
	الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية	
	People's Democratic Republic of Algeria	
	وزارة التعليم العالي والبحث العلمي	
	Ministry of Higher Education and Scientific Research	
	جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم	
	Abdel Hamid Ibn Badis University - Mostaganem	
	كلية العلوم والتكنولوجيا	
	Faculty of Sciences and Technology	
قسم الهندسة الكهربائية		
	Department of Electrical Engineering	

N° d'ordre : M2...../GE/2024

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

### DEMASTER ACADEMIQUE

**Filière : Electronique**

**Spécialité : Electronique des systèmes embarqués**

### Thème

**Automatisation Intégrée et Conception Biophilique des Systèmes  
Hydroponiques Multiples**

Présenté par

1- MEGLOULI Azzeddine.

Soutenu le 17/12/ 2024 devant le jury composé de :

Président(e) :	DJELTI Benbella	Maitre de Conférences "A"	Université de Mostaganem
Examineurs :	BENTOUMI Mohamed	Maitre de Conférences "A"	Université de Mostaganem
Encadrant :	ABDERRAHMANE Abdelkader	Maître Assistant "B"	Université de Mostaganem

Année universitaire 2023 / 2024

## Dédicaces

*Je dédie ce travail modeste à :*

*À mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour,  
leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,*

*À mes frères et sœurs, à mes amis.*

*Merci d'avoir toujours été là pour moi.*

# Remerciements

## *Au nom de dieu clément et miséricordieux*

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à mon encadrant, M. Abderrahmane Abdelkader.

Je remercie également les membres du jury d'avoir accepté de juger ce modeste travail.

Mes remerciements vont enfin à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce travail.

# Listes des figures

Figure I-1: Système hydroponique goutte à goutte .....	- 3 -
Figure I-2: Système hydroponique Flux et reflux. ....	- 3 -
Figure I-3: Système hydroponique Mèche. ....	- 4 -
Figure I-4: Système hydroponique Culture en eau profonde. ....	- 4 -
Figure I-5: Système hydroponique NFT. ....	- 5 -
Figure I-6: Système hydroponique type Aéroponie. ....	- 5 -
Figure I-7: design biophilique. ....	- 7 -
Figure II-1: Carte Arduino "UNO" .....	- 10 -
Figure II-2: capteur de conductivité. ....	- 12 -
Figure II-3: Capteur de Ph.....	- 13 -
Figure II-4: Capteur de niveau ultrasons. ....	- 14 -
Figure II-5: Capteur de température DS18B20. ....	- 15 -
Figure II-6: Le module relais.....	- 16 -
Figure II-7: Pompe à eau 12v. ....	- 17 -
Figure II-9: Pompe ULKA EP5GW.....	- 18 -
Figure II-10: l'entartface de logiciel arduino IDE.....	- 20 -
Figure II-11: Logiciel ISIS Proteus. ....	- 21 -
Figure III-1: Etalonnage du capteur de pH.....	- 24 -
Figure III-2: Connexion du capteur de pH. ....	- 24 -
Figure III-3: Affichage de la tension sur le moniteur série. ....	- 26 -
Figure III-4: calibration de la sonde de ph. ....	- 26 -

Figure III-5:affichage de ph après calibration.....	- 28 -
Figure III-6:connexion de capteur d'EC. ....	- 29 -
Figure III-7:Etalonnage du capteur de EC. ....	- 30 -
Figure III-8:affichage de EC après calibration.....	- 30 -
Figure III-9:connexion du capteur de niveau. ....	- 31 -
Figure III-10:configuration du capteur de niveau .....	- 31 -
Figure III-11:connexion du capteur de température.....	- 33 -
Figure III-12:configuration du capteur de température.....	- 33 -
Figure III-13:photo de maquette.....	- 38 -
Figure III-14:les étages de système hydroponique.....	- 39 -

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau 0-1:le cout .....</b>	<b>47</b>
<b>Tableau 0-2:les prix matériel bureaux utilisé et matériel informatique en DA.....</b>	<b>48</b>
<b>Tableau 0-3:services nécessaires par année. Déclaration Services requis pour le projet.....</b>	<b>48</b>
<b>Tableau 0-4:représentation des taches de personnels d'entreprise et leur salaire en DA....</b>	<b>49</b>
<b>Tableau 0-5 : l'achat consommé.....</b>	<b>49</b>

## Liste des abréviations

UMAB	Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem
FST	Faculté des Sciences et de la Technologie
DWC	La culture en eau profonde
NFT	La technique du film nutritif
PWM	Pulse Width Modulation
ADC	Total DissolvedSolids
ppm	parties par million
T	Temps
V	Tension
mg/L	Milligrammes par litre
°C	Dégréé Celsius
mA	Milliampère

# Résumé

Ce mémoire explore la conception, la réalisation et l'évaluation d'un système hydroponique combinant trois techniques : la culture en eau profonde (DWC), la technique du film nutritif (NFT) et l'aéroponie. Le projet, déployé sur une maquette à trois niveaux, démontre l'efficacité des technologies hydroponiques modernes avec une gestion intelligente via des capteurs et un programme automatisé. Les résultats confirment la faisabilité et les avantages de ces systèmes pour une agriculture durable et innovante, offrant des applications prometteuses en recherche, production agricole et exploitation commerciale.

## المخلص

تستكشف هذه الأطروحة تصميم وبناء وتقييم نظام للزراعة المائية يجمع بين ثلاث تقنيات: الزراعة المائية العميقة، وتقنية الأغشية المغذية والزراعة الهوائية. يوضح المشروع، الذي تم تطبيقه على نموذج ثلاثي المستويات، فعالية تقنيات الزراعة المائية الحديثة مع الإدارة الذكية عبر أجهزة الاستشعار والبرنامج الآلي. وتؤكد النتائج جدوى ومزايا هذه الأنظمة للزراعة المستدامة والمبتكرة، مما يوفر تطبيقات واعدة في مجال البحوث والإنتاج الزراعي والتشغيل التجاري.

## Abstract

This thesis explores the design, implementation and evaluation of a hydroponic system combining three techniques: deep water culture (DWC), nutrient film technique (NFT) and aeroponics. The project, deployed on a three-level model, demonstrates the effectiveness of modern hydroponic technologies with intelligent management via sensors and an automated program. The results confirm the feasibility and advantages of these systems for innovative, sustainable agriculture, offering promising applications in research, agricultural production and commercial operation.



# Table des matières

Dédicaces.....	i
Remerciements.....	ii
Liste des figures .....	iii
Liste des tableaux.....	v
Liste des abréviations .....	vi
Résumé .....	vii
Introduction Générale.....	- 1 -
Chapitre I : Introduction aux diverses techniques hydroponiques .....	- 2 -
I.1    Introduction :.....	- 2 -
I.2    Revue des différentes techniques hydroponiques :.....	- 2 -
I.2.1    Méthode à percolation ou goutte à gouttes :.....	- 2 -
I.2.2    Méthode de flux-reflux » ou table à marées :.....	- 3 -
I.2.3    Méthode de la Mèche : .....	- 4 -
I.2.4    Culture en eau profonde (DWC) : .....	- 4 -
I.2.5    Technique du Film Nutritive (NFT) :.....	- 5 -
I.2.6    Aéroponie: .....	- 5 -
I.3    L'objectif de concevoir un systèmehydroponique :.....	- 6 -
I.3.1    Importance de la Gestion des Systèmes Hydroponiques :.....	- 6 -
I.3.2    Définition de l'architecture biophilique : .....	- 6 -
I.3.3    Conclusion :.....	- 8 -

Chapitre II : Les équipements de conception .....	- 9 -
II.1 Introduction :.....	- 9 -
II.2 HARDWARE : .....	- 9 -
II.2.1 Arduino :.....	- 9 -
II.2.1.1 Définition :.....	- 9 -
II.2.1.2 Présentation de la carte Arduino UNO : .....	- 9 -
II.2.2 Les capteurs :.....	- 11 -
II.2.3 Les modules :.....	- 15 -
II.2.4 Autre Equipement :.....	- 16 -
II.2.4.1 Pompe à Eau silencieuse 12V 240L/H.....	- 16 -
II.2.4.2 Pompeà vibrationULKA EP5GW :.....	- 17 -
II.2.4.2.1 Définition : .....	- 17 -
II.3 Software : .....	- 18 -
II.3.1 Arduino IDE :.....	- 18 -
II.3.2 Proteus professionnel :.....	- 20 -
II.4 Conclusion :.....	- 21 -
Chapitre III : Conception et réalisation du système .....	- 22 -
III.1 Introduction .....	- 22 -
III.2 Les étapes de la réalisation :.....	- 22 -
III.2.1 Schéma synoptique du système hydroponique :.....	- 23 -
III.2.2 Les différents tests des capteurs de notre système : .....	- 24 -
III.2.2.1 Étalonnage du capteur de pH :.....	- 24 -
III.2.2.2 Étalonnage du capteur de EC :.....	- 28 -

III.2.2.3	Connexion du capteur de niveau :.....	- 31 -
III.2.2.4	Connexion du capteur de Température DS18B20 :.....	- 33 -
III.3	Organigramme:.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.3.1	Description de notre systemme : .....	- 37 -
III.4	Conclusion :.....	- 39 -
Chapitre IV Le guide de projet .....		- 40 -
IV.1	Introduction :.....	- 40 -
IV.2	Premier axe : Présentation de projet :.....	- 40 -
IV.2.1	L'idée de projet : .....	- 40 -
IV.2.2	La valeur proposée : .....	- 41 -
IV.2.3	Equipe de de de travail :.....	- 41 -
IV.2.4	Objectif de projet :.....	- 42 -
IV.3	Deuxième axe: Aspects innovants.....	- 42 -
IV.3.1	Nature des innovations : .....	- 42 -
IV.3.2	Domaine d'innovation :.....	- 43 -
IV.4	Troisième axe : Analyse stratégique de marché.....	- 44 -
IV.4.1	Le segment de marché :.....	- 44 -
IV.4.2	Mesure de l'intensité de la concurrence :.....	- 45 -
IV.4.3	La stratégie marketing : .....	- 45 -
IV.5	Quatrième axe : plan de production et d'organisation .....	- 46 -
IV.5.1	L'approvisionnement :.....	- 46 -
IV.5.2	La main d'œuvre :.....	- 47 -
IV.5.3	Les Principaux partenaires : .....	- 47 -

IV.6	Cinquième axe : plan financier.....	- 47 -
	Les Coûts et les charges.....	- 47 -
IV.7	Conclusion :.....	- 50 -
	Conclusion générale et recommandations.....	- 52 -
	Bibliographie.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

## Introduction Générale

Dans un contexte mondial marqué par la croissance démographique, la raréfaction des terres cultivables et les défis environnementaux, l'agriculture doit évoluer vers des solutions plus efficaces et durables. Parmi ces solutions, l'hydroponie, qui consiste à cultiver des plantes hors-sols à l'aide de solutions nutritives, se distingue par son potentiel à maximiser la production tout en réduisant la consommation d'eau et d'intrants.

Ce projet s'inscrit dans cette dynamique en proposant la conception et la réalisation d'un système hydroponique multiple, combinant trois techniques éprouvées : la culture en eau profonde (DWC), la technique du film nutritif (NFT) et l'aéroponie. Ces approches, intégrées dans une maquette multi-étage, permettent d'illustrer la diversité des technologies hydroponiques et leurs applications potentielles.

En complément, ce projet met en œuvre un système d'irrigation intelligent piloté par un programme informatique. Grâce à des capteurs spécialisés et des mécanismes automatisés, ce système assure une gestion précise des paramètres essentiels tels que la température, la conductivité électrique et le niveau d'eau. Cette innovation vise à optimiser les performances des cultures tout en minimisant les ressources utilisées, alignant ainsi l'hydroponie avec les objectifs de durabilité.

Ce projet explore non seulement les aspects techniques et technologiques du système hydroponique multiple, mais également ses implications économiques et environnementales. Il constitue une contribution significative au domaine de l'agriculture moderne, tout en ouvrant la voie à des recherches et applications futures dans des contextes variés, tels que les fermes urbaines, les serres industrielles ou les environnements à ressources limitées.

# **Chapitre I :**

## **Introduction aux diverses techniques hydroponiques**

### **I.1 Introduction :**

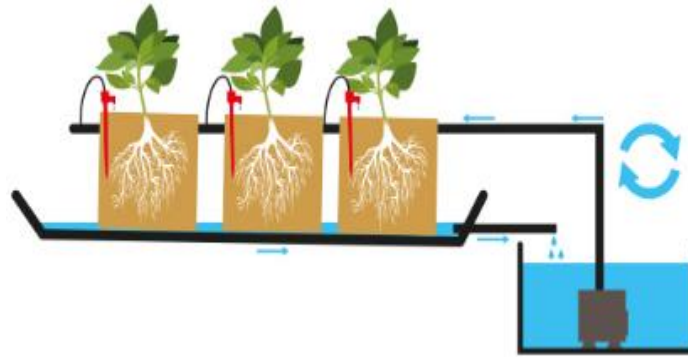
L'hydroponie est une méthode innovante de culture des plantes qui repose sur l'utilisation d'une solution nutritive plutôt que sur la terre. Cette technique permet un contrôle précis des besoins des plantes en eau et en nutriments, favorisant une croissance rapide et des rendements élevés. Elle est particulièrement adaptée aux zones urbaines ou aux régions où les sols sont pauvres ou contaminés. De plus, l'hydroponie contribue à une utilisation plus efficace des ressources naturelles, notamment l'eau. Grâce à son adaptabilité, elle s'intègre parfaitement dans les projets de développement durable et d'agriculture urbaine. Ce système offre ainsi une alternative prometteuse pour répondre aux défis alimentaires mondiaux.

