pour l'agriculture traditionnelle est limité[2].

L'intégration de sources d'énergie renouvelable, comme les panneaux solaires, dans les systèmes aquaponies permet de réduire la dépendance aux énergies fossiles et de diminuer l'empreinte carbone de la production alimentaire. Selon Somerville et al., l'utilisation de l'énergie solaire pour alimenter les pompes et les systèmes de filtration dans les serres aquaponies améliore l'efficacité énergétique globale et la durabilité du système. Cette approche peut également renforcer la résilience des systèmes aquaponies face aux fluctuations des prix de l'énergie et aux pannes de courant[3]. L'énergie solaire, étant une source d'énergie propre et renouvelable, s'aligne parfaitement avec les objectifs de développement durable et permet de réduire les coûts opérationnels à long terme.

L'automatisation et le contrôle des serres aquaponies à l'aide de technologies avancées comme le Raspberry Pi représente une avancée significative pour optimiser les conditions de croissance des plantes et des poissons. Le Raspberry Pi, un ordinateur à faible coût et haute performance, permet de surveiller et de réguler divers paramètres tels que la température, le pH, les niveaux de nutriments et les cycles d'éclairage. La recherche menée dans le laboratoire de génie énergétique et de génie informatique a démontré que l'utilisation du Raspberry Pi pour automatiser les systèmes aquaponies peut améliorer la précision des contrôles, réduire les erreurs humaines et augmenter l'efficacité globale du système[4].

## Introduction Générale

---

L'intégration de ces technologies dans les serres aquaponies ne se limite pas seulement à la surveillance des paramètres environnementaux. Elle permet également de collecter et d'analyser des données en temps réel, facilitant ainsi la prise de décisions informées et proactives pour optimiser la production. Par exemple, les algorithmes de machine Learning peuvent être utilisés pour prédire les besoins en nutriments des plantes ou pour détecter les signes précoces de maladies chez les poissons, ce qui permet d'intervenir rapidement et de minimiser les pertes. Cette capacité à utiliser des données pour améliorer la gestion des serres aquaponies est cruciale pour maximiser leur productivité et leur durabilité.

L'adoption de systèmes aquaponies dans les milieux urbains et ruraux peut également jouer un rôle important dans l'éducation et la sensibilisation à la durabilité. Les écoles, les universités et les centres communautaires peuvent utiliser ces systèmes comme outils pédagogiques pour enseigner les principes de l'écologie, de la biologie et de l'agriculture durable. Ils offrent une opportunité pratique d'apprentissage expérientiel, permettant aux étudiants et aux membres de la communauté de comprendre les interconnexions complexes entre les organismes vivants et leur environnement.

La mise en place de serres aquaponies dans les zones urbaines contribue également à la création d'espaces verts, améliorant ainsi la qualité de vie des habitants. Ces espaces peuvent servir de refuges urbains, fournissant non seulement des aliments frais, mais aussi des lieux de loisirs et de détente. Ils participent à la réduction des îlots de chaleur urbains et à l'amélioration de la qualité de l'air, tout en renforçant le lien entre les citoyens et la nature.

Ce mémoire vise à rendre l'agriculture, en particulier la culture en serre aquaponie grâce à l'automatisation des systèmes et l'informatique industrielle. Les données collectées fournissent des informations sur différents facteurs climatiques qui à leur tour aident à surveiller le système.

Le contrôle comprend également l'utilisation des actionneurs qui sont des dispositifs de régulation tels que la lampe, le ventilateur, pompe à air, chauffage et d'autres actionneurs.

Ce travail est dans le cadre de notre projet de fin d'études en Master, qui est structuré en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous présenterons une étude générale sur les serres agricoles et les systèmes hydroponiques. Nous aborderons les différentes techniques et méthodes utilisées dans l'agriculture sous serre, en soulignant les avantages et les défis associés à ces systèmes. Une attention particulière sera accordée aux principes de base de l'hydroponie, une technique de culture hors-sol qui utilise une solution nutritive pour fournir aux plantes les éléments nécessaires à leur croissance. Ce chapitre établira les fondations nécessaires pour comprendre les concepts plus avancés développés dans les chapitres suivants.

Le deuxième chapitre sera consacré à l'analyse des différentes parties et éléments constituant une serre hydroponique. Nous examinerons en détail les composants essentiels tels que les systèmes de support des plantes, les réservoirs de solution nutritive, les systèmes de distribution d'eau et les dispositifs de contrôle environnemental. De plus, nous présenterons les outils de contrôle et de surveillance utilisés pour maintenir des conditions optimales de

croissance, incluant les capteurs de température, d'humidité et de pH, ainsi que les technologies de contrôle automatisé.

Le troisième chapitre se concentrera sur l'étude conceptuelle et la réalisation du prototype de la serre aquaponie. Nous décrirons les étapes de conception et de mise en œuvre, en intégrant les connaissances acquises dans les chapitres précédents. Une partie essentielle de ce chapitre sera dédiée à la simulation du système aquaponie sous l'environnement de Proteus, un logiciel de simulation et de conception de circuits électroniques. Cette simulation permettra de tester et d'optimiser le prototype avant sa mise en œuvre physique.

Dans le quatrième chapitre, nous explorerons l'utilisation de l'Internet des Objets (IoT) pour améliorer la gestion et la surveillance des serres aquaponies. Nous expliquerons comment les technologies IoT peuvent être utilisées pour collecter des données en temps réel et automatiser les processus de contrôle. De plus, nous discuterons des méthodes de détection précoce des maladies des plantes et des poissons grâce à l'analyse des données et aux algorithmes de machine Learning, permettant ainsi d'intervenir rapidement pour minimiser les pertes et maximiser la productivité.

Enfin, nous concluons ce travail par une conclusion générale, récapitulant les principaux points abordés et les perspectives futures de l'aquaponie en tant que solution durable pour l'agriculture. Nous mettrons en lumière les avantages de l'intégration de technologies avancées dans les systèmes aquaponies et discuterons des défis à surmonter pour leur adoption à grande échelle. Cette conclusion soulignera l'importance de l'aquaponie pour répondre aux enjeux de sécurité alimentaire et de durabilité environnementale.

# **Chapitre I Généralités sur les serres aquaponies**

### I.1. Introduction

L'aquaponie se développe rapidement à mesure que le besoin de production alimentaire durable augmente et que les réserves d'eau douce et de phosphore diminuent. À partir d'opérations à petite échelle, l'aquaponie est au bord de la commercialisation, attirant les investissements. Découlant de l'aquaculture intégrée en eau douce, une variété de méthodes et de conceptions de systèmes a été développées qui se concentrent soit sur la production de poissons, soit sur la production végétale. L'intérêt du public pour l'aquaponie a considérablement augmenté ces dernières années, conformément à la tendance vers des chaînes de valeur plus intégrées, une productivité accrue et un impact environnemental moins nocif par rapport aux autres systèmes de production. De nouveaux modèles commerciaux s'ouvrent, avec de nouveaux clients et marchés, et avec cette expansion vient le potentiel de confusion, d'incompréhension et de tromperie. Les nouveaux intervenants ont besoin de lignes directrices et de détails concernant les différentes conceptions de systèmes et leurs potentiels[5]. Dans ce chapitre, nous proposons une définition précise de l'aquaponie. Nous considérons que dans un système aquaponie, la majorité (> 50%) des nutriments nécessaires à la croissance optimale des plantes proviennent des déchets générés par l'alimentation des organismes aquatiques. Nous classifions également les systèmes et conceptions d'aquaculture et d'aquaponie intégrés existants (ouverts, domestiques, de démonstration, commerciaux) et établissons une nomenclature claire pour l'aquaponie et l'agriculture aquaponie. Cette nomenclature permet de distinguer les différentes technologies employées, facilitant ainsi la compréhension de leurs potentiels et de leurs limitations par les autorités, les clients, les producteurs et toutes les autres parties prenantes.

### I.2. La serre

#### I.2.1. Définition

Une serre est une structure pseudo-fermée, destinée à créer un environnement climatique propice à la protection des plantes. Il a des murs et des couvertures transparentes pour faciliter la pénétration de la lumière vers les plantes. L'utilisation d'une serre permet de gérer les conditions météorologiques, la température, la lumière, l'eau, les niveaux de dioxyde de carbone, l'humidité relative et les nutriments des plantes, ainsi que la qualité de l'air à l'intérieur de la serre[6].

Le principal avantage de la serre est la disponibilité des cultures en toutes saisons malgré les conditions météorologiques changeantes (pluie, vent, froid)

#### I.2.2. Choix de la serre

Les principales normes pour choisir la serre sont [7] :

- ❖ transmission de rayonnement utile pour la photosynthèse ;
- ❖ la solidité et la durabilité ;
- ❖ la fonctionnalité et la facilité de maintenance ;
- ❖ les économies d'énergies ;
- ❖ le prix.

#### I.2.3. Les architectures de serres

Des structures de serre de différents types sont utilisées avec succès pour la production végétale. Bien qu'il existe des avantages spécifiques dans chaque type pour une application particulière, en général,

## Chapitre I : Généralités sur les serres aquaponies

il n'y a pas de serre de type unique, qui peut être considérée comme la meilleure. Différents types de serres, conçus pour répondre à des besoins spécifiques, sont illustrés par la figure I.1[8].



**Figure I.1:** Modèles De Serres Les Plus Courants[9].

### 1. La serre adossée :

Comme le montre la figure I.2, une serre adossée est un type de serre qui partage un mur avec un bâtiment existant et s'appuie sur la structure du bâtiment pour soutenir le toit de la serre.



**Figure I.2 :** La serre adossée[10].



### 2. Serre traditionnelle

Les structures traditionnelles, également appelées serres à portée uniforme ou serres à pignon, sont des maisons individuelles dont les toits ont une pente uniforme et une largeur constante, comme illustré à la figure I.3.



**Figure I.3 :** Serre à pignon[11].

Une serre couramment utilisée, appelée "cerceau", est une structure à portée égale qui utilise des tuyaux cintrés pour sa charpente. Ce type de serre est apprécié pour sa simplicité de construction et sa capacité à offrir un espace de culture uniforme, grâce à l'utilisation de tuyaux cintrés qui forment des arcs réguliers et solides.

### 3. Serres à portée inégale

Les serres à portée inégale sont des structures dont les hauteurs et les largeurs inégales, comme le montre la figure I.4.



**Figure I.4:** Serre inégale [12]

### 4. Serre à faitage et sillon

Ces structures sont composées de plusieurs serres reliées entre elles le long d'une maison, comme l'illustre la figure I.5.

Les murs intérieurs partagés réduisent les coûts énergétiques et permettent de créer de grands espaces intérieurs. Les serres à faitage et à sillon sont mieux orientées vers le nord et le sud pour réduire les ombres permanentes sur les cultures, qui sont créées par les gouttières.



**Figure I.5 :** Serre à faitage et sillon[13].

### 5. Serre à toit rétractable

Les conceptions de ces structures permettent d'ouvrir et de fermer le toit, comme le montre la figure I.6. Lorsqu'ils sont ouverts, ils fournissent aux plantes des niveaux de lumière accrus et de l'air frais.



**Figure I.6 :** Serre à toit rétractable[14].

### 6. Maisons d'ombrage

Ces structures protégeaient les plantes du vent, de la chaleur et de l'intensité lumineuse, voir la figure I.7.

Le tissu d'ombrage synthétique est le matériau de revêtement le plus largement utilisé. Il peut être acheté avec différents degrés d'ombre, selon les besoins du producteur



Figure I.7 : Maisons d'ombrage[15]

### 7. Fermes froides

Comme le montre la figure I.8, ces structures sont utilisées pour protéger les plantes du vent, du froid et de l'intensité lumineuse.



Figure I.8 : Fermes froides[16]

Pour sa simplicité et sa conception facile à construire, la forme traditionnelle de la serre a été adoptée. Les avantages des lignes droites ont permis une manipulation plus facile des matériaux de construction. Cette forme permet également une ventilation passive et active, augmentant les capacités de contrôle.

### **I.2.4. Matériaux de couverture et de structure**

Le changement majeur après la Seconde Guerre mondiale a été l'adoption et l'utilisation généralisée des plastiques comme matériau de revêtement. Dans les premières années, le plastique n'apportait pas d'amélioration qualitative par rapport au verre en ce qui concerne le contrôle de l'environnement. Cependant, les serres recouvertes de plastique sont désormais largement utilisées dans le monde entier et représentent la majorité des nouvelles constructions de serres. Le plastique offre plusieurs avantages : il est facile à travailler, à transporter et est également moins cher. Bien que, avec le temps, certains inconvénients aient été sagement surmontés. Par exemple, les couches simples de revêtement en plastique ne sont pas aussi efficaces que le verre pour réduire les pertes de chaleur. De plus, les revêtements monocouches accumulent également une grande quantité de condensation en dessous, ce qui réduit la transmission de la lumière et peut parfois entraîner des problèmes de maladies. L'ajout d'une deuxième couche de plastique aide à réduire les pertes de chaleur et la condensation [9].

### **I.2.5. Classification de la serre**

La structure de serre de divers types est utilisée pour la production végétale. Bien qu'il y ait des avantages dans chaque type pour une application particulière, en général il n'y a pas de type unique, qui peut être constituée comme la meilleure. Différents types de serres sont conçus pour répondre aux besoins spécifiques.

Les différents types de serres basées sur la forme, l'utilité, le matériau et la construction sont brièvement donnés ci-dessous [17] :

#### **❖ Type de serre basé sur la forme**

Pour la classification, l'unicité de la section transversale des serres peut être considérée comme un facteur déterminant.

#### **❖ Type de serre basé sur l'utilité**

La classification des serres peut se faire en fonction de leurs fonctions ou de leurs utilités. Parmi les différents utilitaires, le refroidissement et le chauffage artificiels sont les plus coûteux et complexes. Ainsi, sur cette base, elles sont classées en deux types :

- a. serres avec chauffage actif ;
- b. serres avec refroidissement actif.

#### **❖ Type de serre basé sur la construction**

Le type de construction est principalement déterminé par le matériau de la structure, bien que le matériau de revêtement joue également un rôle. Plus la portée est grande, plus le matériau doit être solide et plus d'éléments structurels sont nécessaires pour fabriquer une structure robuste.

### ❖ Type de serre à base de matériau de couverture

Les matériaux de couverture sont l'élément important de la structure de la serre. Ils ont une influence directe sur l'effet de serre, à l'intérieur de la structure et ils modifient la température de l'air à l'intérieur. Les types de cadres et la méthode de fixation varient également en fonction du matériau de revêtement. Les exigences structurelles et le coût par unité de surface pour différents modèles de serres à faible coût pour la culture de légumes sont détaillés ci-dessous avec des diagrammes pour permettre à un entrepreneur intéressé de construire lui-même une serre à faible coût. Cependant, les conditions météorologiques locales et les besoins de l'individu jouent un rôle majeur dans le choix du modèle.

### I.2.6. Surveillance des serres

À l'intérieur d'une serre, la température, l'humidité, le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), l'incidence de la lumière, les conditions impliquant les racines et le poids des cultures sont des variables très importantes pour la croissance des plantes[9].

#### 1) Température

La température exerce une influence significative sur le taux de photosynthèse. Généralement, plus la température est élevée, en supposant que le dioxyde de carbone et la lumière sont abondants, plus la photosynthèse est rapide. Bien que la structure de la serre réduise légèrement la lumière incidente, elle compense en aidant à retenir la chaleur rayonnante. Cependant, il y a certaines limites au processus car différentes usines ont des températures optimales différentes. Chauffage le principal objectif initial de la serre est d'élever, de manière contrôlée, la température de l'environnement de croissance des plantes. L'air, la terre et d'autres objets à l'intérieur de la maison absorbent cette chaleur et en rerradient une fraction.

#### 2) Chauffage

Le principal objectif initial de la serre est d'élever, de manière contrôlée, la température de l'environnement de croissance des plantes. L'air, la terre et d'autres objets à l'intérieur de la maison absorbent cette chaleur et en rerradient une fraction.

#### 3) Refroidissement

Les plantes elles-mêmes ont un système de refroidissement intégré sous forme de transpiration en libérant de la vapeur d'eau. Environ 50% de l'énergie rayonnante reçue par la plante est perdue de cette façon. Le processus de refroidissement peut être augmenté par l'utilisation d'une ventilation passive ou forcée, en aspergeant l'extérieur du verre d'eau ou en utilisant des échangeurs de chaleur. La ventilation est de loin la méthode la plus courante, une fois qu'elle est moins chère et plus facile à contrôler. La ventilation active et passive ont été adoptées dans la mise en œuvre de ce projet. La serre a une ouverture contrôlée sur le toit et une ouverture d'air en bas avec un ventilateur attaché à elle. Par conséquent, en permettant à l'air de circuler avec le gradient thermique ou par ventilation active, le flux d'air peut être contrôlé. Le

contrôle de la température des serres peut coûter cher. Des études plus récentes visent à contrôler les serres avec des énergies durables plutôt qu'avec des énergies fossiles.

#### 4) **Lumière**

La lumière est essentielle à la photosynthèse. Dans ce processus, la lumière du soleil est convertie en sucres pour fournir du carburant à la croissance des plantes. La photosynthèse est plus prononcée dans les longueurs d'onde du spectre lumineux rouge (600-680 nm) et bleu et violet (380-480 nm), reflétant la lumière verte, c'est pourquoi les plantes apparaissent vertes.

#### 5) **Humidité**

L'humidité relative dans une serre est généralement plus élevée qu'en plein air. Alors que les plantes produisent de la vapeur d'eau au cours de la transpiration, l'humidité relative dans les serres s'accumule à des niveaux plus élevés qu'au champ en raison des populations de plantes plus lourdes et de la réduction du mouvement de l'air. L'humidité est généralement contrôlée par la ventilation, mais elle peut être augmentée par des dispositifs de brumisation et réduite par l'utilisation du chauffage.

#### 6) **Dioxyde de carbone**

La composition gazeuse de l'atmosphère a une influence significative sur la croissance des plantes. Il est reconnu depuis longtemps que les serres doivent être ventilées pour fournir suffisamment de dioxyde de carbone.

#### 7) **Zone de racine**

Les plantes absorbent par leurs racines toute l'eau, la plupart des nutriments et une partie de l'oxygène qu'elles utilisent. Par conséquent, les plantes ont besoin de milieux racinaires avec une humidité, une fertilité et une aération adéquates. En utilisant le sol, cela se fait en arrosant, en fertilisant et en faisant confiance à la capacité du sol à retenir l'air. Dans certaines installations, la fertilisation se fait via le système d'arrosage. D'autre part, un système hydroponique est une méthode de culture sans sol où les plantes poussent dans un substrat inerte. Cette solution permet d'améliorer la croissance des cultures et le niveau de contrôle, et c'est la principale raison pour laquelle elle a été adoptée.

#### 8) **Croissance des cultures**

Pour l'évaluation de la croissance des plantes, le poids des plantes est un indicateur important et couramment utilisé. Les mesures traditionnelles du poids des plantes sont destructrices et laborieuses. Afin de mesurer et d'enregistrer le poids des plantes pendant la production végétale, certaines méthodes non invasives ont été développées.

### I.2.7. Avantages de la serre

La culture protégée offre plusieurs avantages, dont les principaux sont [18]:

- ❖ Production hors saison de cultures maraîchères et fruitières.
- ❖ Maximisez la production et le rendement.
- ❖ Contrôle des conditions environnementales.
- ❖ Protection contre les parasites et les maladies.

Cependant, cela ne signifie pas que les serres n'ont pas d'inconvénients.

### I.2.8. Inconvénients de la serre

Les inconvénients de la culture protégée sont les suivants :

- ❖ La surveillance, la maintenance et le contrôle sont nécessaires.
- ❖ Il peut être coûteux à construire[18].

## I.3. Aquaponie

Dans cette section, nous allons donner un aperçu général de l'aquaponie.

### I.3.1. Définition

Selon un rapport conjoint de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture et de Smart Fish, l'aquaponie est la culture de plantes et d'animaux aquatiques dans un environnement en recirculation.

L'aquaponie est une coopération entre les plantes et les poissons, et le terme provient des mots "aquaculture" (élevage de poissons dans un environnement fermé) et "hydroponique" (culture de plantes généralement sans sol).

En d'autres termes, selon la Communauté de jardinage aquaponie citée par Thorarinsdottir, l'aquaponie est la culture de poissons et de plantes ensemble dans un écosystème construit et en recirculation, utilisant des cycles bactériens naturels pour convertir les déchets de poisson en nutriments pour les plantes. Il s'agit d'une méthode de culture alimentaire naturelle et respectueuse de l'environnement qui exploite les meilleurs attributs de l'aquaculture et de la culture hydroponique, sans qu'il soit nécessaire de jeter de l'eau ou des déchets, ni d'ajouter des engrais chimiques[19].



Figure I.9 : Système aquaponie[20].

### I.3.2. Histoire de l'aquaponie

L'aquaponie a des origines historiques anciennes, remontant aux Aztèques qui ont développé les célèbres « chinampas », des îles fixes sur le lac Tenochtitlan où ils cultivaient des plantes telles que le maïs, les haricots et les tomates sur des radeaux en bois. L'eau circulant autour de ces îles fournissait tous les nutriments nécessaires provenant des poissons élevés dans le lac. Certaines de ces îles sont encore préservées aujourd'hui et sont classées par l'UNESCO.

En Asie du Sud-Est, particulièrement dans le sud de la Chine dès le Ve siècle, une forme précoce d'aquaponie était pratiquée où les poissons étaient intégrés directement dans les rizières. Les déchets des poissons fertilisaient les plants de riz, tout en servant d'aliment pour les insectes nuisibles, et purifiaient l'eau pour les poissons eux-mêmes. Cette méthode a non seulement favorisé la croissance des plantes mais aussi oxygéné le sol grâce aux mouvements des poissons, offrant également une protection contre les prédateurs aviaires grâce aux rizières denses.

Au XIIIe siècle, le manuel agricole chinois « Le Livre de l'agriculture de Wang zihen » décrit l'utilisation d'argile et de terre sur des radeaux en bois pour cultiver du riz et du riz sauvage,



créant ainsi des îles flottantes. Ce système a évolué pour inclure des radeaux de différentes tailles, certains étant des catamarans et d'autres couvrant plus de 1000 mètres carrés de cultures. Les preuves historiques indiquent que cette pratique était utilisée dès le début de la dynastie Tang (VI<sup>e</sup> siècle).

L'aquaponie moderne a été influencée par ces pratiques historiques et a été popularisée par les travaux pionniers du Dr Mark McMurtry à l'Université de Californie du Nord en 1969. Il a développé des systèmes intégrés où les déchets des poissons sont convertis en nutriments par des bactéries, dans des systèmes en recirculation où l'eau est utilisée de manière efficace. James Rakocy a ensuite développé ces concepts, menant à la création de systèmes aquaponies modernes dans lesquels les poissons et les plantes sont cultivés de manière symbiotique. En 1997, avec ses collègues, il a conçu le premier grand système aquaponie où les plantes poussaient sur des radeaux flottants alimentés par un système hydroponique, utilisant l'eau traitée des bassins à poissons.

Aujourd'hui, l'aquaponie est reconnue comme une méthode durable et efficace de production alimentaire, combinant les meilleures pratiques de l'aquaculture et de l'hydroponie tout en minimisant l'utilisation de l'eau et en réduisant les déchets environnementaux [21].

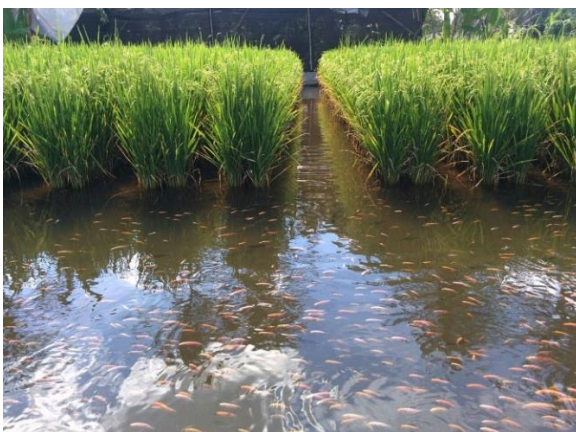


Figure I.10 : Exemple d'aquaponie[22].

### I.3.3. Les acteurs d'un système aquaponie

Les acteurs d'un système aquaponie interagissent de manière synergique pour créer un écosystème productif et durable. Au cœur du système se trouvent les poissons, qui fournissent les déchets organiques nécessaires à la fertilisation des plantes. Ces déchets sont transformés en nutriments par des bactéries présentes dans le filtre biologique, une composante essentielle qui maintient la qualité de l'eau en éliminant l'ammoniac et en le convertissant en nitrites puis en nitrates bénéfiques pour les plantes. Les plantes, quant à elles, absorbent ces nutriments directement depuis l'eau, jouant ainsi un rôle crucial dans le filtrage de l'eau et dans la régulation de sa qualité. Ce processus de filtration naturelle permet de maintenir un environnement optimal tant pour les poissons que pour les plantes.

#### ❖ Les espèces élevées dans le système aquaponie

Les poissons communs en production aquaponie sont la carpe, la perche, la truite et le tilapia etc. Tilapia, par exemple peut bien pousser à des températures optimales de l'eau comprises entre 27 ° C et 30°C. En raison de leur tolérance, ils peuvent également survivre à des températures extrêmes de l'eau jusqu'à 18 ° et jusqu'à 35 °. Dans des conditions favorables, le tilapia peut vivre jusqu'à 10 ans et atteindre un poids de 5 kg. Dans de plus, 5 à 8 mg / litre d'oxygène dissous (OD)

est un niveau idéal. Le poisson a donc reçu une large acceptation comme l'une des meilleures espèces cultivées en Aquaponie production.

### ❖ Types des plantes dans le système Aquaponie

Les plantes les plus couramment cultivées comprennent la laitue, basilic, chou-fleur, tomate, haricots, pois, chou, brocoli, suisse bette à carde, persil, petits arbres fruitiers, les betteraves et les carottes sont également produits en aquaponie.

### ❖ Les bactéries dans le système Aquaponie

De tous les nutriments chimiques échangés dans un système aquaponie, l'azote et le phosphore sont les plus importants. L'azote peut être trouvé sous trois formes dans un système aquaponie, à savoir : (1) l'ammoniac (ou l'ion ammonium), (2) le nitrite et (3) le nitrate. Ces trois substances sont appelées azotés composés. La conversion, la libération et l'absorption de composés azotés dans un système aquaponie reproduit adéquatement un cycle de l'azote dans le milieu naturel. Les interactions entre les trois les composés azotés sont entraînées par une série d'autres facteurs physico-chimiques de l'eau en circulation de temps en temps dans le système[23].