### **I.2 Revue des différentes techniques hydroponiques :**

Les systèmes couramment utilisés en hydroponie sont le goutte-à-goutte, le flux descendant, la mèche, la culture en eau profonde et la technique du film nutritif (NFT). À noter que, les systèmes hydroponiques sont personnalisés et modifiés en fonction du recyclage et de la réutilisation de la solution nutritive et des supports. Le principe des différentes méthodes est décrit et illustré ci-dessus :

#### **I.2.1 Méthode à percolation ou goutte à gouttes :**

L'eau ou la solution nutritive provenant du réservoir est fournie aux racines des plantes individuelles dans une proportion appropriée à l'aide d'une pompe [1].

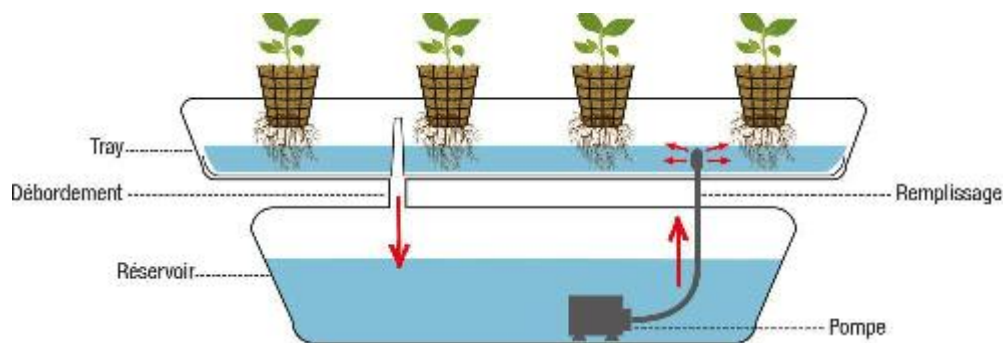


**Figure I-1: Système hydroponique goutte à goutte**

L'eau s'infiltré à travers le substrat, redescend dans le réservoir, pour être injectée une autre fois de plus. Quant aux plants, elles sont installées séparément dans des pots ou sur un plateau commun [2].

### **I.2.2 Méthode de flux-reflux » ou table à marées :**

Ce système utilise un plateau de culture et un réservoir rempli d'une solution nutritive. Une pompe inonde périodiquement le bac de culture avec la solution nutritive, qui s'écoule ensuite lentement.



**Figure I-2: Système hydroponique Flux et reflux.**

### I.2.3 Méthode de la Mèche :

Dans cette méthode, les plantes sont placées dans un milieu de culture tel que la fibre de coco, avec une mèche en nylon allant des racines de la plante dans un réservoir de solution nutritive.

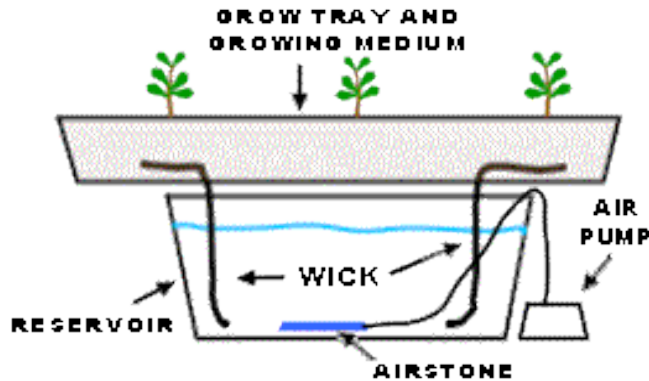


Figure I-3: Système hydroponique Mèche.

### I.2.4 Culture en eau profonde (DWC) :

Est une technique dans laquelle les plantes sont suspendues dans une solution nutritive, avec les racines plongées directement dans l'eau. L'oxygène est fourni aux racines par des aérateurs qui créent des bulles dans l'eau, assurant ainsi que les racines reçoivent une quantité suffisante d'oxygène [3].

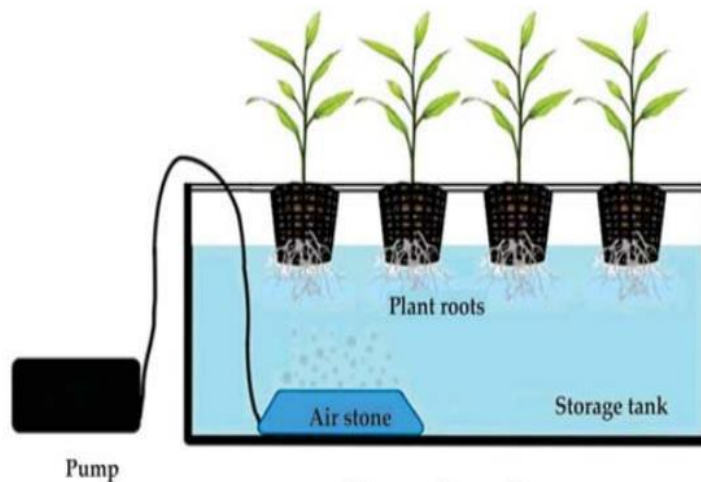
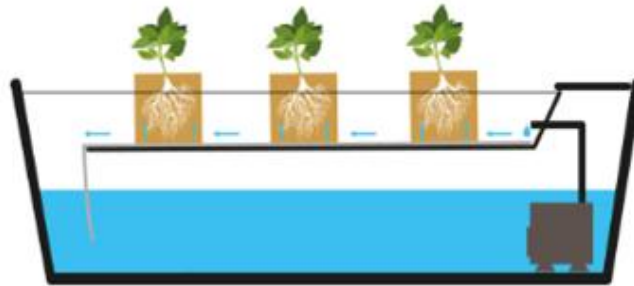


Figure I-4: Système hydroponique Culture en eau profonde.



### **I.2.5 Technique du Film Nutritive (NFT) :**

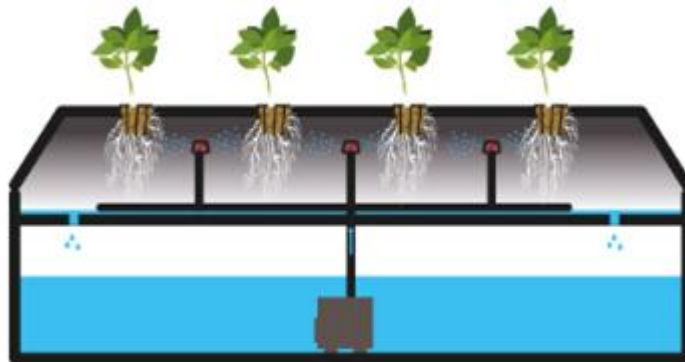
Dans cette méthode, une solution nutritive est pompée en permanence à travers des canaux dans lesquels les plantes sont placées [4]. Lorsque les solutions nutritives atteignent l'extrémité du canal, elles sont renvoyées au début du système.



**Figure I-5: Système hydroponique NFT.**

### **I.2.6 Aéroponie:**

En aéroponie, les racines des plantes sont suspendues dans l'air et sont périodiquement nébulisées avec une solution nutritive. Ce système fournit aux plantes une excellente combinaison de nutriments et d'oxygène [3].



**Figure I-6: Système hydroponique type Aéroponie.**

### **I.3 L'objectif de concevoir un système hydroponique :**

L'objectif de concevoir un système embarqué pour faciliter la gestion des systèmes hydroponiques multiples est de créer une solution automatisée et centralisée permettant de contrôler et surveiller plusieurs installations hydroponiques de manière efficace et optimisée. Ce système vise à simplifier la gestion de facteurs clés tels que la qualité de l'eau, la température, le pH, le niveau de nutriments, tout en garantissant une croissance optimale des plantes.

#### **I.3.1 Importance de la Gestion des Systèmes Hydroponiques :**

La gestion manuelle des systèmes hydroponiques est souvent chronophage et sujette à des erreurs humaines. Lorsque plusieurs systèmes hydroponiques sont en place, ces défis se multiplient, rendant la gestion inefficace et risquée pour la santé des cultures. Par exemple, un déséquilibre dans l'EC ou une carence en nutriments peut rapidement affecter les plantes, entraînant des pertes importantes.

Un système embarqué dédié à la gestion des systèmes hydroponiques multiples offre une solution technologique pour surmonter ces défis. En automatisant des tâches telles que, l'ajustement des nutriments et l'activation des cycles d'irrigation, un tel système permet de maximiser les rendements tout en minimisant l'intervention humaine.

#### **I.3.2 Définition de l'architecture biophilique :**

La conception biophilique est une conception architecturale, destinée aux personnes en tant qu'organismes biologiques, respectant les systèmes corps-esprit en tant qu'indicateurs de la santé et du bien-être et adaptée à un contexte local. Une bonne conception biophilique comprend des perspectives liées aux conditions de santé, normes socioculturelles et attentes, expériences vécues, fréquence et durée de l'usage, les différentes vitesses de vécu, la perception de l'utilisateur et le traitement de l'expérience ainsi que la création d'espaces qui sont inspirants, sains, qui resserrent et qui intègrent la fonctionnalité du lieu et de l'écosystème (urbain) dans lequel il se trouve [6].

Le design biophilique est la réponse au besoin humaine d'être connecté à la nature et vise à établir ce lien dans l'environnement bâti. En d'autres mots, le design biophilique est la théorie, la science et la pratique ayant pour but de créer des bâtiments inspirés de la

naturevisant le maintien d'une connexion à celle-ci dans les environnements au sein desquels nous vivons et travaillons chaque jour [7].



**Figure I-7: design biophilique.**

### **I.3.2.1 Les objectifs de l'architecture biophilique :**

Les six critères de design d'une architecture adoptant les principes de la biophilie selon JasonMcClennan :

- Permettre la perception des variations cycliques saisonnières et journalières des conditions lumineuses et thermiques.
- Relier les individus aux conditions extérieures en offrant un accès aux vues et à l'éclairage naturel.
- Redonner à l'occupant le contrôle de la gestion de son confort thermique, de la ventilation et de la lumière naturelle
- Utiliser la lumière naturelle comme principale source d'éclairage ;
- Employer des matériaux sains et durables qui ne requièrent que peu d'entretien.
- Adopter des stratégies passives de ventilation naturelle et de chauffage.

### **I.3.2.2 Les avantages de l'architecture biophilique :**

Au-delà de l'aspect esthétique pur, l'intérêt du design biophilique est aujourd'hui prouvé. Diverses études ont montré son effet au niveau des entreprises, des structures d'éducation et de santé, voire même à une échelle plus large.

En effet, la conception biophilique permet :

- Au travail, de réduire le stress, l'absentéisme et d'augmenter la productivité, la créativité et le maintien des équipes.
- Dans le domaine de l'éducation, de réduire le taux d'absentéisme, d'améliorer les résultats d'examen et d'accélérer l'apprentissage.
- Dans le domaine de la santé, de réduire le temps d'hospitalisation et d'accélérer le temps de guérison.
- Au sein des collectivités, de réduire la criminalité et d'augmenter la valeur immobilière. Le design biophilique, en recréant un lien à la nature quelque peu perdu au vu du contexte actuel où nous passons la majeure partie de notre temps dans des espaces urbains et intérieurs apparaît comme un moyen de replacer le bien-être et la santé des usagers au cœur de l'aménagement.

### **I.3.3 Conclusion :**

En conclusion, l'hydroponie représente une solution innovante et durable pour relever les défis agricoles actuels, notamment la sécurité alimentaire, la gestion des ressources naturelles et l'urbanisation croissante. En optimisant la croissance des plantes tout en réduisant l'empreinte écologique, cette méthode ouvre la voie à une agriculture plus efficiente et respectueuse de l'environnement. Intégrée dans les stratégies de développement durable, l'hydroponie a le potentiel de transformer la manière dont nous produisons nos aliments, tout en offrant des perspectives prometteuses pour les générations futures.

# **Chapitre II :**

## **Les équipements de conception**

### **II.1 Introduction :**

Ce chapitre est consacré à la présentation du matériel et logiciels utilisés pour développer notre système et ainsi que les différentes plateformes d'exécution de ses différentes parties.

### **II.2 HARDWARE :**

#### **II.2.1 Arduino :**

##### **II.2.1.1 Définition :**

Arduino est un ensemble matériel et logiciel qui permet d'apprendre l'électronique, dans le but de permettre débutants, amateurs ou professionnels de créer des systèmes électroniques plus ou moins complexes le grand avantage de l'électronique programmée c'est qu'elle simplifie grandement les schémas électroniques et par conséquent, le coût de la réalisation, mais aussi la charge de travail à la conception d'une carte électronique.

##### **II.2.1.2 Présentation de la carte Arduino UNO :**

Il s'agit d'une carte électronique basée autour d'un microcontrôleur Atmega du fabricant Atmel. Voilà à quoi ressemble la carte que nous allons utiliser :

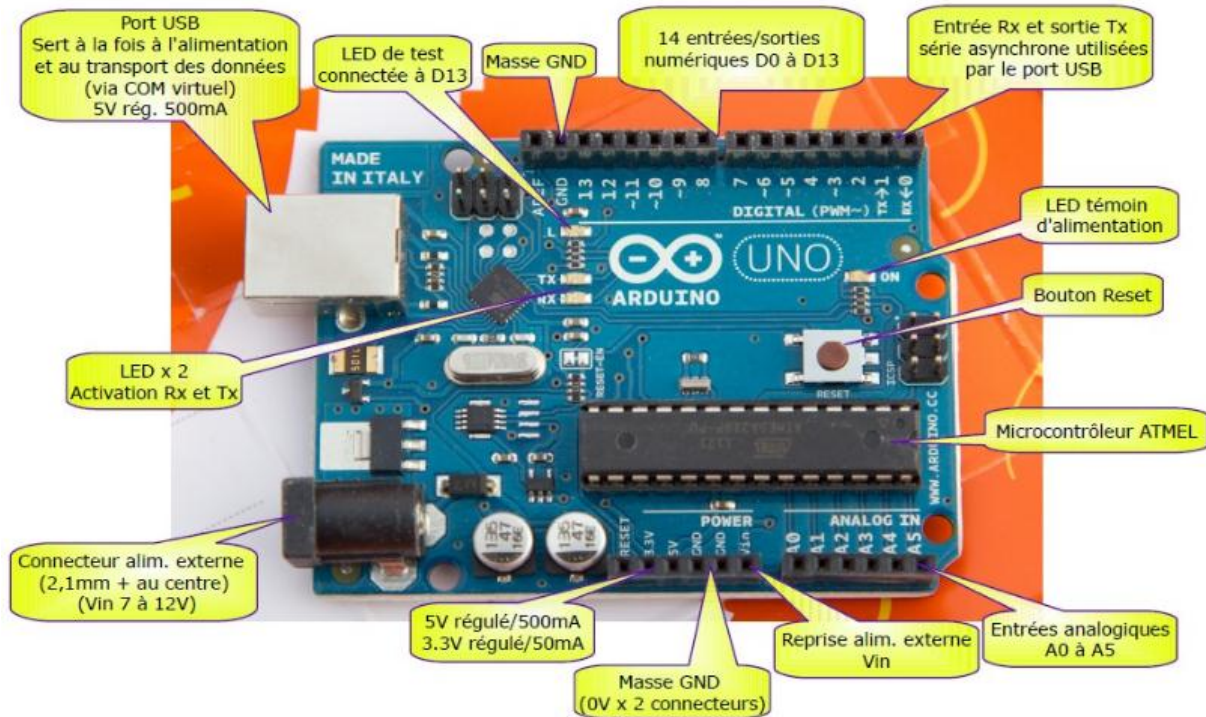


Figure II-1: Carte Arduino "UNO"

1. **Microcontrôleur :**

Le cœur de la carte Arduino est son microcontrôleur, généralement un ATmega328P sur l'Arduino UNO ou d'autres puces similaires sur d'autres cartes. Le microcontrôleur exécute le programme (écrit en C ou C++) téléchargé à partir de l'IDE Arduino.

2. **Entrées/Sorties numériques :**

La carte Arduino UNO possède **14 broches d'Entrées / Sorties numériques**, dont 6 peuvent fournir une sortie PWM (Pulse Width Modulation). Ces broches peuvent être configurées pour fonctionner comme des broches numériques d'entrée pour lire des valeurs logiques (0 ou 1) ou numériques. Elles peuvent également être utilisées comme des broches de sortie pour piloter différents modules comme des LEDs, des relais, etc. Les broches étiquetées "~" peuvent être utilisées pour générer des PWM.

3. **Entrées analogiques :**

L'Arduino UNO possède 5 broches d'entrées analogiques numérotée de A0 jusqu'à A5. Ce qui vous permet de lire des signaux analogiques (par exemple, provenant de capteurs tels que des capteurs de température ou des potentiomètres). Ces valeurs sont converties en valeurs numériques à l'aide du convertisseur analogique-numérique (ADC).

4. **Alimentation électrique :**

La carte Arduino peut être alimentée par USB, par une prise d'alimentation en courant continu ou par une batterie externe. La carte a généralement besoin de 5V pour fonctionner (certains modèles peuvent fonctionner avec 3,3V), et elle comprend un régulateur de tension pour assurer une alimentation stable.

5. **Port USB :**

La connexion USB vous permet de télécharger du code sur la carte Arduino à partir de votre ordinateur en utilisant l'IDE Arduino et fournit également de l'énergie lorsqu'elle est connectée.

6. **Arduino Reset :**

Vous pouvez redémarrer un Arduino avec un "Reset". Cela aura pour effet de redémarrer votre programme depuis le début. Vous pouvez redémarrer l'Arduino UNO de deux manières : soit en utilisant le bouton "Reset", soit en connectant un bouton externe sur la broche de la carte Arduino mentionnée "RESET".

7. **Indicateur LED d'alimentation :**

Ce voyant doit s'allumer lorsque vous branchez votre Arduino sur une source d'alimentation pour indiquer que votre carte est correctement alimentée. Si cette lumière ne s'allume pas, il y a un problème avec votre alimentation, et je ne parle pas de nourriture ici.

## II.2.2 Les capteurs :

Un **capteur** est un dispositif qui convertit un phénomène physique (comme la température, la pression, ou l'humidité) en une information exploitable par un système électronique. Il ne mesure pas directement cette grandeur, mais détecte un changement dans l'environnement et le transforme en un signal (souvent électrique). Ce signal est ensuite traité par des dispositifs électroniques, comme un microcontrôleur, pour effectuer des mesures ou prendre des décisions dans un processus.

### II.2.2.1 Capteur de conductivité :

#### II.2.2.1.1 Définition :

Un capteur TDS (Total Dissolved Solids) est un dispositif utilisé pour mesurer la concentration totale de solides dissous dans un liquide, généralement de l'eau. Le TDS désigne la teneur combinée de toutes les substances organiques et inorganiques, y compris les minéraux, les sels et les métaux, qui sont dissoutes dans l'eau. Ces solides sont généralement mesurés en parties par million (ppm) ou en milligrammes par litre (mg/L).

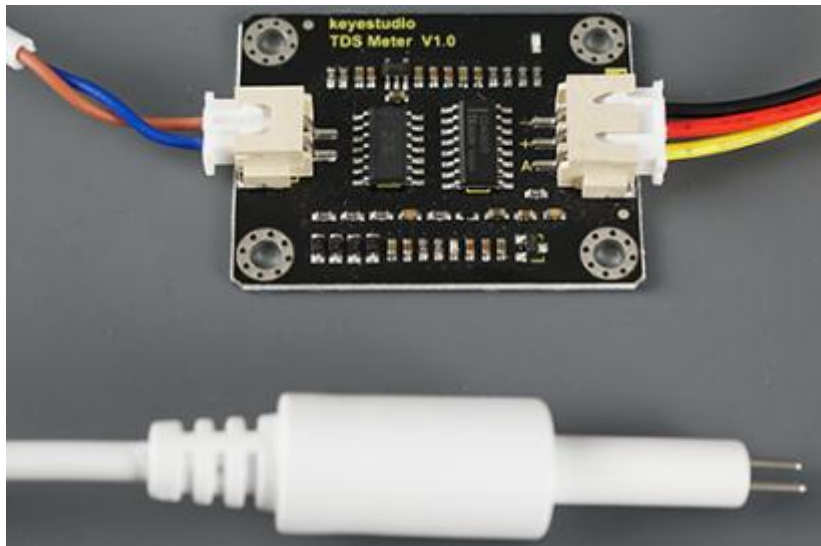


Figure II-2: capteur de conductivité.

#### II.2.2.1.2 Caractéristiques techniques du TDS :

- Tension d'entrée : 3.3-5.5V.
- Signal de sortie : 0-2.3V
- Courant de travail : 3-6mA
- Plage de mesure TDS : 0 ~ 1000ppm
- Précision de mesure TDS :  $\pm 10\%$  F.S. (25 °C)
- Taille 42×32.



## II.2.2.2 Capteur de Ph :

### II.2.2.2.1 Définition :

Un capteur de pH est un dispositif utilisé pour mesurer l'acidité ou l'alcalinité (niveau de pH) d'une solution. L'échelle du pH va de 0 à 14, un pH de 7 étant considéré comme neutre, les valeurs inférieures à 7 étant acides et les valeurs supérieures à 7 étant alcalines (ou basiques).



Figure II-3:Capteur de Ph.

### II.2.2.2.2 Caractéristiques techniques du Ph :

- Tension d'entrée :  $5V \pm 0.2V$  (ca/cc)
- Courant de travail : 5-10mA
- Plage de concentration détectable : PH0-14
- Plage de température de détection : 0-80 °C
- Temps de réponse : <5S
- Temps de réglage : <60S
- Puissance des composants : <0.5W
- Température de travail : -10 -50 °C (température nominale 20 °C)
- Humidité : 95% hr (humidité nominale 65% hr)
- Taille de Module : 42mm \* 32mm \* 20mm

- Sortie : sortie de signal de tension analogique

### II.2.2.3 Capteur à Ultrasons HC-SR04 :

#### II.2.2.3.1 Définition :

Un capteur à ultrasons fonctionne en émettant des impulsions sonores à haute fréquence (environ 40 kHz) à intervalles réguliers. Ces impulsions se propagent dans l'air à la vitesse du son. Lorsqu'elles rencontrent un objet, elles se réfléchissent et reviennent sous forme d'écho au capteur. En mesurant le temps écoulé entre l'émission du signal et la réception de l'écho, on peut calculer la distance entre le capteur et l'objet. Cette méthode repose sur le temps de propagation des ultrasons, et non sur l'intensité du signal. Ce type de capteur peut détecter presque tous les matériaux réfléchissant le son, indépendamment de leur couleur, y compris les matériaux transparents ou fins.



Figure II-4: Capteur de niveau ultrasons.

#### II.2.2.3.2 Caractéristiques techniques du niveau ultrasons :

- Tension d'entrée : 5v.
- Courant de repos : < 2ma.
- Niveau (élevé) de sortie : 5v.
- Niveau de sortie (de bas) : 0v.
- Angle induction : < 15 °. 6. Distance de détection : 2cm - 450cm.

## II.2.2.4 Capteur de température DS18B20 :

### II.2.2.4.1 Définition :

Le capteur DS18B20 utilise un circuit intégré à semi-conducteur pour détecter la température et convertir cette information en un signal numérique.



**Figure II-5: Capteur de température DS18B20.**

### II.2.2.4.2 Caractéristiques techniques du DS18B20 :

- Tension d'alimentation du capteur de température : 3.0 V ~ 5.5 V
- Plage de température : -55 ~ + 125 °C
- Fil de sortie du capteur de température : jaune (données) rouge (VCC) et noir (GND)

## II.2.3 Les modules :

### II.2.3.1 Module Relais :

#### II.2.3.1.1 Définition :

Le module relais Arduino est un dispositif électromécanique utilisé pour ouvrir et fermer un circuit électrique à l'aide d'un électroaimant. Le relais de puissance SRD-05VDC fonctionne de manière simple : lorsqu'une tension de commande est appliquée à la bobine électromagnétique, un champ magnétique est généré, attirant le pied métallique. Cela permet de fermer les contacts et de connecter ainsi le circuit électrique de la charge. Ce système est

couramment utilisé pour contrôler des appareils haute puissance avec des signaux basse tension provenant de microcontrôleurs.



**Figure II-6:Le module relais.**

#### **II.2.3.1.2 Caractéristiques techniques du relais :**

- Tension de commande (bobine) :5V.
- Courant de commande (bobine) :70 mA à 100 mA.
- Tension de commutation (contacts) :220V AC / 30V DC.
- Courant de commutation (contacts) :10A.
- Type de contacts : SPDT (Single Pole Double Throw).

#### **II.2.4 Autre Equipement :**

##### **II.2.4.1 Pompe à Eau silencieuse 12V 240L/H.**

###### **II.2.4.1.1 Définition :**

Une pompe à eau silencieuse 12V 240L/H est un dispositif électrique conçu pour déplacer de l'eau ou d'autres liquides à l'aide d'un moteur alimenté en courant continu (12V).



**Figure II-7:Pompe à eau 12v.**

#### **II.2.4.1.2 Caractéristiques techniques du Pompe :**

- Tension d'alimentation : 12VDC
- Puissance : 5W
- Flux maximum : 240L/H (+- 10%)
- Élévation max du flux : 3 mètres
- Niveau sonore : inférieur à 40DB
- Dimensions : 38 mm x 36 mm x 25 mm (longueur x largeur x hauteur)

#### **II.2.4.2 Pompe à vibration (ULKA EP5GW) :**

##### **II.2.4.2.1 Définition :**

La **ULKA EP5GW** est une pompe à vibration utilisée dans les machines à espresso pour fournir de l'eau sous pression. Elle est fiable, efficace, consomme peu d'énergie.



**Figure II-8:Pompe ULKA EP5GW.**

#### **II.2.4.2.2 Caractéristiques techniques de la Pompe ULKA EP5GW :**

- Tension AC : 230V
- Puissance : 48W
- Fréquence :50Hz.
- Pression de sortie : 15bars.
- Débit : 60L / H

### **II.3 Software :**

#### **II.3.1 Arduino IDE :**

La **partie logicielle** de ce projet repose sur l'utilisation de l'**Arduino IDE** (Integrated DevelopmentEnvironment). Il s'agit d'un environnement de développement intégré qui fournit une interface simple et intuitive pour écrire des programmes, appelés "**Sketch**". Ces programmes sont ensuite compilés et transférés vers la carte Arduino via une connexion USB. L'IDE inclut également un **moniteur série**, permettant d'afficher et de visualiser les données échangées entre l'Arduino et l'ordinateur.

Le langage Arduino impose une structure typique de l'informatique embarquée :

**Code :**

```
void setup() //fonction d'initialisation de la carte
{
//contenu de l'initialisation
}

void loop() //fonction principale, elle se répète
(s'exécute) à l'infini
{
//contenu de votre programme
}
```

Ce code permet de diviser le programme que nous allons créer en deux grosses parties. La fonction **setup()** est appelée une seule fois lorsque le programme commence. C'est pourquoi c'est dans cette fonction que l'on va écrire le code qui n'a besoin d'être exécuté une seule fois. On appelle cette fonction : "**fonction d'initialisation**".

Fonction **Loop()** où l'on va écrire le contenu du programme. Il faut savoir que cette fonction est appelée en permanence, c'est-à-dire qu'elle est exécutée une fois, puis lorsque son exécution est terminée, on la réexécute et encore et encore. On parle de **boucle infinie** [8].