### I.3.4. Le principe de fonctionnement de l'aquaponie

En aquaponie, les plantes sont cultivées dans le lit de culture et les poissons sont placés dans l'aquarium. L'eau riche en nutriments de l'aquarium qui contient des déchets de poisson est acheminée vers le lit de culture, où des milliards de bactéries bénéfiques naturelles décomposent l'ammoniac en nitrites puis en nitrates.

Les plantes absorbent ces nitrates et d'autres nutriments pour les aider à pousser. Les racines de la plante nettoient et filtrent l'eau avant qu'elle ne retourne dans l'aquarium pour que les poissons puissent vivre. L'eau fraîche, propre et oxygénée recircule vers l'aquarium, où le cycle recommencera.

#### a. Le Cycle de l'Azote

Explication du cycle de l'azote : En aquaponie, le cycle de l'azote est un processus fondamental qui transforme l'ammoniac toxique des déchets de poisson en nitrates moins nocifs. Le poisson excrète de l'ammoniac qui s'accumule dans l'eau. Les bactéries bénéfiques, en particulier les Nitrosomonas, convertissent l'ammoniac en nitrites. Un autre type de bactéries bénéfiques, Nitrobacter, convertit ensuite les nitrites en nitrates qui constituent une source précieuse de nutriments pour les plantes.

Rôle des bactéries bénéfiques dans la conversion des déchets : La présence de bactéries bénéfiques est essentielle au fonctionnement du cycle de l'azote. Ces bactéries colonisent les surfaces des plates-bandes et des milieux de culture, fournissant un substrat pour leur croissance. Sans ces bactéries, l'ammoniac toxique produit par les déchets de poisson s'accumulerait et nuirait aux poissons. C'est pourquoi la conversion de l'ammoniac et des nitrites en nitrates est essentielle aux systèmes aquaponies.

### b. Symbiose des Poissons et des Plantes

Déchets de poisson comme source de nutriments : Les poissons excrètent des déchets contenant de l'ammoniac, un composé riche en azote. Des niveaux excessifs d'ammoniac peuvent être nocifs pour les poissons, mais ces déchets deviennent une ressource précieuse pour la croissance des plantes en aquaponie.

Absorption des nutriments par les plantes : Lorsque l'eau des aquariums s'écoule dans les plates-bandes ou les tuyaux en PVC, les plantes absorbent les nitrates par leurs systèmes racinaires. Ces nitrates fournissent des nutriments essentiels comme l'azote et le phosphore qui favorisent la croissance et le développement des plantes.

L'eau purifiée retourne dans les aquariums : l'absorption des nutriments par les plantes alimente leur croissance et filtre naturellement l'eau. L'eau purifiée, maintenant débarrassée de l'excès de nitrates et d'autres déchets, est ensuite recirculée dans les aquariums, créant un système en boucle fermée[24].

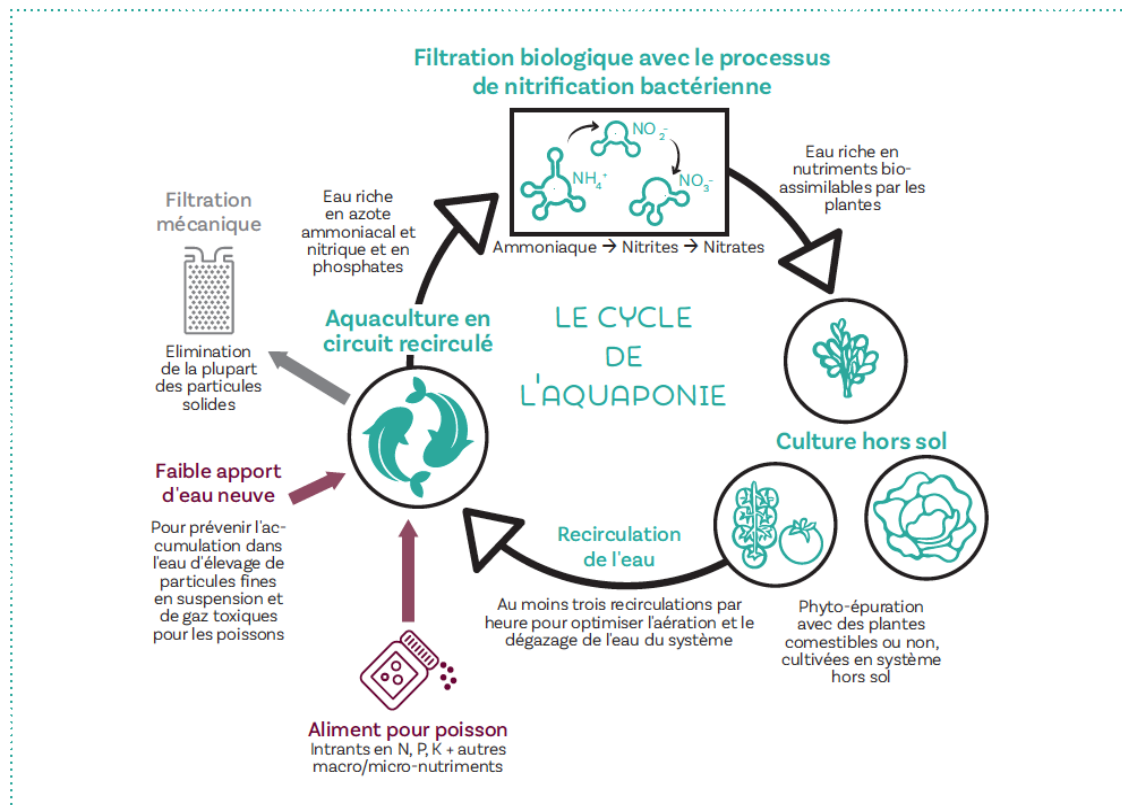


Figure I.11 : Principe de fonctionnement d'un système aquaponie[25].

### I.3.5. Intérêt de l'aquaponie

L'aquaponie est un élément essentiel sur la voie d'un avenir durable. Son importance réside dans sa capacité à relever simultanément de multiples défis critiques. C'est un emblème d'efficacité des ressources, d'harmonie écologique et d'éducation aux pratiques durables, ce qui en fait un outil essentiel pour construire un monde plus vert, plus résilient et écologiquement conscient à travers [26] :

- ❖ **Efficacité des ressources** : l'aquaponie est très économe en ressources. Il fait recirculer l'eau, utilisant jusqu'à 90 % d'eau en moins que l'agriculture traditionnelle basée sur le sol. Ceci est crucial dans un monde où la pénurie d'eau constitue une préoccupation croissante.
- ❖ **Impact environnemental minimisé** : en éliminant le besoin de sol, l'aquaponie réduit l'érosion du sol, l'utilisation de pesticides et le risque de ruissellement de nutriments, qui peuvent contaminer les plans d'eau. C'est une manière plus respectueuse de l'environnement de produire de la nourriture.
- ❖ **Agriculture sans produits chimiques** : l'aquaponie repose sur la synergie naturelle entre les poissons et les plantes. Les déchets de poisson servent de source de nutriments pour les plantes, réduisant ou éliminant le besoin d'engrais synthétiques et de pesticides chimiques.
- ❖ **Production toute l'année** : les environnements contrôlés en aquaponie permettent une culture toute l'année, fournissant un approvisionnement constant en produits frais quelles que soient les limitations saisonnières. Cela peut réduire la dépendance à l'égard des produits importés ou hors saison.
- ❖ **Réduction des kilomètres alimentaires** : les fermes aquaponies locales peuvent aider à réduire la distance parcourue par les aliments de la ferme à la table, réduisant ainsi les émissions liées au transport et contribuant à un système alimentaire local plus durable.
- ❖ **Efficacité spatiale** : les systèmes aquaponies peuvent être conçus pour s'intégrer dans de petits espaces, y compris les zones urbaines, ce qui permet de produire de la nourriture dans des endroits où les terres disponibles sont limitées.
- ❖ **Efficacité énergétique** : ces systèmes peuvent être alimentés par des sources d'énergie renouvelables, réduisant ainsi leur empreinte carbone.
- ❖ **Viabilité économique** : L'aquaponie peut être une entreprise rentable, en particulier pour les petits producteurs locaux, contribuant au développement économique durable.
- ❖ **Biodiversité et santé des écosystèmes** : les systèmes aquaponies peuvent prendre en charge une variété d'espèces de plantes et de poissons, améliorant ainsi la biodiversité et favorisant la santé des écosystèmes dans un environnement en boucle fermée.
- ❖ **Valeur éducative et de recherche** : l'aquaponie est un outil pédagogique précieux pour l'enseignement de l'écologie, de la biologie et de l'agriculture durable. Il offre également des opportunités de recherche sur des méthodes de production alimentaire qui soient écologiquement et économiquement durables.
- ❖ **Adaptabilité** : les systèmes aquaponies peuvent être adaptés à des environnements et à des choix de cultures spécifiques, les rendant adaptables à divers climats, cultures et besoins locaux.
- ❖ **Communauté et sécurité alimentaire** : les fermes aquaponies peuvent contribuer à la sécurité alimentaire locale, en réduisant la dépendance de la communauté à l'égard de sources externes et en renforçant sa résilience face aux perturbations de l'approvisionnement alimentaire.

Dans l'ensemble, l'aquaponie est vitale car elle permet de relever des défis urgents tels que la pénurie d'eau, la dégradation des sols et les impacts environnementaux de l'agriculture traditionnelle. Sa durabilité, son efficacité et sa polyvalence en font une méthode importante dans la quête d'un approvisionnement alimentaire mondial plus durable et plus sûr.

### I.3.6. Les différents types de cultures en aquaponie

Il existe trois principaux types de systèmes de culture aquaponie[27] :

#### a) Système Aquaponie radeau (DWC)

Ce système de culture encore appelé culture sur radeau, utilise une plateforme flottante ou suspendue avec des trous pour soutenir les plantes et permettre aux racines d'être submergées dans l'eau. Les isolants en polystyrène sont généralement utilisés comme radier et des pots en plastique pour soutenir les plantes. Les radeaux offrent de nombreux avantages, notamment la facilité d'utilisation, la mobilité, un nettoyage simple et un risque moins élevé de mortalité des plantes lors de pannes de courant. Les plantes d'une unité de culture en eau profonde peuvent survivre jusqu'à deux semaines sans écoulement d'eau ou aération, par rapport aux heures ou aux jours d'autres systèmes.



Figure I.12 : Système Aquaponie radeau (DWC)[28].

#### b) Système Aquaponie lits remplis de médias

Le système de lit de culture est la technique la plus répandue et la plus indiquée pour les pays en développement. Ces modèles sont efficaces en termes d'espace, ont un coût initial relativement faible pour les petites unités et conviennent aux débutants en raison de leur simplicité. Le principal avantage des lits de culture est qu'ils servent à soutenir les racines des

plantes et au même moment servent également de filtre, à la fois mécanique et biologique. Un autre avantage considérable est la possibilité de recycler des matériaux pour sa construction. Cette double fonction est la principale raison pour laquelle les unités de lit multimédia sont les plus simples. Cependant, à grande échelle, le coût est relativement élevé avec un poids conséquent du média. Une autre conséquence est l'obturation du media liée aux déchets solides provenant des bacs de poissons. On note également une augmentation de l'évapotranspiration liés à une forte exposition du média au soleil. Ce phénomène peut être réduit en maintenant sèche la surface du substrat exposée au soleil.



**Figure I.13 :** Système Aquaponie lits remplis de médias[29].

### c) Système Aquaponie (NFT)

La technique du film nutritif est une méthode hydroponique couramment utilisée dans laquelle les plantes sont cultivées dans des canaux longs et étroits, mais elle n'est pas aussi courante dans les systèmes Aquaponie. Le principal avantage de la méthode NFT est que les racines des plantes sont exposées continuellement à des approvisionnements satisfaisants en eau potable, en oxygène et en vitamines et minéraux. L'eau riche en nutriments est pompée dans de petites gouttières fermées, l'eau qui coule dans la gouttière n'est qu'un film très mince. Les plantes s'assoient dans de petites coupelles en plastique permettant à leurs racines d'accéder à l'eau et d'absorber les nutriments. Le NFT ne convient vraiment qu'à certains types de plantes, généralement les légumes verts à feuilles, les plantes plus grandes ont des systèmes racinaires trop gros et trop invasifs ou deviennent trop lourds pour les gouttières légères.

Le défaut de cette méthode réside dans la vérité qu'il a un tampon extrêmement faible contre les interruptions dans le mouvement puisque la plomberie utilisée dans un système de NFT hydroponique n'est généralement pas assez grande pour être utilisée en aquaponie car la nature organique du système et l'eau provoquera le colmatage des petits tuyaux et des Tubes.

La technique NFT est particulièrement adaptée à la culture de la mâche, la laitue, du persil, du basilic, des fraises... Car elle permet d'économiser de la place grâce à la culture verticale. Mais attention, elle ne convient pas à la culture de certaines autres plantes comme par exemple les

tomates car la rigole ne serait alors pas assez profonde pour permettre une bonne irrigation des racines.



**Figure I.14:** Système Aquaponie (NFT)[30].

### I.3.7. Principaux avantages et inconvénients de l'aquaponie

Quelques avantages et inconvénients [23] :

#### ✓ **Avantages :**

- ❖ le système de production alimentaire peut s'inscrire dans une conception globale de la permaculture durable ;
- ❖ Deux produits alimentaires (poissons et végétaux) sont liés à une seule source de nutriments ;
- ❖ la consommation d'eau est moindre que dans un système aquacole traditionnel ;
- ❖ il n'y a aucun besoin de sol ;
- ❖ il y a peu ou pas de fertilisant de synthèse utilisé ;
- ❖ les risques de contamination externe sont diminués ;
- ❖ le système aquaponie engendre moins de déchets que l'aquaculture traditionnelle ;
- ❖ contrairement au fumier des animaux à sang chaud, ne contient pas de coliformes fécaux potentiellement dangereux pour la santé humaine.

#### ✓ **Inconvénients :**

- ❖ Les températures optimales pour les poissons et les végétaux ne concordent pas toujours.
- ❖ Le système est énergivore surtout si la température de l'eau n'est pas optimale pour les poissons ou pour les végétaux.

- ❖ Des connaissances plus étendues (poissons, végétaux, bactéries, physicochimie, etc.) sont indispensables. Il est difficile d'appliquer des traitements destinés aux poissons ou aux plantes sans affecter la survie des bactéries présentes dans le bio-filtre ou sans nuire à la productivité de l'élevage ou de la culture.
- ❖ Le faible apport d'eau peut limiter les pistes de solution si un problème survient concernant la qualité de l'eau.
- ❖ Un approvisionnement en poissons sains est une exigence clé. Une contamination ou un bris d'équipement peut avoir des conséquences très importantes puisque tous les éléments du système aquaponie sont inter reliés.

### **I.4. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté un aperçu des serres et des systèmes aquaponies, en définissant leurs concepts, techniques, structures ainsi qu'en discutant de leurs avantages et inconvénients de manière détaillée.

L'automatisation et l'informatique industrielle trouvent de nombreuses applications, notamment dans le domaine de l'agriculture intelligente, où l'adoption de ces technologies vise à réduire l'intervention humaine, rendant ainsi les serres plus rentables et augmentant leur précision.

Dans le prochain chapitre, nous examinerons en détail la composition d'une serre aquaponie ainsi que les différents composants qui la constituent.



## **Chapitre II Conception de la serre aquaponie**

### II.1. Introduction

La serre aquaponie est basée sur un circuit d'eau bien étudié, des capteurs, des actionneurs et des systèmes de surveillance ainsi de contrôle. Dans ce chapitre, on va présenter les différentes parties ainsi les différents éléments qui composent ce système.

### II.2. Partie pratique

#### II.2.1. Structure et matériaux pour la serre

Il existe quatre types de matériaux couramment utilisés pour la construction des serres :

- **Le bois** : est le matériau le plus esthétique et le meilleur isolant thermique.
- **Le PVC** : est en outre un bon isolant, qui limite la condensation et permet des économies d'énergie, de plus, son entretien est aisé. Cependant il faut savoir que le PVC ternit avec le temps.
- **Le métal (aluminium ou acier)** : bien qu'il ne soit pas un excellent isolant thermique, ce matériau est particulièrement utile pour la construction de serres de grande taille en raison de sa résistance mécanique élevée.
- **Le verre** : plus lourd, est néanmoins plus translucide et meilleur vecteur de luminosité [31].

#### II.2.2. Les capteurs

##### II.2.2.1. Capteur de lumière (la photorésistance)

Comme le montre la figure II.1, la photorésistance est un composant électronique dont la résistivité varie en fonction de la quantité de lumière incidente. On peut également le nommer résistance photo-dépendante (Light Dependent Resistor : LDR) ou cellule photoconductrice[31].

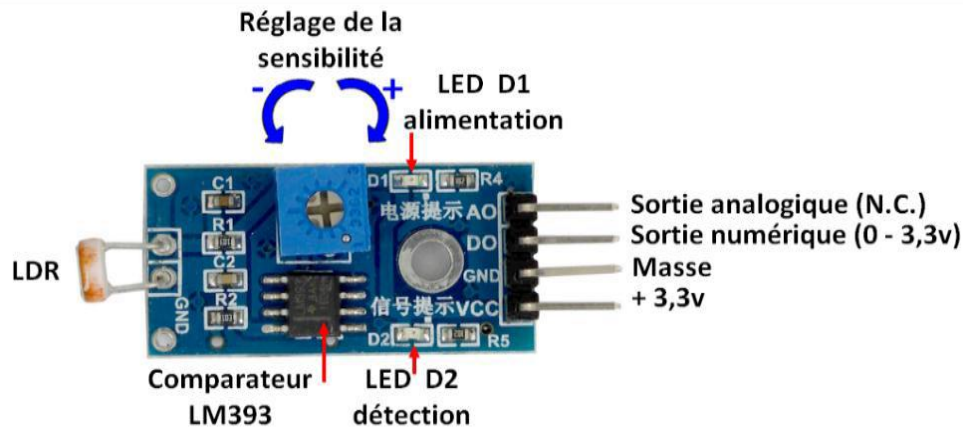


Figure II.1 : Capteur de lumière[32].

##### II.2.2.2. Capteur de température et d'humidité atmosphérique

Généralement, le choix se portera sur le capteur DHT11, il est constitué d'un capteur de température à base de NTC (Négative Température Coefficient) et d'un capteur d'humidité résistif, un microcontrôleur s'occupe de faire les mesures, les convertir et les transmettre.

Ce capteur est préalablement calibré en usine, et ses paramètres de calibration sont enregistrés dans sa mémoire interne[31]. Voir la figure II.2.

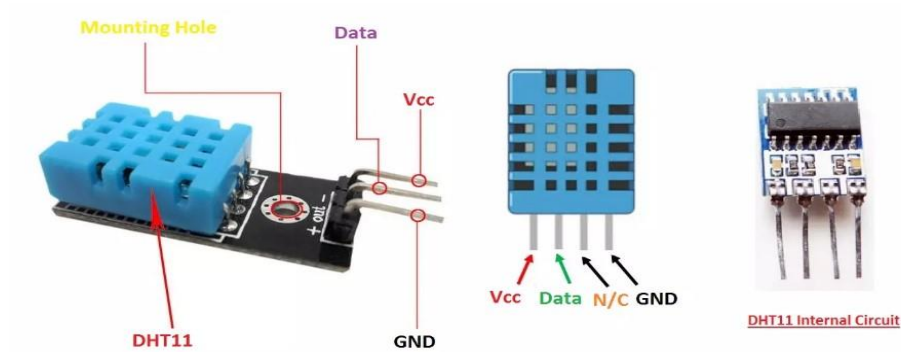


Figure II.2 : Capteur de température et d'humidité atmosphérique[33].

### II.2.2.3. Capteur pH :

Le capteur de pH, comme montre la figure II.3, est pour mesurer la concentration en ions hydrogène d'une solution. Plus la concentration en ions hydrogène est grande, plus le pH est petit, lorsque le pH est supérieur à 7, la solution est basique (alcaline), et quand il est inférieur à 7, la solution est acide.



Figure II.3 : Capteur pH[34].

### II.2.2.4. Capteurs de nitrate

Ce capteur est une sonde numérique spécialisée dans la détection sélective des ions, conçue pour mesurer directement les concentrations de nitrate dans le milieu. Voir la figure II.4.



Figure II.4 : Capteur de nitrate[35]

### II.2.2.5. Circuit de conditionnement des capteurs

Un conditionneur est un circuit électronique de traitement du signal issu d'un capteur. Il est utilisé pour simplifier l'interface d'un capteur avec un système d'acquisition de données.

Une chaîne de mesure, le conditionneur intervient entre le capteur et l'interface. Il met en forme le signal mesuré pour le traduire en une grandeur qui permette le traitement (par exemple : tension, courant, fréquence) [36] et optimise les caractéristiques du signal de sortie du capteur (filtrage du bruit, amplification, suppression de composante continue...). Une conversion analogique/numérique du signal peut également être faite afin par exemple de rendre la mesure exploitable par un ordinateur [37].

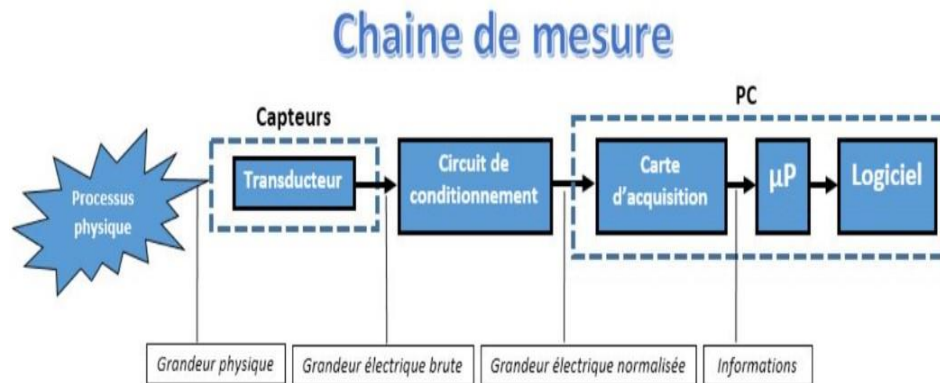


Figure II.5 : chaîne de mesure [38].

Le choix d'un conditionneur est une étape importante dans une chaîne de mesure. En effet, l'association capteur et conditionneur permet de déterminer le signal électrique. La constitution du conditionneur influe beaucoup sur un certain nombre de performances de l'ensemble de mesure : sensibilité, linéarité, insensibilité à certaines grandeurs d'influence[39].

### II.2.3. Les actionneurs

#### II.2.3.1. Pompe électrique

Une pompe à eau est indispensable dans le système aquaponie pour pomper l'eau du réservoir vers l'installation aquaponie. La figure II.6 illustre cet actionneur.



Figure II.6 : Pompe d'eau 12 V [40].

#### II.2.3.2. Ventilateur artificielle

Ce ventilateur est servi à réduire la température de la serre si elle est supérieure aux valeurs auxquelles la plante pousse de manière saine [41]. Voir la figure II.7.



Figure II.7 : Ventilateur artificielle[41].

#### II.2.3.3. Pompe d'air

Pour contrôler l'humidité dans la serre, nous devons utiliser une pompe à air. Voir la figure II.8.



**Figure II.8 :** Pompe d'air [41].

### II.2.3.4. Chauffage

Cet appareil était utilisé pour produire de l'air chaud, afin de contrôler la température à l'intérieur de la serre [41]. La figure II.9 illustre ce système de chauffage.



**Figure II.9 :** Chauffage[42].

### II.2.3.5. Thermostat

Ce thermostat, comme montre la figure II.10, est utilisé pour contrôler la température de l'aquarium pour que le poisson grandisse de manière saine.



**Figure II.10 :** Thermostat [43].

### II.2.3.6. Éclairage

Cette source de lumière colorée a été utilisée pour améliorer la croissance des plantes, car chaque plante a besoin d'une lumière d'une certaine couleur [41]. Voir la figure II.11.



Figure II.11 : Éclairage [41].

### II.2.3.7. Distributeur automatique de nourriture des poissons

Nous utilisons ce type d'actionneurs comme montre la figure II.12 dans notre système aquaponie pour contrôler la nourriture des poissons.



Figure II.12 : Distributeur automatique de nourriture des poissons[44].

### II.2.3.8. Filtre biomécanique

Sans filtre d'aquarium, des déchets et des substances toxiques peuvent s'accumuler, ce qui entraînerait rapidement des changements dramatiques dans les paramètres de l'eau et une mauvaise qualité de l'eau. Et ce serait une menace pour les poissons [45]. La figure II.13 montre le Filtre biomécanique utilisé dans notre système.



**Figure II.13 :** Mousse filtrante pour aquarium[46].

### II.2.3.9. LCD

Les afficheurs à cristaux liquides, autrement appelés afficheurs LCD (Liquid Crystal Display) comme montre la figure II.14, sont des modules compacts intelligents et nécessitent peu de composants externes pour un bon fonctionnement. Ils consomment relativement peu (de 1 à 5 mA), sont relativement bons marchés et s'utilisent avec beaucoup de facilité. Plusieurs afficheurs sont disponibles sur le marché et diffèrent les uns des autres, non seulement par leurs dimensions, (de 1 à 4 lignes de 6 à 80 caractères), mais aussi par leurs caractéristiques techniques et leur tension de service. Un affichage 16x2 LCD est module très basique et est très couramment utilisé dans divers dispositifs et circuits. Ces modules sont préférés aux sept segments et d'autres LED multisegments. Les raisons étant : les écrans LCD sont économiques, facilement programmable, avoir aucune limitation de l'affichage des caractères spéciaux et même personnalisés (contrairement à sept segments), animations, Ils consomment relativement peu (de 1 à 5 mA). Un afficheur LCD contient :

- Une entrée de contrôle RS (Register Select).
- Une entrée de validation E (Enable)
- 8 entrées de données D0 à D7 [41].



**Figure II.14 :** Afficheur LCD[47].



### II.2.3.10. Relais

Module de relais pour la commutation des charges de puissance. Les contacts de relais sont conçus pour commuter des charges jusqu'à 10A et 250VAC (30VDC). Les entrées de commande sont isolées avec des optocoupleurs pour minimiser le bruit perçu par le circuit de commande pendant que la commutation de charge est effectuée. Ce module est idéal pour commuter des charges de courant alternatif connectées au secteur. Ce module est capable de contrôler divers équipements à courant élevé pendant une longue période et il est compatible avec Arduino ainsi qu'avec une variété de microcontrôleurs[48]. Voir la figure II.15.