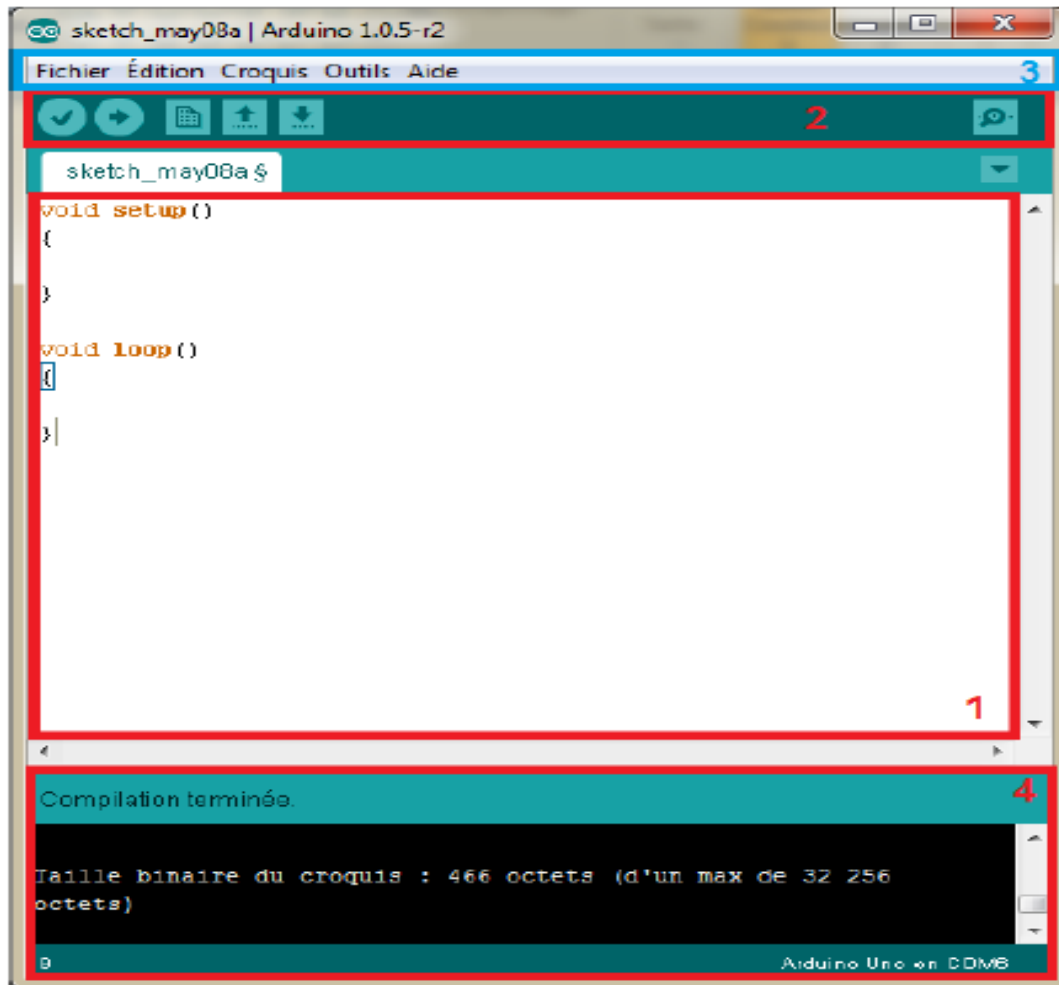


Figure II-9:l'interface de logiciel Arduino IDE.

### II.3.2 Proteus professionnel :

Proteus Professional est une suite logicielle pour l'électronique. Développé par Lab center électroniques, le logiciel inclus dans Proteus Professional permet la CAD (Computer Aided Construction) dans le domaine de l'électronique. Les principaux composants de cette suite logicielle sont : (ISIS, ARES, PROSPICE) Cette suite logicielle est bien connue dans le domaine de l'électronique. De nombreuses entreprises et organisations de formation utilisent cette suite logicielle. Outre la popularité de l'outil, Proteus Professional a d'autres avantages :

- Pack contenant un logiciel facile et rapide à comprendre et à utiliser.



- Le support technique est performant
- L'outil de prototypage virtuel permet de réduire les coûts matériels et logiciels lors de la conception d'un projet.



**Figure II-10:Logiciel ISIS Proteus.**

## **II.4 Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons donné une description détaillée du matériel utilisé pour notre projet et les caractéristiques techniques de chaque partie, ainsi que les logiciels utilisés.

# Chapitre III :

## Conception et réalisation du système

### III.1 Introduction

La conception est l'une des étapes les plus importantes pour l'analyse des composants et donnés de la réalisation, elle vise à faire une étude complète de la réalisation.

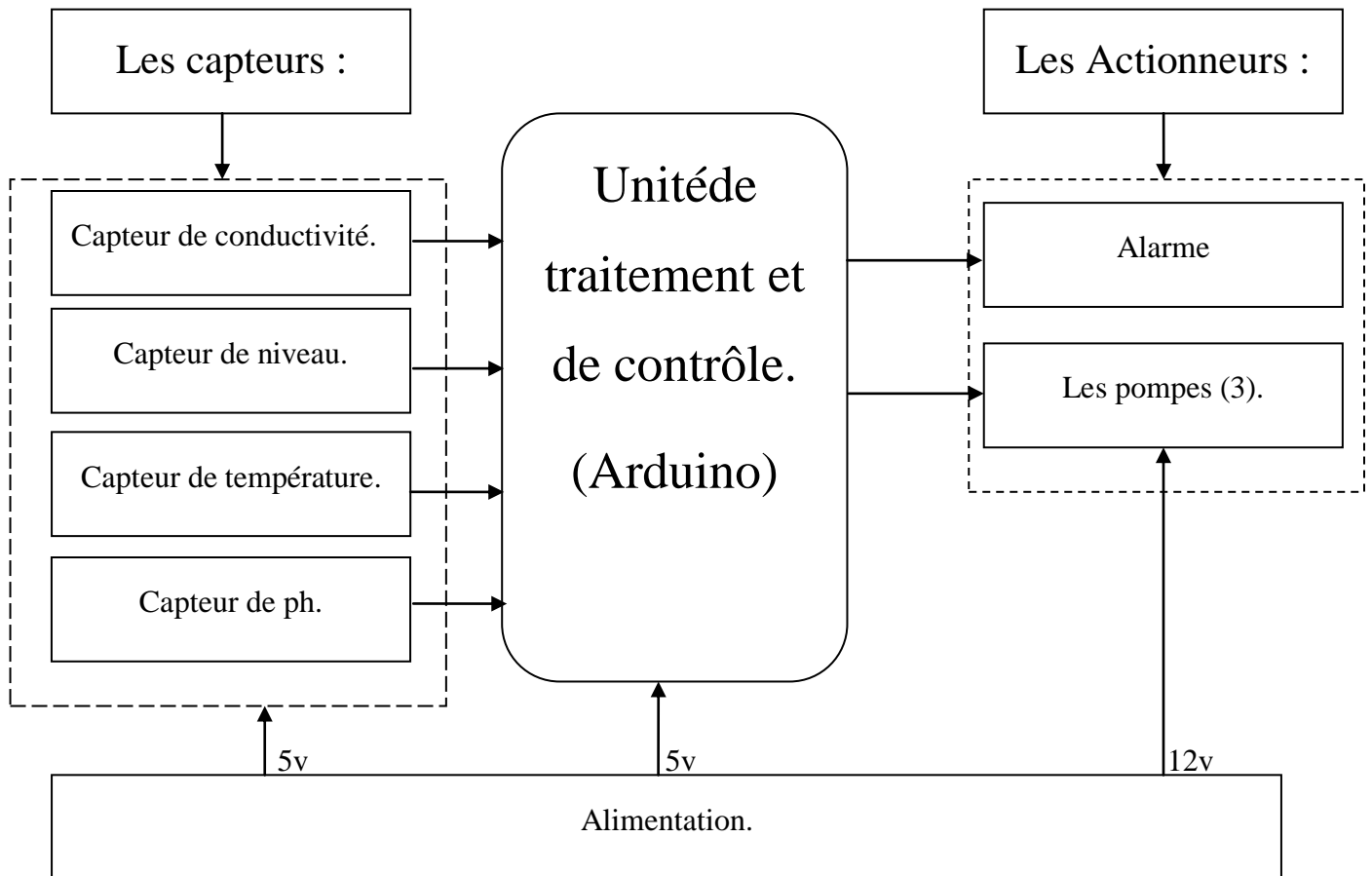
Dans ce chapitre, nous allons développer les étapes nécessaires pour aboutir à notre objectif et faciliter la réalisation de notre projet. Tout d'abord on va faire les différentes étapes de la réalisation pratique. Après on va schématiser tous les capteurs existe dans le système hydroponique. Finalement on va tester notre système.

### III.2 Les étapes de la réalisation :

La réalisation de notre dispositif a connu quatre étapes principales :

- **Première étape :** la recherche des informations bibliographiques et techniques à utiliser pour aboutir à l'objectif.
- **Deuxième étape :** Réalisation du montage complet sur une plaque d'essai.
- **Troisième étape :** Programmation de l'Arduino avec L'IDE après compilation du programme écrit.
- **Quatrième étape:** Réalisation du montage complet sur une maquette.

### III.2.1 Schéma synoptique du système hydroponique :



Ces schéma synoptique représente le fonctionnement de base d'un système hydroponique. Il commence par lire les valeurs des capteurs intégrés : le capteur de conductivité électrique (EC), le capteur de température et le capteur de niveau. Si le capteur EC indique que la concentration en nutriments est inférieure au seuil optimal, le système ajuste la solution nutritive en ajoutant les nutriments nécessaires. De même, si le capteur de niveau détecte une quantité insuffisante de solution, le système déclenche l'ajout d'eau pour rétablir le volume requis. Une fois ces ajustements effectués, la pompe d'irrigation est activée pour assurer la circulation de la solution nutritive vers les plantes.

### III.2.2 Les différents tests des capteurs de notre système :

#### III.2.2.1 Étalonnage du capteur de pH :

Pour étalonner ce capteur, vous aurez besoin d'un fil pour court-circuiter la partie externe et le centre du connecteur de la sonde. Cela provoque une tension de 2,5 volts sur la broche de sortie analogique Po..



Figure III-1:Étalonnage du capteur de pH.

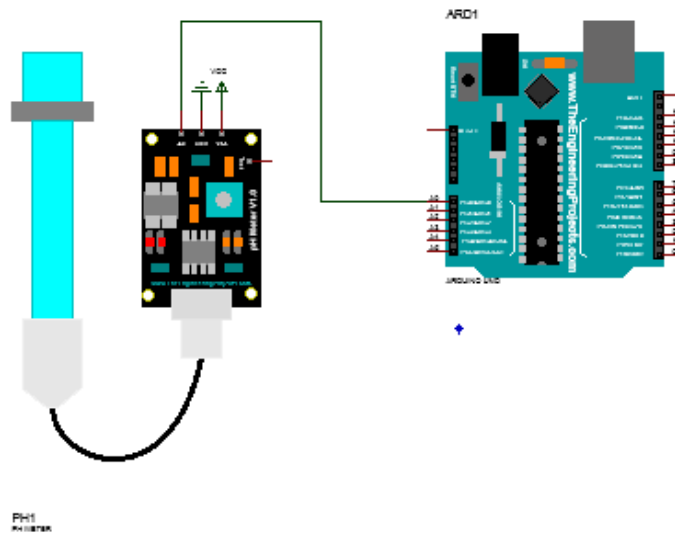
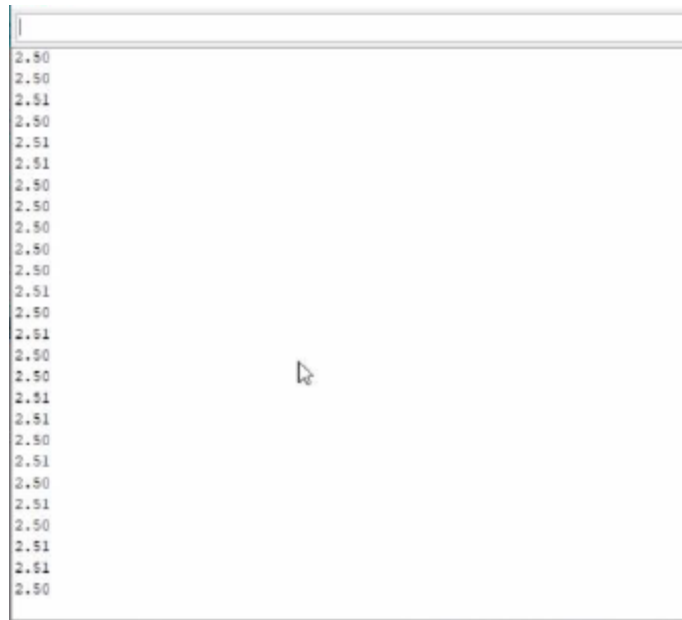


Figure III-2: Connexion du capteur de pH.

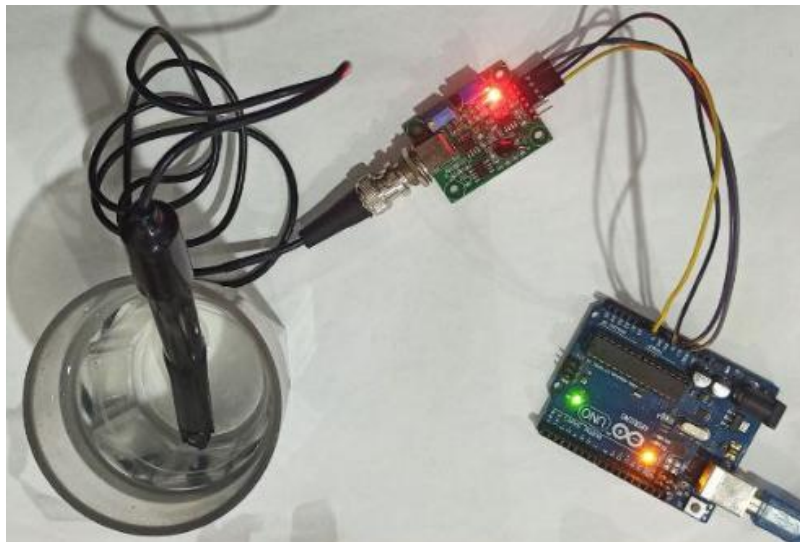
Et le programme utilisé est le suivant :

```
int pH_Value;
float Voltage;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pH_Value, INPUT);
}
void loop()
{
  pH_Value = analogRead(A0);
  Voltage = pH_Value * (5.0 / 1023.0);
  Serial.println(Voltage);
  delay(500);
}
```

Il s'agit d'un programme que nous allons utiliser pour calibrer le circuit d'interface du capteur de pH. Le but de ce programme est de lire la broche de sortie analogique Po et d'afficher la tension sur le moniteur série. Il suffit maintenant de tourner le potentiomètre d'offset jusqu'à ce qu'il soit exactement 2,5V.