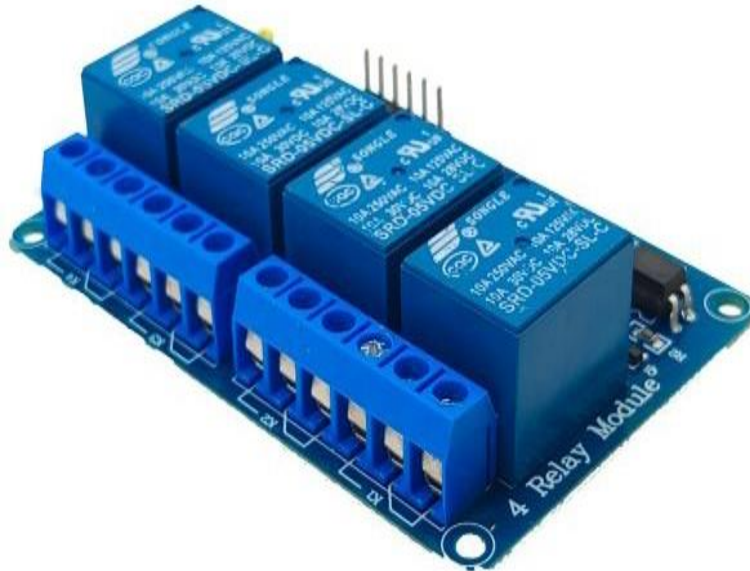


Figure II.15 : Relais[49]

### II.2.4. PV

Aujourd'hui, il existe différentes sources d'énergie pour produire de l'électricité comme l'énergie solaire. L'énergie solaire est une énergie dont la matière première est le soleil. C'est gratuit, inépuisable et de plus, disponible partout dans le monde. Il recueille les photons du soleil et les transforme en électricité. Malheureusement, le soleil ne brille pas 24 heures par jour et l'énergie solaire en dépend pour produire son énergie. C'est pourquoi nous devons utiliser une source d'énergie alternative pour répondre à nos besoins pendant la nuit. Dans notre projet, nous n'utilisons pas de panneaux solaires comme montre la figure II.16 uniquement pour alimenter la serre, mais nous l'utilisons à de nombreuses fins telles que : l'éclairage des lampes, l'alimentation des machines....[50].



**Figure II.16 :** Panneau solaire[41].

### II.2.5. Onduleur

L'onduleur est l'une des technologies clés. C'est un appareil qui transforme l'entrée d'alimentation CC en alimentation CA. C'est pourquoi nous avons utilisé Victron Energy Phoenix comme onduleur pour notre serre[18]. Voir la figure II.17.



**Figure II.17 :** Onduleur[41].

### II.2.6. Régulateur de Tension

Le régulateur de tension, comme montre la figure II.18, est un dispositif qui maintient une tension de sortie constante indépendamment des changements d'alimentation en entrée ou des conditions de charge. C'est ce qui nous a amenés à l'utiliser dans notre serre. Il affiche également des fonctions de protection telles que la protection contre les surtensions, la protection contre les courts-circuits, l'arrêt thermique, la limitation de courant, etc. [51].



Figure II.18 : Régulateur de tension[41].

### II.2.7. Fusibles et Disjoncteurs

Pour assurer la plus haute sécurité pour notre projet, il existe de nombreux dispositifs disponibles qui nous offrent une gamme totale de protection pour les circuits tels qu'un fusible, des disjoncteurs...etc. Les fusibles et les disjoncteurs ont tous deux le même objectif, la protection des circuits électriques contre les tensions ou courants extrêmes. Ils interrompent tous les deux le flux d'électricité, mais de manière très différente l'un de l'autre.

Alors qu'un fusible est constitué d'un morceau de métal qui fond lorsque le flux de courant à travers lui est élevé, les disjoncteurs, d'autre part, ont des mécanismes de commutation internes qui arrêtent le flux de courant une fois qu'un défaut s'est produit. Pas comme un fusible, il est utilisé pour protéger les circuits à faible courant ainsi que les circuits à haute tension[52]. Voir la figure II.19.



Figure II.19 : Fusible / Disjoncteur [41].

### II.2.8. Batterie

Cet élément est utilisé notamment dans le cas d'usages isolés et non raccordés au réseau électrique ou en cas de dysfonctionnement du réseau électrique, afin de stocker de l'énergie électrique, ou en cas de temps nuageux ou pendant la nuit [41]. Voir la figure II.20.



Figure II.20 : Batterie[41].

### II.3. Partie logicielle

#### II.3.1. Raspberry pi

Raspberry Pi est une plate-forme d'ordinateurs mono-carte à faible coût destinée à rendre l'informatique plus accessible dans le monde entier. Semblable à la philosophie de la populaire plate-forme open source Arduino, l'écosystème Raspberry Pi met fortement l'accent sur la simplicité et maintient les coûts matériels bas. Mais il est important de comprendre le but des ordinateurs Raspberry, étant une solution informatique plus complète que les Arduino à microprocesseur, ce qui leur donne un avantage potentiel dans de nombreuses applications industrielles.

Raspberry Pi ,comme montre la figure II.21, a été créé par la Fondation Raspberry Pi, une organisation caritative basée à Cambridge au Royaume-Uni. La Fondation a commencé comme un groupe d'ingénieurs qui s'inquiétaient de plus en plus de la baisse des inscriptions dans les cours d'informatique. La Fondation Raspberry Pi a été enregistrée en 2006 et a entrepris de résoudre le problème de l'accès aux ordinateurs en raison des coûts élevés. Après plusieurs prototypes et une collaboration très étroite avec le Laboratoire informatique de l'Université de Cambridge, la fondation a sorti le premier ordinateur Raspberry Pi, le modèle B, en 2012 [53].



Figure II.21 : Raspberry pi[54].

### ➤ Matériel Raspberry Pi

La famille Raspberry Pi comprend trois gammes de produits : le Raspberry Pi (standard), le Raspberry Pi Zero et le Raspberry Pi Pico, chacun avec des plages et des tailles de puissance de traitement différentes.

Les premières itérations de la série classique étaient les modèles A et B. Ils étaient livrés avec différentes options de capacités de mémoire (256 Mo ou 512 Mo), une connectivité Ethernet filaire et sans fil, et le nombre de ports USB variait également. Dans les versions ultérieures, Raspberry Pi 2 et 3 ont continué à offrir les variantes A et B tout en augmentant plusieurs fonctionnalités de performance.

La dernière version de la série standard est le Raspberry Pi 4 de 2019. La variante A a été abandonnée pour la quatrième version, n'offrant que les variantes B et 400. Les Raspberry Pi 4 et 400 ont des spécifications presque identiques, y compris un processeur ARM Cortex-A72 64 bits cadencé à 1,5 GHz. De plus, ils prennent en charge le Wi-Fi, gigabit Ethernet, Bluetooth et HDMI avec une résolution 4K.

La principale différence entre les deux est que le Raspberry Pi 400 est intégré à un clavier complet et coûte plus cher que le Raspberry Pi 4.

La série standard Raspberry Pi est également livrée avec des broches GPIO bidirectionnelles pour connecter des circuits électroniques externes, des capteurs, des LED et pratiquement tous les composants d'automatisation fonctionnant dans la plage 3,3 V – 5 V. Gardez à l'esprit que des abaisseurs et des élévateurs de tension peuvent être utilisés pour connecter des appareils dans la plage de 24 V.

La gamme de produits Raspberry Pi Zero est plus compacte que la gamme standard, ce qui en fait une bonne option pour les appareils plus petits et plus discrets. Il y a eu quatre versions du Raspberry Pi Zero : v1.3, W, WH et 2W. Le modèle Zero 2W est sorti en 2021 et il intègre un processeur ARM Cortex-A53 quadricœur 64 bits cadencé à 1 GHz et 512 Mo de SDRAM. Il dispose également d'un emplacement pour carte microSD, d'un port USB, d'un connecteur de caméra et d'un port mini HDMI. Ces caractéristiques sont montées sur une planche de 2,6 pouces de long sur 1,18 pouce de large.

Certains gadgets qui fonctionnent avec un Raspberry Pi Zero sont les drones, les systèmes de jeu portables, les appareils GPS, les projecteurs et les caméras de sécurité.

La gamme Raspberry Pi Pico est encore plus petite que la Zero, mais avec un processeur Cortex-M0+ double cœur fonctionnant à 133 MHz, elle offre toujours des performances assez décentes. Il prend également en charge le réseau local sans fil 802.11 n et une connexion USB. Étonnamment, il est également livré avec un module GPIO à 26 broches[53].

### ➤ Logiciel Raspberry Pi

La plate-forme Raspberry Pi est polyvalente en matière de compatibilité du système d'exploitation. Il peut exécuter Linux, Windows et le système d'exploitation Raspberry Pi, anciennement Raspbian. Ce dernier est basé sur Debian, un système d'exploitation open source basé sur Linux distribué gratuitement.

Le système d'exploitation Raspberry Pi exécute une interface de bureau simplifiée familière aux utilisateurs de Windows qui affiche un fond d'écran, une barre des tâches, des raccourcis et un menu d'applications. Cependant, dans la vraie mode Linux, les instructions sont données à l'aide de commandes de ligne textuelles. L'apprentissage des commandes de ligne PiOS nécessite un peu de courbe d'apprentissage, en particulier pour les utilisateurs qui ne connaissent que Windows. Cependant, grâce à sa nature open source, de nombreuses publications sur les commandes Pi OS peuvent toujours être trouvées en ligne. Voir la figure II.22.

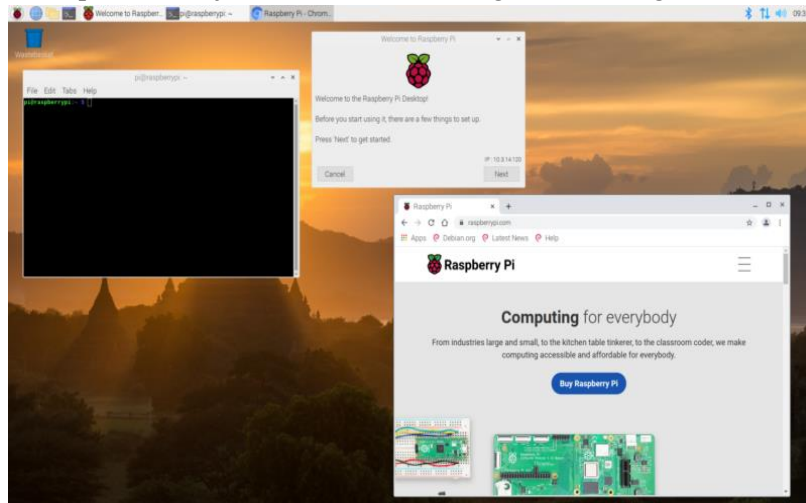


Figure II.22 : Raspberry pi OS[55].

Exécuter un véritable système d'exploitation Windows sur un Raspberry Pi est également une option puissante. La version compatible est Windows 10 IoT Core, la même version que de nombreux appareils IoT dans l'automatisation industrielle utilisent. Ce système d'exploitation ouvrira probablement la porte aux ordinateurs Raspberry Pi pour entrer dans l'industrie avec plus de succès que les Arduino[53].

### II.3.2. Langage de programmation

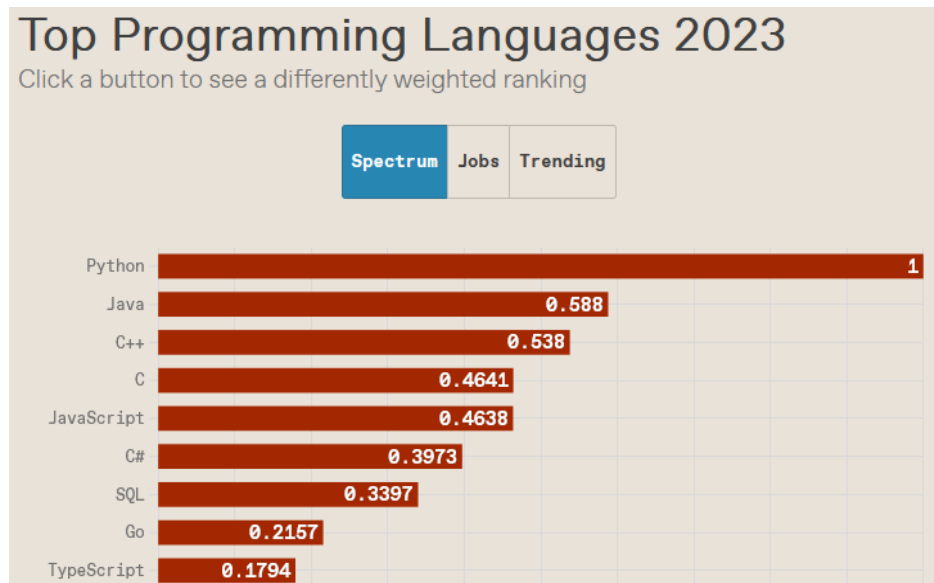
Python est un langage de programmation de haut niveau à usage général. Sa philosophie de conception met l'accent sur la lisibilité du code avec l'utilisation d'une indentation significative.

Python est typé dynamiquement et récupéré. Il prend en charge plusieurs paradigmes de programmation, y compris la programmation structurée (en particulier procédurale), orientée objet et fonctionnelle. Il est souvent décrit comme un langage "piles incluses" en raison de sa bibliothèque standard complète.

## Chapitre II : Conception de la serre aquaponie

Guido van Rossum a commencé à travailler sur Python à la fin des années 1980 en tant que successeur du langage de programmation ABC et l'a publié pour la première fois en 1991 sous le nom de Python 0.9.0. Python 2.0 est sorti en 2000. Python 3.0, publié en 2008, était une révision majeure qui n'était pas complètement rétro-compatible avec les versions antérieures. Python 2.7.18, publié en 2020, était la dernière version de Python 2.

La figure II.23, illustre que python se classe régulièrement parmi les langages de programmation les plus populaires et a acquis une utilisation généralisée dans la communauté de l'apprentissage automatique [56].



**Figure II.23 :** Classification de langage de programmation[57]

L'indice alternatif Pypl Popularité des langages de programmation analyse la fréquence de recherche des tutoriels de langage dans Google. Le top 10 de Pypl pour janvier 2024 est le suivant [58]:

- 1) Python 28.2%
- 2) Java, 15.73%
- 3) JavaScript, 8.91%
- 4) C/C++, 6.8%
- 5) C#, 6.67%
- 6) R, 4.59%
- 7) PHP, 4.54%
- 8) TypeScript, 2.92%
- 9) Swift, 2.77%
- 10) Objective-C, 2.34%

### II.3.3. Le logiciel VNC

VNC est un logiciel de prise de contrôle à distance d'ordinateurs dans le but de faire de la télémaintenance, il est principalement utilisé dans les entreprises mais peut être utilisé également par des particuliers dans le cadre d'un PAN (Réseau Local Personnel) de la faite de sa simplicité d'utilisation et de la faite qu'il y'ai également une version gratuite du logiciel.

VNC utilise un modèle client server dans lequel la version serveur est installé sur les ordinateurs que l'on veut contrôler à distance par les ordinateurs sur lesquels est installé un simple logiciel de prise de commande appelé VNC Viewer.

Pour simplifier sont utilisation, VNC peut être utilisé en mod poste à poste chaque poste d'un réseau possède la version serveur de VNC et l'utilitaire de connexion de manière à ce que n'importe quel poste du réseau peut prendre le contrôle de n'importe quel autre poste du réseau, ce mod de fonctionnement s'applique plus à des particuliers possédant un réseau personnel[59].

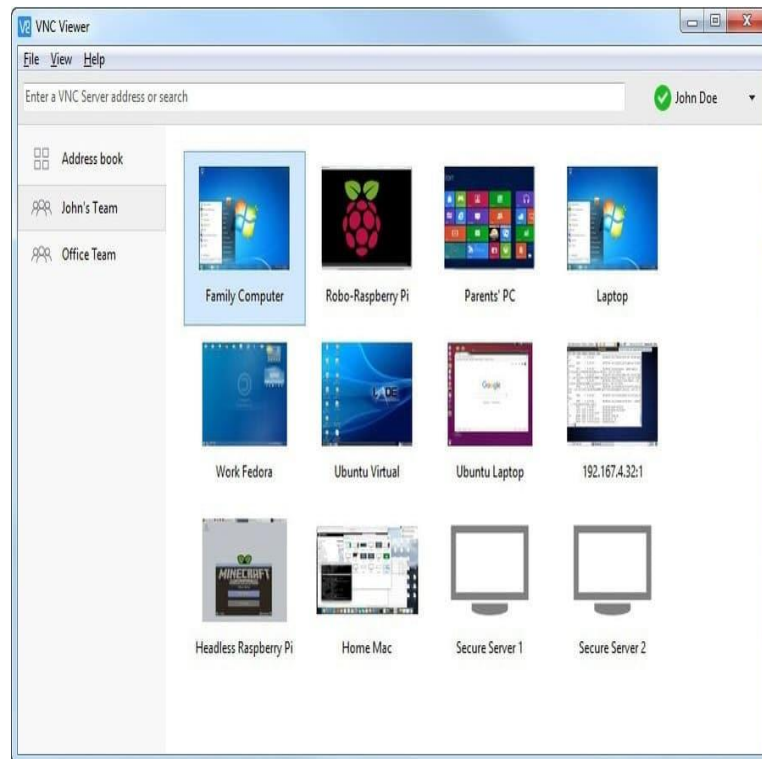


Figure II.24 : VNC[60].



### II.3.4. Configuration de VNC sur raspberry pi

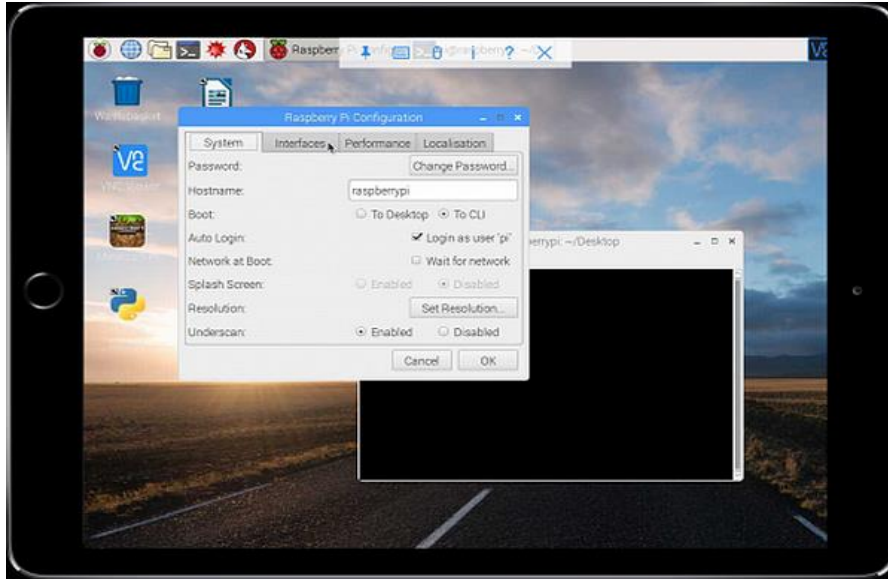


Figure II.25 : configuration de VNC sur raspberry pi [61].

Le logiciel VNC (Virtual Network Computing) permet d'avoir le contrôle total de votre Raspberry Pi, à son environnement, et ce directement depuis votre ordinateur de bureau, qu'il fonctionne avec Linux, MacOS ou Windows[61].

### II.4. Conclusion

Ce chapitre donne un aperçu et des détails pour l'étude conceptuelle de la serre aquaponie avant de réaliser le prototype. On a donné les différentes structures de la serre et aquarium et les différents outils de contrôle et de surveillance. On a bien expliqué la carte raspberry pi qui servira d'outil de calcul et qui sera bien le cœur de cette application.

Le chapitre prochain sera consacré à la simulation et la réalisation d'un prototype de la serre aquaponie.

## **Chapitre III Simulations et tests pratique de la serre aquaponie**

### III.1. Introduction :

Afin de faciliter l'étude de la culture sous serre, nous avons réalisé un prototype d'une mini serre d'agricole intelligente aquaponie supervisée par un système automatique.

Nous avons également utilisé des capteurs qui nous permet d'obtenir des données sur l'évolution des paramètres climatiques « température, humidité, luminosité et les paramètres de l'eau le pH et le NO<sub>3</sub> » et d'agir si nécessaire par un traitement sous l'environnement de Raspberry pi 4.

Dans ce chapitre, on va présenter les différentes étapes de la réalisation de cette serre et on va valider ce prototype par des différents tests pratiques.

### II.3. Simulation Proteus :

Pour faciliter la compréhension des différentes étapes de notre simulation, on a essayé de suivre l'organigramme suivant :

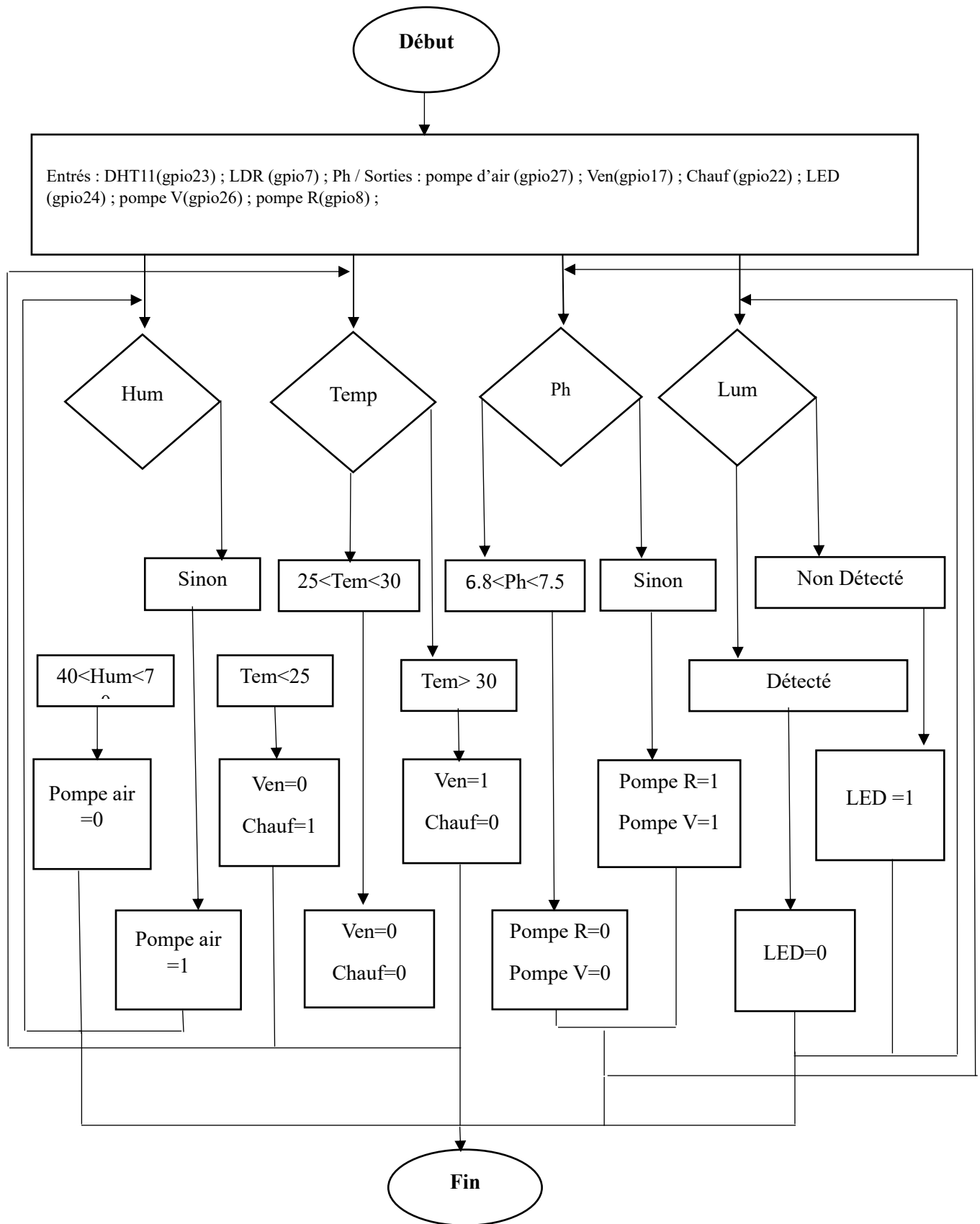
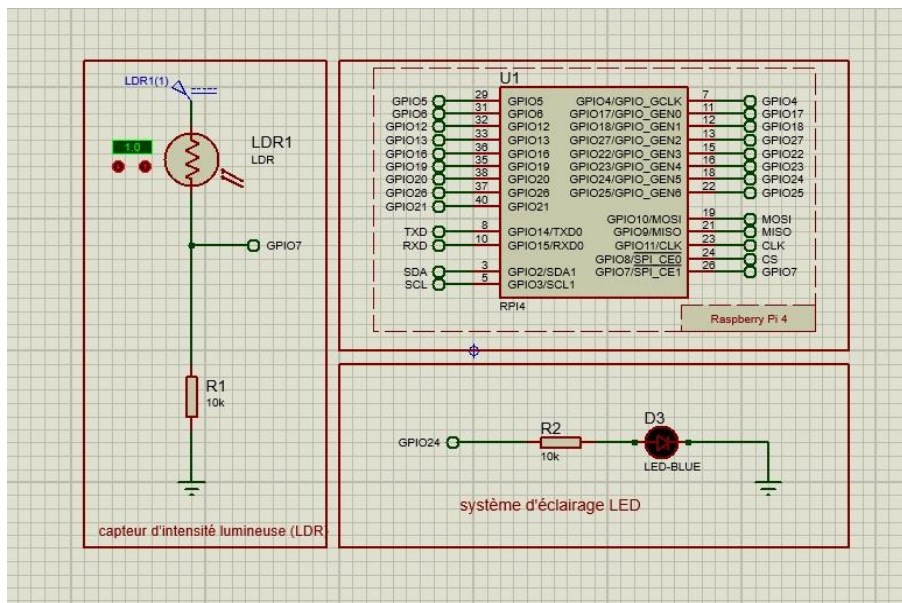


Figure III.1 : Organigramme.

Le logiciel ISIS Proteus est un logiciel de réalisation de carte électronique qui permet aussi la simulation de montages électroniques. Dans cette partie, nous allons essayer de montrer les simulations des différents paramètres qui doivent être contrôlés dans notre prototype à savoir : la luminosité, la température, l'humidité et qualité d'eau.

### II.2.1. Contrôle de la lumière

Le compteur de lumière est également connu sous le nom de photo résistance, résistance dépendante de la lumière, cellule photoélectrique, LDR. Le module de capteur de lumière émet bas lorsque la lumière est présente et HAUT lorsque la lumière n'est pas détectée. Le Raspberry Pi est programmé pour lire la valeur du module de capteur de lumière et, en fonction des lectures, activer la LED lorsque la lumière n'est pas présente et l'éteindre lorsque la lumière est détectée.



**Figure III.2 : Simulation de la luminosité.**

### ➤ Programme

```
import RPi.GPIO as GPIO
from time import sleep
# Set the Raspberry Pi GPIO pin number connected to the DO pin of the ldr light
sensor module
DO_PIN = 7
led = 24
# Set the GPIO mode and configure the ldr light sensor module pin as INPUT
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(DO_PIN, GPIO.IN)
```

```
GPIO.setup(led, GPIO.OUT) # asled is an output device so thats why we set it to
output.
GPIO.output(led, False)
# Initialize the previous state variable with the current state
prev_light_state = GPIO.input(DO_PIN)
try:
    while True:
        # Read the current state of the ldr light sensor module
        light_state = GPIO.input(DO_PIN)
        # Check for a state change (LOW to HIGH or HIGH to LOW)
        if light_state != prev_light_state:
            if light_state == GPIO.LOW:
                print("Light detected!")
                GPIO.output(led, GPIO.LOW)

            else:
                print("Light is gone!")
                GPIO.output(led, GPIO.HIGH)

        # Update the previous state variable
        prev_light_state = light_state

        # Add a small delay to prevent continuous readings
        sleep(0.1)
except KeyboardInterrupt:
    # Clean up GPIO settings when Ctrl+C is pressed
    GPIO.cleanup()
```

### III.2.2. Contrôle de température et humidité

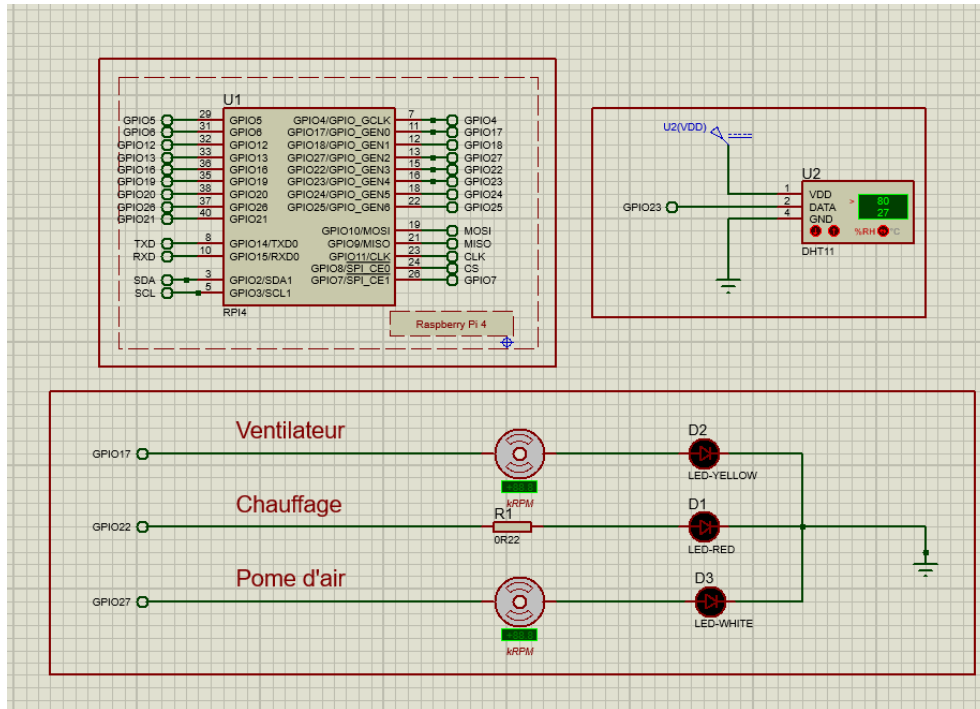
Le programme entre dans une boucle infinie pour lire en continu la température et l'humidité du capteur.

En fonction de la température :

- ✓ Si la température est supérieure à 30°C, il allume le ventilateur et éteint l'élément chauffant.
- ✓ Si la température est inférieure à 25°C, il éteint le ventilateur et allume l'élément chauffant.
- ✓ Sinon (entre 25°C et 30 ° C), le ventilateur et l'élément chauffant sont éteints.

La pompe à air est contrôlée en fonction des niveaux d'humidité (40% à 75%).

Cela garantit que notre température oscille entre le minimum et le maximum pour une belle croissance des plantes.



**Figure III.3 :** Simulation de la température et l'humidité.

### ➤ Programme

```

import time
import board
import adafruit_dht
import psutil
import RPi.GPIO as GPIO
import time
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(17, GPIO.OUT) # VEN connected to GPIO17
GPIO.setup(22, GPIO.OUT) # chauf (chauffage) connected to GPIO22
GPIO.setup(27, GPIO.OUT) # Air pump connected to GPIO27

for proc in psutil.process_iter():
    if proc.name() == 'libgpiod_pulsein' or proc.name() ==
'libgpiod_pulsei':
        proc.kill()
sensor = adafruit_dht.DHT11(board.D23)
while True:
    try:
        temp = sensor.temperature
        humidity = sensor.humidity
        print("Temperature: {}Â°C Humidity: {}%".format(temp,
humidity))
    
```

```
if temp >19:
    GPIO.output(17, GPIO.HIGH) # Turn on the ven
    GPIO.output(22, GPIO.LOW) # Turn off the chauff heater
elif temp < 17:
    GPIO.output(17, GPIO.LOW) # Turn off the ven
    GPIO.output(22, GPIO.HIGH) # Turn on the Chauff
    GPIO.output(17, GPIO.LOW) # Turn off the Ven
    GPIO.output(22, GPIO.LOW) # Turn off the Chauff
# Control the air pump
if 40 <= humidity <= 75:
    GPIO.output(27, GPIO.HIGH) # Turn on the air pump
else:
    GPIO.output(27, GPIO.LOW) # Turn off the air pump

except RuntimeError as error:
    print(error.args[0])
    time.sleep(2.0)
    continue
except Exception as error:
    sensor.exit()
    raise error

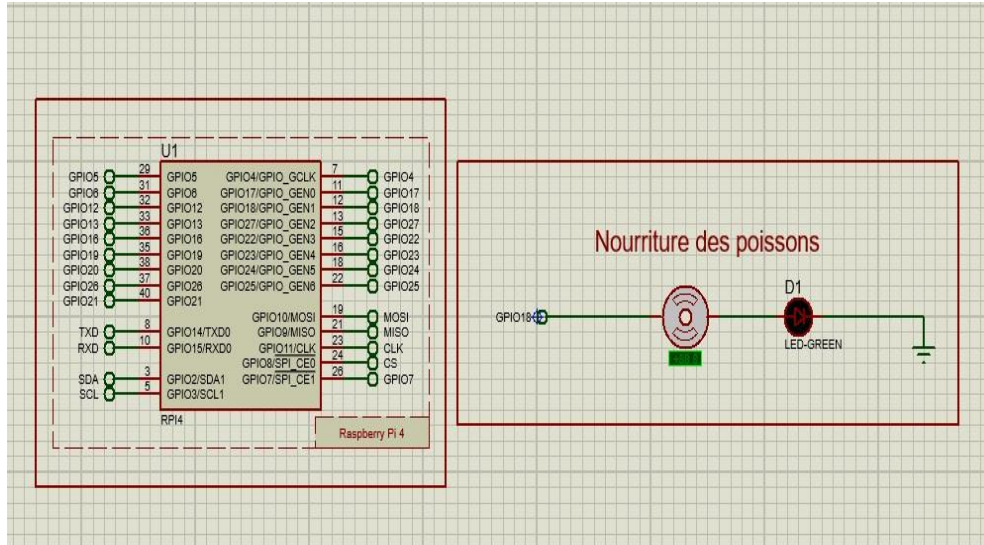
time.sleep(2.0)

except KeyboardInterrupt:
    # Clean up GPIO settings when Ctrl+C is pressed
    GPIO.cleanup()
```

### III.2.3. Nourriture des poissons

Comme tous les animaux, les poissons ont besoin d'une alimentation adéquate et régulière pour favoriser leur croissance optimale et préserver leur santé. Le programme qui suit vise à répondre à ces besoins nutritionnels essentiels.





**Figure III.4 :** Simulation de contrôle de Nourriture des poissons.

### ➤ Programme

```
import RPi.GPIO as GPIO
import time
# Set the GPIO mode (BCM or BOARD)
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setwarnings(False)
# Define the GPIO pin controls the fan via the relay module
RELAY_PIN = 18
# Set the relay pin as an output pin
GPIO.setup(RELAY_PIN, GPIO.OUT)

try:
    # Run the loop function indefinitely
    while True:
        # Turn the relay ON (HIGH) to turn on the fan
        print ("Time to feed the fish")
        GPIO.output(RELAY_PIN, GPIO.HIGH)
        time.sleep(10) # Wait for 10 seconds
        # Turn the relay OFF (LOW) to turn off the fan
        print("Ending")
        GPIO.output(RELAY_PIN, GPIO.LOW)
        time.sleep(12*3600) # Wait for 12 h
        print ("Time to feed the fish")
        GPIO.output(RELAY_PIN, GPIO.HIGH)
        time.sleep(10) # Wait for 10 seconds
        # Turn the relay OFF (LOW) to turn off the fan
        print("Ending")
```

```

GPIO.output(RELAY_PIN, GPIO.LOW)
time.sleep(12*3600) # Wait for 12 h
except KeyboardInterrupt:
    # If the user presses Ctrl+C, clean up the GPIO configuration
    GPIO.cleanup()
    
```

### III.2.4. Contrôle de qualité d'eau

L'eau d'aquarium doit être aussi naturelle que celle que vos poissons rencontreraient dans la nature tout en satisfaisant à leurs exigences. Contrôler et ajuster l'eau d'aquarium est le meilleur moyen d'y parvenir. En effet, les poissons ne peuvent s'adapter à tous les milieux aquatiques. Grâce à un test, vous saurez si l'eau du robinet convient à vos poissons ou si vous devez obtenir l'eau ailleurs.

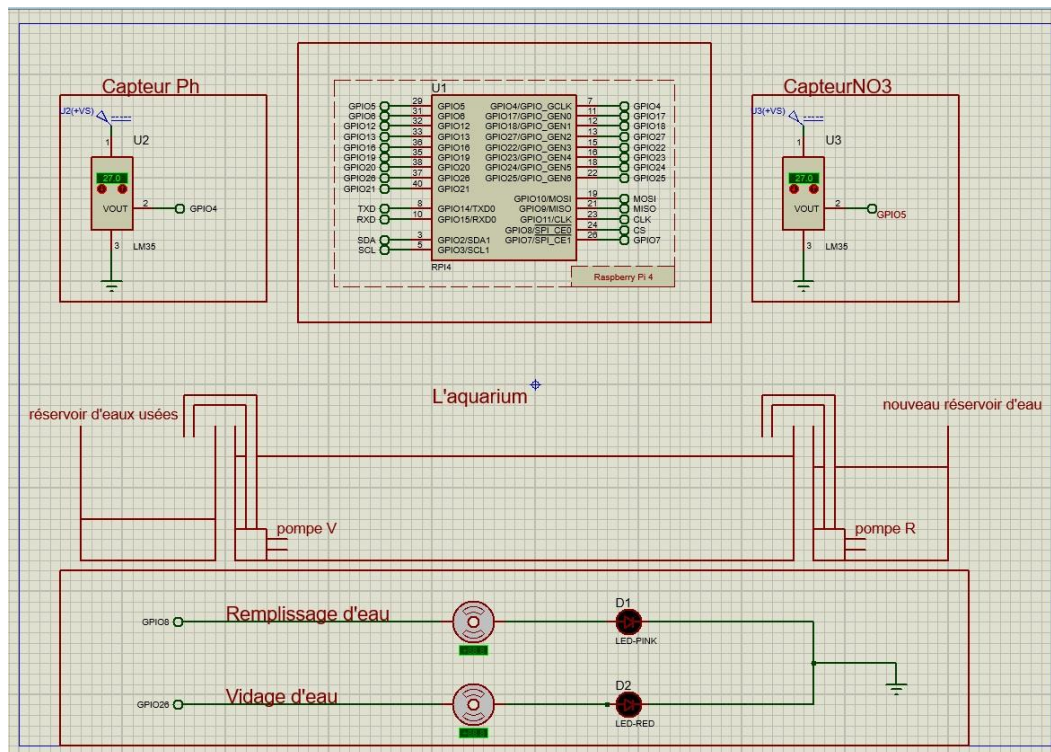
De nombreux paramètres doivent être vérifiés pour savoir si l'eau est de bonne qualité. Ces paramètres influent sur la santé et le comportement des poissons. Ainsi, une eau contenant beaucoup de nitrates les affectera négativement. Elle affectera le système immunitaire et augmentera le niveau de stress.

Pour maintenir un environnement sain pour vos poissons et plantes, il est essentiel de surveiller la qualité de l'eau dans votre aquarium. Les paramètres clés à surveiller incluent le pH, les nitrates (NO<sub>3</sub>) :

- Un pH optimal pour la plupart des aquariums d'eau douce se situe entre 6,9 et 7,5.
- Les nitrates (NO<sub>3</sub>) doivent être maintenus à un niveau bas (idéalement en dessous de 0,01 mg/L).

Lorsque les niveaux de pH ou de nitrates sont hors des plages recommandées, il faut effectuer un changement d'eau partiel.

La règle générale est de vider environ 1/3 de l'eau de l'aquarium et de la remplacer par de l'eau fraîche.



**Figure III.5 : Simulation de contrôle de qualité d'eau.**

Étant donné le prix exorbitant de capteurs de NO<sub>3</sub> et pH directement configurables avec le Raspberry Pi, nous avons choisi de mettre en place une solution avec un capteur de pH branché sur une carte Arduino, et ensuite de transmettre les données au Raspberry Pi de cette manière :

- Capteur de pH connecté à l'Arduino :

Configuration matérielle : Nous avons utilisé un capteur de pH de type lambda, moins onéreux, connecté à une entrée analogique de l'Arduino (broche A0).

Lecture et conversion des données : le capteur mesure le pH et l'Arduino convertit les valeurs analogiques en valeurs de pH. Cette conversion est faite par une fonction dans le code Arduino.

- Transfert des données au Raspberry Pi :

Communication série de données : Les valeurs de pH sont envoyées de l'Arduino au Raspberry Pi en utilisant une communication série à une vitesse de 9600 baud.

Réception et traitement : Le Raspberry Pi reçoit ces valeurs, les transforme en pH et entreprend des actions correspondant à la valeur de pH reçue.

- Surveillance de l'état des sorties GPIO sur le Raspberry pi Pi :

Réactions basées sur le pH : Si la valeur de pH dépasse un certain seuil (par exemple, pH > 8), le Raspberry Pi met en route la pompe de vidange pour changer l'eau après la mise en route de la pompe de remplissage

### ➤ Programme

- ✓ Arduino :

```
#define pHsensorPin A0 // pH sensor analog pin
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pHsensorPin, INPUT);
}
void loop() {
  int sensorValue = analogRead(pHsensorPin);
  float pHValue = analogToPh(sensorValue);

  // Send pH value to Raspberry Pi via serial
  Serial.print("pH:");
  Serial.println(pHValue, 2);

  delay(1000);
}

float analogToPh(int analogValue) {
  float voltage = analogValue * 5.0 / 1024; // Convert analog value to
voltage
  float pHValue = 7 - (voltage - 2.5) * 3.5; // Convert voltage to pH value
  return pHValue;
}
```

```
}
```

✓ Python :

```
import serial
import time
import RPi.GPIO as GPIO
# Configuration des broches GPIO
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(26, GPIO.OUT)
GPIO.setup(22, GPIO.OUT)
ser = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600)
try :

    while True:
        # Lire la valeur du pH depuis l'Arduino
        line = ser.readline().decode().strip()
        if line.startswith("pH:"):
            pH_value = float(line.split(":")[1])
            print("Valeur du pH :", pH_value) # Affichez la valeur du pH
            (vous pouvez modifier cela selon vos besoins d'affichage)
            if pH_value > 8:
                GPIO.output(26, GPIO.HIGH)
                time.sleep(10)
                GPIO.output(26, GPIO.L
                time.sleep(2)
                GPIO.output(22, GPIO.HIGH)
                time.sleep(10)
                GPIO.output(22, GPIO.LOW)

except KeyboardInterrupt:
    # If the user presses Ctrl+C, clean up the GPIO configuration
    GPIO.cleanup()
```

Grâce à cette méthode, nous avons pu économiser sur les coûts en nous servant de capteurs de pH moins chers, compatibles avec l'Arduino, tout en gardant les capacités de traitement et de contrôle du Raspberry Pi. À travers ce procédé, nous avons combiné les avantages des deux outils pour créer une solution efficace et bon marché pour la surveillance et le contrôle des variations de pH.

### III.3. Système d'alimentation

La serre aquaponie automatique est alimentée par deux sources distinctes, le réseau électrique et le système solaire photovoltaïque, pour fournir une source d'énergie durable au système. Le système photovoltaïque utilisé, comme montre la figure III.6, permet de faire fonctionner d'autres charges, telles que l'éclairage domestique, le pompage d'eau et d'autres utilisations. Il se compose d'un

générateur photoélectrique, d'un contrôleur de charge, d'un onduleur, d'une batterie et d'un système de protection.

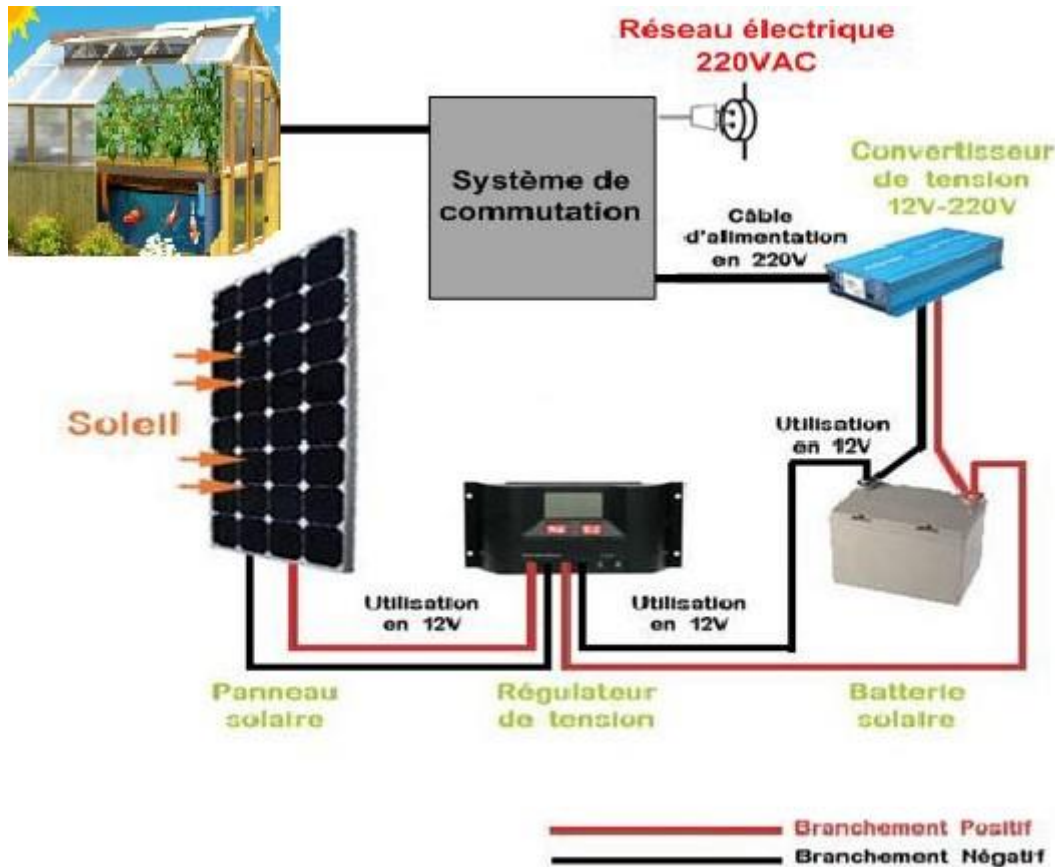


Figure III.6 : Système d'alimentation de la serre.

### III.4. Test des capteurs

Pour garantir l'efficacité et le bon fonctionnement des appareils électroniques, nous devons les tester avant de les utiliser.

#### III.4.1. Capteur de température et d'humidité

Pour tester la température, nous avons utilisé un briquet.

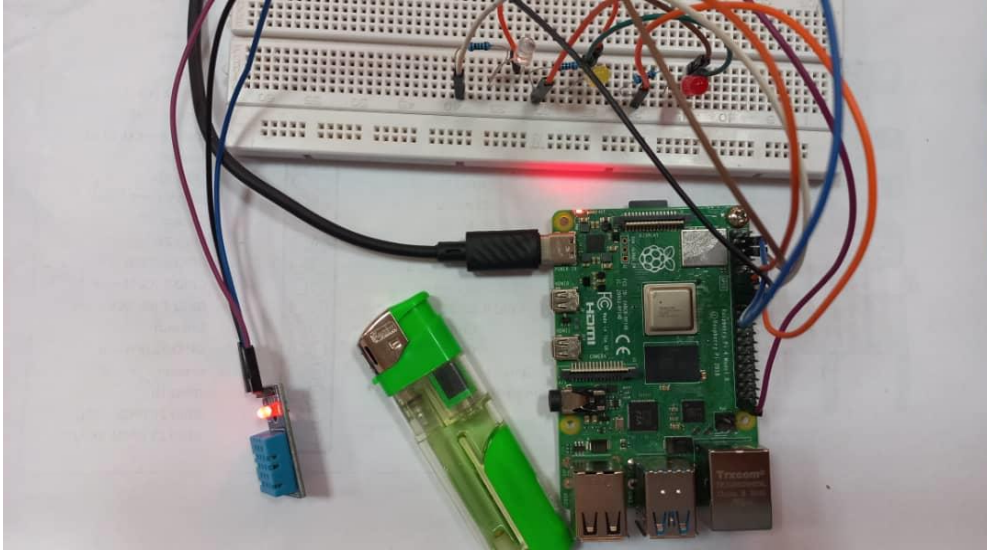


Figure III.7 : Test du capteur DHT11.

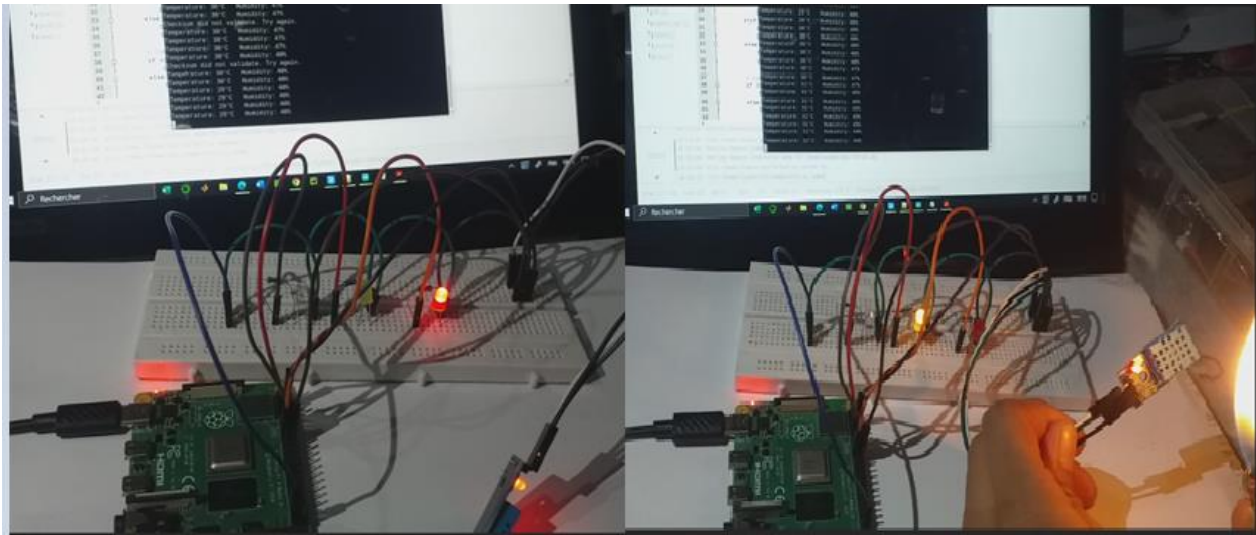


Figure III.8 : Résultat de l'essai.

### III.4.2. Capteur de lumière

Nous avons couvert le capteur pour tester la luminosité.

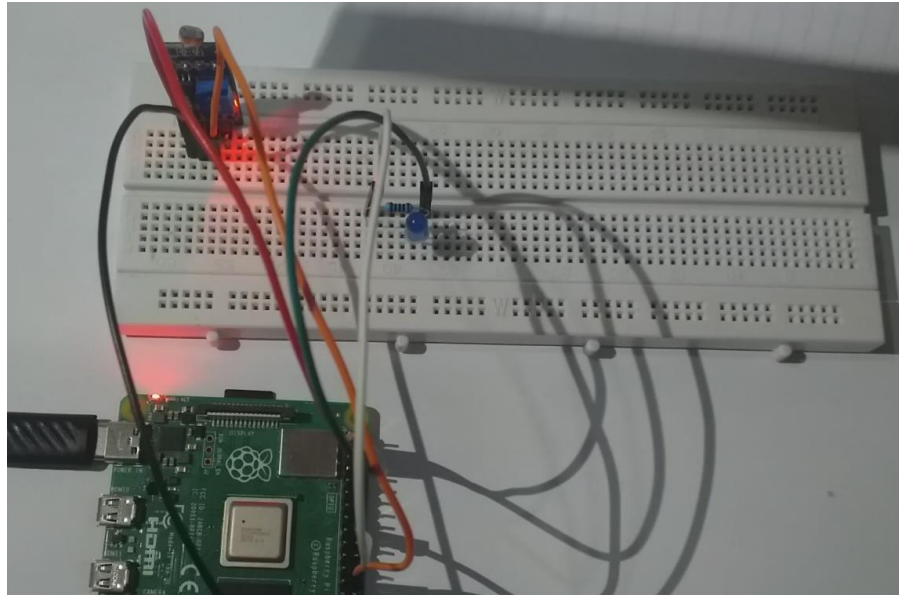


Figure III.9 : Test du capteur de lumière.