**Figure III-3:Affichage de la tension sur le moniteur série.**



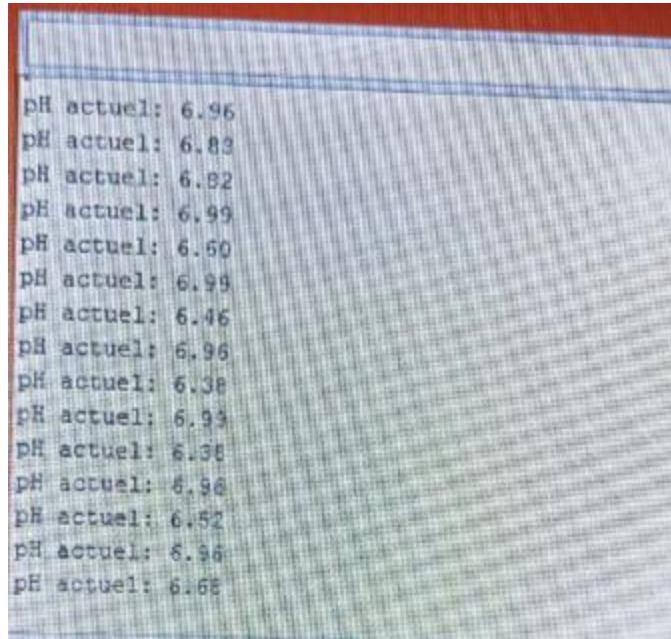
**Figure III-4:calibration de la sonde de ph.**

La calibration est essentielle pour garantir la précision des mesures de la sonde, souvent influencées par des tolérances du capteur, des variations environnementales ou son vieillissement. Le processus débute par l'immersion de la sonde dans une solution tampon de 7, où une stabilisation de deux minutes est nécessaire pour minimiser les fluctuations. Ensuite, on observe l'écart entre la mesure affichée et la valeur nominale de la solution, écart qui est

compensé par un ajustement dans le code via une variable dédiée à la calibration. Cette dernière est modifiée en fonction de la différence calculée, dans notre cas on a un écart de 20.44.

Et le programme utilisé est le suivant :

```
constintpHSensorPin = A0;    // Capteur de pH sur la broche A0
// Plage de calibration du capteur de pH (ajustez en fonction du capteur)
constfloat calibration = 20.44; // Ajustement du capteur
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
// Fonction pour lire le pH
floatreadPH() {
  intsensorValue = analogRead(pHSensorPin); // Lire la valeur analogique du capteur pH
  float voltage = sensorValue * (5.0 / 1023.0); // Convertir en tension (0-5V)
  //floatpHValue = 7 + (voltage - 2.5); // Calculer le pH basé sur le capteur
  float pHValue = -5.70 * voltage + calibration;
  return pHValue;
}
voidloop() {
  // Lire le pH et afficher les résultats
  float currentPH = readPH();
  Serial.print("pH actuel: ");
  Serial.println(currentPH);
  delay(750);
}
```

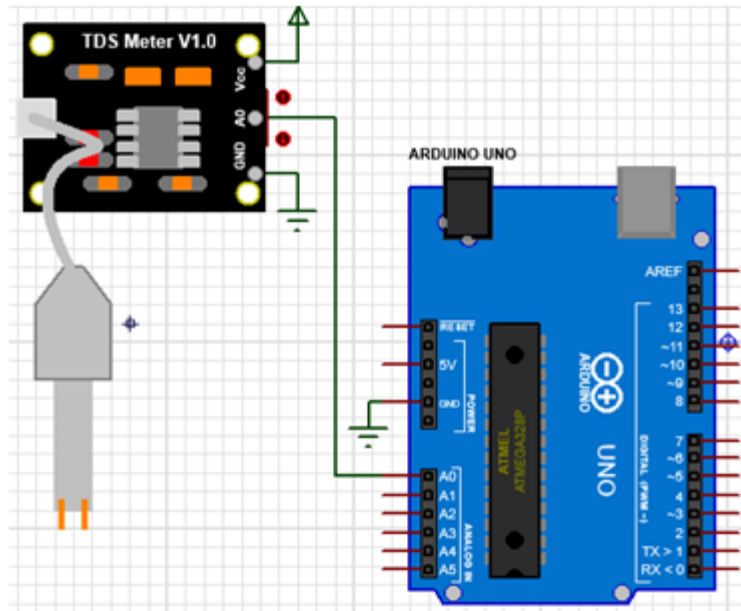


**Figure III-5:affichage de ph après calibration.**

### **III.2.2.2 Étalonnage du capteur de EC :**

L'étalonnage d'une sonde de conductivité (TDS) connectée à un Arduino est essentiel pour obtenir des mesures précises. La procédure commence par la préparation de la sonde, qui doit être propre et rincée à l'eau distillée pour éviter toute contamination. Ensuite, une solution étalon de conductivité 75ppm est utilisée pour la calibration. La sonde est immergée dans cette solution, et le programme Arduino lit les valeurs mesurées. Une fois que la lecture se stabilise. Un ajustement est effectué dans le code pour que la valeur mesurée corresponde à celle de la solution standard. Dans notre cas, le facteur de calibration ajusté est de 0,689.





**Figure III-6:connexion de capteur d'EC.**

Et le programme utilisé est le suivant :

```
intsensorPin = A0; // Pin analogique où le capteur est connecté
floatsensorValue = 0; // Variable pour stocker la valeur du capteur
floatTDSValue = 0; // Variable pour stocker la valeur en TDS (ppm)
floatcalibrationFactor = 0.689; // Facteur de calibration ajusté

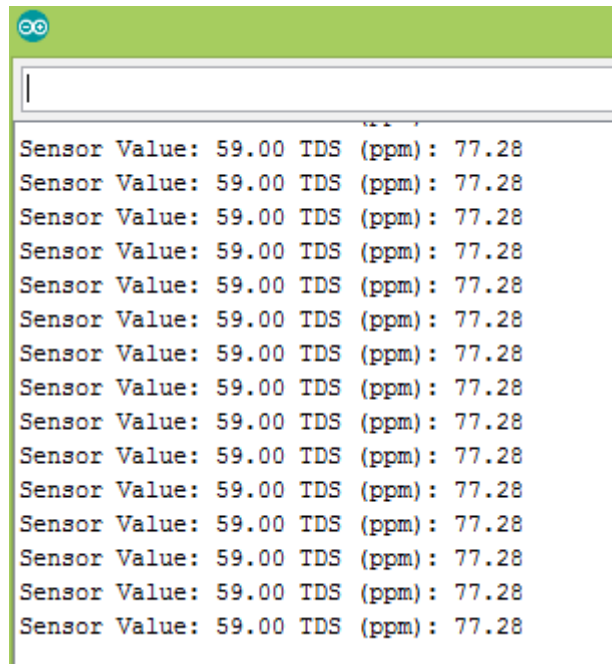
void setup() {
  Serial.begin(9600); // Initialiser la communication série
  delay(2000); // Temps pour permettre à Arduino de démarrer
}

voidloop() {
  sensorValue = analogRead(sensorPin); // Lire la valeur du capteur
  // Conversion de la lecture du capteur en TDS (ppm)
  // La formule suivante est une approximation, basée sur la calibration effectuée
  TDSValue = (sensorValue * 5.0 / 1023.0) * 1000* calibrationFactor ;
```

```
// Afficher la valeur sur le moniteur série  
Serial.print(" sensorValue: ");  
Serial.print(sensorValue);  
Serial.print(" TDS (ppm): ");  
Serial.println(TDSValue);  
  
delay(3000); // Attendre 1 seconde avant de lire à nouveau  
}
```



**Figure III-7:Etalonnage du capteur de EC.**



**Figure III-8:affichage de EC après calibration.**

### III.2.2.3 Connexion du capteur de niveau :

Le montage de ce capteur consiste à connecter son alimentation, en reliant la broche **5V** et la broche **GND** à l'Arduino, tout en utilisant une lecture numérique pour traiter les signaux envoyés et reçus par le capteur. La figure ci-dessous représente le montage détaillé :

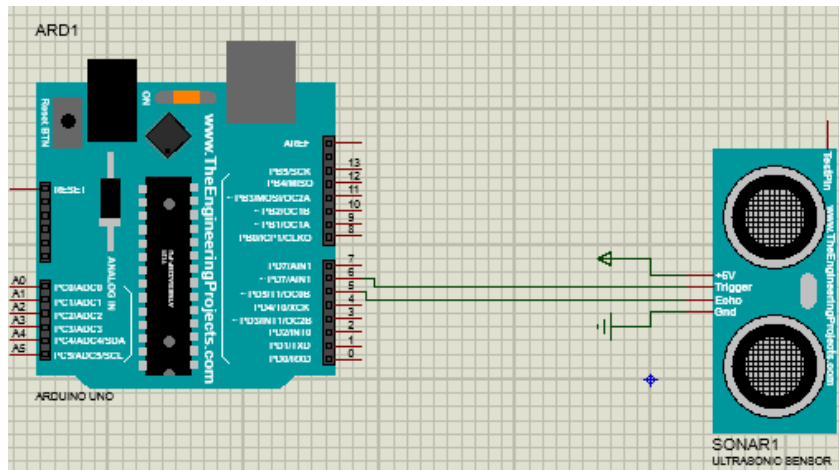


Figure III-9:connexion du capteur de niveau.

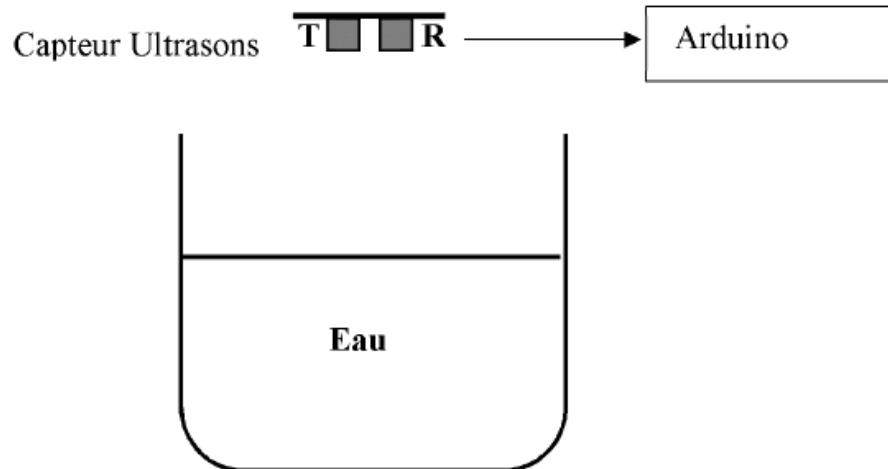


Figure III-10:configuration du capteur de niveau

Et le programme utilisé est le suivant :

```
const int trig_pin = 5;
const int echo_pin = 6;
// Sound speed in air
#define SOUND_SPEED 340
#define TRIG_PULSE_DURATION_US 10
long ultrason_duration;
float distance_cm;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(trig_pin, OUTPUT); // We configure the trig as output
  pinMode(echo_pin, INPUT); // We configure the echo as input
}
void loop() {
  // Set up the signal
  digitalWrite(trig_pin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  // Create a 10 µs impulse
  digitalWrite(trig_pin, HIGH);
  delayMicroseconds(TRIG_PULSE_DURATION_US);
  digitalWrite(trig_pin, LOW);
  // Return the wave propagation time (in µs)
  ultrason_duration = pulseIn(echo_pin, HIGH);
  //distance calculation
  distance_cm = ultrason_duration * SOUND_SPEED/2 * 0.0001;
  // We print the distance on the serial port
  Serial.print("Distance (cm): ");
  Serial.println(distance_cm);
  delay(1000);
}
```

Une fois le code implémenté il ne nous reste plus qu'à suivre les résultats en trempant le capteur dans un verre d'eau, nous pouvons voir la valeur du capteur évoluer sur le moniteur série à l'aide de Arduino IDE.

### III.2.2.4 Connexion du capteur de Température DS18B20 :

Le montage de ce capteur consiste à connecter son alimentation en reliant la broche VDD à une source de 5V et la broche GND à la masse. La broche de données doit être connectée à une entrée numérique de l'Arduino, La lecture des données est effectuée via le protocole 1-Wire, qui permet à l'Arduino de traiter les informations envoyées par le capteur. La figure ci-dessous représente le montage détaillé :

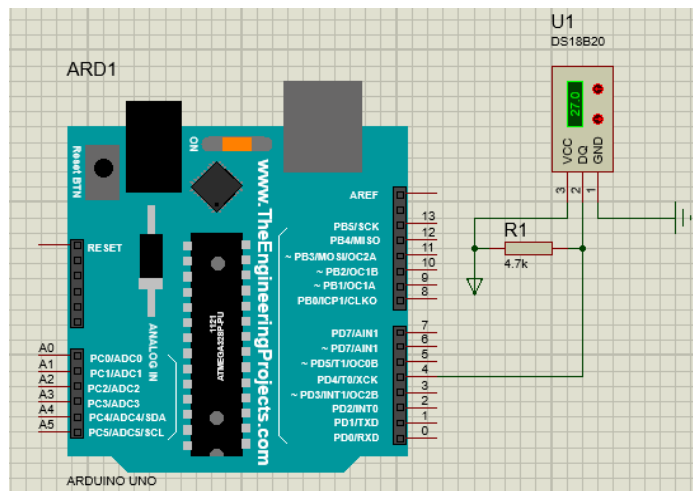


Figure III-11:connexion du capteur de température.