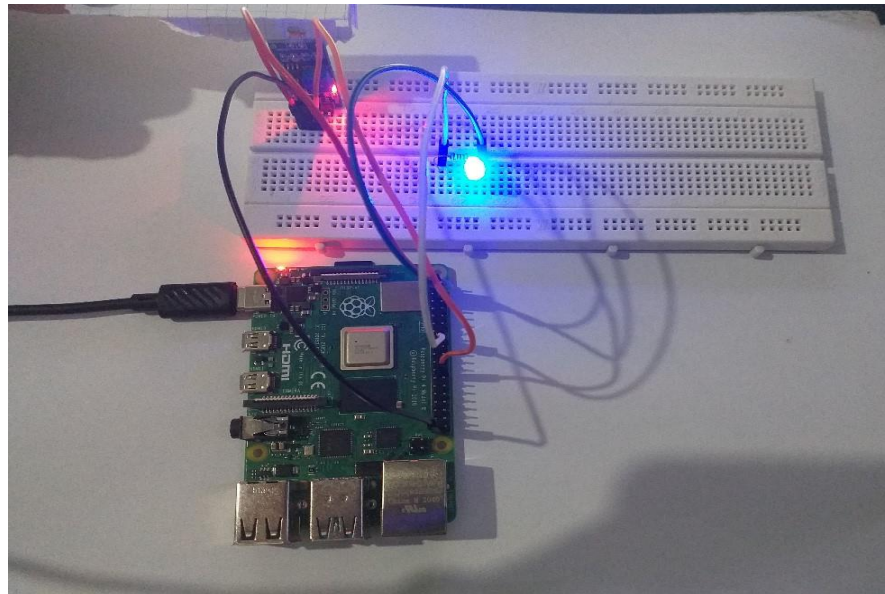


Figure III.10 : Résultat de l'essai.

### III.4.2. Capteur de pH

La figure IV.11 mentionne le test du capteur de pH :

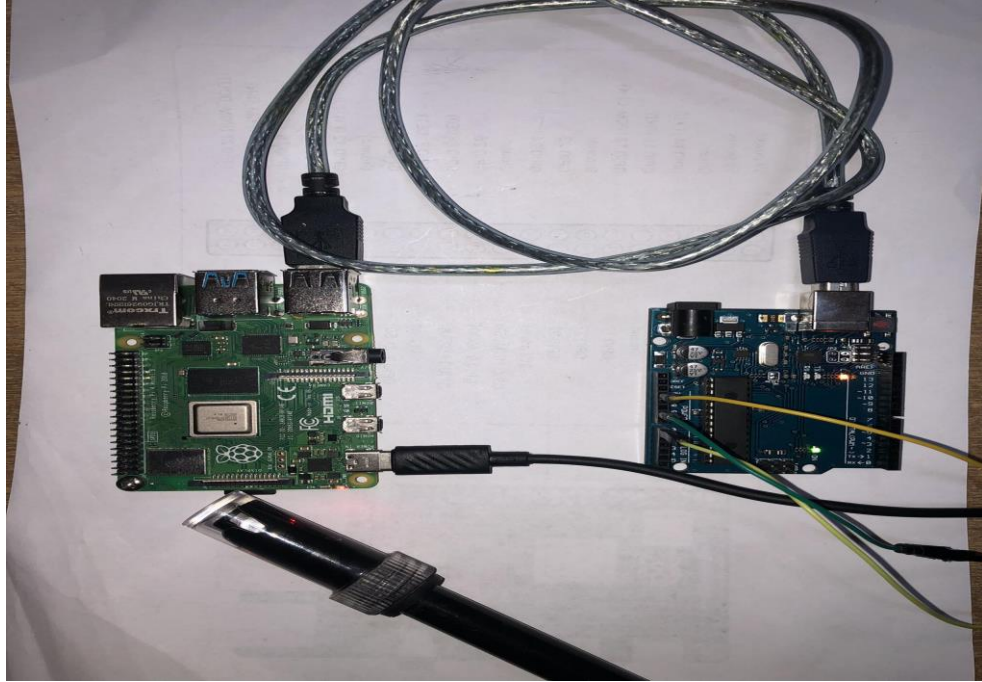


Figure III.11 : Teste du capteur de pH.

```
ompe_foud.py x geany_run_script_U2EVN2.sh
import serial
# Open serial
ser = serial
while True:
    # Read pH
    line = ser
    if line:
        pH_value
        print
pH value: 6.83
pH value: 6.83
pH value: 6.85
pH value: 6.85
pH value: 6.83
pH value: 6.83
pH value: 6.88
pH value: 6.83
pH value: 6.86
pH value: 6.83
pH value: 6.79
pH value: 6.83
pH value: 6.79
pH value: 6.85
pH value: 6.83
pH value: 6.86
pH value: 6.85
pH value: 6.86
pH value: 6.86
pH value: 6.86
pH value: 6.85
pH value: 6.86
pH value: 6.86
le /home/raspberri
le /home/raspberri
le /home/raspberri
le /home/raspberri
```

Figure III.12 : Résultat de l'essai.

### III.5. Conception de la serre aquaponie

La serre est faite de verre bordé d'un cadre en bois, ce qu'on voit sur la Figure III.13. Toit de la serre est constitué de panneaux solaires pour assurer une alimentation automne.





Figure III.13 : La serre.

### III.6. Installation aquaponie

Pour irriguer, le système aquaponie a été mis en place, constitué de plusieurs cylindres en PVC rigide disposés en oblique, comme montré sur la figure III.14. Plusieurs cylindres fermés sur leurs deux extrémités possèdent des trous de 10 mm, qui permettent d'asseoir de manière homogène l'écoulement de l'eau. Pour faire circuler l'eau dans ces derniers et pour retourner dans l'aquarium, une multitude de petits tuyaux a été mise en place. L'aquarium est composé d'une pompe à eau, d'un réservoir à oxygène et d'un thermostat, et d'un dispositif de filtrage biomécanique.

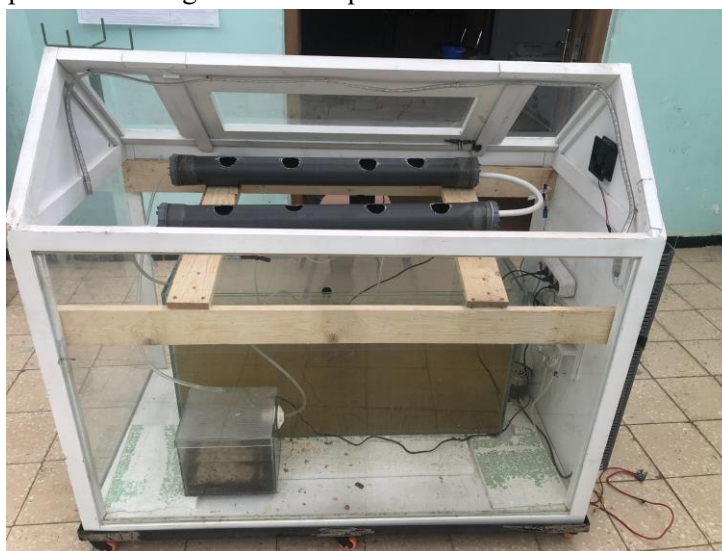


Figure III.14 : Installation aquaponie.

### III.7. Réalisation de l'alimentation

Au début, on a fait l'installation des composants de base du circuit solaire dans un tableau à la place d'une armoire pour de l'intérêt pédagogique. Les composants qu'on a choisis et utilisé sont l'onduleur, le régulateur de charge, les disjoncteurs DC ou sectionneurs, portes fusibles unipolaires et les bornes de connexion. Ensuite, on a raccordé le générateur photovoltaïque, via un régulateur de charge, avec les batteries ainsi qu'à la charge DC. L'alimentation des charges AC est assurée à travers l'onduleur dont la sortie soit connectée à un disjoncteur différentiel pour sa protection. En fin de compte, nous obtenons une armoire solaire câblée avec la tension de sortie qui devrait être 220V. Finalement l'alimentation de la serre est assurée par deux sources, une source renouvelable basée sur l'énergie photovoltaïque et le réseau électrique.



Figure III.15 : réalisation de l'alimentation.

### III.8. Conclusion

Ce chapitre constitue une exploration approfondie de l'étude conceptuelle du prototype de serre aquaponie. Nous avons effectué des simulations détaillées pour évaluer différents paramètres clés de la serre, tel que le contrôle de l'environnement, l'optimisation de la croissance des plantes, et la gestion des cycles de vie des poissons. En parallèle, nous avons décrit minutieusement les étapes de mise en œuvre pratique du prototype, mettant en lumière les défis rencontrés et les solutions apportées. Les résultats obtenus ont révélé une étroite correspondance entre les simulations théoriques et les tests pratiques, ce qui confirme l'efficacité du prototype de serre aquaponie développé. Cette convergence renforce la confiance dans la capacité du système à fonctionner de manière fiable et à répondre aux objectifs de production alimentaire durable et efficace.

## **Chapitre IV : Gestion de la serre aquaponie en utilisant l'IOT.**

### IV.1. Introduction

Dans le contexte de l'agriculture moderne, l'aquaponie émerge comme une solution durable et efficace, intégrant la culture de plantes et l'élevage de poissons dans un système symbiotique. Ce modèle combine les avantages de l'aquaculture et de l'hydroponie, où les déchets des poissons fournissent des nutriments aux plantes, et les plantes filtrent l'eau pour les poissons. Cependant, la gestion et la surveillance de ces systèmes peuvent représenter des défis considérables, nécessitant une attention constante et une gestion précise des paramètres environnementaux.

L'Internet des Objets (IoT) offre une solution prometteuse à ces défis en permettant la collecte de données en temps réel et l'automatisation des processus de contrôle. La collecte de données en temps réel via des capteurs est essentielle pour surveiller les paramètres critiques d'un système aquaponie, tels que la température de l'eau, le pH, les niveaux d'oxygène dissous, et la concentration des nutriments. Les capteurs IoT peuvent être déployés pour surveiller la qualité de l'eau et le contrôle environnemental, assurant des conditions optimales pour la croissance des plantes et la santé des poissons.

Les mécanismes d'automatisation optimisent les conditions de croissance en ajustant automatiquement les paramètres en fonction des données collectées. Les systèmes d'irrigation automatisés peuvent réguler la distribution d'eau en fonction des besoins hydriques des plantes. De plus, le contrôle de la température et de l'éclairage peut être ajusté en fonction des conditions environnementales et des phases de croissance des plantes, tandis que la gestion des nutriments permet de maintenir un équilibre optimal dans l'eau.

En intégrant les technologies IoT, les gestionnaires de serres aquaponies peuvent non seulement améliorer la productivité et l'efficacité de leurs opérations, mais aussi minimiser les risques de perte et garantir la durabilité de leurs systèmes. Ces avancées technologiques promettent de transformer la gestion des serres aquaponies, rendant cette méthode de culture plus accessible et plus rentable pour les agriculteurs modernes.[62]

### IV.2. Vue d'ensemble sur l'internet des objets

#### IV.2.1. Définition

Définir le terme IoT peut s'avérer complexe, car il varie selon les perspectives. Dans ce mémoire, nous avons choisi de suivre la définition de l'IoT proposée par cloud.google.com : "l'utilisation d'appareils connectés au réseau, intégrés dans l'environnement physique, pour améliorer un processus existant ou permettre un nouveau scénario jusqu'alors impossible. Ces appareils, ou objets, se connectent au réseau pour fournir des informations qu'ils recueillent de l'environnement via des capteurs, ou pour permettre à d'autres systèmes d'agir sur le monde via des actionneurs"[63] Nous adoptons également la définition du National Intelligence Council (NIC), qui décrit l'Internet des objets comme "l'idée générale d'objets, en particulier d'objets du quotidien, qui sont lisibles, reconnaissables, localisables, adressables et/ou contrôlables via Internet, que ce soit via RFID, réseau local sans fil, réseau étendu ou d'autres moyens. Les objets du quotidien incluent non seulement les appareils électroniques que nous rencontrons chaque jour, mais aussi les produits de développement technologique plus avancé tels que les véhicules et l'équipement, ainsi que des choses que nous ne considérons généralement pas comme électroniques, comme la nourriture, les vêtements, les abris, les matériaux, les pièces, les sous-ensembles, les produits de base et de luxe, les repères, les frontières, les monuments, et toute la diversité du commerce et de la culture" [64].



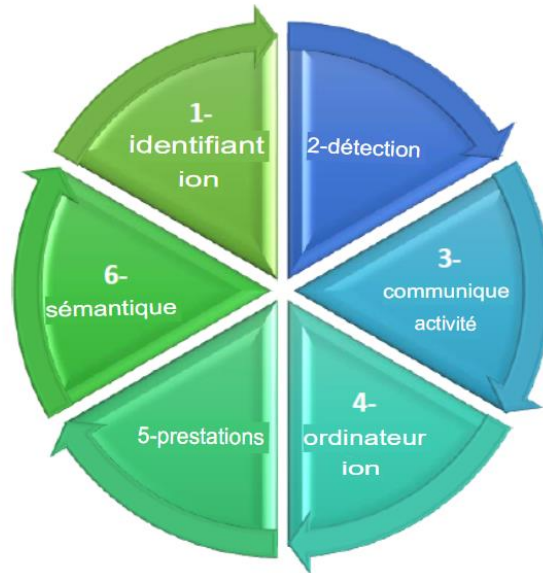
Figure IV.1 : L'internet des objets[65].

### IV.2.2. Caractéristiques

- 1) **Dynamique et autoadaptation** : Les appareils et systèmes IoT ont la capacité de s'adapter dynamiquement aux contextes changeants et de prendre des mesures en fonction de leurs conditions de fonctionnement, du contexte de l'utilisateur ou de l'environnement détecté. Par exemple, un système de surveillance peut ajuster ses paramètres en réponse aux conditions et contextes évolutifs.
- 2) **Autoconfiguration** : Cette tâche permettant à un grand nombre d'appareils de fonctionner ensemble pour fournir certaines fonctionnalités.
- 3) **Protocoles de communication interopérables** : Ce protocole prend en charge un certain nombre de protocoles de communication interopérables et peut communiquer avec d'autres appareils et également avec l'infrastructure.
- 4) **Identité unique** : Chaque appareil IoT possède une identité unique et un identifiant unique (adresse IP).
- 5) **Intégré au réseau d'information** : qui leur permet de communiquer et d'échanger des données avec d'autres appareils et systèmes[66].

### IV.2.3. Éléments du IOT

L'Internet des objets (IoT) présente de nombreux avantages et fonctionnalités pour les utilisateurs. Pour en tirer pleinement parti, certains éléments sont essentiels, tels que l'identification, la détection, la communication, le calcul, les services, et la sémantique, comme indiqué dans la figure ci-dessous.



**Figure IV.2 :** Eléments du IOT.

### IV.2.3.1. Identification

L'identification revêt une importance centrale dans l'Internet des objets (IoT), car les demandes de service ne peuvent apporter de valeur au client que si elles sont dirigées vers l'objet physique approprié au sein du réseau. Ainsi, plusieurs méthodes sont utilisées pour l'identification des objets. Il est essentiel de distinguer entre l'identifiant (ID) et l'adresse d'un dispositif IoT spécifique. L'ID fonctionne comme le nom de l'objet, par exemple "S1" pour un capteur particulier, et peut être utilisé plusieurs fois. En revanche, l'adresse est nécessaire pour identifier de manière unique les objets au sein du réseau.

Diverses méthodes d'identification sont utilisées, telles que les codes de produits électroniques (EPC) et les codes ubiquitaires (uCode). Pour attribuer une adresse unique à chaque objet, IPv6 est utilisé. Initialement, IPv4 était utilisé pour l'adressage, mais il s'est avéré insuffisant face à l'explosion du nombre d'appareils IoT. Ainsi, IPv6 a été adopté en raison de son schéma d'adressage sur 128 bits, qui permet de répondre aux besoins croissants en adressage des dispositifs IoT [67].

### IV.2.3.2. Détection

Cela implique la collecte d'informations environnementales par des capteurs IoT et leur transmission vers une base de données locale, distante ou basée sur le Cloud. On peut identifier divers dispositifs comme des capteurs intelligents, des capteurs portables ou des actionneurs. Les données collectées sont ensuite transférées vers un support de stockage. De nombreux dispositifs de détection recueillent des données sur des objets tels que les étiquettes RFID, les actionneurs, les capteurs portables, etc.... [68].

### IV.2.3.3. La Communication

La communication entre les objets IoT permet l'échange d'informations et facilite leur interaction mutuelle. Diverses technologies et protocoles de communication sont utilisés à cet effet, notamment Bluetooth, Zigbee, Z-Wave et Wi-Fi.

### IV.2.3.4. Calcul

Le calcul est considéré comme le cerveau de l'IoT. C'est l'élément qui est responsable de l'opération de traitement. Il constitue la plate-forme matérielle telle que Arduino, UDOO, FriendlyARM, Intel Galileo, Raspberry PI et Gadgeteer, etc. et la plate-forme logicielle telle que TinyOS, LiteOS et RiotOS, etc.

### IV.2.3.5. Les Services

Les différents services IoT peuvent être classés en services liés à l'identité, Services d'agrégation d'informations, Services collaboratifs et services omniprésents[69].

Services liés à l'identité : la plupart des services de base qui prennent en charge d'autres services, Services d'agrégation d'informations : collecte des données brutes à partir de capteurs et les fournit aux applications IoT, Services collaboratifs : s'appuient sur des Services d'agrégation d'informations et prennent des décisions sur les données collectées, et Services omniprésents : fournir des Services collaboratifs à tout moment dont ils ont besoin à quiconque en a besoin n'importe où[70].

### IV.2.3.6. Sémantique

Le dernier élément permettant l'IoT est la sémantique qui décrit la capacité de différentes machines à extraire et analyser des informations pertinentes à partir de la même source. Ces informations sont ensuite utilisées pour fournir le service demandé par l'utilisateur[71]. Ainsi, les exemples de technologies du Web sémantique sont le Cadre de description des ressources (RDF) et le Langage d'ontologie Web (OWL).

## IV.2.4. Comment fonctionne IOT

L'élément crucial dans la technologie de l'Internet des objets (IoT) est le capteur ou le dispositif. Les capteurs sont responsables de la détection minutieuse de l'environnement, même dans des conditions complexes. Ils jouent un rôle essentiel dans la sécurité efficace de l'IoT en détectant les moindres changements. Ces capteurs sont intégrés aux dispositifs qui collectent ensuite toutes les données pour un usage ultérieur.

Par exemple, nos smartphones sont des dispositifs équipés de capteurs tels que le GPS et l'appareil photo. Une fois les données collectées, elles sont transférées vers l'infrastructure cloud, également appelée plateformes IoT. Pour effectuer ce transfert, les dispositifs nécessitent divers supports comme le Bluetooth, le Wi-Fi, les réseaux WAN, ou les réseaux cellulaires. Le choix de ces supports est crucial pour assurer une communication efficace et sécurisée.

L'efficacité de la sécurité de l'IoT dépend donc de la vitesse et de la disponibilité de ces supports de communication. Une fois les données arrivées dans l'infrastructure cloud, elles doivent être analysées pour prendre des décisions appropriées. Ce processus est l'un des défis les plus critiques dans le développement des applications IoT, que ce soit pour des tâches simples comme le contrôle de la température de l'air conditionné, ou des processus plus complexes comme la détection d'intrus par des caméras.

Les applications IoT sont conçues pour analyser rapidement toutes ces données et prendre des mesures immédiates. Ensuite, l'utilisateur est informé de ces actions par le biais de notifications ou de signaux sonores envoyés aux applications mobiles IoT. Ainsi, l'utilisateur est informé que ses commandes ont été exécutées par les systèmes[72], comme le résume la figure IV.3 :

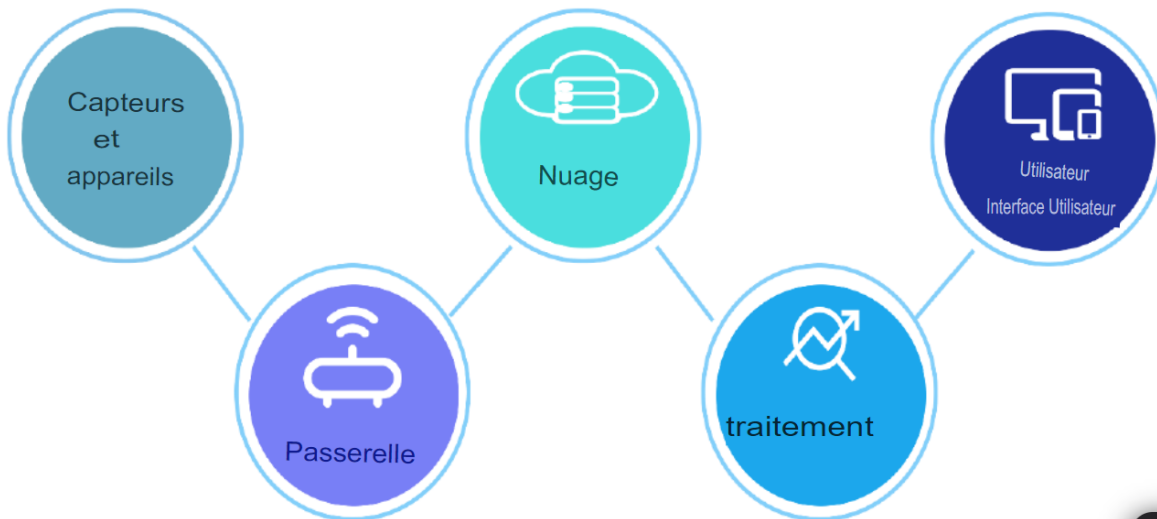


Figure IV.3 : Diagramme de fonctionnement de l'Internet des objets.

### IV.3. Intérêt du IOT dans une serre aquaponie

L'Internet des objets (IoT) présente de nombreux avantages pour une serre aquaponie. Voici quelques intérêts clés de l'intégration de l'IoT dans une telle installation [73]:

#### 1. Surveillance en Temps Réel

- **Paramètres de l'eau** : Les capteurs IoT peuvent surveiller en temps réel des paramètres critiques de l'eau tels que le pH, la température, le niveau d'oxygène dissous. Cela permet d'assurer un environnement optimal pour les poissons et les plantes.
- **Conditions climatiques** : Surveillance de la température, de l'humidité, et de la luminosité à l'intérieur de la serre pour garantir des conditions de croissance optimales pour les plantes.

#### 2. Automatisation

- **Nourrissage des poissons** : Les systèmes IoT peuvent automatiser le nourrissage des poissons en fonction de leur taille, de leur âge et de leur appétit, ce qui améliore l'efficacité et réduit les déchets.
- **Irrigation et fertilisation** : L'arrosage et l'ajout de nutriments peuvent être automatisés en fonction des besoins spécifiques des plantes, réduisant ainsi la consommation d'eau et de nutriments.

#### 3. Gestion des Alarmes et Alertes

- **Anomalies des paramètres** : Les systèmes IoT peuvent envoyer des alertes instantanées en cas de dépassement des seuils critiques, permettant des interventions rapides pour éviter les pertes.
- **Détection des pannes** : Les équipements défectueux (pompes, filtres, etc.) peuvent être identifiés rapidement grâce à des alertes, minimisant ainsi les interruptions du système.

#### 4. Optimisation des Ressources

- **Consommation d'énergie** : Surveillance et optimisation de la consommation d'énergie des différents composants du système (éclairage, pompes, etc.).



- **Gestion de l'eau** : Surveillance des niveaux d'eau et de la qualité pour assurer une utilisation efficace et durable de cette ressource.

### 5. Analyse des Données et Prédiction

- **Tendances de croissance** : Analyse des données collectées pour identifier des tendances et des corrélations, permettant d'améliorer les pratiques de culture et d'aquaculture.
- **Maintenance prédictive** : Utilisation de données pour prévoir l'entretien des équipements avant qu'ils ne tombent en panne, réduisant ainsi les coûts de maintenance et augmentant la durée de vie des équipements.

### 6. Amélioration de la Traçabilité

- **Suivi des cycles de production** : Enregistrement des données sur les cycles de croissance des plantes et des poissons pour améliorer la traçabilité et la gestion de la production.
- **Sécurité alimentaire** : Assurance de la qualité et de la sécurité des produits grâce à une surveillance continue et une documentation des conditions de production.

### 7. Facilité de Gestion à Distance

- **Contrôle à distance** : Les producteurs peuvent surveiller et contrôler les systèmes de la serre depuis n'importe où via des applications mobiles ou des interfaces web.
- **Accès aux données historiques** : Accès facile aux données historiques pour une analyse approfondie et une prise de décision éclairée.

## IV.4. RaspController

Dans le cadre de l'intégration de l'Internet des objets (IoT) dans les serres aquaponies, le choix de l'application RaspController représente une décision stratégique prometteuse. RaspController propose une interface conviviale et flexible, spécialement conçue pour utiliser le Raspberry Pi comme contrôleur central dans notre système. Cette application facilite une gestion à distance efficace des fonctionnalités de la serre aquaponie via une connexion Internet sécurisée.

Grâce à ses fonctionnalités avancées de surveillance et de contrôle, telles que la visualisation des données en temps réel, la gestion des capteurs et des actionneurs, ainsi que la possibilité d'automatiser des tâches complexes, RaspController offre un outil polyvalent pour optimiser les performances et la productivité de notre système. En optant pour RaspController, nous investissons dans une solution fiable et évolutive qui soutient notre objectif de durabilité et d'efficacité dans la culture aquaponie. Cette application offre également une base solide pour l'expansion future de notre infrastructure IoT.



Figure IV.4 : RaspController [74].

RaspController est une application conçue pour la gestion à distance simple et efficace du Raspberry Pi. Elle permet de contrôler les fichiers, les ports GPIO, d'envoyer des commandes directement via le terminal, de visualiser des images provenant d'une caméra connectée, et d'acquiescer des données à partir de divers capteurs. En utilisant RaspController, nous pouvons surveiller et configurer notre Raspberry Pi depuis notre smartphone, ce qui est particulièrement pratique lorsque nous n'avons pas accès à un écran dédié à proximité [75].

### IV.5. L'utilisation de RaspController dans la serre aquaponie

Les étapes générales pour configurer et utiliser cette application[76] :

#### 1) Préparation du Raspberry Pi

- Configuration et connexion du Raspberry Pi à un réseau local ;
- Activation de SSH sur le Raspberry Pi pour permettre les connexions à distance.

#### 2) Installation du RaspController sur l'appareil Android

- Téléchargement et installation de l'application RaspController depuis le Google Play Store.

#### 3) Configuration de la connexion SSH

- Ouvrir RaspController sur l'appareil Android.
- Ajout d'une nouvelle connexion en entrant les détails de votre Raspberry Pi : adresse IP, nom d'utilisateur (par défaut pi) et mot de passe (par défaut raspberry).

#### 4) Utilisation de RaspController

- Accès aux diverses fonctionnalités de Raspberry Pi une fois connecté : contrôle des GPIO, surveillance des ressources système, exécution de commandes à distance, etc.

- 

### IV.6. Résultats de l'Utilisation de RaspController

L'application RaspController est un outil puissant et polyvalent pour la gestion à distance du Raspberry Pi. Grâce à ses capacités de surveillance détaillée et de contrôle à distance, elle simplifie la gestion des systèmes complexes, comme le contrôle de la température, de l'humidité et des actionneurs dans des projets intégrés. La figure IV.5 représente le tableau de bord de l'application, offrant une vue d'ensemble intuitive et pratique des différents paramètres et dispositifs connectés au Raspberry Pi.

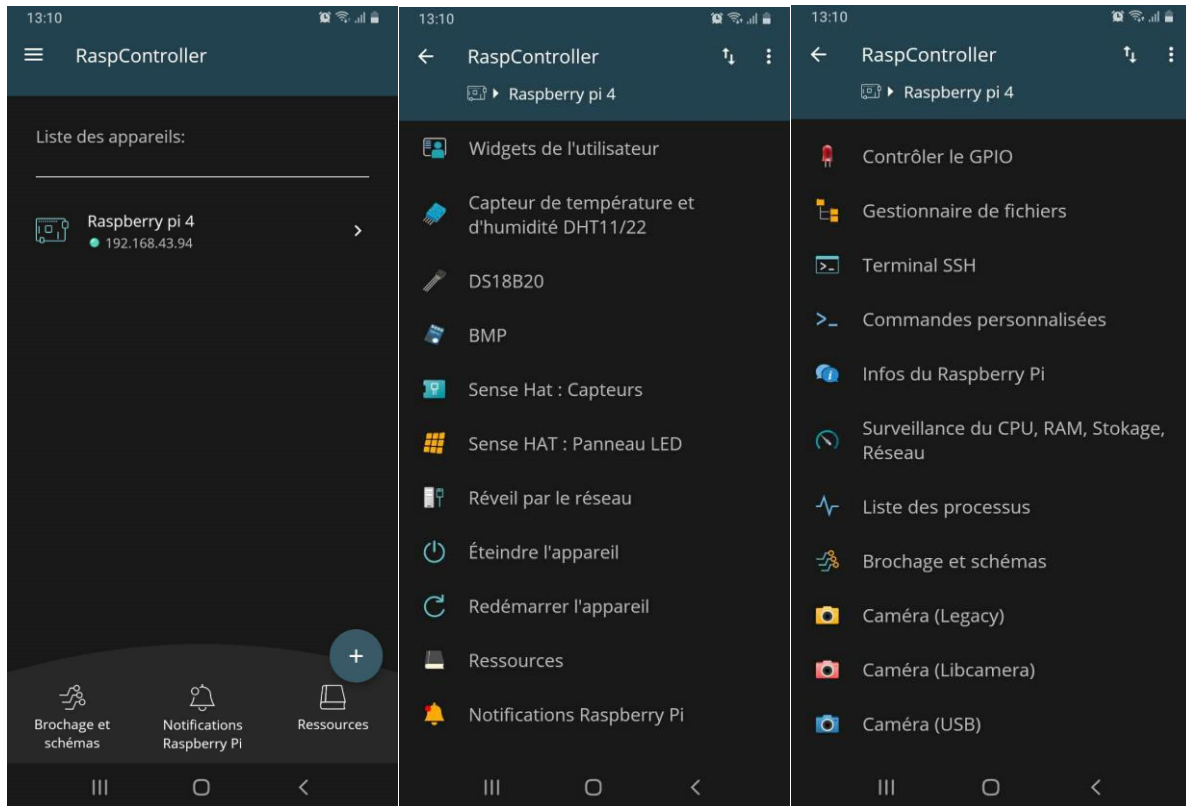


Figure IV.5 : Options de gestion pour Raspberry Pi via RaspController.

### IV.6.1. Informations sur le Raspberry Pi

Raspcontrollor fournit également des informations détaillées sur le Raspberry Pi, comme montre la figure IV.6, telles que la version du matériel, la température du processeur et d'autres données importantes. Ces informations permettent de surveiller la santé générale du dispositif et de prévoir les besoins en maintenance. Par exemple, si la température du CPU devient trop élevée, il est temps de vérifier le refroidissement pour éviter des dommages potentiels.

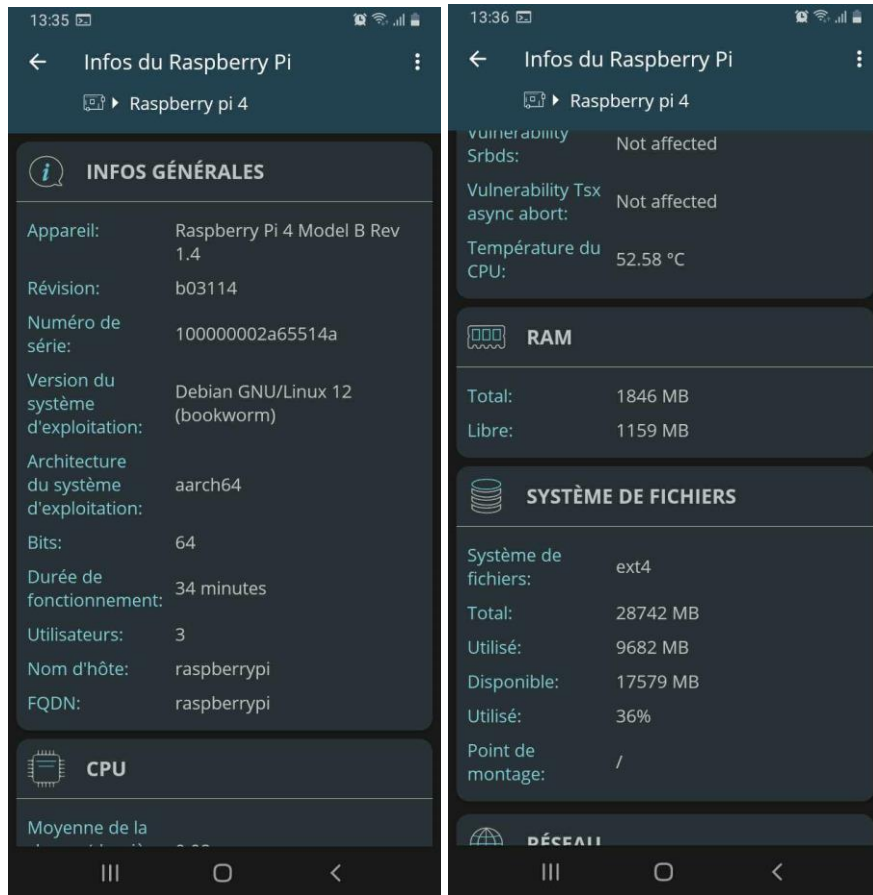


Figure IV.6 : Informations sur le Raspberry Pi.

### IV.6.2. Gestionnaire de Fichiers

Le gestionnaire de fichiers de Raspcotroller permet d'accéder facilement aux fichiers stockés sur un Raspberry Pi, de les organiser, les déplacer ou les supprimer selon les besoins. Cela est particulièrement utile pour gérer les scripts et les configurations d'un système aquaponie. Par exemple, il est possible de mettre à jour rapidement les fichiers de script qui contrôlent les pompes et les capteurs, assurant ainsi une gestion efficace et sans interruption de la serre.

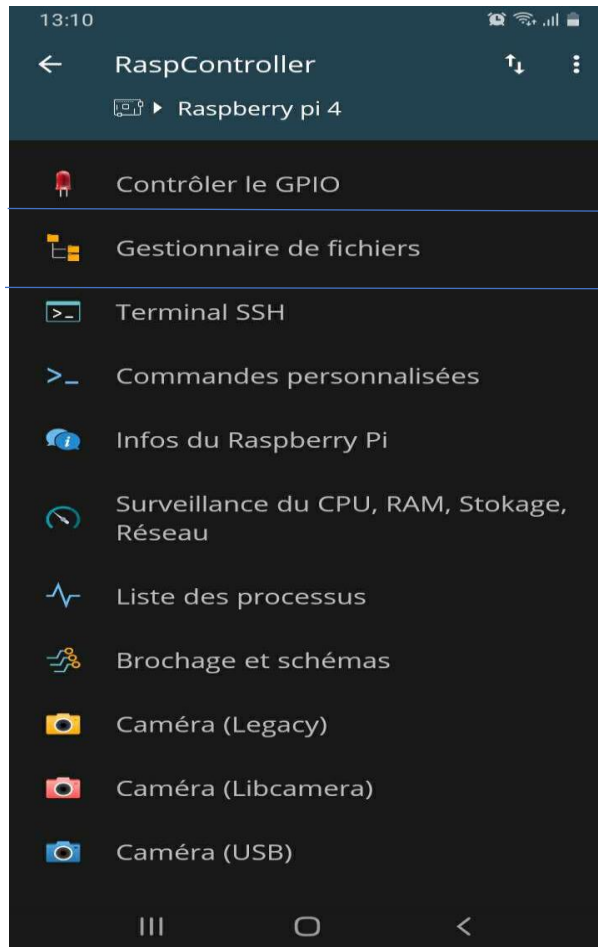


Figure IV.7 : Gestionnaire de Fichiers.

### IV.6.3. Surveillance du CPU, de la RAM et du Disque

La surveillance en temps réel du CPU, de la RAM et de l'utilisation du disque est essentielle pour garantir que le Raspberry Pi fonctionne efficacement, comme la montre dans la figure IV.7 Avec Raspcontroller, il est possible de surveiller ces paramètres critiques et de s'assurer que le système n'est pas surchargé. Cela permet d'éviter les ralentissements ou les plantages, ce qui est particulièrement important lorsque l'utilisateur est loin de la serre et ne peut pas intervenir physiquement.



Figure IV.8 : Surveillance du CPU, de la RAM et du Disque du Raspberry pi.

### IV.6.4. Shell SSH

L'option du Shell SSH intégré permet de se connecter à distance au Raspberry Pi et d'exécuter des commandes comme si l'utilisateur était présent physiquement. Cette fonctionnalité est essentielle pour le dépannage et la maintenance d'un système aquaponie. En cas de problème avec un capteur ou une pompe, elle permet un diagnostic et une résolution immédiats des incidents, réduisant ainsi les interruptions et maintenant un environnement optimal pour les plantes et les poissons.

De plus, la surveillance en temps réel permet de suivre l'état et les performances du système en direct, offrant une vue d'ensemble immédiate et précise de tous les composants actifs, comme illustré dans la figure suivante.

```
Last login: Tue Jun 4 15:24:09 2024
raspberrypi@raspberrypi1:~$ sudo python3 rogramme_final2.py
Time to feed the fish
Temperature: 26 C Humidity: 33%
the heating => OFF ; the fan => OFF
Air pump => ON
pH Value: 4.37
Water emptying => Drain pump = ON ; Filling pump = OFF
Temperature: 27 C Humidity: 33%
the heating => OFF ; the fan => OFF
Air pump => ON
Temperature: 27 C Humidity: 33%
the heating => OFF ; the fan => OFF
Air pump => ON
Temperature: 27 C Humidity: 33%
the heating => OFF ; the fan => OFF
Air pump => ON
Temperature: 27 C Humidity: 33%
the heating => OFF ; the fan => OFF
Air pump => ON
Ending feeding
Water emptying => Drain pump = OFF ; Filling pump = OFF
Temperature: 27 C Humidity: 33%
the heating => OFF ; the fan => OFF
Air pump => ON
Water filling => Filling pump = ON ; Drain pump = OFF
Temperature: 27 C Humidity: 33%
the heating => OFF ; the fan => OFF
Air pump => ON
Time to feed the fish
Temperature: 27 C Humidity: 33%
the heating => OFF ; the fan => OFF
Air pump => ON
Temperature: 27 C Humidity: 33%
the heating => OFF ; the fan => OFF
Air pump => ON
Temperature: 27 C Humidity: 33%
the heating => OFF ; the fan => OFF
Air pump => ON
Temperature: 27 C Humidity: 33%
the heating => OFF ; the fan => OFF
Air pump => ON
Water filling => Filling pump = OFF ; Drain pump = OFF
pH Value: 4.32
Water emptying => Drain pump = ON ; Filling pump = OFF
```

Figure IV.9 : La surveillance en temps de la serre aquaponie.

### IV.6.5. Arrêt et Redémarrage

Les capacités de mise hors tension et de redémarrage à distance sont particulièrement pratiques. Elles permettent d'effectuer des mises à jour logicielles ou des modifications matérielles en redémarrant le Raspberry Pi à distance, sans nécessiter la présence physique de l'utilisateur. De plus, en cas de problème sérieux, le système peut être arrêté en toute sécurité pour prévenir toute perte de données ou dommage matériel.

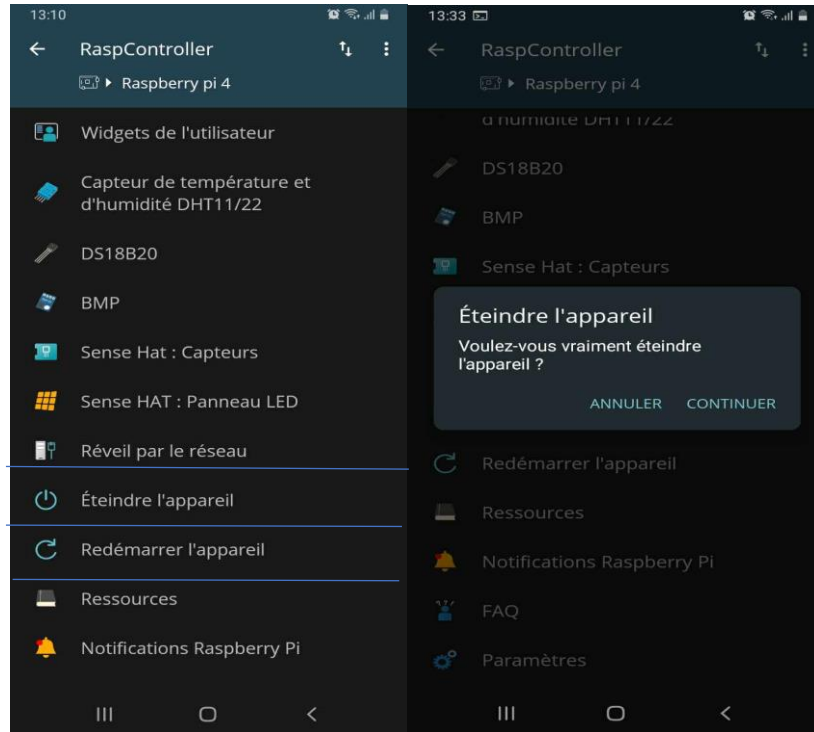


Figure IV.10 : Arrêt et Redémarrage du Raspberry pi.

### IV.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exploré en profondeur le concept de l'Internet des objets (IoT), en le définissant et en examinant ses architectures, composants, ainsi que son application spécifique dans le cadre d'une serre aquaponie. Nous avons présenté Raspcontroller comme une solution robuste pour intégrer efficacement l'IoT dans notre système, en détaillant les étapes précises pour sa configuration, son utilisation quotidienne, et en partageant les résultats concluants des tests que nous avons menés.

En conclusion, les applications de l'IoT dans le domaine de l'agriculture intelligente et de précision représentent une avancée majeure. Elles promettent non seulement d'optimiser l'efficacité opérationnelle des exploitations agricoles, de réduire les coûts et de minimiser les déchets, mais aussi d'élever la qualité globale de la production agricole. Cette convergence technologique ouvre la voie à de nouvelles méthodes durables et innovantes pour répondre aux défis actuels et futurs de l'agriculture.



# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

Ce travail a mis en évidence le potentiel des serres aquaponies modernisées grâce aux technologies d'automatisation et à l'Internet des objets (IoT). En intégrant ces avancées, nous avons réussi à optimiser les processus agricoles, améliorant ainsi l'efficacité, la précision et la durabilité des systèmes aquaponies.

La simulation et la mise en œuvre du prototype ont confirmé l'efficacité de notre système aquaponie. Les paramètres clés, tels que la température, le pH de l'eau et les niveaux de nutriments, ont été soigneusement évalués et optimisés. Les tests pratiques ont validé les résultats théoriques, démontrant une correspondance étroite entre les simulations et la réalité. Cela renforce notre confiance dans la capacité du système à fonctionner de manière fiable et à atteindre les objectifs de production alimentaire durable et efficace.

L'application de l'IoT, notamment à travers l'utilisation de Raspcontroller, a permis d'intégrer efficacement les technologies de surveillance et de contrôle. Cette intégration a optimisé les opérations, améliorant significativement l'efficacité opérationnelle, réduisant les coûts, minimisant les déchets et améliorant la qualité de la production agricole. Les capteurs connectés et les algorithmes de traitement des données ont permis une surveillance en temps réel et une gestion proactive des conditions de culture, garantissant ainsi un environnement optimal pour les plantes et les poissons.

L'intégration de sources d'énergie renouvelable, telles que les panneaux solaires, pour alimenter les systèmes aquaponies pourrait encore réduire l'empreinte carbone et augmenter la durabilité globale des installations.

En somme, ce travail illustre que l'alliance entre technologie et agriculture, par le biais des serres aquaponies automatisées et connectées, offre des perspectives prometteuses pour l'agriculture moderne. Ces avancées technologiques permettent de répondre aux défis actuels et futurs de manière innovante et durable. Elles ouvrent la voie à de nouvelles méthodes agricoles capables de maximiser la production tout en minimisant l'impact environnemental. De plus, cette approche pourrait être particulièrement bénéfique dans les zones urbaines où l'espace pour l'agriculture traditionnelle est limité, offrant ainsi une solution viable pour une production alimentaire locale et durable.

En conclusion, l'intégration de l'automatisation et de l'IoT dans les serres aquaponies représente une avancée significative pour l'avenir de l'agriculture, alliant innovation technologique et durabilité environnementale pour répondre aux besoins croissants de la population mondiale.

Ce travail n'est pas terminé et plusieurs voies d'amélioration restent à explorer, telles que :

Amélioration des systèmes de contrôle : Développer des algorithmes plus sophistiqués pour le contrôle automatique des conditions environnementales, permettant une meilleure optimisation des paramètres de croissance pour les plantes et les poissons.

## Conclusion générale

---

Élargissement des types de capteurs : Intégrer une variété de capteurs supplémentaires pour surveiller des variables telles que la qualité de l'eau, les niveaux de CO<sub>2</sub>, et l'humidité relative, afin de fournir des données plus complètes pour la gestion du système.

Optimisation des algorithmes de traitement des données : Utiliser l'intelligence artificielle et le machine learning pour analyser les données en temps réel, permettant des prédictions précises et des ajustements proactifs pour améliorer la productivité et réduire les risques.

Augmentation de la résilience : Rechercher des moyens de rendre les systèmes aquaponies plus résilients face aux pannes d'électricité et aux fluctuations de température en intégrant des solutions de sauvegarde et de redondance.

Amélioration de la gestion des nutriments : Développer des stratégies plus efficaces pour la gestion des nutriments dans les systèmes aquaponies, assurant un équilibre optimal pour la croissance des plantes et des poissons.

Études économiques et environnementales : Mener des études approfondies sur les coûts et les avantages environnementaux des systèmes aquaponies pour démontrer leur viabilité économique et leur impact positif à long terme.


En explorant ces voies, nous pouvons continuer à améliorer les systèmes aquaponies et maximiser leur potentiel pour une agriculture durable et efficiente.

# Références

- [1] D. Love *et al.*, « Commercial aquaponics production and profitability: Findings from an international survey », *Aquaculture*, vol. 435, p. 67-74, janv. 2015, doi: 10.1016/j.aquaculture.2014.09.023.
- [2] T. Kyaw et A. Ng, « Smart Aquaponics System for Urban Farming », *Energy Procedia*, vol. 143, p. 342-347, déc. 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.12.694.
- [3] « Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A. (2014). Small-scale aquaponic food production: Integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 589. FAO, Rome. - Recherche Google ». Consulté le: 4 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: [https://www.google.com/search?q=Somerville%2C+C.%2C+Cohen%2C+M.%2C+Pantanella%2C+E.%2C+Stankus%2C+A.%2C+%26+Lovatelli%2C+A.+%282014%29.+Small-scale+aquaponic+food+production%3A+Integrated+fish+and+plant+farming.+FAO+Fisheries+and+Aquaculture+Technical+Paper+No.+589.+FAO%2C+Rome.&rlz=1C1XXVF\\_frDZ1048DZ1048&oq=Somerville%2C+C.%2C+Cohen%2C+M.%2C+Pantanella%2C+E.%2C+Stankus%2C+A.%2C+%26+Lovatelli%2C+A.+%282014%29.+Small-scale+aquaponic+food+production%3A+Integrated+fish+and+plant+farming.+FAO+Fisheries+and+Aquaculture+Technical+Paper+No.+589.+FAO%2C+Rome.&gs\\_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBCTE0MDNqMGoxNagCCLACAQ&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=Somerville%2C+C.%2C+Cohen%2C+M.%2C+Pantanella%2C+E.%2C+Stankus%2C+A.%2C+%26+Lovatelli%2C+A.+%282014%29.+Small-scale+aquaponic+food+production%3A+Integrated+fish+and+plant+farming.+FAO+Fisheries+and+Aquaculture+Technical+Paper+No.+589.+FAO%2C+Rome.&rlz=1C1XXVF_frDZ1048DZ1048&oq=Somerville%2C+C.%2C+Cohen%2C+M.%2C+Pantanella%2C+E.%2C+Stankus%2C+A.%2C+%26+Lovatelli%2C+A.+%282014%29.+Small-scale+aquaponic+food+production%3A+Integrated+fish+and+plant+farming.+FAO+Fisheries+and+Aquaculture+Technical+Paper+No.+589.+FAO%2C+Rome.&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBCTE0MDNqMGoxNagCCLACAQ&sourceid=chrome&ie=UTF-8)
- [4] « Lab of Energy Engineering and Computer Engineering. (Date unspecified). Research on Raspberry Pi and automation in aquaponics. - Recherche Google ». Consulté le: 4 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: [https://www.google.com/search?q=Lab+of+Energy+Engineering+and+Computer+Engineering.+%28Date+unspecified%29.+Research+on+Raspberry+Pi+and+automation+in+aquaponics.&rlz=1C1XXVF\\_frDZ1048DZ1048&oq=Lab+of+Energy+Engineering+and+Computer+Engineering.+%28Date+unspecified%29.+Research+on+Raspberry+Pi+and+automation+in+aquaponics.&gs\\_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIGCAEQRRhA0gEJMTQ2NGowajE1qAIIsAIB&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=Lab+of+Energy+Engineering+and+Computer+Engineering.+%28Date+unspecified%29.+Research+on+Raspberry+Pi+and+automation+in+aquaponics.&rlz=1C1XXVF_frDZ1048DZ1048&oq=Lab+of+Energy+Engineering+and+Computer+Engineering.+%28Date+unspecified%29.+Research+on+Raspberry+Pi+and+automation+in+aquaponics.&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIGCAEQRRhA0gEJMTQ2NGowajE1qAIIsAIB&sourceid=chrome&ie=UTF-8)
- [5] H. W. Palm *et al.*, « Towards commercial aquaponics: a review of systems, designs, scales and nomenclature », *Aquac. Int.*, vol. 26, n° 3, p. 813-842, juin 2018, doi: 10.1007/s10499-018-0249-z.
- [6] S. Maaradji et A. Djeghaibel, « Automatisation intelligente d'une serre basée sur un système d'internet des objets en utilisant Arduino », *Autom. Intelligente D'une Serre Basée Sur Un Système D'internet Obj. En Util. Arduino*, janv. 2020, Consulté le: 4 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: [https://www.academia.edu/44174437/Automatisation\\_intelligente\\_d\\_une\\_serre\\_bas%C3%A9e\\_sur\\_un\\_syst%C3%A8me\\_d\\_internet\\_des\\_objets\\_en\\_utilisant\\_Arduino](https://www.academia.edu/44174437/Automatisation_intelligente_d_une_serre_bas%C3%A9e_sur_un_syst%C3%A8me_d_internet_des_objets_en_utilisant_Arduino)
- [7] « « Automatisation intelligente des Serres basé sur un système d'IoT en utilisant Arduino », Melle Djeghaibel Asma et Mr Maaradji Sofiane, mémoire pour l'obtention du diplôme de Master, Génie Electrique, Automatique et Informatique Industriel [4]: « Réalisation d'une serre hydroponique automatique », Melle Ali Asma, mémoire pour l'obtention du diplôme de Master, Génie Electrique, Automatique et Informatique Industriel. - Recherche Google ». Consulté le: 4 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.google.com/search?q=%C2%AB+Automatisation+intelligente+des+Serres+bas%C3%A9+sur+un+syst%C3%A8me+d%E2%80%98IoT+en+utilisant+Arduino+%C2%BB%2C+Melle+Djeghaibel+Asma+et+Mr+Maaradji+Sofiane%2C+m%C3%A9moire+pour+l%E2%80%98obtention+du+dip%C3%B4me+de+Master%2C+G%C3%A9nie+Electrique%2C+Automatique+et+Informatique+Industriel%0D%0A%5B4%5D+%3A+%C2%AB+R%C3%A9alisation+d%E2%80%98une+serre+hydroponique+automatique+%C2%BB%2C+Melle+Ali+Asma%2C+m%C3%A9moire+pour+l%E2%80%98obtention+du+dip>



- [15] « Garden Cold Frames UK | Buy Online | Access Garden Products ». Consulté le: 5 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.garden-products.co.uk/product-category/cold-frames/>
- [16] « Mini serre en verre et aluminium 0.80m2, vente au meilleur prix | Jardins Animés ». Consulté le: 5 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://fr.jardins-animes.com/mini-serre-verre-aluminium-080m2-p-2379.html>
- [17] S. Pandey et A. Pandey, « GREENHOUSE TECHNOLOGY », *Int. J. Res. -GRANTHAALAYAH*, vol. 3, n° 9SE, Art. n° 9SE, sept. 2015, doi: 10.29121/granthaalayah.v3.i9SE.2015.3176.
- [18] H. Benfatma et S. O. Boudjenah, « Intelligent Management of a Hydroponic Greenhouse Powered by a PV System Using Internet of Things », Thesis, Université Ibn Khaldoun Tiaret, 2022. Consulté le: 5 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <http://dspace.univ-tiaret.dz:80/handle/123456789/2594>
- [19] « What Is The Aquaponics System? Definition, Benefits, Weaknesses », youmatter-dev. Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://youmatter.world/en/definitions/aquaponics-sustainable-benefits-system/>
- [20] « DIY-Aquaponic-Plans1.jpg (1200×1200) ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.agrifarming.in/wp-content/uploads/DIY-Aquaponic-Plans1.jpg>
- [21] « Plante ton poisson ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://plantetonpoisson.com/aquaponie/exemple>
- [22] « À propos de cette image ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: [https://www.google.com/search/about-this-image?img=H4sIAAAAAAAAA\\_wEYAOOf\\_ChYI-a6RzLGiqrGMARCF3f7K-tix2JwBm7McVhgAAAA%3D&q=https:%2F%2Fwww.aquaponia.com%2Faquaponie-by-ecologia%2Fmonde-aquaponia%2Fqu-est-ce-que-l-aquaponie-definition&cs=1&ctx=iv&hl=fr-DZ&sa=X&ved=0CA4Qg4ILahcKEwiA2qT30qiFAxUAAAAAHQAAAAAQcG,%20consult%C3%A9%204/4/2024](https://www.google.com/search/about-this-image?img=H4sIAAAAAAAAA_wEYAOOf_ChYI-a6RzLGiqrGMARCF3f7K-tix2JwBm7McVhgAAAA%3D&q=https:%2F%2Fwww.aquaponia.com%2Faquaponie-by-ecologia%2Fmonde-aquaponia%2Fqu-est-ce-que-l-aquaponie-definition&cs=1&ctx=iv&hl=fr-DZ&sa=X&ved=0CA4Qg4ILahcKEwiA2qT30qiFAxUAAAAAHQAAAAAQcG,%20consult%C3%A9%204/4/2024)
- [23] « Contribution à l'étude quelques aspects biologiques Chez les Branchiopodes », Présenté par : BOUCHENA Merièm,
- [24] G. G. Aquaponics, « What is Aquaponics and How Does it Work? », Go Green Aquaponics. Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://gogreenaquaponics.com/blogs/news/what-is-aquaponics-and-how-does-it-work>
- [25] « fi-fou.png (1004×712) ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.jardinsdefrance.org/wp-content/uploads/2018/09/fi-fou.png>
- [26] Y. Perez, « Sustainable Agriculture Methods: Benefits of Aquaponics », ECOLIFE Conservation. Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ecolifeconservation.org/updates/environmental-benefits-of-aquaponics/>
- [27] I. Mekhloufi et N. E. Faklou, « Durabilité et particularité d' un système Aquaponique », Thesis, UNIVERSITE KASDI MERBAH, OUARGLA, 2020. Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <http://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/29061>