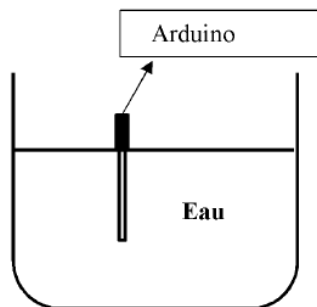


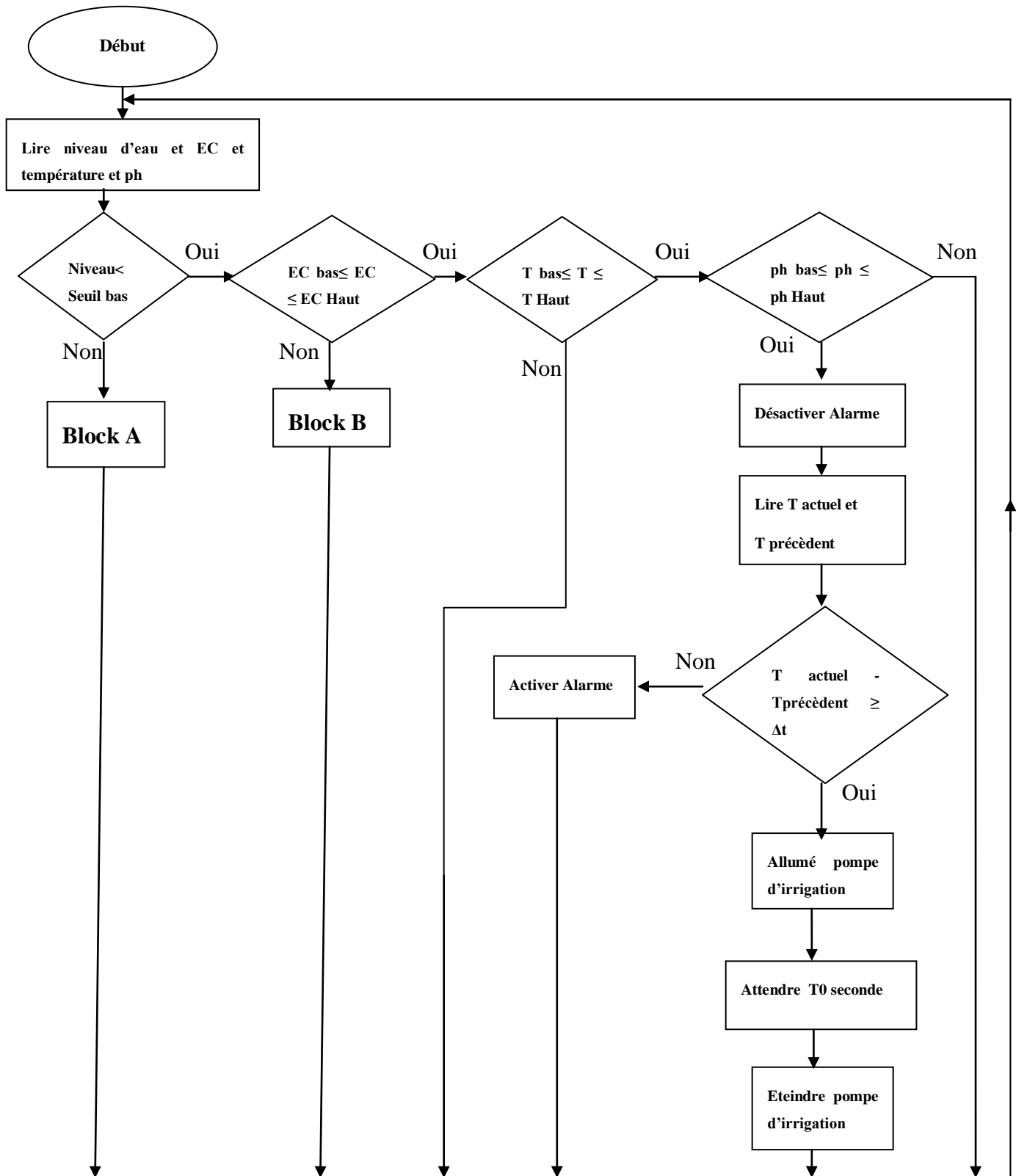
Figure III-12:configuration du capteur de température.

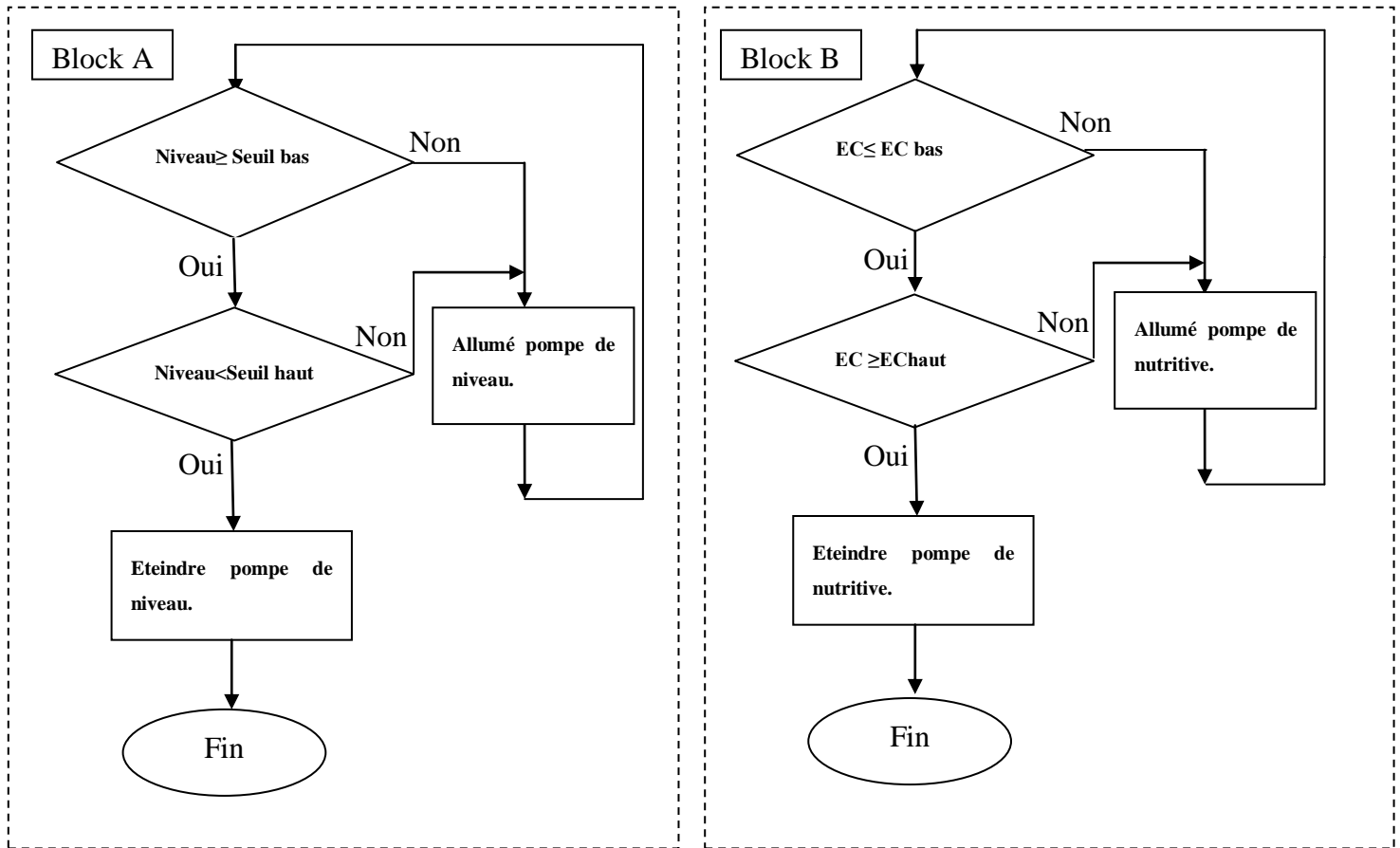
Et le programme utilisé est le suivant :