- [28] « Culture flottante sur raft ou DWC en aquaponie | Aquaponie.net ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://aquaponie.net/culture-raft-dwc-aquaponie/>
- [29] « Les différents modes de culture en aquaponie - Débuter l'aquaponie ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.debuterlaquaponie.com/guides-aquaponie/les-differents-modes-de-culture-en-aquaponie>
- [30] J. Futé, « Qu'est-ce qu'un système NFT en hydroponie ? », Jardin Futé. Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://jardinfute.com/systeme-nft-hydroponie/>
- [31] « Mémoire Global Serre-ELM 2018 | PDF | Serre | Automatisation ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://fr.scribd.com/document/542972898/Memoire-Global-Serre-ELM-2018-1>
- [32] « [GUIDE] Arduino Utiliser capteur de luminosité KY-018 + code, câblage ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://arduino-france.site/capteur-luminosite/>
- [33] « dht11.jpg.webp (1603×1025) ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://images.theengineeringprojects.com/image/webp/2019/02/dht11.jpg.webp?ssl=1>
- [34] « pH-Kit-main-4.jpg (768×768) ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://i0.wp.com/atlas-scientific.com/files/pH-Kit-main-4.jpg?resize=768%2C768&ssl=1>
- [35] « asset-get.class.image.jsa (250×150) ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://fr.hach.com/asset-get.class.image.jsa?code=122485&size=M>
- [36] «  Conditionneur : définition et explications », Techno-Science.net. Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.techno-science.net/definition/3703.html>
- [37] « 6151 capteur-et-chaine-dacquisition-ens », SlideShare. Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://fr.slideshare.net/slideshow/6151-capteuretchainedacquisitionens/68596248>
- [38] « Chaîne de mesure.JPG (889×276) ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://telum.umc.edu.dz/pluginfile.php/120626/course/section/25157/Chaîne%20de%20mesure.JPG>
- [39] « CHP III-Conditionnement Des Capteurs | Télécharger gratuitement PDF | Impédance (électricité) | Permittivité », Scribd. Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://fr.scribd.com/document/545655558/Chp-III-Conditionnement-des-capteurs>
- [40] « PETITE-POMPE-SUBMESTIBLE-12V-300x300-1.jpg (300×300) ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://youpilab.com/components/backoffice/uploads/2020/08/PETITE-POMPE-SUBMESTIBLE-12V-300x300-1.jpg>
- [41] « « Réalisation d'une serre hydroponique automatique », Melle Ali Asma, mémoire pour l'obtention du diplôme de Master, Génie Electrique, Automatique et Informatique Industriel. - Recherche Google ». Consulté le: 5 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: [https://www.google.com/search?q=%C2%AB+R%C3%A9alisation+d%E2%80%99une+serre+hydroponique+automatique+%C2%BB%2C+Melle+Ali+Asma%2C+m%C3%A9moire+pour+l%E2%80%99obtention+du+dipl%C3%B4me+de+Master%2C+G%C3%A9nie+Electrique%2C+Automatique+et+Informatique+Industriel.&rlz=1C1XXVF\\_frDZ1048DZ1048&oq=%C2%AB+R%C3%A9alisation+d%E2%80%99une+serre+hydroponique+automatique+%C2%BB%2C+Melle+Ali+Asma%2C+m%C3%A9moire+pour+l%E2%80%99obtention+du+dipl%C3%B4me+de+Master%2C+G%C3%A9nie+Electrique%2C+Auto](https://www.google.com/search?q=%C2%AB+R%C3%A9alisation+d%E2%80%99une+serre+hydroponique+automatique+%C2%BB%2C+Melle+Ali+Asma%2C+m%C3%A9moire+pour+l%E2%80%99obtention+du+dipl%C3%B4me+de+Master%2C+G%C3%A9nie+Electrique%2C+Automatique+et+Informatique+Industriel.&rlz=1C1XXVF_frDZ1048DZ1048&oq=%C2%AB+R%C3%A9alisation+d%E2%80%99une+serre+hydroponique+automatique+%C2%BB%2C+Melle+Ali+Asma%2C+m%C3%A9moire+pour+l%E2%80%99obtention+du+dipl%C3%B4me+de+Master%2C+G%C3%A9nie+Electrique%2C+Auto)



matique+et+Informatique+Industriel.&gs\_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIGCAEQRRhA0gEJMTU1OGowajE1qAIIsAIB&sourceid=chrome&ie=UTF-8

[42] « Ventilateur chauffant Portable 150W 12V pour voiture, refroidisseur, sècheur, désembueur, sortie d'air, chauffage automatique, A5X0 - AliExpress ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://fr.aliexpress.com/i/1005004956801967.html>

[43] « 61Ioic6igBL.\_AC\_UF1000,1000\_QL80\_.jpg (1000×896) ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: [https://m.media-amazon.com/images/I/61Ioic6igBL.\\_AC\\_UF1000,1000\\_QL80\\_.jpg](https://m.media-amazon.com/images/I/61Ioic6igBL._AC_UF1000,1000_QL80_.jpg)

[44] « 61xPupca0OL.\_AC\_UL232\_SR232,232\_.jpg (232×232) ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: [https://images-eu.ssl-images-amazon.com/images/I/61xPupca0OL.\\_AC\\_UL232\\_SR232,232\\_.jpg](https://images-eu.ssl-images-amazon.com/images/I/61xPupca0OL._AC_UL232_SR232,232_.jpg)

[45] « Une pompe à air peut-elle fonctionner comme filtre dans un aquarium ? » Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.hygger-online.com/can-an-air-pump-work-as-a-filter-in-an-aquarium/>

[46] « images (225×225) ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRxua28mTao9q-7ncSupSKnhXvT7xj79P8YQg&s>

[47] « CentIoT®- LCD Display Module 1602 16x02 IIC/I2C LCD-1602 - 5V Green/Yellow Backlit : Amazon.in: Computers & Accessories ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.amazon.in/CentIoT%C2%AE-Display-Module-LCD-1602-Arduino/dp/B07N8T5CC3>

[48] « 4 CHANNEL PROGRAMMABLE RELAY MODULE (PRLY002A) ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.orbit-dz.com/product/relais-programmable-4-canaux/>

[49] « \_img20240307132721746213045.jpg (600×600) ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: [https://youpilab.com/components/backoffice/uploads/\\_img20240307132721746213045.jpg](https://youpilab.com/components/backoffice/uploads/_img20240307132721746213045.jpg)

[50] A. Bellague et I. Moussa, « Etude d'une alimentation à base de panneaux photovoltaïques », Thesis, Mme.S.BOURI, 2020. Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: [http://thesis.essatlemcen.dz:8080/xmlui/handle/STDB\\_UNAM/66](http://thesis.essatlemcen.dz:8080/xmlui/handle/STDB_UNAM/66)

[51] « What is a Voltage Regulator? Definition, types and working of Voltage Regulator - Electronics Coach ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://electronicscoach.com/voltage-regulator.html>

[52] « Electrical Protection Device - Types of Circuit Protection Devices ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.elprocus.com/what-is-a-protection-device-different-types-of-protection-devices/>

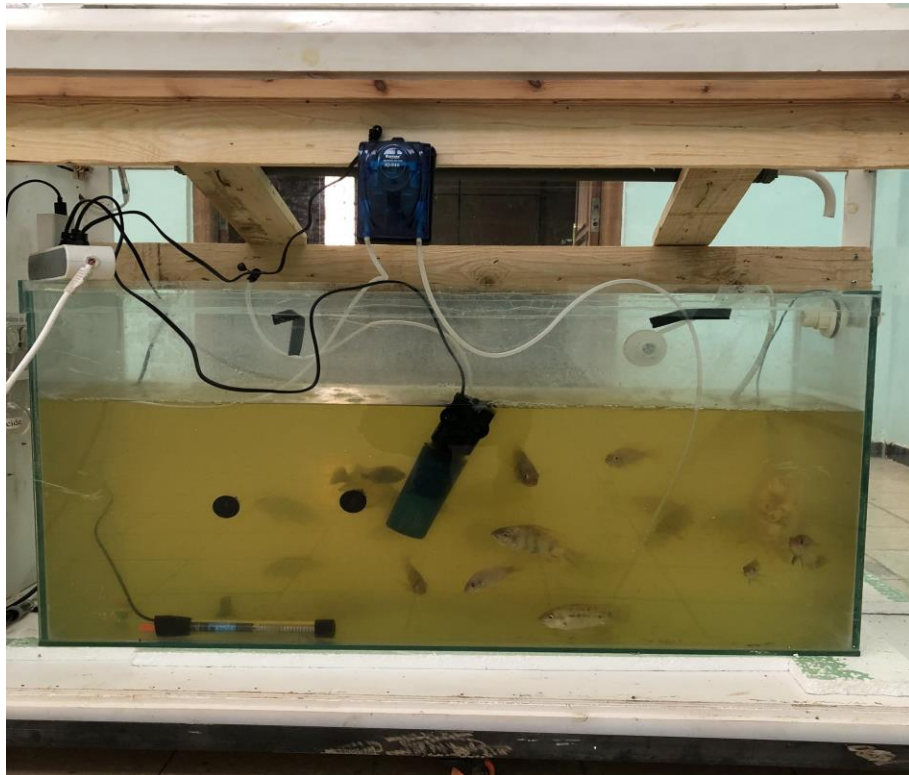
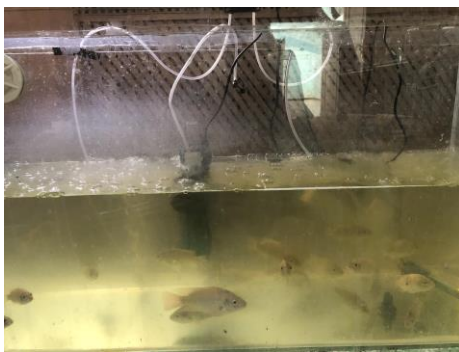
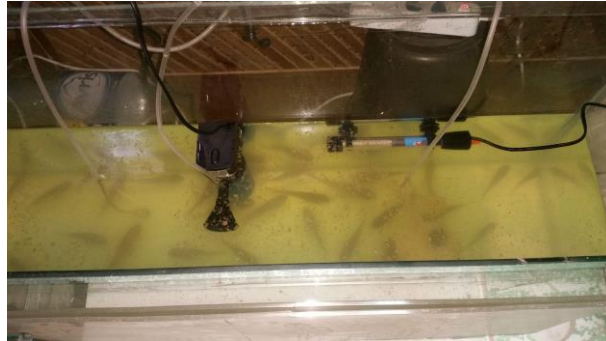
[53] « Introduction to Raspberry Pi: History, Hardware, and Software - Technical Articles ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://control.com/technical-articles/introduction-to-raspberry-pi-history-hardware-and-software/>

[54] « raspberry-pis.jpg (1200×796) ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://raspberrypi-guide.github.io/assets/images/raspberry-pis.jpg?style=centerimgmed>

- [55] Rédaction, « La version Legacy du système d'exploitation Raspberry Pi OS est elle aussi à jour », Goodtech. Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://goodtech.info/une-version-legacy-du-systeme-d-exploitation-raspberry-pi-os/>
- [56] « Python (programming language) », *Wikipedia*. 3 juin 2024. Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Python\\_\(programming\\_language\)&oldid=1227119951](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Python_(programming_language)&oldid=1227119951)
- [57] « a (731×439) ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.developpez.net/forums/attachments/p643755d1/a/a/a>
- [58] « C# promu langage de l'année 2023 par Tiobe - Le Monde Informatique ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-c-promu-langage-de-l-annee-2023-par-tiobe-92610.html>
- [59] « Prise en main à distance avec vnc », Astuces Pratiques. Consulté le: 7 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.astuces-pratiques.fr/informatique/prise-en-main-a-distance-avec-vnc>
- [60] « vnc1.jpg (924×587) ». Consulté le: 7 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://unihost.com/help/wp-content/uploads/vnc1.jpg>
- [61] M. Legouge, « Comment se connecter à distance sur un Raspberry Pi avec VNC? », Clubic.com. Consulté le: 7 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.clubic.com/ordinateur-pc/mini-pc/article-850496-1-connecter-distance-raspberry-pi-vnc.html>
- [62] « (PDF) Sustainable Development in Modern Aquaponics Cultivation Systems Using IoT Technologies ». Consulté le: 11 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: [https://www.researchgate.net/publication/367359873\\_Sustainable\\_Development\\_in\\_Modern\\_Aquaponics\\_Cultivation\\_Systems\\_Using\\_IoT\\_Technologies](https://www.researchgate.net/publication/367359873_Sustainable_Development_in_Modern_Aquaponics_Cultivation_Systems_Using_IoT_Technologies)
- [63] « IEEE Xplore Full-Text PDF »: Consulté le: 8 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9548109>
- [64] S. B. Insights (Firm), *Disruptive Civil Technologies: Six Technologies with Potential Impacts on US Interests Out to 2025: Biogerontechnology, Energy Storage Materials, Biofuels and Bio-based Chemicals, Clean Coal Technologies, Service Robotics, the Internet of Things*. National Intelligence Council, 2008.
- [65] J. Rio, « Qu'est-ce Que L'Internet Des Objets (IoT) Et Comment L'utiliser? », Blog RingCentral. Consulté le: 8 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ringcentral.com/fr/fr/blog/iot/>
- [66] L. Atzori, A. Iera, et G. Morabito, « The Internet of Things: A survey », *Comput. Netw.*, vol. 54, n° 15, p. 2787-2805, oct. 2010, doi: 10.1016/j.comnet.2010.05.010.
- [67] V. Schmidt, « Impact Analysis of the Internet of Things on the Value Chain in Manufacturing Industries », 2016.
- [68] S. Ali, AmsariMamzoor, et M. Alam, « Resource Management Techniques for Cloud-Based IoT Environment », 2020, p. 63-87. doi: 10.1007/978-3-030-37468-6\_4.
- [69] M. Gigli et S. Koo, « Internet of Things: Services and Applications Categorization », *Adv. Internet Things*, vol. 1, n° 2, Art. n° 2, juill. 2011, doi: 10.4236/ait.2011.12004.

- [70] A. Soni, R. Upadhyay, et A. Jain, « Internet of Things and Wireless Physical Layer Security: A Survey », 2017, p. 115-123. doi: 10.1007/978-981-10-3226-4\_11.
- [71] M. Wu, T.-J. Lu, F.-Y. Ling, J. Sun, et H. Du, « Research on the architecture of Internet of Things », sept. 2010, p. V5-484. doi: 10.1109/ICACTE.2010.5579493.
- [72] S. Srivastava, « A detailed guide to IoT in manufacturing », Appinventiv. Consulté le: 8 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://appinventiv.com/blog/iot-in-manufacturing/>
- [73] E. Navarro, N. Costa, et A. Pereira, « A Systematic Review of IoT Solutions for Smart Farming », *Sensors*, vol. 20, p. 4231, juill. 2020, doi: 10.3390/s20154231.
- [74] « raspcontrolrec.jpg (330×186) ». Consulté le: 8 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://android-mt.ouest-france.fr/wp-content/uploads/2018/07/raspcontrolrec.jpg>
- [75] M. Legouge, « Contrôler un Raspberry Pi depuis un appareil Android », Clubic.com. Consulté le: 8 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.clubic.com/raspberry-pi/article-850464-1-controler-raspberry-pi-appareil-android.html>
- [76] « An Android remote control | Remotely control your buggy | Python | Coding projects for kids and teens ». Consulté le: 8 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://projects.raspberrypi.org/en/projects/remote-control-buggy/2>

# **Annexe**



## Code

```
import multiprocessing
import RPi.GPIO as GPIO
import time
import board
import adafruit_dht
import psutil
import serial

def temperature_humidity():
    # Set up GPIO pins for fan, resistance heater, and air pump
    GPIO.setmode(GPIO.BCM)
    GPIO.setup(17, GPIO.OUT) # Fan connected to GPIO17
    GPIO.setup(22, GPIO.OUT) # Resistance heater connected to GPIO22
    GPIO.setup(27, GPIO.OUT) # Air pump connected to GPIO27

    # Kill any existing processes related to GPIO input/output
    for proc in psutil.process_iter():
        if proc.name() == 'libgpiod_pulsein' or proc.name() == 'libgpiod_pulsei':
            proc.kill()

    # Initialize DHT11 sensor
    sensor = adafruit_dht.DHT11(board.D23)

    try:
        while True:
            try:
                temp = sensor.temperature
                humidity = sensor.humidity
                print("Temperature: {} C Humidity: {}%".format(temp, humidity))

                # Control fan and resistance heater based on temperature
                if temp > 30:
                    GPIO.output(17, GPIO.HIGH) # Turn on the fan
                    GPIO.output(22, GPIO.LOW) # Turn off the resistance heater
                    print("the fan => ON ; the heating => OFF")
                elif temp < 25:
                    GPIO.output(17, GPIO.LOW) # Turn off the fan
                    GPIO.output(22, GPIO.HIGH) # Turn on the resistance heater
```

```
        print("the heating => ON ; the fan => OFF")
    else:
        GPIO.output(17, GPIO.LOW) # Turn off the fan
        GPIO.output(22, GPIO.LOW) # Turn off the resistance heater
        print("the heating => OFF ; the fan => OFF")

    # Control the air pump based on humidity
    if 40 <= humidity <= 75:
        GPIO.output(27, GPIO.HIGH) # Turn on the air pump
        print("Air pump => ON")
    else:
        GPIO.output(27, GPIO.LOW) # Turn off the air pump
        print("Air pump => OFF")

except RuntimeError as error:
    print(error.args[0])
    time.sleep(2.0)
    continue
except Exception as error:
    sensor.exit()
    raise error

time.sleep(2.0)

finally:
    sensor.exit()
    GPIO.cleanup()

def light_sensor():
    DO_PIN = 7
    led = 24
    GPIO.setmode(GPIO.BCM)
    GPIO.setup(DO_PIN, GPIO.IN)
    GPIO.setup(led, GPIO.OUT)
    GPIO.output(led, False)
    prev_light_state = GPIO.input(DO_PIN)

    try:
        while True:
            light_state = GPIO.input(DO_PIN)

            if light_state != prev_light_state:
```

```
        if light_state == GPIO.LOW:
            print("Light detected! => LED = OFF")
            GPIO.output(led, GPIO.LOW)
        else:
            print("Light is gone! => LED = ON")
            GPIO.output(led, GPIO.HIGH)

        prev_light_state = light_state
        time.sleep(0.1)

    except KeyboardInterrupt:
        GPIO.cleanup()

def feeding_fish_control():
    RELAY_PIN = 18
    GPIO.setmode(GPIO.BCM)
    GPIO.setwarnings(False)
    GPIO.setup(RELAY_PIN, GPIO.OUT)

    try:
        while True:
            print("Time to feed the fish")
            GPIO.output(RELAY_PIN, GPIO.HIGH)
            time.sleep(10)
            print("Ending feeding")
            GPIO.output(RELAY_PIN, GPIO.LOW)
            time.sleep(5)

    except KeyboardInterrupt:
        GPIO.cleanup()

def pH_control():
    GPIO.setmode(GPIO.BCM)
    GPIO.setup(26, GPIO.OUT)
    GPIO.setup(22, GPIO.OUT)

    ser = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600)

    try:
        while True:
            line = ser.readline().decode().strip()
            if line.startswith("pH:"):

```



```
pH_value = float(line.split(":")[1])
print("pH Value:", pH_value)
if pH_value > 8:
    GPIO.output(26, GPIO.HIGH) # Turn on the drain pump
    print("Water emptying => Drain pump = ON ; Filling pump = OFF")
    time.sleep(10)
    GPIO.output(26, GPIO.LOW)
    print("Water emptying => Drain pump = OFF ; Filling pump = OFF")
    time.sleep(2)
    GPIO.output(22, GPIO.HIGH) # Turn on the filling pump
    print("Water filling => Filling pump = ON ; Drain pump = OFF")
    time.sleep(10)
    GPIO.output(22, GPIO.LOW)
    print("Water filling => Filling pump = OFF ; Drain pump = OFF")

except KeyboardInterrupt:
    ser.close()
    GPIO.cleanup()

if __name__ == "__main__":
    processes = []
    processes.append(multiprocessing.Process(target=temperature_humidity))
    processes.append(multiprocessing.Process(target=light_sensor))
    processes.append(multiprocessing.Process(target=feeding_fish_control))
    processes.append(multiprocessing.Process(target=pH_control))

    for p in processes:
        p.start()

    for p in processes:
        p.join()
```

## الملخص

يوضح هذا العمل إمكانات البيوت الزجاجية المائية التي تم تحديثها عن طريق الأتمتة وإنترنت الأشياء (إنترنت الأشياء). من خلال دمج هذه التقنيات، قمنا بتحسين العمليات الزراعية، وتحسين كفاءة ودقة ومثانة الأنظمة المائية. أكدت عمليات المحاكاة وتنفيذ النموذج الأولي للرصد والتحكم من الممكن تحسين العمليات، وRaspcontroller فعالية النظام، والتحقق من النتائج النظرية والعملية. جعل استخدام وخفض التكاليف والنفايات مع تحسين جودة الإنتاج. يمكن أن يؤدي دمج الطاقات المتجددة، مثل الألواح الشمسية، إلى زيادة الاستدامة. تمثل الأتمتة وإنترنت الأشياء في البيوت الزجاجية المائية تقدما كبيرا للزراعة الحديثة والمستدامة التي تتكيف مع المناطق الحضرية **كلمات المفتاحية:** الدفينة المائية؛ أتمتة؛ إنترنت الأشياء؛ راسبيكونترول؛ الطاقة المتجددة الرصد في الوقت الحقيقي؛ إنتاج الغذاء ؛ الذكاء الاصطناعي .

## Abstract

This work demonstrates the potential of aquaponic greenhouses modernized by automation and the Internet of Things (IoT). By integrating these technologies, we have optimized agricultural processes, improving the efficiency, accuracy and durability of aquaponic systems. The simulations and the implementation of the prototype confirmed the effectiveness of the system, validating the theoretical and practical results. The use of Raspcontroller for monitoring and control has made it possible to optimize operations, reducing costs and waste while improving the quality of production. The integration of renewable energies, such as solar panels, could further increase sustainability. Automation and IOT in aquaponic greenhouses represent a significant advance for modern, sustainable agriculture adapted to urban areas.

**Key words:** Aquaponics; Automation; IoT Raspcontroller; Renewable energy  
Real-time monitoring; Food production; AI.

## Résumé

Ce travail démontre le potentiel des serres aquaponies modernisées par l'automatisation et l'Internet des objets (IoT). En intégrant ces technologies, nous avons optimisé les processus agricoles, améliorant l'efficacité, la précision et la durabilité des systèmes aquaponies. Les simulations et la mise en œuvre du prototype ont confirmé l'efficacité du système, validant les résultats théoriques et pratiques. L'utilisation de Raspcontroller pour la surveillance et le contrôle a permis d'optimiser les opérations, réduisant les coûts et les déchets tout en améliorant la qualité de la production. L'intégration d'énergies renouvelables, comme les panneaux solaires, pourrait encore accroître la durabilité. L'automatisation et l'IOT dans les serres aquaponies représentent une avancée significative pour une agriculture moderne, durable et adaptée aux zones urbaines.

**Mots clés :** aquaponie ; Automatisation ; IoT Raspcontroller ; Energie renouvelable  
Surveillance en temps réel ; Production alimentaire ; AI.