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 4 // Broche numérique D4 pour le DS18B20
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS); // Crée un objet OneWire
DallasTemperature sensors(&oneWire); // Crée un objet pour gérer les capteurs DS18B20
void setup() {
    // Initialiser la communication série
    Serial.begin(9600);
    // Initialiser le capteur DS18B20
    sensors.begin();
}
// Fonction pour lire la température avec le DS18B20
float readTemperature() {
    sensors.requestTemperatures(); // Demander la température
    float temp = sensors.getTempCByIndex(0); // Lire la température en °C
    if (temp == -127.00) {
        Serial.println("Erreur de lecture de la température !");
        return 0; // Retourner 0 en cas d'erreur
    }
    return temp;
}
void loop() {
    // Lire la température et afficher les résultats
    float currentTemp = readTemperature();
    Serial.print("Température actuelle: ");
    Serial.println(currentTemp);
}
```

### III.3 Organigramme :

Un organigramme est un diagramme qui représente les étapes d'un processus ou d'un système. Voici un organigramme pour un système hydroponique Multiple à base d'Arduino :





Cet organigramme illustre le fonctionnement de base d'un système hydroponique. Il commence par la lecture des données des capteurs, notamment le TDS (Total Dissolved Solids), le pH, la température et le niveau d'eau. Ces paramètres fournissent des informations essentielles sur l'état de la solution nutritive et du réservoir.

Le contrôle du TDS constitue une étape clé. Si le TDS est inférieur au seuil minimal fixé, cela signale une carence en nutriments, ce qui déclenche l'activation de la pompe nutritive pour enrichir la solution. À l'inverse, si le TDS dépasse le seuil maximal, la pompe est désactivée pour prévenir un excès pouvant nuire aux plantes. Lorsque le TDS se situe dans la plage optimale, aucune intervention n'est nécessaire.



Le niveau d'eau est également surveillé afin de s'assurer que le réservoir contient un volume adéquat. Si le niveau est trop bas, la pompe d'eau se met en marche pour remplir le réservoir. En revanche, si le niveau est trop élevé, la pompe s'arrête afin d'éviter tout débordement. Ce mécanisme garantit une gestion précise et efficace des ressources en eau.

L'irrigation des plantes est conditionnée par le respect de plusieurs critères simultanés : le TDS et le pH doivent être dans la plage cible, la température doit être adéquate et le niveau d'eau suffisant. Lorsque ces conditions sont réunies, le système active l'irrigation. En cas de non-conformité à ces critères, une alarme se déclenche pour signaler un dysfonctionnement ou une anomalie.

Enfin, entre chaque itération, une pause programmée est observée afin de stabiliser les mesures et de permettre des ajustements progressifs avant le cycle suivant. Ce fonctionnement en boucle fermée garantit une régulation autonome et efficace du système.

#### **III.3.1 Description de notre système :**

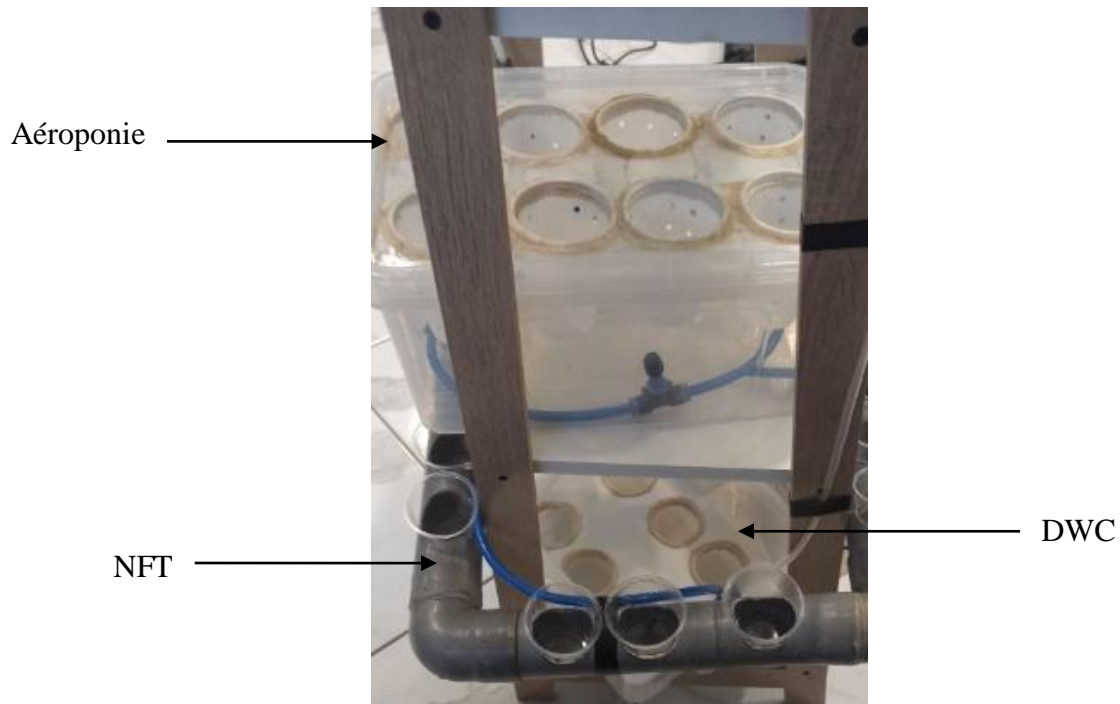
La maquette que je propose intègre trois systèmes hydroponiques distincts, répartis sur des étages différents pour illustrer la diversité des techniques utilisées dans ce domaine. Au premier étage se trouve un système de culture en eau profonde (DWC), dans lequel les racines des plantes sont immergées directement dans une solution nutritive oxygénée, favorisant ainsi une croissance rapide et une absorption efficace des nutriments. Le deuxième étage est dédié à la technique du film nutritif (NFT), où une fine couche de solution nutritive circule en continu sur les racines exposées des plantes, garantissant une hydratation et une nutrition optimales. Enfin, le troisième étage met en lumière un système d'aéroponie, dans lequel les racines des plantes sont suspendues dans l'air et régulièrement pulvérisées avec une solution nutritive sous forme de brouillard, maximisant l'oxygénation et l'absorption des nutriments.

En complément, ce projet intègre un programme conçu pour gérer un système d'irrigation intelligent grâce à des capteurs et des pompes, permettant un contrôle précis de la conductivité électrique (EC), de la température et du niveau d'eau. Le capteur DS18B20 mesure la température, tandis que le capteur HC-SR04 détermine le niveau d'eau, et un capteur EC

connecté à une broche analogique surveille la conductivité électrique. Des pompes spécifiques assurent l'irrigation, l'ajout de nutriments, l'eau et l'oxygène en fonction des données collectées par les capteurs. Les seuils définis pour la conductivité, la température et le niveau d'eau déclenchent automatiquement les actions nécessaires, comme l'activation des pompes ou d'une alarme en cas de dysfonctionnement ou de conditions anormales. Le programme inclut également une gestion d'intervalles pour garantir une irrigation à des périodes régulières, tout en affichant les données sur le moniteur série et en permettant des ajustements en temps réel si nécessaire.



**Figure III-13:photo de maquette.**



**Figure III-14:les étages de système hydroponique.**

### **III.4 Conclusion :**

Dans ce troisième chapitre, nous avons présenté le schéma synoptique du système, expliqué son principe de fonctionnement, et détaillé l'organigramme du programme développé pour assurer son bon fonctionnement. Une attention particulière a été accordée à une explication claire et approfondie de chaque étape.

Ce chapitre inclut également la présentation de la réalisation finale de la maquette du système hydroponique multiple.

## **Chapitre IV**

### **Le guide de projet**

#### **IV.1 Introduction :**

Ce chapitre se concentre sur l'analyse de projet d'une startup, soulignant l'importance de mener une évaluation approfondie avant de se lancer dans l'entrepreneuriat. Cette analyse couvre des aspects clés tels que l'étude du marché, l'examen de la concurrence, la définition de la proposition de valeur et l'évaluation de la faisabilité financière. Le but est de déterminer si l'idée d'entreprise est viable et réalisable, tout en identifiant les opportunités, les défis et les risques potentiels. En définissant une stratégie claire pour sa mise en œuvre, une analyse rigoureuse du projet permet de poser les bases solides nécessaires à la croissance et au développement de la startup, tout en augmentant ses chances de succès dans un environnement concurrentiel.

#### **IV.2 Premier axe : Présentation de projet :**

##### **IV.2.1 L'idée de projet :**

L'idée de projet est née de l'observation des défis majeurs liés à la durabilité et à l'efficacité des pratiques agricoles traditionnelles. Constatant le besoin croissant de méthodes de culture plus économes en ressources et respectueuses de l'environnement, nous avons entrepris de développer un système hydroponique multiple.

Notre démarche a débuté par des essais sur les techniques d'hydroponie, mais l'absence de dispositifs adaptés pour expérimenter plusieurs cultures simultanément dans notre établissement nous a poussés à concevoir et réaliser un prototype à l'échelle laboratoire.

Cette innovation a pour objectif principal de fournir un système hydroponique polyvalent adapté aux essais, tant pour les besoins académiques que pour des applications industrielles.

Elle vise également à maximiser l'utilisation des ressources en eau et en nutriments tout en réduisant les impacts environnementaux, offrant ainsi une solution durable pour relever les défis agricoles actuels.

#### **IV.2.2 La valeur proposée :**

Le système hydroponique multiple représente une solution novatrice pour relever les défis liés à la production agricole durable et à l'optimisation des ressources.

- Ce système offre une modernité et une avancée dans notre région, car il n'existe actuellement pas de systèmes hydroponiques multifonctionnels adaptés aux essais expérimentaux ; la plupart des installations disponibles sont limitées à des configurations simplistes ou à des usages industriels. Notre système assure une accessibilité constante et constitue une solution innovante pour la recherche et l'expérimentation.
- La conception de notre système répond aux besoins des utilisateurs en proposant une facilité et une simplicité d'utilisation, intégrant plusieurs fonctions en une seule unité pour une gestion optimisée des cultures.
- Ce système hydroponique multiple contribue à réduire les coûts d'exploitation grâce à une consommation maîtrisée d'énergie et de ressources, n'opérant que lorsque nécessaire, tout en garantissant une efficacité optimale.
- Il est spécialement conçu pour répondre aux exigences des essais en laboratoire, tout en s'adaptant aux petites exploitations agricoles, offrant une méthode durable de production alimentaire, une utilisation raisonnée des ressources en eau et en nutriments, et une réduction significative de l'impact environnemental.

#### **IV.2.3 Equipe de de de travail :**

L'équipe de projet est composée des membres suivants : Meglouli Azzeddine

Une responsable administrative : qui va assurer le suivi et la gestion de tous les aspects administratifs du projet.

Une responsable d'installation qui se charge de la mise en place et de la maintenance du biodigesteur.

Une réunion mensuelle pour l'échange des responsabilités des deux membres sera programmée.

#### **IV.2.4 Objectif de projet :**

Notre objectif est de développer une entreprise productive et rentable à l'échelle nationale dans le domaine des systèmes hydroponiques multiples, en proposant des solutions innovantes pour l'agriculture durable et en installant des systèmes performants. Nous visons à capturer une part significative du marché algérien, en répondant aux besoins croissants des agriculteurs et des chercheurs pour des méthodes de culture modernes et efficaces.

### **IV.3 Deuxième axe : Aspects innovants**

#### **IV.3.1 Nature des innovations :**

L'absence de systèmes hydroponiques multiples adaptés aux besoins du marché algérien et l'impossibilité de réaliser des essais approfondis nous ont motivés à concevoir une technologie intégrant les dispositifs suivants :

- **Chambre de culture hydroponique** : le cœur du système où les plantes se développent grâce à un apport précis de nutriments et d'eau, sans utilisation de sol.
- **Pompe à nutriments** : permet la circulation efficace de la solution nutritive vers les racines des plantes, assurant une alimentation constante et équilibrée.
- **Capteurs de pH et de conductivité** : garantissent un suivi précis de la qualité de la solution nutritive, permettant des ajustements en temps réel pour une croissance optimale

**Microcontrôleur (Arduino)** : assure la régulation et le contrôle des différents paramètres, comme le débit d'eau, la température, et l'intensité lumineuse, pour une gestion automatisée du système.

**Réservoir à solution nutritive** : stocke et maintient la solution en circulation, essentielle pour l'alimentation des plantes.

**Capteurs de température et de niveau** : surveillent en temps réel la température et le niveau des fluides, garantissant des conditions idéales pour la croissance des plantes.

• **Bac pour l'eau** : destiné au stockage et à la régulation de l'eau utilisée dans le circuit hydroponique, essentiel pour assurer une hydratation optimale.

Ce système complet et automatisé permet une gestion efficace des ressources, améliore la productivité et s'inscrit dans une démarche durable, ouvrant la voie à une agriculture technologique en Algérie.

### **IV.3.2      Domaine d'innovation :**

- C'est le premier système hydroponique multiple en Algérie qui intègre des dispositifs de contrôle avancés tels que : des capteurs de température et de niveau pour un suivi précis, un microcontrôleur (Arduino) pour la régulation automatisée, et des pompes pour maintenir un flux constant.
- Il comprend un système de gestion séparée des bacs, avec un réservoir dédié à l'eau et un autre pour la solution nutritive, garantissant une utilisation efficace et personnalisable des ressources.
- Il permet d'économiser jusqu'à 70 % d'eau par rapport aux systèmes agricoles traditionnels, tout en assurant une croissance plus rapide des cultures grâce à une alimentation optimisée en nutriments.
- Il répond aux besoins des essais académiques et des petites exploitations agricoles, offrant une solution accessible, durable et adaptable.
- Il contribue à réduire l'impact environnemental en utilisant des ressources de manière responsable et en minimisant le gaspillage.

## IV.4 Troisième axe :Analyse stratégique de marché

### IV.4.1 Le segment de marché :

#### **Le marché potentiel :**

Les clients potentiels pour un système hydroponique multiple peuvent être divers et inclure différents types d'utilisateurs. Voici ceux qui peuvent opter pour ce système hydroponique :

**Propriétaires de maisons individuelles** : Les particuliers ayant un jardin ou une terrasse peuvent adopter notre système hydroponique pour cultiver des légumes, des herbes ou des fleurs de manière efficace et écologique.

**Exploitants agricoles** : Les agriculteurs à la recherche de solutions modernes pour optimiser leurs rendements agricoles peuvent bénéficier de notre système pour produire toute l'année, indépendamment des conditions climatiques.

**Propriétaires de serres ou pépinières** : Les entreprises spécialisées dans la production horticole ou florale peuvent utiliser notre système hydroponique pour diversifier leurs cultures et maximiser leur productivité.

**Institutions publiques et éducatives** : Les écoles, universités et centres de recherche peuvent intégrer notre système hydroponique dans des projets pédagogiques ou expérimentaux pour explorer les techniques agricoles durables.

**Entreprises** : Les hôtels, restaurants, ou supermarchés intéressés par une production locale et immédiate de produits frais peuvent utiliser notre système hydroponique comme une solution innovante et rentable.

**Collectivités locales** : Les mairies ou associations communautaires peuvent adopter ce système pour des jardins partagés ou des projets urbains de verdissement et d'autosuffisance alimentaire.

#### **Le marché cible :**



Nous avons choisi de cibler les agriculteurs, les entreprises et les particuliers pour l'installation de notre système innovant de culture hydroponique multiple, car nous avons constaté que ces groupes recherchent activement des solutions pour optimiser leur production tout en réduisant leurs coûts et leur impact environnemental. Notre système offre une utilisation efficace des ressources, notamment de l'eau et des nutriments, ce qui permet aux utilisateurs de maximiser leurs rendements tout en minimisant les pertes et les dépenses liées à la culture traditionnelle.