البطاقة التقنية للمشروع

OUAHRANI Nacira	الاسم و اللقب Votre prénom et nom Your first and last Name
AquaSerre Innov	الاسم التجاري للمشروع Intitulé de votre projet Title of your Project
	الصفة القانونية للمشروع Votre statut juridique Your legalstatus
0672548467	رقم الهاتف Votre numéro de téléphone Your phone number
<a href="mailto:ouahrainacira@gmail.com">ouahrainacira@gmail.com</a>	البريد الالكتروني Votre adresse e-mail Your email address
Tiaret	مقر مزاولة النشاط ( الولاية - البلدية ) Votre ville ou commune d'activité Your city or municipality of activity



طبيعة المشروع

<p>objectif de ce projet est de surveiller et contrôler à distance une serre aquaponie alimentée par un panneau photovoltaïque et automatisée par un Raspberry Pi. Les capteurs et actionneurs seront intégrés dans un système IoT, permettant la supervision et le contrôle via l'application mobile RaspController, assurant ainsi une gestion efficace et durable de la serre.</p>	<p>La conception d'une serre intelligente pour anticiper et prédire les maladies des Plantes dans une serre aquaponie alimentée par un système photovoltaïque PV</p>
---	--

Value Proposition القيمة المقترحة أو العرض المقدم

تحديد المشكل الذي يواجهه الزبون

<p>Le projet de serre aquaponie automatisée et alimentée par énergie solaire vise à résoudre plusieurs défis majeurs dans le domaine de l'agriculture durable. Tout d'abord, il s'attaque à la dépendance aux sources d'énergie non renouvelables en utilisant des panneaux photovoltaïques pour une alimentation énergétique propre et durable. Ensuite, l'automatisation par Raspberry Pi permet une gestion efficace des ressources, réduisant ainsi la consommation d'eau et d'énergie tout en optimisant la croissance des plantes et la production de poissons. L'intégration d'une application mobile permet une gestion à distance, rendant le système accessible et facile à surveiller. De plus, l'utilisation de l'intelligence artificielle pour la détection des maladies des plantes et des poissons contribue à minimiser les pertes et à maximiser la productivité en intervenant rapidement et de manière précise. En somme, ce</p>	<p>ما هي المشكلة التي تريد حلها؟</p>
--	--------------------------------------



<p>projet vise à créer un système agricole autonome, écologique et hautement efficace, capable de répondre aux besoins alimentaires tout en réduisant l'empreinte environnementale.</p>	
<p>les sols du monde entier se dégradent rapidement. Le changement climatique a augmenté les risques associés aux catastrophes et mis une pression énorme sur l'agriculture pour une production alimentaire de qualité et durable. En Algérie, seulement 3,4% de la superficie totale est consacrée à l'agriculture et seulement 25% de l'eau souterraine est exploitée dans le sud de l'Algérie. En raison du climat aride donc il est difficile d'exploiter les terres agricoles dans le sud. La terre perd sa fertilité, elle devient fragile et fait face à un manque de nutriments pour les plantes. De plus, les vents chauds et secs fréquents du sud causent des dommages importants à l'agriculture.</p>	<p>ما هي البيانات المتوفرة لديك التي تدل على وجود المشكلة المحددة؟</p>
<p>Plusieurs projets similaires ont été mis en œuvre pour aborder les mêmes défis dans le domaine de l'agriculture durable et de l'aquaponie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Urban Organics</b> : Urban Organics, basé à Saint Paul, Minnesota, est une des plus grandes fermes aquaponiques commerciales des États-Unis. Ce projet combine la culture de poissons et de légumes dans un environnement contrôlé et utilise des systèmes d'éclairage LED pour compléter la lumière solaire. Ils ont également mis en place des systèmes de filtration sophistiqués pour maintenir la qualité de l'eau.</li> <li>• <b>Aquaponics AI</b> : Ce projet utilise l'intelligence artificielle et des capteurs IoT pour surveiller et optimiser les systèmes aquaponiques. Les données collectées sont utilisées pour prédire les besoins des plantes et des poissons, améliorant ainsi l'efficacité et la productivité. L'application associée permet aux utilisateurs de surveiller et de contrôler leurs systèmes à distance.</li> <li>• <b>Edenworks</b> : Edenworks, situé à Brooklyn, New York, est une ferme aquaponique qui produit des micro-pousses, des légumes verts et des poissons. Ils utilisent un système basé sur des algorithmes pour surveiller les conditions envi-</li> </ul>	<p>ما هي المشاريع الأخرى التي استهدفت نفس المشكلة والتي جرى تنفيذها؟</p>



ronnementales et ajuster automatiquement les paramètres pour maximiser la croissance et minimiser les ressources nécessaires.

•

- objectif de ce projet est de surveiller et contrôler à distance une serre aquaponie alimentée par un panneau photovoltaïque et automatisée par un Raspberry Pi. Les capteurs et actionneurs seront intégrés dans un système IoT, permettant la supervision et le contrôle via l'application mobile RaspController, assurant ainsi une gestion efficace et durable de la serre.
- La détection des maladies des plantes en utilisant AI

### Résultats Attendus

- Développer un prototype.
- Tester et valider le prototype dans des conditions réelles pour s'assurer de sa performance et de sa fiabilité.
- Un guide technique détaillé sera réalisé pour fournir tous les détails nécessaires sur le développement des smart serres alimentées par l'énergie solaire. Étant donné que ce guide technique prendra en compte tous les types des serres aquaponies ainsi que les différentes régions d'Algérie, tout investisseur de n'importe quelle région d'Algérie souhaitant intégrer des énergies renouvelables et les systèmes de contrôle

ماهي أهداف مشروعك و/أو نتائجه المتوقعة؟



et de surveillance efficaces dans sa serre, trouvera les détails nécessaires pour réaliser un système rentable.

- Dans les serres et l'alimentation solaire pour certaines technologies de pointe seront utilisées dans ce projet pour le laisser aller au meilleur de sa qualité, ne manquant pas que ce projet soit fabriqué et développé par des mains et des marques algériennes.

## القيمة المقترحة وفق المعايير التالية

- **Utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque** : Contrairement à de nombreux systèmes aquaponiques qui dépendent encore de l'électricité du réseau, notre serre utilise des panneaux solaires pour une alimentation énergétique propre, réduisant ainsi l'empreinte carbone et les coûts opérationnels.

- **Automatisation par Raspberry Pi** : La mise en œuvre de Raspberry Pi pour l'automatisation permet un contrôle précis des conditions environnementales telles que la température, l'humidité, le pH de l'eau et les niveaux de nutriments. Cette technologie améliore l'efficacité et réduit la nécessité d'une intervention humaine constante.

- **Gestion via application mobile** : L'application mobile offre une surveillance et un contrôle en temps réel du système aquaponie, permettant aux utilisateurs de réagir rapidement aux changements et d'optimiser les conditions pour la

القيمة المبتكرة أو الجديدة



croissance des plantes et des poissons, où qu'ils se trouvent.

- Détection des maladies par l'Intelligence Artificielle** : L'utilisation de l'IA pour détecter les maladies des plantes et des poissons est un aspect particulièrement innovant. Cette technologie permet une identification précoce et précise des problèmes de santé, ce qui minimise les pertes et maximise la productivité.
- Système intégré de gestion de l'eau** : Notre projet utilise un système intégré de gestion de l'eau qui recycle et filtre l'eau entre les plantes et les poissons, réduisant ainsi la consommation d'eau et créant un environnement symbiotique optimal pour les deux.
- Modularité et Scalabilité** : Le design modulaire et évolutif de la serre permet de l'adapter à différentes tailles et besoins, allant des petites installations domestiques aux grandes fermes commerciales. Cette flexibilité est un atout majeur pour répondre aux divers besoins des utilisateurs.

- Système de contrôle avancé** : Utilisant des technologies d'automatisation industrielle, le Raspberry Pi gère des capteurs et des actionneurs sophistiqués pour surveiller et ajuster les paramètres critiques tels que la température, l'humidité, le pH et les niveaux de nutriments. Cela garantit un environnement optimal pour la croissance des plantes et des poissons.

- Personnalisation et Adaptabilité** : Notre système est hautement personnalisable pour répondre aux besoins spécifiques de chaque utilisateur. Les algorithmes de contrôle peuvent être ajustés en fonction des types de cultures et des conditions locales, offrant une flexibilité inégalée dans la gestion des systèmes aquaponiques.

- Interface utilisateur intuitive** : L'application mobile, conçue avec des principes d'informatique industrielle, offre une interface utilisateur intuiti-

القيمة بالتخصيص





tive pour surveiller et contrôler la serre à distance. Les utilisateurs peuvent recevoir des alertes en temps réel et des recommandations basées sur les données collectées, facilitant ainsi la prise de décision.

- **Intégration de l'IA pour la détection des maladies** : Grâce à l'utilisation de l'intelligence artificielle, notre système peut analyser les données des capteurs et des images pour détecter les premiers signes de maladies chez les plantes et les poissons. Cette fonctionnalité permet une intervention rapide et précise, réduisant les pertes et augmentant la productivité.

- **Optimisation de l'efficacité énergétique** : En combinant l'énergie solaire avec des techniques d'automatisation industrielles, notre système optimise l'utilisation de l'énergie, réduisant ainsi les coûts opérationnels et l'empreinte écologique. Les panneaux solaires sont intégrés avec des systèmes de gestion de l'énergie pour garantir une alimentation continue et fiable.

- **Maintenance prédictive** : En utilisant des techniques d'analyse de données et de surveillance conditionnelle, notre système peut prévoir les besoins de maintenance avant que des pannes ne surviennent, assurant ainsi une continuité opérationnelle et minimisant les temps d'arrêt.

notre projet offre une combinaison unique de technologies avancées, d'efficacité opérationnelle, et de flexibilité à un coût compétitif, garantissant ainsi une valeur exceptionnelle pour le prix payé. Cela permet aux utilisateurs de bénéficier d'une agriculture durable, productive et économiquement viable.

القيمة بالسعر

la valeur par conception de notre projet repose sur une approche complète et réfléchie qui intègre les dernières innovations technologiques

القيمة بالتصميم



<p>avec des principes de durabilité et de fonctionnalité, offrant une solution à la fois efficace, esthétique et respectueuse de l'environnement.</p>	
<p>la haute performance de notre projet est le résultat d'une intégration intelligente de technologies avancées, d'une gestion optimale des ressources, et d'une conception durable. Cela permet de maximiser les rendements, de réduire les coûts opérationnels, et d'assurer une agriculture durable et productive, tout en offrant une solution accessible et efficace pour les utilisateurs.</p>	<p>القيمة بالأداء العالي</p>
<p>la valeur avec un service complet de notre projet réside dans notre engagement à fournir une solution sans souci et hautement performante à nos utilisateurs. De l'installation à la maintenance continue, en passant par le support technique et les mises à jour régulières, nous assurons que chaque utilisateur bénéficie d'une expérience optimale et d'un système de serre aquaponie durable et productif.</p>	<p>القيمة بالخدمة الشاملة</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Durabilité environnementale</b> : En utilisant des sources d'énergie renouvelables et des systèmes de recirculation de l'eau, notre serre réduit significativement l'empreinte écologique. La conception minimise l'utilisation de ressources naturelles et préserve l'environnement tout en produisant des aliments frais et sains.</li> <li>• <b>Éducation et sensibilisation</b> : Notre projet sert également de plateforme éducative pour sensibiliser le public aux pratiques agricoles durables et aux technologies innovantes. Les écoles, les universités et les centres de recherche peuvent utiliser notre serre comme outil pédagogique pour enseigner les principes de l'aquaponie et de la durabilité.</li> <li>• <b>Autonomie alimentaire locale</b> : En favorisant</li> </ul>	<p>قيم أخرى</p>



la production locale de nourriture, notre serre contribue à la sécurité alimentaire et à la réduction de la dépendance aux importations alimentaires. Les communautés peuvent produire des légumes frais et du poisson de manière autonome, améliorant ainsi leur résilience face aux perturbations de la chaîne d'approvisionnement.

- **Création d'emplois et développement économique** : Notre projet stimule l'économie locale en créant des emplois dans l'installation, la maintenance et l'exploitation des serres aquaponiques. En outre, il offre des opportunités pour les entrepreneurs et les petites entreprises d'explorer des modèles commerciaux basés sur l'agriculture durable.

- **Amélioration de la santé et du bien-être** : En produisant des aliments frais, sans pesticides ni engrais chimiques, notre serre contribue à une alimentation plus saine pour les consommateurs. De plus, l'accès à des produits frais et nutritifs peut améliorer le bien-être général des communautés locales.

- **Innovation et leadership technologique** : En intégrant des technologies de pointe comme l'intelligence artificielle, l'automatisation et les énergies renouvelables, notre projet positionne les utilisateurs comme des leaders en matière d'innovation technologique dans l'agriculture. Cela peut attirer des partenariats, des financements et des opportunités de collaboration avec d'autres acteurs du secteur.

- **Adaptabilité climatique** : La capacité de notre serre à fonctionner dans divers climats et à s'adapter rapidement aux conditions changeantes permet une production alimentaire fiable malgré les défis climatiques. Cette résilience est cruciale face aux impacts du changement climatique sur l'agriculture traditionnelle.

- **Bien-être animal** : Les systèmes aquaponiques offrent un environnement contrôlé et optimal pour les poissons, assurant leur bien-être et leur santé. La qualité de l'eau est maintenue à des niveaux idéaux, ce qui réduit le stress et les ma-



ladies parmi les poissons.

- **Intégration communautaire** : Notre projet favorise la cohésion et l'engagement communautaire en offrant des espaces partagés où les membres de la communauté peuvent se réunir pour cultiver des aliments, échanger des connaissances et collaborer sur des initiatives locales.
- **Scalabilité et réplique** : La conception modulaire et évolutive de notre système permet de répliquer facilement le modèle dans différentes tailles et configurations, qu'il s'agisse de petits jardins urbains ou de grandes exploitations agricoles. Cette scalabilité permet une large adoption et adaptation du modèle à divers contextes et besoins.

**Customer Segments** شرائح العملاء أو الزبائن



Démographique (B2C)	Démographique (B2B)	Psychographiqu e	Comportementa l
العمر +20	القطاع تجاري صناعي	العوامل النفسية و الشخصية	السلوكيات
Age	Secteur	Classe sociale	Usage
العمر +20	القطاع تجاري صناعي	طبقة الاجتماعية متوسطة	استخدام منتظم
Sexe	Nombre d'employés	Niveau de vie	Loyauté
الجنس ذكر و انثى	عدد العمال في القطاع 5	المستوى المعيشي متوسط	الوفاء
Revenus annuel	Maturité de l'entreprise	Valeurs	Intérêt
متوسط الدخل	نضج المؤسسة	القيم	اهتمام الامان و الاستقرارية
Etat matrimonial	Situation financière		Passion
الحالة الاجتماعية	الحالة المالية للمؤسسة		الهواية و شغف الخيطة



		مستقرة		
Ville الدائرة او البلدية	Niveau d'étude المستوى الدراسي متوسط	Détention/ actionnariat الملكية/المساهمة		Sensibilité حساسيات
Quartier الحي	Profession المهنة	Valorisation/ capitalisation boursière التقييم / القيمة السوقية	Présence digitale et sur les réseaux sociaux استعمال التكنولوجيا في التواصل	Habitude de consommation عادة الاستهلاك
Climat المناخ	Culture الثقافة	Business model نموذج الأعمال	Centres d'intérêts مراكز الاهتمام	Mode de paiement طرق الدفع يد بيد بطاقة الدفع
		Secteur servi القطاع الذي يخدمه صناعي تجاري		Connaissance المعرفة متعلم
	Langue	Technologie		Nature de la



	اللغة لا تحتاج لغة مخصصة	utilisée التكنولوجيا المستعملة		demande طبيعة الطلب
		Format du produit ou packaging شكل المنتج أو التعبئة والتغليف		Fréquence d'achat عدد مرات الطلب على السلعة

### Channels قنوات التوزيع

<p><b>Scalabilité et répliation</b> : La conception modulaire et évolutive de notre système permet de répliquer facilement le modèle dans différentes tailles et configurations, qu'il s'agisse de petits jardins urbains ou de grandes exploitations agricoles. Cette scalabilité permet une large adoption et adaptation du modèle à divers contextes et besoins.</p>	المبيعات المباشرة
<p>En intégrant ces valeurs supplémentaires, notre projet de serre aquaponique offre une solution complète et bénéfique pour les utilisateurs, la communauté et l'environnement, tout en promouvant une agriculture durable et innovante.</p>	تجار الجملة
<p><b>Nommer des distributeurs agréés</b> : Collaborer avec des distributeurs agréés qui peuvent distribuer le produit dans un large éventail de</p>	الموزعون



<p>magasins et de réseaux commerciaux. Les distributeurs peuvent assurer une large couverture géographique et l'accès à de nouveaux clients. <b>Fournir une assistance technique et une formation</b> : Fournir une assistance technique et une formation aux distributeurs afin de s'assurer qu'ils comprennent parfaitement le produit et qu'ils sont en mesure de le promouvoir et de le vendre efficacement.</p>	
<p>Promotions : organiser des promotions et des ateliers pour présenter aux clients le produit et ses avantages et les encourager à l'acheter</p>	<p>توزيع التجزئة</p>

### العلاقة مع العملاء Customer Relationship

<p><b>1. Comprendre les besoins des clients</b>          Étude de marché : Réaliser des études de marché pour mieux comprendre les besoins et les attentes des clients.          Enquêtes : Recueillir les réactions des clients au moyen d'enquêtes et de questionnaires afin d'identifier les points forts et les points faibles des produits.</p> <p><b>2. Une communication constante</b>          Présence numérique : utiliser les médias sociaux et le courrier électronique pour communiquer en permanence avec les clients et les tenir informés des dernières mises à jour et offres.          Bulletins d'information : Envoyez régulièrement des lettres d'information sur les améliorations</p>	<p>كيف تدير علاقاتك مع العملاء؟</p>
--	-------------------------------------





apportées aux produits, des conseils et des offres spéciales.

### **3. Assistance technique**

Service clientèle : Fournir une assistance technique par téléphone, par courrier électronique et par chat en direct pour aider les clients à résoudre leurs problèmes.

Matériel pédagogique : Créer des supports pédagogiques tels que des tutoriels vidéo et des manuels pour aider les clients à utiliser correctement le produit.

### **4. Offres et récompenses**

Programmes de fidélisation : Créez des programmes de fidélisation qui offrent des réductions ou des offres spéciales aux clients réguliers.

Promotions : proposez des promotions et des remises spéciales aux nouveaux et aux anciens acheteurs.

### **5. Recueillir et analyser les données relatives aux clients**

Systèmes de gestion de la relation client (CRM) : Utiliser les systèmes de gestion de la relation client (GRC) pour collecter et analyser les données relatives aux clients, telles que l'historique des achats, les préférences en matière de produits et les interactions avec le service d'assistance technique.

Analyse des données : Utiliser l'analyse des données pour comprendre le comportement des clients et identifier les possibilités d'amélioration des produits et des services.

### **6. Parvenir à une excellente expérience client**



Simplifier le processus d'achat : Offrir un processus d'achat facile et transparent en ligne et dans les magasins physiques.

Suivi après la vente : Communiquer avec les clients après l'achat pour s'assurer de leur satisfaction et résoudre les problèmes éventuels.

### **7. Recevoir un retour d'information et y répondre**

Questionnaires de satisfaction : Envoyer des questionnaires pour mesurer la satisfaction des clients après l'utilisation du produit.

Réponse rapide : Traiter rapidement et efficacement les commentaires et les plaintes afin d'améliorer l'expérience du client.

### **8. Construire une communauté de marque**

Forums et groupes : Créez des forums et des groupes en ligne où les clients peuvent partager leur expérience et échanger des conseils.

Événements et ateliers : Organisez des événements et des ateliers pour dialoguer avec les clients et leur apprendre à tirer le meilleur parti du produit.

### **9. Améliorer le produit en fonction du retour d'information des clients**

Développement continu : Améliorer continuellement le produit en fonction du retour d'information et des attentes des clients.

Impliquer les clients dans le développement : Impliquer les clients dans les processus de développement et d'innovation par le biais d'enquêtes et de sessions de discussion.





<p><b>Salesforce CRM</b> est l'un des programmes CRM les plus populaires et complets sur le marché. Il offre une large gamme de fonctionnalités adaptées aux besoins variés des entreprises.</p> <p><b>HubSpot CRM</b> est connu pour sa facilité d'utilisation et son intégration transparente avec d'autres outils de marketing et de vente.</p> <p><b>Zoho CRM</b> est une solution flexible et économique, adaptée aux petites et moyennes entreprises.</p> <p><b>Pipedrive</b> est une solution CRM simple à utiliser, conçue principalement pour les équipes de vente.</p>	<p>ماهية أهم البرامج التي ستعتمد عليها في ادارة العلاقة مع الزبون</p> <p>Microsoft Dynamics</p> <p>Monday CRM</p> <p>Zoho CRM</p> <p>.....الخ</p>
--	---

### الشركاء الأساسيون Key Partners

طبيعة الشراكة	معلومات حول الشركاء	الشركاء
<p>Fournir le matériel technique et l'équipement nécessaires à la réalisation du projet, tels que les ordinateurs, les navigateurs, les outils de programmation et les contrôleurs</p>	<p>1. Fournisseurs de technologie et d'équipement</p>	<p>الشريك الأول</p>
<p>Distribuer des produits finis aux magasins et aux utilisateurs finaux, assurer la disponibilité des produits sur les différents marchés et gérer les réseaux de</p>	<p>2. Distributeurs et agents</p>	<p>الشريك الثاني</p>



vente au détail.		
Fournir des services de transport et de fret pour les matières premières et les produits finis entre différents sites, en veillant à ce que les marchandises soient livrées à temps et en toute sécurité.	3. PartnersLogistics (Entreprise de transport express)	الشريك الثالث
Fournir des financements et des prêts pour le développement de projets, fournir des services financiers tels que la gestion de comptes et des conseils financiers.	4. Partenaires financiers (Banque Nationale d'Algérie (BNA))	الشريك الرابع

**structure Costs هيكل التكاليف**

10000 دج	تكاليف التعريف بالمنتج أو المؤسسة Frais d'établissement
تكاليف الماء 1500 دج تكاليف الكهرباء 4000 دج تكاليف الهاتف 4000 دج	تكاليف الحصول على العدادات ( الماء - الكهرباء ) (.....) Frais d'ouverture de compteurs (eaux-gaz-....)
046 25 61 33 incubator@univ-tiaret.dz Ibn khaldoun University	تكاليف (التكوين - برامج الاعلام الالي المختصة) شراء برامج مساعدة 2000 دج



	Logiciels, formations
20000 دج	Dépôt marque, brevet, modèle تكاليف براءة الاختراع و الحماية الصناعية و التجارية
10000 دج	Droits d'entrée تكاليف الحصول على تكنولوجيا او ترخيص استعمالها
0 دج	Achat fonds de commerce ou parts شراء الأصول التجارية أو الأسهم
10000 دج في شهر واحد في ثلاث سنوات : 360000 دج	Droit au bail الحق في الإيجار
3000 دج	Caution ou dépôt de garantie وديعة أو وديعة تأمين
2000 دج	Frais de dossier رسوم إيداع الملفات
15000 دج	Frais de notaire ou d'avocat تكاليف الموثق-المحامي-.....
18000 دج	Enseigne et éléments de communication تكاليف التعريف بالعلامة و تكاليف قنوات الاتصال
0 دج	Achat immobilier شراء العقارات
20000 دج	Travaux et aménagements الأعمال والتحسينات الاماكن
100000 دج	Matériel الآلات- المركبات- الاجهزة
10000 دج	Matériel de bureau تجهيزات المكتب
10000 دج	Stock de matières et produits



	تكاليف التخزين
500000 دج	Trésorerie de départ التدفق النقدي (الصندوق) الذي تحتاجه في بداية المشروع.

المجموع = 1099500 دج

نفقاتك أو التكاليف الثابتة الخاصة بمشروعك

10000 دج	Assurances التأمينات
10000 دج	Téléphone, internet الهاتف و الانترنت
3000 دج	Autres abonnements اشتراكات أخرى
60000 دج	Carburant, transports الوقود و تكاليف النقل
0 دج	Frais de déplacement et hébergement تكاليف التنقل و المبيت
الاجمال: 60000 دج في السنة 180000 دج خلال 3 سنوات	Eau, électricité, gaz فواتير الماء - الكهرباء - الغاز
8000 دج	Mutuelle التعاضدية الاجتماعية
10000 دج	Fournitures diverses لوازم متنوعة
10000 دج	Entretien matériel et vêtements صيانة المعدات والملابس
5000 دج	Nettoyage des locaux



	تنظيف المباني
شريك فالمشروع	Budget publicité et communication ميزانية الإعلان والاتصالات

المجموع = 296000 دج

### Revenue Stream مصادر الإيرادات

500000 دج	Apport personnel ou familial المساهمة الشخصية أو العائلية
300000 دج	Apports en nature (en valeur) التبرعات العينية
1000000 دج بنك البركة الإسلامي	Prêt n°1 (nom de la banque) قرض رقم 1 اسم البنك
	Prêt n°2 (nom de la banque) قرض رقم 2 اسم البنك
	Prêt n°3 (nom de la banque) قرض رقم 3 اسم البنك
	Subvention n°1 (libellé) منحة 1
	Subvention n°2 (libellé) منحة 2
	Autre financement (libellé) تمويل آخر

المجموع = 1800000 دج

رقم الأعمال



### Votre chiffre d'affaires de la première année بيع المنتج في السنة الأولى

متوسط أيام العمل في الشهر	بيع المنتج في السنة الأولى
20	40% 1Mois الشهر 5
20	71,42% 2Mois الشهر 7
20	66,66% 3Mois الشهر 12
20	25% 4Mois الشهر 20
20	20% 5Mois الشهر 25
20	16% 6Mois الشهر 30
20	14% 7Mois الشهر 35
20	12,5% 8Mois الشهر 40
20	11% 9Mois الشهر 45
20	10% 10Mois الشهر 50
20	9,09% 11Mois الشهر 55
20	16,6% 12Mois الشهر 60

المجموع = 384 الة

النسبة المئوية للزيادة في حجم الأعمال بين كل شهر لسنة الأولى؟

### Votre chiffre d'affaires de la deuxième année بيع المنتج في السنة الثانية

متوسط أيام العمل في الشهر	بيع المنتج في السنة الثانية
20	16,6% 1Mois الشهر 70
20	14,28% 2Mois الشهر 80
20	12,5% 3Mois الشهر 90
20	100 الشهر 4Mois
20	120 الشهر 5Mois





20	140 الشهر 6 Mois
20	160 الشهر 7 Mois
20	180 الشهر 8 Mois
20	200 الشهر 9 Mois
20	220 الشهر 10 Mois
20	250 الشهر 11 Mois
20	280 الشهر 12 Mois

المجموع = 1890

النسبة المئوية للزيادة في حجم الأعمال بين كل شهر لسنة الثانية؟

**بيع المنتج في السنة الثالثة** **Votre chiffre d'affaires de la troisième année**

متوسط أيام العمل في الشهر	بيع المنتج في السنة الثالثة
20	300 الشهر 1 Mois
20	320 الشهر 2 Mois
20	340 الشهر 3 Mois
20	360 الشهر 4 Mois
20	380 الشهر 5 Mois
20	400 الشهر 6 Mois
20	420 الشهر 7 Mois
20	440 الشهر 8 Mois
20	450 الشهر 9 Mois
20	460 الشهر 10 Mois
20	470 الشهر 11 Mois
20	500 الشهر 12 Mois



المجموع = 4840

النسبة المئوية للزيادة في حجم الأعمال بين كل شهر لسنة الثالثة ؟

تطور حجم رقم الأعمال في السنة

- النسبة المئوية للزيادة في حجم الأعمال بين السنة 1 والسنة 2؟
- النسبة المئوية للزيادة في حجم الأعمال بين السنة 2 والسنة 3؟

حاجتك لرأس المال العامل

30 يوم	متوسط مدة الاعتمادات الممنوحة للعملاء بالأيام Durée moyenne des crédits accordés aux clients en jours
30 يوم	متوسط مدة ديون الموردين بالأيام Durée moyenne des dettes fournisseurs en jours

رواتب الموظفين و مسؤولين الشركة

$120000 = 30000 * 4$ دج في الشهر 1440000 دج في السنة 4320000 دج	رواتب الموظفين Salaires employés
56000 دج 2016000 دج	صافي أجور المسؤولين Rémunération nette dirigeant