#### **IV.4.2 Mesure de l'intensité de la concurrence :**

Sur le marché algérien, la concurrence dans le domaine des systèmes hydroponiques multiples reste limitée. Nos principaux concurrents incluent quelques acteurs locaux tels que des fournisseurs de systèmes hydroponiques classiques et des entreprises proposant des solutions agricoles traditionnelles. Cependant, ces solutions sont souvent rudimentaires, avec un manque d'innovation et une faible personnalisation pour répondre aux besoins spécifiques des utilisateurs.

De plus, les systèmes traditionnels sur le marché souffrent d'une faible efficacité en termes de gestion des ressources et d'un support technique limité, ce qui restreint leur adoption à grande échelle.

En revanche, notre système hydroponique multiple se distingue par son caractère innovant, intégrant des technologies de pointe pour l'automatisation et le contrôle des paramètres de culture. Il répond aux attentes croissantes des utilisateurs en matière de durabilité, d'efficacité et d'optimisation des rendements.

#### **IV.4.3 La stratégie marketing :**

La stratégie marketing pour notre entreprise spécialisée dans les systèmes hydroponiques multiples repose sur une compréhension approfondie des besoins des utilisateurs, une analyse des tendances du marché et la mise en avant d'une proposition de valeur unique. Nous ciblons principalement les agriculteurs, les particuliers, les pépinières, les entreprises de restauration, ainsi que les institutions éducatives et les initiatives urbaines.

Pour nous différencier de la concurrence, nous mettons en avant les bénéfices économiques, écologiques et pratiques de nos systèmes. Nous soulignons leur faible consommation en eau, leur capacité à optimiser les rendements, leur adaptation à divers environnements, et leur contribution à une agriculture durable.

Notre approche de marketing inclut la création de contenu éducatif, comme des articles de blog détaillant les avantages de l'hydroponie, des guides pratiques pour les utilisateurs, et des études de cas sur des projets réussis. Nous engageons également un dialogue direct avec les institutions et les entreprises via des campagnes de communication par e-mail et téléphone.

Les réseaux sociaux jouent un rôle clé dans notre stratégie, où nous partageons des témoignages, des vidéos démonstratives, et des informations sur les innovations dans le domaine. Pour atteindre un public spécifique, nous utilisons des publicités ciblées sur des plateformes comme Google Ads, Facebook, et Instagram. Enfin, nous encourageons nos clients satisfaits à partager leurs expériences et à laisser des avis positifs pour renforcer notre crédibilité.

En combinant ces différentes tactiques, nous visons à positionner notre entreprise comme un leader dans le domaine des solutions hydroponiques innovantes, durables et rentables.

## **IV.5 Quatrième axe : plan de production et d'organisation**

### **IV.5.1 L'approvisionnement :**

Installation de dispositifs de contrôle tels que des capteurs de conductivité, de pH, de niveau et de température, ainsi que des pompes automatisées et des contrôleurs Arduino, adaptés au système hydroponique. Ces équipements garantissent une gestion précise des paramètres essentiels pour assurer une croissance optimale des plantes.

Dans le processus d'approvisionnement, nous collaborons directement avec les importateurs et les fabricants, ce qui constitue un avantage stratégique pour notre projet. Nous sélectionnerons trois grands fournisseurs réputés pour leur fiabilité et la qualité de leurs produits, garantissant

des équipements performants et accessibles à des coûts compétitifs pour la conception de nos systèmes hydroponiques :

- **Kompass**
- **Agrico Algérie**
- **ETS TECHGREEN**

Cette approche nous permet d'assurer la durabilité, la performance et l'efficacité de nos solutions, tout en maintenant une maîtrise des coûts.

#### **IV.5.2 La main d'œuvre :**

Nous débutons notre projet avec création de 3 postes de travail selon les tâches suivantes :

- Technicien d'installation et maintenance : 2 postes
- Responsable de projet : 1 postes

#### **IV.5.3 Les Principaux partenaires :**

Les partenaires les plus importants dans notre cas sont les fournisseurs, au regard de l'importance de leurs prestations pour la réussite du projet. Les incubateurs universitaires aussi fournissent une aide précieuse aux projets, sans oublier le poids des structures de financement...

### **IV.6 Cinquième axe : plan financier**

#### **Les Coûts et les charges**

##### **- Quartier général**

**Tableau IV-1:le cout**

<b>Caractéristiques</b>	<b>Superficie</b>	<b>Nature</b>	<b>Position</b>	<b>Le coût (mois)</b>
<b>Local</b>	70m <sup>2</sup>	Location	Mostaganem	35000DA

##### **- Equipements de bureau**

Il s'agit des meubles au bureau et le coût de ce matériel se détaille dans le tableau ci-après.

**Tableau IV-2:les prix matériel bureaux utilisé et matériel informatique en DA.**

Rubrique	Nombre	Prix unitaire	Total (DA)	Fournisseurs
Chaise bureau	2	19800	39600	Le confort Vente de meublier
Table de bureau	2	49800	99600	
Armoire	2	20500	41000	
Chaise en bois	4	5800	23200	
PC ordinateur	1	100000	100000	Dzduino
Total	11	195900	303400	

**Tableau IV-3:services nécessaires par année. Déclaration Services requis pour le projet.**

Déclaration	Services requis pour le projet (DA)
Electricité	25000
L'eau	2400
Le téléphone	25000
L'internet	38000
Total	90400

**Le personnel de l'entreprise et leurs salaires**

**Tableau IV-4:représentation des taches de personnels d'entreprise et leur salaire en DA**

Poste	Effectifs	Salaire net	Salaire net annuelle
Responsables	1	40000	4800000
Technicien de maintenance et installation	2	30000	720000

**L'achat consommé**

**Tableau IV-5 : l'achat consommé**

Nom de la pièce	Prix	Nombre	Prix net
Capteur de TDS	4400	1	4400
Capteur de température DS18B20	950	1	950
Capteur a ultrason HC-SR04	450	1	450
Module Arduino uno	4500	1	4500
Plaque d'essai	100	1	100
Relais	450	3	1350
Étagère en bois	1700	1	1700
Pompe O2	650	1	650

Colle PVC 125ml	400	1	400
Pompe d'eau	2000	3	6000
Colle A+B tube	150	3	450
Coude pvc forme L 35mm	70	4	280
Tuyaux pvc 35mm	150	1	150
Files électrique	200	1	200
Boite en plastique	100	5	500
Tuyaux en plastique 6mm	350	1	350
Total	16620	29	22430

### **IV.7 Conclusion :**

Ce chapitre met l'accent sur l'analyse du projet d'un système hydroponique multiple, en soulignant l'importance d'une évaluation approfondie avant son lancement. Cette étude englobe des aspects essentiels tels que l'analyse du marché, l'évaluation de la concurrence, la définition d'une proposition de valeur innovante et l'analyse de la faisabilité technique et financière. L'objectif est de confirmer la viabilité et la pertinence du projet tout en identifiant les opportunités, les défis et les éventuels risques associés. En élaborant une stratégie claire pour sa mise en œuvre, cette analyse approfondie jette les bases solides nécessaires pour le

développement et la réussite du système hydroponique multiple, en s'inscrivant dans un secteur en pleine expansion et compétitif.

## **Conclusion générale et recommandations**

Cette étude a permis de concevoir et de démontrer un système hydroponique multiple intégrant trois techniques distinctes : la culture en eau profonde (DWC), la technique du film nutritif (NFT) et l'aéroponie. Chaque étage de la maquette illustre l'efficacité et les spécificités de ces méthodes, mettant en avant leur potentiel à répondre à des besoins variés en matière de production agricole durable. De plus, l'intégration d'un système d'irrigation intelligent, reposant sur des capteurs et un programme de gestion automatisé, offre une solution innovante pour optimiser les performances des cultures tout en minimisant les ressources nécessaires.

L'originalité de cette approche réside dans sa capacité à combiner des techniques hydroponiques diversifiées avec des outils de gestion numérique, ouvrant la voie à une agriculture de précision. Les résultats obtenus démontrent non seulement la faisabilité de cette maquette, mais aussi sa pertinence dans un contexte de recherche de solutions durables pour répondre aux défis alimentaires mondiaux.

Les recommandations de ce projet sont multiples. À court terme, des améliorations peuvent être envisagées pour raffiner la précision des capteurs et optimiser les algorithmes de gestion. À moyen terme, l'intégration d'une interface utilisateur avancée, telle qu'une application mobile ou un tableau de bord en ligne, pourrait permettre une gestion à distance et une visualisation intuitive des données.

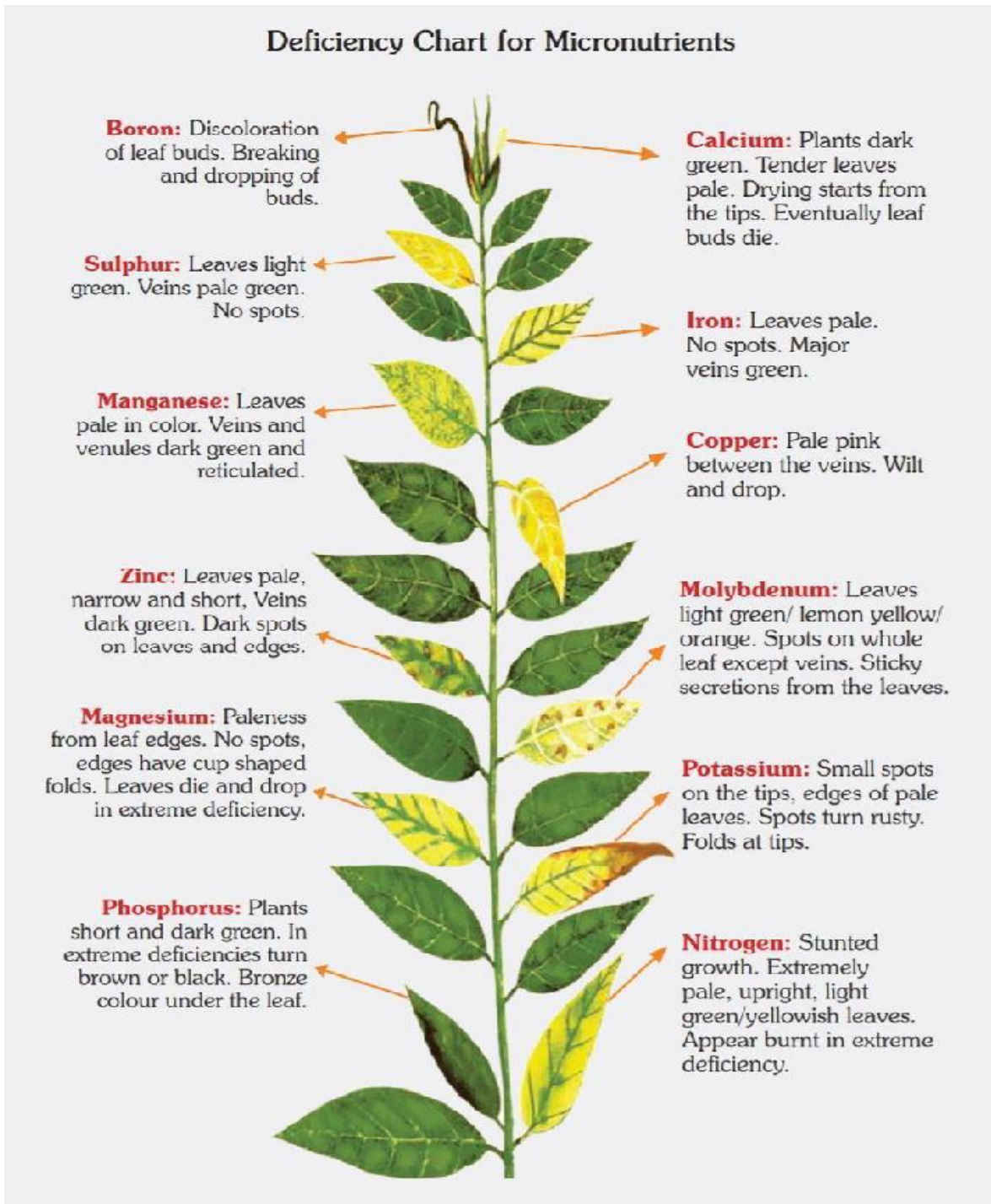
À plus long terme, ce système pourrait être adapté à des applications à grande échelle, notamment dans des serres industrielles ou des environnements urbains, tels que les fermes verticales. Des recherches supplémentaires pourraient également explorer l'utilisation d'énergies renouvelables pour alimenter le système, renforçant ainsi son caractère écologique.

En somme, ce projet représente une base solide pour le développement de solutions agricoles durables et technologiquement avancées, contribuant à répondre aux besoins croissants de production alimentaire tout en préservant les ressources naturelles.



## Graphique des carences en micronutriments :

cette image illustre la prévalence et l'impact des déficiences en vitamines et minéraux



Composants électroniques :



**figure1:les leds.**

**figure2:les câbles.**

**figure3: les résistances.**

**Les leds :** (diodes électroluminescentes) sont des composants électroniques utilisés en Arduino pour produire de la lumière. sont souvent utilisées pour indiquer des états, créer des animations lumineuses ou des signaux visuels.

**Les câbles :** Ces câbles permettent une communication efficace entre la carte Arduino, les capteurs et les autres composants électroniques.

**les résistances :** sont des composants électroniques qui limitent le courant dans un circuit. Elles protègent les composants comme les LED contre les surcharges et régulent le courant dans les capteurs ou modules.

Tableau B.1 : Modèle de Business Canvas

Conçu pour		Conçu par		Date		Version	
<b>Business Model Canvas</b>		Système Hydroponique		MeglouliAzzeddine		2024/12/10	

Activités Clés		Propositions de Valeur		Relation Client		Clients	
• Recherche et développement		• Durabilité des ressources		• Service client et support technique		• Agriculteurs traditionnels	
• La production agricole		• Efficacité agricole		• Conseil et formation		• Les personnes intéressées par l'agriculture familiale	
• Ventes et marketing		• Amélioration de la qualité		• Programmes de fidélité		• Promoteurs immobiliers et communautés résidentielles	
• Relation client		• Réduire l'impact environnemental		• Interaction numérique		• Institutions d'enseignement et de recherche	
• Formation et éducation		• Technologie et innovation		• Répondre aux besoins des clients			
• Gestion financière				• Offres personnalisées			
• Développement commercial et partenariats							

Ressources Clés		Canaux	
• Ressources techniques		• Vente directe : Boutiques éphémères, Marchés agricoles	
• Systèmes de contrôle et de surveillance		• Restaurants et hôtels : Contractualisation avec des restaurants	
• Ressources humaines		• Vendre en ligne : Site Web d'entreprise, E-commerce (eBay, Amazon)	
• Experts agricoles			
• Techniciens			
• Équipe marketing et commerciale			
• Espaces agricoles			
• Matériel agricole			
• Partenariats			
• Infrastructure			

• <b>Accompagnant</b>	
• <b>Matériel</b>	
<b>Coûts</b>	<b>Revenus</b>
• <b>Frais d'infrastructure</b>	• Vendre des récoltes agricoles (60%)
• <b>Coûts d'équipement et de technologie</b>	• Vente de systèmes et d'équipements (20%)
• <b>Coûts du matériel agricole</b>	• Fournir des services de conseil et de support technique
• <b>Coûts énergétiques</b>	• Gagner des revenus grâce à des partenariats avec des restaurants et hôtels (30%)
• <b>Les coûts de main-d'œuvre</b>	• Vente en ligne (15%)
• <b>Frais d'entretien et de réparation</b>	
• <b>Frais de marketing et de distribution</b>	
• <b>Frais d'expédition et de stockage</b>	

## Bibliographie

[1]**Rouphael, Y. and Colla, G. 2005.** Growth, yield, fruit quality and nutrient uptake of hydroponically cultivated zucchini squash as affected by irrigation systems and growing seasons. *Scientia Horticulturae* 105 (2): 177- 195.

[2]**MORARD P., 1995.** Les cultures végétales hors sol Ed. Lavoisier, 208p.

[3]**Verteau.** Révolution Verte : Cultiver l’Avenir sans Terre. Guide Complet de l’Hydroponie et de l’Aquaponie : Techniques, Innovations et Stratégies pour une Agriculture Durable et Rentable 2023.

[4]**Domingues, D.S., Takahashi, H.W., Camara, C.A.P. and Nixdorf, S.L. 2012.** Automated system developed to control pH and concentration of nutrient solution evaluated in hydroponic lettuce production. *Computers and Electronics in Agriculture* 84: 53-61.

[5]**ParEskimon et olyte,** Arduino pour bien commencer en électronique et en programmation

[6] **Dosen, A.S., et M.J. Ostwald (2013).** Prospect and Refuge Theory: Constructing a Critical Definition for Architecture and Design [Theorie de refuge et de perspective : construire une définition critique d’architecture et de design]. *The International Journal of Design in Society*,

[7] **KELLERT, S. R., J. HEERWAGEN, et M. MADOR. (2011).** Biophilic design : The theory, science and practice of bringing buildings to life, s.l., John Wiley & Sons.

[8]**Christian Tavernier.** 2011 Arduino Maitriser sa programmation et ses cartes d’interface

[9] Designed by: The Business Model Foundry ([www.businessmodelgeneration.com/canvas](http://www.businessmodelgeneration.com/canvas)). Word implementation by: Neos Chronos Limited (<https://neoschronos.com>). License: [CC BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

